

特集

2 産総研のライフ・テクノロジー開発における
国際連携

インドDBTとの連携研究
 QOL改善を目指したバイオメディカル研究
 ライフ・テクノロジー開発における国際標準化への取り組み
 インドネシアBPPTとの連携研究
 天然ゴム増産に向けた分子育種技術の開発
 上海交通大学との連携研究
 糖鎖バイオマーカーの検証試験
 ドイツフラウンホーファーとの連携研究
 高分子アクチュエーターの研究開発

リサーチ・ホットライン

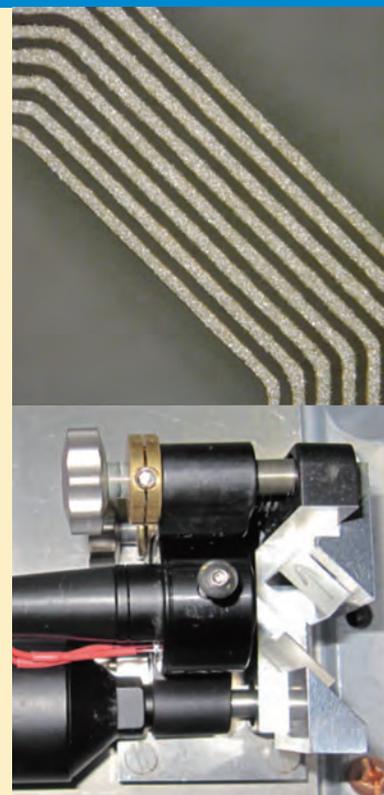
- 12 理想的な構造の有機薄膜太陽電池を実現
結晶成長技術を駆使して光電変換効率を向上
- 13 ケイ素化学産業の基幹原料を効率的に合成
シリカとアルコールとの反応により一段階で製造
- 14 アミノ酸で睡眠障害を診断する
ストレス性睡眠障害モデルマウスのアミノ酸プロファイル
- 15 可視光透過率が70%以上の調光ミラー
建物のガラスに用いることで年間の冷暖房負荷を低減

パテント・インフォ

- 16 スクリーンオフセット印刷技術
高い断面矩形性を有する微細印刷パターンの形成に成功
- 17 未利用の低温排熱を回収する有機熱電材料
軽量でフレキシブルな熱電材料の実用化を目指して

テクノ・インフラ

- 18 快適な室内空気環境の実現のために
ISO16000-29「VOC検知器評価法」の制定
- 19 光センサーの応答非直線性の高精度計測
光デバイスの信頼性を支える計測技術
- 20 地球観測衛星に搭載したセンサーの校正
宇宙から地球を観測するカメラの感度劣化を探る



上：スクリーンオフセット印刷で形成した銀パターン (p.16)
 下：外部共振器型波長可変レーザー (p.19)

産総研のライフ・テクノロジー 開発における国際連携

健康で安全な生活を実現するライフ・テクノロジーの開発が世界的課題であることは言うまでもありません。産総研は国際的なオープンイノベーションハブとしてわが国の産業競争力強化に貢献することを目指しています。この特集では、ライフ・テクノロジー開発において、海外機関との共同ラボの設置やワークショップの開催などで、最近特に進展のあった国際連携を紹介します。

はじめに

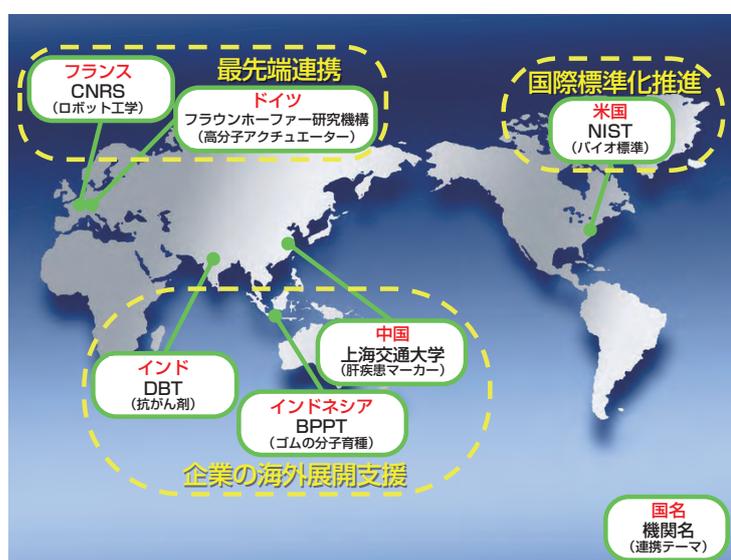
産総研は現在、17の国・地域における34機関と複数の研究領域にわたる連携を推進するための包括研究協力覚書を締結しています。その中で、健康で安全な生活を実現するライフ・テクノロジーの開発においては、特に図に示したような海外機関との連携を推進しています。

最先端技術での連携

産総研の開発した最先端技術と相補的な技術をもつ海外機関との連携による共同研究開発は、イノベーションを加速化させることが期待されます。その例が、人間とロボットの協調システムの構築などを旨とするフランス・国立科学研究センター（CNRS）との連携^[1]や、この特集で紹介するドイツ・フラウンホーファー研究機構との連携です。後者の連携では、高性能の高分子アクチュエーターを開発した産総研とシステム化技術に強みをもつ相手機関が、今年度共同ラボを設置して人材交流なども行う予定です。これにより、革新的な医療機器などへの展開が期待されます。

企業のグローバルビジネス展開の積極的支援

市場のグローバル化が進展していますが、国内企業が海外、特にアジアに展開する場合、現地の政府機関や大学



産総研が連携してライフ・テクノロジー開発を行っている主な包括研究協力覚書締結機関

と連携がとりにくい状況が見られます。産総研は、海外ネットワークを活用して、相手国機関と国内企業との三者連携により企業のグローバルビジネス展開を支援しています。この特集で紹介するインドネシア・技術評価応用庁（BPPT）との連携、中国・上海交通大学への共同ラボの設置がそれに当たります。後者の連携では、産総研で開発した肝疾患マーカーが昨年末に国内で薬事承認を得たことで、今後グローバル展開が加速することが期待されます。

また、インド・科学技術省バイオテクノロジー庁（DBT）との共同ラボも、昨年、産総研内に設置したのに続き、今年度はインド側にも設置する予定です。これは両国に共同ラボを設置する

初めての例となり、抗がん剤開発などが加速することが期待されます。

国際標準化の推進

ISOなどの国際標準化は、グローバル市場への展開に大きな影響を与えます。産総研は、国際標準関係機関の幹事などとして標準化に貢献しています。ライフ・テクノロジー開発では、特に米国・国立標準技術研究所（NIST）と強く連携して国際標準化を進めています。

関連情報

[1] 吉田 英一, 安積 欣志: 産総研 TODAY, 13 (10), 6-7 (2013).

理事
ゆもと のぼる
湯元 昇

インド DBT との連携研究

インド DBT との連携に至るこれまで

インド・科学技術省傘下のインドバイオテクノロジー庁 (DBT) は、1986年に設立され、主に農業、環境、さらには産業応用にかかわるバイオテクノロジー関連研究を支える政府機関です。

バイオメディカル研究部門のレスナー・ワダワ首席研究者らの研究グループでは、1990年代後半からDBTと交流を開始、2007年2月の包括研究協力覚書の締結を経て、2008年1月の第1回DBT-AISTワークショップ(つくば)において二国間共同研究プロジェクトに発展しました。その後、2009年からバイオインフォマティクスの共同研究を、2010年から生物学と細胞工学の共同研究を開始、2011年11月の合同会議において、産総研内にDBTとの共同ラボを設立することに合意しました。さらに、2013年4月に湯元理事らがDBTを訪問、DBT幹部らと協議した結果、共同ラボの設立が正式に決定されました。そして2013年10月3日、DBTのVijayRaghavan長官が産総研を来訪、中鉢理事長と研究資金提供に関する契約に調印、産総研内にDBT-AIST共同ラボ(DAILAB)を設立しました。また、来年度にはDBT傘下のバイオテクノロジー地域センター内にDAILABを設立する予定です。

連携・共同ラボで目指すもの

DBTは産総研が強みとする生理活性物質を的確に探索、特定するスクリーニング技術、そして個体・組織・細胞・分子レベルでその生理活性メカ



第1回国際イメージングワークショップの集合写真
研究部門内の多くの研究者がボランティアとして若手育成にかかわっている。

ニズムを解析するイメージング技術を高く評価し、インドのバイオリソースを元にした本格的な共同研究を期待、長期間にわたる支援を約束しています。また、人材育成を含めた研究者交流も期待しています。これまでに、産総研内のDAILABではインド側から若手研究者を受け入れ、共同研究を開始しました。また、DAILABでは定期的にセミナーを開催し、インド側にもインターネットで配信、活発な議論を行っています。

一方、DAILABはインドの若手研究者の育成にとどまることなく、世界の若手研究者を対象とした国際イメージングワークショップを開催していま

す。写真は今年1月に開催した際に撮影したのですが、世界9か国から15名の若手研究者が産総研に集まり、最先端技術の講習を受けました。今年12月には2回目を開催する予定です。

最後に、私たちの活動は定期的に発行するDAILABニュースにて詳細に報告しています。ご興味がある方は、当研究部門にご連絡ください。

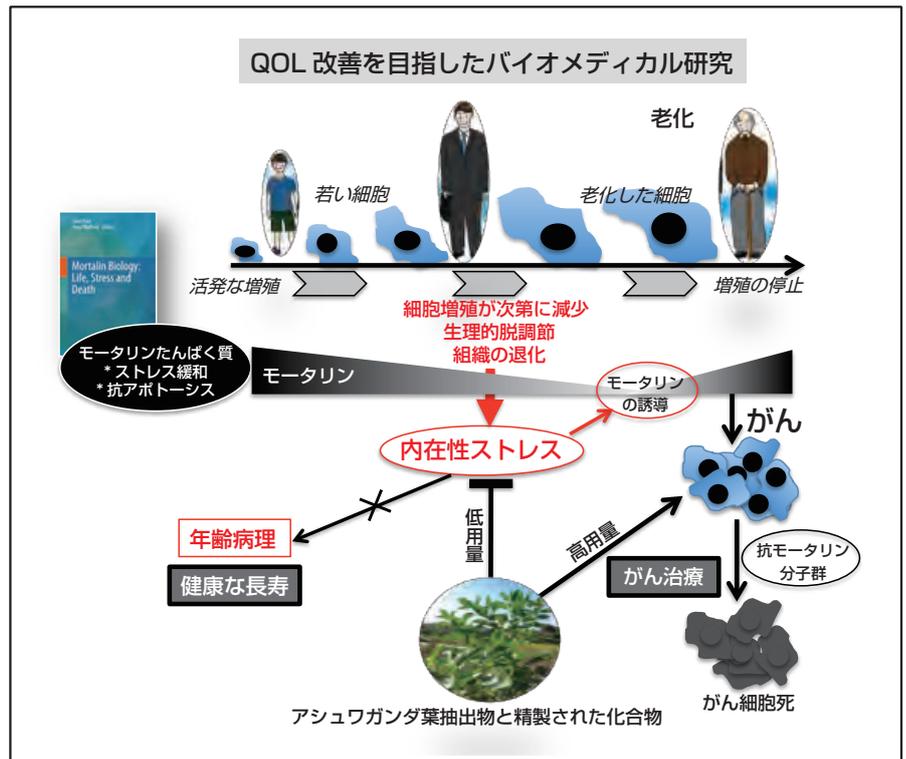
バイオメディカル研究部門長
おのみや よしひろ
近江谷 克裕

QOL 改善を目指したバイオメディカル研究

老化やがんと QOL

生活の質 (QOL) はさまざまな要素で決まりますが、その中でも重要なものは、生活の水準、衛生、栄養、環境条件と、疾病に対する診断・治療です。その際、健康状態をモニターすることは、1) 世界で進む高齢化社会、2) 高齢化による、あるいは環境ストレスによるさまざまな疾病が増加する状況において、重要な課題となっています。私たちの研究グループは QOL の改善に貢献するため、老化やがんの基礎研究を進めており、老化やがんの防止のための技術とともに、さまざまなツールもあわせて開発し、健康と疾病の防止・診断・治療に役立てることを目標としています。

正常な二倍体の体細胞を培養すると、限られた回数 of 細胞分裂を行った後、栄養物や成長因子、十分なスペースがあっても成長を停止して最終的な状態に入ります。培養中の正常細胞のこのような成長能力の停止は、複製老化と呼ばれ、老化の研究の優れた試験管内モデルとなっています。老化した細胞は、その形態においても生理学的側面においても、若い細胞とは顕著な違いを示し、内在的なあるいは外部からのストレスに対応する能力が変化します。そして、生き残るために遺伝子的あるいは遺伝子調節的な変化を起こすようになります。そのような変化は、ストレスを受けて早期に老化する培養細胞でも実証され、老化とストレスは密接な関係にあることが明らかになりました。したがって、細胞の老化機構やストレス機構の解明といったストレス制御機構に関わる基礎研究が



抗がん活性作用のあるアシュワガンダの健康と疾病予防・治療に役立つ可能性

とても重要です。

老化やがんに防止する治療法の開発

私たちの研究グループでは、老化の研究のための細胞培養モデルを用いて、細胞のストレス応答に働く二種類のタンパク質を同定しました。

その一つは、モータリンと呼ばれる熱ショックタンパク質 70 (hsp70) ファミリーの一員で、細胞が生きていくために必須のものです。20年にわたる研究により、特にモータリンががん細胞に多く、老化した細胞には少ないことを明らかにしました。これはモータリンの発現が増加することで、がん細胞が成長停止せず、細胞死のシグナルにも影響を受けにくい状態で増殖してい

く能力をもつことを示しています。したがって私たちは、がん細胞におけるモータリンの増殖機構や抗アポトーシスの機能に基づいて、モータリンが抗がん治療の対象となりうることを提案しています。一方、がん細胞とは異なり、老化した細胞ではモータリン量は減少し、酸化による損傷や分子レベルでの損傷が蓄積することが明らかになりつつあります。私たちはパーキンソン病やアルツハイマー病の実験的・臨床的モデルでもモータリンの関与を証明しており、モータリンの量的レベルを維持させることが、これらの疾病の新たな補助的治療法になりうると思っています。

私たちの研究グループで同定したも

産総研のライフ・テクノロジー 開発における国際連携

う一つのタンパク質は、CARFとよばれ、当初、ARF（主要な腫瘍抑制タンパク質の一つ）と相互作用するものとして同定しました。研究を続けてきた結果、どのようにCARFが細胞の分裂能を制御するかが明らかになりつつあります。細胞を培養し続けるとCARFは増加しますが、細胞の増殖能力が著しく低下したときやさまざまなストレスに応答したときでも同様の増加傾向を示します。私たちは、さらに研究を進め、CARFがストレスやストレスに関与した老化の診断マーカーの候補になるかどうかの検討を行っています。

正常な状態と疾病状態におけるこれらのタンパク質の機能に着目して基礎研究を行う一方、日印融合のもとに老化やがんの防止のための研究戦略を立てています。私たちはこの7年間、インドの伝統的民間伝承医療であるアーユルヴェーダに着目し、健康の

増進、アンチエイジング、寿命の延伸などに使われてきたアシュワガンダ (*Withania somnifera*) の葉に抗がん活性を見いだして、そのメカニズムを明らかにしてきました。さらにアシュワガンダ葉の粉末に生物活性を見だし、量に応じた効果を確認しています。

これまでの発見をまとめると、1) アシュワガンダ葉のアルコール抽出物と精製された化合物ウィタノンには、p53腫瘍抑制活性の増進および酸化ストレスにより選択的にがん細胞を殺す作用があること、2) 抽出物とウィタノンは少量では正常な細胞を酸化ストレスから守り、結果として正常細胞の寿命を伸ばし、正常な機能を保たせること、3) アシュワガンダ葉の水抽出物も生物活性を示すが、そのメカニズムはアルコール抽出物のそれとは異なることを明らかにしました。

QOL 改善へ向けて

私たちはQOLの改善に貢献するため、1) 発見した二つのタンパク質の機能解明と細胞増殖制御のメカニズム解明、2) アシュワガンダに関する基盤研究と技術開発、3) 診断と治療のための新たな分子の探索、これらについて研究を続けています。この目的のため、DAILAB (DBT-AIST International Laboratory for Advanced Biomedicine、日印共同研究ラボラトリー)で多くの国際連携や企業との共同研究を推進しつつ、さまざまな伝統的技術と先進的技術を統合し、イノベーションを起こしていきたいと思えます。

バイオメディカル研究部門
細胞増殖制御研究グループ

レヌー・ワダワ

ライフ・テクノロジー開発における国際標準化への取り組み

ライフ・テクノロジー開発における標準化

ライフ・テクノロジーの開発では、標準化を必要とする計測技術が数多く存在します。それらの中でも、特に核酸やタンパク質などの生体分子を計測する技術の標準化は喫緊の課題です。バイオ計測技術の標準化を考える上では、用語の標準化、手法の標準化、標準化に資する標準物質の開発などを進める必要があります。私たちは、所内においては計測標準研究部門などと連携しつつ、また対外的には国内のバイオ業界団体や各国の計量標準機関と連携しつつ、バイオにかかわる標準化研究を推進しています。

NIST との連携

産総研は、米国・国立標準技術研究所 (NIST) と包括研究協力覚書を締結しています。その中で、当所のバイオメディカル研究部門は、核酸やタンパク質に関する計測技術の標準化研究において緊密な連携をとっています。2010年から2011年にかけてバイオメディカル研究部門の研究員をNISTへ派遣し、核酸の品質評価に関する共同研究を実施するとともに、2012年と2013年には共同でシンポジウムを開催しています。2013年12月にNISTで開催したシンポジウムは、NIST-AIST イメージングサミットと題して、バイオイメージング分野にお

ける標準化を中心に最新の動向および将来展望を議論し、新たな連携体制の基盤を構築しました。今後、ライフ・テクノロジー開発における国際標準化がNISTとの連携のもとに加速されていくことが期待されます。

バイオメディカル研究部門
バイオアナリティカル研究グループ
の だ なおひろ
野田 尚宏



インドネシア BPPT との連携研究

生物プロセス研究部門とは

当研究部門は、バイオテクノロジーによるものづくり研究を行う中核研究ユニットとして位置付けられ、微生物や植物をはじめとする生物資源や遺伝子資源の探索から、それらを利活用した有用物質生産技術の開発までを行っています。このような、基盤研究から実用化研究に至る一貫した研究を、北海道センターとつくばセンターの2拠点体制で展開し、低炭素・物質循環社会の実現、医療・健康を支える技術への貢献を目指しています。

インドネシア BPPT との連携に至るまで

2011年2月、産総研は、インドネシア研究技術省傘下のインドネシア・技術評価応用庁 (BPPT) と、ライフサイエンス分野を含む双方で関心の高い研究分野の研究開発を推進するため、包括研究協力覚書を締結しました。

同時に、この覚書のもとで、株式会社ブリヂストンと天然ゴムに関する三者共同研究を開始することに同意し、当研究部門の植物機能制御研究グループ(鈴木馨研究グループ長)を中心に、パラゴムノキにおけるラテックス生産性の向上を目指した分子育種の基盤技術構築をテーマに共同研究を実施しています。また、2013年4月からはBPPTより研究員をつくばセンターに2年間招聘し、人材交流を含めた連携を進めています。さらに、2013年11月には、BPPT-AISTの第1回合同シンポジウムをインドネシアで開催し、連携を行う研究分野の範囲も、微生物や健康・医療の分野まで拡大するとし



インドネシアで開催されたBPPT-AIST第1回合同シンポジウムの集合写真

たコミュニケが発表され現在に至っています。

連携で目指すもの

インドネシアは日本と同様島嶼国ですが、赤道に沿って東西5,000 kmにわたって局在する13,000を超える島々(日本の約5倍の面積)には、地域性や環境の違いから、日本とは大きく異なる生物資源や遺伝子資源が未開発のまま眠っていると考えられます。

今年9月には、2回目のBPPT-AIST合同シンポジウムを北海道で開催し、今後の連携の内容や強化に向けた議論を活発に行いました。現在進行中の実用植物に関する共同研究のみならず、私たちが得意とする微生物や有用遺伝

子の探索技術に加え、それらを利用した有用物質生産系の開発技術などを利活用することで、インドネシアの生物遺伝資源をもとにした本格的な共同研究の展開が今後期待されます。

生物プロセス研究部門長
たむら ともひろ
田村 具博

天然ゴム増産に向けた分子育種技術の開発

天然ゴムの重要性

天然ゴムは、世界全体で年間1140万トン（2012年）消費されており、その約86%がタイヤ生産に利用されています。天然ゴムには合成ゴムでは置き換えられない優れた特性があるため、タイヤ生産におけるゴム消費の約50%を占めており、世界の産業、社会基盤にとって極めて重要な天然資源となっています。そして、新興国における自動車普及の拡大などもあって、その需要は高まり続けています。また、カーボンニュートルな天然資源であることから利用拡大に期待が寄せられています。このような背景から天然ゴムの増産が強く求められています。

パラゴムノキ分子育種技術開発の必要性

天然ゴムは、パラゴムノキという熱帯性樹木の幹の表面にタッピングという方法で傷をつけ、その傷口から浸出する白色液状の樹脂（ラテックス）を採取して加工することで生産されます。パラゴムノキはプランテーション農園として大規模に栽培されており、約90%が東南アジアに偏在しています。また、食糧やアブラヤシなどの作物生産との競合や森林保護の必要性から、栽培面積の拡大による増産は望めない状況にあります。そこで、パラゴムノキを改良してラテックスの生産性を向上させ、単位面積当たりの生産量を増加させるための分子育種技術の開発が必要となっています。

国際連携による研究推進

産総研とインドネシア・技術評価



天然ゴムの増産に向けた国際共同研究プロジェクトの概要

用庁（BPPT）との包括研究協力覚書締結と同時に、株式会社ブリヂストンも加わり三者からなる天然ゴム増産技術の開発に向けた国際共同研究プロジェクトの枠組みを構築しました。

産総研は、当研究グループがもつ先端的な植物科学研究や植物バイオテクノロジー研究のノウハウを活かして研究開発を推進し、またオープンイノベーションハブとしての役割を担っています。BPPT傘下のBiotech Centerは、パラゴムノキの実験農園、熱帯植物の研究開発に必要な情報、施設、設備をもち、さらにはそれらに精通した人材をかかえ、インドネシアの天然ゴム生産現場の課題などに則した研究開発を進めています。ブリヂストンは、

世界第一位のタイヤメーカーであるとともに、インドネシアにおいて自社の天然ゴム農園を高度な管理技術によって運営しており、天然ゴム生産からタイヤ生産まで事業現場のニーズに沿った研究開発を進めています。

このような三者の緊密な連携のもと、それぞれの優位性の相乗効果によって天然ゴムの生産性向上に向けた分子育種技術の開発を推進しています。

生物プロセス研究部門
植物機能制御研究グループ
すずき かおる
鈴木 馨



上海交通大学との連携研究

連携に至るこれまでの経緯

上海第一医科大学（現在の復旦大学医学部）の教授でIGO（International Glycoconjugate Organization）の初代中国代表・陳惠黎(Chen Hui Li)博士に招待され、初めて上海を訪れたのは1996年、中国経済が大発展する以前です。当時、中国ではまだ本格的な糖鎖研究は始まっておらず、IGOに加盟したばかりでした。

2001年の産総研創設とほぼ同時に、NEDO糖鎖遺伝子プロジェクトが始まったとき、中国での今後の糖鎖研究を担う研究者を派遣してくれるよう陳惠黎教授に頼んだところ、6名の研究員が派遣されました。張延（Zhang Yan）博士は、日本滞在が16年におよび日本語がきわめて達者であったので、6名の中国人研究員の通訳係と、研究や生活面での世話係をお願いしました。2～3年ほど日本に滞在して帰国した彼らは、このプロジェクトで残した論文業績により、帰国後それぞれの地で大学教授などの職に就きました。張延博士も母校の上海交通大学（SJTU）において教授職を得ました。

その後、私は中国で発足した糖生物学学会に2008年に招待されたのをはじめ、その他の学会にも何回か招待され講演を行いました。2006年から始まったNEDO糖鎖機能活用プロジェクトには、IGOの第二代中国代表である復旦大学・顧建新(Gu Jian Xin)教授と張延教授にもプロジェクトメンバーとして参加してもらい、よりいっそう日中共同研究が盛んになっていきました。



上海交通大学で行われたAIST-SJTUの包括研究協力覚書調印式の集合写真

上海交通大学(SJTU)との包括研究協力覚書への道のり

2011年4月、上海郊外の閔行地区に開設されたSJTUの広大な新キャンパス内に、系統生物医学研究院（SCSB）が新設されました。中国全土から優秀な学生が集まるSJTUにおいて大学院生の研究指導を行うことになった私は、頻繁に上海を訪れるようになりました。基礎的な第1種基礎研究から実用化を目指す第2種基礎研究までの糖鎖研究領域をカバーして研究指導をしています。また、前述のNEDOプロジェクトがきっかけとなり、SCSB内に産総研糖鎖医工学研究センターの分室を開設し、私は正式にSJTUの顧問教授として、大学院生をつくばに留学させ技術指導を行いました。

2012年3月にはSJTUの張杰（Zhang Jie）学長が産総研を訪問され、同年6月には産総研の野間口前理事長がSJTUを訪問し、AIST-SJTUの包括研

究協力覚書が締結されました。写真はそのときの集合写真です。2014年2月には、産総研つくばセンターにて、AIST-SJTUの第1回ジョイントシンポジウムが開催され、さまざまな領域における共同研究の成果が発表されました。糖鎖研究領域では、主にバイオマーカーの開発が共同研究の成果であり、共著の論文発表や、中国における臨床応用への発展について討議が行われました。

今後、さらにSJTUから、大学院生やポスドクをつくばに留学させ、糖鎖研究の発展を担う人材教育を行うとともに、共同研究成果の両国における臨床領域への応用拡大を計画しています。

糖鎖創薬技術研究センター
招聘研究員
なりまつ ひさし
成松 久

糖鎖バイオマーカーの検証試験

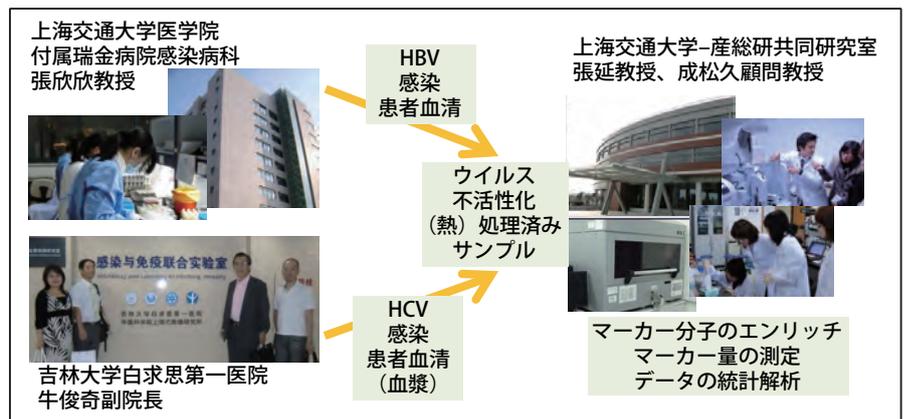
開発加速のための協力体制

WHOによると、世界人口の5%以上が肝炎ウイルスの持続感染者であると推測されています。そのウイルスによる肝炎が慢性化し、肝硬変、肝がんに至るまでの病気の進行は、肝線維化の進行程度として把握されます。進行の定量的な解釈は、薬の治療効果判定や発がん予知を可能にします。私たちは、採血を通じて測定可能な糖鎖バイオマーカーを開発しました。2010年より2年間実施した上海交通大学 (SJTU) との研究連携は、当時国内で難しかったマーカー検討項目を可能にし、開発を加速させるとともに、長期的な研究協力体制を築ききっかけともなりました。

2010年7月、SJTUの張延教授をNEDO糖鎖機能活用プロジェクトの肝炎マーカー作業分科会に招き、SJTUを中核とした検体取集体制による検証試験の実施が正式に決まりました。その後、成松久研究センター長(当時)、池原譲、千葉靖典、後藤雅式研究員の訪中を皮切りにサンプル提供者が決定し(図)、名古屋市立大学 田中靖人教授の協力により試験のための詳細なプロトコルが作成されました。当時は、肝臓の硬さを調べる装置であるFibroScan(2012年に保険収載)で計測した症例数が不足していたのですが、中国では血液採取とともに定常的に計測されていることがわかり、FibroScan測定時に採取された血液に限定して収集し、マーカー測定を行うことにしました。

共同作業の実際

このプロジェクトは短期であり、目



糖鎖バイオマーカーの検証試験を行うための実施体制

血清(血漿)は、ウイルス不活性化のための熱処理が提供先でほどこされた後、上海交通大学-産総研共同研究室に導入された。産総研が所有する前処理装置と自動免疫測定装置により速やかにマーカーの量が測定され、有意差検定された。

標達成には産総研で構築した実験手技を、中国側の実施者に速やかに伝える必要がありました。そこで、杜東寧、松田厚志博士研究員を現地派遣要員として抜きました。齋藤こずえ、海野幸子技術補助員の協力のもと、橋渡し作業の準備を進め、2011年にいよいよ実験部隊(久野、杜、松田)が訪中しました。1月末に事前打ち合わせと実験現場の視察を行い、シスメックス株式会社の鶴野親是氏が自動免疫測定装置(HISCL)の操作員として参加、次の2週間の訪中で、約600検体の測定を目指しました。現地従事者として、張延研究室のスタッフ4名と張欣欣研究室の朱雪娟医師が参加しました。

短期間で目標を達成できたのは①中国側メンバーの正確な計画の理解と献身的な作業、②日本側の気持ち(情熱)を正確に伝えた杜研究員の通訳力、③両博士研究員の対話力と指導力によるものだったと思います。

その後二度の訪中の際、逄秀梅研究員をはじめとする吉林大学第一医院感

染症科スタッフの尽力により300を超える追加提供もあり、目標としていた1000検体の測定を成し遂げました。

得られた成果とその後

HBV症例の結果からは、FibroScanやほかの線維化インデックスに比べて炎症の影響を受けない測定系であることがわかりました(杜ら *Clinica Chimica Acta*, 2012)。HCV症例からは、抗ウイルス薬治療の早期効果判定への適用が示唆されました(鄒 論文投稿中)。

SJTUは肝炎関連マーカーの臨床的意義を探索するための研究資金を取得し、現在も継続して検討しています。そこではかつての協力大学院生がポスドクとして活躍していると聞きます。糖鎖バイオマーカーの研究実施体制は拡大強化の方向にあり、肝炎だけでなくほかの疾患についても開発が進みつつあります。

糖鎖創薬技術研究センター
標的糖鎖探索チーム
久野 敦

ドイツブラウンホーファーとの連携研究

健康工学研究部門では、医療福祉機器への応用を目指して、電気活性高分子アクチュエーター (EAPA, Electro-Active-Polymer Actuator) の開発を進めており、ナノカーボン高分子アクチュエーターの開発に世界的な競争力をもっています。このたび、大規模生産などのプロセス技術、システム化技術に強みをもつドイツブラウンホーファー生産技術・オートメーション研

究所 (IPA) と本格的な共同研究体制を構築し、関西センター (大阪府池田市) とシュツットガルトに両者の共同研究ラボを開設、人材交流も行いながら実用化へ向けた研究を強力に推進します。

今回の共同研究の特徴として、いわゆる持ち帰り型の研究ではなく、一定期間お互いの研究者が双方の研究拠点に常駐して研究を行うこと、出口を見

据えた橋渡し研究を加速するために、両国の複数企業にアドバイザーボードとして入ってもらい、実用化のための助言をいただく体制としていることが挙げられます。健康工学研究部門だけではなく、オール産総研の力を結集して研究を進めたいと考えています。

健康工学研究部門長
よしだ やすかず
吉田 康一

高分子アクチュエーターの研究開発

革新的医療福祉機器開発の必要性和高分子アクチュエーター

近年、高齢化の進行とともに在宅での使用や人体への装着を可能とする医療福祉機器 (リハビリロボットや医療用無音ポンプなど) のニーズが高まり、使用環境に適応した安全性の確保、操作性の向上とともに、小型化、軽量化、低コスト化が求められています。その実現のためには、軽量で加工性がよく、無音で作動するソフトアクチュエーターが必要とされており、その有力な候補として、電圧に応答する高分子ベースの材料による高分子アクチュエーターがあります。

産総研における高分子アクチュエーターの研究

健康工学研究部門では、電極にナノカーボン材料を用い、イオン導電性高分子にイオン液体のゲルであるイオンゲルを用いた、3層構造をもつナノカーボン高分子アクチュエーター素子の開発を行っています (図1)。これは、3 V

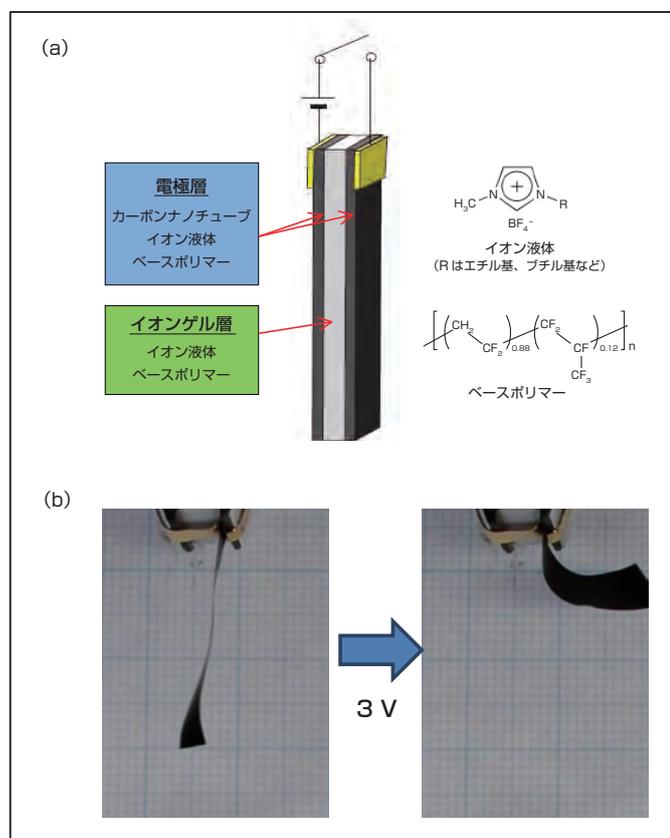


図1 ナノカーボン高分子アクチュエーター

(a) 構造模式図

(b) フィルムアクチュエーター (5 mm (幅) x 25 mm (長)) が3 Vの電圧で変形する様子

産総研のライフ・テクノロジー 開発における国際連携

以下の低電圧で高分子フィルムが大きく変形するソフトアクチュエーターであり、医療福祉機器をはじめとしてさまざまな応用が期待されています。この素子は、キャスト法や印刷法などの安価で容易に量産可能な方法で作製できることから、実用化可能と考えられます。

私たちは、さまざまな研究機関や企業と連携しつつ、この素子の性能向上につながる材料開発を進め、医療用小型無音ポンプなどに実用的に用いることのできる性能・耐久性をもつアクチュエーター材料、素子技術を開発しました。

ブラウンホーファー IPA との国際連携による実用化開発

開発したアクチュエーターの実用化には、量産化技術やシステム化技術の開発が必要となります。これらの技術分野に強みをもつブラウンホーファー IPA は、高分子アクチュエーター技術に由来から関心があり、産総研を中心とした日本企業との連携による高分子アクチュエーターの産業展開を希望していました。

このような中で、2007年の国際ナノテクノロジー総合展（東京）において、ブラウンホーファー IPA のコラリッチ部長と産総研の健康工学研究部門における高分子アクチュエーターの研究グループが出会ったことをきっかけに、相互の研究交流を進めてきました。その後、2012年より試行的な共同研究（feasibility study）を開始し、図2に示すようなナノカーボン高分子アクチュエーターフィルムを駆動力とした、薄型の低電圧駆動オートピペットプロトタイプを開発しました。そのような成果を背景に、今回、産総研内にフラウ

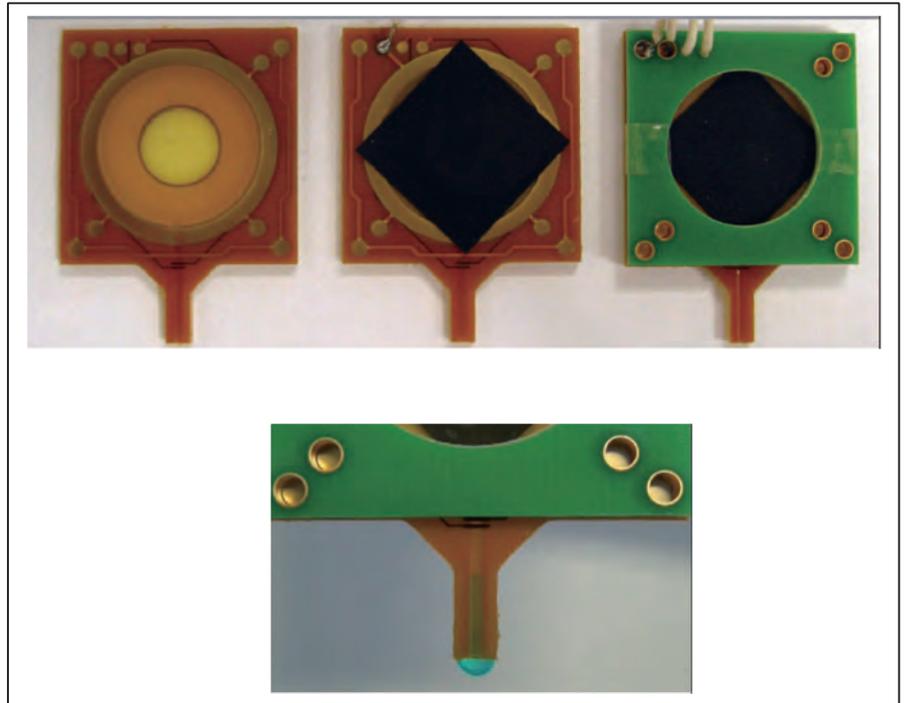


図2 医療用のミニオートピペットのプロトタイプ
ブラウンホーファー IPA との試行的共同研究によるもの。バイオチップなどの超小型ポンプにも使用できる。

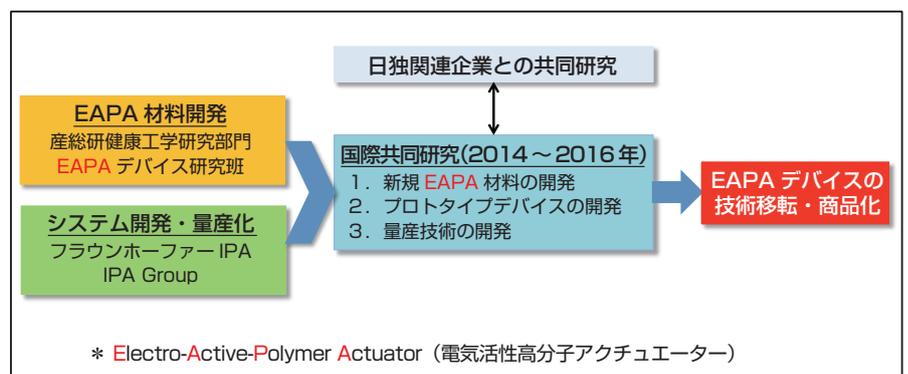


図3 ブラウンホーファー IPA との共同研究プロジェクト

ンホーファー IPA との高分子アクチュエーター実用化開発に関する共同研究ラボを開設し、ドイツから研究者を迎えて、医療用ポンプへ搭載する高分子アクチュエーターデバイス開発と、量産化技術の開発に関する共同研究プロジェクトを開始することとなりました（図3）。

今後、国内の関連の企業や研究機関とも連携しつつ、実用化へ向けて開発を進めていきたいと考えています。

健康工学研究部門
人工細胞研究グループ
あさか きんじ
安積 欣志

理想的な構造の有機薄膜太陽電池を実現

結晶成長技術を駆使して光電変換効率を向上



宮寺 哲彦

みやでら てつひこ
tetsuhiko-miyadera@aist.
go.jp

太陽光発電工学研究センター
有機系薄膜チーム
研究員
(つくばセンター)

フレキシブルで低コスト化が期待できる有機薄膜太陽電池の研究をしています。これまで材料開発ベースの研究が主流でしたが、私はプロセス開発の観点から高効率化研究を推進しています。有機半導体材料の結晶成長手法を開拓して、構造制御された素子を構築することで理想的な素子構造を実現し、変換効率を向上させることを目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

王 植平、吉田 郵司 (産総研)、山成 敏広 (次世代化学材料評価技術研究組合)

● 参考文献

Zhiping Wang *et al.*: *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6 (9), 6369-6377 (2014).

● 用語説明

* 共蒸着法：真空中で、2種類の低分子有機半導体を二つのつぼに入れて加熱し、同時に昇華・蒸発させることで2種類の半導体が混合した層を形成する手法。

● プレス発表

2014年5月8日「結晶成長制御により効率よく電荷が流れる理想的な構造の有機薄膜太陽電池を実現」

● この研究開発は、科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 個人型研究 (さきがけ) の支援を受けて行っています。

有機薄膜太陽電池の発電効率向上を妨げる要因

有機薄膜太陽電池はフレキシブルなプラスチックフィルム上に作製でき、製造コストを大幅に低減できるなどの利点から、次世代の太陽電池として注目を集めています。有機薄膜太陽電池の発電層の構造としては、正の電荷を運ぶドナー材料と負の電荷を運ぶアクセプター材料がランダムに混ざったバルクヘテロジャンクション構造 (図1a) が主流となっていますが、そのランダムな構造が発電効率の向上の妨げになっていました。そのため、ドナー材料とアクセプター材料がきれいに分離し、電極まで電荷の通り道が繋がった構造 (図1b) の実現が望まれていました。

有機半導体材料の結晶を制御する手法を開発

バルクヘテロジャンクション構造の有機薄膜太陽電池を作製する手法の一つとして、真空中での共蒸着法*が挙げられます。私たちは今回、ヘテロエピタキシーと呼ばれる結晶の向きをそろえて結晶成長させる手法を共蒸着法に適用することで、理想的な構造の発電層をもつ有機薄膜太陽電池を実現することに成功しました。

今回の研究内容では、ピフェニルピチオフェン (BP2T) と呼ばれる材料をヘテロエピタキシーの鋳型 (テンプレート) 層とし、その上にドナー材料である亜鉛フタロシアニン (ZnPc) と

アクセプター材料であるフラレン (C_{60}) を共蒸着させて発電層を形成しました (図2)。発電層の形成は以下のステップで行いました。

(1) BP2Tの自己組織化により高結晶性のテンプレート層を形成

(2) ヘテロエピタキシーによってZnPcをBP2T結晶上に成長

(3) C_{60} はBP2T結晶の隙間に成長

共蒸着プロセスでは (2) と (3) が同時に行われ、その際、ドナー材料とアクセプター材料が異なる場所に成長していくことで、正負の電荷の通り道が別々に形成された理想的な構造が実現されます。また、ZnPcは高い結晶性をもっていることが確認されました。このように、ドナー材料とアクセプター材料が分離し、高い結晶性をもつ構造が構築されて、効率よく電荷が運ばれる理想的な構造が実現しています。この手法を用いて有機薄膜太陽電池を作製したところ、発電効率が1.85%から4.15%と2.2倍向上し、さらに素子特性のばらつきも減少しました。

今後の予定

これまで共蒸着で構造制御をすることは困難でしたが、今回の手法によって構造制御ができることが示されたので、今後、さまざまな有機半導体材料に適用することで有機薄膜太陽電池のさらなる高効率化を目指していきます。

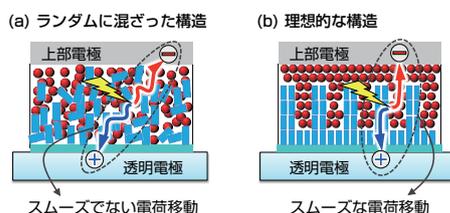


図1 有機薄膜太陽電池の発電層の構造

青色長方形はドナー材料、赤色丸はアクセプター材料

(a) 従来手法によって作製されたランダムに混ざった構造。電極まで電荷の通り道がきれいに繋がっていないため、電荷移動がスムーズに起きない。

(b) スムーズな電荷移動が実現可能な理想的な構造。電極まで電荷の通り道がきれいに繋がっている。

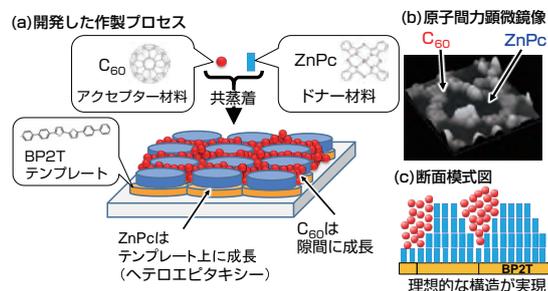


図2 プロセスの詳細と作製した発電層の構造

(a) 今回の研究で開発した作製プロセス

(b) 共蒸着膜 (膜厚 10 nm) の原子間力顕微鏡像。分子間の相互作用が働き、ドナー材料とアクセプター材料が分かれた、相分離構造を実現。

(c) 形成された薄膜の断面模式図

ケイ素化学産業の基幹原料を効率的に合成

シリカとアルコールとの反応により一段階で製造



深谷 訓久

ふかや のりひさ
n.fukaya@aist.go.jp

触媒化学融合研究センター
触媒固定化設計チーム
研究チーム付
(つくばセンター)
※ 経済産業省へ出向中

触媒の固定化技術をコアにして、機能性化学品の高効率・低環境負荷な製造プロセスの構築への貢献を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

安田 弘之、崔 準哲、崔 星集、堀越 俊雄、佐藤 一彦 (産総研)

● 用語説明

*テトラアルコキシシラン：ケイ素原子にアルコキシ基が四つ結合した構造のケイ素化合物の総称。

● プレス発表

2014年5月20日「砂の主成分であるシリカからケイ素化学産業の基幹原料を効率的に合成」

● この研究開発は、経済産業省未来開拓研究プロジェクト「産業技術研究開発(革新的触媒による化学製品製造プロセス技術開発プロジェクトのうち有機ケイ素機能性化学製品製造プロセス技術開発)」(平成24～25年度)と独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「有機ケイ素機能性化学製品製造プロセス技術開発」(平成26～33年度)による支援を受けて行っています。

ケイ素原料のコスト高の原因

電子デバイス用の保護膜、絶縁膜の原料などとして用いられているテトラアルコキシシラン*は、シリコンなどさまざまな有機ケイ素材料の原料としても有望です(図1)。しかしこれまでの製造方法では、高温を要する金属ケイ素の製造過程を経るため、エネルギーを大量に消費し、さまざまなケイ素原料のコスト高の一因ともなっています。一方、砂の主成分であるシリカとジアルキルカーボネートを反応させてテトラアルコキシシランを得る方法も報告されていますが、比較的高価な化合物であるジアルキルカーボネートを大量に使用するため、経済性の観点で課題があるのが現状です。

シリカとアルコールを反応させて高効率で合成

そこで私たちは、シリカとアルコールを直接反応させてテトラアルコキシシランを製造する方法に着目しました。単純にシリカとアルコールを反応させるだけでは、生成したテトラアルコキシシランが、一緒に生成した水と反応してすぐにシリカとアルコールに戻ってしまいます。しかし、生成した水を反応系から逐次取り除いていけば、シリカとアルコールに戻る反応が抑えられ、テトラアルコキシシランが高収率で得られる可能性があります。

今回、シリカ(純度：99.7%以上、粒子径：75-150 μm)とメタノールとの反応に、脱水剤としてアセトンジメチルアセタールという有機物を加えると、反応温度242℃、反応時間24時間で、テトラメトキシシランが18%の収率(シリカ基準)で得られることがわかりました(図2)。また、反応系に二酸化炭素を共存させ、さらに触媒として金属アルコキシドとアルカリ金属水酸化物を少量添加すると、反応が高効率化しました。これは、メタノールが二酸化炭素と反応して活性化し、これがシリカとより効率的に反応するためと考えられます。また金属アルコキシドはメタノールと二酸化炭素との反応を促進すると考えられ、アルカリ金属水酸化物はケイ素-酸素結合の切断を促進する働きがあります。

さらに今回開発した方法では、塩素化合物を使用しないため、これまでの四塩化ケイ素を原料とする製造方法に比べて、製品に塩素が混入する恐れがありません。

今後の予定

今後は、有機脱水剤や触媒の構造を改良することで、反応のさらなる効率化を図ります。また、多様なケイ素源やアルコール種への適用性について検証していきます。



図1 砂からの有機ケイ素原料の製造と有機ケイ素材料を含む多様な製品群

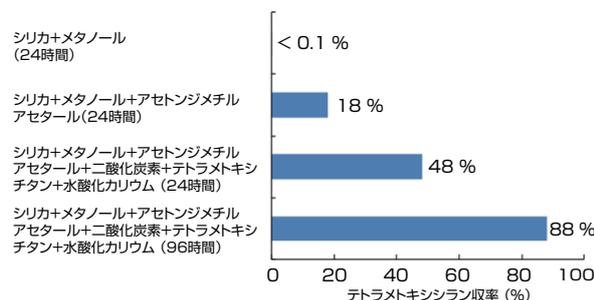


図2 シリカとメタノールの反応に有機脱水剤などを添加した場合の収率の比較

アミノ酸で睡眠障害を診断する

ストレス性睡眠障害モデルマウスのアミノ酸プロファイル



大石 勝隆

おおいし かつたか
k-ooishi@aist.go.jp

バイオメディカル研究部門
生物時計研究グループ
研究グループ長
(つくばセンター)

睡眠や生体リズムの乱れは、さまざまな精神疾患や生活習慣病の発症と関係していますが、その詳細なメカニズムはほとんど不明です。食をキーワードとした時間栄養学的な観点から、体内時計に関する研究を通して、健康医療分野に貢献したいと考えています。

関連情報：

● 共同研究者

山本 幸織、宮崎 歴、根本直(産総研)、中北 保一(サッポロビール(株))、金田 弘拳(サッポロホールディングス(株))

● 参考文献

K. Oishi *et al.*: *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 450, 880-884 (2014).

K. Miyazaki *et al.*: *PLoS One*, 8, e55452 (2013).

宮崎 歴: *産総研 TODAY*, 13 (6), 20 (2013).

● 用語説明

* バイオマーカー：生体内の変化を示す指標のこと。

** アミノ酸プロファイル：血液中には多くのアミノ酸が存在するが、これらアミノ酸の存在様式のこと。

● この研究開発の一部は、科学研究費助成事業の支援を受けて行っています。

睡眠障害の診断における課題

睡眠障害は、うつ病などの精神疾患のみならず、脳血管障害や心疾患、高血圧、糖尿病、肥満などのさまざまな代謝性疾患のリスク因子となることが知られています。現在、日本人成人の5人に1人が睡眠に不満を抱えているとされ、睡眠障害による経済損失は、医療費を含めると年間5兆円ともいわれています。その一方で、不眠症などの睡眠障害の診断は、本人やその家族の主観に依存した問診が中心であり、睡眠障害を客観的に診断するためのバイオマーカー*の開発が求められています。

睡眠障害とアミノ酸プロファイルの関係

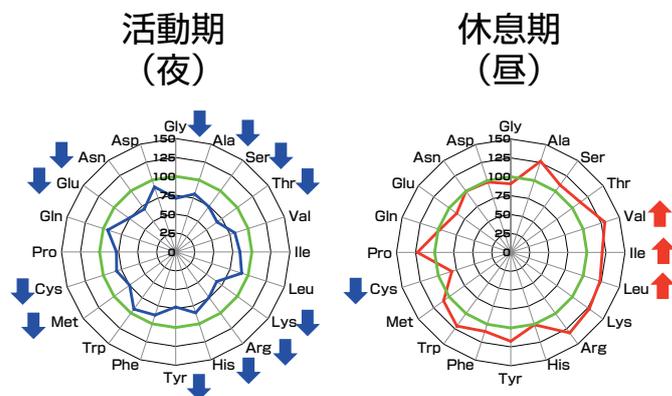
私たちは、睡眠障害の発症メカニズムの解明や、診断技術の開発、そして睡眠障害を予防・改善するための技術開発を目指し、心理的ストレス負荷による睡眠障害モデルマウスの開発を行ってきました(産総研TODAY、2013-6)。ヒトを含む哺乳類には、体内時計が備わっていて、睡眠・覚醒や自発行動、体温などの昼夜のリズムを制御していますが、このストレス性睡眠障害モデルマウスでは、これらのリズムが大きく乱れています。

今回私たちは、このストレス性睡眠障害モデルマウスを用いて、睡眠障害を早期発見・診断するためのバイオマーカーとなる候補物質を探索しました。血液中にはさまざまな生体物質が存在していて、タンパク質を構成する20種類の

アミノ酸もこれに含まれます。近年、血液中のアミノ酸プロファイル**が、がん、高血圧、メタボリックシンドロームなどの生活習慣病の早期診断や病態の把握に役立つ可能性が示されています。私たちは、睡眠障害によって血液中のアミノ酸プロファイルが影響を受ける可能性を考え、ストレス性睡眠障害モデルマウスにおける血液中のアミノ酸濃度を測定しました。血液中のアミノ酸濃度には日内リズムがあり、筋肉に多く含まれる分岐鎖アミノ酸の濃度は、活動期である暗期には増加し、その他多くのアミノ酸は、休息期である明期に増加します。ストレス性睡眠障害モデルマウスの血液中でアミノ酸濃度を調べると、活動期に増加する分岐鎖アミノ酸濃度が通常よりも高い値を示し、休息期に増加する多くのアミノ酸の濃度は低い値を示すことがわかりました(図)。このようなアミノ酸プロファイルの変化がヒトの睡眠障害でも確認できれば、睡眠習慣を客観的に評価するための画期的な手段になると期待できます。

今後の予定

今後は、ヒトにおける睡眠障害や生活リズムの乱れと、血液中アミノ酸プロファイルとの関連性を明らかにしていく予定です。病院はもちろん、職場や学校で実施されている健康診断で、睡眠障害やその将来的なリスクを評価できるようになることを目指します。



ストレス性睡眠障害モデルマウスにおける血中アミノ酸濃度

昼夜それぞれの対照マウスの血中アミノ酸濃度を100%とした相対値で示す。下向きの矢印は睡眠障害によって統計的に有意な減少が、上向きの矢印は統計的に有意な増加がみられたアミノ酸を示す。

可視光透過率が70 %以上の調光ミラー

建物のガラスに用いることで年間の冷暖房負荷を低減



山田 保誠

やまだ やすせい
yasusei-yamada@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
主任研究員
(中部センター)

鏡状態と透明状態間のスイッチングに対する高い繰り返し耐久性と透明状態における高い可視光透過率をもつ調光ミラー材料を開発し、この材料をオフィスビルや自動車に应用する際のさまざまな問題点を解決することで、我慢せず快適に過ごせる省エネルギー化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

吉村 和記、田嶋 一樹 (産総研)

● 特許

特 開 2014-26262、
W02013191085 A1

● 用語説明

* 調光ミラー：水素や酸素の導入や電気化学的作用などにより、光学的な性質を透明状態、鏡状態、さらにそれらの中間状態に自由に制御できる材料。

● プレス発表

2014年5月12日「透明時の可視光透過率が70 %以上の調光ミラーを開発」

● この研究開発の一部は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成20年度産業技術研究助成事業「調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果の評価手法の開発、及び省エネルギー効果を最大にするように光学特性を最適化した調光ミラーの作製」の支援を受けて行いました。

調光ガラスへの期待と課題

建築物や自動車の窓ガラスは大きな熱の出入り口となっているため、外部から入ってくる光の透過率を調節できるガラス(調光ガラス)を用いれば大きな省エネルギー効果が期待されます。すでに、電氣的に光の透過率を調節できる調光ガラスが市販されていますが、薄膜部分が濃い青に着色して光を吸収することで調光するため薄膜部分の温度が上昇し、薄膜から熱が室内に再放射されるため、冷房負荷低減効果が損なわれるという欠点がありました。一方、光を吸収するのではなく、鏡のように反射することで光の透過率を調節できれば、より効率的に日射の遮蔽ができます。

反射防止膜を用いて可視光透過率を向上

私たちはこれまで、透明な状態と鏡の状態をスイッチングできる調光ガラス(調光ミラー*)の開発に取り組み、10,000回以上の切り替え耐久性をもつマグネシウム・イットリウム系合金を用いた調光ミラーを開発しました。ところが、この調光ミラーの透明状態での可視光透過率は、最高で約55 %であり、南向きの窓に用いた場合、夏場の冷房負荷の低減量より、冬場の暖房負荷の増大量が多く、年間の冷暖房負荷が増加することがわかりました。

今回私たちは、反射防止膜を用いて透明状態

での可視光透過率の最大化を図りました。反射防止膜として最適な透明物質の屈折率と膜厚をシミュレーションによって見積もったところ、屈折率2.1、膜厚60 nmの場合に可視光透過率が74 %に達することがわかりました。そこで、屈折率2.1の材料として安価で汎用性のある酸化チタンを選択し、マグネシウム・イットリウム系合金を用いた調光ミラーの表面にコーティングしました。図1にこの調光ミラーの透明状態と鏡状態の透過率スペクトルを示します。スペクトルから透明状態での可視光透過率(T_{vis})と日射透過率(T_{sol})はそれぞれ71.3 %、60.9 %と見積もられ、シミュレーションの結果に近い70 %以上の可視光透過率を示しました。また、鏡状態での T_{vis} 、 T_{sol} はそれぞれ5.6 %、5.5 %と見積もられ、とても大きな調光幅をもっていました。今回開発した調光ミラーは70 %以上の可視光透過率を示すので、夏場の冷房だけでなく、冬場の暖房まで考慮した年間の冷暖房負荷を低減できます。

今後の予定

調光ミラーを窓ガラスとして利用する場合、太陽光に対する耐候性の評価は必須です。今後は暴露実験を行い、近い将来、調光ミラーガラス窓がオフィスビルや自動車の窓材に用いられることを目指し研究開発を進めていきます。

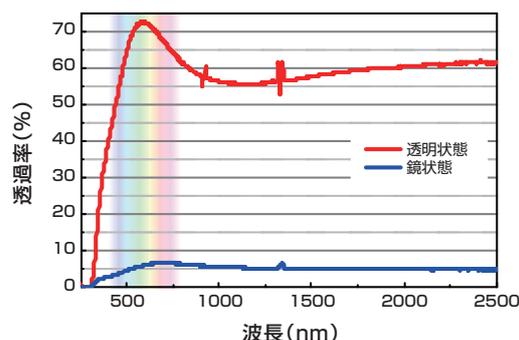


図1 開発した調光ミラーの透過率スペクトル



図2 開発した調光ミラー
上：鏡状態、下：透明状態

スクリーンオフセット印刷技術

高い断面矩形性を有する微細印刷パターンの形成に成功

国際公開番号
WO2014/050560
(国際公開日:2014.4.3)

研究ユニット:

フレキシブルエレクトロニクス研究センター

適用分野:

- 電気電子素子の配線・電極 (太陽光発電パネル、タッチパネルなど)

目的と効果

スクリーン印刷技術は、太陽光発電パネル、積層セラミックコンデンサー、タッチパネルなど、さまざまな電気電子素子の配線・電極の形成に用いられています。印刷されるパターンは技術の発展に伴って年々微細になってきており、現在は量産検討開発品レベルで幅50 μm前後と言われています。しかし、インクは流動性があるため基本的に濡れ広がります。そのため、これ以上の細線化がとても難しい状況です。この発明は、この濡れ広がりをコントロールすることで、上記の線幅レベルよりずっと細かな幅15 μm以下のパターン形成をも可能とするものです。

技術の概要

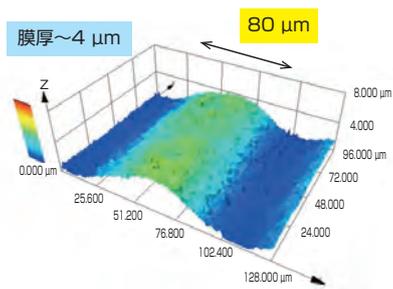
図1 (a) に直線状の銀パターン (設計値50 μm幅) をスクリーン印刷で形成した場合、図1 (b) にスクリーンオフセット印刷で形成した場合の3次元像を示します。上記の通り、一

般的なスクリーン印刷ではインクの濡れ広がりが制御できず、その結果、インクがダレてパターンが広がり、断面もかまぼこ状になってしまいます。一方、スクリーンオフセット印刷では、直接基材に印刷せず、まず転写体にスクリーン印刷し、その後転写体からインクを転写します。この際、転写体とインクをうまく相互作用させてインクの濡れ広がりを抑えることがポイントです。これにより、図1 (b) のように高い断面矩形性をもつパターンを転写形成することが可能となりました。濡れ広がり制御のための条件についてさらに最適化すれば、図2に示すような幅15 μmの細線形成も安定的に行うことができます。

発明者からのメッセージ

スクリーン印刷技術をベースに、高い断面矩形性をもつ高品質な微細配線を得ることができるこの手法は、上記の既存デバイスへの適用はもちろんのこと、半導体チップの再配線用途など、多方面に利用できると考えています。また、近年注目を集める印刷・フレキシブルデバイスを生産する際の配線形成手法として、あるいはそういったデバイスの実装用電極の形成法として利用価値の高いものになるのではと考えています。この技術にご興味がありましたら、どうぞお気軽にお声かけ下さい。

(a) スクリーン印刷



(b) スクリーンオフセット印刷

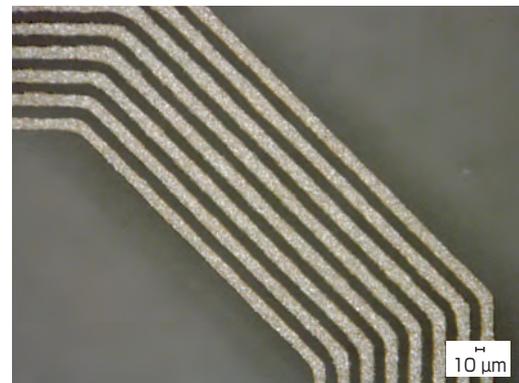
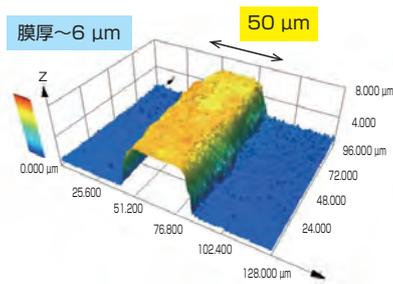


図1 (a) スクリーン印刷、および (b) スクリーンオフセット印刷で形成した設計線幅50 μmの直線状銀パターン。印刷基材はPETフィルム。

図2 スクリーンオフセット印刷で形成したライン/スペース (L/S) = 15/15 μmの銀パターン。印刷基材はPETフィルム。

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

未利用の低温排熱を回収する有機熱電材料

軽量でフレキシブルな熱電材料の実用化を目指して

国際公開番号
WO2014/034258
 (国際公開日：2014.3.6)
 米国出願番号
61/695, 026

研究ユニット：

ナノシステム研究部門

適用分野：

- 工場家屋等の排熱排水発電
- ウェアラブルデバイスの電源
- エネルギーハーベストデバイス電源

目的と効果

工場や家庭では、150℃以下の排熱回収は十分にできていません。排熱を回収する場合には、低温の排熱ほど周囲との温度差が小さく回収効率が落ちるためです。しかし、工業排熱だけでも、150℃以下の未利用分は排熱全体の40%以上になります。地熱や人体の熱も、ほとんど捨てているのが状況です。これらを熱電変換によって電気として回収できれば、電気依存性の高い現代や石油枯渇後の未来の社会に、大きく貢献できると考えています。わずかな温度差さえあれば発電できる熱電変換を利用して、低温排熱からのエネルギー回収を目指しています。

技術の概要

150℃以下の温度の熱電変換では、有機材料の応用が可能です。軽くてフレキシブルでかつ大量生産が簡単な、有機材料による熱電素子を開発しました。熱電材料は、導電性(σ)と熱起電力(ゼーベック係数(S))が大きく、そして熱伝導率(κ)が小さいほど効率

が上がります。導電性の大きいPEDOT:PSS (Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) : Poly(styrenesulfonate))に着目し、その構造と導電性の関係を解明し(図1)、熱電材料としての特性を向上できました。また、水の吸収によりゼーベック係数が3倍以上増大することも明らかにしました。構造を制御したPEDOT:PSSでモジュールを設計し、実際に発電(50 μ W)できるモジュールの作製に成功しました(図2)。

発明者からのメッセージ

体に優しい有機材料でできた熱電材料は、人体埋め込みやウェアラブルのデバイスなどの電源への応用も期待できます。一方、熱電材料の実用化には、材料開発と同時にモジュール開発が必要です。排熱の現状(周辺環境や要求される形状など)に適合するモジュールがなければ、実際に発電することが困難だからです。私たちの研究グループでは、耐久性や小型化も視野に入れた材料とモジュールの両方を開発することに力を注いでいます。

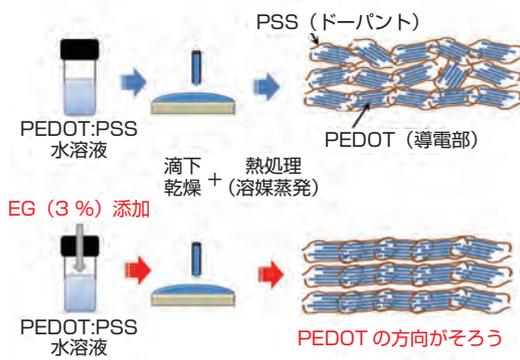


図1 PEDOT:PSSの構造

エチレングリコール(EG)無添加に比べてEG添加では結晶方向性がそろい、キャリア移動度が增大することで導電率が向上する。



図2 紙上にプリントしたPEDOT:PSS素子を用いたモジュール

有機材料のみの熱電材料によるLEDの点灯に成功した(世界初)。

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

快適な室内空気環境の実現のために

ISO 16000-29「VOC 検知器評価法」の制定



松原 一郎

まつばら いちろう
matsubara-i@aist.go.jp

関西センター
所長代理
(関西センター)

材料化学をバックグラウンドとしたガスセンサー材料開発研究の経験を活かし、水素ステーションなどの水素関連施設で用いられる定置型水素検知器の製品規格 (ISO26142)、およびここで紹介する VOC 検知器評価法規格 (ISO16000-29) の作成・制定に携わってきました。



伊藤 敏雄

いとう としお
itoh-toshio@aist.go.jp

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
主任研究員
(中部センター)

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 ガスセンサーの研究開発に従事。ここで紹介する VOC 検知器評価法規格では、VOC 混合ガスによる各種検知器の応答試験評価を担当しました。

ISO16000-29 制定の経緯

室内の揮発性有機化合物 (VOC) の濃度をその場での確に把握できる技術は、室内環境の VOC レベルを適切に管理する基盤となります。近年、多くのメーカーにより多様な簡易型 VOC 検知器が販売されており、今後も新しい機種が登場すると予想されます。しかし、VOC 検知器を対象とした国内規格や国際規格はなく、これら VOC 検知器の評価法は確立されていないため、各メーカーが独自の手法で評価しているのが現状です。そこで、産総研と一般財団法人 建材試験センターが協力し、VOC 検知器の客観的な評価法を確立するために ISO16000-29 の作成・制定を行いました。

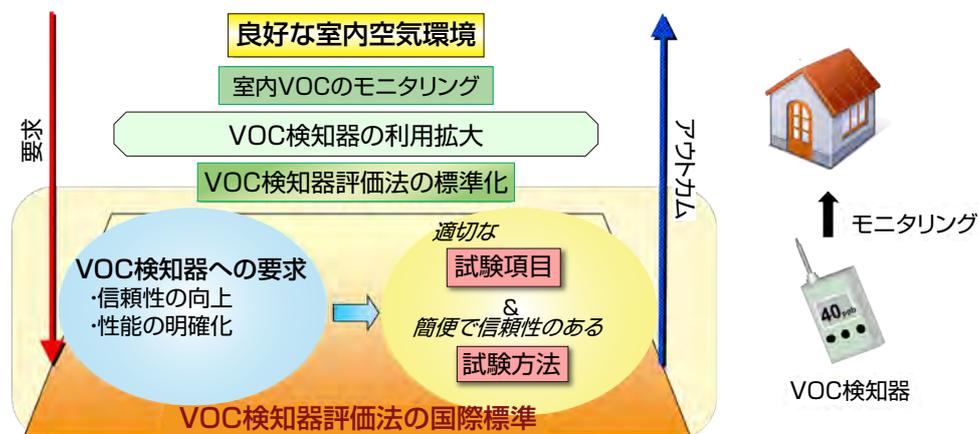
規格の内容

ISO16000-29 では、VOC の総量を検知するタイプの“VOC 混合物用検知器”と個別物質を検知するタイプの“個別 VOC 用検知器”を対象にしています。評価項目として、測定範囲、安定性、応答回復速度、他ガスによる干渉性、落下試験、振動試験など、VOC 検知器の性能を評価する 16 項目について試験方法を規定してい

ます。その中で最も重要なポイントは、“VOC 混合物用検知器”の試験ガス成分の決定でした。市販されている VOC 混合物用検知器は、半導体式、光イオン化式 (PID 式) など、種々の異なる検知原理によって検知します。これらに応じた試験ガス成分の検討が必要です。私たちは、実際の居住環境での VOC の存在状況に関するデータを基に作製した VOC 混合ガスを用いて、各種検知器の応答試験を繰り返すことで、検知器の検知原理ごとに合理的な試験ガス成分を確定しました。この試験ガスを用いることで、各試験項目に対して信頼性の高い評価結果を得ることができるようになりました。

規格の効果

簡易型 VOC 検知器の評価法に関する国際規格は、VOC 検知器の信頼性を高め、VOC のモニタリング・管理が効果的に実施され、安全・安心な室内空気環境の構築に貢献すると期待されます。また、国内外の多様な VOC 検知器を同じ尺度で評価することが可能となり、わが国の製品の価値を正しく評価しアピールすることで、国際競争力強化に繋がることも期待されます。



VOC 検知器評価法の国際規格に対する要求と期待される効果

光センサーの応答非直線性の高精度計測

光デバイスの信頼性を支える計測技術



田辺 稔

たなべ みのる

tanabe.m@aist.go.jp

計測標準研究部門
光放射計測科
レーザー標準研究室
研究員
(つくばセンター)

レーザーパワー標準や光電型光センサーの応答非直線性校正システムの維持・供給や開発を担当しています。特に、光センサーの性能向上を目指し、その応答非直線性の波長依存性の解明研究に力をいれています。今後、レーザー関連の校正や技術開発をもとにして、レーザーやレーザーを用いた計測器の普及、省エネ化、低価格化に貢献できるような標準や技術研究開発に取り組むと考えています。

光センサーの応答非直線性と波長広帯域化の必要性

光通信、医療、加工などの分野で、レーザーはさまざまな波長帯域やパワー領域で利用されています。レーザー光を制御するには、光減衰器や光フィルターなどの光デバイスが使用されます。これら光デバイスの減衰量や反射損失などレーザー波長に依存する特性を高精度に評価することは、レーザーパワーを必要最小限に抑え(省エネ化)、安全性・信頼性を向上させることにつながります。しかし、光デバイスの性能評価に使用される光センサーの応答性は、測定光の強度や波長により変化するため、測定値に有意な誤差が含まれる場合があります。この誤差は、光センサーの応答非直線性と呼ばれ、光デバイスの性能評価結果に大きな影響を与えるため、定量的に評価する技術が求められています。

応答非直線性評価システムと高精度計測

これを解決するため、光センサーの広波長帯域応答非直線性評価システムを構築しました(図1)。このシステムは、外部共振器型波長可変レーザー(可視光～近赤外)と光パワー重ね合わせ法に基づく測定光学系から構成されています。重ね合わせ法は、レーザー光を二つのパスに分けて等しいパワーになるように調整し、光センサーに二つの光を同時に入射させて測定した場合と個々に測定した場合の出力和の比を測定します。

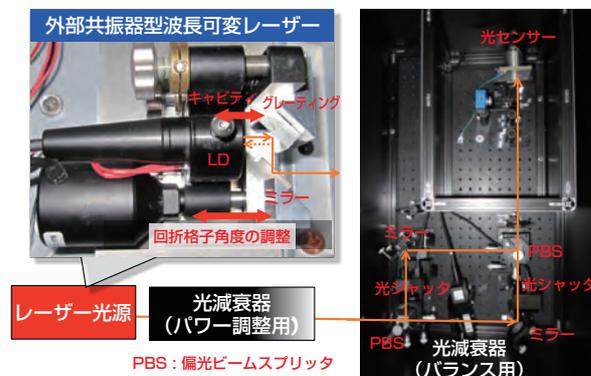


図1 光センサーの応答非直線性評価システム

レーザー光源である外部共振器型波長可変レーザーは、レーザーダイオード(LD)とグレーティングからなる光キャビティで、特定の波長のみを共振させる構造となっている。

この比をnWからmW超領域の光に対して測定することで応答非直線性を導出します。以上のシステムにより、これまで対応可能だった光ファイバー系のみならず新たに空間ビームでの応答非直線性の校正サービスを、拡張不確かさ0.039～0.18%の範囲で開始しました。

図2に、波長760 nm、850 nm、1030 nmに対するシリコンフォトダイオードの応答非直線性の一例を示します。このフォトダイオードには数%の応答非直線性が存在することや、その値が光の波長によって異なっていることがわかります。応答非直線性の違いは、光センサー内の光電流生成に関する重要な知見を与えるため、非直線性の発生原因をモデル化した理論との比較検討も進めています。

今後の展開

光波長多重通信やレーザーディスプレイなどをはじめ、広範な波長かつ強度の光を発するデバイスの性能指数を高精度に計測・評価する要望が高まっており、それらに応えるため光センサーの応答非直線性校正の広帯域化に取り組んでいく予定です。また、光センサーの応答非直線性の原因を定量的に解明し、理論的に予測する手法や抑制する研究を進め、光センサーの性能向上にむけた技術開発を行う予定です。

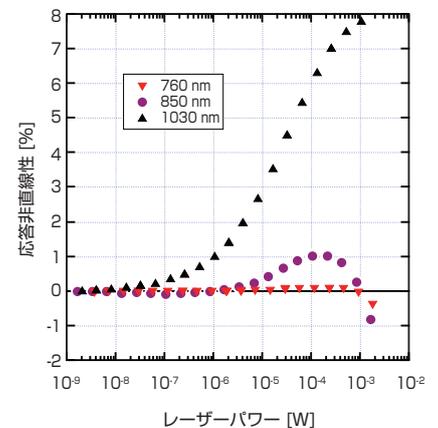


図2 シリコンフォトダイオードの応答非直線性の一例

応答非直線性は、光センサーへの入力と出力の比のずれ、つまり、応答の比例関係がどれだけ崩れているかを示している。

地球観測衛星に搭載したセンサーの校正

宇宙から地球を観測するカメラの感度劣化を探る



山本 浩万

やまもと ひろかず

hirokazu.yamamoto@aist.go.jp

地質情報研究部門
情報地質研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

現地観測データを併用した衛星搭載の光学センサーデータの校正検証や補正技術に関する研究に取り組んでいます。研究には宇宙から見る衛星の目と地上を歩いて見る人間の目の両方からの解釈が重要だと考えています。



小畑 建太

おばた けんた

kenta.obata@aist.go.jp

所属は同上
産総研特別研究員
(つくばセンター)

人工衛星による地球観測データの精度を保つために必要な品質管理に関する研究や、高精度な地球環境（植生・地質）のモニタリングを目指した複数衛星の統合利用に関する研究を進めています。

衛星センサーの感度劣化を調べる

現在、宇宙から地球を観測するためのセンサーを搭載した衛星がいくつも地球の周りを周回しています。こうしたセンサーは、資源探査や、大規模な森林伐採といった地球環境の変化を定量的に把握できるように設計されています。産総研では、経済産業省が開発した衛星センサーで取得されたデータの利用に関する研究を行っています。特に、米航空宇宙局(NASA)と共同運用中の資源探査用高性能光学センサー(ASTER)は、1999年12月の打ち上げから現在に至るまで観測を続けています。

衛星に搭載されるセンサーは精密機器ですが、打ち上げ時の凄まじい振動や加速度、打ち上げ後の無重力・真空下で宇宙線にさらされるような過酷な環境におかれることで、ASTERのような光学センサーについては経年劣化が見られることが知られています。最近では、この劣化を把握するために多くの衛星搭載センサーにオンボード(機上)校正機器が備えられるようになりましたが、打ち上げ後の校正機器自身の劣化などから絶対的に信頼できる校正とは言いがたいものがあります。一方で、衛星が観測する同じ場所、時刻に、現地地上観測したデータを用いて、衛星データと比較する方法(代替

校正)があります。代替校正は晴天率が高く、空気が澄んでいてかつ地表面が平坦で反射率の高い砂漠や乾燥湖(干上がって湖底が露出した湖)などで行います。私たちはASTERの打ち上げ前の1995年頃から毎年、米国ネバダ州の乾燥湖などで代替校正実験を行い、その技術を確立してきました(写真)。こうした地道な品質管理を行うことで、世界中の衛星データ利用者を支える研究を行っています。

これからの展望

1972年の米国での地球観測衛星(LANDSAT 1号)の打ち上げ以後、1999年には初の商用衛星も打ち上げられ、2000年代に入ってから先進国だけではなく新興国も地球観測衛星をもつようになりました。さらに、最近では大学の研究室でも小型試験レベルですが衛星運用を行うようになってきました。今後、これら複数の衛星データの統合利用が増えることも予想され、その利用には、それぞれのデータの品質レベルを合わせるものが求められつつあります。このため、類似した複数の衛星データをセットとして品質管理の技術、衛星データ間の検証・校正を行う技術(相互校正)についても研究を進めたいと考えています。



米国ネバダ州の乾燥湖での代替校正実験の様子

台湾 ITRI とのイノベーション推進についてのワークショップ開催

報告

2014年6月30日～7月5日、産総研若手事務職員を海外研究機関に派遣し、派遣者が自ら情報交換しネットワークを作ることで、研究支援業務の強化、職員のスキルアップ、および業務に対するモチベーション向上を図る事務職員の交流(ワークショップ)事業を行いました。2013年度に派遣した豪州CSIROに続き、2014年度はイノベーション推進本部と広報部の若手事務職員9名を、台湾工業技術研究院(Industrial Technology Research Institute, ITRI)に派遣しました。

ITRIは1973年に創立され、応用研究や技術サービスを中心とする非営利研究開発機構として台湾のハイテク産業化を促進すると同時に、研究開発成果を基に多くのベンチャー企業、スピンオフ企業を創出

しています。Taiwan Semiconductor Manufacturing Co., Ltd (TSMC)、United Microelectronics Corporation (UMC)といった世界最大級の半導体ファウンダーもITRIのスピンオフ企業であり、またITRIは新規事業のインキュベーションも活発に行っています。産総研とは、産総研の前身である工業技術院時代から交流があり、2005年9月には包括研究協力覚書を締結(2011年7月更新)しています。これまで、共同シンポジウムを4回開催、光触媒や太陽光発電の分野での共同研究の実施、研究者交流など緊密な関係を継続しています。

今年度は若手事務職員をITRIに派遣することで、これらITRIが推進している研究促進のための戦略、広報活動、知財の管理・活用などの研究マネ

ジメントについて情報を収集し、また産総研とITRIがもつ共通の課題解決に向けてそれぞれ、双方の担当部署と活発な意見交換を行いました。

今回の交流の結果は産総研所内の報告会にて、情報共有されました。今後、産総研第4期に向けて海外機関とのネットワーク構築、およびグローバル化推進に大きく進展することが期待されます。



瀬戸理事、酒井国際部長、ITRI 陳聯泰国際センター長、邱華樑東京事務所長と双方の参加者

「さくらサイエンスプラン」にてアジアの優秀な青少年が多数産総研を訪問

報告

飛躍的に発展しつつあるアジア、その未来を担うアジアの青少年を日本に招へいし、日本の最先端の科学技術への関心を高め、もって優秀な人材の育成に貢献することを目的に、(独)科学技術振興機構(JST)は、今年度より「日本・アジア青少年サイエンス交流事業」(さくらサイエンスプラン)を開始しました。

その一環として、2014年7月31日に、中国マカオ大学の大学生、大学院生、教員など15名が産総研つくばセンターを訪問しました。概要説明、サイエン

ス・スクエアつくばと地質標本館の見学ののち、情報技術研究部門の岩田敏彰上級主任研究員によるランドサット衛星画像の利用技術についての講演、ディスカッションを行いました。情報系の参加者が多いこともあり、熱心な質疑応答が続きました。

また、同年7月31日に中国の高校生約70名、8月7日には、アセアン諸国、韓国とモンゴルの高校生約120名が、産総研つくばセンターを訪問しました。一行は、一週間の日本滞在中、ノーベル賞受賞者の講演、研究機関や大学の

訪問、高校生との交流など盛りだくさんの日程の中、日本の代表的な研究機関として産総研を訪れ、概要説明を受けた後、サイエンス・スクエアつくばと地質標本館を見学しました。サイエンス・スクエアつくばでは特にロボットの人気が高く、地質標本館では利光館長自ら、地震のメカニズムなどを説明しました。各国から選抜された理系の優秀な学生らしく、ロボットの研究で日本の大学へ行くならどの大学がよいか、外国人が産総研の研究者になるには、といった質問がありました。



岩田上級主任研究員(前列中央)とマカオ大学一行(講演後)



中国の高校生一行(地質標本館にて)



アセアン諸国などの高校生に、産総研の研究者になった経緯などを説明するカテリーン主任研究員(フィリピン出身)

秋篠宮殿下と佳子内親王殿下 つくばセンターご来訪

2014年7月29日、秋篠宮殿下と佳子内親王殿下が、第38回全国高等学校総合文化祭「いばらき総文2014」に伴う茨城県地方事情視察の一環として、産総研つくばセンターにおいでになりました。

当日は、中鉢理事長から産総研の概要説明、佃理事から地質図幅や地震津波の履歴を示すコアはぎ取りの説明とジオパークの紹介などが行われ、次に金山副理事長からアザラシ型ロボット

「パロ」の紹介があり、その後でパロに直接触れていただきました。またほかにも、世界初のサイボーグ型ロボット「HAL」の実演、HRP4C未夢によるあいさつと歌唱デモをご覧いただきました。

そして最後に、産総研の高機能材料としてPAN系炭素繊維の紹介、新しい炭素材料としてカーボンナノチューブにかかわる研究開発状況の説明があり、主な用途開発品をご覧いただきました。

両殿下は個々のブースにおける説明を熱心にお聞きになり、秋篠宮殿下からはたくさんのご質問をいただきました。



パロに触れられる秋篠宮殿下と佳子内親王殿下

新役員紹介

お知らせ

かなやま としひこ
金山 敏彦 (副理事長)

就任年月日：2014年7月1日

略歴

- 1977年3月 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了、1990年6月 工学博士
- 1977年4月 工業技術院電子技術総合研究所入所
- 1994年4月 工業技術院産業技術融合領域研究所アトムテクノロジーグループ長
- 2000年4月 首席研究官
- 2001年4月 産業技術総合研究所次世代半導体研究センター副研究センター長
- 2008年4月 ナノ電子デバイス研究センター長
- 2010年4月 独立行政法人産業技術総合研究所理事
- 2014年7月 独立行政法人産業技術総合研究所副理事長



とがし しげこ
富樫 茂子 (理事)

就任年月日：2014年7月1日

略歴

- 1978年3月 東北大学大学院理学研究科地学専攻博士課程修了 理学博士
- 1978年4月 工業技術院地質調査所入所
- 1990年12月 地殻化学部同位体地学課長
- 1997年4月 地殻化学部同位体地学研究室長
- 1999年4月 地殻化学部長
- 2001年4月 独立行政法人産業技術総合研究所地球科学情報研究部門副研究部門長
- 2002年7月 能力開発部門能力開発コーディネータ
- 2003年4月 地球科学情報研究部門長
- 2004年5月 地質情報研究部門長
- 2008年4月 評価部首席評価役
- 2012年4月 名誉リサーチャー
- 2012年7月 総務省公害等調整委員会委員
- 2014年7月 独立行政法人産業技術総合研究所理事



産総研一般公開のお知らせ

お知らせ

10月11日 九州センター

(佐賀県立九州シンクロトロン光研究センターとの合同開催)

9時30分～16時30分(最終受付：16時00分)

問い合わせ：九州産学官連携センター TEL：0942-81-3606

<産総研九州センター 展示>

- ・わくわく科学講座(出前講座)「富士山に登って調べる火山の不思議」
- ・チョロメテ2
- ・血管年齢測定装置
- ・英語発声ティーチング
- ・筋電スイッチ(鉄道模型)
- ・アイミュレット
- ・太陽電池で遊んでみよう
- ・いろんなプラズマに触れてみよう!
- ・施設紹介パネル展示
- ・メンタルコミットロボット「パロ」

<九州シンクロトロン光研究センター 展示>

- ・わくわく科学講座「消化管内走行カプセル～車輪なしで体内を移動する不思議なカプセル～」
- ・体験教室「ふりふり発電機やハッピーメガネを作ろう!」
- ・企業展示
ニコンインステック(株)「ミクロの世界の驚異 卓上型電子顕微鏡でいろんなものを見てみよう!」
- 田口電気工業(株)「シンクロトロン光を利用する微細加工めっき技術」
- ・佐賀県試験研究機関展示
佐賀県畜産試験場

佐賀県有明水産振興センター

- ・香楠中学校科学部展示 研究発表(ポスター)
- ・加速器・ビームラインの展示(電磁石模型・パネル)
- ・シャボン玉で遊ぼう! シャボン玉とドライアイスの実験(遊び)
- ・実験ホール見学ツアー 加速器・ビームラインの見学
- ・クイズラリー
- ・施設紹介パネル展示

※開催場所は佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター(佐賀県鳥栖市弥生が丘8-7)です。

今後の一般公開予定

11月8～9日 臨海副都心センター

シンセシオロジー編集委員会からのお知らせ



Synthesiology は、成果を社会に活かそうとする研究活動の目標と社会的価値、具体的なシナリオや研究手順、また要素技術の構成・統合のプロセスを記述した論文誌です。掲載された論文の価値が一目で判るように、第7巻第3号より「論文のポイント」を編集委員会で作成し冒頭に掲載しています。シンセシオロジー編集委員会では、読者の皆様には是非、ご一読をお願い申し上げるとともに皆様からのご投稿をお待ちしております。

シンセシオロジー編集委員会

Synthesiology 第7巻第4号（2014年11月発刊予定）

人工物工学研究の新しい展開 一個のモデリング・社会技術化へー

太田 順、西野 成昭、原 辰徳、藤田 豊久

4次元放射線治療システムに関する国際標準化 ー照射効果の向上と安全性の確保ー

平田 雄一、宮本 直樹、清水 森人、吉田 光宏、平本 和夫
市川 芳明、金子 周史、篠川 毅、平岡 真寛、白土 博樹

他

電子ジャーナルの URL

産総研 HP : http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/synthesiology/index.html

J-Stage : <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/synth/-char/ja/>

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

2014年10月 → 2014年11月

9月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
10 October			
8～10日	VICTORIES 国際シンポジウム&ワークショップ	つくば	victories-win2014-ml@aist.go.jp
11日	産総研一般公開（九州センター）	鳥栖	0942-81-3606
11 November			
6～7日	The Irago Conference 2014	つくば	0532-81-5133
8～9日	産総研一般公開（臨海副都心センター）	東京	03-3599-8006
11日	国際標準推進戦略シンポジウム	東京	029-862-6221
11～12日	IEC 東京大会技術展示会	東京	hyoujunbu-ml@aist.go.jp

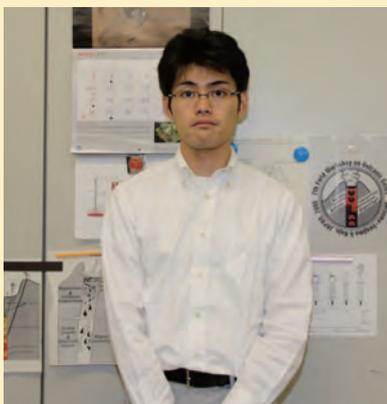
火山ガス研究による噴火活動推移予測技術の高度化

活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ 風早 竜之介^{かざはや りゅうのすけ}（つくばセンター）

活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループでは、火山噴火予知・活動推移予測手法の高度化を通じて火山災害の軽減に資することを目的として、活動的な火山における野外観測調査を行い火山活動状況を把握するとともに、噴火過程のモデル化を行っています。マグマに含まれるガス成分は噴火の原動力の一つであり、火山ガスの放出過程は噴火が爆発的になるか否かを支配しています。火山ガスの成分および放出量の観測により、マグマのガス放出過程を把握できます。風早研究員は火山ガス研究をもとに噴火の発生条件や噴火様式の支配過程を明らかにし、噴火活動予測の実現を目指しています。



北海道十勝火山周辺にて



風早さんからひとこと

私は火山ガス研究を主軸に火山噴火プロセスの理解を目指して研究を行っています。火山・噴火活動を支配するプロセスを理解するためには、火山ガス研究だけではなく、地球物理学、地質学、岩石学などの知見を一つの現象に当てはめ、研究を進める必要があります。私は今まで火山性地震の発生と火山ガス放出量変動の相関を定量化することにより、マグマのガス放出過程のモデル化を進めてきました。今後、国内外のさまざまなバックグラウンドをもつ研究者と連携して、火山・噴火現象を多角的に理解するための研究を進めていきます。

産 総 研
TODAY

2014 October Vol.14 No.10

(通巻165号)
平成26年10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。