

産総研

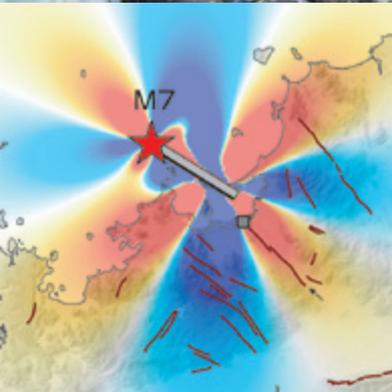
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

05

2005 May

Vol.5 No.5



特集

02 産総研第2期中期計画の策定

トピックス

- 10 セラミックスリアクターでディーゼル排ガスを浄化
- 14 活断層間の相互作用と地震の誘発
- 16 地下構造と地震の揺れの関係
- 18 産業技術総合研究所理事長賞
産総研の歴史の進展における主役になることの期待をこめて

リサーチ・ホットライン

- 20 RNA の構造変化が遺伝子のスイッチを ON にする
- 22 愛・地球博に展示会統合情報支援システムを提供
- 24 高効率の有機薄膜太陽電池
- 26 光触媒断熱薄膜の建築物窓ガラスへの応用
- 28 新規ナノポーラス材料を電極に応用
- 30 低分子有機物の強誘電体材料を開発
- 32 究極の連続波光源を求めて
- 34 マイクロ波を利用した省エネルギー焼成プロセス

ニュース

- 36 ISO/TC206 の国際幹事就任と今後の標準化活動の戦略的推進

パテント・インフォ

- 38 酵母から産出する抗菌性物質 使用済培地から見いだした新たな有用価値
- 39 高濃度オゾンの分解無害化装置 金属の酸化平衡状態を利用した高効率触媒

シリーズ

- 40 産総研におけるアウトカム事例調査 (7)
地質図幅

テクノ・インフラ

- 42 微粒子粒径標準 ナノテクの基盤を支える微粒子標準
- 44 活断層データベース 国内の活断層情報をウェブサイトで公開

産総研第2期中期計画の策定

組織としての最大パフォーマンス発揮に向けて



企画本部長 吉海 正憲

平成13年4月に産総研が発足してから4年が経過し、第1期中期目標期間が終了するとともに、本年4月から平成22年3月までの5年となる第2期が新たにスタートいたしました。

第1期の学習を踏まえ、産総研第2期の基本的な方針である第2期中期計画を策定いたしましたので、ここに「前文」及び「ポイント」をご紹介します。

研究テーマの設定については、研究戦略ワークショップ等を通して内部での意見交換をするとともに、外部有識者等とも精力的に議論を行い、目的別に重点研究開発項目を整理し中期計画にまとめました。

一方、制度面では、第2期から非公務員型の独立行政法人に移行しますので、そのメリットを最大限に活かすべく、柔軟で弾力的な人事制度を構築し、人材の育成、産業界、学界との人事交流等による連携などを促進してまいります。

全職員が第2期中期計画の考え方を共有し、組織として最大のパフォーマンスを発揮するよう、弛まぬ努力を積み重ねて参りますので、今後とも皆さまのご協力・ご支援をお願いいたします。

独立行政法人産業技術総合研究所 第2期中期計画 ー前文ー

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月、創造的研究活動を通じて、我が国の産業競争力強化と人類の持続的発展可能な社会の実現に貢献することを基本理念とし、16の研究所等を統合して発足した。

第1期中期目標期間では、産業科学技術の研究開発における自らの使命と社会への責任を認識し、「本格研究」の理念を産総研全体で共有するとともに、独立行政法人という新しい枠組みの中でそのメリットを最大限に活かすべく組織や制度を柔軟に変更できる仕組みを整え、研究並びに支援業務の質の向上と効率化を推進した。

第2期中期目標期間では、産業技術、科学技術における技術革新を通じ、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、産業政策の地域展開への貢献、産業技術政策の立案等に貢献することを目的とする研究開発実施機関として更なる飛躍を目指す。このため、社会的要請を踏まえた研究戦略の下、研究の重点化を図り、健康長寿を達成し質の高い生活を実現する研究開発、知的で安全・安心な生活を実現するための高度情報サービスを創出する研究開発、産業競争力向上と環境負荷低減を実現するための材料・部材・製造プロセス技術の研究開発、環境・エネルギー問題を克服し豊かで快適な生活を実現するための研究開発、産

業基盤を構築する横断技術としての計測評価技術の研究開発、知的基盤整備に資する地質の調査や計量の標準の整備等において「本格研究」を強力に推進する。また、多様な分野における産業技術、科学技術に関する豊富な技術的知見、科学的知識を有する研究開発実施機関としての特徴を活かし、我が国が取り組むべき産業技術政策の進む具体的な方向を提示するなどの政策提言を行う。

上記の活動を効率的かつ効果的に遂行し、質の高い成果の創出とその社会への還元を最大化するため、研究資源の最適活用と諸制度の整備を図る。具体的には、策定する研究開発戦略により研究テーマの選択と研究資源の重点的配分を行うとともに、非公務員型の独立行政法人への移行のメリットを活用した柔軟で弾力的な人事制度を構築することにより、人材の育成、産業界、学界との人材交流等による連携などを促進する。

また、事業の推進に当っては、役職員が組織の社会的責任を深く認識し、社会の一員として高い倫理観を持って社会全体の調和のとれた発展に貢献できるよう意識の徹底を図る。

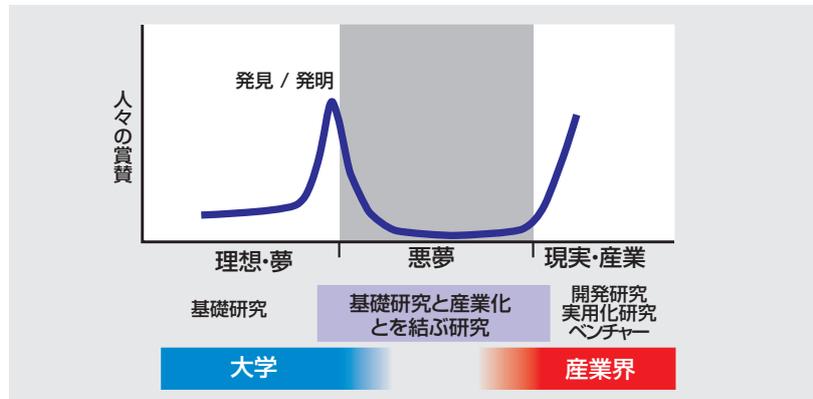
これらの一連の活動を通して、産業技術における技術革新の中核的な研究拠点としての役割を発揮することにより、我が国の産業創造の推進役を果たす。

※第2期中期計画の全文については、産総研のホームページをご参照下さい。

■ 第2期中期計画のポイント ■

1. 本格研究の強力な推進

産業技術の開発のため、第1期に共有した「本格研究」の実践を加速し、新産業の創出等に貢献します。
また、本格研究の理念を大学、民間企業と共有し、第1種基礎研究は大学と、製品化研究は民間企業と、それぞれ研究ポテンシャルを相互に補完しあいながら本格研究を強力に推進します。



2. 研究戦略に基づく研究の重点化

総力を挙げて策定した研究戦略に基づき、研究テーマを重点化

● 戦略的視点

明日の社会を予測し、技術変革により社会へ貢献します。また、科学に基づき、社会へ適切に助言を行います。

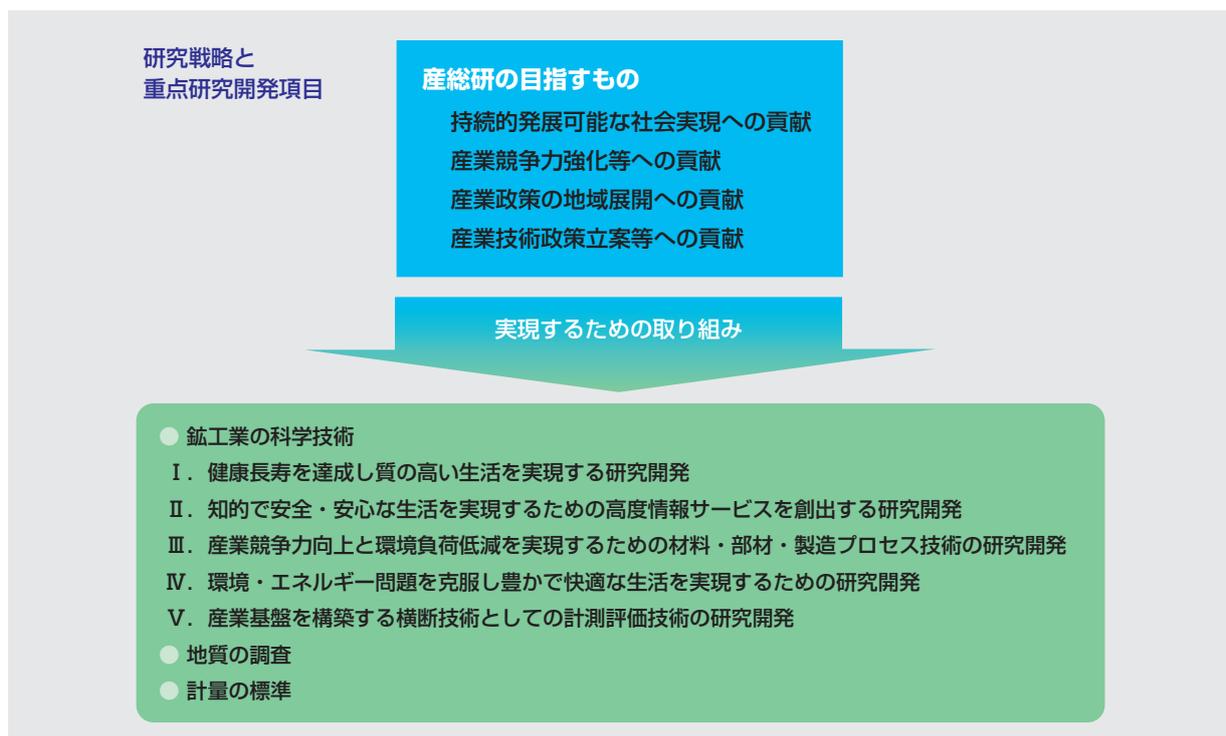
● 研究戦略の策定プロセス

研究戦略は、産総研全研究者が参画し策定しました。

研究戦略策定チームを設置し検討を行うとともに、全地域センターで研究戦略ワークショップを開催(全49回)し意見交換を行いました。

外部有識者等との精力的な議論を行いました。

経済産業省(全22回)、日本経済団体連合会(全2回)との意見交換を行いました。



3. 非公務員型を最大限活かした人事制度の構築

自己改革の継続の一環として、他の独立行政法人に先駆けての非公務員化を組織運営に最大限活用していきます。非公務員化のメリットを活かし、人材の流動性の高い環境を整備します。

これにより、これまで実績のない民間企業への出向を実現する等、産学官の人材交流を強力に推進します。

優秀かつ多様な人材の確保を可能とする柔軟な採用制度を構築します。

大学や産業界の若い研究者を積極的に受け入れ、特に研究リーダーとなる人材を育成します。

これらは、多様な人材の個別ニーズにも応えつつ、組織のパフォーマンス向上をもたらす、人事制度の構築に向けての第一歩となる取り組みです。

非公務員型を最大限活かした人事制度

● 優秀かつ多様な人材の確保

優秀な若手の採用、知的財産など特定分野の専門職の中途採用など多様なニーズに対応して多様な人材の確保を可能とする柔軟な採用制度を構築します。

また、女性職員の採用に積極的に取り組みます。

- 研究系（任期付）の採用（研究テーマ型、招へい型）
- 事務系の採用（特定業務任期付）
- 女性職員の採用（研究系採用者に占める女性の比率の倍増を目指す）

● 人材交流の促進

産総研の研究成果の普及、研究ポテンシャルの更なる向上を図るため、非公務員型独立行政法人のメリットを活かし、大学、民間企業との人材交流を強力に推進します。

- 産総研職員を民間企業等に派遣 / 人材受入による共同研究
- 兼業制度の柔軟化
- 人材交流の増大（民間企業への出向と役員兼業あわせて第1期の倍増を目指す）

● イノベーション人材の育成

産業界において即戦力となる、高度な実用化研究のスキルを持つイノベーション人材を育成します。

- バイオインフォマティクス技術者を養成（臨海副都心センター）
- 戦略的ソフトウェア技術等人材育成（秋葉原）
- 産総研特別研究員（ポスドク）の育成（産業界において活躍できる人材育成）
- 産総研専門技術者の育成（高度な熟練技術を有する研究支援者を育成）



4. 進化を続ける組織

「学習と変革」を継続していきます。産総研の運営が固定化することなく、ダイナミックに進化するメカニズム、「進化の構造」を維持します。

第2期においても、研究ユニットの新設・廃止など内部組織の見直しを戦略的視点から機動的に実施します。

(第1期中のユニット改廃：新設33研究ユニット、廃止36研究ユニット)

社会ニーズに的確に応えることができる柔軟な研究体制を構築します。

さらに効率的な研究所運営を推進していきます。

研究ユニットの不断の見直し

第2期も引き続き「研究ユニット制」を研究実施の基本体制としますが、中間評価制度を導入し、研究ユニットの見直しを進めます。

● 研究ユニットの中間評価

- 研究センター（最大7年）
設立3年目に中間評価を実施。
設置年限到来の前年度に最終評価を実施。必要に応じて、最終評価を前倒し。
- 研究部門
第2期中期目標期間の4年目に中間評価を実施。
- 研究ラボ（最大3年）
研究センターまたは研究部門への発展を見据えた2年目存続審査を実施。

● アウトカム、費用対効果の視点を新たに加えた研究ユニット評価の実施

- アウトカムの視点からの評価
ロードマップの進捗状況などアウトカムの視点からの評価。
- 費用対効果的視点からの評価
研究予算が効率的・効果的に使用されているかどうかという費用対効果的な視点からの評価。

業務効率化への取り組み

業務フローの見直し・改善、業務のアウトソーシングなどを進めることにより、業務の効率化を進めていきます。特に、管理部門の経費、職員数については、厳しい効率化の目標を置きます。

● 管理部門の業務体制の明確化

本部への業務集約を基本としつつ、地域センターとの業務分担や業務全体のマネジメント体制を明確化。

● アウトソーシングの活用

業務の質の維持に配慮しつつ、旅費、給与、研修実施業務など、アウトソーシングを活用。



- 一般管理費については、毎年度平均で前年度比3%以上の削減を達成。
- 一般管理費を除いた業務経費については、毎年度平均で前年度比1%以上の効率化を達成。
- 総人件費に対して、管理部門職員の人件費の占める割合を引き下げる。
- 管理部門職員の全職員に対する割合を、地域センターを中心に引き下げる。

5. 地域センターの機能強化

産総研成果の活用の中である社会と産総研の接点であるとともに産総研の顔でもある地域センターの重要性は、益々増大しています。

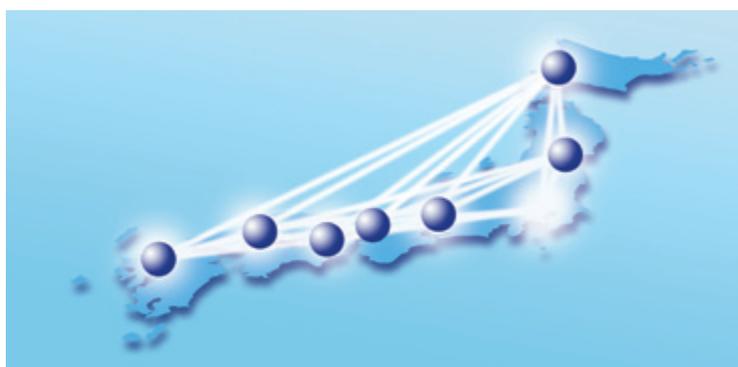
地域センターにおいても研究テーマの重点化を図るとともに、地域との連携機能を強化していきます。

地域との連携には、当該地域センターだけではなく、つくばを含む全産総研の研究能力や成果を活用して取り組みます。

研究拠点の強化

経済産業省地域産業クラスター計画への貢献という視点も踏まえ、研究テーマの重点化を図る。

	重点化の方向	概要
北海道センター	ゲノムファクトリー技術	ゲノム情報を利用し、遺伝子組換え植物などから生理活性分子などの有用物質を生産するバイオエンジニアリング研究へ集中化。
東北センター	低環境負荷化学プロセス技術	超臨界流体や膜反応場を利用した省エネルギー化学プロセス技術研究を展開。循環型社会対応を考慮した産業化を目指す。
中部センター	先進材料プロセス技術研究	製造技術を、多様な部材・機器・システムを生産するための一連の技術体系とする新たな研究展開、または省エネルギー・環境保全に大きな効果が期待される部材の総合研究に特化する技術開発。
関西センター	医工連携の産業化 ユビキタスエネルギー	細胞やからだの組織、あるいはストレス信号などを対象として、他省庁との連携を密に新たな医工連携モデル。高効率かつ環境適合性を満たす燃料電池、二次電池など小型・移動型エネルギーデバイスを開発。
中国センター	バイオマスエネルギー生産技術	バイオマス資源から経済性ある液体燃料抽出システムを構築し、アジア地域との連携を含めた国際戦略拠点化。
四国センター	健康産業工学	生体分子高感度計測による健康診断技術や腎透析患者に望まれる高純度塩製造など、健康産業へ展開。
九州センター	実環境計測・診断システム技術	あらゆる産業で希求されている「企業現場あるいは生活環境におけるその場計測・診断システム分野」への特化を図り、実環境計測・診断研究を集中展開。



6. 第2期中期計画における数値目標の設定

第2期中期計画に基づく研究所運営をより確かなものとし、研究成果の創出と提供を高いレベルで達成するために、それぞれの実施項目ごとに具体的な達成目標を設定して取り組んでいきます。

下表には、その一覧を示しました。

	第1期	第2期
共同研究	H16年度において年間1,400件以上の共同研究を実施	民間企業等から受け取る研究資金等を、第1期最終年度の1.5倍以上に
特許	H16年度の実施契約件数350件以上	第2期終了時まで、実施契約件数600件以上
ベンチャー	数値目標なし (ベンチャー起業の試みに対し、支援環境を整備)	第2期終了時まで第1期と通算して100社以上起業
論文	H16年度の論文発表数年間5,000報以上、IF上位2,000報のIF総数で5,000以上	年間論文数で5,000報以上 第2期終了年度において全論文のIF総数で7,000を目指す
工業標準	数値目標なし (研究成果の国内、国際規格化を行う)	第2期中に国際提案も含めた40以上のJIS等標準化の素案作成
地質図幅	5万分の1地質図幅30区画作成	5万分の1地質図幅25区画作成 20万分の1地質図幅18区画作成、5区画改訂
計量標準	140種類の既存標準の維持・供給 第1期末までに新規200種類の供給 2010年までに500種類程度の標準供給体制確立	360種類の既存標準の維持・管理・供給 第2期中に新規140種類の供給 2010年までに500種類の標準供給体制確立
業務効率化	運営費交付金を充当して行う業務経費の前年度比1%を効率化	運営費交付金を充当して行う業務の一般管理費を平均で前年度比3%削減 業務経費を平均で前年度比1%効率化
人材交流	数値目標なし	民間企業への出向と役員兼業の件数を合わせて第1期実績から倍増させる
人材確保	数値目標なし (女性研究者の採用に積極的に取り組む)	研究系の全採用者に占める女性の比率を第2期末までに第1期実績から倍増することを目指す

第2期中期計画 (目次)

前文 (第2期 新規)

I. 質の高い成果の創出と提供 (国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置)

- 持続的発展可能な社会実現への貢献
- 産業競争力強化等への貢献
- 産業政策の地域展開への貢献
- 産業技術政策立案等への貢献

1. 質の高い研究成果の創出とその活用のために講じる方策

(1) 戦略的な研究開発の推進

- 戦略的な研究企画及び研究資源配分の重点化
- 技術情報の収集・分析と発信
- 研究組織の機動的な見直し
- 国際競争力強化のための国際連携の推進
- 研究成果最大化のための評価制度の確立とその有効活用

(2) 経済産業政策への貢献

- 産業技術政策への貢献
- 中小企業への成果の移転
- 地域の中核研究拠点としての貢献
- 工業標準化への取り組み

(3) 成果の社会への発信と普及

- 研究成果の提供
- 研究成果の適正な管理
- 広報機能の強化
- 知的財産の活用促進

(4) 非公務員型移行のメリットを最大限活かした連携の促進

- 産業界との連携
- 学界との連携
- 人材の交流と育成
- 弾力的な兼業制度の構築

2. 研究開発の計画

- 鉱工業の科学技術
- 地質の調査
- 計量の標準

3. 情報の公開

4. その他の業務

- 特許生物の寄託業務
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構との共同事業

II. 業務内容の高度化による研究所運営の効率化 (業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置)

1. 研究活動を支援する業務の高度化

- 経営機能の強化
- 研究支援業務の効率的な推進
- 研究支援組織体制の最適化
- 業務の電子化の推進
- 施設の効率的な整備

2. 職員の能力を最大化するために講じる方策

(1) 柔軟な人事制度の確立

- 優秀かつ多様な人材の確保
- 多様なキャリアパスの確立
- 非公務員型移行を活かした人材交流の促進

(2) 職員の意欲向上と能力開発

- 高い専門性と見識を有する人材の育成
- 個人評価制度の効果的活用と評価の反映

3. 環境・安全マネジメント

- 安全衛生の向上
- 省エネルギーの推進と環境への配慮

4. 業務運営全体での効率化

III. 予算 (人件費の見積もりを含む)、収支計画および資金計画

1. 予算 (人件費の見積もりを含む)

2. 収支計画

3. 資金計画

- 自己収入の増加
- 固定的経費の割合の縮減

IV. 短期借入金の限度額

V. 重要な財産の譲渡・担保計画

VI. 剰余金の使途

VII. その他主務省令で定める業務運営に関する事項

1. 施設及び設備に関する計画

2. 人事に関する計画について

3. 積立金の処分に関する事項

- 方針
- 人員に係る指標

2. 国民に対して提供すべきサービスその他の業務の質の向上を達成するため取るべき措置

- 1) 鉱工業の科学技術
- 2) 地質の調査
- 3) 計量の標準
 - 1) ~ 3) の共通事項
 - ア) 政策的要請への機動的対応と萌芽的課題の発掘
 - イ) 研究活動の質的向上
 - ウ) 成果の発信
 - エ) 産学官一体となった研究活動への貢献
- 4) 技術指導、成果の普及等
 - ア) 産業界との連携
 - イ) 大学への協力
 - ウ) 知的貢献
 - エ) 政策立案等への貢献
 - オ) 標準化・規格化等、知的基盤への貢献
 - カ) 国際活動
- 5) 情報の公開
- 6) その他の業務
 - [特許生物の寄託業務]
 - [独立行政法人製品評価技術基盤機構との共同事業]

1. 業務運営の効率化に関する目標を達成するために取るべき措置

- 1) 組織運営
- 2) 戦略的企画
- 3) 機動的な研究組織
- 4) 研究の連携・協力
- 5) 評価と自己改革
- 6) 職員の意欲向上と能力啓発
- 7) 研究員の流動性の確保
- 8) 業務の情報化の推進
- 9) 外部能力の活用
- 10) 省エネルギーの推進
- 11) 環境影響への配慮
- 12) 事業運営全体の効率化

3. 予算(人件費の見積もりを含む)、収支計画及び資金計画

- 1) 予算(人件費の見積もりを含む)
- 2) 収支計画
 - ア) 自己収入の増加
 - イ) 固定的経費の割合の縮減
- 3) 資金計画

4. 短期借入金の限度額

5. 重要な財産の譲渡・担保計画

6. 剰余金の使途

7. その他主務省令で定める事項

- 1) 施設及び設備に関する計画
- 2) 人事に関する計画について
 - ア) 方針
 - イ) 人員に係る指標
 - ウ) 人材の確保、人材の養成についての計画
- 3) 積立金の処分に関する事項

セラミックスリアクターでディーゼル排ガスを浄化

フィルター方式に代わる技術でNOxとPMを同時に除去

セラミック電極での酸化還元反応により、酸素共存下でもディーゼル排ガスなどの固体炭素系化合物（PM）の酸化とNOxの浄化を同時に行える新しい電気化学セラミックリアクターを開発した（図1）。従来のPMフィルター方式と異なり、再生処理は必要とせず、アルミン酸カルシウム（ $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ ）を混合したセラミック電極で生成する活性な酸素によって固体炭素などを連続的に除去可能である。これらは、ディーゼルエンジンなどの排ガス処理において新しいゼロエミッション排ガス技術として期待できる。

New electrochemical reactor has been developed, which makes it possible to oxidize particulate matter (PM) or solid carbon-based emission, and simultaneously to clean up nitrogen oxide (NOx), through the redox reactions in an electrochemical ceramic reactor. In contrast to the conventional PM filter system, the electrochemical ceramic reactor can decompose PM continuously by using active oxygen generated from a ceramic electrode mixed with calcium aluminate ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) without requiring regeneration. The new reactor is expected to serve as new technology for zero-emission exhaust gas cleanup in the treatment of diesel exhaust gas.

ディーゼルエンジンの排ガスをきれいに

エネルギーの有効利用と環境保全を両立させた持続可能な社会を支えるためには高効率なシステムへの移行が必要である。特に、自動車などから排出される二酸化炭素の削減においても、動力システムでの燃費向上が重要である。化石燃料から動力へのエネルギー変換効率が高い燃焼方式としてディーゼルエンジンが知られている。既存のガソリンエンジンからディーゼルエンジンへの転換により、約15～20%の二酸化炭素の低減が可能といった試算もある。ディーゼルエンジンの問題として、空気と燃料の混合後、

圧縮での自己燃焼を利用するため、排ガス中の酸素濃度が高く、触媒でのNOxの連続浄化が難しいことがあげられる。さらに、炭素系微粒子などのPM（粒子状物質）が多く含まれるため、その同時除去が必要である。例えば都市部でのPMは、図2のように輸送用トラックなどのディーゼル排ガスが原因のものが多く、それらの低減は生活環境を守る上で早急に対処しなければならない問題のひとつである。さらに排ガス規制も年々厳しくなっており、現在議論されている削減目標（環境省中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（8次答申）」2005

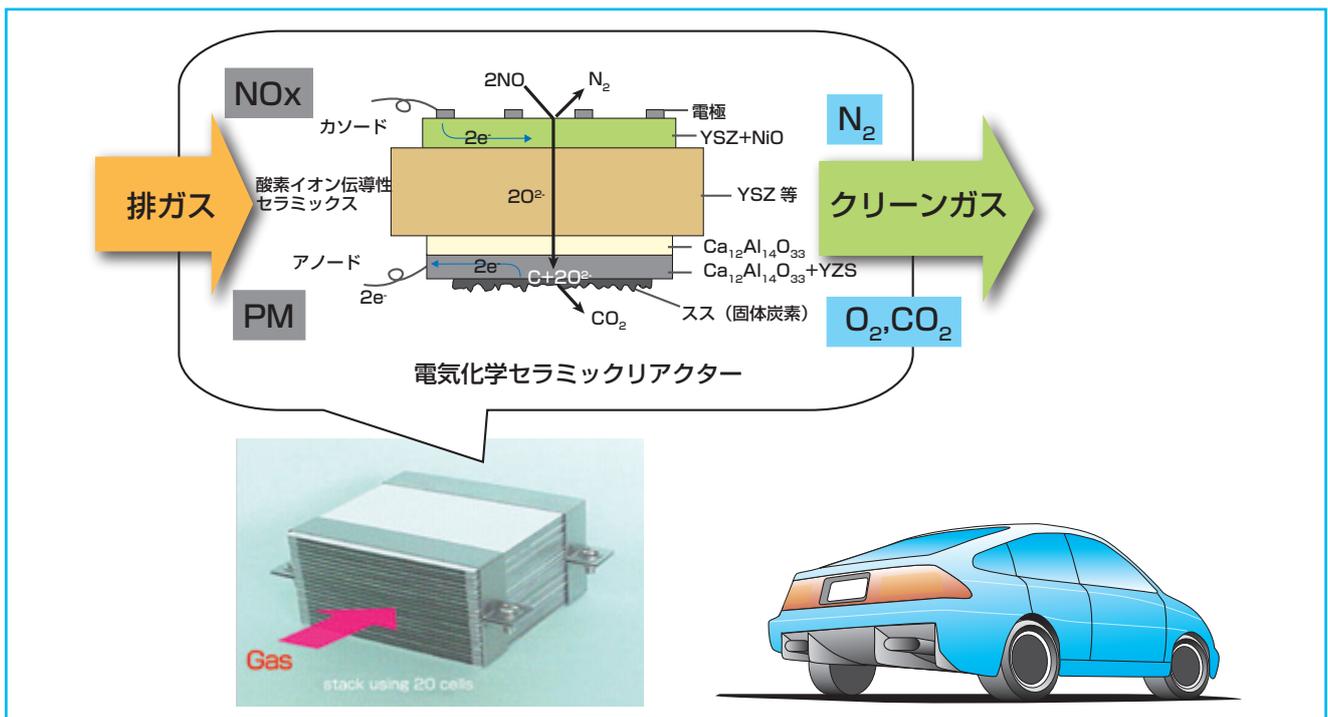


図1 電気化学セラミックリアクターを利用する排ガス浄化

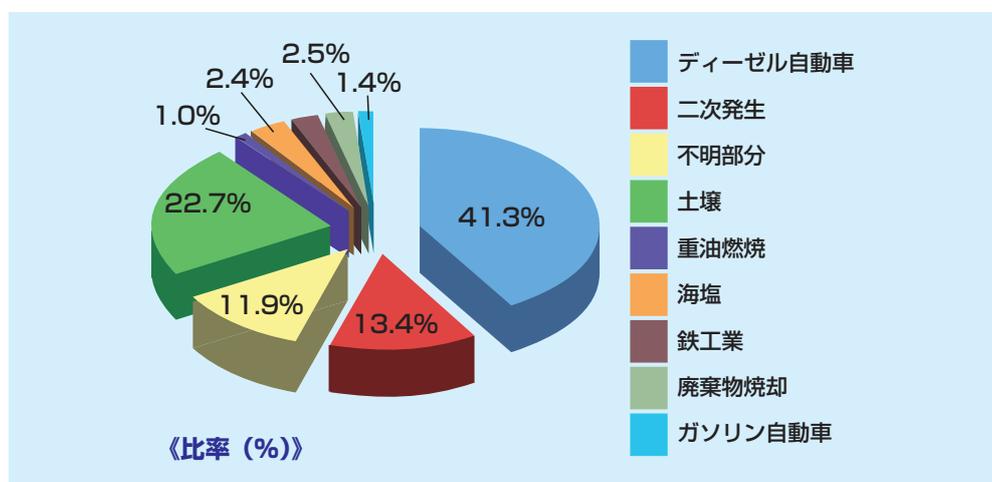


図2 東京都内での浮遊粒子状物質 (PM) の発生源
梶原ら、「ディーゼル車排ガスの微粒子除去技術」、シーエムシー出版、2001年

年2月22日)では2009年までにガソリン、ディーゼルエンジンに関わらず、PM、NO_xの除去率はそれぞれ99%および96%(対1970年代)と規制値を厳しくする方向で進んでいる。今後もゼロエミッションへ向けて、有害物質の除去率が高い浄化技術が必要となる。

これまでの排ガス浄化技術

既存の排ガス浄化技術として、NO_xの除去には金属三元触媒などの貴金属触媒や尿素などの還元剤を利用する還元反応が用いられている。しかし、化学平衡反応を利用する触媒方式では、NO_x低減率の向上が技術的に難しくなっている。一方、PMなどの固体物質は化学的に除去することが難しいため、後付けのフィルター方式などにより物理的に回収されている。また、他の技術も排ガスの温度をはじめ、条件によっては除去率が上がらないといった問題がある(表1)。このため、ディーゼル排ガスの浄化技術として、高酸素濃度でも完全にNO_xを無害な酸素と窒素に分解し、同時に、燃焼しにくい固体炭素や分子量の大きな炭

化水素などを連続的に酸化して除去する新しい技術が求められている。

電気化学セラミックリアクターの開発と排ガス浄化への利用

われわれの研究グループでは、酸素イオン伝導性セラミックス材料を利用する電気化学セラミックリアクターによる浄化技術を研究している¹⁾。イットリア固溶酸化ジルコニウム(YSZ)セラミックス基板を電解質とし、酸化ニッケル(NiO)とYSZからなる還元電極(カソード電極)をスクリーンプリント法によって電解質表面へ形成し、組成と焼成条件を変化させることにより電極の組織制御を行う。これまで、電極構造としてマクロな多孔質構造が利用されていたが、組織制御が行われない場合、酸素およびNO_xの酸素がYSZ上の活性な欠陥サイトで選択性がなく反応するため、共存する酸素が反応して無駄な電流が必要であった。一方、還元電極(カソード電極)の初期構造として空孔が少ない緻密構造の混合組成電極を形成し、電気化学

表1 電気化学セラミックリアクターでの排ガス浄化と既存技術の比較

方式		除去特性		問題
		PM	NO _x	
DPF/強制再生式	フィルター	~98%	減少しない	後付け可能、加熱装置が必要
DPF/連続再生式	フィルター+酸化触媒	60~90%	減少しない	後付け可能、反応するまで時間がかかる
DPF/非再生式	フィルター	~98%	減少しない	後付け可能、取り外し再生必要
触媒方式	酸化触媒	30~50%	減少しない	除去率が低い
電気化学リアクター方式	リアクター	>90%	分解可能	加熱不必要

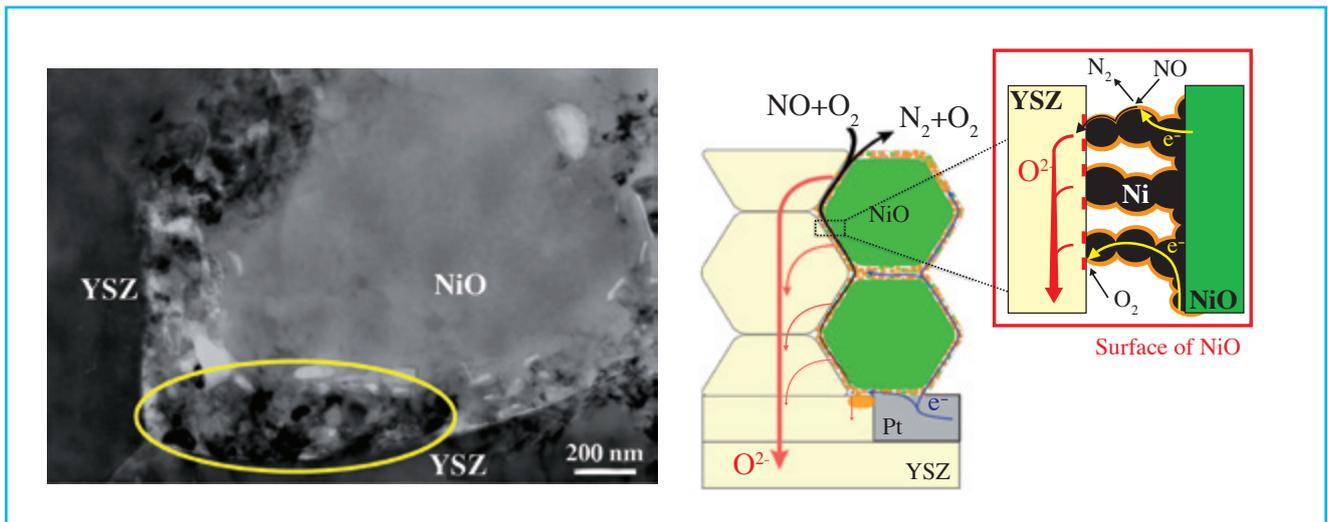


図3 電気化学セラミックリアクターのナノ組織制御

的な自己組織反応により、図3に示すような粒子界面でナノ空孔を形成することができた。形成されたナノ空孔とイオン伝導体粒子の界面に形成するナノサイズニッケルの作用により、酸素共存下でのNO_x反応選択性の向上と、低電力でのNO_x分解に成功した(図4)²⁻⁵⁾。さらに、これらの還元電極構造を制御する事により、2~10%高酸素濃度の排ガス中の1000ppmまでのNO_xを連続的に窒素と酸素に分解する事が可能である。さらに、大面積のセル製造によるスタック化技術や排ガス中の廃熱を利用し、熱電セラミックスを用いた発電を利用し、外部からの電源を用いな

い、電気化学セラミックリアクターを自立作動させる技術も開発した⁵⁾。

電気化学リアクターの酸化反応を利用する浄化技術 - PM分解への応用 -

このセラミックリアクターでは酸素イオン伝導性固体電解質中へNO_xの酸素分子をイオンとして引き込み、もう一方の酸化電極(アノード電極)から、電子と酸素分子として排出するため、酸化電極中では活性な酸素の放出を伴う。この活性な酸素ガスを利用することにより、PMなどの固体炭素を直接酸化燃焼できることが考えられる。電気化学セラミックリアクターでの酸化反応の利用をめざして、固体炭素などを電極上で直接酸化する電極材料を検討した結果、電界制御により酸素ラジカル生成を促進するアルミン酸カルシウム(Ca₁₂Al₁₄O₃₃)などを混合する事により、効率的に固体炭素を直接分解することを見いだした(図5、表2)。

アルミン酸カルシウムは一般にセメントなどの添加剤として用いられる材料であるが、酸化処理等により活性な酸素ラジカル(O⁻)を解離することが報告されている⁶⁾。このアルミン酸カルシウムを酸素イオン伝導性材料(YSZ等)と混合し、セラミックリアクターの酸化電極として利用することにより、酸化反応への利用が期待できる。

電気化学セラミックリアクターの構成を図1に示す。NO_x分解に用いた電気化学リアクターと同様に、YSZセラミックなどの酸素イオン伝導体である基板上へ、還元電極として、NiOとYSZの混合電極をスクリーンプリントで形成する。新たに、酸化電極には8YSZと混合したアルミン酸カルシウムを数十μmの厚さでスクリーンプリントし、両面へメッシュ形状の白金または銀電極を配電のためプリントした。このとき、アルミン酸カルシウムは10-

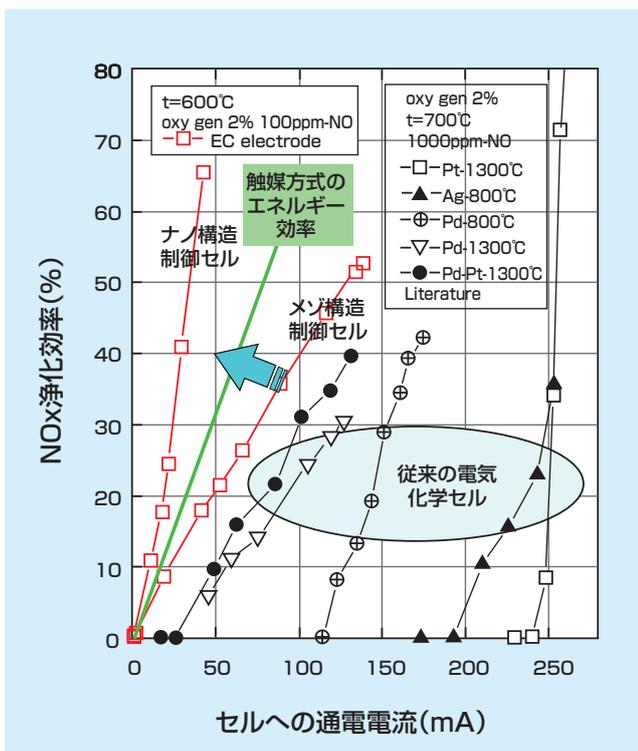


図4 電気化学セラミックリアクターによるNO_x選択分解

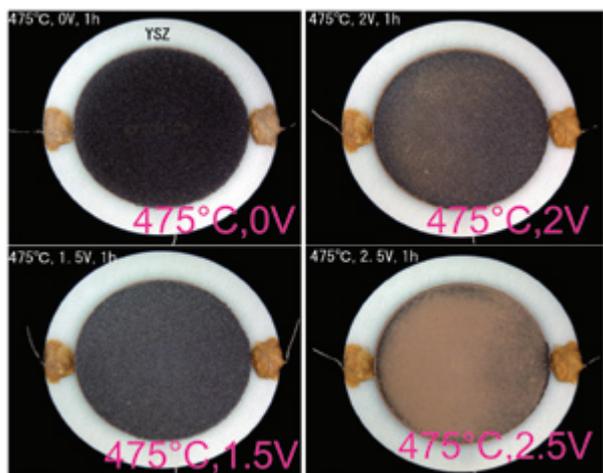


図5 セラミックリアクターによる電気化学的なPM除去

15wt%の割合で電極へ混合した。これらを通常のセラミックス製造プロセスで焼成し、電気化学セラミックスリアクターとした。

新開発セラミックスリアクターの性能

次に、400～500℃で電気化学セラミックスリアクターに直流電界をかけ、電極上の電気化学反応によって固体炭素が燃焼することを調べた（模擬PMとして、酸化電極ヘグラファイトを塗布し、大気中500℃で一度焼成して実験に使用した）。その結果、500℃以下で、電界をかけない場合は変化は認められなかったが、直流電界をかけるとただちに、表面に塗布した炭素が燃焼し、電気化学的に炭素が直接除去できることが分かった（図5）。また、電圧の増加とともに、酸化速度が速くなる事が分かった。さらにNO_xを共存させることにより、還元電極でのNO_xの分解も進み、電気化学反応を利用し、図1のような機構で、NO_xと固体炭素が同時かつ連続的に除去できることが分かった（図6）。さらに、疑似PMであるグラファイトの除去量を調べるため、475℃、2Vでのグラファイト除去量を重量変化により測定した結果、アルミン酸カルシウムを酸化電極へ分散した場合 1.3×10^{-5} mol/cm²・hの速度で固体炭素が

表2 酸化（アノード）電極材料と炭素分解量の関係（475℃）

電極材料	炭素分解量 (mol / cm ² - h)
Pt+8YSZ (ジルコニア)	0.3×10^{-5}
Ag+8YSZ (ジルコニア)	0.7×10^{-5}
Ca ₁₂ Al ₁₄ O ₃₃ + 8YSZ (ジルコニア)	1.3×10^{-5}

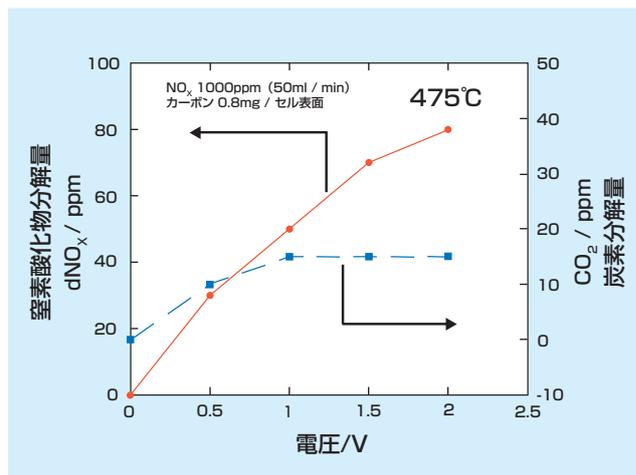


図6 セラミックリアクターでの固体炭素系の粒子状物質（PM）と窒素酸化物（NO_x）の同時分解（印加電圧と炭素および窒素酸化物分解量の関係）

燃焼することが分かった（表1）。これは、ディーゼルエンジンを搭載するトラック等が60km/hで走行中、約1時間で排出するPM量が0.19gと仮定すると、電極面積が約100×100cmの電気化学セラミックリアクターで処理できることを示している。

この研究成果によりNO_xとPMなどの分解が同じ電気化学セラミックリアクターで行えるため、これまでのPMフィルター装置に代わる新しいディーゼル排ガス浄化システムの提唱が可能である。また、VOCの分解や酸化・還元反応を利用する化学工業プロセスなどへの利用といった多くの用途が期待できる。

参考資料

- ¹⁾ S. Bredhikhin, M. Awano : Solid State Ionics, 152-153, 727-733 (2002) .
- ²⁾ 藤代芳伸ら：セラミックス、38、520-523 (2003) .
- ³⁾ 淡野正信：AIST Today, Vol.1, No.11, p. 14 (2001) .
- ⁴⁾ 藤代芳伸：AIST Today, Vol.3, No.9, p. 13 (2003) .
- ⁵⁾ 藤代芳伸：AIST Today, Vol.5, No.3, p. 26 (2005) .
- ⁶⁾ K. Hayashi, S. Matsuishi, N. Ueda, M. Hirano and H. Hosono : Chem. Mater., 15, 1851-1854 (2003) .

● 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

先進製造プロセス研究部門 機能モジュール化研究グループ

主任研究員 藤代 芳伸

E-mail: y-fujishiro@aist.go.jp

〒463-8560

名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞 2266-98

活断層間の相互作用と地震の誘発

福岡県西方沖地震の影響を考慮した福岡市直下型地震の発生確率評価

大地震は震源となった断層沿いの剪断応力を解放する。一方で、解放された応力は周辺に分散・伝播し、隣接する断層に負荷を与える。これにより余震が発生・拡大し、新たな大地震を誘発する場合もある。「双子地震」といわれる2つのスマトラ沖巨大地震もこのような応力誘発作用による。これは直下型地震を発生する活断層間にもあてはまる。3月20日に発生したマグニチュード7の福岡県西方沖地震は、福岡市直下に分布する警固断層に0.1 - 0.5 MPaの応力を新たに加えた。我々が開発した地震発生確率算定法を用いると、警固断層から想定されるマグニチュード7の地震の30年発生確率は、地震前の1%未満から最大7%にまで上昇する。

We develop a new method of probabilistic estimate for a large earthquake originated from an active fault, incorporating stress transfer from an adjacent earthquake. We applied the method to the Kego fault that is an active fault just beneath the city of Fukuoka. The earthquake probability for the next 30 years on the Kego fault is now raised to about 7 % due to stress transferred from the March 20, 2005 Fukuoka-ken-seiho-oki, Japan, earthquake.

余震と応力誘発作用

地震学の教科書には、「余震」とは本震を引き起こした断層面（震源断層という）上のずれ残りを解消するための地震」と定義されている。しかし、余震は震源断層の外でも発生する。地震規模にもよるが、数十km、百km以上も離れた地域で本震後に地震活動が活発化することもある。これらは「広義の余震」といわれ、本震にともなう周辺地殻の応力変化によって誘発された地震とわかってきた。

本年3月28日に発生した M 8.7 スマトラ沖地震は誘発地震の典型である。気象庁は、当初この地震を昨年12月26日に発生した M 9.3 地震の最大余震とした。しかし、地震波解析の結果、震源断層は M 9.3 地震の南隣に位置する別な断層が原因とわかった。いわゆる「双子地震」であり、両地震の発生時間差3ヶ月は偶発的なものではない。日本では南海トラフ沿いの1944年 M7.9 東南海地震、1946年 M 8.0 南海地震も双子地震である。前回の地震、1854年12月23日 M8.4 安政東南海地震、1854年12月24日 M8.4 安政南海地震も同様で、時間差はわずか32時間であった。このような地震誘発現象は、いわゆる内陸直下型地震を引き起こす活断層にもあてはまり、世界各地で事例が報告されている。

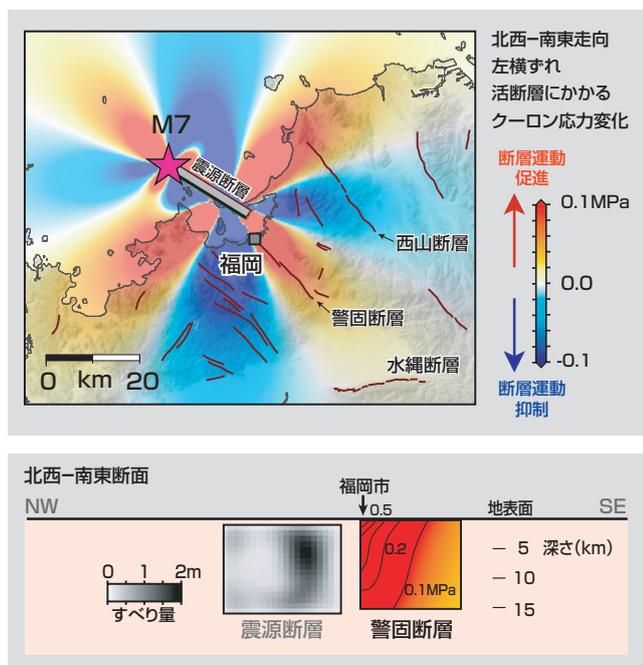


図1 福岡県西方沖地震によって変化するクーロン破壊応力
暖色系地域で地震が発生しやすくなり、寒色系地域で地震発生が抑制される。
上：周辺地殻内に震源断層と同様の横ずれ断層を想定し、地域ごとに変化量を可視化。
下：福岡市直下に分布する警固断層上での応力変化量。最大0.5MPa増加。

大地震による周辺断層への応力変化

1つの断層運動が地殻を介して周囲の断層に影響する。このような巨視的な状況を推定するにはコンピュータ上での模擬の数値計算が適している。計算は、地表を自由表面とした半無限弾性体を用い、地震波の解析から求められた震源断層の位置や形状、すべり分布をもとに行う。その際、評価する断層がその近傍の大地震によってどのように動き易く（難しく）なるかを表す指標として「クーロン応力変化」を用いる。クーロン応力とは、断層面にかかる剪断応力（断層をずらそうとする圧力）と、法線応力（断層面を押さえつけようとする圧力）に静摩擦係数を掛けた値の総和である。剪断応力、法線応力（断層から離れる方向に正）が増加すればクーロン応力が増加し、断層運動が促進もしくは誘発される。逆にクーロン応力が減少すれば断層運動が抑制される。

産総研では、この手法を用いて大規模地震直後の広域余震の発生予測を試験的に行っている。福岡県西方沖地震もその1つである（図1）。福岡県西方沖地震では、震源断層

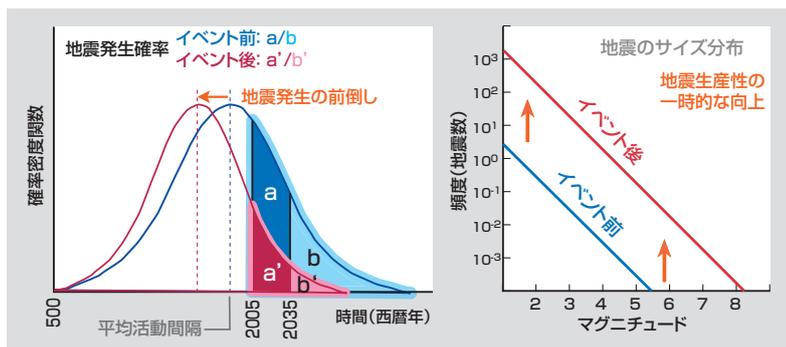


図2 震源近傍の活断層の地震発生確率に与える2つの効果

左：長期変化。単純に次の地震発生が早まったとする。

右：短期変化。地震のサイズ分布一定(傾き一定)のもとで、地震発生率の一時的急上昇により大地震も起こりやすくなる。

の末端延長と震源の西南西、東北東の地域で横ずれ断層運動を促進する応力が加わった。寒色系の地域では逆に地震発生が抑えられる。今後余震は暖色系の地域で発生しやすくなる。図からは福岡市も応力増加域に入っていることが読み取れる。特に、福岡市直下に分布する活断層、警固断層には最大約0.5MPaもの負荷が加わったことが予想される。これは、すなわち、警固断層が地震前よりも動きやすくなったことを意味するものだ。

活断層への応力負荷を定量的に評価

一般に、活断層による地震ポテンシャルは、一定期間内の発生確率値として示される。その際、地質調査・史料地震調査に基づき、1) 平均の活動間隔、2) 活動間隔のばらつき、3) 最後の地震からの経過時間、の3要素を確率密度関数に当てはめて算定する。活動間隔が短いほど、また最後の地震からの経過年が長いほど、確率値は高くなる。

この確率算定過程に近傍の地震からの応力変化を取り入れる。定量的に評価するために、次の2つの効果を考慮する(図2)。

● 長期効果：地震発生前倒し・先延ばし

● 短期効果：一時的に地震発生率が急増・急減することによる影響

警固断層の場合、M7級の地震を1~2万年間隔で発生してきたと推定されている。つまり剪断応力約3~5MPaを1~2万年かけて蓄積する。このことから、今回の地震によって警固断層に加わった0.5MPaの応力は、通常の約1000年に相当する。すなわち、次の大地震発生が1000年以上前倒しされることになるのだ。この効果を確率密度関数の平均値の変化に取り入れた(図2左)。

一方、微小地震まで含めた地震発生率は応力変化量と非線形的な関係にあり、大気圧の数分の一の変化でも地震発生数に顕著な増減がみられる。図1の暖色系の地域では、地震発生頻度が地震前の数十倍~数百倍まで一時的に上昇する。地震の大きさ分布一定(Mが1桁小さいと地震数は一般に10倍)を考慮すると、小さな地震が発生しやすくな

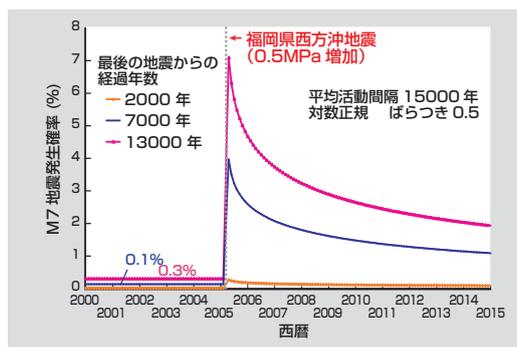


図3 今後30年間のM7地震発生確率(警固断層から想定) 平均活動間隔を1500年とし、最新活動時期からの経過年数2000年、7000年、13000年の3パターンで計算した。断層北西端に0.5MPaの応力増加を想定。

ればなるほど大地震も発生しやすくなる(図2右)。これが短期効果で、余震の減衰と同じく時間とともに減少する。

上記の2つの効果を取り入れると、警固断層の30年地震確率は西方沖地震によって最大7%まで上昇する(図3)。降水確率などと比較すると(30%を超えると傘を携帯する人が増える)、かなり低い値に思われるが、この数値は、糸魚川-静岡構造線など、発生確率の最も高い活断層リストに肩を並べるものだ。ちなみに、兵庫県南部地震を引き起こした際の野島断層の確率は当時8%であった。ただし、警固断層が最後に活動した時期はまだ精度良く明らかにしておらず、今後さらなる調査が必要である。

地震予知予測への展開

地震が全く気まぐれな現象であれば地震予知・予測は不可能である。確かに、福岡県西方沖地震のように前触れ無く発生する地震は現時点では予知は不可能であろう。しかし、ここで述べた広域余震活動、双子地震、誘発地震は、過去の地震履歴と断層間相互作用の産物である。このタイプの地震こそ、確率予測の高精度化だけではなく、決定論的地震予知の最初の手がかりになるものと期待する。

関連情報

- S. Toda, R. Stein, P. Reasenberg, & J. Dieterich : J. Geophys. Res., 103, 24543-24566 (1998)
- T. Parsons, S. Toda, R. Stein, A. Barka & J. Dieterich : Science, 288, 661-665 (2000)
- S. Toda, R. Stein, & T. Sagiya : Nature, 419, 58-61 (2002)
- 遠田晋次：産業技術総合研究所シリーズ「地震と活断層」, 45-61 (2004)
- 堀川晴央：http://staff.aist.go.jp/h.horikawa/2005Fukuoka/source.html (2005)
- 地震調査研究推進本部：http://www.jishin.go.jp/main/ (2005)

● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所 活断層研究センター
遠田 晋次・堀川 晴央
E-mail: s-toda@aist.go.jp
〒305-8567
茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

地下構造と地震の揺れの関係

福岡県西方沖地震の地震波の伝わり方と地質情報

2005年3月20日福岡県西方沖地震(M7.0)が発生し、福岡市(震度6弱)などで強いゆれが観測された。この地震により、福岡市玄海島では甚大な被害が発生したが、九州本土では散在的な被害にとどまった。一方、昨年発生した2004年10月23日新潟県中越地震(M 6.8)では、中越地方の川口町で震度7を記録したのをはじめ、長岡市、小千谷市などで甚大な被害があった。この二つの地震を比較すると、地震の規模は新潟県中越地震の方が小さいにもかかわらず、全壊家屋が7倍程度生じるなど多大な被害をもたらしたということがわかる。平野を形成する地層の厚さがこの被害の大きさの違いに結びついたといわれている。

On March 20th, 2005, the West Off Fukuoka Earthquake (M 7.0) occurred near northern Kyushu, Southwest Japan. This earthquake caused a significant amount of damage on Genkai Island off the coast of Fukuoka City. However, minimal damage occurred on mainland Kyushu. On October 23rd, 2004, the Niigata-Ken Chuetsu Earthquake (M 6.8) occurred, resulting in extensive damage despite its relatively small magnitude. Thick, soft sedimentary layers in the Chuetsu area caused the speed of seismic wave propagation to decrease, while the waves themselves were amplified. Sedimentary layer thickness is directly related to the amount of damage that occurs when an earthquake occurs.

地震被害の集中する場所

2005年3月20日 10時53分、福岡県西方沖を震源とするM7.0の地震が発生し、福岡市や佐賀県南部の震度6弱をはじめ、九州北部地方の各地で強いゆれを観測した(図1)。この地震は、死者1名、負傷者768名、全壊家屋442棟、その他に福岡港岸壁の一部亀裂などの被害が報告されたが、全壊家屋の内100棟以上は福岡市の玄界島に集中し、それ以外の地域の被害は散在的であった。

10年前の1995年兵庫県南部地震の際には、神戸-阪神地区で「震災の帯」と呼ばれる被害ゾーンが生じ、この原因について、(1)地表に現れていない断層の活動、(2)地盤の

不整形性による地震波のなごり現象、(3)浜堤列と六甲山の扇状地の間に挟まれた浜堤間湿地という地盤の影響、などの説が出された。さらに、自然科学の視点以外に、歴史的背景などその地域社会の問題で被害が大きくなったことも指摘されている。地震災害時には、いくつもの原因が複雑に重なりあって、被害を大きくするものと思われる。

地盤と被害の関係

地震の波は岩石や地層中を伝播してくるが、この波は、縦波(P波)と横波(S波)に大別できる。地殻の浅いところではP波は毎秒約6 km、S波は毎秒3.5 kmの速度で伝わる。

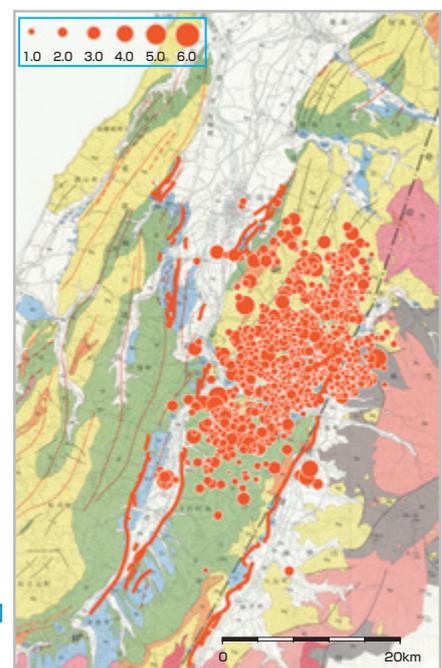
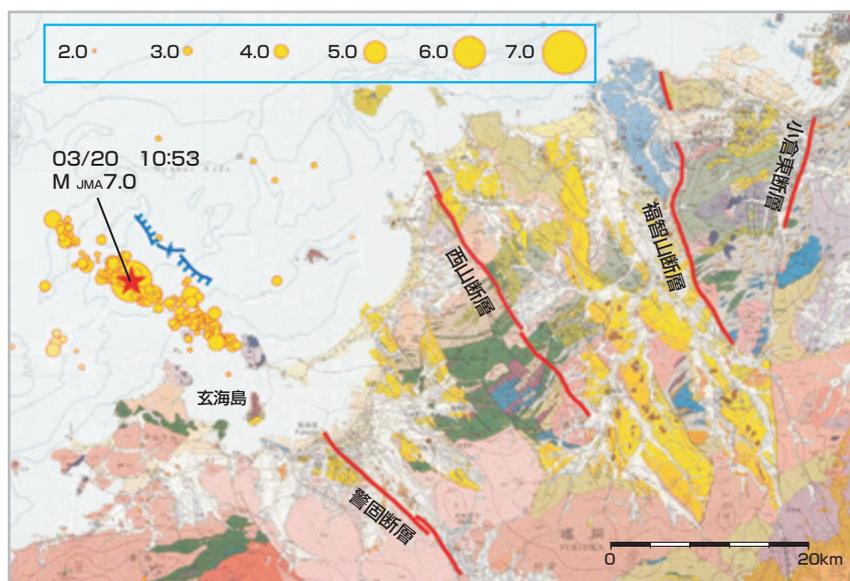


図1 2005年3月20日福岡県西方沖地震と2004年10月23日新潟県中越地震の余震分布と周辺の地質図(基図は地質調査総合センター20万分の1地質図幅「福岡」5万分の1地質図幅「小千谷」、「長岡」)震央位置は防災科学技術研究所のHi-net自動処理結果による

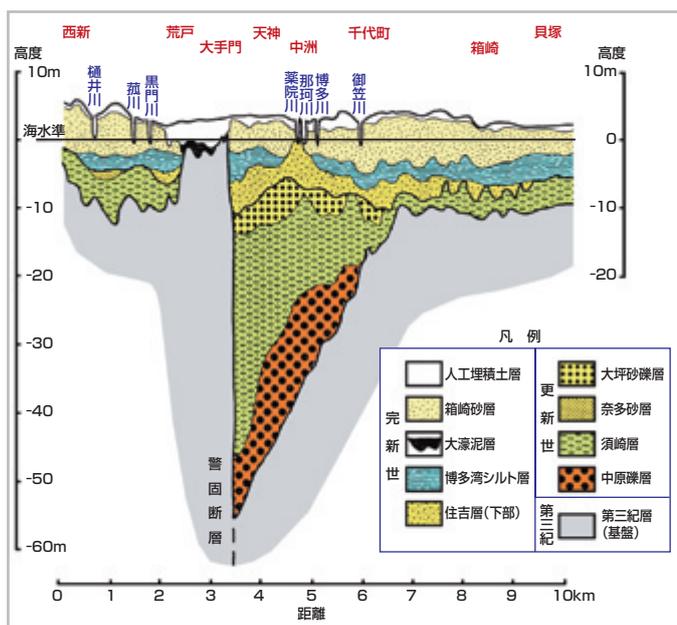


図2 福岡市の地質断面図(1/5万「福岡」図幅より)

岩石中を伝播する速度はP波の方が速いため、地震の際には、まず比較的小さな揺れ(P波)を感じ、その後大きなゆれ(S波)となる。P波が届いてからS波が届くまでの時間は震源からの距離と相関があり、P波とS波の到達時間の差で震源からの距離が推定できる。

一方で、一般に地震波が地層や岩石中を伝播する速度は、硬い岩石中で速く、柔らかい地層ほど遅くなる。たとえば、地殻を構成する花崗岩では6 km/s、日本の中軸をなす付加体の地層群では4~5 km/sであるのに対し、沖積層などでは数百m/sである。また、同じ時代の地層でも、それを構成する砂岩と泥岩では伝播速度は異なっている。さらに、地震波が速く伝わる岩石と遅く伝わる地層の境界で波が屈折したり、柔らかい地層中で波そのものが増幅したりする事もある。

福岡市の地盤と福岡県西方沖地震による被害

福岡市を含む北九州地方の基盤岩は花崗岩類とそれを覆う始新世の堆積岩からなる。さらにそれを覆って第四紀の地層が堆積し、現在の福岡平野が形成された。この第四紀層は平均的に深度20 m程度であると考えられており、警固断層沿いでは断層活動により基盤が沈み込み60 m程度の厚さになっている(図2)。福岡県西方沖地震の震源地に近い玄海島以外の地域では被害は散在的であったと見られている。昨年10月23日に発生した新潟県中越地震(M 6.8、最大震度7、全壊家屋2800棟余り)と比較しても、地震のエネルギーは大きいにもかかわらず、被害の程度は小さかったといえる(図1)。これは、震源からの距離が遠いことに加え、この地域の地質構造が日本の平野の多くの場合と異なり、岩盤の上の柔らかい地層(第四紀層)の厚さが薄

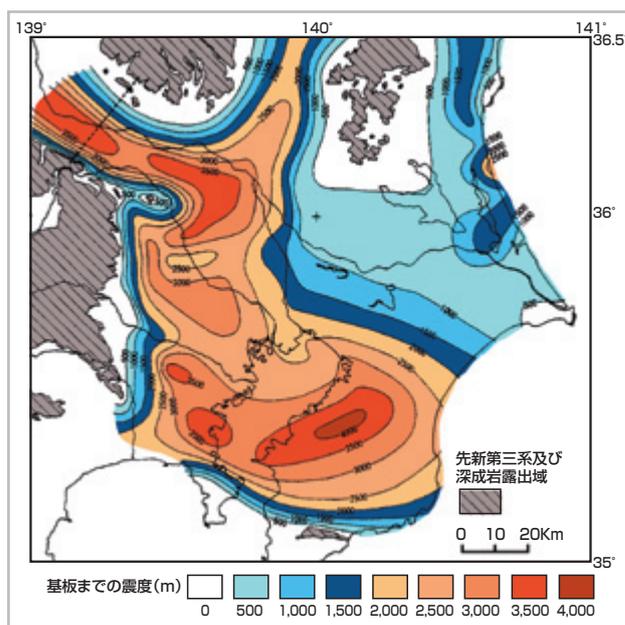


図3 関東地方の先第三系基盤深度分布図(鈴木,2002より)

く、伝播速度の遅い地層による揺れの増幅が小さかったことが原因の一つであると考えられる。

平野地盤の研究

福岡市を含む西南日本の平野は、一般に地下数十mで花崗岩や付加体の地層に達するため、増幅はおきにくい。これに対し、関東平野は第三紀層の基底まで深いところで4000 mにも達し、その上部に第三紀から第四紀の柔らかい地層が累重している(図3)。さらに、日本の多くの平野部では最終氷期の海退の際に、第三紀層を削り込み、東京低地では70 mの谷を作った。その谷を沖積層が埋積している。この沖積層中に、いわゆる軟弱地盤があり、地震の波を増幅する可能性がある。今後関東地方にも大きな地震が襲ってくる可能性が高い。地震の被害想定をするときに、大都市平野部地下の基盤岩、その上を覆う地層の分布する深さとその広がり、そしてそれぞれの地層の物性値とその変化が基本となる。我々は今後の災害軽減のためにもより詳細な地盤情報を提供していく必要がある。

関連情報

- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊、地域地質研究報告、5万分の1地質図幅 福岡地域の地質、192p.
- 鈴木 宏芳、防災科学技術研究所研究報告、No. 63, p.1-19. (2002)

● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所 地質情報研究部門
宮地 良典

E-mail: y-miyachi@aist.go.jp

〒305-8567

茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

産業技術総合研究所理事長賞

産総研の歴史の進展における主役になることの期待をこめて



世の中には多くの賞があるが、賞とはいったいなんだろう。たとえばノーベル賞がある。これは科学や文学でその分野の進歩に貢献した研究者を顕彰するものである。選考においては、その業績を十分に評価し立証できるだけの時間があればあるほど正しい選考となる。遠い過去の業績は、たとえば科学の歴史上に間違いなく位置づけられるから、その評価は正確である。しかし賞の選考にはもう一つの目的があり、それは現在研究途上の人々を評価して顕彰することにより、さらに研究が進むように励ますということである。その励ましは受賞した人だけでなく、類似の分野で研究をしている人々に刺激を与えることはもちろんである。この場合歴史的にはまだ確定していない業績をも対象にするから、評価はその研究の価値を予測して行う事になるが、評価結果は受

賞者のみならずその分野に広範な影響を与えるのであるから、予測の正確さが厳しく求められることになる。ノーベル賞の場合、評価・選考に大きな努力を払ってきた結果、受賞者の系列が見事に科学の歴史を表現することになったのである。このような、業績の価値についての予測が科学の歴史を正しく予言したという事実が、ノーベル賞が高い評価を受け、該当分野の研究者の目標になったことの原因である。

さて私たちも一つの賞を創設した。“産業技術総合研究所理事長賞”である。私たちがこの4年間を通じて作り上げてきた産総研の目標、それは、人類の課題である持続可能な社会の実現のために産業が果たす役割はきわめて大きいとの前提に立ち、あらゆる科学分野における本格研究を推進することを通じて、産業を持続可能性に向けて重心移動させるというものであった。この産総研の目標達成に、研究および研究支援において著しい貢献のあったものを表彰するのがこの賞である。

ところで産総研は独立行政法人として新しい出発をしてから4年が経過した。これは歴史というにはあまりにも短い期間であって、その歴史はこれから作られるものであるといったほうがよい。しかし、その歴史とは、産総研研究者による本格研究が、産業の重心を持続可能性に向けて移動させてゆくものであることは間違いないことなのであり、その意味でノーベル賞が科学の歴史を予測して顕彰した結果、科学者を励ましたのと同じである(賞金がない点は違う)。

このような意味で、産総研のこれからの期待される歴史とそれに対する研究者の貢献を、予測も含めて考えながら、理事長賞の選考を厳密に行った。今年は2年目であるが、2年とも多くの候補の中から厳選されたのである。受賞対象は、研究、研究支援いずれもそれ自体大変優れた業績である。それと同時に、これらの業績が、これから作り上げられてゆく産総研の歴史の一步前進に、重要な貢献をしたと評価しているのである。受賞を心からお祝いすると同時に、仕事をこれからますます発展させて、これからも産総研の歴史の進展における主役になることを期待したい。

産業技術総合研究所 理事長 吉川弘之

平成16年度理事長賞受賞者

《本格研究》

伊藤 順司 (エレクトロニクス研究部門)

具体的研究成果を輩出する研究マネジメントの典型を示した。

宇都 浩三 (地球科学情報研究部門)

研究者コミュニティが社会に具体的に貢献する第二種基礎研究の典型を示した。

村田 和広 (ナノテクノロジー研究部門)

分野横断的に共同研究を進める第二種基礎研究を軸に、典型的な本格研究事例を輩出した。

《研究関連・管理業務》

◆財務会計部門「インターネット調達企画と実施」

池田 正樹、屋代 久雄、広野 健、後藤 隆司、加藤 信隆

◆中部センター/四国センター「ISO 14001 認証取得に関する業務」

桑 正市、濱川 浩司、木本 博、小橋 将利、横山 敏明、勝村 宗英

◆先端情報計算センター「産総研基幹業務システムのシステム基盤構築」

兒玉 大作

※上記の所属部門は2004年3月末現在のものです。

平成 17 年度理事長賞受賞者

《本格研究》

藤井 賢一（計測標準研究部門 物性統計科 流体標準研究室 室長）

密度の一次標準を達成し、長年にわたって国際標準であった液体（純水）を固体（シリコン結晶）に置き換え、世界最高精度をもつ我が国の密度標準を確立するとともに、アボガドロ定数の実測値を提示し CODATA に採用された。本研究は、具体的な社会応用を目指す本格研究を通じて、独創的な基礎研究が生まれる研究方法論を示した。

持丸 正明（デジタルヒューマン研究センター 副研究センター長）

常に具体事例に動機づけられ、確実にその具体事例を解決している。また、専門の違いを乗り越え、意見交換できる研究環境を積極的に設け、多様な分野の研究者を統率する非常に困難な研究マネージメントを積極的に推進している。これまでと異なる新たな組織運営の確立を目指す独立行政法人研究機関において、具体的研究成果を出す研究マネージメントの典型と模範を示した。

大串 始（セルエンジニアリング研究部門
組織・再生工学研究グループ グループ長）

ヒト細胞（間葉系細胞）を培養し、それが骨を形成する能力のある骨芽細胞まで分化することを明らかにし、その骨芽細胞を無菌的に培養増殖するプロセスを構築したうえ、人間に移植するための生体材料に組み込む技術を世界に先駆けて開発し、これまで約 40 例におよぶ再生培養骨・軟骨移植を実際に手がけた。

《本格研究・社会貢献》

佐竹 健治（活断層研究センター 副研究センター長）

津波を発生させる地震像に迫る独創的な基礎的研究を行うとともに、それまでの研究を基礎に、2004 年 12 月に発生したスマトラ沖巨大地震では、津波シミュレーションを行い、関係国政府の巨大地震・津波防災対策の枠組み策定に必要な科学的知見のとりまとめに主導的役割を果たした。

《研究関連・管理業務》

「産総研安全管理体制の基盤確立とそれによる環境安全水準の向上」

飯田 光明（環境安全管理部 次長）
栗木 安則（環境安全管理部 シニアリサーチャー）

組織の安全管理、事故防止等について、積極的な活動を行い産総研安全管理体制の基盤確立とそれによる環境安全水準の向上に顕著な業績を上げた。

「大規模移転集中化作業の円滑な実施」

余座 勝巳（監査室 主査）
横田 一成（業務推進部門 つくばセンター業務推進部 第二業務室 主査）
杉本 憲司（業務推進部門 業務推進総括室 職員）
野澤 仁（先端情報計算センター 職員）

部門を超えたチームワークにより、かつて例のない大規模移転集中化作業の円滑な実施、かつ、執務環境の向上を図った。

「北海道サテライトオフィスを活用した新たな産学官連携活動モデルの確立」

吉田 忠（北海道センター 所長 兼 産学官連携推進部門 北海道産学官連携センター長）
太田 英順（産学官連携部門 産学官連携コーディネータ）
小貫 秀治（産学官連携部門 北海道産学官連携センター 総括主幹）
金子 慶典（産学官連携部門 北海道産学官連携センター 職員）
森 美穂（産学官連携部門 北海道産学官連携センター 非常勤職員）

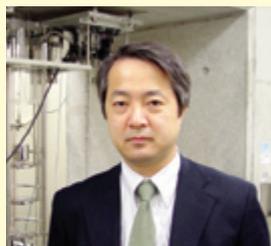
札幌大通りサテライトを活用した活動は創意工夫に溢れ、産総研における新たな産学官連携活動モデルを提案するものである。新しい地域発展モデルとしても高く評価されるものであり、北海道地域における産総研のステータス向上に著しく貢献した。

※上記の所属部門は 2005 年 3 月末現在のものです。

受賞者の声

佐竹 健治（活断層研究センター 副研究センター長）

地震の研究は、地球科学における未知の問題に挑む第 1 種研究でありながら、その成果をすぐに社会に還元できる第 2 種研究的側面も持ち、まさに本格研究の例だと思えます。今回の理事長表彰によって、産総研における地震の研究を評価していただいたことに深く感謝いたします。昨年 12 月のスマトラ沖地震とインド洋の津波は、地球科学の研究者の予想を大きく超えるもので、我々の知識がまだまだ未熟であることを思い知らされました。今後は大きな災害を未然に防ぎ、国際社会に役立てるよう、バランスのとれた本格研究に励みたいと存じます。今回は本当に有難うございました。



藤井 賢一（計測標準研究部門 物性統計科 流体標準研究室 室長）

本格研究には、第一種基礎研究が発端となって製品化研究に至るものが多いと思いますが、今回受賞対象となった我々の研究は、密度標準という社会基盤に貢献するための製品化研究の精度を高める過程で、アボガドロ定数やプランク定数などの精密な値を導き、科学技術データ委員会（CODATA）による基礎物理定数の推奨値決定に貢献したという意味で、逆の過程をたどりました。その結果、他の異なる量子力学的手法で測定されたプランク定数との間に測定の不確かさを超える差のあることを見出し、SI 基本単位において唯一人工物として残っているキログラム原器を現代的な標準に置き換えるための研究にも貢献することができました。このような研究分野が受賞対象に選ばれたことを、多くの共同研究者と共に誇りとしたく思います。

RNAの構造変化が遺伝子のスイッチをONにする アンチターミネーション複合体の立体構造を解明

転写制御タンパク質 HutP、RNA、L-ヒスチジン、Mg²⁺ イオンからなるアンチターミネーション複合体の構造をX線結晶解析で決定した。この複合体の構造から、HutPがターミネーターRNAに特異的に結合すると、RNAは三角形の構造に変化し、下流のmRNAの転写開始のスイッチがONになるというアンチターミネーションの形成機構を提案した。

HutP regulates the expression of the hut structural genes of *Bacillus subtilis* by an anti-termination mechanism. A study of the crystal structure of HutP protein bound to a conserved sequence of the terminator of the hut mRNA show how HutP specifically recognizes the RNA and reveals the unexpected direct role of the Mg²⁺ ion for mediating the L-histidine-dependent structural rearrangement in the protein. Additional structural analyses revealed intermediate structures and allowed us to conclude that the Mg²⁺ ion together with L-histidine plays a major role to activate the HutP protein for binding to its cognate RNA.

Penmetcha Kumar

ぺんめっちゃ くまーる
pkr-kumar@aist.go.jp
生物機能工学研究部門
機能性核酸研究グループ 主任研究員

新しい機能をもつRNA分子の創製や、遺伝子発現の過程で生じるRNAとタンパク質との複合体の構造生物学的研究を展開しており、多くの国際的な成果をあげている。中でも、特定の分子を特異的に認識するRNA（アプタマー；変異集団の中から選択された最適分子）に注目し、インフルエンザウイルスなど重要なウイルス、タンパク質をターゲットとしたRNAアプタマーを創製してきた。RNAアプタマーは、抗体を超えた利便性を有する分子であると世界的にも注目され始めており、今後はその応用に向けた研究も行っていきたい。



枯草菌遺伝子のスイッチ

枯草菌のhut遺伝子（*histidine utilization genes*）はヒスチジンを分解する際に働く遺伝子であり、枯草菌が栄養不足になると発現する。その遺伝子は、正の制御遺伝子hutPとそれに続く5個の構造遺伝子からなるhutオペロンで構成される（図1）。このオペロンの発現は、L-ヒスチジンによって誘発されるアンチターミネーションによって起こる。hutPと5個の構造遺伝子群の間に位置するRNA配列はステム-ループを形成し、通常はターミネーターとして働いている。このターミ

ネーター機能は、L-ヒスチジンと結合したHutPタンパク質（hutP産物）によって失われる。すなわち、HutPはL-ヒスチジンの存在下で上述のステム-ループと特異的に結合し、RNAの構造変化を引き起こして、アンチターミネーター複合体をつくる。

われわれは、まずHutPとL-ヒスチジン誘導体の結晶構造を決定した（PDB登録番号：1VEA）。その構造から、2分子のHutPは2量体をつくり、それが3回対称によって6量体を形成していること、また、L-ヒスチジンは2量体間インターフェース内で結合して

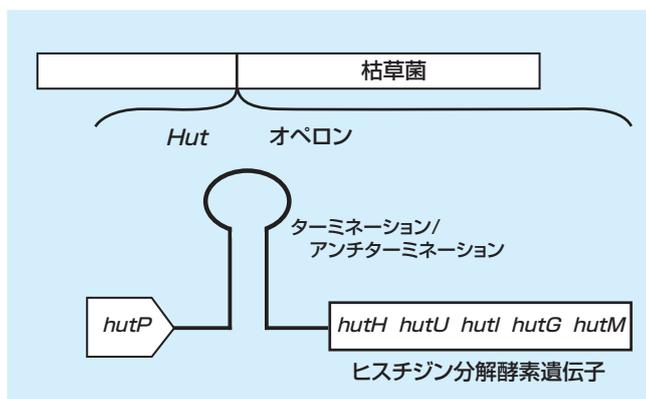


図1 枯草菌hutオペロン

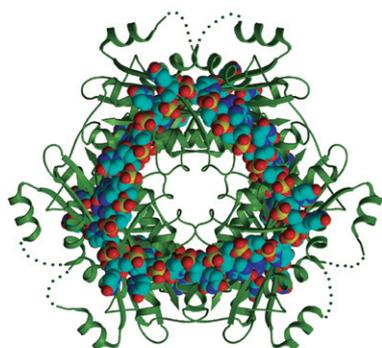


図2 アンチターミネーション複合体の立体構造

リボンモデルは HutP 量体を示し、三角形構造のCPKモデルはRNAを示す。

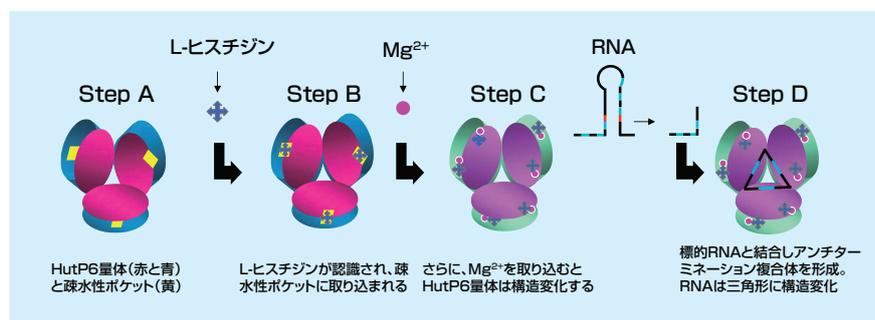


図3 アンチターミネーション形成機構の模式図

いることを明らかにした。一方、生化学実験により、L-ヒスチジンによって活性化されたHutPは、上述のRNA配列のうちUAGの繰り返し配列を認識すること、さらに繰り返し配列の間には、保存されていない4個のヌクレオチドがスペーサーとして入ることを明らかにした。また、このRNA配列とHutPとの結合には、 Mg^{2+} イオンも不可欠であることが判明した。

RNA がヘアピン型から三角形に

最近、われわれはHutP、一本鎖RNA (21-mer)、L-ヒスチジン、 Mg^{2+} イオンからなるアンチターミネーション複合体の1.60Å分解能でのX線解析に成功した (PDB登録番号: 1WMQ)。この複合体では、結合したRNAはHutP6量体の表面において三角形の構造をとっており (図2)、塩基がHutPとの間で特異的に相互作用していることなどが明らかになった。さらに、アンチターミネーションに至る中間構造を調べるために、この4次複合体からRNAを除いた複合体 (PDB登録番号: 1WPV)、および複合体を形成しないHutP単独のもの (PDB登録番号: 1WPS) のX線

解析にも成功した。これらの構造を比較検討して、ターミネーションからアンチターミネーションに至る形成機構を分子構造に基づいて提案した (図3)。すなわち、A: HutPは6量体を形成し、疎水性ポケットをつくる、B: HutP6量体がL-ヒスチジンを認識する、C: さらに Mg^{2+} イオンが取り込まれると、HutP6量体が構造変化する、D: 構造変化したHutP6量体は標的のUAGの繰り返し配列をもつRNAと特異的に結合し、その結果RNAは新規な三角形の構造をとる。これをまとめると、ステムループ構造のターミネーターRNAは、L-ヒスチジンと Mg^{2+} イオンにより活性化されたHutPの介在により、構造変化を引き起こし、アンチターミネーションに導かれる。すな

わち、RNAの構造変化が下流のhut構造遺伝子発現のスイッチをONにするものと推察される。

今日まで、アンチターミネーション、アテニュエーションなど細菌の転写制御に関する構造生物学的な研究の報告は2件のみである。しかも、タンパク質とRNAの複合体では、リガンド結合前と結合後の構造変化が調べられたことはない。今回の研究で明らかにされたアンチターミネーション形成機構は、細菌あるいは原核生物のアンチターミネーション、アテニュエーション機構を研究する上で役立つものと考えられる。また、バイオ分子スイッチの開発を含めた産業分野への応用にも結びつくものと期待される。

関連情報:

- 共同研究者: T. S. Kumarevel, 水野 洋 (NECソフト株式会社) .
- T. S. Kumarevel, Z. Fujimoto, P. Karthe, M. Oda, H. Mizuno, P. K. R. Kumar: Structure, Vol. 12, p. 1269-1280 (2004) .
- T. S. Kumarevel, S. C. B. Gopinath, S. Nishikawa, H. Mizuno, P. K. R. Kumar: Nucleic Acids Res. Vol. 32, p. 3904-3912 (2004) .
- T. S. Kumarevel, H. Mizuno, P. K. R. Kumar: Nature, Vol. 434, p. 183-191 (2005).

愛・地球博に展示会統合情報支援システムを提供

CONSORTS アーキテクチャの実用化

従来から研究開発を進めてきた CONSORTS アーキテクチャを実用化し、「愛・地球博」(EXPO 2005 AICHI JAPAN) のテーマ館「グローバル・ハウス」で、展示会向けの統合情報支援システムとして提供している。このシステムでは、来場者への自動音声ガイドと、人流データの解析による会場の運営支援を同時に実現した。

Based on CONSORTS architecture, we have realized an integrated information service system for the Global House which is a theme pavilion of EXPO 2005 AICHI. The system provides several kinds of information services including 1) audio content delivery about exhibits, and 2) exhibition management service by human flow analysis such as popularity analysis about exhibits and re-planning of exhibit locations, with composing several information service processes by ubiquitous service coordination. Visitors to the Global House can download audio content by a card-type terminal called Aimulet GH. A wireless IC tag is also embedded in the Aimulet GH that transmit the information about the visitor to infrastructure devices. The CONSORTS receives the data and invokes interpolation, data mining, and human flow simulation process in order to execute human flow analysis for marketing tasks.

車谷 浩一 Koichi Kurumatani

k.kurumatani@aist.go.jp

情報技術研究部門

マルチエージェントグループ 研究グループ長

CONSORTS チームメンバーと共に、ユビキタスサービス連携ならびに群ユーザ支援の概念を提唱し、それらを実現する CONSORTS アーキテクチャの研究に従事している。ユビキタスコンピューティング、マルチエージェント、社会シミュレーション、複雑系ネットワークなどに興味を持つ。



多種多様な情報サービスを分散して提供するユビキタス情報環境において、センシング・通信・コンピューテーションを統合し、ユーザである人・社会の必要性に応じて、適切なサービスを発見・選択・合成して提供するための基本システムとして、我々は協奏計算アーキテクチャ CONSORTS (コンソーツ) の設計・実装に取り組んでいる^{1,2)}。CONSORTS

では、サービスオントロジーを用いてプロセス(情報サービスの部品)を表現し、プロセスの直列結合と並列実行によってサービスを連携させ、ユーザの属性・選好・行動履歴などの状況に応じたサービスの連携を実現する。

例えば、展示会場でのコンテンツ配信・ナビゲーション(図1)を実現する場合、(1)位置・方向・流れに関するセンシング、(2)空間的位置関係の導出、(3)ナビゲーション計画の策定、(4)コンテンツ配信などのサービスを連携させ、「来

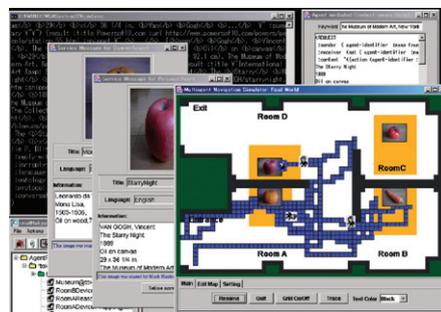


図1 コンテンツ配信・ナビゲーションサービス

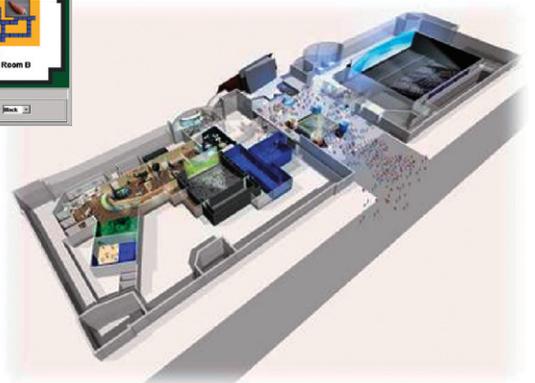


図2 愛・地球博グローバル・ハウス³⁾

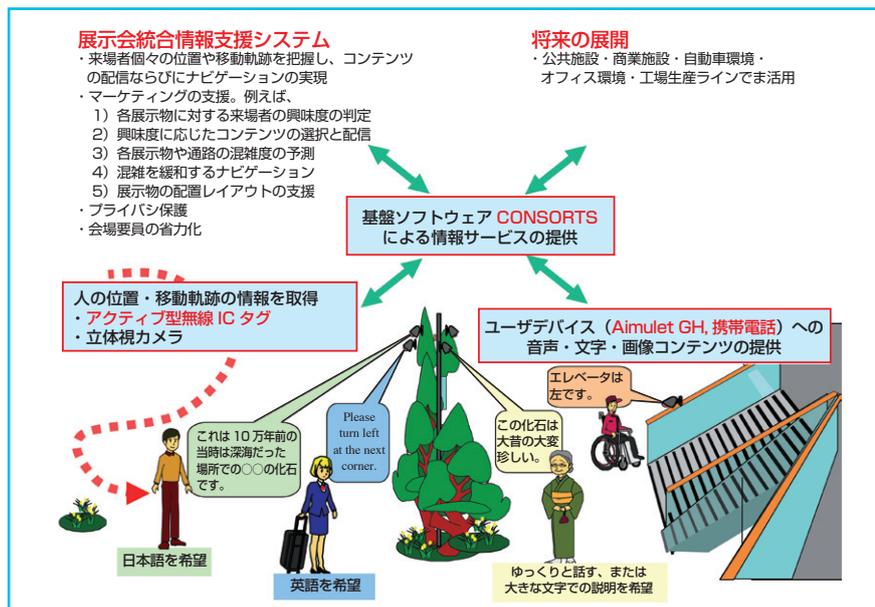


図3 CONSORTS アーキテクチャによる展示会統合情報支援システム



図4 カード型端末 Aimulet GH

り良いサービスの提供、サービスの改善、混雑・混乱の未然の回避、緊急時の誘導や救援などに役立つ公共的な基盤技術として重要性が高まっているが、その一方でプライバシーへの配慮の視点が不可欠である。今回のシステムでは、来館者は氏名・住所などの個人情報を登録する必要がなく、来館者のプライバシーは確保される。

このシステムの特徴として、

- 高い拡張性と柔軟性をもち、さまざまな規模・目的の空間に合わせた利用が可能
 - 大規模な公共空間で、個人のプライバシーを守りつつ、混雑回避・ナビゲーション・適切なサービスの提供が可能
 - データマイニングとシミュレーションを利用することで、より良いサービス提供のための流動解析・マーケティング支援が可能
 - 展示会における運営の効率化・必要人員の削減が可能
 - 災害などの緊急時に、緊急度・重要度を判定しながらの救援活動や、混雑緩和・安全な避難経路の誘導の支援などが可能
- があげられ、今後、公共施設・商業施設・工場生産ラインなどへの応用が考えられる。

場者の近くにおいて興味を持ちそうな展示物へ案内し、展示物を説明するコンテンツをユーザに自動的に配信する」というサービスの連携が実現できる。

このようなユビキタスサービスの連携を実現する CONSORTS を用いて、2005年3月25日に開幕した愛・地球博グローバル・ハウス (図2) において、展示会統合情報支援システムを提供している。このシステムでは、(1) 来館者への自動音声ガイドサービス、(2) 来館者の入出場管理・来館者の流動解析を行う展示会場の運営支援を同時に実現している (図3)。

来館者は、カード型情報端末 Aimulet (アイミュレット) GH (図4) を用いてサービスを受ける。Aimulet GHは音声ダウンロード機能、すなわち赤外線ですられてくる音声信号をそのまま太陽電池で電気信号に変換してスピーカーを鳴らす機能を持っている。バッテリーなどの電源が不要で、小型軽量 (カード状、厚さ5mm、重さ28g) という特徴がある。

また、Aimulet GH は、アクティブ型無線ICタグを内蔵しており、来館者の

情報を電波で送信することができる。CONSORTS アーキテクチャのセンシングサービスが、Aimulet GHに内蔵された無線ICタグからの情報をもとに、来館者の動きを検出・分析する流動解析を行い、(1) どの展示品に人気があるか、(2) 会場をどのようにレイアウトすれば混雑が緩和されるか、などの解析が可能となる。CONSORTS アーキテクチャのサービスとして実現された、(1) センシングデータの補間と推定、(2) 言語コンテンツの自動切り替え、(3) 来館者の行動を予測するマルチエージェント人流シミュレータ、(4) 来館者の行動パターンを推定するデータマイニングなどのサービスが必要に応じて呼び出され、来館者と展示会運営者の双方を同時に、シングルプラットフォーム上で支援するシステムを実現している。

このような来館者の流動解析は、よ

関連情報

- ¹⁾ Kurumatani, K. : Social Coordination with Architecture for Ubiquitous Agents - CONSORTS, Proc. of IAWTIC'2003 (Vienna) , Conference CDROM (2003) .
- ²⁾ <http://www.consorts.org>, <http://www.kurumatani.org>
- ³⁾ <http://www.expo2005.or.jp/jp/C0/C3/C3.5/C3.5.4/>

高効率の有機薄膜太陽電池

世界最高レベルのエネルギー変換効率を達成

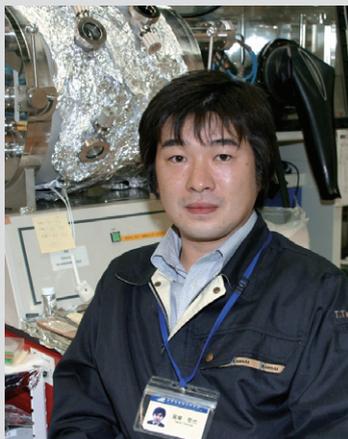
有機薄膜太陽電池は、低コストかつ低環境負荷の次世代太陽電池として期待されている。今回作製した p-i-n 接合*型有機薄膜太陽電池は、AM1.5 G*の擬似太陽光照射の下で約 4% と、有機薄膜太陽電池としては世界最高レベルのエネルギー変換効率を示すことが明らかになった。

The solar cell utilizing clean and inexhaustible solar energy is expected to be the major domestic energy source in future in view of preventing global warming. One of the most promising candidates is organic thin-film solar cell, which can be produced at a reduced manufacturing cost. We have found that introducing a nano-structured layer (i-layer) where organic semiconductor forms a 3-dimensional p-n junction at the molecular level into p-n junction interface of organic thin-film solar cell expands the practical photovoltaic layer to enhance the efficiency of light utilization. With the p-i-n type organic thin-film solar cell, a power conversion efficiency, 4 %, a world top level, has been achieved. Getting the perspective for upgrading the power conversion efficiency of organic thin-film solar cells in this way, is expected to accelerate the realization of low cost, lightweight and flexible plastic solar cells.

當摩 哲也 Tetsuya Taima
tetsuya-taima@aist.go.jp

太陽光発電研究センター
有機薄膜チーム 研究員

1993年東北大学工学部入学。有機非線形光学材料の結晶デバイス作製法の研究に従事し、2002年、東北大学 工学研究科博士課程後期 修了。産総研特別研究員、学振特別研究員を通して、有機薄膜太陽電池の研究開発に携わり、2005年 産総研 太陽光発電研究センター 有機薄膜チーム研究員となり現在に至る。実用レベルまでの高効率化を目指し、有機薄膜太陽電池の研究に従事。携帯や腕時計、カーウインドウなどにカラフルな有機薄膜太陽電池が応用できれば、太陽電池自体の新たなイメージが創出できるのではないかと期待している。専門：有機結晶成長、有機非線形光学材料、有機光電子材料、有機半導体デバイス等。



有機薄膜太陽電池は、現在普及しているシリコン太陽電池と同様に半導体としての機能に基づく固体型の太陽電池であり、30年以上の長い研究開発の歴史がある。有機薄膜太陽電池は有機ならではの特徴として、軽い、柔らかい、カラフル、低コストという特徴を持ち、従来のシリコン系ではできない用途、つまりウェアラブルやユビキタスといった身近なもののバッテリー源としての利用が期待されている(図1)。しかし、エネルギー変換効率は1%程度からなかなか向上しないため長いこと研究開発の停滞が続き、何らかのブ

レックスルーによるエネルギー変換効率の向上が期待されてきた。

最近では、有機薄膜太陽電池と類似した構造の発光素子である有機EL素子がすでに実用化されており、実用化研究の中で有機半導体デバイスに関するさまざまな知見が蓄積され、そうした知見の有機薄膜太陽電池への応用が活発化している。また、サッカーボール型分子として脚光を浴びたフラーレン(C60)が優れた n型有機半導体として機能することが明らかになり、有機薄膜太陽電池が復活するための条件が整いつつある。

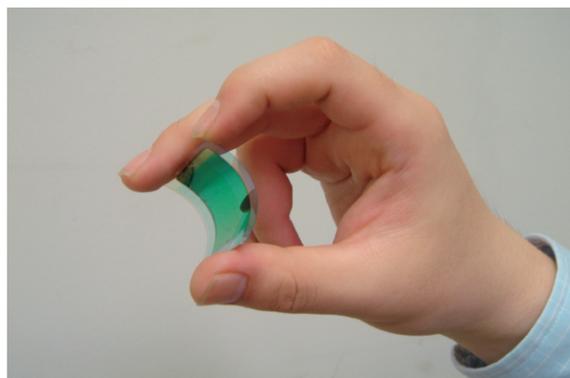


図1 軽く、柔らかく、カラフルな有機薄膜太陽電池

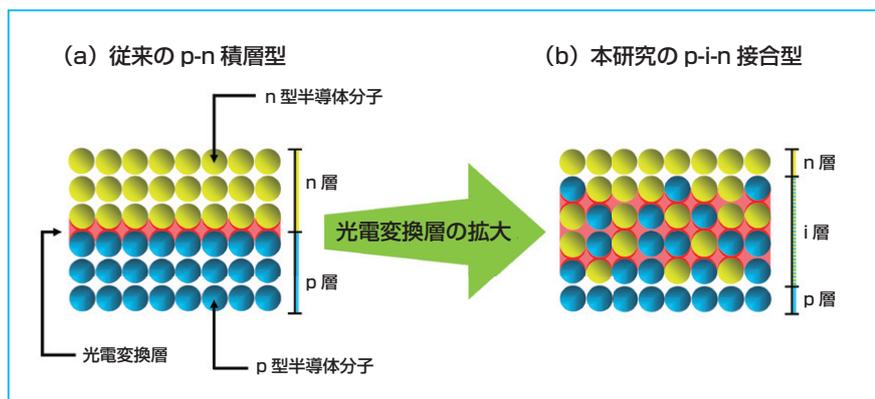


図2 p-n 接合へのナノ構造層 (i 層) の導入による分子 p-n 接合界面の増大

なぜ、有機薄膜太陽電池はこれまで高い効率を出すことができなかったのか？これまでの有機薄膜太陽電池では、有機半導体で形成されるp-n接合の光電変換層の厚みが数ナノメートル（1ナノメートルは10億分の1メートル）程度しかないため、従来型の単純積層型太陽電池（図2 a）では光の利用効率が悪く、大きな光電流を取り出すことができなかった。このため有機薄膜太陽電池のエネルギー変換効率を向上させるには、“光電変換層の拡大による光の利用効率の改善”が鍵とされていた。

今回われわれは、有機半導体が分子レベルで3次元的なp-n接合を形成するナノ構造の相互作用層 (i層) をp-n接合界面に新たに導入することで、分子レベルでのp-n接合形成を可能とするナノp-n接合が多数形成され、光電変換層を拡大できることを見出した(図2 b)。

先に述べた高性能n型有機半導体であるフラーレン (C60) と、新幹線の塗料などに使われる汎用材料であるp型有機半導体亜鉛フタロシアニン (ZnPc) を用い、真空蒸着によってデバイスを作製した。ZnPcとC60で形成されるp-n接合界面にZnPcとC60を混合したナノ構造層 (ZnPc : C60=i層) を導入してp-i-n接合型有機薄膜太陽電池を作製したところ (図3)、そのエネルギー変換効率は約4%を示した。これはAM1.5 G

の擬似太陽光の下で評価した有機薄膜太陽電池としては最高レベルの値である。

この研究開発の成果は、有機半導体層のトータルの膜厚が50ナノメートル（約50分子層の厚さ）という薄い状態でも高いエネルギー変換効率の太陽電池

特性が得られることを明らかにしたもので、単位膜厚当たりには換算すると、これは無機材料も含めた全太陽電池の中でも最高の値である（他の太陽電池は厚さがマイクロメートルのオーダーとなり、1000倍以上も厚い）。今回開発した有機薄膜太陽電池では、その薄さのためにまだ多くの光が利用されていない状態であり、タンデム化によってさらに光の利用効率を向上させることで、今後エネルギー変換効率の大幅な改善が可能になるものと期待される。

このように、有機薄膜太陽電池のエネルギー変換効率の高効率化の目途が立ったことは、プラスチックフィルム太陽電池の実現を大きく加速するものである。

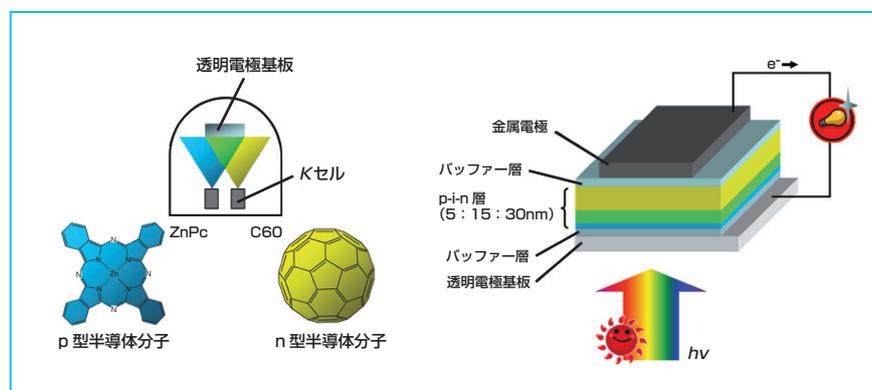


図3 この研究で使用した半導体材料と真空蒸着によるデバイス作製法、p-i-n 接合型有機薄膜太陽電池のデバイス構造図

用語解説*

- ◆ p-i-n 接合：シリコン系太陽電池では、真性半導体の層を間に挟んで p-n 接合を形成することにより、p-n 接合の実効的な幅を拡張したもので、i は真性 (intrinsic) の略からきている。
- ◆ AM1.5 G：太陽電池のエネルギー変換効率を求める際に用いられる、太陽光を模した標準的な光源から出る光のスペクトルの呼称。測定に用いる光のスペクトルが AM1.5 G と異なっていると、太陽電池としてのエネルギー変換効率に誤差が生じる。

関連情報：

- T. Taima, M. Chikamatsu, Y. Yoshida, K. Saito, and K. Yase : Applied Physics Letters Vol. 85, no. 26, p. 6412-6414 (2004) .
- 斉藤 和裕, 當摩 哲也, 近松 真之, 原 浩二郎, 吉田 郵司, 八瀬 清志: 応用物理 第 73 巻, 第 12 号, p. 1525-1530 (2004) .
- 日本経済新聞, 毎日新聞, 日経産業新聞, 日刊工業新聞掲載 : 2005 年 1 月 28 日 .
- 共同研究者 : 八瀬 清志, 斉藤 和裕, 原 浩二郎 .

光触媒断熱薄膜の建築物窓ガラスへの応用

室内環境を快適に保ち、省エネルギーに

断熱機能と光触媒機能を同時に発現する $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2:\text{F}$ 積層膜の開発を行っている。スパッタリング法によって形成される TiO_2 薄膜の極表面の近くに所望の電子構造を持たせることにより、きわめて高い光触媒活性を発現できる。この積層膜を省エネルギーガラスに応用すると、極寒地域においても暖房の負担を大幅に低減でき、同時に室内環境を快適に保つことができると期待される。

Our group is developing multifunctional $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2:\text{F}$ stacked-films with both photocatalytic and low-emittance properties. The thin-films of TiO_2 are formed on $\text{SnO}_2:\text{F}$ -coated glass substrates by reactive magnetron sputtering under various deposition conditions. Control of the electronic structure in the near-surface region is the key to obtaining excellent photocatalytic performance, which is confirmed by low-energy electron energy loss spectroscopy in the core electron excitation regions. The application of these films to energy-efficient-windows allows the possibility for reducing the energy load of the heating system and making the living space comfortable.

寒冷地域において、太陽光の熱は取り入れ、室内暖房の熱は逃がさない複層の低放射率 (Low-e) 窓ガラスの普及が目覚ましい。一般に、Low-e膜材料としてはAg膜をZnO膜で挟んだ積層膜が用いられるが、Ag膜は酸化によって劣化しやすいため、複層ガラスの内側にコーティングされる。また、Ag膜に比べてLow-e特性は劣るものの耐久性が非常に優れていることから、Fドープされた SnO_2 ($\text{SnO}_2:\text{F}$) などの透明導電膜も、単板Low-eガラス用として使わ

れている。しかし、北欧などの極寒地域では、従来の複層Low-eガラスを上回る断熱性能が求められており、ガラスを三層にしたりLow-e膜を二重にするなどの技術が試みられている。

一方、光触媒 TiO_2 薄膜をコーティングした窓ガラスの実用化が始まっている。光触媒ガラスは、太陽光の紫外成分を吸収して、ガラス表面に付着した汚れ物質を光触媒反応によって分解したり、超親水化現象によって汚れ物質を洗い流してしまうものである。この

岡田 昌久 Masahisa Okada
m-okada@aist.go.jp

サステナブルマテリアル研究部門
環境応答機能薄膜研究グループ 研究員

各種の機能性薄膜（光触媒機能、断熱機能、クロミック機能）に関する研究に従事している。具体的には、多機能化を目指した薄膜積層技術や光触媒の可視光応答化を目指した表面改質技術の開発とともに、薄膜材料の表面・界面物性に関する研究にも携わっている。今後は、新規な遷移金属酸窒化物薄膜を創製し、その物性探索を行いたいと考えている。

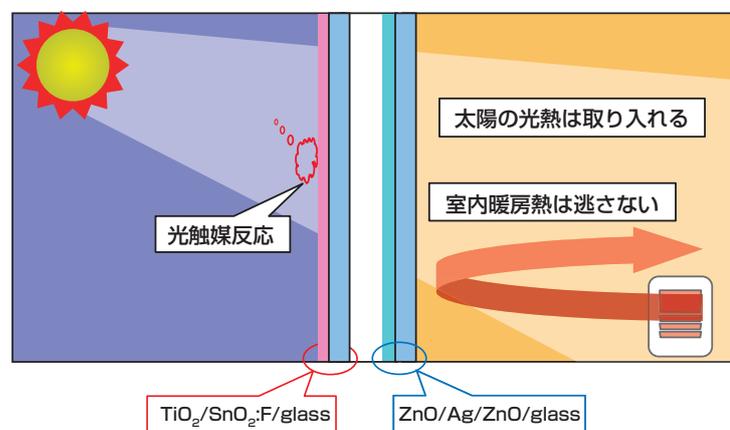
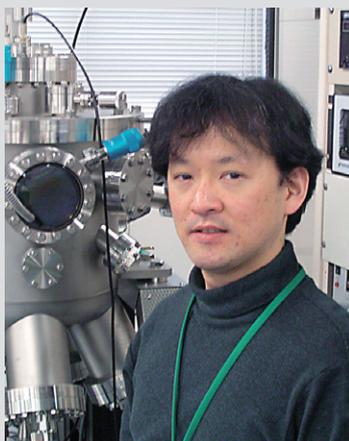


図1 光触媒断熱ガラスの概略

太陽光の紫外成分は吸収して光触媒反応を起こし、太陽光の可視成分と近赤外成分は室内に取り入れる。暖房熱や室内熱などの遠赤外成分は逃さない。

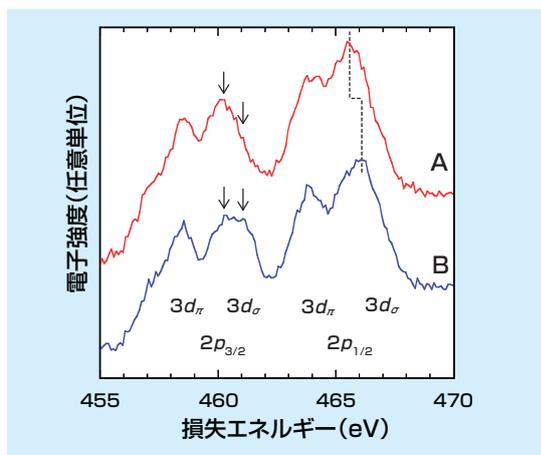


図2 TiO₂/SnO₂:F積層膜の内殻電子励起LEELSスペクトル
Ti 2p_{1/2}、Ti 2p_{3/2}内殻電子軌道からTi 3d_π、Ti 3d_σ非占有軌道への電子遷移に対応する。試料Aの方はアナターゼ型、試料Bの方はルチル型の電子構造に特有なスペクトルである。

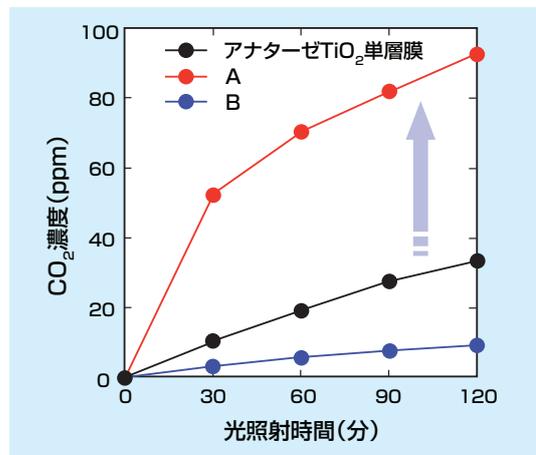


図3 光触媒活性の測定結果
アセトアルデヒドガスの分解によって生成されるCO₂濃度の照射時間依存性を示す。

作用により、ガラスの美観が長期間維持されるだけでなく、極寒地域では窓ガラスに着雪しにくくなるため、室内暖房の熱が窓ガラスの冷気によって逃げてしまうのを抑えることができると期待される。

こうした背景をふまえてわれわれは、図1に示すように、複層Low-eガラスの室外側にTiO₂/SnO₂:F積層膜をコーティングして、従来よりも高い断熱性能と光触媒性能を同時に発現させる技術の開発を行っている。

TiO₂/SnO₂:F積層膜の可視光透過特性を損ねないためには、TiO₂膜厚を40nm以下にする必要があるが、この場合は下地のSnO₂:F膜のルチル型結晶構造にならって、TiO₂膜もルチル構造もしくはルチル・アナターゼ混合構造になりやすい。しかし、光触媒反応の場であるTiO₂薄膜の表面は、活性の大きいアナターゼ型の電子構造をもつことが望ましい。われわれは、工業的に広く用いられている反応性スパッタリング法により、SnO₂:F膜がコートされたガラス基板上に、種々の成膜条件で40nm厚のTiO₂薄膜を作製した。さらに、内殻電子励起・低速電子エネルギー損失分光 (LEELS) 法を用いて、こ

れらの試料の極表面近傍の電子構造を調べ、光触媒特性との相関を明らかにした。

内殻電子励起LEELS法は、内殻準位から伝導帯への電子励起領域の損失スペクトルを測定することにより、薄膜試料の極表面近傍 (深さ2 nm まで) の電子構造に関する知見を得る手法である。また、特別な試料加工を必要とせず、試料をいったん大気に暴露した後や光触媒測定を行った後でもスペクトルが得られるため、光触媒特性と電子構造との相関を直接に調べることができる。図2に、TiO₂/SnO₂:F積層膜のLEELS測定例を示す。

多くの場合、試料Bのようなルチル構造もしくはルチル・アナターゼ混合構造を反映したスペクトルになるが、成膜中の基板温度、成膜圧力および酸素分圧を最適化することにより、試料

Aのようなアナターゼ構造を反映したスペクトルが得られた。アセトアルデヒドガスの分解試験による光触媒活性の測定を行ったところ (図3)、試料Aは、非常に高い活性を示した。さらに、同一膜厚のアナターゼTiO₂単層膜と比べても、格段に優れていることに注目しており、現在その要因を検討中である。

以上のように、TiO₂/SnO₂:F積層膜の極表面近傍に所望の電子構造を持たせることにより、きわめて高い光触媒活性を発現できる。このTiO₂/SnO₂:F積層膜を従来の複層Low-eガラスの室外側にコーティングすることにより、極寒地域でも暖房の負担を大幅に低減でき、同時に室内環境を快適に保つことができる。このようなガラスが実現できれば、地球温暖化防止にも大きく寄与することが期待される。

関連情報:

- 共同研究者: 吉村和記, 田澤真人 (サステナブルマテリアル研究部門) .
- M. Okada, Y. Yamada, P. Jin, M. Tazawa, K. Yoshimura : Thin Solid Films, Vol. 442, pp. 217-221 (2003) .
- M. Okada, P. Jin, Y. Yamada, M. Tazawa, K. Yoshimura : Surf. Sci., Vol. 566-568, pp.1030-1034 (2004) .
- 特願 2002-074432 「光触媒機能と低放射率特性を併せ持つガラス基材及びその製造方法」 (岡田昌久, 吉村和記) .

新規ナノポーラス材料を電極に応用

リチウム2次電池のパワー密度を2桁向上

最近開発した結晶性ナノポーラス酸化物をリチウム2次電池の電極（負極）にすることにより、ナノサイズで配向された細孔（ナノチャンネル：直径=5nm）を通してリチウムイオン（Li⁺）と電解液の電極内部への移動を容易にした。また、Li⁺が膨大な表面積をもつ微細管に吸着する特性により、スーパーキャパシタ機能を発現させ、従来のリチウム2次電池と同程度のエネルギー密度を維持した上で、パワー密度が2桁以上向上することを確認した。さらにこのナノチャンネルを形成するフレームワークに電子伝導性機能を持たせることで、充・放電特性がより向上することも確認した。

A newly developed crystalline-glass mesoporous nanocomposite (CGMN) TiO₂-P₂O₅ has been applied to a negative electrode of lithium rechargeable battery. The transport of lithium ions (Li⁺) and electrolyte solution is facilitated by oriented nano-channel structures. The chemical adsorption/desorption of lithium ion at enormous surface area of the nano-channels realizes super-capacitor function to ensure high energy density as comparable to conventional lithium rechargeable batteries and to upgrade the power density by two orders of magnitude or more. Furthermore, providing electronic conduction property to the framework by incorporating electronic conductive oxides into the framework of TiO₂-P₂O₅ CGMN significantly improves charge-discharge characteristics.

周 豪慎 Zhou Haoshen

hs.zhou@aist.go.jp

エネルギー技術研究部門
ナノエネルギー材料グループ 主任研究員

1985年中国南京大興理学院固体物理学科卒業。1994年東京大学大学院化学工学専攻修了、工学博士。同年理化学研究所基礎科学特別研究員。1997年通商産業省工業技術院電子技術総合研究所研究員、翌年同所主任研究員。現在、独立行政法人産業技術総合研究所主任研究員 / 独立行政法人科学技術振興機構（JST）さきがけ研究21兼任。今はナノ構造材料をベースとした半導体MIS型環境検出センサー、光導波路環境検出センサー、バイオセンサー、リチウム2次電池、スーパーキャパシタ、色素増感型太陽電池などについて研究を行っている。



クリーンなエネルギー源として、燃料電池や2次電池を電源とする電気自動車世界的に注目されている。しかし、出力（瞬発パワー）密度の小さい燃料電池あるいは2次電池だけを動力源とする場合、十分な加速性能や登坂性能を得ることは難しい。このため、補助電源を搭載したり燃料電池や2次電池自体の瞬発パワー密度（W/kg）の大幅な向上が必要である。高瞬発パワー密度と長時間持続する高エネルギー密度を同時に備えた蓄電機器が開発されれば、自動車以外にもノート型パソコンや携帯

電話などさまざまな先端技術分野において広範な利用が期待される。しかし、このような2つの性能を同時に満たすリチウム2次電池の実現は、電極材料が存在しないため困難と考えられていた。

われわれは、最近開発した結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料¹²⁾リチウム2次電池の電極（負極）として使用すると、ナノサイズで配向されたナノチャンネルを通して、Li⁺と電解液が電極内部へ容易に移動することを確認した。さらに、Li⁺が膨大な表面積をもつ多孔質電極材料に吸着する現象を利用

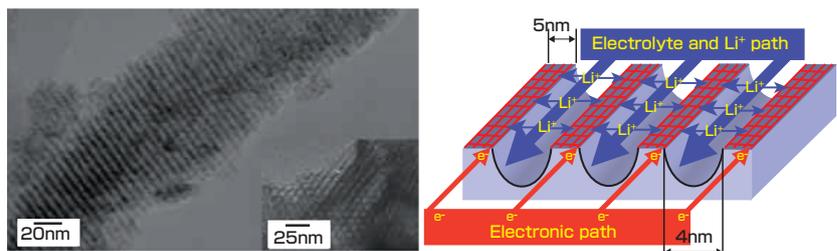


図1 三次元構造を持つ微結晶TiO₂-P₂O₅ナノポーラス材料の透過電子顕微鏡写真（左）とイオンの輸送経路と電子の伝導経路の両方をもつイメージ（右）

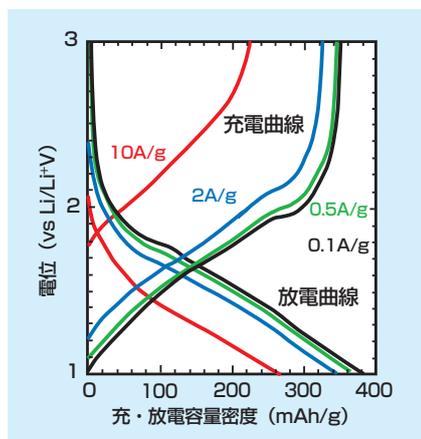


図2 結晶性金属酸化物複合ナノポーラス $\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ 材料の定電流充・放電特性

して、スーパーキャパシタ特性をもつことも発見した。これらの特徴により、パワー密度は従来のリチウムイオン2次電池に比べて2桁以上も大きくなった。また、このナノチャンネルを形作るフレームワークに Li^+ の輸送経路と電子の伝導経路が共存する機能を持たせると(図1)、充・放電特性がさらに向上することも確認した³⁾。

次に結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料($\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$)を、リチウム2次電池の電極として評価した。活物質アナターゼ TiO_2 のもつ最大理論容量は 165mAh/g である。しかし、電流密度 0.1A/g での定電流の充・放電容量はこの最大理論容量をはるかに越えている上に、可逆的に充・放電できる容量も 370mAh/g まで達することを確認した(図2黒線)。これは、 Li^+ のアナターゼ TiO_2 への酸化還元容量だけでは説明できず、結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料($\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$)のナノ細孔の表面に Li^+ が化学的に吸着されることを示しており、この吸着特性がスーパーキャパシタの特徴になっている(図3赤線)。このように酸化還元容量と吸着容量を同時に実現できるので、スーパーキャパシタ機能をもつリチウム2次電池の実現が可能になる。

この電極材料は、充・放電の電流

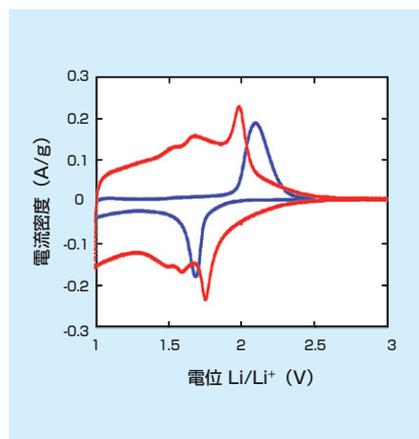


図3 結晶性金属酸化物ナノポーラス TiO_2 と従来の TiO_2 の CV 曲線

密度(パワー密度に相当)を 0.1A/g から 10A/g まで2桁増やしても、依然約 270mAh/g 程度の高い充・放電容量密度(エネルギー密度に相当)を維持している(図2赤線)。サイクル特性(繰り返しの充・放電に対する耐久性)も大幅に改善され、 10A/g の電流密度で充・放電すると、 200 サイクル目に 195mAh/g 、 800 サイクル目でも 160mAh/g という容量をもち、耐久性でも優れた電極材料であることを確認した。これらの結果により、瞬発パワー密度も従来の電池に比べて約2桁アップすることが確認された。

さらに、結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料のフレームワーク中に存在するガラス相 P_2O_5 に電子伝導性をもつ機能性物質 CuO あるいは SnO_2 をドーピングし、電子伝導性をもつ多元結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料($\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CuO}$ と $\text{TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-SnO}_2$)を電極と

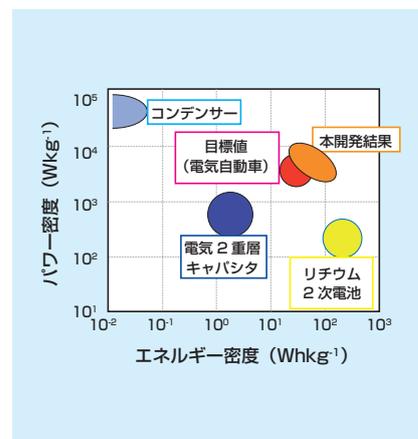


図4 結晶性金属酸化物ナノポーラス材料のエネルギー密度とパワー密度の位置づけ

した電池は、電子伝導性が改善されるため、より高い電流密度(パワー密度に相当)でも高い充・放電容量密度(エネルギー密度に相当)を維持することを確認した³⁾。

この結晶性金属酸化物複合ナノポーラス材料を負極として用い、 4V 級の正極材料と組み合わせて実用電池とした場合、電解液、ケースなどの重さを考慮しても、持続エネルギー密度、瞬発パワー密度は、すでに自動車用蓄電機器がめざす開発目標をほぼ達成したことになる(図4)。

今後、他の電極材料についても、ナノチャンネル構造を導入して、グラファイト結晶性をもつナノポーラスカーボンやナノポーラスリン酸鉄リチウムを開発し、電池への応用を試みる予定である⁴⁵⁾。また、実用化を進めるためには、この材料の大量合成技術と低コスト化が課題である。

関連情報:

- ¹⁾ 周豪慎: AIST Today, NO.4, p.13 (2004) .
- ²⁾ Donglin Li, Haoshen Zhou, Itaru Honma, Nature Materials, Vol.3, 65-72, (2004) .
- ³⁾ Haoshen Zhou, Donglin Li, Mitsuhiro Hibino, Itaru Honma: Angew. Chem. Int. Ed. Vol.44, 797-802, (2005) .
- ⁴⁾ Haoshen Zhou, Shenmin Zhu, Mitsuhiro Hibino, Itaru Honma, Masaki Ichihara: Adv. Mater. Vol.15, 2107-2111, (2003) .
- ⁵⁾ Shenmin Zhu, Haoshen Zhou, Toshikazu Miyoshi, Mitsuhiro Hibino, Itaru Honma, Masaki Ichihara: Adv. Mater. Vol.16, 2012-2017, (2004) .

低分子有機物の強誘電体材料を開発

優れた誘電特性をもつ酸・塩基型強誘電体

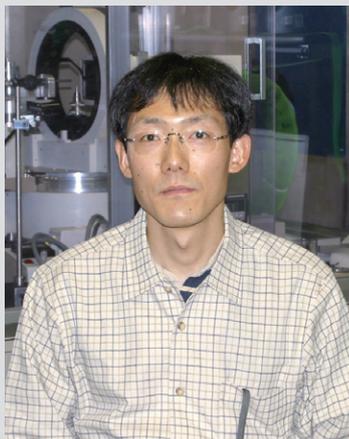
有機強誘電体は、有機エレクトロニクス材料などへの応用でニーズが大きいが、特に低分子のみの材料は、無機物やポリマに比べると、ほとんど未開拓であった。今回、酸と塩基の二成分の分子を組み合わせる新手法により、きわめて高い誘電率を示す「チタン酸バリウム」タイプの有機強誘電体の開発に成功した。

Ferroelectrics are important industrial materials which are widely used for electronic applications such as nonvolatile memories, piezoelectric elements, actuators, insulating films for field effect transistors. Material design and synthesis of low-molecular-weight organic ferroelectrics, though unexplored field in comparison with inorganic or polymer ferroelectrics, have been desired to realize these excellent functions flexibly in lightweight materials. Recently, we have achieved completely new approach to ferroelectricity using molecular compound, in which 2 species of π -electron molecules are bounded by hydrogen bonds. The present ferroelectrics possess outstanding properties; spontaneous polarization which can be reversed in a low field approximately 1/100 of that required for polymers and huge permittivity reaching as much as 2,000-3,000.

堀内 佐智雄 Sachio Horiuchi
s-horiuchi@aist.go.jp

強相関電子技術研究センター
強相関有機エレクトロニクスチーム 研究員

京都大学理学研究科において、ヘテロ環化合物を電子材料として用いた分子性導体の開発に従事し、学位を取得。アトムテクノロジー研究体（JRCAT）では、電荷移動錯体における中性-イオン性相転移（協奏的 π 電子移動）や分子変形を利用した誘電体材料の開発研究に携わり、分子修飾などを駆使して量子常誘電体やリラクサーといった特異な誘電現象をもつ有機物を発見した。入所後は、分子化合物を用いた有機強誘電体の低分子材料の開発に取り組み、現在に至る。今後も、有用な機能性をもつ斬新な π 電子系有機固体の開発研究に精力的に取り組んでいきたい。



強誘電体とは、外部から電場を加えていなくても物質が局所的に正電荷と負電荷を帯びた部分に分かれた電気双極子を持ち、しかも電気双極子の向きを電場に応じて反転させることができる物質をさす。チタン酸バリウムや鉛系の酸化物、亜硝酸ナトリウムといった無機材料が有名である(図1)。強誘電体は、従来のキャパシタへの応用に加え、不揮発性メモリや、圧電素子、アクチュエーター、電界効果トランジスタの絶縁体といったエレクトロニクス材料のほか、非線形光学材料など、応用・実用例があり、多様な可能性を持っている。特に、強誘電特性を直接利用

するメモリ (FRAM) への応用をめざして、近年、急速に開発が進められている。こうした有用な機能を軽量・フレキシブルな有機材料として実現する上で、有機の強誘電体材料の開発は重要である。

強誘電性を示す有機固体としては、ポリフッ化ビニリデンなどのポリマ材料がよく知られている。強誘電性ポリマは、置換基が主鎖を軸に回転し分極の反転を担うが、メモリなどへの応用の際にはきわめて高い駆動電圧が要求されるという欠点を持つ。より優れた特性を発現する有機強誘電体の開発に向けては、低分子系も含めた幅広い

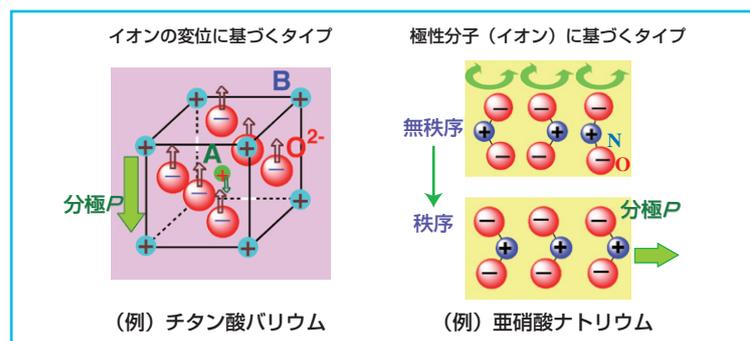


図1 強誘電体のタイプ

材料とその開発手法の確立が望まれるが、低分子系強誘電体は、そもそもチオ尿素など極性分子の材料としてはわずかに数例があるのみであった。

この研究では、強誘電性に必要な極性構造を構築するのに、分子そのものの極性を用いた従来の手法に代わって、異種分子の相対的な変位が利用できる多成分系に基づいた新たなアプローチを用いた。同様の手法として、電子ドナーとアクセプターからなる電荷移動錯体を用いた研究開発では、材料の伝導性、特に室温付近での大きな誘電損失が強誘電性の実現にとって大きな障害となっていた。

そこで、我々は図2に示すような、酸-塩基による水素結合性の分子化合物に着目した。酸として、水酸基が強い酸性を示すジヒドロキシ-p-ベンゾキノロン類（クロラニル酸 (H_2ca) またはブロマニル酸 (H_2ba)), 塩基として、ベンゼン環にH+受容基の窒素原子を組み入れたフェナジン (Phz) を用いて、

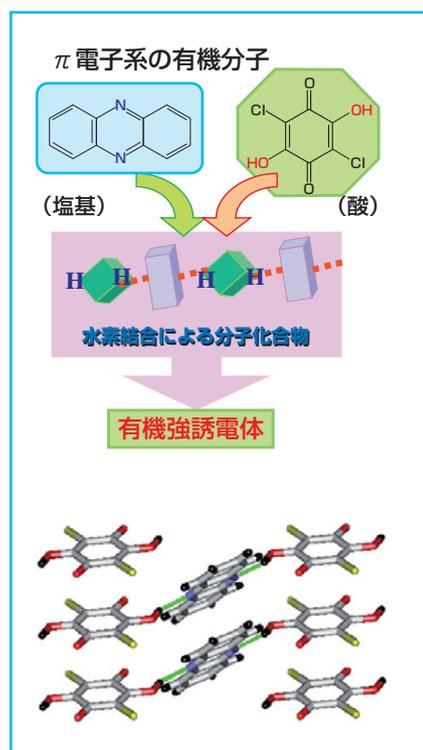


図2 有機強誘電体材料の作成と分子配列

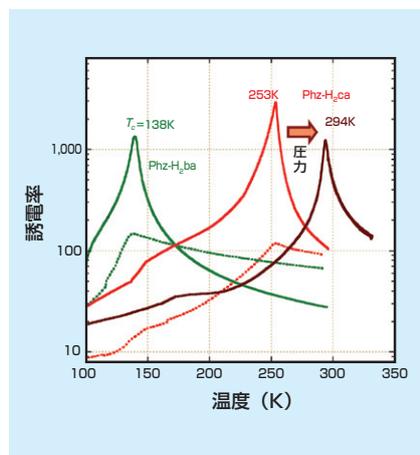


図3 誘電率の温度依存性 電場は分極軸に平行 (実線) または垂直 (点線) に印加

1:1の分子化合物を作成した。酸と塩基の二成分の分子はいずれもπ電子系であり、一次元の水素結合ネットワークを形成している。図3に、Phz- H_2ca とPhz- H_2ba 単結晶試料の誘電率の温度特性を示した。Phz- H_2ba では、転移温度は138Kと低いが、分子サイズのより小さいCl置換体のPhz- H_2ca では、転移温度を253Kまで向上することができた。それにより室温での誘電率は100を超え、従来の純有機強誘電体に比べきわめて高い値を持つ。特に相転移温度では、誘電率は急激に増加し、3000に近い巨大誘電率が実現できた。このPhz- H_2ca 結晶に約6000気圧の圧力を加えると、相転移温度をさらに室温にまで引き上げることもできた。

相転移温度以下では、図4のような分極-電場履歴曲線が観測できた。Phz- H_2ca では160Kにおいて、図中 P_r で示す残留自発分極の大きさは、約0.7~0.8 $\mu C/cm^2$ と比較的大きな値を示した。

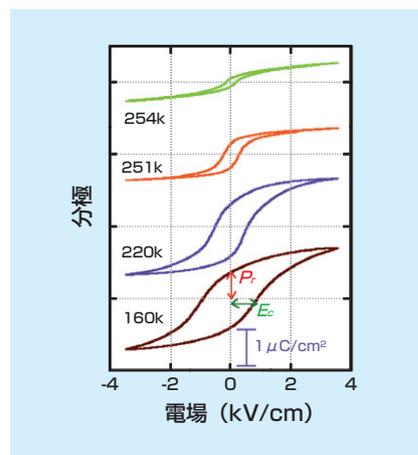


図4 フェナジン-クロラニル酸 (Phz- H_2ca) 結晶の分極-電場履歴曲線

また、分極反転に要する電場 (図中の E_c) は約0.8kV/cmと強誘電性ポリマに比べて約2~3桁も小さく、メモリとしての利用の場合には駆動電圧を大きく低減できることが期待される。

なお、相転移温度以上では、酸、塩基の各分子は中心対称を持ち、分子は極性を持たない。一方、転移温度以下では、分子の重心位置が少しだけ変化 (変位) し、ごく僅かな分子骨格の変形を伴って、中心対称を持たない結晶構造へと変化する。これはチタン酸バリウム (図1) と同様、変位型のタイプである。従来の変位型の強誘電体がイオンの変位により分極を発生させるのに対して、この強誘電体では、電気的にほぼ中性の分子が変位し、しかも分子そのものの極性もきわめて小さいままである。このように、観測された大きな自発分極の起源をいかに説明するかという点は、今後の課題である。

関連情報：

- S. Horiuchi, F. Ishii, R. Kumai, Y. Okimoto, H. Tachibana, N. Nagaosa, Y. Tokura: Nature Materials, Vol. 4, No. 2, 163-166 (2005) .
- 特願 2003-320695 「強誘電体物質」 (堀内佐智雄、熊井玲児、十倉好紀)
- 日経産業新聞、日刊工業新聞：2005年1月24日
- <http://unit.aist.go.jp/cerc/index.html>

究極の連続波光源を求めて

光パラメトリック発振器で発生する任意波長の光

「光周波数シンセサイザ」の実現を目指し、広帯域周波数可変光源としての連続波光パラメトリック発振器 (cw-OPO) の開発を進めている。酸化マグネシウムを 5% ドープしたニオブ酸リチウム結晶を用いた 777 nm から 1687 nm にわたる 1 オクターブ以上の光の発振が得られた。また Cs-D₂ 線 (852.357 nm) からのドップラー効果で広がった蛍光を観測することで、一般に同調が難しいと考えられてきた cw-OPO を必要とされる波長に正確に同調できることを確認した。今後の課題は、光コムに位相同期した cw-OPO を行い、さらに超高分解能の分光を行うことである。

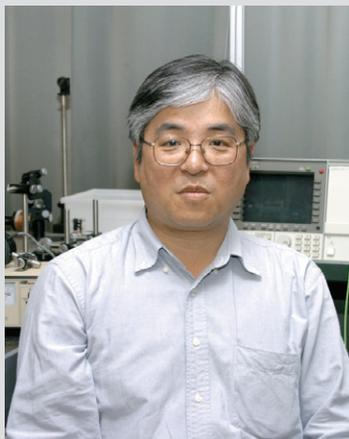
We are developing a continuous-wave (cw) optical parametric oscillator as a tunable cw light source used in an optical frequency synthesizer. The tuning range from 777 nm to 1687 nm was obtained with a 5% MgO doped LiNbO₃ as a nonlinear crystal. The Doppler broadened fluorescence profile of the Cs-D₂ line (852.357 nm) was observed and we could demonstrate the tunability to arbitrary wavelength. The next target is the high-resolution spectroscopy of atoms and molecules with a cw-OPO phase-locked to an optical comb.

池上 健 Takeshi Ikegami

t.ikegami@aist.go.jp

計測標準研究部門
時間周波数科 時間標準研究室 室長

1987年に工業技術院計量研究所に入所して以来、光ポンピング方式によるセシウム原子周波数標準器、半導体レーザーの周波数安定化、セシウム原子のレーザー冷却、原子泉方式の周波数標準器、高出力 Nd:YAG レーザ、連続波光パラメトリック発振器と光周波数コム発生器を利用した光周波数計測などに従事してきた。将来は、原子周波数標準器、極低位相雑音サファイア発振器、光コム、連続波光パラメトリック発振器をすべて組み合わせることで初めて実現可能となる「光周波数シンセサイザ」を武器として、超高分解能分光技術により基礎物理定数の決定・物理法則の検証などに寄与していくのが夢である。



モード同期レーザーや光結晶ファイバー技術の進歩により、1オクターブ以上にわたる広い帯域で周波数の絶対値が確定した櫛(コム)状のスペクトル、すなわち光コムを発生することができるようになり、光周波数の絶対計測に使われるようになった^{1, 2)}。しかし、光コム1本当たりのパワーはnW (ナノワット)程度であるため、各コムを連続波 (Continuous-wave, cw) レーザーとして用いることは困難である。もし、光コムと同程度のスペクトル域にわたって周波数が可変で、その周波数を一本の光コムに位相同期できるcw光源があれば、より広範な光コムへの応用も可能になる。このような、精密な光コムとその1本を抽出して増幅する連続波光源からなる安定なシステムが実現できれば、「光周波数シンセサイザ」または「光スイープジェネレーター」などと呼

ぶことができるだろう¹⁾。

こうしたシステムができれば、学術的には多様な原子・分子の分光・操作や基礎物理定数の決定、また、周波数標準、長さ標準や光パワー標準などの標準への応用、より実用的には大気中の極微量のガスや汚染物質の計測などさまざまな精密計測への応用も可能となり、現在、多種多様なレーザーを用いて実現されている精密計測用光源を単一の原理に基づく光源システムに置き換えることができる。

最近では特に、半導体レーザー励起ヤグ (Nd:YAG) レーザの進歩が著しく、きわめてスペクトルの線幅が狭く、出力が大きなものが市販でも入手できるようになってきた。その一方で、高出力の光を照射しても損傷を受けにくい高品質な非線形光学結晶が次々と開発され、光の第2高調波の発

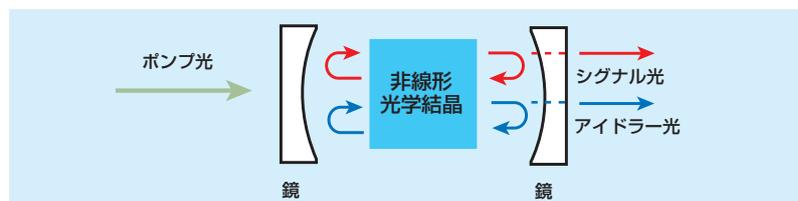


図1 連続波光パラメトリック発振器の原理

鏡を向かい合わせた共振器の内部に非線形光学結晶を設置し、ポンプ光(周波数 ν_p)を結晶に照射すると、 $\nu_p = \nu_s + \nu_i$ を満たす2つの周波数(それぞれシグナル光とアイドラー光と呼ばれる)で発振する。

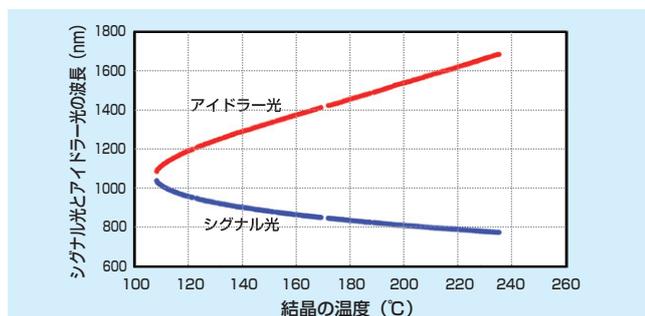


図2 連続波光パラメトリック発振器の温度同調曲線

結晶温度を108℃から235℃まで変化させることで、777 nmから1687 nmの1オクターブ以上にわたる光を発生させることができた。ある温度においてシグナル光（青色の線）とアイドラー光（赤色の線）が一緒に発振する。

生、和周波数の発生、差周波数の発生など、光の周波数変換が非常に効率よく行えるようになってきている。これらを考えると、レーザー光源としては1064 nmで発振する高品質のNd:YAGレーザーあるいはその第2高調波である532 nmの光だけを用い、それ以外の波長は非線形光学結晶を用いた波長変換で出せばいいのではないかという考えが浮かんでくる。

このような発想から、われわれは連続波光パラメトリック発振器（Continuous-wave Optical Parametric Oscillator=cw-OPO）の研究を進めている。

OPOの原理を図1に示す。非常に広い波長域で反射率の高い鏡を向かい合わせた「共振器」の中に非線形光学結晶を設置し、ポンプ光（波長 λ_p 、周波数 $\nu_p=c/\lambda_p$ 、 c は光速）を結晶に照射すると、2つの波長で光の発振が起きる。発振する2つの波長の光のうち波長の短い方はシグナル光（ ν_s ）、長い方はアイドラー光（ ν_i ）と呼ばれる。発振波長は結晶の種類、温度、方向で選択され、 $\nu_p=\nu_s+\nu_i$ が成り立つ。これがエネルギー保存則を表すことは両辺にプランク定数をかけてみると分かる。

最近では、疑似位相整合（Quasi Phase-Matching）という技術を利用したPPLNやPPKTPといわれる分極反転結晶が多く用いられているが、われわれは主に周波数や位相の制御に重点を置き、結晶そのものは

通常の複屈折で位相整合を取るバルク結晶を用いて、実験を進めてきた。図2に示すように5%MgOドープLiNbO₃結晶を用いて、結晶温度を108℃～235℃まで変化させることで、1個の結晶で発振波長を777 nmから1687 nmまで1オクターブ以上も変化させることができた。われわれの共振器は、シグナル光とアイドラー光の2波を共振器で共振させるDRO（Doubly-Resonant OPO）と呼ばれるものであり、複合共振器と似た特性をもつため同調特性が複雑であるが、ポンプ周波数と温度を合わせて変えることで、共振器の長さで決まる自由スペクトル域（Free Spectral Range）である3 GHz（波長に換算すると7 pm）の不確かさで、発振波長を希望の波長に追い込むことができる。

実際に発振波長を出したい波長に同調できることを実証するために、手元にあるRb（ルビジウム）およびCs（セシウム）ガスセルを使って蛍光の観測を試みた。すでに説明したとおり、ポンプ周波数と温度の同調により希望の波長の ± 3 GHz以内まで追い込むことができるので、あとは残された6 GHzを何らかの方法で連続的に同調す

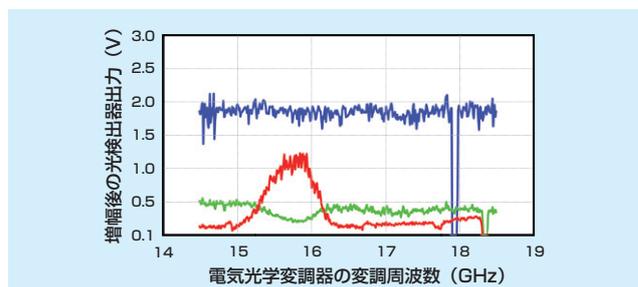


図3 観測されたCs-D₂線（852.357 nm）からの蛍光と吸収信号のドップラープロファイル

基底状態の全角運動量 $F=4$ の超微細準位から励起準位への遷移を観測したものである。周波数連続同調には電気光学変調器を用いた。青色はOPOの出力パワー、緑色はガスセルを透過した光強度、赤色がセルからの蛍光強度を表している。後半17.9 GHz付近と18.3 GHz付近のへこみは検出器のゼロレベルを確認するために光を遮ったところである。

ることで正確に原子の吸収線に同調できると考えられる。今回の連続同調は、電気光学変調器を用いて側帯波を立て、片側側帯波だけを回折格子で空間的に切り出すことで行った。この方法で、約12 GHzにわたって周波数の連続同調ができた。図3にCs-D₂線（852 nm）を観測した例を示す³⁾。この時、OPOは共振器長、周波数、強度のいずれも制御していないフリーランニング状態である。同様にして、Cs-D₁線（894 nm）、Rb-D₁線（794 nm）からの蛍光の観測にも成功した。環境分子である炭酸ガス（CO₂）やメタン（CH₄）などのガスセルがあれば、アイドラー光を用いて、これらの分子の1.5 μm～1.7 μm帯にある吸収線の観測も可能と考えられ、実際にこのような長波長側の能力の検証も行う予定である。

今後の課題としては、位相同期したOPOによる、より高分解能な観測、より一般的なQPM結晶を用いた波長域の拡大やパワーの増大、安定動作のための単一共振化（Singly-Resonant OPO）などがあり、さらにcw-OPOを各種の応用分野で用いることなどが挙げられる。

関連情報

- 共同研究者：稲場 肇、大嶋新一、洪 鋒雷、大苗 敦、美濃島 薫、松本弘一（計測標準研究部門）。
- ¹⁾ 稲場 肇：AIST Today Vol.3, No.10, p.12（2003）。
- ²⁾ H. Inaba et al., IEEE J. Quantum Electron., Vol.40, No.7, pp.929-936（2004）。
- ³⁾ T.Ikegami et al., Proc.ATF2004, pp.160-164（2004）。

マイクロ波を利用した省エネルギー焼成プロセス

2.4GHz帯マイクロ波でセラミック材料の短時間・低温焼成を目指す

セラミックスの省エネルギー焼成プロセスを構築するために、マイクロ波に着目している。その基盤技術となるマイクロ波の照射制御による投入エネルギーの高効率化、マイクロ波による短時間・低温焼成プロセスの開発、マイクロ波照射時のセラミックスの加熱メカニズムの解明などについて研究を進めている。

To realize energy saving in the ceramics industry, a microwave sintering process is studied and explored on following issues: 1) improvement of input energy efficiency by controlled microwave irradiation, 2) development of process to sinter at lower temperature and in a short time, and 3) mechanism of sintering during microwave irradiation.

地球温暖化の防止をめざして、産業界では省エネルギー・省資源プロセスの技術開発が求められている。従来のセラミックスの焼成は、成形体を炉内に置き、発熱体（ヒーター）からの熱伝導と輻射によって炉内中心部に1000℃以上の均質な高温定常場を作り、その中で行われる（図1 (a)）。この焼成プロセスで投入されるエネルギーの多くは、炉内全体の加熱や外部への放熱に費やされてしまい、セラミックスの焼成に使用されるのはわずか2%程度である。また、この方法は急速な温度上昇や短い加熱時間では焼成体に加熱むらが出てきてしまい、特に大型部材の場合は製品の良し悪しに大きく影響する。現状では、この問題を解消するのに昇温を遅くしたり焼成時間を延ばしたりしているため、消費エネルギーの増大につながっている。従って、焼成時における

効率的なエネルギーの投入についての研究開発が重要となる。

この研究はセラミックスの焼成プロセスの高効率化を図ることを目的としており、選択された領域の加熱（選択加熱）や超急速の加熱が可能となるマイクロ波による非定常場での焼成技術について研究開発を進めている。マイクロ波による焼結は、マイクロ波の持つエネルギーを対象とする材料の誘電分極時の誘電損失によって熱エネルギーに変換し、焼結を進めている。セラミックスの焼結には主として28GHz帯と2.4GHz帯の波長のマイクロ波が用いられている。28GHz帯の発振器は高価であるが、2.4GHz帯の発振器は安価で低コスト化が図れるため産業的には有利な2.4GHz帯を研究対象としている。

セラミックスの焼成にマイクロ波を適用する上での課題としては、1) マ

安岡 正喜 Masaki Yasuoka
yasuoka-m@aist.go.jp

先進製造プロセス研究部門
先進焼結技術研究グループ 主任研究員

平成元年、通産省工技院名古屋工業技術試験所に入所し構造用セラミックスを中心に研究を行い、微構造制御による高強度・高靱性アルミナ系材料の開発に成功、相反する特性をもつセラミックス（シナジーセラミックス）の開発に大きく貢献した。その後、高効率の焼成プロセスであるマイクロ波焼結の研究を進めている。今後、得られた知見をもとに、マイクロ波焼結技術を単なる高効率製造プロセスとして用いるだけでなく、高機能材料のプロセス技術として用いる可能性も探っている。

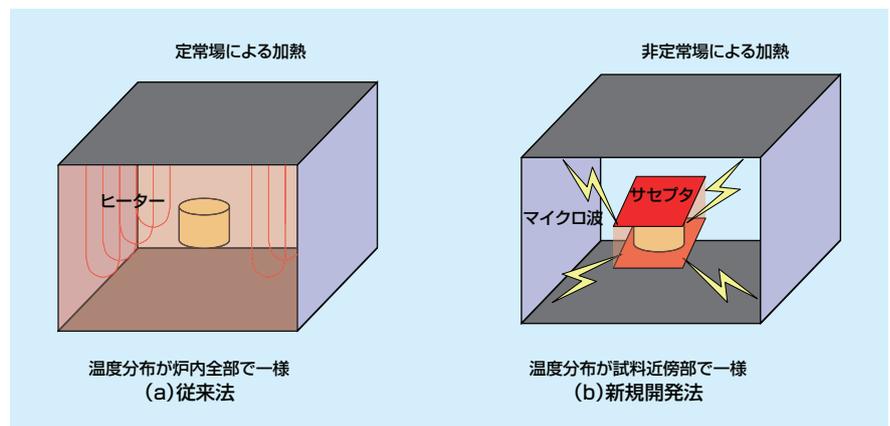


図1 新規開発焼成プロセスの模式図

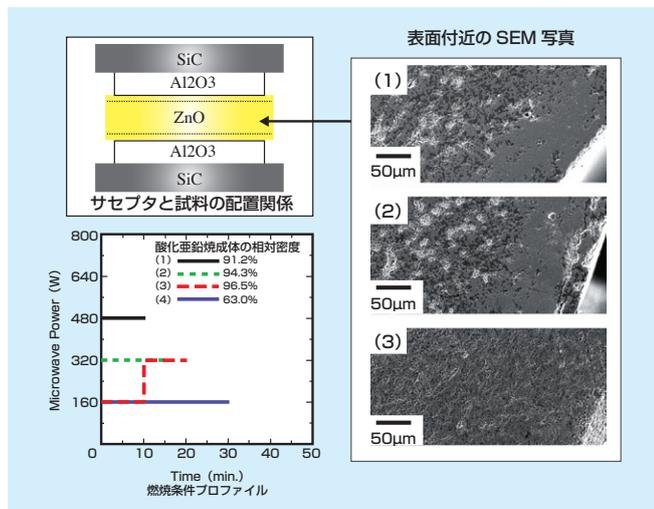


図2 異なる焼成条件で焼成した酸化亜鉛の相対密度と微細構造
焼成条件 (3) では最も緻密で均質な微細構造を得られたのに対し、条件 (1)、(2) では焼成体の表面近傍部は緻密化し、内部は多孔質であった。条件 (4) では緻密化しなかった。

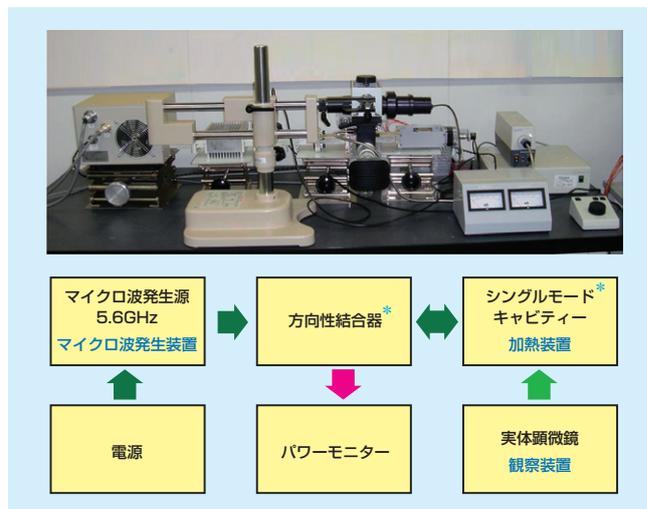


図3 加熱領域直接観察装置のブロックダイアグラム

マイクロ波の照射制御による投入エネルギーの高効率化、2) マイクロ波による短時間・低温焼成プロセスの開発、3) マイクロ波照射時のセラミックスの加熱メカニズムの解明などが挙げられる。マイクロ波による材料の加熱は誘電分極によって起こると述べたが、セラミックスは室温から600℃付近までの24GHz帯域での誘電損失が非常に小さいので、この温度域で自己発熱を促すのに多くのエネルギーを必要とする。そこで、低温から比較的効率よくこの帯域のマイクロ波を吸収して発熱する炭化ケイ素をサセプタに用いて予備加熱を行った(図1 (b))。その結果、対象となる材料を効果的に誘電損失の大きい温度領域まで加熱することができ、焼成時間の短縮が図れた。さらに、このサセプタの配置やマイクロ波の照射量および照射時間を変えることによって、マイクロ波の吸収効率が大きく変化し、焼成体の緻密化や微細構造に影響することを明らかにした(図2)。

短時間・低温焼成への取り組みとしては、セラミックスの低温焼成に有効な手段である液相焼結法と併用する研究を進めている。マイクロ波による焼

結では、誘電損失が材料によって異なることから、誘電損失の大きな物質である液相に着目し、焼結の促進を図った。チタン酸バリウムの焼結では、固相焼結だけで800W以上の電力と焼成時間が50分程度かかっていたものが、液相を組み合わせることによって320Wの電力に抑さえられ、加熱時間も半分程度に短縮できた(表1)。

また、マイクロ波照射による組織変

化を直接観察するため、顕微鏡で、より高倍率が得られる5.6GHz帯マイクロ波発振管、シングルモードキャビティと実体顕微鏡・高分解能カメラによって構成される計測システムを開発した(図3)。得られたデータの解析により、材料に対して有効な照射方法や加熱に有効な材料の配置などに関する指針を示すことができるものと考えている。

表1 焼成条件と相対密度の関係

	マイクロ波焼結と液相焼結との併用	マイクロ波焼結のみ
焼成条件	160w - 10分 320W - 20分 合計 (30分)	800w - 30分 960W - 20分 合計 (50分)
相対密度	94%	96%

マイクロ波焼結法と液相焼結法と組み合わせることによって電力、時間ともに大幅に減少した。

用語解説*

- ◆ 方向性結合器：マイクロ波の一部を測定器へ導入するための隔離、分離または結合するための装置
- ◆ シングルモードキャビティ：電子レンジとは異なりマイクロ波をある一定の空洞で共振させることによって加熱を促進させる装置

関連情報：

- Y. Nishimura, M. Yasuoka, T. Nagaoka and K. Watari : Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol.112, S126-129 (2004) .
- M. Yasuoka, Y. Nishimura, T. Nagaoka and K. Watari : Advances in Technology of Materials and Materials Processing Journal. Vol. 6, p. 270-275 (2004) .

ISO/TC206 の国際幹事就任と今後の標準化活動の戦略的推進

計測フロンティア研究部門 副研究部門長 山内 幸彦

1. はじめに

鉦工業製品の品質保証、互換性確保を主な目的として標準化が進められてきました。これらの目的は今後も重要な柱ですが、各国が技術的規制や政府調達を行うにあたってISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構) やIEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準化会議) など国際標準への適合が義務づけられ(WTO/TBT協定、1995年締結)、欧米諸国では自国・地域の産業競争力強化のために国際標準を戦略的に活用する姿勢を強めてきています。特に米国はTBT協定の発効や中国のWTO加盟を契機に、商務省において「標準化イニシアティブ」を策定して米国規格協会や産業界との連携を強化するなど、国際標準への関与を強め、ISOにおける幹事国引き受け数も急激に増やしています。

これに対応して、わが国においても2001年3月に閣議決定された第2期科学技術基本計画や2002年12月に発表された産業発掘戦略などで、産業競争力向上における標準化の重要性が指摘され、研究開発においても標準を見据えた取り組みがなされています。産業技術総合研究所では、このような状況下、2002年11月に産総研・工業標準化戦略の中間報告案をまとめ、標準に関する研究や活動に積極的に取り組んできました。

2004年4月に発足した計測フロンティア研究部門では、最先端の計測技術、装置開発に加え、精度高い計測に基づく新たな知識の開拓とその知識に基づく標準化への貢献を大きなミッションのひとつとしており、標準化活動にも積極的に取り組んでいます。ISOの中の1つの専門委員会であるTC206はセラミックス分野の国際標準制定を行っていますが、2005年4月より産総研では初めての国際幹事をこのTCに計測フロンティア研究部門から出すことになりましたので、ISO/TC206の現状とファインセラミックス分野の標準化における産総研・計測フロンティア研究部門の活動方針について紹介します。

2. ISO/TC206の現状

ISO/TC206は1993年に設立されたISOにおけるセラミックス分野の専門委員会です。設立当時、ヨーロッパではECへの統合に向けて大規模な標準化計画を立ち上げていましたが、電化製品などで標準化が産業活動の利害に直接結びつくような事例も顕在化した時期です。また、一時のセラミックブームは過ぎていたものの、新材料へ

の期待はまだまだ高く、VAMAS (1982年のベルサイユサミットにおいて設立が合意された新材料に関する国際協力プロジェクト) などでもセラミックスの試験手法に関する共同研究が活発に行われていました。この分野では日本が技術的にリードし、評価、試験手法のJIS (日本工業規格) 化も先取り標準として積極的に進められていたために、ISOにおいても日本のリーダーシップが強く期待されていました。

このような状況下で米国・標準局 (NIST) のDr. S. Schneider を議長、我が国の菅野隆氏 (旭硝子株式会社) を国際幹事としてPメンバー (積極参加) 8カ国、Oメンバー (オブザーバー参加) 22カ国でTC206がスタートし、1994年に第1回総会が東京で開催されています。当時は欧州からのPメンバーでの参加はロシアのみでしたが、その後の勧誘の結果、現在では欧州からも5カ国が参加しています (Pメンバー 13カ国、Oメンバー 17カ国)。また、運営面でも議長は米国、国際幹事は日本の体制に変化はありませんが、この2つのポストに加えてアドバイザーグループ (新しく取り上げる標準化項目に関する議論を行う場) の議長を設け、この席に2003年から英国・物理研究所 (NPL) のDr. Roger Morrell が就任しています。

TC206では他の多くのISO・専門委員会と異なり、分科委員会 (SC) を設置することなく、原案作成はそれぞれの課題毎にワーキング・グループ (WG) を設置して行っています。2004年12月までにセラミックスの評価手法を中心に19件のISO規格が制定され、最終国際規格案 (FDIS) の段階にあるもの1件、照会段階 (DIS) 6件、委員会原案段階 (CD) 5件、作業原案段階 (WD) 1件、新業務項目提案段階 (NP) 2件が審議されています。

3. ファインセラミックスにおける標準化の進捗と今後の展望

設立当初、TC206における活動方針は、米国のASTM、欧州のCEN、日本のJISなどに同類の規格が存在している項目について、国際標準化することにより整合性を持たせることに重点を置いていました。ISO/TC206が設立された当時、日本では先取り標準としてファインセラミックス材料試験手法のJIS化が進んでいましたので、日本でJISが制定されている項目の国際標準化という色彩が強く出ました。その後、複数の地域で標準化が終了している項目がほぼISO化され、一国のみが標準を有する項目についても対象に取り上げられるようになりました。この段階まで

は、TC206で取り上げられる項目はほぼ材料評価手法に限定されており、しかも我が国は、既にJIS化されている項目の中から国際標準に提案する項目を選択すればよく、国家標準の制定と国際標準化の作業や取り組みが独立していても大きな問題は生じませんでした。

しかし近年、セラミックボールベアリングの製品、材料規格や光触媒の製品性能評価手法の例のように、国際標準化の対象が大きく広がり、JIS制定を経ることなく、直接ISO化を目指す例も出てきています。また試験手法の標準化においても、今までのISOは日本がリーダー的な働きをしてきた結果、JISと整合する形で制定されてきましたが、曲げ強さ試験の方法がJISを包含しない方向で改訂する動きがあるなど、欧米の標準化が進むに従って状況が変わりつつあります。WTO/TBT協定の存在により、国際標準を優先せざるを得ないという流れや、欧米の産業競争力強化とからめた国際標準戦略の顕在化なども考え併せると、我が国においても国家標準であるJISと国際標準であるISOを一体として標準化戦略を立てる必要が出てきました。また、今後ナノテク標準化が進むと予想されますが、TC206もその関係で重要な関与が求められており、日本としてもこの分野でナノテク標準の戦略をどのように立てるのが問われています。

現在まで、我が国では業界団体である日本ファインセラミックス協会が中心となり、学術団体である日本セラミックス協会や研究機関であるファインセラミックスセンター、産総研等が協力してJIS化すべき項目についての議論、原案作成、提案を行ってきました。一方、国際標準に関してはセラミックス関連の企業(2004年12月現在27社)により国内委員会としてファインセラミックス国際標準化推進協議会(JFIS)が設立され、ISO/TC206に関する活動を

行っています。両者は緊密に連携していますが、前述のような状況から、今後は更に一体的な推進と標準化戦略構築が望まれています。

4. 産総研・計測フロンティア研究部門の活動

産総研では、計測フロンティア研究部門、計測標準研究部門、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門が中心となって、今まで多くのJIS、ISO作成や改訂に貢献してきました。ISOに関しては、JFISの国内委員会に3名の委員を出すとともに、今まで活動してきた35のWGのうち、9つのWGのコンビーナ、5つのWGの国内委員長を引き受けています。しかし、今までの貢献はコンビーナやISO国内専門委員会、JIS原案作成委員会に専門家として加わるのが中心で、どちらかというところ個別対応が中心でした。

今年3月末で国際幹事の高橋孝氏(株式会社東芝)が引退されたのを受け、4月より計測フロンティア研究部門から国際幹事を出すことになりました。これを契機に、産総研(計測フロンティア研究部門)は標準化への貢献を更に積極的に推進する予定です。具体的には、産業界、学会と共同で国家規格と国際標準の一体的な推進、戦略構築について議論を深め、より効果的な標準化戦略とロードマップの策定を目指します。また、ロードマップに沿って標準化研究を推進し、新たな規格・標準制定や改訂に寄与します。さらに、TC206以外でも国際幹事や議長などの重責を担う人材や、産業界と共同で包括的に標準化戦略を企画・推進する「標準化マネージャー」的人材を供給するとともに、コンビーナなど、国際標準の舞台で活躍できる人材の育成に努めます。以上のように、産総研は標準化戦略を積極的に牽引し、計測フロンティア研究部門はその中心的なユニットとして活動を続けます。



図 ISO/TC206における産総研・計測フロンティア研究部門の活動

酵母から産出する抗菌性物質 使用済培地から見いだした新たな有用価値

特許 第2545739号 (出願 1994.3)

● 関連特許 (なし)

目的と効果

合成抗菌剤は、安価・大量に合成可能であり、広範囲の微生物に対して有効に作用する利点がありますが、人体、生態系への安全性の確保には十分な留意が必要です。植物や微生物等の天然由来の物質・成分は、安全性が高いものが多く、また経時的に分解し、生態系への影響が少ないと考えられます。

我々の研究グループでは、同一の培地を使用して酵母の培養を繰り返し行った場合、その培地では酵母のみならず細菌もまた増殖が顕著に抑制されることを見出しました。本技術は、微生物汚染・腐敗が危惧される分野において、生態系に優しい対応技術としての適用が期待できます。

[適用分野]

- 食品保存料
- 医薬品
- 抗菌性材料

技術の概要、特徴

本発明技術は、酵母の増殖過程で産生される、食品に対して有害な細菌の増殖を阻害する抗菌性物質を含む食品保存料の製造方法に関するものです。

酵母の培養において、同一培地を繰り返し使用した場合、その増殖量の急激な低下が顕著であり、最終的には全く増殖しなくなる現象が認められます。酵母の培養を繰り返したこれらの培地では、大腸菌や枯草菌などの増殖もまた同様に抑制されました。また、本調製培地の抗菌効果は、煮沸程度の加熱処理で失われることはありませんでした。一方で、その培地を活性炭で処理することにより酵母の増殖が可能となります。これらのことは、酵母の増殖過程で抗菌性物質が産生され、それらは活性炭によって吸着・除去されたことに基づくものと考え、本発明に到達しました。

微生物に由来する食品保存料の一つとして、乳酸菌が産生する抗菌物質(ナイシン)が知られていますが、これはグラム陽性菌に対してのみに抗菌性を呈します。酵母がその増殖過程で自ら抗菌性物質を産生し、それらはグラム陽性菌およびグラム陰性菌の両方に抗菌活性を有することは、従来全く知られていませんでした。

発明者からのメッセージ

本技術は、醸造、発酵食品、製パンなど酵母という古くから我々の生活に係わりの深いある微生物を用いて、広範囲の細菌に対する抗菌性物質を産生させるものであり、食品保存料等としての適用を考えています。

本技術の広範な利活用をご検討頂ける方々からのご連絡をお待ちしています。

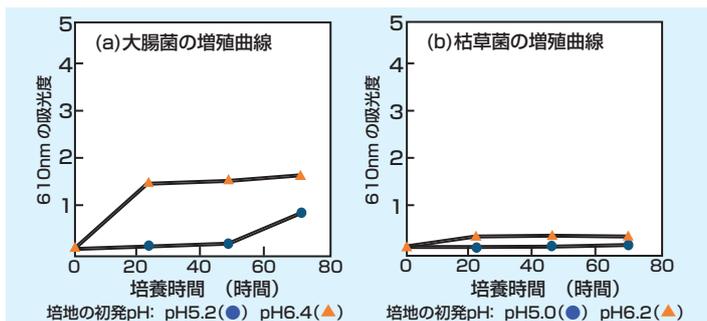


図1 酵母(*Shizosaccharomyces pombe*)の繰り返し培養から得られた培地の抗菌効果



図2 酵母培養培地抽出物の大腸菌に対する抗菌性試験

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/>

高濃度オゾンの分解無害化装置

金属の酸化平衡状態を利用した高効率触媒

特許 第3520325号 (出願2000.3)

● 関連特許 (出願中: 国内11件)

目的と効果

オゾンは強力な酸化剤として知られており、例えば水中に微量存在するだけでも殺菌などの効果があります。そのようなオゾンを90%以上の高濃度に濃縮するとその酸化力は極めて大きくなり、例えば半導体産業の主要な材料であるシリコンを、従来法よりも400-500℃も低温で酸化することができるなど、数々の優れた効果を発揮します。一方、オゾンは高濃度のままでは人体に有害であるため、排気ガス中の残留オゾンは十分に分解・希釈して排出する必要があります。これまでは数%以下の低濃度オゾンに有効なオゾン分解装置しかありませんでしたが、本研究では、銅などの金属の酸化の平衡状態を利用して高濃度オゾンを効率よく分解する方法とその装置を開発しました。

[適用分野]

- 高濃度オゾンプロセス (シリコン低温酸化、金属表面・内壁の不動態化など) の排気ガス処理等

技術の概要、特徴

低濃度のオゾンは専用の触媒によって十分に分解することができますが、高濃度では触媒の能力が低下してしまう問題があります。本研究で開発した技術では、遷移金属が複数の酸化状態をもち、雰囲気酸化力に応じてそれらの状態の間の平衡を可逆的に行き来することを利用して、酸化数が高い状態では低濃度のオゾンを分解し、酸化数が低い状態では高濃度のオゾンを分解するというものです。一例として銅を利用した場合、低温では酸化第二銅 (CuO) となって低濃度オゾンを分解できるのに対して、高温では酸化第一銅 (Cu₂O) となってより高濃度オゾンを分解することができます。

発明者からのメッセージ

産総研の高濃度オゾンの利用技術は、さまざまな先端産業において従来プロセスと置き換わっていくことが期待されています。本技術は高濃度オゾンがプロセスで使われた後に排出されるガスを分解無害化するために開発されたものです。

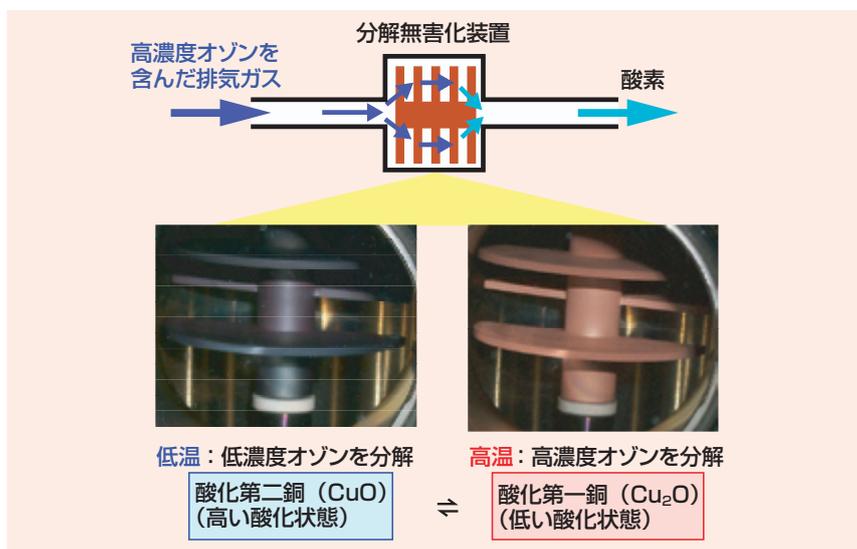


図1 反応する温度によって、複数の酸化状態を行き来して、効果的な分解を行う触媒

地質図幅

技術情報部門

1.はじめに

地質の調査は、旧地質調査所時代から100年以上にわたって継続している重要な業務である。国土の基本情報の整備という国の政策に沿って長期的な視点から取り組んでいる。地震、火山など地質学的に活発で、人工密度の高い我が国では、信頼できる地質情報の提供は社会に大きな安心感を与え、その社会経済的な波及効果も大きい。

今回は、地質情報の中でも最も基本的な地質図幅について、アウトカムの特徴とアウトカム創出に有効な要因を調査した。

2.アウトプットと研究体制

地質調査から生み出されるアウトプットは表1のようにまとめられる。地質図幅の種類としては、5万分の1から50万分の1までを作成している。例えば、5万分の1地質図幅では約400km² (20km×20km)の地域の地質情報を高精度で網羅的に得ることを目的としている。これらの地質図幅から100万分の1、200万分の1縮尺の全国版地質図幅も作成している（地質図幅の例を図1に示す）。

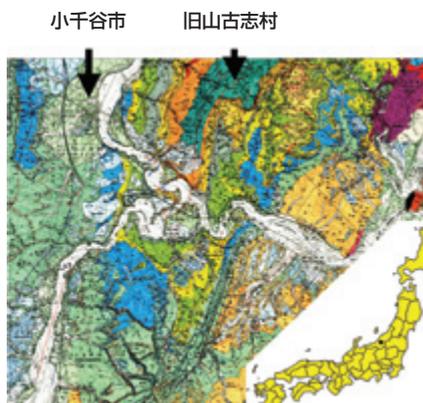


図1 新潟県中越地震震源域の地質図（5万分の1地質図幅「小千谷」（1986））
地震対策の観点から優先的に作成されていた。

地質図幅の作成は、地質情報研究部門が中心となり、産総研内の関連研究者、大学関係者の協力を得て進めている。5万分の1地質図幅の作成は、その精度を確保するため野外調査、室内研究、既存資料の活用を併用して進め、1枚あたり調査に最低でも約3年間、冊子作成に約1年間が必要となる。息の長い調査が必要である。

地質図幅をベースに特定の課題に沿った情報を付加したテーマ図（火山地質図、鉱物資源図、水理地質図、活断層ストリップマップ、土壌・地質汚染評価図、など）や海洋地質図、地球物理図、地球化学図など異なる種類の地質図も作成し、販売している^{注1)}。

3.研究開発のアウトカム

地質図幅は公共的な財産としての性格を持ち、産業・経済界での利用にとどまらず、国・自治体での利用、学術研究への利用、国際的な貢献、など産

総研地質調査総合センターから末広がりに波及していくのが特徴である。地質図幅から産み出されるアウトカムは表1のように整理される。

1.技術波及と経済効果

地質図幅は、大型の土木工事（トンネル、橋梁、港湾、道路、鉄道、ダムなど）や高圧線の敷設などを行うときの基本的な地質情報として利用され、工事費の削減や工期の短縮、また、安全の確保に大きく貢献している。地質図幅から信頼性の高い一次地質情報を簡便に取得できるため、ルートや候補地の選定（発注者側）、詳細な地質調査（受注者側）を迅速に行うことができる。地質調査や測量調査費は、大型土木工事の全体事業費の5～10%を占めるので、工事費削減や工期短縮の効果は大きい。

最近では、大型公共工事とともに、地すべり防止や地下水取水のための地質調査、地震保険の危険度評価への利

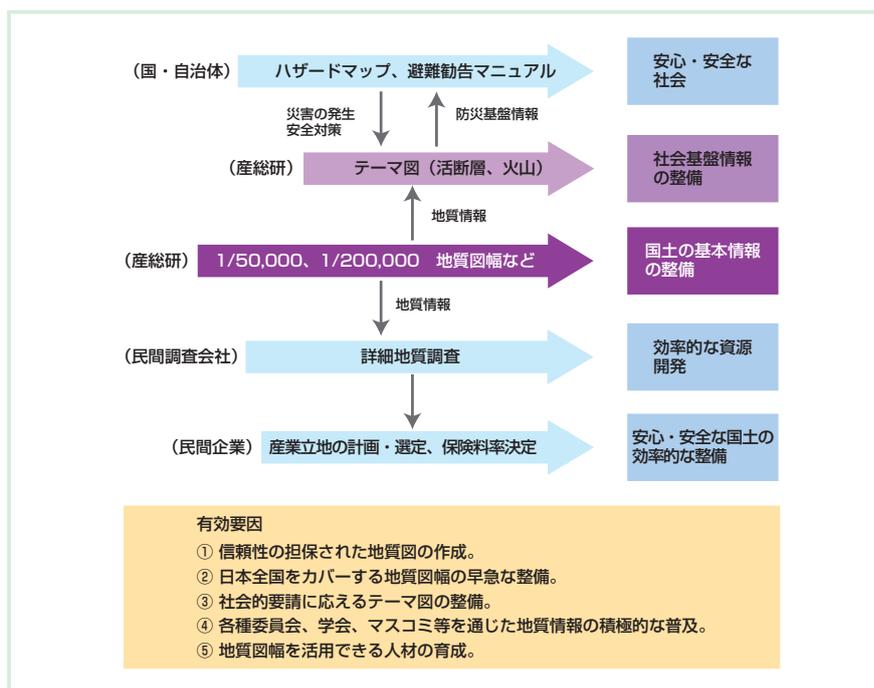


表1 アウトプットとアウトカムの分類

アウトプットの整理	アウトカムの整理				
	貢献分野	種類	直接アウトカム	間接アウトカム	期待アウトカム
			直接的	波及効果のイメージ	将来への期待
1. 技術開発 ・野外調査技術 ・地質調査に関する分析手法 2. 地質図幅 ・5万分の1、20万分の1、など 3. 技術移転、情報提供 ・地質図幅に関する相談対応 ・学会活動 ・海外との共同研究 ・委員会活動	研究開発力向上 (学術貢献)		・学術研究課題の選定と効率的な推進 ・火山、活断層などのテーマ別地質図への利用*	・教材としての利用 ・地質研究の専門人材の育成	
	技術波及 (産業・経済貢献)		・高圧線の敷設等の位置選定	・地質コンサルタント業界の基礎資料	
	経済効果 (産業・経済貢献)		・大型の土木構造物(ダム、トンネル、橋、道路、鉄道など)の建設への利用 ・国土の保安(地すべり工事など)に対する地質情報の提供 ・原子力発電所の立地審査への利用	・地震保険料率の設定	・建築のボーリング費用削減 ・災害による被害の軽減
	国民生活・社会レベルの向上 (社会貢献)		・地質・鉱物の天然記念物指定の基礎資料 ・郷土の地誌編纂への利用	・国民の安全性への貢献 (危険度判断のための一次資料)	・国民資産としての国土の基本情報 ・各種の地質調査のスタンダードとしての役割
	政策へのフィードバック (国・自治体への貢献)		・公共事業等の効率化	・国・自治体での自然災害軽減に向けた取り組みへの貢献(ハザードマップ作成への利用) ・特殊廃棄物の地層処分先の選定	・自然災害の的確な予測と軽減 ・環境負荷軽減への貢献 ・産業立地の施策への利用
特に国際的な波及 (国際貢献)		・アジア地理情報システム作成への寄与 ・アジア諸国の地質調査技術向上への貢献	・世界地質図委員会の標準整備作業委員会への参画	・国際的なリーダーシップ ・持続可能な国際社会構築への寄与	

直接アウトカム：地質図や地質調査技術が直接、独占的に利用されて実現したアウトカム。
 間接アウトカム：地質図や地質調査技術が利用された後、さらにプロセスを経て実現した波及的なアウトカム。
 期待アウトカム：アウトプットから将来的に期待されるアウトカム。
 *特殊地質図、海洋地質図、水理地質図、鉱物資源図、火山地質図、活断層ストリップマップなど

用など、生活に密接に関連した事業に対する地質調査の需要が増えてきている。その他に経済的損失を低減させる効果がある。

2. 国民生活・社会レベルの向上効果

地質図幅を基本として作られる火山地質図や活断層図が、自治体の作成するハザードマップに利用され、国民の安全性向上に貢献している。例えば新潟県中越地震などの自然災害発生時の対応においても地質情報が重要な基礎資料として利用された。

このような防災面だけでなく文化面での貢献も大きい。県史、地方史に地質図が掲載され郷土の地質的な特徴を示す資料として利用されている。また、文化庁による地質や鉱物の天然記念物の指定(今までに約220件)をする際の基礎資料として利用されている。

3. 政策へのフィードバック効果

上述の公共事業、防災への活用は政

策的な貢献としても捉えることができる。それ以外にも、特殊な廃棄物処分場の選定などにおける安全審査のための予備資料として活用されている。

4. 研究開発力向上効果

最も重要な貢献としては人材育成があげられる。信頼性のある地質図を作成するには、調査技術のレベルアップと地質図の作成業務との両輪的な取組が不可欠である。産総研では大学で地質図作成を経験してきた研究者にさらにOJT(on the job training)をほどこして専門家に育てている。日本で唯一の質の高い地質図関連人材を育成できる機関として高い信頼を得ている。

4. アウトカムに至るプロセスと有効要因

アウトカムに至るプロセスと有効要因は図2のようにまとめられる。地質図幅のような基盤研究においては、その地域の地質情報のスタンダードとな

る高い質と信頼性を維持したうえで、計画に沿って着実に調査を進めることが基本となる。また、社会的な課題に対する要望の高まりに答えるために、基本情報に必要情報を付加したテーマ図の整備と発信が有効である。

外部関係者への聴き取り調査では、「地質図は地形図と同様に必要不可欠な国土情報であり国の費用できちんと整備すべき」、あるいは「ニーズに即応したアプローチも重視すべき」、などの意見が出され、地質図幅のさらなる充実に対する高い期待が寄せられている。

注1：地質図の出版と販売は産総研以前からの継続性を考慮し、地質調査総合センターで行っている。
 (http://www.gsj.jp/Map/)

お問い合わせ

技術情報部門

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

微粒子粒径標準

ナノテクの基盤を支える微粒子標準

微粒子計測と粒径標準

乳化重合反応等により合成される高分子ラテックス粒子は、真球度が高く粒径の揃ったものが比較的容易に作成できるため、粒径に正確な値づけを行った上で様々な粒子測定器の粒径校正に利用されている。代表的なものは写真1に示すPolystyrene Latex (PSL) 粒子で、およそ20 nmから100 μm の直径のものが、光散乱式粒子計数器、光子相関法や光回折法、沈降法など様々な粒子測定器の校正や試験、あるいは電子顕微鏡の倍率校正などのために利用されている。

産総研では、市販標準粒子のメーカーからの依頼に対して粒径値づけの依頼試験を行うことにより、粒径のトレーサビリティ実現に寄与している。

粒径絶対測定技術

現在、依頼試験で用いている粒径値づけ技術は、計数ミリカン粒径絶対測定法 (Electro-gravitational Aerosol

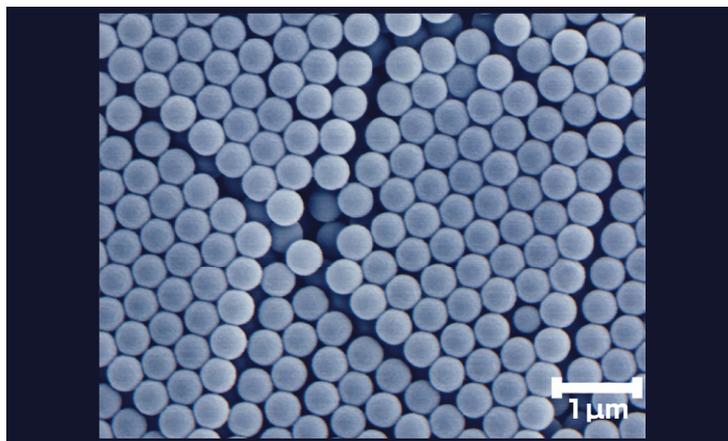


写真1 Polystyrene latex 粒子の電子顕微鏡写真

Balance) である。この方法は産総研が開発したもので、図1のように、水平に設置した平行平板電極内に導入された帯電PSL粒子に働く静電気力と重力の平衡を利用する。力が平衡しない条件下では、粒子は上下いずれかの電極面に沈着し失われる。従って、一定時間経過後の残存粒子数を計数し、その初期粒子数に対する比 (粒子残存率) を印加電圧の関数として図2のように求めることで、粒子の質量の絶対測定が

できる。用いる電極は、Millikanが有名な油滴実験に用いたものと類似であるが、個々の粒子の運動速度を顕微鏡観測するかわりに、残存粒子数から力の平衡を判断する原理を採用することにより、ブラウン運動が顕著なためにドリフト速度が観測できない微小粒子にも適用できることが特徴である。現在およそ0.5 fg (フェムトグラム) から500 fgまでの粒子 (密度を1 g/cm^3 として直径約100 nmから1 μm に相当) へ

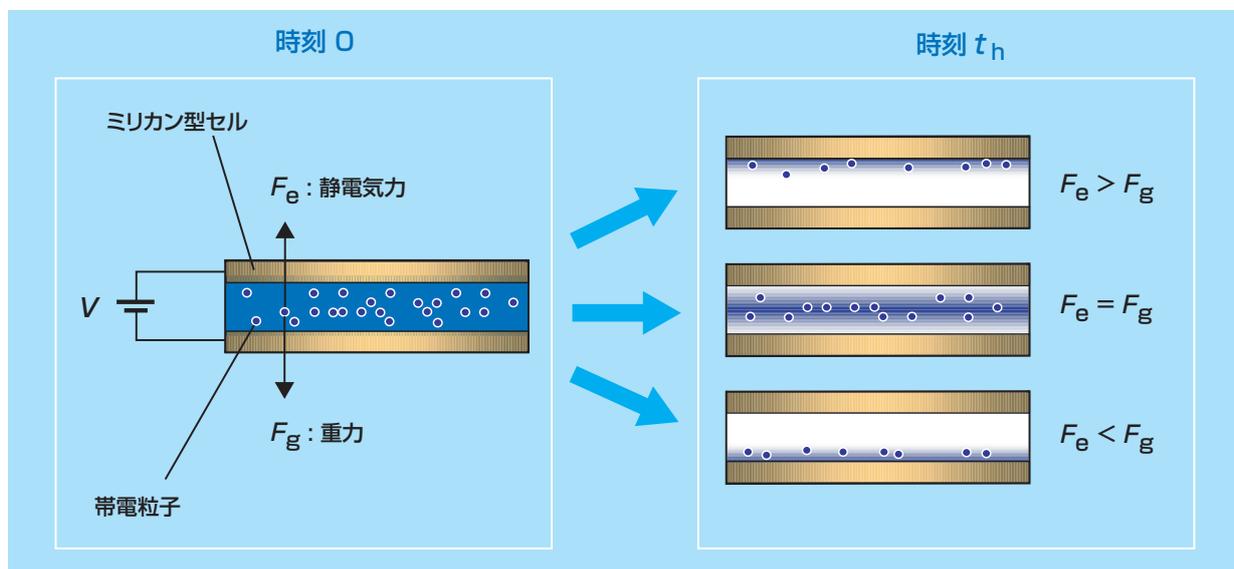


図1 計数ミリカン粒径絶対測定法の原理

の適用の実績がある。

一方、粒子の密度は密度基準液との比較法により別途正確に求めることができるので、質量と密度から粒径を決定することができる。この方法は原理が単純なため高い精度が実現しやすい。

図3は、同一粒子に対して異なる測定原理で得た粒径測定結果とその不確かさ(包含係数を2とした拡張不確かさ)を、米国のNIST (National Institute of Standards and Technology) の研究グループがまとめたものである。これからもわかるように、計数ミリカン法は、

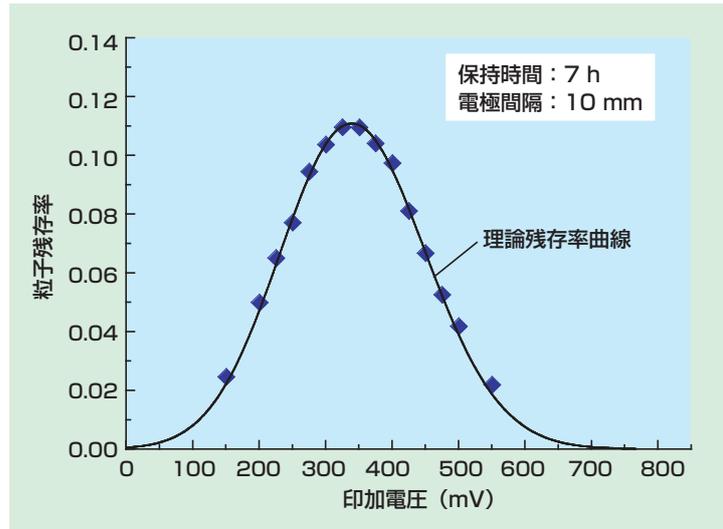


図2 およそ 100 nm の PSL 粒子に対する粒子残存率の観測値と理論残存率曲線のあてはめの例

100 nm から 1 μm の粒径域において、現在世界でもっとも精度の高い粒径絶対測定を行い得る方法となっている。

微小化のニーズに向けて

最近ではナノテクノロジーへの関心や、一層の微細化が進む半導体技術、環境中ナノ粒子の健康影響への懸念などに伴って、要求される標準粒子の粒径範囲も微小化する傾向にある。

粒径が小さくなるとともに急速に粒子質量が小さくなるため、計数ミリカン法が高精度を実現できるのはおよそ 100 nm までである。これ以下の粒径域では、計数ミリカン法で値づけした粒子を基準とし、電気移動度分析法による相対測定で粒径値づけを行う方が高い精度を実現しやすい。2005 年度中には、この方法を利用して 100 nm 以下の標準供給にも対応できる体制を確立する予定である。

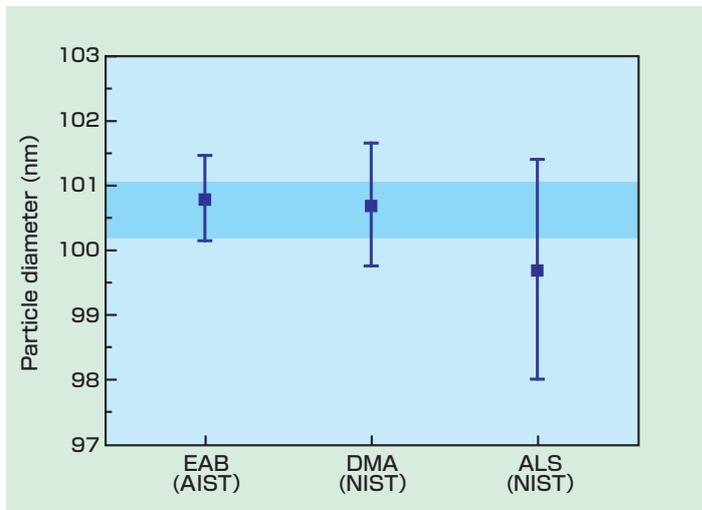


図3 同一粒子に対して異なる測定原理で得た粒径測定結果の比較

EAB: 計数ミリカン法による絶対測定 (産総研)、DMA: 電気移動度分析法による相対測定 (NIST)、ALS: 表面付着粒子角度分解光散乱法による絶対測定 (NIST)。

計測標準研究部門 榎原 研正

E-mail: ehara.kensei@aist.go.jp

粒子計測と応用統計の二足のわらじを履いています。もともとどちらも地味な分野でしたが、粒子計測はナノテクと、応用統計は不確かさ評価と結びつき、いつの間にか騒がしい状況の中で仕事を進めざるを得なくなってしまいました。

研究室には、ここに紹介した技術以外に、エアロゾル粒子の質量分析、液中粒子と気泡の識別計数など、世界的にもユニークな技術があるので、今後これらの展開にも取り組みたいと思っています。



活断層データベース

国内の活断層情報をウェブサイトで公開

情報テクノインフラを目指して

1995年兵庫県南部地震を契機として、活断層への関心が飛躍的に高まり、たくさんの研究者によるおびただしい研究成果が蓄積され続けている。また活断層への関心は、研究者のみに限られることなく、防災を希求する一般市民や災害リスクを無視することのできない多くの企業にまで及んでいる。今や活断層に関する情報は、その送り手側も受け手側も複雑化し、その流通を担う社会基盤の整備が求められるようになったのである。

産総研は、このような情況への解答として、活断層データベースの構築を2002年に開始し、その第一次版をこの春に公開した。

このデータベースは、産総研の研究情報公開データベース（RIO-DB）に構築され、管理されている。ユーザーは各種Webブラウザを使用して、無償で柔軟に、検索ができる。ぜひ一度、下記の産総研RIO-DBホームページからアクセスしていただきたい。

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

膨大で多様な収録データ

データベースの構築は、紙媒体の情報収集から始められ、国内の活断層に関する研究成果が示された4000に迫る文献が網羅的に集められた。

次に、集められた文献とそれらが引用している文献も含めた7000を超える文献の書誌情報が収録され、活断層

文献書誌情報データベースが構築された。また一部の文献からは、それに示された図表や写真も収録され、著作権者の許可を受けたものについてはwebによる検索閲覧を可能とした。

さらに、収集された文献から調査地点ごとに、調査研究結果データをできる限り原著に忠実に収録した。収録されたデータは、調査地点名、活断層によって変位を受けた地形や地層などの年代、変位量など多岐に渡り、40項目を超えている。

データの整理にあたっては、まず収録されたデータをスプレッドシートソフトウェアを用いて一覧表に編集し、次にリレーショナルデータベースの複数のテーブルに変換・分割した。調査

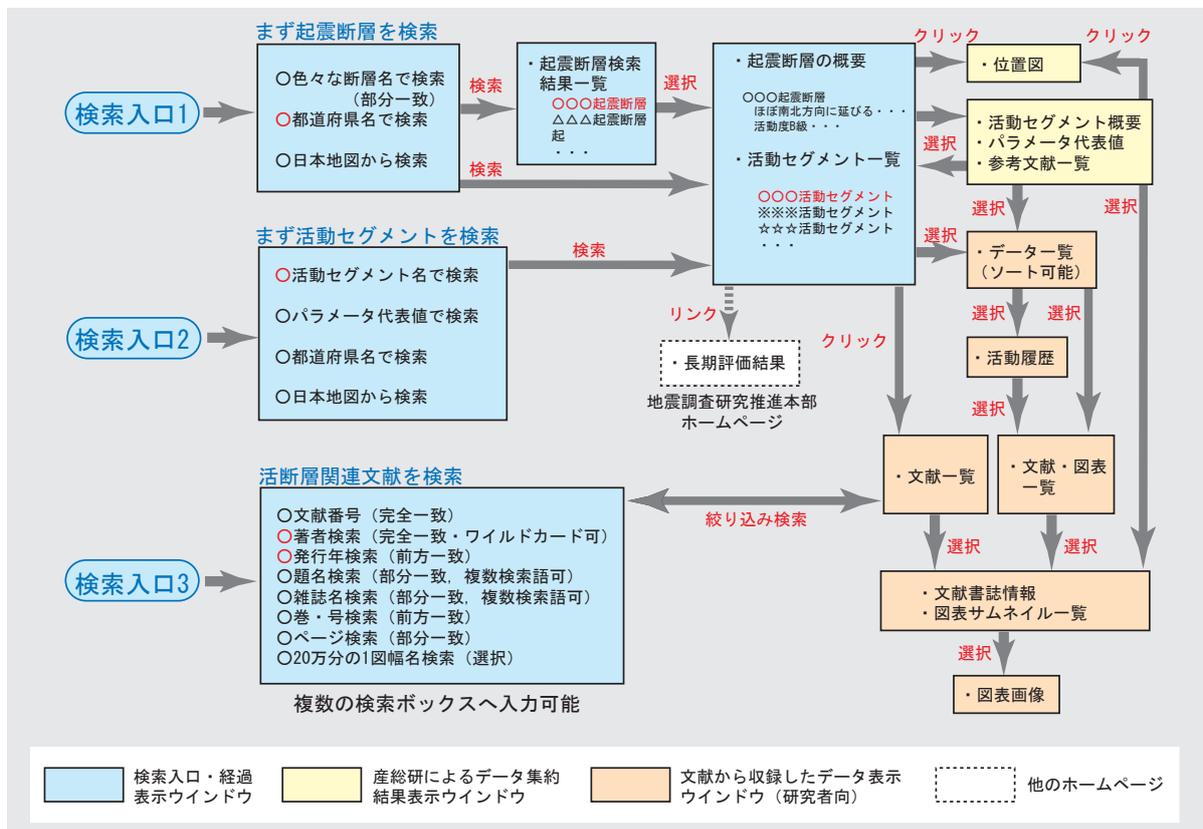


図1 活断層データベースにおける検索作業の流れ

研究結果データの収録対象とされた文献数は、現時点で1000に届こうとしており、今後もさらに拡充していく予定である。

収録された調査研究結果データは、活断層研究センターによってその独自の基準に基づいて集約され、活動セグメントごとのパラメータ代表値としてまとめられた。これはより高次の要約データであり、それ自体がひとつの研究成果となっている。他のデータと関連付けながら、データベースに収録されるとともに、「全国主要活断層活動確率地図」として地質調査情報センターから出版されるべく、現在編集作業が進められている。

階層的な検索システム

活断層には、さまざまな規模で、さまざまな活動性をもったものがあり、その区分の仕方や名称の付け方について、これまでに統一的な基準はなかった。そのため、統一的基準の基にデータをシステムティックに管理し、検索をおこなうことが困難な状況であった。このデータベースでは、全国の主な活断層を「起震断層」とそれらを構成する「活動セグメント」という入れ子式の単元で区分し、その区分に基づいて

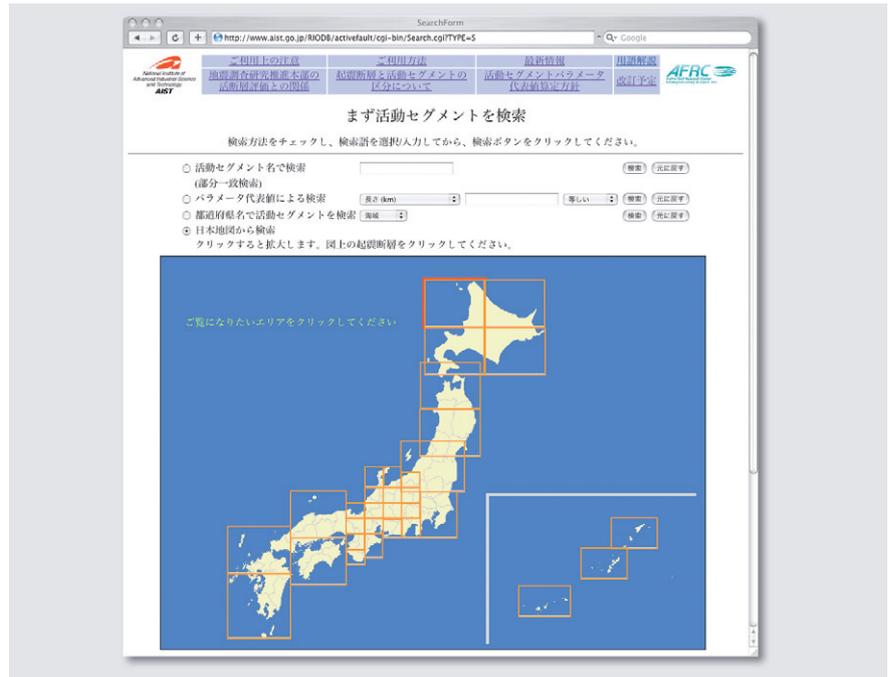


図2 活断層データベースにおける検索画面の一例

それぞれのデータを管理・検索できるようにした。

実際の検索は、複数の検索ウィンドウを行き来しながら、段階的・階層的におこなう。検索の流れを図1に示した。

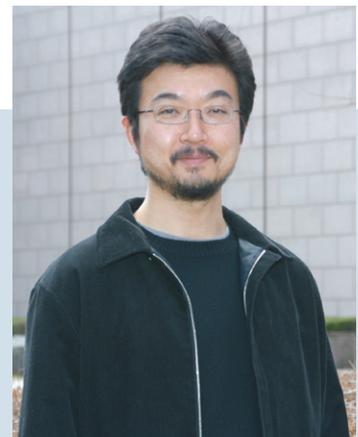
利用者層拡大のために

文献書誌情報データや、調査研究結果データは、主に学術論文に示された内容を忠実に収録したものであり、その主たる利用者は、当然活断層の専門研究者となることだろう。一方、要約データである活動セグメントパラメータ代表値は、地質学および活断層について多少の予備知識を持つ事を前提にしながらも、一般市民や自治体・企業からの利用も想定している。機能強化や簡便化、データ収録項目の追加もさることながら、データの

さらなる要約やコード化、数値化を進める事により、利用者層を広げていきたいと考えている。

今後の改訂予定

このデータベースは膨大な情報量を誇ると共に、データの検索・閲覧に関して、一定の機能を実現する事ができた。しかし、データの管理・更新機能や数値データを使った分析機能には、未だ不十分な点もある。これらの機能を強化すると共に、GIS機能を追加することで、よりビジュアルな検索・分析機能の実現をめざして、今後、改訂版の制作を逐次進めていく予定である。



活断層研究センター 伏島 祐一郎

E-mail : fusejima.y@aist.go.jp
http : //unit.aist.go.jp/actfault/activef.html

1998年から、科学技術振興事業団重点研究支援協力員として、産総研の前身である工業技術院地質調査所に勤務。活断層のトレンチ調査やボーリング調査などに従事すると共に、所内向けの小規模なデータベースの開発と資料収集を行う。また、2000年鳥取県西部地震や2004年新潟県中越地震などの大地震発生の際には、その地震断層現地調査隊の一員にも加わった。それらの経験を生かして、2002年から活断層データベースの本格的な構築を開始し、現在その改訂版作成に着手している。

産総研と香港科技大学、ナノテクのジョイントワークショップを香港で開催

2005年3月3～4日、産総研と香港科技大学（Hong Kong University of Science and Technology, HKUST）の共催で、ジョイントワークショップHKUST-AIST Joint Workshop on Nano Science

and Technologyが、香港科技大学にて開催されました。産総研は国際連携を重視し、特にナノテク分野においてはAsia Nano Forum (ANF)を主宰し、アジア太平洋地域との連携を深めています。

一方、香港科技大学は、香港特別行政区政府のイノベーション基金と香港産業界の支援で設立されたナノテクR&Dセンターを擁し、香港におけるナノテク研究開発・産業化の中心であるのはもちろん、世界の工場たる中国本土との接点としての役割も担っています。本ワークショップでは、Paul Chu学長ら100名以上の参加（産総研から13名）を得て、特に産業化に近いテーマが両者から発表され、人材交流や共同研究プロジェクトなどについて活発な意見交換が行われました。



タイ・日本 研究協力フォローアップ会議を開催

産総研は昨年11月、タイの国立研究機関、国家科学技術開発庁（NSTDA）およびタイ科学技術研究院（TISTR）との包括的研究協力協定を締結、ジョイントワークショップ（バンコクにて）においては、多くの具体的協力案件が提案されました。そのときの申し合わせに基づき、そのフォローアップ会議を、2005年3月22～23日に産総研つくばセンターで開催しました。会議では、日本（産総研の他、農水系機関や企業、大学、団体など）、タイ（NSTDA、TISTR）双

方から各20数名が出席し、バイオマスなどエネルギー・環境、ナノテク、バイオセンサー、ITの各分野において、昨年11月のワークショップで提案された連携強化課題の戦略面での絞り込み、今後の展開に関わる総合的な意見交換、必要な調整などについて、活発な議論が行われました。また、タイ代表団のうち研究者10数名は、本会議を含め最大2週間程度、産総研のホスト研究者のもとに滞在し、協力案件のさらに細かな検討を行いました。



写真 会議に出席した NSTDA・Sakarindr 長官（写真右）と産総研・小玉副理事長

臨海副都心センター バイオ・IT 融合研究棟 開所式開催



臨海副都心センター別館「バイオ・IT 融合研究棟」が、2005年1月末に竣工し、2005年3月30日に開所式が挙行されました。式典では、吉川理事長の挨拶に続いて、ご来賓の斎藤経済産業省産業技術環境局長、毛利日本科学未来館長に

よるご祝辞を頂きました。続いて、吉海企画本部長、秋山生命情報科学センター長、渡辺生物情報科学研究センター長等による講演があり、その後、施設見学、交換会が行われました。

バイオ・IT融合研究棟建設の目的は、バイオ技術と情報技術とを融合したバイオインフォマティクス技術を中心とする研究開発を行うことによって、新規産業の創出や市場拡大を図ることにより、高度な研究環境を提供することで、産学官連携研究を強力に推進し、同分野の基礎から応用に至る本格研究の新たな研究拠

点とすることを目指しています。本開所式は、産総研外部の産学官機関から約100名のご参加を頂き、総勢約150名という盛会裏に終了しました。



柘植総合科学技術会議議員がつくばセンターを視察

3月24日、柘植総合科学技術会議議員が、つくばセンターを来訪されました。

半導体MIRAIプロジェクトについて、廣瀬 次世代半導体研究センター長が概要を説明いたしました。議員は我が国の半導体研究開発について技術内容や展望などを熱心にご質問されまし

た。その後、グリッドコンピュータについて関口グリッド研究センター長が概要説明をいたしました。さらに知能システム研究部門では、RTミドルウェア、ヒューマノイドロボットについて、また、エレクトロニクス研究部門ではMRAM（スピントロニクス）について

それぞれの研究者から説明を聞かれました。

いずれの研究内容についても、産総研が行っている研究の現状や今後の展望について、研究者と大変有意義な意見交換をされました。

平成17年度役員人事異動のお知らせ

なかしま なおまさ

中島 尚正 (理事)

昭和16年3月9日生 (64才)
東京大学大学院工学系研究科博士課程 修了
工学博士

略歴:

昭和44年 東京大学工学部講師
58年 同 東京大学工学部教授
平成10年 同 工学部長
13年 放送大学教授、東京多摩学習センター所長
16年 同 副学長 (現在に至る)
平成17年 独立行政法人産業技術総合研究所非常勤理事 (現在に至る)



わたなべ ひろゆき

渡邊 浩之 (理事)

昭和18年3月4日生 (62才)
九州大学大学院工学研究科修士課程 修了
工学博士

略歴:

昭和42年 トヨタ自動車工業株式会社 入社
平成8年 トヨタ自動車株式会社取締役就任
11年 同社 常務取締役就任
13年 同社 専務取締役就任 (現在に至る)
15年 同社 情報事業本部 本部長 (現在に至る)
15年 同社 品質保証本部 本部長 (現在に至る)
平成17年 独立行政法人産業技術総合研究所非常勤理事 (現在に至る)



すずき やすお

鈴木 安雄 (監事)

昭和19年11月3日生 (60才)
北海学園大学法学部法律学科 卒業

略歴:

昭和38年 工業技術院 資源技術試験所 入所
平成7年 大阪工業技術研究所 総務部長
9年 生命工学工業技術研究所 総務部長
11年 地質調査所 総務部長
12年 工業技術院 総務部 筑波研究支援総合事務所 所長
13年 財団法人機械振興協会 理事
平成17年 独立行政法人産業技術総合研究所 監事 (現在に至る)



あめみや はじめ

雨宮 肇 (監事)

昭和18年1月26日生 (62才)
慶応義塾大学工学部応用化学科 卒業

略歴:

昭和40年 旭硝子 (株) 入社
平成7年 同社 硝子・建材事業本部長補佐
8年 同社 取締役 事業部長
9年 同社 常務取締役技術本部長、CTO
12年 同社 専務取締役技術本部長、CTO
14年 同社 代表取締役副社長執行役員 技術本部長・CTO
17年 同社 代表取締役副社長執行役員
CTO・板ガラスカンパニープレジデント (現在に至る)
平成17年 独立行政法人産業技術総合研究所 非常勤監事 (現在に至る)



EVENT Calendar

4月10日現在
http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html

2005年5月 → 2005年7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
5 May			
11~14日	The 10th International Conference on New Diamond Science and Technology	つくば	03-3508-1213
18~20日	NMIJ-BIPM Workshop	つくば	029-861-4120●
18~20日	第4回 国際バイオEXPO	東京	03-5288-6868●
20~22日	光触媒環境産業展 フォトクリンフェア	名古屋	052-733-8030
23~24日	第11回化学とマイクロ・ナノシステム研究会	福岡	0942-81-3676●
24日	The Third International Workshop for Advanced Ceramics	名古屋	052-736-7096●
6 June			
10日	先進センサ技術国際シンポジウム	東京	052-736-7241●
19~22日	BIO 2005 ANNUAL INTERNATIONAL CONVENTION	米国	03-5288-6868●
7 July			
31~8/5日	第11回極低温検出器国際会議	東京	029-861-5685●

もっと身近にロボットテクノロジーを。
昨年から販売が開始された癒し系アザラシ型ロボットの国際版が、
愛・地球博で国内外からの来場者をお待ちします。

このアザラシ型ロボットは「パロ」と名付けられています。パロは、1998年に誕生しました。パロの生みの親は産総研のロボット研究者、柴田氏です。

柴田氏は、それまでのロボットのイメージを覆した「いやし系」のロボットとして、パロを生み出し、メンタルコミットロボットという新ジャンルを開拓しました。



柴田氏にとって、パロとは？

私が、このタイプのロボットの研究を開始したのは、1993年のことです。パロは、多くの人々や機関の協力を得て初めて生まれたロボットです。人と相互作用するロボットの研究として、動物型を選択し、人の生理・心理に関わる研究を開始しました。1995年から二年間、米国マサチューセッツ工科大学人工知能研究所で研究員を兼任し、心理実験を行ったり、手作りで犬型ロボットを作ったりしながら、基礎的な技術の研究開発を進めました。

1998年に初代が誕生したパロは、ロボット・セラピーを目的に、家庭や医療・福祉施設などでより多くの人々に愛されるように、セラピー効果の科学的な検証を行いつつ、絶えず進化を重ね、現在は8代目になっています。

2002年に、パロは「世界一のセラピー効果を持つロボット」としてギネス世界記録に認定されました。

長い研究開発の道を経て、昨年いよいよ本格的に商品化されたパロは、各地の医療・福祉施設や一般家庭などで多くの方々にかわいがられています。また、スウェーデン、イタリア、フランス、アメリカで、パロによるロボット・セラピーの実験が行われ、大変高い評価を得ています。

柴田氏は、パロやロボット・セラピーの研究開発などの活動が認められ、2003年に（社）日本青年会議所主催、人間力大賞でグランプリや内閣総理大臣奨励賞を受賞し、2004年には日本代表として国際青年会議所から「The Outstanding Young Person of the World」を受賞しています。

3月から開催されている、愛・地球博では、7カ国語を認識できる国際版のパロが、ロボットステーションや長久手日本館などで、会場を訪れる方々に心のうおいをもたらす役目を果たし、ロボットへの国際的な関心の向上に役立っています。

今後も、パロのセラピー効果を一層高めるため、人とパロの共存について研究し、改良を重ねていきます。

パロについては、<http://paro.jp> をご覧ください。



〔愛・地球博のスペシャルパロ〕

これまで、長い年月をかけて研究開発され、今皆さんにかわいがられているパロは、タテゴトアザラシの赤ちゃんをモデルにした真っ白なアザラシです。

もちろん、この“普通の”パロもとってもかわいいのですが、愛・地球博の会場では、特別に、五色のパロが皆さんをお待ちしています。純白に加えて、金色・薄桃色・若草色・薄紫色のパロにぜひ会いに来てください。



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 May Vol.5 No.5

(通巻52号)
平成17年5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。

