

# 産 総 研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

5

2013  
May

Vol.13 No.5

## 特 集

## 2 産総研の平成25年度計画

## 10 本格研究 理念から実践へ

省エネで快適に過ごすための材料の研究  
呼吸分析用のセンサデバイス開発

### リサーチ・ホットライン

- 14 多孔性配位高分子に金属ナノ粒子触媒を固定化  
水素エネルギー社会実現に寄与する新しい技術
- 15 真空を利用したパワースイッチ  
ダイヤモンド半導体を使うことにより世界で初めて成功
- 16 植物の背丈や葉、実のサイズを決める機構  
3つのタンパク質のバランスが植物細胞の伸びを調節
- 17 モバイルカメラの屋内広域トラッキング  
拡張現実によるメンテナンスサポートの実現に向けて
- 18 高精細な赤外線カラー暗視撮影技術  
暗闇にある物体を鮮明なハイビジョンカラー動画で撮影

### パテント・インフォ

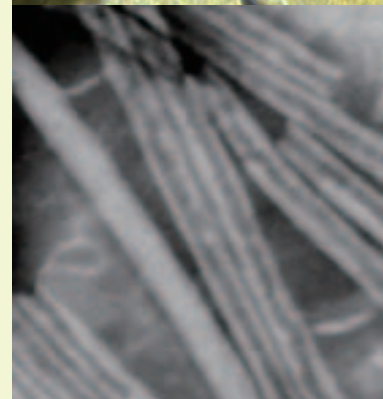
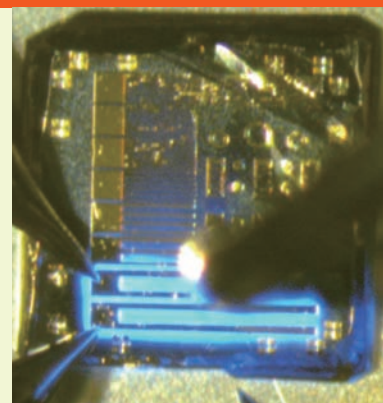
- 19 バイオ生産可能なポリアミド4の物性の改質  
メチロール化反応によるポリアミド4高分子鎖の修飾
- 20 内表面が疎水化された有機ナノチューブ  
薬物の放出制御や変性タンパク質の回復・活性の保護が可能に

### テクノ・インフラ

- 21 定量解析用核酸標準物質の開発  
DNAマイクロアレイの標準化を目指して
- 22 レアメタル資源分析・選鉱試験施設の整備  
鉱石の高精度分析と、選択的な粉碎が可能に

### シリーズ

- 23 進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第40回)  
「日本のイノベーションモデル」をイノベーションする



  
National Institute of  
Advanced Industrial Science  
and Technology  
**AIST**

**技術を社会へ**  
Integration for Innovation

# 産総研の 平成25年度計画

独立行政法人の業務運営については、主務大臣（産総研の場合は経済産業大臣）から中期目標が指示されます。独立行政法人は、この中期目標を達成するために中期計画を作成し、年度開始前に当該年度の年度計画を作成しています。

平成22年度に産総研の第3期中期目標期間(5年間)がスタートしてから、本年度で4年目を迎えました。第3期において産総研は、政府が実現を目指す「課題解決型国家」への貢献に向けて、「21世紀型課題の解決」および「オープンイノベーションハブ機能の強化」を大きな柱に位置づけ、これまでの成果をさらに発展させ、基礎段階から製品化に至る研究を一貫して行う「本格研究」の実施を通じて、「グリーン・イノベーションの推進」「ライフ・イノベーションの推進」「先端的技术開発の推進」「知的基盤の整備」の4つの研究推進戦略に重点的に取り組んでいます。

平成23年3月に発生した東日本大震災を受け、日本が再び力強い経済国家として<sup>よみがえ</sup>蘇るには、国際競争力のある産業技術に裏づけられた産業再創造が不可欠です。この認識の下、産総研は日本経済新聞社と共同で「日本を元気にする産業技術会議」を発足させ、産業界、学界の結節点として幅広く英知を集め、日本経済の再生に向けた技術開発戦略について議論してきました。平成24年度には、発足1年を機に<sup>へいぞく</sup>産業競争力を高め日本経済の閉塞感を打破するための提言と産総研の行動計画を発表しました。本年度はこの行動計画に基づき、エネルギー・資源、革新的医療・創薬、IT・サービステクノロジー、先端材料・製造技術の各分野の技術課題を解決する研究開発や、人材育成、国際標準化についていっそう推進していきます。

また、政府の「東日本大震災からの復興の基本方針」を受け、再生可能エネルギーに関する世界に開かれた研究開発を推進

する新拠点を、福島県郡山市の西部第二工業団地に設置する作業を進めています。平成26年4月の開所を目指し、建設工事および設備導入が行われている新拠点は、再生可能エネルギー研究開発の推進、産業集積と復興への貢献、再生可能エネルギー利用と省エネルギーの実践、関連人材の育成をミッションとして定めています。

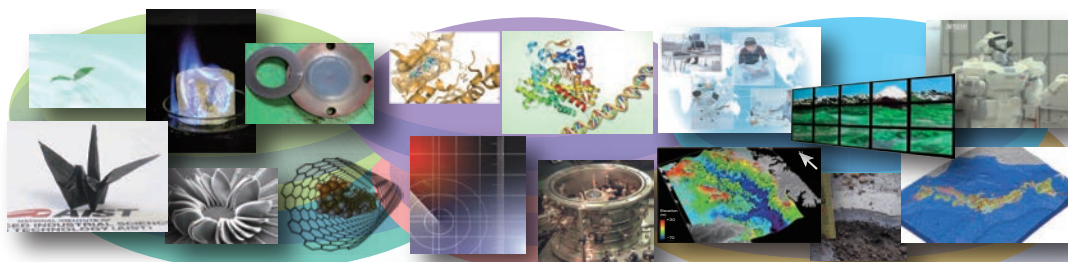
加えて、本年度も企業、大学、公的機関等との連携を拡大・強化するための取り組みである「産総研オープンラボ」を10月31日と11月1日に開催し、産総研つくばセンターの研究室を多数公開する予定です。来場者の方々に、産総研の「成果」「人」「場」を知り技術開発や課題解決へ活用いただく機会としてお役に立てればと考えています。

産総研は世界的な研究開発の拠点を目指していますが、わが国が抱える多くの課題の解決にイノベーションで貢献するため、産総研に多様な人材や組織・機関を集積させ、国際競争力を強化し、技術移転を促進するオープンイノベーションの中心拠点としての取り組みを強化していきます。

特に、その方策の1つとして、平成21年度より「つくばイノベーションアリーナ・ナノテクノロジー拠点（TIA-nano）構想」を推進してきました。本年度から、「つくばイノベーションアリーナ推進本部」を新設し、関連部署の集約化により、関連プロジェクトの企画力向上を図るとともに柔軟な施設管理に対応できる体制を整備しました。この新体制により、世界的なナノテクノロジー研究・教育拠点の形成に向けていっそう貢献していきます。

次ページ以降に、平成25年度の年度計画のうち、研究計画を中心に概要を紹介します。詳細は産総研ウェブサイトにて公表していますのでご覧ください。

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/outline/outline.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/outline/outline.html)



## 6つの研究分野の 研究統括・副研究統括・研究企画室長と研究ユニットなど

平成25年4月1日現在

### 環境・エネルギー分野



理事  
研究統括  
矢部 彰



副研究統括  
中岩 勝



研究企画室長  
古谷 博秀

ユビキタスエネルギー研究部門  
環境管理技術研究部門  
環境化学技術研究部門  
エネルギー技術研究部門  
安全科学研究部門

新燃料自動車技術研究センター  
メタンハイドレート研究センター  
コンパクト化学システム研究センター  
先進パワーエレクトロニクス研究センター  
太陽光発電工学研究センター  
バイオマスリファイナリー研究センター  
触媒化学融合研究センター\*

### ライフサイエンス分野



理事  
研究統括  
湯元 昇



副研究統括  
織田 雅直



研究企画室長  
田村 具博

健康工学研究部門  
生物プロセス研究部門  
バイオメディカル研究部門  
ヒューマンライフテクノロジー研究部門

糖鎖医工学研究センター  
生命情報工学研究センター  
幹細胞工学研究センター  
創薬分子プロファイリング研究センター\*

### 情報通信・エレクトロニクス分野



理事  
研究統括  
金山 敏彦



副研究統括  
関口 智嗣



研究企画室長  
安田 哲二

知能システム研究部門  
情報技術研究部門  
ナノエレクトロニクス研究部門  
電子光技術研究部門  
セキュアシステム研究部門

ネットワークフォトンクス研究センター  
デジタルヒューマン工学研究センター  
ナノスピントロニクス研究センター  
サービス工学研究センター  
フレキシブルエレクトロニクス研究センター

### ナノテクノロジー・材料・製造分野



理事  
研究統括  
金山 敏彦



副研究統括  
村山 宣光



研究企画室長  
吉田 勝

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  
ナノシステム研究部門

ナノチューブ応用研究センター  
集積マイクロシステム研究センター

### 計測・計量標準分野



理事  
研究統括  
三木 幸信



副研究統括  
八瀬 清志



研究企画室長  
小島 時彦

計測標準研究部門  
計測フロンティア研究部門

生産計測技術研究センター

計量標準管理センター

### 地質分野



理事  
研究統括  
佃 栄吉



副研究統括  
矢野 雄策



研究企画室長  
伊藤 順一

地圏資源環境研究部門  
地質情報研究部門

活断層・地震研究センター

地質調査情報センター  
地質標本館

#### 研究部門

一定の継続性をもった研究展開とシーズ発掘。ボトムアップ型テーマ提言と長のリーダーシップによるマネージメント。

#### 研究センター

重要課題解決に向けた短期集中的研究展開(最長7年)。研究資源(予算、人、スペース)の優先投入。トップダウン型マネージメント。

#### 研究ラボ

異分野融合の促進、行政ニーズへの機動的対応。新しい研究センター、研究部門の立ち上げに向けた研究推進。(現在、設置されている研究ラボはありません。)

\*新設研究ユニット



## 環境・エネルギー分野



CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスの排出量削減と、資源・エネルギーの安定供給の確保の同時実現を目指すグリーン・イノベーション技術開発が求められています。この中で、環境・エネルギー分野は、以下の5項目を重要な研究開発課題として掲げています。

- ①再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発
- ②省エネルギーによる低炭素化技術の開発
- ③資源の確保と有効利用技術の開発
- ④産業の環境負荷低減技術の開発
- ⑤グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

①では、枯渇の心配がなく、低炭素社会構築に向けて導入拡大が特に必要とされる再生可能エネルギー（太陽光、風力、バイオマスなど）を最大限に有効利用するための技術開発を行います。太陽光発電については、普及の基盤となる国際標準化や信頼性評価技術の開発を進めます。また、電力の高効率利用を目指し、低損失で高耐圧なパワー素子・モジュールの作製技術を開発します。また、バイオマス燃料品質などの標準と適合性評価技術のアジア諸国で定着させるため、アジア諸国との研究協力や標準化に向けた共同作業も推進します。

さらに、経済産業省の東日本大震災復

興関連事業の1つとして、「産総研福島再生可能エネルギー研究開発拠点」の形成に向け、再生可能エネルギー技術開発をよりいっそう推進していきます。

②では、低炭素社会の実現に向けて直接的かつ早期の効果が期待されている省エネルギー技術の開発を行います。運輸部門での省エネルギーのため、次世代自動車用の高エネルギー密度蓄電デバイスや、安全かつ高密度で水素貯蔵できる材料の設計技術を開発します。また、民生部門については、負荷平準化を目指すエネルギーマネジメント技術や、定置型燃料電池・省エネルギー部材などを開発します。

③では、バイオマス資源などの再生可能資源を原料とする化学品や燃料を製造するプロセスの構築に向けて、バイオ変換、化学変換、分離精製などの技術の高度化を図ります。特に、非食用バイオマス資源として賦存量が最も多い木質系バイオマスを分解し、化学品、複合材料、燃料へと効率よく転換するための基盤技術の開発を推進するためのバイオマスリファイナリー研究を推進します。また、化石資源(石炭、メタンハイドレートなど)や鉱物資源(レアメタル、貴金属など)など、枯渇性資源を高度に生産・利用する

技術や使用量低減技術、リサイクル技術、代替技術などの開発を行います。

④では、化学品などの製造プロセスからの環境負荷物質排出の極小化や、分離プロセスの省エネルギー化を目指す、グリーン・サステナブルケミストリー技術の開発を行います。特に、クリーンかつ省資源・省エネルギーなプロセスによる高機能部材製造技術を開発するため、新たに「触媒化学融合研究センター」を設置しました。また、さまざまな産業活動に伴い発生した環境負荷物質の低減と環境の修復に関する技術の開発を行います。

⑤では、エネルギー関連技術シナリオなどの評価を行うとともに、CO<sub>2</sub>排出量削減のための技術および取り組みの評価手法の開発を行い、CO<sub>2</sub>排出量削減ポテンシャルを定量化します。また、産業活動における安全性を向上させるために、ナノ材料などの新材料や化学物質のリスク評価と管理技術の開発、産業事故防止のための安全性評価と管理技術の開発を行います。さらに、環境負荷物質のスクリーニング、計測技術の開発と物質循環過程解明を通じた総合的な環境影響評価技術の開発を行います。

平成25年度は、下に示すような、各種研究プロジェクトを実施します。

### 産総研が関与する主なプロジェクト（環境・エネルギー分野）

#### ■ エネルギーイノベーションプログラム（経済産業省）

- 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業
- セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業
- 革新的太陽光発電技術研究開発
- ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト
- 省エネルギー革新技术開発事業

#### ■ 環境安心イノベーションプログラム（経済産業省）

- 省水型・環境調和型水循環プロジェクト

#### ■ 未来開拓技術実現プロジェクト（経済産業省）

- グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発（革新的触媒）

#### ■ 低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（経済産業省）

- ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発

#### ■ 水素ネットワーク構築導管保安技術調査（経済産業省）

#### ■ 石油精製業保安対策事業（経済産業省）

- 高圧ガスの危険性評価のための調査研究

#### ■ 最先端研究開発支援プログラム（内閣府）

- 炭化ケイ素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発

#### ■ 超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築（文部科学省）

# ライフサイエンス分野



ライフサイエンス分野では、超高齢化社会の到来に向けて、健康で安全に暮らせる健康長寿社会の実現と、環境負荷を抑えた持続可能な低炭素社会の実現を目指し、産総研が有する他分野との融合研究を推進しつつ以下の3項目について重点的に取り組みます。

- ①健康を守るための先進的、総合的な医療・創薬支援技術の開発
- ②健康な生き方を実現するための健康維持・回復技術の開発
- ③バイオプロセス活用による高付加価値物質の高効率生産技術の開発

①では、国民の健康を守るために、疾病の予防や早期診断、早期治療、個々の医療の充実、新薬開発の加速などの課題を解決する技術開発を進めます。具体的には、再生医療の発展のための幹細胞基盤技術の開発や、医療機器の開発基盤整備を行います。また、疾病の予防や早期診断のために、健康状態を評価するのに有用な新規バイオマーカーを探索し、検出する技術を開発します。さらに創薬候補分子の探索に不可欠な生体分子の機能分析および解析技術などの開発に加え、情報処理と生物解析の融合（バイオイノフォーマティクス）や先端計測技術による創薬候補

物質の効率的な探索技術や最適化技術など、安全性を保ちつつ開発コスト低減と開発スピードの加速化に資する創薬支援技術の開発を行います。

②では、心身ともに健康な社会生活を実現するために、健康の維持・増進・回復、高齢者のケア、社会不安による心の問題の解決などの観点から健康な生き方に必要な開発課題に取り組みます。具体的には、障がい者などの社会参画をサポートする人工筋肉などを用いた生活支援技術や、脳波から意図を読み取りコミュニケーションを支援する技術などを開発します。また、ストレスなどのバイオマーカー候補を同定し、心身の健康状態を簡便に定量的にモニターできる技術の開発を行います。

③では、化学プロセスなどの従来法に比べ、より低コスト、高い安全性、低エネルギー消費を実現する高度化された生産技術を目指して、微生物や植物などの生物がもつ物質生産能力を活用したバイオプロセス技術を開発します。具体的には、新規の微生物資源や有用遺伝子の探索とその機能解明をすすめ、それらの成果を、実際に機能性タンパク質や医薬品原料、工業用原料

などの高付加価値物質を生産する技術へと展開しています。また、遺伝子組換え植物の作出技術の開発と遺伝子組換え植物を栽培する密閉型植物工場を利用した生産システムの実用化にも取り組みます。

平成24年度末でバイオメディシナル情報研究センターが終了しましたが、平成25年度は「創薬分子プロファイリング研究センター」を新たに発足させ、先進的・総合的な創薬・医療を実現するための基盤技術開発を目指すとともに、下に示すような各種研究プロジェクトを実施します。

## 産総研が関与する主なプロジェクト（ライフサイエンス分野）

### ■ 健康寿命の延伸のための研究開発プロジェクト（経済産業省・NEDO）

- がん超早期診断・治療機器総合研究開発プロジェクト
- 幹細胞実用化に向けた評価基盤技術開発プロジェクト
- 後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発
- 革新的バイオマテリアル実現のための高機能化ゲノムデザイン技術開発

### ■ クリーンかつ経済的なエネルギー需給の実現のための研究開発プロジェクト（経済産業省）

- 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業
- 密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発

### ■ 最先端・次世代研究開発支援プログラム（内閣府）

- RNA 合成酵素の反応制御分子基盤
- 骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発
- ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発
- 細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明
- 遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発

### ■ 厚生労働科学研究費補助金（厚生労働省）

- 肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化



## 情報通信・エレクトロニクス分野

情報通信・エレクトロニクス分野では、ITを活用したグリーン化と安全で質の高い生活の実現を目指して、以下の3つの課題について重点的に取り組みます。

- ① IT機器とネットワークの省エネルギー化・低環境負荷化・高付加価値化
- ② 生活安全・健康生活の向上やサービス産業支援のためのITの高機能化・高信頼化
- ③ つくばイノベーションアリーナの共用施設や産総研データバンクなどを活用したオープンイノベーションの推進

①については、チップ間やボード間の光通信のための光エレクトロニクス実装技術を開発し、光電子集積デバイスのモジュール化・システム化を通じたエレクトロニクス産業の活性化を目指します。ネットワークレベルでは、高精細映像などの巨大コンテンツを低消費電力で伝送する光パスネットワークの実証実験に向け、アーキテクチャからデバイスまで連携して高度化を進めます。IT機器の省エネ化に貢献するデバイス技術として、ノーマリーオフコンピューティング実現のキーデバイスであるスピンRAMや産総研独自の材料技術を活かした相変化RAM

などの不揮発メモリの高性能化と量産技術開発に注力するとともに、トンネル現象や新材料を利用したロジックデバイスをTCADも活用しつつ開発します。大面積ディスプレイやシート状の圧力センサなどをさまざまなシーンで活用していくために、印刷プロセスを使ったフレキシブルデバイスの開発を国際標準化を視野に入れつつ進めます。少量多品種生産をターゲットとしてハーフィンチウエハーを用いた革新的製造プロセス技術(ミニマルファブ)の開発を推進します。

②については、IT機器や情報資産をさまざまな脅威から保護するため、情報セキュリティ・セーフティ技術を開発します。特に、インターネットにおける新しい認証プロトコルの開発や暗号利用法、電気・ガス・水道などの重要インフラの制御システムセキュリティ、ICチップの情報盗難・偽造対策、システムを安全に設計する方法などに取り組みます。震災復興に向けた取り組みとして、福島第一原発における環境調査のためのロボットの開発や、仮設住宅におけるエネルギー、情報、交通、生活を総合的に支援するスマートライフケアの実証に取り組みま

す。また、身体/行動特性データや生活データを分析し、子供の安全性に配慮した製品設計を支援する技術開発や、交通や経済・災害対応などの社会現象を大規模かつ網羅的にシミュレーションし各種社会システムの設計を支援する開発環境の構築を進めます。ユーザー貢献を活用した自動理解技術により、インターネット上の音声・音楽情報の検索・可視化を可能にする新たなコンテンツサービスを創出します。

③については、つくばイノベーションアリーナ(TIA)の共用施設を利用したナノエレクトロニクスのオープンイノベーション推進に貢献します。生活支援ロボットの普及に向けて、機能安全の国際規格に適合したロボットの安全規格を定めるための試験・評価技術開発拠点を整備し、リスクアセスメントや安全設計に関する技術開発に貢献するとともに、それらの国際標準化に取り組みます。ビッグデータの利活用により新サービスを創出するサービステクノロジーのプラットフォーム構築の一環として、産総研の研究情報を公開する産総研データバンクの拡充を進めます。

### 産総研が関与する主なプロジェクト(情報通信・エレクトロニクス分野)

- ロボット・新機械イノベーションプログラム(経済産業省)
  - 生活支援ロボット実用化プロジェクト

- エネルギー使用合理化技術開発等委託費(経済産業省)
  - 革新的製造プロセス技術開発(ミニマルファブ)

- 未来開拓研究プロジェクト(経済産業省)
  - 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

- 東北復興再生に資する重要インフラ IT 安全性検証・普及啓発拠点整備・促進事業(経済産業省)
  - 制御システムセキュリティ評価手法等研究開発事業

- ITイノベーションプログラム(NEDO)
  - ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発

- ナノテク・部材イノベーションプログラム(NEDO)
  - 次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術の開発

- イノベーションシステム整備事業(文部科学省)
  - 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

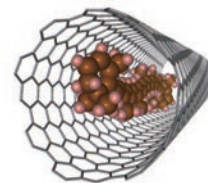
- 戦略的創造研究推進事業(CREST)(科学技術振興機構)
  - コンテンツ共生社会のための類似度を可視化する情報環境の実現
  - 超大並列計算機による社会現象シミュレーションの管理・実行フレームワーク
  - 実時間並列ディペンダブルOSとその分散ネットワークの研究

- 戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)(総務省)
  - クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えいを防止するアクセス制御技術の研究開発

- 最先端研究開発支援プログラム(内閣府)
  - グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発



# ナノテクノロジー・材料・製造分野



ナノテクノロジー・材料・製造分野では、グリーン・イノベーションに貢献する革新的な材料や製造技術の開発を目指して、ナノテクノロジーをフルに活用した以下の5つの研究開発を行います。

①省エネルギーによる低炭素化技術の開発

②資源の有効利用技術および代替技術

③グリーン・イノベーションの核となる材料やデバイスの開発

④産業の環境負荷低減技術の開発

⑤東日本大震災に対応した技術の開発  
はじめに、生活の質を維持しつつエネルギー利用効率を高めてCO<sub>2</sub>の排出量を削減することは、地球温暖化を防止するために重要な課題です。①では、自動車の軽量化を目指したマグネシウム合金に関する研究、調光ガラス窓材料や調湿材料などの建築部材の高性能化および省エネルギー性能の向上に関する研究に取り組みます。

次に、自動車をはじめ多くの家電製品には、その優れた機能を発現するためにレアメタルが多く利用されています。②では、タングステンなどのレアメタルの省使用化のために新しい硬質材料の設計技術および成形技術、異種材料接合技術の開発などを推進します。また安定調達

が不安視されるジスプロシウムを使用しない新しい高性能焼結磁石、さらに希土類元素を使わない新磁石を開発し、モーター用磁石材料として省エネルギーおよびレアメタル代替技術の研究にも取り組みます。

ところで、革新的な技術はこれまでにない機能や特徴をもつ新しい材料やデバイスの開発によって進展していきます。

③では、理論・シミュレーション技術とナノテクノロジーの実験技術を融合し、グリーン・イノベーションの核となるソフトマテリアルやナノ粒子など、ナノレベルで機能発現する材料や部材の開発に取り組みます。さらにデバイス材料のナノ構造を最適化することにより、省エネルギー型ランプの光源となる超高効率な発光ダイオードを開発しています。また、部材の軽量化や低消費電力デバイスなどへの応用が期待される単層カーボンナノチューブを産業に結びつけるために量産技術とその応用化、および透明導電膜などへの応用が期待されるグラフェンの量産技術の開発を推進します。

さらに、産業の競争力を落とさずに産業活動による環境負荷の低減を実現するには、新しい製造プロセスが必要不可欠です。④では、多品種変量生産へ対応

できる低環境負荷型あるいは資源生産性を考慮した製造技術、例えばナノ材料を超微粒子化、溶体化し、それらを迅速に直接パターニングするオンデマンド製造技術、さらに現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発に取り組みます。また、マイクロ電子機械システム(MEMS)においては、異分野のMEMSデバイスを融合・集積化する製造技術や、超小型の通信機能付き電力エネルギーセンサーチップを試作し、製造現場や小規模店舗の消費エネルギー削減に資するモニタリングシステム技術の開発を行います。上記の研究の中でも、単層カーボンナノチューブやMEMSに関する研究開発については、つくばイノベーションアリーナ・ナノテクノロジー拠点の中の重要な研究領域として、研究を推進していきます。

⑤では放射性セシウムを選択的に吸着できるナノ粒子化したプルシアンブルーの開発と小型個人向け放射線積算線量計に関する研究を推進していきます。

平成25年度には下に示したような、各種研究プロジェクトを実施します。

## 産総研が関与する主なプロジェクト（ナノテクノロジー・材料・製造分野）

### ■ 未来開拓技術実現プロジェクト（経済産業省）

- 次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発

### ■ 低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト（NEDO）

### ■ 希少金属代替材料開発プロジェクト（NEDO）

### ■ グリーンセンサ・ネットワークシステム開発プロジェクト（NEDO）

### ■ 革新的省エネセラミックス製造技術開発（NEDO）

### ■ 低炭素化社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト（NEDO）

- 高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発

### ■ 戦略的創造研究推進事業（CREST）（科学技術振興機構）

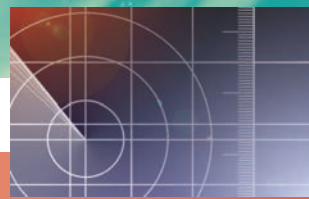
- 自己組織プロセスにより創製された機能性・複合CNT素子による柔軟なナノMEMSデバイス
- 単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発
- 物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発

### ■ 原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ（科学技術振興機構）

- 電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム

### ■ 最先端研究開発支援プログラム（FIRST）（内閣府）

- グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発
- マイクロシステム融合研究開発



## 計測・計量標準分野

計測・計量標準分野では、グリーン・イノベーションとライフ・イノベーションの推進、国内産業の国際競争力の強化、安全安心社会構築への貢献を目指して、以下の4項目について重点的に取り組みます。

- ①国家計量標準の開発と整備
- ②計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化
- ③先端計測分析技術の開発
- ④生産現場計測技術の開発

産総研は、国の重要施策の1つである国家計量標準整備を、第1期、第2期を通じて行い、平成12年度末には140種類であった計量標準を、平成23年度末には584種類にまで、大幅に増やしました。①では、第3期に62種類の新規国家計量標準を整備することを、目標としています。平成25年度は、17種類以上の新たな標準の供給を目指すとともに、既存の計量標準の高度化（供給範囲の拡大や不確かさの低減）に取り組みます。具体的には、発光ダイオード（LED）照明の評価など、省エネルギー技術の開発と利用に資する計量標準を開発します。また、緊急性の高い医療・食品・環境などの安全・安心に役立つ計量標準や標準物質を、タイムリーに開発します。さらに、電磁環境両立性（EMC）規制などの国際規格、法規制への対応に必要な電磁波標準など、国際通商

を支援する計量標準の開発にも取り組みます。そして、わが国の優位性を発揮するため、秒やキログラムの定義を改定する革新的な計量標準の開発を、世界に先駆けて推進します。

②では、計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化のための研究開発を行います。具体的には、取り扱いやすい高性能標準電圧発生器の開発などを行います。また国内外のトレーサビリティ体系の整備に協力します。平成25年度も引き続き、計量研修センターでの教習などを通じ、計量の専門家を養成します。また、計量器の国際整合化に主導的に取り組み、開発途上国の計量標準機関に対して、技術支援を行います。さらに、ユーザーとのコミュニケーションの場である計測クラブや講演会などを通じて、ニーズ把握に努めるとともに、計量標準の啓発活動を推進します。

③では、研究開発の基盤である先端計測分析技術を開発します。市販計測装置では対応できない計測へのチャレンジとして、原子空孔などのナノ欠陥計測を可能とする陽電子プローブマイクロアナライザーの開発、材料やデバイスの局所構造解析を可能とする超伝導X線吸収分光装置の開発、超音波やX線を用いたインフラ構造物診断技術の開発などを行います。そして、それらをナノテクノロジー

プラットフォーム事業にて、産総研内外に共用公開することにより、課題解決方法を提案します。また、超電導電圧標準チップ、超電導センサーなどの開発のために、他分野と共同で、クリーンルーム施設（CRAVITY）を、つくばイノベーションアリーナ共用施設として公開します。さらに、研究成果をISO・IEC・JISなどの国内外規格に反映させることにより、広く普及させます。

④では、生産現場の計測課題を熟知した企業の専門家（マイスター）と連携し、計量標準や計測技術を、ソリューションとして産業現場に広く提供していきます。具体的には、半導体製造プロセスにおけるウエハー表層のマイクロクラック検出技術の実用化と実生産ラインへの導入を行います。また、プラズマプロセスで問題となる異常放電や突発的なパーティクルの発生機構の解明と異常放電検出機能付きウエハーステージの実用化など、業界に共通する課題に対して、コンソーシアムを形成して取り組みます。さらに、高温下で使用可能な圧電体薄膜の高感度化、高効率応力発光体を用いた異常検出システムの性能向上などの技術開発も推進します。新たな展開として、バイオ・農工連携・化学・素材関連産業分野へのソリューション提供にも取り組みます。

### 産総研が関与する主なプロジェクト（計測・計量標準分野）

#### ■ 国家計量標準の開発と維持・供給

- グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備
- ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備
- 産業の国際展開を支える計量標準の整備
- 産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準の開発

#### ■ 国際計量標準への貢献と計量の教習

- 次世代の計量標準の開発
- 計量の研修と計量技術者の育成

#### ■ 先端計測分析技術開発と公開

- 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

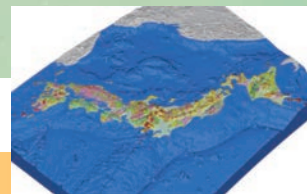
- ナノ材料プロセスにおける構造および機能計測ならびにその統合的な解析技術の開発
- インフラ診断技術の開発
- 材料評価のための先端計測および分析機器開発
- 知的基盤としてのデータベースの整備

#### ■ 生産現場における計測課題解決体制の整備と実証

- 半導体製造工程などにおける製品の欠陥・異常検出、発生防止技術の開発とソリューション提供
- 測定困難条件下における広帯域圧力振動計測技術、応力可視化技術の開発
- マイクロ空間化学技術などを用いたオンサイト／オンライン精密分析・計測・解析技術の開発



# 地質分野



地質分野は、産総研の主要なミッションである「地質の調査」を実施しています。「地質の調査」とは、国土およびその周辺海域、さらには海外の地質に関する調査研究を行い、地質情報を整備して社会に提供・普及することです。平成23年3月11日の東日本大震災は、自然災害に対する備えや資源・エネルギーの重要性を再認識する機会となりました。地質分野では国民の安全・安心な生活と持続的発展可能な社会を実現するため、これまでも増して、国土およびその周辺地域での調査・研究を加速し、成果を社会へ提供します。具体的には以下の5項目を重要な研究課題として掲げています。

- ①地質情報の整備と利用拡大
- ②地質災害の将来予測と評価技術
- ③地圏の資源と環境の評価技術
- ④地質情報の提供と普及
- ⑤国際研究協力の強化と推進

①については、知的基盤整備特別委員会中間報告書（平成24年8月）に沿ってわかりやすく使いやすい地質情報整備を進めます。具体的には、社会インフラの防災に役立つ地域の地質図幅を優先的に整備します。また、建物の被害に直結する地盤の揺れや液状化の起こりやすさの評価に必要な地下地質の情報整備として、地方自治体等が保有するボーリングデータの一元的な整備や地質地盤図を作

成します。

②では、地震の防災対策に必要な基礎データを収集するため、トレンチ掘削調査や、津波堆積物調査を実施します。これにより、活断層の活動性評価、巨大地震・津波の発生履歴や津波最大浸水域が解明できます。また、東南海・南海地震に備えて関連地域の地質調査を促進するとともに、地下水等の総合観測網を整備し、地震災害の軽減や予測精度の向上に努めます。そのほか、火山防災に資する調査・研究として、火山ガス観測手法の高度化や、噴火活動評価手法の研究を進めるとともに、野外調査によって火山地質図の整備を行い、火山の噴火活動履歴・噴火メカニズムを解明します。

③では、地熱・地中熱の研究を推進します。例えば、地熱の研究においてはGISを用いて各種の調査データの重ね合わせが可能な地熱データベースの整備を行います。また、冷暖房等への地中熱の利用促進に向けて地中熱ポテンシャルマップを整備します。レアアース資源やメタンハイドレートの賦存量調査、および採掘手法に関する研究を行います。二酸化炭素地中貯留の安全性評価に必要な貯留メカニズムの解明など、基盤の技術開発を推進します。国が行う放射性廃棄物の地層処分に関する調査結果を検証するため、地殻変動や地下水流動評価に関

する技術開発を行います。この他、東日本大震災による土壌・地下水汚染の実態を把握するため、東北地方においてボーリング等の各種調査を実施します。

④では、地質図などの産総研地質関連データを国際標準形式で電子配信し、ユーザーにとって、より利便性のある形とします。さらに、地質情報と衛星画像情報の統合化を図ります。外部での展示会や地質標本館を活用して地質情報の普及を図るとともに、地質相談にも積極的に応えます。地質情報のトレーサビリティを確保するため、地質試料の整理と管理を行い、利用者にむけたサービスを向上します。

⑤では、統合国際深海掘削計画(IODP)などの地質に関する国際組織、国際研究計画における研究協力を積極的に推進します。特に仙台で開催予定の東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)平成25年日本総会には、地質分野が準備委員会として活動します。そしてアジア太平洋地域の大規模地震・火山噴火リスクマネジメントに向けた活動(G-EVER)を行います。

平成25年度は、下に示すような重要課題に取り組み、各種研究プロジェクトを実施します。

## 産総研が関与する主なプロジェクト（地質分野）

### ■ 知的基盤整備（国土および周辺域の地質基盤情報整備・利用の拡大・促進）

- 陸域・海域の地質調査および地球科学基本図の高精度化
- 都市域および沿岸域の地質調査研究と地質・環境情報の整備
- 衛星画像と地質情報の統合化と利用拡大

### ■ 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

- 土壌汚染、二酸化炭素地中貯留、地層処分にかかわる評価技術の開発
- 鉱物、燃料、地下水および地熱資源のポテンシャル評価
- 放射性廃棄物地層処分の安全規制の支援

### ■ 地質災害の将来予測と評価技術の開発

- 活断層調査・地震観測などによる地震予測の高精度化
- 火山噴火推移予測の高精度化

### ■ 地質情報の提供、普及

### ■ 緊急地質調査研究

### ■ 国際研究協力の強化、推進

## 省エネで快適に過ごすための材料の研究

### 新しい省エネ建材の必要性

近年の二酸化炭素排出量削減への要請や2011年の東日本大震災を起因とする電力の供給不足への危惧から、社会全般でエネルギー消費量の削減が求められています。また、産業部門、運輸部門、民生部門といった部門別の二酸化炭素排出量やエネルギー消費量の推移(図1)を見ますと、産業部門では1990年よりも減少、運輸部門では若干の増大となっているのに対し、家庭やオフィスといった民生部門ではいまだ増加傾向にあることもよく知られている通りです。また、民生部門は2010年度に、二酸化炭素排出量が約33%、最終消費エネルギー量が約28%を占めており、このことから民生部門への対策は効果的です。

民生部門でも、特に家庭でのエネルギー消費削減への対策として、建築物の断熱性をあげて冷房や暖房の効率を高くする対策が推進されています。今後断熱性の低い建築物が置き換えられ、あるいは高断熱化改修が行われていくことで次第に、一年間の冷暖房に必要なエネルギー消費量の減少効果が表れてくると思われます。

さらに、夏季のピーク消費電力量について考えると、生産活動が主に行われる日中の時間帯が最も冷房が必要となる時間帯でもあることから、削減対

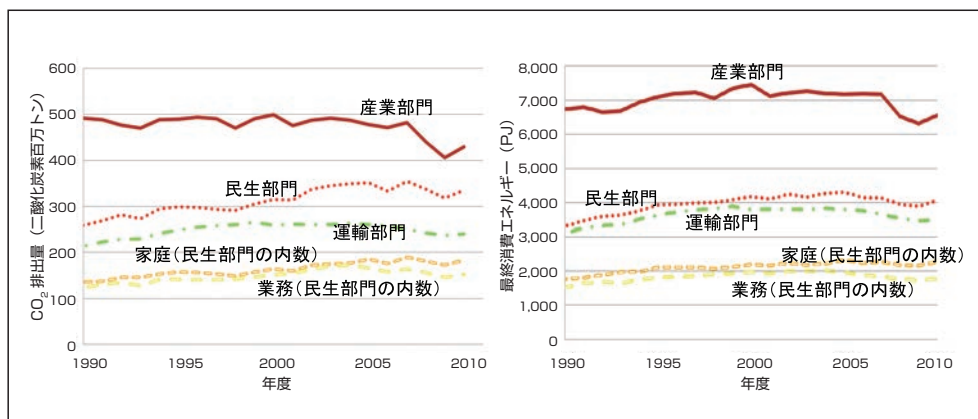


図1 二酸化炭素排出量(左)と最終消費エネルギー量(右)の推移  
産業部門、運輸部門では減少あるいは横ばいであるのに対し、民生部門では両者ともに増大傾向にある。

策が困難とされています。太陽光発電などの創エネルギーによる対策も取られつつありますが、それだけでは十分でなく、いわゆるピークカット対策も求められています。ピークカットは産業部門や運輸部門でも容易ではありませんが、民生部門では電力消費ピークを形成するのが冷房負荷であるため、さらに困難になっています。

民生部門の年間冷暖房負荷は24%程度で、冷房負荷はさらに小さいですが、ピークカットの点で日射エネルギーの遮断による冷房負荷の削減は重要です。しかし、夏季の冷房対策のため日射エネルギーの遮断が行き過ぎると冬季の暖房負荷が増大してしまい、年間冷暖房負荷については削減効果が期待でき

ません。

そこで、私たちの研究ユニットでは新しい省エネ建材として、環境や状況望ましい方向に変化させる建材の必要性を感じ、そういった建材を環境ハーモニック建材と称し、これを実現するための研究活動を行っています。環境ハーモニック建材によってさらに年間冷暖房負荷を減らし、同時に夏季のピーク消費電力量も減少させることを目指しています。

### 省エネ建材の実現を目指した材料の研究と死の谷

環境ハーモニック建材を実現するために、私たちの研究ユニットでは材料やプロセスの研究を行っています(図2)。その一例に調光ガラスがあります。調光ガラスとは温度などの環境によって日射の透過特性が変化するガラスです。実際にはガラスの上に薄膜を作製し、その薄膜の特性を変化させます。これによって例えば、夏は日射を遮断し、冬は日射を積極的に取り入れる窓ガラスができます。研究内容としては、薄膜を構成する材料の研究や構造の制御によって特性を向上させるといった基礎的なことから、実際の建物に試験



1984年に旧名古屋工業技術試験所に入所。当時のサンシャイン計画の枠内で太陽エネルギー利用のための材料の研究に従事。旧通産省出向、企画官補、産総研イノベーション推進室勤務などを経て、現在サステナブルマテリアル研究部門副研究部門長。大学時代よりさまざまな波長の光に対する材料の特性と利用に関する研究を行ってきました。

**田澤 真人** (たざわ まさと)  
tazawa.m@aist.go.jp  
サステナブルマテリアル研究部門  
副研究部門長(中部センター)



的に設置できる部材の試作から産総研の敷地内に建設した建物（環境調和型建材実験棟）を利用した省エネ性の評価までを行っています。

せっかく省エネ効果を発揮する建材を開発したとしても、それによって快適性が低下してしまえば利用者に受け入れられません。そこで、環境ハーモニック建材を社会に出すために越えなければならない死の谷としては、省エネ性と快適性の両立を実現することと、それを何らかの形で証明することになります。そのため、環境調和型建材実験棟での実証実験は、有効な手段になると期待しています。

#### 省エネ効果と快適性について

省エネ効果の実証については、シミュレーションの手法がほぼ整っており、実際に建築物に設置され、実環境で省エネ性能の検証が行われています。

しかし、快適性の実証は、なかなか困難です。温熱などの環境を作り出すのは材料ばかりでなく、建築デザインや設備などが大きく寄与するからです。さらに居住者の状態によっても大

きく変わります。このため快適性を議論するには材料の研究者だけでは不十分であり、外部の建築系の研究者や産総研の人間工学系の研究者の協力を得て、環境ハーモニック建築部材研究会を設置し、活動しています。

この研究会の活動では、建築物の調査、新材料を建築物に適用した場合の効果などを調べ、意見交換などを行っています。これまでも材料の研究を進める上で、その方針を定めるために大きく役立ってきました。

今後さらに、他分野との連携を深め、環境ハーモニック建材の実現のために活動を行っていきたいと考えています。

#### 参考文献

[1] 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編：エネルギー・経済統計要覧2012

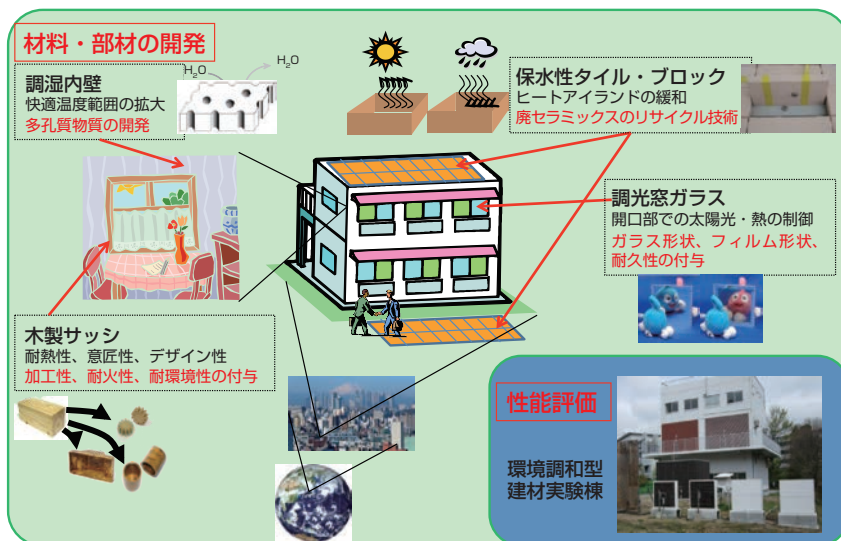


図2 産総研サステナブルマテリアル研究部門で行われている環境ハーモニック建材研究。内壁材、外壁材、窓ガラス、窓用サッシ部材などに利用される材料の研究を行っている。環境調和型建材実験棟では、研究中の材料の効果を実環境で評価している。

# 新しい研究と開発の定義

産総研では、経済・社会ニーズへ対応するために異なる分野の知識を幅広く選択、融合、適用する研究（第2種基礎研究）を軸に、「第1種基礎研究」から「製品化研究」にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進することを組織運営理念の中核に捉えています。

―第2種基礎研究を軸に本格研究へ―

|           | 定義                                                            | 活動    | 成果物                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------|
| 「第1種基礎研究」 | 未知現象を観察、実験、理論計算により分析して、普遍的な法則や定理を構築するための研究を行う。                | 発見・解明 | 学術論文                          |
| 「第2種基礎研究」 | 複数の領域の知識を統合して社会的価値を実現する研究を行う。また、その一般性のある方法論を導き出す研究も含む。        | 融合・適用 | 手法論文<br>特許<br>実験報告書<br>データベース |
| 「製品化研究」   | 第1種基礎研究、第2種基礎研究および実際の経験から得た成果と知識を利用し、新しい技術の社会での利用を具体化するための研究。 | 実用    | 事業価値                          |



# ガスセンサによる健康管理のための本格研究 呼気分析用のセンサデバイス開発

## 呼気分析とガスセンサ

これまでは血液検査やエックス線撮影などのように人体に何らかの影響を及ぼす検査が行われてきましたが、呼気による人間の健康モニタリングや診断は、日常的に吐き出す呼気を検査するため人体に非侵襲という利点があります。

人間の呼気の主成分は、大気中に最も多く含まれる窒素、代謝によって生成する二酸化炭素、消費されずに残った酸素、水蒸気ですが、そのほかに、水素、メタンなどの可燃性ガス、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds：VOC）のようなおい物質など、100種類以上のガスが含まれています。これらの成分は燃焼性のガスのため、熱電式ガスセンサや半導体式ガスセンサによって、センサ素子上の燃焼触媒や半導体材料の表層でガスが酸化した際に生じる熱量または電気抵抗変化を計測することで、ガス濃度を知ることができます。以下に、私たちが取り組んでいる呼気分析用センサデバイス開発について紹介します。

## 呼気分析用センサデバイスに必要な要素

人の呼気には数～数百ppmの水素が存在します。食事に含まれる炭水化物の多くは、糖類分解酵素によって分解され小腸で吸収されますが、小腸で

消化しきれない炭水化物が大腸へ達すると腸内細菌によって発酵されて水素などの成分になり、腸粘膜から血中に溶け込みます。呼気中の水素濃度の測定により、消化吸收機能や腸内細菌増殖の診断が可能です。呼気中の水素濃度測定を集団健康診断や日常診療用として応用するには、ppmレベルの検知が可能だけでなく計測時間を短くすることが必要です。これまでのセンサ技術では、ppmレベルの水素を選択的に計測するのは困難です。そのため、医療機関で使われているシステ

ムは、ガスクロマトグラフィー（GC）などのガス分離機構とガス検知器を組み合わせています。

疾患が発生することで呼気に含まれるVOC、すなわち、疾患マーカーを検知することができれば新しい診断方法となります。定期健康診断の胸部レントゲン撮影では、肺がんが発見された時点で病状がかなり進行した状態とされています。肺がんの場合は肺の病巣からの疾患マーカーが直接呼気に含まれることが見込まれることから、呼気計測は早期発見が可能な診断方法になることが期待できます。そのためには、さまざまなVOCを含む呼気から数ppbの疾患マーカーを選択的に検出する技術が必要です。VOCセンサは、シックハウス対策として酸化スズに貴金属微粒子を添加したセンサが開発されていますが、感度は数十ppbレベルのため、呼気計測に向けてさらに向上させる必要があります。また、肺がんのマーカーは報告例があるものの諸説あり、センサのターゲットガスを

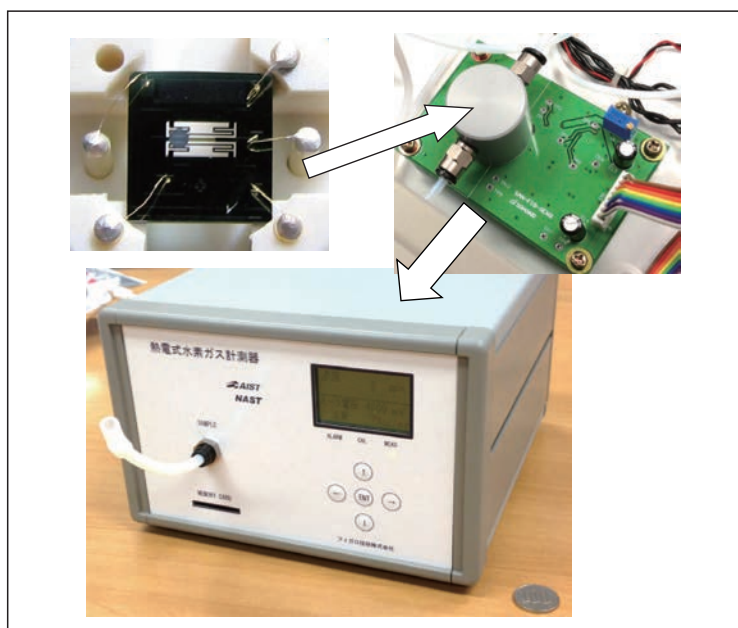


図1 熱電式水素センサ素子（左上）を用いて開発した呼気水素濃度計測器のプロトタイプ



伊藤敏雄（いとう としお）研究員（左）  
itoh-toshio@aist.go.jp

2005年入所。金属酸化物半導体材料、層状有機無機ハイブリッド材料を用いた低濃度VOCガスセンサの研究開発に従事しています。肺がんマーカーの検知に向けたVOCセンサ開発を担当しています。

永井大資（ながい だいすけ）産総研特別研究員（右）  
d-nagai@aist.go.jp

2012年入所。熱電式ガスセンサ、燃焼式触媒、低濃度水素検知器の研究開発に従事しています。熱電式水素センサデバイスの開発を担当しています。

申ウソク（しん うそく）研究グループ長（中央）  
w.shin@aist.go.jp

1992年KAIST材料工学卒業、1998年入所。専門分野は熱電物性計測技術および熱電デバイスの開発。呼気計測機器開発テーマ（2010～2015年度）のリーダー。

先進製造プロセス研究部門  
電子セラミックプロセス研究グループ（中部センター）

明確にしなければなりません。肺がんのマーカーを選択的に検知できる技術も必要です。

### 開発したセンサデバイス

私たちは、触媒のガス燃焼熱を電圧に変換して出力する熱電式ガスセンサを開発しています。この熱電式ガスセンサは、触媒に用いる貴金属添加物と触媒の動作温度を最適化することができます。これにより、熱電式水素センサは、水素だけに応答しほかの可燃性ガスには全く応答しないガス選択性を有しています。ガス燃焼触媒を用いた一般的な抵抗型センサと比較して熱電式センサは局所的な熱を電気信号に変換するので感度に優れており、呼気計測に必要な ppm レベルの感度を実現しています。

熱電式水素センサを用いて、数 ppm ~ 200 ppm の範囲の呼気中の水素濃度を GC のようなガス分離部を用いないで選択的に計測するプロトタイプの呼気水素濃度計測器を試作しました（図1）。とてもシンプルな装置構成であり、既存の高価な計測機器と比べ、低コストと小型化を実現しました。特に、ガス分離する時間が不要ことから、1検体当たりおよそ1分での計測が可能で、自動校正、自動吸引・計測などの機能を設けて、現場の医療従事者が簡単に操作できるようにしました。医療現場において呼気水素濃度を簡単な操作で迅速に計測できることから、集団呼気検診などの臨床応用を検討中です。

また、私たちは、肺がんマーカーの検知に向けた VOC センサデバイスのプロトタイプを開発しました（図2）。このプロトタイプでは、肺がんマーカーの可能性が指摘されているノナナールに絞って、このガスの検知に向けた技術開発を行いました。多種多様な VOC からノナナールを分離検知するために GC によるガス分離機構を用い

ましたが、ノナナールの分離検知に特化させることで、1検体当たりおよそ10分での計測を可能にしました。センサ素子の感度を向上させるために、金属酸化物半導体センサ材料の分散ペーストの開発とともに、センサ膜厚とセンサ応答の関連を明らかにすることに加え、吸着剤によってガスバッグに採取した呼気中 VOC 成分を濃縮することで、数 ppb のノナナール検知を達成しました。

### 今後の展望

この研究開発は、愛知県知の拠点プロジェクト「超早期診断技術開発プロジェクト」における医工連携によって実施しており、参画機関との共同開発で推進しています。現在、水素センサデバイスを用いた医工連携による臨床研究を進めています。さらに、熱電式センサでは、喫煙などに関連がある一酸化炭素、水素と同様に腸内の状態と

の関連が指摘されているメタンの検知に向け、一酸化炭素用燃焼触媒およびメタン用燃焼触媒の材料集積化技術を開発し、水素・一酸化炭素・メタンを同時に計測するセンサ素子とそのデバイスの開発を目指しています。VOC センサデバイスについては、センサ素子を含むデバイスの開発だけでなく、肺がんマーカーを明確にするため、肺がんの患者からご協力を得て呼気を提供していただき、ガスクロマトグラフィー質量分析による精密分析を実施しています。この結果に基づいて、そのほかの肺がんマーカーも検知できるようなセンサシステムの改良が必要不可欠と考えています。

呼気をモニターするガスセンサデバイスを集団健康診断や日常の健康管理のために提供し、多くの方々の健康管理に貢献できることを願ってやみません。

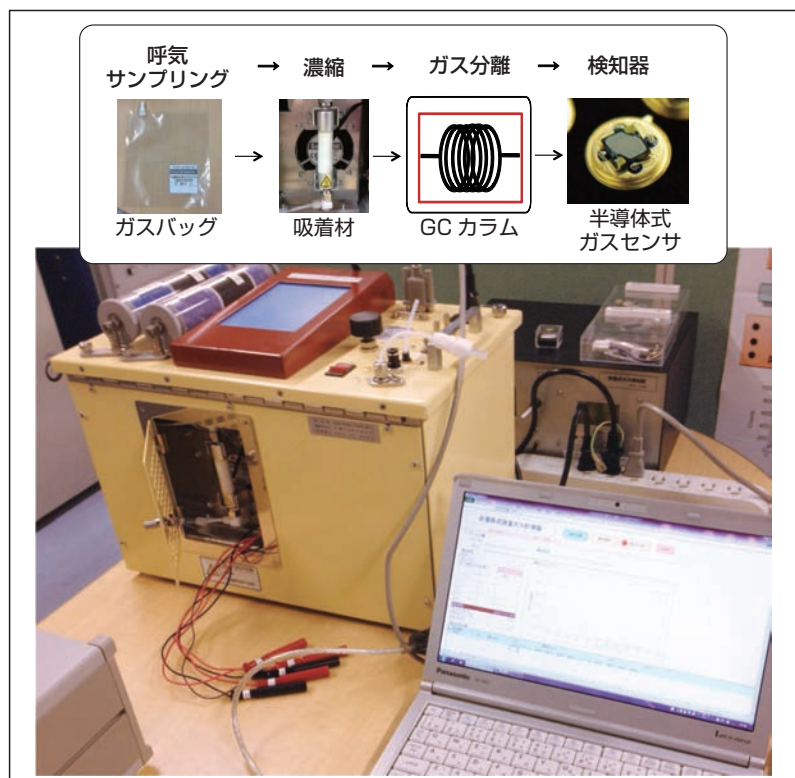


図2 開発した呼気分析用 VOC センサデバイスのプロトタイプとその原理



# 多孔性配位高分子に金属ナノ粒子触媒を固定化

## 水素エネルギー社会実現に寄与する新しい技術



徐強 Xu Qiang

じょ きょう  
q.xu@aist.go.jp

ユビキタスエネルギー研究部門  
ナノ機能合成グループ  
上級主任研究員  
(関西センター)

多孔体やナノ粒子等材料のナノ構造制御・新機能創出およびエネルギー貯蔵・変換への応用研究を行っています。産業応用やエネルギー・環境問題の解決につながる新規材料の実現を目指しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

A. Aijaz, 塩山 洋 (産総研), A. Karkamkar, Y. J. Choi, E. Ronnebro, T. Autrey (米国 PNNL), 津森 展子 (富山高専)

#### ● 参考文献

A. Aijaz et al.: *J. Am. Chem. Soc.*, 134, 13926 (2012).

#### ● 用語説明

\*アンモニアボラン：化学式が  $\text{NH}_3\text{BH}_3$  で表される無機化合物。無色の固体で、常温常圧で安定である。

#### ● 主な研究成果

2012年11月27日「多孔性配位高分子に金属ナノ粒子触媒を固定化」

●この研究開発は、経済産業省「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」による支援を受け、米国パシフィックノースウェスト国立研究所(PNNL)の協力を得て行っています。

### 水素化物への期待と課題

水素エネルギー社会の実現には、水素の貯蔵・運搬という解決しなければならない大きな課題があります。化学的水素貯蔵は、化学結合によって水素化物という安定な形で高密度の水素を安全に貯蔵できるため、大規模な水素輸送や小型の移動型デバイスへの水素供給の有望な方法の一つとして期待されています。水素化物から水素を取り出すためには触媒が必要ですが、現状では触媒の活性と耐久性が不十分であり、水素化物からの水素発生反応の効率を大幅に改善できる高性能触媒の開発が望まれています。

### 二溶媒法を用いた固定化

私たちは今回、超微細な金属ナノ粒子の触媒を多孔性配位高分子の外表面に凝集することなく細孔内に均一に固定化することで、触媒の活性・耐久性を大幅に向上させることに成功しました。多孔性配位高分子は、金属イオンと有機配位子が無限に連結され、ジャングルジムに類似した構造(図1左)をもつ新しい固体材料です。これまでも多孔性配位高分子へ金属ナノ粒子を固定化するために、さまざまな方法が試みられてきましたが、触媒になる金属粒子が配位高分子の外表面に凝集して大きくなり、触媒反応に活性を示す有効な金属の表面積が小さくなるこ

とから、触媒活性を上げることができないなどの問題が生じていました。

今回、親水性溶媒と疎水性溶媒を併用する新しい「二溶媒法」を用いて、外表面に凝集することなく、多孔性配位高分子のナノ細孔内へ金属ナノ粒子を固定化することに成功しました(図2)。この手法により多孔性配位高分子に固定化した白金ナノ粒子触媒を用いて、水素貯蔵材料であるアンモニアボラン\*の加水分解・水素発生反応を行ったところ、これまで最も活性の高かった白金触媒よりも、水素発生速度が2倍向上しました。また、アンモニアボランの熱分解・水素発生反応を行ったところ、燃料電池電極触媒の活性を低下させるアンモニアなどの揮発性副生成物が観測されず、かつより低温で水素を生成することがわかりました。さらにこの触媒は、反応後も白金ナノ粒子が多孔性配位高分子の細孔内に保持され、安定な触媒活性を維持し、高い耐久性を示しました。

### 今後の予定

今後、「二溶媒法」を用いて、多孔性配位高分子に固定化した金属ナノ粒子触媒の開発を進めるとともに、環境やエネルギー技術に応用可能な材料に展開していきたいと考えています。

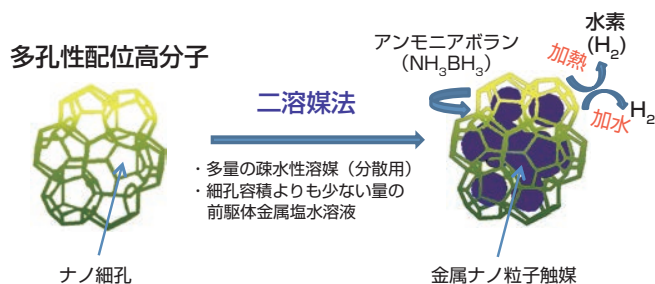


図1 多孔性配位高分子とその細孔内へ固定化された金属ナノ粒子触媒の模式図

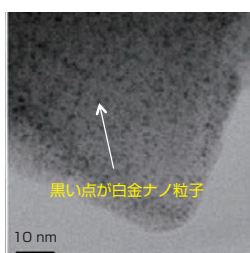


図2 多孔性配位高分子に固定化された白金ナノ粒子触媒の透過型電子顕微鏡による観察結果

白金ナノ粒子は黒い点として観測され、多孔性配位高分子は黒い点を保持する灰色の背景として観測される。



# 真空を利用したパワースイッチ

## ダイヤモンド半導体を使うことにより世界で初めて成功



竹内 大輔

たけうち だいすけ  
d.takeuchi@aist.go.jp

エネルギー技術研究部門  
電力エネルギー基盤グループ  
上級主任研究員  
(つくばセンター)

ダイヤモンド半導体もつ、負の電子親和力など他の半導体材料にはない新しい物性を解明するとともに、ダイヤモンド半導体特有の物性を応用した新しい電子デバイス、特に真空パワースイッチなど革新的なパワーデバイスの創出を目指しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

小泉 聡 (物質・材料研究機構)、八井 崇 (東京大学)、牧野 俊晴、加藤 宙光、小倉政彦、大串 秀世、大橋 弘通、山崎 聡 (産総研)

#### ● 参考文献

D. Takeuchi *et al.*: *IEDM*, 7-6 (2012).

#### ● 用語説明

\* スマートグリッド：効率的なエネルギー利用のために情報・通信技術 (IT) とともに、パワースイッチや蓄電技術を駆使して構成される新しい電力網のこと。

#### ● プレス発表

2012年12月10日「真空を利用したパワースイッチを開発」

● この研究開発の一部は、JST 戦略的創造研究推進事業 先進的低炭素化技術開発 (ALCA)、および JST 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究 (CREST) の支援を受けて行っています。

### 真空パワースイッチへの期待

洋上風力エネルギーなど再生可能エネルギーや電力融通可能なスマートグリッド\*構想を基幹電力系統に導入するには、超高電圧直流電力を自在に扱えるパワースイッチが必要です。しかし、これまで開発されてきたシリコンなどを用いたパワースイッチは、高電圧に耐えられるようにすると電力変換装置が巨大になってしまうという問題がありました。そのため、固体である半導体よりもさらに絶縁耐圧に優れる真空を利用した革新的な超高耐圧高効率小型パワースイッチの開発が期待されています。

### ダイヤモンドを素材とした電子放出源

真空をパワースイッチに利用するには、真空中に高効率かつ低電圧で大電流を流すための理想的な電子放出源を実現する材料が必要です。これまでの真空管の電子放出源であるフィラメントは、大電流を素早くオン・オフすると切れてしまい、信頼性、効率、応答性の面から、真空パワースイッチに使用することはできません。私たちはこの問題を解決するために、真空への電子放出源の材料にダイヤモンド半導体を採用しました。

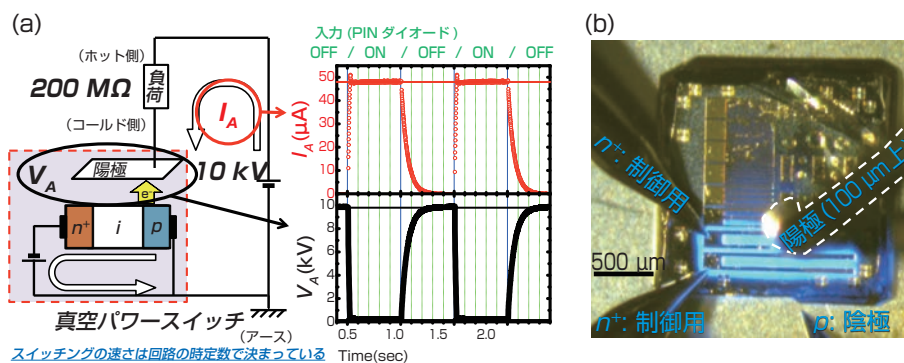
まず、光を照射して出てくる電子放出の基礎実験から、ダイヤモンドの表面を水素原子で覆うと、外の真空よりもダイヤモンド中の自由電子のエネルギー位置が高くなり、真空中に自由

に電子が飛び出す「負の電子親和力」をもつ面となることを実証しました。

同時に共同研究者の小泉らは、水素で覆ったpn接合形のダイヤモンドダイオードを作製し、負の電子親和力を反映して、ダイオードをオンにすると電子放出が起こる現象を発見しました。そこで私たちは、室温で電流を増やすために、リンを高濃度に添加した $n^+$ 層と、不純物の混入を極力低くした真性形のi層を入れたpin接合形のダイオードを開発し、真空パワースイッチとしての検証を図のような回路を用いて行いました。ダイオードがオフであれば、真空は絶縁体として働き、真空パワースイッチはオフ状態となって、陽極電圧は10 kVで全く電流は流れません。一方、ダイオードに電圧をかけてオンにすると、真空中に電子放出電流が流れてスイッチがオン状態になり、負荷抵抗にほぼ10 kVがかかる状態が確認できました。結果として、効率70 %以上の真空パワースイッチとしての動作を世界で初めて確認できました。

### 今後の予定

今後は、さらに真空パワースイッチの特性を向上させて絶縁耐圧性や電力伝達可能性などにおける優位性を確認し、従来の10分の1以下のサイズの超高耐圧高効率小型パワースイッチの具体的な実用化へつなげていきます。



真空パワースイッチの電子放出特性 (a) と動作の様子 (b)

# 植物の背丈や葉、実のサイズを決める機構

## 3つのタンパク質のバランスが植物細胞の伸びを調節



池田 美穂

いけだ みほ  
mi-ikeda@aist.go.jp

生物プロセス研究部門  
植物機能制御研究グループ  
産学官制度来所者  
(つくばセンター)



高木 優

たかぎ まさる  
m-takagi@aist.go.jp

所属は同上  
招聘研究員  
(つくばセンター)

植物遺伝子の研究を通じて、草丈の高さ・枝葉の数などの形を制御するシステムや、高温応答などの環境応答システム、植物細胞の分化制御システムなど、多様な植物特有のシステムの解明を行っています。植物は食品・工業材料としてだけでなく、その環境修復力やヒーリング効果で、私たちの生活を広く支えています。植物の研究から得た基礎的知識を、さまざまな応用につなげることで、社会に貢献することを目指しています。

### 関連情報：

- 参考文献

M. Ikeda et al.: *Plant Cell*, 24, 4483-4497 (2012).

- 用語説明

\* 転写制御因子：DNA から RNA への転写過程の第一段階を担うタンパク質因子

- プレス発表

2012年11月19日「植物の背丈や葉、実のサイズを決める機構を解明」

● この研究開発の一部は、日本学術振興会の支援を受けています。

### 細胞の長さを決める要因

近年、植物由来の医薬品や材料が注目を集めており、その用途も広がりつつあります。用途に合わせて植物の姿形を改変することは、生産の効率化につながります。植物の細胞の長さは、樹高・草丈、葉・実の大きさなどに直接影響を及ぼすことから、以前から育種の重要なポイントとして研究されてきました。しかし、細胞の長さを決める環境要因には、日あたり、温度、水、栄養素の比率などさまざまなものがあり、どのようにして植物がこれらの環境条件を総合的に判断して最終的に細胞の長さを決定しているかは、これまで解明されていませんでした。

### 3種類の転写制御因子を発見

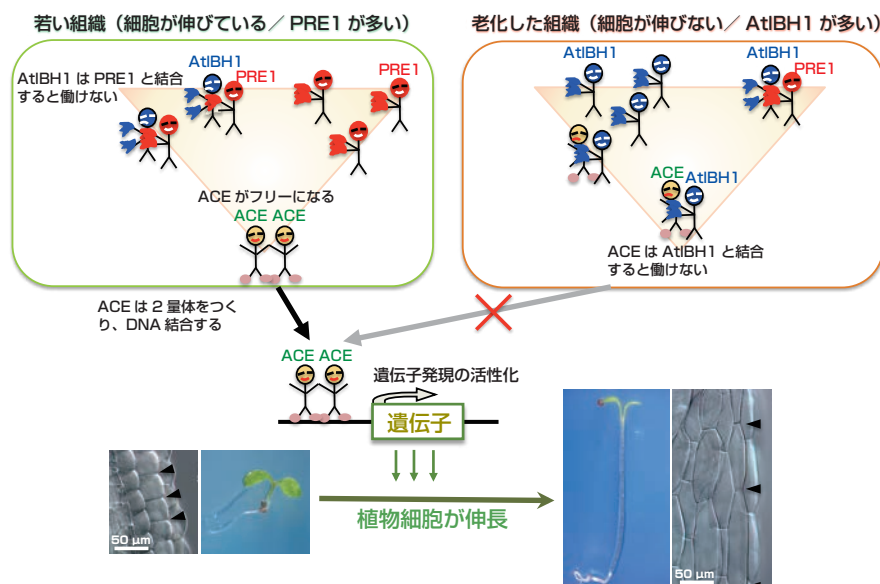
私たちは今回、モデル植物であるシロイヌナズナから、細胞を伸ばす働きをもつ2種類の転写制御因子(PRE1、ACE)と、細胞の伸びを抑制する1種類の転写制御因子 (AtIBH1) の3種類のタンパク質を同定しました。これら計3種類の転写制御因子はいずれも、細胞の数には顕著な変化を与えず、細胞の伸長のみを制御する因子でした。このうち、ACEは直接、細胞を伸ばす酵素遺伝子の働きを活性化して細胞の伸びを引き起こす機能をもっていました。一方、AtIBH1はACEに結合して、その働きを阻害することで、細胞の伸長を抑制していました。PRE1はAtIBH1に

結合し、AtIBH1の働きを邪魔して、ACEの働きが阻害されることを防ぎ、結果的に細胞の伸長を促進していました。このACE、AtIBH1、PRE1による拮抗阻害機構を三重拮抗制御 (Tri-antagonistic bHLH system) と命名しました。

下の図は拮抗阻害機構のイメージです。これと類似した2因子間の拮抗阻害機構はすでにヒトにおいて報告されていますが、3因子による拮抗阻害機構は、これまで動植物において報告例がなく、新しい制御機構といえます。今回発見した3種類の転写制御因子のうち、PRE1は茎の先端や若い葉、若い実など、これから成長する若い組織に多く存在する一方で、AtIBH1は堅くなった茎の下の方や、年老いた葉、大きくなった実など、成長を終えた古い組織に多く存在していました。このことから、PRE1、AtIBH1、ACEの3因子による拮抗阻害機構は、植物の生長段階ごとにさまざまな細胞の伸びを調節している可能性があります。

### 今後の予定

今後はPRE1、AtIBH1、ACEの働きを部分的に増強したり、阻害したりすることで植物の背丈や葉、花、実のサイズなどを改変する技術の開発を試み、実際の作物育種に応用していきます。



3つの転写因子が拮抗して植物の細胞伸長を制御する「三重拮抗制御」



# モバイルカメラの屋内広域トラッキング

## 拡張現実によるメンテナンスサポートの実現に向けて



牧田 孝嗣

まきた こうじ  
k.makita@aist.go.jp

サービス工学研究センター  
行動観測・提示技術研究チーム  
産総研特別研究員  
(つくばセンター)

拡張現実感 (Augmented Reality : AR) に関する研究を行っています。メンテナンスサポートシステムを始め、広域で利便性の高いARシステムの実現を目指し、3次元モデルをベースとしたカメラトラッキング手法の研究を進めています。また、カメラトラッキング結果の評価 (ベンチマーク) に関する研究・標準化活動も並行して進めています。

### 関連情報：

● 共同研究者

大隈 隆史、石川 智也、興相 正克、蔵田 武志 (産総研)、Thomas Vincent、Laurence Nigay (Université Joseph Fourier)

● 以下のサイトにて、拡張現実のためのカメラトラッキングに関するベンチマークの標準化活動を進めています。

<http://trakmark.net>

● この研究は、JST 戦略的国際科学技術協力推進事業 (研究交流型) 「日本 - フランス (ANR) 研究交流」として実施されました。

### ARシステムの課題

モバイル端末の普及に伴い、拡張現実 (Augmented Reality : 以下AR) を用いたアプリケーションが登場し始めています。ARは、コンピュータグラフィクスで作成された仮想物体や注釈を現実環境に重ねて表示する技術であり、直観的にわかりやすい情報提示ができるという特徴を持っています。そこで私たちは、屋内広域環境において機械などのメンテナンス作業をサポートするARシステムの実現を目指しています。ARを利用するには、使用する端末の位置姿勢を実時間で推定する (トラッキングをする) 必要があります。しかし、広域を動き回るような作業者を対象としたトラッキングは、現状の研究レベルでは容易ではありません。

### 広域で利用可能なトラッキングシステム

そこで私たちは、作業環境の仮想化現実モデル (写真を用いて作成した色つきの3次元モデル) をあらかじめ作成しておき、モデルをある視点から見たときの仮想画像とモバイル端末で撮影したカメラの実画像の比較により、端末の位置姿勢を実時間で推定する技術を開発しました。環境のモデリング作業に時間がかかることから、大規模な環境モデルを用意して広域のトラッキングを実現することは困難と考えられていました。私たちは、従来より研究に取り組んできた3次元モデリング技術を応用し、トラッキングに必要な情報を保持しつつ広域環境を効率的にモデリングすることで、広域で利用できるモデル

ベースのトラッキングシステムを実現しました。

図1に、トラッキングシステムのフレームワークを示します。このフレームワークでは、トラッキングは遠隔にあるサーバー内で行われるため、モデルのデータをモバイル端末に入れておく必要はありません。また、モバイル端末の性能が比較的低くとも動作が可能です。データの流れは、まずはじめに、モバイル端末でカメラ画像を取得し、サーバーに画像を送信します。サーバーでは、受信したカメラ画像とモデルデータを比較してトラッキングを行い、推定したカメラ位置姿勢の情報をモバイル端末に送信します。最後に、モバイル端末では、受信したカメラ位置姿勢の情報を用いてAR画像が表示されます。

システムの実験例として、図2に、ポスターを注釈の対象とした実験の様子を示します。このシステムでは、タブレット端末越しにポスターを見ると、ポスターに掲載されたコンテンツの注釈 (ラベル) が表示されます。また、ラベルを指でタッチすることで、そのコンテンツの詳細情報が提示されます。

### 今後の予定

今後、実際のメンテナンスサポートシステムを構築し、作業者による実験を実施予定です。それに向けて現在、実際の機械を対象としたトラッキングの実験を進めています。また、ユーザーへのストレスを軽減するために、トラッキングの高速化を進めています。



図1 モデルと画像の比較によるカメラトラッキングシステムの概要

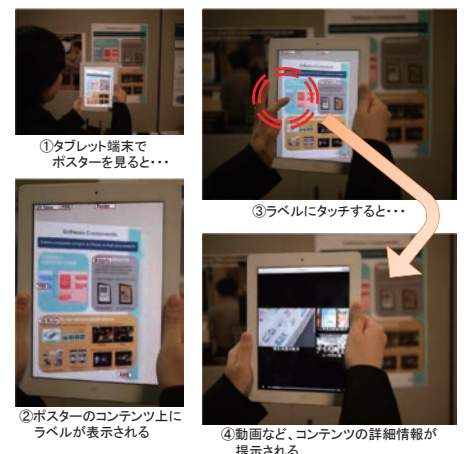
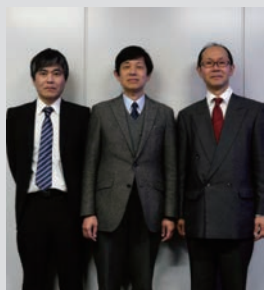


図2 ポスターを注釈の対象とした実験の様子



# 高精細な赤外線カラー暗視撮影技術

## 暗闇にある物体を鮮明なハイビジョンカラー動画で撮影



### 永宗 靖

ながむね やすし (左)

nagamune.y@aist.go.jp

ナノシステム研究部門  
ナノ光電子応用研究グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

社会の安全に寄与する機器やシステムの開発を目指して高感度イメージセンシング技術に関する研究開発を行っています。この技術は新分野の開拓にもつながると考えています。

### 時崎 高志

ときざき たかし (中央)

t-tokizaki@aist.go.jp

ナノシステム研究部門  
ナノ光電子応用研究グループ  
研究グループ長  
(つくばセンター)

光学的に詳細が見にくいナノ材料や超高速現象を可視化して調べる研究をしています。この技術は新たな材料評価法としても有望と考えています。

### 太田 敏隆

おたと したか (右)

ohta-t@aist.go.jp

ナノシステム研究部門  
NRI イノベーションオフィス  
室長  
研究主幹  
(つくばセンター)

ナノシステム研究部門の技術移転の支援を担当しています。この研究成果がさまざまな用途で実用化されることを目指しています。

### 関連情報:

#### ● プレス発表

2011年2月8日「暗視カラー撮像技術を開発」

2012年12月3日「高精細な赤外線カラー暗視撮影技術を開発」

### 暗視カメラの現状

暗闇の中での撮影には赤外線暗視カメラが広く使われていますが、これまではモノクロの映像しか撮影できませんでした。セキュリティー、車載カメラ、夜間動物観察などの、暗視撮影を必要とする分野では、より詳細な映像情報を得るためにカメラのハイビジョン化が進められてはいますが、依然としてモノクロ映像が利用されています。一方、赤外線だけを利用して、可視光で見た映像に近いカラー画像が撮影できれば、これまでとは質的に異なる情報が得られ、前述の分野などでの展開が期待されます。

### ハイビジョンカラー暗視カメラの開発

私たちはこれまでに、モノクロでしか表示できなかった赤外線画像を可視光下で見た色に近いカラー画像として撮影できる赤外線カラー暗視カメラの原理を実証しました。今回、この技術をさらに高度化して、高精細なデジタル放送にも使える、高解像度の赤外線カラー動画が撮影できる装置を開発しました。この装置では、暗闇にある被写体に赤外線を照射し、被写体から反射してきた赤外線を独自の高感度赤外線撮影技術により検出し、物体の可視光領域における反射特性と赤外線領域における反射特性の間に弱いながらも存在する相関関係に基づき表色

処理を行います。それにより、可視光下での被写体の色と同一かそれに近い色によるカラー動画が得られます。

図1は今回開発した赤外線ハイビジョンカラー暗視カメラです。既存の放送用ハイビジョンカラーカメラをベースとして、筐体のサイズや重さを増大させないで、内部に赤外線カラー暗視用の装置も組み込んであります。このカメラは、可視光照明下では通常のハイビジョンカラーカメラとして動作し、暗闇の中ではカメラ上部に取り付けられた赤外線投光器で赤外線を投射して赤外線映像を撮影し、カメラ内部の画像処理系によりカラー化します。

図2は、今回開発した赤外線ハイビジョンカラー暗視カメラを用いて、暗闇の中で赤外線照明だけを用いて撮影した映像です。今回開発した新方式でも、前回(2011年2月)産総研で開発したカメラと同様に可視光照明下の物体の色をよく再現できるとともに、前回のカメラより高精細な映像を撮影できるようになりました。

### 今後の予定

今回開発した技術を民間企業へ技術移転し、撮影装置を高性能化・高耐久性化させたのち実用化する予定です。また、小型化をさらに進めて放送用カメラ以外への応用を目指します。



図1 開発した赤外線ハイビジョンカラー暗視カメラ

上部の黒いブロックが赤外線投光器



図2 今回開発した赤外線カラー暗視カメラにより撮影された暗闇中の被写体の撮像例

# バイオ生産可能なポリアミド4の物性の改質

## メチロール化反応によるポリアミド4高分子鎖の修飾

国際公開番号  
WO2012/161174  
(国際公開日: 2012.11.29)

研究ユニット:

健康工学研究部門

### 適用分野:

- 生体適合材料 (細胞培養基板、生体内吸収材料)
- 環境適合材料 (農業用部材)
- 構造材料 (家電構造部材、自動車内装品)

### 目的と効果

ポリアミド4は、①原料モノマー (2-ピロリドン) がバイオ由来資源から容易に生産可能で (糖→グルタミン酸→ $\gamma$ -アミノ酪酸→2-ピロリドン)、かつ生分解性があり、②アミド基の水素結合による優れた熱的・機械的性質をもち、③開始剤の選択によりさまざまな高分子構造を容易に設計できるなどの特徴を有し、生体適合材料や環境低負荷材料への利用が期待されます。一方、融点と熱分解温度とが接近しているために、熔融成形するためには、成形条件と樹脂物性の両面での検討が必要です。今回開発した技術では、ポリアミド4の高分子鎖を修飾することにより、熱的性質の改善や諸物性の改質が可能となりました。

### 技術の概要

この発明は、図1に示すようにポリアミド4の主鎖中のアミド基の一部をメチロール化することにより、分子間水素結合の生成を阻害し、その結果として融点降下をもたらし、融点と熱分解温度とを分離し、成形を容易にする技術です。メチロール基を有するポリアミド4は、融点が低下し

ており、融点と熱分解温度が分離しているという特性を有しています (図2)。また、メチロール化されたポリアミド4は、大気中の水分が存在する通常の環境下では、破断伸度が大幅に向上します。さらに、この発明のメチロール基を有するポリアミド4は、メチロール基の導入率が20%以下の場合、土壤中や活性汚泥中の微生物により生分解されます。

### 発明者からのメッセージ

近年、バイオ由来資源からポリアミド類を生産する技術開発が活発化していますが、私たちが開発しているポリアミド4は、その中で高分子鎖の炭素数が最も少ない材料です。これにより、ほかのポリアミド類よりも優れた熱的・機械的性質や親水性をもちます。また、化学合成されるポリアミド類では唯一の生分解性材料です。メチロール化によりタンパクなどの導入が可能であり、機能性生体材料としての展開が期待されます。これらの特徴を活かした用途開発を企業の皆さまと共同研究していきたいと考えています。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

### 知的財産部技術移転室

〒305-8568  
つくば市梅園 1-1-1  
つくば中央第2  
TEL: 029-862-6158  
FAX: 029-862-6159  
E-mail: aist-tlo-ml@aist.go.jp

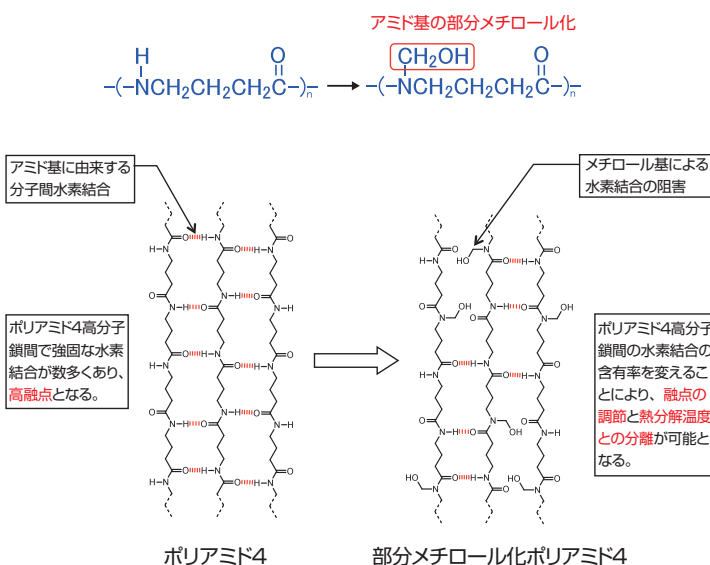


図1 ポリアミド4高分子鎖のメチロール基による修飾

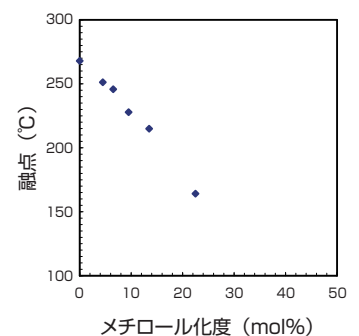


図2 ポリアミド4のメチロール化度と融点との関係

# 内表面が疎水化された有機ナノチューブ

## 薬物の放出制御や変性タンパク質の回復・活性の保護が可能に

国際公開番号  
WO2012/153576  
(国際公開日:2012.11.15)

研究ユニット:

ナノシステム研究部門

### 適用分野:

- 薬物徐放性に優れた DDS ナノカプセル
- 組換えタンパク質の発現後に用いるリフォールディング剤
- 酵素を用いるナノリアクターやバイオセンサー

### 関連情報:

- 参考文献

N. Kameta *et al.*: *ACS Nano*, 6, 5249-5258 (2012);  
W. Ding *et al.*: *Advanced Healthcare Materials*, 1, 699-706 (2012).

- プレス発表

2012年5月23日「変性したタンパク質の活性を回復させる有機ナノチューブゲル」

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

### 知的財産部技術移転室

〒305-8568  
つくば市梅園 1-1-1  
つくば中央第2  
TEL: 029-862-6158  
FAX: 029-862-6159  
E-mail: aist-tlo-ml@aist.go.jp

### 目的と効果

持続的に薬物を放出するナノカプセルは、薬の副作用を減らし、患者さんの生活の質(QOL)を高める技術として実用化が期待されています。これまでこのようなナノカプセルはほとんどなく、また煩雑な製造工程を必要としていました。この発明のチューブ状有機ナノカプセル(有機ナノチューブ)は、混ぜるだけで薬物を定量的にカプセル化し、持続的にこれを放出できる優れた機能を有します。またこの有機ナノチューブは、熱や変性剤などによって変性したタンパク質を正常な構造に折りたたませて回復させる機能(リフォールディング補助機能)も併せもちます。

### 技術の概要

外表面が親水性、内表面が部分的に疎水化された有機ナノチューブを発明しました。内表面との相互作用によって薬物を簡単にカプセル化し、生理条件下でこれを徐放することができます。特に抗がん剤として知られるドキソルビシンでは、水溶液中でこのナノチューブと混ぜるだけで定量的にナノカプセル化物が得られるため、精製工程も不要です。チューブ内表面の疎水性の割合を変

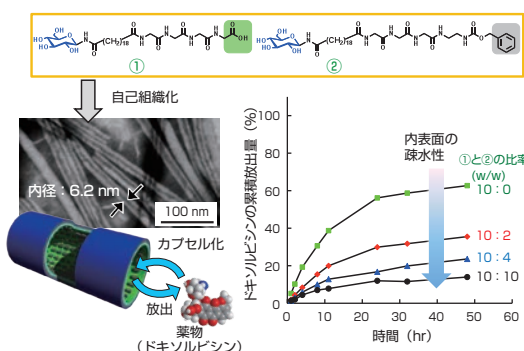


図1 薬物徐放のために内表面が疎水化された有機ナノチューブとその形成分子①(親水性)、形成分子②(疎水性)、および有機ナノチューブを用いたドキソルビシン(抗がん剤)の生理的条件下での放出特性(pH7.4、20 mM HEPESバッファー+150 mM NaCl中)

化させることで、放出速度を制御することもできます。さらに、変性したタンパク質をこのナノチューブにカプセル化後、pH 変化といった単純な操作を行うだけで、リフォールディングを促進し、正常化されたタンパク質だけを高純度・高収率で単離できます。正常なタンパク質では、カプセル化によって高温や高濃度の変性剤存在下でもその活性を維持させることも可能です。

### 発明者からのメッセージ

両端に開口部をもつ有機ナノチューブは、薬剤やタンパク質のカプセル化と放出に理想的なナノ構造です。この発明では内表面の疎水化によって、溶媒分散性を損なうことなく、薬物の簡便なカプセル化と放出制御を可能にしています。また、チューブ内径(約6~9 nm)が多くのタンパク質の分子サイズに匹敵するため、カプセル化によって変性したタンパク質のリフォールディングを補助し、さらに、その活性を維持する機能をもつと考えられます。今後、薬物ナノカプセル、組換えタンパク質の製造やナノリアクターへの応用が期待できます。

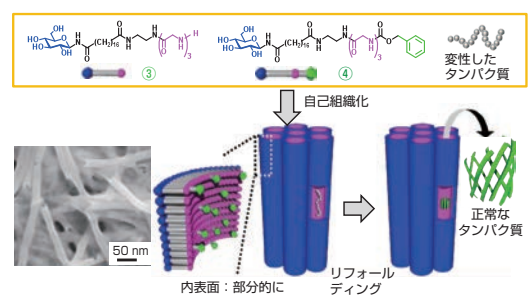
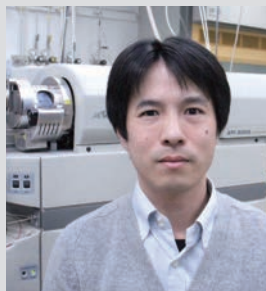


図2 変性タンパク質の折りたたみによる正常化を補助する、内表面が疎水化された有機ナノチューブとその形成分子③(親水性)、形成分子④(疎水性)、およびそのリフォールディング法



# 定量解析用核酸標準物質の開発

## DNA マイクロアレイの標準化を目指して

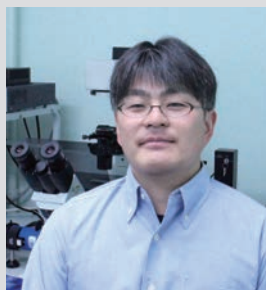


藤井 紳一郎

ふじい しんいちろう  
s-fujii@aist.go.jp

計測標準研究部門  
有機分析科  
バイオメディカル標準研究室  
主任研究員  
(つくばセンター)

2005年に標準・計測分野とライフサイエンス分野の分野融合枠で採用され、バイオ計測に関する計量標準の整備や標準化に向けた技術開発を進めています。特にDNAやRNAといった核酸分子の標準物質開発を担当しており、標準物質開発に必要な分析技術について、関係者の協力を得ながら研究開発を進めています。



関口 勇地

せきぐち ゆうじ  
y.sekiguchi@aist.go.jp

バイオメディカル研究部門  
バイオメジャー研究グループ  
研究グループ長  
(つくばセンター)

バイオ計測技術、特に核酸を対象とした定量技術開発とその医療、産業分野での応用に関する研究を行っています。蛍光消光現象を利用した遺伝子定量技術の開発、次世代シーケンサーを利用したマルチプレックス定量技術の開発や、それらの精度管理技術の開発に関心があります。

### 関連情報:

#### ● 参考文献

[1] 藤井 紳一郎: ぶんせき, 432, 674-675(2010).

[2] 藤井 紳一郎、関口 勇地、高津 章子: 臨床化学, 41(4), 363(2012).

### 開発の背景

デオキシリボ核酸 (DNA) やリボ核酸 (RNA) といった核酸分子は、遺伝情報を司り、タンパク質の合成に関与するなど、生体内における極めて重要な分子の一つです。特に最近では、ガン検査などのバイオマーカーとしての発現遺伝子を対象に、遺伝子発現解析が盛んに行われています。また、感染症の検査や遺伝子組換え食品の検査などにも核酸分子の定量分析が用いられています。

近年ではこれらの分析にDNAマイクロアレイと呼ばれる装置が使われることがありますが、異なる装置間の測定結果の互換性向上や解析技術の精度管理のための標準物質が望まれていました<sup>[1]</sup>。中でも、濃度が定められた核酸標準物質は世界的にも例がなく、私たちはこれらの要望に応えるべく、国際単位系 (SI) へのトレーサビリティが確保された定量解析用核酸標準物質として、2011年に定量分析用DNA標準物質 (NMIJ CRM 6203-a) を開発 (2012年12月に頒布を中断。次期ロットについては現在準備中。) し<sup>[2]</sup>、今回、定量解析用RNA標準物質 (NMIJ CRM 6204-a) を新たに開発しました。

### 核酸標準物質の調製と認証方法

開発したRNA標準物質は、自然界に存在する既知の真核生物由来ゲノム配列などとの類似

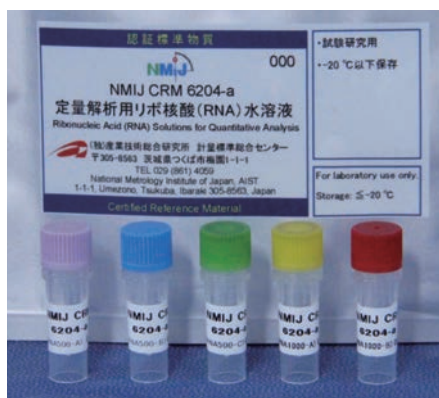
性が低い人工的な塩基配列を持つRNAとして設計しました。533塩基と1033塩基からなる5種類の塩基配列で、遺伝子発現解析において、濃度を変化させたスパイクインRNA標準として利用できるよう5種類の設計と精密な濃度評価を行いました。

核酸濃度の値付けには、同位体希釈質量分析法によるヌクレオチド測定と、誘導結合プラズマ質量分析法による核酸分子内りん測定の二つの測定法を開発し、適用しました。認証標準物質の開発に要求される高精度な分析が実現できるように、詳細な分析技術・条件を検討し、これらの測定方法を用いることにより、核酸濃度のSIへのトレーサビリティを確保しました。

### 今後の展開

開発したRNA標準物質は、分析装置や分析方法の妥当性評価や精度管理のための基準として利用できます。特にDNAマイクロアレイや次世代DNAシーケンサーを使用した遺伝子発現解析の精度管理を目的として、スパイクインRNA標準として利用できるよう設計したため、DNAマイクロアレイによる遺伝子発現解析の標準化に役立つと期待されます。

今後も、核酸計測の標準化に貢献するため、標準物質の開発やそれに必要な測定技術の開発を進めていく予定です。



定量解析用リボ核酸 (RNA) 水溶液 (NMIJ CRM 6204-a)

定量解析用リボ核酸 (RNA) 水溶液 (NMIJ CRM 6204-a) の認証値および拡張不確かさ

| 試料名称      | 質量濃度 (ng/μL) | 拡張不確かさ (ng/μL, k=2) |
|-----------|--------------|---------------------|
| RNA500-A  | 30.6         | 3.1                 |
| RNA500-B  | 27.3         | 2.4                 |
| RNA500-C  | 32.4         | 3.2                 |
| RNA1000-A | 58.3         | 4.9                 |
| RNA1000-B | 59.5         | 5.3                 |

# レアメタル資源分析・選鉱試験施設の整備

## 鉱石の高精度分析と、選択的な粉碎が可能に



高木 哲一

たかぎ てついち

takagi-t@aist.go.jp

地圏資源環境研究部門  
鉱物資源研究グループ  
研究グループ長  
(つくばセンター)

1994年旧工業技術院地質調査所(地調)入所。地調時代は非金属鉱物資源を中心に研究してきました。2001～2006年は、産総研深部地質環境研究センターで高レベル放射性廃棄物地層処分の実施しました。2007年から鉱物資源研究に復帰し、2009年より現職。レアメタル資源を中心に研究を進めています。

### 関連情報:

● 参考文献

[1] 昆 慶明、高木 哲一：  
産 総 研 TODAY, 11(1),  
23(2011)。

### 社会的な背景

ハイテク産業に必須なレアメタル(希少金属元素)は、国内ではほとんど産出しないため、もっぱら海外からの輸入に頼っています。しかし、レアメタル資源は、新興工業国での消費量増加、資源ナショナリズムなどの影響により、その安定的確保が年々難しくなっています。地圏資源環境研究部門では、わが国の海外での資源開発を促進するために、2011～2012年度に資源エネルギー庁委託事業により、レアメタル資源を対象とした分析・選鉱試験施設を整備しました。

### レアメタル資源分析施設

レアメタル資源を開発するには、鉱床の形成プロセス、品位、鉱石の鉱物学的特徴などを把握し、資源ポテンシャルを適切に評価する必要があります。この施設では、鉱石鉱物を分析・解析するためのFE-EPMA、X線回折計、MLA(Mineral Liberation Analyzer)、レーザーラマン分光分析計などを新たに導入しました。また、鉱石の化学組成や同位体組成を分析するために、レーザーアブレーションICP-MS<sup>[1]</sup>、多重検出器型ICP-MSなども導入しました。この施設では、さらに高精度年代測定装置SHRIMPを2012年度に導入しました(写真1)。SHRIMPとはSensitive High Resolution Ion Micro Probe

の略称で、酸素またはセシウムのイオンを高速で対象物に照射し、出てきた二次イオンの同位体比を質量分析計で測定する装置です。この装置は、地質学に用いるために特に大型に設計されており、岩石に含まれるジルコンなどのU-Pb年代を正確に測定することができます。

### レアメタル資源選鉱試験施設

レアメタル資源の開発において常に課題となるのが、鉱石から目的の鉱物を分離・抽出する「選鉱」です。この施設では、鉱石粉碎装置、磁力選鉱器、静電選鉱器、湿式サイクロン、テーブル選鉱器、浮遊選鉱器など従来型機一式を導入し、廃水浄化システムを完備した実験室を整備しました。さらに最新鋭の機器として、2012年度に高電圧パルス岩石粉碎装置SELF FRAG LABを導入しました(写真2)。この装置は、岩石を鉱物粒界で選択的に粉碎する装置で、目的の鉱物を過粉碎することなく分離することができます。

### 今後の展開

今後、石油天然ガス・金属鉱物資源機構や民間企業と共同で、この施設を活用して新規レアメタル資源の評価を適切に行い、日本へのレアメタル供給安定性の向上を目指していきます。



写真1 高精度年代測定装置 SHRIMP IIe(豪州ASI社製)



写真2 高電圧パルス岩石粉碎装置  
SELF FRAG LAB(スイスSELF FRAG AG社製)



# シリーズ：進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第40回) 「日本のイノベーションモデル」をイノベーションする

イノベーション推進本部 審議役 おかだ みちや 岡田 道哉

## モノづくりへのこだわりとオープンイノベーション

「技術で勝ってビジネスで勝つ」これが戦後のわが国経済を支えてきた日本のモノづくり産業の勝ちパターンでした。独自技術への強い「こだわり」と優れた製品は、圧倒的な高品質で市場を席巻してきました。しかし、2000年代以降、海外企業は「技術で勝負せずにビジネスモデルで勝負する」新たなオープンイノベーション戦略に転じ、わが国産業は優位性を失ってしまいました。結果として、独自技術へのこだわりは、強みではなく弱みであると考えられるようになりましたが、私は、日本企業の「技術へのこだわり」は、日本の文化であり、日本のモノづくりの基盤であると考えています。つくばイノベーションアリーナ(TIA)では、パワーエレクトロニクスに関するオープンイノベーション拠点の構築を2009年に開始しました。当初、海外で広く行われているオープンイノベーションの方法論を中心に、産業界と幾度も意見を交換しましたが、議論を重ねるほど違和感が増しました。手本とした海外のオープンイノベーションモデルは、「自前主義」を否定すると同時に、「技術へのこだわり」をも捨て去ることを求めるため、日本人にはなじまなかったのです。産業界と1年以上かけて対話するなかで、日本に適したオープンイノベーションとは「技術へのこだわりを互いに認め合うこと」ではないかと考え、制度設計に反映させました。その結果、2012年4月に、民間企業14社と産総研で合意が成立し「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーションズ(Tsukuba Power-Electronics Constellations, TPEC)」を発足することができました。TPECはパワーエレクトロニクスに関するオープンイノベーション共同研究体ですが、同時に(少しだけ)、「技術へのこだわり」を認めた新しい(日本型の)オープンイノベーションモデルです。

## 産業界、若手人材と研究者に魅力的であること

オープンイノベーション拠点は、「産業界が魅力に感じる」ことが大切ですが、加えて、「学生や若手研究者にとっても魅力的であること」が重要です。そこで、「毎夏、パワーエ

レクトロニクス・サマースクールを産総研で開催し、日本全国から熱意ある学生に集まってもらう」、「パワーエレクトロニクス大学院(連携・寄附講座)を筑波大学に開設し、産業界、大学と産総研が協力して人材を育成する場を作る」などの新制度を立ち上げました。これらの試みは、産業界、大学、学生と産総研の関係者の熱意なくしては進みません。持続的な拠点としての歩みは始まったばかりです。魅力を創出していくには、ユーザーの目線で企画し制度設計することがとても重要です。

## イノベーションモデルを変える

科学技術立国を目指すわが国には、世界的なオープンイノベーション拠点が必要です。国の発展には「顔」となる国際空港の整備が必要であると同様に、強いモノづくり国家を目指すには、グローバル・オープンイノベーション拠点が必要です。産総研は、今後も世界が注目する研究成果を出し続けるとともに、自らがグローバル・オープンイノベーション拠点の中核をなしていくことになるでしょう。産総研はもっともっと進化することができます。日本の産業競争力を強化するには、日本の企業文化に適したイノベーションモデルへ再構築する必要があります。「日本のイノベーションモデル」をイノベーションする——その実現を夢見て今後も活動していきます。



サマースクールで学生に TPEC について講義する筆者



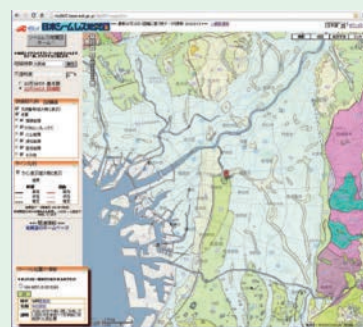
産総研は憲章に「社会の中で、社会のために」と掲げ、持続発展可能な社会の実現に向けた研究開発をはじめ、社会的な取り組みを行っています。

## シームレス地質図の作成・公開

地質調査総合センターでは、20万分の1日本シームレス地質図を作成し、2001年度より公開しています。これは、これまで出版されてきた20万分の1地質図幅の図郭における境界線の不連続を、日本全国統一の凡例を用いることによって解消した新しい地質図です。任意の範囲で情報を得られるほか、データをダウンロードして地理情報システム（GIS）上で利用できます。PC版では地形と地質の関係が

直感的に解りやすい3D表示が2012年度に可能になりました。Webサイトでは一般向けの簡単な解説も付けられています。これまでの研究利用に加え、都市計画などにも積極的に参照されはじめ、2013年3月にはアクセス数が60万件になりました。また、シームレス地質図はスマートフォンなどでも閲覧できるので、街歩きやジオパークでも活用されるなど一般にも利用が広がっています。データ提供側と

しては、自分たちの足元の基盤情報である地質情報を正しく、広く伝えるための研究を重ねています。



表示例：大阪城付近の詳細版

## 科学・技術フェスタ 2013 にブース出展

報告

3月16日～17日の2日間にわたって京都市で開催された「科学・技術フェスタ2013」に、産総研からもブース出展しました。この催しは、将来の科学技術を担う世代の科学・技術に対する関心を深める目的で政府機関などが主催するもので、中学生や高校生による科学・技術の成果発表と、研究機関や企業の最先端科学・技術に関する展示を行う参加型イベントです。

今年の産総研ブースでは、今年の

イグノーベル賞を受賞した「スピーチジャマー」の効果体験、床下探査ロボット「DIR-3」の操縦体験、アザラシ型ロボット「パロ」の触れ合い体験、偏光万華鏡工作コーナーを展開しました。また、2日目のセンターステージでは、「スピーチジャマー」の開発者である栗原一貴 主任研究員のミニ講演も行いました。イベント初日には、科学技術政策担当の山本一太 内閣府特命担当大臣にブースにお立ち寄りいただきました。

このイベントの2日間の来場者数は、昨年を上回る5,958名と発表されています。産総研ブースをご覧いただいた皆様、ありがとうございました。



DIR-3の操縦をされる山本大臣（左）と、ブースを訪れた参加者の様子（中、右）

## 産総研 福島新拠点 再生可能エネルギーシンポジウムの開催

報告

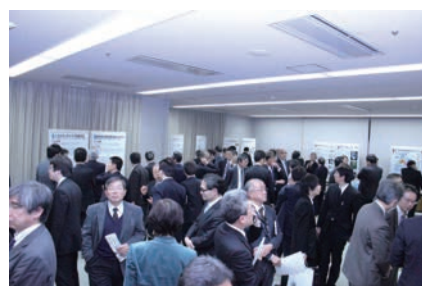
産総研は、政府の「東日本大震災からの復興の基本方針」を受け、再生可能エネルギーに関する研究開発拠点の設置を進めており（福島県郡山市内の西部第二工業団地に2014年4月開所予定）、2013年3月12日に福島県郡山市において「産総研 福島新拠点 再生可能エネルギーシンポジウム」を開催しました。シンポジウムでは、地域の行政に携わる方々や、企業・住民の方々に対し、新拠点における研究計画や各

方面との連携、新拠点に対する期待などについて情報提供を行い、赤羽一嘉

経済産業副大臣をはじめ、合わせて313名の方々にご参加いただきました。



来賓挨拶（赤羽一嘉 経済産業副大臣）



ポスター展示会場

## カナダ政府関係者などの来訪

報告

2013年1月29日、日加政府間による日加科学技術協力合同委員会に出席したカナダ政府関係者など18名がつくばセンターを来訪されました。

今回来訪された一行は工業省自然科学局のFortier局長を筆頭とし、一村副理事長との会談後、地質標本館およびサイエンススクエアつくばを視察されました。産総研との関係が深いカナダ工学研究カウンシル（NRC）、カナダ地質調査所（GSC）の幹部の方々も参

加されており、地質分野および国際部関係者とそれぞれ意見交換を行いました。

NRC傘下の国立ナノテクノロジー研究所は、産総研ナノシステム研究部門との個別研究協力覚書を締結しており、同じくNRC傘下の国立測定標準研究所（INMS）は、産総研計測標準研究部門と長らく計量標準に関する連携協力を推進しています。これらを踏まえ、引き続き両機関が共有する研究

テーマのマッチングなどについて情報交換を行い、連携を深めていくことで合意しました。

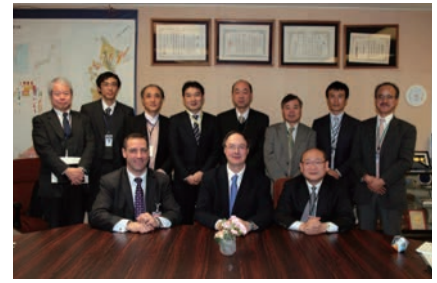
また、GSCは、天然資源省傘下の研究所で、以前より地質調査総合センターと連携協力関係にあります。個理事との意見交換において、地質防災分野や宇宙リモートセンシング分野での協力などについて、忌憚のない意見交換が行われました。



会談の様子  
一村副理事長の挨拶



左から、Wayner NRC 副理事長、宮崎国際部長、Hordy NRC 国際部長



前列左から、Ikkers GSC シニアアドバイザー、Lebel GSC 局長、個理事

## フランス外務省日仏パートナーシップ担当特別代表の来訪

報告

2013年2月20日、シュヴァイツァー・フランス外務省日仏パートナーシップ担当特別代表およびマセ駐日仏大使がつくばセンターを訪問され、産総研とフランス国立科学研究センター（CNRS）との共同研究プロジェクトを実施するAIST-CNRSロボット工学連携研究体（CNRS-AIST JRL）の研究室を視察されました。

研究室では、一村副理事長の挨拶、金山理事などからのロボット研究概要についての説明があり、続いて、現在研究中的のヒューマノイドロボットのデモンストレーションを行いました。

シュヴァイツァー特別代表は、ロボットの操作方法、研究成果の活用などについて熱心に意見交換されました。

CNRS-AIST JRLは、産総研とCNRS

との間で締結した包括研究協力覚書（2001年締結、2006年・2011年更新）に基づく国際共同研究を実施するために、2003年設立の日仏ロボット工学共同研究ラボラトリーの発展的な組織として、2008年12月に設立されたものです。

CNRS-AIST JRLは、CNRSの国際混成研究所（International Mixed Unit, UMI）として、海外に拠点を置く正式

な組織に位置づけられており、CNRSより常時10人程度、これまで延べ100人の研究者が短期・長期で滞在しています。産総研知能システム研究部門からは常勤研究者が専任や兼任の形でCNRS-AIST JRLに参加し、緊密な連携による国際共同研究を活発に推進しています。



操作説明を受けるシュヴァイツァー特別代表



集合写真



## 米国国立再生可能エネルギー研究所とのワークショップ開催

報告

2013年3月12日に米国コロラド州ゴールデンにおいて、国立再生可能エネルギー研究所(NREL)とのワークショップが開催され、産総研からは矢部理事をはじめ、環境・エネルギー分野などの研究者が参加しました。また、経済産業省 産業技術環境局 国際室長も参加しました。

産総研とNRELとは、2008年5月に包括研究協力覚書を締結しており、これまで太陽光発電やバイオマスリファインナリーに関する研究で連携協力を

行っています。今回のワークショップでは、さまざまな再生可能エネルギーに関する日米の研究協力の成果の確認と意見交換を主目的としており、日米総勢50名ほどの研究者などが参加しました。

ワークショップでは、双方の機関概要説明に続き、太陽光発電、バイオマスエネルギー、水素エネルギーやエネルギーネットワーク技術に関する研究発表が行われました。併せて、米国政府の技術の普及に向けた支援策などに

ついでの説明も行われました。

その後、参加者は、NREL内に新たに設置されたエネルギーシステム統合施設を見学しました。同施設は、多様なエネルギー源を効率的に運用する統合システムを構築するための実験施設であり、2014年4月に開所する産総研の福島再生可能エネルギー研究開発拠点と共通の目的をもちます。今後の両者の連携も期待されます。



ワークショップの様子



集合写真

## 平成24年度「産総研イノベーションスクール」6期生修了式

報告

社会の幅広い分野で活躍できる博士人材の輩出を目指した「産総研イノベーションスクール」の6期生の修了式を、2013年3月7日に産総研つくばセンター共用講堂にて行いました。来賓として、経済産業省 大学連携推進課より大家利彦 産業技術人材企画調整官、株式会社デンソーより村山浩之 技監をお迎えし、理事長、副理事長(スクール長)ほか出席のもと、ポスドク22名(中途就職2名)、大学院生11名が巣立っていきました。

理事長からは、枠にとらわれずチャレンジしてほしい、スクール長からは、自分のアイデンティティを無くさないでほしい、と変わりゆく社会の中で活躍するための指針ともいえる話があ

りました。また、大家企画調整官からは、わが国は課題が山積みだが、だからこそ活躍の舞台があると、村山技監からは、自分の仕事・研究テーマをとことんその厳しさも含めて楽しんでほ

しいと、前向きなメッセージをいただきました。修了証書授与、スクール生代表挨拶を経て閉式後、記念撮影を行い、その後は立食昼食会が和やかに行われました。



修了式後の集合写真



**お知らせ**

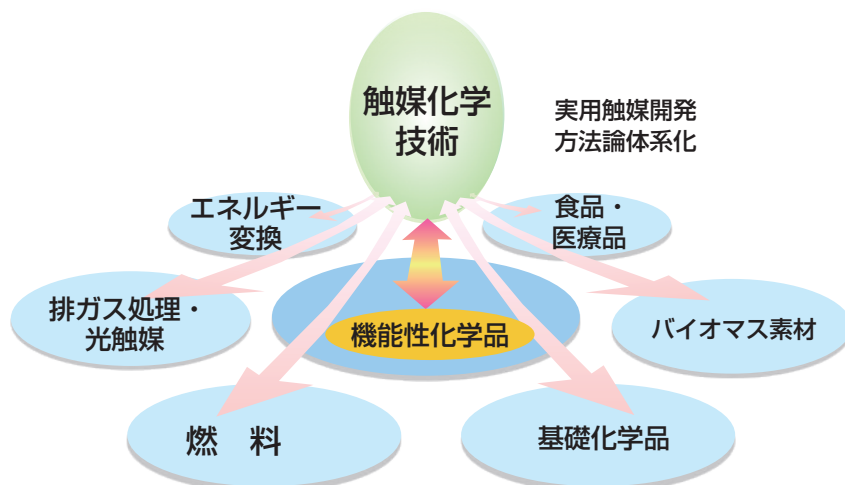
## 触媒化学融合研究センター

**Interdisciplinary Research Center for Catalytic Chemistry**

した、機能性化学品の製造技術に関する研究を推進します。

- ・省エネルギー：反応温度の低下、反応時間の短縮
- ・選択性の向上：副生成反応物の低減、分離エネルギーの低減
- ・レアメタルの大幅な削減：貴金属触媒からの転換

の3つの観点から、革新的な触媒を利用



## 創薬分子プロファイリング研究センター

Molecular Profiling Research Center for Drug Discovery

### センター体制図

**センター体制図**

高精度作用・副作用メカニズム解明

バイオ計測

定量プロテオミクスチーム

定量的ネットワーク・プロテオーム

データ管理統合チーム

Data Repository

データ管理・インテグレーション

数理システム解析チーム

バイオIT

最適化・再リード化 / 検証

分子間相互作用解析チーム

NMR 構造解析

ドッキングシミュレーション

理論分子設計チーム

バイオIT

化合物プロファイリングの曖昧性の解消

個体レベルのターゲットおよび薬効評価

臨床研究機関

製薬企業

リード最適化の効率化・ドロップ再開発

融合

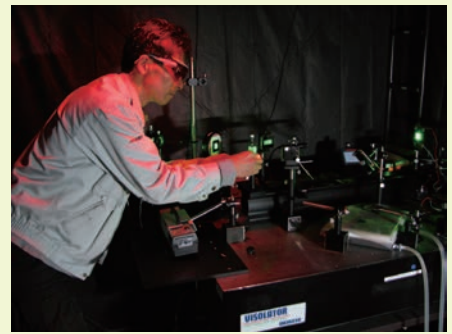
- ✓ 相補的なチーム編成
- ✓ 実験 / 理論と検証がワンセット
- ✓ 創業業界のニーズを完全把握
- ✓ 知識・ノウハウ集積型研究

産総研 TODAY 2013-05

## 省エネ・快適性を高める環境応答型機能をもつ建物外皮の開発

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 垣内田 洋 (かきうちひろし) (中部センター)

サステナブルマテリアル研究部門で進める「次世代型省エネ建材の開発」のもと、環境応答機能薄膜研究グループは、環境に応じ自律的に光や熱特性が変わるユニークな建物外皮（窓や外壁）の実現に取り組んでいます。その中で垣内田主任研究員は、窓材などへの応用に向け、液晶といった相転移材料に半自己組織的にメゾスケール構造を形成し、温度とともに効率良く光学特性が変わる、いわゆるサーモトロピックやサーモクロミック機能膜を開発しています。この研究では、断熱・遮熱性向上といった現在の建材開発の方向性と一線を画し、季節や気象に順応して制御される「環境ハーモニック建材」という新しい考えを実践しています。



サンプルを作製している様子



## 垣内田さんからひとこと

現在の建物外皮では、屋外環境から人を護る役割が強調されますが、例えば日本では、外と適度な距離感を維持した伝統家屋がまだ多く見られます。特に窓は内外をつなぐ接点であり、採光や眺望、時に風を入れるなど人が心豊かに過ごす役目を担うため、今後なくなるとは考えにくいですが。一方、建物の熱環境をあわせて考えると、現状の窓や外壁の機能をより向上させる必要があると感じます。これまでの研究の結果、実験室レベルで基本機能を見だし、現在は窓や外壁の性能向上と大面積化に取り組んでいます。実用化に向けては、さらに立地条件や生活スタイルも考慮した複雑な課題となりますが、その答えとなる材料を見い出したいと考えています。

イベントの詳細と最新情報は、産総研のウェブサイト（イベント・講演会情報）に掲載しています  
<http://www.aist.go.jp/>

## EVENT-Calendar

2013年7月

4月11日現在

| 期間            | 件名                   | 開催地 | 問い合わせ先       |
|---------------|----------------------|-----|--------------|
| <b>7 July</b> |                      |     |              |
| 20日           | 産総研一般公開(つくばセンター)     | つくば | 029-862-6214 |
| 26日           | 産総研一般公開(関西センター 尼崎支所) | 尼崎  | 072-751-9606 |

今後の一般公開予定：8月3日 北海道センター、中部センター、関西センター（池田）/ 8月10日 東北センター、九州センター / 8月29日 四国センター / 10月25日 中国センター / 11月9～10日 臨海副都心センター

表紙

上：真空パワースイッチの動作の（上から見た）様子（p.15）

下：内表面が疎水化された有機ナノチューブ（p.20）

産 総 研  
TODAY

2013 May Vol.13 No.5

(通巻148号)  
平成25年5月1日発行編集・発行  
問い合わせ独立行政法人産業技術総合研究所  
広報部広報制作室

〒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-ml@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。