

# JST news

未来をひらく科学技術

鼎談 二人三脚で優れた研究成果を実用化へ

## ACCELが挑戦する 新たな研究開発の流れ

松本 洋一郎 / 富山 和彦 / 中村 道治

- FEATURE 01 多孔性配位高分子で気体を吸着・分離して再資源化  
02 身体性メディア技術で触覚をリアルに伝える

8

August  
2015



3 鼎談  
二人三脚で優れた研究成果を実用化へ  
ACCELが挑戦する  
新たな研究開発の流れ

8 FEATURE 01  
多孔性配位高分子で  
気体を吸着・分離して再資源化

10 FEATURE 02  
身体性メディア技術で  
触覚をリアルに伝える

12 マンガ家Toriの研究室訪問  
宝石だけが魅力じゃない！  
ダイヤモンド電極の可能性

14 NEWS & TOPICS  
JST発の科学技術の未来が集結 ほか

16 さきがける科学人 Vol.40  
能力発揮の瞬発力は研究もスポーツも同じ  
北野政明 (東京工業大学 元素戦略研究センター 准教授)

**表紙写真**

優れた研究成果を実用化へ。研究者と企業をつなぐACCELの役割に大きな期待が寄せられている。現在10件の研究開発課題において研究者とPMが二人三脚でイノベーションの創出に挑戦中だ。ACCELをなぜ始め、何をめざすのか中村理事長が松本委員長、富山委員と語りあった。



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・多田羅尚子・中村江利子・松元美香・山下礼士 制作：株式会社学研教育出版・株式会社麹町企画／印刷・製本：北越印刷株式会社

研究 監 | メ | ッ | セ | ー | ジ

豊かな暮らしを生み出す  
情報通信技術

JST 研究監  
稲上泰弘  
(情報通信技術担当)



情報通信技術が社会や生活を支える基盤となっていることは、スマートフォン1つを見ても実感できます。その基礎となる技術はコンピューターと、コンピューター同士を結ぶ通信、それらを使って情報を賢く処理するソフトウェアです。ところで、最初のコンピューターがどのくらいの能力だったか、ご存じでしょうか。1946年に稼働したENIAC(エニアック)と最近のマイクロプロセッサを比べると、約200万倍から1,000万倍高速になっています。たった70年で起こった、劇的な進歩です。

私たちの生活や社会の発展のためには、コンピューター、通信、ソフトウェアはこれからも革新的な発展が必要です。中でも重要と考えられている技術がビッグデータ処理です。多くの情報機器がインターネットにつながり、大量の情報がいろいろな形で得られる時代になりました。この状況は今後も着実に進展し、すべてのものがインターネットにつながっていくと予想されています(IoT)。大量のデータを解析することで、まったく気づかなかったことが見えてくることがあります。例えば、地震のときに避難した人たちの携帯端末やカーナビの情報を集めると、人々がどのような動きをしたかがわかり、今後の防災対策に生かすことができます。

人間はデータを手にすると、そこから学習してさまざまな知識を得、それを知恵に変えて日々の行動に反映させます。コンピューターにおいても、多くの情報から知識を得、知恵に変えていく人工知能が研究されています。この技術が進むと、コンピューターと人間が一緒になって、より知的な未来を切り開くことができるでしょう(超スマート社会)。

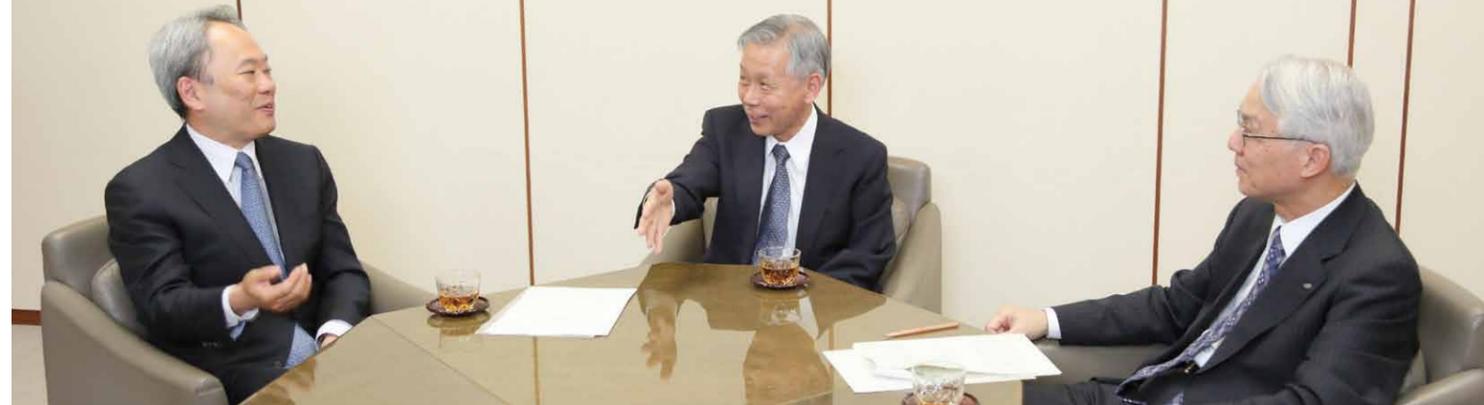
ビッグデータ、IoT、人工知能の技術を大きく発展させることが、より良い未来への鍵となります。JSTもこれらの技術分野の研究開発を積極的に進め、情報通信技術が支える豊かで人間らしい暮らしの創造、住み心地の良い社会の実現、新しい産業やサービスの創出などに向けて、力を尽くしていきたいと考えています。

鼎談

二人三脚で優れた研究成果を実用化へ

ACCELが挑戦する  
新たな研究開発の流れ

基礎研究の成果を研究者とプログラムマネージャー (PM) の二人三脚で実用化につなげるACCELプログラムが開始されてから2年が経過した。なぜ始めて、何をめざすのか。JSTの中村道治理事長がACCEL研究開発運営委員会の松本洋一郎委員長、富山和彦委員と語りあった。



**出席者** 松本洋一郎 ACCEL研究開発運営委員会委員長、理化学研究所理事  
富山和彦 ACCEL研究開発運営委員会委員、経営共創基盤代表取締役CEO

**ナビゲーター** 中村道治 JST理事長

実用化できる研究成果を期待

**中村**●JSTは戦略的な基礎研究から実用化に向けた開発まで、科学技術イノベーションの創出に向けた研究を進めています。山中伸弥先生の「iPS細胞」や細野秀雄先生の酸化物半導体「IGZO」などの実用化に結びつく数多くの革新的な成果が基礎研究から生み出されました。一方で、優れた研究成果が必ずしも実用化につながらないことが多々あります。

ACCELは、基礎研究の社会的・経済的な有効性を検証し、イノベーションを加速することを目的として2年前に開始しました。プログラム開始時から運営に当たっているお二方に、科学技術イノベーションや科学

技術による国づくりの観点から、ご意見をうかがいます。

松本委員長は、研究現場の期待や大学運営の観点から、ACCELをどのようにみていますか。

**松本**●多くの研究者は自らの成果を社会に生かしたいと思っていますが、成果を実用化する企業の知識がほとんどありません。世界では、大学などの研究機関の周りに集まっている新興企業、いわゆるベンチャー企業が実用化につなげていくという例がよく見られます。日本は研究から開発、製品化、マーケティングといった従前のリアモデルを進めることが多いので、常々、大学での

研究を実用化につなげる新しいシステムがあればいいと思っていました。ACCELはプログラムマネージャー (PM) を選び、PMが走り回って産業化につなげていく仕組みとお聞きし、「これは良い」と思って委員を引き受けました。

日本では製品化の可能性のある技術やノウハウに、最初から出資できる環境になっていません。もう少し環境を整備して出資金が入ってくる仕組みを作っていかないと、健全なベンチャーも研究機関も育たないと考えていましたので、ACCELの仕組みに大きな期待を持ちました。

**中村**●研究者に加えて、開発や事業化・

## 松本 洋一郎

まつもと・よういちろう  
ACCEL  
研究開発運営委員会委員長  
理化学研究所理事



製品化に長けた方や経験豊かな方をPMに抜擢するACCELの二人三脚の体制はJSTでも初めての試みで、今はまだ実験中だと思っています。今までのように研究者自身が優れた研究成果を企業に売り込み、企業での開発を国が支援するというリニアモデルではなかなか成功に結びつけるのが難しく、時間がかかることから、私たちもACCELに期待しています。

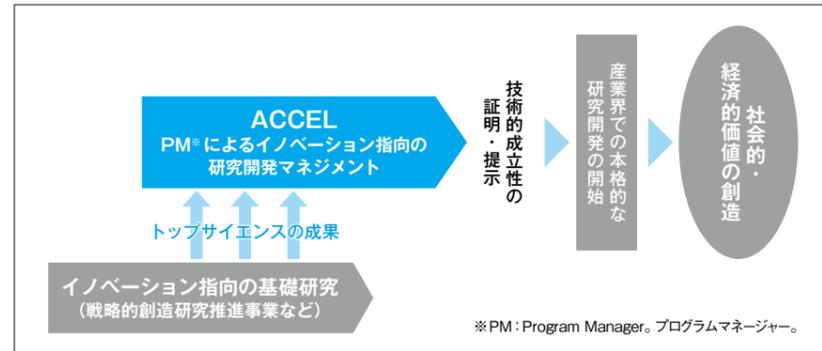
富山委員にうかがいますが、日本の科学技術政策や産業政策から見て、どのようなことがACCELに期待できるでしょうか。

富山●研究から商品開発するプロセスは、組織の枠を超え外部を活用して新たな価値を生み出すオープンイノベーション型に変わってきています。要素技術の結びつきが従来よりも多様化し、さまざまな領域の研究者が協力し合う学際的な研究から新しいイノベーションや商品が生まれていること、企業にとっては、研究開発から商品化まで

のすべてを自前で行うことは、財政的にも厳しくなっているからです。

世界的に見て大学の周りにベンチャー企業が集まるという松本委員長のお話は、企業の持っていた基礎研究機能の大学への移管とも考えられます。このようなオープンイノベーション型の、業界の枠や国境を超えて広く共存共栄できる「エコシステム」が社会的に存在することが必要ではないでしょうか。日本の企業も同じ状況に置かれており、大学や企業、ベンチャーなどの組織が上手にエコシステムを作らないとイノベーションは起きないと思います。そこで鍵になるのが大学と企業をつなぐ機能です。組織間をどうつないでいくかがとても大事です。ACCELはまさにそこに挑戦しようとしているわけで、私も「つなげる」という問題意識を持って委員をお引き受けしました。ここで1つの標準形を作れば社会全体に広がっていくという期待感もあって、微力ながら支援したいと思ったわけです。

### ACCELの特徴



## 研究者と企業をつなぐのがACCELの役割

中村●ACCELでは、これまでに10課題を採択しました。採択基準は独創的で革新的な技術に加えて、実用化したときに社会に与えるインパクトの大きさです。課題採択の過程をどうぞ覧になりましたか。

松本●JSTで今まで支援してきたCRESTやERATOの課題に飛躍的な進歩がありそうだという予感を持っています。期待感がある研究から、ACCELはさらにビジネスの将来動向を見ずえて選んだので、大いに

期待しています。

近頃は企業の研究者の学会出席や論文の発表、論文発表者の情報収集活動が少なくなり、2000年頃からの日本の論文数減少の原因になっています。だからこそ効率的に研究者と企業をつなぐACCELのような仕組みが必要なのです。

富山●大学と企業の研究者が顔を合わせることがなくなっているわけですか。それではお互いに情報を得るのは難しいですね。

中村●JSTには2つの仕組みがあると思っています。1つはまさに今お話しているACCELです。そしてもう1つは、一昨年から始めたセンター・オブ・イノベーション(COI)プログラムです。未来のあるべき社会の姿を想定し、そこから目標を設定するバックキャスト方式で研究開発課題を特定して研究資源を充てる仕組みです。産業界に意見を求めてリーダーを務めていただき、研究代表者と一緒に議論して将来的な課題に落とし込み積み上げていく。これら双方向の2つのプログラムのポイントは、いずれも産業界が早い段階から将来の可能性に対して参加し、人材を提供してくれることだと思います。松本●日本の大学では雇用形態上なかなか異動できない人事制度の問題がありま

## 人文科学も含めた知的専門職をもっと大切に

中村●富山委員は産業化の面で経験が豊富ですが、ACCELの成功の秘訣は何でしょうか。

富山●PMが鍵だと思います。例えば要素技術があるとしても、応用がはっきり見えていなければ、すぐに大企業と組んで大規模に投資した方がいい。逆に、何に適用できるのか曖昧な場合は、いったんベンチャービジネスにして、そこでビジネスとしての成熟度を上げた方がいい場合もあります。産業化に向かう道筋にはいくつかの分岐があって、分岐した先から戻ってくる場合もあり、この行ったり来たりの経路をどれだけ力強くかつ柔軟にできるかが勝負だと感じています。かなりの負荷がPMにかかってきますが、うまくいったら、PMの仕事に成功体験のような物語性が生まれるはず。成功モデルが確立すると、PMの成功の物語が具体化されます。すると社会全体へ広がるとともに、PMの仕事への尊敬が高まり、注目を浴びてくるとしています。

ポストドク問題でも、Ph.D.(博士号)を持つ人々を知的専門職という1つの職業

と見なす。人を循環させるシステムが日本にはありません。基礎的・共通的部分を一緒に進めようとするならば、各研究機関の間で人が循環しないといけません。ドイツでは、工学部の教授の多くは、企業の研究開発部門などの経験者です。アメリカも人が自由に動いています。

富山●そうですね。ベンチャー企業を興してから大学教授になったりしています。

松本●人の循環がある中でACCELが動き始めると、もっと効果的ではないでしょうか。日本がその方向に向けてどう人事制度を動かすかが、イノベーションに適した国になるポイントだと思います。

富山●ACCELによって人の動きが活発になればいいですね。

## 富山 和彦

とやま・かずひこ  
ACCEL  
研究開発運営委員会委員  
経営共創基盤代表取締役 CEO



階層としてしっかり据えるべきだと思っています。日本ではPh.D.は大学教員になる資格みたいになっていますが、これは日本独特です。アメリカでは大学教員の資格要件ではありませんが、Ph.D.を持っていて大学教員になる人もいれば、ベンチャーを興す人、普通の会社に就職する人もいます。知的に一流であることの免許証なのです。PMも、社会的に高い尊敬を集める職種の一つだと認識されるといいですね。

松本●東大工学系の大学院でも、10年くらい前から博士課程に進学する学生が少なくなっています。このまま日本のPh.D.が減るのは非常にまずいことです。Ph.D.は、修士に加え3年間の知的訓練を経た貴重な人材です。さまざまなことを独力で研究し、いろいろな人と議論して勝てるような論理を構築できる知的訓練を受けた人です。周りの人を説得して自分が思うものを実現させていく、実現が不可能ならばすぐに転換を図ることができる柔軟性を持った人がPh.D.だとすると、そういう人が日本にあふれていないと、いろんな状況に対応できなくなってしまう。その思いから博士課程

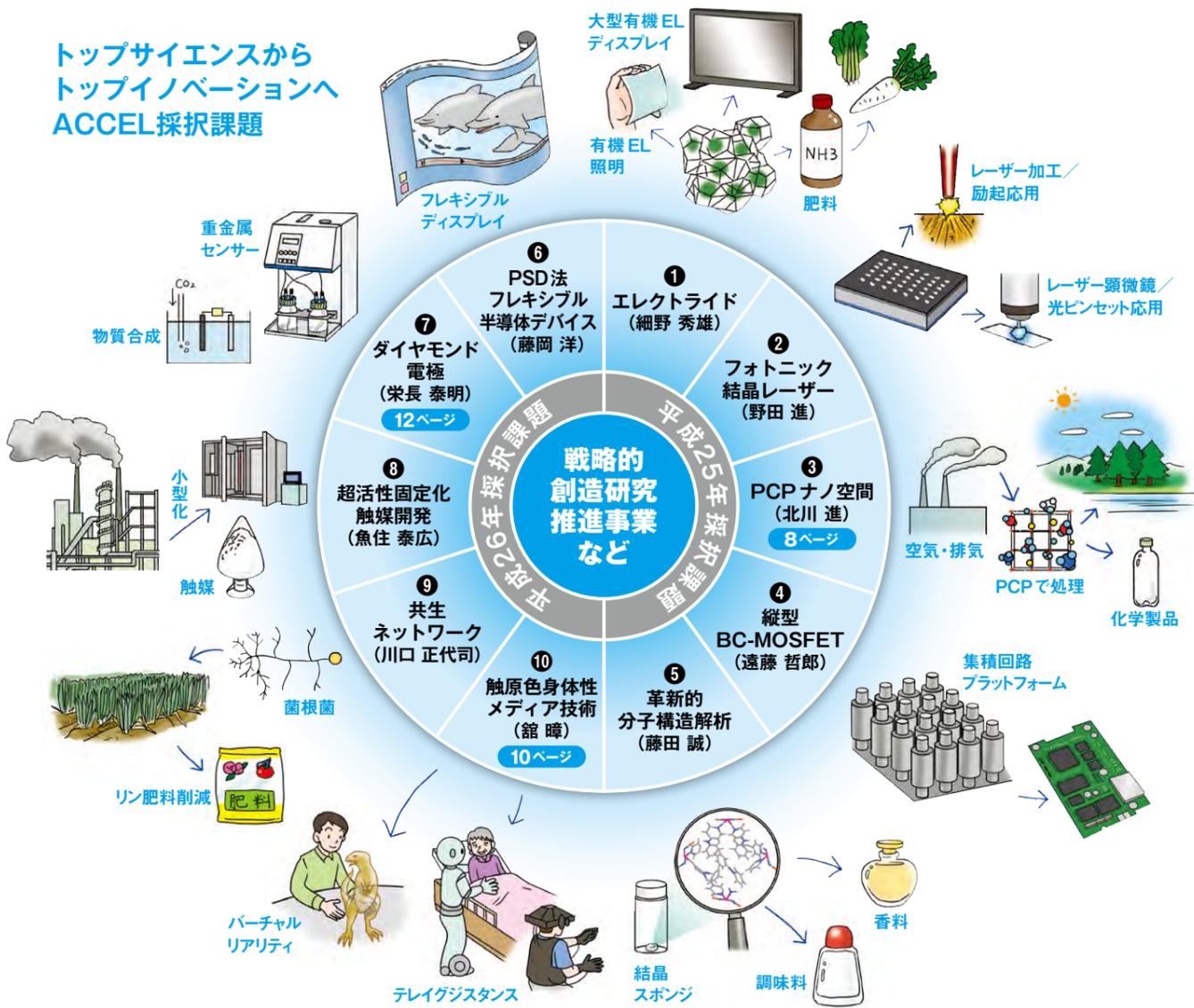
への進学を勧めています。なかなか増えず、四苦八苦してきました。日本の社会全体として知的挑戦ができる柔軟な人材をつくる必要があります。

富山●同感です。理系に限らず、全分野そうですね。

松本●そのとおりです。特に文系のPh.D.は重要です。文系と理系の人たちが力を合わせなければ、イノベーションを起こすことはできないと思います。

富山●あらゆる分野で知的専門職をもっと大事にしないといけませんね。

トップサイエンスから  
トップイノベーションへ  
ACCEL採択課題



※図中①～⑩は下記を参照ください。  
「研究開発課題名/研究代表者/プログラムマネージャー」を記載しています。

①エレクトライドの物質科学と応用展開/細野 秀雄(東京工業大学)/横山 壽治 ②フォトニック結晶レーザーの高輝度・高出力化/野田 進(京都大学)/八木 重典 ③PCPナノ空間による分子制御科学と応用展開/北川 進(京都大学)/山本 高郁 ④縦型BC-MOSFETによる三次元集積工学と応用展開/遠藤 哲郎(東北大学)/柴田 直 ⑤自己組織化技術に立脚した革新的分子構造解析/藤田 誠(東京大学)/隅田 敏雄 ⑥PSD法によるフレキシブル窒化物半導体デバイスの開発/藤岡 洋(東京大学)/上田 修 ⑦ダイヤモンド電極の物質科学と応用展開/栄長 泰明(慶應義塾大学)/塚原 信彦 ⑧超活性固定化触媒開発に立脚した基幹化学プロセスの徹底効率化/魚住 泰広(自然科学研究機構)/間瀬 俊明 ⑨共生ネットワークの分子基盤とその応用展開/川口 正代司(自然科学研究機構)/齋藤 雅典 ⑩触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開/舘 暉(東京大学)/野村 淳二

成功モデルをどう育てるか

中村●企業でも、先進国に追いつき追い越せという中で、欧米のように博士号を持つ高度人材を育てなければいけないという気風が生まれました。進歩の早い学問潮流をとらえ、専門知識をもとに新事業に結びつけることが求められました。このために、学部や修士課程を修了して会社に入った後も、自己研鑽して論文博士号をと

ることが奨励されました。最近、大学でPh.D.をとって、国際舞台で堂々と活躍する時代になりました。とりわけ、イノベーションを企画し、推進する人材として、1つの分野を究めるだけでなく、2つ以上の分野に精通する「π型研究者」や、人文科学や社会科学にも関心を持つ新しい博士像が求められています。

そういう方々が、PMのような新しい職種にどんどん進出してくれば、日本はとても良くなると思います。工学部大学院の博士課程に学生さんが来てくれないのは由々しき事態で、博士号を取れば将来が保証されるようにならないけません。富山●大学教員は、若いときの立場が不安定ですからね。

中村●富山委員からACCELを成功させるには、PMの役割が非常に大きいとの話がありました。PMは育てられるものか、それともすでに完成された人を招聘すればいいのでしょうか。完成した人は多くいるわけではないし、どうしたら育てられるでしょうか。富山●それは難しいですね。ただ、どれだけ有効に試行錯誤し、効率的に失敗するかどうかではないでしょうか。東京大学の産学連携の10数年間を振り返ると、当初は失敗もしていました。私は東京大学と産業界の橋渡し役として学内で生まれた知見の社会還元を目的とする東京大学先端技術インキュベーションセンター(CASTI、現TLO)の設立に深く関わりました。最初は何も無いところから始めるので、後から考えたら非常に稚拙な失敗をするわけです。ただ失敗はしましたが、結果的に産学連携を応援し続けたことが良かったですね。その他にも私が関わった、大学や研究機関などの技術や人材を活用する新興企業への投資活動を通じた企業投資基金を運営する東京大学エッジキャピタル(UTEC)も苦難な時期はありましたが、しぶとく乗り越えているうちにノウハウが蓄積され、若い人を育てる仕組みも芽生えてきました。うまくやってこられたポイントは、最初によりどころになる非常に有為な人材、行動や考え方の模範となる人がいたことです。その人が一生懸命努力することで、次に来る人が「この人になりたい」と思えるモデルができあがり、「ああすればいいんだ」

と若い人が入ってくる循環ができます。今ACCELは、水先案内的に仕組みを回している最中で、そこから模範となる人が何人か出てくると自己循環する気がしています。模範となる人をどう育てていくかを意識する必要があります。松本●技術経営(MOT)も同様に発展してきました。初期のMOTでは、成功した社長のお話をうかがい、方法論を収集し、「MOT学」を作ろうとしていました。PMも「PM学」のような事例がたくさんできれば、教えていく仕組みができ、ACCELが成功する確率が高まると思います。富山●多くの経験をするのも大切です。自分の経験で申し上げれば、ある案件が花開く前にギブアップして売却したら、それが後になって成功し、悔しい思いをしたことがありました。ベンチャー企業内で内紛が生じ、絶対に成功すると思って力を入れていた案件から、身を引かなければならなかったこともあります。そういったことも、体験しないとわかりません。松本●研究者は研究成果を出すことに命を賭けています。それが最大の推進力です。そこでPMの考えと研究者の考えがぶつかってしまうとうまくいかない。特に実用化にあたってはそうだと思います。研究者が自らうまく行く方向に研究を管理するように導くのが、PMの力量というものでしょう。研究の現場を知らないPMだと、研究者の考え方をうまく調整するのが難しいと思います。

研究者、PM、企業が織りなすACCELの成功ストーリー

中村●最後に、全体を通して付け加えることがあればお願いします。松本●ACCELから、全体を通じて成功ストーリーを何件つくれるかが日本の将来に重要だと思います。現場の研究者がいて、PMがいて、さらにその先に企業がいるというストーリーです。ACCELが正念場を迎えるのは、今後1、2年です。さらに活動を

強化していきたいと思っています。富山●同感です。成功モデルは、10打数10安打でなくても10打数のうち1安打、2安打でもいい。ACCELの成功モデルには、メーカーや技術系の手企業との共同事業や、ベンチャー企業が介在するモデルもあっていいと思います。理想を言えば、大企業との共同事業開発型とベンチャービジ



中村 道治

なかむら・みちはる  
JST理事長

9月12日(土)にACCELの公開シンポジウムが開催されます。詳細は、以下のACCELのホームページをご覧ください。  
<http://www.jst.go.jp/kisoken/accel/index.html>

# 多孔性配位高分子で 気体を吸着・分離して再資源化

多孔性配位高分子 (PCP) とは、気体を選択的に吸着・分離する機能を持つ新材料である。例えば、工場などから大量排出される一酸化炭素を選択的に分離し再資源化できる。この PCP を用いてさまざまな気体を回収して資源化する研究開発を、ACCEL 研究代表者で京都大学物質-細胞統合システム拠点長の北川進教授らが進めている。

## 特定の気体分子だけを吸着する 新材料 PCP

私たちの身の回りには多くの気体や液体が存在する。中には悪臭を放つものもあり、消臭や浄化のために、内部に多数の小さな孔が空いた「多孔性材料」が古くから用いられてきた。活性炭はその代表で、約 3500 年前の古代エジプト時代から水の浄化などに使われていた。約 260 年前には結晶中に一定サイズの空隙を持つゼオライト (沸石) が発見された。その後、さまざまな性質を持つゼオライトが人工的に作られ、分子の吸着や分離のほか、触媒などとしても用いられている。

北川さんは、東京都立大学の教授だった 1990 年代、金属イオンと有機分子が交互につながってできる「配位高分子 (一般には「金属錯体」という) の合成に取り組み、均一に孔の開いた構造を持つ配位高分子を自由に設計して作る技術を開発した。

ゼオライトの孔は大きさが不揃いなため、配位高分子の均一な孔を利用すれば、ゼオライトよりも優れた吸着材が作れるのではないかと北川さんは考えたが、1 つ大きな問題があった。配位高分子は、合成する過程で孔に入った溶媒 (合成に使った液体) を取り除くと、つぶれてしまう。約 2 年かけて、溶媒を取り除いても壊れない配位高分子の合成に成功し、「多孔性配位高分子 (Porous Coordination Polymer、PCP)」と名付けた。

世界的に高い評価を得たこの研究成果は ERATO 北川統合細孔プロジェクトでさらに発展した。ERATO では配位高分子を構成する金属イオンや配位子を工夫して組み合わせることで、一酸化炭素 (CO) や酸素など、特定の気体分子だけを選択的に吸着する PCP を作ることに成功した。CO は窒素 (N<sub>2</sub>) と物理化学的性質が非常に良く似ているので、区別して吸着するのが難しい。N<sub>2</sub> が大気中に多量に含まれることも、

分離をさらに難しくする。こうした背景の中で CO を選択的に吸着できる能力は、世界の研究者を驚かせた。また、PCP は気体を吸着・放出する能力に優れており、従来の方法に比べてはるかに小さなエネルギーで吸着・放出できることも実験で確かめられた。

## 製鉄所から出る多量の CO を 取り出して資源化する

ERATO の成果は、実用化をめざす ACCEL へと受け継がれた。プログラムマネージャー (PM) に、研究成果の実用化に豊富な知識と経験を持つ山本高郁さんを迎え、2013 年から 5 年計画でスタートした。最終的には、産業用として需要の高い酸素、CO、水素、メタンなどの気体を、空気や天然ガスなどから安価に、高効率で分離・貯蔵する技術の確立が目標である。

「北川先生の研究によって PCP が非常に優れた気体の吸着・放出能力を持つことがわかりました。次の段階ではいかに採算



**北川 進**  
きたがわ・すすむ  
京都大学 物質-細胞統合システム拠点  
拠点長・教授  
1979 年、京都大学大学院石油化学専攻博士課程修了、工学博士。近畿大学理工学部、Texas A&M 大学 Cotton 研究室、東京都立大学理学部を経て、2013 年より現職。07 年より ERATO「北川統合細孔プロジェクト」。13 年より ACCEL「PCP ナノ空間による分子制御科学と応用展開」研究代表者。



**山本 高郁**  
やまもと・たかいく  
JST  
ACCEL プログラムマネージャー  
1977 年、住友金属工業株式会社入社。2004 年、東北大学大学院工学研究科金属工学専攻博士課程修了、博士 (工学)。07 年、大阪大学招聘教授。15 年、京都大学特任教授。14 年より ACCEL プログラムマネージャー。

性良く PCP を製造するか、また、気体を吸着・分離する装置に組み込めるような形状、強度の PCP にできるかが重要です。さまざまな企業と議論を重ねながら、製鉄所で鉄鋼を作るときに大量に出る CO を第一のターゲットにしました」と山本さんは言う。

「CO は毒性の強いガスなので、余剰な CO は燃焼させて二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) にして排出します。しかし、これでは地球温暖化の原因とされる物質を大量に排出することになります。また、工業的にも世界的にも『もったいない』ので、PCP を用いて低エネルギーで CO を分離する技術を実用化し、分離した CO をメタノールなどの原料として再利用するのです。研究開始から 2 年が経過して、実験室レベルでは見通しが立ってきました」。

山本さんは、さまざまな気体を貯蔵・排出する能力がある PCP の第一のターゲットを CO に絞ったのである。しかし、実験室レベルではうまくいっても、すぐに実際のプラントに応用できるわけではない。

「当初、私から北川先生への要求はかなり厳しいものでした。当時の PCP は粉状で、摂氏マイナス約 140 度という低温でしか機能しませんでした。まずは常温付近で機能しないと、経済的にも環境を作る上でも実用になりません。また、実用化のためには構造体化したり、強度を確保する必要があります」と語る山本さんに、北川さんは「試験管レベルでうまくいっても、実用化レベルでうまくいとは限りません。山本さんの要求に何とか応えようがんばって、やっと乗り越えるめどが立ってきたところで」と言って笑った。

## 目標は混合気体から自由に エネルギーや材料を取り出す技術

最終的には、実際に使うシステムの設計・試作を行うことになるが、山本さんはこの設計・試作のベースとなる小型評価試験を開始することを計画している。試験機では、実際のプラントに使うために不可欠な耐久性や耐用性 (要求される性能を維

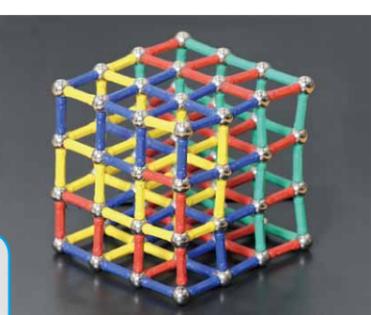
持する能力) を確かめ、スケールアップに必要なデータを取るのだと言う。

「最初はボンベに詰められた市販の CO などのガスを使いますが、続いて、実際に工場の排ガスを使って事前処理の方法なども検討します。製鉄所の排ガスをいきなり PCP に通すことはできないので、事前処理である程度不純物を取り除く必要があるのです。その試験結果を元に、ACCEL の最終年度には実証実験をしようと考えています」と山本さんは語った。

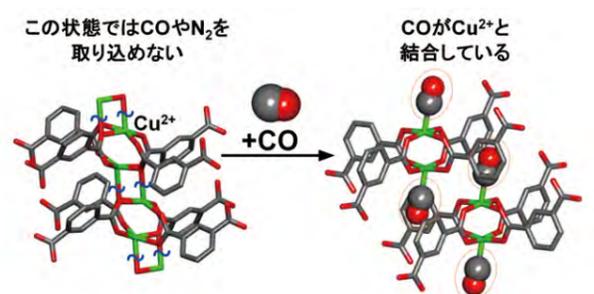
北川さんらは、PCP を使って低エネルギー・低コストで空気から酸素を分離する研究を進めている。北川さんの究極の目標は、どこにでもある気体を使うために、エネルギーをかけずに効率よく分離して、燃料や化学原料として使う技術の開発である。

PCP の将来には、限りなく大きな夢が広がっている。研究を推進する北川さんと、実用化をめざす山本さんは、二人三脚で夢につながる大きな一歩を踏み出したと言えるだろう。

PCP の模型。金属イオン (銀色の玉) と有機分子 (玉をつなぐ棒) からできている。性質の違う有機分子 (棒の色の違いで表している) を組み合わせることで、さまざまな気体分子を立方体の隙間に入れ込むことができる。

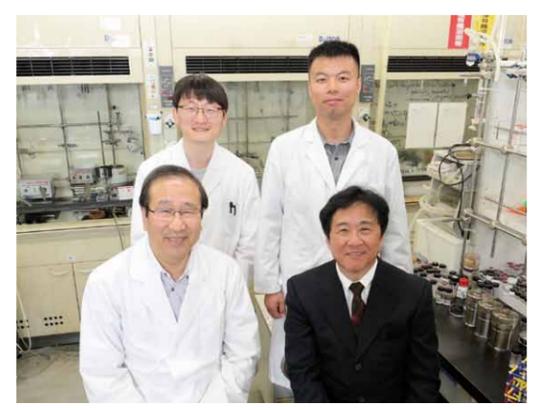
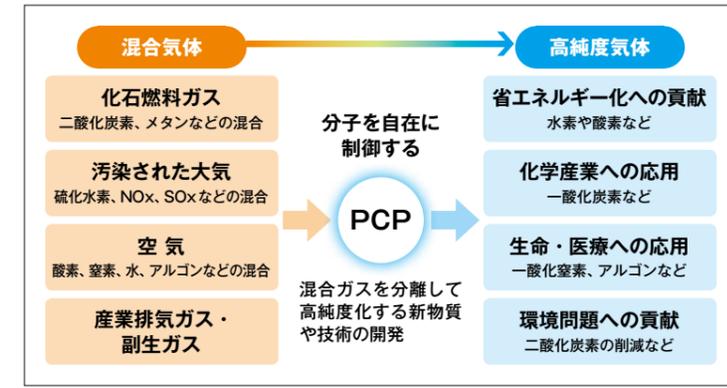


◀ CO だけを選択的に吸着する PCP。粉末では使いにくい板状にするなどの加工を施してから試験機に装着する。青い色は、使われている銅イオンに由来する。



CO を選択的に吸着する PCP では、CO を取り込む前 (左図) は銅イオン (緑棒) と酸素分子 (赤棒) が結合しているが、取り込んだ後はこの結合が切れて銅イオンが CO と結合していることがわかる (右図)。窒素分子は銅イオンとほとんど相互作用しないために PCP には取り込まれない。

## 全体ビジョン



実験室にて北川さん、山本さんと研究員。

# 身体性メディア技術で 触覚をリアルに伝える

「触原色原理」に基づく触覚の伝送技術確立して、視聴覚と同様にメディアで扱えるようにし、それらを統合することで、新たな身体的経験を生み出す「身体性メディア」の研究開発をACCEL研究代表者で東京大学の舘 暲名誉教授らが進めている。放送分野やエンターテインメント分野、遠隔就労事業、医療・福祉分野への展開をめざす。

## 多様な皮膚感覚を「振動」「圧力」「温度」の3要素で表現

現地で実物を見なくても、カメラの映像や音声を見聞きすることで、私たちは実物を目の前にしているように体感できる。映像を立体化(3次元化)する技術は日々進歩している。しかし、映像(視覚メディア)と音声(聴覚メディア)だけではリアリティに限界があるのも事実だ。肌で触れたり、手に持ったりする感覚、「触覚」をメディア化して再現できれば、リアリティはさらに高まるだろう。

人間の目がとらえる色を赤(R)緑(G)青(B)の三原色に分解してディスプレイ上に再現できるように、触覚もいくつかの要素に分解してデータとして扱うことができると舘さんは言う。

「触覚には、筋肉や関節にかかる力を感じる『固有受容感覚』と、指で触ったときの感触に代表される『皮膚感覚』があります。固有受容感覚は長い研究の歴史があり、データ化も進んでいます。一方、皮膚感覚はさまざまな研究が行われていますが、単発的な研

究が多く、体系化されたものはまだありません。私は皮膚感覚を司る受容器が基本的には、『振動』『圧力』『温度』の受容器であることから、皮膚感覚が、この3要素で表現することに思い至りました。触覚を要素に分解して計測・伝送・提示する技術を光の三原色にならって『触原色原理』と呼んでいます。

皮膚の内側には、振動や圧力などを感じる感覚器や、温度を感じる温覚・冷覚の受容器がある。これらの組み合わせで多様な皮膚感覚が生じるが、「振動」「圧力」「温度」の3要素だけで複雑な皮膚感覚のすべてを表現できるのだろうか。

「人間が知覚できるすべての色を光の三原色で再現できるわけではありませんが、実用的にはRGBで十分です。同様に、皮膚感覚も触原色による3要素で実用的にはほとんどカバーできると考えています」。

## あらゆる身体的運動や感覚のデータ化をめざす

2014年度からスタートしたACCELでは、

CRESTで培った触原色原理の研究成果を実用化するための鍵となる「一体型触覚伝送モジュール」の開発をめざしている。

一体型触覚伝送モジュールは、ロボットの指が触れた物体の感覚を3要素に分解してデータ化し、電気信号にして伝える。モジュールはロボットの指にある「触覚センサー」と、人が触れて感じる「触覚ディスプレイ」に分かれる。どちらも設計段階だが、大きさは人の指先ぐらいになるという。モジュールが完成すれば、データをインターネットなどで送ることで、離れた場所でも触感を体感できるようになる。データの保存、加工、合成も自由で、デジタルカメラで撮った写真や動画と同じように扱うことができる。ロボット技術との組み合わせで、触覚が重要な細かい作業の遠隔操作など多種多様な応用が考えられる。

「私たちは皮膚感覚だけでなく、身体的な運動や感覚のすべてをデータとして扱うことをめざしており、『身体性メディア』と総称しています。身体性メディアを自在に扱えると、ラケッ



トレイグジスタンスを体感する装置。画面奥の人は、自分が手前のロボットの中に入り込んだように感じる。自分の動きに連動して動くロボットのカメラやマイクからの視聴覚情報を、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)やヘッドフォンで得ると同時に、ロボットの指がとらえた圧覚や振動をグローブで感じることで、トレイグジスタンス感覚を得ている。

トでボールを打ったときの感触などの身体的感覚を人に伝えられるようになります。海外の人とロボットを介して握手し、肌の感触やぬくもりを感じ取ることもできます。離れて住む親の介護を、自宅からできるようにもなでしょう。遠隔地のロボットを自分の分身とすることで、遠隔地に存在することを可能とする技術を『トレイグジスタンス』と呼んでいます。

## 目標は身体性メディアとトレイグジスタンスの実用化と国際標準化

触原色原理に基づく実用化に向けた現実的な取り組みも野村淳二プログラムマネージャー(PM)を中心に始まっている。身体性メディアを放送分野やエンターテインメント分野に活用するとともに、トレイグジスタンスを用いた遠隔就労などを産業界へ導入するという2つのシステム構築が当面の目標である。

「私の役割は、企業と連携して実用化を進めるはもちろん、触原色原理を中心

とした身体性メディアの国際標準化をめざすことです。具体的な応用イメージの第一候補は、製造現場での熟練技術の伝達です。例えば、金型の仕上げで、熟練した職人は自分の皮膚感覚だけで計測機器を用いなければわからないほどの精度に仕上げます。この皮膚感覚を数値化して再現できれば、遠隔地にいる人にも熟練の技を伝えることができます。データが蓄積されれば、誰もがプロの技を体感することができるのです」と野村さんは語る。

触覚による身体性メディアやトレイグジスタンスの技術は、エンターテインメントや介護・ヘルスケアなど、私たちの生活や社会に強烈なインパクトを与える技術となり得るだけに世界での研究開発競争も激しい。熟練技術の伝達など個々の開発を進めるとともに、コンソーシアムを組織し国際標準

化をめざすことは、世界の開発競争の主導権を握ることにもつながっていく。プログラムマネージャーとの二人三脚による迅速なイノベーションの実現が期待される。



放送・エンターテインメント分野(上)と遠隔就労分野(下)での応用のイメージ。

## 舘 暲

たち・すずむ  
東京大学名誉教授

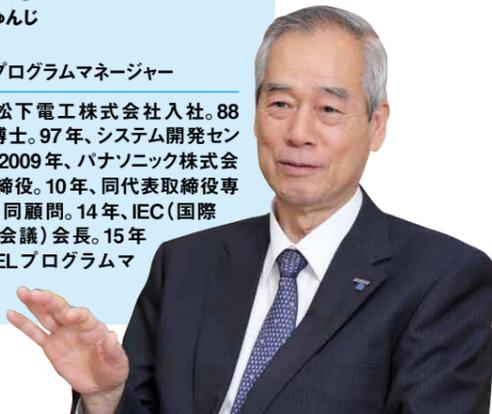
1973年、東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、工学博士。92年、東京大学先端科学技術研究センター教授、94年、同大工学部教授、2001年、同大大学院情報理工学系研究科教授を経て、09年より現職。09年よりCREST「さわれる人間調和型情報環境の構築と活用」研究代表者。14年よりACCEL「触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開」研究代表者。



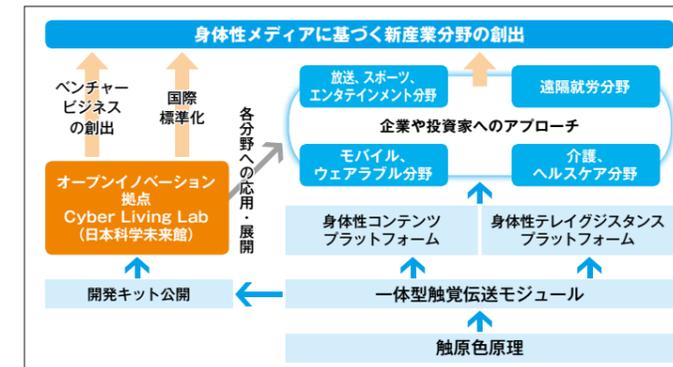
## 野村 淳二

のむら・じゅんじ  
JST  
ACCELプログラムマネージャー

1971年、松下電工株式会社入社。88年、工学博士。97年、システム開発センター所長。2009年、パナソニック株式会社常務取締役。10年、同代表取締役専務。11年、同顧問。14年、IEC(国際電気標準会議)会長。15年よりACCELプログラムマネージャー。

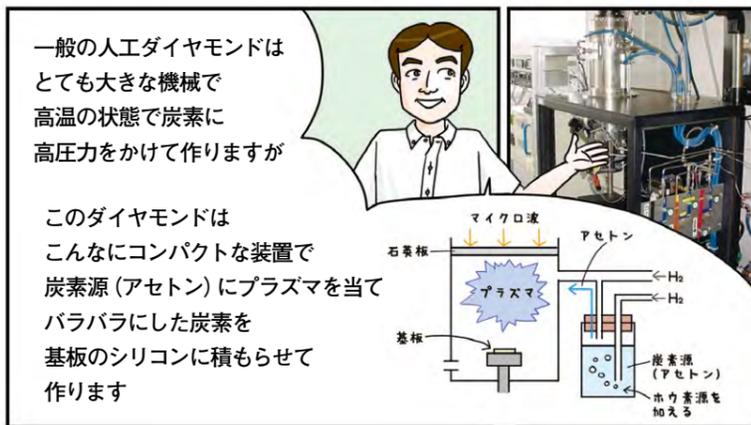


## 全体ビジョン



CRESTでの成果は、日本科学未来館の展示「まず!ふれてみよう-テトルセカイ ツナグミライ-」で紹介された(この展示は終了しました)。

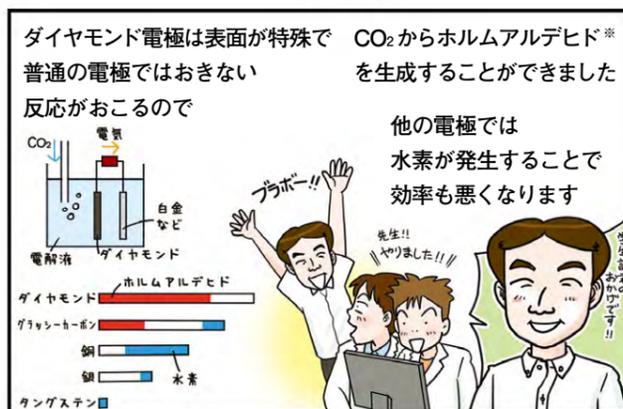
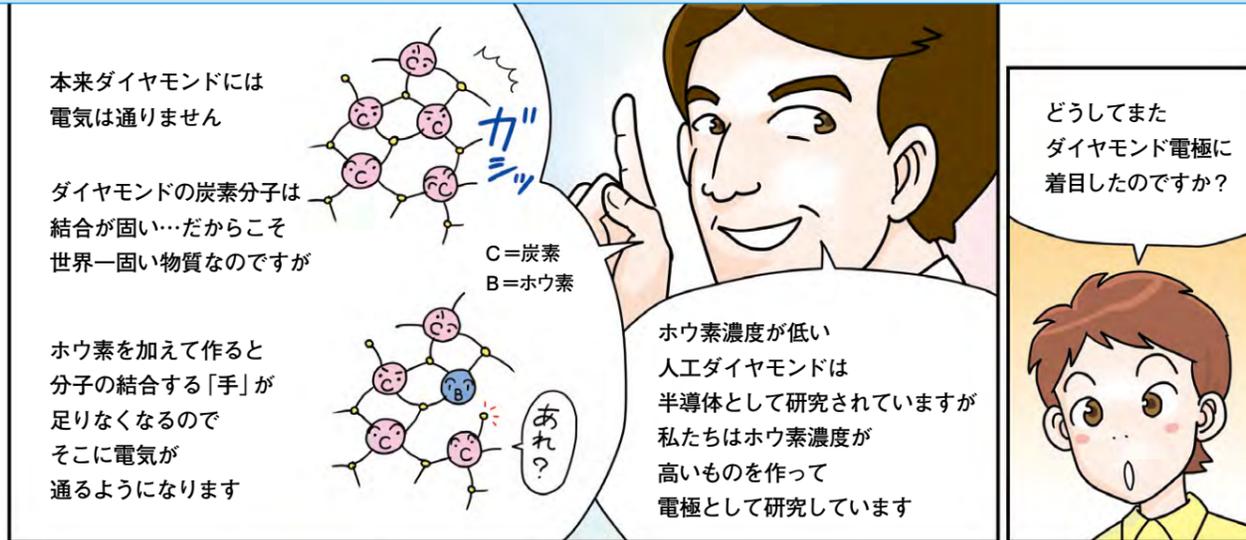
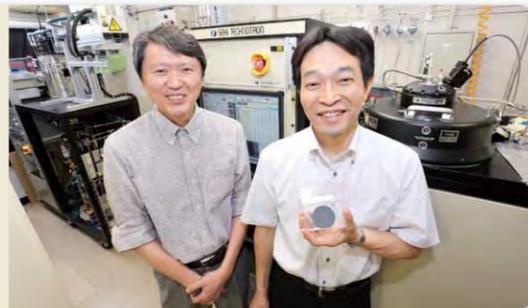
# 宝石だけが魅力じゃない! ダイヤモンド電極の可能性



## ダイヤモンド電極の物質科学と応用展開 [ACCEL(2014年度採択)]

CRESTでは、ダイヤモンド電極がセンサーをはじめ有機合成やCO<sub>2</sub>を用いた物質の創製に応用できるなど、さまざまな有用性を示してきた。ACCELでは、ダイヤモンド電極の設計指針を確立させるとともに、応用用途の有効性実証と最適なシステム構築の実現をめざす。

ダイヤモンド電極を手にする栄長さん(右)と塚原さん



\*ホルムアルデヒド=プラスチックや接着剤の原料となる有機化合物。

NEWS  
01

開催予告 | 産学連携・技術移転事業

JST発の科学技術の未来が集結

JSTから生まれた叡智の展示会、『JSTフェア2015～科学技術による未来の産業創造展～』を、日本最大の産学連携イベントの「イノベーション・ジャパン2015」と同時開催します。

来年10月に設立20周年を迎えるに当たり、プレイベントとして初めて企画しました。未来の産業創造をめざす200以上の研究開

発成果が展示されるとともに、多くの研究者や開発者が参加します。「イノベーション・ジャパン2015」における大学や高等専門学校、ベンチャー企業の展示も合わせ、600以上の未来を創る「知」の成果が全国各地から集結します。

基調講演では、千葉大学の野波健蔵特別教授(研究成果展開事業)が話題のドロー

ン技術の今後の展望について講演します。排ガスから電気エネルギーを効率的に取り出す小型発電システムを搭載したオートバイ(研究成果展開事業)の展示や、水田を除草する自走式小型ロボット(復興促進センター)の実演も予定しています。専用グミゼリーと測定器を使った咀嚼能力の診断(研究成果展開事業)や、手術者の頭の動きを感知して動く内視鏡ホルダロボット(産学連携・技術移転事業 START 大学発新産業創出拠点プロジェクト)の体験など、来場者が実際に参加できるデモンストレーションも多数企画されています。

JST発の研究開発成果を広くアピールし、大学・研究機関・企業などを「つなぐ」ことにより、国立研究開発法人としての新たな役目である「研究開発成果の最大化」をめざします。

- 開催日：8月27日(木)・28日(金)
- 会場：東京ビッグサイト・西3ホール
- http://www.jst.go.jp/tt/fair/



空気圧駆動の内視鏡ホルダロボット。内視鏡を持つ手が空くので、効率的に手術できる。



排ガスから電気エネルギーを効率的に取り出す小型発電システムを搭載したオートバイ。

NEWS  
02

研究成果 | 戦略的創造研究推進事業 先進的低炭素化技術開発(ALCA) 研究課題「空間結像アイリス面型・超低消費電力ディスプレイ」

見る角度で異なる画像を表示できるディスプレイを開発

東北大学大学院工学研究科の川上徹産学官連携研究員は、NTTメディアインテリジェンス研究所と共同して、独自の「空間結像アイリス面型ディスプレイ」技術をベースに、視聴角度を変えることで異なる画像情報を表示できるディスプレイを開発し、製品化しました。

この技術は、見る人の両目近くに設けた仮想の「空間結像アイリス面」に光を集めて網膜上に画像を結像します。空間結像アイリス

面を複数設けることで、見る角度によって異なる情報を表示できます。さらに光の方向を限定することにより、消費電力を低減することも可能です。

NTTアイティ株式会社では、この技術をデジタルサイネージ(電子看板)に応用した「ひかりサイネージマルチビュー」を6月に製品化しました。

東京の名所情報を日本語版・英語版・中

国語版の個別画面で同時に紹介する多言語観光案内や、視聴者が見たいエリアの映像を選択して視聴できるパブリックビューイング、駅などで利用者の動線方向に応じた行き先情報表示などの活用が期待されます。

マルチビューの最新研究結果は、8月27日～28日に東京ビッグサイトで開催される「JSTフェア2015」(NEWS 01)に展示される予定です。



見る角度で異なる言語を表示する多言語観光案内。



同じディスプレイでも視聴者の位置によって異なる情報を表示できる。

NEWS  
03

研究成果 | 戦略的創造研究推進事業 ERATO 染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト

新しい導電性インクでプリントスポーツウェアが画期的なセンサーに

身につけられる情報端末、ウェアラブルデバイスがブームとなり、腕時計型やメガネ型など続々と新製品が発表されています。

ウェアラブルデバイスに求められる最大の機能は、運動効果の確認や健康維持のための生体情報の取得です。より正確な生体情報を素早く、かつ継続的に計測するためにテキスタイル型(布状)のウェアラブルデバイスが目立っていますが、これまでの導電性の繊維や糸では、電子素材を細かな形に並べて、電極や配線を精密に作る事が困難でした。

東京大学大学院工学系研究科の染谷隆夫教授と博士課程の松久直司さんは、新開発の導電性インクを使って繊維にプリントするだけで高い導電機能を持ち伸縮性のある導体の開発に成功しました。

導電性インクは布地などに簡単にプリントでき、3倍の長さにも伸ばしても高い導電性を示します。染谷さんはスポーツウェア用の布地にプリントして作製した伸縮性導体を、フレキ

シブルな有機トランジスターの増幅回路と組み合わせて腕のサポータータイプの筋電センサーを試作し、微弱な筋電信号を約18倍に増幅できることを確認しました。

導電性インクはフッ素系のゴム材料と導電性粒子の銀フレークおよび界面活性剤を溶剤に混ぜて作成します。界面活性剤を入れることで、銀フレークがフッ素系ゴム材料の表面に高密度で並ぶため、高い導電性を維持しつつ、伸縮性を保つことができます。

電極や配線を精密に配置したウェアラブルデバイスの実現によって、全身を覆う多点の筋電センサーシステムで、より正確な生体情報をストレスなく計測できるようになり、スポーツやヘルスケア、医療分野で応用が期待されます。



スポーツウェアの布地にプリントして作った生体情報センサー。電極や配線はすべて伸縮性導体で作成されている。



導電性インクで文字をプリント。3倍以上伸びても導電性は保たれる。

NEWS  
04

開催報告 | 科学コミュニケーションセンター

科学ジャーナリスト世界会議2015 リスクコミュニケーションを題材にセッション

6月8日～11日、科学ジャーナリスト世界会議(WCSJ)が韓国・ソウルで開催されました。世界中の科学ジャーナリストらが一堂に会する会議で、2年に1回開催されています。第9回となる今回は、第1回(1992年)に東京で開催されて以来となる東アジアでの開催で、55カ国から1,200

人以上が参加しました。

ノーベル賞やピューリッツァー賞の受賞者による講演や、MERSに関する特別セッション、原子力や研究不正などのセッションを含め、科学に関する重要テーマについて40以上のセッションとワークショップが行われました。また、研究機関のブース展示や、12日～13日には日本への視察ツアーも実施されました。日本からも多数の講演者が招かれ、中でも京都大学・山中伸弥教授による基調講演は、iPS細胞の可能性と今後克服すべき課題が丁寧に語られ、大きな注目を浴びました。

JSTはサイエンス・メディア・センター(SMC)との共催で、「リスクコミュニケーション」を題材にセッションを提供しました(モデレーター:SMC・田中幹人リサーチマネージャー、講演者:ミシガン大・ソル・ハート准教授、



セッションには各国科学ジャーナリストが集まった。(写真提供 WCSJ2015事務局)



会議2日目、開会式に続く最初の基調講演。(写真提供 WCSJ2015事務局)

東北大学災害科学国際研究所・小野裕一教授)。

防災などリスクに関する情報の発信で、リスクを扱うことの難しさや、どうすれば伝えたい情報がより正確に伝わるかについて、日頃からリスク情報のメディア・コミュニケーションについて試行錯誤を重ねている研究者から、これまでの研究と実践をふまえての話題提供がありました。例えば数値を扱う場合、小数やパーセントよりも「100のうち5」といった表現をする、統計値に個別エピソードを添えることで印象が深まるなど、具体的な工夫について事例を交え紹介されました。



さきがける

# 科学人

Vol.47

## 能力発揮の 瞬発力は 研究も スポーツも同じ



Masaaki Hitano

## 北野 政明

東京工業大学  
元素戦略研究センター  
准教授

### Profile

1979年大阪府羽曳野市生まれ。2001年大阪府立大学工学部卒業。06年に同大学工学研究科応用化学分野博士課程修了。博士(工学)。同年大阪府立大学博士研究員、07年神奈川科学技術アカデミー常勤研究員、09年東京工業大学特任助教。13年1月より現職。趣味は山登り、陸上競技など。

### 陸上部で鍛えた集中力

子どもの頃は野外で虫や小動物をつかまえて観察し、図鑑で調べるのが好きでした。ファブールに憧れ、昆虫学者になるのが夢でした。でも、学校の成績はあまり振るいませんでした。三者面談で担任に厳しく指摘されたほどです。それが悔しくて猛然と勉強して一気に成績を上げました。瞬発力には自信があります。

中学から大学まで一貫して陸上部で、種目は主に走り幅跳びでした。大学では、主将としてチームを引っ張りました。陸上競技は、記録の限界に挑戦する、まさに自分との戦いです。

研究にも「ここの一番、勝負!」といった山場があります。漫然とやってもいい結果は出ません。そんなときこそ、部活で培った集中力が役立ちます。ベストのパフォーマンスを出すという点では、試合も研究も同じですね。

### 転機が人を成長させる

少年時代によく遊んでいた川が汚れ、アユが減ったことがショックで、環境問題に役立つ研究をめざしました。大学の研究テーマは光触媒でしたが、その後の研究生活では2度の転機がありました。

最初は、ポスドクとして原亨和先生(東京工業大学教授)の研究室に入り「固体酸触媒」をテーマにしたことです。繰り返し使えて毒性の少ない新触媒への挑戦でした。生活面でも、慣れ親しんだ大阪を離れ、知り合いもいない東京に出て、不安を抱えました。

2度目は、現在の「アンモニア合成」をテーマにしたときです。固体酸触媒の研究は順



金峰山にて。趣味の登山は、3,000メートル級を登る本格派。

調で、論文も何本か書くまでになったのですが、それを一度やめて細野秀雄先生(東京工業大学教授)のもとでこれまでとは異なるアンモニア合成の研究を一から構築することになったのです。

アンモニアは8割以上が肥料に使われますが、今注目されたのは、水素キャリア、貯蔵媒体としての役割です。ただ、合成の過程で高温・高圧の条件が必要で、大量のエネルギーが消費されます。研究中の新しい材料を触媒に使うと、より低エネルギーで効率よくアンモニアを合成できます。実用化は先ですが、明るい兆しが見えてきました。

若い人には、「成功体験にとらわれないように」と言いたいですね。「うまくいく」とわかっていることを取って放棄してみる。たいへん苦しいですが、それが自分を成長させるのです。私自身、転機のために全部捨てて、苦労はしましたが、すごく成長できたと感じています。

趣味は山登りです。もう10回以上、3,000メートル級の山を制覇しました。山頂で素晴らしい景色に出合えると最高の気分になります。苦しさを乗り越えた後でないと、本当の良さは味わえない点では、研究も一緒ですね。

### 戦略的創造研究推進事業 ACCEL 研究課題「エレクトライドの物質科学と応用展開」

画期的な工業的合成法が1912年に開発され安価に大量合成ができるようになり、アンモニアは窒素肥料の原料として人類の食生活を支えてきました。最近、再生可能エネルギーの水素キャリアとして注目されています。ACCELの研究は、高温高圧下で大量のエネルギーを使っていたアンモニア合成を、エレクトライドという新触媒によって低エネルギー化することをめざしています。



アンモニア合成のための実験装置を操作する。

TEXT: SHIGS PHOTO: 田中昭俊(麹町企画) 編集協力: 工藤慶子、井上眞梨 (JST ACCEL 担当)



# JST news

August 2015

発行日/平成27年8月3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  
JST news/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー