

# 産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

# TODAY

# 03

## 2006 March

Vol.6 No.3



### 特集

## 02 バイオマスエネルギー 森林の経済価値を高め地球温暖化防止へ



### トピックス

## 12 麹菌のゲノム科学と産業利用

日本の伝統的発酵産業の発展に寄与



### リサーチ・ホットライン

- 16 医薬品アンプルハンドリングシステムの開発
- 18 タンパク質の品質管理機構
- 20 小さな小さな段差を測る
- 22 2005年パキスタン地震で出現した地震断層

### パテント・インフォ

- 24 はなれていても、一緒に遊べる「電子の鏡」 自分も含めた環境を客観視して対話する
- 25 内部まで生体活性を有する人工骨 より人に優しい医療をすすめる技術

### シリーズ

- 26 ナノテクノロジーの社会的影響  
新しい科学技術を社会はどう受け止めるのか？

### テクノ・インフラ

- 28 人にやさしい映像の視聴環境づくりをめざす
- 30 NMIJによる標準供給の現状(2) 標準物質と研究開発品の頒布

### ニュース

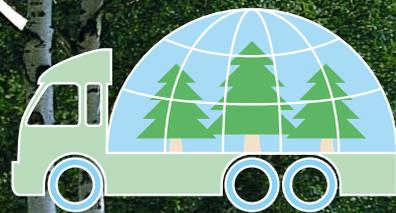
- 32 計量標準に関する AIST - NIST の協力協定の継続に署名
- 33 産総研と東北大学が連携・協力の推進に係わる協定を締結
- 33 インターネットにおけるセキュリティ技術についてヤフー株式会社と共同研究を開始

### レポート

- 34 社会のための地球科学 日本とドイツの地球科学における交流
- 36 アレックス・ミュラー教授の講演会

# バイオマスエネルギー

## 森林の経済価値を高め地球温暖化防止へ



### 木質系バイオマスから液体燃料をつくる意味

研究コーディネータ（環境・エネルギー担当）  
神本 正行

#### カーボンニュートラルなバイオマス

エネルギー資源に乏しいわが国は、安価な化石燃料を大量に消費して発展を遂げてきました。しかし1980年代後半から地球温暖化が大きな問題として浮上し、新たなエネルギー選択の時代に入りました。化石燃料、原子力、再生可能エネルギーをうまく組み合わせて使うことが必要です。温暖化ガス排出量を低レベルで安定させるための中長期的な対策として、再生可能エネルギーの大量導入は不可欠と言えます。

バイオマスは再生可能エネルギーの一つで、動植物に由来する有機物です。使用時に二酸化炭素を排出しますが、バイオマスは太陽エネルギーと水と二酸化炭素から作られますので、地球上の二酸化炭素を新たに増加させることはありません。この意味でバイオマスは「カーボンニュートラル」です(図1)。

#### 炭素固定量が多い木質系バイオマス

世界には、原油換算で $1.2 \times 10^{10}$  kl/年と、世界の需要 ( $1 \times 10^{10}$  kl/年) を賄える量のバイオマス資源が存在します (World Energy Assessment : <http://stone.undp.org/undpweb/seed/wea/pdfs/chapter5.pdf>)。森林の多いわが国においても一次エネルギーの一定割合を担えるポテンシャルがあります。バ

イオマスは、直接燃焼によって電気や熱を発生させるだけでなく、ガス燃料や液体燃料に効率よく転換することができます。この大きな利点から、他の再生可能エネルギーに比べても輸送用エネルギーとして適したものと言えます。

製紙工場からの黒液（繊維を取り出したあとに残る廃液）や食品・農産廃棄物、下水汚泥等の廃棄物系バイオマスは現在わが国で最も多く利用されているバイオマスです（図2）。廃棄物は従来費用を支払って処分していたものですから、この利用法は経済的にもたいへん有利な方法です。

米国ではトウモロコシ原料、ブラジルでは砂糖キビ原料からそれぞれ800万kl、1200万klのエタノールを製造し、ガソリンとブレンドして自動車用燃料として広く使用しています。わが国でもエタノールやオクタン価向上剤であるETBE (Ethyl Tertiary-Butyl Ether) をガソリンと混ぜて使用することが検討されています。

将来的に重要になるのは、森林等の木質系バイオマスです。森林をうまく管理すれば、これまでよりもさらに多くのバイオマスの利用が可能となり、多くの炭素固定量が期待できるからです。

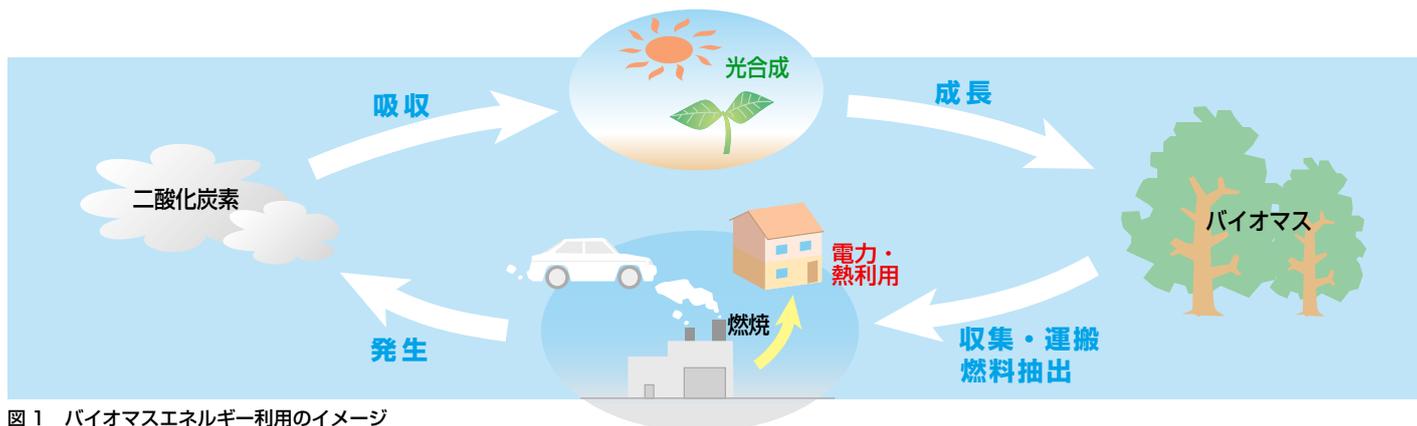


図1 バイオマスエネルギー利用のイメージ

# 中国地域を活動拠点として活躍するバイオマス研究センター

中国センター 所長  
矢部 彰

2005年10月にバイオマス研究センターが設置され、6年半の予定で、中国センターを活動拠点とした活動を開始しました。100名を超える中国センターの職員の半数がバイオマス研究センターに属しています。中国センターにバイオマス研究センターが設置された主な理由は次の2点にあります。

1. 中国地域は豊富な木質系バイオマス資源を有している
2. 中国地域はバイオマス利用に対して活発に活動している

中国地域は、人口や工業出荷額等主要経済指標が全国の7%程度ですが、瀬戸内海は海運が盛んなこともあり、製材量では全国の16%を占めています。これは、全国8つの経済産業局中最大の量を誇るものです。主に、カナダ、北欧などからの輸入材が中心で、日本全体では有効活用すると日本のエネルギー消費の1%程度を削減できる可能性を持つほどの製材残材が存在しています。また、中世から大正時代まで、出雲地方を含む中国山地一帯は、「たたら」と言われる砂鉄を使った伝統的な製鉄法で、全国の鉄生産量の80%を占めていました。「たたら」製鉄には大量の木炭を必要とし、一回の操業で木炭約15トン、森林面積に換算すると約1haが必要で、年間操業回数が60回、炭を作るのにふさわしい広葉樹は樹齢30年で、30年サイクルで山の一部を切ってゆくと、1箇所1800ha（半径2.5kmの円に相当）の森林面積を必要とします。中国地域に「たたら」が30箇所以上存在していたことから、この地域は大量の森林資源のエネルギー利用の実績を有していると言えます。

中国経済産業局の産業クラスター計画には、循環・環境型社会形成プロジェクトが取り上げられ、バイオマス利用は重要なキー技術となっています。さらに、広島大学にはバイオマスプロジェクトセンターが設置され、NEDO「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」も山口県と岡山県真庭市で実施、鳥取県産業技術センター等もバイオマス利用に力を入れています。まさに、中国地域のバイオマス利用へのチャレンジが活発化する中、私たちのバイオマス研究センターの地域貢献も大いに期待されています。

中国センターでは、「バイオマス協議会」を主催しています。現在40機関が参加するこの協議会では、積極的情報交換によるバイオマス利用プロジェクトの創生と推進を目指しています。その手法としては、バイオマス研究センターで保有しているバイオマス利活用システムの経済性シミュレーション手法を、技術プラットフォームとして提供し、各地域の各ニーズに対してカスタマイズ化することを考えています。具体的な経済性・環境性を推定し、必要な研究開発課題や問題点を明確化することによって、バイオマス利用の実用化を推進してゆく方針です。現在、中国地域ばかりでなく、全国、また、東南アジアを含めたいくつかのバイオマス利活用ニーズに対して、システム解析に着手しています。

バイオマス研究センターは、まさに、世界のバイオマス研究のCOEを目指すと共に、産学官連携による一層の地域貢献を大きな目標としています。

## 森林の持続的成長と木質系バイオマスの利用

そもそも石炭や石油が使われるようになる以前は薪炭が人類の主要なエネルギー源でした。薪炭が石炭や石油に取って代わられたのはエネルギー密度が低く、集めるのに多くのエネルギーを要し、経済的にも不利となったからです。

産総研では、第2期の研究戦略の中で、木質系バイオマスからの燃料製造を戦略課題としています。木質系バイオマスをそのまま燃やすのではなく高付加価値の燃料に変換して利用する技術が確立すれば、未利用樹・製材残材・建築廃材等の多量の木質バイオマスが利用可能になります。

木質系バイオマスの経済性が高まれば森林の持つ経済価値も向上します。その結果、森林の伐採・植林・間伐等のサイクルが循環する、真のカーボンニュートラルが実現でき、地球温暖化防止に大きく貢献することができるでしょう。

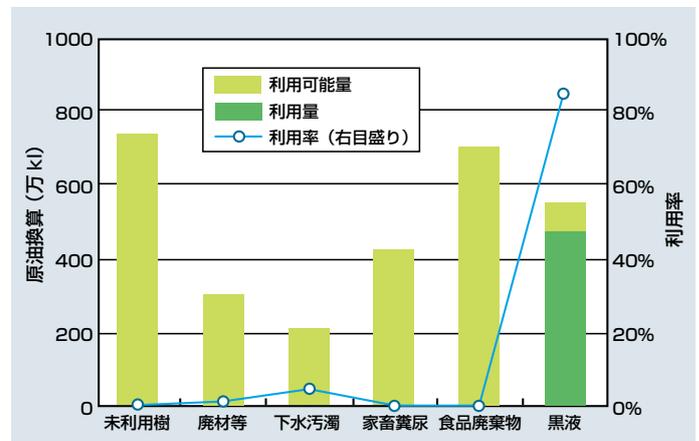


図2 日本のバイオマスエネルギー利用量と利用可能量の試算例  
利用率=利用量(発電+熱)÷利用可能量 (資源エネルギー庁の資料より)。

# 木質バイオマスのガス化による合成ディーゼル燃料の製造

バイオマス研究センター長  
坂西 欣也

## ディーゼル燃料としてのバイオマス

最近、大都市部を中心にディーゼル車によるPM、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>の排出による大気汚染が深刻化していることから、サルファーフリー及びアロマフリーの超クリーンディーゼル燃料製造の要請が高まっています。その中で、メタンを主成分とする天然ガスからの合成ガス経由のFT合成燃料と並んで、バイオマスのガス化によって得られるBTLの製造技術の開発が進められています。

BTLは、原料が化石資源由来であるGTLに比べて、炭酸ガスの削減効果も見込まれるため、最近欧米を中心に技術開発が進められています。図1に、DMEやメタノールならびにバイオマスから合成したFT合成ディーゼル軽油の炭酸ガス削減効果を比較して示しました。

バイオマスを原料とするディーゼル軽油は、優れた炭酸ガス削減効果を示しているのに加えて、先に述べたように、SPMや酸性雨原因物質であるSO<sub>x</sub>の低減にも優れており、さらに燃費も優れていることから、燃料電池自動車普及する次世代までは、地球温暖化防止と環境保全の面から、最も優れた自動車燃料として評価できます。

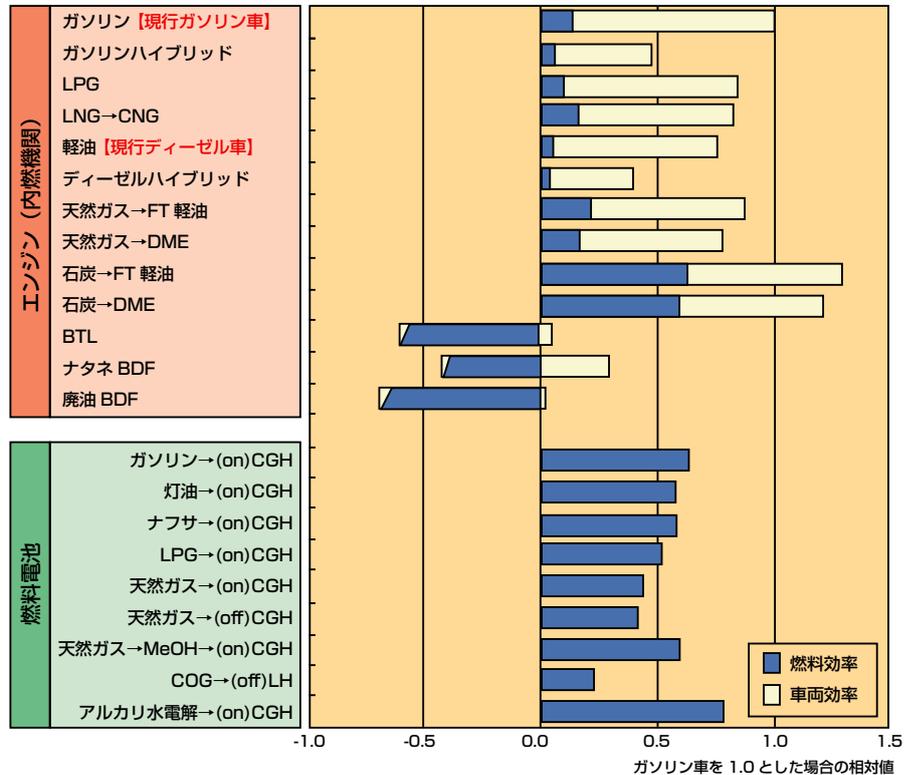


図1 バイオマス由来 FT 合成ディーゼル軽油の炭酸ガス削減効果  
LPG・CMG・エタノール車の車両効率はガソリン車と同等、FT 軽油・DME・BDFの車両効率はディーゼル (軽油) 車と同等として計算。  
TOYOTA Motor Corporation, Mizuho Information & Research Institute, Inc., 2004, November より。

## BTL、DMEの製造技術とポテンシャル

FT合成触媒反応による合成ディーゼル燃料製造技術は、合成ガス成分の液体燃料製造のコア技術です。石油起源のディーゼル軽油に匹敵する製造コストを達成するためには、今後さらに種々の新技術を導入したFT合成技術の開発が不

可欠と思われます。GTLの場合でも、小規模～大規模天然ガス田や不採算性天然ガス田、バイオマスのガス化、石炭のガス化など、FT合成技術の原料としてのガス成分は、各々の技術によって多様化しており、原料の性質に適した高効率FT合成技術の開発が望まれています。

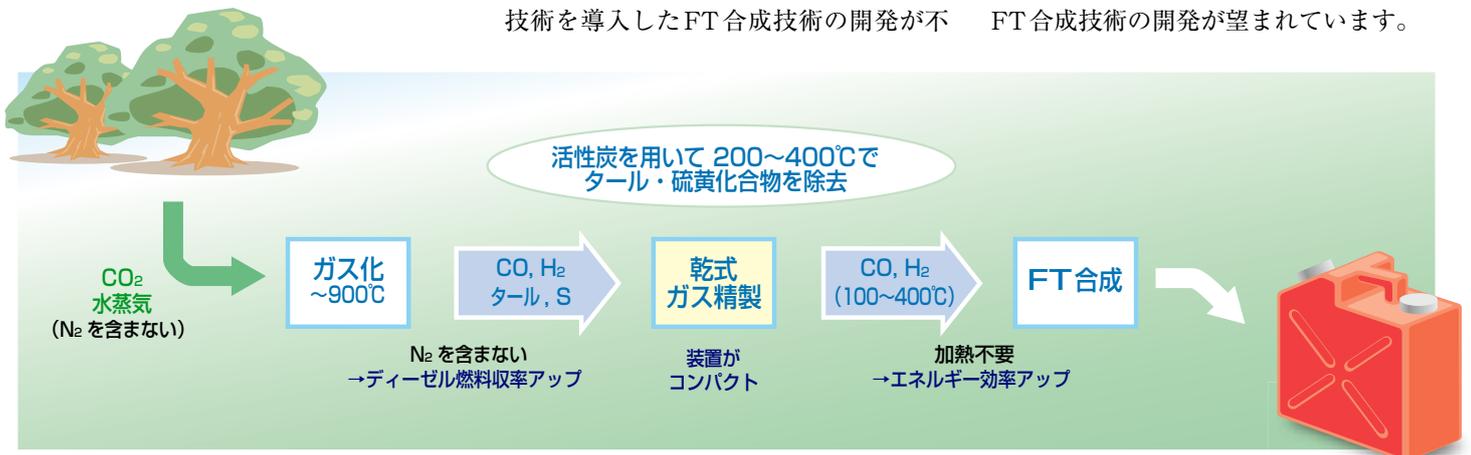


図2 ガス化・ガス精製・FT合成触媒反応連結 BTL システム

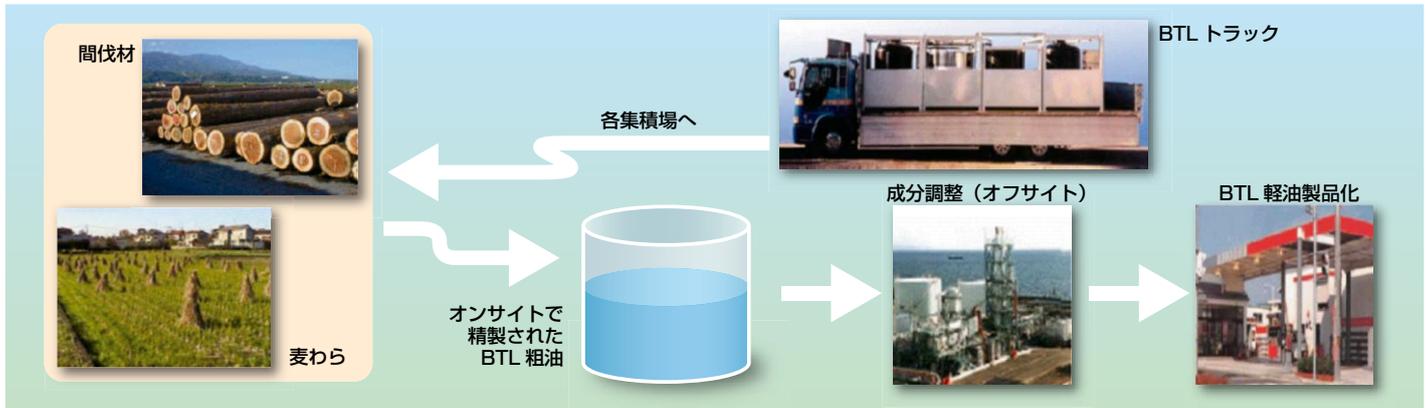


図3 BTL 実用化のイメージ図

FT技術を構成する技術分野として、触媒開発、リアクター開発、プラント開発が挙げられます。産総研で開発を進めているBTLトータルシステムを図2に示しました。従来のガス化・ガス精製・FT合成プロセスに比べて、活性炭によるホットガスクリーニングによるエネルギー効率の向上とともに、FT合成・水素化改分解・異性化触媒反応の直結によってディーゼル軽油収率の大幅な増大を可能にする点に特長があります。

DMEは、LPGと類似した性質を有し、輸送・貯蔵が簡便であるため、民生用、輸送用や発電用燃料として利用可能なクリーンな新燃料として期待されています。石炭や石油、天然ガス等の化石資源だけでなく、バイオマスのガス化によって生成する合成ガスからも製造できる

DMEは、一次エネルギー源の多様化とともに、炭酸ガス排出量の低減にも貢献できます。また、その超クリーンな燃料特性(サルファーフリー、アロマフリー)により、超低公害の次世代のディーゼル燃料としても大きく期待されています。

現在、DMEはメタノールの脱水反応によって数十トン/日程度の規模で製造されていますが、DMEを燃料として利用するためには、もっと大規模に安価で製造する必要があります。原料のメタノールも、合成ガスから製造されるので、メタノールを経由せずに直接合成ガスからDMEを製造する技術開発も進められています。DME直接合成反応は、メタノール合成設備より低圧で高い収率が得られる可能性があるため、製造コストの観点からも有望視されている技術です。

### BTLの実用化に向けて

BTLの実用化イメージとしては、図3に示したような移動型BTLトラック(2トン車程度で山間部まで小型BTL装置を持ち込む)、あるいは大量に集荷できる農産廃棄物や林産系バイオマスからの中・大規模のBTL製造プラントの二種類が想定されると考えています。

前者では、日本国内での原料の収集困難によるコスト高が見込まれる場合に、地産地消型のBTLディーゼル燃料やガソリン・DME併産を可能にする経済性の高い小型BTLプロセスの開発を目指します。また後者では、東南アジア諸国での大量バイオマス利用によるBTL合成ディーゼル燃料等の製造と開発輸入によるBTLの普及に貢献したいと考えています。

### 用語解説

**PM** : Particulate Matter ; 粒子状物質。ディーゼルエンジンから排出される黒煙(すす)の総称。

**FT合成** : Fischer-Tropschによって開発された触媒反応による合成ガス(一酸化炭素及び水素)からの炭化水素の合成法。

**GTL** : Gas To Liquid ; 天然ガスから合成ガス経由でFT合成触媒反応によって製造される液体燃料。

**BTL** : Biomass To Liquid ; バイオマスのガス化で得られる合成ガス経由のFT合成触媒反応によって製造される液体燃料。

**DME** : Dimethyl Ether ; ジメチルエーテル。LPG(液化石油ガス、プロパンガス)に類似した性質を有し、ディーゼル燃料やLPG代替の新燃料として期待されている。

**LPG** : Liquefied Petroleum Gas ; 液化石油ガス。プロパンを主成分とする燃料。

**SPM** : Suspended Particulate Matter ; 浮遊性粒子状物質 ; マイクロメートルオーダーの粒子径が小さいPM。ディーゼルエンジンから排出される粒径が小さい黒煙(すす)。

**ホットガスクリーニング** : Hot Gas Cleaning ; ガス化反応後、400℃前後の高温で、活性炭等の吸着材を用いて乾式で合成ガスの超深度精製を行うこと。



# 木材から自動車燃料に使えるエタノールを造る

バイオマス研究センター  
遠藤 貴士・矢野 伸一

## 木質バイオマスからのエタノール生産

植物の光合成により空気中の二酸化炭素が固定化されたバイオマスを燃焼させる場合、地球上の二酸化炭素を増加させることにはなりません。さらに、バイオマス資源から生産されたエタノールを燃料として使用することによって、エネルギーの石油依存度を低下させることも期待できます。すでにブラジルやアメリカなどでは燃料エタノールが大量に消費されています。しかし現状では、エタノールはサトウキビやトウモロコシなどの農作物を原料にして造られているため、食料需要との関係から将来的な資源の不足が懸念されています。そのような背景から、食料と競合せず資源量の多い木質バイオマスからのエタノール生産技術の開発に期待が集まっています。

木質材の主要成分は、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンです。木質中でセルロース分子は整然と配列し、その間にヘミセルロースやリグニンが充填して、木材の強度の源となっています。しかしこれらの中で、糖化・発酵に

より輸送用液体燃料のエタノールに変換できるのは、分子が糖で構成されているセルロースとヘミセルロースだけです。

これまでの木質の糖化・発酵によるエタノール製造技術では、硫酸を用いた加水分解法で糖化を行う方法が主流でした。硫酸法では、糖化速度は高速であるものの高い発熱反応であるため反応の制御が困難で、糖の過分解が進行して、発酵を阻害する物質が生成したり、収率が低下してしまうなどの問題がありました。また、製造に用いた硫酸の回収や廃液処理は高コストであり環境負荷も高くなります。そこで過分解が無く、環境負荷の少ない酵素糖化法が注目されています。酵素で糖化するためには適切な前処理が不可欠です。

## 非硫酸法前処理技術の開発

私たちは、酵素糖化法の前処理技術として硫酸等の化学薬品を大量に用いる必要がなく環境調和性に優れた水熱・メカノケミカル処理法の開発を進めています。水熱処理では、加圧熱水を用いて選

択的に木質の構成成分の分解・分離を行うことが可能です。

図1に熱水流通式水熱処理装置によるスギの処理結果を示しました。加圧熱水の温度を上昇させると、140～230℃ではヘミセルロース由来のキシロース等の糖類が溶出し、さらに230～260℃ではセルロース由来のグルコースが溶出します。メカノケミカル処理では、粉碎エネルギーにより木質を微細化するとともに効率的に化学反応(結合切断・形成)を起こすことができます。

図2にはメカノケミカル処理による酵素糖化性の向上効果の基盤実験の結果を示しました。メカノケミカル処理しない場合は、酵素糖化によるグルコースの生成はわずかですが、処理時間が長くなるにつれて酵素糖化性は著しく向上します。メカノケミカル処理することによって、マクロ的には木質は20μm程度に微細化しますが、処理時間を長くしてもそれ以上の微細化は進行しません。詳細な解析から、メカノケミカル処理によって木質の構成成分の強固なネットワークが

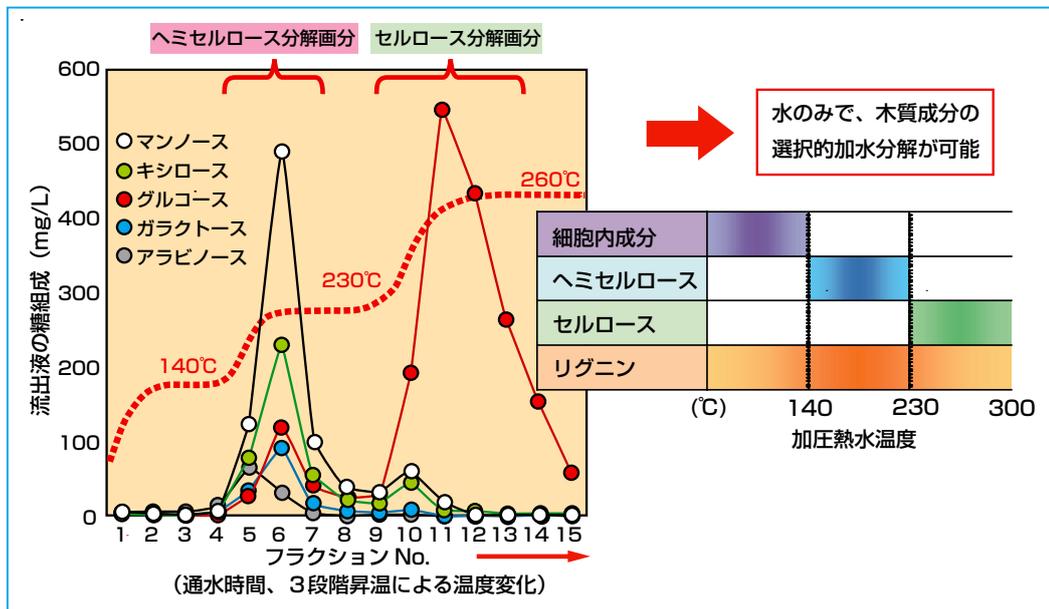


図1 熱水流通式水熱反応装置によるスギの加圧熱水抽出物の糖組成



崩れ、セルロース分子の束の運動性が向上して酵素が接近しやすいような状態になり酵素糖化が進行することが明らかになりました。今後、糖化・発酵に影響しない添加剤を用いたり、水熱処理とメカノケミカル処理を適切に組み合わせることにより処理時間の短縮や高効率化を目指します。

### 糖化・エタノール発酵の研究開発

さらに私たちは、糖化・エタノール発酵の研究開発を進めます。糖化に関しては、水熱-メカノケミカル前処理法に最適な酵素糖化技術の確立を目指し、セルラーゼやヘミセルロースを分解するキシラーゼなどの糖化酵素について検討を行います。発酵に関してはヘミセルロース由来の五炭糖は従来のエタノール発酵酵母が利用できないので、この点をいかに克服するかが最大の研究課題になります。私たちは酵母や好熱性細菌について遺伝子操作による分子育種を行い、五炭糖と六炭糖を共に高収率でエタノールに

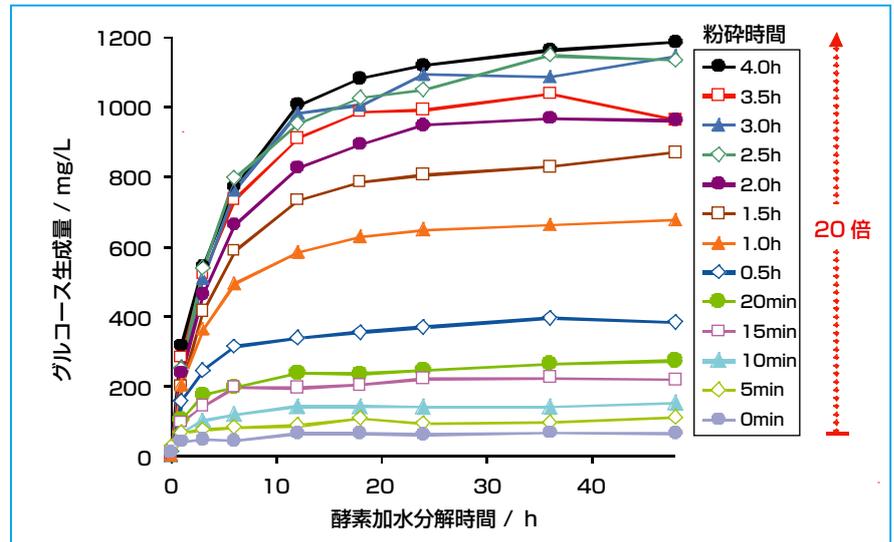


図2 メカノケミカル処理によるユーカリの酵素糖化性の向上

変換できる発酵微生物を開発する予定です。これを用いて、木質系バイオマスから水熱-メカノケミカル前処理を経て酵素糖化した処理物について、凝集・固定化などで発酵微生物を高濃度に維持し、収率良くエタノール生産できる発酵法の研究を行います。

### プロセス開発と自動車燃料としての利用

研究開発当初は、水熱処理およびメカノケミカル処理、高速糖化、遺伝子組み換え微生物による発酵、それぞれにおける要素技術の確立を行い、後半ではこれら技術や化学処理の複合処理技術、同時糖化・発酵技術等による実証プロセスの開発に発展させます(図3)。さらに、糖化-発酵に利用できないリグニン成分や残渣の高分子材料等としての高付加価値化技術についても研究開発を進め、木質バイオマスの統合利用システムとしての経済性向上を目指します。

生産されたエタノールはそのままガソリンと混合して自動車燃料として使用できますが、最近エタノールをイソブチレンと反応させてできる Ethyl Tertiary-Butyl Ether (ETBE) としての利用が注目されています。ETBEはエタノールよりさらにオクタン価が高く極めて良質なガソリン基材となる上に、エタノールのような吸湿性が無いため取り扱いも容易です。現在の自動車エンジンにそのまま使用できるため、即効性のある地球温暖化対策として普及が期待されています。

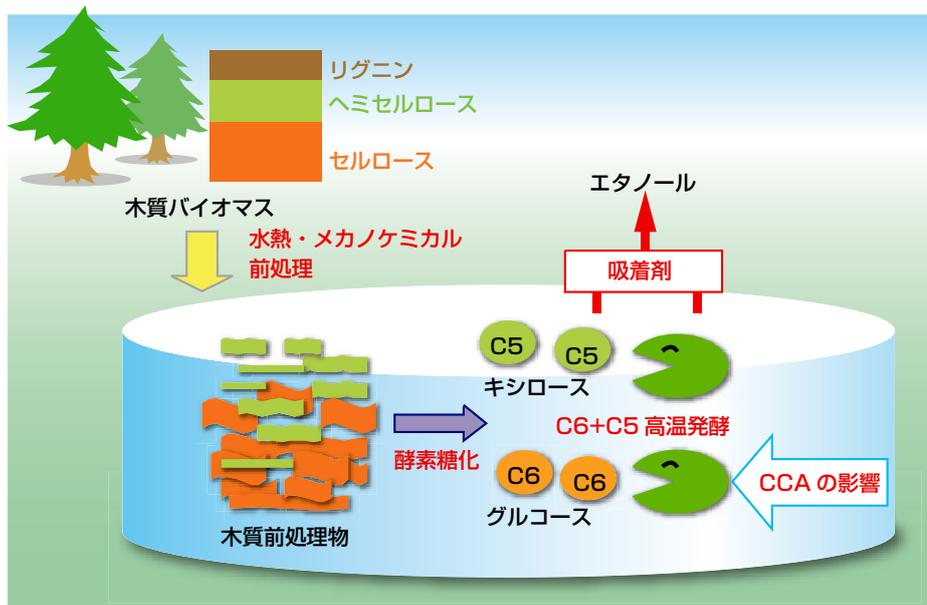


図3 木質バイオマスからの次世代型高収率バイオエタノール製造技術の概要  
高温条件下、糖化と発酵を同時に行う。生成エタノールは吸着剤によって回収。

# バイオマス利活用の促進に向けた DB の構築

バイオマス研究センター  
美濃輪 智朗

## はじめに

バイオマスには森林系の木材や農産系のわら等やそれらの残渣物（廃棄物）など様々な種類が存在します。また一口に木材といっても、水分の多い生木や製材工程から出てくる乾燥木材、建設廃材などの種類があります。これらバイオマスをエネルギー利用するにも熱利用、発電、気体燃料や液体燃料への変換など様々な用途の選択があります。さらに変換手法もバイオマスの種類に応じて様々なものがあります。得られたバイオマスをどのような用途でどのように変換すれば効率的に使えるのでしょうか？私たちは、このような疑問に答え、低環境負荷でかつ経済性の優れた最適なバイオマス利活用システムを設計することを目的にデータベース(DB)の構築に取り組んでいます。

## システム設計の流れとバイオマスDB

図1にDBからの計算の流れを示します。まず、用いるバイオマスの種類を入力し、欲しいエネルギー製品が出てくるプロセスを設計していきます（シミュレーションのプロセスモデル部分）。熱

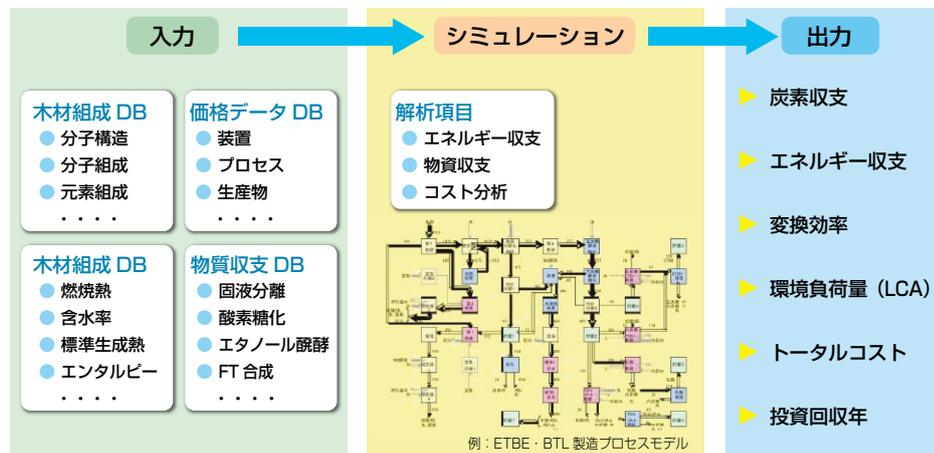


図1 バイオマス利活用システム設計の流れ

利用であれば単純に燃焼させるだけです。例えばガソリン代替のエタノールやETBEを木材から製造する場合は、成分分離、糖化、発酵、蒸留によるエタノール回収などの工程を経ます。プロセスモデルができれば、それに木材組成のデータや物質収支のデータを入力していくことでプロセス全体の物質収支が計算できます。次に原料や製品、中間生成物の熱物性値データを基にプロセスに必要な熱や動力を計算します。さらに、価格データがあれば主要機器のコストが分かり、

プラントの建設費用が見積もられます。結果として、設計したシステムの効率や総コストが分かり、製品量からは石油代替による二酸化炭素削減効果が出力されます。また、製品価格や総コストからは投資回収年のような経済性の指標を出力として得ることができます。

木材組成や熱物性値などのDBを用意しておけば、例えば木材種を変えた場合、全体の効率や製品の収率がどのように変化するか、工程を一部変えた場合、全



図2 簡易シミュレータの入力画面イメージ（左）と、同出力画面イメージ（右）



体の経済性がどのように変化するかなどが検討できるようになります。通常はシステムを検討する度に必要なデータを自分で調査し、収集する必要がありますが、このようなDBを構築しておけばデータ収集の手間が軽減されるだけでなく、DBにデータを追加することで技術の比較や用途の比較も簡単にできるようになります。

### DBを利用した簡易シミュレータ例

実際の利活用においては詳細な検討が別途必要となるものの、DBを使うことで簡易的な検討を行うことができますようになります。現在はDBを構築中ですが、簡易シミュレータの例として、発電利用のケースを作成してみました。

図2に入力画面イメージと出力画面イメージを示します。木材種別や電力価格、年間収集可能量(規模)を入力すると、発電規模、効率、トータルの建設費用と年間収支、二酸化炭素削減量が見積もられます。図の例は、製材残材を年間120,000トン規模で自家消費電力価格で利用した場合です。入力条件を変えることでケーススタディーを行い、どのようにすれば経済性が改善できるか、どのような事業が考えられるかなどを検討することが可能になります。

### バイオマスからのETBE/BTL製造トータルシステム

産総研バイオマス研究センターでは、将来的に重要となる木質系バイオマスから液体燃料への変換の研究開発に取り組んでいます。具体的にはガソリン添加剤となるETBE生産とガス化・間接液化経由で合成されるディーゼル燃料です。図3に示すようなETBE/BTL製造のトータルシステム設計を行っています。木材

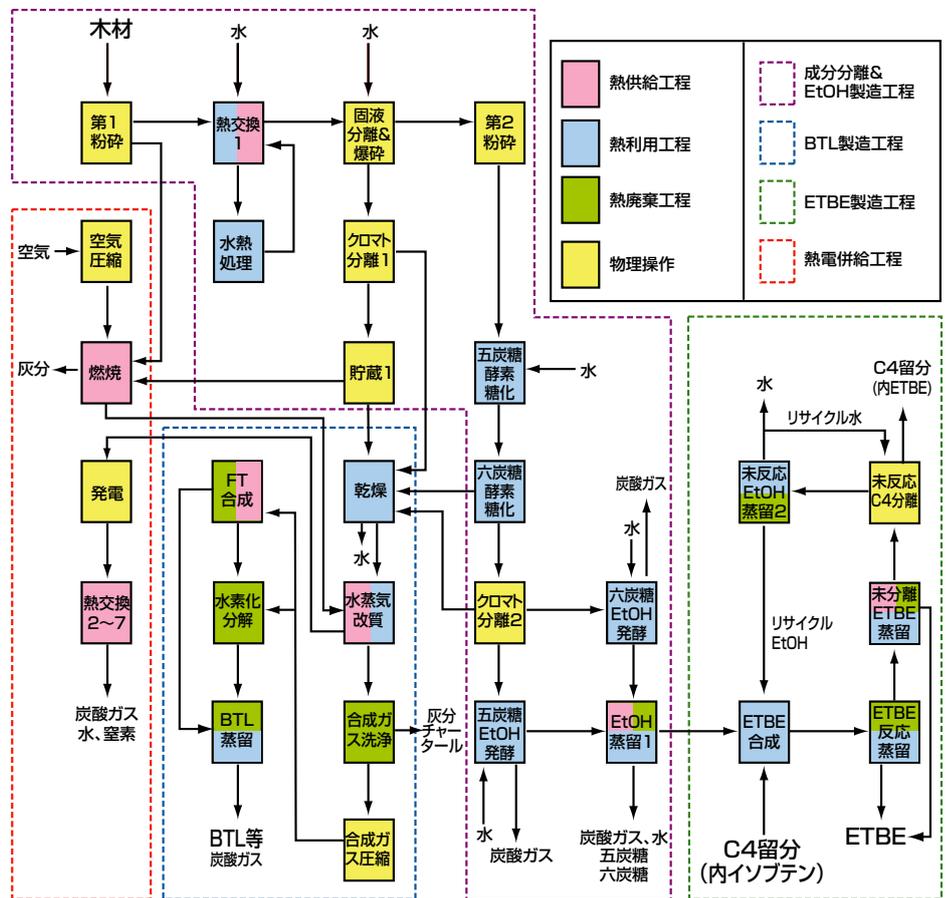


図3 バイオマスからのETBE/BTL製造トータルシステムの基本フロー図

の主成分であるセルロースやリグニンなどを分離するプロセス、セルロース等から糖化・発酵によりエタノールを製造するプロセス、エタノールからETBEを製造するプロセス、成分プロセスから得られるリグニン等をガス化・間接液化してディーゼル燃料を製造するプロセス、システム全体のユーティリティを提供するプロセスから構成されています。

DBを構築、利用することで、ETBE/BTL製造トータルシステムの経済性の検討や感度解析による技術開発の方向の提示が可能になります。逆にこのようなケーススタディーを行うことでDBの拡充ができます。

### 今後の取り組み

このようにバイオマスDBを構築することによって、DBを利用したシステム設計や簡易シミュレーションが可能になり、バイオマス利活用の促進に貢献できるものと考えています。ETBE/BTL製造だけでなく、種々のバイオマス利活用システムに積極的に協力、関与し、経済性を解析して研究開発の推進に貢献すると共に、シミュレーション結果を発表していく予定です。

今後さらなるケーススタディーを重ねてDBの内容を充実させ、バイオマス利活用時の参考になるようにDBを提供していきます。



# バイオマス利活用のアジア展開

国際部門  
橋本 佳三

## アジア環境エネルギーパートナーシップ推進

アジア地域は、各国の経済発展とともにエネルギー消費量の増加を続け、2030年には世界最大のエネルギー消費圏になると予想されています。また、地球環境に関する将来予測の中には、2030年頃には中国は米国を抜いて世界のCO<sub>2</sub>排出国になるとするものもあります。さらに2100年には、発展途上国のCO<sub>2</sub>排出量は先進国の3倍以上になるという試算もあります。

アジア地域における喫緊の共通課題と言える「環境エネルギー分野」では、バイオマス、分散型エネルギーネットワーク（燃料電池、太陽光、バイオマス・水素エネルギー利用を含む）、大気環境・地球環境改善に資するクリーン燃料/エンジン、環境調和・エネルギー効率・経済生産性効率を勘案した統合的技術システムや総

合的評価技術・規格標準導入など、各国の関係機関が相互補完関係・新産業創造・国際標準化を視野に入れたプロジェクトの推進を図ることが重要です。産総研も主要な機関との包括研究協定の締結を進めています。

世界最大のバイオマス資源を有するアジア地域においては、バイオマスの持続可能な生産促進と再生可能エネルギー・有用物質製造の循環システムを構築し、アジア各国・研究機関と連携して（農工連携を含め）その実用化を目指し、地球温暖化防止、エネルギー効率化に貢献することが重要な課題になっています。産総研では、各国各研究機関との連携とともに、多国間で、「バイオマス・アジア」の展開を推進しています。アジアの環境エネルギーパートナーシップを推進することで、持続可能でグローバルな産業構造の構築にも貢献できると考えられます。

## バイオマス・アジアの戦略的展開

これまでの化石資源に依存した大量生産・大量消費・大量廃棄の社会システムは、地球温暖化・廃棄物・有害物質等の様々な環境問題を深刻化させており、再生可能な生物由来の有機性資源であるバイオマス利活用の重要性がますますクローズアップされています。

産総研は、ポスト石油社会を目指した「バイオマス・アジア」（図1）推進を目指して、国内で、農工連携・産学官連携を推進するとともに、アジア諸国の行政・中核研究機関とのネットワークの構築、アジア諸国との連携によるバイオマス利活用の戦略構築に努めています。

アジアは、その気候条件等から豊富なバイオマス資源に恵まれ（図2）、世界のバイオマス資源の3割強が分布しています。しかしその一方で、アジアの多くの国では、今後の急激な経済成長や人口増

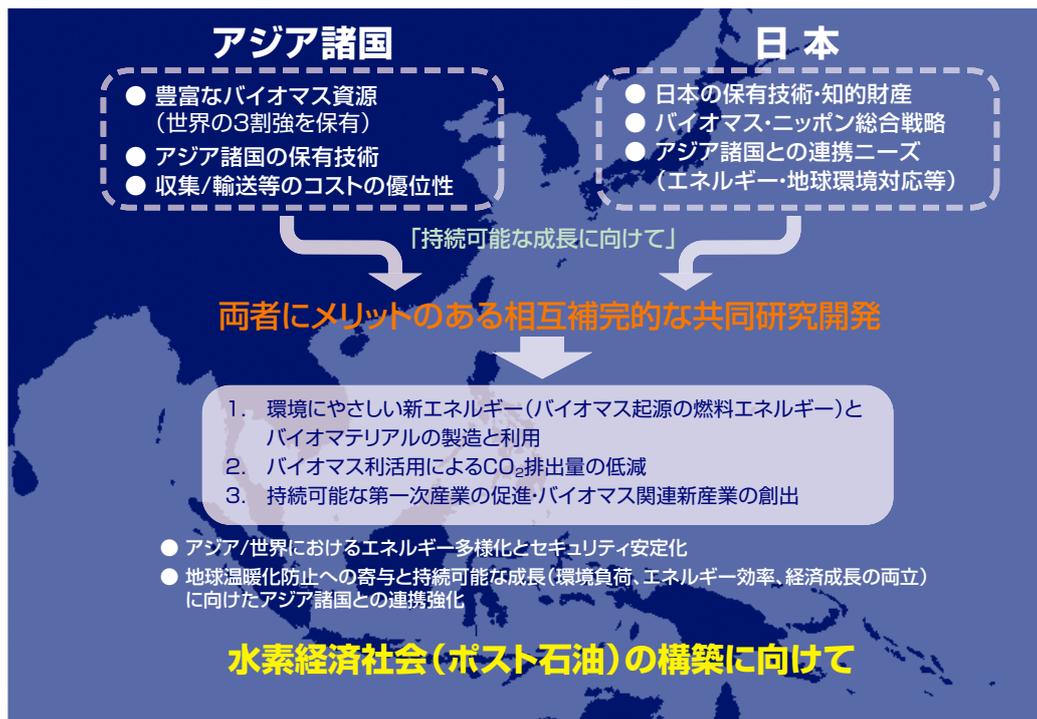


図1 バイオマス・アジアの概略図



加等にもなうエネルギー消費量および温室効果ガス排出量の増加が危惧されているのが実情です。また、アジアの一部では砂漠化や森林伐採による荒廃地化が進み、砂漠化防止・森林再生に向けた新たなバイオマス生産システムの構築の必要性が高まっています。アジア地域における、バイオマス利活用技術の確立、環境調和型の循環型社会の創生、持続可能な農林水産業の構築が、強く求められているのです。

問題解決に向けた具体的な動きとして、2005年1月に、産総研が主体的役割を担った「バイオマス・アジア・ワークショップ2005」が日本で開催されました。バイオマス利活用に関わるアジア諸国の行政・研究関係者と我が国の関係機関（農林水産省・経済産業省・文部科学省・産総研・農水5研究機関・東京大学・(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)・産業界等のオールジャパン組織)による大がかりなプロジェクトです（詳細は、<http://unit.aist.go.jp/internat/biomassws/01workshop/>）。ワークショップでは、各国とのネットワーク構築を検討するとともに、技術交流・意見交換等を通して、今後のこの分野での産業・農業政策および研究開発の方向性を明らか

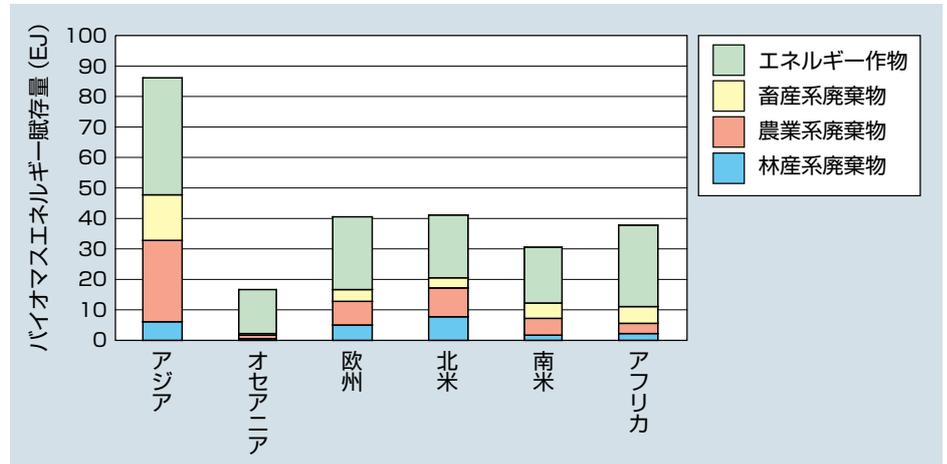


図2 世界の地域別バイオマスエネルギー資源  
EJ (エクサジュール) = 10<sup>18</sup>ジュール。1EJは、原油換算で2620万キロリットルに相当。

にしました。アジア諸国にとっては、このワークショップによって初めて、この分野における政府・研究機関を中心にしたネットワーク化、各国・機関のバイオマスの取り組みの現状と技術課題を把握することが可能となりました。

第2回ワークショップ（写真：詳細は<http://unit.aist.go.jp/internat/biomassws>）は、2005年12月、タイで開催され、タイ側では科学技術大臣のイニシアティブの下、バイオマス・アジア展開のため関連省庁が連携した推進体制がとられました。各国政府関係者によるバイオマス政策の方向性についての紹介、バイオマス

利活用のベストプラクティス事例紹介、特定課題のR&Dについて意見交換がなされました。

第3回となる次回のワークショップは2006年11月、日本での開催が予定され、さらに議論を深める予定です。

### さらなるネットワーク強化へ

これからも産総研は「バイオマス・アジア」におけるネットワーク構築、パートナーシップ確立を先導していきます。さらに、日本とアジア諸国の両者にメリットがある相互補完的な国際共同研究プロジェクトの企画・立案を推進し、アジア・世界におけるエネルギー多様化とセキュリティ安定化、地球温暖化防止への寄与、アジア諸国との連携強化活動を通して我が国の持続的発展に寄与していきます。

とくに、ネットワーク構築の面では人材ネットワークの重要性に着目し、平成17年度から開始した産総研フェローシップ制度や、平成18年度から実施されるJICAの新規集団研修コース「バイオマス有効利用技術」などを活用し、アジアでの人材交流を推し進めていきます。



写真 第2回バイオマス・アジア・ワークショップ（2005年12月、タイで開催）  
右から3人目が産総研の中島理事。

# 麹菌のゲノム科学と産業利用

## 日本の伝統的発酵産業の発展に寄与

麹菌 (*Aspergillus oryzae*) は、酒・醤油・味噌などの日本の伝統的発酵産業およびバイオテクノロジーに広く使われている。麹菌のゲノム解析は国内の産学官連携チームによって行われ、37 Mbのゲノム塩基配列が解析され、約12,000の遺伝子が予測された。これにより、麹菌が多数の加水分解酵素遺伝子を有すること、麹菌特有の遺伝子が他の *Aspergillus* 属と synteny がない領域にモザイク状に存在していることが解明された。この研究成果により、日本で「国菌」とも呼ばれている麹菌のゲノム情報基盤が整った。国内では既に、DNA マイクロアレイによる解析、プロテオーム解析などが進められ、麹菌の遺伝子の機能解析と産業利用に関する研究が進められている。

The genome sequencing of *Aspergillus oryzae*, a filamentous fungus widely used in Japanese fermentation industries, has been completed by a Japanese research group. The *A. oryzae* genome consists of c.a. 37 Mb nucleotides and 12,000 predicted genes. The genome sequence revealed that *A. oryzae* has redundant secretory hydrolases and that the *A. oryzae* specific genes are enriched in the blocks without synteny to other *Aspergilli*. Establishment of genomic research basis of *A. oryzae* has facilitated functional analysis and the research for industrial applications of the *A. oryzae* genes.

### はじめに

麹菌 (*Aspergillus oryzae*) は、酒・醤油・味噌などの日本の伝統的発酵産業に広く使われてきた糸状菌(カビ)であり(図1)、「国菌」と呼ばれることもある日本の産業にとって重要な糸状菌である。一般的に糸状菌は様々な加水分解酵素などを分泌することにより、栄養源が乏しい環境でも生育できるが、麹菌は糸状菌の中でもタンパク質の分泌生産能力が高く、近年では、バイオテクノロジーによる酵素などの分泌生産にも利用されている。麹菌が属する *Aspergillus* 属の中では、*Aspergillus nidulans* が基礎研究に広く使われている。一方、麹菌は有性世代が見いだされていないことから遺伝的解析を行うことができず、分泌酵素な

どの産業に直接関係する研究は精力的に行われているものの、基礎的な研究は容易ではなかった。

麹菌のEST解析(発現している遺伝子の解析)は、1996年に当時の工業技術院生命工学工業技術研究所(現:産総研)で開始された。また、1998年からは、7大学・研究機関が連携して大規模なEST解析を行い、2001年3月には全遺伝子の約1/3の部分配列の解析を完了した。麹菌の全ゲノム解析は、EST解析に携わった研究者を中心として産学官連携のコンソーシアムが組織され、製品評価技術基盤機構との共同研究によって2001年8月に開始された(図2)。



提供: 月桂冠(株)

図1 伝統的な酒造りの風景

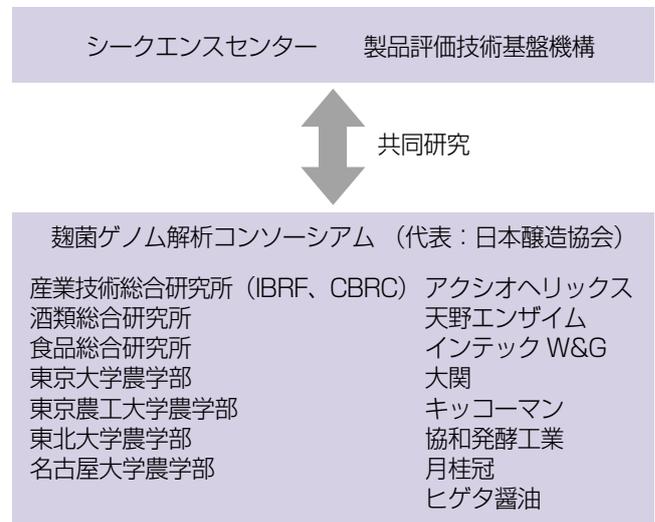


図2 麹菌ゲノム解析の実施機関

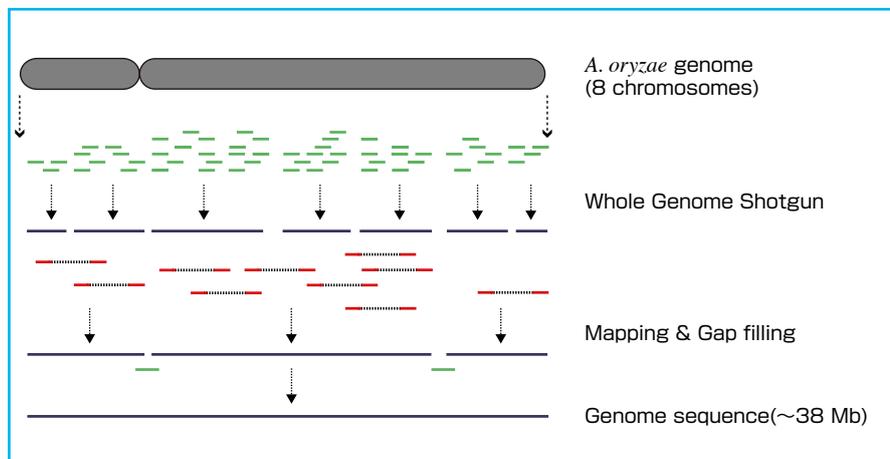


図3 麹菌のゲノム解析

### 麹菌ゲノム解析の方法

麹菌のゲノム解析はホールゲノムショットガン法によって行われた(図3)。この方法では、麹菌の全ゲノムを1~2 kb (kb: 1000塩基対)程度に断片化してクローニングしたライブラリーを作成し、約30万個のコロニーを無作為に選択して両末端の配列解析を行った。こうして得られた塩基配列をコンピュータを用いて同一の配列を指標として接続し、コンティグ(少しづつ重なりあったクローン一群)を形成させた。さらに、コスミド(3万~4万塩基対のクローン)とBAC(バクテリア人工染色体)のライブラリーを作成し、それぞれのライブラリーから数千個のコロニーを選択して同様に両末端の塩基配列を解析し、先に作成したコンティグの塩基配列との相同性を用いて、コンティグを連結してスキヤホルド(連続していることが既知である一群の配列)を形成させた。スキヤホルドの数が全体で数十程度になった段階で、Southern hybridization(似た配列の有無を解析する方法)によって各スキヤホルドを染色体上にマッピングし、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法などを用いて隣接するスキヤホルドを決定した。残されたgapなどは、PCR法などを用いて鋳型DNAを調製し、塩基配列を逐次決定した。最終的に、麹菌が有する8本の染色体は、6個のスキヤホルドと10個のコンティグから形成され、解析された塩基配列の総数は約37 Mb (Mb: 100万塩基対)となった(図4)。

これ以外に、高度な繰返し配列で現在の技術では決定することが困難なrDNAが約0.6 Mb、セントロメア領域などのAT(アデニン、チミン)含量が極度に高くクローニングなどができない領域が約0.4 Mbあり、ゲノム全長としては約38 Mbになる<sup>1)</sup>。

### 麹菌のゲノム塩基配列の特徴

われわれは、本格的な麹菌のゲノム解析が開始される以前の予備的な解析から、麹菌には特に解析のむずかしい高度な繰返し配列などは見られず、GC(グアニン、シトシン)含量も50%を若干下回る程度で、ゲノム解析が行いやすい微生物と考えていた。しかし、実際にゲノム解析を進めていくと、コンティグの末端がAT含量の高い配列の存在<sup>1)</sup>で読めなくなることが頻繁に発生し、gap領域をPCR法で増やすことすらできない場合も多数あった。

製品評価技術基盤機構ではこの状況を克服するために、AT含量の高いDNA断片を増幅するためのPCR条件の検討など、非常に手間のかかる作業が丹念に行われた。この結果、ほとんどのgapを埋めることに成功し、残された領域のほとんどは、他の糸状菌でも解析が困難なセントロメア領域だけとなった。特筆すべきことは、遺伝子地図、制限酵素地図の両方が存在しない状態でゲノム解析を行ったにもかかわらず、約38 Mbのゲノム全体にわたって1ヶ所の矛盾も無かったことである。

### 麹菌の遺伝子の特徴と麹菌の性質

麹菌のイントロン(挿入配列)の長さは高等動植物に比較して短く比較的一定していたことから、当初は麹菌の遺伝子の予測は比較的容易に達成できると考えていたが、実際には正確な予想は困難な遺伝子がかかり存在した。現在公開されている他の糸状菌のゲノム解析での遺伝子予測でも同様であるが、これは、糸状菌の遺伝子数が微生物で最大級であり、かなりの遺伝子の情報が少ないということが原因かもしれない。麹菌の遺伝子予測では、SIM<sup>4)</sup>によるESTとのアラインメント、ALN<sup>3)</sup>による相同遺伝

子とのアラインメント、GeneDecoder<sup>4)</sup> による ab initio の予測、Glimer M<sup>5)</sup> による ab initio の予測など (ALN と GeneDecoder は産総研生命情報科学研究センターが開発)、それぞれの特徴を生かした予測と評価が行われており<sup>1)</sup>、これまでに解析された糸状菌ゲノムの中で、遺伝子の予測に関しても最高クラスの精度であると考えている。

麹菌のゲノムサイズは、同じ *Aspergillus* 属に属する *Aspergillus fumigatus* や *Aspergillus nidulans* と比較して30%程度大きい約38 Mb となるが、遺伝子数についても *A. fumigatus* と *A. nidulans* が9,000 ~ 10,000程度であるのに対し、麹菌は約12,000強とゲノムサイズの増加にほぼ比例した遺伝子数が予測された。この約3,000の増加分は、タンパク質分解酵素などの加水分解酵素や、アミノ酸の代謝系や二次代謝系の遺伝子などによるもので、加水分解酵素やアミノ酸代謝系遺伝子の数が多いことは、麹菌が食品の発酵産業に利用されてきたことを合理的に説明できる。一方、二次代謝系の遺伝子が増大していることは、麹菌の祖先が植物に対する感染性を持っていた可能性を示唆している。また、major facilitator superfamily transporter 遺伝子の数が多く、麹菌の高い薬剤耐性を説明できる<sup>1)</sup>。

## 麹菌のゲノム構造の特徴

麹菌のゲノムと *A. fumigatus* と *A. nidulans* のゲノムとの遺伝的相同性を比較すると、麹菌のゲノムには、*A. fumigatus* や *A. nidulans* のゲノムと共通の領域と麹菌に特有の領域がモザイク状に存在することがわかった。前項の麹菌に特有

の遺伝子の多くは、この麹菌に特有の領域に集まっていた。また、EST解析の結果と合わせて解析した結果、麹菌に特有な領域の遺伝子の発現は、共通領域の遺伝子と比較して明らかに低いことが分かった。このことは、麹菌が持つ二次代謝系遺伝子は発現が抑えられていることを意味しており、麹菌が高い安全性を有していることを支持する結果である<sup>1)</sup>。また、麹菌特有の領域には、原核生物である *Agrobacterium tumefaciens* と相同性が非常に高く、他の真核生物からは見つからない遺伝子が存在していた。このことから、麹菌は原核生物から遺伝子を獲得した可能性が考えられる。

麹菌のゲノムサイズが *A. fumigatus* と *A. nidulans* の2種に比較して約30%も大きいことは非常に興味深い。麹菌のゲノム上で遺伝的相同性を持つ領域が、*A. fumigatus* と *A. nidulans* の2種のゲノムに対して共通であることから、*A. fumigatus* と *A. nidulans* のゲノムは似た構造を有し、麹菌だけが特異的な領域をモザイク状に持っていることになる。一方、系統学的な解析から、麹菌と *A. fumigatus* の分岐は *A. nidulans* との分岐の後であることが示されている<sup>6)</sup>。これらのことから、3種の共通の祖先は *A. fumigatus* や *A. nidulans* と同様のゲノムサイズを有し、*A. nidulans* と *A. fumigatus* が分岐した後に、麹菌が他の生物種から遺伝子を獲得した可能性が高いと考えられる<sup>1)</sup>。

## 麹菌ゲノム情報の産業利用に向けて

麹菌の機能をより高度に使いこなしていくために、遺伝

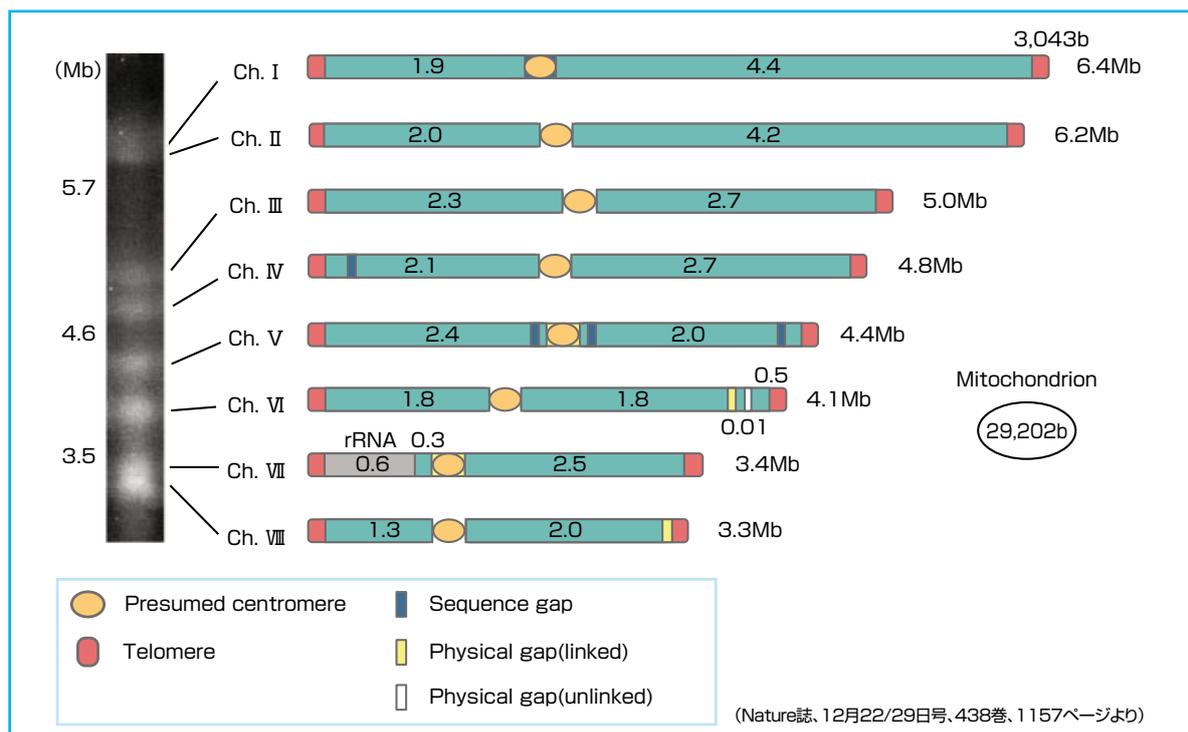


図4 各染色体の解析結果

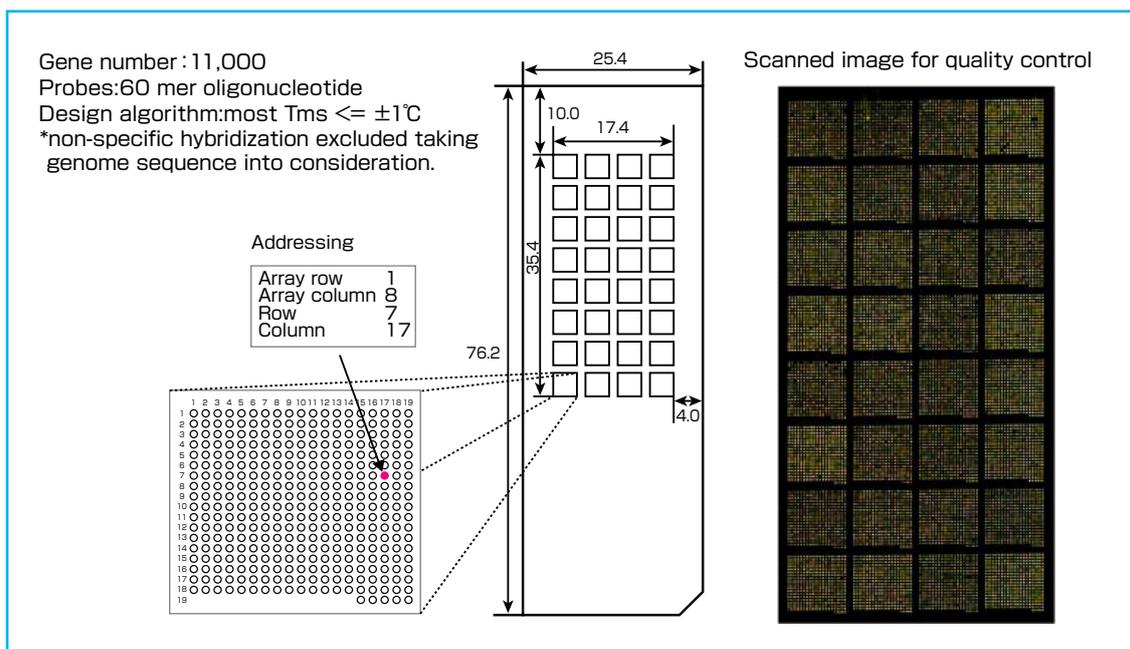


図5 *A. oryzae* DNA microarray

子の発現を網羅的に調べることは重要である。そこで、麹菌のゲノム塩基配列を利用して、麹菌の全遺伝子に対するプローブを搭載するDNAマイクロアレイを作製し、様々な条件による麹菌遺伝子の発現の変化を網羅的に解析した(図5)。DNAマイクロアレイによる解析は、麹菌の場合においても代謝経路のモニターに有効と確認されており<sup>7)</sup>、多数のDNAマイクロアレイによる解析は、麹菌の研究のために有用な情報基盤を提供すると期待される。

また、国内の研究機関で麹菌のプロテオームの解析も行われており、麹菌のゲノム塩基配列を基盤としたゲノム科学研究が進みつつある。最近、*Neurospora crassa*で非相同組換えに関する遺伝子が発見され、これを破壊すると相同組換えの効率が向上することが見いだされた。麹菌は多核であり、また、非相同組換え効率が高いことから、これまでは遺伝子の破壊は非常に困難であった。しかし、*N. crassa*と同様の方法が他の*Aspergillus*属でも可能であることが見いだされ、現在では麹菌でも比較的容易に遺伝子の破壊ができるようになり、出芽酵母などと同様に、網羅的な遺伝子破壊による遺伝子機能の解析が可能になりつつある。

このように、麹菌のゲノム情報基盤は整備されつつあり、麹菌の遺伝子や機能を産業に利用していくための基盤技術が整ってきた。しかし、ゲノム科学の産業利用には、高度な情報科学やゲノム科学と密着した生物学的ノウハウが必要である。そこで、産総研、東北大学、金沢工業大学が培ってきた麹菌のゲノム科学の産業利用に関する知的財産を技術移転して、麹菌のゲノム情報に基づいた技術を実用化するための産総研ベンチャー(株式会社ファームラボ)が立

ち上がった。ゲノム情報から生まれた技術を発酵産業に使いこなすことは容易ではないかもしれないが、このベンチャー企業が一つの試金石として麹菌ゲノム科学に基づいた産業の発展に貢献することを期待したい。

#### 関連情報

- 1) Machida, M. et al. Genome sequencing and analysis of *Aspergillus oryzae*. *Nature* 438, 1157-1161 (2005).
- 2) Florea, L., Hartzell, G., Zhang, Z., Rubin, G.M. & Miller, W. A computer program for aligning a cDNA sequence with a genomic DNA sequence. *Genome Res.* 8, 967-974 (1998).
- 3) Gotoh, O. Homology-based gene structure prediction: simplified matching algorithm using a translated codon (tron) and improved accuracy by allowing for long gaps. *Bioinformatics* 16, 190-202 (2000).
- 4) Asai, K., Itou, K., Ueno, Y. & Yada, T. Recognition of human genes by stochastic parsing. *Pac. Symp. Biocomput.* 228-239 (1998).
- 5) Majoros, W.H., Pertea, M., Antonescu, C. & Salzberg, S.L. GlimmerM, Exonomy and Unveil: three ab initio eukaryotic gene finders. *Nucleic Acids Res.* 31, 3601-3604 (2003).
- 6) Galagan, J.E. et al. Sequencing of *Aspergillus nidulans* and comparative analysis with *A. fumigatus* and *A. oryzae*. *Nature* 438, 1105-1115 (2005).
- 7) Maeda, H. et al. Transcriptional analysis of genes for energy catabolism and hydrolytic enzymes in the filamentous fungus *Aspergillus oryzae* using cDNA microarrays and expressed sequence tags. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65, 74-83 (2004).

#### ● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所

生物機能工学研究部門 遺伝子応用技術研究グループ

研究グループ長 町田 雅之

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

〒305-8566 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第6

# 医薬品アンプルハンドリングシステムの開発

## 医療事故の回避を目指して

乱雑に置かれた医薬品アンプルを認識して整理するロボットシステムを開発した。従来、アンプルなど光沢のある物体の認識は困難であったが、このシステムでは3台のカメラによる三次元視覚システムをステレオ相関法を用いて高機能化し、アンプルの認識を可能にした。このシステムにより、ヒューマンエラーによる医療事故の回避、薬剤師の労働環境の改善などの効果が期待される。

We have developed a robot system which can handle medical ampoules. A new three dimensional object recognition system, which can measure even objects with glossy surface, was adopted in the handling system. The system can sort randomly laid glossy ampoules. We hope this system will reduce medical mistakes due to human error, and improve work environment of pharmacists.

### アンプル認識の必要性

現在、病院においては医師の処方に従って薬剤師が医薬品アンプルの払い出しを行っている。大きな病院では払い出し量も多いため、薬剤師の負担が大きく、薬剤の種類を間違えるなどの人的ミスが医療事故の約15%を占めている。

このような事故を防ぐためには、医薬品アンプルを取り扱う作業の自動化が有効である。現在、医師により入力された電子カルテの指示に従って薬剤を払い出す自動払い出し薬品棚は使用されているが、棚に薬剤を格納する作業は人手によって行われている。

また、平成17年4月に改正された薬事法において医療材料のトレーサビリティが義務付けられたことをうけて、同年9月に日本製薬団体連合会(日薬連)が医薬品流通コードを標準化した。今後は医薬品アンプルなどを対象にバーコード(UCC/EAN-128)の貼り付けが進むことになり、これによって薬剤の種類を機械的に判別することが可能になった。しかし、人間がバーコードリーダーまで運ぶ作業をしなければならない状態では、ヒューマンエラーによるミスを完全に防ぐことはできない。

そこで、医薬品アンプルを自動的に認識し、ロボットでハンドリングし、

吉見 隆 よしみ たかし  
tak-yoshimi@aist.go.jp  
知能システム研究部門  
3次元視覚研究グループ  
(つくばセンター)

1984年、東京工業大学修士課程修了。同年工業技術院電子技術総合研究所に入所。2001年組織変更により産総研知能システム研究部門主任研究員。現在に至る。電総研入所以来、三次元ビジョンシステムの研究を行う。複数光源レンジファインダ、ISL法によるロバストな主ベクトル計算法などが主な業績である。現在は主にステレオ相関法による三次元物体認識の研究を行っている。

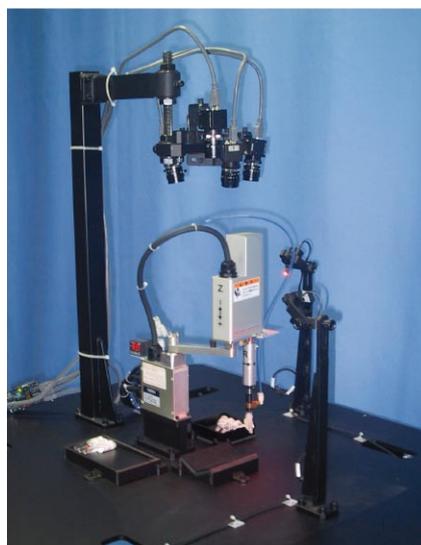


図1 アンプルハンドリングシステム



図2 乱雑なアンプル



図3 整理されたアンプル

バーコードの情報をもとに正確に自動払い出し薬品棚に格納するシステムが求められていた。

### 開発の経緯

開発における大きな課題は、医薬品アンプルの認識手法であった。通常、梱包から取り出された医薬品アンプルは乱雑に置かれ、しばしば一部が積み重なっている。そのため、単純な二次元の画像処理では認識ができない。また、医薬品アンプルには光沢があるため従来の三次元計測でも認識が難しかった。

この課題は、オオクマ電子株式会社のハンドリングシステムに、産総研が開発した高性能三次元視覚システムと株式会社アプライド・ビジョン・システムズが開発しているその応用ソフトを組み合わせることで解決できると考え、三者による共同研究を行った。その結果、今回のシステム（図1）を実現した。このシステムでは、図2のように乱雑に置かれたアンプルの認識を行い、図3のような整理された状態にすることができる。

### 正反射物体の計測

積み重なったりさまざまな姿勢で置かれている物体を認識するためには、二次元の画像処理では限界があり、三次元の物体認識が必要になる。しかし、薬品アンプルなどのように光沢のある物体の場合には、物体表面に正反射によるハレーションが現れるために三次元計測が困難になる。このシステムでは、高性能三次元視覚システムをベースとしてステレオ相関法を改良し、三眼カメラシステムの画像を使うことで光沢のある対象物体の測定を可能にした。

この手法では、正反射の特性を利用している。正反射は鏡面反射とも呼ば

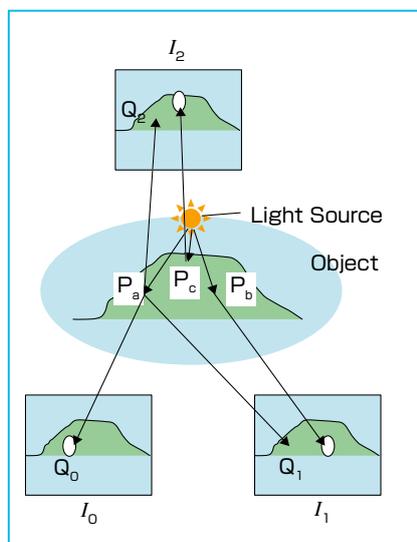


図4 正反射問題の解決方法

れているように、反射面において鏡のように入射角と反射角が等しくなる方向に光を反射する。すなわち、ある点Paに着目した場合、点Paからの正反射を受けるカメラは複数あるカメラのうち1台だけになる（図4）。したがって、3台のカメラを用意してPaを撮影すると、1台のカメラに正反射があっても他の2台のカメラには正反射が写らない。この2台のカメラを使えば、正反射の影響を受けずに三次元計測が可能になる。このシステムでは、正反射を受けない2台のカメラを自動的に判定し、具体的な位置確認はステレオ相関法を用いている。

その後、三次元データを処理してラ

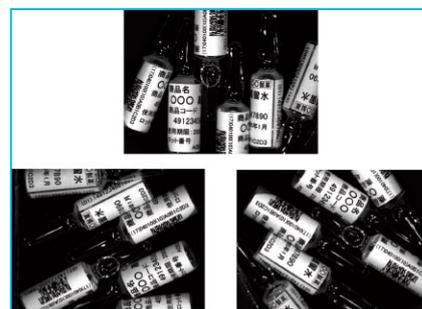


図5 アンプル画像

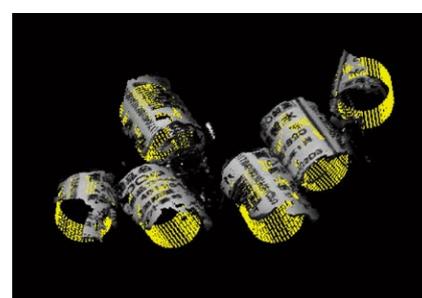


図6 アンプルの認識結果画像

ベル部分の円柱形状を抽出し、アンプルとして認識している。図5に複数のアンプルを撮影したカメラ画像、図6にその認識結果の円柱を示した。

### 今後の予定

今回発表したシステムはプロトタイプであり、今後はこれをベースに実用化システムを2年以内に開発する予定である。このシステムにより、病院などの薬局における薬品管理の自動化が可能になり、薬品の取り違いによる医療事故を大幅に減らすと同時に、薬品管理にあたる薬剤師の厳しい労働条件の緩和にもつながるものと考えている。

#### 関連情報：

- 共同研究者：富田文明、丸山健一（知能システム研究部門）、堀雄二（オオクマ電子株式会社）、高橋裕信（株式会社アプライド・ビジョン・システムズ）
- 平成17年10月17日産総研プレス発表「医薬品アンプルのハンドリングシステムを開発 -医療事故の軽減に期待-」

# タンパク質の品質管理機構

## 細胞内タンパク質生産工場の品質管理責任者の発見

細胞内の小胞体におけるタンパク質の品質管理機構の異常はさまざまな疾患と結びついており、その機構の解明は極めて重要である。われわれは細胞の生体防御などで重要な役割を果たしている GPI アンカー型タンパク質の品質管理機構の一部を解明した。この機構では、タンパク質を修飾する GPI 部分からのアシル基の除去が重要な役割を果たしている。

Cells possess several quality control mechanisms for a proper folding and function of protein. Malfunction of the mechanisms causes some protein folding diseases. Many proteins are modified with a glycosylphosphatidylinositol (GPI) anchor in the endoplasmic reticulum (ER), but the quality control mechanisms of GPI-anchored proteins are not clear, so far. We developed a model misfolded GPI-anchored protein (Gas1\*p). Gas1\*p can be modified with a GPI anchor in ER, however, the modified Gas1\*p was excreted and degraded rapidly *via* a proteasome. We found that deacylation of GPI by an enzyme (Bst1p) plays important roles in the quality control of GPI-anchored proteins.

### 小胞体におけるタンパク質の品質管理機構

タンパク質が正しく折り畳まれた立体構造になることは、正しく機能するために極めて重要である。細胞内に存在する小胞体の中では、新しく合成されたタンパク質が正しい立体構造をとっているかどうかをチェックする「タンパク質の品質管理」が行われている。小胞体の中には分子シャペロンと呼ばれる分子が存在しており、タンパク質が正しく折り畳まれるのを助けて

いる。正しい立体構造をとれたタンパク質は次のステップへ進むことができるが、うまく折り畳まれなかったタンパク質は小胞体の外に排除されて、細胞内のプロテアソームと呼ばれるタンパク質分解工場で分解されてしまう(図1)。アルツハイマー病やハンチントン病などのいわゆるフォールディング(折り畳み)異常病は、この品質管理機構が正常に働かず立体構造の異常なタンパク質が蓄積することによって引き起こされる。さらに BSE で知られ

藤田 盛久 ふじた もりひさ  
morihisa-fujita@aist.go.jp  
糖鎖工学研究センター  
糖鎖生成チーム  
(つくばセンター)

2006年、筑波大学大学院生命環境科学研究科博士課程修了。この間、連携大学院制度により糖鎖工学研究センター・糖鎖生成チーム(地神芳文センター長・筑波大学教授)にて、GPIの生合成と機能の研究を行う。同年4月より日本学術振興会特別研究員。糖鎖修飾とその生理的役割を解明していきたい。

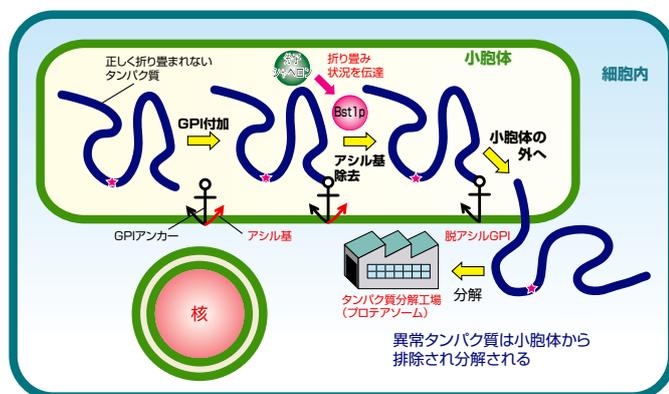


図1 小胞体におけるタンパク質の品質管理機構

細胞内で新たに合成された分泌タンパク質や膜タンパク質は小胞体の中で折り畳みが行われる。小胞体にはタンパク質の折り畳みをチェックする品質管理機構が存在し、正しい折り畳みができなかったタンパク質は小胞体から引き出されて、タンパク質分解工場(プロテアソーム)で分解される。

るプリオン病も、立体構造が異常なプリオンタンパク質によって引き起こされることがわかっている。

### 異常GPIアンカー型タンパク質の作製と解析

細胞表層に存在するタンパク質の中には、グリコシルフォスファチジルイノシトール(GPI)とよばれる糖脂質が錨(アンカー)となって細胞膜につなぎ止められているタンパク質(GPIアンカー型タンパク質)が数多く存在しており、生体防御や細胞内へのシグナル伝達において重要な役割を果たしている。GPI糖脂質のタンパク質への付加は小胞体内で行われているが、GPIアンカー型タンパク質にはどのような品質管理機構が働いているのか、今まで不明であった。

われわれは、遺伝学的解析が可能な出芽酵母を使って、GPIの生合成機構を解析してきた。今回、GPIアンカー型タンパク質の品質管理機構を解明するため、正しい立体構造がとれないモデルGPIアンカー型タンパク質(Gas1<sup>p</sup>)を作製した。この異常タンパク質がどのような経路で品質管理を受け、分解されているかを解析した。その結果Gas1<sup>p</sup>もGPIは付加されているが、細胞表層へは輸送されず、小胞体から排除され、プロテアソームで分解されることが分かった。

### GPIアンカー型タンパク質の品質管理機構

それでは、どのようにして異常タンパク質は判別されてプロテアソームに移されるのであろうか？ GPIアンカー型タンパク質が小胞体から次のプロセスに進むためには、GPIアンカーの一部、図2では錨の赤い部分で示されたアシル基の除去が必要である。このアシル基はBst1pという酵素によって

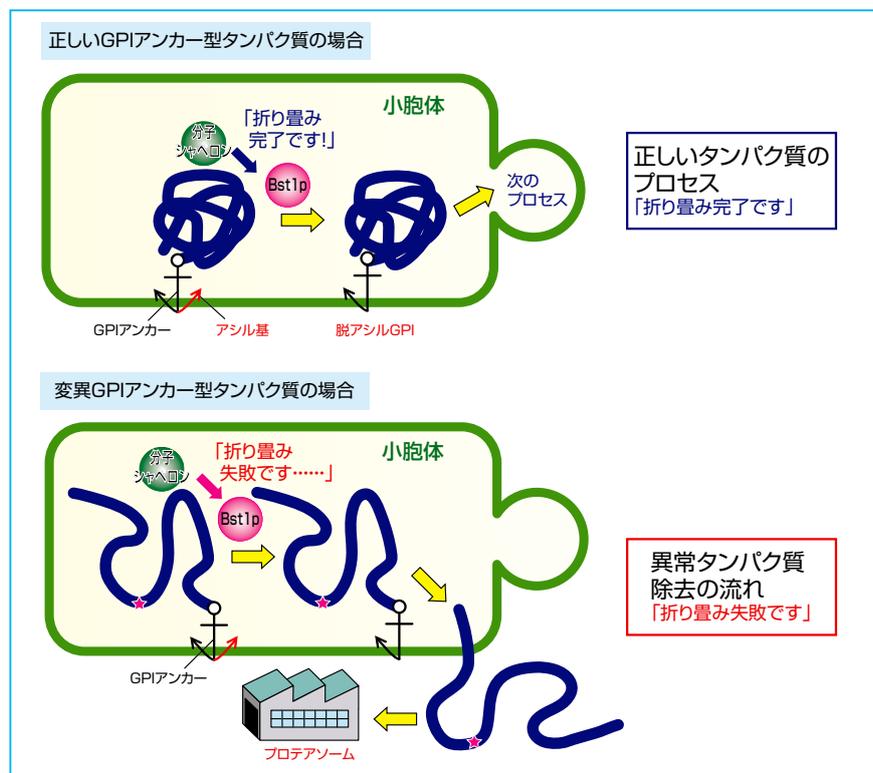


図2 GPIアンカー型タンパク質の品質管理責任者 Bst1p の役割  
Bst1pはタンパク質の折り畳みの情報を受け取り、タンパク質の行き先を決める。

除去される。このとき、Bst1pがタンパク質の折り畳み状況の情報を受け取り、次のプロセスに進むか、それとも小胞体からプロテアソームに移されて分解除去されるかの鍵を握っている。いわば、Bst1pが小胞体におけるGPIアンカー型タンパク質の品質管理の最終責任者の役割を担っていることがわかった。GPIアンカー型タンパク質には今まで知られている糖タンパク質とは別の品質管理・分解機構があり、この機構にはBst1pによるGPI部分からのアシル基の除去が重要な役割を果たしていることが明らかになった。

### 今後の展開

今回開発したGas1<sup>p</sup>は、GPIアンカー型タンパク質の品質管理機構を解明する上で、有用なモデルである。今後は分子遺伝学的手法を駆使できる出芽酵母の利点を生かして、この品質管理機構に関わる遺伝子を網羅的に解析したい。さらに、低フォスファターゼ症や遺伝性のプリオン病の一部はGPIアンカー型タンパク質の立体構造の異常によって発症していることが明らかとなりつつあり、これら疾患の発症メカニズムの解明や治療法の確立につなげていきたい。

#### 関連情報：

- 共同研究者：横尾岳彦、地神芳文（糖鎖工学研究センター）
- M. Fujita, T. Yoko-o, and Y. Jigami : Mol. Biol. Cell, Vol. 17, No.2, 834-850 (2006)
- [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2005/pr20051130/pr20051130.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20051130/pr20051130.html)
- <http://unit.aist.go.jp/rcg/rcg-gb/bst1.html>

# 小さな小さな段差を測る

## 測長原子間力顕微鏡を用いた段差標準試料の校正

段差標準試料(深さ方向のスケール)は、一次元グレーティング(面内方向のスケール)とともにナノメートル計測の精度確保に不可欠な標準である。ナノメートルオーダーの寸法や形状の計測では、測定物の形状偏差や表面の微細な凹凸の影響が無視できない。産総研計量標準総合センター(NMIJ)では、これらの影響を受けにくい段差算出法を考案し、測長原子間力顕微鏡による段差校正のサービスを開始した。

Step height standards are demanded in nano-manufacturing fields. NMIJ/AIST provides the calibration service for them since 2005 with a nanometrological AFM and an AFM with differential laser interferometers (DLI-AFM). In nanometric dimensional calibrations, microasperity and form deviation of object surfaces affect measurements. We have formulated a robust calibration method for nanometrical step height standards based on ISO 5436-1.

### ナノスケールの深さ標準

半導体素子やMEMSデバイス、マイクロ光学素子などの高機能化や高品質化には、その製造過程においてナノメートル(1 nm=10億分の1 m)レベルで製品の寸法や形状の評価を行い、その結果を加工工程にフィードバックすることが必要である。そうした測定には、接触・非接触式の形状測定機や電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡などが用いられるが、正確な計測を行うには、装置が適切に校正され、長さの標準についてトレーサビリティが確保されていることが不可欠である。トレーサビリティの確保は、校正された面内および深さ方向のスケール標準の測定結果に基づいている。面内方向については最小200 nmピッチの一次元グレーティング校正サービスを提供しており、現在25 nmピッチの標準試料の供給を準備している。段差標準の試料は深さ(高さ)方向

のナノメートル計測において重要な標準であり、産総研計量標準総合センター(NMIJ)でも既に供給済みの触針式段差測定(校正範囲: 0.5 μm ~ 10 μm)<sup>1)</sup>、光学式段差測定(同: 20 nm ~ 0.3 μm)<sup>2)</sup>の校正サービスのほか、AFM(原子間力顕微鏡)方式による段差測定の校正サービス(同: 10 nm ~ 2.5 μm)を開始した。AFM方式による段差校正は、触針式校正よりも微細な段差を校正でき、さらに光学式校正とは異なって、表面の光学特性に依存しない校正ができる。この方法で供給される段差標準の試料は高さ方向の「長さ原器」として、ユーザーが持つ装置の校正に用いられる。

### 測長AFMによる段差校正

校正サービスは、測長AFM<sup>3)</sup>と差動式レーザー干渉計を搭載した差動式測長原子間力顕微鏡(DLI-AFM)<sup>4)</sup>を用いて提供している(図1)。両校正装置は

佐藤 理 さとう おさむ  
osm-satou@aist.go.jp  
計測標準研究部門 長さ計測科  
幾何標準研究室  
(つくばセンター)

Macro, Micro/Meso, Nano 領域における三次元形状・寸法の精密計測をテーマとして研究を進めている。それぞれの領域では測定に用いる原理、装置は様々であり、また支配的となる不確かさ要因も異なる。精密測定の基本原則を忠実に守った上でいかにして新しい知見を取り入れ、校正の不確かさの低減、標準供給の高度化を果たすかに取り組んでいる。

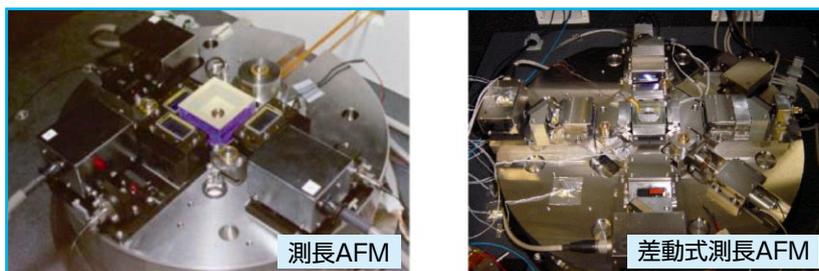
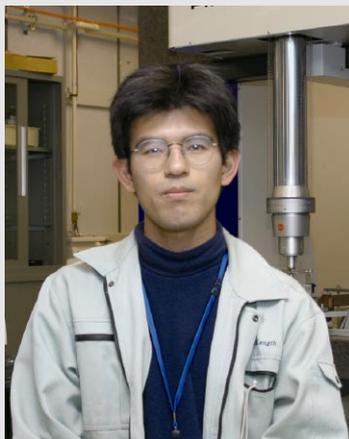


図1 表面微細形状の校正装置

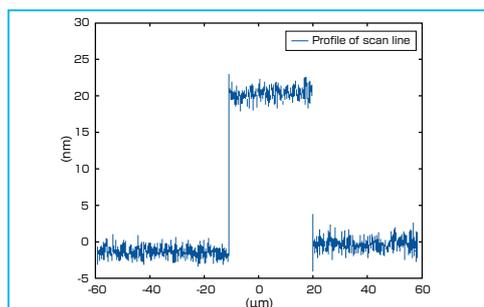


図2 差動式測長 AFM で測定した微小段差の断面形状

ともにステージ変位量をレーザー干渉計によって直接測定する方式をとっており、分解能が 0.04 nm で長さの標準にトレーサブルな測定が行える。

### 微小な段差を測る

AFM 方式による段差測定が主に対象とするのは、寸法値が 10 nm から 100 nm 程度の大きさの世界である。図2は公称値 20 nm の段差標準試料を差動式測長 AFM で測定した結果である。このオーダーの寸法を測定する場合、測定物の形状偏差や表面の微細な凹凸の影響が無視できない。この試料の場合、表面の微細な凹凸の大きさは 2 nm 程度であり、これは段差寸法値の 10 % 程度となる。このような場合、寸法としてどのような全体寸法(最大内接寸法、最小外接寸法など)を用いるかによって校正結果が異なる。ここでは最小二乗寸法を校正する場合をみてみよう。

従来の規格(ISO 5436-1)では、試料の設置誤差を取り除くために傾き補正を行い、各走査線ごとに段差底面と上面それぞれに対して傾きの等しい最小二乗直線をあてはめ、2 直線間の距離を最小二乗段差とする(図3)。しかし、微小段差の測定では段差値と試料の形状偏差量、表面の微細な凹凸の大きさがほぼ同じオーダーになるため、適切な傾き補正が困難である。また、前述した試料のように走査線方向に段差寸法値の 10 % 程度の微細な凹凸がある場合、それと直行する方向(奥行き方向)

にも同程度の大きさの微細な凹凸がある。さらに奥行き方向の各場所で段差値が変化する。

このような試料を測定すると、測定の繰り返し性が悪く、結果として校正値の不確かさが大きくなる。そこで従来の規格を拡張し、測定値の傾き補正を必要とせず、かつ表面の微細な凹凸や奥行き方向の段差値の変化の影響を受けにくい算出方法を用いた。具体的には、段差の底面と上面に対して共通の法線ベクトルを持つ最小二乗平面を求め、2 平面間の距離をその領域における最小二乗段差とした(図4)。この手法を用いることにより、小さな不確かさでの段差の校正が可能になった。また、ある幅を持つ面領域に対して校正値を与えることができるようになった。

### ナノの長さ標準の高度化へ

微小な寸法や微小な形状の測定の需要は高まっており、測定機を校正するための標準に求められる不確かさも、より小さなものが求められている。ナノメートル領域の標準を小さい不確か

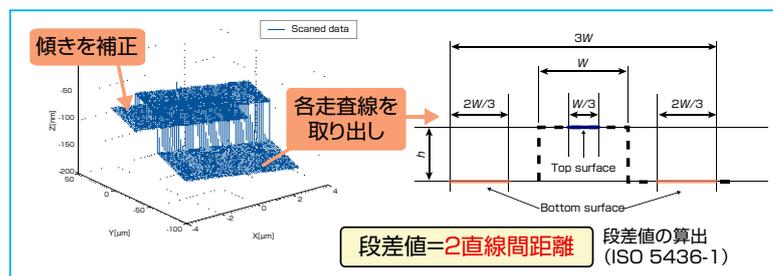


図3 段差値の算出方法 (ISO 5436-1 準拠)

段差幅の 3 倍 (3 W) を走査したデータから段差値を算出する。

さで値付けするには、形状偏差や表面の微細な凹凸が寸法に対して無視できないオーダーになるため、これらを考慮した校正手法の選択が重要である。AFM 方式による段差校正サービスでは、従来の規格を拡張し、表面の形状の影響を受けにくい校正法を考案した。現在、標準の供給開始に向けて準備している他のナノメートル領域の標準(線幅、二次元グレーティング)に対する校正に関しても同様に、不確かさの小さい校正方法を考案し高度な標準を提供していく考えである。

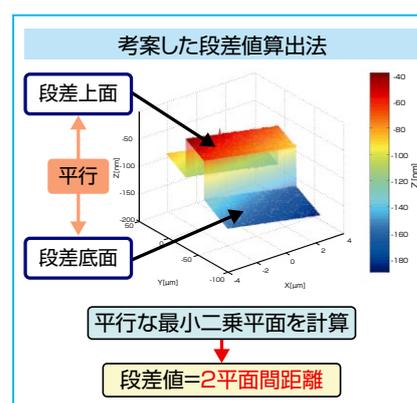


図4 ノイズに強い段差値の算出方法

### 関連情報：

- 1) 直井一也：“触針式段差・深さ校正技術の開発” AIST Today, vol. 2, No.12, pp. 36-37, 2002
- 2) 土井琢磨：“光学的微小段差校正技術の開発” AIST Today, vol. 2, No.12, pp. 36, 2002
- 3) S. Gonda, T. Doi, T. Kurosawa, Y. Tanimura, N. Hisata, T. Yamagishi, H. Fujimoto, and H. Yukawa, "Real-time, interferometrically measuring atomic force microscope for direct calibration of standards," Review of Scientific Instruments, vol. 70, pp. 3362-3368, 1999
- 4) I. Misumi, S. Gonda, Q. Huang, T. Keem, T. Kurosawa, S. Aya, H. Sumitani, and K. Takamasu, "Less than 100 nm pitch measurements using a nanometrological AFM with differential laser interferometers," presented at First International Symposium on Standard Materials and Metrology for Nanotechnology, 2004

# 2005年パキスタン地震で出現した地震断層

## 現地調査により長さ約65kmの全容をはじめて解明

栗田 泰夫 あわた やすお (右)  
awata-y@aist.go.jp

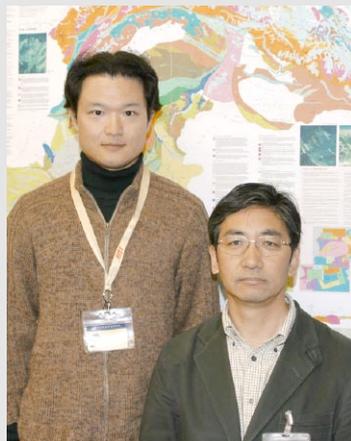
活断層研究センター  
地震テクトニクス研究チーム 研究チーム長  
(つくばセンター)

日本国内の主要活断層の活動履歴と将来発生する地震の長期予測に関する研究を実施してきた。最近では、世界各地で出現する大小様々な地震断層の現地調査に基づいた比較研究により、内陸の活断層から発生する地震の規模とシナリオの予測精度を向上させることに研究の重点を置いている。1995年兵庫県南部地震、1998年岩手県内陸北部の地震、1999年トルコ・イズミット地震、2004年新潟県中越地震などの地震断層を調査した経験をもつ。

金田 平太郎 かねだ へいたろう(左)  
h-kaneda@aist.go.jp

活断層研究センター  
活断層調査研究チーム 研究員  
(つくばセンター)

2005年4月産総研入所。主として地形学的手法に基づく活断層・古地震の研究が専門。大地震が繰り返し発生することによって形成された独特の地形(活断層地形)を丹念に現地調査することにより、過去、どのような地震がどのように繰り返してきたのかを明らかにしようと努めている。最近では、複数の活断層が同時に活動することによって想定以上の規模の地震が発生する現象(活断層の連動破壊)に取り組んでおり、そういった観点からも2005年パキスタン地震に興味を持っている。



2005年10月8日にパキスタン北部で発生した大地震(マグニチュード7.6)について、国際チームによる予察調査を実施し、長さ約65kmの地震断層が地表に出現したことをはじめて現地で確認した。ヒマラヤ山脈前縁地域のみならず世界中で多くの逆断層型大地震が発生してきたが、明瞭な地震断層の出現が確認された事例は極めて少ない。今後の詳細調査により、逆断層型の活断層から発生する地震の予測に大きく貢献することが期待される。

Reconnaissance field investigation conducted by our international team revealed the outline of the 65-km-long surface fault rupture associated with Mw 7.6 earthquake in northern Pakistan on October 8, 2005. Among the historically known large earthquakes along the Indian-Eurasian collision zone and elsewhere in the world, this earthquake provided very rare opportunity to study extensive surface rupture of reverse type. More detailed study on this rupture planned in March 2006 will make great contribution to the evaluation of future earthquakes from active faults of this type.

### 2005年パキスタンは地震逆断層型大地震であった

2005年10月8日にパキスタン北部のヒマラヤ山脈前縁で発生したマグニチュード(Mw)7.6の大地震は、逆断層型の発震機構をもち、カシミール地方を中心に86,000人以上の犠牲者をもたらした。ヒマラヤ山脈前縁では、1905年、1932年および1950年にも隣国のインド領内で大地震が発生しているが、それらの大地震にともなう地震断層や顕著な地殻変動は発見されおらず、地震発生メカニズムには多くの

謎が残されていた。また、世界的に見ても、逆断層型の大震災にともなう地震断層は、わずかに1896年陸羽地震と1999年Chi-Chi地震(台湾)で報告されているにすぎなかった。

### 緊急調査実施の経緯

活断層研究センターでは、同地震にともなう地震断層の調査を重要な基礎研究かつ国際協力の課題ととらえて、地質調査総合センターを通じてパキスタン地質調査所との間で現地調査の可能性を探ってきた。このたび、2006年

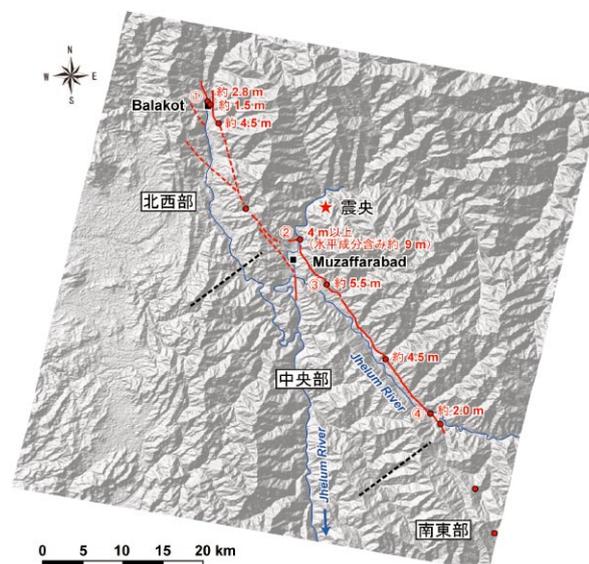


図1 2005年パキスタン地震にともなう地震断層と関連する活断層の概要

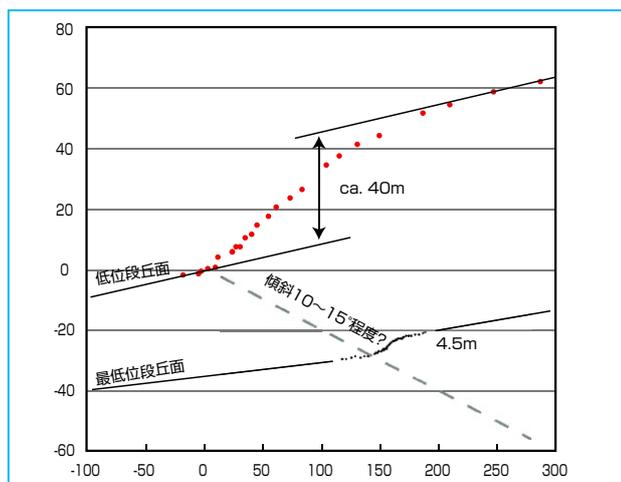


図2 今回の地震による変位(4.5m)と活断層による累積変位の比較



写真 各地で見られた地震断層の事例写真

A: Balakot 市街地の撓曲変形(図1の地点1)

B: Muzaffarabad 北方の地震断層(地点2)

C: 現河床沿いの最低位段丘面の変位(地点3)

D: 河川敷の変位(地点4)

1月にパキスタンで地震災害に関する国際会議が開催されたのを機に、国内外の大学・研究機関と合同で8日間の現地調査を実施した。その結果、長さ約65kmに及ぶ地震断層の全容をはじめ確認できた。

### 確認された地震断層の概要

地震断層は、おおむね既存の活断層<sup>1, 2)</sup>に一致して、長さ約65kmにわたって出現していた(図1、2および写真)。このうち、北西部から中部にかけての約50kmの主要区間は、逆断層成分が卓越する変位量の大きな地震断層で、上下成分で最大5.5m(北東側隆起:写真C)、水平成分を含めると最大約9mの実変位が計測できた。また、いくつかの調査地点では、わずかな右横ずれ成分も認められた。なお、この主要区間では、北西部と中央部の間で断層線の屈曲をともなう不連続構造が認められた。地震断層の南東部15km区間では、地震断層の連続性は不明瞭であるが、山間部の2カ所において数10cm以下のわずかな右横ずれ変位をともなう地震断層が発見できた。

このような地震断層の出現状況か

ら、今回の地震では、北西部と中部のそれぞれ長さ約20~30kmの断層セグメントで大きな変位をともなった破壊があり、また南東部の断層セグメントでもやや小規模な変位をともなう断層の破壊があったことが推定できる。このメカニズムは、人工衛星による観測データの解析結果から推定された地震にともなう地殻変動の分布と規模<sup>3)</sup>、および地震波形から解析された震源過程<sup>4)</sup>とも、おおむね一致する。

地震による被害がとくに大きかったBalakotの市街地やMuzaffarabad北方の集落は、いずれも地震断層の直上あるいは極めて近接した位置にある。また、地震断層付近では周辺と比べて家屋の倒壊率が高くなる傾向が認められ

た。これらは、断層変位による地盤の変形が被害を大きくしたほか、断層の近傍でとくに揺れが大きかったことを示唆する。

### 今後の研究予定

地震断層の概要が明らかになったことを受けて、本年3月に、広島工業大学、京都大学、パキスタン地質調査所と共同で、地震断層の主要区間の全踏査による詳細調査を実施する予定である。また、パキスタン地質調査所とは、同国内における活断層・古地震研究にかかわる人材育成と同国全土の活断層分布図の作成について、中-長期的な協力のあり方を協議しているところである。

#### 関連情報:

- 合同調査チーム: 栗田泰夫、金田平太郎(産総研 活断層研究センター)、中田 高(広島工業大学)、堤 浩之(京都大学)、A.A. Awan, A. Hussain, W. Khattak, M. Ashraf(パキスタン地質調査所)、R.S. Yeats(Earth Consultants International/オレゴン州立大学)、M.S. Baig(A.J. カシミアル大学)
- 1) T. Nakata et al., Spe. Publication, Res. Center Regional Geography, Hiroshima Univ., No.21, 141p. (1991)
- 2) T. Nakata and Y. Kumahara., Extended Abst. Inter. Confer. Earthq. Pakistan, 12-16 (2006)
- 3) S. Fujiwara et al., Extended Abst. Inter. Confer. Earthq. Pakistan, 99-104(2006)
- 4) 八木勇治 [http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press\\_HP/yagi/EQ/2005Pakistan/](http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/2005Pakistan/) (2005)

## はなれていても、一緒に遊べる「電子の鏡」 自分も含めた環境を客観視して対話する

特許 第3610423号 (出願1997.3)

● 関連特許 (出願中：国内1件)

### 目的と効果

通信の発達によって、テレビ電話のような情報量の大きなシステムも実用のもものになりつつあります。しかし、相手の姿だけを映すテレビ電話では「何か物足りない」、「話しにくい」と感じることがあります。そこで、私たちの日常対話を分析し、テレビ電話に欠けていた対話相手との一体感を演出する新しい遠隔対話方式を開発しました。この発明によって、遠隔地の相手でも、実際に自分のすぐ横にしているような感じで話をすることができます。

### [適用分野]

- 個人使用の遠隔対話 ● 遠隔面会室 (病院) ● 専門家による遠隔商品説明 (商店)
- 遠隔ビデオ指導 (ゴルフ練習場、バレエ教室など) ● 遠隔問診、遠隔治療指示 (病院、保健室)
- 遠隔交流授業、仮想遠足、仮想屋外観察授業 (学校)
- 遠隔工事認証監視 (工事現場と監督官庁など)

### 技術の概要、特徴

本発明では、対話環境を整えることで、対話の質を変化させ、対話者に自発的に問題回避行動を誘導するという解決策です。通常の対話と異なり、自分の姿を含めた対話者全員が一緒にいるような合成映像を使って対話します。画面上での位置関係が対話に利用できます。実際には遠隔地にある物でも、指差したり、形や大きさを比較したり、近寄っていくこともでき、まるでそれらがすぐ近くにあるかのように対話できます。

全員が同じ映像を見ていること (WISIWYS: What I see is what you see) を理解するだけで誰でも簡単に対話できます。この対話環境は、対話している自分を客観視する視点を提供します。これにより遠隔対話の多くの問題が自発的に問題回避できます。例えば、自分の説明が悪く伝達に失敗した場合、説明している自分の姿が見えるため、相手がなぜ自分の説明を理解できなかったかを知ることができます。そのため、どうすればうまく伝達できるかを自発的に発見しながらの対話が誘導されます。

### 発明者からのメッセージ

本発明は、合成映像を使うことで、せめて画面の中だけでも仲間と一緒にいる気分になれるのでは、というアイデアが基本になっています。映画のハリーマンに登場する「死後の国にいるハリーマンの両親とのテレビ電話」を思い浮かべてください。



遠隔地にいる女性と握手をしている様子

### IDEA

産総研が所有する特許  
のデータベース

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

# 内部まで生体活性を有する人工骨 より人に優しい医療をすすめる技術

特許 第3619869号 (出願2000.3)

## 目的と効果

人や動物が怪我や病気のために骨に欠損を負ってしまった場合、他の部分の骨や人工骨による置換術を受ける事になります。なかでも強靱で耐久性の優れた金属製人工骨はとりわけ広く用いられています。私たちは、内部まで生体活性のある金属製人工骨を開発しました。この人工骨は表面に水酸化アパタイトが形成され、骨組織と速やかにかつ強固に接合し、また装着時の寸法調整や、体内での疲労や摩耗により表面脱落が生じた場合でも生体活性を消失しません。

## [適用分野]

- 人工骨
- インプラント等の生体材料

## 技術の概要、特徴

金属粉末射出成形法 (Metal Injection Molding ; MIM) とは、金属粉末に樹脂またはワックスなどの流動性を持たせる物質 (バインダ) を添加し、加熱・混練して可塑性を持たせ、プラスチックと同様に射出成形し、その後バインダを除去 (脱脂) し、焼結して金属部品を作製する方法です。複雑な形状の金属部品が量産できる金属の加工法で、人工骨材料として用いられるチタン等の鋳造や機械加工の難しい金属にも使用できます。図1はMIM法により製造した人工骨の例です。

この方法では、焼結前の脱脂体が多孔質である事を利用し、カルシウムやリンを含む溶液を含ませ、乾燥、焼結して、内部まで生体活性を持たせた人工骨を作ることができます。さらに、生体活性物質を溶解した溶液中で水酸化アパタイトの生体活性層を生成させた人工骨を作ることができます。(図2参照)

## 発明者からのメッセージ

最初から直接原料に生体活性物質を混合した場合には、製品中に空孔が多数生じ強度が低下してしまいます(アパタイト1%混合の場合900MPaから400MPaへ低下)。

この人工骨は、内部まで生体活性を有しており、装着時に体に合わせて寸法・形状調整のために表面を削っても体内で容易に新たな水酸化アパタイトの生体活性層が新表面に形成されるので、骨芽細胞の増殖および生着が促され、骨組織と速やかにかつ強固に接合します。



図1 MIM法により製造したチタン製人工骨の例

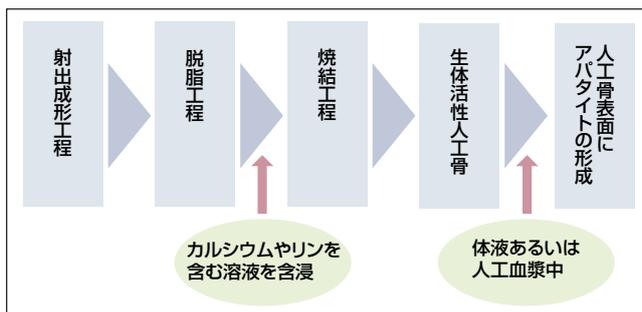


図2 人工骨の製造工程

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  
@aist.go.jp

# 新しい科学技術を社会はどう受け止めるのか？

～国際シンポジウム Exploring the Small World : Role of Public Research Institutesから見てきたもの～

技術情報部門 関谷瑞木、石橋賢一、根上友美、阿多誠文

2月1日、国際連合大学ウ・タントホールにおいて国際シンポジウム“Exploring the Small World : Role of Public Research Institutes” が、産総研、(独)物質・材料研究機構、(独)国立環境研究所、厚生省国立医薬品食品衛生研究所の4研究機関の共催で、また文部科学省、経済産業省、環境省、ナノテクノロジービジネス推進協議会、日経ナノビジネスの後援により開催されました。全5回の連載を前号で終了した「シリーズ:ナノテクノロジーの社会的影響」の番外編としてこのシンポジウムの報告を致します。



## シンポジウム開催の背景

少子化や不安定なエネルギー供給、持続可能な発展などわが国が直面する数々の難問を解決する糸口として大いに期待されているのがナノテクノロジーです。ナノテクノロジーが健全で責任ある発展を遂げ、その期待を形のあるものとするためには、研究者、政策担当者、市民等の、研究、開発、市場化、そして利用といった、技術がたどる様々なライフサイクルに関わってくる人々が、ナノテクノロジーについての理解や知識を共有することが重要です。社会に受け入れられず不遇を囲う技術の仲間入りをしないためにも大切なことだといえます。さらには国と国とを隔てる障壁が年々低くなる現代社会にあって、このような知識の共有は国内においてのみではなく、国際的にも不可欠だと考えられます。

このような理念の下、2004年8月より異なる省庁所管の4研究機関が組織の垣根を越えてナノテクノロジーの健全なる発展のためにさまざまな協力をしてきました。この枠組みと理念は2005年度科学技術振興調整費によるプロジェクト「ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究」に引き継がれ、そのプロジェクトの一環として今回のシンポジウムが開催されました。ちょうど1年前の2005年2月1日に開催された「ナノテクノロジーと社会シンポジウム」は国内のネットワーク形成を目指していたのです

が、今回のシンポジウムではネットワークの拡がりには国境の外へと向かいました。

## シンポジウム・プログラム

このシンポジウムでは前半の部において内外の識者の講演を、後半の部において本年度の科学技術振興調整費プロジェクトの進捗状況についての報告を行いました。昨年のシンポジウムと異なり、今年は海外からも講演者の参加を得ました。海外から参加してくださったのは、欧州に拠点を置く世界的な保険協会であるThe Geneva AssociationのWalter Stahel氏、ナノ材料の適切な管理の必要性に関する報告書“Managing the Effects of Nanotechnology”を発表し話題となったWoodrow Wilson International Center for ScholarsのAndrew Maynard氏、Korea Institute of S&T Evaluation and PlanningのByoungsoo Kim氏、さらにNational Science FoundationのJunku Yuh氏ら4名の方々です。海外からの参加者による講演は欧米やアジアのナノテクノロジー研究開発やその周辺の現在の状況を学び、意見を交換する貴重な機会となりました。日本においてナノテクノロジーの研究開発のうえで、あるいは社会受容を考える際に難問となっている事柄は、欧州や米国そして隣国である韓国においても解決の急がれる問題であると認識されていることが多く、いかに国際協



Byoungsoo Kim 氏



Walter R. Stahel 氏



Andrew Maynard 氏



Junku Yuh 氏



調が重要かということが改めて浮き彫りにされました。

午後の部の後半においては、昨年初夏に始められたプロジェクト「ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究」において明らかにされたこと、あるいはされなかったこと、今後の研究の方向性などについて各研究項目の代表者による報告が行われました。

### シンポジウムでの話題

ナノテクノロジーにかかわる環境は急激に変わりつつあります。国際的にはナノテクノロジーの国際標準化活動が大きく進展し、また経済協力開発機構においてナノ材料のリスクマネジメントについて論議が始められるなど重要な動きが目立つようになってきました。さらに国内では経済状況の好転を背景に、ナノ材料を用いた製品の市場化がより一層の活発化をみせると予測され、民間企業においてもリスクガバナンスへの対応が求められるようになって考えられます。これらの状況の急速な展開に伴って、公的研究機関に求められる役割も大きく変わりつつあります。また今年4月からは、5年間の第3期科学技術基本計画が施行されます。ナノテクノロジーが社会に与える多様な影響と、それに対して公的研究機関がどのように向き合っていくのかということについて、長期的な戦略策定の時期でもあり、このシンポジウムはその意味でも時宜を得たものとなりました。

ナノテクノロジーは、持続的な経済活動や国民が健康で安心して暮らせる環境の確保などの実現を担う技術として、多くの分野に貢献することが期待されています。一方でナノ粒子の物理化学的な特性や環境中でのふるまいなどについて明らかになっていることはいまだ少なく、そのために環境や健康への影響が心配されてもいます。たとえば昨年の夏にアスベスト禍が大きく報道されるようになったころから、十分な検討が行われないまま、カーボンナノチューブはアスベストと形状が類似しており同様の健康被害が起こる恐れがあるのではないかと指摘する声が上がりました。このような声に対して、ただ闇雲に安全だと主張するだけでは社会の信頼が得られないことは、遺伝子組換え作物などの経験からも明らかです。

どのような有用性があり、そこにはいかなるリスクが考えられるのかをきちんと科学的に提示すること、広く知識や情報を共有することではじめて技術は社会に受け入れられ、社会との信頼関係が醸成されるのではないのでしょうか。



今回のシンポジウムにおいても、「新しい技術が社会からの抵抗や拒絶を乗り越えて信頼され受け入れられるようになるためには、技術の提供者と受容者がいろいろな観点で調和する、あるいは共感すること、すなわち同じ立場に立って共通の理解を得るということが欠かせない。」との吉川理事長の言葉に多くの共感が寄せられました。

私たちは研究開発と同時に社会的影響にも目を配ること大切であるということ、これまでさまざまな経験から学んできました。ナノテクノロジーにおいてはその経験が活かされ、研究開発の早いスピードに遅れまいと、懸命に社会受容という問題への取組み方法も模索されています。新しい技術の研究開発と社会的影響の問題への取組みが同時に行われている、少なくともそうあるべきだと多くの研究者が考えているという今までにない希有な状況にあるといえます。

### プロジェクトの今後

今回の国際シンポジウムの講演録、講演資料は順次ホームページにて公開する予定であります。また本研究プロジェクトでは、各研究項目の担当研究機関によって開催された計5回のワークショップを含む昨年一年間の調査研究を基礎として政策提言をまとめることになっており、今回の国際シンポジウムで得られた知見もこの政策提言に反映されることとなっております。

【シンポジウム ホームページ アドレス】

[http://unit.aist.go.jp/techinfo/ci/www/honkaku/project/nanotech\\_society/index.html](http://unit.aist.go.jp/techinfo/ci/www/honkaku/project/nanotech_society/index.html)

# 人にやさしい映像の視聴環境づくりをめざす

## 映像の生体安全性に関する国際標準(ISO IWA3:2005)発行

### 映像の生体への影響

映像デバイスの技術革新や映像コンテンツ制作のコンピュータ化など映像メディア産業の発展により、映画やビデオ、テレビゲームなどのさまざまな魅力あふれる映像を、さまざまな形態で視聴し、楽しむことが可能となってきた。しかし、こうした産業の発展には、映像による生体への好ましくない影響を十分に把握しコントロールすることが不可欠であり、その主な対象として、光感受性発作、映像酔い、さらに両眼立体映像などによる眼精疲労などがある。

実際に、映像による生体影響が社会的に取り上げられるようになったきっかけとして、海外では、1992年に英国でテレビゲームをしていた14歳の少年が光感受性と見られる発作を起こし、その副次的な原因で死亡した例がある。また日本では、1997年にテレビのアニメ番組を視聴していた多くの子供たちが光感受性によると見られる症状を訴え、このうち少なくとも685名が病院で手当を受け、150名以上が一

時的に入院したと言われる、いわゆるポケモン・ショックである。また、映像酔いについては、映画では「シネラマ酔い」、テレビゲームでは「3D酔い」など独自の用語があり、関係者の間ではその存在が認識されている。さらに、両眼立体映像による眼精疲労も表示デバイス開発者の間では1つの課題であり、指針を求める声が根強い。

映像の生体影響を軽減するための指針については、光感受性発作に対する対策として、1994年に英国の独立テレビ委員会(ITC)が、また1998年には日本でNHKと日本民間放送連盟とが共同で、それぞれ放送業界としての指針を作成し、さらに、国際的には昨年、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)による新勧告が制定された。こうした一連の努力により、それ以後、光感受性発作についての大きな被害は報告されていないものの、放送業務以外の映像については明確な指針がなく、さらに映像酔いや立体映像による眼精疲労については基本的に何らの指針も存在しない。

### 生体への影響の測定

映像がさまざまな媒体を通して、国際的に流通している現状では、映像の生体安全性に関する国際的な指針が必要である。産総研では、このような立場から、この課題の国際標準化に取り組んでいる。ただし、光感受性発作については、過去30年以上にわたる研究で、その影響要因がある程度解明されているものの、映像酔いや立体映像による眼精疲労については、これまでに必ずしも指針を作成できるほど十分な研究が行われておらず、産総研では特に映像酔いに重点をおいて、生体影響を測定している。

映像酔いは、基本的にはダイナミックな動きを伴う映像の視聴で発症することが知られており、従って、映像中の視覚的な運動がきっかけであると考えられる。そこで、映像酔いを起こしやすい視覚的運動の種類や速度を明らかにするために、コンピュータ・グラフィックスにより、仮想環境中で運動させたカメラによる映像を作成し、実際に観察者に提示するなどの実験を行ってきた。カメラは、その垂直軸や左右軸、前後軸まわりに一方向に回転させたり、往復回転させたりといった状況をシミュレートし、また生体影響については、これまでに延べ400名以上の観察者により、主観評価や身体動揺、頭部動揺、眼球運動などの計測を主として用いた(写真)。

その結果、前後軸に対する回転(いわゆるロール運動)の映像が比較的影響が大きく、垂直軸に対する回転(ヨー運動)の映像が比較的影響が小さいことから、映像における垂直方向の情報の変化が酔いやすさと結びつきやすい

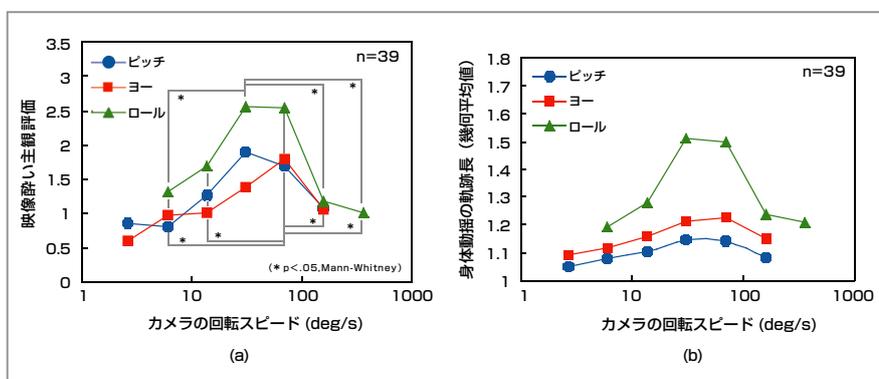
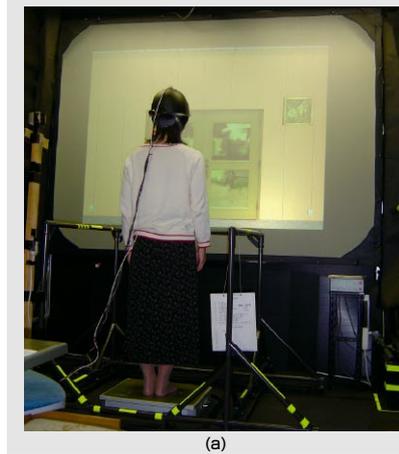


図 仮想的なカメラの回転速度に対する生体影響データ  
横軸に垂直軸(ヨー軸)、左右軸(ピッチ軸)、前後軸(ロール軸)に対するカメラの回転速度を、縦軸には、(a)映像酔いに関する11段階(0~10)の主観評価の観察者間の平均値、および(b)身体動揺の軌跡長についての映像静止中に対する映像観察中の比の幾何平均値。いずれも、回転速度が30~70 deg/sで比較的大きな値を示している。

ことが示唆されるとともに、適度な回転速度（仮想的なカメラの回転速度として30～70deg/s付近）などでも影響が大きいこと（図）が明らかとなった。その他、映像の提示サイズの影響や、年齢や性別による影響についてのデータも現在蓄積中である。なお、映像酔いの実験では、より正確な情報を得るために、多数の観察者のデータを比較、検討する必要がある、一方で、酔いに対するいわゆる「慣れ」を防ぐために、同一の観察者から短い期間に繰り返しデータを得ることもできないという事情があるため、効率よくデータを収集していくことが求められる。

## 国際標準化

産総研では、国際標準化の具体的な活動として、収集された生体影響データを基盤として、2004年12月に日本工業標準調査会（JISC）と共同で、ISO国際ワークショップを開催し、ISO国際ワークショップ合意文書[ISO IWA 3：2005 Image safety - Reducing the incidence of undesirable biomedical effects caused by visual



(a)

写真 立位の観察者に映像を提示している状態  
フォースプレート上に観察者が立つことで、身体動揺を計測可能である (a)。また、観察者の頭部位置、眼球運動などを計測するために、頭部に位置センサや赤外線カメラの搭載されたヘルメットを装着している (b)。



(b)

image sequences（映像の生体安全性－映像に起因する生体への好ましくない影響の発生率低減）の発行を実現した。IWA3では、現状で合意の得られた勧告について記述するとともに、産総研で得た知見などを含めて映像の生体影響に関わる要因を解説として記述している。この合意文書は、対象とする映像の種類や生体影響の種類が幅広く包括的であるという点で、映像の生体安全性に関する初めての国際的文書であり、この問題に対する国際標準（IS）作成での第一歩であることが明記されている。今後はISOにおいて、この問題を議論する場の設置を行う必要がある。

## 今後の課題

我が国は、ゲームやアニメなどの映像メディア産業に世界的にもすぐれており、今後さらによりよい方向で発展させていくためにも、映像の生体安全

性の問題は、政府や業界、消費者関係者がきちんと取り組むべき重要な課題である。また、映像技術のさらなる発展とともに一般家庭でも大画面で高精細な映像視聴環境が現実化しており、映像の生体安全性を確保するための指針や手法をすみやかに確立する必要がある。しかし、その一方で、業界からは、指針として数値データを含む場合、米国等の訴訟社会ではこれに基づいて企業側が告訴される可能性があり、慎重な議論が必要であるとの意見もある。より厳密な科学的知見の集積に対する努力を、今後も継続していくことが求められている。

なお、ここで紹介させていただいた研究活動および国際標準化活動は、経済産業省基準認証研究開発事業「映像の生体安全性評価法の標準化」（平成15～17年度）のもとで行われたものである。

### 関連情報

氏家：標準化ジャーナル、Vol.35、No.3、p6-p8（2005）

H. Ujike, T. Yokoi, S. Saïda：Proc. 26th Annual Int. Conf. IEEE EMBS, p2399-p2402（2004）

人間福祉医工学研究部門（つくばセンター）

## 氏家 弘裕

E-mail：h.ujike@aist.go.jp

http://unit.aist.go.jp/humanbiomed/13/13index.html

これまで、運動立体視などをはじめとする立体知覚表示評価や、視覚特性の加齢変化と視認性評価、光学的流動パタンによる自己運動知覚などの研究に携わってきた。この間、一貫して、視覚心理物理学の立場から、身体運動と視覚との関係の解明をテーマとしてきたが、この延長線上に、現在携わっている映像酔いの生体影響評価がある。国際標準化をめざして、指針の基盤となるできるだけ多くの知見の解明を進めている。

共同研究者：佐川 賢



# NMIJによる標準供給の現状(2)

## 標準物質と研究開発品の頒布

先月号に続き、計量標準総合センター(NMIJ: National Metrology Institute of Japan)が行っている標準供給のためのサービスについてご紹介する。前回は、校正・試験サービスについて紹介したが、今回は、化学系認証標準物質、物理標準関係の研究開発品について紹介する。

### NMIJ 認証標準物質

標準物質には、認証標準物質(CRM)、市販の標準物質(RM)、共同試験や合意により値付けされた標準物質などがある。この中で、認証標準物質は国際的に国際単位系(SI)\*にトレーサブルであると認められたものである。

NMIJ 認証標準物質(図1)は、ISO/IEC17025およびISO GUIDE 34に適合した品質システムのもとで、SI単位に対するトレーサビリティを確保できる一次標準測定法などにより特性値を決定し、物質としての均一性や一定の保存条件下での安定性の確認を行い、使用時の値とその不確かさを保証するものとして、認証値が付与されたものである。これを購入したユーザは、SIにトレーサブルな測定を行うための分析計の校正や分析方法の妥当性確認に使用することができる。NMIJでは、環境基準項目(重金属、PCBなど)の分析精度管理に不可欠な組成標準物質、先端産業を支えるために必要な先端材料

関連の標準物質などを中心に開発を進めてきており、2006年1月現在、表1に挙げた認証標準物質42種類が委託業者を通じて頒布されている。

SIにトレーサブルな認証標準物質は、NMIJ 認証標準物質の他に、計量法トレーサビリティ制度(JCSS)によって、pH標準液、元素標準液、標準ガスなどの濃度のJCSS標準物質が産業界へ供給されている。この制度では、指定校正機関である財団法人化学物質評価研究機構(CERI)がJCSS登録事業者の特定二次標準物質の値付けを行っており、NMIJは、高純度標準液など濃度標準物質の原料になる基準物質をCERIへ提供することにより、

表1 NMIJ 認証標準物質

標準物質種類	物質名
材料標準物質 (EPMA 用、蛍光 X 線用)	鉄-クロム合金、鉄-ニッケル合金、鉄-炭素合金
材料標準物質	鉄クロム合金、SiO <sub>2</sub> / Si 多層膜、ファインセラミックス用炭化ケイ素微粉末
高純度無機標準物質	フタル酸水素カリウム
有機標準物質	p,p'-DDT 標準液、p,p'-DDE 標準液、γ-HCH 標準液、p,p'-DDT、p,p'-DDE、γ-HCH 混合標準液
高分子材料標準物質	ポリスチレン 2400、ポリスチレン 500、ポリカーボネート 46000、ポリスチレン 1000
環境組成標準物質	河川水 (有害金属分析用-無添加&添加-)、海底質 (有害金属分析用)、湖底質 (有害金属分析用)、海底質 (ポリクロロビフェニル・塩素系農薬類分析用-高濃度-、-低濃度-)、海底質 (有機スズ分析用)、サメ肝油 (塩素系農薬類分析用)
グリーン調達対応標準物質	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd、Cr、Pb 低濃度)、重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd、Cr、Pb 高濃度)

表2 NMIJ で有料頒布している研究成果品一覧

研究開発品	紹介記事
PLL 安定装置	ジョセフソン電圧標準装置のための位相同期回路 (AIST Today 2002.10)
ヨウ素セル充填	波長標準の高度化・安定化 (産総研 TODAY 2005.6)
白金パラジウム熱電対	温度の標準供給 (AIST Today 2003.4)
音速試験片	固体の音速測定 (AIST Today 2004.5)
熱拡散率試験片 (4枚)	熱拡散率標準物質の開発 (AIST Today 2004.10)
熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン)	固体物性標準の開発 (AIST Today 2003.8)

JCSS 標準物質と SI とを結ぶ重要な役割を担っている。

## 研究開発品

前回紹介したように、物理系の標準供給は校正サービスとして依頼者の計測器に対して校正証明書を発行する形で行われることが多いが、一部、化学系標準物質と同じような形、たとえば、熱膨張率などの物性値は標準片・試験片の形で供給されている。また、高精度の標準設定あるいは校正において特殊な機器が必要になるような場合がある。このような試験片や機器は産総研の研究の中で開発されるが、それを産業界のユーザが利用すれば、標準供給がスムーズに行くような場合、NMIJ では、それらを研究開発品(表2)として有料で頒布している。それぞれの詳細については、「産総研 TODAY (AIST Today)」のバックナンバーをご覧ください ([http://www.aist.go.jp/aist\\_j/aistinfo/aist\\_today/at\\_research\\_main.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_today/at_research_main.html))。これらの研究開発品は、本来ならば、民間企業



図1 産総研つくばセンターにある計量標準総合センター (NMIJ) の建物 (上) とユーザに供給される標準物質

に技術移転を行い、それを必要としているユーザがそこから購入できるような体制が望ましい。しかし、そのような体制を構築するのに時間がかかること、高度な標準であるため、市場が狭い等の理由で企業の事業として成り立つことが難しい状況があり、産総研自身が研究開発品の供給を行っている。

## ホームページ・問合せ先

認証標準物質の詳細および頒布委託

業者については、NMIJ ホームページ <http://www.nmij.jp/> の「標準物質頒布」をご覧ください。研究成果品についての問合せは、標準供給保証室 (電話029-861-4026) まで。

なお、JCSS 標準物質の登録事業者については、独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE) のホームページ <http://www.nite.go.jp/> の“適合性評価分野” - “JCSS” - “登録区分” - “濃度 (標準物質)”に掲載されている。

### 関連情報

\*国際単位系 (SI) : さまざまな分野の国際化が進み単位の統一化が求められた際に、全世界を統一する SI 単位が生まれた。SI は「国際単位系」という意味のフランス語 (Le Système international d'unités) の頭文字。

計量標準管理センター標準供給保証室長 (つくばセンター)

**小池 昌義**

E-mail : [masa.koike@aist.go.jp](mailto:masa.koike@aist.go.jp)

旧工業技術院計量研究所に入所後、計測数理研究室で「計測におけるマン・マシンシステムの研究」「成形における品質設計システムの研究」などを通して計測における誤差評価、不確かさ評価の研究を進めてきた。2001年より現職。



## 計量標準に関するAIST-NISTの協力協定の継続に署名

2月6日、産総研つくばセンターにて、産総研(AIST)と米国標準技術研究所(NIST; National Institute of Standards and Technology)の間で、計量標準に関する協力協定継続の署名が行われました。この署名により、2001年に締結された「計量及び計測標準分野におけるAISTとNISTとの間の協力協定」が5年間延長されました。今回、NIST副所長のSemerjian博士が運営諮問会議のメンバーとして産総研を訪れるにあたり、NIST所長の署名した協定書を持参され、産総研を代表して吉川理事長が署名しました。(写真)

この協力協定の起源を遡ると、1999年、旧工業技術院時代に計量標準に関する国際協力を促進するものとして前身の協力協定がNISTとの間で締結されました。1999年当時、特に測定結果の同等性が、国際通商・環境・技術連携の観点から緊急に求められていたことが、協力協定締結の原動力となりました。2001年産総研発足にともない、7月に協力協定をあらたに締結し直しました。

計量標準の同等性が緊急に必要とされた具体的問題として、いわゆる「FAA問題」がありました。これは、アメリカ連邦航空局(FAA; Federal Aviation Administration)が、各国の航空機整備会社に対して、航空機事故防止を理由に、米国籍の航空機の整備に使う計測器にNISTへのトレーサビリティ(計量標準の繋がり)を要求していたという問題でした。当時締結されていた協力協定に基づき、定期的に産総研計量標準総合センター(NMIJ; National Metrology Institute of Japan)とNISTとの間で協議の場を持ち、NIST

とNMIJの計量標準の同等性に関するFAAへの説明をNISTに依頼してきました。その結果、NMIJはこの協力協定の内容と計量標準の同等性を示す国際比較のリストを提示し、日本国内事業者はFAAの審査官にこれらの関連資料を示すことにより、我が国の計量標準を航空機整備に使用してよいという例外的な措置を獲得できたのです。その後2003年にFAAが、米国以外の国家計量標準も認める方針をFAAドキュメント上で明らかにしたことにより、FAA問題は解決に至りました。

この協力協定は、計量標準に関する技術協力を日米間で推進するためのもので、協力の分野は、

- (1)計量標準の同等性の確立
  - (2)計測の相互トレーサビリティの確立
  - (3)相互に合意するその他の分野
- と記載されています。

AISTは毎年、NISTとの会合を設け、この協定に基づく協力活動の評価と計画を実施してきました。上記のFAA問題の議論のほか、二国間/多国間国際比較の実施計画、メートル条約活動や国際法定計量活動における情報交換が行われました。

今後は、拡大する計量標準の抜本的強化策への日米の協力、安全・安心のための計測技術に係わる協力、次世代計量標準に係わる協力など、本協定に基づいたAIST-NIST間でのさらなる技術協力が大いに期待されます。



## 産総研と東北大学が連携・協力の推進に係わる協定を締結

産総研と国立大学法人 東北大学は、両機関の連携・協力を推進するため、1月31日に協定を締結しました。この協定は、相互の研究開発能力および人材等を活かして総合力を発揮することにより、我が国の学術及び産業技術の持続的発展へ貢献することを目指すものです。

東北大学との間ではこれまで、主として低環境負荷型反応プロセス技術、次世代地熱開発を含む自然エネルギー利用技術、水素エネルギー技術など環境科学技術の先端分野における研究協力を実施してきました。今回は、平成17年4月に産総研が非公務員型の独立行政法人へと移行したことを受け、新たな研究領域や研究協力スキームの創出を目指し、人材交流・人材育成や設備等の共同利用などを含めた連携・協力推進に係わる包括的な協定を締結いたしました。

具体的には、共同研究および産学官連携活動の推進、研究者の研究交流を含む相互交流、研究施設、設備等の相互利用、産業界の即戦力となる若い人材の養成など人材育成の推進および相互支援、研究資源の相互利用、知的財産の相互活用などの連携協力を推進してまいります。

本協定の締結により、全国に展開する産総研の研究組織と東北大学の全学組織の相互協力がより一層促進し、両者間の研究協力による新たな産学官連携や、地域の技術的特性を踏まえた世界水準の共同研究開発が行われることとなります。これにより、地域産業の活性化と新事業の創出への貢献が大きいと期待されます。



## インターネットにおけるセキュリティ技術について ヤフー株式会社と共同研究を開始

産総研 情報セキュリティ研究センター (RCIS)とヤフー株式会社は、インターネットにおけるセキュリティ強化技術の共同研究を開始することを1月30日に発表しました。「Yahoo!オークション」等のインターネットサービスにおけるフィッシングによるID・パスワード窃取による犯罪や不正利用を防止するための新しいセキュリティ技術の開発を目指したものです。日々ユーザが拡大するこのようなインターネットサービスでは、フィッシングされてもトラブルになりにくい仕組みづくり、すなわち「フィッシングサイトにアクセスしても被害を最小限に抑えられる新しい認証システム」の開発が強く求められています。

今回の共同研究では、「ネットワークにおけるユーザ認証技術の強化」、「特定システムに特化しない、広く利用可能な技術の開発」、「今後のさらなる連携拡大を視野にいたした協力」という3点が課題として設定されています。

ヤフー株式会社では、これまで「Yahoo!オークション」への不正登録や不正出品の防止対策など、悪用しにくい仕組みを多重に用意し、継続的に対策を実施しており、不正利用防止に効果をあげてきました。

RCISには、暗号理論からアプリケーションまでの幅広い研究分野を研究対象とするメンバーが集っており、さまざまな視点から、総合的なセキュリティ技術の研究開発を行っています。

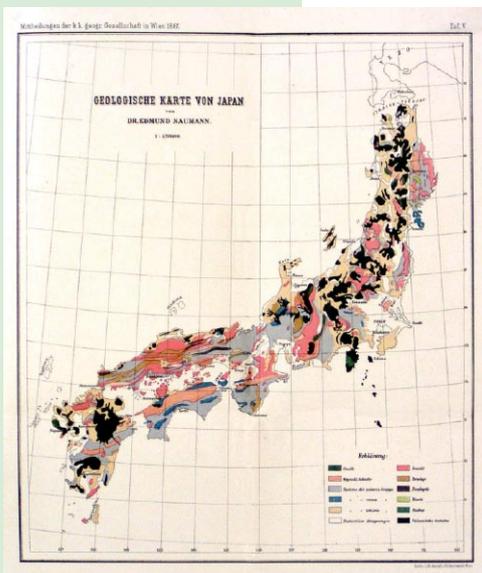
この共同研究をきっかけとして、今後もさらに深刻化するネット犯罪のリスクに対応するため、対症的な対策にとどまらない根本的な問題解決のための対策を講じるための研究や、利用者への啓蒙活動などを、両者が協力して行うことで、安全・安心なIT社会実現に貢献できることが期待されます。

## 社会のための地球科学 日本とドイツの 地球科学における交流 過去・現在・未来

シンポジウムで挨拶する小玉副理事長



産総研 地質調査総合センター (GSJ; Geological Survey of Japan) は、ドイツ連邦地球科学天然資源研究所 (BGR) との共催で、「社会のための地球科学-日本とドイツの地球科学における交流- 過去・現在・未来」と題してシンポジウム、地質標本館特別展示および普及講演会を開催しました。ドイツ連邦共和国は、昨年4月から今年3月にかけて「日本におけるドイツ年2005/2006」にちなんだドイツを紹介するイベントを日本各地で行っています。今回の行事もその1つです。



ナウマンによって作られた日本列島の地質図

### GSJとドイツ

GSJが「ドイツ年」に参加する理由はというと、GSJとドイツ人地質学者との過去の深い関係によるものです。

1875年に明治政府に招聘されて来日し、東京帝国大学の初代地質学教授となったドイツ人地質学者ナウマンは、地質調査所を設立して地質調査事業を行うことが日本の近代化に不可欠であるとの意見書を伊藤博文に提出しました。これが採択されて現在のGSJの前身である地質調査所が1882年に設立されたのです。何人もの地質学者の卵がドイツへ留学し、帰国後日本の地質学の指導者となるなど、当時のドイツの地質学が日本の地質学に与えた影響は大変大きなものでした。「両国の過去の交流について振り返り、現在の研究について互いに理解を深め、未来の研究交流へつなげよう」というのが今回のイベントの目的です。

### 共催シンポジウム

1月25日に両研究所の共催で「社会のための地球科学 -日本とドイツの地球科学における交流-」と題するシンポジウムが開催されました。産総研の小玉副理事長の「産総研は社会のための本格研究を目指しており、両研究所が社会のために研究協力を深めていくことを期待したい」との歓迎の挨拶に続き、BGRの組織と研究の概要、産総研の組織と地質分野の研究の概要が

紹介されました。

次に、ユネスコの元地球科学部長、現在はユネスコシニアアドバイザーである Wolfgang Eder氏によるジオパーク (地質公園) に関する講演がありました。Eder氏は「環境を保護しながら持続可能な開発を継続するためには、市民がもっと地球について知ることが大切であり、そのためにはジオパークの活動を通じて地球科学を社会に普及することが重要である」と語りました。ドイツではすでに4カ所のジオパークが設定されています。GSJは関連学会・団体・諸機関とともに日本におけるジオパークを推進しています。

それから、ドイツと日本の地質図に関する講演があり、両国における地質図の歴史が紹介され、現状が報告されました。従来は専門家向けという色彩が強かった地質図ですが、より広く一般に利用してもらえるような提供の仕方が近年各国で進んでいます。BGRの研究者が中心となって進めている、「ヨーロッパ全体の統一規格での地質図の作成と、そのwebによる公開」が紹介されました。GSJからは、同じくwebで公開されている20万分の1シートレス地質図と、東アジア各国との地質図と地質標準に関する共同プロジェクトを紹介しました。

昼食をはさんで、話題は地質災害に移りました。災害の軽減は年々重要度を増している課題です。GSJからは地



シンポジウム会場の様子

震と火山に関する講演がありました。BGRからの講演は岩塩や石灰岩の地下水による融解に伴う陥没、鉱山の坑道跡の陥没および地滑りなどに関するものでした。ドイツには被害地震は過去になく、また活火山もありません。しかしBGRは東南アジアなどで地震や火山の研究を行っており、活断層センターの研究内容の紹介のあとは、同センターの作成した日本の主要活断層活動確率図の作成方法などについて熱心な質疑応答がありました。続いて核燃料廃棄物処分に関する地球科学研究、ガスハイドレートの研究に関する講演がありました。エネルギー資源の少ない両国にとって、新たなエネルギー資源の開発に加えて原子力発電は重要であり、その廃棄物処分に関わる地球科学的研究は不可欠です。

最後に翌26日から特別展示を行う地質標本館における地球科学の普及活動について紹介されました。BGRの研究者は、GSJの研究活動と密接に連携した、地質標本館の普及活動に感心した様子でした。

総合討論では、これまでの講演のそれぞれのテーマについて議論が行われました。地質情報に関して、どんなユーザーにどんな情報を提供すべきか、また専門家でない人にどう情報をわかりやすく伝えるか、という問題が提起されました。Webなどインターネットを用いたアクセスにより地質情報は使いやすくなりますが、それを実現するためには地質情報の標準化が必要です。BGRはヨーロッパの標準の、GSJはアジアの標準の確立のためにそれぞれ主導的な役割を果たしています。次に、「資源を持たない日本とドイツが、今後どのように安定して資源を確保するか、エネルギー源として何に重点を置くのか、そのために両研究所がどんな研究をするのか」という簡単には結論の出ない議論がありました。また、アジアの地質災害に対して、両研究所が国際機関を通じて協力しあって援助を行うことが提案されました。

シンポジウムのあと、特別展示の準備がすでに整っている標本館でレセプションが行われました。今回のイベントを記念して、BGRから鉱物標本と1920～30年代のドイツの貴重な地質図が贈呈されました。

今回のイベントを通じて、BGRとGSJの相互理解は深まり、大きな意義のある来日でした。現在将来の共同研究に向けての打ち合わせが進行中です。シンポジウムのタイトルにある「社会のための地球科学」は、BGRとGSJがそれぞれの国の地質調査所として設立されて以来の使命です。

#### 地質標本館特別展示(3/26まで開催中)

地質標本館の特別展示は1月26日から3月26日まで行われます。「日本の地質学の草創期と現在の地質学—ナウマン来日130周年—」と題して次のような展示が行われます。

1つはナウマンを中心としたドイツ人地質学者の日本の地質学の草創期における貢献についての展示です。ナウマンは20才で来日し、10年間の滞日中に1万キロメートルに及ぶ行程の地質調査を行いました。伊豆大島で日本

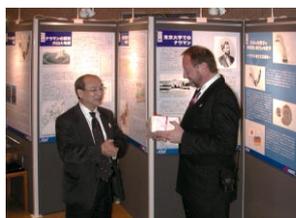
で初めての科学的な火山噴火の記録を残し、古文書を調べて地震の周期を研究し、ゾウヤアンモナイトの化石を研究し、日本列島の地質構造の大まかな特徴を見事にとらえた地質図を作成しました。

もう1つはナウマンたちの後継者であるBGRとGSJの研究者が、現在社会のために行っている研究についての展示です。

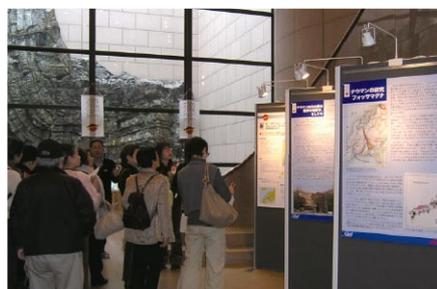
#### 普及講演会(3/26開催)

「ドイツ人地質学者ナウマンと日本の地質学的发展—そして今」というタイトルの地質標本館普及講演会が3月26日に開催されます。予定される講演は2つです。最初の講演ではナウマンの日本における足跡を振り返ります。2つめの講演では、ナウマンの研究に端を発した日本列島の地質構造と形成史の研究の最前線を紹介するとともに、それが今後の地震防災にとって重要な情報を提供することを示します。

この展示と講演会で、ナウマンが活躍した時代から現在そして未来においても、地質学が社会の安全と発展のための基盤的情報を提供できることを多くの人に理解して頂ければ、と考えています。



BGRから記念品として贈られた鉱物標本



地質標本館の特別展示(1/26～3/26)



# アレックス・ミュラー教授の講演会



講演するミュラー教授

2005年10月27日に産総研つくば本部・情報技術共同研究棟において、高温超電導の発見によりノーベル物理学賞を授与されたアレックス・ミュラー教授の講演が行われました。

ミュラー教授は国際ワークショップ“Electron States and Lattice Effects in Cuprate High Temperature Superconductors (ESLE2005)”(10月27-28日)に出席するために来日されました。発見から20周年目を目前に控えた高温超電導は、紆余曲折を経てようやく基本的な理解が進みつつあります。今回の会議は特に電子格子相互作用を中心に、これまでの知見を整理して高温超電導の真の姿を浮かびださせるために企画されたものです。

ミュラー教授は78歳という高齢にも関わらず、会議の趣旨に強く賛同され、当所の招待により来日が実現しました。会議の講演はメディアサイト社および東和エンジニアリング社の協力により、その場でデジタルコンテンツ化されインターネットで公開されています。

<http://staff.aist.go.jp/h.oyanagi/ESLE2005-ONLINE/index.html>



情報棟ロビーは議論で花が咲く

高温超電導は、発見当初から従来の機構(BCS理論)では説明がつかない現象として世界中の研究者を巻き込んできましたが、20年目の節目にきてようやく真の姿をみせるようになりました。会議では最先端の研究結果が紹介されましたが、ミュラー教授は会議の内容によほど気をよくしたとみえて、会議の冒頭、最後、バンケットと3度にわたり感謝の言葉を述べられました。席を立っての挨拶はあり得ないとされている教授のこの姿はとても印象的でした。会議の詳細な報告は固体物理 Vol.41, No.3 (2006)に掲載されます。

なお会議前日のレセプションには、県立竹園高校から超電導研究に励む2名の高校生が招待され、彼らには、ミュラー教授と直接、会話する機会が与えられました。



祝辞を述べるミュラー教授



講演者と談笑するミュラー教授



ミュラー教授の講演に熱心に聞き入る会議参加者

## 韓国情報通信大臣がつくばセンターを訪問

1月16日、大韓民国情報通信大臣 Daeje Chin, Ph.Dが、つくばセンターを訪問されました。初めに、小玉副理事長、松尾国際部門長らと挨拶を交わされ、産総研の概要について説明を受けられました。

その後、大臣の希望により知能システム研究部門を中心に視察されました。平井部門長から部門全体の説明後、実験室をご覧になり、ヒューマノイドロボット、タスクインテリジェンス、空間機能、パロなどについて研究者から説明を受けました。科学者でもある大臣は、ヒューマノイドロボットの伏

臥姿勢からの立ち上がり動作や、ICタグやセンサの国際標準化など、個々の課題にも大きな興味を示されました。「産総研の広い研究分野と高い研究ポテンシャルについて、感銘を受けた。」



との感想を述べられた大臣は、さらに、韓国の研究機関と産総研のさらなる協力の強化についての希望を表明され、随行者にも同様な指示をされておられました。



## PCPM2006を開催

1月17～19日に産総研つくばセンター共用講堂において「第7回 産総研光反応制御・光機能材料国際シンポジウム(PCPM2006)」が開催されました。このシンポジウムは、前身の物質工学工業技術研究所時代の平成9年度から、科学技術振興調整費による中核的研究拠点(COE)育成制度に基づく「光反応制御・光機能材料」のプロジェクトの研究活動の一環として開催してきたもので、前回の2003年10月以来、2年3か月ぶりの開催となりました。9名の外

国人研究者による招待講演、15名の産総研の研究者による口頭発表、100件のポスター発表を通して、光反応機構、光エネルギー変換、光・レーザ反応、

光機能材料に関する活発な議論が行われました。3日間で220名を超える参加がありました。



## 第一回日中水素貯蔵材料セミナーを開催

1月26日、エネルギー技術部門主催による「第一回日中水素貯蔵材料セミナー」が産総研臨海副都心センターで開催されました。同研究部門は、水素貯蔵材料研究の世界のハブの一つとして、研究開発を積極的に推進すると共に内外の研究者の交流の接点としての機能を積極的に果たしています。水素

貯蔵材料は水素エネルギーを効率よく輸送貯蔵するために必要となる重要な技術であり、世界各国で精力的に研究が進められています。今回、中国における水素貯蔵材料研究の中心的存在である中国科学院金属材料研究所Cheng Hui-Ming副所長が来日されたのを機会に、このセミナーを開催しました。



中華人民共和国駐日本国大使館の許同茂公使参事官、経産省資源エネルギー庁の安藤晴彦新エネルギー対策課長などから御挨拶をいただいた後、日本側、中国側からそれぞれ5名ずつ世界の第一線で活躍する研究者による講演がありました。大学、公的研究機

関、企業から90名を超える参加者があり、盛況のうちに終えることができました。セミナー終了後はレセプションを開催し、互いの交流をさらに深めました。産総研としては、今後も日中の水素貯蔵材料研究者が互いに交流を深める場を提供していきたいと考えております。

## イノベーション経営シンポジウム開催報告

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/research/honkaku/symposium/innovation/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/research/honkaku/symposium/innovation/index.html)

2月4日に、日本科学未来館「みらいCANホール」において開催した「イノベーション経営シンポジウム」では約110名の参加者が集まり、MITのリチャード・レスター教授らを講師に迎えて、イノベーションを育む研究所経営

の方法論について議論しました。

これまで研究者や技術者の個人的創造性や偶然性に大きく依存していたイノベーションの創出を、研究方法論や組織運営、コミュニケーション・マネジメント等を適切に制御することで、組織的に創出することが可能になるのではないかという問題意識から、このシンポジウムが開催されました。この中で、イノベーション指向の研究組織には、目的を定め問題解決型で進める“ANALYTICAL”型と、方向を定めて新しい人やアイデアを取り入れた対話型で進める

“INTERPRETIVE”型の二つのメカニズムが必要であること、また大学が知的創造の拠点となり、大学や企業の研究者らがディスカッションする場となるべき、などの提言が行われました。また、当初考えられた従来製品の代替としての役割から、別用途への展開により新しい価値を生み出すというイノベーションのプロセスと、そのプロセスにおいて“技術の可視化”・“異分野間での共通言語”としてプロトタイプが果たす重要性が再認識されました。

当日の資料は、上記のウェブページでご覧頂けます。



## 平成17年度九州センター研究講演会開催報告

2月3日に、博多サンヒルズホテルにおいて平成17年度九州センター研究講演会を開催し、132名の参加者がありました。

本年度は、「より元気な九州のために～その場で測る、その場で診る技術の高度化・標準化を中核として～」をテーマとし、「ネイチャーインタフェースの世界～コミュニケーションの深化～」と題して東京大学名誉教授・東

京理科大学大学院 板生教授による特別講演がありました。また、共催者の(財)九州産業技術センターより、地域コンソーシアムの研究開発委託テーマのひとつである「マイクロ波で生体をみる～マイクロ波アクティブイメージングセンサの開発～」の講演が、九州大学産学連携センター 間瀬教授によって行われました。

そのほか、一般講演では研究成果3

件が、ポスターセッションでは19件の発表が行われました。



## ウィンターサイエンスキャンプを終えて

ウィンターサイエンスキャンプは、冬休みを利用し高校生が研究の最前線に直接触れることのできるプログラム(日本科学技術振興財団主催)です。産総研関西センターは、セルエンジニアリング研究部門が中心となって、3年前からこの活動に協力してきました。

今年は、1月4～6日の3日間、全国から集まった10名の高校生を関西センターに迎えて、「生きていることと生きること・・・遺伝子の世界と脳の世界」と題したコースが実施されました。今回のコースでは、実際に生き物や細胞に触れることにより実感を伴った知識を獲得し、生命の基本が細胞であることや遺伝子で支配される世界と、そうではない脳の世界があることの理解を

めざしました。

基本を解説した講義を交えながら、細胞の中に多数の蛋白質があること、孵化途中のニワトリ胚の様子、培養した脳の神経細胞の成長、神経細胞の電氣的活動の記録、ひとつの神経細胞に直接触れること、神経細胞の中の蛋白質の動き、メダカを使った神経細胞研究法、シナプスの電子顕微鏡観察、光を使った測定手法について実習しました。

生きている神経細胞を直接見たり、それに触れたりすることは、高校生の想像を超えた経験だったようです。今回の体験を通して、幅広い分野の学習が研究に必要なこと、目的をきちんと定めて生き物と向かい合うことの大切さ、積極的に議論し考えを発表するこ



との必要性などについても認識が深まったようでした。

ライフサイエンスの課題に対する関心は高く、今回のサイエンスキャンプ応募者のうち、90名がこのコースへの参加を熱心に希望してくれましたが、全員の希望に応えられず残念でした。関西センターでは、これからは受け入れ体制も工夫していきたいと考えています。

## 《サイエンス・スクエアつくば科学体験教室開催のお知らせ》

昨年オープンした「サイエンス・スクエアつくば」も、開館より1年4ヶ月が経ちました。

この間に、ご来場いただいた多くの方々には、産総研の最先端の研究開発に関する情報や体験を通じて、産総研のサイエンスマインドに触れていただけたことと思います。

産総研では、さらに楽しく科学にふれていただけるよう、3月11日(土)に特別な催しを開催いたします。「工作教室」や「体験コーナー」に加え、プレゼントも用意して皆様をお待ちしていますので、是非お越しください。

また、サイエンス・スクエアつくばは、4月初旬にリニューアルオープンします。現在の展示品の3分の1程度が展示終了となりますので、この機会にどうぞご覧下さい。

- ◆ 日時 3月11日(土) 10:00-16:00
- ◆ 場所 産総研つくばセンター サイエンス・スクエアつくば
- ◆ 開催内容
  - 【工作教室】
    - ストローガーネット ● DNAストラップ
  - ※ 定員が有り事前予約を行っています。詳しくは下記のホームページをご参照下さい。
  - 【体験コーナー】
    - リカレント自転車 ● インテリジェント車椅子
    - ソリトンキャッチャー ● 高齢者体験
- ◆ その他詳細な情報 <http://www.aist.go.jp/pr/20060311/>



### 「産総研のすごい仕事」発刊のお知らせ

「製品化(モノづくり)へのこだわりレシピ」

- 著者：産業技術総合研究所
  - サイズ：A5判
  - ページ：200ページ
  - 定価：1,680円(税込み)
  - ISBN：4-86153-006-7
  - 発行：日経BPクリエイティブ
  - 発売：日経BP出版センター
  - 発行 2006年1月30日
- 本書は産総研で行っている研究が、社会でどう活用されているか、またどのようにして「製品化」されたのかを、分かりやすく発信するものです。それぞれの研究を、ライフサイエンス分野、情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー分野、環境・エネルギー分野、地質分野、標準・計測分野に分類して、最先端の技術の出来るまでを紹介しています。

## お詫びと訂正

2006年2月号の特集ページ中に誤りがあり、関係の皆さまには大変ご迷惑をおかけいたしました。下記の通りお詫びして訂正いたします。

Vol.6 No.2 P.3 特集 「骨・関節の再生テクノロジー」 『産総研への期待』

(誤)  
国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所  
福祉機器開発部長 諏訪 基

(正)  
国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所  
所長 諏訪 基

## EVENT Calendar

2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)

2006年3月 → 2006年5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>3 March</b>			
3日	デジタルヒューマン・ワークショップ2006	東京	03-3599-8509●
6日	構造体の非破壊検査・診断技術に向けた新しい計測技術	つくば	029-861-5300●
9日	界面ナノアーキテクニクス・ワークショップ	つくば	029-861-4460●
<b>4 April</b>			
19~21日	最新科学機器展/計量計測総合展	名古屋	03-3273-6177
<b>5 May</b>			
30~31日	人工筋肉コンファレンス ナノテクとバイオの融合研究 -人工筋肉開発の展望-	東京	072-751-9180●
31~2日	DSCアジア/パシフィック2006 -ドライビング・シミュレータ国際会議2006-	つくば	029-861-6630●



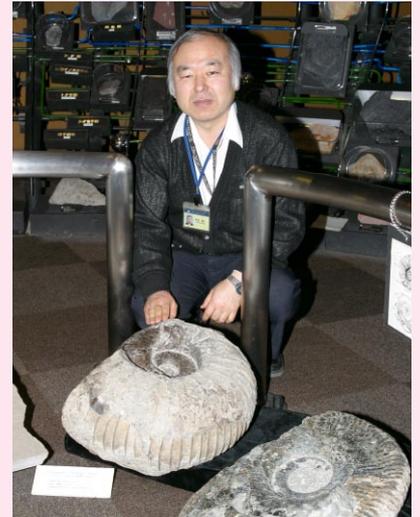
## 「化石から知る地球の過去 ～科学の楽しさを子供たちにも～」

地質情報研究部門 利光誠一さん

### 化石と地質研究

産総研の地質分野の研究ユニットでは、様々な研究を通して国土および周辺地域の地質・基盤情報を整備して国土開発に役立てるほか、火山や地震などの地質災害の軽減、環境の保全など、社会の持続的発展に貢献することを目標としています。このためには、地球の誕生以来たどってきた様々な事象を地質現象としての確にとらえ、地球のダイナミズムを明らかにしていかなければなりません。

地質の研究には、その地層・岩石がいつ頃のもので、どのような環境で作られたのかを知ることがとても重要です。いろいろな時代、いろいろな場所の地層の研究成果を蓄積していくことで、過去から現在までの地球環境の変化を知ることができます。そして現在の地球と照らし合わせて考えると、その後起こった環境変遷をたどりながら、現在の地球から未来に起こりうる環境の変化を予測することもできます。地球環境の変遷について調べる時に大きな鍵となるものの一つが化石です。化石は過去の生物の遺骸が地層に埋もれて、長い年月を経て私たちの目に触れるようになったものです。生物は環境の変化に敏感に反応し、あるものは形態を大きく変化させたりして進化してきました。また、環境の変化に耐えきれずに滅びてしまったものも少なくありません。これを利用することで、化石を含む地層の時代や環境を調べることができるのです。そして、地層や岩石、化石について放射性同位体や安定同位体などの地球化学的研究の成果を加味していくことで、形成された年代や当時の水温、海水や大気の組成などが数値として表現され、地質年代や古環境解析の指標とすることができます。地質分野の多くの研究者の連携で地球の過去、現在、未来についての理解が深まっています。



### 化石の魅力を伝える

利光さんは、中生代白亜紀の軟体動物を中心に化石研究を続け、いま地質標本研究グループのリーダーとして活躍しています。利光さんは自らの化石研究だけではなく、化石をとおして自然と科学の楽しさを子供たちに伝えることにも力を入れてきました。地質標本館を中心としたいろいろなイベントで「化石レプリカ作製」や「化石クリーニング」など、実際の化石を使うことにより、子供たちが楽しみながら学ぶ機会を数多く作ってきました。ビニルシリコン型と石膏を使ったレプリカづくりは、いつも子供たちの人気の的です。

来る3月25日(土)には、地質標本館で「第16回自分で作ろう!!化石レプリカ」の開催が予定されています。

レプリカ作製体験 [http://www.gsj.jp/Muse/eve\\_care/2005/kaseki\\_16/kaseki\\_16.html](http://www.gsj.jp/Muse/eve_care/2005/kaseki_16/kaseki_16.html)



### 利光さんからひとこと

化石は過去の生物(古生物)の様子を現在の私たちに伝えてくれるタイムマシンとも言えます。大昔の地球には、恐竜などのように現在では想像もつかないような生物がいたことが知られています。まだまだ未知の古生物もたくさんあり、時々新たな発見で新聞紙上を賑わすことがあります。化石により生物や地球の歴史を知ることができますし、一般の方々にも具体的に目に見える地球の歴史の物証として理解しやすいものです。地質情報研究部門地質標本研究グループでは、地質標本館や関係者と協力しながら化石、鉱物、岩石などの研究のほか、地質標本館所蔵標本の登録・管理・利用の支援をする一方で、地球科学の普及を進めています。普及イベントなどにできる限り多くの方々に参加していただけるよう努力しています。実施側のマンパワーにも限りがありますが、協力者全員のチームワークで何とかのりきってきました。これからも化石レプリカ作製などの体験学習イベントを通して、産総研の地質分野の成果発信を行っていきたく考えています。

**産総研**  
**TODAY**  
2006 March Vol.6 No.3  
(通巻62号)  
平成18年3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。

