

# JST news

未来をひらく科学技術

6

June  
2016



Focus

## 異分野融合で新産業

### 3 Focus 異分野融合で新産業

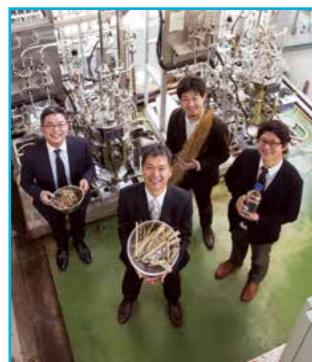
#### 4 Focus 01 農工連携でバイオマスの産業化に大転換

#### 8 Focus 02 光、磁気、超音波で、がんや生活習慣病の早期診断

#### 12 社会への架け橋 ～シリーズ1 低炭素社会の実現へ 第2回～ 「電気代そのまま払い」 一省エネ製品の普及促進で温室効果ガスを削減

#### 14 NEWS & TOPICS コウモリがドローンのモデルに？ 獲物の位置を先読みして飛行ルートを決定 ほか

#### 16 さきがける科学人 Vol.50 藤田 咲子 (奈良先端科学技術大学院大学 技術支援職員)



#### 表紙写真

異分野の専門家が力を合わせて新産業を生み出す「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム」。神戸大学の「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」は、農学と工学の融合領域で先端バイオ技術を駆使し、原料を石油からバイオマスへ転換してグリーンイノベーションの達成をめざす。

編集長: 上野茂幸 / 企画・編集: 浅羽雅晴・安藤裕輔・菅野智さと・佐藤勝昭・鳥井弘之・松山桃世・村上美江・山下礼士  
制作: 株式会社エフビーアイ・コミュニケーションズ / 印刷・製本: 北越印刷株式会社

# 異分野融合で新産業

## 人材育成や大学のシステム改革につなげる。

2006年から始まった文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム」(先端融合プログラム<sup>※</sup>)は、革新的な技術の基礎研究から新産業の創出までを、産学連携で実現するための世界的な研究開発拠点の形成を支援している。

10～15年先の近未来を見越した新産業の創出など、社会的、経済的インパクトのある成果(イノベーション)を生み出すとともに、次世代を担う研究者や技術者の育成を図るのが目的だ。

グローバルな視点を持つ企業と大学が対等な立場で協力

して構想を提案し、資金も人材も積極的な提供が求められ、企業の本気度が試される。さらに大学側もテーマによっては部局間の融合を進めるなど、システム改革に直結するような大胆な改革が求められるチャレンジングな試みで、今後の日本を牽引する研究開発モデルとなることが期待されている。

工学、医学、薬学、理学、農学などの融合領域や、ナノバイオ、ITなどの先端融合領域における12拠点の事業のなかから、とりわけ注目されている神戸大学「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」と、京都大学「高次生体イメージング先端テクノハブ」を紹介する。

※ JSTは先端融合プログラムの事業推進支援業務を文部科学省より受託しPD・PO制度の下で課題管理を行っている。

### 先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラムの拠点



Focus 01

# 農工連携でバイオマスの産業化に大転換

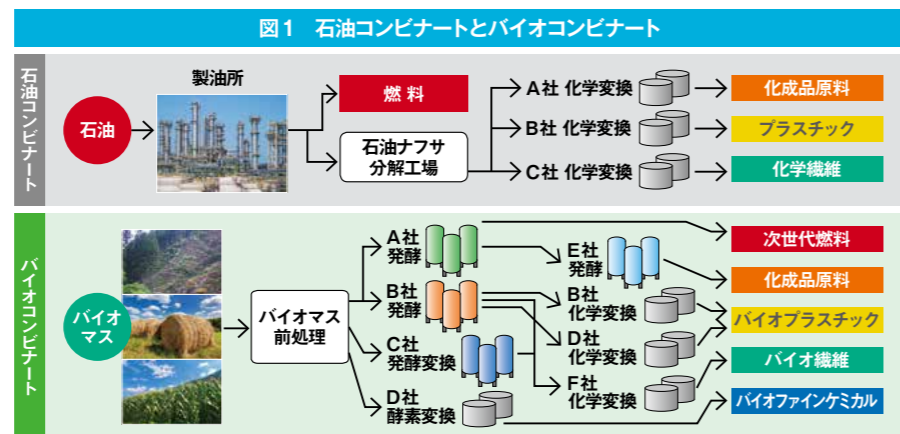
地球温暖化を緩和するには、石油など化石資源の消費量を減らす必要がある。自動車や発電による大量消費はもちろん、原料として使う石油の削減も重要な課題である。その解決策として期待を集めているのが、再生可能な生物由来のバイオマス資源の有効利用である。

神戸大学の「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」(農工連携拠点)が2008年に始動し、バイオマスからの次世代燃料や化成品原料の生産と事業化に挑んでいる。

## 次世代のバイオコンビナート実現へ

資源・エネルギーや環境問題は、持続可能な社会を実現する上で、避けては通れない。石油の代わりに、再生可能な資源であるバイオマスから、次世代燃料や化成品原料、プラスチック、繊維など、産業に重要な物質を生産する「バイオプロダクション」が世界的に注目されている。

バイオプロダクションの大きな課題は、サトウキビやトモロコシなど有用な食糧資源を使ってきたことだ。一方、稲わらや廃材、古紙など未利用のセルロース系バイオマスは分解が難しく、生産工程でも多くのエネルギーが必要となるため、大規模なプラントとして実用化された例はまだない。セルロースはブドウ糖が直線状につながった多糖で、植物細胞壁の半分を占め、地球上に最も多く存在する有機物だ。神戸大の農工連携拠点は、セルロース系バイオマスから多様な物質を高効率に作り出すための基盤技術を確立し、「バイオコンビナート」を形成することに挑戦している。



コンビナートといえば、石油の精製や貯蔵施設、それらを原料として化成品を生産する工場の集まった地域を指す。神戸大では、バイオマスを石油に見立て、バイオマスの前処理や貯蔵、分解、微生物を用いた物質生産までを行う「バイオコンビナート」の確立を目標としている(図1)。それぞれの工程に強みを持つ企業が、役割分担しながら協力することで、燃料、化成品原料のほか、近年注目を集める機能性食品の効率的な生産をめざす。

武田 廣 (たけだ ひろし)  
神戸大学長

1977年、東京大学大学院理学系研究科博士課程単位修得退学。78年、同大学理学部助手。86年、同大学理学部附属素粒子物理国際センター助教授。89年、神戸大学理学部教授。同大学大学院理学研究科長・理学部長、同大学附属図書館長、同大学研究担当理事を経て、15年より現職。15年より「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」総括責任者。

いる。農学と工学の融合領域で先端バイオ技術を駆使し、石油依存から脱して次世代のグリーンイノベーションをめざす。

化粧品、医薬品の原料、バイオプラスチック、バイオ繊維など、成果は着実に生まれている。今年4月には文理融合型の大学院を新設し、次世代のイノベーション人材の育成をめざす。産業界からは神戸大方式の「産産学」連携に熱い眼差しが注がれている。

拠点形成をきっかけに10以上の海外研究機関とも連携が広がった。バイオマスの豊富な山間地域での新産業や雇用創出など大きな経済効果が期待される。

## 6つのコア技術で実現

神戸大は、微生物の代謝機能を改良し、目的とする化合物を大量生産するスーパー微生物(細胞工場)の研究では世界のトップレベルにある。バイオプロダクションは効率良く分解や発酵をする微生物の働きが決め手となる。「農学」「工学」の先端技術に、「理学」「医学」の総合力を生かして、神戸大ならではの独自の6つのコア技術を確立してきた(図2)。

福田 秀樹 (ふくだ ひでき)

独立行政法人大学改革支援・学位授与機構長

1970年京都大学工学部卒業後、鐘淵化学工業株式会社(現株式会社カネカ)入社。94年、神戸大学工学部教授。同大学大学院自然科学研究科教授、同大学自然科学系先端融合研究環長などを経て、2009年より同大学長。16年より現職。08年～15年まで「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」拠点長、09年～15年まで同総括責任者。



- ①バイオマスリソース: 分解しやすく収率の良い新規バイオマスの開発
- ②前処理プロセス: 省エネルギー・環境適合型のバイオマス分解促進の前処理プロセス
- ③細胞工場: 目的の化学品を高い効率で生産するスーパー微生物
- ④バイオプロセス: 細胞工場から効率良く生産する発酵装置の開発
- ⑤分離・化学プロセス: 省エネルギー・環境適合型の膜分離・化学プロセスによる発酵産物の効率的分離
- ⑥機能性・安全性評価: バイオマス由来製品の機能性・安全性評価と新規機能の開拓

## 大学をリサーチハブに「産産学」

石油化学、ファインケミカル、製紙、触媒、酒造、食品など多分野にわたる協働機関13社が参加しているのが特色だ。バイオプロダクションはたくさんの分野が融合し、しかもバラエティに富んだ業種が参画しないと実現できない。

事業開始時の拠点長だった福田秀樹さん(前学長)は、「リーマンショック後で、企業の経営も厳しい時期でした。資金や人材を出す約束をしないと、企業は拠点に参画できません。すべての企業の社長さんに会いに行き、拠点研究のメリットを真剣に訴えました。価値観や製品分野が異なる企業を本当にまとめるか、当初は不安もありました」と振り返る。

とりわけ、知的財産の扱いが障壁となった。各企業の技術やノウハウは企業秘密になっている。それを明らかにすることには大きな抵抗があり、検討会を開いても、他の企業を意識するあまり、ぎくしゃくして議論が進まない。

そこで福田さんと、副拠点長であった近藤昭彦さんが、共同研究で得た特許などの知的財産を共有するためのシステム改革を進めつつ、お互いの信頼関係を深め、価値観を共有することに努めた。

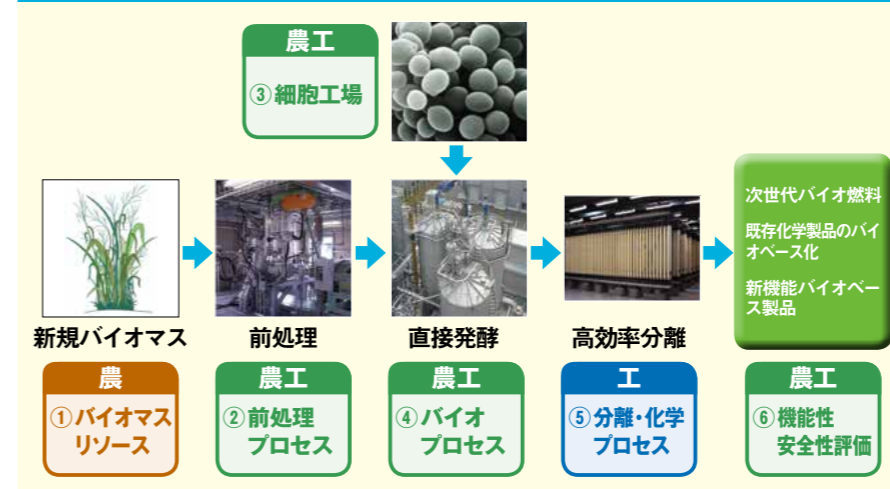
「企業も次世代の製品開発事業を育てたいからこそ、拠点に参画しているのです。そのためには、壁を破らなければ効率もスピードも上がらない。大学は産業界を結びつけるリサーチハブだから、『産産学』や『産産』の連携が進むように技術や場所を率先して提供する姿勢を前面に押し出しました」と福田さん。

大学としては珍しく、神戸大にはエタノール発酵の大型パイロットプラントを揃えた施設があり、参画している企業もこのプラントを利用して製品化レベルの技術開発に取り組むことができる。

事業開始から3年後には、企業から積極的に物質名や技術内容を明かして共有したいとの申し出があった。拠点内に限定したものの、知的財産を共同で利用できる体制が築かれた。

「それまでの企業の論理からすると考えられない動きです」と福田さんは驚いた。近藤さんも「大学からではなく、企業から言い出してくれました。特に異なる業種の企業と大学との

図2 6つのコア技術と一貫バイオプロセス



近藤 昭彦 (こんどう あきひこ)

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科長

1988年、京都大学大学院工学研究科博士課程単位取得満期退学。九州工業大学助教授、神戸大学工学部教授および統合バイオリファインリーセンター長を経て、16年より現職。08年～15年まで「バイオプロダクション次世代農工連携拠点」副拠点長、15年より同拠点長。



産産学の連携が進みました。各社が役割分担しながら、研究成果の製品化や事業化を試みっていますが、融合領域が広いので社会展開がたいへんです」と嬉しい悲鳴を上げる。

## バイオ拠点の火を消すな

「産産学」連携が軌道に乗った矢先、思いがけない試練が訪れた。先端融合プログラムでは、3年目に厳格な再審査がある。農工連携拠点はこの再審査をパスできなかったが、翌年に再提案できるチャンスが与えられた。

事業の申請から関わってきた近藤さんは、これまで再挑戦に成功した例がないことを知っていた。

「企業が研究を継続するモチベーションの低下は避けられないと覚悟しました。ところが、拠点存続の危機に直面したことで、むしろ火がついたのです。『先端融合プログラムにバイオプロダクションの拠点は重要だ』『持続可能な社会をつくる拠点は絶対に必要だ』という声湧き起こりました。福田拠点長も『やるぞ』と気合いを入れ、全社が今までよりも頻りに集まり、再提案に向けてのアイデアを出してくれました」と当時を語る。構想をより明確化させ、さらに洗練された提案書ができあがった。

1年後、農工連携拠点は見事に復活を遂げた。2度目の挑戦で再審査を通過できたのは、神戸大が唯一だ。共に危機を乗り越えた企業との結束力は一層高まり、研究交流も活発化した。製品の实用化など成果も着実に出てきている。

現在は複数の分野で物質生産に成功し、生産規模をスケールアップできる技術の確立

をめざしている。アルコールや有機酸類の生産量を数倍から数十倍以上に高めることに成功し、実用化へ着々と近づいている。

すでに商品化された機能性材料も生まれている。付加価値の高い化粧品や機能性食品は社会展開しやすい。例えば、グリコーゲンには病気に対する抵抗力や治癒力を高める作用や、食物繊維的な作用などの優れた効果がある。これまで食品からしか抽出できなかったが、酵素を用いてバイオマスを大量生産することに成功した。

2018年度のプロジェクト終了時には、全社が研究成果を生かした原料生産や製品づくりができるようにすることが目標だ。

## 新研究科で次世代の人材を育成

神戸大は、これまで自然科学系、社会科学系それぞれに、同じ研究棟で異分野の研究者が融合研究をする連携ラボをつくるなど、分野間の壁を取り払ってきた。

拠点開始から9年目の今年4月、先端融合の自然科学系の部局間連携をベースとして、日本初の文理融合型の独立研究科である「大



学院科学技術イノベーション研究科」を設置した。神戸大が重点4分野と位置付けるバイオプロダクション、先端膜工学、先端IT、先端医療学からの事業創造をめざし、「アントレプレナーシップ(起業家精神)」を持つ人材の育成を目的としている。

新研究科のカリキュラム構成は、福田さんと当時は研究担当理事であった武田廣さん(現学長)が中心となってデザインした。

「産学連携を積み重ねた経験や、学際融合の風通しの良さを生かし、神戸大が培ってきた技術や成果をもっと大きくしようと、大学の機能強化の一環として、この研究科をつくりました」と武田さんは語る。

拠点で融合してきたバイオプロダクションと先端膜工学を進化させることで、一貫プロセスをさらに強力に推進する。さらに、先端ITと先端医療学を新たに融合することで、ビッグデータの宝庫である複雑なバイオデータをパソコンで解析したり、バイオマス由来の機能性食品や医薬品を評価したり、拠点の研究開発を今後発展させるべき要素が盛り込まれている。これら4つの中心にあるのが「事業創造」だ。

教員は、農学、工学、理学、医学の自然科学系だけでなく、神戸大が誇る経済学、経営学、法学の社会科学系が加わり、企業で活躍する最先端の技術開発者、ベンチャー・キャピタルの社長や知的財産法の専門弁護士など実務家の教員もいる。

「新しい技術を事業化して社会に出せるイノベーションを、自ら創出できる力を持った人材が必要です。学生は、先端研究の成果とその事業化プランを修士論文にまとめます。カ

リキュラムはハードですが、次世代を担うプロフェSSIONナルに育てほしい」と同研究科長に就任した近藤さん。

## 神戸大の挑戦を世界へ

「神戸大には社会貢献の伝統があります。学際領域における研究能力だけでなく、ビジネスに不可欠な市場開拓能力やマネジメント力、知財など、研究成果の事業化以降のプロセスをデザインする能力や起業家精神を兼ね備えた人材を養成します。他の大学には真似できない、ユニークな人材を輩出することで先駆的な役割を果たしたい」と武田さんは意気込む。

今年1月、学長の主導で、新研究科の関係者が共同出資して「株式会社 科学技術アントレプレナーシップ」を設立した。神戸大で生まれた研究成果を事業化するベンチャー企業に対して、会社設立や市場調査、事業計画書作成の費用を出資するとともに、財務や知財戦略の指導や助言を行う。外部からの本格的な資金調達を実現し、一刻も早く新しい技術を社会に出していくことが狙いだ。新研究科という教育研究機関とともに、事業創造の成功確率を飛躍的に向上させるものと期待される。

「文理融合は今までも試されてきましたが、まだ成功例が見えていません。どのような取り組みを入れたらうまくいくのか試行錯誤が続いています。新研究科に重点4分野研究を投入し、出てきたシーズを社会に出すところまで、神戸大は自らの手でやろうとしています。成功すれば、その波及効果は計り知れません。先端研究と文理融合研究から多くの成功例を出して、世界で戦える大学にしたいのです」。武田さんの固い決意のもと、神戸大の挑戦は続く。

## バイオプロダクション次世代農工連携拠点の研究成果



### 次世代燃料・化成品原料

旭化成、日本触媒

バイオ生産によるアルコール類、ジオール類を基礎化学品として、4種類の化合物の生産に成功し、スケールアップを進めている。ある化合物の生産性は40倍以上向上した。実用化に向けて、90リットル規模の製造実験をしている。

### バイオフィンケミカル

江崎グリコ、カネカ、月桂冠、長瀬産業、フジッコ

機能性糖質、有用イノシトール、機能性ペプチド、機能性リン脂質などから、10種類の化合物の生産に成功した。ある化合物では900リットル規模のスケールアップ技術を確認した。医学部の協力のもと抗肥満、保湿、細胞活性化作用と安全性を確認し、江崎グリコ(株)よりバイオマス由来のグリコーゲンを配合した化粧品「gg」が商品化された(写真右)。(写真提供:江崎グリコ)



酵素交換で生まれた大豆由来の機能性リン脂質。美容と健康に役立つ。(写真提供:長瀬産業)

### バイオプラスチック・バイオ繊維

ダイセル、帝人、Bio-energy、三井化学  
プラスチックや化学繊維の原料となる有機酸、ジアミン類、アミノ酸類、芳香族系化合物を基礎化学品に選定し、省エネルギーかつ環境調和型の合成技術を開発している。9種類の化合物の生産に成功し、スケールアップを進めている。ある化合物の生産性は15倍以上向上した。



セルロース資源からエタノールを生産するパイロットスケールのバイオリクター(写真提供:Bio-energy)

### 基盤技術開発

旭化成、月桂冠、長瀬産業、日東電工、日本製紙、Bio-energy  
神戸大が培ってきたコア技術のうち、バイオマス生産、前処理技術、膜プロセスなど、一貫バイオプロセスの構築に必要な製品群の実用化をめざす。



膜分離技術でバイオプロセスを低エネルギー化(写真提供:日東電工)

## 異分野の精鋭



### 大学院工学研究科 荻野 千秋 准教授

近藤先生とともに申請段階から拠点形成に関わってきました。専門分野はバイオマスの前処理や、**放線菌の育種**です。産学連携で食品用の酵素生産技術を開発した経験を生かして、拠点では製紙メーカー、化学商社、そして酒造メーカーなどと共同して研究を進めています。



### 大学院科学技術イノベーション研究科 蓮沼 誠久 教授

細胞の中に含まれる**代謝化合物変化の解析**を研究しています。細胞内の数百種類の化合物を網羅的に測定する技術を活用して、細胞の機能を評価し、有用物質を効率的に生産する微生物などを育て、細胞工場の開発に生かしています。

### 大学院科学技術イノベーション研究科 石井 純 准教授

微生物の遺伝子を組み換え、細胞工場で**スーパー微生物**をつくる研究をしています。エタノールを効率良く生産する株を育てるだけでなく、細胞内の代謝機能を改変することで、優れたアルコール燃料や機能性材料を生産する研究(細胞工場の開発)をしています。



### 大学院科学技術イノベーション研究科 西田 敬二 特命准教授

バイオマスから有用物質生産に適した機能を持つ**微生物を精密につくる**研究を行い、細胞工場の開発に生かしています。具体的には、乳酸菌や大腸菌などに目的遺伝子を精密に導入して人工微生物をつくり、バイオプラスチックの原料となる乳酸、アミノ酸、そして有機酸などを生産する技術に挑戦しています。

Focus 02

# 光、磁気、超音波で がんや生活習慣病を早期診断

京都大学では、「高次生体イメージング先端テクノハブ」と「次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点」の2つのプロジェクトを進めてきた。今年3月に事業が終了した「高次生体イメージング先端テクノハブ」(テクノハブ)では、生体情報を読み取る新原理の分子プローブの基礎研究に始まり、眼底光イメージング、超音波イメージング、原子磁気センサイメージングなどの革新的な「医用画像診断装置」を開発した。10年にわたる取り組みを見ていく。



### 人体内部の情報を画像化する

私たちの身体は、さまざまな情報を発信している。病気の予防や診断には、そのうちの脈拍や心電図、血圧などを重要な手掛かりとしている。こうした生体情報を読み取るための薬剤が「分子プローブ」であり、得られた情報を見やすい形に視覚化するのが「医用画像診断装置」である。

がんや糖尿病などの生活習慣病の早期発見には、大がかりな検査装置だけでなく、より安心で低コストの装置を普及させ、診療所

での診察や健康診断などを手軽に受けられる環境づくりが求められる。

2006年度にスタートした京都大学のテクノハブは、10年後の社会と経済にインパクトを与えるイノベーションの創出、次世代の医工連携を牽引するリーダーの育成、入口から出口までの産学協働研究の推進を目標に掲げた。基礎医学の研究結果と協働企業であるキャノンの製品化技術とを融合して、革新的な医療機器を開発し、医療現場に適用する研究を進めてきた。2012年から大塚製薬も協働企業として参加している。

### 先見性のある長期プログラム

テクノハブは、京都大学と企業が1対1で始まった。

大学院医学研究科の近藤輝幸教授は、「申請する1年ほど前から、医療分野という新事業への参入をめざすキャノンと、分子プローブを生かした医用画像診断装置についての医工連携・産学連携をめざす京都大学とがWin-Winの関係になるプロジェクトの可能性を議論してきました。そこに先端融合プログラムが公表されて、全員がこれだと思いました」とタイミングをつかんだ喜びを話した。研究テーマは、キャノンのカメラ技術が生かせる眼底光イメージングが挙がり、さらに、分子プローブの開発とあわせて光超音波イメージ



近藤輝幸教授

ング、原子磁気センサーの高感度化と応用を加え、キャノンとの協業事業が始まった。

眼科が専門である大学院医学研究科の吉村長久特命教授も、プロジェクトの推進にあたって患者に負担とならない低侵襲の装置の開発と、医療現場にとって使いやすい製品づくりを強く希望した。糖尿病などにより眼底に現れる生活習慣病合併症、失明につながる緑内障、老化に伴う加齢黄斑変性、色素変性症などの超早期診断と予防医療の実現には欠かせない技術だからである。

がんやアルツハイマー症、虚血性心疾患などの早期診断に有効な新原理の分子プローブの開発と、新規診断装置の開発も重要なテーマであった。

キャノン側の責任者である水澤伸俊執行役員・R&D本部副本部長は、「当社の医療ビジネスには医用画像診断装置関連と眼底カメラなどがあります。そうした基盤技術を生かして眼底光イメージング技術に挑むとともに、超音波や磁気を使った革新的医療機器を事業化したいと考えました。一般的に企業での製品開発は長くて5年ですが、ゴールを設定して基礎から10年かけて新たな原理に基づく医療システムを開発することも大きな経験と実績につながると考えました」と語った。

### 200人を超えるプロジェクト

テクノハブは、京都大学が医学、工学、情報学、薬学の研究者に医学部付属病院の臨床研究者を加えた105名、キャノン側はデジタルイメージング技術、光学・デバイス・画像処理関連の技術者125名が参加し、キャノンの30名の社員が京都大学に常駐する大プロジェクトとなった。2012年にプロジェクトに加わった大塚製薬とも、分子プローブに関する研究を進めてきた。

拠点は、京都大学の吉田キャンパスに「先端医工融合領域イノベーション創出ハブ」の本部を置き、桂キャンパスに「医工融合教育拠点」を設けた。

プロジェクトは、3年目での再審査、7年目での中間評価の機会をとらえて、出口に向けた内容の大幅な見直しと組み替えを行った。

「3年目までの基礎段階では工学が主体でしたが、具体的な方向が見えてきた段階で医学が本気になりました。戦略や内容の見直しでは、けんか腰の議論が連日夜中まで続き、資料作成にも苦労しました。部局を越えた熱い議論がなければ再審査をクリアできたかどうかからなかったですね」と、吉村さんは振り返る。

世界的な研究実績を持つ大学で、他部局か

らの忌憚のない意見を受け入れ、自ら研究内容を評価し、協働機関の企業のニーズ、最終的な利用者の医療現場の要請に応じて軌道修正するには大変なエネルギーが要る。それを粘り強く実行したところにプロジェクトに賭ける関係者の熱意が伝わってくる。

7年目の中間評価でも、仕上げに向けてさらなる見直しを行い、分子プローブの応用分野を絞り込んだ。特許の取得をもって成果とするテーマと、製品化に向けて重点的に取り組むテーマの仕分けを大胆に進めた。

こうした戦略展開に対応して、2011年にキャノンの寄付金と経済産業省の補助金により、吉田キャンパスに「先端医療機器開発・臨床研究センター」が建設された。すぐ隣に医学部付属病院があるので、開発した医療機器での臨床研究がシームレスに実施でき、多忙な時間をめって関係者が集まることができた。

京都大学では、2012年厚生労働省による「臨床研究中核病院」選定を背景に、プロジェクトの進展に向けて2013年に探索医療センターとEBM (Evidence-Based Medicine) 研究センター、治験管理センター、医療開発管理部を統合し、橋渡しの拠点となる「臨床研究総合センター」を創設した。同センターの設置により、医療現場に密着した研究開発が促進され、成果の早期実用化、事業化にもつながる。発明技術の産業化と産学連携を加速するために、知財制度などのシステム改革にも力を注いできた。

### 医療分野を成長の柱に

京都大学と2社は、今年2月に、プロジェ



椎名毅教授

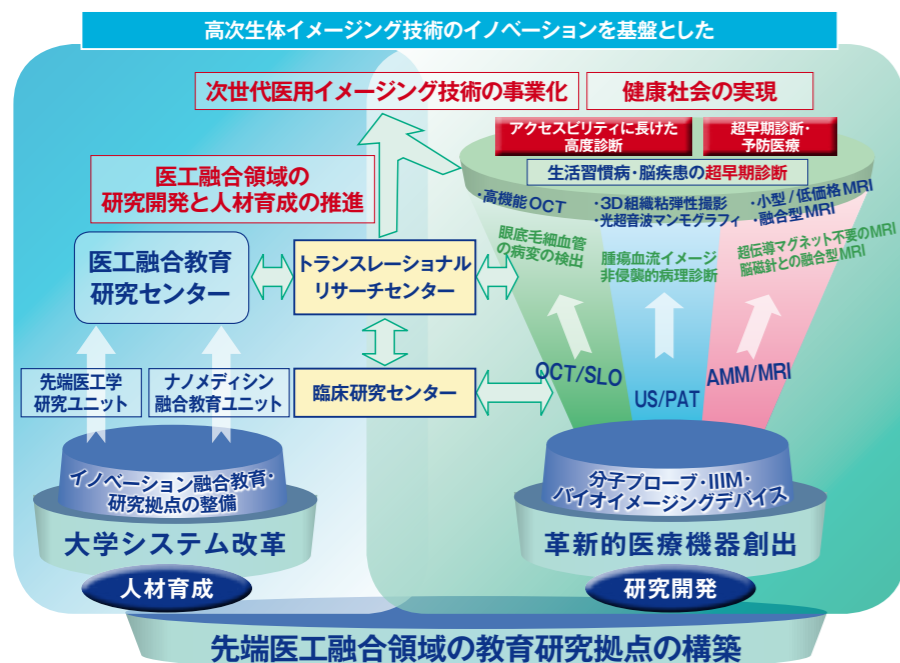
クトの10年間の総括とその後の展開に向けて、テクノハブの成果報告会を開催した。

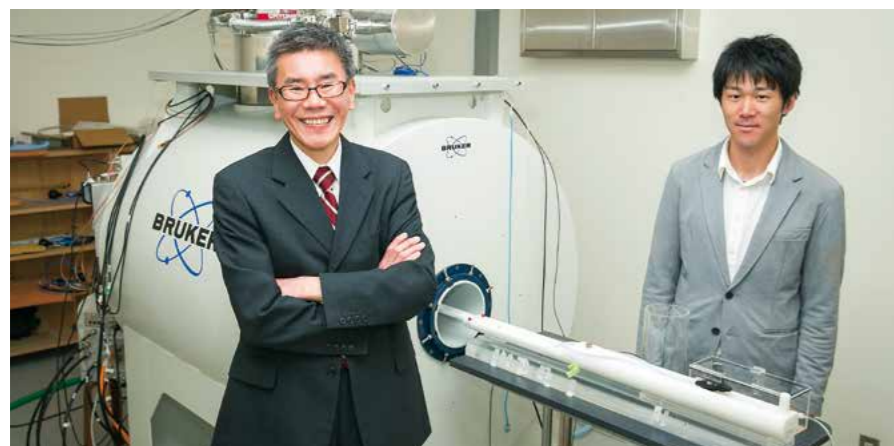
眼底光イメージングでは、光干渉トモグラフィ(OCT)が1万人規模の臨床試験を経て、「HS-100」として製品化された。収差補正・走査型レーザー検眼鏡(AO-SLO)も1,000人規模の臨床試験を通じて洗練され、画像処理ソフトの開発とあわせて製品化が見えてきた。

超音波イメージングでは、「X線を利用するマンモグラフィは乳がんの健康診断に広く使われていますが、新しく被曝のない光超音波を使った診断装置を新原理から創りたい」と研究を進めてきました」と大学院医学研究科の椎名毅教授。人体に近赤外光を当てると血液からわずかに超音波を発生する。この超音波をどのように測定して生かすべきか手探りで始めた。7年目に光超音波マンモグラフィ(PAM)の試作機が完成し、乳がんの腫瘍に関連した血管の観察に成功し、酸素飽和度に関連する機能情報も得られることを確かめた。臨床研



製品化されたOCT:HS-100に手を置く吉村長久特命教授とキャノンの研究者





小動物用MRIの前に立つ松田哲也教授(左)と研究室スタッフ

究で抗がん剤投与後の経過を見るのにも適していると評価され、医療現場の要望を受けてセンサーを平板型からお椀型にしたことで血管のつながりが鮮明に見えるようになりました。リウマチや皮膚の診断にも広げたいと思っています」と今後について語る。

原子磁気センサーでも、大学院情報学研究科の松田哲也教授は、「京都大学小林哲生教授は生体磁気計測の権威であり、本プロジェクトでは原子磁気センサーでの応用に向けて原理モデルから開発に取り組んできました。極低温にすることなく弱い磁場でも高感度に計測できることに着目し、ユニット化、

セル化しました。似た装置に電場を測る脳波や心電図がありますが、磁場を計る脳磁図や心磁図の方が精密な測定ができます。また、脊髄の病変のチェックにも活用できます」と話す。

分子プローブに関する研究では、キャノンのコミットメントで導入した小動物用MRI(磁気共鳴診断装置)が活躍し、近藤さんによる世界初の分子標的MRIプローブの開発と測定法が確立された。

プロジェクトの次の展開として、眼底イメージングはJST産学共同実用化開発事業(NexTEP)「網膜血管の高精細イメージング

機器」、光超音波イメージングは内閣府の革新的研究開発プログラム(ImpACT)「イノベティブな可視化技術による新成長産業の創出」、原子磁気センサーも文部科学省「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」に採択された。分子プローブも大塚製薬と進めてきた研究の発展など複数のプロジェクトが動き出している。

こうした成果を踏まえ、キャノンの水澤さんは、「会社として医療分野を成長の柱にしている方針です。プロジェクトを通じて得た知見、学んだことを生かして新規市場を積極的に開拓したい」と新たな産学連携に期待している。



水澤伸俊執行役員・R&D本部副本部長

## 高次生体イメージング先端テクノハブの研究成果



### 眼底光イメージング技術開発

眼底疾患の早期診断、早期検出に向け、高速広画角プロトタイプ機(OCT)と人眼収差補正技術を融合した高分解能プロトタイプ機(AO-SLO)を開発し、視細胞の観察と毛細血管血流の計測に成功した。OCTはすでに製品化されている。



### 超音波イメージング技術開発

非侵襲、実時間、小型簡便な超音波新技術を開発し、生体の組織物性や高次機能情報の取得に成功した。さらに、光と超音波を融合した新規な生体機能イメージング技術を実用化し、乳がん診断の精度を飛躍的に高める光超音波マンモグラフィ(PAM)の第3世代プロトタイプ機での臨床研究を開始した。



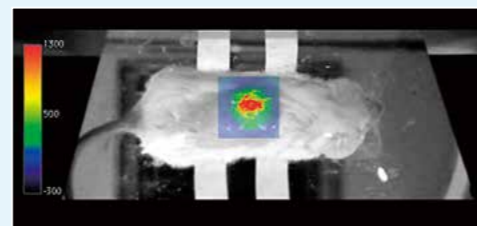
### 原子磁気センサイメージング技術開発

極低温技術が不要の原子磁気センサーの超高感度化を図り、小型化・ユニット化、脳磁、心磁など生体磁気イメージングに取り組んだ。世界トップレベルの高感度化と小型モジュール化を実現し、MRIと生体磁気情報を一元的に用いる新たな診断領域の開拓に道をつけた。



### 分子プローブ開発

非侵襲な光、MRIによる形態画像診断方法の大幅な性能向上と、新原理に基づく生体機能代謝イメージングを可能とする革新的な分子プローブを開発した。がんの早期発見、良悪性の診断への応用が期待できる。



### 画像診断支援技術開発

各種診断画像、臨床データを統合した診断支援技術・システムを開発し、肺がんに関する大量の症例データベース、診断モデルを構築した。



## 社会の課題に取り組み、大学発ベンチャーを実現する

京都大学は、戦前から計測、繊維分野などで産学連携に取り組んでおり、実学の伝統があります。山極壽一総長の「WINDOW構想」でも、産官学連携と質の高い医療の提供を掲げています。

京都大学では20年以上前から部局間連携を積極的に進めており、宇宙から哲学まで30余の学際融合ユニットが生まれ、医工連携ユニットも活発に動いています。そうした実績が、2つの先端融合プログラムにつながりました。いずれも企業1社との協働で発足しましたが、長丁場の研究では、技術基盤のある企業と対等の関係で、明確な目的をもって研究することに意義があると考えたからです。

10年という研究期間も魅力的でした。出口だけなら5年でも充分ですが、原理探索から産業化の出口まで責任をもって展開するには10年は必要です。当時そうした発想のプロジェクトは稀であり、極めて先見性のあるプログラムだと感じました。

3年目の再審査、7年目の中間評価を乗り越えるのに苦労がりましたが、JSTに適切なご指導をいただいたことに感謝しています。プロジェクトは今年3月をもって終了しましたが、10年かけて一貫して取り組むという産官学連携の新しい形を完結できたことが一番の収穫です。国はプロジェクトに大きな投資をされましたが、大学と企業が一緒になることで大きな成果に結びつき、研究分野の選択肢も広がっています。

産学連携の次のステップでは、長期間取り組む、対等な形で推進することが基本になると思われます。今回、その過程で多くのシーズが生まれました。次のプラットフォームを整備して研究を深化させ、大学発のベンチャーも広げていきたいと思っています。

また、社会的課題に貢献することも重要です。例えば、高齢化社会においてエイジングにどう向き合うかという課題に、日本の医療はまだ十分に対応できていません。社会科学系も含めた広範囲な連携を構築して、これからの社会的課題に戦略的に取り組み、プロジェクトに参加する企業の価値創造にもつながるイノベーションを起こしたいと考えています。



### 湊長博(みなとながひろ)

京都大学理事・副学長

1975年、京都大学医学部卒業。同大学結核胸部疾患研究所付属病院医員、米国アルバートアインシュタイン医科大学微生物免疫学教室客員研究員、自治医科大学助教授を経て、92年京都大学医学部付属免疫研究施設、93年同大学医学部教授。京都大学大学院医学研究科教授、医学研究科付属ゲノム医学センター長、医学研究科長・医学部長を経て、2014年より現職。

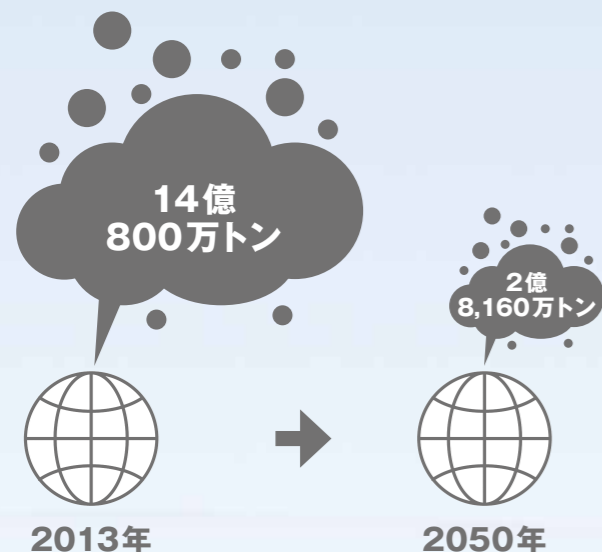
# 「電気代そのまま払い」 —省エネ製品の普及促進で温室効果ガスを削減

昨年の「気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21)」で、2020年以降の温暖化対策の枠組み「パリ協定」が採択された。政府による「地球温暖化対策計画」でも、二酸化炭素などの温室効果ガス排出量を2050年までに80%削減することをめざしている。

日本で排出される二酸化炭素の58%が「日々の暮らし (家庭、オフィス、運輸)」からのものだ。家庭だけで20%を占めているが、「ものづくり」に比べて削減が進んでいないのが実情だ。

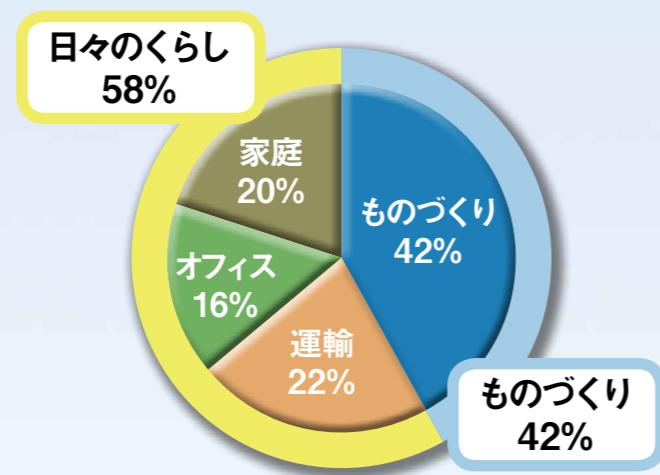
持続可能で活力のある低炭素社会を実現するために、JSTは2009年に低炭素社会戦略センター (LCS)を設置し、豊かな生活と両立する社会の姿を提案している。LCSは、東京大学と共同で、家庭での低炭素技術導入に必要な初期費用の負担を減らして、省エネ家電への買い替えを促進する「電気代そのまま払い」の仕組みを提唱している。

日本の温室効果ガス排出量は  
**2050年までに  
80%削減**



●「地球温暖化対策計画」および環境省「日本の温室効果ガス排出量の算定結果」の数値をもとに作成

日本の二酸化炭素排出量の  
**58%が  
「日々の暮らし」から**



●日本の二酸化炭素排出量の58%が「日々の暮らし」から (エネルギー・経済統計要覧平成26年版よりLCS作成)

## 「電気代そのまま払い」の実現に向けて

家庭のエネルギー消費量は、住宅の断熱化、省エネ家電への買い替え、太陽光発電の利用、燃費の良い自動車への買い替えなどにより、LCSの試算では約4分の1にまで減らすことができる。しかし、初期費用が大きいたが普及の障壁となっている。そこで、2014年に提唱されたのが「電気代そのまま払い」である。

### 未来から逆算して考える

「電気代そのまま払い」は、必要な資金を金融機関が融資し、電気代の節約分をローンの返済に充てることで初期費用をゼロにもできる。例えば、1990年製の冷蔵庫を最新機種に買い替えたと年間約1万8,000円の電気代が節約され、冷蔵庫が10~20万円の場合、約6~12年で購入費用を返済できる計算だ。

開発にあたったLCSの松橋隆治研究統括 (東京大学大学院工学系研究科教授)は、「温室効果ガスの削減は、未来から逆算して考えることが重要です。低炭素技術の開発だけでなく、システムとして省エネを進めなければ『2050年までに80%削減』は達成できません。

省エネ家電の普及が進まない理由は、初期費用に加えて、情報が十分に理解されていないことが挙げられます。これは行動経済学における限定合理性 (認識不足で限られた合理性しか持てないこと)の問題であり、将来の利益に目を向けることで理解を深め、さらに初期費用を軽減する仕組みをつくることで普及促進をめざすものです」と説明する。

先行事例として英国のグリーンディール政策の実態調査を行った。住宅断熱化の初期費用を金融機関が融資し、エネルギー節約分が

らローン返していく。しかし、省エネ額計算のための診断や与信の審査が煩雑で、手数料が高いこともあり、期待されたほど普及しなかった。

「この課題を研究し、『電気代そのまま払い』ではエネルギー事業者や家電量販店など民間主導の事業を想定しています。自治体为主导し、街の電気店も参画することで、地域経済の活性化にも貢献できます。環境省の『家庭エコ診断』や、国が実施している『J-クレジット制度』の活用で相乗効果が期待できま」と、その可能性について語る。

### 研究を生かした新事業がスタート

「電気代そのまま払い」の共同研究には、ガス会社など企業も参加した。静岡ガスでは今年4月に「SHIZGASでんき」を開始、また省エネ家電のリース契約をすると電気代が割引になるサービスを開始した。10年前の400リットル冷蔵庫から最新機種に切り替えた場合、初期費用はかからず、現在の電気代プラス350円程度のリース代で済むという。

松橋さんの研究室でも、スマホアプリ「家計簿eco+」を開発し、4月から無料で配信を始めている。通常の家計簿機能に加えて、日々の電気・水道・ガス・ガソリンなどの光熱



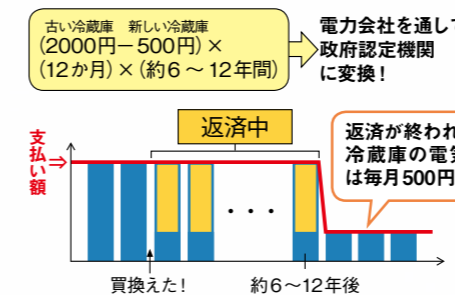
松橋 隆治 (まつはしりゅうじ)  
東京大学大学院工学系研究科 教授

1990年、東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、工学博士。同年同大学工学部資源開発工学科助手を経て、94年同大学助教授、2003年同大学教授。10年より低炭素社会戦略センター研究統括。センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム 九州大学共進化社会システム創成拠点 東京大学EMSサテライト統括。

費をチェックしながら、二酸化炭素の排出量が計算でき、エコ診断も手軽にできる「環境家計簿」だ。

「『家計簿eco+』では、自宅の家電品をもとに『電気代そのまま払い』のシミュレーションができます。物を大切にするのは美德ですが、エネルギーも『もったいない』と考えてほしいですね。『電気代そのまま払い』は、省エネ効果の大きい冷蔵庫、エアコン、LED照明から広げ、太陽光発電、太陽熱温水器、将来は燃料電池、蓄電池、プラグイン・ハイブリッド車に展開できるよう研究を進めます」と語る。

### 「電気代そのまま払い」のイメージ



### スマホアプリ「家計簿eco+」の画面



01

研究成果

戦略的創造研究推進事業 個人型研究(さきがけ)  
研究領域「社会と調和した情報基盤技術の構築」  
研究課題「コウモリの生物ソナー機構に学ぶ、ロバストな実時間空間センシング技術の創出」

コウモリがドローンのモデルに？  
獲物の位置を先読みして飛行ルートを決める

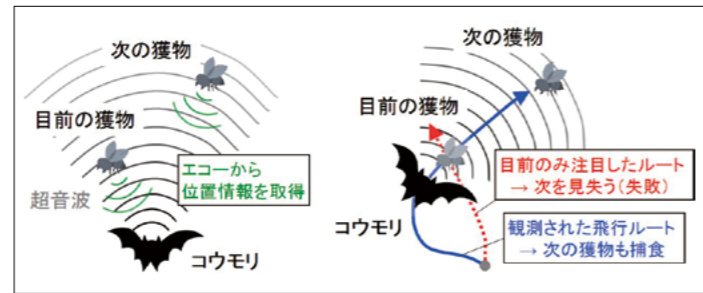
夜空を自在に飛び回るコウモリ。口から超音波を発信し、それが物に当たって戻ってくる時間や音の大きさを、対象物までの距離や位置を正確に探知しています。暗闇の中、体長がたった数ミリメートルの小さな昆虫も見つけて逃さず、一晩に数百匹を捕食するコウモリもいます。狙った獲物を逃さない秘訣は、その絶妙な飛行ルートにあります。

同志社大学生命医科学部の飛龍志津子准教授は藤岡慧明研究員らとともに、コウモリが2匹の昆虫の位置を同時に探知して、双方を確実に捕えられる飛行ルートを設定していることを発見しました。

コウモリの軌道を表現する数学的なモデルをつくり、数値シミュレーション(計算により現象を再現する方法)を行ったところ、目の前にいる獲物に一直線に向かうのではなく、2匹目を見失わないように飛ぶ方が、2匹とも捕らえる

確率が高いことがわかりました。

これを実証するため、京都府内の川沿いに多数のマイクを並べ、野生のアブラコウモリが獲物を探る超音波の方向やコウモリと昆虫の位置を計測し、飛行や捕食の様子を観測しました。1.5秒未満の短い間隔で、蚊などの昆虫2匹を連続して捕らえた時は、モデルと一致して、両方の獲物に注意を分散し、2匹目の位置を先読みしながら飛ぶことがわかりました。1匹目だけに向



超音波の反響で獲物の位置情報取得し、複数の獲物を探知する(左図)。

目前的獲物だけでなく、その先にいる次の獲物の位置までも先読みして飛行ルートを決めている(右図)。

けて真っ直ぐに飛ぶと、超音波の当たる範囲から2匹目が外れてしまうためと考えられます。

コウモリの高い捕食能力を解明するとともに、複数の対象を把握しながら、効率的に動く仕組みは、ドローンのように自律移動する高機能ロボットの開発にも役立つと期待されます。出産を迎える夏は、アブラコウモリが1年で最も活動的な時期です。日没前後には、コウモリの狩りの達人技が繰り広げられることでしょう。

02

研究成果

戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発(ALCA)  
研究開発課題「微生物バイオマスを用いたスーパーエンジニアリングプラスチックの創出」

シナモン系分子からガラスの強度を超える透明プラスチックを作製  
自動車の軽量化や温室効果ガス抑制に期待

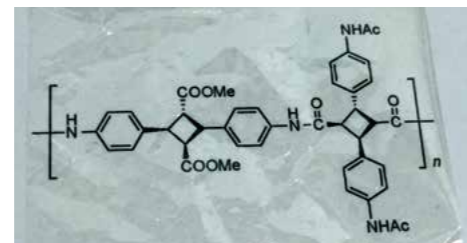
世界最古のスパイスといわれるシナモンからアイデアを得た、最先端のバイオプラスチックが誕生しました。植物や微生物など生物資源が原料のバイオプラスチックは壊れやすく、ペットボトルのラベルやポリ袋など、用途は使い捨て分野に限られていました。

北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科の金子達雄教授らは、堅い構造を持つシナモン系分子(アミノ桂皮酸)を原料として、世界最高強度の透明プラスチックを開発しました。

天然にほとんど存在しないアミノ桂皮酸は、石油から合成するには複数の工程が必要で、1キログラム当たり約100万円と高価です。金子教授らが開発した、遺伝子組み換え微生物で大量生産する手法を使えば、数千円に抑えられると予想されます。こうして得られたアミノ桂皮酸に光を当てるとプラスチックの原料を合成し、さらに化学反応を用いて、バイオ

由来の芳香族ポリアミド(高強度プラスチック)の開発に世界で初めて成功しました。

一般的な透明プラスチックのポリカーボネートと比較すると、透明度は同等の高さで、力学(引っ張り)強度は約6倍の407メガパスカルでした。ガラスの力学強度(100~150メガパスカル)をはるかに超え、ガラス代替材料として実用化できるレベルです。溶液中で特殊な紫外線を当てれば分解するので、リサイクルも簡単です。



芳香族ポリアミドから作製した透明フィルム(左)と繊維(右)。透明フィルムには芳香族ポリアミドの分子式が書かれている。

「天然物には秘めた機能がある。石油由来のプラスチックをすべてバイオプラスチックに置き換え、環境にやさしく、かつ超ハイテクの低炭素社会を実現したい」と金子教授。

耐熱温度は273度で、高耐熱プラスチックとしても利用できます。自動車のエンジン周りの耐用温度は250度です。自動車に使われている2万点以上もの金属部品を代替できれば、軽量化や燃費の向上、二酸化炭素の削減など、計り知れない効果が期待されます。



03

話題

戦略的創造研究推進事業 総括実施型研究(ERATO)  
竹内バイオ融合プロジェクト

最先端のバイオ研究を楽しく学べるゲームアプリ  
コレクション図鑑や裏ワザを追加してパワーアップ

サイエンスアゴラ2015で700人以上が体験したシューティングゲーム「Cell Dolls」がアプリになりました。

Cell Dollsは、東京大学生産技術研究所の竹内昌治教授の研究内容を学習できるゲームで、キュリオシティ社(東京)と共同で制作しました。生物と機械の融合をめざす竹内教授は、半導体の微細加工技術を応用して、細胞を部品として3次元構造の組織をつくることを研究しています。細胞を点・線・面の形状に加工して組み合わせると、生体と同じ形や機能を持つ人工の器官や臓器をつくり出すことが目標です。

ゲームの舞台は「宇宙のとある星」。星の住民は精神しか持たず、体が欲しいと願っていました。ある日、よその星から宇宙船が到着して、体の元である細胞を点・線・面に加工する技術を知り、全身が培養細胞でできた「細胞人形」をつくって自分たちの体になりました。

怪我や病気、食糧不足など、健康な体を維持するための「ミッション」に次々と直面するよ

うになりましたが、細胞を加工する技術を使い、移植治療用の組織や栄養たっぷりの食肉をつくってクリアします。必要な細胞の種類や技術を学びながら、細胞人形は進化し、文明を発展させていきます。

画面をタップして細胞ブロックなどを制限時間内に集めるゲームで、小さな子供も楽しめます。獲得した細胞人形キャラクターを図鑑でコレクションしたり、得点ランキングをオンライ



ミッション「創業細胞人形」では、30秒以内に肝臓チップ20個を画面タップで集め、細胞人形を進化させていく。

ンで競ったり、アプリには友達と一緒に遊べる機能が追加されてパワーアップ。高得点を取る裏ワザもあります。

「小中学生が科学に関心を持ち、夢に向かって研究することの楽しさを知るきっかけになってほしい」と竹内教授。

ゲームで遊びながら、最先端のバイオ研究を学び、研究が導く未来を体験してみませんか？



細胞人形は全部で11種類。サイエンスアゴラでは人気で入手困難だった「キング細胞人形」(左下)もゲットできる！

対応機種:iPhone/iPadなどiOS 7以降の機種(無料)、App Store内で「Cell Dolls」で検索

04

開催報告

中国総合研究交流センター(CRCC)

6年ぶり日中女性科学者シンポジウム  
女性研究者の役割を議論

「日中女性科学者シンポジウム2016 in Japan」が4月6日、JST東京本部別館で開かれました。このシンポジウムは、1992年の第1回以来、日本と中国で計4回開かれてきましたが、日中関係の悪化でしばらく中断していましたが、日本・アジア青少年サイエンス交流計画(さくらサイエンスプラン)の枠組みの下で、6年ぶりの開催となりました。

中国からの参加者23人の大半は若手の女性研究者。自身の海外留学体験に触れて、交流の意義を強調した濱口理事長の歓迎のあいさつに続き、方新中国科学院大学公共政策・管理学院院長と黒田玲子東京理科大学教授がそれぞれ基調講演を行いました。

方院長の講演で印象深かったのは、中国の抱える問題も隠さず報告していたこと。「1950

年代は、男女平等の考え方が強かったが、今は年齢、キャリアを重ねるにつれて男女の差が広がる」と語り、「研究環境の改善」と「女性研究者の意識改革」の必要を強調しました。

午後の研究報告会では、中国科学院院士でもある2人の教授が超薄型半導体とナノサイム(酵素複合体)についてそれぞれ報告し、中国の研究レベルの高さを印象付けました。

日本側最初の報告者は、放射線分析および核化学における卓越した業績をたたえる世界最高レベルの賞「ヘヴェシー・メダル賞」受賞が決定した(4月に受賞)中西友子東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授。福島第一原発事故による土壌や農作物への放射能汚染の影響にも触れる幅広い内容でした。自身が発見した脂質が変形性関節症治療薬などに応用

できることを紹介した室伏きみ子お茶の水女子大学学長ともども、参加者たちに研究者の社会的責任を考えさせる報告となりました。

参加者たちは富士五湖湖畔に場所を移した翌日の研究発表会でも交流を深め、中国人参加者のほとんどが「非常に満足」という答えを、会終了後のアンケートに寄せました。

(CRCC・小岩井忠道)



シンポジウムで基調講演する方院長



# さきがける 科学人

vol.50

## 藤田 咲子

Fujita Sakiko

奈良先端科学技術大学院大学  
技術支援職員



**プロフィール** 1982年兵庫県高砂市生まれ。2004年大阪大学理学部卒業、06年同大学大学院理学研究科修士課程修了。製薬会社に1年間勤めた後、08年より現職。趣味は海外旅行。

## 実験も生活も楽しむ、電子顕微鏡のスペシャリスト

### 5年かけ電子顕微鏡を究める

細胞の中に浮かぶ小器官や溶液中の結晶を、クライオ電子顕微鏡（電顕）という大きな装置で観察しています。凍った試料を極めて薄い切片に削り、さまざまな角度から20枚以上の写真を撮ります。長時間、冷房の利いた機器室で寒さに震えながら細心の注意を払うため、夕方には疲れ果て、1日に1つの試料を調べるのが限界です。その分、データの質には自信があります。

試料の観察は、学内だけでなく、「ナノテクノロジープラットフォーム事業」で学外からも頼まれます。初めの2年間は電顕と格闘しました。高性能ですが取り扱いが難しく、細胞内の柔らかい構造物がはじけたり、ビームが強過ぎて試料をだめにしたり、ガスが出て電顕の内部を汚したりの連続でした。不安でたまらず、大学や企業の研究者に教を請い、学会や論文で勉強しながら、測定手法を蓄積しました。5年経った今では、ほぼどんな試料にも対応できます。

技術支援職員は、研究者の依頼に応じて必要なデータを取り、提供するのが仕事です。表舞台に立つことはなく、地味です。でも、知識と技術を最大限に使って、質の高い科学雑誌に私が測定したデータが載り、研究に役立つのならこんなに嬉しいことはありません。皆さんには感謝しています。恩返しに、マニュアル作りや講習に励んでいます。誰もが思いどおりに電顕を操れる日を夢見て。

### 実験を一生の仕事に

実験のとらえ方が大きく変わったのは高校

時代でした。それまでは教科書を追認する実験ばかりでした。初めて、新たな成果を自分の手でつかみ取る実験と出会ったのです。一生の仕事にしたいと、理学の道に進みました。

大学では、あるたんぱく質の性質や構造について調べました。無限にあるアプローチの中から1つの手法を選び、自ら立てた問いを解く醍醐味にのめりこみ、研究室で朝を迎えることもよくありました。こんな地味な実験に楽しみを感じるなんて、私にはきっと裏方仕事に向いていると確信したのです。

もう一つ大切にしていたのは、家庭です。家族旅行の思い出が多く、自分の子供とも楽しい思い出を作りたいと感じていました。両親の勧めで公務員試験を受けましたが、落ちてしまい、製薬会社に就職しました。

やりがいはあったのですが、出産を機に研究現場から離れる先輩を見て、再び公務員試験を受け、大学の技術支援職員をめざしました。実験も子育ても諦めたくなかったのです。そこまで意志が固いと、見た目から想像できないね、とよく驚かれます。

向上心にあふれる同僚に囲まれ、努力が自分の楽しみにも大学や研究者への貢献にも直結する毎日を堪能しています。海外の研究者

と、時には趣味の海外旅行の話で盛り上がります。オランダで働く夫のもとで育児休暇を過ごし、子育ての合間にコツコツ学んだ英語が思わぬところで役立っています。

実験も生活も楽しむお母さんです。「こんなお母さんもすてきでしょ」と、いつか、わが子に聞いてみようと思います。

(JST広報課・松山桃世)



オランダで長女と。寒波で凍った水路にはスケートの跡がたくさん！

### ナノテクノロジープラットフォーム事業

全国26機関40組織が備える最先端ナノテクノロジー装置を広く外部に公開し、共同利用を促進する文部科学省の事業です。JSTは、全国の参画機関と共同でプラットフォームを運営し、産学による装置利用で研究開発を支援しています。奈良先端科学技術大学院大学は「分子・物質合成プラットフォーム」に属し、クライオ電子顕微鏡を含む9つの設備を提供しています。



平成27年度「若手技術奨励賞」を受賞。恩師の河合社教授(右)および戸所義博連携マネージャー(左)と。

リサイクル適性(A)  
この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。

R280  
古紙/パルプ配合率80%再生紙を使用

JSTnews

June 2016

発行日/平成28年6月1日  
編集発行/国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)総務部広報課  
〒102-8666東京都千代田区四番町5-3サイエンスプラザ  
電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432  
E-mail/jstnews@jst.go.jp ホームページ/http://www.jst.go.jp  
JSTnews/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー