

産 総 研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

06

2005 June

Vol.5 No.6



特集

02 21世紀型化学プロセスを先導する

特集

12 研究ユニットを基本として進化を続ける組織

トピックス

18 金属ガラスの新しい創製技術

ニュース

22 文部科学大臣賞、東京テクノ・フォーラム 21 ゴールド・メダル賞 受賞

リサーチ・ホットライン

- 24 カーボンナノチューブで作る“光る薄膜”
- 26 耐熱性・耐酸化性を高めた環境に優しい超硬合金
- 28 オン抵抗世界最小のパワー MOSFET
- 30 ネットワーク理論で組織構造を解析
- 32 超音波センサーを用いた超電導機器の状態推定
- 34 超低電力損失 SiC 静電誘導型トランジスタの開発に成功
- 36 レーザエネルギー標準の開発

パテント・インフォ

- 38 微生物で低温発酵を高効率化 日本海溝の微生物から見出した遺伝子組換えベクター
- 39 光触媒に鮮やかな発色をあたえる 構造性発色構造が可能にした美しい光触媒材料

シリーズ

- 40 産総研が受け継いだ“ものづくり”の足跡(1) 「工芸」から「デザイン」へ
- 42 産総研におけるアウトカム事例調査(最終回) 薄膜シリコン太陽電池

テクノ・インフラ

- 44 波長標準の高度化・安定化 よう素安定化 He-Ne レーザ用高品質よう素セルの供給
- 46 地殻応力測定 新しい原理に基づく簡便な応力方位測定法の実用化へ

21世紀型化学プロセスを先導する

新しい物質循環システム構築が拓く未来へ

化学プロセスプラントの効率化・コンパクト化がもたらす未来システム（東北センターの挑戦）

研究コーディネータ（環境・エネルギー分野担当）

山辺 正顕

20世紀の豊かな物質文明を支えてきた化学は、21世紀においても一層の発展が期待される環境・エネルギーの分野をはじめとして、ライフサイエンス、情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジーなど幅広い分野に、物質・材料・プロセスを提供する重要な役割を担っています。

21世紀のキーワードは、全地球規模での「持続可能な社会」の実現ですが、この地球環境という視点から化学反応の再点検、再構築を目指すのがグリーン・サステナブル・ケミストリー

(GSC) です。私たちはその実現に向けて、リサイクルを前提とする原料転換、高効率・省エネルギーの化学反応、生成物の分離・精製工程を通して、革新的な化学プロセスの創造と新しい物質循環システムの構築に挑戦しています（産総研 第2期研究戦略：環境・エネルギー分野「戦略目標2」（産総研公式HPで公開中）http://www.aist.go.jp/aist_j/information/strategy2_full.pdf）。

現在の化学産業の中核である集中大量生産方式は、回収・再利用のバランスをとることがむずかしく、循環システムの構築はきわめて困難な状況にあります。今後は、回収・再利用が容易でバランスもとりにやすい方式（必要な場所で必要な量しか作らない分散適量生産方式）へと、産業構造および社会システムの変換を進めていく必要があります。

「分散適量生産方式」の鍵は、環境負荷ミニマムの達成と、安全で小回りのきく効率的プロセスの導入です。その実現には、中核となる「化学プロセス」を、高速で制御性の高いコンパクトなものにするための技術開発が必須になります。日本は、これまで大型の化学プロセスの開発で多くの優れた技術を生み出してきましたが、この伝統と実績を生かして、「分散適量生産方式」を実現するための「コンパクト化学プロセス」技術に関して、これからの世界的な技術の潮流を先導していく役割を果たしていくべきだと考えます。

社会の持続可能な発展

物質循環システムの構築

分散適量生産方式への変換

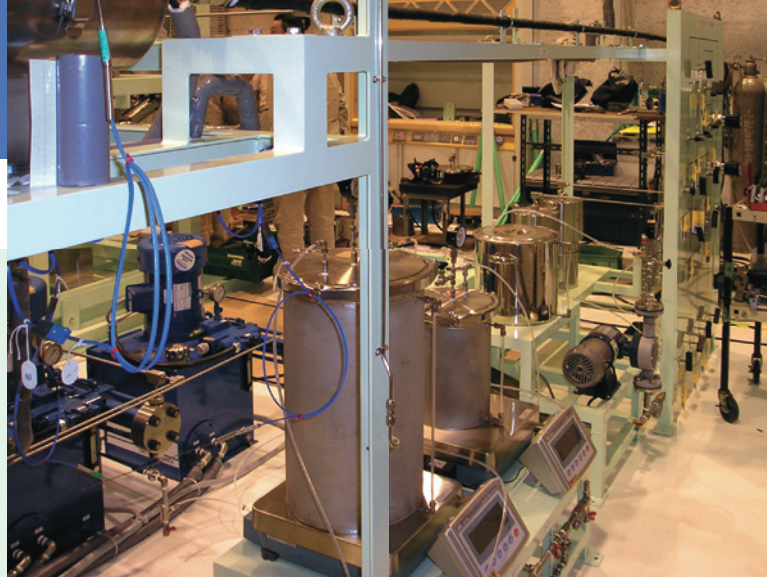
コンパクト化学プロセス技術の確立

化学プラントの小型化技術を 進める産総研の研究

東北センター 所長
加藤 碩一

産総研の技術研究開発がめざす“社会の持続可能な発展”に資する物質循環システムの構築には、産業構造の変換も含めた分散適量生産方式の構築と導入が不可欠です。そのためには、国際競争力の高い抜本的な技術・経済的優位性を持つコンパクト化学プロセス技術の構築を進め、さらに実用化に向けたエンジニアリングの基盤の構築を図らなければなりません。

東北センター「コンパクト化学プロセス研究センター」は、次代のGSCプロセスを担うキートンとして世界的に認識されている「超臨界流体状態」という特異状態と「メンブレン（特に無機膜）」という多機能材料の研究を、個別に進展させるだけでなくそれらの融合も図っていきます。さらに、他地域拠点の関連研究ユニットとの協力の下に、マイクロリアクターなど異分野の技術ポテンシャルとの融合を図ることも重要と考えています。これらによる新技術・新産業分野の創造・開拓、それはまさに化学産業分野における「平成



実用化をめざして東北センター OSL 棟に設置中の超臨界流体連続供給装置

の殖産興業」を目指して、最小のエネルギー使用、最小の不要物・毒物の発生・放出を可能にするGSC技術の研究開発に貢献するものです。

一方、実用化を進めるには、企業との緊密な連携が必要であることはいうまでもありません。東北センターでは、新たにグリーンプロセス・インキュベーションコンソーシアム(GIC)を設立し、100社以上のニーズ企業の参加を得て、経済産業省や地方自治体、大学・公設研究所などのシーズを糾合し活動の展開を図っています。さらに、特化した課題については、別途クローズなコンソーシアム(例えば「超臨界流体実用化推進研究会」)や共同研究を核とした連携研究体を立ち上げ、ベンチャー設立も視野にいった活動を産学官連携センターとの有機的な連携の下に進めているところです。

産総研では、これまで環境化学技術研究部門ならびに東北センター(超臨界流体研究センター、メンブレン化学研究ラボ)を中心に、GSC研究を推進してきましたが、第2期のスタートのあたり、東北センターの組織を改組し、新たに「コンパクト化学プロセス研究センター」を立ち上げました。これらの研究拠点を中核として、第2期中期計画に掲げた「エネルギー技術及び高効率資源利用による低環境負荷型化学産業の創出」を目指す独創的な研究が、すでに力強く動き始めています。こ

の研究開発のアウトカムを描く未来シナリオが下のイメージです。

この特集では、東北センターで実施している研究開発を中心に、「コンパクト化学プロセス」の新技術と、その実用化の推進力となる産学官連携の取り組みなどを紹介します。私たちの研究成果が、将来の「物質循環システムの確立」に貢献できるものと信じています。

20XX年

一世代前の多段の蒸留塔や煙突に象徴された
重厚な化学プラントはもう姿を消してしまった。

今や化学プラントは、住宅地に近接した工業団地でも
クリーンでかつコンパクトに地球環境に調和して稼働している。

化学プロセスにおける原料転換、化学反応および生成物分離を
効率的に行う技術が確立されたことによって、
かつてエネルギー多消費型産業の代表とされた化学産業は、
省エネルギーのモデル産業と位置づけられるにいたった。

無機系膜による化学プロセスのコンパクト化

コンパクト化学プロセス研究センター 研究センター長
水上 富士夫

反応プロセスに“膜”を利用する

化学工業のエネルギー消費量は、製造業全体の消費量の約1/3で、その50%以上が物質の分離・濃縮の工程で消費されています。膜による分離・濃縮は、蒸留に比べてエネルギー的に有利で、一説によれば、約30%のエネルギー節減になると言われています。また、膜は、分離・濃縮や隔離をはじめ、輸送、認識（センサー）、反応などの機能も持たせることができるので、これらの機能をうまく付与して活用できれば、分離・濃縮工程におけるエネルギー使用量の低減はもちろん、多段で行われる複雑な化学反応プロセスをシンプルでコンパクトなものにできます。その結果、反応プロセス全体の消費エネルギーや化学物質の暴露や爆発などの危険リスクも低減させることができる潜在能力があると言えます。

ベンゼンからフェノールを直接合成する

フェノールは、合成樹脂や可塑剤、染料や医薬品の中間体、消毒薬などとしてわが国で年間90万トン以上製造されている、典型的な大型基礎化学品です。このフェノールは、工業的には主として、ベンゼンにプロピレンを反応させてクメンとし、次にクメンを空気酸化してクメンヒドロペルオキシドをつくり、最後にこのペルオキシドを酸で分解してフェノール（収率約5%）と副生物のアセトンを得

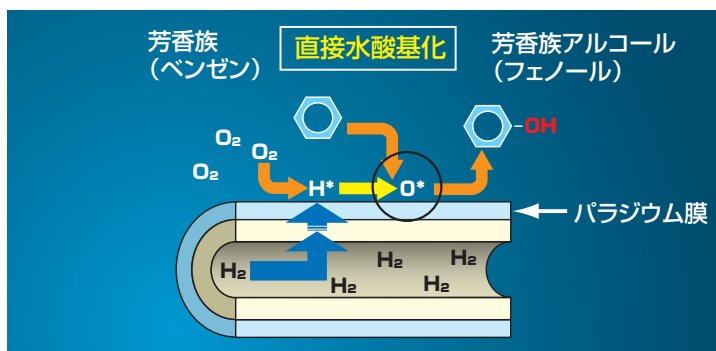


図1 水素透過膜を用いた（ベンゼン直接水酸化反応による）フェノール合成

る三段法で製造されています。三段のそれぞれの反応率が必ずしも高くなく、蒸留や抽出による未反応物や生成物の分離回収・精製を行う必要があるため、このプロセスは複雑でエネルギー消費量も多大となっています。

私たちは、図1のように水素透過膜を用いた、シンプルなベンゼンからのフェノール直接合成法を提案しています。この方法では、パラジウム膜の裏面から透過して活性化した表面水素がその場で酸素を活性化し、この活性酸素がベンゼンのC=C結合に付加してフェノール（収率10%強）を生成します。パラジウム膜は反応物を活性化する触媒として働くと同時に、ガス状の水素と酸素の直接混合で起こる爆発（爆鳴気反応）を抑える隔膜にもなっています。

酸素の分離工程が不用な合成ガスの製造法

合成ガスの製造では、原料が中小ガス

田で産出された天然ガスの場合には、分子状の酸素を直接に反応させる部分酸化法が有利とされています。しかし、この方法では、プラントの過大な大型化を避けるために、酸素として空気ではなく純酸素（まじりけのない酸素）が使われます。したがって、このプロセスでは、空気から酸素を分離する工程が不可欠であり、それに多大なエネルギーが必要になります。

私たちは、図2のように酸素の分離工程を必要としない、膜を利用したシンプルな合成ガスの製造法を提案しています。膜は混合導電性セラミックスと、それに類似した組成の炭化水素改質触媒からなっています。混合導電性セラミックスの表面に空気を供給すると、酸素だけが取り込まれてイオン化し、触媒部に移動して反応することになります。したがって、供給される空気中の窒素は自動的に除かれるので、酸素の分離精製プラントは不用となり、プロセス全体がシンプルでコンパクトになります。

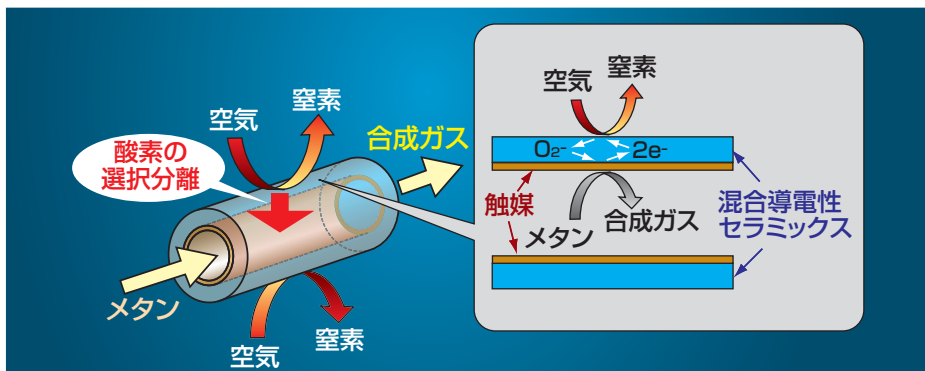


図2 セラミックス膜反応器を用いた合成ガスの製造

実用化に向けて

パラキシレンの選択的な製造と分離は、これからテレフタル酸を経由してポリエチレンテレフタレート（PET）などの合成樹脂が作られるために、非常に重要な化学プロセスとなっています。産総研では、ゼオライトでディスク膜を作り、それにメタノールとトルエンを通過させ

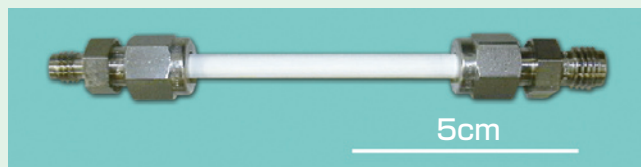
層状ケイ酸塩から創る 新規ゼオライト(CDS-1)製膜技術

コンパクト化学プロセス研究センター ナノ空間設計チーム
清住 嘉道

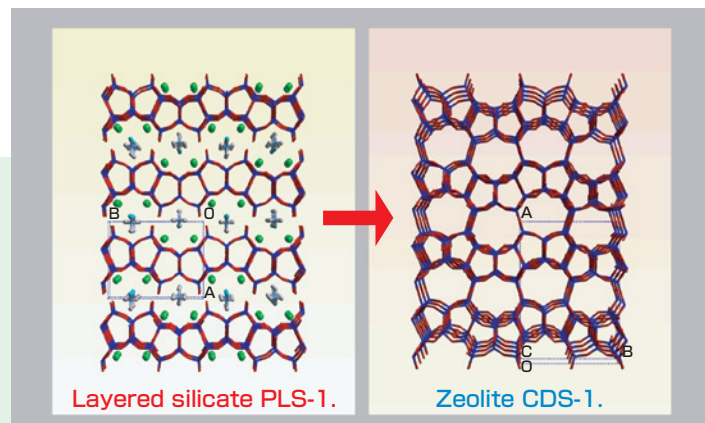
ゼオライトは、一連の結晶性アルミノシリケートの総称で、その特異な骨格構造から、吸着分離能やイオン交換能、固体酸性、分子ふるい性能などいくつかの機能を持っています。そのため、さまざまな工業分野で広範囲に使われています。膜分離素材としてのゼオライトの魅力は、無機素材であることから耐熱性・耐薬品性を持つことですが、ゼオライト自身は可塑性に乏しいため、合成ゼオライトは粉末として得られる場合がほとんどです。

産総研では、通常のゼオライト合成で行われている水熱合成法の代わりに、層状ケイ酸塩を前駆体として、その層間に存在するSi-OH基を脱水重縮合させることでゼオライトに転換する手法を見出しました。この手法は、合成が容易でコストも安い低次元の層状ケイ酸塩を前駆体として、構造相転移によりゼオライト化が可能なので、これまでの水熱合成法では得られなかった新規なトポロジーのゼオライトがより経済的に構築できるものと期待しています。

SiO₂-KOH-TMAOH (Tetramethylammonium) -1, 4-dioxane-H₂O系から合成した五員環を骨格レイヤーとする層状ケイ酸塩 PLS-1 から、新規のゼオライト CDS-1 (Cylindrical Double Saw-edged-1) に転換されるモデルを図に示しました。この構造相転移は、真空中あるいは空気



ムライトチューブに製膜した CDS-1 膜



層状ケイ酸塩 PLS-1 から新規ゼオライト CDS-1 が構築されるモデル

中で400℃以上に加熱するだけで、簡単に起こります。また、いったんCDS-1に転換された後は、骨格を構成する元素がSiとO₂だけであり、しかも八員環というゼオライトの中でも比較的小さな細孔構造を持つため、900℃まで構造が安定で、酢酸や塩酸などの耐薬品性にも優れていることが確認されています。

次に、このようにして得られた新規のゼオライト CDS-1 を膜化して、その分離性能を調べました。製膜の方法は、ムライトやアルミナの多孔質中空管(10 mm φ、80 mm 長)の外側の表面に前駆体である PLS-1 を種晶として塗布し、その種晶を二次成長させることで緻密な PLS-1 膜を作製します。その後、空気中で、400℃と600℃で10時間焼成すると、CDS-1膜に転換しました。

このCDS-1膜を用いて、浸透気化法により水/エタノールの分離を行ったところ、400℃で焼成した膜は水選択透過膜(分離係数{水/エタノール}=30、透過流束=0.2 kg/m²・h)であったのに対して、600℃で焼成した膜はアルコール選択透過膜(分離係数{エタノール/水}=53、透過流束=0.5 kg/m²・h)の性質を示しました。このように、CDS-1膜は、縮合の仕方を調整することによって、膜の性質を変えることができることもわかりました。

現在、このCDS-1膜の耐薬品性や構造安定性を生かした、既存の膜では適用がむずかしい分離プロセスやガス分離プロセスへの応用に向けて研究を進めています。

るだけで選択的にパラキシレンが得られることを見出しています。また、前述のパラジウム膜の代わりに、銀とストロンチウムを含んだ多孔質膜を用いて、この一方に空気を流し、他方にプロピレンを流す隔膜方式によってプロピレンの酸化を行うと、プロピレン反応率約5%で、プロピレンオキシドが直接に選択率約

60%で生成することもわかっています。ちなみに、プロピレンオキシドは、工業的には二段以上の反応プロセスで製造されています。

実用化された反応プロセス用の無機膜は、現在のところ皆無ですが、有機溶媒中の水の除去については、ゼオライト膜が三井造船(株)により実用化されていま

す。この膜を用いれば、蒸留による水の除去に比べてプラントの大きさが1/30にもなることが実証されています。したがって、上述の例からもわかるように、無機系膜が化学プロセスのシンプル化、コンパクト化に果たす役割は、ますます増大していくものと思われます。

超臨界流体環境を利用した未来型化学プラントの開発

東北大学環境科学研究科教授、工学研究科付属超臨界溶媒工学研究センター長
コンパクト化学プロセス研究センター顧問
新井 邦夫

私たちは、持続可能な社会の構築には、超臨界流体環境を利用した化学プラントの開発が必須であると考え、精力的に研究を進めています。ここでは、現在の化学プロセスが変わるべき方向を示し、超臨界流体利用プロセスがなぜ未来型化学プラントなのかを紹介したいと思います。

集中大量生産の破綻

大勢の人が良いものを安く不自由なく使用するには、生産技術の進歩はもちろんのこと、集中大量生産によって製品単価を引き下げることが最も効果的です。製造コストはおおよそ生産量の0.6乗で増加します。このスケール則に従うと、ある生産規模で1000円/kgの製造コストとすれば、その10万倍の生産規模では10円/kgとなります。この例から、巨大な市場と大量の資源供給を前提とした大量集中生産の経済効果がいかに大きいかが理解できます。しかし、限りある資源は遅かれ早かれ枯渇し、大量生産・大量廃棄の経済活動は破綻をすることは明らかです。それに加えて、資源の一方的な消費は地球上の物質分布を変化させ、地球温暖化や化学物質汚染などの環境問題を引き起こします。

未来型化学プラントと地域分散型プラント

地球が熱力学でいう閉鎖系であることを考慮すれば、このような資源の枯渇と環境問題を根本的に解決するために「何をなすべきか」はきわめて単純で明快なことです。すなわち、閉鎖系内での活動が持続的に行われるためには、外界と系との間のエネルギーの流れ、地球の場合は太陽光の入射に始まり宇宙への赤外放射で終わるエネルギーの流れですが、そのエネルギーの流れを駆動力として、活動とその結果変換された物質を還元するシステム、植物による光合成のようなシステムが存在することが必須です。このことを考えれば、閉鎖系の地球で持続可能な社会を達成するには、あらゆる活動のエネルギーを太陽由来の自然エネルギーに求め、完全な物質循環を図るしか方法がありません。

幸い、太陽エネルギーの入射は膨大で、食糧生産の制限から地球の許容人口といわれている100億の人々が日本人並みのエネルギーを消費するとしても、その量は地表が受ける太陽エネルギーの0.05%にすぎません。例えば、年間の炭素循環量が950億トンにも及ぶ再生可能な有機資源であるバイオマスの10%をエネルギー・化学原料資源として利用できれば、

完全な脱化石資源が可能です。しかし、問題はエネルギーの質であり、広く、薄く、分散して降り注ぐ太陽エネルギーを、石油などの化石資源のように大量に集中して利用することはきわめて困難です。バイオマスを石油と同様に集中大量生産の原料資源とすることは集荷を考えても非常に非効率であることは明らかです。物質循環を前提としたバイオマスのような分散資源の利用には、スケールメリットによる経済性の発現は難しく、その地域内での自然エネルギーによる自立可能な分散型化学プロセス技術を確認し、科学技術を駆使した自給自足型の経済社会の成立が必要です。表題に示した未来型化学プラントとは、まさしく、このような地域分散型プラントであり、小型で、簡素で、環境調和型の特性を備えたものになります。

超臨界流体技術と未来型化学プラント

これに対して、水と二酸化炭素の超臨界流体利用技術は、物質循環に適合する分散型適量生産への適応技術の一つとして挙げられます。本質的に環境適合性のある水と二酸化炭素の使用に加えて、高温下での反応速度の高速化、温度・圧力操作による溶媒特性の変化に基づく反応制御性が本質的に付与され、反応装置の超小型化、簡略化が期待されます(図)。数十分かかる反応を数ミリ秒にできれば、 1m^3 の反応器が 1cm^3 で間に合うことになります。従来はほとんど使用されていないこのような超高速現象の制御にはマイクロ、ナノ空間の利用が必須であり、その開発に着手しています。また、このようなマイクロリアクターの実用化では、ナンバリングアップ手法(従来のスケールアップ手法ではなく並列化を行う)が本質的に必要になります。これには、ナノテクノロジーや集積技術の応用が期待さ

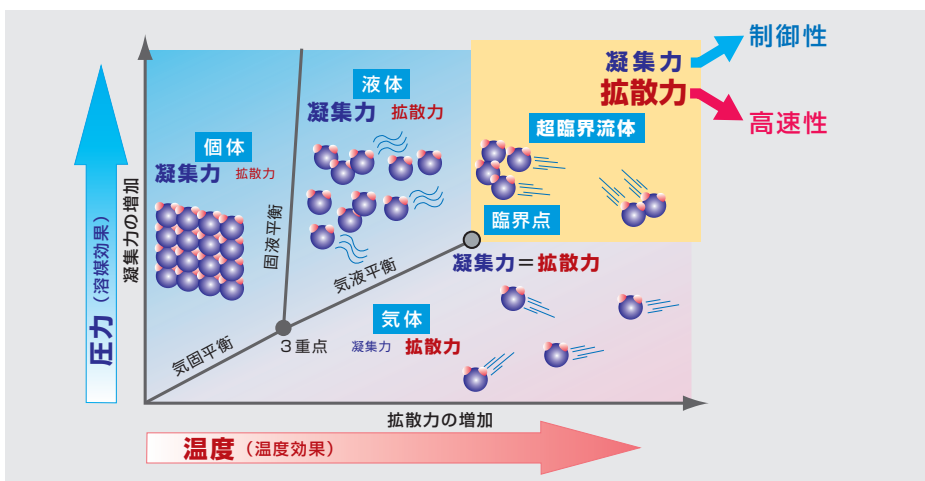


図 超臨界流体の温度・圧力領域と機能

れます。さらに、ナンバリングアップの手法が確立されれば、実験室の成果を一気に実用装置に持っていくことも可能で、従来の化学プロセスのようにベンチやパイロットプラントを経た段階的なスケールアップは不要となり、開発時間と費用の大幅な削減ができます。近い将来、バイオマスからの水素製造プロセスを筆頭

として、家庭用品としての超臨界水装置の実用化も決して夢物語ではないと考えています。

超臨界流体技術が産業基盤技術となり、石油化学産業がバイオマス化学産業に置き換わるのに50年程度の時間が必要と考えています。しかし、マイクロ、ナノ空間での高速輸送現象の正確な制御

など、従来の高温・高圧技術の常識にとられないエンジニアリングの開発が行われれば、現時点でも既存技術に対する有利性を示せる応用分野が豊富に存在します。超臨界流体技術は真近な実用化を目指しながら、未来社会の基盤技術として着実に育成すべき技術であることをご理解いただければ幸いです。

超臨界流体の特性を最大限に引き出すプロセスの構築

コンパクト化学プロセス研究センター
コンパクトシステムエンジニアリングチーム
鈴木 明

超臨界水は、反応性がきわめて高く、従来は有機物を分解する媒体として認識されてきましたが、近年、ベックマン転移反応など多くの有機合成反応を制御できる優れた媒体となることが示されています。しかしながら、はじめから工業的に魅力のある収率が達成されたわけではなく、超臨界水反応に適したプロセスを開発した結果、収率の大幅な向上が実現できました。それは、従来のバッチ方式に代わって、マイクロリアクタ技術を取り入れた連続流通式の超臨界水反応技術（高圧金属細管単管で構成）を開発したことによります。バッチ方式では昇温・降温速度が遅いため、その間で一度生成された目的物質がさらに分解してしましますが、この方式では、きわめて短時間で昇温・降温が行われるため、高収率で、かつ高選択的に目的物質を生成できます。急速な熱交換（加熱）は、反応基質にあらかじめ調整された超臨界水を直接混合しておいて反応温度までの急



写真1 高温高圧マイクロリアクタ・熱交換器デバイス
(600°C・300MPa対応)

速昇温を実現していました。この加熱方式でも、目的物質の生産量が少量ならばそのまま工業化技術になりますが、より大量の生産を目指すにはエネルギー効率の観点から間接加熱方式の急速昇温技術や処理量拡大のためのナンバリングアップ手法の確立が不可欠です。

これに対して、現在われわれは、汎用的な高温高圧マイクロリアクタ・マイクロ熱交換器デバイスの開発に取り組み、上記の課題の解決を目指しています。ここで目標にしているのは、複数の高圧金属細管を効率的に集合した構造と、効率良く熱交換する機構（直接通電など）を備えた、新しい構造概念に基づくマイクロリアクタ（熱交換器）です。これは従来のマイクロリアクタ構造では使用不可能な化学反応条件でも安全に利用でき、高い装置性能（急速昇温、高速温度制御、耐超高压・高温など）、そして装置の小型化が期待できます。

従来の大型プラントによる資源・エネルギーの大量消費とCO₂大量排出型の化学生産プロセスのグリーン転換を促進するためにも、環境調和型の化学合成手法の1つである超臨界流体反応を高速・高効率で行わせることが、分散型の適量化学生産システムの具現化につながります。高温高圧マイクロリアクタ・熱交換器は、そのような低環境負荷という特性に優れた生産システムを構成する、信頼性の高い装置デバイスとしてきわめて有望です。



写真2
超高压超臨界水連続反応試験装置

超臨界流体データベース

超臨界技術の実用化を進めるために

コンパクト化学プロセス研究センター 超臨界流体場反応チーム
倉田 良明

超臨界流体研究の促進ツール

超臨界流体は臨界温度以上にあり、非凝縮性の流体であるため、圧力によってその密度を連続的に大きく変化させることができます。この超臨界流体の存在やその特異性については以前から知られていましたが、新しい溶媒としての利用が注目されたのは比較的新しいことです。自然界に豊富に存在する水や二酸化炭素を超臨界流体として使用するこの化学プロセスは、省エネルギーかつ無害で環境負荷の小さい、革新的な次世代産業技術につながるものとして期待されています。

平成12年度からNEDOプロジェクトとして「超臨界流体利用環境負荷低減技術研究開発」が、化学技術戦略推進機構(JCII)を中心とした産学官の共同研究として行われており、これまでに多くの研究成果が蓄積されています。このプロジェクトでは、超臨界流体の基礎的研究や、実用を目指した広い分野にまたがる研究が行われてきましたが、それらの成果を公開し、超臨界流体利用技術の普及と実用化に寄与することを目指しています。同

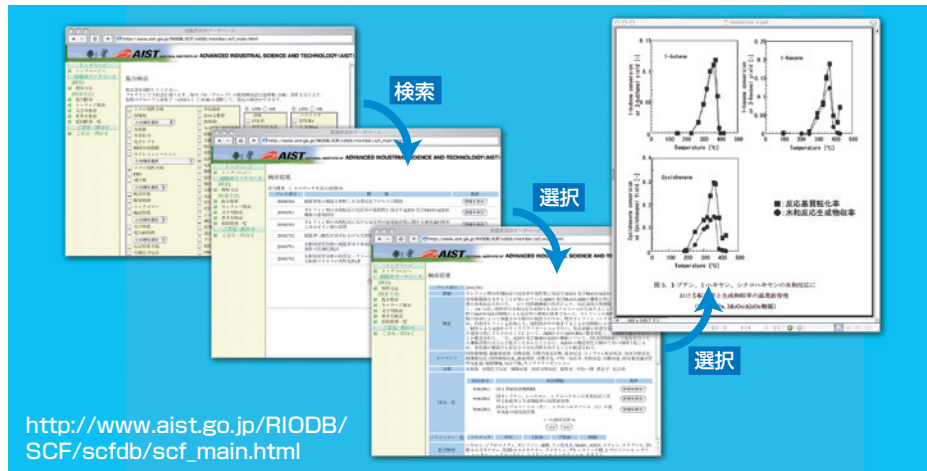


図1 超臨界流体データベースの、複合選択の手順と結果の画面(産総研HPのRIO-DBのページから)

時に、研究成果を整理して超臨界流体利用にかかわる基礎基盤技術や工学基盤データの整備と体系化を図ることも検討してきました。

こうした観点から、研究資産をもとに「超臨界流体データベース(SCF-DB)」が構築されました。研究をいっそう促進するため、インターネット上でこのSCF-DBを公開し、新たに超臨界流体の研究や応用を図ろうとする方々へ、利便性の高いツールとしての提供が開始されました。

超臨界流体データベースの構成

このSCF-DBの基本は、研究成果の公開と普及であり、これをもとに超臨界流体の研究開発の基盤整備を行い、実用化につなげていくことを目指しています。研究成果には、図・表として提供されるものや、個々の数値として役立つものがあります。また実用化に向けては流体の取り扱いや知的所有権に関する情報も必要となります。そのため、このSCF-DBは、必要な情報を容易に入手できるように、データベースを次のような分類で表示しています。

1. 超臨界データベース: 研究成果報告書をもとに、概要、図表、引用文献などが検索できます。
2. 材料腐食データベース: 腐食量を数値データとして検索し、二次元表示ができます。
3. 高圧ガスデータベース: 高圧ガスの安全性評価データや事故事例、関連法規が検索できます。
4. 工業所有権データベース: 超臨界関連の最近の工業所有権の動向を知ることができます。
5. シミュレーション: ポリマー物性の実験や推算データによるシミュレーション例を示しています。
6. 化学工学会研究成果: 化学工学会の超臨界流体部会でまとめた文献データが検索できます。

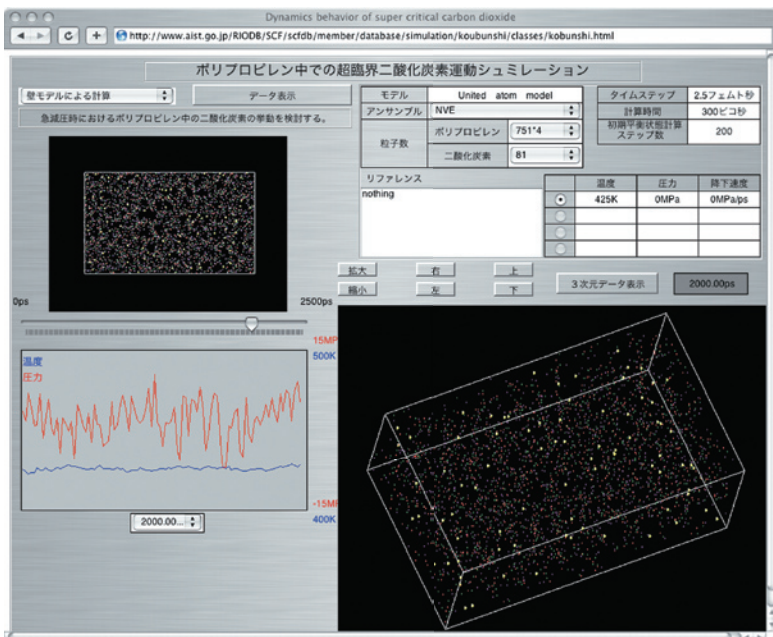


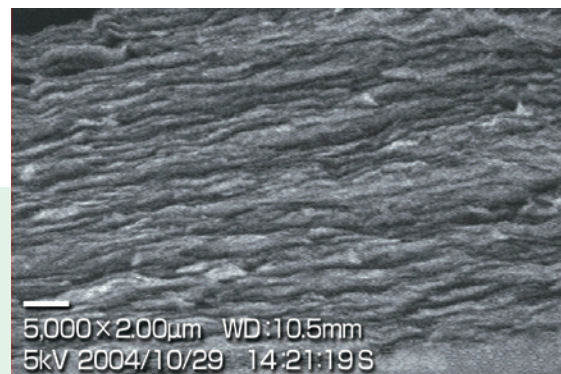
図2 シミュレーション結果の2次元・3次元表示(動画)

柔軟で耐熱性に優れた無機膜 “クレスト”の開発

コンパクト化学プロセス研究センター 材料プロセッシングチーム
蛭名 武雄

コンパクト化学プロセス研究センターでは、プラスチックの柔軟性と加工のしやすさを持ちながら、セラミックスの特性も持つ膜“クレスト”の研究開発を行っています。クレストは、厚さ約1 nm (1 nmは10億分の1 m)の粘土結晶を緻密に積層する技術で作製されています。また、柔軟性を向上させたりする目的で、必要に応じて少量の添加物を混合しています。クレストの柔軟性はコピー用紙と同じくらいです。用途に応じて10から100マイクロメートル程度の膜を容易に作り分けることができます。

クレストは、室温・乾燥状態におけるヘリウム、水素、酸素、窒素などの無機ガスの透過度 ($\text{cc} / \text{m}^2 / 24 \text{ hr} / \text{atm}$) が測定限界値以下で、従来のエンジニアリングプラスチック(ナイロン6の場合、酸素透過度は18)をはるかに超えています。アルミホイル(酸素透過度は0)並みの性能を示しています。現在、350℃程度までの温度条件で使用できるスタンダー



クレスト断面の電子顕微鏡写真

ドタイプと600℃程度までの温度条件で使用できる高温タイプの試料を提供しています。さらに、耐熱性の繊維を混練した繊維強化タイプ、耐熱性の布に製膜した多層膜タイプ、表面を耐熱強化処理したタイプ、表面を撥水処理したタイプなどがあります。

クレストは、生産過程において廃棄物を何も副生しないだけでなく、主成分が粘土結晶なので環境にやさしい材料といえます。また、一般的なエンジニアリングプラスチック並みのコストで生産ができます。クレストは、その耐熱性を活かして自動車エンジン周辺のカスケット材料、化学プラントの配管シール材、燃料電池、フレキシブル基板などに利用でき、耐熱ガスバリアの材料として有望です。今後さらに、防湿性、表面平坦性、機械的特性などを向上させることによって実用化の研究を推進していく予定です。

図1は、超臨界データベースによる複合検索を行い、図表が得られるまでの手順を示しています。ここには、試験結果以外にも試験装置・測定装置図等も含まれていて、新たに実験をはじめ際の参考にもなります。化学工学会研究成果についても同様の検索が行えます。

材料腐食データベースでは、主として超臨界水中での金属材料の腐食挙動が数値データとして収納されています。これらのデータは、国内外で公開された論文や報告書に記載された数値を広範囲に記録したもので、装置材料の一次選定としても利用できます。

高圧ガスデータベースでは、高圧酸素中での材料の発火などの安全評価データとともに、各国の主要な取り扱い規格、さらには事故事例を挙げており、実験の

安全を図る上で参考になる資料を提供しています。また、国内の関連法規や手続き方法も検索できます。

図2には、ポリマー中の二酸化炭素の溶解と分布を示す運動シミュレーション(動画)の2次元および3次元表示の結果を示しています。この他にも、検索した数値データを使って新たな解析も行なうことができます。

このSCF-DBは超臨界流体の幅広い基盤の整備を目指していますが、まだ十分なデータがそろっているわけではありません。そこで、これらの不足部分を補うために、「超臨界流体関連サイト」として超臨界に関係の深いサイトへのリンク集も用意しました。

これからの超臨界流体データベース

超臨界流体を新しい反応場として利用する化学プロセスが期待されていますが、これまではこの超臨界流体を用いるための基礎的基盤や工学的基盤となる知見の取得と整備がなされていませんでした。このSCF-DBは、こうした超臨界流体利用の基盤を整備することで、まったく新しい超臨界流体を利用した化学プロセスの工業化・実用化を促進し、その可能性の指針を与えるものです。

今後の課題として、超臨界流体の物性の推算式や、超臨界環境中での高分子の推算式を整備していく予定です。このためにも、共有できる超臨界流体関係の資料やデータを集め、最新の研究結果、関連技術情報の整備をこれからも進めたいと考えています。

CO₂ ドライクリーニングシステムの開発

東北大学大学院工学研究科 附属超臨界溶媒工学研究センター
猪股 宏

ドライクリーニング業界の現状

商業用クリーニングは、水を用いるランドリーと、有機溶剤を使うドライクリーニングに大別されますが、多様な衣類に対応できることからドライクリーニングが広く普及しています。平成14年度の統計(厚生労働省)によると、全国で約4万3千台の商業用ドライクリーニング機が稼働していますが、塩素系溶剤は発がん性の観点から排出規制が強化されているため使用量が年々減少しており、日本では石油系溶剤(ゾール)が主流となっています。この石油系溶剤を用いたクリーニングは、洗浄と乾燥工程を分離して行い、乾燥工程で消費されるエネルギーは年間原油換算で123万キロリットル、大気に放出される有機溶剤は32万キロリットルにもものぼるというデータがあります。

このように、クリーニング業界では、環境問題に加えて省エネ・省資源の観点からも代替洗浄法の開発が望まれています。特に家庭向けクリーニング業は、中小企業、家族型企業が大多数を占めていることから、環境問題に対する対策や労働環境に対する対応の遅れはどうしようもない状況にあります。

代替溶剤の一つとして、シリコン系のものが開発され、一部使用されていますが、たいへん高価なため広く普及していません。一方、新しい発想から、米国

やドイツで液体状態の二酸化炭素を溶剤とする方式が開発され、米国では一部で商業機として稼働しています。約5MPa(約50気圧)の圧力下で液状のCO₂(炭酸ガス)を使用するものですが、液状CO₂だけでは洗浄力が不十分なので、化学物質(洗剤)の補助使用が不可避のようです。

このような状況下で、(株)オートランドリータカノでも洗浄溶剤の問題に頭を痛めていました。ちょうどその頃、われわれの東北大学工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センターでは、機械部品や光学部材などの精密洗浄に超臨界状態のCO₂を利用する研究開発をNEDO地域新生コンソーシアム(H9~11年)として行っていました。その結果、CO₂は脱脂という観点では非常に優れていましたが、従来の装置に比べて設備コストが大きくなることから実用化は容易ではない状況でした。このような両者が会う機会が、東北大学のTLO(技術移転機関)の仲介で作られました。そこから、超臨界CO₂の洗浄技術をドライクリーニングに応用する研究を産学連携でスタートしたのです。

超臨界CO₂ドライクリーニングの原理

CO₂の臨界点は温度31℃、圧力7.3MPaと比較的温和で、衣類も十分に耐えられる条件で超臨界状態になるし、超臨界状態のCO₂は種々の(無極性、弱極性の)油

脂類を溶解する力があります。また、気体に近い拡散性を持っているので、衣類の隅々まで浸透することができ、表面張力による毛管応力の影響もほとんどないため液体では洗浄しにくいサブミクロンの微細構造へも適用できます。しかも洗浄終了後は、減圧のみでCO₂を気化させて除去できるため乾燥工程が不要となり、衣類の収縮もほとんどありません。このように、超臨界二酸化炭素は洗浄溶媒としてきわめて優れた特徴をもっています。実験によると、CO₂だけでも良好な結果が得られ、性能としては十分に実用化できることがわかりました。しかし、実用化するには処理量の増大と経済性という条件をクリアする必要があります。また、汚れ物質の再付着を抑止しなくてはなりません。これらを超臨界CO₂洗浄でどのように行うかが課題でした。

私たちは、汚れ成分の再付着防止と洗浄溶媒の回収・再利用を可能とするため、洗浄器+溶媒回収+溶媒循環を実現する超臨界ドライクリーニング装置(図1)を試作しました。その特徴は、超臨界領域での熱膨張率がきわめて大きいことを利用して、まず加熱により圧力差を誘起し、これを駆動力として溶媒を高速で吐出させ、超臨界CO₂によって効率的に汚れ成分を洗浄すると同時に、亜臨界領域(臨界点よりわずかに低温域)での低蒸発潜熱を利用した溶媒の蒸発・凝縮により溶媒の循環・再生を行うことで、常に新鮮な溶媒での洗浄が可能なのです。これは、クローズシステム下で高圧ポンプをいっさい使用しない、きわめてシンプルな超臨界流体循環型ドライクリーニング装置と言えます。この基本的な作動機構はすでに確認していましたが、ドライクリーニング装置としての試験運転によって、洗浄処理時間の短縮やエネルギーの最小化、超臨界CO₂と衣料との接触方式

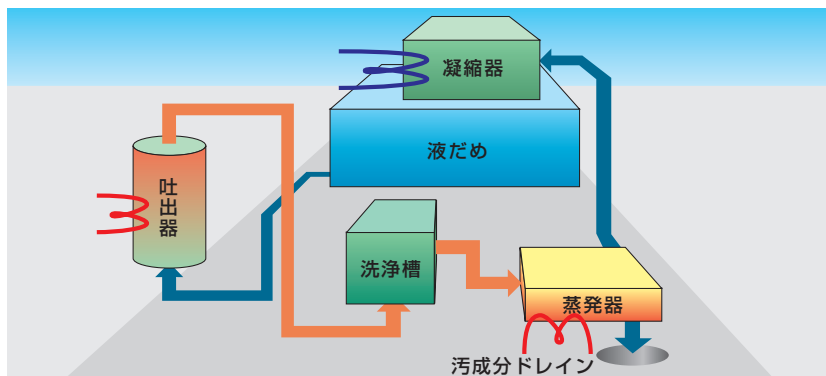


図1 超臨界溶媒循環型ドライクリーニング装置の原理図

や助剤開発による洗浄効果の向上、操作手順の最適化・自動化による操作性の向上などに関する検討をしました。具体的には、(株)オートランドリータカノを中心とした関連企業、産総研と大学の間でコンソーシアムを組んで実施しました。その際、大学側は吐出装置内の熱流動の解析(図2)など学術的な検討を担当し、産業側が実証試験を行いました。さらに、産総研からはエンジニアリングについての協力を得ました。



写真1
超臨界CO₂ クリーニング装置

クリーニング業界では、有機系洗浄溶剤の自然環境や労働環境に及ぼす悪影響の打開が共通の課題になっています。私たちは、東北大学の新井先生、猪股先生、スミス先生が発明された熱駆動循環による超臨界CO₂洗浄技術に関する基本特許を基に、先生方の指導の下で全く新しいドライクリーニング技術の開発に着手しました。

平成14年から2年間、猪股先生を総括研究代表者とする経産省委託事業の「地域新生コンソーシアム研究開発事業」に採択していただき、新井・猪股・スミスの三先生、産総研超臨界流体研究センター、業界各社の皆様と一緒に、新しい技術の開発に取り組んできました。



写真2 超臨界CO₂による洗浄での布の違いによる洗浄結果
汚れ成分：流動パラフィン+オイルレット(染料)
洗浄条件：二連吐出

超臨界CO₂ドライクリーニングの結果

1回の洗浄に要する時間は約30~40分で、乾燥時間を含めた現行のドライクリーニングより短い時間で洗浄できます。乾燥工程がなく、衣類の傷みも少なく、現行のドライクリーニングより風合い良く仕上がります。また、クリーニング品は当然、有機溶剤が残留しないため無臭で、当初の目標に近い結果になっています。

実用化へ向けて

これまでの研究開発で、基礎的な課題はほぼクリアできました。現在、商用機のプロトタイプ装置を製作したところ

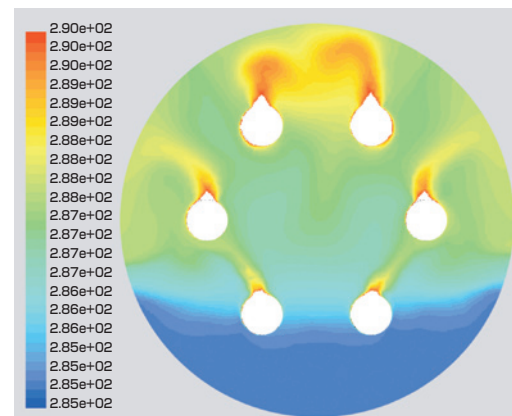


図2 10MPa到達時の吐出器内の温度分布

で、そのモニター洗浄によって市場評価を進めるとともに、装置を改良して本格的な商業ベースへ移行していくことを想定しています。将来は、人と環境に優しいこのクリーニング方式を、国内はもとより広く世界に普及していき、地球環境の改善、健康の増進に寄与したいと考えています。

企業連携でプラント実用化へ

株式会社オートランドリータカノ
加藤 義徳

写真1は、この事業の成果として開発製作した、世界初の超臨界CO₂ドライクリーニング装置です。洗浄槽の有効容積が30リットルと50リットルの2槽を備えており、吐出器4台、蒸発器、凝縮器、液溜め槽によって構成されています。環境面や省エネ効果に加えて、超臨界CO₂は浸透力が高いため、衣類を攪拌せずに静置したままで洗浄できるので、衣類の傷みがなく、風合い良く仕上がるという特徴があります。

写真2は、擬似汚染布を洗剤を使用せずに超臨界CO₂だけで洗浄した結果を示したものです。現行の洗剤を使用したドライクリーニングと同等以上の洗浄率が得られています。また、CO₂以外いっさい使用しないので、最近社会問題視され始めている化学物質過敏症患者向けの洗浄方式としても期待を集めています。

現在、インターネットを通じて全国の化学物質過敏症患者からモニター洗浄の依頼を受けてこの洗浄装置を使っていますが、重症患者の方々からも大変好評を頂いています。

16年度より経産省の補助金を頂き、本格的な実用機の開発製作に取り組んでいます。18年度からは、化学物質過敏症患者向けや、優れた洗浄品質を基にした高級品クリーニング市場向けに、本格的な事業展開を開始する計画です。

研究ユニットを基本として進化を続ける組織

ユニットの独立とコーディネーションから広がる研究の連続性と同時性。
人とテーマを育てる、研究組織の新しいスタイルが、今具現化される。

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の研究組織には、研究部門と研究センターがあり、さらに新しいセンターを生み出すことを目的とした過渡的な組織として、研究ラボがある。部門は研究所の重要研究分野を継続的に研究し、特に時限を定めない。センターは短期集中型の研究を行うもので最長7年の時限が定められる。ラボは2年程度で評価を受け、その後の発展か中止かが決められる。いずれの研究組織も、科学研究が歴史的に築きあげてきた本質的オートノミーを根拠とする研究のオートノミーを持つ。このオートノミーは社会に開かれていなければならず閉鎖的であることは許されない。したがって常に評価を受け改廃の対象となる。改廃の権限は産総研の経営者が持つ。このとき経営者の決定は社会およびその研究分野の人々に開かれていなければならず、したがって経営者は評価を受けて、改廃についての責任を経営者が持つことになる。

このような緊張関係の中で、研究者と経営者との合作である研究戦略および一般社会の研究への期待感を場としつつ、研究者の研究意欲を直接の駆動力として研究が推進される。そしてラボ、センター、部門という異なる性格を持つ研究単位から構成される産総研では、ラボで生まれた研究の核が、センターとして開花し、その結果が産総研にとって有意義な、新しい恒常的分野を開いたと判断されれば、部門となる。このように、産総研の組織は動的に進化する構造を持っており、科学技術の進歩のフロンティアを開拓しつつ社会の要請に応えるものとして、柔軟に発展していくことが期待されているのである。

さて、このような組織原理によって産総研がその使命を的確に果たしていく構造を持つとして、その構造をなにが駆動するのであろうか。それは産総研の人である。あまりに当然のことであるが駆動する主役は産総研で仕事をする人々であり、それ以外には何もない。建物や設備があるにしてもそれは人によって始めて意味が付与される従属物であり、主役ではない。

ところで産総研にはどのような人がいるのであろうか。一生研究職あるいは事務職という人もいれば、その間に職種を変える人もいるであろう。仕事を産総研だけで終える人もいるだろうし、何年かを過ごす人もいるだろう。しかしいずれにしてもその一生の時間はその人のものであり、その人によって計画され、実行される。人にとってこの一生が満足できるものであること、それが必要な条件である。



一方組織は存在する潜在力を十分に発揮してその機能を最大化しなければならない。組織を構成する人々が最も満足して仕事に着くという条件のもとで組織の力が最大に発揮されるのが理想である。実は「人の満足が最大化されるとき、そしてそのときに限り、組織の機能が最大化される」というパラダイムを成立させるために作られたのが上述の動的組織原理なのである。

このパラダイムがなぜ成立しているかを考えるために、“時定数”という視点で考えてみよう。研究所にはさまざまな時定数を持つものが存在する。研究部門は学問分野に対応するとすれば、これは安定なものであり、歴史的に見ると20年は続く。研究センターは7年である。そして独立行政法人としての産総研は中期として5年が定められている。そして研究にとって重要な研究費に関わる財政は1年である。この20年、7年、5年、1年というめまぐるしい時間の区切りの中を人は歩いていくが、人が仕事を続ける期間は40年である。研究者を例にパラダイムを検証してみよう。もちろんこの検証は研究職だけでなく事務職の人にも当てはまるものである。

40年の中で、研究分野を産み出す野心を持つとすれば、20年かかるから、最大2つの分野であり、一般的には1つと考えるべきである。新しい理論あるいは産業の成果など、産総研で言う“製品”の画期的なものを作り出す中心はセンターであるから、独自の学問分野に基礎を置くとすればその研究に割く時間を考慮すればこれも最大二回の挑戦が可能と考えてよいであろう。20年、7年というのは、研究者から見ても分野構築、製品創出の時間として適当であり、

一生の間で一回あるいは二回の挑戦が可能というのは研究者が持つキャリアの夢と一致している。したがって研究者の研究過程に調和しているといえる。

一方、独法の5年、財政の1年というのは、研究者から見れば評価に関係することである。1年の評価は立てた目

標をどの程度実現しているかが問われるのであり、いわばアウトプットに関わる量的評価である。それに対し五年の独評評価では、社会における法人としての存立の必然性が問われるのであり、その目標も含めて評価される。これはアウトカムに関わるものであり質的評価といえる。これら

産総研の研究ユニット

● 研究センター

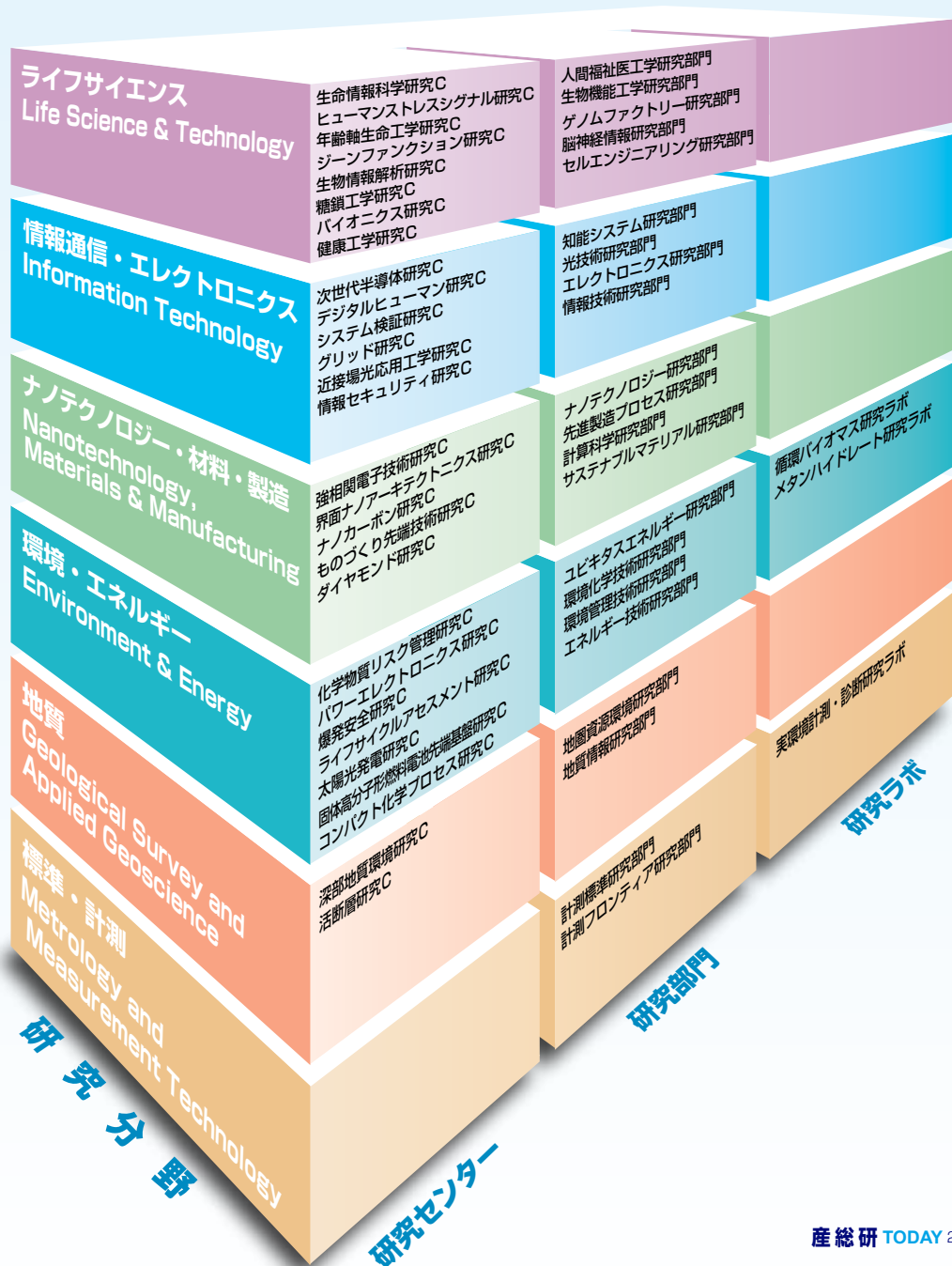
産総研が取り組むべき重要課題の解決に向けて、トップダウン型のマネジメントによって、短期（最長7年）集中型の研究展開を行います。研究資源（予算・人・マネージメント）の優先投入が行われます。

● 研究部門

社会に求められる研究課題を、一定の継続性を持って研究展開し、シーズの発掘を行っています。ボトムアップ型の研究テーマ提言を重視し、ユニット長のリーダーシップによるマネジメントが行われます。

● 研究ラボ

異分野融合の促進や、行政ニーズへの機動的な対応など、新しい研究テーマを形にしていきます。新しい研究センターや研究部門の立ち上げに向けた研究の推進を行います。



の評価は研究者から見れば社会との対話のチャンネルであり、研究が開かれていることを保障する重要な場を与えられていることになる。したがってこれも研究者の意図と調和している。

このように、40年の時定数を持つ研究者が、組織の時定数と調和しながら組織の中を歩んで行けることは、最大満足と最大機能のパラダイムの正当性を保障していると考えてよいであろう。このことは同時に、組織が人を育てる場所としての可能性を持っていることを意味している。研究

機関である産総研は別の角度から見れば人材育成機関である。その一生を過ごすにしても、一時を過ごすにしても、そこで社会に開かれた本格研究の実施と管理とを経験する。この経験を通して身につけた能力は一般の社会においても有用な資質なのであって、それが広くわが国の社会で生かされるとき、産業の進展をもたらすとともに、日本が国際社会の中で新しい立場を築いてゆくことを可能にすると思われる。

■ 研究分野と研究コーディネータ

産総研が取り組む研究テーマは大きく6つの分野に分けられ、それぞれの分野に1～2名の研究コーディネータが配置されています。研究コーディネータは、研究ユニットとの対話によって、分野内のユニット間のコーディネーションを行っていきませんが、その一方で、他分野の研究コーディネータと協調して、所全体としての本格研究の流れを形づくっていきます。

ライフサイエンス分野（研究コーディネータ：栗山 博）

－健康長寿で質の高い生活の実現－

ポストゲノム時代におけるバイオテクノロジーを活用した新しい健康関連産業の創出のための研究開発、画像診断技術や細胞工学技術などを活用した診断・治療関連技術の研究開発及び環境負荷の低減にも資する新規生物機能の探索とそれを活用したバイオプロセス技術に関する研究開発を実施します。

情報通信・エレクトロニクス分野（研究コーディネータ：大崎 和仁、廣瀬 通孝）

－安全・安心な生活を実現するための高度情報サービスの創出－

知的資源のネットワーク化と情報の質や価値を高めるための大容量データサービス技術の研究開発、ロボットと情報家電を始めとする生活創造型サービス創出に向けた研究開発、及び情報のセキュリティ、信頼性、生産性を向上する情報通信の基盤技術に関する研究開発を実施します。

ナノテクノロジー・材料・製造分野（研究コーディネータ：五十嵐 一男、中浜 精一、寺倉 清之）

－環境負荷低減を実現するための革新的材料・部材・製造技術の創出－

我が国の産業競争力の中核となる先端ものづくり産業の創出につながる革新的なナノテクノロジーの研究開発、バイオなどの既存産業に革新的な進歩をもたらす基盤技術の研究開発、並びに機能性材料に関する研究開発を実施します。

環境・エネルギー分野（研究コーディネータ：神本 正行、山辺 正顕）

－環境・エネルギー問題を克服した豊かで快適な生活の実現

産業活動起源の環境負荷低減を目的とした環境評価・保全技術および化学産業の環境負荷低減技術に関する研究開発、並びにCO₂排出量の削減とエネルギーの安定供給確保を目的とした分散型エネルギー技術および産業・運輸・民生部門の省エネルギー技術に関する研究開発を実施します。

地質分野（研究コーディネータ：佃 栄吉）

－環境に調和した国土の有効利用を実現するための知的基盤整備－

地球システムの理解をベースとして環境負荷を低減する技術の研究開発や、安定的な資源需要・供給に関する技術の研究開発、および信頼性の高い地質情報の取得と公開を推進します。

標準・計測分野（研究コーディネータ：小野 晃）

－産業基盤を構築する横断技術としての計測評価技術の創出と、計量の標準による知的基盤整備－

広範囲にわたる産業活動を横断的・共通的に支援し、産業技術の信頼性を向上させるための計測評価技術の研究開発を実施するとともに、データベースの構築や試験評価方法の標準化を推進します。

■ 2005年春に新設された研究ユニット

2005年4月1日に新設された、5つの新ユニットについて設立の背景と研究の目的を簡単にお知らせします。

Health Technology Research Center
Research Center for Information Security
Polymer Electrolyte Fuel Cell Cutting-Edge Research Center
Research Center for Compact Chemical Process
Methane Hydrate Research Laboratory

健康工学研究センター Health Technology Research Center

研究センター長 国分 友邦

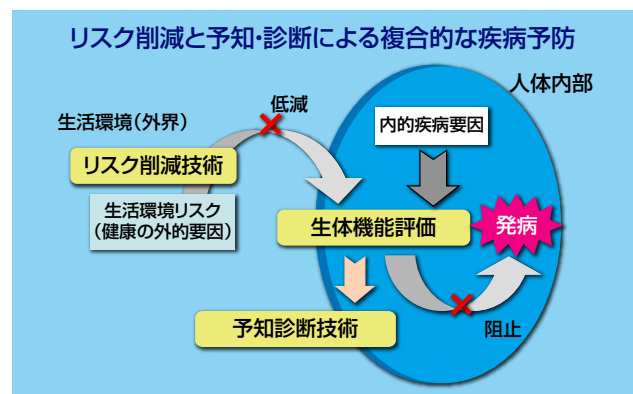
少子高齢化が進む日本の社会で、持続的に安心して豊かな人間生活を送るために、健康の問題は国民の大きな関心事のひとつになっています。健康維持にかかわる技術開発や健康関連産業の振興は、総合科学技術会議や経済産業省の「新産業創造戦略」の中でも、その推進が謳われています。産総研でも、社会的要請を踏まえた研究戦略のもとで、「健康長寿を達成し質の高い生活を実現する研究開発」の推進が中期目標のひとつに掲げられ、研究の重点化が図られています。

健康に関する研究は、自然環境や身近な生活環境と人間との相互作用の研究、人間の生理的な恒常性維持の研究や社会生活の様々なストレスなどに由来する生理的精神的な影響の研究など多岐にわたっています。その工学的な研究には、生命工学・人間工学・環境工学・情報工学・材料工学や社会工学などの融合による幅広い研究が必要とされる分野です。

健康工学研究センターでは、今後5年の間に、これまで四国センターにおいて蓄積されてきた研究資源を礎に、人間生活における健康維持管理に関する工学的研究を中心に技術開発を進めていきます。

具体的には、病気とは言えないがその直前の状態(未病)にある患者候補の生理的状況を理解して発症を予防する先端的な疾患予知診断技術の確立と、身近な生活圏に存在するさまざまなリスク要因を排除して安心な暮らしを実現するための研究開発と、その成果の社会還元が目標です。

産総研内の健康工学関連分野の研究ユニットとの連携はもちろん、企業や大学との研究協力体制を進め、その成果の情報発信に努めるとともに、四国を中心とした地域の健康関連産業振興の拠点として、健康工学研究領域の確立と、21世紀の新産業創出への貢献を目指しています。



情報セキュリティ研究センター

Research Center for Information Security

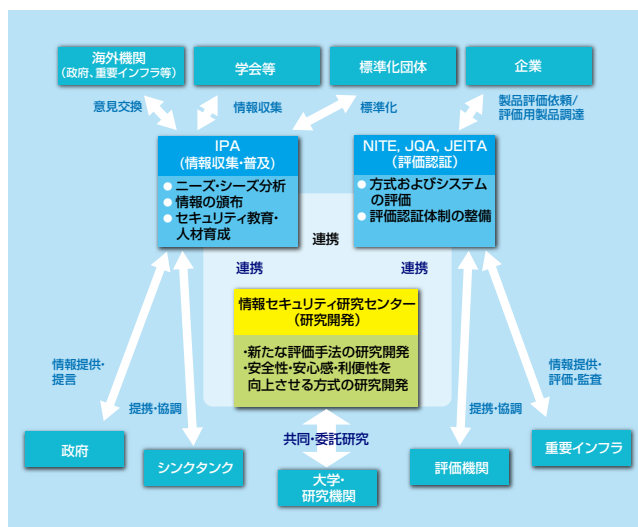
研究センター長 今井 秀樹

現代社会において、インターネットやパソコンなどに代表される情報機器ネットワークシステムは重要な社会インフラとして、日常生活に不可欠なものとなっています。その一方で、ウイルスの蔓延やソフトウェアの欠陥、ハードウェア解析等を悪用した攻撃など、社会的に重大な問題をかかえる状況となっています。

情報セキュリティ研究センターは、誰もが安心して利便性を享受できるIT社会の実現を目指し、不正行為にも安全に対処できる、情報セキュリティ分野に関する研究開発を行っています。

現状における緊急度や産総研の立場を考慮し、ソフトウェア製品、ハードウェア製品に求められる情報セキュリティ技術、およびそこで用いられる基盤技術の確立が研究目標として掲げられています。さらにこれらの研究活動を通じて、世界的な研究成果を継続的に出すことのできる「日本のセキュリティ研究のコア」を形成すること、また政府が実行する情報セキュリティ関連施策に、技術的・人的支援を行い、国民にも国際的にも信頼される機関として認知されることを目指しています。

今後はさらなる人材の登用、研修や招聘による他機関からの人材受け入れ等を進めていくことで、実社会の情報セキュリティに関する諸問題に深く本質的なレベルで対処できる研究センターとして成長していきたいと考えています。



固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター

Polymer Electrolyte Fuel Cell Cutting-Edge Research Center

研究センター長 長谷川 弘

燃料電池技術は、地球環境・エネルギーセキュリティ・持続的経済成長を同時達成する上で最も期待がかかる重要技術です。しかし「本格的普及を目指す商品性確保」への道程は極めて険しく、コストダウン、耐久性、信頼性、性能向上という多様な要素を満たす革新的なブレイクスルーが待望されています。

固体高分子形燃料電池先端基盤研究センターは、固体高分子形燃料電池 (PEFC) の革新的低コスト化の実現と、燃料電池技術者の人材育成を目的として設立されました。

基盤要素技術に関する独創的研究を実施するために、「燃料電池の基幹要素材料である“電極触媒”と“電解質材料”の革新的性能向上とコストポテンシャル向上」と、「多相界面を経ての物質移動現象の解明」を重点テーマとして取り組んでいきます。

この研究センターでは、燃料電池研究がともしれば閉鎖的になることを注視し、常に開かれた場での研究開発の展開を強く目指しています。



革新的前進	内外の英知によるトップサイエンス知識の総結集による基本的反応メカニズムの解明と革新的技術の創製
支援	産業界への製品展開可能な最先端科学的知見の提供と製品化に向けたイノベーションの支援
人材育成	先端科学的知見を産業に転移するための知識・経験を持った人材の育成
継続性	世界の最先端研究グループとの人材交流の活発化と先端的オプションの継続探索可能な仕組みの構築
情熱	燃料電池の研究開発への情熱を共有する研究者の自由・闊達な科学的探索の「場」の提供
貢献	新しい時代に適したエネルギー・環境に資する科学的ナレッジの啓蒙、普及活動への貢献

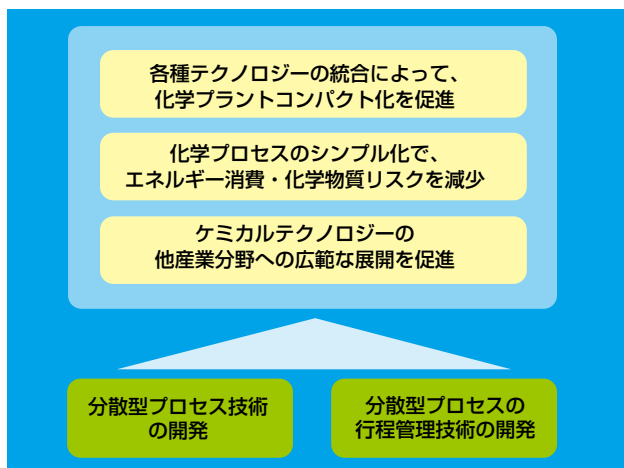
コンパクト化学プロセス研究センター

Research Center for Compact Chemical Process

研究センター長 水上 富士夫

産総研東北センターを低環境負荷化学プロセスのナショナルセンターとする方針のもとに、従来の「超臨界流体研究センター」と「メンブレン化学研究ラボ」を骨格として、新設されたのが「コンパクト化学プロセス研究センター」です。

この研究センターは、安全な環境の創造や二酸化炭素の排出量削減と省エネ技術といった産総研の戦略目標に



則して、シンプルでコンパクトな化学プロセス技術を開発し、必要な場所で必要量を生産する方式(分散適量生産方式)、ひいては物質循環システムの確立に資することをミッションとしています。

これまで東北センターでは、超臨界流体技術と無機系膜技術の分野に特化して省エネ、低環境負荷技術の研究開発を進めてきました。この研究センターでは両技術領域の融合によって、新技術・新分野の創造と展開に取り組めます。さらに、これを踏まえ東北地域の大学・企業の有する電気・電子技術や微細機械金属加工技術等の高い異分野技術ポテンシャルとの融合を図ることにより、分散適量生産方式に適合する化学プロセス全般のコンパクト化、プラントの小型化などの技術開発と、その実用化に必要なエンジニアリング技術の開発・構築を目標としています。

また、産学官の結集による「グリーンプロセスイニキエーションコンソーシアム」を組織し、技術移転を迅速に行う仕組みや、近隣大学や地域機関とのネットワークを構築し、研究成果の速やかな普及に取り組めます。

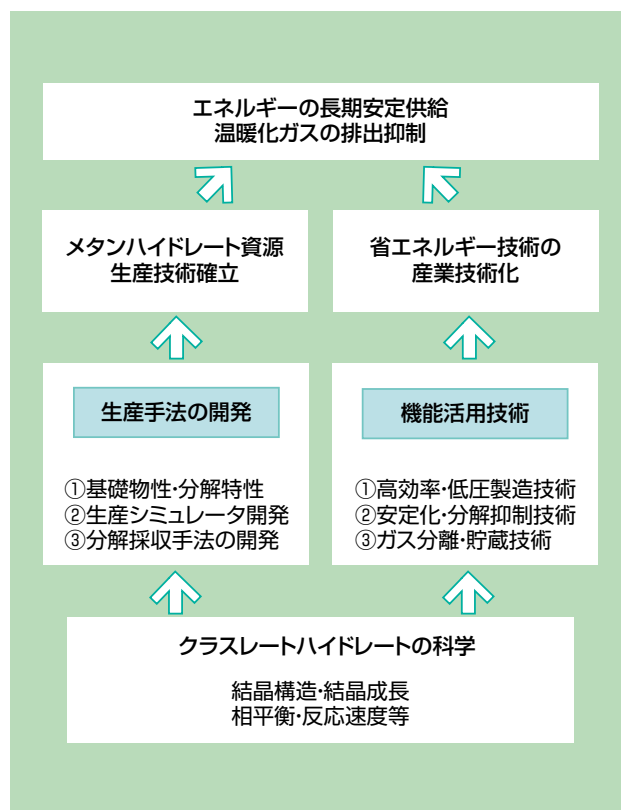
メタンハイドレート研究ラボ

Methane Hydrate Research Laboratory

研究ラボ長 成田 英夫

産総研では、エネルギーの長期安定供給確保と温暖化ガスの排出抑制を技術開発の目標として、メタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採取する技術の研究開発と、ガスハイドレートの機能を活用した革新的な省エネ技術の開発によって、新産業の創出を目指しています。メタンハイドレート研究ラボは、これまで「エネルギー技術研究部門」と「地圏資源環境研究部門」においてメタンハイドレート資源の生産手法開発と機能活用技術の研究を手がけてきた研究者が融合し、その技術革新の加速化と発展を実現させるために新設された新しい研究ユニットです。

世界のエネルギー需要はますます増加の一途をたどると予測され、それに伴う温暖化ガス排出量の増加や長期的なエネルギー安定供給への不安などが問題視されています。エネルギーの高効率利用のために、分散型エネルギーシステムや燃料電池の導入が進みつつありますが、それらの燃料源としての天然ガスの果たす役割は大きいものと考えられます。このような状況下で、この研究ラボでは、メタンハイドレート資源生産手法の開発および機能活用技術開発を通して、わが国の天然ガス安定供給と自給率の向上並びに導入促進に貢献を目指します。



金属ガラスの新しい創製技術

電磁振動力による新プロセス技術の開発

産総研サステナブルマテリアル研究部門は、従来のプロセスとは全く異なる電磁振動力を利用した、金属ガラスの新しい創製技術の開発を行っている。すなわち、電磁振動力によって結晶の芽となる結晶核の生成を抑制し、合金がもっている金属ガラスを形成する能力(金属ガラス形成能)を高めようとする技術である。この創製技術はマグネシウム合金において実証しており、さらに金属ガラスの大型化や連続鑄造技術への展開が期待されている。

In this study, we try to develop a new method for producing the bulk metallic glasses by using electromagnetic vibrations and to clarify a possibility of enhancing glass-forming ability by this process. The effects of the electromagnetic vibrations on the glass-forming ability in the Mg-based bulk metallic glasses were investigated. It was found that the new method by using the electromagnetic vibrations is effective in enhancing the glass-forming ability. Disappearance of the clusters by the electromagnetic vibrations applied to the liquid state was presumed to cause suppression of crystalline nucleation, namely, enhancing the glass-forming ability.

研究の背景

通常の金属や合金を融点以上に熱すると、溶融した液体として金属原子は自由に動き回り乱れた状態になるが、融点以下に冷却した液体(過冷却液体)は不安定で、直ちに結晶化して凝固する。しかし近年、一定の成分則をもった合金においては、比較的遅い冷却速度で金属液体を融点以下に冷却しても結晶化が起こらず、液体と同じような不規則な原子配列を保った非晶質金属である金属ガラスが形成されることが見出されている。金属ガラスは、高温領域でガラス遷移を起こし、非常に高い粘性流動性を持つガラス相になる。そのため、一度で最終製品となる形状を付与できる加工法の「ネットシェイプ加工」や「ニアネットシェイプ加工」に適していると考えられている。さらに、結晶構造を持っていないので、結晶と結晶の隙間に存在する結晶の界面(結晶粒界)がない。そのため、結晶粒界を起点とする腐食や割れなどが無く、耐食性、強度、磁性などにおいて

優れた特性を示すと同時に、大きなたわみ性を持っている。これらの特性から、電子機器、自動車用部品、マイクロマシン部品、化学プラント部品、医療機器部品などへの応用が期待されている。

しかし、比較的大きな塊(バルク)状の金属ガラスを容易に作製できるのは、パラジウム合金やジルコニウム合金など貴金属で価格が非常に高い合金系のみである。その他の合金系は、金属ガラスを形成する能力(金属ガラス形成能)が低く、数ミリの棒材を作製するにも水冷銅鑄型へ鑄込むなど、できるだけ急冷する必要がある。そのため、超精密部材、航空機や自動車などの輸送機器用構造部材、高精度計測機器用機能部材として実用化が期待される金属ガラス素材の量産化については、従来の急冷凝固法では金属ガラス化に限界があり、構造材料や機能材料としての要望に広く応えることは難しいのが現状である。

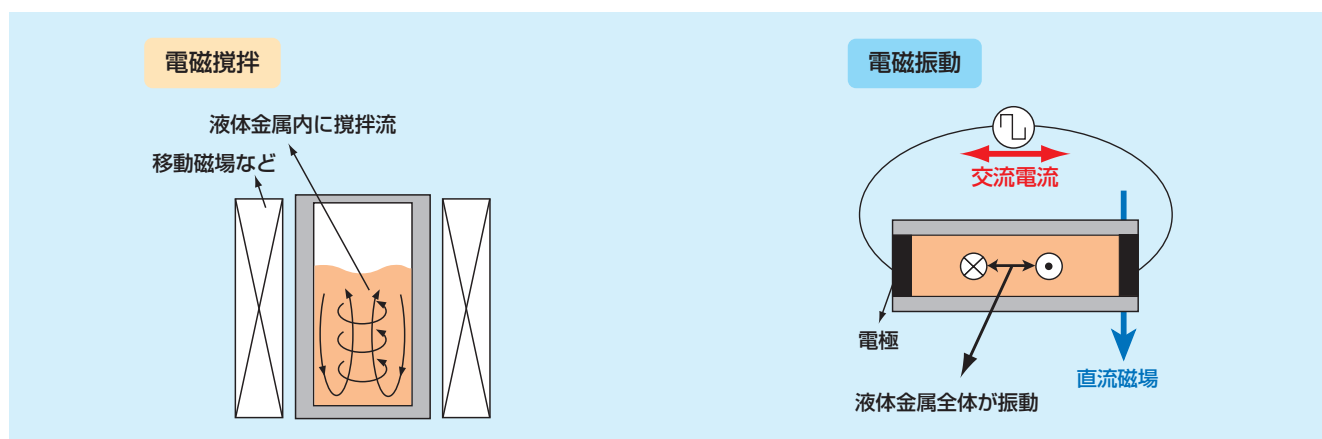


図1 電磁攪拌と電磁振動力の模式図

(左) 電磁攪拌 液体金属が回り、攪拌されるだけ。

(右) 電磁振動 紙面に垂直な方向に液体金属全体が振動している。

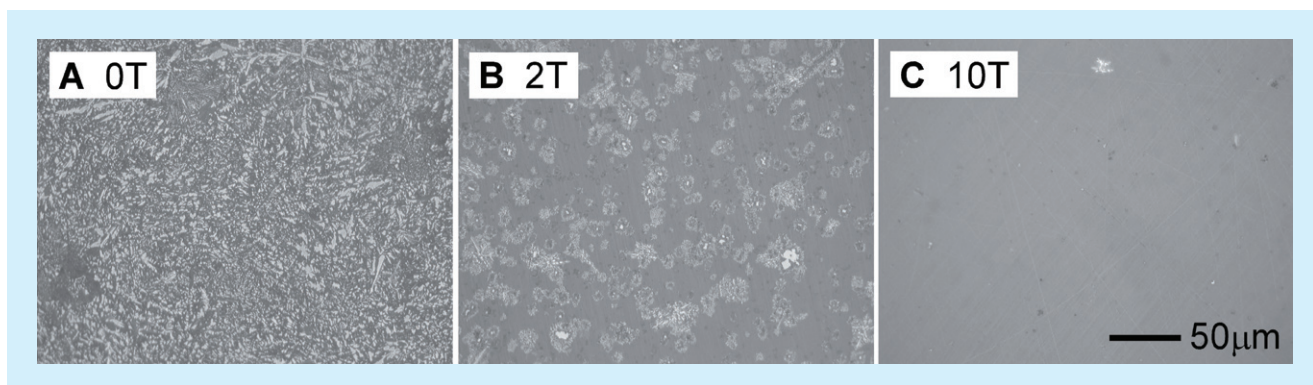


図2 さまざまな電磁振動力の下で作製したマグネシウム合金の光学顕微鏡写真

A：電磁振動力を印加しない場合。全面に結晶が出現している。

B：弱い電磁振動力を印加した場合。金属ガラス相の中に結晶の粒が出現している。

C：強い電磁振動力を印加した場合。全面に金属ガラス相が出現している。

電磁振動力とは？

そこでわれわれは、従来の急冷凝固法とは全く異なる視点から、電磁振動力を利用した金属ガラスの新しい創製技術の開発を行っている。一般的によく知られている電磁力としては、電磁攪拌がある。電磁攪拌とは、液体金属の攪拌に広く用いられている方法で、移動磁場などにより液体金属内に攪拌流を作り出して攪拌する方法である。しかし、新たに開発した技術に使用する電磁振動力は、直流磁場内で液体金属中に直流磁場と直交する交流電流を印加することにより、液体内部に発生する交流電流の周波数と同じ周波数で振動する力（ローレンツ力）であり、金属の液体全体を振動させる力となる。図1に電磁攪拌と電磁振動力の違いについて示す。電磁振動力が電磁攪拌とは本質的に異なるプロセスであることがわかるだろう。

われわれの研究グループでは、この電磁振動力により従来の金属合金が非常に緩やかな冷却速度でも結晶粒が微細化することを見出していた。この技術は、凝固中にできる結晶粒子を電磁振動力によって粉々に砕いて微細化するものである。従来の金属合金では、結晶粒をできるだけ小さくすることが、強度をはじめ種々の特性を向上させる最も良い方法だからである。

一方、金属ガラスでは、結晶核の生成を抑制することができれば、比較的緩やかな冷却でも金属ガラスを形成することが可能だと報告されている。結晶が液体金属から出現する際は、その基になる原子の集団（クラスター）を核として成長し、結晶になると考えられている。そこで、この研究開発では、電磁振動力によって結晶の核となるクラスターなどをより小さくして、結晶核の生成を抑制し、合金

が持っている金属ガラス形成能を高めてやることをコンセプトとしてその実現に取り組んだ。

合金としては、金属ガラスが比較的できやすく、溶解時の雰囲気制御が容易なマグネシウム合金を選択した。電磁振動力の印加装置としては、10T（テスラ）までの磁場を作り出せる超電導マグネットを用いている。試料は保持容器であるアルミナ管内にセットし、電極棒で挟んだ。電磁振動力は、所定の磁場の中で両端の電極棒を用いて試料に電流を流すことにより印加している。マグネシウム合金は550℃まで加熱して液体状態にした後、電磁振動力を印加しながらアルミナ管へ水を吹きかけて冷却した。

電磁振動力の効果

図2にさまざまな電磁振動力下で作製したマグネシウム合金の光学顕微鏡写真を示す。電磁振動力は図3に示すように、磁束密度と電流のベクトルの積となるので、磁場強度を変化させることによって試料にかかる電磁振動力の強さを変化させることができる。これらの試料は、液体状態において10秒間電磁振動力を印加した後、電磁振動力を印加しながら冷却している。磁場強度が0Tの場合、電磁振動力は発生せずに通常の状態での冷却された試料であるが、いろいろな模様が出ていることがわかる。この模様は結晶粒界により出てくる模様である。このことより、電磁振動力を印加せずに作製した合金は、金属ガラスとはならず完全な結晶相であることがわかる。しかし、磁場強度が2Tの場合、弱い電磁振動力が試料に印加されるが、この試料では単調な灰色の下地に粒状の模様が観察される。粒状の模様のように見えるのは結晶の粒で、単調な灰

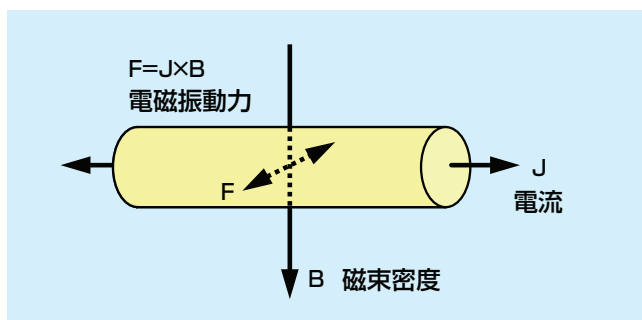


図3 電磁振動強度の説明図

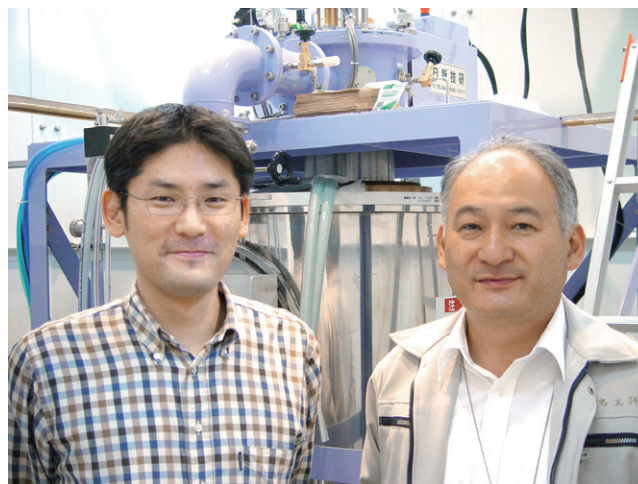
電磁振動力は磁束密度と電流のベクトル積となる。

色の下地は金属ガラス相である。さらに、磁場強度が10Tの場合には、強い電磁振動力が試料に印加されることとなる。この試料では、ほとんどが単調な灰色を示す金属ガラス相で構成されていることがわかる。また、これらの結果は微小部X線回折装置や透過電子顕微鏡でも確認している。これらの結果から、電磁振動力の強さが増すにしたがって、金属ガラス相が形成されやすくなっていることがわかる。つまり、この溶解、冷却条件において、合金の金属ガラス形成能を電磁振動力で高めることができることを示している。われわれは、種々の実験から、このような金属ガラス形成能の向上は、液体金属や過冷却液体中に存在する結晶の核になりうるクラスターなどが電磁振動力によって減少するためだと推測している。

今後の展開

新たに開発した電磁振動力による金属ガラス創製技術は、金属ガラス相の形成に有用であることが判明した。しかし、理論的に未解明の点も多く、非常に興味深い研究であるといえる。また、この技術を実用化レベルまで高めるために、量産化を考慮して電磁振動力を使用した連続鋳造技術の開発を行っていく予定である。

この研究は平成14年度から開始した「NEDO委託事業：革新的部材産業創出プログラム 金属ガラスの成形加工技術プロジェクト」において、行われた。本件に関する詳しい内容は、Nature Materials 4 (2005) April pp. 289-292. に「Electromagnetic vibration process for producing bulk metallic glasses」というタイトルで掲載されている。



サステナブルマテリアル研究部門 凝固プロセス研究グループ 総括研究員 三輪謙治氏(右)と、研究員 田村卓也氏(左)。

用語解説

◆金属ガラス

金属ガラスは、原子配列が全く不規則なガラス状態の非晶質金属である。結晶体ではないため粒界がなく、そのため強度、耐食性、磁性などにおいて優れた特性を示す。例えば、金属ガラスは結晶質合金に比べて遙かに高い強度を持っていると同時に大きなたわみ性を有している。また、外部磁力にも直ちに反応する優れた軟磁気特性を持つ。さらに金属ガラスは、二次加工性にも優れているため、ネットシェイプ加工することが可能である。金属ガラスの中に、微細なナノ結晶が分散していても質的には変わりがなく、これを含めて広義の金属ガラスという。

◆電磁振動力

導体に直流電流と直流磁場をそれぞれ直行する方向に同時に加えることにより、これらの両場と直行する方向に力が発生する。今、この電流を交流にすると、発生する力もこの交流電流と同じ周波数で振動する。これを電磁振動力という。熔融金属は導体であるので、同じように電磁振動力を作用させることができる。機械的な振動と違って、電磁振動力の場合は、電荷単体に振動力が作用するため、導体に均一に振動を与えることができる。

◆ネットシェイプ加工

素材が最終製品となるまでに、通常は何回かの加工工程を経る。しかし、加工法によっては、一度の加工工程で最終製品に仕上げることができる。このように、一度で最終製品となる形状を付与する加工法のことをネットシェイプ加工と言う。例えば、ダイカスト法では、溶けた金属を射出成形機で金型へ圧入することにより、最終製品を得ることができる。

◆ニアネットシェイプ部品

ネットシェイプ加工に比べて、最終製品を得るために、さらに1～2工程多い成形加工プロセスをニアネットシェイプ加工といい、それによって得られる部品をニアネットシェイプ部品という。

◆バルク

粉末や箔帯や細線のような細かなものと違って、棒材や塊状物のようなある程度のまとまった大きさ、量のあるものをこのことをいう。細かなものを構造材料として使用するためには、ある程度の大きさにまで固めて大きくする必要がある。バルク材では、圧延、押出、成形加工により形状付与することにより、種々の構造部材として使用することができる。

● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所 中部センター
サステナブルマテリアル研究部門 凝固プロセス研究グループ

総括研究員 三輪謙治

研究員 田村卓也

E-mail: k-miwa@aist.go.jp

〒463-8560

名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞 2266-98

プロトタイプ・ロボット展 (出展: NEDO 技術開発機構)

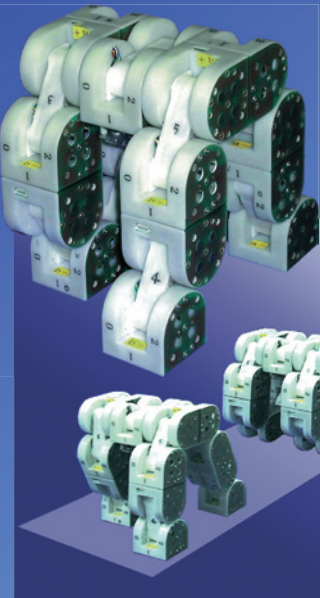
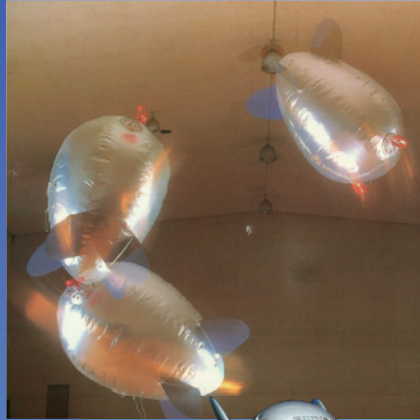
モリゾー・キッコロメッセ

6月9日~6月19日

さまざまなタイプのロボットが勢揃いするプロトタイプロボット展。
ここにも産総研は技術で協力しています。
詳しくは出展者NEDO 技術開発機構のウェブページをご覧ください。
<http://www.nedo.go.jp/informations/press/kaiken/170510/170510.html>

アクロバット飛行船ロボット

飛行船のイメージを覆して、軽快な運動性能を手に入れたアクロバット飛行船ロボットが、宙返りなどアクロバット飛行をご覧いただけます。



合体変形ロボット M-TRAN 3

さまざまな環境に合わせて姿を変える、合体・変形ロボットM-TRAN3が、実際に合体・変形するようすをご覧ください。

探査型ヒューマノイドロボット HRP-2 No.10

働くヒューマノイドとしての実用化に向けて、世界でも最先端を行くHRP-2 No.10が、実際にモノを探して取ってくる実演をご覧ください。



モリゾーキッコロメッセ

ロボットステーション



パロは、ギネス世界記録が公認した、世界一の癒し系ロボット。本物のペットのように、人を楽しませ、リラックスさせ、元気づけてくれます。

愛・地球博でふれる

ロボットテクノロジー

産総研のRT

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

産総研は、愛・地球博にさまざまな技術を提供しています

恐竜型ロボット

ロボット・ステーション
(全会期中)

愛・地球博に恐竜が出現!まるで生きているかのように吠え、のし歩きます。産総研のロボットテクノロジーが生み出した、リアルな動きにご注目ください。



文部科学大臣賞、^{東京テクノ・フォーラム21}ゴールド・メダル賞 受賞

◆ 科学技術分野の文部科学大臣表彰

文部科学省では、我が国の科学技術分野において顕著な功績をあげた者を対象とした科学技術賞、高度な研究開発能力を有する若手研究者を対象とした若手科学者賞、優れた創意工夫により職域における技術の改善向上に貢献した者を対象とした創意工夫功労者賞、児童・生徒の創意工夫の育成に顕著な成果をあげた小・中学校を対象とした創意工夫育成功労者学校賞の文部科学大臣賞の授与を行っています。今回、産総研からは、3研究グループが受賞しました。

◆ 科学技術賞 研究部門

馬場 哲也 (計測標準研究部門 物性統計科 科長)

「光パルス加熱法による熱物性計測技術と標準の開発」

受賞者のコメント：

熱伝導率・熱拡散率は、熱エネルギーの有効利用や、機器の熱制御に不可欠な熱物性値です。緻密な固体試料の表面をパルスレーザー光により加熱し、試料裏面の温度応答から熱拡散率を求めるレーザーフラッシュ法は広く普及していますが、計測の精度が不十分でした。

本研究では、試料表面を均一にパルス加熱する技術、試料裏面の温度変化を高速で正確に計測する技術、試料裏面の温度変化曲線全体から正確な熱拡散率を算出するデータ解析技術などを新規に開発し、レーザーフラッシュ法熱拡散率計測技術の精度向上に寄与しました。これらの最新技術を反映した2件のJIS規格が昨年度末に制定され、ISO規格も近く制定される予定です。

開発されたレーザーフラッシュ法熱拡散率計測技術は、共同研究者によりGUM（計測における不確かさの表現のガイド）に基づく不確かさ評価が行われ、国家標準として確立されました。引き続き熱物性計測における国際標準の構築を先導するとともに、国家標準・標準物質・工業標準化(JIS, ISO)・実用計測技術が有機的に連携したトレーサブルな計測体系の構築を目指して、組織的かつ継続的な取り組みを進めていく計画です。



◆ 科学技術賞 技術部門

松永 英之 (コンパクト化学プロセス研究センター 特異場制御計測チーム 主任研究員) (写真右)

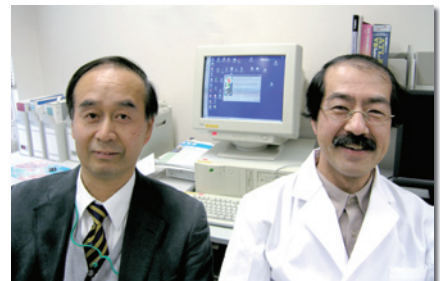
鈴木 敏重 (コンパクト化学プロセス研究センター 総括研究員) (写真左)

「希薄金含有産業廃水等からの金イオン連続回収技術の開発」

受賞者のコメント：

この度、私たちが開発した「金イオン濃縮回収材料」に基づきアサカ理研工業(株)が実用化した「微量金連続回収技術」について、地域産業の発展に対する寄与を評価していただいた結果、本賞受賞の栄誉を授かりました。

特に、本技術の実用化開始から相当の年数が経過しているにもかかわらず、高い評価をいただけたことに大変ありがたく思っております。本技術が、資源リサイクル技術の一つとして、例えば金めっき工程等から金を効率良く回収する手段を提供することで、省資源・省エネルギーによる持続可能な社会の構築の一翼を少しでも担うものであることが受賞理由の一つと思われませんが、この技術が企業により長期に渡り継続的に実施され続けたこともその大きな要因ではないかと、関係の皆様へ深く感謝致しております。



◆ 若手科学者賞

湯浅 新治 (エレクトロニクス研究部門スピントロニクス研究グループ長)

「単結晶 TMR 素子の開発とコヒーレント TMR 効果の研究」

受賞者のコメント：

新しい物理原理に基づいた革新的な電子デバイスの開発に成功し、本賞を受賞するに至りました。今回の受賞は大変光栄であるとともに、今後の研究開発の励みにもなります。今回の受賞につながる TMR 素子の研究開発は、2000 年頃に当時企業から出向していた研究者と二人でアンダーグラウンドでこっそり開始したものです。当時は電子デバイスを作製した経験が全くなく、当然技術もなく、さらに正式な研究テーマでなかったので十分な研究資金も有りませんでした。まさにゼロからのスタートでしたが、5年までこまで来れたことには取り敢えず満足しています。ただし、現在の研究は本格研究の中でちょうど中間点といったところです。これから先にある製品開発という「死の谷」は我々の力だけで越えられるものではありませんが、産業界を巻き込んで何とか製品化に繋げるために奮闘していくつもりです。



◆ ゴールド・メダル賞

「東京テクノ・フォーラム21」ゴールドメダルは、科学の進歩発展に向けて、創造的、革新的な研究実績を示しつつある新進気鋭の若手研究者に贈られる賞で、これまで遺伝子解析、コンピューターによる仮想的細胞の構築、癌抑制、生活習慣病発症の解明などバイオテクノロジーの先端分野並びに、ナノテクノロジーを利用した新物質の創製に貢献された方々に与えられてきました。今回は、産総研から鎌田俊英氏が受賞しました。

鎌田 俊英 (光技術研究部門 有機半導体デバイスグループ 研究グループ長)

「プリンタブル有機半導体技術の開発」

受賞者のコメント：

このたびは、現在私たちが取り組んでいる研究を高く評価していただき、大変名誉な賞を頂きましたことを大変うれしく思っております。この技術は、デバイス作製に機動性や柔軟性をもたらすのみならず、低生産エネルギー、低設備投資などの効果をもたらすと同時に、新たな情報端末の創出を可能にするとして、現在大きな注目を集めているものです。今回の受賞は、こうした技術への産業界の期待が極めて大きいことを改めて認識させられたものになりました。私たちは、日ごろ技術は断片的な開発ではだめで、材料からプロセス、デバイスそしてセットアップまで首尾一貫して開発して初めて世に送り出すことができるとの信念の元、グループで一連の技術開発に取り組んでまいりました。その意味では今回の受賞は、本研究開発に携わっているメンバー全員の成果と誇りに感じております。今後、さらに精進を重ね、一日も早く実際に社会に浸透させられる技術に磨き上げていきたいと考えております。



カーボンナノチューブで作る“光る薄膜”

配向効果で偏光吸収・偏光発光も

単層カーボンナノチューブが1本ずつ分離された状態で分散し、しかも一定方向に配向した薄膜を作ること成功した。チューブが相互に分離しているため、この薄膜は、半導体ナノチューブが本来持っている近赤外発光機能をそのまま生かすことができ、しかも配向効果によって、強い光学的異方性（偏光吸収、偏光発光、複屈折）を示す。このような薄膜は世界的に類例がなく、カーボンナノチューブの持つ光・電子機能の解明や応用技術開発に大きな弾みをつけるものである。

A success has been achieved in preparing thin films of isolated individual single-wall carbon nanotubes (SWNTs) that are aligned in a specific direction. By the isolation of tubes, these thin films retain the near-infrared photoluminescence inherent in semiconducting SWNTs, and, because of the tube alignment, exhibit strong optical anisotropy such as polarized absorption, polarized photoluminescence and birefringence. An achievement unprecedented in this fast-developing and competitive field, the present result must give great momentum to the elucidation and exploitation of optical and optoelectronic functions of carbon nanotubes.

南 信次 Nobutsugu Minami

n.minami@aist.go.jp

ナノテクノロジー研究部門
副研究部門長

これまで、有機 π 共役分子、 σ 共役分子、フラーレン、カーボンナノチューブなどの薄膜化や光・電子機能の研究に従事。目的に適した材料プロセス技術の開発は、材料の特性解明のためにも産業応用実現のためにも必須の条件である。カーボンナノチューブの高品質薄膜を実現することは、基礎・応用の両面で、ナノチューブに関する科学技術の発展の要になることは間違いないと考え、産総研発足の頃から薄膜化の研究を進めてきた。その間資金面のことも含めてかなり難航した時期もあったが、最近になって、企業からの問い合わせや協力要請が増えるとともに、基礎研究としても新しい結果が出始めている。4～5年前の予測がようやく実現しつつあることを実感している。



カーボンナノチューブの半導体材料としての利用

単層カーボンナノチューブ（Single-wall Carbon Nanotube, SWNT）は、グラファイトシートをくるっと丸めた、直径1nmから数nmの筒状構造をした炭素物質である。シートをどの方向に丸めるかによって、SWNTは、金属になったり半導体になったりするというきわめてユニークな性質を持つ。また、すべて炭素という単一元素から成る物質でありながら、チューブの太さに依存してエネルギーギャップの大きさがほぼ連続的に変化する、異方性が大きくチューブの長さ方向と太さ方向とでその物性が大きく異なる、成分元素がすべて表面に存在するといった、他に類のない特徴を持っている。これらの特徴から、全く新しいタイプの半導体材料として、基礎・応用の両面で大きな関心が寄せられている。

SWNTでつくる“光る薄膜”

SWNTを用いた半導体素子としては、これまで電界効果トランジスタ（FET）に関して多くの研究が行われてきた。その一方で、半導体の重要な特性である光との相互作用を用いた素子（例えば光電変換、電界発光など）に関しては、ほとんど進展がなかった。それは、そのような研究目的に適した材料プロセス技術、特に高品質の薄膜を作る技術が存在しなかったためである。界面活性剤を用いてSWNTを水中に分散すると、バンド間の光学遷移による発光が検出できるようになることは以前から知られていた。しかし、分散液から薄膜を作ろうとすると、その過程で、チューブ同士が強い引力のために凝集してしまっていて発光機能が失われ、薄膜としての光・電子機能を調べることが困難であった。われわれの研究グループでは、「SWNTの持つユニー



図1 ナノチューブをゼラチンの中に分散して配向膜を作る手順

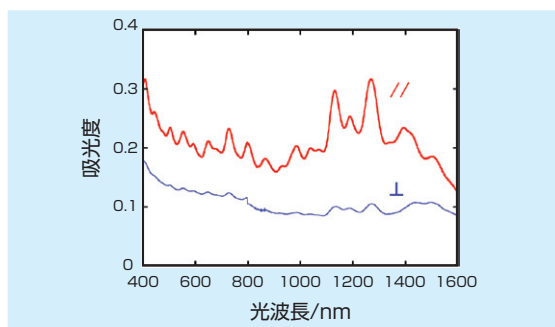


図2 ナノチューブ配向薄膜の偏光吸収特性

偏光方向が、延伸方向に平行 (//) か垂直 (⊥) により光吸収の強度が大きく異なる。鋭い吸収ピーク群は、直径の異なる種々の金属ナノチューブおよび半導体ナノチューブにおけるバンド間光学遷移に対応する。チューブ同士が分離されていることにより、明瞭なピークが観測される。

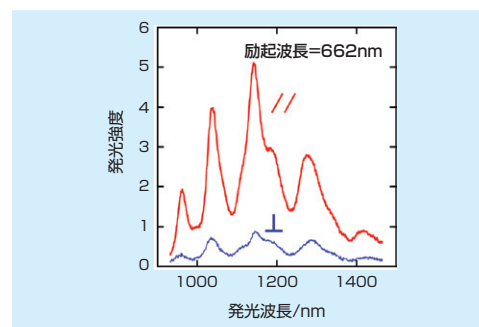


図3 ナノチューブ配向薄膜の偏光発光特性

偏光していない可視光を照射すると、チューブの配向方向に強く偏光した近赤外発光が生じる。各発光ピークは種々の半導体ナノチューブのバンドギャップに対応する。チューブ同士が凝集していると、チューブ間の相互作用のために励起失活が起こり、このような発光は観測されない。

クな光・電子機能を産業应用到結びつけるためには、高品質薄膜を作る技術、とりわけ、光るSWNT薄膜を作る技術を確立することが絶対に必要である」という考えを基本戦略の一つとして研究を進めてきた。

これまでに、可溶化したSWNTのクロロフォルム溶液を水面に展開し、水面にできた膜を1層ずつ基板表面に移し取ることによって、高品質のSWNT薄膜が形成できること(ラングミュア・プロジェクト (LB) 法)、さらに流動配向効果により、チューブを一定方向に配向できることを明らかにした。しかし、この方法では、原料のSWNTを精製・可溶化する過程で、チューブ同士が固く凝集してしまい、発光機能を持つ薄膜を作製することは困難であった。

ゼラチン水溶液からつくる“光る薄膜”

今回の研究では、ゼラチン水溶液に原料のSWNTを分散させ、その分散液からフィルムを作るというきわめて簡便な方法で、孤立SWNTが均質に分散した薄膜を形成することができた(図1)。ゼラチンフィルムは写真感光体のすぐれた分散媒体として100年以上にわたって使われており、今回の方法もそのような特性を利用したものである。特に、SWNTの凝集防止という点では、ゼラチン溶液のゲル化が重要な

役割を果たしている。すなわち、ゼラチンの温水溶液を放置・冷却すると、40℃付近で流動性のある状態(ゾル)から無い状態(ゲル)へ変化する(食用ゼリーを作るのと同じ原理)。これによって分散したSWNTの動きが制限され、膜の乾燥過程で起こるチューブの凝集を防止できたものと考えている。

今回作製された薄膜は、光学的に均質で、可視光を照射すると近赤外域でSWNT特有の発光が観測された。これは半導体SWNTのバンド間の光学遷移に由来するものである。チューブが凝集した薄膜では、チューブ間の相互作用のために発光機能が失われていたが、私たちの製膜手法によれば、ゼラチンの分散作用によりチューブ同士の孤立状態が保たれるため、光るSWNT薄膜を実現することができたのである。さらに延伸配向を施すと、高い光学的異方性(偏光吸収、偏光発光、複屈折)を持つ薄膜を作製することができた(図2、図3)。チューブがランダムな方向を向いていると、このような異

方性の発現は見られない。

“光る薄膜”の産業化へ

カーボンナノチューブに関しては世界中で熾烈な研究競争が行われているが、光る薄膜、しかも偏光発光するSWNT薄膜は類例のないものである。光るということは、半導体としての特性をより忠実に維持しているということであり、本薄膜は、光・電子機能だけにとどまらず、FET等も含む多様な半導体素子への展開が可能なはずである。今回開発したような材料プロセス技術を発展させていけば、カーボンナノチューブ応用の新たなフロンティアを切り拓くことができると確信している。研究グループでは、ごく最近、これまでに比べて20倍以上の高濃度にSWNTを孤立分散させる手法や、分散膜を処理して他の試料形態へ転換する手法も開発しており、カーボンナノチューブの産業応用の実現へ向けて、今後とも独自のアプローチを進める計画である。

関連情報:

- 共同研究者: 金 柄社、Said Kazaoui.
- LB法に関して: AIST Today, Vol.2, No.10, p.7 (2002).
- LB法に関して: Y. Kim, N. Minami, W. Zhu, S. Kazaoui, R. Azumi, M. Matsumoto, Jpn. J. Appl. Phys. Part 1, vol.42 (12), p.7629 (2003).
- Y. Kim, N. Minami, and S. Kazaoui, Appl. Phys. Lett., vol.86 (7), p.073103 (2005).
- 平成17年2月22日 産総研プレス発表「カーボンナノチューブを配向させて偏光発光性フィルムを開発」.

耐熱性・耐酸化性を高めた環境に優しい超硬合金

金属間化合物の利用で新しい機能性超硬合金を

資源的に豊富なFe（鉄）を利用して、耐酸化性に優れた超硬合金を開発した。Feの最大の問題であった錆をFeAl金属間化合物にすることで解決し、焼結時に燃焼合成反応を利用することで緻密化に成功した。このプロセスで作製したFeAl-WC超硬合金の抗折力はこれまでに報告されている値の1.5倍以上であり、従来の超硬合金の7倍以上の耐酸化性を示した。

A hard metal as a new concept with a binder of FeAl intermetallic compound has been successfully fabricated via combustion synthesis reaction. The obtained FeAl-WC has had 1.5 times higher transverse rupture strength than the other studies. And it has revealed 7 times as good oxidation resistance as a commercial hard metal. Moreover, the control of Al content for FeAl-WC has made it possible to prepare both magnetic and nonmagnetic materials.

結合相に求められる新たな機能

超硬合金とは、硬質なWC（炭化タングステン）粒子を遷移金属で結合した複合材料であり、WC粒子との塗れ性（なじみやすさ）が優れることからCoを用いたWC-Co合金が一般的である。この超硬合金は優れた機械的特性をもっていることから、切削工具、耐摩耗工具、土木鉱山工具として幅広い分野で利用されている。また、さらに過酷な環境下での使用については、非磁性で耐食性に優れたWC-Ni-Cr超硬合金も開発されている。しかし、これら従来型の超硬合金の結合相であるCo、Ni、Crは希少金属材料である上、近年では第一種指定化学物質に指定されるなど、規制が年々強化されつつある。

また、環境問題から切削工具では切削油フリーの機械加工が望まれており、耐熱性や耐酸化性の改善が切望されている。

新しい超硬合金の開発

このような社会的要求に対して、私たちの研究グループでは、金属間化合物FeAlを結合相とする新しい超硬合金を提案し、研究を行ってきた。FeAlは、その構成元素が環境に優しく、地球上に豊富に存在しているとともに、耐酸化性に優れているなどの特徴をもつ。しかし、融点差の大きなFeとAlを目的の組成で均質に合金化することは難しく、FeAlの成形性も悪いことから実用化が遅れていた。

松本 章宏 Akihiro Matsumoto
akihiro-matsumoto@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門
相制御材料研究グループ 主任研究員

アモルファス、準結晶、結晶などの相を積極的に制御することによって既存材料の高性能化や新材料開発に取り組んでいる。ここで紹介したテーマの他に、Fe₂VAl熱電材料の開発とモジュール化、準結晶型水素吸蔵合金の開発などに力を入れている。

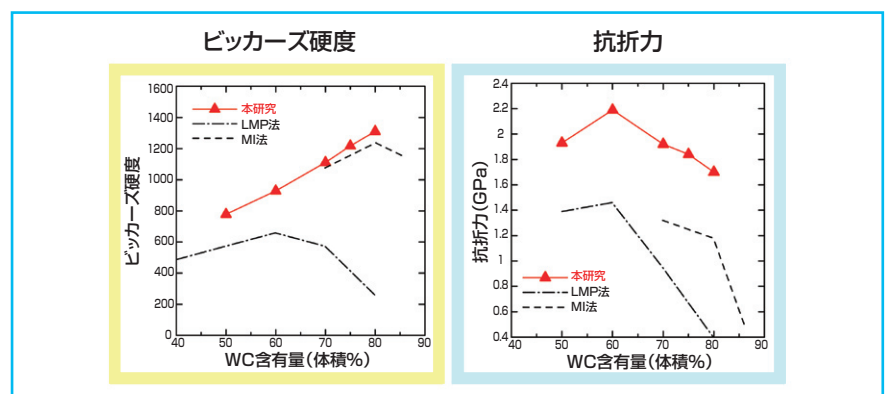
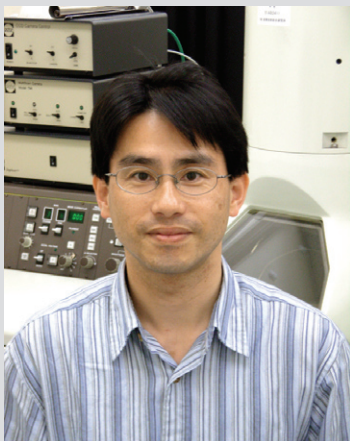


図1 FeAl-WCの機械的特性

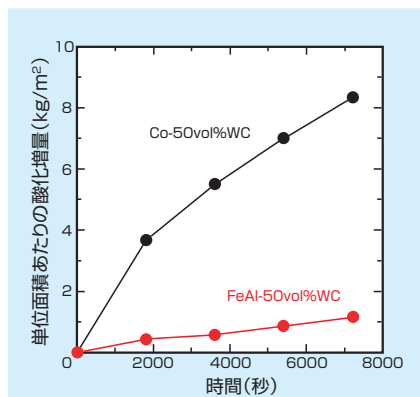


図2 FeAl-WCの酸化試験

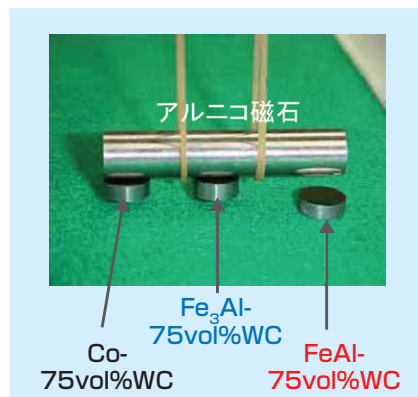


図3 非磁性超硬合金としてのFeAl-WC

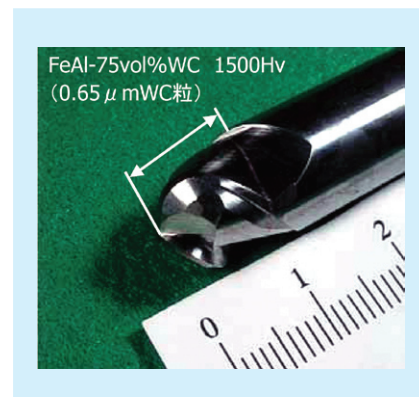


図4 FeAl-WC エンドミル

そこで、FeAl-WCの作製は、粉末冶金技術をベースとして、焼結の過程でFeAl金属間化合物が燃焼合成反応で生成するプロセスを利用した。具体的には、Fe粉、Al粉およびWC粉からなる混合粉末を、パルス通電焼結装置を使用して50MPaの加圧下、真空中(40Pa以下)で1373Kまで加熱することにより焼結体を作製した。

粉末粒径が焼結体の組織と機械的特性に与える効果について調べたところ、Fe粉が微細であるほど組織が均質となり、その機械的特性も向上することが分かった。図1に、Fe粉(4-7 μ m)、Al粉(10 μ m)およびWC粉(2.5 μ m)を用いて作製したFeAl-WC材のピッカース硬度と抗折力のWC含有量依存性を示す。比較のため、これまでに報告されているFeAl-WC複合材料の研究結果を示す。SchneibelらはLMP(Liquid Phase Sintering of Mixing Powders)法、SubramanianらはMI(Melt Infiltration)法によってFeAl-WCを作製して機械的特性を評価している。私たちのプロセスで作製したFeAl-WCは、LMP法やMI法に比べて1.5倍以上の高い抗折力が得られており、世界のトップレベルにあることがわかる。これは、このプロセスでは

WC含有量にほとんど関係なく、98%以上の高い相対密度をもつ成形体得られることに起因している。

さらなる可能性と実用化の展望

図2にWC体積率を50vol%としたFeAl-WCとCo-WCを1173Kの大気中で最大2時間保持した場合の酸化に伴う重量変化を示す。FeAl-WCの酸化増量は、Co-WCの約1/7程度であり、優れた耐酸化性をもっていることがわかる。これは、FeAlの表面に耐酸化性に優れたAl₂O₃膜が形成されるためである。

Fe-Al系金属間化合物は、Al濃度が35at%を境にして強磁性から常磁性に遷移することが知られている。図3に、WC体積率を75vol%としたCo-WC、Fe₃Al-WC(Fe₃AlのAl濃度は28at%)、FeAl-WC(FeAlのAl濃度は40at%)に、アルニコ磁石を近づけた際の様子を示

す。前二者は磁石に引き寄せられるが、FeAl-WCは磁石につかないことがわかる。VSM(振動試料型磁力計)で飽和磁化を測定したところ、FeAl-WCはCo-WCの約300分の1程度であり、市販の非磁性超硬合金と同程度であった。このことは、結合相である金属元素の種類を変えずに、Al濃度を変化させるだけで、FeAl-WCの磁性・非磁性を制御できるというユニークな特徴を示している。

図4に、 ϕ 10 \times 10mmのFeAl-75vol%WCを作製し、シャンクにロウ付け後、3枚刃を持つボールエンドミル形状に加工した例を示す。FeAl-WCは市販の超硬合金と比べて同程度の加工性があることがわかった。

今後は、さらに高硬度・高強度のFeAl-WCの開発を目指すとともに、量産化が可能なプロセスの検討を行う予定である。

関連情報

- A.Matsumoto, K.Kobayashi, T.Nishio and K.Ozaki : PM2004 Conference Proceedings, Vol.3, p. 641-645 (2004).
- 「高硬度で耐酸化性に優れた超硬合金」(特開平7-3357).

オン抵抗世界最小のパワー MOSFET

イオン注入とエピタキシャル成長膜が生み出す IE-MOSFET

ワイドギャップ半導体のシリコンカーバイドは、低損失の次世代パワー半導体デバイス用の基板として有望視されており、デバイスの開発が盛んに行われている。私たちは、新たに縦型 MOSFET の p ウェル部分を高濃度のイオン注入とエピタキシャル成長膜で構成した IE-MOSFET を考案し、ノーマリーオフで世界最小のオン抵抗を達成した。この成果により、パワー半導体デバイスを用いた省エネルギー化が大きく前進するものと期待される。

Because of wide band-gap, silicon carbide is an attractive semiconductor material for the advanced low-loss power semiconductor device, and much research has been done to realize it. We recently developed IE-MOSFET (Implantation & Epitaxial MOSFET), in which p-well is composed of heavily implanted bottom layer and lightly doped upper epitaxial layer. The fabricated device exhibits a lowest on-resistance among the normally-off power switching semiconductor devices. This result largely advances the energy saving technology using the power semiconductor devices.

限界に近づきつつあるパワー半導体の性能

パワー半導体デバイスは、電力を使用できる形に変換する装置であり、家庭用電化製品、車載用半導体素子、配電系の大電力変換素子など、電気を使うあらゆる機器に組み込まれている。従って、パワー半導体デバイスの変換効率の向上、すなわち変換時の損失の低減が省エネルギー化への大きな貢献となる。これまでのパワー半導体デバイスの損失の低減は、既存のシリコン (Si) パワー半導体デバイスの改良によって進められてきたが、近年はSiの物性からくる性能の限界が近づきつつある。さらに、耐圧600V以上の中

高耐圧領域ではバイポーラデバイスであるIGBTが用いられてきたが、電子と正孔の双方がキャリアとなるためスイッチング時にキャリアの注入と再結合による損失が発生し、このスイッチング損失も通電損失に加えて無視できない状況となってきた。

シリコンカーバイドSiCの可能性

この問題に対して、ワイドギャップ半導体であるシリコンカーバイド (4H-SiC) を用いれば、通電時の損失 (オン抵抗) をSiパワー半導体デバイスに比べて1桁以上小さくすることができ、さらにショットキーバリアダ

原田 信介 Shinsuke Harada
s-harada@aist.go.jp

パワーエレクトロニクス研究センター
デバイスプロセスチーム 1 研究員

これまで、主にシリコンカーバイドパワー半導体デバイスの開発に関する研究に従事してきた。高耐圧のユニポーラスイッチングデバイスとして有望視されるSiC-MOSFETには解決すべき問題が多く、一日も早い実用化に向けて、その構造と製造プロセスの開発を中心に取り組んでいる。

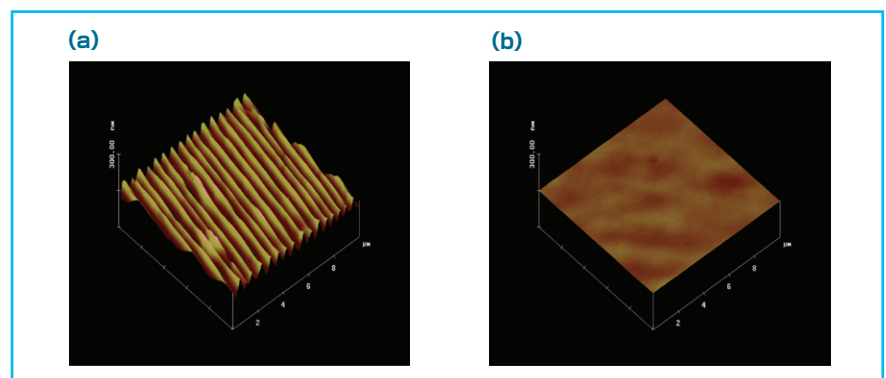
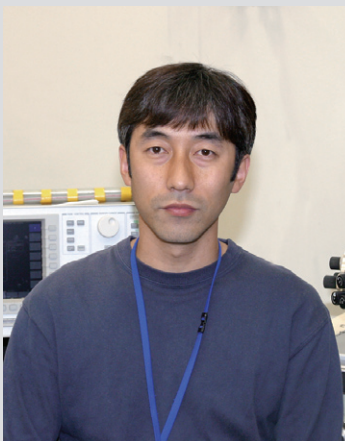


図1 原子間力顕微鏡で観察した (a) イオン注入層の表面と (b) エピタキシャル成長膜の表面

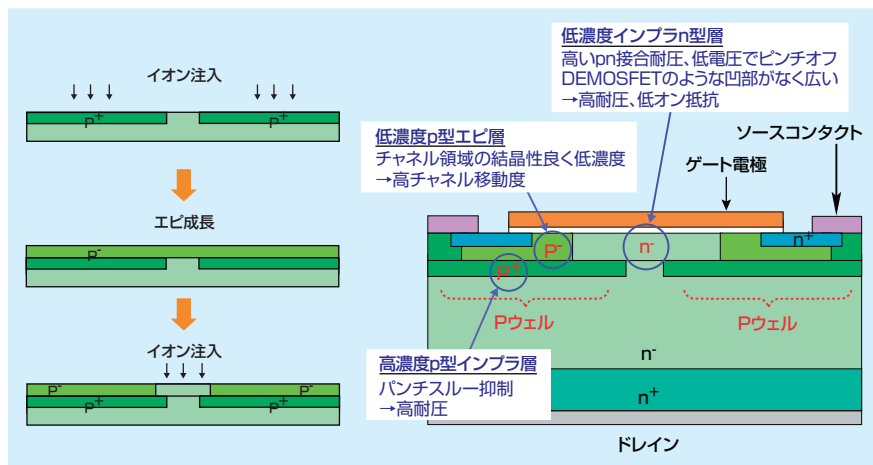


図2 開発したIE-MOSFETの断面構造と製造プロセス

イオード（SBD）とMOSトランジスタ（MOSFET）のユニポーラデバイスのみで変換器が構成できるため、電子のみがキャリアとなることからスイッチング時におけるキャリアの注入と再結合による損失もない。これまでの開発状況は、SiC-SBDはオン抵抗をほぼ理論値まで下げることに成功しており、すでにサンプルの出荷もスタートしている。

これに対して、SiC-MOSFETはSiの理論限界を超える特性はいくつか報告されているものの、SiCの理論値には遥かに及ばない。その原因の一部はSiC-MOSFETの構造に関連している。通常の構造は、チャネルとなるアクセプタ不純物領域（pウェル）をイオン注入で形成するため、図1（a）のように表面がラフになりチャネルを流れる電子の移動度が劣化していた。SiC-MOSFETのオン抵抗は大部分がチャネル抵抗によるものなのでこの影響はきわめて大きい。この問題を解決する手段として、これまでにわれわれは、pウェルを濃度の異なる二重のp型エピタキシャル成長膜によって構成した二重エピタキシャルMOSFET（DE-MOSFET）を開発している。この構造では、アクセプタの不純物元素をエピ

タキシャル成長時に導入するため、図1（b）のようにpウェル表面は平坦になり、チャネル抵抗の増大を防止することができる。試作の結果、汎用性の高い600V級のSi-IGBTに比べて、オン抵抗を半分以下まで下げることに成功した。しかし、SiCの理論値に比べるとオン抵抗が依然として高く、また耐圧に関してもドリフト層の理想耐圧よりも低く改善の余地があった。

IE-MOSFETの開発

今回、さらなる特性の向上を目指して開発したのがIE-MOSFET（Implantation & Epitaxial MOSFET）である。図2にその断面構造を示す。IE-MOSFETでは、pウェルの底部を選択的な高濃度のアクセプタイオン注入で、表面部をエピタキシャル成長膜で構成したことにより、DE-MOSFETと同様にpウェル表面を平坦化できチャネル抵抗の劣化を防止することが

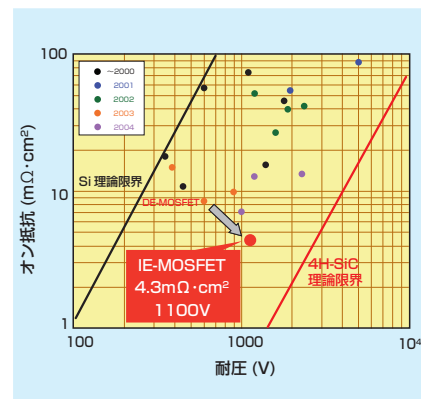


図3 開発したIE-MOSFETと、これまでに報告されたSiC MOSFETの耐電圧とオン抵抗の関係

できた。さらに、pウェル間のn型領域の形状が単純化されたため、その領域の抵抗が低減され、耐圧も向上させることができた。試作素子で測定したオン抵抗は4.3 $m\Omega \cdot cm^2$ で耐圧は1100Vであり、DE-MOSFETと比較するとオン抵抗は半分、耐圧は2倍近くまで性能を向上することができた。これは、同程度の耐圧をもつSi-IGBTに比べて約1/5のオン抵抗である。また、Si-IGBTはバイポーラデバイスなのでスイッチング損失が大きいのにに対し、IE-MOSFETはユニポーラデバイスなので、スイッチング損失も大幅に削減できたことになり、パワー半導体デバイスの飛躍的な高効率化が達成されたことになる。

今後は、オン抵抗の理論的限界値1 ~ 3 $m\Omega \cdot cm^2$ を目指し、また素子面積の拡大による大電流化を目指しており、適用分野のいっそうの拡大を図る。

関連情報：

- 日経産業新聞、日刊工業新聞：2005年3月4日。
- 第52回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 30p-YK-5。
- 産総研技術開発カタログ No.310。
- 特願 2002-304596「炭化ケイ素半導体装置及びその製造方法」PCT出願 PCT/JP03/12727。
- 特願 2003-345551「炭化ケイ素半導体装置」PCT出願 PCT/JP04/14476。

ネットワーク理論で組織構造を解析

産総研を例にした研究機関マネジメントへの提案

組織における人の繋がりをネットワークとして捉え、その解析を行うプログラム“Saltie”を開発した。産総研を事例として、そのネットワーク構造の解析を行った。その結果、産総研の研究者ネットワークには、1) メガネットワークが存在する、2) 研究分野別クラスタ構造がある、3) 研究分野別クラスタの緩やかな連携の構造がある、ことが明らかになった。

A program “Saltie” which analyzes network-structure was developed. By using “Saltie”, I analyzed and visualized a network structure of researchers in AIST and their co-authors (as shown in Figs.1 and 2). The value of short path betweenness (SPB) was analyzed and 10 linkages with large SPB are visualized.

ネットワーク型組織へのシフト

近年、産業・経済界においては、消費者ニーズの短期的・劇的な変動や、多様性への対応が求められている。また、終身雇用制の崩壊によって、静かな雇用形態からフリーター・派遣社員などの動的な雇用形態へ変化し、さらに固定的部署からプロジェクトベースのチーム編成へと変化している。現在、企業においては、これらの社会的な変動に対応すべく、組織変革が重要となっている。つまり、従来の縦型組織から部署横断的なネットワーク組織への変更が求められているのである。変更之际には、その時々々の組織の全体像を把握することが、経営者および組

織を構成する従業員にとって重要であり、今後さらにその必要性が高まっていくものと考えられる。

ネットワークで行う組織管理マネジメント：産総研の例

われわれは、組織をネットワークとして解析するプログラム“Saltie”の開発を行った。現在、Saltieは、コマンドライン操作により

- 1) ネットワークのマップ表示
- 2) Complex Network理論*における指標の計算

を実行することができる。このSaltieを産総研に適用した結果を以下で述べる。産総研の研究者ネットワークを研

小島 一浩 Kazuhiro Kojima
k.kojima@aist.go.jp
知能システム研究部門
分散システムデザイングループ

2001年、東京工業大学 総合理工学研究科博士課程修了。同年産業技術総合研究所 知能システム研究部門入所。現在、Complex Network、Peer-to-Peer、社会関係資本の研究に従事。「ネットワーク生態学研究グループ（情報処理学会）」「ネットワークが創発する知能研究会（日本ソフトウェア科学会）」の幹事・運営委員としてComplex Networkの啓蒙・普及活動中。また、Complex Networkを利用した新しいWebサービスの事業化を目指している。

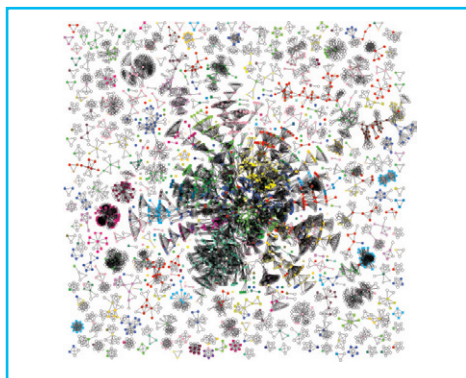


図1 2004年12月1日時点での産総研の学会発表全体のマップ
バイオレット：ライフサイエンス（生命・生物情報、バイオ技術）
青：情報通信（IT、ロボット、エレクトロニクス）
黄：ナノテク・材料・製造（ナノテクノロジー、材料、製造技術）
緑：環境・エネルギー（環境技術、エネルギー技術）
アクアマリン：地質・海洋（地質情報、火山・活断層、地下資源）
赤：標準・計測（計量標準、計測技術）

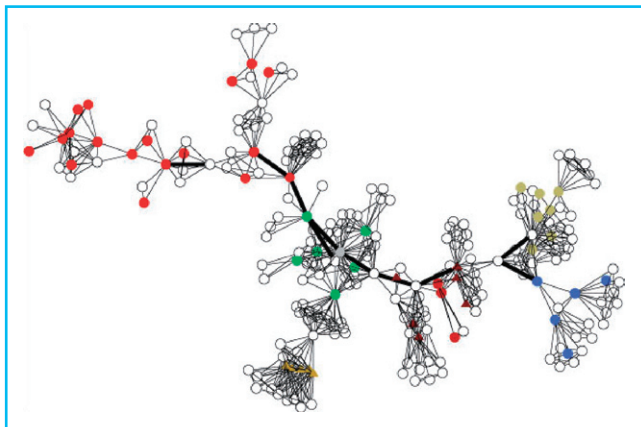


図2 Shortest Path Betweenness による重要連携リンクの発見例。

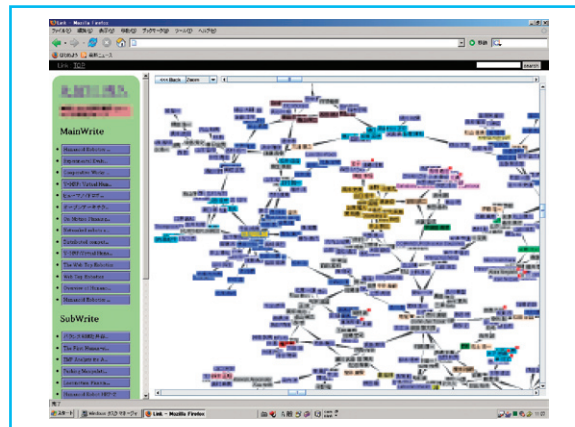


図3 Saltie Web による研究者マップの表示例。個人情報保護の観点から、表示結果にはモザイク処理を施した。

究活動の観点から捉えるために、研究成果発表データベース¹⁾から共著関係ネットワークをSaltieによって構成した²⁾。2004年度12月1日時点での学会発表データ(6,213件)をもとに構成されたマップを図1に示す。抽出された研究者は7,724名、うち産総研の研究者は3,214名(外部機関からの受け入れ研究者、学生を含む)、外部研究者は4,510名であった。図1に示したノードの色は、産総研が分類している研究6分野に対応している(ただし、外部研究者など研究分野が特定できない場合は無色)。

図1の全体マップから、全研究者の65%で構成される最大ネットワーク(メガネットワーク)が存在することがわかる。また、各年度のデータを調べると、同様のメガネットワークが、毎年存在することが判明した。さらに、その内部構造は、各研究分野がクラスタ構造を形成しながら、緩く接続した構造を持っている。これは、産総研が提唱する異分野連携がある程度成功していることを示しているものと考えられる。

さらに、Complex Networkのネットワーク指標であるShortest Path Betweenness(以下、SPB)を用いてリンクの重要度を計算し、組織連携にとって重要なリンクの発見を試みた。図1で、2番目に大きなネットワークに適用し

た結果を、図2に示す。SPBの値が大きい10リンクを、太線で示している。図2によると、分野別クラスタをつないでいる異分野連携リンクの重要度が高くなっている。これらの結果は、例えば研究組織の異分野連携をより強化するために、SPBの高いリンクを持つ研究者に研究資金や人的資源を投入するなど、研究戦略の判断材料となる。

マネジメントツールの普及に向けて

以上のように、Saltieを組織マネジメントツールとして普及させていきたいと考えている。ただし、Saltieはコマンドラインによる操作なので、その操作にはSQLデータベース操作コマン

ドの知識を必要とし、誰にでも簡単に操作できるツールではない。そこで現在、誰にでも簡単に操作できるWebサービスとして提供するため、Javaアプレットによるインターフェースの開発を行っている(図3)。現段階では、

- 1) 氏名による検索
- 2) キーワードによる検索
- 3) 研究者マップの表示
- 4) 研究者-研究者の最短経路の検索
- 5) 研究者-キーワードの最短経路の検索

などの検索サービスを提供できる。今後、産総研イントラネットにおけるサービス提供を予定している。

用語解説*

◆ Complex Network 理論:

計算機の処理速度の向上により、近年、大規模ネットワーク(WWWや遺伝子など)の実データ処理が可能になってきた。その結果、実ネットワークは、従来モデルとして使用してきたランダムネットワークやレギュラーネットワークとは、特徴が異なることが分かってきた。これら多くの実ネットワークを、より正確に捉えるための特殊なネットワークのクラスがComplex Networkである。Complex Networkは、小直径性、高クラスタ性、次数のべき分布などの性質を持つ。これはネットワークの特殊なクラスであるが、生物から人工物のネットワークまで共通する特徴を持つので、普遍的ネットワーククラスと考えられ、現在発展段階にあるネットワーク理論である。

関連情報:

- ¹⁾ http://www.aist.go.jp/aist_j/database/rpdb/
- ²⁾ 実際はイントラネットから技術情報部門が提供するCSV形式データを取得し、Saltieによって解析する。
- 2005年2月9日 産総研プレス発表:「ネットワーク理論を用いた組織構造解析プログラムを開発-産総研の成果発表から研究動向を可視化-」

超音波センサーを用いた超電導機器の状態推定

超電導機器を非侵襲計測でモニターする

超電導は、エネルギー、医療、物理学などのさまざまな分野で応用されているが、利用の増加に伴い超電導機器が抱える特別な問題の解決が重要な課題となってきた。産総研では、超音波センサ (AE) を用いて超電導機器の状態を計測する技術の研究をしている。その成果を、交流超電導コイルや国際熱核融合実験炉計画で開発されたセントラルソレノイドモデルコイルなどに適用してきたが、他の方法では得ることができない新しい知見を得た。

Superconducting devices have been playing very important roles in various area of our life, e.g., energy technology, medical science and physics. Performance of the devices is restricted by temperature, current, magnetic field and electromagnetic forces, etc. In order to improve superconducting devices, various development is necessary for those factors. Acoustic emission (AE) method has unique advantages, i.e., it can monitor global information of superconducting devices without disturbing their electrical insulation, contributing to development of superconducting devices. We have been developing the AE methods for the application to alternating current superconducting coils which require higher performance than that of direct current superconducting coils. A large-scale superconducting coils including Central Solenoid model coil developed in International Thermonuclear Experimental Reactor program were also monitored by the AE methods, and new results have been obtained.

新井 和昭 Kazuaki Arai
kazuaki-arai@aist.go.jp

エネルギー技術研究部門
エネルギーネットワークグループ
主任研究員

これまで、大型高磁界超電導コイルなどの大電磁力場を念頭に、主に金属間化合物超電導材料の試料をスパッタリングなどを用いて作製し、高磁界・高電磁力場での特性向上と分析評価を行ってきた。また、高磁界、高速心力場における超電導線材や超電導コイルの電磁的・機械的安定性の評価を行っており、AE法による評価研究もその一環として実施した。このテーマについては、これらの手法を複合的に適用して材料の視点とシステムのアプローチで研究を行っている。



超電導機器について

超電導は、電力ネットワークにおける超電導限流器、磁場閉じ込め方式の核融合炉における超電導コイル、医療分野でのMRIや分子構造解析に使われるNMR、高エネルギー物理学での加速器などさまざまな分野で利用されている。これらの機器は、非常に強力な磁気力や大電流を高いエネルギー効率で利用する必要があるため、超電導がなければ成立しないものが多い。各種の超電導機器は、研究の初期段階のものからすでに事業化しているものまで研究開発の進捗はさまざまであるが、超電導材料の電気抵抗をゼロにするた

めに液体窒素 (-195.8℃) や液体ヘリウム (-268.9℃) などで冷却することが前提である。さらに、電流、磁界、電磁力などから要求される種々の条件をクリアすることにより、超電導機器を構成することができる。

AEを利用した機器計測

最近では、50 Hz、60 Hzの商用交流周波数で利用できる超電導機器が研究されている。交流応用では、超電導に対する要求は厳しくなりその信頼性の確保が重要となる。そこで、超電導コイル内部の電気絶縁の確保など、超電導部に影響を与えない非侵襲の計測手

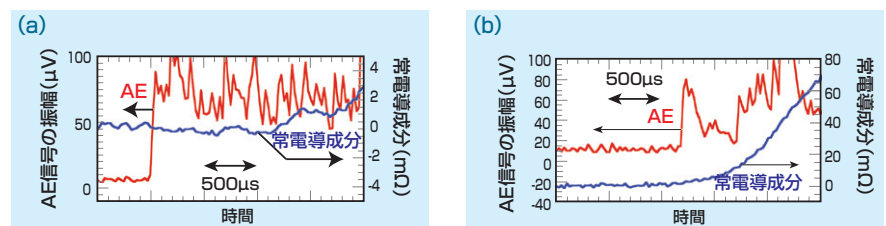


図1 交流超電導コイルのAE信号の発生例

200 ~ 260A 程度の50Hz交流電流が流れている超電導コイルが超電導状態から常電導状態に移る瞬間を示す。常電導転移のパターンの違いが、AE信号の違いに反映されている。

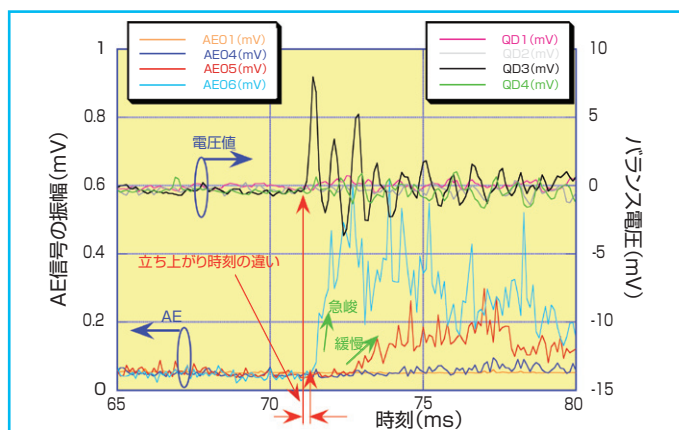


図2 大型超電導コイルのAE信号の展開と電圧信号との関連を示す例。マルチチャンネルにより数十分程度の連続計測を行った際のデータの一部を示す。バランス電圧は、1組の超電導コイルユニットにおける、誘導電圧の不平衡の度合いを示す。赤の矢印は、AE信号とバランス電圧の立ち上がり時間に時間差があることを示すが、これらとAEセンサーの位置及びバランス電圧の計測範囲から、超電導導体内部の超電導ケーブルの再配置が起こる位置についての情報を得ることができる。

法として、また、短時間に急激に変化する現象を敏感に抽出する技術としてAEを利用した計測技術が重要となる。(AE: Acoustic Emission。ここでは、超電導コイルなどの状態変化によって生じる超音波を利用している。)

われわれの研究は、液体ヘリウム(-268.9℃)での使用に耐え、微小な信号を検出できるセンサーの試作から始まり、データを多面的に評価するための高サンプリング・多チャンネル・長時間計測のシステムを構築、種々の交流超電導コイルを極低温の中で動作させて計測を行った。その結果、AE信号のいくつかの発生原因やそのメカニズムなどがわかってきた。

図1には、その簡単な一例を示す。(a)は、50Hzの交流電流が比較的低い場合に超電導コイルの内部に常電導を誘発する擾乱から生じたAE信号を示している。(b)は、高電流領域において、通電電流が超電導状態を保つことのできる電流を超過した瞬間の状況を示し、常電導の発生とともに誘起されたAEを示している。(a)に示す、常電導発生前のAE信号は常電導への転移を引き起こす原因(温度上昇時に結びつくコイル含浸材の微小なクラック)に起因しており、それがどの時点で発生したかなどの情報を得ることができるが、これは他の方法では検出できない。

この例の他に、AEセンサーの多チャンネル化と電圧信号との複合化により、種々の超電導コイルの状態分析の際、AE信号によって擾乱の位置が推定できること、常電導への転移に結びつく前駆的な現象(交流に特有な瞬間的な常電導成分の出現)を捉えることができること、交流通電時の超電導線材の動的挙動と安定性の限界との関連が明らかになった。

本AE技術の核融合分野への実用例

これらの手法を大型超電導コイルへ適用した例として、ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor、国際熱核融合実験炉)において将来の核融合炉用超電導コイルの基本技術を集めたCSモデルコイル(Central Solenoid model coil)の励磁試験においてAE計測を組み込んだ測定を行い、この手法の適用可能性について検証を行った。CSモデルコイルは、プラズマ電流の誘導に必要な超電導コイルの検証のために日本原子力研究所が中心になって開発した、外径約

3.6 m、高さ約3 m、蓄積エネルギー640MJの世界最大級の超電導コイルである。

この超電導コイルのAE信号、電圧信号、電流信号など等を複合的に高時間分解能で多チャンネルで計測し、超電導コイル各部がダイナミックに変化する状況を時間的・空間的に捉えた。図2はその一例で、電磁力が漸次増加する過程において超電導ケーブルが再配置する瞬間のAE信号とバランス電圧の時間変化を示している。

またこの他に次の知見が得られた。(1)複数のAE信号のエネルギー評価量によって超電導コイルの励磁サイクルごとに、安定性(擾乱)がどのレベルに位置するか、(2)昇温サイクルを経験した超電導コイルが、以前の励磁過程をどの程度記憶しているかを定量的に評価できることを実験的に確かめた。(3)核融合用超電導導体の素線間のカップリングロスの低減現象とAEとの相関性が認められ、超電導導体の再配置とロス低減の関連を示すデータも得られている。

関連情報:

- 共同研究者: 海保勝之、津川一仁、梅田政一、山口浩(エネルギー技術研究部門)、石郷岡猛、二ノ宮晃(成蹊大学)、中嶋秀夫、高野克敏(日本原子力研究所)及びそのグループの方々。
- K. Arai et al.: Cryogenics, Vol. 44, No. 1, p.15-27 (2004).
- A. Ninomiya et al.: IEEE Trans. Appl. Supercon., Vol. 13, No. 2, p.1408-1411 (2003).
- K. Arai et al.: IEEE Trans. Appl. Supercon., Vol. 10, No. 1, p. 685-688 (2000).
- K. Arai et al.: J. Appl. Phys., Vol. 85, No. 8, p.4250-4255 (1999).

超低電力損失 SiC 静電誘導型トランジスタの開発に成功

炭酸ガス排出量の1%削減に寄与

SiC 静電誘導型トランジスタ (SiC-SIT) の素子構造、製造プロセスを改良することにより、耐圧 700V、オン抵抗 $1.01 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ という、耐圧 600 V ~ 1.2 kV 系のスイッチング素子としては、世界最高性能の超低損失パワートランジスタの開発に成功した。これにより、電力損失が従来のインバータ回路で用いられている Si パワートランジスタに比べて 1/12 と大幅に改善される見込みである。

A SiC-static induction transistors (SiC-SITs) with buried p+ gate regions by using hexagonal silicon carbide (4H-SiC) has been fabricated. The new SiC-SIT has breakdown voltage V_{BR} 700 V and specific on-resistance R_{onS} $1.01 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$, which is the smallest R_{onS} in the world for switching devices of V_{BR} 600 V~1.2 kV class. The SiC-SIT will reduce power loss extensively to 1/12 that of silicon insulated gate bipolar transistor (Si-IGBT).

SiC 静電誘導型トランジスタ

炭化珪素 (SiC) は、シリコン (Si) と比較してバンドギャップ幅が約3倍と広く、絶縁破壊電界強度が約10倍と大きいため、耐熱性や耐電圧性に優れており、Siに代わる超低電力損失パワー素子の半導体材料として世界中で注目され研究・開発が進められている。SiCを用いたパワー素子の中でも、静電誘導型トランジスタ (SiC-SIT: Static Induction Transistor) は、SiC結晶中の高い電子移動度 ($\sim 900 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) をそのまま生かせる、超低オン抵抗、高速スイッチング素子として期待されている。SITの性能を向上させるためのキーポイントは、チャンネル構造をどれだけ微細化できるかであるが、従来試みられてきた構造では微細化が難し

く、市販されている素子を含めてSiCの材料自体が持つ物理特性の限界には程遠い性能しか得られていなかった。

超低電力損失 SiC-SIT の開発

われわれは、p+ゲート領域を埋め込んだ構造の静電誘導型トランジスタ (埋込ゲート型 SiC-SIT: 図1参照) を、独自に開発した製造プロセスで作製し、耐圧700V、オン抵抗 $1.01 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ という、耐圧600 V~1.2 kV系のスイッチング素子としては、世界最小のオン抵抗を実現した。これにより、従来のインバータ回路で用いられている Si-IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) と比較して、電力損失を 1/12 と大幅に削減できるものと見積もっている。

田中 保宣 Yasunori Tanaka
yasunori-tanaka@aist.go.jp

パワーエレクトロニクス研究センター
デバイスプロセスチーム 1 主任研究員

これまで、炭化珪素の素子化プロセスの中で、イオン注入による局所的伝導度制御に関する研究、さらに PN 接合を用いた整流素子の開発を主に行ってきた。これらの研究開発により蓄積した技術を基礎として、高性能な炭化珪素パワートランジスタの開発に成功した。今後の目標としては、まず実用化レベルの電流容量 (10 ~ 20 A) を備えた素子の開発を進める。また、同素子の応用範囲を広げるために、素子の基本構造はそのままに、n-ドリフト層の不純物濃度と厚みを最適化することにより、いっそうの高耐圧化 (1.2 ~ 2.0 kV) を図る。さらに、素子設計の最適化を図ることにより、従来の SiC-SIT では困難と言われてきたノーマリーオフ特性の実現を目指す。

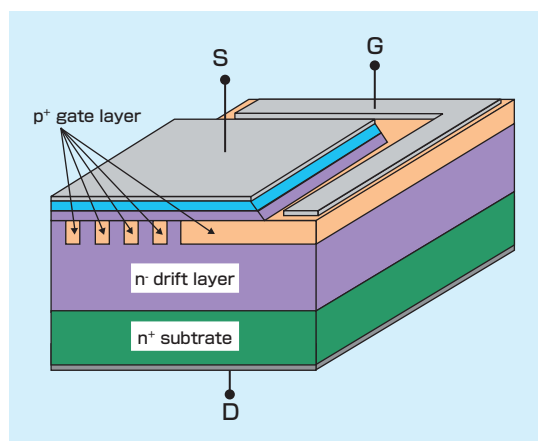


図1 埋込ゲート型 SiC-SIT 素子の断面模式図

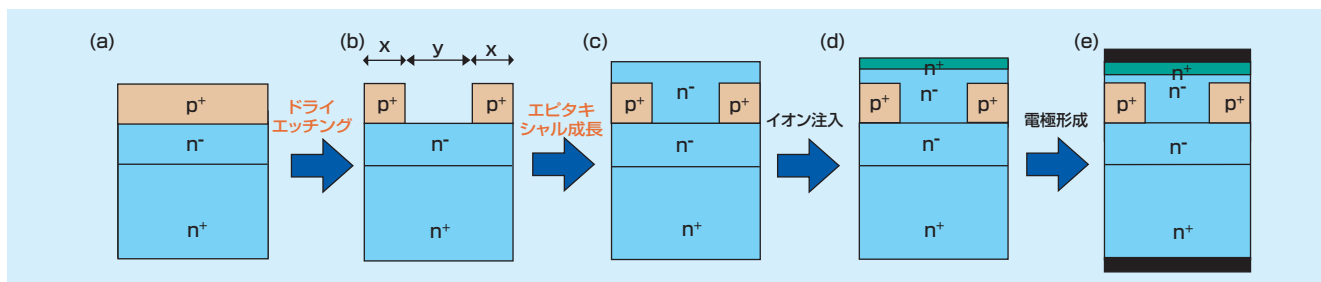


図2 埋込ゲート型SiC-SIT素子のプロセスフロー概略図

p^+ ゲート領域を形成するドライエッチング技術、及び微細な溝構造上へのエピタキシャル技術（前処理技術を含む）を新たに開発した。

図2に、今回新たに開発した埋込ゲート型SiC-SITの製造工程の概略図を示す。まず、(a) n^+ 4H-SiC基板上に n^- ドリフト層、 p^+ ゲート層をエピタキシャル成長させる。次に、(b) ドライエッチング法により p^+ ゲート層を離間させて、微細な溝構造を形成する。このエッチングプロセスの精度（ p^+ ゲート領域の幅 x 、隣り合った p^+ ゲート領域の間隔 y ）により素子の特性がほぼ決定されるため、素子の歩留まりを確保するためにはこのプロセスを再現性よく行うことが最も重要である。今回は、エッチングマスク材を新たに選定し、ドライエッチング条件（ガス種、ガス圧力、ガス流量、時間）の最適化を図ることにより、微細な溝構造を再現性良く形成することが初めて可能になった。この溝構造上に、(c) n^- チャンネル領域をエピタキシャル成長により形成する。通常、エピタキシャル成長は平坦な基板で行われるが、SiC基板の結晶方位やエピタキシャル成長の条件（温度、ガス流量など）を最適化することにより、微細な溝構造上でのエピタキシャル成長が初めて可能となった。その後、(d) n^+ ソース領域をイオン注入によって形成し、活性化熱処理（1600℃）をして、(e) ソース電極とドレイン電極を形成することで素子が完成する。このようにして作製した埋込ゲート型SiC-SIT素子の断面電子顕微鏡像では、 p^+ ゲート領域が完全に

埋め込まれ、それらの間にサブミクロンの幅で n^- チャンネル領域が形成されていることが分かる（図3）。

新開発トランジスタがもたらす環境効果

今回作製した埋込ゲート型SiC-SITの電圧・電流特性では、ゲート電圧 $V_g=2.5$ Vにおいて 1.01 $m\Omega \cdot cm^2$ というきわめて低いオン抵抗が得られた（図4）。逆方向特性では、 $V_g=-12$ Vにおいて700 Vの耐圧が得られており、これまでに報告されたSiCを含めた600 V～1.2 kV耐圧のスイッチング素子の中で、最も低いオン抵抗が実現された。従来のインバータ回路で用いられて

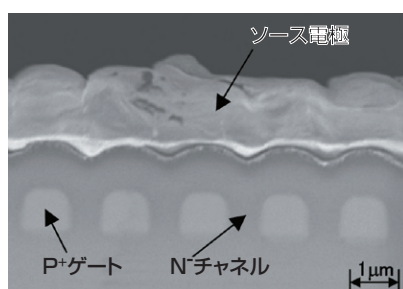


図3 埋込ゲート型SiC-SIT素子の断面電子顕微鏡像の一例

いるSiパワートランジスタ（IGBT）は、耐圧600 V、オン抵抗12～13 $m\Omega \cdot cm^2$ 程度であるため、従来のものに比べて1/12と大幅な電力損失の削減が可能になると見積られる。また、今回作製した埋込ゲート型SiC-SITが各応用分野において実用化された場合、2020年時点での我が国の炭酸ガス排出量の削減効果は、1990年の我が国の全炭酸ガス排出量の1%に相当すると試算することが出来る。

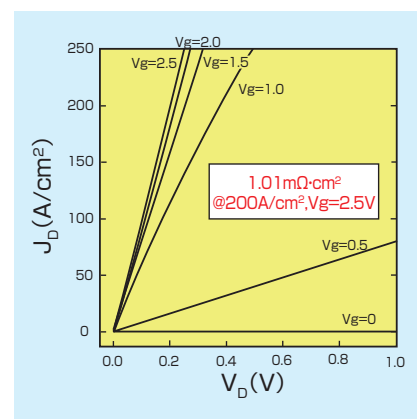


図4 埋込ゲート型SiC-SIT素子の電圧電流特性

関連情報：

- 共同研究者：岡本光央、八尾勉、高塚章夫（パワーエレクトロニクス研究センター）、矢野浩司（山梨大学大学院医学工学総合研究部）。
- 特許：特願 2005-065469「炭化珪素トランジスタ装置及びその製造方法」（田中保宣、八尾勉、岡本光央）。
- 講演発表：平成17年4月1日「埋込ゲート型SiC-SITの電気特性評価」第52回応用物理学関係連合講演会、1p-YK-8。
- プレスリリース：平成17年3月28日「各種インバータ用途の炭化珪素パワートランジスタで世界最高性能」。
- 日刊工業新聞、日経産業新聞、日刊自動車新聞、科学新聞：2005年3月29日～4月15日。

レーザーエネルギー標準の開発

パルスレーザー測定用エネルギーメータやジュールメータの絶対感度校正

近年、産業界ではパルスレーザーの用途の広がりとともに、そのエネルギー標準の確立が強く期待されている。我々のグループでは、BiTe 半導体熱電素子を用いた高感度カロリメータと、光分岐による同時エネルギー測定手法を用いた感度校正システムを開発した。これらにより、早期に産業界へエネルギー標準の供給を開始することを目指している。

In order to establish a national standard of laser energy for single laser pulses, we have developed a calibration system for laser energy meters used in industry. A reference calorimeter for measuring the absolute laser energy is composed of Bismuth Telluride semiconductor-based thermocouples and a high absorption optical cavity. To calibrate the sensitivity of devices under the test, we have adopted a simultaneous measurement method by splitting an optical laser pulse into two branches. Based on this measurement system, we will soon supply the energy standard.

広がるレーザーの利用法

今日、使用されるレーザーの波長は200 nm以下の紫外域から10 μm以上の赤外域まで広範囲に広がっており、その形態も連続光やパルス光などさまざまである。また、産業界におけるレーザーの利用は、加工や通信・情報、ラマン分光、医療など多岐にわたり、その用途に応じた波長や出力のレーザーが使用されている。特に近年では、Nd:YAGパルスレーザーによるマーキングや物質の吸収にとって有利な二倍波や三倍波の利用、エキシマなどで代表される短波長レーザーによるリソグラフィ、青色半導体レーザーダイオードの台頭、2 μmあるいは3 μm波長域の医療用レーザーメスなど、いずれもパルスレーザーに基づく

応用が急速に拡大している。そのため、パルスレーザーから出力される光のエネルギーを正しく評価できることが求められており、その測定器であるエネルギーメータやジュールメータのトレーサビリティが極めて重要となっている。

産総研のレーザー標準

産総研では、連続光を対象としたレーザーパワーの標準についてはArレーザーの488 nmから半導体レーザーの1.55 μmの波長域において50 μW~200 mWのパワー標準が確立され、産業界へJCSS校正サービスが提供されている¹⁾。さらに、供給できるパワーの高出力化への取り組み²⁾、ならびにファイバー

福田 大治 Daiji Fukuda
d.fukuda@aist.go.jp

計測標準研究部門 電磁波計測科
レーザー標準研究室 研究員

空間系のレーザーパワーやエネルギーの標準開発・供給・維持に関する業務に従事。また、超伝導デバイスを用いた高精度シングルフォトン計測の研究開発にも、計測フロンティア部門や東京大学などと共同で携わっている。ナノフォトニクスやナノエレクトロニクスなどの分野では、このようなシングルフォトンに関する高精度の計測技術が要求されているため、将来はこのような分野の期待に応えられるような新しい標準分野の開拓へ進んでいきたいと考えている。

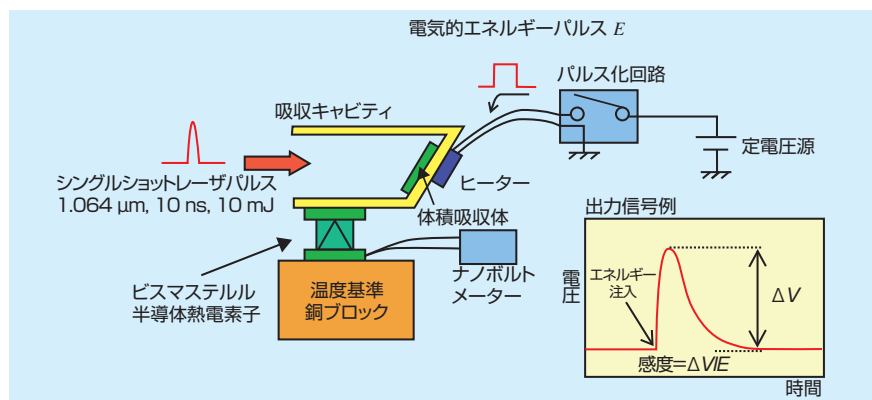


図1 カロリメータによるレーザーエネルギー絶対量の評価システム

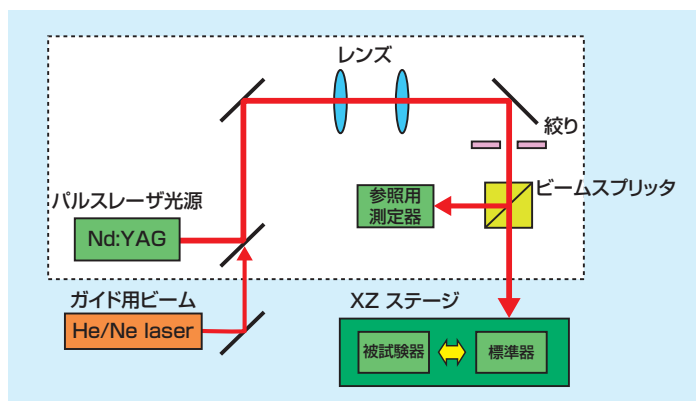


図2 レーザエネルギー感度校正システム

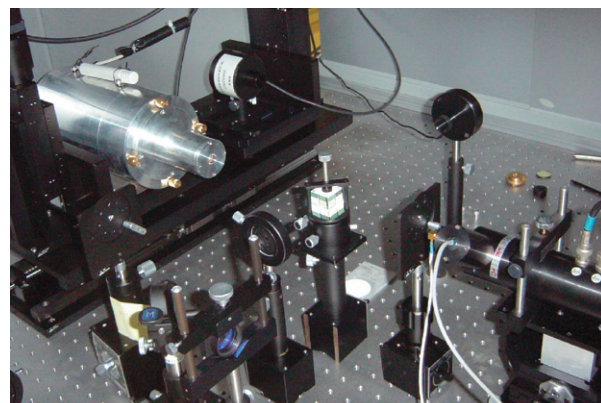


図3 一次標準器と校正システム

左側の筒状の装置が開発した一次標準器で、中央の無偏光ビームスプリッタを中心に参照用測定器と直角方向に配置されている。

系の減衰量標準の標準供給³⁾も行われている。これらに加えて、本研究ではパルスレーザーに関する代表的な特性値であるシングルパルスのエネルギーや繰り返し平均パワーといった標準の開発を目指している。このエネルギー標準によって供給される測定器の絶対感度は、測光放射測定諮問委員会（CCPR）においても、単位の国際的な同等性を担保するための重要な基本量として位置づけられており、今後実施される国際比較に対応するためにもその標準の確立が急務となっている。

エネルギーの絶対量の計測技術

標準供給を行うためには、エネルギーの絶対量を高精度に計測する一次標準器と、そこから標準値を供給するための校正技術の二つが必要である。開発したカロリメトリック方式による一次標準器の概念図を図1に示す。パルスレーザーはカロリメータ内部でキャビティ型の吸収体に入射し、光エネルギーはここで熱に変換される。熱容量を小さくして検出感度を向上させるため、吸収体は厚さ0.2 mmの無酸素銅製の薄板で形成されている。またQ-switchのようなパルス幅の短いレーザー光にも対応できるように、底部には損傷閾値の高いガラスを体積吸収体として配置してい

る。レーザー光の入射によって生じた吸収体の温度変化は、温度基準ブロックと吸収体との間に置いたBiTe半導体熱電素子で電圧信号として読み出される。一方、単位エネルギー入力に対する応答電圧、すなわち吸収体のエネルギー感度は、光の代わりに電氣的なエネルギーを入力することにより求めた出力から決定される。基準となる電圧を高速にスイッチングして発生させた矩形電圧パルスを与え、既知のエネルギーを吸収体に印加する。その時の応答電圧変化から感度が求められる。電氣的に決定されるエネルギーは国際単位系(SI)トレーサブルであり、よって光のエネルギーは吸収体で熱を介してSIへと結び付けられることになる。

レーザーエネルギー感度校正システム

エネルギーメータやジュールメータに対して標準値を供給するための校正技術として、レーザー発振器、ビームスプリッタ、そして参照用測定器からなるレーザーエネルギー感度校正システム

を構築した（図2）。上述した一次標準器（STD）を用いて、ビームスプリッタ（BS）の分岐比と参照用測定器（MON）の感度を決定する。これにより、レーザー発振器のショットごとのばらつきに左右されずに、絶対エネルギーを評価できる標準光学系を実現でき、被校正器(DUT)に入射するエネルギー値を0.1%以下の良好な測定ばらつきで決定できる。図3には、これらシステムの全体写真を示す。

本標準によって校正される測定器の絶対感度を英国国立物理研究所（NPL）と比較したところ、両者の結果は不確かさの範囲内で一致し、今回開発したシステムの妥当性を確認することができた。平成17年度中に、Nd:YAG 1.064 μm波長、パルス幅10 ns、エネルギー10 mJのシングルパルスレーザーを対象に依頼試験として標準供給を開始する予定である。さらに今後、産業界のニーズに合わせながら、校正できる波長範囲やエネルギー範囲の拡大を目指していく予定である。

関連情報：

- ¹⁾ M. Endo : AIST Today Vol. 4, No. 9, p. 27 (2004) .
- ²⁾ M. Endo : AIST Today Vol. 4, No. 1, p. 17 (2004) .
- ³⁾ S. Mukai : AIST Today Vol. 4, No. 8, p. 16 (2004) .
- 共同研究者：雨宮邦招、木村眞次、上村明日香、遠藤道幸（計測標準研究部門）.

微生物で低温発酵を高効率化 日本海溝の微生物から見出した遺伝子組換えベクター

特許 第3520322号 (出願2000.9)

目的と効果

近年、食品や医薬品、化成品等の製造分野では遺伝子組換え微生物の利用が盛んですが、冷蔵庫のような低温条件下でも使えるものは限られていました。そこで、常時低温・高圧下にある深海底に目を向け、得られた低温を好む微生物の中から有用な遺伝子組換えツールを見出しました。本製品を用いることで、低温性酵素等を効率よく高い収率で生産することが可能になります。また、深層水をそのまま用いた低温発酵等も可能となります。

〔適用分野〕

- 食品
- 医薬品
- 酵素利用
- 環境浄化
- 深層水利用

技術の概要、特徴

本発明の環状二本鎖DNAプラスミドpPS1M2は、日本海溝深海底由来の低温性海洋細菌の中から分離されたもので、これをベクター（有用な遺伝子を入れて運ぶ運搬車のようなもの）とする遺伝子組換え技術により、低温性酵素等を効率よく高い収率で生産することが可能となります（図参照）。これまでの類似製品に比べかなり小型であるため、有用機能遺伝子を効率よく導入し目的物を生産することが可能です。また、宿主を低温性海洋細菌にすることにより、深層海水を希釈することなくそのまま用いた物質生産・変換プロセスや低温高圧下でのバイオプロセスの構築が可能となります。未利用バイオマス資源の有効利用や低温下あるいは低温・高圧下で高付加価値を生み出す医薬品製造プロセスの構築、寒冷地での効率的な物質分解・環境浄化システムの構築など、様々な用途への応用が期待されます。

発明者からのメッセージ

低温発酵（低温下での物質生産・変換プロセス）や低温加圧発酵の世界は、広大な海と同様にまだ多くの可能性や利用性を秘めています。新しい高付加価値製品の創出や用途の拡大に、本製品が広く利用されることを期待しています。

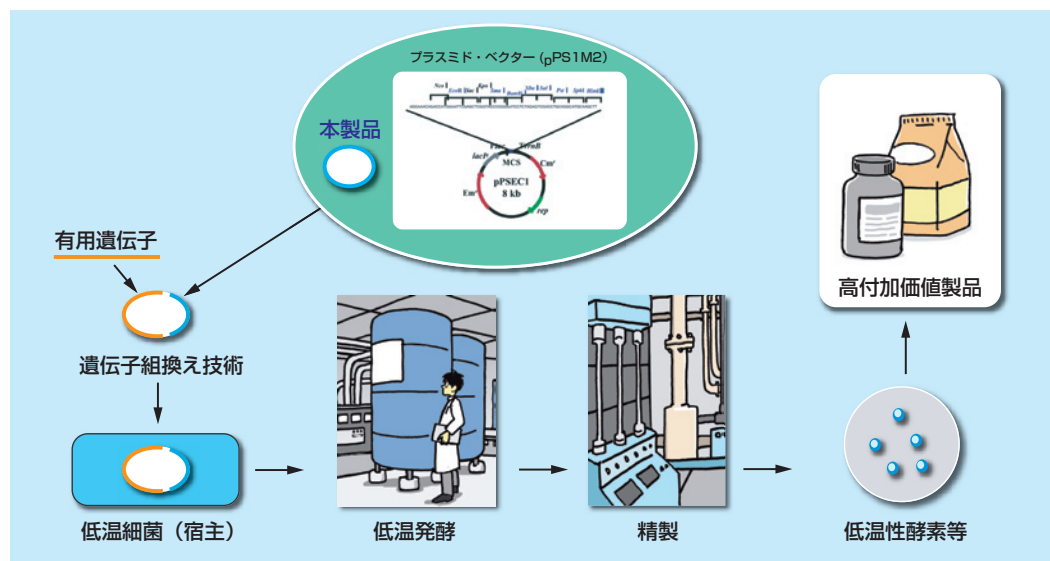


図 本製品と低温細菌を用いた低温下での有用物質生産(低温高圧下でも可)

IDEA

産総研が所有する特許
のデータベース

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

光触媒に鮮やかな発色をあたえる 構造的発色構造が可能にした美しい光触媒材料

特許 第3443656号 (出願2000.5)

● 関連特許 (国外出願中: 1件)

目的と効果

高い光触媒機能を有しながら、希望する色に発色させることで、材料としての価値を高めることを目的として、周期的な開口を有する光触媒薄膜層と空隙層の多層膜の構造とその製造方法を考案しました。この技術では光触媒効果に侵されない素材で光触媒薄膜層を支えて誘電体多層膜構造を実現しているため、有効接触面積を増大させつつ、その効果を半永久的に持続させることができます。また、構造的な発色を実現することで、あざやかな発色効果を得ることに成功しました。

[適用分野]

- 気体や液体に清浄効果を持たせる電化製品や宝飾品など

技術の概要、特徴

TiO₂などでできた短冊状の光触媒物質薄膜層と、光触媒薄膜層よりも細い短冊状のSiO₂などでできた支持物質薄膜層を交互に積層した多層構造体を形成し、この多層構造体を複数配列することを構造上の特徴とする光発色部材です (図1)。この多層構造体は、スパッタリングなどによる多層薄膜形成の後にドライエッチングやウエットエッチングによって支持物質を適度に除去することで実現します。空隙のある多層膜構造とすることで、光触媒が接触する表面積を従来の光触媒材料に比較して大きくとれるために、より高い光触媒効果が期待できます。また、光触媒層と空隙層の光学的層厚を発色光波長の1/4ずつにすることによる光干渉効果と、配列された構造体による回折格子効果により、金属光沢を持つような鮮やかな発色を実現できます。この発色の色や分布は触媒層と空隙層の間隔や、構造体の配置周期を変更することによって設計することができます。

発明者からのメッセージ

南米のモルフォ蝶は、色素なしで鮮やかなコバルトブルーに発色する羽根を持っています。この鱗粉の構造を工学的に光触媒材料で実現したものです (図2)。共同研究先や技術移転先を求めています。

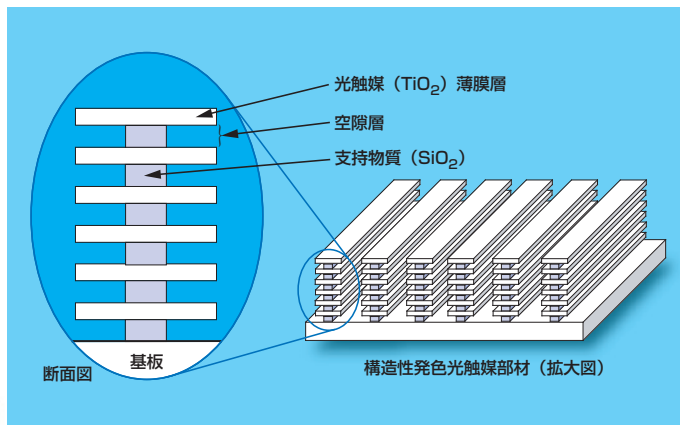


図1 構造的発色光触媒部材の構造とその断面図

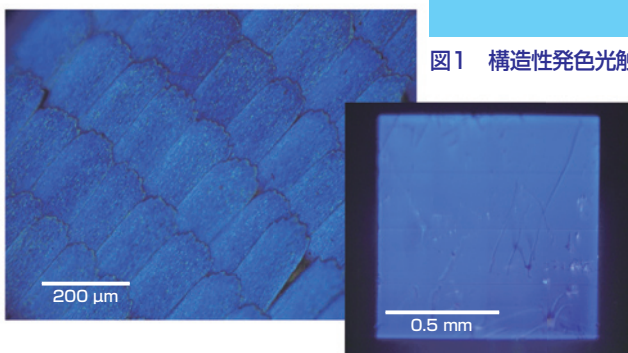


図2 モルフォ蝶の羽と構造的発色材料の比較
左: 色素なしで青く見えるモルフォ蝶の表側鱗粉
右: 試作した構造的発色材料 (TiO₂ の0.6 μm周期)

産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)

紹介案件担当者 山上

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

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

「工芸」から「デザイン」へ 工芸指導所から産業工芸試験所へ

松戸市教育委員会 学芸員

森 仁史

はじめに

現代の産業界において、デザインのしめる割合は年々大きくなり、デザインの無い製品開発はあり得ない状況といえるでしょう。

かつて、工芸と呼ばれた職人の技術をデザインという新しい基準に応用し、産業の発展へ、さらには世界レベルの水準向上へと推し進めてきたのは、先人のたゆまない努力でした。

この連載シリーズでは、3回にわたって、産総研の歴史の一部ともいえる日本の工業デザインの歴史について紹介いたします。

工芸指導所の誕生

現在では、「工芸」は美術工芸を指す用語となっていますが、これはごく近年になってからのことです。産総研の前身となった機関のひとつでもある「工芸指導所」の名称からも、当時の認識が読み取れます。

工芸指導所は、1928（昭和3）年11月、

仙台に当時の商工省によって創設されました。産業工芸から伝統技法にわたるものづくりの広い範囲を工芸にとらえ、その科学的研究ならびに輸出振興が設置の主要な目標でした。日本初の国立のデザイン指導機関ということになります。

モダンデザイン導入への取り組み

当時、工芸指導所では、世界の最新動向を把握しながら実験的な試作を行い、勃興しつつあったモダンデザインを取り入れて改良を図ろうとしていました。そのために、世界的なデザイナーであるB.タウトやC.ペリアンが招かれました。

また、それまで国内の各地で培われてきた伝統技法を産業に応用することにも力を入れ、KS磁石の工芸品への応用、金属粉を漆塗りに応用した玉虫塗、実用新案をとった金工の打込象嵌などが具体的な成果として残されています。

こうしたさまざまな実験は1930年代の日本のデザイン・工芸の歴史に大きな影響を与えた業績として知られています。



産業工芸試験所

1952年に移転した東京都大田区下丸子の庁舎（1956年撮影）



B. タウト来訪記念写真

工芸指導所（仙台市榴ヶ岡、1928年竣工）正面で撮影。中央の二人が、B. タウトと國井所長。



トロント国際見本市商談室 (1954年)

戦時中の闇をぬけ、 再びデザインの光を

1940 (昭和15)年12月、工芸指導所は東京に移転しました。この頃から戦火が激しくなり、研究の中心は家具の標準化による資源節約や軍事技術としての木製飛行機部品の研究開発、代用品の研究に振り向けられていったのでした。

終戦をむかえると、経済復興を支える重要な政策として、再びデザイン振興がスポットを浴びました。工芸指導所の新たな取り組みに、戦前の研究や技術開発がおおいに役立ったことは言うまでもありません。

本格的にデザインが産業に 活かされる時代へ

1952 (昭和27)年4月に、工芸指導所は産業工芸試験所と改称し、インダストリアル・デザインの指導・研究が主要な業務となりました。1950年代まで、ほとんどの日本企業 (とくに製造業) には、専門のデザイン部門はありませんでした。当時、産業工芸試験所は、東芝やソニーからもデザインの委託を受けていたのです。

国際レベルのデザイナー 養成を目指して

産業工芸試験所では、G. ネルソン、E. ソットサスといった著名なデザイナーを海外より招聘し、企業のデザイン部門をはじめとするデザイン関係者を実地に指導する場を積極的に設けました。さらにJETRO等と共同して国際見本市等での対外宣伝に努め、世界市場に向けて個性が発揮できるよう指導するとともに、製品管理や包装の合理化、色彩研究などといった関連分野まで、その業務範囲を広げて指導に努めました。

ここから、秋岡芳夫や剣持勇、豊口克平ら日本を代表するデザイナーが輩出していったのです。

時代とともに新たな活動体制へ

1960年代に入ると、デザイン活動の中心は企業へと移っていきました。大きな役割を終えた産業工芸試験所は、1969年に製品科学研究所 (産総研の前身である工業技術院に属した研究所のひとつ) として組織再編を受け新たな役割を果たしていきました。



規範原型椅子 C1

薄膜シリコン太陽電池

技術情報部門

1.はじめに

国家プロジェクトを中核的に推進し、その成果が新市場の創出に貢献した事例として薄膜シリコン太陽電池^{注1)}を調査した。研究成果が太陽電池分野にとどまらずエレクトロニクス分野にも波及し、想定外のアウトカムにつながった事例としても注目される。

1970年代に結晶シリコン太陽電池より安価となる可能性のあるアモルファスシリコン太陽電池がダンディ大学で開発され、RCAで試作された。この流れを受けて、旧工業技術院電子技術総合研究所でアモルファスシリコン太陽電池の研究を開始し、大面積製膜法、微結晶シリコン太陽電池の開発、など多くの成果をあげた。以下、研究開発の経緯を簡単に記す。

1977年：アモルファスシリコン材料チーム編成。

1979年～：サンシャイン計画における中核機関として「アモルファス太陽電池の技術開発」を推進。微結晶シリコン製造法の基本特許などを取得。

1993年～：ニューサンシャイン計画において「アモルファス太陽電池技術開発」を担当。プロセス診断・制御、製膜法などを開発。

国家プロジェクトを進める中で企業連携を積極的に行い、技術指導、共同研究はそれぞれ延べ100件程度に達した。薄膜シリコン太陽電池の研究は現在も継続され、太陽光発電研究センターの設立(2004年)に至っている。同研究センターにおける最近の研究成果の一例を図1に示す。

日本の太陽電池の市場は2002年時点で1300億円に達し、世界一の規模に成長している（主に多結晶シリコン太陽電池）。太陽電池の製造メーカーのほとんどが、国家プロジェクトに関与していたことを考えると、太陽電池の

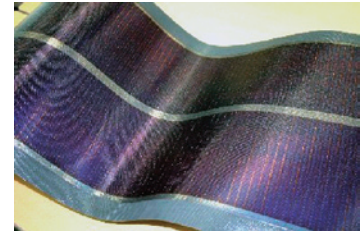


図1 自在に曲げられる薄膜シリコン太陽電池モジュールの例

(提供：産総研・太陽光発電研究センター、富士アドバンステクノロジー社)

事業化に果たした国家プロジェクトの役割は大きい。

2.研究開発のアウトカム

研究開発アウトカムを貢献分野と種類という観点から表1にまとめた。ここでは、アモルファスシリコン太陽電池に直接関係する成果を直接アウトカム、それ以外の成果を間接アウトカムに分類している。

1.研究開発力向上効果

企業など外部関係者の聞き取り調査

表1 アウトプットとアウトカムの分類

アウトプットの整理	アウトカムの整理		
	種類	直接アウトカム	間接アウトカム
	貢献分野	直接的	波及効果のイメージ
1. 技術開発 1-1 アモルファスシリコン膜製造技術 ・プラズマプロセス技術/アモルファスシリコンセルモデル/微結晶シリコン製造法/微結晶-アモルファスタンデム型太陽電池 1-2 プロセス診断・制御技術 ・分光学的診断技術(OES、MASS、CARS)/光劣化低減法/欠陥制御法 1-3 工業的製膜技術 ・高速製膜法(ジシラン法など)/大面積製膜法	研究開発力向上 (学術貢献)	・太陽電池研究の拡大、進展 ・研究手法の移転による研究加速	・研究開発人材の育成(特に、リーダー) ・委員会の設立(応用物理学会委員会、プラズマ材料科学153委員会、アモルファス・ナノ材料科学157委員会、等)
	技術波及 (産業・経済貢献)	・アモルファスシリコン太陽電池産業化の加速 (高効率化、信頼性向上、低コスト化)	・デバイス技術開発への波及(LCD、FEDなど) ・研究分野の絞り込みによる技術開発の効率化 ・電池研究の加速(評価・診断技術の利用)
	経済効果 (産業・経済貢献)	・アモルファスシリコン太陽電池の上市と販売	
	国民生活・社会レベルの向上 (社会貢献)		・化石燃料消費量の削減 ・化石燃料由来温室効果ガスの削減 ・エネルギー自給率向上
2. 技術基盤 2-1 評価法 ・光音響分光法(PAS)/等温容量過渡分光法(ICTS)/変調光電流法(MPS) 2-2 評価機器の開発、整備 ・赤外全反射測定法(FTIR-ATR法)/広帯域エリプソメトリ(赤外～可視)	政策へのフィードバック (国・自治体への貢献)	・サンシャイン計画における基本計画策定(アモルファスシリコン太陽電池)	・ニューサンシャイン計画の立案への寄与 ・新エネルギー政策の立案への寄与
	特に国際的な波及 (国際貢献)		・国際委員会の立ち上げ、運営(PVSEC) ・招待講演(ICAMSなど)
3. 技術移転 ・産学官連携プロジェクト/共同研究/技術指導			

PVSEC:International Photovoltaic Science Engineering Conference
ICAMS:International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductor

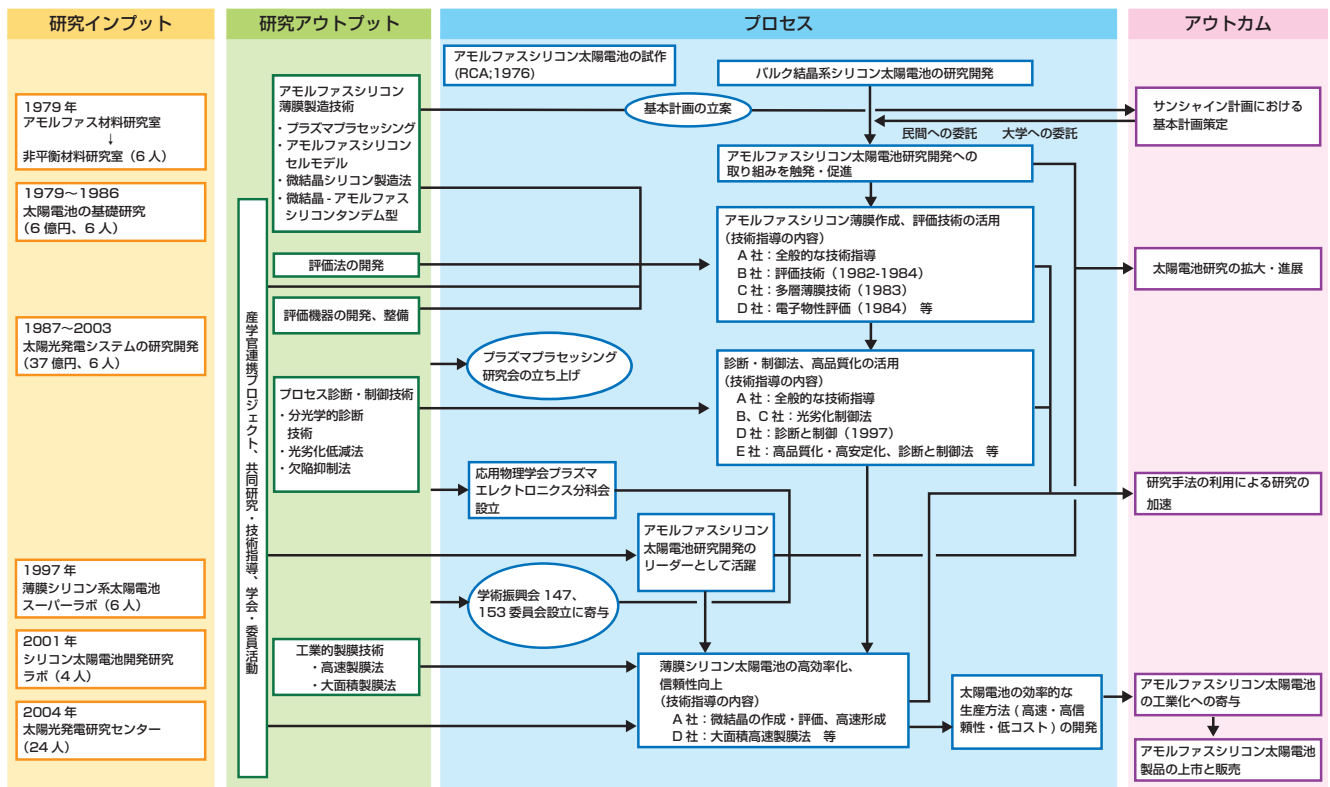


図2 アウトプットから直接アウトカムに至るプロセス

では、人材育成面で大きな貢献が指摘された。研究姿勢も含めて技術指導を受けた若手研究者が、出身企業に戻り研究リーダーとして活躍し企業の技術開発に大きく貢献した。世界の先端を行くプラズマプロセッシング研究グループの研究視点や研究手法が、企業の技術と融合し、太陽電池研究の加速に大きく寄与している。

2. 技術波及効果

高度な薄膜製造技術、プロセス制御技術は共同研究、技術指導、委員会活動などを経て直接、間接に企業に移転され、太陽光発電の高効率化、信頼性向上、低コスト化などに大きく寄与した。特に、個別の企業では取り組むことが困難な基盤的研究（診断・評価技術、機構解明、など）が、薄膜太陽電池開発に理論的裏付けを与え、研究分野の絞り込みを可能にし、技術開発が加速できたことを指摘されている。

一方、シリコン薄膜製造技術や評価技術は、LCDやFEDなどの表示素子のような異分野にまで波及し、想定外のアウトカムを生み出している。現在の日本のLCD、FEDメーカーと太陽電

池メーカーとがかなり重なる点を考えると、産総研における基盤的、基盤的な研究とその技術移転が想定外アウトカム創出につながった実態が伺える。

3. 経済効果

シリコン太陽電池の市場形成を加速した効果から経済的インパクトを試算し、20年間（2003年まで）の累計として約1400億円という高い経済効果を算出できた。この効果以外にも、民間研究開発費の削減、太陽電池単価の低減、炭酸ガス排出量の削減、などにも寄与しており、全体として大きな経済的インパクトを与えている。なお、これら貨幣換算できる効果以外に大きな社会的インパクトも与えていることに注意する必要がある。

4. 政策へのフィードバック効果

サンシャイン計画（アモルファスシリコン太陽電池開発）における目標値の設定、基本計画案の策定に寄与したことが、最も大きな政策的な貢献となっている。同計画以降、通産省として大学との連携が初めて可能となり、その後の産学官連携プロジェクトのモデルとなった。

また、ニューサンシャイン計画の立案、新エネルギー政策の立案に対しても引き続き寄与している。

3. アウトカムに至るプロセス

アウトプットからアウトカムに至るプロセスの1例を図2に示す。研究開発活動、技術移転マネジメント、政策立案への寄与など多くの活動を通して多様なアウトカムが創出されている実態が明らかになった。

アウトカム創出を促進する主な要因として、(1) 高度な研究アウトプット、(2) 国家プロジェクトの立ち上げと先導、(3) 人事交流、技術移転など積極的な企業連携、(4) 地球温暖化に対する社会意識の高まりとエネルギー政策の変化、の4点を抽出できた。

注1: シリコン太陽電池は結晶性太陽電池(単結晶、多結晶、多結晶薄膜)とアモルファス太陽電池に分類される。ここではアモルファス太陽電池を中心に調査している。

お問い合わせ

技術情報部門

- E-mail : tid-geneaff@maist.go.jp
- URL : <http://unit.aist.go.jp/techinfo/>

波長標準の高度化・安定化

よう素安定化He-Neレーザ用高品質よう素セルの供給

波長標準とよう素セル

現在、日本国の長さ標準（特定標準器）はよう素安定化ヘリウムネオンレーザ（波長 633 nm）である。よう素安定化ヘリウムネオンレーザは最も実用性の高い分子吸収線波長安定化レーザであり、最高の精度を必要とする研究・校正事業・先端の製造業においても波長標準として利用されている。

よう素安定化ヘリウムネオンレーザには高純度のよう素を封入した分光セル（よう素セル）が内蔵されており、よう素分子による光の吸収が特定の波長で変化するという性質を利用して波長安定化を実現する。よう素安定化ヘリウムネオンレーザの波長は、よう素セルに封入したよう素の純度の影響を受けるため、不純物の除去およびその評価が重要である。

産総研では、高品質よう素セル製作の研究を進めてきたが、安定供給の目処がついたので産総研成果普及品として有償での供給を開始した。

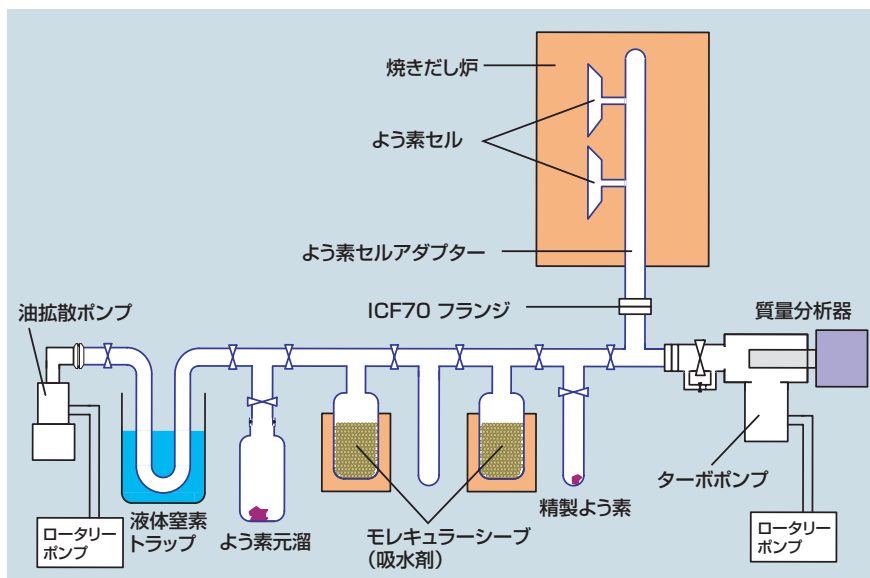


図1 よう素セル製作装置の真空配管図

従来のよう素セル製作装置と異なり、質量分析器を備えている。焼きだし炉内の配管は全て石英製で、800℃で焼きだしが行える。

よう素セル製作装置

よう素セルの製作には、1.よう素を真空中で蒸留・精製して不純物を除去する（よう素精製）、2.よう素充填に先立ち、真空引きをしながらよう素セル

を加熱して、内壁に吸着している不純物を取り除く（よう素セル焼きだし）、という2つの作業が必要である。今回よう素セル供給に使用する製作装置は、この基本機能に加え、質量分析器



写真1 よう素セルの焼きだし作業

よう素セルをアダプターを介して、製作装置に取り付ける。さらに、その上から焼きだし炉をかぶせて、焼きだしを行う。よう素蒸気を満たした状態でセル壁面を冷却するとよう素の結晶が凝縮する。適量が凝縮したら枝管を酸素炎で封じ切る。

による成分分析機能を備えたもので、精製したよう素の純度、よう素セル焼きだし作業における残存不純物の確認ができる。この機能により、経験的に行っていたよう素セル製作作業を定量的なデータに基づいて進めることができるようになった。また、質量分析器のリーク検出機能により、焼きだし作業後に発生する微少リークを見逃すこともなくなった。

従来、未充填よう素セルは、現場でガラス細工を行い製作装置へ取り付けしたが、取付部材質(パイレックス)の耐熱性から焼きだし温度の上限は400℃であった。本装置では、工場において石英加工により未充填よう素セルをよう素セルアダプターに取り付け、現場でのよう素セルアダプター取付は、ICF70フランジをボルトで締結することにより行う。よう素セルとよう素セルアダプターは共に石英製であり、800℃の高温焼きだしが可能である。その結果、蒸気圧の低い吸着不純物も

除去できるようになり、よう素セルの品質・歩留まりは大幅に向上した。

装置を使ったよう素セルの製作

まず、未充填セルを取り付けたよう素セルアダプターを製作装置に取り付ける。次に焼きだし炉を上からかぶせ、800℃で焼き出し(32時間×2回)を行う。焼き出し中は、真空引きをしながら残留ガスを質量分析器で観測して、特に水素と水の分圧が低下することを確認する。焼きだしが終了したら、質量分析器でリークがないことを確認して、よう素溜めから精製したよう素を導入して不純物が十分に少ないことを確認する。よう素の純度が確認できたら、よう素を導入した状態でセルの一部を約0℃に冷却する。しばらくすると冷却したセル内壁部によう素が結晶として凝縮する。結晶が砂粒数個程度の量に達したら、よう素セルと充填アダプターをつないでいる石英管を酸水素炎で封じ切る。

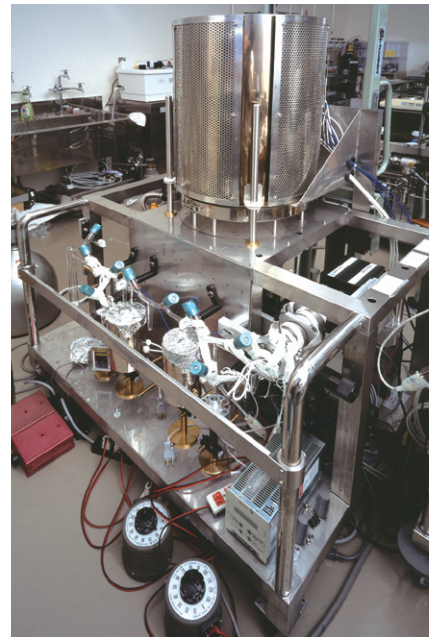


写真2 よう素セル作製装置の全体写真

よう素セルの供給

通常、標準供給とは測定機器等の校正をすることと考えられている。しかし、最上位の標準器の需要が限定的であり、その開発・製造が商業的に成立し難い場合、標準器そのものの開発・供給も、校正と併せて行わざるを得ない。よう素安定化ヘリウムネオンレーザとその技術情報の供給は、Open Laser Projectとして進めているが¹⁾、今回、それに加えてキーデバイスであるよう素セルの供給を開始した。今後は、技術情報の詳細を、Webで順次公開することを計画している。

よう素セルの詳細及び価格等のお問い合わせは下記をお願いします。

産業技術総合研究所 計量標準管理センター 標準供給保証室
〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3
電話：029-860-4026
FAX：029-861-4018

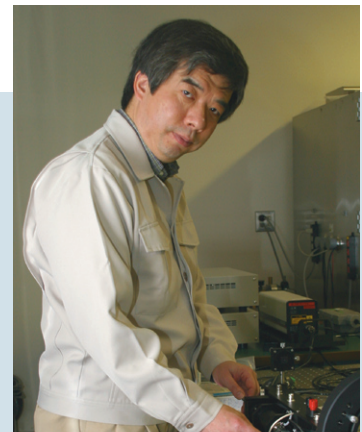
計測標準研究部門 石川 純

E-mail: j.ishikawa@aist.go.jp

工業技術院計量研究所に入所した当時の研究テーマは精密干渉計測であり、よう素安定化ヘリウムネオンレーザのユーザーであった。研究を進める上での必要性からよう素安定化ヘリウムネオンレーザの改良を進めるうちに、それがテーマとなり、現在に至る。開発したよう素安定化ヘリウムネオンレーザおよびよう素セルは、特定標準器としてだけでなく、認定事業者の標準器、海外の標準器としても用いられるようになった。

関連情報

1) <http://www.nmij.jp/news/today/AIST-2004.2.p38ishikawa.pdf>



地殻応力測定

新しい原理に基づく簡便な応力方位測定法の実用化へ

地殻応力測定法開発の経緯

地殻にかかる応力の測定は、活断層にかかる応力情報を必要とする地震発生予測の問題から、地下空間を利用した構造物の建設の問題まで、地球表層部の地殻に関わる様々な分野で必要とされる。

地殻応力の測定法としては、深さ50-100 m程度までの比較的浅い所の測定では応力解放法が、1-2 kmまでの深さの測定では水圧破碎法が、さらに深部の測定では、ボーリング孔を掘削の際に応力を原因とする孔壁岩石の破壊現象を利用する方法等が、それぞれ用いられてきた。しかし、いずれの方法も原理的・技術的ないくつかの問題を抱えている。

さらにこれらの測定法を使用するには、ボーリング孔掘削費用以外に数百万円から数千万円という高額な測定費用がかかるため、測定できる点数が限られてしまう。一般に地殻には様々なスケールの亀裂や岩質の不均質が存在し、地殻中の応力も不均一な状態となっている。そのために、岩盤中の代表的応力状態を推定するためには、できるだけ数多くの場所での測定が必要

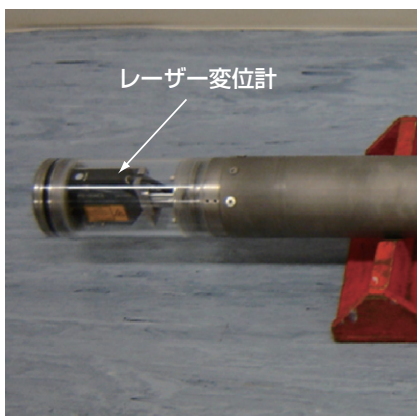


写真1 装置に実装したレーザー変位計

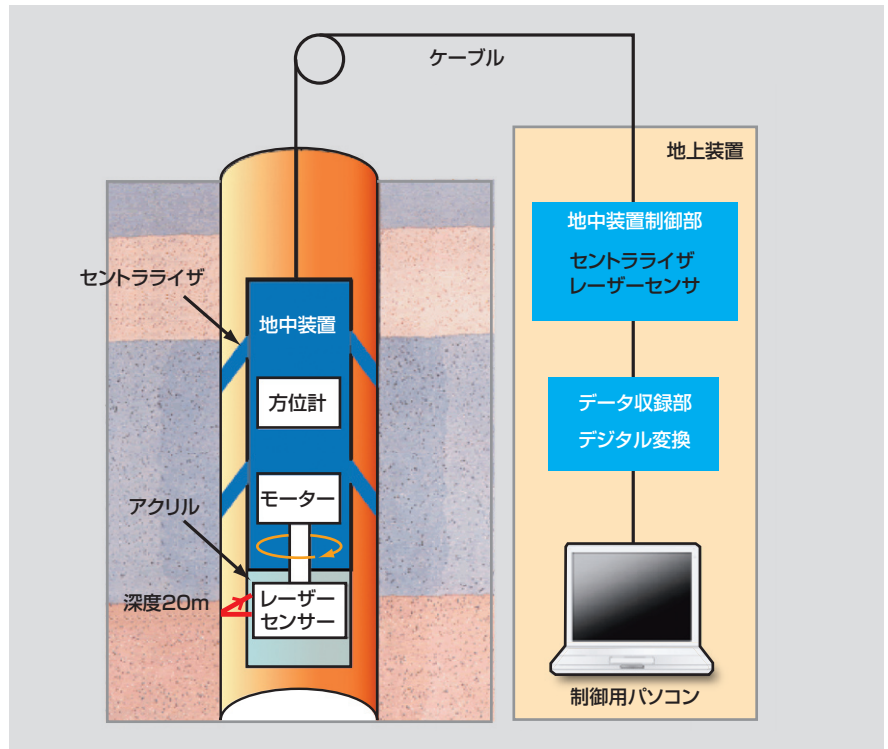


図1 応力方位測定装置の概念図

地中装置はレーザー変位計、変位計の回転機構部、装置全体の固定機構、方位測定機構からなる。現在の装置の対応孔径は116 mmである。

であるのに、前述の理由でこれが難しい状況にある。

産総研では地殻応力測定にかかわる上記の問題点を解決するために、新しい原理に基づく地殻応力測定装置の開発を行なっている。応力情報としては応力の絶対値と方位が得られれば完全であるが、測定対象によっては地殻にかかる応力方位情報だけでも十分な場合も多い。今回産総研が開発した技術は応力の方位測定のみを対象としている。実際の現場で新しい応力測定法の検証実験を行い良好な結果を得たので、この測定法の原理、開発状況を紹介する。

新しい原理

何らかの応力がかかる地殻にボーリング孔を掘削すれば、岩石のもつ粘性の効果によって、ボーリング孔は掘削直後からクリープ変形する。かかっている応力が異方的であれば、クリープ変形も異方的である。この異方的変形を直接はかることができれば応力方位を決定できる。従来の応力測定法はボーリング孔掘削後に、孔内に水圧をかけたり、または再度オーバーコア掘削したりする必要がある。

今回提案する異方的変形の直接測定による応力方位決定法は一回のボーリング掘削後に直接ボーリング孔の変形を測定するものであり、従来法に比べはるかに簡便である。例えば、P波速



写真2 測定現場での装置の設置風景
作業員2人で十分設置可能である。

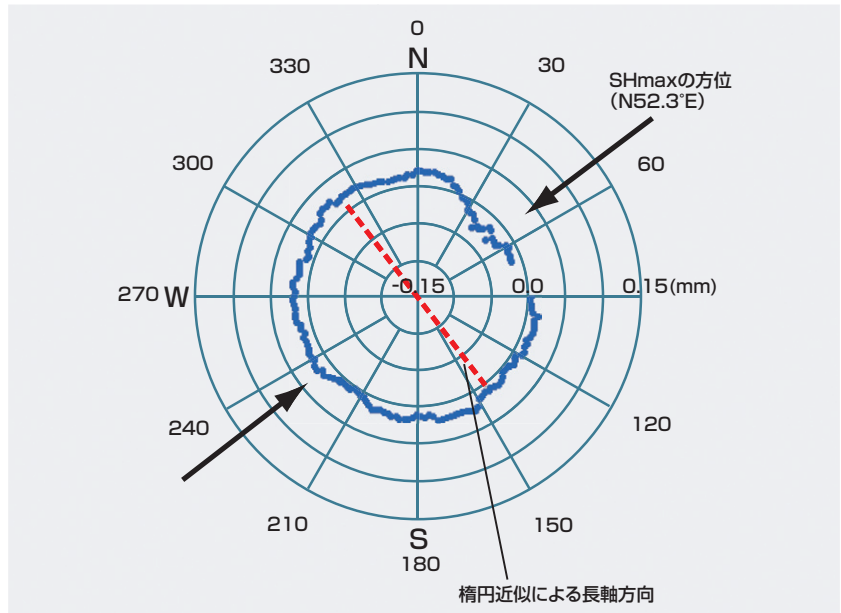


図2 孔径変化測定の結果

測定装置設置直後のボーリング孔の形状と設置12時間後の形状の差を示している。ボーリング孔の長軸がほぼ北西-南東方向に10 μm程度大きくなっている。最大圧縮の方向はほぼ北東-南西と推定される。

度が4 km/s程度、粘性係数は地殻岩石の適当な値として 2×10^{17} Pa・sを持つ岩盤内で、0.2-0.3MPa以上の差応力がかかっている場合を想定する。理論計算によれば、0.1 μm程度の分解能の変位センサーを用いて掘削後半日程度の測定時間で十分検出可能と考えられる。

今回開発した技術は、まず、図1のように分解能0.1 μm程度のレーザー変位計、装置の固定機構、方位測定機構からなる測定システムをボーリング孔内に固定する。次にレーザー変位計を孔内で360度回転させながら岩石のクリープ変形による孔径の時間変化を約半日程度測定する。写真1は測定装置にレーザー変位計を実装したものである。測定深度は20 mまでである。

現場での測定検証実験

この原理で予測されるような変形が実際に起こっているか、そして開発した装置が実際に十分な精度で動作するかを確かめるために、採石場跡地で深さ10 m程度のボーリング孔を掘削し検証実験を行った(写真2)。現場の岩石は、深さ1 mあたりに比較的大きな亀裂が1個程度存在する、亀裂の少ない部類に属する花崗岩であった。我々は長さ50 cm以上の棒状コアが取れる深度を選んでボーリング孔の形状変化を測定した。ボーリング孔の掘削直後に測定装置を深度11 mに設置し、夜間の約半日間測定した。設置直後のボーリング孔の形状と設置12時間後の形状の差を図2に示す。ボーリング孔の長軸がほぼ北西-南東方向に10

μm程度大きくなっている。このことからこの現場での最大圧縮の方位はほぼ北東-南西方向ということがわかる。実際の孔井で行なった今回の約半日間の測定では、測定の安定性に若干の問題はあったものの、ここに示すように確かにボーリング孔の形状が変化することを確認した。

今後、測定の安定性の改良を図るとともに、現場応力が正確に測定された場所での測定値の比較による検証、活断層周辺での応力場解明への応用等に取り組んでいく予定である。

地質情報研究部門 桑原 保人

E-mail : y-kuwahara@aist.go.jp
http : //unit.aist.go.jp/igg/rg/seisprocess-rg/index.html

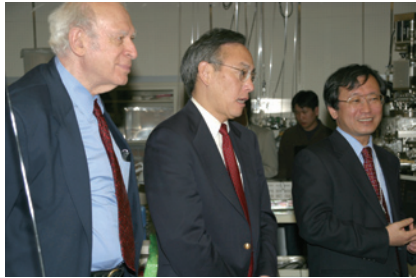
地震の発生予測精度を向上させるため、特に内陸、深さ20 km程度までの地震が発生する場所で起こっているさまざまな現象を研究している。人には見えない地下深部の現象をどのように計測し、様々なノイズを含む計測データ中から微弱な信号をどのように引き出すかを考えることが地球科学の醍醐味と思っている。現在は、活断層深部の構造と応力状態の解明に取り組んでいる。これらの研究を、地震が起こりそうな場所でこれからどのようなことが起こるのかのシナリオ作りに結びつけていきたい。



二人のノーベル物理学賞受賞者がつくばセンターを訪問

4月22日、物理学の世界的権威である、スティーブン・チュー博士（米国ローレンス・バークレイ国立研究所長）と、J. I. フリードマン博士（米国マサチューセッツ工科大学教授）が、尾身

幸次衆議院議員とともに産総研つくばセンターを訪問されました。両博士は、吉川理事長ならびに小玉副理事長の案内により、産総研の研究現場を視察されました。



視察先の「スピンエレクトロニクス」と「強相関エレクトロニクス」では、ユニット長と担当研究員による説明に続き、原理、性能及び実用化の見込みなどについて質問と活発な議論が交わされました。また、続いて行われた実験設備の見学でも産総研の高い技術レベルをごらんいただきました。



*チュー博士は、レーザーを用いて原子を極低温に冷却する技術の開発によって、1997年のノーベル物理学賞を受賞。



*フリードマン博士は、原子と重水素核による電子の深部非弾性散乱に関する研究によって、1990年のノーベル物理学賞を受賞。

WIPO 国際的科学技术協力における紛争解決の会議に参加

WIPO（World Intellectual Property Organization：世界知的所有権機構）は、知的所有権や著作権の国際的な保護ルールを扱う国連の機関で、本部はスイスのジュネーブにあります。標記の会議は、WIPO Arbitration and Mediation Center（WIPO仲裁・調停センター）が主催して、WIPO本部で4月25～26日に、世界各国からの参加者を得て開催されました。産総研からは国際部門と知的財産部門が参加、招待パネラーの一人として参加した国際部門の北野次長は、産総研の国立研究所から独立行政法人への変化と技術移転を中心とした外部機関との連携について説明をしました。

この会議のプログラムは、「科学技術に関する国際的な協力の形態」、「紛争の可能性のある分野」、「紛争解決の様々なオプション」等から構成されており、様々な組織からの講演者がプレゼンテーションを行い、それに対する質疑応答と総括を行うという形式で進められました。科学技術における国際協力は、EUのフレームワークプログラムの様な枠組みを持ち出すまでもなく、最近では至極当然の様に行われています。しかし、それに伴い、知的財産権を巡る国際的な紛争も増えています。この様な紛争をどの様に防ぎあるいは解決するかが今回の会議の大きなテーマであり、多くの考え方が発表されました。



紛争が生じた場合には、①紛争当事者の話し合い、②第三者の助力による調停（Mediation）、法的なプロセスである③仲裁（Arbitration）あるいは訴訟（Litigation）によって解決を図ります。しかし、乱暴な総括ではありませんが、最終的には「紛争の形態は様々で、絶対的な解決手段が存在する訳では無く、専門家の助けを受けながら、信頼関係に基づき、ケースバイケースで解決するしかない。」ということになり、経験豊富な専門家の確保が重要になります。ただし、紛争解決のどの様な手段においても、事前の約束事の存在が重要であることは、多くのスピーカー、パネラーが指摘していたところであり、産総研にとっては共同研究等、外部機関との協力を先立つ契約の締結が、如何に重要であるかを再認識させられた会議でもありました。



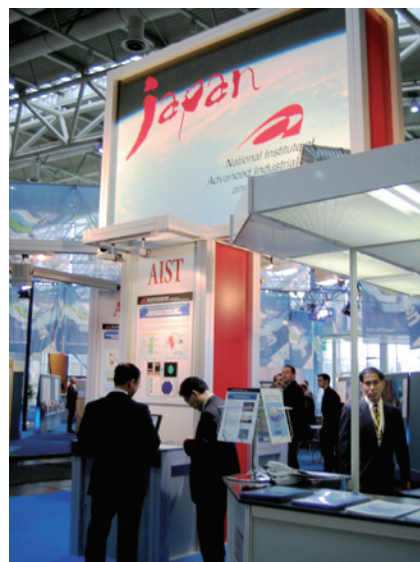
ハノーバーメッセへ出展

4月11日～15日の5日間、ドイツ・ハノーバー国際見本市会場でハノーバーメッセ2005が開催されました。本メッセはさまざまな産業分野を一堂に会す世界最大規模の産業専門見本市で、今回のオープニングにはロシアのプーチン大統領も臨席し、ドイツのシュレーダー首相とともに開幕式を行いました。今年の出展社は世界65カ国より6090社(昨年:5085社)、来場者数20万人以上(昨年比20%増、40%以上はドイツ以外の国からで、日本からも1000人以上が来訪)、報道関係者6000人に上り、昨年を上回りました。

本メッセは複数の専門見本市が同時期に、同一会場で開催される複合見本市であり、今年は11分野の専門見本市が開催されました。産総研はそ

のなかの「研究開発及びテクノロジー」分野に出展し、技術移転促進のため、低温製膜技術(エアロゾルデポジション(AD)法)、ガスバリアー粘土膜(Claist)、一酸化炭素を低温で酸化する金触媒技術、窒化アルミ圧電薄膜技術、応力発光材料技術、標的指向ドラッグデリバリーシステム(DDS)の6つの技術を紹介しました。また同じ館内で催された“tech transfer”特別展において、開催初日に産総研と出展技術を紹介するプレゼンテーションを行った反響もあり、多くの企業や大学・研究機関が産総研ブースを訪れました。そのうち100社以上の方々と名刺交換がなされ、20数社とライセンスや研究試料提供に関する話し合いを持つことができました。このように、今回の

出展は今後の技術移転に繋がる意義の大きなものとなりました。



BioVision、BioSquareに参加

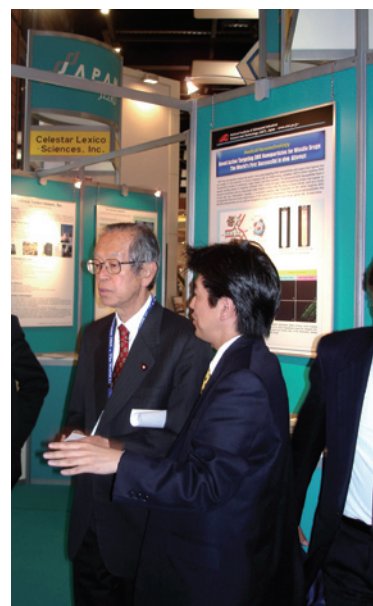
4月12～15日、仏リヨンで「BioVision」国際会議が開催されました。各国識者が一堂に会し(研究課題を含め)ライフサイエンスに関する諸問題を議論するもので、バイオ版ダボス会議とも呼ばれています。産総研はこれに参加し、ノーベル賞受賞者を含む各国トップクラスの研究者、政府関係者、研究機関代表、産業界、地元のリヨン・グルノーブル(ナノバイオ)を含め欧州地域クラスター代表者等と意見交換を行うとともに、同時開催された欧州最大のバイオ関係展示商談イベント「BioSquare」に参加しました。日

本からは、尾身衆議院議員(元科学技術政策担当大臣)、内閣府・経済産業省等政府関係者、バイオインダストリー協会等民間の多数が参加し、会期中には、日欧ビジネスダイアログ・ラウンドテーブルの官民対話が行われ、また多くの二国間会談が行われました(全体としては、欧米アジアから合計約4200人が参加。商談会は2日半で約3500件)。

BioSquareは、事前のウェブサイトを通じた情報交換・調整を含め、より商談に特化した効率的なパートナーリングが特徴的です。今回産総研イノベーションズは、JETROの主催する日本ブース(初出展)に参加し、ナノを含むバイオ関係に特化した技術展示・商談会を設け、リヨン地域クラスター関係者を含め多くの個別商談等を行いました。

今後も産総研では、このような重要な国際会議・イベントを有効・戦略的に活用し、人脈形成、意見交換、相互

補完的連携、成果のグローバル市場への展開等を図っていきます。



産総研展示ブースで説明を受ける
尾身元科学技術政策担当大臣



AIST スーパークラスタ成果報告会を開催

4月25日に秋葉原コンベンションホールにおいて、グリッド研究センター、計算科学研究部門、生命情報科学研究センター主催によるAISTスーパークラスタ(ASC)成果報告会が開催されました。

ASCは2004年3月に、つくばセンターに設置された世界最大級のクラスタ計算機システムであり、グリッド技術の実証及びナノテクノロジーやバイオインフォマティクスの研究に資する他、産学官連携を促進する

資源として導入されました。大規模シミュレーションなどによる稼動試験の後、前述の3つの研究ユニットを中心とした利用が進められており、今回の報告会では8件の研究成果が発表されました。

特に、フラグメント分子軌道(FMO)法による大規模分子の電子状態計算結果や分子動力学法によるタンパク質挙動の詳細な解析結果などASCなくては得られなかった成果が報告され、ASCの高い計算性能と安定性



を示すことができました。会場には大学や産業界などから約100名の参加があり、活発な議論が行われました。

Computational Science Workshop2005開催

Computational Science Workshop(CSW)は、産総研が2000年から毎年開いている計算科学に関する国際集會です。今年は、3月下旬につくば本部・情報棟のネットワーク会議室において、「原子・分子オーダーからの計算の方法論」をテーマに開催され、130名以上の参加者が集まりました。

今回は、大規模計算で著名な南カリフォルニア大学バシスタ教授をはじめ

めとする海外からの7名と、国内からの7名(内2名は国内滞在の外国研究者)の講演が行われました。一般募集のポスター発表も同時開催するのが、この集會の大きな特徴ですが、今年は海外からの一般参加を含む30名の発表があり、本集會の定着ぶりが伺えました。集會を通して、産総研の研究のアクティビティの高さも評価され、意義ある国際集會となりました。



地質標本館特別展

「東日本の滝と地質 -北中康文写真展-」協力:株式会社 山と溪谷社

今回の特別展は、「日本の滝(1)東日本661滝」(山と溪谷社)に掲載された写真から、地質の特徴をよく表しているものを24点選び、滝の写真と地質解説、そして滝を構成する岩石を対応させてご覧いただくものです。

北中康文氏撮影による全紙大プリントにそれぞれ対応する地質解説を付けています。

滝を構成する岩石として、地質標本館の登録標本および現在研究中の実際の岩石を併せて展示しました。

今回はスペースの都合により展示に加えられなかった滝もあります。それらの滝についても、地質解説や写真を

そえた4枚のパネルにまとめて展示しています。また、滝の形態分類や岩石の分類の解説パネルもあわせて展示しています。今回紹介された滝を含む地質図(5万分の1から20万分の1や火山地

質図など)と20万分の1シームレス地質図を自由にご覧いただけるよう専用のパソコンも設置しています。

この特別展の展示は7月18日までです。ぜひ地質標本館へご来館ください。



平成17年春の勲章受章者

瑞宝重光章	石原 舜三	(元 工業技術院長)
瑞宝小綬章	今川 耕治	(元 九州工業技術試験所機械金属部長)
瑞宝小綬章	冨増 多喜夫	(元 電子技術総合研究所量子放射部長)
瑞宝小綬章	根本 俊雄	(元 電子技術総合研究所基礎計測部長)
瑞宝小綬章	三井 清人	(元 計量研究所計測システム部長)

産総研一般公開のお知らせ

- 7月23日 つくばセンター
 9時30分～16時00分(入場受付終了:15時30分)
 ☆特別講演 解剖学者 養老 孟司 氏
 「ガクモンの壁(仮題)」講演時間未定
 問い合わせ:広報部 展示業務室
 電話:029-862-6214 Eメール:pr-info@m.aist.go.jp
- 7月29日 関西センター：池田事業所
- 7月30日 中部センター
- 8月4日 関西センター：尼崎事業所
- 8月6日 北海道センター
- 8月6日 九州センター
- 8月20日 東北センター
- 10月21日 中国センター



※日程や内容は予定です。変更される場合があります。

EVENT Calendar

5月10日現在
http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html

2005年6月 → 2005年8月

●は、産総研内の事務局です。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
6 June			
10日	先進センサ技術国際シンポジウム	東京	052-736-7241●
10日	第38回セルエンジニアリング研究部門 (RICE) セミナー	大阪	072-751-8324●
19~22日	BIO 2005 ANNUAL INTERNATIONAL CONVENTION	米国	03-5288-6868●
7 July			
5~6日	BIOWEEK 2005 in Sapporo -脂質機能研究・バイオセンサ研究の最先端-	北海道	090-7655-0344●
31~8/5日	第11回極低温検出器国際会議	東京	029-861-5685●
8 August			
25~26日	第19回流動層技術コース	北海道	029-861-8223●

磁性材料やスピントロニクスなどの研究に従事している、エレクトロニクス研究部門の湯浅 新治さんが、今回市村学術賞と文部科学大臣表彰を受賞されました。



「市村学術賞」とは

市村賞の表彰制度は昭和43年に制定されたもので、優秀な国産技術の育成に功績のあった事業経営者ならびに技術開発者に対して、毎年故市村清氏の誕生日4月に表彰を行って、科学技術の普及啓発に資するとともに科学技術水準の向上に寄与することを目的としています。市村学術賞は、大学ならびに研究機関で行われた研究のうち、学術分野の進展に貢献し、実用化の可能性のある研究に功績のあった技術研究者に対して行います。本年度、湯浅新治氏の「超 Gbit-MRAM のための高性能 TMR 素子の開発」が市村学術賞（貢献賞）の栄誉に輝きました。

「文部科学大臣表彰 若手科学者賞」とは

本賞は、萌芽的な研究、独創的視点に立った研究等、高度な研究開発能力を示す顕著な研究業績をあげた40歳未満の若手研究者を対象としています。なお、今年度の若手科学者賞については、独立行政法人日本学術振興会の協力を得て、候補者の基礎的評価が行われました。本年度、湯浅新治氏が「単結晶 TMR 素子の開発とコヒーレント TMR 効果の研究」で表彰されました。

受賞のコメント

エレクトロニクス研究部門では、主として革新的技術シーズの創出を目指した新電子現象・材料の探索・解明・制御に関する研究と、それらの成果を具体的デバイスに応用することで産業ニーズに応える研究とを両輪として研究開発を行っています。シーズ・ニーズいずれかをを目指した研究でも研究成果を産業や社会へ早期かつ実質的に還元することを目標としています。

私の研究は現在、本格研究のちょうど道半ばと認識しています。新しい物理原理に基づいた革新的な電子デバイスの有効性を実証し、製造装置メーカーと共同でその量産手法も開発しました。ここから先には製品開発という「死の谷」が横たわっています。我々の力だけではとても越えられない谷ですが、産業界を巻き込んで何とか製品化に繋げていきたいと強く思っています。今回の両賞の受賞は大変光栄であるとともに、今後の研究開発の励みにもなります。

受賞の対象となった成果

非常に薄い絶縁体（トンネル障壁）を2枚の強磁性電極で挟んだ「トンネル磁気抵抗素子（TMR 素子）」を用いた新しい不揮発性メモリ MRAM の研究開発が、世界中で精力的に行われています。MRAM は将来的には不揮発・高速・大容量といった理想的な性質を兼ね備えた究極のメモリになると期待されていますが、現状では TMR 素子の出力が小さいために大容量化が困難な状況にあります。酸化マグネシウムをトンネル障壁に用いた新型 TMR 素子を開発し、従来の3倍を超える巨大な出力性能を実現するとともに、その物理的な機構の解明にも成功しました。また、アネルバ株式会社と共同で、この新型 TMR 素子の量産プロセスも開発しました。新型の高性能 TMR 素子は、次世代の大容量 MRAM や超高密度ハードディスクを実現するための中核技術として、高度情報化社会の基盤となることが期待されます。



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

産総研
TODAY

2005 June Vol.5 No.6

(通巻53号)
平成17年6月1日発行



独立行政法人
産業技術総合研究所

編集・発行
問い合わせ

独立行政法人産業技術総合研究所
広報部出版室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel: 029-862-6217 Fax: 029-862-6212 E-mail: prpub@m.aist.go.jp

ホームページ

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

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



100%の再生紙を使用しています。

