

# AIST Today

研究、成果、  
そして  
未来へのシナリオ

01  
January  
2004  
Vol.4 No.1

社会に活力をもたらす本格研究を

## トピックス

- 生命の黎明期に分岐した  
未知の細菌ジェマティモナス オーランティアカ  
(*Gemmatimonas aurantiaca*)の発見

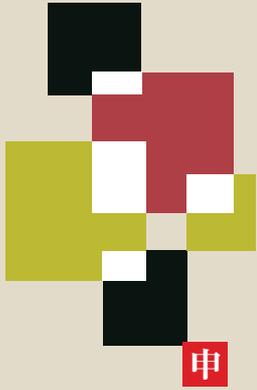


特集

持続可能な社会を目指す  
環境技術の研究



National Institute of  
Advanced Industrial  
Science and Technology



年頭所感

# 産総研に与えられた使命

混迷する世界の問題解決に結びつくシナリオを出発させる

独立行政法人 産業技術総合研究所

理事長 吉川 弘之





ベルリンの壁の崩壊がまだ私たちの記憶に新しいと  
言うのに、そしてその時、来るべき平和な世界を期待  
を持って考えていたのがついこの間だったように思え  
るのに、その期待は全く裏切られて、恐ろしい時代と  
なった。その時の期待とは、壁の崩壊の3年後にリオ  
で開催された地球サミットに代表されるように、人類  
全体にとって深刻な問題である地球環境問題に、今こ  
そ全人類が連帯して立ち向かえるという期待でもあっ  
た。そしてそれは、貧困地域の解消とともに、持続可  
能な開発という概念が地球上で共有される状況を生  
み、それが概念に止まらず現実的に歩み出す連帯の方  
法に着手させたのであった。

しかし今、私たちはそれが早過ぎた期待であったこ  
とを悟らされている。国際的な秩序の乱れが、歴史上  
類を見ない形で出現した。この混乱は一刻も早く解消  
しなければならない。そのために私たち科学技術研究  
者は、何をすることができるのであろうか。

世界のいくつかのアカデミーでは、テロに対抗する  
科学技術という項目を、緊急の検討課題としてあげて  
いる。日本にとっては、テロが一般市民に与える被害  
の最小化を目標とすることになるであろう。この目標  
は、立場のいかんを問わず、我が国の科学技術研究者  
として持つべきことである。



このような緊急の課題は当然としても、より長期的  
な課題を、このような混乱を前にしてどのように考え  
るべきであろうか。“それは持続可能な開発という概  
念の拡張である”と私は考える。この概念は、未来の  
人類が必要なものを求める可能性を、現代の人類が必  
要なものを求める可能性と同等に保つという条件のも  
とでのみ、我々の開発行為が許されるというものであ  
る。従ってそれは、現代の人類と未来の人類との関係  
を言っているのであるが、さらにこの条件を、現代の  
人類の間でも成り立たせよう、というのが拡張の意味

である。すなわち、地球上のどの地域の開発も、それ  
が他の地域の開発の可能性を低下させてはいけない、  
というものである。

よく考えてみれば、このことは持続可能な開発のも  
との意味に、必要条件として含まれていなければなら  
ないものであるし、しかも現実には地球温暖化問題にお  
ける京都議定書はこの趣旨にもとづいて定められたも  
のである。しかしここで敢えて拡張と言うのは、この  
意味で手をつけるべきことがまだ現実に多く残されて  
いるからである。そしてそれが、現在の秩序の混乱の  
根底的な原因であると考えられるのである。



手をつけられていないこと、それは食糧や衛生的な  
水の確保、疾病の治療と予防、エネルギーの確保と利  
用など、既に脅威となりつつあることに関し、現代の  
人類の間でどれだけの共通の見通しと連帯する行動が  
あるかを考えてみれば明らかである。残念ながら、私  
たちが信頼を寄せ得る見通しも行動計画もない。その  
中で、地球温暖化問題は前途多難であるとは言え、大  
きな期待を持ち得る状況にある。そこには国連を中心  
として、世界で共通な考え方を持って各国がそれぞれ  
努力を分担するという姿がある。

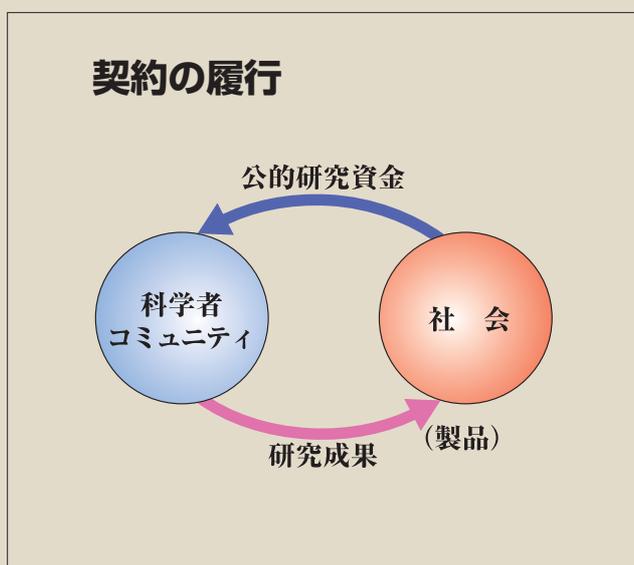




これらの、オゾン層破壊を含む気候変動に関する国際的協調には、私たち科学技術研究者にとって重要な意味が含まれている。それは、国際的合意が科学的に確認された知見にもとづいて行われていること、しかもその科学的知見は単なる伝統的な領域的知識の適用でなく、多領域の協力、あるいは新領域とも考えられる新種の知識の適用の結果生まれているという点である。ここには、科学技術研究者の役割と責任、そして同時に、これからの科学技術研究の方向についての重大な示唆が含まれている。



この示唆を受けて、私たち産業技術総合研究所の研究をどのように展開するべきであろうか。発足以来、私たちは社会の期待に応える有用な研究成果を社会に還元する方法を考えて来た。それは、「第1種基礎研究」に止まらず、それが産業において意味を持つための必要条件を満たすために、知識を合成し新知識を追加する「第2種基礎研究」、そして更に、社会において十分な意味と価値を持つものへ収束する製品化研究を行う。この三者が融合した「本格研究」は、産総研研究ユニットの構成原理である。そして一昨年来の、



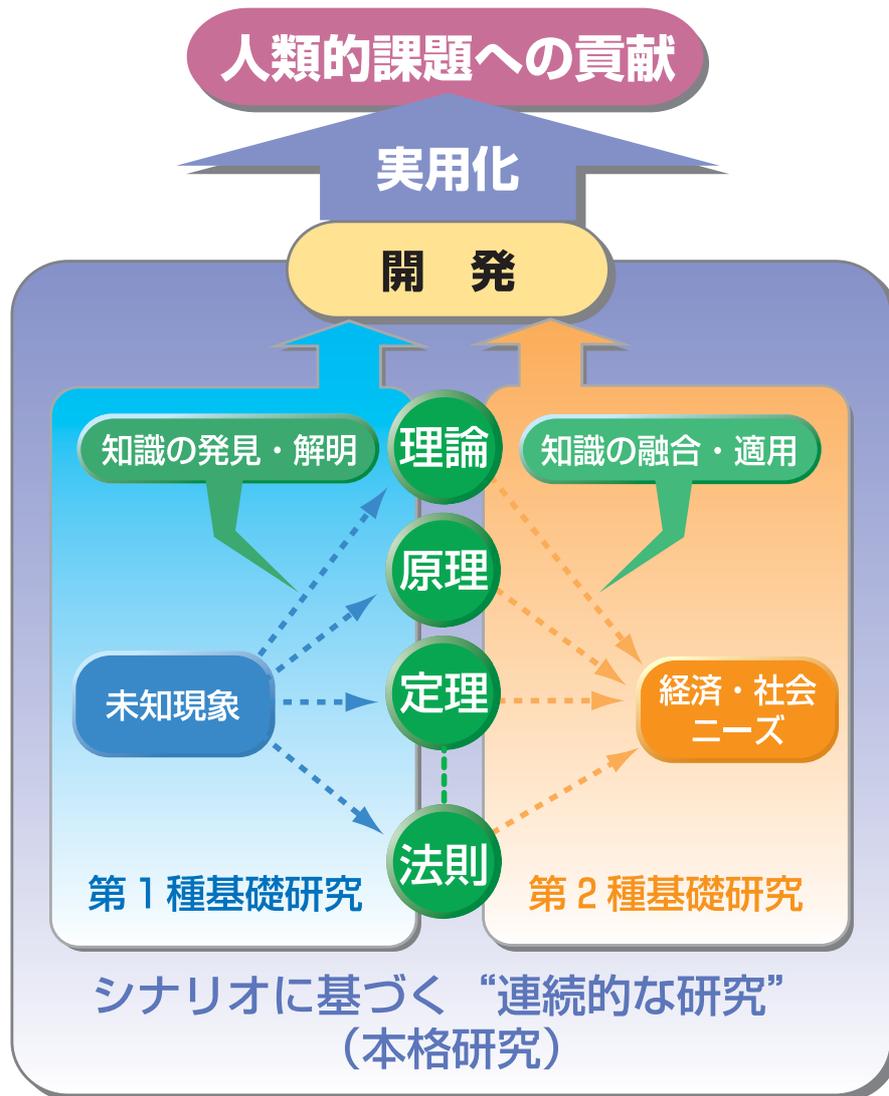
「第2種基礎研究ワークショップ」と、「本格研究の製品ワークショップ」とによって、私たちは考え方を共通化することが出来たし、それは研究と社会との関係を新しく定義づけるものとして、一般的にも理解されるようになったと考えてよい。私たちは今、産総研と産業との間に「社会的契約」履行のためのループを形成したと言ってよいであろう。そしてそのループの上に、何を流すかが次の課題である。

その課題を、前述の手がつけられていないものへ手をつけることと重ねること、それが産総研に与えられた使命であろう。言い換えれば、本格研究で何を解決するか、ということである。言うまでもないことであるが、手をつけられていないこれらの問題の解決は社会全体が行うものである。しかし、産総研から産業へというつながりは、その重要な役割を担うものである。その立場で「本格研究」を見るとき、改めて産総研における「第1種基礎研究」の意義が浮上して来る。既に豊富に存在する産総研における「第1種基礎研究」を、「本格研究」で何を解決するかという視点で作られるシナリオの出発点に位置付けることが必要である。



「本格研究」のうち、「第2種基礎研究」と「製品」について議論を重ねたことを前提とすれば、次は「第1種基礎研究」だ、と考えるのは自然であるが、同時にそれが混迷する世界の問題解決に結びつくシナリオを出発させるものになること、それが2004年の年頭における私の想いである。

## 新しい研究開発概念と「本格研究」



研究と開発の定義		
	定義	活動
第1種基礎研究	未知現象を観察、実験、理論計算により普遍的な理論（法則、原理、定理など）を発見・解明、形成するための研究をいう	発見・解明
第2種基礎研究	特定の経済的社会的な必要性（ニーズ）のために、既に確立された複数の理論（法則、原理、定理など）を組み合わせ、観察、実験、理論計算を繰り返し、その手法と結果に規則性や普遍性のある知見および目的を実現する具体的道筋を導き出す研究をいう	融合・適用
開発	第1種基礎研究、第2種基礎研究及び実際の経験から得た成果と知識を利用し、発明された新しい材料、装置、製品、システム、工程、サービスの事業化可能性を工学的かつ社会経済学的アプローチで具体的に検討する	実用化

## CONTENTS

01  
January  
2004

# AIST Today

National Institute of  
Advanced Industrial  
Science and Technology  
Vol.4 No.1



陸上自衛隊岡山演習場(新潟県)  
における大規模な野外実験

### メッセージ

- 02 「年頭所感」  
産業技術総合研究所 理事長  
吉川 弘之



産総研理事長 吉川 弘之

### トピックス

- 07 生命の黎明期に分岐した  
未知の細菌  
ジェマティモナス オーランティアカ  
(*Gemmatimonas aurantiaca*)の発見

### 特集

- 20 持続可能な社会を目指す  
環境技術の研究

### リサーチ ホットライン

- 10 精密遺伝子導入法の確立に向けて  
11 生体内過酸化反応の追跡と防御  
12 フロンタル・アフィニティ・  
クロマトグラフィーで糖鎖を読む  
13 生体の近赤外光イメージングの  
高精度化  
14 カメレオン配列の自由エネルギー地形  
15 3次元情報復元のための  
複数カメラシステム同時校正法  
16 無電解ニッケルめっきにおける  
ニッケルリサイクル  
17 高出力レーザーパワー標準の開発  
18 光散乱分光(SLS)法による  
薄膜製膜過程の観察と応用  
19 エネルギーネットワークの将来像を探る

### ベンチャー

- 45 (株)光触媒研究所

### 産学官連携

- 46 効率的に!そして効果的に!

### 技術移転いたします!

- 48 硬組織再生リン酸カルシウム微小ユニット  
49 耐熱性、徐放性を有する  
有機-粘土複合体

### テクノインフラ

- 50 蛍光X線分析用鉄クロム合金(Cr40%)  
標準物質の開発  
51 5万分の1地質図幅の数値化を進める  
52 産総研工業標準化ポリシーの制定

### AIST Network

- 54 平成15年度産総研国際シンポジウム  
開催 ほか

# 生命の黎明期に分岐した未知の細菌

*Gemmatimonas aurantiaca*

## ジェマティモナス オーランティアカの発見

### 細菌系統で日本初の新「門」の認定

最も単純な生物である細菌は地球上の至る所に生息しており、その多様性も極めて大きい。現在までに6000種を超える細菌種が分離されているが、この数は環境中の細菌群集のごく一部に過ぎないという考え方が一般的である。下水処理場において排水処理に関わっている細菌群集の全体像もまた明らかになってはならず、その大部分が未知細菌により占められている。生物機能工学研究部門では、網羅的な未知細菌の探索という研究過程で、下水浄化を担っている細菌群集の中に、これまで知られていなかった全く新しい系統に分類される細菌がいることを発見した。この細菌を、新しい生物としてジェマティモナス オーランティアカ (*Gemmatimonas aurantiaca*) と名付けたが、特定遺伝子(16S rRNA 遺伝子)を用いた系統学的解析から、今までに知られているどの細菌とも近い関係にはなく、「門」という大きな分類階級レベルで新しい系統群に分類されることが明らかになった。このような分析結果を受けて、この細菌を代表とした完全に新たな分類門、ジェマティモナデテス門(*Gemmatimonadetes*)を提案し、認定された。細菌系統における、このような新門提案および受理は日本では初めての事である。

### 地球上の細菌群集の99%は未知細菌で占められている

基本的に単細胞という形態を持ち、最も単純な生物であるとされる細菌（バクテリア）は地球上の至る所に分布している。例えば土の中や海中、空気中、温泉水中、地下岩盤中、あるいはヒトの口や大腸の中など、様々な環境中に生息している。もし顕微鏡を持っているのであれば、いかなる場所においても、我々は細菌を簡単に発見することが出来る。現在までに多種多様な細菌が様々な環境中から発見され、その形態や生理学的性質が明らかにされて来ている。しかし、その一方で、今日までに明らかにされている細菌のバリエーションは、環境生態系を構成する全細菌のその1%にも満たないものであると考える研究者が数多く存在している。つまり、細菌群集の99%以上が未だ素性の明らかになっていないもので占められているというのだ。実際、一握りの土やコップ一杯の海水ですら、数え切れないほど大量の未知の細菌（未だ培養されたことのない細菌）を含んでおり、我々はその中に存在する細菌の全体像についてはほとんど無知であると言える。

近年、環境中の微生物に含まれる特定の遺伝子配列(16S rRNA 遺伝子という、すべての細菌に存在する遺伝子配列)を標的として、直接、細菌の多様性を解析する手法が盛んに行われるようになってきた。このような「培養に依存しない環境細菌相多様性解析」により、細菌の多様性は現在知られているものよりも遙かに大きいことが、同様に示唆されて来ている。このような解析結果を受けて、環境中の未知細菌の探索が重要な課題となって来ている。当研究部門生物資源情報基盤研究グループは、未だほんの一部しか明らかになっていない細菌多様性の全解明を究極の目的とし、網羅的な新規細菌の環境からの分離を精力的に行ってきた。

### 未知細菌を発見する戦略

細菌の場合、その生理学的・生化学的性質を解明するためには、純粋培養による増殖系を確立する事が必要となる。これを分離（または単離）と呼ぶが、これが達成されない限り細菌の正確な性状把握は不可能である。細菌を分離培養する方法としては、一般に寒天培地の上に菌液を塗り広げる平板培養法や液体培地を

用い確率的に細胞数が1個となるような状態まで希釈する限界希釈法が使われる。当研究グループでも、新規細菌の分離に関して、このような従来の方法を基本的に用いている。しかし、効率的な未知細菌の発見のためには、従来と異なる手法を取り入れる必要がある。なぜなら、従来の方法に頼ってばかりでは、今までに見付けられてきた細菌と同様のものしか得ることが出来ない公算が大きいからである。そのため、当研究グループは以下の4つの簡単な戦略を立てる事とした。

1) 現行の分離培地に若干の変更を加えてみる

多くの環境中の栄養濃度は極めて低いので、従来に比べ低栄養の培地を使用する等。

2) 生育速度の遅いものをねらう

従来は生育速度の速いものを研究対象にしている事が多かったという理由から。

3) 「普通ではない環境」を分離対象とする

温泉などの高温環境や大深度地下、化学物質汚染土壌等には特殊な細菌が生息している可能性が大である。

4) 二者培養 (co-culture) での増殖を試みる

単独では生育出来ない細菌を、その共生微生物とともに培養し、増殖させるという手法。

これらは皆極めて単純な戦略ではある。しかし、これらを単独で、または組み合わせて用いることにより、従来のものとは系統的に(同時にその性質も)異なる新規な細菌を環境中から効率よく分離することが出来た。例えば、酸素の発生を伴わない原始的な光合成を行う新規好熱性繊維状細菌 *Roseiflexus castenholzii* は温泉集中の微生物皮膜(マイクロバイアル・マット)と呼

ばれる微生物集落から、シアノバクテリア(植物と同様の光合成を行う細菌)との二者培養により増殖に成功した細菌である(写真1)。また、硫黄を大量に含む温泉水中から酸素感受性の高い(酸素に弱い)新規硫酸還元菌 *Thermodesulfobium narugense*、そして大深度地下(-550m)において、無酸素条件下で生育可能な好熱性細菌 *Thermanaeromonas toyohensis* (写真2)などは、「普通ではない環境」を対象として分離を試み、得ることができた新規細菌である。これらを含め、我々は多数の新規未知細菌を発見し、命名・提案を行ってきた。

## Gemmatimonas aurantiaca の 発見・新門提案

国内初の「新門」の提案の標準菌となった *Gemmatimonas aurantiaca* もこのような研究の中で発見されたもののひとつである(写真3)。この細菌は、従来の方法に比べ長い培養時間(2週間以上)の後に現れてくる増殖速度の遅いものを選択するという手法を用いて、下水処理システム中の細菌群集より分離された。細胞の直径が  $0.7 \mu\text{m}$ 、長さは  $2.5\text{-}3.2 \mu\text{m}$  程度の、我々と同様酸素呼吸によって生育する細菌であったが、16S rRNA 遺伝子配列に基づく系統解析から、いかなる既存菌株とも配列相同性が極めて低く、「門」という細菌系統内の最高分類階級レベルで他者と隔たっていることが明らかとなった。このような系統分類学的特殊性を受けて、本菌株を完全に新たな分類門 (*Gemmatimonadetes* phyl. nov.) を代表する新属新種、

写真1 新規好熱性繊維状光合成細菌  
*Roseiflexus castenholzii* (Bar =  $10 \mu\text{m}$ )



写真2 新規好熱性嫌気性細菌  
*Thermanaeromonas toyohensis*

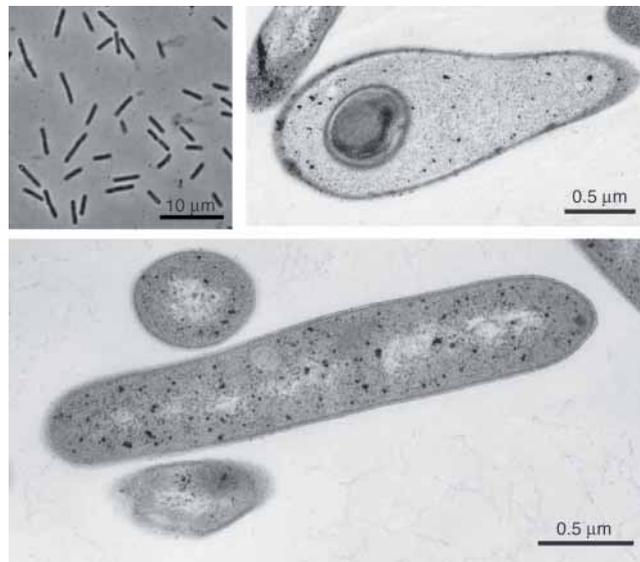


写真3 *Gemmatimonas aurantiaca* の電子顕微鏡写真  
(Bar=10 μm)



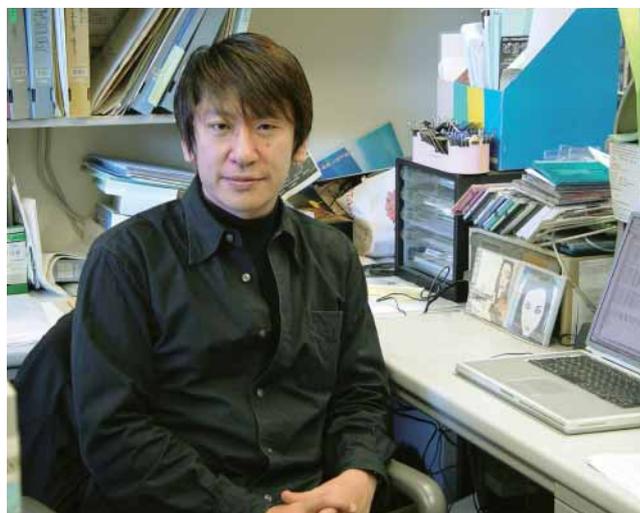
*Gemmatimonas aurantiaca* gen. and sp. nov.として国際微生物系統進化雑誌 (International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology) 上で提案し、受理された。これは、細菌を含む原核生物全体の系統分類を統括する「原核生物系統学に関する国際委員会 (ICSP: International Committee on Systematics of Prokaryotes)」により、本門の提案が認定されたことを示している。細菌系統における、このような新門提案および受理は日本で初めての事である。

*Gemmatimonas aurantiaca* は下水処理システム中の細菌群集中に見出された細菌であり、排水浄化に関わっているものと考えられる。この細菌の特徴のひとつとして、排水中に含まれるリンを菌体内に取り込み、蓄積する能力を挙げる事が出来る。リンはそれ自体が強い毒性を持つ物ではないが、川や湖の汚濁 (富栄養化) の原因となる物質である。現在までの研究から、この新規細菌がリン除去に関して重要な役割を果たしている可能性が示唆されている。*Gemmatimonas aurantiaca* のリンの取り込み機構の研究を進めることにより、難しいとされる排水中の生物学的リン除去の制御に有用な知見を与えることが出来るものと期待している。

## 更なる未知細菌の探索

環境中には、存在することは分かっているが、その菌学的性質が全く解明されていないといった細菌が未だ多数存在している。それらの生理学的・生化学的・形態学的情報を得るためには、やはり「分離培養」という手法を用い単離菌株を得ることが不可欠である。従来の分離培養法に若干の修正を加えるだけで、新規な微生物を手に入れる可能性が大きく広がること

が分かってきた今、新たな視点での分離培養法の開発を行い、環境中の未知なる微生物を獲得する努力を続けていきたい。このような地道な試みこそが、未だ部分的にしか明らかになっていない微生物多様性の全解明に結びついていくものと信じている。



生物機能工学研究部門生物資源情報基盤研究グループ 花田 智

### 【用語解説】

#### (1) 細菌の系統分類について

ヒトの系統分類は上位から動物界、脊椎動物門、哺乳綱、霊長目、ヒト科、ホモ属、ヒト (種名) となっている。細菌 (バクテリア) においても、この分類階級はほぼ同等であり、例えば大腸菌 (*Escherichia coli*) であれば、上位より *Proteobacteria* 門、*Gammaproteobacteria* 綱、*Enterobacteriales* 目、*Enterobacteriaceae* 科、*Escherichia* 属、*coli* (種名) と分類される。ただし、細菌においては現在のところ「界」という階級はなく、「門」が最も大きな分類階級で、現時点で、すべての細菌は *Gemmatimonadetes* 門を含め 24 門に大きく分類されている。

#### (2) 16S rRNA 遺伝子配列

16S rRNA 遺伝子配列は、細胞内小器官であるリボソームに含まれる RNA 鎖をコードしている遺伝子の配列で、細菌では約 1500 個の塩基の配列長を持つ。すべての生物に存在している (真核生物では 18S rRNA 遺伝子と呼ばれる)、且つ進化速度が比較的遅いことから、分子時計として全生物の類縁関係や系統進化距離 (種分化した時期の古さ) を推定するのに広く用いられている。

#### ● 問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所  
生物機能工学研究部門  
生物資源情報基盤研究グループ 花田 智

E-mail : s-hanada@aist.go.jp

〒 305-8566

茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 6

オリゴDNA/RNA分子の細胞への取り込み促進と細胞内局在化制御

## 精密遺伝子導入法の確立に向けて

生体分子は細胞内で生合成された後、それぞれが機能を発揮する場所に輸送されるためのシグナルを分子中に有しており、輸送タンパクによって認識・輸送される。一方、短鎖のDNAあるいはRNA(オリゴDNA/RNA)はその相補的配列を持つ特定の遺伝子の発現を制御することが知られており、遺伝子医薬や遺伝子機能解析ツールへの応用が期待されている。しかし、これまでの方法ではオリゴDNA/RNAを毒性なく精密に細胞内に導入することは困難であり、また、細胞内に導入されたとしても速やかに分解されてしまうことから細胞内、生体内で効率良く機能を発揮することは不可能であった。

我々は独自に開発した固相フラグメント縮合法<sup>1)</sup>により輸送シグナルペプチドやその他の機能性生体分子をオリゴDNA分子上に集積化した数種のバイオナノ構造体を構築した(表)。これらを有機系蛍光色素で標識後、細胞との相互作用を共焦点レーザー蛍光顕微鏡で調べたところ、核局在化シグナルペプチドを持つものは核に、また、核外輸送シグナルペプチドを持つものは細胞質に、それぞれ安

定に存在していることが確認され、これまでに効率よく細胞への取り込みの促進と細胞内での局在化制御が可能であることが明らかとなった(図)。さらに、その機能集積化オリゴDNAによって特定の遺伝子発現を強く抑制できることを主にヒト白血病細胞に発現するテロメラーゼ(細胞不死化をもたらす酵素)やチロシンキナーゼ(細胞の増殖に関与する酵素)を標的として証明した。

このような機能集積化オリゴDNA/RNAはその配列を変化させることにより任意の遺伝子を標的とすることができる。これらの結果をもとに、今後は細胞内での所在をより厳密に制御できる精密遺伝子導入法を確立し、薬物精密デリバリーツールとしての実用化を目指す。また、ゲノム情報に基いた遺伝子機能解析ツールや一塩基多型解析ツールとしてキット化(マイクロチップ化)し、実用化を目指す。これらのキットはゲノム医療、ゲノム機能(プロテオーム)解析に重要なツールとなり、その分野の研究の推進に大きく貢献するものと考えられる。



N2: 5'-CAGTTAGGGTTAG-3' (Antisense sequence: Telomerase)

No.	DNA	Peptide	Type of Peptide
C1	N2	PKKKRKV	SV40 T antigen (NLS*)
C2	N2	GRKKRRQRRPPQC	HIV-1-Tat (NLS)
C3	N2	ALPLERLTL	HIV-1 Rev (NES**)

\*NLS (Nuclear Localizing Signal) :核局在化シグナルペプチド

\*\*NES (Nuclear Export Signal) :核外輸送シグナルペプチド

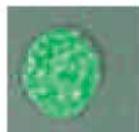
表 設計・合成した機能集積化オリゴDNA/RNA



**FL-C1**  
(SV40 NLS)



**FL-C2**  
(HIV-1 Tat NLS)



**FL-C3**  
(HIV-1 Rev NES)

図 共焦点レーザー蛍光顕微鏡による機能集積化オリゴDNAの細胞内局在化観察  
細胞: Jurkat (ヒト急性リンパ性白血病細胞)  
FL: fluorescein isothiocyanate



おおばひでき  
大庭英樹  
h.ooba@aist.go.jp  
単一分子生体ナノ計測研究ラボ

### 関連情報

- 共同研究者: 藤井政幸 (近畿大学九州工学部), 田村和夫 (福岡大学医学部), 明日山康夫, 松木園美穂 ((株) ジーンネット) .
- 1) T. Kubo, M. Morikawa, H. Ohba, and M. Fujii :Organic LETTERS, Vol. 5 (15), 2623-2626 (2003).

## 生体内過酸化反応の追跡と防御

生物は活性酸素やフリーラジカルによる酸化ストレスに常時さらされていると言える。活性酸素は、我々が呼吸する大気中の酸素よりも活性化された酸素およびその関連分子を総称するものである。したがって、活性酸素と総称するものの中にラジカルとそうでないものが含まれる。活性酸素は我々の生活環境のいたるところに存在している。大気中の汚染物質、タバコの煙、食物、紫外線による一重項酸素など外因性のものだけでなく、生体中で生理的に発生するものもある。一般に外因性活性酸素が生体に傷害を与えるのに対して内因性活性酸素は一概に悪玉とは言えない。細胞が食作用を行うときには、異物処理のためにラジカルを産生し、一方、一酸化窒素によって血管が拡張される。また、生理活性物質としての作用、細胞内、細胞間情報伝達物質としての働きなど、活性酸素は生体維持の必須分子としても働く。最近、酸化ストレスによる細胞、組織などへの傷害がしだいに明らかになり、種々の疾病や発癌、老化の原因となることも示唆されている。我々の第1の目標は、酸化ストレス傷害を分子レベルで解明するとともに指標化することである。ラジカルと反応する蛍光プローブを用い、生体サンプルの酸化傷害指標化に成功した(図1)。また、モデル反応系によって酸化も行った(関連情

報参照)。現在、酸化傷害のより高感度測定法の開発さらに特異的マーカーの検出同定に注力している。

生体はこの酸化傷害に対して優れた防御システムを構築することによって自らを守っている。その役割を担うものを総称して抗酸化物(antioxidant)と言う。我々は天然に存在する抗酸化物の作用機序を解明することによって、より高機能な抗酸化物の設計・合成にも注力している。現在までに知られている代表的な合成抗酸化物を図2に示す。

我々が取り組んでいる最近の具体的研究テーマは、

- (1) 生体中の過酸化反応メカニズム解明
- (2) 生体における過酸化反応のマーカー同定および高感度測定法開発
- (3) 新規抗酸化物質の設計と合成

である。酸化ストレスは、近年ストレスだけにとどまらず、生命現象の基本にあるレドックス制御、情報伝達に係わることが明らかになりつつある。活性酸素やフリーラジカルは両刃の剣として作用し、抗酸化物は抗酸化作用を超えた働きをする。これらの作用機序を生体内で分子、素反応のレベルから解明することが重要と考える。

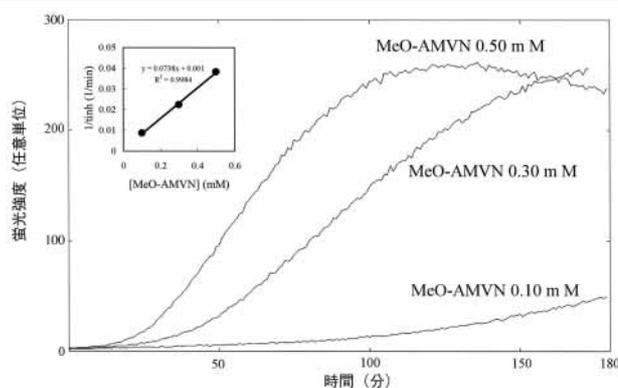


図1 人血液中から得られた低比重リポ蛋白質のラジカル酸化を蛍光プローブBODIPYによって追跡した実験結果

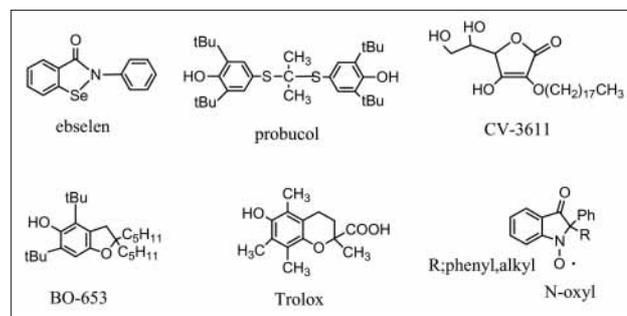


図2 ラジカル捕捉型合成抗酸化物

## 関連情報

- Y. Yoshida, S. Shimakawa, N. Itoh, E. Niki: Free Rad. Res., Vol. 37, 861-872 (2003).
- Y. Yoshida, N. Itoh, S. Shimakawa, E. Niki: Biochem. Biophys. Res. Commun., Vol. 305, 747-753 (2003).
- Y. Yoshida, E. Niki, N. Noguchi: Chem. Phys. Lipids, Vol. 123, 63-75 (2003).
- 特願 2002-205048 「新規な酸化防止剤および酸化防止方法」(吉田, 島川, 二木) .
- 特願 2003-124605 「網膜及び/又はブドウ膜疾患の予防乃至治療用点眼薬」(吉田, 伊藤, 二木, 谷戸, 大平) .



よしだやすかず  
吉田康一  
yoshida-ya@aist.go.jp  
ヒューマンストレスシグナル研究センター

# フロンタル・アフィニティ・クロマトグラフィーで糖鎖を読む

糖鎖は核酸・タンパク質に次ぐ「第3の生命鎖」と言われるが、これは糖鎖が3番目に重要、と言う意味ではない。構造が複雑なため糖鎖の解析が後回しになってしまったというのが現実である。事実、タンパク質の大半には糖付加が起これ、そのことがタンパク質の性質や機能を左右する。とは言え、糖鎖はDNAのように増幅もできず、ゲノム情報が分かっても構造予測ができない。シーケンサもなければ自動合成機もない。

まるで手の施しようのないように思える糖鎖の構造解析だが、最近注目されているのが糖認識タンパク質であるレクチンを活用した「糖鎖プロファイリング」と呼ばれる手法である。当研究センターでは、NEDOプロジェクト「糖鎖エンジニアリング」の一環として、レクチンと糖鎖間の親和力を網羅的に定量解析する「ヘクト・バイ・ヘクト(100 × 100の意)プロジェクト」という事業を推進している。このために採用しているのがフロンタル・アフィニティ・クロマトグラフィー(以下、FAC)という方法である。プロジェクトでは島津製作所との共同研究によって、先ずその自動解析装置(試作機)を開発した(図1)。FACは操作・原理ともいたって簡単で、レクチンを固定化したミニカラムに蛍光標識した糖鎖の希釈液

を流す、と言うものである。もし相互作用がなければ、糖鎖は短時間でカラムから漏れ出てしまい溶出前端(フロント)が即座に観察される。しかし、レクチンと親和性がある場合、糖鎖は「寄り道」をする結果、溶出が遅れる(図2)。本装置はオートサンプラーと2式のレクチンカラムを備え、一晩で100検体以上の解析能力をもつ。FACにはさらに以下に示すような利点がある。

- (1) 一回のクロマト操作でKdを決定することが可能
- (2) 溶出に用いる物質(蛍光標識糖鎖)の精密な濃度調整が不要
- (3) リニアレンジでの解析により高い測定精度を発揮
- (4) アイソクラティック溶出法により高い再現性を維持
- (5) レクチン・糖鎖間など弱い相互作用( $K_d > 10^{-6}$  M)の測定に威力

このように様々な利点をもつFACであるが、実はFACの解析対象は糖鎖やレクチンに限定されるものではない。例えば、酵素に対する有用基質(阻害剤)のスクリーニングや生体レセプター・リガンド(環境ホルモンなど)間の親和力解析への応用展開も十分可能である。

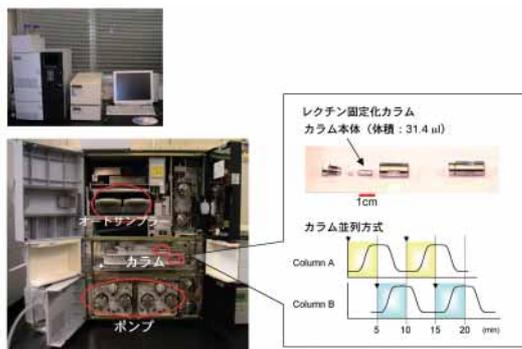
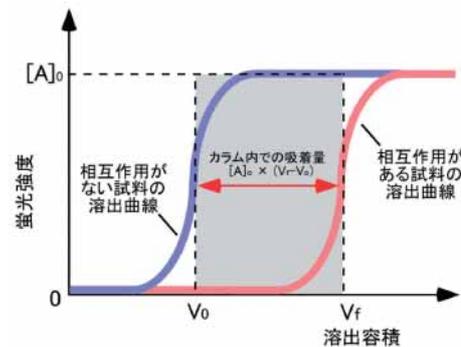


図1 FAC自動化装置(試作1号機)の全容(上)と装置内部(左下)

2本のカラムは並列方式で配置され、一方が分析時他方は洗浄を行う。



$$K_d = B_t / (V_f - V_0) - [A]_0$$

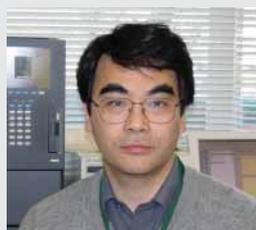
$$K_d = B_t / (V_f - V_0), \text{ if } K_d \gg [A]_0$$

図2 FACの原理

レクチンを固定化したカラムに十分希釈した糖の溶液を過剰量流す。もし、レクチン・糖鎖間に相互作用がまったくない場合、糖鎖はすぐに溶出してしまうが(青の曲線)、相互作用がある場合は糖鎖は「寄り道」をするので溶出前端(フロント)が遅るにずれる(赤の曲線)。この遅れの程度( $V_f - V_0$ )を解析するとレクチン・糖鎖間の解離定数( $K_d$ )が求まる。

## 関連情報

- 1) 平林淳「レクチンアフィニティを用いたグライコム解析技術」蛋白質核酸酵素 48 (11) 1534-1541 (2003).
- 2) J. Hirabayashi, Y. Arata, K. Kasai: Methods Enzymol, Vol. 362, 353-368 (2003).
- 3) <http://www.glycoforum.gr.jp/science/word/glycotecnology/GT-C07J.html>



ひらばやし じゅん  
平林 淳  
jun-hirabayashi@aist.go.jp  
糖鎖工学研究センター

時間分解法による画像再構成アルゴリズム

生体の近赤外光イメージングの高精度化

生体組織の酸素飽和度は、生体の活動度を知る上で最も重要な指標の一つである。酸素が豊富な動脈血は鮮紅色で、酸素が少ない静脈血は暗赤色である。即ち、組織の波長吸収特性を調べることで、組織の酸素代謝の状態を無侵襲的に知ることができる。この原理に基づいて開発されたのが近赤外光診断装置である。

しかし、光は生体組織によって強く散乱されるため、生体をまっすぐ透過せず、光源-検出間距離よりもはるかに長い経路を進むため、通常の光測定法では定量測定に必要な実効光路長を得ることはできない。したがって従来装置では酸素飽和度の変化量のみが測定可能であった。

一方、ピコ秒程度の極短パルス光が生体に照射される際、組織による散乱を受け、長い経路を進んだ光ほど生体表面に遅く到達することを利用し、生体を通過してきたパルス光を高い時間分解能で測定する「時間分解法」により実効光路長が得られ、定量測定が可能となる。

当研究部門医用計測グループでは、「時間分解法」に基づく、酸素飽和度の定量測定のための画像再構成アルゴリズムの開発を行ってきた。画像再構成には、時間分解データに統計処理を行い、平均飛行時間を求めて画像再構成を行う方法もあるが、生体組織の持つ複雑な構造

には対応できない。しかし、時間分解データを直接利用するアルゴリズムは、計算時間が膨大になる等の問題があった。そこで我々は修正GPST (generalized pulse spectrum technique)法によるアルゴリズムを開発した。本再構成法では、文献値あるいは事前に取得済みの光学特性値のデータを加えることで、計算時間の大幅な短縮と画質の改善が可能となる。

本アルゴリズムの実証を目的として、健常者上腕の画像化(断層像の再構成)を実施した。測定には、リング状のホルダを用いて光ファイバプローブを固定し、最大32ch同時測定可能でパルス幅約100ps、波長759、799、834nmの光源とピコ秒の時間分解能を持つ検出器からなる「近赤外光CT装置」を使用した。測定後、測定箇所MRI画像を取得した。図1は修正GPST法による各波長における散乱および吸収係数の再構成画像、図2は測定面のMRI画像である。散乱係数の再構成画像では、橈骨(radius)と尺骨(ulna)がよく再現されている。

今回使用したアルゴリズムは断層像再構成のためのものであるが、今後の展開として、脳機能計測等、脳表あるいはその近傍における酸素代謝の定量測定をめざし、トポグラフィ画像再構成アルゴリズムを開発中である。

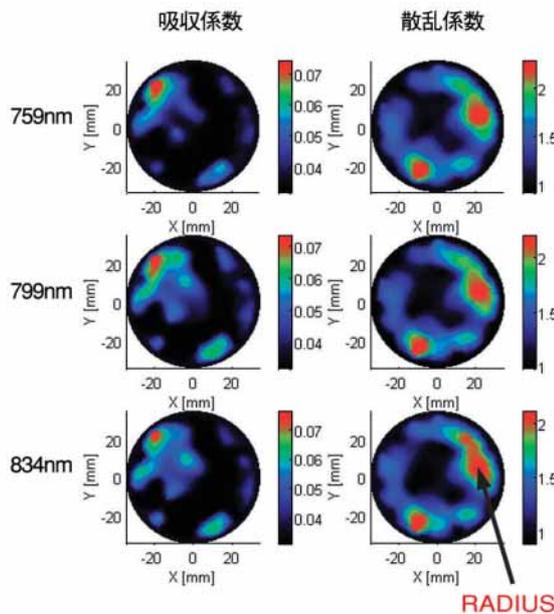


図1 修正GPSTアルゴリズムによる再構成画像

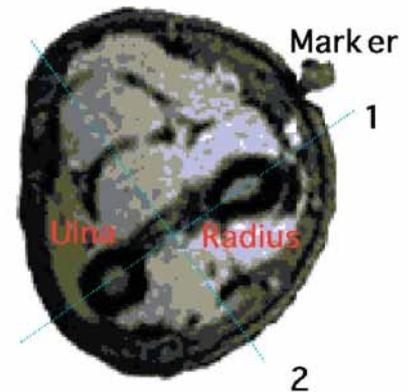


図2 測定面のMRI画像



たにかわ  
谷川 ゆかり  
yukari.tanikawa@aist.go.jp  
人間福祉医学研究部門

関連情報

- 共同研究者: 趙 会娟, 高峰, 本間一弘 (人間福祉医学研究部門), 山田幸生 (電気通信大学) .
- H. Zhao, F. Gao, Y. Tanikawa, K. Homma, Y. Yamada: Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng., Vol. 4955, 437-446 (2003).
- H. Zhao, F. Gao, Y. Tanikawa, K. Homma, Y. Yamada: Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng. Vol. 5138, 55-64(2003)

# カメレオン配列の自由エネルギー地形

タンパク質が如何にして機能をもつ天然構造へと折りたたまれるのかを理解することは、ポストゲノム時代の重要な課題の一つであろう。近年、タンパク質工学を用いての実験的なフォールディング<sup>1)</sup>研究が盛んに行われるようになった結果、この問題に対する知見が飛躍的に蓄積された。しかしながら、フォールディング機構の根本的な解明にはさらに多くの努力が必要とされる。我々は、できる限り厳密な計算を用いて、タンパク質の自由エネルギー地形(タンパク質が取りうる立体構造とエネルギーとの関係を表したものを)を求めることが、フォールディング機構の解明、さらに根本的な意味でのタンパク質立体構造予測に繋がると考えている。

今回、我々は効率的な構造サンプリング法であるマルチカノニカル分子動力学法を用いることで、いわゆる“カメレオン配列”の室温水中における自由エネルギー地形を詳細に計算することに成功した。

カメレオン配列とは、ホメオドメインタンパク質であるMAT  $\alpha$ 2に存在する配列であり、X線結晶解析により周囲の環境に依存して  $\alpha$ -helix と  $\beta$ -hairpin のどちらの二次構造もとるユニークな特性をもつことがすでに明らかにされている。

この領域はDNA-タンパク複合体の中で、DNAとの相互作用を仲介するリンカーとして機能し、二次構造変化によってDNA結合を調節する重要な役割を演じている可能性が示唆されている。

シミュレーションの結果、この配列単独でも二者択一的に両方の構造を取りえることがわかった(存在確率  $\alpha$ -helix: 52%,  $\beta$ -hairpin: 31%)。また、この配列が  $\alpha$ -helix 構造をとるとき、その根元に疎水性残基側鎖によるコアが形成されて、これがこの  $\alpha$ -helix 構造を安定化させていることもわかった。これは、タンパク質の局所構造形成において、水分子が重要な役割を果たしていることを示している。また、図1のように自由エネルギー地形を得ることで、 $\alpha$ -helix と  $\beta$ -hairpin 間の構造転移過程を原子レベルで調べることが可能になった。例えば図2のように、ターン領域にコンパクトな構造を伴って  $\alpha$  から  $\beta$  に構造変化する経路が、それ以外の経路に比べて存在確率が有意に高いことを示した。

今後、自由エネルギー地形計算をさらに大きな系に応用させることにより、アルツハイマーやBSEに代表されるアミロイド性タンパク質の構造変化メカニズム解明に対しても何らかの知見を与えられることができると考えている。

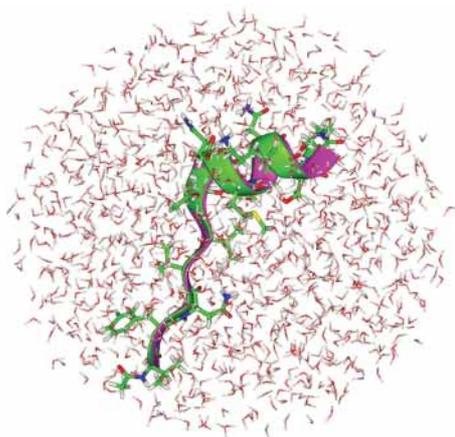


図1 計算で得られた helix 構造 (緑) と結晶構造中の helix 構造 (赤)

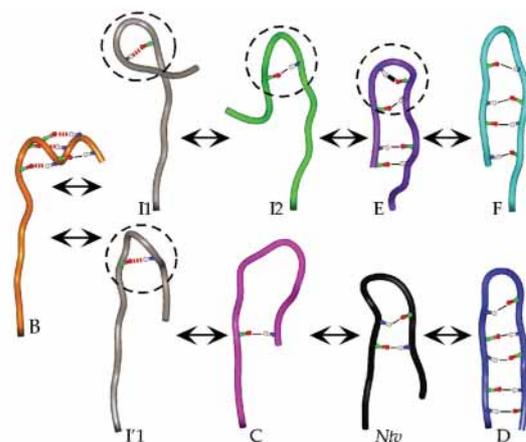


図2  $\alpha$ -helix と  $\beta$ -hairpin 間の構造転移過程上の経路は、ターン領域にコンパクトな構造(破線)をつくって水素結合パターンを換えることにより構造変化している。



いけだかずよし  
池田和由  
kazu-ikeda@aist.go.jp  
生命情報科学研究センター

#### 関連情報

- K. Ikeda, J. Higo: Protein Science, 12, 2542-2548 (2003).
- K. Ikeda, J. Higo: 生物物理, Vol. 43, No. 2, 64-69 (2003).
- 1) タンパク質の立体構造を「フォールド」と呼ぶのに対して、「フォールディング」とは立体構造が形成される過程を意味する。

平面パターンによる簡便・高精度なキャリブレーション  
**3次元情報復元のための複数カメラシステム  
 同時校正法**

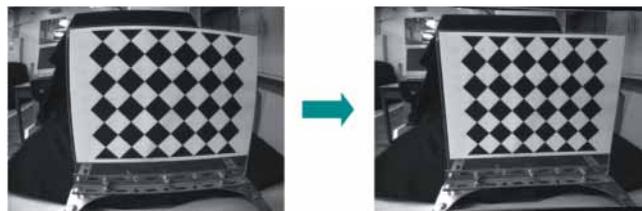
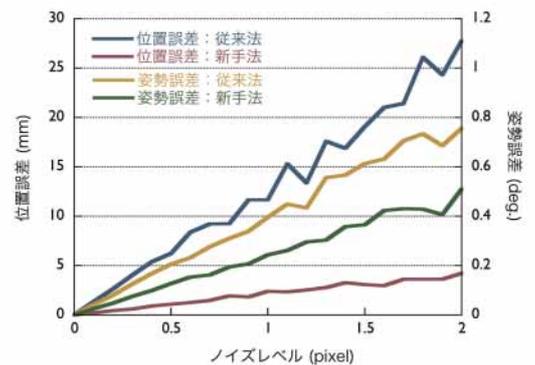
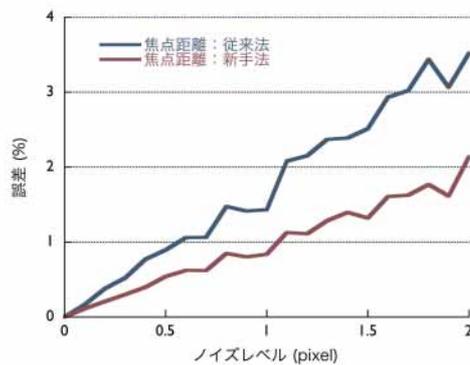
計算機の劇的な性能向上や非圧縮画像を連続的に取り込める安価なデジタルTVカメラの出現により、空間中に多数のカメラを配置してその映像を統合的に処理する多視点画像処理技術への期待が高まっている。多視点画像処理は、1台のカメラでは限られる観測視野を広げるとともに、ステレオ視や視体積交差法によってシーンの3次元構造を復元できるため、ロボティクスやヒューマンインタフェースなど様々な分野への応用が予想される。

多視点画像処理を実現する複数カメラシステムに最初に要求されるのは、レンズ焦点距離など各カメラに固有な内部パラメータとカメラ間の相対的位置関係を表す外部パラメータの両方を求めるカメラキャリブレーションである。これによって3次元シーンとその投影像の幾何学的関係が明らかになり、画像情報から3次元形状を計算するための事前知識が得られる。また、エピポラ拘束を用いて対応探索を行うステレオビジョンにおいても、キャリブレーションの精度が、最終的な3次元情報のみならず対応の信頼性にも決定的な影響を及ぼす。

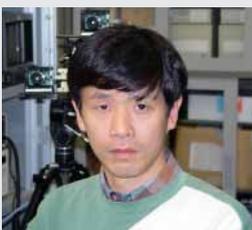
カメラキャリブレーションを行うこれまでの

典型的な手法は、3次元位置が既知の参照点をカメラに提示してその投影像からカメラパラメータを推定することであった。しかし、参照点を多数配置するには特別の設備が必要であり、その作業には大きな労力を要する。これに対し、我々は、既知の平面パターンを任意の位置(3カ所以上)に置いて提示する(写真)だけで全カメラの全パラメータを同時に推定する手法を開発した。平面の位置・姿勢を知る必要がないため、校正作業は極めて簡便である。また、平面を介して成り立つカメラ間の幾何学的拘束を利用するため、各カメラを個別に校正する従来法よりも大幅に推定精度が高まる(図1)。さらに、透視投影に従わない非線形レンズ歪みも推定でき、その影響を排除するよう画像を補正することも可能である(図2)。

近年、エンターテインメントを指向した家庭向けロボットにもステレオビジョンが搭載されつつあり、経年変化や衝撃によるパラメータ変動を補償するために、誰もがいつでも簡単かつ高精度にキャリブレーションを行える手段が望まれている。本手法は、そのような目的にも適合すると考えられる。



写真(上) 平面パターンを3カ所に置いてカメラに提示  
 図1(中) 観測ノイズに対するカメラパラメータの推定誤差  
 図2(下) 推定されたパラメータによるレンズ歪みの補正



うえしばとしお  
 植芝俊夫  
 t.ueshiba@aist.go.jp  
 知能システム研究部門

関連情報

- 1) T. Ueshiba, F. Tomita: Proc. 9th Int. Conf. on Computer Vision (Nice, 2003).
- 2) 植芝俊夫, 富田文明: 情報処理学会論文誌「コンピュータビジョンとイメージメディア」, Vol. 44, No. CVIM 8 (2003).

# 無電解ニッケルめっきにおけるニッケルリサイクル

無電解ニッケルめっきは、電子部品、精密機械部品などの生産に欠かせない重要な表面処理技術であるが、めっき浴を繰り返して使用するうちに、めっき速度の低下、めっき皮膜特性の悪化、浴の不安定化などが起こる。このため、ある程度使用されためっき浴は、ほとんどが使用済みとして、有価成分を回収されることなくスラッジ化し廃棄されている。これら使用済み液の排出量は、わが国において年間13万トンにも達し、使用済み液から有価成分を回収し、再利用する技術の開発が望まれている。

水溶液中の各種成分の分離方法には、沈殿法、イオン交換樹脂法、吸着法、溶媒抽出法などが知られている。その中で溶媒抽出法は、水溶液相と有機相(ケロシン等の有機溶媒に抽出剤を溶かした溶液)2相間の物質の分配を利用する分離法であり、異種金属間の相互分離能が高く、また比較的高濃度の成分に対して有利であるので、ニッケルをg/lのオーダーで含有している使用済みめっき液の処理に対して有効であると考えられる。

我々は、この溶媒抽出法を用いた使用済み液からのニッケルのリサイクルプロセスを研究している。これまでに得られた実験結果に基づいて提案しているフローシートを図1に示す。使用済み液

は、ニッケル5g/l、亜リン酸イオン100g/l、乳酸30g/lなどを含み、pHが4.5である。まず、不純物として10~100mg/l程度それぞれ含まれる鉄と亜鉛を除去するために、酸性有機リン化合物を抽出剤として溶媒抽出を行う。すると、ニッケルをほとんど抽出することなく鉄と亜鉛を選択的に抽出除去することができる(図2)。次いで抽出後の水溶液相のpHを6以上とし、ヒドロキシオキシム化合物によってニッケルを抽出する(図3)。いったん抽出されたニッケルは、1~2M程度の硫酸で処理することにより水溶液相に戻すことができる。この操作を逆抽出と呼んでいる。このようにして得られた水溶液相は、高濃度、高純度の硫酸ニッケル溶液であるので、めっき工程にリサイクルが可能である。逆抽出後の有機相では、抽出剤が再生されており、抽出工程で再利用することができる。ヒドロキシオキシム化合物によるニッケルの抽出および逆抽出はあまり速くないという問題点があったが、我々は最近、これら速度を大きく向上させる添加剤を見出した。この添加剤を有機相に少量加えることによって、平衡到達時間が1/6~1/3に短縮され、連続運転においても99%以上の高い抽出効率を達成できる期待が高まった。現在、連続抽出装置を用いた処理実験を進めている。

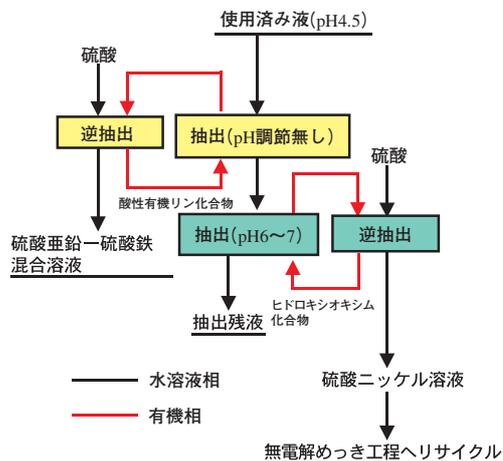
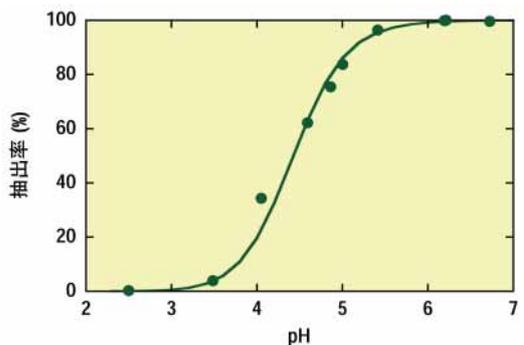
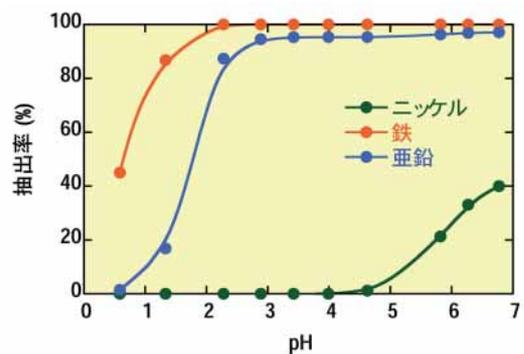


図1 (上) ニッケルのリサイクルフローシート

図2 (右上) 酸性有機リン化合物による使用済み液からの各金属の溶媒抽出特性

図3 (右下) ヒドロキシオキシム化合物による使用済み液からのニッケルの溶媒抽出特性



関連情報

- 田中幹也, 小林幹男, M. S. AlGhamdi, 辰巳憲司: 資源と素材, Vol. 117, 507-511 (2001).
- 田中幹也, 小林幹男, 関 努: 資源と素材, Vol. 118, 751-755 (2002).
- M. Tanaka, M. Maruyama and Y. Sato: Solv. Extr. Res. Dev. Japan, Vol. 10, 51-63 (2003).
- 本研究は、日本カニゼン(株)との共同研究である。



たなかみきや  
田中幹也  
mky-tanaka@aist.go.jp  
環境調和技術研究部門

広波長域の標準確立を目指して

# 高出力レーザーパワー標準の開発

レーザーパワーの絶対値を求める標準測定では、絶対放射計の一種であるカロリメータのような熱型の検出器が用いられる。この場合、受光部にヒータを埋め込むことによって、絶対値は直流電力との比較から直接導出できる利点がある。我国では現在、mWレベルのレーザーパワーは計量法トレーサビリティ制度のなかで標準の供給を行っているが、高いパワーレベルの標準は無く、その確立と供給体制の早急な整備が望まれている。

高パワー測定用のカロリメータでは受光部の大型化と強制放熱の必要性から水冷構造が採られてきたが、冷却水の温度や流量の制御に依存して測定不確かさが増大してしまう。我々は、高パワー用の光減衰器と電子冷却による等温制御カロリメータを組み合わせた校正システムを提案し、その開発を進めている。

波長10.6 $\mu$ m、パワー1kWまでのCO<sub>2</sub>レーザーに対応できる測定系の概要を図1に示す。光減衰器は、基準面に高反射コートをしたビームスプリッタである。レーザーパワーの絶対値は、直線性が保証された光検出器を用いて光減衰器の反射光と透過光のパワー比を測定しておき、透過光のパワーをカロリメータで求めて算出する。図2に10W用カロリメータの構造を示す。実際にはツイン型として二つの受光部を備えており、一方は、可視域用、もう一方は赤外域用である。吸収ディ

スク表面は、それぞれの波長域に対応した黒化処理をし、裏面には直流校正に用いる箔状のヒータを取り付けてある。反射光も確実に捕捉するために、内面を黒化処理した円筒カバーで覆うとともにディスクを傾けて設置する。これらがカロリメータの熱負荷であり、吸収ユニットと呼んでいる。吸収ユニットはサーモモジュールを挟んで放熱ブロックと温度基準ジャケットに接続される。中央のモジュールは吸収ユニットを冷却し(ペルチェ効果)、周囲に配置されたモジュールは温度基準となるジャケットとの温度差を検出する(ゼーベック効果)。

あらかじめ被測定パワーより多少大きな冷却パワーとなるように冷却モジュールに供給する電流を設定し、吸収ユニットの温度をジャケット温度より下げる。この時に生じた両者間の温度差を検出し、制御系を通してヒータにフィードバックして吸収ユニットとジャケットが常に等温となるように制御する。レーザーパワーは非入射時と入射時に対するヒータ電力の違いとして求まる。冷却モジュールの放熱面は強制的な放熱機構を設け、ジャケットと熱的に分離して時間応答の短縮と精度の向上を図る。

以上のように、10Wレベルの等温制御カロリメータと光減衰器を組み合わせて、可視から赤外域の高出力レーザーパワー標準の実現を目指している。

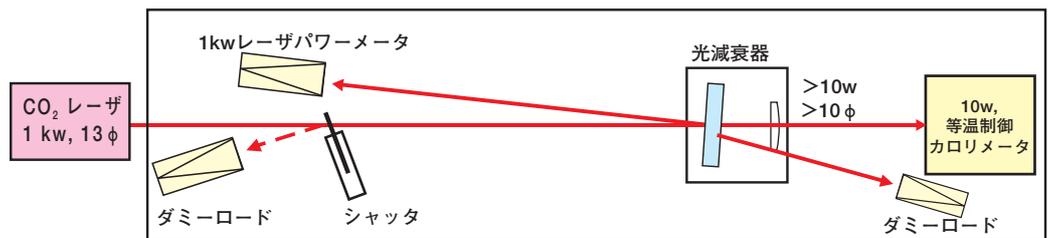


図1 高パワー用光減衰器と等温制御カロリメータを組み合わせた測定系の概要

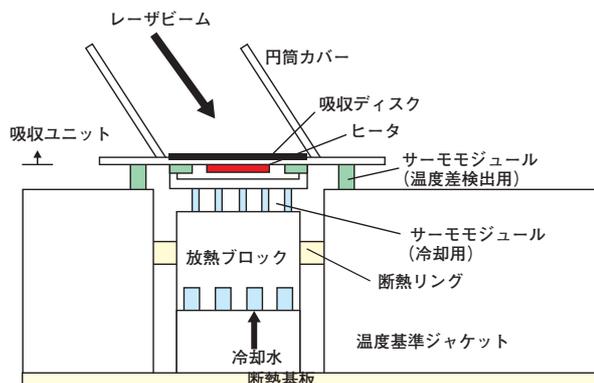


図2 カロリメータの構造

実際には吸収ユニットを2つ用意し、一方に可視用、他方に赤外用の吸収ディスクを装着する。これらを差動接続して動作させることで周囲温度変動など同相性の外乱の影響を排除している。



えんどうみちゆき  
遠藤道幸  
m.endo@aist.go.jp  
計測標準研究部門

関連情報

● M. Endo: Laser Phys., Vol. 12, 227 (2003).

# 光散乱分光(SLS)法による薄膜製膜過程の観察と応用

カルコパイライト系(CIGS系)太陽電池は、高効率・省資源・長寿命な太陽電池として近年期待を集めている。この電池は、実際の素子部分は3ミクロンほどで済み、かつ19%を超えるエネルギー変換効率を得られる。基板にはありふれた青板ガラスや金属箔などを使うため、生産コストは低い。組成により吸収波長域が可変であり、積層型高効率太陽電池への応用も可能である。さらに光や放射線による劣化が極めて少ないため宇宙環境用途にも向くなど、多くの特長を併せ持つ。

CIGS系太陽電池の現在の変換効率の世界記録は19.2%であるが、理論的には25%以上が実現可能と言われている。電池各部で生じる損失を解明・抑制する新しい技術の開発によって、大幅な効率向上が期待される。鍵となる技術の一つが、太陽電池の心臓部である、光吸収層の高品質化である。光吸収層はCu、III属元素(In, Ga)とSeから成るが、製膜中に組成比をCu過剰とIII属過剰との間で変化させることにより、大粒径化と高品質化を図ることができる。この製膜過程を解析・最適化することによって、より高い性能が得られると考えられるが、従来は主に製膜中の温度変化だ

けがモニタリングされていた。そこで当研究部門では、製膜中の組成や物性を測定・管理する手法として、光散乱分光法(Spectroscopic Light Scattering: SLS)を開発した。SLS法は試料表面で散乱された白色光を分光するもので、製膜装置の外部から膜の性質をその場で測定できる。図1にその一例を示す。散乱光は膜表面が粗いほど強くなるが、散乱過程で膜による吸収、膜厚干渉、表面構造の大小なども反映して変化する。この変化を波長別に記録することにより、最終的には膜の組成・厚み・堆積速度・吸収係数・表面構造の大小・表面での異相発生など、たくさんの情報がリアルタイムで読み取られる。これらの情報を基に製膜手順や条件を調整することによって、膜の物性を製膜中に最適化することができる。SLSを用いて製膜条件の最適化を行ったセルの例を図2に示す。このようなセルを用いて、現在までに変換効率16.8%(反射防止膜無し)と、世界最高レベルの性能を持つ素子を試作するに至っている。今後はより実際のモジュールに近い構造と大きさのCIGS太陽電池についても物性解明とプロセスの最適化を進め、さらなる高性能化を狙っていく。

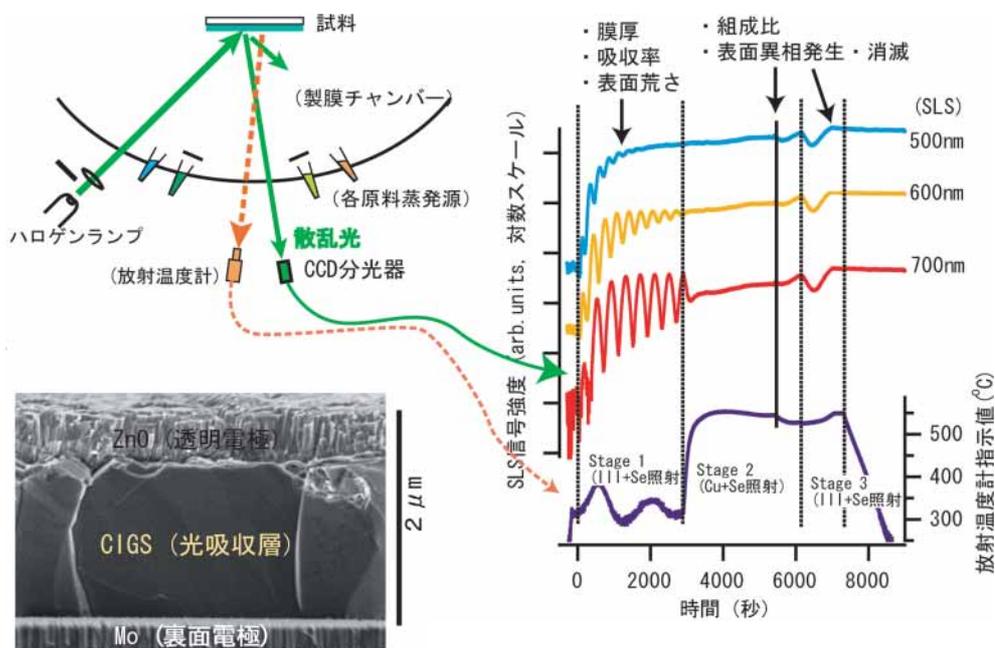
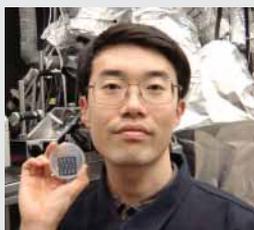


図1 光散乱分光法(SLS)をCIGS薄膜成長装置に追加した構成図と、測定結果の例

図2(左下) 試作したCIGS系太陽電池の断面SEM像

SLSを用いて製膜手順を最適化したことで、大粒径かつ平坦性の高いCIGS膜が得られている。



さくらいけいいちろう  
櫻井啓一郎  
k-sakurai@aist.go.jp  
電力エネルギー研究部門

## 関連情報

- <http://unit.aist.go.jp/energyelec/cispsc/Research/SLS/>
- R. Scheer, K. Sakurai, P. Fons, A. Neisser, S. Niki: Applied Physics Letters Vol. 82, 2091-2093 (2003).
- K.Sakurai, et al.: Progress in Photovoltaics, (in press).

エネルギーの融通で省エネと炭酸ガス排出削減を

# エネルギーネットワークの将来像を探る

当研究部門エネルギーネットワークグループでは、分散型電源の普及と水素エネルギー社会の到来を見越した、将来における望ましいエネルギーネットワークのあり方について研究を行っている。

その研究の一つとして、燃料電池が住宅へ普及した場合に、各住宅が個別に燃料電池を導入するだけでなく、各住宅の間を、電力・熱・水素のネットワークで相互接続し、住宅に設置された機器の連携・協調運用を図ったりエネルギーを自在に融通したりすることを提案し、検討やシステム解析を行っている(図1)。

例えば、水素の融通ができることで、都市ガスから燃料電池の燃料となる水素を作るための改質器を、いくつかの住宅で共有できる。これによって機器費用を低減できる上、起動停止や低負荷運転といった改質器の寿命や効率に悪影響を与える運転を減らすことができる。その他の機器についてもネットワーク化によって共有が可能となる。電力や熱の需要は、住宅ごとに時間的なずれがあり、そのずれとエネルギー融通とを組み合わせることで、全体的な機器容量の削減や効率的な運用が可能となる。

以上の利点を活用し、全体の経済的な負担を抑えながら、省エネルギーや二酸化炭素排出削

減を目指す。我々の試算では、今後数十年間において、エネルギー融通を行わず単に燃料電池を住宅に導入する場合と比較して、2倍から3倍の省エネルギー、二酸化炭素排出削減効果が得られると推測される。

現在、燃料電池の実機と実際の住宅で計測した需要データとを用いた実証試験を行っている(図2)。同時に、実証試験の解析結果から数学的なモデルを構築し、パソコン上で動作するシミュレータを開発している。シミュレータによって、実際の住宅地域を対象とするような大規模なシミュレーションが可能となり、それらから二酸化炭素排出削減効果や省エネルギー効果を定量的に評価する。

ネットワーク化の実現には、技術的課題に加えて、ネットワークの設置や管理及びそれにかかる費用、機器の運用やエネルギーを融通する際の規則や料金設定、などの課題があり、それらについても検討を行っている。ネットワークや各住宅の機器の管理・運用、エネルギー融通の調整などを行う新しいビジネスも生まれるかもしれない。

さらに将来的には、住宅だけでなく、ビルなど他の需要家を含む都市規模でのネットワーク化についても検討を行う予定である。

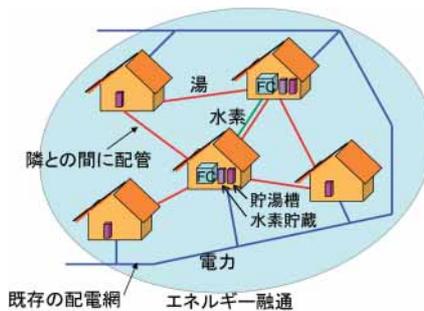


図1 住宅におけるエネルギーネットワーク

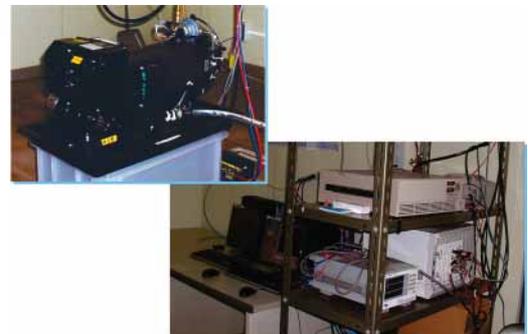
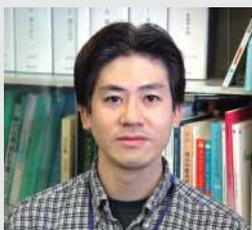


図2 実証試験設備 (燃料電池及び負荷計測装置)

## 関連情報

- 共同研究者: 近藤 潤次, 山口 浩, 村田 晃伸, 石井 格, 前田 哲彦 (エネルギー利用研究部門), 山本 重夫 ((株) KRI), 杉本 一郎 ((株) KRI) .
- H. Aki, J. Kondoh, A. Murata, I. Ishii, S. Yamamoto; Proc. IEEE PES General Meeting 2003 (Toronto, 2003).
- 特願 2002-98109 「エネルギー生成装置及びエネルギー搬送システム」(安芸, 近藤, 山口, 石井, 山本 ((株) KRI), 杉本 ((株) KRI), 松原 (大阪瓦斯 (株)) .
- 特願 2002-97990 「エネルギー搬送制御方法、エネルギー搬送制御システム、エネルギー搬送制御装置、コンピュータプログラム及び記録媒体」(同上)



あきひろひさ  
安芸裕久  
h-aki@aist.go.jp  
電力エネルギー研究部門

特集

# 持続可能な社会を目指す 環境技術の研究



2003年の夏の欧州は

まれに見る猛暑が続きました。

これに引き換えわが国では冷夏となり、  
原発の停止で懸念された電力不足も  
事なきを得ました。

世界各地で起こっている異常気象の  
もっとも大きな原因は、  
地球温暖化と考えられています。

茨城県神栖町の井戸水の有機ヒ素化合物による汚染、  
花火工場やごみ発電所での相次ぐ爆発も  
話題となりました。

このように、私たちの周りには  
様々な環境問題が存在しています。

持続可能社会を実現するには、  
環境問題の解決が不可欠です。

環境問題への

産総研の取り組みを紹介します。

# 環境・エネルギー問題と産総研における研究開発

研究コーディネータ  
(環境・エネルギー担当)  
神本正行

## 環境問題の歴史は18世紀産業革命に遡る

今日の環境問題は、18世紀の産業革命とともに出現しました。20世紀になると、工場等から排出された有害物質が魚類やそれを食する住民に悲劇的な影響を及ぼし、「公害」という深刻な社会問題を引き起こしました。公害には個別の発生源に対する対策が求められることになります。

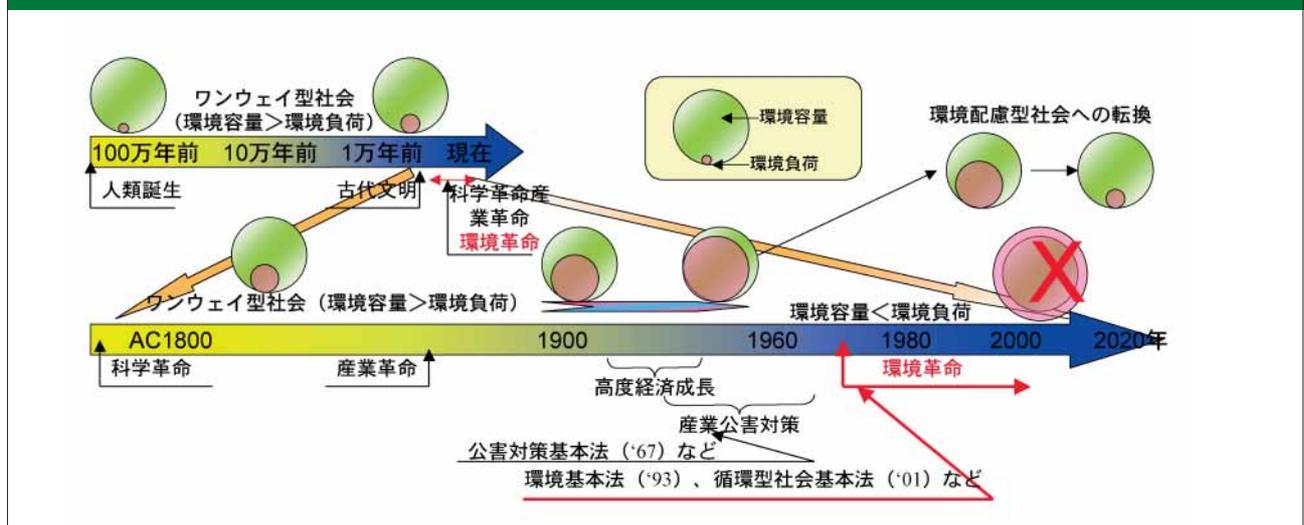
20世紀後半には、産業規模の拡大とともに環境問題は質的な変化を生じました。自動車や多種多様な化学製品等の普及により、環境問題は局地的・限定的なものから、全地球規模に変化したのです。

産業革命以来のエネルギー使用量急増に伴い、石炭や石油(化石燃料)の使用とともに排出される二酸化炭素等に

よる地球温暖化問題が急速に浮上してきました。一方、人口が密集しエネルギー使用量の多い都市部では、局地的に気温の上昇するヒートアイランド現象が見られるようになってきました。このように現在の環境問題は、地球の持つ環境容量を環境負荷が上回り、局地的な問題と地球規模の問題がともに存在するという状況になっています。

このような状況の下、国際的な取り組みが始まり、わが国でも法的整備や戦略策定が進められるようになりました。オゾン層保護、酸性雨防止、海洋汚染防止、廃棄物越境移動、森林保全、生物多様性保全、砂漠化対応、地球温暖化防止等に関わる様々な会合が開かれ、条約が結ばれています。

### ● 社会の変遷と環境負荷



## 産総研の目指す環境・エネルギーの研究開発

持続・共生が可能な循環型社会を構築するには、

- (1) 安心・安全な環境
- (2) 資源循環システム
- (3) 環境と調和した新しいエネルギー需給構造を実現しなければなりません。そのための対策は以下の通りです。

- (1) 有害物質対策
- (2) 3R (リデュース、リユース、リサイクル) 促進

- (3) 地球温暖化対策
- (4) エネルギー安定供給

産総研では、これらの対策を進めるための研究開発の目標を「環境効率最大化」としています。ある技術を適用して、ある便益(電力、熱、化学製品等)を得るには、ほとんどの場合何らかの環境負荷(CO<sub>2</sub>排出、有害化学物質排出、騒音等)を与えることになります。環境効率はこれらの便益を環境負荷で割った値です。環境効率を最大化するには、ある技術を適用する場合、システム全体を様々な観点から評価しなければならないということになります。

環境・エネルギー問題を解決するには、国際的視点が不可欠です。地球規模での環境問題が存在するだけでなく、環境・エネルギー技術の途上国への移転や再生可能エネルギーの普及等が南北問題解消の大きな鍵ともなるからです。いまや人口の急増するアジアやアフリカの発展途上国抜きの議論はありえません。

## 温暖化防止京都会議を受けて

温暖化防止京都会議（COP3）でわが国は2008年から2012年の第1約束期間に1990年比で6%の温暖化ガス排出量削減を義務付けられています。6%削減という目標は極めて困難であることは図からもわかりますが、これに基づき政府は2010年における新エネルギー導入目標を掲げています。太陽光発電の導入目標は482万kWです。また2020年に1兆円産業を目指すという目標を達成するには2870万kWの導入量が必要との試算もあります。さて世界に目を向けると、ドイツの地球環境問題に関する諮問委員会やG8のシナリオはこの一桁上の導入量になっています。産総研では、COP3で定められた2010年の目標を達成するだけでなく、それ以降を考え、しかも世界を視野に入れた研究開発と導入・普及の支援を積極的に行っていくことにしています。

## 3つの重点課題：システム評価技術 環境効率最大化生産・利用システム 高効率分散化エネルギーシステム

環境・エネルギーシステム評価は上記のように極めて複雑なため、新たな評価手法が求められています。産総研で

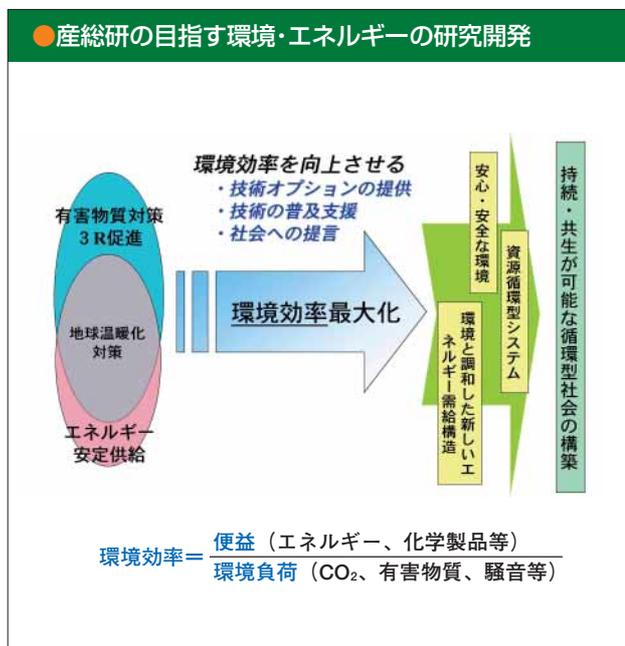
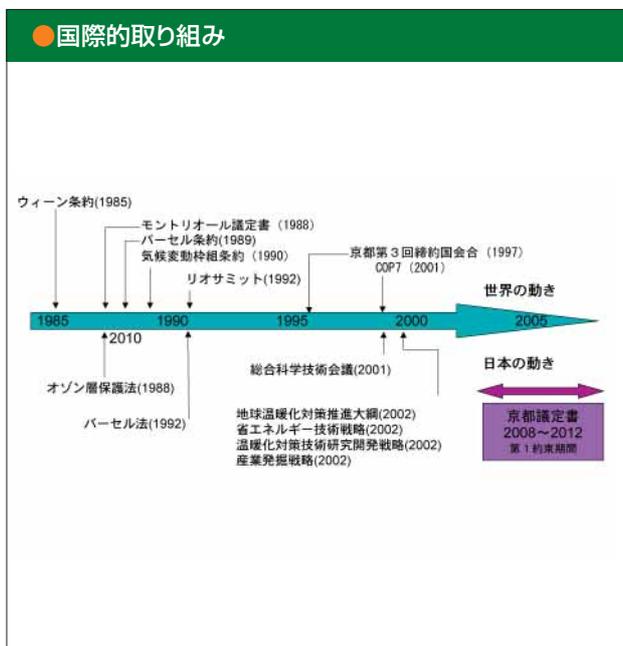
はこのような「システム評価技術」を環境・エネルギー研究の重点課題の一つとして推進しています。評価技術に関わる研究は、評価手法の研究とその応用からなり、通常の研究論文の発表に留まらず、手法の普及、政策提言、リスク評価書の作成等をアウトプットとして世に出しています。公的機関が行うべき典型的な研究開発と考えています。

このほかの重点課題は、「環境効率最大化生産・利用システム」と「高効率分散型エネルギーシステム」です。前者は生産・利用プロセスにおいて効率的な物質循環技術体系の構築を大目標とするものです。ただやみくもに100%循環を目指すものではありません。

後者は、再生可能エネルギーを最大限に有効活用し、エネルギーの需要端の近くに各種の中小規模の分散型エネルギー源を配置します。エネルギー供給側と需要側の双方の多様なニーズに柔軟に応えるとともに、総体として二酸化炭素排出量をできるだけ少なくするような新しいエネルギーシステムの構築を目指すものです。

## 出口の見える基礎研究 —産学官協力で支援研究を—

産総研では技術のブレークスルーを見出し、また、次世代技術のシーズを生み出す先導研究を実施するとともに、新技術を大規模に導入するための支援研究を行っています。先導研究と言っても当然実用化をにらんだ基礎的研究なので、産や学との協力は欠かせません。産総研の研究拠点に産や学からの研究者が集まり、集中研究を実施しているケースもいくつかあります。超臨界流体研究センターやパワーエレクトロニクス研究センターなどがその例です。



支援研究の代表例として標準や規格に関わる研究を挙げることができます。技術が普及するときに必要不可欠なもので、これも公的機関として重要な研究と位置づけています。当然実用化されたときのことを考えて実施すべき研究ですので産との連携は極めて重要です。様々なシステム研究も支援的性格を持つことがしばしばあります。

## 数十兆円産業となるか 環境・エネルギー技術

環境技術とエネルギー技術はともに数十兆円産業になり得ると言われています（産業発掘戦略）。その一方で経済性の観点から新しい産業が成立しにくいことも事実です。

地球温暖化対策の代表格である太陽光発電を例にとってみることにします。1974年にサンシャイン計画が始まった当初、1W当たり一万円近くもした太陽電池が、現在では住宅用の3kWシステムで200～300万円（システム価格でWあたり千円弱）となりました。この間政府が研究開発に投入した予算は総額2千億円以上、現在は年間約70億円を投入しています。その結果、世界の太陽電池生産量の45%をわが国が占めるようになりました。

では、もはや研究開発が必要ないかという、決してそうではありません。いまだに既存の電力価格に対抗できるには至っていないのです。この事実は環境・エネルギー問題が長期的取り組みを要する困難な課題であることを端的に物語っていると言えます。今しばらくは補助金や税制上の優遇措置等の導入・普及策と技術開発は車の両輪なのです。

エネルギー技術がどのように実用化されるかを考えて

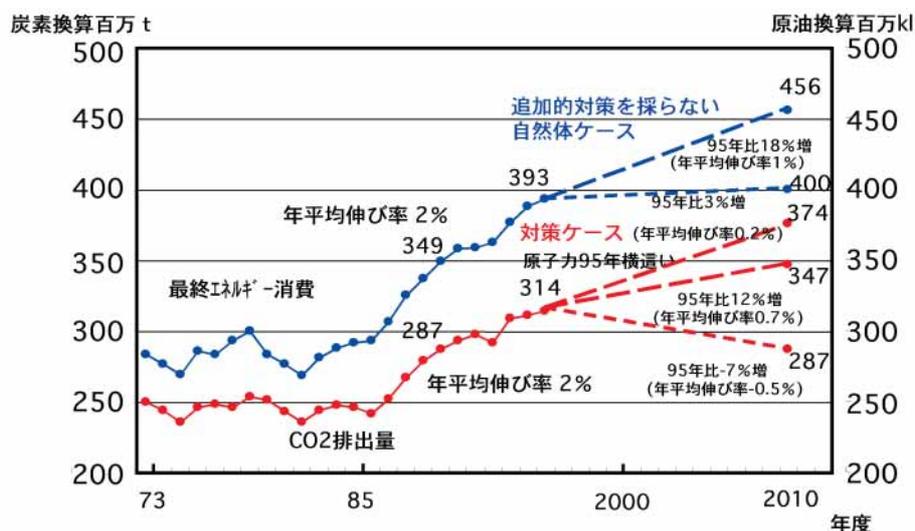
みると、経済性の向上に時間がかかるため、通常は多少コストが高くともよい宇宙用等の特殊用途や民生用として実用化するケースが多く見られます。前者の例としては30年以上の実績がある宇宙用の燃料電池や熱電変換、後者の例としては電卓用の太陽電池などをあげることができます。市場を開拓しながら生産量を増やし低コスト化を図ることが典型的な技術開発と導入普及の関係で、この関係が良循環になれば産業として成立することになります。

従来なかった環境産業も生まれてきました。省エネ化やISO14001取得を支援するコンサルタント業務などです。産総研で実施しているコプロダクション連携モデルの提唱やライフサイクルアセスメントなどはこれにつながる技術です。最近の研究内容が分散型システムに移行してきたことから、エネルギー産業としての本格的実用化の前に民生用等に技術が生かされる例も従来に比べ増えてきています。

### ● 京都議定書

1997年に京都で開かれた地球温暖化に関する国際会議COP3で、京都議定書という形で国際的な約束ごとが提案されました。2001年のCOP7で日本は、京都議定書にある1990年の二酸化炭素放出レベルから6%を、遅くとも2012年までに削減することを宣言しました。ところが現状は、1999年ですでに1990年レベルの9%増加しています。ですから、これから私たちは二酸化炭素を減らす精一杯の努力をしなければなりません。

### ● 最終エネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出の実績と見直し



# 地球温暖化物質

## 地球環境を支配する二大物質 水と二酸化炭素

水と二酸化炭素は、地球環境問題を左右する鍵となる物質です。それは、地球上に豊富にありながら、様々に形を変えて地球を循環し、そのあり方が地球環境に影響を与え、さらには人類の持続的発展を左右しているからです。産総研では、重要物質の挙動把握や、物質の動きに伴って起こる環境問題解決のための研究を展開しています。

### ● 21世紀は水の世紀

21世紀は水の世紀と言われています。2003年3月に京都で開かれた世界水フォーラムでも、水は持続可能な開発、貧困及び飢餓の撲滅の原動力であり、人の健康や福祉にとって不可欠なものであることから、水問題は世界的な優先課題とされました。同フォーラムでの閣僚宣言では、「水資源管理と便益の共有、安全な飲料水と衛生、食料と農村開発のための水、水質汚濁防止と生態系の保全、災害軽減と危機管理」について各国がそれぞれ行動することが必要とされています。

### ● 重要な黄河一帯の地下水資源予測

産総研は、文部科学省の「人・自然・地球共生プロジェクト」の下で、「黄河流域地下水循環モデルの構築と地下水資源の将来予測」という課題を担当しています。この課題では、大規模流域の水循環系での地下水の果たす役割を評価するため、現地水文調査、地下水循環モデルの構築、地下水資源の将来予測を行います。世界の工場とまで言われる中国の著しい経済発展、都市部への人口移動、土地改変、それらに伴う水需要の増大と地下水資源の脆弱性は、経済的結び付きから見て、まず日本やがては世界のあり方に影響する恐れがあります。黄河一帯の地下水資源の将来を予測することは、この世界的問題を考えていく基本要素として重要です。

データベースの一つに、「いどじびき」の愛称で知られる地下水に関するデータベースがあります。温泉井や土木調査ボーリングのデータ、水質や基盤地質物性に関するデータを収集し、さらに他機関のデータとリンクするこ

とにより充実させています。また、東南アジア各国の地質調査所や水資源公社などと相互に協力して、東南アジア版の「井戸・水文データベース」を2004年に完成させる予定です。これらの基礎研究資料は、地球規模での環境問題や国境を越えた水管理、都市化の影響評価、社会環境整備計画などに貢献できるものです。

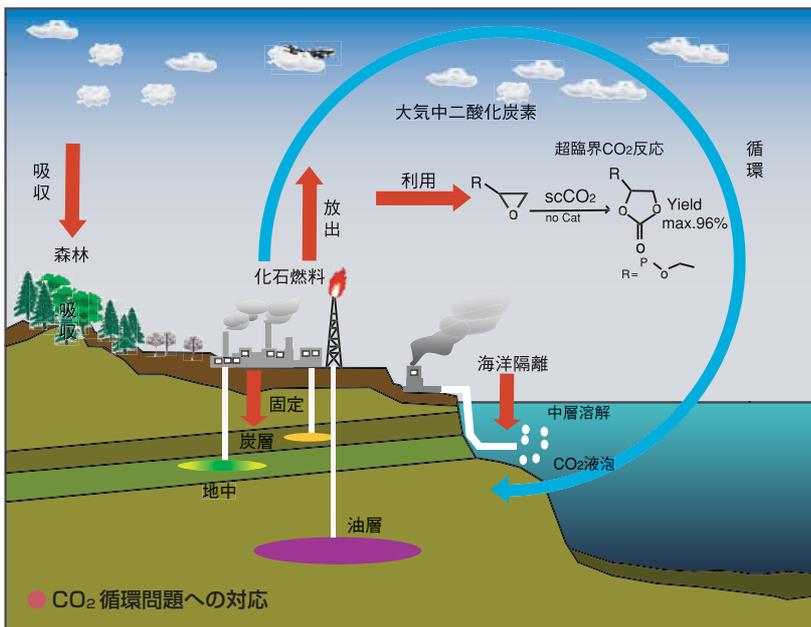
### ● 水環境を知る 水質モニタリング

水質モニタリングは、水環境の推移を知る上で基本的に重要な手法です。水質汚濁指標となる種々のイオン性水質汚濁成分のモニタリング技術の高度化を図るために、新しい分離手段による、水素イオン、陰イオン（硫酸、硝酸、亜硝酸、リン酸、塩化物、フッ素イオン、ケイ酸、炭酸水素イオン等）、陽イオン（ナトリウム、アンモニウム、カリウム、マグネシウム及びカルシウムイオン等）及び有機酸イオン等のオンサイト型イオンクロマトグラフィーを用いる水質モニタリングシステムを開発しています。国内外での水環境への適用を通じてその有用性を実証し、JISやISO等の公定法へ導入することを目指しています。

### ● 水の浄化

豊かな生活を支えるため、多くの難分解性有害物質が環境中に排出されており、地下水汚染をはじめとさまざまな水環境問題が引き起こされています。オゾンには難分解性有害物質を生物が容易に分解できる物質に転化させる機能がありますが、この機能に着目した生物処理と併用し、染料排水中の難分解性有害物質の高効率分解による全有機炭素(TOC)の除去ができることを見出しました。この技術は、将来的には、広く水環境の浄化・修復にも応用が期待できるものです。

社会的に関心の高い微量化学汚染物質などの生態系への大きな影響が指摘



され、様々な削減法が検討されています。物理化学的手法と比べ、生物的手法は低環境負荷型処理法として知られていますが、近年、生物由来の生体触媒を用いる方法が注目されています。その一つとして、生体触媒を固定するナノスケールの気孔を持つセラミックス担体を初めて開発し、従来よりも高効率で持続的なミニマム型のコンパクトな高度水処理システムへの実用化を図っています。これにより、酵素の機能を活用した水循環改善システム技術が実現します。

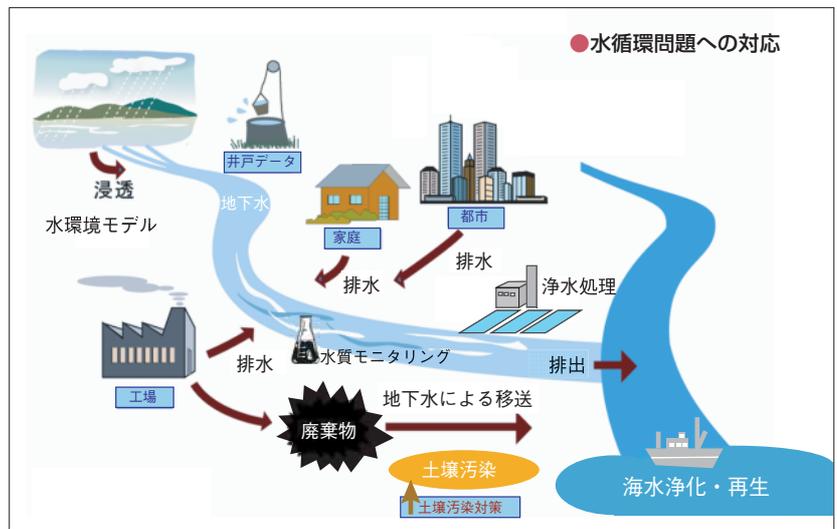
海水の浄化も地球環境を保全するためには重要です。九州有明海沿岸は、日本の代表的なノリの産地です。生産のために使用した海水は様々な汚染していますが、何の処理もされないため産地周辺での深刻な環境問題となっています。そこで、これまで開発した環境浄化剤の製造技術をベースとする、ノリ加工排水用トータル処理システムをつくらうとしています。これが完成すれば、もっと適用範囲を広げ、多方面の水浄化に役立つと考えています。

### ●海洋に放出されたCO<sub>2</sub>

産業革命以後、人間活動はエネルギーの生産と消費に伴い、膨大な量の二酸化炭素を大気に放出してきました。様々なデータとモデル計算から、放出された二酸化炭素総量の約25%が海洋に吸収されたと考えられています。その挙動を定量的に検証するため、海洋大循環・炭素循環モデルを使い、海洋における人為起源二酸化炭素の分布を計算しています。その分布から、海洋に移行した人為起源二酸化炭素は、海流によって取東海域である亜熱帯に輸送され、集中することが明らかになりました。海洋へ移行した二酸化炭素の挙動は、大気中二酸化炭素濃度を左右します。このため、紹介した計算は、これからの大気中二酸化炭素濃度予測に役立つものです。

### ●CO<sub>2</sub>の削減対策 — CO<sub>2</sub> 隔離の方法 —

大気中二酸化炭素は光合成により森林に吸収されます。熱帯のような過酷な気象条件下の森林での二酸化炭素吸収能を、定量的に長時間連続測定でき



る手法をすでに開発しています。これを用いた野外タワー観測に基づき、大気と森林生態系間の二酸化炭素正味交換量（炭素吸収能）と気象条件の関係、炭素吸収能の季節変化・年々変化を調べています。諸研究機関・大学と協力している東アジアの代表的な森林生態系での観測から、大気から森林生態系へ1.3から5.7（平均3.2）tC/ha/yr（トン炭素／ヘクタール／年）の炭素吸収があるという結果を得ています。この成果は、実態の解明のほかアジア諸国との二酸化炭素排出権取引の基礎データとしても利用できるものです。

二酸化炭素削減対策の一つは大気中からの隔離です。二酸化炭素の隔離は大きく分けて地中貯留と海洋隔離があります。このうち地中貯留は、二酸化炭素の拡散を妨げるキャップロック下の帯水層の中に圧入する方法と、二酸化炭素の吸着度が高い石炭層に圧入する方法が主に考えられています。前者は、天然ガスの地下貯蔵あるいは原油増進回収で蓄積した技術を応用したもので、後者は二酸化炭素の注入と同時にメタンが回収できるという利点があります。どちらも実用化できれば、二酸化炭素の直接的な削減に大きく貢献します。

海洋の中深層は、発生源で回収される二酸化炭素の隔離のために有望な場所とされています。しかし、海水は循環しているためいずれ大気と接し、二酸化炭素が大気に放出される恐れや、海洋環境を変化させて生態系へ重大な影響を与える恐れがあります。しかし、海洋の中深

層に関するこれまでの知見は乏しく、海洋隔離後の二酸化炭素の挙動や影響の予測はされていません。そこで、近年開発された手法を用いた現場観測や室内実験によるデータを活用して、隔離後の二酸化炭素の動態を明らかにし、二酸化炭素海洋隔離の環境影響予測手法の開発を進めています。この予測ができると、海洋隔離が実用化できるかどうかの判断につながることができます。

### ●有機合成技術でCO<sub>2</sub>を使ってしまう

二酸化炭素を積極的に使うことで、環境負荷を低減する試みも行っています。有害な有機溶媒に代わる溶媒として、超臨界二酸化炭素を用いるフェノールなどの選択的水素化反応や、二酸化炭素固定化によるカーボネート合成などの技術開発が注目されています。超臨界二酸化炭素と反応を加速する固体触媒の組み合わせによる多相系システムは、反応効率を向上させるとともに、反応と分離を同じ工程で行うことで工程を短縮できる先駆的なプロセスです。このため、環境に優しく、かつ経済的な有機合成技術として発展することが期待されます。

【地圏資源環境研究部門 野田徹郎】

研究トピックス

# 地球温暖化ガスの計測と対策

## リモートセンシング

### ●温室効果ガスを観測する —人為的に排出される二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素—

温室効果ガスを地球規模で観測するため、人工衛星を用いたリモートセンシング、あるいは地上に観測点ネットワークを張り巡らす取り組みが始められています。

地球温暖化ガスのうち、人為的に排出される二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素等については、排出抑制対策の実施が強く求められています。効果的な対策を実施するために、これらのガスの排出状況を調査し、いわゆる固定発生源での排出量目録（インベントリー）測定をすることが必要です。

### ●リモートセンシングに有効な分光法

私たちは分光法を用いた排出ガス濃度測定技術を開発しています。フラウンホーファーが太陽光線をプリズムで分光し、その中に細い黒線（暗線）を見いだしたのに端を発して、ブンゼンとキルヒホッフが分光によって化学分析が可能であることを証明し、分光器を発明しました。その直後の1868年8月18日、インドでの皆既日食のコロナ分光観測によって、地球上でそれまで知られていなかった黄色の輝線が発見されました。これがヘリウムです。この例は分光法が、観測装置から非常に離れ

た位置に存在する物質の検出（リモートセンシング）にきわめて有効な手法であることを見事に示しています。現在においても、直接試料を入手できない遠方の天体に分布する物質の分析は、分光法なしには考えられません。人工衛星・気球等の飛翔体を用いた地球大気の観測にも応用されています。私たちは分光法が固定発生源インベントリー測定や排出ガス自動測定に最適の方法と考えています。

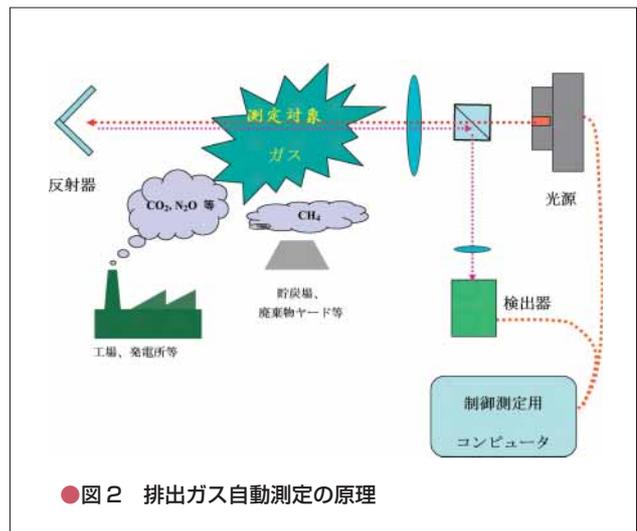
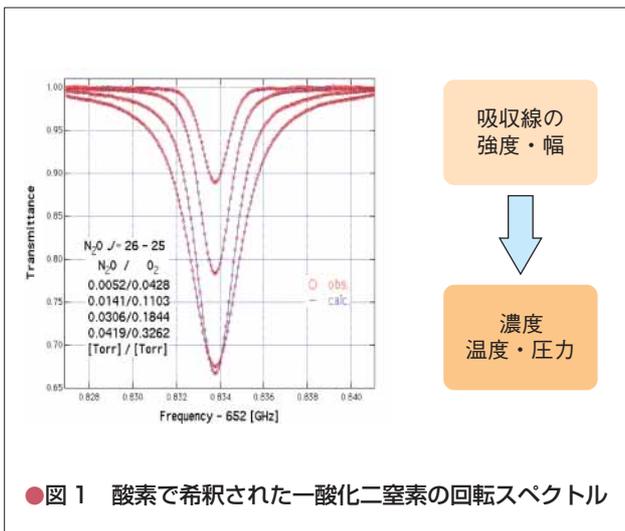
### ●分光器で測定する物質の 濃度・温度・圧力

物質はそれぞれ特有の波長の光を発したり吸収したりします。図1は産総研テラヘルツ分光器で測定された一酸化二窒素の遠赤外線領域での吸収スペクトルです。ここでは一酸化二窒素と酸素の混合気体について、様々な圧力で測定しました。精密に測定するとスペクトル線は図1のようにガウス関数とローレンツ関数の重ね合わせ（畳み込み）で表せる形状を示します。中心波長は物質固有の値を持つので、それによって物質の種類を決めることができます。また吸収や発光の強さからは光の通る経路上にある物質の量と温度を導き出せます。ガウス関数の幅は分子の熱運動によって生じるドップラー効果を表しますので、これからは分子運動の温度がわかります。ローレンツ関

数の幅は分子の衝突頻度で決まりますから、これから圧力に関する情報を引き出せます。

### ●分光器で可能になった 排出ガスの自動測定

分光器を図2のように配置すれば、発電所や工場・廃棄物処理場から煙道を通して排出される二酸化炭素や一酸化二窒素をガス採取することなく計測・監視できます。この測定法をパスモニター方式と呼びます。また同様にして、貯炭場や廃棄物ヤード等から発生するメタンも測定できます。レーザーを用いたパスモニターを用いれば、排出ガスを連続的かつリアルタイムに監視する事が可能で、これによって地球温暖化ガス排出抑制対策を効果的に実施できます。排出ガス濃度自動測定に高性能かつ簡便なパスモニター自動分光システムとして、近赤外領域で発振するダイオードレーザーを用いる手法が候補に挙げられています。私たちはこの計測方式の測定精度・測定感度の一層の向上と、測定手法の標準化をめざして研究を進めています。



## 地球温暖化物質の分離技術

### ●地球温暖化物質 HFC134a

HFC134aは地球温暖化係数がCO<sub>2</sub>の数千倍ある強力な温室効果ガスです。ここでは、ハイドレートを利用した地球温暖化物質の分離技術について紹介します。新しい燃料として知られているメタンハイドレートがメタンのハイドレートであると同様、HFC134aもハイドレートを作ることができるのです。

### ●ハイドレートを形成する

ハイドレートは、包接化合物の一種であり、水分子が形成する籠の中にガス分子が取り囲まれて存在するという特異な構造を示します。籠の中に包接される分子はゲスト分子と呼ばれ、二酸化炭素、亜酸化窒素、メタン、CFC、HCFC、HFC等の地球温暖化物質と水の混合物はすべて、ある温度・圧力条件下でこのハイドレートを形成します。

近年、分子認識性を持つ機能性材料を用いた分離技術が発達しつつありますが、ハイドレートは、クラウンエーテル、シクロデキストリンらの機能性分離材料と同様に分子径に基づく認識性を持つ他、ゲスト分子-水分子間ポテンシャルの差異に基づいたより精緻な分子認識性を有します。また、ハイドレートの生成圧力は各地球温暖化物質の飽和蒸気圧力よりも低く、このため分離

に要するエネルギーが小さく経済性において優れています。

### ●HFC134aを分離する

図1に代表的な地球温暖化物質であるHFC134aのハイドレート生成条件を示します。HFC134aは大気圧下であれば約4℃まで冷却すればハイドレートを生成します。このようなハイドレートの生成条件は各地球温暖化物質で異なります。

図2にHFC134aと窒素との混合気体からHFC134aをハイドレートを利用して分離した場合の成績を示します。現在、毎年約1万トンのフッ素系地球温暖化物質が新たに発泡材廃棄物として投棄されています。空気との置換も進行しているため、フッ素系地球温暖化物質の再生利用にはそれらと分離精製が必要です。例えば、空気との置換が40%程度進行しているものとして、5℃、2気圧の条件でシステムを運転した場合、1段でHFC134aを約97%まで精製することができます。

### ●地球温暖化物質分離システム的设计

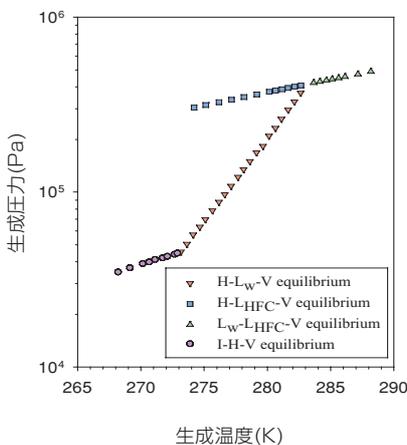
当研究部門では、このようなハイドレートを利用した地球温暖化物質分離システム的设计のために必要となる基礎データを測定するとともに、その具

体化を目指して、スタティックミキサーを利用した高効率分離装置、多孔質体を利用した連続分離装置等の研究開発を鋭意進めています。図3にその原理を示します。多孔質体を介して分けられた供給側からは混合ガス、透過側からは水が供給され、多孔質体内で水とガスが接触し、供給側の圧力をハイドレート生成条件下にすることで気液界面にハイドレートが形成されます。透過側圧力をハイドレートの分解条件とすることで、ハイドレートが分解し、分離されたガスを連続的に取り出すことが可能となります。

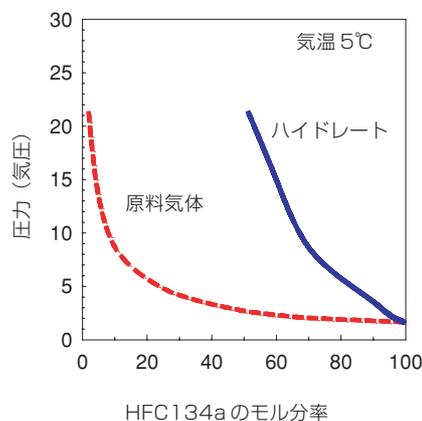
【環境管理研究部門 田尾博明】

### ●ハイドレート分離技術

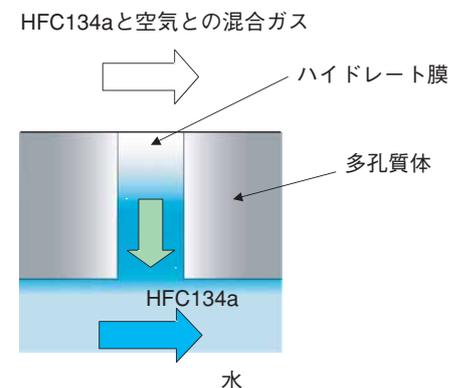
分離媒体が水であり化学物質等を使用しないため、さらなる環境負荷を生む懸念が存在しないこと、装置が比較的簡便であること等、数々の優れた特性を有しており、二酸化炭素、CFC、HFC等の地球温暖化物質の分離技術として実用化するものと期待されています。



●図1 HFC134aハイドレートの生成条件



●図2 HFC134aと空気 (N<sub>2</sub>) との分離成績



●図3 多孔質体を利用した連続分離技術の説明

# グリーン・サステナブル・ケミストリー GSC (Green Sustainable Chemistry)

## ● GSCの取り組み - 5つの重要課題 -

GSCに対する研究課題は、原料、反応工程、製品、リサイクル、廃棄物処理の5つに大別できます。原料については、石油を中心とした現在の技術体系に対して、バイオマス等の再生可能資源へのシフトが世界的に指向されるようになってきましたが、日本及びアジアでどのように研究を進めて行くのが検討課題となっています。製品については、人間にも環境にも優しい化学品、材料等の開拓が求められますが、この課題については企業との連携の下で研究開発を進めることが特に重要です。反応工程については、その革新には基礎から応用に渡る広い範囲の中・長期的研究開発が必要となるので、産総研が主体的に研究開発を先導すべき課題として重点を置いています。反応工程では、触媒、分離膜、非有機溶媒が3つ

の重要技術要素であり、これらについては産総研は長年の技術蓄積を有しています。

## ● 化学工業の省エネルギー・省資源、有害物質フリーを目指した反応工程の革新

### 1) ハロゲンフリーの省エネ・省資源の選択酸化反応プロセス

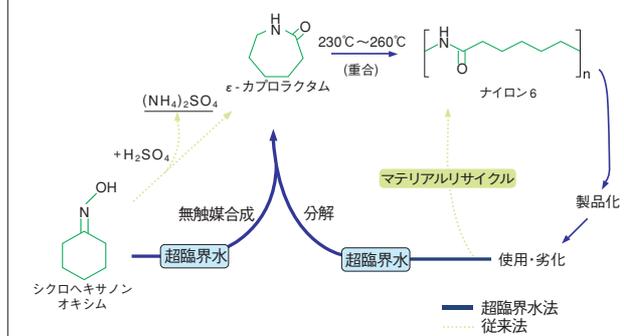
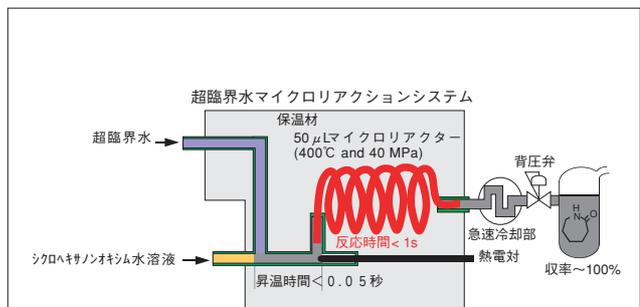
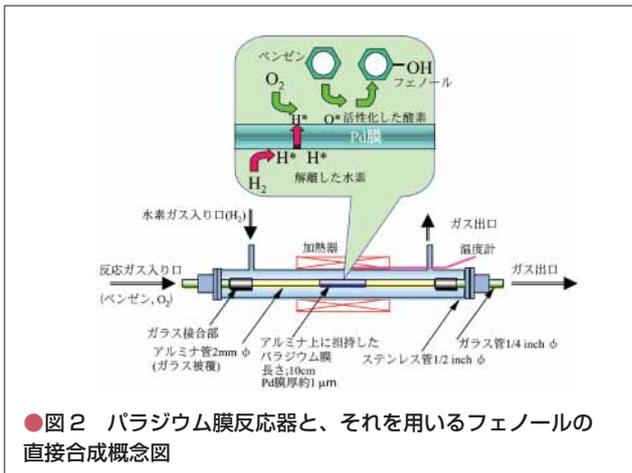
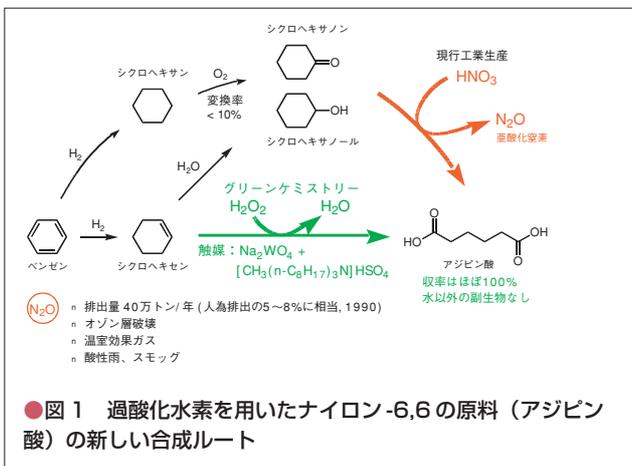
化学工業では、石油、即ち炭化水素から機能性化学製品を作るために、選択的に酸素を付加することが必要であり、この酸化反応プロセスは高分子合成に次いで大きな市場を有しています。しかし、現状ではハロゲンを用いた多段階反応、高価な有機過酸化物を使用する反応が主流であり、今後は過酸化水素で(水を副生するのみ)、究極には分子状酸素だけで選択的に所望する含酸素有機化合物(例えば、不飽和のアルコール・アルデヒド、エポキシド等)を

合成できるプロセスの開発が望まれています。

その一例として、ナイロン-6,6の原料となるアジピン酸の合成を過酸化水素を用いて行う試みを図1に紹介します。現行法では、シクロヘキサノンとシクロヘキサノールの硝酸酸化で合成されていますが、 $N_2O$ が副生します。この $N_2O$ を酸化剤として使用する道もありますが、実際には多くが分解処理されています。産総研では、タングステン酸ナトリウム系触媒を見出し、図1下段に示すような経路でアジピン酸の合成が進むことを見出しています。

### 2) 分離膜を用いた省エネ型分離・濃縮

化学工業においては、エネルギー消費の50%以上を分離・濃縮工程が占めるといわれていますが、この工程を分離膜を用いて行うことができれば、大幅な省エネルギー化を実現できます。また、分離膜を組み込んだ反応器では、



● 図3  
(上) 超臨界水マイクロアクションシステムによるε-カプロラクタムの合成  
(下) 超臨界水を利用した環境調和型物質循環システム構築-ナイロン-6,6の場合

化学平衡の制約を脱することができ(脱水素反応の場合等)、選択性を高めることも可能である等のメリットも期待されています。例えば、Pd膜を通して解離水素原子を送り込むことによって、ベンゼンと反応する酸素分子の反応活性を制御することにより、ベンゼンから一段反応によってフェノールを直接合成することに成功しています(図2)。

### 3) 超臨界流体を用いた簡潔な合成反応

反応工程を大幅に変革するには、反応の場となる溶媒を変えることも有効な手段です。特に、室温での蒸気圧がかなり高く、その蒸気が有害であることが多い有機溶媒に比べ、環境への負荷

の少ない二酸化炭素や水を超臨界状態にして用いる方法が注目を浴びています。例えば、ナイロン-6の原料となるε-カプロラクタムの合成において、超臨界水マイクロリアクションシステムを用いれば、ε-カプロラクタムの選択率99%で1秒以下の短時間で反応を終わらせることができます。酸触媒や溶媒の回収・再生が不要であるので、環境負荷の少ない新しいナイロン原料の合成法として興味深いものです(図3)。

【環境調和技術研究部門 春田正毅】

### ●グリーン・サステイナブル・ケミストリー (Green Sustainable Chemistry)

日本では「製品設計、原料選択、製造方法、使用方法、リサイクル等製品の全ライフサイクルを見通した技術革新により、人と環境の健康・安全、省資源・省エネルギー等を実現する化学である」と定義されている。これは、環境問題の元凶の一つでもあり、その解決策の切り札ともいわれる化学の役割を発展的に強化する理念・活動である。

## GSC ネットワークへの参加

### ー GSC 活動は世界的な流れー

「持続可能な社会を支える、人と環境にやさしい化学技術」を意味するGSCは化学分野のものづくりのイノベーションであり、現在、その実現に向けたGSC活動は世界的に取り組みられています。1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境会議(アジェンダ21第19章化学物質管理)から始まり、経済協力開発機構(OECD)で取り組まれています。1998年10月のステアリンググループによるベニスワークショップにおいて、「GSCが環境マネジメントプログラムの改善と向上に貢献することを確認し、各国政府・産業界・学会がGSC実現のためのプログラムを創設し、促進する努力をすること」が合意されました。1999年6月にはOECDの組織改定でジョイントミーティング(参加国政府代表によるOECDでの決定会議)直下の組織としてGSCに関する活動が行われるようになりました。

このような世界的な動きに対応し、日本では当時通産省化学課の指導の下に国内でGSCを実現していくための組織を立ち上げるべく活動が行われた結果として、GSCネットワーク(GSCN)が平成12年3月に組織されました。当

時の物質工学工業技術研究所を含めて、社団法人化学工学会、社団法人高分子学会、社団法人日本化学会の3学会、社団法人化学情報協会、社団法人新化学発展協会、社団法人日本化学工業協会、財団法人化学技術戦略推進機構、財団法人化学物質評価研究機構および財団法人バイオインダストリー協会の計10団体がその設立に参加しました。産総研は独立行政法人後も引き続きGSCNのメンバーとして活動しています。

### ー GSCNの中核として活動ー

GSCNの活動は大きく分けてOECDに関連した国際的な活動と、国内における活動とがあります。国内での活動はGSCの端緒が「アジェンダ21第19章化学物質管理」にあるように、GSC活動に関する国民の理解を得るための広報や教育が重要との認識から広報・教育活動に力を入れてきました。もちろんGSC実現を目的とした研究活動の推進も有ります。「イニシヤティブGSC21 提言書ー化学技術の挑戦ー」を平成14年9月にまとめ、今後のGSC研究の方向性を指し示しました。

GSCNの現在の主要な活動は(1)毎年開催されるGSCシンポジウムと(2)

GSC賞です。平成15年3月にはGSCに関する世界で初めての国際会議(GSC TOKYO 2003)が海外20カ国120名を含めて、760名の参加の下、早稲田大学で開催され、大成功をおさめました。産総研は国際会議の実行委員会に複数の実行委員を送り、その開催に協力するとともに、研究発表では129件のうち、22件が産総研からの発表で、実質的に成功に貢献しました。またGSC賞では第2回目の平成14年度からは経済産業大臣賞、環境大臣賞および文部科学大臣賞の3大臣賞が設けられ、産総研フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センターの関屋章氏が日本ゼオン株式会社と環境大臣賞を共同受賞するという栄誉を得ました。

現在、GSCNには運営委員会を含めて5つのグループがあります。産総研はその全ての委員会・グループに委員を派遣し、GSC実現の中核団体の一つとして活動しています。なお、構成団体は20に増えています。

【物質プロセス研究部門 伊ヶ崎文和】

# 新エネルギー の開発

# 太陽光発電技術の 研究開発

—再生可能エネルギーの大量導入に向けて—

## ●実用化に向けて更なる効率化を目指す

地球温暖化防止、炭酸ガス排出削減に向けた再生可能エネルギー利用の代表選手として開発が続けられてきた太陽光発電は、過去10年間に発電コストは1/5以下に下がり、2002年までに日本全体で637MWが導入されるなど、長足の進歩を遂げて来ました。当面の目標は政府の定めた2010年における導入目標4.8GWですが、2030年頃のエネルギー供給の一部を担うに十分な大量導入のためには、一層の研究開発が求められています。研究開発の課題としては大別して、太陽電池の高効率化（現在の製品は15%前後）及びコスト低減と、時間変動の大きな出力の有効な利用手段の開発、の2つが挙げられます。

発電を行う太陽電池についてはこれまで、産総研の複数の部署において、結晶シリコン型（電力エネルギー研究部

門）から、アモルファスシリコン（薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ）、CIGS等の化合物型（電力エネルギー研究部門）、近年急速に進歩してきた色素増感型（光反応制御研究センター）等に至るまで様々な方式の太陽電池の先進的な研究開発が行われ、他をリードして来ました。今後の低価格化、省資源化に対応するためには、革新的な方式の探索と共に、各種半導体型の太陽電池の薄膜化、大面積製造にも適した低コストプロセス技術の確立が求められ、効率の一層の改善のためには、太陽光の広いスペクトル範囲の活用が不可欠で、様々な材料を組み合わせた多接合型の太陽電池の開発が必須となりつつあります。

## ●エネルギーネットワークの構築

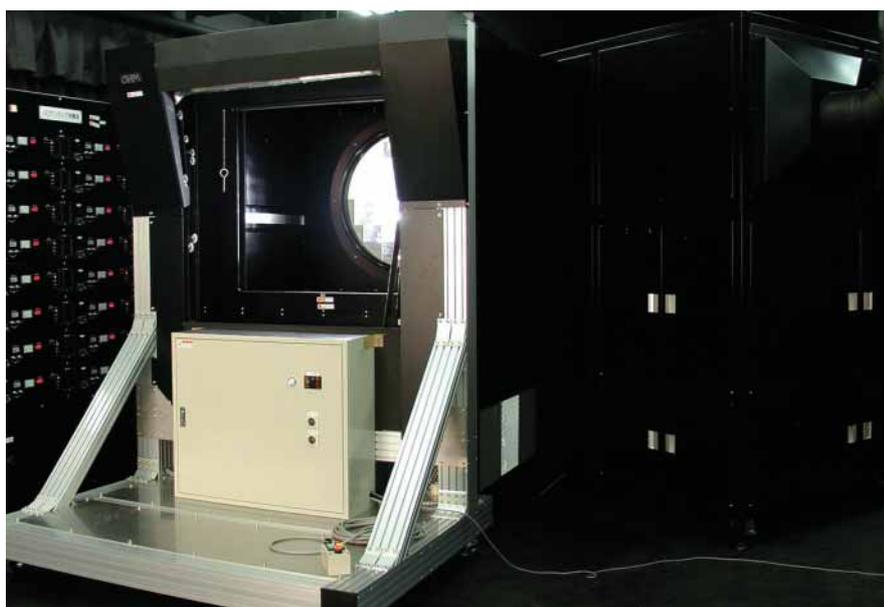
また、天候に左右され変動の大きな発電出力をいかにして大量に有効に利

用するかが、ますます重要な課題になって来ます。多数の太陽電池モジュールを必要最小限の電力貯蔵等と組み合わせながら、既存の系統と協調させて利用する技術は、風力発電等にも共通点が多い、挑戦的なエネルギーネットワークの研究とも言えます。

【電力エネルギー研究部門 大和田野芳郎】

産総研は、新規に開発される様々な方式の太陽電池の性能を、中立的に精密に評価する役割も担っています。

これらの各種太陽電池研究相互の融合とシステム研究を加えた総合的な研究開発の推進を狙って、産総研内に太陽光発電に関するセンターの設立準備が現在進められており、新世代の太陽光発電研究の展開が期待されています。



●写真 大面積（約1m角）の太陽電池モジュールの性能を屋内で測定するための大面積ソーラーシミュレーター

# 燃料電池と 水素エネルギー

クリーンな水素エネルギー社会を目指して

## ●市場導入間近か —固体酸化物形燃料電池—

燃料電池は、小型ながら高い発電効率が得られる、熱も併せると一層高いエネルギー利用効率を得られる、理想的には水素のみを燃料とし炭酸ガスを排出しない、などの利点があり、環境負荷低減、地球温暖化防止の観点から高い期待が寄せられています。

様々な種類の中で、固体高分子形燃料電池 (PEFC) は、約80℃と比較的低温で動作し小型化が容易なため、自動車搭載用や定置型、携帯機器用と幅広い利用が期待されていますが、耐久性や製造コストに大幅な改善の余地を残しています。産総研ではPEFCの劣化要因の解明と共に、低価格で長寿命の電解質や触媒の探索、付加価値の高い携帯機器用の新しい燃料電池等の研究を、生活環境系特別研究体等で進めています。

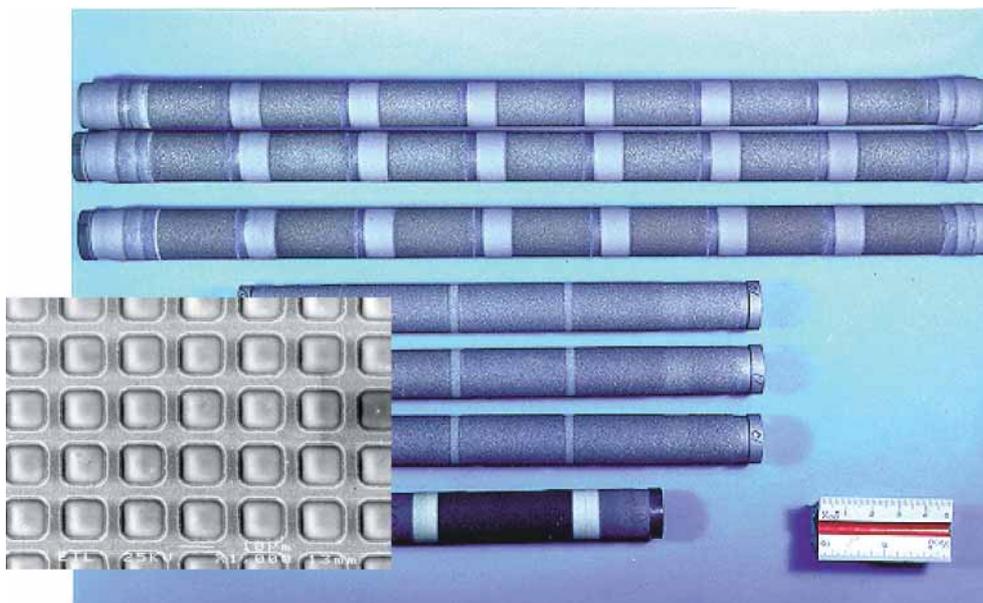
固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は、1000℃近い高温で動作し、50%以上の高い発電効率が期待できる他、単純構造で堅牢、内部改質が容易、等の利点を持っています。近年、数百kWのSOFCが試作される一方、動作温度を700℃近くまで下げて、出力数百W以下への小型化や起動時間の短縮を目指す開発が進められています。産総研では、市場導入間近のSOFCの性能評価技術を開発すると共に、低温動作材料の開発、小型SOFCの開発や、炭酸ガス回収も含めた燃料多様化の研究を、電力エネルギー研究部門やセラミックス研究部門等で進めています。

## ●クリーンな新エネルギー —水素—

国の定めた2010年のPEFC導入目標(燃料電池自動車5万台、定置用2.1GW)に対しては、製鉄等の過程で発生する

副生水素で十分とされており、まずは貯蔵や輸送・供給手段の確保とその高度化が重要になります。またそれ以降の、より大量に水素を利用する水素エネルギー社会に対しては、再生可能エネルギーからの大量の水素製造が前提となります。産総研では、これらのニーズに向けて、高性能水素吸蔵材料の開発や、逆燃料電池や触媒を用いた水からの水素製造の研究、水素利用安全性確保のための研究等を、電力エネルギー研究部門や、光反応制御研究センター、爆発安全研究センター等多数のユニットが連携を取りながら、行っています。

【電力エネルギー研究部門 大和田野芳郎】



●写真 産総研で開発された固体酸化物燃料電池(チューブ型)と、平面型の詳細な動作解析のための電極パターン

# クリーン燃料製造および利用技術

## ●二酸化炭素回収型水素ガス製造法 (HyPr-RING) のコンセプトと開発展開

未だ81%を化石燃料に依存するわが国のエネルギー事情の中で、地球温暖化防止等の環境保全とエネルギーの安定供給確保を進めていくためには、化石資源、未利用有機資源の低炭素化およびその利用技術の高効率化、クリーン化が不可欠です。

産総研では、石炭、バイオマス、下水汚泥等の有機物資源が保有する化学エネルギーを使って、水を化学的に分解して水素を発生させる方法 Hydrogen Production by Reaction Integrated Novel Gasification (HyPr-RING) を見出しました。本製造法は、同時に生成される二酸化炭素をカルシウムなどの金属を使って吸収させ、この時の反応熱がガス化反応に効率良く供給され、生成ガスの中に二酸化炭素が入らないため高効率に水素を製造できることが特徴です。これまでに反応速度、生成ガス組成などの基礎研究だけでなく、小型連続試験装置を使ったプロセス検証試験も実施し、ほとんどの有機物で約80%が水素、約20%がメタンで二酸化炭素や窒素は微量、硫化水素や塩素も検出限界以下という結果を得ています。

### ●プロセスの原理

本プロセスは1つの反応器で水性ガス化反応 (1) 式とシフト反応 (2) 式が生じるのが特徴です (図1)。



これらの反応に、金属による二酸化炭素吸収反応を組み合わせると、(3) 式の総括反応式になります。



CaCO<sub>3</sub>は高温で焼かれCaOに再生されますが、その時使われた熱は二酸化炭素ガスの吸収時に放出され、水性ガス化反応の熱源になります。また、CaCO<sub>3</sub>は再生方法の工夫により高濃度のCO<sub>2</sub>を回収することができます。

粉体のハンドリング等周辺技術に解決しなくてはならない点も残っていますが、本製造法は日本発の技術として地球環境、エネルギー資源問題に資する、極めて有望なプロセスといえます。

そのため、石炭利用総合センターと民間企業5社が共同で石炭を対象に実用化に向けた研究開発を実施しています。平成15年度中に50kg/日規模の装置を建設して検証を行っていく計画です。

HyPr-RING法は様々な有機物から水素を作ることができます (図2)。ただし、有機物の性状によって反応特性が異なってきますので、石炭で開発された技術がそのまま全ての有機物に適用できるわけではありません。そのため、最近再生可能資源として注目されている木質系バイオマスに本原理を使用して水素を生産する新規プロジェクトが始まり、産総研中国センター循環バイ

オマス研究ラボで研究を行っています。これまでに、石炭より低い圧力でも多量の水素が生成されることが確認されています。

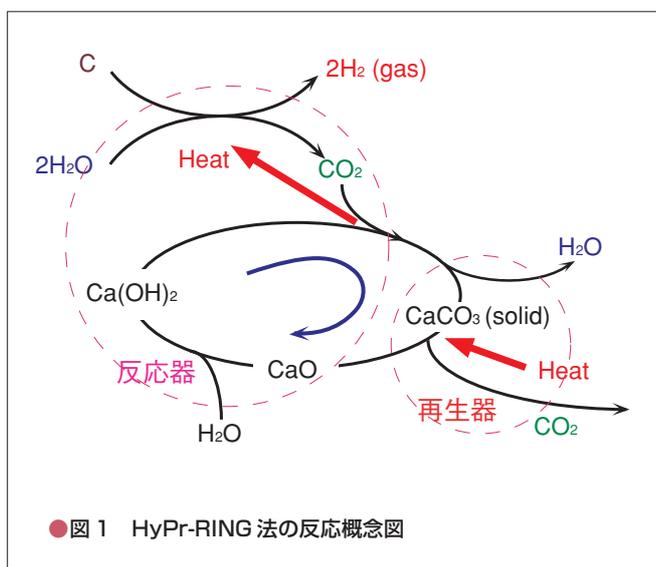
### ●水素製造法の展開

熱化学的な水素製造法では、これまで、有機物の一部を燃やして高温高压条件でCO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>などを作り、これらを分離して水素を取り出していました。かなりの大型装置で実用化もされていますが、一部を高温で燃やしてガス化反応を促進させるために効率が低くなります。また、この製造プロセスのどこかで二酸化炭素を回収するプロセスが必要です。

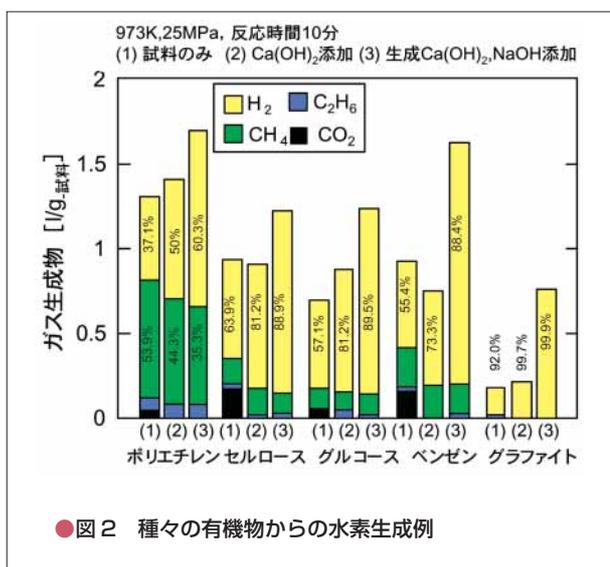
HyPr-RING法が1998年に最初に提案されてから僅か5年後の今年、この原理を褐炭に使用したプロジェクトがEUで始まりました。この二酸化炭素を回収しながら水素を作るというプロセスが今後、世界中で様々な有機物で検証されていく可能性が高く、と同時に、回収した二酸化炭素をどう処理・活用するかという点も含めて、新たな展開を検討すべき時期にきています。

### ●液体燃料製造のためのバイオマスからの最適ガス化

バイオマス等の有機資源からのエネルギー変換は、原料の特性に応じた最適変換プロセスの選択や最適変換条件の把握が重要なポイントとなります。ここでは、実用化に近い研究として、



●図1 HyPr-RING法の反応概念図

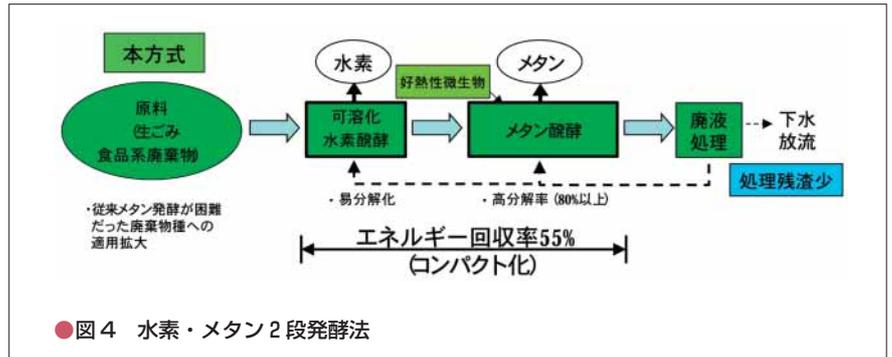


●図2 種々の有機物からの水素生成例

NEDO バイオマス高効率転換プロジェクトの下で産総研が取り組んでいる2課題をご紹介します。

バイオマスのガス化研究では、バイオマスからDME等の合成液体燃料を大規模で製造することを最終目標に、そのキー技術として合成液体燃料製造に適したガスを高速・高効率で得ることを目指しています。このガス化装置には、構造が簡単であり、大規模化・小規模簡易化が可能であり、無触媒でもタールの発生が少ない等の特徴から、噴流床型ガス化炉を採用しています。産総研では、三重県に建設される2t/d規模の実証ガス化プラント(三菱重工、中部電力が担当)の基盤研究を担い、小型炉を製作し、実証炉に有用な種々のバイオマス原料のガス化特性を把握しています。

具体的なスギのガス化特性結果では、ガス化率(C換算)は0.89~1.01、タールの生成は0.02%以下という、良好なガス化が達成されています。また、図3に示すように無酸素条件、あるいは少量酸素を添加した場合([O<sub>2</sub>]/[C]=0.1, 0.2)では、[H<sub>2</sub>O]/[C]=2付近で、液体燃料製造に適した[H<sub>2</sub>]/[CO]組成(約2.5~3)のガスが得られています。大規模化し、熱的自立を図る場合に相当する、酸素量が多い場合([O<sub>2</sub>]/[C]=0.35)でも、添加水蒸気を少なくすれば([H<sub>2</sub>O]/[C]=0.5)



COの生成が多い、という興味ある結果も得られています。これらの広範なガス化条件のもとで、生成されたガスの比率[H<sub>2</sub>]/[CO]、[CO<sub>2</sub>]/[CO]の結果から、後段の液体燃料製造に適した組成のガスが95%以上の高ガス化率で得られる最適な条件を把握できました。またガス化で問題となるタールはほとんど発生しないことから、実用化が有望であることがわかりました。

### ●水素・メタン2段発酵

メタン発酵は、糞尿や下水処理についてはよく知られている手法ですが、本研究ではこれまでメタン発酵が困難だった生ごみ、古紙、食品廃棄物を、好熱性微生物により可溶化水素発酵とメタン発酵の2段階でガス化する新しいプロセスを開発し、エネルギー回収率の向上や処理可能廃棄物種の拡大、残渣の低減化を目指しています(図4)。具体的に産総研食堂で排出される残飯(50-70kg/d)を原料に用いる準実証規模のプラントを「産総研つくば西」内に建設、2004年5月から運転を開始する予定です。

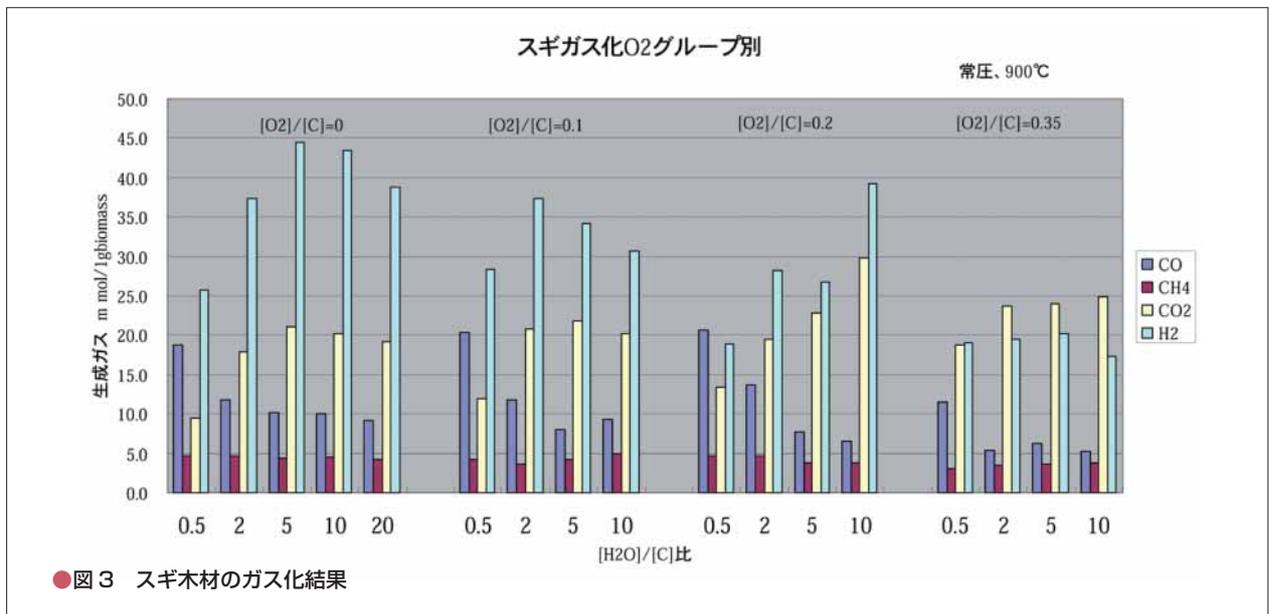
### ●DME自動車

上記した低炭素化、脱炭素化クリーン燃料の利用技術の取り組みの一つとして、ジメチルエーテル(DME)等の合成液体燃料に転換し、煤の発生のないディーゼル燃料として利用する研究開発に取り組み、DME適合型エンジン技術を開発、これらの技術を搭載した実車の走行テストを実施し(写真)、低炭素化燃料を利用したクリーン自動車の導入、普及に資する技術開発に取り組んでいます。

【エネルギー利用研究部門 濱 純】



●写真 認定されたDME自動車



新規クリーン燃料の実用化に向けて

# DME (ジメチルエーテル) の安全性の研究

## ● クリーンな燃料 DME

ジメチルエーテル (DME、化学式  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) は、二つのメチル基が酸素に結合しており、エーテル化合物の中で最も小さい物質です。大気圧下では沸点が  $-25^\circ\text{C}$  のガスで、常温では約  $0.6\text{MPa}$  の蒸気圧を示します。この物質が最近注目されているのは、地球を汚さないクリーンな燃料として利用することが期待されているためです。大気汚染のひとつにディーゼル自動車から排出される粒子状物質がありますが、DMEをディーゼル燃料に使うと粒子状排出物はほとんどありません。また、物性がプロパンやブタンに似ていることから、液化石油ガス (LPG) の代替品としての利用も考えられています。しかも、DMEの製造原料として石油、天然ガス、石炭など多様な資源が使えることも特徴になっています。



●写真1 陸上自衛隊関山演習場(新潟県)における大規模な野外実験

## ● 安全性の追求 — 野外実験 —

DMEはこれまで主に化粧品などのスプレー缶の噴射剤として年間約1万トンが使われていましたが、燃料として大量に使われたことがないため、爆発・火災の危険性についてのデータも十分ではありません。DMEをLPGと同じように大量に利用するにあたっては、安全性についても考えておく必要があります。事故を防ぐための法規制も整備しておかなければなりません。そこで経

済産業省資源エネルギー庁から委託を受けた高圧ガス保安協会との共同研究の提案を受け、DMEの安全性に関する基礎データを整備する研究を進めています。その研究のひとつとして、平成15年8月に陸上自衛隊関山演習場(新潟県)において大規模な野外実験を行い、燃焼・爆発性状について各種の測定を行いました。

大規模な燃焼・爆発実験を安全に行うには広い場所が必要であるため、今回は演習場を十日間借りて、4種類の実験を行いました。その第一はDMEのプール火災実験です。これは大量のDMEを貯蔵する輸送基地などで漏洩火災事故が起きた場合どのような火炎になるのかを知るため、直径が5m、深さが30cmの皿形容器にDMEを入れて燃やし、火炎の大きさや放射熱などを測定しました。比較のために同じ条件でLPGについても測定を行いました。火炎の大きさはDMEとLPGはほぼ同じですが、DMEの放射熱はLPGに比べて小さいことが分かりました。第2は消火に関す

る実験で、同じ皿形容器でDMEを燃焼させ、散水および泡消火剤散布による火炎の抑制効果について調べました。液状のDMEは低温のため、散水は火炎の抑制に効果がありません。しかし、泡消火剤は火炎を完全に消火するには至りませんが、火炎の抑制には大きな効果があることが分かりました。第3に、DME容器の外部火災実験も行いました。これは容器が火災事故などで外部から加熱された場合に、安全装置がきちんと作動してガスを放出してくれるか否かを調べる実験です。大小2種類の容器についてLPGと比較しながら実験し、安全装置の作動を確認することができました。第4に、ビニールシートで囲った空間の中のDMEと空気の混合ガスの爆発実験も行いました。混合ガスを火薬で点火すると爆発が発生し、爆風が周囲に広がりました。爆風圧のデータは高圧ガスの貯槽などを建設する際に安全距離を決める上で必要となるものですがDMEに関しては国内はもちろん世界的にも初めてのものであり、貴重なデータが得られました。

【爆発安全研究センター 藤原修三】



●写真2 高速度カメラにより撮影した化学量論組成のDME/空気混合ガスの爆発火炎

# 地球環境に適合する 軽量金属材料

## ●輸送機器の軽量化を目指す

生活を豊かにする自動車の普及に伴い、走行時の排気ガスに含まれるCO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>などの有害ガスの蓄積による地球の温暖化や大気汚染、さらに、廃車後に出るシュレッダーダストの埋め立て処理による廃棄物処理等の問題が人類の生存をも脅かすまでになってきました。このため、年間世界で約4100万台、日本でも約900万台生産されている乗用車に使用されている材料およびその製造方法を地球環境に適合できるようにすることが火急の課題となっています。

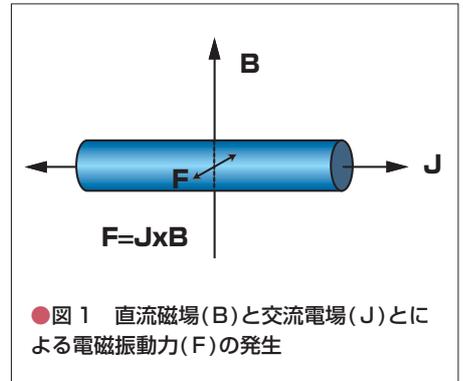
## ●マグネシウムの実用化研究

基礎素材研究部門では、低環境負荷、リサイクル、省エネルギーの観点から、自動車を始めとする輸送機器の軽量化を目指して、新材料プロセス技術の開発を行っています。実用金属材料の中では、マグネシウムが最も軽量であるため、自動車産業分野でもマグネシウムの実用化に大きな期待が寄せられています。しかし、マグネシウムは溶かして液体状態になると、活性なため大気に触れると容易に燃えます。また、固体状態では室温での加工に対する変形抵抗が大きく、プレス等の成形性が非常に悪いなどの欠点を持って

います。当研究部門では、マグネシウムに関しては、溶湯清浄化のための処理技術、新しい凝固プロセス技術、固液共存状態を利用した成形加工技術、超塑性成形による部材化技術、摩擦攪拌による固体状態での接合技術、耐食性向上のための表面処理技術等の開発を行っています。このように、マグネシウム材料の実用化のために、上流から下流にいたる一貫した製造技術の確立を目指して、研究開発を行っています。この中で特色あるプロセス技術開発の一例を紹介します。

## ●マグネシウム高強度化技術

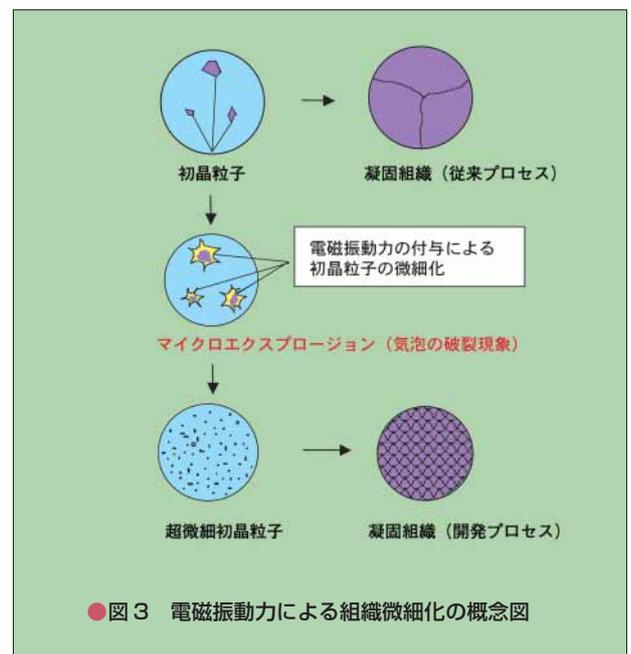
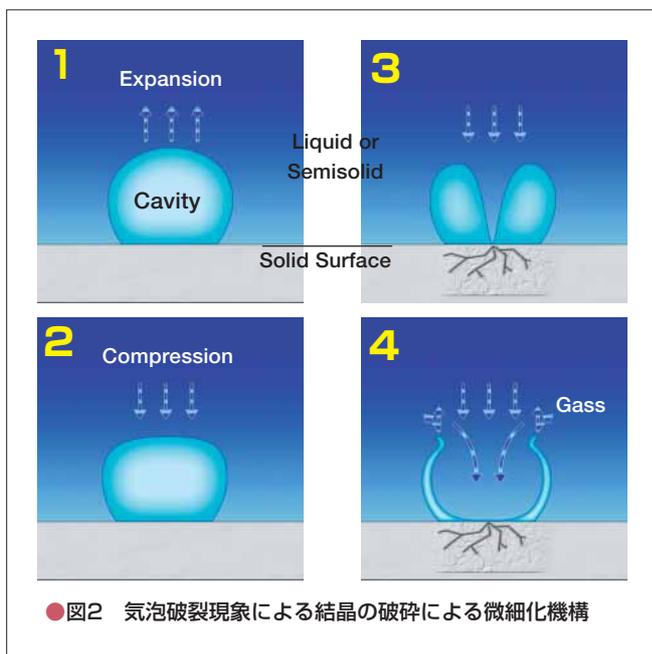
—結晶組織を微細化して高強度化を図る—  
マグネシウムは軽量ですが、強度がやや低いので、結晶粒組織を微細化することにより、高強度化する必要があります。従来の金属組織微細化はセラミックス粒子等の微細化剤を加えることにより行っていますが、リサイクル性が非常に悪いという問題があります。そこで、何ら微細化剤等を加えることなく組織を微細化する方法として、直流磁場と交流電場を同時に印加することにより電磁振動力を発生させ(図1)、凝固中の組織を微細化する方法(マイクロエクスプロージョンプロセス)を開発しました。電磁振動力を与えることによ



り、液体中に気泡を発生させ(図2)、その破裂現象により、凝固中の結晶組織を微細化させるプロセス(図3)です。この方法では、微細化に際して何も異物等の混入はありませんし、また、単純な合金系(純金属も含む)においても微細化が可能です。このため来るべき循環型社会の構築に対しても優れたリサイクル性を発揮した材料が得られます。このプロセスはマグネシウムやアルミニウムだけでなく、どのような合金に対しても適用が可能です。

また、これらの技術は携帯電話、パソコン、家電製品、情報通信機器等にも適用することが可能であり、このような産業分野にも大きな寄与をもたらすことが期待されます。

【基礎素材研究部門 三輪謙治】



# 環境・エネルギー評価技術の指針を創る

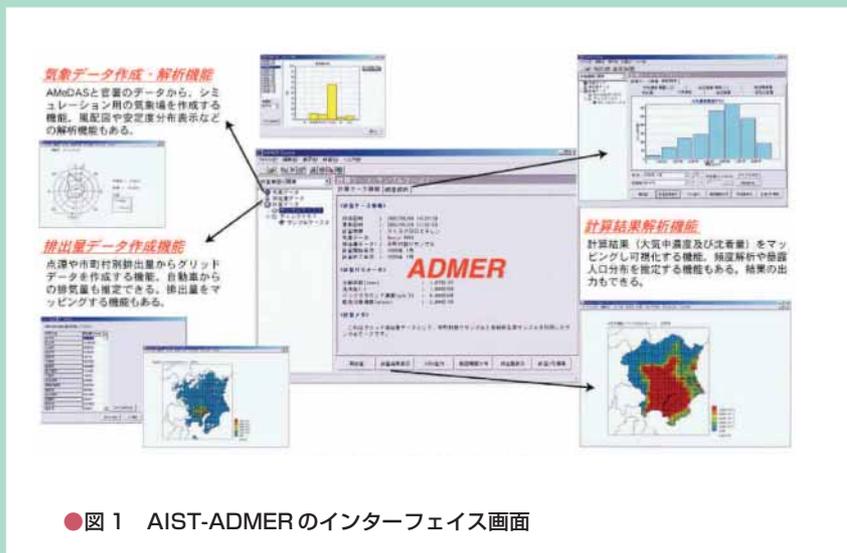
## ●産総研の研究体制

「環境にやさしい」という技術や製品は街にあふれていますが、何が本当にかを測る物差しが必要です。この物差しは、環境・エネルギー分野の研究開発を迷いなく進めるためにも役に立ちます。このため、当所は発足時に、行政ニーズへの対応と科学基盤の整備を中心に担う、化学物質リスク管理、フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー及びライフサイクルアセスメントの3研究センターを設置しました。2002年10月には、技術と社会研究センターを新設し、環境・エネルギー分野に止まらず、広く科学技術と環境・社会との調和を図る研究体制を整えています。

## ●化学物質リスク管理研究センター (CRM)

私たちの日常生活や産業活動は、さまざまな化学物質によって支えられています。化学物質そのものを利用している場合もありますし、ある技術を導入した際に副次的に有害な化学物質が生成される場合もありますが、CRMでは化学物質の有用性を引き出すには、逆にその化学物質による環境への負の影響（リスク）を評価し、知り、うまく管理することが必須であるという考えからリスクを評価・管理する手法の開発を目指しています。

化学物質が環境中でどのように拡がって地域住民に影響を与えるかを知ることが、リスク管理において、多くの人々とコミュニケーションを図り、合意形成を促進するために有用です。このような思考ツールとして、CRMは化学物質の大気濃度推計モデル (ADMER) を開発しました (図1)。ADMERは関東地方など地域スケール (空間分解能: 5 × 5 km) で化学物質の時空間分布を推定するもので、発生源、濃度、沈着量分布などから、暴露評価、更にはリスク評価を可能にするものです。最近、東京湾の簡易リスク評価モデルも公開しました。



●図1 AIST-ADMERのインターフェイス画面

特に問題とされる化学物質については、詳細リスク評価書を策定しており、既に1,3-ブタジエンの評価書を公開しています。推計モデルも含めてこれらはCRMのウェブサイトからご利用いただけます。

## ●フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター

フルオロカーボン (フロン) 類は冷媒、発泡剤、洗浄剤などとして、多くの産業分野で重要な役割を果たしてきました。しかし、これらのうち一部が成層圏オゾン層を破壊したり、地球温暖化の原因であることが判ってきました。オゾン層を破壊しない代替化合物は既に実用化されていますが、温暖化効果を抑制し、かつ他の評価項目ともバランスのとれた物質を開発することが急務となっています。

このため、環境影響評価技術、すなわち新規代替化合物の大気中での寿命を高精度に測定し、温暖化効果を求める技術を計算科学的手法を含めて開発するとともに、新規化合物の経済的な合成方法を研究しています。すでに現行の温暖化係数に代わる温暖化新指標 “IWE” を提案しています (図2)。代替物の評価項目はこのほか、各用途におけるエネルギー効率や燃焼性など安全性関連のものなど多

岐にわたっており、これらを一元的に評価するための総合評価指針の確立を目指しています。

これらの研究開発は共同研究などを通じて産業界との緊密な連携のもとに実施しています。一連の活動に関しては、当センターのウェブサイトから閲覧いただけます。

## ●ライフサイクルアセスメント研究センター

ライフサイクルアセスメント (LCA) は、製品やサービスの環境への影響を評価する手法です。対象とする製品の製造に必要な資源の採掘から、素材の生産、製品の使用・廃棄段階まで全体を考慮し、資源やエネルギーの連鎖と環境負荷を考えます。LCA研究センターでは、ISO規格に準拠したLCA手法と環境影響物質の入出力を詳細に分析したインベントリデータベースの開発、低環境負荷の製品設計 (エコデザイン) 支援、都市や地域における廃棄物利用や冷暖房システム、エネルギー技術の評価や需給に関する研究などを、ソフトウェアの開発・提供を含めて行っています (図3)。

製品の環境影響を人間の健康や生態系などへの被害量として表現するライ

フサイクル影響評価 (LCIA) においては、環境経済学的手法に基づいて統合化した指標を用いて、日本版被害算定型影響手法を開発しました。この手法は国内はもとより、諸外国からも注目を集めています。

LCAで求められる製品の環境負荷量に対して、その製品がどれだけのサービス(機能)を提供するかという環境効率率は、産業活動等の環境調和性を示す定量的な指標となることが期待されます。LCA研究センターは、環境効率指標の開発に取り組むとともに、消費者サイドが製品に求める機能の面から低環境負荷を追求する「持続可能な消費」の研究も進めています。

### ●技術と社会研究センター

技術と社会研究センターは産総研で唯一の社会科学分野の研究を担う研究センターです。産総研内外の研究活動そのものを素材として、技術に関する社会科学的研究の構築を目指しています。

技術が社会の持続的発展に資する上で、技術は人間・社会・環境と調和しつつ社会に浸透し、その役割を果たすことが必要です。このためには、単に新しい科学・技術の知識を生み出すことにとどまらず、科学技術の社会、経済、環境に対する影響を評価・予測し、適切に影響を管理していくことも必要になります。

社会的・経済的なニーズを把握したり、経済的・社会的効果を予測したり、技術を社会に定着させるための制度的基盤の設計をする研究を「技術の社会的側面」研究といいます。これも「技術と社会」研究の重要な役割です。

これまで諸外国の「技術の社会的側面」研究の実態や制度を調査し、日本における実現の方法を検討してきました。海外では新しいタイプのテクノロジーアセスメントやELSIといわれる活動が制度化されており、わが国でも早急に取り組むことが期待されます。

【企画本部 竹内浩士】

## 洗剤の温暖化評価 —持続可能な社会を目指して—

F-center 独立行政法人 産業技術総合研究所  
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター

オゾン層を破壊するCFC-113等の代替物の開発に当たっては、持続可能な社会に資する代替物として何をどの様な基準で選択するのかは極めて重要な研究課題です。

本パネルでは新しい基準としてGWP (Global Warming Effects) に代わる評価軸「IWE」を用い、新しい温暖化評価「ITWE」を洗剤について行い比較評価しました。

### 新評価指標

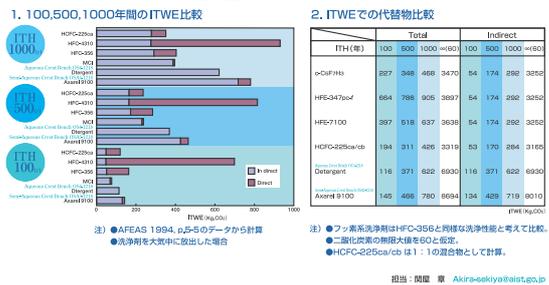
1. IWE (Integrated Warming Effects, 積算温暖化効果)  
従来のGWPは二酸化炭素の温暖化効果を基準値「1」としています。二酸化炭素は見かけ上の大気寿命が数百年から数千年と長いので、評価する期間によって基準値「1」は絶対的な値ではなく比較が可能です。  
このことは将来の温暖化を表現できないこととなります。  
IWEは二酸化炭素の100年間の温暖化を基準値「1」としているため異なる期間あるいは長期の温暖化を比較できるのが特徴です。

また、大気中での分解物も考慮できるように計算されています。  
IWE値は当センターのホームページにも掲載しています。以下を参考にしてください。  
A.Sekiya, Earth Tech, Forum, 2003年4月, ワシントンDC(米国)。  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/research/research.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/research/research.html)  
2. ITWE (Integrated Total Warming Effects, 積算総温暖化効果)  
従来のTEWI評価はGWPを使用しています。GWPの代わりにIWEを用いて評価したのがITWE値です。

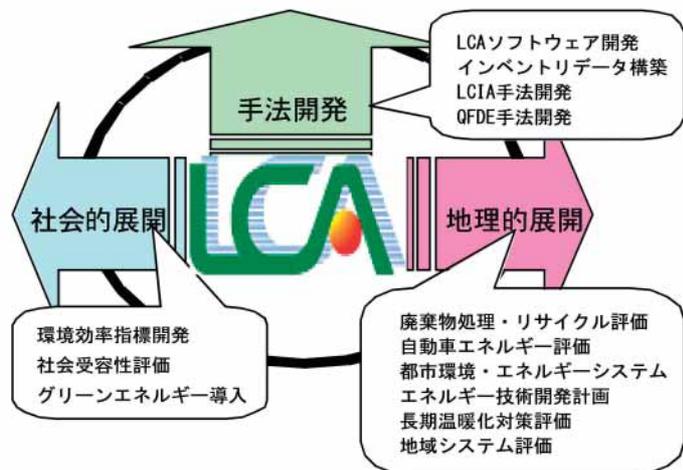
### 洗剤評価結果

過去の公表された数値をIWEを用いてITWE評価した結果を示す。

#### 金属の精密洗浄でのITWE評価



●図2 温暖化新指標での評価例



●図3 LCA研究センターの主要な研究課題

# 産学官連携の事例

## LCAにおける環境影響評価手法の開発とその活用

製品やサービスのライフサイクルにわたる環境影響について評価するLCA（ライフサイクルアセスメント）は、効果的な環境改善策を得るためのツールとして、広く活用されています。このような中で、多種多様な環境負荷（汚染物質の排出量や枯渇性資源の消費量）の発生に伴って誘起される環境影響（健康影響や生態系の衰退など）を評価するLCIA（ライフサイクル影響評価）は、LCAの中でも最重要ステップの一つです。

しかし、LCIAは大きく二つの問題を抱えています。一つは信頼性と透明性の高い評価手法の開発です。環境影響を正確に評価するためには、環境負荷の発生から環境被害までの連鎖を定量的に、かつ、適切に表現する必要があります。LCIAで対象とする影響領域（地球温暖化、酸性化、廃棄物など）は極めて多岐にわたるので、各分野の最新の研究成果がLCIAの方法論に十分反映できていませんでした。

もう一つの問題は、LCIA手法の普及促進です。如何に手法が高度であっても、実際にLCAに活用されなくては意味をなしません。利用者は必ずしも環境分野の専門家ではありませんので、手法の利用性に最大限の注意をほらう

必要があります。

これらの問題を解決してLCIAを早期に普及させるためには、産学官の連携が必要不可欠でした。

### ◆信頼性と透明性の高い環境影響評価手法の開発

経済産業省、NEDOはLCA用データベースを構築するための国家プロジェクト（事務局：産業環境管理協会）を1998年より開始しました（2003年3月終了）。産総研ライフサイクルアセスメント研究センターは、環境科学における各分野の専門家（大学、研究機関）からなる研究会を組織して、それぞれの最先端の研究成果をLCIA手法に効果的に導入するための検討を行い、LIME（Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）と呼ばれるLCIA手法を完成しました。

本手法の概念を図1に示します。LIMEを用いることで、地球温暖化やオゾン層破壊のような影響領域に対する潜在的影響量の評価、健康や生物多様性などのエンドポイントが受ける潜在的被害量の評価（被害評価）、環境影響を社会的費用として表現した経済評価（統合化）を行うことができます。本手法の最大の特徴は、環境負荷からエン

ドポイントまでの被害量を定量的に分析する被害算定型と呼ばれる評価様式を採用したことで、これにより、従来のアプローチである問題比較型（10項目以上の環境問題間の重み付けを行って直接統合化を行うもので、透明性が著しく欠落していました）の欠点を解決することが期待できます。環境科学における各分野の専門家がLCIAプロジェクトに参画したことは、手法開発研究を迅速に、かつ、誤りのない形で進めるのに、大変効果的でした。LIMEはLCIA手法研究の水準を飛躍的に向上させてものとして国際的にも注目を集めています。

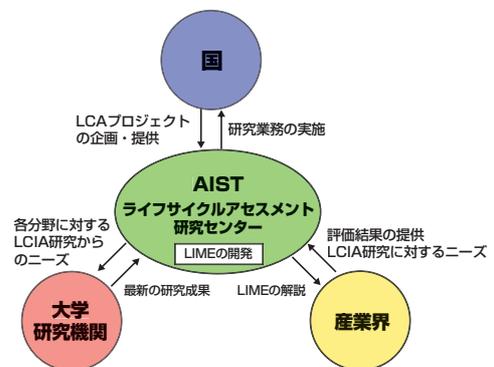
### ◆LCA手法の普及促進

LCIA手法は、実社会において活用されることで、その意義がはじめて発揮されます。また、環境条件の変化や環境科学の進歩に応じて、影響評価手法は常に改善していくべきです。手法の見直しと改善のための検討を適切に行うには、実際に活用した実施者からLCIA手法に対するニーズを聞くことが極めて重要です。

当研究センターは日経BP社と共催で、LCIA特別研究会を2003年11月に設立しました。当研究センターは参加



● 図1 LIMEの概念図



● 図2 LCIAを早期普及するための産学官連携の枠組み

企業がLIMEを利用して得られた結果に対してレビューを行い、LIMEの信頼性を向上させるための検討につなげます。

同研究会には、当初予定を大幅に上回る19社の応募があり、現在二つのグループを設けて検討を進めています。得られた結果は環境報告書や講演会、展示会等で公表され、環境先進企業としてのアピールに活用される予定です。  
【ライフサイクルアセスメント研究センター 伊坪徳宏】

### ●産総研と産学官連携の推進体制

LCA国家プロジェクトの運営推進により、多くの環境科学者がLCIA研究に参画する場が提供されました。開発されたLCIA手法は、産業界に提供され、先駆的企業がこれを自社製品や企業活動に対する評価に活用し、この結果を社会に公表すると共に、手法改善のための要請を研究者にフィードバックします。これら一連のコーディネートとLCIA手法開発を産総研ライフサイクルアセスメント研究センターが担当し、このような産学官連携を強力に推進することにより、LCIA研究のレベルが急速に発展するとともに、LIMEを中心としたLCIAの早期社会普及が実現するものと期待されます。

## 重金属リサイクル型産業排水処理剤 — 三菱商事環境資源研究所との共同開発 —

### Gellannic 第1世代から第3世代へ

重金属排水処理で発生するスラッジを減らすため、産業技術総合研究所と三菱商事環境資源研究所は共同で、機能性凝集剤Gellannicを開発しました。最初に開発されたGellannicは、アルギン酸と、キトサンを化学修飾した修飾キトサンを有効成分とするものでした。その後アルギン酸を主要成分としたものに改良され、これが第1世代のGellannicです。Gellannicの名称は、天然多糖類からなるゲル化剤を有効成分としていることから、“Gel Landslide for Nixing Cation”より付けられました。その後、天然多糖類を含まない第2世代のGellannicが開発されました。この凝集剤は、排水中の銅イオンを酸化物として処理できるため、通常の水酸化物沈殿法に比べて、含水率が低くて脱水性の良いスラッジを得ることができます。しかも、スラッジの銅含有率は15～20%と高く、逆に塩素含有率は1%前後と非常に低い値です。日本では、大量の銅鉱石を輸入していますが、銅鉱石の平均銅含有量はせいぜい数%であり、得られたスラッジの銅含有量がいかに高いかが分かります。しかも、得られたスラッジには、銅の回

収を妨害する塩素が少ないため、銅資源として十分活用することができます。

さらに、2002年になってフッ素やホウ素の処理に有効な第3世代のGellannicが開発されました。これによって、平成13年に規制が強化されたフッ素と、新たに規制が導入されたホウ素を少ないスラッジ発生量で処理することができます。

### 新たな環境ビジネス

重金属リサイクル型産業排水処理の研究では、資源循環のための単に「つなぐ」機能だけに留まらず、「つなぐ」ための技術を開発する、といった観点で研究が行われています。以前から、重金属排水処理で発生するスラッジを山元還元することにより、発生するスラッジを削減し、重金属を回収再利用しようとする試みはなされてきました。しかし、カルシウム化合物を多く含むスラッジ中の重金属含有量が少ないことと、リンや塩素等の精錬する際に妨害となる物質を含むため、採算ベースでスラッジから重金属を回収することはできませんでした。しかし、単に「つなぐ」ことにとどまらず、スラッジ中の重金属の含有量を高め、さ

らに不純物の含有量を低くめて「つなぐ」ことによって、資源としての循環を可能にすることが出来たのです。これを可能にしたのは、安い原料調達による新たな薬剤の開発のおかげです。これまで薬剤メーカー、水処理メーカー、産業廃棄物業者等が独自に行っていたそれぞれの業務を、産業技術総合研究所と三菱商事環境資源研究所が共同で研究開発するとともに、総合商社の力で効率よく「つなぐ」ことにより重金属排水や廃液の資源循環が可能になりました。

【環境管理研究部門 辰巳憲司】



# 環境政策の重点と環境技術開発

環境問題は、局地的な公害問題から地球規模の問題へと空間的広がりを持つとともに、地球温暖化問題等をはじめとして数百年を見通した対応が必要となるなど、時間的広がりを持つに至っています。このような状況の中で、行政としては、個々の公害問題ではなくシステム全体に対する施策やインフラ整備を図ることが必要となり、また、企業としても、個別規制等に対応した受け身の対応から産業競争力の確保も念頭に置いた自主的な環境対策を実施する必要性が増しています。

## ●政策目的・ミッション

こうした環境問題の質的变化に対応しつつ、環境と調和した持続的発展が可能な循環型経済社会システムの構築に向けて、以下に示す政策課題に対応した環境技術の開発が求められています。

### 1) 地球温暖化対策

温室効果ガスを可能な限り早期に減少基調に転換し、京都議定書の6%削減約束の達成を図るとともに、水素エネルギー、CO<sub>2</sub>固定化等の革新的技術開発による更なる長期的・継続的な排出削減を目指すこと。

### 2) 循環型社会構築

従来の大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済社会構造から脱却するため、循環型社会基本計画に定める2010年までに最終処分量を50%削減する等の目標達成に必要なリサイクル・リユース・リデュース技術の高度化を目指すこと。

### 3) 有害物質対策

化学物質のリスクを評価し、製品・サービスのライフサイクル全体にわたる化学物質のリスクを適正に管理する社会を構築するために、リスク評価から排出削減、浄化技術に至る必要な対策技術の確立を目指すこと。

## ●環境技術開発の体系(9R技術)

政策目的・ミッションを実現するため、現在、各政策分野に対応した3R技術の開発を推進しています。

### 1) 地球温暖化対策技術分野

京都議定書の目標達成と中長期の持続的な温室効果ガスの排出抑制を図るため、省エネルギーや燃料転換技術を初めとする温室効果ガスのリデュース、再生可能エネルギー技術などのリプレース技術、二酸化炭素の隔離・固定化などのリカバリー&ストック技術の開発を推進（革新的温暖化対策技術プログラム、二酸化炭素固定化有効利用技術プログラムなど）。

### 2) 循環型社会構築技術分野

製品のライフサイクル全体での廃棄物発生抑制と回収・リサイクルの促進を図るため、資源の利用効率の向上などによるリデュース技術、分解・解体技術などのリユース技術、廃棄物から原料やエネルギーを回収するリサイクル技術の開発を推進（3Rプログラムなど）。

### 3) 有害物質対策技術分野

有害化学物質の排出抑制とその無害化を促進するため、生産プロセスの転

換等による有害物質のリデュース技術、代替物質の開発によるリプレース技術、汚染浄化などによるレメディエーション技術開発を推進（化学物質リスク評価管理プログラムなど）。

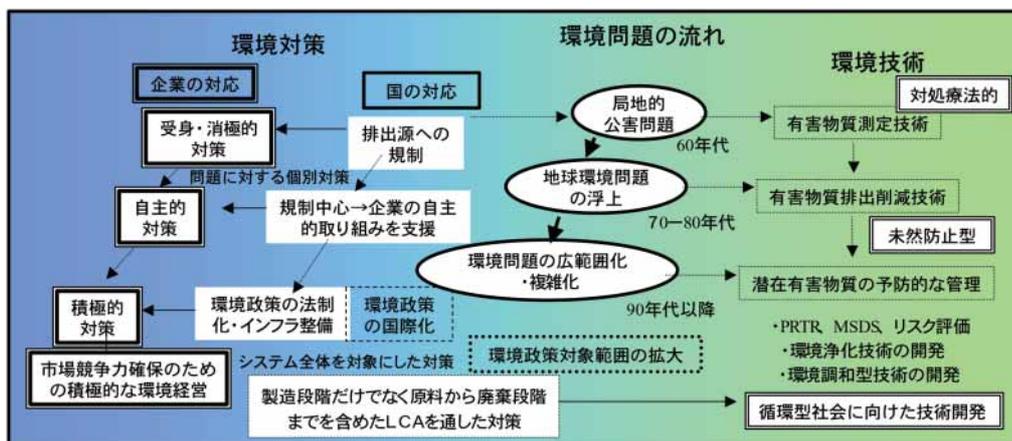
### 4) 知的基盤の整備

上記1)から3)の技術開発に不可欠な評価手法等の知的基盤を整備するため、ライフサイクルアセスメント(LCA)技術や化学物質のハザードやリスクなどの評価技術の開発、化学物質の有害性情報データベースなどのリスクコミュニケーション基盤の整備を推進。

## ●今後の課題

環境政策や環境技術の高度化に伴い、例えばサーマルリサイクルとマテリアルリサイクルのようなりサイクル対策と地球温暖化対策とが対立するようなケースにおいては、特に科学的知見に基づく適切な政策判断が求められます。このため、地球温暖化等の重点3分野における9R技術の開発はもとより、LCAなどの知的基盤整備の更なる促進とこうした技術基盤を活用できるリスクコミュニケーションなどの人材育成も急務となっています。こうした観点から、豊富な人材と技術ポテンシャルを有する産総研に寄せられる期待は、今後ますます大きくなっていくものと考えています。

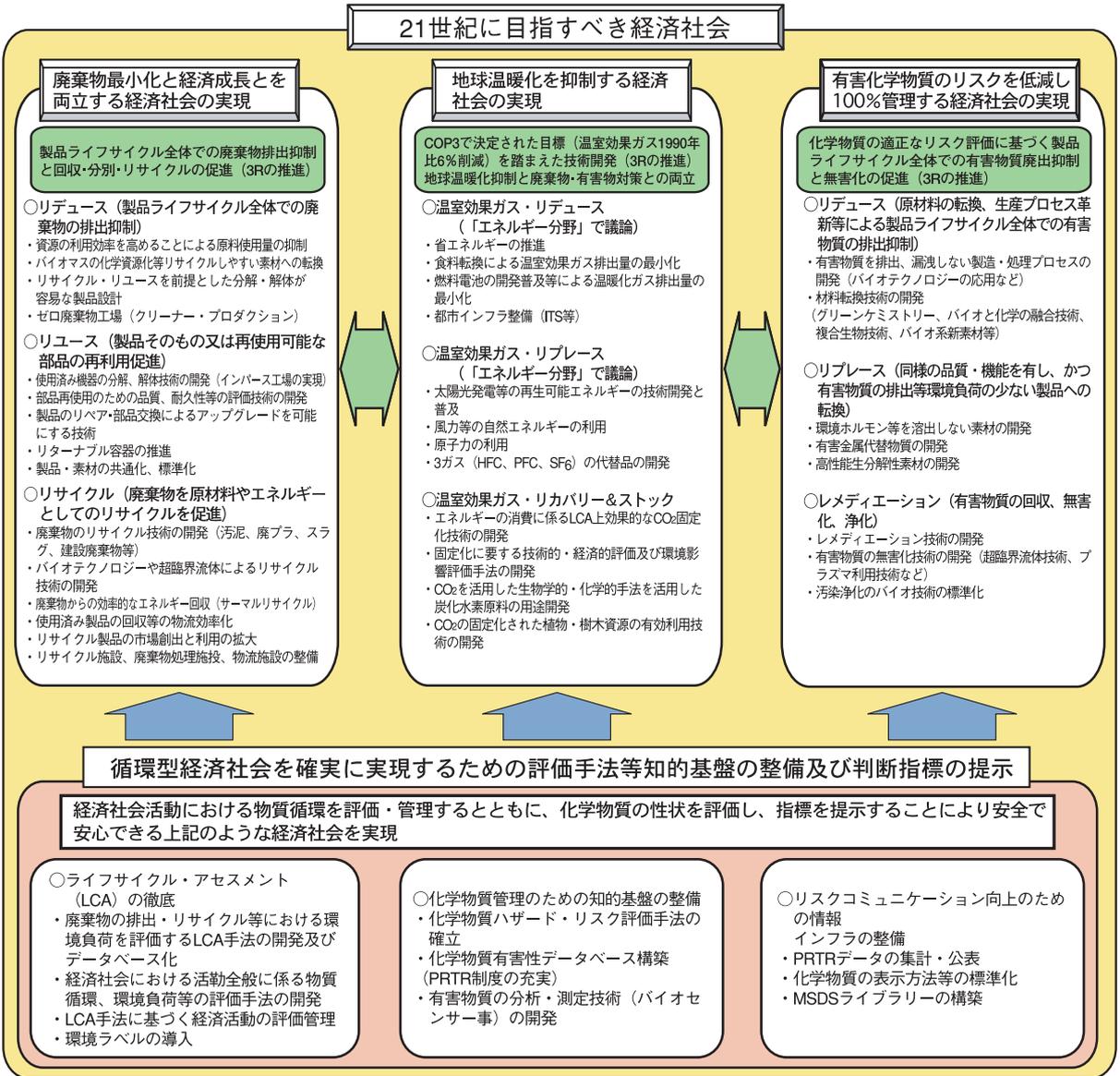
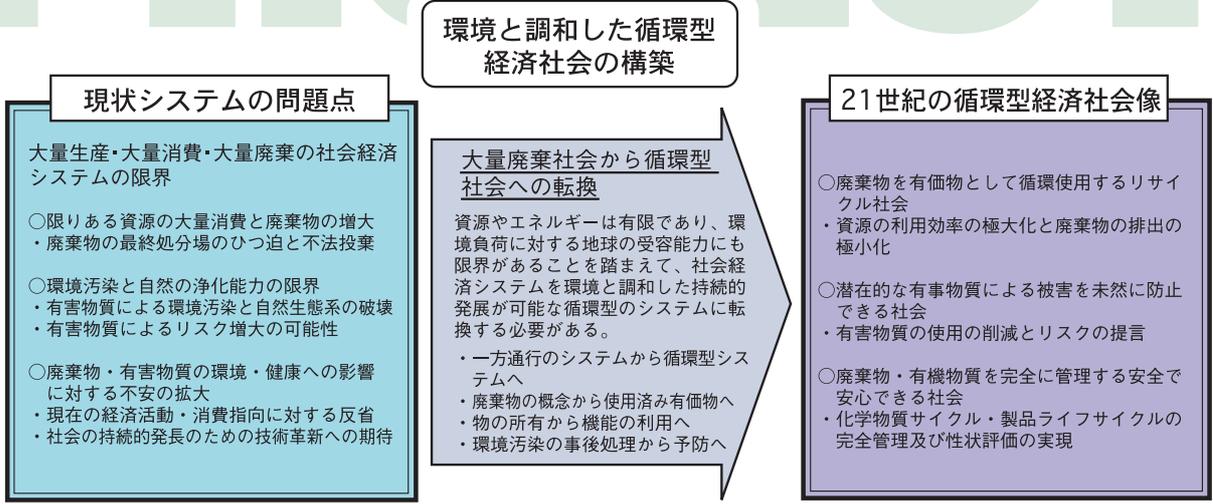
【経済産業省産業技術環境局環境政策課 小鏝隆史】



●環境問題の変遷

# PROJECT

## 環境技術戦略概念図（環境政策（9R）のミッション）



# 社会基盤を整備する産総研

## 工業標準化への取り組み

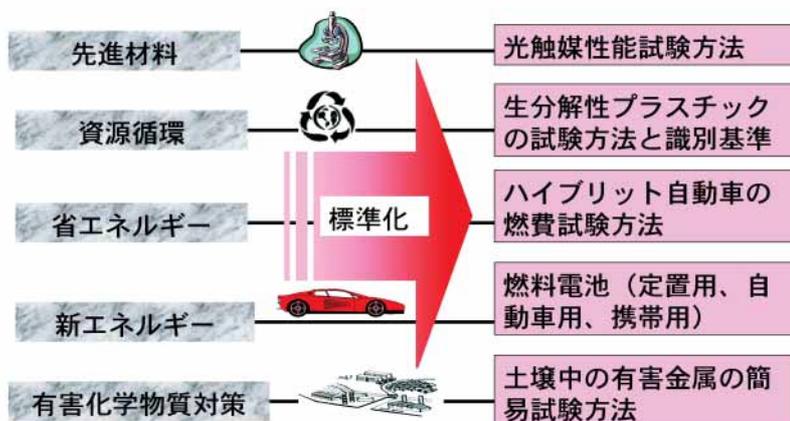
ISO、IECでは、製品規格に環境側面を導入するための国際ガイド（ISOガイド64/IECガイド109）を策定しております。他方、欧州各国では、これらのガイドラインとの整合性を確保しながら、産業セクター毎に国内ガイドラインを整備中です。また、3R関連（製品）規格の策定において、欧州の標準化機関では、体系的なアプローチを実施しております。我が国としても、リサイクル品や3Rに配慮した製品など、環境配慮を導入した製品の需要拡大を行うために、体系的な標準化を進めることが重要です。また、環境配慮を導入した製品の購入など、消費者の積極的な参加を促進するための製品の適正評価及び情報提供を行うためにも、標準化を進めることも重要です。我が国は、日本工業標準調査会（JISC）が平成14年4月に策定した「環境JISの策定促進のアクションプログラム」に基づいて、環境配慮規格の策定に取り組んでおります。産総研としては、研究ポテンシャルが

高い環境測定技術の標準化についても積極的に取り組んでおります。具体的には、人の健康や環境に害を及ぼす恐れがある化学物質の安全性評価、地球温暖化問題に対応するための温室効果ガスの測定方法等について、標準化を進めております。

### ●国際標準化への貢献

ISO、IECの国際規格原案をとりまとめるワーキンググループ等の議長及び幹事国業務を行うコンビナーとして、産総研の研究者が数名就任しており、国際標準化活動への貢献を行っております。

【成果普及部門 稲垣勝地】



●研究成果の実用化ツールとしての工業標準化

## 新エネルギー供給・利用システム (エネルギーセンター改修)

産総研つくば地区の冷暖房システムは、エネルギーセンター（エネセン）から冷温水を各建物に送る地域冷暖房型システムでした。平成14年度末より「最高レベルの対環境性と省エネルギー性を有し、運用コスト削減を達成できるエネルギー供給システム」、「最新のエネルギー技術を、実際に自らが利用しながら実証・評価・デモンストレーションする場の提供」を目指してエネセン改修が進められています。個別空調、分散型熱源、コージェネレーションの導入を進め、ネットワークを利用して各建物、実験室等のエネルギー使用量を集中的に計測・管理できるシステムとしています。また、国内最大規模となる1MWの太陽光発電システム、コスト削減と負荷平準化に貢献する2000kWのNAS電池システム、レドックスフロー

電池システムも導入されます。新エネルギー供給・利用システムは、現状と比べて光熱水料の15%以上の削減を目指した設計となっています。その運用は

個々に委ねられるため、各個人が省エネルギー意識を高め、新しいシステムを利用して行く必要があります。

【企画本部 長谷川裕夫】



●新エネルギー利用システムのイメージ

# 産総研の研究成果と情報発信

## データベース・ソフトウェア・ホームページの一例

### ●研究情報公開データベース RIO-DB

<http://www.aist.go.jp/RIODB/riohomej.html>

RIO-DBでは、研究開発を推進する上で蓄積されたデータや技術情報をデータベース化して提供しています（右表）。

### ●研究ユニットのホームページにあるソフトウェアとデータベース

研究の概要や得られた研究成果を公開しています。例えば、化学物質リスク管理研究センターのホームページでは、地域スケールでの化学物質の大気環境濃度推定や曝露評価のためのソフトウェア AIST-ADMER がダウンロードできます。

◆化学物質リスク管理研究センター  
<http://unit.aist.go.jp/crm/>

### ●産総研バーチャルミュージアム

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/museum/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/museum/index.html)

研究成果がわかりやすく紹介されています。例えば、「ネット上に太陽光発電システム住宅を作ろう！」では、ネット上の仮想的な町の住民となってソーラハウスを建てることで、その発電の様子がわかるシステムが紹介されています。

### ●論文や特許等の DB

論文や特許等に関しては、研究成果発表データベース RRPDB や知的財産権公開システム IDEA を利用した検索が可能です。

◆研究成果発表データベース RRPDB  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/database/rrpdb/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/database/rrpdb/index.html)

◆知的財産権公開システム IDEA  
<http://www.aist.go.jp/aist-idea/>

●表 RIO-DB に収録された環境・エネルギー分野の DB

C1 触媒反応	C1（一酸化炭素等）から含酸素有機化合物を合成する触媒反応に関するデータ
フッ素化合物	フロン代替物を中心とした約 700 の含フッ素化合物の物性、毒性等のデータ
有機系廃棄物の再資源化・エネルギー回収技術	事業系生ごみの排出状況と適用可能な処理技術、経済性等の情報
エネルギー情報技術	日本のエネルギー変換、輸送、貯蔵および利用等に関する技術の特性



●太陽光発電システム評価技術の研究開発  
<http://www.pvsystem.net/>



●産総研ホームページ「科学教室」より  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/dream\\_lab/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/dream_lab/index.html)

【技術情報部門 北川由紀子】

# 今、環境に望んでいること

池田 幸雄  
(株)荏原製作所 代表取締役副社長  
イノベーション戦略会議 環境委員会WG座長

創造的活動に疎くなっている故か、はたまた肉体上の加齢の所為か、時の経過するのが早く感じられるこの数年です。

- イ) 高速・多勢・広範囲移動手段。
  - ロ) 高速・大容量・広範囲コミュニケーションネットワーク、及び知的活動支援・処理。
  - ハ) 人類初挑戦命題に取り組む人達の数の飛躍的増大。
  - ニ) 多くの宇宙飛行士達が地球を外から観察したこと。
- 等によるのでしょうか。



今、人々は、ようやく「環境」を「真に全生命体の命題」として高く位置づけ、そのあるべき姿・方向に進む端緒についたと言えます。

個別の公害処理・処分にはじまり、局部的な安全性、快適性、効率性、経済性の追求へと進みました。

長期的尺度上での「多様性保存」を大切にして「多体問題」のより広範・深淵な洞察に基づいて活動することが求められるに至っています。

人類の全ての叡智を活用し、環境についての包括的価値基準に準拠する方向にて、効果の極大値を志向すること、同時に新しい価値基準創造の孵卵器・摇篮を目指す使命を共有することが要望されます。

自然を無機物の集合と生命体の集合との総和と捉えますと、その時間的特性として、人工的变化は比較的素早く

結果が出ますが、自然治癒とも言える修復には、多くの厳しい条件と長い時間を要します。

ここに、未知が故に結果に到ったことをも含めて、環境保全・変革と人類社会の欲求に沿う改変との間の相乗・背反について熟慮および実体験を要する所以であります。

具体的命題を2～3列挙しますと

1) 日常生活用水・産業用水にとどまらず、地球規模では既に厳しい水不足があります。

人工増加をも視野に入れての農業・植林・養殖等を用途とする造水或いは、海洋・河川・湖沼水の汚濁防止・浄化・生産場利用まで含む「水」問題解決への一層の努力。

2) 持続可能な社会および環境保全・維持、そして諸活動の基盤として、太陽現在活動起源の風力・太陽光エネルギー。生活・産業廃材を含む「バイオマス」を総合原料とするエネルギー。更には「平和利用核エネルギー」の利用度向上。

又、エネルギー利用の一部形態としてのプロセス・流通手段に寄与する「水素エネルギー」利用。

3) 嘗て、特に化学薬剤、医薬品等で当時は史上最高の創造品と称され広範囲・多量使用され、分布・稀釈された後、不都合品として使用中止に到ったものが多く存在しています。一層の「総合分析・評価能力」の向上が望まれます。食物連鎖や原生林の保存の重要性に着目しての「天敵」保全及び生命進化歴史の帰結に従う「バイオブロセス」の多用。

4) 疾病に一層適切に対応すべく、「遺伝子対応型」且つ低副作用の医薬品の利用並びに医療の改革も広義には環境命題と言えます。

枯渇資源の回収利用、有用資源の平等配分を可能とするシステム構築や合意形成等も命題です。

非常に広範囲の関係分野、関係者が有機的に係わる必要があります。

産学官民の連携が必須であり、その基盤に立って人類共通命題を解いて行くこととなります。

多くの領域・機会で、産業技術総合研究所のリーダーシップに大いに期待しています。

# (株)光触媒研究所

## 光触媒により地球規模の環境浄化に挑む

### 当社の目指すもの

当社は産総研が所有する二酸化チタン光触媒製造技術ならびに応用技術に関する知的所有権と研究成果を活用し、地球規模で拡大する環境破壊や身近な生活の中に忍び寄る環境汚染など様々な環境問題に対処できるソリューションとして、一般家庭のみならず上下水道処理などの大規模水浄化処理施設においても利用できる光触媒製品を開発することにある。

### 創業の経緯

二酸化チタン光触媒は、光のエネルギーを受容して生成する強い酸化還元力により、通常の方法では分解が難しい有害な有機ハロゲン化合物さえも、短時間で二酸化炭素や水などに分解して無害化することが出来るという極めて有効な環境浄化材料である。この二酸化チタン光触媒を薄膜として利用できるゾルゲル法による成膜技術を旧名古屋工業技術研究所(名工研) 埴田博史氏・渡辺栄次氏らの研究グループが開発した。

平成2年、当社の代表取締役である加藤薫一が埴田氏・渡辺氏から二酸化チタン光触媒の技術指導を受けたことで、当社の光触媒開発はその端緒についた。その後、加藤は光触媒の製造技術の研究において様々な試行錯誤を繰り返し、その結果、多くのノウハウの蓄積が出来た。そこで、当社

は、この光触媒浄化技術を汚染が深刻な問題となっている上下水道や天然水処理に応用すべく、産総研において出願・取得した特許を使用し、光触媒担持の生活用品や浄水装置などの製品開発を進め、これらを商品として販売することを目的として平成10年に設立した。平成15年9月には新たにAISTベンチャー企業(成果活用型)として認定された。

当社は環境問題対策という大きな命題に立ち向かうためには、より多くの叡智、物質的支援、人的資源、資金の集積が必要であり、これらを広く社外、産総研外からも募るため株式公開を行い、さらにオープンかつパブリックなベンチャー会社として積極的な事業展開を図る予定である。

### 開発と展望

光触媒を利用した製品の市場分野は一段と拡大している。現在では世界中で日本発の技術として注目を浴びている。

当社は、この二酸化チタン光触媒を焼成により製造する基幹技術を開発した。今後ともこの技術を当社の主力基盤技術として他社に対する圧倒的優位性を確保するつもりである。ところが、現行では技術的優位性が必ずしも、市場シェア優位性と等しくないという環境がある。当社は出願済み特許の95%以上を産総研

との共同出願を行ってきたが、更に産総研が長年掛けて培ってきた薄膜光触媒製造技術という卓越した技術的成果を利用し、これに当社の商品化への開発力、市場開拓力を加えて、さらなる優位性を確立し世界市場に波及させていく。

今後、当社は、

1. 光触媒を身近な家庭環境の浄化に結びつける実用化技術の開発  
(例) 光触媒テーブルウェアなど
2. 光触媒を環境浄化に直接結びつける実用化技術の開発  
(例) 光触媒ゾル、光触媒環境浄化材料(ビーズ・フィルタなど)を通じて、更なる事業化を計画している。

産総研の開発したこの二酸化チタン薄膜光触媒技術を様々な製品に応用し、家庭製品から大規模水浄化施設における商品まで含めた開発を展開して、生活環境や自然環境の改善に資するつもりである。



光触媒テーブルウェア “カタリティ”

### ●会社概要

企業名 : 株式会社光触媒研究所  
 会社設立 : 平成10年5月26日  
 本社 : 愛知県小牧市大字岩崎400番地  
 資本金 : 2,750万円  
 代表取締役 : 加藤 薫一  
 連絡先 : TEL 0568-41-3893

### ●主な事業内容

光触媒製品の開発と販売

## 効率的に！そして効果的に！

### 産学官連携の協働者の要をめざして

産学官連携コーディネータ（四国センター） 勝村 宗英

「選択と集中」という言葉をよく耳にします。この言葉は、「効率的と効果的」とも解釈できます。これは、正に、功めの姿勢です。以下に、活動事例を紹介しますが、このマインドをもって対応に努めているものの、時々「無駄」も必要だと感じています。

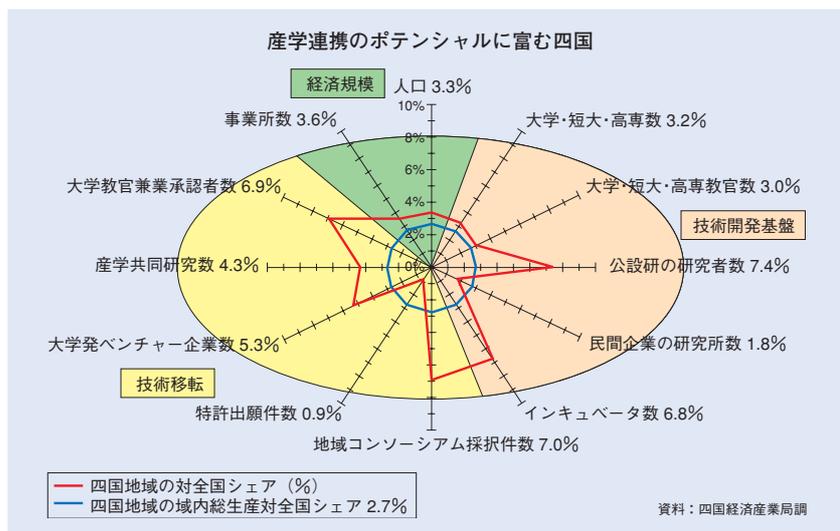
#### 四国地域の現状

図は、技術開発ポテンシャルという観点から、四国地域の対全国シェアを示しています。経済規模、技術開発基盤、技術移転に区分して分析しています。

四国地域の域内総生産対全国シェアは約2.7%、これに対して人口は3.3%となっており、この差をいわゆる1%ギャップと称して、これの解消と、更なる向上をめざしています。

また、技術開発基盤では、民間企業の研究所数は1.8%と少ないものの、公設研の研究者数が7.4%、インキュベータ数が6.8%と多く、技術移転では、大学教官兼業承認者数6.9%、産学共同研究数4.3%、大学発ベンチャー企業数5.3%と多い状況です。

これらの数字から判断しますと、四国地域内総生産対全国シェアの2.7%をアウトカムと考えますと、このアウトカムに係る、いわゆるインプットとして考えられる前述の数字は2.7%を軽くオーバーしています。従って、これらの比率で示される各因子が具現化（事業化）に向かって効率的に、効果的に寄与されれば、四国の経済は今の数倍以上活性化されるはずである、と推察されます。



●図 技術発展ポテンシャル

#### 技術開発プロジェクト推進調査委員会の設置

この問題を解消する目的で平成11年4月に、(財)四国産業・技術振興センター (Shikoku Industry & Technology Promotion Center、略称STEP:ステップ)が、「技術開発プロジェクト推進調査委員会」を発足させました。

時間が前後しますが、私が四国通商産業局(現:四国経済産業局)の技術政策企画官(現:産業技術調査官)として併任になったのは平成9年11月でした(平成15年8月まで同職を併任、引き続き平成15年9月から四国経済産業局テクノプロデューサを併任)。

四国通産局としてのアクションプログラムは平成9年4月に策定されていました。そこで、私は私自身の行動指針としてのマイプラン「アクションプログラムのためのプログラム」(平成10年1月8日作成)をつくり、何のために何をすべきかを考え実行し

てきました。本稿では、その中で何を実施して、どうだったのかの一例を紹介いたします。表に当時のマイプランの序を転記します。

このようなプランの策定をイメージしながら、併任直後、具体的なプロジェクトの立ち上げを期待して、各機関でのシーズ、ニーズの発掘を目指して、ステップ、四国経済局の人達と四国内を車で走り回りました。この行動の中で、このプランの必要性を痛感しました。一方、ステップの人達との議論の中で、汗をかくのも必要だが、このような動きによる結果を出すのに、協働者が一同、情報・マインドを共有して、効率的かつ効果的に行動できる手順はないものだろうか、と思ったのがこのプラン策定のきっかけでした。

このプランの提案1年後に「技術開発プロジェクト推進調査委員会」として具体化しました。これを通称、Jump(ジャンプ)委員会、または勝村

## ●表 (a) 「アクションプログラムのためのプログラム」

**目的** 技術政策（研究プロジェクト等もその一つ）をどういう方向で立てるのかのシステムを考える。

何の為に：四国の活性化

活性化に直結する方策／鍵：資金、人材育成、既存組織／会議の活性化

**共通に認識すべき事** 従来は“個別対応型”

今後は“企画・立案・実行の一元化”

・各機関は特徴を出す必要有り（従来型）

・故にすべての施策を一元化すべきものではない

・しかし、例えばプロジェクトものを考える場合は、一元化の方向が効率的・効果的、各機関の特徴も活かせる

**方策** ☆大学センター長会議の活用

☆県センター企画担当者会議の活用

☆STEPへの求心力を如何に～コーディネート機能の強化

## (b) 「技術開発プロジェクト推進調査委員会」での主な議題

**主な議題** (1) 研究開発に関する現状の紹介

- 各県の研究課題
- 地域コンソーシアム・医工融合等の既提案課題
- 研究開発関連の各種支援制度
- その他

(2) 審議

- 四工研産学官連携センターと県工技センターのコーディネート機能の在り方
- 各県の地域特性
- 期待成長4分野（医療福祉、環境、海洋、情報通信）に関する意見交換
- 提案課題／分野の絞り込み方策

委員会と呼んでいます。ジャンプ委員会は名前の通り、四国は今後、大いに飛躍して欲しい、そのための裏方の委員会である、という思いが込められています。

メンバーの選定は、各県の公設研から専門分野にこだわらず、今まで交流等で面識のあった人達の中でマインドのある元気な人をお願いして四国の産業活性化に努めました。委員会での主な議題は表のとおりです。

話題を経済産業省、中小企業庁のコンソーシアム制度（平成9年度発足）に絞って例示しますと、平成9年度分の採択は1件でしたが、平成10年度11件（継続分を含むと12件）、11年度4件（同16件）と、12～13%の採択率になりました。

この数字は、小さい地域にとっては驚異的な数字で、他地域の公域管理法人が問い合わせに来た、と聞いています。

この成果は、この委員会の存在あるいは、この委員会の発足につな

がった各機関への訪問による議論のためだけではありません。しかし、こうした汗をかき足でかせぐ努力が、各地域の各機関のマインドの向上につながったものと考えています。

現在は、このマインドが四国経済局のテクノキャラバン（一種の技術等相談会）運動にもつながっています。さらには、こうした動きの一部に電子会議室を利用して効率的に議論を進めています。

一方では、こうしたマインドを持つての四国センターの動きが、四国内を中心とする連携の結節点として、四国センター産学官連携センターの存在の必要性！という気運の醸成がより高まってきました。

この効果の現れの一つとして、つくばのシーズ、北海道室蘭の企業の技術等と四国西条の企業、自治体のニーズとのマッチングを実現して、コンソーシアム事業として成立し、国の委託金を受けて実施されました。この成果を基にして、更に大きいプロジェクト（事業化）の計画を現在進

めています。

いわゆる、四国のニーズに対して全国のシーズ等が協力して、四国の地で事業化への一歩を踏み出し花が咲いた、ということです。今後美味しい実がなるのが楽しみでもあり、そうなるよう引き続き、コーディネートしていきたいと思っています。

本稿で言いたいのは、「心」(heart & mind)の必要性です。更に言えば、周りが賑わえば自分も賑わう、という気持ちです。また、「知る努力(情報の収集・分析)」と「報せる努力(広報)」も必要です。

今後、考えていかなければならない総合力の構築・発揮には、この「心」と二つの「努力」による連携が不可欠と思っています。

## お問い合わせ

## 産学官連携コーディネータ

- E-mail [m-katsumura@aist.go.jp](mailto:m-katsumura@aist.go.jp)
- URL <http://unit.aist.go.jp/shikoku/sangakukan/index.html>

特許

特許第 3463106 号 (出願 2001.2)

硬組織再生リン酸カルシウム微小ユニット

●関連特許 (出願中: 国内 6 件、国外 1 件)

1. 目的と効果

事故、疾病、加齢により失われた骨を再生するために、人工骨が利用されています。人工骨は、自家骨により充填・置換されうる多孔質であることが理想的です。従って、多孔質人工骨の孔の連通性は、最も重要な特性と考えられています。しかし、従来の人工骨製造技術においては、孔の連通性を高めることが困難であり、骨形成に寄与しない孤立気孔の混入が避けられませんでした。本発明は、骨形成に最適な場“完全連通孔ネットワーク”を、人工骨材料により構築する技術を提供します。

[適用分野]

- 人工骨
- 細胞培養担体
- 細胞療法
- 注入療法

2. 技術の概要、特徴

リン酸カルシウムセラミックス製微小ユニット (CP微小ユニット) の集積化により、完全連通孔ネットワークを構築する技術です。人工骨をCP微小ユニットに分割することにより、骨伝導能を発揮する直径100~500 $\mu$ mの貫通孔を、各ユニットに確実に設けることができます。例えば、直径300 $\mu$ mの貫通孔を持つ、直径1mmの水酸アパタイト (HA) ビーズを集積化することにより、貫通孔とインタービーズギャップから成る完全連通孔ネットワークを形成することができます (図1)。ウサギ頸骨埋入試験においては、7日後に良好な骨形成が認められました (図2)。

3. 発明者からのメッセージ

本発明のCP微小ユニットにより、どんな形状の骨欠損部分にでも対応する人工骨を提供することができます。しかも、それらは完全連通孔を持っており、自己組織の骨形成に関わる様々な細胞活動を、効率的に受け入れることができます。従って、速やかな骨伝導と人工骨材料の吸収を実現することができ、かつ材料自身に求められていた厳しい強度を緩和します。CP微小ユニットは、 $\beta$ -TCP等の他のリン酸カルシウムでも製造可能です。また、貫通孔は、骨伝導のみならず、細胞凝集塊担持、薬剤担持のための多用途構造として利用可能です。さらに、CP微小ユニットは、非観血的な手法により、骨欠損部位に注入することが可能です。上記メリットを活かし、本発明を、人工骨製造技術、及び硬組織再生治療として、臨床現場に普及させたいと考えております。

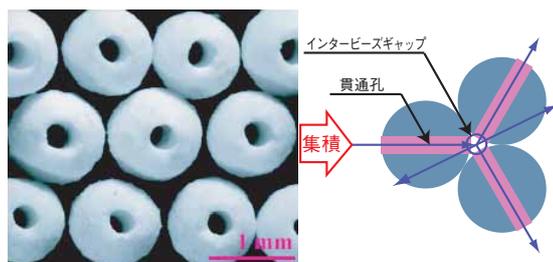


図1 HA ビーズと連通孔形成模式図

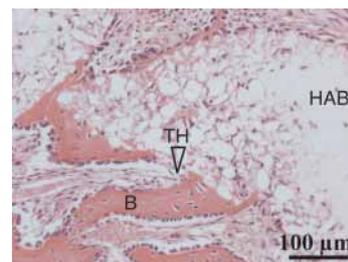


図2 7日後に形成された新生骨  
 B:新生骨、HAB:HA ビーズ、TH:貫通孔

## 特許

特許第 3054689 号 (出願 1997.9)

# 耐熱性、徐放性を有する有機-粘土複合体

●関連特許 (出願中: 国内 4 件)

### 1. 目的と効果

抗菌性有機物を含む樹脂や紙を製造することを目的として、粘土鉱物内に抗菌性有機物を吸着により包摂した有機-粘土複合体を調製する技術です。粘土への包摂により、抗菌性有機物の耐熱性の向上や蒸発の抑制効果が得られるばかりでなく、抗菌剤として重要な徐放性効果も向上します。

[適用分野]

- 芳香性樹脂・紙、抗菌性樹脂・紙を利用する幅広い分野に適用可能  
(抗菌包装紙、抗菌シート、抗菌フィルター、抗菌医療品、抗菌カード、抗菌文房具、抗菌性印刷紙、抗菌書籍等)

### 2. 技術の概要、特徴

ヒノキチオールや香料 (けい皮アルコール、バニリン等) などの天然有機化合物の一部は、安全性の高い抗菌物質として知られています。しかしながら、耐熱性が低く、昇華性や疎水性があるために、複合化に高温を必要とするプラスチックや親水性の紙との複合化が困難でした。

本技術は、芳香性、抗菌性有機化合物を、化学修飾した層状粘土の空隙中に包摂することによって、それら有機化合物の昇華性、耐熱性を向上させます。さらに、粘土を用いることにより、親水性が向上し、プラスチックや紙との複合化が容易になりました。さらに、包摂された有機化合物は、脱着しにくく、抗菌性が長い間持続します。

### 3. 発明者からのメッセージ

複合体の調製は、攪拌操作のみで特別な実験装置、設備を必要とせず、簡便に得ることができます。

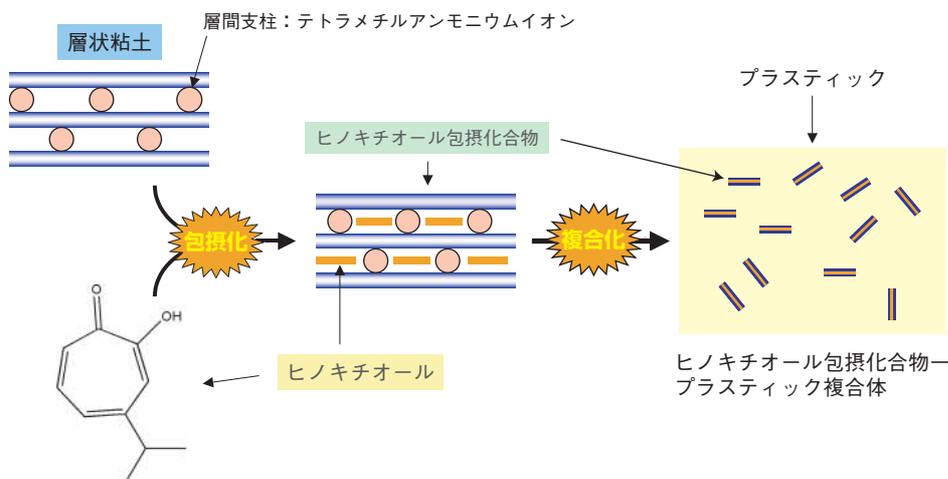


図 ヒノキチオールを包摂した化合物とプラスチック複合体の模式図

— 海洋資源環境研究部門 —

PATENT

●連絡先  
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 029-861-5210  
FAX 029-861-5087  
E-mail:  
aist-innovations@ma.ist.go.jp

## 蛍光X線分析用鉄クロム合金(Cr40%)標準物質の開発

計測標準研究部門 日置 昭治、野々瀬 菜穂子、倉橋 正保

### 開発の経緯

一般に、材料の定量分析には、材料と類似の組成をもっており目的成分量が分かっている標準物質が重要であり、蛍光X線分析(XRF)法のような非破壊分析では特に不可欠になる。

XRF用FeCr合金標準物質には、Crの質量分率0.50～30.25%の7品目(日本鉄鋼連盟)があるが、現在は貸出制度があるのみで入手不可能である。最近Cr含有量の多いFeCr合金(例えばCr50%)の優れた耐熱特性が報告されており、将来Cr含有量の多い合金の需要が見込めることから、本標準物質を開発した。

### 標準物質の概要と均質性

候補標準物質は住友金属テクノロジー(株)に製造を委託した。板状の原料から直径30mm、厚さ6mmの円盤状に40個切出した金属である(写真)。40個全てについてXRF法(波長分散)を用いて均質性を試験した。均質性試験では、試料間の相対的なばらつき評価を行うため、単色X線を用いない通常の市販装置をそのまま用いた。試料に照射するX線のビーム径(実際は検出器に入るX線を制限するスリットを使用)を変えて、試料中央部に、直径20mm、10mm、3mmのビームを照射した場合についての均質性を測定した。

### 定量法の概要

同位体希釈質量分析法(IDMS)は一次標準測定法(primary method of measurement)に位置づけられ、共存マトリックスの影響を受けにくい等の利点を有する正確な分析の可能な方法であることから、候補標準物質のCr及びFeの組成を、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を用いたIDMSによって測定した。王水を用いて分解した試料に、Fe、Crの一次標準液を用いた逆IDMSによって濃度決定したFe、Crの濃縮同位体溶液を添加し、測定に供した。なお、コリジョンセル四重極ICP-MS及び高分解能型ICP-MSを用いて、測定値への分子イオンの干渉がないことを確認した。

また、Crは一次標準測定法の一つに位置づけられる滴定法によっても定量した。硫酸・りん酸の混酸による試料分解後にCrを6価へ酸化し、加えたFe(II)溶液の過剰量を二クロム酸カリウム滴定液で逆滴定した。試料と併行してCr一次標準液を分析することで、滴定終点決定に伴う偏りを除去できた。

一方、市販のXRF装置は、X線管球からのX線をそのまま試料に照射するため、特性X線と連続X線が励起に寄与し、結果を記述する式は複雑(波長積分を含む)になるが、単色

X線を試料に照射すると単純化される。すなわち、単色X線励起XRF法では分析対象元素の高純度物質のみを標準物質として用いて定量可能な方法であり、SIトレーサブルな新規の分析法として、一次標準測定法の可能性があることから、本法による定量も併せて行った。

### 認証値と不確かさ

IDMSの結果は、Cr、Fe各々、質量分率(39.48±0.14)%(、60.10±0.42)%(k=2)で、滴定法によるCrは、質量分率(39.478±0.072)%(k=2)であった。±に続く数値は拡張不確かさで、合成標準不確かさと包含係数k=2から決定された。最終的な認証値は、表の通りである。拡張不確かさには、直径10mmの測定範囲の場合の均質性の不確かさが反映されている。小さいビームを使う場合の情報として、直径3mmの測定範囲ではCrの拡張不確かさは0.083%から0.090%に変わることも認証書に示した。

また、単色X線励起XRF法による分析値は、Cr、Fe各々、質量分率(39.49±0.93)%(、59.99±0.79)%(k=2)であり、認証値と比べて不確かさは大きいものの、その正確さが実証されたと考えられる。これらは認証書には参考情報として示した。

本認証標準物質NMIJ CRM 1016-aは、CrとFe両成分について不確かさの明示されたFeCr合金(Cr40%)であり、2003年7月に認証され、現在頒布の準備中である。今後化学分析用も含めて他の需要の高い材料の認証標準物質の開発も進める予定である。



図 蛍光X線分析用鉄クロム合金(Cr40%)標準物質の写真

	認証値 (質量分率(%))	拡張不確かさ (質量分率(%))
クロム	39.48	0.083
鉄	60.10	0.42

表 NMIJ CRM 1016-aの認証値と拡張不確かさ(k=2)

# 5万分の1地質図幅の数値化を進める

成果普及部門 地質調査情報部 牧本 博

## 5万分の1地質図幅とは？

地質図は、植生や土壌の下の地層や岩石の分布を表示したものである。地層・岩石の名称、形成順序(時代)やそれぞれの性質・特徴を記した凡例(図(右)を参照)と合わせてながめると、その地域の生い立ちを読みとることができる。5万分の1地質図幅は、産総研地質調査総合センターが刊行している地質図で、実地の野外調査研究に基づいて作成しており、国土の地質状況を示す最も詳細な図面といえる。国土地理院から刊行されている縮尺5万分の1地形図の区画ごとに作成していて、「地質図幅」と呼んでいる。縮尺5万分の1は地図上の1cmが実際の距離500mに対応し、地図上の位置を野外でほぼ特定できる詳しさである。日本列島は縮尺5万分の1地形図では約1,270枚からなり、既刊の7万5千分の1地質図幅の分も含めると、これまでにその約72%が刊行されている。なお、この地質図幅には、作成に当たっての学術的裏付けデータを記述した冊子(地域地質研究報告)が添付されている。

## 数値化がなぜ必要？

複雑な自然を対象にした地質学あ

るいは地球科学の分野では、個々のデータの解析に加え、各種データを組み合わせて表示・解析することが不可欠である。このためには各データがコンピュータ処理に対応したデータファイルとして作成・整備されていると好都合である。特に地球上で起こった地質現象の多くは位置情報(緯度・経度)に関係づけることができ、最近ではGISソフトウェアなどによるデータ解析が有効な研究手段となってきている。このような状況の中で、5万分の1地質図幅についても、各種総合解析のベースマップとして活用できるように数値化・データ整備することが計画された。この数値化は平成11年度から本格的に進められ、今年度末時点では約300図幅の数値化が完了する。

## 数値化するとどう変わる？

地質図の数値化により、地質境界線や断層などはラインデータとして、またこれらで囲まれた範囲の地層・岩石はポリゴンデータとして、それぞれ位置情報と地質属性コードからなるデータセットとして保存される。また、地層の走向・傾斜、鉱山位置や試料採取地点等についてもポ

イントデータとしてデータセットに含められる。

このようなデータセットは、通常のドロー系ソフトでの扱いと同様にベクトルデータの利点を生かして、地質図を最新の内容に随時更新したり、隣接地域と統合した地質図や異なる縮尺の地質図の作成に利用でき、また目的に応じたデータ抽出も可能となる。更に、緯度・経度という位置情報を基準に他の主題図との重ね合わせが可能となり、両者の比較検討が従来の紙ベースでの作業に比較してはるかに容易となる。また、地質図に使用する記号については平成14年7月に「JIS A 0204 地質図記号、色、模様、用語及び凡例表示」が制定されたが、このような変更にも即時に対応が可能となる。

これまでに地質調査総合センターから100万分の1及び200万分の1地質図、更に一部の20万分の1地質図幅などの数値化データが公開されている。5万分の1地質図幅についてもデータセットを完成させ、早く公開できるよう進めていきたいと考えている。

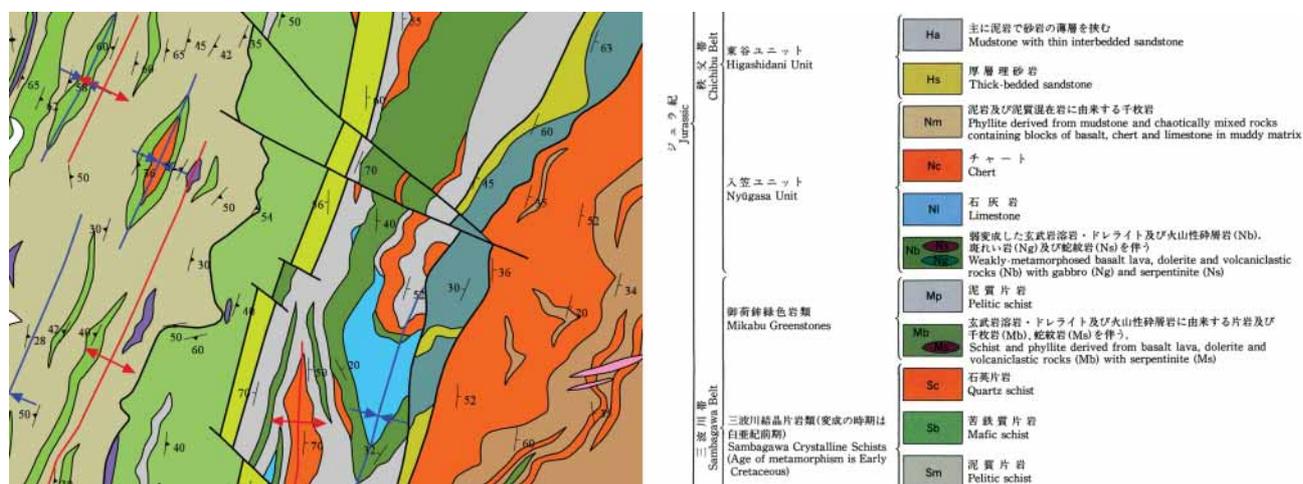


図 (左) 数値化データから作成した5万分の1地質図幅「高遠」の一部、(右) 印刷図「高遠」の凡例の一部

# 産総研工業標準化ポリシーの制定

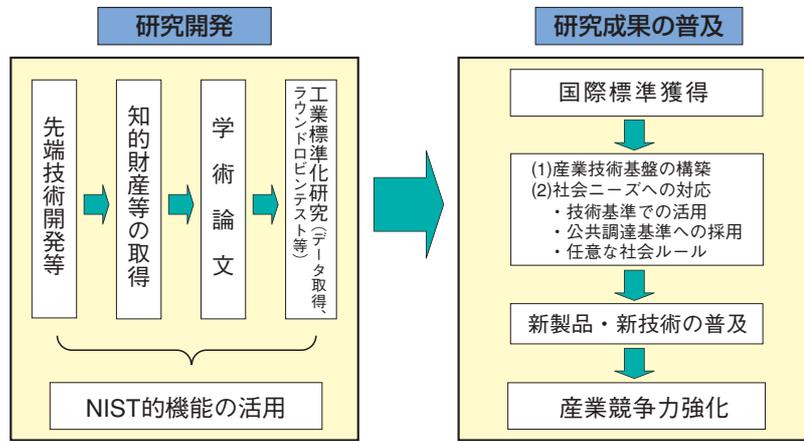
## 研究開発と工業標準化の一体的な推進

成果普及部門 工業標準部

### 工業標準化の社会的な意義

我が国の優れた技術であり、今後とも大きな成長が期待される、IT分野、ネットワーク関連技術、情報家電分野などは、技術革新が激しく、ライフサイクルが短くなる傾向がある。バイオテクノロジー、ナノテク・材料分野等も同様の傾向が見られる。これらの新技術は、世界規模での普及が見込まれ、かつ、技術・製品相互の互換性の確保が不可欠なものが多い。

このため、国際標準の獲得が新技術・新製品の普及に重要な影響を与えるようになってきている。従来の標準化では技術が安定し、製品が普及してから標準化を行う、いわゆる「事後標準」が一般的であったが、技術革新の速い分野では「事後標準」では間に合わず、技術開発と同時並行的に国際標準化を行い、標準化してから新技術・新製品の普及を行う、いわゆる「事前標準」に変わってきている。例えば、DVDについては、事前標準により標準化されたこと



研究開発と標準化の連携 - 産業競争力強化 -

で、ソフトや機器類を含めた関連産業が急速に成長した。

今後、我が国としては優れた新製品・新技術の国際市場への普及の促進の観点から、研究開発活動の成果を迅速に国際標準につなげることが重要な課題となっている。

平成15年6月、総合科学技術会議知的財産権専門調査会がとりまとめた「知的財産戦略について」においては、研究開発、知的財産権取得、標準化の一体的な推進を図るため、公

的研究機関の国際標準化活動への主体的な参画等、標準化に関する取り組みを図るべきことが示された。

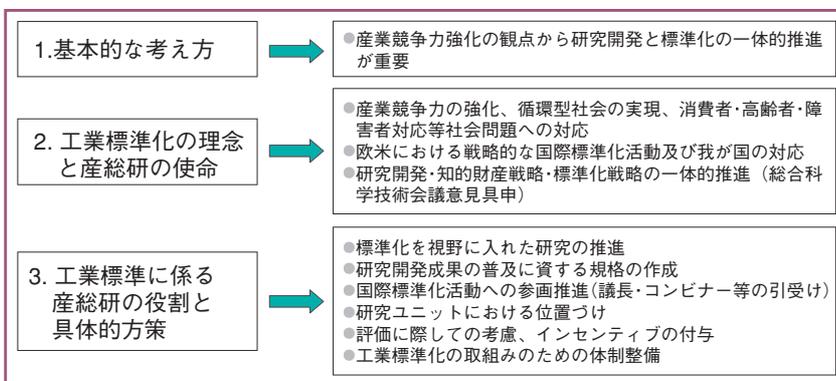
ちなみに米国では、NIST（国立標準技術研究所）においても工業標準化に関するマニュアルを策定し、標準化活動を研究ユニットの使命として位置づけ、国際標準化活動を積極的に行っている。

### 工業標準化ポリシー制定の目的

このような背景のもと、産総研は、研究開発成果を社会に還元し、我が国の産業競争力強化に貢献していくことが重要な使命である。

このため、「産総研工業標準化ポリシー」を制定し、工業標準化に取り組む姿勢を内外に示し、率先して研究開発と工業標準化の一体的な推進を行っていくこととした。

産総研の工業標準化への取り組み姿勢は、我が国の産業界や研究機関等にも大きな影響を与えていくことと思われる。産総研は、関係機関と緊密な連携の下、工業標準化を通じた我が国産業競争力の強化、研究開発成果の国際市場への普及等に大きく貢献していくことが求められている。



産総研が所を挙げて工業標準化に取り組んでいく観点から、職員の工業標準化に対する認識を高めるため、「産総研・工業標準化ポリシーを策定」し、所内に周知。

産総研・工業標準化ポリシーの必要性

## 産総研工業標準化ポリシー

平成 15 年 11 月 5 日  
独立行政法人産業技術総合研究所

## 1. 基本的な考え方

工業標準は、産業技術の基盤であり、時代の流れの中でその役割が変遷してきているものの、その重要性については些かの揺るぎもない。

近年、産業競争力強化の観点から、研究開発と標準化を一体的に進めることの重要性が高まっている。研究開発段階から標準化を視野におくことによって、研究開発成果を迅速かつ着実に標準化することは、研究開発成果の社会への還元につながるものである。

よって、産業競争力強化に貢献する公的研究機関である産総研は、工業標準化への取り組みを強化する必要がある。

## 2. 工業標準化の理念と産総研の使命

## (1) 工業標準化の役割の変化

従来の工業標準化は、もっぱら鉱工業品の品質の改善、互換性の確保等を目的とした規格（JIS：日本工業規格）の策定を意味してきた。

しかしながら、近年、経済活動のグローバル化が進展する中で、国際標準化活動の重要性の増大、先端技術分野での国際的なフォーラム活動の活発化が進みつつあり、また、地球環境問題への対応、循環型社会の形成、消費者保護／高齢者・障害者配慮などの新たな社会問題への対策としての規格の作成など、工業標準化の役割は大きく様変わりしている。

## (2) 研究開発と標準化の関係

技術革新の進展の中で研究開発と標準化は、極めて密接な関係を有するようになってきている。欧州連合（EU）や米国は、産業競争力強化を念頭に置きつつ、研究開発の初期段階から標準化を視野に入れた研究開発を実施し、その成果を迅速に ISO（国際標準化機構）、IEC（国際電気標準会議）、国際的なフォーラム等を通じて国際標準化するという戦略的な取り組みを進めている。

我が国では、日本工業標準調査会（JISC）の標準部会が策定した「標準化戦略（総論編）」（平成 13 年 8 月 31 日策定）において、研究開発活動と標準化活動の連携の重要性が示されるとともに、産総研等公的研究機関の標準化活動への積極的な取り組みが求められている。

## (3) 政府としての標準化への取り組みの強化

平成 15 年 6 月の総合科学技術会議の意見具申「知的財産戦略について」においては、研究開発、知的財産権取得、標準化の一体的推進の必要性が示され、関係府省が一丸となって取り組むことが要請されている。

## (4) 産総研にとっての意義

産総研の工業標準化への取り組みは、以下の意義を有する。

- ①標準化を通じて、産総研の研究開発成果が目に見える形で使われることを、より確実なものにできる。
- ②標準化活動への参画を通じて、産業界との交流が拡大し、産学官連携をより一層促進することができる。また、産総研が標準化に必要な試験研究を実施することにより、各企業に分散しがちな試験データやノウハウ等がカ所に蓄積され、必要に応じて活用することができる。
- ③社会ニーズに沿った標準化を念頭に置くことにより、研究目的の明確化、さらに研究効率の向上といった副次的効果が期待できる。
- ④国際標準化活動への参画は、産総研の国際戦略の遂行に

寄与するとともに、結果として、産総研の国際的な広報に資する。

## 3. 工業標準に係る産総研の役割

## (1) 標準化を視野に入れた研究開発の推進

研究開発計画の企画立案段階において成果の標準化の必要性を常に検討することとし、その結果、標準化が重要な課題であると推定された場合は、研究開発活動の中で、標準化に必要な試験研究等を併せて実施する。

## (2) 研究開発成果の普及に資する規格の作成

研究開発成果の標準化を通じてその普及を促進させるため、標準基盤研究制度等を活用しつつ、研究開発成果に基づく規格の作成に取り組む。

## (3) 国際標準化活動への参画

産総研が主導的な立場にある分野又は民間のみでは対応困難な分野において、国際標準化活動に主体的に参画する。特に、国際標準化機関や国際的なフォーラムの議長・コピナー・国際幹事等の役職を積極的に引き受ける。また、産業界と連携しつつ、国際標準を獲得するための研究開発に取り組む。

## 4. 工業標準化への取り組みの強化

## (1) 研究ユニットにおける標準化活動の位置づけ

各研究ユニットは、標準化研究の実施、規格原案の作成、国際標準化に係る議長・コピナー・国際幹事等の活動を、自らの本来的な業務の一環として位置づける。

## (2) 研究開発における標準化への取り組みの評価

研究テーマのスタートの際に、標準化の必要性が検討されているかどうかを評価するとともに、研究成果を評価する時点においても標準化への取り組みを評価する。

## (3) 標準化活動に対するインセンティブの付与

工業標準化への貢献を表現する業績リストの運用、長期評価の昇格審査における考慮等を通じて、産総研職員の標準化活動を業績評価へ反映する。

## 5. 工業標準化への取り組みのための体制・組織

## (1) 成果普及部門工業標準部の使命

成果普及部門工業標準部は、産総研における工業標準化の中核として、工業標準化戦略を企画立案するとともに、研究ユニットの工業標準化への取り組みに対する支援を行い、産総研の工業標準化への取り組みをリードする。具体的には、社会ニーズに対応した標準化ニーズの把握と研究ユニットへの提案、研究開発成果の規格化に係る支援、国際標準化活動に係る支援等を行う。

## (2) 所内の組織的な取り組み

分野別連絡会議等を活用しつつ、標準化関係者のネットワークを構築し、工業標準化への組織的な取り組みを図る。計測技術開発に係る標準化においては、成果普及部門工業標準部と計量標準総合センターが連携して研究ユニットを支援する。標準化の対象となる技術に特許等知的財産が含まれる場合は、研究ユニットと産学官連携部門知的財産部が連携して対処する。

## (3) 工業標準化の拠点の整備

産総研の標準化研究及び広報活動の拠点として、くらしと JIS センターを位置づけ、その積極的な活用を図る。

## 平成15年度産総研国際シンポジウム開催 “化学物質の有効利用とリスク管理—より安全で安心な社会を目指して—”

2003年11月8日、東京国際交流館プラザ平成において、「平成15年度産業技術総合研究所国際シンポジウム」を開催しました。今回は環境・エネルギー分野の中で、“化学物質の有効利用とリスク管理”というやや特化されたテーマで開催しましたが、参加者は350名以上のほり、当該分野への一般の関心の高さが伺われました。

本シンポジウムでは、海外からの招待講演者としてグリーンケミストリーの提唱者でホワイトハウスの科学技術担当ポール・アナスタス博士が関連テーマに関する「世界的動向と将来」、カリフォルニア工大のミッシェル・ホフマン教授が「先端酸化反応を利用した地球に優しい処理方法」、米国環境保護局のクリス・ドッキンズ博士が「リスク対策の経済的効果」、日本在住の神戸山手大学フォイヤヘート博士が「環境に優しい製品のライフサイクルアセスメントとコストパフォーマンス」についてそれぞれ講演を行いました。国内からは工学院大学御園生教授が「リスク管理の重要性と社会的コミュニケーション」、日本ゼオン株式会社山崎専務取締役が同社で開発した「代替フロンおよびフッ素樹脂（フッ素化学製品）」について講演しました。

産総研の研究紹介として、中西化学物質リスク管理研究センター長が「化学物質のリスク管理とその評価手法開発」、田尾環境管理研究部門副部門長が「化学物質計測技術」、指宿環境管理研究部門長が「化学物質の低コストリスク削減技術」、新井超臨界流体研究センター長が「超臨界流体利用による環境に優しい化学反応処理法」について講演しました。また、併設のポスターセッションにおいては、産総研の個別の関連研究テーマに関して活発な議論が交わされました。

このシンポジウムでは、従来の開発研究と同様に、評価研究の重要性も強調され、社会に役立つ研究開発を促進すること重要性の認識が高められました。同時に、研究部門間の融合や海外研究機関との協調促進のきっかけを生み出すとともに、国際的研究動向と産総研の研究の位置づけを広く社会に宣伝する場となりました。



米国ホワイトハウス科学技術担当  
ポール・アナスタス博士

## SC2003でグリッド技術の成果発表

2003年11月15日～21日、米国アリゾナ州フェニックスでACM及びIEEE Computer Society主催の「SC2003国際会議」が7000名を超える参加者を集め開催されました。産総研はグリッド研究センターの研究成果としてクラスター技術から、ミドルウェア、アプリケーションに至るまで幅広く16件のパネル展示とともに、研究成果として3種類のミドルウェアを無償公開し、産総研ブースを訪れた研究者はデモや大規模な実証実験に関心を寄せていました。



会議のイベントとして開催されたコンテストでは、他の研究機関と協力してHPC ChallengeおよびBandwidth Challengeに参加し、Most Geographically Distributed Application Award（最も地理的に分散したアプリケーション賞）、Distributed Infrastructure Award（分散インフラストラクチャ賞）を受賞しました。また、アクセスグリッド技術を用いた分散国際会議SC Globalでは、(株)エクシング、早稲田大学と協力して5ヶ国間でのカラオケ合唱を実現し、グリッドの新しい応用事例を示しました。

## COMDEX 2003 出展

2003年11月17日～20日、米国ラスベガスにおいて、世界最大級の情報技術(IT)国際見本市であるCOMDEX 2003が開催されました。今年のCOMDEXは、企業向けの技術に焦点を合わせ、モバイルコンピューティング、セキュリティ、ユーティリティコンピューティングなどをテーマに開催され、4日間で約5万人が訪れました。



産総研及び産総研イノベーションズは、新たなビジネスチャンスを求め、IT分野における技術移転可能な研究成果とAIST発ベンチャーの技術を出展しました。出展は12テーマにおよび、展示ブースには開催初日からたくさんの方の技術関係者等が訪れました。また、技術移転についても十数件の引き合いがあり、今後ライセンスに結びつくものと期待されます。今回の出展では、展示ブースをMicrosoft Corporation・Bill Gates会長が偶然訪れたり、アザラシ型ロボット“パロ”のBest of COMDEX 2003 Finalistの受賞など話題の多いイベント出展となりました。



## 中部センター一般公開

2003年11月15日、中部センターにおいて「おいでよ！ みんなのまちの研究所へ」をテーマに一般公開を行いました。



ガラス・木・鉄などを使ったオリジナルグッズの作成や様々な実験に参加することができる「体験コーナー」、最先端の技術を紹介する「展示コーナー」、環境問題や大型地震の発生メカニズムなどについて楽しく学ぶことができる「おもしろ科学講座」を設けました。直接科学にふれられる機会とあって、たくさんの子供たちが各コーナーに列を作り体験を心待ちにしている様子や、研究者の解説や講演に聞き入る親子連れの姿が多数見られました。今回は、昨年を上回る約850名の参加者があり盛況のうちに幕を閉じました。



## 計測展 2003 TOKYO 出展

2003年11月5日～7日、東京ビッグサイトにおいて、“拡がる、繋がる、進化する計測と制御”というテーマのもと「計測展 2003 TOKYO」が開催され、5万人を超える来場者を集めました。

展示会では、試験・校正やトレーサビリティに関わる11機関による共同展示「校正サービスコーナー」が設けられ、産総研ブースでは国家標準の展示や関連ビデオの上映を行いました。6日には小野計測標準研究部門長が「国家計量標準の国際相互承認と日本の対応」と題した基調講演を行いました。また、5日と7日にそれぞれ、「ナノテクノロジーを支える計測・計量標準」、「量子標準の展開」と題して行われた産総研のセミナーでは300名を超える聴講があり、これら産業分野の関心の高さが伺われました。



## NPPP極微細加工・造形スクール 開催

ナノテクノロジー研究部門では、AIST ナノプロセシング施設を拠点に、文部科学省・ナノテクノロジー総合支援プロジェクトのもと、産学官にわたる産総研外部の方々の研究開発を支援するナノプロセシング・パートナーシップ・プログラム (NPPP) を実施しています。

2003年11月10日から5日間、NPPPではプロジェクト主催の人材育成スクールとして、極微細加工・造形スクールを開催しました。スクールでは、様々な機関から20名が参加し、講義や実習を受け、レポート作成、発表討議を行いました。参加していただいた方々には、微細加工装置の原理や操作法を習得していただき、今後ナノテクノロジーの分野で活躍していただけるものと期待しています。

## 新刊のご案内

# 第2種基礎研究

実用化につながる  
研究開発の新しい考え方

これまでの「応用研究」では、もう対処できない。新思考で、産学連携の谷間にひそむ悪夢に立ち向かう、大学・研究所、独立法人化の時代の必読書です。

### 第2種基礎研究

実用化につながる  
研究開発の  
新しい考え方

吉川弘之・内藤 耕 編

- 吉川弘之・内藤 耕 編著
- 日経BP社 発行
- 本体価格 2,400円+税
- ISBN 4-8222-9185-X

#### 目次

#### 第1部 新しい研究方法論

##### 第1章 研究開発と社会的契約

##### 第2章 社会価値創造する新しい研究方法論

#### 第2部 研究マネジメントと具体的事例

##### 第3章 マネジメントと知識融合

###### 3.1 本格研究推進の基本理念

###### 3.2 マネジメントとインセンティブ

###### 3.3 研究開発の組織的推進

###### 3.4 研究グループマネジメントと知識融合

###### 3.5 研究環境整備とコミュニケーション推進

##### 第4章 具体的事例から学ぶ

###### 4.1 地球環境に優しいプラスチック原料製造技術の道を拓く

###### 4.2 安心・安全な社会づくりのための火山研究

###### 4.3 人間機能の産業システム化を目指すデジタルヒューマン研究

###### 4.4 第2世代組み換え植物研究による農業の産業化

###### 4.5 医療はサービス産業になり得るか

## 産総研シリーズ第6巻

# 火山 - 噴火に挑む -

有珠、三宅島、雲仙の噴火活動の調査から分かったこと、富士山について過去・現在の状況と将来予測に向けた取り組みなど、産総研における火山の研究を紹介します。



- 独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編
- 丸善株式会社 発行
- 本体価格 1,500円+税
- 2004年1月下旬発売予定

#### 既刊 産総研シリーズ

第1巻 デジタル・サイバー・リアルー 人間中心の情報技術 -

第2巻 光- 未来への新たな挑戦 -

第3巻 ポストゲノム- ライフサイエンス最前線 -

第4巻 知能システム技術 - コンセプト志向の発想 -

第5巻 エネルギーエレクトロニクス - 新しい電力供給システムを創る -

全国の書店でお買い求めください

期間	件名	開催地	問い合わせ先
<b>1 January</b>			
~2004.7.23日	TEPIA 第16回展示「ロボットと近未来ホーム ~日本を元気にする新技術~」	東京	03-5474-6128
13~15日	International Conference on Molecular Simulation(ICMS) and Computational Science Workshop 2004(CSW2004)	つくば	029-861-9380●
22日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第8回ナノテクノロジー/機能性材料/新材料	名古屋	06-6763-3242
23日	第43回イオン反応研究会講演会	つくば	029-861-8302●
23日	産業技術総合研究所平成15年度研究講演会 「地球温暖化に対応する環境・エネルギー技術の研究開発」	東京	029-861-8300●
26日	ヒューマンストレス産業技術研究会 第2回講演会「ストレス分析と評価」	池田	072-751-9991●
30日	第1回グリーン・サステナブル・ケミストリー成果発表会 「産総研GSC環境に優しい化学技術の新展開」	東京	029-861-4454●
30日	第3回つくばテクノロジー・ショーケース	つくば	029-861-1206
<b>2 February</b>			
4~6日	システム検証の科学技術シンポジウム	大阪	06-6494-7868●
6日	平成15年度産業技術総合研究所九州センター研究講演会 「マイクロ・ナノテクノロジー&実環境フロンティア計測」	福岡	0942-81-3606●
26日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第9回ものづくり先端技術/ナノスケール加工	東京	06-6763-3242
<b>3 March</b>			
3日	第3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●
15~16日	First International Symposium on Standard Materials and Metrology for Nanotechnology	東京	029-861-9354●
26~29日	9th International Conference on New Diamond Science and Technology(ICNDST-9)	東京	03-3508-1222
<b>4 April</b>			
27~28日	グリッド協議会2004年度総会及び記念シンポジウム	東京	029-861-5881●
<b>5 May</b>			
20~21日	第2回人工筋肉コンファレンス「バイオミメティックシステムエンジニアリングへの展開」	池田	072-751-9180●

**AIST Today**  
2004.1 Vol.4 No.1  
(通巻36号)  
平成16年1月1日発行

編集・発行 独立行政法人産業技術総合研究所  
問い合わせ先 成果普及部門広報出版部出版室  
〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3  
Tel 029-861-4128 Fax 029-861-4129 E-mail prpub@m.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。

産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/>