

AIST Today

研究、成果、
そして
未来へのシナリオ

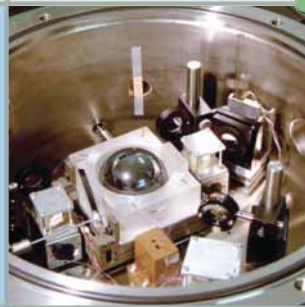
04

April
2004
Vol.4 No.4

社会に活力をもたらす本格研究を

トピックス

- アボガドロ定数の高精度化に成功
- 世界に先駆け新機能RNAを発見



新年度に向けての理事長メッセージ
メッセージ 中期を振り返ることの
始まりの年



National Institute of
 Advanced Industrial
 Science and Technology



独立行政法人 産業技術総合研究所

中期を振り返ることの 始まりの年

独立行政法人 産業技術総合研究所

理事長 吉川 弘之

産業技術総合研究所が発足してから3年が経過した。

その間私たちは、各研究ユニットにおいて第二種基礎研究を軸とする本格研究を推進するという考え方もとで、研究所としての使命を果たすべく努力してきたのであった。

数千人の研究者を擁し、しかも多くの分野を抱える研究所が、このような一つの考え方、いわば‘哲学’と言うべきものを共有して行動できたことは特筆すべきことである。

そこには多くの人の、前例の無い課題を解かねばならぬ努力があった。

人によってその課題はさまざまである。

そして恐らく、課題は研究所に属する全ての人に課せられ、

一人一人が自らの力で解決するべく努めてきたのである。

その全てにここで触れることは不可能であるが、いくつかについて述べながら、

それらから学ぶべきこと、そしてこれからするべきことを考えてみよう。

◎「第一種基礎研究」ワークショップ

2003年の1月から2004年の1月までの間の、ちょうど1年間に私たちは24回にわたるワークショップを開催した。前半が「第二種基礎研究」であり、後半が「本格研究の製品」である。

「第二種基礎研究」は、主として公的研究費によって研究を行う産業技術総合研究所が、その中心的な責務とすべき研究である。持続可能な開発をはじめとして、現代社会が直面している問題の多くが科学技術によらなければ解決できないこと、そしてその中で産業の役割が大きいことから言って、産業技術に関する研究は重要である。しかも、現代の状況を見ると、産業は変わる必要がある。その変化に対する要請は、200年前の産業革命の大きさに匹敵するとも言われ、「産業変革」と呼ばれる事もある。したがって今、産業技術に関する研究は、既存技術の改変を超えた基礎的なものが求められているのである。したがって現在

急速に展開中の科学技術研究の成果を素材として新しい産業技術を創出せねばならぬ。しかし、一般の科学技術研究の成果はそのままでは産業技術としては使えない。その間には狭義の科学研究の方法とは異なる方法の研究が必要である。それが長い間公的には認知されなかった基礎研究であり、それを我々は「第二種基礎研究」と呼んだのであった。ワークショップを通じてその理解は進み、隠れていた重要な研究が「第二種基礎研究」として発掘され存在感を増したのも多かった。それは研究の位置づけや方法に少なからぬ変更を必要とするものであったからその間のユニット長および関係する研究者の苦労は大きいものであったと思う。しかしそれは、社会の期待にこたえる道を産業技術総合研究所が一步前進したことを意味するのである。

「本格研究の製品」ワークショップでは、本格研究の成果が社会に出たとき、それはもはや研究者にとっての成果にとどまることは許されず、社会の側の主体



的な判断による価値を担うものとなるが、それを「製品」と呼んで議論したのである。それは、私たちの研究が、研究者コミュニティの内部で閉じたまま行われ評価されるのではなく、社会に開かれていなければならず、また公的費用によって研究する者の、社会と研究者コミュニティとの間の契約の履行における責務がどのようなものであるかを明らかにしたのであった。そして、その観点から考えると、産業技術総合研究所の中のさまざまな研究分野のいずれにおいても「製品」と呼ぶべきものが存在し、狭義の研究の立場では出来なかつた対話が分野間で可能になったのであった。

第二種基礎研究、製品、と議論を重ねる中で、分野間の対話の可能性を拡大しつつ、産業技術総合研究所の研究のあり方を明らかにすると同時に、研究と社会との関係を見極めることが出来たとすれば、次に何をすべきであろうか。



本格研究のうち、第二種基礎研究と製品とを議論したのなら、当然次は第一種基礎研究だということだろう。しかしそれは、私たちがすでに定義したように、いわゆる基礎研究である。それは長い伝統を持ち人類に大きな体系的知識をもたらした科学研究そのものなのであって、いまさら産業技術総合研究所固有のものとして議論する必要も無いしまた出来ないのではないかという考え方もあるであろう。しかし私はそう考えない。本格研究の中の科学研究、それを第二種基礎研究、製品と議論してきた過程の延長上に置いて考えることは、一般的に科学研究を考えることとは違うことである。一言で言えば製品の側から、第二種基礎研究を通して第一種基礎研究を見る。そのときそれは、見かけ上一般的な科学研究に見えたとしても、その動機において固有性を持つのであり、従って研究遂行上の思考が、製品すなわち社会における価値の認識を通じて自発的に方向付けられるという点で、一般的な科学研究とは截然と区別されるものなのである。

一般に、基礎的な科学研究は、研究者の自発的で内在的な好奇心によって駆動されるものであり、外部の状況から影響を受けるときは純粋な基礎研究でなくなるといわれ、真に独創的な成果は望めないといわれることがある。研究における思考過程を強制されたら間違いなく独創性は失われる。しかし、外部からの影響が研究の動機に影響を与えるときはそうではない。このとき影響は好奇心の変化となって現れるのであって、研究の思考過程の自律性に影響を与えるものではない。この意味での影響は、いわゆる基礎的科学研究においても必ず存在するものである。現代社会に於いては、どんな基礎研究も既存のどこかの学問領域の中で行われる。その中で研究者の動機はその領域固有のものであり、その領域でしか通用しない好奇心を持っているのである。

このように考えれば、産業技術総合研究所の研究ユニットのなかでの科学研究「第一種基礎研究」は、そのユニット固有の目的のもとで動機付けられた好奇心によって駆動される基礎的な科学研究である。もしユニットの目的が独創的なものであるなら、そこでの第一種基礎研究は既存の領域では考えられない独創的なものになる可能性がある。そして、産業変革のために新しい知識が必要なのだとすれば、この意味での第一種基礎研究は本格研究の中で不可欠の重要な役割を担うものだと考えなければならないであろう。

このような第一種基礎研究とはどのようなものか、それは分野によってどのように違うのか。ここには、



は、その好例である。それは材料学を領域化していた根拠がナノサイエンスの登場によって薄れてきたこと、材料が多様な機能を持つことが明らかになってきたこと、材料に対する産業界の位置づけが変化したことなどを前提としながら、「本格研究」実現を目指して研究者自らが創り出したものである。この過程は、研究所の重要な歴史として記録されるべきものである。その他の分野でも戦略が作られつつある。ライフサイエンス

本格研究の動機が第一種基礎研究の思考過程に与える影響という、私たちがまだ検討していない問題が待っている。それを議論するのがワークショップの第三シリーズなのではないかと考えているのである。

◎ 分野別戦略

産業技術総合研究所の目的は、わが国産業の技術水準を向上することにある。それは産業の国際競争力を強化する。同時にそれは、持続可能な開発という人類共通の課題の解決に貢献し、安定した世界の秩序の実現の道を一歩進めるための一つの必要条件である。この大きな目標のもとで、何を研究すべきか。それを議論したのが「分野別戦略」であった。研究コーディネータを中心とする提案があり、ユニット長会議でもたびたび議論が行われた。

研究所の大きな目的はわかっているとしても、その中で研究者は何を研究すべきか。その理解を一歩進めるものとして分野別戦略が位置づけられる。すなわち、研究所全体の大きな目的を支える分野別戦略が、研究者にとってその分野固有の目標となる。このような戦略とは、研究所の目的と、現在研究所に在籍する研究者の意図と力との、両者に配慮しながら、慎重に導出されるものでなければならないであろう。しかしそれは、機械的に導き出されるものではない。

それは研究者の、個人としての夢と、研究所の目的についての理解とが合成されたものとしての、熱のある直観の作動によって生み出されるものでなければならないであろう。私たちはそれを、ドグマと呼んだのであった。

曾我理事を中心とする関係者の2年にわたる大きな努力によって作り上げられた「材料再構築」の構想

分野は医療、製薬などの既存の産業だけでなく新しい産業の創出を視野に入れつつ検討が進められている。情報通信分野ではバーチャルタイムマシンというコンセプトが現れた。エネルギー、環境、地質・海洋、計測標準の各分野でも検討が進められており、その完成が期待される。そしてそれらは、2005年からの中期計画の骨格となるべきものである。



ここで、「戦略」とは何か、エネルギーを例にとりながら、私見を交えつつ考えてみよう。2030年までの各技術のエネルギーの割合が変化する過程をグラフで示して、これに従うのが戦略であるとする場合があるが、これは戦略ではない。第一にそのような割合は各技術の可能性から言って決めることは出来ないし、まして権威あるものとして従わなければならないとしたら弊害である。それは予測にとどめるべきものである。戦略は、守らなければならない人類共通の目標および制約と、我々が持つ能力の可能性とを条件として、出来るだけ大きな夢を描く中で作られてゆくものであろう。戦略は夢に制限を課すものではなく、夢を支援するものでなければならない。

守らなければならない目標と制約は、持続可能な開発である。これはまずわが国の発展を環境負担の低減とともに実現することであり、次に低開発地域の開発のために必要なエネルギーの供給と、そのときの環境負担の非増加との、同時的な実現である。

実はこの中に、私たちにとって魅力のあるシナリオがすでに隠されている。わが国自身に課せられた課題を実現するために、再生エネルギーの比率を大きくすることは避けることの出来ない方向である。それが太陽光になるか風力になるかは前述のように規制するべ

きではない。また水素も大きな可能性がある。これらの方向を追求するとき、実は石油依存すなわち極端な輸入依存というわが国の特質からの脱却の道を歩むことにもなっているのである。それではもっと夢を大きくして、わが国がエネルギー輸出国になることを考えたらどうか。緊急の課題である低開発国の開発は大きくエネルギー技術に依存する。これは先進工業国の協力なしには出来ない。さまざまな自然と社会の状況のもとで求められる多様なエネルギー技術を、本格研究によって生み出すことは出来ないであろうか。描かれるべきシナリオは複雑で、国際関係、既存産業、各国の文化など、さまざまな要因が関係する。それらの全てを考えることは我々には出来ないが、科学に基づく技術を生み出す役割を持ち研究を行う当事者である我々は、我々にしか描くことの出来ない輸出産業としてのエネルギー産業を見据えたシナリオを書く力がある。そのシナリオがエネルギー分野戦略の基礎におかれたとき、その戦略は魅力的なものになるであろう。

◎ その他の学習したこと

この3年間に私たちは多くのことを学んだのであり、それは来るべき中期計画の骨格として活かされなければならない。本格研究と分野別戦略とについて上述したが、その背後で新しい組織論が不可欠のものとしてこれらを支えていたのであった。組織論とは、経営者としての理事会、人がいて組織が出来る組織原理、部門とセンターを中心とするユニット、ユニットのフラットな構造、ユニットのオートノミー、体系的な評価とその反映、理事会責任によるユニットの改廃などである。これらはいずれも新しい経験であり、相互の関係の調和的な位置付けという観点から言っても、必ずしも完全とはいえない。しかし研究所の全ての人の、探求的な心と建設的な努力によって、若干のきしみ音を発しながらもこれらの組織論は間違いなく目的を果たしつつ研究所は大きな前進を遂げたと思う。前進の過程で浮上した若干の課題について考えてみよう。

たとえば相互に対等なユニットがオートノミーを持って運営され、一方で評価を受けることによってユニット間の競争が激しくなり、ユニット間の壁が高くなるという問題提起があった。ユニットはオートノマスな存在であるが、そうであるからといって、というよりそうであればこそ、孤立してはいけないものなのである。環境から絶縁したオートノマスな存在は必ず

滅びる。したがって、もしそのような状況が生じたとすれば、壁を作ったユニットにはオートノミーについてより深く考えることが求められるし、また評価がそれを助長したのだとすれば、評価の方法に対する再検討が必要である。一方分野別戦略が未完成である事も関係しているであろう。したがってこれらの要因を相互に関係させつつ次のステップへと進むことが求められる。いずれにしてもユニット間では、相互に競争しつつも緊密な協力が必要不可欠なことであり、今後の課題である。



ユニットの運営については、オートノミーが受け入れられたと考えられる。しかしこのオートノミーというのは意外と手ごわいコンセプトである。ことにユニット長は全ての責任を負うから大変である。私は、「ユニット長は自律的な思索家だ」といったのであったが、それは研究の内容からユニットの運営及び若手の育成にまで及ぶ。そこには複雑で多様な多忙さが待っていた。全てのユニット長は果敢にそれに挑み、仕事を遂行したのであったが、この方法をさらに発展させるために何が必要であるか、ユニット長からの建設的な提案を期待したい。

これは必ずしも指摘されたことではないが、若い研究者が自らの研究キャリアを展開していく上で好ましい空間を産業技術総合研究所が提供し得ているかという点について、私は必ずしも答えを持っていなかった。これは研究分野によっても違うであろうし、またユニット長の個性が反映してももちろんよい。ぜひこれを、さまざまな角度から議論したいと考えている。

対外的には、国際的な活動をより広く展開したいし、国内的にも多くの課題がある。大学との協力、ベンチャー戦略、中小企業との連携、大企業との包括提携などすでに実績を生みつつあるものもあるが、これからの飛躍のためにさらに大きな努力が必要である。

◎ 終わりに

この3年間に行われたこと、それらはすべて貴重な経験であって、私たちはそれらから多くのことを学んだ。今、それを十分に咀嚼し、第一中期の実績の上に第二中期の計画を立てることが必要である。その作業は企画本部を中心にしてすでに始まっているが、研究所の全ての人々が、研究の遂行と並行して、この作業に建設的に参加することを期待したい。

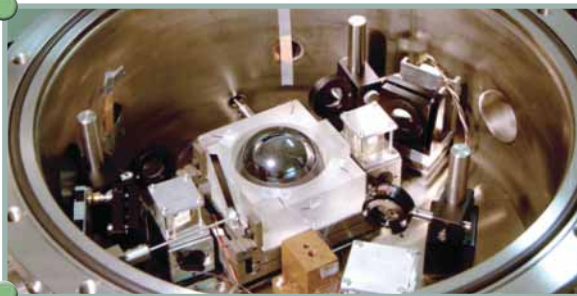
CONTENTS

04
April
2004

シリコン球体の直径を測るレーザー干渉計
本誌トピックス 7ページ

新年度に向けての理事長メッセージ

02 中期を振り返ることの始まりの年



AIST Today

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

トピックス

07 アボガドロ定数の高精度化に成功

10 世界に先駆け新機能RNAを発見

技術移転いたします！

24 ホウ素及び窒素置換
ヘテロフラレンの製造方法

25 エチルベンゼン脱水素反应用触媒を
用いたスチレンモノマーの新製造法



産業技術総合研究所理事長
吉川弘之
本誌 新年度に向けての
理事長メッセージ 2ページ

リサーチ ホットライン

13 データからの自律的学習と
確率推論

14 グリッド通信ライブラリGridMPI

15 分子認識機能を光制御する
高分子膜

16 結晶性金属酸化物
ナノポーラス材料の合成

17 酵素とビオチンを担持した
微粒子の調製

18 巻物状カーボンナノチューブの製造

19 貯留層ダイナミクスの
高精度モデル化

20 太陽光発電技術開発の
システム分析

21 真空紫外領域における
円二色性測定法を開発

22 単色X線励起蛍光X線分析法の開発

23 設計製造アプリケーション
開発システムMZ Platform

テクノインフラ

26 γ 線線量標準

27 日本周辺表層堆積図・
堆積物DB作成と海洋古環境の解明

コラム

28 乗車型移動プラットフォーム

AIST Network

29 東北センター一般公開・とうほくOSL
オープン記念式典 開催 ほか

アボガドロ定数の高精度化に成功

基礎物理定数の改訂に貢献、原子質量標準の実現に道を拓く

アボガドロ定数は、1モルの物質に含まれる原子や分子などの数を表す基礎物理定数である。その値からは原子や分子、素粒子などの質量のほかにプランク定数などの重要な基礎物理定数を導くことができる。また、アボガドロ定数をより高い精度で測定できれば、原子の数を基本とする新しい質量の単位を定義することが可能となる。そこで、産総研計測標準研究部門はアボガドロ定数を測定するための研究に着手し、EUの共同研究センター標準物質計測研究所（IRMM）との協力により、アボガドロ定数を高精度化することに成功した。この測定結果は基礎物理定数を決める国際組織である科学技術データ委員会（CODATA）で評価され、約200の基礎物理定数が2003年12月9日に全面改訂された。

基礎物理定数の重要性

自然現象を支配する物理法則には幾つかの普遍的な基礎物理定数が存在する。実験による理論の検証を基本とする現代物理学では、幾つかの基礎物理定数とその数値を決めるための尺度である標準によって、理論やモデルの妥当性が検証され物理学体系が構築されている。光速度、プランク定数、微細構造定数などは最も重要な基礎物理定数である。このうち光速度はSI単位の定義によって決められている定数であり、プランク定数と微細構造定数は測定によって決められる定数である。基礎物理定数は科学技術にとって重要であり、他の多くの物理定数がこれらの定数に依存しているので、学術的な波及効果が極めて高い。このため、これらの定数決定を個人的なグループに委ねるのではなく、パリに本部を置く科学技術データ委員会（CODATA）が最新の実験データを集めて評価し、4年に一度、推奨値として公表することになっている。

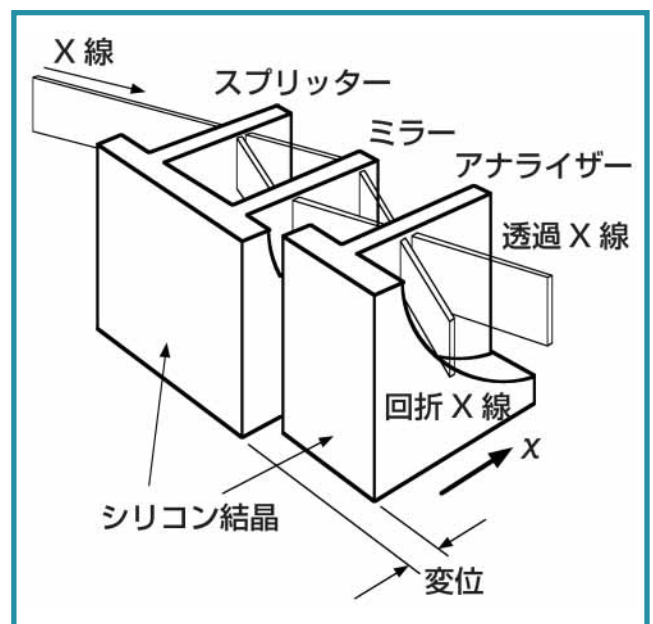
アボガドロ定数は他の多くの基礎物理定数と密接な関係があり、物理学の関係式を使えばアボガドロ定数からプランク定数を導くことができ、逆にプランク定数からアボガドロ定数を求めることもできる。前回（1998年）に公表され、CODATAが推奨したプランク定数は、英国物理研究所（NPL）と米国標準技術研究所（NIST）が測定したプランク定数を主なデータとして決められた。この測定はワットバランス法と呼ばれる測定方法によるものであり、ジョセフソン効果と量子ホール効果から決められる電圧と電気抵抗の標準が基準となっている。しかし、この値には偏り（データの不確かさに比べて真値からのずれが大きいこと）があるのではないかと専門家などから指摘されていた。このため、全く

異なる測定原理から求められる新しいデータの報告が待ち望まれていた。

産総研におけるアボガドロ定数の測定

産総研（旧工業技術院 計量研究所）がアボガドロ定数の測定に着手したのは、今から約30年前のことである。アボガドロ定数を正確に測定することができれば、国際キログラム原器という分銅で定義されている質量の単位を、原子の数を基本とする原子質量標準に移行させることができるからである。パリにある国際度量衡局（BIPM）に保管されている現在の国際キログラム原器は、質量の単位として定義されてから既に100年以上も経過しているため、表面に吸着したガスなどの影響により、その質量は徐々に増加している

図1 X線干渉計による格子定数の測定原理



ものと考えられている。このため、炭素原子 ^{12}C の数、あるいは、基礎物理定数をつかって質量を精度良く再現するための方法が検討されてきた。産総研では結晶の密度、格子定数（原子間距離）、モル質量（平均原子量）の測定からアボガドロ定数を求めるX線結晶密度法を採用した。

研究を開始した当初はX線干渉計（図1）を使ってシリコン結晶の格子定数を測る実験からスタートした。1987年、シリコン結晶を極めて真球に近い球体に研磨する技術が開発され、シリコン結晶の密度を高い精度で測ることが可能となった。産総研では、質量1キログラムのシリコン球体の形状を数ナノメートルの精度で測定するレーザー干渉計（写真1）を開発し、1994年には固体密度の世界最高測定精度を達成した。さらに、シリコン結晶の密度差を極めて高い精度で測定できる新しい計測技術（写真2）を開発した。その結果、結晶の密度を8桁という極めて高い精度で測定することが可能となり、従来、アボガドロ定数を精密に測定する上で問題となっていた、結晶内の微小な密度分布を精密に評価することができるようになった。X線干渉計による格子定数の測定については1997年に成功している。また、シリコンには安定同位体が3種類あるため、そのモル質量を決めるためには同位体存在比とその結晶中での分布を評価することが必要である。産総研はIRMMの協力を得てシリコン結晶のモル質量を測定した。その結果、アボガドロ定数を直接測定する方法としては世界最高精度である 2×10^{-7} （約7桁）という標準不確かさでアボガドロ定数を測定することに成功した（図2）。

基礎物理定数の新しい推奨値

産総研で測定したアボガドロ定数から導かれるプランク定数は、1998年にCODATAが決めた値とは6桁目で異なり、この違いは測定の不確かさを大きく上回る。産総研が測定結果を発表した直後に、ドイツ物理工学研究所（PTB）の研究グループもシリコン結晶を使ってアボガドロ定数を測定した結果を発表し、産総研とほぼ同じ値を報告した。このため、CODATAでは産総研とPTBから報告されたアボガドロ定数は信頼性の高いデータであると評価された。

今回、CODATAがプランク定数の推奨値を決めるにあたっては、ジョセフソン効果や量子ホール効果に基づく電気標準から得られたプランク定数と、シリコン結晶から得られたアボガドロ定数を介して導かれたプランク定数が主な基礎データとして採用された（図3）。これら2つのグループのそれぞれの測定の不確かさは7桁のオーダーであるが、2つのグループ間には6桁目の相違があり、理論的には一致するはずのこれらのデータがグループ間では一致しないという矛盾が観測された。CODATAでは、これらの測定に用いられた実験や理論などをあらゆる観点から検討したが、この矛盾が生じる原因は見出されなかった。このためCODATAでは、現在の物理学では解明されていない未知の物理現象や不確かさが存在するものと判断し、統計的な整合性が得られるまで全てのデータの不確かさを拡張して、それらの重み付け平均値としてプランク定数を決定した。

電気標準を使って導かれたプランク定数と、シリコ

写真1 シリコン球体の直径を測るレーザー干渉計

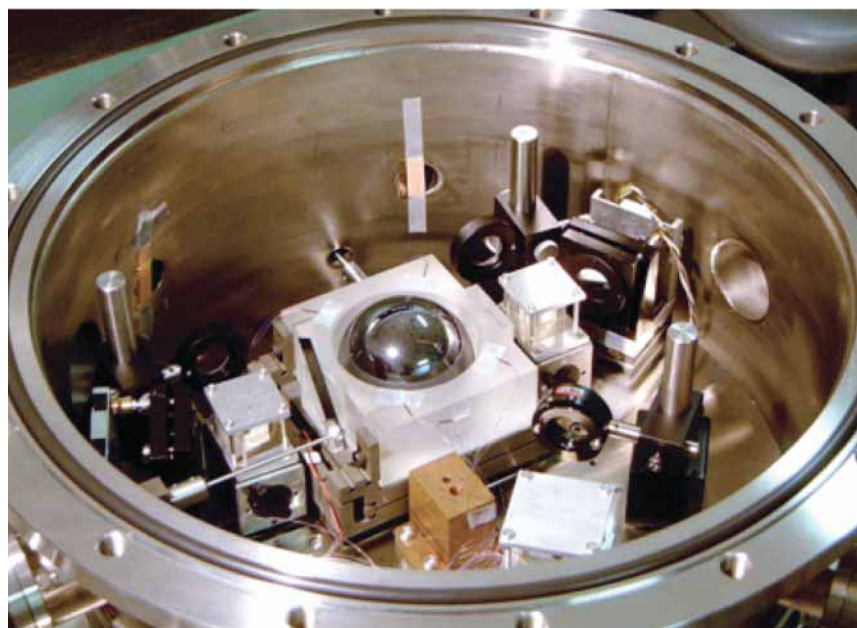
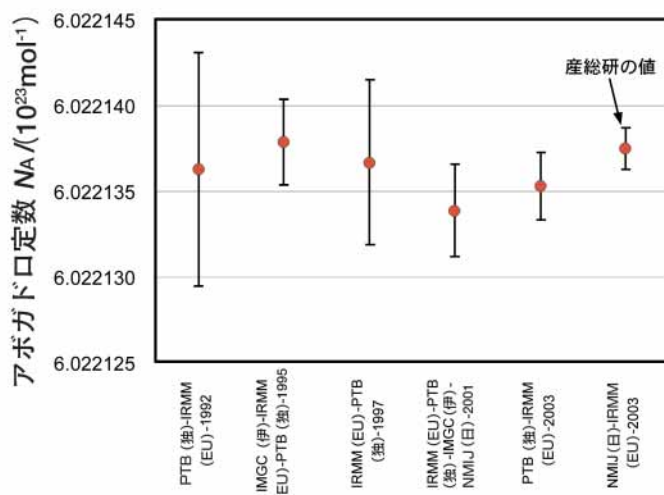


写真2 圧力浮遊法による固体密度の超精密比較装置



図2 X線結晶密度法によるアボガドロ定数の測定結果の推移



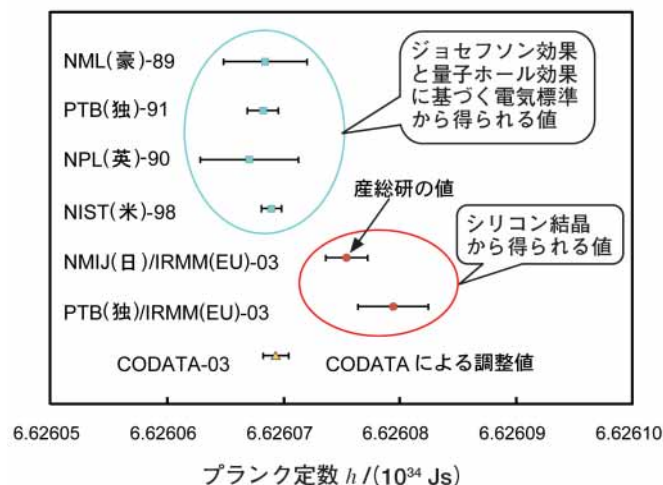
ン結晶から得られるアボガドロ定数を介して導かれたプランク定数とが異なる理由は今のところ解明されていない。ジョセフソン効果や量子ホール効果の理論を疑う意見もあるが、今のところ明確な結論は得られていない。今後、プランク定数のより正しい値については理論と実験の両面から検討が進むことが期待される。

今後の技術展望

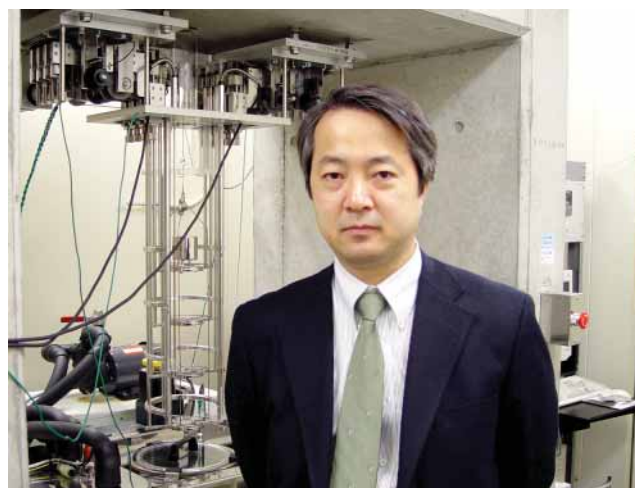
現在到達できるアボガドロ定数の測定精度は約7桁であるが、あと一桁向上すれば、原子の数を基本として質量の単位を決めることが可能となる。今回の成果は、基礎物理定数という人類共通の知的基盤への貢献に加え、キログラム原器という分銅で定義されている最後のSI単位であるキログラムの原子質量標準化に道を開くものとして注目されている。原子質量標準が実現されれば、現在の国際キログラム原器は不要となり、歴史上初めて質量の定義が人工物から切り離され、普遍的な定数と結びつくことになる。このため、メートル条約加盟国の代表からなる国際度量衡委員会 (CIPM) では、3種類の安定同位体から成る自然界のシリコンを同位体濃縮して、濃縮度99.99%の²⁸Siからなる数キログラムのシリコン結晶を創生し、モル質量の不確かさを極限まで減少させるための国際プロジェクトを開始することを決めた。このプロジェクトには産総研のほかに独、伊、英、米、豪の標準研究機関やEUの共同研究センター、ハーバード大学、ロシアの研究機関などが参加する。

アボガドロ定数決定の過程で開発された固体密度の超精密比較技術は、今まで検出することが困難だったシリコン結晶中の微小な欠陥の定量的評価にも使えるため、今後は高集積デバイスのための新しい結晶評価

図3 プランク定数の決定に貢献した主な測定データ



技術への応用などが期待されている。同位体濃縮シリコンは既に量子コンピュータや高熱伝導材料の開発に応用され、そのための基礎研究が進められている。これらの基礎研究に支えられながら、近い将来、メトロロジスト (Metrologist) の永年の夢である原子質量標準が実現されるものと予想される。



計測標準研究部門 藤井 賢一氏

◆ 関連情報

IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (2003, Vol. 52, No. 2, pp. 646-651) を始め、新聞3紙に掲載。

● 問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測標準研究部門

物性統計科 流体標準研究室 藤井 賢一

E-mail : fujii.kenichi@aist.go.jp

〒305-8563

茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3

世界に先駆け新機能RNAを発見

脳内でニューロン新生の運命を司るRNA

最近小さなRNAが注目されており、現在知られている小さなRNAとしてはsiRNA、miRNAがある。産総研ジーンファンクション研究センターは、米国ソーック研究所と共同で、新規な小さな二本鎖RNAを世界で初めて発見し、スモールモジュレータRNA：smRNAと命名した。

今回発見したsmRNAは、ニューロジェネシスの運命決定を制御する新規のRNAである。smRNAは、約20塩基の二本鎖という形状を持つ非常に小さい分子ながらも、神経細胞（ニューロン）の分化の際に重大な役割を果たす。このRNAはニューロンの遺伝子発現を抑制する負の転写因子であるNRSF/RESTタンパク質によって認識されるNRSE/RE1配列を有しており、このタンパク質および遺伝子の設計図であるDNA上のNRSE/RE1配列と相互に作用することによって、ニューロン遺伝子群の発現を引き起こす。その結果、未分化状態だった神経幹細胞はいくつかの分化経路の中から、特異的にニューロンへと分化の道をたどるようになる。

このRNAは細胞の核内に存在し、遺伝子発現の初期段階である転写過程をDNAおよびタンパク質との相互作用により制御する役割を持つ、全く新規のRNAである。小さなnon-coding RNAがもつ細胞の働きを制御する役割の場が、もっと拡張されることを示唆することとなった。

小さなRNAの役割を同定

脳内に海馬と呼ばれる部位がある。脳のほぼ中央に小さく包まれて位置するこの海馬は、人の記憶機能を制御する場所である。驚いたことにこの海馬がなくても人は生きてはいけるが、ただ新しい記憶を全く得ることができない。人を定義づける人格にとって記憶形成は不可欠で、日々の記憶の貯蔵にたくさんのニューロンが複雑にネットワークを築き上げながら貢献している。海馬は脳内で1、2を争うほどニューロジェネシスが頻繁に起きる場所である。ここ

にはニューロンのもととなる神経幹細胞が存在し、この未分化な幹細胞からニューロン、オリゴデンドロサイト、アストロサイトという3種類の成熟細胞ができあがる（図1）。どの細胞に分化するかは細胞外からのシグナル、および細胞内での特異的な遺伝子の発現など様々な現象が重なって最終的な経路が決定される。

様々な生物のDNA配列情報が解読・整備されている現在、この膨大な情報の中から効率よく目的とする有用遺伝子群の同定・解析ができる手法の開発は必須である。我々は、RNAを配列特異的に切断するリボザイムに着目し、網

図1 神経幹細胞から分化する3つの細胞

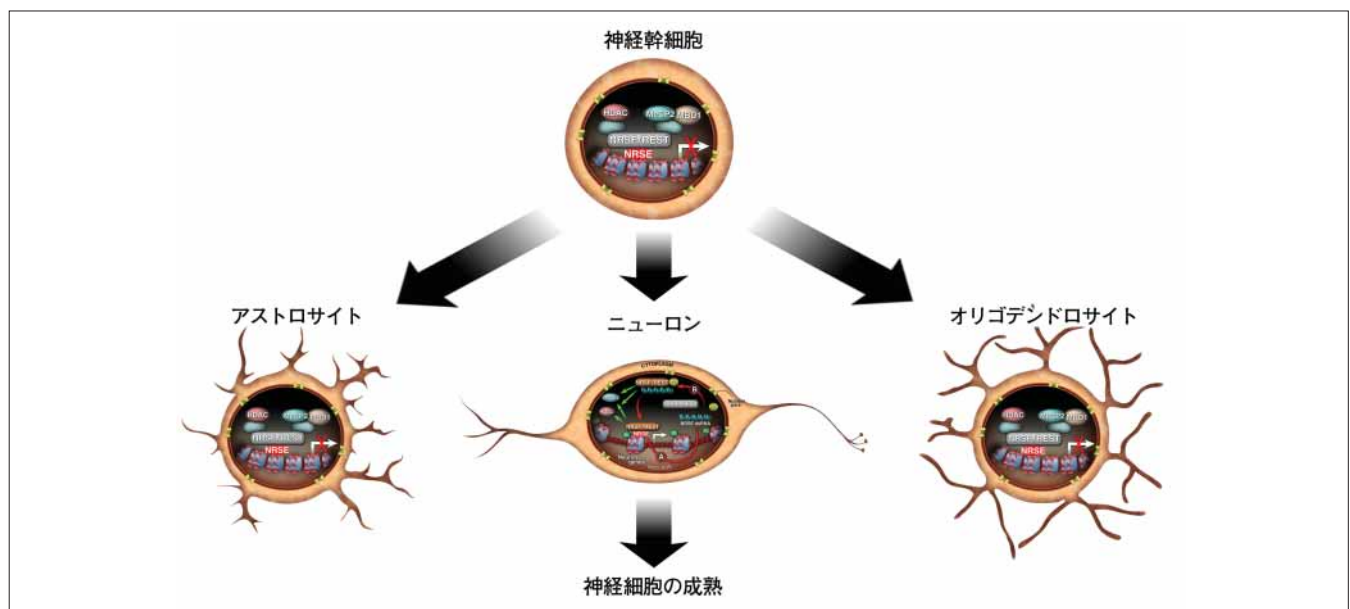
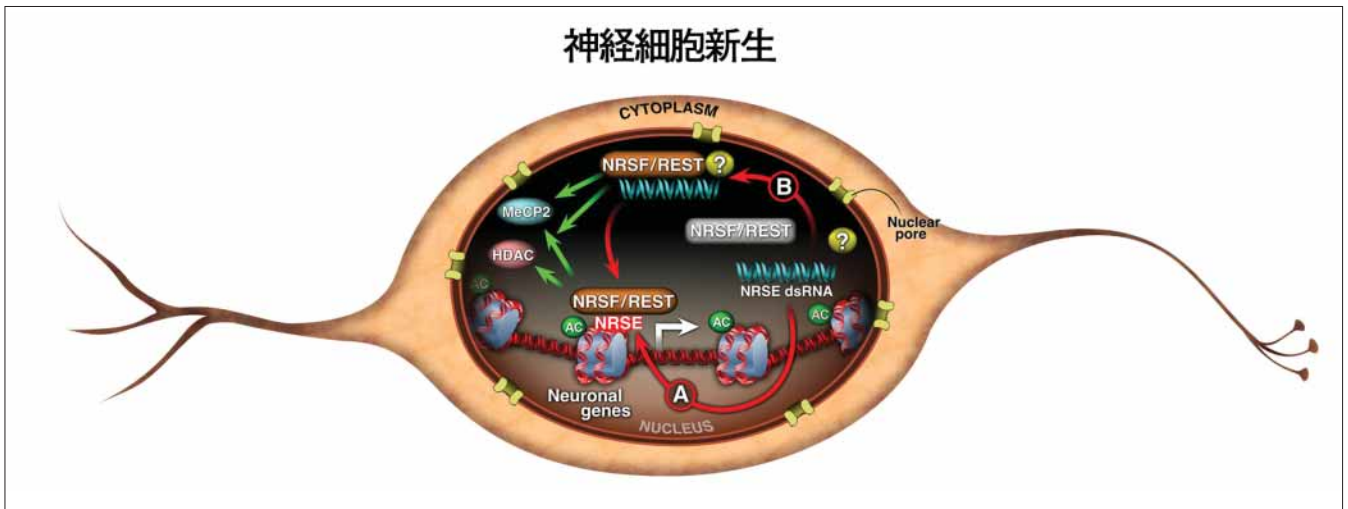


図2 ニューロン細胞内の NRSE dsRNA (smRNA) による活性化モデルの概念

ニューロン細胞の特性にとって重要な因子の一つにNRSF/RESTによって認識されるNRSE配列がある。未分化細胞である神経幹細胞から分化する、ニューロン・アストロサイト (astrocyte)・オリゴデンドロサイト (oligodendrocyte) では、NRSF/RESTがNRSE配列に結合することによりニューロン関連の遺伝子抑制を行っている。NRSF/RESTは、遺伝子発現を抑制するために、HDACおよびメチル化DNA結合タンパク質 (MeCP2、MBD1) のような負の転写因子を使っている。神経系へ分化 (ニューロジェネシス: neurogenesis) させるには、神経幹細胞・アストロサイト・オリゴデンドロサイトに特異的な遺伝子を抑制し、ニューロンに特有のNRSEマークされた遺伝子の転写を活性化する。これらの細胞では、NRSE配列とdsRNA (smRNA) を形成することのできる non-coding RNA が供給されている。dsRNA (smRNA) の発現によりNRSF/RESTのニューロジェネシス (neurogenesis) 活性剤と抑圧者としての働きが調整されている。このとき、NRSF/REST自身の発現量は変えることなくNRSE依存的に転写レベルでの遺伝子制御が行われている。



羅的な機能遺伝子探索法 (ジーンディスカバリー技術) を確立した。今回、このリボザイムを用いてニューロン新生の鍵となる小さなRNAの役割を同定した。

神経細胞 (ニューロン) の分化に重大な役割を果たす smRNA

新機能性の小さなRNA、smRNAは、細胞の核内で遺伝子情報をコードする設計図であるDNAと、その設計図上にやってきて特定の遺伝子の発現のOn/Offを制御する機能性タンパク質 (転写因子) の双方に作用する、全く新しい部類のRNAモジュレーターである。DNA設計図上に配列特異的 (NRSE/RE-1と呼ばれるニューロン特異的な遺伝子にコードされた配列) にこのsmRNAがやってくると、「この配列の下流にコードされた遺伝子 (産物) を今から生産開始しなさい」という命令がはいり、それまでその部位で遺伝子の発現を押さえていたリプレッサー (抑制) タンパク質 (NRSF/RESTタンパク質) が、その性質を変えアクチベーター (活性化) タンパク質に化ける。その結果、神経幹細胞をニューロンへと導いていくのに必要な多くの遺伝子の発現が始まり、ニューロジェネシスが起る。このsmRNAはDNA設計図上で発現場所を指示すると同時に、既にある一つの重要なタンパク質の性質を全く別の性質へ変化させる役割をもつ。特定の遺伝子群の指定、タンパク質の二面性のコントロール、の指示を出し終わると、成熟

ニューロンへと神経幹細胞が進行する前にこのRNAは密やかに姿を消してしまう。

神経幹細胞に未分化状態であることを提示するリアルタイムマーカーを導入し、ニューロン分化を強制的に促すシグナルを与えると神経幹細胞がニューロンへの分化経路を歩み始め、神経幹細胞のマーカーは時間を追って消滅していく。ここに、この小さなRNAを切断する機能を持つリボザイムを導入すると、神経幹細胞からニューロンに分化せず未分化の状態のまま神経幹細胞がとどまり、このsmRNAの役割を同定する過程で、我々のリボザイム技術が非常に役立った。

小さなRANの発見に向けて、国際協力で更なる前進を

近年、同様の小さいRNAが、細胞の中の別空間である細胞質でタンパク質生成の最終段階である翻訳過程を阻害する現象が見つかっている (miRNA、siRNA)。今回のsmRNAはDNA遺伝情報がつまった細胞の見つけにくい核内での、遺伝子発現の初期段階である転写過程を制御するRNAの発見であり、産総研のジーンディスカバリー技術と米国ソーク研究所の幹細胞培養技術を組み合わせることによって初めて可能になった発見である。

【用語説明】

●ニューロン新生

従来、損傷を受けた成体の中枢神経系は、ニューロン自身に分裂能がないために機能再生は不可能であると考えられていた。哺乳類の脳発生過程において、ニューロン産生は主に胎生期に集中している。しかし、げっ歯類ではadult（成体）になっても嗅球と海馬・歯状回ではニューロンが新しく作り続けられていることは以前から知られており、最近、ヒトの成体の中枢神経系においても実際に海馬歯状回においてニューロン新生が起こっていることが明らかになった。このことは、成体の中枢神経系においても、神経幹細胞もしくは、神経前駆細胞が存在し続けていることを示唆している。

●RNA

リボ核酸。遺伝情報がDNAに蓄えられていることは現在では一般に広く知られており、その構造は二本鎖がねじれあって二重らせんをとっている。しかし、RNAは基本的に一本鎖の分子であり分子内でねじれ合うことによって部分的に二本鎖の構造をとる。RNAには多くの種類があり、例えば、全RNA量の約80%を占める「リボソームRNA（rRNA）」やDNAの遺伝情報がコピーされた「メッセンジャーRNA（mRNA）」、アミノ酸を運ぶ「トランスファーRNA（tRNA）」、前述した酵素の働きをもつ「リボザイム」などがあり、さらに、それぞれのRNAには多くの種類が存在する。

DNAの遺伝情報に基づいて生体内でタンパク質が合成されるためには、実際にはこうした様々なRNAによる両者の間の仲介が必要となる。このように、DNAと共にRNAもまた、生命の根幹を担う重要な分子である。

●神経幹細胞

発生中の脳原基において増殖し継代を繰り返すことができる（自己複製：self-renewal）と同時に、ニューロンおよびグリア細胞（アストロサイト、オリゴデンドロサイト）のどちらもつくることができる多分化能（multipotent）細胞である。近年、胎生期のみならず成体からも分離培養、増殖することができるようになり、神経系を構成する細胞の多様性の形成機構を解析する上で、最も重要な研究対象の一つとなっている。また、神経幹細胞は、その特有の性質から、虚血や変性疾患によって脳のニューロンの大量喪失（structural brain damageと総称する）に対する再生療法への切り札としてが注目を集めている。

●オリゴデンドロサイト（希突起膠細胞）

細胞体は小さく卵円形で、核は丸く細胞質が少ない細胞。脊椎動物中枢神経系の主要なグリア細胞の一つであり、中枢神経系で隣接する神経の軸索数本を包み込み、ミリエン（髄鞘）を形成する。このミリエンにより軸索が絶縁され、軸索の電気的容量は減少し、神経の伝導速度は増加する。

●アストロサイト（星状膠細胞）

比較的大型で、多くの細い突起を細胞体から放射状に出し、星状となっている。この突起の中には細胞骨格の中間径フィラメントであるグリア線維性酸性蛋白質が存在している。脳や脊髄にいるグリア細胞の中でもっとも多く存在するグリア細胞で、概算で神経細胞の数の約4～5倍の数が存在する。血液脳関門（BBB）の形成やシナプス機能の調節など、脳機能の発現のために重要な役割を果たしている。

●リボザイム

リボザイムとは、「リボ核酸（RNA）の中でも酵素（エンザイム）

と同様に触媒作用をもつ分子」であることから、これら二つの単語を融合して生まれた言葉であり、（通常のタンパク質の酵素に対して）いわば「RNA酵素」といえる。リボザイムの中には、例えば、ハンマーヘッド型またはヘアピン型リボザイムと呼ばれるものや、メッセンジャーRNAのイントロン（遺伝情報を含まない部分）が自ら投げ縄型（lariat）に切り出す自己切断型のものなどがあり、様々なリボザイムが見つかっている。

●smRNA（small modulatory RNAs）

我々の研究により明らかとなった新しいクラスのsmall RNA。特徴としては二本鎖を形成し、タンパク質と相互作用することで、これまで知られているsiRNAやmiRNA（翻訳レベルでの遺伝子発現制御）と違って、転写レベルで遺伝子の発現制御を行う。

●miRNA（micro RNA）

ncRNA（non-coding RNA）の一部。ヘアピン構造のRNA分子からDicerにより切り出される一本鎖の短いRNA（21～25塩基）で、線虫で初めて発見され、動植物にも広く存在している。線虫や植物では発生・分化に関わることが知られており、ヒト由来のmiRNAも現在までに200種類以上報告されている。siRNAも低分子RNAで遺伝子発現抑制作用を有する点は共通しているが、遺伝子発現抑制作用のメカニズムはsiRNAが相補的な配列のmRNAを分解し遺伝子発現を抑制するのに対し、miRNAではmRNAに完全に相補的でない場合でもmRNAを分解せずに翻訳阻害のみを引き起こし、発現を抑制するという相違点がある。またmiRNAは内在遺伝子の発現調節のための抑制システムで、siRNAは外来遺伝子に対応するための抑制システムであると考えられている。

●siRNA（short interference RNA, small interfering RNA）

1998年にアメリカのカーネギー研究所が線虫の細胞を用いた実験で、長鎖の二本鎖RNAがgene silencingを起すことを発見し、RNA干渉（RNAi：RNA interference）と名付けた。RNA干渉において、配列特異的に特定の遺伝子の発現を抑制する際、長鎖の二本鎖RNAからDicerにより切り出され、ガイド役として働く21～23塩基の二本鎖RNAがsiRNAである。siRNAの配列特異性は非常に高く、siRNAの長さが21塩基、3'端突出が2塩基のものが最も効果が高い。長鎖の二本鎖RNAでは哺乳動物細胞中では非特異的な免疫応答（インターフェロン応答）を起すために、その適用範囲は線虫やハエなどに限定されていた。しかし、2001年5月のドイツのマックスプランク研究所の報告により、siRNAを直接導入することで哺乳動物細胞内でもインターフェロン応答を抑えてmRNAを破壊することが可能である事が明らかにされて以来、遺伝子治療や遺伝子の機能解析など、様々な研究分野で注目を浴びている。

●問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所
 ジーンファンクション研究センター
 細胞増殖制御研究チーム 桑原（薬科） 知子

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

〒305-8562

茨城県つくば市東1-1-1 中央第4

データからの自律的学習と確率推論

計算機とインターネットの発達によって、膨大な情報を容易に収集し高速に処理することが可能になった。そこでこの大量情報の中から有益な知識を抽出し、計算機で有効に活用する技術が望まれている。こうした技術の一つとしてベイジアンネットワークという確率的な計算モデルがある。

例えば20代の女性100人のうち30人がある商品を買ったという統計情報があれば、条件付の購入確率は30%である。このようなP(購入 | 年齢, 性別)という条件付確率を網羅的にモデル化できれば、目の前の新しい顧客についての購入見込みや、購入する可能性の高い商品を予測することが可能になる。またこの確率の変化率を計算することで、年齢や性別の他にも予測に強く影響する要因を見付けられる。このような要因(変数)の間を結んで多段のネットワークにしたものがベイジアンネットワークである。そして購買可能性のような確率値や可能性の高い商品を予測する計算が確率推論と呼ばれている。

このベイジアンネットワークを利用するためには、適切なモデルを作らなければならない。そこで大量のデータを与えると、影響の強い変数を探索し自動的にモデルを構築するソフ

トウェア、BayoNetを開発した。

また構築したモデルの上で確率推論を高速に実行するアルゴリズムの研究も進め、プログラムとして実装した。現在これらのソフトウェアはすでに複数の企業にライセンス供与されており、市販化、無償の試用版の配布により数百人のユーザに使用されている。

このソフトウェアを使うことで、大量データからモデルを構築し、それを集約された知識として使った予測・推論を行い、情報サービスとして提供し、その反応をまたデータとして集めてモデルを更新する、という枠組みが実現できる。最新のデータによってモデルが更新されるので、状況の変化にも自律的に適応できることが大きな長特である。

応用分野も非常に幅広く多岐にわたるので、現在多数の企業と連携して有効な活用分野を開拓している。有望な応用先として、

- ・ 事故や故障事例からの障害診断・予防モデル
- ・ ユーザに適応する情報システム、カーナビ
- ・ 包括的なマーケティング・情報提供
- ・ センサ情報からの行動モデル・生活支援

について重点的に取り組み、アルゴリズムの基礎技術と、より有効に活用するための応用技術の両面から研究を進めている。

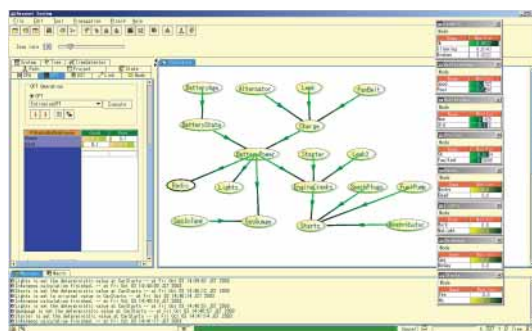
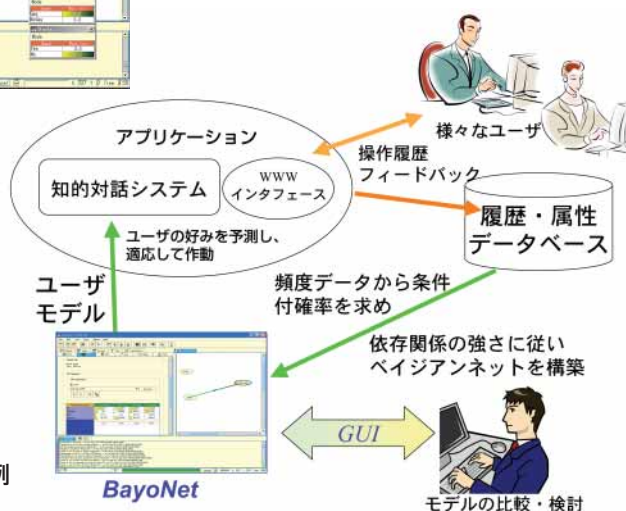


図1 ベイジアンネットワークソフト BayoNet



もとむらよういち
本村陽一
y.motomura@aist.go.jp
デジタルヒューマン研究センター

図2 ユーザに適応する情報システムへの応用例



関連情報

- <http://staff.aist.go.jp/y.motomura/bayonet/>
- 本村陽一: 計測と制御, 42巻, 8号, 693-694 (2003).
- 特願 2003-338877, 特願 2003-338878, 特願 2004-046048 (本村陽一).

グリッド通信ライブラリ GridMPI

グリッド技術はネットワークによって接続された多数のコンピュータ群を同時に利用することを可能にした。しかし、このようなコンピュータ群を有効利用するには、地理的に離れたコンピュータ間で効率的な通信を行う必要がある。GridMPI(Grid Message Passing Interface)¹⁾はこのために開発されたもので、並列コンピュータ群を繋ぎ、あたかも一つの大規模な並列コンピュータのように見せる通信ソフトウェアである。

GridMPIの特徴としては、(1)並列計算で広く用いられているMPI標準²⁾に従う、(2)地域ネットワークでの利用を主目的とする、(3)ネットワークに応じて通信を最適化する、の三点が挙げられる。

MPI標準は並列計算に必要なコンピュータ間でのメッセージ授受方法を標準化したものであり、クラスタ計算機や専用並列計算機で広く用いられている。GridMPIはこのMPI標準に従っているため、プログラムを書き換えずにグリッド環境で動作させることができる。多数のコンピュータの利用は、単に計算速度の向上だけでなく、大容量のメモリを使用可能にする。大規模計算では実行できる課題がメモリ量に制限される場合も多く、メモリ量が大きくなることの意義は大きい。手持ちの計算機では容量不足で実行できなかった計算を、グリッド環境で実行することが可能になる。

GridMPIは、遅延時間(通信が相手に届くまでの時間)が数ミリ秒以内である地域ネットワークでの利用を想定している。並列計算では遅延時間が性能に大きく影響するが、数ミリ秒の遅延であれば効率良く解ける問題が多いことが、我々の研究により明らかになっている。首都圏内程度のネットワークでは、遅延は2~4ミリ秒の範囲である。首都圏には、3月末に産総研つくばセンターに導入されたAISTスーパークラスタをはじめ1000台規模のクラスタ計算機が複数存在しており、豊富な計算機資源が利用可能である。

またGridMPIでは、LAN(構内ネットワーク)とWAN(広域ネットワーク)の通信性能特性の違いを考慮した通信の最適化を行っている。双方を同時に利用した場合に性能を発揮できるように、従来のMPIにとらわれずゼロから設計を行なった。内部では、LANとWANの組合せに対して複数の通信アルゴリズムを切替えて使用している。このため、GridMPIではLACTと呼ぶネットワークの通信時間と接続経路を考慮した処理階層を設けている。この他、計算機上のOSの通信機能の拡張やTCP/IP等のプロトコルのチューニングなどを行ない、高性能な通信をサポートしている。

GridMPIは年2回のペースでソースプログラムを公開し利用可能にして行く予定であり、2004年3月末にはMPI-1.2規格に準拠したGridMPI 0.1版をリリースした。

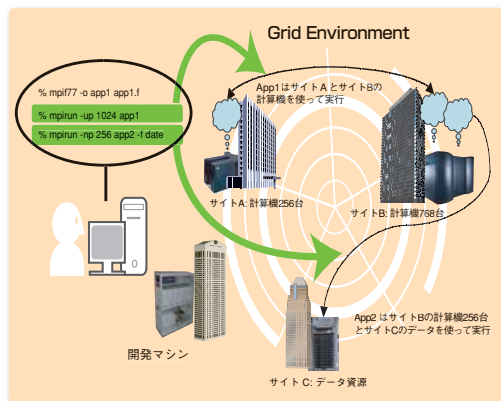


図1(上) GridMPIの利用イメージ
図2(右) ソフトウェア・アーキテクチャ

MPI Core						
RPIM		Grid ADI				
UNICORE	GRAM	SSH	Latency-aware Communication Topology		IMPI protocol	MPICH-G2 protocol
			P-to-P Comm.			
			O2G	Vendor MPI		
			TCP/IP	PMv2	Vendor MPI	Library
						Other Comm.

- Multiple Protocols
 - Latency-aware Communication Protocol
 - IMPI Protocol
 - MPICH-G2 Protocol
- Grid Adaptation
 - GRAM
 - UNICORE
- High Performance Transport Layer
 - O2G, an asynchronous message facility in the socket layer
 - New TCP/IP implementation for adaptive flow control mechanisms

関連情報

- 1) <http://www.gridmpi.org/>
- 2) <http://www.mpi-forum.org>

● 本研究の一部は文部科学省「経済活性化のための重点技術開発プロジェクト」の一環として実施している超高速コンピュータ網形成プロジェクト (NAREGI: National Research Grid Initiative) による。
<http://www.naregi.org/index.html>



まつだもとひこ
松田元彦
m-matsuda@aist.go.jp
グリッド研究センター

分子認識機能を光制御する高分子膜

分子認識は鍵(ゲスト)と鍵穴(ホスト)の関係に例えられ、生体内において免疫の抗原抗体反応や酵素の基質特異性など多くの場面で重要な役割を果たしており、この生体機能を人工的に実現するために様々な研究が行われてきた。本研究で用いた「分子インプリンティング法」は、ホストの合成を簡単に、テララーメイドを行うことを目的に考案された方法である。この方法は一種の鋳型重合であり、「鍵と鍵穴」のような空間的な相補性と、様々な分子間相互作用による相補性を併せ持ったホストの調製が簡単に行える方法であり、複数の相互作用部位を持つことで全体としてホスト-ゲスト間に強い結合を得ることが可能となり、結果として高いゲスト選択性を実現できると考えられる。しかし、一般に強く結合したゲスト分子をホストから再び引き離すことは難しく、その際に塩や有機溶媒を使用するとその後処理に手間がかかっていた。我々はゲスト分子の放出に光を用いることでこの問題点を解決でき、さらにホストへの取り込み・放出の制御も行うことができる有用な光機能性膜材料の開発に成功した(図1)。

光応答性分子認識分子として、紫外光照射

下でcis体に、また可視光照射下でtrans体に分子の立体構造が変化(光異性化)するアゾベンゼン誘導体であるp-フェニルアゾアクリルアニリド(PhAAAn)を合成した。さらに、PhAAAnと比較的相互作用が強く蛍光標識分子として良く利用されているダンシルアミド(DA)をゲスト分子として選び、両者を用いて分子インプリンティング法により分子認識機能を持つ架橋高分子膜を合成した。得られた高分子膜からDAを取り除いて作成した鋳型膜をDAの溶液に浸したところ、鋳型膜へのDAの取り込みが起こり、その後、紫外光を照射すると膜からDAの放出が起こる。さらに可視光の照射によりDAを再び取り込むことも確認している(図2)。この挙動は1分子のDAに対して4分子の割合でPhAAAnを含む鋳型膜においてのみ観察されたことから、“多点認識”とPhAAAnの光異性化による“協同追い出し効果”と推察している。この膜のゲスト分子識別選択能力が高いことから、この技術を種々のゲスト分子に適用することにより分子センシング膜や物質分離の光制御への応用も期待される。

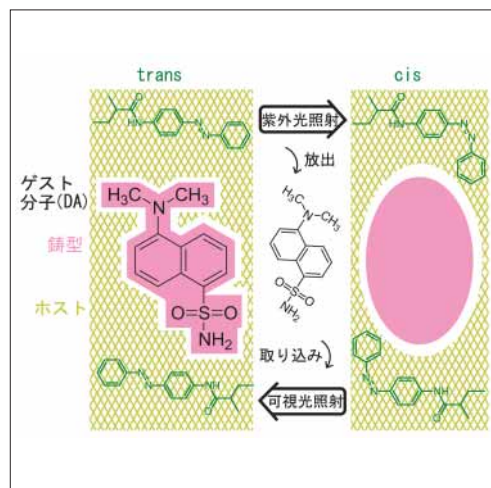


図1 光による鋳型高分子膜の構造変化に伴う鋳型の変形とゲスト分子の取り込み・放出の模式図

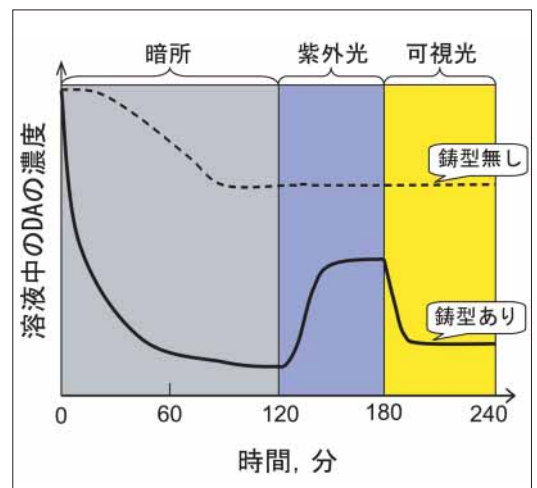


図2 鋳型高分子膜へのゲスト分子(DA)の取り込み・放出挙動の光制御



みのうらのりひこ
箕浦憲彦

n.minoura@aist.go.jp
バイオニクス研究センター

関連情報

- N. Minoura, K. Idei, A. Rachkov, H. Uzawa, K. Matsuda: Chem. Mater., Vol. 15, 4703-4704 (2003).
- A. Rachkov, N. Minoura, T. Shimizu: Optical Materials, Vol. 1, 307-314 (2002).
- 特願 2003-103781 「光応答型分子識別材料」(箕浦憲彦, 小木曾真佐代, ラチコフ オレケサンドル)。

結晶性金属酸化物ナノポーラス材料の合成

ナノポーラス材料は、2nm以上の孔径を有し、均一な細孔サイズ、高比表面積、多種多様な三次元細孔構造などの特徴を有している。そのため、特に、光触媒、電子部品、光機能部品など広い範囲へ材料として応用の可能性があるナノポーラス金属酸化物が注目を集め、盛んに研究が行われている。しかし、フレームワークが化学的に安定なアモルファスである、結晶が有している規則的な原子配列に基づく様々な電子的あるいは化学的機能を利用することができなかった。

通常、金属酸化物ナノポーラス材料の製造にはテンプレート（鋳型）を使用した合成法が用いられる。我々は、従来の合成法にガラス相の前駆体であるトリエチルリン酸($\text{PO}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)又はオルトケイ酸テトラエチル($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ (TEOS))を微量加え、高温焼結で金属酸化物の結晶化を制御しながら成長させる方法を考案した。これによって、規則正しく整列したナノ細孔を有する三次元構造を備え、フレームワークが結晶性金属酸化物であるナノポーラス材料を合成す

ることに成功した。この新規手法により、ガラス相として五酸化二リン(P_2O_5)や二酸化ケイ素(SiO_2)を用い、さまざまな金属酸化物(例えば、酸化チタン(TiO_2)、酸化マンガ(MnO_2)、酸化リチウム(Li_2O)、酸化錫(SnO_2)など)を組み合わせることで、高い比表面積を持つ、ナノサイズ微結晶の金属酸化物-ガラス相複合ナノポーラスの合成にも成功している(図)。ガラス相五酸化二リン(P_2O_5)は目的に応じ、材料の電子伝導性或いはイオン伝導性を改善するために、それぞれの機能を持つ物質をドーピングすることも可能である。

今回、結晶性金属酸化物ナノポーラス材料の合成に成功したことによって、様々な結晶性金属酸化物のもつ電子的・化学的機能とナノポーラス構造のもつ分子サイズのふり機能自由を組み合わせたことが可能となった。今後、この技術が触媒担体、吸着剤、光触媒、湿式太陽電池、センサ、スーパーキャパシタの高性能化、高機能化に向けて幅広く応用されることを期待する。

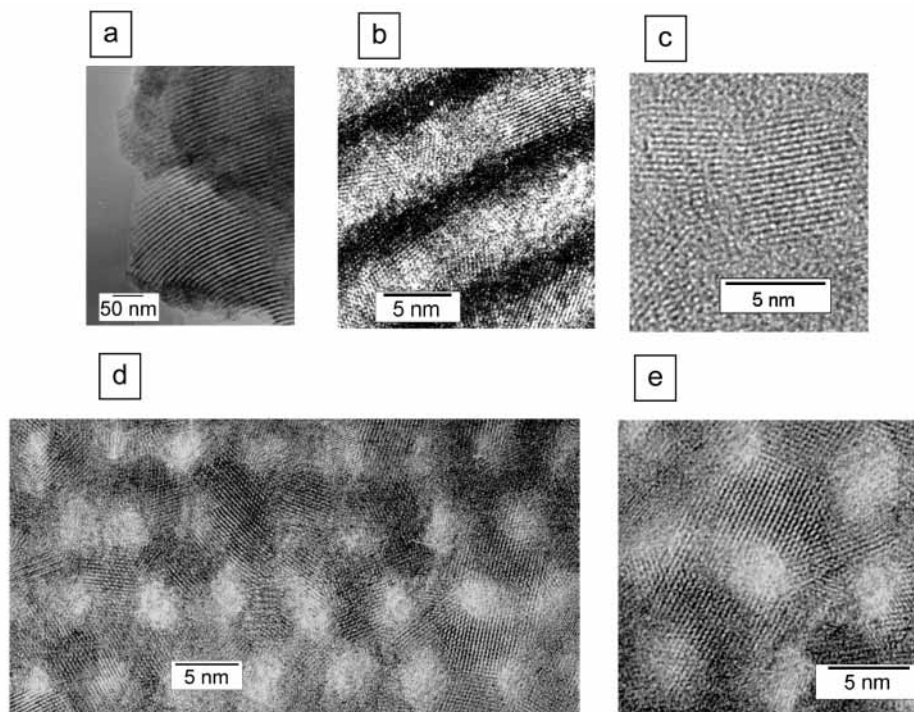
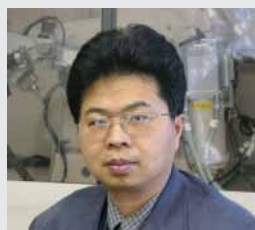


図 三次元構造的微結晶酸化物のフレームワークを有するナノポーラス粉末の透過電子顕微鏡(TEM)写真
(a)、(b)と(c)は $\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ のTEM像、(d)と(e)は $\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-MnO}_2$ のTEM像。



しゅう ごうしん
周 豪慎
hs.zhou@aist.go.jp
電力エネルギー研究部門

関連情報

- 共同研究者: 李東林, 本間 格 (電力エネルギー研究部門) .
- Donglin Li, Haoshen Zhou, I. Honma: Nature Materials, Vol. 3, 65-72 (2004).

酵素とビオチンを担持した微粒子の調製

表面に単一の官能基を持つ高分子ラテックス微粒子は、アフィニティー分離材料、診断キット、薬物伝達システム(DDS)、酵素担体などとしてライフサイエンス分野で幅広く使われている。表面に固定する機能分子としては、例えばタンパク質、医薬分子、DNAなどがある。従来用いられてきたラテックス微粒子は主に均一組成、多孔質またはコアシェルタイプ構造であり、表面には殆ど一種類の官能基しか存在しなかった。一方、微粒子の両側にそれぞれ異なる官能基を与えることができれば、微粒子に方向性を持たせながら段階的に修飾することができ、更なる応用が期待される。しかしながら、このような二官能性高分子微粒子は、まだ開発されていなかった。

本研究では、ソープフリー(界面活性剤なし)シード(種)乳化重合という方法を用いることにより、2つの異なる領域にエポキシ環と水酸基を持たせた異方性ラテックス微粒子を調製することに成功した(図1)。これは、第1段階としてジビニルベンゼン(DVB)で架橋したポリグリシジルメタクリレート(PGMA)のシード微粒子をソープフリー乳化重合により合成し、次にそのシード微粒子の存在下でスチレンモノマー(St)を更に重合させ相分離させるという方法である。この時、鎖転移剤2-

メルカプトエタノールの存在下でスチレンを重合させるとポリスチレン側に水酸基を導入することができる。さらに、この水酸基を活性エステル型ビオチン誘導体と反応させることにより、微粒子の片側のみをビオチン化することに成功した。一方、酵素(ピルビン酸キナーゼ)のアミノ基とエポキシ環を反応させることにより、酵素をポリグリシジルメタクリレート側に固定化することができた。微粒子上のビオチン化部位及び酵素固定化部位は、それぞれ金コロイド微粒子でラベルしたストレプトアビジン及び抗ピルビン酸キナーゼ抗体を結合させ、電子顕微鏡観察により確認した。例えば基質濃度が100マイクロモル(μM)の場合には、固定化酵素の活性はフリー(固定化していない)酵素の約50%であったが(図2)、その活性は4℃で48日間保存後もほぼ維持されることが明らかとなった。この微粒子は、エポキシ環の求核試薬に対する反応及びビオチン-アビジン結合を利用して、それぞれ異なる生体分子を固定することが可能である。例えば、この微粒子をキネシン・微小管系分子モーターの微小管に結合させることにより、分子モーターの運動に必要な高エネルギー化合物ATPを自己生産するナノバイオマシンの構築が期待される。

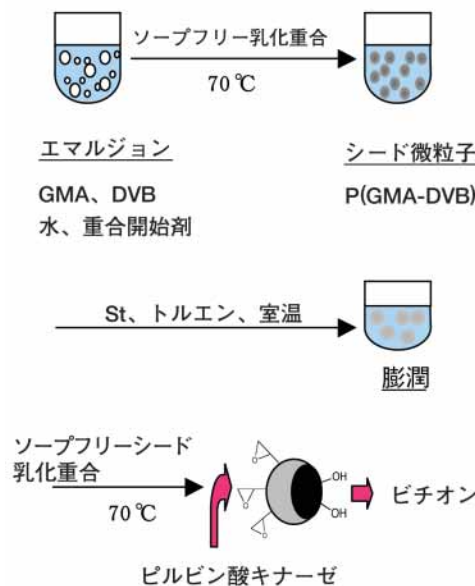


図1 酵素とビオチンを担持した微粒子の調製手順

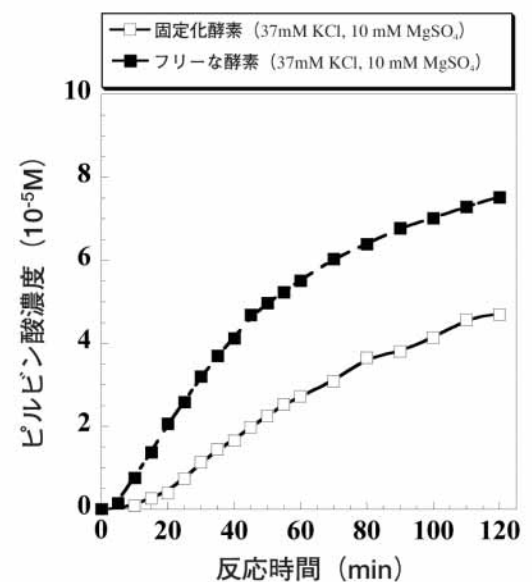


図2 ピルビン酸の生成曲線

(基質濃度100 μM 、pH7.4、25℃)

関連情報

- Y.-Z. Du, T. Tomohiro, M. Kodaka: *Macromolecules*, Vol. 37, No. 3, 803-812 (2004).
- Y.-Z. Du, T. Tomohiro, G. Zhang, K. Nakamura, M. Kodaka: *Chem. Commun.* No. 5, 616-617 (2004).
- 特願2003-135519 (小高正人, 友廣岳則, 杜永忠), 特願2003-292888, 2003-350034 (小高正人, 友廣岳則, 中村和彦, 杜永忠).

と せいちゆう
杜 永忠yz-to@aist.go.jp
生物機能工学研究部門

巻物状カーボンナノチューブの製造

炭素原子は sp^2 混成軌道によって化学結合すると、二次元に広がった炭素六角網面を形成する。この平面構造を持つ炭素原子の集合体はグラフェンと呼ばれており、その大きさや配列様式に応じて炭素材料としての物性が変化する。特殊な例であるが、このグラフェンが管状に閉じた構造をなしているものがカーボンナノチューブである。グラフェンは通常、積層して三次元の結晶子を形成するが、この結晶子がある程度以上大きい炭素材料は、特に黒鉛と呼ばれている。

我々は黒鉛層間での原子・分子の反応やグラフェンの挙動について研究を行ってきたが、その過程でグラフェン1枚を剥離するとカーボンナノチューブが得られることを見出した。

グラフェンは弱いvan der Waals結合で積層しているだけなので、層の間に他の原子や分子が容易に取り込まれる。この現象はインターカレーションと呼ばれ、これによって得られる化合物を黒鉛層間化合物(GIC: Graphite Intercalation Compound)と言う。

図1にその調製過程の模式図を示す。まず黒鉛にカリウムなどのアルカリ金属をインターカレーションする(図1(a), (b))。次にスチレンなどの不飽和炭化水素モノマーの蒸気

を接触させると、モノマーは層間へ取り込まれアニオン重合が起こる。試料は非常にゆっくりと黒鉛のc軸方向、すなわちグラフェン面の垂直方向に膨張を始める。膨張の程度すなわちポリマー/黒鉛比は、その時点での黒鉛層間に蓄積されているポリマー量に対応するが、重量比で1000以上に容易に到達する。生成物は図1(c)に示すような構造をなし、グラフェンはポリマー中に1枚ずつ引き離されて存在している。さらにこの複合体を有機溶剤(N-メチル-2-ピロリドン)中に入れてポリマー成分を除去する。

得られた粉末を電子顕微鏡で観察すると、図2の写真のようになり、図1(d)で示すような巻物状のナノチューブが生成されていることが分かった。溶剤によってポリマー中から解放された1枚のグラフェンは、広がったシート状で存在するよりも分子間力で自らと結合して巻物状になったほうが表面エネルギーを低減することができると考えられる。

得られた巻物状ナノチューブは直径が25 nm程度であり、従来の多層型ナノチューブと同じレベルである。従来のナノチューブの用途以外に、巻く・解くの動作が可能なナノマシンや他の物質を巻き込んだ巻き寿司状複合材料など、新たな応用が期待される。

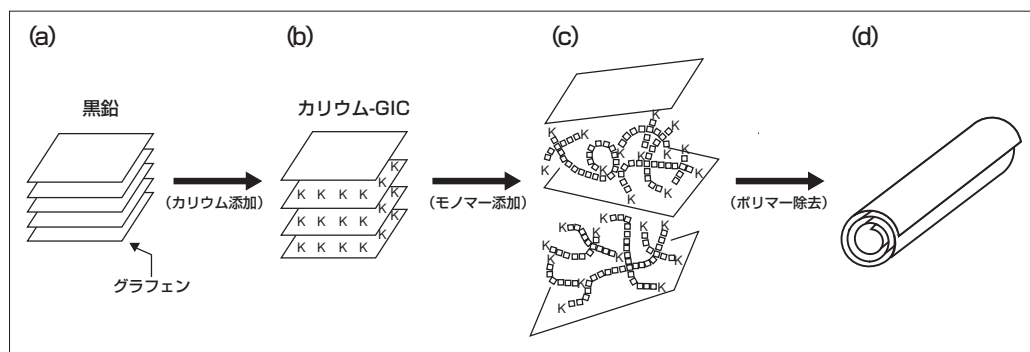


図1 調製過程の模式図

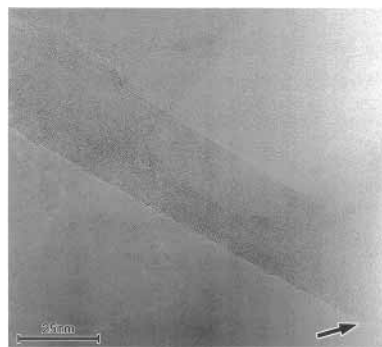


図2 得られた巻物状カーボンナノチューブの電子顕微鏡像
矢印は末端を示している。



しおやま ひろし
塩山 洋
Shioyama.h@aist.go.jp
ユビキタスエネルギー研究部門

関連情報

- H. Shioyama, T. Akita: Carbon, Vol.41 179 (2003).
- 特願 2003-010539 「巻回型カーボンナノチューブとその製造方法」(塩山 洋, 秋田知樹).

地下流体挙動のモニタリングと予測に向けて

貯留層ダイナミクスの高精度モデル化

地下深部に井戸を掘って高温の地熱流体を取り出し、蒸気をタービンに送る地熱発電が行われている。火山地域ではマグマ等を熱源として熱水対流系が発達しているが、この一部分である地熱貯留層から流体を採取する。地熱貯留層は、流体の通路が主として火山岩中の割れ目であり、不均質で複雑な構造をしている。したがって掘削データだけから全貌を把握するのは難しく、しばしば生産井の予想外の減衰などに悩まされる。このような問題に対処するのに、貯留層の数学モデルを作成し、流体生産によって貯留層がどのように変化するか将来予測を行うため数値シミュレーション法が用いられている。3次元の数学モデルでは通常、対象区域を10000程度のブロックに分割し、それぞれに水の通りやすさを表す浸透率などの物性を付与する。ただし実測データから直接与えられるのはごく一部であり、大部分は推定値となる。したがって、正確な予測を行うためには、用いる数学モデルの検証が重要となる。

我々はこの検証に、地表で測定される重力、自然電位、比抵抗、地震波速度などの観測量を用いることを考え、NEDOとの連携により、野外観測手法の高精度化と解析手法の開発を行ってきた。自然電位を例にとると数学モデルの検証

証は以下のような手順で行う。まずその数学モデルに実際の生産履歴を与え、貯留層の状態変化をシミュレーションによって求める。次に、その結果にEKPポストプロセッサ(岩石中の水の流れに伴う界面動電現象による電流を計算するための計算コード)を適用する。これによって地表の自然電位変化を計算し、結果を実際の自然電位変化の観測値と比較する。その一致が不十分な場合、数学モデルのパラメータを調節し十分な一致が得られるまで作業を繰り返しモデルの改良を図る。

重力等についても同様のポストプロセッサを開発したことにより、これまで間接的にしか用いられなかった多様なデータを、数学モデルの拘束条件として「ヒストリーマッチング」において用いることが可能となった。今後、開発された手法を中核に新たな地熱貯留層評価管理技術として実用化し、資源の持続的利用に貢献したいと考えている。

開発された手法は地下の流体流動が関与する現象に広く適用できる。現在、二酸化炭素の帯水層貯留に係わるモニタリング技術、ならびに流体挙動の将来予測技術として展開を図っている。さらに今後、高レベル廃棄物の地層処分や活動的火山の監視技術などへの適用も期待される。

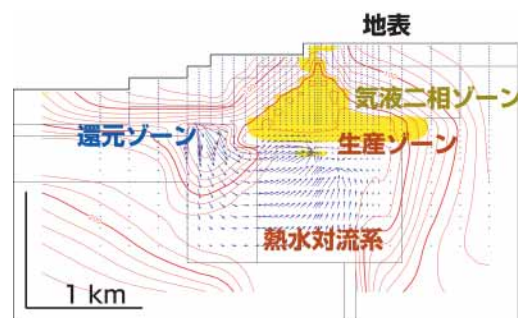


図1 (上) 貯留層シミュレーション

貯留層の数学モデルを用いて流体の生産・還元に伴う地下の流体・熱・化学種の流れを計算する。

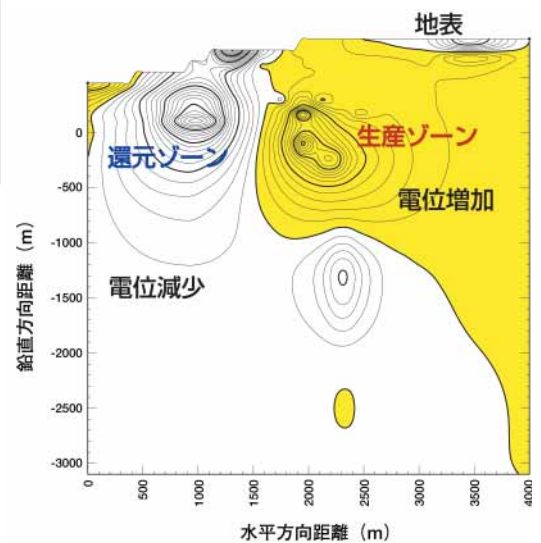


図2 (右) EKPポストプロセッサによる電位変化計算



いしどつねお
石戸恒雄
ishido-t@aist.go.jp
地圏資源環境研究部門

関連情報

- 共同研究者: 當舎利行, 菊地恒夫, 杉原光彦, 西 祐司, 高倉伸一, 中尾信典, 安川香澄, 内田利弘 (地圏資源環境研究部門)。
- T. Ishido, J.W. Pritchett: J. Geophys. Res., Vol. 104, 15247-15259 (1999).
- T. Tosha, N. Matsushima, T. Ishido: Geophys. Res. Lett., Vol. 30, doi: 10.1029/2002GL016608 (2003).

太陽光発電技術開発のシステム分析

エネルギーの技術開発、すなわちエネルギー技術の研究開発や導入普及においても資金等の資源を有効に活用することが求められている。技術開発を効果的かつ効率的に推進するためには、適切な計画の策定が重要である。われわれはこれを支援するために、技術開発の費用効果分析を通じて、適切な資源配分を明らかにする方法、エネルギーシステム分析を通じて、適切な技術開発目標を明らかにする方法を提案している。また、実際の技術開発にこれらの分析手法を適用し、技術開発計画の妥当性の検証や目標達成のための支援手段の分析をおこなっている。

太陽光発電は産総研で研究開発を実施している主要なエネルギー技術の一つであり、分析の対象として取り上げた。太陽電池の製造原価は研究開発による技術進歩や、生産規模の拡大による量産効果で低減することができる。研究開発の投資効率は一般的には収穫逓減の法則で徐々に低下していくので、いずれかの段階で資金を導入助成に回し、量産効果をねらうことがより効率的になる。図1は費用効果分析の一例で、わが国における太陽電池の製造原価低減率に対する研究開発と導入助成(補助金)との投資効率を比較した結果である。使うモデルによって推定される研究開

発の投資効率には幅が生じるものの、結晶系シリコン太陽電池に関する研究開発の投資効率が下がってきた段階で、導入助成が実施されていることが分かる。

太陽光発電についてはすでに技術開発のロードマップが作成されており、将来の各時点での価格の目標や導入目標が示されている。最適化型のエネルギーシステムモデルを用いることによって、目標価格で導入目標が実現できるか、導入目標の実現にはどの程度の助成が必要かを分析することができる。図2にこのようなエネルギーシステム分析の結果を示す。予想される炭素税の下で、他のエネルギー技術と競合しながら導入目標を実現するためには、しばらくは余剰電力購入等による助成が必要である。しかし、代替できる燃料の価値や環境に対する付加価値を除いた実質的な助成は、2030年頃には必要なくなると考えられる。

エネルギー技術開発の計画策定においては、さらに多くの要因を考慮する必要がある。当研究センターにおけるエネルギー収支分析や社会的受容性の分析などを含む多様な観点の分析を合わせた研究が不可欠である。また、今後は分析の対象を他のエネルギー技術にも広げていきたいと考えている

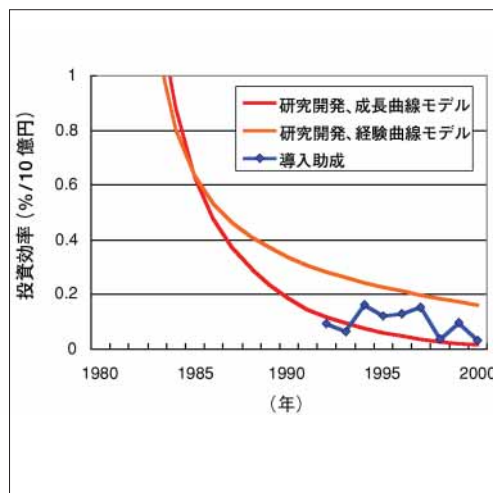


図1 太陽光発電の研究開発および導入助成の投資効率

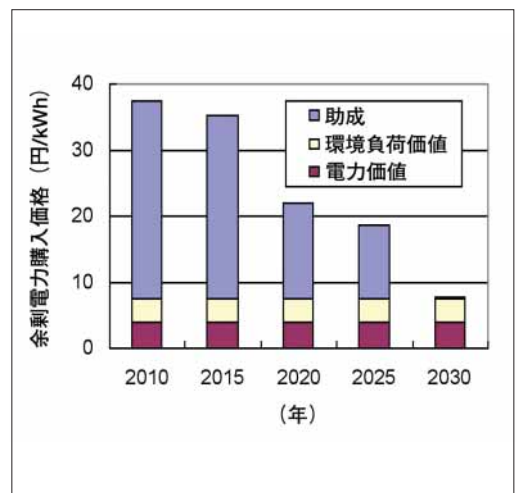


図2 太陽光発電の導入目標達成に必要な余剰電力購入価格



えんどうえいち
遠藤栄一
endo.e@aist.go.jp
ライフサイクルアセスメント研究センター

関連情報

- <http://staff.aist.go.jp/endo.e/>
- 遠藤栄一, 田村佳彦: 電気学会論文誌 B, Vol.121-B, No.11, 1472-1482 (2001).
- 遠藤栄一, 田村佳彦: 電気学会論文誌 B, Vol.121-B, No.12, 1788-1799 (2001).
- 遠藤栄一, 一戸誠之: 電気学会論文誌 B 投稿中, 平成 16 年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集 (2004).

偏光アンジュレータを用いて真空紫外偏光変調分光法を実現

開発 真空紫外領域における円二色性測定法を

円二色性測定法は、測定試料の左右円偏光に対するスペクトル応答の違いを利用した光学的な測定方法であり、分子の立体構造を決定する有力な測定法のひとつである。市販の円二色分散計は可視～紫外領域で測定可能で、波長の下限は190nmである。生体高分子の基本構成要素であるアミノ酸や糖では、主に波長200～10nmの真空紫外領域の光と強く相互作用する。したがって、この測定法をさらに波長の短い真空紫外領域へと拡張することができれば、今まで不可能であった高エネルギー遷移に基づいた分子構造解析が可能となる。このため、世界中の放射光施設で、偏光変調素子を用いた真空紫外領域での偏光変調光の発生が試みられている。しかしこれらの測定法では、円偏光変調素子として透過型の光学素子を使用しているため、原理的に実効波長下限は140nmである。

産総研では、1986年に小型電子蓄積リングTERASにおいて独自構造の交流偏光変調可能な偏光アンジュレータを開発している(図

1)。今回、この偏光アンジュレータを利用することによって、従来の透過型偏光変調素子の波長限界を超える125nmまでの短波長領域における円二色性測定技術を開発し、アミノ酸の一つであるアラニン薄膜の真空紫外領域における円二色性のスペクトル測定に成功した(図2)。これは透過型の偏光変調素子を使わずに、光源自体で左右円偏光を交流的に発生させ、偏光変調分光を行う手法である。

多くの放射光共同利用実験施設では、蓄積電子エネルギーが固定されているため、利用できる変調光の波長が限定されている。産総研のTERASは、300～800MeVの範囲で自在にエネルギーを変えることができるシステム構築を行っているため、300～40nmの波長範囲で交流的に偏光変調された放射光を発生することが可能である。これからは、より短波長領域で測定を行っていく計画である。今後、真空紫外領域円二色性分光は生体高分子の立体構造を知るための重要な分析技術になると期待される。

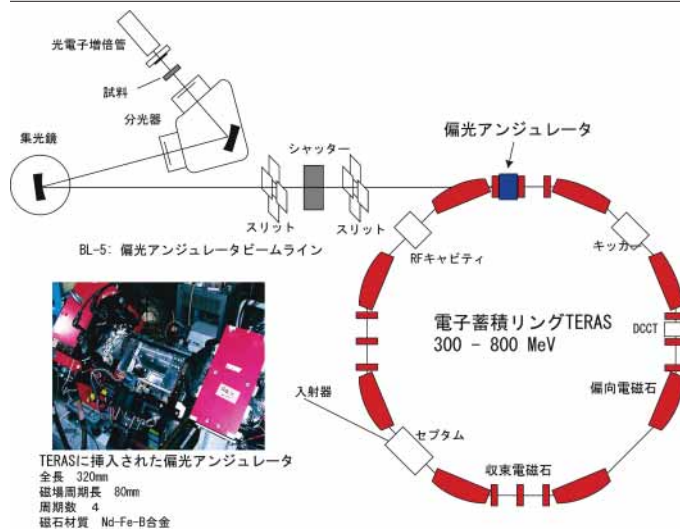


図1 (左) 産総研電子蓄積リングTERASと偏光アンジュレータビームライン

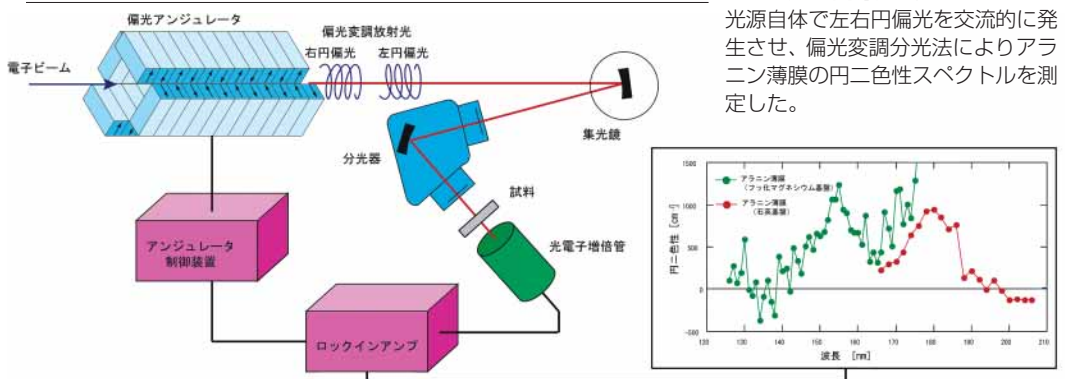
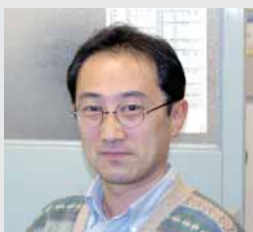


図2 (下) 偏光アンジュレータによる偏光変調分光法



わたなべかずとし
渡辺一寿
yagi-watanabe@aist.go.jp
光技術研究部門

関連情報

- 共同研究者：山田亨 (脳神経情報研究部門)、中川和道 (神戸大学)。
- M. Tanaka, K. Yagi-Watanabe, T. Yamada, T. Kitada, F. Kaneko, K. Nakagawa: 15th Int Sym Chirality (2003), Shizuoka, Japan.
- 渡辺一寿: 第17回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2004)。

単色X線励起蛍光X線分析法の開発

最近の化学分析は、迅速・高感度・高再現性等の特徴から機器分析法を用いて行われることが多い。そこでは標準物質を用いて装置を校正した上で試料の測定を行う。品質管理が目的の場合のように、真の値からずれていても(かたよりがあっても)(図1(a))、再現性がよければ(ばらつきが小さい)分析結果が役に立つこともある。しかしながら近年、化学計測の国際的整合性が要求され、かたよりのない(図1(b)、(c))分析方法が重要視されている。国際度量衡委員会の物質標準委員会(CCQM)はSI(国際単位系)にトレーサブルな結果を与える方法を一次標準測定法と呼び、同位体希釈質量分析法、重量分析法、電量分析法、滴定法、凝固点降下法等がその資格を有するとしている。

蛍光X線分析法は試料にX線を照射したときに、試料から放出される蛍光X線の波長(またはエネルギー)を調べることによって、分析する方法である。この方法は、非破壊・迅速・高再現性なので、鉄鋼やセメント製造工程での品質管理のための分析等に用いられている。市販の蛍光X線分析装置はX線源としてX線管を用いているが、その場合特性X線と連続X線の両方

が励起に寄与し、測定した蛍光X線強度から組成値を計算で求めることは難しい。そこで通常は測定試料によく似た組成を持つ一連の標準物質を用いて、検量線を作成した上で試料の測定が行われる。

本手法は、(1)単色X線(例えばモノクロメータを用いて得る)を試料に照射し(図2(a))、蛍光X線強度を測定する(図2(b上))。(2)測定したい元素の高純度物質からの蛍光X線強度を試料と同条件で測定する(図2(b中及び下))。(3)X線に対する試料の吸収係数を計算または実測により求める。単色X線を用いたことで、測定方程式が極端に簡単になり、不確かさの評価も容易になる。特殊な場合(例えば測定したい元素の組成の和が100%)には、吸収係数を計算から求めることができるが、通常は吸収係数を実測から求める。この方法の最大の特長は、非破壊でかたよりの小さい結果が得られることである。

この方法を用いてFeCr合金や底質の認証標準物質の組成分析に適用したところ、認証値とよく一致する結果が得られた。今後は、不確かさを小さくする努力を行うとともに、新規の標準物質の特性値決定法としての使用が期待される。

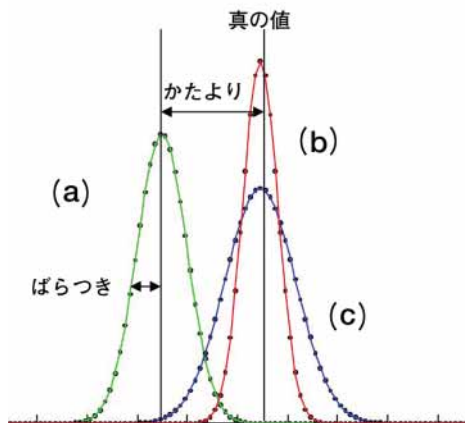


図1 計測におけるばらつき、かたよりの概念図

(a) かたよりが大きい
 (b) かたよりがなく、ばらつきも小さい(理想)
 (c) ばらつきは大きい、かたよりのない
 多少のかたよりがあってもばらつきが小さければ、役に立つ場合もある。
 国際比較等に用いる場合は、かたよりの小さい計測が必要

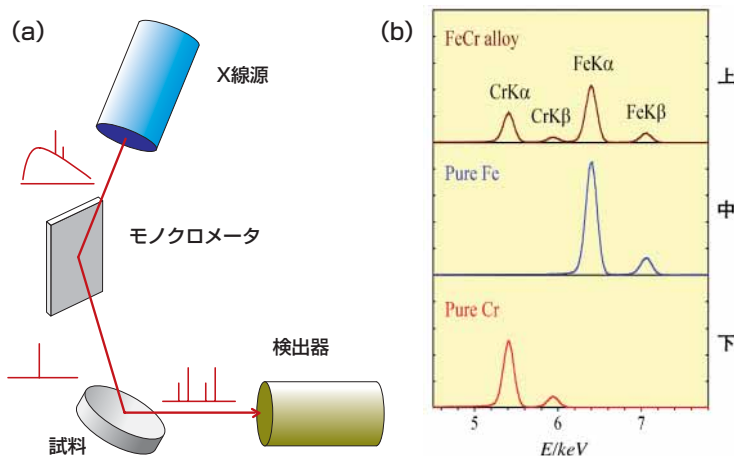


図2 実験装置と典型的測定例



くらはしまさやす
 倉橋正保
 masa-kurahashi@aist
 計測標準研究部門

関連情報

● 倉橋正保, 水谷 淳, 齊藤浩紀, 野々瀬菜穂子, 日置昭治: X線分析の進歩, No.35, 63-79 (2004).

部品を組み合わせるブロック感覚でソフトを作る

MZ Platform

設計製造アプリケーション開発システム

近年、わが国の製造業を取り巻く環境は一層厳しさを増しており、企業にはこれまで以上に業務効率を向上させることが求められている。情報技術の導入による業務のシステム化と文書の電子化は、そのための有効な手段として認識されており、これまでにCADを初めとする多くの設計製造アプリケーションが開発されてきた。しかしながらこれらの多くは、特に中小の製造業者にとって、導入・維持・管理に要する負担が大きい上に実際の業務に合わせて使いこなすことが難しい。

我々は、コンピュータやプログラミングの専門家ではない中小製造業者自身が、業務用アプリケーションを短期間・低コストで開発するためのシステムとして、MZ Platformの研究開発を進めている。これは、「コンポーネント」と呼ばれるソフトウェア部品を組み合わせることによってアプリケーションを作り上げるものである。図1にその概念図とMZ Platformの画面を示す。

アプリケーションを新しく開発するとき、ユーザはまず手持ちのコンポーネントの中から必要なものを選択する。MZ Platformでは、これら既存のコンポーネントはメニューから選べるようになっている。次に、画面上に配

置されたコンポーネントの相互関係を記述することによって、アプリケーションの動作を指定する。例えば、「ボタンを押したらウィンドウを開く」という動作を指定する場合、ボタンコンポーネントからウィンドウコンポーネントへ向かって線を引き、そのウィンドウコンポーネントの動作として「ウィンドウを表示する」を指定すればよい。このようにして、ユーザはプログラミングを行うことなく、アプリケーションを作成することができる。

必要なコンポーネントがない場合には、新しいコンポーネントをJava言語によるプログラミングで作成する。MZ Platformは新しいコンポーネントを作成するためのテンプレートファイルを用意しており、プログラミングの負担は相当に軽減されている。

図2の工程管理システムは、MZ Platformで開発したアプリケーションの一例である。通常、このようなアプリケーションをオーダーメイドで作成するには数ヶ月の期間と数千万円の費用が必要とされているが、図2のアプリケーション作成に要した期間は3週間ほどであった。このアプリケーションは、その後インタフェース等に修正を加え、現在、(株)ダイヤ精機製作所にて試験運用されている。

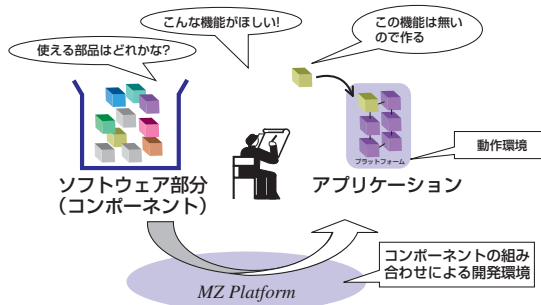


図1 (上) MZ Platformの概念図
(下) MZ Platformのアプリケーション作成画面

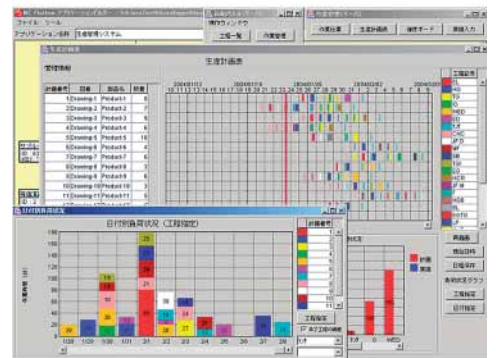
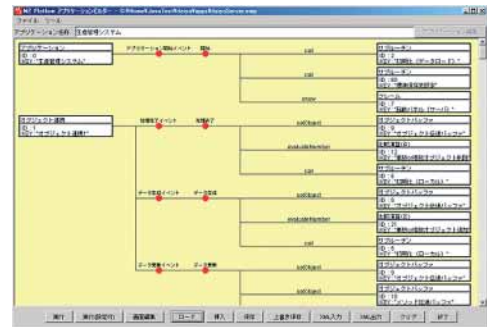
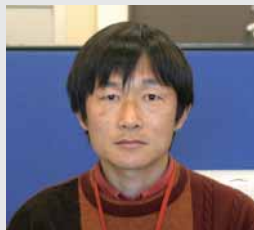


図2 MZ Platformで開発した工程管理アプリケーション



さわだひろき
澤田浩之
h.sawada@aist.go.jp
ものづくり先端技術研究センター

関連情報

- 1) <http://unit.aist.go.jp/digital-mfg/>
- 2) 中山力: 日経デジタル・エンジニアリング, No. 65, 36-37 (2003).

特許

特許第 3353068 号 (出願 2000.8)

ホウ素及び窒素置換ヘテロフラーレンの製造方法

●関連特許 (登録済み: 国内 1 件、出願中: 国内 1 件)

1. 目的と効果

ダイヤモンド、グラファイトに次いで第3の炭素同素体であるフラーレン (C₆₀) は、大量合成法が開発されて以来、その特異な構造、性質から種々の分野で注目されています。新規な物理的・化学的性質が期待される、フラーレンの炭素骨格の一部を、ホウ素及び窒素で置換したヘテロフラーレン (BNC₅₈) の合成方法に関する技術を提供します。

[適用分野]

- 超伝導材料
- 超高硬度材料
- 非線形光学材料

2. 技術の概要、特徴

フラーレンの炭素骨格の一部を異種元素で置換したヘテロフラーレンは、基本骨格であるフラーレン構造と比較して、理論計算によって超伝導、強磁性、耐食性、超高硬度性、非線形特性などの新規な物理的、化学的性質の発現が期待される興味ある物質であるにもかかわらず、簡便な合成法が開発されなかったために、その物性に関する研究は思うように進展しなかったのが現状です。レーザー照射下にフラーレンが C₂ 脱離反応を容易に起すことに着目して、KrF エキシマレーザー照射下に、出発原料のフラーレン及び窒化ホウ素を共存させることによって、直接BN置換反応を起こさせて、BNC₅₈ を効率的に合成する方法を見いだしました。

3. 発明者からのメッセージ

フラーレン及び窒化ホウ素のヘキサン懸濁液を調製し、KrF エキシマレーザー光を室温下で照射するという簡便な方法で、BNC₅₈ の合成が可能となりました。本方法は他の異種元素を含む各種のヘテロフラーレンの合成にも応用できるものと期待されます。

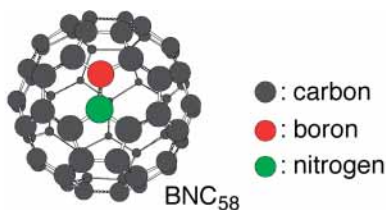


図1 BNC₅₈ の分子構造

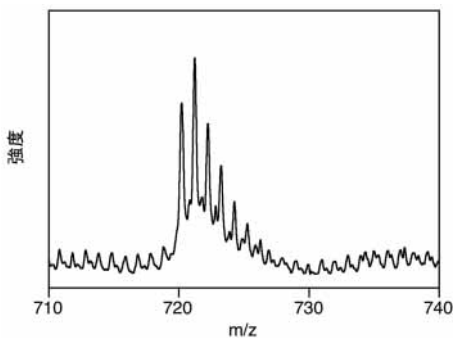


図2 BNC₅₈ の質量分析スペクトル

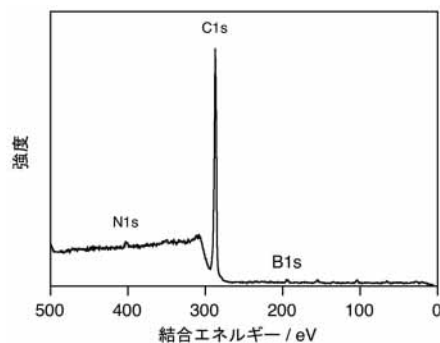


図3 BNC₅₈ のXPSスペクトル

特許

特許第 3032816 号 (出願 1997.8)、第 3465042 号 (出願 2000.2)

エチルベンゼン脱水素反応用触媒を用いた スチレンモノマーの新製造法

● 関連特許 (出願中: 国内 2 件)

1. 目的と効果

スチレンモノマーの新製造法として、CO₂を媒体として用いたエチルベンゼン脱水素反応用の鉄/アルミナ系触媒を提供します。CO₂はスチームと異なり凝縮しないため、現行プロセスよりも省エネルギー化が可能になります。また反応に関与できるため反応促進も期待できます。

[適用分野]

- スチレンモノマー製造

2. 技術の概要、特徴

現行のエチルベンゼン (EB) 脱水素プロセスは、600℃程度の温度の触媒層にEBとスチームを流通させて行っています。我々は、スチームの代わりにCO₂を用いて同様に反応を行ったときに、共沈法で調製した担持量約10%の鉄/アルミナ系触媒が、活性低下が少なく、安定した触媒活性を示すことを見いだしました。またカルシウム等のアルカリ土類金属を添加すると、触媒上に析出した炭素のCO₂による燃焼が促進されるため、触媒の安定性が向上することも分かりました。図1に示した反応式でスチレンへ変換されるものと考えられ、得られた最高性能としては、CO₂/EBモル比10以上、常圧、550℃程度の条件で、スチレン選択率96%、エチルベンゼン転化率70% (図2)を得ており、現行のスチームプロセスと同レベルです。

3. 発明者からのメッセージ

スチレンモノマーの新規製造プロセスへの展開を目指し、共同研究先・技術移転先を求めています。

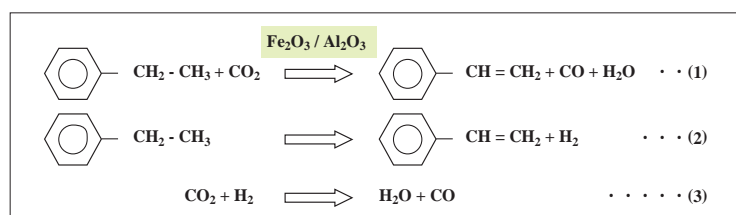


図1 反応式

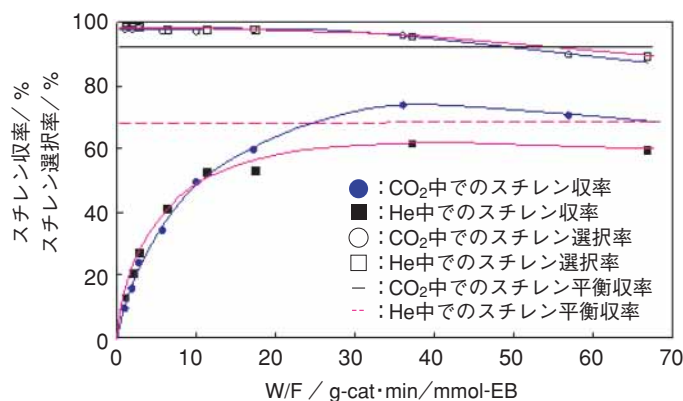


図2 Fe₂O₃/Al₂O₃触媒上でのエチルベンゼンの脱水素反応における、W/Fの増加に伴うスチレン収率の変化: 反応条件 550℃、常圧、CO₂ (He)/EB=18

— 環境調和技術研究部門 —

PATENT

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

γ線線量標準

計測標準研究部門 黒澤 忠弘

空気カーマ

産総研では放射線検出器の用途に合わせた校正を行うために、線量強度が異なる二つの照射室を有している。一つは134 TBqの⁶⁰Co、34 TBqの¹³⁷Csがある大γ線源照射室、もう一つは185 GBq以下の3個の⁶⁰Coと、222 GBq以下の3個の¹³⁷Csがある小γ線源照射室である。大γ線照射室では特に医療施設や滅菌など工業施設で使用される検出器の校正を、また小γ線源照射室では放射線防護や環境レベルの線量測定に用いられる検出器の校正を行っている。

電荷を持たない粒子である光子(X線、γ線)のエネルギーは、物質と相互作用し放出される電子にエネルギーを付与する。特に単位質量当たりの空気から放出される電子の初期運動エネルギーを空気カーマと呼び、光子に対する物理標準量として使用されている。したがって空気カーマのSI単位はJ/kgで与えられる。

空気カーマの絶対値測定

空気カーマの絶対値の測定には、図1に示すグラファイト製の円筒型

空洞電離箱を使用している。空洞電離箱では、放射線と電離箱壁との相互作用で発生した電子によって、空洞内の空気中に生成したイオンの電荷量が測定される。得られた電荷量に対して正負のイオン対1個を生成するのに費やされる平均エネルギーや、空洞中の空気の温度、気圧、湿度に対する補正、その他、様々な補正係数を乗ずることによって、空気カーマの値が得られる。これらの補正係数の一つに、壁補正係数がある。これは電離箱壁によるγ線の減衰や、壁から発生する散乱線の寄与に対する補正係数である。従来は壁厚を変えて電荷量あるいは電流の変化を測定し、そのデータから壁厚0mmに外挿することにより補正值を得ていた。しかし外挿によって正しい値は得られないことが分かり、一方においてモンテカルロ法によるシミュレーションが近年のコンピュータ性能の向上によって可能となった。現在、産総研ではこの手法を用いて壁補正係数の評価を行っている。図2にγ線入射方向に対して電離箱の設定角度を変えた場合の、

従来の外挿法とシミュレーション計算によるそれぞれの補正後の壁厚ゼロでの電流値を示す。空気カーマは、ある空間の線量を表すものであり、測定器の設定角度には依存しない値である。しかし図を見て明らかのように、従来の外挿法では角度によって値が変化しており、補正が正しく行われていないことが分かる。それに対してシミュレーションによる補正を行った場合は、角度に依存せず一定値となっていることから、その手法の妥当性が確認できる。形状の異なる空洞電離箱に対する壁補正係数でも同様に有効なことが確認されており、他国の標準研究所でも導入されつつあることから、国際的なトレーサビリティの確立に有用な手法となっている。

モンテカルロ法によるシミュレーションは、測定が困難だったり、従来の計算法では正確な値を得る事ができなかった他の放射線線量標準の補正係数の評価にも使われており、今後の放射線線量標準の高精度化が期待できる。



図1 円筒型グラファイト空洞電離箱

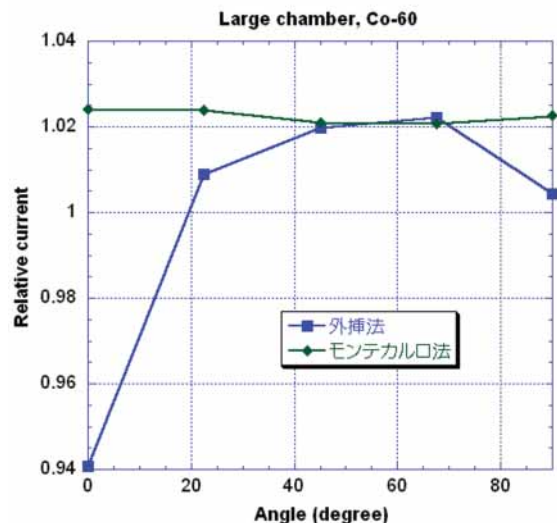


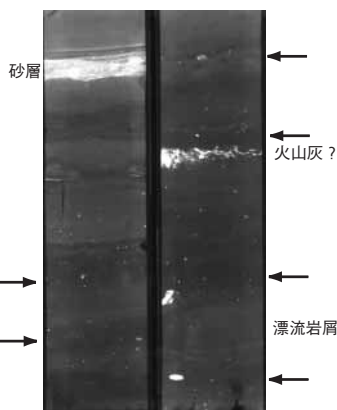
図2 電離箱の信号電流に対する外挿法とモンテカルロ計算による壁効果補正後の照射角度依存

日本周辺表層堆積図・堆積物DB作成と海洋古環境の解明

海洋資源環境研究部門 池原 研

日本周辺の堆積物情報の整備

海底には、現在も降り積もっている軟らかい泥、波や海流に動かされた砂、氷期の低い海水準下で堆積した砂や礫、固い岩盤などが分布している。流れによって集められた砂や礫の堆積物は骨材資源となりうるし、有用鉱物が濃集すれば漂砂鉱床にもなる。その反面、泥が堆積する場に魚礁を設置しても埋もれてしまうし、砂が激しく動くような場に海底ケーブルや機器を埋設・設置しても洗い出されたりする。このような海域の資源開発や海底利用、海域の物質循環や環境研究の基礎データとして、堆積物分布やその形成史、現在の堆積状況などを図にあらわしたものが産総研で出版する20万分の1表層堆積図である。これまでに表層堆積図作成やその他の目的で産総研により採取された堆積物は1万点以上に達する。これらは研究の大きな財産の一つであるが、必ずしもデータが活発に利用されていたわけではない。このために、現在日本周辺を中心とした海底堆積物データベースを構築中であり、採取された堆積物・岩石試料の概要（採取地点の位置・水深・試料記載など）のほか、海底写真、粒度分析結果、堆積物コアの記載などを順次公開し始めている（URL: <http://www.aist.go.jp/RIODB/db059/>）。



海底堆積物に残された過去の海洋環境

過去の海洋環境は、堆積物の粒度組成や化学組成、化石群集などとして残される。特に泥が堆積するような穏やかな環境下では、堆積物は連続して堆積するので、過去の海洋環境のよい記録者となる。例えば日本海では、過去の氷期-間氷期サイクルやモンスーン変動に伴って大きく海洋環境を変えたことが知られており、それは堆積物の色の変化や化学組成の変化、化石群集の変化などとして残されている。日本海やオホーツク海などの縁海は太平洋の外洋域に比べて一般に堆積速度が速く、高い時間解像度で環境変化をとらえられるほか、浅い海峡で仕切られていたり、河川水の影響を受けるため環境変化が大きいので、環境変化における陸と海の相互作用や数百年から数千年規模といった短い時間スケールでの環境変化の解析には特に有効な場所である。

日本海北部の海底堆積物に残された海水の歴史

海水は流水と呼ばれ、2~3月のオホーツク海の観光の目玉の一つとなっている。オホーツク海は北半球において海水が発達する最も低緯度の海である。海水の存在は、大気と海洋間の熱の交換を遮断するほか、高いアルベド（日射量に対する反射日

射量の割合）で太陽光を反射するなど、その発達を知ることは気候変動の研究においても重要である。しかし、氷期において海水がどこまで南下してきたかについては、北海道などの山岳氷河や周氷河地形から推定されたに過ぎなかった。海水の存在の指標の一つとして、海水が取り込んで運搬した砂や礫（漂流岩屑）がある。日本海北部から採取された堆積物コアの軟X線写真を観察すると、多数の漂流岩屑の存在が確認された（図1）。漂流岩屑の存在やその量の変化を時空間的に見てみると、留萌沖では約10万年前には海水が存在し、その後の気候の寒冷化に伴って海水域が南下し、最も寒かった最終氷期最盛期には海水域の南限は津軽海峡付近にあり、ときどき男鹿半島沖まで達していたことが分かった（図2）。また、より細かな漂流岩屑量の変動から冬季モンスーン変動を推定できた。表層堆積図作成もほかの研究と相互に大きく影響しあって、互いを一層発展させている。

図1 北海道沖日本海の堆積物コアの軟X線写真にみられる海水が運んだ砂礫。図中の白い点が漂流岩屑の砂礫。

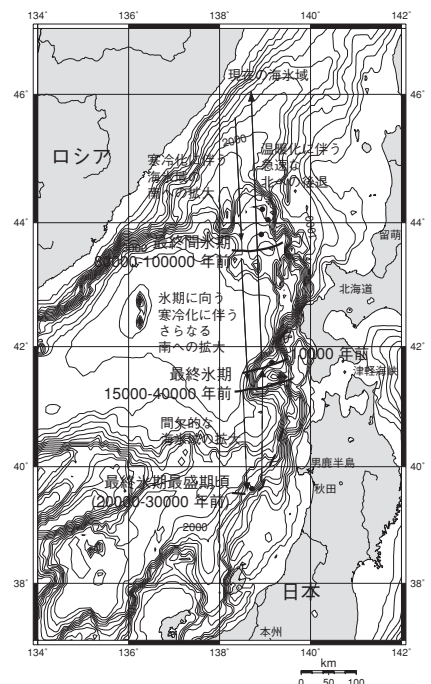


図2 日本海北部の海水の南限位置の時間変化。最終氷期最盛期には北海道沖の日本海は広く季節海水に覆われていた。

乗車型移動プラットフォーム コンパクトな次世代型パーソナルビークルの提案

知能システム研究部門 松本 治



Segwayの発表

約2年ほど前、立ち乗り型のコンパクトな1人乗りビークルであるSegway HT (米国Segway LLC社)が発表されました。このビークルは米国では既に郵便配達などに使用されていますが、平行に配置された2車輪のみでバランスを取り、しかも人間の重心移動による走行も可能で、その不思議さから多くの人々の関心を引いています。これは、発表以前にジンジャーというコードネームで世紀の大発明と話題になっていたもので、ご記憶の方も多いためです。私も研究所に入所以来、このような2車輪で本体のバランスを取るシステムに関して研究を行ってきたのですが、乗り物に使うという発想はありませんでした。

PMPとは

そこで、我々の所でもパーソナルな乗り物を手がけたいと思い、乗車型移動プラットフォームの研究を開始しました。これは一言で言うと人間を乗せて移動する台車で、人間が乗車する踏み台と左右独立駆動車輪からなるシンプルな移動機構です。このプラットフォームの特徴とし



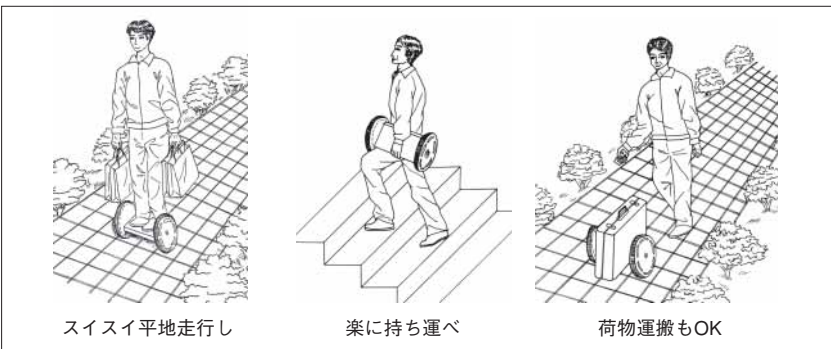
●写真 乗車型移動プラットフォームPMP-1 (連続写真)

て、①移動機構をコンパクトに設計できること、②安定化制御により例えば未知斜面上でも姿勢をほぼ直立に保てること、③人に押されるなどの転倒するような外力が働く場合でも転倒を防止する方向で車輪が安定を保ってくれること、などのメリットがあります。本システムは図のコンセプトに示すように、人間の前後左右の重心移動により自在に走行が可能となり、Segway HTのようなハンドル部を持たないため占有体積が小さく、超軽量化を図ることで持ち運びも可能となります。さらに、リ

モコンなどの使用により荷物の運搬を行うことも可能です。現在開発中のPMP-1 (Personal riding-type wheeled Mobile Platform)では、人間が前後方向に傾くことにより意図したように走行できることを確認しています。本プラットフォームに開発メンバーが優雅に乗車している様子を写真に示します。乗車すると何とも形容し難い乗車感があり、アミューズメント性は充分にありと考えています。

将来への期待

現在はまだ楽に持ち運びができる程の軽量化は図れていませんが、将来的には究極の超軽量ビークルになる可能性を秘めていると私は考えています。たぶん何十年もすれば、超軽量素材や超軽量モータ、超軽量バッテリーが開発されることでしょうかから(関連の研究をされている方、よろしくお願い致します。)、図のコンセプトを実現するようなものが完成することを夢見ています。



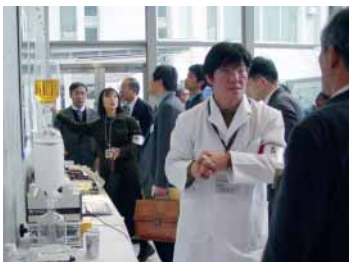
●図 乗車型移動プラットフォームのコンセプト

東北センター一般公開・とうほくOSL オープン記念式典 開催

2004年2月19日、東北センターでは、一般公開および「東北産学官連携研究棟（とうほくOSL）」オープン記念式典を開催しました。

一般公開は、研究紹介・展示コーナーにおいて「ビールを入れるとウォックが出てくる不思議な膜」や「二酸化炭素からプラスチック原料を創る」など11テーマの研究成果を分かり易く紹介しました。また、移動地質標本館では、「東北地方の鉱石・化石」や「宮城県の活構造と地震」を紹介しました。

「とうほくOSL」は、東北センターの技術ポテンシャルを活用して、ベンチャー企業や新産業の創出を目指す方々を支援するための施設です。また、経済産業省東北経済産業局が進める「東北地域産業クラスター計画」と連動して、環境プロジェクトの中心的な研究開発拠点となります。高温高圧実験室などの特殊実験室や24の実験室を設置し、産総研のベンチャー支援や共同研究により、環境負荷低減と地域活性化につながる新技術や新素材の創出のための研究活動を支援します。記念式典では、阿部博之 総合科学技術会議議員・東北大学名誉教授による記念講演の後、施設見学会を行いました。



シンポジウム「世界のLCA研究の 動向と将来への展望」開催

2004年2月17日、品川プリンスホテルにおいて、財団法人日本産業技術振興協会と産総研ライフサイクルアセスメント研究センターの共催によるシンポジウム

「世界のLCA研究の動向と将来への展望 - 世界のLCAセンターの連携を目指して (GALAC)-」が、130名の参加者を集め開催されました。

日本のLCA界をリードする、東京大学 山本良一教授、国連大学 安井至教授らの講演後、日本、デンマーク、アメリカ、カナダ、ドイツ、中国のLCAセンターから各国の活動内容が発表されました。今後、各国のLCA活動の中核となる機関が連携し、情報交換と相互支援のための国際会議の共同開催、研究者の相互派遣などを目的としたGALACの発足を予定しています。スイス、コスタリカなどの参加希望を含め、10カ国以上の参加が見込まれています。



ベトナム科学技術院副院長 つくばセンター来訪

2004年3月5日、ベトナム科学技術院 (Vietnamese Academy of Science and Technology: VAST) の NGUYEN KHOA SON 副院長が

つくばセンターに来訪されました。VASTは、首相直属の機関で21の研究所を有する省庁レベルの組織であり、本年1月NCSTから改称されました。昨年5月末にも現VAST副院長らが産総研を訪問され、小玉副理事長らと研究協力協定締結などについて意見交換が行われています。

アジア重視国際戦略についての産総研内での議論の進展を受け、本年2月には産総研の西嶋国際部門次長らがVASTを訪問し協力協定の実務レベル協議を行うと共に、各研究コーディネータや研究ユニット長から推薦された協力可能なテーマの紹介を行いました。今回、VASTの副院長、企画部門長、および国際部門長は、産総研の紹介テーマに基づき担当研究者らと研究協力について具体的な提案および意見交換を行いました。今後の協力の進展が期待されます。

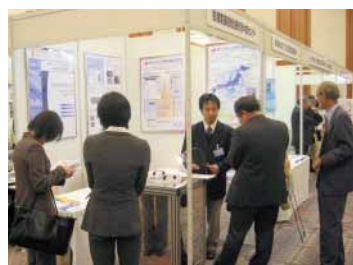


東海ものづくりクラスターフォーラム 2004 出展

2004年2月9日、郵便貯金会館（メルパルク名古屋）において経済産業省中部経済産業局主催、中部センターほかの共催による「東海ものづくりクラスターフォーラム2004」が開催されました。

東海地区では、産業クラスター計画、知的クラスター創生事業等の推進の一環として、大学等の技術シーズを活用した研究開発プロジェクトや、実用化技術開発を行う地域企業を支援する提案公募型技術開発事業が行われています。今回のフォーラムはこれらの研究成果の発表を通じて、関係者間の情報交換や有機的な連携・融合を支援するために企画され、基調講演を含む研究成果発表会と研究発表展示会、技術移転等展示会で構成されました。

研究成果発表展示会にはセラミックス研究部門より2月2日にプレスリリースした「機能性セラミックス膜製造装置（遠心焼結機）」を出展し、多数の来場者から注目されていました。また、技術移転等展示会には、産総研イノベーションズが主体となり、技術移転の可能性を持った9テーマの展示を行いました。



平成 15 年度産総研四国センター シンポジウム 開催

2004年2月27日、四国センターにおいて「平成15年度産総研四国センターシンポジウム～健康産業技術開発と海洋研究成果発表～」が開催され、四国センターの単一分子生体ナノ計測研究ラボから、細胞内での生体分子間の相互作用を調べる技術や、1分子DNA解析技術等の健康産業技術分野の研究開発の成果を、海洋資源環境研究部門から海洋分野における先端的な研究・技術開発の成果を、それぞれ特別講演およびポスターセッションで紹介しました。



特別講演では、小林信一 技術と社会研究センター長による新しい社会状況の中で、社会が意志決定する上で必要となるレギュラトリ・サイエンスについて述べた「レギュラトリ・サイエンスと独立行政法人研究機関の新しい役割」、馬場嘉信 単一分子生体ナノ計測研究ラボ長・徳島大学薬学部教授による「ナノバイオデバイスの創製と次世代医療への展開」、宮崎光旗 海洋資源環境研究部門長による「海洋資源環境研究部門の活動」と題した3つの講演が行われました。また、ポスターセッションでは海洋資源環境研究部門および単一分子生体ナノ計測研究ラボによる43テーマの研究発表が行われ、いずれも活発な意見および情報交換が行われました。

産学官連携講演会「ナノ材料・セラミックスと新しい産業」開催

2004年3月2日、福岡市内のホテルステーションプラザにおいて、産総研九州産学官連携センター・セラミックス研究部門・基礎素材研究部門の主催する産学官連携講演会が開催されました。ナノ材料、ファインセラミックスを中心とした材料分野の進化に伴い、産学官連携による新産業が芽生えてきている現在、さらにこれを促進するため、九州ファインセラミックス・テクノフォーラム(KFC)と共同して、企画したものです。



講演会では、大阪大学産業科学研究所 新原皓一教授による「高次ナノ複合材料と産業応用」と題した基調講演のほか6件の講演が行われ、総合討論会では活発な質疑応答が行われました。企業、大学、公設機関などから112名の参加があり、盛況のうちに講演会は終了しました。

科学技術週間つくばセンター 特別公開のお知らせ

産総研つくばセンターでは、平成16年度科学技術週間に下記の施設を特別公開します。

■オープンスペースラボ(OSL) サイエンスミュージアム特別公開

日時 4月15日(木) 10:00～16:00
内容 ・位置に基づく情報支援システム「CoBIT」
・学習する義手「筋電義手」
・超能力者に変身? 「ビズウェア (VizWear)」
・足形状測定装置
・サンゴのコア
・世界一の癒しロボット「パロ」
・人工筋肉で動く魚
・メートル・キログラム原器
・鏡になったり透明になったりする不思議なガラス
・早期がん判定キットシステム
・ダイオキシシンセンサー
・超音波尿意センサー
・太陽光発電システム
問合せ 成果普及部門広報出版部広報室
電話 029-861-4124

■地質標本館

特別展「地球再発見」

日時 4月13日(火)～6月27日(日) 9:30～16:30
【期間中の休館日:毎週月曜日、5月6日、5月3日は開館】
内容 ・地震はどこに多発するか ほか

講演会「水晶の生いたち」

日時 4月17日(土)
第1回 10:30～11:30、第2回 13:30～14:30
講演者 地質標本館長 青木 正博
(地質標本館映像室にて開催)
問合せ 地質標本館
電話 029-861-3750

■くらしとJISセンター

JISパビリオン 特別展

日時 4月13日(火)～16日(金) 9:30～16:30
内容 ・常設展示
・疑似高齢者、電動・手動車いす体験等
(体験希望の方は事前に予約してください)

くらしとJISセンター 特別公開

日時 4月15日(木) 9:30～16:30
内容 研究室の公開
・視覚特性研究室
若年者から高齢者までを含めた有効視野の研究、
高速道路の標識の見え方を事例で説明
・聴力特性研究室
パソコンや電気製品などから発生する高周波音
の不快感評価の研究
・生体材料研究室
金属製の骨プレートや人工関節などの安全性、
耐久性等の研究
問合せ くらしとJISセンター
電話 029-861-4321

新刊のご案内

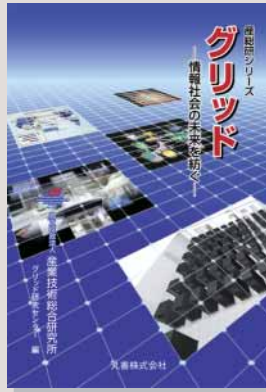
産総研シリーズ

グリッド

— 情報社会の未来を紡ぐ —

ときめきと安心の情報社会の確立をめざし、情報サービスに誰でも必要なときにアクセスできるグリッドの基礎技術や応用技術を産総研の最新研究を交え紹介します。

- 独立行政法人産業技術総合研究所
グリッド研究センター編
- 丸善株式会社 発行
- 定価 1,575円 (本体1,500円)
- ISBN4-621-07430-X



目次

- 第1章 グリッドコンピューティングの現状
- 第2章 グリッド技術の展開
 - 2.1 グリッドコンピューティングとは
 - 2.2 様々なサービスを提供するポータルサイト
 - 2.3 世界中のパソコン利用
 - 2.4 標準化動向
 - 2.5 アジアにおけるグリッドコミュニティ
 - 2.6 より高速なグリッドへの試み1 (GridRPC)
 - 2.7 より高速なグリッドへの試み2 (GridMPI)
 - 2.8 仮想ファイルシステム構想
 - 2.9 計算資源としてのクラスタシステム
 - 2.10 セキュリティ
 - 2.11 ヒューマンインタラクション
- 第3章 座談会「グリッドによる情報産業革命」
- 第4章 未来を紡ぐグリッド
 - 4.1 グリッドの動向と将来
 - 4.2 「未来を紡ぐ」グリッド研究センターの役割

産総研シリーズ

地震と活断層

— 過去から学び、将来を予測する —

地震と活断層に関する科学的基礎の理解を助け、産総研の特徴である地質学的な地震研究をもとに将来の予測をめざした研究を紹介します。

- 独立行政法人産業技術総合研究所
活断層研究センター／
地球科学情報研究部門／
海洋資源環境研究部門編
- 丸善株式会社 発行
- 定価 1,575円 (本体1,500円)
- ISBN4-621-07431-8



目次

- 第1章 産総研の地震調査研究
- 第2章 活断層から発生する地震
 - 2.1 過去の大地震と地震断層
 - 2.2 活断層から将来の地震を予測する
 - 2.3 一つの地震が他の地震を誘発する?—地震連鎖の仕組み
- 第3章 地震動を予測する
 - 3.1 兵庫県南部地震と阪神・淡路大震災
 - 3.2 震下の活断層や地質構造をしらべる (反射法地震探査)
 - 3.3 地震のすれをコンピュータで再現する
 - 3.4 地震のすれをコンピュータで予測する
- 第4章 活断層深部の状態を科学する
 - 4.1 断層帯の深部構造を探る
 - 4.2 断層深部の変形状態を直接見る
 - 4.3 実験室で探る断層深部のすべりと変形
- 第5章 海の地震
 - 5.1 プレート境界における地震の繰り返し—南海トラフを例に
 - 5.2 過去の地震による液状化現象
 - 5.3 過去の地震による海岸の隆起
 - 5.4 海底の活断層・地震痕跡を調べる
 - 5.5 過去の津波を調べる
 - 5.6 昭和南海地震—次の南海地震の予測をめざして

好評発売中!

第2種基礎研究

実用化につながる研究開発の新しい考え方

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

- 吉川 弘之・内藤 耕 編著
- 日経BP社 発行
- 定価 2,520円 (本体2,400円)
- ISBN4-8222-8185-X



目次

- 第1部 新しい研究方法論
 - 第1章 研究開発と社会的契約
 - 第2章 社会価値創造する新しい研究方法論
- 第2部 研究マネジメントと具体的事例
 - 第3章 マネジメントと知識融合
 - 3.1 本格研究推進の基本理念
 - 3.2 マネジメントとインセンティブ
 - 3.3 研究開発の組織的推進
 - 3.4 研究グループマネジメントと知識融合
 - 3.5 研究環境整備とコミュニケーション推進
 - 第4章 具体的事例から学ぶ
 - 4.1 地球環境に優しいプラスチック原料製造技術の道を拓く
 - 4.2 安心・安全な社会づくりのための火山研究
 - 4.3 人間機能の産業システム化を目指すデジタルヒューマン研究
 - 4.4 第2世代組み換え植物研究による農業の産業化
 - 4.5 医療はサービス産業になり得るか

全国の書店でお買い求めください

期間	件名	開催地	問い合わせ先
4 April			
7~9日	INTERMEASURE 2004 (第21回国際計量計測展)	東京	03-3268-2121
7~10日	2004中部バック	名古屋	052-452-3161
13~16日	科学技術週間 JISパビリオン特別展	つくば	029-861-4321●
15日	科学技術週間 くらしとJISセンター特別公開	つくば	029-861-4321●
15日	科学技術週間 オープンスペースラボ (OSL) サイエンスミュージアム特別公開	つくば	029-861-4124●
17日	科学技術週間 地質標本館講演会「水晶の生いたち」	つくば	029-861-3750●
19~24日	ハノーバー・メッセ2004「研究開発及びテクノロジー」	ハノーバー	029-861-3285●
21~23日	第3回国際医薬品原料・中間体展 (CPhI Japan 2004)	東京	03-5296-1020
23日	活断層研究センター・地域地盤環境研究所 合同研究発表会	大阪	029-861-3640●
27~28日	グリッド協議会2004年度総会及び記念シンポジウム	東京	029-861-5881●
5 May			
20~21日	第2回人工筋肉コンファレンス「バイオメテックシステムエンジニアリングへの展開」	池田	072-751-9180●
24日	相互作用と賢さ 合同研究会	池田	0727-51-9524●
31日~6月3日	第5回混相流国際会議	横浜	029-861-7207●
長期開催			
4月13日 ~6月27日	地質標本館特別展「地球再発見」	つくば	029-861-3750●
~7月23日	TEPIA 第16回展示「ロボットと近未来ホーム ~日本を元気にする新技術~」	東京	03-5474-6128

AIST Today
2004.4 Vol.4 No.4
(通巻39号)
平成16年4月1日発行

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

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

産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/>