

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

10

2008
October

Vol.8 No.10

特集

02 本格研究 理念から実践へ

座談会：リアルワールドへの科学の挑戦

生活の安全・安心に役立つ環境標準物質の開発

探査技術の向上による長期環境評価の実現

南海地震の長周期地震動予測

数理的検証技術の実用化を目指して

次世代生活支援ロボット用ソフトウェア基盤技術の普及戦略

リサーチ・ホットライン

- 20 軽くて曲がる太陽電池で効率 17.7 % を達成
曲面にも貼れる高性能な太陽電池シールも可能に
- 21 可視光応答性酸化タングステン光触媒の開発
さまざまな揮発性有機化合物を完全に酸化分解
- 22 有機素材の表面を簡単な成型プロセスで超撥水性へ
テフロン表面の撥水性をさらに増強
- 23 本格的測定を開始したアボガド国際プロジェクト
²⁸Siによるキログラムの再定義

パテント・インフォ

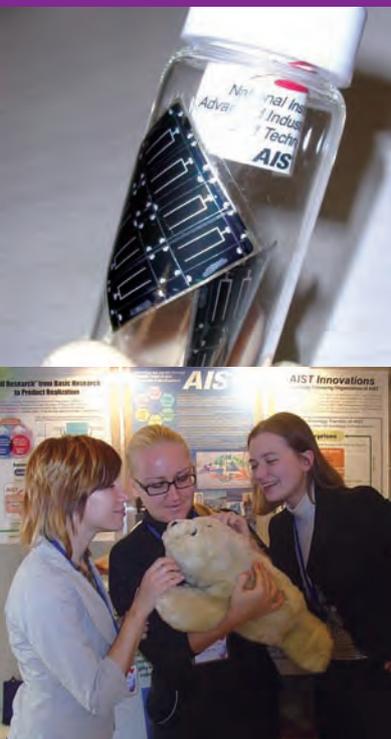
- 24 マニピュレーターの動作予告装置
ロボットの作業対象物を前もって教えてくれる装置
- 25 噴霧液滴の高精度粒径分布測定
さまざまな噴霧に適用可能なサンプリングプローブの開発

シリーズ

- 26 男女共同参画プログラム(第1回)
座談会：研究所でキャリアカウンセリングを行って

テクノ・インフラ

- 30 地下微生物によって作られるメタン
メタンの水素同位体比から微生物活動を読み解く
- 31 蛍光X線分析法による土壌環境評価
土壌環境施策で求められる簡易調査法の最初のJIS規格
- 32 粘度の標準とトレーサビリティ
JCSS制度による粘度標準の新しい供給体制



座談会：

リアルワールドへの科学の挑戦



吉川 弘之

理事長

成川 知弘
田村 亨
吉見 雅行

計測標準研究部門
地質情報研究部門
活断層研究センター

小野 晃
矢部 彰
小林 直人
赤松 幹之
内藤 耕

副理事長
広報担当理事（司会）
理事
人間福祉医工学研究部門長
サービス工学研究センター次長

矢部 今回は12回目の座談会になります。計測標準研究部門、地質情報研究部門、活断層研究センターの3人の若手研究員に来ていただきました。まず、成川さんから研究の内容を紹介してください。

標準物質開発のための分析技術の高度化

成川 私は計測標準研究部門に所属していますが、最終的な目標は「社会の安全・安心を守るために役立つ標準物質の開発と供給維持」です。標準物質が製品に相当する訳ですが、その前段階で、標準物質開発に有用となる高度な分析技術の確立が必要となってきます。そのため、基礎研究である「分析技術の高度化」と「標準物質開発」が常に交互に行われています。私はひ素分析の高度な技術化を念頭に置いて研究を進めてきました。ひ素は毒物ですから、正確な分析が必要とされます。ところが、ひ素といっても環境中には多種多様な化合物が存在しており、その化学形態によって毒性や分析感度が異なります。しかしこれまでは、化学形態が違っていても、ひ素を測る基準は無機ひ素化合物であるJCSS（Japan Calibration Service System）ひ素標準液しかありませんでした。そこで、私

は化合物までを考慮した分析技術の確立を目指しました。

まず、無機ひ素化合物の三価と五価の違いの解明です。三価と五価はICP（Inductively Coupled Plasma）を用いた原子スペクトル分析法では、「分析感度差はない」とされていました。私は10年ほど前にこの2つに分析感度差があることに気づいたわけですが、それを証明する手だてがありませんでした。産総研に入所して、原理理論の異なる装置を使えたことや、豊富な知識を持った研究者の方に恵まれたこともあって、世界で初めてICPを用いた分析において、ひ素の三価と五価で分析感度差があることと、その機構を解明することができました。これは、これまでの常識を覆す内容にもなり、今、分析化学会などでも注目いただいています。また、企業との共同研究なども進んでいますし、技術として、知識として、いろいろなところに波及効果があったのではないかと考えています。

もう1つは、有機ひ素化合物のSI（International System of Units）にトレーサブルな分析方法の確立です。有機ひ素化合物は食品や環境中に多く含まれています。しかし、これまで有機ひ素化合物を測る手だてがありませんでした。私は、有機ひ素化合物を前処

理によって無機ひ素化合物とし、JCSSひ素標準液を基準にSIトレーサブルな分析方法を確立しました。そして、それをもって有機ひ素化合物の標準物質を初めて供給することができました。これによって、環境や食品に含まれる有機ひ素化合物をSIトレーサブルに定量できるようになり、食品や環境化学の分野などで役立っていると信じています。

こういった標準物質の開発と供給を今後も続けていきたいと考えておりますし、これをもって最終的には国民生活の安全・安心の一端を担えればと思っています。

理事長 標準物質の開発のためには高度な分析技術が必要である、したがって、分析技術の高度化の研究をするという、このシナリオは正しいですね。既存のICP質量分析で三価と五価の違いを解明できるのではないかと思ったのですね。

成川 はい。ICP質量分析法は最も感度が高く、優れた分析法の1つです。ICPは熱源に高温のプラズマを利用しているので、その中に化合物などが入っても、価数などとは無関係にイオン化された質量として検出されるというのがこれまでの考えでしたが、その

挙動が何か違うのではとずっと考えていました。しかし、それを証明する手だてが産総研に入所するまでなかったということです。

小野 2番目の話は、無機ひ素と有機ひ素を分離して測れるということですか。

成川 そうです。有機物と無機物を分けて測れる場合はよいのですが、混在していると、入っている割合によっても分析感度差が違うのでなかなか測りにくい。総量としてどのように測れるかを検討して、分析手法として確立していったということです。

赤松 これまで有機ひ素の標準物質がなかったというのは、食品の世界で問題になっていなかったからですか。

成川 測るためには、技術、装置の感度の問題と基準が必要です。私は入所してから有機ひ素化合物の1つであるアルセノバタインの基準液を標準物質として開発したのですが、これまでは国内にそういう標準物質がなかったので、食品の中に入っているのかを測りたくても正確に測る手だてがなかったのです。今は、技術と基準の両方がそろって測れるようになりました。

赤松 どの標準物質を選ぶかは、研究者の判断ですか。

成川 はい。ニーズというか、マーケティング的な調査はしています。どういふものが必要なのか、どういう業界が求めているのか。法律的に、今まではなかったけれども測れるようになったから新たに追加される、測れるようになったから規制が1桁^{ひた}下げられるというケースもありますので、必要性かつ重要性のあるものからなるべく先に供給しています。

理事長 この5年間で一番困ったことは何でしたか。

成川 もともとないものをつくるということですから比較するものがないこと、仮にそれが標準物質とされた場合、皆さんに使っていただくわけですから、その値を間違えることができない。楽しさと同時に怖さというか、プレッシャーというか、正直、その日々でした。

小野 国際比較をする相手はまだいないのですか。

成川 昨年からCCQM（物質質量諮問委員会）という国際比較で、有機ひ素化合物の1つであるアルセノバタインについての国際比較が行われています。アジア地域などを含め10数カ国が参加していますが、ひ素分析に関しては、日本は世界でもトップクラスにいると思います。

化学物標準物質を
供給することで、
国民生活の安全・安心の
一端を担いたい。

成川 知弘
なるかわ ともひろ



新しい研究と開発の定義

―第2種基礎研究を軸に本格研究へ―

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

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

将来予測や
社会への提言に
つながる地質研究に
取り組んできた。

田村 亨
たむら とおる



矢部 計測の分野でも、社会の情勢から化学形態まで分析しなければいけないということですね。ひ素の解析法が、まさに基礎研究で、これはいけるのではないかと踏ん張って、死の谷を仲間と一緒にすばらしい装置を使って越えて、発表して、みんなにたたかれながらここまで来たという、本格研究の1つの典型だと思ってお聞きしていました。

小野 ひ素のこういう標準物質は、ほかの国はまだ出していないのですか。

成川 数としては、カナダのNRC（国家研究評議会）やヨーロッパのIRMM（計量物質計測研究所）などから数種類という程度です。私たちのところで頒布が始まっているのは、今は溶液と組成物質の2つですが、本年度中に4種類、来年度にも1種類を出しますので、数的には一気に世界のトップに立てると思います。

海岸沿岸域の防災と環境保全のための地質研究

田村 産総研に入所する前の大学の博士課程では、海岸に土砂が堆積するプロセスや、それによる地層の^{たいせき}でき方といった基礎的な研究を行っていました。入所後は、社会とつながる防災や環境保全のための自然環境、人間活動の自然に対する影響の理解、およびそ

れに根差した将来予測や社会への提言につながる地質調査やその解析に取り組んできました。

研究課題を設定する要因は今の時点から分析して、2点ありました。海岸域の防災や環境保全は、日本で特に海岸工学によって盛んに取り組まれています。ここにあって地質学としての独特な視点を持ち込む必要があると考えました。地質学というのは砂や泥などの海岸の堆積物を中心にした環境評価であるということ、過去の土砂の堆積によって、台風や海岸で起こった地震イベントなどがそこに記録されているので、その記録を読み取れば、地質学の特徴である、観測ではわからないような、長い時間スケールで、人間の近未来にかかわる環境評価に生かせるのではないかと考えました。もう1つ、任期付きは大きな制約条件になりました。任期内である程度の成果が上がる内容が必要なので、産総研に入所した時点からの変化ではなく、それまでに海岸が受けた変化や現象を対象にするところに研究を絞りました。また、現研究環境下での実現可能性ということで、個人的に任期付き研究員がパーマネントの一人前の研究員になるために必要だと思うのですが、いわゆる外部資金をとって研究をマネジメントすることに一生懸命取り組みました。

課題の1つは、過去の海岸環境での現象を記録している沿岸低地の地下地質を詳しく、定量的に解明するため

の手法を向上し、そのような手法を実践することです。過去の現象を解読しても、それを現在と比較できる時間的な分解能がなければあまり意味がありませんし、理解も広がりません。さらにデータが空間的に連続的で、定量的なものでなければ、数値モデルの検証や構築にも貢献できません。地質調査により、過去の現象をより詳細に、定量的に解読していくことが重要だと考え、房総半島の過去の海浜堆積物の堆積構造を連続的に可視化し、その形成過程を詳しく解読することに成功しました。これは地層探査の定量化と高分解能化に道をつけるような成果ですが、具体的には、大型台風の痕跡を見つけたことです。痕跡の時間間隔がわかれば、台風頻度の中長期の評価につながります。もう1つは、過去の海水準指標を開発したことです。これを利用すれば、これまで困難だった海岸平野の地殻変動の評価に利用できます。沿岸低地は日本のような国では都市化が進んでいて、探査地を自由に設定することができません。綿密な下見をする必要がありますし、都市条件でいうと、表層のごくわずかな違いで地中レーダーの記録に影響が出ます。解析に使えたデータは取得したうちの1～2割でした。

もう1つの課題は、現在の沿岸域の地形やプロセスを解析するための手法開発です。現在の沿岸域で観測網が十分に発達しているのは先進国のみで、環境変動が大きくしかも重要視されている、例えば東南アジアの沿岸域では、現状把握自体が不十分です。そこで、こういった地域で観測の不備を補って、現在の環境変化を知るための手法開発に取り組みました。成果としては、ベトナムのメコン河の沿岸域にある巨大三角州の沿岸環境の評価と若干の将来予測です。メコン河は世界有数の大規模河川であり、沿岸の人口は数千万、一部で海岸浸食が問題になって

います。ここで数十年スケールの海岸浸食を把握し、現地で海岸浸食を認定するための海浜断面の特徴を総括しました。そして、現在の海岸よりも沖に砂州を発見して、過去の変化の知見から類推すると、今後100年以内に急激に海岸線が沖に移動してしまうという将来予測が得られました。現地調査は、ベトナムの中でも地方ということで困難だったのですが、産総研とMOU（了解覚書）を結んでいるベトナム科学アカデミーと共同研究するという、国際的なネットワークを生かすことができた研究でもあります。

沿岸環境を評価し、将来見通しを提言する

小野 沿岸域には人が住んでいるので重要性があるわけですね。

田村 そうです。沿岸域は環境変化や地球温暖化による海面上昇の影響を大きく受ける地域でもあります。

矢部 社会への取組みということでは、自治体や国に対して得た成果を還元して、早めに手を打つということですか。

田村 はい、ローカルな問題の場合、その地域の自治体に直接訴えかけることが大事だと思います。

理事長 土砂が流れてきて海岸に堆積するけれども、それが自然のままかどうかということですか。それとも、それが良くない作用をして、海岸は劣化していくわけですか。

田村 何が劣化と言うかはなかなか難しいのですが、例えば、メコン河の三角州の海岸線などは、本当は住んではいけないようなところに人が住んでいます。10年先は大丈夫でも、50年先に

はアウトというところもあるので、それらをどのように評価していくかです。過去3000年くらいまで遡って、海岸地形の痕跡になるようなものを解析しているのですが、500年オーダーで海岸線が5キロくらい、急に沖にジャンプして移動します。やや長い時間から見たパースペクティブを提言していくというのが私たちの分野です。

小林 田村さんから見て、この研究のどこが第1種基礎研究で、どこを第2種基礎研究ととらえていますか。

田村 第1種は、堆積物や地形の成因を解説して、環境評価などに役立つ情報を抽出するための基礎的理解を積み上げることで、中長期評価や変動評価は第2種的なものだと思っています。

小林 地層探査の定量化や高分解能化は第1種的ではないですか。

田村 既存の技術を使っていますので、それらをどのように組み合わせていくかということで、オリジナリティーがあるわけではないです。

小林 組み合わせ、それを分析して、その要因を明らかにしていくというのは第2種的ではないですか。

田村 そうかもしれません。結果が得られたとしたら、その地域にとって成果物だと思います。

理事長 砂が重力で転がっていくのは明らかにニュートンの法則によるけれども、現実には暮らすということとそこにはものすごい距離がある。もし物理学で言う第一原理学でシミュレーションできればいいのだけれども、地球で起きていることをいわゆる第一原理的に解くという方法はまだ成功していないわけです。生物の進化にしても、

地球の変形にしても、一種の進化論的な、本質的にわからない組み合わせがある。そういう問題を取り扱っているので、第1種、第2種の区別は難しいのでしょうか。たぶん、第1種という意味でいえば、こういう難しい問題をいわゆる科学としてつくるといふことだと思えます。再現性があるという意味での第1種基礎研究と違って、まったく別の方法でやらなければいけない。しかもそれで災害を防ぎ、技術をつくっていくわけですね。

赤松 背景に「人間活動の理解」が入っていて、例えば房総半島の海浜堆積物形成過程を解説して、何が自然現象で起きたことで、何が人間の活動に起因して起きたかをモデル化していくということですか。

田村 現在の沿岸域で起こっている現象には、人間活動の影響が見られます。例えば、河川の上流にダムをつくって、そこで砂を止めてしまったら、その砂は沿岸域にきません。それが日本で起こっている海岸浸食の一番の原因です。100年、200年前に遡るとダムはなかったわけですから、地質を詳しく調べることによってそのときの現象が現在と比較可能なくらいにわかれば、人間活動でどのような影響が出たかということは経験的にわかります。

赤松 そこは、最終的にシミュレーション技術におこして、何年後にはこうなりますよ、と示していくことになるのですか。

田村 はい。シミュレーションの一番の欠点はリアリティーがないことだと思うのですが、どのように傍証づけていくか、比較データをどのように提供していくかが大切です。例えば100年後を予想しましょうといっても、100年間の変化を実際に見たような例がな

いとできませんし、そこは観測では補えません。比較可能なデータを提供するために、解析技術や分析技術をつくるという取組みをしています。

理事長 実験はできないけれども、過去が実験というか、過去から知識を吸収するということですね。

地震災害予測研究と社会還元

吉見 私は土木工学出身で、活断層研究センターに5年前に採用されたときのミッションは、地質、地形、地球物理研究と実際の世の中をつなぐということです。地震が起きると、地面が揺れますが、それだけではなく、内陸の場合には地表に断層が出たり、地すべりが起きたりします。その上に人間が住んでいると、人間活動に影響が及び災害になります。世の中が私たちの研究を必要としているのは、災害を起こす要因を予測して対策を講じるためであると理解して研究を進めています。現象をきちんと予測するためには、基礎データの収集、地球物理に対する知見や、対象とする地域の地質や環境の理解が必要で、さらに、既存データが少ないところでは、新たに地下構造調査としてCTスキャンのようなことをしたり、地震波を使って揺れ方を調べたりすることが必要です。こうしたことを行ってきました。

2003年の十勝沖地震では、震源から200 km離れた苫小牧の石油タンクの内容液が揺すられてタンクが全焼したという事故が起きました。その要因が長周期地震動だったということで、地質構造をもとに全国の8平野について長周期の地震動を予測しようというプロジェクトを立ち上げました。長周期地震動の予測では、妥当な震源と精度の高い地下構造モデルの設定が鍵となります。東南海・南海地震の地震動予測を例に挙げます。震源については、中

央防災会議によって過去の地震の調査結果を古文書などの文献をもとにモデルが出されているので、それを利用しました。ただ、中央防災会議のモデルは、超高層ビルや石油タンク、免震構造物が揺れるような周期の波が少し出にくいモデルだったので、「短波長の不均質」を加味しました。これによって、多少現実性のあるモデルに改良できました。

地下構造については、大阪で過去にさまざまな地質調査や地下構造探査が行われており、堆積層についてかなり詳しい情報がわかっています。産総研で既存データをコンパイルした地下構造モデルを作成済みでしたので、これが中小地震の観測波形をきちんと計算で再現できることを確認して予測に使用しました。これら2つを合わせて、波動伝播計算をし、場所ごとの地震動波形を世の中に提示してきました。十勝沖地震で長周期地震動に対する社会的関心が高まったのを受けて、内閣府のもと、土木学会、建築学会の合同対策委員会ができ、そこで研究者が計算した地震動波形を世の中に出そうではないかという流れができました。私たちの計算波形もそこを通して設計者や自治体の人たちに流れ、今建っている建物は大丈夫かとか、そういう確認計算に使われるという、よい事象が起きました。

もう1つ、私が大切だと思っているのは、地震災害調査です。中越地震、能登・中越沖地震、岩手・宮城内陸地震では、地震が起きてすぐに出かけました。段差が少し出ているとか、建物にヒビが入っているとか壊れているとかいう地震の痕跡は、すぐに行かないとどんどん消えていってしまいます。できるだけ早く行って、見ながら地震の特徴をつかむという、観察と考察、判断、それに直感が大切です。ここに注力し、迅速にホームページで知らせたり、地元の人への説明会を開いたり

して世の中に還元してきました。地震災害予測研究と、専門家として地震災害を記録し世の中に出すという社会還元、これを積み重ねることによって、世の中が地震に対してもう少し安全になればいいなと思いつつ、5年間トライしてきましたし、これからもやっていこうと思っています。

赤松 技術のポイントの1つは地震の震源モデルですが、工学的に重要な周期帯を改善したことによって、これまでのモデルの精度を高めたということですか。

吉見 マグニチュード7クラスの内陸地震なら構造物に影響する周期帯の地震動をある程度予測するように震源を設定する手法はあるのですが、その手法を海溝型に適用すると、震源断層の大きさが影響して、構造物に影響する周期帯の波をうまく予測できません。そこで、震源の特徴に関する経験則に合致するように震源モデルを改良したということです。精度を求めたというよりは、既存の学問で扱えていなかったところを経験則と合うようにし、妥当性を求めたということです。

小林 観測でプロットしていくというのが経験則としてあるわけですね。それがなぜかという理論化にはまだ至っていないわけですか。

吉見 南海地震の場合に、震源断層のうち特に大きなエネルギーを出す領域についての観測事実や推定結果はあるのですが、差分法など数値計算用のうまい震源モデルはあまりありません。なんとも微妙なニッチなところですよ。

地震災害予測研究における理学と工学のコラボレーション

赤松 外挿して予測するだけでは現実に使えないことがあるので、現実にするためにある部分を新しくしてモデルを変えていったという考え方ですか。

吉見 はい。工学出身ですからそういうところが割り切ってきたと思います。理学の人と一緒に研究していますが、工学と理学の人間がコラボレーションしてうまくできたのではないかと思います。

赤松 こういう結果を社会にオープンにしていくことは、昔であれば、その影響が大きすぎるといって何らかの抵抗があったと思うのですが。

吉見 今回は、たまたま土木学会・建築学会主導の特別委員会の部会で、日本中の予測計算をしている人たちに地震動を提供してほしいという声がかけられました。私たちが提供した地震動は、妥当性について部会でピアレビューされた後に公開されました。学会公式のものではなくて、あくまでも研究成果という出し方だったので抵抗がなかったのだと思います。実は大阪の上町断層を対象にした地震動予測結果が、私が入所する前にほとんどでき上がっていたのですが、自治体の方も交えた検討会の席上で「ハザードマップが2種類あるのは好ましくない。産総研という公的な機関が出すとなると、出された住民は混乱するでしょう。」という趣旨の発言があり、あくまでもアカデミックな成果物であることを明記して出すことになりました。こういう状況はなんとかしたいと思っています。

矢部 社会が科学をどう受け取るかということですね。しかし、実際に、出

されたものを使って、橋のメーカーや建築のメーカーがシミュレーションをして、性能がより良くなっているのだったら、社会に貢献していることになりますね。

吉見 ただ、そこも抵抗があります。設計用地震動は、まだ誰も見ていない将来の地震動を念頭に作られるものですから、それを信じるかどうかという議論になってきます。

小野 予測がどのくらいの信頼度を持っているのかということは、将来、何らかの形で示していかなければいけないのでしょうか。

理事長 素人的な質問なのですが、昔は、いつ、どこで、どのくらいという地震予知をしていましたね。それがだめになって、こういう災害予測になってきたわけですか。

吉見 予測と予知との違いは時間の概念の有無です。私は地震予知研究もあっていいと思っていますが、たとえば地震予知が成功したとしても、地震で建物がつぶれないような備えは不可欠です。ですから、将来に向けて想定すべき地震動の強さを決める行為はかなり昔から行われています。ただし、昔は地震のことが詳しくはわかっていたので、地震で壊れた建物を基に推定した地震動強さに耐えるように備

えるという考えでした。最近では、地震学・地震工学が進歩してきましたので、実際に地震を経験する前に、科学技術を使って地震動を推定する方向に動いてきています。この時、震源や地震動についてある程度の予測は可能なのですが、設計に用いるためには上限をどうするかという論争があります。物理的に地震動の上限を設定すればいいのではないかという意見もあるのですが、それは人知の及ばないところだと思っていますので、私たちとしては妥当な結果を提示するのが努めだと思っています。

理事長 人知は及ばないのだけれども、将来、どういうふうになっていくと思いますか。

吉見 よい世の中にするという観点でいえば、地震動予測の技術については、私はもう現段階の知見でかなり充分ではないかと思っています。これ以降は、地震動の知見を蓄積しながら同時並行で構造物やデバイスを変えていけばいい。これまでも、工学のほうでは構造物が地震動に敏感にならないようにエネルギーを吸収するようなデバイスをつくったり、ヒビ割れで少しずつ壊れていくような設計に変えていったりしています。安全を確保するためには、すべての合わせ技が必要だと思うのです。

災害の要因を予測し
対策を講じることで
世の中の必要性に
応えたい。

吉見 雅行
よしみ まさゆき





他分野同士が協力し合い、
同じ方法論で
リアルワールドの問題に
立ち向かってほしい。

吉川 弘之
よしかわ ひろゆき

リアルワールドを知る科学

矢部 地質研究の田村さん、地震災害予測研究の吉見さん、標準物質開発の成川さんの3人は、リアルワールドにチャレンジされたわけですね。

赤松 吉見さんは、「地震直後に行かないとほんとうのことはわからない」とおっしゃったけれども、どこに行ったらその大事なリアルワールドの一番知りたいところがあるかということをどのように判断するのですか。

吉見 今はいろいろな機関がとったデータが瞬時にホームページで公開されます。そういうものを逐次見ながら調査地点を選定しますし、現地でも、調査隊のネットワークや個人的な知り合いや、たまにはマスコミからも情報をもらいながら行きます。それから、見ているうちに、何となくその地震の特徴みたいなのがぼんやりとつかめてきます。本当に直感、考察、観察が大事です。

矢部 岩手・宮城内陸地震で断層を産総研が一番最初に見つけていますね。

吉見 発見したのものもありますが、変なものがあるから見てくださいと言われて行き、精査して、違う、これは本物だというものを区別したというか、

とにかく足で稼いだというものも多いです。

小野 時間がたつとなくなってしまうものですか。

吉見 なくなります。今回、水田に出たものについては、水田が食い違おうと水がたまらずに上の稲が枯れてしまうということで、農家の人が土留めをつくってしまうと、高さの差は残っていても、断層のきれいな形は消えてしまいます。それから、栗駒山南東の荒砥沢あらとぎわダム北方で見つけた大きな変状については、火山灰が厚く堆積しているところで、崖は雨が降ると崩れてしまいます。できるだけ早く行かないとフレッシュな状態は見られません。

小林 田村さんは、「地質学は博物学をベースにしている」と言われましたね。

田村 地中レーダーの記録を解釈するときに、実験で分厚い海浜堆積物はなかなかつくれませんが、同じようなものは昔の時代の地層に出ています。それを地質学の長年の経験や、いろいろな知識の積み重ねや類推することによって見る、そういった素養は一種の博物学的な積み重ねだと思うのです。

理事長 コレクションというのは似た性質のものを集めているわけです。アブストラクションはその逆で、たくさ

んのものから1つの性質を引っ張り出すわけで、これがいわゆるアナリシスですね。もう一方に、タクソノミーというのがあります。これは分類学です。分類学というのは、似たものを集めるのではなくて、たくさんあるものを分けるという手法があるのですが、そのタクソノミーの逆が構成学なのです。先ほどリアルワールドというお話があったけれども、リアルワールドそのものを相手にするということは、すべて構成学的な要素があるのです。

今日のお話を伺って、ある意味では、これからの科学の重要さはリアルワールド以外にないのではないかと思います。従来、アブストラクションした世界だけで学問をつくっていたつもりになっていたのだけれども、現実のものから離れた知識はあまり意味がなくなってくるわけです。抽象化した世界での議論では何もわかってこないということがあるでしょう。有機ひ素の中の毒物の研究でも、実際のもの存在形態が大事であり、また、実際の砂が浸食を受けるかどうかということが大事なのです。必ず現実のものを相手にしているということは、そこに構成的な視点がなければできません。計量と地質は、科学のこれからの主役になるだろうと思っているのですが、これまでの第1種基礎研究から第2種基礎研究、製品化研究という流れとは少し違うものなのかもしれません。これは産総研の中で行われている知的作業のたいへん重要な視点で、大げさなことをいえば、新しい科学は産総研から生まれてくるのではないかという感じするわけです。

任期付き若手研究者3人の産総研での挑戦

矢部 皆さんは、産総研だからこういうリアルワールドにチャレンジできたのでしょうか、また任期付きというこ

とで、けっこうつらい中でやられているところがあるかもしれませんが、感想も含めていかがでしょうか。

成川 私の仕事は、時間軸としては短いスパンなので、任期付きということにそれほどプレッシャーは感じませんでした。「産総研だからこそ」ということでは、標準物質というまさに国の基準、国家計量ですから、質の高いものを求められますし、それに対応する高度な技術も求められるということで、まさに産総研に来たからこそできたことだと思います。振り返るとアツという間だったので、この先もすぐに時間がたってしまうと思うのですが、社会に対する技術進歩や高度化、波及効果を考えるとやっていかなければいけないことはまだまだあると思うので、これからも続けていければと思っています。

田村 私は、任期付き5年ということで、家族もいるのでそれなりにプレッシャーを受けましたが、了解のもと入所したので、仕方ありません。任期付きということは課題を設定する際の制約条件にもなったのですが、仕事を評価してくれるのは産総研なので、産総研がどちらを向いているのか、地質分野自体が産総研ならびに社会の中でどういう受け止められ方をしているかを意識しながらやってきました。「産総研だから」ということでは、大学では基礎的な研究をするのが偉いという1つのフィロソフィーのもとに研究してきましたが、産総研に入ってから、「基礎研究を社会に結びつける」ということを強く意識するようになりました。例えば研究資金をとる場合でも、最終的にどういう形につながるかというところまで示さないと難しいということがあって、最初は慣れていないこともあってつらかったのですが、そういう取り組みが最近実を結びつつあり

ます。

吉見 私は産総研に入る前、ほかの地質の研究所にパーマネントでいましたが、仕事内容に惹かれて産総研にきました。実際に入所して、いろいろなことをやらせていただきましたが、活断層研究センターはとても優秀な方が多く、さまざまな分野の第一線の人たちがそれぞれ活躍していますので、周りの人たちからたいへん刺激を受けました。それから、私と専門が重なるような人があまりいなかったのも、仕事を任せてくれ、非常にやりがいがありました。活断層研究センターは今年で終わりになるので、この先、環境は少し変わるかもしれませんが、この5年間のアクティブさを保ち、地質のコアの人たちとも連携して、もう少し広い視点で組織全体の活性化に貢献していきたいです。

矢部 地質のOBの内藤さん、いかがですか。

実験室の科学から日常生活の科学へ

内藤 私は、今、サービス工学研究センターにいますが、今日お話を伺って違和感がなかったのは、サービス工学でもリアルワールドをどう理解するかということは重要です。サービス工学は人間社会を相手にしていますし、地質は現象モデルをつくって、それを計算モデルに落として、シミュレーションして、将来を予測しています。サービス工学の視点からいうと、今までの実験室の科学から日常生活の科学へと科学のパラダイムが変わったのだと思っています。ピーカーの中で何かを再現するのではなく、リアルワールドで何が起きているのかを理解する。私たちの場合、より人間行動の予測性を高めようと思っているのですが、皆さんの場合は、より政策的な

予測性を高めようということだと思いますので、リアルワールドをどう理解するかというところにパラダイムがシフトし始めたということをすごく感じています。

理事長 産総研では、分野の違い、ひ素と地震の人たちが対話できます。これはすばらしいことなのですが、リアルワールドの問題に対応して何かするためには、2つの知恵が必要だということで、協力するということは随分行われています。もう1つは、全然違う分野で、実は私たちは気がついていないけれども、同じ思考過程というか、方法論で研究していたということもあります。このことをぜひときどき思い出して、友達をたくさんつくっていただきたいと思います。

矢部 今日はどうもありがとうございました。

環境物質の化学形態分析技術のための本格研究

生活の安全・安心に役立つ環境標準物質の開発

環境には、水や土壌・底質、さらには生物や食品などが含まれます。このような生活と密接にかかわるものが安全であり、私たちが安心して生活できるためには、環境中に含まれる有害な化学物質（元素や化合物）の量を把握し、正しくリスク評価を行うことが大切です。しかし、これらはそれぞれ複雑な組成から成り立っており、その中に含まれる化学物質を正確に測定することは、かなり高いレベルの技術が必要とされる難しい課題です。そこで役に立つのが、分析技術の妥当性を確認し、分析値の信頼性を確保するための環境標準物質です。

環境標準物質は、一般的には自然界から採取した天然の水や生物などから調製され、妥当性が確認されたさまざまな分析方法によって測定された結果をもとに、その中に含まれる化学物質が認証値として決められます。実際の分析では、この標準物質を実際の測定試料と一緒に取り扱い、認証値と一致した分析結果が得られるよう分析方法を検討することで、測定に用いた分析方法および得られた分析値の妥当性と信頼性を担保することになります。

しかし、標準物質の開発には認証値を決定する複数の高度な分析技術が必要です。そのため、私たちは、標準物

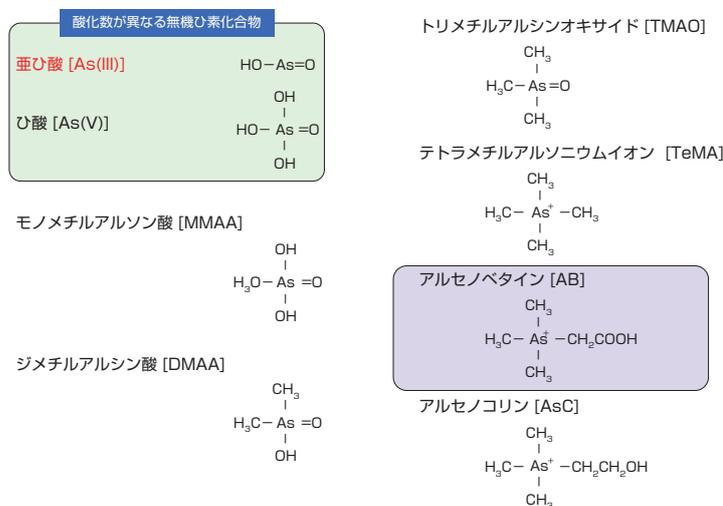


図1 環境や食品中における砒素化合物

質開発に有用となる高度な分析技術の確立と、それを応用した環境標準物質の開発を進めております。

環境中の砒素分析

毒物として知られる砒素は環境中に比較的多く存在しています。しかし、単に砒素と言っても、環境中にはさまざまな形（形態）の砒素化合物（図1）が存在し、その形態によって人体に対する毒性は全く異なります。例えば、日本の食生活で多く摂取する海産物中に存在する砒素の形態の多くは、毒性がほとんど無いアルセノベタインです。すなわち、環境汚染状況や毒性などを判断するには、砒素の総量と同時

に砒素の形態を調べ、毒性がある形態や無毒の形態がどの位の割合で含まれているのかを正確に知る必要があります。そのため、最近では、元素の総量を分析するだけでなく、環境中に存在する形態ごとに分析することも盛んに行われています（図2）。しかし、砒素化合物はその形態によって分析感度が異なります。そのため、測定する試料の中にさまざまな砒素化合物が混在すると、正確な値を知ることが難しくなります。存在する形態の濃度を正確に知るためには、形態ごとに濃度を決定できる基準が必要となりますが、これまでそのような基準はありませんでした。

砒素化合物分析用標準物質の開発

国際単位系 (SI) トレーサビリティ*が確保された標準液に、Japan Calibration Service System (JCSS、計量法認定事業者制度) 砒素標準液があります。そこで、この砒素標準液を基準に、砒素化合物の1つであるアルセノベタイン水溶液標準物質の開発に取り組みました（図3）。

JCSS 砒素標準液は、その原料に亜砒酸（無機化合物）が使用されていま



私立大学専任講師、国内外のポスドクを経て2004年入所。入所以来、環境実試料中の元素分析および化学形態分析技術の確立と、その技術を利用した環境標準物質の開発、供給維持を行っています。

成川 知弘 (なるかわ とむひろ)
計測標準研究部門
無機分析科 環境標準研究室

す。また、開発するアルセノベタインは有機ヒ素化合物の1つです。すなわち、前記したように、この両者は分析感度が異なり、単純に両者を比べることで濃度を定めることができません。そこで、両者の分析感度差をなくし、かつ、SIトレーサビリティが確保された正確な分析方法の確立を目指しました。

両者に酸を加えて高温で加熱し、アルセノベタインを無機化合物に分解することで両者を同じ形態にし、分析における感度差を無くした正確な測定を試みました。しかし、アルセノベタインは難分解性であるため、完全に分解し、かつ操作時の損失や汚染のない前処理は、たいへん難しいものです。そのため、温度条件や分解方法、使用する酸の組み合わせなどさまざまな条件を検討し、最適と判断できる前処理法を決定しました。

次に、前処理した両者を分析することでアルセノベタイン濃度を定めることとなりますが、1つの分析法だけでは装置または分析条件に依存する分析値になる可能性があるため、原理や理論が異なる複数の分析法を用いて濃度決定を行いました。

そして、最終的には、開発にかかわる幾つかの不確かさを組み込んだ認証値を付与したアルセノベタイン水溶液標準物質を開発しました。

形態分析の発展

分析技術の進歩は、より自然界に近い条件や状態で、分析対象をあるがままに測定および評価する方向に向かっています。言い換えれば、よりリアルワールドを知ることです。そのためには、形態や状態を測定する分析技術の開発とそれに必要な基準の整備が不可欠です。

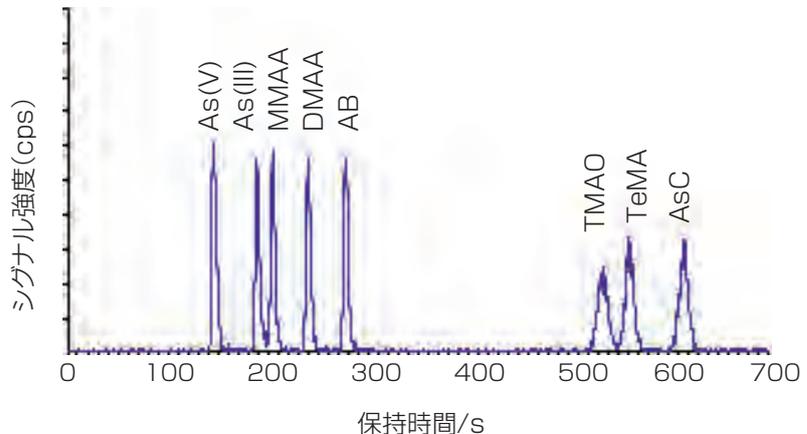


図2 ヒ素化合物のクロマトグラム

分析技術では、自然界における形態をいかに変えないで測定するかが重要であり、そのための分離・抽出と言った前処理が鍵になります。また、その濃度を正確に把握するためには形態ごとに正しく解析された基準が重要ですが、その数はまだまだ限られています。

ヒ素化合物を例に取れば、アルセノベタインの開発で確立した有機ヒ素化合物の正確な分析技術は他の化合物にも応用が利くものであり、今後の環境標準物質開発にもつながっていきます。

これまで私たちは、ヒ素、水銀およ

びスズ化合物などの形態の認証値を付与した環境標準物質を開発・供給してきました。このような環境標準物質が多く利用されることで、形態分析のより正しい測定が可能となり得ます。そして、的確な判断基準によって生活の安全が守られること目指していきたいと思っています。

* 「不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準に結びつけられ得る計測結果または標準の値の性質。基準は通常、国家標準または国際標準である。」(JIS Z 8103 計測用語)

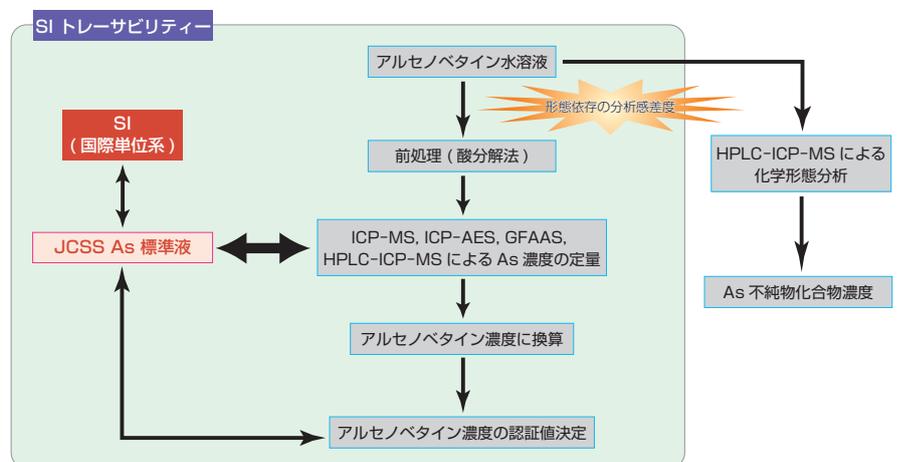


図3 SIトレーサビリティを確保したアルセノベタイン水溶液の開発概要

環境保全を志向した海岸の地質調査における本格研究 探査技術の向上による長期環境評価の実現

海岸沿岸域の防災と環境保全

海岸とその周辺は、人口や産業が密集する重要な地域です。これは特に日本のような島国では顕著で、実際に東京、大阪、名古屋、福岡など、重要な大都市のほとんどは海岸沿岸域に立地しています。一方で海岸では、局所的な人間活動や地球規模の変動が原因となる環境変動や自然災害が発生します。例えば海浜の砂は、近くの河川を通り上流から運ばれたものです。上流をダムでせき止めたり、河口に港を造ったりすることで、海浜への砂の供給が遮られ、結果として多くの海浜が減少し、海岸線が後退しています。また、地球温暖化により海水の温度が上昇すると、台風の規模が増大し、海岸沿岸域に甚大な被害をもたらす可能性も指摘されています。持続的な発展可能な社会の実現のためには、長期を見通した海岸沿岸域の環境保全と防災が重要課題となりますが、それにはまず、相応の時間スケールでの自然システムの理解が必要です。

地質学からのアプローチ

長期的な視点に立った環境評価には、地質学的手法や知識が有効になります。海岸沿岸域の地下の地層には過去の台風や海面変化など、さまざま

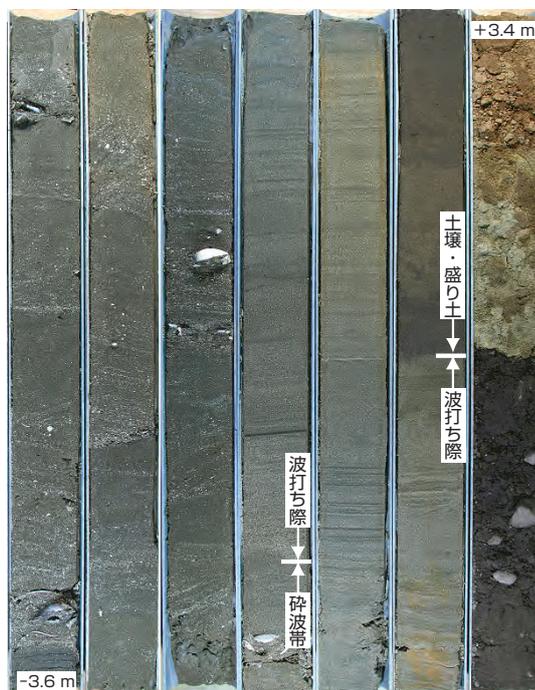


図1 千葉県九十九里浜平野から採取したボーリングコア

約1800年前の海浜でできた地層の断面。コアは1mごとに切断したもので、右ほど上位で、掘削地点の標高は+3~4m。断面で観察される構造から、地層が堆積した環境の推定を行うことができる。ここでは、砕波帯の堆積物の上に波打ち際の堆積物が重なり、最上部は土壌化している。

な情報が記録されていて、それを解読することで、観測期間よりもずっと長期にわたる環境変動を知ることができます。また、地層に記録されているのは人間活動が盛んになる前の状態であり、それと現在の状態とを比較することで、人間活動が自然システムに対してどのような影響を及ぼしているのかを評価できます。しかし、この地層探

査に基づく環境評価は、現在の観測による短期評価と比較でき、また数値モデルの構築に貢献するようなものでないと意味がありません。すなわち、現在から数十年程度の過去にさかのぼる観測結果と比較するには、数百年から千年以上前の現象でも数年から数十年の時間分解能で解読する必要があります。また将来予測のための数値モデルの構築や検証に役立てるには、データが定量的・連続的であることが望まれます。こうした背景から、4年前の入所以来、私は高分解能で連続的な地質探査技術の確立とその実践に取り組んできました。

高分解能探査

海岸沿岸域の地下地質に対する高分解能で連続的な探査方法として、地面を掘削して地層をかき乱すことなく採取するボーリングコアと地中レーダー



2004年に京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻博士後期課程を修了し、産総研に入所。地質学を基礎に、海岸沿岸域の環境保全のための研究をしています。ボーリングコアや地中レーダーによって海岸の地下の地層を調べ、現在の海岸環境を把握したり、地層に記録された過去の台風や地震隆起、海岸侵食といった現象を解読したりする野外調査に従事しています。

田村 亨 (たむら とおる)
地質情報研究部門
沿岸都市地質研究グループ

とを組み合わせました。まずボーリングは地下地質を調べる方法として最も一般的です。ボーリングコア（図1）の解析により、地層に記録された過去の現象を知ることができます。また貝殻や植物片の放射性炭素同位体の量から、現象の年代を割り出せます。ただし、ボーリングコアは太さ10 cm程度のため、掘削地点間の情報が抜け落ち、連続性や分解能は限定されます。

この点を補足するため、地中レーダーを導入しました。地中レーダーは、電波を発信してその跳ね返りを受信・解析することで地下の構造を明らかにする物理探査の一種で、非破壊で連続的な探査ができることが長所です。これまで地下の埋設物の探査や浅部の遺跡調査などに使われていましたが、地下数mの地層構造の探査については私たちの研究グループが国内で初めて本格的に手がけました。

しかし、導入当初は、なかなか満足なデータがとれませんでした。電波が泥層を透過する場合、砂層に比べて減衰率が大きく、表面に数10 cmの泥層があるだけでも、その下の情報がほとんど得られなくなります。初めはこれがかからず、探査を何度も繰り返しては失敗ということが続きましたが、1年ほどたった時、何気なく表面まで砂がむき出しになった農道を探査測線に選んだところ、初めて満足いくデータが得られました。

図2に、この時のデータの一部を示してあります。これは、2300年前の海浜に砂が堆積することでできた地層のデータです。当時の海岸線と直交する方向の鉛直断面で、右側が海側になっています。近くで掘削したボーリングコアを参考にすると、この断面の解釈は次のようになります。まず標高0～+2 mに見られる海側に傾く連続的な

反射面が見られます。これは表面が平坦な波打ち際での砂の堆積による、海岸線の前進を表しています。つまり、1枚1枚の反射面が過去のある時代における海浜の地形面と考えられます。これらの反射面は、ところどころ侵食面で区切られますが、これは海岸線が一時的に台風などで大きく侵食され後退することに対応しています。地中レーダー探査を行った地域での平均的な海浜の前進速度を参考にすると、この断面では、約40年間に5回の侵食が見られます。砂の埋積年代の測定法により、侵食の時間間隔が正確に分かれれば、過去に起こった大型台風の発生頻度の評価ができるようになります。もう一点、波打ち際の前進を表す部分の下では、反射面が不連続になりますが、これは波打ち際より少し沖の、波が碎ける場

所（碎波帯）での複雑な海底地形を反映したものです。これら2つのユニット境界は、地層ができた当時の低潮位面（当地域では標高約-1 m）に相当します。これが現在、標高0 mにあるということは、主に地震などによる地盤の隆起により海面が相対的に1 m低下したということになります。この探査を行ったような沿岸の低地では、従来、地殻変動の評価が難しかったのですが、地中レーダー探査による評価方法を提示することができたといえます。現在は、上記の砂の埋積年代測定法を新たに導入して探査技術をより高め、また、国内の複数地域や、環境変化が大きく国際的にも注目されるアジアの海岸沿岸域でも高分解能探査を行い、適用範囲を拡げる取組みを行っているところではあります。

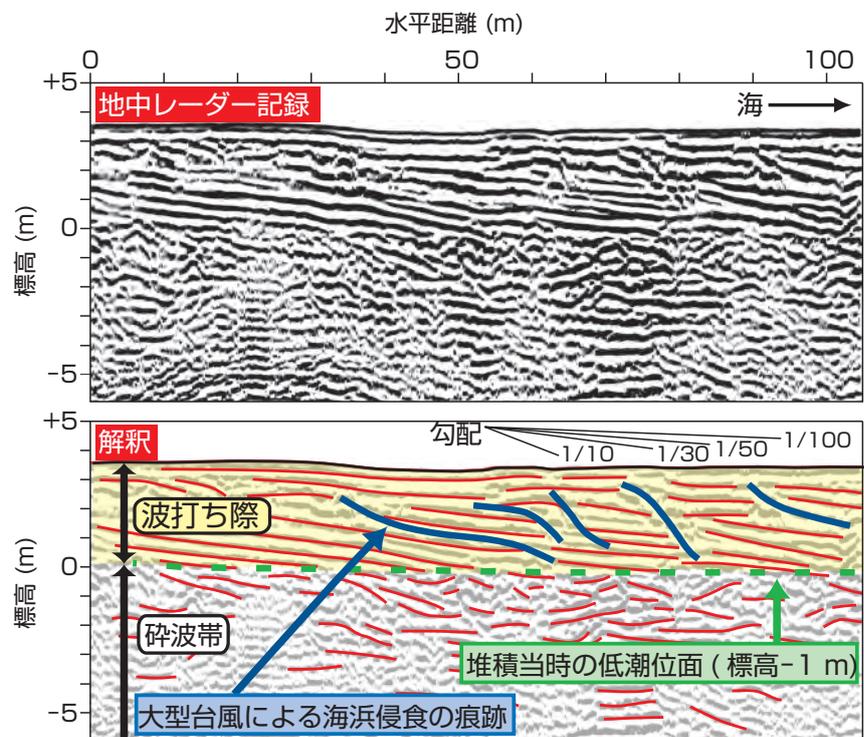


図2 千葉県九十九里浜平野で行った地中レーダー探査の結果
約2300年前の海浜でできた地層の探査断面。右が海側で、探査測線は当時の海岸線と直交方向にとっている。

将来の地震動を予測する本格研究 南海地震の長周期地震動予測

地震動予測とは

宮城県沖地震や東海・東南海・南海地震といった海溝型地震の発生が切迫しており、内陸地震もいつどこで起きても不思議ではありません。建物や敷地の耐震化などハード面での地震対策が喫緊の課題となっています。ところで、こうした地震対策の有効性は、想定した地震動レベルの妥当性に左右されます。将来の地震動が詳しくわかればよりよい対策が期待できます。地震動予測の必要性・重要性はここにあります。

地震による地面の揺れは、地震現象自体が持つ特性（震源特性）、生じた地震波の伝わり方および地盤の揺れやすさ（伝播特性+サイト特性：地下構造特性）によって決定されます。同一地点でもドスン、グラグラ、ユラユラなど地震によって揺れ方が異なったり、場所によって揺れ方や揺れの強さが異なったりするのは、震源にも地下構造にも個性があるためです。妥当な地震動予測のためには、この個性を見極めて震源と地下構造をきちんとモデル化する必要があります（図1）。

国内では、主に1995年兵庫県南部地震以後、地震観測網の整備、地下構造調査やデータの発掘・整理が精力的に進められ、主要平野の地下構造や揺れ

地面の揺れ=震源*伝播*増幅

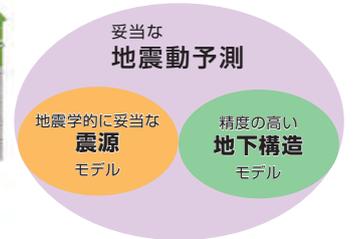
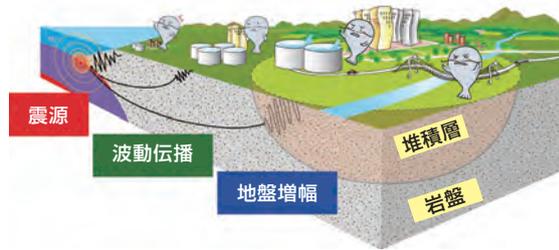


図1 地震による地面の揺れは、震源・波動伝播・地盤増幅によって決定される。妥当な地震動予測のためには、妥当な震源モデルと高精度な地下構造モデルが必要。

の特徴が明らかになってきました。また、国内外の地震観測記録の蓄積は、地震学の進展をもたらし、震源のモデル化技術も発展してきました。妥当な地震動予測の必要条件が急速に整ってきたといえます。

長周期地震動を予測する

来るべき海溝型地震では、震源近くの地震動だけでなく長周期地震動も脅威です。長周期地震動とは周期2～4秒から20秒ほどの周期帯域の地震動のことで、高層ビル、免震建物、石油タンク、長大橋など固有周期の長い構造物が影響を受けます。巨大地震は長周期成分のエネルギー放出が格段に強く、これが堆積層の厚い平野で顕著に増幅されると中規模地震では想像もで

きないような大きな長周期地震動となります。2003年十勝沖地震では、震源から200 km以上離れた苫小牧の石油タンクが大きく損傷しましたが、長周期地震動による内容物の共振が原因でした。

2003年十勝沖地震を契機として、長周期地震動の危険性が高い全国の主要平野を対象とした長周期地震動予測に取り組みました。社会的ニーズの大きい研究課題ですから、大学や研究機関ともできるだけ連携して研究を進めました。特に地下構造モデルの作成には、蓄積された地質調査・地下構造調査結果や地震動データ、あるいは既往の地下構造モデルを活用し、国民共通の財産としての地下構造モデルの改良に努めました。ただし、地下構造調査が網の目のように平野を覆う新潟、平野を縦断する探査と既存地下構造モデルがある関東、大阪、中京、石狩-勇払、さらにはわずかなデータしかない大分など、地域によってデータ量に差があります。データの少ない大分では、自治体や企業にご協力いただき地下構造調査を進めました。県はちょうど防災想定作業中でしたので、取得データを県に提供し使っていただきました。データそのものでさえ社会に貢献するのがこの分野のおもしろいところで



2004年4月入所。地震動計算、地下構造探査、地震観測、緊急地震調査など、シミュレーションから地表踏査までさまざまな調査研究にかかわってきました。多くの分野をつないで社会還元することを念頭に日々精進しています。

吉見 雅行（よしみ まさゆき）
活断層研究センター
地震災害予測研究チーム

す。もちろん他の地域でも、改良した地下構造モデルや新しい調査データは国民共通の財産として積極的な公開に努めています。

南海地震の地震動予測

南海地震は南海トラフを震源とする海溝型地震で、この300年間で3回繰り返し発生しており、今世紀中ころには次の地震の発生が予想されています。国の防災をつかさどる中央防災会議では、過去の震度分布や津波の記録および近年の観測データなどを基に、この地震の震源モデルを構築し防災想定に利用しています。私たちは社会的に認知される震源モデルであることを重視し、このモデルを用いて地震動を予測することにしました。対象地域は、すでに独自の3次元地盤構造モデルを公開していた大阪周辺としました(図2)。

中央防災会議の震源モデルは、長周期地震動の評価用に作られたもので

はありませんでした。理論的に長周期地震動を計算してみると、防災上重要な周期帯のエネルギーが過小評価されてしまうことがわかりました。そこで、震源モデルの改良に取り組みました。南海地震はフィリピン海プレート上面の東西300 km 南北100 kmほどの領域の岩盤がずれ動いて起きますが、この岩盤のずれ動き(断層破壊)の時空間的な広がりから出る地震波を特徴づけます。滑らかにずれ動けば周期の長い滑らかな地震波となり、ギクシャクとずれ動けば短周期成分を多く含む複雑な地震波となります。中央防災会議の震源モデルはある程度ギクシャクとした破壊が表現されていたのですが、断層面が大きいので、周期数秒の波にとっては滑らかでした。そこで、断層破壊の不均質性の研究事例を基にフラクタル的な揺らぎを断層破壊に取り入れ、周期数秒の帯域までをカバーする震源モデルに改良しました。

改良モデルで計算した地震動は、元のモデルに比べて2倍程度の振幅となりました。これが将来の地震動を妥当に表しているかどうかは正直わかりませんが、少なくとも地震学の経験則と整合する震源モデルを用いた予測結果であるということで受け入れてもらえたと考えています。なお、この予測地震動は、地震学会・土木学会・建築学会を通じて実務者にも配布され、既存の超高層ビルや石油タンクの耐震性評価に使われています。

地震に安心・安全な社会のために

地震防災分野は社会の利益を第一義にしています。国内の研究者や実務者は、自らの知的好奇心を満たしつつ、^{せつさたくま}切磋琢磨しながら時には協力して、社会の安全のために取り組んでいます。今後とも興味本位に陥ることのないよう研究に取り組んでいきたいと考えています。

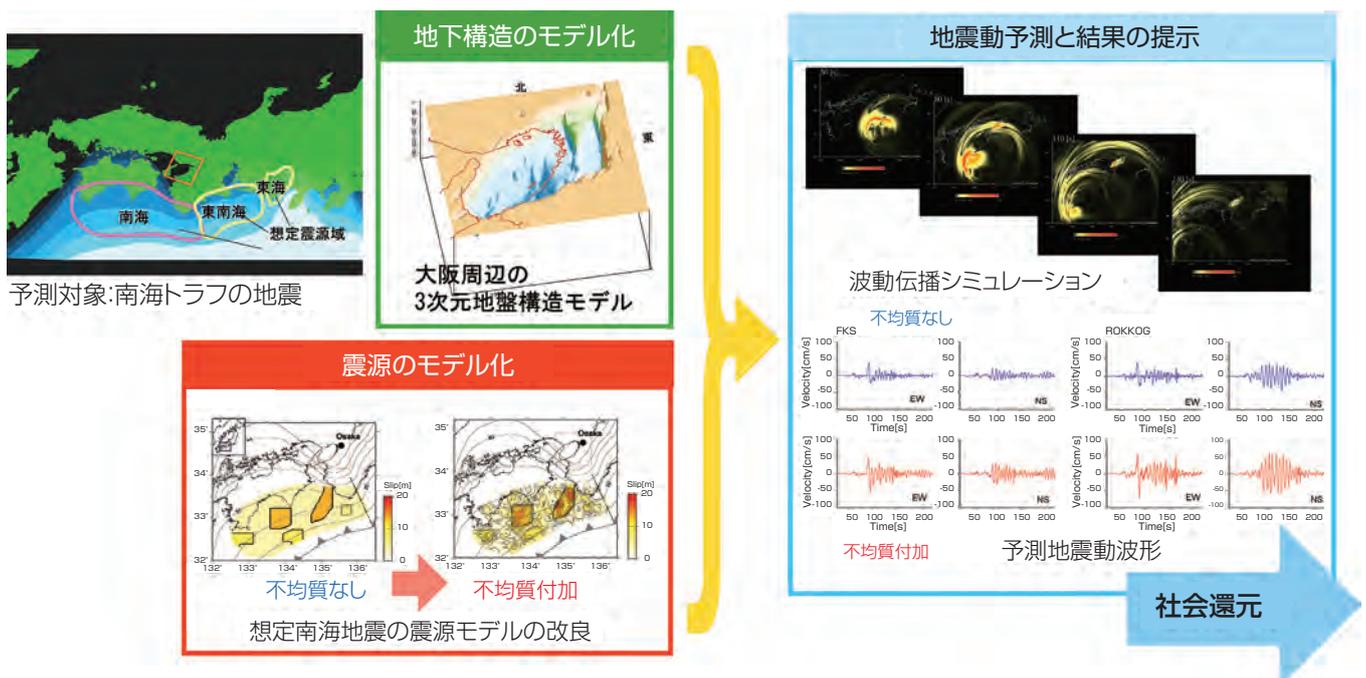


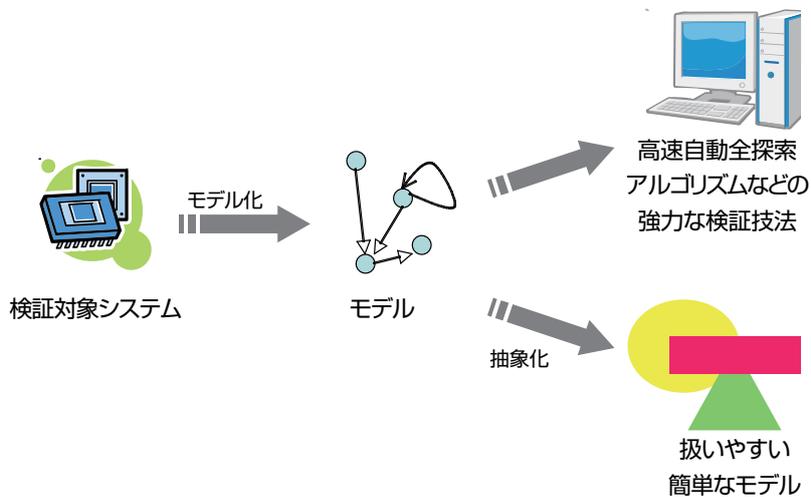
図2 大阪を対象とした想定南海地震の地震動予測の概要

システム検証技術における本格研究 数理的検証技術の実用化を目指して

数理的技法とは

社会の中にさまざまな情報処理システムが浸透するにつれ、その不具合が社会に及ぼす影響も大きなものになってきています。不具合がひとたび起これば、便利なはずの情報システムが、私たちの財産や生命を脅かす引き金になることさえあります。そのような情報システムは、さまざまな場合を想定して膨大なテストを経て製品化されるのですが、近年の複雑なシステムは、すべての場合をテストできる規模をはるかに超えています。数理的技法は、テストではカバーできない規模のシステムに対する検証技術として、産業界から大きな期待が寄せられています。数理的技法は形式手法(formal methods)とも呼ばれます。

数理的技法では、システムを数学的なモデルで記述することにより、さまざまな情報科学の道具を駆使してシステムの解析を試みます。例えば、記述されたモデルに対する高速全探索アルゴリズム、複雑なモデルを特定の性質を保存したまま、扱いやすく簡単な記述へ変換するための抽象化理論などが活発に研究されています。



数理的技法：検査対象を数学的なモデルで表し解析する手法

産業界における数理的技法

1970年代からすでに多くの手法が提案されている数理的技法ですが、現時点でも産業界に普及しているとはいえません。特に、ハードウェアよりも複雑度で、テストによる検証が困難であるソフトウェアの開発現場では、ほとんど導入されていません。理由として、実用規模のソフトウェアに適用するためには、「状態爆発」と呼ばれる問題など、解決しなければならない技術的な課題が残っていること、数理的技法を導入するためには、既存の開発プロセスの大幅な変更や技術者の教育などに大きなコストが必要と考えられ

ていることなどが挙げられます。また、導入して得られる効果も数値として表しにくいことも普及を妨げている要因です。そこで、システム検証研究センターは、数理的技法をソフトウェアの開発現場に導入することを目的に、「フィールドワーク」という手法によって研究を始めました。

第2種基礎研究としてのフィールドワーク

フィールドワークはもともと、民族学、社会学などの研究手法であり、参与観察などと訳されます。当研究センターでは、これを拡大解釈し、産業界など技術を適用する対象分野での価値観をもとに、研究者の技能を發揮する、という意味で用いています^[1]。つまり、科学研究の成果の応用例の発見を第一の目標とするのではなく、まずは私たち研究者が産業界などのフィールドに入り、フィールドで起こっている問題を理解し、フィールドの価値観に沿ってその問題を解決することを目指しています。技能を發揮することにより、対象分野の課題を解決し、新たな研究課題を發掘することを期待します。ま



奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程単位取得認定退学。2001年4月より、産総研情報科学連携研究体に参加。以後、CREST 研究員などを経ながら、システム検証の研究に従事。計算機科学が産業界において当たり前の道具になることを目指して理論研究とフィールドワークとを同時に進めたいと考えています。

高井 利憲 (たかい としのり)
t-takai@aist.go.jp
システム検証研究センター
自動検証研究チーム

た、1人の研究者が科学の問題とフィールドの問題の双方に取り組むことにより、科学とフィールドとの間の相互作用も期待できます。

フィールドワークの典型的なシナリオは次の通りです。まず、産業界などのフィールドから当研究センターに、数理的技法の関係しそうな具体的事例が提示されます。ここで、研究者がフィールドの事例をすぐに理解できるとは限りません。フィールドの専門用語や概念、暗黙知などを研究者側が身につける必要があります。実は、フィールドワークによる研究ではこの過程がもっとも難しいところでした。具体的事例の課題について研究者側が十分理解できたら、いくつかある数理的技法のうち、どれが最適かを研究者が選択し、フィールドの現場に適用します。

フィールドワークによる成果

フィールドワークを繰り返す中から、数理的技法を現場導入するために必要な技術がいくつか生まれてきました。私のグループからは、組み込みソフ

トウェアの効率的なモデル化技術である環境ドライバーなどが生まれました^[2]。また、当初3ヶ月かかっていた1モジュールの検証が、検証手順のマニュアル化や技術者教育によって、同規模のもので、技術者だけで9日間で完了するという成果も得られています。さらに、ほかのグループからは、ポイントを含むプログラムの解析ツールである MLAT や、複雑な事務手続きの整合性を検証するためのツールである AIST-ワークフローベリファイヤーなどが開発されており、製品化研究に近いところでの成果も生まれています。昨年度は、当研究センターで実施された事例のなかから、共同研究相手先が公開に同意するなどした25事例についてまとめたものを「システム検証の事例報告集」として出版しました^[3]。

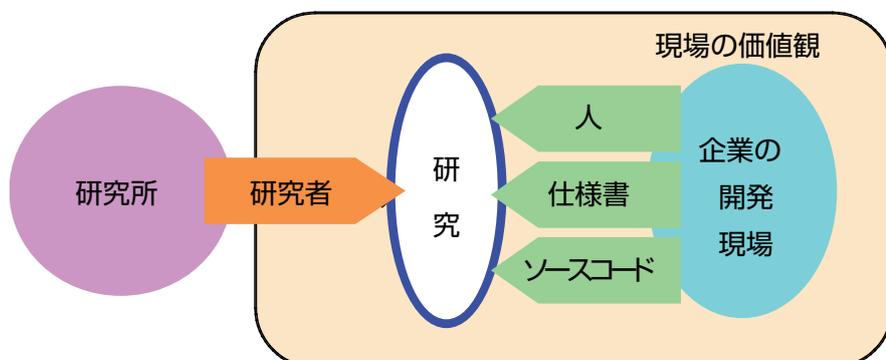
今後の展望

当初私たちは、システムの検証技術としての数理的技法を中心に研究してきました。その後、数理的技法の認知

度が高まるにつれ、社会の要請は検証技術にとどまらず、システムの信頼性などの規格やその評価技術としての数理的技法に期待が寄せられています。例えば、基本ソフトウェアとよばれるオペレーティングシステムに関するディペンダビリティの規格の策定やその評価などを、数理的技法を用いて行う研究が今年度から始まります。今後も、数理的技法が社会の中で活躍できる場が広がることは間違いなく、その中で産総研の役割も大きくなると考えます。

参考文献

- [1] 木下 佳樹 他: フォーマルメソッドのフィールドワーク. *情報処理*, 49 (5), 499-505 (2008) .
- [2] 高井 利憲 他: 環境ドライバーを用いたモデル検査検証事例. *第4回システム検証の科学技術シンポジウム予稿集*, (2007) .
- [3] 渡邊 宏 他: システム検証の事例報告集 2007年度版. *算譜科学研究速報*, PS-2008 (3), (2008) .
<http://unit.aist.go.jp/cvs/jireihoukoku/>



フィールドワーク：現場の価値観のもと、研究者が技能を発揮し、現場の問題を解決



2007年度版システム検証の事例報告集

コンソーシアム標準を活用した本格研究

次世代生活支援ロボット用ソフトウェア基盤技術の普及戦略

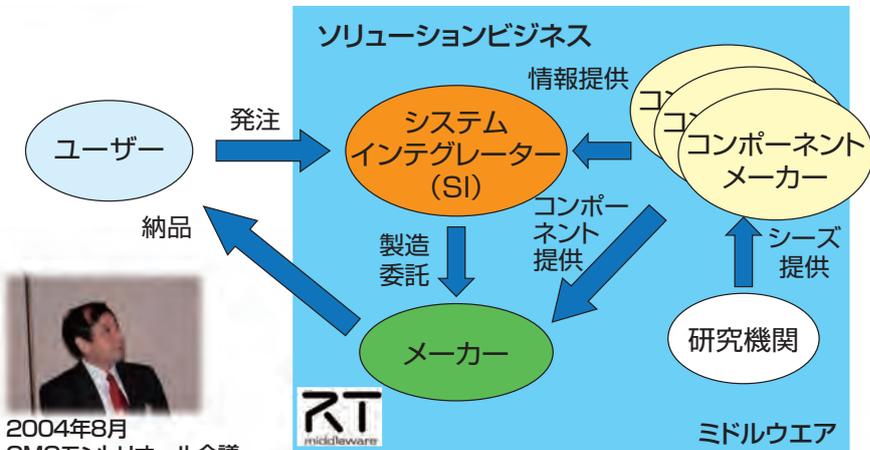
ロボット技術への期待

病院、福祉施設、家庭などの日常生活空間で活用される生活支援ロボットを開発し、誰でも利用できるように製品化することが、QOL (Quality of Life) を高めつつ、少子高齢化社会の諸問題を解決するひとつの手段として期待されています。

しかし、問題はその製品開発コストです。効率的なシステム開発手法が確立されていないために多種多様なユーザーの要望に対応する製品の価格を下げるができていません。市場に受け入れられる製品を提供することができていないという、この閉塞状況を打ち破るために、誰でも容易にロボット技術を利用したサービスを開発できるような、効率的なシステム統合技術の確立が求められています。

ロボット産業変革への提言

2001年に日本ロボット工業会が取りまとめた技術戦略調査報告では、今まで単体製品としてのロボットから分散配置されたロボット要素が連携してサービスを提供するシステムへのトレンドを示し、これらの技術の総称をRT (Robot Technology) と呼ぶと提唱しています。将来予測



2004年8月
OMGモントリオール会議
(ロボット技術の標準化を呼びかけるセミナーを企画し、基調講演する故谷江和雄氏 President of IEEE Robotics and Society)

ミドルウェア: SI、コンポーネントメーカー、メーカー間の交流を促進する情報基盤

期待される未来のロボット産業のモデル

されるロボット産業のビジネスモデルは「ソリューションビジネス」であり、単独企業によるロボット開発から分業体制によるロボット開発への産業構造改革を提言しています。

図に示すように、競争的に要素部品を開発して提供するコンポーネントメーカー、それらの要素部品を組み合わせてシステムをデザインするシステムインテグレーター、その設計図をもとにシステムを製造するメーカーという分業体制を構築することで、顧客のニーズに柔軟に対応

するソリューションビジネスが可能になるというシナリオです。このような分業体制を導入することにより、それぞれの専門技術を活かした中小・ベンチャー企業、異業種を含む多様な企業、研究開発機関などがロボット市場に続々と参入することが可能になり、さまざまなサービスを提供するロボット開発の活性化による市場創成が期待されます。

RT ミドルウェア技術と標準化活動

システムを構成する機能要素をソフトウェア的にモジュール化し、それらを構成部品として自由に組み合わせることにより、ユーザーの要望を満たすサービスを提供するシステムを容易に構築可能とするソフトウェア基盤技術の確立を目指し、RT ミドルウェアプロジェクト (2002-2004) が実施されました。プロジェクトでは、システムを構成するオープンなアーキテクチャーとして、RT コンポーネントと呼ぶ共通のインターフェースを持つモジュール化を



機械技術研究所に入所して、遠隔操作システムや力感覚を提示する仮想環境の研究を続けてきました。計算機システムが更新されるたびに、同じようなプログラムを最初から書き直すことへの疑問が、技術の共有・蓄積を促進するRTミドルウェア技術の研究開発・普及活動への原動力となっています。

神徳 徹雄 (こうとく てつお)
t.kotoku@aist.go.jp
知能システム研究部門
タスク・インテリジェンス研究グループ

システム構築のフレームワーク仕様として提案しました。世界中でさまざまなモジュール化の枠組みが提案されていますが、研究ベースではその開発が止まることを恐れてなかなか普及しないのが現実です。そこで、RTミドルウェア技術を標準化して利用者に安心感を与えることを普及戦略として考えました。

ソフトウェア技術の国際標準を扱う非営利コンソーシアムのひとつとしてOMG (Object Management Group) があります。OMGでは、加盟組織のメンバーによる議論を通して標準仕様をつくりだしています。この合意形成を基本としたOMGの標準化プロセスを活用すれば、技術に関心を持つ仲間を集めながら、普及を図りつつ標準形成を達成することができます。そこでRTミドルウェアプロジェクトでは、OMGでの標準化活動を通して技術開発と標準化を同時並行的に推進する戦略を採用しました。

当初、仕様案を専門家であるOMGスタッフに渡して任せれば標準化を進めてくれるものと気楽に考えていたのが間違いでした。コンソーシアム標準は自分自身で仲間を集め、仲間同士で合意できる仕様を交渉しながらつくりだすプロセスが求められます。ロボット技術の標準化を実現したい私たちと、ロボット関係者を会員に取り込みたいOMGスタッフとの間でWin-Winの関係が成立し、不慣れな私たちに手厚い支援をいただきました。まず2005年12月にロボット技術の標準化を議論する母体となるグループとしてRobotics-DTF (Domain Task Force) を設立し、RTミドルウェアプロジェクトの成果を持ち込んで議論することで取り

まとめたロボット用ソフトウェアのモジュール化の枠組みとなるRobotic Technology Component 最終仕様案が2007年9月に採択され、OMGのホームページで誰でも参照できる仕様書として2008年4月に発行することができました。

ロボットビジネス推進協議会と計測自動制御学会RTシステムインテグレーション部会との共催で、年に4回開催されるOMG技術会議の報告会を毎回行っています。標準仕様として承認されたことをプレス発表する前後でこの報告会の参加者数が倍増しました。また、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のロボット関係プロジェクトにおいて、開発成果を論文だけではなくRTコンポーネント化してソフトウェアモジュールとして提供することを求められるなど、技術普及における標準化というツールの威力を感じています。

今後の取り組み

新しいRT産業が成立するためには、信頼性や安全性など技術課題を

克服するだけではなく、事故発生時に責任問題をどう解決するかなど、社会的課題の克服も避けられません。これらの課題解決に皆と知恵を絞って行きたいと思っています。

責任問題が解決していないために企業の壁を越えたシステム統合が難しくても、企業内だけでも速い製品サイクルに対応し、ソフトウェアのメンテナンス性を高める技術として活用していただきたいと思っています。大学や研究機関ではアイデアを検証する実験装置を素早く構築するための技術として、また、研究成果をソフトウェアモジュールのコンポーネントとして提供することで技術移転を容易にする技術として活用いただければと思います。

RTミドルウェアのコンセプトは、単独の企業や研究機関だけの活動で実現できるものではありません。本格研究として標準化をツールとして企業と大学・研究機関をつなぐ交流を進めながら、互いに技術共有を可能にするソフトウェア基盤技術の確立を1歩1歩地道に進めて行きたいと考えています。



OMG Robotics - DTF のボランティアスタッフ

軽くて曲がる太陽電池で効率 17.7 % を達成

曲面にも貼れる高性能な太陽電池シールも可能に



石塚 尚吾

いしづか しょうご

shogo-ishizuka@aist.go.jp

太陽光発電研究センター
化合物薄膜チーム
研究員
(つくばセンター)

産総研入所以来、CIGS 太陽電池の研究に従事してきました。未来技術から革新技術へ、新しい技術の創造に向け基礎・応用研究を幅広く推進しています。太陽光をはじめとする自然エネルギーの有効利用の観点から環境・エネルギー問題に取り組み、持続可能な社会の発展を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

山田 昭政、仁木 栄（産総研）、
本元 博行、城戸 伸明（帝人株式会社）

● 参考文献

産総研 TODAY, 7 (7), 14 (2007).

● プレス発表

2008 年 7 月 16 日「フレキシブルな CIGS 太陽電池で効率 17.7 % を達成」

2007 年 4 月 5 日「非シリコン系太陽電池の省資源化製法を開発」

● その他

今回達成された数値は真性変換効率です。太陽電池の正式な効率として国際的な認証を受けるには、別途認証機関による実効変換効率の公式測定が必要となります。

CIGS太陽電池のエネルギー変換効率の向上

銅 (Cu)、インジウム (In)、ガリウム (Ga)、セレン (Se) からなる非シリコン系の半導体材料 CIGS を用いた太陽電池は、光電変換層の厚さを数 μm と薄くできるという利点があり、自動車の屋根や建造物の曲面などへの設置や、持ち運び可能な軽量でフレキシブルな太陽電池への応用が期待されています。これまでフレキシブル CIGS 太陽電池の高性能化は困難でしたが、新しいアルカリ添加制御技術、およびポリマー基板の新しいハンドリング技術など、フレキシブル CIGS 太陽電池のエネルギー変換効率を飛躍的に高める技術を開発しました。これらの技術により、セラミックス、金属箔、ポリマーなどさまざまなフレキシブル基板を用いた高性能な太陽電池の作製に成功しています。

ASTL法を用いたフレキシブルCIGS太陽電池

高効率なフレキシブル CIGS 太陽電池を作製するために、CIGS 光吸収層へのアルカリ添加をいかに再現性よく制御するかという技術課題がありました。これまで用いられてきたアルカリ化合物の多くは潮解性があるなど、物性的に不安定で取り扱いが難しく、再現性よく性能を向上させることはできませんでした。そこで、図 1 に示すように、裏面電極層を形成する前に、安定なアルカリ化合物であるケイ酸塩ガラス層を基板上に形成し、この層の製膜条件を変えて、

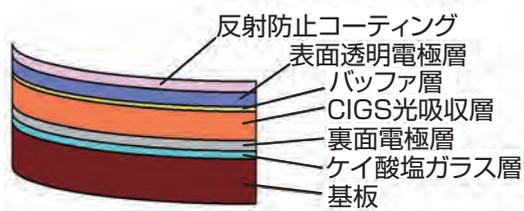


図 1 今回開発した高効率フレキシブル CIGS 太陽電池の構造

裏面電極層を通過して CIGS 光吸収層に取り込まれるアルカリ量を制御する技術を開発しました。この技術により再現性よく、しかも簡便にアルカリ添加を行うことができ、CIGS 太陽電池のエネルギー変換効率の大幅な向上が実現しました。表面が平滑なセラミックスシートを基板に用いて作製したフレキシブル CIGS 太陽電池では、小面積セルの真性変換効率として 17.7 % を達成しました。また表面がやや粗いチタン箔を基板に用いた場合でも 17.4 % を達成しています (図 2)。さらに、超軽量の太陽電池の実現が期待されながら、CIGS 光吸収層の作製温度に制限があるため高効率を得ることが困難とされていたポリマー基板を用いた場合でも、14.7 % の高い効率を達成できました。セラミックスシート基板で達成された 17.7 % は、現在までに報告されているフレキシブル CIGS 太陽電池の効率として最も高い値です。

今後の展開

小面積のフレキシブル CIGS 太陽電池で今回実現した高効率化技術を、実用レベルのサブモジュールサイズまで拡大したものに適用し、スケールアップに伴う集積化プロセスや歩留り向上など技術課題の解決に向け取り組んでいきます。また、ラジカル化したセレンの応用などによってさらなる高効率化技術の開発を目指します。



図 2 ガラス小瓶の側面に貼られたチタン箔基板フレキシブル CIGS 太陽電池

可視光応答性酸化タングステン光触媒の開発

さまざまな揮発性有機化合物を完全に酸化分解



佐山 和弘

さやまかずひろ

k.sayama@aist.go.jp

エネルギー技術研究部門
太陽光エネルギー変換グループ
主任研究員
(つくばセンター)

これまでは水分解水素製造のための人工光合成や色素増感太陽電池などの実用化まで少し時間のかかる研究を行ってきました。これらの太陽エネルギー変換の研究の知見を基にして本報告の環境浄化用酸化タングステン光触媒は開発されました。数年以内に室内・車内用途での実用化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

杉原 秀樹、荒井 健男（産総研）

● 参考文献

T. Arai *et al.*: *Chem. Commun.*, in press.

T. Arai *et al.*: *Cat. Commun.*, 9, 1254 (2008).

● プレス発表

2008年7月9日「室内照明で動く可視光応答性酸化タングステン光触媒の開発」

高性能な可視光応答性

可視光や蛍光灯照明条件でもさまざまな揮発性有機化合物 (VOC) をCO₂と水に完全酸化分解するのに十分な活性をもつ可視光応答性酸化タングステン (WO₃) 光触媒を開発しました。この光触媒は、WO₃半導体光触媒に、パラジウム (Pd) および銅 (Cu) 化合物という優れた助触媒を開発、添加したことにより実現しました。紫外線の少ない屋内や車内などで、塗料や接着剤、建材から放出される有機溶媒、シックハウス原因物質や悪臭物質の分解、空気清浄機への応用などさまざまな利用が期待できます。

実用レベルに近い光触媒活性

WO₃粉末にさまざまな助触媒を添加 (担持) した光触媒の完全酸化活性を調べたところ、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、銅 (Cu) 化合物だけが、有機物の酸化分解の活性を向上させました。Ptはたいへん高価であるため、実用化を考えて、より安価なPdとCuの助触媒について検討しました。今回開発したWO₃系光触媒粉末は、助触媒であるPdまたは酸化銅 (CuO) 微粒子粉末を乳鉢でWO₃粉末と混練するという簡単な方法で作製できます。

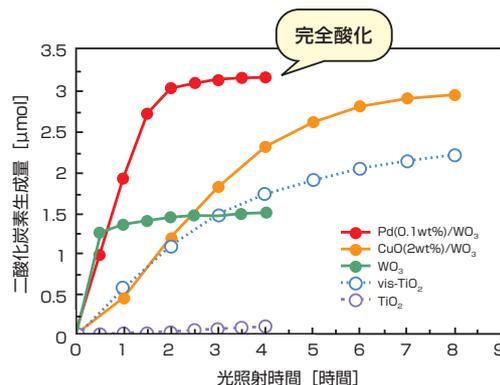
図は各種光触媒に可視光を照射してアセトアルデヒドを分解したときの完全酸化によって発生するCO₂量の変化を示します。TiO₂系光触媒の活性は反応の後半で大きく低下しましたが、PdやCuOを助触媒としたWO₃光触媒は高い活性を維持し、速やかにアセトアルデヒドの完全酸化分解に至りました。反応が半分進んだ時点で比較すると、Pd-WO₃は酸化チタン

系光触媒より7倍以上の高い活性です。また、とても分解しにくい、代表的な芳香族系VOCであるトルエンをPd-WO₃により酸化分解した結果、可視光でたいへん効率よくCO₂にまで完全酸化できることがわかりました。ホルムアルデヒドも高効率で完全酸化できます。

以上のように、適切な助触媒を担持したWO₃可視光応答性光触媒によりTiO₂系光触媒以上の効率で多くの有害有機物質の完全酸化分解 (完全無害化) ができました。WO₃は安定性が高く、元素としての有害性もありません。さらに混練法を用いる作製法は簡単で大量合成しやすく、実用レベルに近い特性をもつ半導体光触媒であるといえます。

今後の展開

実用化のための課題は、(1) 触媒の低コスト化技術、および、(2) 活性を低下させずに製品に実用強度で成膜する技術の確立です。(1) のコストに関しては、TiO₂より触媒原料コストが高いので、初期は付加価値の高い用途の実用化を目指します。Pd助触媒は、銅化合物より高価であるため、助触媒量をさらに少なくする検討を進めています。Pd-WO₃は高性能空気清浄機フィルターや塗装工場の浄化、安価で抗菌効果も期待できるCuO-WO₃は病院用タイルや一般家庭用の照明器具フードや壁紙、ブラインドなど、それぞれに適した応用が考えられます。(2) の成膜技術に関しては、研究グループの持つ薄膜作成技術を活かし、長期信頼性向上も含めて研究を進めていきます。



アセトアルデヒド (導入量: 約 1.6 μmol) 分解によるCO₂発生量の変化

TiO₂: 市販の紫外線応答型TiO₂光触媒
vis-TiO₂: 企業サンプル品の可視光応答型TiO₂

有機素材の表面を簡単な成型プロセスで超撥水性へ

テフロン表面の撥水性をさらに増強



周 豪慎

しゅう こうしん

hs.zhou@aist.go.jp

エネルギー技術研究部門
エネルギー界面技術グループ長
(つくばセンター)

1994年3月東京大学大学院化学工学専攻修了、工学博士。1997年4月に電子技術総合研究所入所。現在は、特異な界面現象を利用したクリーンなエネルギー変換デバイスと環境保全技術の開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

王 雅蓉、細野 英司 (産総研)

● 参考文献

産総研 TODAY, 6 (1) ,26, (2006) .

研究の背景

撥水現象は固体表面における固-液-気の三相現象です。撥水性は表面に置かれた水滴の接触角 θ で評価されます。一般には θ が 90° を越えると撥水性、 $120^\circ < \theta < 150^\circ$ は高撥水性、 θ が 150° を越えると超撥水性であると定義されます。超撥水の表面では水滴が簡単に転がるので、防水、防曇、防霜、着雪防止、潮による腐食防止などの機能性があり、建築資材、化粧品、繊維処理、エレクトロニクス用部材などの応用分野でも注目されています。

従来の超撥水性の表面をつくりだすためには、以下2つの条件を満たす必要があります。(1) 表面エネルギーを低くすること、(2) 表面に凹凸構造を作ることです。(1) にはフッ素系化合物などを使った表面コーティング方法がよく使用されていますが、本来フッ素系化合物の水の表面接触角は最大でも約 110° しかありません。(2) については、すでにドライエッチングなどトップダウンの方法を用いて、表面にナノ構造をつくりフッ素系の化合物をコーティングする方法が複数提案されています。しかしこれらのプロセスは、コストが高く、それを利用して大面積の超撥水性の表面をつくりだすことができません。

簡単な成型プロセスで超撥水テフロン表面を開発

今回私たちが開発したのは、市販の網または金網をテンプレート(鋳型)として用いて、簡単な熱転写でフッ素樹脂素材の表面を成形し、

きわめて簡単な超撥水性および撥油性の表面をつくりだす方法です。市販の金網なので大面積化・低コスト化が可能となり、柔らかく、素材の形状にフィットします。これで、超撥水性の表面をもつテフロン膜とあらゆるテフロン素材が簡単につくれます。また、フッ素樹脂のみではなく、ほかの有機素材への展開も可能となります。

網で熱転写する前のフッ素樹脂の水の表面接触角を図1Aに示します。表面接触角は約 107.5° で、熱転写後に、図1Bに示すように表面に10数 μm の模様ができて、水の表面接触角は 165° までにアップしたことが図1Cで確認できます。また、熱転写の後のフッ素樹脂素材は長時間超音波をかけてもマイクロ模様と撥水性が維持されており、優れた耐久性を示唆しています。さらに、薄い透明なフッ素樹脂膜にも適用でき、それらの熱転写前の透明性を示す写真と水の表面接触角を図2Aに示し、熱転写後の透明性を示す写真と水の表面接触角を図2Bに示します。

今後の展開

今後実用化を進めるために、この材料のさらなる大面積化、高耐久性への適用化と防水、防曇、防霜、着雪防止、潮防止、交通標識などへの展開について研究開発を進めていきます。協力を希望する企業があれば、技術移転や共同研究など、一体となって開発を進めたいと考えています。

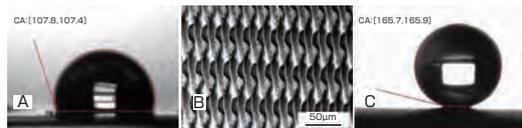


図1
A：金網で熱転写する前のフッ素樹脂の水の表面接触角
B：熱転写後のフッ素樹脂表面のマイクロ模様を示す走査電子顕微鏡写真
C：熱転写後のフッ素樹脂の水の表面接触角
図中の CA は左右の表面接触角



図2
A：AISTの文字上に置いた薄い透明なフッ素樹脂膜の熱転写前の写真と水の表面接触角 (110°)
B：熱転写後の写真と水の表面接触角 (154°)

本格的測定を開始したアボガドロ国際プロジェクト

^{28}Si によるキログラムの再定義



藤井 賢一

ふじいけんいち

fujii.kenichi@aist.go.jp

計測標準研究部門
物性統計科
流体標準研究室長
(つくばセンター)

1984年、計量研究所に入所し密度と音速の精密計測などに関する研究を行ってきました。1994年から2年間、米国NISTの客員研究員としてワットバランス法によるプランク定数の測定に関する研究に従事し、帰国後は密度、粘度、屈折率などの物性標準を国内のユーザーに供給するとともに、アボガドロ国際プロジェクトのコーディネーターとしてアボガドロ定数の精密計測に関する研究を推進してきました。国際度量衡委員会 (GIPM) 質量関連量諮問委員会 (CCM) 密度作業部会 (WG Density) の議長、単位諮問委員会 (CCU) や CODATA 基礎定数作業部会の委員として SI 単位の再定義や計量標準の普及に貢献したいと考えています。

関連情報：

● 共同研究者

早稲田 篤、倉本 直樹、藤本 弘之、水島 茂喜、藤本 俊幸、東 康史、豊島 安健 (産総研)

● 参考文献

[1] K. Fujii et al.: *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 54, 854-859 (2005) .

[2] *AIST Today*, 6 (8), 14-15 (2006) .

[3] *AIST Today*, 7(3), 30 (2007) .

[4] *AIST Today*, 8(4), 30, (2008) .

[5] きちんとわかる計量標準, 223-248 (2007) .

人工原器に頼る唯一のSI基本単位

国際単位系 (SI) には7つの基本単位がありますが、キログラムだけは今でも原器によって定義される唯一のSI基本単位です。1889年に開催された第1回国際度量衡総会 (CGPM) において国際キログラム原器が質量の単位として承認されて以来、その定義は変わっていません。近年、普遍的な物理定数を使ってキログラムを定義し直すことが検討されるようになり、2007年に開催された第23回CGPMではキログラム再定義を実現するための研究を世界各国の計量標準研究機関が協力して行うことなどが勧告されています。

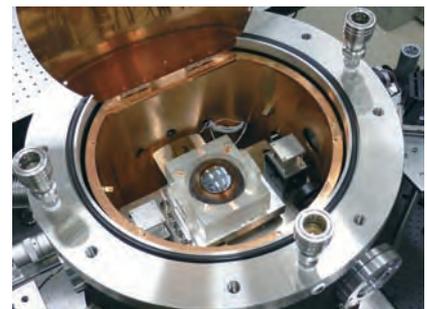
国際プロジェクトの概要

アボガドロ定数はシリコン単結晶の格子定数、密度、モル質量から求められる基礎物理定数です。産総研ではアボガドロ定数を測定して原子の数からキログラムを再定義するための研究を行ってきました。2003年にはEUの標準物質計測研究所 (IRMM) との協力によりアボガドロ定数を 2×10^{-7} という最も小さい不確かさで測定することに成功しましたが、自然界のシリコンには3種類の安定同位体 ^{28}Si 、 ^{29}Si 、 ^{30}Si が存在するため、モル質量 (同位体存在比) の測定精度が制約となり、それ以上の精度は得られませんでした。この問題を解決するために産総研の計量標準総合センター (NMIJ)、IRMM、ドイツ物理工学研究所 (PTB)、イタリア計量研究所 (INRIM)、オーストラリア計量研究所 (NMIA)、国際度量衡局 (BIPM)、米国標準技術研究所 (NIST)、英国物理研究所 (NPL) など世界の8研究機関が協力して、

^{28}Si だけを濃縮した結晶からアボガドロ定数を決めるための国際プロジェクトを開始しました。原料となる SiF_4 をロシアの遠心分離技術で99.99%まで濃縮するのに2年を要し、化学精製、多結晶化などを経て2007年5月には5kgの ^{28}Si 単結晶が完成しました (写真左)。この結晶から直径94mm、真球度7nm、質量1kgの球がオーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) で2個研磨されました。世界で最も丸い貴重な球と言えるでしょう。そのうちの1つが2008年4月に産総研に運ばれてきました。私たちは新たに開発したレーザー干渉計 (写真右) を使って、数百方向からの直径測定からその体積を求め、質量測定の結果などから結晶の密度を精密に求めています。

今後の計画

現在、もう1つのシリコン球の密度はドイツで測定されています。オーストラリアでも密度測定を行った後に球を交換し、3研究機関でそれぞれ独立して密度を測定して値が正しいかどうかを確かめます。格子定数とモル質量についても複数の研究機関で測定を行います。このほかに表面、格子欠陥、純度など数多くの評価を終えてアボガドロ定数を決めることができるのは2010年の予定です。この国際プロジェクトの目標はキログラムを再定義するのに十分な 2×10^{-8} の精度でアボガドロ定数を決めることです。現在、この目標精度での測定結果が得られつつあり、2011年秋に開催される第24回CGPMで再定義を行うかどうか審議されることになるでしょう。



浮遊帯域 (FZ) 法で引き上げられた濃縮度99.99%、質量5kgの ^{28}Si 単結晶 (左) と、この結晶から作成した1kgのシリコン球の直径を測るレーザー干渉計 (右)。放射シールドによって精密に温度制御された真空中でシリコン球の直径をサブナノメートルの精度で測定します。

マニピュレーターの動作予告装置

ロボットの作業対象物を前もって教えてくれる装置

特許 第3843317号

(出願2002.10)

●関連特許

登録済み：国内1件

研究ユニット：

知能システム研究部門

適用分野：

●人とロボットが日常生活環境で共存、協調して作業を行う場面

目的と効果

人の隣で人と共同作業を行うロボットアームが、その動作の作業対象物にスポット光を照射することで、人にその動作を予告するシステムを開発しました。ロボットアームの手首部にプロジェクターを取り付けて、その対象物にスポットライトを投影します。ロボットの隣にいる人はそのスポットライトを見て、ロボットが次にどの物体を扱うのかを直感的に理解できます。

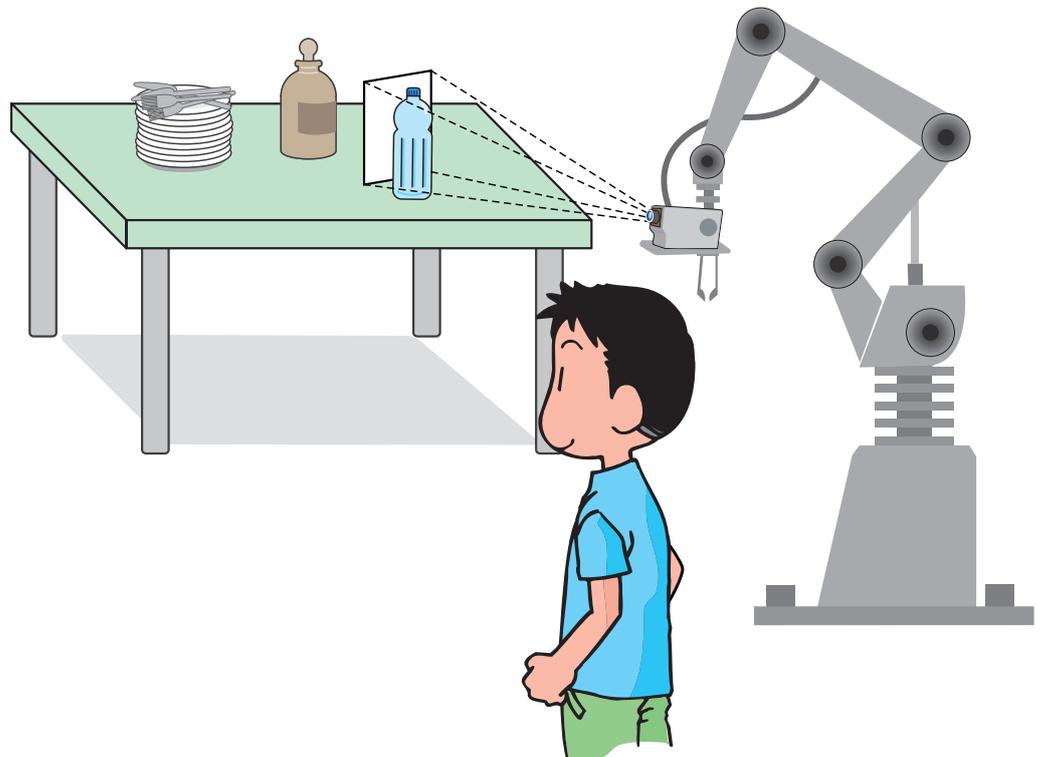
技術の概要、特徴

日常生活で人をサポートしてくれるロボットへの期待が高まっていますが、ロボットが予告なしに動作を始めて人を危険にさらさないように、適切な情報提示手段が必要だと考えられます。例えば人の隣で棚から物を取ってくれるロボットが、作業を開始する前に自分がこれから取りに行く物をその人にわかりやすく簡単に

教えてくれれば安心です。そのために、ロボットアームの手首にビデオプロジェクターを取り付けて、これから取りに行く物にスポットライトをあてるシステムを構成しました。ロボットが内部で持っている環境モデルにおいて、仮想カメラの位置をロボットの手先に置いてやることで、プロジェクターから投影するスポットライト画像を簡単に計算することができます。ロボットにこのような機能を与えることで、ロボットの隣にいる人は、ロボットが次にどのような動作を行うのかを容易に理解することができます。

発明者からのメッセージ

この技術は、人と共存するロボットの人に対する情報提示のための技術から派生したシステム化技術です。現在、人とロボットの情報共有に関してさまざまな研究開発を行っています。



マニピュレーターの動作予告装置概念図

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

IDEA

産総研が所有する特許のデータベース

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

噴霧液滴の高精度粒径分布測定

さまざまな噴霧に適用可能なサンプリングプローブの開発

特許 第 3873117号
(出願 2001.12)

研究ユニット：

計測標準研究部門

適用分野：

- 熱機関における燃料噴射
- 工業製品・医薬品・食品など製造プロセスにおける造粒・塗装・コーティング

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

産総研イノベーションズ

(経済産業省認定 TLO)

〒 305-8568

つくば市梅園 1-1-1

産業技術総合研究所

つくば中央第 2

TEL : 029-861-9232

FAX : 029-862-6159

E-mail : aist-innovations

@m.aist.go.jp

目的と効果

精確な粒径分布測定が難しいとされている噴霧液滴に対して、噴霧溶液に微量の不揮発性物質を添加したうえで噴霧し、その液滴が自然乾燥したあとに残る固体残留物(蒸発残渣粒子)の粒径分布を電気移動度分析法により求めることで、噴霧液滴の粒径分布を高い精度で推定する方法(以下、自然乾燥法と呼ぶ)が報告されています。しかし、自然乾燥法では、液滴数が多く十分な乾燥ができない場合など、測定精度が悪化するという問題が生じます。この特許技術は、噴霧液滴を容易に採取・乾燥し、効率よく蒸発残渣粒子を得ることができるサンプリングプローブを開発することによって、自然乾燥法の問題を解決し、精度と信頼性の高い液滴径分布測定を実現するとともに、広範な噴霧液滴への適用を可能としました。

技術の概要、特徴

清浄乾燥空気を利用して噴霧液滴を採取・乾燥することができるサンプリングプローブ(図1)を用いると、自然乾燥法において問題となる液滴の不十分な乾燥、液滴同士の合体、器壁などへの付着による液滴および蒸発残渣粒子の損失などが防止でき、効率よく蒸発残渣粒子を得ることができます。分解能にかかわる特性が理論的によく解明されている電気移動度分析法を

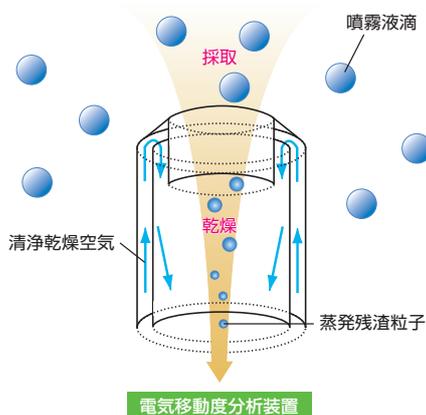


図1 サンプリングプローブの概念図

用いて、このサンプリングプローブを介して得られた蒸発残渣粒子の粒径分布(図2)を求めることで、噴霧液滴の粒径分布(図3)を高い精度で推定することができます。また、電気移動度分析法は、原理上、対象とする液滴数に下限がないため、きわめて低濃度の噴霧液滴にも適用できるほか、このサンプリングプローブを用いることにより、高濃度の噴霧液滴にも対応が可能となります。さらに、添加する不揮発性物質の濃度を調節することで、広い範囲の液滴径分布の測定ができます。

発明者からのメッセージ

広範な液滴数および液滴径にも対応でき、高精度の液滴径分布測定が実現可能なこの特許技術は、燃料噴射や造粒・塗装・コーティングなどで用いられる多種多様な噴霧液滴の計測・評価・制御に大いに役立ちます。

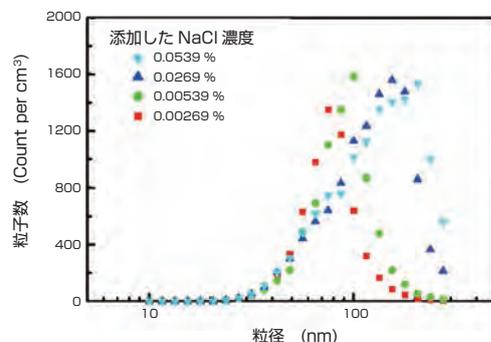


図2 蒸発残渣粒子の粒径分布

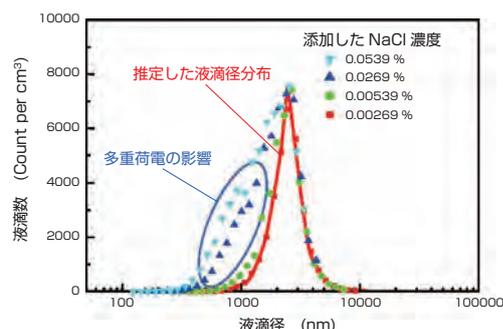


図3 噴霧液滴の粒径分布

シリーズ：男女共同参画プログラム（第1回）

座談会：

研究所でキャリアカウンセリングを行って



- 小野 晃** 副理事長、男女共同参画室担当理事
金指 あや子 独立行政法人 森林総合研究所
男女共同参画室長
沖永 友貴枝 産総研キャリアカウンセラー
大森 美香 産総研キャリアカウンセラー
山田 智大 産総研キャリアアドバイザー
澤田 美智子 産総研男女共同参画室長（司会）

日々の仕事上の問題や人間関係の中で、自分の気持ちや考えをうまく整理できないことは誰にでもあります。キャリアカウンセリングは狭い意味では仕事上の進路相談ですが、もっと広くとらえれば、仕事上でのいろいろな障害や問題を、少し離れたところにいる専門家と会話することによって、自分から解決の道を見つけていくことと言えます。とかく自分だけで悩みがちなこのような問題に対して、産総研では職員向けにキャリアカウンセリングのサービスを開始しました。実施して半年がたったところですが、研究所のキャリアカウンセリングではどのような相談を行っているのでしょうか。実際に相談に応じている3名のカウンセラーを交えて、キャリアカウンセリングの実際を語っていただきました。

キャリアカウンセラーとして

澤田 本日は研究所におけるキャリアカウンセリングについて、皆さんで大いに語っていただきたいと思います。まずカウンセラーの皆さんから、自己紹介を兼ねて産総研でキャリアカウンセリングを行ってみて、どのように感じておられるかお伺いしたいと思います。

沖永さんはアメリカで勉強された心理学を活かして、産総研に毎日キャリアカウンセラーとして来ていただいていますね。

沖永 私はアメリカで心理学を学び、病院で臨床心理を行いました。臨床心理では治療の現場でこころのケアを行っていました。一方、産総研で行っているキャリアカウンセリングの対象は、こころを含めたその人自身です。キャリアカウンセリングは、相談者がいかに自分の納得のいく人生設計、キャリア設計ができるかを、ご自身の

仕事とのかかわり方を通じて見だし、ていくのをお手伝いする仕事です。

澤田 相談をうけると、カウンセラーはどのような役割なのでしょう。

沖永 臨床心理とカウンセリングに共通していることは、いずれも相談者とカウンセラーの共同作業であることです。この共同作業は相談者とカウンセラーの一定の信頼関係の上に成り立っています。カウンセラーの役割は、相談者の主体性を引き出して、自主的にやってくれるためにお手伝いすることだと思っています。

澤田 日本とアメリカの両方の大学で心理学を学ばれた大森さんはキャリアカウンセリングをどのようにお考えですか。

大森 複雑な人間関係の中で、個人がその人らしさを発揮して、よりよく

やっていく、そこに一緒に付き添うというベースは、産総研も他の機関でのカウンセリングもそれほど変わらないと思います。ただ、研究者のキャリアパスということでは日本のアカデミアが持っている独特の問題がありますので、そこにどのようにお手伝いできるかが1つの課題と考えております。

澤田 外資系のコンサルティング会社で人や組織の意識改革のコンサルティングを経験されてきた山田さんはいかがでしょうか。

山田 コンサルティングは、ヒアリング調査で本音を引き出す必要があるのですが、当初は相手の本音を引き出すことが難しく感じました。このとき、キャリアカウンセリングに興味を持ち、資格取得に向けて勉強していく中で、信頼関係を築くことがお互い本音を話すための基盤になるということに気がきました。



職場の中で良好な人間関係を構築するということ、テクニックとして身につけてほしいという意識がある。

金指 あや子
かなさし



研究でもビジネスでも一緒だと感じています。結果を出さなければというプレッシャーを感じると、柔軟な考え方ができなくなる場合があります。カウンセリングでは、考え方が柔軟になるという効果も期待できます。職員の皆さまのお手伝いできればと思っています。

キャリアカウンセリングへの期待

澤田 森林総合研究所（森林総研）でもキャリアカウンセリングの導入に関心があると伺っています。

金指 森林総研では、法で定められているセクハラ（性的嫌がらせ）やメンタルヘルスの相談窓口を設けています。特にメンタルヘルスの相談室は平成19年度から所内に設けられ、それなりの需要があるのですが、それは症状がかなり厳しくなった段階での相談なので、もっと前に対応できたら、深刻になる前に解決できることも多いのではないかと強く感じるところです。メンタルヘルスももちろん重要ですが、それより以前の段階で、こういうカウンセリングがとても重要だなというのを、今回、キャリアカウンセリングを教えていただいて、理解したところです。先日、森林総研の中堅研究職員向けの研修で、山田さんにキャリアアドバイジングのさわりとして、信頼

関係の構築や固定観念を取り払う考え方などについてお話しいただいたのですが、受講された方に大変評判が良く、ぜひ職場として行ってほしいとの感想が多く寄せられています。

澤田 小野副理事長はどのようなご意見をお持ちでしょうか。

小野 研究という仕事はとてもクリエイティブで素晴らしい職業と私自身思っているのですが、そのかわり研究者は孤独なんです。アイデアが出ないときは自分の能力を責めるしかなくて、そこで落ち込むことはあります。同時に自分一人の限界、つまり一人でも何もかもできる訳ではなく、いろいろな人の助けを借りないとできないこともわかってきます。

澤田 落ち込んだときや自分の力の限界を感じたときにもキャリアカウンセリングは有効ですね。

キャリアカウンセリングは、いかに自分の納得のいく人生設計、キャリア設計ができるかを、ご自身の仕事との関わり方を通じて見いだしていく。

沖永 友貴枝
おきなが ゆきえ

小野 そのとおりです。産総研の発足以来、理事長は「産総研であることの意義」とか、「誇りを持とう」ということを話していますが、職員にはアカデミアとの一体感を持ち続けたいという思いと、それだけではだめで産業界の方に向いていかなければいけない思いとの葛藤^{かつとう}というんでしょうか、複雑な心理もあります。

それから、自分の内面がわかることが大事、という話には同感です。「本音の会話がなかなかできない」というお話がありましたが、自分のことを思ってみますと、本音を言わないのではなくて、自分で自分の本音がわからないという状況があります。自分が見えていない、それが問題だというのはおっしゃるとおりだと思いますね。キャリアカウンセリングの良いところは、自分の本音を自分で見つけられるというところではないでしょうか。

どんなときにカウンセリングを受けるのか

澤田 ところで、カウンセラーの皆さま、研究所ではどのような相談がありますか。

沖永 本来キャリアカウンセリングは臨床心理とは異なり、治療を目的としないということがありますが、ご相談





複雑な人間関係の中で個人が
その人らしさを発揮して
より良くやっていく、
キャリアカウンセリングとは
そこに一緒に付き添うもの。

大森 美香
おおもり みか



内容によっては、臨床心理で行うような心理的治療を必要とすることも多々あります。例えば、「上司とうまくいかない」、「成果が上がらない」といった仕事上でのご相談でも、そこには信頼関係を築くことに不安感や抵抗がある、信頼関係構築のためのコミュニケーションスキルが不十分である、あるいは、ご相談者自身に情報を選択する思考や自己否定的な思考の傾向があるなど、心理的な要因が考えられる場合もあります。そこでご相談者は、人生設計やキャリア設計を考える中で何を求めているかをより明確にする必要性が出てきます。

山田 今後のキャリアに関する相談もあります。1つの組織に勤め上げること以外の選択があるということは、キャリアで多様な選択肢を選べることになります。一方で、自分の生き方の「軸」がある程度固まっていないと、今後のキャリアを選ぶことが難しくなります。

大森 学生も多様性を許容されている時代に生きています。昔なら「家業を継ぐのが当然」と言われていたところを、今の学生たちは「好きなこと」をやってよいとされている。しかし、学生も自己認識がきちんとできていないので、「好きなことをやれ」と言われると、何をやっていいのかわ

からない。社会的な変化にともなうて、生き方が多様になった分、自分ですべて決めていかなければいけないということに付き添っていくためのキャリアカウンセリングという仕事が必要になってきたと思います。

研究所の中の キャリアカウンセリング

澤田 組織の中での年代間のギャップについてはいかがでしょうか。

金指 森林総研でも、奥さんが研究職でご主人が主に家庭を受け持つという方もいます。管理職のような年齢の世代と若い人たちの意識のギャップは、今が一番大きいように思います。森林総研は30代の職員がたいへん多く、その世代へのケアも大切だと思っています。あと、転勤が多いので遠距離結婚というパターンの人も増えていますし、仕事と家庭の両立支援は女性だけ

ではなく、男性にも必要という状況は現実的にあります。

ところで、研究職の場合、研究の方向性の再確認や微調整、あるいは大きく転換するような場面におけるキャリアカウンセリングの役割はかなり大きいと思うのですが、カウンセラーとマネジメントの方との連携はどのような形をとっているのでしょうか。

澤田 相談者に対するカウンセラーの守秘義務がありますので、通常はマネジメント側が相談の内容を知ることはありませんが、相談者の承諾があればカウンセラーとマネジメント側と連携をとることはできます。

小野 日本では組織間の異動は少ないですが、その代わり組織内での部署間異動はけっこう激しくて、そういう意味では組織内でのキャリアパスの問題は多くあり、それが心の負担になると思います。産総研も発足時に、それまでの15の研究所の垣根が取り払われることにより、地域に行ったり、研究部門から管理部門に異動になるなど大きな変化が起こるようになり、組織的に柔軟になったとともに、自分の居場所がよくわからなくなってしまっていて、それが不安の原因になることもあると思います。産総研が発足してまだ7年半ですから、参考にすべき先輩のキャ

信頼関係を築くことが
お互い本音を話すための
基盤になる。

山田 智大
やまだ ともひろ



キャリアカウンセリングの
良いところは、
自分の本音を
自分で見つけられる。

小野 晃
おの あきら



リアがまだよく見えないという段階にあるようにも思います。

大森 相談は、主として個別対応を行っています。守秘義務がありますので、個別相談をマネジメントと連携という形に乗せることはできません。しかし、予防的な取組みとして、研修やセミナー、ワークショップを行うなどして、間接的に働きかけることはできていると思っています。個別対応に比べて、一人ひとりへの対応は薄くなりますが、ワークショップやセミナーであれば入ってきやすいということもありますし、個人のキャリアのあり方と組織のあり方、そしてマネジメントとどう連携していくかということに少し反映できるかと思っています。

金指 今回、エンカレッジ研修を受けた方たちから、自分の上司に受けてほしいという意見がけっこう多くあります（笑）。職場の中で良好な人間関係を構築するということ、テクニックとして身につけてほしいという意識のあらわれではないかと私は思っています。

澤田 産総研のカウンセリングの流れを簡単に紹介していただけますか。

沖永 まず初回の面談では、大森先生または私が、その方が今どのような状

態におられるかを確認させていただきます。ここでの目的は、自分と自分の現状を知った上で何をやりたいのかを具体的にしていくことです。その後、その方のニーズにあわせて必要であればキャリアアドバイザーと連携していきます。すでに初回面談の際に焦点を具体的にフォーカスされていると考えられた方には、直ちにキャリアアドバイザーとキャリアパスデザインなどのアクションプラン作成を進めていただきますが、中には、気持ちの整理とアクションプラン作成を同時に行っておられる方もいらっしゃいます。

われわれのサービスは所内で行いますので、仕事の時間の合間に利用していただけますし、無料です。しかも守秘義務がありますので、安心して利用いただけていると思っています。

気軽にカウンセリングを

澤田 今のところ、つくばの方のご相談が多いようですが、専用のテレビ会議システムを各地域センターとカウンセラー室とで結びつつあります。地域センター勤務の方も利用しやすくなるのではないかと思います。多くの職員にもっと活用していただきたいと思っていますのですが、最後に一言ずつどうぞ。

山田 自分の考えがごちゃごちゃしているときに、お茶を飲みにくる感じで、ぜひ来ていただければと思います。

大森 とにかく何かあったら、ぜひいらしてください。

沖永 「自分を知り、自分の才能を最大限に発揮するためのきっかけの場」として、私たちのサービスを活用していただければと思っています。

澤田 カウンセリングサービスを導入したことにより、1年、2年あるいは5年くらいたって、生き活きとした人が産総研内に増えてきて、男女共同参画室が役に立ったと思っていただけたらうれしく思います。今日はありがとうございました。

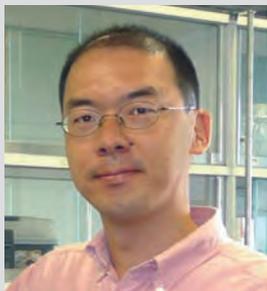
活き活きとした人が
産総研内に増えてきて
男女共同参画室が
役に立ったと
思っていたら
うれしく思います。

澤田 美智子
さわだ みちこ



地下微生物によって作られるメタン

メタンの水素同位体比から微生物活動を読み解く



吉岡 秀佳

よしおか ひでよし

hi-yoshioka@aist.go.jp

地圏資源環境研究部門
地圏微生物研究グループ
研究員
(つくばセンター)

近年、地下深部には多種多様な微生物が息していることがわかってきました。地下微生物の活動や地球システムにおける役割を理解するには、地球科学と微生物学の異分野融合的なアプローチが不可欠です。複数の分野が共存する産総研ならではの研究を進めることによって、新しい研究領域を開拓したいと考えています。

関連情報：

● 共同研究者

坂田 将、持丸 華子、鎌形 洋一 (産総研)

● 参考文献

H.Yoshioka et al.: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 2687-2694 (2008).

● 参考 URL

地圏微生物研究グループ
<http://unit.aist.go.jp/georesenv/geomicrob/>

環境に含まれる微生物起源のメタン

多くの天然ガス田や油田、メタンハイドレートには、微生物によって作られたメタンが含まれています。このことから地下には、メタンを作る微生物が存在していると推定されています。これまでの地球化学的な研究により、微生物によって作られるメタンの水素同位体比は、環境によってさまざまな値を取ることが知られており、その原因について、微生物によるメタンの生成経路の違いを反映していると解釈されてきました。

微生物の中でメタンを生成できるのは、メタン生成菌という古細菌の1種で、主に二酸化炭素/水素あるいは酢酸を原料としてメタンを生成します。メタンの水素同位体比は、原料の違いを反映していると解釈されてきました。一方で、微生物学による研究例は少なく、メタン生成菌を用いた培養実験によって得られる水素同位体分別は、自然環境の値と大きく異なる結果しか得られていませんでした。

自然環境を模擬した共生培養

私たちは、培養実験の結果と自然環境の値が一致しない原因として、水素分圧が重要だと考えました。これまで行われてきた培養実験では、原料である二酸化炭素と水素を培養容器の中に加圧して添加しますが、環境中にそのように水素がたっぷり含まれるという条件はほとんどありません。そこで私たちは、自然を模擬し

た共生培養によってメタン生成を行うことを試みました。実験では、新潟の天然ガス田で見つかったメタン生成菌を選び、有機物から水素を作るバクテリアと一緒に培養しました。共生培養の場合、水素濃度はバクテリアによる有機物の分解速度で制限されているため、気相に水素ガスを添加して培養する時と比べて2~3桁低い水素分圧下でメタンを生成させることができました。得られた結果(図の赤線)は、これまで淡水環境で形成されたメタンと水の水素同位体比の関係(図の緑の破線)に類似し、いくつかの環境データ(図の泥炭と帯水層)と調和的でした。これにより、共生培養がより忠実に自然環境を模擬した系を実現していることがわかりました。しかし一方で、海洋堆積物や天然ガス田の環境データ(図の青の点線)とは異なっていることから、その原因を解明することが次の課題といえます。

今後の展開

近年、微生物学の研究により、天然ガス田や油田、メタンハイドレートにはメタン生成菌を含めたさまざまな微生物が存在していることがわかってきました。この研究のように、微生物学的手法を用いて地球環境の現象を解明しようとする試みはまれであり、緒についたばかりですが、私たちは環境中の微生物の分布や生態を研究することによって天然ガス資源の成因解明や開発につなげたいと考えています。

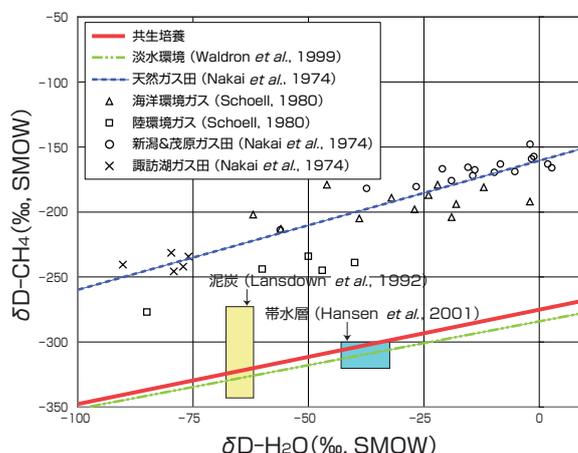


図 培養実験で得られたメタンと水の水素同位体比の関係と環境データの比較

蛍光X線分析法による土壤環境評価

土壤環境施策で求められる簡易調査法の最初のJIS規格



丸茂 克美

まるも かつみ

k.marumo@aist.go.jp

地質情報研究部門
物質循環研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

鉱物資源探査の一環として、陸上や海底の重金属の挙動に関する研究に従事してきました。現在は企業や大学との共同研究で土壌や河川水中の重金属の環境問題や、現場分析手法・浄化対策技術開発に関する研究を実施しています。また国際標準化機構 (ISO) の TC/190 国内委員として土壌の簡易分析手法の国際規格化に取り組むとともに、統合国際深海掘削計画 (IODP) のサイエンスプランニングコミティーの日本代表の一員として、地球規模の物質循環の解明のための国際共同研究をサポートしています。

関連情報：

● 参考文献

丸茂 克美 他: X線分析の進歩, 38, 235-247 (2007).

丸茂 克美 他: X線分析の進歩, 36, 17-36 (2005).

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: 土壌・地質汚染評価基本図「5万分の1姉崎」, (2003).

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: 土壌・地質汚染評価基本図「5万分の1仙台地域」, (2006).

中井 泉編集: 日本分析化学会X線分析研究懇談会監修: 蛍光X線分析の実際, 朝倉書店, (2005).

JIS K 0470制定の背景

環境省が平成19年度に実施した「土壤環境施策に関するあり方懇談会」の報告において、工場・事業所の土壤汚染未然防止のための作業中からの対応や、簡易調査方法を導入した汚染の実態把握の重要性が指摘されました。

土や砂に含まれているひ素や鉛は目で見ることができず、臭いなどもないため、工場敷地内に漏れることを未然に防止するためには、工場敷地内の土や砂を日常的に採取し、汚染が発生していないか調べる必要があります。こうした背景のもとに、平成20年3月20日に“土砂類中の全ひ素及び全鉛の定量-エネルギー分散方式蛍光X線分析法”(JIS規格番号JIS K 0470)が、制定・公示されました。このJIS規格は前述の懇談会の報告で提言された簡易調査方法に関する最初のJIS規格です。なお、この規格の作成にあたっては、産総研の平成15～18年度の標準基盤研究予算を用いて実施された「土壌中の有害金属の簡易分析」の成果の一部が活用されています。

蛍光X線分析法の原理と優位性

X線(1次X線)を試料に照射すると、X線は試料に含まれる原子中の電子を基底状態から励起します。励起された原子の電子状態が基底状態に戻る際には、励起状態と基底状態との電子状態のエネルギー差に相当する蛍光X線(特性X線と呼ぶ)が発生します(図)。こうした蛍光X線のエネルギーは原子に特有な値をもつため、そのエネルギー値をX線検出器で測定することにより元素を同定できます。また蛍光X線の強度をX線検出器で測定することにより、試料中の元素の存在量を定量分析することが可能です。この蛍光X線分析法は土砂のような固体試料を非破壊分析でき、原子吸光分析法やICP質量分析法などに不可欠な、固体試料を溶解して検液を作成する前処理が不要です。

有害物質使用特定施設をもつ製造業者の多くは、欧州連合(EU)における廃電気電子機器リサイクルに関する指令(WEEE)および特定有害物質の使用制限(RoHS)指令や使用済み自動

車に関する指令(ELV)に対応するため、蛍光X線分析法による製品の非破壊分析の優位性に着目し、すでに市販の卓上型エネルギー分散型蛍光X線分析装置を導入しています。したがって、こうした製造業者はJIS K 0470を用いることにより、既存の蛍光X線分析装置を土壤汚染調査に有効利用して、土壤汚染の未然防止に努めることが可能となるはずで

今後の展開

エネルギー分散型蛍光X線分析装置は多元素同時分析ができるため、土壤汚染対策法で指定された第二種特定有害物質(重金属等)のうち、ひ素、セレン、カドミウム、水銀、鉛の定性分析が容易に行えます。また、市販されているエネルギー分散型蛍光X線分析装置の中には、標準試料を用いなくても分析値を計算してくれるプログラムを装備したものがあり、このプログラムを使えば、汚染した土砂中のひ素、セレン、カドミウム、水銀、鉛の濃度計算値が得られます。しかし、土や砂の化学組成は複雑なため、こうした計算値は正確な値とはなりません。そのため、JIS K 0470では分析項目をひ素と鉛に限定し、この2元素の分析に最適化した分析条件を提案していますが、今後はセレン、カドミウム、水銀の蛍光X線分析のためのJIS規格を作成する予定です。

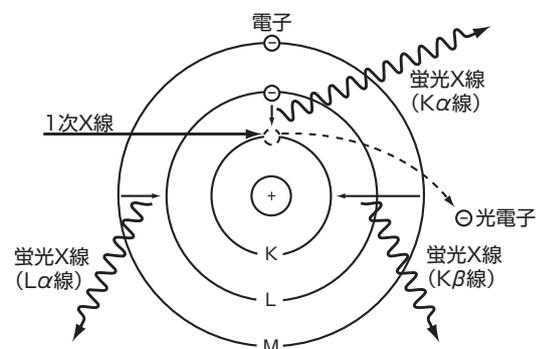
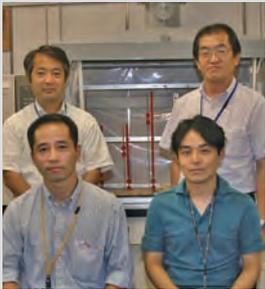


図 蛍光X線の発生原理

1次X線はひ素や鉛原子中の電子を励起するが、励起された原子の電子状態が基底状態に戻る際に蛍光X線が発生する。ひ素はK線、鉛はL線を使って分析。

粘度の標準とトレーサビリティ

JCSS 制度による粘度標準の新しい供給体制



藤田 佳孝 ふじた よしたか
主任研究員 (写真：前列左)
y-fujita@aist.go.jp

山本 泰之 やまもと やすゆき
研究員 (前列右)

倉野 恭充 くら の やすみつ
主任研究員 (後列右)

藤井 賢一 ふじい けんいち
室長 (後列左)

計測標準研究部門
物性統計科
流体標準研究室
(つくばセンター)

現在、1 桁以上不確かさを低減させた粘度の基準点の設定、および国際標準値である水の粘度絶対値の見直しを行うための、粘度絶対測定の研究を進めています。この成果に基づいた広範囲な高精度標準体系を確立するとともに、最新技術による粘度計測の高度化にも対応した新たな粘度標準供給のための技術基盤の構築を目指していきたいと考えています。

関連情報：

- 参考文献

藤田 佳孝：計測標準と計量管理, 58(1), 20-25 (2008).

- 用語解説

* JCSS 制度
計量法に基づく校正事業者登録制度 (Japan Calibration Service System)

粘度の標準と供給

粘度(粘性率)は、石油、化学、食品、医薬、機械などさまざまな産業分野における製造プロセスの管理や品質管理に利用されている流体の重要な物性の1つです。粘度標準の大本の基準は、ISO技術報告の勧告値である20℃、標準大気圧下における蒸留水の粘性率であり、各国の計量標準機関はこの国際標準値を第一次標準として広範囲な粘度域に対応した複数の細管式標準粘度計(マスター粘度計、図1)を校正することで粘度スケールを実現しています。産総研もこの方法により、水の粘度の50万倍までの粘度範囲の標準を設定しています。また、維持・供給している標準の国際整合性・信頼性確保のために、国際比較への参加や海外の専門家による技術審査など、国際相互承認協定に対応した取り組みを行っています。標準の供給については、これまで、粘度計校正用標準液(以下、標準液)に値付けをする依頼試験の実施によって行ってきましたが、このたびJCSS制度*による供給体制の整備を進め、新たな供給スキームとして登録校正事業者による粘度の校正事業の開始が可能となりました。

JCSS粘度のトレーサビリティ体系

2005年のJCSS制度における各技術分野の運

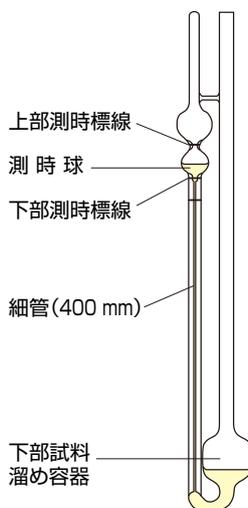


図1 産総研のU字型マスター粘度計
測時球部の上下標線で仕切られた一定体積の液体試料が液柱差により細管を通して流出する時間間隔を測定して粘度を求めます。

用体系の拡大に伴い、組立量に関する校正事業者によるJCSS校正について、国際的に認められた物性データが使用できることになりました。これに基づいた粘度のJCSSトレーサビリティ体系の概要を図2に示しました。図中の細管式粘度校正装置は、上述の蒸留水の粘性率を基準に校正された細管式標準粘度計群を主体とする計量器であり、この装置により標準液の粘度を校正します。したがって、校正事業者は、産総研と全く同等な標準器を保有して独自に標準液を校正することが可能となっています。さらに図の体系は、校正事業者が、校正された標準液を基準に各種の粘度計の校正を事業として行えることを示していて、それらのすべては、基準となる蒸留水の粘性率につながっています。また、この体系における校正事業者の校正能力を確認するために、独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)は、産総研が粘度の参照値として値付けた標準液を用い、校正事業者に対する技能試験を実施します。

2007年には校正事業者に対しての技術的要求事項適用指針が整備されるとともに、技能試験も実施され、JCSS校正の供給開始に向けた整備が整いました。この制度を通じて粘度標準についてユーザーの広範な利用とその拡大を願うとともに、ユーザーからのさまざまなフィードバックを期待しています。

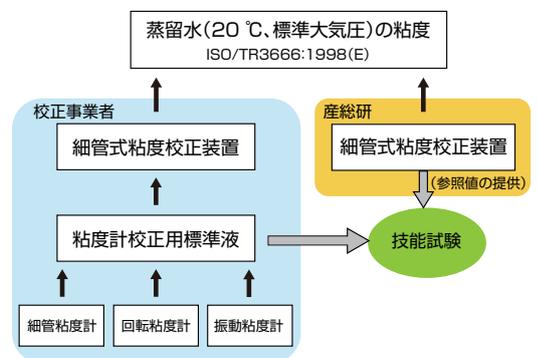


図2 JCSS 制度に基づく粘度のトレーサビリティ体系の概要

産総研オープンラボ開催のお知らせ

見る、聴く、話す。
求める技術と出会う2日間!

産総研

オープンラボ

産総研が2001年の発足以来行ってきた研究の成果や実験装置・共用設備等の研究リソースを企業の経営者・技術者、大学・公的機関の方々に広くご覧いただくために、このたび、「産総研オープンラボ」を2008年10月20日から21日につくばセンターにおいて開催いたします。約300の研究テーマ、本拠地のつくばにある研究室約250箇所を一挙に公開し、研究者自らが研究の現場でご来場の方々と対話、説明を行うという、産総研初の試みです。また、最新の技術動向や研究戦略に関する講演会も多数予定していますので、是非この機会にご来場いただき、産総研の最前線に触れていただきたく、下記のとおりご案内します。(参加いただくためには、事前登録が必要です。)

●事前登録はこちら。 <http://www.aist-openlab.jp/>

講演会プログラム (つくばセンター共用講堂など)

2008年10月20日 (月)

- 13:30 基調講演
理事長 吉川 弘之
- 14:00 全体講演
「Science of Everyday Living
(日常生活を科学する)」
デジタルヒューマン研究センター長
(カーネギーメロン大学 教授、
生活の質工学研究センター長)
金出 武雄
生活支援システムや日常サービス、高齢者のための生活の質工学といったシステム、製品、サービスは人の日常生活の中で真に役に立たなければなりません。そのためには、知能化・通信・小型化・省エネルギーといったシステムを具現するインフラ技術だけでなく、そもそも、われわれ人間の日常生活とはなにか、どう行動するか、どのようにタスクを実行するか、異なる事態にどう反応するか、を理解し、その計算機的モデルを必要とします。デジタルヒューマン研究センターでは、これをScience of Everyday Living (日常生活を科学する) となづけ、人の形態的、解剖的、心理的モデルとともに研究開発してきました。この講演では、そのための新しいアプローチ、結果、応用、将来展望を述べます。

14:30 全体講演

「太陽光発電における
エネルギー環境イノベーション」

太陽光発電研究センター長
(東京工業大学大学院 連携教授)

近藤 道雄

低炭素社会を構築しエネルギーの地産地消を推進することによって安全安心な持続可能社会を実現することは、日本が21世紀に課せられた重要な課題であると認識されています。そのためには化石燃料に依存する社会システムを変革するとともに、資源を持たない国として環境技術、再生可能エネルギー創出技術によって産業構造を変革してゆく必要があります。太陽光発電は資源のない日本においてもエネルギーを創出する重要なエネルギー源であると同時にそれを世界に輸出することによって経済発展を持続させることができます。太陽光発電を日本の基幹産業として発展させるとともに世界の環境改善に貢献してゆくための課題と方策について考察します。

15:00~ 技術講演会

- 「再生可能エネルギー利用の将来像」
- 「オープンイノベーション時代の技術戦略」
- 「地質情報の新たな利活用
ー地域振興の視点からー」
- 「産総研・先端機器共用施設における産業基盤整備と産業技術人材育成」

2008年10月21日 (火)

10:00~ 技術講演会

- 「産総研のイノベーション推進戦略 ー産業技術アーキテクトの役割と取り組みー」
- 「ナノテクの産業化に向けたリスク評価と標準化への取り組み」
- 「バイオ、医療応用へ向けたマテリアル・デバイス開発」
- 「メタンハイドレートとビジネスチャンス」
- 「産業変革研究イニシアティブ ー死の谷の克服と産業化シナリオー」
- 「ディペンダブルな情報システムを目指して」
- 「「健幸」サービス産業への期待」
- 「ミニマルマニファクチャリングによる生産技術の革新」
- 「次世代ロボット産業化基盤技術」
- 「ポストゲノム時代の創薬科学の新展開 ーバイオインフォマティクスとの融合ー」
- 「エアロゾルデポジション (AD)法による新規セラミックスコーティングのすべて ー基礎から応用までー」
- 「イノベーションのための評価戦略 ー化学物質リスク評価から企業、製品のパフォーマンス評価までー」

●オープンラボ公開テーマ一覧 研究室公開・展示プログラム
 2008年10月20日(月) 13:00~17:00
 2008年10月21日(火) 10:00~16:30

ライフサイエンス	
バイオマーカー・測定・情報処理	
L-01	肝臓タンパク質の年齢軸に沿った網羅的プロテオミクス解析とDB構築
L-02	バイオインフォマティクスの新展開
L-03	ポストゲノムの新視点：機能性RNA研究の新展開
L-04	NMR分光法による生体高分子立体構造解析
L-05	疾病予防・治療・健康増進技術開発基盤：免疫関連分野
L-06	質量分析計による糖鎖構造解析システム
L-07	レクチンアレイによる糖鎖構造プロファイリング技術
L-08	リアルタイム3D共焦点顕微鏡による生きた細胞内の蛋白質の観察
L-09	糖鎖を利用したセンシングのための糖鎖合成
L-10	携帯できるコンパクトディスクで日々の健康をチェックする
L-11	発光酵素と酵母を利用した創薬・環境のためのバイオ解析ツールの開発
L-12	健康工学研究センターの紹介
L-13	生活習慣病用バイオマーカー計測技術
L-14	集積型バイオ診断チップ開発
L-15	ストレスバイオマーカーの探索と疾患予知診断技術
脳・神経情報	
L-16	マウス脳内シナプス観察
L-17	細胞やイオンチャネル・受容体に作用する生理活性ペプチド
L-18	標的分子を特異的に認識する人工ペプチドの作製
L-19	脳画像データベース
L-20	脳内をリアルタイムに探索し薬物を正確に導入するための装置
L-21	脳の情報処理原理の解明状況
L-22	車内騒音の快適化 - 脳機能データによるサウンドデザイン -
L-23	脳活動ダイナミクスの高精度な可視化技術
人間福祉・計測	
L-24	骨導超音波知覚を利用した重度難聴者のための新型補聴器の開発
L-25	組織再生のための高機能性生体材料
L-26	聴覚空間認知訓練システム
L-27	映像酔い評価システム
L-28	歩行動作の同期と社会的コミュニケーション
L-29	ドライビングシミュレータを活用した運転行動計測
L-30	内視鏡下鼻内手術研修用ヒト鼻腔モデル
L-31	ハイパーミラー遠隔対話システム
L-32	人工気候室・サーマルマネキンと温熱評価
L-33	動作機能の計測解析
L-34	循環調節機能の計測解析
L-35	電磁波による生体計測技術の開発
L-36	インプラントの力学的評価方法の開発及び標準化
L-37	次世代医用計測 I X線CTによる骨および生体材料計測
L-38	次世代医用計測 II NIRS用ファントム&拡散光トモグラフィ
L-39	次世代医用計測 III 新しいMRI(磁気共鳴イメージング)技術

L-40	次世代医用計測 IV 新しい赤外線サーモグラフィ応用技術
L-41	高効率駆動機構 一般及びリハビリ用リカンベント型自転車
L-42	長期使用可能な体内埋込み型人工心臓
L-43	針刺しの手ごたえセンサ
細胞・生体機能	
L-44	器官形成のしくみの解明から創薬安全性スクリーニング系へ
L-45	先端医療を目指した新しい遺伝子導入・発現系の開発
L-46	体内時計分子からの創薬
L-47	機能性食品
L-48	光による細胞マニピュレーション
L-49	酵母によるヒト型糖鎖合成
L-50	遺伝子組換えで新しい植物を作る
L-51	放線菌によるものづくり-タンパク質からファインケミカルまで
情報通信・エレクトロニクス	
フォトニクス	
I-01	超高速光信号処理
I-02	世界最高品質の通信波長帯量子もつれ光子発生と光ファイバ伝送
I-03	ナノ構造半導体光デバイス
I-04	有機半導体フォトニック結晶デバイス
I-05	フェムト秒パルスレーザー
I-06	印刷で作製する柔らかな電子素子
I-07	明るいところでより明るく光る有機電界発光素子(有機EL)
I-08	蛍光性金属錯体の開発と機能化
I-09	強相関フォトエレクトロニクスの研究開発
I-10	ストレス・センシング
I-11	レーザー微細加工技術
I-12	導波モードバイオセンサー、バイオDVD、プラズモン光触媒
I-13	超高密度光ディスク/大面積ナノ構造デバイス
I-14	高精度眼底分析イメージング技術の研究開発
エレクトロニクス	
I-15	ナノ棟CRツアー
I-16	ナノプローブ法によるデバイス物理計測
I-17	STAR GEMによる反射・透過・散乱測定
I-18	マイクロファブ施設 - 半導体加工技術を革新的デバイス開発に活用 -
I-19	強誘電体ゲートFETによるFe-NANDフラッシュメモリセル
I-20	3次元積層LSIの実装基盤技術と筐体内光実装技術
I-21	高性能MgOトンネル素子の開発とスピントロニクスへの応用
I-22	革新的エレクトロニクスの創出に向けて
I-23	グラフェン
I-24	超伝導を用いた次世代の計測デバイスの開発
I-25	新超伝導材料と新種の超伝導エレクトロニクス
I-26	微小超伝導デバイスの拓く新しい物理
I-27	酸化物材料による光電子機能薄膜技術
I-28	回路設計用XMOSデバイスモデルと低消費電力FPGAの開発

- I-29 スピン SEM によるナノスケール磁気イメージング
- I-30 強相関酸化物エレクトロニクス
- I-31 超高压ステーション
- I-32 レーザ集光加熱結晶育成装置
- I-33 赤外線加熱装置を用いた安全なアスベスト溶融処理に関する実験

ロボティクス

- I-34 ロボットハンドによる布状柔軟物のハンドリング
- I-35 作業技能
- I-36 ヒューマノイドロボットと多指ハンド
- I-37 生活支援ヒューマノイドロボット
- I-38 複数台移動ロボットの知的制御
- I-39 対人サービスロボットのインタフェースデモ
- I-40 排泄介護総合支援ロボット「トイレアシスト」
- I-41 メンタルコミットロボット「パロ」
- I-42 RT ミドルウェア (OpenRTM - aist)
- I-43 RT ミドルウェア - RSi 連携
- I-44 RT ミドルウェア技術
- I-45 解体作業支援 RT システム
- I-46 高機能移動検査ロボット DIR-1
- I-47 空間移動ロボット、ホイールローダの自律化
- I-48 ロボットへら絞り (異形断面形状のスピン加工)
- I-49 球面モータ

ヒューマンインターフェース・センシング

- I-50 ハブティックレコーダのデモ
- I-51 広視野ステレオによる近接作業場の 3 次元計測
- I-52 高機能 3 次元視覚システム VVV
- I-53 全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす
- I-54 没入型大球面ディスプレイ
- I-55 音声による家電操作とマルチメディアコンテンツ検索
- I-56 マルチメディア会議録支援システム
- I-57 超高速度で形状を計測するためのプロジェクト - カメラ・システム
- I-58 人間の制御動作の解析とモデリング
- I-59 “息づかい” による痛みやストレスのセンシング

基盤ソフトウェア

- I-60 システムの不具合防止とバグ検知 形式手法で安心安全
- I-61 情報家電向けウイルスチェックシステム
- I-62 省エネ仮想データセンター
- I-63 地球観測衛星データの活用システム: GEO Grid

ナノテクノロジー・材料・製造

ナノチューブ

- N-01 スーパーグロースカーボンナノチューブの量産・用途・素子開発
- N-02 スーパーグロースカーボンナノチューブ、量産用途と素子開発講演
- N-03 カーボンナノチューブの量産・加工・分散・評価
- N-04 カーボンナノチューブの金属・半導体分離
- N-05 カーボンナノチューブを用いたローコスト・高感度ガスセンサー
- N-06 有機ナノチューブの大量合成
- N-07 バイオナノチューブの包接、徐放機能
- N-08 多層カーボンナノチューブ分散液の作り方

ナノテクノロジー

- N-09 産総研・先端機器共用施設における産業基盤整備と産業技術人材育成

- N-10 血清アルブミンフィルムを用いた細胞パターンニング

- N-11 自動細胞培養ロボット展示

- N-12 微小重力回転バイオリクターによる 3 次元細胞組織構築技術

- N-13 異種高分子およびフィラーをナノ分散・混合する高せん断成形加工

- N-14 金属コロイドの応用技術

- N-15 スーパーインクジェット技術

- N-16 ナノインプリント製造技術

マテリアルイノベーション

- N-17 置換ポリアセチレン薄膜のクロミズム

- N-18 ダイヤモンド半導体デバイス

- 深紫外線 LED -

- N-19 ダイヤモンドのエレクトロニクス展開

- N-20 気相からダイヤモンド単結晶を作る

- N-21 ダイヤモンドをバイオで使う

- N-22 リチウム二次電池正極材料酸化物の研究開発

- N-23 サステナブルマテリアル研究部門、概要紹介

- N-24 レアメタル対策技術の開発

- N-25 超軽量マグネシウム部材の研究

- N-26 省エネ建築部材の研究

- N-27 極めて多機能な新しいセラミックス

- N-28 電気伝導性ダイヤモンド状炭素薄膜の作製

- N-29 難燃性マグネシウム合金の開発と各種部材への実用化例

- N-30 発泡金属を中心とした高气孔率素材の研究

革新的製造技術

- N-31 非接触熔融と急冷による材料合成プロセス

- N-32 電磁振動により金属組織を微細化させる技術

- N-33 半熔融マグネシウム合金の射出成形

- N-34 デスクトップ型複合加工機を用いた難削材、難削形状微細加工

- N-35 ネットワーク MEMS デバイス開発と MEMS ファンドリ

- N-36 先進非破壊評価システム

- N-37 マイクロ流体デバイス

- N-38 すべり案内面試験機

- N-39 MEMS とマイクロトライボロジー

- N-40 トライボマテリアル創製技術

- N-41 トライボロジー特性評価技術

- N-42 精密磁気研磨のための微細球状磁性砥粒

データベースとソフトウェア

- N-43 製品ライフサイクルのトータルパフォーマンス評価・分析手法

- N-44 高度モデル化シミュレーション - 旗のはためき、亀裂経路予測等 -

- N-45 設計製造支援アプリケーション開発実行ツール

- N-46 これからのシミュレーション

- N-47 製造現場における熟練技能 計測技術開発

- N-48 強化現実感によるものづくり作業支援

- N-49 インターネット公開「加工技術データベース」

環境・エネルギー・安全

再生可能エネルギー

- E-01 メガワット級太陽光発電設備

- E-02 国際的な統一条件で太陽電池の出力を評価するための基準太陽電池

- E-03 色素増感太陽電池の研究開発

- E-04 各種太陽電池と製造工程

- E-05 宇宙太陽光発電から伝送されるマイクロ波の地球環境への影響調査
- E-06 シリコンウエハ用プラズマスライス技術
- E-07 バイオマスエネルギー
- E-08 非食用バイオマスからのバイオ燃料製造技術の実用化を目指して

分散型エネルギー技術

- E-09 2050年の省エネ社会を支えるエネルギーエレクトロニクス技術
- E-10 分散型電源の大量導入を目指した分散機器の協調制御技術
- E-11 移動体用の二次電池と燃料電池
- E-12 SOFC性能評価システム
- E-13 SOFC単セルの電気化学的評価と劣化機構解明
- E-14 2次イオン質量分析計によるSOFCの劣化機構解析
- E-15 金属をベースとした水素貯蔵材料とその合成・解析技術
- E-16 水素材料先端科学研究センターの紹介
- E-17 霞ヶ関水素ステーションの蓄圧器は健全でした
- E-18 メタンハイドレートとビジネスチャンス

環境に優しい化学技術

- E-19 環境化学技術研究部門紹介 - 新世紀の化学反応とプロセス -
- E-20 数百度・数百気圧の水で行う化学合成 - 高温高圧反応装置の開発 -
- E-21 パラジウム膜とマイクロ波を利用した水素の分離製造リアクター
- E-22 微細な孔を持つゼオライト膜の開発と水の分離への応用
- E-23 CO₂自発分離型ガス化と等温除湿型デシカント空調システム

環境エネルギー材料技術

- E-24 第二世代のバイオプラスチック - ポリアミド4 -
- E-25 ブラックライトでやさしく光る蛍光ガラス
- E-26 粘土を使ってフィルムを作る - 熱に強くて柔らかい新素材 -
- E-27 熱を電気に変換する熱電変換モジュールの効率評価技術
- E-28 雰囲気制御プラズマ溶射装置とその成果展示(遮熱コーティング、熱電材料)
- E-29 高温ホットプレス炉とセラミックス基複合材料展示
- E-30 レーザ光を利用して燃焼中の火炎の様子を可視化計測する装置
- E-31 赤外線イメージ炉を用いたガラスチップの光スキャニング接合法
- E-32 ハイスループット分析のための微量サンプル高集積スポット
- E-33 ナノ粒子を液体中に安定に分散する技術

環境の計測と浄化/リサイクル

- E-34 選択的硝酸イオン吸着材の開発
- E-35 溶液中の有害な重金属イオンを簡単検出
- E-36 有害物質を計る流路型水晶振動子式免疫センサー
- E-37 ゲルマニウムナノドットを利用した新規質量分析技術
- E-38 チャンバー実験による大気微量成分の環境影響評価
- E-39 高感度分光法による環境分子の観測
- E-40 電気移動度法を用いた気相拡散工業ナノ材料の観測
- E-41 質量分析法による溶液中のクラスター構造観測
- E-42 光触媒材料評価のための標準化研究

- E-43 プラズマ触媒を用いたVOC分解技術
- E-44 VOC吸着用等シリカ系環境素材の創製と応用
- E-45 植物およびDNAによる疎水性有害有機汚染物質の浄化
- E-46 染色廃水のオゾン・生物処理
- E-47 キラル医薬品の構造解析に用いる拡張型VCD立体配座解析技術
- E-48 ハイドレートを利用した二酸化炭素の固定技術
- E-49 プラスチックの再資源化技術
- E-50 レアメタルのリサイクルと粒子分離技術
- E-51 溶媒抽出法や電解法を用いた金属リサイクル技術の研究

環境に優しい自動車技術

- E-52 HEV、PHEVなど低燃費車の台上市での燃費評価方法
- E-53 新燃料エンジンの研究開発
- E-54 VOC処理のための内部熱交換型触媒燃焼器の開発
- E-55 ディーゼル排出ガス中の粒子状物質計測技術
- E-56 ディーゼル排出ガスNO_x浄化触媒の開発
- E-57 輸送用燃料のクリーン化触媒技術
- E-58 水とタイヤ・靴などの摩擦特性評価法(室内タイヤ試験機の展示)

安全・安心のための科学

- E-59 社会の安全と持続可能性を科学する
- E-60 爆発実験施設見学ツアー

地質

国土の基盤情報の整備

- G-01 地質図ライブラリー
- G-02 最新地質図展示
- G-03 地球化学図 地球化学標準試料
- G-04 地質標本データベース
- G-05 活断層データベース

海洋、地下構造、水環境

- G-06 日本周辺の海のジオラマ
- G-07 瀬戸内海における環境の保全・修復技術の研究
- G-08 堆積平野の地下構造断面
- G-09 関東平野の地下地質・構造と地震動・地下水特性
- G-10 海岸沿岸域の地下地質を調べる方法
- G-11 堆積岩地域の掘削手法最適化と化学・生物化学調査(ポスター展示)
- G-12 残留磁気・磁気特性測定装置:地層に残された地磁気の記録を読む
- G-13 核磁気共鳴表面スキャナーによる水・高分子の非破壊定量計測
- G-14 地下水と水文の科学、水文環境図の作成
- G-15 希ガス同位体質量分析装置 - 地下水の起源・滞留時間を探る -

地震と火山

- G-16 地下水で地震を予測する
- G-17 地震とその災害の予測を目指す地球科学
- G-18 レーザ変位計を用いて地殻浅部の応力方位を測定する
- G-19 高温高圧岩石変形試験機 - 地震発生メカニズムの解明に向けて -
- G-20 高圧下岩石融解装置 - 火山噴火メカニズムの解明に向けて -
- G-21 大型二次イオン質量分析装置 - 高感度で固体表面を局所分析する -
- G-22 リモートセンシングの地質応用

地質資源

- G-23 地下構造の計測および評価技術の研究
- G-24 ナノテクノロジーの鉱物への応用
- G-25 海洋資源地質可視化システムの紹介
- G-26 希土類資源研究の現状と資源ポテンシャル
- G-27 南関東ガス田（水溶性天然ガス）の賦存状況解明
- G-28 水溶性天然ガス田に生息する微生物のメタン生成ポテンシャル
- G-29 全国地熱ポテンシャルマップと温泉発電システムの研究開発

標準・計測

時間・長さ標準

- S-01 原子時計と一次周波数標準器
- S-02 時間周波数標準とそのトレーサビリティ
- S-03 地下トンネルと長距離標準
- S-04 ナノテク産業を支えるナノスケール標準
- S-05 ものづくりを支える三次元形状測定標準

音響・振動標準

- S-06 超音波標準の研究開発
- S-07 音響標準の研究開発
- S-08 安全安心を支える振動加速度標準・地震計測から衝撃計測まで

力学・流量標準

- S-09 圧力・真空の「ものさし」の開発と供給
- S-10 水用流量計校正設備
- S-11 石油用流量計校正設備

温度・物性標準

- S-12 温度の国家標準の展示
- S-13 熱光スペクトルの精密測定
- S-14 超短パルスレーザーで見る 100 nm スケールの熱伝導
- S-15 伝熱解析に必要な複数の熱物性の高速同時測定法
- S-16 分散型熱物性データベース
- S-17 シリコン球体体積の超高精度測定
- S-18 落球法による粘性率の絶対測定技術の開発
- S-19 気中浮遊ナノ粒子の特性評価技術

電気・量子放射標準

- S-20 量子化ホール抵抗測定装置
- S-21 高周波電気計測・標準

- S-22 ホーンアンテナ標準とアンテナ特性測定装置（近傍界測定装置）
- S-23 光の国家標準 - SI 基本単位カンデラの源流 -
- S-24 放射線（X線、 γ 線、 β 線）の標準

化学・環境・先端材料分野

- S-25 RoHS 指令対応等の環境配慮設計と環境保全のための無機標準物質
- S-26 標準ガスの開発（環境大気の質を計る物差し）
- S-27 信頼性の高い環境標準物質と精密な有機環境分析法の開発
- S-28 膜厚標準の開発：トレーサブル X 線反射率装置
- S-29 微粒子粒径計測：高精度光散乱測定装置

先端計測技術開発

- S-30 壊れやすい超電導状態で見るタンパク質
- S-31 FBG 光ファイバセンサを用いた超音波検出
- S-32 3次元任意形状物体を伝わる超音波の動画映像測定装置
- S-33 クラスタ TOF-SIMS：大質量分子を利用した有機物表面の分析
- S-34 イオン付着飛行時間質量分析装置：非分離・全成分・リアルタイム計測を実現
- S-35 高濃度オゾン発生・利用技術
- S-36 実時間環境計測のための超高感度レーザーイオン化 TOF 装置
- S-37 不審薬物検査装置の開発：レーザーで麻薬を見る
- S-38 超低エネルギーイオン照射技術 - ナノ領域の結晶格子置換技術 -
- S-39 電子分光透過型電子顕微鏡技術 - 軽元素材料のナノレベル観察技術 -
- S-40 固体 NMR による材料のナノ構造解析とスペクトルデータベース
- S-41 状態図も作成できる高信頼性熱力学ソフト
- S-42 界面吸着物を光によって迅速・高感度に検出
- S-43 光触媒を用いた、高効率環境汚染物質分解フィルターと水浄化装置
- S-44 磁気浮上を利用した、高温高压下における流体密度精密計測

産総研中国センター 一般公開 「きて！未来の技術がいっぱい」

お知らせ

10月24日（金）13時30分～17時00分 10月25日（土）10時00分～15時00分

お問い合わせ：中国産学官連携センター TEL：0823-72-1944 <http://unit.aist.go.jp/chugoku/>

● 瀬戸内海大型水理模型

- 瀬戸内海全体を1/2000に縮小（全長230 m）

● 移動地質標本館

- 「中国・四国地域」シームレス地質図と化石・鉱物

● BTLベンチプラント（ガス化炉）公開

- 木から液体燃料をつくる！
- バイオマスプラントの模擬シミュレーション

● さかなクンステージ（24日）

- さかなクンのトークショー
- 東京海洋大学 客員准教授 さかなクン

● 中国地域産総研技術セミナー（24日）

- 「産総研中国センターにおける地域連携及び研究活動について」

中国センター所長 松永 烈

● 「バイオマス研究センターの

- バイオエタノール生産技術研究について」
- バイオマス研究センター 遠藤 貴士

- 「瀬戸内海の藻場分布と役割について」
- 地質情報研究部門 谷本 照己

● 特別講演（25日）

- 「地球環境と新しいものづくりのか・た・ち-自然のすごさを賢く活かす-」
- 東北大学大学院

- 環境科学研究科教授 石田 秀輝

● 「瀬戸内海大型水理模型の歴史と

- 研究成果について」
- 広島工業大学大学院

地域環境学研究科教授 上嶋 英機

● 科学工作教室（25日）

- 「風船の方でホバークラフトを走らせよう！」
- 科学創造塾 塾長 久家 光雄

● 講演（25日）

- 「木の不思議」
- 岡山県木材加工技術センター

特別研究員 見尾 貞治

● 展示・体験コーナー

- 「パロ」癒し系アザラシ型ロボットと遊ぼう
- 「チョロメテ」小型ヒューマノイドロボット

- 「ジャイロ」を体験してみよう
- 「偏光フィルム万華鏡」を作ろう

● 研究内容紹介

- バイオマス研究センター
- 地質情報研究部門

※ ここに紹介するものは予定内容です。日程や内容等は変更される場合があります。



移動サイエンススクエアでは、計6つの展示を行いました。特に偏光板を利用した万華鏡工作が好評でした。もちろん、癒しロボット「パロ」は今年も人気者でした。

体験コーナーでは、透明粘土を使ってオリジナルグッズを作ったり、電池の原理を実験で学んだり、息に含まれる二酸化炭素の量を調べたり…とシンプルで分かりやすい実験を通して、来場者の皆さんに科学のおもしろさを体験していただきました。



“火山”をテーマにした移動地質標本館は、美しい写真を含めたパネル展示や、液状化を再現した実験道具などで、来場者を魅了していました。一方、科学講座では、来場者が組み立てたピンホールカメラを使って、カメラの原理を楽しく学んでいました。



展示コーナーでは、ポスター展示をメインに、超臨界流体の性質やゼオライト膜の利用法など、東北センターの研究内容を来場者に分かりやすく紹介し、大人から子供までたくさんの方から質問を受けました。

産総研 一般公開

「きて！ 未来の技術がいっぱい」を統一テーマに、今年も全国各地の産総研で「一般公開」を開催しています。今回は、東北センター（8月23日）、中部センター（8月30日）での体験コーナー、展示コーナーなどの報告をいたします。

メイン会場では暗くて幻想的な「いろいろな光をみてみよう」コーナーをはじめ、エジソン式蓄音機、燃料電池実験、サーモグラフィー測定など、たくさんの科学に関する楽しい展示をご紹介します。



天候はあいにくの雨になってしまいましたが、当日は約1,200名の方にご来場いただきました。大人気の大きなシャボン玉！中から見えるのはどんな景色かな？

研究紹介展示では、興味を持ってパネルをご覧になる来場者の皆さんに研究者が熱心に説明を行いました。パロは今年も子供たちに大人気でした。



今年の工作教室は「ロウソクづくり」「てづくりラジオ」「万華鏡工作」「日光写真」の4つ。どれも親子で楽しめる内容でたいへん好評でした。



いつもは入れない研究室を紹介するラボツアー。研究室ってどんなところかな？近くで見て、触って、感じて…子供たちの驚きと笑顔がいっぱいでした。



タイ科学技術フェア 2008 に出展

産総研は、タイ国立科学技術開発庁（NSTDA：National Science and Technology Development Agency）およびタイ科学技術研究院（TISTR：Thailand Institute of Scientific and Technological Research）と包括協定を締結し、共同ワークショップ開催などを通して連携を強化しています。毎年8月にバンコクで開催される「タイ科学技術フェア」は、タイ国内の小学校から大学まで、学生の団体を中心におよそ100万人が来場するという大きなイベントで、産総研は、両研究機関と

の連携の一環として、2005年から毎年参加しています。今年は、8月8日～22日の日程で開催されました。

今回は、NSTDA エリアの一角で、NSTDA スタッフの協力を得ながら、メンタルコミットロボット「パロ」、CIGS 太陽電池、熱電発電モジュールを展示するとともに、パネルでバイオ燃料やバイオマスアジアなど、NSTDA との共同研究の概要を紹介しました。

フェアは連日盛況で、特にパロなど体験型展示は多くの来場者を集め、たいへん好評を博しました。また、シリ

ントーン王女およびウティボン科学技術大臣が産総研ブースを訪問されるなど、今回の出展により、産総研のプレゼンスを高め、タイとの連携をアピールすることができました。



タイでも人気の「パロ」

日露投資フォーラム

9月4日～6日に、経済産業省、ロシア経済発展貿易省他主催の「第3回日露投資フォーラム」がロシア・サンクトペテルブルグ市において開催され、セクター別分科会「イノベーション分野における協力：通信・IT・産学連携」において、伊藤順司理事・産業技術アーキテクトが「AIST Innovation Strategy」と題する講演を行い、産総研の概要とイノベーションハブとしての位置付け、産学官連携の取組などについて、実例を交えて紹介しました。

このフォーラムは、2005年11月の二階俊博経済産業大臣（当時）とグレフ・ロシア経済発展貿易大臣（当時）との会談での合意を基に、2006年9月に第1回（サンクトペテルブルグ）、2007年2月に第2回（東京）が開催され、日露の政府およびビジネス関係者が一堂に会し、情報交換と人的交流を行う貴重な場として重要な役割を果たして来ました。毎回日露双方から500人以上の参加者を集めています。今回は日本側代表として、高市早苗経済産

業副大臣（当時）が出席されました。

併設の展示会にはメンタルコミットロボット「パロ」と産総研紹介パネルを展示し、当所の研究成果の一端を紹介しました。



高市副大臣による基調報告

EVENT Calendar

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

2008年10月 → 2008年12月

9月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
10 October			
1日～3日	2008産学官技術交流フェア	東京	03-5644-7221
1日～5日	国際航空宇宙展	横浜	JA2008@sjac.or.jp
3日	国際航空宇宙展ワークショップ「宇宙から地球を観る：真に役立つ地球観測をめざして」	横浜	029-861-3902 ●
3日	しんきんビジネスフェア 北陸ビジネス街道2008	金沢	076-261-2836
20日～21日	産総研オープンラボ	つくば	03-5369-2588 ●
22日	産総研シンポジウム「低炭素社会実現に向けたパワーエレクトロニクスのインパクト」	東京	03-5255-2751
22日	「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」発足シンポジウム	東京	029-861-5599 ●
24日～25日	産総研一般公開(中国センター)	広島	0823-72-1944 ●
11 November			
5日～7日	びわ湖環境ビジネスメッセ2008	長浜	077-528-3793
12日	しんきんビジネスマッチング ビジネスフェア2008	名古屋	0564-25-7290
19日～21日	組込み総合技術展 Embedded Technology 2008	横浜	03-3219-3563
12 December			
9日	分散型エネルギーシンポジウム～要素技術とシステム～	東京	029-861-8942 ●

●は、産総研内の事務局です。

地下水の起源・滞留時間推定に関する研究

地質情報研究部門 深部流体研究グループ もりかわ のりとし 森川 徳敏 (つくばセンター)

地質情報研究部門 深部流体研究グループでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分安全支援研究として、地震・火山・熱水活動の超長期間の変動が地下水に与える影響を評価するために必要な水文地質学的知見の整備、評価手法の開発を行っています。その中で、森川さんは、地下水中の希ガス分析専用の同位体質量分析システムを構築し（写真参照）、地下水中のヘリウム濃度・同位体比の高精度分析から地下水の起源・滞留時間を推定する研究開発を行っています。



希ガス同位体質量分析装置



森川さんからひとこと

地下数百～千メートルの深層での地下水流動は非常に遅いことが予測され、実測することができません。また、深層では地下水はさまざまな起源を持つ水の混合物であり、その解析は複雑となります。私は、地下水に溶存する希ガスに着目して、この問題に取り組んでいます。希ガスは火山活動や地殻－マントル構造の成り立ちに至る地球形成史の研究を行う上で有用ですので、将来的には地層処分安全支援研究のみならず、地球表層から深部に至る全地球規模での水や、揮発性元素の循環など、地質現象理解のための研究にも貢献したいと思えます。

表紙

上：軽くて曲がる太陽電池 (p.20)

下：日露投資フォーラムでの展示 (p.39)

産 総 研
TODAY

2008 October Vol.8 No.10

(通巻93号)

平成20年10月1日発行

編集・発行
問い合わせ

独立行政法人産業技術総合研究所

広報部出版室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

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

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

ホームページ

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

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