

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

10

2007
October

Vol.7 No.10



対談

02 独立行政法人の明日について

メッセージ

08 産総研の人材育成

特集

16 本格研究 理念から実践へ

社会で使っていける材料開発を目指して
粘土を主成分とする耐熱性ガスバリア膜の開発
フレキシブル電子デバイスを刷る
機能性脂質の新展開
NGH 輸送・貯蔵プロセスと自己保存効果の解析



リサーチ・ホットライン

- 26 水、有機溶媒、イオン液体に適用できるゲル化剤
新しい有機電解質オリゴマーの簡便な合成法と多様な機能
- 27 高感度で敏速に応答するNOxセンサを開発
自動車排ガスセンサへの応用に期待
- 28 PVT標準のための磁気浮上密度計の開発
2つのシンカーを用いて流体磁性の影響を克服

テクノ・インフラ

- 29 地質情報構造規格「GeoSciML」
地質情報流通をまるごとインターネットに
- 30 ショートマルチチャンネル音波探査装置の開発
沿岸海底の高分解能音波探査を目指して
- 31 座標測定機による3次元形状の高精度測定技術
測定機の能力を超える測定手法

パテント・インフォ

- 32 超電導薄膜の非破壊的な特性評価方法
臨界電流密度とともに均質性指標n値を測定
- 33 コンピュータ入力装置
直感的な操作を容易にする

物質・材料研究機構 理事長
岸 輝雄



産総研 TODAY -
NIMS NOW
共同企画

独立行政 明日に

草創の苦しみ —自治への転換—

餌取 今日、日本をリードする独立行政法人の二人の理事長に、これからの日本を支えていく独立行政法人の使命と役割について語っていただきたいと思います。

独立行政法人が発足して7年目になりますが、お二人はいわば創業の理事長として、それぞれ物質・材料研究機構、産業技術総合研究所を担って、ここまで発展させてこられました。そこにはいろいろな苦勞があったと思いますが、何が一番印象に残っていますか。

吉川 独立行政法人が日本の研究を引っ張っているとすれば、「昔もそうだった」と考えたほうがよいと思います。一番古い工業技術院は明治時代からあり、日本が近代化する中で非常に大きな役割を果たしてきました。何回か改革が行われ、時代によって形が少しずつ変わり、それが2001年の独立行政法人になった。

私は、そうした歴史的な流れは積極的に評価すべきだと思います。科学技術や産業という点で後れを取っていた日本を、欧米型の近代国家に変貌させるという明治政府の決定を受けて、技術を輸入するだけでなく、研究というものを国策として進め、その知的財産をずっと蓄積してきたのです。そういう流れがその時その時に非常に大きなインパクトを与えてきた。

戦後になると、研究は非常に多様化し、研究者も国際化すると同時に自律性を持つようになった。その国立研究機関が独立して研究することになって、いわば本当の研究者集団になったわけです。これは日本の科学技術が世界に通用していく歴史と重なっています。

苦勞と言え、まずは2001年の研究所の改廃で、いわば不連続になったところです。組織原理がまったく変わってしまったからです。私が産総研に来て真っ先に言ったのは、「研究者は自治（オートノミー）を持たなければいけない」ということでした。国策の流れの中で研究してきた研究者にとっては、やや違和感があったかもしれません。

ただ自治とは言っても、大学のように自分の部屋に閉じこもるような頑固な自治ではなくて、開かれた自治ということを申しました。つまり、研究者としての自治は持ちながら、集団として国が求めていることに協力しながら力を発揮していく。これは、ある意味では矛盾した問題をはらんでいます。

餌取 岸理事長は大きな2つの研究所を束ねて1つの材料の研究所として新しく発足させたわけですが、どういうところに一番、意を払われましたか。

岸 まさに吉川理事長がお話しになったことでして、独立行政法人とは何か、そのメリットとデメリットを確認して

いくことだったと思います。よいところは、自由を得たところ、オートノミーを持ったところです。それまでは、上から言われたことをやればよいという雰囲気が非常に強く残っていましたが、自由であるがゆえに責任を取らなければいけなくなりました。研究者にとってはつらい面もあったのです。

ですから、独立行政法人はプラスなのだということを皆で分かち合うところが、最初の課題であったという気がします。

2つの研究所のうち、金属材料技術研究所はもともとは工業技術院から分かれてできたという歴史があります。一方の無機材質研究所は、新たに科学技術庁がつくった大学を志向したような研究所でした。この2つのメンタリティーがそのまま現在の物質・材料研究機構に引き継がれています。つまり、「マテリアル」という言葉をわざわざ2つに分けて訳して発足した2つの研究所が一緒になった、というおもしろい歴史を背負っているのです。

餌取 両方とも英語名は「マテリアル」で、一方は物質、一方は材料ということですか。

岸 英語は1つしかない。日本では歴史的に、理学部がマテリアルを「物質」と訳し、工学部が「材料」と訳したのです。それが残っている。このメンタリティーの違いをどうするかというのが

政法人の ついて

産業技術総合研究所 広報アドバイザー（司会）：
餌取章男



吉川弘之
産業技術総合研究所 理事長

1つの課題でした。でもここまで来ると、「違うから、かえっておもしろいな」という気持ちになります。

餌取 産総研の場合には、15の国立研究所と計量教習所が一緒になったわけですが、困ったではありませんか。

吉川 みんな途方に暮れたのではないのでしょうか。そこで2001年に発足する前に、40代くらいの中堅・若手の人たちが、どういう産総研をつくるかということで議論したのです。既に研究所のマネジメント担当者も決まっていたわけですが、その人たちはこの議論に入れなかった。それでは歴史を引きずってしまうということでやめたのです。

産業技術というものがいろいろな融合によって価値を生み出すものだとすれば、伝統的な分野別の研究所という概念は捨てなければいけなかったわけです。そこで、古い記憶を持っている人たちではなくて、40代の中堅・若手が集まって、どういう研究分野をつくれればよいかというデザインを考案・検討したのです。

私が4月1日に着任した時には、人が3,000人いました。最初、若手がつくったマップには、平均数10人という見込みで分野が50~60並んでいた。そして、「あなたはどこに属したいですか」と希望をとったのです。だから新しい所属は、研究者自身が完全に自分で選んだ

のです。ということは、人がいたから組織ができた、ということです。

大学は違うでしょう。例えば、理学部があって、物理とか生物の学科があり、専門として素粒子とか天文学がある。そういう組織が先にあって、そこに人を集めるのが大学。ところが2001年の産総研の発足前は、人がいたから、組織ができた。つまり、組織原理が完全に逆転していたのです。ここは非常に大事なところですよ。

産総研における組織論は、まず自由な組織でなければいけないという大前提があって、人が先にあって組織があることです。これは設立時だけでなく、毎日がそうなのだと言いつけてきました。

その結果どうなったかと言いますと、最初にあった60くらいの研究ユ

ニットの中で、いまなお同じ名前が残っているのはたぶん数える程しかありません。最初からのユニット長も、もう数人しかいない。中には普通の研究者に戻っている人もいます。そういうふうには、まったく人が優先でダイナミックに動ける組織になっています。研究所は人が大事で、その人が一番研究しやすいような組織をつくる。そのためのルールをつくったわけです。そして気がついてみると、日本のどこにもない組織になった。外国にもないかもしれない。

餌取 物質・材料研究機構では大学との差別化をどのように考えておられるのですか。



岸 輝雄：左 吉川弘之：中央 餌取章男：右

岸 私たちは、技術革新、今で言うイノベーションを見据えています。大学と違う意味で大型のきちんとした施設・設備を整備して、個々に独立はしているのですが、一定のグループをつくってプロジェクトを実施していくというものです。中期目標・中期計画を立てて、ある程度、国策という面も加味して今のような形を進めています。大学との大きな違いもこのあたりにある、ということです。

舘取 産総研の場合には、企業との関わりがありますね。

吉川 ええ、ただそれも組織論の中に組み込んだんです。組織をつくる時に1つだけ枠をはめた。それが本格研究です。本格研究というのは、その中に、大学と伍していくような基礎研究を必ず入れなければいけない。あるいは、新しい科学的な知見というもの、その根幹になればいけない、ということです。そうでなければ、どこでもやれる研究となってしまうからです。

つまり、自分で科学の研究をし、それに基づいた技術をつくらうという

一群の人たちがいる。だから、産業界との共同研究ができるように、例えば産総研の中に産業界の人や自分でベンチャーをやる人がいてもよいわけです。こうした異なる立場の人が同じ研究ユニットの中において、同じ研究目的で邁進するためには、共通の言語を編み出す必要も出てくるでしょう。

そこで、第2種基礎研究という新しいコンセプトをつくりました。そういう人たちがいることによって、統合していくのだというイメージです。一般の大学にいるような研究者と、ベンチャーをやろうとしている人との間を統合できるような大きな研究体をつくること、これが本格研究なのです。

大学との関係で言えば、むしろ大学が産総研と結ばば、大学でやった研究が産総研の本格研究の上を流れて産業につながっていくという道筋もできます。そういうことでは、差別化というより、大学と産総研が協調して研究ネットワークをつくる、お互いに仕事をしていくということです。

舘取 物質・材料研究機構も産業界との連携は考えておられますね。

岸 ええ。我々のミッションには基礎・基盤研究という規定があるのです。理研も同じです。出した成果を普及させよ、と強く言われていますが、応用研究や産業研究をやるのはミッションにはなっていません。それでも、我々のところでも産業界とのつながりは非常に強くなってきています。

吉川 大学自体がそうになっていますね。

イノベーションを担う独立行政法人

舘取 「イノベーション」が一種の国策になっているような観がありますが、お二人はこの言葉をどのように捉え、研究所をどういう方向に持っていくとされていますか。

岸 当初は、ある種の技術革新と訳されていましたが、現在は、もっと広く、吉川先生のおっしゃる新幹線のような形を含めた意味でイノベーションを捉えよう、という考え方が浸透してきたと思います。いかにすれば自分たちの基礎・基盤研究を世の中を大きく変えるものにもっていけるのか。

できるなら、日本あるいは世界中で壁に突き当たっているような課題を打ち破って、根本から社会システムを変えるようなことができないか、それを我々のような材料研究から模索できないか、考えは始めているところです。

わかりやすい例として、常温の超伝導材料ができないかということが、言葉の上ではすぐ出てきます。研究所としても一番欲しいし、ものすごくわかりやすいからです。もちろん、すぐにその夢がかなうわけではないのですが、そこに秘められているものが、材料から見たイノベーションの1つの到達点かなという気もしています。

なぜならこれは、エネルギー問題であり、環境問題であり、資源問題であり、社会変化、経済変化をすべて含んだものになりうるからです。もし安い常温超伝導材料ができれば、それら

独立行政法人の中の研究者を
育てるだけでなく
世界のイノベーションに対して、
さまざまな貢献や
提案ができる人材を
育てていく責務がある。



べてを解決できる可能性があります。そうした夢と現実を考え合わせながら、社会変革に向かうテーマを材料からいかにアプローチしていくか。ただターゲット自体がまだ夢の段階ですから、前段階として、現実には少しずつ積み上げていかなければいけない、という捉え方をしています。

餌取 社会システムの変革にまで影響を与えて初めてイノベーションになるということでしょうか。

吉川 そう思いますね。社会システムの原理というか、社会の富を生み出すメカニズムに影響を与えるところまで持っていけないと、イノベーションとは言えないと思います。そういう意味では、私はシュンペーターと違う定義をしたいと思います。

最近の例で言えば、ノーベル平和賞を受賞したバングラデシュのグラミン銀行がよい例です。創立者で総裁でもあるムハマド・ユヌスは、アメリカで経済学を学んだあと、自分の村に帰ってきます。非常に貧しくてお金が全然なくて、借金で苦しんでいる人々がたくさんいる。その時、41人の大家族が苦しんでいたのを、自分の持ち金の27ドルを貸した。そうしたら、その人たちが再生したんです。

それで、「そうか。金というのは、使い方によっては非常に生きるものだ」と思ったわけです。彼が経済学を学んだアメリカでは大きなお金が動いているわけですが、そんなものは関係ないと気がついた。未熟な社会では、27ドルというお金でも大きな影響力を持つ。そこで彼は銀行をつくった。女性5人でグループをつくりなさい、女性でなければいけないという条件を出し、5人のうちの1人がビジネスを始めて成功したら、また貸しますよ、というやり方をとった。逆に、5人のうち1人が悪事を働いたら、5人全員でお金を返してもらおう。

それだけのルールで始めたら、貸金の回収率が98%まで上がったそうです。それは大銀行より高い数字です。現実には、小さなマイクロビジネスを始めて、まさに貧困の緩和に成功したということで、ノーベル平和賞が贈られたのです。そこには科学技術は何もありませんが、同じ金融、貨幣というメカニズムを使って、そうやって今までにない富を生みだした。これがまさに、イノベーションの最終的な姿です。

我々はもちろん科学技術を通して行うわけです。なぜ科学技術かといえば、今ぶつかっているのが地球環境問題だからです。ここには、狭い意味での科学技術を使わなければいけない問題がたくさんあるわけです。

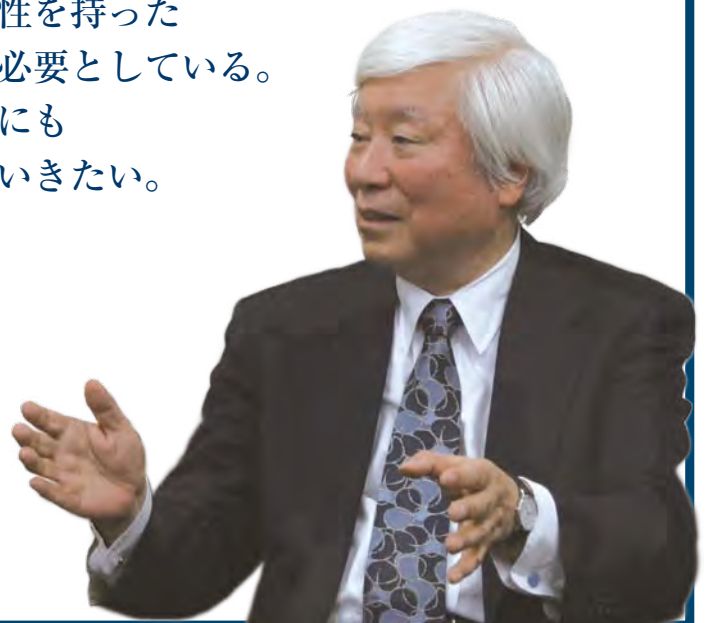
抽象的なものでなく具体的なメカニズムが社会をつくり、金融をつくり、企業をつくり、儲かる構造をつくっているわけですから、その大元のメカニズムを変えなければ、現在ある地球環境問題は解けないと思うのです。問題は、その仕組みに持続可能性がないことで、そのままだと進化性がなく劣化してしまうところです。そういう問題を解決するためには、科学技術の発明・

発見が要るし、それをどういうふうにして社会に普及・還元するかという方法についての蓄積も必要ですが、それがありません。これは学問の怠慢です。発明や発見はどんどん出てきても、それを普及する方法については蓄積がないのです。

それは、学問というものが跋扈的^{ばっこ}で、知識を生み出すことばかりやってきたからです。だから私のイノベーション論というのは「人類はイノベーションについて非常に無知だ」ということが前提にあるのです。シュンペーターのように「考え抜いてよいアイデアを出しなさい」という時代は終わっている。どうやって実際に少しずつ、日一日と改善するよう進めるか。イノベーションというのは、科学技術に携っている人たちの一番大きな使命だと思います。

餌取 そのためにも、単に独立行政法人の中の研究者を育てるだけでなく、日本の科学技術を支える、ないしは世界の科学技術を支える研究者を育てなければいけませんね。さらに、世界の未来のイノベーションに対して、さま

研究所の中に学校をつくってもよい。
企業は幅広い感性を持った
優れた研究者を必要としている。
そうしたところにも
人材を供給していきたい。



ざまな貢献や提案ができる人材を育てていく責務があるのではないですか。

岸 そう思いますね。コツコツと好きな研究をやって論文を書いて満足するという状況から、イノベーションを見据えて、全体のコンセプトづくりのようなものまで関わっていきたい。この面では、日本は後れています。

未来の世代につなぐ

吉川 これはまだ具体的に合意はできていないのだけど、私が個人的に言っているのは、独立行政法人の研究所の中に学校をつくってもよいではないか、ということです。ドクターコースを終わった人を教育する場です。「ポストク1万人計画」には私も関わったので、「失業者が増えた」と文句を言いに来る人がいるのです。しかし、あのポストク計画がなかったら、科学技術基本計画もなかったのです。17兆、24兆、25兆円という資金を使って有効にやれているのは、まさにポストクがいるからなのです。大学で教員になって、本当の研究現場から離れてしまう人は多いですから、研究の現場を守っているのは、実は若手ポストクなのです。ポストクは、日本の知的生産の分野における宝物です。それを失業者予備軍のような扱いをすることはいけません。しかし、現実に行き先がないのが確かだとすれば、それはやはり我々研究所の怠慢かなと反省しているのです。

例えば産総研では何百人というポストクを抱えていて、そのうちの一部はパーマネント職につくわけですが、それ以外のプロジェクト単位で採用したポストクは期限付き雇用です。ですから研究所から出た時に世の中が欲しいような人材を輩出しなければならない。

企業は幅広い感性を持った優れた研究者を必要としているので、そうしたところにも人材を供給していきたくと考えています。問題は、大学では、非

常に狭い分野でドクターを取得していることです。そこで、私は「リハビリ」と言っているのですが、分野が狭くなってしまった人が、産総研に来て第2種基礎研究をやることで、再び専門を広げていくようなかたちにしたい。

産総研には50以上のユニットがあって本格研究をやっています。そこに参加すれば、ディシプリンの狭さが相対化され、さまざまなことがわかってくるはず。そして仮に3年とか5年苦勞して、新しいジャーナルに論文を投稿する。それが私たちのコースのいわば卒業論文です。こうして「リハビリ」が終われば、もともと力のある研究者ですから、企業は大歓迎してくれるはず。企業の研究者とはまさにイノベーターで、そうした実践的な研究者を育成していきたく。そうなったときに、「ポストク1万人計画」は完結すると思っています。

餌取 地球温暖化とか、人類の危機ということが言われていますが、地球の未来、人類の未来に対して暗いイメージを持たせてはいけないと思うのです。科学者、技術者だけとは言いませんが、少なくとも解決のカギを握っているのは優れた研究者だからです。少なくとも独立行政法人の人たちは、未来を信じて行かなければいけないと思うのです。それをどういうふうに指導されますか。

吉川 私の場合は、産総研がミッションを持っていることを何度も強調しています。それは、日本の産業が持続型産業に移っていくのに必要な科学技術の基礎知識をつくりだすことなのだ、と。オートノミーではありますが、そこを外してはいけません。その目的を失った人は、うちの研究所の人ではないと言っています。

そうすると、皆がそのつもりになるわけ。小さな量子ドットの研究をしている人でも、自分の頭の中では「こ

れがこうなったら、将来はものすごく省エネになる」とか、そういう夢を持ってくれる。その夢が明るさにつながるということです。何に好奇心を持つかというのは、夢、あるいは思想によって決まるのです。

何をおもしろいと思うかというのは、生まれたばかりの子供の好奇心とは違って、自分が何をしたいかということとの関連で持つわけ。その思想は、やはり教育によると思います。

餌取 技術の体系をがらっと変えていくような考え方は、人類の未来が持続的な発展を続ける上で非常に大事になってくると思います。

岸 殻を打ち破り、社会に大きな働きかけをしなければいけない、と強く思います。ただ、研究者というのは、自分の研究をコツコツやって、閉じこもる部分もまた必要だし、仕方がない面があります。

吉川 それは仕方ないと思います。知的好奇心というのは、どんな分野の研究者にも必要で、それがなくなったら終わりです。

ただし、先ほども言ったように、何に好奇心を持つかということが、今日では非常に多様化しているわけです。昔は物理学的な本質に迫る好奇心を持つ人が一番偉かったけれど、今はそんなことはない。物質の本質が何かということと、明日の地球がどうなるかという2つの好奇心があったとき、どちらが上かという比較はおかしいわけです。

昔は、物理的な知識があれば地球は何とかなると思っていた。でも、そうではないことがわかった。どんなに物理的な知識を詰めていっても、それで数学で言う全被覆にはならない。これを实际的に考えると、異なるディシプリンを合体する研究が必要になるということだと思います。

岸 異分野が集まるというのは大事ですね。我々の研究所では「マテリアルサイエンス」と言っても、分野別の学術誌数でいうと、物理が40、化学が20で、材料は35しかない。最初は全部、材料にしたいと思ったのですが、これは余計なことで、いろいろな人がいたほうがよいですね。

知識を使うための新たな知識学の構築

岸 吉川先生に質問があるのですが、私が一番気になっているのは、研究者、人なのです。『理系白書』というのをご存知と思いますが、要するに「理系に行くと損をする」ということ。理工系が人気がないと言われますが、本当に人気がないのは工学系なのです。

でもイノベーションというのは何かを達成しないといけないので、工学的なセンスとか、工学的な意欲はものすごく大事な要素です。それなのに、工学に人気がないのが非常に気にかかります。つまり、『理系白書』の問題、工学系の人気のなさ、そして日本の大学院の現状。この頃は、中国・インドと比べても日本の大学院は怪しいと実感しているのです。この3点について、ぜひ吉川先生のお話を伺えればと思います。

吉川 理系の人気のなさというのは社会的な問題です。ベルギーなど小さな国では、政策的に理系の給料を上げたりしていますが、イギリスではダメ、アメリカも日本もダメです。

それには理由があるわけで、本質は理系の失敗だと思います。若者というのは将来に対して、説明はできないけれど非常に鋭敏な感覚を持っていて、それに基づいた異議申し立てなのです。理系をやって知識ばかり増えてしまっても、仕方がないじゃないか、ということ。例えば貧富の差は拡大しているではないか、と。自分では気がついていないけれど、彼らはなんと

なく理系を嫌だと思っている。そういう若者の直感というのは、私は逆に非常に頼りになると思っています。

では、解決する方法は何かというと、私は工学が理学の応用としてやってきたところに、非常に大きな罪があると思っているのです。知識をどのように使うべきかという、「知識を使うための知識」についての学をつくらなければいけない。それはいわば、「工学の哲学」のようなものですね。それを我々はつくってこなかった。

東京大学工学部も、工学として必要な個々の議論は、各学科に分かれてシビアに議論してきたけれど、工学全体として議論する場を持たなかった。そういった工学とは何か、工学の使命は何かということをきちんと述べる仕組みがなかったことが、いまの状況を生み出している面がある。それをこれからやろうと言っているのです。それは、まさに我々の自治とも関係があると思っています。

岸 なるほど。大学院はどうすればよいですか。

吉川 それは、ドクターをワーカーとして使ってきたから問題が深くなってしまった。諸外国には気をつけている人がたくさんいて、教育者意識の強い人は日本よりはるかに多いと思います。次世代をどういう人間にするかは、自分の責任なのだと思覚しているのです。こういうことは、日本の大学の先生はあまり考えてこなかったのではないですか。

岸 独立行政法人は雇用する側ですから、適確な意見をまとめて大学に出していく必要があると思っています。

吉川 私はそこには多くを期待できないと思っています。そこで、研究所の中に学校をつくらうという考えがあります。今の日本の大学に多くを求め

ことは難しいのではないのでしょうか。教育に対する予算が減らされている。教育再生会議にも問題があります。現場では一所懸命にやってきている一方で、仕組みについては放置されてきました。そういう意味では「再生」ではなくて、制度側の責任なのです。

もっと教育費を上げて、現場のオートノミーを上げる。教育に関して工夫した教授が成功するような形にする。

舘取 最後に、若い人に対するメッセージをいただいて、終わりにしたいと思います。

吉川 日本の戦後の若者教育、特に科学技術の研究者の教育というのは、非常に進んでいる部分もあったけれど、決して明るい未来を与えてこなかった。この点については、謝りたいですね。高度経済成長ではとてもよい仕事をしたのだけど、それが次の世代を育てることにはつながらなかった。私は、教育の失敗というのはあったような気がしています。

若者には、冷静に日本の社会を見て、自分で判断してほしいと思います。人に頼るものは何もないからです。ただし、日本という国は非常によい素質を持っていて、それがずっと根底にあって、その上にさまざまな成果が形作られてきました。そのことに気がつくだけの感受性はもってほしいですね。

岸 いつも叫んでいるのですが、個人がいろいろな意味で強くなって、責任を持たなければいけないということです。研究者には「エンジョイ・キャンパス」「エンジョイ・つくば」と強く言っています。その精神がないと研究は前に進まないというのが、私のモットーです。

舘取 ありがとうございます。

産総研の人材育成

独立行政法人 産業技術総合研究所

理事長 吉川 弘之

社会は、構成する人々がそれぞれの役割を果たすことによって好ましい発展を続ける。大きな変化が必要とされる現在は、どのような役割が必要なのか。その役割を果たす若者が育っているか。私たちにとって、科学技術研究におけるこの問題を考えることは緊急の課題である。ここでは、最近、人材育成をその使命のひとつとして与えられた産業技術総合研究所における、人材育成の構想について述べる。これは未だ構想段階であるが、その実現に向けての努力が始められている。

1. “ポストドク”の現状

1996年に発足した第1期科学技術基本計画の中に、“ポストドクター等1万人支援計画”がある。これは通称“ポストドク1万人計画”の名のもとに、大学を中心とする研究の世界に広まっていき、第1期終了前の2000年には、すでに達成され、現在は1万5千人を超えている(2003年で14,854人。大学8,484人、独法研究所5,695人)。これは現在の研究者総数の統計80万人に比べると決して多い数ではないが、国の研究費支援を受けて基礎研究を行う大学や研究機関で、ポストドクが全研究員に対して1割近くになっているという別の統計を見ると、少なくとも公的機関での基礎研究における重要な存在であることが明らかである。80万人という数字は、応用研究を行っている民間が大半を占めていて、公的研究費を使うことは少なく、またポストドクの雇用も極めて少ないところが大部分であることから、ここで使うべき数字ではない。この点については後述する。

この計画が実施された背景に簡単に触れておく。1980年代に始まる大学改革の波の中で、大学は従来の安定的な組織での研究教育を続けることが困難になった。改革は、研究における多数の新しい課題の出現や、大学に対する社会からの期待の増大などによって、

行政的な計画だけでなく大学教員自身によっても必然性を持って理解され、その結果大学教員すべてを巻き込んで改革が急速に進められるようになった。そのなかに、最も安定的であった講座制を変更し、大講座制にするなどの様々な組織改革があった。その1つの結果が、“アップシフト”と俗称された、下位のポストを上位のものに変更するものであり、たとえば助手のポストを教授のポストに変更した。これは国立大学において、それまで決して許可されない処置であったが、新しい分野を担当する教授が必要という、時代の要請に応えるものとして可能になったのである。しかし、いわゆる“純増”と呼ばれる定員増はほとんど認められなかったうえに定員削減もあって、技術系職員と共に助手のポストは減少する一方であった。

このようにして、教授が多く助手の少ない組織が出現した。この組織には深刻な問題点がある。第一に、少ない助手とは、研究室の中に固有に存在する役割としての助手の仕事が忙しくなることを意味し、しかもそこにとどまる期間が短くなるのだから、落ち着いて研究者としての適正を自ら考える余裕もなくなる。しかも、研究が一人一人で行えるような領域では、それは分野数の増加に応える1つの方法であったが、理系に多く見られる複数の研究

者が協力して行うような分野では、若手研究者が担う仕事の遂行が著しく困難な状況を生むことになった。その結果、大学は若者の研究する環境を失ってしまうのである。そして、研究費の増大に伴って研究設備が増加するに連れて、その操作を、教授自身か、十分に習熟していない学生が行うという結果を招いてしまった。

ポストドク1万人計画は、このような状況下で考え出され、実現したのである。その実現には、研究についての、今から思えば考えられないような慣習を打破する事も必要であった。その1つは、研究者を雇用する費用は人件費というカテゴリーに属していて、研究費で雇用してはならないとする財政当局の考え方であった。科学技術基本計画によって、研究費が増加し、しかも集中配分が行われるようになると、配分を受ける教授には従前の何倍もの研究費が支給される。しかし研究者は増えない。教員の数は大学内の人員配分という別の原則で定められており、外部から獲得した研究費と連動することはない。しかも多くの場合、大学院学生の数も別のルールで決められており、増えることはない。その結果設備はあるが研究する人はいないという、信じられない状況が発生する。研究費で、研究能力を持たないアルバイトとは違う一人前の研究者を雇用するとい

うことを実現しない限り、研究の現場は崩壊する。詳しい議論を紹介する暇はないが、様々な議論を経て、研究費で研究者を雇用することが可能となった。これは、研究費を必要な研究者の数で数える欧米の習慣に近づくための第一歩であった。このようにして誕生したのが、プロジェクト雇用のポストドクである。

したがって、国民的合意のもとに進められている科学技術基本計画によって支援されている科学技術研究を支えるものとして、ポストドクはきわめて貴重な存在である。というよりは、ポストドクなしには科学技術基本計画の遂行は不可能であるというべきであろう。しかも、科学技術の重要性が今日ほど世界的に認識されている時代はないのであって、その意味で、科学技術で国際的先導性を持ち続けようとするわが国にとっては、若い研究者であるポストドクは、貴重な宝物というべきである。

ところが今、ポストドクは将来の身分の不安定な職種であり、現実にポストドクを終えたものが失業者となるケースがあるとされ、この制度は誤りであったという者さえ現れる始末である。これは深刻な事態である。しかし、これは制度が悪いのではなく、その制度を使う立場にある者の、運用の仕方が悪いのであり、その変更が早急に求められている。

2. 博士研究者の役割

最近、大学や研究所で若手研究者の雇用は多様化した。博士課程卒業後、助手（助教）としてパーマネントのポストにつくものもあるが、それ以外は任期付雇用である。任期付雇用は大学研究所ごとに多様であるが、大きく分ければ機関雇用とプロジェクト雇用とに分けられるであろう。機関雇用の一

部はテニユアトラックに乗っており、ここで考えているポストドクとは区別される。したがって不安定といわれるポストドクは、テニユアに繋がっていない任期付雇用と、プロジェクト型任期付雇用が主なものである。それに加えてフェローシップと呼べるものも多くあり、これも対象となる。その中で、日本学術振興会の特別研究員PD（ポストドク）が代表的で、年に500人ほど採用されている。

ここでポストドクの数の意味について触れておこう。OECDの専従換算で、わが国の大学等の研究者数は18万人である。すべての研究者がなんらかの任期付雇用を経て18万人に相当する研究者のポストにつくとしたとき、何人の任期付雇用が妥当かを考える。今、研究者は30年ポストにいと考えるとよい。任期付雇用の任期はその10分の1、すなわち3年ぐらいが妥当であると考えられるから、任期付雇用者の数は（人数は滞在年数に比例するから）1万8千人までいても良い（博士課程の卒業・修了者数は平成18年度15,973人）。この中に、前述の、テニユアに繋がっていない任期付雇用、フェローシップ、そしてプロジェクト雇用ポストドクが含

まれなければならない。大学等の任期付雇用は約1万と考えられたが、そのうちテニユアに繋がっているものを半分と仮定して（はっきりしたデータがない）5千人とする。フェローシップが2千人、合計7千人である。したがって、1万8千人との差、約1万人はプロジェクト雇用、すなわち競争的研究資金で雇用しても、数の上ではパーマネント雇用へと繋がるといってよい。1990年代に、競争的資金の多元化（研究費の支給方法についての支給機関間の競争を促す）と研究費による若手研究者の雇用を組にして、“ポストドク1万人計画”を私が主張したのは、基礎研究振興と、前節で述べたような、若者に過酷になりつつある大学の状況の解決とを目標にしてのことであったが、同時にこのように極めて大雑把ではあったが数の考慮もしていたのである。

しかしそれから10年以上が経過し、ポストドクの活躍は目覚ましいものがあるが、パーマネント雇用への道についての数の関係について検討することが緊急に必要となってきた。再び大雑把な計算をするだけでもこのことは明らかである。すなわち、ポストドクは1万5



千人を超えようとし、機関雇用の任期付雇用も増え続ける一方で、研究者のポストは増えない。その結果、平均的に任期付に滞在する年限が延びる傾向となり、若手研究者から見れば、パーマネントの職を見つけることが年々困難になるという状況である。これは二重の意味で由々しき問題である。第一は職が見つけにくくなるそのことである。第二に、一方で科学技術振興を謳い、若者に科学の道に入ることを薦めながら、他方で研究の道に入った若者を過酷な状況にさらすという、“政策的詐欺”とでもいうべき状況をつくりだして、結局若者に科学技術振興に対する不信感を抱かせる状況を招いてしまうからである。

この問題を解決するには私立大学を含む大学や研究所など、公的研究機関の研究職ポストの数を増やすと共に、ポスドク終了後にその能力を存分に発揮できる、より広く企業を含めた社会における職を創出することが必要である。しかし前者は、私個人としてわが国の将来にとって大いに必要であると考えているが、現在の状況では容易ではない。そして後者は、進められてはいるが不十分で、現在の若手研究者の期待を満たす状況には程遠いと言わなければならない。

多くの指摘があるように、この問題は数だけの問題ではない。若い研究者たちがおかれた研究環境の改善が、今、強く望まれるのである。すでに多くの議論がされているのでここで改めて問題の内容に触れることはしないが、その責任者、すなわちその状況を変えることのできるのは、政策立案者よりも現実を目前にしている研究実施者のいる大学や研究所であるという立場で建てた構想と計画を以下に述べることにしよう。

3. 新しい目標と問題の解決

依然として続く世界の人口増加のもとで、人間の安全保障、貧困の追放、環境の保全、文化の多様性保護、紛争の阻止、そして勿論常に続く快適な生活の追及など、様々な、相互に矛盾なく実現することが決して容易ではない諸問題を抱えた人類は、それらを新しい知恵によって解決することを求められている。その新しい知恵の重要なものの一つが科学技術であることが世界の合意となりつつある。そのなかで、わが国は先進工業国の一員として、あるいは第二次大戦後に生産技術で成長を遂げた経験を持つ国として、これら現代の問題の科学技術による解決に貢献することが求められているし、またわが国にとっても国際的位置を保持するためにもその貢献を避けることができないことを私たちは理解している。

科学技術による貢献とは、基本的には科学技術に関係する人たちによって行われる。第一に、貢献する国であり続けるためには、科学技術の基礎研究から開発まで、したがって当然それに依拠する産業も、国際的に優位な水準に立っていないなければならない。そのためには、基礎研究、応用研究、開発などを推進する、正しい教育と訓練とを受けた専門家がおり、しかもその分野に常時新しい若者が参入し続けることが必要である。

第二に、国際的な貢献において、例えば途上国に対する貢献を考えたとき、科学技術振興のための資金援助、科学技術の利用についての産業技術援助、科学技術教育のための派遣や留学生受け入れ、共同研究など、様々な方策があるが、何れも科学技術に関する専門的な知識を持つ人が正しい判断をしつつ進めるのでなければ歓迎されない。

このように、科学技術の振興および

それによる社会への貢献は、人がやるものであり、その人とは科学者と技術者および学術経営者であるが、その中心に科学技術研究者・開発者がいる。その需要を、現在の制度が満たしているかどうかをまず考えることが必要である。近年の大学改革によって、科学技術研究者・開発者を生み出すべき大学院教育は少なくとも数の上では充実してきたと言えるであろう。しかし、現在、どのような科学技術分野の、そしてどんな能力を持った専門家が求められているのか、それを考えることなしには現実的方策を定めることはできない。

前述の、人類が抱える諸問題を解決する発展とは、環境を維持しつつ経済発展する持続性と、世界の生活や文化の多様性を認め合うための国際的ガバナンスとを主要な目標とするものである。これは、ひたすら知識を増やし、行動を拡大し、豊かさを向上させるといふ人類が長い間設定してきた目標と違い、ただ発展すればよいのではなく、発展の方向が厳しく制限されている点が必要な違いである。そのような状況下で必要な役割を果す人材を育てることは、現在の教育体制では必ずしも容易ではない。以下にそのことを概観し、次節で1つの計画を述べることにする。

私たちは、教育を通じて世代間に知識を受け渡してゆく。教育は、ある世代が持っている知識を全部渡すことが前提である。渡された世代はその知識を使って、経験を積んだりまた研究したりして知識を増やす。もしある世代の知識が前の世代よりも少ない知識しか持ちえないなら、それは人類が減りへの道を歩み始めたと言わなければならないであろう。人類は、恐らく17世紀を始点として、知識を急速に増大させ、そのために行動力を格段に進歩させつつ、結果として豊かさを拡大した

	15世紀 (~20世紀)	21世紀
時代の精神	大航海時代	環境時代
研究の動機	未知の探求	既知の保存
視点	より微視的に、より遠くに	変化の規則
手段	顕微鏡(二次元)、望遠鏡(三次元)による局所的観測	総合的観測(時空大局観測)と大規模計算機によるシミュレーション(四次元)
知識体系	領域化された知識(世界を理解する知識)	総合的知識(総合的理解のための知識、知識を利用する知識)
行動	自然の局所的人工化(=局所開発)	自然と人工の総合的構成(=全体持続)

表 科学者の関心

のであった。それは、科学を中心とする知識量の増大に対応している。しかし今、持続性の低下と、国際的ガバナンスの不十分さを招き、その解決のためにはただ新しい知識を生み続けければよいのではなく、むしろこれらの問題を引き起こす原因が知識量の単純な増加にあることすら次第に明らかとなりつつある。科学的知識は重要なものであるが、単純な量的拡大だけを追い求めることは許されなくなってきた。この問題への第一の解答は、従来科学が重点的には関心を持たなかった分野への、科学研究の拡大である。

拡大がなぜ必要なのか、またどのような領域への拡大が求められているのか、それは人類が直面する問題と、人類が持つ知識との関係が、長い歴史の中で変化することを直視することによって見出される。科学の急速な発展と社会的繁栄とがたまたま同時進行した産業革命から現代に至る時代での問題と知識との間の関係はいま、持続性の時代を迎えて大きな変化を起こしている。その結果科学者の関心、あるいは好奇心と言っても良いが、それが変化を起し、科学は新しい領域への拡大を始めている。それは表のようにまとめられる¹⁾。

ごく簡単に言えば、地球の持続とい

う現代を特徴付ける課題は、人々の関心の対象が、局所から広域へ、単領域から多領域へ、単純性から多様性へ、三次元から四次元へ、存在から関係へと移動し、そしてそれらを背景として従来は一般的なものとしては関心を持たれることのなかった構成の理論への関心が一般的となった。そして科学者の関心あるいは好奇心も、移動を始めたといつてよいであろう。これらのことを考えるならば、持続性を求めるこれからの時代において、この新しい知識を身につけた人々の役割が急速に大きくなりつつあると結論するべきであろう。

新しい好奇心と知識とを持つ人材が活躍する場が広がってきたことが明らかとなってきたが、そのような人材が育つ環境は充分整えられているのだろうか。この点について、残念ながら現在の教育が応えているとは言いがたい。例として技術者教育を考えてみよう。

例えば、伝統的な工学教育を考えると図1のような構造を持っている²⁾。各学科では学科固有の知識を教える。それは機械、電気などと限定されていて、工学あるいは技術全体を包含するものではない。それぞれの学科の知識は、おむねディシプリンと呼んでよいものであるが、それはその範囲で予

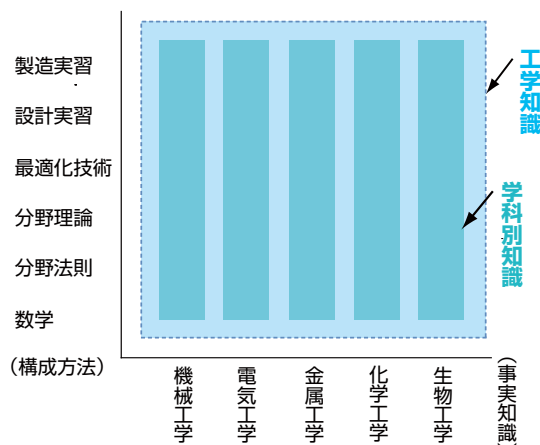


図1 工学のカリキュラム

盾なく整合的に知識が構成されていて教えやすくまた学びやすい。

しかしそれだけでなく、多くの大学で、工学部に学科が20近くもあることを考えると、工学全体を一人で専門として学ぶ事は一般的に難しく、各学科において学び、その学科の知識を身につけて専門家となるのが普通である。言い換えれば、工学全体の知識を一人で身につけることは不可能ということである。この当たり前のことが、社会における人々の主要な行動が局所開発から全体持続へと変化するにしたがって、問題点となってくる。これは次のような例を挙げれば明らかであろう。気候変動を問題にして、二酸化炭素削減技術としての再生エネルギーや二酸化炭素貯留技術を開発しようとするれば、単一の学科知識では対応できない。またそれによって起こる諸現象、たとえば風水害、飲料水不足などに対抗する技術を開発しようとするれば、これも単一学科知識では充分ではない。ここでは、複数学科知識の統合的使用が必要なのである。知識の量の増大と知識の持つディシプリン型の形態によって一人の技術者が全知識を持つことは不可能なのであるから、ここで複数専門家の協力が必要となる。したがって必要な人材とは、十分な知識を持つだけで

はなく、異なる領域の専門家と協力する能力を持つもの、ということになる。

すでに述べたように、大学教育では、産業で求められる専門性の高度化に対応して大学院教育を強化し、多くの博士卒業者を生み出している。そして科学技術基本計画と連動して、問題を抱えながらもポストクが活躍している。上記の考察によれば、この人たちが異なる分野の専門家と協力しつつ、現代の人類が抱える問題を解決するための必要な知識や技術を生み出すために時代の求める新しい人材として、十分に働ける条件が整っていないことになる。

しかしこのことが必ずしも実現しているとは言えない。その理由は、現在の科学技術研究のおかれた状況と関係する構造的な問題の中にあり、その問題の解決には十分な配慮と計画とを必要とする。しかもその解決こそ、前節に述べたポストクの不安定さを解決する重要な方法であり、したがってそれは緊急を要することなのである。

博士、あるいはポストク修了者が時代の求める人材として働ける条件が整っていないことにはいくつかの理由がある。

第一の理由は、現在の大学の状況である。若い研究者は、多くの場合大学院においてそのキャリアにおける最初の仕事を始める。そこには教授（あるいは准教授）の率いる研究集団があり、研究室と呼ばれる。ここで考えている科学技術研究すなわち理工系に特徴的なのは、研究成果は個人のものであるが、同時にその研究室の成果と考えられることである。すなわち一人一人の研究、それは科学論文として出版され研究者の業績になるものであるが、それは研究室の中の他の研究者の研究と無関係というわけではなく、研究室の構成員による研究は、まとめて、例

えば学説を作り上げていく。一方、大学における教授は、大学の構成原理から言ってある特定の学問分野を担当しており、その分野を逸脱することは好まれない。それは学科という組織が教育の単位になっており、学科に属する教授はそれぞれ学科が掌握する学問領域の“要素領域”を教育において担当する建前だからである。教授は、この要素領域での学説を作るのであって、すでに狭い領域である。

そして若い研究者は、その教授のもとで独立の研究論文を仕上げていくのであるが、同時に学説構成の一部を担う。したがって教授より狭い領域を扱うことになる。仮に10人の博士課程学生がいれば、極端に言って教授の領域の10分の1の狭い領域で研究を続けることになる。若手研究者は業績を上げる競争をしているのであるから、その意味でも狭い領域での研究は避けられないという点も勿論その原因である。

その結果、若い研究者の能力はその課題固有のものとなる。そのことは当然であり、若者が研究者として育っていくために正当な道である。しかし問題は、能力だけでなく関心も特定の課題に限定され、しかも他の領域に関心がもてなくなることである。このことは、博士課程修了者が企業に職を求めるとき、自分に向けた仕事がないという結果をもたらす、一方企業から見ると企業で必要な仕事に取り掛かる積極性がないという評価になってしまう。このことは企業への就職に限った問題でなく研究の世界でも、わが国の研究者のモビリティが著しく低いことの原因である。そして多くは同じ博士指導教員のもとでポストクとなる。この場合、ポストクに進んだ後も関心が拡大する可能性は少ない。

若い研究者の研究領域が狭いものになるという状況はわが国固有のもので

なく、研究における世界的な傾向である。しかし、この問題がわが国で顕著に、特に上述のような問題となっているのは、恐らく、これもよく言われるように大学院における研究重視と教育の軽視が原因していると思われる。その結果、大学は「研究重視を改め教育を重視せよ、大学院も」という大合唱となる。しかし私は、その趣旨が正しいことを勿論認めるが、そのような声高な主張がすぐに通るとは思わない。ここで論じる余裕はないけれども、大学院教育が今のような状況であることはわが国の社会と大学の長い歴史の結果であり、それは一つの評価すべき特徴でもあり、仮に修正するとしてもその修正には長い時間を要すると言わなければならないからである。

そこで以下のような計画を立て実行を始めようとしている。

4. “AIST School of Innovation”

この計画は、第一にわが国はポストクレベルの研究経験を持つ若者が、狭義の公的研究機関の世界だけでなく、広く社会に、すなわち企業の研究職、開発技術、管理、そして経営、また行政機関の政策立案、行政などにおける指導的地位につくべきであることを前提とする。また政治、外交でも同様に考えてよい。これはわが国が経済発展を達成した今、新しい型の国としてこれから展開を始めるために必要な条件である。一方現在の状況においては、ポストクが基礎的科学技術研究の重要な担い手であることも大きな前提で、これは今後も続く状況であると考えられる。このことは、いうまでもなく科学技術基本法に基づいて科学技術基本計画を実行しているわが国の基本的方針から導き出されるものであり、今後ますます推進すべきであると考えられる。

これらを前提とした上で、大学院におけるわが国の前述の状況も簡単には変わらないという事も考慮する。それは、若い研究者が狭い領域に集中して先鋭的な研究を遂行することによって、専門領域での国際的な場で専門研究者として活躍するために、必要な条件であると考えられるからである。

このように考えると、毎年数千人という数の終了者を出すポストクという仕組みの果たすべき役割が明らかとなってくる。ポストク経験者の多くは研究者として大学など公的機関のパーマネントの職につくであろう。しかしそれは全員ではない。現代のわが国においては、上述のようにむしろ研究職につかないものに対する需要が大きいのである。したがって全員研究職になっては困る。しかしその需要が、未だ潜在的であることが問題である。

それを顕在化するためには、ポストクを経験した研究者の中に必ず存在する、公的研究機関で同じ研究を続行するのでなくより広い視野を求めようとする者が新たに学ぶことのできる場を、社会的に眼に見える形で提供することが必要である。

その“場”を、研究所に設置することを提案する。研究所としては、独立行政法人となった研究所（研究独法）が適していると思われるが、その構成等は研究所ごとに多様なものになることが予想される。ここでは、私たちが産総研に現在設置を構想し計画中の、“AIST School of Innovation（産総研イノベーションスクール（仮称））”について紹介しよう。

すでに述べたように、産総研では研究者の募集が図2に示すようなカテゴリーにしたがって行われる。試験採用の一部などを除き、募集対象は博士課程修了者である。基本は研究所として行う公募選考採用（任期付）であるが、

その主なものは産業技術人材育成型と研究テーマ型とである。前者は任期終了時にパーマネント化審査を受けることが定められている。しかし後者にはないので、引き続き産総研職員として勤務を希望するものは、外部からの応募者と対等に試験を受けなければならない。これらはいずれも研究独法の中期計画に基礎をおく人事計画に従って行われる採用である。これとは別に、研究所としてでなく、研究ユニットが自主的に採用する契約職員がある。これは研究ユニットに配分された研究費あるいは研究ユニットが獲得した外部研究資金からその給与が支払われる。これは産総研特別研究員と呼ばれているが、長い歴史を持つ日本学術振興会の特別研究員と同様な位置付けであると考えてよいであろう。その他の公募選考は、高度な専門性を持つ指導的研究者を対象とした招聘型研究員と、長期的視点から見て研究所が必要とする中堅研究者を対象とする中堅採用があるが数は少ない。また、試験採用は主として事務系であり、研究者採用としては例外的である。

したがって、ここで論じている博士課程修了者である研究員の問題は、上記のカテゴリーでは上の2つ、契約職員すなわち産総研特別研究員と公募選考採用の研究テーマ型任期付研究員が主な対象である。これが数の上で当初の状況に変化が生じた結果として生じるパーマネントの職を得にくくなることの影響を、直接受ける人たちである。しかしながらここで、前節に述べた、新しい好奇心と知識を持つ人材になりうる研究者がこのカテゴリーに存在していることに気づくべきなのである。このカテゴリー、すなわち研究テーマ型公募選考採用研究員と産総研特別研究員とは、研究ユニットに属して先端的な研究に従事する。すでに述べたように^[3]、産総研の研究ユニットでは本格研究を推進しており、ユニット長の立てた目標のもとで、そのユニットに属する研究者たちは基礎から応用にわたる研究を行う。それは新しい発見や理論研究を第1種基礎研究、それを素材として産業における価値にまで高める構成的研究を第2種基礎研究、そして現実に産業への適用を準備する製

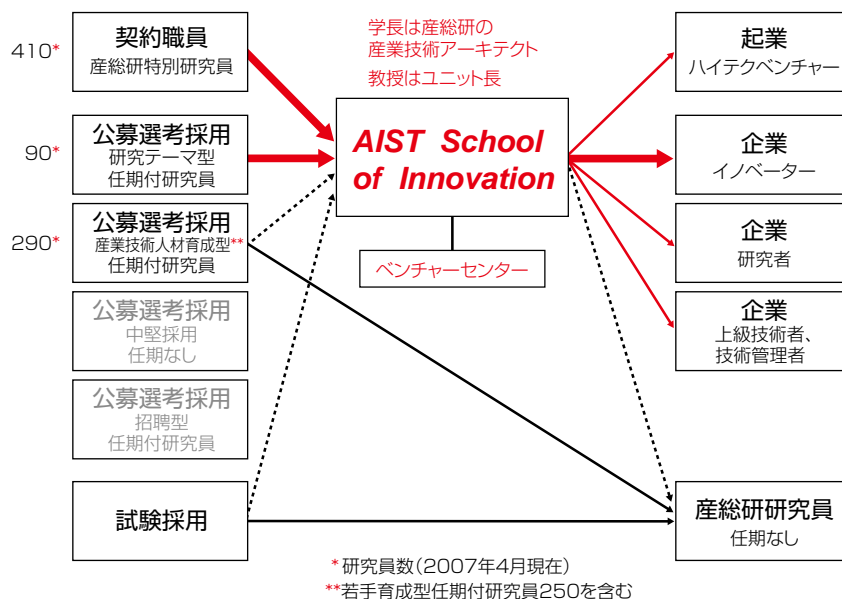


図2 “AIST School of Innovation”

品化研究から構成される。上記のカテゴリーに属する研究者は、この中で研究する。

第1種基礎研究は大学における基礎研究と、また製品化研究は企業における開発研究と類似であるが、第2種基礎研究は産総研を特徴付ける独特の研究である。それは研究課題の持つ物理的側面の解明のみならずそれに関係する機能構成にも重点を置きながら研究を行う。この場合、自らの専門とする領域内で研究しては良い構成はできないのが一般的である。そこで研究者は、他の専門領域の人と協力、あるいは自ら他領域を学ぶことによって、新しい機能を構成していく。博士課程での研究を通して身に着けた、先鋭化した関心と深い狭い領域の知識は、この第2種基礎研究に従事することによって相対化され、研究者自身にとってこだわらべきものでなく有力な手段となっていく。このような研究者は、前節で述べた今求められる人材である。図2は、この第2種基礎研究を要件とする学習システムであり、この課程を終えたものが企業を中心とした



一般社会へ広く参入して指導的な仕事をすることを想定した図であるが、それが1つの“スクール”として成立しうることを以下に示そう。

5. 新しいジャーナル

第2種基礎研究に従事することによって、博士号取得のための研究とは異質の研究を経験し、研究者はより広い見識を持つようになる。しかしそれだけではただの経験による成長である。産総研ではその経験の持つ意味を、研究者自らが分析的あるいは理論的に理解することにより、次の世代に1つの体系として伝承できるような研究者になることを要請しているのである。この要請をするのは、いわゆる基礎研究と製品化を繋げるための研究には、固有の手法というより、一般に考えられている研究における思考とは違う、固有の思考過程が存在するという認識を背景として、それを第2種基礎研究と名づけたことと同じ理由に基づいている^[4]。

そこで次に、第2種基礎研究における手法、あるいは思考過程を顕在的に示しながら研究成果を公表する方法を作り出すことが必要となる。従来それは、記述することが難しく、したがって第2種基礎研究を更に進めて製品となったときに初めてその意義が見えてくると考えられていたのだが、それでは第2種基礎研究を1つの独立した研究と考えることができなくなってしまう。実際に、第2種基礎研究に従事したものは、研究論文を書くこともできず、その成果は製品化の主役である企業にわたってから顕在化するために、その成果は企業のもののみならず、研究者の功績が認められる機会がほとんどなかったのであった。

この問題には2つの深刻な面がある。

1つは、第2種基礎研究に携わった研究者が正当に評価されないことであり、研究者として不運な状況におかれてしまうことである。その結果研究者はそれに従事することを避けるようになる。研究者には、よい成果を挙げてよいキャリアを作っていくことが課せられているのであるから、それを避けるのは当然である。2つ目はより本質的なことであり、行われた第2種基礎研究の成果が商品化された製品だけだとすると、研究過程の経験で得られた知識は表現されることもなく忘れ去られてしまうことになり、これは大きな社会的損失である。

産総研では、これらの問題を解決するために、第2種基礎研究の成果を製品化研究に渡すだけでなく、1つの“論文”として表現する方法とそれを表現する場を開発中である。そして実際に、第2種基礎研究の研究過程で創出した研究方法に関する知識を、他の研究者あるいは次世代に伝達可能なものとして表現する“ジャーナル”の発行を計画している^[*]。このジャーナルに投稿される論文は、第2種基礎研究が目的とする社会的利用の可能性を持つ成果とともに、そこで行われた研究方法の独創性でその価値が評価されることになる。これは一般の科学研究、すなわち第1種基礎研究における論文の独創性が、得られた結果の独自性と共に、その結果を導出するために採用した理論的解析法や実験方法の独自性によって評価されるのに対応している。理論的解析法や実験方法は客観性をもって明解に記述可能である。しかし、第2種基礎研究における、多領域の総合などを含む構成的方法が客観性をもって記述された例はなく、このジャーナルの成功はその記述法を確立することが条件となる。産総研では、すでにその努力が始められている。

このジャーナルが、ここで提案している“スクール”にとって重要な意味を持つ。前述したように、産総研の研究ユニットにおいて第2種基礎研究に従事することにより、博士修了者は広い視野を持ち、また異なる領域の研究者と協力する方法を学ぶ。それだけでは貴重な経験の場であるに過ぎないが、その過程で研究の方法を独創的に創出し、それを実証的に記述し発表できるとすれば、それは独創性を基本とする科学研究の場という性質を持つことになる。すなわち、それは新しい構成的能力を持つ研究者を育成すると共に、新しい客観的な知識を創出する場である。これは教育と研究を同時に遂行する場であって、スクールと呼ぶにふさわしい。

6. あとがき

実際にこのようなスクールを設置するためには、ここで述べたことだけでなく様々なことを考慮しなければならないが、ここで若干の事項について触れておこう。

まずスクールであるためには、研究現場としての第2種基礎研究だけでなく、講義で体系を教える場も必要である。そこに教育課程（カリキュラム）が必要であり、また講義を担当する講師も必要である。その教師の資格をどのように定め、発行するかも重要な点で

ある。またスクールを卒業したものにどのような資格が与えられるのかも考えておく必要があるであろう。

これらは皆これから考えていくことであるが、今までの章で述べたこのスクールの本質から言って、これらの性格はほぼ決まっているとも考えられる。カリキュラムは、知識と感受性の幅を広げ、異なる分野の研究者や企業人との協力を積極的に行えるような能力をこの人材に与えるものでなければならないのであるから、当然複数の領域を身につけられるものであることが要求される。しかしそれはただ学ぶのではない。異なる領域が、本格研究においてどのように作動するかを通じてそれを理解するのだからなければならない。とすれば、それらを経験したものを講師として学ぶ必要がある。そのような講師を選ぶのもこれから行わなければならないが、産総研には自らの研究経験と共に本格研究を経験した研究ユニット長が少なくとも57人（ユニット長の数）居り、しかもその分野はほとんどの産業分野に亘っているのだから、心配はない。

卒業したものはどんな資格を獲得するのであろうか。まず卒業はジャーナルに論文を投稿することを条件としよう。そして講義の学習結果を評価されて卒業にいたる。卒業したものは、図2に示すように企業が求める人材である。しかしそれだけでなく、新興経済

の急速な発展に対抗しつつわが国のその地位を保持続けるために、企業が不可避的にとらざるを得ない研究志向の中で、恐らく主役となるであろうことが予想されるのである。その1つは、すでに別報で述べた産業技術アーキテクトである¹⁾。このスクールを卒業したものは、産業技術アーキテクトの入り口に立つものということができるであろう。したがって、それを産業技術アーキテクト補と呼んでも良いし、研究者は必ずどこかの研究ユニットに属して研究をして前述のジャーナルに投稿しているのであるから、その特徴を表現した名前をつけても良い。例えば卒業したてのものは水素技術アーキテクト、ロボットアーキテクトなどである。範囲が広がって情報技術アーキテクト、ナノ材料アーキテクトなどかなりの経験を積んだものにつけられる名前である。産業技術アーキテクトが一番広く、このスクールの校長を勤めるのが良いであろう。

ここまであえてこのスクールを日本語で呼ばなかったが、その性格からすれば“高等大学院”と呼ぶべきであろう。なぜならそれは博士課程を終えたものを対象にして現代社会が求める高度な構成的能力を持つ人材を生み出す場であるから。しかし正式な名前は、呼称に関心を持つ関係者の意見を聞く必要があるかも知れない。

文献

- [1] 吉川弘之、“学問改革と大学改革”、現代の高等教育、No.480 2006、pp 24-32
- [2] Hiroyuki Yoshikawa, “Design Education in Information Age”, Manufacturing Systems (CIRP), Vol.15 (1986), No.3, pp209-216
- [3] 吉川弘之、“研究ユニットの自治と研究所の使命”、産総研 TODAY、2006年4月号
- [4] 吉川弘之、“科学者の新しい役割”、岩波書店、2002年9月
- [5] 吉川弘之、“イノベーションの行動理論”、産総研 TODAY、2007年1月号

関連情報

- [*] 小野晃理事のもとで計画中、発行は2008年初めを予定

オーガニックナノチューブ AIST[®] 開発における本格研究 社会で使っていける材料開発を目指して

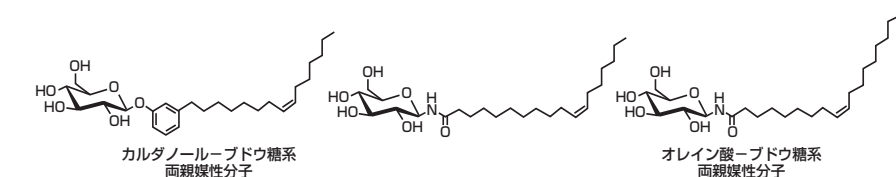
分子が自己集合して形成する有機ナノチューブ

分子が溶液中で自発的に集まって（自己集合）ナノメートルサイズのチューブ状構造を形成している材料を、有機ナノチューブと言います。私たちは、1個の分子中に水に溶けやすい部分（親水部）と油に溶けやすい部分（疎水部）を併せ持った両親媒性分子の自己集合形態を研究する中で、ある特定の構造をした両親媒性分子が有機ナノチューブを形成することを発見しました。

大量合成法の開発 —事業化へのブレークスルー—

有機ナノチューブは、炭素でできたナノテク素材として有名なフラーレンやカーボンナノチューブより以前に研究が始まっていましたが、実際の利用の面、とりわけ量産化の面で課題がありました。

私たちはカシューナッツの殻油から生産されるカルダノールとブドウ糖から合成されるカルダノール-ブドウ糖系両親媒性分子から収率良く有機ナノチューブが合成できるを見つけましたが、ゲル-液晶相転移温度が40℃程度と熱安定性の低いものでした。相転移温度が40℃前後であると、生体系への利用には適さないことから、両



熱安定性	約40℃	約70℃	約70℃
原料価格	安価	高価	安価

ナノチューブ合成用両親媒性分子の構造と熱安定性、原料価格

両親媒性分子に含まれるフェノールを、相互作用が積極的なアミドに代えたところ、熱安定性が70℃程度まで上昇し、生体系に利用する場合の安定性が確保されました。

しかし、分子設計変更の結果、利用する脂質分子の値段が1gあたり3万円以上になり値段の問題が生じてしまいました。そこで、2重結合の位置を変更するためにオリーブオイルに多く含まれるオレイン酸を利用したところ、ブドウ糖とオレイン酸から合成されるオレイン酸-ブドウ糖系両親媒性分子からも有機ナノチューブが合成できることが判りました。

値段面の課題は解決しましたが、まだ量産性の課題が残されたままでした。従来の製法では大量の溶媒と、チューブを析出・乾燥するために長時間を必要としていました。そこで、溶媒を水からアルコール系の有機溶媒に代えたところ、短時間で大量のチューブを合成できるようになりました。こ

れまでの方法と比較して1,000分の1の少ない溶媒量で合成することが可能で、研究室で簡単に100g以上の有機ナノチューブを合成できるようになりました。この有機ナノチューブを「オーガニックナノチューブ AIST」と名付け、商標登録しました。

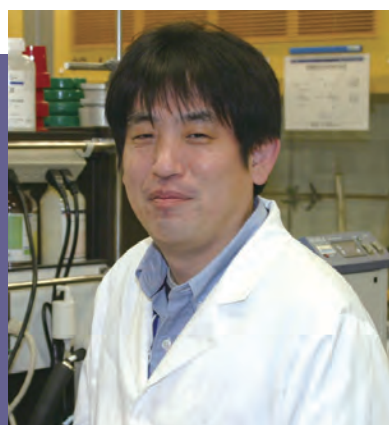
本格研究の正念場 —単独特許出願と所内支援体制—

私たちの有機ナノチューブは、ブドウ糖とオレイン酸という天然の再生可能な資源から合成される分子を原料としている、分子の自己集合によって達成される低環境負荷型の技術であるということを認識したところから、事業化への展開を考え始めました。

はじめは研究室で同僚達と実験の合間に、どんなことに利用できそうか、既にある競合する技術は何か、ベンチャー起業するのはどうだろうか、日々いろいろなことを語り合いながら夢を見ていました。

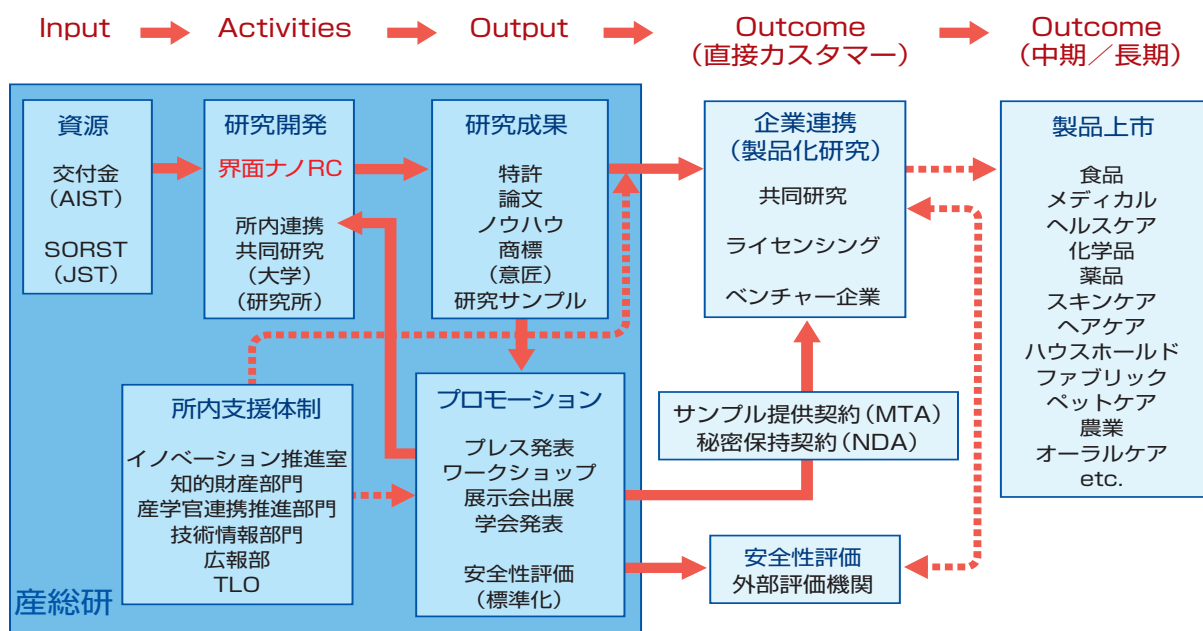
事業化への展開は、特許出願と情報共有チームの体制作りから始まりました。幸いにも研究センター独自の技術であったため、単独出願が可能であり、このことが非常に大きな駆動力となりました。単独出願により、知的財産部門と連携して知的財産権の強化戦略を検討することができ、事業化戦略の幅を広くすることができました。

その後は、プレス発表、展示会への出展、商標登録、企業面談、サンプル



分子が分子を認識する機構を解明する分子認識の化学から出発し、ポストドク時代には分子間相互作用に基づく分子集合体の機能を追求する超分子化学の研究に携わりました。96年産総研に入所し、研究対象である分子集合体の次元が上がってサイズも大きくなり、ナノテクノロジーと呼ばれる領域で研究しています。現在、オーガニックナノチューブを世に出すために新たなステージで日々いろいろと学んでいます。

浅川 真澄（あさかわ ますみ）
界面ナノアーキテクトニクス研究センター
高軸比ナノ構造組織化チーム



オーガニックナノチューブ AIST® におけるロジックモデル

提供と進み、現在は企業との連携方法を産学官連携推進部門と共に検討している段階です。

この間とても助けになったのが、情報共有チームの存在です。事業化への展開は私たちにとって未知のチャレンジであったので、その道標となってもらべく、イノベーション推進室、知的財産部門、産学官連携推進部門、産総研イノベーションズ (TLO) から、それぞれ担当者を決めてチーム体制を

組んで情報の共有化を図りました。何か課題が見つかるはこのチームを元に必要なメンバーで、戦略会議を開いて解決策を見出してきました。

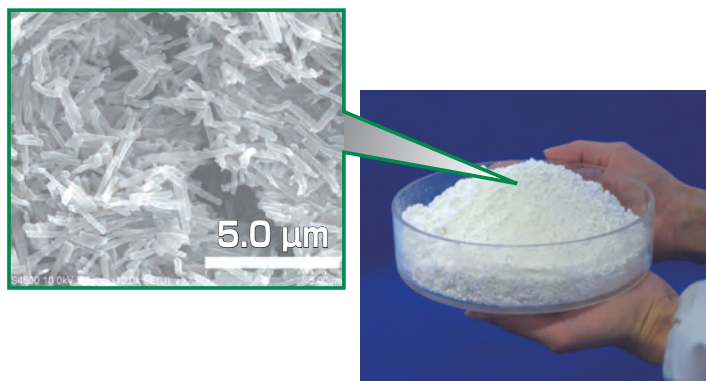
また、オーガニックナノチューブ AIST® の安全性評価に関しては、早い段階から検討を進めてきました。現在、環境中の細菌による分解性試験を終えたところですが、良好な結果を得ており、今後さらなる試験を実施し国民に十分な説明ができ信頼される安

全な技術として確立していきたいと考えています。

オーガニックナノチューブ AIST® を社会へ

オーガニックナノチューブ AIST® は、金微粒子やタンパク質を包接できることが確認されており、新たなナノメートルサイズのカプセルやキャリアとして食品、健康、医療、環境、農業、などのさまざまな分野への利用が期待されています。

この技術で開発される安くて、安全で、高機能な白いナノチューブ材料が新たな産業へと発展することで、持続的発展可能な社会の実現へ貢献できると信じています。



オーガニックナノチューブ AIST® の白色固体粉末 (重量約 140 g)、平均外径 = 300 nm、平均内径 = 90 nm

新しいニーズが古いシーズを甦らせた本格研究 粘土を主成分とする耐熱性ガスバリア膜の開発

粘土の膜

品質保持性能、酸化劣化防止などの食品包装材料として、またガスの漏洩防止のため配管接続部分のシールなどに使われているのがガスバリア膜です。

これまで柔軟性に優れたガスバリア材は、主にプラスチックをベースとして製造されてきました。そのガスバリア性は完璧なものとはいえ、耐熱性およびガスバリア性能の向上のため、粘土などがフィラーとして少量添加されてきました。そこで、これまでフィラーとして少量使われてきた粘土を添加物としてではなく、主材料とした緻密な膜にすると、飛躍的に耐熱性およびガスバリア性が向上するのではないかとこの逆転の発想に基づいて、粘土からなる耐熱性ガスバリア膜の開発を始めました。

粘土の結晶は薄い板状であり、厚みは約1 nm (100万分の1 mm) しかありません。この薄い結晶を何万枚も緻密に重ね合わせて取り扱い可能な厚みの膜に成形したものが、「クレースト」と名づけた粘土膜です。「クレースト」は、高温条件で、酸素や水素に対する高いガスバリア性、コピー用紙並みの柔軟性を併せ持つ材料です。作り方は、粘土の分散液をトレーなどの中で乾燥させ、乾燥後トレーの底から剥がすという簡単な方法で作ることができま



図 クレーストの開発の展開

す。ただ、どのようなメカニズムでできるのか、なぜ柔らかいかなどの理由についてはまだ十分に解明されておらず、現在研究中です。

死の谷から生まれた「異分野融合の産物」

1939年7月24日のTIME誌に、マサチューセッツ工科大学のアーネスト・ハウザー教授が粘土でできた新しい材料を作り出したとの記事があります。カリフォルニア州の“Death Valley：死の谷”で発見された粘土を使うと、ほとんど透明で耐水性のある膜ができたというのです。それから70年が経過

した現在、粘土の膜が私たちの身近で使われている例はほとんどありません。私が粘土膜の実験を開始した時点で粘土膜はまだ死の谷の底にいました。

もともと私は原子力発電所からの高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアの要素として、粘土圧密体を研究しており、水に対するバリア材として粘土薄膜を作成していました。新しい研究ユニットに配属されてまもなく、この膜を異分野の研究者である上司に見せたところ、水素ガスを用いるマイクロリアクターのシール材として使えるのではないかと、その意見をもらい、ガスバリア材としての研究を始めました。そのためこの粘土膜は「異分野融合の産物」ともいえます。

粘土膜を作るために新しく投入された技術として、ナノコンポジット技術があります。無機素材特有のもろさを解決し、汎用性のある耐熱ガスバリア材料にするためには、この技術を用いなければなりません。この技術は粘土などの無機化合物微粒子とプラスチックなどの有機化合物を微細なレ



1993年東北大学大学院工学研究科博士課程を修了し、東北工業技術試験所に入所、2度カリフォルニア大学サンタバーバラ校で在外研究をしました。これまで色々な粘土膜の開発に携わってきました。原料粘土の合成から応用製品の大量生産方法まで幅広く研究しています。用途の一例としては粘土を用いたプラスチックでもガラスでもない第3の透明フィルムとそれを用いた電子デバイスがあります。

蛸名 武雄 (えびな たけお)
コンパクト化学プロセス研究センター
材料プロセッシングチーム

ベルで複合化する方法です。ほとんどの場合、プラスチックが主原料でそれに少量の粘土を加えます。しかし、この技術は粘土膜の場合にも同様に利用することができます。また、合成粘土を用いることにより、透明な膜を作成できることがわかりました。

特許群を作るが、ベンチャー企業を作らない、という選択

2004年8月11日にこの技術のプレスリリースを行ったところ、延べ300件以上の問い合わせがあり、約150社と技術相談をさせていただきました。その過程で、この材料が非常に多くの用途に使える可能性を持った材料であることが分かってきました。電子機器の小型化、高ガスバリア材のニーズが高まっていることなどから、これまでの材料を超える耐熱性・ガスバリア性が要求される用途への実用化の期待がもたれています。用途としては、耐熱柔軟フィルム、ディスプレイ用フィルム、黒鉛複合材、電磁波遮蔽材、コンデンサー用シール、包装材料（ハイバリア紙容器、ハイバリア軟包材）、ハイバリアホース、水素シール材などがあります（図）。

この技術に関する産総研の単独特許出願は2003年から始まり2004～5年でピークを迎えています。知的財産部

門の全面的な支援のもと、個々の特許の強化とともに、強い特許群を構築することに努めました。一方、技術移転の成果として、企業などとの共同出願件数は2006年から高い伸びを示しています（グラフ）。共同出願特許を出している相手先企業の数が多いことも特徴です。これらの特許明細書はまだ未公開のものが多いのですが、これらが公開され、技術の融合が数年後に起こり、一段の開発の進展が期待されます。

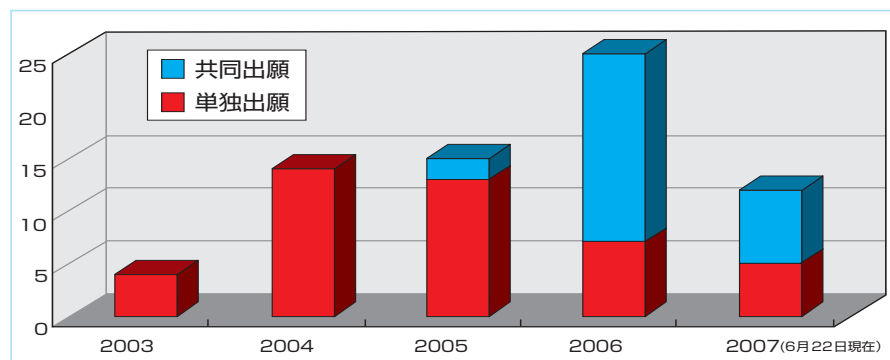
このように粘土膜の技術は多くの用途を生み出すことから、これらの技術開発全般を成功させるために、公的研究機関である産総研として開発・支援することが望ましいと考え、あえてベンチャー企業を設立しませんでした。1つの事業に集中するよりは、むしろ複数の開発をバランスよく同時進行させることを選択したわけです。共同研究企業同士の、知的財産、商売上の衝突が起こることも想定され、この点については守秘義務を全うしつつ、win-winの関係に持っていけるよう努力しています。幸運なことに現在10社以上の民間企業とよい共同研究を進めています。

名前に込められた思い

実用化例を早く作り、この過程で基礎技術、製品化技術を蓄積することも

開発を成功させるポイントと考えています。大量生産薄利多売のものは、サプライヤーの生産技術の開発と、ユーザーの製品開発の両者がバランスよく進んでいかなければならないため、市場の形成に少し時間がかかります。クレーストの場合には、高性能ガスケットが2007年1月に製品化され（写真）、現在標準化に向けた努力をしているところです。このような実用化例があると、他の用途に関係する研究者、エンジニア、経営者の実用化意欲が一層高まり、この点においても先行例を作ることが重要と考えています。

2007年秋より民間企業からテストフィルムの供給を、2008年度中に本格的に市場への供給を開始する予定です。膜素材の市場規模については約3,600億円／年と推定され、世界的にはさらに大きいと考えられます。この発明を用いたガスケット以外の応用製品については2008年度より順次発表していきたいと思っています。「クレースト」の名称の前半は、「Clay」から、後半は「AIST」からとったものであり、それぞれ「天然に産する鉱物資源を、精製などできるだけせずそのまま使いたい」「産総研の本格研究の産物として後世にも残る素材にしたい」という思いが込められています。



グラフ 粘土膜関係特許出願件数推移



写真 開発した高性能ガスケット

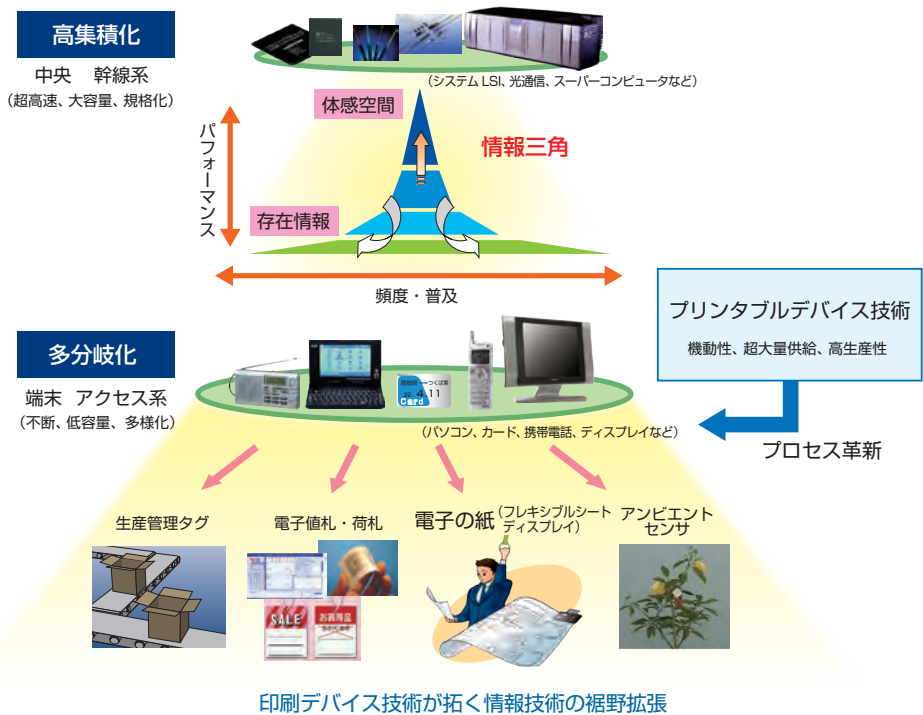
情報端末機器製造における本格研究 フレキシブル電子デバイスを刷る

エレクトロニクスをもっと身近に

電子デバイスが印刷で作製できるとなると非常に魅力的ではありませんか？こうした問いは、数10年も前から言われ続けてきたことですが、長いこと夢物語であり続けてきました。しかし、近年の情報通信技術の発展により、さまざまな情報端末機器が人々の生活の中に浸透し始め、電子デバイスなるもの特に抵抗感なく日常で用いられるようになってきた今日においては、こうした願いは、夢物語ではなく、いち早く実現して欲しいものに変わってくるようになりました。

これには、大きくは3つの理由があげられます。1つは、生産性向上という課題です。ディスプレイや携帯端末などの情報端末機器は、今日大型化、大量供給化が著しく進んできており、しかも多種類製造することが求められるようになってきており、その生産性の向上は省資源、省エネルギーを始めとした生産負荷の軽減という点で極めて重大な課題となってきたのです。

次は、デバイスの形態に関する課題です。携帯環境下で用いる端末機器には、軽い、持ち運びやすい形状、落としても壊れないといった付加価値をユーザーが求めるようになり、このためにフレキシブルデバイスやそれに適した生産技術の開発が必要になってき



印刷デバイス技術が拓く情報技術の裾野拡張

ております。

最後は、生産技術の開放という課題です。現在の半導体生産技術は、特殊な技術であることから、半導体素子は限られた場所でしか生産することができません。しかし、こうした素子の生産技術がもっと簡素化され、もっと身近なところでも作製できるようになれば、個人が求め、設計したようなものでも容易に実現できるようになります。家庭用プリンターで情報端末デバイスが製造できるようになることを思

い浮かべれば、その効果が著しく大きいことは容易に想像できます。

まずは有機の力の活用

私たちの研究グループでは、今こうした願いが強くなってきているのなら、何とかしてこれを実現すべきだという思いのもと、フレキシブル電子デバイスの印刷製造技術の開発に取り組みました。私たちが最初に注目したのは、有機半導体技術です。電子デバイスを構成する材料は、基本的には導体、半導体、絶縁体の3種が必要ですが、その中でも半導体に関しては、それまで印刷などのように溶液プロセスで作製するなどという技術はほとんどなく、開発された時のインパクトの大きさを考えると、そこから手をつけるべきだと考えました。有機半導体は、半導体としての性能はさほど高くありませんが、多くのものが溶媒溶解性をもっていることから、インク化して印刷製造技術を導入することができ



京都大学大学院博士課程修了、化学技術研究所入所。新技術は、既存技術との比較によって、開発当初は容易に否定されてしまいます。それを乗り切るためには、開発のシナリオが重要。いかにして魅力的な構想をうちたえられるか。毎日そんなことをうなり続けながら研究開発に取り組んでおります。NEDO「高効率有機デバイスの開発」プロジェクトリーダー。

鎌田 俊英 (かまた としひで)
光技術研究部門
有機半導体デバイス研究グループ

ます。最初は、インクとなりやすい有機半導体材料を選択し、その材料をインク化する条件、インクから高い結晶性薄膜を作製する条件などを明らかにし、高い移動度性能が出せる作製プロセスを開発しました。それをデバイスとしてより高性能化させるために、次に素子構造の設計をしました。印刷プロセスが簡単に導入しやすく、なおかつ高い性能を引き出すことができる素子として開発したのが「トップ&ボトム構造」という新たなトランジスタ構造です。これは、印刷プロセスで作製したトランジスタでも大電流制御が可能ということで、大きな注目を集めることになった技術です。

全体像を見せて初めて個別技術の優位性が理解される

ここまでの技術開発で留めてしまうと、単に有機トランジスタという1デバイスを開発したということで終わってしまっていたのですが、私たちはさらに溶液プロセスでデバイスを作製できるという概念を一般化させることを目指して、素子を高性能化するとともに動作信頼性を与える技術として、高性能絶縁膜や電極配線の印刷作製技術

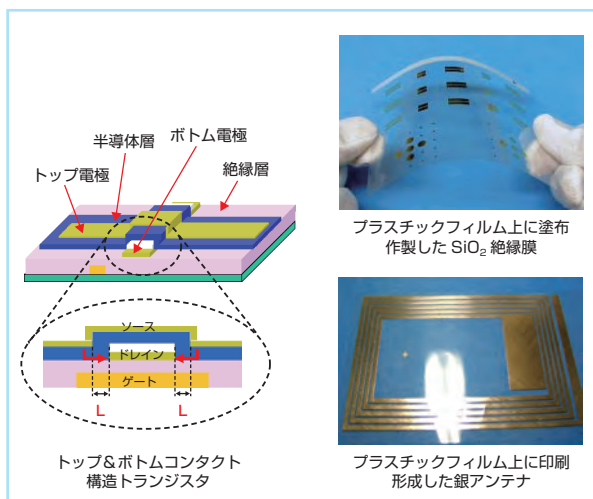
の開発を行い、それとともに開発した技術を用いて、実際にいくつかの実デバイスを作って動作の実証を行いました。こうした取り組みにより、基本的なデバイスを印刷作製するための全体像を示すことができ、それによって各個別技術の価値を認識してもらえるようになりました。結果的には、当初狙った半導体技術より、絶縁膜や電極・配線技術の印刷製造技術のほうが、より早い段階で現状の製造技術の中に導入できるということで、産業界からの強い技術移転を要請されるようになった次第です。

ここで私たちが開発した絶縁膜や電極配線の製造技術ですが、印刷で製造可能というだけでなく、フレキシブルデバイスとして仕上げることを考慮すると、プラスチック基板上にも製造可能なほどの低温での製造ができなければならぬと考え、それにこだわった開発を行ないました。その結果、熱酸化膜並みの高い絶縁性能を示すSiO₂絶縁膜や、バルク並みの低い抵抗率を示す金属配線を、200℃以下という低い加工温度で印刷製造可能にする技術を開発することに成功しました。結果的にはこれらが大きな技術アピールポイ

ントにもなり、それぞれの個別技術だけでも大きな技術価値が発生してきました。

技術の開発シナリオの提示が重要

技術開発は、通常は個々の技術のブラッシュアップにのみ視点が置かれがちですが、新たな試みをしていくときには、特に開発技術がおかれている全体像を描くこと、そこでそれぞれの個別技術がはまる位置づけを描くことなどが重要だということを再認識しました。技術が発展していくシナリオを描き提示していくことによって、開発した技術の位置づけとその発展性が示されることとなります。そのため、たとえ完成された技術ではなくとも、充分関心を寄せてもらえるようになっていくのです。私たちは、こうした点から、技術開発には単一技術のブラッシュアップだけではなく技術開発の面状展開と連続展開ということが重要であることを強く意識して、日々の研究開発に取り組むように心がけています。



開発した印刷デバイス製造技術の例



試作した様々なプリンタブルデバイス

微生物代謝工学に基づく機能性脂質生産を目指す本格研究

機能性脂質の新展開

脂質の機能性と創薬

脂質は、糖質、タンパク質とならぶ3大栄養素であり、一般に生物の主要カロリー源として知られています。また、細胞内においては、細胞膜の主要構成成分として、あるいは貯蔵物質の主要成分として、生物体内で重要なはたらきを担っています。このように従来脂質は、体の構成成分あるいは栄養成分であると認識されてきましたが、近年ドコサヘキサエン酸 (DHA)、エイコサペンタエン酸 (EPA)、セラミド、ジアシルグリセロール、中鎖脂肪酸含有トリアシルグリセロールなどさまざまな生理作用をもつ脂質、すなわち機能性脂質が見出されてきています。例えば、EPAはサプリメントおよび高脂血症などの薬として広く利用されています。また、ジアシルグリセロールと中鎖脂肪酸含有トリアシルグリセロールは脂肪がつきにくくなることをうたった「特定保健用食品」の主成分として知られています。このように脂質の一部は、健康の維持や病気の治療に役立つ機能をもつことが見出されており、食品・医薬品分野で最近注目を集めています。現在では多くの機能性脂質が「特定保健用食品」として市場を賑わせており、今までにない多様な機能を発揮し得る脂質の創造が期待されています。このように現在の脂質産業

では、いわゆる「油(脂、あぶら)」といった古いイメージから抜け出し、新しい脂質の機能開発と、それら新しい機能性脂質の生産技術の開発が活発に進められています。

私たちは主に、DHAやEPAなどの高度不飽和脂肪酸 (PUFA) を含む高度不飽和リン脂質に着目した研究に取り組んできました。水産廃棄物を培地成分として利用することでPUFAを多く含むリン脂質の微生物生産を可能とし、微生物で生産された高度不飽和リン脂質の新規生理活性を見出したこと (北海道大学との共同研究) など、脂質の生産技術および機能開発に関する第1種基礎研究を展開してきました。

山口大学大学院医学系研究科の小林教授は、狭心症、心筋梗塞、くも膜下出血後の突然死の原因となる血管の異常収縮をEPAが特異的に抑制することを発見し、EPAが血管病の予防薬・治療薬として利用できることを明らかにしました。EPAのエチルエステル体は現在、高脂血症、閉塞性動脈硬化症の治療に利用されています。一方、血管病治療薬という視点からEPAの可能性について考えてみると、突発的な血管病に対しては即効性や高い吸収性という特徴が必須ですが、現在経口薬として用いられているEPAエチルエステル体ではその要件は満たされません。こ

のため、血管病の治療や予防に適した機能性脂質を新たに開発しなければならないことがわかりました。

血管病治療薬の創造

EPAが血管病の特効薬になる可能性を見出した山口大学による発見から、血管病の治療や予防に適した機能性脂質を薬として実用化するための製品化研究へ進めるためには、新しい機能性脂質を見出すこと、その生産方法を検討すること、それら脂質の機能を評価することを、それぞれ専門とする研究者が知恵を結集する第2種基礎研究を展開することが必須でした。そこで、これまで脂質の生産技術および機能開発に関する第1種基礎研究を展開してきた産総研 (ゲノムファクトリー研究部門) を中心に、北海道大学大学院水産科学研究院の脂質専門家、山口大学大学院医学系研究科の血管病専門家との強固な共同研究体制を構築し、候補脂質の合成・調製と機能性の評価という分担を明確にしつつ、脂質や血管病に関する知識や技術を結集して効率的に研究を進めました。

EPAよりも強い血管異常収縮抑制作用のある脂質成分、即効性という面から注射薬として利用できる候補物質の取得を目標に、主に海洋生物からの候補物質の抽出・精製、および酵素合成による非天然脂質の合成を行い、それら候補物質の機能性評価を行いました。その結果、海藻成分に含まれるPUFAをはじめとする血管の異常収縮抑制作用を有する数種の脂肪酸、注射薬として利用できる数種のEPA誘導体などの機能性脂質を発見し、特許を出願しました。



北海道大学大学院理学研究科博士後期課程修了。博士 (理学)。北海道工業技術研究所に入所。2004年より産総研ゲノムファクトリー研究部門。現在は「新規機能性脂質の探索・合成」、「脂質代謝工学技術の開発」、「微細藻類遺伝子発現系の開発」などの研究を行っています。

脂質研究を1つの核にしつつ、様々な研究に幅広く目・耳・心を傾けていきたいと考えております。

森田 直樹 (もりた なおき)
ゲノムファクトリー研究部門
分子発現制御研究グループ

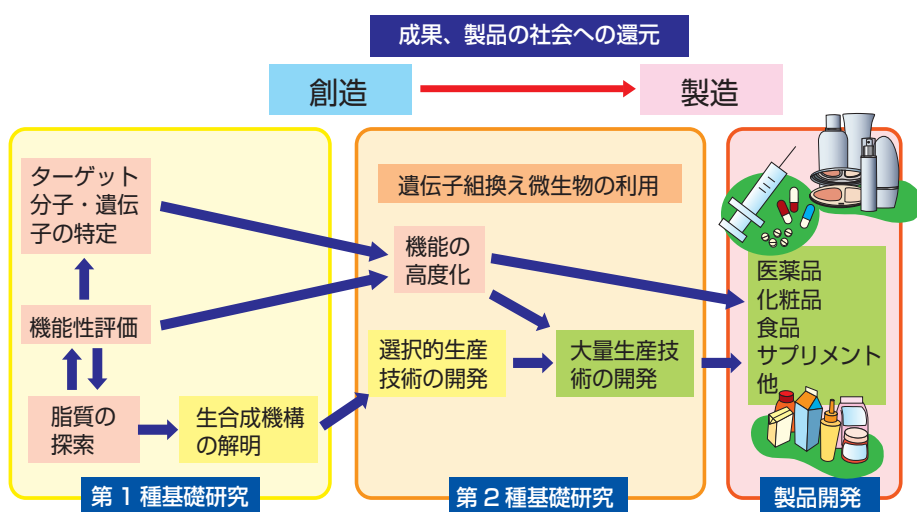


図1 機能性脂質生産のバイオテクノロジー (血管病治療薬・予防薬の開発)

創造から製造へ

医薬品（原料）を製造する方法として、化学合成によって人工的に作る方法、動植物など天然物に含まれている有効成分を抽出・精製する方法などが挙げられます。しかし、前者は物質の構造が複雑になればなるほど大量供給は困難になり、後者は希少生物由来や生産性の悪い天然物の場合、大量調製することを考えるとあまり有効な方法とは言えません。

一方、ある種の機能性脂質は微生物を利用して生産可能であり、既に製品化もなされています。微生物による機能性脂質の生産の場合には、PUFAの主な供給源である魚介類のように、その資源量や品質の変動に影響されことなく、安定な生産が期待できます。さらに、遺伝子組換え技術を使って微生物を人工的に改変し特定の機能性脂質を大量に作らせることも可能になると考えられます。したがって、今後、血管病治療薬の製品化研究に向け、第2種基礎研究の後半のステージである「遺伝子組換え微生物による機能性脂質生産」技術およびそれに付随する「微生物の大量培養」技術の確立に向け、

新たな協力体制を構築し研究を進めていく必要があります（図1）。

微生物による機能性脂質生産

私たちは機能性脂質の創造を目標に、微生物機能を利用したさまざまな脂質生産法の開発を進めています。これまでにEPAやDHAに代表されるPUFAをターゲットとし、海洋細菌のPUFA生合成酵素遺伝子の同定・単離、脂肪酸合成経路の解析、遺伝子組換え

系の開発などに取り組み、成果をあげてきました。

脂肪酸は、脂質の機能や特性を決定する重要な構成要素です。今後は、天然、非天然を問わず供給できる脂肪酸の種類を増やしていき「脂肪酸ライブラリー」を構築することが、新たな機能性脂質の創出には重要となります。この観点からの研究の最終目標は、生物の驚くほど多種多様な脂質・脂肪酸組成はどのように決定されているのかという大命題の解明と所望の脂質生産を可能とする微生物代謝工学技術の確立です（図2）。

「微生物による機能性脂質生産」の研究は、まだ第1種基礎研究と第2種基礎研究の間を行ったり来たりしている段階なのかも知れません。今後は、関係各企業・機関との連携を更に充実し、製品化研究へと繋がる研究を通して、私たちの研究成果を社会に広く還元していきたいと考えています。

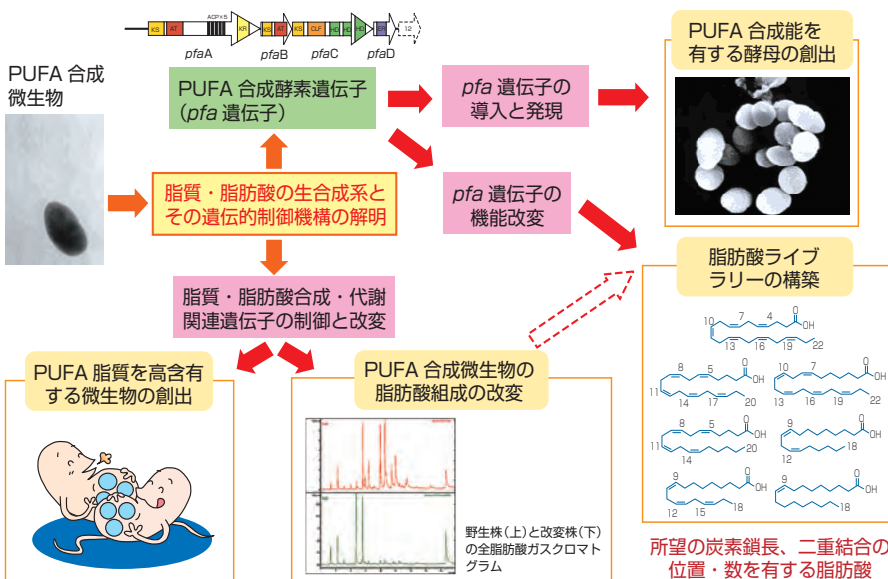


図2 微生物代謝工学による機能性脂質生産

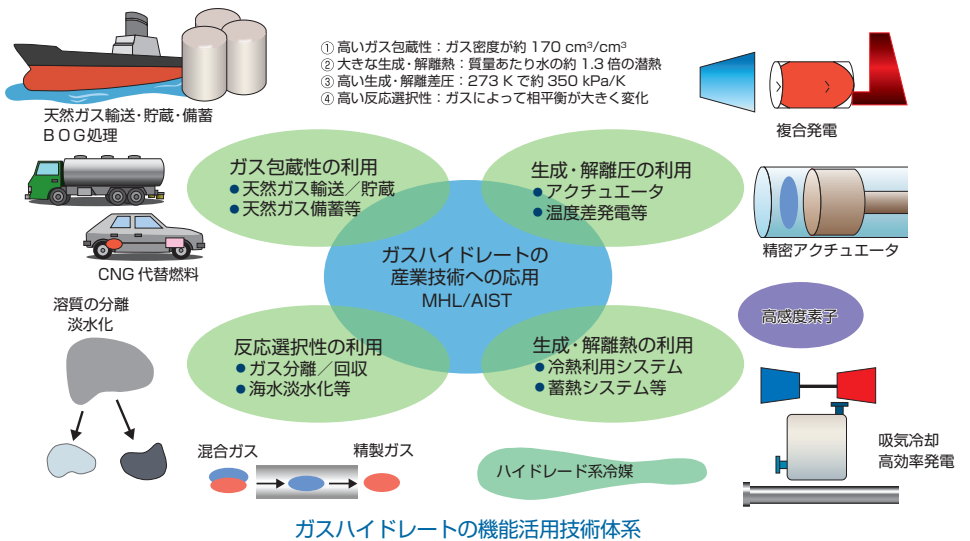
ガスハイドレート機能活用に向けた本格研究 NGH 輸送・貯蔵プロセスと自己保存効果の解析

ガスハイドレートと機能的特徴

ガスハイドレートは、水分子がカゴ構造をつくりガス分子を包みこんだ、低温・高圧下で安定な固体物質です。天然ガスを包蔵した天然ガスハイドレート（Natural Gas Hydrate：NGH）は、日本近海の海底下にも賦存していることが確認されており、その量は日本の天然ガス使用量の100年分に相当するといわれています。また、ガスハイドレートは、①ガス密度が水1 cm³あたり170 cm³と高いガス包蔵性があり、②単位質量あたり水の1.3倍の潜熱が有るなど生成・解離熱が大きく、③生成・解離の差圧が0℃で350 kPa/Kと大きく、④ガスによって相平衡が大きく変化し高い反応選択性を有する、などの機能的特徴を持っています。これまで、これらの機能的特徴を活用した技術として、高い生成・解離熱を利用したヒートポンプ冷媒の開発や、高い反応選択性を利用した硫化水素ガス分離・回収技術の開発などを行ってきました。

天然ガスの需給状況

一方、世界的に天然ガスの需要が増加しており、日本でも2030年には1次エネルギー総供給に占める割合が18%に達する見通しです。これは、今後2030年まで新たに約300億 m³の天然



ガスの供給増が必要であることを示しています。日本では、主に東南アジア、豪州および中東から、液化天然ガス（Liquefied Natural Gas：LNG）専用船で輸入していますが、LNG輸送は本質的にエネルギー効率が低く、さらに初期設備コストが高いことから、いわゆる巨大ガス田にしか適用できないなどの問題があります。今後の天然ガス需要の増加に対処するには、未開発の在来型中小ガス田やコールベットメタン、タイトサンドガスなどの非在来型ガス田の開発が重要で、このため、初期設備コストが低く、エネルギー効率にも優れた新たな天然ガス輸送・貯蔵システムの開発が待たれています。この新たなシステムの1つとして、NGH

のもつ高密度ガス包蔵性を活かした天然ガス輸送・貯蔵プロセスの開発が注目されています。この構想は、1994年に提唱して以来、産総研が企業人材を育成しつつ大学とも連携して取り組んできたもので、最近、産業界でもその実用化を目指した新会社が設立されるなど新たな動きが見え始めているところです。

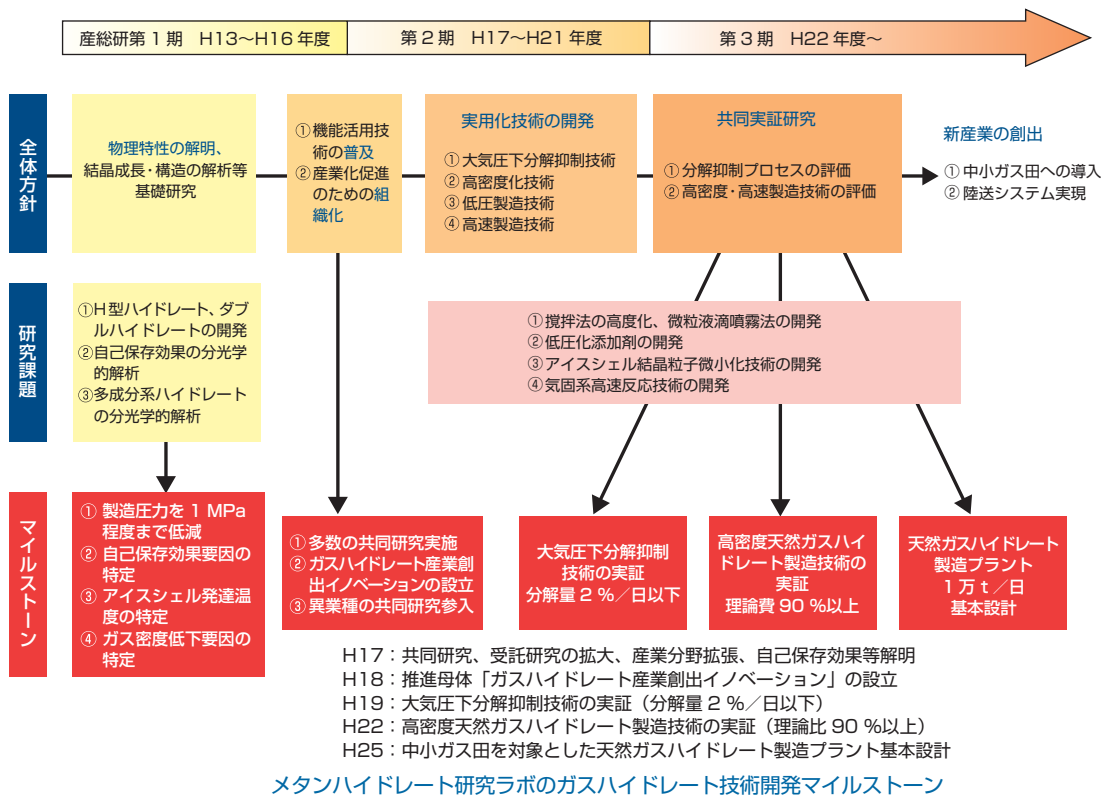
基礎研究からプラント設計へ

ガスハイドレートには、熱力学的には不安定な条件ですが、比較的長期間にわたり準安定状態を保つ性質（自己保存効果）が見出され、この効果を積極的に利用した天然ガス輸送・貯蔵媒体としてのNGH活用技術開発を行っています。この自己保存効果は、ハイドレート分解により生成した水分子が氷膜（Ice-Shell）を形成し、内部のハイドレート分解を抑制していると考えられていますが、氷膜の形成温度、ガス種による相違など、氷膜形成メカニズムが明らかにされていないのが現状でした。したがって自己保存効果メカニズムの解明は、NGH天然ガス輸送・貯蔵プロセスにおける実用化技術要素として重要であり、NGH製造プラント



1991年北海道大学大学院工学研究科修士課程を修了し北海道工業開発試験所に入所。2000年北海道大学工学博士。入所以来、複雑な結晶構造をもつ機能性材料の物性研究に携わり、2003年にはCalifornia Institute of TechnologyとUniversity of South Floridaで武者修行してきました。帰国後、資源エネルギー庁で新エネルギー政策に携わった後、エネルギー機能材料としてガスハイドレートの安定性をいかに高めるかを目標に研究をしています。

長尾 二郎（ながお じろう）
メタンハイドレート研究ラボ



および輸送・貯蔵施設の基本設計に資するものです。

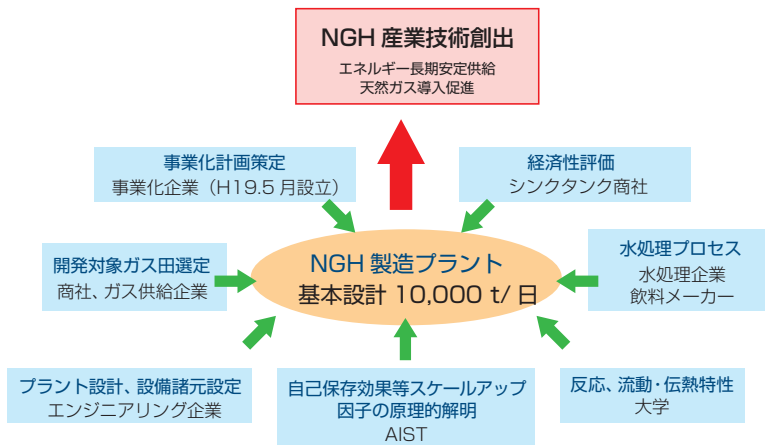
私たちは、走査型共焦点光学顕微鏡による観測結果をもとに、ハイドレートの分解による氷の生成速度、氷の焼結速度ならびに氷の昇華速度について、解析を行いました。その結果、メタンハイドレート分解に伴う氷膜形成温度が-30℃以上だと氷の焼結速度が増加し、ハイドレートの分解を抑制すること、-20℃以上では昇華速度が焼結速度を上回るため抑制効果は減少することなど、ハイドレートの輸送・貯蔵プロセスにおける適正温度範囲を明らかにしました。さらに、氷膜形成温度は、ハイドレートの初期粒径や水の飽和蒸気圧によって変化することがわかりました。自己保存効果を効率よく発現させるためのハイドレート初期粒径、温度、飽和蒸気圧などの制御パラメータを詳細に検討し、NGH製造・輸送・貯蔵施設設計を行うことが可能に

なったわけです。

産業化に向けたコンセンサスづくり

もちろん、自己保存効果を効率よく再現できる条件を明らかにするだけでは、NGHを天然ガス輸送・貯蔵媒体として実用化できるわけではありません。NGH輸送の経済性評価や、ハイドレート生成過程における熱、および

水処理の問題など、さまざまな課題が残されています。そこで、産総研を中心に、ガスハイドレート研究開発に情熱を持って取り組んでいる企業や大学と、協議会組織である「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を設立し、技術情報交換ならびに共同研究策定を通してガスハイドレートの産業化を加速する活動を行っています。



ガスハイドレート産業創出イノベーション

水、有機溶媒、イオン液体に適用できるゲル化剤

新しい有機電解質オリゴマーの簡便な合成法と多様な機能



吉田 勝

よしだ まさる

masaru.yoshida@aist.go.jp

ナノテクノロジー研究部門
分子スマートシステム研究グループ 主任研究員
(つくばセンター)

米国留学時代の恩師の言葉、
"As simple as possible" を、
いかに「化学的」にナノテクノロジーの分野で表現しつつ、
有用な材料合成を行い、それが
実際に使われる「モノ」として
どう社会貢献できるか、その
可能性の実現を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

甲村長利、三澤善大、玉置信之、
太田敏隆、松本一、川波肇、
カザウィサイ、南信次（産総研）

● 参考文献

M. Yoshida et al, J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 11039-11041.

● プレス発表

2007年5月25日「水、有機溶媒さらにイオン液体に適用できるゲル化剤の開発」

● この研究開発は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の、産業技術研究助成事業「簡便に合成可能な新規電解質ゲル化剤およびそれをを用いた高機能ハイブリッドゲルの開発（平成18年1月～平成20年12月）」による支援を受けて行っています。

ゲルの性質

ゲル材料の多くは、寒天やゼラチンといった天然のハイドロゲルです。しかし、これらは酸性条件では分解し、機械的にゲルの構造を壊すと、再びゲル状態へ戻るのが遅いため、応用範囲が限定されています。

ゲルの性質は、ゲル化される溶媒の性質によっても異なります。例えば、イオン液体は、電解質としての固有の導電性と、常温常圧で液体という性質を併せ持つユニークな物質で、これをゲル化すると、電気化学的デバイスの固体電解質になることが期待されています。

ソフトマテリアルとしてのゲル

市販されている2つの試薬（4-アミノピリジンと4-クロロメチル安息香酸クロリド）をトリエチルアミンなどが存在する有機溶媒中で反応させると、アミド化反応に続いて、分子間で自己縮合反応（多成分連結反応）がおこり、電解質構造を持つ有機電解質オリゴマーが一度の反応で得られました。これは、分子量測定で、有機電解質のモノマー単位が3-30分子程度連結したオリゴマーであることがわかりました。

得られた粉末を1重量%の濃度になるように水に加えて、加熱・溶解して室温で放置すると、容易にハイドロゲルが生成します。従来のゼラチンなどでは、酸性領域ではハイドロゲルを生成できませんが、このオリゴマーは、pH=1までの酸性水溶液（塩酸やリン酸溶液）をゲル化することができます。また、中性の水で生成したゲルは、機械的な外力によって構造がいったん破壊されても、外力を除くと瞬時に、ゲルの強度（弾性率）が急速に復帰する特性を持っています。

単層カーボンナノチューブ（SWNT）は近年、次世代炭素材料として注目されていますが、溶媒に溶けないため、溶液プロセスでの加工が困難でした。私たちの合成した有機電解質オリゴマーは、このSWNTに対しては特異的に分散剤として機能し、一緒に混合するだけで水中に孤立分散させることができます。そしてこのSWNT分散水溶液を使うと、キャスト

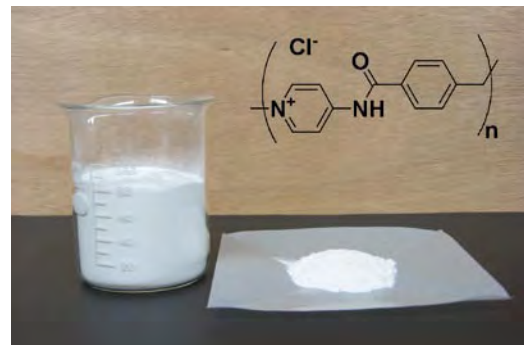
法もしくはスピコート法という方法で容易にSWNTを薄膜化できます。また、濃度を高くすると、SWNTが孤立分散したハイドロゲルを単独で作製できます。

今回合成した有機電解質オリゴマーの陰イオンは塩化物イオンですが、これをさまざまな陰イオンに容易に変換することができます。陰イオンを変換すると、水だけではなく種々の有機溶媒や、イオン液体もゲル化できることを見出しました。イオン液体は、一般的には粘度が高ければ高いほど、そのイオン伝導度は低下する傾向にあります。しかし、今回得られたイオンゲルは、顕著な粘度上昇にもかかわらず、イオン伝導度がほとんど低下しないという興味深い結果が得られました。

この有機電解質オリゴマーは、簡単に合成できる特徴を持ちつつ、さまざまな溶媒をゲル化でき、かつSWNTを水中に分散させるなど、多機能性を持つ興味深い物質であり、さまざまな応用の可能性を持っています。

今後の展開

有機電解質オリゴマーから得られるハイドロゲルやイオンゲルの具体的な応用を目指します。例えば、ハイドロゲルは、酸性廃液処理用の固化剤、または高速構造復帰特性を生かした衝撃吸収剤などへの用途が考えられます。さらに、SWNTの分離・精製への応用、SWNTを含む構造材料としての応用を考えています。イオンゲルは、そのイオン伝導度の保持という点に着目し、電気化学デバイスへの展開を目指します。



有機電解質オリゴマー

高感度で敏速に应答するNOxセンサを開発

自動車排ガスセンサへの応用に期待



濱本 孝一

はまもと こういち

k-hamamoto@aist.go.jp

先進製造プロセス研究部門
機能モジュール化研究グループ
産総研特別研究員
(中部センター)

電気化学反応を利用したNOx浄化リアクターとセンサの開発に従事しています。今後は、これらを複合化した統合的な排ガス浄化デバイスの構築を目指し、実用化を視野に入れた研究を進めていきたいと考えています。

関連情報：

● 共同研究者

藤代芳伸、淡野正信（産総研）

● 参考文献

[1] 産総研 TODAY Vol.6 No.6 p14 「廃熱発電を利用した省エネルギー排ガス処理」

● プレス発表

2007年7月4日「高感度高速応答のNOxセンサを開発」

● 用語解説

*レーザーデポジション法

薄膜作成方法の1つ。レーザーを照射して、材料を基盤上に堆積させる方法。

なぜNOxセンサが必要か

自動車の燃費向上によるCO₂の排出削減のため、ガソリンエンジン車では、希薄燃焼（リーンバーン）技術の開発が精力的に行われています。しかし、リーンバーンでは、CO₂は低減するもののNOxの排出量が増加します。また、排ガスの酸素濃度が高いため従来の三元触媒が有効に機能せず、NOx吸蔵還元触媒を必要とします。この触媒はNOx吸蔵能を定期的に回復させる必要があり、そのタイミングを厳密に制御することが燃費向上や環境対策の鍵となります。そこで、車載可能で微量のNOxを検出できるセンサの開発が求められています。また、ディーゼルエンジン車では、NOxと未燃カーボン（粒子状物質：PM）の排出がトレードオフの関係にあり、NOxの排出量を抑制するとPMの排出量が増加するため、NOxセンサを使った燃焼制御が望まれています。

自動車用のNOxセンサには、エンジン排ガス中という過酷な環境での耐久性・耐熱性などが要求され、その対策として固体電解質セラミックス（酸素イオン伝導体）を用いたセンサが開発されています。しかし、車載可能な小型の高感度センサの開発は難しく、自動車排ガスの浄化と燃費向上を進める上での課題となっています。

低温作動可能な混成電位型NOxセンサ

私たちは、NOxを検知する電極のナノ構造を精緻に制御し、高感度なNOx検出特性を低温で実現する、新型NOxセンサを開発しました。このセンサは、電気化学セル構造の改良により、NOx分子に対する検出の応答速度が従来の約5倍、検出感度が約2倍向上しました。

今回、レーザーデポジション法*により、高酸素イオン導電性セラミックスであるスカンジウム安定化ジルコニアなどをSiO₂基板上に堆積してセンサ構造としました。作成したセンサは1 cm×2.5 mm×300 nm程度の1室型電気化学セルで、300℃以下の温度でもNO分子に対して高い検出能力と応答速度を示し、これまで不可能と考えられていた混成電位型センサの低温

での適用の可能性が見出されています。

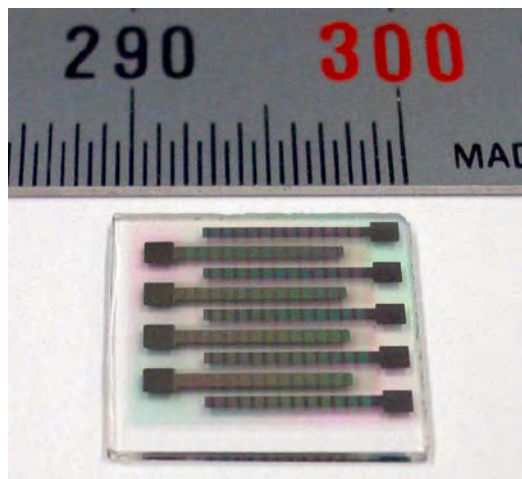
このセルは、5%の酸素を含む窒素で希釈した1000 ppmのNOガスに対して、350℃で約100 mVの起電力の変化を示し、検出困難なNOガスに対して世界最高レベルの検出特性を示しました。さらに、検出電極の微細構造の最適化により、その応答速度は90%応答で2秒以下と非常に敏速です。

現在、開発が盛んに進められている多室型の限界電流式センサは、比較的精度の高い検出は可能ですが、検出電流値が非常に低いためにシステムが複雑で高価になります。また、触媒性能監視用として必須条件である100 ppm以下のNOxの検出が困難です。これに対して、今回開発したセンサは、低温で微量のNOxを単純な構造で検出することができます。

今後の展開

高感度センサを用いたエンジン燃焼の制御によって、ディーゼル車などのNOx排出量を低減し、燃費を向上させることが可能となり、大気環境保全およびCO₂の排出削減に貢献することが期待されます。

今後は、さらにNOx検出感度と応答速度の向上を目指したセル構造の開発を進めます。また、耐久性や共存ガスの影響などを評価して、実用化の検討を進めていく予定です。



開発したNOxセンサ

PVT標準のための磁気浮上密度計の開発

2つのシンカーを用いて流体磁性の影響を克服



粥川 洋平

かゆかわ ようへい

kayukawa-y@aist.go.jp

計測標準研究部門
物性統計科 流体標準研究室
研究員
(つくばセンター)

2004年よりPVT標準のための密度計開発をスタート。他のテーマは液体の屈折率標準・気液平衡性質やデータベースなど。流体物性の精密計測を通じてエネルギー問題の解決に貢献していきたいと考えています。

関連情報：

● 共同研究者

藤井賢一（産総研）、狩野祐也、佐藤春樹（慶應義塾大学）

● 参考文献

[1] Fujii, K. Metrologia 41 (2004) S1-S15.

[2] Fujii, K. Meas. Sci. Technol. 17 (2006) 2551-2559.

[3] Waseda, A. and Fujii, K. Metrologia 41 (2004) S62-S67.

[4] Kuramoto, N. et al. Metrologia 41 (2004) S84-S94.

[5] Kano, Y. et al. Meas. Sci. Technol. 18 (2007) 659-666.

背景

PVT性質（P：圧力、V：比体積、T：温度、の相互関係）は、流体の熱力学的な性質の中でも基本的なもののひとつです。液体の密度は、食品の品質管理や酒税の設定に重要な役割を果たしています。冷媒や作動流体のPVT性質を詳細に調べることで、発電システムや、冷蔵庫・空調機などのヒートポンプの性能評価にも役立つほか、近い将来、水素貯蔵のための高圧物性や、バイオマス燃料の取引のための標準データなどの需要も考えられます。

密度の標準と流体の密度測定

産総研は、世界でもっとも正確に固体密度を決定することができる研究機関のひとつであり、密度の特定標準器であるシリコン単結晶球体の密度は、キログラム原器との直接比較による質量絶対測定と、光波干渉計による直径測定をもとに、7桁の精度で決定されています^[1]。これを基準として、液中秤量法^[2]や圧力浮遊法^[3]などの比較測定法により、さまざまな固体の精密な密度測定が可能です。

私たちは、このようにして密度の値付けをしたシリコン単結晶のシンカー（密度の基準となるおもり）と、磁気浮上密度計と呼ばれる装置を用いて、密度標準液の校正もすでに開始しています。磁気浮上密度計は、荷重交換部を磁気浮上させ、非接触で浮力を測ることができるもので、密閉セル内の流体の密度を、気液界面の影響を受けずに高温・高圧下でも測定することができます。

流体のわずかな磁性による誤差を克服

これまで述べたように固体密度標準と磁気浮上

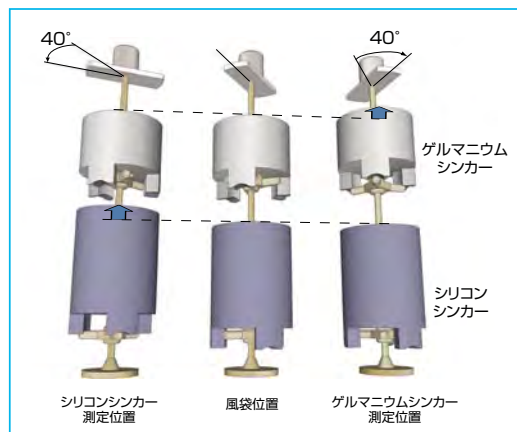


図1 小型アクチュエータを用いて磁気カップリングを回転・上下させることにより、2つのシンカーの荷重交換を行う。

シリコンおよびゲルマニウム単結晶製のシンカー



技術の組み合わせが精密な密度測定のもっとも有望な方法ですが、実際には磁気カップリング周辺の金属や流体などにごく微弱な磁性があり、浮力測定における力の伝達誤差が発生していました。これは密度測定においておよそ100 ppmに相当します。このため、密度標準液に関しては磁化率のデータが存在するもののみを対象として誤差を補正しています^[4]。

近年、有限要素法解析によりこの磁気力の伝達誤差の大半は、シンカー載せ換えの際の永久磁石の上下動に起因することがわかり^[5]、これに基づいて、シンカーの載せ換え前後で浮上位置が変わらない荷重交換手法を開発しました（図1）。さらに、浮上位置が一定の場合、磁気カップリングの吸引力と、力の伝達誤差との間に直線関係があることが判明し、密度の異なる第2のシンカーを用いると、この直線の傾きが求められ、力の伝達誤差の影響を完全に除去することが可能なことを明らかにしました。この原理を用いた新しい密度計を開発し（図2）、世界最高精度でのPVT性質測定を目指しています。

今後の展望

今後は、新しい密度計により密度標準液の校正を高精度化するとともに、PVT標準を整備し、ノンフロン冷媒や水素・バイオマスなど、省エネルギー・新エネルギーの分野に貢献する標準データの量産に注力していきたいと考えています。

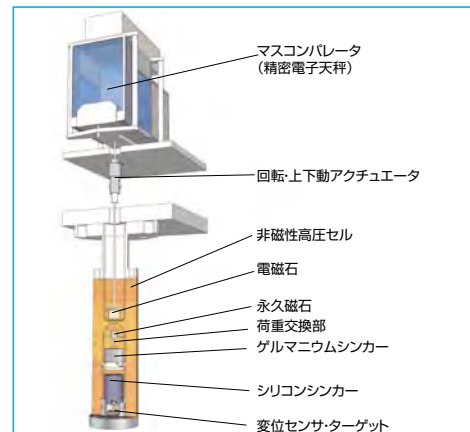


図2 開発したデュアルシンカー磁気浮上密度計

地質情報構造規格「GeoSciML」

地質情報流通をまるごとインターネットに



伏島 祐一郎

ふせじま ゆういちろう

fusejima.y@aist.go.jp

地質情報研究部門
統合地質情報研究グループ
研究員
(つくばセンター)

情報技術の発展に伴って、地球科学分野にも多様な情報システムが構築され、大量の情報流通するようになりまし。それらを相互運用し、統合すれば、利便性が飛躍的に増大し、新たな研究や産業への応用につながるはず。データモデルの開発研究を手掛かりに、産総研活断層データベースや統合地質図データベースの相互運用を実現しました。さらに、世界的な情報相互運用の基盤となる、GeoSciMLに取り組んでいます。

関連情報：

● 参考 URL

GeoSciML に関する URL：
<https://www.seegrid.csiro.au/twiki/bin/view/CGIModel/GeoSciML>

OneGeology に関する URL：
<http://onegeology.org/>

● 共同研究者

脇田 浩二、宝田 晋治、児玉 信介 (産総研)

地質情報の国際標準規格

地質情報構造規格「GeoSciML」^{ジオ・サイ・エムエル}は、地質に関する多種多様な情報を、インターネットを通じて、正確かつ簡単にやり取りし、多様に活用できるようにするための標準規格です。2003年に国際地質学連合の地質情報標準委員会 (CGI/IUGS) によって、国際標準を目指してその策定が開始され、2006年に初版が公開されました。すでに実用化も始まっています。そして、ヨーロッパ・北米・オーストラリアを中心とする各国の地質調査機関のハードもソフトも異なるシステムの間でも、地質図をつないで表示したり、ボーリングデータを検索したりするために利用されています。

データに付ける荷札の取り決め

GeoSciMLは、インターネットの爆発的な普及に伴って、最近急速に一般化してきたXMLで書かれています。XMLは、電子文書を構成する個々のデータにつける、タグと呼ばれる荷札を書く言葉です。きちんとした取り決めに従って書かれた荷札が付いていれば、送り主に聞かなくても、荷物の中身が分かります。たくさん荷物が、何重にも入れ子式に詰め込まれている場合には、荷札はとても役に立ちます。同じように、電子文書に含まれるデータひとつひとつに、人とコンピュータの両方が読み書きできる言葉で書かれた荷札を付けておけば、その荷札によって、コンピュータは自律的にデータの内容を判断し、データを部品のように組み合わせて活用できるようになるわけです。ただし、データにはたくさんの種類があるので、世の中すべてのデータに関する取り決めを作るよりも、データの種類や分野ごとに作る方が効率的です。そこで地質情報に関しては、GeoSciMLが取り決められることになったのです。

規格なのに自由自在

GeoSciMLは、産総研をはじめ、世界各国の地質調査機関の代表者による作業部会によって、構築されています。まず地質情報の用語と

構造が本質的に研究・討議され、それらが標準的なデータモデルとして規格化され、XMLに書き下されました。また、XMLの長所である自由度の高さを生かして、既存の規格を取り込んだ構築が進められています。例えば、地質図の基本的な表示に関しては、地図を対象とした国際標準規格GMLが、ほぼそのまま利用されています。反対にGeoSciMLを、他の分野の規格に継ぎ足して利用したり、書き足したり、一部を抜き出したりして利用することもできるので、地質分野だけに限らず自由自在な応用が可能です。

今後の展開

世界全域の地質図のインターネット流通を目指した国際プロジェクトOneGeologyでの利用など、多方面での応用計画がすでに始まっています。また、GeoSciMLの改訂作業も積極的に進められています。初版が対象としているのは、縮尺500万分の1程度の、地質図やボーリングに関する情報ですが、2008年8月公開予定の第2版では、もっと詳しい地質図を対象とする他に、観察記録・計測量・採取標本・考察解釈結果など、論文や報告書などに記述されている情報も取り込まれる予定です。さらに、各国地質調査機関独自の規格の取り込みにも意欲的で、産総研の活断層データベースからも、そのデータモデルの一部が取り込まれることになっています。

今後、私たちは、日本固有の地質情報に関する規格を策定し、積極的に提案することによって、日本の地質情報の世界的な流通促進を図っていきます。



2007年5月米国アリゾナ州立地質調査所において開催された設計部会では、地質情報データモデルを中心に活発な議論がおこなわれた。

ショートマルチチャンネル音波探査装置の開発

沿岸海底の高分解能音波探査を目指して



村上 文敏

むらかみ ふみとし

fumi-murakami@aist.go.jp

地質情報研究部門
沿岸都市地質研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

音波探査や地中レーダーの物理探査手法を用いて沿岸域および海岸平野の海底下あるいは地下構造のイメージングを行うための調査・技術開発に取り組んでいます。

関連情報：

● 共同研究者

西村 清和 (産総研)

※音波探査

物性の異なる境界で音波が反射する性質を利用して、海底や海底下の地質構造を調査する方法。海面付近で音波の発振・受信装置を曳航し、航走しながら音波を繰り返し発振・受信することにより海底と地質構造を断面としてイメージングできます。音波の受信システムが1個で構成されるものをシングルチャンネル、図1に示すように複数個（通常6個以上）で構成されるものをマルチチャンネルと呼んでいます。

● 能登半島西方海域の調査は、文部科学省科学技術振興調整費「平成19年（2007年）能登半島地震に関する緊急調査研究」（研究代表者：防災科学技術研究所地震研究部地震観測データセンター長、小原一成）の一環として実施しました。

日本沿岸の海底地質調査

産総研では、日本周辺の海底地質図作成のために地質調査船「第2白嶺丸」（2111トン）で調査を行ってきました。音波探査※による海底下の地質構造イメージングから地層を区分し、さらに海底に露出している地層のサンプルを採取して地層の年代を決めています。

陸域から連続する沿岸海域は、さまざまな経済活動が行われており、そこで地震などの地質災害が発生すると陸域にも大きな被害を与える重要な場所です。しかし、大型の観測船による調査ができないなどさまざまな制約があるため未調査域となっています。小型船を用いても、搭載できる音波探査装置はシングルチャンネル装置までが限度でした。さらに、高品質の反射データを得るためにはマルチチャンネル音波探査が必要ですが、従来の装置は、長さ数百m～数kmの受信ケーブルを用いるなど規模が大きすぎて小型船への搭載が困難でした。

ショートマルチチャンネル音波探査装置の開発

そこで、私たちは、総合地質調査株式会社との共同研究で短いマルチチャンネル受信ケーブルの実用化、船上データ収録装置のコンパクト化、データ処理手法の最適化を行いました。

今回開発した音波探査装置は、受信装置と音源を含めても全体がコンパクトなので小型船に搭載できます。受信ケーブルのチャンネル間隔が従来のケーブルに比べて狭く、進行方向への高分解能化を実現でき、細かく変化する構造

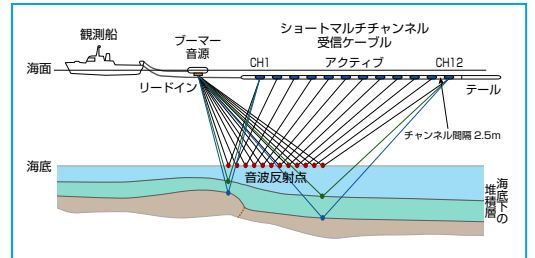


図1 ショートマルチチャンネルシステムでの音波探査
1回の音源発振に対して海底および各地層境界から12個の反射点が得られる。受信ケーブルの全長は約60mである。

もとらえられます（図1）。シングルチャンネル音波探査では探査深度に限界がありましたが、ショートマルチチャンネル音波探査装置では、重合処理によって高品質の反射信号が得られ、探査深度の増大などのメリットが得られます（図2）。

能登半島西方海域での調査

この装置を活用して、2007年7月に、同年3月25日に発生した能登半島地震の震源域を中心とする海域の調査を4トンの小型漁船（観測要員3名）で行いました。従来のマルチチャンネル調査では100トン以上の船と観測要員6名程度が必要でしたが、それに比べると少ない費用で簡便に調査できます。

この調査によって、断層に関してこれまでの報告より詳細な形状や分布などが明らかになりました（図3）。このように、ショートマルチチャンネル音波探査装置が、活断層調査などの沿岸海域の音波探査において有効であることが確認されました。

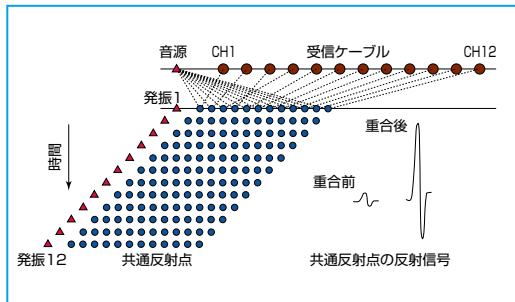


図2 反射信号重合によるデータの高品質化の原理

船の進行方向へ1.25m間隔でブーマー音源から音を発振させ、反射波を12チャンネルの受信ケーブルで受信することにより、共通の反射点で12個の反射信号が得られる。これを重合すると信号対雑音比にすぐれた高品質のデータが得られ、探査深度が増す。

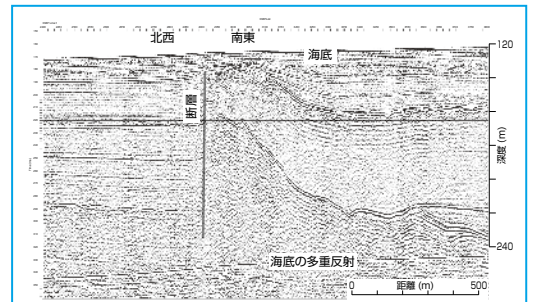


図3 能登半島西方海域調査で得られた重合処理断面

縦軸は海水中と地層の音波伝搬速度を1,500m/秒と仮定して求めた深度である。南東に傾く逆断層が認められ約2万年前の最終氷期に形成された侵食面まで達しており、海底近くまでの細かい構造が判読できる。

座標測定機による3次元形状の高精度測定技術

測定機的能力を超える測定手法



大澤 尊光

おおさわ そんこう

sonko.osawa@aist.go.jp

計測標準研究部門
長さ計測科 幾何標準研究室
主任研究員
(つくばセンター)

三次元座標測定機の標準に関する研究、真直度等幾何偏差の標準・歯車測定に関する研究など幾何学量に関する研究に従事しています。

関連情報：

● 共同研究者

佐藤 理 (産総研)

● 参考文献

[1] 計量標準モノグラフ第8号、2005年6月

[2] S.OSAWA et al., Precision Eng., 29, 56-64, 2005

● 用語説明

* 真直度

直線形体の幾何学的に正しい直線からの狂いの大きさをいう。その方向に垂直な幾何学的に正しい平行な2平面の間隔が最小となる場合の2平面の間隔。

** 反転法

真直度・直角度の高精度な測定によく用いられ、測定機の運動による誤差を取り除く手法。具体的には測定対象を現状の位置で測定した後、180°回転させ、もう1度測定を行う。反転前後の測定結果を平均すると、測定機の運動誤差を打ち消しあわせ、軽減することができる手法。

*** 円筒度

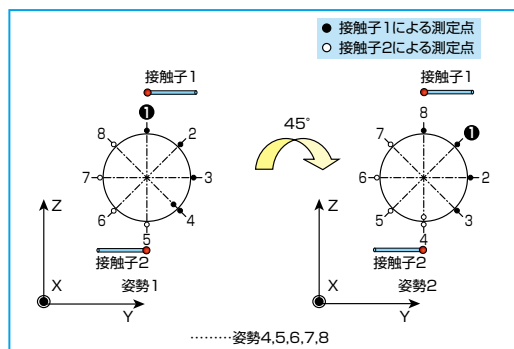
円筒形体の幾何学的に正しい円筒からの狂いの大きさをいう。円筒形体を2つの同軸の幾何学的円筒ではさんだとき、同軸2円筒の間隔が最小となる場合の2円筒の半径の差。

はじめに

金型や自動車部品などの寸法や三次元の形を測定する場合、通常、座標測定機 (CMM) が用いられています。CMMは、その構造から21個に及ぶ幾何学誤差をもっています。これらの誤差は、あらかじめ校正されたゲージなどで算出され、補正用データとして使用されます。しかし、補正を行ってもすべての幾何学誤差を取り除くことはできないため、数 μm 程度の不確かさが残る場合があります。金型などの超精密な部品やマスターとなるゲージなどの測定では、1 μm 以下の不確かさを要求される場合もあります。1 μm 以下の不確かさで部品やゲージを校正するためには、測定機を賢く使用する技術が必要です。

CMMによる高精度測定法

真直度*の測定では、測定機的能力以上の測定を行うため、反転法**と呼ばれる手法を利用します。この手法は、CMMによる測定でも利用でき、ボールプレートというCMMの検査用ゲージの校正にも利用しています^[1]。また、円筒のような対称的な形をした物体の測定では、円筒の円筒度***、真円度や直角度などの幾何偏差量を測定する場合、CMMの幾何学的誤差が大きく測定値に影響するため、マルチ測定法^[2]と呼ばれる測定手法を利用します。この手法を用いると、CMMの測定精度を超えた測定ができます。



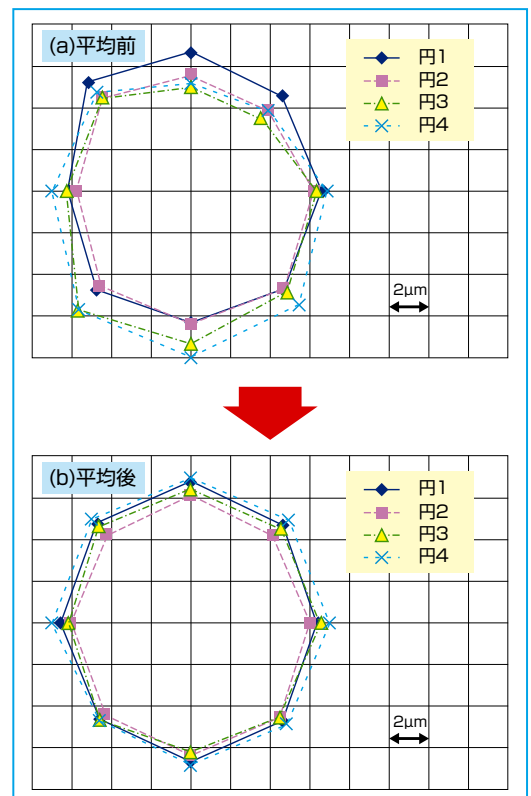
マルチ測定法による円筒測定

円筒を45°ずつ回転させて同様な測定を8回行い、測定結果を平均することでCMMの幾何学誤差、2本の接触子の位置関係のオフセット誤差やセンサの機械的特性による誤差を打ち消しあわせて、測定の高精度化を図っている。

ただし、これらの手法は、測定機の運動による誤差は補正できますが、測定機のスケール自体の誤差は除去できないため、寸法、位置などの測定に適用する場合には、ブロックゲージのような長さ基準器が必要となります。

おわりに

CMMは、高精度な測定機ですが、測定精度には限界があります。その限界を超えるためには、このような計測技術が必要となってきます。機械の特性や幾何学誤差の意味を理解することで、その誤差が打ち消しあう計測技術を考案でき、さらなる高精度な測定を行うことが可能となります。このような計測技術を使用して、産総研では、産業界から依頼されたゲージなどの校正作業を行っています。



マルチ測定法の効果

円筒の一面を円として測定した結果。平均前はさまざまな誤差の影響でゆがんでいたが、平均後は、ゆがみなく、誤差が除去されている様子が見える。

超電導薄膜の非破壊的な特性評価方法

臨界電流密度とともに均質性指標 n 値を測定

特許 第 3845729 号

(出願 2003.4)

● 関連特許

登録済み：国内 1 件

出願中：国内 1 件

研究ユニット：

エネルギー技術研究部門

適用分野：

- 超電導情報通信デバイス
- パワーデバイス用の大面積薄膜やテープ線材の評価

目的と効果

液体窒素温度で超電導状態となる高温超電導体を薄膜にしてサファイアなどの単結晶基板上に被覆した超電導薄膜は、携帯電話基地局で用いられているマイクロ波フィルターや、落雷などによって電力系統に発生した事故電流を抑制する限流器へ応用されます。また、配向した金属テープに超電導薄膜を被覆した超電導テープ線材は、送電ケーブルや、発電機などへの応用が期待されています。それらに用いられる超電導薄膜の臨界電流密度やその分布を正確に把握して、薄膜の品質を管理することが重要です。

技術の概要、特徴

図 1 に、超電導体に電流を流したときに電圧が発生する様子（電流電圧特性）を、電界（単位長さあたりの電圧）と電流密度の関係として示します。電気抵抗がゼロとなる超電導体には大きな電流を流すことができますが、ある決まった電流密度の値（臨界電流密度 J_c ）より大きな密度の電流を流すと電気抵抗が発生します。この値は、通常、 $100\mu\text{V}/\text{m}$ の電界が発生するときの電流密度として定義され、これを大きくすることがパワー応用において重要な課題です。これまで、超電導薄膜の上に置かれた小さなコイル

ルに交流の励磁電流を流しつつ、誘導電圧の高調波成分を測定して、局所的な J_c を非破壊的に測定する第 3 高調波誘導法が広く用いられて来ましたが、 J_c を決定する電界基準を考慮していないために、正確な測定がなされていませんでした。発明者らは、コイル励磁電流の周波数を変えて複数回の測定を行うことにより、より正確な J_c を得るとともに、試料の均質性の指標である n 値も同時に測定できることを示しました（図 2）。

発明者からのメッセージ

ここで赤く示されている区画は特性が少し劣化している部分ですが、 J_c の低下よりも、 n 値の低下が顕著です。 n 値は、それ自身、パワー応用において重要なパラメータですが、 J_c と同時に測定することによって特性劣化部分の検出が容易になるため、情報通信デバイス用の薄膜においても、その品質管理に大きく役立ちます。

また、この方法による J_c と n 値の測定は、薄膜に任意の方向の磁界が印加された場合でも可能ですので、金属基材超電導テープ線材のマグネット応用のための重要な特性を簡単に評価できます。

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して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/

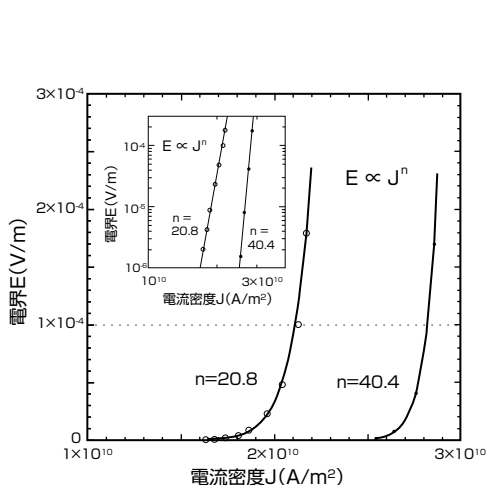


図 1 超電導体の電流密度と電界の関係を示す。高温超電導体では、多くの場合、べき乗の依存性 $E \propto J^n$ を示し、その指数 n (エヌ値) は、試料の均質性の指標となる。

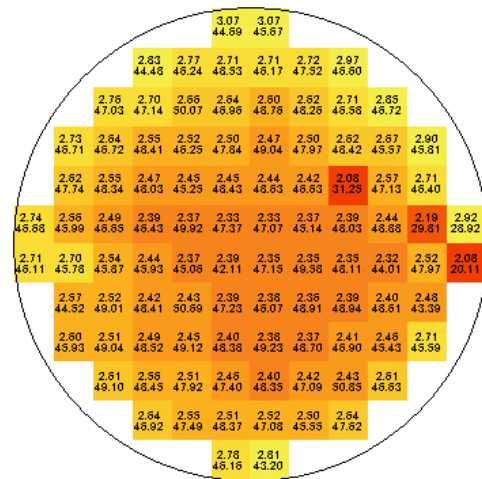


図 2 5 cm 径高温超電導薄膜の J_c (上の数字、 MA/cm^2) と n 値(下の数字)の分布。

コンピュータ入力装置

直感的な操作を容易にする

特許 第 3876309 号
(出願 2002.7)

● 関連特許
出願中：国内 1 件

研究ユニット：

知能システム研究部門

適用分野：

- マンマシンインターフェイス
- 携帯情報機器の入力装置

目的と効果

この特許はページをめくる動作をもとにした新たなマンマシンインターフェイスを提案します。例えば、キーボードとマウスで読む電子書籍は実物の書籍と比べると検索性、一覧性が明らかに劣ります。書物のページをめくるように、大量の情報を斜め読みしたり大まかな場所を指定したりするのに、視覚を必要とせず触覚だけで扱える物理インターフェイスを提案しました。

技術の概要、特徴

ページをめくる動作をインターフェイス化するためのデバイスとして、蛇腹状に折り畳まれたシートを使うことを提案しました。このシートには、変形を検知するセンサーが組み込まれて、シートのどこに指が力を入れているかを検知することができます。センサーからの信号は、コンピュータにより処理されます。蛇腹の「ページ」の数が多ければ、位置を指定する際に、粗動と微動を人間が本のページを探すのと同じくらい効率的に行うことができるようになります。

次に、シートを、ページをめくるようにさばくことにより、大きく変形を受ける場所が変わります。その変化を測定することによって変位として情報を取り出すことができます。これにより、スクロールや電子書籍のページをめくる速度を変化させることができるようになります。

このデバイスの利点は、絶対位置と相対距離の入力を両立している点にあります。視覚に頼らないことから、必ずしも機器の前面に装備する必要はありません。例えば、最近の携帯電話のような前面がすべてスクリーンになっているような機器でも側面に取り付けることができます。

発明者からのメッセージ

この発明は、実際に自分が欲しいデバイスを考えているときに生まれてきたものです。電子書籍がはやらないのは、キーボードやダイヤルではページをめくるのがもどかしいからだと考えて、この特許にあるデバイスを思いつきました。どなたか、是非実用化して、迫り来る本の山の恐怖から解放してください。

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

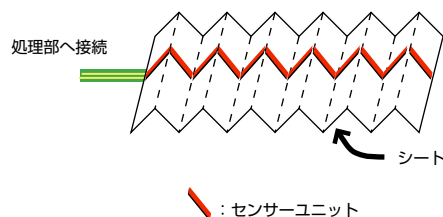
つくば中央 2

TEL：029-861-9232

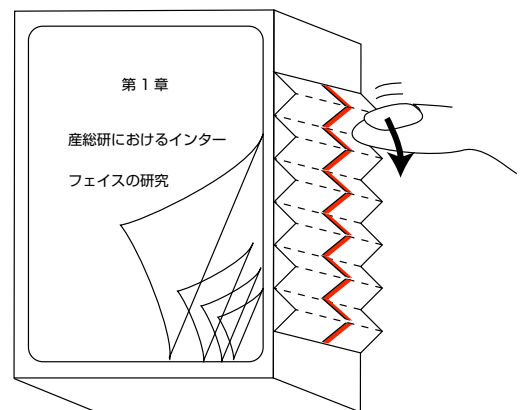
FAX：029-862-6159

E-mail：aist-innovations

@m.aist.go.jp



システムの概要(デバイス部のみ)



このデバイスを装備した携帯情報機器の例

タイ王国NSTDA 国際アドバイザー会議への理事長出席 およびタイ科学技術フェア2007への出展

報告

8月2日～3日に、タイ王国最大の国立研究機関であるNSTDA（国立科学技術開発庁）の国際アドバイザー会議がバンコクで開催され、吉川理事長が議長として出席しました。会議ではNSTDAの研究運営、産業界との関係、研究評価、ミッションなどについて活発な議論が行われました。



吉川理事長（議長）とタイNSTDA（国立科学技術開発庁）国際アドバイザー会議メンバー

NSTDA傘下には、各研究所（MTEC、NANOTEC、BIOTEC、NECTEC）があり、産総研とは2004年に包括的研究協力協定を締結して、エネルギー・環境・情報分野などで活発な研究連携を推進しています。

また、8月8日～19日には、バンコクにおいて毎年100万人が来場する、タイ科学技術フェア2007が開催されました。今年は日タイ修好120周年を記念して、初めて日本国として日本館ブースを設け、産総研をはじめ、東京大学、東京工業大学、新エネルギー・産業技術総合開発機構、物質・材料研究機構、海洋研究開発機構、理化学研究所などの大学、独法など25機関、およびトヨタ自動車、本田技研工業、村

田製作所などの多数の企業が参加し、多くの見学者が会場を訪れました。

産総研は、毎年参加しており、今年にはインテリジェント車椅子、ヒューマノイドロボット「チョロメテ」、メンタルコミットロボット「パロ」、ハイパーミラー、筋電義手の出展と、パネル展示（GEO Grid、太陽光発電、BDF、光触媒、バイオマス、糖センサー）を行いました。

開催中に訪れた、シリントーン王女殿下がパロとともにインテリジェント車椅子に試乗される場面もあり、タイのテレビ、新聞で報道されるなど、産総研の研究成果について多くの方に理解していただける機会となりました。

産総研 四国・中国センター 一般公開

お知らせ

四国センター 10月13日(土) 9時30分～16時00分 香川県高松市林町2217-14 TEL: 087-869-3530

- 科学教室
 - ・巨大地震がやってくる
- 体験コーナー
 - ・消える・見える・燃える？文字
 - ・立体テレビや立体映画で体験する偏光の不思議
 - ・ふしぎ光マジック - 見えない光で見える色 -
 - ・「でんぶん」と「こうそアミラーゼ」
- 工作コーナー
 - ・はんこ名人でオリジナルはんこを作ろう！
 - ・オリジナルの紙風船を作ろう！
- 特別展示
 - ・プログラムを自由に設定できるロボット「チョロメテ」
 - ・メンタルコミットロボット「パロ」
 - ・熱を無駄なく電気に変える
 - ・キンデン（筋電）を手軽に
- 展示コーナー
 - ・四国センターの研究紹介

中国センター 10月19日(金)・20日(土) 10時00分～16時00分 広島県呉市広末広2-2-2 TEL: 0823-72-1944

- 瀬戸内海大型水理模型
 - ・瀬戸内海全体を1/2000に縮小（全長230メートル）
- 移動地質標本館
 - ・「中国・四国地域」シームレス地質図（縦7メートル 横6.2メートル）
 - ・化石・鉱物に触れてみよう
- おもしろサイエンス実験ショー
 - ・呉市共催 呉市民科学技術セミナー
 - ・杉木優子氏（集光発火、瞬間氷、一斗缶つぶし）
- 中国地域産総研技術セミナー（10月19日）
 - ・「産総研中国センターにおける地域連携及び研究活動」
中国センター所長 松永 烈
 - ・「バイオマス研究センターのバイオエタノール生産技術研究について」
バイオマス研究センター 澤山 茂樹
 - ・「瀬戸内海を例にした沿岸海洋研究について」
地質情報研究部門 湯浅 一郎
- 特別講演（10月20日）
 - ・「地震・津波の発生を予測」
活断層研究センター 佐竹 健治
 - ・「地球気候変化を我々は理解しているか」
環境管理技術研究部門 原田 晃
- 展示コーナー
 - ・メンタルコミットロボット「パロ」
 - ・小型ヒューマノイドロボット「チョロメテ」
- 研究紹介コーナー
 - ・バイオマス研究センター
 - ・地質情報研究部門
- チェーンソー・カービングショー
 - ・城所 啓二氏

北陸技術交流テクノフェア2007に出展

お知らせ

「北陸技術交流テクノフェア2007」は、10月18日～19日に福井県産業会館で開催されます。このテクノフェアは、北陸で最大規模の産学官交流の場となっています。

18回目を迎える今年、産総研は8件の技術シーズの展示と3件の技術プレゼンテーションを行い、新技術の導入や新製品開発を目指している企業との積極的な交流・情報交換を行い、新た

な共同研究、技術移転などに繋げていきたいと考えています。

主な出展技術としては、中小製造企業のIT化による競争力強化を支援する「IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム」、ナノテク関連技術として「高結晶性チタン酸バリウム微粒子とその連続製造技術」、「超音波でつくる機能性ナノ粒子」他2件、フェア特別企画 WEAR-ABLE MEETING

に関連した技術として「ウェアラブル情報環境のための無電源音声通信システム: Aimulet」、「利用者の位置と方向に基づいたイベント空間での情報支援技術」、監視システムに役立つ画像の認識処理システム「動画像処理ビジュアルフレームワーク Lavatube」などがあります。

北陸技術交流テクノフェアのホームページ
<http://www.technofair.jp/>

新役員紹介

お知らせ



こが しげあき
 理事 古賀 茂明
 2007年8月20日就任

略歴

- 1980年 3月 東大法学部第一類卒業
- 1980年 5月 通商産業省入省
- 1994年 6月 通商産業省産業政策局総務課産業組織政策室長
- 1996年 7月 通商産業省産業政策局産業組織課長
- 1996年 7月 経済協力開発機構(OECD)科学技術産業局規制制度改革課長
- 1999年 7月 通商産業省産業政策局取引信用課長
- 2001年 1月 経済産業省商務情報政策局取引信用課長
- 2002年 7月 経済産業省産業技術環境局技術振興課長
- 2002年 11月 内閣府産業再生機構設立準備室参事官
- 2003年 5月 株式会社産業再生機構執行役員
- 2004年 6月 経済産業省経済産業政策局経済産業政策課長
- 2005年 9月 経済産業省中小企業庁経営支援部長
- 2006年 9月 独立行政法人中小企業基盤整備機構理事
- 2007年 8月 独立行政法人産業技術総合研究所理事に就任、現在に至る

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/>

2007年10月

9月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
10 October			
1～3日	生活支援工学系学会連合大会 福祉工学シンポジウム	つくば	029-861-7057●
1～3日	Updating Quantum Cryptography 2007 国際量子暗号会議	東京	03-5298-4723●
3日	次世代機能性材料発表会「次世代機能性材料」の開発を目指して	京都	072-751-9606●
8～12日	ライブセルイメージング講習会	つくば	029-861-5555●
10日	「科学技術と産業」国際シンポジウム	東京	03-5501-0844●
10～12日	新エネルギー世界展示会	千葉	03-3273-6184
13日	産総研一般公開(四国センター)	香川	087-869-3530●
17～19日	エコ・テクノ2007「地球環境・新エネルギー技術展&セミナー」	福岡	0942-81-3604●
18日	計算機言語談話会(CLC)	大阪	06-4863-5022●
19～20日	産総研一般公開(中国センター)	広島	0823-72-1944●
19日	産総研レアメタルシンポジウム	東京	052-736-7091●
23日	産総研糖鎖医学研究センター見学&講演会 for GLIT	つくば	029-861-3255●
26日	システム設計検証技術研究会	大阪	06-4863-5022●
26日	サイエンスカフェ@アキバ～研究者が思うこと、企業ができること～	東京	03-5298-4722●
29～11月2日	生物・環境標準物質に関する国際シンポジウム	つくば	029-861-4100●
31～11月3日	名古屋国際木工機械展/ウッドエコテック2007	名古屋	052-321-4470

●は、産総研内の事務局です。

カーボンナノチューブの光・電子物性と機能

ナノカーボン研究センター ナノカーボンチーム カザウィ・サイ (Said KAZAOUI)

基礎研究をしながら、応用を目指す

単層カーボンナノチューブ (SWNT) は、グラファイトシートを丸めた、直径 1nm から数 nm の筒状構造をした炭素物質です。シートをどの方向に丸めるか (chirality) によって、SWNT は、金属になったり半導体になったりするといふたいへんユニークな性質と物性を持っています。

カザウィさんは、これまでに SWNT の光・電子物性を研究するために、SWNT 粉末を π 共役高分子中に分散する技術を開発しました (図 A)。最近ではこの技術を用いてある程度ひとつひとつの半導体 SWNT の chirality を分離し、選択的に半導体と金属 SWNT をわけることができました (図 B)。さらに、SWNT+高分子薄膜を用いて近赤外域 (900-1600nm) で光電変換機能 (PC) 及び電界発光機能 (EL) を持つデバイスを世界で初めて作製しました (図 C)。また、SWNT 薄膜の電気抵抗を低くするために SWNT の電子状態を制御する技術を開発しました。具体的には、異種元素 (ハロゲン/アルカリ金属) ドーピングや電気化学ドーピングによって SWNT 薄膜の電気抵抗値を初期値の 10 分の 1 程度にまで減少させることに成功しています。

これらの結果に基づいて、現在は、SWNT 薄膜と SWNT+高分子薄膜の有機太陽電池への利用を検討しています。

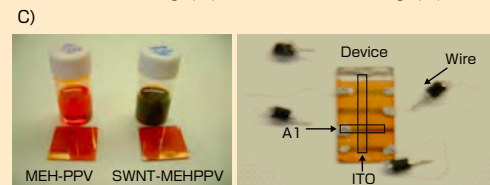
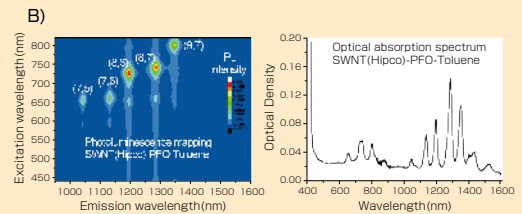
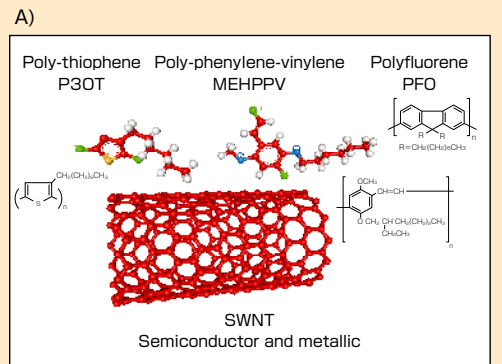


図 A) SWNT と高分子の構造
 図 B) SWNT 粉末を高分子中に分散した溶液のフォトルミネッセンスと吸収スペクトル
 図 C) SWNT 粉末を高分子中に分散した溶液と薄膜 (左) デバイスの構造 (右)

カザウィさんからひとこと

基礎研究レベルでは、SWNT の発光、光伝導、励起緩和過程のメカニズムを解明することに努めています。社会のために、エネルギーと環境の課題を解決するために、基礎研究をしながら応用を目指しています。