

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

01

2006 January

Vol.6 No.01



メッセージ

02 研究者が成長する場としての本格研究

特集

06 クルマと環境

- ◆ 新春対談：クルマ技術が担う地球の未来
- ◆ 自動車用次世代動力源 燃料電池がもたらすクルマの未来
- ◆ 低環境負荷な新しい燃料への挑戦 自動車用バイオマス燃料の普及に向けて
- ◆ 燃費向上で CO₂ 削減 軽量化のための構造材と加工技術

トピックス

18 「糖鎖」研究の3大ツール

がん、免疫、感染症、再生医療の鍵である糖鎖の研究を飛躍的に加速

リサーチ・ホットライン

- 22 全印刷法によるフレキシブル無線タグの作製
- 24 シリカ膜による高分子の耐放射線性の向上
- 26 ナノ構造制御により親水性表面を超撥水表面へ
- 28 ユビキタスエコーで健康を診る

パテント・インフォ

- 30 パルスレーザー蒸着法による ZnO 薄膜 立方晶酸化物基板の対称整合面を用いた作製法
- 31 高性能な熱電材料の新しい作製法 スクッテルライトの単結晶育成技術

シリーズ

- 32 ナノテクノロジーの社会的影響：第4回
ナノテクノロジーの標準化

テクノ・インフラ

- 36 熱電対による温度標準の供給
- 38 産業界との連携による標準仕様書の提案

ニュース

- 40 日本 IBM 科学賞を受賞
- 41 第51回仁科記念賞を受賞
- 42 SCIO5 最優秀研究論文賞を受賞

研究者が成長する場 としての本格研究

産業技術総合研究所で、人はどのように成長していくのだろうか。研究所には、研究をする人がいて、研究管理に携わる人もいる。仕事の一生をそこで過ごす人もいるし、ある年月を過ごす人もいる。また研究、研究管理と言っても、その内容はさまざまである。しかも研究と一口に言っても、研究分野によって、仕事の内容は大幅に変わる。したがって、産業技術総合研究所でする経験にはさまざまなものがある。そこでは人が多様なときを送っていく。しかし、多様ではあるがばらばらであってはいけない。一般に一つの組織では、そこで仕事をする者が何を、どのように成長していくのかについて、固有の特徴を持っていないと考えるが、産業技術総合研究所には、それがある。

ある組織に所属して仕事がしたいと考える者にとって、この固有の特徴は大切な条件である。その組織の社会的評判が高いとか、そこに属すれば次にもっと良いところへ行けるなどの、表層的な要因が所属を期待する動機にみえても、実はその背後により本質的な動機があり、それが、そこで何を、どのように成長できるかと言う固有の特徴なのである。それがよいものであり、またそのときに限り、その組織が目的とする

働きをするために適した人がその組織に入ってくる。すなわちそれが、組織にとって、社会の中で有効でかつ固有な存在意義を持つための必要条件である。

産業技術総合研究所にはそれがあるが、それがどのようなものかについて明らかにし、共通の認識を持つことが必要である。そしてそれを常時発展させるべく、研究所の全員で努力を続けることが必要なことである。



独立行政法人 産業技術総合研究所
理事長 吉川 弘之

産業技術総合研究所の固有の特徴を考察する前に、まず私見を述べることにしよう。人が仕事において成長するための必要条件は、その人が大きな目標を持ち、その上でその目標を達成するために適した環境が与えられていることである、と私は考える。大きな、というのは、局所的でなく大局的、すなわち社会に影響を与えると言う視点に立った目標と言うことである。この、大きな目標という条件には、たとえば地位が上がるか、多額の研究費を獲得する、などは入らない。これらを目指すことに反対するつもりはないが、あまり成長に関係するとは思えない。たとえば研究が仕事の場合、これらは研究管理能力の向上や、優れた研究成果を出したことを理由として、第三者がもたらすもの、すなわち本人にとっては結果であり、目標ではない。あえて言えば夢想的目標であり、研究者としての成長に影響するものではない。成長を決める第一のものは、大きな目標、すなわち社会に影響を与えると言う視点に立った目標である。この目標は、自分の研究と社会との関係を明らかにする。その結果、研究者は自らの研究課題の社会的輪郭を明示することとなり、それは自立した研究者と呼ばれるために必要な、社会的責任を取る研究者という条件を満たすための第一歩である。そして次に、目標達成に適した環境が準備されていることである。これは一般論としては説明を要しない。

さて産業技術総合研究所の、特に研究者を例として考えよう。私たちは研究所に共通する大きな目標として、持続可能な開発に寄与する産業のための技術の創出を掲げている。それが単なる抽象的な題目である限り、研究者になんらの影響も与えないし、したがって研究所のアウトカムに効果する事もない。この目標が意味を持つのは、研究者の一人一人が自らの研究課題の設定と遂行とにおいて、その寄与の仕組みと研究の作業過程を現実的なものとして明確にプログラムしたときに限る。そしてそれは必ずしも容易なことではない。

持続可能な開発に寄与する産業、すなわち持続型産業が必要とする技術とは何か。たとえばそれらのいくつかを列挙すれば、環境計測技術、劣化環境の修復技術、

再生エネルギー、省エネルギー、持続性（サステイナブル）製品の設計、持続型製造（またはインバースマニュファクチュアリング）、廃棄物処理技術、ライフサイクルマネジメント、保全技術などである。これらの例を見て直ちに気づくことは、それは決して伝統的な単一の技術領域の中で解決されるものでなく、多くの領域の総合を必要としていることである。したがって、自らの領域の研究を中心に据えながら、他の領域の研究者との協力が必要となる。しかもその協力は、多くの場合過去に経験のない新しいものであって、協力の方法の案出と異領域の対話を可能にするために必要な共通言語の開発とを必要としている。これは臨時領域の創出が必要ということである。

この技術開発には、もう一つの、より本質的な課題が含まれている。それは、技術領域の問題を超えて、それらを支える科学に関わることである。臨時領域を創出しようとする、多くの場合に融合すべき異領域の背後にある基礎的な科学に立ち戻って考察することが必要となる。ところが持続型産業のための技術研究では、立ち戻って参照すべき基礎としての科学が存在しないことが起こる。たとえば廃棄物処理技術において、放射性物質を地中に埋設することを考えたとする。このとき重要なのは、埋設部分の構造の時間的安定性である。私たちは、この安定性について信頼性のある予測をすることが容易でないことを知っている。それは地殻の変形や物質移動についての知識が不足しているからである。

私たちの手にしている科学的知識とは何か。物質の微視的性質の研究が進み、究極である素粒子についてすら、かなり精緻な知識を獲得した。しかし巨視的知識としての地殻の変動については知識が乏しい。この一見奇妙な不均衡には深刻な理由がある。それは科学的知識とは純粋に科学者の知的好奇心に導かれて作られてきたものだから中立で均質であると言われるが、科学者もまた人であり、時代の精神から自由ではありえないことによる。科学が発祥したと言われる15世紀は大航海時代、探索の時代と呼ばれ、当時の知の中心と言える欧州の人々は地球の探査に傾倒する。これは未知の世界に対する好奇心が、富の獲得と共鳴して起

こったことである。できるだけ遠くへ行ってみよう。これは時代の精神を形作り、それ以後現代まで続く。これに対応して知識の世界では、実際の遠く、すなわち宇宙と、もう一つの遠く、すなわち微視的観測による物質の奥深くへと探求者たちを駆り立てた。そこに存在するものを知ると言う好奇心である。それは手段としての望遠鏡と顕微鏡との発展によって急速に満たされ、しかも得られた知識は理論体系として整理され、理論はそれ自身で知識を生み出すようになった。

未知のものを知りたいと言う好奇心は、存在の態様解明に向かう。事実科学は普遍で不変の存在を解明してきたのであった。そして現に存在するものの変化については副次的な関心しか持たなかったと考えられる。これは古代人の二大仮説、「物体は原子からできている」と「万物は流転する」とに対し、原子仮説のほうに過大な比重を置いた好奇心を持ち続けたと言えるのかもしれない。それはまた存在物を利用したいと言う欲求とも重なって強化されてきたものである。その欲求を満たすために、存在物の歴史的変化は取りあえず関係しない。

長く続いた探索の時代は、制限付ではない開発の時代でもあった。しかし現在、私たちは環境の時代、すなわち持続可能という制限の付いた開発の時代を迎えたのである。その中心概念は、地球環境の維持である。したがって知的好奇心は、現在の存在がこれからどのように変化していくかについてであって、古代人の二大仮説で言えば、「万物は流転する」のほうに焦点が移る。そしてそれについての知識の不足が問われ始めたのであり、現在の科学知識の応用では片付かない新しい基礎的な知識の創出が求められるのである。

このように、産業に役立つ技術を創出しようとする、計画した技術の元となる基礎的知識の不在と言う問題にぶつかることは少なくない。創出すべき技術が過去の技術と異質である場合にその傾向が強い。今、産業技術総合研究所で作り出そうとしている技術が産業の持続型への変革に役立つものだとすれば、それは過去の技術から見て異質のものに違いない。放射性物質の地下埋設という持続可能な開発が要請する技術の

実現が、地殻における物質移動の精度の高い理論を必要とする上記の場合は、ほんの一つの例題であり、前述した持続型産業が必要とする技術群の実現のためには多くの新しい基礎的知識が必要である。

このようにして、産業技術総合研究所の研究者は、産業化研究でぶつかった基礎的知識の不在にもとづく問題意識を背景として新しい基礎研究に従事する事が要請される。これは従来の理学、工学を切断する考え方にはなかった新しい研究者像である。ここでは研究課題が、いわゆる工学から理学へと移ることになる。それは一人の研究者の中での移行もあろうし、別の研究者へ課題を手渡す場合もあるであろう。いずれにしてもこれらに関わる研究者は工学、理学両者の深い理解が求められるのであり、それは決して簡単容易なことではない。しかし、ここで第一の特徴としての、「大きな目標の共有」が動機となって、研究者はこの困難を乗り越えることになる。

したがって、産業技術総合研究所の第二の特徴とは、大きな目標である持続型技術の創出を目標としながら研究するものに対する好適な研究環境の提供ということである。上述の考察に従えば、最も重要な環境とは、臨時領域の創出という作業と、理学工学間の移行、すなわち思考原理の切り替え作業とを支援する研究環境ということになる。実はこの二つの作業は、従来の研究者に要請されるものではなかった。したがってそれを支援する仕組みは、少なくとも公的研究機関においてはどこにも存在しなかったと言ってよいであろう。たとえば大学では理学と工学は截然と分かれていて、名前はともかく実質的に融合することはなかった。臨時領域に必要な異なる領域は、別々の学科でそれぞれ研究も教育も行われるのが一般である。そこではこれらの作業が意識されることすらない。産業技術総合研究所で仕事をするものが何を、どのように成長して行くかという点で固有の特徴があるとすれば、それはこれらの作業を支援する環境があることである。その環境とは本格研究である。

私たちが産業技術総合研究所における主要な概念として位置付けている本格研究は、基礎研究で生み出した新しい知見を、産業の進展に有効な現実の技術へと

発展させるための仕組みとして考え出されたものである。すなわちそれは、研究経営の一つの方策であると考えられる。しかし、上述の考察によれば、同時にそれは、独特な研究者が成長していくために有効な場を提供していることになる。その考察に従えば、理学における分析的思考と工学における構成的思考との両面における能力を持ち、しかも自分の属する学術領域が、他の領域群の中でどのような位置にいるかを相対的に理解している研究者が育っていく場、ということである。ここでは、研究者は研究のフェーズによって臨機応変に分析と構成を使い分け、また研究の方向を定める場合に必要以上に自らの領域にこだわらず、他の領域に敬意を払い、そして学習し協力することを惜しまない。

このような研究者は、現在の研究界において求められる研究者像のひとつの典型である。これはもう一つの研究者像、すなわち外界から独立して自らの学問領域に没頭し、もっぱらその領域に固有の研究前線を拡大してゆくという伝統的な研究者像と対置される。学術研究、すなわち人類が直面している多くの課題を解決するために必要な知を生産する行為において、この二種類の研究者はいずれも必要であり、どちらが重要と言うようなものではない。必要なのは、それぞれの研究機関が、どのような研究者が成長していく場なのかについて、意図的な、そして可視的な設計をしておくことである。

産業技術総合研究所では、「まず人がいて組織ができる」という原則に立っていて、この設計が人を縛ることを意図しているのではないが、可能性としての場が準備されたと考える。この可能性を生かすのは研究者一人一人である。したがってここでは、動機としての持続型技術の開発という目標のもとで研究しながら、そのなかで自ら学習して新しい型の研究者として成長する可能性が準備されているのである。その意味で、産業技術総合研究所は研究機関であると同時に、広義の教育機関、あるいは学習機関である。そこでは研究者のみならず、研究管理者も固有の研究を支えるものとして、独自の能力を身に付けながら成長してゆく。

「一人一人の力が最大に発揮される時、その機関の使命が最もよく果たされる」と言うのも産業技術総合研究所の原則であるが、これがわが国全体に広がることを私たちは望んでいる。私たちの場合、対象は産業技術のための基礎研究者であるが、大学、研究所、企業がネットワークを作り、それが研究者にとって多様で、しかも体系的な学習の場を提供するものでありたい。最近科学技術人材の育成の必要性が強く言われている。当然のことであるが、それが単に新組織を作ることのみに集約されてはならない。すべての既存の機関が、連携して学習の場を作ること考える必要がある。産業技術総合研究所が中心となってその連携を始める年に、今年をしたいと考えている。





クルマと環境

自動車社会の未来を技術で考える

新春対談： クルマ技術が担う地球の未来

吉川弘之 産業技術総合研究所理事長
渡邊浩之 トヨタ自動車株式会社 技監(兼 産総研理事)
餌取章男 産総研広報アドバイザー(司会)

乗用車生産台数世界一の日本。我が国の経済活動の中心である自動車産業が、今後も世界の中で主導権を握っていくためには、何が必要だろうか。理想の車とは何だろう。高まる環境意識の中、「ビークル・エコロジー」は緊急かつ必須の課題であり、“売り”でもある。ネガティブな問題を解決することで、一般常識さえポジティブに変える力をもつ科学技術。その基礎研究こそ産総研に課せられた責務であろう。

ハイブリッド車の開発

餌取 現在、人類60億人は8億台の車を保有しています。約8人に1台の車があり、ガソリンは1人年間180リットルを消費し、もちろん車だけではありませんがCO₂を1人当たり4トン強排出しています。

渡邊 2050年の世界人口は国連の予測によれば、現在の1.5倍、90億人を超えるとされています。OECD国の人口比率がおよそ18%ですから、自動車の恩恵を我々と同じように享受している人口比率

は、楽観的に見積もって30%程度でしょう。例えば、このモビリティ・デバイドを60%まで改善しようとするれば、自動車の世界保有台数は24億台を越えるということになります。産業界の夢は膨らみますが、その為には環境負荷を1/3、いや今より環境改善を意図すれば、1/4～1/5という環境負荷の小さな車を実現する事が必須となります。

餌取 ハイブリッド車「プリウス」の開発は環境負荷を減らすのが目的だったわけですか。

渡邊 「21世紀の車を作ろう、テーマは環境だ」ということで開発が始まりました。プロダクトの結果以上にインパクトの大きかったのは、今までトヨタ自動車が発験したことのない多くの素晴らしい体験をしたことです。世界中からものすごい反響が来ました。雑誌は絶賛するし、国連はG500*という賞をプリウスに与えました。エンジニアも発奮して、更なるチャレンジを始めると言う、非常に良い市場と開発者の双方向コミュニケーションを経験しました。

* G500:「持続可能な発展」のための環境保護および改善に功績のあった個人および団体に対して国連環境計画 (UNEP) が与える賞。トヨタ自動車は、世界初の量産型ハイブリッド車の発売や環境マネジメントシステムの構築、環境情報の積極的な開示などが評価されて、1999年に受賞した。

吉川 画期的というよりは“事件”と言ってもよい出来事でした。車は環境を劣化させる一つの要因だと見られていたものが、逆にプリウスの出現によって考え方が逆転したからです。環境をよい方向に引っ張っていく、豊かさと環境を矛盾しないようにもっていく持続可能な開発の主役に躍り出たわけです。問題だった存在が一気に未来への主役になったという意味で、また、一つの技術がそうした逆転する力を持っているという意味で、緊張感を感じた瞬間でした。

ところで、どのようにして一致団結して一つのテーマに向かっていけたのですか。

渡邊 一つにはさまざまな技術の蓄積があったことですね。今日のビジネスには直接つながらない技術でも、着実に研究を進めていた技術者達がありました。ハイブリッドは1960年代中頃からガスタービンとの組み合わせで研究がスタートしています。

餌取 そうした基礎的な研究の積み重ねは、時代を拓く重要な要因になりますね。

渡邊 そうですね。そもそもハイブリッド車はガソリンエンジンと電気モータの組み合わせですから、ある意味で矛盾する要素性能を統合する技術です。内燃機関は空気を吸入し、燃料を噴射して、燃焼させる。そのエネルギーでピストンを動かすため、電気と比べてその過渡応答には時間遅れが必ずある。この二つをうまくバランスさせるには、精緻な技術がいります。実際、デジタル制御がなければ不可能でしょう。

プリウスでも、普通のEFI（電子制御式燃料噴射装置）エンジンの3～4倍のソフトを必要とします。日本の自動車産業界にはそれだけの技術の蓄積があった点も重要だったと思います。EFIとトランスミッション、ブレーキ、サスペンションを統合制御するトラクションコントロールやVSC（スピン防止）等の大規模



吉川弘之：写真中央 渡邊浩之：写真右 餌取章男：写真左

ソフトウェア技術の蓄積がありました。

二つ目は、ハイブリッドに必要ないろいろな材料技術が、日本の産業界の中に優秀な性能を確保し、育成されていた事です。例えば電磁鋼板は、家電業界のモーター効率向上の要求に応えるべく、その性能は世界のトップレベルを確保されていた。それからハイパワーのIGBTや高性能2次電池の技術も、ようやく日本の産業界で量産の地位を固めつつあった。そういう時にプリウスの企画が始まったのです。

つまり、いろいろな基盤技術が成熟しつつある中で、当時の奥田碩社長が「1997年に出せ」と指示したのです。

吉川 いつ、おっしゃったのですか。

渡邊 社長になった1995年です。市場化の前出しをして「2年で出せ」、ですよ。善良にして普通のエンジニアだったら、あんな判断はできない。無謀だと思ったでしょう。きっちり仕上げ、コストも下げてというふうにするじゃないですか。それを2年後だという。それは、COP3（気候変動枠組条約第3回締約国会議）の京都会議に照準を合わせたものでした。奥田は名うての三重商人の血をひいており、ビジネスに対する直感には鋭いものがあります。もしこの時、奥田のこの決断が無かったら、ハイブリッドは今も未だ、大量市場導入されていないかもしれない、と思います。

リーダーシップ

餌取 車の開発は総合技術ですから、いろいろな部署をまとめないといけないと思いますが……。

渡邊 日本の自動車メーカーの多くはプロジェクト制を敷いています。チーフエンジニアがいて、エンジン、電子技術、ボディといった各設計グループを束ねて引っ張っていく。実はこの仕組みがもう一つ、プリウス開発に寄与していると思います。内燃機関だけをやっている人からは、モーターとの組み合わせという発想はなかなか生まれてきませんね。ハイブリッドのような革新技術の実現には、多くの技術の組み合わせと融合が必要となるでしょう。プリウスの場合は製品の目的性能を画期的なものとする為に、チーフエンジニアの内山田竹志さん（現副社長）が各技術分野を束ねて引っ張っていく役割を果たしたわけです。

餌取 リーダーシップの存在の大きさですね。

吉川 産総研は他ではできない基礎研究をやるのがメインの使命です。しかしそれだけでは、論文を書いている研究者のための研究所になってしまう。産総研という名前から言っても、総合研究所という名前から言っても、産業に関係したものをやらないといけない。だから、深い



エネルギー問題という
人類の抱えている問題の縮図が
自動車の中に入ってきている。
そういう意味でも、自動車技術は
産業のリーダーたるべきだと思うのです。

基礎研究から製品化までつなげるテーマを何とかやろうとしているのです。

今のお話で感慨深いのは、何十年かかるとも辞さないというか、時間がかかってもよいからとにかく基礎研究で新発見をしたら、それを製品にしてみようという姿勢。その製品が10年、20年、30年と分野をリードしていく。

これから環境問題がますます重要な意味をもってくると思いますが、環境に適した基礎研究とはいったい何なのかと考えた時、いわゆる普通の基礎研究と違って、遠い将来を見ながら基礎研究をやらねばならないと再認識しました。

総合効率を求める融合技術を

餌取 ハイブリッドはこれからの車の一つの大きな柱になりますが、燃料電池はどうでしょうか。

吉川 燃料電池も原理は古く、それがものになっていく過程は、外から見ていても非常に興味がわきました。企業や大学や研究機関を問わず、技術の進展の仕方というのは共通性があると感じています。

渡邊 最近の米国鉦山局の報告では、平均値では2036年、最悪の場合2027年くらいに石油の生産量がピークに達して、減少する可能性が示されています。従っ

て1次エネルギー供給を多様化しないと、人類の生産活動や生活を支えていくエネルギーが不足してしまう。

CO₂等の環境問題に対しても、燃料電池は一つの切り札になるので大変期待しています。しかし、燃料電池というエネルギー変換技術さえあれば世の中が変わるかという、私は違うと思う。内燃機関であれ、燃料電池であれ、機械は負荷に応じてその効率は変化します。従って、その効率を飛躍的に高める為には、拡散の小さな電気エネルギーとのハイブリッドとされているのです。

餌取 燃料電池の問題点はいかがですか。

渡邊 車を駆動するシステムだけを変えればよいかというと、そうではないでしょう。燃料電池の燃料である水素はどうでしょうか。現在、天然ガスから水素を作る熱効率は60%くらいだと思います。それをもう少し改善しないといけない。水素製造プロセスの技術革新が必要だということです。さらには、バイオやリニアの利用、水素製造時のCO₂分離・固定の技術も必要となります。

こう考えていくと、単一のものだけでは問題が解決できない時代になっていることがわかります。いろいろな自然科学分野を組み合わせないと、イノベーションは起こらない。社会科学も動員しないとダメかもしれない。

餌取 まさに融合技術が必要となるわけですね。

吉川 自動車が今日の問題を解決する牽引役を果たしつつあると申し上げましたが、これには理由があるのです。自動車は非常に多様で、現代的な問題をすべて含んでいるからです。今エネルギーの話が出ましたが、エネルギーは車以外にもさまざまな課題が残されています。ベストミックスと言われるように、石油があったり石炭があったり、原子力もあるし、太陽電池などいろいろなものがある。

ところが個々の技術開発体制は、実はばらばらなのです。石油関係は化学者がやっていて、原子力は物理学者がやっています。太陽電池は材料や物性の分野。バイオマスは農学者。全員がエネルギーをテーマに研究しているのですが、お互いに交流がない。本当に必要なのはエネルギーなのに、です。

私は国際科学会議で、いろいろな科学分野を結集してエネルギーグループを作ろうではないかと提案したのです。エネルギー源の問題は別々だけれど、「使用」という立場から考えれば皆同じだから、その同じ立場に立って考えよう。

そこからいけば、省エネやエネルギー効率の問題が最大の課題になってくるわけです。自動車というのはその典型です。エネルギー問題という人類の抱えている問題の縮図が自動車の中に入っており、

単一のものだけでは問題が解決できない
時代になってきています。
いろいろな自然科学分野を
組み合わせないと、
イノベーションは起こらない。



そういう意味でもリーダーたるべきだと思うのです。

渡邊 燃料電池のライフサイクルアセスメント (LCA) をやった時、その結果にびっくりしてしまいました。CO₂排出のケースですが、普通のガソリンエンジンを1とすると、ハイブリッドは約0.6となります。ところが燃料電池は0.8程度で、ハイブリッドより悪いのです。それは、先ほど申しました水素製造時にCO₂をたくさん排出することの他に、現在の燃料電池を作っているいろいろな材料、例えばアルミやCFRP (炭素繊維強化樹脂)等の製造には多量の電力を必要とします。材料製造・リサイクルの革新が必要と言うことです。

基礎研究と産業

吉川 今のお話は、トヨタで燃料電池をやってみてわかったわけですね。そこから基礎研究に戻るわけですね。

渡邊 そうです。

吉川 基礎研究というのは基礎研究科学者の知的好奇心だけでやるものではなく、人類の将来を見ると必要となるような研究だと主張しているのですが、今の

お話はこれと符合しますね。燃料電池はその一例です。

舘取 基礎研究と産業とのフィードバックシステムを確立するのは、産総研の大きな役目ですね。

渡邊 そうだと思います。我々も2002年に、わずかですが燃料電池自動車の市場化を行いました。従って、車を数台走らせる技術は既にあるということです。しかし、もっと信頼性を上げよう、長寿命化をやろう、コストダウンをやろうと思って、電池セルの中で何が起きているか、メカニズムはどうなっているか、もっと効率を上げるにはどうしたらよいかということ基礎サイエンスに戻ってみると、意外と何もわかっていないことに気がついたのです。

バック・トゥ・ザ・ベーシックということで、製品技術開発と同時進行で基礎科学の深掘りを行って行く必要があるのですが、企業単独ではどうしようもありません。しかもその解が、特定の学問の領域から出るという保証がないのですから、知のネットワークと融合のようなものを作らないとダメなのです。研究ユニット間の連携・融合や外部とのネットワーク強化などによって産総研の強みを発揮すべきだと思います。

吉川 昔の蒸気エンジンから熱力学と機械力学、流体力学の基礎ができました。新しい燃料電池は伝統的な分野には属さないわけですから、そこに今までにない基礎分野が生まれる可能性がある。従来の化学は、物質がランダムにぶつかり合って反応するのが前提だった。ベアリングや軸に象徴される機械工学にはランダム概念は入っていない。ところが燃料電池は、たぶんその両者がくっついたような、分子レベルで幾何的な構造を制御する可能性があるのではないか。その意味で、従来の機械工学でも化学反応でもない学問分野を開拓していかないと、この問題は解けないのです。

現実問題が起こると必ず基礎研究の必要性が現れる、その典型的な例と言えると思います。

死亡事故ゼロの車

舘取 未来の自動車の発想はありますか。

渡邊 日本では“53年マル排*”という経験をしています。当時の自動車製造会社は、その規制に最初は揃って反対しました。技術がまだ確立していない、できたとしてもドライビングなど性能上問題があるし、コストが上がる、車は売れなく

* 53年マル排：昭和53年排ガス規制。昭和53年に設定されたガソリン乗用車の排ガス規制値。大幅なNOx軽減が定められた。

なる、ということで反対したのですが、当時の自工会の豊田英二会長が実施の最終決断したわけであります。

そして誰も想像していなかった結果となりました。世界で一番厳しい排ガス規制をクリアした、クリーンで信頼性の高い車ですから、当然の結果として、世界に於ける競争力が大変上がりました。そこから、日本の車がどんどん世界に輸出されていくようになった。ネガティブなところを技術革新してしまうと、それがポジティブに変わった新しい世界が生まれるという理事長のおっしゃった例です。

吉川 他の産業に対しても、大きなインパクトを与えた。



渡邊 その通りですね。

吉川 他の産業から「自動車に続け」と目標になった。本当に大きな出来事でした。

渡邊 60年代、70年代の公害や排気ガスの問題解決のプロセスから、日本産業界は、問題が起きてから規制という対症療法で対策していくよりは、未然防止、総合的な判断のもと、自主的な取り組みの方がよいという考えに変わりました。ネガティブポイントを解決することで新しい世界が創造できるのであれば、話は簡単です。現在、難しいと言っていることにチャレンジすればよい。

例えば交通事故による死者は現在7000人を超えており、豊田名誉会長は、ゼロを目指せと言っています。ゼロのビジョンが建てられると、そこに技術革新のネタがいっぱい見えてきます。

日本の交通事故死を見ると、二輪車運転者、歩行者が多い。しかもブラインドコーナでの出会い頭衝突事故が多い。新しい研究の方向が定まってきます。一つはITS（高度道路交通システム）だと思います。インフラ部分から車に情報を与えて警告を出す。あるいは、衝突を回避させる介入制動の技術が必要となる。

赤信号を無視して暴走する車を止めるためには何をすればよいのか。歩行者と車をどうコミュニケーションさせればよいのか。歩行者は通信のハードウェアとして何を持つべきか。この領域についても、産総研には沢山の研究者がいますね。そういうものを全部組み合わせると、もしかしたら交通事故死ゼロに近いものができるかもしれない。

それから渋滞。アメリカのある研究所が、2025年には、ある地点からある地点に行く時間が半減する可能性があると言っています。車、飛行機、列車の高速化だけでなく、乗り継ぎや渋滞の時間をITの力でスムーズにしたらよいと提案しているのです。確かに今の我々の交通システムは、個々の最適化はなされているのですが、連結にはなっていないですね。そうであれば、そういう社会を実現する為にはどのような技術と政策が必要でしょうか。

餌取 車自体の問題ではなくて、システムの問題ですね。

渡邊 ええ。だから、ますますいろいろな分野が統合しないとできないような課題がたくさんあるわけです。

吉川 明快ですね。難しいところをやらればよいと。では産総研は何をするの

か。今の産業を見た時に、総体としては、CO₂を出すと環境に対してマイナス部分が大きい。それを、一步一步よい方向に重心移動していくのだ、と私は言っています。それに対して、技術研究がサービスマンなのだ。共通の概念が大事で、協調の効率を上げることが必要ですね。

産学官連携

渡邊 産業界が使いたいニーズや困っている課題と、学が持っている研究を結びつけなければいけない。実は産学の連携の場が、日本ではまだ少ないのです。大学の平均値で、日本は全体の投入資金のうち2%が企業からの資金だと言われていますが、アメリカは5%、ドイツはおよそ12%と記憶しております。

吉川 そんなにありますか。

渡邊 私もこの数字には驚きました。産総研のポジションおよび使命を痛感します。

吉川 今のお話を産総研の側から見ると、実はいろいろ試みているのです。一つは共同研究。包括協定を結んで、企業と産総研がそれぞれ年間1億円程度ずつ出して、そこでいろいろな研究をやるのではないかといいものです。大きな企業の目的に合った研究を並べるのですが、テーマを決めるために時間がかかります。抽象的な契約になると、その後に時間が必要だということです。

一方、個別の共同研究があります。これになると、今度は狭くなりすぎてしまう。研究者にとっては片手間のようになり、企業から見ると、研究はほぼ終わって最後の詰めを大学とかにやってもらおうケースが多く、これまた片手間になってしまう。

そこで今はいろいろな工夫をしていま

す。一つは、産総研の組織が後押しして、外から経営者を連れてきてベンチャーをやってみるという試みです。

それから「ハイテクものづくり」。材料研究にとどまらない“材料製造研究”と言っているのです。具体的にモノにするには専門外の知識が要ります。このように研究論文にはなりにくい研究の遂行をエンカレッジする仕組みをつくっています。

それから、知財部が各研究員が持っている知財を見て、「これとこれをくっつけばうまくいくかもしれない」ということで、今まで会ったことのない人同士を合わせ、一つのプロジェクトを作る「IPインテグレーション」。このようなさまざまな工夫をしながら、企業が本当に欲しいものにどう近づいていくか試みています。そのうちうまくいくと思うのです。

渡邊 私はうまくいくと思いますよ。

吉川 産総研のように、組織的に自由度の大きいところで、研究者が気持ちよく産学官連携できる場をつくらうと思っているのです。2%というのは少しびっくりしましたが。

渡邊 日本の大学の平均値です。だから、そこを打破するリーダーシップを産総研が握るべきだと思います。



古い科学への異議申し立て

餌取 技術の方向性は大事な問題だと思いますが、もう一つ大事なものは、技術を楽しんでいる一般の人々にそれがきちんと伝わっていないことがあります。例えば、アメリカ人に“技術は我々の生活に恩恵をもたらすか”と聞くと、3人のうち2人はイエスと答えます。日本人で調べてみると1対1で、どちらかというところ否定派が多いのです。

吉川 科学技術に関する知識をきちんと伝え、多くの人々に理解してもらうことは重要です。ただ、ご指摘の問題は簡単に割りきれない面があります。今、時代が変わりつつあるところに立っています。現代の科学技術は基本的に15世紀の大航海時代の延長線上にあると思う。新しいものを作ればよく、自然は脅威であって、それを人工化することで安心してきた。

しかし今はそうではない。エネルギーが足りなくなった、環境が悪くなった、この状態をできるだけ守らないといけない。そこで、自然を改変する方向から、今あるものをそのまま温存しようと思うようになったのに、そのための科学がないのです。

そういうふうな時代精神が変わってきた時に、かつてのやり方の科学技術に対して一種の抵抗感をもつのは、むしろ当然かもしれません。プリウスや燃料電池は、できるだけ遠くまで走ろうとか、できるだけ速く走ろうというのは全然違いますよね。

そういう古い科学に対する異議申し立てが日本人の科学観だとすれば、それは日本人のほうが進んでいるのかもしれない。そこをバネにして、新しい技術開発をめざすべきでしょう。アメリカは時代の変化に気がついていないのかもしれない。そういう意識があることを、日本はむしろ大事にしたらいと思います。

移動と人間

餌取 ポスト自動車というのは考えられますか。

渡邊 さまざまな国について、横軸に1人当たりのGDP、縦軸に移動距離をプロットしたデータがありますが、GDPが上がると必ず移動距離は増えるのです。逆に言えば、移動距離を延ばさないと、豊かにならないのかもしれない。ですから、自動車かどうかは別にして、人間が移動する手段は残るだろうと思います。

餌取 人間は移動することに意味をもつ存在だということですね。



渡邊 コンパクトな町をつくれという議論がありますが、移動距離は減らさずに行動範囲はさらに広がってしまう。人間の根源的なものではないでしょうか。

吉川 おもしろいですね。1人当たりの移動距離を上げるためには、どういう方法をとればよいかという概念が出てくるわけですね。そこに一つの技術の課題があるかもしれませんね。

渡邊 その通りです。ですから、移動の簡素化とか、移動のパーソナル化、移動のユビキタス性なり、おもしろい将来の夢が描けるのではないのでしょうか。

餌取 ありがとうございます。

自動車用次世代動力源 燃料電池がもたらすクルマの未来

固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター 研究センター長
長谷川 弘

自動車保有台数が世界的に増加の一途を辿っている中、環境にやさしい燃料電池自動車の本格的普及が待ち望まれています。燃料電池が環境負荷低減に適した動力源であることは言うまでもないことですが、水素を燃料とする場合には、エネルギー供給を石油系資源に頼ることなく、再生可能エネルギーやバイオマスを含む多様なエネルギー資源が活用可能であることから、エネルギーセキュリティの観点からも、貴重な技術であると考えられています。ここでは、主に自動車用燃料電池の課題と、それに対する産総研の取組みを紹介します。

燃料電池自動車もたらすクルマの未来

燃料電池自動車は、燃料電池が高効率であることから、いわゆる「Well to Wheel」の総合効率がガソリン内燃機関自動車（ICE車）に比べて飛躍的に向上するものと期待されています。例えば、トヨタ自動車は、燃料電池自動車の本格的普及に向けての効率目標をICE車の3倍

と見積もっています（図1）。また、燃料電池自動車は車両上での排出物が水のみであることから環境負荷への影響も圧倒的に低く、自動車産業が生産量を増加させていく中、生産量を凌ぐ環境負荷低減が実現できる最も有効な手段といっても過言ではありません。ただし、現時点での二酸化炭素排出量試算結果では、ハイブリッド車に対する優位性は少ないですが、水素製造技術等の改良で優位性を高めることが可能と考えられます（図2）。

燃料電池の課題

自動車用燃料電池の技術ロードマップのうえでの最大課題はなんと言っても大幅なコスト低減と、主に耐久・信頼性確保を軸とする高性能化の二点であると考えられています。一般的に、耐久信頼性の向上策はコスト増をもたらす、本来の革新的なコスト低減のニーズには反するものです。したがって、性能向上と大幅な低コスト化を実現するために、「革新的技術」の登場が待ち望まれています。この革新的技術は、従来のエンジニアリン

グ手法に加えて、基礎研究に立ち返った科学的なアプローチによってもたらされるものと考えられます。原点回帰、すなわち基礎研究が必要とされていますが、燃料電池技術は、電気化学、触媒化学、高分子化学、さらには物理学や機械工学等の幅広い分野でのナレッジの融合が必要であり、それぞれの分野での研究のみでは、現実の燃料電池の世界に的確な科学的示唆をもたらすことが困難な状況と言えます。

FC-Cubicの目指すもの

産業界の強い要請を受けて、経済産業省 資源エネルギー庁 燃料電池推進室より、産総研に「燃料電池の基礎研究を強く促進するための研究ユニットの設立」が提案され、平成17年4月に「固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター（FC-Cubic）」が設立されました。FC-Cubicでは、前述の「革新的技術」として、産業界からの強い要請に基づき、高性能化/コスト低減に最も影響が大きい「電極触媒」、「電解質」、および「多層（相）界面を經由して

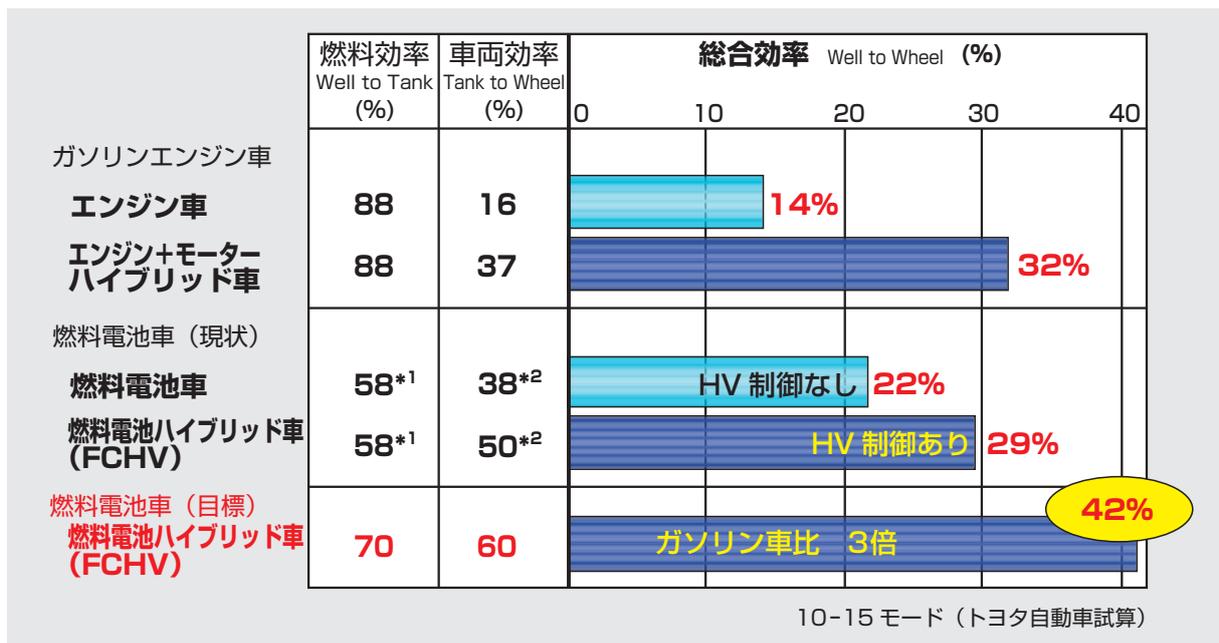


図1 燃料電池自動車の総合効率（資料提供：トヨタ自動車）

*1 天然ガスから改質で水素製造の場合 *2 電流法による

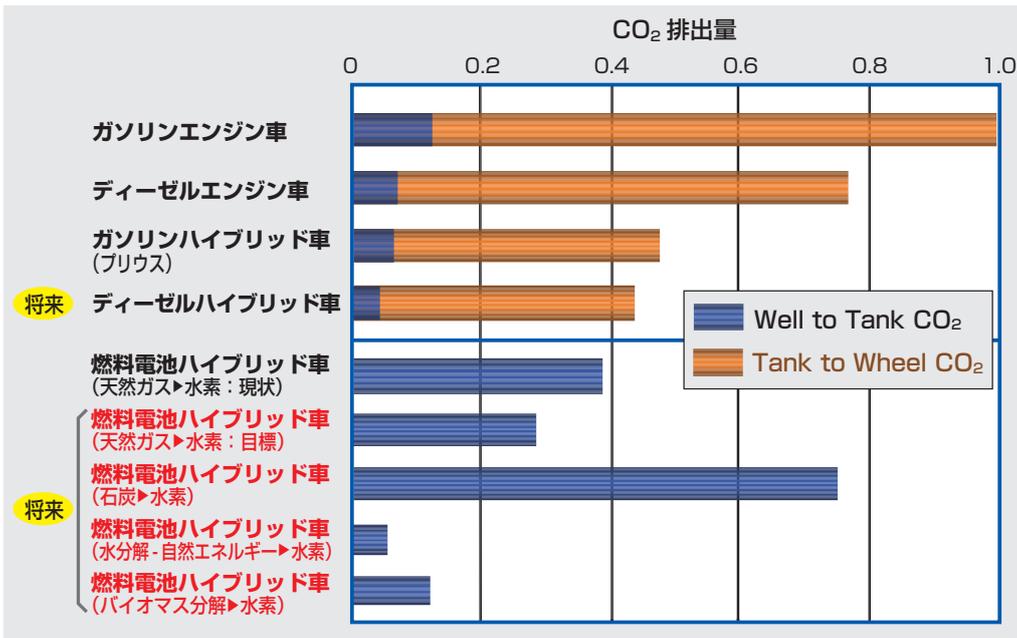


図2 Well to Wheel CO₂ 排出量
(資料提供: トヨタ自動車)
ガソリンエンジン車を1としたCO₂ 排出量の比較
数値はトヨタ自動車試算 (10-15モード)

の物質移動」の3項目に研究テーマを絞り込みました。

この3つの研究テーマについて、まず燃料電池の中で「何が起きているのか」を正確に計測・解析する技術の研究に取り組みます。例えば、電極触媒上では、どのような化学反応がどのような反応速度で進行しているのかをその場観察手法を駆使して解明をします。

このように、開発した正確な計測・解析技術を駆使して、これまでの燃料電池技術の限界を把握すると共に、各テーマ

で得られたナレッジを融合することで、何が限界を律しているのかを精緻に究明します。ひとたび律速過程が明確になれば、従来技術の限界を突破する糸口が見えて来るものと期待しています。この糸口こそが「革新的技術の創製」そのものと考えています(図3)。また、このように常に産業界での製品化に繋がるイノベーションを意識して研究を進めることで、科学と産業を上手く橋渡しすることができる人材が育つものと期待をしています。世界に向けての燃料電池技術のリー

ドと併せ、人材育成はFC-Cubicの重要なミッションのひとつです。

わが国の経済活動が環境を守りながら発展していくために、世界に先駆けての燃料電池技術の本格的普及に向けたFC-Cubicの新しいチャレンジに是非期待していただきたいと願っています。

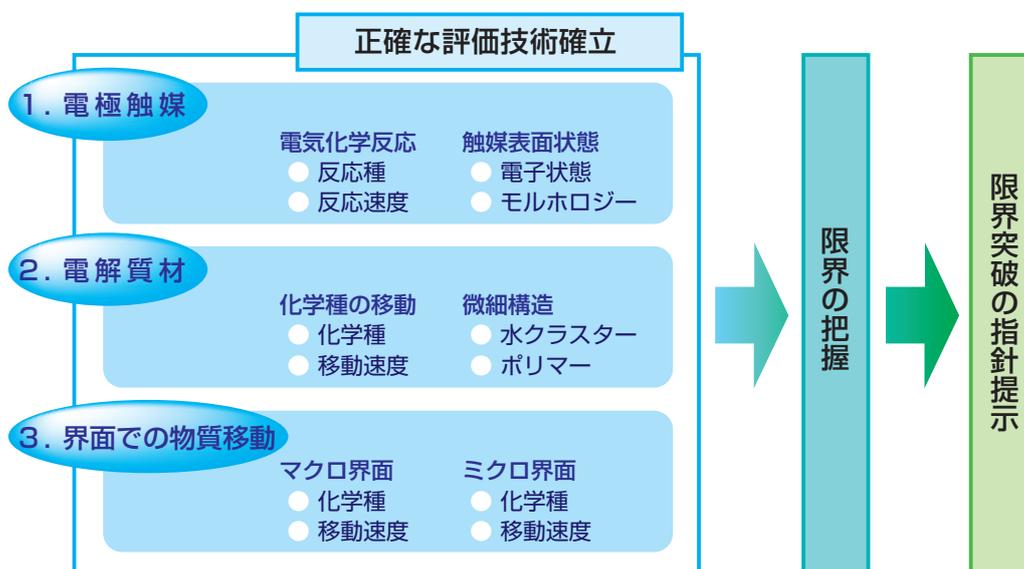


図3 FC-Cubicにおける基礎研究の進め方

低環境負荷な新しい燃料への挑戦 自動車用バイオマス燃料の普及に向けて

バイオマス研究センター 研究センター長
坂西 欣也

バイオマス燃料の現状と将来

バイオマス由来のエタノール、BDF (Bio-Diesel Fuel)、ガス化合成液体燃料 (BTL: Biomass To Liquids) 等のバイオ燃料は、バイオマスが再生可能エネルギーのうち唯一炭化水素系で、かつカーボンニュートラルであることから、ブラジルや欧米等ですでに導入されており、日本でもE3 (エタノール3%添加) やB5 (BDF5%添加) を第一ステップとして、燃料品質の規格化やエンジン性能の試験等が進められています。現状では、バイオ燃料の製造コストは石油系に比べれば割高と言わざるを得ませんが、バイオ燃料がもたらす効果には、炭酸ガス削減ばかりでなく、硫黄、窒素等のヘテロ化合物や芳香族が含まれていないことによる自動車排ガス浄化への期待も持たれています。

エタノールやETBE (エタノールとイソブテンとの反応によって合成される) 等のバイオマス由来の新燃料は、含酸素燃料であるため単位重量当りの発熱量が小さいものの、ガソリン品質の重要指標

であるオクタン価が極めて高いという特徴を持っています。

ETBEは、エタノールが抱えていた水分混入の問題が少なく、ガソリンとのブレンドが容易であることから、すでに、フランスやスペイン等では、ETBEを6~7%程度ブレンドしたガソリンが市販されています。EU諸国では、環境負荷の小さいバイオマス由来エタノールに税制優遇措置 (1リットル当りフランスで0.38ユーロ、スペインで0.39ユーロ) を実施して、バイオ燃料の導入促進を図っていることが注目されます。

これまで行われてきた、糖・澱粉等を原料とするエタノール製造では、将来的に食料と競合するため、新しい製造法の開発が求められています。現在は、生産系のリグノセルロース系バイオマスからセルロースの糖化によって、エタノールを製造する研究開発が進められています。セルロースからのバイオエタノール製造方法は、木質系の原料を使うか草本系の原料を使うかによって難易度が異なるのですが、いずれの場合にも、セルロー

ス成分をリグニンやヘミセルロース成分から分離し、さらにセルロースを発酵前に糖化处理する必要があります。セルロースの糖化法としては、主として、濃硫酸法、希硫酸法やセルラーゼ等の酵素を用いる酵素糖化法が挙げられます。

さらに低環境負荷な新エタノール製造プロセスへ

産総研では、水だけを用いる非硫酸法によるグリーンプロセスの開発を目指して、加圧熱水処理とメカノケミカル粉碎の組み合わせによって成分分離と糖化促進を同時に達成する水熱糖化法およびトータル利用システムの研究開発を進めています (図1)。この方法では、水熱抽出温度を段階的に昇温することによって木質系バイオマス等からヘミセルロース、セルロース、およびリグニンを逐次的に抽出分離し、前二者を各々個別にペントース、ヘキソース糖化、発酵することが可能となります。実験室レベルではリグノセルロースからのエタノールの理論収率に近い収量を達成できることを明らかにしました。この非硫酸糖化・エタノール発酵法では、硫酸法に比べて硫酸の濃縮・リサイクルの必要がなく、成分分離したりグニンの高付加価値利用も可能になります。

バイオマスからのクリーンディーゼル燃料の製造

最近、大都市部を中心にディーゼル車によるPM (Particulate Matter)、NOx、SOxの排出による大気汚染が深刻化していることから、ディーゼルサルファーフリー及びアロマフリーの超クリーンディーゼル燃料製造の要請が高まっています。その中で、炭酸ガス削減と排ガス浄化の同時達成に向けたバイオマス由来のクリーンディーゼル燃料の製造技術の開発が進められています。

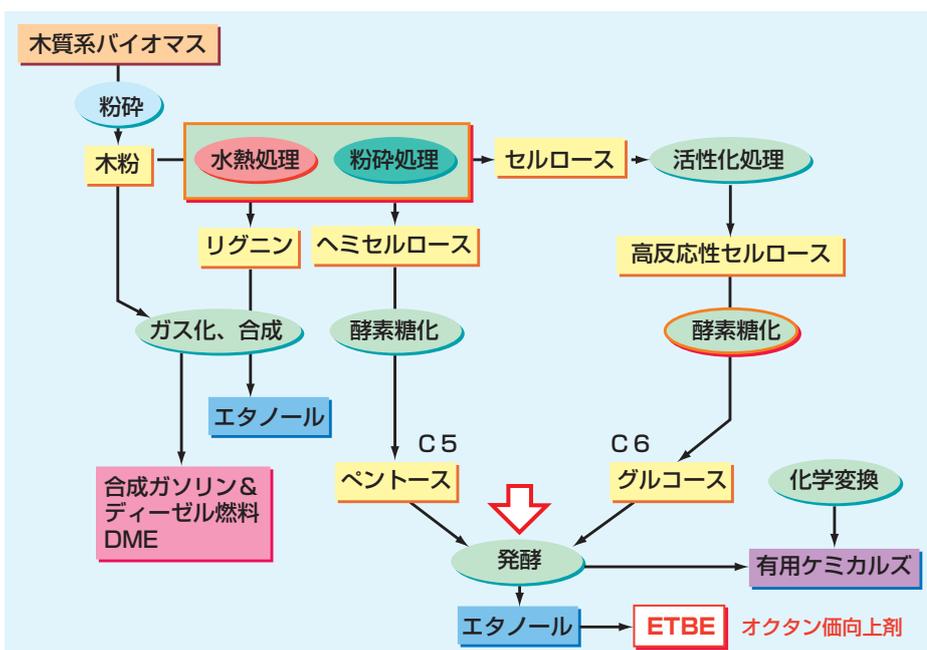


図1 産総研バイオマス研究センターの木質バイオマスからの新燃料製造トータルスキーム

ディーゼル代替燃料として期待されているバイオディーゼル燃料 (BDF) は、パーム椰子から得られるパーム油や、菜種油等に含まれる油脂類の主成分であるトリグリセリドを、エステル交換反応によって脂肪酸メチルエステルにして製造されています。油脂類のアルカリ触媒によるメチルエステル化法の高効率化とともに、メチルエステル交換反応にともなう副生するグリセリンの有効利用法ならびに廃アルカリ触媒の回収法の確立などが開発のキーポイントといえます。BDFは、石油系ディーゼル軽油に比べて硫黄や芳香族含量が小さいため、排ガス中の硫黄酸化物やPMの含量が低くなり、かつバイオマス起源であるため炭酸ガス削減にも寄与できると期待されています。

ジメチルエーテル (DME) も、LPG (液化石油ガス) と類似した性状を有し、輸送・貯蔵が簡便であるため、民生用、輸送用や発電用燃料としての利用が可能なクリーンな新燃料として期待されています。DMEは、石炭や石油、天然ガス等の化石資源だけでなく、バイオマスのガス化によって生成する合成ガス (CO、水素) から製造できるため、一次エネルギー源の多様化とともに、炭酸ガス排出量の低減にも貢献できます。また、その



図2 木質バイオマスの高効率BTL-FTディーゼル製造トータルシステム

クリーンな燃料特性 (サルファーフリー、アロマフリー) により、超低公害の次世代のディーゼル燃料としても期待されています。

バイオマスのガス化によって得られる合成ガス経由の超クリーンディーゼル燃料 (BTL-FT: Biomass To Liquids-Fischer Tropsch 合成燃料) の製造技術開発が進められています。BTLは、GTL (Gas To Liquids) に比べて原料が化石資源由来でないため、炭酸ガスの削減効果も見込まれ、最近欧米を中心に技術開発が進められています。バイオマス研究センターで開発中のBTLトータルシステムを図2に示します。このようなFT合成触媒反応による合成ディーゼル燃料製造技術は、石油起源のディーゼル軽油に匹敵する製造コストを達成するためには、今後さらに新技術を導入したFT合成トータルシステムの開発が不可欠と言えます。

バイオマスを原料とするディーゼル

軽油は、優れた炭酸ガス削減効果を示しているのに加えて、SPM (Suspended Particulate Matter) や酸性雨原因物質であるSO_xの低減にも優れており、また燃費も優れていることから、燃料電池自動車普及する次世代にわたって、地球温暖化防止と環境保全の面から、最も優れた自動車燃料のひとつとして評価できます。

さらに、バイオマス資源の導入・普及には、経済的に成り立つトータルシステムの構築が重要であることから、バイオマス研究センターでは図3に示したように種々のバイオマス資源をデータベース化し、各種バイオマスシステムのプロセスシミュレーション技術による経済性・環境適合性評価を行い、実用化可能なバイオマストータルシステムを提案することを目指しています。

地球環境問題解決への貢献

地球温暖化や大気汚染、森林破壊等の地球環境問題は、石油を中心とする化石資源に依存し過ぎた現代文明に起因していることから、昨今のバイオマスを中心とする新エネルギー導入や省エネルギーの徹底への取り組みは、単に日本だけの問題ではなく、全世界に共通する地球規模の重要な課題です。日本発の技術開発による「バイオマスからの新燃料製造プロセスの実用化」や国際技術援助等を通じて、地球環境問題の解決に貢献していくことが産総研の重要な使命と考えます。

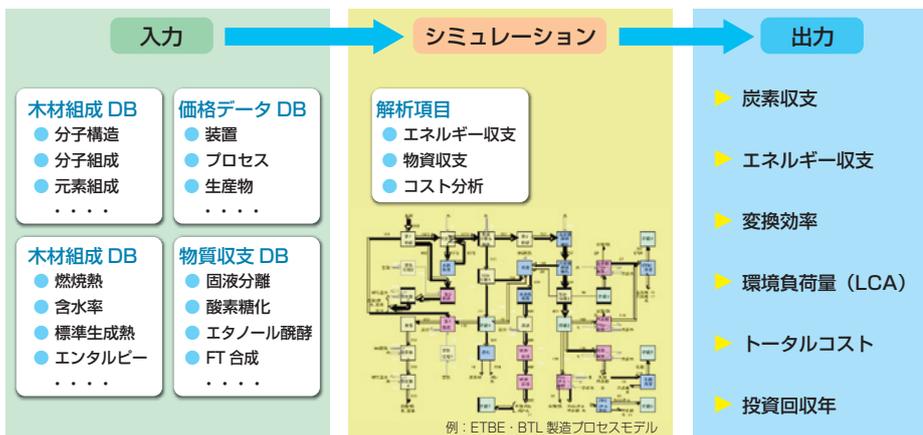


図3 バイオマスシステム評価シミュレーション技術

燃費向上でCO₂削減 軽量化のための構造材と加工技術

サステナブルマテリアル研究部門 副研究部門長
中村 守

自動車用の構造材に求められるもの

自動車の運転性能向上のための車体の軽量化と空力特性の改善は、自動車開発における昔からの重要な課題です。最近では、二酸化炭素の温室効果による地球温暖化が全人類の直面している危機として認識されるようになり、全世界で8億台以上保有され、日々増加しつつある自動車から放出される、大量の二酸化炭素の影響に注目が集まる中で、燃費改善による排出量削減が強く求められています。それを受けて、燃費改善のために車体を一層軽量化するための研究開発が、世界中で精力的に実施されています（通常のガソリン車では、車体重量1トンから1.5トンの範囲では、100kgの軽量化で燃費が約1km/L程度改善することが知られています）。

しかしながら、自動車が人間を運ぶ機械であるため、人間の身長や体重に制約される車体の小型化には限界があり、車体重量を増加させる要因である衝突安全性や快適性の要求水準は年々高度になるという厳しい条件が、車体軽量化の努力には課せられています。

自動車を構成する材料は、自動車の生産台数が膨大であることから、地球における埋蔵資源が十分に豊富で、できるだ

け少ない環境負荷で製造やリサイクルが可能であることが求められます。中国やインド等のBRICs諸国の人口を考慮して、将来の世界の自動車保有台数を20億台と考えると、自動車1台当たり100キロ使用される材料は、2億トンが市場に流通し、毎年数千万トンの部材が製造される材料であり、資源の制約から候補材料は、鉄、アルミ、マグネシウム及びプラスチックに限られます。その上で、材料には易リサイクル性が求められ、部材の価格は自動車用部材として受け入れられるレベルにまで廉価であること、構造材としての優れた機械的特性（特に高い比強度）を有し、複雑形状部材の成形加工が容易であることなど、多くの条件を満たさなくてはなりません。

産総研における研究開発

産総研では、車体の軽量化に資する研究開発として、軽量金属であるマグネシウム合金、アルミニウム合金について、ナノレベルから部材寸法にわたる組織制御による特性の向上と多様化及び成形加工に関わる研究開発を行っています。合金設計ではなく、組織制御に注力しているのは、自動車の構造材として大量に使用することを想定すると、埋蔵資源の量

的な制約や偏在によって将来の安定供給に不安のあるレアアース等を、機能向上のための添加元素として使用することは、可能な限り避けることが望ましいと考えているからです。

マグネシウム合金等の軽量金属材料を対象とした主な研究課題は以下のとおりです。

1. 金属ガラス化、結晶の極微細化による高強度・易加工性等の特性向上及び、多孔質化による衝撃吸収能の向上等の、各種の高性能化組織制御プロセス技術の開発
2. セミソリッド成形技術、連続鋳造技術、超塑性加工技術、摩擦攪拌接合技術、異周速圧延技術等の、組織制御技術と融合した成形加工技術の開発
3. 固体プロセスを用いたアップグレードリサイクル技術の開発

図1は、冷却凝固過程にある溶融金属に電磁振動を付加することで、微細な気泡を発生させ、それらが崩壊する際のマイクロ領域での超高压超高温を利用して、金属ガラス化過程における冷却速度の影響を低減し、金属ガラスを創製した実例です。このプロセスにより、優れた強度と耐食性を示す軽量金属の金属ガラスや微細結晶材料を低コストで量産する技術の確立が期待されます。

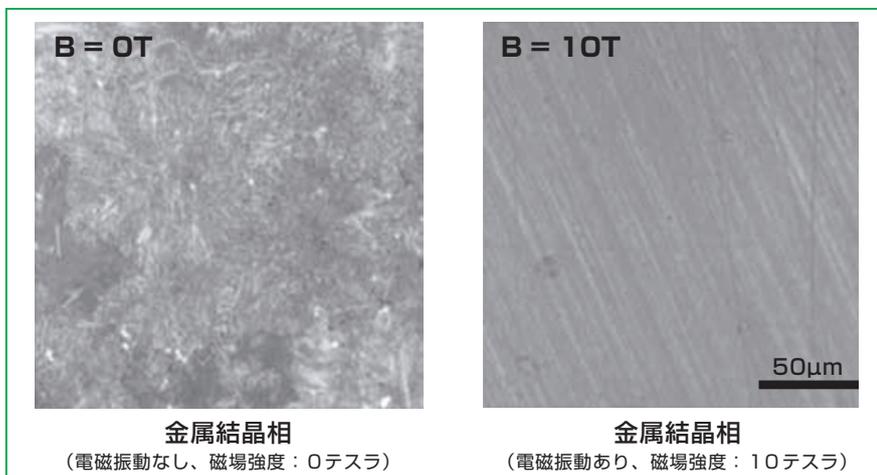


図1 金属ガラス形成能に及ぼす電磁振動力の影響
(Mg-25Cu-10Y合金、金属に流れる電流：5A、電磁振動の周波数：5000Hz)

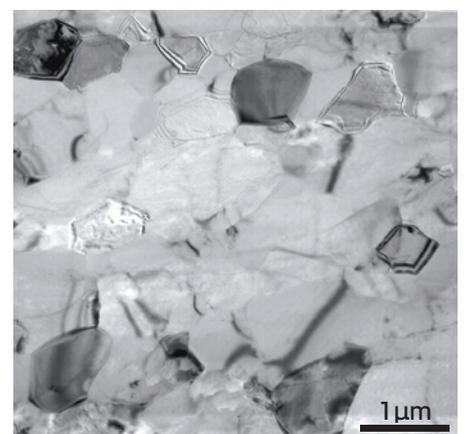


図2 強加工によって結晶粒を1ミクロン程度まで微細化した純アルミニウムの透過電子顕微鏡写真

図2は、強加工によって結晶粒子を微細化したアルミニウムの組織です。成形すべき部材の形状・寸法によって、適切な組織制御プロセスを選択できるように、多様なプロセスを研究しています。

図3は、価値の低いスクラップを、鍛造加工可能で高強度な価値の高い素材に、熔融過程を経ずに再生する、アップグレード固体リサイクル技術の概念を示したものです。固相状態での強加工と、それによる表面酸化層の破碎とスクラップ同士の結合とを利用した省エネルギー型のプロセスです。

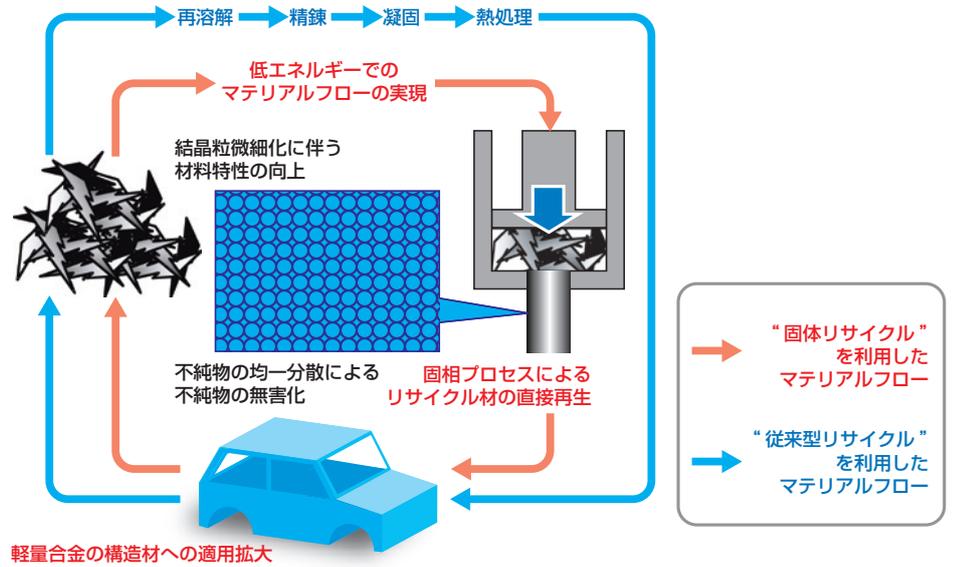


図3 アップグレード固体リサイクル技術の研究開発の概要

低フリクションで効率を上げる

先進製造プロセス研究部門 北 英紀

どうやってエンジンの摩擦を小さくするのか

エンジンの摩擦損失の低減は、環境、安全・信頼性、そして経済性といった多くの技術軸の中で捉え、その対応においては各部の潤滑状態を把握した上で、潤滑油、材料、設計をうまく組合せた手法を採る事が必要です(図1、2参照)。例えば流体潤滑が主体となるピストン系の場合、潤滑油の低粘度化は摩擦低減に有効ですが、その場合、低速域や始動・停止時には境界潤滑域が拡大し、また元々境界潤滑が主体の動弁系では摩擦や焼付きが生じ易くなります。摩擦調整剤はこうした問題を防止する為に添加されますが、材料表面とのトライボケミカル反応の起り易さによって効果は異なる事があり、例えば無潤滑で摩擦係数の小さい材料が必ずしも油潤滑下で低摩擦を示すとは限らないのです。

今後どんな研究や技術が必要か

今後、益々厳しくなる排ガス規制への対応として潤滑油中の灰分や燃料の硫黄分は減り、またDMEやGTL等、多様化する燃料は摩擦や摩耗にとって不利な要因を含んでいます。それを乗り越え、低フリクションエンジンを実現するには新しいコーティングや表面改質は不可欠な技術ですが、それには材料と潤滑油との相互作用を明らかにする研究や材料を活かす設計など、分野を超えて境界領域の課題解決に取り組んでいく事が必要となっています。

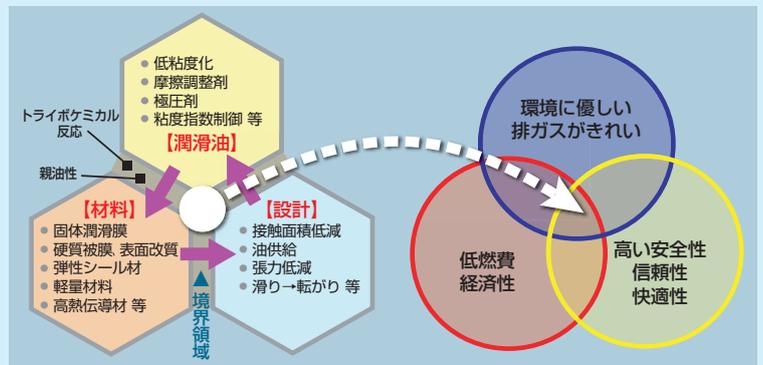


図1 摩擦損失を低減するための手法とねらい

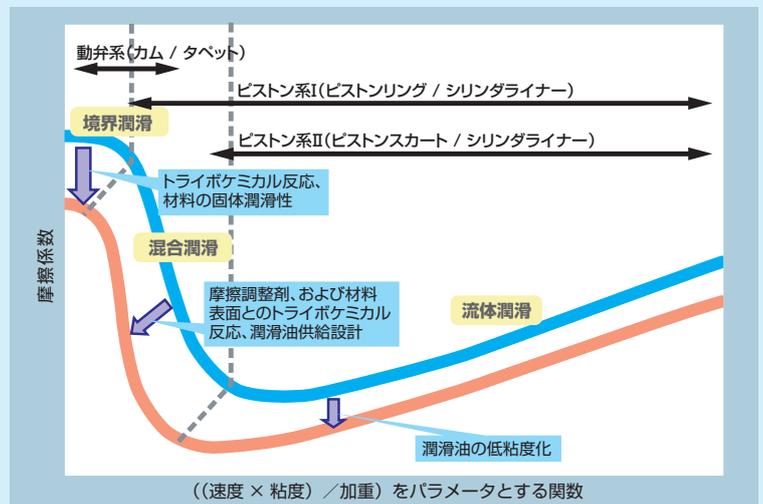


図2 エンジン各部の潤滑状態と摩擦低減手法との対応

「糖鎖」研究の3大ツール

がん、免疫、感染症、再生医療の鍵である糖鎖の研究を飛躍的に加速

産総研では、ゲノムやタンパク質に続き、生命現象に關与する第3の生命鎖として注目される生体分子「糖鎖」について、1) 糖鎖遺伝子、2) 糖鎖ライブラリ合成ロボット、3) 糖鎖微量迅速解析システム、の3大研究ツールの開発に世界で初めて成功した(図1)。核酸、タンパク質には、それぞれに配列解析装置や合成機などが開発され研究が飛躍的に進展してきたが、糖鎖についてはそのような装置はなく、その開発が長らく望まれていた。これらのツールを利用することによって、核酸やタンパク質だけでは説明できなかった様々な生命現象を探る研究が飛躍的に加速すると期待される。

Like proteins and nucleic acids, glycans, the third class of repeating biopolymers, have essential roles in living organisms. However, tools to synthesize and analyse the glycans have been lacking. The Research Center for Glycoscience in AIST has successfully developed three important tools for glycomics research; the glycogene library, the preparation robot for the oligosaccharide library, and the rapid and sensitive analyzing system for oligosaccharides. Exploring the perplexities of life which cannot be explained with nucleic acids and proteins will be accelerated by using these innovative tools.

はじめに

タンパク質の翻訳後修飾の中で糖鎖修飾は最も重要であるが、その構造や合成系の複雑さゆえに、研究対象として敬遠されがちである。生体内のタンパク質、脂質の多くに糖鎖が付加されており、それぞれ糖タンパク質、糖脂質と呼ばれる。糖鎖の付加によりタンパク質は最終的に生理機能を獲得する。1980年代後半に勃興したゲノム世代は、21世紀初頭にヒトゲノムの全解読を完遂した。DNAシーケンサー、シンセサイザー、マイクロアレイなどの技術が飛躍的に革新された結果、予想よりも早く終結した。PCR技術はきわめて大きな発見であった。その後、タンパク質を

網羅的に解析しようとするプロテオーム世代が始まり、現在、ピークに達しようとしている。質量分析計の革新的な開発が現在も進んでおり、それによるアミノ酸配列のハイスループットな解読が可能になったからである。ゲノム解読の結果、整備されたデータベースが、質量分析計による部分的アミノ酸配列同定からタンパク質を特定することを可能としている。しかし、リン酸化や糖鎖付加などタンパク質の機能を制御する翻訳後修飾に関しては、まだそれをハイスループットに解析する技術が存在しておらず、現時点で最重要な開発課題と思える。現在は、ポストゲノムではなくあえてポストプロテオーム世代と呼びたい。その中でも、最もチャレンジングな課題が、糖鎖の付加された糖タンパク質を丸ごと解析するグライコプロテオームであろう。

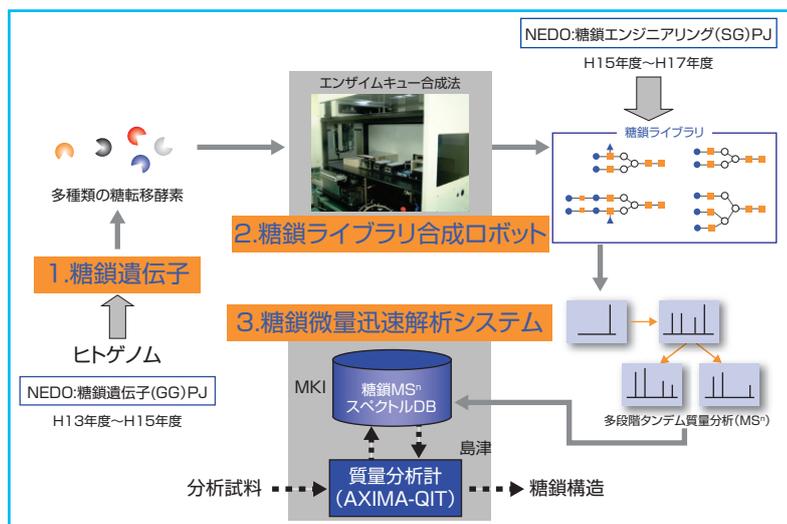


図1 「糖鎖」研究3大ツール(糖鎖遺伝子、糖鎖ライブラリ合成ロボット、糖鎖微量迅速解析システム)の開発
網羅的にクローニングされた糖鎖遺伝子リソースを活用して、糖鎖ライブラリ、糖鎖タンパク質質量分析スペクトルデータベースが構築された。

糖鎖遺伝子

生体内での糖鎖合成に関わる遺伝子群を総称して、糖鎖遺伝子と命名した。5年前に発足した研究チーム名に、我々のこの創作語を冠した。この5年間弱の研究戦略は以下の通りである。図1に、その流れを示してある。1) H13~15年のNEDO糖鎖遺伝子プロジェクト(GG-PJ)において、ヒトゲノム配列やcDNA配列のデータベースの中から、バイオインフォマティクス技術を駆使して、糖鎖遺伝子を網羅的に探し出す。それらをすべてクローニングして、遺伝子をさまざまな発現系を用いてリコンビナント酵素とする。それら糖転移酵

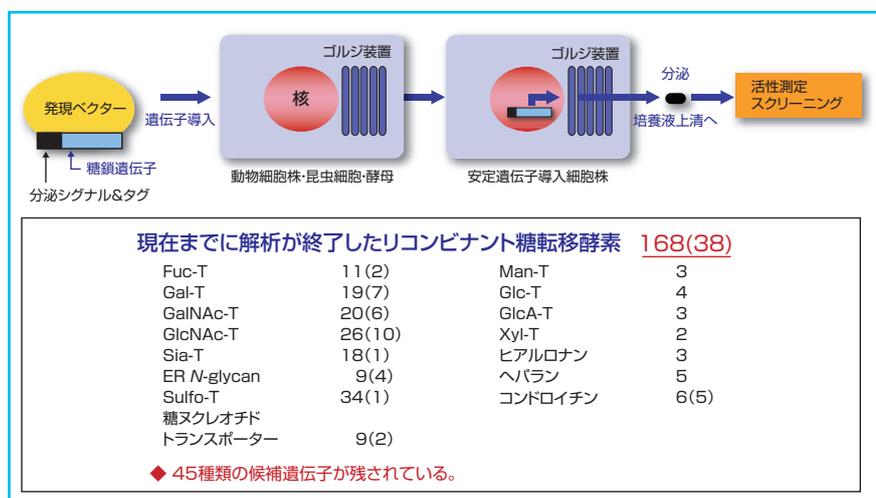


図2 糖鎖遺伝子から組み替え糖転移酵素へ
糖転移酵素は、生体内では膜タンパク質としてゴルジ装置に留まる。膜貫通部位を取り除き分泌シグナルを組み込んで発現させることにより、利用しやすい分泌型糖転移酵素を得る。括弧内の数字は、GGプロジェクトでクローニングし解析、そして論文として報告した糖鎖遺伝子の数。

素の *in vitro* での糖鎖合成活性を解析する。H16の3月の時点で、糖鎖遺伝子ライブラリすなわち糖転移酵素ライブラリがほとんど完成した(図2)。2) H15~17年のNEDO糖鎖エンジニアリングプロジェクト(SG-PJ)により行われた。SGプロジェクトはH18の2月に終了する。各酵素の合成する糖鎖構造が判明した後、種々の酵素を組み合わせることにより、さまざまな構造の糖鎖、あるいは糖ペプチドを、自由自在に合成できるようになった。最近になって簡便な合成ロボットを作製した(図1)。3) 基質特異性のはっきりとした糖転移酵素ライブラリを使用して糖鎖を合成するので、合成された糖鎖の構造も明確である。この構造の明確な糖鎖および糖ペプチドライブラリを構造解析のための標準品として供することができる。後述するタンデム質量分析法

により、各種の糖鎖構造のMSⁿのデータベースを構築する。このデータベースが、「微量なサンプルで、迅速に、だれでも糖鎖構造を解析できる」ための基盤ツールとなる。

我々は、世界に先駆けてヒトの糖鎖遺伝子を網羅的にクローニングし、現時点で、168種類の酵素が活性型酵素として発現可能となっている(図2)。これらの糖鎖遺伝子は、Gatewayシステムのエンターベクターにクローンしているので、だれでも容易に2日間ほどで、動物細胞、昆虫細胞、酵母などで発現してリコンビナント酵素を得ることができる(図2)。ヒト由来の酵素であるので、すべての酵素は動物細胞で活性型として発現できるが、酵素の種類によっては昆虫や酵母などの下等生物では活性型として発現できないものがある。我々の手元に、まだ活性型酵素として活性を検出できない候補遺伝子が45種類あり、これらは既存の基質では活性を容易に検出できない。その原因はいくつか考えられるが、2種類以上のタンパク質の共発現を必要とする可能性もある。

糖鎖ライブラリ合成ロボット

糖鎖は、構成分子が一直線に並んでいる核酸や蛋白質とは異なり、枝分れ構造や立体異性の違いに基づく複雑な構造をしている。そのため有機合成で糖鎖を作る場合、位置選択性や立体選択性の制御が必須となり1種類作るだけでも通常は半年から1年かかる。それに対し、糖転移酵素は完全な位置および立体選択性を示し、用いる酵素の種類によって生成する糖鎖の構造が決まっている。したがって、糖転移酵素を用いた糖鎖合成では、選択性制御のために面倒な保護基の脱着などをする必要がなく短時間で簡便に糖鎖を合成できるという特長がある。糖転移酵素による糖鎖合成

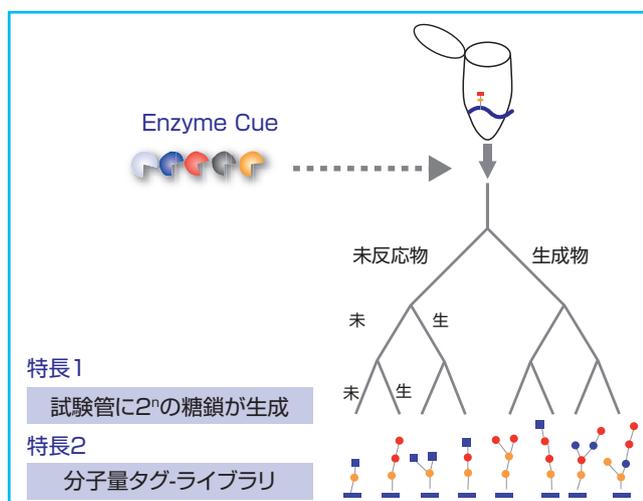


図3 エンザイムキュー合成法

各反応を途中段階で停止させ、複数の糖転移酵素を連続的に反応させることにより一つの試験管内に多種類の糖鎖を合成する。

は、まさにポストプロテオーム世代の糖鎖合成法といえる。

多種類の糖鎖を一度に短時間で合成するためにエンザイムキュー合成法と呼ぶ糖鎖ライブラリ合成法を考案した(図3)。反応を途中段階で停止させると、試験管の中には原料と反応生成物が存在する。そのまま次の糖転移酵素反応を行ない再度、途中段階で停止させると、もとの反応の未反応物と生成物、そして、それぞれに新たな糖が結合したものと、計4種類の混合物となる。このように、各反応を途中段階で停止させ、複数の糖転移酵素を連続的に反応させることにより、一つの試験管内で多種類の糖鎖を一度に合成することができる。反応をn回繰り返すと理論上は2のn乗の混合物が得られることになる。また、得られる糖鎖ライブラリの各産物の分子量がすべて異なるように合成用酵素を選択しておけば、分子量と糖鎖構造は1対1に対応させることができるため、分子量を測定するだけでライブラリに含まれている糖鎖構造を知ることができる。このようなライブラリを分子量タグライブラリと呼んでいる。

今回、開発された糖鎖ライブラリ自動合成ロボットは、分注システムと反応槽、反応停止槽、簡易精製ユニット、およびこれらの制御装置からなり、エンザイムキュー合成法を活用して数十種類の糖鎖からなる混合物(ライブラリ)を2日間で合成することができる。有害な有機溶剤などを使わないので環境にもやさしい。合成された糖鎖ライブラリは、糖鎖質量分析スペクトルデータベースの構築に構造既知の糖鎖標準品として利用できるだけでなく、レクチンなどの糖鎖認識分子の特異性解析などにも利用できる。ウイルスは種特異的、組織特異的なレセプターを介して感染を開始するが、レセプター分子には糖鎖が重要な役割を演じているものが多い。インフルエンザウイルスもその一つである。しかし糖鎖とウイルス粒子の結合を網羅的にスクリーニングし、迅速に同定する手法が確立されてこなかった。この

糖鎖ライブラリを活用すれば、感染に関与する糖鎖のスクリーニングも簡便に行なうことが可能となるはずである。

糖鎖微量迅速解析システム

さらに糖鎖工学研究センターでは、株式会社 島津製作所(以下、「島津」という)、三井情報開発株式会社(以下、「MKI」という)と共同で質量分析スペクトルデータベースを用いた糖鎖微量迅速解析システムを開発した。糖鎖は構造の複雑さゆえに分析も難を極め、単純な配列解析では構造を明らかにできない。従来、糖鎖の構造解析は、特別な技術を持った専門家によって複数の分析法を組み合わせでおこなわれてきた。この現実が、糖鎖研究の進歩を遅らせてきた大きな要因であると考えた我々は、誰でも簡単に微量の試料で分析できる迅速解析システムの開発を目指した。

近年、長足の進歩を遂げた質量分析計(MS)は、現在のプロテオミクスの隆盛を支え、微量、簡便、高スループットという特長は、糖鎖構造解析にとっても極めて魅力的である。本来、MSは文字通り質量を分析する装置であって、数多くの異性体を見分ける必要がある糖鎖構造解析には向いていないが、タンデム質量分析(MS/MS)で得られるスペクトルパターンは、糖鎖構造の微妙な違いで変化することが次々に報告されてきている。特に、多段階のタンデム質量分析(MSⁿ)を行なうと、ほとんどの糖鎖はそれぞれ独自のスペクトルパターンを示すことが判ってきた(図4)。MSⁿとは、MS/MSを発展させ、前駆イオンの選択と前駆イオンから生成するイオンの分離をn回繰り返す分析法であり、通常は四重極イオントラップ型またはイオンサイクロトロン共鳴型の装置を用いる。

我々は、糖鎖の多段階タンデム質量分析スペクトルを指紋照合の原理で構造解析に応用することを考え、上に述べた酵素合成によって得られる糖鎖を含む様々な糖鎖の

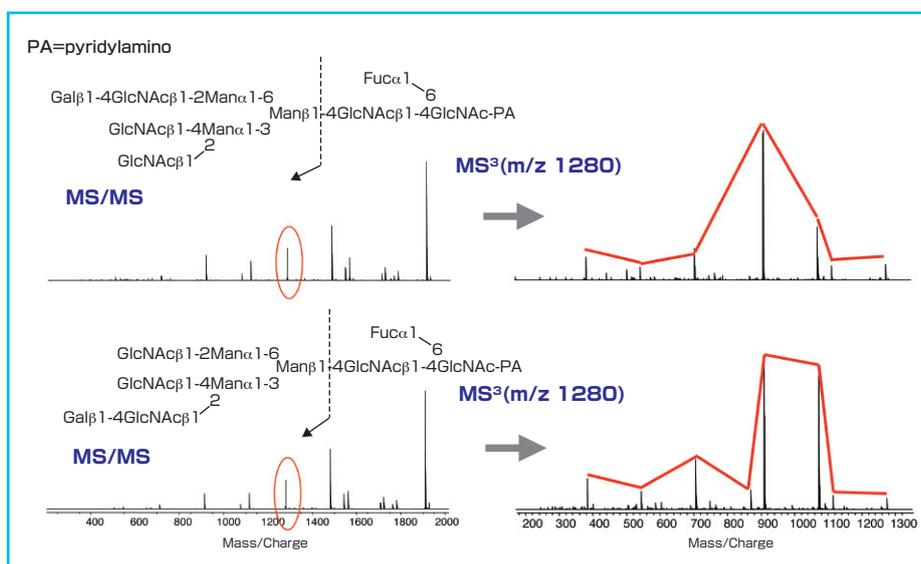


図4 類似した構造を持つ糖鎖の多段階タンデム質量分析スペクトル例
MS/MSでは殆ど同じスペクトルが得られるが、MS³では断片化パターンが明らかに異なっている。

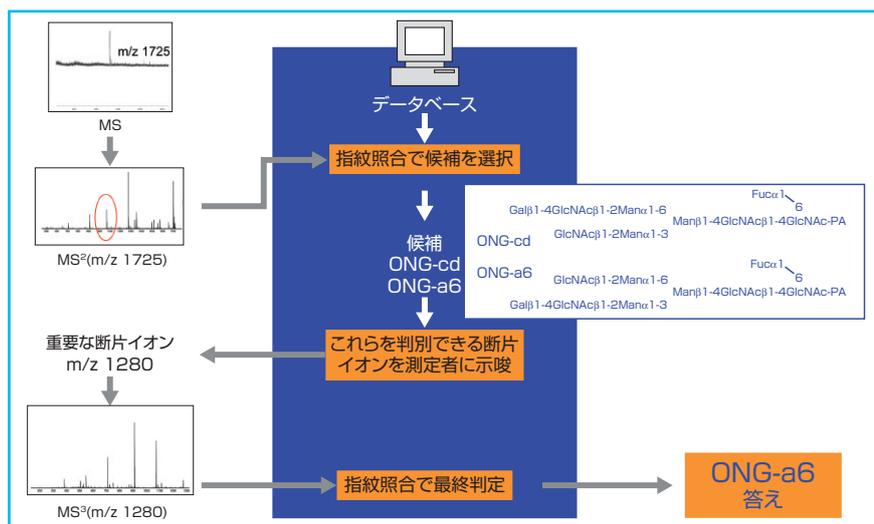


図5 インテリジェント測定法
MS/MS で生じる多くのフラグメントイオンの中から、構造特定のために最も重要なMS³スペクトルを与えるフラグメントイオンをコンピューターが示唆する。

スペクトルパターンをデータベース化してきた。スペクトルは、マトリクス支援レーザー脱離イオン化四重極イオントラップ飛行時間型質量分析装置 (MALDI-QIT-TOF MS; AXIMA-QIT, Shimadzu) を用いて測定した。MKIはデータベースの中から類似するスペクトルパターンを持つ糖鎖を探し出す情報処理システムを開発した。島津はその情報処理システムとMSをインターネットによって連携させるためのソフトウェアを開発した。初段の断片化段階では一つの糖鎖からいくつかの断片イオンが生成する。構造に特徴的な断片化パターンを示すのは、その内の一部であるため、迅速に分析するためには、2段階目以降の断片化に供する断片イオンを適切に選択する必要がある。そこで、構造解析に重要な情報を与えるであろう断片イオンを自動的に選択させるシステムを開発し、インテリジェント測定法と名づけた(図5)。これらを統合することにより開発された糖鎖微量迅速解析システムを用いると、2回のタンデムMSスペクトル測定によって、結合位置や分枝構造はもちろん、グリコシドの α 、 β やジアステレオマーの区別(例えばGalとMan、GlcNAcとGalNAcの区別)まで含めた精密な糖鎖構造が判別可能である。このシステムの特長は、誰でも簡単に測定できるMALDI型質量分析計を用いている点、糖鎖の質量分析の専門家でなくても、フラグメントイオンの詳細な帰属を行うことなく、わずか1ナノグラムの試料から数分で複雑な糖鎖構造を解析できる点にある。

今後の展開

ゲノム、プロテオーム研究者にとり、糖鎖研究はいかにもハードルが高い。今でもまだ多くの研究者が敬遠している。ここで開発した3大ツールは、だれでも簡単に糖鎖研究に踏み込むための基盤となるはずである。糖鎖研究のブームが起り始めている。国内外の学会でも糖鎖関係の演題数が急速に多くなってきた。

3大ツールを最大限に活用して、いち早く次の課題、「糖鎖機能の解明」に挑戦しなければならない。癌、免疫、発生生殖、再生医療、腎臓病、感染症など糖鎖が関係すると予想される疾患は数多くある。糖尿病にも深く関わっていることが最新号の科学雑誌 Cellに掲載された。3大ツールを実際の生体試料に適用するには、まだ開発すべき課題が残されている。1) 生体試料からの糖鎖・糖ペプチドの分離精製法の改良・簡便化、2) 疾患と関連した糖鎖バイオマーカの探索、3) それを認識するプローブの開発、などが次の課題となる。糖鎖遺伝子ノックアウトマウスによる疾患原因の解明も課題の一つである。また最終的に、糖鎖バイオマーカが創薬のターゲットとなる可能性も考えられる。

◆ 本研究開発の成果は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「糖鎖関連遺伝子ライブラリー構築 (GG) プロジェクト」および「糖鎖エンジニアリング (SG) プロジェクト」により得られたものである。

関連情報

- 成松久 : AIST Today Vol.2, No.6, 20 (2002)
- H. Narimatsu : Glycoconj. J. Vol. 21, 17 (2004)
- Kameyama A, et al.: Anal Chem. Vol. 77, 4719 (2005)
- Ito H, et al.: Angew Chem Int Ed Engl. Vol. 4, 4547 (2005)
- 特願 2004-080611 「糖鎖構造同定方法および同解析装置」
- 特願 2005-041383 「転移酵素による化合物ライブラリーおよびその製造方法」

● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所

糖鎖工学研究センター 副研究センター長

糖鎖遺伝子機能解析チーム長 成松久

糖鎖工学研究センター 糖鎖遺伝子機能解析チーム

主任研究員 亀山 昭彦

E-mail: h.narimatsu@aist.go.jp/aki-kameyama@aist.go.jp

〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2

全印刷法によるフレキシブル無線タグの作製

超低コスト無線IDタグ開発を加速化

スクリーン印刷で作製したアンテナや配線の抵抗を、画期的に低下させる方法を開発した。これは金属インクを印刷した後、高温で焼成させるのではなく、圧力をかけながら低温でアニールするものである。この技術を用いて、無線IDタグをすべて印刷法で作製することに成功した。これにより、プラスチックなどのフレキシブルな基板上に、全印刷法で、高感度無線タグを製造することが可能になり、低コスト化、大量普及が進むものと期待される。

We have drastically reduced electrical resistance of antennae and wirings, etc. of radio frequency (RF) ID tags, which is produced using a screen printing method. After printing an antenna and wirings with metallic inks, a pressure annealing technique is applied at low temperature, instead of ordinary high temperature baking. All-screen-printed RF ID tags on flexible films were realized using the pressure annealing technique. The technique will lead to further reduction of manufacturing cost of RF ID tags and acceleration of wide use of them.

無線IDタグ低コスト化の問題点

今日、無線により物体に関する情報の管理を行う情報端末として、無線IDタグに対する注目が著しく高まっている。物体が持つ情報を無線で授受・管理できるので、物体に情報検出機を接触させることなくその情報を読み書きし、遠隔操作なども可能なことから、物体情報の瞬時管理には大きな威力を発揮する。すでに一部は日常的に用いられており、各種交通機関における自動料金徴収システムなどが、その代表例である。この無線IDタグは、その利便性から、広く一般商品に付ける値

札や荷札などとして、価格管理や、物流管理などへの利用が計画されているが、無線IDタグの製造コストが高く、広範な普及拡大の障壁となっている。

こうした製造コストの問題を解決する手段として、全印刷法が考えられている。現在のバーコードのように、商品製造時に一括して無線タグを全て印刷で製造することができ、著しく低コスト化が進むとの期待が寄せられている。しかしながら、現状ではまだ課題が山積しており、実現の十分な見通しは立っていない。例えば、こうしたデバイスは、その取り付け先がさまざま

吉田 学 よしだ まなぶ
yoshida-manabu@aist.go.jp
光技術研究部門
有機半導体デバイスグループ
(つくばセンター)

産総研に入所以来、有機半導体材料を利用した電界効果トランジスタ (FET) や光電変換素子などの開発・研究に従事している。近年は、特に、有機半導体材料のフレキシビリティを十分に生かすための印刷によるデバイス作製プロセスの開発に注力し、低コスト、低環境負荷、低消費エネルギーな電子デバイスの実現に向けて日々努力している。研究者としての夢はシンプルながらも人々の生活に溶け込んで、息長く使われ続ける技術を創造することである。

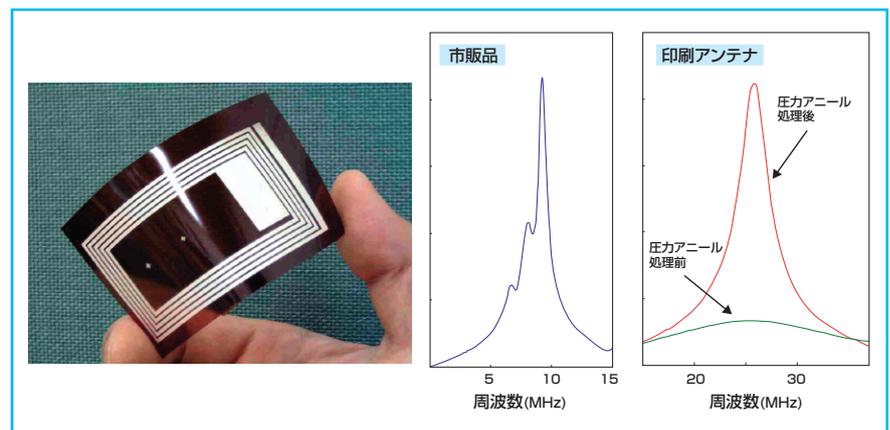


図1 印刷により作製した無線IDタグ用アンテナ(左)。市販のアンテナ(ドライブプロセスで作製)とスクリーン印刷法で作製したアンテナの周波数特性(右)

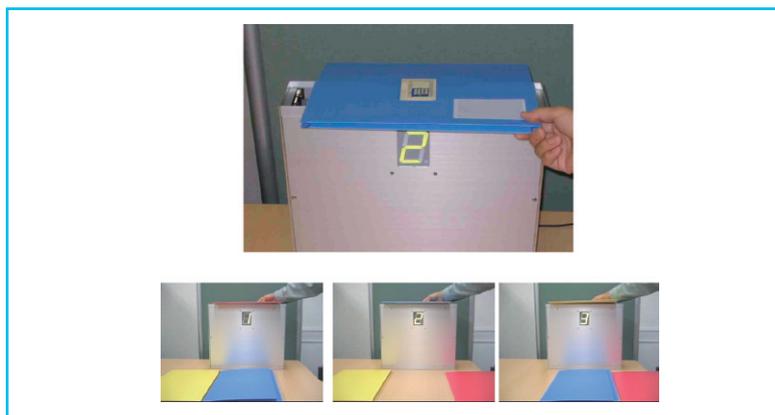


図2 フィルム上に印刷で作製した無線タグによる物体認識

な形状をしており、また流通品が多いことから、プラスチックなどのフレキシブルなフィルム基板上に製造する必要がある。導体インクなどの無線IDタグの部材は、印刷した後、その導電性を発現させるには高温での焼成が必要なものが多い。しかし、汎用プラスチックフィルムなどを基板にした場合、高温焼成をすることができない。温度をかけたとしても、せいぜい200℃程度までである。このため、全印刷デバイスを機能させるのは困難であった。

圧力アニール法の開発

今回、われわれは200℃以下の低温でも圧力を加えながら、アニール処理をすると、抵抗が低下することを見出した。プラスチックフィルム上に銀ペーストでスクリーン印刷し、その後150℃で溶媒を除去した電極について、圧力アニール処理をする前と後での抵抗を計測したところ、その抵抗値が3桁以上低下することが確認できた。図1にこの方法で作製した印刷アンテナと市販のドライプロセスで作製されたアンテナの周波数特性との比較を示す。市販のアンテナは、無線信号と共振して、共振周波数のところで鋭いピークを示す。一方、印刷アンテナの処理をする前の波形(緑線)では、印刷された配線の抵抗が高いため、無線

に対する応答が鈍く、ピークは著しく広がっている。これに対して、今回開発した圧力アニール処理をしたもの(赤線)では、配線抵抗が低下したことにより、無線応答がよくなり、その波形は市販のものと同程度にまでシャープになっているのがわかる。今回、検証に使用した無線周波数は5~40MHzであるが、交通機関などの無線ICカードに最も多く用いられている周波数が13.56MHzであり、今回検証したアンテナは、実用の周波数で十分に性能を発揮することが確認できた。

全印刷無線タグの動作検証

圧力アニール法で作製した印刷アンテナを用いて、スクリーン印刷でプラスチックフィルム上にパッシブ型の無線タグを作製した。そして5MHzから

40MHzの周波数帯で、市販の無線IDタグリーダーを用いて作製したフレキシブル無線IDタグの動作の検証を行った。図2は、全印刷無線IDタグを貼り付けた容器を、タグリーダーに近づけてその動作の検証を行った写真である。無線タグを貼り付けた容器を、リーダーに近づけると、それぞれの容器の識別番号が表示され、容器の個体情報が認知された。これにより、今回の全印刷で作製したタグが、機能していることが検証できた。

われわれが開発したこの技術は、特に無線IDタグを製造するだけではなく、プラスチック基板上に配線を印刷する場合などにも広く用いることができる。その他のさまざまなフレキシブルデバイスの製造にも用いられるようになるものと期待している。

今後の予定

この研究開発の成果は、プラスチックフィルム上に無線IDタグを全て印刷で作製する際の課題の一つを解決した。ここで試作した無線タグは、まだ情報量が少ないため、今後さらに大容量の記録ができるような技術へと発展させていく。それにより種々の電子部品の製造技術や回路設計などを含めて、開発を進めていく予定である。

関連情報：

- 共同研究者：鎌田俊英
- 本成果に関する研究は、平成14年度に採択された文部科学省科学技術振興調整費「戦略的研究拠点育成」事業であるベンチャー開発戦略研究センターのタスクフォース案件として採択され、同センターの支援を受けて実施した。
- 吉田 学, 松村多英, 星野 聡, 鎌田俊英, 平成17年 秋季 第66回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 8a-V-1 p.1100
- 平成17年9月5日産総研プレス発表「無線タグをフレキシブル基板上に全印刷法で作製 - 超低コスト無線IDタグ作製技術の開発を加速化 -」

シリカ膜による高分子の耐放射線性の向上

材料特性改善のための環境と人にやさしい技術

高分子材料の内部への酸素透過を抑制することで、耐放射線性を改善することを考えた。ポリプロピレン上にガスバリア性のシリカの薄膜をコーティングし、実際に酸化が抑制されるとともに耐放射線性が改善されることを確かめた。この成果は放射線で滅菌された高分子医療器具の酸化による劣化防止への応用が期待される。

We demonstrate that deposition of gas barrier film is effective to suppress radiation oxidation of a polymer and can improve its radiation resistance. The gas barrier silica films were successfully formed on polypropylene by magnetron sputtering. Long-term irradiation of cobalt-60 gamma rays in air resulted in oxidation of samples without silica coating, whereas samples with silica coating were hardly oxidized. Furthermore, the gamma ray dose for the reduction of elongation at break was significantly higher for the coated samples. Because of non-toxicity of silica, the technique may be applicable to polymeric medical items subjected to radiation sterilization.

小林 慶規 こばやし よしのり
y-kobayashi@aist.go.jp

計測標準研究部門
先端材料科 材料分析研究室
(つくばセンター)

15年ほど前から、陽電子を使った放射線化学や材料分析に関する研究を行っている。分析プローブとしての陽電子は、高分子の自由体積や多孔質物質の微細空隙など非常に小さな空間を検出できるという特長があり、企業や大学と共同で、機能性多孔質薄膜、高分子系ガスバリア材などの自由体積や空隙状態を調べている。20世紀には学問的な興味の対象でしかなかった陽電子であるが、今世紀になって核医学イメージングのプローブとして大きく発展するなど、本格的な応用の時代に入った。現在は、陽電子の他にX線や光を用いた多孔質薄膜材料の空隙計測法の開発や標準化にも取り組んでいる。ここで紹介した研究は、陽電子を使ってシリカ膜のナノ空隙を調べていた時に思いついたものである。



高分子表面の無機ガスバリア

医療、原子力分野などにおいて用いられる高分子材料では、放射線酸化による特性の劣化が問題となっている。放射線酸化は、酸素分子が外部から拡散によって材料の内部に侵入し、放射線や紫外線による損傷を受けた高分子鎖と反応することによって生じる。そこで、高分子材料の表面に気体透過バリアを形成して酸素の侵入を防げば、耐放射線・耐環境性を改善できるのではないかと考えた(図1)。高分子表面での無機系酸素バリアの形成は、包装材料や有機エレクトロルミネセンス(EL)デバイスなどにおいて重要であり、環

境負荷が少ないシリカ系の薄膜を利用した材料が一部実用化されている。

ガンマ線照射ポリプロピレンの酸化と機械特性変化

厚さ1mmのポリプロピレン板の両面にマグネトロンスパッタ法でシリカ膜をコーティングし、酸素透過量を測定した。気体の透過経路となるナノ空隙が生成しにくい条件でシリカ膜を作製すると、酸素透過量が約50分の1まで減少し、ポリプロピレンに酸素バリア性を付与できることがわかった。そこで、空気中で試料にガンマ線を照射し、酸化によって生成するカルボニル

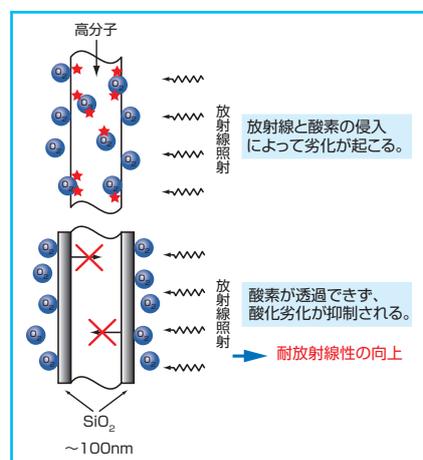


図1 高分子材料表面の酸素バリアシリカ膜による酸化抑制と耐放射線性の向上

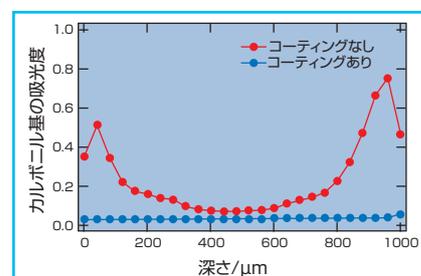


図2 厚さ1mmのポリプロピレンの両面(深さ0μmと1000μm)にシリカ膜をコーティングした試料(青)と未コーティング試料(赤)のガンマ線照射により生成したカルボニル基の深さ分布

シリカ膜の厚さは120nm。ガンマ線照射を空気中で2000時間行った時のデータ。測定は顕微赤外分光法で行った。

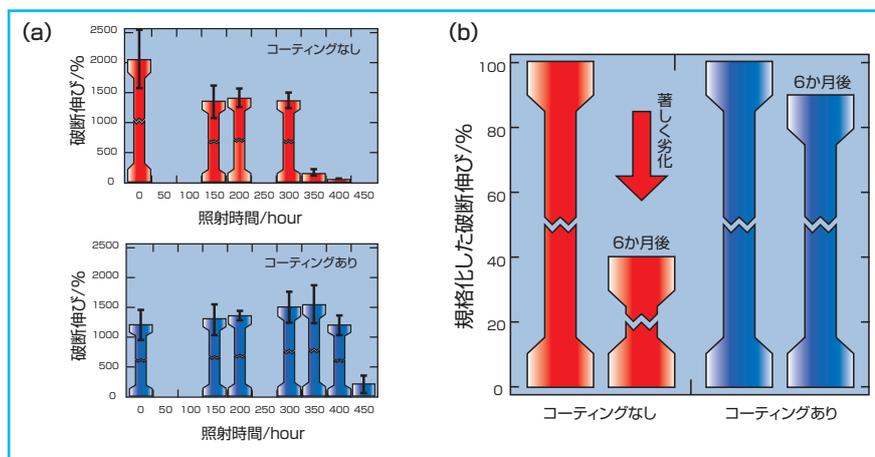


図3 (a) 厚さ 1 mm のポリプロピレンの両面にシリカ膜をコーティングした試料 (青) と未コーティング試料 (赤) の、破断伸びのガンマ線照射時間への依存性
(b) 350 時間ガンマ線を照射した時の照射直後の破断伸びと 6 ヶ月間空気中で保存した時の破断伸びの比較。破断伸びは、ガンマ線照射直後の破断伸びに対する相対値

基 (C=O) を分析した。また、ポリプロピレンの劣化が破断伸びの顕著な減少として現れることから、引張り試験を行った。なお、ガンマ線照射はつくば中央第五事業所RI照射実験棟のコバルト60線源 (110 TBq) を用いて、線量率約125 Gy/hで行った。

シリカ膜のコーティングをしていない試料では、表面付近にカルボニル基が生成し、照射時間とともにその濃度が増加したが、シリカ膜をコーティングした試料では、カルボニル基はほとんど検出されなかった(図2)。一方、破断伸びは、コーティングしていない試料では350時間のガンマ線照射で急激に低下したが、コーティングした試料では、350時間の照射ではほとんど変化が見られず、450時間の照射で初めて大きく減少した (図3a)。さらに、ガンマ線照射後に6 ヶ月間大気中で保存した試料の破断伸びは、未コーティング試料では大幅に低下したが、コーティング試料ではほとんど変化しなかった (図3b)。以上のように、シリカ膜のコーティングによって放射線による酸化がほぼ完全に抑制でき、耐放射線性の向上と保存した時の劣化を改善できることが明らかになった。

バリア層による高分子鎖切断の抑制

放射線による高分子の劣化は、分子鎖の橋かけと分解によることが知られている。今回検討したいずれの試料でも、ガンマ線照射によって破断伸びが低下しており、分子鎖が分解したことを示している。放射線による破断伸びの低下は、非晶領域で結晶領域間をつないでいるタイ分子が切断されるためであり (図4)、シリカ膜をコーティングしていない試料の伸びが350時間のガンマ線照射で急激に減少したのは、ほとんどのタイ分子が切断されて結晶領域がバラバラになってしまったことが原因である。コーティング試料では、シリカ膜のバリア性により酸素の拡散が減少し、タイ分子を切断していた酸

化反応が抑制されて、伸びが減少するまでの照射時間が増加したと考えられる。また、コーティング試料の保存中の劣化が低減したのも、酸素による分子鎖の切断反応が抑制されたためと解釈できる。

まとめと展望

以上のように、ガスバリア性のシリカ膜をコーティングすることにより、高分子の放射線による劣化を低減することができる。この技術は、毒性がなく環境と人にやさしいシリカを利用して、放射線による滅菌後の医療用高分子の特性改善などに応用できると考えている。ガスバリア材の特性向上には気体の透過経路となるナノ空孔を減らす必要があり、そのためには薄膜のナノ空孔の分析技術が重要である。現在、われわれはNEDOナノテクノロジープログラムにおいて薄膜中のナノ空孔の計測技術と標準の開発を行っている。

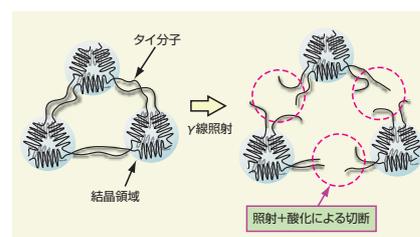


図4 ガンマ線照射による破断伸びの低下の機構

関連情報:

- 本研究は原子力委員会の評価に基づき文部科学省原子力試験研究費により実施した。
- 共同研究者: 鄭万輝、岡 壽崇、伊藤賢志、平田浩一、富樫 寿、佐藤公法、濱 義昌
- Y. Kobayashi, W. Zheng, T. B. Chang, K. Hirata, R. Suzuki, T. Ohdaira, K. Ito : J. Appl. Phys., Vol. 91, 1704-1706 (2002)
- W. Zheng, Y. Kobayashi, K. Hirata, T. Miura, T. Kobayashi, M. Iwaki, T. Oka, Y. Hama : J. Appl. Polym. Sci., Vol. 83, 186-190 (2002)
- 小林慶規、鄭万輝、伊藤賢志、于潤升、平田浩一、富樫 寿、佐藤公法、岡 壽崇、濱 義昌 : Radioisotopes, Vol. 52, 449-455 (2003)
- 小林慶規、鄭万輝、伊藤賢志、于潤升、平田浩一、富樫 寿、佐藤公法、道田泰子、岡 壽崇、濱 義昌 : Radioisotopes, Vol. 53, 617-620 (2004)
- T. Oka, Y. Hama, K. Ito, Y. Kobayashi : Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B Vol. 236, 420-424 (2005)

ナノ構造制御により親水性表面を超撥水表面へ 直径6nmのナノピンが超撥水表面を作り出す

固体表面の微細構造を制御することで表面に撥水性を持たせることができる。撥水性の程度は、固体表面の水滴の接触角で決まるので、表面凹部に空気（接触角：180°）があると見かけの接触角を大きくすることができる。これまで超撥水膜は、撥水性分子を用いて作製されてきたが親水性の分子を用いても、表面の微細構造を制御し、空気の割合を高めれば超撥水性を示すことが予想される。今回、約6nmサイズのナノピンからなる表面構造を作製し、空気層を増加させることで、親水性分子を用いて（接触角178°という）超撥水膜を作製した。

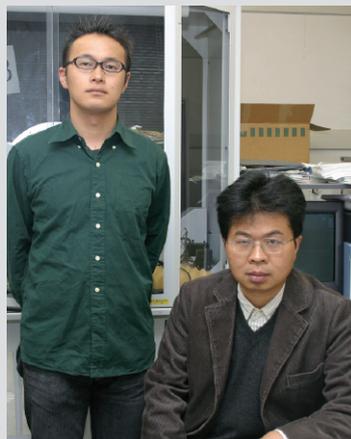
Super-hydrophobic surface (contact angle : 178 degrees) has been fabricated from hydrophilic material through a nano-structure control technique. Nanometer-sized pins, which align perpendicular to surface, were grown from Co aqueous solution, and the pins were coated with lauric acid, subsequently. The surface with the pins of 6.5nm diameter showed super-hydrophobicity even the pins were hydrophilic.

細野英司 ほその えいじ
e-hosono@aist.go.jp
エネルギー技術研究部門
ナノエネルギー材料グループ
(つくばセンター)

2004年9月慶應義塾大学大学院総合デザイン工学専攻修了、工学博士。2005年1月第43回セラミックス基礎科学討論会「World Young Fellow Meeting 2005 Presentation Award」受賞。
2005年3月慶應義塾大学大学院総合デザイン工学専攻「優秀研究活動賞」受賞。現在、日本学術振興会特別研究員として独立行政法人産業技術総合研究所に勤務。今はナノ構造・機能性材料の合成と応用について研究を行っている。

周 豪慎 しゅう こうしん
hs.zhou@aist.go.jp
エネルギー技術研究部門
ナノエネルギー材料グループ
(つくばセンター)

1994年3月東京大学大学院化学工学専攻修了、工学博士。1997年4月通商産業省工業技術院電子技術総合研究所入所。現在、独立行政法人産業技術総合研究所主任研究員/独立行政法人科学技術振興機構(JST) さきがけ研究 21 兼任。



撥水性の制御

撥水性とは、水による濡れにくさであり、撥水現象は固体表面における固-液-気の三相現象といえる。撥水の研究は、学術的な表面科学の分野だけではなく、建築資材、化粧品、繊維処理、エレクトロニクス用部材など産業分野でも、注目を集めている。固体表面の水滴の接触角 θ が撥水性の指標になっており、一般には θ が90°以上の場合を撥水性（疎水性）、110°から150°だと高撥水性、150°以上だと超撥水性とされる。撥水性を決める要因は、主に固体の表面自由エネルギーと表面の微細構造の二つがある。各種のフッ素系材料をコーティングした撥水膜は表面自由エネルギーの低い材料を用いた例である。しかし、表面自由エネルギー

だけでは115°以上の接触角を得ることはできないので、115°以上の高撥水性材料を得るには何らかの表面の微細構造の制御が必要になる。理論計算上では、表面の微細構造の制御だけで超撥水性材料を作り出せる可能性がある。

表面微細構造と撥水性

図1のように表面に2種の物質がある微細複合構造の場合、接触角は次のCassie式で表される。

$$\cos \theta_f = A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2$$

ここで θ_1 と θ_2 は物質1と2の真の接触角また、 A_1 と A_2 は物質1と2の表面を占める割合である。物質2が空気の場合には $\theta_2=180^\circ$ である。物質1の割合 A_1 を非常に小さくすれば、 θ_f は大きくなり、超撥水性材料になるだろうと予想される。すでに表面接触角が170°を越える結果が報告されているが、これらはほとんど真の接触角 θ_1 が100°や110°などの疎水性材料（フッ素系物質など）を物質1として用いて、見かけの接触角 θ_f が170°を越える結果を得ている。

親水性材料で超撥水表面を作る

Cassie式が成り立てば、親水性材料（真の接触角 $\theta_1 < 90^\circ$ ）であっても、表

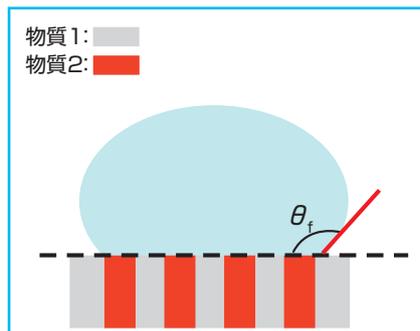


図1 微細凹凸表面での水滴の状況

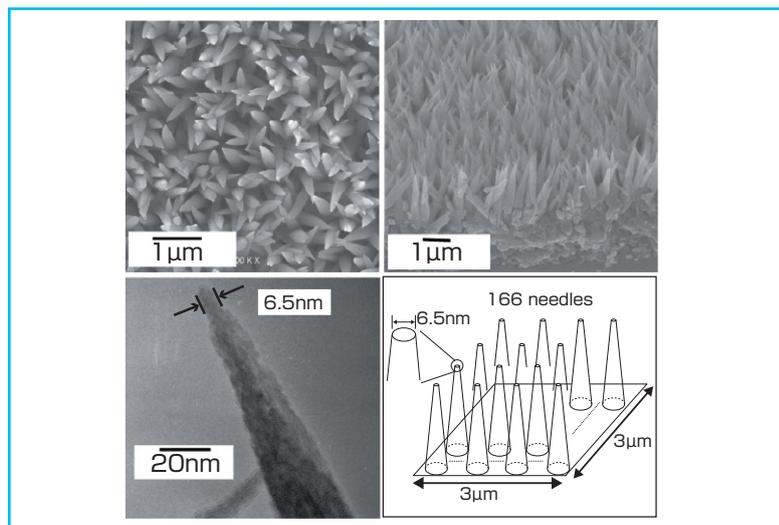


図2 先端部の直径 6.5nm ラウリン酸を被覆した BCH-LA ナノピン膜

面に占める割合 A_1 を極端に小さくすれば超撥水性表面になる。

われわれはCassie式からの予想の実現に挑戦した多くの撥水性膜のように表面を加工して微細構造を作るのとは逆に、分子を積み上げる手法で表面に微細構造を作ることにした。塩化コバルトに尿素を加えた水溶液にガラス基板を入れて60℃で24時間保ち、基板の表面にブルーサイト型水酸化コバルト膜 (BCH) を析出させた。析出したBCHは微細なピン、すなわちナノピンとなっている。次に基板を60℃のラウリン酸ナトリウム水溶液に5時間浸し、BCHナノピンにラウリン酸 (LA) を被覆し、BCH-LA膜を作製した。図2はBCH-LA膜の電子顕微鏡写真と膜の模式図である。BCH-LA膜には、先端部の直径が6.5nmのナノピンが3μm四方に166本形成している。その配列により、ナノピンが表面に占める割合 (A_1) を1000分の1以下にすることが可能になる。これら6.5nmのBCH-LAナノピンの表面には、真の接触角 θ_1 がわずかに75°のLAがコーティングされているにもかかわらず、図3のように接触角 θ_f を178°にするこゝろができた。

次に、この超撥水性膜上の水滴の安定性を確認した。約2mmの水滴をBCH-LA膜上に置いたところ、12時間後も大きい接触角を保ったままであ

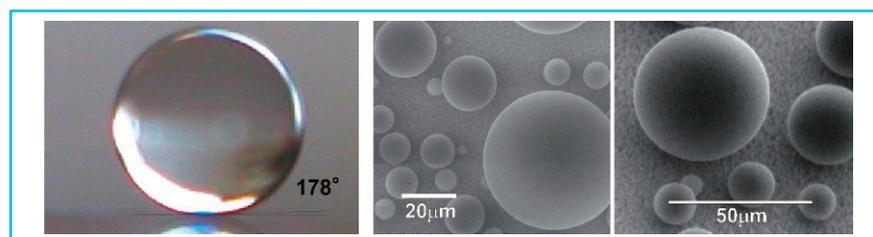


図3 接触角 θ が 178° になる BCH-LA ナノピン表面上の水滴

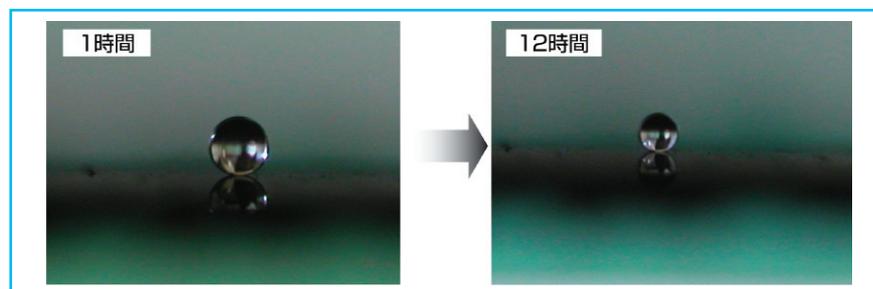


図4 BCH-LA ナノピン表面水滴の安定性

関連情報：

- Eiji Hosono, Shinobu Fujihara, Itaru Honma, Haoshen Zhou : Journal of Material Chemistry 15, (2005) , 1938
- Eiji Hosono, Shinobu Fujihara, Itaru Honma, Haoshen Zhou : Journal of American Chemical Society , 127, (2005) , 13458
- 化学工業日報 (2005年9月22日)

ユビキタスエコーで健康を診る

超音波画像を使って、どこでもヘルスチェック

小児肥満、中高年の生活習慣病、高齢者の寝たきりなど、健康問題は各年齢層に存在する。われわれが作製したユビキタスエコーは、健康・美容施設をはじめ家庭などでも使用できる携帯型の超音波エコー装置である。これは体組成の基本構成要素である皮下脂肪、筋、骨などを、使用者に分かりやすく画像で表示し、肥満や筋肉量の判定、さらには高齢者の寝たきり防止にも貢献することが期待できる。

As we age, various problems threaten us in turn or at the same time: obesity in childhood, diseases related to lifestyle choices in middle age, and the possibility of becoming bedridden in later years. "Ubiquitous Echo" is a new portable supersonic echo imaging equipment. It can be used to visualize key components of the body (muscles, bones, subcutaneous fat) and give fat and muscle measurements in health care or beauty facilities, or even at home. We hope that this technology will help to maintain our health and to prevent elderly people from being confined to their beds.

健康は国民的課題

健康問題はいまや国民最大の関心事の一つであり、自分自身の健康に興味のない者はいないと言えるだろう。近年の介護保険法改正にとともに、「予防」が今後ますます重要視されることは間違いなく、客観的・科学的根拠に基づく健康支援（Evidence Based Healthcare）が、常識化しつつある。そこで、健康情報をフィードバックする機器開発を急ぐことはきわめて重要な課題と言える。

小児肥満、中高年の生活習慣病、高齢者の寝たきりに代表されるように、現代人は全ての年齢層でさまざまな健康問題を抱えている。厚生労働省の統計データによれば、例えば、小児肥満

の児童は約40万人、中高年の生活習慣病は糖尿病だけで約1300万人（予備軍を含む）、寝たきり高齢者は150万人という規模にのぼる。

「脂肪」、「筋」、「骨」などの体組成バランスは、健康を評価する上で最も基本的な指標の一つである。運動生理学、スポーツ科学などの分野では、以前から医療用の超音波装置を使って「皮下脂肪」、「筋」、「骨」などの体組成の計測が行われてきた。画像を用いるこの

福田 修 ふくだ おさむ

fukuda.o@aist.go.jp

実環境計測・診断研究ラボ
(九州センター)

ユビキタスエコーの研究開発およびベンチャー事業化は、共同研究先である広島工業大学、前所属である人間福祉工学研究部門、および産学官連携部門、ベンチャー開発戦略研究センターからの多大なるご支援によりこれまで進めてきました。異分野コラボレーションや、研究から事業化までの各フェーズを強力にご支援いただいた関係者の皆様に深く感謝いたします。

非医療分野における超音波画像の利用には、潜在する課題も多く、今後もそれらと格闘していきたいと考えております。



図1 ユビキタスエコー

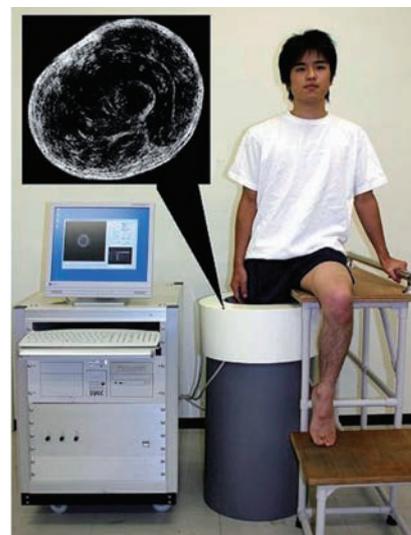


図2 ユビキタスエコーを応用した体肢横断面計測システムと計測した脚の断面（左上）画像

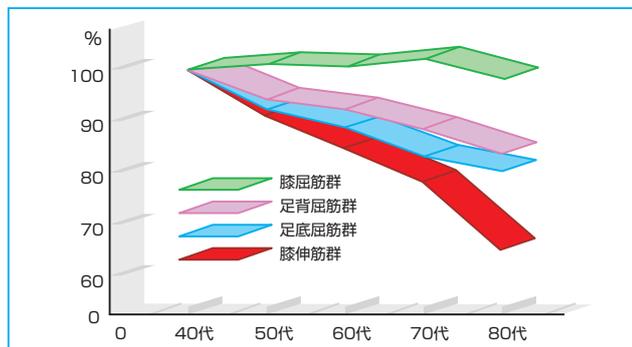


図3 横断面画像が捉えた加齢による筋バランスの変化
加齢に伴う各筋の減少には差が認められ、筋バランスと歩行様態、平衡能力、機能障害などについて新たな知見が明らかにされつつある。
(広島工業大学提供)

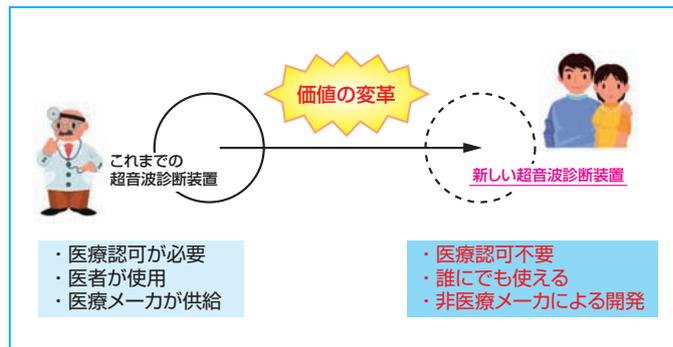


図4 価値の変革とイノベーション

手法は多くのメリットを持つが、高価な超音波診断装置を普及することは難しかった。

画像で観る・診る・見る

これまで医療機関で受診することが一般的だった超音波エコー検査を、非医療機関でも手軽にできるように、その基盤となる携帯型の超音波エコー装置「ユビキタスエコー」を開発した(図1)。画像で「観る」ことによる新しい発見、「診る」ことによる確かな納得、「見る」ことによる大きな安心を非医療分野にも提供し、国民の健康支援に貢献したいと考えている。

ユビキタスエコーは、USBケーブルでパソコンに接続し、ソフトウェアを操作することで目的に合わせた豊富な情報を提供してくれる。開発した装置は、小型・軽量・低コストで、ノートパソコンなどと一緒にかばんに入れて持ち運べるものです。パソコン上ソフトウェアで簡単に機能を変更・拡張することができる。また、データをパソコンに蓄積し、インターネットを利用して遠隔地に転送することも容易にできる。

さらに、ユビキタスエコーの応用技術として、MRIやX線CTなどのように、体肢の横断面画像を、非医療の現

場でも簡単に計測できる体肢横断面計測システムを開発した(図2)。MRIやX線CTは比較的大きな医療機関にしがなく、コストや放射線被曝の観点からも気軽に利用できる装置ではない。今回開発した装置は、そのような心配がなく、その可搬性を活かして屋外でも使用できる特徴がある。共同研究者である佐藤広徳助教授(広島工業大学、平成17年度より産総研客員研究員)は、これまでに数千人を対象としたフィールド調査を実施して、超音波画像と健康情報との関係を調査しており、健康支援プログラムを開発している(図3)

ヘルスケア・イノベーション

画像情報に基づく健康評価が非医療分野にも大きく広がっていくことが、これまでの医療機器・医療体系の変革につながっていくと考えている。これ

まで、超音波エコー装置は医療許可が必要で、医者だけが使用でき、医療メーカーのみが製造販売するものと考えられがちであったが、ユビキタスエコーは、それには当てはまらない。このような装置の登場は、利用シーンの拡大や新しい医療システムの創出にもつながるものと期待している(図4)また、装置を一種のビジョンセンサと考えれば、新しい応用展開も考えられる。小型カメラが携帯電話市場を牽引しているように、将来全く新しい応用が生まれるかもしれない。

今後も、現場に即した機器開発で、国民の安心、安全で質の高い生活の実現の一助になればと考えている。

関連情報：

- 共同研究者：佐藤広徳（広島工業大学）
- 実環境 人間・生活計測プロジェクト：<http://unit.aist.go.jp/on-site/human/index.htm>
- プレス発表 2005年9月26日：http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050926/pr20050926.html
- 特許：特願 2004-298531「超音波信号を利用した皮下脂肪計測装置」（福田修）
- O. Fukuda and H. Sato, 2004 1st IEEE Technical Exhibition Based Conference on Robotics and Automation Proceedings, pp. 109-110

修正情報：

- 公表当時産総研が認知していた事実に基づく記載ですが、誤解をまねく可能性があるとの観点から、より適切な表現に改めさせていただきました。

パルスレーザー蒸着法によるZnO薄膜 立方晶酸化物基板の対称整合面を用いた作製法

特許 第3579712号 (出願2000.8)

● 関連特許 (登録済み：国内1件 出願中：国内3件)

目的と効果

酸化亜鉛 (ZnO) は、安定な励起子と大きなバンドギャップを持ち、また現在青色発光ダイオード等に用いられている窒化ガリウムより安いので、今後、電子光学素子の有力な素材として期待されています。しかし、格子欠陥により多くの伝導電子が発生するために、p型半導体化を含め素子化が困難です。私たちは、立方晶系酸化物の対称性整合面を用いたパルスレーザー蒸着法により、素子開発に応用できるZnOなどの六方晶系物質の高品質単結晶薄膜を作製する技術を開発しました。

[適用分野]

- ZnO 電子光学素子
- 六方晶系単結晶薄膜・基板
- レーザ成膜技術
- 青色・白色発光ダイオード

技術の概要、特徴

ZnO等の素子作製では高品質単結晶薄膜の作製法が求められており、それを可能にする当技術を図に示します。単結晶薄膜の作製には、ZnOとできる限り似た結晶格子、つまり、類似した対称性と格子長を持つ基板が必要です。従来、基板にはZnOと同じ六方晶系の結晶構造を持つサファイア (Al_2O_3) が主に使われています (図2)。しかし、六角形の格子長aが約1.5倍もあるために、その上にZnOの高品質薄膜はできません。他に安価で格子長の合う基板がないことから、六方晶系の6回回転軸と類似の対称性 (6回反軸: S_6) を持つ、図3に示すような立方晶系酸化物の (111) 面を用いることで、高品質なZnO単結晶薄膜を作製できることが分かりました。幸い、適合する種々の立方晶系酸化物が存在します。

ここでは、強力なパルスレーザー光をZnOの焼結ターゲットに照射して瞬間・パルスの原子やイオン等の微粒に分解・剥離させ、それをヒータ上にセットしてある基板、酸化物の (111) 面、に当てて堆積させることで単結晶性薄膜を作製するパルスレーザー蒸着法 (PLD法; 図1) を用いて、ZnOの高品質薄膜を作製しました。

発明者からのメッセージ

この方法は、立方晶系酸化物の (111) 面を使って六方晶系物質のc軸配向単結晶薄膜を作製するものです。基板としてはLSAT, SrTiO₃, LaAlO₃, MgOなど、膜物質としてはZnO, Ti₂O₃等の酸化物の他、BやAl等の窒化物などに適用可能であり、他の成膜方法にも応用できます。

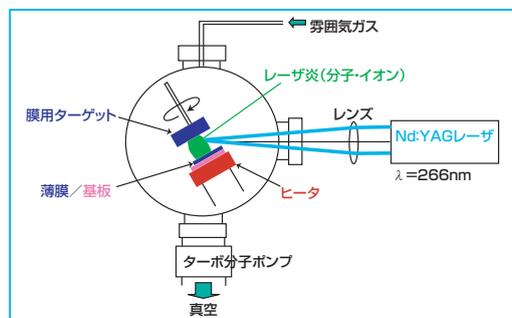


図1 パルスレーザー蒸着による成膜 (PLAD装置概略)

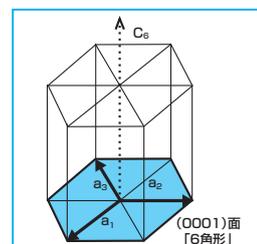


図2 六方晶系の単位格子

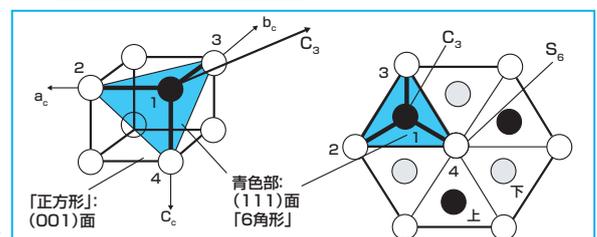


図3 立方晶系の単位格子

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/>

高性能な熱電材料の新しい作製法

スクッテルダイトの単結晶育成技術

特許 第3569743号 (出願2001.3)

目的と効果

熱電材料には熱を電気に変換する性質があります。この機能を利用して、普段捨てられている熱から電気を取り出す事が可能です。省エネルギーに寄与する技術として期待されています。

私たちはスクッテルダイトと呼ばれる熱電材料の単結晶育成に成功しました。これにより、組成が均一な不純物の少ない高品質の熱電材料が得られます。

[適用分野]

- 熱電発電
- ペルチェ冷却

技術の概要、特徴

温度差を利用した熱電発電の原理図を図に示します。一对のN型とP型の熱電材料を電極で挟み、一方を低温にもう一方を高温にします。そうすると図のように電流が発生します。

私たちは熱電材料の中でも特に500℃～600℃の温度領域で高い熱電特性を示すスクッテルダイトの単結晶の育成に成功しました(写真)。育成は高温高压の条件下で行っています。従来の常圧下での育成ですと、余分なフラックスと一緒に溶かす必要があります。そのため、純粋なスクッテルダイトを取り出すには付着したフラックスを強酸で除去しなくてはなりません。それに対して、私たちの方法ではフラックスを必要としないので、強酸による処理も要りません。余分な物質と一緒に溶かさなため、高品質な単結晶が得られるという利点があります。

発明者からのメッセージ

スクッテルダイトはその作動温度からプラントや自動車等からの廃熱を利用した発電に応用する事が可能です。私たちの技術を用いれば、その熱電モジュールに必要な高品質の素子を作製することが可能です。

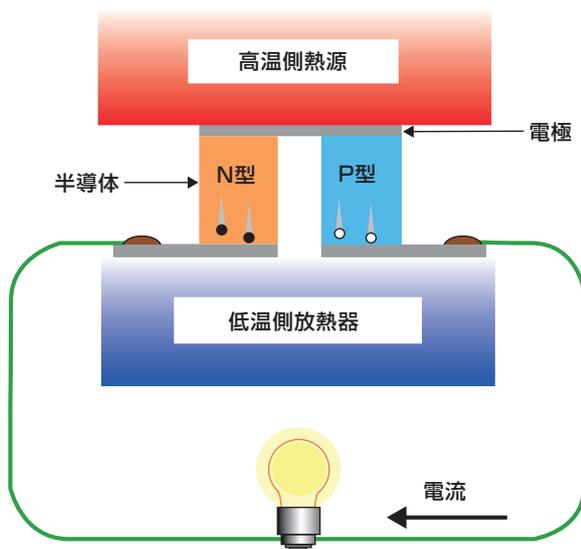


図 熱電発電の原理



写真 高温高压下で育成したCoP₃単結晶

Patent Info

パテント・インフォ

産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)

紹介案件担当者 山上

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

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

ナノテクノロジーの標準化

研究コーディネータ 小野 晃 / ナノテクノロジー研究部門 副研究部門長 阿部 修治
計測フロンティア研究部門 研究部門長 一村 信吾 / 化学物質リスク管理研究センター 健康リスク評価チーム長 川崎 一

ナノテクノロジーに関する標準化活動は2004年頃から各国で活発化し、2005年に至って国際標準化機構 (ISO) の中にナノテクノロジーを扱う技術委員会が新たに設置されることにより、いよいよ本格的な活動が開始されました。当面、用語・命名法、計量・計測、環境・安全の3つの分野で標準化が進められます。さまざまな分野で行われているナノテクノロジーの研究開発が円滑に連携・統合できるために、また研究者、技術者、消費者の間でナノテクノロジーに関するコミュニケーションが円滑に行われるために、標準化に大きな期待がかけられています。ISOの活動の中で日本は計量・計測分野でリーダーシップを取ることを各国から要請され、その分野の幹事国に任命されました。産総研にはナノテクノロジーに関する多くの研究開発の経験が蓄積されてきましたので、それらをもとにしてさらなる研究開発と標準化を同時並行的に進めていく予定です。

1.はじめに

ナノテクノロジーがサイエンスからエンジニアリングへ、実験室から市場へと移行していく中で、標準化の必要性が次第に認識されるようになってきました。2004年頃から米国、欧州、日本、中国で標準化の動きが活発化し、2005年5月には国際標準化機構 (ISO) の中にナノテクノロジーを専門に扱う新しい技術委員会 (TC229) が設立されました。

日本では2005年8月に産総研を事務局としてナノテクノロジー標準化国内審議委員会が日本工業標準調査会のもとに設立され、ISOでの審議に対応するとともに日本の戦略策定を行うことになりました。本委員会の下に、用語命名法、計量計測、環境安全の3つの分科会も発足しました。本委員会の委員長には小野研究コーディネータが、また3つの分科会の主査には本稿のそれぞれの執筆者が就任して活動を開始しました。

また米国に本拠を置く材料試験に関する規格作成団体

(ASTM International) でも E56 というナノテクノロジーの技術委員会を2005年5月に発足させました。産総研からも多くの研究者がその活動に協力しています。

2005年11月には、ISOのTC229の第1回総会がロンドンで開かれ、3つの領域に作業委員会 (WG) を設置して活動を開始しました。TC229の議長と幹事はイギリスが務めますが、用語命名法WGはカナダが、計測キャラクターゼーションWGは日本が、健康安全環境WGはアメリカがそれぞれリーダーシップをとることを本総会で決議しました。

ところでナノテクノロジーは技術の潜在的革新性のゆえに、エレクトロニクスから医療まで広い分野にわたって社会に大きな便益をもたらすことが期待されています。ナノテクノロジーの産業化を着実に進めるために標準化が大きな役割を果たすと思われています。一方でその革新性のゆえに、人々はこの技術の将来の不確実性に対して漫然とした不安を抱きはじめてもいます。ナノサイズの微粒子が人

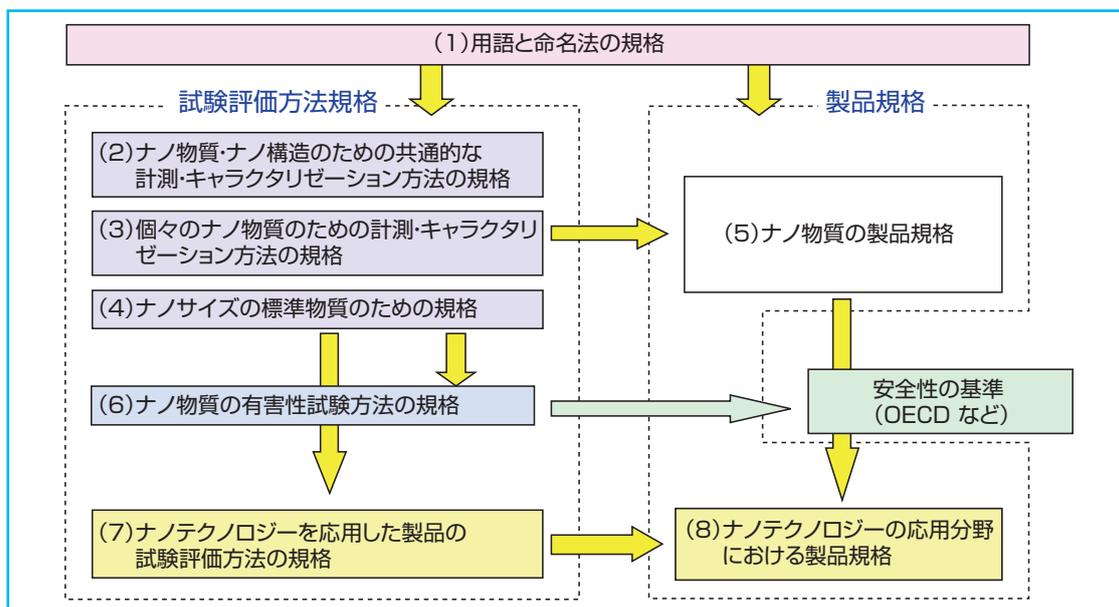


図1 ナノテクノロジーの標準化プロセス



の健康に与える影響に対して懸念が持たれていますが、実際にナノサイズの粒子そのものが生物反応に寄与しているのか、それはナノサイズであることが理由なのかなど、基本的な問題に対して明確なデータは得られていない状態です。このためにナノ粒子のサイズや形状などのキャラクター化と粒子数濃度、不純物などの計測技術の標準化、及び生体反応の試験方法の標準化が急がれています。

ナノテクノロジーの標準化は図1に示すようなプロセスで進められる予定です。まず用語と命名法の標準化から着手します。次に、ナノ物質やナノ構造に関する計測方法とキャラクター化方法の標準化に進みます。同時に標準物質に関する規格を作成します。さらにそれらを参照しつつナノ物質が生体に与える有害性の試験方法の標準化に進みます。一方ナノ物質やナノ構造を応用した製品の試験評価規格と製品規格の作成は、主として既存の他の技術委員会(TC)が担当することになります。

産総研では、2005年度からナノテクノロジーの社会的影響に関する研究、ナノ粒子の計測技術の標準化に関する研究、ナノ粒子の標準物質に関する研究、ナノ物質のリスク評価に関する研究などのプロジェクトが開始されています。これらの研究成果を積極的に標準化に活かしていく予定です。

2.用語・命名法の標準化

ナノテクノロジーはさまざまな技術分野の接点であり、それらが融合する場所とも言えます。そのため、そこで用いられる用語もさまざまな分野から集まってきており、同じ事柄を別の言葉で表現したり、同じ用語が異なる意味を表していたりすることが少なくありません。

たとえば、微粒子の研究分野では「超微粒子」(ultrafine particle)という用語が使われてきましたが、最近では「ナノ粒子」(nanoparticle)という用語がよく使われるようになってきました。しかし、どういう範囲の大きさの粒子を「超微粒子」あるいは「ナノ粒子」と呼ぶのか、この両者が同じ概念なのか異なる概念なのかは、研究者によって、また対象によって微妙に異なり、統一されていません。

しかし今後、計測法や安全性に関する国際規格を作っていくにあたり、そこで用いられる用語の定義を明確にする必要があります。そのため、ISOのTC229に用語・命名法に関する作業委員会が設けられ、対応する日本のナノテクノロジー標準化国内審議委員会にも用語・命名法分科会が設

置され、用語規格に関する議論が始まっています。

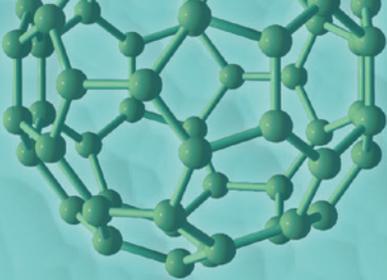
これに先立ち、米国ASTM Internationalのナノテクノロジーに関するE56委員会に6つの小委員会が設置されましたが、その中で最も迅速に作業が進められているのが用語・命名法に関する小委員会です。産総研は2005年4月にASTM Internationalとナノテクノロジーの用語規格開発のための協力協定を締結しました。これに基づき、産総研内の各分野の専門家10名が用語専門委員を引き受け、用語規格案作成に協力しています。これまでに規格草案に対する投票と2回の全体会議の議論を経て、ナノテクノロジー分野に固有の定義が必要な重要用語に絞って規格案の策定が進められています。

一方、学術論文や特許などのデータベースからナノテクノロジー関連用語を抽出する試みが東京大学工学部総合研究機構ナノマテリアセンターと産総研によって行われ、ナノテクノロジー固有の定義や説明を与えるべき用語約270、ナノテクノロジー分野で頻繁に使われているが定義がほぼ確立している用語約430などが集められました。こうしたデータをさらに精査し、重要用語を精選してゆくことにより、国際規格作成に貢献できるものと期待されます。

ナノテクノロジーは発展の著しい分野であり、まだこれから応用分野が広がってゆくと考えられますので、用語の重要性や定義も徐々に変わってゆく可能性が大いにあります。したがって、用語に関して最初から固定的な規格を作ることはあまり意味がありませんし、かえって新しい技術と科学の自由な発展を阻害することにもなりかねません。ナノテクノロジー用語の標準化とは、分野の発展と拡大にともなう生じてくる用語の混乱や不統一をできるだけ解消するための努力を絶えず続けてゆくことであり、そのための道標を一つ一つ置いてゆく作業であると言えるかもしれません。

3.計量・計測の標準化

2005年11月9日～11日にロンドンで開催されたISO TC229(ナノテクノロジー)委員会の第1回会合では、将来のSC(Sub Committee)化を視野に入れた上で、Measurement & Characterizationに関するWG(作業委員会)を発足させることが決まりました。4ヶ国(仏、独、英、日)がこのWG運営のリーダーシップ確保に意欲を示す中で、その他の参加国を含めた全体合意として、日本が責任を持つことが決まりました。これは、既に紹介(産総研TODAY2005-12号)しましたナノ粒子の計量・計測技術開発や、ナノテクノロジー



計測と緊密な関係を有するISO技術委員会活動において、我が国がこれまで高い実績を示してきたことに対する関係諸国の評価と期待を示すものと言えるでしょう。

上記活動に歩調を合わせる国内の標準化審議・推進体制として、ナノテクノロジー標準化国内審議委員会の下部組織である「計量・計測」分科会が活動を開始しています。委員には、ナノ素材メーカー、同ユーザー、ナノ物質・構造計測機器メーカー、分析サービス会社等民間からの代表者と、大学等の学識経験者が選ばれています。2005年10月末に開催された第1回会合では、計量・計測に関する既存のISO委員会・分科会との協調や分担関係（例えば、ナノ粒子のサイズ・分布の計測に関してはISO TC24/SC4との、走査プローブ顕微鏡を用いたナノ物質・構造の形態計測に関してはISO TC201/SC9との、また、電子顕微鏡を用いたナノ物質・構造の組成・形態計測に関してはISO TC201/SC3, SC4との協調・分担）が主要な議題となりました。また、TC229委員会としての独自性の高い計測法の標準化を進める観点からは、フラーレンやナノチューブなどの代表的な物質に着目し、それらがナノ素材として市場に提供される際に必要な評価項目を規定した上で、その項目の評価方法の標準化から進めるべきとの意見も出されました。これらの議論、及び上記のTC229委員会の結果を踏まえて、今後迅速な規格化項目の検討と規格原案の作成が求められています。

産総研としてもこの活動に積極的に貢献すべく、様々なニーズに基づく国際標準化項目案の検討とその基盤となる計測評価技術開発を進めています。例えば、2005年2月にナノテクノロジービジネス推進協議会関連会社を主対象にして実施されたアンケートでは、1~50nmレベルのナノ構造体の形態（形状）評価に関する要請がもっとも大きいという結果が得られました。この対象サイズ・計測目的には、原子間力顕微鏡（AFM）の活用が必須と考えられます。しかしAFMによるナノ物質・構造の形態観測では、図2に示すような問題点が認識されています。この問題の克服のためには、実際に測定に使用しているAFMチップ先端形状をその場で評価する手段と手順の確立が不可欠です。これを踏まえて、AFMに長さの絶対スケールを提示できる特徴を備えた新しいチップキャラクタライザの作製・開発と、それを利用したナノ物質・構造の精密形態計測の国際標準化の手順確立を目指した研究開発に取り組んでいます。

4. ナノテクノロジーの標準化とリスク

ナノテクノロジーは日本が先導する有望な技術の一つですが、製品としてはこれから普及する段階であり、安全性（有害性）に関する情報やデータもまだ少ない状況です。また、革新的な技術であるが故に、安全性に対する懸念が提起されやすく、安全性上の懸念を払拭することがこのような革新的な技術の開発・普及には不可欠であり、ナノテクノロジーも例外ではありません。

そもそもナノサイズの粒子に特有の有害性があるかどうかは分かっていません。従って、特有の有害性があるかどうかの見極めが必要です。しかし、現在用いられている化学物質の安全性を評価するための実験動物を用いる定型的な毒性試験は、標準的な化学物質を対象として考案されており、ナノ粒子に特有の有害性の検出に対しても有効であるかどうかは明確ではありません。従って、ナノ材料の安全性試験法を標準化する前に、まず評価に用いる試験法が粒子サイズ特有の有害性を検出できるかどうかを確認する必要があります。

そのため、安全性試験に供されるナノ材料サンプルの粒子サイズ（分布）、粒子数濃度、形状、比表面積など“ナノ”という接頭語に関連する粒子特性を明確にすることがまず必要です。また、試験管内（*in vitro*）や動物などの試験系内に存在するナノ材料の特性を明らかにすることも必須条件となってきています。ナノ材料原体の微粒子特性等の計測

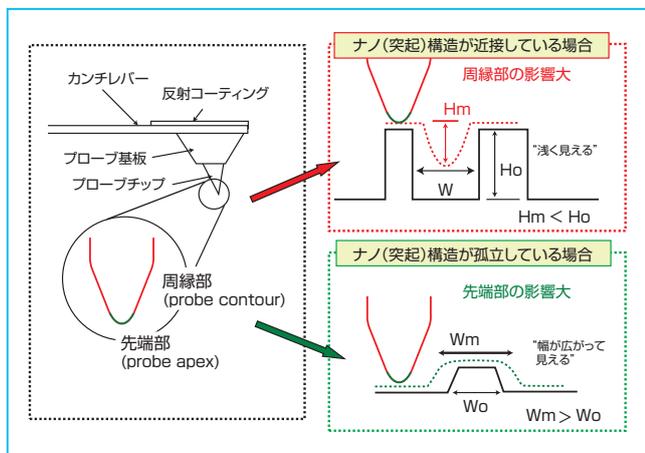


図2 AFMを用いてナノ物質（構造）の形態計測を行う場合の問題点を模式的に示した図

使用しているAFMプローブの先端形状（そのプローブで観測できる微細構造の程度を示すプローブ特性関数）をその場で求めることができるチップキャラクタライザの開発・提供が、精密形態計測の国際標準化の鍵を握っています。

技術については、本シリーズ記事の第3回（産総研TODAY 2005年12月号）で紹介しましたが、試験系内、特に水中に分散したナノスケールの微粒子の特性を計測する技術は、まだ確立された状況とは言えません。ナノテクノロジーの安全性評価には、このような計測技術の確立が必要といえます。

試験に供するナノ材料の形状も議論の焦点のひとつです。特に、ヒトの暴露経路として想定される吸入による安全性の確認には、実験動物を用いた吸入毒性試験を実施することが必要であり、その際、動物に吸入させるナノ材料は、できるだけ微粒子化することが求められます。また、試験管内で培養細胞への影響を評価する際にも、培養液中には微細化したナノ材料を加えて試験する必要があります。というのは、多くのナノ材料は、製造、加工、使用あるいは廃棄の段階でナノスケールの微粒子として存在する可能性があり、特に将来、我々の身の回りの製品の多くにナノ材料が使われると想定した場合、それが何らかの形で元の一次粒子に近い形にまで粉碎され、生活環境中に存在することが想定されるからです。そのため、ナノテクノロジーの安全性評価には、ナノ材料をできる限り微細化し、空気や水に分散させる技術の確立が必須であり、これらの技術が確立されて初めて、ナノスケールの微粒子に特有の有害性に関する研究や試験法の検証・開発が可能となり、安全性試験法標準化の議論へとつながっていきます。

産総研化学物質リスク管理研究センターは、2005年度の基準認証開発事業として「ナノ粒子の安全性評価法の標準化

に関する研究」を実施していますが、この研究を通じて、ナノテクの安全性評価試験法の確立には、上述のような計測関係技術のブレークスルーが必要なことにいち早く気づくことができました。これらは、いずれも難題ですが、ナノ粒子に関する高い計測技術を有する当研究所の計測標準研究部門、計測フロンティア研究部門および環境管理技術研究部門と連携することにより対処可能と考えられ、現在、課題の解決に向けて研究を進めています。

図3には、ナノ粒子の安全性を評価するために必要な計測技術および関連技術について俯瞰的にまとめました。この図からもナノテクノロジーの安全性評価には高い計測技術が必要であることがご理解いただけると思います。

5.おわりに

ナノテクノロジーの産業化とリスク評価に対して標準化の貢献が強く期待され、国際的にも国内的にも活発に標準化活動が開始されました。産総研でも分野融合課題を中心に研究を加速させています。

標準化に対する日本の貢献には各国からも大きな期待が寄せられています。2006年5月にはつくばにおいて、ASTM InternationalのE56技術委員会を産総研のホストで開催し、あわせて東京で、第2回ナノテクノロジーのための標準物質と計測に関する国際シンポジウム（SMAM-2）を産総研の主催で開催することが決定しています。またISO/TC229の第2回総会を2006年6月に日本で開催する運びにもなったことを申し添えます。

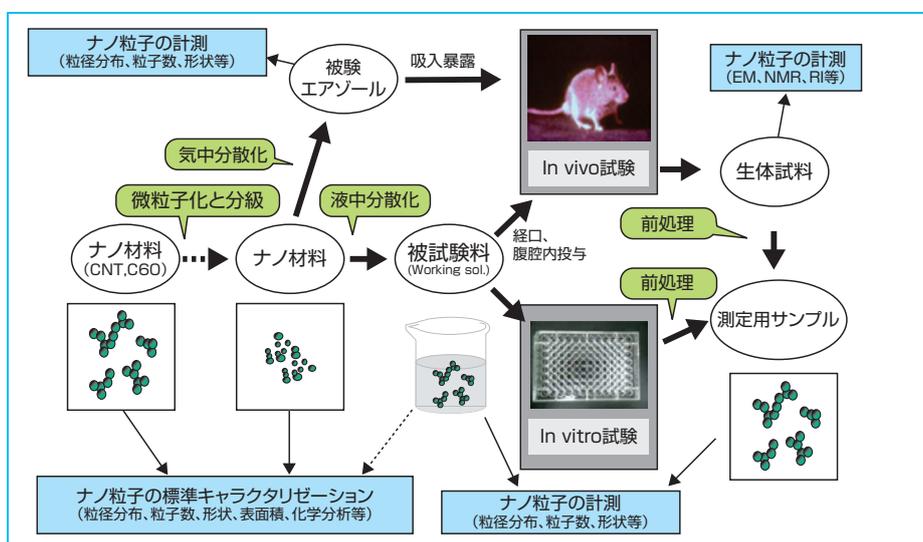


図3 ナノテクノロジーの安全性評価試験法の標準化に必要な計測技術

熱電対による温度標準の供給

パラジウムの融点における熱電対校正の開始

熱電対による温度標準供給体系

熱電対は、2種類の金属素線や合金素線の先端同士を接合して測温接点を作るという極めて簡単な構造の温度計であり、発生した熱起電力を電圧計で測定することにより温度を知ることができるため工業用に最も多く使われている。産業界の現場では生産活動と密接に関わっており、一つの設備だけで数千本の熱電対を使用していることもある。これらの熱電対の温度計測結果の信頼性を確保するためには、個々の熱電対の熱起電力と温度との関係を事前に求めておくことが必要不可欠である。こうした熱電対校正に対する産業界からの要求は非常に強い。産総研では国家標準としての熱電対校正用の銀の凝固点（銀点、961.78℃）実現装置および銅の凝固点（銅点、1084.62℃）実現装置の開発を進め、2002年から銀点および銅点での熱電対の校正を開始している。これにより、校正事業者は自社の銀点および銅点実現装置の校正が

可能になり、その結果、1100℃までの温度域で熱電対の校正事業を開始することができるようになった。

一方、鉄鋼、半導体、セラミックス等の素材産業を代表とする分野では、製品の開発段階から製造における品質管理に至る多くの実用的な場面において、1100℃を超える温度の精密な計測あるいは制御を必要としており、銅点以上の温度域での熱電対標準供給に対する産業界からの要求は依然として強い。そのため、産総研ではさらにパラジウム（Pd）の融点実現装置（図1）の開発を進め、新たにPd点（1553.5℃）での熱電対校正を2005年4月より開始した。

先に供給を開始した銀点、銅点では、純粋な白金（Pt）線とPd線を組み合わせることにより従来から使用している熱電対よりも安定性などに優れたPt/Pd熱電対を産総研での校正対象としている。しかし、Pt/Pd熱電対は素線にPd線を使用しているため、Pd点

校正を行うことは不可能である。そのため、Pd点校正では、白金およびロジウム（Rh）を成分とする合金系熱電対であり、高温測定に広く用いられているR熱電対を標準供給用の熱電対として使用することとした。今回、熱電対によるPd点での標準供給を開始したことにより、図2に示すように、校正事業者は熱電対に対して1554℃までの標準を持つことが可能になり、同温度範囲における校正事業の道が開けたことになる。

Pd点における熱電対の校正

新たに標準供給を開始したPd点での熱電対の校正には「金属線溶融法（ワイヤ法）」を用いている。ワイヤ法は被校正熱電対の測温接点近くに定点物質である純金属線を直接取り付ける方法であり、定点金属を融解するためののつぼが不要である。そのため、定点金属へののつぼ材料からの汚染の心配が無く、さらに、0.1g以下の僅かな量で

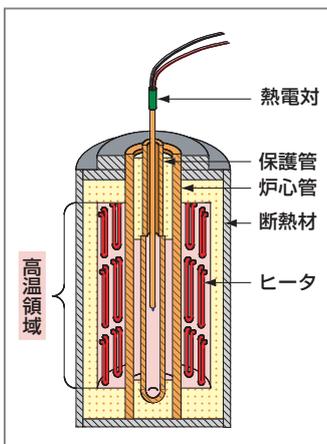


図1 パラジウム点実現装置
3ゾーンの縦型炉で、中心付近の温度安定性は±0.1℃以内、温度分布については300mmの範囲で±0.5℃以内である。

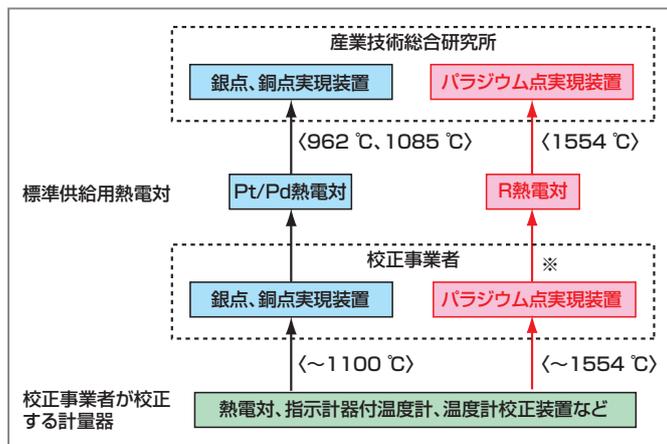


図2 熱電対のトレーサビリティの体系図
図中の〈〉内の数字は校正を行う温度範囲を表す。
※ 標準供給用R熱電対について、校正事業者はパラジウム点実現装置の校正の他にワーキングスタンダード（R熱電対又はS熱電対）の比較校正に用いることができる。

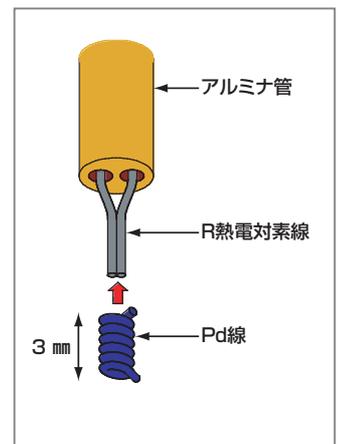


図3 パラジウム（Pd）線の取り付け
R熱電対の測温接点を溶接した後、測温接点部分にコイル状にしたPd線をかぶせる。

校正が可能であるので、貴金属のような高融点の純金属を用いる定点校正に一般的に用いられている。熱電対への定点物質の取り付け方には幾つかの手法があるが、評価の結果、図3のようにコイル状のPd線を取り付ける手法が安定した融解プラトー（融解温度で熱起電力が一定になる部分）を得るのに効果的であることがわかった。図4はコイル状のPd線を取り付けたR熱電対をPd点実現装置に挿入した後、徐々に炉の温度を上昇させたときの熱起電力の値を測定した結果である。取り付け付けたPd線の溶融に伴って融解プラトーが観測され、この領域の熱起電力の平均値を求めることによりPd点での被校正熱電対の熱起電力の値を得ることができる。測定の結果、約0.05℃（標準偏差）の再現性で融解プラトーが得られることが確認された。

Pd点における熱電対校正の不確かさの要因には、プラトーの再現性の他

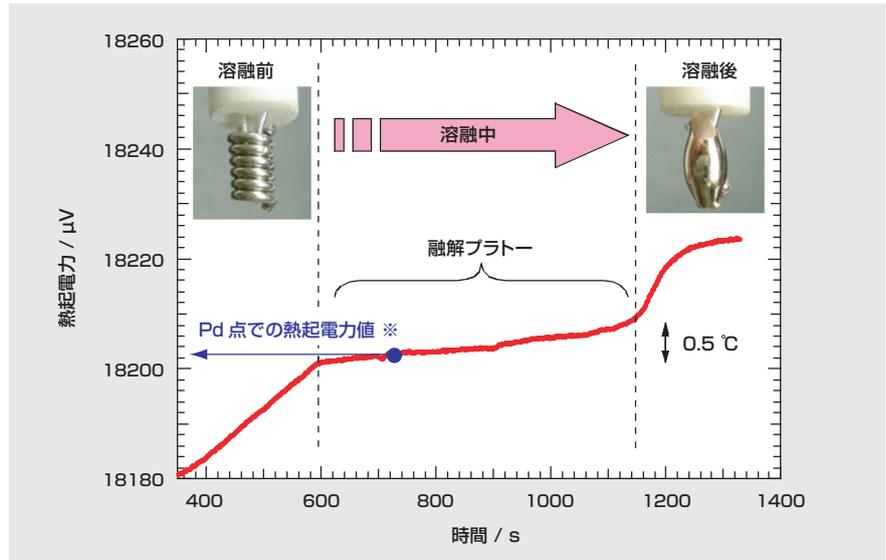


図4 パラジウム (Pd) 点ワイヤ法測定結果の例
融解プラトー測定後は溶融したPdが被校正熱電対の測温接点に付着したまま固化するため、測温接点は毎回切断し、熱電対素線をアルミナ管から5mm程度引き出して接点を作り直す。
※ここでは融解プラトー開始後50秒～200秒の熱起電力の平均値をPd点の測定値とした。

にも、保持炉の均熱性、熱起電力測定系の不確かさ、熱電対の安定性等が挙げられる。日本学術振興会産業計測第36委員会温度計測分科会WG研究会において産総研を含む7ラボで実施された「R熱電対のPd点校正を含む共同実験報告」の結果も踏まえ、考えられる不確かさの要因を評価した結果、産総研からは0.8℃程度の拡張不確かさ(k=2)でPd点での標準供給が可能であることがわかった。

今後の展開

産業界からは、熱電対校正の高精度化の期待は強く、また1600℃を越える温度域での校正を求める声もある。今後も熱電対校正のさらなる高精度化と温度範囲の高温への拡大の要望に応じていくため、新たな熱電対校正用定点の研究開発を進めていきたい。

関連情報

日本計量新報：2005年5月22日

新井優：AIST Today, Vol.3, No.4, p34 (2003)

「R熱電対のPd点校正を含む共同実験報告」日本学術振興会産業計測第36委員会温度計測分科会 (2005)

M.Izuchi, S.Masuyama, H.Ogura, M.Arai: SICE Annual Conference 2005, PS1-30 (2005)

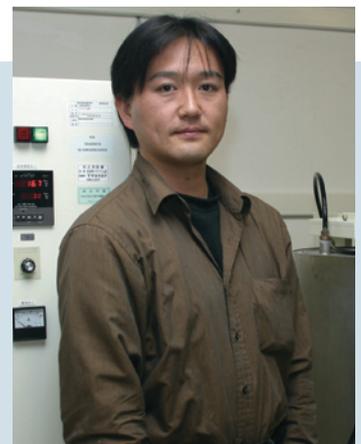
計測標準研究部門（つくばセンター）

小倉 秀樹

E-mail: h.ogura@aist.go.jp

高温域の温度標準の研究、特に、高温で安定な熱電対の研究開発および熱電対を上位標準の温度計とするトレーサビリティ制度の構築に従事。R熱電対や、これまでの実用的な熱電対よりも性能の高いPt/Pd熱電対および温度定点の研究開発を行ってきた。現在、1100℃以上の温度での熱電対校正の高精度化に向けて、新たな熱電対用温度定点および高温域にて安定で高精度な熱電対の開発に挑戦中。

共同研究者：井土 正也、新井 優



産業界との連携による標準仕様書の提案

地質図-土木地質図に用いる記号、色、模様、用語及び地層・岩体区分の表示とコード群の標準化

産総研における地質図標準化の取り組み

国土の開発・保全にともなって地質学的情報を包括的に提供する地質図への需要は高まり、利用者の範囲は、ますます広がっている。しかし、地質図を作成するために必要な記号、色、模様、用語及び凡例については必ずしも統一されていないために、地質図の判読・利用の妨げになっている。最近のように地質図を数値化してコンピュータ上で利用する場合には、作成のための共通ツールの開発やデータの互換性が求められるが、その前提として記号、色、模様、用語及び凡例が統一されていることが必要である。現在、政府は国土空間情報の整備を進めつつある。特に、地質図をWeb上で提供するに当たっては、地質図凡例等の表現を統一することは避けて通れない。このような状況を考慮し、産総研では地質調査総合センターが中心となって地質図の標準化に積極的に取り組んでおり、以下の規格を提案してきた。

- JIS A 0204：2002地質図 - 記号、色、模様、用語及び凡例表示
- TR A 0018：2003地質図-ベクトル数値地質図の品質要求事項
- TS A 0019：2005地質図-記号、色、模様、用語及び地層・岩体区分を示すコード群

全国地質調査業協会連合会、土木研究所との連携

これらの規格は、構造物の構築や環境保全等を目的とした地質図を作成している業界への影響が大きく、例えば、JIS A 0204は、公開後直ちに国土交通

省の地質・土質調査成果電子納品要領に参照規格として取り入れられた。このこともあって、全国地質調査業協会連合会(全地連)では、地質情報標準化作業の中で、これをいかに取り込むかが検討されてきた。

標記の標準仕様書(TS)案は、このような流れの中で、全地連が国土交通省主管の独立行政法人土木研究所(土木研)と産総研地質調査総合センターに働きかけてまとめたものである。

もともと、目的に応じて様々な地質図の表現方法が編み出され、あるいは会社ごとに地質図の表現が異なっていたため、業界では統一は困難であるとの認識があった。このような事情は諸外国でも同じである。

産総研では、このような現状に鑑み、これを克服する方策を検討し、最近になってTS A 0019：2005地質図-記号、色、模様、用語及び地層・岩体区分を示すコード群を提案し、その公表が認められた。この提案は、地質図を数値化した上で、地質図を構成する要素、すなわち主題属性にコードを与えることによって、コンピュータディスプレイあるいは印刷図の上で利用者が理解できる表示が可能になるとの考え方に立ってのことである。

全地連は、このTSの公表が決まった時点で、TS A 0019：2005では規定されていない土・その他のコードと、工学的見地から必要な術語・表記等をこれに追加した規格案をまとめ、関係者に広く周知する機会を設けるべくTSとして公表することを決めた。地質・土質を記述する主題属性コードは国土交通省の地質・土質調査成果電子納品要領でもすでに採用されていたこ

とから、案のとりまとめにあたっては、地質・土質調査成果電子納品要領をとりまとめた(財)日本建設情報総合センター(JACIC)と土木研、そして地質図の標準化を進めている産総研と協議し、その結果、土木研と産総研の助言を得ながら国土交通省、JACIC等、関係省庁・研究機関・団体から18名の委員を集めて原案を作成することになった。

TS原案の内容

土木地質図の基図となる地質図はJIS A 0204等の規格に基づいて作成されるが、土木地質図の重要な目的である工学的地質情報をこれに重ね合わせて表示する場合には、表示の意味が明確で、かつ地質図の表示と紛れないように考案した記号群と記述方法を用いる必要がある。また、工学的地質情報を異なる作成者、異なる利用者間で正確に伝達するためには、これを表示する記号群と記述方法が標準化されていることが望ましい。

この標準仕様書(TS)原案では、土木地質図で用いる基本的地質情報と工学的地質情報を的確に表示するための記号、色、模様、用語及び地層・岩体区分とそれらを示すコード群を規定するものである。コードを規定した主題属性は、基本的にはJIS A 0204に従って、地質学的属性の記号、色、模様、地質時代、地層・岩体の区分単位、岩石の種類と岩相、鉱物の種類、鉱産物の種類及び化石の種類の9項目としたほか、工学的地質区分に対応する土・その他のコードを追加した、これらをコード化するには各項目を系統的に分類しておく必要があり、また、必要に

応じて追加や削除、あるいは転換できるようにコード自体も体系化しておく必要がある。

今後の課題

今回提案されたTS原案は、建設・工学分野で共通に利用できる土地地質図を想定し、その基本的な項目についてのみ規定している。今後は、これを基に、ダム、道路、斜面、原子力、建築基礎など特定の対象に利便性を図ることのできる個別の規格が作成されることが望ましい。

このTS原案では、工学的地質区分を修飾する形容詞句についてはコード化を行っていない。本来、工学的地質区分と、地質学的な分類とは、工学と地質学との間の混乱を避けるよう、明確に分離して扱われることが望ましい。また、国際的な基準・国内規格などに照らした場合、あいまいな用語の利用そのものが問題となることも考えられる。したがって、今後は、工学的地質区分を修飾する形容詞句についても、体系的に分類しコード化する必要がある。

記号名	コード	記号 (参考)	
その他	ボーリング孔	53500000	● B-1 ● $\frac{H15-B-1}{L=150m}$
		53500001	○
		53500002	◎
	試料採取位置	53600000	□ 乱した試料採取位置
		53600001	■ 乱れの少ない試料採取位置
		53600002	○ 微化石試料採取位置
		53600003	△ 火山灰試料採取位置
53600004		⋮ 採水区間	
53600005	⊙ ガス採取位置		
露頭	53700000	ωωω	
	53700001	ƒƒƒ	
地下水位	53800000	▽	
	53800001	▽	

表 土地地質図のために新たに提案された地質記号のコードの例

土地地質図で用いる主題属性のコード化の目的は、異なる表現形式間での互換、属性コードの統一的な運用及び統計処理における利便性の向上にあると考えられる。そのため、単に土地地質図で用いられる名称の統一化にとどまらず、データのもつ意味、すなわち明確な分類体系に基づき分類・作成されたデータを用い、データを交換する場合にその意味が正確に伝わることに重要である。この点において、土地地質図においてもコード化は必須であり、言葉(文字列)の持つあいまいさも

払拭できると期待される。

TSが対象とする「工学的地質図」の名称については、それが建設・土木分野にとどまらず、建設分野など広い分野で使われることを前提に、様々な議論があった。議論の中で“工学地質図”“建設地質図”“応用地質図”などの名称が提案されたが、意見が一致しなかったため、建設・土木分野で一般的に普及している「土地地質図」という名称を暫定的に採用した。

産学官連携推進部門 工業標準部

産総研の研究ポテンシャルを活用することにより、わが国の工業標準化に貢献することを目的とした工業標準化活動に取り組んでいる組織です。産業ニーズ、政策ニーズなどの産総研内外の標準化要請に応えることを基本として、標準化を目的とした研究実施、研究成果の標準化への展開、国内・国際標準化活動への貢献等を通じて、工業標準化を推進しています。

<http://unit.aist.go.jp/collab-pro/indus-stan/>

地質調査総合センター

産総研の「地質の調査」に関連するユニットを一括した総称です。地質の情報は、様々な社会生活のために必要不可欠な国土の基本情報として位置づけられています。その整備のための「地質の調査」は、前身である地質調査所の時代より一貫して責任のある実施がされてきました。

<http://www.gsj.jp/HomePageJP.html>

日本 IBM 科学賞を受賞

● 日本IBM科学賞とは

日本の科学分野の学術研究の振興と若手研究者の育成に寄与することを目的に、日本アイ・ビー・エム株式会社の社会貢献活動の一環として1987年に創設されたのが「日本IBM科学賞」です。対象は、国内の大学あるいは公的研究機関に所属する45歳以下の研究者(国籍不問)で、物理、化学、コンピューターサイエンス(バイオインフォマティクスを含む)、エレクトロニクス(バイオエレクトロニクスを含む)の4分野における基礎研究で優れた研究活動を行っている研究者です。本年は129件の候補の中から5名の授賞者が選ばれました。その中のひとりとして、産総研強相関電子技術研究センターの川崎 雅司氏がエレクトロニクスの分野で受賞しました。

● 受賞の対象となる功績等

酸化物エピタキシーの精密化と集積化による新電子機能の開拓

川崎氏による原子レベルで膜厚制御が可能なレーザー分子線エピタキシーの研究は、酸化物エレクトロニクスの基盤を築く重要な業績として高く評価されています。酸化物の素材をパルスレーザーで瞬間的に蒸発し、原子層で制御された薄膜結晶成長を可能にする要素技術を確立しました。この技術を駆使した強相関電子物性の研究とそのデバイス応用への展開では、当センターが世界をリードする研究成果を収めています。また、一括合成と高速評価を基本とする創薬のコンビナトリアルケミストリーにヒントを得て、異なる組成や構造を持つ薄膜を、異なる基板温度や成長速度で一枚の基板上に同時に形成する独自の技術を開発しました。これらの物質ライブラリーの物性を系統的に調べることで、所望の電子機能を実現する新物質の発見やその最適化を高効率化できます。酸化コバルトをわずかに添加すると酸化チタンが透明な磁石となる発見や、これまで再現性のなかった酸化亜鉛結晶のP型ドーピングを確実なものとしたことは特筆すべき成果といえます。世界で初めてPN接合を形成して青色発光の観測にも

成功し、酸化亜鉛が窒化ガリウムに比肩する紫外発光用材料として発展する可能性を示したのです。

このように、独自の発想から酸化物エピタキシーの精密化と集積化を推進し、P型酸化亜鉛など形成が極めて困難であった一連の酸化物材料やその応用素子を実現させることによって、川崎氏の研究は酸化物エレクトロニクスの開拓と展開に先導的な貢献をしました。



● 川崎氏からひとこと



高温超伝導は、多数の研究者を魅了し、貴重なデリバティブとして強相関電子技術という未知の可能性を秘めた研究分野を形成しています。私は、高温超伝導体の天然の超格子構造に魅了され、人為的に酸化物原子層を積み重ねて新物質を合成したいと考えました。ブレイクスルーは基板表面の平坦化と一括合成法という「ものづくり」技術です。強相関酸化物では、多数の電子が存在するのに反発力で凍り付いて絶縁体になってしまい、ちょっとした刺激で電子がドロドロと流れ出します。物性物理として興味深いだけでなく、不揮発メモリや光スイッチなど高速・巨大応答デバイスへの応用も期待されています。これまで取り組んできた一連の研究を評価して頂いたことは大変うれしく、また身の

引き締まる思いです。共同研究の機会やサポートをいただいた方々に感謝いたします。酸化物がエレクトロニクスの主役になる「新石器時代」の実現をめざして、さらに研究を進めたいと思います。

第51回仁科記念賞を受賞

● 仁科記念賞とは

仁科記念賞は、原子物理学とその応用に関し、独創的で極めて優秀な研究成果を収めた研究者を表彰するものとして仁科記念財団によって設立されたものです。ここでいう原子物理学とは、原子、分子、原子核、素粒子はもとより、これらの関与する基礎的なミクロの立場に立った物理学のことをいうものですが、直接原子物理学に係わるものに限らず、理学、工学、医学等あらゆる分野において原子物理学に深い関連のある研究を含んでいます。今年度の受賞者3名の中で、産総研からは強相関電子技術研究センターの永長 直人氏が受賞しました。

● 受賞の対象となる功績等

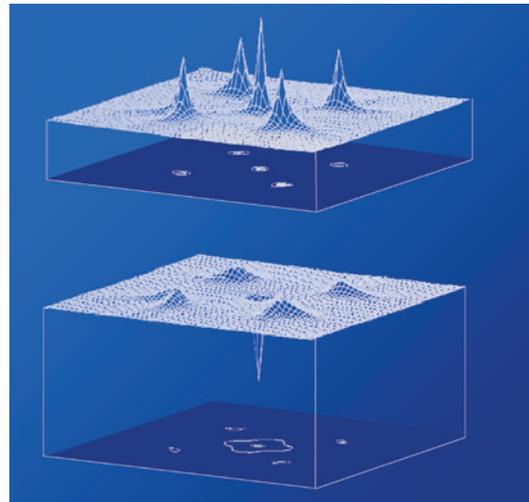
異常ホール効果の理論的研究

遷移金属酸化物を始めとする物質群における電子間に働く強いクーロン反発は、いわゆる電子相関効果をもたらし、その研究は現代物性理論の中心的課題といえます。その中でも磁性と量子輸送現象の結合は、基礎・応用両方の観点から巨大磁気抵抗効果など重要な問題を数多く含むものです。永長氏は平成12年頃より、磁性体中の電子波動、特にその位相の問題を理論的に研究してきました。その中でも、スピン軌道相互作用の存在下で磁性体中のブロッホ波動関数が運動量空間において微分幾何学的な構造(ゲージ構造)を持つことを見出し、その観点から強磁性体で観測される自発的ホール効果-異常ホール効果-の理論を発展させました。

さらに、バンド交差点が「磁気単極子」としてゲージ場の吸い込み、湧き出しとして働くことを詳細な第一原理計算と実験との検討で示し、50年来の懸案であった異常ホール効果の問題を解決しました。

これらの仕事は固体電子論におけるゲージ構造の重要性を

実証し、その波及効果は、スピンホール効果などの研究へと大きく発展しています。



運動量空間におけるゲージ場の強度分布。
磁気単極子に対応するピーク構造が見える。



● 永長氏からひとこと

産総研の強相関電子技術研究センター(CERC)における研究テーマのひとつである、異常ホール効果の研究に仁科記念賞のように輝かしい歴史を持つ賞をいただけたことは、非常に光栄であると同時に大きな激励ともなりました。我が国における磁性研究の伝統と、最近の強相関電子系研究の隆盛を背景に、古くて新しいこの問題にチャレンジできたのは、産総研のすばらしい研究環境と十倉センター長を始めとするCERCのメンバーの人たちの協力のおかげです。この場を借りて御礼申し上げます。

異常ホール電流は、物質中の「トポロジカルカレント」の一例であり、基本的に散逸を伴わずに流れるというすばらしい性質をもっています。ジュール熱の発生を避けられない通常のオーム電流に代わって、次世代ナノスケール素子の新しい原理を与えるものと期待して、研究を進めています。電場だけでスピン流を引き起こすスピンホール効果、FRAMの動作原理となりうる量子電荷ポンプ、ヘリカル磁性体の巨大電気磁気効果、光のホール効果など、多彩で新奇な現象がすべてこのトポロジカルカレントの概念と結びついています。これらを、より大きな理論体系へと発展させることが今後の夢です。

SCI05 最優秀研究論文賞を受賞

● SCI05 最優秀研究論文賞とは

スーパーコンピューティング国際会議は、ACM及びIEEE Computer Societyの共催により、毎年米国で開かれている高性能計算に関する最も権威のある国際会議です。第18回目となる今年はワシントン州シアトルで「SCI05 国際会議」として開催され、約10,000人の参加者を集めました。

「SCI05 最優秀研究論文賞」(Best Technical Paper Award)はこの会議で発表された学術論文の中で最も優れた研究成果に与えられる賞です。今回は投稿論文260件の中から、産総研グリッド研究センターの池上努氏らの研究成果「Full Electron Calculation Beyond 20,000 Atoms: Ground Electronic State of Photosynthetic Proteins」が選ばれました。最優秀研究論文賞の受賞は日本人研究者で初めての快挙です。

● 受賞の研究

世界最大規模のタンパク質の全電子状態計算

本研究では、クラスター型スーパーコンピュータ「AIST スーパークラスター」を用いて、フラグメント分子軌道法による20,000原子を越える巨大なタンパク質複合体の電子状態計算を、世界で初めて行いました。これは、産総研グリッド研究センター池上努氏と計算科学研究部門フェドロフ氏らによる分野間融合研究の成果です。

計算対象とした巨大分子は、紅色光合成細菌の一種 *Rhodospseudomonas viridis* の膜タンパク質複合体で、4本のタンパク鎖の中に電子伝達系と呼ばれる一群の分子が埋め込まれています。電子伝達系は、光合成反応において光のエネルギーを化学的なエネルギーに転換する重要な役割を果たしていますが、その反応過程において周辺タンパク質の果たす役割については解明されていません。このような反応機構の理論的な解明には、タンパク質まで含めた系全体の電子状態を知る必要がありますが、従来方法では巨大な分子に対して膨大な計算時間が必要となるため、事実上不可能でした。

今回の計算機シミュレーションでは、AISTスーパークラ

スタのP-32クラスター部を最大300台(600プロセッサ)用い、光合成系のフラグメント分子軌道計算を約73時間で実行できることを確認し、巨大な分子の電子状態を高精度かつ高コストパフォーマンスに求めることに成功したものです。この成果は、光合成反応中心の機構解明に迫るもので、将来的には人工光合成系の設計を通じて炭素固定による地球温暖化防止や食糧不足問題の解決などへの発展が期待されます。

今回の受賞は、大規模分子の電子状態計算に世界で初めて成功した成果が評価されたものです。これにより、計算科学による現象解明に向けた研究手法の重要性及び有用性、計算科学と計算機科学の融合による研究の重要性が示されたといえます。



● 池上氏からひとこと



今回の受賞は研究者個人として大変名誉に思うとともに、この賞は産総研がチームとして勝ち得たものであると実感しています。今回の業績は、計算科学研究部門で開発されたフラグメント分子軌道法とグリッド研究センターの構築した AIST スーパークラスターを組み合わせ、巨大分子の電子状態を計算する手法を確立したものです。研究には試行錯誤が付き物ですが、本研究では特に計算手法とクラスター利用技術の間で問題点の切り分けが鍵になりました。この点において、産総研はクラスター用ミドルウェアと計算アルゴリズム双方の開発者を擁しており、問題発生時のフィードバックとレスポンスを円滑に進めることが可能でした。またAISTスーパークラスターのサポートチームの迅速かつ柔軟なマシン管理・運用が研究を進める上で大きな助けになったことも見逃せません。今後は、確立した計算手法を用いて各種光合成系の計算を進め、系内部の相互作用の分析を微視的レベルで追及すると同時に、グリッド技術を用いたフラグメント分子軌道計算の実装を進めていくつもりです。

松田大臣つくばセンター視察

11月25日、内閣府の松田科学技術政策担当大臣が、産総研つくばセンターを視察されました。

吉川理事長の挨拶の後、昼食をはさんで小玉副理事長より産総研の概要説明がありました。引き続き、吉川理事長らとの間で、総合科学技術会議の役割と独立行政法人の連携等について活発な意見交換が行われました。

その後、松田大臣は知能システム研究部門とナノカーボン研究センターを視察されました。知能システム研究部

門では、平井研究部門長、比留川副研究部門長らからヒューマノイドロボット研究の説明を受け、HRP-2のデモなどをご覧になりました。ナノカーボン研究センターでは、飯島研究センター長らからナノカーボン(ナノクリスタルダイヤモンドとスーパーグロスカーボンナノチューブ)の合成技術と応用製品の紹介があり、産総研の最先端の研究成果に触れる機会をお持ちいただきました。



アルジェリア民主人民共和国郵政通信大臣つくばセンター訪問

12月7日、アルジェリア民主人民共和国郵政通信大臣Mr. Haichourが、郵政公社総裁Ms. Houadria、携帯電話事業公社総裁Mr. Belhamdiらを伴って、産総研つくばセンターを訪問されました。大臣らは、始めに吉海理事にお会いになられ、挨拶を交わされた後、サイエンス・スクエアを中心にご視察になりました。

ご視察では、ヒューマノイドロボットやパロなどのロボット技術、光触媒、ドラッグデリバリーシステム、Cyber

Button等に特に関心を示されました。

訪問時間が1時間程度と短かったため、研究室を直接ご覧いただく時間を取ることはできませんでしたが、次の機会にはゆっくりと産総研を訪問したいとおっしゃられました。ご訪問の最後には、「本日の訪問で、産総研が日本の工業技術発展の中で果たした役割が、良く理解できた。今後、産総研と自国の研究機関の交流が発展する事を希望する。」とお言葉を残されました。



産総研秋葉原サイト披露会を開催

12月6日に産総研秋葉原サイト(秋葉原ダイビル内)において「秋葉原サイト披露会」が開催されました。

披露会では、吉川理事長の挨拶に続いて、秋葉原サイトに拠点を持つユニットの研究紹介が、渡辺情報セキュリティ研究センター副センター長、木

下システム検証研究センター長、坂上情報技術研究部門長、関口グリッド研究センター長によって行われました。

その後、参加いただいた皆さんには、10月にオープンした情報技術研究部門の新しいタイプの研究空間「秋葉原ソフトウェアショーケース」を見学して

いただきました。ここでは、9つの研究についてデモンストレーションが行われました。

秋葉原ソフトウェアショーケースでは、愛知万博での実証実験の成果を取り入れ、“訪れた人が産総研ソフトウェアを体感できる”ソフトウェアと装置の研究開発を行い、実証実験を通じた研究開発成果の技術移転を推進しています。

興味深く見学された皆さんに産総研の研究活動について一層の理解を深めていただく機会とすることができました。



産業技術戦略シンポジウムを開催

11月21日、秋葉原ダイビル・コンベンションホールにて、産業技術戦略シンポジウム「戦略的技術開発と産業技術人材育成」が開催されました。このシンポジウムは、産総研が策定した第2期研究戦略の理念を具体的に発信



するとともに、我が国全体のイノベーションおよび産業技術人材育成の問題について議論するために企画されたものです。産学官の代表的な方々が講演者として招かれ、当日は400名を越える来場者を数えました。

経済産業省産業技術環境局長の肥塚氏から挨拶をいただいた後、科学技術政策サイドおよび産業技術研究開発実施サイドの機関を代表する方々から講演をいただきました。産総研は吉海理事による研究戦略の紹介の中でイノベーションに向けた研究と人材育成の取組みを示し、他の講演者の方々もそれぞれの立場で問題意識や提案を示し



ました。それに続くパネルディスカッションでは、産学官が三位一体で各課題に取り組む必要があるという一致した認識が確認され、シンポジウムは成功のうちに閉幕しました。

ベンチャー開発戦略研究センター第4回シンポジウムを開催

ベンチャー開発戦略研究センターは、12月7日、経団連ホールにて、第4回シンポジウム「イノベーションとベンチャー創出-公的支援によるスタートアップは成功できるか-」を開催しました。研究センター長である吉川理事長による開会挨拶の後、「イノベー



ションとベンチャー創出」のテーマのもと、有本建男 内閣府経済社会総合研究所総括政策研究官、谷重男 経済産業省大臣官房審議官(産業技術担当)および吉川理事長による基調講演を行い、それぞれの状況認識と問題提起が行われました。続いて渡辺孝センター



次長よりケース紹介としてセンターの取組みが紹介されました。午後の部では、第一部「イノベーションへの合意形成-科学とビジネス/産業の溝に橋を架ける-」(モデレーター：池上徹彦 会津大学学長)、第二部「公的支援によるスタートアップは成功できるか-障害と戦略-」(モデレーター：渡部俊也 東京大学先端科学技術研究センター教授)の二つのパネルディスカッションにおいて活発な議論が行われ、次回シンポジウムに向けての意識の共有と新たなテーマの創出されました。最後に吉川理事長による総括コメントと300名を超える参加者の皆様へのお礼の言葉をもって閉会しました。

日仏ロボット工学共同研究ラボラトリー JRLの研究協力協定更新およびJRLワークショップ

知能システム研究部門とフランス国立科学研究センター (CNRS)情報・コミュニケーション科学技術部門は、産総研とCNRSとの間で締結された包括的研究協力協定 (2001年11月22日締結) の下での個別研究分野の研究協力の一環として、日仏ロボット工学共同研究ラボラトリー (Joint Japanese-French Robotics Laboratory (JRL)) を2003年

12月8日に設立し活動を行ってきました。

2005年9月1日より、フランス側の研究拠点がトゥールーズのCNRS解析・システムアーキテクチャ研究所 (LAAS) に変更されたのに伴い、2005年11月14日にLAASにて、新たな研究協力協定の更新を行うとともに、JRLワークショップを開催し、日仏の人間



型ロボットの研究動向とJRLの活動について討議を行いました。

国際ワークショップ「LCA手法の地域施策への展開」を開催

11月30日、発明会館にて、ライフサイクルアセスメント研究センター主催国際ワークショップ「LCA手法の地域施策への展開」が開催され、国内外を含め、111名の参加者を迎えました。

本ワークショップは、平成15年より経済産業省のプロジェクトとして進めてきた地域施策にLCA（ライフサイクルアセスメント）を適用する研究のプロジェクト成果の報告と、国内外の事例紹介が主な目的として開催され、国内からは岩手県、千葉県、三重県を対象としたケーススタディの成果報告、国外からは、EUにおける廃棄物処理

を主とした事例やドイツにおける事例についての講演がありました。

ワークショップ後半では、LCAを地域の環境管理にどう生かすかを中心議題としたパネルディスカッションが行われ、環境影響指標の単一指標化などについて国内外の意見を交し合うこと



ができ、大盛況かつ意義のある討論になりました。

これまで国内中心に議論が行われてきた研究分野でしたが、これを機会に、今後の展開に向けて、海外との協力および情報交換を是非ともスタートさせたいと実感しています。



中国科学院とのワークショップCAS-AIST-NEDO Workshop 2005

11月17日～18日、中国・広州にて、中国科学院（CAS）、産総研（AIST）、NEDOの共催によるワークショップCAS-AIST-NEDO Workshop 2005が開催されました。

2004年5月の産総研・中国科学院の包括研究協力協定に基づく具体的なアクションとして、世界的に喫緊の課題であり、日中双方に相互連携のメリット（win-win、中国語で「双赢」）が期待できる環境・エネルギー分野を対象にワークショップを企画していたところ、産総研と相互補完的関係にあるNEDOにおいても、中国における中心的研究機関である中国科学院との連携強化を図っており、3者共同でワークショップ開催の運びとなりました。開

催地は、中国における新エネルギー・再生可能エネルギー研究のCOEと位置づけられている、中国科学院広州能源研究所（Guangzhou Institute of Energy Conversion, GIEC）が選ばれました。

ワークショップは、環境・エネルギー分野のうち、バイオマス、およびエネルギーシステム評価（特に分散型・再生可能エネルギーについて）をテーマとしました。中国科学院からは広州能源研究所を中心に全国の関係研究所から多数、産総研からは中島理事、神本・山辺両研究コーディネータ、国際部門、および関係研究ユニットの研究者、NEDOからは佐々木理事をはじめ本部および北京事務所等から参加し、一般セッションにて各機関の概要、環境・

エネルギー分野への取組みが紹介されたあと、技術セッションにおいて将来の具体的な共同研究候補課題について活発に議論が行われ、特にバイオマスでは、NEDO国際共同研究プロジェクト提案に向けて、産総研と中国科学院は研究連携を促進していくこととなりました。

なお、ワークショップに先立つ16日、北京において、中国科学院施尔畏副院长、産総研中島理事、NEDO佐々木理事などが出席して3機関の会合を持ち、環境・エネルギー分野における研究の現状、方向性等について、中国側では特に第11次五カ年計画（2006年より実施）策定作業を踏まえ、双方の発表と意見交換を行いました。



広州でのワークショップのオープニング



北京での3機関会合

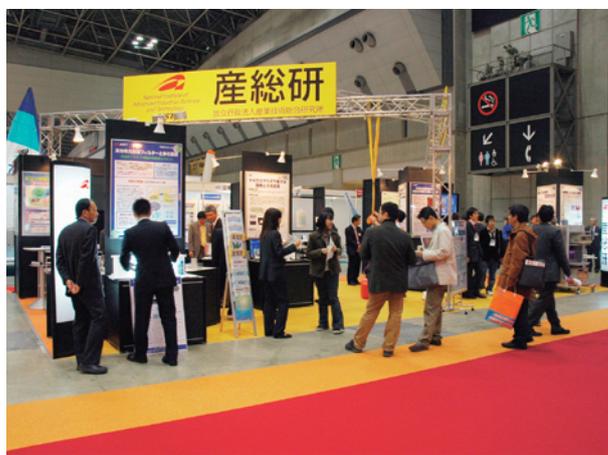
「産学官技術交流フェア」にて研究成果を展示

11月30日～12月2日の3日間、東京ビッグサイトにて開催された「産学官技術交流フェア」にて研究成果の展示・紹介を行いました。「産学官技術交流フェア」は昨年に続く2回目の開催で、ナノテクノロジーをはじめ、環境・エネルギー、メカトロニクスなどの各技術分野での技術移転や共同研究パートナーの発掘・新技術の需要開拓などを目的としたもので、産総研も共催機関の一つとなりました。産総研ブースでは、「高効率光触媒浄化装置」、「新規

なゼオライト膜」、「工業廃水の高度処理プロセス」、「ガスハイドレート機能活用技術」など、環境関連技術を中心に14件の移転可能な技術や産学官研究開発成果の展示・紹介を行いました。また、開催初日の11月30日の午後には、展示会場内の研究開発成果説明会で5件の講演を行いました。3日間の会期中、産総研ブースには途切れることなく多くの来訪者があり、各展示技術を紹介する研究者からの熱心な技術内容の説明の成果もあって盛況に展示・紹

介を行うことができました。いくつかの展示技術については、今後のコンタクトと資料等の請求や、研究室への来訪の打診を受けるなど、今後の共同研究や技術移転につながる大きなきっかけを得ることができました。

同時期に、東京ビッグサイトでは「2005特許流通フェアin東京」、「2005国際ロボット展」、「地域発先端テクノフェア2005」が開催されており、これらの各会場でも産総研の研究成果の展示が行われました。



第1回日本LCA学会研究発表会を開催

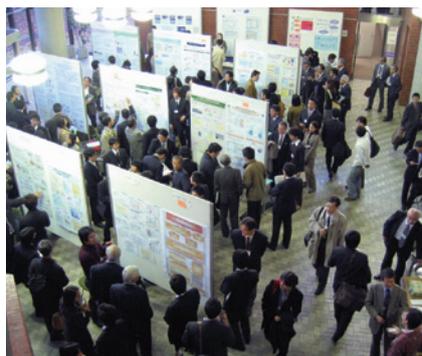
日本LCA学会と産総研は、12月1～2日、産総研つくばセンターにおいて第1回日本LCA学会研究発表会を開催しました。

山本会長の挨拶に引き続き、LCA研究と実践を牽引してきた3氏による包括的な基調講演、一般講演139件（うち、ポスターのみ21件、口頭ポスター両方13件）の発表が行われました。一般講演のうち口頭講演は、24のテーマ別セッションで発表され、ポスター発表では、発表者と参加者の間で密な議論が交わされました。

①LCA：LCA手法、ライフサイクル影響評価、②ライフサイクル的思考に基づく分析手法・指標：環境効率、環境会計、産業連関表分析、③生産におけるライフサイクル的思考：生産技

術、マテリアル、電子機器技術、農業・水産業、建築、システム分析、品質評価、環境経営、④消費におけるライフサイクル的思考：家庭、消費行動、消費者分析、⑤社会システムにおけるライフサイクル的思考：廃棄物処理、エネルギー技術、輸送技術、バイオマス、地域、⑥LCAソフトウェアという6つ

のテーマ別に議論をし、さらに、学生のLCA研究とその発表を奨励するために、学生優秀発表者（口頭・ポスター）5名を表彰しました。大学・研究機関・企業からの300名近い参加者、他では見られない広い分野からの発表者を得ることができ、盛況に終えることができました。



スーパーサイエンスハイスクールに協力

スーパーサイエンスハイスクールとは、理数系教育を重点的に行っている高等学校をSuper Science High School (SSH)として文部科学省が指定し、科学・数学に重点を置いたカリキュラムの開発、大学や研究機関等との効果的な連携に



より、そのカリキュラム開発を推進することを目的とするものです。産総研でもこの取り組みに賛同し、ヒューマンストレスシグナル研究センター、ナノテクノロジー研究部門、計測標準研究部門で生徒の受け入れを行いました。

産総研ナノプロセッシング施設 (AIST-NPF) では、11月17日に和歌山県立海南高等学校の皆さん(高校生40名と引率教員4名)を迎えて先端科学技術研修を実施しました。参加者は、日頃から自分たちの研究テーマを持って実験に励んでいる生徒の皆さんです。研修は、講義(午前)とNPFクリーンルームでの



微細加工・観察などの実習(午後)を行いました。参加された生徒の皆さんも熱心に質問をしていました。この海南高等学校先端科学技術研修の様子は、サイエンスチャンネルでも来年春の放送の予定です。

環境報告書2005の発行

環境配慮促進法の施行により産総研は2006年度から環境報告書の作成・公表が義務づけられ、施行に先駆け2004年度にはつくばセンターを中心とした報告書の発行・公表を行いました。今年度は報告対象範囲を全国に広げた「環境報告書2005」を12月に発行いたしました。



12月10日現在

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

EVENT Calendar

2006年1月 → 2006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
1 January			
10日	産総研四国センター研究講演会 -第6回「次世代バイオ・ナノ産業技術研究会」-	高松	087-869-3530●
10~12日	空中物理探査に関する国際シンポジウム2006 -技術と応用の最前線-	つくば	029-861-3847●
12~13日	日韓資源リサイクル・材料科学に関する国際シンポジウム	つくば	029-861-8081●
17日	第4回 地質調査総合センターシンポジウム「次の南海・東南海地震にどう備えるか」	兵庫	029-861-3635●
17~18日	第10回「震災対策技術展」神戸会場	兵庫	03-5775-2855
17~19日	第7回 産総研 光反応制御・光機能材料 国際シンポジウム (PCPM2006)	つくば	029-861-4496●
19日	自治体一産総研公開講演会	東京	029-861-3687●
19日	第2回 産総研光触媒応用最前線	名古屋	052-736-7064●
20日	ヒューマンストレス産業技術研究会第8回講演会「日常生活での良いストレス」	池田	072-751-9991●
20日	平成17年度研究講演会 詳細リスク評価書出版記念講演会 -リスク評価の理念とノウハウ-	東京	029-861-8257●
20~21日	四国環境・健康フェア	高松	087-869-3530●
23日	第4回 深部地質環境研究センター研究発表会	つくば	029-861-3761●
25日	第5回 地質調査総合センターシンポジウム「社会のための地球科学 -日本とドイツの地球科学における交流-	つくば	029-861-3635●
2 February			
2~3日	第10回「震災対策技術展/自然災害対策技術展」	神奈川	03-5775-2855
3日	平成17年度産総研九州センター研究講演会	福岡	0942-81-3606●
4日	Integrated Research System for Sustainability Science	東京	03-5841-1544
22日	第9回 光技術シンポジウム「アクセス系・情報家電に求められる次世代光技術」	東京	072-751-9530●
3 March			
3日	デジタルヒューマン・ワークショップ2006	東京	03-3599-8509●
9日	第5回 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●

「棄てるエネルギーを活かす技術」

ユビキタスエネルギー研究部門 舟橋 良次さん

エネルギーの無駄をカット

熱電変換という発電システムはご存じでしょうか？書いて字の如く、「熱」から「電気」を直接起こす変換システムことです。しかし、ふつうの発電のようにタービンを回して発電するのではなく、ゼーベック効果という電子の世界での現象を利用して電気を起こします。この発電方法によりエネルギー問題に取り組みようと、世界の多くの機関で研究が進められています。

私たちが暮らす日本は、年間に原油にして6億キロリットル以上のエネルギーを消費しており、そのほとんどを輸入に頼っています。そしてその内の70%を廃熱として未利用のまま大気中に捨てています。なんともったいないことでしょう。廃熱は日本で生まれたれっきとした国産エネルギーなのです。これを上手に使わずして、エネルギー環境問題の解決はあり得ません。ただ残念なことに、廃熱は多くの場所で少しずつ捨てられており、それを回収して電気に変換することは大変難しい問題です。しかし熱電発電を使えばそれを実現することが可能です。

廃熱からの熱電発電を行うためには高温、空气中、場合によってはもっと過酷な雰囲気の中でさえ安定して作動する熱電材料が必要です。そこで舟橋さんたちはセラミックス（金属酸化物）に注目し、材料探索から研究をスタートしました。舟橋さんは語ります。「運の良いことに、研究開始直後に高温で優れた特性を有する物質を見つけることができました。元々酸化物超伝導材料を研究しており、そのとき作製した試料が実は良い熱電材料でした。まさに瓢箪から駒です。」



小型ガスバーナーで携帯電話を充電

モジュール化に挑戦

良い性能を持つセラミックス材料の発見により廃熱回収が現実的なものになりました。しかし、熱電発電を行うためには材料だけでは不足です。多くの熱電材料を直列接続した発電器（モジュール）を製造する必要があります。ここでも解決すべき難題がたくさんあります。高温、空气中で繰り返し発電を行っても壊れない電極材料とセラミックスの接合を形成しなくてはなりません。この難題を産総研のセラミックス、金属材料のエキスパートが結集し、解決しました。そしてこの接合技術により800℃、空气中でも安定した発電が可能なモジュールの製造に成功しました。

今後は自動車などのシステムに搭載し、いかに効率よく廃熱を回収するのかが課題となります。舟橋さんたちは、ユーザーとの連携を深め、一日でも早く熱電発電による廃熱回収が実現できればと考えて研究を進めています。



開発した熱電モジュールと舟橋良次さん
このモジュールで10Wの発電が可能。

舟橋さんからひとこと

自動車、工業炉、ゴミ焼却場……。非常に多くの所からたくさんの熱エネルギーが未利用のまま棄てられています。廃熱は、広く、薄く、分散しているため、効率よく且つ安価に有効利用できる手段がありませんでした。熱電発電はそれが可能な数少ないシステムとして期待されています。しかし、まだまだ変換効率が低いため、使ってやろうというユーザーが少ないのが現状です。そこで熱電変換システムに発電以外にプラスαの機能を加え、新たな価値を創造しながら、熱電変換を広く普及していきたいと考えております。私のグループは学生も含め総勢七名の小さなグループですが、関西から世界最先端の廃熱回収技術を発信していきます。ぜひご協力下さい！

産総研
TODAY

2006 January Vol.6 No.1

(通巻60号)

平成18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。

