

JST News

Vol.2/No.10
2006/January

1 月号

Special Report

科学技術をどう リードしていくか



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



科学と芸術は、相反するものと考えられがちだが、過去においては密接な交流があった。現在、日本科学未来館で開かれている企画展では、科学を芸術で表現することに取り組んでいる。

What is JST?

日本科学未来館の活動

*National Museum of
Emerging Science and Innovation*

日本科学未来館は最先端の科学技術と人をつなぐ新しいコンセプトのサイエンス・ミュージアムとして東京・臨海副都心のお台場に誕生し、今年5周年を迎えます。

未来館は「科学を文化に」というコンセプトのもと、科学技術を文化の一つとして社会の中に定着させ、理解と共感を深めてもらうための新しい試みに挑戦しています。その一環として参加体験型の展示や実験工房、企画展、イベントなどを行い、科学者・技術者、インタープリター（展示解説員）、ボランティアなどと、一般の人々との交流の場を提供しています。同時に研究開発の場として、難解な科学技術をわかりやすく伝える手法を開発し、最先端の研究活動について情報を収集、国内外に発信する拠点として活動しています。

CONTENTS

03 *People*

外とつながり進化するミュージアム

毛利 衛 日本科学未来館館長、宇宙飛行士

04 *Special Report* 座談会

これからの科学技術を どうリードするか

基礎研究や競争的研究をどう進めるか。
創造性豊かな人材をどう養成するか。
第3期科学技術基本計画がスタートする今年。
学術、ジャーナリズム、JSTの立場から、
これからの政策の課題や期待を語ってもらった。
黒田玲子 / 北村行孝 / 沖村憲樹

08 *Communication*

物理への夢を育む 若者とトップ研究者との対話

10 *R & D*

日本生まれの新型素子 光の新世界をひらくフォトニック結晶

12 *Local Technology*

薄型テレビへの利用も期待 新しい製造法で実用めざす「有機EL」

14 *Literacy*

『サイエンス＋フィクション』展 科学を芸術で表現する

16 *Entertainment*

佐々木成朗が選ぶ 「1月の本・映像・展示」

編集長
佐藤年緒
編集委員
古旗憲一 前田義幸
佐藤雅裕 森本茂雄
黒田雅子 瀬谷元秀
浜松諭子
制作協力
サイテック・コミュニケーションズ
表紙はりがねアート
羽田智恵
デザイン
グリッド

写真撮影・提供
由利修一
梅岡 弘
野田 進
三谷忠興
Herling/Gwose
Ursula Boehmer
Gaku

外とつながり進化するミュージアム

日本科学未来館は、今年7月に開館から丸5年を迎える。

成果が問われる節目の年。「これからの未来館」をどのようなビジョンで舵取りするか、館長の毛利衛さんに抱負を聞いた。



日本科学未来館館長
宇宙飛行士

毛利 衛

巨大な地球儀「ジオコスモス」を眼下に見ながら、ガラスを通して東京湾臨海を望む場所に立つ毛利さん。

「大きなプロジェクトを成功させていく一つのパーツ(部品)だった宇宙飛行士の時代」から5年前、館長として「いきなりトップマネジメントを含めて、組織の方向性をきちっと打ち出す仕事」にまい進してきた。「リーダーシップとか、ビジョンを周りに分かるように訴える。最初は手探りの状態もあったが、組織運営に手応えがあった」と振り返る。

最近、内閣府、文部科学省、環境省など国の審議会委員のほか、日本学術会議の議員も務めることになるなど館長以外の任務にも期待が大きくなった。「今年はこうした外とのかかわりを具体的に仕事に生かしていきたい」という。例えば学術会議では、全国75万人いる研究者や科学技術の役割をもっともっと国民の目に見えるようにしたいと話す。

「第3期科学技術基本計画のスタートの年でもあり、科学コミュニケーターという人材育成が期待されている。これまで未来館で進めてきた

人材育成を、国の政策に乗ってしっかりと実施できる。若い人を育て全国展開する牽引の場所にしていきたい」と意欲を示す。

海外にも未来館の存在が知られてきた。「今年、アジア・太平洋地域の科学館の国際組織ASPACの副会長を私が務めます。これまでも未来館からASPACの活動にスタッフを派遣して積極的に参加してきましたが、各国の科学館との連携の輪を一層強めていきたい」

館のイメージが、名物館長の「顔」に頼りがちだとの内部の声も聞こえる。毛利さんは「自分がいなくても、館全体で一人ひとりの意識が共有化できるように」と、この2年間、未来館のコンセプトづくりを進めた。

「組織を逸脱しない限り、自分の信念や個人の能力、個性を最大限に発揮する」ことの大切さを訴え、「いつもイノベーション、絶えず進化する組織。外とのかかわりで進化する組織」を目指そうとしている。

自ら、多忙なスケジュールの合間に国内外の“現場”に出掛ける。南極で日食を見る。ブラジルの熱帯雨林やイグアスの滝を訪ねる。昨年はオホーツクの海で漁船に乗ってサケ漁を体験した。「サケがぴんぴん跳ねる。新鮮でよどみない自然に触れて、自分が生きていることの原点に戻れた気がした」

人と人が出会い、科学コミュニケーションの拠点になろうとしている未来館。活動に参加する職員やボランティアは、科学を生む現場の自然や実験室に触れ続けることが不可欠なのであろう。ガラス張りの館から毛利館長の視線は、外の地域や世界の人と自然に向けられている。

(編集長 佐藤年緒)

People

これからの科学技術をどうリードするか

新しい年がスタートした。今年は第3期の科学技術基本計画(5カ年、以下基本計画)が4月に始動する。

日本の科学技術をめぐる動きが新たなステージに差し掛かっている今、これからの科学技術をどうリードしていくか。学術、行政、ジャーナリズムでそれぞれ責任ある立場の黒田玲子総合科学技術会議議員、沖村憲樹JST理事長、北村行孝読売新聞東京本社科学部長(司会)に、基本計画に向けた思いや期待を語っていただいた。

北村行孝：まずは、第3期基本計画案の策定で重要な役割を果たされている黒田さんに計画の狙いや策定のご苦勞をお聞きしたいと思います。

長い目でみた成果還元を

黒田玲子：第2期基本計画から5年経って何が変わったのかというと、ひとつには、グローバルな知的競争に中国、韓国、インドといったアジアの国々の台頭が目覚ましいことです。また、科学と産業との距離も近くなってきています。学問領域の融合も進み、例えばバイオインフォマティクスやナノバイオなど新しい分野が非常な勢いで伸びてきています。しかし、それだけ私たちの生活に科学が浸透してきているにもかかわらず、困ったことに一般の人の科学離れが進んでいます。

基本計画の基本理念には、科学技術が何を目指しているのかを、できるだけ分かりやすく社会・国民に知らせ、その成果を還元することが第1に挙げられています。そして投資の

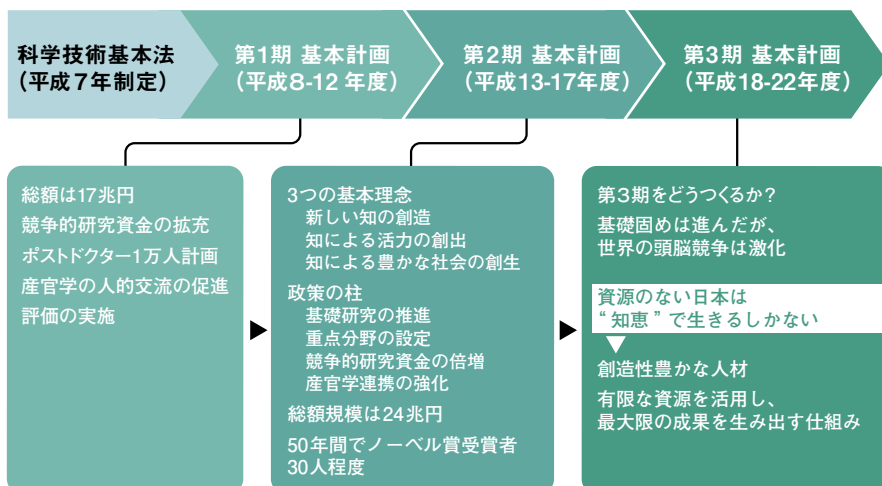
成果が国民の目線でわかるような成果目標を挙げるべきではないかという意見も出ています。

北村：沖村さんは政策の重要な実施部隊というお立場から、第3期基本計画への期待や受け止め方はございますか。

沖村憲樹：ここ1年くらいで日本の景気がよくなった途端に、科学技術はもういい、研究投資も特に重視しないというムードになっているのではないかと憂慮しています。しかし、科学技術の世界は簡単には変わらず、10年、20年かかかって動いていくものだと思うのです。

また日本の大学のレベルは、一部を除き先進国の中でまだ極めて低いと思っています。一番の問題は研究資金がきちんと行き渡っていないことです。国立大学が法人化されましたが、まだ本当に大学が自立して世界の中で大胆に経営戦略を考えて運営する環境にはなっていません。もっと制度的にも大学が自由になると同時に十分な研究資金を確保して、大

科学技術基本計画の流れ



科学技術基本計画

科学技術基本法に基づき国が策定する5カ年計画。今年4月からの第3期計画については、内閣府の総合科学技術会議がまとめた答申に基づき3月末までに決定する。計画案によると、①社会・国民に支持され、成果を還元する②投資の選択と集中の徹底③モノから人へ、人材の育成・強化④絶えざるイノベーション力の強化—などに力点が置かれている。



黒田玲子 (くろだ・れいこ)
内閣府総合科学技術会議議員
東京大学大学院総合文化研究科教授



司会 **北村行孝** (きたむら・ゆきたか)
読売新聞東京本社科学部長



沖村憲樹 (おきむら・かずき)
JST 理事長

学のレベルアップをはかっていくことを基本計画のメインにすべきだと思っています。

北村：産業競争力が衰退すると「困ったときの科学技術頼み」で、少し好転するとすぐに忘れてしまう、というのではどうかと思います。研究の成果も、30年とか長いスパンで見ないといけないですね。

黒田：例えば今産業になりつつあるDVD（デジタル多用途ディスク）も、70年代の大学での発見が元になっています。景気がよくなってきたらますますしっかりと基盤をつくることをやらないといけないのです。

沖村：ファンド（研究資金提供）のシステムも、日本は基礎研究から応用研究まできちんとフォローできるように組み上げることができていません。基礎研究の方は科学研究費補助金（科研費）をもらってある程度重点的になりましたが、競争的研究資金は海外に比べて極めて貧弱だと思いますね。

多様性認める評価に

黒田：日本は何でも一律で、それほど仕事をしなくても、どんなによい

研究をしても、定年になったら等しくサヨウナラ。海外では考えられないですね。研究成果がますます上がっていてもグラント（研究費助成）の期間が終わったら、ハイ終わりというのも評価していないことと同じです。よくやっている人はもう少しゆつたりとできるといい。心の余裕がないとひらめきは、生まれてこない。ルーチン的に効率を上げればよいというタイプの研究も重要ですが、日本発の学問を拓くような研究には、もう少し違ったやり方があるのだと思います。

北村：理研の仁科芳雄博士が研究チームを率いた時代を朝永振一郎博士が「科学者の自由な楽園」と言っていました。多くの人材が育ち、やっていることは世界の最先端という時代がありました。いま環境は大きく変わったのですが、評価の問題は難しいと思います。国民側からは「結構な額を使っている」という意見もあるだろうし、評価しないと「もらう側が好き勝手にやっている」と見られもする。かといって評価ばかりでは、本来創造的な活動に活かすべき時間が現実に減ってしまいます。

沖村：負担が少ない効率的な評価を考えるべきでしょう。評価をきちんとして、その成果を科学者ばかりでなく、国民、産業界、メディア全体にもっとPRして科学技術投資に国民的なコンセンサスを得ていくことも必要だと思います。

今回の基本計画案にもイノベーションの目指す方向が書かれていますが、JSTも戦略センターが中心になって目標を分かりやすく明示していくように努めたいと思っています。

黒田：評価の際に応用ばかりを問われても困ります。また3年で成果が出ることもあるし、10年必要かもしれない。研究には、そうした多様性があり、いろいろな評価軸が必要です。

切磋琢磨の拠点で

黒田：オリジナリティは優れた人の真似から始まると言われます。いい発想のためには、優秀な科学者や技術者が集まっていきいきと切磋琢磨しながら研究できる場所、センター・オブ・エクセレンス（COE）の存在が大変重要だと思います。そういう場がないと、どうしても小粒なものしか出ません。基本特許の多くは海外

に取られています。例えば、トップレベルの研究装置や試薬などの多くは海外製で、日本の研究費で海外を潤している。

北村：産業界でもよく、基本設計はアメリカで、試作工場は日本で、大量生産は中国・台湾というようなことを言われます。

沖村：オリジナリティのある研究と研究機器は密接不可分だと思います。オリジナリティのある研究が行われていれば、先端機器の産業も育つ。結局、この問題も研究資金の不足に行き着いてしましますが、産業側も国内の小さな市場だけでなく、自動車を見習って海外を市場とした製品造りを目指してもらいたいですね。

黒田：日本には「目利き」が少ないのです。海外で現地の人と同等に研究資金やポストを奪い合う、ベンチャー企業を立ち上げるといった経験をしてきた人が帰国して、異なった視点から意見を言ってくれることが重要だと思うのです。その点、中国は賢い。「タレント・リターン」と言って、海外の優れた自国研究者をヘッドハンティングして、給料や待遇などに大きな差をつけて呼び戻しています。

沖村：研究者も今は中国のほうが日本よりも多くなってしまいました。論文ものすごく出している。JSTでも来年度予算で、中国の科学技術情報をデータベースにした中国科学技術総合研究センターをつくることを計画していますし、中国語の機械翻訳をつくる計画も検討中です。

女性研究者を25%採用

北村：人材の問題では、第3期基本計画で女性研究者の採用に対して数値目標を示すようですね。

黒田：自然科学系全体で平均25%の採用目標を設定しています。

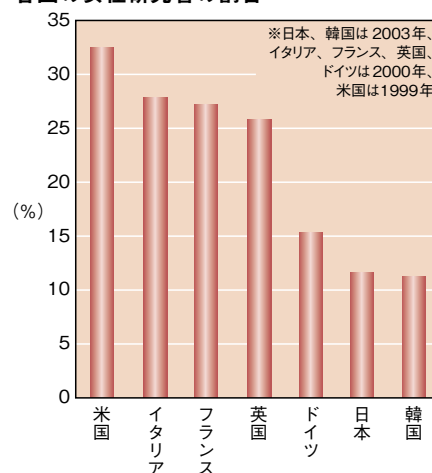
沖村：すごい数字ですね。

北村：これまで女性研究者にはいろいろな制約があったと思うのですが、どういうところに改善の糸口があるとお考えですか。

黒田：研究者や技術者の場合、出産・育児の部分でのサポートが重要です。いろいろな方法があると思いますが、まずこのIT時代では、自宅のパソコンから大学図書館のジャーナルをダウンロードして読むことや、画像・動画の送受信を通して研究室の学生たちとディスカッションすることもできます。そのための装置や回線を貸すといったサポートは喜ばれるでしょう。それから1日に短時間でも研究室に行きたい人には、その間のサポートをする。また、1つのポジションを2人でシェアするジョブ・シェアリングという方法もあります。長期に休職したいというのが本人の希望であれば、それはそれでよいと思いますが、復帰後の問題があります。ただフロンティアの研究をしていると、現場から1年離れるのはつらいと思います。本人も精神的にも不安定になるし、それは子供にとってもよくないので、なんらかの形で続けることだと思います。

北村：在宅でやれる部分は結構ある

各国の女性研究者の割合



日本の女性研究者の割合は国際的に低い位置にあり、活躍できる環境の整備が求められている。(表は内閣府作成)

かもしれませんね。

黒田：その後の育児についても、今は携帯電話で保育園の様子を見ることができるので、少し安心できると思うのです。例えば子供の調子が悪い時に、画面に映してもらい子供と話すこともできる。海外では、子供のケアと食事を作ってくれる人を雇って自宅に住ませるケースもありますが、住宅事情の悪い日本の都会では無理かもしれません。そうした社会システム上の問題はありますが、皆で知恵を出して工夫すれば、このIT時代に女性がもっといきいきと活躍できる方策は沢山あると思います。

沖村：JSTは物理学者の米沢富美子先生にご協力をお願いして、男女の研究者が共同して、かつ対等にキャリアアップがなされるような企画や支援を他に先駆けて進めていきたいと考えています。中学生や高校生が目指すべきすばらしい研究者のロールモデル(手本、模範となる人)づくりをしていきたいと思っています。

双方向のコミュニケーション

北村：克服すべき問題も多く、また、ぎすぎすした国力の競争でも勝ってほしいけど、そうではない「自然とは何なのか」を日本人に解明してほしいといった純粋で知的なあこがれがだんだん世の中で薄れていくようで、

第3期科学技術基本計画案の理念と政策目標

<理念1> 人類の英知を生む	<理念2> 国力の源泉を創る	<理念3> 健康と安全を守る
目標1 <飛躍知の発見・発明> ① 新しい原理・現象の発見・解明 ② 非連続な技術革新の源泉となる知識の創造	目標3 <環境と経済の両立> ④ 地球温暖化・エネルギー問題の克服 ⑤ 環境と調和する循環型社会の実現	目標5 <生涯はつらつ生活> ⑨ 国民を悩ます病の克服 ⑩ 誰もが元気に暮らせる社会の実現
目標2 <科学技術の限界突破> ③ 世界最高水準のプロジェクトによる科学技術の牽引	目標4 <イノベーション日本> ⑥ 世界を魅了するユビキタスネット社会の実現 ⑦ ものづくりナンバーワン国家の実現 ⑧ 科学技術により世界を勝ち抜き産業競争力の強化	目標6 <安全が誇りとなる国> ⑪ 国土と社会の安全確保 ⑫ 暮らしの安全確保

第3期科学技術基本計画案では、3つの理念を実現するために6つの政策目標を打ち出している。

メディアの人間として少し切ないですね。よい発見などがあるとおもしろいと思うのですが、「こんな悪いことがあったよ」という時の方が与える影響が大きくなってしまいます。国民の理解という意味で、いま科学技術コミュニケーションやジャーナリズムをもう少し考えようという機運が高まっています。黒田さんもJSTも関係していらっしゃるんですね。

黒田：私は10年以上前から、サイエンス・インタプリターの必要性を新聞などで訴えてきました。社会と科学どちらもが非常に複雑化しているなかで、個人の判断が求められる時代に、国の科学技術政策に国民も関与していただかないといけない時代になっています。国がいろいろなものを作っても国民がそれを受け入れられなければ意味がないのです。そのためには普段から科学技術について、理解と関心、興味を持っていただきたいと思います。その架け橋となるのがサイエンス・インタプリターです。私が「コミュニケーター」ではなく「インタプリター」と呼んでいるのは、単に「伝える」だけではなく、「何を伝え」「どう伝える」かが重要だと思っているからです。

北村：東京大学や北海道大学、早稲田大学の大学院では、サイエンス・コミュニケーター養成のための教育に取り組みははじめたようですね。

黒田：東大では全学の大学院生から少数のエリートを選んで様々な教育を行っています。プロに書き方を学んだり、事前に勉強した上で最先端の研究現場を見学に行ったりもしています。さらに自分の本専攻の修士論文や博士論文を中学生にもわかるように書き直す課題も考えています。

分かりやすい情報発信に

北村：基本計画には、1999年の世界科学会議(ブダペスト会議)で採択された宣言文の柱のひとつである「社会における科学」と「社会のための科学」という観点が盛り込まれるということですが。



黒田：科学者は自分の研究に対する説明責任と、研究のコンセカンス(結果、波及効果)を考えなければいけないし、逆に一般の人は、科学者にどういうコンセカンスがあるのかを教えなければいけない。科学を知らない人にわかりやすく教えてあげるという啓発活動ではなく、相互交流に向けた双方向のコミュニケーションが求められているのです。

北村：最近の行政は、プレゼンテーションなどにもすごく気を使うようになりましたね。情報を発信する側が、メディアの人間に誤解されないようにちゃんとすることも、最近はやや進んできている印象があります。

沖村：JSTでは中学2年生ぐらいの年齢を対象としたポータルサイトを作成中です。科学ニュースを分かりやすく伝える記事なども加えたポータルを準備していて、4月くらいまでの稼働を目指しています。JSTには約50のコンテンツのデータベースがありますが、科学技術の理解増進向けとしては、「サイエンス チャンネル」や理科教育向けの教材をまとめた「理科ねっとわーく」「JST パーチャル科学館」などが用意されています。

北村：研究者のデータベースはわれわれにとっては非常によいですね。

沖村：この他、特許情報のデータベースや、産学官連携支援データベースなども作っています。特許関連では「J-STORE」という大学などの特許だけを集めたデータベースもあります。経済産業省系のデータベースともし

リンクして日本のデータベースにアクセスできるようになっています。

ニーズをとらえて前進

北村：最後に新年の抱負について教えてください。私としては、今の社会では単細胞的な考え方では解決できない沢山の問題がある中で、科学技術ジャーナリズムのあり方をどうしていくかが、大きなテーマだと感じています。そうしたことを実際の日々の仕事にどう生かすか考えたいと思います。

沖村：JSTは社会に触覚を働かせて、ニーズをしっかりと把握して行動できる組織体を目指し、これまで組織に大学や産業界の方にずいぶん入っていただきました。今後もニーズを把握し動いていく姿勢を進めていきたいと思います。また、インターネット社会での情報発信の能力を発揮して、日本全体で研究開発、科学技術の理解が進むように社会と息を合わせながら、さらに努力したいと思っています。

黒田：総合科学技術会議の議員として、また文部科学省、総務省、経済産業省の委員会や大学のシステム改革の仕事と忙しいのですが、フルに働きたいと思っています。研究者としては、今着目している遺伝子を絶対に決めたいですし、発生物や固体キラル科学でも面白い結果が出ているので研究にも力を注ぎたい。私的には花を育てるのが好きなので、1日100時間くらいあることが夢ですね。

物理への夢を育む

若者とトップ研究者との対話

世界物理年「秋のイベント」が昨年10月15日に東京で開かれた。

多彩なプログラムの中でも、特に熱気にあふれていたのはノーベル賞受賞者など

著名な研究者と直接対話できる「高校生・大学生のための特別懇談セミナー」であった。

Communication

世界物理年だった昨年は、全国各地でさまざまな行事が開催された。「究める科学・活かす技術－人と宇宙の未来のために－」と題された「秋のイベント」は、世界物理年日本委員会やJSTなどの主催によるメイン行事の1つであった。

大ホールでは特別講演会が開かれ、「宇宙を探る」、「物質と光の根源を探る」、「電子を究め、電子を活かす」、「生命と人の本質を探る」の4つのテーマについて、大学などの研究者と企業の技術者がそれぞれの立場から講演した。また、別の会場には展示ブースが設けられ、物理学、ひいては科

学によって生まれた製品や最先端技術が紹介された。

「高校生・大学生のための特別懇談セミナー」の4つのセッションは、これらの行事と並行して、おもに特別講演会の講演者を講師として行われた。各セッションの会場は学校の教室ほどの広さで、事前に応募した50名の若者たちで満杯だった。講師も壇上ではなく、若者たちと向かい合った席に着き、質問に答えた。

巨大プロジェクトの 立役者を迎えて

セッションS1は「物質と光の根源



そうそうたる顔ぶれの講師たち。セッションS1の小柴昌俊名誉教授(右)と晝馬輝夫社長、セッションS2の家 正則教授(右)と三神 泉部



長、セッションS3の江崎玲於奈理事長(左)と三村高志フェロー、セッションS4の西澤潤一学長(左)と伊澤達夫取締役。

を極める」と題され、カミオカンデでニュートリノを観測し、2002年にノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊東京大学名誉教授と、カミオカンデの光電子増倍管を作った浜松ホトニクス^{ひるま}の晝馬輝夫社長が講師を務めた。

「大きな光電子増倍管を作るときに難しかった点は？」と、実物を目の当たりにした高校生が尋ねると、晝馬社長は「まず、平面でない大きなガラスを溶かしてくれるところがなかった。紫外線を通し、水圧に耐え、水の中に長期間おいても透明度が落ちないようなガラス管をつくるのがいちばんたいへんでした。光を電子に変えるところは、40年以上の技術の蓄積があるのでスムーズでした」と意外な点をあげた。

小柴博士は、「ニュートリノを観測すると、何がわかるのですか」という問いに答えて、「宇宙全体からやってくるマイクロ波を測定して、誕生から36万年後の宇宙のようすがわかってきました。ニュートリノも同じように測定できれば、誕生から3秒後の宇宙のようすがわかる。そのため検出装置を作るのは難しいですが、きっと実現するでしょう」とニュートリノ望遠鏡の夢を語った。

一方、すばる望遠鏡でさまざまな観測成果を上げている国立天文台の家正則教授と、すばる望遠鏡を作った三菱電機の三神泉部長は、セッションS2「宇宙の神秘を探る」の講師を務めた。

困難に直面したとき、どう悩み、どう解決したかという大学生の問いに、家教授は「観測装置の開発にはみんな苦勞しましたが、特に、私の担当していたFOCUSという装置は現場に据え付けたところノイズが現れ、低い気温と薄い空気の中で必死にノイズの原因を1つずつつぶしてきました。乗り越えられたのは、絶対に仕上げたいという熱意があったからだと思います」と答えた。

同じ問いに三神部長は、『星の分解能』という天文学の言葉を、現場の技術者が扱える物理量に落とし込むの



会場では熱心な質疑が繰り広げられた。

がいちばんたいへんでした。すばるは長期にわたる開発でしたから、途中にいくつもの目標をおき、それをクリアできたら徹底的に喜ぶようにしていましたね」とモチベーションの保ち方を語った。

先端技術を生み出す秘訣を聞く

セッションS3「量子デバイスの最前線」には、1974年にノーベル物理学賞を受けた江崎玲於奈茨城県科学技術振興財団理事長と、富士通研究所の三村高志フェローが登場した。高電子移動度トランジスター(HEMT)を発明した三村フェローは、研究時間はどのぐらいかと聞かれて、「テーマについてはいつも考えていますが、残業はほとんどしたことがありません。HEMTは、アイデアが浮かんでから実証するまでに3カ月しかかかっていません。大切なのは企画をきちんと立てることだと思います」と答えた。

工学系の大学生、大学院生が多かったこのセッションでは、「創造性を養うために何か訓練をしましたか」という質問も出た。トンネル効果を発見した江崎博士の答えは、「学校では、わかっていることばかり教えられる。それをまじめに聞いているだけではだめ。興味のあることを中心に知識をため、自分で自分の能力を引き出すことが大切です。他人と協調しすぎないことも必要」というもの

だった。

「光通信の開拓と未来」がテーマのセッションS4は、西澤潤一首都大学東京学長と、NTTエレクトロニクスの伊澤達夫取締役相談役を迎えて行われた。高性能の光ファイバーを作る画期的な方法を発明した伊澤取締役は、研究上での失敗への対処法を質問され、「私は、アイデアが浮かぶと、実験に取りかかる前に、そのアイデアの問題点を自分で徹底的に指摘します。結果を先々まで丹念に考えてみて、そこで生き残ったアイデアだけを実験する。だから、あまり大きな失敗はしたことがありません」と研究の進め方を話した。

光通信の三大要素である半導体レーザー、光ファイバー、pinフォトダイオードを発明した西澤学長は、戦後まもなく研究を始め、予算がなくて半導体研究のためのゲルマニウムを買えなかったことがpinダイオードの発明につながったという逸話を披露し、「失敗をおそれることはない。失敗を忘れず『糧』にすることが大切です。自分には必ずいいところがあると信じて、ファイトを失わずに進んでほしい」と未来の研究者たちにエールを送った。

生身の一流研究者に接した経験は、若者たちの今後に大きく影響することだろう。こうした行事が、世界物理年にとどまらず、定期的に開催されることを期待したい。

(サイエンスライター 青山聖子)

光の新世界をひらくフォトニック結晶

「フォトニック結晶」が新しいタイプの発光ダイオードやレーザーとして期待されている。

これは「わざと発光できない構造を作る」という、一見非常識な原理に基づく。

それが可能であることを世界で初めて実証し、トップをひた走るのが野田進・京都大学教授だ。

RED

「日本生まれのまったく新しいタイプの発光ダイオードや半導体レーザーが、近いうちに商品化されるかもしれません」と野田進教授(JST戦略的創造研究推進事業チーム型研究=CRESTタイプ)は語る。それは、表面にナノスケール(10億分の1メートル)の小さな孔が無数にあいた奇妙なデバイスだ(図1)。構造は不思議だが、この光デバイスは、赤とか緑色といった特定の波長の光だけを出し、しかも外部から与えるエネルギーのほぼすべてを発光に利用する。つまり、すばらしく高性能で効率の高い理想的な光デバイスなのだ。

うれしいことに、この光デバイスは材料などは変わらず「構造が新しい」だけなので、既存の製造技術や研究成果を、ほとんど受け継ぐこと

ができる。つまり、材料は同じでも素子の構造を変えるだけで、さらに明るい発光ダイオードなどが実現する可能性がある。それが2次元あるいは3次元のフォトニック結晶だ。

発想の逆転がポイント

フォトニック結晶を理解するには、常識とは正反対の「ものの見方」が必要だ。例えば、これまでは電気回路なら導電体部分、光ファイバーなら光が通る芯の部分、いかに電気や光が通りやすくするか工夫する。電気抵抗が低ければ低電力で高速動作ができるし、透明度の高いファイバーなら長距離伝送ができ、性能の向上につながる。このような「長所を活かす」のは現代科学技術の常套手段、正統派だ。ところがフォトニック結

周期構造が光を反射する

光の波長と周期構造の大きさが同じとき(あるいは整数倍の関係にあるとき)、光は周期構造によって反射されるという性質がある。下図はX線と結晶のブラッグ反射の例で、結晶格子間隔とX線の波長が(偶然にも)ちょうど合っているので、反射して強いX線が出てくる。可視光でも同じ理屈で、波長と同じ数百ナノメートルの周期構造を人工的に作れば、その波長の光を強く反射することができる。これがフォトニック結晶の基本である。

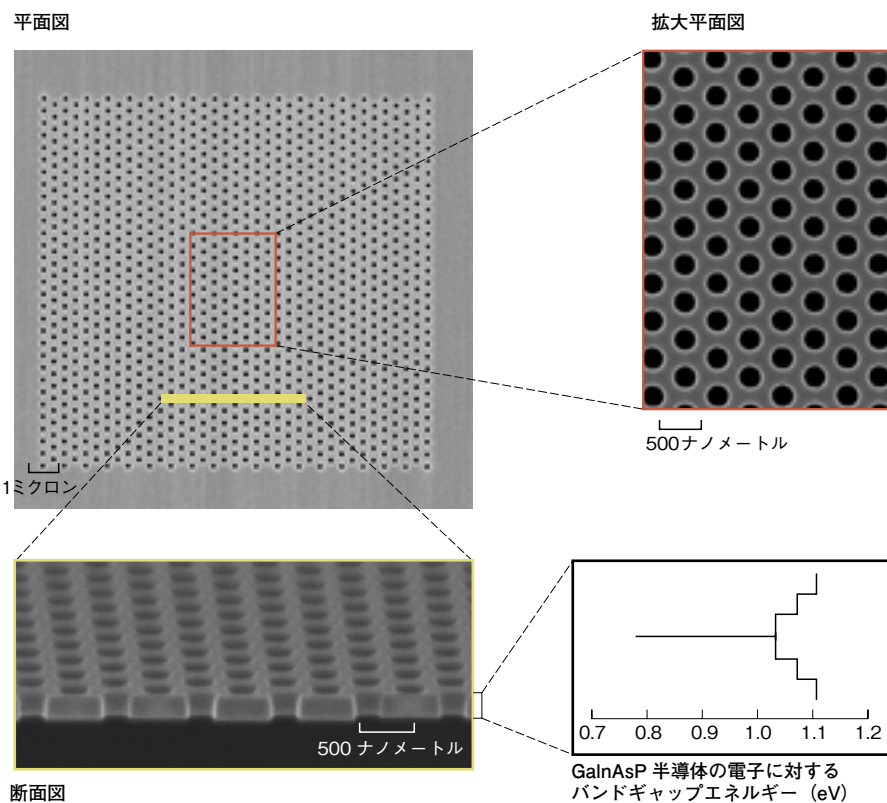
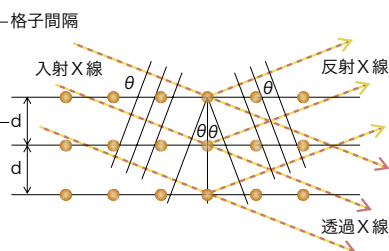


図1 表面にナノスケールの孔があいた2次元フォトニック結晶の電子顕微鏡写真

晶は、その逆、あるいは裏のやり方でアプローチしていく。

知っておくのは光の反射現象だけ。反射といえば鏡だが、水中から外を見る時のように、屈折率が大きな場所から小さな場所に移るときにも反射は起こる。もう一つ大事なのは、光が周期構造によって反射されること。このような反射は、光の波長と周期の単位長さが同じ（あるいは整数倍）のときに起こる（欄外の解説を参照）。

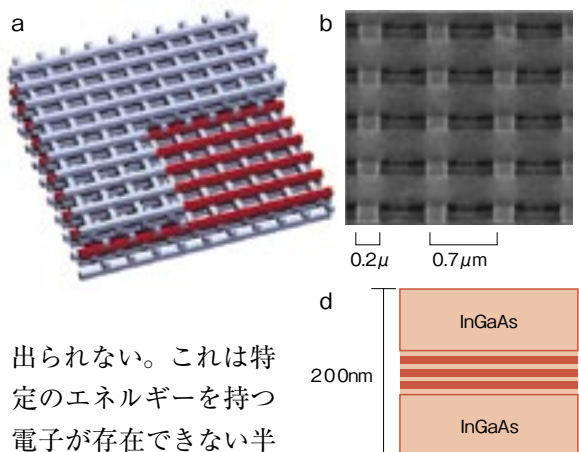
ではどうやって作るのか。素材はガリウム・ヒ素やインジウム・リンやシリコンなど、光を出す普通の半導体。これらを使って、小さな孔を規則的にあけたり、あるいは積み木細工のような井桁の周期構造を作ったりする（ここで、1周期の長さを例えば赤い光の波長650ナノメートルにする）。平面に孔をあければ2次元、井桁の積み木にすれば3次元のフォトニック結晶になる。

言い換えると、孔だらけのスカスカの光半導体を作るわけだ。こうすると、例えば赤い波長の光は、屈折率の小さな空気との境界面、さらにまわりの周期構造によってすべて完全に反射されてしまうため、光が外に出ていくのはもちろん、みずから発光すること自体が不可能になる。光が出たくても出られない構造を作ること、これがフォトニック結晶のポイントだ。

では、光が出たり伝わらないような材料で、そもそも光デバイスができるのだろうか。ここでも発想の逆転をする。きちんとした周期構造だと光が出ないということは、周期を少しずらせてやれば、光が出たり伝わったりする理屈である。この小さなずれを「欠陥」と呼ぶ。普通の半導体では欠陥は性能を低下させる悪者だが、フォトニック結晶では、この人為的に作る欠陥こそ、光を出す最も重要な仕組みなのだ。

空即是色と同じ

周期構造に合った波長の光は外に



出られない。これは特定のエネルギーを持つ電子が存在できない半導体バンドギャップの“光版”だ。ナノスケール

の周期構造を作れば、この「フォトニックバンドギャップ」ができるだろうという理論予想はあったのだが、誰もそれを実証できなかった。1999年、ダイヤモンド構造を持つ完全3次元結晶(III-V族材料)で、それを初めて実現したのが野田教授だった。

まさしく百聞は一見に如かずで、図2aを見るとわかるように、光半導体が井桁状に積み重なっている。隙間の部分は何もない空間で、まさに“空中楼阁”。どうやって井桁構造を作るか。これは意外な発想で、基本的には、櫛の歯構造を二つ作ってやって90度回して上下を貼り合わせるのだという。この図では、赤い部分に光を出す発光層が含まれている。

すでに述べたように、井桁の幅と同じか整数倍の波長の光は、発光することさえできない。光を出すには、図2cのように格子部分を埋めた「欠陥」を作ってやる。すると、発光現象はこの狭い領域では起こるが、まわりから反射されるので、光がここだけに閉じ込められる。もし光を外に取り出したいなら、例えば線状に欠陥をつないだ構造を作ればよい。

日本人なら空即是色という仏教思想とのアナロジーを感じないだろうか。空(くう)つまり空間をいろいろ制御することで、色(しき)つまり光という実体が現れるのだ。空間はただの空っぽな空間(無)ではない。

期待される幅広い応用

これはすごいことで、特定の波長

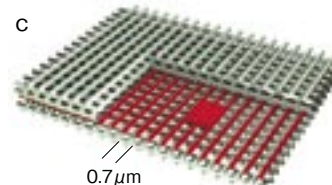


図2 光半導体が井桁状に積み重なった“空中楼阁”が3次元フォトニック結晶(図a、b)。図aで赤い部分が発光層。この部分の断面を見ると(図d)、3つの発光層(濃い赤)を別の半導体(薄い赤)で上下からはさんでいる。光を出すには、図cのように「欠陥」構造を作ってやればよい。

の光だけを、きちんと人為的に制御できることを物語る。光通信、光情報処理では、単波長の光源が理想だ。野田教授は、単一波長の光を閉じ込める断トツのチャンピオンデータ(共鳴の鋭さを表すQ値=600,000)の記録保持者でもある。世界中の研究者が猛然と後追い研究を始めている理由の一端がわかろうというものだ。

一方で、実用を考えた場合、3次元より2次元のデバイスの方が作りやすく、製品化もしやすい。例えば冒頭の“孔だらけの発光ダイオード”がそれで、すでにメーカーによる開発・試作も始まっている。孔の並びをうまく工夫することで、光を一部分に閉じ込めたり、あるいは面内の横方向だけに光を取り出すことができる。もちろん、面と垂直の方向に、強い光を出すような構造も可能だ。フォトニック結晶は空間を制御する技術だから、それこそ、ありとあらゆる可能性が開かれているのだ。さらに、孔を発光体のすぐ近くに設けて大面積で動作可能な全く新しいタイプの半導体レーザーの試作にも成功している。

野田教授はすでに、光を電子回路なしに直接制御する光演算装置への道も切り開いている。光メモリー、新しい非線形光学デバイス、量子通信、量子コンピューティングといった装置も、野田教授の成果を使えばもう夢ではない。日本の若き研究者が、光の未来を強力に開拓しつつある。

(サイエンスライター 松尾義之)

薄型テレビへの利用も期待

新しい製造法で実用めざす「有機EL」

次世代の薄型ディスプレイとしての期待がかかる有機EL(エレクトロルミネセンス)。

しかし、コストや品質の面で課題も多い。

液体科学を用いた新しい製造方法で、課題解決が図られている。

金沢市の南の能美市にある「いしかわサイエンスパーク」。北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)、JST研究成果活用プラザ石川、いしかわフロンティアラボなどが立ち並ぶ。ここで話題の有機ELの研究を進めているのがJAISTの三谷忠興教授である。

「有機物質という特徴を最大限に生かすために、真空とカリソグラフィーといった半導体微細加工技術の代わりに、最終的には穏やかな形の化学気相法(CVD)や溶液科学で、超精密な素子を作る技術を確認したいのです。その最初のターゲットが有機EL」と三谷教授は抱負を語る。これはJSTの2001年度の育成研究課題に採択されたテーマの延長線上にある究極の目標である。

課題だったコスト高

テレビやパソコンの薄型ディスプレイとして、液晶やプラズマとよく比較されるのが有機EL。2枚の電極の間に薄い有機発光物質をサンドイッチした簡単な構造で、光が出る前面が透明電極になっている(図1)。ELはエレクトロルミネセンス(電界を加えると発光する現象)の略で、広い意味では発光ダイオードなどもこれに含まれるが、最近では両者を区別するケースが多い。

「発光ダイオードのような無機結晶は、無数の原子からなる“物質”が出す光なのですが、有機ELは“分子”が光っているのです」と三谷教授。原子自体を変えることはできないので、無機結晶では無限個の原子の並びや構造をいろいろ制御しているが、「分子というのは有限の大きさなので、それをうまくデザインすれば、そのまま望みの光を出すことができるのです」

レイとして、液晶やプラズマとよく比較されるのが有機EL。2枚の電極の間に薄い有機発光物質をサンドイッチした簡単な構造で、光が出る前面が透明電極になっている(図1)。ELはエレクトロルミネセンス(電界を加えると発光する現象)の略で、広い意味では発光ダイオードなどもこれに含まれるが、最近では両者を区別するケースが多い。

図1 有機EL素子の構造

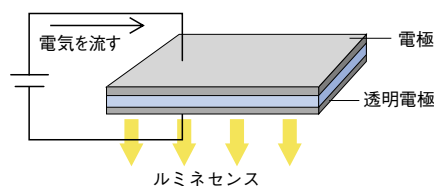


図2 自己集合単分子膜のパターニング

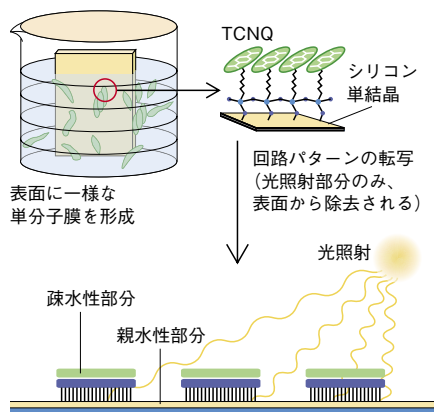


図3 ミスト堆積薄膜作製法による製造プロセス

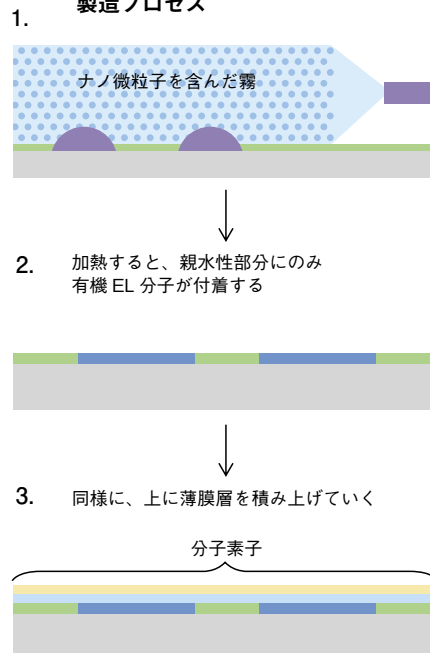
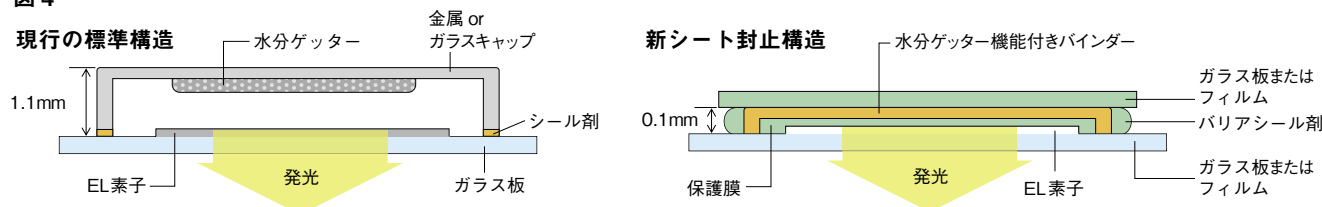


図5
有機ELを使った
簡単なアート



図 4



一番の応用分野であるディスプレイでは、個々の画素が非常に小さくなるので必然的に微細加工技術が必要になるが、従来の技術が使われており、液晶やプラズマの製造と大差は見られない。簡単で安価という有機ELの長所も、現段階では素材価格に開発経費や特許料も含まれるためにかかなり高価で、それが実用化の一つの障害にもなっている。

液体科学で有機エレクトロニクス素子づくり

このような有機エレクトロニクス研究の中で三谷教授たちがめざしているのが、液体科学を用いた有機素子の製造法。これには二つの技術があって、一つは自己集合単分子膜(SAM膜)、もう一つがミスト堆積薄膜作製法(LSMCD)である。

SAM膜技術では、金属や半導体をその中に浸すだけで、表面に分子1個分だけの薄膜ができる。しかも、そこに紫外線を当てると、当たったところだけ化学的性質(親水性か疎水性か)が変わるので、回路などのパターンを作ることができる(図2)。こうして、シリコンやガラスなどのかたい固体の世界から、柔らかい有機薄膜への橋渡しができる。

LSMCDでは、超微粒子や有機分子(例えば有機EL分子)の入った0.1ミクロン程度の液体微粒子(ミスト)を作る。この状態にすると、微粒子は表面張力で球状となり、互にくっついたりすることができなくなり、1個1個を制御・操作できるようになる。これを、SAM膜技術で作った親水/疎水性パターンの上に堆積させる。この操作を繰り返すことで、いろいろな機能をもった薄膜ができるという仕組みである(図3)。

優れた有機EL素子を作る最も重

要なポイントは、有機分子を最初に堆積させる透明電極のところだという。これをいかに精度よく平らに作るかで、その後の工程や最終製品の性能が左右される。実際、薄膜を結晶成長させる現在の方法では、化学表面研磨という荒っぽい工程を追加して平らにしている。簡単にナノメートルレベルの精度で膜を作成できるLSMCDを用いると、研磨工程も真空容器もいらなくなり、これまで以上に高精度の素子を作ることができる。「削る技術」から「積み上げる技術」への転換で、これが近い将来の目標である。

繊維工業の技術生かす

一方、実用化が進む現実の有機EL分野でも、改良の余地はいくつもあ。JSTの育成研究で生まれた基礎技術は、現在、小松精練(株)がサポートする「マテリアル・デザインラボ」でさらなる開発を続けている。例えば、現在の有機EL素子では、水分と酸素を嫌う発光物質を守るためにアルゴンガス封入法を用いているが、もし、簡単な方法で大画面用のELを作れるような仕組みができれば、それは製造工程の改善と製品の品質向上に直結する。

例えばガス法の代わりに、有機膜や無機膜で覆う方法も考えられ、そのための研究も進めている(図4)。さらに、現在は厚いガラス基板の上に素子を作っているが、基板をフィルムに置き換えて、曲げることができる表示装置の検討も始めている。小松精練はもともと繊維織物や染色が専門の会社で、織物に新しい機能を付与するフィルムを接合する分野などで高い技術力を誇る。その特徴を生かし、有機ELに貢献しようとしているのだ。

三谷教授は、液体科学プロセスの開発では、別の企業にも参加を呼びかけ、さまざまな企業との共同開発で進めたいと考えている。

癒しや感性につながるイルミネーション

「趣味の部分もあるのですが、一方で、有機ELの本来の特徴を生かすような問題とも取り組んでいます。その試みが、光のデザインです」。ディスプレイ技術としては、低価格化、長寿命化、低消費電力化といったテーマが競争課題になるが、有機ELという照明技術には、別の生かし方もあるのではないかと、という発想からである。

発光ダイオードなどに比べると、有機ELは明るさではかないそうもない。しかし、明るいだけが万能ではない。暗闇では人間の目の感度は高くなる。そのような環境でホタルの光などを見ると、予想以上に大きな影響を人間に与える。幸い、有機ELの応答速度はナノ秒と速く、光パルスも電圧の時間制御で簡単に作り出せる。また、加える電圧を変えれば光の色も簡単に変えることができる。

このような特徴を生かすと、人にやさしい新しい光のデザインが可能になる。このテーマは、同じ大学の知識科学研究科と共同で研究を進めている。試みとして、暗くした部屋の中に有機ELの簡単なアートを大学のオープンハウスで展示したところ、なかなかの評判になった(図5)。「人間という“柔らかい機械”にとっては、たき火の炎や太陽の光と同じ連続スペクトルの光を放つ有機ELの方がはるかになじみやすい面があるはずで、そんな分野の開拓にもかかわってみたい」と教授は目を輝かせる。

(サイエンスライター 齊藤久夫)

『サイエンス+フィクション』展 科学を芸術で表現する

科学と芸術は一見、遠く離れた存在に思える。しかし、難解な現代科学の核心をとらえ、その意味をわかりやすく表現することを、アーティストは何よりも得意としているのかもしれない。ドイツを中心にした新しい芸術と科学のコラボレーションを紹介する。

Literacy

会場に一歩足を踏み入ると、科学館らしからぬアート空間が広がっていた。その隅に、映画『スター・ウォーズ』のヨーダの人形が目に入る。そばに置かれた2つの巨大なスクリーンには、白衣を着た科学者と、奇妙な姿の生物が映し出されている。生物は、ちょっと不気味でちょっとユーモラスな表情で、科学者に何やら語りかけている。これはドイツのアーティストの作品で、科学者の名はマッド博士、生物は彼が作り出した人工生命体だ。

この『サイエンス+フィクション ナノ世界とグローバルカルチャーのはざままで』展は、科学をアーティストの作品を通して表現しようというもの。各作品は、アーティストと科学者が

直接議論を重ねた後に創作された。

会場は5つのセクションからなる。ヨーダやマッド博士は、小説や映画にさまざまに描かれてきた科学や科学者の姿を紹介するセクション。人々のもつ科学に対するイメージは、文学的な体験によっても大きく左右されることをメッセージとして伝えている。マッド博士は、飽くなき探求にかられた科学者の象徴だという。

鏡のように輝く車

『サイエンス+フィクション』展は、2002年にドイツのフォルクスワーゲン財団が、設立40周年を記念して制作したものだ。展覧会は高い評価を得て、その後もヨーロッパ各地を巡回。そして今回、「日本におけるドイ

写真下のオレンジ色の椅子はリスニング・ソファ。音声のサービスもある。写真右の車はフロンティア・バス。その右の写真は、脳のバビリオン。壁から突き出ている箱に頭をつっこむと、映像による解説が見られる。写真右下は会場風景。右手に人工生命体が見える。マッド博士を映し出すもう一つのスクリーンは、陰になっていて写真では見えない。



ツ年」のイベントとして、お台場の日本科学未来館で展示が行われている(会期:2005年12月10日~2006年2月27日)。

フォルクスワーゲン社はドイツの代表的な自動車メーカー。会場の一角で輝く自動車が目を引く。光沢のある金属で外装されたこの車は、「フロンティア・バス」という名で、やはりドイツのアーティストの作品。フロントガラスには文化人類学の資料映像が映し出されている。その映像は、国際化の陰で消えゆこうとしているさまざまな先住民の文化を紹介する。国際化を可能にしたのは、科学技術の進歩がもたらした通信・輸送手段の発達にほかならない。このセクションのテーマはグローバルカルチャー。国際化が社会に与える影響を問いかけている。車の外装は、自分を映し出す鏡を意味する。

見えないものをとらえる

中央に置かれた2つの作品は、それぞれ脳研究とナノテクノロジーという最先端科学を表現するセクション。オランダのアーティストの作品「脳のパビリオン」は、入り口のついた巨大な木の箱である。外側の壁面には、専門書から切り取ったような写真や図が貼られ、各壁面で脳機能の全体図、脳を構成する神経細胞、神経ネットワーク、そして脳研究の歴史が紹介されている。

一方、箱の中に入って壁面を眺めると、外壁とは違って変わった手書きのようなイラストが描かれている。人間が頭の中に思い浮かべるイメージ、欲望や夢、主観的な考えなどがそれらの絵に象徴されているようだ。脳機能の論理的な説明(外壁)と、脳が働いた結果、頭の中に生み出される非論理的なイメージ(内壁)の落差に、不思議な感覚を覚える。

「ナノスケープ」は、オーストリアの2人のアーティストの作品。長年、コンピューターのインターフェースの開発などにかかわってきた彼らは、コンピューターを使って、ナノテク

ナノスケープ
テーブルの向こう側の2人が、作者のアーティスト



ノロジーを直感できるような仕組みを作った。ナノテクノロジーの特徴として、目で見ることにはできないが、そこに実在し、影響力を及ぼすものの存在と、観察者自身の存在が観察する対象に影響を及ぼすことの2点に着目している。

彼らが作り上げたナノスケープという空間の中央には、テーブルが置かれている。手をかざしてそのテーブルにさわろうとすると、抵抗力を感じる。抵抗力の発生(力の大きさやテーブル上の位置)は、コンピューターで制御されており、カメラを通してかざした手の動きもとらえられて、力の発生に影響を及ぼすようになっている。

科学の意味をとらえる

フォルクスワーゲン財団は、基礎



脳のパビリオン

研究の助成を行う機関である。この展覧会が企画されたときの背景を、キュレーター(学芸員)のStefan Iglhaut氏とThomas Spring氏は、次のような言葉を引用して説明している。「現代において科学研究は、他のさまざまな学問や産業にも重大な影響力を及ぼしている。しかし、科学の側から社会への働きかけはあっても、残念ながら、社会の側から科学への働きかけは非常に少ない。それこそ必要なことなのである」。

そして、芸術から科学への働きかけを実験的に行う本展が企画されるに至った。「(レオナルド・ダ・ビンチが美術家であり科学者であったように)、かつては芸術界と科学界に交流があった」と両氏は付け加える。会場には、詩やメッセージも展示されているが、そのなかに「科学を科学の言葉で表すよりも、科学を芸術によって表現するほうが、科学を上手に伝えられることもある」といった趣旨の文章があった。アーティストの視点は、高度に複雑化した科学の意味をわかりやすいものにしてくれるのではないだろうか。

未来と題された最後のセクションでは、10人の科学者と10人のアーティストによって描かれた20枚の未来像を見ることができる。

(サイエンスライター 藤川良子)



佐々木成朗が選ぶ 1月の本・映像・展示

ササキ・ナルオ画

アイデアをプランに昇華し、そこからモノをつくり出す作業は、人間の普遍的な営みです。工学、科学、芸術における人間の創作活動には、共通する雰囲気のあることを直観的に感じていただければ嬉しいです。

Profile

佐々木成朗(ささき・なるお) 成蹊大学理工学部助教授。超潤滑材料の研究開発を通し環境・エネルギー問題の解決を夢見る。ビールとあんこが好き。本年度文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞。

Book

建築は閃きと信念と資金繰りの産物

光の教会完成に向けた関係者の苦闘が、建築学を専攻した筆者の綿密な取材で描かれる。安藤忠雄や工務店社長の性格、信念、生い立ちまで丁寧に掘り下げる。人に対する優しさに溢れ、一気に読める。第32回大宅壮一ノンフィクション賞受賞。



「光の教会 安藤忠雄の現場」
平松 剛 著 建築資料研究社 1900円+税

大自然の摂理は数の魔法

米国で13年か17年に1度大量発生するセミの秘密を簡単な数学で解説。氷河期に成長速度が遅くなったことを転機に、繁殖を有利に進めるためにセミがとった戦略を、数理生態学の専門家が軽妙に語る。最小公倍数を勉強した中学生はぜひ一読を。



「素数ゼミの謎」
吉村 仁 著 文藝春秋刊 1429円+税

Image

自然現象である怪獣が文明の敵となる皮肉

40年前に放映された日本初の本格的空想番組「ウルトラQ」の第11話。バルンガという謎の生命体が地球のあらゆるエネルギーを吸い取る。科学文明も怪獣という自然現象には無力で、石坂浩二の「空に輝くのは太陽ではなくバルンガかもしれません」というナレーションが不安を掻き立てる。



ウルトラQ 第11話「バルンガ」
ウルトラQ vol.3 パナソニック
DVD 1966円谷プロ 収録

40年前の映画にナノ医療の原点を見る

脳内出血を起こした科学者の体内に、人間が縮小して入り込み、患部を治療する。体内の様子が鮮やかに描き出され、その後のSF小説、映画、TV、コミックに大きな影響を与えた。ナノ医療のアイデアの数々がこの時代にすでにあったことに驚く。1966年度アカデミー賞2部門受賞。



「ミクロの決死圏」
20世紀フォックスホームエンターテイメント ジャパン株式会社 DVD

Exhibition

新しい形に出会う

新人陶芸作家の登竜門となる公募巡回展。伝統的な技を用いる手堅い器品から、先進技術を用いる前衛的なオブジェまでさまざまな作品を楽しめるのが本展の醍醐味。伝統的な学問分野をベースに新しい成果を出していく研究活動の精神と相通するものがある。



第43回「朝日陶芸展」
2006年1月14日～2月19日
愛知県高浜市・やきもの里
かわら美術館
2月23日～3月26日
大阪府・堺市立文化館

静かな佇まいの爆発空間

故岡本太郎のアトリエが公開されている。岡本太郎らしい門のシンボルに迎えられ、一歩庭に入ると今にも動き出しそうなモニュメント群に囲まれる。書斎の画架には描きかけの鮮やかな油絵が置かれ、どこかし



こも岡本太郎で溢れる空間でありながら、何ともいえず静謐さがある。

岡本太郎記念館
東京都港区
http://www.taro-okamoto.or.jp

JST News

Vol.2/No.10
2006/January

発行日/平成18年1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