

JST NEWS

Vol.8
2011

No.1
April

4 月号

Feature
01

「液体を塗る」だけで太陽電池ができる

液体の隠された ポテンシャルを 引き出せ!

3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、被災された皆さまに、心からお見舞い申し上げます。
JSTの取り組みについては、ホームページ (<http://www.jst.go.jp/>) よりお知らせいたします。



科学技術振興機構の最近のニュースから……

JST Front Line 03

Feature 01



「液体を塗る」だけで太陽電池ができる

液体の隠されたポテンシャルを 引き出せ! 06

半導体や太陽電池などに欠かせないシリコン薄膜は、気体からつくるのが常識だった。そんな常識にとらわれず、「液体」から、しかもインクジェットを利用してつくろうと考えた、ある研究者のユニークな発想が、液体の隠れていた多様な可能性を開こうとしている。



ようこそ、私の研究室へ 10

小笠原宏 立命館大学 理工学部物理科学科 教授



JSTの科学コミュニケーション事業

File 12 JSTバーチャル科学館 12

理 事 長 茶 話

(聞き手:産学連携展開部 東中資喜)

——日本における産学連携の現状についてお聞かせください。

「国立大学は法人化して7年が経ちますが、法人化前に比べて現在の大学では、特許出願件数、企業との共同研究件数、大学発ベンチャー企業の新設件数が、めざましく増加しています。企業にはこのような日本の大学の姿に注目し、これらの成果を活用してほしいと考えています。

一方で、企業にとって必ずしも大学で生まれた研究成果を十分に活用できていないという現実もあります。最大の理由は、日本の企業が置かれている環境にあると考えています。すなわち、円高の影響により、海外に製

造拠点を移す企業が増えており、大学で生まれた新しい技術を企業が活用する機会が減っていることが背景だと思います。また、企業が大学の新しい知的財産を育てていくだけの余力がないといわれています」

——企業と大学の密接な連携を推進するために、JSTはどのような役割を果たしますか？

「企業と大学の出会いの場が必要だと考えています。JSTは技術移転の早い段階(企業に関心を示す段階)から事業化段階までの幅広いフェーズについて、それぞれの段階に応じたタイプの研究開発費で支援する「A-STEP」、大学の知的財産を集めてグルーピングし必要な知的財産を束ねて企業が

活用できるように支援する「科学技術commons」、企業に向けて大学等の研究成果を発信する「新技術説明会」などのさまざまな産学連携支援活動を行っています。これらの仕組みに企業と大学が共同で参加することで出会いの場が生まれ、企業と大学との密接な連携の後押しになると考えています。また、全国には1500人ほどの産学連携コーディネータがあり、両者のマッチング活動を行っています。シーズ発掘を目指す「A-STEP探索タイプ」などはこのための好適なツールになっていると考えています。さらに、事業化を加速するために、投資機関である(株)産業革新機構との連携も走り始めました」



JST Front Line 4

NEWS 01

評価



第2回JST戦略的創造研究推進事業 国際的総合評価委員会を開催 委員長他、海外6名国内6名の委員により事業の評価を行いました

2月17日から19日まで、JST戦略的創造研究推進事業の「第2回国際的総合評価委員会」を開催しました。

この委員会は澤岡昭委員長(大同大学学長)以下、国内の有識者6名と海外の有識者6名によって、戦略的創造研究推進事業の全体と、それを構成するERATO、CREST、さきがけといった個別事業を評価するために、5年に1回開催するもので、その結果はJSTの次期中期計画の策定に反映されます。

委員会では各事業の研究者へのヒアリング、各研究機関への現地調査、さらに約250ページの評価資料に基づいた厳格な審議を実施。最終日に澤岡委員長からJST理事長北澤宏一へ評価結果の概要が報告されました。

報告では、JSTの戦略的創造研究推



進事業が日本だけでなく世界の科学技術の研究推進において、極めて特徴的で重要な役割を果たしていると評価。今後、一層のリーダーシップをもって事業を発展させるべきと結論しました。

ほかに、社会や経済の仕組みを大きく変革する真のイノベーションを生み出す研究成果は、それまでの科学技術の常識に挑戦する「課題解決型基礎研究」から生

まれるものであり、それを担う研究者や研究グループをJSTが育成していることも高く評価されました。そして、次の段階への展開を切れ間なく行うために、ほかの事業や機関との連携も重要だろうとされました。

また、こうした人材を育てるには、実績にとらわれずに人を選び、研究テーマを採択する「目利き」の存在が必要不可欠であり、JSTが外部から招へいた研究総括が重要な役割を果たしていることも評価されました。

JSTが戦略的創造研究推進事業を単なる研究資金の配分にとらえるのではなく、研究をきめ細かく支援するVirtual Institute(仮想研究所)の役割を果たしていることも適切であるとされています。

本評価の詳細な報告書は、後日、JSTのホームページなどから公開されます。

NEWS 02

イベント



AAAS(米国科学振興協会)年次大会にジャパン・パビリオンを出展し 2つのセッションを開催しました

2月にワシントンDCで開催されたAAAS(米国科学振興協会)の年次大会に、企業、研究機関、大学の10機関と共同で展示ブース「ジャパン・パビリオン」を出展、また2つのセッションを開催しました。

AAASは科学の社会貢献を目指す非営利組織で、科学雑誌「Science」の出版元としても知られています。今回の年次大会には約8,000人の参加者がいました。

ジャパン・パビリオンでは、日本政府の新成長戦略で戦略分野として掲げられたグリーンイノベーション、ライフイノベーション関連の研究や技術を軸に展示が行われ、JSTは地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)や低炭素社会戦略センター

(LCS)の取り組み、科学コミュニケーションを推進するための活動について紹介しました。

共同出展の各機関も、それぞれの活動や研究成果を映像やポスターなどを使って紹介。産学官の協力体制で、日本の科学技術に関する情報を発信しました。

ジャパン・パビリオンへの来訪者は3日間で約1,600人。ブースには、来訪者に



質問を投げかけて、それに対する意見を書き込むことができる“Opinion Pod”も設置し、研究者だけでなく、世界中の政府系機関関係者や、報道関係者、学生などから、日本の科学技術に対する高い評価や期待などさまざまな意見が寄せられました。

また、JSTはセッションも開催。“Reaching Out to People in East Asia on Green Issues: Policies and Practices”、“Design Thinking to Mobilize Science, Technology, and Innovation for Social Challenges”と題した2つのセッションでは、多数の参加者を集めて活発な議論が交わされました。

グリーンイノベーションの緑を基調に、日本を思わせる赤や桜を配したデザインのジャパン・パビリオン。JSTがAAASの年次大会へ出展するのは3回目。



戦略的創造研究推進事業さきがけ「脳情報の解読と制御」研究領域／研究課題「神経回路網が示す自発的可塑性のルール抽出と制御」

神経細胞によってデジタル化された信号がアナログ的に変調される 脳内情報伝達の新たな調節機構を発見!

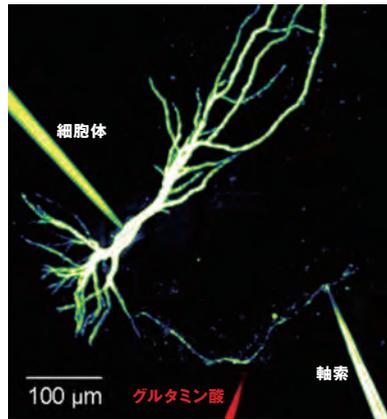
東京大学大学院薬学系研究科の池谷裕二准教授らは、脳内の情報伝達において、これまでの通説と異なる新たな調節機構があることを発見しました。

脳内では多数の神経細胞がネットワークを形成して情報をやり取りしています。情報は神経細胞から伸びている突起状の構造である軸索中を活動電位のかたちで伝わります。そして、軸索の終末から神経伝達物質を放出することで、次の細胞に向けて情報が出力されます。通説では、軸索の起始部で発生した活動電位は減衰することなく軸索の終末まで均一に伝わり、つまり軸索では情報がデジタル的に伝導するとされていました。この原理は「all-or-noneの法則＝悉無(しつむ)則」とよばれ、広く知られている基本則です。

しかし、大脳皮質の神経細胞では軸索が非常に細いため、実際に軸索の電気生理学的特性を知ることが極めて困難で

た。そこで池谷准教授らは、細い軸索でも測定可能な蛍光ガラス電極を新たに開発。この電極を用い、ラットの脳細胞で軸索の電気生理学的性質を調べたところ、

神経線維の電気特性を測定



「活動電位が軸索伝導中に変形される」こと、そして、「その変形によってシナプス出力がアナログ的に変調され」、「この調節におそらくアストログリアとよばれる神経細胞をサポートしていると考えられている細胞が関わる」という、これまでの通説と異なる驚くべき現象を見出しました。

この発見で、従来考えられていた以上に、はるかに高精度な情報処理が、脳内で行われている可能性があると考えられます。また、この現象が脳内で記憶や学習に重要とされている海馬で発見されたことから、これが記憶や学習の形成に関与している可能性も考えられます。

非常に細い(1μm以下)軸索の特性を調べるため、池谷准教授らは電極を新規開発。従来法では困難な軸索の電気特性を調べることに成功。神経伝達物質であるグルタミン酸を軸索途中に局所適用すると、下流で活動電位の幅が増大する現象を見出した。軸索周辺のグリア細胞であるアストログリアを活動させた場合にも、同様の作用が認められた。



戦略的創造研究推進事業ERATO「岩田ヒト膜受容体構造プロジェクト」

虫歯の病原因子グルカンスクララーゼの立体構造を世界で初めて解明 虫歯の予防物質の探索に役立つことが期待

静岡県立大学の伊藤圭祐助教、伊藤創平助教らは、虫歯の病原因子である酵素「グルカンスクララーゼ(GSase)」の立体構造を世界で初めて解明。GSaseが砂糖から歯垢のもととなる多糖を合成するメカニズムを明らかにしました。本研究は、ERATO「岩田ヒト膜受容体構造プロジェクト」の岩田想研究総括(京都大学大学院医学研究科教授)、島村達郎研究員(同研究科客員研究員)らとの共同研究で行われたものです。

GSaseは、口腔中のストレプトコッカス・ミュータンス菌に由来する酵素です。GSaseには口腔中にある砂糖から歯垢の原因となる多糖(グルカン)を合成する作用があるので、そのはたらきを阻害することは虫歯予防に効果的だと考えられています。

伊藤助教らは、ストレプトコッカス・ミュータンス菌のゲノムからGSaseをコードする遺伝子を取得。発現領域および条件を最

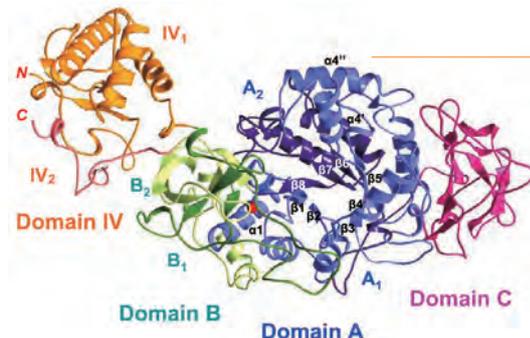
適化することで、これまで困難であった均質なGSaseの大量調製に成功しました。

さらに、膜タンパク質の結晶化でも効果を上げている界面活性剤の技術を用いて、GSaseを結晶化することにも成功。X線結晶構造解析によってGSaseの立体構造を解明しました。

また、阻害剤や基質との結合構造も解明。グルカン合成のメカニズムを分子レベ

ルで明らかにしました。

今回解明された立体構造情報を利用すれば、GSaseを選択的に阻害する物質の探索や設計が可能になると考えられるため、虫歯予防への貢献が期待されます。すでに知られている緑茶カテキンなどのGSase阻害物質についても、虫歯予防効果の科学的根拠を明らかにできると期待されます。



解明されたGSaseの全体構造

全体的に既知のアミラーゼ(BLA)に似ているものの、BLAにはない構造も存在することが明らかになった。こうした構造の違いは、類似のアミラーゼへの影響がなくGSaseだけを特異的に阻害する阻害剤の探索、設計に役立つと考えられる。



国内外のさまざまなライフサイエンス分野のデータベースの統合的活用を目指し「バイオサイエンスデータベースセンター」を設立

4月1日、ライフサイエンス分野の知識発見を支援するために「バイオサイエンスデータベースセンター(NBDC; National Bioscience Database Center)」(センター長・大石道夫)を設置しました。



世界に誇れるデータベースセンターを目指します。

大石道夫
センター長

NBDCでは国内に分散しているライフサイエンス関連のデータベースを一元的に利用できるように整備し、統合的に活用できるようにします。

4月に開設するポータルサイト(<http://biosciencedbc.jp/>)には、各省庁や研究機関、大学などに分散して存在しているライフサイエンスに関するデータベース900件のカタログ情報を記載しています。また、270件のデータベースで横断検索が可能であり、40件のデータベースからはデータのダウンロードもできます。これらのサービスは、文部科学省の統合データベースプロジェクトの成果を引き継いだもので、インターネットから誰でも無料でアクセスできます。

今後、利用可能なデータベースの数を増やし、さらに効率的な検索が行えるよう、段階的に改良していきます。

NBDCは、日本のライフサイエンス分野

のデータベースの基本的な研究開発戦略を策定し、それを実行することを目指しています。各省庁や研究機関、大学などに分散して存在するデータベースと連携し、データを効率よく、日本国内や世界中の研究者に還元、提供します。基礎研究から産業応用研究まで、ライフサイエンス研究全体を活性化させるのが目的で、今回のポータルサイト開設もそのための一歩といえます。

また、NBDCはデータベース統合化のための基礎技術開発(基盤技術開発プログラム)と、国内に分散して存在するデータベースの統合の促進(統合化推進プログラム)も行います。この2つのプログラムについて、JSTはライフサイエンスデータベース統合推進事業として、研究開発課題の公募を行いました。開発成果をポータルサイトに取り込むことで、ライフサイエンスに関する研究成果を広範に共有することが可能となります。

NEWS 06

J-STAGEが世界最大級の文献情報データベースとの連携を開始しました。

科学技術情報発信・流通総合システム「J-STAGE」は、国内学協会の電子ジャーナルをWebで読むことができるデータベースです。このたび、世界的に著名な2つの論文データベース「SwetsWise Online Content」および「SciVerse Scopus」との連携を開始しました。J-STAGEで公開している約700誌(33万記事)中の119誌について、2つのデータベースへ情報を提供。データベースを検索した世界各国の利用者がJ-STAGE掲載の論文を閲覧できるようになりました。

J-STAGEは2005年から「Google」との連携を開始するなど、日本からの学術情報発信力を強化してきました。現在、世界各国から毎月700万件のアクセスがありますが、今回の連携によって、さらに広範囲に情報が発信できるようになりました。

JSTではこれからもJ-STAGEと他の国内外データベースとの連携を深めていきます。また、現在開発中のJ-STAGEシステム新バージョンでは、過去の学術誌の電子アーカイブサイト「Journal@rchive」がJ-STAGEに統合されて、さらに使いやすくなります。

NEWS 07

「平成22年度 大学-JST意見交換会」を東京と大阪で開催しました。

2月3日と8日に、東京と大阪で「平成22年度 大学-JST意見交換会」を開催しました。

JSTから大学に向けて、知的財産に関する支援施策や産学連携の支援施策などについて紹介し、自由討論の形で意見交換を行いました。

大学側からはJSTにさまざまな意見や要望が寄せられましたが、特に大学等の研究成果の特許化を支援する「特許化支援」への期待は強いものでした。

この意見交換会は大学の研究成果の活用促進を目的に、平成16年度から毎年1回行われており、今回で7回目の開催となります。平成16年度は大学知的財産本部整備事業の対象43大学向けに開催しましたが、回を重ねるごとに出席する大学数は増え、今回の参加校数は東京会場66大学、大阪会場81大学の計147大学となりました。当日配付した説明資料はHPでも公開しています。

⇒<http://www.jst.go.jp/report/2010/110215.html>

NEWS 08

低炭素社会戦略センター(LCS)設立一周年記念シンポジウムを5月10日(火)に開催します。

低炭素社会戦略センター(LCS)設立一周年記念シンポジウムを5月10日(火)13時より、東京都千代田区の一橋記念講堂で開催します。

LCSは、快適で豊かな低炭素社会を構築するため、家計の向上と低炭素化が両立する社会シナリオを広く提示し、それを実現することを目的として2009年12月に設立されました。持続可能で快適な低炭素社会の実現に向けて、これからの日本がとるべき最適な方策や、科学技術がとるべきシナリオを、定量的に調査、研究しています。

本シンポジウムは「低炭素社会実現に向けたシナリオと戦略」と題して、LCSのこれまでの研究に対する進捗を報告するとともに、パネルディスカッションを通じて「グリーン・イノベーション」による豊かな低炭素社会創造について考えます。

参加費は無料で、定員は500名です。

詳しくはHP <http://sympo.adthree.com/lcs2011/>をご覧ください。

「液体を塗る」だけで太陽電池ができる

液体の隠されたポテンシャルを引き出せ!

半導体や太陽電池などに欠かせないシリコン薄膜は、気体からつくるのが常識だった。そんな常識にとらわれず、「液体」から、しかもインクジェットを利用してつくり出そうと考えた、ある研究者のユニークな発想が、液体の隠れていた多様な可能性を開こうとしている。

インクジェット印刷でトランジスタを描く!?

磁力にこだわらず加工性を優先した磁石を開発

国の戦略目標実現に向けて課題解決型基礎研究を推進するJSTの戦略的創造研究推進事業のなかでも、ERATOは時限的な研究拠点を新たに編成することで運用される大規模なプロジェクトだ。トップとなる研究総括は、大学の研究室で長年の経験を積み上げた研究者がほとんど。そのなかで異色の存在といえるのが、「下田ナノ液体プロセスプロジェクト」で研究総括を務める、北陸先端科学技術大学院大学教授の下田達也さんだ。大学教授となったのは数年前のこと。それ以前の30年間は企業人として過ごしてきた。

「東京大学の金属工学科で学びましたが、卒業するときも、大学院に残って研究者になりたいという気持ちはあまりなかったですね。周りもほとんどが企業に就職していましたし、私も、何かモノづくりにかかわる仕事が見たいなと漠然と思っていました」

穏やかに微笑みながら、30年以上前のことをそう振り返る。勤務先に選んだのは長

野県の諏訪精工舎(現セイコーエプソン)。SEIKOブランドの腕時計の製造・開発を担う会社で、下田さんが入社した数年前には世界初のクォーツ腕時計を開発するなど、社内は活気がみなぎっていた。そんな環境のもと、下田さんは専門の金属の知識を生かして時計のステップモーター用小型磁石の開発に取り組み、当時主流だったサマリウムコバルト磁石のなかでも「2-17系」とよばれる新しい磁石の開発に成功。当時、最も強い磁力を持った「史上最強の磁石」として注目を集めた。画期的だったのは磁力の強さだけではない。磁石の製造過程で、下田さんは当時の常識を覆すユニークな手法を取り入れた。

「粉末の磁石に樹脂を混ぜて固める“ボンド法”を採用しました。焼き固める“焼結法”に比べると磁力は低下しますが、この手法ならいろいろな形の磁石が、安く、簡単にできるんですよ」

時計に使われる磁石は、直径が1mm以下という極めて小さなサイズのものだ。形状の制約も大きい。磁力を優先するなら焼結法が勝るが、磁石にしてから削って加工しなければならぬ欠点がある。工業製品として考えれば、加工性に優れたボンド法にするべきだと考えたのだ。そんな発想の転換によって開発した磁石は、時計だけでなく携帯音楽プレーヤーや電気自動車のモーターなど、さまざまな用途で使われるようになった。

下田さんはこの経験を通じて、「多軸的」に物事を眺めることの大切さを痛感したという。

「人間だって、みんなが同じように勉強して同じような道を進むのではなく、それぞれの個性や才能を生かす方向を見極めたほうがいい。磁石の開発といえば磁力ばかりが目立っていますが、さまざまな観点で見ることで、生かす道や方向性が見えてくると知ったのです」

半導体製造プロセスのエネルギー効率の悪さに着目

こうして大きな成果を収め、経験を重ねていた下田さんに、94年、大きな転機が訪れる。15年間以上、慣れ親しんだ磁石から、半導体や表示体の開発というまったく違う世界への異動を命じられたのだ。

「ショックでした。磁石の研究をしたい気持ちを捨てられず、会社を辞めようとも考えましたが、結局は思いとどまりました」

磁石への未練を胸に秘めながら、半導体を用いた薄膜トランジスタの開発などに取り組みうちに、あることが心に引っかかった。製造過程に大きなムダがあることに気づいたので。

「薄膜トランジスタは、半導体材料をいったん気体にしてから基板全面に堆積させて薄膜をつくり、そこから必要な部分だけをカットするというプロセスで製造されます。ところが

多軸的に眺めると可能性が見えてきます。



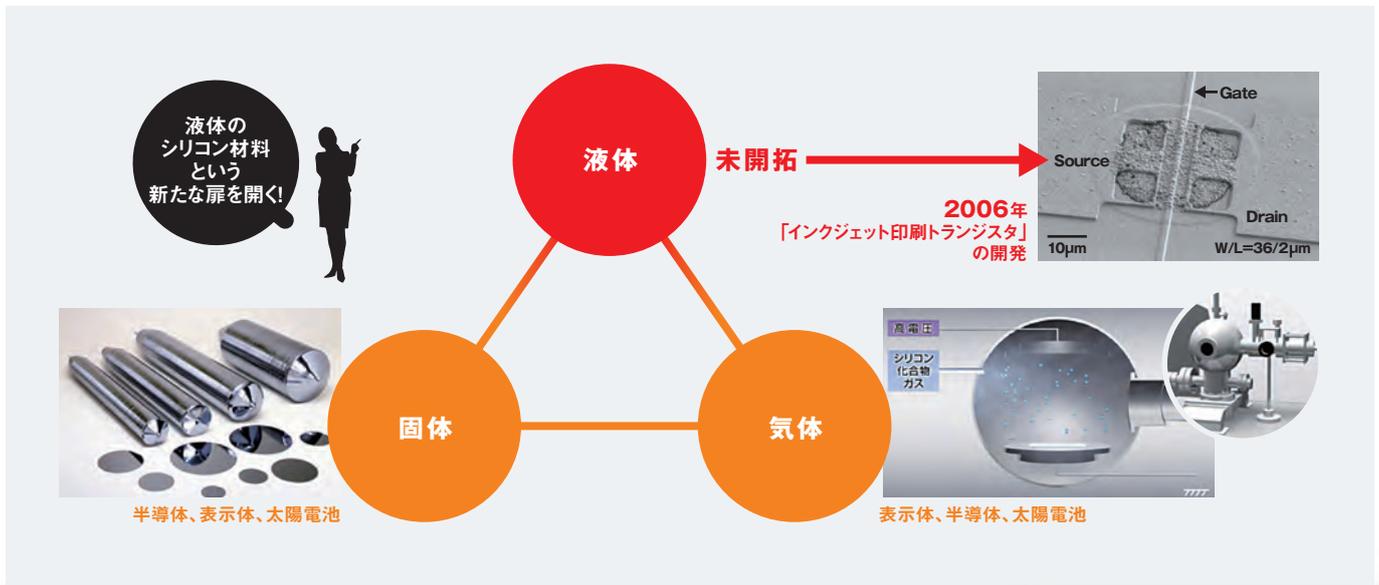
研究総括

下田達也 しもだ・たつや

1977年東京大学工学部金属工学科卒業(後に工学博士号取得)。株式会社諏訪精工舎(現セイコーエプソン株式会社)で研究開発本部基盤技術研究所所長、同部副開発本部長などを歴任。99年より北陸先端科学技術大学院大学客員教授を務め、2006年より同大学ナノマテリアルテクノロジーセンター教授を経て、08年より同大学マテリアルサイエンス研究科教授。06年よりERATO「下田ナノ液体プロセスプロジェクト」研究総括。

シリコン材料の利用

シリコン材料は半導体として優れた特性を持つことから、液晶表示パネルや太陽電池などに広く用いられている。製作方法を形態別に分類すると、利用する際の形態と同じ固体材料を加工する方法のほか、薄膜を形成する際の製作プロセスに必要な形態として気体材料も開発されているが、液体材料は利用法が見出されず、未開拓のままだった。下田教授らは液体材料を用いることで製作効率を飛躍的に上昇させられると考え、液体シリコン材料の開発に取り組み、実現させた。



この方法だと、最終的に製品として使われるのは元の材料のうちわずか1%で、エネルギー効率が非常に悪かったです」

エネルギー効率に着目した背景には、磁石開発での経験があった。磁石の応用製品の開発に取り組み、家電製品のモーターについて「多軸的に」眺めていたとき、モーターの効率が気になった。調べてみたところ、エアコンで使われる電力のうちかなりの部分がムダになっていることが判明。電力損失の少ないモーターの開発に取り組んだことがあった。半導体も同じ観点から眺めてみたところ、改善すべき大きな問題点として、効率という課題が浮かび上がってきたのだ。

4色のインクの代わりに 4種類の材料を吹き付ければ……

解決策を練るうちに、インクジェット印刷(*)の技術が使えるのではないかとひらめいた。

*インクジェット印刷

インクを微小な液滴にして、印刷したい媒体に対し直接吹き付ける印刷方式。シアン(青)、マゼンタ(赤)、イエロー(黄)、ブラック(黒)の4色のインクを用いる。

セイコーエプソンでは、セイコーが東京オ

リンピックの公式計時を担当した際に記録の印刷を担うためにプリンター事業を始め、すでに高いインクジェット技術を誇っていた。下田さんもその技術を熟知しており、トランジスタにも応用できると考えたのだ。

「インクジェットなら微小な液滴を狙ったところだけに吹き付けますから、ムダがありません。4色のインクの代わりに、半導体材料、絶縁体材料、金属材料、透明導電膜材料をセットすれば、描画ソフトで描いた絵をプリントする要領で、基板上に求めるパターンを描き、トランジスタができるのではないかと考えました」

しかし、あまりにも突飛な発想だけに、ほとんど誰からもまともに相手にされなかった。予算をつけようと会社にかけても断られ、100人ほどいた部下からも白い目で見られる。「半導体はそんなに甘くないですよ」とすら言われた。それでも下田さんはあきらめない。数人の有志が集い、通常の業務をこなしながらのチャレンジがささやかに始まった。

ポイントの1つは、トランジスタに求められるマイクロレベルの細かい解像度で図面を描けるかどうかだった。既存のソフトで試してみたところ、そのハードルはクリアできそうだという手ごたえをつかむ。しかし、最も大きな障害となったのが、半導体材料であるシリコンを「液体」にすることだった。

インクジェット印刷のポイントは、インクとして液体を使っていることにある。形があって拡散しないという固体の利点と、自由に形を変えられるという気体の利点を併せもっている液体だからこそ、狙ったところにムダなくプリントできるのだ。

「これまでのシリコン薄膜製造法では気体を使っていましたから、シリコンを気体にする技術はできていました。しかし、液体にする必要はなかったから、世の中に液体のシリコン材料は存在していなかったのです」

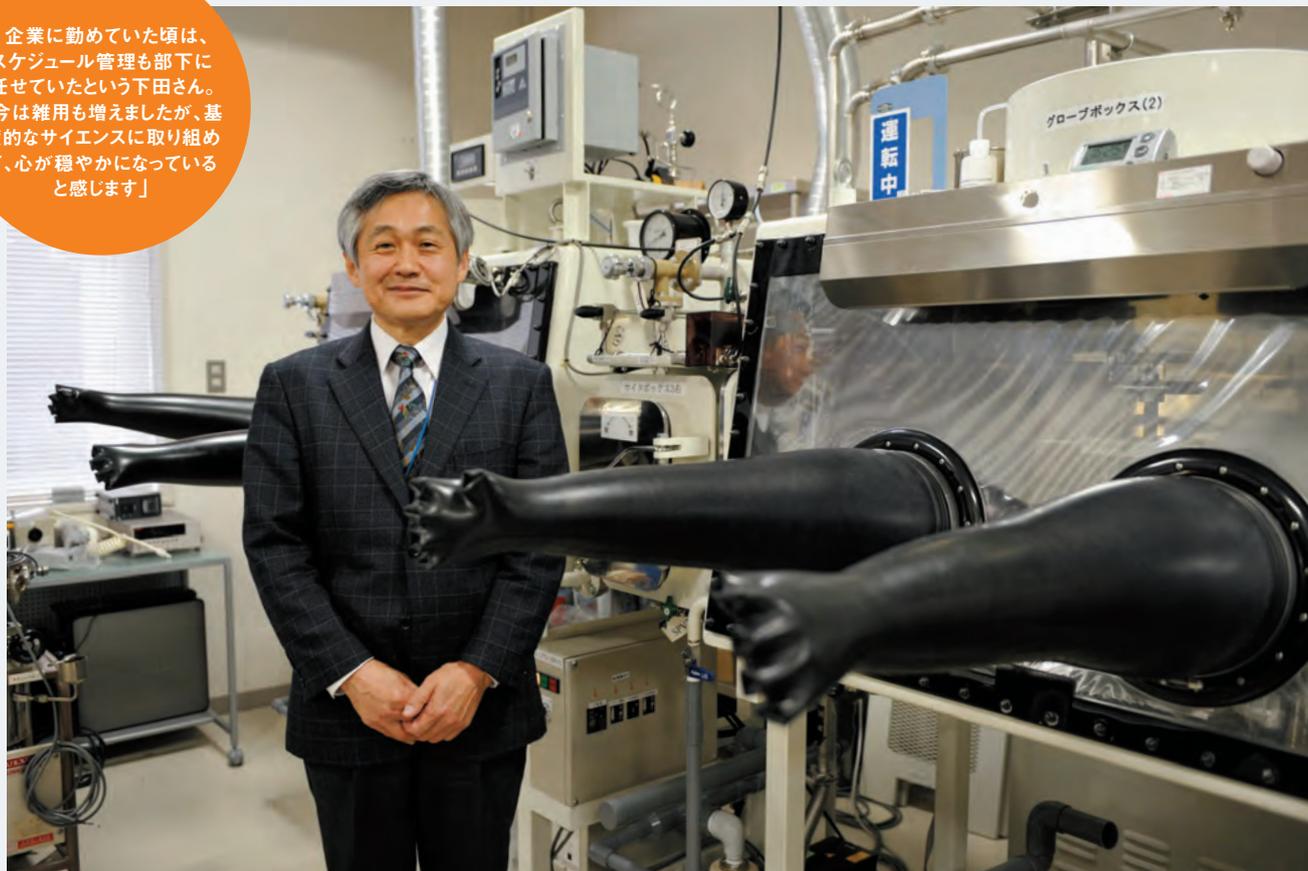
アメリカやヨーロッパにも答えを求めた結果、数年して、有機材料なら液体にして使えそうだという感触を得る。そして99年頃、ついにインクジェット印刷で製作したトランジスタを動かすことに成功。科学誌『サイエンス』にも掲載されて世界中の注目を集める。03年頃には、開発した液体シリコンが半導体特性を示すようになり、06年には『ネイチャー』に掲載された。インクジェット印刷による電子デバイスの製造は「プリンタブル・エレクトロニクス」と呼ばれる新しい潮流となった。

図らずも踏み入れた未知の分野で、多軸的に物事を眺めるという自らのポリシーを貫いた下田さんの姿勢が、これまでの常識を打ち破り、半導体製造の世界に大きな革命を起こしたのだ。

「液体を塗る」だけで太陽電池ができる

液体の隠されたポテンシャルを引き出せ!

企業に勤めていた頃は、スケジュール管理も部下に任せていたという下田さん。「今は雑用も増えましたが、基礎的なサイエンスに取り組めて、心が穏やかになっていると感じます」



液体シリコンを極める!

このまま小型化が進めば インクジェットでは対応できない

インクジェットを利用したトランジスタ製造に成功した下田さんのもとをJSTの担当者が訪れたのは、06年初夏のこと。研究総括としてERATOに応募してみないかとの誘いだった。「ERATOの総括なんて雲の上の人ばかりで、自分なんかとてもなれないと思っていたから、驚きましたよ」

研究総括は、さまざまな大学や企業のトップクラスの研究者を束ね、導いていかなければならない。研究予算も大きく、責任も重い。当初はさすがに尻込みをしたが、担当者の熱意にも押されて応募を決意する。その裏には、これまでの成果を超える新しい研究開発を試みたいという思いがあった。

「ERATOの誘いを受けたのはインクジェットを利用した成果が目にとまったからだと思いますが、じつはその頃には、今後、トランジスタがどんどん小型化していけば、インクジェット

では対応できないことが明らかになっていたんですよ」

そのレベルはマイクロメートルを割り、100ナノメートルを切るところにまで突入していた。しかし、インクジェットの液滴の直径は15マイクロメートル。これではとてもトランジスタをつくることなどできない。この壁を越えるには、まったく新しい技術の開発が必要だと下田さんは考えていた。

「インクジェットのときの社内プロジェクト名は『マイクロ液体プロセス』でしたが、今度は新たに社内で『ナノ液体プロセス』という名の技術の検討をしていたのです」

ほんとうにこの試みを成功させたいと思うなら、ERATOというより大きなプロジェクトはよい機会ではないか—そう考えて応募を決め、見事に採択されたのだ。30年間近く勤めた会社を辞め、北陸先端科学技術大学院大学教授に転身することも決断。大きな挑戦が始まった。

分子構造や溶ける理由など 「なぜ」を1つひとつ解明

プロジェクトの当初のテーマの1つは、「液体シリコンを極める」ことだった。

「インクジェットで使える液体シリコンはできたとはいえ、それはたまたまできただけで、どうしてできるのか、詳しい分子構造や特性などはわかっていませんでした。そこを極めることで、秘めた可能性が見えてくると考えたのです」

特に解明が必要なのは、シリコンを「溶かす」技術の確立だった。液体シリコンといっても、固体のシリコンを高温で溶かして液体にしているわけではない。有機溶媒に溶かしてシリコンの溶液にして初めて、常温でも液体として扱える。しかし、半導体材料に使うような高分子のシリコンでは、沈殿してしまってなかなか溶けてくれない。インクジェットを利用した電子デバイス製造法の開発でも、苦勞した末にようやく溶かすことに成功したのだが、なぜ溶けたのかはわかっていなかっ

たのだ。下田さん自身、その点が引っかけたはいたが、深めることはできていなかった。

「企業で求められるのは、使える材料を開発することで、『なぜか』は必要とされません。しかし、研究の世界ではそうしたサイエンスの部分が求められます。それに、インクジェットのとくのように既存の手法を使うのではなく、まったく新しい手法を開発しなければならない今回のプロジェクトでは、サイエンスとして液体シリコンを極めることが欠かせないと、私自身、考えていました」

そんな覚悟を共有した研究員と、分析装置を駆使して研究を続けた結果、どんな分子構造をしていてどのように溶けているのかが1つひとつ明らかになっていく。それをもとに、インクとしての品質が保証できる「シリコンインク」を製造する手法が確立された。

研究の次のステップは、シリコン薄膜を作製するために「液体を塗る」手法の確立だった。基板にむらなくシリコンインクを塗っても、乾いたときには水玉模様のような点々とした状態になってしまうのだ。ファンデルワールス力(**)の仕業だ。

**ファンデルワールス力

オランダの物理学者ファン・デル・ワールスが提唱した、分子や原子同士が互いに引き合う力。氷の上で滑るのも、ハスの葉の上で水滴が転がるのもこの力による。

「インクジェットのとくにも同じ現象は起き、気にはなっていたのですが、当時はトランジスタとして使うためには問題がないため、やり過ぎていました。そこをきちんと解明しようと考えました」

真空から生まれるというこの不思議な力に下田さんは次第に魅せられ、「ファンデルワールスおたく」と自称するほど研究に没頭。その結果、光の屈折率の違いによってファンデルワールス力が左右されることを見出した。そして、それをヒントに溶媒の種類などを変えることでシリコンインクを均質に塗る手法も開発する。

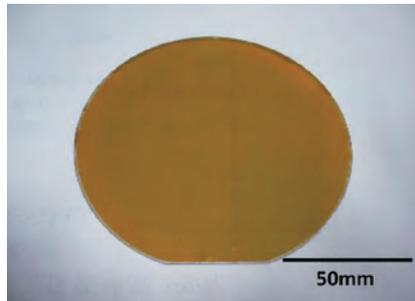
次の課題は、半導体としての特性の向上だ。液体シリコンを材料として利用するには熱を加えて構造を変えなければならない。しかしそのとき、半導体としての特性が失われてしまうのだ。だが、この課題もクリアした。熱を加えてシリコンの化合物の構造が変わるとき、分子の結合が1度切れてから再び結合するのだが、そこで切れたままものが存在することで、半導体としての特性が失われ

液体からの アモルファス・シリコン太陽電池の 製造

STEP01 シリコンインクの開発

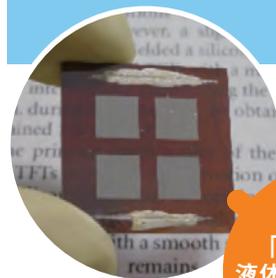


STEP02 塗布膜技術の開発



STEP03 優れた半導体特性を持つ アモルファス・シリコン薄膜の開発

STEP04 塗布プロセスで高効率の 薄膜太陽電池を開発



「世界初」の
液体シリコンによる
太陽電池

る。研究の結果、分子の結合が「切れる」ときに「つながる」ときのわずかな温度の違いが見出され、「つながる」ときの温度をできるだけ保つことで、半導体としての特性を保つことに成功したのだ。

サイエンスを追求したことが 液体の可能性を引き出した

こうして1つひとつ課題をクリアするうちに、下田さんの頭には、「液体シリコンを用いた太陽電池もできるのではないか」という考えが広がっていった。

「太陽電池をつくるには、均一で広い面積の膜をつくる必要があります。液体シリコンは、ファンデルワールス力の問題もあり、そんな膜をつくるのは難しいと考えていたのです。しかし、均一の膜をつくることが可能になったことで、もしやと思い始めました。そして、シリコン薄膜の半導体特性が、太陽電池に求められる基準を超えたことで、これはできると確信しました」

太陽電池にするには、種類の違う半導体材料を層状に重ねなければならない。液体シリコンでは、これらが互いに交じり合ってしまうという課題があったが、それも、条件となる温度をコントロールすることでクリア。世界で初めて、液体シリコンを用いた太陽電池の作製に成功した。今後は、JSTの先端的低炭素化技術開発(ALCA)を通じた実用化への道も視野に入れている。

太陽電池ばかりではない。液体シリコンによるトランジスタの製造のほか、酸化物系の液体を用いたデバイス製造の研究も進んでいる。その過程で下田さんは、サイエンスを極めることの面白さと力を改めて感じているという。

「正直に言って、ERATOのプロジェクトが立ち上がったときには不安でいっぱいでした。『インクジェットの代わりに何を使うんですか』と問われて『頭を使います』と答えるしかなかったくらいです。しかし、『なぜか』を追い求めてサイエンスを極めるうちに答えが見えてきました。意外な物性も見出されて、当初は考えていなかった新しい可能性も見えてきています」

こうして下田さんは、液体の持つ隠されたポテンシャルを鮮やかに引き出した。しかし、もし液体シリコンと出会わなかったら、一企業人として人生を送っていたことだろう。もしかすると、下田さん自身が、液体シリコンによって研究者としてのポテンシャルを引き出されたといえるのかもしれない。■



ようこそ 私の研究室へ 49

国際科学技術共同研究推進事業SATREPS 防災分野
研究領域“開発途上国のニーズを踏まえた防災科学技術”

「鉱山での地震被害低減のための観測研究」
研究代表者



・小笠原 宏

地下深くの震源に迫り、地震発生メカニズムを探る 年間約10万回もの地震が発生する南アフリカの金鉱山が、私の研究室です。

PROFILE

1988年京都大学大学院理学研究科地球物理学博士課程修了(理学博士)。立命館大学工学部物理科学科助教授などを経て現職。専門は固体地球物理学。日本の鉱山での岩盤応力測定などを経て、南アフリカ共和国 ウィットウォーターズランド大学への留学をきっかけに、南アフリカの金鉱山を研究フィールドと定

める。震源のごく至近距離で、地震の発生から終息までの様子をつぶさに観測してメカニズムを解明。前兆となるデータなどをとらえて解析し、地震予知につなげることを目指す。2009年より地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)の研究課題「鉱山での地震被害低減のための観測研究」研究代表者。

小笠原 宏 (おがさわら・ひろし)
立命館大学 工学部物理科学科 教授



震源となりそうな場所を予測し 機器を設置してデータをとる

「地震が発生する震源の間近に行き、直接目で見て、データをとる。それこそが、地震のメカニズム解明や予知に新たな発見をもたらしてくれます」

地震の研究といえば、地上で揺れを観測してデータをとるのが一般的だ。震源近くで調査ができれば間違いなく貴重なデータがとれるだろうが、震源は地下数kmの深さにあり、とても近づくことなどできない。しかし、そんな常識を超えられる場所が南アフリカにはある。

「もともと地震のまったく起こらない場所でしたが、金鉱山として採掘を始めた途端に地震が起こりはじめます。1つの鉱山で、体に感じないものも含め年間約10万回も記

録されることもあります。しかも、地下数kmの坑道のすぐ近くが震源なので、この目で確認できるのです」

小笠原宏さんは10年以上前からこの地に着目し、現在はJSTと独立行政法人国際協力機構(JICA)が連携して実施している地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムで、日本と南アフリカの関係者とともに、地震のメカニズム解明に取り組んでいる。



地震予知経験が豊富な南アフリカ 高い観測技術を持つ日本

「震源になると想定される地点の近くにさまざまな観測機器を設置し、発生前から終息に至る詳細なデータをとっています」

地球の裏側にある金鉱山の地下深くこそが、小笠原さんの研究室なのだ。

「私が学生の頃は、天文学を研究したいと思っていました。でも、ある先生から、『天文学者はお金持ちでないとダメだよ』と言われて(笑)、それじゃあ地球を研究しようと思ったのです」

そして、進路の選択肢として海洋学と地質学の2つの分野でそれぞれ半年間、実習を経験した。前者は、琵琶湖の上で船に乗り、さわやかな風に吹かれながらの調査。後者は、鉱山の地下に潜り、日の当たらないところで土と格闘する毎日。快適な湖上での研究にも心引かれたが、悩んだ末に選んだのは、地下の世界だった。

「鉱山での生活に魅力を感じたことが大きかったですね。はたらく人たちは人間的にもおもしろいし、みんなで飯を食い、酒を飲み、一緒に風呂にも入る、体育会の合宿のよう



震源地点を想定する。

金鉱山で地震が起こるのは、鉱脈を掘り進めていった結果、地下にある断層に近づき、ストレスがたまることによる。そこで、採掘計画と断層の様子とを照らし合わせながら、いつ、どのあたりを震源として地震が起こるかを想定し、その近辺に観測機器を設置する。





な雰囲気が好きになりました」

日本列島各地をまわり、調査に取り組んだが、日本では鉱山の数自体が減少し、フィールドは限られてくる。そんなとき、南アフリカの金鉱山では震源を間近に見られるとの話を聞き、興味を持った。立命館大学に赴任後、海外留学の機会を得て初めて南アフリカを訪問。そこから現在の研究へとつながる道が開かれた。その南アフリカでも、小笠原さんは学生時代と同じく、鉱山ではたらく人々と深い関係を築いている。

「鉱山の隅から隅まで知り尽くしている、現場監督の経験もある岩盤工学技師もいて、予知に成功した経験を自慢げに話してくれるんですよ。震源が見つかるなど、成果があるとすぐに報告もしてくれます。一方で、彼らは予知できずに命が失われた苦い経験も持っている。彼らにとって地震予知は鉱山ではたらく人々の命に直結する問題ですから、真剣に取り組んでいる。そんな彼らが培った貴重な経験を、日本に持ち帰りたいですね」

一方、南アフリカの人々は、日本の高度な観測技術に大きな関心を抱き、熱心に教えを乞うてくる。それまでの機器では感知できなかった微かな揺れが、小笠原さんが持

ち込んだ機器によってとらえられたときは、大きな驚きをもって迎えられたという。最先端の研究の現場は、双方にとっての学びの場となっているのだ。



データが得られただけではサイエンスとは言えない

「研究室では、鉱山で得られたデータの解析だけではなく、岩石試料を用いて地震を再現する研究も行います。南アフリカの金鉱山で起こる地震の規模は、研究室の実験よりずっと大きいですが、日本の実際の地震よりは小さい。そこで得られたデータは、両者をつなぐことになると思います」

地震予知のためには、前兆となる現象を知ることが重要だ。岩石試料を用いた研究室の実験では、地震の前兆として、断層がゆっくりと滑るような動きが発生することが知られている。南アフリカの金鉱山でも同じような動きが確認できた。

「しかし、データが得られただけではサイエンスとはいえません。そこから、たとえば地震の規模によるデータの違いなどの規則性を見いだせば、どのくらいの規模の地震がいつ起こるのか、予測することもできるようになると思います」

① 鉱山という険しい山を想像しがちだが、南アフリカの金鉱山はキリンも生活するような高原の地下にある。② 研究フィールドの1つであるムポネン金鉱山の全景。南アフリカにはこうした金鉱山が50近くもある。③ 地下の坑道に行くためのエレベータ。数台を乗り継いで、4km潜ることもある。④ 出勤のためにエレベータを待つ人々。⑤ このような坑道が地下に放射状に広がっている。⑥ 設置された装置を坑道内で調整中。得られたデータはインターネットを通じて日本でもリアルタイムで確認できる。⑦ かつて震源だったと思われる断層。⑧ ひずみ装置を設置する小笠原さん。

小笠原さんが震源の間近での精密な観測という新たな道へと踏み出せたのは、「震源を見たい」という正直な思いが海を越えたからだ。「南アフリカに行き、震源を間近に見てわかったことがたくさんあります。机に座っているだけでなく、現場に行くことも研究者にとっては大切ではないでしょうか」

取材からほどなくして、東北地方太平洋沖地震が発生し、日本中を震撼させた。次にこれほど大規模な地震が起こるのは数百年後かもしれないが、M7級が各地で誘発される恐れがある。小笠原さんたちが地球の裏側に渡り、金鉱山の地下深くに設置した観測機器は私たちの命を救い、不安をぬぐうべく、今も黙々とデータをとり続けている。■



研究の概要

南アフリカの金鉱山において、震源の至近距離での観測を行っている。立命館大学、東北大学、東京大学、京都大学、鹿児島大学などによる共同研究。近い将来、震源になるとされる地点を想定し、さまざまな観

測機器を設置。地震の発生前から終息までのデータを得る。たとえば、岩盤のひずみや傾斜などをとらえる装置をセットし、地震の前兆として知られる断層の「ゆっくり滑り」の様子を知る。また、微かな音などをとらえるセンサーを設置し、同じく前兆の1つである「微小破壊」の様子を知る。南アフリカでも震源の至近距離での調査はすでに行われている

が、より高精度・高感度の装置を設置することで、これまで鉱山の地震観測では検知できなかった、多数の余震やその詳細な構造などの成果を上げている。また、岩石試料による実験によって明らかになっているメカニズムとの類似点や相違点も発見されており、より規模の大きい、実際の地震のメカニズムを解明し、予知理論構築を目指す。

12 50以上の多彩なコンテンツを楽しくわかりやすく発信 JSTバーチャル科学館



事業の概要

科学は私たちの生活を支え、ワクワクする夢と驚きを与えてくれる。このことを多くの人に知ってもらいたいと考え、JSTがオンラインでサービスしているのが、「JSTバーチャル科学館」。サービス開始から10年以上の歴史を持ち、利用者から好評を得ている。

50以上の多彩なコンテンツを用意して、一見難しそうなる科学を、わかりやすく、そして何よりも楽しく紹介していて、子どもから大人まで十分楽しめる。

楽しくわかりやすいだけではない。

●トップページ



JSTバーチャル科学館は「国際連合情報社会世界サミット大賞」(2005年)を受賞したほか、コンテンツでは「コミュニケーション・アワード2010(アメリカ)サイエンス部門銀賞」などを受賞した「マインド・ラボ」をはじめとして、国内外の科学やメディアに関する各種賞を受賞するなど、内容的にも高い評価を得ている。

下記のアドレスにアクセスして、肩の力を抜いて気楽に科学のおもしろさに触れていただきたい。

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

コンテンツ例

インフルエンザウイルス ミステリー

現在、世界的な規模で新型出現への警戒が続いている「インフルエンザウイルス」。

このコンテンツでは、さまざまな情報が飛び交い、漠然とした怖さがつきまとうインフルエンザについて、正しい知識をもとに、その真相に迫る。新型出現の原因や、インフルエンザウイルスの構造、出現のメカニズム、予防の仕組みのわかりやすい解説や、インフルエンザウイルス研究の現場をレポートして、インフルエンザウイルスと地球環境の密接な関係にも迫っている。



マインド・ラボ

このコンテンツは、遠近法の不思議を探る「2次元から構築される3次元」など4つのセッションで構成。不思議な知覚現象やさまざまな錯視図形を体感しながら、人間の意識的経験が、自分では気づかない巧妙な脳のカラクリにつくりだされていることを探っていく。登場以来多数のアクセス数を誇る人気コンテンツ。

先述の「コミュニケーション・アワード2010(アメリカ)サイエンス部門銀賞」のほか「第50回科学技術映像祭マルチメディア部門文部科学大臣賞」など国内外の5つの賞を受賞した作品。



惑星の旅

バイオニア10号など、多くの惑星探査機がとらえた200点以上の貴重な写真を映像化し、ナレーターによる解説で、太陽系の驚くべき世界を案内してくれる、全コンテンツ内でも1,2位を争うアクセス数の大人気コンテンツ。

臨場感あふれる映像で、視聴者をはるか遠い太陽系の惑星にたどり着いた気持ちにさせてくれる。

「平成17年度文化庁メディア芸術祭エンターテインメント部門審査委員会推薦作品」「第48回科学技術映像祭マルチメディア特別部門審査委員長特別賞」受賞作品。



TEXT : 大宮耕一