JST News

Vol.4 No.6
2007
September
9
月号

Close up
対談

イノベーション立国をめざして
いま、なすべきこと。

Topics 01 雲のふるまいを理解する。
全球雲解像モデルによる気候研究

Topics 02 イノベーションの起こし方。
それは、産と学の運命的な出合いから始まる!

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

JST News Vol.4 No.6
2007 September 9月号

Contents

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

Close up
対談

06 **イノベーション立国をめざして いま、なすべきこと。**
日本が成長を続ける鍵として注目を集めている「イノベーション」。
そもそもイノベーションとは何なのか。創出のためにどんなことが必要なのか。
イノベーションへの志にあふれる2人の研究者が、熱く語り合った。

Topics 01

10 全球雲解像モデルによる気候研究
雲のふるまいを理解する。

Topics 02

12 それは、産と学の運命的な出合いから始まる!
イノベーションの起こし方。

14 **ようこそ、私の研究室へ**
伊藤耕三　東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

16 日本科学未来館の耳より情報
Running at the Miraikan

蒸留ならまかせなさい

【リービッヒ冷却管】

自然界では物質は単独に存在することはほとんどなく、いくつかの物質（A・B・C）の混合物として存在するのが普通である。だから、中に含まれる物質Aの構造や性質を調べるためには、混ざり合っている中から純粋な物質Aを取り出す作業が必要になる。これが「分離・精製」で、化学実験の最も重要な操作のひとつである。これにはいくつかの方法があるが、一番わかりやすいのは「蒸留」だろう。蒸留とは、液体混合物に熱を加えて沸点の低い成分を蒸発させ、それを冷やして再び液化すること。たとえば、ワインを加熱すると沸点の低いアルコール分が蒸発する。その蒸気を沸点以下に冷却すれば再び液化して、より純度の高いアルコール、すなわちブランデーが得られるのである。その「蒸気を沸点以下に冷却」するのに用いられるのが「冷却管」（condenser）である。長さ25～60cmの細長いガラス管で、内管と外管にわかれており、内管に蒸気を通し、それを囲む外管に冷却水を流して冷やす（内外が逆の方式もある）。管の一端をフラスコに、逆の端をビーカーなどの受け容器につなげば、加熱により蒸発してフラスコから冷却管に入ってきた蒸気が、そこで冷却されて液化し、それがビーカーにたまるという寸法である。

19世紀以来、形も方式もさまざまの冷却管がつくられ、アリーン、ジムロート、フリードリッヒなど、考案した化学者の名前が冠されて呼ばれているが、なかで最も早くに（1831年）考案され、最も有名なのが、ドイツの化学者リービッヒ（J.Liebig：1803～73）の冷却管である。リービッヒは、有機元素分析法などによって有機化学の祖であり、植物の無機栄養論などによって農芸化学の祖であり、生化学の基礎を築いた一人でもあって、「リービッヒのカリ球」や「リービッヒの炭素定量法」など、彼の名を冠した化学の用語も多い。なかでもとびぬけて有名なのが冷却管だが、じつは本当の考案者はモール（F.Mohr）という化学者で、リービッヒはその報告をしただけらしいとは、なんとも皮肉な話である。

（文・西田節夫）

編集長：福島三喜子（JST）／編集・制作：株式会社トライベッカ／デザイン：中井俊明／印刷：株式会社テンプリント／表紙協力：旭製作所

JST Front Line

暑さも次第にやわらぎ、稲穂も頭を垂れはじめる秋に向け、皆さんに実りを
予感させるニュースをお届け。まずは化学物質のデータベースの使い勝手向上を目指す新規サービスの話題から。

NEWS 01 新規サービス

化学物質関連情報データベースの相互連携を図る「化学物質リンクセンター（プロトタイプ版）」の一般公開を開始。

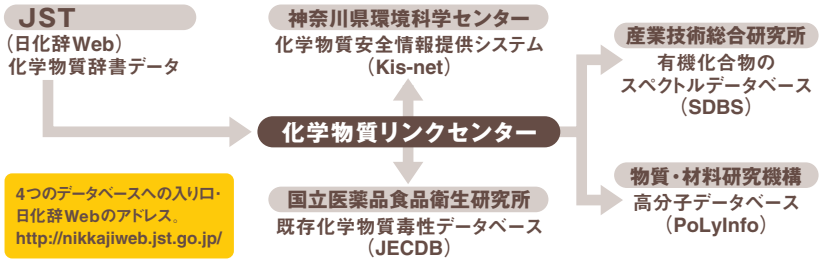
研究や開発を進めるなかで、「あの化学物質の情報を知りたい」と思ったとき、クリックしながらさまざまな情報をたちどころに入手できる、Ｗｅｂ上の情報基地「化学物質リンクセンター」のプロトタイプ版が、このほどオープンしました。

化学物質に関する情報については、すでにいくつかの研究機関がそれぞれの強みを生かしたデータベースを作成・公開し、研究者に利用されています。しかし、互いの連携が図られておらず、分子式や化学構造はこちら、安全性や毒性のデータはあちらという具合に、別々のデータベースにアクセスしなければならず、検索の手間がかかっていました。

ＪＳＴでは、そんなわずらわしさを解消するため、すでに提供している化学物質の基本情報のデータベースである「日本化学物質辞書Ｗｅｂ（日化辞Ｗｅｂ）」を入り口に、下記の４つの研究機関のデータベースの情報へとワンクリックで飛べるサービスを開始したのです。「化学物質リンクセンター」は、その検索エンジンとなる部分で、蓄えた膨大なリンク情報をもとに縁の下で使いやすさを支えています。

まだ日化辞Ｗｅｂからの一方的なリンクしか実現できていないことなどから「プロトタイプ版」とされていますが、双方向のリンクなど、さらなる使い勝手の向上を目指しています。まずは一度、アクセスして便利さを実感してみてください。

化学物質リンクセンター（プロトタイプ版）の概要

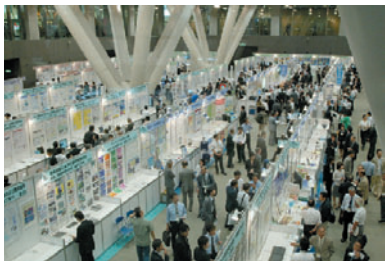


NEWS 02 イベント

日本最大規模の産学マッチング・交流の場「イノベーション・ジャパン2007―大学見本市」9月12日～14日に開催。

イノベーションを起こすためには、産と学との新しい出合いが欠かせません。そのための日本最大規模の産学マッチングの場として「イノベーション・ジャパン2007―大学見本市」が、９月12日～14日まで、東京・有楽町の東京国際フォーラムで開催されます。

昨年は３日間でのべ４万人が来場しました。今年は、「ナノテク・材料」「バイオ・アグリ」「医療・健康」「環境」「新エネルギー・省エネルギー」「ＩＴ」「ものづくり」の７つの分野で258大学の最先端技術シーズを展示します。さらにプレゼンの場である「新技術説明会」も７分野188セッションという規模で実施。それぞれ出展者・発表者と個別に質問や相談をするためのマッチング・コーナー、マッチング・スペースを設け、新たな連携をサポートします。



共同研究や技術提携の話が進むことも。

昨年の展示会場（上）と新技術説明会（下）の様子。「こんなに先端的なものばかり集めた展示会はほかにない」（企業）、「企業が何を求めているか、どんな技術が足りないか見えてくる」（大学）との声も聞かれました。

また、産学連携の現状や今後を知りたいという方に向け、産学キーパーソンによる基調講演やパネルディスカッション、セミナーなどを行うイノベーション・ジャパン2007フォーラムも開催。

公式ＷＥＢサイトでは、研究成果や出展内容の詳細を確認し、事前に出展者・発表者への問い合わせ・商談予約もできる「出展者・発表者マッチングシステム」も稼働。新技術説明会やフォーラムの聴講に必要な事前登録もできるので、ぜひ一度ご覧ください！

http://expo.nikkeibp.co.jp/innovation/

P.06 Close upへ➡

NEWS 03 研究成果

皮膚などの体細胞から、あらゆる細胞に分化する万能細胞をつくる！ ES細胞と遜色のない能力をもつ人工万能幹細胞（iPS細胞）の開発に成功。

あらゆる細胞へと分化する万能細胞を、皮膚などの体細胞からつくり、再生医学に役立てる――そんな画期的な成果につながる技術が、戦略的創造研究推進事業チーム型研究（ＣＲＥＳＴ）「免疫難病・感染症等の先進医療技術」研究領域の研究課題「真に臨床応用できる多能性幹細胞の樹立」（研究代表者：山中伸弥・京都大学再生医科学研究所教授）によって開発されました。

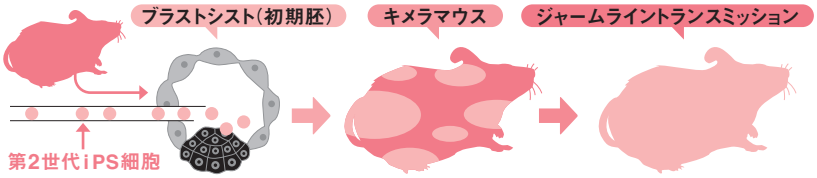
再生医学の分野では、さまざまな細胞へと分化するドナー細胞の資源として、受精後まもないヒトの胚からできる胚性幹細胞（ＥＳ細胞）が期待されてきました。しかし、ＥＳ細胞はヒトの胚を利用するため倫理的観点からの反対意見もあり、また患者へ移植すると拒絶反応を起こすなどの問題も指摘されています。

山中教授らは、患者本人の皮膚などの体細胞からＥＳ細胞と同様の機能をもつ人工万能幹細胞（ｉＰＳ細胞）を生み出すことができれば、倫理的な問題も解消し、もともと本人の体細胞なので拒絶反応も起きないと考え、開発を進めてきました。そして、すでに昨年、４つの特定因子（遺伝子）を、「運び屋」となるベクターの一種のレトロウイルスベクターによってマウスの体細胞に導入することで、ｉＰＳ細胞を生み出すことに成功したのです。しかし、この第１世代のｉＰＳ細胞には、遺伝子の発現パターンにＥＳ細胞との違いが多く見られ、また、受精卵に移植したとき、ＥＳ細胞のように全身の細胞に正常に分化しないという問題点がありました。

そこで山中教授らは、ｉＰＳ細胞を選ぶ基準をさらに厳しくすることで、遺伝子の発現パターンがＥＳ細胞に非常に近い第２世代ｉＰＳ細胞を開発。これをマウスの受精卵に移植したところ、成長したマウスは、ＥＳ細胞を移植した場合と同じように、もともとの受精卵由来の細胞とｉＰＳ細胞由来の細胞が全身で混じり合った「キメラマウス」となり、さらに次の世代では全身がｉＰＳ細胞に由来する子孫マウスも誕生。ｉＰＳ細胞が動物個体のあらゆる細胞に正常に分化することが確かめられました。

新たな課題として子孫マウスの約２割に甲状腺腫瘍が発生しましたが、４因子の１つを組み込んだレトロウイルスベクターが原因であることがわかりました。そこで現在では、その因子やレトロウイルスを用いない方法を開発して、さらに新しいｉＰＳ細胞をつくり出すことを目指しています。

将来的には、脊髄を損傷した患者の皮膚からｉＰＳ細胞をつくり出し、患部の再生に役立てるなど、ヒトの再生医学への応用が期待されます。



全身で胚の細胞とiPS細胞両方が混じり合ったキメラマウスが誕生。次の世代では、iPS細胞の特徴のみをもつ子孫、ジャームライントランスミッションも誕生。

NEWS 04 リニューアル

日本科学未来館HPの学校連携ページが「Miraikan先生ネット」にリニューアル。先生と未来館の双方向コミュニケーションを目指す。

今年８月５日には来館者が400万人を突破し、多くの方に支持され成長してきた日本科学未来館では、さらに効果的な活用を目指して、ＨＰの学校連携ページをリニューアルしました。

未来館には、全国各地の学校からたくさんの子どもたちが訪れます。彼らが展示を通して考えを深めるための学習プログラムを用意しています。このプログラムを学校で行っている授業と関連づけたり、先生が独自の課題を設定したり、未来館と連携して、子どもたちの興味・関心をうまく引き出している学校もあります。また、中高生の職場体験や教員研修も実施されており、さらに研究者の講義を聞いたり、研究所を訪問することに発展する例もあります。

そんな先生たちの取り組み事例を「Miraikan先生ネット」のページ上に公開することにより、教育関係者のコミュニティの形成を促し、さらには学習支援にも役立ててもらえることを目指しています。すでにさまざまな事例が集まり始めていますので、ぜひアクセスを。

http://www.miraikan.jst.go.jp/j/miraikan/education/index.html

学習プログラムを通じて展示を実際に体験し、考えを発表する子どもたち。先生と未来館の双方向コミュニケーションで、プログラムのさらなる充実が期待されます。

NEWS 05 コンテンツ

明治期からの論文をデジタル収録する「Journal@rchive（ジャーナル アーカイブ）」。平成19年度の電子アーカイブ対象雑誌が決定。

「温故知新」という言葉があるように、過去の研究を知ることは、最先端の研究を進めるうえでも刺激やヒントを与えてくれます。そんな先人たちの業績に、インターネットを通じてだれでもどこからでも気軽に触れることができるのが、「Journal@rchive（ジャーナルアーカイブ）」。そのライブラリーに新たに加わる平成19年度分の対象雑誌が、このほど決定しました。

ジャーナルアーカイブは、過去に国内で発行された学術誌の全文をインターネット上で検索・閲覧できるもので、平成17年度にスタート。以来毎年、着実にコンテンツを増やしてきました。大きな特徴といえるのが、当時の学術誌のページをそのまま閲覧できることで、湯川秀樹や朝永振一郎といったノーベル賞受賞者の受賞論文をはじめ、先人たちの研究成果に、時を超え、当時の雰囲気のなかで接することができます。

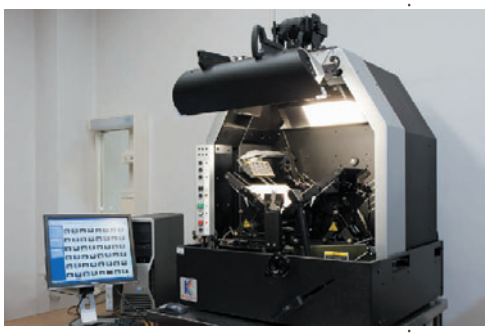
準備ができたものは順次、新規記事としてアップされるので、ぜひ定期的にチェックしてください。

また、「湯川秀樹と日本の物理学者たち」や「日本の科学論文誌の誕生」といった、掲載されている学術誌に関連した読み物など、さらに興味を深められるコンテンツも用意しています。

平成19年度に加わるのは58誌で、最も古いものは明治22年（1889）創刊の『岡山医学会雑誌』。人文社会科学系のものも昭和26年（1951）創刊の『連歌俳諧研究』など11誌が含まれています。

今後、電子化作業を進め、準備ができたものから、順次公開していきます。58誌の全タイトルも以下のＵＲＬでご覧いただけます。

http://www.journalarchive.jst.go.jp/japanese/



デジタル収録を支える「秘密兵器」がこれ。自動的にページをめくり、上部についているカメラで撮影し、デジタルデータとして取り込んでいくことができます。

NEWS 06 イベント

技術移転を促進するための企業への技術シーズ紹介！ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ新技術説明会を9月27日に開催。

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から生まれた技術シーズを紹介する新技術説明会が、９月27日に東京・四番町のＪＳＴホールで開催されます。

新技術説明会は、大学や公的研究機関、ＪＳＴのさまざまな事業から生まれた研究成果の実用化を進めるため、研究者自らが企業に技術シーズを説明、双方で情報交換を行う場を提供するイベントです。

ナノテクノロジー分野別バーチャルラボでは、わが国におけるナノテクノロジー分野への総合的・重点的な取り組みとして、３つの戦略目標（ナノデバイス、ナノバイオ、ナノ材料分野）から設定された10の研究領域間で相互に連携して、集中的かつ挑戦的な研究を進めてきました（右記参照）。

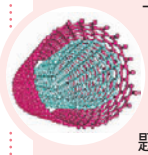
最終年度を迎えるにあたり、これまでに数多くの技術シーズが育ってきたことから、実用化に向けたさらなる展開を目指すべく、新技術説明会を開催することにしました。

当日は、10の研究領域のうち環境保全・エネルギー分野の新材料の技術シーズを中心に、環境ナノ触媒領域から８課題、エネルギーナノ領域から２課題、自己組織化領域から２課題の計12の技術シーズをご紹介します。

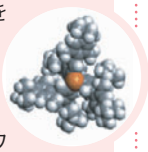
また、環境触媒の第一人者であり、研究総括として領域運営をお願いしている御園生　誠氏［(独)製品評価技術基盤機構　理事長］の特別講演「ナノ化学材料の基礎研究から応用開発への展開～環境・エネルギー分野を中心に」も予定しています。

新技術説明会への参加申込や特別講演、12件の技術シーズの詳しい内容については、新技術説明会のホームページをご覧ください。多くの皆様のご参加をお待ちしています。

ナノテクノロジー分野別バーチャルラボとは？



平成14年度に戦略的創造研究推進事業の一部としてスタート。文部科学省が定めた３つの戦略目標の下に、10の研究領域を設定し、チーム型研究（ＣＲＥＳＴ）93課題、個人型研究（さきがけ）24課題の計117課題（うち32課題は平成18年度までに終了）で構成。領域を超えて相互に関連をもつ、姿なき１つの研究所ととらえ、研究領域を超えた情報交換、コラボレーション、合同シンポジウムなどを通じて、有機的な運用と連携を図ってきました。



http://www.jst.go.jp/kisoken/nano.html

対談 イノベーション立国をめ

地球規模でさまざまな課題が生まれるなか、日本が成長を続けるための鍵として注目を集める「イノベーション」。イノベーションとは何なの

JST研究開発戦略センター長
生駒俊明
（いこま・としあき）

1941年生まれ。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同大学生産技術研究所教授などを歴任。専門は半導体エレクトロニクス。産学連携や大学改革に関する活動も。趣味はゴルフ。

東京大学生産技術研究所教授
大島まり
（おおしま・まり）

1962年生まれ。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。専門のバイオ・マイクロ流体工学のほか、中学校や高校への出張授業など科学技術教育にも熱心に取り組む。趣味はバレエ。

価値観まで変えた携帯電話。

今年６月に閣議決定された長期戦略指針「イノベーション25」によって、イノベーション立国の重要性が明確に打ち出された。ＪＳＴの研究開発戦略センター（ＣＲＤＳ）は５月に「科学技術イノベーションの実現に向けて、いま、何をなすべきか」と題する戦略プロポーザルを政策提言としてとりまとめている。策定にあたった生駒センター長は、社会も生活も経済も、すべてを大きく変えるものこそイノベーションだと語る。

大島　「イノベーション」という言葉はよく聞くのですが、具体的にどういう意味なのかは、じつはあいまいな部分があるかと思います。生駒先生は、「イノベーション」についてどう定義されていますか。

生駒　簡潔にいえば、「新しい価値の創造」ですね。日本では、「技術革新」と訳されるのが一般的です。これは、1956年の経済白書で初代の経済企画庁長官を務めた高碕達之助さんが使ったのがきっかけですが、もともとイノベーションという言葉は、科学技術に限らず、社会を大きく変え、新しい価値を創造していくすべての行為を指していると言えます。

大島　私たち研究者は、イノベーションというと、どうしても科学技術が頭に浮かぶのですが、もっと広い意味があるのですね。

生駒　イノベーションの元祖といえるのが、1900年代前半のオーストリアの経済学者J.A.シュムペーターで、彼は科学技術に限らず、「既存のものを新しく組み合わせて、経済発展する原動力」をイノベーションと定義しています。ただし非常に多くのイノベーションが科学技術を背景にしているのもまた事実です。「イノベーション25」で提示されている「イノベーションで拓く2025年の姿」も、その多くは科学技術がベースとなっていますね（下コラム「イノベーションがもたらす私たちの未来とは」参照）。

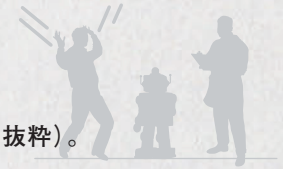
アナログの携帯電話は、私の定義ではイノベーションとはいえません。デジタル化し、インターネットとつながったことが劇的な変化を世の中にもたらしました。

大島　では、イノベーションによって社会や経済はどのように変わるのでしょうか。具体的な例とともに教えてください。

生駒　最近の最も顕著な例は、携帯電話です。ただし、アナログの携帯電話は、私の定義ではイノベーションとはいえません。「ｉモード」をきっかけにデジタル化し、インターネットとつながったことが、イノベーションと呼ぶにふさわしい劇的な変化を世の中にもたらしました。特に顕著なのは若者の価値観が変わったことです。コミュニケーションの中心が携帯メールになり、携帯を手放すと不安で仕方ないという人も少なくありません。弊害が生まれた面もありますが、携帯電話によって社会のシステムが変わり、生活が変わり、経済的にも飛躍的な発展につながったことは間違いないでしょう。もう１つ挙げるなら、液晶テレビですね。携帯電話と比べると大きな変化ではありませんが、すでに大きな経済効果をもたらし、2011年に地上波テレビがデジタルになれば、さらなる効果が見込まれ

イノベーションがもたらす私たちの未来とは

6月1日に閣議決定された長期戦略指針『イノベーション25』では、「イノベーションで拓く2025年の日本の姿」として、5つの社会像を提示している（抜粋）。



ざして、いま、なすべきこと。

か。イノベーションの創出のために必要なことは何なのか。世代は違えどイノベーションへの志にあふれる2人が、熱く語り合った。

ます。また、1人1台テレビをもつことが珍しくなくなるなど、生活の変化ももたらしつつあります。

80年代の状況を再び。

今、改めてイノベーションの重要性にスポットライトがあたり、イノベーション立国を目指し、国を挙げて取り組もうとしているのはなぜか。背景に見えてくるのは、この30年間における経済状況の激しい変動だ。

大島　生駒先生がおっしゃるように、日本はすでに携帯電話や液晶テレビなど、さまざまなイノベーションを目指して努力し、成果を挙げてきたと思います。それなのに、今、改めてイノベーションが注目されているのはなぜでしょうか。

生駒　それはたいへん重要なポイントですね。1980年代には、世界の市場を日本が席巻し、年間約10％と今の中国と同じような成長率を誇っていました。そのころは、日本全体がイノベーションを起こすシステムをもっていると評価されていたのです。しかし、批判的な声も聞かれなかったわけではありません。国が主導してイノベーションを進める姿は「日本株式会社」と言われましたし、もとになる技術は欧米で発明されたものばかりで、オリジナルの発明がないことも指摘されていました。

大島　オリジナルからいろいろ工夫していいものに仕上げるのが得意で、モノマネばかりしていると、揶揄されていましたね。

生駒　しかし、それもイノベーションの1つの形です。そして、あのころの日本は、若い人たちが志をもち、イノベーションを推進するための進取の気性が満ちあふれていました。ところが、90年代に入ると時代が一変してしまいます。生活が豊かになり、社会も人間も穏やかになるとともに、経済も停滞しました。そんな状況が続くうちに、日本は瞬く間に最もイノベーションが起きない国になってしまったのです。一方、ヨーロッパではそれとは逆のことが起こっていました。特に北欧の各国が力をつけてきて、イノベーションの起こる国へと変貌を遂げていきます。アメリカもそれに負けてはいられないとイノベーションの重要性をうたい始め、日本もイノベーション立国を目指す姿勢を明確に打ち出したというわけです。

社会も生活も経済も変えるのがイノベーション!

大島　不況が続いているとイノベーションという言葉も現実的に聞こえないでしょうが、就職も売り手市場になってくるなど、日本もようやく一時期の不況から脱出する兆しが見え始めています。だからこそ、日本を再びイノベーションが起きやすい国にするという目標が立てられたのでしょうね。

脳の三次元のデジタル画像をモデリングして血管の形状なども変えることで、動脈硬化が起きやすくなるかなどをシミュレーションする研究をしています。

医療がイノベーションの旗頭に。

今の日本で最もイノベーションが起こりやすいと期待されているのが医療分野。大島教授自身、専門の原子工学を土台に、医療分野でイノベーションを起こすべく、研究に取り組んでいる。

大島　「イノベーション25」では、2025年を目指した長期的な視野に立って日本のあるべき未来の姿を示していますが、そう考えたとき、今後、特にイノベーション創出が期待されるのはどの分野でしょうか。

生駒　経済的な価値でいうと、ロボットを使った工場の無人化が挙げられます。海外にいってしまった製造拠点を日本に取り戻せますし、今まで工場で働いていた人たちがさらに高い教育を受けて、違う分野が活性化するなど、大きなイノベーションになる可能性を秘めていると思います。経済以外に社会や生活の面から考えると、大きなインパクトがあるのは医療関係ですね。ライフサイエンスが進歩した結果、ヒトの持つすべての遺伝情報が明らかになり、機能解析も進んで、さまざまな病気の起こるしくみがわかり始めました。脳など外から見えない部分を画像にするＭＲＩの技術も飛躍的に進んでいます。そうした成果を臨床に生かすことが、社会や生活、経済の変化を大きくし、また最も期待されているイノベーションでしょう。先日、ある病院でＭＲＩの画像を三次元表示し、実際に患者から取り出してきた患部の細胞の一部を重ね合わせて治療法を探っていました。

01 生涯健康な社会

医療提供の現場は、医療施設から、個人の日常生活の場に拡大している。睡眠中に健康診断をするなどして個人に対応した予防医療が確立。がん、心筋梗塞、脳卒中は克服され、生死をさまよう大病にかかることはほとんどない。事故による負傷者や急病人は、整備された救急医療情報のもと24時間体制の救急医療施設に迅速に搬送され、生命の危機を逃れる。また、再生医療技術、高度介護ロボット、対認知症特効薬などのおかげで、「寝たきり老人」は激減している。

02 安全・安心な社会

センサーによる自動監視や整備された防犯・防災ネットワーク、携帯化・高度化の進んだ救命機器などに守られ、子ども、高齢者、障害者が安全な日常生活を送っている。多くの建物は丈夫で自己修復機能をもち、予測技術や災害情報ネットワークの高度化によって自然災害の被害は激減。電子チップの入ったカード1枚をもっていれば、個人情報が保護された環境でお金の支払いなどができる。電子タグなどの利用で、食品の生産・流通履歴やアレルギー情報も、簡単に入手できる。

大島教授の「趣味のバレエは35歳を超えてから始めたんです」との言葉に、「それは志が高い!」と生駒センター長。和やかな雰囲気で対談は進んだ。

あれなどは、イノベーションの最たるものでしょう。ほかに、手術をロボットが行うことも十分に考えられます。

大島　じつは、私も医療分野で、患者一人ひとりに合ったテーラーメイド医療の研究をしているんですよ。

生駒　そうなんですか！　あなたの専門は原子力だと思っていたんですが、どうして医療分野に進んだんですか。

大島　おっしゃるとおり、大学では核融合をやりたくて原子力工学科に進みました。そこで熱流体をテーマに研究しているうちに熱流体の解析自体に興味をもち、東京大学生産技術研究所で研究を進めてきました。研究自体はとても面白かったのですが、次第に、自分の研究を何らかの形で社会に役立たせたいという気持ちが強くなり始めました。そんなときに、脳外科の先生が、血流の流体としてのメカニズムを知りたいという話をもってこられ、とりあえず始めてみたところ、非常に面白かったのです。医療現場でも脳の三次元のデジタル画像が手に入るようになり、それをモデリングし、コンピュータグラフィックスの技術を生かして血管の形状なども変えることができます。そこで流れがどうなると、動脈硬化が起きやすくなるかなどをシミュレーションする研究を進めています。工学部だけでなく医学部の博士課程の学生も、学内留学という形で研究に参加しています。

「志」ある人たちが集う「場」をつくることが大切！

人材育成こそ産学連携の王道。

ＣＲＤＳの戦略プロポーザル「科学技術イノベーションの実現に向けて、いま、何をなすべきか」では、イノベーションが創出されるために重要なものとして「場」が挙げられている。産と学、学部と学部など、さまざまな垣根を越えて人と人とが出会う「場」があってこそ、「志」ある人材が育ち、イノベーションを起こすことができるのだ。

大島　イノベーションを進めるための「場」が大切だと生駒先生は強調されています。

が、これについて詳しく聞かせてください。

生駒　今までの歴史を振り返っても、ある研究成果を生かしてイノベーションを起こすには、研究者と企業や、異なる研究成果を持った者同士が融合するための「場」が必要です。研究者が自分の専門の論文を書くだけで満足していてはいけません。そうした「場」としての産学連携は現在、さまざまな形で進められていますが、お金をもうけるという点を重視し過ぎているのではないかと気になりますね。私は、人と人とが出会い、人が育つことこそ産学連携の王道だと思います。それをしっかりと踏まえてほしいです。

大島　イノベーションはある日突然、現れてくるのではなく、地道なものの積み重ねの上に成り立つものだと思います。それこそ、先生のおっしゃる王道だと思うのですが、そこに立ち返って、人を育てる土壌を見直したほうがいいのかもしれませんね。

生駒　産学連携とは、「産」と「学」が自分たちの立つ位置を揺ぎないものにしてこそ、意味があるものだと思います。たとえば大学が企業の意見を受け入れてばかりでは、本当の意味の産学連携とはいえません。今こそ、大学の本質に戻り、「大学はどうあるべきか」を考えるべきです。私自身、「大学システムの改革に関する研究会」で、そういう「志」のある人たちとともに、あるべき大学の姿を話し合ったことがあります。忙しいなか、朝８時からの会議を半年間続け、１つの見解をまとめて記者会見を開きました。今、そういう動きがあまり見られないのは残念ですね。

大島　大学の先生というと、優雅に研究をしているイメージをもたれるかもしれませんが、現実はそんな姿からは程遠くて、皆さん、毎日、駆けずり回っている感じです。

生駒　それはよくないですね。イノベーションを起こすために何より大事なのは「志」です。毎日時間に追われていては、「志」が失われてしまいます。そうした点から考えても、先ほどの大島先生の研究は興味深いですね。「志」のある異分野の研究者が融合することで、イノベーションが創出されようとしているんですから。大島先生のいらっしゃる生産技術研究所には私も長年いましたが、産学連携にも以前から熱心に取り組んでいますし、イノベーションの最

03 多様な人生を送れる社会

いつでもどこでも学べる仕組み、バリアフリーやユニバーサルデザイン化などによって、あらゆる人々がいきいきと働ける社会が実現。ITなどを活用して、場所や時間にとらわれない柔軟な働き方も選択できる。家庭内無線ネットワークの高度化と人工知能をもつロボットにより、家事や育児にかかっていた時間を自分の時間とすることも可能に。最新ニュースが見られる携帯ディスプレイや、自ら危険作業に対処できるロボットなどを活用し、地理的制約や身体的制約を受けずに働くこともできる。

04 世界的課題解決に貢献する社会

省資源・省エネルギー技術、水素利用・燃料電池技術、人工光合成技術、植生再生技術等の世界のトップレベルの環境・エネルギー技術を活用し、地球温暖化ガスの劇的な削減や廃棄物処理問題、水・食糧問題などの地球規模の環境問題の改善に、世界のトップに立って貢献している。持続可能な循環型社会は海外からも羨望され、多くの国々から知識・経験を学ぶために多数の研修者が来日し、帰国してから母国の環境調和型経済を推進していく姿が数多く見られるようになる。

対談 イノベーション立国をめざして、いま、なすべきこと。

先端を走っていると思います。

大島　生産技術研究所に来て、いろいろな分野の方々が共同研究を活発に行う土壌があることに驚かされました。私が現在の研究を行うことになったのも、たまたま一緒に研究会をやっていた先生が脳外科の先生から相談を受け、私の手法が適当ではと紹介していただいたのがきっかけなんですよ。

生駒　生産技術研究所のそういう風土の元は、私たちの世代がつくったんですよ。1963年に入ったときに、研究室の垣根を越えた「横」の仲間が集まる会合を毎月開いて、酒を飲みながら、生産技術研究所改革論をやりました。そんななかから当時としては画期的な研究推進室が生まれて、専門の枠を超えた研究が行われるようになったのです。

大島　イノベーションを創出するために、国にはどんなことを期待されますか。

生駒　出口のところでは、民間から何かを購入したりする際には、なるべく小さい会社の新しい技術に目を向けてほしいですね。それには、入札の条件など、さまざまな規制緩和を進める必要があるでしょう。その半面、規制をすることで進むイノベーションもあります。たとえば自動車の排気ガス規制によって、クリーンな環境技術のイノベーションが生まれるようになりました。それから、入り口では、長期的な視点から、失敗する可能性の高い研究にも目を向ける必要があります。

テレビがどういうメカニズムで映り、ブラウン管はなぜあんな色を出せるのか、素材は何でできているのか、ひととおり説明できることこそ教養だと思います。

大島　戦略的に力を入れる分野を重点化することも大切ですけれど、その半面、先が見えない分野への支援が減っているようにも感じられます。

生駒　そうした状況を改善するには、やはり分野融合を進めることが効果的だと思います。そこからは、思いもつかないイノベーションが生まれる可能性があります。

オーケストラよりジャズの精神で。

イノベーション立国のために、国や個人は何ができるのか。生駒センター長は、もっと個の力を強くしてこそ、ジャズのように新しい音が生み出されると指摘する。

大島　では、国民一人ひとりとしては、どのようなことが求められるのでしょうか。

生駒　やはり「志」をもった人を育てることだと思います。今の学生たちは小さくまとまっていて、大きな夢を描いている学生になかなか出会えないのが残念です。

大島　個のあり方という点から見るといかがでしょうか。日本も最近、個は強いけれど自己主張ばかりという若者が増えているという指摘もありますが。

生駒　私は、まだまだ日本は個を強くしたほうがいいと思います。世界のほかの国と比べると、あまりにも弱いですから。音楽にたとえるなら、イノベーションはジャズ型から起こると思います。個がみんな丸くあることを求められるオーケストラよりも、金平糖のように角がいっぱいあり、互いに切磋琢磨するジャズのほうが、新しいものが生まれると思います。ただ、個を強くするというのは自己中心とは違います。「公と私」と、「個人と集団」の兼ね合いが、日本ではうまく理解されていないのではないかと私は思います。

大島　イノベーションを支える風土として、科学技術が文化だという意識を育てることが大切だと思うのですが、日本はその意識が低いと感じています。そんな状況を改善するために、理科の出張授業を行ったりしているのですが、どうしても敷居が高く思われてしまいます。

生駒　私は、科学技術こそ、教養を身につける最高の教材だと思います。たとえば、テレビがなぜ映り、どうやって色を出しているのか、ひととおりわかって説明できることこそ教養でしょう。

大島　そういう教養を身につけて、これからの科学技術の研究の道に進む、「志」ある若者が増えてくれるといいですね。その前に、まず私自身もイノベーションの一端を担えるようにならないといけないと。

生駒　もう十分に担っていますよ。

大島　先ほど生産技術研究所の「横」の仲間が集まる会を開いていたとおっしゃっていましたが、私たちも今、同じように若手の研究者が集まって、意見を言い合う会を開いているんです。

イノベーションを支える風土として、科学技術が文化だという意識を育てることが大切だと思うのですが、日本はその意識が低いと感じています。

生駒　そうですか！それはうれしいことを聞きました。これからもイノベーションを生む土壌を育てていってください。イノベーションの原点は大学にあるんですから。

05 世界に開かれた社会

自動翻訳機の普及などにより、だれもがあらゆる国の人々とコミュニケーションを行うことができ、日本が誇る人、モノ、技術、伝統、文化を世界に発信し、海外の人たちと一緒に生活することがごく普通の姿になっている。バーチャルリアリティ技術が進化して、互いの国々の文化・歴史遺産などを、家にいながらにして実感できるようになり、そうした経験をもとに、世代を超えて海外で活躍する日本人や日本で活躍する外国人の数が増えている。

今、何をなすべきか

Topics 01

全球雲解像モデルによる気候研究

雲のふるまいを

雲によって変わる熱の吸収。温暖化予測の鍵を握る雲を予測する。

天気予報や地球の温暖化にともなう気候変動の予測は、地球全体の大気の流れをモデル化し、複雑な物理法則の方程式をコンピューターで計算して、数値的にシミュレーションすることで実施されている。

ただし、これまで用いられてきた“大気大循環モデル”などは、地球全体を数十km～百km程度のメッシュ(区画)に分割していたため、大気の大循環はシミュレーションできるものの、雲が発生するときの数km以下の範囲内で起こる対流をシミュレーションすることができなかった。つまり、従来のモデルでは雲の動きを高精度に予測することは難しく、これが気候変動の予測の不確定性の要因になっていた。

戦略的創造研究推進事業チーム型研究（ＣＲＥＳＴ）「マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション」研究領域の研究代表者である佐藤正樹さんが率いる研究グループは、地球全体を数km以下の水平メッシュに区分けし、従来のモデルでは不可能だった雲の発生を予測できる“全球雲解像モデル”の開発に取り組んでいる。佐藤さんはこう説明する。

「熱帯地域で発生する雲は、温帯に位置する日本の天気にも大きく影響するだけに、天気予報の精度を高めるためには熱帯地域での雲の発生プロセスを予測できるモデルが必要でした。地球温暖化の予測の精度を高めることにも役立てられるでしょう」

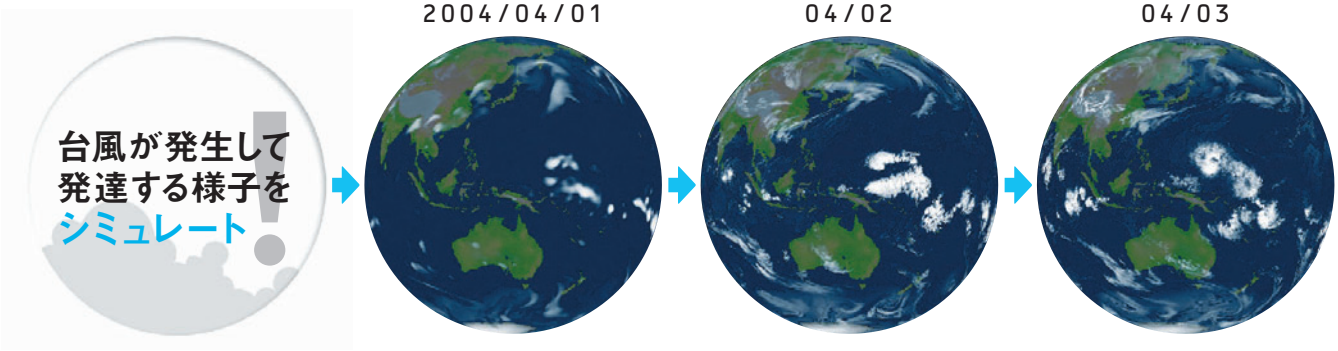
一般的に地球温暖化は、温室効果を持つ二酸化炭素の大気中の濃度が高まり、熱を大気圏外に放出できなくなることが原因とされている。しかし、地球温暖化を予測するうえで、二酸化炭素濃度の今後の推移以上に重要なのが、太陽の熱エネルギーを地球がどの程度吸収するかということだ。

海洋研究開発機構（ＪＡＭＳＴＥＣ）地球環境フロンティア研究センターサブリーダー。東京大学気候システム研究センター准教授も併任。

白いものは太陽の光を反射するが、黒いものは太陽の光を吸収する。白い雲が多く発生していれば、多くの太陽光を反射するため、熱エネルギーの吸収は弱まる。逆に雲による反射が少なければ、海が太陽光の熱エネルギーを吸収することになり、温暖化をより進めてしまうのだ。

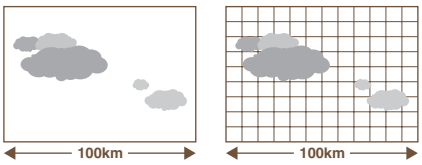
「雲の生成源である水蒸気も温室効果を持ち、二酸化炭素よりも温暖化に影響を及ぼしています。ですから、雲や水蒸気といった水のふるまいを予測できなければ、地球温暖化のような気候変動も予測できません」

これまでにも天気を予報するために、局所的に雲の発生を予測するモデルはあったが、地球温暖化のような大きなスケールでの気候の変動を予測できるほど広い範囲で雲の発生を予測することはできなかった。その点で地球全体での雲の発生の予測を可能にする全球雲解像モデルは、地球温暖化の予測精度を高めるものと期待されている。



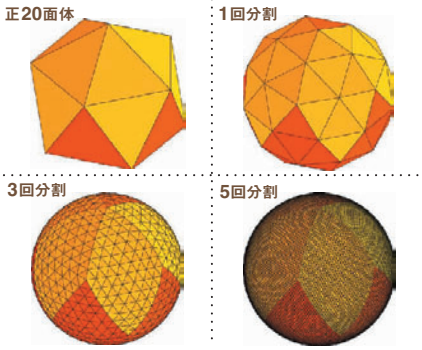
2004年4月1日に観測された気象データを入力して、計算した結果を画像化。その後の6日間における雲の発生を正確に予測することができている。

解像度を上げる必要性



100kmのメッシュでは雲の動きを予測できない。細かく区分する必要があった。

正20面体を分割することで得られる均一なメッシュ



球体の地球を正20面体で覆うと理解し、その三角形の分割を繰り返して細かいメッシュを得た。

スーパーコンピューターの力を借りて膨大な計算から雲の発生を予測。

地球全体を数kmのメッシュに区分するとなると、地球全体を一様の大きさのメッシュで覆うことができなければならない。

従来のモデルでは、単純に経線、緯線でメッシュを区切っていたのだが、数km程度のメッシュにして解像度を高めると、赤道周辺と極周辺でメッシュの大きさの差は広がってしまう。メッシュの均一性は失われ、計算効率を著しく落としてしまうのだ。

そのため従来のモデルのまま分割することは不可能であり、新しいメッシュの区分方法を考え出さなければならなかった。

「地球全体を正20面体の格子で覆い、この三角形を細かく分割していけば、メッシュの大きさがほぼ一様の数km程度の高解像

理解する。

雲は気候の変動や天気の変化に大きな影響を与えるものの、
従来のモデルでは、その発生や動きをシミュレーションするのが難しかった。
佐藤正樹さんは、雲を予測できる高精度のモデル開発に取り組んでいる。

度のモデルが開発できると考えたのです」

こうして地球全体を約3.5kmのメッシュで覆う全球雲解像モデルを開発。海洋研究開発機構のスーパーコンピューター“地球シミュレータ”を用いて実験が行われた。

地球シミュレータは、2002年の運用開始当時、世界最高速を誇るスーパーコンピューターで、優れた演算能力を活用することにより、3.5kmという小さなメッシュの区分けによる膨大な演算も可能にしたのだ。

全球雲解像モデルは従来のモデルとは異なるメッシュで構成されているため、ゼロから新しく開発しなければならなかった。当初は陸地のデータが盛り込まれず、海で覆われた水惑星であるとしたシミュレーションしかできなかったが、この段階で実際の地球に見られる雲のふるまいがよく捉えられることがわかった（右下・上画像参照）。

その後、より現実的な雲の発生を予測するため、地形のデータを加え、陸地がある状態での雲の発生の予測を可能にした。雲の発生には地形も大きく影響する。風が山などに当たり、上昇気流となって雲ができるため、雲の発生を予測するには地形データは必要不可欠なのだ。

その結果、上に示すように雲の発生をシミュレーションした結果を画像化できるようになった。これは2004年4月1日の気象条件が与えられ、地球シミュレータを用いて計算した結果である。4月6日のシミュレーション結果を、同日に静止気象衛星のGOES9から撮影された実際の観測画像と比べると、概ね正しく予測されている。「厳密に言えば、すべての雲を予測しきれてはいないのですが、ほぼ正しく雲の発生を予測ができたといってもいいでしょう」

コンピューターの計算で予測

観測データを基に地球シミュレータが計算した結果は、東京大学気候システム研究センターにあるコンピューターで解析され、画像化される。

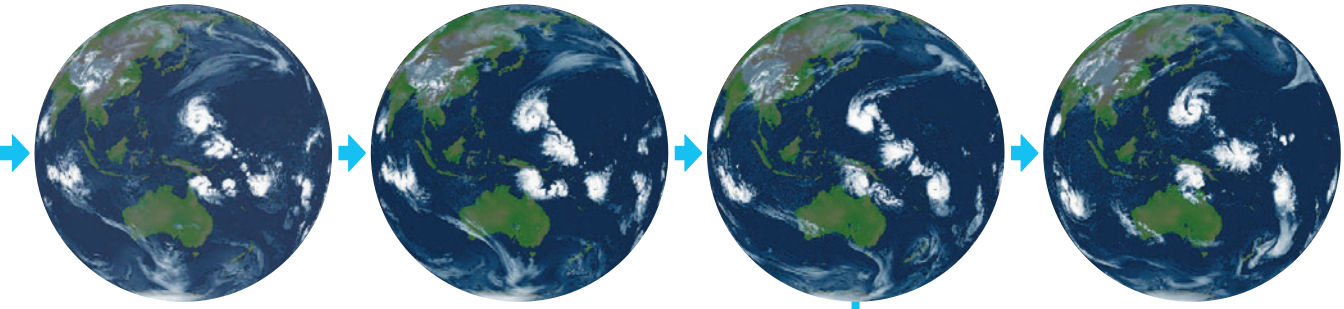
これまで予測できなかった台風発生もシミュレーションする。

さらに、全球雲解像モデルは台風の予測にも大きな変化をもたらそうとしている。これまで災害対策から台風の進路予測は可能になっているが、台風の発生の予測は不確定性が大きかった。全球雲解像モデルは詳細な雲のふるまいを予測できるため、熱帯地域で雲の塊から台風が発生するプロセスをシミュレーションできるようになった。実際、左の画像でも雲が台風特有の渦巻状になっていることがわかるだろう。

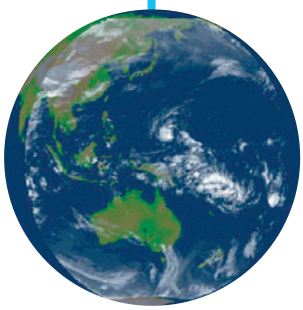
加えて、地球全体という広範囲に発生する雲の予測が可能な一方、小さなメッシュを基にシミュレーションできるので、マルチスケールでの雲のふるまいを予測することが可能だ。これにより従来は観測でしか見られなかった雲の不思議な現象も予測結果としてあらわれるようになったという。「数百kmのスケールで見た雲の塊は西へ向って進むが、もっと大きなスケールで見ると雲は東に向っていることがシミュレーションできました（左下・下画像参照）。これは観測では明らかになっていましたが、シミュレーションで示せたのは初めてです」

全球雲解像モデルの開発により、雲の発生、動きを概ね正確に予測できるようになった。より高精度の予測には、さらなる改良が求められる。しかし、これまでになかった、地球全体を均一なメッシュで構成して、雲のシミュレーションを可能にした全球雲解像モデルの開発は、気候変動の理解を深めるうえで重要な一歩に違いない。

04/04　04/05　04/06　04/07

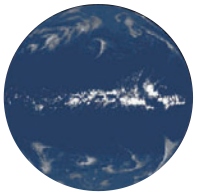


進路予測は可能になっているが、その発生を予測することは難しい台風。全球雲解像モデルでは雲の動きを予測できるので、台風の発生、発達のより正確なシミュレーションが期待できる。



静止気象衛星GOES9の画像

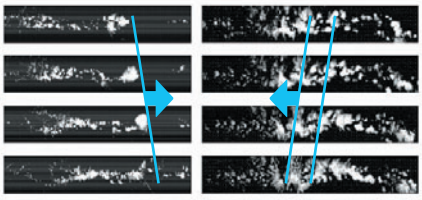
水平メッシュ間隔3.5kmの全球雲解像モデルで得られた雲画像



陸地があることによる影響がない、地球全体が海に覆われていたと仮定した場合のシミュレーション結果。初めて地球全体で雲の発生が予測された画像だ。

全球雲解像モデルで予測した雲の不思議なふるまい

●スーパークラウドクラスター　●クラウドクラスター



全球雲解像モデルはマルチスケールで予測できるようになっている。数百kmのスケールでは雲は西に進むが、より大きなスケールだと東に進むという、観測でしか見られなかった現象も予測できている。

Topics 02

イノベーションの起こし方

――それは、産と学の運命的な出合いから始まる!

「産学共同」したいが、そのパートナー探しはなかなか難しい。
そんな悩みを解決すべく、JSTは産学共同シーズイノベーション化事業を行っている。

JST Innovation Bridge
http://deainoba.jp/

産学の出合いの場を用意するところからサポート。

産学共同シーズイノベーション化事業とは、大学・公的研究機関などの基礎研究に着目し、産業界との共同研究によってイノベーションの創出につなげることを目的とする事業。まずは期間を1年と区切って、1課題あたり800万円程度の研究開発費をかけ、その研究の実現可能性を探る「顕在化ステージ」、そのあとに最長4年程度で年5000万円ほどの研究開発費をかけ実用性を検証する「育成ステージ」がある。大学などと企業が連携して応募するものだが、なかなか難しいのがパートナー探し。そのために用意したのがイノベーションブリッジだ。

たとえば「神戸大学」「東京大学」など大学別、また「九州・沖縄地区」「四国地区」など地域別に開かれる研究発表会で、大学側は研究内容をコンパクトにまとめてアピールするというもの。企業側は研究成果を使ってどんなことをしたいか考え、興味があれば、別室で待機。発表を終えた大学の研究者に会い、もっと詳しく話し合うこともできる。いわば産学のお見合いパーティーのようなものだ。

これがイノベーションブリッジだ!

発表に耳を傾ける企業の担当者。興味があれば、あとで別室で直接発表者と話すことも可能だ。

証言01

印刷関連会社勤務

Aさんの場合

うちの会社はビジネスフォームの印刷と、それに関連するシステム開発が主な業務で、たとえば配送伝票や給与明細を作ったり、印刷データ作成ソフトを開発したりしています。そのほかに、比較的新しい分野として、ICタグやキャッシュカードに使われる磁気情報印刷の部門もあり、私自身はこちらの技術開発に携わってきました。現在、パソコンの普及に伴って、時代はペーパーレスに進むなか、当社のメイン事業も遠からず方向転換を迫られてくる。それに備え、新しい事業、新しい技術に取り組んでいきたい。

そうした新しい出合いを求めて、最初は私の知り合いのいる大学などを回っていましたが、やはりそれだけでは間口が狭い。そんなときに、イノベーションブリッジを知り、気軽に参加できるからと、足を運んでみました。

幅広いジャンルの研究内容を聞ける良いチャンス。

Aさんがイノベーションブリッジの魅力としてまず挙げたのは「気軽に参加できること」。これに参加する前には、いろいろな学会の発表も聞きに行ったが、話の内容があまりに高度すぎて、ついていけないものが多かったとか。

しかしイノベーションブリッジでは、専門家ではない企業の担当者を相手に発表するということを踏まえ、研究内容はわかりやすくまとめられているし、ひとつひとつの発表時間も短く設定してあるため、概要を短時間で聞くことができる。興味ある研究内容については、別室で詳しく話を聞けるのもありがたいという。

内容も電気・電子関連から農水・バイオ、建築・土木、化学など多岐に渡っており、Aさんは有意義な情報収集の場として、今後ともイノベーションブリッジを大いに活用したいと考えているそうだ。実際にいくつかの研究と良い出合いを果たしたそうで、まだ実用化にはいたっていないが、そのなかで2つほど力を入れているものもあるという。

理想のパートナーにめぐりあうのは、必ずしも簡単ではないが、イノベーションブリッジには、また別の魅力もある。

証言02

医療機器メーカー勤務

Bさんの場合

私は大学で冶金を学んで、今は臨床医療機器開発の仕事をしています。イノベーションブリッジに参加したのは、最近の課題である医工連携を進めるには、積極的に異分野の研究者と共同することが必要になってきたからでした。

参加して思ったことは、こんなふうに幅広い分野の研究者と会える機会は非常に貴重だということです。交友関係もやはり同じ分野の人間が多いものですから、新しい発想やビジネスチャンスを与えてくれる研究との出合いに、これまでなかなか恵まれてきませんでした。

パートナーとの出合いはこれからですが、イノベーションブリッジに参加することで、今、医療関係の分野でどのような研究が進められているのかを知ることもでき、得るものの多い勉強の場になっています。

実用化にはなかなか結びつけにくいと思われている基礎研究だが、企業の視点から見れば応用価値は決して小さくない。イノベーションブリッジは、さまざまな魅力を備えた、企業・研究者間の大きな架け橋なのだ。

このイノベーションブリッジを通して結びつき、産学共同シーズイノベーション化事業の「顕在化ステージ」へと歩を進めているコンビを、次に紹介していこう。

Case study
京都大学 佐藤矩行教授とサントリー株式会社のマッチング。

ホヤのゲノム解読から健康産業へ！

研究成果を社会還元する手段を求めていた研究者。

佐藤矩行教授はホヤの研究をしている。「私たちヒトを含む脊椎動物と、ホヤなどの尾索類は、脊索や背側神経索など、数多くの形質を共有していて、共通の祖先から進化したものと考えられます。実際、ホヤに存在する遺伝子をヒトやマウスなど脊椎動物の遺伝子と比較してみると、脊椎動物を特徴づける遺伝子が浮かび上がってきたのです」（佐藤教授）

つまり、構造が複雑で、解析に膨大な時間を要するであろうヒトゲノムの解析の手がかりとして、ホヤのゲノムの解析結果が役に立つということだ。佐藤教授の解析からわかった、脊椎動物を特徴づける遺伝子は、内分泌や免疫など広い意味での生理をつかさどるものであることから、サントリー株式会社が名乗りを上げ、『ホヤの神経・内分泌系のネットワーク構築と健康産業への応用』という課題で産学共同シーズイノベーション化事業の顕在化ステージに応募し、平成18年度の採択課題の１つに選ばれた。サントリー側のメイン研究者は佐竹炎さん。サントリー生物有機科学研究所に所属している。

「僕は以前から佐藤教授の研究に大変注目していましたので、イノベーションブリッジに先生が参加されることを聞き、ぜひ行ってみようと思ったのです。そこで一緒に研究を進めていこうという話ができて、本当によかったと思います」（佐竹さん）

本来基礎研究の商品化に、あまり熱心でなかった佐藤教授だが、自分の研究が何かの形で社会に役立ってくれれば…という気持ちは人一倍強い。

「僕自身は何か研究を使って商売をしようという気はあまりないんです。でも数億円という税金を使ってゲノムを読んでいるのだから、なんらかの形で成果を皆さんにお返ししたい。僕は基礎研究、商品への応用はサントリー。僕が苦手なところは佐竹さんをはじめ、サントリーのほうでやってもらえて、とても嬉しい」（佐藤教授）

研究に使うホヤ。二股に分かれて開いている口は、一方が食事用、一方が排泄用。ヒトで言えば体前屈をしている状態に似ている。

良きパートナー探しが企業と研究の両方を伸ばす。

「企業が新しいことをやろうとしても、パートナーを探すのは難しい。その出合いの場として、イノベーションブリッジはとてもいい機会だと思います。さらに、共同研究のための資金を提供してもらえるチャンスがあるのは、とてもいいシステムですね。今後、佐藤教授との研究で『育成ステージ』へ応募する予定です」（佐竹さん）

「産業の基盤とアイデアは企業が、研究基盤は僕ら研究者がもっている。それがうまく結びつくと、思いもよらないものが生まれる。異業種の人と会うことで、また新しい発想に気づく。こういう出合いの場は面白いと思いますよ」（佐藤教授）

ホヤのゲノム情報はすでにデータベース化。今はホヤの神経系や内分泌系ネットワークのデータベース化を目指している。完成すれば佐藤教授とサントリーの共同研究成果を検索でき、製品開発時の基礎研究の手間が大幅に省けるようになるそうだ。

ホヤは舞鶴で佐藤研が養殖。

最新機器をそろえた、サントリー生物有機科学研究所。写真は質量分析器。

京都大学大学院理学研究科

さとう　のりゆき
佐藤矩行

京都大学大学院理学研究科教授。カタユウレイボヤのゲノムを解読。近代的な発生生物学の研究材料としてのホヤを確立することに貢献するなどして、国内外から高い評価を受けている。

サントリー生物有機科学研究所

さたけ　ほのお
佐竹 炎

京都大学大学院薬学研究科薬品制御システム修士課程修了。薬学博士。（財）サントリー生物有機科学研究所・第二研究部長・主幹研究員。専門分野は分子生物学、神経科学、内分泌学。

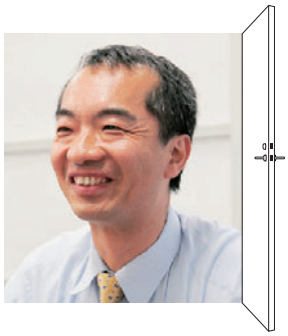
Welcome to my laboratory

ようこそ私の研究室へ 06

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

「トポロジカルゲルを利用した医療用生体機能材料の創製」
研究代表者

伊藤耕三



環動ゲルが秘める可能性を探索して、世に送り出す

自分の発明した材料を使ってもらえるのが一番うれしいです。

PROFILE

伊藤耕三（いとう・こうぞう）
東京大学大学院
新領域創成科学研究科教授

1958年山形県生まれ。81年、東京大学工学部卒業。86年、同大学大学院工学系研究科博士課程修了。専門は高分子物理学。通商産業省工業技術院繊維高分子材料研究所研究員を経て、91年に東京大学講師。2002年度からJSTナノテクノロジー分野別バーチャルラボ「医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製」研究領域・研究代表者。03年、東京大学大学院教授。05年、アドバンスト・ソフトマテリアルズ（株）取締役就任。

2000年、まったく新しい機能材料を発明。

化学の研究者から偶然教えてもらった、ポリロタキサンという構造の材料を物理学者の視点で研究したら、予想外の機能材料が誕生しました。

実験室を訪ねると、伊藤耕三さんは最初に簡単な実験を見せてくれた。透明な薄いコンニャクのようなシートの両端をつかんで引っ張ってみせる。ある程度は伸びるがすぐに千切れてしまう。次に、見た目は変わらない別のシートを同じように引っ張る。すると、どんどん伸びて切れない（右ページ下の写真）。最初のシートが一般的なゲル、２回目のものが伊藤さんらの発明したゲルだ。ゲルとは高分子が網状につながってできた三次元構造の中に液体を蓄えた状態を指し、たとえばゼリーやソフトコンタクトレンズなどがこれにあたる。

「従来のゲルで４倍程度、ゴムでせいぜい７、８倍と言われていますが、これは最高で24倍に伸びます。『環動ゲル』というまったく新しい構造を持つ材料です」

発明のきっかけは、1995年、飛行機の中でのある化学者との偶然の出会い。大阪大学教授の原田明さん、分子ネックレスの開発者だ。分子ネックレスは、ひも状の高分子にリング状の分子をたくさん通し、リング分子が抜け出ないようにひも分子の両端に大きめの分子を結合させたもので、この構造をポリロタキサンと言う。専門が物理学の伊藤さんには耳慣れない化学分野の話だったが、強くひかれたという。

「そんな構造からどんな機能が引き出せるか研究してみたいと思いました。リングがひもに沿って動くのですが、物理の研究者にとって、動く部分があるということは新しい機能を引き出せる条件なんです」

たくさんのポリロタキサンの間でリングを２個ずつ８の字型になるようにくっつけていくと、網状の構造ができる（右ページ下の図）。網のつなぎ目（架橋点）が動ける点を除けば、これはゲルの構造そのものだ。つまり、これが環動ゲルの新しいナノ構造なのだ。リングが動きやすいようにリングの数を調節したところに発明成功のポイントがある。ポリロタキサンという化学者たちの研究テーマに、後発の物理学者が異分野からの発想で取り組んだことが、類を見ない新材料の発明につながった。

2003年、環動ゲルの真価を知る。

発明した材料の力学特性を調べてみると、生体組織に性質が似ていて、医療用材料に向いているなど、多彩な応用の可能性が見えてきました。

2002年11月、ＪＳＴナノテクノロジー分野別バーチャルラボの採択を受け、発明した環動ゲルの可能性を探索する研究が始まる。「架橋点が動くことで、環動ゲルがよく伸びるといった特徴が現れることはわかったのですが、動けることの本当の価値がわかったのは、力学特性を調べてからでした」

ここでいう力学特性とは、引っ張る力と伸び率の関係だ。「ひと言で言えば、ゴムなどの高分子材料は力と伸びの関係をグラフにするとＳ字型を描くのですが、環動ゲルはＪ字型を示したのです」。力学特性がＳ字型であることは、最初に引っ張り始めるときに強い力が必要で、ある程度伸びるとだんだん伸びやすくなってくることを意味する。一方、Ｊ字型のほうは反対に引っ張り始めは簡単に伸びていき、だんだん伸びにくくなってくる。

「皮膚、血管など生体組織も同じＪ字型ですから、たとえば人工軟骨など医療用材料に適していることがわかってきました。また、工業用としても、こうした特性の材料は世の中にはあまりないので、いろいろな企業から引き合いが来ています」。伸縮性に優れていることから、破れないコンタクトレンズの材料としても期待されている。

「じつは、動く架橋点というアイデアは、ゲルにだけでなく高分子材料全般に対して有効なんです。今後、高分子材料の世界は大きく変わってしまうかもしれません」

2005年、ベンチャー企業を起こす。

基本的な技術は、ある程度自分たちで育ててから企業と協力し合ったほうが、技術の持つ可能性をより良く生かしてもらえると考えました。

伊藤さんは環動ゲルに関して国内外の基本特許を取得（東京大学ＴＬＯが所有）し、ナノ・バーチャルラボでの研究と並行して応用研究や周辺特許の取得を進めていた。

「基礎研究と産業応用の間には大きなギャップがあり、この技術の可能性をすぐに企業の方に理解してもらうのは難しいと感じました。そこで、応用研究もある程度のところまで自分たちでやったほうがいいだろうという結論になったのです」

2005年にベンチャーを起業。大学の実験室のすぐそばには会社の実験室もあり、非常勤取締役として自社の研究者にアドバイスをしながら、大学で基礎研究を続けている。「特許料で大学に資金が入り、それが大学の基礎研究の促進につながるのが理想的な展開だと思います」。いま産学から伊藤さんに熱い視線が注がれている。

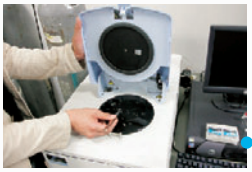
研究室全景1

さまざまな測定装置が並び、環動ゲルやポリロタキサンなどの性質を調べることができる。

水道水にはさまざまなイオンが含まれるので、この装置でそれらを除去して環動ゲルに必要な純水を作成。

イオン交換水製造装置

示差走査熱量計



試料に熱を与えて温度変化を調べる装置。分子の状態が変わると温度変化の割合も変わる。-196℃～600℃の範囲で測定可能。

赤外分光硬度計

赤外線を当てて、試料が赤外線をどのように吸収するかを調べる装置。分子の構造を知るのに役立つ。

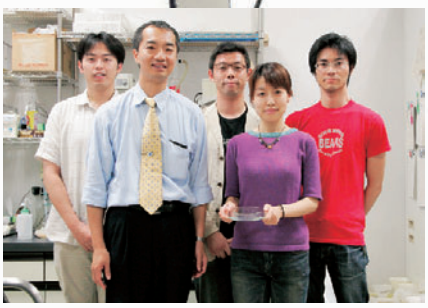
クロマトグラフ

試料に含まれる分子を分離して、それぞれの分子量を測定する装置。ポリロタキサンの長さなどがわかる。

世の中の役に立つ物を作ることが目標です。

研究室全景2

伊藤研究室は物理系だが、作業台の上には試薬や溶剤、ビーカーなどが置かれて、まるで化学の実験室のようだ。

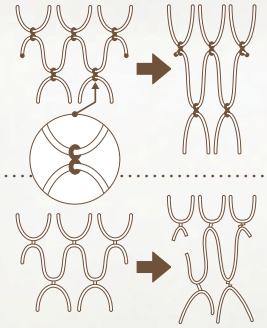


研究室のメンバーと。「企業の研究から基礎研究のタネが生まれるという環境は、学生にとっても良い刺激になっていると思います」。

研究の概要

これまでゲルには２種類あり、化学製品によく使われるのは化学ゲルと呼ばれるものだ。これは多数のひも状の高分子が共有結合で橋渡しされて、網状になった構造をしている。これに対し、伊藤さんらが発明した第３のゲル、環動ゲルは橋渡しの箇所（架橋点）が共有結合ではなく、８の字型の分子によってつなげられているため、架橋点が貫通している高分子をスルスルと滑って動く特徴を持つ。この違いのため、強く引っ張ると化学ゲルは特定の架橋点に力が集中し、そこから破れてしまうのに対して、環動ゲルは架橋点が動いて力が分散するので破れにくい。現在、環動ゲルはひも状の高分子としてポリエチレングリコール、８の字型の架橋点の基になるリング状の分子としてα-シクロデキストリンを使って合成されているが、違う分子の組み合わせも実験中だ。ナノ・バーチャルラボでは、温度による変化をはじめ、環動ゲルが持つ多様な性質を調べる研究が進められている。

「8の字架橋」をつくったゲルの構造モデル



従来のゲルの構造モデル

Running at the Miraikan

アドレス: 日本科学未来館ホームページ http://www.miraikan.jst.go.jp/ 移動

日本科学未来館

Running at the Miraikan

01 9月22日(土)～24(月)の3日間

『中秋の名月 未来館でお月見！2007』を開催。

秋といえば日本人に親しみのあるお月見の時期。古くから続いてきたこの行事に合わせて、今年も月や宇宙に関する先端科学を紹介します。

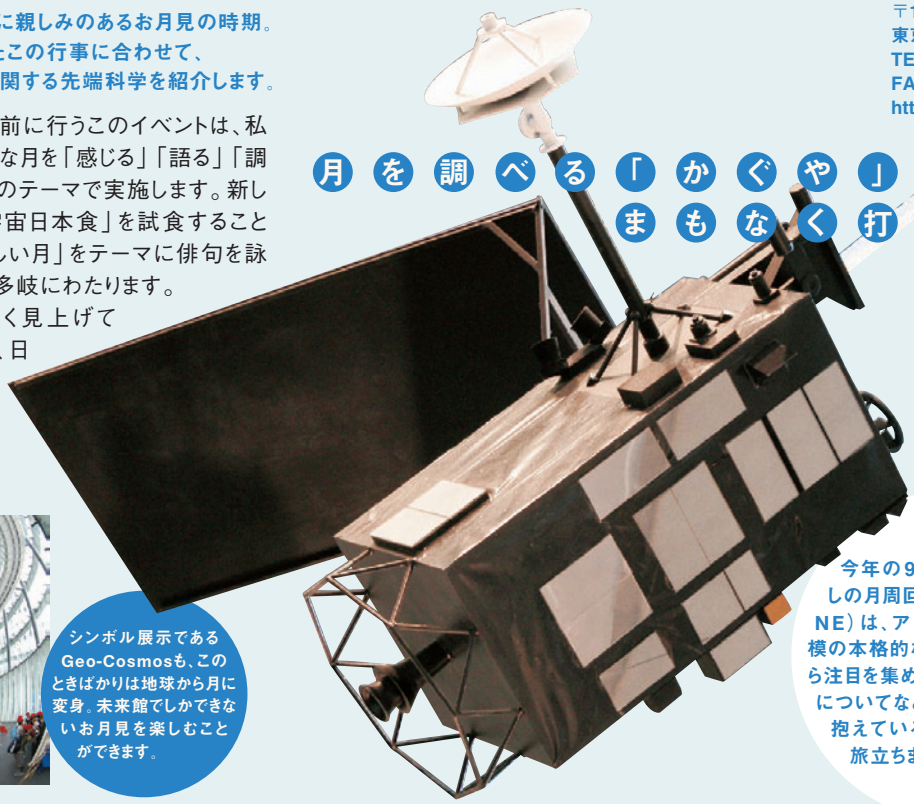
中秋の名月直前に行うこのイベントは、私たちにとって身近な月を「感じる」「語る」「調べる」という3つのテーマで実施します。新しく開発された「宇宙日本食」を試食することができたり、「新しい月」をテーマに俳句を詠んだりと、内容は多岐にわたります。

ふだん何気なく見上げている月を通じて、日本の科学技術の進歩に触れてみませんか。

日本科学未来館DATA

〒135-0064
東京都江東区青海2丁目41番地
TEL: 03-3570-9151
FAX: 03-3570-9150
http://www.miraikan.jst.go.jp/

月を調べる「かぐや」がまもなく打ち上げ！



NASA

今年の9月に打ち上げ見通しの月周回衛星かぐや（SELENE）は、アポロ計画以来最大規模の本格的な月探査として、世界から注目を集めています。起源や進化についてなど、まだまだ多くの謎を抱えている月を調べるために旅立ちます。

NASA

シンボル展示であるGeo-Cosmosも、このときばかりは地球から月に変身。未来館でしかできないお月見を楽しむことができます。

02 9月22日(土)よりスタート！

「地下展 UNDERGROUND ――空想と科学がもたらす闇の冒険」

私たちの足下に広がる地下世界。昔から空想豊かに語られてきた地下の闇の世界を、独自の視点で描き出します。

生命はどのような条件で発生し、地球環境からどのような影響を受けて進化してきたのか。その謎を解き明かすための手がかりを求めて、多くの研究者が地下に注目しています。地下には、地上をしのぐほどたくさんの生物が生息しているのです。

そんな地下に迫る「地下展」では、約1500㎡の企画展示ゾーンを使用し、地下空間をダイナミックに表現。宇宙にも匹敵するほどの広大な冒険へとあなたをいざないます。

「46億年の時計」。気候のサイクルなどにも関わる地下のいろいろな要素を、時計の歯車に見立てて表現します。

03 チョコレートで送るメッセージ

「チョコバイト」

Original goods

ビットと呼ばれる0(白)と1(黒)で表現するデジタルメッセージ。ビット×8(1箱)＝1バイトで、1つの文字を表すチョコレートです。

一見、何の変哲もないチョコレートボールに見える「チョコバイト」。じつはこれ、「デジタルで表現された1文字」を表しているのです。たとえばハートマークを表すチョコバイトをプレゼントしたとすれば、メールで文字を送るようにハートマークを相手に送ったことになります。ちょっとひねりを効かせたコミュニケーションツールとして、ぜひどうぞ。

チョコで表すメッセージを召し上がれ！

チョコレートは高級クーベルチュールを使用しています。¥630（税込）

R70 古紙パルプ配合率70%再生紙を使用
ISSN 1349-6085

JST News
Vol.4/No.6 2007/September

発行日／平成19年9月
編集発行／独立行政法人 科学技術振興機構　広報・ポータル部広報課
〒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