JST News

Vol.3/No.2
2006/May
5月号

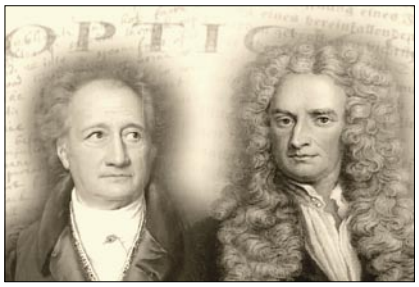
Special Report

進み出した産学連携

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

JST News
Vol.3/No.2
2006/May
5月号

近代科学の父ニュートンと、世界的文豪のゲーテが、「色とは何か一」という問題に取り組んだ成果を、サイエンスチャンネルでは科学番組にし、第47回科学技術映像祭で文部科学大臣賞を受賞しました。



What is JST?

JSTの産学連携・技術移転支援

Japan Science and Technology Agency

将来の日本を考える上で、産学連携を強化し、研究成果の企業への技術移転を進め、イノベーション創出による経済活性化を図ることは重要な課題です。そのためにJSTでは様々なプログラムを設けて、技術移転を推進しています。

大学などの独創的な研究成果の社会還元を目指して、ベンチャー起業のための研究開発を進める「大学発ベンチャー創出推進」、新技術コンセプトのモデル化を進める「独創モデル化」、企業などへの委託により新技術の開発を進める「委託開発」などのプログラムがあります。

平成18年度からは、潜在しているシーズを発掘し、大学などと企業との共同研究につなぐことでイノベーションの創出を目指す「産学共同シーズイノベーション化事業」を開始します。

さらに技術シーズとニーズのマッチングの場として産学官連携ポータルサイトを運営し、また新技術説明会などの場や技術移転総合窓口を設けています。

編集長
福島 三喜子
編集委員
古旗憲一　長谷川奈治
佐藤雅裕　笹月俊郎
和木文敏　飯島邦男
瀬谷元秀
制作協力
サイテック・コミュニケーションズ
(株) 学習研究社 科学創造研究所
表紙画
五十嵐仁之
デザイン
グリッド
写真撮影・提供
由利修一
kanehisa laboratories
石田清仁・貝沼亮介

C O N T E N T S

03 People
大学のシーズを発掘し企業につなげる
今成 真　JST産学連携事業本部開発主監

04 Special Report
事業化リスクの低減で
進み始めた産学官連携
大学の研究成果から生まれた独自の研究シーズが、産学官連携によって大きな事業に発展しようとしている。

08 Information
コンピューター上に生命システムをつくる
データベースが開く新しい生命科学

10 R&D
状態図シミュレーションが作り出した
世界初の形状記憶合金

12 Literacy
New York Festivalsで銀賞受賞
味覚を超越した「食」の科学番組

14 Trend
知の旅人からのメッセージ
親子タウンミーティング イン 東京

15 Column
サイエンスコミュニケーションは創発的活動なのだ！
渡辺政隆　科学技術政策研究所総括上席研究官、サイエンスライター

16 Entertainment
セレンディピティーの達人たち
中谷宇吉郎

JST Newsについてのご意見・ご感想は、以下のE-mailアドレスまでお寄せください。
jstnews@jst.go.jp

大学のシーズを発掘し企業につなげる

**長年の企業経験をバックにしてJSTの産学連携事業を産業界の視点からとりまとめる。
大学発ベンチャーの現状や産学連携に伴う知財の扱いなど、
産業界からの批判の多い問題についても、大学側への理解が暖かい。**

JST産学連携事業本部
開発主監
今成 真

ベンチャー企業のはずなのに事業をせず、補助金で研究開発ばかりしている――大学発ベンチャーに対する批判の一つだ。しかし、今成氏はベンチャーを擁護する。「必要悪だと感じています。それを規制すると出る芽も出なくなってしまう。たとえば最近の製薬業界では、研究開発や製造を外に任せ、自分は肝心なところだけに徹し、あとは売るだけ、という分業が盛んになってきています。この水平分業のなかでは、研究開発に徹する大学発ベンチャーの役割が大きくなります」

JSTで今成氏は、産学連携事業本部の競争的資金に関する業務をとりまとめる。「いまは委託開発制度の改革を一生懸命やっています。大学の先生のシーズを発掘し、それを開発する企業を選定して、そこに融資する。成功したら融資金を返してもらいます。けれども失敗の場合は金を返さなくていい。これには批判もあり、新しい仕組みを私が考えることになっています」

今成氏は三菱化学（入社は三菱油化）で、石油化学、機能化学品、ライフサイエンス、医薬などを担当してきた。その過程で日米の大学との関係が深まる。「化学産業に専門家がいなかったから」と笑う。「かつては米国の大学と契約するほうが圧倒的にやりやすかった。学長や副学長も出てきて、大学全体でちゃんとサポートしてくれる。日本の大学は頭が高くて、教えてやるという感じでした。でも今は違います。日本の大学も5年前とはだいぶ変わりました」

不実施補償にも理解がある。たとえば、大学と企業が共同で特許をとる。大学が自らその特許を実施することはない。大学はビジネスをしていないからだ。ここを理解して,企業がその特許を実施して収益をあげたときは、大学にも還元して欲しい。これが大学側の言い分であり、不実施補償と呼ばれる。企業はすでに共同研究費を出している。なぜまた払わなければならないのか。この思いが企業側にはある。今成氏は企業人としては異例と言えるほどの理解を示す。「私は、あれは仕方がないと思っている。企業から見れば専用実施権をもらえればいい。私は、実は三菱化学の中につくった研究会社の社長をしていました。その会社と本社の関係は、大学と企業の関係と同じことなのです」

これから力を入れたいこととして「大学のシーズを産業界にいかにつなげるか、そして大学にいかに良いシーズを出してもらうか」の両方を挙げる。JSTと企業の接触が少ないことが気になるという。

（早稲田大学客員教授　西村吉雄）

事業化リスクの低減で
進み始めた産学官連携

愛知製鋼（株）が製品化した高感度磁気センサーは、携帯電話機に相次いで採用されるなど、事業の拡大を順調に続けている。この磁気センサーは名古屋大学の独創的な研究成果をもとに、JSTの委託開発による支援で事業化された。産学官連携の代表的な成功例である。

最近、携帯電話機を振っている人を時々見かける。携帯電話機に搭載されたゴルフゲームなどを楽しんでいるようだ。携帯電話機をゴルフクラブに見立ててスイングすると、携帯電話機の画面内のゴルフコースにボールが飛んでいく体感型ゲームである。

こんな芸当ができるのは、携帯電話機に搭載された“モーション・コントロール・センサー”と呼ばれる加速

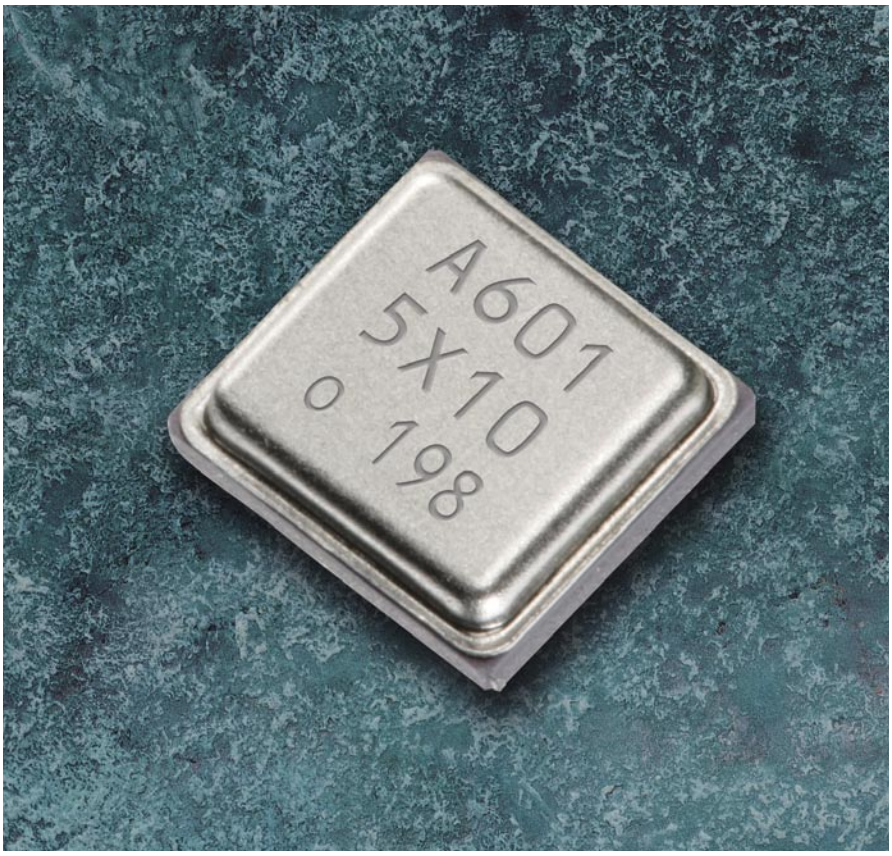
2006年4月に発売されたボーダフォンの携帯電話機「Vodafone 904SH」（シャープ製）。MIセンサーを利用したモーション・コントロール・センサー「AMI601」を搭載している。（ボーダフォン提供）

＊独創的シーズ展開事業委託開発とは
（平成16年度まで、委託開発事業として実施）大学などの優れた研究成果を実用化する企業に開発費を支出し、成功すれば無利子で返済、不成功の場合は返済不要という制度。詳細は http://www.jst.go.jp/itaku/

＊ERATOとは
新しい科学技術の流れをつくることを目的とした、研究プロジェクト。研究総括と呼ばれる卓越したリーダーを中心に、20人程度のメンバーでチームを組み、研究を進めていく。詳細は http://www.jst.go.jp/erato/index-j.html

度と方位（地磁気から導く）の両方を測れる磁気センサーが、携帯電話機の動きや姿勢を測定できるからだ（前ページの図）。電子的な“三半規管”として働くのである。

この磁気センサーが持つ機能はこれだけではない。携帯電話機を待ち受け画面にし、あるボタンを押すと、携帯電話機がパソコンのマウスのような入力機器に変身する。携帯電話機を左右や上下に振ると、定められた入力操作が行われるのだ。この技術を発展させていくと、携帯電話機をマンマシン・インターフェースとして使う時代が訪れると予想される。例えば、携帯電話機を振ると、テレビのスイッチが入ったり、画面操作ができたりする。これが実現すれば、想像もしなかったマンマシン・インターフェースが登場するだろう。



前ページのボーダフォンの携帯電話機に搭載された高感度磁気センサー・モジュール「AMI601」。MIセンサーを利用した地磁気センサー3個と加速度センサー3個（それぞれX、Y、Z軸用）が配置されている。携帯電話機の動きや姿勢などを測定できる。（愛知製鋼提供）

名大発のセンサー技術を愛知製鋼が事業化

この大きな可能性を秘めた磁気センサーは、MI（Magneto-impedance、磁気インピーダンス）センサーと名付けられている。MIセンサーは、鉄鋼メーカーの愛知製鋼が、名古屋大学の研究成果をもとに、新規事業開発として取り組んで製品化したものである（右上の図）。

製品化した磁気センサーは携帯電話機に相次いで採用され、新規事業の足場を築く成果を上げている。愛知製鋼は将来、自動車向けの加速度や姿勢を測る磁気センサーとして、大きな市場に育成する事業戦略を立てている。

日本の大学の研究成果から生まれた独自の研究シーズが、産学官連携によって日本企業の独創的な製品を実現させ、大きな事業に発展する見通しだ。産学官連携によるイノベーションで新産業を起こす動きが確実に進んでいる事例ともいえる。

もちろん、大学の独創的な研究成果をもとに、企業が事業化を図るには、いくつかの難問が出現する。愛知製鋼はそうした難問を次々と粘り強く解決してきた。これが事業化の成功につながっている。

その製品開発のリーダーを務めた本蔵義信取締役は「MIセンサーの事業化はかなりリスクが高いと予想されたため、JSTの委託開発事業によって事業化リスクを大幅に低減できたことが、事業開発に専念できる環境づくりに効果を発揮した」という。自動車向けの特殊鋼製部品を本業とする愛知製鋼にとって、磁気センサー事業はまったくの新領域での事業起こしだったからだ。

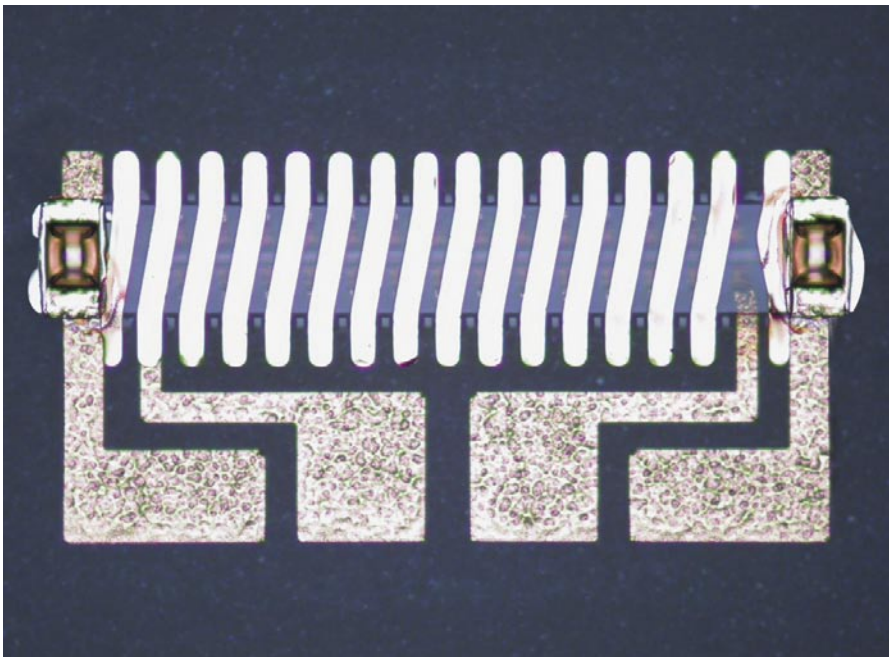
学術的研究成果としてMI効果を発見

この磁気センサー開発の出発点となったのは、名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻の毛利佳年雄（かねお）教授が1993年に発見した磁気インピーダンス（MI）効果である。金属を構成する原子がバラバラに並んだアモルファス（非晶質）の細長い磁性ワイヤーによって、外部の磁界を超高感度で測定できることを見いだしたのである。

アモルファスワイヤーをピンと張って両端を固定し、鋭いパルス電流を流すと、外部の磁界の強さに比例してインピーダンス（交流抵抗）が変わり、出力電圧が変わる。この出力電圧から磁界を測定するのが、磁気インピーダンス効果の原理である（次ページ上の図）。

まず、アモルファスワイヤーの表面に小さな“磁石”に相当する電子スピン（電子の角運動量、磁性の源）が円周方向に多数並んだ構造をつくる。この状態のワイヤーに外部磁界が働くと、電子スピンの向きがいくらか傾く。次に、立ち上がり時間が10ナノ秒（1億分の1秒）の高周波パルスをワイヤーに流す。すると、その表面の電子スピンが回転して元に戻る。この電子スピンが元に戻る時の誘起電圧を測ることで、外部磁界の強さが分かる仕組みである。

この誘起電圧をワイヤーの外側に



MIセンサー。横に貫いている直径20μm、長さ0.9mmのアモルファスワイヤーの周りに、ピックアップコイルを配置した構造。(愛知製鋼提供)

配置したピックアップコイルで測るのが、MIセンサーの原理である。この測定原理にたどり着くまでにも、紆余曲折(うよきょくせつ)があったという。

JSTが基本特許を出願 コンソーシアムを組織

毛利教授は、自分の研究成果が実用化されることを強く望んでいた。このため、磁気インピーダンス効果による磁気センサーの特許などを出願し、知的財産としていた。大学教員として「1年間に数本の特許を出願し続け、退官までに合計140件の特許を出願した」と毛利教授は語る。「特許明細書を書く作業は、自分の研究の位置づけに役立った」という。

アモルファスワイヤーを用いる高感度磁気センサーの研究シーズは、学会発表などを通して広く知れ渡っていった。この過程で、毛利教授は磁気インピーダンス効果を利用する磁気センサーなどの基本特許群の出願をJST(当時は、新技術事業団)に依頼した。JSTは出願費用を負担した。

そして、磁気インピーダンス効果をデジタル回路で実現することを目指したところ、いくつかの日本企業がMIセンサーに興味を持った。JSTは、MIセンサー開発の促進を目指し、「1998年に、MIセンサーのハイテクコンソーシアムを組織した」と、毛利教授は語る。このコンソーシアムに参加した企業7社のなかの1社が愛知製鋼だった。

MIセンサー製品化を目指し 委託開発を受託

MIセンサーの独創性を高く評価した愛知製鋼は、新事業起こしの種になると判断、JSTの独創的シーズ展開事業の委託開発*「車載用磁気インピーダンスセンサ」を申請し、認められた。そして、1999年3月から愛知製鋼が単独で自動車用の加速度や回転、姿勢などを測る磁気センサーの開発に取り組んだ。

実は、トヨタグループ各社は、1980年代中ごろからカーエレクトロニクスの実用化に力を注いでいた。この技術戦略マップの流れの中から、1990年代に自動車の姿勢制御や安全装備向けの磁気センサーの将来像が浮かび上がってきた。そこで、愛知製鋼は磁気センサーの事業起こしに乗り出した。

「高感度な磁気センサーということは、品質管理が難しいことを意味した」と、本蔵取締役は説明する。アモルファスワイヤーをピンと張るように両端を固定すると、その固定部に歪みが入ってしまう。歪みが入ると、誘起電圧にバラつきが生じて品質が安定しない。「歪みが入らないようにワイヤー端を固定し、ハンダづけする作業のノウハウは秘密事項になっている」と語る。

アモルファスワイヤーは直径20μm、長さ0.9mmで、コバルト・ホウ素・ケイ素・鉄(CoBSiFe)の組成をもつ。日本の素材企業が販売するアモルファスワイヤーを利用している。

ワイヤーの周りにピックアップコイルを巻き、ワイヤーやコイルに通電する回路を設ける技術を開発した結果、MIセンサーをX軸とY軸に並べた地磁気センサーの開発にメドがついた。この地磁気センサーの製品を「電子コンパス」として採用したいという米国企業が登場した。これにより、JSTの委託開発を前倒しで達成できたとして、愛知製鋼は委託開発を2001年8月に終了した。

この電子コンパスは、自動車がどの方位に向かって走行しているかを正確に割り出す機能を持っていた。縦・横・厚さが3.1×3.4×0.8mmと小型のパッケージにし、組み込みやすい形にまで仕上げた。「分解能は1度と従来品の10倍も優れていたため、自動車や携帯電話機の一部には採用されたが、電子コンパスの代替にはいたらず、最初の事業化はつまずきました」という。

加速度センサーを開発し 複合センサーを実用化

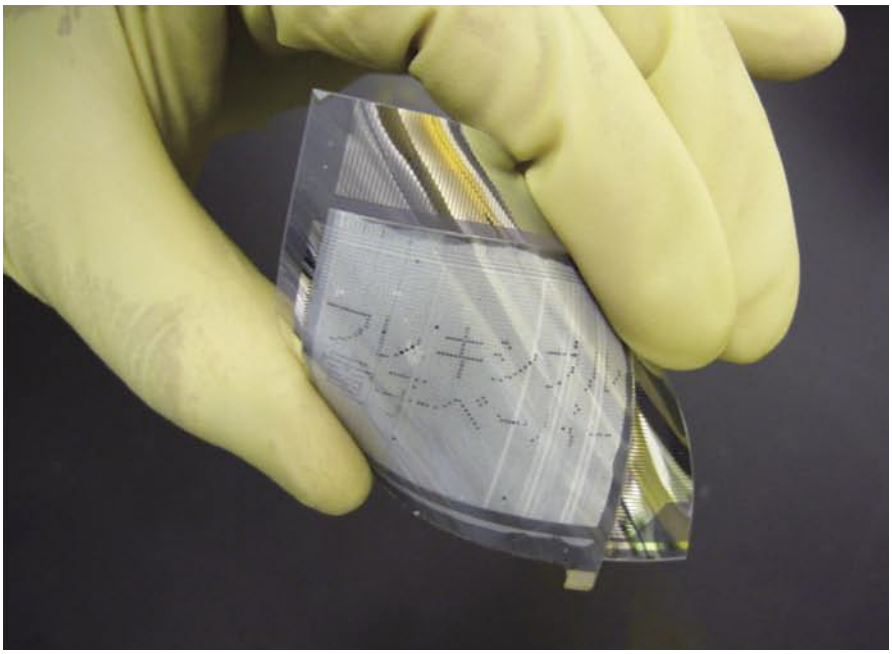
この間に、愛知製鋼はMIセンサーをもとに加速度センサーの開発に成功していた。カンチレバー(片持ち梁)をMEMS(微小電気機械システム)でつくる技術を開発し、MIセンサーと組み合わせた。長さ・幅・高さ2×0.6×0.4mmと超小型のニッケル・リン(NiP)組成のアモルファス製カンチレバーの先端に微細な磁石を取り付け、この磁石が動く際に起こる磁界の変化を検出して、加速度を求める。

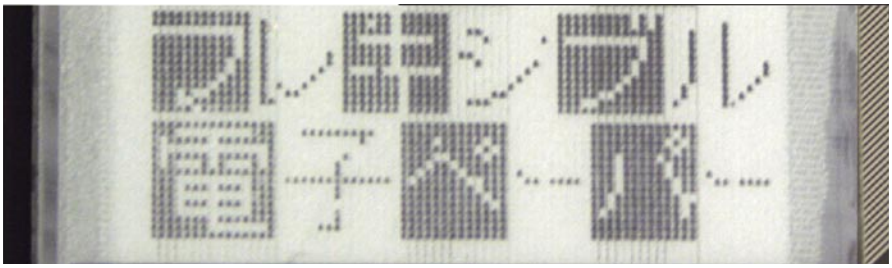
さらに、MIセンサーを利用する地

磁気センサーと加速度センサーを複合して、“モーション・コントロール・センサー”に適用する製品案が浮かび、携帯電話会社のボーダフォンと共同開発に乗り出した。

2005年2月にボーダフォンは携帯電話機「V603SH」（シャープ製）を発売した。この携帯電話機は、地磁気センサー3軸、加速度センサー2軸を組み込んだモーション・コントロール・センサー「AMI501」を搭載した。これによって、ゴルフゲームと射撃ゲーム、電子コンパス、振った数を測れるカウンター、入力機能のカーソル・コントロールなどの7機能を実現した。

モーション・コントロール・センサーの製品化では、MIセンサーのピックアップコイルを「3次元フォトエッチングでつくる生産技術を開発した」と、本蔵取締役はいう。コスト低減と品質管理を実現する生産技術をもとにして、独創的な製品を量産するという点で、他社の追従を許さないと読んでいる。





東工大フロンティア創造共同研究センターと凸版印刷が共同開発中の電子ペーパーの試作品。（凸版印刷提供）

基盤研究支援から大学発の独創的技術が誕生

JSTは大学・公的研究機関などから生まれる研究成果を深掘りする基盤研究支援として、戦略的創造研究推進事業などさまざまな事業を展開している。例えば、創造科学技術推進事業（ERATO）*の一つとして1997年10月から2002年9月まで実施された「井上過冷金属」プロジェクトは、東北大学金属材料研究所の井上明久所長・教授が見いだした、過冷却凝固でつくった金属ガラスの基盤技術の体系化を推進した。そして現在、金属ガラスの応用製品が相次いで実用化されつつある。

なかでも、高耐食性、高強度、低ヤング率などの特徴を生かした自動車エンジン向け圧力センサーの製品化が近い。東北大金材研の共同研究相手である長野計器は、平成18年度（2006年）後半に製品化する事業計画を公表ずみだ。これは、凝固時の体積変化がほとんどない特徴を生かし、ニア・ネット・シェイプ精密鋳造という方法によって製品の品質を保っている。

このほかにも、数社の企業が、流量計や超精密歯車機構などの製品化を企画している。金属ガラスという新材料の科学技術体系を、基盤研究によって整備した成果である。

また、凸版印刷は、東京工業大学フロンティア創造共同研究センターの細野秀雄教授の研究成果である、アモルファス酸化物半導体を利用した電子ペーパーの実用化を見通せるプロトタイプ開発を平成20年度（2008年）までに実施すると、2006年3月に発表した。これはTFT（薄膜トランジスタ）の活性層に、インジウム・ガリウム・亜鉛・酸素（InGaZnO）アモルファスを用いる。

東北大金属材料研究所と長野計器が共同開発した自動車向け圧力センサー。長野計器が早々に製品化する計画。（東北大学・長野計器提供）

このアモルファス酸化物半導体は、JST・ERATOの「細野透明電子活性」プロジェクトの成果として得られたもの。現在は、後継プロジェクトの中で、アモルファス酸化物半導体の科学技術体系の基盤研究と応用開発が引き続き進められている。

JSTが独創的な研究成果を見いだし、研究開発支援として研究資金を提供することで、根幹的な技術シーズが大学や公的研究機関から誕生する。この技術シーズを産学官の連携で共同開発し、事業化することで、まだ部分的ではあるが確実にイノベーションによる新産業が誕生し始めている。

（日経BP産学連携事務局編集委員
丸山正明）

コンピューター上に生命システムをつくる

データベースが開く新しい生命科学

多くの生物のゲノム塩基配列が解析され、膨大なデータがあふれだした。
そこから生命の機能を読み解くのは、情報学の仕事だ。これまでに蓄積された知識とデータを、
生命のネットワークとして表現するデータベースが、新しい生命科学の出発点になろうとしている。

バイオ研究者のあいだでこんなやり取りが交わされるのを聞いたことはないだろうか。「A先生はウエット、B先生はドライ」。A先生は人情家でB先生は合理主義者なのかと思うと、そうではない。A先生の研究室には培養器や試験管が置かれ、DNAチップも活躍しているだろう。一方、B先生の研究室にはパソコンが並び、研究所の一画には並列コンピューターが設置されているかもしれない。

存在感を増す情報学

「ウエット」は実験生物学をさし、「ドライ」は情報学を手段として生命にアプローチする研究方法をいう。基礎科学から医学、創薬に至るバイオ分野において、近頃著しく存在感を増してきたのが、生命情報学（バイオインフォマティクス）だ。

「きっかけをつくったのは、さまざまな生物種のゲノム解析が生みだした膨大な量の塩基配列データです。配列の生物学的な意味を解釈するのは、基本的に情報学の仕事なのです」

日本における生命情報学研究の草分けのひとり、京都大学化学研究所教授でバイオインフォマティクスセンター長をつとめる金久 實さんは、情報学の重要性をこう語る。

ゲノムに書き込まれた生命の機能を見つけだすには、塩基配列をこれまで得られた知識やデータと比較する計算プロセスが欠かせない。その基盤となる知識やデータを集約したのがデータベースだ。

現在、生命科学の世界には、多種多様の膨大なデータベースが存在し、その多くがネット上で公開され、研究のインフラとして活用されている。

アクセス数抜群の回路図

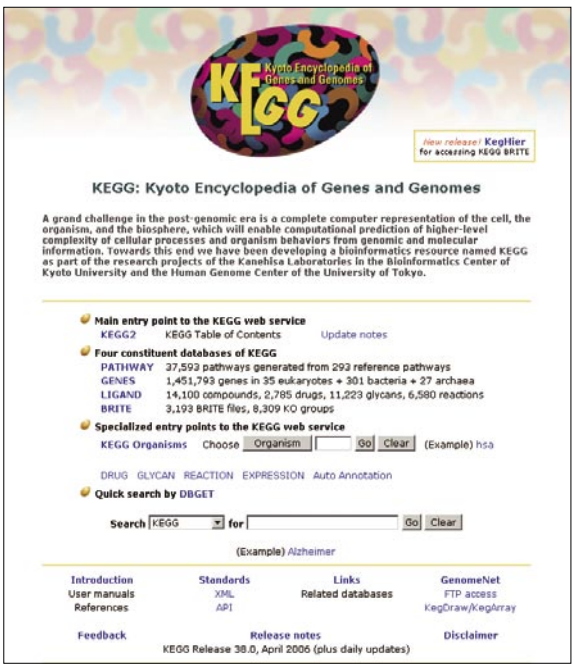
京都大学化学研究所では、1991年からコンピューター・ネットワーク「ゲノムネット」を運営してきた。

その中心的なサービスが、金久さんたちが手がける生命システム情報統合データベースKEGG（Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes）。誕生して10年、KEGGはいまや1日1万人の利用者から50万件ものアクセスがある世界の人気データベースとなっている。

KEGGの主要データベースであるPATHWAYでは、代謝や生合成といった生命の機能を遺伝子や分子の回路図（パスウェイ）として一目でわかるかたちで提供し、多くの研究者から頼りにされている。DNAの塩

＊バイオインフォマティクス推進センター（BIRD）とは

BIRDは、新たな産業、医療、農業の発展に寄与するバイオインフォマティクスの推進と、それを基盤とした21世紀の新しい生物科学の創造をめざしています。詳細は
http://www-bird.jst.go.jp/



KEGGのタイトルページから。
http://www.genome.jp/kegg/

基配列、タンパク質のアミノ酸配列、分子の立体構造などのバラバラの情報を、生命システムのネットワークのなかで関連づけて見られるのが魅力だ。

金久さんは、KEGGの構築を「コンピューターのなかに生命システムをつくり上げる」と表現する。「航空機や車をつくるときも、まずコンピューター上でデザインしますね。生物も、ある生物種をコンピューター上に表現しておけば、バーチャルな実験も可能になるわけです」。データベースは単なるカタログではなく、新しい生命科学の出発点だ。

KEGG PATHWAYから、代謝のページをのぞいてみよう（下図）。食物が生体でエネルギーに変換される経路である代謝は、いくつかの酵素と、その助けで分解されたり産生されたりする物質が構成するネットワークだ。ここでは、酵素は四角の枠で囲んだ酵素番号で、物質は丸で表わされている。それらを結ぶ線が経路である。おのおのの酵素からは反応や遺伝子の情報を見ることができ、丸印からは化合物情報を参照できる。生物種を選択すれば、どの酵素や経路をもつかが表示される。

逆に、ゲノムの遺伝子の並びから、この生物には特定のアミノ酸を合成する働きがあるというように、機能を判定することもできる。

ゲノムと環境の相互作用も

「ネットワークは生体の中だけで働くわけではありません。生物は常に外界との相互作用のなかで生きています。そこで、ゲノムと環境の相互作用も見ようと考えました」。

金久さんたちは、生物系の周囲にある物質とその反応を、ゲノムとの相互作用の観点から網羅的にリストアップする作業を始めた。「相互作用のデータベースは、実はゲノム解読の成果を社会につなぐときに最も肝心なところです」

たとえば、いま注目が集まる生活習慣病は、多くの遺伝的要因とともに環境要因がからんで発症する多因子性疾患だ。環境因子についての実験から結果が得られれば、それを取り込んでゲノムと化合物との相互作用のデータベースができるだろう。それは、ある薬物と生体内の物質や経路との相互作用を知る手段になり、延長線上に*in silico*（コンピューター上）創薬も見えてくる。

KEGGはさらに進化する

これまでのKEGG は、分子の反応や相互作用を見えるかたちで表現してくれたが、反面、分子どうしの作用がわかっていないものは表現できないという限界があった。

「この遺伝子は細胞周期に関わっているらしい、といったあいまい情報は表現できませんでした。しかし、あいまいな情報にも有用性はあり得ます」

こうした観点から、金久グループは、JSTバイオインフォマティクス推進センター*の支援で、KEGG PATHWAYを高度化する機能情報データベースBRITE（Biomolecular Relations in Information Transmission and Expression）のサービスを始めた。

物理学出身の金久さんは、90年代はじめに第5世代コンピューター開発プロジェクトに参加し、推論マシンを研究した経歴をもつ。BRITEを開発した背景には、この時の経験があるという。

BRITEでは、細胞や個体のような高次生命システムの機能を推論することと、回路図では表現できない知識のコンピューター化を行っている。

「これまでのように機能を塩基配列の属性として表現するのではなく、独立した位置づけを与えて、コンピューター処理で演繹できるようにしたのです」

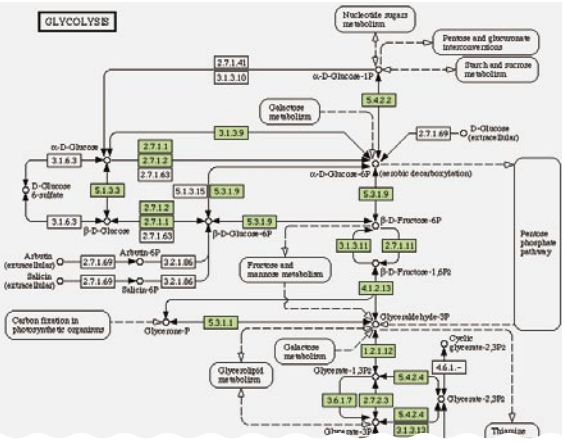
金久さんたちは、BRITEをゲノムの機能情報を提供する国際的な基盤データベースに育て上げ、世界で機能解読技術の優位性を確保することをめざしている。

「生命機能をコンピューターで演算する」と聞くと、やや違和感があるかもしれない。これに対して、「生物が計算で予測できないのは、経験的な知識が原理として体系づけられていないからで、生き物だから計算できないというのは、単なる固定観念ではないか」というのが、金久さんの持論だ。

（サイエンスライター　古郡悦子）

世界の主要バイオインフォマティクスサーバー

機関	アドレス	主なデータベース
ゲノムネット（京都大学化学研究所）	www.genome.jp	KEGG
NCBI（米国バイオテクノロジー情報センター）	www.ncbi.nlm.nih.gov	PubMed, GenBank
EBI（欧州バイオインフォマティクス研究所）	www.ebi.ac.uk	EMBL
SIB（スイスバイオインフォマティクス研究所）	www.expasy.org	Swiss-Prot



人気のKEGG PATHWAYから、ヒトにおける解糖系を見てみよう。

http://www.genome.jp/kegg/pathway/map/map00010.html

状態図シミュレーションが作り出した
世界初の形状記憶合金

約6000年前に人類がはじめて自然銅を加工して道具を作ってから、金属、とりわけ“合金”は道具を作る材料の中心的存在になってきた。近年、熱の変化で形状が記憶される合金（形状記憶合金）が開発・実用化されているが、さらに熱の変化に加えて磁場の変化でも形状を制御できるものが開発されており、世界的に注目を集めている。

日常生活の中で形状記憶合金という言葉を耳にすることが多くなっている。この合金は、形状を変えても加熱すると元の形状に戻る「形状記憶効果」と、金属ではあるがゴムのような弾性を持つ「超弾性効果」の2つの特性を持っている。身近なメガネフレーム、携帯電話のアンテナ、女性用下着などから、アポロ計画で月面に置いてきたアンテナ、配管の継ぎ手など、宇宙、産業機器にいたるまでその用途は広範囲だ。

新たな形状記憶合金の発見

形状記憶合金の歴史は1951年からで、まだ日が浅い。米国コロンビア大学のリードらが、金-カドミウム合金を開発したのが最初である。その後、1963年に米海軍研究所がチタン-ニッケル合金を発見してから、工業化への応用が始まったといわれている。

JSTが推進しているCREST*の研究者である東北大学大学院工学研究科（金属フロンティア工学）の石田清仁教授、東北大学多元物質科学研究所の貝沼亮介教授らの研究グループは、熱変化を用いた従来のタイプの形状記憶合金に強磁性を併せ持つ新合金（磁性形状記憶合金）を数多く発見している。熱変化だと形状の変化に時間がかかるが、磁性を使うとこれまでの形状記憶合金に比べ100倍以上も応答時間が改善されるという。外部磁場の制御も可能になるのでその応用分野は広範囲に及ぶ。

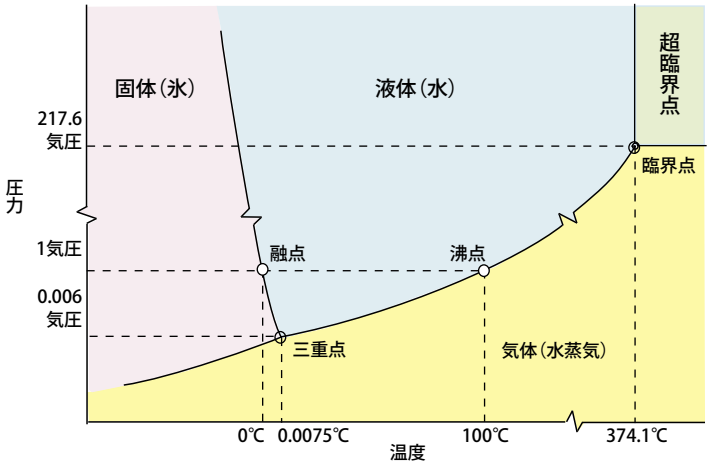
“材料の地図”作りが原点だ

石田教授らの研究室は20年以上にわたり「状態図」を用いて数多くの新合金を発見しており、その成果が産業分野などで実用されている。状態図の作成には多くの金属を組み合わせて試行錯誤をくりかえす必要があり、コンピューターなしではその効率化は不可能である。

「材料の地図といわれている『状態図』を実験とコンピューター解析によりデータベース化し、計算状態図を作成してこれまでに例のない新しい

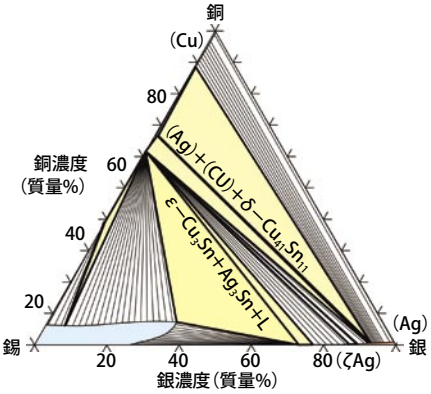
＊CRESTとは
戦略的創造研究推進事業のうち、公募によるチーム型研究のこと。文部科学省が設定した社会的インパクトが大きい戦略目標を基に、JSTが研究領域を定め、その領域ごとに研究テーマを採択する。研究代表者は数人～20人程度のチームを編成して研究を推進する。
詳細は
http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/

水の圧力ー温度状態図



状態図は相図とも呼ばれ、物質の状態を、圧力、温度、体積、組成などの量を用いて地図にしたものである。

400℃における鉛フリー（なし）はんだ材料（錫 - 銀 - 銅系）の計算状態図



主要成分元素の数が2つなら2元合金、3つなら3元合金と呼ばれる複雑な状態図になる。

タイプの材料を世界に先駆け開発しています。状態図は目立たない研究ですが、21世紀には工業分野、医療分野などに着実な進展をもたらすでしょう」と石田教授は熱く語る。さらに「1970年代頃は、主に実験によって状態図を作成していましたが、時間、労力、費用が膨大になり、3成分の金属の組み合わせが限界でした。また90種類以上の元素の組み合わせは3成分以上になると、ほとんど不可能に近い作業でした」と回顧する。

現在では、コンピューターを用いたCALPHAD（Calcuration of Phase Diagrams）法と呼ばれる状態図解析手法が主流となり、世界中で使われている。

同研究室でも独自に合金設計支援システム:ADAMIS（Alloy Database for Micro-Solders）を開発している。これは、鉛なしのはんだ合金の設計支援をはじめ、CALPHAD法による多元系合金の各種状態図計算を処理するパッケージソフトで、ベンチャー企業経由で市販もしており、多くの企業、研究機関が使用している。

へそまがりな形状記憶合金の発見

「普通の磁性材料は高温が非磁性で、低温になると磁性に変わりますが、この“ニッケル-マンガン-インジウム強磁性形状記憶合金”はまったく逆の性質を示します。熱湯の入ったフラスコにこの合金を入れると鉄にくっつき、冷水に入れると離れてしまいます。このような性質を持つのは、形状記憶合金として世界初の開発です」と石田教授は目の前で実験を見せながら語った。

軸を持ったドラムにこの合金粉末を塗り、熱水に半分つけ温度差で生じた磁場の急激な変化を利用すると、磁石をおいた空間では機械運動に変換することが可能になるのだ。この新しい合金は従来のニッケル-マンガン-ガリウムによる形状記憶合金より50倍の高出力が得られるため、熱磁気モーター、磁性アクチュエーターをはじめとして自動車産業などで活躍しそうだ。

また、これは、室温で利用できる新たな磁性形状記憶合金である。結晶構造が突然変わって磁性がなくなる“強磁性-反強磁性マルテンサイト変態”と呼ばれる相変化が室温で起きることと、コバルトを添加することにより強磁性の存在温度を100℃以上まで上げられることがポイントだ。室温付近で磁場をかけることで、マルテンサイト相から元の強磁性相への逆変態が確認でき、さらにマルテンサイト相状態で約3%圧縮した試料に磁場を加えると形状が回復した。このような磁性形状記憶合金はこれまでに例がなく、同研究グループにより“メタ磁性形状記憶合金”と命名された。

この他にも同研究グループでは、高性能な銅-アルミニウム-マンガン系形状記憶合金の開発を行っている。この合金は銅特有の低コスト高加工性であり、振動を吸収する能力ももつので、医療機器、土木・建築、音響、工作機器などへの応用も期待されている。

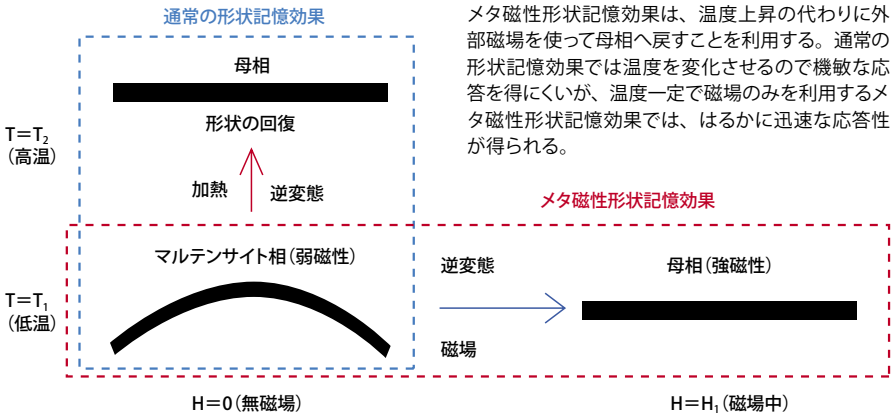
伝統の地味な研究

貝沼教授は「これまでの3元系の状態図の中にも多くの間違いを見つけていますし、まったく情報がない状態で相平衡を決めなければならないことも多いので、基本からの地道な努力がこの研究でいちばん大切です。最後はマンパワーですね」と語った。

状態図シミュレーション技術を使って、次はどんな形状記憶合金を開発するのであろうか？　21世紀の“錬金術師”たちは、日本の材料工学の先駆者でもあり、「鉄の神様」、「磁石の神様」と呼ばれた偉大な先輩の本多光太郎先生のあとを継ぎ、新たな材料を発見するために日々地道に研究を続けている。

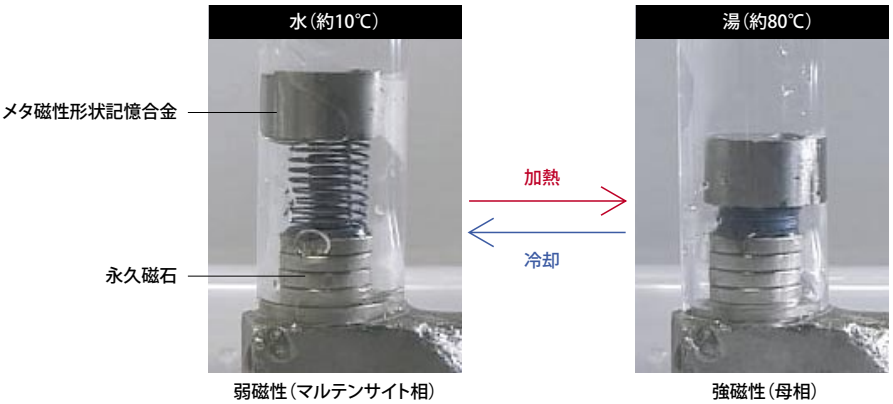
（サイエンスライター　山本威一郎）

通常の形状記憶効果とメタ磁性形状記憶効果の模式図



メタ磁性形状記憶効果は、温度上昇の代わりに外部磁場を使って母相へ戻すことを利用する。通常の形状記憶効果では温度を変化させるので機敏な応答を得にくいが、温度一定で磁場のみを利用するメタ磁性形状記憶効果では、はるかに迅速な応答性が得られる。

ニッケル-マンガン-インジウム磁性新型形状記憶合金の磁性変化



この合金は、50℃付近にマルテンサイト変態温度があり、80℃では磁石に吸い寄せられてバネが縮む（写真右）が、10℃では磁性を失い磁石から離れる。

New York Festivalsで銀賞受賞

味覚を超越した「食」の科学番組

『隠し味はサイエンス！パラケルススの科学レシピ 第6話 発酵食品を食べる』という番組が、国際映像祭「New York Festivals」の2006年ヘルス&フィットネス部門で銀賞を受賞した。制作と放送を手がけたのはサイエンスチャンネル。科学的根拠に基づく情報を発信する、おいしさにはこだわらない異色の「食」の番組だ。

授与された賞状と盾

「いらっしゃいませ」。「はい、おみやげ。台湾で買ってきた臭豆腐。臭い豆腐って書いて、臭豆腐！」。「お客さま。お気持ちだけいただければ結構でございます」――。

番組は、いきなり漫才師二人のコントで始まる。「パラケルスス」とは、古代の錬金術師で、かつ医学者であった偉大な科学者だという。番組では、パラケルススの偉業を継ぐとするレストラン「パラケルスス」を舞台に、時に研究者を訪ねたり、時に街に繰り出したりして、食にまつわる様々なテーマが追求されている。シリーズを通して視聴者をガイドするのが、漫才師コンビの役目になっている。

インパクト大の「くささ」と「ネバネバ」

「シリーズとしては13話分がすでに放映済みで、味覚の不思議や食品添加物などもテーマにしてきました。受賞した第6話は発酵食品を扱い、発酵と微生物の関係や食品としての科学的効果を紹介しています」。プロデューサーの一人、JST映像事業課の山崎 豊氏は、そう話す。

番組では、発酵食品化学の第一人者である東京農業大学の小泉幸道博士が出演し、納豆のネバネバが納豆菌の代謝産物として作り出されることを紹介したり、同じダイズを原料にしても腐敗細菌を用いると納豆にならないことを実験で見せたりしている。後半では、理化学研究所の鞭野義己博士が、腸内細菌の映像を用いてヨーグルトの整腸効果を紹介し、「1日にバナナ3本分の便が理想」と常識を覆すようなコメントをしている。

「私たちの番組は、おいしいかどうかは問題にしていない」と話す山崎氏の言葉どおり、納豆や味噌以外にも、冒頭の「臭豆腐」や、魚を無酸素状態で発酵させたという北欧産の「シュールストレミング」といった究極の発酵食品が紹介されていく。「『食』の番組ではマイナスイメージとなる『くささ』や『ネバネバ感』を、漫才師の二人があえて大げさに表現したことが、大きなインパクトとして受けたようです」。同じく映像事業課の倉尾美保子氏は、そう分析する。

テレビは普及効果が期待できるはず

「今では、国民の大半が天気図の気圧配置などを理解するようになっているが、それはテレビならではの普

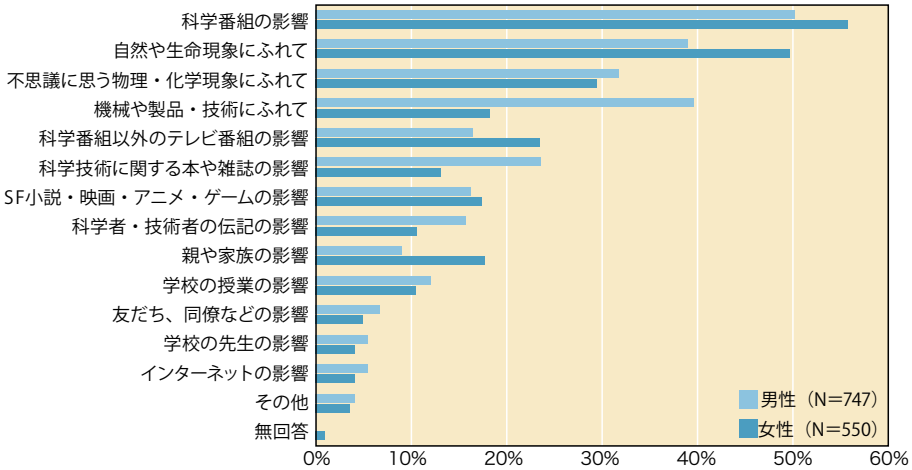
レストラン「パラケルスス」の店員と客に扮した、漫才師コンビ「くりきんとん」の二人。

発酵食品化学の第一人者である小泉幸道博士が、研究の現場から視聴者に語りかける。

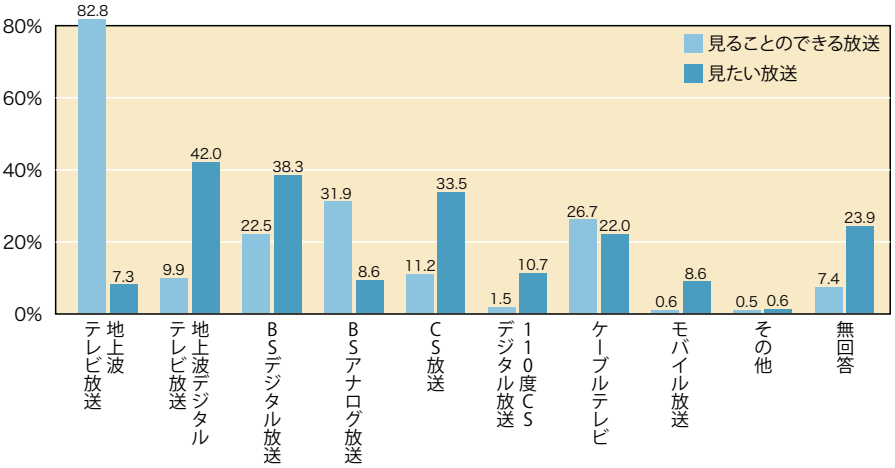
「くりきんとん」の二人は、スタジオの外での実験にも挑戦する。

科学関連番組視聴者ニーズ調査の結果
（文部科学省ホームページより、一部を抜粋して改変。URL は http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/03072301/006.htm）
調査対象：全国の15歳以上の男女3000サンプル
有効回収標本数：2007サンプル
調査方法：郵送法によるアンケート調査
調査実施期間：2004年11月15日～12月15日

科学技術に関心をもったきっかけ



見ることのできる放送と見たい放送の種類



及効果によるものだと思います」。江戸川大学学長の太田次郎博士は、そう話す。天気予報がテレビで頻繁に放送されることで、私たちが無意識のうちに天気図と親しんだというのだ。生物学者の太田博士は、テレビや雑誌を通じて、約50年も科学の啓蒙活動を続けており、1970～80年代にはNHKの教育テレビで『高校生物』などの学校放送番組の解説者を務めてきた。

そのころのNHK教育テレビといえば、1980年までの15年間続いた『みんなの科学』が花形番組だった。同番組の1コーナー「たのしい実験室」は、工作や実験の好きな中高生に大人気だったという。科学番組が好評を得ていた理由について太田博士は、「たとえばアメーバやゾウリムシの映像は誰も見たことがなかった。視聴者は、そのような未知の映像に魅せられたのではないでしょうか」とコメントする。さらに「当時の科学にエポックメイキングな話題が尽きなかったことも、科学番組をおもしろくさせていたのではないか」と分析。1970～80年代にかけては、地球科学ではプレートテクトニクスが、生物学では遺伝子組み換え技術を可能にした分子生物学が登場し、新聞やニュース番組をにぎわせていた。

太田博士は、「当時にくらべて今は国民の科学に対する関心が薄れ、科学番組の質や量も低下している」と指摘する。同様の点を危惧する文部科学省は、「科学技術・理科大好きプラン」の一環として「科学関連番組視聴者ニーズ調査」を実施。「科学への関心が10代でとくに低いこと」、「科学技術に関心のある人は、きかっけの最上位に『科学番組の影響』をあげていること」、「科学技術関連の知識・情報ソースとして『テレビ』がもっとも活用されていること」などを浮き彫りにした。

「予算や視聴者のニーズといった問題もあるのでしょうが、今のテレビではバラエティー番組が長時間を占め、危機感すら覚えます。そのなかでサイエンスチャンネルは低予算で実に優れた科学番組を作っている」と太田博士。現場をよく知るテレビ局の科学番組ディレクターも、「番組作りに生かすため、サイエンスチャンネルをよく見ています」と話す。

ただし、前述の文部科学省の調査では、「すべての性・年齢層で7割を超える人が、サイエスチャンネルを『知らない』としている」と報告された。現在、サイエンスチャンネルは、スカイパーフェクTV！765チャンネルや多くのケーブルテレビ局で視聴できるほか、インターネットでも全番組を無料で見ることができる（URLは http://sc-smn.jst.go.jp/）が、インターネット放送についてはほとんど知られていない。今後は、番組の存在と視聴方法をいかに周知させるかという点も、大きな課題になるだろう。

求められる「骨太」の番組

科学番組は、テレビだけでなく、科学館や博物館などでも制作・放映されており、前出のディレクターもそういった映像を積極的に見るようにしているという。太田博士も彼も「科学番組には、理科離れを抑止する力があるはずだ」と声を揃える。「そのためには、良質の科学番組を子どもに見せようとする、親や教師の姿勢が必要だ」ともコメントする。

今回の受賞を受け、同シリーズでは、続編10話が制作されることになった。「ラインアップは未定ですが、遺伝子組み換え食品など、俗説の多いテーマについてきちんとやってみたい」と山崎氏。視聴者にこびない、それでいて親しみやすい番組作りへの挑戦が続きそうだ。

（サイエンスライター　西村尚子）

知の旅人からのメッセージ
親子タウンミーティング イン 東京

桜満開の４月１日、国務大臣などが国民に直接語りかけて広く意見を聞く「タウンミーティング」がお台場の日本科学未来館で行われました。今回のテーマは「科学技術と未来を考える」です。あこがれのノーベル賞受賞者とスペースシャトル宇宙飛行士に直接会えるので、春休み中の親子がたくさん集まりました。

知の旅での出会い

野依良治理化学研究所理事長は会場の親子にこう語りかけます。

「若い頃に立派な先生に出会い、科学に志を立て、知の旅をこれまで続けてきました」、「人間の生き方には、ヒトとしての自然観、人としての人生観が大切です」

これは、日常生活での自然の事物との出会い、本物の科学の世界へ向かわせる師との出会い、そして科学者として自分が挑戦すべき目標との出会いなど、これまで生きる上で大切にしてきた「出会い」とそこから得た「世界観」を述べたものです。

この言葉に触れて、松田岩夫内閣府特命担当大臣はこどもの頃を思い起こし、「科学に見る夢」「科学するこころ」を持ち続けることの大切さを語り、日本ばかりでなく世界に貢献する科学者が会場の中から現れることを期待する、と述べていました。

宇宙からの視点

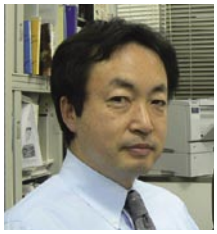
宇宙飛行士でもある毛利衛日本科学未来館館長は「莫大なエネルギーを制御し、生命維持装置を利用することではじめて宇宙から美しい地球を眺めることができた」と述べた上で、会場からの「エネルギー問題を解決するにはどうすればよいのでしょうか？」という質問に対し「宇宙空間で生産したエネルギーを地球に送り込むことは、バランスを崩すことになるので反対です」と答えました。

会場のこどもたちにとってこの答えは難しかったかもしれません。しかし将来、毛利館長のように大地の束縛から解放されて宇宙から地球を見渡し、私たちの星をひとつのシステムとして捉えることができるようになれば、その答えの意味を悟る日がやって来るでしょう。

こうした、「タウンミーティング」や「サイエンス・カフェ」といった催しがさらにふえて、科学や技術がより身近なものとなり、こどもたちの知や夢を育むよい機会になればと思いながら、興奮さめやらぬ親子を見送りました。

（文・画　JST　中井祐輔）

渡辺政隆



科学技術政策研究所
総括上席研究官
サイエンスライター

「社会にとっての大きなメリットは、科学を語ること自体が思わぬ発見につながりうるということだろう。」

サイエンスコミュニケーションは創発的活動なのだ!

PUSからSCへ

縁あって4年ほど前から科学技術公衆理解増進に関する調査研究に携わっている。科学技術公衆理解増進というのはPublic Understanding of Science & Technology（PUST）の訳だが、「公衆」はともかく、「理解増進」は、けだし名訳だと思う。Understandingは「理解（する）」と訳しておしまいにしたいところだが、これでは、意味が正しく伝わらないからだ。

ただし、すでにPUSTはあまり使われなくなっている。その理由は、人々の理解を「増進させる」という発想が、知識の押しつけにつながり、逆に科学へのシンパシーを削ぎかねないとの反省による。

しかし、問題だったのは、科学とは何か、技術とは何かをめぐる「理解」を求めるのではなく、科学技術の知識獲得のみを迫ったことだったと思いたい。今は、あらゆる立場から科学について語り合おうというサイエンスコミュニケーション（SC）活動が主流だが、そこでの大前提は、なによりも互いの立場を「理解する」態度である。

異文化の融合からの創発

ぼく自身は、長らくフリーランスの立場でサイエンスの面白さを伝える仕事に従事してきた。その立場では、極端な話、科学を自分の飯のたねにしていれば事足りた。しかし、その経験を行政面でも活かせるかと思い、いわゆるお役所に身を投じたことで、立場が変わってきた。人々に科学技術を理解してもらうこと、関心を高める事業に、はたして税金を投じる意味があるのかどうかを問題にせざるをえなくなったのだ。あるいは、科学者にアウトリーチ活動を奨励するからには、科学者本人にとって、税金で研究活動に従事していることの説明責任を果たすこと以外のメリットがあることも、わかってもらわねばならない。

ではそれは何か。本人、いや社会にとっての大きなメリットは、科学を語ること自体が思わぬ発見につながりうるということだろう。門外漢（他分野の科学者も含む）を相手に自分の研究を語り、異分野の人たちの新鮮な反応に出合う中で、セレンディピティの天使が突如舞い降りないとも限らない。

かつて哲学者カントは宇宙の起源を論じ、文豪ゲーテは形態学上の業績を残した。今やすっかり細分化されてしまった科学の風通しを今一度よくすることの恩恵は、計り知れないはずなのだ。またそれでこそ、科学を文化の一つとして浸透させようというサイエンスコミュニケーションの理念が達成されるというものだろう。

ーセレンディピティー、それは偶然を幸運に変える才能ー

セレンディピティーの達人たち

vol.2 中谷宇吉郎

大発明や大発見は、偶然という幸運に巡り会ったときに成し遂げられることが多いようである。今回紹介する中谷宇吉郎博士も、この幸運に巡り会える才能を持った人だった。

詩人の心をもって雪の結晶の美しさに惹かれ、科学者の目をもってその正体をさぐることに情熱を注いだのが、中谷宇吉郎博士だ。1936年、博士が北海道大学低温実験室で奮闘を続けていたときのこと。水蒸気を低温で固体に昇華させ、人工雪を作ろうとしているのだが、一向にうまくいかない。自然界ではごく小さなちりが凝縮核になるのだが、博士の試している細い繊維では失敗続きだ。単なる霜になったり毛虫状になったりで、一つのきれいな結晶にはならない。深いため息が防寒服のえりを凍り付かせる。そのときひらめいた。このえりの細い毛ならどうなのだろうか！

結果は成功であった。毛はウサギの腹毛で、途中にあるごく微細なこぶが見事に凝縮核となったのだ。博士は、湿度と温度の関係で結晶の形が千変万化する、その因果関係を突き止めた。天上の湿度と温度で雪の結晶は変わる。つまり、「雪は天から送られてきた手紙である。」詩のように美しい科学の法則である。

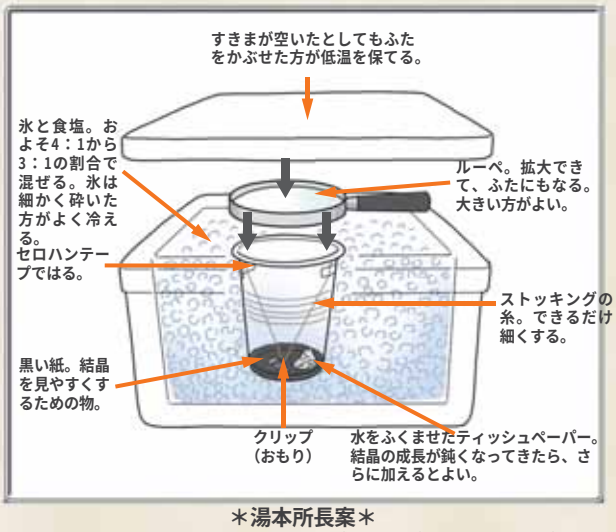
中谷宇吉郎（なかや・うきちろう　1900〜1962）

ひらめき実験工房

ウサギの腹毛の代わりにストッキングの糸を、寒剤に食塩を使って低温を作り、博士と同じように人工雪を結晶させる方法を紹介します。

用意するもの

くだいた氷・使い古しのストッキング・食塩・クーラーボックス・プラスチックの使い捨てコップ・セロハンテープ・ティッシュペーパー・黒い紙・クリップ



＊湯本所長案＊

食塩は氷を-21.2°cまで下げることが可能だが、そこまで下がらなくても-19℃くらいで大丈夫。温度と湿度のバランスのとれた位置に結晶ができる。30分から1時間半くらいでできる。

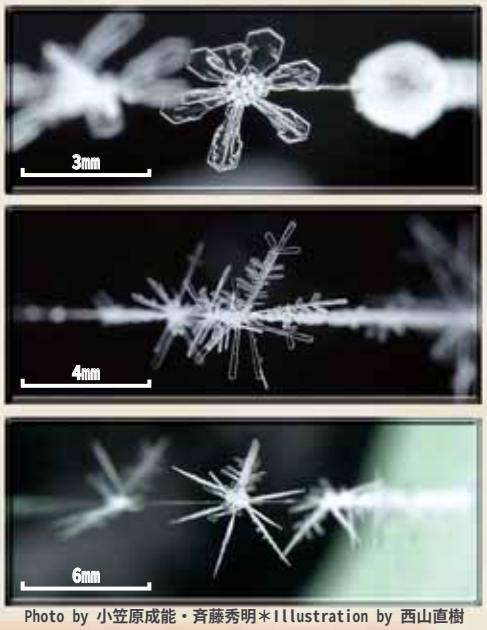


Photo by 小笠原成能・斉藤秀明＊Illustration by 西山直樹

この記事は、学研科学創造研究所が作っています。関連の詳しい記事は、ホームページでご覧ください。http://www.gakken.co.jp/kagakusouken/

古紙配合率100%再生紙を使用しています

ISSN 1349-6085

JST News
Vol.3/No.2
2006/May

発行日/平成18年5月
編集発行/独立行政法人　科学技術振興機構　総務部広報室
〒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