

JST News

Topics

01



次世代太陽電池の高効率化に挑む!

新型有機薄膜太陽電池の開発に成功

Topics

02



海馬と記憶

海馬における生後の神経新生が
恐怖記憶の処理にかかわることを発見

Close up

**環境問題
と
科学技術**

JSTの
「地球環境」に
関する
取り組みに
ついて

Vol.6

2010

No.11

February

2 月号



独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

03 科学技術振興機構の最近のニュースから…… JST Front Line

Close up

06 JSTの「地球環境」に関する取り組みについて 環境問題と科学技術

「環境」を抜きに未来の地球は語れない。
科学技術は環境問題の元凶ではなく、解決へと導く救世主にもなる。
その道を切り拓くために、
日本の科学技術の総力を上げた取り組みが求められている。

Topics 01

10 新型有機薄膜太陽電池の開発に成功 次世代太陽電池の高効率化に挑む!

Topics 02

12 海馬における生後の神経新生が 恐怖記憶の処理にかかわることを発見 海馬と記憶

14 ようこそ、私の研究室へ 西成活裕 東京大学 先端技術研究センター教授

16 理科の先生がオススメする 私のイチ押しデジタル教材 不思議! 水溶液のいろいろな性質

理 | 事 | 長 | 茶 | 話

——2009年12月30日に、総理官邸で第2回成長戦略策定会議が開かれ、「新成長戦略」が閣議決定されました。

「＜グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略＞＜ライフ・イノベーションによる健康大国戦略＞などが、これからの成長分野として挙げられましたが、JSTはこれらを課題に据えて、研究プログラムをいっそう充実させていかなくてはと考えています。

よく、研究者は自由に研究をしたほうが良い成果が上がる、などと言われますが、私は最近、決してその通りだとは思わなくなりました。なぜなら、いま、世界を驚愕させている日本の研究者は、山中伸弥先生も細野秀雄先生も審良静男先生も、みなさん課題解決型の研究で大きな成果を上げてきているからです。緊急シンポジウムが海外で開かれたり、各国のメディアが報道したりと、多くの日本人のさまざまな研究がこれだけ世界から注目されるという状況は、かつてなかったことです」

——元々、成果のある研究者を、課題解決型研究に選んだだけではないか? と、よく問われますが。

「そんなことはありません。みなさん、失礼ながら無名に近い研究者だった方たちが課題解決型に挑み、驚くべき成果を上げてきたといえます。JSTは、研究者の有名無名を問わず、たとえ突飛的な発想であっても、これはすごい成果を生むだろうという研究の目利きをし、採択する。これが、戦略的創造研究推進事業です。

研究者は、自分の研究に閉じこもらずに、『この研究をやり遂げなくては』という強い意志を持って、課題解決型の研究分野に自ら飛び込む必要があると思います。新成長戦略という目標に向かって、例えば低炭素社会の実現に大きなプレイクスルーをもたらす、そんな研究者が現れることをJSTは期待しています」

先端の「科学」と「技術」を体験し理解できる場所——日本科学未来館。

vol.11 環境 グリーンケミストリーコース

対話と実験を通じて先端科学技術への理解を深める「日本科学未来館 実験工房」。
子どもから大人まで、全員が考え・理解できる参加型のプログラムを紹介。



本日のプログラム

グリーンケミストリー／酸化反応／触媒
についての概要

実験—触媒の調製・酸化反応

酸化反応について
監修者からのメッセージ

実験—生成物の単離と確認

まとめ

「グリーンケミストリーを体験しよう!」

化学を用いたものづくりは、21世紀に入り、安く大量にという効率重視から、環境への影響も考慮したものへと変化してきた。今回の実験工房『環境 グリーンケミストリーコース』は、佐藤一彦先生のグループ(独立行政法人 産業技術総合研究所)で考案された、過酸化水素を用いた方法で酸化反応実験を行い、環境にやさしいものづくりの化学(グリーンケミストリー)を考えるプログラムだ。

実験では、2種類の酸化反応を行った。酸化反応の仕組み、触媒のはたらきについて解説をした後、触媒の調製をし、酸化反応の実験を開始。過酸化水素と触媒と原料をナス型フラスコに入れ、加熱・かくはんしながら、反応させる。約2時間反応させた後、生成物を取り出し、目的通りメントンと安息香酸が出来ていることを参加者全員で確認することができた。

酸化反応は、石油から化学製品を作る工程で不可欠なものだが、一般的に、環境に負荷をかけやすい。しかし、佐藤先生の開発した方法は、酸化反応で生じる廃棄物は水のみで、環境に負荷を与えるハロゲンや有機溶媒も不要である。すでに、大型



ディスプレイから携帯電話まで、あらゆる電子部品に使われている絶縁保護膜用樹脂への利用も研究されている。今後、グリーンケミストリー研究のさらなる進展により、環境に十分配慮した地球にやさしい化学がますます発展することを期待したい。

JST Front Line

生物の左右性を決定するメカニズムの解明から、環境に優しい凝集沈殿剤の紹介、ポスドクのキャリアパスを支援する新規事業など、5つの最新ニュースをお届けします。



NEWS 01 研究成果



戦略的創造研究推進事業 発展研究(ERATO-SORST)／研究課題「カイロモルフォロジー:物質界・生物界における分子から分子集合体の構築」

受精卵をガラス棒で押したら逆巻きの貝に! 生物の左右性を決定する新たなメカニズムの解明へ期待

東京大学大学院総合文化研究科の黒田玲子教授らの研究チームが、巻貝を使って生物の体の左右を決定するメカニズムを解明しました。

私たちの心臓は体の左側にあったり、それぞれ利き手があったりするように、一般的に、生物の体は左右非対称になっています。しかし、たった1個の細胞からなる受精卵から発生する過程で、なぜこのような左右性が生じるのか、その詳細なメカニズムについては、いまだわかっていません。

巻貝は、左右性が非常に顕著な生物種の1つで、左巻型と右巻型では、まるで鏡の関係のように、内臓の構造なども対称になっています。この巻型の違いについては古くから研究が行われていて、1894年にはすでに、巻型の決定は発生のかかなり早い段階で決まっていることが示されています。そして、1920年代になると、左右を決定づけるのは母親から受け継いだたった1個の遺伝子であるということも示されていました。しかし、実際、その遺伝子がどのような遺伝子で、どのようなはたらきを持つのかなどはまったくわかっていませんでした。

黒田教授らは、左巻型と右巻型の両方が自然界に存在する淡水性巻貝「ヨーロッパモノアラガイ」に注目。まず、ヨーロッパモノアラガイの受精卵を観察し、発生の初期の胚において、左巻型は左巻きに、右巻型は右巻きになるように、それぞれらせん卵割が生じていることを確認しました。さらに右巻型の胚にのみ、胚が4細胞から8細胞になる第3卵割期中に「小さなねじれた突出(SD)」と「紡錘体の傾き(SI)」という特徴的な形態が見られることを発見しました。これは、左巻型と右巻型が、完全に左右対称に発生するとしていた従来の定説を覆すものでした。

続いて、黒田教授らは、より詳細な左右決定のメカニズム解明のため、左巻型、右巻型で異なる特徴が見られる第3卵割

期に着目。下図に示すように、胚を左右から微小なガラス棒で押し、本来の巻型とは逆の方向、つまり、右巻きの胚は左巻胚様の、左巻きの胚は右巻胚様の細胞配置パターンになるように物理的に変化させ、培養するという実験を行いました。その結果、これらの胚は生育すると、殻の巻型から内臓の形態まで、左右逆転した逆巻き貝になったのです。

また、形態だけでなく、遺伝子にも注目したところ、生物の左右性にかかわる代表的な*nodal*遺伝子や*Pitx*遺伝子が、本来はたらく部位とは左右逆転した部位ではたらくことも確認しました。第3卵割期の胚の細胞の配置を人工的に変えることで、本来ヨーロッパモノアラガイの胚に書かれていた遺伝子を上書きすることに成功したのです。この逆巻き貝は

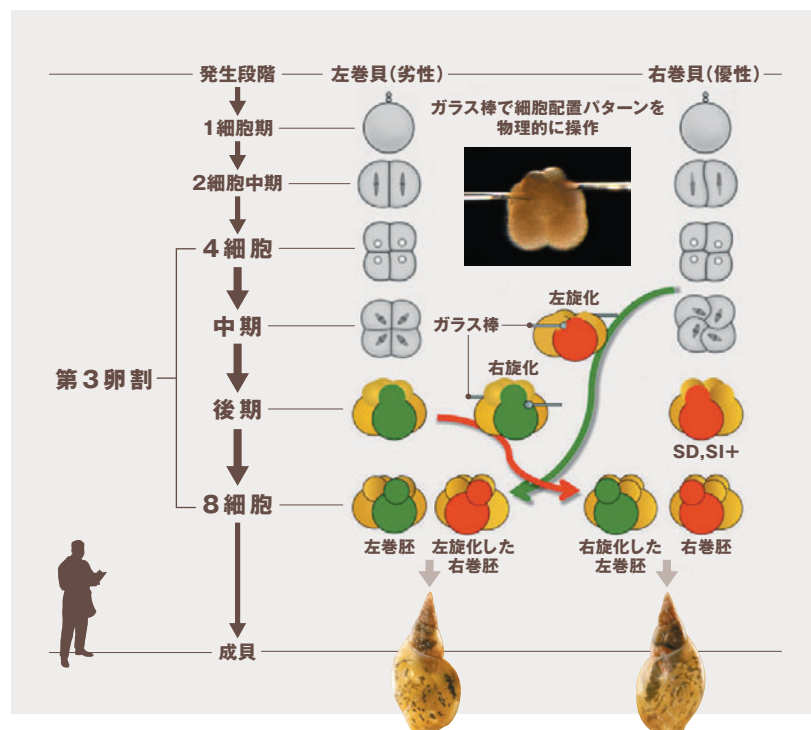
正常に成長し、産卵することが可能ですが、生まれた子を育てると本来の巻型、つまり、遺伝的に決まっていた巻型になるということも明らかになりました。

一方、第3卵割期の前、胚が4細胞になる第2卵割期で同様の操作を行っても、発生の過程で本来の巻型に戻ってしまい、逆巻き貝にはなりませんでした。

ここから、巻型を決定づけるのにもっとも重要な1つの遺伝子は、第3卵割期に細胞の配置を決めているのだと推論できます。

巻貝の左右を決める遺伝子の下流にある遺伝子と、ヒトなどの左右を決める*nodal*遺伝子の上流にある遺伝子は、共通する可能性が考えられます。さらに研究が進めば、生物の左右決定メカニズムを完全に解き明かせるかもしれません。

第3卵割期に細胞配置パターンを物理的に操作し、逆巻きの貝を作る





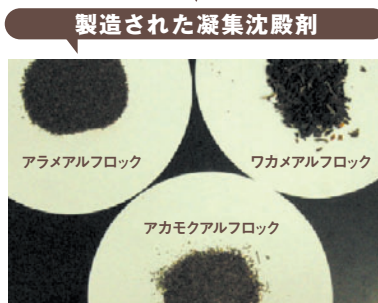
独創的シーズ展開事業・委託開発／開発課題「水産廃棄物を用いた凝集沈殿剤の製造技術」

凝集効果が高い! 中和処理の必要がない! 土壌に残留しない! 海藻由来の環境に優しい凝集沈殿剤の開発に成功

東洋建設株式会社が、東京海洋大学の榎牧子助教らの研究成果をもとに、天然物(海藻)を利用した環境に優しい凝集沈殿剤の製造技術を開発、実用化に成功しました。

港湾や海底を整備、維持するための浚渫工事を行う際には、海底の土砂が舞い上がり、濁水が発生します。工事後、濁水をそのままにしておく周辺環境に影響をおよぼすため、凝集沈殿剤を用いて、微細な砂や泥を沈殿除去しますが、一般的なポリ塩化アルミニウム(PAC)といった人工高分子凝集沈殿剤は、生分解性が低く、水のpHを変化させたり、含有する重金属イオンが生態系へダメージを与える可能性があることから、より安全で環境負荷の小さな凝集沈殿剤の開発が求められていました。

今回、開発に成功した凝集沈殿剤は、水産加工場で廃棄処分されたコンブ、ワ



カメや、通常食用としないアカモクなどの、海藻類に含まれるアルギン酸が主成分となります。これに、廃棄貝殻を原料とした塩化カルシウムの凝集助剤を加えると、アルギン酸がイオン結合によって網のような架橋体を作り、細かい泥などを抱え込んで沈殿するので、濁水処理を迅速に行うことができます。工業用アルギン酸にくらべて低コストで、生産工程も簡易です。

海藻由来の凝集沈殿剤は、PACなどの従来の人工凝集沈殿剤とくらべても効果に遜色がありません。水のpH変動もほとんどなく、生分解性のため土壌汚染や健康への影響も軽減できます。今後は、原材料の安定的な供給の確保を図り、環境に優しい沈殿凝集剤の汎用化を目指します。

開発された海藻由来の凝集沈殿剤「アルフロク」。
凝集効果は、市販されている人工凝集沈殿剤と同程度で、しかも少量で高い効果が期待できます。



小・中学校における理数教育に優れた能力を有する教員を養成! 「理数系教員養成拠点構築事業」の採択企画を決定

コア・サイエンス・ティーチャー

近年、子どもたちの「理科離れ」が問題となっていますが、その背景の1つには、小中学校での理科教育事情があります。平成20年度の小学校理科教育に関する調査によると、理科の指導について、約半数の教員が苦手意識を抱いており、実験や観察などの指導については7割近くの教員が、知識・技能の不足を感じるという結果が得られています。

また、平成20年度の中学校理科教育

に関する調査によると、約3割近くの教員が実験・観察に苦手意識を抱いていると報告されています。(出典「平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書(改訂版)」)

そこでJSTでは、平成21年度から「理数系教員(コア・サイエンス・ティーチャー:CST)養成拠点構築事業」を開始。各地域において、理数教育に関する研修会な

どで中心的な役割を果たすことのできる、理科教育の高い指導力と知識・技能を持つ小中学校教員の育成を目指しています。

1次募集で採択された5地域なかの1つ、岐阜大学・岐阜県教育委員会では、教育学部の学生を対象とした実験観察の指導法や教材開発などが学べる「初級コース」、若手教員を対象とした現場のニーズに基づく実践的指導力を意識した「中級コース」、CSTの即戦力となる教員を対象とした「上級コース」をそれぞれ開設。大学や県内の博物館などを利用した研修プログラムを実施して、地域の理数教育の中核的な役割を担う教員の養成が始まっています。

2009年11月には、長崎大学・長崎県教育委員会、横浜国立大学・神奈川県教育委員会の2件が、新たに2次募集に採択されました。今後、それぞれの地域の理数教育ニーズに対応したCSTの活躍に期待です。

1次募集で採択された岐阜大学におけるプログラムの様子





ポストドクター(高度研究人材)のキャリアパス形成を促進 「高度研究人材活用促進事業」における採択課題を決定

JSTは、景気悪化に対する平成21年度の政府の緊急経済対策の一環として、「高度研究人材活用促進事業」を実施しています(<http://www.jst.go.jp/rp-acad/>)。「高度研究人材活用促進事業」は、ポストドクター(以下ポストドク)の雇用を実施する企業へ支援を行うもので、今回、28件の課題を採択しました。

長引く不況によって、企業においては研究開発分野への投資削減が予想されます。こうした研究開発活動の停滞は、長期的な経済発展に向けたイノベーションの創出を妨げることになります。また、ポストドクについては近年、社会のさまざまな場で活躍できるよう、キャリアパスの多様化につながる支援の必要性が広く謳われています。

本事業は、JSTの企業化開発事業に採択された課題において雇用枠を設けた企業が、ポストドクの専門能力や知識を積

極的に活用し、研究開発を促進することを目指しています。また、現在、1万数千人にも上るといわれるポストドクに対して、民間企業への就職の機会を提供し、新たなキャリアパスの形成を促すことが期待されます。

各企業の求人、研究者人材データベース(研究者求人サイト)JREC-IN(<http://jrecin.jst.go.jp/>)で公開中です。



「物理系人材のための合同企業説明会」の様子。

企業研究者活用型 基礎研究推進事業 の採択課題決定

JSTは、「高度研究人材活用促進事業」とあわせて、「企業研究者活用型基礎研究推進事業」も展開しています(<http://www.jst.go.jp/rp-biz/>)。

本事業は、主に企業に在籍する研究者が、大学や公的研究機関などで研究活動を行うことを支援するものです。

今後、発展が期待される研究分野に取り組むことで、企業研究者の研究活動を維持するとともに、大学等での基礎研究が推進されることを目指しています。優れた研究者の人的交流が生まれることによって、企業・大学、双方の研究開発遅延の回避や、さらなる産学連携が促進されることを期待しています。



科学技術による地域経済活性化を図るための基盤整備の取り組み 「地域産学官共同研究拠点整備事業」の採択地域を決定

地域における産学官連携の取り組みを加速させるための「地域産学官共同研究拠点整備事業」において、構想支援地域28地域、基盤形成支援地域12地域、合計40地域が採択されました。

本事業は、地域における自主的な産学官連携活動の構想・計画を基本として、これを実施するための拠点を整備することを目的としています。地域発のイノベーション創出を実現し、科学技術駆動型の地域経済の活性化へ結びつける、地域の特色を生かした、持続的な経済発展が見込めるビジネスモデルを構築するための、設備やネットワークの構築を支援するものです。

応募のあった地域の構想および計画は、外部有識者から構成される「産学官イノベーション創出拠点推進委員会」が策定した基本方針のもと、別の審査専門委員会によって厳正な審議が行われまし



事業の詳細、および採択地域の拠点の概要などは、地域産学官共同研究拠点整備事業ホームページをご覧ください。

<http://www.jst.go.jp/innovekyoten/>

た。その結果、地域において産学官連携プロジェクトがすでに実施されている、または今後優れた成果が期待できる構想・計画が採択され、支援規模によって「構想支援地域」、「基盤形成支援地域」の2つのタイプの支援体制が設置されました。

「構想支援地域」の1つの愛知県では、ナノテクノロジーなどを生かした次世代ものづくり技術の創造・発信の拠点となる「知の拠点」構想の一部として、「シンクロtron光利用施設」を建設し、産学官が共同研究開発を円滑に進めるための場の構築を目指しています。地域の特色や、地場産業を生かした事業をさらに発展させるための、研究設備・機器等の導入などが予定されています。

本事業によって、科学技術から始まる地域経済の発展が達成され、地域における地域のための、真のイノベーションが創出されることが期待されます。

環境問題と科学技

PROLOGUE COP15にて

サイドイベントシンポジウム「TOWARDS GREEN GROWTH & GREEN INNOVATION」開催報告

COP15

(国連気候変動枠組条約締結国会議)

COPとは、各国に温室効果ガス削減政策実施の義務などを課す「国連気候変動枠組条約」を受けて設置された会議で、年に一度、各国の首脳や環境にかかわる省庁の大臣が集まり同条約の成果について話し合う。2009年のCOP15は12月7日から19日に、デンマークのコペンハーゲンで開催された。京都議定書の効力が切れる2013年以降の地球温暖化対策が注目されたが、「コペンハーゲン合意」には、世界全体で産業化以前の気温上昇を2度以内に抑えることは盛り込まれたものの、温室効果ガスの具体的な削減目標は入らなかった。



各国の駆け引きだけではない COP15のもう1つの顔

2009年12月のCOP15は、日本でも新聞やテレビで大きく報道された。そこでクローズアップされていたのは、温室効果ガス削減の枠組みをめぐる各国間の駆け引きだ。そのほか、アメリカのオバマ大統領が調整に乗り出したが思うような成果を上げられなかったこと、交渉において中国が存在感を示したことなども印象深い。

しかし、COP15の目的はこうした駆け引きばかりではない。地球温暖化問題の解決策を地球全体で考えるため、世界各国からさまざまな人たちが集い、知恵を出し合う場でもある。会場にはEUやアメリカを筆頭にさまざまな国や団体のブースが設置され、連日、数えきれないほどのイベントが行われていた。

温室効果ガスの削減と 経済成長の両立を目指して

JSTは、COP15のサイドイベントとして、「TOWARDS GREEN GROWTH & GREEN INNOVATION (グリーン成長とグリーン・イノベーションに向けて)」と題した国際シンポジウムを12月7日にJICA (国際協力機構) と共催で実施した。

COP15をめぐる報道は、先進国と一部の途上国との溝を浮き彫りにしていた。一般に、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの削減は経済成長を妨げられると思われる。だからこそ、これからどんどん経済発展をしたい途上国 (新興国) は削減の負担を課されることに消極的にならざるを得ない。一方、温室効果ガスの削減と経済成長の両立を目指すべきだという考えがある。それが「グリーン成長」で、その核となるのが科学技術の革新的な進展による「グリーン・イノベーション」なのだ。

このシンポジウムは、グリーン成長とグリーン・イノベーションに向けた具体的な方策を、先進国と途上国が同じテーブルについて探るもので、ノーベル平和賞を受賞したIPCC (気候変動に関する政府間パネル) の議長でもあるインドのラジェンドラ・パチャウリ氏をはじめ、日本、中国、アメリカ、ブ

ラジル、EC、AUなどから科学技術政策などの関係者が集い、各国の取り組みの紹介と議論が行われた。

話し合いを通じて見えてきた トライアングル協力の必要性

本シンポジウムでの話し合いを通じて見えてきたことの1つに、将来的な「トライアングル協力」構築の必要性がある。途上国のなかでも、中国やブラジルなどは新興国といわれ、たとえばこの2国間では、すでにグリーン成長につながる科学技術協力が行われている。「トライアングル協力」とは、これらの新興国が先進国と途上国をつなぐ役割を担い、先進国・新興国・途上国の三角形の協力関係をかたちづくることである。これによってグリーン・イノベーションがさらに加速され、国際共同研究開発の成果が、他国への成長へも広がっていくと期待されるのだ。このような将来的な協力関係を、JSTは見据えていく必要がある。

科学技術による環境問題の解決に向けて、世界は新たなフェーズへと転換しはじめている。そんななか、日本の科学技術の世界貢献をたしかなものにするべく、JSTはさまざまな取り組みを行っている。



パチャウリ氏 (左から2人目) は、「排出量削減目標の設定もグリーン成長のまたとない機会としてとらえるべきである」と語る。

術

「環境」を抜きに未来の地球は語れない。

科学技術は環境問題の元凶ではなく、解決へと導く救世主にもなれる。

その道を切り拓くために、

日本の科学技術の総力を上げた取り組みが求められている。



01 地球規模課題対応 国際科学技術協力事業

産業技術総合研究所 バイオマス研究センター長

研究代表者 坂西欣也

研究事例から サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究

地球規模課題対応 国際科学技術協力事業

1つの国や地域では解決が困難な地球規模課題について、開発途上国のニーズを基にした国際共同研究を、JICA（国際協力機構）による政府開発援助（ODA）と連携して推進する事業。課題解決と科学技術水準向上につながる知見の獲得を目指し、開発途上国の自立的な研究開発能力向上と課題解決に向けた持続的活動体制構築を図る。

「遠くて近い国」ブラジルとの サトウキビが結ぶ科学技術協力

ブラジルは日本からみれば地球の裏側ですが、2008年には日本人移民100周年を迎え、たいへん親日的でもあり、農業

やエネルギー資源産業分野などで、友好関係を維持しています。経済発展も著しく、研究開発・技術移転の面でも、非常に重要な国といえるでしょう。

私たちは、ブラジルと科学技術外交を通じて共同研究を進め、サトウキビ廃棄物からのバイオエタノール製造技術の実用化を目指しています。アメリカ等で生産されているバイオエタノールは、主にトウモロコシの澱粉系原料から作られますが、サトウキビ廃棄物なら食糧問題と競合しません。二酸化炭素排出削減効果が大きく、かつ、持続可能なエネルギー源として、地球温暖化防止に大きく貢献できると考えています。

JSTとJICAの連携強化により、日本か



ブラジルの製糖およびバイオエタノール工場を共同研究者らとともに見学

らの研究開発・技術移転を促進するとともに、ブラジルからの技術研修による人材育成と、現地の新規バイオマス産業創出につながると期待しています。

（坂西欣也・産業技術総合研究所 バイオマス研究センター長）

02 戦略的 国際科学技術協力推進事業

東京大学 生産技術研究所 教授

研究代表者 沖 大幹

研究事例から 黄河の断流を解明する「次世代」生態水文モデルの開発

戦略的 国際科学技術協力推進事業

政府間協定や大臣会合での合意等に基づき、文部科学省が設定した協力対象国・分野において国際科学技術協力を推進する事業。研究交流プロジェクトを公募し支援する「研究交流型」と、研究主幹のリーダーシップのもと、相手国機関と連携しながらより大規模な国際共同研究課題を公募し、支援する「共同研究型」がある。

公害を克服した日本の経験を 成長しつつある途上国で生かす

急速な発展を続ける中国では、さまざまな環境問題が喫緊の課題となっています。私たちは「生態水文学」を用いて、

水環境の保全を目指しています。

生態水文学は、水の量や循環などについて研究する従来の水文学に加えて、水の質を考慮し、植物の光合成と吸水、人間活動による取水、農地の作物育成も含めた生態系などを取り入れた科学です。

研究の大きな動機は、黄河の断流という異常事態の解明にありました。プロジ



エクトでは、生態水文モデルの数値シミュレーションを行い、黄土高原付近の人為的水利用が急速に増大したことで、事態が悪化したことを明らかにしてきました。

グローバル化した現代において、日本だけが安全・安心な社会を維持することは難しいでしょう。また、日本は高度経済成長期の公害問題の克服や、蛇口から飲める上水道普及など、海外の環境問題解決に役立つ経験や技術を持っています。資金提供だけではない、科学技術外交による問題の解決は、地道ながらも着実に相手国に喜ばれる支援につながります。

（沖大幹・東京大学 生産技術研究所教授）

黄河の位山取水口にて、中国側の共同研究者と。中央が沖教授。

03 基礎研究の推進

インタビュー

戦略的創造研究推進事業CREST

「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」研究領域

安井 至 研究総括に聞く

戦略的創造研究推進事業

国の政策目標実現に向けて目的基礎研究をトップダウン型に推進する事業で、産業や社会に役立つ技術シーズの創出を目的としている。研究の担い手は、大学、公的研究機関および民間企業の研究者で、機関を横断する研究共同体が時限付きで形成され、研究を進める。チーム型の研究推進プログラム「CREST」、若手等の個人研究者による研究推進プログラム「さがけ」、研究総括が独自の視点から定めた研究領域のもとに研究者を結集し、研究を推進するプログラム「ERATO」などがある。これらにより、イノベーション創出につながる課題解決型の研究を実施する。

“草食系”の傾向こそが日本の科学技術最大の問題

——この研究領域で目指されていることは何ですか。

これからの日本は、二酸化炭素の排出を抑えながら、経済も生活も心も豊かにしていく——そんな低炭素社会への道を進むべきです。それには、既存の科学技術だけでは難しい。未知の新しい革新的な科学技術を生み出す必要があります。

科学技術には人のマインドを変える「力」があるんですよ。たとえばハイブリッド車のプリウスは、燃費を飛躍的に向上させただけでなく、実際の乗り心地によって「クルマってこれで十分だ。これでいいんだ」と、乗る人のクルマに対する概念を変えてしまいました。

こうした革新的な技術がいくつか生まれ、世の中に広がることで、人々のマインドを変えていけば、社会全体の考え方がやがて低炭素型に変わるでしょう。この領域では、そのタネを見つけることを目指しています。

——実現のためには何が必要でしょうか。

革新的な技術はリスクを恐れずにチャレンジするところから生まれます。ところが、今の日本はリスクを極端におそれ、確実に成果の出そうなところに研究費が集中する傾向にあります。その結果、若手研究者は総じて“草食系”になり、リスクを嫌ってチャレンジしなくなってしまいました。「オ

レが日本を変えてやる」という気概を持った研究者がほとんど見当たらない。これは科学技術に限らず日本全体の問題です。このままでは革新的な技術など生まれません。

私が若い頃はいい意味で「放し飼いで、チャレンジングな課題にもどんどん取り組みました。何も生み出さずに終わったケースも多いでしょうが、ノーベル賞に輝くような成果のほとんどはこうした雰囲気から生まれたんです。だからこそ、この領域ではリスクを恐れずにチャレンジングな課題を積極的に採用し、研究者を放し飼いにし、強い闘志を持った研究者を育てたいと考えています。

チャレンジングな研究で人間の生き方や考え方を変える

——採択課題のなかから、革新的な技術が生まれる手応えは感じていますか。

たとえば内本喜晴さん（京都大学大学院 人間・環境学研究科 教授）は、まったく新しい金属電池の開発に取り組んでいます。太陽光や風などの自然エネルギーの活用には、ゆらぎをコントロールする必要がありますが、この電池は長寿命でエネルギー密度を保ちながら、自然エネルギーを安定供給する可能性を秘めています。

富重圭一さん（筑波大学大学院 数理物質科学研究科 准教授）は、バイオマス

革新的な技術には人のマインドを変える力があるんです



安井 至

やすい・いたる

東京大学生産技術研究所教授などを経て、2009年4月より製品評価技術基盤機構理事長。環境問題をわかりやすく解説する「市民のための環境学ガイド」(<http://www.yasuienv.net/>)を運営。

が環境に優しい液体燃料などに変換する際に、どんな化学反応が起こるかを根本的に見詰めなおしています。これまで誰も考えもつかなかった、バイオマスの劇的な変換プロセスが生まれるかもしれません。

活性酸素は、植物の光合成を阻害する大きな要因です。小川健一さん（岡山県生物科学総合研究所 植物レドックス制御研究グループ グループ長）はそこに注目し、生体内最強の還元剤であるグルタチオンを利用して、活性酸素の活動を抑えることで、光合成効率をアップさせ、二酸化炭素を削減できると考えています。これもまったく新しい発想です。

ほかにも、若い層を中心にチャレンジングな課題がそろいました。そこから革新的な技術が生まれ、世の中に広がり、人間の生き方や考え方を変えるところまでいかなければならない。それには、彼らを放し飼いにし、課題のなかで荒地を走らせる必要があります。失敗する可能性も高いですが、私も領域アドバイザーも、それでもやらなければいけないと覚悟しています。

コタツを好む志向が低炭素社会につながる

——環境分野での基礎研究において、日本の優位性はどんな点にありますか。

先端分野の科学技術力は、日本が世界をリードしていると私は思います。科学技術の力で地球の環境問題を解決するには、日本の力が欠かせないし、もっと日本はそれを主張するべきでしょう。

加えて、日本にはアメリカなどと比べ、低炭素社会につながる潜在的な志向があらかじめあります。たとえば暖房にしても、アメリカならセントラルヒーティングで家全体を暖めるのに対し、日本のコタツは必要箇所だけを暖める。省エネであるのはもちろん、そんな生き方を快適と感じる志向を日本人は備えているんですよ。

日本人のそんな気持ちを生かしながら、“草食系”の傾向からは脱皮して「オレの力がなければ環境問題は解決できない」くらいの気概を持つ——この領域から、そんな人材が巣立っていったらいいですね。

04 社会技術研究開発センターの取り組み

研究開発領域 地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会

社会技術研究開発センター(RISTEX)

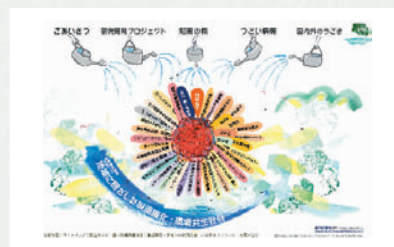
社会の具体的問題を領域として取り上げ、その解決にあたる人々と研究者の協働による研究開発を支援する組織。

社会のシステムとの関係のなかで温暖化対策を現場目線で検討

脱温暖化に向けた取り組みでは、先端的な技術開発に重きが置かれ、技術を私たちの生活のなかで生かしていく方法を、社会のシステムも含めて見直そうとする

試みはこれまであまり行われてこなかった。

社会技術研究開発センターが設置する、研究開発領域「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」(領域総括＝東京農工大学・堀尾正毅名誉教授)では、温暖化対策を、産業革命以降の近代化の流れのなか、とくにここ50～60年間の大きな社会変化のなかでとらえ、法制度や許認可制度、税制などの社会システムとの関係において、現場目線で検討し、その担い手づくりを含めたエネルギー自給能力のある地域づくりへの取り組みなどを重要な課題としている。



研究開発領域のウェブサイト。
<http://www.ristex.jp/env/index.html>

領域総括

堀尾正毅

東京農工大学名誉教授



05 研究開発戦略センターの提言

戦略提言 温室効果ガス排出削減に向けた研究開発の推進について

研究開発戦略センター(CRDS)

社会ニーズを充足し社会ビジョンを実現させる科学技術の有効な発展に貢献することをミッションとする。戦略の立案に携わる人々と研究者との意見交換の場の設け、研究開発戦略の提案などを行う。

CO₂削減に関する5つの方策と6つの分野の開発シナリオ

温室効果ガス排出削減は、わが国全

体の緊急かつ重要な課題であり、先端技術の果たす役割が大きいことから、総力をあげてその研究開発に取り組む必要がある。また、地球温暖化問題全体を考えると、政治、経済、外交等のさまざまな側面があり、多岐にわたる分野の有識者・研究者の参画が必要である。

そこで研究開発戦略センターでは、これまでさまざまな分野の研究開発戦略を提案してきた経験を生かし、「温室効果ガス排出削減に向けた研究開発の推進

について」と題する提言をまとめた。

提言では、研究開発の進め方に関する「大学ー研究開発独法ー企業をつなぐネットワークの形成」など5つの推進方策と、太陽電池、非食料系バイオマスなど、6分野について研究開発のシナリオを策定している。
(<http://crds.jst.go.jp/>)〈管理番号09SP04〉



06 低炭素社会戦略センターの設置

ビジョン 低炭素社会づくりに向けた総合戦略とシナリオ研究

低炭素社会戦略センター(LCS)

グリーン・イノベーションによる低炭素社会の実現に貢献するために、自然科学と人文社会科学の知見を用いて、総合戦略と科学技術の発展をリアルタイムで反映したシナリオを策定し、広く社会に向けて提言を行う。

明るく豊かな低炭素社会実現へのシナリオを描く

科学技術の研究成果を低炭素社会の実現に結びつけるには、ブレイクスルーを

生む基礎研究の推進のほか、国際的な科学技術協力、科学技術を生活に生かすための社会システム、それら全体を広く見通した研究開発戦略の立案など、さまざまな視点が必要になってくる。これらが互いに連携することなしには、目標を達成することはできない。

そこでJSTでは2009年12月、こうした要素をすべて俯瞰し、科学技術の成果を低炭素社会の実現へと結びつける低炭素社会戦略センターを設置した。

低炭素社会づくりを加速させるために

必要な新技術の創出、成果の普及、社会への実現までを見据えた戦略や中長期シナリオを策定。有効な情報の発信を、広く社会に向けて継続的に実施する。





中村栄一

なかむら・えいいち

東京工業大学理学部化学科卒業。
同大学大学院博士課程を修了後、コロ
ンビア大学博士研究員、東京工業大学理
学部化学科助教授、国立分子化学研究
所客員助教授、東京工業大学理学部
化学科教授を経て、1995年より東京
大学大学院理学系研究科教
授。2009年に紫綬褒
章を受章。

01

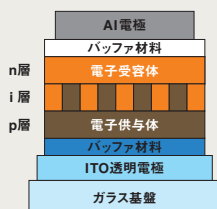
Topics

新型有機薄膜太陽電池の開発に成功

次世代太陽電池の高効

用語解説 有機薄膜太陽電池

2種類の有機半導体（電子供与材料と電子受容材料）を組み合わせることで作る次世代太陽電池の1つ。塗布技術が進めば印刷製造が可能なので、シリコン太陽電池に比べて低コスト化が期待できる。また、色をつけたり、曲げたりすることも可能で、なおかつ軽いので広い用途に使用することができる。ただし、エネルギーの変換効率や耐久性の問題で、実用化にはいたっていない。電子供与体=p層、電子受容体=n層、その中間に位置する、電子供与材料と電子受容材料からなるi層の「p-i-n（三層型）構造」では、中村教授が初めて塗布作製に成功した。



今回作製した
有機薄膜
太陽電池の
模式図

エネルギーの変換効率を 世界最高レベルに

クリーンなエネルギーの創成が急務とされている現在、太陽電池にはあらためて熱い視線が注がれている。ただし、原理そのものは19世紀前半に発見され、以来、1世紀半以上にわたって研究、開発が続けられてきているわりには、まだ決定的なテクノロジーとなっていないのは否めない事実だろう。だが、それはまだ新しいブレイクスルーの生まれる余地が多分にあることを意味している。

そして、そんなブレイクスルーとなりうる可能性を大いに秘めているのが、中村栄一東京大学大学院教授を中心とする「中村活性炭素クラスタープロジェクト」が開発した新型の有機薄膜太陽電池だ。

この太陽電池の特徴は、なんといっても有機薄膜太陽電池の欠点とされてきたエネルギーの変換効率を、世界最高レベルの5.4%まで高めたことだろう。これには新開発の電子供与体と電子受容体の両方が大きく寄与しているのだが、そうしたディテ-

ルに入る前に、まず有機薄膜太陽電池の特性を、中村教授に語っていただく。

「現在の太陽電池はシリコン型が主流ですが、純粋なシリコン（ケイ素）を作るのは非常にむずかしい。たいていはシリカ（二酸化ケイ素）になっていますが、ケイ素と酸素は非常に結合が強いので、それを分離するのは原理的に困難なんです。じゃあ、なぜケイ素を使うのかというと、単純に電気の研究がずっと使ってきたので、最初に技術として注目されてきた。よく知っている物質だから使っているだけで、これがベストだという証拠はどこにもないんです。

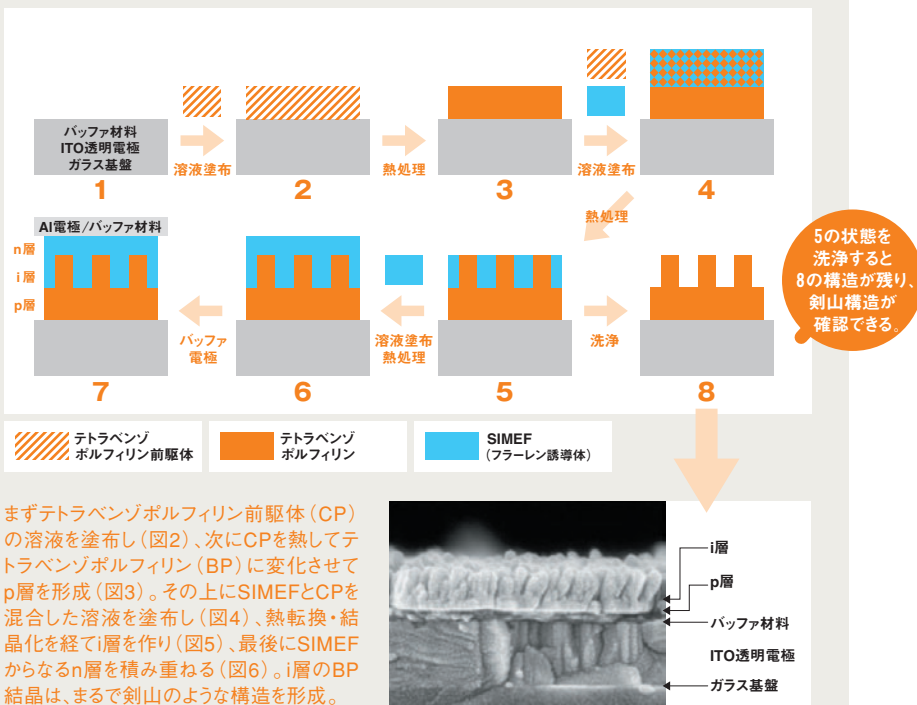
シリコンの太陽電池は、化学の原理的に見て大量生産がむずかしい。それに比べて有機物はコストがかりません。10分の1ぐらいで済みます。いま、有機薄膜太陽電池は7%の効率があれば市場投入が可能だといわれています。シリコン系よりはるかに低い数字ですが、それでよしとされているのは、もともとの製造にかかわるエネルギー投下量が少ないからで、そこが有機薄膜太陽電池の圧倒的に有利な点なんです」

新開発の電子供与体と受容体の出会いが理想的な「剣山構造」を生み出した

さて、今回の有機薄膜太陽電池の特徴は、先述の通り、新開発の電子供与体と電子受容体だが、この2つの組み合わせは一種のセレンディピティ（幸運な偶然）だった。

「まず同じプロジェクトの佐藤（佳晴）グループリーダーが、三菱化学時代にCP（テトラベンゾポルフィリン前駆体）を熱するとBP（テトラベンゾポルフィリン）に変化するという反応に注目して、実際に三菱化学では有機薄膜トランジスターに応用していたんです。で、これをわれわれが開発したフラレン（炭素クラスター）化合物と組み合わせると、太陽電池の分野でいい結果が得られるんじゃないかという漠然としたイメージがあって……。というのも、それまではPCBM（フェニルC61醜酸メチルエステル）というフラレン誘導体が電子受容体に使われていたんですが、これは最初に使った人が偶然うまくいったから、そのまま使われていただけだったんですね。シリコンと同じように。じゃあ、なぜそういうことになったかというと、太陽電池研究の分野は応用物理学者が仕事をしていたからで、」

塗布型p-i-n三層型有機薄膜太陽電池の成膜プロセス



戦略的創造研究推進事業ERATO「中村活性炭素クラスタープロジェクト」

率化に挑む！

瓦がそのまま発電システムを兼ね、家庭内の電気をすべて供給する。あるいは自動車のスモークガラスが、エンジンを動かす電池になる……。そんな未来図への第一歩を記すのが、新世代の有機太陽電池だ。

化学者はほとんど参画していなかった。だから、そこに化学者が参画して、次々にフラレンの誘導体を作っていけば、必ずやPCBMよりいいものが見つかるに違いない、というのは100%信じていたんです。

でも、最初のトライはちっともよくなかった。で、半年ぐらいて松尾（豊）グループリーダーが、こいつはどうかとSIMEF（フラレン誘導体）を使ってみたんです。そもそもSIMEFはわれわれが開発した新しいフラレン化合物で、スクリーニングが簡単に何度でもできる化合物として開発されたもので、まったく用途が違っていた。だから、佐藤さんと松尾さんがそれぞれ別の用途で開発した化合物を、有機薄膜太陽電池のために合体させてみたら、これが大当たりだったということなんです。この組み合わせで2%だった効率がいきなり3.5%まで跳ね上がった。倍近い数字ですよ。このときの感激は大きかったですね。物理学者の領分だったところに有機化学者が出てきて、化合物のパラメータをいじると、効率が上下するという予感がたしかめられたわけですから」

そして、この効率上昇の鍵となったのが、BP結晶とSIMEFのカラム／キャンオン構造（※）だ。剣山状になったBPの隙間をSIMEFが埋めていくこの構造は、電子が流れやすい状態を作り出す。

「これは、じつは世界中の有機薄膜太陽電池研究者が作りたかった構造で、論文などに図として何度も出てきたんです。原理的に理想的な構造として。でも、作った人がいない。あるいは、作れた人はいるのかもしれないけど、証明した人がいないんです。これ（右上写真）はSIMEFをトルエンで洗って、この構造を目で確認できるようにしています。加熱するうちにBPは結晶化するので、柱状の構造が残るんです。こういうことが可能になったのも、オリジナルの化合物を使ったから。化合物が類を見ないから、類を見ない剣山構造が出来たんですよ。

ただ、全部がきれいに剣山構造になるわけじゃなくて、ダメダメになってしまうところもある。そういうところは効率もぐっと下がります。ですからそのあたりを完全にコントロールすることが、目の前の課題でしょう」

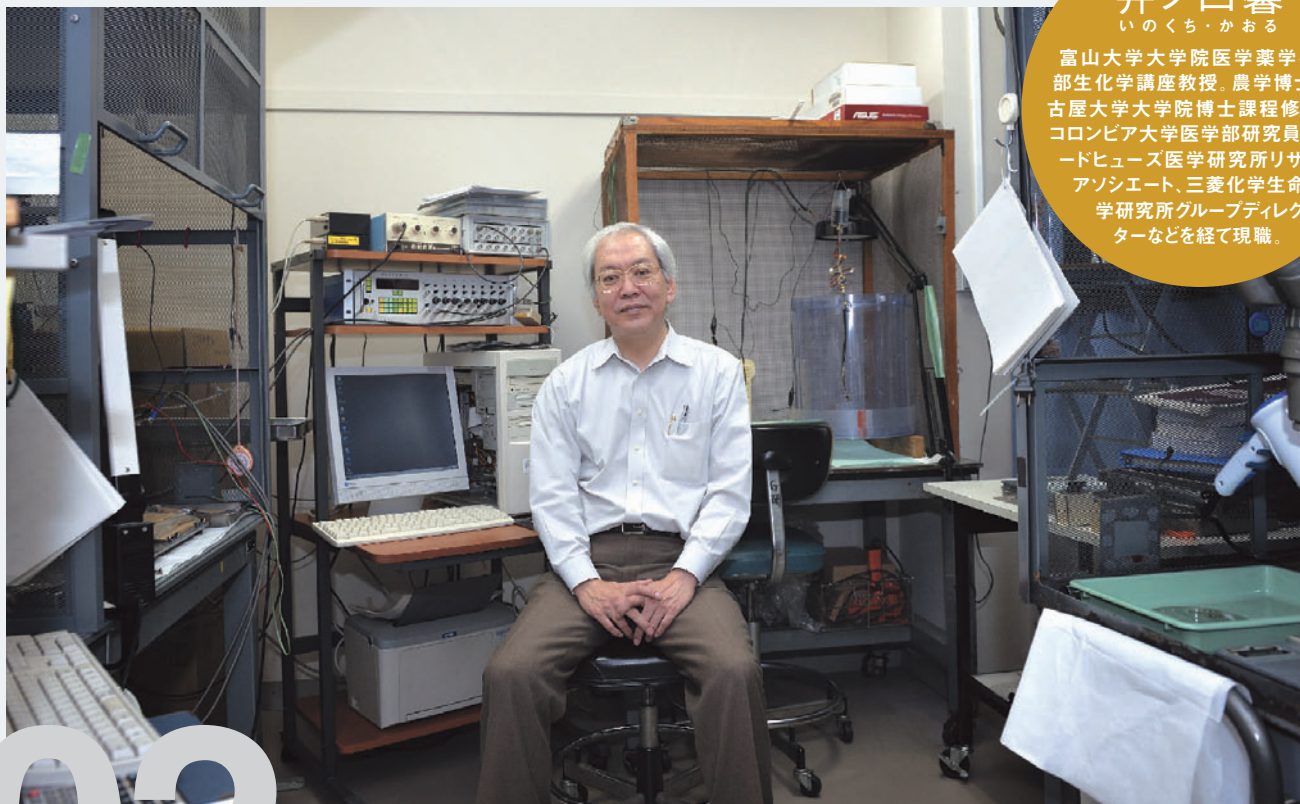
新反応を機能に結びつける化学者ならではの発想

実際の話、ほかにも実用化までに越えなければならないハードルは数多い。たとえば、耐久性の問題。あるいは、広い面積に太陽電池を塗布する方法。「それでも研究に着手した5年前には、はるか遠くに見えたエネルギー問題の解決も、あながち夢物語ではなくなっています。これは物理学者中心だった有機エレクトロニクスの分野に、自分たちでつけた新反応を機能に結びつけるという、化学者の発想を持ちこめたことが大きいと思います。その意味ではERATOというプログラムは、研究統括がプロジェクトを構成し、組織の枠を超えて研究員を集め指揮することができるので、異分野の研究者をしがらみなく集められましたし、私の場合、化学者の発想を活かして炭素クラスターを次世代エネルギーだけでなく、医療や情報の分野にも展開することができました。5年間という研究期間内に変換効率を2から5にするのはたいへんでしたが、5を超えたので、7はもう見えています」

井ノ口馨

いのくち・かおる

富山大学大学院医学薬学研究
部生化学講座教授。農学博士。名
古屋大学大学院博士課程修了後、
コロンビア大学医学部研究員、ハワ
ードヒュース医学研究所リサーチ
アソシエート、三菱化学生薬科
学研究所グループディレク
ターなどを経て現職。



02 Topics

戦略的創造研究推進事業CREST「精神・神経疾患の分子病態理解に基づく診断・治療

海馬における生後の神経新生が
恐怖記憶の処理にかかわることを発見

海馬と記憶

用語解説

海馬

脳領域の1つ。小指ほどの大きさで、ギリシャ神話の海神ポセイドンがまたがる架空の動物・海馬の尾の形に似ていることから名付けられた。記憶を思い出す際、最初は海馬のはたらきを必要とするが、げっ歯類では数週間後、ヒトでは半年から数年後には必要がなくなる。このため、記憶は最初海馬に貯蔵された後、別の脳領域（大脳皮質）に移行するとされるが、その仕組みは明らかになっていない。また、海馬では大人の脳でも新しい神経細胞が生まれている。



ヒトの海馬
(赤い部分)

「想定外」の実験結果から 斬新な発見が生まれた

記憶が最初に貯蔵される海馬。その海馬で神経細胞が絶え間なく生まれていると聞けば、その細胞は記憶の獲得にかかわると考えるのが自然だろう。分子レベルで脳機能の解明に取り組む富山大学の井ノ口馨教授も、当初はそう考えていた。

「ある経験をする、海馬の神経細胞ではシナプスの伝達効率が上がり、その状態がしばらく続きます（長期増強＝LTP）。神経細胞の新生を阻害すればLTPが起きにくくなるだろうと考え、たしかめてみました」

ところが、実験結果は予想とは違っていた。神経細胞の新生を阻害したマウスでも、LTPは普通のマウスと同じように起きてしまう。ガッカリしながらもデータを取り続けたところ、さらに「想定外」の結果が出た。1回起きたLTPは、普通のマウスなら2週間くらいで減少する。ところが、神経細胞の新生を阻害したマウスは2週間経っても減少しなかったのだ。「神経細胞の新生は記憶の獲得ではなく、消去にかかわるのではないか」

——新たに生まれた仮説をたしかめるため、井ノ口教授は神経細胞の新生を阻害したマウスに恐怖記憶を獲得させ、持続時間を調べてみた。ところが結果は、通常のマウスと変わらない。再び仮説を否定されたように思えるが、今度は「想定内」だった。

「記憶は次第に海馬から消去されて、大脳新皮質へ移ります。だから、恐怖記憶の持続時間に変わりはない。でも、通常のマウスでは記憶が大脳新皮質に移っているのに対して、神経新生を阻害したマウスではまだ海馬に残っているのではないかと考えました」

そこで、さらなる実験を試みた。すると、通常のマウスは4週間後には恐怖記憶を思い出すために海馬のはたらきが必要でなくなるのに、神経細胞の新生を阻害したマウスではまだ海馬を必要としていた。一方、記憶後、まだ日が浅い7日後では、通常のマウスは依然として海馬のはたらきを必要としているのに対し、神経細胞の新生を促進したマウスは必要としなくなっていた（P13「実験のまとめ」参照）。こうして、「神経細胞の新生は記憶の獲得だけではなく、海馬の記

憶の消去にかかわる」という斬新な仮説が証明されたのだ。

海馬から記憶を消去するから新しい記憶を獲得できる

神経細胞の新生が記憶の消去にかかわるのなら、新生が起きなければ記憶力がアップすると思える。しかし、実際には年をとるほど新生は減少し、記憶力は衰えてしまう。一見、矛盾しているように思えるのだが？

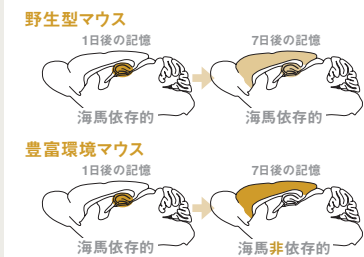
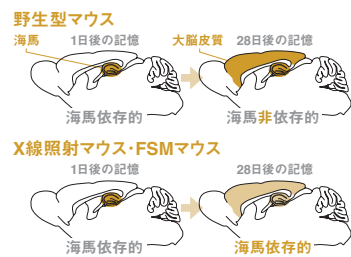
「神経細胞の新生は海馬で起こります。海馬は記憶が一時的に蓄えられる場所で、記憶容量は小さく、すぐにいっぱいになってしまう。だから、海馬は記憶を整理し、消去して、容量ははるかに大きい大脳新皮質に送ることで、新しい記憶を獲得するスペースを作ります。これはたらきに、神経細胞の新生がかかわっているのです。だから、年をとって新生が活発でなくなると、海馬の記憶容量がすぐにいっぱいになり、記憶力が衰えと考えられます」

こうした記憶をめぐる海馬と大脳新皮質のはたらきが、知識の獲得にも大きな役割を果たしていると井ノ口教授は考える。

「知識は、似たような記憶をつなげて意

実証実験のまとめ

①野生型マウスでは、**28日後**の記憶想起は海馬のはたらきを必要としなかった（記憶が大脳皮質に転送された）が、X線照射により海馬の神経新生が消失したマウスや遺伝子操作により神経新生が消失したマウス（FSM）は、**28日後**の記憶の想起に海馬のはたらきを必要とした。



②野生型マウスでは、**7日後**の記憶は部分的に海馬依存であったが、豊富環境下（廻し車のある飼育ゲージなど）の飼育で海馬の神経新生が促進したマウスは、7日後の記憶は海馬非依存的（すでに大脳皮質に転送された）であった。

★神経新生は海馬記憶の消去に関与している！

へ向けた新技術の創出」研究領域／研究課題「恐怖記憶制御の分子機構の理解に基づいたPTSDの根本的予防法・治療法の創出」

脳の海馬で新しく生まれた神経細胞は、記憶の獲得だけではなく消去にもかかわっている——
トラウマ記憶が原因となる心的外傷のストレス（PTSD）などの
精神疾患予防・治療に新たな展開が期待される。



味のあるものに変えることから生まれます。大脳新皮質にはたくさんの引き出しがあり、そこに整理された記憶は安定していて互いにつながりにくい状態にあると考えられます。しかし、何かを思い出すときには、記憶が引き出しから海馬へと引っ張り出される。このとき、記憶は不安定な状態になります。そして、再び引き出しにしまわれるとき、似たような記憶につながり、再固定する——こうして「記憶」は「知識」となるのではないかと考えられるのです」

今回の発見をこうした知見と結び付けば、PTSD（心的外傷後ストレス）の予防にもつながると期待される。

「たとえば地下鉄で事故に遭ったPTSDの患者さんは、地下鉄だけでなく車にも乗れなくなったり、人ごみにいられなくなったりする。それは、事件の記憶が海馬にあるうちにほかの記憶と強くつながったままになってしまうからだと考えられます。PTSDにつながりそうな経験をしたときに神経細胞の新生を促進させれば、早めに海馬から記憶を消去し、PTSDを防げるかもしれません」

高校時代の疑問を追いかけて分子生物学から脳科学へ

井ノ口教授が脳科学の道に進んだのは30歳代半ば。分子生物学者からの転進だった。その原点は高校時代にある。

「『人間とは何か』を知りたいと思い、カントやニーチェなどを読みあさりました。やがて哲学ではなく自然科学に答えがあるのではないかと気づきましたが、いきなりヒトで答えを求めるのは難しい。まずは単細胞生物で生命を解明しようと考えたのです」

こうして分子生物学の道に進んだが「人間とは何か」という思いは頭から離れない。調べたところ、記憶というアプローチなら分子生物学の経験を生かして人間に迫れる感触を得た。分子レベルでの脳科学は、当時は未開拓の荒野だったが、脳科学の権威であるアメリカのエリック・キャンデル教授が可能性を見出していると知り、自らの研究プランを示した手紙を送った。面識はなかったが、1週間ほどで快諾の返事をもらう。意を決して渡ったアメリカで、井ノ口教授のその後の記憶研究における進路の基

盤ができたのだ。

「アメリカに渡るとき、日本で築いてきたものはすべて捨てました。不安はありましたが、自分は心が弱いから、それくらいしなければダメだと思ったんです」

いまでは状況がガラリと変わり、分子生物学者が次々と脳科学の分野に進出する時代となった。それでも脳科学には未知の分野が広がっている。

「脳科学の現在は、物理学でいえば16世紀、ガリレオやニュートン以前の状態といわれます。脳のはたらきの部分部分は解明されつつありますが、共通する根本原理が見つかっていないのです。しかし、機は熟している。もう間もなく、次の世代から脳科学のガリレオやニュートンが出るのではないのでしょうか」

ガリレオやニュートンの発見は、常識にとらわれず自らの疑問を追求することから生まれた。「人間とは何か」から出発した井ノ口教授をはじめとする、さまざまな脳科学の探求は、やがて大きな波となり、私たちを新しい時代へと導いてくれるだろう。■

ようこそ
私の研究室へ

. 西成活裕



数学の力で世の中のさまざまな渋滞を解消する 現象の本質を抽出した数理モデルに基づき解決策を提案します。

PROFILE

西成活裕 (にしなり・かつひろ)
東京大学 先端科学技術研究センター 教授

1967年東京都生まれ。90年、東京大学工学航空宇宙工学科を卒業し、同学科大学院に進学。95年、博士課程を修了し、山形大学工学部機械システム工学科助手。97年、同大学助教授。99年、龍谷大学理工学部数理情報学科助教授。02年から1年間はケルン

大学理論物理学研究所にて客員教授。05年、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻助教授。07年10月よりさきがけ研究者(～11年3月)。09年7月から現職に就任。工学系研究科の教授も兼任。『渋滞学』(新潮社)等、一般向け著書を精力的に執筆。



自然渋滞は運転の仕方でも解消できる 数学的に導いた解決策を実証

「世の中の問題を数学を使って解決したいと考えています。道路渋滞は発生初期なら、ドライバーの心がけ次第で解消できることを数学的に発見し、さらに実証できました」

「先生、小仏トンネル付近のクルマの流れが時速55キロまで落ちました」。中央自動車道の上野原IC付近で待機していた西成

活裕さんの携帯電話に警察から連絡が入る。この知らせを待っていた。「よし、出動!」。JAF(日本自動車連盟)のベテランドライバーの運転するクルマ8台が連なり、上り車線を渋滞発生地点へと向かう。

2009年3月15日。警察庁、JAFの協力を得て西成研究室は社会実験を行った。車間距離40メートル以上、速度は渋滞地点が近づいたら[周囲の流れ一時速20キロ]で走行——。このような運転をするクルマがあれ



生産工程の渋滞＝「ものづくりのムダ」を研究し、さらに『ムダとりの歌』を歌ってCDデビューも果たす。

ば、渋滞は解消される。西成理論に基づく予想は、みごとに実証された。放置していれば長くなっていたであろう渋滞は、8台の“渋滞吸収車”によって消滅したのだ。

小仏トンネル手前の上り車線は渋滞の名所だ。下り坂から上り坂に緩やかに変わっているため、ドライバーが意識しないままにクルマが減速しがちなうえ、トンネルの入口もドライバーに心理的圧迫感を与え、車間距離が詰まりやすい。詰まってきた状況で、あるクルマがブレーキを踏むと、後続のクルマも次々と踏む。クルマの減速の度合は増幅しながら列の後ろへ伝搬していき、ずっと後ろにいるクルマは完全に停止してしまう。これが自然渋滞の発生過程だ。交通流の数学的研究には半世紀近い歴史があるが、自然渋滞の本質をとらえた実用的な数理モデルは、1998年、西成さんによって初めて作られた。



荒修行で思考力を鍛える 自分を追い詰めた大学院生時代

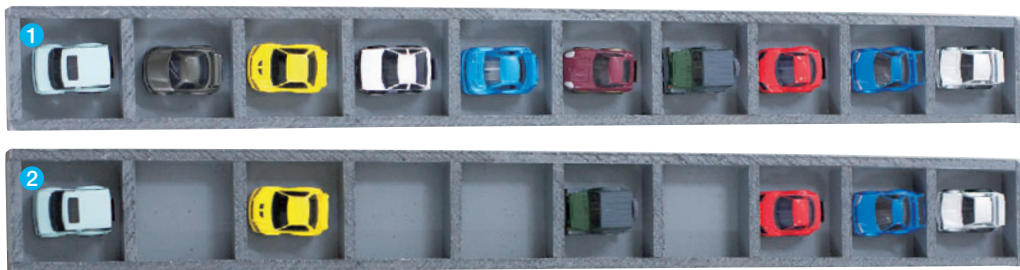
「どんな問題でも、最初から先人の出した答えを探さないで、3カ月は自分の頭で考えてみるんです。そうすることで力がつくし、独自の解法を発見できるかもしれない」

ラジオ作りにハマったのは理系少年の典型。しかし、原理を理解したくて、電磁気学を勉強しようとする小学生は珍しいだろう。さすがに無理だったが、実践と理論の2方向への強い志向は早くから現れていた。後にこうした資質はあますところなく生かされるのだが、そう簡単にはいかなかった。

独立心旺盛で才気走った若者だった。大



奔放に研究しているようにも映るが、じつはとても計画的。取材時に「そこは戦略」と繰り返したのが印象的。



ASEPによる渋滞モデル（「研究の概要」参照）を説明する模型。①は完全に詰まった「渋滞」状態。次のステップではどのクルマも動けない。②では列後方で渋滞が始まっている。次のステップでは白と青の2台は前のマスが埋まっているので動けないが、他のクルマは動ける。③は中央自動車道での社会実験の様子。シールを貼ったクルマが走る。

学入学後は、専攻を気にせず、興味の赴くままに授業を受けた。「経済学原論などが並ぶ私の履修表からは、絶対に何科の学生か当てられませんよ」。卒論や修論のテーマ選択は教官の指導の下に行われるのが通常だが、「自分で決めるから」と断った。「独立するから」と親の送りも辞退した。



①学生が研究する部屋。けっこう散らかっているのは男子学生のみだから?②複雑な現象のシミュレーションも、すべてパソコンを使って、自分でプログラムを組んで計算する。③壁には西成さんの取材記事などのコピーがたくさん貼られている。渋滞学が注目されてから、マスメディアでひっぱりだこだ。

その結果、博士課程の前半までは、どん底の日々を送るハメになった。「これだ!」と思って何カ月も研究して先生に見せに行くと「ああ、それはもう過去にやられた」と突き返された。そんなことを繰り返すうち追い詰められて、バイトをする余裕もなくなる。どんどん貧乏になり、ソメメンだけで空腹をごまかし、洗濯機を風呂代わりにした。修論は既知の結果を計算し直すようなものしか書けず、どこの学術誌からも掲載拒絶。ついにはストレスで顔面神経麻痺になり、牛乳を飲むと口の端からこぼれ落ちた。

しかし、このスタイルを貫き、一流学術誌への論文掲載に漕ぎ着けた。しないで済んだ苦労だ。だが、おかげで自分でテーマを発見し、独自の発想で挑戦する基礎体力が養われた。「結局、正攻法しかないんです」。



本質をとらえた数理モデルで社会のさまざまな課題に貢献

「自分は純粋に数学を研究していてもたいしたことはできない。それより、世の中の問題に応用しよう。どうせなら、社会にインパクトを与える問題がいい、と考えました」

大学時代からずっと航空宇宙工学科に籍を置いていたが、より自分の志向に合う分野を求めて、博士課程では応用数学の研究室で研究していた。ところが、上述の苦難のトンネルを抜けて、「さあ、これからだ。見てろよ!」と意気込んで同業者たちを見まわしてみると、手強いライバルがたくさんいた。

そこで立てた戦略が、数学で社会的な問

題を解決すること。分野横断的な勉強は得意だったから、そうと決まれば、水を得た魚の如し。ベルトの運動を厳密に計算する理論を作ってプリンター開発に活用される、ボブスレーのオリンピック選手のためにソリに乗る最適なタイミングを計算する、等々。己を知った男は本領を発揮する。

博士課程を終える頃からこっそり温めていたテーマがあった。「当時、ASEP（「研究の概要」参照）という数理モデルが純粋に数学的な関心を集めていたのですが、私はこれが渋滞研究に使えると直観したんです」。微分方程式をASEPへ変換する超離散化という手法が指導教官らによって開発されていたことが強みになった。

「ASEPで渋滞を、と考えた研究者は他にもいましたが、超離散化は私だけの強みでした。これを使えば、現象の本質を表現する微分方程式からモデルを導出できるからです」。現在、渋滞をキーワードに西成さんの研究対象は、物流、医療、インターネット等、驚くほど多彩な広がりを見せている。■



左は社会実験の際にクルマに貼ったシール。遊び心で西成さんの似顔絵を入れた。右はラジオ番組がリスナーに呼びかけて作った渋滞吸収隊のステッカー。



研究の概要

「数理物理の直接的社会応用を目指して」をスローガンに、提唱する「渋滞学」で実社会のさまざまな課題に取り組む。たとえば、進行中の大きなプロジェクトに、羽田空港の国際線発着枠の大幅拡大に向けた、新しい物流ターミナルの設計がある。神経細胞内の分子移動の停滞を調べ、アルツハイマー治療などに貢献する方法を探る、といった研究もある。どんな現象に対しても、パソコンで計算できる

くらいシンプルで、かつ本質を再現する数理モデルを作るのが西成さんのやり方だ。モデルのベースとなるのは、ASEPと呼ばれる手法。1次元の場合、1列に並んだ箱を考え、いくつかの箱に球が入っていると考えるとイメージしやすい。球を一斉に1方向へ動かしていくが、その際、もし前方の箱にすでに球が入っていれば動かさない。入っていないければ、ある確率で隣の箱へ移動する。並んだ箱を道路、球をクルマと見せれば、これが交通流モデルとなる。連なった球はいっせいに移動できないところにポイントがある。

4万人以上の先生が活用中!
理科授業に役立つデジタル教材。

〈理科ねっとわーく〉は、
小・中・高等学校の授業で使える
“理科教育用デジタル教材”を集めたWebサイト。
授業の単元に対応した約45,000点の
動画・静止画で構成される
約110タイトルのデジタル教材の
活用例を毎月1タイトルずつ
ご紹介します。

第11回

理科の先生がオススメする

私のイチ押しデジタル教材

不思議! 水溶液のいろいろな性質

授業例

東京都日野市立日野第四小学校

荒川知美先生

小学校6年

「水溶液の性質」

授業の狙い

はじめて扱う水溶液。一見、水のように見えてしまうことで、児童が「大して危険ではないだろう」と感じてしまう。そこで、このコンテンツを提示することによって、水溶液の危険性を伝える。

① 水溶液とは「水に何かを溶かした透明な液体」であることを確認する。

② 5種類の水溶液など(水・味噌を溶かしたもの・酢・食塩水・重曹を溶かしたもの)を用意し、それぞれ何を溶かしたもののかわかるためにはどのように実験すればよい考えさせる。

児童の反応:「触ってみる」「匂いをかいでみる」「なめてみる」「蒸発させて何が出てくるか見る」

③ 実際に実験する。

④ リトマス紙を使って、5種類の水溶液などを酸性・中性・アルカリ性に分類する。

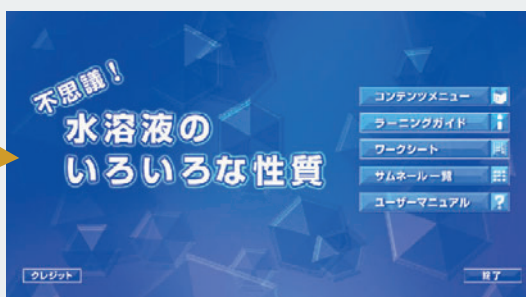
⑤ コンテンツを見せる。酸性の代表的な水溶液に「塩酸」、アルカリ性に「水酸化ナトリウム」があり、なかには危険な水溶液もあることを伝える。

児童の反応:「怖いなあ」「手についたらすぐに洗おう」「落ち着いて実験をしないとイケないね」

不思議! 水溶液のいろいろな性質

水溶液の「溶ける」という現象からはじまり、酸やアルカリ、蒸発・再結晶など水溶液のさまざまな性質について、実験やCG、顕微鏡映像を織り交ぜながら解説します。鍾乳洞の出来方など自然を理解する映像もあり、水溶液を多角的に学習できます。

トップページ



危険な水溶液の性質



教室では扱わない水溶液の実験を見せることで、水溶液の危険性を認識させることができます。

オススメポイントはココ! //

水溶液の危険性を
感じてもらうために
実験映像を見せる。



酢や食塩水など、身近な水溶液から学習に入ったことで、「水溶液は危険ではない」と感じてしまった児童が多くなりました。そのため、塩酸や水酸化ナトリウムを使用する際、「ていねいに扱うこと」と指導しても、水溶液の危険性を理解していない児童にとっては、なぜていねいに扱わなければならないのかのかわかりにくいようです。

そこで、実際には教室で扱わない危険な水溶液、たとえば硫酸や王水の実験の様子を見せることにより、「水溶液には危険性があるものもある。だからていねいに扱っていかなければならないんだ」と、児童が認識できたと思います。

実際に、映像を見せてからは、ゆっくり、よりていねいに水溶液を扱うようになりました。

教育関係者向け

理科ねっとわーく

<http://www.rikanet.jst.go.jp/>

非営利・教育目的という条件で、ホームページ上での簡単な利用者登録だけで、無償で利用できます。

一般向け

理科ねっとわーく

一般公開版

<http://rikanet2.jst.go.jp/>

〈理科ねっとわーく〉のデジタル教材のなかから一般公開が可能なものを、インターネットで公開しています。登録の必要はなく、どなたでも無料で閲覧できます。

一般の方もご覧いただけます!