

AIST Today

研究、成果、
そして
未来へのシナリオ

08

August
2003
Vol.3 No.8

社会に活力をもたらし本格研究を

トピックス

世界最高温度(27°C)で強磁性を示す
半導体新材料(Zn,Cr)Teの開発に成功



特集

産総研のナノテクノロジー



National Institute of
Advanced Industrial
Science and Technology

メッセージ

03 ナノテクノロジーへの取組み



平成15年度「日本経済団体連合会会長賞」を受賞した
平野 聡主任研究員(左)と
普及団体であるHORB Open運営委員会運営委員長
(株)日立超LSIシステムズ 早川 豊氏(右)
AIST Network 第2回産学官連携推進会議より

特集

04 産総研のナノテクノロジー

トピックス

26 世界最高温度(27°C)で強磁性を示す
半導体新材料(Zn,Cr)Teの
開発に成功

産学官連携

38 産学官連携の
スターティングポイントを目指して

リサーチ ホットライン

- 28 地球温暖化新評価指標提案
- 29 森林の二酸化炭素吸収量を連続計測
- 30 木材からの直接水素生産技術の開発
- 31 高性能ガス吸蔵体の創製
- 32 新VOCセンサ材料の開発
- 33 EUPS・マイクロビーム
光電子分光装置の開発
- 34 新世代型密封セルによる
平衡水素三重点の実現
- 35 プリオンタンパク質の
分子シミュレーション
- 36 生理活性脂質に対する
拮抗阻害物質を発見
- 37 活断層から発生する地震規模の予測

技術移転いたします!

- 40 高分子-金属クラスター複合体の
製造方法
- 41 安全な血管塞栓剤

ベンチャー

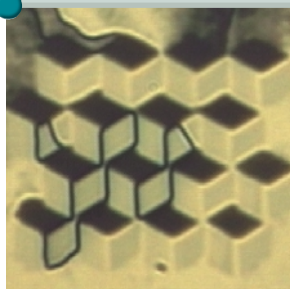
42 (株)iGENE

テクノインフラ

- 43 平面度と真直度の標準化
- 44 固体物性標準の開発
- 45 地球化学標準試料

AIST Network

46 役員人事 ほか



配向した液晶の顕微鏡写真
特集 産総研のナノテクノロジーより

ナノテクノロジーへの取組み

中村 道治

株式会社 日立製作所
執行役専務 研究開発本部長



ナノテクノロジーの研究開発は、その広がりといい、活気といい、1970年前後のエレクトロニクス研究の再来を思わせる若々しさと活力を感じさせる。ナノテクノロジーは、わが国製造産業の生き残りに貢献すると共に、新しい文明社会を実現するものとして期待されている。「失われた10年」という言葉に象徴される悲観的な時代の終わりを象徴するようで、多くの国民にとって、今日の状況には感慨深いものがある。

20世紀後半のエレクトロニクス産業は、企業の研究開発に支えられてきたが、この10年間、テーマの選択と集中、事業化志向が進む中で、基礎研究の部分が大幅に削減された。このままでは、わが国の技術革新システムが瓦解してしまうという危惧のもとに、国レベルで取り上げられたのが、産学官連携であり、ナノテクノロジーである。企業サイドも、基礎研究を再度強化する機運にある。新しい体制で、新しいテーマに挑戦するための道筋が見えてきたことを評価したい。

ナノテクノロジー自体は基盤技術であり、応用されて始めて日の目を見る。社団法人 日本経済団体連合会では、昨年行った産業発掘戦略の検討の中で、ナノテクノロジーを応用した12の産業分野の可能性を示したが、大半は、これまでの製造産業がナノテクノロジーで生まれ変るというものである。高度な製造産業が残っているわが国は、ナノテクノロジーの応用に有利な環境にあると確信する。

ナノテクノロジーの研究開発で20年、30年後に語り継がれるのは、独創技術であり事業化スピードだろう。それらを実現するには、オープンな雰囲気のもとで、切磋琢磨することが不可欠ある。このために、1970年代のエレクトロニクス研究がそうであったように、学会や各種フォーラムを通じての議論が重要な意味を持つ。産業技術総合研究所は、わが国のナノテクノロジーのプラットフォームとして、独創技術を生み出すと共に、活発な議論の場を提供し、新しい技術革新を牽引して頂きたい。

研究コーディネータ 五十嵐 一男

ナノテクノロジーとは

ナノテクノロジーとは、物質をナノメートル(1nm=10億分の1m)レベル、すなわち原子・分子レベル(図1)で操作・制御し、ナノサイズ特有の物質特性を利用して、全く新しい機能や優れた性質を持つものを作り上げる技術です。例えば、高密度・高速に情報を蓄積でき、エネルギー消費の少ない情報処理デバイスが求められていますが、これを実現するための1つの方法として、1つ1つの部品を小さくすることが考えられます。しかし、既存の技術を用いて部品を小さくしていくには限界があるため、これまでとは異なった方法で、ナノメートルレベルの精度で部品や装置を加工する技術が必要です。また、分子・原子数個レベルの大きさの物質では、大きな塊の物質では顕著に現われない性質(量子効果や表面効果)が見られるようになるため、ただサイズを小さくしたというだけではない、全く新しい材料を作り出すこともできるのです。

計測手法の発展がナノテクを飛躍的に成長させた

近年のナノテクノロジー研究の飛躍的な成長は、計測手法の発展と密接な関係にあります。1980年代前半にIBMのグループによって走査トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling Microscope)が発明されました。これは、鋭い針と物質の表面との間に電圧を加え、針を物質表面に近づけたときに流れる微弱な電流(トンネル電流)を検出することによって、物質表面の凹凸や電子状態を直接観察することができる装置です。また、この針を用いて、原子1個のある場所から別の場所へ動かすことも可能です。これらの技術の開発によって原子や分子1個レベルでの観察や操作が現実のものとなり、いろいろなナノ構

造体を作り上げ、確認することができるようになりました。

ナノメートルの単位で物質の構造を制御する方法としては、光や電子ビームを用いたリソグラフィのように、大きな塊を微細に加工していくトップダウン型のアプローチと、原子・分子を組み上げていくボトムアップ型のアプローチがあります。ボトムアップ型のアプローチとしては、前述の、走査トンネル顕微鏡等を用いて原子を1個ずつ操作する方法の他に、原子や分子のもつ自己集合能力(原子や分子同士が集まって安定な構造を形成する)や、生体に見られるような自己組織化(ある条件下でナノスケールの構造が自発的に形成される)を利用した方法も研究されています。原子を1個ずつ操作するには非常に時間がかかりますが、自己組織化の方法を上手に用いることができれば、ナノメートルのオーダーで構造を制御した物質を、手間や時間をかけずに大量に作ることも期待されています。現在では、トップダウンやボトムアップの種々の方法を組み合わせ、複雑な部品や装置を組み立てて働かせる技術の開発に関心が集まっています。

高まる産業化への期待

ナノテクノロジーは比較的新しい研究分野ですが、いろいろな産業分野への応用が期待されています。情報・通信関係では、高密度・高効率なメモリや全く新しい動作原理に基づいたコンピュータ素子の開発、カーボンナノチューブ等のナノ物質を利用した高輝度ディスプレイ、フォトニック結晶を用いた高速光ネットワークデバイス等への応用が検討されています。医療関係では、薬品を内包したりポソーム(脂質膜)やナノマシンを利用した、特定の臓器への薬品注入等が考えられています。また、環境・エネルギー産業では、環境浄化

のための触媒や、水素貯蔵材料等にナノテクノロジーが利用できると考えられています。このように、ナノテクノロジーは、幅広い分野において新しい産業を創出し、社会を豊かにするための基盤技術として注目されています。

日本の取り組み

さて、日本のナノテクノロジーの技術レベルはどのようなものでしょうか。米国の世界技術評価センター(WTEC)が1998年に行ったナノテクノロジー・材料分野における国際技術力比較によりますと、日本は、ナノマテリアル・材料関連技術において欧米に比べて優位または同等のレベルにあると評価されています。ナノテクノロジーは日本の強みを発揮できる技術分野であり、一層の強化が望まれています。

日本のナノテクノロジー関連の国家プロジェクトは、文部科学省、経済産業省、総務省、厚生労働省、農林水産省、環境省の6省で行われています。2003年度のナノテクノロジー関連予算は、昨年度予算の816億円を超えると予想されます。このうち、文部科学省と経済産業省が、ナノテクノロジー関連予算の大部分を占め(2001年度予算の97.5%)、両省とも電子デバイスやバイオに関連したナノテクノロジーを、重点研究領域と位置付けています。このような状況の中、総合科学技術会議のナノテクノロジー・材料研究開発推進プロジェクトチーム(NTPT)では、省庁間の連携を強化し、より効率的で産業化に役立つ研究開発を実施するため、省庁連携プロジェクト推進に関する議論が進められています。

現在、文部科学省は、「戦略的創造研究推進事業」(CRESTやERATOプロジェクト等)、「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」等で、ナノテクノロジーの基礎研究(ナノテク

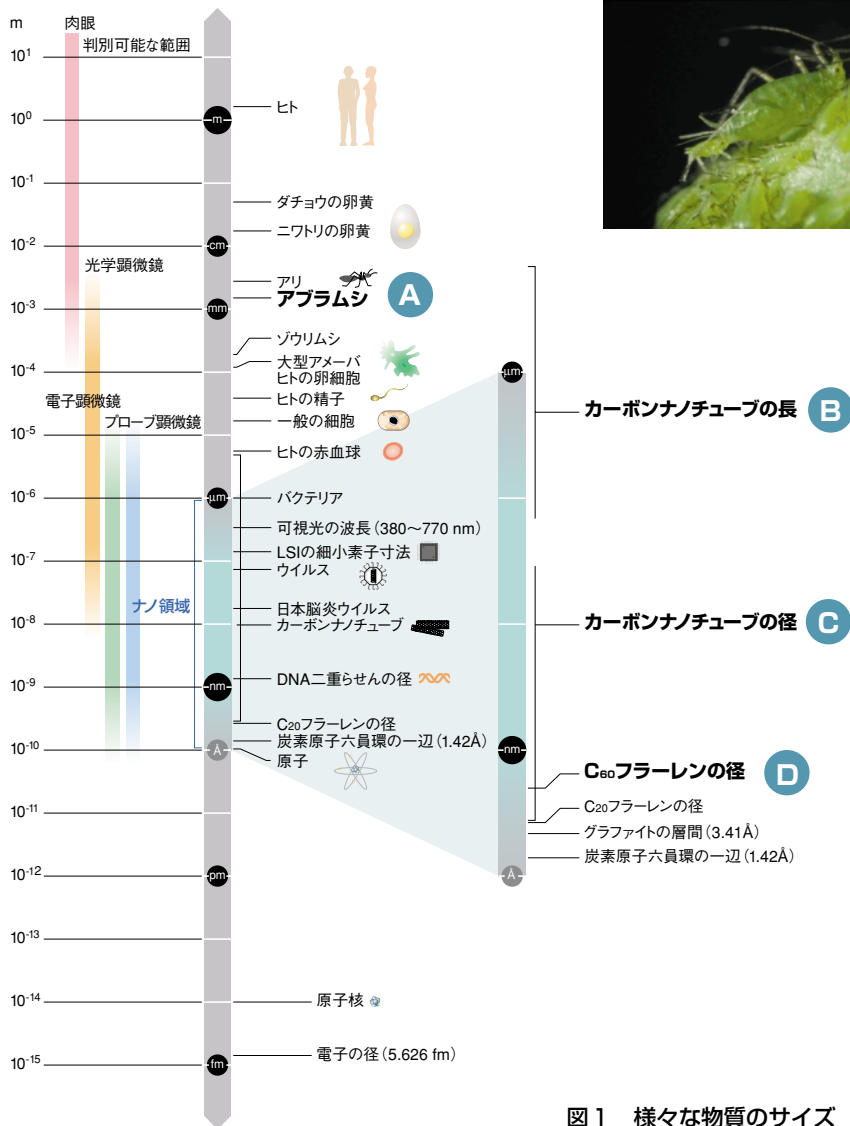
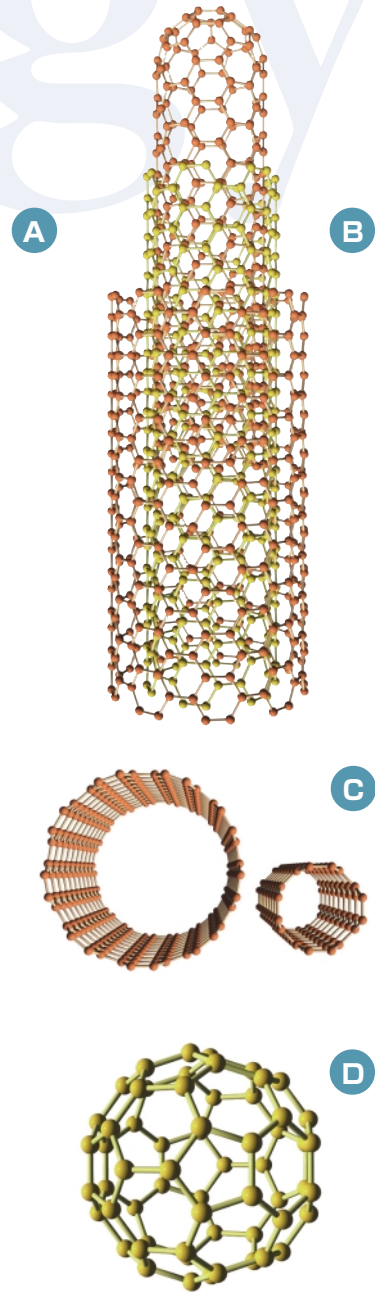


図1 様々な物質のサイズ



●表1 文部科学省のナノテクノロジー関連の主なプロジェクト案 (2003年度)

- ・ ナノテクノロジーを活用した新しい原理のデバイス開発
- ・ 極端紫外光源開発等の先進半導体製造技術の実用化
- ・ ナノテクノロジーを活用した人工臓器・人工感覚器の開発
- ・ 次世代型燃料電池プロジェクト
- ・ 新産業基盤「未踏光学」開発・創生プロジェクト
- ・ 次世代の科学技術をリードする計測・分析・評価機器の開発
- ・ 個人の遺伝情報に応じた医療の実現プロジェクト
- ・ 再生医療の実現化プロジェクト
- ・ 細胞・生体シミュレーションプロジェクト
- ・ 光技術を融合した生体機能計測技術の研究開発
- ・ 糖鎖機能を活用した新産業育成支援
- ・ タンパク 3000 プロジェクト

●表2 経済産業省のナノテクノロジー関連の主なプロジェクト案 (2003年度)

- ・ 超微細レベルで制御した高機能材料
- ・ 半導体微細加工、半導体材料
- ・ 半導体アプリケーションチップ、新機能デバイス
- ・ 情報通信システム高度化
- ・ 次世代ディスプレイ
- ・ ポストゲノム
- ・ バイオとITの融合
- ・ ナノバイオテクノロジー
- ・ 軽量化・放熱技術
- ・ 燃料電池技術開発

ロジー関連施設の提供、ナノテクノロジー・ネットワークの構築等)に重点をおいた研究テーマに資金を投入しています。同省の2003年度ナノテクノロジー関連プロジェクト案の主な項目は、表1の通りです。これらの予算要求総額は約505億円となっています。

一方、経済産業省は、2003年9月に産学官連携組織「ナノテクノロジービジネス推進協議会」の設立を目指す等、ナノテクノロジーの産業化に政策の重点をおいており、同省のナノテクノロジー関連プロジェクトも、ナノテクノロジーの早期実用化、産業化を目的としています。同省の2003年度ナノテクノロジー関連プロジェクト案の主な項目は表2の通りです。これらの予算要求総額は約624億円となっています。なお、本特集には、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクト運営に関する記事を掲載しておりますので、こちらも御参照下さい。

世界を先導する産総研の取り組み

本特集では、産総研のナノテクノロジー関連の研究トピックスをいくつか御紹介いたします。産総研は、約2,400名の研究者(常勤職員数)を擁する総合研究所として、材料、製造技術、ライフサイエンス、情報通信、環境・エネルギー、地質海洋、計測標準等、広範な研究分野をカバーしており、基盤技術としてのナノテクノロジーの適用範囲も多岐にわたっています。

産総研のナノテクノロジー研究の特徴として、計算科学分野や計測標準分野の研究者との強い連携が挙げられます。計算科学シミュレーションによるナノ物質の構造や、性質の予測と実際のナノ物質の合成研究を組み合わせることにより、従来の試行錯誤的な研究手法から脱却した、より効率的な研究開発が可能です。

また産総研では、ナノテクノロジーの産業への応用に欠かせない高度計測技術や、信頼性確保のためのナノ材料用標準物質の開発等も行っています。

1992年から2002年にかけて、産業技術融合領域研究所(前工業技術院)において、アトムテクノロジー(原子・分子極限操作技術)プロジェクト(NEDO)が実施されました。産学官の研究者がつくばに集中し、世界のナノテクノロジー研究を先導する形で進められた画期的なプロジェクトでした。この成果を受け継ぎ、平成13年度に発足した「材料ナノテクノロジープログラム」(NEDO、平成14年度に「ナノテクノロジープログラム」に再編成)や次世代半導体プロジェクト「MIRAI」等を、産総研が中心となって実施しており、国際的競争力の強化、新産業の創生を目指して研究を進めています(図2)。

また、産総研職員がプロジェクト

リーダーとなって、数々の戦略的創造研究推進事業(文科省)を実施しています。さらに、ナノテクノロジー研究部門が中心となって実施しているナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム(文科省ナノテクノロジー総合支援プロジェクト)や、機械システム研究部門が中心となって実施している革新的MEMSビジネス支援プログラム(経産省)では、産学官の研究者にナノ加工・計測のための最先端の装置・技術相談・試作サービスを提供しており、研究者のアイデアを直ちに実現できるよう支援を行うことで、わが国のナノテクノロジー研究開発の加速に貢献しています。

本特集を御覧いただくことで、ナノテクノロジーに関連する産総研の活動の一端を御理解いただけますと幸いです。



図2 工業技術院のアトムテクノロジー研究から産総研のナノテクノロジー研究へ

ナノテクノロジーの世界事情

技術情報部門 大沢 吉直、坂下 真実、小川 博文

米国

NNI (National Nanotechnology Initiative、国家ナノテクノロジーイニシアティブ)と呼ばれるナノテクノロジーに関する国家的規模のプロジェクトを世界に先駆けて開始した米国においては、ナノテクノロジーすなわちナノスケール科学・技術は、単なる物質・現象理解や技術開発の1分野でなく、材料と製造、エレクトロニクス・コンピュータ技術、医薬と保健、航空および宇宙開発、環境とエネルギー、バイオテクノロジーと農業、国家安全、等の多くの産業・社会分野に関わる横断的・包括的な基盤的コンセプトで、先進諸国の将来における産業の競争優位性に関わるものであると考えられています。また、新しい分野融合的科学としての側面をも強く持つものとして捉えられており、その実行内容は、研究開発だけでなく教育や訓練をも含んだ極めて総合的・包括的なものです。資金は、長期的な基礎研究、グランドチャレンジ、学際的なナノテクノロジー研究センター、研究基盤整備と研究装置、技術移転、教育・訓練等に配分されます。

NNIは、National Science and Technology Council (NSTC)の技術委員会(CT)のなかで運営されています。CTのNanoscale Science, Engineering and Technology (NSET)小委員会は、NNIを含む連邦政府の多くのナノスケール研究開発プログラムを調整し、NNIの計画を立て、予算を立案し、実行します。

NNIの総予算額は、4.64億ドル(約560億円、2001年度)、6.04億ドル(約720億円、2002年度)、7.74億ドル(約930億円、2003年度)、8.47億

ドル(約1,020億円、2004年度要求)と、堅調に増加しています。10省庁局が参加していますが、国立科学財団(NSF)、国防省(DOD)、エネルギー省(DOE)への配分が大きく、3省庁合計で全体の80%程度を占めています。

以上の情報については、技術情報部門・技術経営調査室の作成した「米国ナノテクノロジー分野の運営活動状況」調査報告書(平成15年3月31日作成、全43ページ)に詳しい説明があります。

最近の動きとしては、上下両院にナノテクノロジー法案が提出されたことがあげられます。下院法案「2003年ナノテクノロジー研究開発法案」は5月に下院を通過し、2004年度からの3年間で総額23億6000万ドル(約2,800億円)の予算を認可しました。

EU

欧州連合(EU)のナノテクノロジーの特徴は、ナノテクノロジーと生産技術を組み合わせて入口から出口までを想定した戦略を取っていること、環境を重視して省資源・省エネルギー・低コスト化のための技術に特化していることです。EUの研究は、基本的にフレームプログラム(複数の国々の研究者による共同研究)とナショナルプログラム(各国の研究者による独自研究)とに分けられます。科学技術計画の第6次フレームワーク(2002～2006年)は欧州委員会が実施する研究開発プログラムで、フレームプログラムの一つです。ナノテクノロジーは、第6次フレームワークの優先8領域の1つである「ナノテクノロジーとナノサイエンス、Knowledge-based Multifunctional Material(知識を集積して設計した材料)、新しい生産技術とデバイス」と

して計画され、次世代産業革命の最も重要な技術として捉えられています。産業を支え、基礎研究から製品に至る広い領域を継続的に促進するような、真の技術革新を目指したものです。優先8領域の総予算は113億ユーロで、ナノテクノロジー関連はその11.5%の13億ユーロ(約1,800億円)です。

ナショナルプログラムとして、ドイツでは教育研究省と経済技術省が中心となり、連邦政府の支援の下でナノテクノロジーに関する開発研究が活発に行われており、ナノコンポジット等の新物質に1,800万ユーロ(約25億円)、プローブ等の物理/化学分野で2,100万ユーロ(約29億円)、計測等を含めたレーザー研究に460万ユーロ(約6億円)等の予算が投入されています。スイスでは、Top Nano 21という国家研究計画により、バイオ、デバイス、材料等の研究を大学や企業が連携して進めています。英国でもEPSRC(工学・自然科学研究会議)を中心に貿易産業省と共同でナノテックの研究を支援しています。

アジア

韓国、台湾、中国の動向が注目されます。韓国科学技術部は2002年3月、ナノテクノロジー分野に2,030億ウォン(約200億円、2002年度)を投資する計画を発表しました。一方台湾では、同分野への国の投資額が、2002年からの6年間で231億台湾ドル(約780億円)になる予定です。また中国では、中国政府が2001～2005年の5年間にわたり、同分野に20億元(約280億円)の資金投入を行い、地方政府も同期間に20～30億元(約280～430億円)の投資を予定していると報じられています。

ナノテクノロジー 21世紀型の省資源・省エネルギー技術

ナノテクノロジー研究部門 横山 浩

ナノテクノロジーは、1ナノメートル（10億分の1メートル）の物差しを使う原子・分子の世界の科学技術ですが、最近では“ナノテク化粧品”や“ナノテク繊維”も登場して、日常生活にも少しずつ浸透してきています。物を小さくしていくと、その本来の性質が際立って現われ、あるいは全く新しい働きが生まれたりします。ナノテクノロジーは小さな物の特質を究め、役に立つ材料を生み出し、さらにそれを使った素子やシステムを作り上げることを目指しています。

ナノテクノロジー研究部門では、少数の原子が集合してつくるナノ粒子や、電子の磁石としての性質を利用する超微細な磁性半導体素子、生物がDNAの持つ遺伝情報をもとに自分の体を作り上げていくような自己組織性を持った有機材料、超高強度素材や電子ディスプレイへの応用に期待が高いカーボンナノチューブ、さらに新たな超微細加工技術や計測技術から、ナノテクを利用した新しいバイオ技術などの研究開発を幅広く展開しています。

ナノテクの取柄は小ささだけではありません。物質の働きの極限を追究すると、そこには最少のエネルギーと材

料を使って最高の機能を実現する、新たな技術の筋道が見えてきます。ナノテクノロジーは、先端的な機能性と、省資源・省エネルギーを無理なく調和させる、まさに21世紀型の技術なのです。ここではナノテクノロジー研究部門が取り組む幾つかの研究を、省資源・省エネルギーの視点からご紹介しましょう。

スーパーインクジェット

インクジェットプリンターを利用している方は多いと思います。インクを微小な液滴としてノズルから噴射し、紙面に付着させて図形を描いていきますが、この数年で精細度もスピードも飛躍的に向上してきています。今この技術が、次世代の半導体微細加工技術として注目されています。これまでのように、一面に蒸着した薄膜を必要な部分を除いて大半を削り落としてしまうという無駄の多いやり方ではなく、いわゆる“オンデマンド”で、必要なところに必要な量だけ必要な材料を、インクジェットで配置してしまおうというわけです。当然、大幅な省資源化が期待できます。ナノテクノロジー研究部門では、従来のインクジェットに比較して、1/10以下の微細パターンを形成

できる新しいタイプのインクジェット技術—スーパーインクジェット技術—の開発に成功しました。金属ナノ粒子を含む液体をインクとして、1ミクロン以下の配線を、基板の表面に何の処理もせずに、直接描画することができるようになりました（図1）。

超高感度磁気センサー

インターネットやマルチメディアといった情報化社会の進展によって、大量の電子情報の処理のニーズが日増しに高まっています。この要求を、低コスト、省資源・省エネルギーのもとに実現することが、最近の電力事情の逼迫からもわかるとおり、社会的に大きな課題になってきています。半導体メモリーのように常時エネルギー消費を必要としない磁性メモリーや、テラビット／平方インチの超高密度ハードディスクに大きな期待が寄せられています。ナノテクノロジー研究部門では、金属と半導体のナノメートルスケールの複合構造が、室温・低磁場のもとでも、極めて高い磁気抵抗効果を示すことを発見し、経済産業省のナノテクノロジープログラム（ナノ機能合成技術プロジェクト）のもとで、その高度化と実用

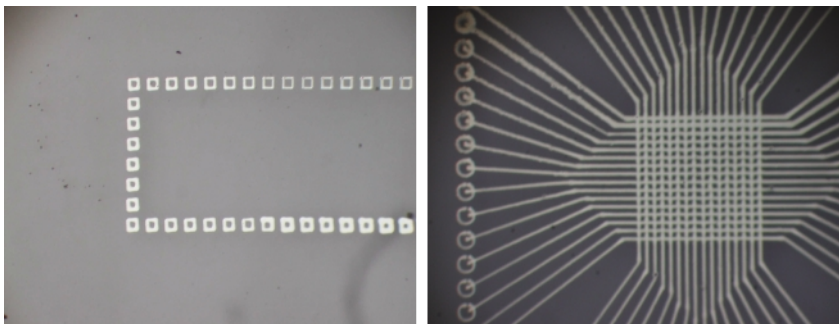


図1 スーパーインクジェットでガラス基板に直接描画した金属ナノペースト（ハリマ化成）による微細配線。
（左）一辺25 μm の四角形。（右）幅3 μm のライン。

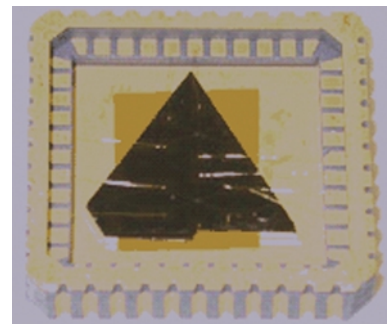


図2 デバイスパッケージに実装した超高感度磁気抵抗効果スイッチ素子。
2003年2月に開催された nano tech 2003 + Future 展示会に出品し、磁石を近づけると発光ダイオードが直接にオンオフできることを実演して注目されました。

社会を目指して

化に挑戦しています。最近では、化合物半導体であるGaAs基板の上に金のナノ構造を作ることによって、磁気抵抗変化比10000% (per 100mT) の機能を実現することに成功し、明るい展望が得られています (図2)。

メモリー液晶

液晶ディスプレイは電気がなくなると表示が消えてしまいます。これまでの液晶ディスプレイは、100万個の薄膜トランジスタ (TFT) をガラス基板に集積化して、液晶を常時駆動しなくてはなりません。液晶のメリットは低消費電力と言われますが、まだその特長を十分に活かしていません。液晶ディスプレイでは、液晶の電気光学応答性を使うために、ガラス基板に液晶分子を均一に配向させる処理をしていますが、液晶の向きが一様に揃った状態を作ることが必要と考えられてきました。ここで発想を逆転して、特定のマイクロな構造を基板表面に与えると、液晶に多重メモリー性を持たせられることを、科学技術振興事業団・横山液晶微界面プロジェクトにおいて実証しました。メモリー性は電池がなくなっても表示が消えない超低消費電力液晶ディスプレイ

イを可能にし、携帯電話や電子ブックなどの液晶のモバイル応用をさらに発展させることが期待されます (図3)。

標的指向

ドラッグデリバリーシステム

癌の克服は、21世紀の医療の最大の課題の一つです。その切り札として、患部にだけ選択的に抗癌剤を集中的に送り届けることができるドラッグデリバリーシステム (薬剤送達システム: DDS) に注目が集まっています。ナノテクノロジー研究部門では、糖鎖の持つ細胞認識機能に着目して、癌細胞をミサイル攻撃するドラッグデリバリーシステムの開発を進めています。従来知られていたドラッグデリバリーシステムは、小胞に閉じ込められた薬剤の徐放性だけに頼っていて、患部の認識作用をほとんど持たない受動的なものでしたが、産総研の糖鎖型ドラッグデリバリーシステムは、最近の動物実験の結果からも、高い患部選択性を示すことが明らかになってきています (図4)。

期待される産業化

研究者としての醍醐味は、これまでの常識を覆して、目から鱗が落ちるような発見や発明をすることに違いあり

ません。ここでご紹介した研究成果はそのほんの一例であり、ナノテクノロジーにはそのような可能性が溢れています。ナノテクノロジーは、科学的な基礎研究と産業応用が表裏一体の関係にあるダイナミックな研究フィールドを形成しています。ここでご紹介した成果が産業技術として社会に貢献する日もそう遠いことではありません。

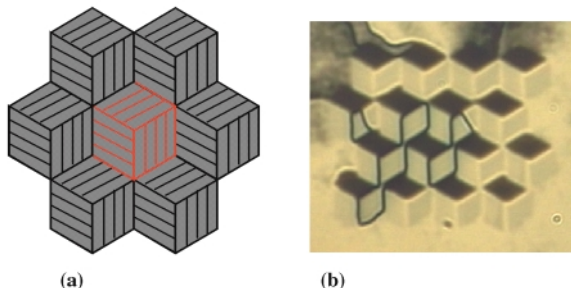


図3 (a)メモリー性を液晶に持たせるマイクロな基板表面の配向パターン
(b)原子間力顕微鏡で実際に作製した配向パターンによって配向した液晶の顕微鏡写真 (可視化のため一辺を 10 μm 程度にしましたが、実際には 1 μm 以下の大きさにする必要があります)
パターンの対称性から、この場合には3つの異なる配向状態が安定化されます。

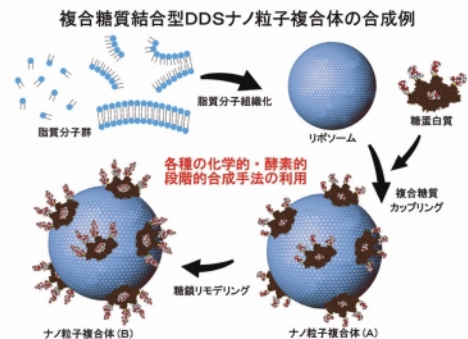


図4 糖鎖の細胞認識機能を活用する標的指向ドラッグデリバリーシステムの作製プロセス

カーボンナノチューブの産業応用を目指して

新炭素系材料開発研究センター 湯村 守雄

カーボンナノチューブを初めてとするナノカーボンには、従来材料では到達し得ない電気伝導性、熱伝導性及び機械的強度を持つとともに、その構造の多様性に伴ってその特性値の取り得る範囲も非常に広い材料です。その応用は化学的、電気的及び機械的分野等広範に亘り、21世紀において材料ナノテクノロジーの中核となる基盤材料として期待されています。新炭素系材料開発研究センターでは、ナノカーボンの持つ優れた特性を引き出し、IT、環境、バイオ等の広範な産業分野での革新的製品の創出へと繋げ、我が国の産業競争力の強化に貢献する事を目的として研究活動を行っています。

1 ナノカーボン技術プロジェクト

ナノカーボン技術プロジェクトは、平成18年度までの5ヵ年計画として、産総研他、民間企業8社・1団体と4大学が参加し(図1)、ナノチューブの量産化技術と幅広い応用研究を進める予定で、平成14年10月にスタートしました。そして、平成15年度からは、経済産業省の経済活性化プロジェクト「フォーカス21」の一つに組替えられ、ナノ

チューブを電極に用いた小型・軽量・長寿命のモバイル型高性能燃料電池の開発とナノカーボン材料をLSI配線に用いた電子デバイス応用技術の二つを重点開発テーマとして、開発を加速的に推進することとなりました。

新炭素系材料開発研究センターは、ナノカーボン技術プロジェクトの全てのテーマに参画し、活発に研究活動を展開しています。ここでは、トピックスとして、量産技術での触媒開発の成果と、構造評価技術での超高感度電子顕微鏡の成果を紹介します。

1-1 大量合成のための触媒の開発

ナノチューブの大量合成法において、鍵となるのが触媒です。当研究センターでは、二つのタイプの触媒を開発しました。一つは、ナノメートルサイズの金属超微粒子触媒です(図2)。この触媒はナノメートルサイズでありながらその調製できる金属の多様性、複数の金属を組み合わせることが可能等の多くの利点を持つ優れた新規触媒です。この触媒はナノカーボン技術プロジェクトにおいて、日機装(株)が開発中の気相動法プロセスにおいて使われてい

ます。もう一つは、1nm程度のナノ粒子を安定的に保持するために触媒担体を用いる方法です。この触媒は同じくナノカーボン技術プロジェクトにおいて、三菱重工(株)が開発中の流動床法において使われています。

これらのプロセスで合成したナノチューブは、プラスチックに混ぜて電気伝導度や、熱伝導度、機械的強度の特性を改善するほか、新たな触媒材料、光学材料、ガス貯蔵材料としての用途の開発が精力的に進められています。

1-2 超高感度電子顕微鏡

これらナノカーボン技術の開発を支えるのが、サブナノスケールの精度をもって、ナノカーボン材料の原子配列、元素同定及び電子構造の情報を得ることのできる高感度高分解能電子顕微鏡の開発です。当研究センターで保有するサブナノメートル領域構造解析システム(図3)をベースに改造を行い、ナノカーボン上の原子1個の観察に成功しています(AIST Today 2003.9掲載予定「電子顕微鏡とナノチューブを使って単分子、単原子を見る」新炭素系材料開発研究センター 末永和知 参照)。

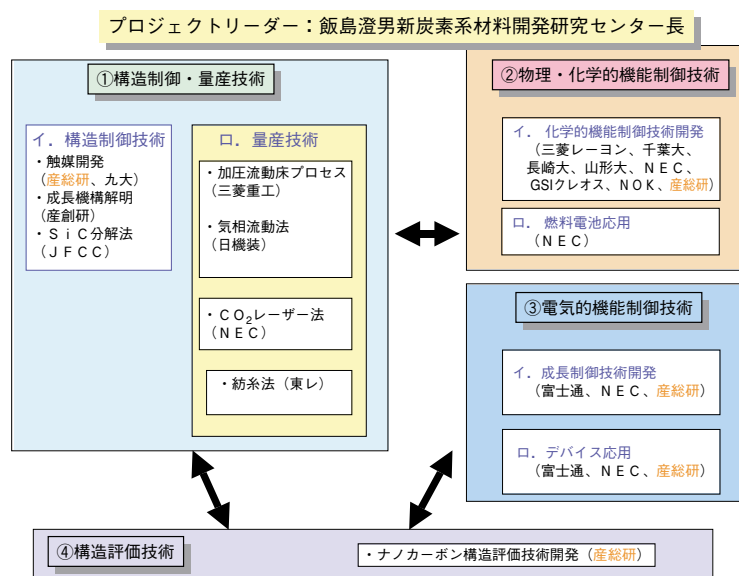


図1 ナノカーボン材料技術プロジェクト

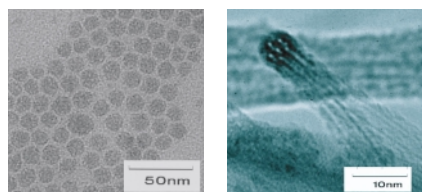


図2 新炭素系材料開発研究センターで開発した微粒子金属触媒(左)とそれを用いて合成した単層カーボンナノチューブ(右)

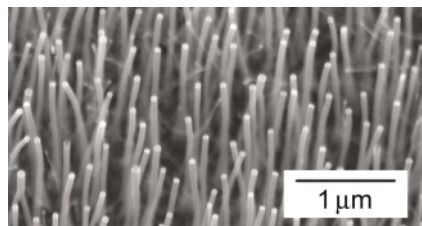


図4 基板に垂直に成長した配向多層ナノチューブ

2 カーボンナノチューブ 応用の更なる展開

バルク(大量)利用から単一のナノチューブの特性利用へ

ナノチューブの研究が進展するにつれ、バルクのナノチューブの利用法(複合樹脂、FED等)から、ナノ加工技術と組み合わせた一本一本のナノチューブの特性の利用に研究はシフトしています。

2-1 エレクトロニクス 技術への展開

従来のシリコンを用いた半導体を凌駕する新しいナノチューブトランジスタとしての応用が期待されます。当研究センターでは、これまで蓄積した触媒技術、ナノチューブ合成技術を、このナノチューブデバイスの実現に向けて研究を実施しています。ナノメートルサイズの触媒微粒子をシリコン基板でアセチレンと反応させることにより、図4に示すような基板に垂直に成長した配向膜ナノチューブの合成に成功しています。この配向膜は電界放出型ディスプレイの電子源としての応用が期待されています。

この技術を更に発展させ、ナノチューブデバイスの実現のため、より

精密な成長技術の開発に取り組みました。当研究センターでは、レジスト材料に触媒を混ぜ、リソグラフィ技術で触媒パターンを形成するなどして、ナノチューブの成長が選択的に行えることを示しました(図5)。このような触媒反応を利用した微細配列化の開発により、ナノチューブを基板上で格子状に配列させて超微細な不揮発性メモリや電界効果トランジスタなどの実現が可能になります。

2-2 バイオ技術への展開

カーボンナノチューブは炭素100%で出来ており、細胞等の生体とのなじみが良く、そして、ナノチューブの電子デバイス応用のために開発した精密成長技術、位置・方向制御技術は、バイオ分野での様々な分野での応用の可能性を持っています。

例えば、走査型プローブ顕微鏡(SPM)の探針として、ナノチューブは優れた特性を持っていますが、分解能等で従来のSPMの限界をうち破るものと期待されている他、細胞操作技術への応用に大きな期待が集まっています。ナノチューブを化学修飾し、色々な分

子を接合し、DNA分離、蛋白質識別機能を持たせることが可能です。さらに、ナノチューブの内部空間を利用したドラッグデリバリーシステムの開発等にも期待が集まっています。

更なる発展に向けて

当研究センターが有するカーボンナノチューブ等のナノカーボン創製・加工技術と、産総研の他の研究ユニットが有するナノマテリアル加工技術、細胞組織プロセッシング技術等を融合すれば、更なる発展が期待できます。これらの技術の融合により、ナノカーボンの持つ優れた特性を引き出し、IT、環境、バイオ等の広範な産業分野での革新的製品の創製が期待されます。そしてこれらの研究活動の結果、我が国の産業競争力の強化に貢献する事を目的とする大規模なナノカーボンビジネス拠点を産総研内に構築出来ればと願っています。

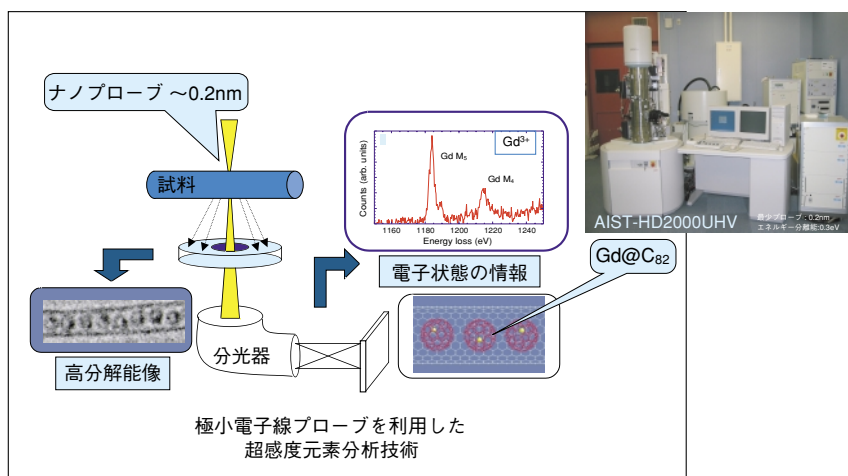


図3 新炭素系材料開発研究センターで開発したサブナノメートル領域構造解析システム

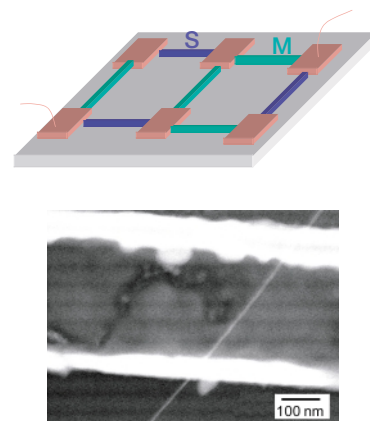


図5 カーボンナノチューブで演算機能の実現

カーボンナノチューブデバイスの模式図(S:半導体ナノチューブ、M:金属的カーボンナノチューブ)とリソグラフィ技術で作製した触媒パターンによるナノチューブ(触媒パターンの間を交差する単層ナノチューブ)

分子がつくる、もう一つの ナノチューブ

界面ナノアーキテクニクス研究センター 清水 敏美

白いナノチューブ

産総研では科学技術振興事業団との共同研究により、何百万個という分子が集まってできる有機ナノチューブ（正確には“脂質ナノチューブ”と呼ぶ）の組織化および利用技術に関する研究開発も推進しています。水中で白い繊維状の固まりとして確認できますので“白いナノチューブ”と名付けることができるかも知れません（図1）。このナノチューブ、本格的な研究は今始まったばかりですが、カーボンナノチューブにはない特徴を生かして将来、環境・エネルギー、バイオ分野において期待できるナノ素材なのです。

カシューナッツ殻油から つくる

この白いナノチューブ、我々が食用にしているカシューナッツを原料にしています。カシューナッツを包む固い殻部分は、殻油としてカルダノール、アナカルド酸、カルドールなどの多くの天然長鎖フェノール成分を含んでいます。驚いたことに、カシューナッツ殻油は精製され、重合、硬化、粉碎処理の後、自動車、電車や産業機械のブレーキディスクパッド（摩擦材）として使用されています。カシューナッツは再生可能な植物資源であり、食用から工業用に至るまで大きなカシュー産業の源になっているのです。我々は、このカ

シューナッツ殻油から採取できるカルダノール成分を疎水部に、単糖成分であるグルコースを親水部にもつ合成糖脂質分子をわずか2工程で合成しました。この分子構造は石鹸分子と同様で、親水部分を“頭”に、疎水部を“尾”に例えたオタマジャクシ型をしています。例えば白色粉末であるこの糖脂質分子5mgを、水を100ml含むフラスコ中に分散させ、100℃で還流し、そのあと、ゆっくりと室温まで冷却し放置すると、フラスコ一杯に、藻状の白いふわふわした繊維状物が現れます（図1）。この白い藻が実は小さな小さなナノチューブ構造の集まりなのです。

円筒層状構造

得られた藻状の物体を走査型または透過型電子顕微鏡で詳しく観察してみると、末端が空いた、内径が約10～15nm、外径が約40～50nm、長さが数十μm～数百μmの中空シリンダー状ナノチューブであることがわかりました（図2）。多層カーボンナノチューブやチューブリントタンパク質の集合体である微小管と内径、外径、または長さなどのサイズ次元が非常に類似しています。物理的素材といえるカーボンナノチューブや生物的素材である微小管を対象とした研究が非常に活発であるのに対し、化学的素材といえる脂質ナノチューブの研究プロジェクトは国内外

で唯一我々のみです。

それでは、分子はどのように組織化してナノチューブを形成しているのでしょうか？ 実は、分子は親水部を外側に向け、疎水部である長鎖炭化水素部位をお互い内側に挿入しあって二分子膜構造を形成し、それが3～4層円筒構造をとってナノチューブの膜壁を形成しています（図3）。長さが100μmのナノチューブで概算してみますと、数百万から数千万個の分子が分子間力のみで集合しているのです。さらに、このナノチューブの内外表面は水酸基が露出した親水性表面を提供し、カーボンナノチューブとは大きく異なり水溶媒との相性がよいことが想像できます。しかも、カーボンナノチューブのように、大型装置、真空、高温といった過酷な調製条件は必要ではなく、ビーカーと水さえあればどこでも非常に穏和な条件下で大量に製造できる利点を有しています。

金ナノ微粒子をナノ空孔中に 並べる

10nmサイズの親水性シリンダー状空孔は金ナノ微粒子の一次元組織化にとって好都合なナノ反応容器を提供することがわかりました。我々は、テトラクロロ金(III)酸水溶液を空になった脂質ナノチューブ中空シリンダー中へ充填し、そのナノ反応場中での紫外線照射反応により金ナノ微粒子を形成させ、

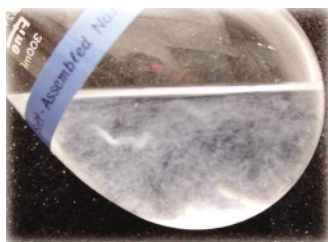


図1 フラスコ中で作成した脂質ナノチューブ

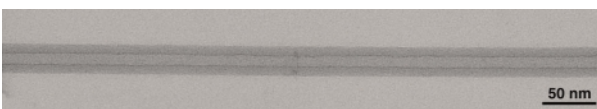


図2 脂質ナノチューブの透過型電子顕微鏡写真（現代化学（2003.5月号24頁）より許可を得て転載）

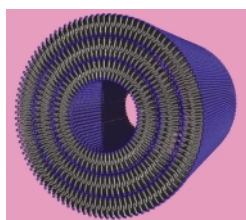


図3 脂質ナノチューブ中での分子充填模式図

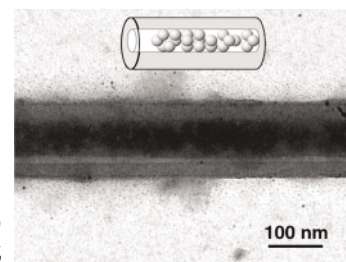


図4 ナノ空孔中での金ナノ微粒子の組織化

一次元的に組織化させることに成功しました(図4)。金ナノワイヤー構造の全周辺部が絶縁体の有機物に被覆されており、このままでナノ導線となり得ます。ナノリソグラフィー限界(約50nm)を越えて穏和な条件で配線化が可能な新しい一次元ナノ構造材料として大きな期待を与えています。

脂質ナノチューブでパターンを描く

独立した1本の脂質ナノチューブの力学的特性は全く知られていません。我々は、東京大学大学院新領域創成科学研究科伊藤耕三教授との共同研究により、水中でナノチューブ1本の曲げ弾性率を評価することに成功しました。その結果、脂質ナノチューブ1本のヤング率は700MPaであり、カーボンナノチューブよりずっと柔らかく、生体中の微小管1本の値、1000MPaと同程度であることを初めて明らかにしました。この適度な柔軟性をもつ脂質ナノチューブの特性を生かして、内径が約500nmの最極細ガラスキャピラリーの先端からナノチューブ1本ずつを基板上に押し出し、自在に配向・配置が可能なマイクロインジェクション法(図5)を開発しました。このように、脂質ナノチューブを用いると自由自在に基板上に線状パターンを描画することが可能になります(図6)。

シリカナノチューブをつくる

数nm以下のサイズをもつ分子単位が液体中で自発的に組織化して10~100nmの三次元ナノ構造をつくる仕組みは、ナノテクノロジーにおけるボトムアップ型手法として知られています。種々の分子構築単位を検討している中で、ある糖脂質成分が太さが約20nmの二重らせんひも状構造を形成する現象を見出しました。この複雑な形態をナノ鋳型に利用して、シリカの前駆体モノマーであるテトラエトキシシランを作用させゾルゲル反応を行い、続いてナノ鋳型部分を焼成、除去することにより、特徴ある二重ヘリカルシリカナノチューブを得ることに成功しました。現在、産総研では、棒状、らせん状、二重円筒状、多重円筒状、などの種々の有機系ナノ鋳型を利用することにより、特徴ある一次元無機ナノスペース材料を合成し、触媒担持やガス吸蔵などの性能評価を行っています。

径10~100nmのナノ流路として

脂質ナノチューブの径サイズは、カーボンナノチューブ(1nm~数十nm)よりは大きく、最極細ガラスキャピラリー(約500nm)よりは小さいという他の材料では真似のできないチューブ径分布をもっています。内面が親水性である脂質ナノチューブをナノ流路に例えてみましょう。DNAチップや電気泳動チップ

と呼ばれる数cm四方の基板上に作られた微小流路(内径が100 μ m前後)に比較して、内径では10⁴倍、容積で10⁸倍(長さは一定と仮定)さらに小さくなります。したがって、我々だけが創製できる有機または無機材料から形成可能な10~1000nm径の中空シリンダーをナノ流路やナノ反応容器に利用することでタンパク質やDNAなどの生体有用ナノ構造体の包接を利用した高速・高効率分離や高速反応に応用可能です。東京大学大学院新領域創成科学研究科澤田嗣郎教授との共同研究により、10~100nm程度の空間に閉じこめられた液相ナノ空間の特徴とその利用化研究を鋭意推進しています。

期待を込めて

ボトムアップ型手法はテラメイドの有機・無機ナノチューブを合成可能なキーテクノロジーです。これら新規なナノチューブが従来未知であった、ナノ構造体の包接能、ガス吸蔵能、弾性などを示すことが明らかになってきました。カーボンナノチューブ研究開発との大きな連携により広範なナノチューブテクノロジーが産総研で花開くことを期待しています。

参考文献

- 清水敏美(分担執筆)、平尾一之編、基礎から学ぶナノテクノロジー、東京化学同人、pp.124-139(2003)。
- 清水敏美、現代化学(5月号)、東京化学同人、No.386、pp.23-29(2003)
- 清水敏美、固体物理、38、377(2003)。

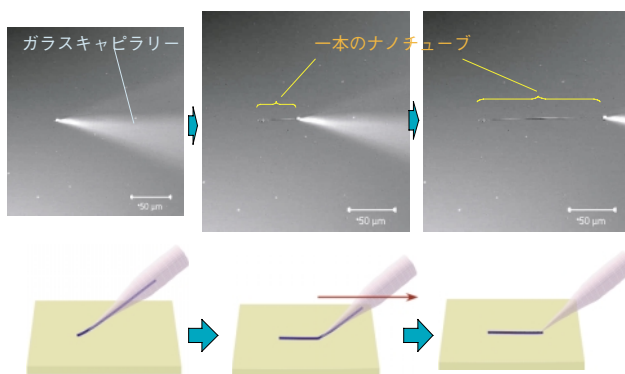


図5 脂質ナノチューブのマイクロインジェクション
(現代化学(2003.5月号28頁)より許可を得て転載)

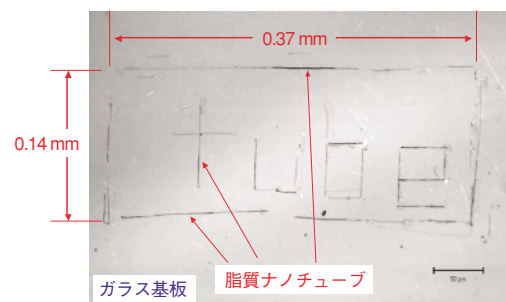


図6 脂質ナノチューブで描いた文字とフレーム
(現代化学(2003.5月号28頁)より許可を得て転載)

電子デバイスから見た ナノテクインパクト

エレクトロニクス研究部門 伊藤 順司

電子デバイスの寸法をナノメートルのオーダーにまで小さくしたらどうなるかについて述べたいと思います。デバイスを小さく作れば、単位面積あたりにたくさんのデバイスを詰め込むことができます、つまり集積度を上げることができます。また、デバイスの中で電子が走る距離が短くなるので動作スピードが速く（高速化）なります。これらは、寸法だけで決定される特性ですから、寸法を小さくした時の量的な効果としてとてもわかりやすく、現在のLSI技術の発展ルールとなっています。

さて、上で述べた「量」の効果とは違う、「質」の効果は発生しないのでしょうか。実は、「質」の違いを調べるのはとても難しく、単純に寸法を小さくしただけでは違いが見えてこないことが多いのです。並んだ原子の数を数えられるほどの微小な寸法領域では、原子1個分の凹凸があるだけで電子の運動が阻害され、本来見えてくるはずの物理現象が見えなくなるのです。従って、質的な違いを引き出すためには、原子1個以下のレベルの高い精度でデバイスの構造を作ることが必要です。

本稿では、エレクトロニクス研究部

門で行われているデバイス研究の中から、ナノメートルまで寸法を小さくしたデバイスではじめて見えてくる質的な違い（効果）を三つ紹介します。これらはいずれも、デバイスを構成する面や辺を、原子レベルの幾何学的精度で丁寧に作ったことで初めて見えてきた現象です。集積度などの量的効果は他の手段で代替することも可能ですが、質的效果は代替できません。すなわち、現在のデバイスでは実現できない特性の質的变化が起こってくる、というのが電子デバイスにおけるナノテクインパクトなのです。

トランジスタ性能の 極限がみえる

私たちは、ナノメートルの寸法を持つ極微小トランジスタ（MOSFET: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）の研究をしています。そこで提案しているのが、図1(a)に示す構造のMOSFETです。これは、電子が流れる半導体層（チャンネル）を両側からゲートで挟んだ構造をしており、構造の類似性からXMOS（ダブルゲート型MOSFET）と呼んでいるものです。

現在使われている平面型MOSFETで

は、例えば電子が流れるチャンネルの長さをどんどん小さくしていくと様々な問題が顕れてきます。最も大きな問題はリーク電流の増大です。ソースとドレインの距離が縮まるために、電子が勝手にソースからドレインに流れてしまうのです。XMOSでは、チャンネルが二つのゲートで囲まれているので、このような問題は発生しません。むしろ、小さくつくれば作るほど性能が上がるのです。ここでは、いかに小さなゲート電圧でいかに大きなドレイン電流を流せるかが重要です。具体的には、ドレイン電流を一桁変化させるのに必要なゲート電圧をサブスレッショルド係数（ s 係数）といいます、これが小さいほど性能が良いといえます。

私たちは最近、図1(b)に示すように、厚さが13 nm、幅が82 nmで理想的な矩形断面をもち、その側面（電子が流れる半導体表面）が原子レベルで平滑な極微小XMOSの試作に成功しました。その特性を調べた結果、図2に示すように、チャンネル厚さが薄くなればなるほど性能が向上し、13nmの時にはついに理論的に予測される性能極限に到達することを世界で初めて実証しました。これは、原子レベルで寸法、構造、

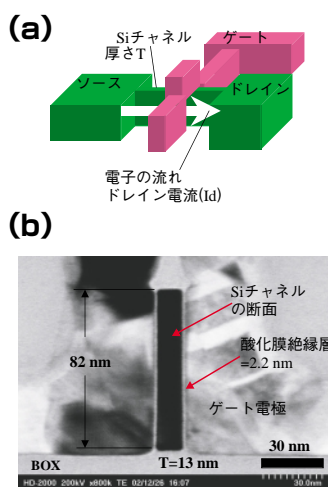


図1 極微小Fin型XMOSトランジスタの構造

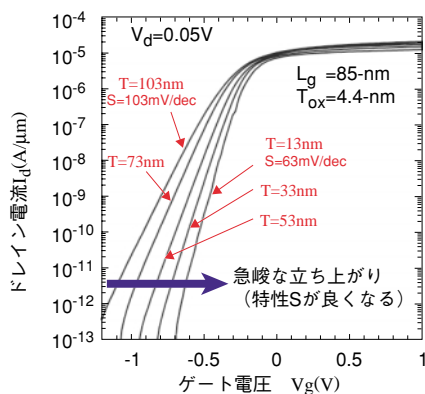


図2 図1に示したXMOSのデバイス特性

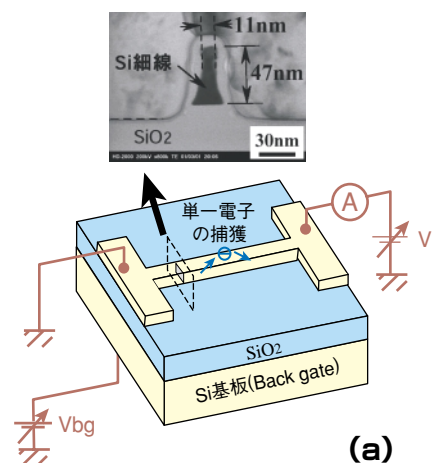


図3 極微小シリコン棒デバイスの構造と

形状を「正確かつ丁寧」に制御することで初めて達成されたもので、現状のデバイスでは実現できない質的変革といえます。

電子1個が見える

電子が電荷をもった粒子であるとする、1個ずつの振る舞いが見えるはず。日常の世界では困難ですが、デバイスをナノメートルまでを小さくするとそれが見えてきます。ここでは、シリコンの細い棒でできた簡単なデバイスでそれが見えるという例を紹介します。

用いた棒は、図3(a)に示すように断面の幅が約10nm、高さが約50nmの矩形をした長いシリコン棒です。この両端に電圧を、例えば0.1Vかけると電流が流れます。この状態で、図3(a)に示すシリコン基板の電圧を徐々にマイナス側に変化させていくと、図3(b)に示すように、電流が一定の範囲で大きくなったり小さくなったりします。この奇妙な電流の変化は、実は、基板側の電圧の影響でシリコン棒の表面に電子が1個付着したり、離れたりしていると考えると説明できます。つまり、棒の表面のどこかに1個の電子が付着すると、棒の中を流れる電子に対して反発力が

はたらき、電子の流れを阻害するために電流が減るといえるのです。これは、棒が極端に細いからこそ起こる現象であり、ナノテクがもたらす質的な効果といえます。

電子の波がみえる

最後に電子の波としての性質を活用するデバイスの例を紹介します。電子を二つの壁で囲み、その壁の間隔をどんどん小さくしていくと、二つの壁に反射された電子が波として重なったり打ち消し合ったりします。壁の距離を電子の波の大きさの整数倍にすると、反射する波が重なって互いに強め合い大きな波が発生します。一方、半整数倍にすると、互いに打ち消し合って波が存在しない、つまり、電子が存在できない状態になります。

この現象は、電子がもつもう一つの性質、極小の磁石（スピン）、を利用すると簡単に（室温で）見ることが出来ます。図4は、私たちが試作したデバイスの断面図を示していますが、ポイントは、非磁性層と称する領域に入った電子が上下の層（絶縁層と強磁性層）で反射され、上で述べた波の重なりや打ち消しが発生することです。この場合、電

圧を一定にして電子の波を一定の大きさに保つと、壁の間隔（非磁性層の膜厚）を少しずつ変えることで流れる電流が変化するはず。つまり、波が重なり合う膜厚では電流が大きくなり、打ち消し合う膜厚では減るはず。

実験の結果は図5に示したとおり、非磁性層の厚さを0から3nmまで丁寧に変化させると見事に流れる電流が波打つように変化しています。この現象は、デバイスを構成する一枚一枚の金属や絶縁層が原子1個レベルで平坦かつ平滑であることで初めてみえてきたもので、これもまた質的変革をもたらすナノテクのインパクトといえることができます。

参考文献

- (1) Y. X. Liu, K. Ishii, T. Tsutsumi, M. Masahara, H. Takashima and E. Suzuki, Proc. Device Res. Conf. (June 23-25, 2003, Salt Lake City, Utah) p.31.
- (2) T. Matsukawa, S. Kanemaru, M. Masahara, M. Nagao, H. Tanoue and J. Itoh, Jpn. J. Appl. Phys. 42(2003)2422.
- (3) S. Yuasa, T. Nagahama and Y. Suzuki, Science 297(2002)234.

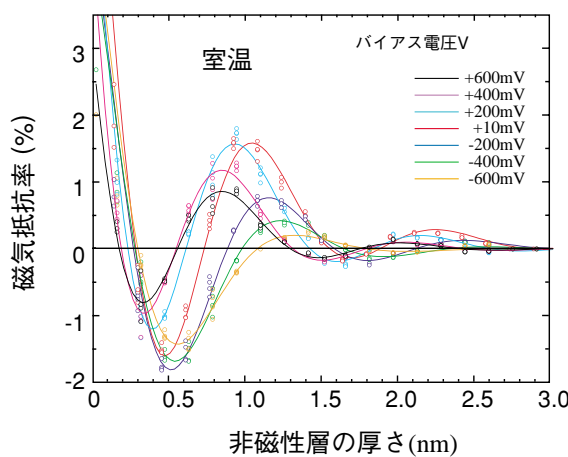
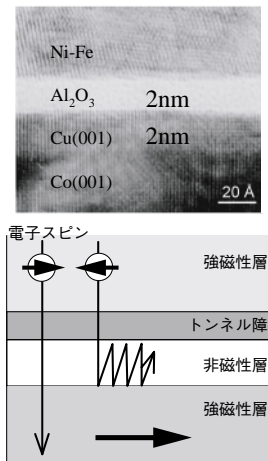
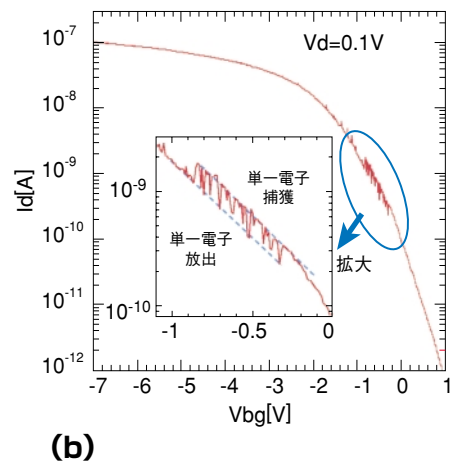


図4 電子のスピンを利用した電子波共鳴デバイスの構造

図5 図4に示したデバイスの特性

特性

環境対応ナノテク技術による化学物質のリスク管理

環境管理研究部門 指宿 堯嗣

近年、進歩が著しいナノテクノロジーは、環境技術分野においても多くの革新的技術シーズを生み出すことが期待されており、特に、「環境保全・エネルギー利用高度化材料」は総合科学技術会議において重点課題とされています。場当たりの環境対策が製造業におけるコスト上昇要因となり、ひいては我が国産業競争力の低下につながってしまわないように、ナノテク・シーズと市場ニーズのマッチングによって環境分野における高効率で革新的な技術を生み出し、市場規模の大きい「環境ビジネス」へと展開することも期待されています。

化学物質リスク総合管理は、化学物質リスク評価およびPRTRデータ、土壌汚染などの環境実態を十分に考慮しながら進めることが不可欠です。化学物質のリスク総合管理で重要なことは、管理に必要なコスト（監視・測定、処理に必要な装置、設備の価格、運転・保守に必要なエネルギー量や試薬類など）をできる限り小さくすることです。以下、監視・計測技術、使用工程・排出過程

での処理技術および革新的クリーン製造技術について、研究の動向と最新の成果を紹介します。

環境計測技術： オンサイト・リアルタイム型 環境計測機器の開発

化学物質に環境がどのように汚染されているかを知るために、環境計測はとても重要です。例えば、地下水や土壌の場合には、どこが何で汚染されているかを把握することにかかなりの手間と多くの測定機器が必要であり、過大なコストが発生します。簡易で選択性が高く、コンパクトな計測機器の開発が求められています。図1に示すように、水晶振動子にダイオキシン、トリクロロエチレンなどの化学物質を認識するタンパクや脂質などを修飾し、化学物質の捕捉による重量増加を振動数の変化から検出する簡易で高感度なセンサーが開発され、実用化が始まっています（写真1）。

さらに、マイクロチップシステム内の任意位置に電極を配列・集積化する技術、配列された個々の電極表面にナノ

レベルの構造体を形成し、その表面を生体機能性物質（レセプター、酵素、人工抗体など）で高密度に修飾、あるいは無機触媒で被覆する技術、個々の電極表面で反応・分離・検出等の機能を電気化学的に制御する技術を開発し、マイクロチップ内に生体の分子認識システムを再現することを目指しています。これにより、目的とする環境汚染物質を従来法よりも飛躍的に高感度・高選択的に分析できるシステムを開発することができます。

有害化学物質の使用・排出過程での処理と環境浄化技術の開発

従来の大気環境汚染物質（NO_x、SO_x、COなど）が化石燃料の燃焼に伴い発生、排出されるのに対し、トルエン、キシレン、ジクロロメタン等は中小規模の様々な事業所で溶剤、有機溶媒、洗浄剤として使用されており、家屋等におけるホルムアルデヒド（接着剤溶媒、樹脂）、p-ジクロロベンゼン（殺虫剤）も含めて、大部分が常温で環境に排出されています。

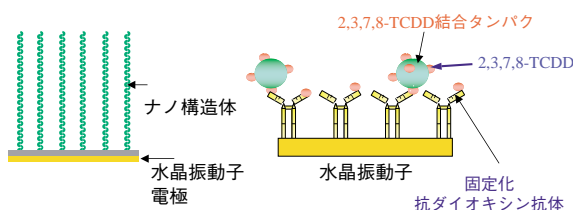


図1 高感度環境測定センサーの開発

水晶振動子、電極表面にナノレベル構造体を形成し、その表面をレセプター、人工抗体などの生体機能性物質などで高密度に修飾

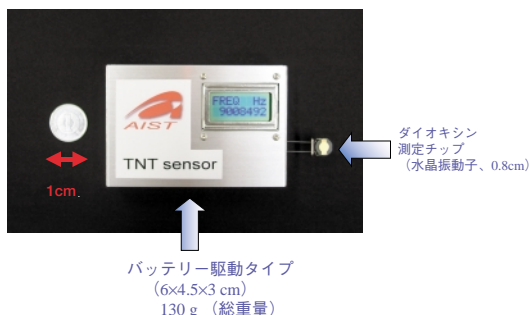


写真1 水晶振動子式ダイオキシン簡易測定装置



写真2 舗道に敷かれた光触媒材料

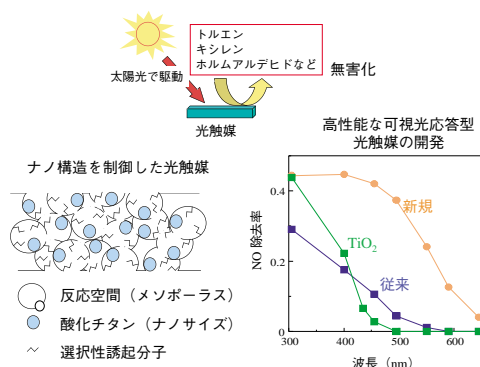


図2 高機能光触媒による有害化学物質の無害化

このため、なるべく常温に近い温度でこれら进行处理でき、コンパクトでエネルギー使用量（コスト）の小さい装置、システムの開発が必要になっています。

図2に示すように、光触媒は太陽光により励起され、常温で有害化学物質有機化合物を分解することができます。産総研内の3研究ユニットが協力し、可視光を利用できる新たな光触媒の開発や有害化学物質を選択的に吸着し、効率よく分解できる構造をもつ光触媒材料を開発しています。これらの材料を室内、屋外のいろいろな場所に使用し、環境を浄化する試みが始まっています（写真2）。洗浄剤、溶媒等の処理では、繊維状活性炭を直接電気加熱できる技術を開発し、従来の水蒸気加熱によるプロセスに比べてコンパクトでコストの低い処理システムの開発が進んでいます。

更に、選択的細孔内拡散機能をもつメソ孔 (>1nm) 材料と選択的吸着機能を有するマイクロ孔 (<1nm) を併せ持つナノ空間材料（シリカなどの無機系、シクロデキストリンなどの有機系、ハ

イブリッド系など）を合成する研究、また、複数の金属微粒子をナノレベルで複合し、高い活性をもつ触媒を開発しています（図3）。これらの材料を複合化し、有害化学物質を吸着・濃縮して、低温で分解できる触媒機能をもつ機能集積システムの構築とシステム化を目指しています。

革新的クリーン製造技術の開発

微細加工技術、ナノ構造制御技術に加えて、ナノスケールで化学反応の場を制御する技術を応用して、トルエンなどの有機溶媒や有機性塩素化合物などの使用量、排出量を削減するとともに、副生成物（無駄なもの、リスクのあるもの）をできる限り少なくしたプロセスの基盤を構築する研究をしています。例えば、図4に示すように、従来のプロピレンオキシドの合成には塩素が用いられており、塩化水素（HCl）と塩化カルシウム（CaCl₂）が副生成物になるのに対して、ナノ構造を制御した新たな触媒を合成、使用することで、酸素によってプロピレンオキシドを直接合

成できるプロセスが可能なことを見出しています。水素を選択的に透過し、活性化する機能を有するナノメンブレンを合成し、これらを組み合わせ構築したシステムでは、図5に示すように、ベンゼンからフェノールを一段の反応で合成できることが発見されています。従来のフェノール合成が多量の有機溶媒を使用し、副生成物が出るエネルギー消費型で環境への負荷が高いプロセスなので、新しいプロセスはナノテクノロジーで造られた触媒を活用することで環境にやさしい化学プロセスといえます。このように、ファインケミカル、スペシャリティ（医薬中間体等）、電子材料等を高効率で合成する選択酸化反応プロセスの実証化を目標にしています。特に、マイクロサイズで顕著な効果が現れているマイクロ化学プロセスを、ナノメンブレン、ナノ構造制御触媒などのナノテク技術と複合化することにより、革新的なインプラント型リスク削減プロセスとすることを目指しています。

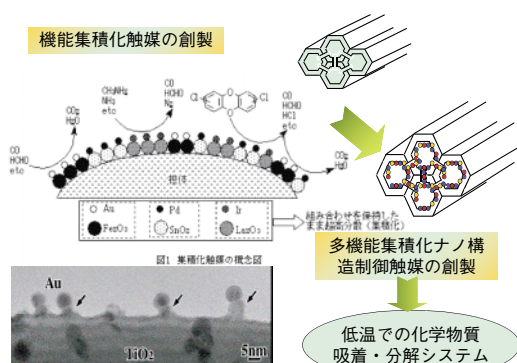


図3 ナノポア・ナノ構造を制御した触媒による有害化学物質の処理（環境調和技術研究部門）

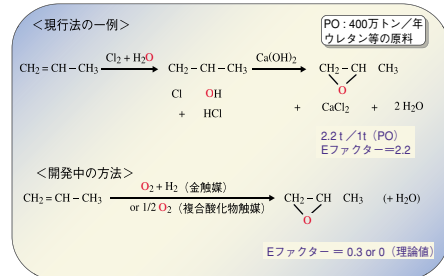
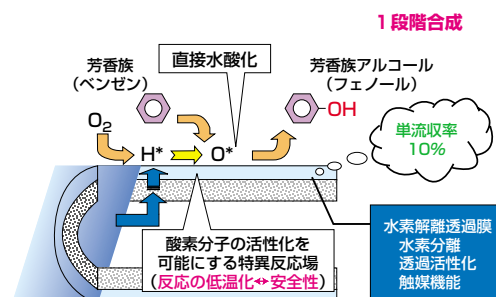


図4 プロピレンオキシド（PO）の一段合成プロセスの開発（環境調和技術研究部門）

図5 ナノメンブレンを用いるフェノールの一段合成プロセスの開発（メンブレン化学研究ラボ）



ナノテクノロジーの フロンティアを作る計算科学

計算科学研究部門 池庄司 民夫

ナノテクノロジーは、ナノメータサイズすなわち原子や分子あるいはその集合体であるクラスターから、分子素子や触媒などについてバルクにはない新しい機能をもつ物を作ろうとする技術と言えます。バルクにはない新しい機能というのは、実験の積み重ねで予測できる場合もありますが、計算科学からその発現機構とナノ構造が予測できれば、それを実現するのに非常に有効なサポートとなるでしょう。ナノテクにおいては、計算科学にそのような役割が期待されています。

ナノテクで実現しようとする機能には、デバイス、触媒、センサーなど種々ありますが、計算科学の立場からみますと、これら異なる機能を電子状態計算、分子動力学計算など比較的わずかな種類の計算方法で対応できます。このような計算科学の特徴から、計算科学には種々の異なるナノテク研究を融合化する役割も期待されています。

計算科学研究部門では、ナノテクを最重点課題として、それに必要な計算手法の開発と計算コードの高速化・高精度化を行っています。これらを使いやすい形に整備して公開する作業も行っています。当研究部門でどのような計算手法・プログラムを開発し、それらがどのようにナノテクの計算に利用されているかを紹介します。また、今後、どのような方向の研究が必要で、何が開発途上にあるかも紹介します。

電子状態計算 - 第一原理分子動力学 -

量子力学に基づいて電子状態計算を行い、原子の安定配置やダイナミクスを計算するのが第一原理分子動力学計算です。当研究部門では、このような計算のためのソフトウェアとして、STATEと名付けたコードを開発しています。このコードは、並列化による高速化、表面計算の高精度化、振動スペクトルの強度計算、磁性計算など他のコードにはない特徴を有しています。STATEを用いて、ギ酸の酸化チタン上での分解反応(図1)やその他のいくつかの基礎的な触媒系で、反応熱や吸着種の振動数・強度などについて、実験と良く一致する結果が得られています。STATEは、すでに共同研究を通して多くのグループで使われていますが、本年7月には、産総研の先端情報計算センターを中心に別途開発した統合ソフトウェアTACPACKに組み込んで、産総研内で公開されました。

STATEは、大規模・高精度の計算が可能ですが、計算時間は原子数の2乗から3乗に比例して増えますので、系が大きくなると急激に計算が困難になってきます。そこで、当研究部門ではリカージョン法に基づくユニークなオーダー(N)法(計算負荷が原子数の1乗に比例する方法)を世界に先駆けて開発中です。このプログラムはまだ並列化されていませんが、PC 1台で数百原子の計

算が可能です。すでにカーボンナノチューブやマンガンの多核錯体の計算などに応用されています。他のオーダー(N)法と比較して特徴的なことは、金属の計算にも使えることです。これまでに、第4列までの原子について計算できるようにしましたが、さらにプログラムを並列化して一般公開する予定です。

その他にも電子状態計算の方法としては、並列性の非常に良い有限要素基底を使った密度汎関数法や、タンパク質などの大きな分子に有効なフラグメント分子軌道計算法などを開発中です。いずれも、産総研のスパコンHitachi SR8000を用いて、高い効率の並列計算が可能なることを512cpuで実証済みです。フラグメント分子軌道計算法については、大規模PCクラスタを用いて、数千個の原子からなるタンパク質の構造計算を、2、3年以内に実現することを目標にしています。

電子状態計算の高精度化 - 電子相関の取込み -

密度汎関数法は非常に有力な方法で、広く用いられていますが、局所密度近似を用いるために、一部の電子相関を取り込めない問題があります。そのために、実用上重要な発光特性や光吸収、バンドギャップ、磁性等の計算結果に質的・量的な問題のことが多くあります。これらの電子相関問題を取り扱う理論的な方法を当研究部門で開発中

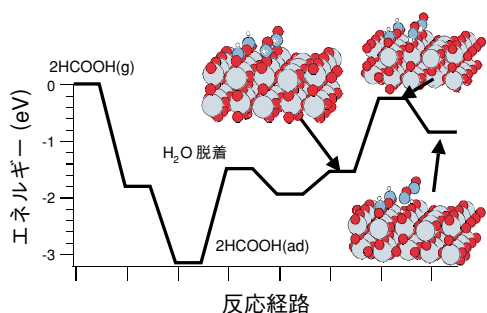


図1 ギ酸のTiO₂上の分解反応の第一原理分子動力学計算によるエネルギーダイアグラムと、各中間体の構造(東京大学との共同研究)

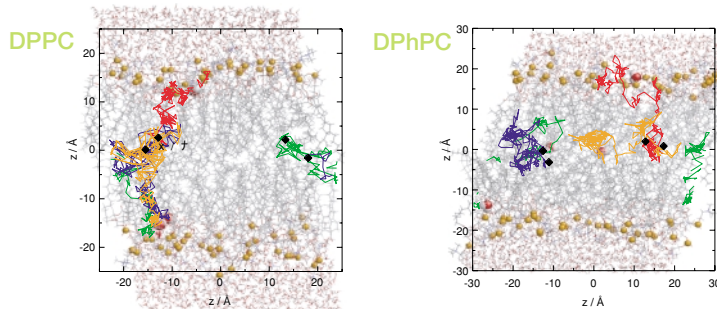


図2 脂質二重膜中の水分子透過の分子動力学シミュレーション

(水分子を炭化水素中(セルの中心領域)にいくつか置いて、そこから周囲の水の領域への拡散の軌跡を異なる色の線で表示した。側鎖のないDPPCによる膜では、良く透過するが、側鎖のあるDPhPCでは透過しにくいことがわかる。ナノテクノロジー研究部門との共同研究)

です。実用的な計算手法という面からは、膨大な計算時間がかかるという問題が残っていますが、すでに実験値を再現する手法を得ています。強相関エレクトロニクス、スピンエレクトロニクスやオプトエレクトロニクスの研究分野での電子・光物性を計算機でシミュレートする際に重要な武器になります。

分子動力学シミュレーション

有機FETや分子センサーを実現するにはまず、分子を表面に一定のパターンをもって並べる必要がありますが、その内の一つの方法として超分子化学などのウェットケミストリーの分野で発展してきた自己組織化法を使って自動的に並べることが考えられています。ところが、どのような分子構造の分子からどのように自己組織化した構造ができるかは、わからないことが多いのが現状です。このような場合に、分子構造から集合体の構造および機能を予想するには、分子動力学法が適しています。しかし、古典分子動力学計算を用いた構造予想には、いくつかの解決すべき問題点があります。一つは、分子間力をより正確に求めること、もう一つは、効率的なサンプリングを実現する方法、長時間の計算を正確に行う方法などを確立することです。このような手法開発で得られた高速かつ高精度なコードを用いた計算の一例として、図2に脂質二重膜の低分子透過のダイナミクスを明らかにした研究を紹介しま

す。我々は、このような分子集合体の予測技術を、実験系と共同して将来のナノ構造体設計システムへと発展させることを目標としております。

ナノスケールの伝導

半導体微細加工技術を始めとする原子分子加工技術の発展により、様々なナノスケール構造体を作製することが可能となってきました。ナノスケールの電子素子では、その材料の電子状態計算だけでは分からない特異な振る舞いが電気伝導に現れます。例えば、カーボンナノチューブは普通の銅線と違い見かけ上、電気抵抗の無い電線のように振舞う事を理論シミュレーションにより予言されています。最近、実験的にカーボンナノチューブでバリスティック伝導が観測され、この事が確認されました。一般に微細なスケールでは、量子干渉効果が電気伝導に重要な影響を及ぼすことが期待されます。我々は、このような問題を解決するために、適切なモデリングと電子状態計算を融合する理論シミュレーション技術を開発中です。この理論は、将来、ナノエレクトロニクスを切り開く上で重要となる回路CADへと発展するでしょう。

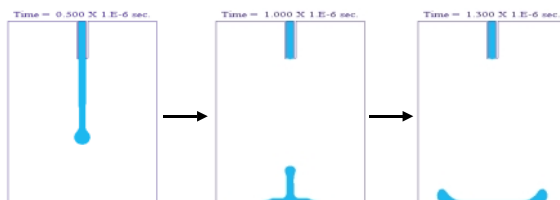
連続体シミュレーション

ナノサイズと言っても、ある程度大きく原子・分子を平均化して見られるようになると連続体の計算手法が使

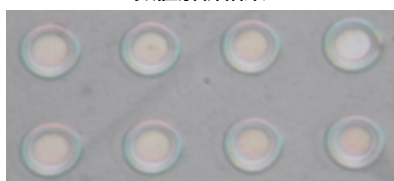
えます。例えば、金属やセラミックスの組織形成の計算に用いられるPhase Field法やVertexモデルなどがあります。さらに大きくなり、MEMSと言われる微小な機械部品や、ナノ構造を作る装置のシミュレーションでは、固体あるいは流体力学などの連続体シミュレーションを使いたいところです。しかし、このような微小な領域では、計算条件が通常の場合に比べて過酷で商用ソフトでは問題が解けないことがあります。例えば、ナノテクノロジー研究部門で開発中の微小インクジェットがその一例であり、インクがノズルからでるところで高速二相流の問題となります。当研究部門では新たな解法を開発して、図3に示すようにインクの着弾形状が実験と良く一致するようなシミュレーションを可能としています。

独自のソフトウェアへ

市販あるいはフリーウェア・シェアウェアとして流通しているソフトウェアを用いても、かなりの計算シミュレーションはできますが、本稿では新規の手法開発をどのような動機で行い、それらがどのように使われているかを紹介しました。商用ソフトウェアも、かつてはこのようにして開発されたものであり、今回紹介しました計算手法も、いずれ商用ソフトウェアに組み込まれて、あるいは独自のソフトウェアとして普及することでしょう。



数値解析結果



実験写真（着弾形状）

図3 インクジェットのノズルからのインクの放出および着弾のVOF法および新規の安定化法を用いた有限要素計算

（インクジェットを用いた圧電素子形成の実験結果とよく一致する。ナノテクノロジー研究部門およびスマートストラクチャ研究センターとの共同研究）

ナノテクノロジープログラムとNEDOのプロジェクト運営

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） 西田 享平

平成13年度に始まったナノテクノロジープログラムは、我が国経済の持続的発展に寄与する基盤技術の構築を図るとともに、ナノテクノロジー・材料分野において、10年後の世界市場を主導できる企業の創出に資することを目指しています。

ナノテクノロジープログラムは、ナノマテリアル・プロセス技術の9プロジェクト、ナノ加工・計測技術の4プロジェクトなどから構成されており、経済産業省の委託を受けて、NEDOはそれらプロジェクトの運営に当たっています。ナノテクノロジー・材料技術開発室は、ナノマテリアル・プロセス技術プロジェクトの全て、2つのナノ加工・計測技術プロジェクト、そして、本年度から始まった4つのフォーカス21プロジェクトを担当しています（詳細は図をご参照下さい）。

平成13年度のナノテクノロジープ

ログラム、ナノマテリアル・プロセス技術プロジェクト開始にあたり、当室は以下の運営方針をもって臨んでおり、プロジェクト委託先との契約にも反映させています。

1 企業化の徹底

- (1) プロジェクト第3年度終了時点までに、外部に対して試用に供することが可能なサンプルを少なくとも1点作製する。
- (2) プロジェクト内において、他の実施者の有する特許、ノウハウ等の実施許諾を求めることができる。

2 情報発信の徹底

- (1) ナノテクノロジーに関するメーリングリスト（Nano-Tech メーリングリスト）を運営し、内外ナノテック情報の発信に務めている（平成15年6

月現在メンバー数約760名）。また、NEDOホームページの充実に努めている。

- (2) フォーラム等を毎年開催して成果を公開するとともに、実用化に向けた調査・討論を実施する。
- (3) 国際的な人的ネットワークを構築し、情報交換、人的交流等を通じた研究開発・企業化の促進を図る。

3 研究管理の徹底とプロジェクト間の連携推進

- (1) プロジェクトリーダーに大幅な権限を与えるとともに、明確な数値目標を設定して研究管理を徹底する。
- (2) 「知識の構造化」プロジェクトを通じた各プロジェクト間の連携を図る。

本年度は、ナノメタル技術、ナノガラス技術、ナノ粒子の合成と機能化技術、ナノコーティング技術、そし

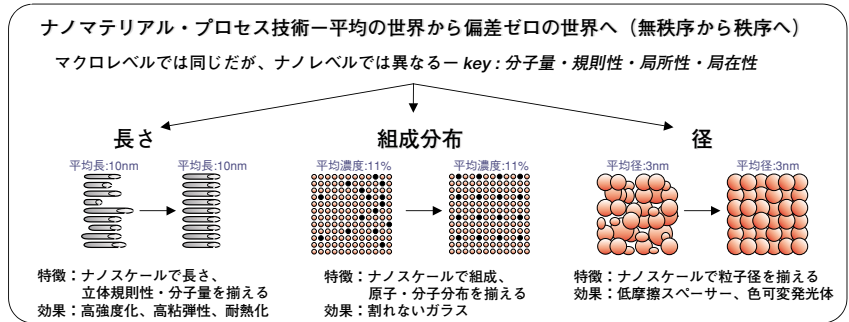
プロジェクト	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
精密高分子技術		← 1.3	11.5	9.5				→
ナノガラス技術	3 ←	6	6.2	4.3				→
ディスプレイ用高強度 ナノガラス				← 2.5				→
デバイス用高機能化 ナノガラス				← 2.6				→
ナノメタル技術		← 3	6.7	4.9				→
ナノカーボン技術/ ナノカーボン応用製品創製技術			← 7.5	12.7				→
カーボンナノチューブFED				← 8.1				→
ダイヤモンド極限機能				← 8.1				→
ナノ粒子の合成と 機能化技術		← 9	9.1	6.4				→
ナノコーティング技術		← 5	5.2	3.6				→
ナノ機能合成技術		← 2.5	3.6	2.5				→
ナノ計測基盤技術		← 2.3	2.3	1.6				→
材料技術の知識の 構造化		← 2.2	2.7	1.9				→
予算合計（億円）	3	43	54.8	68.7				

図 ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術+ナノデバイス・材料技術)研究開発期間及び予算額

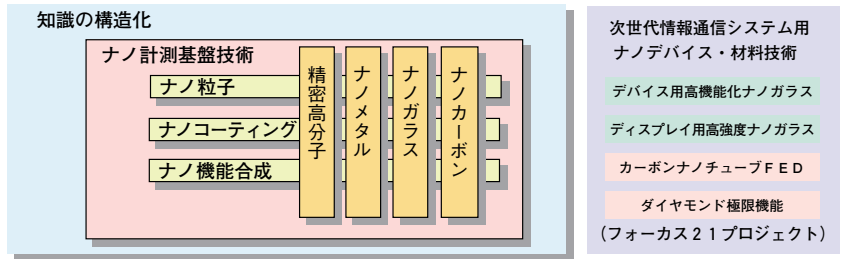
て、ナノ機能合成技術の5プロジェクトが中間評価を迎え、さらには全てのナノマテリアル・プロセス技術プロジェクトが、サンプル提供を義務づけた第3年度を迎えています。そこで本年度を評価の年と位置づけ、これまでのプロジェクト進捗状況の確認・見直しと、今後の運営方針・方向の決定を行います。

ナノテクノロジーは成果の企業化において、タイムリーで迅速な対応が不可欠なことから、情報交換および情報発信の徹底は非常に重要です。産業界においても、ナノテクノロジービジネス推進協議会の設立に向けた動きがあり、これに対してNEDOとして必要な支援をしていく所存です。さらに、評価の年である本年度は、昨年度と同様、国際展示会(nano tech 2004、東京ビックサイトで平成16年3月に開催予定)を積極的に活用して、ニーズ・シーズのマッチングを図り、ひいては新たなナノテク産業の立ち上げに資することを期しています。また、海外の展示会等も積極的に活用し、交流に務めます(Nanofair スイス、平成15年9月に開催予定)。

さて、ナノマテリアル・プロセス技術プロジェクトのうち4プロジェクト、ナノ加工・計測技術プロジェクトのうち2プロジェクトが、産総研の研究者をプロジェクトリーダーとしています。また、多くのプロジェクトに産総研の参加を得ており、それぞれに重要な役割を演じておられます。末尾になりましたが、今後もナノテクノロジープログラム・プロジェクトの推進のために、参加研究者各位の一層のご尽力をお願いする次第です。

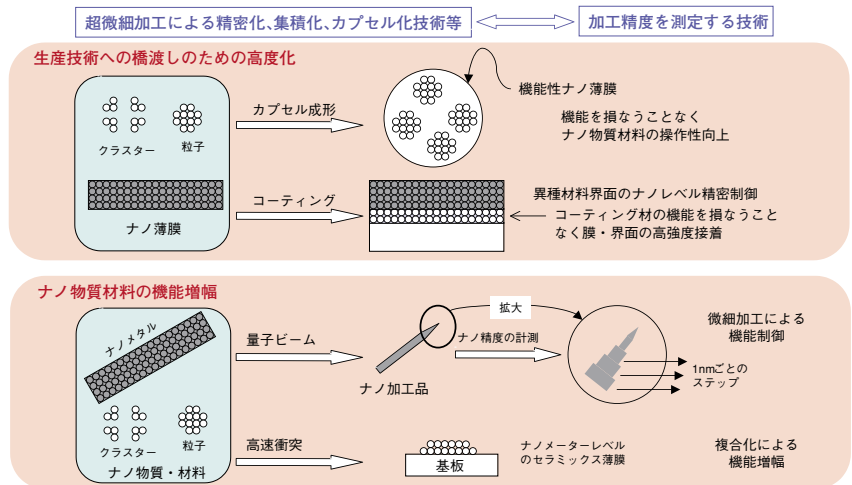


ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術) プロジェクトの関連



ナノ加工・計測技術のミッション 微小領域の秩序を損なわない/増幅させる技術

生産技術への橋渡しに向けての高度化やナノ物質材料の機能増幅のためのデバイス・システム化技術



- 機能性カプセル活用フルカラーライタブルペーパー
- 次世代量子ビーム利用ナノ加工プロセス技術 (産業技術開発室)
- 3Dナノメタル評価用標準物質創製技術
- ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術 (産業技術開発室)

ナノテクノロジーの経済的波及効果

株式会社 野村総合研究所 池澤 直樹

ナノテクノロジーが生み出す材料・素材、デバイスは、広範囲な機器や装置に使われる。この応用範囲が極めて広いということがナノテクノロジーの大きな特徴であり、その波及効果は極めて大きく、生み出される事業機会も多様である。波及の広さ、事業機会の多さを市場規模として試算すると、前提条件により巾があるが、2010年で20兆円から30兆円程度になる。以下に、いくつかの試算結果を示す。

エレクトロニクス分野では、新型ディスプレイ、二次電池や燃料電池、現在の半導体汎用メモリーのDRAMを置き換えるようなデバイス（例えば、MRAM：Magnetoresistive Random Access Memory）、磁気記憶装置、配線用材料などについて大きな市場規模が試算される。新型ディスプレイとしてはカーボンナノチューブを用いたアプリケーションの開発が勢力的に進められているが、このようなディスプレイの2010年での市場規模を試算すると約1800億円と試算される。また、携帯電話等に使われる二次電池あるいは自動車や家庭で使われる燃料電池については、カーボンナノチューブ・カーボンナノフォーンが用いられる製品

の市場規模として、二次電池で約1500億円、燃料電池で約1200億円の市場規模が試算される。MRAMもナノテクノロジーの代表的な応用であるが、2010年で既存のDRAMを代替して創りだされる市場規模は約1200億円と試算される。但しこの値は、予測時点ではDRAMの最新世代のみが代替されることを想定したもので、成長期を迎える前の規模である。

またバイオ分野に関連しては、ナノテクノロジーで作成するマイクロカプセルで薬を体内の患部まで配送するDDS（ドラッグ・デリバリー・システム）などで大きな市場規模が予想され、高分子化学に強みを持つわが国にとっての有望市場として期待されている。他方、例えば鉄やガラスといった既存材料分野でも、ナノテクノロジーを応用し、機能・性能を大幅に向上することが可能と期待され、この点に関連しても数多くの事業機会と大きな市場規模が予測される。例えば、2010年時点でナノテクノロジーが応用されるファインセラミックスとしては、約1000億円の生産規模が試算される。加えてナノテクノロジーは、光触媒や化粧品といった、生活に密着した製品分野でも新しい製品とその市場を生み出す。例

えば、光触媒やその他の環境保全用触媒については約700億円の市場が試算される。また、粒子サイズをナノスケールにした透明な日焼け止めやおしろいについては約450億円の市場規模が試算される。

上記で試算対象となった製品が、より加工度の高い、したがって多くの場合、価格が高く、市場規模が大きい製品に应用されることによって、ナノテクノロジー関連市場として先に示したような規模が試算されるのである。このような試算に反映されるのは、ナノテクノロジーの直接的な経済効果である。しかし、波及効果の及ぶ範囲はもっと広い。例えば、上記のような市場が顕在化される過程では、関連する加工・計測装置分野でも多様な事業機会が発生する。また、ナノテクノロジー分野には、産学官の研究開発機関の全てが、それぞれの特徴を活かしつつ取り組むことができるテーマを数多く見出すことができる。そして、その結果進展すると考えられる産学官連携の相乗効果の一つとして、多様なハイテクベンチャーが多数生まれることも強く期待できるのである。このことも重要なナノテクノロジーの経済的波及効果である。



ナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム

産総研をナノテク日本のインキュベーターに

ナノテクノロジー研究部門 横山 浩

ナノテクノロジーは、人類史に残る大変革をもたらそうとする技術です。人間の五感を超えた対象を扱うためには、どうしても大掛かりで高価な装置が必要で、しかもクリーンルームの清浄な環境で使わなくてはなりません。ナノテクノロジーはアイデアの世界です。研究者のちょっとした思いつきが大きな飛躍に結びつく、ダイナミックで夢あふれる研究分野であり、アトムプロジェクトなどで培ってきた日本の実力は世界に誇れるものですが、装置や施設の調達に壁となつて、折角のアイデアが日の目を見ずに埋もれていってしまうことが心配になります。ナノテク日本の本当の強さを引き出すためには、誰でもが必要な時に必要な装置を必要なだけ使えて、アイデアをスピーディに試してみることができる、共用のナノテク基盤設備が必要なのです。

ナノテクノロジー研究部門では、このようなナノテク技術開発の特徴を2001年の産総研発足当初から強く意識して、誰もが利用できる微細加工・計測の共用施設として産総研ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)を設立し、他の研究ユニッ

トとも協力しながら産総研内の研究者に開放してきました。米国では、全国スケールで、微細加工の共用施設ネットワーク(NNUN: National Nanofabrication Users Network)が稼動しており、ナノテクベンチャーの育成にも大きな実績を上げています。2002年には、日本版NNUNを目指して、文部科学省がナノテクノロジー総合支援プロジェクトを開始しました。ナノテクノロジー研究部門とAIST-NPFは、極微細加工・造形グループ(産総研、早稲田大学、東京工業大学、大阪大学、広島大学)の幹事機関として、ナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム(NPPP)の名のもとにナノテクノロジー総合支援プロジェクトの一翼を

担っています。NPPPでは、電子ビーム描画装置からプローブ顕微鏡まで、30種を超える先端的な微細加工・計測装置を産学官の研究者に無料で公開し、ユーザーの要望に応じて微細加工・造形サービスも提供しています。11名の専任スタッフが、装置のオペレーション、技術相談、依頼作製に迅速に対応する体制をとっており、ナノテクノロジー研究に取り組む方はどなたでも、NPPPホームページから申込みいただけます。現在、100名近くの外部の利用者が登録されています。今後は、さらに設備とサービスの充実を図りつつ、ユーザー教育の実施なども含めて幅広く日本のナノテクノロジーのバックアップに貢献していきます。

図 NPPP(文部科学省ナノテクノロジー総合支援プロジェクト)における極微細加工・造形支援の流れ。(支援成果写真提供:北陸先端技術大学院大学)



<http://www.nanonet.go.jp/japanese/> <http://www.nanoworld.jp/nppp/> <http://www.nnun.org/>

ナノテクベンチャー

型破りな変革を時代が求めている。日本の多くの組織システムに前代未聞の発想による変革が必要のようだ。産総研もそのトレンドの最中に存在している。先日懇談させて頂いた産総研の副理事長小玉氏によれば、1st STAGEの変革準備を調べ、2nd STAGEに突入するとのことであった。産総研に期待するひとりとして、筑波に「ナノテクパーク」という産学連携研究センターを設立し、つくばコミュニティーの一員となったひとりとして、また実際に産総研の研究者の方々との共同研究推進者のひとりとして一筆啓上申し上げたい。

三井物産は、サイエンス・テクノロジー・研究成果を種子とした新事業創出モデルそして新産業化メカニズムを模索している。世界的ブームのナノテクのKEYWORDであるINTERDISCIPLINARY APPROACHの成功モデルを目指し、研究開発子会社を設立した。

現在、様々なフィールドの研究者・技術

者が入社し、110名の陣容となった。約2年前、この船出に参画してくれた仲間一人が産総研出身であり、発足式には産総研より後藤産学官連携部門長にご来席頂き、今回のつくばナノテクパーク研究センター設立式にも田中理事はじめ多くの方のご祝辞を頂いた。実際、研究分野において当初から現在に至るまで産総研との共同研究がプロジェクトテーマの主軸のひとつである。

既存企業の多くは往年の活力を失いつつある。企業のREVIVEの処方箋として、新技術からの新事業創出モデルとしていくつかの切り口に期待が寄せられている。すなわち、産学官連携、知的財産立国化、大学発ベンチャー1000社構想など。この施策自体に誤りはない。しかし、クールに言ってしまうと、教育を抱える大学に依存するような企業では困るし、知的財産分野はこれまで影の存在であったためか人材不足であり、大学発ベンチャーという新零細企業群にBIG WAVEを期待す

三井物産株式会社 前野 拓道

るのは困難であろう。量のない質というものはない。産総研には量がある。つくばには量がある。あとは如何に目線をあげて一流モデルを構築し、具体的なアクションを日本全体に燎原の火たらしめるかであろう。

そのためには技術戦略論だけでは不十分であり、内部と外部を融合させたナレッジ戦略が不可欠である。学校システム、公的機関、自治体、ASSOCIATION、NPO、企業という組織体によるHIGH ACTIVITYなコミュニティーを陶冶し、情報文献を活かすシステムを構築し、小人的視野を排除した開放的な知財活用メカニズムを創出し、広く内外の協力を力強く意味化するネットワークを総合的に支援するナレッジマネジメントが重要である。つくばナノテクパークを核とする我がXNRIグループ(www.xnri.com)はコミュニティーの一員として出来るだけの貢献をしてみたい。

発展しつづけるナノカーボンの将来

新炭素系材料開発研究センター長 飯島 澄男

ナノカーボンの横断的 融合的研究

7月始め韓国ソウル国立大学でナノチューブ(CNT)に関する国際学会NT03が開かれました。毎年何回か開催されるCNT会議のなかで、この会議は物理系の参加者が多いことが特徴です。CNTの成長実験とシミュレーション、ラマン分光・光吸収・発光スペクトル計測による構造評価、電子物性、電子輸送、電子デバイスの製作と評価、ガスやバイオ分子吸着特性、FED(電界電子放出ディスプレイ)、走査プローブ探針、燃料電池への応用などにかかわる研究が発表されました。CNTに関する会議は今回に限らず基礎研究から応用研究、物理、化学、材料科学、など横断的発表が特徴です。

直径2nm、長さ6mmの ナノチューブの生成が可能 にする未来技術

一般的にナノテクノロジー(ナノサイエンス)の特徴はナノスケール物質系に特異な物理・化学現象や機能の積極的利用にあり、原子・分子レベルに基づく、もの作り、その観測、操作に必要な手段の開発、FEDに代表される具体的製品化の開発、として要約されます。CNTの基礎研究からはその直径やらせん構造の違いによる異なる電子物性の発現が理論的にも実験的にも検証されました。このところが通常物質系には見られないCNTの特徴であり、分子デバイス物理としての興味、更に未来のエレクトロニクス産業につながるポテンシャルが期待される所以です。

上記のNT03で注目された研究の一つは、Duke大学のLiuらによって報告された直径約2nmで長さ“6mm”に達する

単層CNTの生成でした。このCNTは成長方位も制御されるという画期的なブレークスルーといえるでしょう。この試料を用いれば、より正確な電子物性や電子輸送の実験が可能になること、多数のトランジスタの作成が可能になったこと示しています。更には、CNTの優れた機械的特性を活かした構造材料(束ねたロープの作成など)としての可能性がぐっと近づいてきた感があります。CNTの中心部にあるナノスペースを利用する応用では光導波管や超イオン伝導のガイドチューブなどが上げられるでしょう。これらの工業的応用はまだまだ先が見えませんがCNTのサイエンスは着実に進歩しています。

会議の中休みを利用して、筆者と4名の米国大学教授はサムソン先端技術研究所(SAIT)に招待されFED開発研究の現場を見学する機会を得ました。案内はFED開発の総責任者でありSAITの副社長でもあるDr.Jong Min Kim氏です。私には3回目の訪問ですが、2年前には6インチであったFEDが32インチフルカラーのTV画面に成長していました。サムソン側は2年以内の製品化を目指しているといっていました。CNTのFEDは現実のものになると確信した次第です。プラズマディスプレイ(PDP)は電気ストーブのように熱を発生しますが、FED画面のガラスに触れても、当然のことですが熱は発生しないことを確認しました。事実、設置されていたメータは消費電力が100W以下であることを示していました。

究極の特殊電子顕微鏡の 開発

最後にナノテクノロジーの展望として、私の個人的興味による研究を簡単に紹介します。1959年の“ファイマン先生の講演”にも述べられているように、ナノテクではナノスケール材料の計測手段の同時進行開発が必須です。これに便乗するわけではありませんが、われわれは究極の元素分析装置と称する特殊電子顕微鏡を開発しています。すでにCNTのナノスペースに挿入された一つの原子の検出に成功しています。ナノテク材料分野では、CNTに似たカーボンナノホーンの製造方法と燃料電池電極への応用について研究を進めています。また、ナノ炭素材料の生体との親和性を利用するバイオテクノロジーへの応用も研究開発の視野にいれています。具体的には特定DNA塩基配列が呈示されたバクテリオファージを、ナノ炭素表面に吸着させその選択吸着特性を評価しています。



産総研のナノテクノロジー 技術開発の展望

研究コーディネータ 五十嵐 一男

「本格研究」を ナノテクノロジーから

産総研では現在、急速に変化する社会ニーズに対応するため、細分化された個々の知識領域を融合させるという経営方針が策定され、シナリオから引き出される具体的な研究課題に分野の異なる研究者が幅広く参画できる総合的な体制を確立し、「第2種基礎研究」*1)を軸に、「第1種基礎研究」*2)から開発にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進しつつ、産学官連携機能をこれに関係させることで迅速に産業技術の発展に寄与することを目指しています。本格研究は、産総研のように幅広い研究分野を、1つの研究所の中に擁しているところの強みが発揮できる体制であり、ナノテクノロジーはその中核技術の1つとしての期待を担っています。

ナノテクノロジーから ナノインダストリーまで

ナノテクノロジー研究の推進に当たっては、従来型の研究よりも、分野融合からの新たな発想が強く求められていること、明確な目標に向けて集中的な取り組みが必要であること、強力なリーダーの下で研究者同士の緊密な連携が図られること等が重要なポイントであると言われていきます。産総研はナノテクノロジー・材料・製造分野の他に、ライフサイエンス、情報通信、環境・エネルギー、計測標準といった研究分野を擁しており、ナノテク分野以外の研究者と融合的な共同研究を実施しやすい環境が整っています。上記の研究分野との融合的な共同研究を推進し、ナノテクノロジーからナノインダストリーともいうべき産業基盤の確立を目指す研究を進めています。また、産総研は、

計算科学に携わる豊富な人的資源を擁していることから、ナノテクノロジーに関わる研究への積極的な参画を促し、独自の研究スタイルが構築できるよう検討を進めています。

激しい開発競争に対応した スムーズな技術移転を

研究成果の技術移転は産総研にとって重要な課題です。ナノテクノロジーは、わが国の産業競争力強化の切り札の1つとされている以上、明確な目的をもって実用化・産業化を展望した研究推進が必要です。ナノテクノロジーは長期的な展望の下で取り組む課題が多く、また、その必要もありますが、基礎研究の成果がすぐに実用化につながるが多い分野でもあることも確かです。産総研では、研究実施部隊である研究ユニット、実用化・産業化を進めるに当たって必要となる知的財産や、最も相応しい産業界へ橋渡しをするTLO（産総研イノベーション）などの産学官関係、ベンチャー開発戦略研究センター等とが密接に連携を取りながら、実用化の高い研究成果の探索から、その具体化までのプロセスに迅速に対応できる体制を整え、ナノテクノロジーのように競争が激しい分野においてもスピード感のある技術移転を目指しています。

ナノテクノロジーの 飛躍的發展を目指して

ナノテクノロジーを飛躍的に発展させるためには、そのための人材育成や産業界への積極的なアピールが必要であると考えています。ナノプロセスング・パートナーシップ・プログラムや革新的MEMSビジネス支援プログラムによる、産業界の研究者の方々への最新のナノ加工・計測装置の操作技術やノウハウ等の技術的

支援をより一層進めるとともに、産総研の研究成果や研究シーズを産業界の皆様にも広く知っていただくために、ナノテク関連の各種フェアへの出展や講演会等を積極的に開催して行くことを企画しています。

これまで述べてきましたように、ナノテクノロジーは、トップダウン型にしるボトムアップ型にしる、超微細な計測・加工・評価やナノ空間制御といった極めて特異な技術に基づいた分野であり、このような技術がナノテクノロジーの発展の鍵を握っています。また、一見、サイエンスに重点が置かれたもののように思われがちですが、産業技術に直接的に影響を与える技術であり、実用化・産業化、ベンチャーの立ち上げ等が隣り合わせに存在することも他の産業技術と大きく異なる点です。

産総研では、これまで世界に先駆けてアトムテクノロジープロジェクトを立ち上げ、ナノテクノロジー分野におけるパイオニア的な存在として世界を先導し、様々な成果やノウハウを蓄積してきた実績があります。その中で、ナノテクノロジーが、単なるハイテクの世界にとどまることなく、省エネルギー技術や環境調和技術への展開、新たなバイオ技術の発展や高品位部材を生み出す独創的な生産技術でもあることも明らかにしてきました。今後も、これまでの研究実績を活かしつつ、ナノテクノロジー産業の発展に貢献すべく更なる飛躍を目指します。

*1) 第2種基礎研究：特定の経済的・社会的な必要性（ニーズ）のために、既に確立された複数の普遍的な知識（理論、法則、原理、定理など）を組合せ、観察、実験、理論計算を繰り返し、その手法と結果に規則性や普遍性のある知見および目的を実現する具体的な道筋を導き出す研究をいう。

*2) 第1種基礎研究：未知現象を観察、実験、理論計算により普遍的な理論（法則、原理、定理など）を発見、解明、形成するための研究をいう。

世界最高温度(27℃)で強磁性を示す 半導体新材料(Zn,Cr)Teの開発に成功

磁性体と半導体の機能を併用するスピントロニクス素子の実現に道を開く

産総研エレクトロニクス研究部門では、II-VI族半導体ZnTeに磁性元素Crを多量に導入することにより、世界最高温度(+27℃)で機能する強磁性半導体物質(Zn,Cr)Teの合成に成功した。従来の強磁性半導体物質の強磁性発現温度は最高でも-100℃程度に留まっていたが、今回の成果はこれを大きく上回るものである。電気的特性に関しても通常の半導体的な特性を保持しており、応用上重要なキャリア制御が可能であることが期待される。また、可視光に対して透明であり、光学応用として適した材料である。今回の成果は磁性体のメモリ機能を有する新しい電気・光信号処理機能半導体素子(スピントロニクス素子)実現の道筋を拓くものである。

新機能素子の実現を図る

－例えば待機電力ゼロへ－

将来の高度IT社会を支える技術として、電子の電荷とスピン両方の性質を同時に取り入れて、新機能素子の実現を図るスピントロニクス技術が大きく注目されている。その理由は、今後メモリ機能を利用する電子・光デバイス開発が必須であることが明白であるからである。例えば、現在、コンピュータや家電製品の待機電力の増大が深刻になっている。これは、電荷のみを利用している現在のメモリ技術が抱える本質的な問題である。ここで、不揮発性メモリの導入が可能ならば待機電力ゼロのコンピュータ等が実現されよう。このような不揮発性を有する電子・光機能素子の実現のためには、磁氣的機能と半導体的機能を併せ持ち、

かつそれらの機能が互いに強く結びついている新材料の利用が不可欠とされている。このため、強磁性を示す半導体物質の研究開発が世界的に盛んに行われている。現在までにInAsやGaAsをベースにその一部をMn(マンガン)イオンで置換した(In,Mn)Asや(Ga,Mn)Asにおいて強磁性特性が実現されている。しかし、それら物質の強磁性キュリー温度は約-100℃に留まっている。

「新しい強磁性体」の発見

従来の磁性半導体では磁性イオンとしてもっぱらMnを用いてきたのに対し、我々のグループではCr(クロム)に着目して独自の磁性半導体物質の開発を行い、強磁性の可能性を追求してきた。II-VI族半導体をベースとし、そのZn

図1 (Zn,Cr)Teの磁化曲線

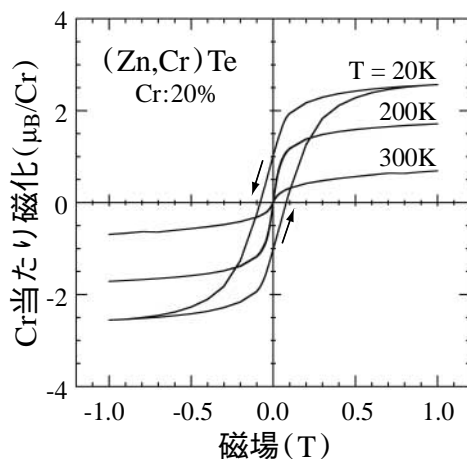
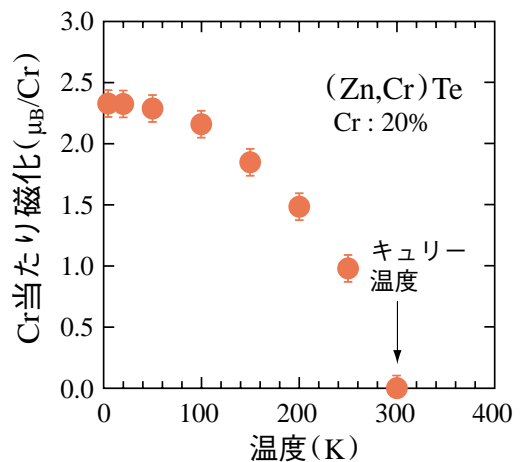


図2 (Zn,Cr)Teの磁化の温度依存性



イオンをCrイオン置換した(Zn,Cr)Teもその一つである。この物質は自然界には存在しない非平衡物質であり、その合成は容易ではない。我々は蒸着法の一つである分子線エピタキシー法を用いることにより、高品位 (Zn,Cr) Te の合成に取り組んだ。しかし、その開発は困難を極め、既に開発着手より約10年が経過している。この間、我々は成長条件の吟味や装置の改良を行うことにより、問題点を一つ一つ克服してきた。また、新材料開発と平行して強磁性半導体新材料の評価手段(磁気円二色性分光法)をも独自に開発した。以下に具体的な成果を列挙する。

(1) 世界最高温度の強磁性キュリー温度(+27°C)を有する半導体物質 (Zn,Cr) Te を実現

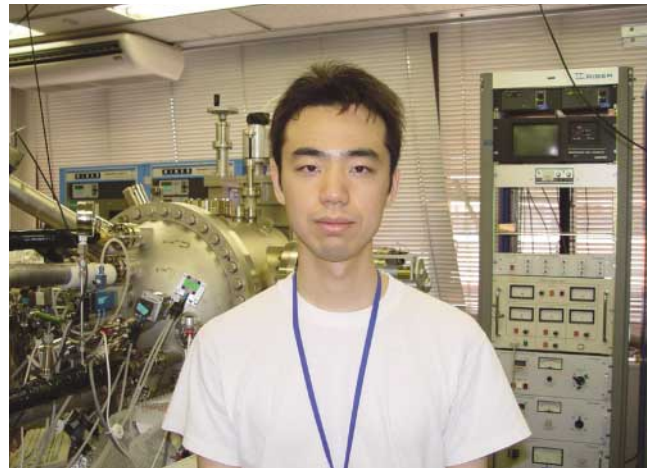
図1はZnの20%をCrで置換した(Zn,Cr)Te試料の-253°C(20K)、-73°C(200K)および+27°C(300K)における磁化曲線である。低温で明確なヒステリシスを示すことから、この試料は強磁性物質であることが明らかである。また、室温付近(300K)でも強磁性の特徴が明確である。磁化の温度依存性(図2)より、この試料の強磁性キュリー温度は300Kであることがわかる。この値は現在までに強磁性半導体あることが確認されている(In,Mn)Asや(Ga,Mn)Asの強磁性キュリー温度を大きく上回る(図3)。

(2) 半導体的な電気伝導特性を示す初めての強磁性半導体

従来のIII-V族ベースの強磁性半導体は多量のホール(10²⁰/cc)の導入により強磁性を実現している。このためその伝導特性や光学特性は半導体的というよりは金属的であり、半導体的な応用が困難であった。(Zn,Cr)Teの電気伝導は半導体的であり、半導体デバイス実現に不可欠なキャリア制御が可能になると期待される。

(3) 可視光を通すワイドギャップ半導体ZnTeを母体とする光学応用に適した材料

II-VI族半導体は光デバイス材料としての実績がある材



世界最高温度で強磁性を示す半導体新材料 (Zn,Cr) Teの開発に成功したエレクトロニクス研究部門 齋藤研究員。後ろは(Zn,Cr)Te膜作製装置(分子線エピタキシー装置)。

料である。(Zn,Cr)Teの母体半導体であるZnTeも波長550nm以上の黄、赤などの可視光に対して透明であるため、(Zn,Cr)Teも光学応用に適した材料として期待される。

(4) (Zn,Cr) Te が真性の強磁性半導体であることの証拠となる、磁氣的機能と半導体的機能の相互作用の検出に成功

近年、多数の“室温強磁性半導体”の報告があるが、本質的な室温強磁性半導体として認知されている物質は無い。その理由は、磁性半導体の最大の特徴である磁氣的機能と半導体的機能の強い結び付き(sp-d交換相互作用)が確認されていないためである。今回、磁気円二色性分光法と呼ばれる独自の評価技術を用いて(Zn,Cr)Teにおけるsp-d交換相互作用を検知することに成功し、同物質が本質的な強磁性半導体である確証を得た。

更に新しい物質系の開発へ

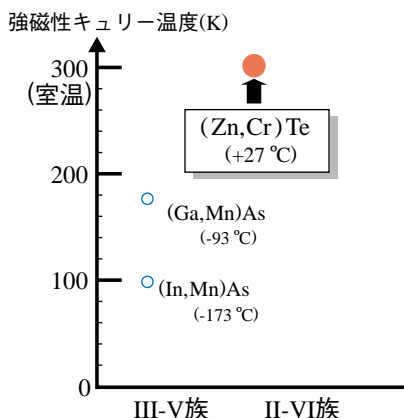
更に結晶成長技術を高度化し、より高い強磁性キュリー温度を実現すると共に、半導体デバイスへの応用に不可欠なキャリアドープ技術を開発する。これにより、不揮発性を有する電子・光機能素子の実現を目指す。また、(Zn,Cr)Teの強磁性発生機構には基礎科学的な面からの注目も強いいため、その解明を行い、その成果を基に更に新しい物質系を開発する。

● 本研究の成果は国際的にも大きな反響を呼んでおり、米国物理学会発表のPhysical Review Letters誌に掲載された。

● 問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所
エレクトロニクス研究部門
スピントロニクスグループ 齋藤 秀和
E-mail : h-saitoh@aist.go.jp
〒305-8568
茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第2

図3 強磁性半導体の強磁性キュリー温度の比較



持続可能社会の構築を目指して

地球温暖化新評価指標提案

地球の温暖化問題を解決するためには、平成6年に公布された「気候変動に関する国際連合枠組み条約」第二条に明記されているように、大気中に含まれる温暖化ガスを安全な濃度で安定化させることが特に重要である。この目的の達成のためには温暖化の原因とされる化合物が大気中に放出されたときに、その化合物が大気中から除去されるまでを考慮する必要がある。しかし、現在フロン等の代替物の温暖化評価は100年を基準にしているため、100年以上大気中存在する大気寿命の長い化合物に関する十分な評価がなされていない。大気寿命の長い化合物には温暖化の主要な原因である二酸化炭素が含まれるために、100年間のみの評価では代替物の選択に大きな誤差が生じる。このような状況から現在の温暖化評価に持続可能性を導入した新評価手法が必要と考えた。

新規な評価指標開発に取り組み、温暖化ガスの大気濃度を安定化させる概念としてSGWPを考えた。この概念は大気中への放出量と大気中での分解量を釣り合わせることで大気濃度を一定に保つ考え方であり、長期間の評価を必要とする。この概念に基づき、二酸化炭素を評価期間にかかわらず常に“1”とする現行の温暖化係数(GWP: Global Warming Potential)の代わりに、二酸化炭素の100年間の温暖化効果を常に“1”と

基準にして100年間以降も評価する新しい指標である積算温暖化効果(IWE: Integrated Warming Effects)を算出し提案した。表にIWE値の一部を示す。IWEにより、これまでできなかった異なる積算期間での温暖化効果比較、異なる特定期間の温暖化効果比較、無限大の評価期間の評価が可能となった。IWEは100年間以降の温暖化も化合物が無くなるまで評価できるのである。この評価手法は持続可能社会の構築に最適な評価法といえる。

IWEを用い大気中に放出した温暖化物の効果と使用機器のエネルギー使用量を合わせて評価する手法を積算総量温暖化効果(ITWE: Integrated Total Warming Effects)と名づけて評価を行った。その結果を図に示す。図は持続可能社会の構築には、代替化合物の温暖化係数よりも性能や効率が重要であることを示唆し、従来のGWP(100年値)を用いた評価順位と逆転する場合が非常に多いことが明らかとなった。つまり、エネルギー効率、二酸化炭素の100年以降の温暖化等を考慮することで、GWPの大きい含フッ素化合物が炭化水素などのGWPの小さい化合物よりも地球環境に優れるケースが多いことが明らかになった。間接的な温暖化効果を適切に評価することで、後世により良い地球環境を残せるように、この評価手法が役立つことを望む。

	期間(年)	CO2	CFC-12	HCFC-22	HFC-134a	CF4	HFE-245cb2	HC-C5
IWE	20	0.3	3039.7	1383.8	995.7	1140.9	574.7	0.9
	100	1.0	10600.1	1700.5	1300.8	5700.0	580.9	3.1
	500	3.2	16657.0	1702.0	1303.6	28386.4	582.8	10.1
	1500	7.2	16771.5	1704.1	1307.1	84314.5	586.4	22.7
	∞	60.0	16778.5	1728.1	1347.2	2850000.0	631.1	186.7

※ GWP (100年) は、IWE100年にほぼ等しい。

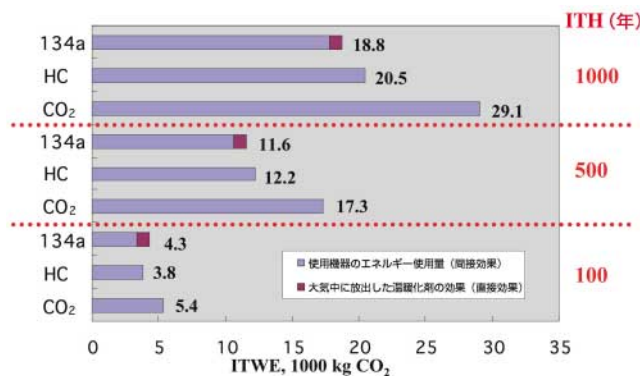


表 代表的なIWE計算例

20年から無限大の期間でIWEを計算した。無限大値は二酸化炭素を60と仮定して計算した。

図 カーエアコンでのITWE評価(北米)

左の各冷媒を用いた場合を100年から1,000年まで計算。100年と1,000年では各冷媒の温暖化効果の順位が異なる。「Ref.75966 A.D.Little社, Cambridge, MA, P.E-9, 2002」より計算を行った。



せきや あきら
関屋 章
akira-sekiya@aist.go.jp
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー
研究センター

関連情報

- 1) 関屋 章, 未来材料, 1 (6), 30 (2001).
- 2) A.Sekiya: Earth Tech. Forum, Proceeding, Washington DC, (2003).

森林の二酸化炭素吸収量を連続計測

地球上の陸地の約3分の1は森林に覆われている。森林は地球大気中の二酸化炭素をどれだけ吸収しており、その吸収能力は将来どのように変化する可能性があるのだろうか。この質問に答えるには、次のような三つのことを知る必要がある。第一に現在の森林はどれだけの炭素を蓄えているか(炭素プール)、第二に森林と大気は単位時間あたりどれだけの炭素交換を行っているか(炭素フラックス)、第三に森林の炭素プールとフラックスを変化させる重要な過程(プロセス)は何か、である。

当研究部門大気環境評価研究グループは、特に東アジアの森林を対象として、森林直上の二酸化炭素フラックスを無人計測する技術を開発すると同時に、得られた実測データを用いて森林の炭素循環プロセスを解明するための研究を進めている。測定には空気中の乱流による拡散理論に基づく「渦相関法」と呼ばれる方法を用い、気象観測用のタワーを用いて樹木の上で三次元の風速と二酸化炭素濃度を高速で測る。そして上下方向に空気が混合する間に二酸化炭素濃度が激しく変動する様子を計測し、風速と濃度変動の相関関係から二酸化炭素フラックスを算出する。計測装置(写真)の開発では、日射や風雪を受けて気温が-30℃から+30℃以上に大きく変動する野外環境下で、安定した動作と精度の高い乱流計測を可能にする小型装置を実現した。取られたデータからより正確に炭素収支

を算出する解析手法については更に研究が進められている。

現在、当研究グループでは、岐阜県高山、北海道、中国東北部、タイ、インドネシア、カナダなどのさまざまな森林で渦相関法による長期連続計測を行っている。取得した実測データは、森林炭素収支のモデル化や、気候変動に伴う炭素収支の変化予測などの研究に用いられると同時に、産総研の先端情報計算センターから一般にも公開されている(図)。これまでの研究により、日本の温帯落葉広葉樹林では1ヘクタールあたり年間およそ1~3トンの炭素が吸収されること、そしてその吸収量は日射量や気温といった気象条件の違いに応じて年々大きく変動することなどが明らかになってきた。

近年、陸上生態系での温室効果ガスフラックスに関する世界的な観測ネットワーク(FLUXNET)がつくられ、アジアにおけるネットワーク(AsiaFlux)の構築も進められている。2002年度には、森林総合研究所、北海道大学北方生物圏フィールド科学センターほか国内外の研究グループと協力して、測定手法の相互比較を行うと同時に、日本、中国東北部、シベリアに広がるカラマツ林で炭素収支を同時観測する研究が始まった。私達は国内外の研究グループと連携し、東アジアの森林が地球の炭素循環に果たす役割を総合的に解明することをめざしている。



写真 二酸化炭素フラックス計測装置の一部



図 陸域生態系における温室効果ガスフラックスのデータベース



さいぐさのぶこ
三枝信子
n.saigusa@aist.go.jp
環境管理研究部門

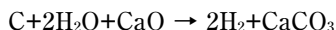
関連情報

- 共同研究者：山本 晋, 近藤裕昭, 蒲生 稔, 村山昌平, 王 輝民, 岩下広和 (環境管理研究部門)。
- N. Saigusa, S. Yamamoto, S. Murayama, H. Kondo, and N. Nishimura: Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 112, 203-215 (2002).
- 陸域生態系における温室効果ガスフラックスのデータベース <http://www.aist.go.jp/RIODB/PXECO/>
- 本研究は、環境省地球環境研究総合推進費「21世紀のアジアにおける科学的陸域炭素管理に向けた統合的炭素収支研究」により実施している。

木材からの直接水素生産技術の開発

バイオマスは再生可能な資源であり、また再生時に大気中の二酸化炭素を吸収することからカーボンニュートラルである。最近の地球温暖化の懸念から、また化石資源枯渇の観点から、化石資源代替として有望である。本研究は、将来の水素社会を目指し、バイオマス、木材から直接水素を生産する技術を開発するものである。

「二酸化炭素吸収ガス化」とは、炭素資源(石炭、石油やバイオマスなど)を水蒸気を用いてガス化する反応場に、二酸化炭素吸収剤(カルシウム)を添加し、発生する二酸化炭素を吸収剤に吸収させることで、水素を主成分とするクリーンガスを直接生産する手法である。理論式は、



である。この原理は財団法人石炭利用総合センターと産総研の共同研究で見出した日本独自の技術で特許取得も進んでいる。

これまでに、日量10kgの木材を処理するベンチ試験装置の設計を終えて建設中であり、平成15年度夏から稼動する予定である(図1)。基礎試験の結果からは、他の炭化水素資源(石炭、重質油等)と反応性が大きく異なると共に、理論水素量に近いクリーンガス(水素とメタン)が得られることが分かった(図2)。図中の二酸化炭素は吸収剤に吸収された二酸

化炭素の量であり、生成ガス中には二酸化炭素は検出されない。

吸収剤の再生($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$)プロセスに必要なエネルギーも含めて、1tonの木材から、約1,000立方メートルのクリーンガスが得られると試算され、また、楽観的な経済性試算では、天然ガスから生産する水素よりも高くはなるが、電気分解により生産する水素よりも安くなり、競合できる価格である。今後、ベンチ試験装置の運転を通して、技術的、経済的目処を得る予定である。吸収剤再生プロセスから出てくる CO_2 は元々バイオマスが光合成により固定化した CO_2 であり、放出しても大気中の CO_2 を増やすことは無く、化石資源代替分の CO_2 削減に寄与することになる。さらに、高濃度の CO_2 が得られることから、これを固定化すれば一層の CO_2 削減に寄与することもできる。

当研究ラボでは、経済産業省の補助金により、財団法人石炭利用総合センター、中国電力株式会社、広島大学と共同で、バイオマスに特化した二酸化炭素吸収ガス化の開発を開始した。国際的に重要な課題であることから、米国再生可能エネルギー研究所、ハワイ大学、スペイン・サラゴサ大学との国際的な協調により進めている。

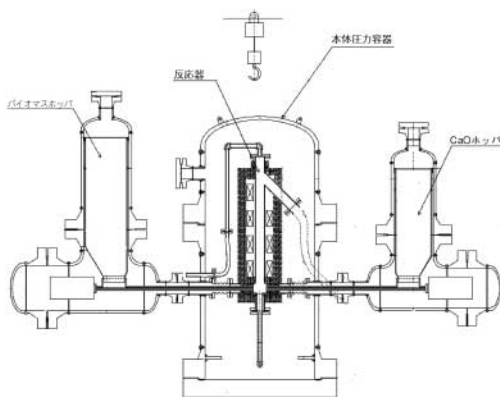


図1 ベンチ試験装置の概要
加圧容器内部に反応器を設置するシエル方式を採用。平成15年度夏に稼動予定。

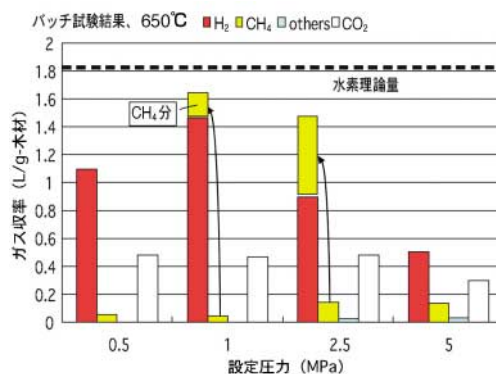


図2 バッチ試験結果の一例
理論量に近いクリーンガス(水素とメタン)が得られた。図中の CO_2 は吸収剤への吸収量。



みのわ ともあき
美濃輪智朗
minowa.tom@aist.go.jp
循環バイオマス研究ラボ

関連情報

- 林 石英、鈴木善三、幡野博之、原田道昭：化学工学論文集 25 (3), 498-500 (1999).
- CCT Journal 第4号 (2002.11) .
- 日刊工業新聞 平成15年4月17日 .
- <http://unit.aist.go.jp/biomatech/baio.htm>
- 美濃輪智朗ら、花岡寿明ら、第12回日本エネルギー学会大会、2003年7月30日(発表予定) .

新規ナノポーラス炭素・金属酸化物複合体の合成に成功

高性能ガス吸蔵体の創製

我々は、メタンの貯蔵・輸送に有効な高性能メタン吸蔵体の開発研究を進めている。壁の極めて薄いナノ構造体は空間的にガス吸着・貯蔵に有利であるにもかかわらず、その合成技術に関して系統的に研究された例は殆どない。本研究では、グラファイトを前駆体として使い、壁の極めて薄い吸蔵体、或いは一枚の壁だけを持つような究極的な吸蔵体の開発を目指している。今回、グラファイトを酸化して得たグラファイト酸化物にソフト化学的なナノプロセッシング技術を適用し、高表面積の炭素/シリカ複合体の合成に成功した。この複合体は構造中に薄いカーボン壁と小さいシリカ粒子が混在し、カーボン壁の疎水的な性質と活性なインタカレート種(金属酸化物)の特性を同時に生かせるため、新規吸蔵体や触媒としての応用が期待される。

複合体は、以下に示すコロイド・界面化学/ソフト化学的な手法と炭素化プロセス等を複合した手順で合成した。(1)グラファイト酸化物を弱アルカリ性溶液中に分散して単層に剥離したグラファイト酸化物ナノシートの安定系コロイド溶液を作成した。(2)次に、長鎖界面活性剤を加え、界面活性剤のインタカレーションにより層間を予備拡張したグラファイト酸化物を固相状態で得た。(3)予備拡張した層間にテトラエトキシシランを導入し、加

水分解させ、架橋剤のネットワーク構造を作った。(4)さらに、不活性雰囲気下で加熱処理し炭素の層構造を保持しながら成孔化させた。

図1の高分解能透過型電子顕微鏡像で見られるように、550℃で炭化処理して得た多孔性複合体には一枚あるいは数枚の層の間に小さな粒子が形成され、ネットワーク構造の形成が確認される。ラマン分光法、X線光電子分光法及び固体核磁気共鳴法により、これらの層及び粒子が、それぞれ乱れ構造を持つ微小グラフェン構造体およびシリカ(SiO₂)粒子であることを確かめた。図2に示した77 Kにおける窒素吸着等温線を解析して得た複合多孔体の比表面積は、1100 m²/gであった。また、図2に示すようにメソポアを持つ一方で、平均ポアサイズが1.1 nmであり、よりブロードな細孔径分布のミクロポアも同時に含有した。この多孔性複合体のメタン吸着量はゼオライト類と同程度であった。現在、調製条件を詳細に検討し、メタン吸蔵性能のさらなる向上を図っている。

今回開発した複合多孔体の水に対する親和性は親水的なシリカゲルと疎水的な活性炭の中間にあり、メタン吸蔵体としての利用だけでなく、特殊吸着剤や触媒としての利用も期待される。

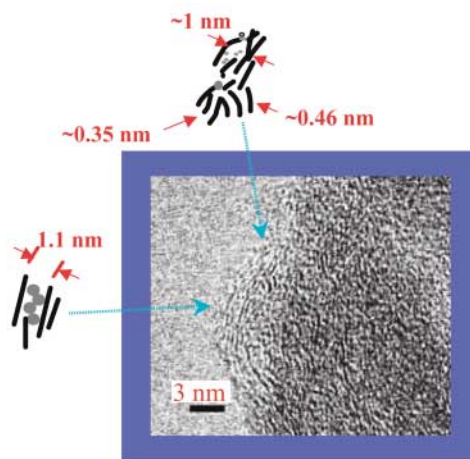


図1 ナノポーラス炭素・シリカ複合体のTEM像

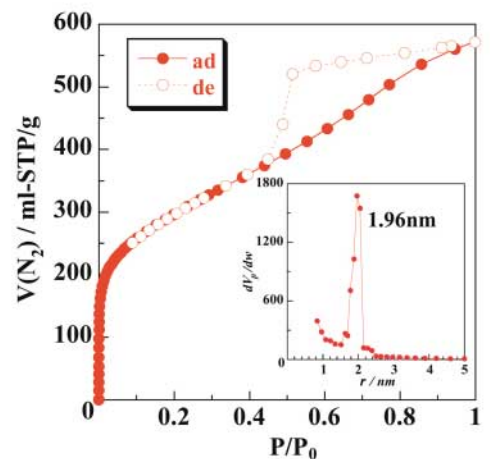


図2 ナノポーラス炭素・シリカ複合体の77Kにおける窒素吸着等温線及びポアサイズ分布



おう せいめい
王 正明
zm-wang@aist.go.jp
海洋資源環境研究部門

関連情報

- Z. M. Wang, K. Hoshino, M. Xue, H. Kanoh, and K. Ooi: Chem. Commun., 1696-1697 (2002).
- Z. M. Wang, K. Hoshino, K. Shishibori, H. Kanoh, and K. Ooi: Chem. Mater., Vol. 15 (in press).
- <http://www.nanostructure.jst.go.jp/>
- 本研究は科学技術振興事業団さきがけ研究21との共同研究で得られた成果の一部である。

新VOCセンサ材料の開発

近年住宅の高気密化に伴い、建材、家具、塗料、接着剤などから放出されるVOC(揮発性有機化合物)によるシックハウス症候群が問題となっており、室内におけるVOCモニタリングに対するニーズが高まっている。しかしながら、従来のVOC検出器では、ガス選択性に乏しい、検出時間が長い、大型である、あるいは高価であるなどの問題点を抱えており、現場での簡便な各種VOC測定を可能とするリアルタイムモニタリング小型センサデバイスの開発が望まれている。

我々はこのようなニーズに応えるため、ラテイスコンポジットのコンセプトに基づき新しいセンサ材料を開発した。ラテイスコンポジットとは、物質の結晶格子を機能発現のための最小単位として考え、異なる機能を持つ物質を結晶格子レベルで複合化し機能調和させることにより、元の物質に比べはるかに高い機能あるいは新規な機能を示す材料の創製を目的とする技術である。複数種の結晶格子の複合化は、複数種の機能をナノレベルで複合化することに対応する。VOCセンサ材料の開発では、ラテイスコンポジットの概念を無機化合物のみならず有機化合物にも拡張し、センサ材料に必要な分子認識機能と信号変換機能をそれぞれ有機化合物と無機化合物に分

担させることで高い選択性が実現出来るのではないかと考えた(図1)。今回このコンセプトに基づいて、無機層状化合物である酸化モリブデン(MoO_3)の結晶層間にポリピロール(PPy)がインターカレートした有機無機ハイブリッド材料($(\text{PPy})_x\text{MoO}_3$)を作製した(図2)。

この化合物の室温における1000ppm濃度の各種VOCガスに対するセンサ感度(R_g/R_a : R_a は空気中での抵抗値、 R_g はガス雰囲気中での抵抗値)を評価した(図2)。代表的なVOCであるホルムアルデヒドとトルエンに注目すると、ホルムアルデヒドに対しては明確な応答を示すのに対して、トルエンには応答しない。VOCに対するセンサ応答は可逆的であり、VOCガスが存在しない雰囲気に戻すと電気抵抗値は初期値に戻るため、リアルタイムモニタリングのためのセンサデバイスへの応用が期待できる。さらに特徴的な点は、有機化合物と無機化合物の組み合わせの多様性であり、この組み合わせを変化させることで、特定VOCガス種のみに応答するセンサ材料が創成できる可能性がある。

今後は有機化合物と無機化合物の組み合わせを種々変化させ、高感度化を含めさらなる高性能化を図るとともに、耐久性についても様々な評価を実施していく予定である。

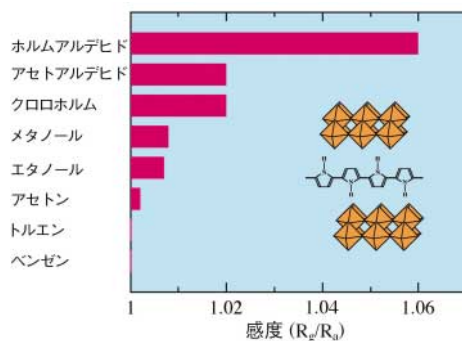
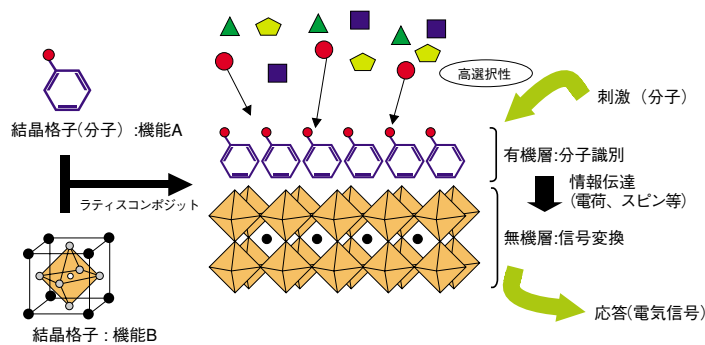


図1(上) ラテイスコンポジットのコンセプトに基づく有機無機ハイブリッドセンサ

図2(左) $(\text{PPy})_x\text{MoO}_3$ の結晶構造の模式図と各種VOCガスに対するセンサ感度



まつばらいちろう
松原一郎
matsubara-i@aist.go.jp
シナジーマテリアル研究センター

関連情報

- 共著者：細野幸太、村山宣光、申ウソク、伊豆典哉
- 「新しいVOCセンサ材料を開発」(プレスリリース) 2003.5.7 発表。
- 松原一郎、舟橋良次、マテリアルインテグレーション, Vol. 13, 67-71 (2000).
- http://unit.aist.go.jp/synergy/jpn/j_res-t4.html

サブマイクロビームの照射で光電子分光スペクトルを取得

EUPS・マイクロビーム光電子分光装置の開発

材料・デバイスの開発には、機能や性質を發現する電子状態の分析が重要であり、その最良の分析手法である光電子分光法(PS:Photoelectron Spectroscopy)の重要性が高まっている。ところが、X線を光源とするXPS装置は10-30 μ mの空間分解能しかなく、ナノテクノロジーの発展のために、PSのサブ μ m分解能化が望まれる。

光子エネルギーと放出される電子のエネルギーの差から、電子の物質中での束縛エネルギーが求まるが、精度の高いPSスペクトルを得るには、光源と電子の両方に、高精度の分光が必要である。二つの分光が必要な「暗い」分析法なので、明るい光源が必要であり、サブ μ m分解能の実現には、「明るさ」を数桁以上大きくする必要がある。

産総研では、パルスレーザー生成プラズマを光源にするPSを考案した¹⁾。極端紫外(EUV)光を光源とするPSであるので「EUPS」と名付けた。EUPSでは、プラズマから線スペクトルを発生させて分光器を使わないで単色化し、飛行時間法で電子分光するが、この二つの工夫により、サブ μ m照射に対応する「明るさ」が確保できる。図1に示すように²⁾、線スペクトルによるSiウエハーの広い領域の照射で、Siの化学シフトが識別できるが、他のスペクトルで、0.5 eVのエネルギー分解能が実証できている。

多層膜を成膜した凸面鏡と凹面鏡を組み合わせたシュバルツシルト集光光学系(SO)を用い

て、EUV光をマイクロビーム化して照射すれば、微小領域の分析ができる。現在開発中のシステムでは、パルス幅3nsで繰り返し100Hzのレーザーをターゲットに照射してプラズマを発生させ、その像を、2m先に置いたSOで試料上に結像照射して、光電子を発生させる。縮小率1/50のSOで直径1 μ m弱のマイクロビームが得られている。試料から放出される電子を磁気ボトルの磁力線に巻き付けて高効率で捕集し、70cmの距離を飛行させた後にMCP検出器で検出し、光電子の電流波形を記録する。マイクロビーム照射の32ショットの積算で、図2に示すPSスペクトルが得られている³⁾。

連続スペクトルを発生するTaプラズマを光源とし、波長16nm用多層膜の反射スペクトルで2eV程度にしか単色化していないため、図2のスペクトルのエネルギー分解能は2-3eVである。次は、線スペクトルをマイクロビーム化する技術を開発し、マイクロビームと高エネルギー分解能を同時に実現する予定である。

さらに、Siなどの元素が見えるようにマイクロビームの波長を12nm以下に短波長化し、また大口径試料に対応できる電子捕集技術を新たに考案し、種々の試料が観測できるようシステムの高度化を図る計画である。100 μ m分解能および10 μ m分解能の装置であれば、必要な技術は既にほぼ完成しているもので、1~2年内の製品化を目指している。

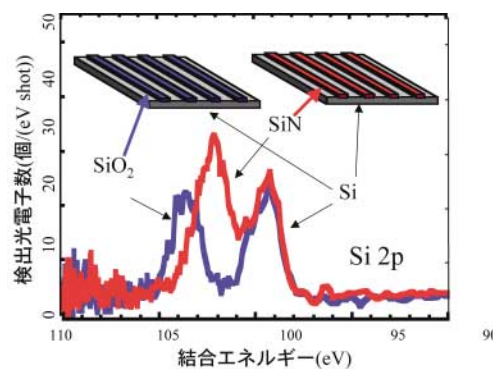


図1 ストライプ状のSiNあるいはSiO₂があるSiウエハーの数mmの領域を、4.8nmの単色光で照射して得られたEUPSスペクトル²⁾
他のスペクトルで、0.5eVのエネルギー分解能が確認されている。

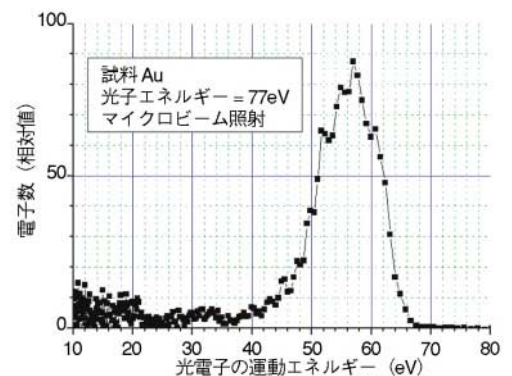


図2 マイクロビーム照射で得られたEUPSスペクトル³⁾
僅か32ショットの積算。試料はAu。Taプラズマからの連続スペクトルを波長16nm用の多層膜で反射させただけなので、励起光のスペクトル幅は2eV程度である。



とみえとしひさ
富江敏尚
t-tomie@aist.go.jp
次世代半導体研究センター

関連情報

- 共同研究者：錦織健太郎（次世代半導体研究センター）
- 1) 特許第2764505号「電子分光方法及びこれを用いた電子分光装置」（富江敏尚）.
- 2) H. Kondo, T. Tomie, H. Shimizu; Appl. Phys. Lett.72 (1998) 2668.
- 3) 錦織健太郎他 第63回応用物理学会学術講演会(2002.9.24) 24p-T-14.
- 本研究は文部科学省科学技術振興調整費により実施した。また一部は、NEDOから委託されて実施した。

新世代型密封セルによる平衡水素三重点の実現

温度計は、生活、産業、研究と様々な場面で広く利用されている計測器である。私たちが利用している温度計の目盛は、国際的に合意された1990年国際温度目盛(ITS-90)に基づき設定されている。このITS-90の低温度領域(図1)は、主に純物質の三重点からなる定義定点と、それらの定点間を補間する白金抵抗温度計や気体温度計により実現される。これらの定義定点は、試料物質が完全に密封された金属製セル(密封セル)を用いることで実現出来るが、密封セルの製作過程で不純物が混入すると三重点温度は大きく影響を受けてしまう。そこで産総研では、試料ガスの汚染を抑制し、かつ、密封操作を容易化した新世代型の密封セル(図2)を開発し、これまでにこのセルを用いてITS-90の定義定点である平衡水素三重点、および、アルゴン三重点の精密測定に成功している。

ところで、平衡水素三重点には二つの問題点があることが近年明らかになってきた。一つは、核スピン状態が異なる水素分子の異性体(オルト水素、パラ水素)の間の熱平衡状態を得るために用いる触媒によりその三重点近傍の比熱に異常が現れ、三重点温度の精密測定を阻害していることである。もう一つは、試料水素の

同位体組成の違いにより三重点の実現温度に0.7 mK以上の差が出ることである。

前者の比熱異常は、産総研(旧計量研)において他国の標準研究所に先駆けて寒剤を使用しないGM冷凍機を用いた装置により長時間精密測定を可能にしたことにより明らかになった。更に最近、上記新世代型密封セルとGM冷凍機を用いた装置により比熱の精密測定を行ったところ、比熱異常は、一部の固体水素のサイズが多孔質状の触媒の微小な孔に閉じこめられることにより制限されてしまうために、その融解温度が低下することに起因することを強く示唆する結果を得た。そして、触媒の量が多いときにはその異常のために数mKにわたって広がっていた融解曲線の幅が、触媒の減量により0.1mK以内になることを示し、平衡水素三重点の温度値の精密測定(0.1mK以内の不確かさ)には触媒の減量が有効であることを明らかにした(図3)。

一方、平衡水素三重点の実現温度値の国際的な整合性をとるためには、二つ目の問題点である三重点温度の同位体組成依存性を明確にすることが必要である。現在そのために国際比較が進行中であり、産総研も新世代型密封セルによりその国際比較に参加している。

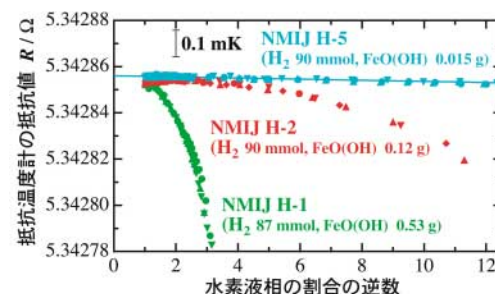
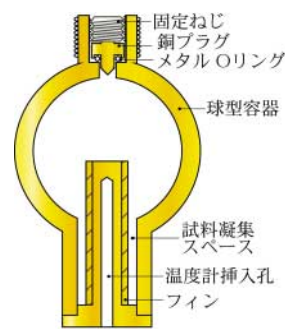
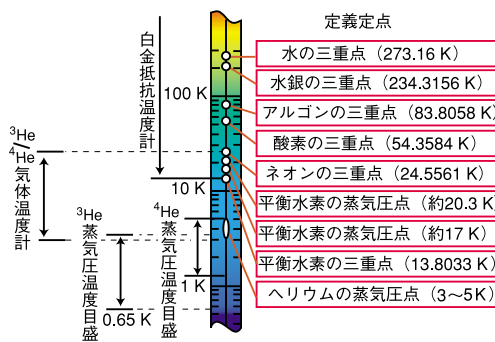
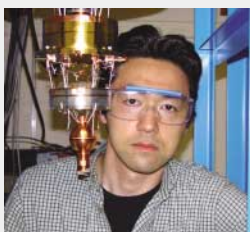


図1 (左上) 1990年国際温度目盛(ITS-90)の低温度領域の模式図
 図2 (右上) 新世代型密封セル(断面図)
 図3 (左下) 比熱の測定から求められた三重点での平衡水素の融解曲線
 触媒として酸化水酸化鉄 FeO(OH)を使用。



なかの とおる
 中野 享
 tohru-nakano@aist.go.jp
 計測標準研究部門

関連情報

- 共同研究者：田村 収、櫻井弘久 (計測標準研究部門)。
- H. Sakurai: T. SICE 34, 1153-1158 (1998).
- T. Nakano, O. Tamura, H. Sakurai: T. SICE 38, 947-951 (2002).
- T. Nakano, O. Tamura, H. Sakurai: in Temperature, its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 7 (2003) in press.
- 中野 享, 田村 収, 櫻井弘久: 2002年秋季第63回応用物理学会学術講演会。
- T. Nakano, W. Tew, O. Tamura, H. Sakurai: 15th Symposium on Thermophysical Properties, Boulder, June 22-27 (2003).
- B. Fellmuth et al, in: Temperature, its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 7, (2003) in press.

プリオンタンパク質の分子シミュレーション

プリオンなどのアミロイド性タンパク質は、アミロイド化して難溶化することで狂牛病やアルツハイマー病の原因となる。アミロイド性タンパク質は、アミロイド形成する際にタンパク質の立体構造が変化することが知られている。プリオンタンパク質は、アミノ酸配列が同じでありながら異なる立体構造をとる isoform (アイソフォーム) が存在していることが知られており、正常な立体構造をとっているものは生体内に元来存在しているが、その機能は明らかになっていない。この正常な立体構造が misfold (ミスフォールド) を起こして異常な構造の isoform となることにより、アミロイド化・難溶化する。このことがいわゆるプリオン病と言われる狂牛病、スクレイピー、クロイツフェルト・ヤコブ病などを引き起こす原因となっている。しかしながら、この構造転移がどのようにして起き、プリオン病を引き起こすかは明らかになっていない。そのため、プリオンタンパク質の構造転移や安定性を理解するための様々な研究が行われている。

正常なプリオンタンパク質の立体構造の一部が NMR によって決定されて以来、分子動力学シミュレーションを用いた構造転移機構の研究がなされてきた。しかしながら、これらの研究はプリオン病を引き起こすとされる構造全体では

なく、NMR により構造決定された部位のみであったり、短い時間のシミュレーションしか行っていなかった。また、これらは全て monomer (単量体) に対してのみのシミュレーションである。我々は、正常プリオンタンパク質から異常プリオンタンパク質に構造転移する際に、dimerization (二量体化) が重要な一つのステップであるという説を検証するために、通常の生体内を模した環境及び構造転移の原因もしくは構造転移を加速するとされる環境 (178 番目の残基の Asp から Asn への置換と acidic pH) において dimer (二量体) の世界初のシミュレーションを行い、同条件で行った monomer のシミュレーションと比較検討を行った。その結果、dimer interface (界面) にある α ヘリックスと inter molecule な (分子間の) β シートが両者のダイナミクスの違いに大きく影響を与えていることを明らかにした。

本研究では、monomer と dimer のダイナミクスの違いやその違いの原因となる二次構造・立体構造上の違いについて議論を行ったが、本研究を基礎として、最終的にはプリオンタンパク質の構造転移機構を明らかにすることで、狂牛病やクロイツフェルト・ヤコブ病などのプリオン病の治療に関する知見の一端が得られるようになるよう努力していきたい。

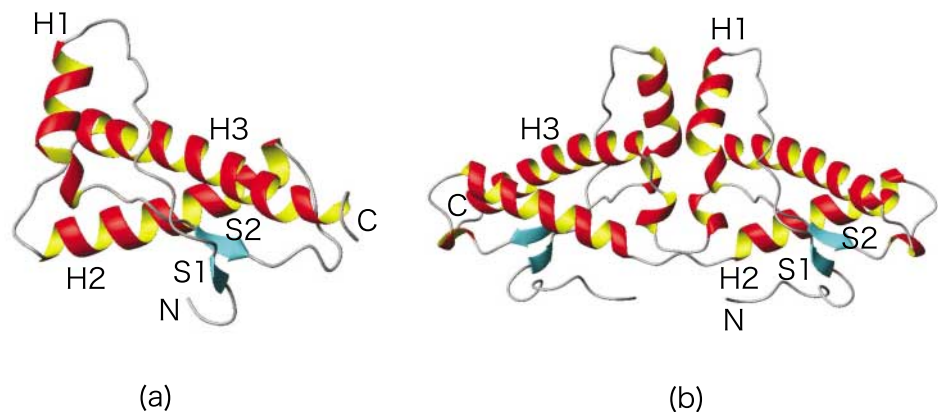


図 (a)正常プリオンタンパク質 monomer (b)正常プリオンタンパク質 dimer
dimer は 2 つの monomer の H3 が swap したような、対称的な構造を取っている。我々は、dimer interface (界面) にある α ヘリックスと inter molecule な (分子間の) β シートが両者のダイナミクスの違いに大きく影響を与えていることを明らかにした。



せきじままさかず
関嶋政和
m.sekijima@aist.go.jp
生命情報科学研究センター

関連情報

- S. Prusiner: Science, 252, 1515-1522 (1991).
- M. Sekijima et al.: Biophysical Journal, 85, 1176-1185 (2003).

生理活性脂質に対する拮抗阻害物質を発見

生物の細胞膜を構成する脂質は、化学構造上の違いからグリセロ脂質、スフィンゴ脂質、及びコレステロールに大別される。近年、スフィンゴ脂質類の分解代謝産物であるスフィンゴシン-1-リン酸(S-1P)が細胞間の情報伝達に關与する事例が報告され、注目されている。たとえばEdgと呼ばれる血管内皮細胞上の特定の受容体と結合し、細胞内カルシウムイオン濃度を上昇させる作用を示す。Ca²⁺イオン濃度の上昇は、炎症細胞活性化や血管平滑筋細胞増殖、血行動態悪化など動脈硬化促進の方向に作用し、またリウマチや固形癌の進行の方向にも作用する可能性が示されている。この作用機構から考えると、Edg受容体に結合してS-1Pの作用を拮抗的に阻害する物質があれば、抗動脈硬化性、抗循環器系疾患性、抗リウマチ性等を示す可能性がある(図1)。したがって、受容体作用物質及び拮抗物質の探索は、上記疾患の予防・治療薬を創製する上で極めて重要である。

我々はマルハ株式会社との共同研究により、S-1P類のアナログを合成し、生物活性を評価した(図2)。まず、天然erythro型S-1P及び内部水酸基の立体配置のみが異なる非天然threo型S-1P(化合物1)を化学合成途中の工程で作り分ける方法を見出し、共通の出発物質

からそれぞれ立体選択的に合成する方法を確立した。Edg受容体を細胞表面に発現しているヒト前骨髄性白血病細胞株HL60を用いてバイオアッセイを行った結果、threo体(化合物1)が比較的low濃度で天然S-1Pの細胞内Caイオン濃度増加作用を用量依存的に阻止することを見出した。次にアミノアルコール部が化合物1と同じthreo型の立体配置をもち、より合成の容易な芳香族置換体(化合物2)を評価したところ、拮抗作用を示すことが判明した。化合物2の他の立体異性体は活性を示さなかった。一方、これらのアミノリン酸類は水にもアルコール類にも溶けにくいという難点があった。そこで、リン酸基の代わりに臭素等のハロゲン原子を導入したthreo体(化合物3)を調製したところ、溶解性が高くなり、かなり強い拮抗活性を示すことがわかった。以上の結果から拮抗阻害活性の発現にはアミノアルコール部の立体配置が重要であることが明らかになった。化合物3に関してはさらに抗炎症試験、血管平滑筋細胞増殖試験などの薬理試験を実施している。

脂質関連物質にはアポトーシス(細胞死)に關与するものなども見つかり、今後は一層の外部との連携を視野に入れながら生理活性脂質に関する研究を進めていく予定である。

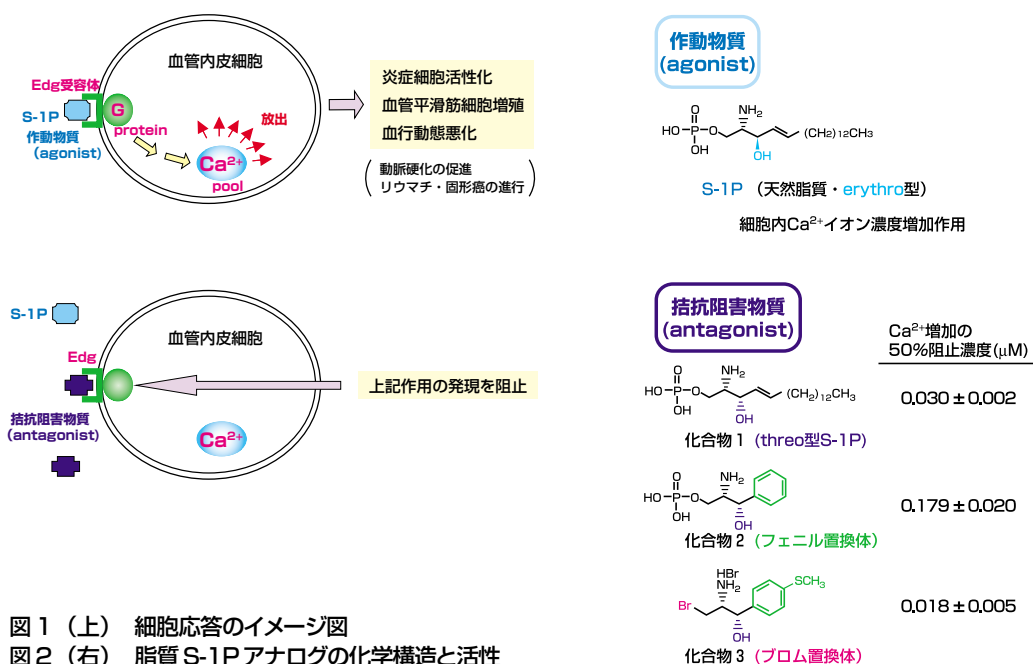
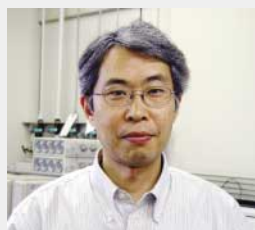


図1(上) 細胞応答のイメージ図
図2(右) 脂質S-1Pアナログの化学構造と活性



むらかみていイチ
村上 第一
t-murakami@aist.go.jp
物質プロセス研究部門

関連情報

- T. Murakami, K. Furusawa, Tetrahedron, Vol. 58, pp. 9257-9263 (2002).
- 特開: 2003-137894 「アミノアルコールリン酸化合物、製造方法、及びその利用方法」(産総研・マルハ株式会社)。
- 特願: 2003-67628 (産総研・マルハ株式会社)。

北アナトリア断層帯での発掘調査

活断層から発生する地震規模の予測

内陸直下の被害地震は既知の活断層から発生することが多い。その地震規模は震源断層の長さに比例する。このため、地震規模は活断層の長さから予測できる。しかし日本列島では活断層が密集しており、活断層と被害地震を1対1に結びつけることはできない(例えば、1891年濃尾地震は温見断層・根尾谷断層・梅原断層の3つの活断層から発生)。したがって、大地震の規模を的確に予測するには、活断層の細分化・グループ化の評価技術が必要である。

当研究センター断層活動モデル研究チームでは、ケーススタディとして、世界有数の長大活断層の1つである北アナトリア断層帯の掘削調査を行ってきた。北アナトリア断層帯はトルコ北部に分布する横ずれ断層である。その総延長は1100kmに達し、20世紀に断層帯のほぼ全域が活動した。その活動は1つの超巨大地震ではなく、12個の大地震の断続的な発生というスタイルをとった。その中には最近発生した1999年8月のイズミット地震(M7.4)・同年11月デュズジェ地震(M7.1)も含まれる。

我々がイズミット地震断層上で実施した調査では、17世紀以降の地層から4回の地震記録が得られた(図)。地震の繰り返し間隔は約

100年である。イスタンブールとイズミット市に残されている地震被害記録を参照すると、これらの活動は西暦1894年、1754年、1719年地震の震源であったとみられる。一方、デュズジェ地震断層上では、約9世紀以降3回の大地震の痕跡が地層に記録されていた。デュズジェ地震の繰り返し間隔は数100年と推定され、イズミット地震断層の繰り返し活動間隔よりも有意に長い。以上の結果から、地域により大地震発生頻度が異なることがわかった。つまり、この地域の北アナトリア断層帯は、別々の地震を発生させる2つの独立した断層として区分ができる。特に、区間境界の断層屈曲部が地震発生の分断に果たす役割は大きいとみられる。断層不連続・屈曲・分岐などが動的破壊停止・伝搬に影響していることは他の断層の事例からも確かめられつつある。

今後は野外調査だけでなく、断層破壊の停止・伝搬・進展過程と断層幾何形態・分布の関係について検討し、ダイナミックな破壊過程を予測する計算技術を開発する必要がある。最終的には、当評価技術を中央構造線活断層系など国内の活断層の地震規模予測に適用する予定である。

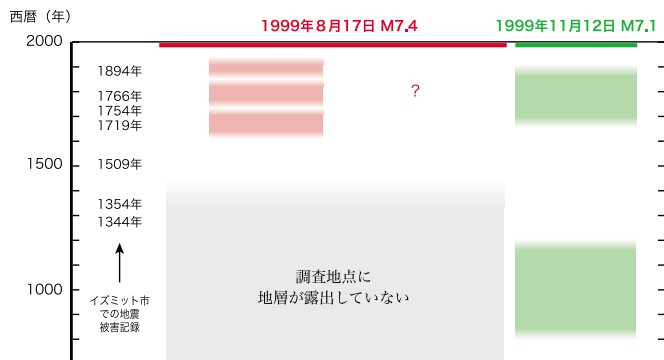
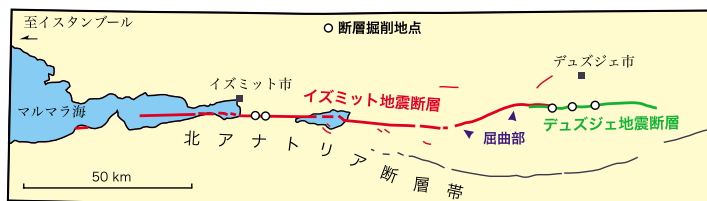


図 (上) 北アナトリア断層帯西部の分布と1999年イズミット地震、デュズジェ地震での活動区間 (下) 過去の大地震の繰り返し。区間は上図に対応し、1ボックスが1回の地震に相当する。



とだしんじ
遠田晋次
s-toda@aist.go.jp
活断層研究センター

関連情報

- <http://unit.aist.go.jp/actfault/team/awata/index.html>
- H. Tsutsumi, S. Toda, O. Emre, M. Okuno, EOS, Supplement, S11B-1152, AGU Fall Meeting (2003).
- T. Parsons, S. Toda, R. Stein, A. Barka, J. Dieterich, Science, Vol.288, 661-665 (2000).
- 遠田晋次, 地震ジャーナル, 30, 64-72 (2000).

産学官連携のスターティングポイントを目指して 技術相談から受託研究への展開を例に

産学官連携コーディネータ（環境・エネルギー担当） 齊藤 敬三

環境・エネルギー分野における連携 研究の特徴

環境・エネルギー分野の研究は「エネルギー制約を克服しつつ環境負荷を低減し持続的な経済社会システムを形成していくために一体で取り組まなければならない課題」として特徴付けられます。従って、色々な場面で環境とエネルギーが1セットで語られるケースが多くなります。実際、環境分野における産学官連携とエネルギー分野のそれとの連携相手先が一体である場合も少なくはありません。

しかし、技術相談先の特徴として見た場合には、環境分野の相談とエネルギー分野の相談では若干の相違が感じられます。前者には、リサイクルとか廃棄物処理など具体的な資源循環型技術研究に属するものが比較的に多く、後者の場合にはメタンハイドレートや燃料電池などに関する国家プロジェクトレベルの話が多くなってきます。当然、企業の規模も数も異なり、前者が中小企業を中心として具体的な技術相談の事例が多いのに対し、後者の場合には比較的大きな企業が数は少ないが連携研究の相手を求めて来るような傾向にあると言えます。近くて遠い関係はあまり好ましくありませんが、一体で行う研究であればこそ、より緊密な連携を目指して努力している状況です。

技術相談から受託研究へ

研究費として外部資金を獲得する



●写真 産技連 資源・エネルギー・環境部会 総会

ことも産総研になってからの重要なミッションの一つとなっています。ここで、企業からの技術相談が受託研究に至った事例の一つを取り上げて紹介します。

ボーキサイトから水酸化アルミニウム・アルミナ等を製造している複数企業から、製品製造プロセスで排出される残さ（いわゆる赤泥）の再資源化に関する相談事例です。ご存じの通り、現在赤泥は海洋に投棄されている状態ですが、そのような状況が徐々に難しくなってきた社会的な背景から、各企業とも海洋投棄削減に自主的に取り組んできています。

そこで、赤泥の有効利用が是非とも必要と言うことで、有効な技術的解決策を産総研に求めてきました。しかし、赤泥の有効利用は数十年前から多くの研究者が挑戦してきた非常に難しい課題です。つまり、

ボーキサイトをアルカリ処理して、 NaAlO_2 としてアルミニウム分を取った後の赤泥は酸化鉄 (Fe_2O_3) を主成分としてシリカ (SiO_2) と酸化チタン (TiO_2) 等が混在した赤色の泥状物質で、構成成分はすべて安価なものからなります。そのため、大量処理の必要性とコスト面からリサイクル製品の用途開発が困難であり、これという再資源化技術が開発されておりました。

行き詰まり打開のために

そのため、この相談を受けた後、新しい観点から何か良いアイデアが無いか、関連する研究者と相談しました。取り敢えず検討してみたいのでサンプルが欲しいと申し出た研究者が数名あったに留まり、1年経ってもこの難題に対する解決策は出てきませんでした。それでも、この間

企業側と3回程度打ち合わせを行い、産総研と企業側のこの問題に対する考え方、技術的解決策等粘り強く情報を交換してきました。

技術相談を受けてから約1年半後、企業側の再資源化方針と産総研側の研究者による赤泥に関する基礎的な研究データが旨くかみ合っており、赤泥の10%以上を再資源化できるかもしれないことが漸くにして予想されるようになってきました。つまり、赤泥の有効利用を妨げる一番の大きな要因に塩素の問題があった訳ですが、産総研で開発した塩素の処理方法（メカノケミカルや水熱等の処理を用いない安価な方法）を利用すると、赤泥の30%程度については、再利用に際しての許容塩素濃度以下にまで分離・分別可能な方法を提案できるという有力な知見を得たことによるものでした。

その結果、この可能性をさらに明確にするための研究を行うということで、企業との受託研究契約をこの3月に結ぶことができました。

● 連携のスターティングポイント

連携研究がスタートするきっかけは色々ですが、産学官連携コーディネータがそれに関与できる機会は正直それ程多くありません。それだけに、上記の例のように技術相談からスタートする場合などは最初の対応が極めて重要になります。

一般には技術相談から連携研究がスタートするケースがそれ程多い訳ではありませんし、通常はその場で解決するものや、研究者や研究ユニットを紹介したところで終わりというものが殆どです。だからこそ、前述のような連携研究がスタートする芽を見逃せません。そのためには、常日頃より連携のための仕掛けを沢山用意しておく必要があります。

色々な仕掛けが考えられます。個

別企業への訪問も地道な方法ですし、複数の企業が多数集まるフォーラムや展示会の主催も効果的です。不特定多数を狙うのであればWEB利用が最も効果を発揮します。

● 情報発信ツール

技術相談の多くは産総研のホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) を頼りに産学官連携部門の窓口を通して入ってきます。産学官連携コーディネータのページを見て直接相談されてくる場合もあります。このような場合には、やはりWEBによる情報発信の重要性を痛感します。環境・エネルギーHPへのアクセスがこの1年間で300件程度と、思いの外少なかったのが心残りではありますが。

各研究ユニットもそれぞれにホームページを作成して情報発信には力を入れていますが、customerが分野全体の概要を知ろうとするときは煩雑に過ぎるようです。こう言う時こそコーディネータの出番となる訳です。情報発信のためのコントロールタワーの役割を果たします。例えば、分野全体の特徴を表わすのに、分野に属する研究ユニットの殆ど全てのテーマを網羅したテーマ一覧表を作成しておき、これを外部の方に見て頂くようにすると、分野の特徴が一目で理解でき重宝がられることが多くあります。

● おわりに

経済産業省の進める産業クラスター計画（地域再生・産業集積計画：<http://www.meti.go.jp/topic/data/e20308aj.html>）では「世界に通用する新事業の展開」を目的に種々施策が展開されているところですが、特に「産学官の広域的なネットワークの下に実施された技術開発の事業化成功率は通常の3倍」というデータ

に自信を得て、産学官の連携に関わる多方面からの施策・支援が実行に移されていることはご存じの方も多いと思います。

従来、ともすれば定性的で言葉ばかりが先行しがちな「産学官連携」でしたが、最近漸く定量的にも評価されはじめたのか、産学官がそれぞれに産学官の連携の必要性を声高に叫ぶようになってきています。当然、産総研においても産学官連携に関わる社会的貢献と、各分野における連携研究の強化を目指し、ありとあらゆる取り組みを精力的に実施している（しようとしている）ところです。連携研究がスタートした後はコーディネータには何も残りませんが、スターティングポイントになったと言うことを最大の励みに努力する所存ですので、今後とも引き続きご協力をお願いします。



● 産総研の環境・エネルギー研究開発の取り組みについて紹介したパンフレット

お問い合わせ

産学官連携コーディネータ

- E-mail ee3gaku@ni.aist.go.jp
- URL <http://staff.aist.go.jp/kei-saito/ee3web/ee3gaku.htm>

特許

特許第 3062748 号 (出願 1999.3)

高分子-金属クラスター複合体の製造方法

●関連特許 (登録済み: 国内 1 件、国外 1 件、出願中: 国外 3 件)

1. 目的と効果

極めて微小なサイズの金属粒子は金属クラスター (または金属ナノ粒子) と呼ばれ、光学特性や触媒作用などでバルク金属には見られない性質を示すことが知られています。こうした金属クラスターを固体の高分子中に分散させた複合体は高い機能を持つ材料として有用ですが、これまでの製造方法は複雑なうえ、限られた高分子と金属にしか適用できませんでした。本発明の方法は、多くの高分子と金属に適用可能で、一段階だけの簡単な処理により極めて分散度のよい複合体が得られます。

[適用分野]

- 高弾性率材料
- 高耐久性着色材料、非線形光学材料
- 触媒材料

2. 技術の概要、特徴

固体高分子は、ガラス転移点以上の温度においては軟化状態にあり、金属化合物の蒸気を接触させると、まず高分子中に金属化合物が溶解込み、さらに還元されて金属クラスターが生成して、分散度のよい高分子-金属クラスター複合体が製造できます。基材となる高分子としては、ナイロン、ポリエステル、ポリカーボネート、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリビニルアルコールなど多くの汎用高分子が用いられ、金属化合物は、高温で昇華性を持つパラジウム、白金、銅のアセチルアセトナート錯体などが使えます。薄い高分子基材を用いて処理時間を長くすれば、数 10% の金属クラスターを含む複合体をつくることも可能で、逆に、厚い基材であれば、金属クラスターが表面で多く内部ほど少ない、傾斜組成を持つ複合体を得ることができます。

3. 発明者からのメッセージ

この方法に適用できる高分子と金属 (化合物) の組み合わせは数多くあるので、意外な組み合わせから、これまでにない優れた機能材料が得られる可能性があります。具体的な用途の提案があれば、共同研究を行いたいと思います。

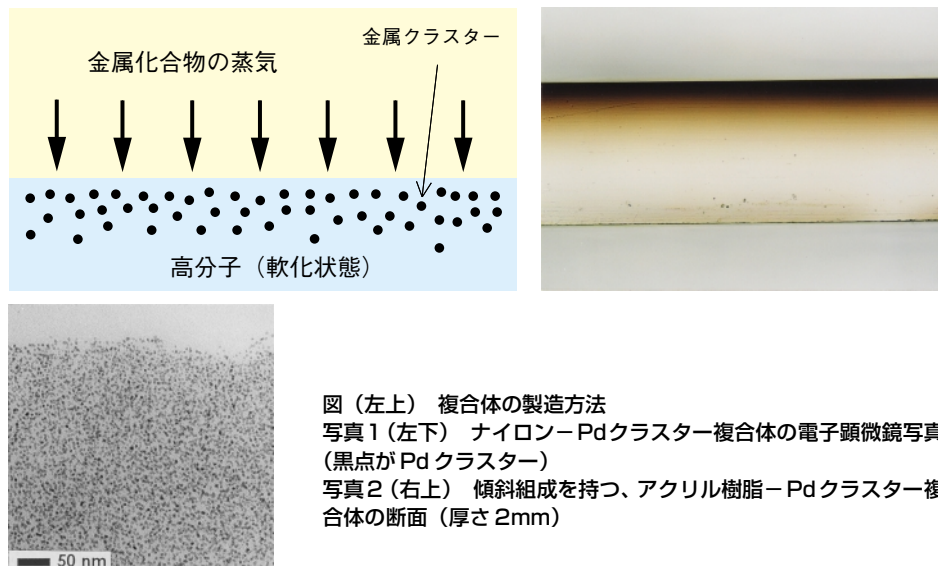


図 (左上) 複合体の製造方法
 写真 1 (左下) ナイロン-Pd クラスター複合体の電子顕微鏡写真 (黒点が Pd クラスター)
 写真 2 (右上) 傾斜組成を持つ、アクリル樹脂-Pd クラスター複合体の断面 (厚さ 2mm)

特許

特許第 2535785 号 (出願 1994.6)

安全な血管塞栓剤

● 関連特許 (登録済み: 国内 1 件、国外 1 件)

1. 目的と効果

医療技術の進歩により、放射線を用いて血管造影が可能となった結果、血管内で疾病を治療する血管内手術が行われるようになりました。具体的には脳出血などの疾患部に血管内カテーテルで塞栓物質を注入し、血管の漏れを防ぐ治療が行われています。これまでは塞栓剤として瞬間接着剤系統の重合性モノマーあるいは有機溶媒を血中で拡散させて高分子を析出させる方法が行われていました。これらは接着性による合併症あるいは有機溶媒による副作用の問題があり、安全で調整可能な塞栓剤の開発が必要です。

本発明は、温度により相転移を起こす高分子を用いて、水溶性で安全な新たな塞栓剤の開発を行ったものです。

[適用分野]

- 血管内手術用塞栓剤
- 局在性ドラッグデリバリーシステム

2. 技術の概要、特徴

本発明はある種の高分子が低温で完全に水溶性で、高温で相転移を起こして不溶化さらに析出する挙動に着目し、水中で転移温度が10~30℃である特定のポリアクリルアミド系あるいはポリメタクリルアミド系感熱性高分子化合物を所定の濃度で含有する水溶液を用いることにより、カテーテル等を用いて血管の塞栓を起こさせることができました。写真はウサギの腎臓に当該高分子をカテーテルにより注入し塞栓を起こさせた血管造影です。同じウサギのもう一方の腎臓は全くクリアであることが示されています。また、この感熱性高分子をマウス腹腔内に注入し、副作用について3ヶ月間観察しましたが、対照群と比較して全く異常を認めませんでした。

3. 発明者からのメッセージ

感熱性高分子は産総研のオリジナルな研究です。この技術をバイオに応用できないかと思っていたところ、筑波大学の脳神経外科から共同研究の申し入れがあり、研究開発が進みました。アクリルアミドの神経毒が危惧されたのですが、高分子にすると神経毒がないことも示されました。最近のゲノム分子標的医薬ではポリエチレングリコールによるタンパク質の修飾などが注目されていますが、今後多くの高分子が医療に展開していくと期待しています。

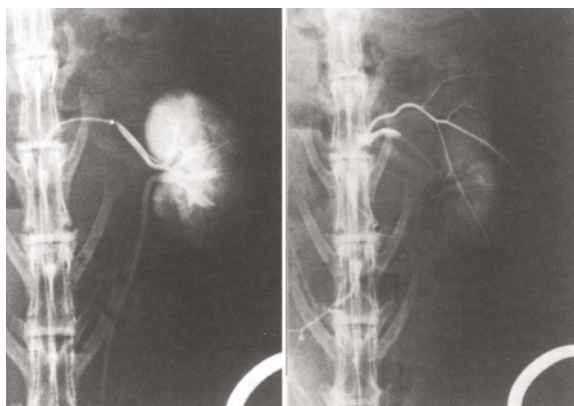


写真 ウサギの腎臓の血管造影
左: 当該高分子をカテーテルにより注入し塞栓を起こさせた血管造影
右: 同じウサギのもう一方の腎臓

— 糖鎖工学研究センター —

PATENT

● 連絡先
産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)
紹介案件担当者 山上
〒305-8568
つくば市梅園 1-1-1
産業技術総合研究所
つくば中央第 2
TEL 029-861-5210
FAX 029-861-5087
E-mail:
aist-innovations@ma.ist.go.jp

(株) iGENE

RNA 干渉作用を利用した遺伝子機能の解明から創薬へ挑戦

創業の経緯

1998年頃から線虫、ハエ、植物などの細胞内に二本鎖RNAを導入すると、同じ配列の遺伝子発現がノックダウンされる現象が見出された。これをRNA干渉作用(RNAi)という。哺乳動物細胞ではRNAiは起こらないとされていたが、2001年に22-23塩基の短い二本鎖RNA(siRNA)であればRNAiを誘導することが判明した。

産総研ジーンファンクション研究ラボ長の多比良和誠博士(東京大学)はいち早くRNAiに着目し、siRNA発現ベクターを開発、産総研や東大から特許を出願した。一方、RNA研究では世界的に著名で、多比良博士と旧知のJohn Rossi教授(City of Hope研究所)もRNAiに着目しており、両者が創設者となって新会社を設立することに合意、RNAiを軸としたiGENEが本年3月3日に誕生した。3月12日には「AISTベンチャー企業」(成果活用型)として認定され、また5月29日には多比良博士らは東大から兼業が認められた。

活動状況

3本柱の事業がある。第1の直ちに行う事業では、7月にsiRNAを発現する数種類のプラスミドベクターの製造販売を開始した。これによりRNAi

技術の普及を図る。さらに、鈴木勉博士(東大)の特許に基づき完璧な二本鎖siRNAを製造販売する。完璧な二本鎖siRNAは、従来の一本鎖RNAを二本アニーリングさせて製造するsiRNAと比べて格段に遺伝子機能の解析に有効である。

第2の中長期的事業はヒトおよびマウスのsiRNAライブラリーの構築で、遺伝子の機能解明を援助し、医薬品開発への手掛かりを提供する。siRNAは標的遺伝子から適切な標的部位を選ぶ必要があり、部位の絞り込みにはiGENE社の優れたアルゴリズムが力を発揮する。

第3の長期的事業はiGENEの主目的で、遺伝子治療薬の開発である。製薬会社等との共同研究が軸となる。

スクレーターゼ耐性のsiRNA発現ベクターの開発にすでに成功している。

活動状況

ヒトを初め種々の生物のゲノムが解明されつつある。しかし、大多数の遺伝子の機能は不明である。遺伝子ノックアウトなど従来の方法による機能解明では時間、費用、労力は莫大なものとなる。siRNAを利用すれば簡単で、RNAiはポストゲノム時代の寵児としての活躍が期待される。RNAi技術はまだ発展途上にあり、さらなる改善が予想される。エイズ、肝炎ウイルス、SARSなどRNAウイルス由来の疾病はsiRNAの直接の標的である。がん、自己免疫疾患などの難病も主要な標的であり、iGENEがこれら難病の治療に貢献できれば幸いである。

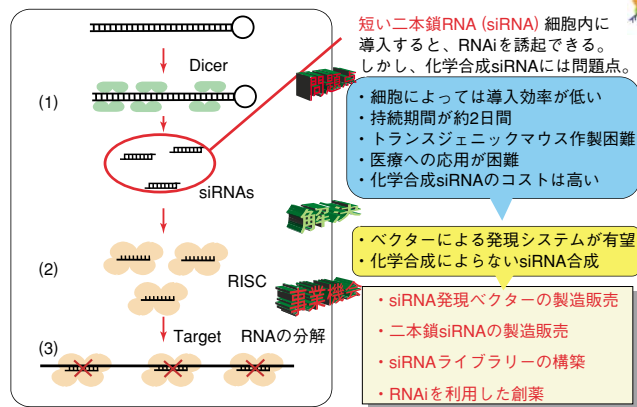


図 RNAiの誘導機構とiGENEの事業機会

●会社概要

企業名 : 株式会社 iGENE (英名 : iGENE Therapeutics, Inc.)
 会社設立 : 平成 15 年 3 月 3 日
 資本金 : 2,000 万円
 代表取締役 : 須藤 鎮世
 取締役 : 多比良和誠 (産総研ジーンファンクション研究ラボ長、東京大学 教授)
 取締役 : 鈴木 勉 (東京大学 講師)
 取締役 : 宮岸 真 (東京大学 助手)
 取締役 : 川崎 広明 (東京大学 助手)
 連絡先 : 電子メール mai@igene-therapeutics.co
 URL http://igene-therapeutics.co.jp/

●主な事業内容

- ① siRNA 発現プラスミドベクターの製造販売
- ② 完璧な二本鎖 siRNA の製造販売
- ③ siRNA ライブラリーの構築
- ④ RNAi を利用した創薬

平面度と真直度の標準化

計測標準研究部門 高辻 利之

幾何学量

「平面度」はものの表面がいかに平らであるか、「真直度」はものがいかにまっすぐであるかを表す指標である。このようなものの形状を表す量は「幾何学量」と呼ばれており、他にも直角度、平行度などいろいろなものがある。

幾何学量を表すにはマイクロメートルやナノメートルなど長さの単位を使う。1次元の長さ(寸法)については既に標準供給が始まっており、計量法認定事業者も多数存在する。ところが同じ長さの単位を使うといっても、幾何学量は理想的な形状からの偏差を表す量であり、その扱いが根本的に異なる。そもそも平面や直線は数学的に定義可能なものであり、その標準が必要なのかという議論さえなされることがある。しかしながら実用的にはやはり、非常に平らであったり、あるいはまっすぐであったりする「モノ」を産業界に供給することが求められている。

真直度

図1に計量標準総合センター(NMIJ)で使用している真直度測定機を示す。この装置は非常に単純な機構であり、きれいに磨かれたガイドに沿って変位を検出するセンサを動かし、測定対象をなぞるだけである。ガイドが完全な直線(つまり真直度がゼロ)であるならば、このようにして単に測定するだけで、被測定物の真直度がわかる。ところが実際にはガイドそのものも曲がっている。そこで反転法あるいは三枚合わせ法と呼ばれる、ガイドの真直度が影響しないようなテクニックを使う。

NMIJでは、(株)ミットヨと共同で三枚合わせ法についての研究を行った。ここではその原理を説明する。まず、被測定物とほぼ同じ長さ

と形状を持つものを二つ用意する。これらは真直度マスターとも呼ばれており、セラミックでできていることが多い。ここで被測定物の形状をA、真直度マスターの形状をそれぞれBとCとする。初めにAとBを並べておき、その間をセンサでなぞって間隔を測定する。次にBとCの間隔、さらにCとAの間隔を測定する。結果として、測定結果である間隔が3つ得られる。ここで未知数も同じくA、B、Cの3つである。つまり未知数の数と連立方程式の数が同じになり、A、B、C全てがわかる。

この式にガイドの形状は出てこない。つまりガイドの形状はどうでもよいことになる。この手法により、1mの長さまでの真直度を0.1 μ m程度の不確かさで評価することが可能である。

平面度

平面度は、1次元の幾何学量である真直度を2次元に拡張したものと考えればよい。測定対象の多くはオプティカルフラットと呼ばれる高精度に研磨されたガラス面の形状であるが、光をきれいに反射するものであれば何でもよい。

図2にNMIJが富士写真光機(株)と共同で開発した装置を示す。1辺2m近い巨大な装置であり、12インチ(約30cm)のシリコンウェファ-

を測定できる。測定原理はフィゾー干渉と呼ばれるもので、極めて平面度のよいオプティカルフラットと被測定物との間隔をレーザにより測定する。

ここでも真直度の場合と同様、基準となるオプティカルフラットの形状が絶対的な平面ではない、という問題が起こる。そこで三枚合わせを行ってある一つのラインに沿った形状を測定する。オプティカルフラットを少しずつ回転させながら多数のラインの形状を測定し、最後にそれらの測定結果をつなぎ合わせることで平面度が得られる。

真直度の測定では、毎回三枚合わせを行うが、平面度の場合には多数回の回転操作が必要であり、非常に面倒かつ時間がかかる。そこで三枚のオプティカルフラットのうちから最もいいものを選び、実際の測定はそのオプティカルフラットとの比較で行う。測定に光による干渉を利用するため、真直度に比べて測定の不確かさはかなり小さく10nm程度である。

今後の展開

いずれの標準についても、測定機の開発はほぼ終了した。今後は依頼測定に対応するために必要な品質システムを整備し、まもなく標準の供給を開始する。

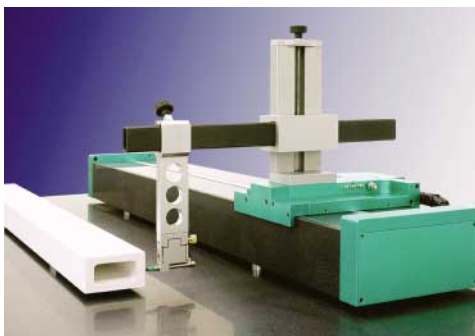


図1 真直度測定機 (courtesy of Kunz Precision)



図2 大口径平面度干渉計

固体物性標準の開発 — 熱膨張率 —

計測標準研究部門 渡辺 博道

物性測定のための標準物質

化学分析分野では、標準物質(濃度標準液等)との比較測定により試料の組成や濃度を決定することはごく一般的である。比較測定が採用される理由の一つは、物質質量(mol)の絶対測定が極めて困難だからである。同様に、組立量である物質量の絶対測定も一般に困難であり、多くの物性測定装置は比較測定を採用している。標準物質の特性値は高精度な絶対測定により決定する必要があるが、そのような測定法は産総研が開発し、標準物質を頒布することが求められている。そこで、計測標準研究部門では各種の物性値(熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱、放射率、音速)の標準物質供給を目指し、絶対測定法の開発および標準物質候補材料の評価を行っている。以下に熱膨張率に関する成果の一例を紹介する。

熱膨張率標準物質の現状

固体の熱膨張率測定に一般に用いられる押し棒式膨張計は、試料に押しつけた棒の移動量から試料の熱膨張を測定するが、棒の移動量には試料だけでなく棒の熱膨張の寄与も含まれるため、熱膨張率が既知な標準物質を測定して棒の熱膨張を補正す

る必要がある。現在、絶対測定法により熱膨張率が決定された標準物質は米国標準技術研究所(NIST)が頒布する銅、ボロシリケート・ガラス、ステンレスのみであり、これらを用いて熱膨張率測定の校正が行える温度は800K以下に制限される。また、上記3物質は比較的大きな熱膨張率を持つため、低熱膨張材料の校正に適さない。そこで、当研究部門では世界最高精度の測定が可能な複数の熱膨張率絶対測定装置を開発し、10~2300Kの広い温度範囲における標準物質の供給に向けた研究を行ってきた。以下に293~1300Kの温度範囲を測定する装置の概略を述べる。

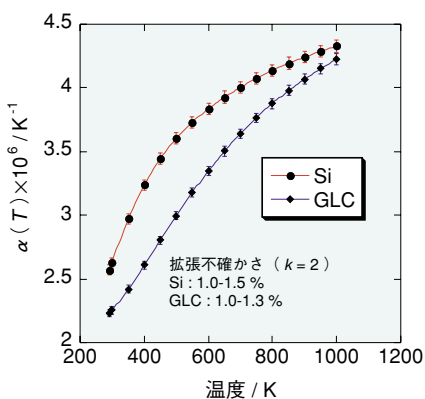
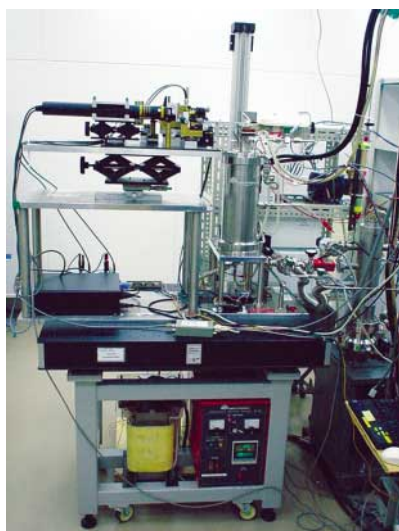
レーザー干渉式熱膨張計

開発した装置(写真)は、試料の膨張量を測定するレーザー干渉計と温度を測定する熱電対および加熱炉から構成される。本装置の大きな特徴は、光ヘテロダイン検出と2重光路光学系を採用したマイケルソン型干渉計を用いて測長分解能をナノメートル(10^{-9} m)以下に向上させたことである。光ヘテロダイン検出とは、周波数の異なる2つの光を重ね合わせて生じた光の唸り(ビート信号)を測定する事により、2つの光の光路長の変

化、すなわち試料の長さ変化を高精度に検出する方法である。また、2重光路光学系は、実験時の試料や装置の熱歪みの影響を低減するように設計されている。温度測定に関しては、長期的安定性が白金抵抗温度計に匹敵する金と白金から構成された元素熱電対を用いて不確かさを低減した。その他、光学素子内の温度の均一化や測定雰囲気用最適化を行い、293~1300Kの温度範囲における熱膨張率を高精度に絶対測定する事に成功した。現在、この装置による同一試料の繰り返し測定では、非常に再現性の良い結果(標準偏差が0.2%以下)を得ている。

熱膨張率依頼試験

平成15年度から、当研究部門では前述の装置を用いて単結晶シリコン(Si)とガラス状炭素(GLC)について293~1000Kの温度範囲における熱膨張率の依頼試験を開始した。SiとGLCは、等方的であると共に光干渉測長に必要な平行鏡面研磨が可能のため、熱膨張率標準物質に適している。これら2物質の線膨張係数($\alpha(T)$)の試験結果例を図に示す。これら2物質は、前述のNIST標準物質より小さな $\alpha(T)$ の値を持ち、低熱膨張材料の校正により適している。Siの場合、高精度で均質な試料を入手できると共に試料形状を高精度に加工する技術があるため、最も再現性の良い標準物質として使用できる。一方、GLCは優れた耐熱性を持つため、依頼試験の温度範囲を2300Kまで広げることを計画しており、広い温度範囲で校正できる標準物質として期待される。今後は、上記2物質を含む標準物質候補材料について安定性・均質性評価を行い、NISTと同様に標準物質を頒布する形で熱膨張標準を広く国内外に供給することを目指す。



図(上) 単結晶シリコン(Si)とガラス状炭素(GLC)の線膨張係数

写真(左) レーザ干渉式熱膨張計

地球化学標準試料

地球科学情報研究部門 今井 登

岩石、鉱物、土壌、底質など地球科学で用いられる試料の分析に広く利用されているのが地球化学標準試料である。これらの試料は多様な元素を高濃度に含有しているのが特徴で、より正確な分析には目的以外の成分（マトリックス）の影響を適切に取り除くことが必要である。このために類似のマトリックスを持った元素濃度既知の標準試料を用いて検量線（定量分析する際の測定値と濃度の関係を表す基準線）を引いたり精度をチェックすることが必要である。

岩石標準試料は1949年に米国地質調査所（USGS）によって最初にW-1（輝緑岩）、G-1（花崗岩）が作製され、世界各地の主要な実験室で共同分析が行われた。この目的は当時岩石・鉱物などの分析に広く用いられていたスパーク発光分光分析の標準を作るためであった。しかしながら、分析結果は予想に反して研究室ごとに大きくばらついて論議を呼び、改めて標準試料の重要性が認識される結果となった。その後世界各国で同様の標準試料が整備され、現在岩石・鉱物・土壌・底質等の標準試料の総数は1000以上に上っている。

日本においては地質調査所（現産総研）が1964年以来現在まで40年近くに亘って火成岩、堆積岩、鉱石、土壌、底質の標準試料を40種類作製

し、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータを定め公表してきた。これらの試料はこの間に世界50カ国近くで1万個以上が配布されて分析に用いられ国際的な評価も極めて高い標準試料となっている。図1にその源岩石・試料を、図2にいくつかの標準試料を示す。

試料調整法

岩石標準試料の調整法としては、採取した源岩石を大型のハンマーや切断機で5～10cmの塊にした後、ジョークラッシャーで1～2cmまで粗砕する。土壌・底質等は採取後、水分量の変化がなくなるまで広げて乾燥する。これをハイアルミナまたはチャート内張りの大型のボールミルに入れる。粉碎を行うためにボールと呼ばれる被粉碎岩と同一岩の鶏卵大からこぶし大の塊またはフリントボールを同時にに入れて1～数日間静かに回転させる。この粉末を100メッシュのふるいを通させた後、よく混合し約100gを容器に詰め、均質性をチェックした後、標準試料とする。

標準値の設定法とデータの公開

地球化学標準試料の標準値の決定は、信頼できる複数（十数カ所）の機関で事前の共同分析を行った後、分析値の統計処理を行い認証値として値を決定する。しかしながら、こ

のような共同分析により決めることができるのは通常は数元素から十数元素である。産総研の地球化学標準試料は、このような値のほかに認証値とはならないができるだけ多数の元素（他の50～60元素）についても信頼性の高い参考値を、長期間にわたる多数の不特定の機関の参加による自発的な共同分析により値を定め公開していることが大きな特徴である。

地球化学標準試料の標準値・個別の分析値を含む全データはデータベースとしてインターネット上で公開されておりいつでも検索することができる（図3：URLは<http://www.aist.go.jp/RIODB/geostand/welcomej.html>）。また、関連情報として各試料の源岩石と採取地の写真、粒径、顕微鏡写真等を見ることができるので参照されたい。



図1 源岩石・試料



図2 地球化学標準試料



図3 ホームページ
<http://www.aist.go.jp/RIODB/geostand/welcomej.html>

役員人事

産総研では、次のとおり理事を任命しました。
(2003年7月11日付)

こばやし のりあき

小林 憲明 (理事・業務推進本部長)



昭和28年生まれ。
東京大学経済学部卒。

●主な略歴

昭和52年通商産業省入省、資源エネルギー庁石炭部鉱害課長、宮崎県企画調査部長、通商産業省生活産業局繊維課長、日本貿易振興会デュッセルドルフセンター所長を歴任。

第2回産学官連携推進会議

2003年6月7日、8日の2日間、国立京都国際会館において第2回産学官連携推進会議が開催され、4,000人を超える参加がありました。

この会議は、産学官連携サミット、地域産学官連携サミットおよび2002年の第1回産学官連携推進会議の成果を踏まえ、産学官連携の推進を担う第一線のリーダーや実務経験者等を対象に、具体的な課題について研究協議、情報交換、対話・交流・展示等の機会を設けることにより産学官連携の実質かつ着実な進展を図ることを目的としたものです。

開会式では小泉内閣総理大臣からのメッセージがビデオで紹介され、続いて細田科学技術政策担当大臣、遠山文部科学大臣、奥田日本経済団体連合会会長、そして日本学術会議会長を務める当所吉川理事長が挨拶を行いました。午後からは4テーマによる分科会が行われ、当所の後藤産学官連携部門長がベンチャー支援分科会のパネリストとして参加しました。

2日目には産学官連携の成功事例についての発表会および表彰式が行われ、当所情報処理研究部門の平野聡主任研究員が「[HORB]による分散管理環境の開発」で平成15年度「産学官連携功労者表彰・日本経済団体連合会会長賞」を受賞しました (http://www.aist.go.jp/aist_j/topics/to2003/to20030609/to20030609.html)。



先端SoC共同研究センター竣工記念式典

「先端 SoC 共同研究センター」が、2003年3月末、日本電気株式会社 相模原事業場の敷地内に竣工し、同施設において、2003年6月23日に竣工記念式典が挙行されました。

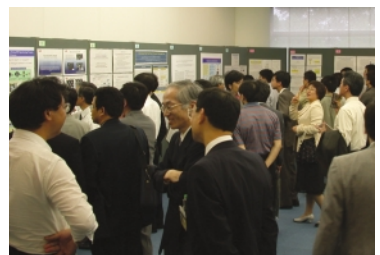


式典は、吉川理事長の挨拶に続いて、ご来賓の中村経済産業省産業技術環境局長、和田内閣府官房審議官、戸坂社団法人電子情報技術産業協会半導体幹部会委員長による挨拶、伊藤先端SoC連携研究体長による施設および研究概要の説明が行われました。

産総研は、株式会社先端エスオーシー基盤技術開発 (ASPLA) と共同で「先端 SoC 連携研究体」を構成し、携帯電話・情報家電等で求められる高付加価値LSI (システムオンチップ (SoC)) の飛躍的な生産性向上のために、ASPLA と共同研究契約を締結し、同センターにおいて、300mm ウェハを用いた 90nm 設計基準以降の SoC の設計・製造それぞれの共通基盤分野における標準化の共同研究を実施します。設計・製造プロセスを高い互換性を持つように標準化し、個々の企業の持つ技術の相互活用を容易にすることによって、各社が独自に設計した半導体を他社の製造工場でも生産できるようになることを目指しています。

基礎素材研究部門 国際シンポジウム 2003 開催

2003年6月24日、基礎素材研究部門では名古屋国際会議場において「AIST-ISEM International Symposium 2003」を開催しました。



このシンポジウムは、当研究部門の研究成果を発信するとともに、著名な研究者を招待し、最新の研究成果について情報を収集するためのものです。招待講演は7件 (うち外国人による講演3件)、当研究部門研究者の研究発表は8件で、これらの招待講演はそれぞれ研究発表と関連付けられ、これによって世界的な研究成果と基礎素材研究部門における研究の位置付けを明確にすることができました。また、昼食後にはポスターセッション (17件) があり、活発な質疑と意見交換が行われました。

<http://unit.aist.go.jp/isem/topix/sympo/sympo.html>

米国バイオ産業展示会「BIO2003 ANNUAL CONVENTION」

全米バイオ産業協会 (BIO) が主催する世界最大のバイオ産業展示会「BIO2003 ANNUAL CONVENTION」が2003年6月22～25日、米国ワシントンDCの新設されたワシントン・コンベンションセンターで開催されました。出展約1,000社、入場者16,000人、昼のセミナーの時間にはブッシュ大統領のスピーチもある盛大な催しでした。

産総研は、ジェトロ (日本貿易振興会) の日本パビリオンの中にバイオベンチャー企業6社とともに参加しました。産総研ブースでは、バイオ分野での研究概要とベンチャー企業を紹介したビデオの上映と技術移転をめざす研究成果の紹介などを行いました。また、産総研ブースおよび日本パビリオンでは多くの来訪者に産総研の研究概要を伝えることができ、注目された技術について今後のコンタクトの約束を得ることもできました。



第1回 AIST・「産学官」交流フォーラム ～医療福祉産業に向けて～

2003年6月26日、産総研産学官連携部門は第1回 AIST・「産学官」交流フォーラムを臨海副都心センターにおいて開催しました。このフォーラムは産総研の研究成果を産業界に広く紹介・移転し、人的ネットワークを構築することを目的として、産総研の研究分野毎に今年度は合計9回開催されます。第1回は人間工学・福祉工学・医工学の分野紹介で、企業を中心に約100名の参加者がありました。

中村吉宏産学官連携コーディネータの開会挨拶の後、山根隆志人間福祉医工学研究部門副部門長から分野の動向と AIST の戦略について説明がありました。続いて、産総研職員による5件の研究発表、その発表を含めて11件のパネル展示があり、参加企業との熱心な意見交換がなされました。最後に東京大学大学院情報理工学系研究科の土肥健純教授による21世紀の医療福祉工学の役割について特別講演が行われました。

問い合わせ先

AIST・「産学官」交流フォーラム事務局
TEL 06-6763-3242 FAX 06-6763-3221
E-mail aist-forum@gbcj.com
URL <http://www.gbcj.com/aist-forum/>

石原舜三特別顧問 ロシア科学アカデミー一員に選出

2003年5月22日、ロシア科学アカデミーの総会において、産総研石原舜三特別顧問が、永年にわたる鉱床学・花崗岩岩石学の分野における国際的功績により、同アカデミーの会員に選出されました。現在、ロシア科学アカデミーの在外会員は244名を数え、このうち我が国からは今回選ばれた野依良治、小柴昌俊、石原舜三各氏を含め、13名が選出されています。



石原顧問の業績の中でも花崗岩系列の提唱は、世界の花崗岩研究に大きな影響を与えた研究として、日本から世界に向けて発信された画期的な成果のひとつに数えられます。石原顧問による磁鉄鉱系列とチタン鉄鉱系列という花崗岩類の分類法は、基本的には花崗岩質マグマの酸化・還元状態を反映し、それは含有する磁鉄鉱量の違いに表れるため、岩石の帯磁率測定によって野外でも簡単に判別できるという利点があり、分類の成因的・記載的明確さは、日本列島のみならず、環太平洋造山帯の花崗岩類の研究にも広く影響を与え、ご本人も南米チリや中国、マレーシアなどの地質学者と共同して花崗岩系列の提唱を検証する研究を続けて来ました。

石原顧問は、2001年4月より産総研特別顧問に就任された後も多数の論文を発表し続け、後進への指導を続けています。

AIST BOOKS 第5巻 「エネルギーエレクトロニクス」刊行

産総研で行われている研究の意義や将来性、そして課題や産業界との連携について紹介している「産総研シリーズ」その第5巻が刊行されました。今回は、産総研のエネルギー系研究ユニットのうち、クリーンな分散電源の開発とそれを使いこなすための新しい電力ネットワークの構築をキーワードに密接に連携している電力エネルギー研究部門、パワーエレクトロニクス研究センター、薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボを紹介しています。



■産総研シリーズ 第5巻 エネルギーエレクトロニクス — 新しい電力供給システムを創る —

独立行政法人産業技術総合研究所
電力エネルギー研究部門/パワーエレクトロニクス研究センター/
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ 編
丸善(株)発行、322頁、ISBN 4-621-07286-2
本体価格 1,500円+税
全国有名書店でお買い求めください。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
8 August			
～9/28日	地質標本館特別展「富士山 現在・過去・未来」	つくば	029-861-3750●
18～21日	ADC/FCT 2003 Applied Diamond Conference/ Frontier Carbon Technology Joint Conference	つくば	029-861-4551●
28日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第3回資源・環境・海洋・安全対策技術	東京	06-6763-3242
29～30日	2003年度第1回ナノ高分子ワークショップ 「ゆっくりナノテク、全容がわかるワークショップ」	三島	03-5540-3777
30日	ハンドメイド電気自動車レース (HM-EVR) 2003	つくば	03-3703-3111
9 September			
2～6日	第5回ハットンシンポジウム	豊橋	029-861-3957●
4日	第3回東北産業技術研究交流会	盛岡	022-237-5211●
4～5日	第17回流動層技術コース	札幌	029-861-8223●
7～12日	第13回ゴールドシュミット国際会議 ～地球化学のフロンティア～	倉敷	029-861-3940●
16日	第3回「注意と認知」に関する国際ワークショップ Third International Workshop on Attention and Cognition	東京	029-861-7884●
25日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第4回エネルギー対策技術	池田	06-6763-3242
25～28日	DAMEX 2003 Daegu International Automatic Machinery & Tools Exhibition 2003	韓国	+82-53-601-5062
29～30日	生物関連高圧研究会第13回シンポジウム	つくば	029-861-6529●
10 October			
1～4日	The 2003 CERC/ERATO-SSS International Workshop on "Phase Control of Correlated Electron Systems."	ハワイ	029-861-2500●
8～10日	日経ナノテクフェア2003	東京	03-5255-2847
8～13日	第8回UMRS先進材料国際会議	横浜	045-339-4305
15～17日	IPTC国際光触媒技術展2003	東京	03-5212-7071
15～17日	第30回国際福祉機器展	東京	03-3580-3052
23日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第5回エレクトロニクス&情報技術	東京	06-6763-3242
23～24日	北陸技術交流テクノフェア2003	福井	0776-33-8284
24日	一般公開 (中国センター)	呉	0823-72-1903●
29～31日	第6回産総研「光反応制御・光機能材料」国際シンポジウム	つくば	029-861-4496●
11 November			
15日	一般公開 (中部センター)	名古屋	052-736-7063●
19～21日	第5回国際新技術フェア2003	東京	03-3222-7022
21～23日	自然エネルギーフォーラム	仙台	022-217-7398
12 December			
5日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第6回次世代光技術/半導体技術/計測技術	東京	06-6763-3242
6日	一般公開 (四国センター)	高松	087-869-3530●
10日	材料産業技術フォーラム2003	名古屋	052-736-7063
16～17日	第25回日本バイオマテリアル学会大会	大阪	06-6494-7807●
25日	AIST・「産学官」交流フォーラム 第7回人間生活工学/再生医療工学	東京	06-6763-3242

AIST Today
2003.07 Vol.3 No.8
(通巻31号)
平成15年8月1日発行

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

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

産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/>