

# 産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

# TODAY

# 08

## 2005 August

Vol.5 No.8

特集

## 02 海から聞く地球のメッセージ

トピックス

### 14 棄てる熱から発電

セラミックス材料で実用可能な高温用熱電発電モジュールを実現

ニュース

18 新しい産学官連携のしくみを創設 「産総研産業変革研究イニシアティブ」で2テーマ開始

リサーチ・ホットライン

- 20 日本国外への周波数国家標準の遠隔校正実験
- 22 放射能測定装置における遠隔校正技術の開発
- 24 Polyphonet
- 26 超音波 3次元タグ
- 28 超電導質量分析装置のための極低温実装技術
- 30 新しい集積型バイオチップの開発と応用

パテント・インフォ

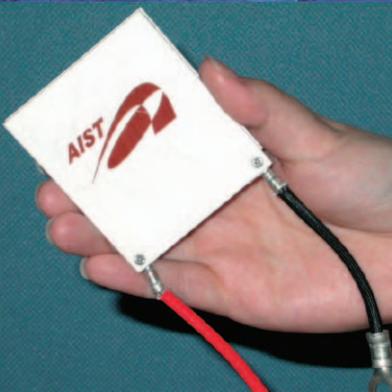
- 32 汚染土壌浄化剤 低環境負荷で高効率な浄化システム
- 33 有機結晶表面の欠陥修復方法 微小加重を利用した有機結晶部材の表面回復

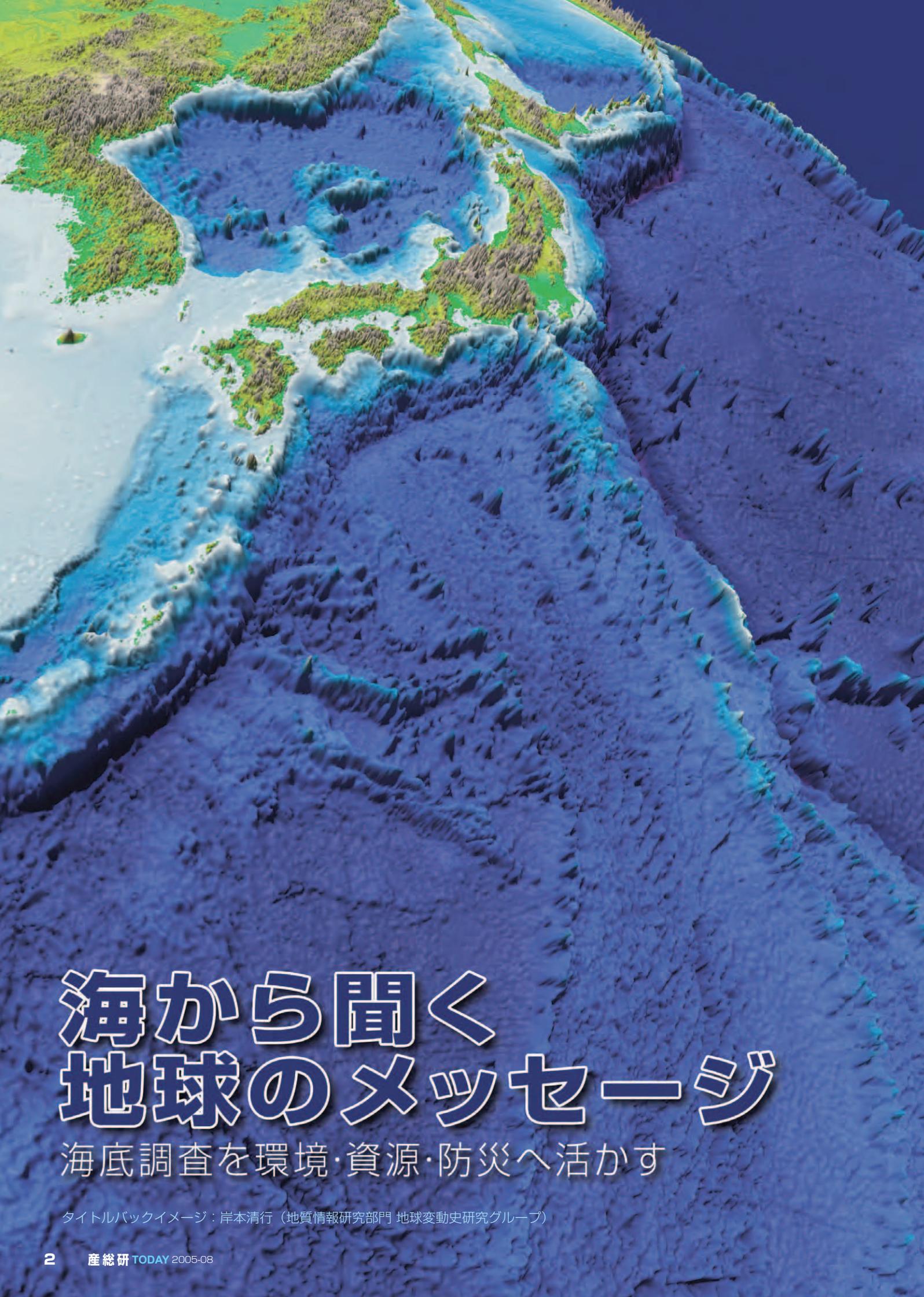
シリーズ

34 産総研が受け継いだ“ものづくり”の足跡(3) 産総研中部センターのDNA

テクノ・インフラ

- 36 PCB 標準液の供給 生態系やヒトの健康をおびやかす環境中のPCB濃度を測る
- 38 PCB・塩素系農薬類分析用海底質標準物質 正確な環境評価のための組成型標準物質





# 海から聞く 地球のメッセージ

海底調査を環境・資源・防災へ活かす

タイトルバックイメージ：岸本清行（地質情報研究部門 地球変動史研究グループ）

# 海の研究

## 海を知ることが地球を知ること

地質情報研究部門 副研究部門長  
西村 昭

地圏資源環境研究部門 副研究部門長  
燃料資源地質研究グループ長  
深部地質環境研究センター 地質情報チーム  
棚橋 学

### 海

地球は物質とエネルギーの大規模で複雑な循環を通して、全体としてひとつの巨大なシステムを構成しています。地球表面の70%を占め、平均水深3800mの海水で満たされた「海」は、膨大な量の熱と物質によってシステムに重要な役割を果たすものです。それは、地球環境の変動に（変化の緩衝や加速等への作用も含めて）大きな影響を与えています。

海水と固体地球の境界である海底やその下には、液体と固体の大規模な物質循環による反応から形成された数々の資源が（その多くが未開発のまま）存在しています。また、海底下の地殻のダイナミックな変動は、ときに地震動や津波による大きな災害を我々にもたらします。

### 海をめぐる

海は（陸域と同様に）、資源開発・環境保全・防災など様々な課題をかかえています。それに加えて最近では、日本周辺の海は国家間の緊張を高めた危険性をほらんだものとなり、国民の大きな関心を集めています。それらは海底に眠る未開発資源の大きさゆえにもたらされる問題です。島の領有や政治に大きくかかわる解決の困難な問題ですが、海域の権益を巡る身勝手な振る舞いは許されるものではありません。海域やそこに存在する資源は、沿岸国及び人類の共通の財産です。国際的な取り決めの中で、開発権利の配分と、管理責任の分担がなされて利用されるべきものです。産総研では大陸棚延伸の科学的判断に使用される調査にも加わっています。

### 海を知るための研究

この特集では、海を理解するために産総研が行っている「海の地質・構造や海底資源に関する基盤情報の整備のための調査」や、「新資源として注目されているメタンハイドレートの調査と技術開発の現状」、「沿岸環境の保全修復への取り組み」などを紹介します。

産総研では、このような自然を対象とした課題を解決するために、いくつかの研究ユニットで調査・研究を行っています。海のような現象を地球システムの中で理解し、今後の環境変動の予測や開発の際の影響の評価に役立てていくことが多くの分野で求められています。今回とりあげたテーマのほかにも、「海と大気の相互作用」、「海の水の動きや地球環境における役割の評価」、「海水からの有用成分抽出や海の生物の利用」など、産総研では海に関連したさまざまな研究を行っています。

### 海の恵みと海の未来

産総研が日本周辺海域や中部太平洋の調査を始めた約30年前（前身である工業技術院の時代）から、海の実態の理解のための研究は現場での観測や調査が出发点でした。

「海の恵み」の資源や空間を利用・開発するためにも、また、環境が悪化してしまった海域を再び「海の恵み」を享受できる健全な海に戻すためにも、様々な手段を駆使して、その実態を知ることが不可欠です。

海はまだ未知の世界です。この特集で紹介したテーマはその解明への取り組みの一端であり、多くの方々が「海」への関心を持つための一助になればと願うものです。

# 海底を調べる

地質情報研究部門 海洋地質研究グループ長  
池原 研

2004年末、インドネシアスマトラ島沖で発生した地震とそれともなう津波では、インド洋沿岸域の広い範囲で大きな被害が出ました。この地震の震源はスマトラ島南方の海底下にあり、最も大きな地殻変動は海底で起こりました。その変動の状況を調査しようとするときに、変動があったと考えられる海底と私たちが通常移動可能な海面の間に存在する厚い水（海水）の層が、それを阻みます。光を遮断し深海域を暗黒の世界にするだけでなく、強大な水圧が地層の観察や採取を簡単に行わせてくれません。

このような直接調べることのできない海底やさらに海底下の様子を知るために、様々な道具が考案され、さらに改良を繰り返して、困難な調査を少しずつ可能なものへと変えてきました。

## 海底の調査とデータのとりまとめ

海底の地形や地下の情報を得るために私たちは、音を使います。まず調査海域で予想される断層や地質構造の方向や大きさを考慮して調査船の進路を決定します。これが測線です。この測線に沿って進みながら、調査船から様々な周波数の

音を発し、海底や海底下から反射してくる音を受信し、連続的に記録することで海底下の様子を表した断面図を得ることができます。これが音波探査断面です。使う音の周波数が高ければ、より細かい構造まで得ることができますが、減衰も大きくなるために、海底下深部までのイメージを得ることができません。調査海域ごとに、知りたい情報が得られるよう調査機器を選定して使用します。得られた断面記録から、顕著な不整合面（反射面が連続しない面）を認定し、それを隣の測線へ追跡することで海底下の地層のつながりや区分を調べることができます。この調査では、海底下の断層や褶曲（ズレや湾曲が生じた地層構造）なども追跡し、分布や成因を明らかにします。

次に音波探査による調査で区分できた地層がどのような岩石から構成されているかを明らかにするために、海底から堆積物や岩石を採取する作業を行います。金属製の箱を海底に降ろして、海底の岩石や砂・泥などをかき採ってくる「ドレッジ」と呼ばれる方法が最も簡単なものですが、採取された試料の乱れが著しく、試料採取位置の特定も困難です。その改



写真 海底から柱状に採取された堆積物試料（コア）珪藻の遺骸からなる縞模様の発達したフィリピン海の堆積物。

善策として、ドレッジの箱の中に深度センサーを入れて、海底を引っ掻いた時の水深を特定するなどの工夫が行われてきました。

このようにして、音波探査断面から層序（地層の重なり方）を確かめ、それに採取された岩石の情報を加味することで、調査海域の地質の様子（年代と岩相）を明らかにした地図を作ることができます。これが海底地質図です。

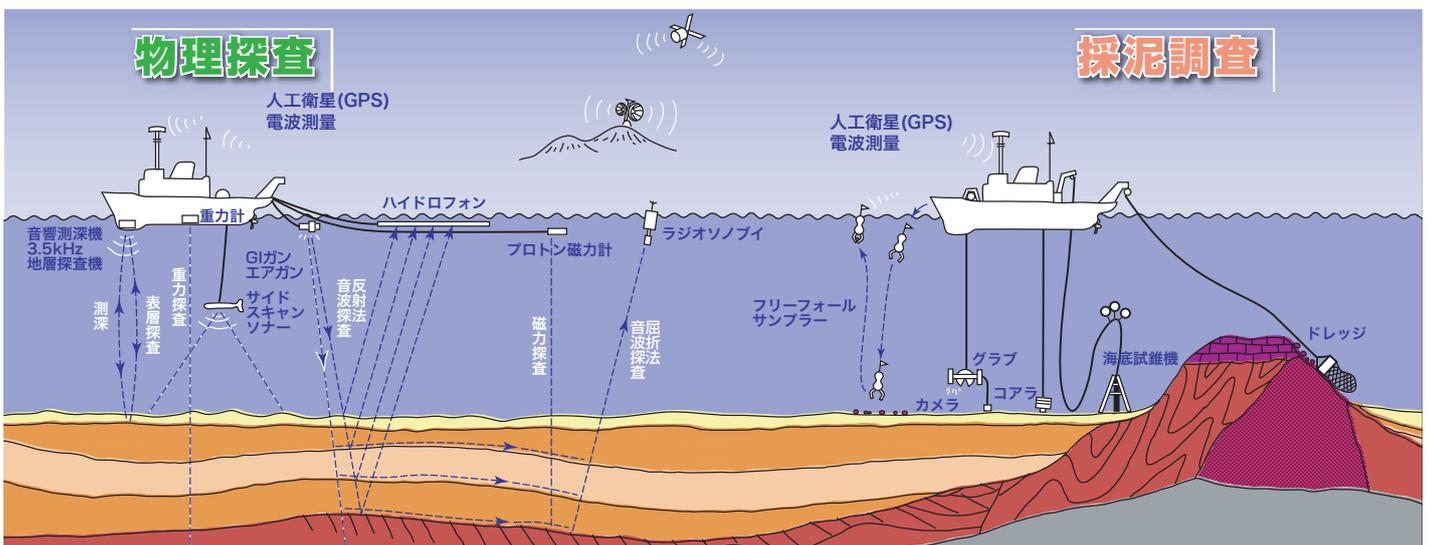


図1 海の底の調べ方の模式図

## 大陸棚画定調査 国土を構成する基盤岩類の調査

地質情報研究部門 総括研究員  
湯浅 真人

国連海洋法条約で定められた大陸棚画定に係わる調査は、内閣官房の総合調整の下、関係省庁が連携して進められています。海域調査は、地形調査（海上保安庁）、地殻構造調査（海上保安庁、文部科学省）、基盤岩調査（経済産業省）の3つの内容からなり、産総研はこのうちボーリングによる基盤岩調査の一部を分担しています。基盤岩調査では、日本周辺海域の200数十点の掘削予定点から岩石試料を採取し、それらが日本列島を構成する基盤岩類と類縁のものであるか否かの判定を行い、大陸棚の延伸可能性について地質学的根拠を提供することを目標としています。

既存の海域地球科学データにこれらの調査・研究成果を合わ

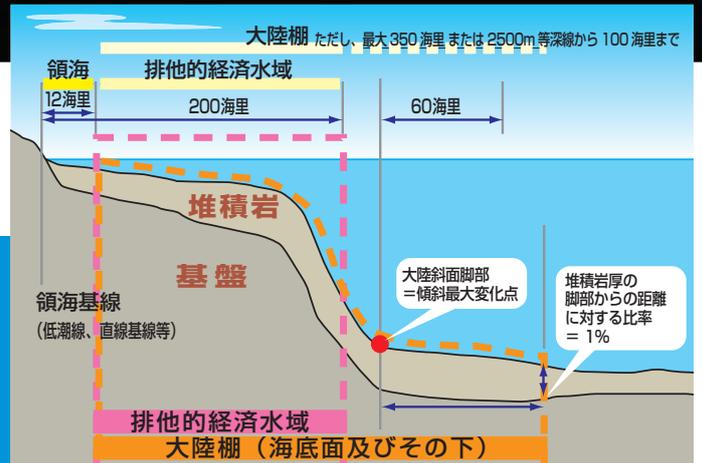


図 海洋法条約による大陸棚の定義

地学上の定義とは異なり、海洋法条約に基づいて決められた大陸縁辺部の外縁までの海底面及びその下、あるいはそれが200海里を超えない場合は200海里までの海底面及びその下を大陸棚という。大陸縁辺部外縁線の決め方は、図に示すように大陸斜面脚部から60海里まで、あるいは堆積岩厚の脚部からの距離に対する比率1%まで。

せ、海洋法条約にいう大陸棚の空間的広がりを把握し、かつ陸塊からの連続性を証明して、200海里を超えて天然資源の開発などに係わる主権的権利を有する海域を画定するための情報として、政府が国連に申請することになります。その申請期限は2009年5月。産総研では、海域調査とともに、国連に提出する大陸棚画定情報のとりまとめにも力を注いでいます。

一方で、海底表層の状況や最近の堆積状況を知るために、たくさんの堆積物の採取が行われます。堆積物の採取は、調査船からくり出されるワイヤーの先端につけられた様々な道具で行います。表層堆積物の採取では、海底をつかみ取ってくる「グラブ採泥器」が使われますが、産総研ではこれに、海底カメラ・採水器・水温計・濁度計などを取りつけて、採

泥と同時に堆積作用に関わるいろいろなデータを得る工夫をしています。

海底堆積物には、過去に起こった海洋環境の変化や地震による斜面崩壊などの状況が記録されていることがあります。数m～10m程度のパイプを海底に突き刺して、堆積物を柱状に採取し、それを細かく分析します。このようにして得られた堆積物の粒度や組成・年代と、海底表

層部の音波探査記録を考慮して作成される、堆積物の分布を表した地図が表層堆積図です。

### 海洋地質図の地質情報

産総研では（工業技術院の時代から）、過去25年以上にわたって日本周辺海域の海洋地質図作成のための調査を行ってきました。その結果作成された海洋地質図（1/100万：8枚、1/20万：48枚）は、海域の国土基本情報となるほか、活断層の評価や地殻変動の解析、海底資源開発や海底利用、海域の物質循環や環境研究の基礎データとしても使われます。

また、調査データのうち、音波探査断面や堆積物試料の概要などの一部は、産総研研究情報公開データベース（RIO-DB）で公開されています（<http://www.aist.go.jp/RIODB/db085/>）。

今後さらに成果の普及に努め、海底調査によって得られた貴重な地質情報が様々な分野で活用されることを期待しています。

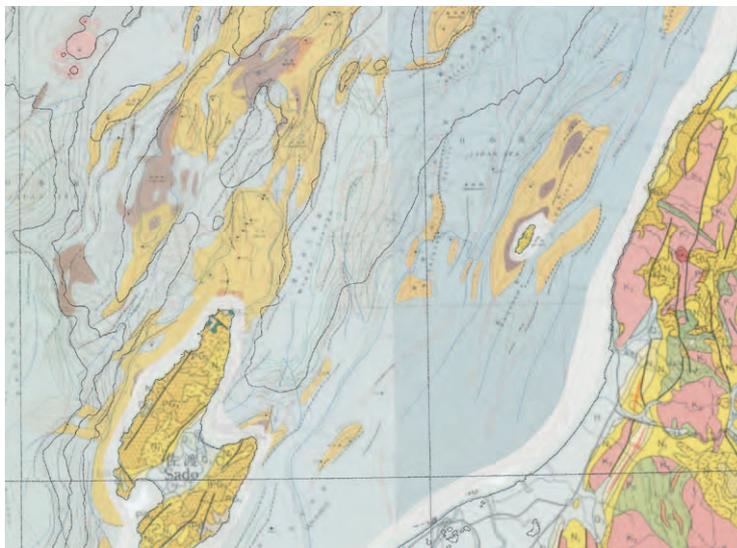


図2 海底地質図の例（佐渡周辺日本海）  
佐渡海嶺に沿って、褶曲した古い地層の露出や活断層が認められる。

# 海と地震

活断層研究センター 海溝型地震履歴研究チーム長  
岡村 行信

## 海底で起きる地震の研究

2004年末に発生したスマトラ沖地震による津波の破壊力には世界中の人々が大きな衝撃を受けました。この地震は海溝型地震と呼ばれる地震の一つで、インド洋プレートがアンダマン・ニコバル・スマトラ島弧の下に沈み込むことによって発生したものです。

同じような沈み込み帯は日本列島の太平洋側にも連続して分布し、海溝型地震も数十年から数百年間隔で発生してきました。今までの歴史資料や地質学的証拠から、西南日本太平洋側では100～200年間隔で、相模トラフでは300～500年間隔で、東北日本と北海道の太平洋側では数十年～100年間隔で海溝型地震が発生してきたことが明らかになっています。ただし、通常の間隔はマグニチュード8クラスで、巨大な津波を起こした2004年スマトラ沖地震のようなマグニチュード9を超える大地震が発生するのはきわめてまれです。

海溝型地震に限らず、海域で発生する地震は津波をとまいます。日本周辺では、日本海東縁で大きな地震と津波がときどき発生してきたことが知られていま

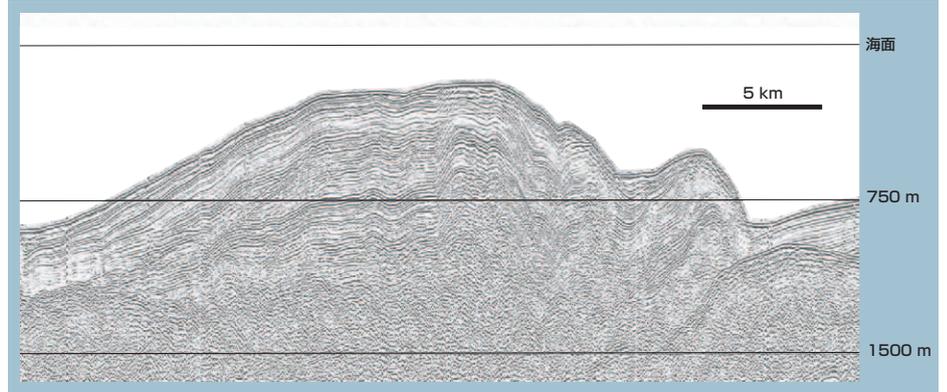


図1 日本海東縁の佐渡海嶺で得られた反射断面の例

す。奥尻島に大きな被害を与えた1993年北海道南西沖地震、1983年日本海中部地震、1964年新潟地震などがその例です。しかし、日本海の地震は発生間隔が長く(1000年以上)、歴史資料が少ないことから、その発生履歴が十分に解明されていません。

## 海洋調査で知る海底地震断層

産総研では、日本海東縁の地質構造や海底の堆積物に残された過去の地震の記録を調べることによって、地震の性格や履歴を明らかにする試みを続けてきました。海底の地質構造は、前ページで紹介されたように音波探査(地震探査)によって調べることができます。これは水中や

地層中では低周波の音波や地震波がよく伝わることを利用した調査手法で、海底地形調査から海底下の地質構造の調査まで、同じ原理で広く用いられています。音波探査によって反射断面と呼ばれる海底の地質断面図(図1)が得られます。その断面から断層や褶曲などの地質構造を観察することができ、その分布や活動年代を知ることができます。

## 日本海の断層調査

日本海東縁に分布するのは逆断層(圧縮方向の力によってズレを生じた地下構造)で、その上盤に非対称な背斜構造(圧縮方向の力によって凸型に湾曲した地下構造)が形成されるのが特徴です。背斜構造の形態から地下の断層の広がりや形態を推定することも可能です。

この方法を用いた日本海東縁全体の調査によって、図2に示したような断層と褶曲の分布を明らかにしました。日本海東縁はプレートの沈み込み境界であるという仮説が1983年に発表され、その直後に日本海中部地震が発生したことから、プレート境界説が広く受け入れられましたが、詳しい地質調査を行うことによって、単純な沈み込み境界でないことが明らかになってきました。図2から、日本海東縁の海底から陸上の広い範囲に断層と褶曲が広がっていることと、その中に



写真 潜水船から観察された、北海道南西沖地震で形成された海底の割れ目  
画像提供：海洋研究開発機構

も断層と褶曲が集中するゾーンがあることが読み取れます。これらの断層は最近300万年間に活動してきたもので、今後も活動する可能性が高いと考えられています。ただ、この方法でそれぞれの地震の発生間隔を明らかにできるわけではありません。この図に示したすべての断層が地震を発生させるとはいえませんが、大きな被害を与える地震は、規模の大きな断層に沿って発生する可能性が高いのは確かです。産総研では、主要な断層について、履歴の解明に向けた研究を始めています。

下のコラムに紹介されているように、乱泥流堆積物から地震の記録を読み取ることは古くから試みられてきましたが、最近では潜水船を用いて地震による海底の破壊を観察し(写真)、そこから地震の履歴を明らかにする研究も進められています。このような一連の研究を通じて、日

本海東縁の主要な断層は1000年～2000年間隔で地震を発生させてきたことが明らかになってきましたが、地震の発生年代の推定に関してはまだかなりの誤差が含まれています。

### 海底活断層の履歴解明への挑戦

海底の活断層の正確な履歴を明らかにするには、地震時に海底で何が起こり、それがどのように地質学的に記録されるのかをまず明らかにし、さらに、どうすれば海底に残された地震の記録の年代を精度よく決められるのかを考えていく必要があります。

こうした研究は、この10年間でようやく重要性が理解され、かなり進歩してきました。とはいえ、まだ完全な履歴解明が可能になったわけではありません。技術の開発と調査を今後も着実に進めていく必要があります。

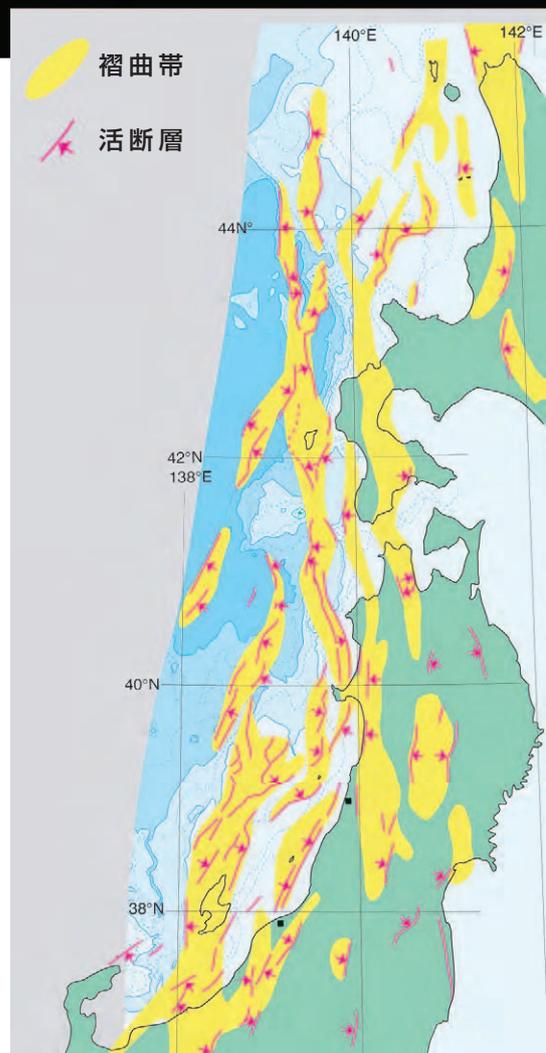


図2 日本海東縁の断層・褶曲の分布

## 海底の地滑り地層から探る地震履歴

地質情報研究部門 島弧複合地質研究グループ

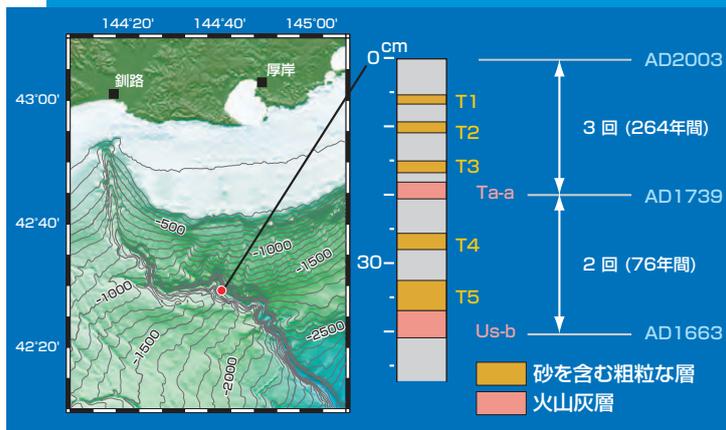
野田 篤

揺れの強い地震によって、海底でも地滑りが起こることがあります。海底で発生した地滑りによって、沿岸よりの海底に堆積していた、粗粒な砂の層が斜面を流れ下ります。沖よりの海底では、普段は軽く細かい泥が堆積していますが、そこに地滑りで運ばれた粗粒な砂が層として堆積することになります。このように地滑りなどで運ばれてきた堆積物を乱泥流堆積物といいます。水深1000 mを越える深海では、地滑りなどの特殊な出来事がなければ、粗粒な層が

堆積することはありません。細かい泥の層に挟まれた粗粒な層の堆積頻度を調べることで、過去の地滑りの発生頻度、つまり過去の地震の履歴を推測することができるのです。

図は北海道東部太平洋側の釧路沖に発達する釧路海底谷の谷底から採取した試料から得たデータです。水深2000 m付近から採取した試料には、海底面下40 cmまでの間に、5層の粗粒な地層と2枚の火山灰層を含んでいます。この火山灰は、化学組成の分析から、樽前山起源(Ta-a, AD1739)と珠山起源(Us-b, AD1663)であると分かりました。火山灰の年代から、この地域では過去340年間に5回の地滑りがあり、およそ70年に一度の頻度で大きな地震が発生していることが推定できます。

このような手法を用いることによって、歴史時代に記録されなかった地震や先史時代の地震の履歴を知り、長期的な地震予知に必要な情報を得ることができます。



# 海底のエネルギー資源

地圏資源環境研究部門 燃料資源地質研究グループ  
森田 澄人

## 海底の燃料資源“燃える氷”

日本は四方を海に囲まれています。私たちは海底からも、石油・石炭および天然ガスといった化石燃料資源を採取し利用しています。しかし、そこから得られるエネルギー資源はわずかで、現在国内で必要とされるエネルギー資源のほとんどは海外からの輸入に頼っています。ところが、近年、わが国周辺の海底下に眠る新しいエネルギー資源が脚光を浴びています。そのエネルギー資源はメタンハイドレートといい、水とメタンが低温高圧下で結合した氷のような物質で、可燃性のメタンを含んでいるためその性質から燃える氷とも呼ばれています。

## メタンハイドレートの特徴

メタンハイドレートは、従来型のエネルギー資源と異なった3つの長所を備えています。

- 主成分であるメタンはCO<sub>2</sub>排出量が少ない

メタンはCO<sub>2</sub>排出量が石油に比べて30%、石炭に比べると45%程少ないという特性から、温室効果ガス排出の少ない地球に優しいエネルギー資源として、その重要性が認められています。

- 日本周辺海域に広く埋蔵されている

私たちは日本周辺に眠っているメタンハイドレートの資源量を、わが国の天然ガス年間使用量の100倍程度と推定しています。エネルギー資源に乏しいとされてきた日本の将来にとってかなり有望な、新しいタイプの燃料資源と言えるでしょう。

- 単位体積中に膨大な量のメタンを蓄えている

メタンハイドレートは水素結合によって構成された水分子(H<sub>2</sub>O)のケージ(籠)の中にメタン分子(CH<sub>4</sub>)が取り込まれた結晶構造を

しています(図1)。分解すると単位体積あたり約170倍の体積のメタンガスが取り出されます。

このように、メタンハイドレートは石油や石炭に代わる大きな利用価値を持っており、未来のエネルギー資源として大きな期待を集めています。

## メタンハイドレートの分布調査

海底下のメタンハイドレートの分布を調査するには、メタンハイドレートの物性が利用できます。現在主に実施されている調査法は、反射法地震探査です。調査船が持つ人工震源(“エアガン”と呼ばれ、圧縮空気を一気に放出する装置)から海底に向けて強力な音“弾性波”を発生し、地層中から返ってきた反射波を処理して海底下の地質構造断面図を作成します。

ここで得られた断面図には、メタンハイドレートを含む地層とその下位の地層あるいは直下のガスを含んだ地層との間に、音響インピーダンス(密度×伝播速度)のコントラストが生じ、地層と整合性を持たない反射面が得られます。ほぼ等圧面に相当するこの反射面は一般に海

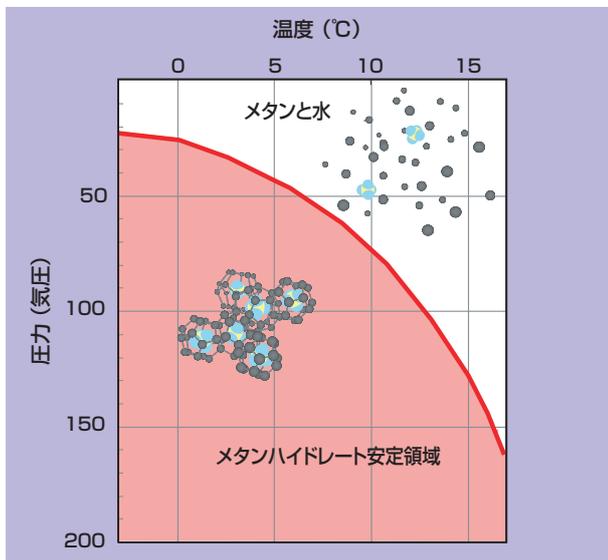


図1 メタンハイドレートが安定とされる温度圧力条件

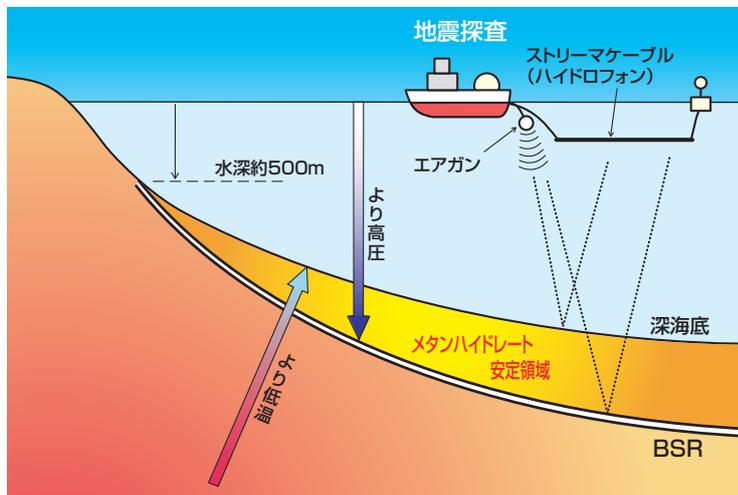


図2 反射法地震探査の概念図

深海の海底下は低温高圧のためメタンハイドレートが安定に存在できる。メタンハイドレート安定領域の下限はしばしばBSR(海底擬似反射面)として認定できる。

底面に平行に出現するため、BSR (Bottom Simulating Reflector: 海底擬似反射面) と呼ばれます(図2)。

BSRは、メタンハイドレートが胚胎する分布域とその下限を知る手がかりとして利用できるのです。

### 新しい調査方法

現在注目され、検証が続けられているのが地化学的調査手法です。これは、海底下の比較的浅いところで進行している主に微生物活動による間隙水の化学変化を利用する方法です。

まず、柱状堆積物中の間隙水組成の深度変化をトレースして、比較的直線的な減少を示すことが知られている硫酸塩濃度勾配からSMI (Sulfate-Methane Interface: 硫酸塩-メタン境界)を求めます。

さらに、その深度を起点として下位へ上昇するメタン濃度の変化を推定することで、地震探査では検出できないメタンハイドレート層の上面や飽和率が理論的

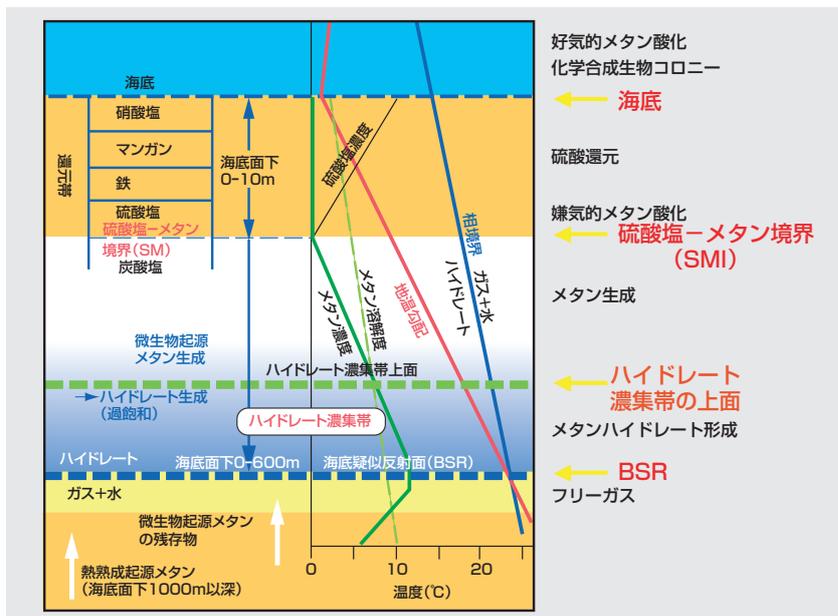


図3 海底下浅層部の概念図

地化学調査は、図の概念を用いて表層付近の堆積物コアからSMI (硫酸塩-メタン境界)を求め、メタンハイドレートの上面および飽和率の推定を行う。

に求められます(図3)。

この手法は、10m前後、またはそれに満たないような短いピストンコアでも原理的に適用可能なため、今後データの蓄積により威力を発揮することが期待されています。

### 実用化に向けた取り組み

今回紹介した調査方法を含め、現在、産総研を中核研究機関とする国のメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(通称MH21)では、メタンハイドレートの分布に関する調査と、将来的な生産を目指した技術開発の研究を進めています。

## メタンハイドレート実用化への研究開発

メタンハイドレート研究ラボ長  
成田 英夫

日本周辺の海底下堆積層中に賦存するメタンハイドレートを、分解し天然ガスとして生産するための技術整備を行うプロジェクトが、2002年から本格的に動いています。プロジェクトを推進するためにMH21研究コンソーシアムが生まれ、産総研では、2005年春に新設されたメタンハイドレート研究ラボが、貯留層特性に応じた生産手法の開発を手がけています。

メタンハイドレート堆積層の貯留層特性は、生産にもなって刻々と変化するものです。海底下堆積層の原位置条件における計測・解析技術を確立することによって、メタンハイドレート堆積層の基礎物性と分解挙動を解明すると共に、分解現象をモデル化し、生産シミュレータを開発す



基礎試錐「東海沖～熊野灘」天然コア保管容器と作業風景

ることが必須です。2004年に終了した基礎試錐の検層解析、コア試験解析が現在進行中ですが、ここまでの結果からも、日本周辺海域のメタンハイドレート堆積層は、生産性にかなり期待できる特性を持っていることが明らかになってきました。今後、陸上産出試験や海洋産出試験によって、その技術を検証していく予定です。

# 海底の鉱物資源

地質情報研究部門 海底系地球科学研究グループ長  
飯笹 幸吉

## 海底鉱物資源の分布と特徴

日本列島は、太平洋や日本海という広大な海洋に接し、海から多くの恵みを受けています。海洋鉱物資源は特定の海域のみ集中的に調査され、未調査の多くの海域が残っていますが、これまでの調査から様々な鉱物資源の存在が報告されています。

一般的に海の鉱物資源といえば、現在商業的に採掘されているもの（例を挙げればモナザイトや錫などの漂砂鉱床、石油や天然ガスなど）を指すことが多いのですが、ここでは、今はまだあまり知られていない将来的な資源について紹介します。

現在商業的に生産されている海洋鉱物資源の多くは、主として浅海に分布し

ているものです。しかし、これから紹介する「潜在的な海底鉱物資源」は、水深1000mを越える海底に分布しています。さまざまな金属元素を多量に含んでいる独特の鉱物資源として存在しています。それらは、多金属団塊ともよばれる「マンガン団塊」、板状の「マンガンクラスト」、そして塊状の「熱水硫化物」とよばれるものです。日本の南方海域の調査で確認された、これら海底鉱物資源の分布を図1に示しました。

## マンガン団塊

マンガン団塊はマンガン酸化物を多く含んだ直径1cm～10cm程度の球場の固まりです（写真1）。130年以上前に英国の海洋調査船によって初めて発見されました。発見当時、海底の鉱物資源という

視点では見られていませんでしたが、40年ほど前から資源として脚光を浴びはじめ、世界中の海でさかんに調査が行われました。その結果、ハワイの南東方の4000～6000mの深海底に、銅・ニッケルなどを多く含むマンガン団塊が分布することがわかり、多くの国が商業的な生産を見こんで鉱区を保有しました。ある試算によると、全海洋におけるマンガン団塊の資源量として、5000億トンという膨大な量が算出されています。

## マンガンクラスト

海山の堆積物があまり沈澱しない海域には、前述のマンガン団塊と同じマンガン酸化物で、岩盤に付着して数mm～10cm程度の板状をしたマンガンクラストが分布しています（写真2）。マンガン

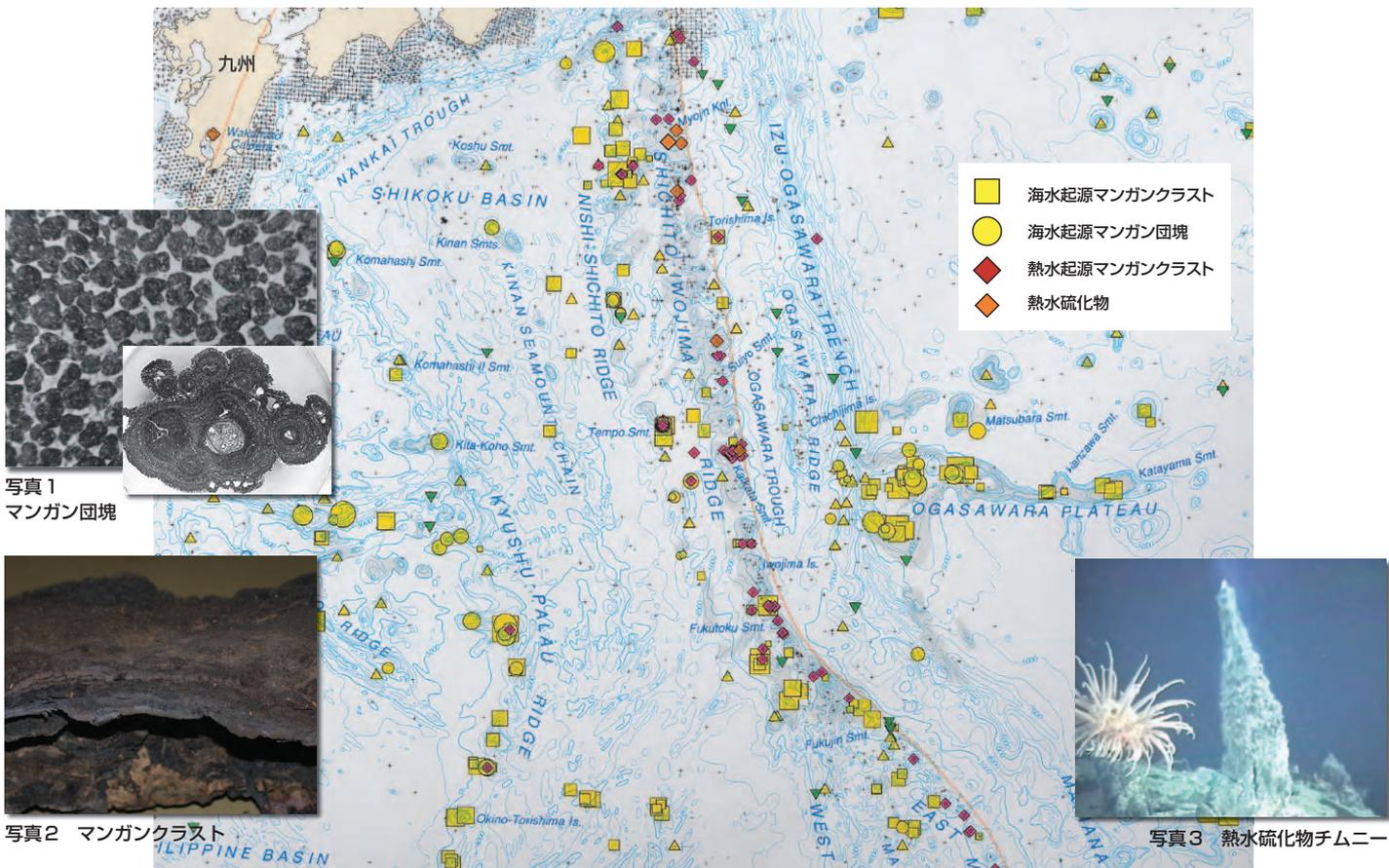


図1 東京南方海域における潜在的な鉱物資源の分布図（臼井、飯笹、棚橋：1994 日本周辺海域鉱物資源分布図の一部を引用・加筆）

## 実用化を見すえた大規模採取の夢

地質情報研究部門 海底系地球科学研究グループ  
山崎 哲生

1981年から開始された経済産業省(当時は通商産業省)の大型プロジェクト「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」で、海底でマンガン団塊を採取する集鉱機として採用されたのは、曳航索と輸送管の機能を兼ねるパイプストリングで引張る曳航式でした。これは当時の技術水準を反映したもので、プロジェクトの最終年度(1997年)には実際の海洋で曳航式集鉱機を使用した集鉱実験が実施されました(写真)。

しかし、この四半世紀の間の技術開発はめざましく、次にあげたような大きな技術の進展がみられました。

1. 洋上測位技術(GPS等)
2. 船位保持・制御技術(ダイナミックポジショニング)
3. 海中測位技術(SSBL等)
4. 海中弾性波技術(サイドスキャンソナー、超音波センシング等)
5. 海中ケーブル技術(アンビリカルケーブル等)
6. 海中ロボット技術(ROV、AUV等)など



写真 大型プロジェクト「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」の海洋実験用集鉱機  
長さ：13.2m、幅：4.6m、高さ：5m、空中重量：26.8t、水中重量：12.4t

これらの技術によって、現在では自力で走行してマンガン団塊を採取する自走式集鉱機の実現が可能な基盤が整ったといえるでしょう。自走式のシステムは深海底鉱物資源一般にも応用可能なものであり、分布や産状の変化が大きいコバルトリッチ・クラストや黒鉱型熱水鉱床などでは威力を発揮するシステムと期待されます。海底資源開発の実用化推進のため、自走式集鉱機を前提とした探鉱システムの見直しが必要と思われます。

クラストには特にコバルトが多く含まれていて、コバルトリッチ・クラストと呼ばれることもあります。マンガンクラストは、現在、日本を含む各国の海洋調査機関が、海底に鉱区を申請するための調査を実施しています。

### 熱水鉱床

先に紹介した二つの海底鉱物資源は、比較的静穏な深海底や海山などに分布していますが、活動的な海域(たとえば海洋プレートがつくられ、そこから海底が広がっていると考えられる中央海嶺や、プレートが沈み込む日本周辺の海域など)では、海底の熱水活動によって、さまざまな鉱物資源が生み出されています。島弧には背弧海盆や海底カルデラとよばれるマグマや熱水活動の活発な海底地形が発達し、そこには、金・銀をとともなう、銅・亜鉛・鉄・鉛などの塊状硫化物・チムニーなどで構成された熱水鉱床が存在してい

ます(写真3)。このような熱水鉱床は、太古にも中央海嶺や背弧の拡大軸やその周辺に形成され、世界各地の古い時代の地層中に熱水硫化物鉱床として発見され、商業的に採掘されています。

### 商業生産の可能性

現在の海底の金属鉱床は、地質時代に形成された金属鉱床に類似していることを含め、海底鉱物資源の商業的な採掘の実現にはさまざまな要素が影響を与えます。対象とする金属鉱床の潜在的な資源量が陸上の資源と競争できるほど大きいこと、分布が地理的にも陸からそう遠くないこと、効率のよい採掘技術が開発されていること、環境保全技術が確立されていることなどに加えて、社会経済の影響、たとえば市場における金属の価格動向などが影響します。金・銀・銅・鉛・亜鉛などを含んでいる熱水硫化物や、コ

バルトを多く含んでいるマンガンクラストなどは排他的経済水域内の比較的浅い海域に分布することもあり、開発に有利な要素を含んでいると言えます。

日本はハワイ南東沖にマンガン団塊の鉱区を保有しており、海山のマンガンクラストもその準備段階に入っています。日本周辺の熱水硫化物鉱床の中にも鉱区の申請がすでに行われているものがあります。

これまでの調査でも、資源の賦存の可能性のある海域を重点的に調査してきたにもかかわらず、その発見には多大な時間を要しました。海底鉱物資源の商業生産の実現を推進するためには、これまでの知見をもとに、さらに効果的な海底調査の手段を開発し、短期間に有望な海域を把握することがますます肝要となってくるでしょう。



# 沿岸環境の保全と修復

地質情報研究部門 沿岸海洋研究グループ長 瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体長  
星加 章

## 沿岸環境修復の重要性の認識

人類は、地球上のさまざまな生態系が生み出す恵みを享受しながら営みを続けています。生態系の恩恵をお金に換算した試算が発表されたことがあります。この地球上では沿岸域の河口・干潟・藻場などで生み出される価値が最も高く、年間およそ2万ドル/ヘクタールと評価されています。ちなみに、瀬戸内海を例にとってみると、河口・干潟・藻場などを含む、水深が10 mより浅い海域面積は2,600平方キロメートルですから、そこからの恵みは年間5,700億円にもなるのです。これはあくまでも計算結果にすぎませんが、私たちが沿岸生態系からとつてもなく大きな恵みを受けていることは確かです。

1960年代に公害問題が顕在化して以来、沿岸域では多くの生物が生息の場を失い、その種類が著しく減少しています(図)。生態系の機能低下と相まって、私達人間は経済活動の恵みだけでは補うことがで

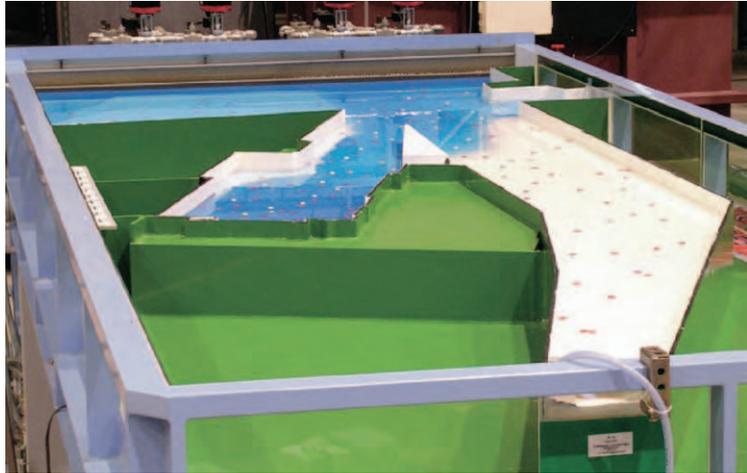


写真 大阪湾北泊港の密度成層を破壊する水槽実験  
手前の北泊港内には海水を示す青い水が入っている。海水の上に、右手前から流入する大和川の河川水(透明)がかぶさって、密度成層を形成しているのがわかる。  
画像提供：山崎宗広(沿岸海洋研究グループ)

きないほどの大きな損失に気づきはじまりました。今、沿岸域の環境を修復し生態系の機能を回復させることによって、持続的利用が可能な活動空間を再生することが強く求められています。

このような動きの中で、瀬戸内海環境保全審議会から、1999年1月「瀬戸内海

における新たな環境保全・創造施策のありかたについて」が答申され、2002年12月には「自然再生推進法」が公布されました。環境修復・再生の動きは、これまでの規制型環境保全・管理の施策につづく必然の流れとして受け入れられるようになってきています。

## 生物の力を借りた沿岸環境の修復

地質情報研究部門 沿岸海洋研究グループ 瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体  
谷本 照巳

藻場は多様な生物相を形成し、沿岸生態系を支える場、水質浄化機能を持つ場として重要です。しかし、埋め立てや水質汚濁等により、特に浅海域の広大なアマモ場が消失してしまいました。近年「自然再生推進法」が制定されるなど、失われた自然環境を積極的に再生しようとする動きがあります。ところが、瀬戸内海では、アマモ場造成にも必要な海砂の採取が禁止されようとしています。そこで、海砂の代わりに製鉄所から出される高炉スラグを利用して人工アマモ場を造成する試みが開始されたのです。

私たちが2003年12月に広島県安浦町の三津口湾で始めた、高炉スラグなどを用いた人工アマモ場造成実験では、半年後の2004年6月の段階で、移植したアマモが7倍にも増えた

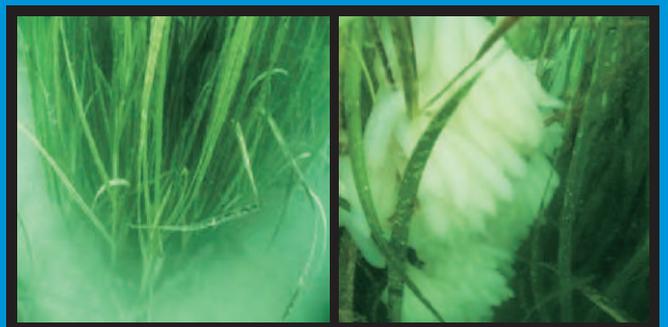


写真 7倍まで増えたアマモ(左)と試験区に産卵されたアオリイカの卵(右)

試験区があり、この試験区では、アオリイカの産卵もみられました(写真)。さらに、実験開始から1年後では、天然アマモ場と変わらない種類と数の底生生物が生息していることもわかりました。

生物が棲みやすい場を提供し、そこに棲む生物活動によって沿岸環境の修復が期待されるアマモ場を、さらに簡易な方法で作り出す技術の開発が望まれています。

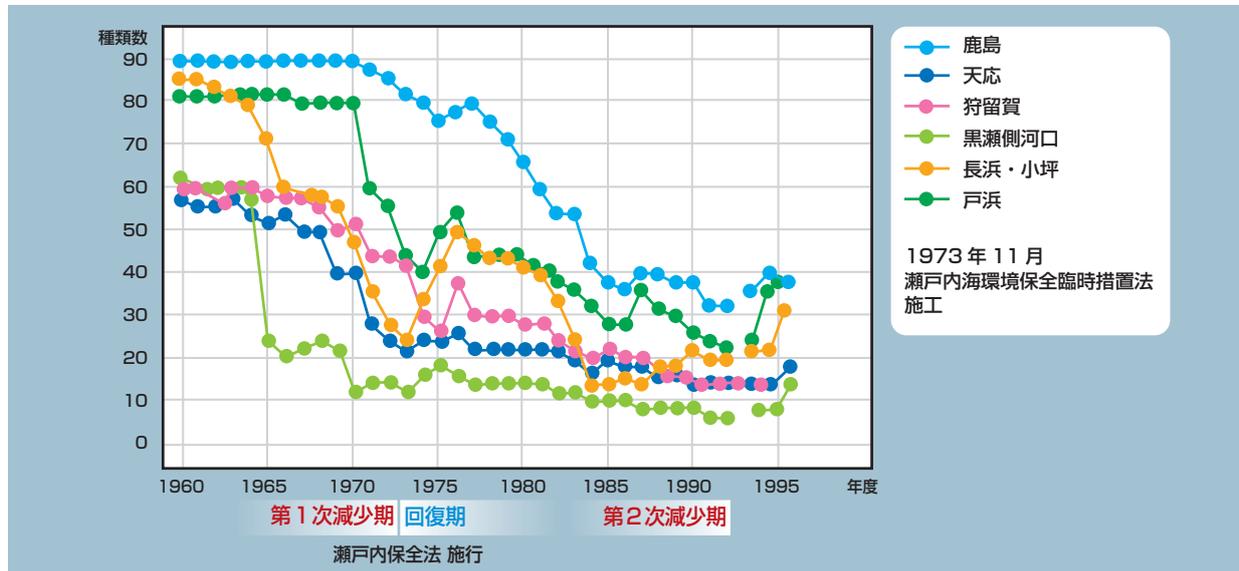


図 広島県呉市周辺における海岸生物の種類数の変化 (湯浅一郎、2002)  
長期間にわたる数少ない貴重なデータ。

### 病気治療にも似た環境修復

環境問題はよく人の病気に例えられます。環境修復はさしずめ病気の治療ということになるでしょう。治療のためには病状を診断し、原因を突き止めなければなりません。また、治療後の経過を診断し、再発を予防することも必要です。

沿岸域の環境の悪化は、多くの場合物質循環システムがうまく機能しなくなるために起こります。ですから環境の修復・再生とは物質循環システムを再生することであり、そのためにはまず、物質循環を明らかにし、環境が悪化した原因を突き止める必要があります。ただ、物質循環の仕組みは大変複雑ですから、その解明には多くの時間や労力を要し、それでも十分な解明ができるとは限りません。

このような事情があるにしても、現実的な対応として環境の修復・再生を急がなければならないケースはたくさんあ

り、手をこまねいているだけでは解決にはなりません。そのような場合には、適合する技術の開発はもちろん必要ですが、すでに検討された技術の中から目的や対象に応じた技術を選び組み合わせ、適用する方法もあります。これは応急処置といえるかもしれません。

### 環境修復の技術と課題

海域環境修復技術として提案あるいは実施されてきたものは200以上あるといわれています。生物の機能を強化して水質改善や生物の回復を目指す技術として、人工干潟・砂浜・アマモ場造成・浅場造成などが代表的です。工学的手法として水質改善のための透過構造や流況制御(写真1)などがあり、さらに底質改善のための浚渫・覆砂などがあげられます。また、底生生物や微生物を利用する技術も、まだ研究段階ながら有望視されています。

さらに最近では「東京湾再生のための行動計画」、英虞湾の「環境創生プロジェクト」、尼崎港の「最適環境修復技術のパッケージ化プロジェクト」など、本格的な沿岸環境修復・再生事業を目指したプロジェクトが産学官の連携で展開されています。

しかし環境修復の分野はまだ未知の部分が多く、是非の評価も定まるとはいえません。環境修復のための合意形成は？ 事業の主体は？ 規模や手順や必要な技術は？ 効果の持続性と安定性は？ 他の生態系への攪乱は？・・・検討すべき課題は山積みです。

エネルギー消費をおさえ、自然や生態系の力を最大限に利用して生態系と共存しながら持続的利用を目指す、エコテクノロジーの開発は不可欠であり、そのために海洋科学の貢献が必要とされています。

#### 関連情報:

- 湯浅一郎：瀬戸内海の環境変遷 - その今昔の姿 -, 人間と環境, Vol.28, pp.21-27(2002)
- 栗原 康：「河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー」, 335pp. 東海大学出版会,(1988)
- R. Costanza et al. : The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, vol.387, pp.253-2510 (1997)
- 上月康則, 中西 敬, 重松孝晶, 大塚耕二: 環境修復技術の選定手法の確立に向けて, Ecosystem Engineering, 第6号, pp.53-89 (2001)

# 棄てる熱から発電

## セラミックス材料で実用可能な高温用熱電発電モジュールを実現

空气中、800℃で作動させても全く性能劣化が無いセラミックス製熱電発電モジュールを開発した。これまで800℃の高温、空气中で作動可能な熱電発電モジュールはなく、さらに、このモジュールを構成している材料には、毒性元素や稀少元素が全く使用されていないため、経済性に優れるだけでなく、安全性でも従来より遥かに優れたモジュールを作製することができた。このモジュールをゴミ焼却場や工業炉、自動車などに用いると、大量に廃棄されている未利用熱エネルギーからの発電が可能となる。これは省エネルギーや地球温暖化問題の緩和に貢献するものとして大いに期待できる。さらに出力密度が高いため、熱源しかない災害地での緊急電源や携帯機器用電源としても応用できるものである。

New thermoelectric (TE) modules made of ceramic materials free from toxic substance or precious rare elements which work at 800°C in the air without degeneration of output power have been developed. The new TE modules can generate electricity with high power density from waste heat of incinerators, industrial furnaces and automobiles. The new modules also can be used as a mobile emergency electric power source in disaster sites where only heat sources are available.

### 膨大な未利用の廃熱

石油の産出量は2010～2020年頃にピークを迎えると予測されている。そうした状況でわれわれは、経済成長を維持しながら、エネルギーの安定供給と地球環境問題の解決を迫られている。日本では年間に、原油換算で数億klもの一次供給エネルギーを消費しているが、その70%近くが未利用のまま廃熱として棄てられている(図1)。この廃熱エネルギーの総量は莫大であるため、これを回収し、有効利用する技術への関心は非常に高い。しかし、廃熱エネルギーは総量は莫大でも、個々の熱機関(例えば自動車一台)から棄てられる熱量は少量である。このような希薄な廃熱エネ

ルギーを効率良く、しかも安価に回収することは非常に難しい。ここで紹介する熱電発電は廃熱回収を可能にする数少ない技術の一つとして期待されている。

### 熱電発電の特徴

熱電発電は導体の両端に温度差をつけた時、その温度差に比例した電位差が生じる「ゼーベック効果」を用いた変換システムである。発電を行うには、高温側が高電位になるn型熱電材料と、逆に低電位になるp型熱電材料を交互に接続したモジュール(発電器)(図2)を製造する必要がある。

熱電発電のメリットは以下のようなものだが、中でも

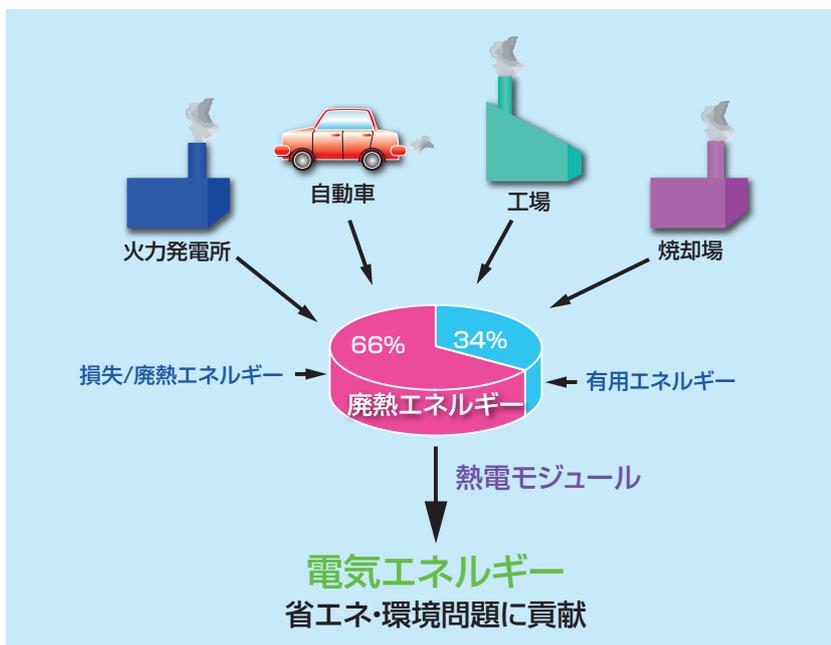


図1 莫大な廃熱エネルギーと熱電発電モジュールの必要性

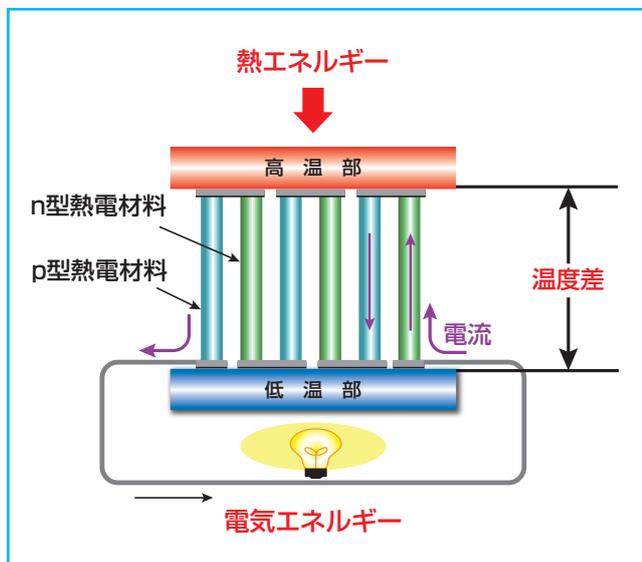


図2 熱電発電のメカニズム

熱電材料両端に温度差をつけることで発電。

スケール効果がないこと、つまりどれだけ少量の熱エネルギーでも、熱電変換効率を乗じた分の電気エネルギーが得られることが希薄に分散した廃熱回収には重要である。

1. スケール効果がない  
[少量の熱エネルギーも電気に変換]
2. 可動部がない  
[メンテナンスフリー、長寿命]
3. 熱から電気への直接変換  
[クリーンな発電、静寂、単純構造]
4. 高出力密度  
[小型、軽量]

## 従来技術

廃熱回収への期待の大きい熱電発電だが、その実用を実感することは少ないのではないかと思う。なぜこれまで実用化されていないのか？その原因は熱電材料にあった。これまでに開発された熱電材料は、合金や金属間化合物といった金属材料であった。このような材料では高温中や空气中で溶融や酸化による性能劣化が起るため、低コストが要求される民生応用が実現していなかったのである。また、熱電材料の構成元素として鉛などの毒性元素やゲルマニウムなどの稀少元素を含んでいることも、安全性、経済性の面で民生応用を非常に困難にしていた。そこでわれわれは、まず材料の問題解決に取り組んだ。1998年から、

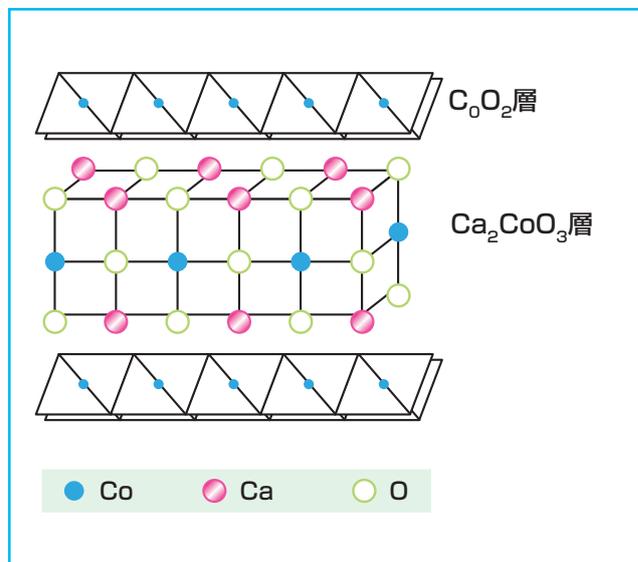


図3 p型コバルト系層状酸化物の結晶構造の模式図

安全で、安価で、信頼性の高い熱電材料の探索を開始し、そのターゲットとして酸化物材料を選んだ。

## p型熱電酸化物

熱電材料の評価軸としては、熱電性能指数 $Z$ に作動温度 $T$ （絶対温度）を乗じた無次元性能指数 $ZT$ が用いられるが、発電応用には1以上の $ZT$ が必要といわれている。ここで $Z$ は熱電材料の両端での温度差 $1^\circ\text{C}$ あたりの熱起電力であるゼーベック係数( $S$ )、電気抵抗率( $\rho$ )、熱伝導度( $\kappa$ )により以下の式で定義される。

$$Z = S^2 / \rho \kappa$$

新しい酸化物熱電材料の探索で、我々がとった戦略は層状構造を持つ材料を対象にすることであった。多種多様な材料の合成と評価を行った結果、図3に示すカルシウム(Ca)とコバルト(Co)からなる層状酸化物 $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  (Co-349)を発見することができた。この物質はp型の熱電特性を示し、 $ZT$ は $700^\circ\text{C}$ において約1となった。Co-349ではCoの三角格子から成る $\text{CoO}_2$ 層が電気伝導性を有し、 $\text{Ca}_2\text{CoO}_3$ 層が絶縁性を示す。そのため電気抵抗率は二次元的、つまり層に垂直な方向の抵抗率の方が並行な方向の値より二桁以上高い。その結果、Co-349の粉末を単純に焼結した多結晶体の $700^\circ\text{C}$ における $ZT$ は約0.2まで減少してしまう。多結晶体の $ZT$ を改善する一つの方法として、焼結体内の結晶粒

を配向させて電気抵抗率を低減させる方法がある。例えば、ホットプレスのような一軸加圧下での焼結が配向化には有効であり、今回開発した熱電モジュールにはホットプレス焼結体が用いられている。

### n型熱電酸化物

p型の熱電酸化物は高い性能を有する物質が見出されているものの、それだけでは効率よく熱電発電を実現することはできない。つまりp型熱電酸化物と同等、あるいはそれ以上の性能を有するn型熱電酸化物が必要である。しかし、良い熱電材料は高いゼーベック係数と、低い電気抵抗率、熱伝導度を同時に実現しなければならない。そのため、優れた材料を見つけることは非常に困難であり、良い材料を早く発見するためには、効率のよい試料合成と物性評価を行う必要がある。

われわれの研究グループでは、ゾル・ゲル合成技術をもとにした高効率探索(コンビナトリアルケミストリー)技術を開発し、高温、空気中においてn型の特性を示す酸化物材料の探索を行ってきた。その結果、n型酸化物としてLaNiO<sub>3</sub> (Ni-113)を開発した。この酸化物の電気抵抗率は1~3 mΩ cmと低いが、ゼーベック係数も-20~-30μV/Kと低いため、ZTは700℃においてさえ0.02程度の低い値であった。今後、特性の高いn型酸化物の開発が急務である。

### モジュール作製と熱電発電

上記のようにpおよびn型材料ともに熱電モジュールに使用できる酸化物を独自に見いだせた。次にこれらを用い、モジュールの作製に取り組んだ。熱電モジュールの構造は図2に示すように、p型とn型の熱電材料を交互に直列接続した形となっている。これは1本の熱電材料では、い

くら大きな温度差をつけてもせいぜい100mV程度の電圧しか発生できないためである。モジュール製造の最も困難な問題は、複数の熱電材料をいかに低い電気抵抗でつなげていくかである。例えば、携帯電話の充電に必要な4Vの電気を発電するモジュールでは、少なくとも40本の熱電材料を直列接続する必要がある。つまり80カ所の接合を作らなければならない。そのうちのどこか1カ所でも絶縁することは論外であるが、電気抵抗が高い接合部が存在するだけでモジュールから取り出せる電気エネルギーは少なくなってしまう。また、熱電モジュールは温度差をつけて発電するシステムであるため、熱電材料とそれらをつなぐ電極(金属材料)との間の熱膨張率の違いによる破損も大きな問題である。今回、産総研が開発した熱電モジュールは、800℃の高温でも作動することを目標にしており、その製造にはハンダによる接合といった従来の技術を用いることはできない。そのため接合材料、接合方法で新技術を開発する必要があった。この問題解決のため、産総研の製膜および焼結のエキスパートに参加してもらい、新技術の開発に取り組んだ。

セラミックスモジュールの製造において鍵となった開発技術は接合材料である。われわれは銀ペーストを中心に接合材料の開発を試み、添加剤を加えることで機械特性および電気特性に優れた接合部を形成できる接合体を見出した。上記のp、n材料を接合した熱電モジュールの一例を図4に示す。今回は7~270のp-n対から構成されるモジュールを作製した。長さ35 mm、幅25 mm、厚さ5 mmの7対の熱電モジュールの高温面を1000℃の電気炉を用いて加熱し、低温面を25℃の循環水で冷却しながら空気中で発電を行った。その結果、図5に示すように、開放電圧、内部抵抗及び最大出力はそれぞれ0.4 V、0.06 Ω、0.6 Wとなった。

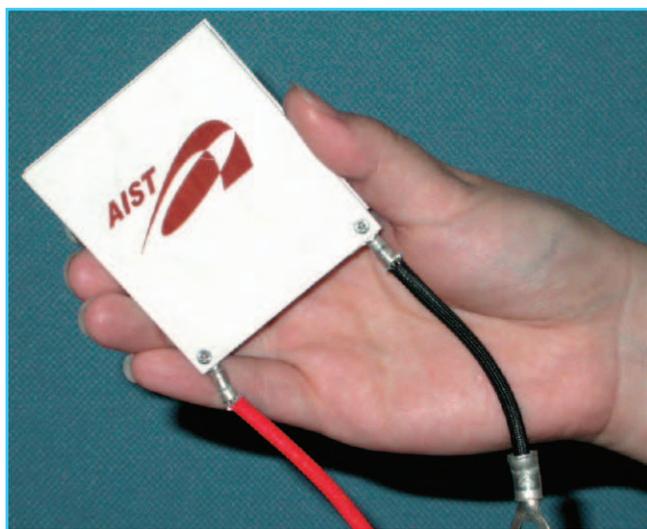


図4 酸化物熱電モジュール  
15対の熱電酸化物から構成され、表面はアルミナ板で覆われている。

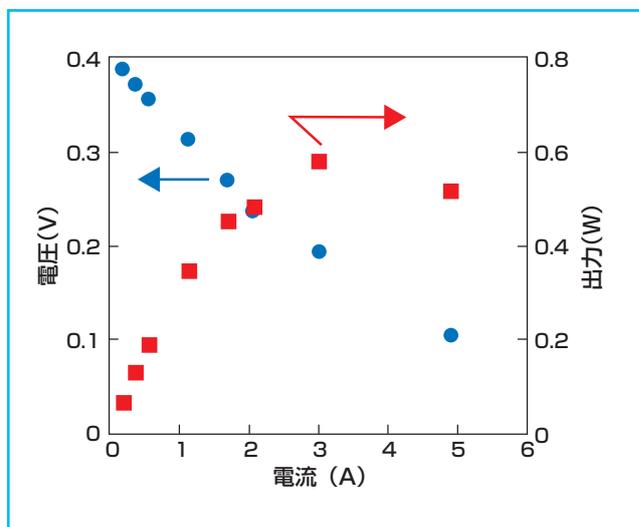


図5 酸化物熱電モジュールの発電特性  
高温側電気炉温度 1000℃、低温側冷却水温度 25℃。



図6 お湯を沸かしながら携帯電話を充電

ここで用いた発電特性評価装置は、高温部での加熱、低温部での冷却が不十分であるため、実際には上記のような大きな温度差がモジュールの両面間でつけることは難しい。高温側を800℃まで加熱し、低温側との温度差を500℃とした場合、このモジュールで2 W程度の発電が見込まれる。

熱電モジュールを小型ガスコンロの炎と水を張った鍋の間に置き、携帯電話に充電している様子を図6に示す。この場合、加熱面が約300℃に達すると充電が始まった。加熱面の温度を800℃まで温めて、発電した後、加熱を止め、室温まで冷却してもモジュールの特性は劣化せず、再加熱により繰り返し充電を行うことができた。

## 今後の予定

今回製造したのは平板上モジュールである。この形状は最もシンプルで、大量生産向きであるが、熱源がこれに適した形状をしているケースは少ないと考えられる。そのため今後は自動車など搭載する熱機関に合わせた形状でのモジュール開発が必要となる。ユーザーである自動車、工業炉メーカーなどとの協力を通じて熱電発電の開発をすすめていきたい。さらに高効率の熱電酸化物を開発することも重要である。これに関しては科学技術振興機構CREST(戦略的創造研究推進事業)において、名古屋大学・河本邦仁教授を中心にナノレベルでの構造制御による新たな熱電酸化物創製に関する研究が進んでおり、その成果に大きな期待が寄せられている。熱電材料、モジュールに関する課題を早急に解決し、一刻も早く廃熱回収を実現させ、住みよい社会づくりに貢献できればと考えている。

## 参考資料

- <http://staff.aist.go.jp/funahashi-r/>

## 用語解説

### ◆ゼーベック効果

ゼーベック効果のメカニズムは拡散である。温度差のない導体の内部では電子は均等に分布している。ところが導体の一端を加熱することで、加熱された付近にある電子は活性化され(運動エネルギーが増え)、低温側へと拡散していく。これは純水中に墨汁を一滴落とした時と同じで、活性化された電子が広がろう(濃度を薄めよう)という現象(拡散)である。

### ◆n型熱電材料、p型熱電材料

導体中には電気を流す役割を持つ粒子が二種類ある。一つがマイナスの電荷を持つ電子であり、もう一つがプラスの電荷を持つ正孔である。導体中の電子および正孔の数は物質により異なる。電子の数が正孔より多い物質では、一端を加熱することで電子が低温側へ拡散していく。その結果、高温側が高電位になる。このような材料をn型熱電材料と呼ぶ。一方、正孔の数が電子よりも多い場合、低温側に正孔が拡散で集まってくるため、低温側が高電位となる。このような材料はp型熱電材料と呼ばれる。

## ● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所 関西センター

ユビキタスエネルギー研究部門 分子材料デバイス研究グループ

主任研究員 舟橋 良次

E-mail: funahashi-r@aist.go.jp

〒563-8577 池田市緑丘 1-8-31

主任研究員 三原 敏行

E-mail: t-mihara@aist.go.jp

〒563-8577 池田市緑丘 1-8-31

# 新しい産学官連携のしくみを創設

「産総研産業変革研究イニシアティブ」で2テーマ開始

## ■ 医薬製剤原料生産のための密閉型組換え植物工場の開発

遺伝子組換え植物(GMO)を利用した「完全密閉型植物工場システム」を開発し、医薬製剤原料等の実証生産を行います。生産システムの安全性と経済性を実証することにより、植物機能を活用した新たなものづくり産業の創出につなげていきます。

### 遺伝子組換え技術を使った医薬製剤原料生産の実用化へ

インターフェロンなどの蛋白質の医薬製剤原料は、これまで微生物や動物細胞を用いて生産されてきましたが、植物の遺伝子組換え技術を応用することによって多大なメリットが期待できます。例えば「安全性が高い」「培養タンクを必要としない」「保存・輸送が簡便」などがあげられ、結果として「コストが著しく低くなる」こととなります。

この技術を本格的な産業に発展させるため（特に医療用原材料の生産）には、外界と隔離したクリーンな環境で、経済性のある方法で組換え植物を育成する技術を開発しなければなりません。

このプロジェクトでは、組換え遺伝子拡散防止措置および医薬生産用GMP基準に対応した「完全密閉型植物工場システム」を開発し、産総研北海道センターに設置します。そこで組換え植物の人工育成技術を開発して実証生産を行います。産総研には、これまでインターフェロン発現イチ

ゴや抗体発現タバコなどの組換え植物開発の実績があります。このプロジェクトは、これらのシーズを、「組換え植物を利用した医薬製剤原料生産」などの「ものづくり産業の創成」につなげるものです。

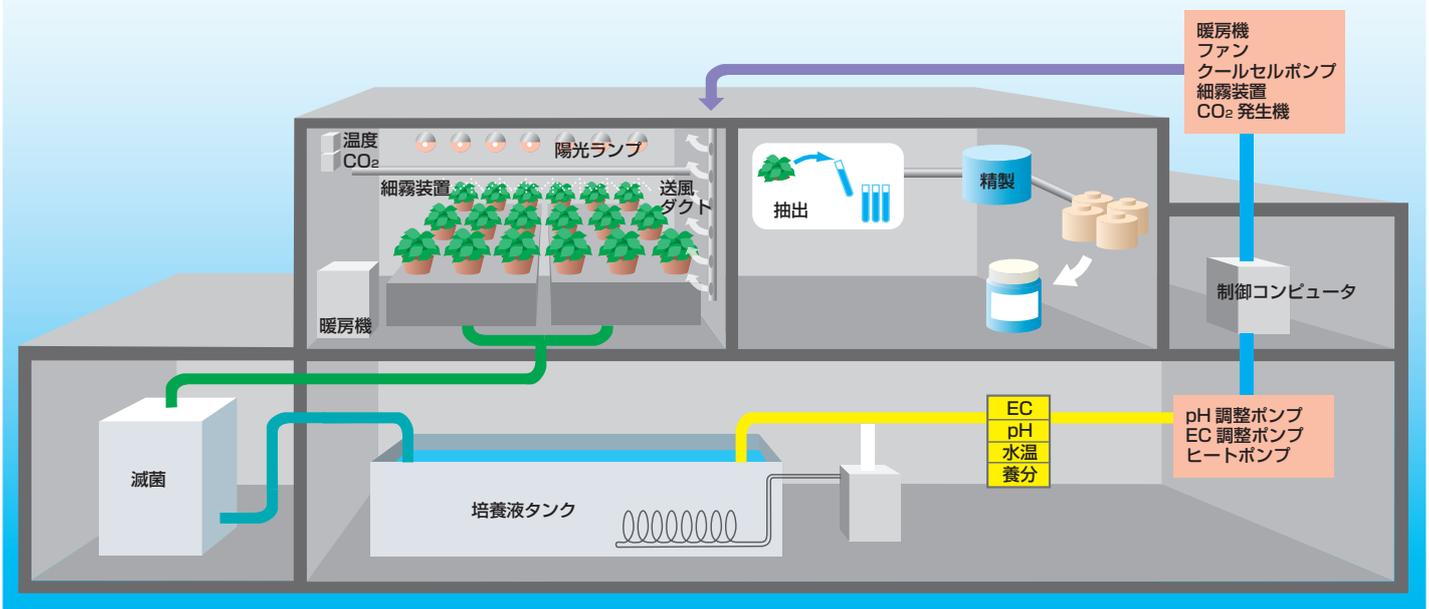
### プロジェクトがもたらす効果予測

このプロジェクトの産業化へのシナリオのポイントは、完全に外界と隔離した人工環境下で種々の組換え植物体を通年・安定的に育成し、実用化モデルとして実証することです。

これによって、我が国で組換え植物を利用した「ものづくり産業」が加速的に形成され、その市場規模は国内で300億円におよぶ(2010年)との見通しを持っています。

2年間のプロジェクトとして開始されるこの計画は、日本製紙株式会社および社団法人北里研究所等と共同研究を予定しています。

研究棟の中に設置された密閉型植物工場で、「完全密閉型植物工場システム」と「遺伝子組み換え技術を使った医薬製剤原料生産」を実証する。



「産総研産業変革イニシアティブ」と名付けられた新たな連携のしくみは、次のような特徴を備えています。

- 新産業創出に向けた明確なシナリオを持った連携
- 産学官の連携で乗り越える産業技術の「死の谷」
- 大型予算の投入による短期間のプロトタイプ開発と、短期間(2~3年)で生み出される目に見える成果

これによって、技術シーズから産業創出にいたる効果的なナショナルイノベーションシステムの構築が実現するとともに、産総研がそのハブの機能を果たすことで迅速な新産業創出へとつなげることができると期待されています。

## ■ 知識循環型サービス主導アーキテクチャ (AIST SOA) の開発

ネットワーク上に存在する無数の知識モジュールを利用者の多様なニーズに応じて統合して最適な知識サービスを提供するための、情報インフラ技術を開発します。

低コスト化によって普及を図ることで、知識の市場化を促進し、新しい知識サービス産業の創成を誘起します。

### 世界に先駆けて「知識の市場化」を具現化する

このプロジェクトはネットワーク上に存在する無数の知識モジュールを利用者の多様なニーズに応じて統合して最適な知識サービスを提供することを可能とする情報インフラ技術を開発するものです。具体的には、「グリッド技術の拡張に基づくミドルウェア」と、「意味レベルでWebサービスを記述し運用するミドルウェア」の開発を行うこととなります。開発にあたっては国際標準に準拠しつつ、必要な機能を厳選することで軽快な動作を保証しながら、導入と運用の低価格化を実現します。

この技術の開発によって、新規参入の容易な「新しい知識サービス産業」の創成を目指しています。知識サービス産業の具体例としては、「一括事務手続きサービス」や「金融動向分析サービス」などが想定されます。また、サービスを稼働させる情報インフラの提供事業への参入障壁が低くなることが期待されます。

天然資源の乏しい我が国は、世界に先んじて「知識の市場

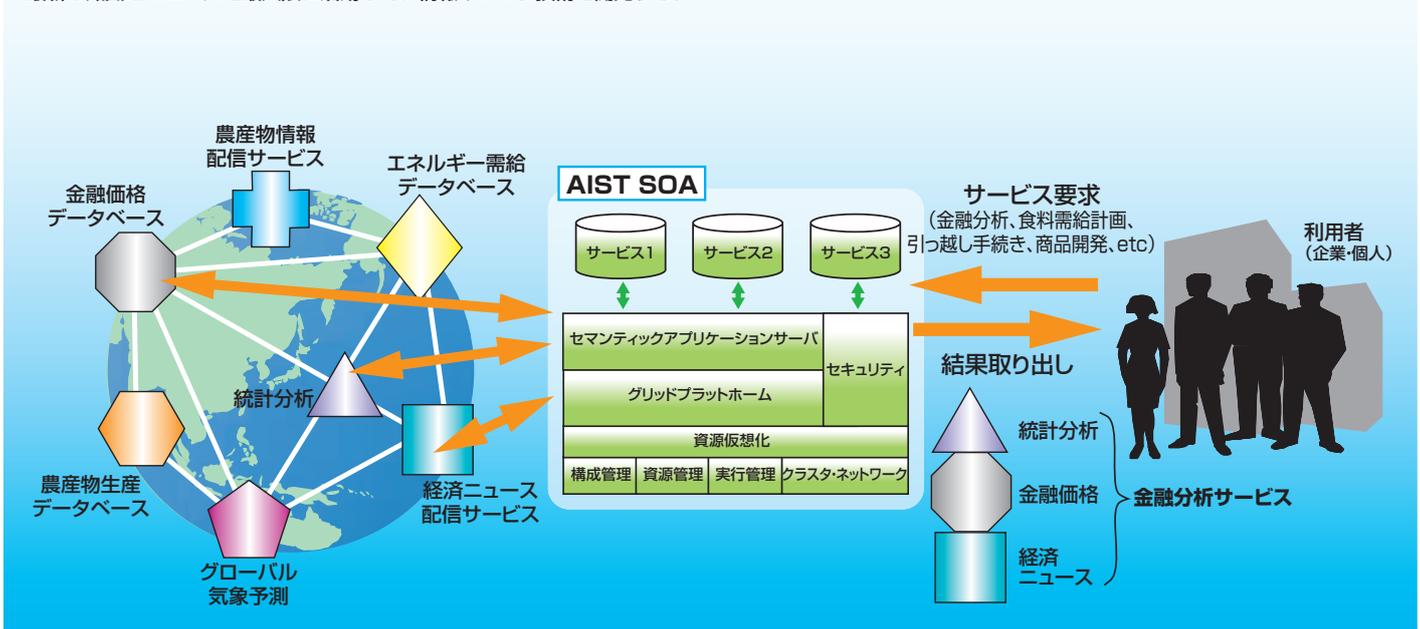
化」を目指した技術の根幹を握り、世界をリードしていく必要があると考えています。産総研には、これまでに築いた「グリッド技術」と「セマンティックコンピューティング技術」での優位性があります。これらの技術を新しい知識サービス産業の創出につなげるのがこのプロジェクトです。成功すれば日本が世界の知識循環のハブになることが期待されます。

### プロジェクトがもたらす効果予測

このプロジェクトの産業化へのシナリオでは、オープンソース化によって低コスト化と標準化を図ることがポイントとなります。これによって新規参入の障壁が小さくなり、新しい知識産業の創成が加速されます。その市場規模は国内で1500億円におよぶ(2010年)と見通しています。

今年度より3年間のプロジェクトとして開始され、中小データセンター企業や自治体と共同して、知識サービスの有効性を実証していきます。産総研秋葉原サイトを活用して研究開発を行っていきます。

最新の知識モジュールを最大限に活用した、情報インフラ技術を開発する。



# 日本国外への周波数国家標準の遠隔校正実験

## 周波数校正の利便性向上に向けて

産総研は、横河電機（株）との共同研究で、茨城県つくば市と中国江蘇省蘇州の横河電機（蘇州）にある社内標準器との間で周波数遠隔校正実験に成功し、国外に設置された機器を十分な精度で校正できることを実証した。これにより、国外の日本企業に対して校正サービスを迅速化し、経費や手間を大幅に軽減できる見通しを得ることができた。

National Metrology Institute of Japan (NMIJ) of AIST and Yokogawa Electric Corporation have successfully performed a remote frequency calibration experiment between NMIJ in Tsukuba Japan and Yokogawa Electric China in Suzhou, China.

The experiment shows that a remote frequency calibration system will be established in near future. The system will provide quick calibration services to Japanese & other companies in foreign countries.

### 周波数遠隔校正の必要性

産総研では、4年前からNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託研究により計測標準の遠隔校正技術（e-traceプロジェクト）の研究開発を各量で進めている。

時間周波数の分野では、従来、持ち込み校正（校正依頼者の基準発振器をつくばに移送してもらい、産総研の周波数国家標準を用いて測定、測定後に基準発振器を返送する）で周波数校正サービスを実施している。このため、校正依頼者側の基準発振器は、校正を行っている間は校正依頼者の手元から

なくなるため事業に支障を来す。また校正は年1回が基本であり、基準発振器自体に起因する不確かさが経時変化により増大していくといった理由により、校正依頼者から遠隔校正をしてほしいという要請が非常に多く、e-traceプロジェクトでの遠隔校正の実証・実用化が期待されていた。

### GPS Common-view方式による周波数遠隔校正法

GPS衛星の開発初期より、GPS衛星を仲介した時刻比較は、各国の時間周波数研究機関の間で、国際原子時

今江 理人 Michito Imae  
michito.imaie@aist.go.jp

計測標準研究部門 時間周波数科  
周波数システム研究室 室長

産総研への入所は2004年4月、周波数システム研究室は同年7月1日に発足した新しい研究室で、私を含めてメンバーが産総研以外からの転身者ばかりという歴史の浅い研究室です。

私たちの研究室では、従来産総研では比較的非力であった時系の高度化、時刻比較法の高度化、ならびに産業界への標準供給の高度化などを柱に活動を進めており、当該分野で産業界や国際社会への貢献を推進していく考えです。

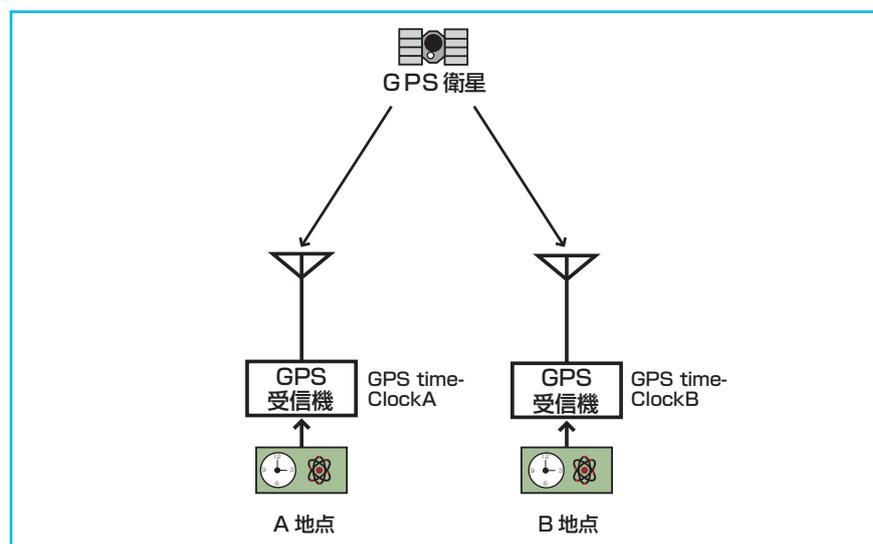


図1 GPS Common-view法の原理図

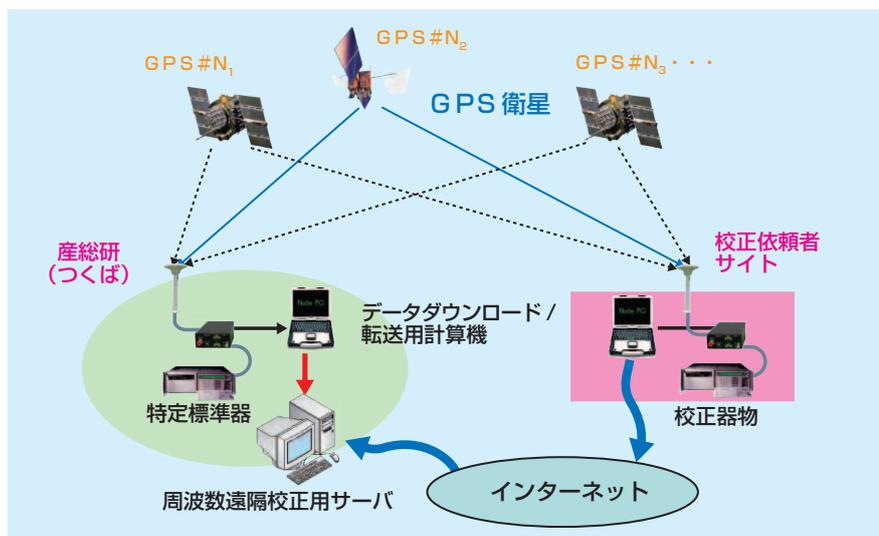


図2 周波数遠隔校正システムの基本構成

(TAI) 構築のための時刻比較の主要技術として用いられている方式である。

これは、図1のように、座標がわかっている2地点で、同一のGPS衛星を同時に各地点の基準時計を基に受信し、各々の地点でGPS時刻と各基準時計との時刻差を測定する。そして、その測定結果の差 ((GPS time-Clock A) - (GPS time-Clock B) = Clock B-Clock A) から両地点の基準時計間の時刻差が求められるという原理に基づく方式である。周波数差を求めるためには、一定時間後に同様の測定を行い、時刻差の変化分を経過時間で除すればよい。すなわち、公称周波数10 MHzの基準時計の比較で、1日後の時刻差の変化が1  $\mu$ sであったとすると、約 $1.1 \times 10^{-11}$ の周波数偏差(10 MHz換算で0.11 mHzの周波数差)となる。

産総研では、図2のようなGPS Common-view法に基づいて産総研と校正依頼者サイトの間で周波数の遠隔校正を行うシステムを開発中である。図のように、産総研と校正依頼者サイトの双方でGPS時刻比較用受信機による測定を行い、校正依頼者サイトで得たデータは、インターネット(SMTPに基づき、通常1日に2回産総研へデータを送付)で転送され、産総研側では、当所の周

波数国家標準を基準として受信した結果との差を計測し、サーバ計算機でデータの蓄積と処理を行う。

周波数校正の結果としては、毎日の時刻比較結果の変化から、日々の周波数偏差(国家標準と校正依頼者の基準発振器の周波数差)とその不確かさが報告される。

#### 国外への周波数遠隔校正

産総研と横河電機技術開発本部計測標準センターは共同研究の一環として、2005年4月から横河電機(株)の中国江蘇省蘇州の社内標準器との間で周波数遠隔校正の実験を行った。まず遠隔校正システムを設置したが、アンテナ座標の決定を行った翌日には、校正結果の暫定値が得られ、遠隔校正の利便性が示された。特に、海外の日本企業の標準器は、従来国内へ返送して校正していたため、通関や輸送に要する時間など3ヶ月程度の時間が必要であったが、これで期間の飛躍的短縮と作業の簡便化を実現できる見通しがついた。

#### まとめと今後の予定

GPS Common-view法は、国際時刻比較では20年以上の実績があり、また、当所で採用したデータ伝送方法も非常にシンプルなもので、使いやすく信頼性の高いものを目標に開発してきたものである。しかし、各校正依頼者サイトにおけるネットワークのセキュリティ対応は、統一的なものが無く、今回の蘇州との実験においても同事業所固有の課題がいくつかあったが、今後、より簡便なものにするための基礎資料や開発指針を得ることができた。

最後に、今回の蘇州実験に際して共同研究を行い、実験の遂行にご尽力いただいた横河電機(株)の関係者各位、e-traceプロジェクト推進に関しては、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の関係者各位、ならびに遠隔校正の認定に関してご尽力をいただいている独立行政法人製品評価技術基盤機構の関係者各位をはじめとするお世話になった皆様に感謝したい。

#### 関連情報：

- GPS 時刻比較データ公表ページ：[http://www.nmij.jp/freq-sys/GPS\\_Data.html](http://www.nmij.jp/freq-sys/GPS_Data.html)
- プレス発表 2005年4月27日：[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2005/pr20050427/pr20050427.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050427/pr20050427.html)

# 放射能測定装置における遠隔校正技術の開発

## 情報通信技術を応用した新しい校正方法の一例

遠隔校正とは、従来のように被校正機器を持ち込んだり、現場に出張して校正するのではなく、被校正機器を遠隔的に校正するものである。e-trace と呼ばれるこの方法により、迅速かつ安価なトレーサビリティの確保を目指している。今回、放射能測定装置に e-trace を適用し、実際に測定機器を校正できることを実証した。

The new calibration technique has been developed, with which measurement equipments in remote place can be calibrated through an internet system without any transportation. Traceability will be maintained by this new technology named as “e-trace”. The experiment was carried out between NMIJ (National Metrology Institute of Japan) and JRIA (Japan Radioisotope Association). An ionization chamber at JRIA was calibrated remotely from NMIJ. It is confirmed that equipment for radioactivity measurement was calibrated remotely by e-trace technique.

### 放射能のトレーサビリティと遠隔校正

測定のトレーサビリティとは、測定装置が上位の標準器により校正され、さらに、その標準器は国家標準により校正されているといった、国家標準までの校正の連鎖が確立していることを指し、測定値の信頼性を確保するためには不可欠である。放射能標準において測定のトレーサビリティは、産総研が特定標準器と呼ばれる国家標準である放射能絶対測定装置群を所有しており、日本アイソトープ協会（以下、RI協会という）が、計量法トレーサビリティ制度に基づく認定事業者で、産総研で校正された特定二次標準器と呼ばれる

放射能測定装置を所有し、ユーザーの使用する標準線源の製作および校正を行なっている。

このような測定のトレーサビリティを確保するために、新しい校正方法が開発されている。これは、従来のように校正を受ける機器を産総研に持ち込んだり、校正を受ける機器のある場所まで産総研職員が出張するといった方法を取らず、校正を受ける機器を移動させずに、インターネットを介した遠隔操作により校正を行うものであり、迅速で安価な校正と省力化をもたらすと期待される。この遠隔校正のことをe-traceと呼んでいる<sup>1)</sup>。放射能標準においても、トレーサビ

佐藤 泰 Yasushi Sato  
yss.sato@aist.go.jp  
計測標準研究部門  
量子放射科 放射能中性子標準研究室

標準の供給、維持、および、新しい線源の開発や、新しい校正方法の開発に従事している。校正方法は、従来のような手渡しによるものから、情報通信技術を用いた迅速で簡便な方法に変わるようになればと考えている。また、放射能絶対測定装置の高度化の研究をはじめている。

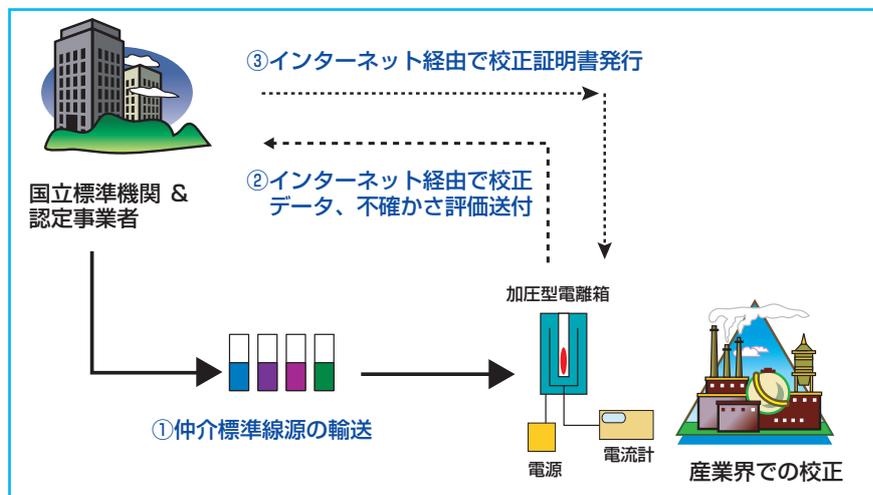


図1 放射能の遠隔校正スキーム

産総研や認定事業者が校正した仲介標準線源を顧客に輸送し、インターネット経由で顧客の校正データと不確かさ評価結果を受理し、その結果を精査して校正証明書をインターネット経由で発行する。



図2 仲介標準線源の外観

図は産総研型標準アンプルに封入された仲介標準線源で、電離箱の仲介器として用いられた。これらは産総研の特定標準器で校正されているから、RI協会に送付された。

リティを確保する手段として、e-traceの実証実験を行った<sup>2)</sup>。

### 放射能標準の遠隔校正の実証実験

放射能標準について、遠隔校正が技術的に可能であることを実証するため、茨城県つくば市の産総研と東京都文京区のRI協会との間で、インターネットを利用して、RI協会に放射能測定装置である加圧型電離箱を設置したまま校正を行った。

加圧型電離箱を実証実験に用いた理由は、医療現場で放射能測定装置として広く利用されているものもあり、今後のユーザーのニーズが高まると考えられたからである。加圧型電離箱は、 $\gamma$ 線を放出する核種の測定に使用される。この装置は、ガスを封入した円筒内部に高電圧のかかった電極を置き、放射線が入射した時に発生する電離電流を電流計により測定するものである。円筒の中央には井戸状の挿入管があり、その中に放射線源を入れて測定する。加圧型電離箱はきわめて安定な電離電流を出力し、5桁(30kBq~0.3GBq、 $^{60}\text{Co}$ 換算)程度の広いダイナミックレンジをもつのが特徴である。

われわれは電離箱校正用の仲介標準器として標準線源を製作した。産総研型



図3 遠隔校正システムの構成

円筒形の加圧型電離箱の井戸の中に仲介標準線源を入れて校正を行う。加圧型電離箱の電源は電池から供給される。手前の銀色の線源は $^{166\text{m}}\text{Ho}$ 標準線源。電離電流は中央の電流計で測定される。計算機によりインターネットに接続され、インターネットを介して、遠隔操作、遠隔測定が行われる。またTVカメラによる画像通信により遠隔地の作業内容が確認できる。なお、電離箱は通常は鉛遮蔽容器に格納されている。

標準ガラスアンプルに放射能溶液を入れ、熔封し、標準線源とした(図2)。使用した核種は $^{109}\text{Cd}$ 、 $^{139}\text{Ce}$ 、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{85}\text{Sr}$ 、 $^{88}\text{Y}$ である。仲介標準線源の校正はあらかじめ産総研で行い、RI協会に送付した。

今回の実証実験では、RI協会のLANに干渉するのを避けるため、LANとは別個にADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)を引いて、インターネットに接続した。RI協会のADSLに接続している計算機にリモートコントロールソフトウェアを導入し、産総研から計算機をコントロールして、データを取得することにした。産総研側では、所内LANと並立しているLANで独自にセキュリティを設定できるAFZ (Access free zone)を用いた。

遠隔校正システムを図3に示す。円筒形の測定器が加圧型電離箱であり、通常は鉛で遮蔽した容器内に設置されている。加圧電離箱の電源は電池から供給され、電離電流は電流計で測定する。計算機によってインターネットに接続されて、遠隔操作、遠隔測定が行われる。またTVカメラによる画像通信により、遠

隔地での作業内容が確認できる。

実際の校正では、あらかじめ産総研とRI協会の間で打ち合わせた校正スケジュールに基づいて、RI協会の測定装置に接続している計算機を、RI協会の担当者がインターネットに接続し、産総研からコントロールできるようにした上で、標準線源を測定装置の所定の位置に設置した。産総研側では、決められた日時に測定を開始して測定データを取得し、各線源に対する電離箱の校正値を、仲介標準線源の放射能をもとに計算した。その結果、今までの方法による校正値と不確かさの範囲内で一致する結果が得られ、e-traceによる校正が技術的に問題のないことが実証された。

### 今後の展開

全国にある多数の放射能測定器のトレーサビリティを確保するためには、簡便で迅速で安価なシステムが必要であるが、e-traceがその一助となるようにしていきたい。今後、e-traceの利用範囲を広げるため、電離箱型の医療用放射能測定装置について実証実験を進めていきたい。

### 関連情報

- この研究は NEDO 受託研究「計量器校正情報システム技術開発」(プロジェクトコード P01029) により行われた。
- 共同執筆: 桧野良穂、柚木 彰、原野英樹、黒澤忠弘、加藤昌弘、山田崇裕 (日本アイソトープ協会)。
- <sup>1)</sup> 吉田春雄: AIST today, Vol.1, No.11, P.26 (2001)。
- <sup>2)</sup> 佐藤 泰: 産総研計量標準報告, Vol.2, No.1, P.141 (2003)。

# Polyphonet

## 研究者の連携を支援する研究者ネットワーク検索エンジン

Webマイニング技術を使うことによりWeb上にある研究活動に関する情報を収集・分析し、研究者のネットワークを抽出することができます。Polyphonet（ポリフォネット）は、インターネットに公開されている研究者のつながりや専門分野といった情報から関係する研究者を検索するシステムで、研究者の連携を支援することが目的です。

A researcher network is obtained by collecting and analyzing vast information on the Web. Polyphonet, which aims at the collaboration of researchers, is a researcher retrieval system using the relation of researchers automatically obtained from the Web.

### 研究者の連携拡大の現状

近年、複数の分野にわたる研究者の連携や産学官の連携が必要といわれています。しかし、このような連携はこれまで、個人的な知り合い関係や紹介によって行われることが多く、異分野間などの、より広範な連携には情報技術による支援が必要とされています。一方、研究者の活動や業績など研究に関する情報がWebに多く載るようになってきており、学会のプログラムや助成金の採択情報などがWebに掲載されることも増えています。

### 連携を意識したWeb検索

これまででも、論文データベースや学会への登録情報などを用いる研究者の検索システムはありました。産学官の

連携や融合領域での研究が重視されている昨今では、いかに研究者のシーズとニーズをマッチさせるかについて多くの組織が腐心しています。産総研でも、例えば知能システム研究部門において、内部の成果情報を用いた組織構造の解析が行われています。こういった研究者の連携の分析やその支援のための情報技術は、今後ますます重要になっていくと考えられます。

情報技術研究部門 知的コンテンツグループでは、多種・大量の情報が存在するWebに着目し、その情報を収集・統合する研究を進めてきました。Webは新鮮な情報も多く含みますが、情報が整形されていないため、収集・統合するには自然言語処理や機械学習を用いたアルゴリズムを工夫する必要がありますが

**松尾 豊** Yutaka Matsuo  
y.matsuo@aist.go.jp  
情報技術研究部門  
知的コンテンツグループ 研究員

2002年3月 東京大学工学系研究科電子情報工学 博士課程修了。博士（工学）。2002年4月、産業技術総合研究所 入所。これまで、人工知能の分野で、推論の研究、文書処理の研究、Webの研究を行ってきました。特に、ユビキタス情報環境における情報支援を念頭に、ユーザモデリング、Webマイニング、空間の意味記述などの研究に携わってきました。最近では、Web上の情報を統合して高次情報を抽出する、検索エンジンより高次のレイヤーの情報システムの研究をしています。



図1 研究者情報の画面



図2 関係性の検索

ります。2002年から進めていた研究成果を用い、2004年からPolyphonetというシステムが開発されています。このシステムは、Web上に公開されている研究者の研究活動に関する情報を収集し、研究者間の関係を抽出して、研究者のネットワークを表示し、さらには要望に応じて適切な研究者を検索することができます。

Polyphonetで用いられているのはWebマイニングと呼ばれる技術です。具体的には、研究者間の関係の強さを推測するために、2人の氏名を並べて検索エンジンに投入し、そのヒット件数から氏名の関係の強さを測定します。例えば「松尾豊 橋田浩一」で検索すると100件以上のページがヒットしますが、これが偶然とくらべてどのくらい偏っているかを尺度化し、両者の関係の強さとして用います。また、ヒットしたWebページから、特定の語が使われているなどの特徴を抜き出すことで、「共著関係である」「組織が同じである」などの関係の種類を推測します。さらに、研究者名がどのような単語と結びついて出てくるかによって、研究者の専門分野や研究に関するキーワード

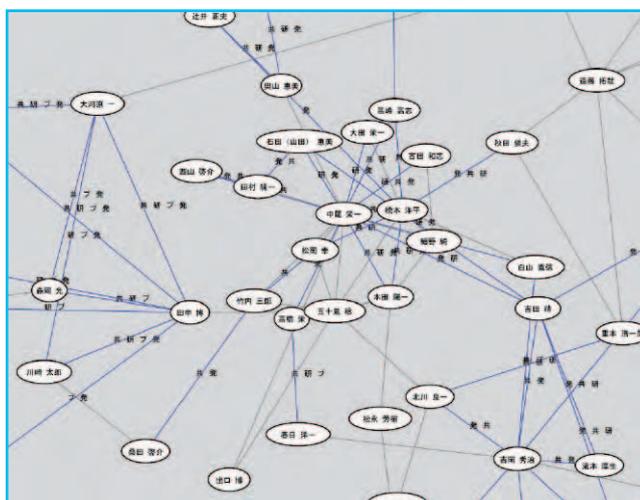


図3 「研究者ネットワーク検索エンジン Polyphonet」による研究者ネットワーク表示

を自動的に抽出することができます。いずれも、研究者の公開情報をもとに研究活動に関する情報だけを抽出する工夫をしています。

### 実用化と今後の見通し

当研究部門では、実用化の試みの第一弾として、2005年4月から、特定非営利活動法人 研究開発型NPO振興機構と共同で、大阪市が開設したロボットラボラトリーにおいて運用実験を開始しました。ロボットラボラトリーの会員を対象にサービスを提供し、システムの検証や改善などを行います。

Web上にある研究者の活動に関する公開情報から研究者間のつながりを抽出するシステムとしては、国内で初めての本格的な実験運用となります。また、2005年6月には北九州国際会議場で行われた人工知能学会全国大会で、当研究部門の実世界指向インタラクショングループなどと共同で、学会支援システムとして運用し好評を博しました。

今後は、バイオインフォマティクスやナノテクなど、他の研究分野でもシステムの適用を図り、研究者の連携やネットワーク作りを支援していく予定です。

#### 関連情報：

- 松尾 豊、友部 博教、橋田 浩一、中島 秀之、石塚 満：Web上の情報からの人間関係ネットワークの抽出、人工知能学会誌、Vol.20, No. 1E, pp. 46-56, (2005)。
- Yutaka Matsuo, Hironori Tomobe, Kōiti Hasida and Mitsuru Ishizuka: Finding Social Network for Trust Calculation, Proc. 16th European Conf. on Artificial Intelligence (ECAI2004), pp.510-514, (2004.8).
- 特願 2003-141093「人間関係データの作成方法、人間関係データの作成プログラム及び人間関係データの作成プログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体」(松尾 豊、橋田 浩一)。
- 共同研究者：橋田浩一、松原仁、西村拓一、石田啓介(産業技術総合研究所)、石黒周(研究開発型NPO 振興機構)。

# 超音波3次元タグ

## センチメートルオーダーで人間の行動を観察する技術

人間中心のサービスを提供する知的空間を構築するには、人間の行動を観察する技術が不可欠である。そうした行動観察システムの研究は数多くあるが、構築されたシステムの安定性、操作性や費用の点で問題があり、広く利用できなかった。デジタルヒューマン研究センターでは、これらの問題を解決する技術として、超音波を用いて人間の行動を観察する「超音波3次元タグ」を開発し、企業との共同研究によってこれを製品化、外部機関への提供を開始した。

Human behavior observation technology is one of the most crucial factors for realizing intelligent space providing human-friendly service. Conventional systems have problems in cost, time-consuming system installation, and vulnerability to environmental noises. Digital Human Research Center developed an “ultrasonic 3D tag system,” for observing human behavior in a living environment in the order of cm. AIST & Furukawa Industrial Machinery Systems Co., Ltd, commercialized related systems.

**西田 佳史** Yoshifumi Nishida  
y.nishida@aist.go.jp

デジタルヒューマン研究センター  
人間行動理解チーム チームリーダー

近年、ユビキタス技術を用いた物理現象のセンシング技術と、インターネット技術を用いた社会現象のセンシング技術、という全く新しいタイプの2つの技術が利用できるようになっている。こうした技術を背景として、新しい人間の情報処理科学が始まりつつある。

われわれ人間行動理解チームは、ユビキタス型・インターネット型センシング技術を人間活動の観察技術に応用して、人間行動の定量化技術、定量的データによって可能となる人間行動の計算論の構築技術、安心で安全な日常生活を支援する技術といった3つの基盤技術の創出を最終的に目指している。



### はじめに

環境に埋め込まれたセンサを用いて、人間の行動を観察し、人間中心のサービスを提供する知的生活空間を研究することが世界的に活発になっている。このような知的空間を構築するには、人間行動観察技術が不可欠である。家庭、工場、病院、オフィスといった人間が実際に行動するにおいて適切な精度で、かつ、安定な計測ができること、さらに、観察システムを、安価に、手早く構築できることが重要となる。

ここでは、これまでデジタルヒューマン研究センターで開発してきた人間

行動観察のための日常環境センサ化技術として、超音波3次元タグについて紹介する。

### 日常環境における人間行動観察のための日常環境センサ化技術

メートルオーダーの検出精度では、人がどの部屋にいるのかぐらいしか観察できないが、センチメートルオーダーで人間の行動が観察できれば、リモコンを使っているとか、ベッドから降りるといった日常動作が記述できる。一方、ミリメートルオーダーでこれらの行動を確実に観察しようとするときわめて高

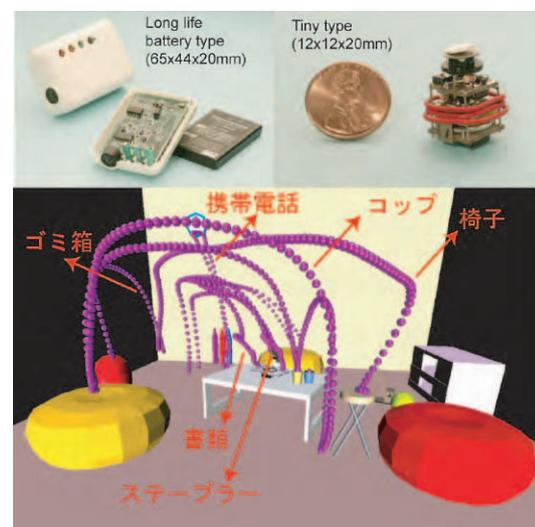


図1 超音波3次元タグと計測例



図2 ポータブル超音波タグシステム

コストなシステムが必要になる。

そこで当研究センターでは、人間行動をセンチメートルオーダーで観察して解析する技術として、超音波3次元タグシステムを開発してきた。このシステムは、対象物や人に取り付けられた超音波3次元タグ（小型超音波発信器）から発せられた超音波を、天井や壁に設置した複数の受信器で計測し、到達時間の差から、超音波タグの3次元の位置を計測するシステムである。ミリメートルオーダーで位置が計測できる市販システムの1/100~1/10程度の価格である。図1に、開発した超音波3次元タグと、このタグを用いた対象物の軌跡の計測例を示す。

### 手早いセットアップが可能なポータブル超音波3次元タグ

家庭やオフィスといった現場での人の行動を観察しようとする場合、手早くセットアップが可能なシステムが必要となる。セットアップには、受信器の正確な位置決めが必要である。この研究では、図2に示すような、ポータブル超音波タグシステムを開発した。3個以上の発信器が取り付けられたこの装置を適当に動かすだけで受信器の

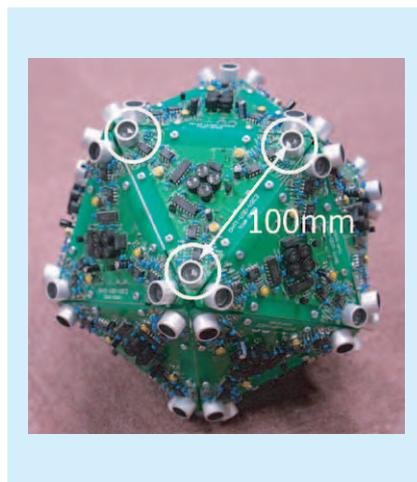


図3 全方位型超音波位置センサ

位置決めを行える手法を開発した。

### 設置コストを低減する全方位超音波位置センサ

いかに超音波センサが安くても、その設置回数が多ければ、設置の際の人的費用により、システムの総コストを上げることにつながる。設置回数を減少させるため、この研究では、図3に示すような全方位超音波位置センサを開発した。これは多面体の頂点に受信器を配置して、全方位を計測可能なセンサである。5m×5mの部屋にこの全方位超音波位置センサを取り付けると、図4のような配置となる。これまでの超音波受信器では36個必要であったが、この全方位超音波位置センサでは3個となり、受信器を取り付ける手間が大幅に軽減できる。

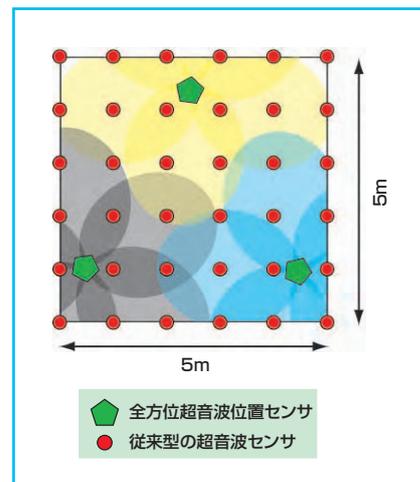


図4 全方位型超音波位置センサの計測可能範囲

### おわりに

当研究センターでは、次の目標として、超音波3次元タグによる人間観察技術を応用して、人ができないことをさせたり、不得意なことを簡単にできるようにさせたり、逆に、やってはいけない行動を起こしにくくする環境“Enabling Environment”の構築を始めている。少子高齢化社会を支える見守り支援環境や、国際社会を支えるスキル向上支援環境など、応用の幅は広い。

当研究センターでは、これまで開発してきた超音波3次元タグと関連技術を、古河産機システムズ(株)との共同研究によって製品化し、知的空間研究のツールとして、また、人間観察に基づくアプリケーションの要素技術として外部への提供を始めている。

#### 関連情報：

- 共同研究者：堀俊夫、金出武雄（デジタルヒューマン研究センター）。
- 製品情報：古河産機システムズ（株）：<http://www.furukawakk.jp/zps/>
- Y. Nishida, et al., "Quick Realization of Function for Detecting Human Activity Events by Ultrasonic 3D Tag and Stereo Vision," Proc. of 2nd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp. 43-54, 2004.
- Y. Nishida, et al., "Minimally Privacy-Violative Human Location Sensor by Ultrasonic Radar Embedded on Ceiling," in Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Sensors, pp. 433-436, 2004.

# 超電導質量分析装置のための極低温実装技術

## 原子からタンパク質まで 100%の粒子検出効率をもつ質量分析装置

質量分析のための超電導検出器は、信号生成に必要なエネルギーの閾値が非常に低く、原子から数 MDa のタンパク質のような巨大高分子まで、原理的には 100 % の粒子検出効率を発揮する。このため、質量分析装置への搭載が始まっている。しかし、動作に 0.3 K (-272.85 °C) クラスの極低温環境を必要とすることや、有感面積が小さいことが、実用化のボトルネックとなっている。今回、質量分析で必要とされる高速の信号パルスを、0.3 K クラスの極低温環境から常温環境に取り出すための 100 本の同軸ケーブルの導入に成功したことで、並行して開発を進めている、超電導大規模アレイ粒子検出器の実装を可能にした。

Superconducting detectors are promising for mass spectrometers, which are important in proteomics, since the superconducting detectors have 100% detection efficiency for a wide mass range from atoms to proteins. The high detection efficiency relies on a very small threshold to detect quantum energies. However, the smallness of effective detection area and the requirement for a low temperature of 0.3 K (-272.85 °C) are bottlenecks. We succeeded in realized the implementation of cryogenic wiring between a large scale superconducting array detector, which is on a cold stage of 0.3 K, and electronics at room temperature.

大久保 雅隆 Masataka Ohkubo  
m.ohkubo@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門  
超分光システム開発研究グループ研究グループ長

質量分析のための超電導検出器は、元来、宇宙の暗黒物質などの検出のために開発されてきた経緯がある。われわれは、地上にもまだ観測されるのを待っている未知の物質（暗黒物質）があると考えている。これらの暗黒物質の量は多くはないが、さまざまな電子的機能や生体機能に深く関わっている。われわれは、従来の技術では見ることができない暗黒の対象を観測できるようにするために努力を重ねている。本来、私の専門はデバイス開発の分野であったが、近年、分析機器のユーザーである研究者から最新のニーズについて多くを教えられている。深みにはまるデバイスの研究と、高みへ上昇する機器利用の研究をつなぐグルーオンの役割を果たせればと考えている。



### 研究の背景

超電導検出器は、X線分析<sup>1)</sup> や質量分析<sup>2)</sup> において、半導体などを使った従来の技術では原理的に検出できない軟X線や巨大高分子の検出を可能にする高い性能をもっている。特に、イオン化した分子の飛行時間から分子量を測定する質量分析 (TOF-MS) に超電導検出器を用いると、原理的には、分

子量に依存せず100 %の粒子検出効率を達成することができる。この理想的な特性は、プロテオーム解析や臨床応用において非常に重要である。

超電導検出器を動作させるには、0.3 Kといった極低温環境が必要であるが、この環境で作動させると、事実上熱雑音が全くないノイズレスの計測を実現できる。われわれは、生体高分子

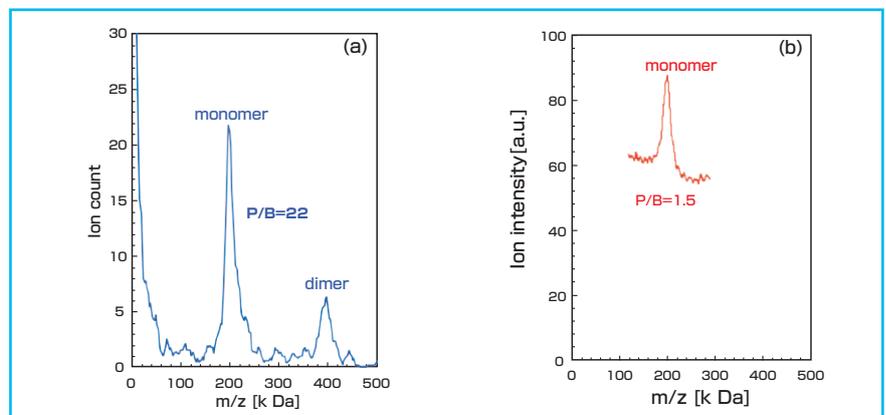


図1 ポリスチレン標準試料 (平均分子量 : 200 kDa) を、開発中の超電導質量分析装置 Super-TOF プロトタイプ (a) と、従来の装置 Applied Biosystem 社 Voyager (b) で測定した場合の質量スペクトルの比較

P/B 比に大きな差がある。また、スペクトルの縦軸は、超電導検出器の場合、検出器に入射した分子数を正確に表しているのに対して、従来の装置では任意単位 (a.u.) である。

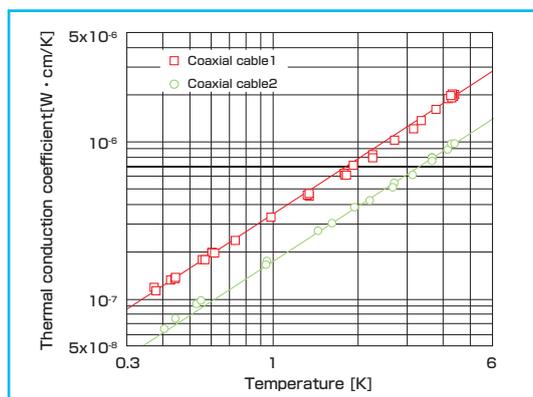


図2 極細同軸ケーブルの熱伝導の実測値

や合成高分子を用いて、1 MDaまでの広い質量範囲で100%の検出効率が達成できることを実証した。単素子の超電導検出器を使った実験では、200 kDaの合成高分子の場合、従来の装置より1桁以上の飛躍的な検出感度向上が可能である。

### 質量分析のための要求

実用レベルの短時間分析を実現するためには数100  $\mu\text{m}$ のサイズの超電導検出素子を少なくとも100素子規模のアレイにする必要がある。現状では、ポリスチレンの測定に1時間かかっているが、まだ統計的に十分なカウント数が得られていない。また、高い質量分解能を得るために、イオンが検出器に到達する時間を数ns (1ナノ秒は10億分の1秒)の精度で正確に測定する必要がある。ところが、現状では、その100倍程度の精度しか得られていない。

検出精度を向上させるためには、超電導検出器アレイと室温で動作する半導体エレクトロニクス信号処理系をつなぐ極低温高速多配線が必要である。しかし、これを実現した例は今までなかった。一般に、極低温冷凍器は数100  $\mu\text{W}$ の熱流入には耐えられないので、100本の線材の導入、ましてや高周波を通すために、太くならざるを得ない同軸ケーブルを配線すると、数10

mW以上の熱流入が予想される。したがって、100本規模の同軸ケーブルの導入は不可能と考えられていた。

### 寒剤フリー冷凍器への実装

今回、同軸ケーブルの直径を0.33 mmと細くし、かつ低熱伝導の金属導体を用いることで、1本あたりの0.3 Kへの熱流入を54 nW以下に抑えることに成功した。この熱流入は、Nbのような超電導体(超電導状態では熱伝導率が著しく低下する)を使っても実現できない小さなレベルである。

この温度領域では、金属材料の加工方法によって熱の伝えやすさの指標である熱伝導率が大きく変わるので、実装の前に、最終加工製品である同軸ケーブルの熱伝導を実測した。これまで、この温度領域において、原材料の熱伝導率測定の実験例はあるが、最終加工

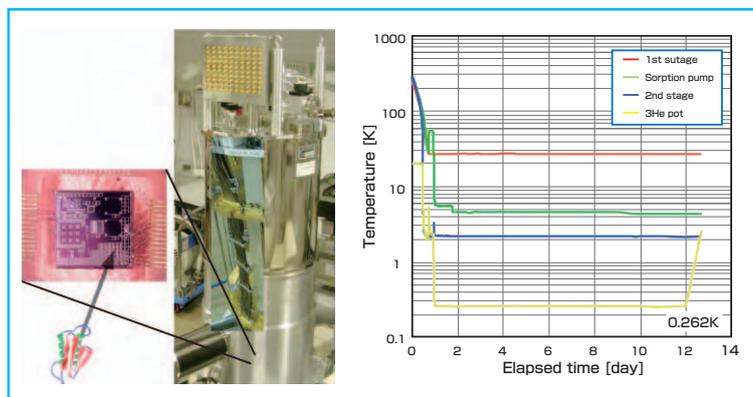


図3 100本の同軸多配線を施した、液体ヘリウムを必要としない0.3 K級冷凍器とその冷却曲線

後の同軸ケーブルの実測例はない。

小さな熱流入量を計測できる測定器を開発し、2種類の同軸ケーブルの熱伝導係数を測定した。ケーブルの長さ和使用する温度差がわかっているならば、このデータを使って正確な熱流入を見積もることができる。今回は、高周波特性も考慮して同軸ケーブル1を選択した。100本の同軸ケーブルで5.4  $\mu\text{W}$ の熱流入に抑えることができる見通しを得たので、これを実装した。

この成果は、実用レベルの超電導飛行時間質量分析装置の実現のために応用できる。また、熱伝導の値がはっきりしているケーブルの供給ができるようになれば、ユーザは予備実験を行うことなく、正確な熱流入量を見積もることができるようになり、超精密計測が可能な極低温環境で動作するデバイスの普及に貢献するものと期待される。

### 関連情報：

- この成果は、産総研独自のプロジェクトである「多次元情報飛行時間質量分光法(Super-TOF)の開発」(平成15～17年度)により得られたものである。
- <sup>1)</sup> 浮辺雅宏：AIST TODAY, Vol. 4, No.9, p.26 (2004) .
- <sup>2)</sup> M. Ohkubo, et al., IEEE Trans. Appl. Super. 15(2) 932, (2005) .
- 大久保雅隆：応用物理学会誌, 72(8), 1057 (2003) .
- <http://unit.aist.go.jp/riif/sssrg/epage/>
- 佐藤浩昭(環境管理研究部門)、茂里康(セルエンジニアリング研究部門)、絹見朋也(ヒューマンストレスシグナル研究センター)、陳銀児、久志野彰寛、浮辺雅宏、齋藤直昭、黒河明、一村信吾(計測フロンティア研究部門)、加藤英幸、島田かより、衣笠晋一(計測標準研究部門) .

# 新しい集積型バイオチップの開発と応用

## バイオチップを用いた臨床診断の実用化への道を開く

射出形成法を用いてプラスチック（PMMA）製の10チャンネルの電気泳動バイオチップを作製することに成功した。X線リソグラフィ法を用いて鋳型を作る際に、各チャンネルの側壁に傾斜をつけることによって、鋳型からバイオチップを外すときにチャンネル構造を破壊しないですむようになり、効率よくバイオチップを作製することができるようになった。さらに、PMMAのフィルムでチップをカバーする新しい方法を開発した。この方法でカバーをすることによって、試作したバイオチップが実際に使用できるようになった。

Replica biochips for capillary array electrophoresis with 10 separation channels (50  $\mu\text{m}$  width, 50  $\mu\text{m}$  depth and 100  $\mu\text{m}$  pitch) were successfully fabricated on a poly(methyl methacrylate) (PMMA) substrate using injection molding technique. The current fabrication method used moving mask deep X-ray lithography to fabricate an array of channels with inclined channel sidewalls. A slight inclination of channel sidewalls is highly required to ensure the release of replicated biochips from a mold. Moreover, the sealing of molded PMMA multichannel chips with a PMMA cover film was achieved using a novel bonding technique involving adhesive printing.

石川 満 Mitsuru Ishikawa

ishikawa-mitsuru@aist.go.jp

健康工学研究センター  
生体ナノ計測研究チーム 研究チーム長

2002年5月より、企業から産総研に転職し、同年10月からは四国センターで「単一分子生体ナノ計測研究ラボ」の立ち上げに参画しました。2005年4月からは、ラボにおける研究・開発を発展させて、引き続き健康工学研究センターで光計測を主体として生体分子の分析化学をナノテク化する研究に従事しています。ここで紹介した研究は、当研究センターの目指す方向を端的に示した内容です。今後目指すべき方向は、光源および光検出器もバイオチップに合わせてコンパクト化して、現在まだ大型の光学定盤を占有している装置をノートパソコン程度のサイズにすることです。



### 研究内容

近年、バイオチップの研究の進歩は目覚ましい。しかし、チップの作製に要する高コストが実用化と普及を妨げていた。健康工学研究センター生体ナノ計測研究チームの党福全（Dang Fuquan）研究員らは、京都大学大学院工学研究科・田畑修教授およびスターライト工業（株）と共同で低コストで作製できるプラスチック（PMMA）製の10チャンネル電気泳動バイオチップを開発した（図1）。さらに、このバイオチッ

プを実際に使用するために必須で、効率よくチップをカバーする新しい技術を開発して、10種類の遺伝子を同時に迅速に解析することに成功した。わずか3 $\mu\text{L}$ の血液試料から、16分（試料の調製時間13-14分、測定時間2-3分）という短時間でがん診断が可能であることを示した。

### 新しい技術開発の要点

新しい10チャンネルのプラスチック製バイオチップ技術の開発とその応用の

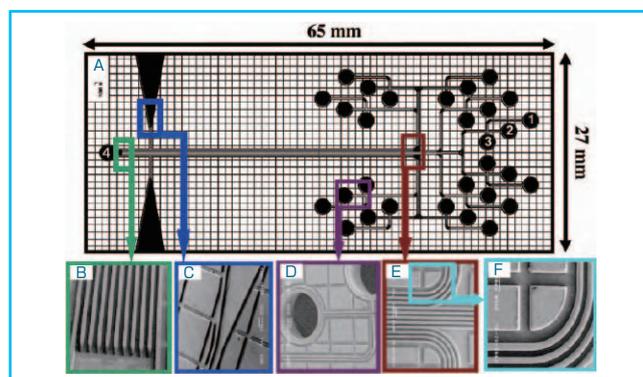


図1 プラスチック（PMMA）製の10チャンネルバイオチップの構成

(A) 全体図、(B)～(E)はチップの各場所（矢印）の拡大図。(F)は(E)の一部の拡大図。幅50 nm、深さ50  $\mu\text{m}$ のチャンネル10本が50  $\mu\text{m}$ 間隔で並べられている（B参照）。3つの液だめ①～③を1組として使い、試料溶液、緩衝液、試料が壁面に吸着することを防ぐポリマー水溶液を入れる。測定を終えた試料は液だめ④に移動する。

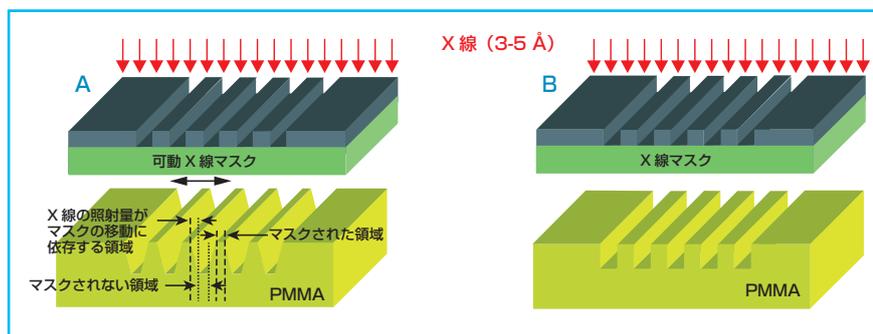


図2 (A) 移動マスク X 線リソグラフィ

この方法では、マスクが左右に移動する。その結果、(i) 常に X 線が照射されている領域、(ii) X 線の照射量がマスクの移動に依存する領域 (iii) 常に X 線から遮蔽されている領域に分類される。領域 (ii) に傾斜ができる。(B) 通常の X 線リソグラフィ。

要点は以下の通りである。

(1) プラスチックチップの再現性の高い作製技術を確立した。移動マスク X 線リソグラフィ法 (図2A) を駆使して、マイクロチャンネル鑄型の壁面に傾斜 (80-85度) をもたせることにより、多数のマイクロチャンネルを同時に作製する技術を世界で初めて確立した。この方法によって、プラスチックチップ上に10本のチャンネルを同時に、射出形成法を用いて再現性よく (95%以上) 形成することができるようになった。従来法 (図2B) では、鑄型のマイクロチャンネル壁面が垂直のため、鑄型をプラスチック基板からはがすときに、チャンネルが損傷して使えなくなるという問題があった (使えるチップの割合は10%以下)。

(2) プラスチックチップにカバーをかぶせる新しい方法、すなわち印刷におけるインクのように、チップの表面に接着剤を薄くかつ均一に塗布する接着剤プリント法を開発した。従来法では、余分な接着剤がチャンネルをふさぐという問題があり、使えるチップを得ることがきわめて困難であった。接着剤プリント法を用いてはじめて10チャンネルのチップを効率よくカバーすることができた。その結果、1 mm の幅内に幅50  $\mu\text{m}$ 、深さ50 $\mu\text{m}$ のマイクロチャンネルを10本搭載したチップが実際に使用できるようになった。

(3) マイクロチャンネル中を移動する全てのDNAを同時に検出できるレーザー励起ビデオカメラ蛍光検出装置を開発し、この装置を用いて高感度で迅速にがん遺伝子を解析できることを実証した (図3)。

以上の成果は、バイオチップを遺伝子診断の方法として実用化するうえできわめて重要な技術である。今後、大学の医学部の協力を得て、臨床試験を積み重ね、3-5年後をメドに実用化する予定である。

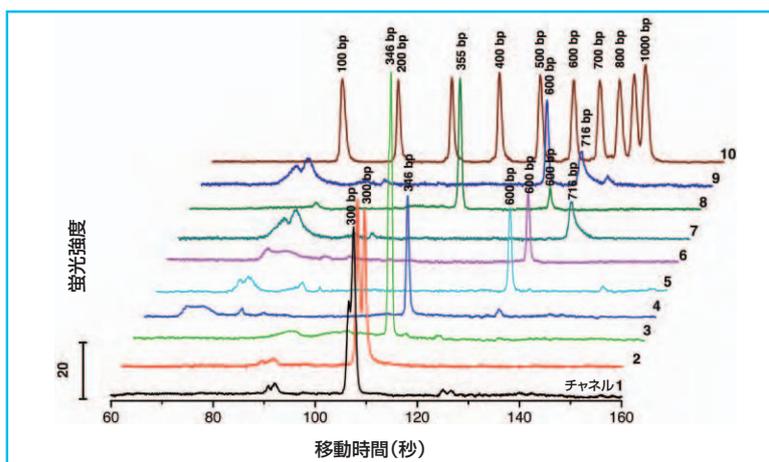


図3 新しく開発した10チャンネルバイオチップ技術を用いた肺がんの発症に関連する遺伝子 (SP-B) 解析の実例

野生型遺伝子は $\sim 600$  bpに、この遺伝子の挿入型変異は $\sim 700$  bp、欠失型変異は $\sim 350$  bpに信号が現れる。チャンネル1、2は、すべての試料に共通して含まれる、SP-Bとは別の遺伝子による信号である。この信号が現れたことは、すべての試料について、DNA試料の抽出とPCR増幅が正しく行われたこと示す。DNAのサイズを校正するための試料をチャンネル10に入れた。チャンネル3-9は7名の検査対象者から取り出した試料を入れた結果である。野生型がチャンネル5、6で検出された (健康者)。欠失型変異がチャンネル3、4で、挿入型変異がチャンネル7で、野生型と欠失型の混合型がチャンネル8で、野生型と挿入型の混合型がチャンネル9で検出された (肺がん患者)。

## 関連情報：

- 共同研究先：スターライト工業 (株) : <http://www.starlite.co.jp>
- プレス発表：日本経済新聞、「遺伝子解析、16分で診断」、2005年3月16日、他。
- F. Dang, S. Shinohara, O. Tabata, Y. Yamaoka, M. Kurokawa, Y. Shinohara, M. Ishikawa, Y. Baba: "Replica multichannel polymer chips with a network of sacrificial channels sealed by adhesive printing method" *Lab Chip*, 5, 472-478 (2005) .
- F. Dang, O. Tabata, M. Kurokawa, A. A. Ewis, L. Zhang, Y. Yamaoka, S. Shinohara, Y. Shinohara, M. Ishikawa, Y. Baba: "High-performance genetic analysis on microfabricated capillary array electrophoresis plastic chips fabricated by injection molding" *Anal. Chem.*, 77, 2140-2146 (2005) .

## 汚染土壌浄化剤 低環境負荷で高効率な浄化システム

特許 第3665818号 (出願2001.11)

● 関連特許 (登録済み：国内1件 出願中：国内1件)

### 目的と効果

土壌の形態変化など環境に多大な負荷を与えない汚染土壌の原位置浄化を目的として、効率的な汚染土壌の無害化処理に有用な酸化触媒系を開発しました。酸化酵素を模倣した鉄ポルフィリン錯体などの触媒を土壌に散布することにより汚染土壌中の有機塩素化合物が40-50%分解されましたが、これに泥炭フミン酸を加えると分解率が60-70%に増加しました。

### [適用分野]

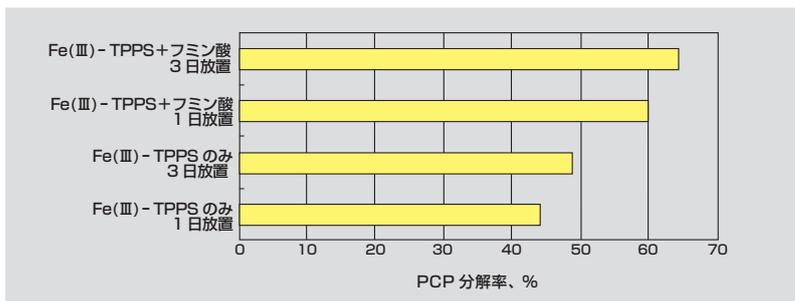
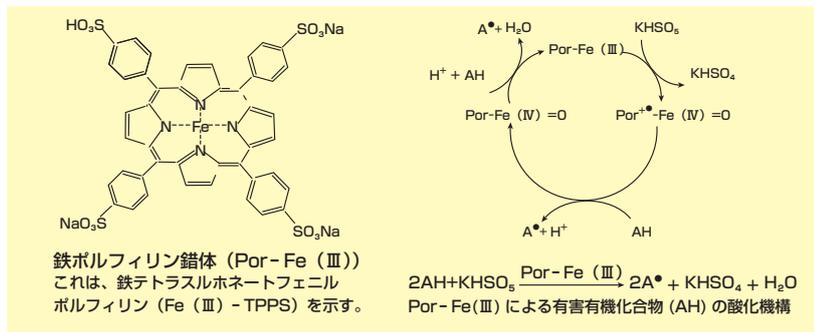
- 有害有機化合物で汚染された土壌の原位置浄化

### 技術の概要、特徴

これまで、汚染土壌に直接浄化剤を散布し有害有機化合物の分解を試みた例はありません。この方法では、鉄ポルフィリン錯体(Fe(III)-TPPS)あるいは鉄フタロシアニン錯体など酸化触媒の水溶液を有機塩素化合物(例えばペンタクロロフェノール(PCP))の汚染土壌に散布しただけで47%の除去率を得ました。さらにそれだけでなく、それに泥炭フミン酸のような低腐植化度の腐植物質を加えることによって除去率を65%にまで向上させることに成功しました。また、従来行われてきたフェントン反応のように土壌を回収する必要もなく、使用する触媒は、量も汚染物質と同程度で、無害な物質ですから、低環境負荷型の原位置浄化法の確立に資するシステムのひとつと位置づけられます。さらに、これまで主として土地改良剤として利用されてきた泥炭に、環境浄化剤としての価値を付加できるものです。

### 発明者からのメッセージ

本技術はFe(III)-TPPSのような触媒に泥炭フミン酸を加えた新たな酸化触媒系で、汚染土壌中の難分解性有機塩素化合物を原位置で無害化するものです。現在、さらなる浄化率の向上を目指しており、PCBなどへの応用に対して共同研究を行うことができます。



### IDEA

産総研が所有する特許のデータベース  
http://www.aist.go.jp/aist-idea/

# 有機結晶表面の欠陥修復方法

## 微小加重を利用した有機結晶部材の表面回復

特許 第3548804号 (出願2001.11)

● 関連特許 (出願中：国内1件、国外1件)

### 目的と効果

有機結晶は柔らかく、レーザー光等の入射率及び変換効率を低下させる傷やへこみ等を生じやすい。非線形光学材料として用いられる有機結晶も単結晶の部材ですが、その作製には長い時間を要するため、作業中に受けてしまった損傷部分を修復することができれば、効果的・経済的です。この方法は有機結晶表面または有機結晶による表面被覆層を分子レベルの平坦性（または傷のない周辺部と同等の平坦性）を有するまでに修復させる方法です。

### 【適用分野】

● 光情報通信分野（非線形光学材料） ● 半導体産業（電界センサー、単結晶有機半導体レーザー、単結晶有機トランジスタ）

### 技術の概要、特徴

原子間力顕微鏡のコンタクト法またはそれと類似の微小な加重の制御方法を用いて、先端曲率半径1～100nmの探針に加重を1～100nNの範囲に設定して、傷やへこみ等の周辺のみを走査します。これにより、傷やへこみを周辺の有機結晶で修復し、テラスにおいては分子レベルで平坦な表面に回復されます。（このような表面は中心線表面粗さが5nm以下の表面平坦性に優れた有機結晶、有機イオン結晶または有機結晶による表面被覆層に回復させることができます。）本法と類似の方法を用いれば、分子レベルで平坦なテラスを600nm四方まで拡大することができ、この広さはレーザー光径300 $\mu$ mに比べて小さいものですが、600nmごとに1nmのステップがあったとすれば、光学特性の乱れは高々0.2%であり、ステップの存在は無視し得る範囲です。この結果は1 $\mu$ mスキャナーで得られており、より広域スキャナー（125 $\mu$ mなど）を用いれば、さらに拡大できます。

### 発明者からのメッセージ

この方法では、研磨紙による方法のように昇温や削り子による損傷、砥粒の埋め込みなどの心配がなく、高品位、高純度を保ったまま修復できます。特に、イオン結晶の場合にはイオンバランスを利用することにより、イオンの不整合を起こさずに傷を修復できるという点でも優れた方法といえます。

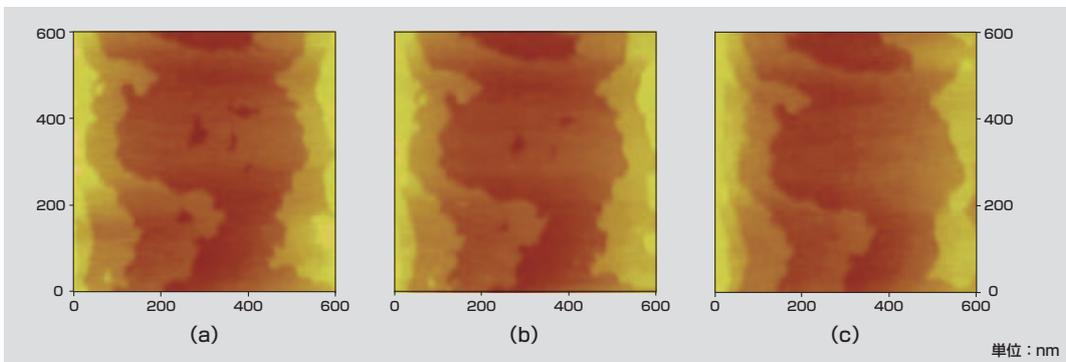


図 原子間力顕微鏡のコンタクト法を用いた走査によって結晶表面の欠損が修復される様子

(a) に非線形光学材料として知られているDASTと呼ばれる有機イオン結晶表面に数段のステップ-テラス構造と5つの不定形なへこみ（最大長さ72nm、深さ0.74nm）があるが、(b) 3回目走査、(c) 9回目の走査でおおよそ見られなくなり、修復部分はイオン対の高さに等しいステップ高さ0.9nmに比べて十分平坦であり、分子レベルで平坦なテラスに修復されたことが分かる。

産総研イノベーションズ  
(経済産業省認定 TLO)

紹介案件担当者 山上

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

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

# 産総研中部センターのDNA

## 京都市陶磁器試験場と陶磁器試験所の歩み

愛知県陶磁資料館 学芸員  
佐藤 一信

シリーズ最終回となる今回は、産総研中部センターの起源の一つである陶磁器試験所(1919～1952)(写真1：1928年)と、その前身の京都市陶磁器試験場(1896～1919)について紹介します。

陶磁器試験所は、1919年に農商務省によって京都に設立されました。さらに元をたどれば、当時最新の設備と優秀な人材を集め、陶磁器業界の注目を集め、1896年に我が国初の研究機関として設立された、京都市立の京都市陶磁器試験場がその始まりにあたります。

### 日本初の陶磁器試験研究機関

京都市陶磁器試験場は、様々な化学技術の研究・陶磁器の試作を行い、また同時に直接的に陶磁関係者を指導・育成する機関でした。ここで作られた作品の一つに、牡丹の花をあしらった香合があります(写真2：釉下彩牡丹文香合：1896～1919年頃)。大変小さな作品ですが、抑えられた淡い色調と繊細な彫り模様によって可憐な牡丹の花が表されています。さながら宝石のようであり、とても試作品という言葉のイメージでは捉えられないものです。



写真1 陶磁器試験所

この1点だけを見ても、その製陶技術力の高さ、色彩感覚を含めたデザイン創作レベルの高さ、そして、それ以上に陶芸の美を追究しようとした姿がうかがえます。

ここでは、単に製陶技術の高さを引き上げるという目的の達成にとどまらず、高い芸術性をもった陶磁器制作さえもが試みられていたのです(写真3：磁器辰砂唐草模様花瓶：1919年頃)。

また、ここには楠部彌弼(写真4：鉄砂釉花瓶：昭和30年代)や濱田庄司、河井寛次郎といった、以後の陶芸界を牽引する陶芸の巨匠たちが、若き日に伝習生、あるいは技手として関わりを持っています。やはり、化学(技術)と芸術が密接であった独特の時代であっ

たといえるでしょう。

こうした京都市陶磁器試験場時代の研究開発の方針とその成果、人材、図書資料といった様々なかたちの資産は、国立移管にともない、そのほとんどが陶磁器試験所へと引き継がれました。

### 陶磁試験所の歩み 日本趣味洋食器の開発、彫刻の工芸化研究

陶磁試験所では、1919年の発足当初は、装飾陶板やテラコッタなどの建築用陶磁器の研究を行いましたが、その後、輸出陶磁器振興を重視し、洋食器や、装飾置物などノベルティのデザイン研究に積極的に取り組んでいます。

洋食器の研究試作は、材質や形状は実用に適したものでありながら独創的



写真2 釉下彩牡丹文香合



写真3



写真4

## 陶磁器と図案などの常設展示を目指して

中部センター所長 筒井 康賢

あれは2年前のことです。私が中部センターに所長として赴任し瀬戸分室を初めて訪れた際に、陶磁器の展示室を見ました。展示室にはたくさんの陶磁器が背の高いガラスケースに入れられて展示されていました。その場の説明では「展示品は両面接着シートでガラス棚に固定してあるから地震があっても大丈夫です」とのことでしたが、大きな地震の際にはガラス棚そのものがはずれて跳んでしまうため、耐震性は極めて低いと機械屋である私には思われました。

それから名古屋周辺で少し大きな地震があるたびに「陶磁器は大丈夫か?」と心配をつのらせていました。

そのしばらく後、「愛・地球博」の期間中、所蔵品の一部を愛知県陶磁資料館に貸し出すことが決定し、全ての陶磁器を段ボール箱にクッション詰めで保管することになりました。その際に危険なガラスケースは撤去され、展示室は閉室となりました。耐震性の低い危険な環境では、展示物を危険にさらすだけでなく、見学者の安全も確保できません。そのような状態では一般の方々への解放は無理と判断したのです。

現在、展示数は限定されるものの、安全な状態での常設展示が復活できるように準備を整えているところです。



なデザインスタイルを持つ洋食器製作を目的に、1931年頃から進められました。職員の水町和三郎たちが中心となり、同時に外部の工芸图案家神坂雪佳などに图案制作を依頼し、日本趣味の洋食器が数多く生み出されました(写真5:水町和三郎 紅茶注・碗皿・ケーキ皿:1933年)。

また、1932年頃から、長年に渡って東京美術学校で教授をしていた沼田一雅を囑託に迎えて、彫刻の工芸化研究が行われます。彫刻の工芸化というのは、本来、陶磁器の彫刻であったものを、ランプスタンドなどのように実用性を備えた装飾陶磁に応用するということを意味しました。沼田はこれに積極的に取り組み、陶磁工芸の新しい世界を切り開きました(写真6:沼田一雅 インコ香水ランプ:1934年)。



写真6

陶磁器試験所(1919年～)は、その後、機械試験所名古屋支所と東京工業試験所名古屋支所を統合し、1952年に名古屋工業技術試験所へ、1993年には名古屋工業技術研究所、そして、2001年に産総研中部センターへと至っております。現在は、サステナブルマテリアル研究部門の中にセラミックス応用部材研究グループなどがあり、時代の要請に応えたセラミックス技術についての研究が行われています。

### 産総研の陶磁器資料

ここまで産総研中部センターの陶磁器に関わる歴史を、試作品を中心に振り返ってきましたが、現在も所蔵する、質・量ともに豊富な試作品や参考品、図書資料は本当に貴重なもので、近代陶磁器作品のコレクションとしては国



写真7



写真5

内に類を見ないものなのです。参考品には国内外の陶磁器があり、ヨーロッパやアメリカの各窯業地の作品も数多く含まれています(写真7:フランス・セーヴル窯 花瓶:1903年頃)。最近では明治時代と昭和時代の陶磁器图案がデータベース化され公開されています。

これらは、近代陶磁の化学とデザインの系譜を物語るミュージアムともいえます。それは、工芸史・デザイン史の研究者にとって価値あるだけではなく、陶磁器を作る企業やデザイナーにとって、新たな商品やデザインを生み出すアイデアの源泉ともなるでしょう。「ものづくり」の指標として更なる活用が望まれます。

現在、産総研中部センター瀬戸サイトの展示室は地震対策などのため閉室中ですが、興味ある人たちのために一日も早くリニューアルオープンされることを希望しています。

# PCB標準液の供給

## 生態系やヒトの健康をおびやかす環境中のPCB濃度を測る

### PCBをとりまく社会

PCB（ポリクロロビフェニル）は無味無臭の油状液体または固体で、“化学的に安定で燃えにくい”“電気的な絶縁性が高い”といった性質を持つことから、かつてはトランスやコンデンサの絶縁体、熱交換器用熱媒体、ノーカーボン紙、顔料、接着剤など、広範な用途で用いられていた。

PCBの有害性が大きく取り上げられるようになったのは、1968年のカネミ油症事件がきっかけであろう。熱媒体として使われたPCBが製造過程で米ぬか食用油に混入し、それを食べた人に皮膚障害、肝機能障害などの油症を発生させた事件である。PCBによる環境汚染の社会問題化を契機として、難分解性、高蓄積性及び慢性毒性といったPCBと類似の性質を持つ化合物、いわゆる「残留性有機汚染物質（POPs：Persistent Organic Pollutants）」による環境の汚染の防止を目的として「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（略して化審法）」が1973年に公布された。PCBは同法が定める「第一種特定化学物質」の一つに指定され、製造・輸入・使用等が厳しく規制されている。

それ以後、カネミ油症事件のような劇的な被害は知られていないものの、依然大量の未処理または保管中のPCB

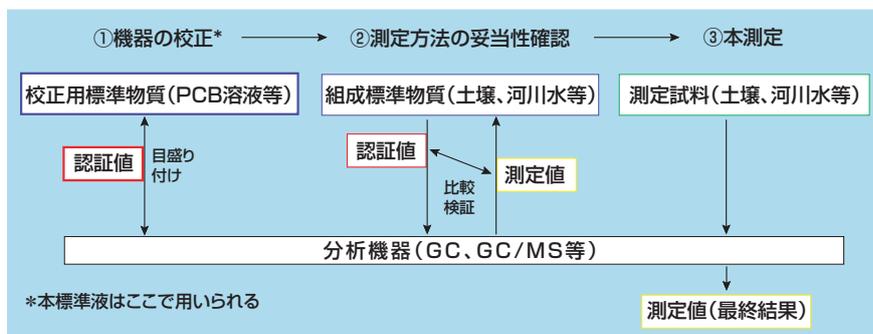


図1 実試料の測定手順と標準物質の利用方法

を含む物質が存在するため、PCBの環境中への拡散が懸念されている。食物連鎖を通じて濃縮されやすく、ヒトの健康や生態系に重大な影響を及ぼす可能性があることから、環境中のPCBには今後も厳重な監視が必要である。

### PCB濃度を測る標準

環境中のPCB濃度を正しく計測し、生態系の保護や、住民の健康への配慮を行うためには、以下に述べるような基準となる標準物質が不可欠となる。

標準物質には、大きく分けて二種類ある。ここで紹介する機器校正用標準物質と、本誌38ページで紹介されている底質標準物質等の組成標準物質である。図1に実際に土壌や河川水等の環境試料を測定する際の手順を示した。試料中のPCB濃度を正しく計測するには、始めに①校正用標準物質を用いて測定機器の校正(目盛り付け)を

行う必要がある。そこで用いられるのが、今回開発したPCB標準液のような校正用標準液である。次に、②校正された分析機器を用いて底質標準物質のような実試料に近い組成を持った標準物質を測定し、正しく測定が行われることを確認する。その後、③本測定を行って試料の最終的な測定値を得ることができる。

ビフェニル分子に含まれる10個の水素原子の幾つか、または全てが塩素原子に置換した構造を持つPCBは、含まれる塩素原子の数や結合位置の違いにより区別される209種類の同族体の総称である。個々のPCBは、1～209の番号で識別されている。産総研では、代表的な6種類のPCB（PCB28、PCB70、PCB105、PCB153、PCB170、PCB194）の濃度を認証した標準液（NMIJ CRM 4206～11）を開発した(図2)。



図2 認証標準物質 PCB標準液

NMIJ CRM	成分	認証値 (mg/kg)	拡張不確かさ (mg/kg)
4206-a	PCB28	10.04	0.17
4207-a	PCB153	10.13	0.17
4208-a	PCB170	9.96	0.20
4209-a	PCB194	9.99	0.16
4210-a	PCB70	9.93	0.18
4211-a	PCB105	9.69	0.23

表 PCB標準液(CRM 4206～11)の認証値と不確かさ

## 認証値の決定方法

認証標準物質の特性値は、国際単位系 (SI) へのトレーサビリティを確保できる方法で決めることが求められている。物質量のSI単位は「モル」であるが、標準液の濃度に係わる量のうち最も正確かつ精密に測定できる量が質量であることから、標準液は質量を正確に測定した原料と希釈溶媒を混合することにより調製される。このような調製方法は「質量比混合法」と呼ばれ、単位質量の標準液に含まれる測定成分の質量が調製値となる。例えばPCB28標準液の調製では、原料の秤量値が5.736 mgで希釈溶媒(2, 2, 4-トリメチルペンタン)の秤量値が0.568964 kgであり、その調製値は、5.736 mg / (0.000005736 + 0.568964) kg  $\div$  10.081 mg/kgとなった。

しかし、この調製値をそのまま標準液の認証値とすることはできない。調製に用いたPCBは市販の試薬の中では高純度のものであるが、若干の不純物は含まれている。そこで認証値は、質量比混合法による調製値に原料の純度値を掛け合わせたものとなる。PCB28の純度は99.55%だったので、認証値は10.081mg/kg  $\times$  0.9955  $\div$  10.04 mg/kgと算出された。

図3 PCB標準液の調製と小分けに使用した機器



原料や溶媒の秤量に用いる天秤は、国際キログラム原器にトレーサブルな分銅を用いて校正した。また、原料の純度決定には、トレーサビリティを確保する一次標準測定法の一つである示差走査熱量計 (DSC) を用いた凝固点降下法を用いた。よって本標準物質の認証値はSIトレーサブルである。図3に、PCB標準液の調製と小分けに使用した機器を示した。

## 認証値の不確かさ

今日紹介した標準物質では、真の値が存在する範囲の推定値を示す不確かさの要因として、原料の純度決定、標準液の調製、アンプルへの小分け、保存安定性などが考えられた。PCB28標準液の場合、原料の純度決定の不確かさが0.26%、その他(調製・小分け・保存安定性)の不確かさが0.81%であった。このふたつの要素を踏まえて数学的に求められた拡張不確かさは、下の式のようになる。

$$\sqrt{0.26^2 + 0.81^2} \times 2 \div 1.7\%$$

拡張不確かさとは、統計的に約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を示す。従って、PCB28標準液の濃度は約95%の確率で10.04  $\times$  (1  $\pm$  0.017) mg/kgの範囲、つまり9.87 mg/kgから10.21 mg/kgの間にあることを表している。表にPCB標準液の認証値と不確かさをまとめた。

## 標準液の供給と国際承認

標準液は、2005年度より供給を開始する予定である。これまで市販のPCB標準液は輸入に頼っていたため、入手には煩雑な手続きと時間が必要だった。本標準物質は国産であるのみならず、国際度量衡局の承認を得た国家標準として登録する計画である。それにより、本標準物質を用いて測定した値は、国際的に通用することになる。

計測標準研究部門 石川 啓一郎

E-mail : [ishikawa-keiichiro@aist.go.jp](mailto:ishikawa-keiichiro@aist.go.jp)

<http://www.nmij.jp/org-std/profile.html>

化技研および物質研在籍中は、質量分析法による生体高分子の一次構造解析に携わり、遺伝子組替えタンパク質のアミノ酸の置換やDNAの塩基の欠損や置換の研究を行う。1998年には、米国NIEHSでHIVを構成するタンパク質の構造解析に参加する。2001年からはNMIJのメンバーとして、有機標準物質の開発・供給に参加。現在は、PCBやDDT標準液の認証標準物質の開発に奮闘中。



# PCB・塩素系農薬類分析用海底質標準物質

## 正確な環境評価のための組成型標準物質

### 底質標準物質の必要性

PCB（ポリクロロビフェニル）や有機塩素系農薬など半揮発性の難分解性有機汚染物質は、環境中に放出されると、河川や海流・大気の循環（高温での蒸発と低温での凝結という一種の蒸留作用をとまなう）・生物への取り込み（環境水/生体内の脂質間の分配および食物連鎖による移行）などを介して地球規模で移動する。移動の過程で大気中における光分解・生体内での酵素分解などをまぬがれたものは、主に海底の堆積物（底質）中に落ち着くことになる。

このように底質が汚染履歴の記録媒体となっていること、底質中の汚染物質が食用となる底棲生物を経て人体に取り込まれる可能性があることなどの理由により、環境モニタリングの対象として底質の重要性は高い。しかし、微量環境分析の信頼性は現状では必ずしも高いとはいえず、より正確な汚染評価のためには分析精度管理の普及が

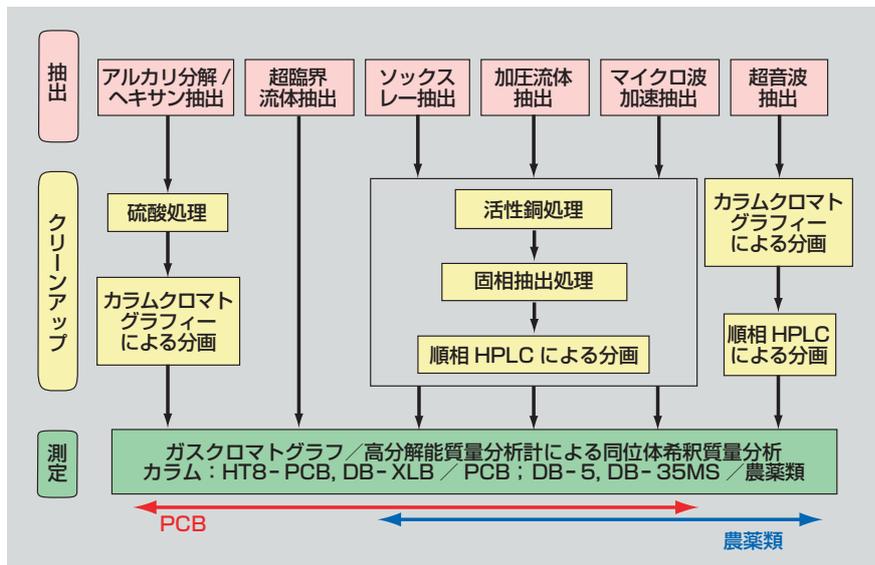


図1 認証に用いた分析法の組合せ

欠かせない。複雑な組成を持つ底質試料などの分析では測定対象外の成分による干渉や妨害が起こりうるので、精度管理のためには適切な標準溶液によって分析機器の校正を行うだけではなく、主な成分が実試料と類似した組成型の標準物質を実際に分析することで分析法の妥当性確認や分析技能の評価を行う必要がある。本研究グループでは様々な組成型標準物質を開発してきたが、今回は新たなPCB・農薬類分析用海底質標準物質について紹介する。

### 標準物質の調製

国内の都市部に隣接する港湾部の底

質を採取して、本標準物質の原料として用いた。採取した試料は風乾した後、粉碎・ふるい分け (<106 μm)・混合均質化を行って褐色ガラスビンに60 gずつ小分けした。さらにこれをガンマ線滅菌し、候補標準物質とした。

### 認証のための精確な分析法の開発

認証の対象となる化合物の濃度決定は、信頼性が高い（SI単位へのトレーサビリティを確保しうる）、一次標準測定法とされる同位体希釈・質量分析法(IDMS法)によって行った。しかし、IDMS法による測定から無条件に精確な分析結果を得られるわけではなく、バイアスを避けるために、複数の最適化ないし妥当性確認のなされた前処理法を適用する必要がある。そこで、アルカリ分解/溶媒抽出法<sup>\*1,\*2</sup>・マイクロ波加速抽出法<sup>\*3</sup>・加圧流体抽出法<sup>\*4</sup>・超臨界流体抽出法などについて操作条件を十分に検討し、それぞれの手法を利用した精確な分析法を確立した。

表1 PCB同族体\*濃度(認証値)

認証項目	認証値 ±不確かさ
CB3	0.15 ± 0.07
CB15	0.31 ± 0.05
CB28	2.9 ± 0.2
CB31	2.26 ± 0.18
CB70	4.0 ± 0.3
CB101	2.6 ± 0.3
CB105	1.27 ± 0.14
CB138	1.92 ± 0.15
CB153	3.2 ± 0.3
CB170	0.92 ± 0.16
CB180	2.4 ± 0.5
CB194	0.62 ± 0.13
CB206	0.15 ± 0.03
CB209	0.16 ± 0.03

単位: μg kg<sup>-1</sup>、不確かさ: 拡張不確かさ (k=2)  
\* IUPAC 表記による

表2 塩素系農薬類濃度(認証値)

認証項目	認証値 ±不確かさ
4,4'-DDT	2.2 ± 0.5
4,4'-DDE	1.79 ± 0.11
4,4'-DDD	3.3 ± 0.3
γ-HCH	0.89 ± 0.12

(単位: μg kg<sup>-1</sup>、不確かさ: 拡張不確かさ (k=2))



図2 海底質標準物質 NMIJ CRM 7305-a (ポリクロロビフェニル・有機塩素系農薬類分析用-低濃度)

## 認証値および不確かさの決定

PCBには塩素数・塩素結合位置の異なる同族体が理論的には209種類、工業製品や環境試料中には百数十種類存在し、それぞれ毒性や物理・化学的特性が異なる。そのような広い対象にできる限り対応し、かつ精度管理に十分役立つものとするために、日本のPCB製品中で比較的存在度の高い同族体を塩素数ごとに最低1種類ずつ認証することとした(表1)。一方、塩素系農薬類については、過去に国内で多量に使用された $\gamma$ -HCHと4,4'-DDT、さらに後者の代謝物である4,4'-DDE、4,4'-DDDの計4種類の化合物を認証した(表2)。

認証値は、前述したように複数の分

表3 準公定分析法によるPCB濃度(参考値)

monoCBs	0.28 - 0.45
diCBs	1.7 - 3.2
triCBs	8.3 - 16
tetraCBs	23 - 37
pentaCBs	13 - 22
hexaCBs	8.4 - 16
heptaCBs	5.7 - 12
octaCBs	0.99 - 4.1
nonaCBs	0.15 - 0.32
decaCB	0.11 - 0.25

(単位:  $\mu\text{g kg}^{-1}$ 、範囲: 95%信頼区間)

析手法(抽出法・クリーンアップ法・GCカラムを各々複数適用)とガスクロマトグラフ/高分解能質量分析計を用いたIDMS法の組合せ(図1)によって得られた各分析値を重み付け平均して求めた<sup>\*5,\*6</sup>。またその不確かさは、測定に関する不確かさと、無作為な抜き取り分析によって別途評価した試料の不均質性に起因する不確かさを合成して求めた。

## 共同分析による参考値

国内では、準公定分析法<sup>\*2</sup>で得られた総PCB濃度(塩素数ごとに求めたPCB同族体濃度の合計)が、底質のPCB汚染の指標とされる。そこで、この分析法の精度管理にも本標準物質を

役立てることができるように、準公定法を用いた12分析機関の共同分析により求めた塩素数ごとのPCB濃度を参考値として付与した(表3)。

## 本標準物質への期待

標準物質NMIJ CRM7305-a(図2)は2004年11月に認証を終え、一般に頒布を開始したところである<sup>\*7</sup>。2003年度に認証された類似の標準物質CRM7304-a(汚染濃度がより高い)とともに本標準物質が活用されることによって国内分析機関等でのPCB等の分析の信頼性が向上し、ひいてはより適切な環境リスク評価などが可能となることを期待している。

### 関連情報

- \*1 M. Numata et al.: Chemosphere, Vol.58, p865-p875 (2005).
- \*2 環境庁水質保全局水質管理課: 外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル(水質・底質・水生生物), (1998).
- \*3 M. Numata et al.: Anal. Sci., Vol.20, p793-p798 (2004).
- \*4 鎗田ほか: 分析化学, Vol.52, p1011-p1017 (2003).
- \*5 M. Numata et al.: Organohalogen Compounds, Vol.66, p480-p485 (2004).
- \*6 鎗田, 沼田: 環境と測定技術, Vol.31, No.4, p57-p60 (2004).
- \*7 <http://www.nmij.jp/kosei/user/crm.html>

## 計測標準研究部門 沼田 雅彦

E-mail: mas-numata@aist.go.jp  
<http://www.nmij.jp/envnm-std/profile.html>

バイオレメディエーション技術の開発や塩素安定同位体の地球化学・環境化学的研究など、紆余曲折を経て産総研に採用される。今後とも、環境分析用などの信頼性の高い標準物質を開発することによって、不正確な化学分析によって生じる社会的な不利益を少しでも減らしていきたいと考えている。(なお、いつか全く新しい原理の分析法を開発して国際比較試験へ適用し、海外の国家計量研究機関の鼻をあかしてやろうというのが現在の密かな野望である。)



## 役員の報酬等及び職員の給与の水準に関する情報

独立行政法人 産業技術総合研究所の役職員の報酬・給与等について

### I 役員報酬等について

#### ① 役員の報酬等の支給状況

役名	平成16年度年間報酬等の総額				就任・退任の状況	
	千円	千円	千円	千円	就任	退任
理事長	24,401	15,477	5,803	3,121		
理事 (10人)	183,507	115,930	42,452	25,125		平成17年3月31日2名
理事 (非常勤) (1人)	0	0	0	0		
監事 (1人)	14,096	8,833	3,253	2,010		平成17年3月31日1名
監事 (非常勤) (1人)	1,200	1,200	0	0		平成17年3月31日1名

注：「その他」欄には手当等が支給されている場合は、例えば通勤手当の総額を記入する。

#### ② 役員の退職手当の支給状況（平成16年度中に退職手当を支給された退職者の状況）

区分	支給額(総額)	法人での在職期間	退職年月日	業績勘案率	摘要
理事長	0	年 月			該当者なし
理事A	10,148	4.0	平成17年3月31日	-	産総研役員退職手当規程に基づき支給。支給額には、業績勘案率が決定されてから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない。
理事B	10,148	4.0	平成17年3月31日	-	産総研役員退職手当規程に基づき支給。支給額には、業績勘案率が決定されてから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない。
理事A (非常勤)	0	年 月			該当者なし
理事B (非常勤)	0	年 月			該当者なし
監事A	1,901	2.0	平成17年3月31日	-	産総研役員退職手当規程に基づき支給。支給額には、業績勘案率が決定されてから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない。
監事B	0	年 月			該当者なし
監事A (非常勤)	0	年 月			該当者なし
監事B (非常勤)	0	年 月			該当者なし

注：「摘要」欄には、独立行政法人評価委員会による業績の評価等、退職手当支給額の決定に至った事由を記入する。

### II 職員給与について

#### ① 職種別支給状況

区分	人員	平均年齢	平成16年度の年間給与額(平均)			
			総額	うち所定内	うち通勤手当	うち賞与
常勤職員	2,489	44.8	8,964	6,588	87	2,376
事務・技術	605	41.7	6,753	4,897	103	1,856
研究職種	1,871	45.7	9,699	7,150	83	2,549
医療職種(医師)	0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (看護師)	0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種 (高等専門学校教員)	0	歳	千円	千円	千円	千円
その他医療職種	7	44.1	6,106	4,379	44	1,727
技能・労務職種	6	58.3	6,165	4,435	38	1,730

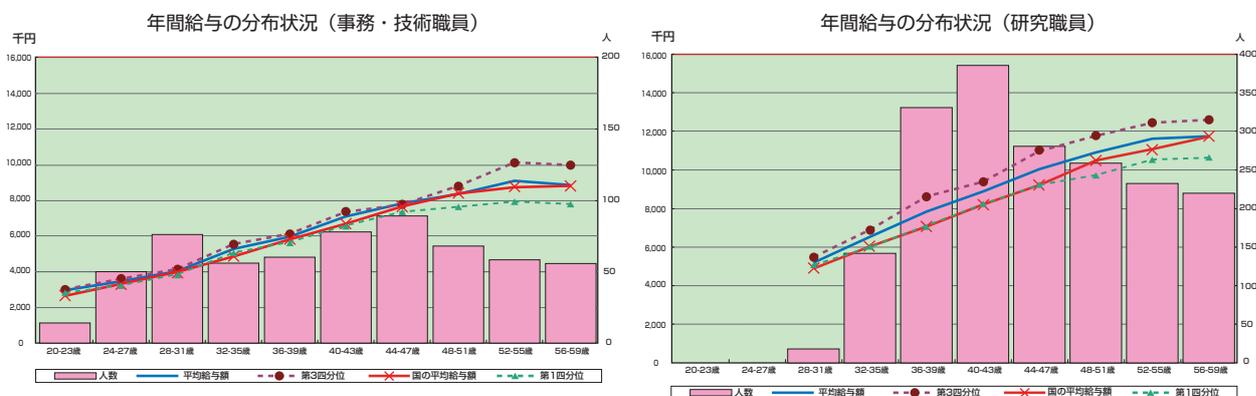
注：技能・労務職種とは、旧国研時代の行政職(二)相当職員である。

区分	人員	平均年齢	平成16年度の年間給与額(平均)			
			総額	うち所定内	うち賞与	
					うち通勤手当	うち賞与
在外職員	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
任期付職員	人 252	歳 37.3	千円 8,028	千円 5,838	千円 81	千円 2,190
事務・技術	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
研究職種	人 252	歳 37.3	千円 8,028	千円 5,838	千円 81	千円 2,190
医療職種(医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種(看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種(高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
再任用職員	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
事務・技術	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
研究職種	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種(医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種(看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種(高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
非常勤職員	人 341	歳 37.3	千円 3,428	千円 3,428	千円 61	千円 0
事務・技術	人 134	歳 40.9	千円 1,931	千円 1,931	千円 75	千円 0
研究職種	人 207	歳 34.9	千円 4,398	千円 4,398	千円 53	千円 0
医療職種(医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種(看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種(高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円

注：常勤職員については、在外職員、任期付職員及び再任用職員を除く。

## ② 年間給与の分布状況

(事務・技術職員)〔在外職員、任期付き職員及び再任用職員を除く。以下、⑤まで同じ。〕



注：①の年間給与額から通勤手当を除いた状況である。以下⑤まで同じ。  
研究職員の24歳～27歳の該当者は一名のため、当該個人に関する情報が特定されるおそれのあることから記載を省略した。

## (事務・技術職員)

分布状況を示すグループ	人員	平均年齢	四分位	平均	四分位
			第1分位		第3分位
代表的職位	人	歳	千円	千円	千円
○ 主幹・室長代理	81	50.1	7,613	7,910	8,117
○ 職員	128	27.5	3,364	3,672	3,970

## (研究職員)

分布状況を示すグループ	人員	平均年齢	四分位	平均	四分位
			第1分位		第3分位
代表的職位	人	歳	千円	千円	千円
○ 主任研究員(リーダークラス)	279	48.6	10,551	11,139	11,939
○ 主任研究員	974	45.8	8,471	9,426	10,244
○ 研究員	301	36.5	6,162	6,621	7,054

## ③ 職級別在職状況等(平成17年4月1日現在)

## (事務・技術職員)

区分	計	5級	4級	3級	2級	1級
標準的な職位		部門長	部長、室長	室長代理、主幹、主査 事務マネジャー	主査、事務マネジャー	職員
人員 (割合)	人 605	人 6 (1.0%)	人 60 (9.9%)	人 269 (44.5%)	人 142 (23.5%)	人 128 (21.2%)
年齢 (最高～最低)		歳 55～45	歳 59～41	歳 59～38	歳 56～31	歳 31～21
所定内給与年額 (最高～最低)		千円 9,578～8,606	千円 8,799～6,459	千円 6,826～4,432	千円 4,832～3,169	千円 3,391～1,978
年間給与額 (最高～最低)		千円 12,891～11,675	千円 11,803～8,834	千円 9,292～6,195	千円 6,721～4,394	千円 4,609～2,773

## (研究職員)

区分	計	5級	4級	3級	2級	1級
標準的な職位		研究ユニット長 副研究ユニット長	研究グループ長 研究チーム長 主任研究員	主任研究員 研究員	研究員	研究員補
人員 (割合)	人 1,871	人 751 (40.1%)	人 566 (30.3%)	人 482 (25.8%)	人 72 (3.8%)	人 0 (0%)
年齢 (最高～最低)		歳 59～38	歳 59～35	歳 59～32	歳 51～27	歳 -
所定内給与年額 (最高～最低)		千円 11,757～6,445	千円 8,464～5,259	千円 7,205～4,124	千円 4,859～3,139	千円 -
年間給与額 (最高～最低)		千円 15,813～8,800	千円 11,155～7,240	千円 9,774～5,742	千円 6,770～4,391	千円 -

## ④ 賞与(平成16年度)における査定部分の比率

## (事務・技術職員)

区分		夏季(6月)	冬季(12月)	計
管理職員	一律支給分(期末相当)	59.2%	63.0%	61.2%
	査定支給分(勤勉相当)(平均)	40.8%	37.0%	38.8%
	(最高～最低)	(45.4～30.8)%	(41.6～27.5)%	(43.4～29.3)%
一般職員	一律支給分(期末相当)	67.6%	70.6%	69.2%
	査定支給分(勤勉相当)(平均)	32.4%	29.4%	30.8%
	(最高～最低)	(41.2～27.0)%	(37.5～24.5)%	(39.3～25.7)%

(研究職員)

区分		夏季(6月)	冬季(12月)	計
管理職員	一律支給分(期末相当)	58.9%	62.6%	60.8%
	査定支給分(勤勉相当)(平均)	41.1%	37.4%	39.2%
	(最高～最低)	(51.8～28.4)%	(48.0～25.8)%	(49.8～27.0)%
一般職員	一律支給分(期末相当)	67.5%	70.5%	69.0%
	査定支給分(勤勉相当)(平均)	32.5%	29.5%	31.0%
	(最高～最低)	(45.0～27.7)%	(41.2～25.1)%	(43.0～26.4)%

⑤ 職員と国家公務員及び他の独立行政法人との給与水準(年額)の比較指標

(事務・技術職員)	対国家公務員(行政職(一))	103.0	(研究職員)	対国家公務員(研究職)	106.3
	対他法人(事務・技術職員)	96.1		対他法人(研究職員)	103.1

注:「対他法人」は、すべての独立行政法人を一つの法人とみなした場合の給与水準との比較

## Ⅲ 総人件費について

区 分	当年度	前年度	比較増△減		中期目標期間開始時(平成13年度)	
	(平成16年度)	(平成15年度)	千円	(%)	からの増△減	(%)
給与、報酬等支給総額 (A)	31,562,305	31,120,100	442,205	(1.42)	-1,466,641	(-4.44)
人件費 (A)+退職手当繰入+法定福利厚生費)	34,420,917	33,914,765	506,152	(1.49)	-1,419,450	(-3.96)
最広義人件費	44,128,098	42,151,586	1,976,512	(4.69)	4,362,682	(10.97)

## Ⅳ 報酬・給与の考え方、改定について

## 1 平成16年度における役員報酬・職員給与の改定の概要

区 分	改定の有無	改定率(平均)	本俸の主な改定内容	手当の主な改定内容
法人の長	無			
役員(常勤)	無			
役員(非常勤)	無			
職員	無			

## 2 役員報酬

## ① 平成16年度における役員報酬についての業績反映のさせ方

理事長の業績反映額は、経済産業省独立行政法人評価委員会(評価委員会)の業績評価を踏まえ決定する。  
その他の役員の業績反映額は、評価委員会の項目別の業績評価及び役員としての業務に対する貢献度等を総合的に勘案し、理事長が決定する。

## ② 役員報酬水準の改定内容

理事長	改定無
理事	
理事(非常勤)	
監事	
監事(非常勤)	

## 3 職員給与

## ① 人件費管理の基本方針

中期目標期間中の人件費総額見込み内において管理する。人件費総額に対して、管理部門の人件費が占める割合を抑制する。

## ② 職員給与決定の基本方針

ア 給与水準の決定に際しての考慮事項とその考え方

独立行政法人通則法第57条を基本として、人事院給与勧告等を考慮し決定する。

イ 職員の発揮した能率又は職員の業務成績の給与への反映方法についての考え方

毎年度行う短期評価(目標設定管理型)と一定の評価対象期間を経て行う長期評価からなる評価制度により業績評価を実施する。

短期評価の結果は、賞与の一部である業績手当に反映。長期評価の結果は、昇格、昇給により俸給等に反映。

[能率、勤務成績が反映される給与の内容]

給与種目	制度の内容
賞与：勤勉手当 (査定分)	短期評価の結果を次年度の賞与に反映。業績手当の額は、評価期間の属する3月31日における基準給与等を基礎額として100分の50から100分の200(特定職員は100分の250)の範囲内で決定。 業績が極めて顕著な場合は、基礎額の100分の500の範囲内で決定することができる。

ウ 平成16年度における給与制度の主な改正点

平成16年度人事院勧告に準じて改正(寒冷地手当の改正)。

## Ⅴ 法人が必要と認める事項

特になし

## 第4回産学官連携推進会議 開催される

6月25日・26日の両日、京都国際会館で内閣府等の主催による産学官連携推進会議が開催されました。

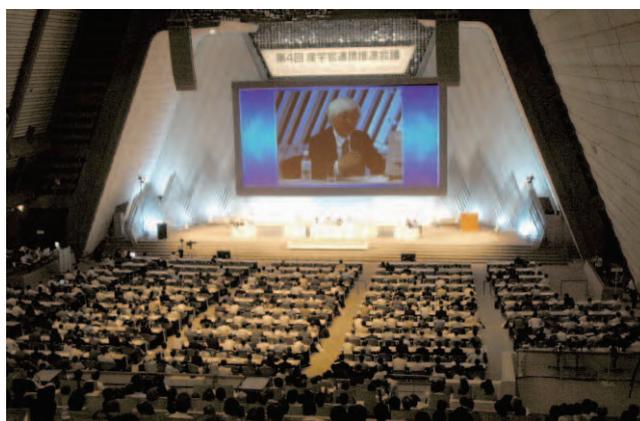
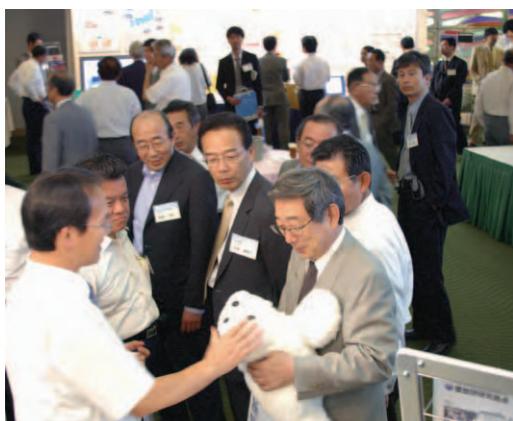
回を重ねるごとに規模を拡大してきたこの会議ですが、今年は、産学官各界の関係者約3,200名が集いました。

今年の会議では、1日目にメインホールで行われた、第1分科会の主査を産総研の吉川理事長が努めました。各界のパネリストからの活発な意見交換が行われたこの分科会での検討課題は、

「新たな産学官連携の取り組み」と、「人材の育成と活用」でした。人材の問題は、産学官いずれの側からも重大なテーマとして認識されていました。「即戦力になる人材の育成」が大学に求められる一方、「育てた人材に相応な職場」が用意されていないという問題があり、理系の学生・院生・博士の採用と処遇を、企業・大学経営側がさらに考えていかなければならない状況が指摘されました。これらの問題の解決に

は、まさに産学官の連携が不可欠であり、その要となる立場にわが産総研が位置しているといえます。産総研の掲げる「本格研究」のネットワーク拡大が問題の解決の糸口といえるかも知れません。

同会場には、産総研のブースも出展され、製品として成功をおさめた研究成果の一例ともいえる癒し系ロボット「パロ」の展示に、多くの参加者が詰めかけていました。



## 地質調査総合センターシンポジウムを開催

6月28、29日の両日、第1回・第2回地質調査総合センターシンポジウムを開催しました。

28日の第1回は「高く乏しい石油時代が来た」のタイトルで、スタンフォード大学 Amos Nur 教授を迎え、石井吉徳 富山国際大教授、箱崎慶一 資源エネルギー庁石油精製備蓄課長らの日米の専門家による基調講演、及びパネル討論会を行ないました。おりしも、原

油価格が1バレルあたり60ドルを突破するという状況の中、約270名と多数の参加者があり、資源としての石油論のみならず、マスメディアとの関係や、環境問題との関係等、活発な討論が行なわれ、大盛況かつ非常に意義のあるシンポジウムとなりました。

29日の第2回は「地震考古学の果たす役割」のタイトルでスタンフォード大学 Amos Nur 教授、関西センター 寒

川 旭氏による講演・意見交換を行ないました。国内の専門家が多く集まり、巨大地震の研究にあたって、古地震研究の重要性、地質学的・考古学的な地震研究の重要性について議論が深まりました。



## サイエンス・スクエア つくば、土日祝日もオープン

産総研の研究成果をより多くの方々に知っていただくための常設展示施設「サイエンス・スクエア つくば」が、7月から土・日及び祝日も開館することになりました。

「サイエンス・スクエア つくば」は、産総研の研究成果物を実際に見て・触れて・体験していただける常設展示施設です。現在公開中のテーマについては「サイエンス・スクエア つくばガイド」に掲載しておりますので、どうぞご覧下さい。

開館時間：午前9時30分から午後5時

休館日：毎週月曜日(祝日に重なる場合は火曜日)年末年始(12月28日から1月4日まで)

入館料：無料

ツアーガイド：所要時間 約90分(午前10時からと午後2時からの2回)

※団体見学の場合は、事前予約をお願いします。

住所：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1 中央第1 中央本館1F

問い合わせ先：広報部展示業務室 TEL 029-862-6215

サイエンス・スクエア つくば ガイドURL：

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



## ヒューマンストレス産業技術研究会のお知らせ

私たちは絶えずストレスにさらされて生活しています。社会、人間生活に伴うストレスをはじめ、有害化学物質、



ウイルス、細菌、紫外線など多種多様なストレスがあふれ、私たちの健康や安全で快適な生活をおびやかしています。

ヒューマンストレス産業技術研究会は、このようなストレスを広い角度から理解し、ストレスにより生じる傷害を克服する技術を開発し、21世紀の豊かな人間生活を維持・向上するための新しい総合健康産業を創生するために発足しました。それ以来、ヒューマンストレスシグナル研究センターを中核

として産業界と大学・研究所の連携の下、これまで6回の講演会と個別テーマを発展させるための分科会の運営を行ってきました。次回の講演会は「ストレスと精神疾患」をテーマに本年9月20日に関西センターで開催されます。臨床から基礎に至るこの分野の専門家の方々に御講演をいただく予定です。詳しくは以下のURLを参照下さい。

<http://unit.aist.go.jp/hss-center/stresstech/mainj.htm>

## ライブセルイメージング講習会のお知らせ -実習受講者募集-

最新の光学顕微鏡による生細胞のイメージング技術の普及を目指し、実際に参加者自身が最新の顕微鏡に手を触れイメージング技術を学ぶ講習会を開催します。最新の共焦点顕微鏡、2光子顕微鏡を使い、細胞と脳スライスのイメージング手法を体験して頂きます。

日時：平成17年10月11～14日

対象：ポスドク、企業の研究者・技術者、大学教員、大学院生、研究所職員など

場所：産業技術総合研究所 つくばセンター

定員：講義+実習20名程度(講義の聴講のみも可能)

問い合わせ先：脳神経情報研究部門 加藤薫(livecell@m.aist.go.jp)

申込み方法、参加費等はHPをご参照下さい。(URL：<http://staff.aist.go.jp/k-katoh/livecell/livecell>)

主催：産業技術総合研究所(脳神経情報研究部門、産官学連携推進部門) バイオイメージング学会

協力：オリンパス(株)、カールツァイス(株)、(株)ニコンインステック、横河電機(株)、同仁化学(株)

講師：寺川進(浜松医大)、高松哲郎(京都府立医大)、岡部繁男(東医歯大)、船津高志(東大)、加藤薫・清未和之(産総研)、

中田竜男(オリンパス)、石館文善(カールツァイス)、陸川克二・長谷川茂(ニコンインステック)、蛭川英男(横河電機)、他

実習：生物顕微鏡(蛍光、共焦点、2光子、高速共焦点、位相差、微分干渉、エバネッセンス、スペクトル顕微鏡等の光学顕微鏡)

観察技術(GFP標識分子の観察、FRAP、スペクトル計測、タイムラプス観察、Ca<sup>2+</sup>濃度計測、脳スライスでのシナプス観察など)、

顕微鏡メーカー各社の新技術の紹介

産総研一般公開のお知らせ

※日程や内容は予定です。変更される場合があります。

8月20日 東北センター

10時00分～16時00分(入場受付終了: 15時30分)  
問い合わせ: 東北産学官連携センター TEL: 022-237-5218

「ようこそ!カガクのセカイへ」

- 特別展示 ギネス公認!! 癒し系ロボット「パロ」
- Dr. 産総研のおもしろ科学講座
  - ・無重力を体感する
  - ・化学の不思議・電気の不思議
  - ・ペットボトルでリサイクル
- 実験・体験コーナー
  - ・光る絵の具でお絵かき
  - ・二酸化炭素の化学
  - ・粘土でできた世界最大スクリーン
  - ・膜でつくる、ビールからウオッカ
- ・極微量物質を目で見て測ろう
- 研究紹介展示コーナー  
当センターの研究内容をご紹介します。

10月1日 四国センター

9時30分～16時00分  
問い合わせ: 四国産学官連携センター TEL: 087-869-3530

- サイエンス実験ショー  
演題「未定」  
(講師:九州センター所属 松田直樹)
- おもしろ体験コーナー  
・「ハンコ名人」
- 展示デモ「アザラシ型ロボット パロ」
- 展示コーナー
- サイエンスツアー  
「センター内各施設、装置等の見学案内」
- 四国センター開催の公開実験
- ブリクラうちわ

10月21日 中国センター

9時30分～16時00分  
問い合わせ: 中国産学官連携センター TEL: 0823-72-1944

「なんでも科学する心」

- サイエンスショー  
科学捜査隊 西村隊長のおもしろサイエンスショー  
・ハイパーペーパープーメラン実験  
・風船まきまき実験 など
- 科学講座  
・みんなのヒーローを科学する&なんでも子供相談室  
SF作家の柳田理科雄先生が素朴な疑問にお答えします!  
・怪獣はなぜ火が吐けるの?  
・分身の術は本当にできるの?
- 体験型実験教室  
伝説の授業再び・・・!牧原博士の「無重力を知ろう!」  
・スペースシャトルのスピードってどのくらい?  
・エレベータで降りる時の「ふわっ」って何?
- 研究紹介  
バイオマスのほか、当センターの研究成果をご紹介します。
- 瀬戸内海大型巨大模型  
世界最大級の水理模型で、瀬戸内海を一周してみよう!
- 特別ゲスト  
ギネス認定世界一の癒しロボット パロ 再登場です!  
その他にも瀬戸内海の問題についての講演や産総研技術セミナーなど、研究成果を広くご紹介いたします。

7月10日現在

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/event/event\\_main.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html)

EVENT Calendar

2005年8月 → 2005年10月

●は、産総研内の事務局です。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
<b>8 August</b>			
5~7日	環境広場 さっぽろ 2005	札幌	011-272-1282
11日	産総研四国センター研究講演会 - 第4回「次世代バイオ・ナノ産業技術研究会」 -	香川	087-869-3530●
25~26日	第19回 流動層技術コース	札幌	029-861-8223●
<b>9 September</b>			
7~9日	バイオジャパン 2005	神奈川	03-5541-2731
11~13日	EJIPAC 2005 ワークショップ	東京	03-5452-5332
18~20日	地質情報展 2005 きょうと -大地が語る5億年の時間-	京都	029-861-3754●
20日	ヒューマンストレス産業技術研究会第7回講演会「ストレスと精神疾患」	大阪	072-751-9991●
21~22日	TXテクノロジー・ショーケース ツクバ・イン・アキバ 2005	東京	03-3837-4723
<b>10 October</b>			
9~14日	2005 国際石炭科学技術会議 (2005 ICCS&T)	沖縄	029-861-8423●
13~14日	北陸技術交流テクノフェア 2005	福井	0776-36-8284
14~16日	きたのくに いきいき福祉健康フェア 2005	札幌	011-867-2005
20~21日	第二回システム検証の科学技術シンポジウム	大阪	06-4863-5022●

# 愛・地球博「プロトタイプロボット展」で 産総研のロボットテクノロジーが大好評



6月6日～19日の期間、「愛・地球博」の催しのひとつとして、「プロトタイプロボット展（出展：NEDO技術開発機構）」が開催されました。

この期間、モリゾー・キックロメッセには、日本全国から65種類ものプロトタイプロボットが一同に集合しました。その中には産総研が技術を提供している「探査型ヒューマノイドロボット HRP-2」、「合体変形ロボット M-TRAN III」、「アクロバット飛行船ロボット」なども含まれ、多くの方に実際の動作、デモンストレーションをご覧いただきました。

また、18日には「プロトタイプロボット展」の一環として「ロボット・キッズ・スタジオ」が開催され、子供たちを前に最先端技術を活用したロボットの仕組みや、未来などについて、産総研の比留川知能システム研究部門副部門長がロボット博士として解説しました。実際に恐竜ロボットに使われている軽量なパーツや、モーターなどを見せながらの分かりやすい説明に、子供たちも納得の表情でした。

タレントの眞鍋かをりさんとNHK解説委員の矢田部雅嗣さんによる楽しい司会も加わり、ロボット技術を身近に感じられたイベントとなりました。



アクロバット飛行船ロボット



合体変形ロボット M-TRAN III



メンタルコミットロボバロ



恐竜型ロボット



探査型ヒューマノイドロボット HRP-2 No.10

ナノテクノロジー研究部門の大山主任研究員は、界面の研究から、現在はポリ乳酸の研究に取り組み、環境に優しい新規な生分解性プラスチックの開発に従事しています。

この度、生分解性プラスチックについて汎用性樹脂と同等以上の性能にすることに成功しました。

大学の卒論で高分子に関わる研究に携わって以来、15年間のアメリカ生活を含めて一貫して高分子系複合体の研究を行ってきました。アメリカで耐熱性高分子と炭素繊維から成るスペースシャトル用複合体の研究をしていた時、界面（異なる物質が接している境界面）を制御する重要性に気づき、このごく限られた領域が複合体全体の機械特性を支配する現象に大きな興味を抱きました。さらに、高分子間で水素結合やクーロン力などが作用する高分子間錯体の研究、高分子界面で反応を伴うブレンド法の基礎研究等の積み重ねが現在の研究に非常に役立っています。

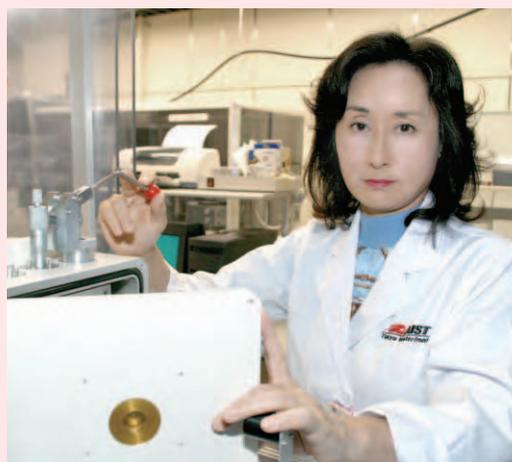
現在、「高分子の高性能化」を目指し、ターゲットを「ポリ乳酸」に絞って研究を行っています。ポリ乳酸はコーンやイモ類から得られる乳酸を原料にして生成される植物由来樹脂であり、土に埋めると水と二酸化炭素に分解する生分解性樹脂でもあるので、新しい環境素材として大きな注目を集めています。

このポリ乳酸を用いた第一の研究テーマは「硬いが脆い」というポリ乳酸の実用化での課題を解決するための物性改良です。そこで、界面で反応を伴う手法で複合化を行った結果、ポリ乳酸100%の場合の約50倍、石油由来で耐衝撃性樹脂の代表格として知られているABS樹脂と比較しても約5倍もの衝撃強さを有するポリ乳酸系樹脂組成物を創出することに成功しました。この驚異的な衝撃強さの発現機構について現在、さらに詳細な検討を重ねているところです。

また、ポリ乳酸は生体適合性、生体内分解性、生体吸収性を有する特異な材料でもあり、医療分野でも様々な用途への検討が行われています。現在、第二の研究テーマとして優れた物性を有する新規医療材料を創出することを目指して研究を行っています。たとえば、脆弱なポリ乳酸を主成分としながら、金属のように延性でかつ形状セット性（望んだ形状に変形でき、それを保持すること）を有する材料などを創出し、金属の代替材料としての可能性を検討しています。

高分子材料の高性能化を行うには、新たな合成法を開拓して優れた物性を有する新規材料を創出するという手法よりも、現存する高分子をもとに複合化して優れた物性を作り出すという手法が現在主流になっています。このような不均一系高分子複合体による高性能化には「界面制御」が最重要となります。この界面制御技術の構築という視点に立って、高分子材料の無限の可能性を信じて、今後とも「高分子の高性能化」に挑戦していくつもりです。

現段階では国内市場規模が5万トン程度と言われているポリ乳酸ですが、大量生産により今後、大幅な価格の下落が見込まれており、石油由来樹脂との価格差も問題ではなくなると考えられています。さらに2010年には市場規模20万トンを突破するという見通しも立てられています。このような時代に産総研でポリ乳酸の研究に携わる者として、少しでも産業界のお役に立てるよう今後とも粉砕、努力を重ねていく所存です。



大山 秀子 ナノテクノロジー研究部門 主任研究員



産総研は、愛・地球博にさまざまな技術を提供しています  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/pr/expo/](http://www.aist.go.jp/aist_j/pr/expo/)

産総研  
TODAY

2005 August Vol.5 No.8

(通巻55号)  
平成17年8月1日発行



独立行政法人  
産業技術総合研究所

編集・発行  
問い合わせ

独立行政法人産業技術総合研究所  
広報部出版室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212

E-mail : prpub@m.aist.go.jp

ホームページ

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

● 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。● 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。

