

JST News

Vol.3/No.7
2006/October

10月号

Special Report

超電導 実用化へ





大学や研究所で、ふだん接する機会のない研究者と一緒に実験や実習を行う「サイエンスキャンプ」。わずか数日の体験だが、若者に与える影響は大きい。

What is JST?

JSTの戦略的創造研究推進事業 Japan Science and Technology Agency

イノベーションをもたらす新しい技術のもととなる基礎的な研究を推し進めることが、JST（科学技術振興機構）の重要な業務の1つです。

科学技術政策や社会的ニーズを踏まえて設定される社会的インパクトの大きい「戦略目標」の達成に向けて、しぼり込まれた分野での研究を推し進めています。

研究総括という抜きん出た指導者を核として、選び抜かれた研究者や研究チームが、あたかも1つの研究所のようなつながりをもって、それぞれの研究の提案内容の実現を目指して研究を進めます。

研究総括が所長となり、研究を進める研究者をJSTが支援する「姿なき研究所」としての運営が、JSTの研究の特徴となっています。

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
藤田 誠
梅岡 弘

C O N T E N T S

03 People

日本が開く超電導の新時代

田中昭二 (財)国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所長

04 Special Report

材料技術の進歩で 加速する超電導の実用化

1986年の酸化物超電導のフィーバーから20年、超電導現象の解明が進み、材料技術も進歩した。送電や運輸の分野での実用化も近い。

08 R&D

ナノ「生たまご」をデザイン 自発的に組み上がる分子の創造

10 Brand Strategy

「科学がわかる 世界がかわる」 未来館のブランド戦略

12 Literacy

高校生が研究の現場を体験 夢と友情を育むサイエンスキャンプ

14 Trend

～人材育成研修の今～ 世の中に多くの目利きを

15 Column

筋のいい問い

渡辺 正 東京大学生産技術研究所副所長・教授

16 Entertainment

落語で発見! お江戸の科学 水屋の富

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

日本が開く超電導の新時代

1986年の「超電導フィーバー」から20年。その臨界温度は135Kまで上がった。

当時から第一線で日本の超電導を先導してきた田中昭二所長に、超電導の実用化の見通しなどを聞いた。



(財)国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所長

田中昭二

20年前（1986年）に高温超電導さ
わぎの主演を演じた頃とまったく変
わらない。80歳になんなんとする今
も、田中昭二先生は超電導工学研究
所長としてバリバリの現役だ。

「酸化物で臨界温度28Kがみつかっ
て1993年までに135Kまで上がった。
いろいろな物質が出てきたからだが、
その後は10年以上も上がっていない。
古いタイプの超電導と違って発現機
構が異なるから大変…」

「それと、実用をめざす研究所とし
ては、新しい技術をつくり出すこと
が、大学の基礎研究とは違っていか
に難しいかが良くわかった」

実用化のライバルはどこですか？

「やはりアメリカだね。超電導線材
に特化したところは2社しかないが、
商売としてやっている。2社ともベン
チャーで赤字だが、軍が資金援助し
ている。先物投資を平気でやるアメ

リカの強さだね。日本にはまだそう
いうのがない」

線材をはじめ超電導物質の実用化
には、加工技術が決め手になる。20
年たってようやく少しずつその実り
がみえてきたという段階か。

一般の人々がもう一度高温超電導
に沸くとしたら、どんな実用例が実
現したときだろうか。

「超電導の送電ケーブルだろうね。
アメリカでは本格的にスタートした。
国内の送電網がボロボロになったので、
25年かけてつくりなおすことになっ
たのだ。日本は電力システムがしっかり
できている上に、送電網のメンテナ
ンスも良いので『間に合ってます』と
いわれてしまう。アメリカに輸出する
ことを考えた方がいいかな…」

そうはいつでも、古いタイプの超
電導マグネットで日本がリードした
のが核融合。それとマグレブ（磁気
浮上列車）。この2つが日本の超電導
開発を強烈にひっぱった。

「考えてみると、光ファイバーだっ
て最初は1977年だからすでに30年
たっている。だから高温超電導もあ
と10年はかかるだろう」

ところで、室温超電導の可能性は？

「もちろん、超電導を研究している
者には臨界温度を高くしたいという
本能的な欲求があるが、まだまった
く見当はついていない。あるとすれ
ば、それは高分子だろうとは思って
いるが…」

科学や技術の推進には前向きでひ
たむきな姿勢が大切なようだが…。

「アメリカはオプティミズムと実行
力が源泉。僕は楽観主義者の最たる
もの。そうでないと20年もたない」と。

(科学評論家 舘取章男)

材料技術の進歩で 加速する超電導の実用化

電気抵抗がゼロになる超電導現象。物理学上でも珍しい振る舞いをする物質だが、これまで産業応用は医療などに限られていた。ところが、日本人研究者の努力により材料技術が進歩し、送電や運輸などの分野で飛躍しようとしている。

世界初の実証実験

米国ニューヨークのマンハッタン島を横切るハドソン川。この上流に位置するニューヨーク州の州都オルバニー市で2006年7月20日、超電導電線

を一般家庭などの送電に使う世界で初めての実証実験が始まった。電線はビスマス系高温超電導材料で長さは350メートル。一般家庭20万～30万世帯分の電力を、電気抵抗による

実証実験で使われた超電導電線。
(住友電気工業提供)



* これらの研究は、戦略的創造研究推進事業の成果です。

損失なしで送電した。電線は住友電気工業製で、実験は米国エネルギー省(DOE)が資金を拠出した。DOEはニューヨークのマンハッタン島とオハイオ州コロンバスでも実験し、実用化に耐えるかどうかを判断する計画だ。

DOEが超電導に注目するのは、世界的な原油価格の高騰が背景にある。電線メーカーの試算によれば、現在の送電に使う銅線では、発電した電力のうち5%が家庭などに届くまでに失われる。これは発電量100万キロワットの原子力発電所6基分に相当する。電力ロスを減らせれば高騰する原油高の影響を抑えることもできる。特



上:「マイスナー効果」と呼ばれる現象で浮か上がる超電導材。(超電導工学研究所提供) 下:高温超電導材を使った超電導工学研究所の船舶用モーター。

に米国は1900年代前半に張り巡らした送電線網が寿命を迎えるという事情もある。DOEは2030年までに北米大陸に超電導電線を張り巡らす「Grid2030」計画を公表した。米国はまるで超電導立国をめざす勢いだ。

究極の省エネ技術

超電導は「究極の省エネルギー技術」と呼ばれる。一定の温度以下に冷やすと電気抵抗がゼロになる材料だ。超電導現象が見つかったのは、今から100年ほど前の1911年。オランダの物理学者カーメルリング・オンネスが水銀をセ氏零下269度(絶対温度4度)という極めて低い温度まで冷却したところ、電気抵抗が全くなくなった。オンネスは低温物理学の創始者としてノーベル物理学賞を受賞している。

オンネスの発見以降の約70年間は、超電導はすべてが凍り付くような極低温の世界で起きる限られた現象と考

えられていた。ところが、1986年にIBMチューリヒ研究所のアレックス・ミュラー博士らが銅酸化物の超電導物質を発見して、産業応用の可能性が一気に開けた。産学官の研究者が一斉に研究開発に乗り出す「超電導フィーバー」が起きたが、当初期待したほど応用が進まず、フィーバーは数年で収束した。

しかし、大発見から20年を経て、超電導技術は応用へ着実に近づきつつある。米国で始まった送電実験もその1つだ。

エネルギー分野以外で実用化が間近に迫っているのが船舶用モーターだ。超電導工学研究所や三菱重工業などの研究チームは、イットリウム系の高温度超電導物質を使ったモーターを2006年8月に開発した。モーターの大きさは直径約50センチ、長さ約1.5メートル。超電導線材を巻いたコイルを8個使った。小型の漁船やレジャー

超電導フィーバー

20年前の1986年に起きた「超電導フィーバー」。きっかけはスイスIBMチューリヒ研究所のアレックス・ミュラー博士とジョージ・ベドノルツ博士が発見した新しい超電導物質だった。

新物質はランタンとバリウム、銅、酸素からなるセラミックス。それまで電気抵抗がゼロになる転移温度の記録は金属系でセ氏零下250度。それを上回るセ氏零下243度(絶対温度は30度)を達成した。セラミックスという想定外の物質に多くの研究者が驚いた。

この発見を世界に広めてフィーバーの火付け役となったのは実は日本人研究者だ。当時、東京大学教授だった田中昭二氏(現在、超電導工学研究所長)と東大助教授の北澤宏一氏(現在、科学技術振興機構理事)らで、学術誌に新物質の可能性を示していたミュラー博士らの研究内容をいち早く証明。86年12月に米国で開かれた材料研究会でこの成果を発表すると、情報は世界を駆け巡った。

このフィーバーが頂点に達したのは、87年3月18日。米物理学会がニューヨークのヒルトンホテルで開いたシンポジウムだった。会場は定員を大きく上回るすし詰め状態。午後7時半に始まったシンポジウムは翌日の午前3時過ぎまで続いた。熱狂したロックコンサートにたとえられ「物理学のウッドストック」と呼ばれた。

フィーバーは日米間の技術摩擦という思わぬ方向にも広がった。当時、日本は半導体や自動車で米国の生産額を凌駕^{りようが}。経済発展がめざましく「ジャパン・アズ・ナンバーワン」という本が書店をにぎわした。米国は超電導でも半導体の二の舞いを演じかねないと警戒し、米議会が日本に技術調査団を派遣するなど圧力を強めてきた。

日本は国策会社といえる国際超電導産業技術研究センターが外国企業にも門戸を開くなど摩擦の解消に努めた。今から考えれば過剰な反応だとみえるが、世界のエネルギー事情を一変するという超電導の将来性は、それほど広く信じられていたといえる。

ボートを動かす馬力はあるという。石川島播磨重工業も開発中で、早ければ来年にも市場に投入する考えだ。

運輸分野のもう1つの応用がリニアモーターカーだ。山梨県大月市にあるJR東海の実験線で時速581キロの高速走行を達成した。リニアは車両に取り付けた超電導コイルの磁力とレールの側面に張った電磁石との力で列車が進む。超電導の特長を生かし、電気コイルでは実現できない超高速の走行が可能だ。

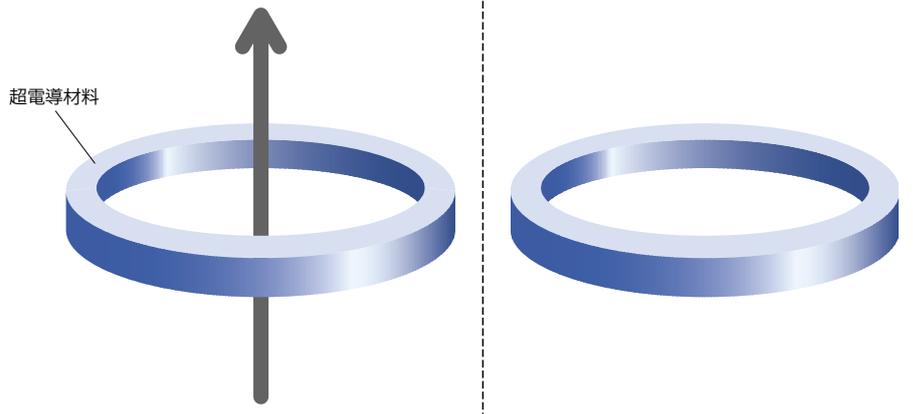
活躍する日本人研究者

過去20年にわたる超電導研究で、日本人研究者は重要な役割を担ってきた。住友電工が米国で実験を始めるビスマス系酸化物は、1988年に金属材料技術研究所（現在、物質・材料研究機構）の前田弘総合研究官らが見つけた材料。また、酸素を含まない金属系では、青山学院大学理工学部の秋光純教授が2001年春にセ氏零下234度（絶対温度39度）で電気抵抗がゼロになる新物質を発見*。マグネシウムとホウ素の化合物でリニアモーターカーや医療機器への応用が期待される。

実用化のカギを握る超電導の線材化でも優れた成果を上げている。東海大学の太刀川恭治教授らは、加工

単一磁束量子(SFQ) 回路の仕組み

磁束量子の有無で情報を処理していく。



磁束量子	ある	なし
情報処理	「1」	「0」

しにくい超電導物質を線材化する技術を開発した。「太刀川メソッド（方法）」と呼ばれ、加工しやすい原料の金属を複合して細長くした後に熱処理を加える。これにより長距離の超電導線材が実現。多くの線材はこの方法を利用している。

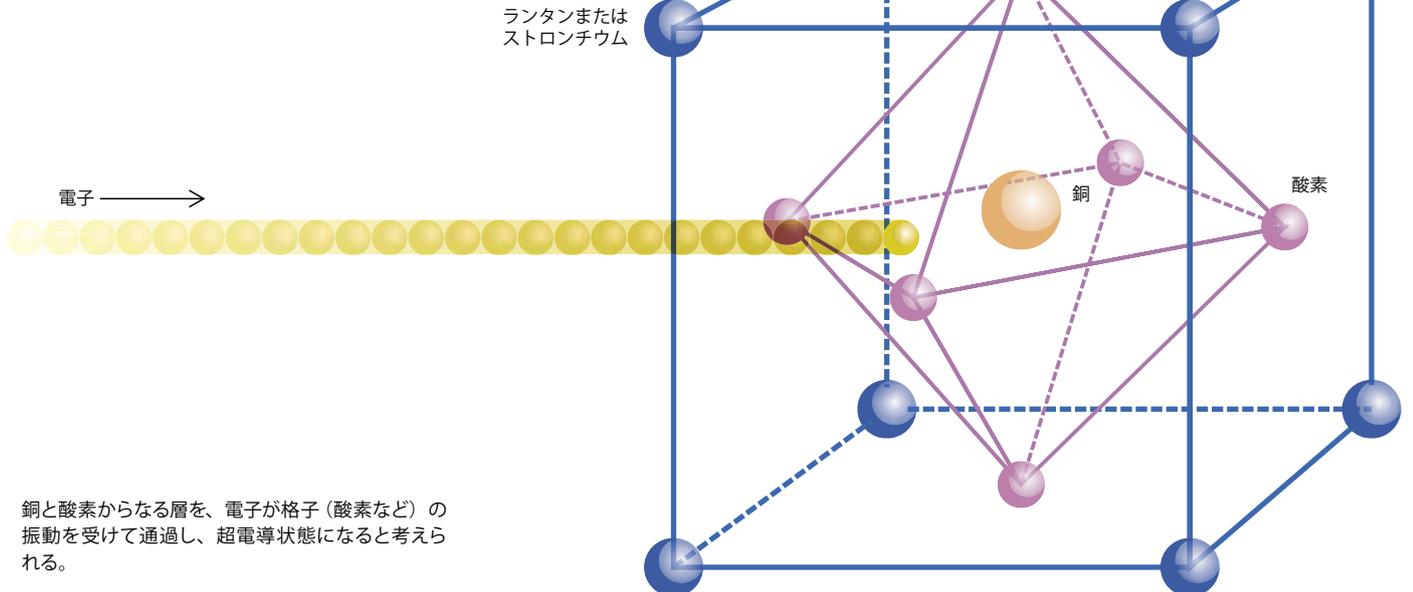
コンピューター向けのデバイスも日本発だ。単一磁束量子 (SFQ) 回路と呼ばれる超電導を使った論理素子で、東北大学の中島康治教授らが1970年代に原理を考案、超電導工学研究所などが世界のトップを走る。SFQは磁束量子という磁力線の束をリング状の超電導材料で捕らえ、磁束量子の有

無をコンピューターの「1」「0」として計算処理する。超電導工学研は名古屋大学と共同で、動作速度が120ギガ（ギガは10億）ビットという世界最高速のデバイスを開発、数十ギガビットが限界とされる半導体デバイスを大きく上回る。巨大な体育館といわれる半導体スーパーコンピューターが、超電導なら小部屋程度になるという。

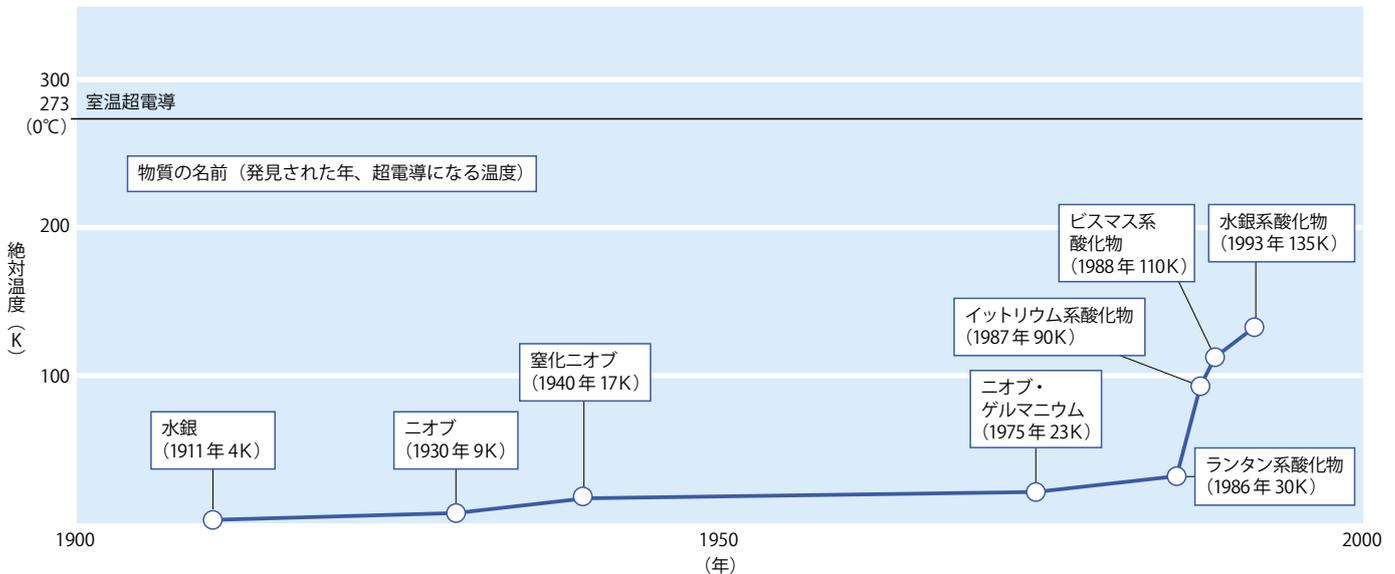
白熱する理論研究

実用化開発の基盤となる理論研究も進展し始めている。超電導理論を巡っては大きく分けて2つの考え方が主流となっている。1つは1957年にノー

高温超電導物質の結晶構造とその仕組み (電子—格子相互作用)



銅と酸素からなる層を、電子が格子（酸素など）の振動を受けて通過し、超電導状態になると考えられる。



ベル賞物理学者のバーディーン博士らが発表した「BCS理論」だ。BCS理論は、超電導物質に含まれる酸素などの元素（結晶格子）が振動し、プラスの電荷を持つ元素がマイナスの電荷を持つ電子を引き寄せるため電子が通りやすくなり、電気抵抗がなくなるという考えだ。これは「電子—格子相互作用」と呼ばれる作用。提唱された当初は極めて低い温度で起きる作用と考えられ、電気抵抗がゼロになる温度は高くてもセ氏零下243度（絶対温度30度）程度が限界と多くの学者はみていた。

これに対抗するかのように浮上してきたのが、「電子間相互作用」だ。ノーベル賞学者のフィリップ・アンダーソン博士が提唱した理論で、電子の持つ磁石の性質である「スピン」が大きな役割を果たしていると考え、格子ではなく電子同士の作用が超電導を起こしていると説明した。1986年以降、絶対温度30度を超える高温超電導物質が相次いで見つかり、BCS理論では超電導になる仕組みが十分に説明できないと考えられ、急速に支持を広げた。

超電導を起こす原因は格子なのか、それともスピンか——。物理学の理論研究者は2つに分かれて激しい論争を続け、いまだに決着はついていない。ただ、大勢に変化が現れつつある。

2000年ごろまでは「スピン派」が学

界の大勢を占めてきたが、最近は「格子派」が巻き返しつつある。その理由は、日本人の研究者が理論解明につながる成果を相次いで上げているからだ。

東京大学の高木英典教授らの研究チームは超電導原理解明の手がかりとなる現象を2004年夏に発見、英国の科学誌『ネイチャー』に発表した*。高木教授らは強力な엑ス線を発するシンクロトロン放射光をビスマス系の超電導物質に照射、表面から出てきた電子の動きをとらえる角度分解光電子分光 (ARPES) で調べた。

その結果、超電導物質を構成する酸素の振動が、電子に働きかけていることを発見した。これまで高温超電導物質では確認されていなかった。これにより、2個の電子が対になった状態（クーパー対）を引き起こすとみられる。クーパー対はBCS理論の骨格となる考え方。高木教授は「格子の振動が超電導と深くかかわっている証拠をつかんだ」と強調する。2006年に入り名古屋大学なども格子の作用とみられる実験結果を出している。

なぜ超電導理論を巡って激しい論争が続くのか。物理学者の単なる知的好奇心だけではない。理論がはっきりすれば、さらに高い温度で超電導になる新物質が発見できる可能性があるからだ。理論と新物質の発見は、発見の両輪といえる。

トンネル続く新物質の探索

実は、新しい超電導物質の発見は長いトンネルに入ったといわれる。超電導になる「転移温度」の記録は、1993年にセ氏零下138度（絶対温度135度）の水銀系酸化物が見つかって以降、この13年間足踏みしたままで暗中模索が続く。もう新物質はないとの悲観論さえある。理論の解明がこの閉塞感を打ち破る突破口になるかもしれない。

究極の目標は室温超電導の発見だ。超電導が思うように普及しないのは、「やはり冷却がネック」という意見は多い。それを打ち破るのが室温超電導だ。

ただ、これまで幾多あまたの研究者がこれに挑んできたが、道筋は全くみえない。ある研究者は挫折し、ある研究者は「発見した」という誤報を発表した。誤報によって研究人生だけでなく、命を落とした研究者もいた。それでも、室温超電導に研究者が挑むのはなぜか。ある大学研究者は「超電導には魔性の魅力がある」と答えた。

人生を棒に振る可能性があるかもしれないが、発見すればエネルギー革命が起きるのは間違いない。ノーベル賞も受賞できるだろう。そんなギャンプルといえる魅力が超電導研究にはある。そんな失敗を恐れない研究者が、新たな発見を人類にもたらしてくれるに違いない。

（日本経済新聞 竹下敦宣）

ナノ「生たまご」をデザイン 自発的に組み上がる分子の創造

かご、箱、おわん、カプセル、チューブ、プリズム……。

ナノスケールの中空分子を次々に生み出してきた化学のキーワードは「配位結合」と「自己組織化」。

微小空間に液体が入った生たまご分子も登場した。

正方形分子を発端として、さらに複雑な構造の立体へ、ナノスケールの分子集合体を次々に誕生させてきた藤田 誠・東京大学工学部教授。藤田さんとそのグループがこのたび発表したのは、直径およそ5nmのカプセル内にフッ素性の液体が入った分子集合体だ。さらにその中心に、たまごの黄身のようにフッ素化合物分子を取り込んだ構造もつくり出し、美しいCG像と「生たまご分子」というなじみやすい命名で一躍注目を集めた。興味深いのは形態ばかりではない。生たまご分子から多くの新しい機能が生まれる可能性がある。

フッ素溶媒入りフラスコ

たまごの殻は12の頂点と24の辺をもつ立方八面体で、12のパラジウムイオンと24の有機化合物から構成されている。有機化合物としてフッ素を含む分子を材料にすると、殻の内側にフッ素を結合した炭素鎖が並んで自由に動き、殻の内部はフッ素性の液相になる。これが生たまごの自身だ。

この分子を有機溶媒に溶かして、

そこにフッ素化合物を加えて混ぜると、生たまごの内部に最大8分子のフッ素化合物が溶け込み、中心部にたまごの黄身にあたる固まりが形成される。

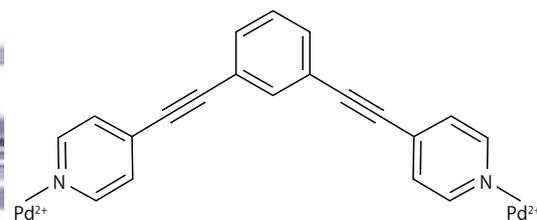
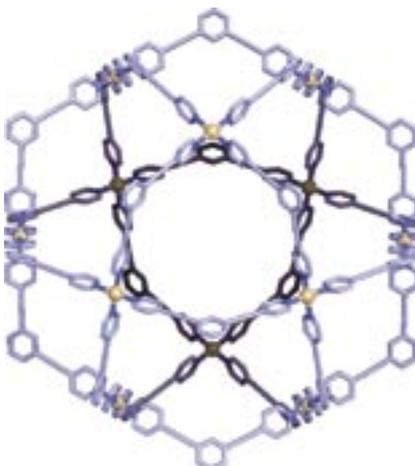
10²²ml以下という微小な容積をもつたまごの殻は、極微量の溶媒が入るナノサイズのフラスコでもある。それをフッ素性液体で満たしたのは理由があった。

フッ素溶媒は、水にも一般の有機溶媒にも混じらない「第3の溶媒」として注目され、ここ数年、反応、分離、精製、触媒の固定化などに活用する研究が進んできた。藤田さんはさらに「フッ素溶媒は酸素と親和性が高いのも魅力です。酸素を溶かし込んだ溶媒環境で効率のよい酸化反応ができるでしょう」という。

この魅力的な溶媒を、大きさにばらつきがなく丈夫な微小カプセルに入れておけば、化学反応を微量で進めることができるようになる。

自己組織化で多様なナノ空間

このタイプのカプセルは、どのような有機化合物を材料とするかに



たまごの殻の基本構造。12のパラジウムイオンと24の有機化合物の基本ピースからなる。

※この研究は、戦略的創造研究推進事業「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」で実施中。「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」とは、ナノテクノロジーへの総合的・重点的取り組みとして平成14年度開始の研究プロジェクトで、「CREST」9、「さきがけ」1の各領域で、現在99テーマが進行中。

※詳細は *Science* 313 (2006) 1273-1276

よって、さまざまな応用が広がる。

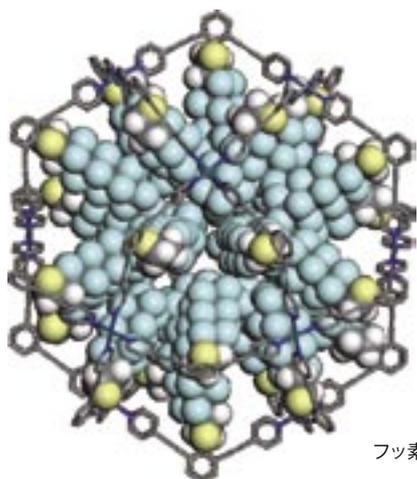
たとえば、フッ素化合物に代えて光照射によって構造が変化する有機化合物を用いれば、殻の外から光を当てることで内部空間の容積を変化させることができる。何かの刺激で重合反応を起こす化合物を使えば、わずかに数分子のモノマーが殻の中心部で外からの刺激によって重合する。通常の重合反応に必要なモノマー量の1000分の1という微量で反応が進む。光の刺激で重合する化合物を入れておけば、解像度のよい記録媒体が誕生する可能性もある。

「アイデアはいくらでもあります。つくったものがどんな分野に使われるか想像もつきません」。それが化学のおもしろさだ、と藤田さんは語る。しかも、カプセルは大量に安定につくることができ、必要な機能に合わせてテイラーメイドカプセルも実現する。

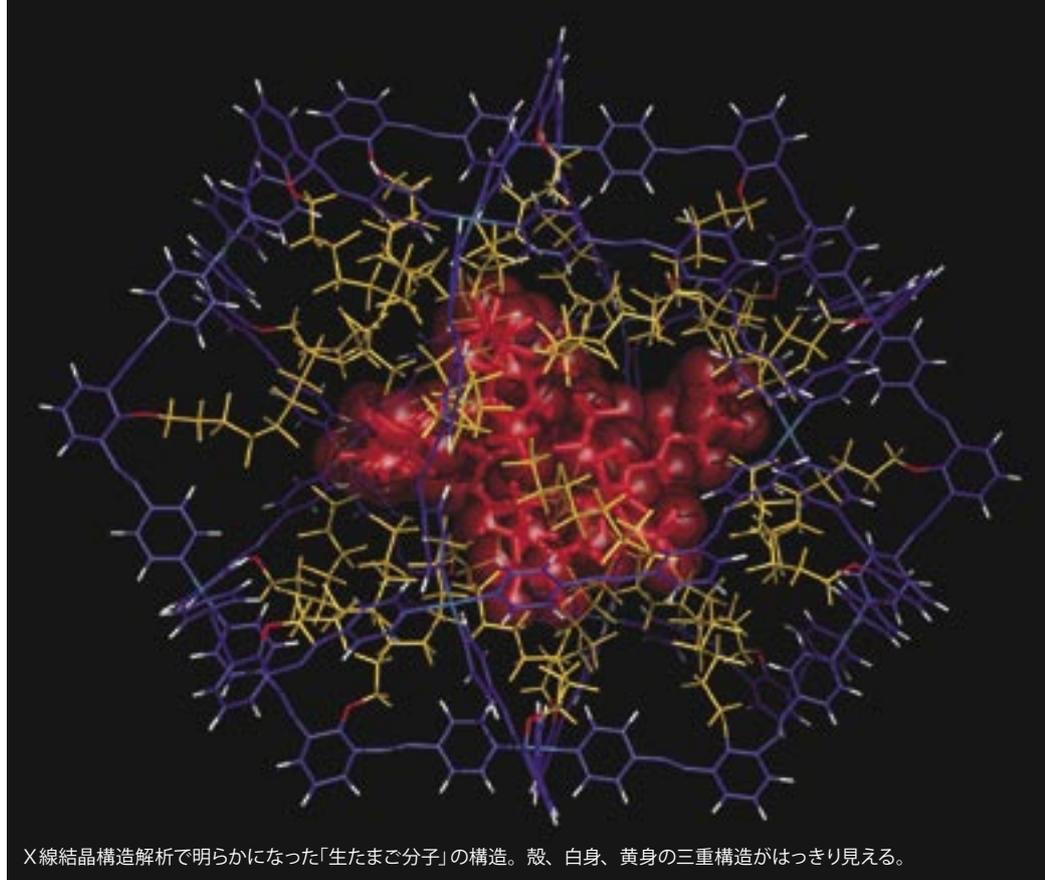
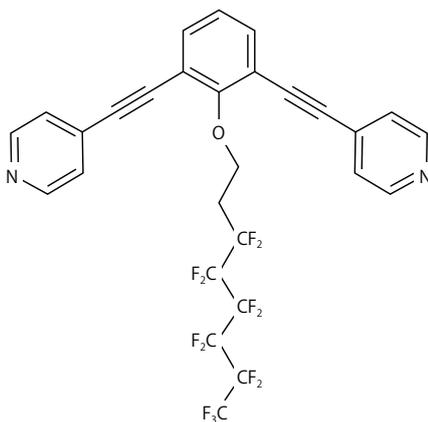
こんな合成を可能にしたのは、分子どうしが共有結合でがっちり結びつく化学反応ではなく、より弱い結合による自己組織化と呼ぶ反応だ。「生物特有のしくみと考えられてきた自己組織化ですが、これをものづくりに使えないか考えたのです」

DNAが二重らせんを形成するのも、タンパク質が独特の折れ畳み方を示すのも、結びつきの本質は自己組織化だ。静電的相互作用、水素結合などの弱い結合で分子が集合する。

厳しい反応条件や強い試薬を使用することの多い通常の化学合成反応とは、ずいぶん様子が違う。混ぜて



フッ素化合物を殻の材料にすると内部はフッ素性の液相になる。



X線結晶構造解析で明らかになった「生たまご分子」の構造。殻、白身、黄身の三重構造がはっきり見える。

やるだけで、分子どうしが付いたり離れたりを繰り返しながら、最もエネルギー的に安定な形におさまるまで、反応が自然に進行する。

そうした弱い結合のうち、藤田さんが着目したのは配位結合だった。もともと有機合成化学が専門の藤田さんは、所属していた研究所で無機化学に触れる機会があり、金属錯体にヒントを得た。錯体は配位結合によって金属と有機分子が結びついた化合物である。

注目される配位集合分子

「配位結合による自己組織化は、私たちのオリジナルです」。弱い結合を利用して分子集合体をつくり、独特

の機能を生み出す超分子研究は人気のある分野だ。そのなかで、藤田さんは一貫して配位結合を鍵に研究を進めてきた。

アイデアを練るときには、傍らにいつも分子模型とコンピューターがある。「はじめに必ずモデルを組んでみます。分子模型には手で触れるよさがあり、CGはイメージトレーニングになります。こんなものができたらすごいと目標ができ、学生諸君にも説得力があります」。

時間がかかるのは、目標の分子ができたことを確認し、証明するプロセスだ。まずNMRで調べ、その後、質量分析で確認し、X線結晶構造解析を最後の決め手とする。最初に描いたCGが、最終確認を経て晴れて論文を飾るまでには何年もかかることが稀ではない。

藤田グループの代表的な論文の引用回数はすでに合計8000回を超え、1論文で1000回近くを数えるものもある。「最初にした仕事をどこまで展開できるか、どれだけの人を引き込めるか。それが課題です」

1990年に始まった研究は、15年あまりでここまでの広がりを見せている。(サイエンスライター 古郡悦子)

「科学がわかる 世界がかわる」 未来館のブランド戦略

日本科学未来館がブランド戦略を展開中という。

ブランドといえば銀座や原宿を賑わすあのブランドのことしか思い浮かばないが、未来館ではいったい何が進行中なのだろうか？

日本科学未来館といえば宇宙飛行士の毛利衛館長。逆に毛利さんといえば未来館館長。といった具合に両者のイメージは分かちがたく結びついていた。が、その未来館がついに「ポスト毛利」に向けて動き出した――。

こう書くと「えーっ、毛利さん辞めちゃうの?!」とびっくりする人もいるかもしれない。でもご安心を。「ポスト毛利」は決して近々のタイムスケジュールに乗っているわけではない。

が、しかし、いくら毛利館長といえども今後何十年にもわたって館長を務めるわけにはいかない。いつかは館を去る時がくるに違いない。

ブランドは次世代への準備

その「ポスト毛利」について、一番心を砕いているのは、他ならぬ毛利館長自身なのかもしれない。

「よくベンチャー企業は最初の3年が大事と言います。」

創業者がリーダーとなっているうちは組織もどんどん伸びていきます。でも、うまくいって企業が大きくなってでも独占的な創業者が社長をやっているのは次の3年も続いて成長するのは難しい。創業者の理念を受け継いだ新しい人が代わりにやるべきなのです。

ここはベンチャーではありませんが、私は館長を5年務めました。次に誰が館長になっても私の理念を引き継いでいただけるよう準備したいのです」と、毛利さん。

その準備が「未来館のブランド構築」だという。

ブランドとはファッション・ブランドなどのあのブランドである。

ブランドとは何か？

「ある商品・サービスを象徴するもののこと。ある商品・サービスを別の商品・サービスから区別するための商品名称やシンボルマーク、模様だけでなく、消費者が商品・サービスを見た際に想起させる周辺イメージ総体もブランドと呼ぶ」(ウィキペディア百科事典)。

でも未来館は科学館である。科学館にブランドとは一般人にはわかりにくいかもしれない。

未来館はブランドの概念をもっと広げ、来館者をはじめとする一般市民が「未来館への期待と共感が積み重なることによって“人の記憶”の中に蓄積されるもの」と定義する。

このコンセプトの下で、昨年4月からブランド・ワーキング・グループが立ち上がった。さまざまな部署から集められた精鋭は若手を中心に18人。専門のコンサルタントも入った。

科学が
わかる 世界が
かわる

日本科学未来館外観



問題点や課題を明確化

最初は、現状を館内および外部の視点から調査分析し、問題点や課題を明確化し、その解決方針を探った。

具体的には、職員に対するアンケートやヒアリング調査、来館者インタビュー、未来館と関わりのある研究者や企業へのインタビューなどを広範囲な分野にわたって行い、総合的に分析した。

その結果、さまざまなことが浮かび上がってきた。例えば、内部では未来館の理想の姿として「中高校生以上を対象に、一般生活者に対する科学技術の啓蒙をする場」と思っている人が多い。

これに対し、現実には「来館者は中高校生より小学生が多く、展示、インタープリター解説、営業活動の対象者意識がバラバラ」ということがわかった。

また外部の人から見た未来館の「あるべき姿」は「科学技術ばかりを追うのではなく、身近な、人の生活に根ざしたテーマとして捉えていくべき」という要望が目立った。

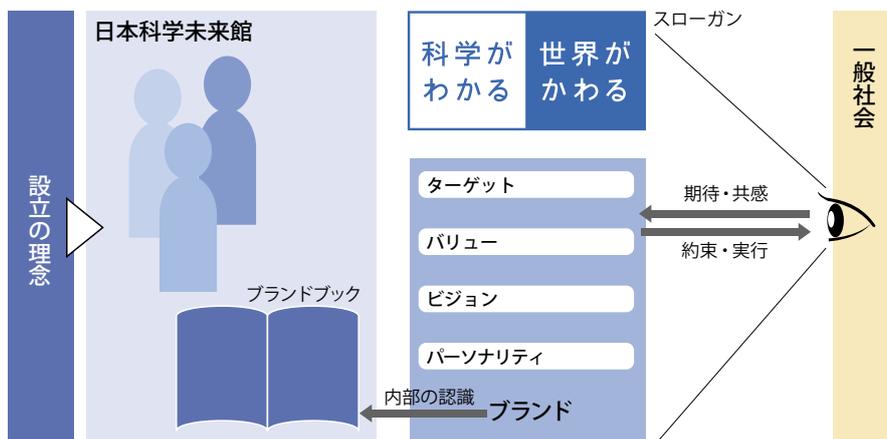
ところが、「現状」は「コンセプトが役所的、概念的、高い志を持った人にしか響かない。お客さんに伝える言葉ではない」といった厳しい言葉が相次いだ。

こうした分析結果を受けて、プロジェクトは次の段階に進んだ。

人の記憶に残るための4要素

まず「設立の理念」である「科学技

日本科学未来館ブランドの位置づけ



術を文化として捉え、私たちの社会に対する役割と未来の可能性について考え、語り合うための、すべての人にひらかれた場」（総合監修委員会報告書より）を、未来館ブランドの根幹に据えることを決めた。

いわば初心に帰るわけだ。

そして、ブランドとして「人の記憶」に残るために4つの要素を抽出した。

【ターゲット】は「未来館が積極的にコミュニケーションしていく相手」。

【バリュー】は「未来館が提供できる独自の価値」。

【ビジョン】は「未来館が目指す社会の姿」。

【パーソナリティ】は「未来館のスタッフが持つ基本的な資質」。

そして【ターゲット】を「科学と向き合う心を潜在的に備えている人すべて」と決めた。従来のターゲット像のように年齢や性別で決めるのではなく、「人が本来持っている問題意識や価値観」で決めたのだから大胆な

発想転換である。

さらに【バリュー】は「先端を行く“新しい知”を分かち合う」とした。“新しい知”とは「科学技術の具体的な成果」であり「科学者や技術者のもつ新しい視点や考え方」でもある。先端の科学技術を、人間の知的活動という大きな視点から捉えたという。

また【ビジョン】は「一人ひとりが未来を見つめ、かしこく生きていける社会を実現する」とした。新しい知を得る→世界を見る目と生きる術を養う→未来へ歩み出す自信を得る→「かしこく」生きるとつながっていく。

上記3点を強く意識したスタッフの【パーソナリティ】は、「科学と人をつなぐ専門家」であり「多様な考えを受けとめ語り合う人」であり、「成長を目指して挑戦しつづける人」でもある。

また、このブランドを一般社会に向けて一言で伝え、定着させる決まり文句としてのスローガン「科学がわかる 世界がかわる」を決めた。

今年になって、さらにこのブランドのメッセージをスタッフ全員が正しく理解し共有化するためのツールとして、「ブランドブック」を制作した。

「未来館が出来た時のブランドは毛利衛だった。これから未来館自体がブランドにならなくてはならない」（毛利館長）。

科学館としては異例なこのブランド戦略、果たしてどこまで一般市民に浸透し支持されるのだろうか？そこに未来館の未来がかかっている。

（サイエンスライター 水濃市生）



高校生が研究の現場を体験 夢と友情を育むサイエンスキャンプ

高校生が大学や研究所に集まり、合宿形式で実験や実習を行うサイエンスキャンプ。

開始から12年目、今年の夏休みには全国33の会場でこのキャンプが開かれ、過去最高の436名が参加した。

会場の1つを訪ね、高校生たちの体験を追った。

つくば研究学園都市の一角にある防災科学技術研究所（以下、防災科研）。ここに7月25日、15名の高校生がやってきた。この日から2泊3日で行われる「サマー・サイエンスキャンプ2006」に参加するためだ。

防災科研は、地震、火山噴火、水害、雪害などの自然災害について、発生のメカニズム、予測法、起こったときの対処法などを研究している。開講式のすぐ後に登場したのは、総括主任研究員の納口恭明さん。雪崩や地盤の液状化現象の専門家だ。研究の一方、「Dr. ナダレンジャー」として、全国各地で年間100回も実験教室を開いている。小学生から大人までを対象とし、研究のために制作した模型や実験装置などを用いるのが特徴だ。

ミニチュア実験で知る 自然災害のメカニズム

防災科研でのサイエンスキャンプの最初のプログラムとして、この実験教室がセミナー室で開かれた。

まず行われたのは、雪崩が起こる

しくみを実感できるさまざまな実験。それに続いて、地盤液状化の実験が行われた。1人1人に配られたペットボトルの中には、少量の砂と口いっばいの水、それに、数ミリの頭のついた丸ピンが数本入っている。中味を振り混ぜて静置すると、砂が沈み、丸ピンはその中に埋もれてしまう。

ところが、このペットボトルを軽く指ではじくと、一瞬にして丸ピンの頭が砂の上に現れる。地震で地盤が液状化し、マンホールが地面から突き出すのとまったく同じ現象だ。何度も実験を繰り返す高校生たちに、納口さんは「このおもしろさを忘れずに現象の理解を極めてほしい。そういう姿勢が防災につながるのです」と語りかけていた。

実験の後に用意されていたのは、大型耐震実験施設での地震体験というスペシャルメニューだ。この施設の振動台は15m四方ほどの広さで、地震の揺れを人工的に作り出せる。建物の耐震性を研究するためのもので、年に一度の研究所一般公開時以



地盤液状化の実験に取り組む高校生。丸ピンの頭が砂から現れたところ。



地盤液状化についてはデモ実験も行われた。高校生たちが食い入るように見つめる。



上：振動台の上で大地震の揺れを体験。 右：雪崩が起こるしくみを示す実験の1つ。斜面に流したペレットの先頭にかたまりができています。かつらをつけ、Dr.ナダレンジャーに変身した納口総括主任研究員が大奮闘。



外、人を乗せることはない。高校生たちは、その振動台に乗せてもらい、阪神・淡路大震災や中越地震の揺れを経験した。まさに、サイエンスキャンプならではの企画だ。

防災科研には、北は岩手から南は沖縄までの高校生が集まった。学校もばらばらで、最初は緊張気味だったが、実験が始まるとしだいに打ち解けていった。取材は1日目だけだったが、2日目は、地震計の製作や、最低限の道具で米飯を炊く体験などが行われ、3日目は火山噴火についての講義の後、全員が短いプレゼンテーションを行ったという。

初日だけでも、「おもしろい」「勉強になる」と目を輝かせていた高校生たちは、その後もいろいろな研究者に接し、さまざまな体験をして十分に楽しんだことだろう。もちろん、防災科研以外の会場でも、同様の光景が繰り広げられたに違いない。

熱意を綴って 応募する高校生たち

サイエンスキャンプは1995年にスタートした。この年は、夏休みに、科学技術庁（当時）の9つの国立研究所がそれぞれ10名の高校生を受け入れただけだった。だが、その後、他の省庁の国立研究所も加わり、現在では、大学や民間企業も加わっている。また、数年前からは、夏休みだけでなく、春休み、冬休みにも開催

されるようになった。

今年の夏の場合、応募者は836名で、定員のほぼ2倍に達した。参加希望者は、多くの会場の中から、場所、日程、内容などを考えて第5希望（最多の場合）までを決め、志望動機や参加にかける熱意を綴った作文を添えて申し込む。

「すべての高校に募集要項を送っていますが、個人参加という形式に不安を抱く高校生もいるらしく、先生の勧めが応募の決め手となる場合が多いようです」と日本科学技術振興財団のサイエンスキャンプ事務局ではいう。最近はいつも一定の割合の数の学校から応募者があり、この行事も定着した感があるそうだ。

ただし、一方では、何度も参加する「リピーター」という問題も出てきている。「参加者の選考は作文で行います。一度選ばれた人は作文がうまいわけですから、次にも選ばれる可能性が高い。そこで、第1志望者の多い会場については初めての応募者を優先し、なるべく多くの方に参加してもらえるようにしています」と事務局では対策をとっている。

研究者をめざすきっかけに

サイエンスキャンプの目的は、理科好きの若者を増やすことや、将来の研究者を育てることだが、それは達成されているのだろうか。事務局では、昨年、開始以来10年間の参

加者の追跡調査を行った。その結果、就職した人はまだ1割ほどだが、研究者や理科の先生になった人がおり、理工系の大学院生も多いことがわかった。

事務局からは、なかなかいい話も聞いた。研究者になりたいと思いつつも将来に不安を感じていた女子高校生が、サイエンスキャンプで女性研究者が活躍しているのを見て将来のイメージをはっきりと描けるようになり、自分も研究者をめざすようになったというのだ。

受け入れ側の負担は決して軽くはないが、このように、将来の人材育成という目的は達成されつつあるようだ。それだけでなく、「高校生に説明することが、研究者にとっては一般への情報発信のいい練習になるという側面もあります。また、意欲ある高校生とのふれあいが研究者のモチベーションを刺激するという効果も期待されます」（事務局談）。

拡大し、定着してきたサイエンスキャンプ。防災科研の参加者の中には、「参加が決まったとき、うれしくて周りのみんなに話しました」という女子高校生もいた。だが一方では、このキャンプをまだ知らない高校生もたくさんいる。理科好きの若者を増やすためにも、「まだ知らない高校生」への効果的アプローチ法を探ることが必要だろう。

（サイエンスライター 青山聖子）

～人材育成研修の今～ 世の中に多くの目利きを

産学連携の要ともいえる、学と産の橋渡し役「目利き」。要求される能力は、学を持つ技術の見極めから実用化に向けた事業化プランの作成まで幅広い。JSTでは、技術移転の仕事に役立つ知識・スキルを習得できる「目利き人材育成研修会」を開催している。昨年度までの開催数は70回。内容は、知的財産からビジネスプランまで多種多様である。延べ参加人数は1500名を超えた。

8月に開催された「知的財産マネジメント」講座には、主に大学や自治体から約40名が参加し、技術移転の駆動力となる知的財産の管理について学んだ。講義が3コマと、事例演習を兼ねたグループでのディスカッションが行われ、合宿さながらの研修生活がまる2日間続いた。

知財管理の心構え

松岡幸雄氏(有限会社シラー・ジャパン)は製薬企業での研究活動と特許マネジメントの経験を持つ。知的財産の創造(研究で成果をあげる)→権利化(特許にする)→活用(ライセンス・事業化)→再創造(得られた利益を研究に)という「知的創造サイクル」を効率良くまわすにはどうしたらよいか、研究者とのコミュニケーション

ン方法にまで及ぶ数々のノウハウを伝授した。そして「自分が知的創造サイクルの中でどのステージの仕事を担っているかを認識すべきだ」と強調し、縦割りになりがちな組織における意識の持ち方の重要性を説いた。

「知的財産権はこれからの大学、大学人にとって自らの存在と存立に係る大変に重要な課題」と、知的財産権の基本的な意義の説明から講義を始めた西澤利夫弁理士は、大学特許に特有な諸問題を整理した。特許管理の際には「少なくとも出願後1.5年は明細書にすべての関心を集中させ、張り付くぐらいの気持ちできめ細かな対応を」と呼びかけ、「例えば研究者による失敗データの公表は発明を傷つけるようなもの」と、学会発表にも気を配る必要があると説明した。

ますます期待される人材育成

2～3年前はシニア層の参加が多かった研修会だが、現在は20～30歳代の参加者が増え、産学連携の分野で幅広い世代が活躍するようになったことがうかがえる。

研修の最後は、「1年後にはみなさんの職場での技術移転率が10～30%上がってほしい」との松岡講師の激励で締めくくられた。

参加者の1人、知的財産部門で働く鈴木浩氏(東北大学)は、「知的財産はどうあるべきかを含めて、さまざまな面で原点に立ち戻ることができたことは非常に有意義でした。また、他機関の人とのディスカッションによる課題解決へのプロセスの体験も貴重でした」と振り返った。一方で、「現在(鈴木氏の部署で)不足している人材は法務担当者。専門知識を持つ人材を早急に確保したいと考えています」と慢性的な人材不足への迅速な対応が求められていることを指摘した。引き続き、ニーズに合った人材育成の機会を増やしてゆく必要があるそうだ。(JST 浜松諭子)



講義の様子



グループディスカッションの様子

渡辺
正

東京大学生産技術研究所
副所長・教授

「筋のいい問いは、受け手を真実の発見に導き、定説のあやしさを明るみに出したりもする。一見あたりまえに思える話も、ときには自問自答してみよう。」

筋のいい問い

真実に迫らせる問い

「熱い湯と冷たい水は、どこが違うと思うのかね？」

大学に入ってすぐ熱力学の洗礼を受け、内部エネルギーだのエンタルピーだので脳内がウニ状態だった40年前、私にそう問いかけた人がある。物質が分子の集まりだと頭ではわかっている、湯のイメージは「熱という妙なものがしみこんだ水」でしかなく、どうやらその感覚こそが熱力学にカスミをかけていた。

問われて心が動き出す。ええっと……液体は分子の集合体か……すき間は真空……それなら、分子の動きが激しいかどうかだな……と、ようやく気づく。あの問いかけ（感謝！）がなかったら、熱力学の理解もだいぶ遅れたらろう。

身の丈を何割か超して筋のいい問いは、受け手にほどよい緊張と脳内労働を課し、真実の発見という快感を恵む。むろんそれは、行く手に真実の豊穡な森が待ち構えている問いに限る。

「農薬と同じ基準で日本酒を規制したら、1日に飲める量はいくらか？」もそうだった。農薬と同じくネズミの発がんデータから計算して、飲めるのは0.1ミリリットルでしかない。裏を返せば、農薬の基準値10～100倍オーバーもまったく安全だということ、腹の底から納得できた（拙著『これからの環境論』日本評論社、2005年 参照）。

「環境」の問いにはご用心

大流行の「環境」には、歴史がぐっと浅いせいで、不毛な問いがおびただしい。入試に出る「酸性雨を生む物質は次のうちどれか？」などは最悪の部類か。1980年以降、雨のpH（約4.8）は（縄文時代と同様）火山や微生物由来の二酸化硫黄SO₂が決めている、日本にいわゆる「酸性雨」は存在しなかった。だから、正解だという「工場や発電所が出す硫黄酸化物や窒素酸化物」は大ウソである（これも上記の本参照）。

空疎な問いを發して子どもにウソを答えさせ、学習時間を空費させるのは亡国の行いだらう。

また昨今は政府も世間も産業界も「地球温暖化防止につながるCO₂排出削減」の話でもちきりだ。それがまともな営みかどうかは、次の問いに答える努力をしてみると、たぶんわかってくる（私の答えは「長くて2年」。読者各位のお答えは?）。

「かりに京都議定書どおりの排出削減ができたとしたら、100年後に来るはずだった状況を、何年だけ先送りできるのか？」

江戸の水道技術

絵と文・中沢正人

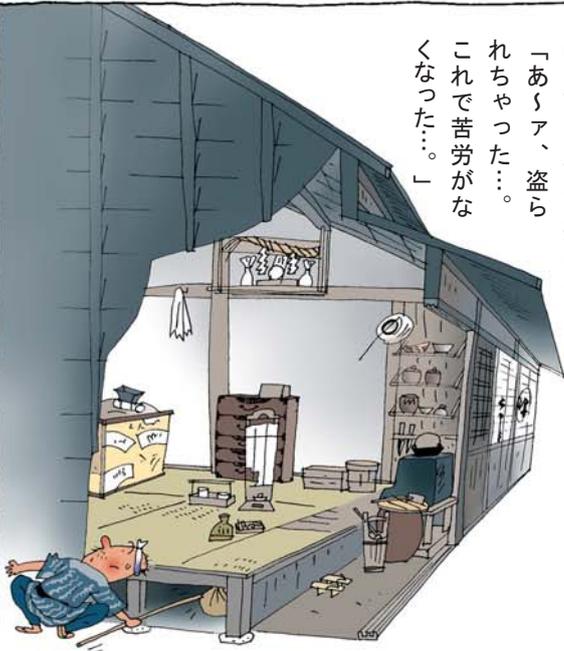
今月のお囃



あらすじ

桶を担いで生活用水を売り歩く水屋は、一日も休むことのできない辛い商売。その男が千両富に当たった。水屋を継ぐ者が見つかるまでと、床下に金を隠し商いに出かけるが、心配で身が入らないし、夜は強盗に殺される夢ばかり見て、へとへとに疲れてしまう。向かいに住む遊び人が、いつも床下をさぐる水屋の行動を怪しんでこの金を見つけ逃走した。フラフラで帰ってきた水屋。金を盗られたのを知ってへたり込んだ。

「あゝア、盗られちゃった...。これで苦勞がなくなった...。」



◆世界一の上水

開府以来、埋め立て造成地が多かった江戸の町は、地下水に塩分が混じるため飲料水の確保に苦労した。そこで、一五九〇年神田上水（当初の小石川上水から発展）を、一六五四年玉川上水を相次いで施設した。ポンプなどを使わず、高低差のみで水を運ぶしくみを「自然流下式」と呼ぶ。玉川上水は、玉川から四谷水門まで四三キロメートルもあるが、高低差はわずか九メートルしかなく、当時世界一と言える施設技術だった。

◆隅田川の対岸に水を運んだ水屋と水船

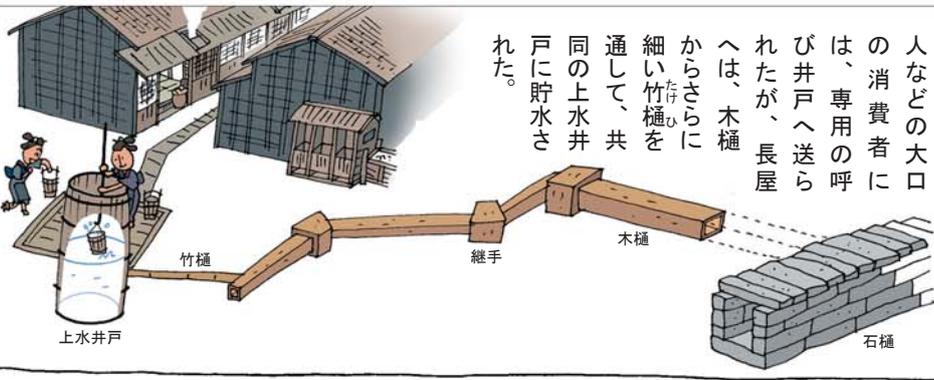
「水道の水で産湯を使い...」は江戸っ子自慢の台詞。しかしこの水道が直接届かなかったのが隅田川対岸。銭瓶橋からの上水の余り水を「水船」で運び、担いで売り歩いたのが「水屋」。二桶で四文。利の薄い辛い商売だった。



参考 東京都水道歴史館、「大江戸えねるぎ事情」（石川英輔／講談社）
「江戸学事典」（西山松之助／弘文堂）、「江戸時代生活・文化 総監」（西山松之助／新人物往來社）

◆水が家庭に届くまで

上水水門から引いた水は、地下に埋め込んだ石樋や木樋の水道を使って江戸の町に分配された。中央線の駅名である「水道橋」は、神田上水の水門から、神田川対岸に水を渡すための懸樋の名残である。大名や商人などの大口の消費者には、専用の呼び井戸へ送られたが、長屋へは、木樋からさらに細い竹樋を通して、共同の上水井戸に貯水された。



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/

JST News

Vol.3/No.7
2006/October

発行日/平成18年10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