

nature DIGEST

日本語編集版

January 2007

VOL. 04, NO. 1

1

[http:// www.nature.com/naturedigest](http://www.nature.com/naturedigest)

幸福を測る 物差し



nature asia-pacific

Established 1987 as Nature Japan K.K.

研究成果 Web発信

私たちは、研究内容に即したデザインと、見る人にわかりやすい
研究成果のWeb制作をご提案します。

■実績が示す信頼性

産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、
情報通信研究機構、建築研究所、土木研究所、
国立環境研究所、森林総合研究所、
農業・食品産業技術総合研究機構、
食品総合研究所、農業環境技術研究所、
日本原子力研究開発機構、
(株)生体分子計測研究所 など

ユーザの80%以上は検索エンジンからの訪問者です！

研究成果をGoogle、Yahooで上位に表示するために！！

SEO対応 **PPCアド**

- ・ SEOは検索時上位に結果がでるだけではなく、ユーザの視点からも情報を見やすく効果的に発信。(有料)
- ・ PPCとは、検索時上位に表示するための手法。広告料金支払額に応じて、特定のキーワードを検索した際に検索サイトの広告エリアに表示。(有料)

nature購読者限定 **Webパック**

2007年1月31日までの
発注限定

通常料金

30万円

50%OFF

15万円 **SEO対応**

(税込み価格157,500円)

内容：初回の企画設計、総合確認作業、トップページデザイン、
HTML作成10ページ、SEO対応
※次回以降は弊社の通常料金です。
※CGIプログラム、サーバ管理などは含まれません。

期限：2007年1月31日迄に受注し、2007年3月30日迄に納品

まずはお電話を！

029-855-2113

(Web担当：丹野篤美)

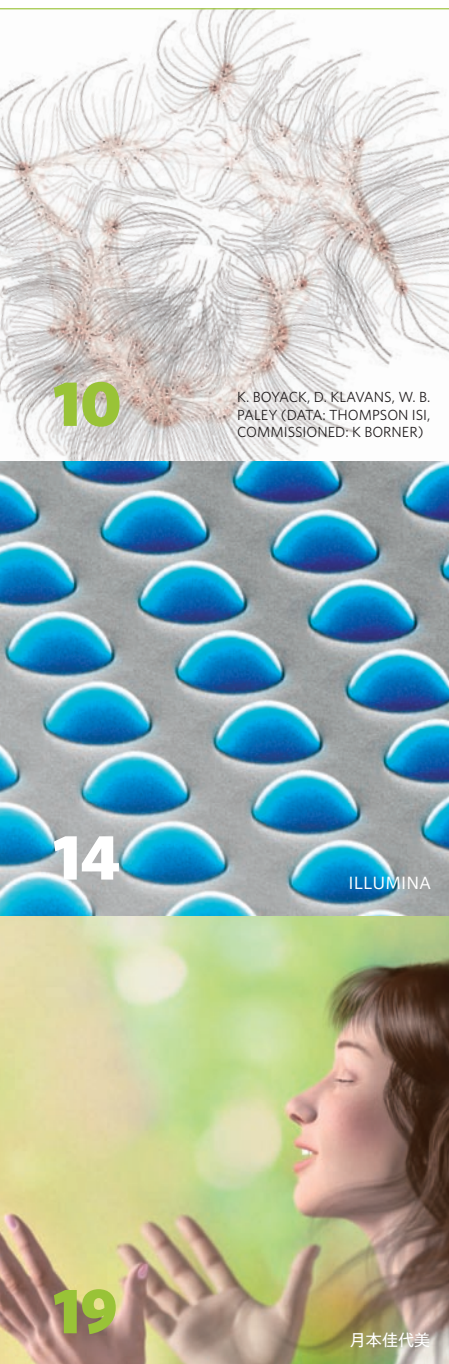
media@icube-t.co.jp



R&D 研究支援サポート企業

株式会社 アイキューブつくば

www.icube-t.co.jp



nature DIGEST

01 volume 4 no.01
January
www.nature.com/naturedigest

© 2007 年 NPG Nature Asia-Pacific
掲載記事の無断転載を禁じます。

NEWS FEATURE

幸福を測る物差し

表紙：月本佳代美

HIGHLIGHTS

02 vol. 444 no. 7118, 7119, 7120, 7121

AUTHOR

05 とらえにくい遺伝子の調節配列を、力ずくで見つけ出す
—— Len Pennacchio

EDITORIAL

06 日本の新たなスタート

CORRESPONDENCE

07 文化の違いのせいで、インターネット上での日本人研究者の
認知度が低くなっている

NEWS@NATURE.COM

08 都会の小鳥は早口で鳴く

09 嵐の前の静けさか？

NEWS

10 2006 GALLERY：華麗なる光景

Emma Marris

BUSINESS NEWS

14 遺伝子チップ市場をめぐる二大企業の攻防

Meredith Wadman

NEWS FEATURE

16 ただのゴミだと思ったら…

David Cyranoski

19 幸福を測る物差し

Tony Reichardt

NEWS & VIEWS

22 ピンクのキュービット

Pieter Kok and Brendon W. Lovett

JAPANESE AUTHOR

24 128億8000万光年、最も遠い銀河の
世界記録を更新 —— 家 正則

北原逸美

英語でNATURE

26 Green shoots of growth

若い芽を大事に育てて地球環境を守ろう

発行人：デービッド・スウィンバンク
編集：北原逸美
デザイン／制作：村上武
広告：米山ケイト
マーケティング：吉原聖豪

NPG ネイチャー アジア・パシフィック
〒162-0843
東京都新宿区市谷田町 2-37
千代田ビル
Tel. 03-3267-8751 Fax. 03-3267-8754

違いに万歳**Genomics: vive les différences**

ヒトゲノム解読の次に目指すべきものは何だろうか。我々が知りたいのは、ヒトゲノムにどれくらいの個人差があるのかである。昨年、国際 HapMap プロジェクトが一塩基多型のマップを発表したが、今回は国際コンソーシアムが、コピー数の変異 (CNV) とよばれるさらに広範な領域にわたる差異のマップを作成した。このコピー数可変領域のそれぞれには、個人間で少なくとも 1000 塩基対の差異が認められ、ゲノム中の良性変異および疾患を引き起こす変異の両方と関連づけられる。この新たなマップは、270 人の DNA の解析結果に基づいており、1400 を超える CNV が見いだされ、これらはゲノムの 12 パーセントに及んでいた。この結果は、CNV がこれまで考えられたよりもはるかに広く存在することを意味しており、直接解析されないかぎり、遺伝病の変異遺伝子を特定するために現在用いられている手法では、このような差異が見落とされる可能性を示している。

23 November 2006 Vol.444 / Issue 7118

Article p.444, N&V p.428 参照

すべりにとらえられたもの**Caught in the slips**

1999 年に起きたマグニチュード 7.7 の集集地震は、台湾中央部に広範な破壊を引き起こし、地表近くに最大 10 メートルに及ぶ大きなすべりを残した。このため、ボーリング孔を掘って最近大きなすべりが起こった断層から物質を採取する希有な機会が得られた。断層コアの分析と地震学的な観測の結果を結びつけることにより、地震効率の推定が可能となり、地震の断層運動機構の解明に重要な制約条件を課すことができた。

23 November 2006 Vol.444 / Issue 7118

Letter p.473 参照

自分で始末をつける**Acting themselves**

自家不和合性とは、高等植物が自家受精を避けて新たな遺伝子型を確実に出現させるために用いている重要な戦略である。ヒナゲシ (*Papaver rhoeas*) では、自家不和合性の反応によって Ca^{2+} 依存性のシグナル伝達ネットワークが始動し、「自己」の花粉管の成長を速やかに停止させる。花粉の p26 タンパク質は、自家不和合性シグナルが最初に標的とするものの 1 つである。今回、de Graaf たちは、p26 が 2 種類の

可溶性無機ピロホスファターゼ (sPP アーゼ) からなることを明らかにした。PP アーゼは、原核生物から真核生物に至るまで高度に保存されており、無機ピロリン酸を加水分解してさまざまな代謝反応の推進力を供給している。この研究成果は、PP アーゼが花粉管の成長に関する重要な調節因子であることを示すと同時に、この重要な酵素種の阻害に関して従来知られていなかった調節機構を明らかにしている。

23 November 2006 Vol.444 / Issue 7118

Letter p.490 参照

続く噴火：セントヘレンズ火山で進行中の噴火の動態**RUMBLING ON: Dynamics of the current Mount St Helens eruption**

1980 年 5 月に起きたセントヘレンズ山の爆発性噴火は、大量の地すべりで揮発性物質に富むマグマの圧力が急激に下がったことが引き金になった、珍しい噴火であった。

2004 年 10 月に始まったよりおとなしい噴火は、この火山の噴火史により多くみられるタイプのものであり、これは現在も続いている。この噴火は火山クレターの内側に新しい

溶岩ドームを形成しつつあり、周期的な浅い地震を伴い、蒸気、火山ガスおよび灰の噴出は少ない。本号では、さまざまな分野の研究者からなるチームが現在の噴火について詳細に述べ、噴火は平衡状態に近いふるまいが継続する状態に速やかに落ち着いたことを明らかにしている。観測されたほぼ周期的な地震は、ドームを再構築している固相噴出と力学的に関連していることを、数値モデリングは示している。表紙は、北西方向から見たセントヘレンズ火山の写真で、2005 年 6 月 8 日に米国地質調査所の John S Pallister が撮影したもの。

23 November 2006 Vol.444 / Issue 7118

Article p.439 参照

赤ワインの中に**In the red**

赤ワインの健康増進作用は盛んに吹聴されているが、この作用にかかわっている可能性のある物質としてプロシアニジンが見つかった。これは血管に作用するポリフェノールで、フランス南西部とイタリアのサ

ルデーニャ島産のワインに特に豊富に含まれている。これらの地域での伝統的なワイン製造法では、プロシアニジン類が効率よく抽出される。これらの地域はまた、集団内に長寿者が多い地域でもあるのだ。

30 November 2006 Vol.444 / Issue 7119

Brief Communications p.566 参照

古代ギリシャの天文計算機**Planetary gears**

「アンティキティラの機械」は青銅製の複雑な構造体で、1901 年にギリシャのアンティキティラ島沖の難破船から、壊れてばらばらになった状態で発見された。これは、紀元前 2 世紀末ごろに作られたもので、30 個の青銅製の歯車が組み合わさっており、天文にかかわる多くの文字も刻印されていた。この機械は、技術的にみて少なくともその後の千年間で最も複雑な装置であり、太陰太陽暦を表示するために使われていたが、その具体的な機能については議論が続いている。今回、英国とギリシャの共同研究チームが、残存している断片の表面の撮像と X 線トモグラフィに基づいて、この装置を復元した。その結果、歯車が作動する仕組みが明らかになり、解読できた文字の数も倍増した。この機械は、太陽、月、地球からなる系の運行を予測する精密な装置だったようで、世界最古のアナログ計算機と言うに足るものだ。

30 November 2006 Vol.444 / Issue 7119

Letter p.587, N&V p.551, News Feature p.534 参照

筋ジストロフィーの幹細胞治療**Muscular dystrophy**

デュシェンヌ型筋ジストロフィーの有効な治療法はいまだに存在しないが、新たな研究によって、将来の幹細胞治療用として有望な細胞種が見つかり、これらの細胞を用いた臨床実験への論理基盤が確立された。この研究では、ヒトの筋ジストロフィーの病状に相当する唯一の大型動物モデルであるジストロフィーを発症したゴールデンレトリバー種のイヌへ、野生型イヌの中胚葉性血管芽細胞 (血管に係る幹細胞) を移植して成功をおさめている。移植後の筋肉の構造および機能に大幅な改善がみられ、筋繊維でのジストロフィン発現が増大し、自発運動に先例をみないほどの改善が認められたのである。

30 November 2006 Vol.444 / Issue 7119

Article p.574, N&V p.552 参照

がん細胞老化**Cancer and cell senescence**

がんは一般に、制御されていない細胞増殖と考えられている。しかし、多くのがんの初期段階で、がん遺伝子の発現は細胞の老化と関連している。今回、この問題の説明が得られた。がん遺伝子が誘導する老化と DNA 損傷応答との間の関連が、2つの研究グループから報告されたのである。活性化されたがん遺伝子は、異常な DNA 複製を引き起こすことがあり、その結果 DNA 損傷が生じ、これによって細胞の老化が導かれる場合がある。細胞の老化は *in vivo* での腫瘍発生を阻む障壁となることが既に知られており、そうするとがん遺伝子が誘導する老化は、体に本来的に備わっている対がん防御作用なのかもしれない。しかし、さらなる変異が起これば、この防御作用の有効性は多くの場合失われる。細胞の老化と腫瘍形成との間の関係の解明は、老化マーカーを使った診断法や予後判定手段の開発に役立つ可能性がある。

30 November 2006 Vol.444 / Issue 7119

Letters pp.633, 638 参照

分裂した細胞：中心小体集合の分子基盤**A CELL DIVIDED: The molecular basis of centriole assembly**

中心小体は、複製に不可欠な棒状の細胞小器官で、ほとんどの真核細胞と動物細胞に存在していて特徴的な 9 回対称構造をもつが、その複製様式はいまだにわかっていない。成熟した中心小体の構造は詳細に研究されているが、その集合の仕方はほとんど知られていない。また、中心小体に含まれるタンパク質は数多く同定されているが、それらの機能もはっきりしていない。今回、電子線トモグラフィを用いて、線虫での中心小体の形成のようすが微細な構造まで明らか



かにされた。中心小体の集合は中央の管の形成から始まり、その伸長を経て、最後にシングレット微小管が管の周りに集合して完了する。中心小体の複製経路では、SPD-2、ZYG-1、SAS タンパク質が順に作用すると考えられる。これらのタンパク質の一部はヒトでも保存されていることから、中心小体をもつほかの生物でも線虫と同じような機構が働いていると考えら

れる。表紙の中央の画像は、娘中心小体の中央の管の周辺ヘシングレット微小管が集まっていくようすを示している。

30 November 2006 Vol.444 / Issue 7119

Letter p.619 参照

ネアンデルタール人の臼歯が語ること**Dental prehistory**

誕生時の発育度、成熟速度、ひいては小児期の長さといった生活史や成長の重要な特徴は、歯にきめ細かく記録されており、エナメル質の毎日の成長線や臼歯の伸長、および歯根の形成の詳しい解析によって追跡することができる。知られるうちで現生人類に最も近い絶滅人類であるネアンデルタール人は、個体の成長が速くて小児期が非常に短かったと考えられてきた。この驚くべき結論が今回、ネアンデルタール人の臼歯に関する綿密な研究によって訂正された。ネアンデルタール人における臼歯の歯冠と歯根の完成時期は、現生人類におけるそれらの時期と一致しているが、ネアンデルタール人のほうがエナメル象牙境形態がより複雑で、臼歯の歯根伸長のピークが遅く、こうした点で両者は区別できる。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Letter p.748 参照

抗老化ホルモン**Anti-ageing hormone**

クロトー遺伝子が最初に見つかったのは、ヒトの老化に似た症状を示す系統のマウスで認められる変異としてであり、クロトー遺伝子の過剰発現によりマウスの寿命が長くなる。今回、クロトーの作用機構と考えられるものが、明らかにされた。クロトーは、さまざまな繊維芽細胞増殖因子に対する受容体であり、局所レベルで作用する FGFR1 (I11c) を、腎機能を調節する骨由来のホルモン FGF23 に対する特異的な受容体へと転換するのである。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Letter p.770 参照

丁寧な加速**Careful acceleration**

従来の粒子加速器は多くの場合、長さが数百メートルになり、そのため、レーザープラズマを使ってもっと短い距離で高エネルギー電子ビームを発生できる新しい加速器に関心が寄せられている。このような小型の加速器は、強力なレーザーパルスによって大きな電場を生成して質の高い電子ビー

ムを発生できるが、実用化に際して必要となる安定性と再現性が得られていなかった。今回、新しい方法によって、放射線治療や材料科学用のラジオグラフィーなどの応用に使用できる、小型で安定性の高い加速器が作製された。これが実現したのは、10 年前に考え出されたものの、これまでうまくいっていなかったアイデアを使ったためである。すなわち、最初のレーザーパルスに 2 番目のレーザーパルスを衝突させることで、電子の注入とその後の加速をよりよく制御できるようになったのだ。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Letter p.737, N&V p.688 参照

電気活動は脳の発生にも重要**Brain waves**

電気活動が胚の神経発生に重要な役割をもつという最近の発見は、脳発生研究に新しい要素を導入するものだ。N Spitzer は、神経誘導の直後でシナプス形成前という発生段階におけるニューロンの増殖、移動、分化に対する電気活動の影響についての研究を概説している。電気シグナル伝達は、遺伝的プログラムによるシグナル伝達を補完しているとみられ、神経系の効率よい組み立てを確実に進めるためのフィードバックループを作っている可能性がある。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Review Article p.707 参照

海の色にみる温暖化**Warm colours**

人工衛星 OrbView-2 に搭載された海上センサー SeaWiFS により、過去 10 年間にわたって世界の海洋の高解像度海上データが集められてきた。海上には表層水域の光合成を行う植物プランクトンの量が表され、これはつまり、全球スケールでの海洋生産力を測る物差しとなる。環境要因との比較解析から、この期間の海洋の生産力と全球的な気候の動向との間に密接な関係があり、1999 年以後の温暖化期に海洋の生産力が目立って低下していることが明らかになった。このデータセットは、将来の気候変動が海洋の食物網をどのように変える可能性があるかについて、重要な予備知識を提供してくれそうだ。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Letter p.752, N&V p.695 参照

赤字を出さない：バイオ燃料はエネルギー不足を補えるか？

STAYING AFLOAT: Can biofuels plug the energy gap?

最近では、バイオ燃料はメディアで注目され、株式市場では巨額の資金を引き寄せている。しかし、このような大騒ぎのどれほどが正当なものと言えるだろうか。それともこれは単なる期待しすぎの空騒ぎだろうか。今週の 11 ページにわたる Business Features では、バイオ燃料産業のもつ 3 つの側面を探索。まず最初は、ブラジルでのサトウキビからエタノールを生産する産業のサクセスストーリー、次は、米国においてバイオ燃料株がブームとなっている裏側にある予想、つまり農場廃棄物やパルプ材プラントーションといった種々雑多なセルロース原料からアルコールを生産できるという期待について論評する。最後は、代替燃料を得るもう 1 つ別のやり方、すなわち熱化学的方法に関するものだ。

7 December 2006 Vol.444 / Issue 7120

Business Features p.669, Editorial p.654 参照



痛みを感じない理由

A painless explanation

ごく少数ながら、先天的に痛みをまったく感じない人たちがいる。だが、こうした人たちはみたとく神経系は正常であり、知能も普通で、事故や気づかないような外傷や感染があれば話は別だが、健康である。こうした状態を引き起こす遺伝的変異の位置が、パキスタン北部の 3 家系を調べた研究で突き止められた。この遺伝子 SCN9A は、痛覚に関係があることが既に知られており、この遺伝子の機能獲得型変異は痛覚過敏を引き起こす。SCN9A は電位依存性ナトリウムチャネルのサブユニットの 1 つをコードしていて、このチャネルは痛みを感じるニューロンで発現している。この変異をもつ人は痛みを感じないこと以外は健康であるという事実からすると、このナトリウムチャネル・サブユニットに対する特異的拮抗薬が、副作用をもたない「総合鎮痛薬」として作用するのではないかと期待してもいいかもしれない。

14 December 2006 Vol.444 / Issue 7121

Article p.894, N&V p.831 参照

折り曲げ自在な電子機器

Flexible electronics

コンピューターディスプレイ、RFID タグ、センサー、さらにはこれまで夢にも考えられなかったようなデバイス用の折り曲げ自在な有機電子機器の開発が現在進められている。従来の電子機器と比較して電気的性能が劣るため、実用化されているものは今のところ少ない。しかし、電荷キャリア移動度という点からみると、有機単結晶でできた電界効果トランジスタは非常に高い性能をもつ。単結晶デバイスを使用する際の難点は、1 個ずつ手作業で作製しなければならないことである。清浄なシリコン表面または折り曲げ自在なプラスチック上への単結晶の直接パターンニングにより高性能トランジスタデバイスの大規模アレイを作製する今回の報告は、こうした事態を変えるのに役立つかもしれない。今回の新方法を用いると、大きく曲げた後であっても、電界効果トランジスタの高い性能が維持される。

14 December 2006 Vol.444 / Issue 7121

Letter p.913, N&V p.828 参照

cytohesin とインスリン

Cytohesins and insulin

さまざまな臓器がインスリンに十分に反応できなくなる状態を指すインスリン抵抗症候群は、2 型糖尿病発症の主要なリスク因子である。大多数の患者では、その原因となる分子的欠陥はわかっていない。Hafner たちは、インスリンが調節する代謝にかかわるとはこれまで考えられていなかった調節性タンパク質である cytohesin を化学的に阻害すると、マウスの肝臓でインスリン抵抗性が生じることを明らかにしている。このことは、cytohesin の機能の障害がインスリン抵抗性の原因である可能性と共に、cytohesin 活性化物質がこの疾患の治療法となることを示している。また別の研究では、ショウジョウバエの cytohesin に相当するタンパク質である Steppke が、インスリンシグナル伝達に不可欠な成分であることが明らかにされた。これら 2 つの論文はそれぞれ、cytohesin がインスリン経路にかかわっている証拠を示しており、この経路の cytohesin を介した調節が少なくとも 8 億年前から存在していたことを実証している。

14 December 2006 Vol.444 / Issue 7121

Letters pp.941, 945, N&V p.833 参照

科学論文発表問題専用ブログの立ち上げ

Publish and be blogged

今週より、Nature のウェブサイトにも、科学論文にかかわる種々の問題を専門に扱う 2 つの新しいブログが加わった。Nautilus (<http://blogs.nature.com/nautilus>) は過去・現在・未来の論文著者用のものであり、また Peer-to-Peer (<http://blogs.nature.com/peer-to-peer>) はピアレビュー（同分野の研究者による査読）を行う人々、およびピアレビューに関するコメントのためのものだ。この 2 つのブログを読んで、遠慮なくコメントしていただきたい。また、ご意見を authors@nature.com あるいは referees@nature.com にお送りいただくこともできる。

14 December 2006 Vol.444 / Issue 7121

<http://blogs.nature.com/nautilus>,

<http://blogs.nature.com/peer-to-peer> 参照

古代の滑空動物：鳥と共に空を飛んだ中生代の哺乳類

EARLY FLIGHT: The Mesozoic mammal that shared the sky with birds

ジュラ紀後期から白亜紀前期にあたる中国の地層から出土した滑空型の哺乳類の化石の研究から、コウモリの出現よりはるか以前の鳥類出現とほぼ同じころに、空を飛ぼうとする哺乳類の既知のものの中で最古の試みが行われていたことがわかった。このリスほどの大きさの動物はいろいろな意味で変わっていて、系統分類的に哺乳綱内のこれまで知られていなかった「目」にあたると考えられる。およそ 1 億 3000 万年前に生きていたこの哺乳類は、昆虫を食べる



のに適した尖った歯と、皮膚の襞でできた滑空用の飛膜を備えている。飛膜は、この化石では印象の形で残っており、密集した毛で覆われ、長く伸びた四肢骨や尾で支えられている。この発見は、哺乳類がその進化の比較的初期の段階で高度に多様化した生活を送っていたことを示している。表紙は、夕暮れ時の森にいる *Volaticotherium antiquus*（「大昔の滑空する獣」という意味）を復元的に描いたもの。

14 December 2006 Vol.444 / Issue 7121

Article p.889 参照

MAKING THE PAPER

Len Pennacchio

Nature Vol.444(402)/23 November 2006

とらえにくい遺伝子の調節配列を、力づくで見つけ出す



ヒトゲノムのうち、タンパク質を作り出す部分はたったの2%。遺伝子にオンオフのタイミングを知らせるDNAは、残り98%の非コード配列に存在している。ローレンスバークレー国立研究所（米国カリフォルニア州）のLen Pennacchioが取り組んだのは、こうした調節配列の中でも特にとらえにくいとされる、エンハンサーの探索だ。

遺伝子のすぐ手前に存在して転写開始位置を示すことの多いプロモーターとは異なり、エンハンサーは自らが調節する遺伝子の前や後ろ、場合によっては遺伝子の中にも存在する。さらには制御対象の遺伝子から何百万塩基対も離れた場所に位置することさえある。エンハンサーについてはまだ十分に解明されているとはいえず、それ以外の配列と識別するために数学的アルゴリズムを適用できるまでには至っていない。「ばらばらに位置するエンハンサーに関して、コンピューター科学者がデータセットを組み上げようと思うほどの知見はまだ得られていない」とPennacchioは説明する。その代わりにPennacchioらは、大量のDNA断片のエンハンサー活性を検討する、力づくの方法を思いついた。研究成果はNature 2006年11月23日号の499ページに掲載されている。

研究チームがまず行うべきは、検討すべきDNA断片の選別だった。そして考えたのが、タンパク質をコードしていないにもかかわらず脊椎動物の間で極めてよく保存されているゲノム部分に重要な機能が含まれているはずであり、そこが有力な候補となるのではないか、ということだった。研究チームはヒトゲノムのDNAを区分けし、フグなどのヒトと近縁でない種でも保存されているもの、あるいはマウスなどヒトに近い種で、200塩基対以上にわたって特によく（100%）保存されている部分を探し出した。そうして、当初167

項目がリストアップされ、その機能の検討が行われた。

次にPennacchioらの研究グループは、発現すると青色を示すように操作した遺伝子にそれぞれの推定エンハンサー断片をつなぎ、これをマウス受精卵に注入した。受精卵は雌マウスに着床させ、12日間成長させた。そして、生じた胚のさまざまな臓器や組織を調べ、青い点を探した。「これまでは遺伝子組み換えマウスを作り、成熟を待ってからその遺伝子発現を調べる方法がとられていた。私たちはその工程を合理化し、高速かつ低コストでできるようにした」とPennacchioは話す。

約2年の間に、研究グループではエンハンサー要素を75個発見した（全検討断片の45%に当たる）。その配列と発現パターンは、<http://enhancer.lbl.gov>で公開されている。例えば、心臓だけで発現する遺伝子を作り出したいと考える科学者は、心臓で特異的な発現をもたらすエンハンサー配列のリストを、この公開ページから入手することができる。また、このデータセットを利用すれば、すべての心臓エンハンサー配列のパターンを検索したり、ゲノムからほかの心臓エンハンサーを見つけ出すためのコンピューター・ツールを開発したりすることも可能だ。Pennacchioらはさらに、別の研究グループが同定したエンハンサー要素の候補も調べている。「協力を求めるEメールが毎日たくさん届く」と彼はいう。

研究グループは今後5年間でさらに約2000個の要素を調べて公開する計画であり、全ヒト遺伝子のエンハンサーの発見を目標としている。また、別の方法によるエンハンサーの同定も考えているという。「今のところは比較ゲノミクスだけしか使えていないが、エンハンサー候補をさらに順位づけするに、はきっと別の方法もあるはずだ」とPennacchioは考えている。■

日本の新たなスタート

A fresh start for Japan

Nature Vol.444(402)/23 November 2006

論説

日本に新しい首相と科学顧問が誕生した。科学技術政策を変えるチャンスの到来である。

日本は長年にわたり、科学のやり方を変革しようと試みてきた。2001年以降は、大学システム全体を含め、ほぼすべての研究機関の自治を従来に比べてはるかに広く認めることで、国内の類似機関や海外のライバル機関に対する競争力強化を目指している。また、戦略的研究プロジェクトには多額の資金が投入されている。

例えば、5年間で3000種のタンパク質の構造を解明することを目的とした、2007年3月終了予定の「タンパク3000プロジェクト」がその1つだ。このプロジェクトで決定されるタンパク質の構造は、大きさの問題で直接には構造解析ができないような大型タンパク質の解明に役立つと期待されている。そのほかにも、「バイオバンク」とよばれる疾患関連組織標本の巨大コレクションを作製するというプロジェクトでは、2003年6月から2006年10月までの時点で、16万2545人の患者から標本を採取し、合計23万1049点の疾患関連組織標本を得た。標本の数が患者数より多いのは、2つ以上の疾患をもつ患者がいたからである。プロジェクトではさらに、2008年3月までに累計で30万人の患者から標本を採取するとの目標が設定されている。これらの標本は、肺がん、胃がん、糖尿病、脳卒中など47種の疾患の背後にある遺伝的要因の研究に用いられる予定だ。

こうして制度改革が軌道に乗り、上述のようなプロジェクトのいくつかが完了に近づいている今こそ、日本は改めて科学技術政策を見直すべきときではないだろうか。この9月に首相に就任した安倍晋三は、まさにこの点を公約の1つとし、2025年までの日本のさまざまな科学技術ニーズを長期的に展望する「イノベーション25」計画を発表した。同時に安倍首相は、科学者の黒川清を内閣特別顧問に任命するという前例のない人事を行った。新首相が科学技術政策に真剣に取り組む姿勢は、賞賛に値する。

新政権は、日本の科学に繰り返し起こる問題に取り組む必要がある。1つは、最近の諸改革においても依然として未解決の、大学制度に関する問題である。硬直したピラミッドの頂上にエリート教授が居座り、若手研究者はピラミッドを登るチャンスを気長に待つしかないという構造がある。この制度を変えるには、さらなる改革が必要となる。

第2の問題点は、「タンパク3000プロジェクト」や「バイオバンク」といった主要プロジェクトの構想や計画に関係し

ている。これらのプロジェクトの計画には、国民がすぐに理解できるような明確な数値目標が組み込まれてきた。そして、あらかじめ定められた目標を達成する見込みであるにもかかわらず、日本政府は今になって、こうしたプロジェクトが実際に日本の科学的利益に最もかなったものなのかどうかを疑問視しているのだ。国庫補助が別の方面に向けられる可能性もあり、それが現実のものとなれば、これらのプロジェクトに投入された重要な資源の一部（例えば、タンパク質構造解明用の高価な装置や、患者から採取された標本）は無駄になってしまうかもしれない。しかし、プロジェクトの計画段階でより入念な検討や科学者との緊密な話し合いがなされていれば、プロジェクト予算をより有効に活用ができたはずだとの議論が起きてもしかたのない状況がある。

この問題の背景の一部には、2〜3年という短い間隔で担当部署を異動する公務員がプロジェクト管理にあたっているという実態がある。彼らは、科学技術政策上の重要な意思決定を迫られるが、その結果について責任を負うほど長期間、同じポジションに留まるケースは少ない。まずは、このようなプロジェクト計画の根本部分に対する責任を、科学者の諮問機関に移す必要があるのではないか。そしてこの諮問機関に関わる研究者は、必要な専門知識をもち、かつ、少なくとも理論上は、その諮問内容について責任を負うものとするべきだ。

科学にとっての1つの明るい材料は、安倍首相がこれまでのところ、韓国や中国など有力近隣国との関係改善に決意を示していることで、科学技術分野における地域内の協力関係強化の道を開く可能性を秘めており、実際にその可能性は高いと思われる。

一方、黒川特別顧問には、日本の科学技術政策に貴重な刺激を与える人脈と経験がある。黒川は、日本国内79万人の研究者を代表する日本学術会議の前議長で、これまでも科学に関わる問題に対し、歯に衣着せず発言してきており、日本の科学の長所と短所を広く理解している。

黒川特別顧問としては、日本の科学技術政策の策定に国内外の多くの研究者の参画を促す方途を模索すべきではないだろうか。安倍首相の後ろ盾を得た黒川特別顧問は、変革を実現し、これまでの改革をさらに前進させて日本の科学の生産性を高めていくための、まさに適材だといえよう。 ■

文化の違いのせいで、インターネット上での日本人研究者の認知度が低くなっている

Cultural differences reduce Japanese researchers' visibility on the Web

Nature Vol.444(817)/14 December 2006

世界には1つの大きな「壁のない研究所」が生まれつつあり、私たち科学者はそのことをひしひしと感じています。この「研究所」では情報が、近隣の研究所にいる研究員に伝わるのと同じくらい簡単に、地球の裏側にも伝わります。こうした事態に不安を感じる人もいますが、優秀な研究者、特に基礎科学の研究者にとっては大きな前進のチャンスといえます。ところが、情報の共有は必ずしも全体に釣り合いの取れた対称的なものではなく、関与する研究者ひとりひとりの利用できるツールによって格差が生じています。

この問題について、ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム (HFSP) が後援する国際研究プロジェクトの運営から得られた私たちの体験をもとに、ご説明します。

私たちが、それぞれ会長 (伊藤正男) と事務局長 (トールステン・ヴィーゼル) を務める国際 HFSP 推進機構は、基本的生命現象について研究する国際事業機関として15年以上前に日本によって設立されました。HFSPの事務局はフランスのストラスブール市にあり、国際的な審査委員会の協力を得て、ポストドクトラルフェローや研究プロジェクトの選考を行っています。

論文データベースや強力な検索エンジンのおかげで、事務局では情報の更新が定期的に行えるようになり、情報も簡単に手に入れることができます。ところが、この点に関して、すべての研究機関や国が対等の立場に置かれているわけではないことが明らかになったのです (www.hfsp.org/pubs/HFSP_articles/websites-scol.php 参照)。

日本の場合、多くの科学者が国際的な認知度が低いために損をしていることがわかりました。検索エンジンどころか論文デー

タベースでも、日本人科学者の名はなかなか見つからないのです。

その結果、日本人科学者が共同研究への参加や論文査読の依頼を受ける機会が減り、十分な国際経験を積みなくなっています。そこで、3つの大きな問題に取り組む必要があります。

第一に、ウェブページの構成を世界に通用する形にすべきです。つまり、科学者の研究テーマや所属する研究グループ、発表した研究論文がすべてのサイト訪問者にすぐにわかるようにするのです。従来からある科学者の日本語版ウェブサイトの多くは、まず冒頭でその科学者の研究理念や学問的関心が披露されています。日本では、これが将来の研究指導者にとって重要なことだと考えられているからです。こうしたウェブサイトは、日本人の学生やポストドクだけが読むのであれば文化的に何ら問題はないのですが、欧米の研究所や大学のウェブサイトの簡潔なプレゼンテーションに慣れている海外からの閲覧者には、残念ながら通じません。1つの簡単な解決法は、既存のウェブサイト内に欧米スタイルのページを新たに作ることでしょう。そして、ウェブサイトの入り口 (ホームページ) で、そこへのリンクを英語でわかりやすく表示して簡単にアクセスできるようにするのです。

第二に、日本の多くの大学のウェブサイトは、学内のカリキュラムに沿った構成になっています。これは在学生にとっては便利ですが、海外からの閲覧者にとっては、あまり意味をもちません。そこで、ウェブサイトの入り口に英語で「research」(研究)という選択肢を明示し、海外からの閲覧者にもなじみのあるスタイルで研究成果を要約したページにリンクさせることが重要です。

第三に、世界の多くの地域では、姓やイニシャルが類似もしくは同一である科学者が大勢いて、そのために PubMed での文献検索が非常にむずかしくなったり、あるいは不可能になったりしています。これは、日本など一部のアジア諸国において確実にみられる問題です。この問題を解決するには、何らかの協調努力が必要です。おそらく、研究者個人の名前の頭に郵便番号のような研究所ごとの識別コードをつけることで、こうした国々の科学者が国際的な舞台上で公正に競争できるようになるでしょう。

これらはすべて、現在のグローバルな科学コミュニケーションにおいて早急に対処すべき課題です。最先端レベルの国際的研究は、インターネット上での認知度が極めて高い大学や研究機関に集中しつつあるのが現状なのです。

伊藤正男、トールステン・ヴィーゼル



国際 HFSP 推進機構 (HFSP) 会長の伊藤正男博士 (左) と事務総長のトールステン・ヴィーゼル博士 (右)。HFSP は 1989 年の設立以来、生命体の複雑なメカニズムの研究を対象として、2000 人以上のポストドクターにフェローシップを、約 700 件の国際研究プロジェクトに助成金を出している。

サン・ドニ・ウエルティン

都会の小鳥は早口で鳴く

City birds raise their tempo

鳥は、周囲の喧噪に合わせて声の調子を変えている。

doi:10.1038/news061204-1/4 December 2006

Narelle Towie

HORST JEGEN / ZUMA PRESS / NEWS.COM

都市の生活は誰にとっても慌ただしい。小鳥たちだって、例外ではないようだ。

ある研究から、都市にすむ鳥たちは、地方にすむ同じ種の個体と比べて速い調子で鳴くことが明らかになった。この歌声の変化は、鳥たちが都市特有の交通音や風の中でも鳴き声を伝えるのに役立っているのかもしれない。

研究では、ヨーロッパの主な 10 都市に生息するシジュウカラ (*Parus major*) の鳴き声と、近隣の森林に住む同じ種の個体の鳴き声の比較が行われた。すると、どの都市の鳥も、森林にすむ鳥と比べて短くて速く、高い音程の声を発していたという。この研究結果は、*Current Biology* 誌に報告されている¹。

「速くて繰り返しの多いさえずりは、強い風や低周波の交通騒音の中でよく通ります」と、ライデン大学 (オランダ) の Hans Slabbekoorn は説明する。「逆に、低くて緩やかな音は、樹木の生い茂る森の中でよく響きます」。

騒音の中でも伝わるように鳥が鳴き声の調子を変えているらしいことは、実は以前から知られていた。都市に生息するサヨナキドリ (*Luscinia megarhynchos*)



都会に出たら、シジュウカラは街での鳴き方を覚えないと生き残れない。

の鳴き声は、周囲が騒がしくなると大きくなることが知られている。また、渾の音が響き渡るような環境にすむ鳥は、静かな森の中の個体より高い周波数で鳴く。

Slabbekoorn のチームはかつて、ライデン市内のシジュウカラが、静かな環境と騒がしい環境では異なる調子で鳴くことを明らかにした。それがきっかけとなり、都市部と地方の鳥の鳴き声を比較する今回の研究が始まったのだという。

生き残るための歌声

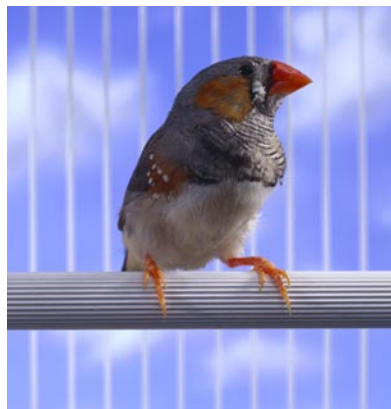
歌のレパートリーを環境に適応させられるかどうかは、雄のシジュウカラの一生に大きな影響を及ぼす可能性がある。というのも、雄は鳴き声によって自分の縄張りを守ったり、雌を引き付けたりするからだ。

「もし都市部でも森林での鳴き方と同じように鳴いていたら、鳥たちはコミュニケーションの手段を失うことになるでしょう」と Slabbekoorn は説明する。「低周波数の鳴き声を捨てることは、この鳥の生き残りにとって非常に重要だと考えられます」。

こうした研究は、都市の拡大に伴い重要になってきたと研究者たちは考えている。特に、必ずしもすべての鳥類が鳴き声を柔軟に変えられるわけではないことは注目に値する問題だ。例えばキンカチョウ (*Taeniopygia guttata*) は、生後 1 か月以内に鳴き声のメロディーを確立してしまうため、成鳥になってから新しい音環境に適応することはないと考えられる。

鳴き声の適応能力や、都市部で生き抜く能力に関するデータについて、「どの種についても極めて少ないのが現状です。過去に都市から姿を消していった種を見極める必要があります」と Slabbekoorn は話す。

騒音に対する感受性が高い種に関する知見が増えれば、自然環境の中に道路を開通させたときの影響の一端についても予測しやすくなるだろうと Slabbekoorn は考えている。 ■



環境が変わっても、キンカチョウは自分の鳴き方を変えることはない。

1. Slabbekoorn H., Boer-Visser A., *Current Biology*, **16**, 2326-2331 (2006).

ALLEYCAT PRODUCTIONS / PICTUREARTS / NEWS.COM

嵐の前の静けさか？

The calm instead of the storm

突然始まったエルニーニョ現象の影響で、2006年のハリケーンシーズンは穏やかだった。

doi:10.1038/news061127-10/30 November 2006

Heidi Ledford

2006年は大西洋のハリケーンが猛威をふるう1年になる、と誰もが予測していた。その前年には、ハリケーン「カトリーナ」が米国のメキシコ湾岸地域を襲い、1500人以上の人命を奪い、800億ドル（約9兆4400億円）を超える損害を与えていた。また、ハリケーン（最大風速時速119キロメートル以上）に次ぐ規模の熱帯性低気圧であるトロピカルストーム（最大風速時速63～118キロメートル）も、アルファベット順の名前がなくなるほど数多く発生していた。2005年のハリケーンシーズンは通常よりも長く続き、2005年の最後のトロピカルストーム「ゼータ」は、年を越えて2006年1月6日によりやう熱帯低気圧に弱まった。当然、研究者だけでなく一般の人たちも、2006年も引き続き平均を上回るシーズンになると気を引き締めていた。

しかし、ふたを開けてみると、2006年のハリケーンシーズン（6月1日～11月30日）に発生した大西洋ハリケーンは5つだけに終わった。この数字は、米海洋大気局（NOAA）が予測した発生数よりも、3～5つも少なかったことになる。また、カテゴリー3、つまり風速が時速178キロメートル（秒速50メートル）を超える「大型」ハリケーンとなったのは、「ゴードン」と「ヘレネ」の2つだけだった。これは、強いエルニーニョのためにカテゴリー3のハリケーンが1つしか生まれなかった1997年以来の少なさだった。さらに、実際に米国に上陸したハリケーンは1つもなく、「アルベルト」、「ベリル」、「アーネスト」の3つのトロピカルストームが上陸しただけにとどまった。2006年の損害の大部分は「アーネスト」によるもので、ノースカロライナ州とヴァージニア州に約1億ドル（約118億円）の損害を与えた

が、前年の「カトリーナ」と比べれば小さかったといえるだろう。

コロラド州立大学（同州フォートコリンズ）のPhil Klotzbachは、「確かに2006年は不思議なシーズンだった」と話す。

完全に外れた予報

2006年5月、米海洋大気局およびコロラド州立大学のチームは共に、2006年は平均よりもハリケーン発生数が多くなるとの予報を発表した。その時点では依然として、ハリケーンの活動が活発なシーズンになると思われていた。海面水温は平均よりも高く、それは発達している暴風雨に多くのエネルギーが供給されることを意味した。また、暴風雨を分裂させ、未熟なハリケーンが発達するのを妨げる風向の変動も小さいと予想された。そして、大西洋では1995年以降、それまでの平均を上回る活発なハリケーンシーズンが続いていた。その後8月にハリケーンの予測発生数をマイナス修正したが、それでもなお危険な兆候がみえると警告していた。

「当時、弱いエルニーニョの兆しは既にあった」と、海洋大気局ハリケーンセンター（フロリダ州マイアミ）のGerald Bellは話す。しかし、エルニーニョはその後8～9月に突然、急激に強まり、通常はピークを迎えるハリケーンの活動を鈍らせた。予報官たちは不意打ちをくらった形となった。エルニーニョとは太平洋赤道付近の海面水温が上昇する現象のことで、大西洋の風のパターンにも影響しうる。その風が未熟な暴風雨を分裂させ、発達するのを妨げたのである。Bellは、「エルニーニョの予報技術は蓄積されているが、夏の数か月間のエルニーニョ予測はまだ困難だ」という。



最大風速が時速110キロメートルだった「アルベルト」は、ハリケーンの種類基準には届かなかった。

Klotzbachは、エルニーニョに加えて、8月に大西洋の熱帯海域を横切った乾燥してほこりっぽい未解明の気流も、暴風雨の発生数が少なくなった要因だと考えている。この気流の原因ははっきりしないが、Klotzbachによると、アフリカ・サヘル地域南部の、特に乾燥した乾期のせいかもしれないという。

果たして今年は

大西洋のハリケーンシーズンが比較的穏やかだったため、地球温暖化によってハリケーンが活発になっているという議論はややトーンダウンしたようにみえる。しかし、ほかの地域でトロピカルストームの活動が顕著に弱まったという兆しはない。昨年、東部太平洋で発生したハリケーンの数10個で、米海洋大気局が同年5月に予測した最大値よりも2個多かった。またフィリピンでは、「ドリアン」（台風21号）をはじめとする大型台風が立て続けに直撃し、深刻な被害をもたらした。

2007年がどうなるかを予測するにはまだ早すぎる、とBellはいう。「ハリケーンの活動が活発な時代が終わりつつあるという兆候はない。昨年はほんの小休止ととらえるべきだ」と彼は話す。■

2006 GALLERY: BRILLIANT DISPLAY

華麗なる光景

Nature Vol. 444 (985-991)/21/28 December 2006

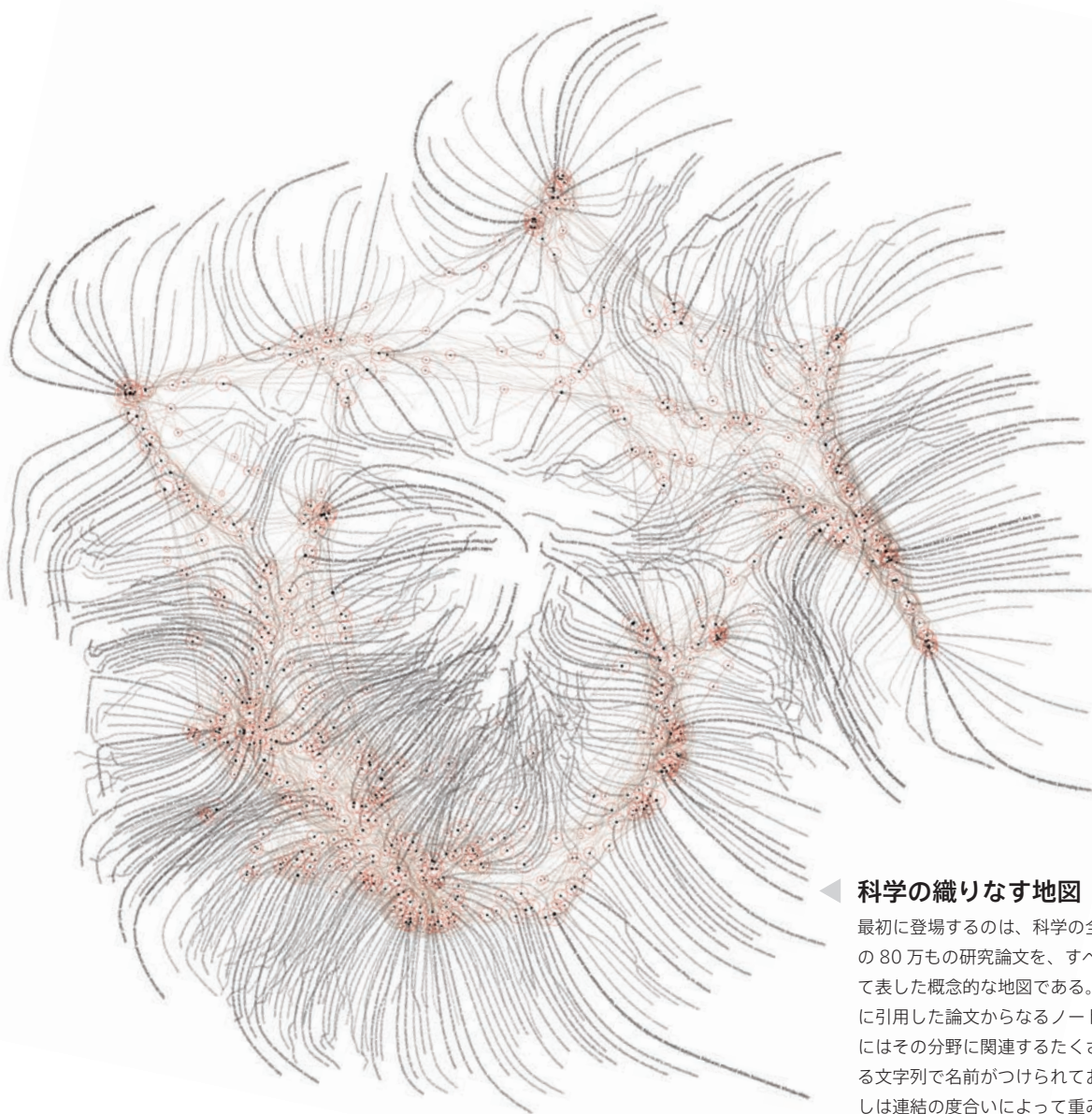
知識の探求には、ダイヤモンドにも勝る日食のリングから、航空エンジン内部で発生する繊細にして詩的な渦に至るまで、相応の美しさが伴っている。ここに

紹介するのは、2006年に公開された印象的ないくつかの写真である。大きく分けて、自然界が作り出した芸術、地球とそれ以外の太陽系惑星、壮麗な現代テ

クノロジーにまとめた。我々の知識を高めるものは、我々の目を引きつけてやまない存在でもあるのだ。

(取材構成 : Emma Marris)

K. BOYACK, D. KLAVANS, W. B. PALEY (DATA: THOMPSON ISI, COMMISSIONED: K. BORNER)



科学の織りなす地図

最初に登場するのは、科学の全分野で発表済みの 80 万もの研究論文を、すべて 1 つにまとめて表した概念的な地図である。赤い円は、相互に引用した論文からなるノードである。ノードにはその分野に関連するたくさんの語句からなる文字列で名前がつけられており、ノードどうしは連結の度合いによって重みや長さの異なる線で結ばれている。純粋な化学は、右の半島部分の先っぽにある。医学は左下あたりにあり、物理学はいちばん上である。

K. RASKOFF/MONTEREY PENINSULA COLLEGE



クラゲのロケット

この長さ 30 cm のクダクラゲの仲間は、北極海の氷の下で捕らえられた。側面に沿って房状に並ぶ球形のものは、泳ぐための「泳鐘」という構造である。ロケットから噴出する炎に似たいちばん下の部分は、多くの触手と生殖器から成る。周囲の水温はおよそ 1℃。この透き通った動物の写真のおかげで、写真家 Kevin Raskoff は 2006 年 7 月の BP コングスベルク水中写真コンテストで受賞した。

歩くサメ

コンサベーション・インターナショナルの調査隊はパプアのインドネシア行政区分で 50 の新種を記録・報告した。その中に、のんびり歩く *Hemiscyllium* 属（サメの仲間）の捕食動物がいた。体長は 1m 強で、ヒレを使って海底を歩き回りながらカニやエビを食している。



G. ALLEN/CI

オオトカゲの単為生殖

このコモドオオトカゲは、雄がまったくいない状態で飼育されていた雌から生まれた。脊椎動物の単為生殖は珍しいが、まったくないわけではない。しかし、これまで知られていた例はヘビ類がほとんどだった。



I. STEPHEN



M. KOTTELAT/RAFFLES MUSEUM SINGAPORE

おそらく世界最小の魚

2006 年の開始早々、どっちが世界最小の魚かという論戦を、*Nature* のオンラインニュース・チームが展開した。この *Paedocypris progenetica* という学名の魚は、2006 年 1 月に見つかり、世界最小の魚の最も新しい有力候補である。



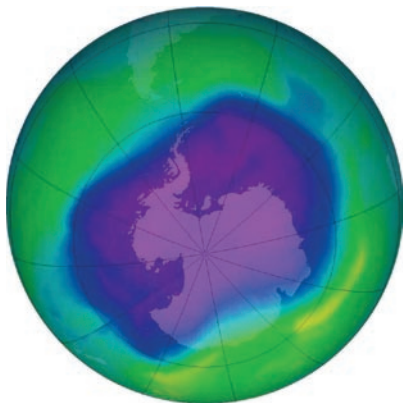
H. STURROCK

闘いを終えた力

ヒトに死をもたらすこともある害虫がこれほど美しいとは、誰も思わなかっただろう。このハマダラカ (*Anopheles stephensi*) はランチをすませたばかりである。撮影者である Hugh Sturrock は、英国エディンバラ大学で菌類を使った殺虫剤を研究しており、ウエルカムトラストの主催する 2006 年トラスト生物医学写真賞の受賞者の 1 人である。

2006 年の日食

皆既日食はそれほど珍しいことではない。しかし、太陽が完全に見えなくなるといふ現象は未だに奇跡のように思われ、皆既日食をとらえた写真には独特の魔力がある。この写真は、2006 年 3 月 29 日にリビアで Fred Espenak が撮影したもの。



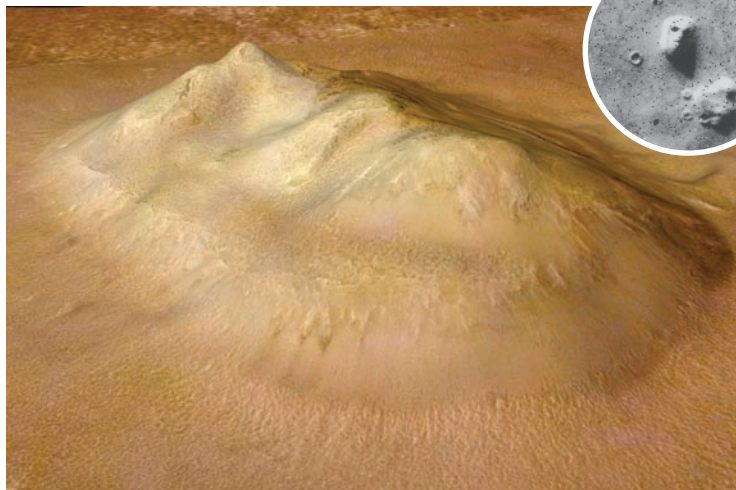
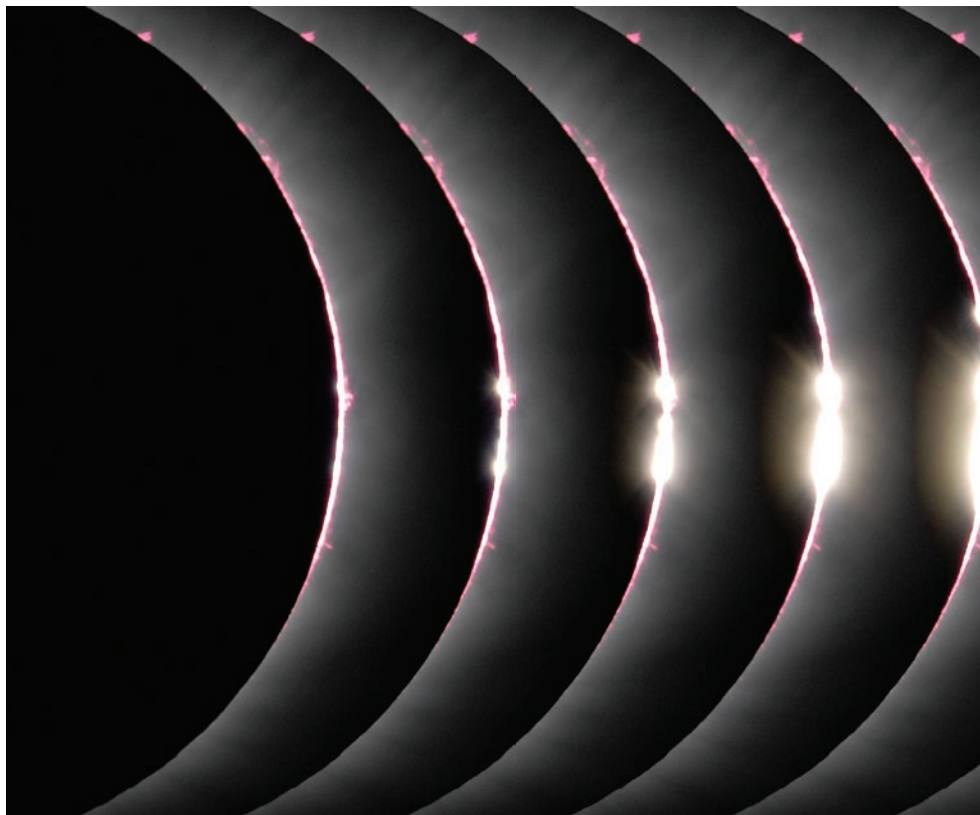
戻ってきたオゾンホール

オゾンホールが記録を更新しつつある。南極上空の気温が平均よりも低くなったせいで、2006 年 9 月には過去最大の 2750 万 km² に拡大した。長期的に見ればホールはまだ縮小しつつあるが、この漸進的な縮小過程は前年比変動によって覆い隠されてしまう可能性がある。



我々が地球が、いっそう身近に

2006 年 8 月 15 日に国際宇宙ステーションから撮影された、縮尺 400 万分の 1 の画像。宇宙空間から届く情報は増える一方であり、そのため我々が自身を見つめる手段も変わりつつある。しかも、人々は衛星ナビゲーションに頼るようになり、道路地図は車のダッシュボードに放り込まれればなしになるという変わりようだ。

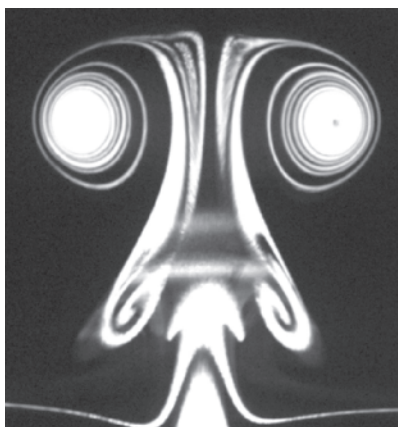


火星表面の顔は単なる地形

1976 年に火星探査機バイキングは、顔のように見える謎めいた有名な写真（右上モノクロ写真）を撮影したが、2006 年 9 月 21 日になってマーズ・エクスプレスが山々の連なるこの画像を送ってきた。何らかのパターンを見いだそうとする人間本来の性癖は、多くの科学的発見にとって重要なものといえるかもしれない。しかし、ピンぼけの山々が顔に見えたり、裏庭の生け垣が身をかがめたヒョウに見えたりしても、それはそれで楽しいことだ。

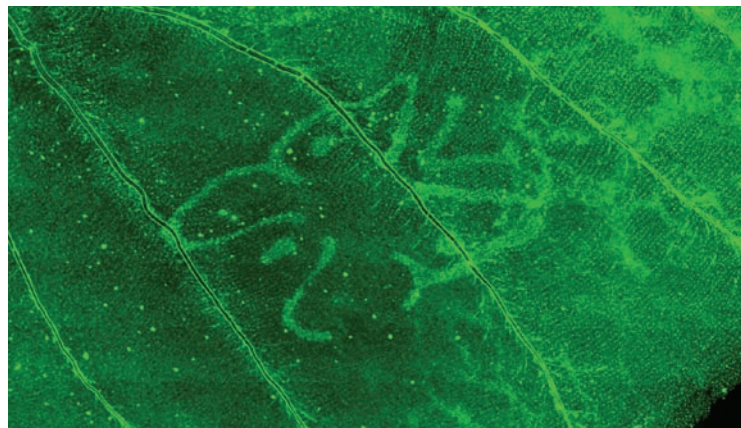


ONERA



▲ エンジンの中の芸術

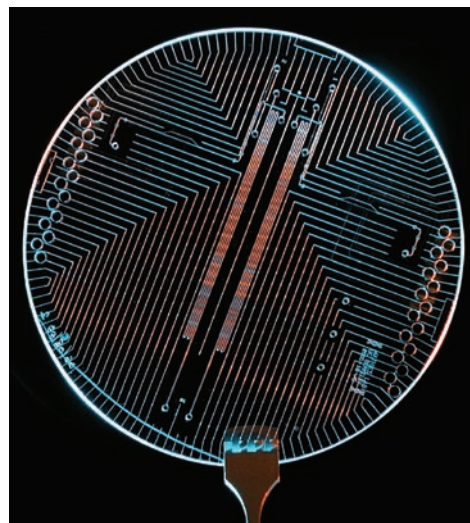
燃焼室内部で炎が渦巻くようす。フランス国立航空宇宙研究所 (ONERA) の研究者たちは、エンジン内部の燃焼を微細に検証した際、このショットをとらえた。研究チームの本来の目的はモーターの効率を上げることだったが、同時に内部燃焼の造形的な美しさも知らしめることになった。



▲ チョウの上に描いたチョウ

2006年11月に発表されたこのチョウ模様は、実は本物のチョウの翅に描かれている。まず、チョウに遺伝子操作を施して、特殊な感熱性タンパク質が活性化すると細胞が緑色蛍光タンパク質を発現するようにした。次にレーザーを使って熱ショック反応を引き起こし、このチョウ柄が描き出された。

A. MONTEIRO/F. KAMAL/D. RAMOS/UNIV. BUFFALO



◀ 複雑な配列

ピペットを捨てよう。そして、このスタイリッシュな 100 mm の基板を使って、ナノリットル単位で DNA 配列解読を行おう。この基板は、カリフォルニア大学パークレイ校の Robert Blazej たちが作製して 2006 年 5 月に発表したものだ。形は機能に従うというが、このデザインはアルバムのジャケットやナイトクラブの床にも似合いそうである。

MATHIES LAB UNIV. CALIFORNIA, BERKELEY/PROC. NATL. ACAD. SCI. USA

▶ キッチン用ラップのしゃれた親戚

このナノ薄膜は、理化学研究所の国武豊喜たちが作ったもので、有機ポリマーの網目とジルコニアの網目が互いに絡み合っている。2006 年 6 月に公表されたこの薄膜は、その組成や構造のおかげで、極めて薄く (厚さ 35 nm)、強度も極めて大きく (膜自身の重さの 7 万倍もの重さに耐えられる)、極めて柔軟性に富んでいる (膜自身の面積の 3 万分の 1 という小さい孔を通り抜けることができる)。



理化学研究所 国武豊喜

The chips are down

遺伝子チップ市場をめぐる二大企業の攻防

Nature Vol.44 (256-257) / 16 November 2006

さまざまな要因が絡んだ複雑な疾患の根源を探ろうとする遺伝学者たちの願望が、遺伝子チップの市場を大きく揺り動かしている。5 億ドル（約 590 億円）の市場規模が見込まれるビジネスで戦いを有利に運ぼうと画策する 2 つの企業について、Meredith Wadman が取材報告する。

ウォール街アナリストの Elise Wang は 2006 年 10 月、遺伝子チップ製造業界の「巨人」に関する投資家向け情報（カバレッジ）を、「売り」という明確に推奨する単語で始めた。

彼女は、Affymetrix（アフィメトリクス）社の株がすでに前年同時期に比べてほぼ 50% 下がった株価で売買されている（グラフ参照）という事実にもかかわらず、このアドバイスを提示したのだ。同社は米国カリフォルニア州サンタクララに本社を構え、遺伝子チップは同社の研究者たちが 17 年前に開発したものである。「Affymetrix 社の株価は、今以上に下がる可能性がある」と私たちは考えており、それは特に、遺伝子タイピング（遺伝子多型の解析研究）市場において競争激化が続いているからだ」と、Citigroup のアナリストである Wang は顧客にアドバイスした。

もちろん、ウォール街ではさまざまな意見が飛び交っており、UBS と Bear Stearns のアナリストたちは同じ 10 月に Affymetrix 社に対して、それぞれ中立の評価と好意的な評価を下した。しかし、彼らの評価がどうであれ、同社が新興のライバルである Illumina（イルミナ）社との一騎打ちをせざるを得なくなったとみる Wang の予想に、異議を唱えるアナリストはほとんどいない。1998 年に創立された Illumina 社はサンディエゴに本社を置き、従業員数は Affymetrix 社の半分だが、株価が最近 3 倍となり、時価総額では Affymetrix 社を上回っている。この勝負は掛け金も儲けもばかにできないほど大き

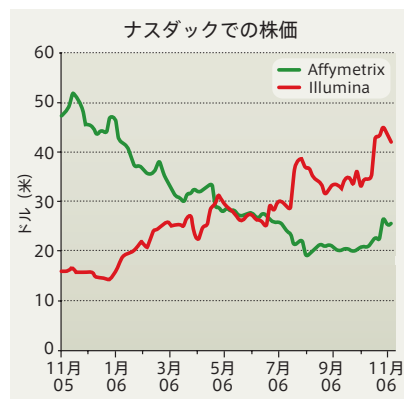
い。両社は現在、バイオテク・ツールキット市場において最大級の成長をとげる機会をうかがい、勝負の真っ最中にある。

遺伝子チップはマイクロアレイまたは DNA チップともよばれ、シリコン製やガラス製、プラスチック製の基板の上に微小な DNA プローブ分子を高密度に配置したもので、これを使って多数の遺伝子がいつどのように発現するかを同時に調べることができる。現在の激戦地は、遺伝子チップを使った遺伝子発現研究の分野ではない。この分野はすでに多数の企業が参入しており、そこでは Illumina 社はマイナーな企業の 1 つにすぎない。この分野では、Affymetrix 社のチップの売上高が、競合企業すべての売上高の合計よりも多いのである。だが、高密度遺伝子タイピングという新規市場の参入企業は Affymetrix 社と Illumina 社の 2 社のみであり、2006 年の市場規模は控えめにみても 2 億 2500 万ドル（約 265 億円）で、年間 35 ~ 45% の成長が見込まれている。

ヒトゲノム解析の成功

高密度遺伝子タイピングの実験では、ある病気の患者とそうでない人といった条件の異なる人々から採取した何百もの検体の抽出 DNA を、マイクロアレイを使って調べる。その目的は、各人の検体にある多数の一塩基多型（SNP、スニップ）を見つけ出すことだ。SNP とは、30 億塩基対から成るヒトゲノム内で個人によって異なるごく少数の塩基である。この研究の目指すところは、SNP の多型パターンを糖尿病や喘息などのありふれた疾患と関連づけたたり、薬剤治療に対する患者の反応と関連づけたたりすることだ。こうした実験に次々と着手できるようになったのは、HapMap プロジェクトのおかげである。同プロジェクトは、ヒトゲノム塩基配列に一般的な多型パターンを初めて解析した大がかりな国際共同研究であり、その成果は 2005 年 10 月に公表された（The International HapMap Consortium *Nature* 437, 1299–1320; 2005）。

そのころ、Affymetrix 社と Illumina 社は大きく、HapMap プロジェクトが生み出した市場に資本投下していた。2005 年の夏、Affymetrix 社は主力商品である高密度遺伝子タイピング製品「500K」を投入した。同製品は 2 個のチップを 1 セットとし、1 つの検体について 50 万か所の SNP を確実に検出できる性能をもつ。Affymetrix 社は、半導体チップ製造の技術を使って、25 万か所の SNP を特定するための DNA プローブをそれぞれのチップに固定し、「ゲノム規模の相



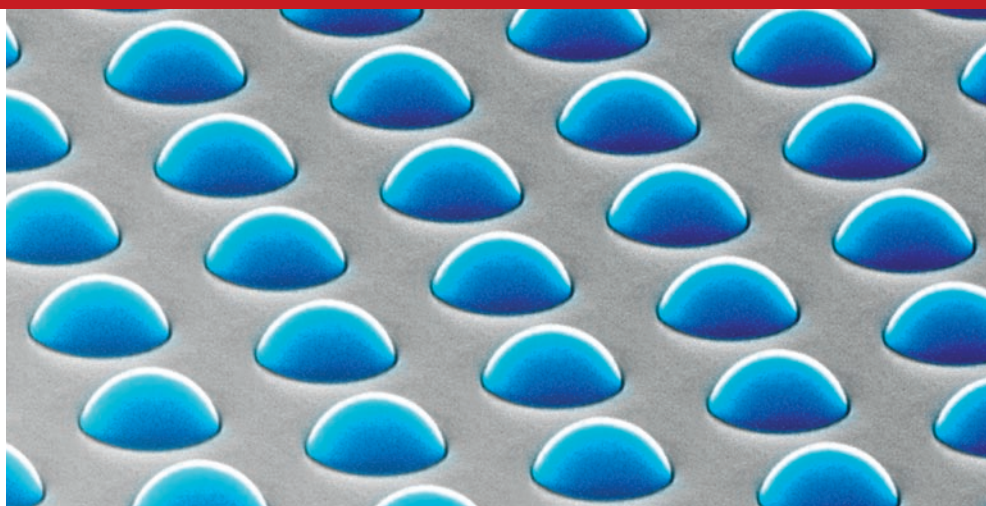
関づけ研究のための、実用的で価格もお手ごろな解決ツール」という触れ込みで、この主力商品を投入した。

ところが、Affymetrix 社の 500K はすぐにつまづいてしまった。遺伝子タイピングを行うために不可欠なソフトウェア・アルゴリズムの深刻な欠陥など、製造上および技術上の問題点が次々ともち上がったためである。その結果、研究者たちは大量のデータを失い、Affymetrix 社は不良チップの交換に忙殺された。

こうした問題は研究に「かなりの遅れをもたらした」と、米国マサチューセッツ州ケンブリッジにあるブロード研究所の人類遺伝学者 David Altshuler は語る。同研究所の研究者たちは、Affymetrix 社の欠陥アルゴリズム修正を手助けするのに数か月を費やした。「Affymetrix 社が昨年出荷したチップのうち相当数が不良品だった」と米国立加齢研究所の人類遺伝学者である John Hardy は付け加えた。「私のみたところでは、Affymetrix 社は Illumina 社に先んじようとして発売を急ぎすぎたのだろう」。

Affymetrix 社の学術研究系事業部門の副社長である Sean George によると、500K に付随する諸問題は今や解決されているという。「当社が早めに 500K を出荷したのは、これがエキサイティングな製品であり、遺伝学研究にとって前例がないほどの威力を発揮するからだ」と彼は話す。「当社はすでに新しいアルゴリズムを発表済みであり、それ以降、当社のお客様には完全製品版をご利用いただいている」。

しかし、2006 年 5 月に新アルゴリズムが発表されるまで、状況はあまり芳しくなかった。同年 1 月、Affymetrix 社の顧客が 500K の問題に苛立ちながら取り組んでいたちょうどその頃に、Illumina 社が競合製品を発売した。それが単一チップからなる HumanHap 300K であり、続いてすぐに 550K-SNP 版と 650K-SNP 版が発売された。Illumina 社のチップは、短い DNA 小片を固定した「ビーズ」を搭載しており、各 DNA 小片は特定の SNP に適合するようになっていて、HapMap プロジェクトで得られた知識が設計に活かされているという長所があった。



チップ戦争：Illumina 社のビーズアレイ技術は、Affymetrix 社の 500K 遺伝子チップの競合商品である。

自由市場

2006 年の 4 月になって、Affymetrix 社は 3 か月前に投資家たちに提示した 2006 年の期待収益に関する指針を撤回するという、異例の手段を講じた。これは、収益を予想することがもはや不可能なほど困難な諸問題に、経営が直面していることのあらわれだった。自社の抱える諸問題に Illumina 社の新製品発売が追い討ちをかける形となり、老舗である Affymetrix 社は挽回に手間取ったのである。Illumina 社の最高責任者である Jay Flatley は、高密度遺伝子タイピングに用いられるチップの市場の最大 4 分の 3 までをすでに同社が勝ち取ったと主張している。

この主張に対して、Affymetrix 社の George は異議を唱えている。そして、この数か月で Affymetrix 社は多少回復しつつあるようである。2006 年の夏、同社は 500K チップセットを値下げして半額の 250 ドル（約 3 万円）とし、チップ 1 個だけで動作する 500K シリーズの新製品を、2007 年早々に投入しようとしている。Illumina 社の競合種チップの価格は、これよりも 30 ～ 50 % 高いままである。Affymetrix 社の動きは、その思惑どおりの結果をもたらした。現行の 500K チップセットに対する顧客注文は 2006 年第 3 四半期で 90 % 増しとなり、そのおかげもあって、Affymetrix 社の株価は 8 月 1 日には最安値の 17.5 ドル（約 2000 円）だったのが 11 月 10 日には 26 ドル（約 3000 円）まで上昇した。

2006 年 9 月に Affymetrix 社は、Framingham Heart Study（大規模集団の長期追跡調査により心血管疾患の病因や

特性を探る米国の公的研究プロジェクト）から、心疾患・肺疾患・血液疾患と SNP との相関について 9000 以上の検体を解析する契約を獲得した。一方で、Illumina 社は次々と契約を獲得しており、最近では、Women's Genome Health Study（米国の女性を対象として疾患相関性を探る官民一体のゲノム解析プロジェクト）の一環として 2 万 8000 検体の遺伝子タイピングを行うために、Amgen 社により選定された。

Affymetrix 社は、新しい 500K に続いて 2007 年半ばまでに 100 万 SNP チップを投入することを目指している。また 2007 年春には、デラウェア州の法廷で Illumina 社と対決することになっている。この裁判で Affymetrix 社は、いちばんの競合企業が自社の特許のうち 2 件の特許権を侵害していると陪審員団に訴えようとするだろう。Illumina 社は、この裁判で負ければ深刻な打撃を受けるはずだ。Illumina 社の Flatley は、自社の収益（2006 年 11 月時点までで 1 億 2400 万ドル [約 146 億円]、対して Affymetrix 社は 2 億 5100 万ドル [約 296 億円]）の 4 分の 3 が、係争中の 5 つの特許権のうち 1 つまたは複数侵害したことでも得られたものだと思なされる可能性があることを認めている。

当面は、どちらの社ものんびり現状を維持するつもりはないだろう。両社とも、特定疾患の診断という分野に出現しつつあるもう 1 つの遺伝子チップ市場を開拓しようとするはずだ。一部のアナリストたちの見方によれば、この分野はいずれ年間 10 億ドル（約 1180 億円）もの市場規模になる可能性がある。■

One man's trash...

ただのゴミだと思ったら...

Nature Vol.444 (262-263) /16 November 2006

著作権等の理由により画像を掲載することができません

埋め立て地がゴミであふれるころ、政府には新しいゴミ処理方法が必要になる。プラズマ技術でゴミをエネルギーに変える日本の施設を David Cyranoski が取材した。

重廣伸一は、珍しい悩みを抱えている。「ゴミを集めるのに苦労している」とまじめな表情でいうのだ。彼のところには毎日平均 100 トンという大量のゴミが集められるが、それでは足りず、その 2 倍の量が必要なのだという。

重廣は株式会社エコバレー歌志内（うたしない）の取締役業務部長である。この会社の名前は、北海道のほぼ中央に位置する歌志内市に由来する。エコバレー歌志内では、プラズマアークを使って、大量のゴミをエネルギーに変える。方法は電気衝撃によって炉の中のガスを電離するという方法だが、その際に出る熱の温度は最高 1 万 6000℃にもなり、これは太陽表面温度のほぼ 3 倍に相当する。しかし、会社がこの高価な技術に投資した 70 億円を取り戻すには、大量のゴミを処理しなくてはならないのだ。

歌志内市で集められるゴミの量では足りないとしても、日本全体や世界では、処理に頭を抱えるほどのゴミが排

出されている。日本では、紙や食品、プラスチック、その他のゴミを含む「都市固形廃棄物（MSW）」とよばれるゴミを、毎年 5000 万トン（1 人当たり 1 日約 1 キロ）出している。米国での 1 人当たりのゴミ量は日本の約 2 倍で、2005 年には全体で 2 億 2200 万トンのゴミを排出した。大半の都市固形廃棄物は、埋め立てられるか、もしくは税金から高い焼却料金を支払って焼却処理されるのだが、その過程で土壌や大気が汚染されてしまう。

地域により異なるが米国の場合、ゴミを捨てる際の負担額は、埋め立て処理で 1 トン当たり 30 ～ 80 ドル（3500 ～ 9400 円）、焼却処理だと 1 トン当たり 69 ドル（約 8100 円）となっている。日本のような国土の狭い国では、1 トンあたり 2 万～ 3 万円を地方自治体が埋め立て処理場や焼却施設に支払う。これらの埋め立て処理場や焼却施設の存在には、周辺地域の不動産価値の低下や、不

適切な処理が行われた場合の環境汚染のおそれなど、経済的な波及効果が伴う。

エコバレー歌志内の計画者たちは、プラズマアーク技術を使えば、ゴミ処理に関連するこれらの問題を一度に解決できると考えたのだ。理論的にはゴミ処理



Ron Roberts（左）は、フロリダから見苦しい埋め立て地をなくすのに、プラズマ技術が一役買おうと信じている。

業は高い利益を見込めるうえ、ゴミをガス化しエネルギーに変えるという環境にやさしいビジネスになる。書類上では、1トンの都市固形廃棄物は、石炭の1/3～1/2のエネルギーを含むとされている。それならばこのエネルギーを利用して処理施設を稼働させ、残りは売って利益を出すこともできるという考え方だ。しかしながら、歌志内のプラズマゴミ処理施設では、2002年の創業以来やりくりしに苦労する状況が続いている。

一方、世界ではいくつかの企業が、この日本企業をモデルに改善を加え、プラズマアークを用いた独自の施設の建設を計画している。米国アトランタが拠点のGeoplasma社では、フロリダ州セントルシーに歌志内の10倍もある施設を建設する契約の最終調整に入っている。もともと裕福な地域ではあるが、広大な埋め立て地のために不動産価値が下がっていた。もしこの計画が実現すれば、この施設は2009年までに1日に2700トンのゴミを処理することになる。また9月には、コネチカット州ウィルトンを拠点にするStartech Environmental社が、1日180トンのゴミ処理が可能な施設をパナマに建設すると発表した。さらに、カナダのオンタリオ州にあるPlasco Energy Group社では、オタワとバルセロナに同規模の施設を建設する交渉を行っている。

ゴミのガス化

現時点ではゴミの山を金の山に変えるには至っていないにせよ、もしこれらの施設が建設されれば、プラズマアークの未来は明るい。関係者からも楽観視しているようすだ。この技術は「さまざまな要因がそろって起こるパーフェクトストームさながらの勢い」で社会に定着するとともに、汚染物質や上昇するエネルギー価格に対する政治的関心や国民の関心を高めるきっかけにもなると語るのは、Geoplasma社環境部門最高責任者のHilburn Hillestadである。

プラズマアーク技術が大型のゴミ処理施設に応用されるのは新しいことだが、

この技術自体は意外と古い。NASA（米航空宇宙局）は、宇宙船が大気圏に再突入する際の高温を再現するために1960年代からこの技術を使ってきたし、現在では、鉄くずを溶かしたり、有害物を破壊したりするためにプラズマトーチが使用されている。しかし、Startech Environmental社やGeoplasma社の使用するプラズマアークを開発したWestinghouse Plasma社（ペンシルバニア州マディソン）がゴミ処理用プラズマトーチの開発を始めたのは、1990年代初頭になってからである。

この技術はまず強力な電気アークを使用して、トーチ内の空気を電離することでプラズマトーチを起こし、酸素の不足した状態にしてある炉内では、そのトーチによって都市固形廃棄物が、石灰石、コークスとともに熱せられる。この方法であれば、プラズマトーチは混合物を1500℃以上で高温熔融することになる。そうすることで、都市固形廃棄物に含まれる無機物を燃焼せずにガラス状にするのだ。無害化されたスラグも、高くは売れないが建築材料として利用できる。

最も重要な点は、高温熔融することで都市固形廃棄物内の有機分子も分解してしまうことだ。都市固形廃棄物は、燃焼すると大量の二酸化炭素が発生するが、酸素が限られた条件下では一酸化炭素と水素からなる合成ガスに変わる。この合成ガスは天然ガスのように、ガスタービンの電力として使用できる。また、精製された水素はそのまま燃料としても利用可能である。タービンの中に入り込んだり、大気中に漏れたりするおそれのある混合ガスには、窒素酸化物やダイオキシンなどの有害物質が含まれるため、それらを最小限まで減らすよう、さらに処理される。

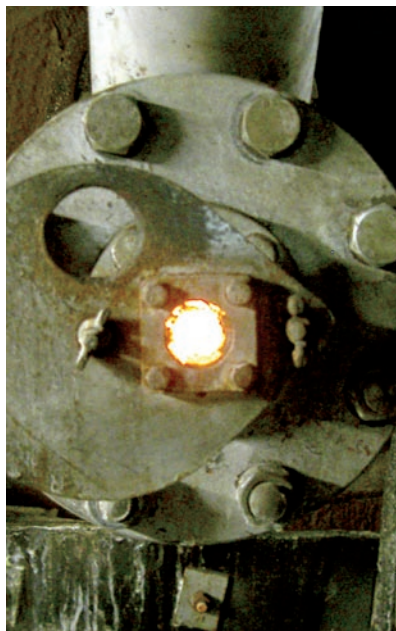
エコバレー歌志内の施設では、年間3000メガワットの電力が生み出され、この技術自体は成功したといえる。それらはすべて施設の電力として使用される。しかし、肝心のゴミの量は減少する一方である。歌志内市が50年前に正式に市と認められたときには4万5000人

が暮らしていたが、現在の人口は5500人、日本で一番人口の少ない市である。どうやらプラズマアークゴミ処理施設は、深刻化するゴミ処理問題への対応というよりも、ゴミ処理で利益を上げて地元経済への刺激剤にしようという意味合いが強いようである。現状ではゴミ処理をすることで収益が得られるが、当初見込んでいたように余った電力やスラグから作られた建築材料を売って、さらなる利益を上げるまでには至っていない。

平均してみると、当初会社が予測していたゴミ量の60%しか処理していない。プラズマトーチ自体の問題ではないが、この施設では運転上の問題で、2つあるラインのうちの1つがよく停止される。また、両方のラインがフル稼働しているときは、ゴミの量が足りない状況で、反対に1つのラインで稼働しているときは、ゴミの回収を断らざるを得ないこともある。

ゴミを他の町から回収するというのは1つの選択肢であるが、我が町を他の町から回収してきたゴミの処理場にしたいと望む住民は少数である。「ゴミに対して、よいイメージをもつ人はいないだろう」と重廣はいう。米国のいくつかの州では、高い料金を取って他の州のゴミを回収しているし、ニューヨークやトロントなどの大都市でも、ほとんどのゴミ処理をよそに回している。しかし日本では、このようなゴミのやり取りはほとんど行われておらず、地方自治体はよそに捨てるよりも地元で処理することを好むようだ。

Geoplasma社の施設では、毎日1800トンの新しいゴミと900トンの埋め立てゴミを処理することによって、20年間以内には埋め立て地をきれいな土地に戻すと同時に、その期間内には4億2500万ドル（約500億円）の投資金を取り戻すとしている。Hillestadは、会社の売り上げの80%が電力販売による利益になると述べた。160メガワットの電力を生み出し、そのうちの120メガワットを販売するというのが同社の見込みである。



エコバレー歌志内では、一般廃棄物がプラズマトーチによってガス化され、蒸気タービンの動力となっている。

ゴミの取引

セントルシーと歌志内の処理施設で異なる点の1つは、セントルシーでは合成ガスを電力に変える装置として、ガスタービンを使用することだ。ガスタービンがより多くのエネルギー産出を可能にするのに対し、エコバレー歌志内の施設で使われている蒸気タービンはかなり安価なもので、電力に変換できるエネルギーは全体の15%である。Geoplasma社は4000万ドル（約47億円）のガスタービンを使用する予定で、それはほぼ40%を電力に変換できる。

この効率性は、合成ガスからより多くのエネルギーを取り出すのに重要な鍵となる。しかし、歌志内の施設を設置した日立金属の環境システム部主管技師である長田真一は、歌志内の合成ガスは少量の塩化水素と酸化硫黄物を含んでおり「ガスタービンを腐食させる危険性がある」と説明した。蒸気タービンはガスが水を熱し、タービンに蒸気を吹き付ける仕組みになっているのに対し、ガスタービンでは、高温のガスの流れを使ってタービンを回転させる。この方法は効率的ではあるものの、装置を腐食性のあるガスにさらしてしまう危険性があるというのだ。事実、歌志内では別のプロジェ

クトでガスタービンを使用していたが、日立金属が劣化を心配して蒸気タービンに交換したことがある。

Geoplasma社では、この件について、前処理を行うことで腐食性のガスの濃度は安全な数値まで下がるだろうとしている。「セントルシーに建設予定のプラズマ施設では、その規模の大きさから、このような問題を避けるため、さらに高度な技術への投資も可能だ」とHillestadは語る。

地方自治体の受注に入札する際、ゴミ処理にプラズマ技術を使用している企業は他のゴミ処理方法と競争しなければならない。競争相手のゴミ処理技術もまた、ゴミをエネルギーに変えることや、汚染の危険性の低さを約束する。セントルシーの固形廃棄物責任者Ron Robertsは「我々は、焼却施設、嫌気性消化、ガス化、プラズマアークによるガス化、バイオリクターなど、埋め立ての代わりになるゴミ処理方法について検討した」と話した。6000枚に及ぶ報告書を総合した結果、都市固形廃棄物の処理方法で埋め立てに取って代わることを立証された方法は1つしかないと結論づけられた。「プラズマアークによるガス化がその方法だ」とRobertsは話す。

セントルシーの決断において、重要課題となったのは埋め立て地をなくすという点であった。またGeoplasma社にとっても、この施設計画を進めるためには、埋め立て地から十分な量のゴミの回収が保障されることが必須条件だった。実際、埋め立て地のゴミがすべて処理されてしまえば、ゴミの量しだいでは、会社も施設を閉鎖せざるを得ないだろう。しかし、それまでにはセントルシーの施設建設にかかった投資金は回収できているはずだ。Geoplasma社がハワイでの建設を見送ったのもゴミの量が足りないという理由からで、地方自治体が保障できた1日あたりのゴミの量は300トンのみであった。「このゴミの量では、既にある焼却施設の料金に対抗するのはむずかしい」とHillestadはいう。

埋め立て地は見た目にも悪く、それをなくすことに反対する人は少ないものの、環境保護グループでは、合成ガス中の微量の汚染物質を警戒している。カリフォルニアを拠点に置くGreenaction for Health and Environmental Justiceでは、都市固形廃棄物を加熱変化させる方法をまとめた2006年の報告書の中で、プラズマアークやその他の高温ガス化技術のことを「変装した焼却施設」とよんでいる。

歌志内市の施設では、地方自治体の監査がまだ残ってはいるものの、日本の厳しい環境基準をクリアしたと述べている。しかしながら、重慶は技術が世界に広がるという見方には懐疑的で、「海外から多くの人が施設見学にくるが、実際に建設されたとは聞いたことがない」という。対照的に、エコバレー歌志内を見学したRobertsは「でき過ぎた話だ」というような心配はしていない。なぜなら、実際に稼働している施設を見てきたのだから」と自信をみせた。そして「もちろん我々としては、Geoplasma社の経済面での方程式に間違いがないことを願う」と付け加えた。その是非は、セントルシーの施設で試されることになる。■

David Cyranoski は *Nature* のアジア特派員。

A MEASURE OF HAPPINESS

幸福を測る物差し

Nature Vol.444(418-419)/23 November 2006

幸福とはいかなるものか。アリストテレスの時代から哲学者たちは、この問題に頭を悩ませてきた。科学者、心理学者、経済学者らが現在、この問題にどのように貢献できるのかを、Tony Reichhardt が取材報告する。喜びを数値で表せる段階まで、多少なりとも近づいたのだろうか。

あなたは今、幸せだろうか。この記事を読んでいるあなたは、最新の実験で望みの結果が出るはずだと確信しつつ、堂々と休憩を取っているところだろうか。それとも、学生や学科長や次の研究助成金の申請書を書くことなどのさまざまなプレッシャーからひとまず逃れ、この記事を読んでこっそり息抜きしているところだろうか。

社会学的な調査では通常、人々に現在の幸せのレベルを自分で評価してもらうことによって、幸福度を測ろうとする。そうした質問は、一般の人々を対象にした調査でよく登場する。例えば、2005年に世論調査会社ピューリサーチセンター

が3014人の成人米国人を対象に行った調査では、「あなたは今、どれくらい幸せですか」と尋ねた。これに対して、半数が「かなり幸せ」、34%が「とても幸せ」、15%が「あまり幸せではない」と答えた。

しかし、人々に幸せかどうかを尋ねる場合、それでわかることよりも、新たに生じる疑問のほうが多い。特に重要なのは幸福をどう定義するかだ。それは1つの感情なのか、それとも性格的特徴なのだろうか。あるいは特有の脳波パターンやバイオマーカーを伴った身体状態なのだろうか。単に不幸でないという状態なのか、あるいはこれら以外の何かなのだろうか。

心理学者や経済学者など幸福について研究している研究者たちは、現在この問題に対する明確な答えをもっていないが、現在この問題にこれまでよりも厳密な方法で取り組み始めている。その過程で彼らは健康と幸福の関係についてもっと知りたいと考え、「米国人とフランス人のどちらがより幸せか」といった永遠の問題をめぐる議論にも貢献できればと考えている。

プリンストン大学の心理学者 Daniel Kahneman は、不確実性に直面した意思決定に心理学を応用した功績で、2002年のノーベル経済学賞を受賞した。彼は、より高度な質問を尋ねる調

査法を開発したいと考えており、その研究で、1人の人間の生活全般の満足感が、日々の気分の浮き沈みとどう違うのかを調べている。これまでの研究結果は、この2つが必ずしも相関しないことを物語っている。

Kahneman は同僚たちと、米国オハイオ州コロンバスとフランスのレンヌの女性たちに2つのアンケートを行った。1つ目のアンケートは生活全般の満足度を評価するものだった。2つ目は、ある1日を個々の出来事（友人と昼食を食べた、家事をしたなど）に分けた日誌を提出してもらい、それぞれの出来事で被験者が感じた特異的な感情を0～6の段階に評価してもらった。

この調査方法は「一日再構築法」(DMR)¹とよばれ、Kahneman やプリンストン大学の経済学者 Alan Krueger らが1994年に開発したもので、被験者の生活へ大きく介入する「経験サンプリング法」よりも実施が簡単だが、それに近い結果が得られる。経験サンプリング法では、調査日のさまざまな時点で被験者たちにもたせたポケットベルを鳴らして、被験者に自身の気分を報告してもらった。

幸せ気分の基準点

Kahneman は、フランス人女性と米国女性の間いくつかの違いを見つけた。例えば、米国人女性は育児により多くの時間を使うが、フランス人女性ほどには育児を楽しんでいない。しかし概してみれば、両者とも同じことで幸せ（友人や家族と過ごすとき）や不幸せ（通勤や仕事するとき）を感じていた。そしてどちらの国の女性でも、全般的な満足度は経験した幸福感と強く相関してはなかった。例えば、裕福な既婚女性は貧しい独身女性よりも満足度が高かったが、日常の幸福度がより高いわけではなかった。

Kahneman の研究結果は、予備的なものではあるが、幸福のレベルは一定であるという広く浸透した考えを調べる新しい方法となる。社会学者が、幸福度の調査報告と、収入からペットを飼うことまでのさまざまな因子とを比較したところ、より多くの金を持っている人ほど幸福度は高いものの、それはあるところで頭打ちになるという結論に達した。あるレベル（2004年の米国人の場合、1世帯の年間収入が5万～9万ドル[約590万～1060万円]）を超えると、お金が増えても幸福度は

高まらない。また、収入の中央値が高いいくつかの国（米国、中国、日本など）では、幸福度のレベルは強固に一定のままである。

こうしたデータから、幸福について研究している研究者たちは、生活の状況は長期の幸福度にさほど影響しないという結論に至っている。調査からわかるのは、結婚後に幸福度が上昇するものの、この上昇が一時的でしかないことだ。よく引用される1978年の調査によると、宝くじに当たった人と事故で麻痺になった人の幸福度のレベルは、生活を一変させたそれぞれの出来事の1年後にどちらも以前のレベル近くまで戻っていた²。この調査のおかげもあって、人生にどのようなことが起ころうともまたそこへ戻る「快樂基準点」(hedonic setpoint)を、人々がもっているという考えが出てきた。また、双子の回答する幸福度が同じくらいのレベルになることを示した研究を考慮すると、この基準点は遺伝的に決まるようである。

ペンシルベニア大学（同州フィラデルフィア）の Martin Seligman をはじめとする「ポジティブ心理学」の先駆者たちは、研究に基づいて、精神的に追い詰められたときに幸福度を上げるための実践法を開発した。例えば、意識的に感謝の気持ちを表現する、といった方法である。しかし、ほとんどの専門家は、人は本来もっている基準点から抜け出せないという意見で一致していた。

ところが最近、Kahneman やイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校の Ed Diener などの心理学者たちは、この「快樂のトレッドミル」（元へ戻ってしまうようすをランニングマシンにたとえている）説にあまり固執しなくなっている。Diener は、「人々の感じる幸福度は、遺伝的に決定された性格の因子によって特定レベルに収まる傾向があるのかもしれないが、実際には時間とともにさまざまな種類の幸福感が変化していく」と主張する³。例えば、高齢者ではポジティブな気分とネガティ



つかの間の気分：宝くじに当たった人や事故の犠牲者の幸福度はやがて以前のレベルに戻るようである。

ブな気分がどちらも衰えたと回答している。Diener の見方によれば、幸福は基準点が1つだけの単一の概念ではないのだという。

幸せは遺伝する？

Kahneman は、幸福感の測定にこれまで以上に重点を置くことで、快樂基準点に対する見方が変わる可能性があると考えている。結婚した人々の満足度が結婚後2、3年以内に以前のレベルに戻るという観察結果は、結婚によって日々の幸福の源となるものが増える一方で、ほかの幸福の源（友人と過ごす時間）は減るからだと言明できるかもしれない。今後の調査では、日々の幸福と長期の幸福をもっと注意深く区別する必要があるかもしれない。

「経済学者に受け入れられる」幸福の物差しを探している Kahneman は Krueger とともに、一日再構築法によるポジティブな出来事とネガティブな出来事の報告例に基づいて、「U 指数」（U-index）なるものを考案した。この U 指数は、その人が不幸である時間の比率で表され、生活の満足度よりも経験した幸福感との相関性のほうが高い⁴。

Krueger はギャラップ・オーガニゼーション社とともに、一日再構築法の5分間版を考案して大規模な調査に適したものにすべく研究を続けてきた。U 指数のように一般集団に対して平均化された物差しを、国民の生活の質を測る「国民幸福評価」（カナダとオーストラリアではすでに行われている）に組み入れることができるかもしれない、と彼は話す。ほかの経済学者もそうだが、とりわけ Krueger は、幸福が経済成長よりも望ましい社会的目標だと主張する。しかし彼らはまず、幸福を測る簡便な物差しについて意見をまとめる必要がある。

幸福について研究している研究者たちは、医学、神経科学、遺伝学といった分野から、アンケートに勝る種々の研究手法を導入しようとしている。Kahneman は、一日再構築法のデータ

に、ストレスに関連したホルモンであるコルチゾールの測定を加えて、その測定値が気分とともにどう変化するかを見るつもりだ。ウィスコンシン大学マディソン校の加齢研究所所長である心理学者 Carol Ryff によると、幸福感の研究では現在、コルチゾールを測定することがブームとなっているという。

Ryff は、「MIDUS II」（MIDUS は「米国の中高年」の略）という研究計画を指揮している。この計画は、今までに行われた中で最も壮大な幸福研究計画かもしれない。MIDUS II は、米国立加齢研究所（NIA）から2800万ドル（約33億円）の研究資金を受け、米国の成人の健康と幸福について調査している6年がかりの研究計画で、開始から5年になる。1990年代半ばに行われた「MIDUS I」では心理学的データと性格のデータを集めており、今回はこのほかにいくつかのバイオマーカーに関するデータを集める予定である。

ホルモン値（コルチゾールやアドレナリン）や血圧、免疫系機能などの因子を測定することにより、心理学的な幸福と苦悩の生理学的基礎についてもっと知りたいと科学者たちは考えている。ポジティブな気持ちの人たちがあまり風邪をひかないことを示す研究⁵から、幸福と身体への健康には関連性があることがうかがわれる。

幸福を本気で研究する

これまでの研究で、脳の活性の測定値や遺伝的要因など一部のバイオマーカーがすでに幸福感と関連づけられている。MIDUS II 研究計画では、双子および兄弟姉妹から、幸福感における遺伝の役割について情報が得られるはずである。また、別の文化圏からもデータを集めるため、縮小版の MIDUS II を日本で実施することにしている。研究者たちは調査結果を分析し、これらのバイオマーカーのうち一部の果たす役割を探り出したい考えだ。

幸福感と不幸福感（憂うつなど）は、生物学的に相関する因子類が別々なの

だろうか、それとも同じ心理学的スペクトルの両端にあたるものなのだろうか。Ryff はそれを知りたいと考えている。彼女が以前行った135人の高齢女性グループに関する調査では、コルチゾール値や腰とヒップの寸法比などのバイオマーカーを分析したところ、幸福感と生物学的相関を示すものと、不幸福感と生物学的相関を示すものは、大部分が明確に区別できるという結果が得られた⁶。これは MIDUS II でさらに詳しく調べる問題の1つだ。

Ryff は自身の研究では、快樂的な幸福（気分や感情）と「エウダイモニア」（アリストテレス哲学でいう、理性的で積極的な生活の結果としての幸福）を区別したいと思っている。エウダイモニアは、人生に目的を持つことや個人が成長し続けること、よい人間関係を築くことなどに大きく関係する。事実、Ryff は幸福（happiness）という言葉をめったに使わないが、それはおそらく、科学者たちが研究を深めるほど、この言葉の意味があいまいになってくるからだろう。

このことは、幸福の科学的研究がまさに今ある位置を大まかながら示している。つまり、幸福という言葉の定義にまだ苦労している段階なのだ。Ryff は、ポジティブ心理学のふわふわした軽薄な面があまり好きではなく、「その多くは宣伝」と片づけている。しかし、彼女もほかの「幸福」研究者も意見の一致していることが1つある。それは幸福の問題の本質だ。「私たちはそれをまじめに追求している。最終的には実証可能な問題だ」と Ryff は話している。

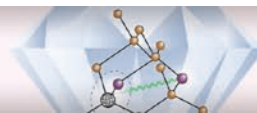
Tony Reichardt は、米国バージニア州フレデリックスバーグに拠点を置くサイエンスライター。

1. Kahneman, D. et al. *Science* **306**, 1776-1780 (2004)
2. Brickman, P., Coates, D. & Janoff-Bulman, R. *J. Personal. Social Psychol.* **36**, 917-927 (1978)
3. Diener, E., Lucas, R. E. & Scollon, C. N. *Am. Psychol.* **61**, 305-314 (2006)
4. Kahneman, D. & Krueger, A. J. *Econ. Perspect.* **20**, 3-24 (2006)
5. Cohen, S. et al. *Psychosomatic Med.* **65**, 652-657 (2003)
6. Ryff, C. D. et al. *Psychother. Psychosomatics* **75**, 85-95 (2006)

Qubits in the pink

ピンクのキュービット

Pieter Kok and Brendon W. Lovett



一部のダイヤモンドは、結晶構造に窒素 - 空孔欠陥とよばれる不完全性があるため、特徴的なピンク色を呈している。こうした欠陥を適切に操作することができれば、量子コンピューターの「キュービット」として利用するというバラ色の展望が開けてくるかもしれない。

Nature Vol. 444 (49) / 2 November 2006

材料科学者である F.C.Franck は「結晶は人間のようなものであり、欠陥があるからこそ興味深い」と述べた。ダイヤモンドの結晶中にできる負に帯電した「窒素 - 空孔欠陥」に関する研究成果を *Physical Review Letters* 誌に発表した Ronald Hanson とその同僚も、おそらく同じ意見であろう¹。この系はみるみるうちに、固体量子コンピューターの量子情報基本単位（キュービット）の有力候補になろうとしている。

ダイヤモンドを構成する炭素原子の格子には、窒素やホウ素など、さまざまな置換不純物原子が入っていることがある。こうした欠陥はダイヤモンドに色をつけるので、しばしば色中心とよばれる。ダイヤモンドにピンク色を帯びさせる窒素 - 空孔 (NV) 欠陥は、結晶格子中の空孔の隣に位置する炭素原子が窒素原子に置き換わることで生じる。2つの欠陥が隣り合って存在する可能性は低そうにみえるかもしれないが、ダイヤモンドが加熱されると、空孔が格子の中を拡散していき、窒素原子の隣に来て止まることが知られている。「ランダムウォーク」がここで止まるのは、隣り合った2つの欠陥の配置が非常に安定になるからである。

NV 中心には、電気的に中性の NV^0 と負に帯電した NV^- の2種類がある。興味深いのは、電子を余計にもっている NV^- 中心の方である。この電子は、おそらく別の窒素欠陥から供与されたものである。 NV^- 欠陥の電子のうち、近隣の炭素原子との間に結合を作っていないものの総数は6であり、基底状態での全スピンは $S=1$ である。このスピンには、磁気量子数 $m_S = +1, 0, -1$ によって表される3種類の向

きがある。スピンのこれらのいずれかの値をとる傾向があるとき、それは偏極しているという。

NV^- 中心の明確な（「コヒーレント」な）スピン状態は、長時間（室温でも 50μ 秒以上²）にわたって保存されうる。 $m_S=0$ の状態と $m_S=\pm 1$ の状態とのエネルギー差は、約 12μ eV である。3 ギガヘルツのマイクロ波周波数の光子は、まさにこのエネルギーをもっているため、この光を使って NV^- 中心のスピン状態を操作することが可能である。スピン状態の「読み出し」には、もっと高いエネルギー状態への遷移を利用する。すなわち、ダイヤモンドにレーザーを照射して遷移を誘発し、緩和により NV^- 中心が低いエネルギーレベルへ戻ってくるときに放出する光から、そのスピン状態を知るのである。この過程は光ルミネッセンスとよばれている³。

コヒーレンス時間が長く、外部から精確に制御できる NV^- スピンは、実用的なキュービットに求められる性質の多くを備えているため、量子コンピューティングの分野でさかんに研究されている⁴。しかし、 NV^- を利用した量子コンピューティングが実現するまでには、多くの障害を乗り越えなければならない。おそらく最も困難なのは、この系を拡張して多キュービット系を構築することである。

Hanson らは、この問題の解決に向かって大きく前進した¹。彼らは NV^- 中心と、空孔と結合していない窒素中心 N (NV^- に余分な電子を供与した窒素欠陥とは異なるもの) とのカップリングを実証した。この「N 中心」にもスピンがあるが、磁気量子数は異なり、 $m_S = \pm 1/2$ である。磁場をかけると、 NV^- スピン

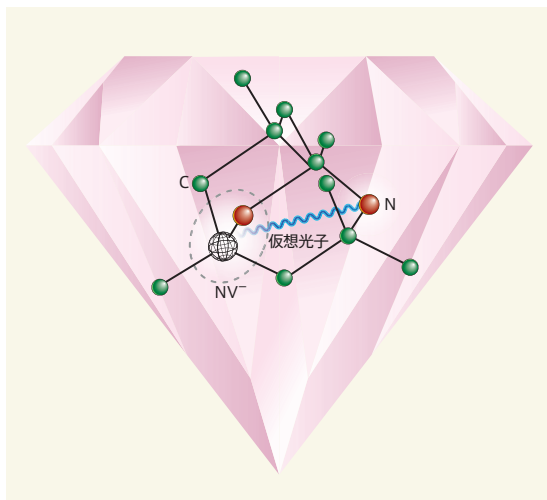


図1：欠陥どうしのカップリング。Hansonらは実験で、ダイヤモンドを構成する炭素原子の格子にできる窒素（N）欠陥と、その近傍にある窒素-空孔（NV⁻）欠陥とのカップリングについて調べた¹。磁場を利用して欠陥のスピン状態のエネルギーを調整すると、欠陥どうしを共鳴させることができる。このとき、いわゆる「仮想光子」を介して、エネルギーと偏極の交換が起こる。このような相互作用は、NV⁻欠陥の光学的制御を利用して窒素欠陥のスピンを制御することを可能にするものであり、これらを組み合わせてできる系は、量子コンピューティングのための2キュービット構造として有望視されている。

とNスピンのエネルギーレベルの構造はいずれも変化する（ゼーマン効果）。ある強さの磁場をかけると、2つの欠陥のスピンレベルの間のエネルギーギャップが同じになる。NV⁻とNとの間に相互作用がある場合、この「共鳴」が、いわゆる「仮想光子」を介したエネルギーと偏極の交換を可能にする（図1）。その結果、NV⁻は光を放出するのに適した量子状態ではなくなるため、光ルミネッセンスシグナルが小さくなる。Hansonらが観察したのは、この効果だった¹。

著者らは次に、マイクロ波場をNV⁻欠陥と共鳴させる実験を行った。ここでも、NV⁻スピンとマイクロ波場との間で偏極の交換が起きた。NV⁻がダイヤモンド格子中で孤立している場合、光ルミネッセンスシグナルは1回だけ低下するはずである。けれどもHansonらは、シグナル中に2回の低下を観察した²。これもまた、N中心との相互作用のためである。Nスピンの2つの向きをとりうることで、NV⁻中心での有効磁場に違いが生じ、それに応じて共鳴がシフトする。重要なのは、このシフトがN中心のスピン状態の読み出しを可能にすることである。それには単に、NV⁻中心の光ルミネッセンスを観察するだけでよい。この実験は、必要に応じてN中心に特異的な状態をとらせることができることも示している。

N中心は、NV⁻欠陥を含む試料にはごく一般的にみられるため、上述の相互作用は、NV⁻キュービットのコヒーレンスが失われる主な原因になっている。N中心を制御する方法は、このデコヒーレンスを許容範囲内まで小さくする手段として有望視されている。

N-NV⁻系は電子-スピン2キュービット系に相当するため、今回の実験は、NV⁻系に基づく大規模な量子コンピューターの製作に向けて重要な一歩を踏み出したものといえる。著者らは、N欠陥の鎖を介して複数のNV⁻中心を連結することができると提案する。この提案は、大胆すぎるかもしれない。多キュービットレジスタを実現するには、ある種の「測定に基づく」量子コンピューティングを利用する方法、すなわち、キュービット間に量子相関を作ってから量子アルゴリズムを実行する方法のほうがよいかもしれない⁵。ここでN-NV⁻系は、光学的操作により「ブローカー」キュービットの間に必要な量子相関を作り出し、これを「クライアント」キュービット（デコヒーレンス時間は長い、光学的遷移を起こさないもの）に移すプロトコルとして理想的である⁶。この方法がうまくいけば、量子コンピューティングには真にバラ色の未来が待っているといえるだろう。

Pieter Kok and Brendon W. Lovett, オックスフォード大学 (英)

1. Hanson, R., Mendoza, F.M., Epstein, R.J. & Awschalom, D.D. *Phys. Rev. Lett.* **97**, 087601 (2006).
2. Kennedy, T.A., Colton, J.S., Butler, J.E., Linares, R.C. & Doering, P.J. *Appl. Phys. Lett.* **83**, 4190 (2003).
3. Jelezko, F., Gaebel, T., Popa, I., Gruber, A. & Wrachtrup, J. *Phys. Rev. Lett.* **92**, 076401 (2004).
4. Santori, C. *et al.*, preprint available at www.arxiv.org/quant-ph/0607147 (2006).
5. Rausserdorf, R. & Briegel, H.J. *Phys. Rev. Lett.* **86**, 5188 (2001).
6. Benjamin, S.C., Browne, D.E., Fitzsimons, J. & Morton, J.J.L. *New J. Phys.* **8**, 141 (2006).

128億8000万光年、最も遠い銀河の世界記録を更新

家 正則

すばる望遠鏡^{*1}を用いて、国立天文台の家正則教授率いる観測チームがこれまでで最も遠い銀河の観測に成功した。「IOK-1」と名づけられた銀河の地球からの距離は128億8000万光年で、それまでの記録を6000万光年更新。宇宙進化の解明を前進させるこの成果はNature2006年9月14日号で発表され¹、広く世界中に報道された。家教授に、発見の経緯やその意義、今後の展望などについて話を聞いた。

最遠の銀河の観測記録を次々と塗りかえる「すばる望遠鏡」

Nature Digest — 今回の観測は、どのような経緯で行われたのでしょうか？

家 — 国立天文台では2000年以降、ハワイ島に建設したすばる望遠鏡を使って、遠方にある銀河にねらいを絞った観測を続けてきました。遠方銀河の観測に適したかみのけ座の一角を「すばる深探査領域」と定め、その天域を集中的に観測しています。これまでの最遠記録は地球から約128億2000万光年の距離（赤方偏移^{*}2.6）にある銀河でした²。

今回、私たちはもっと遠くの銀河を探索するために、特殊なフィルターを開発しました。それをすばる望遠鏡の主焦点カメラに取り付けて、2005年春、15時間に及ぶ撮像観測を行いました。その結果、全部で4万1533個の天体が撮影されましたが、それらをしらみつぶしに調べたところ、最も遠い銀河（赤方偏移7.0）の候補2つを発見したのです。これらについて、確認のためスペクトル観測を行った結果、明るいほうの候補が距離にして約128億8000万光年（赤方偏移6.964）にあることがわかり、IOK-1と名づけました。IOK-1は記録を6000万光年更新したことになります。もう1つの暗いほうの天体の解析も進めており、記録をさらに更新する可能性もあります。

ND — その特殊なフィルターとはどのようなものですか？

家 — 生まれて間もない銀河では、その水素原子がライマンα輝線（波長1215.6 Å）とよばれる特徴的な光を放ちます。今回、開発したフィルターは、赤方偏移7.0付近の天体が放つライマンα輝線のみを選択的に捕らえることのできるというものです。世界でも1枚しかないこのフィルターの開発には、約2年を要しました。

ND — すばる望遠鏡は遠方銀河の観測に、なぜこれほど威力を発揮するのですか？

家 — まずは、一度に満月くらいの領域を観測できるほど視野が広い主焦点カメラを持っていることが挙げられます。この視野の広さはハッブル宇宙望遠鏡の230倍に相当し、世界中の望遠鏡の中でも、これほどの視野をもつものはほかにありません。また、鏡の口径が8.2mもあるので、かすかな光でも短時間で撮影することができます。広い領域を一度に短時間で観測できるため、遠くの天体を発見できる確率が高いというわけです。現在、遠方銀河の観測において、世界での上位7位までの記録がすばる望遠鏡によるもので、まさに独壇場といえます。

宇宙史の暗黒時代の解明に一步を踏み出す

ND — そもそも、なぜこのような遠くの銀河を観測するのですか？

家 — 遠方の銀河を観測することは、より昔の宇宙の姿を見ることになります。IOK-1の場合、その光が地球に達するまで128億8000万年かかったわけですから、128億8000万年前に存在していた銀河の姿を直接見ることができるのです。宇宙は、約136億6000万年前にビッグバンとよばれる大爆発によって誕生したと考えられています。つまりIOK-1は、宇宙誕生後7億8000万年ころの初期銀河なのです。私たちは宇宙の考古学をやっているようなものです。ビッグバンで生まれた火の玉宇宙は急激に膨張し、約38万年後には3000K程度にまで冷えて陽子と電子が結合し、宇宙空間は主に中性水素原子のガスで満たされていました。その後、数億年かけて密度の濃い部分が重力収縮し、最初の星や銀河ができたと考えられていますが、まだこの時代を直接観測するこ

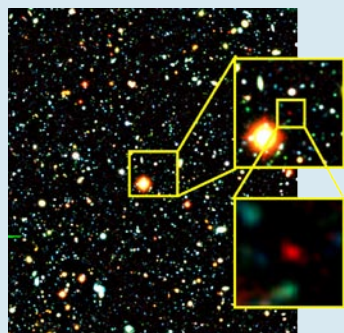


図1：すばる望遠鏡がとらえたかみのけ座の方角にあるすばる深探査領域（一部）の画像。右下拡大画像の中心にある赤い天体が、今回、観測史上最も遠い銀河となったIOK-1である。

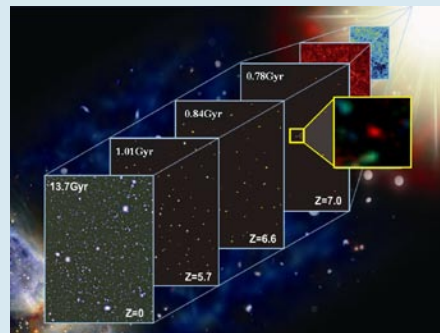
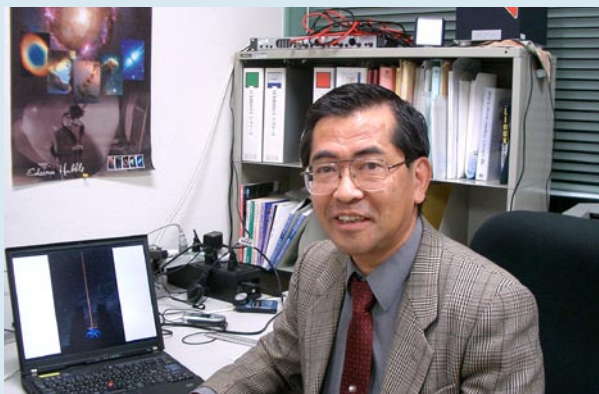


図2：宇宙誕生から現在までの宇宙進化を表すイメージ図。右上のビッグバンから順に、38万年後の宇宙背景放射のゆらぎ、数億年後の密度ゆらぎの成長、今回探査した約7億8000万年の時代（赤方偏移7.0）、これまですばる望遠鏡で探査した約8億4000万年（赤方偏移6.6）、約10億1000万年（赤方偏移5.7）の各時代と約137億年後の現代（赤方偏移0）のようす。



家正則（いえ・まさのり）／国立天文台光赤外研究部教授。理学博士。専門は銀河物理学、観測天文学。1949年、北海道生まれ。1972年、東京大学理学部天文学科卒業。1977年、同大学院理学研究科博士課程修了、同年、東京大学理学部天文学科助手。1986年、東京大学東京天文台助教授を経て、1988年に国立天文台助教授、1992年より現職。東京大学大学院理学系研究科教授、総合研究大学院大学物理科学研究科教授も併任。

すばる望遠鏡の構想・建設、冷却 CCD カメラ開発、微光天体分光撮像装置の製作を行ってきた。現在は、レーザーガイド補償光学系の開発を行いつつ、次世代の超大型望遠鏡の実現に向けて活動中。銀河の渦巻構造の理論、補償光学による銀河の観測、アンドロメダ銀河の進化史、キューザーの分光観測、最遠銀河の探査観測など、さまざまなテーマについて大学院生と取り組んでいる。

ホームページは <http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~iye>

とができないため、宇宙誕生後 38 万年から 9 億年までの間は「宇宙史の暗黒時代」とよばれてきました。

ND — その暗黒時代について、もっと詳しいことを知りたいということですね？

家 — そうです。現在の宇宙空間には中性水素原子はほとんど存在していません。理論的な研究からすると、最初の銀河が生まれ、その中で明るい星々が輝き出すと、星の紫外線で周辺の宇宙空間が再び暖められ、中性水素原子は電離されるようになります。この現象を「宇宙の再電離」とよんでいます。それがいつ始まりいつ終わったのかはまだ確かめられていないのです。宇宙背景放射のゆらぎ^{*3}の観測からは、赤方偏移が 14（宇宙誕生後 3 億年）の時代に始まり、遅くとも 6（宇宙誕生後 9 億 5000 万年）の時代には終わったのではないかと考えられています。中性水素原子のガスで満たされた初期宇宙では、銀河からの光（ライマンα輝線）は吸収されて観測しにくいのですが、電離が進むと光を通すようになるため観測しやすくなります。今回の IOK-1 の発見により、7.0（7 億 8000 万年）の時代に確実に銀河が生まれていたことが証明されたわけですが、同時に私たちは、宇宙の再電離が完了していない時代を見始めたのではないかと考えています。

ND — それはどういうことでしょうか？

家 — 以前、同じ領域で観測した赤方偏移 6.6（宇宙誕生後 8 億 4000 万年）の時代の研究結果から推定すると、7.0 の時代では 6 個くらいの銀河を確認できると考えていました。しかし実際には、1 個（解析中のものを含めると 2 個）しか確認できませんでした。ということは、この 6000 万年の間に宇宙のようすが変わった可能性があるのです。つまり、7.0 の時代には宇宙の再電離は完了していなかったけれども、その後、急激に再電離が進み、6.6 の時代にはほぼ完了して、光が通りやすい環境になったのかもしれません。一方で、7.0 の時代の銀河数が予想よりも少なかったのは、7.0 の時代は銀河がまだ成長過程にあり、観測できるほど十分に明るい大型の銀河自体の数が少なかったからとも考えられます。いずれにせよ、そのような昔の時代まで踏み込んだことが大きな成果といえます。

すばる望遠鏡の視力を 10 倍にするレーザーガイド補償光学系

ND — 今後の計画をお聞かせください。

家 — 現在、もっと遠くの赤方偏移 7.3（宇宙誕生後 7 億 4000 万年）の天体を観測するための新しいフィルターを開発しています。さらにその奥となると、視野の狭い赤外線カメラによる観測となるためなかなかむずかしいのですが、うまくいけばより昔の時代までを見ることができるようになるかもしれません。

また並行して、大気ゆらぎによる星像のぼやけを補正するレーザーガイド補償光学系³も開発中です。これは、すばる望遠鏡の上空約 100 km のナトリウム層にレーザーを打ち、ナトリウムを励起させて光らせることにより、人工星を発生させるというものです。人工星の光を測ると、それをもとにして大気ゆらぎがわかるため補正することができ、これまでより 10 倍もシャープな天体撮影が可能になります。今回は赤いシミのようにしか見えなかった IOK-1 も、この補償光学装置を使えばその構造がよりはっきりし、さらに多くの情報をもたらしてくれるでしょう。

ND — ありがとうございます。

聞き手は北原逸美（NatureDigest のエディター）。

* 1 すばる望遠鏡

国立天文台がハワイ島マウナケア山頂（標高 4200 m）に建設した光学赤外線望遠鏡で、2000 年から本格稼働を始めた。単一鏡としては世界最大の口径 8.2m をもち、天体からの微弱な光をも集めることができる。すばる望遠鏡を擁する国立天文台ハワイ観測所は、日本が初めて外国に作った国立研究所であり、2004 年 10 月からは一般見学者にも公開されている。

* 2 赤方偏移

宇宙は膨張しているため、遠方の天体ほど高速で遠ざかっている。遠ざかる天体からの光が、ドップラー効果で波長が長く（赤く）なる現象をいう。赤方偏移は記号 z で示される。赤方偏移の値を距離に換算する場合、用いる宇宙モデルによって値が異なる。ここでは、最近の標準的宇宙モデルを採用している。

* 3 宇宙背景放射のゆらぎ

宇宙背景放射は、宇宙が生まれた大爆発ビッグバンから約 38 万年後に放出された光の名残で、宇宙のあらゆる方向から届く。ただし、その分布は一様ではなく、密度のわずかなゆらぎがある。このゆらぎが銀河などを生み出すものになったと考えられている。

1. Iye, M. et al, *Nature*, **443**, 186-188 (2006)

2. Taniguchi, Y. et al, *Publ. Astronomical Society of Japan*, **57**, 165-182 (2005)

3. http://subarutelescope.org/Pressrelease/j_index_2006.html#061120

石油などの化石燃料に代わるエネルギー源が世界規模で求められています。「地球環境にやさしい」「再生可能な」エネルギー源であることが重視されるなか、木材や畜産廃棄物などの生物由来の資源（バイオマス）に注目が集まるようになりました。

ここでは、バイオマスの利点や課題などを概説した *Nature* 2006 年 12 月 7 日号の論説記事を読んでみましょう。より詳しい事例は、同じ号の Business Feature で読むことができます。

Editorial

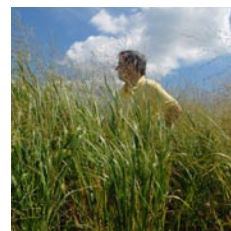
語数：613 words 分野：環境・エネルギー

Nature 444, 654 | doi:10.1038/444654a; Published online 6 December 2006

Green shoots of growth

<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7120/full/444654a.html>

Energy from **biomass** is an idea whose time has returned.



1. Until the twentieth century, biomass was humanity's principal source of energy, heating our stoves and feeding our draught animals. Even today, roughly 10% of all our energy comes from biomass — far more than from any other renewable energy source or, for that matter, from nuclear fission.
2. But this use of biomass for energy supply is accompanied by many challenges. For one thing, it is often not all that renewable — the biomass sources that provide firewood to the world's poor, for example, are not being replanted. For another, it is very inefficient: gathering firewood takes a long time. The history of the past couple of centuries has been in large part one of people moving away from biomass as soon as they can afford to do so.
3. Three recent developments have spurred renewed interest in biomass, however. One is the need to reduce greenhouse-gas emissions. The requirement for other external energy inputs during biomass processing means that it often involves some net carbon emissions — but the amount of carbon dioxide given off by burning biomass is the same as that taken from the atmosphere by photosynthesis in the first place. If biomass projects could sequester carbon, either by enriching the soil beneath plantations or by storing any carbon dioxide produced in combustion, they could even be carbon negative — a unique selling point for this energy source.
4. The other two developments are the upward movement in the prices of oil and natural gas, and the related revival of concerns about the security of their supply. Most nations are seeking home-based energy sources that do not rely on political stability in the Middle East or Russia.
5. It seems unlikely that these factors will provide sufficient impetus to propel biomass energy to the very front rank of possible alternatives to fossil fuels. But biomass clearly has a potential role as part of a portfolio of energy sources for the twenty-first century.
6. If that role is to be fulfilled, two things need to happen. Nations have to build regulatory mechanisms that recognize the carbon benefits of technologies such as biomass — through emissions pricing, a carbon tax or a combination of the two. And intensive research needs to be conducted into both the efficient production of biomass and its conversion into useable energy.
7. One focal point for such research should be finding ways to grow biomass quickly and in an easily processed form while minimizing external inputs, such as fertilizer and pesticides. Another is the systems engineering of farms and ecosystems, finding ways to fit biomass projects into and around present land use and possible changes in farming practice.
8. A major attraction of biomass is that it is likely to benefit poorer countries, which tend to be in

tropical regions where plants grow quickly. There is plenty of **scope** for more collaboration between developing countries on biomass research and development, both to meet local needs and for export.

9. But this requires consideration of the local and global ecological impact of biomass expansion. Vast tropical **monocultures** eating away at primary forests — as **exemplified by** the production of palm oil in Indonesia — will benefit no one, except those who profit from selling the fuel. In effect, such approaches take green subsidies from richer countries, and use them to **despoil** the tropics.
10. Similar problems **afflict** existing biomass programmes in the United States, where **ethanol refineries** often burn fossil fuel and are reliant on subsidized corn monoculture. More innovative approaches would include firing the refineries with agricultural waste, and feeding them with plants of many different species. Biomass energy should be developed energetically, but within the context of appropriate environmental policies, and using approaches that are both **sustainable** and **cost-effective**.

Topics biomass (バイオマス) とは？

もともとは生態学で使われていた言葉で、「特定地域に生息する生物の総量、現存量」を意味する。そこから転じて、石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料資源ではない、「原料や燃料として利用できる生物起源の産業資源」を指すようになった。バイオマスには例えば、木材や乾燥草本、畜産廃棄物、下水汚泥、水草などがある。バイオマスは、地球規模で大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えない（カーボンニュートラルである）ことと、再生可能であることが大きな特徴である。1990年代以降、地球温暖化対策や循環型社会の構築などの観点から注目を集めるようになり、スウェーデンは木質バイオマスの利用に取り組んでいる。日本では、2002年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、地域の特性や実状に応じたバイオマス利用についての取り組みや情報の共有化が推進されている。バイオマスは分散しているため、効率よくエネルギー化するためにはまだ課題が残る。

Science key words

3. **greenhouse-gas emissions** : 「温室効果ガス排出量」
greenhouse gas (温室効果ガス) とは、水蒸気や対流圏オゾン、二酸化炭素、メタンなどの地表から放射された赤外線の一部吸収することにより、温室効果（大気圏の気温上昇）をもたらす気体のこと。
3. **photosynthesis** : 「光合成」
3. **combustion** : 「燃焼、有機物の酸化」
3. **carbon negative** : 「炭素収支マイナス」
植物由来の燃料を燃やしたときに放出される二酸化炭素の量が、元来その植物が光合成によって大気中から取り込んだ量よりも少ないこと。
7. **ecosystems** : 「生態系」
特定の区域に存在する生物とその非生物的環境をまとめた系。

Words and phrases

リード **whose time has returned** : 「再び認められるようになった〜」

1. **draught animals** : 「けん引用の動物」
draught は米語では draft とつづられる。
1. **for that matter** : 「それについてさらにいえば」
通常、文章の中で or か and の後に挿入される。
2. **For one thing ..., For another ...** : このように 2 つの表現が対になって使われている場合は、それぞれ「第 1 に」「第 2 に」などと訳す。
3. **spurred** : 「拍車をかけた」「弾みをつけた」
3. **net carbon emissions** : 「炭素排出量の純量」
net は「正味」「純量」の意味で、反意語は gross。
3. **sequester** : 「隔離する」「封鎖する」
5. **impetus** : 「〜を推し進める力」「〜を行う勢い」
5. **propel** : 「〜を推進する」

6. **emissions pricing** : 「排出量価格（制度）」
6. **carbon tax** : 「炭素税」
8. **scope** : 「余地」「自由」
9. **monocultures** : 「モノカルチャー、農作物の単一栽培（一種類の作物だけを栽培すること）」
9. **exemplified by ...** : 「〜によって例証される」
9. **despoil** : 「略奪する、収奪する」
接頭辞 de-（分離する）と spoil（もともとの意味である「奪う」）を組み合わせた単語。
10. **afflict** : 「苦しめる、悩ます」
10. **ethanol refineries** : 「エタノール精製工場」
10. **sustainable** : 「持続可能な」
活動が将来にわたって継続が可能かどうかを示す概念で、環境問題でよく使用される。エネルギー問題に関していえば、石油などの化石燃料は unsustainable であるといえる。
10. **cost-effective** : 「費用対効果大きい」「経済性に優れた」

Editorial

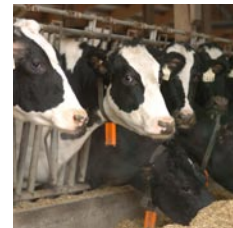
参考訳

Nature 444, 654 | doi:10.1038/444654a; Published online 6 December 2006

若い芽を大事に育てて地球環境を守ろう

<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7120/full/444654a.html>

エネルギー源としてのバイオマスが再び注目を集めている。



1. バイオマスは、20 世紀まで人間の主要なエネルギー源で、ストーブやかまどの燃料となり、荷車を引き、畑を耕す家畜の餌にもなった。今日でもエネルギー全体の約 10% がバイオマスに由来している。ほかの再生可能エネルギー源、具体的には核分裂エネルギーよりもはるかに大きなシェアを占めるエネルギー源なのである。
2. しかし、バイオマスをエネルギー源として利用することには多くの問題点がある。第 1 に、バイオマスはそれほど再生可能でないことが多い。例えば、世界の貧困層が薪を得ているバイオマス源では植林が行われていない。第 2 に、効率が非常に悪い。薪を集めるには長い時間がかかるのだ。ほとんどの人間は所得が増えればバイオマスから離れていくというのが、過去数世紀の人間の歴史だった。
3. それにもかかわらず、最近になって、バイオマスが再び関心を集めている。それに拍車をかけている事情が 3 つある。第 1 に、温室効果ガス排出量を減らす必要が生じていることである。バイオマスを加工する際には、外部から別のエネルギーを投入する必要があるが、そのために炭素の純排出量がいくらか生じることが多い。しかし、バイオマスの燃焼によって発生する二酸化炭素の量は、バイオマスが光合成によって大気中から吸収した二酸化炭素の量と同じである。もしバイオマス事業によって、農園の地中での二酸化炭素の貯留や、燃焼によって生じる二酸化炭素の貯蔵によって二酸化炭素を隔離することができれば、カーボンネガティブ（炭素収支マイナス）を実現できるかもしれない。これは、バイオマス独自のセールスポイントである。
4. バイオマスが注目される背景にある残りの 2 つの事情とは、原油と天然ガスの価格高騰傾向と、その安定供給への懸念の再燃である。ほとんどの国々は、中東やロシアの政情に左右されない国内のエネルギー源を求めている。
5. これらの要因だけでは、バイオマスエネルギーが化石燃料の代替エネルギーの有力な候補の座になるだけの力があるとは思えない。それでもバイオマスには、21 世紀の一連のエネルギー源の一角を占める潜在性があるのは明らかである。
6. バイオマスがそのような役割を果たすようになるとしたら、2 つのことを実現する必要がある。まず世界各国が、バイオマスのような技術が炭素排出にもたらす恩恵を前提とした規制メカニズムを構築する必要がある。その手段としては、排出量価格制度や炭素税、あるいはその 2 つの組み合わせが考えられる。そして、バイオマスの効率的な生産とその利用可能エネルギーへの転換に関する徹底した研究が行われる必要がある。
7. そのような研究において 1 つの重点となるべきなのが、肥料や農薬など外部からの投入を最小限に抑えつつ、容易に加工しうる形態のバイオマスを急速に栽培する方法を見つけることである。もう 1 つは、農場と生態系のシステムエンジニアリング研究で、現在の土地利用にバイオマスプロジェクトを組み入れ、農業の変革にバイオマスを生かす方法を発見することである。
8. バイオマスの大きな利点は、植物の成長が旺盛な熱帯地方に点在する貧困国が恩恵を受ける可能性が高いことである。バイオマスの研究開発において開発途上国間の協力関係を強化して、地元のニーズに対応し、輸出品としても利用する余地は十分にある。
9. しかしそのためには、バイオマスの生産拡大によって、栽培地域と全世界にどのような生態学的影響が及ぶのかを検討する必要がある。インドネシアでのパーム油生産にみられるように、熱帯のモノカルチャーが原生林を食いつぶしていくということでは、パーム油の取引で利益を得る者以外は誰も恩恵を受けないということになってしまう。これでは、富裕国から環境保護助成金を奪い取り、それを熱帯地域からの収奪に使うだけで終わってしまうのだ。
10. 現在米国で実施されているバイオマス事業にも同じような問題点がある。多くのエタノール精製工場では化石燃料を使い、政府から助成されたトウモロコシのモノカルチャーに依存しているのである。より革新的な手法は、精製工場で農業廃棄物を燃料とし、さまざまな種類の植物バイオマスを投入することである。バイオマスエネルギーの開発は精力的に行われるべきだが、適切な環境政策に組み込まれ、持続可能でコスト効率のよい方法を使うべきなのである。



nature|methods を 購読してみませんか？

60,000人*を超える研究者が、

毎月Nature Methodsを読んで、

最も重要で新しい方法やテクニックを学んでいます

数々の賞**を受けているNature Methodsは、

生命科学やそれに関連する化学の分野における

数々の新テクニックをカバーした

質の高い一次研究論文の多様性に富んだセレクションを

科学界に向けて発信しています。

料金表

個人	
1年	12,600円
2年	22,680円
口座引落(月々)	1,250円

*BPA監査数値(2005年6月)による

**『Excellence in Professional and Scholarly Publishing Award 2006』受賞、
『Circulation Excellence Awards 2005』最優秀B-to-B創刊部門金賞受賞

本誌の領域の具体例：

- 組換えDNA・タンパク質技術
- 核酸、タンパク質、化合物のライブラリやアレイの構築とスクリーニング
- ゲノミクス・プロテオミクスのテクニック
- 生体分子の標識、精製、検出
- 生体分子の構造と機能の解析方法
- 遺伝子発現の解析・操作テクニック
- 細胞の単離・培養方法
- イメージングとプロービングのテクニック



日本語で読む **nature**

nature DIGEST は、 ご好評につき、 刊行4年目に入りました!

月刊でお届けする『Nature Digest』は、Nature を日本の皆さまにより身近に親しんでいただけるよう日本語で編集した科学雑誌です。英国本社で作成されたNature本誌やNature オンラインニュースに掲載されている最新の科学ニュースや科学論説などの記事はもとより、日本オリジナルの企画編集記事も加え、充実した1冊となっています。

日本オリジナル記事

① Japan News Feature

鳥インフルエンザや地震、宇宙開発、幹細胞、プリオンなど、日本のさまざまな科学ニュースを独自取材し、わかりやすく紹介します。

② Japanese Author

Natureに論文を発表した日本人研究者にインタビュー。研究者をめざす人への有意義なメッセージをお伝えします。

③ 英語でNature

Natureの記事を英語で読むシリーズ。単語やフレーズの解説に加えて、どのように読んだらいいか、読解のポイントも紹介。科学英語を学ぶ教材としても使用できます。

Nature Digest 定期購読は…

ジャーナルなら月々670円(年間購読7,980円/1年)、オンラインのみの購読なら、月々550円(年間購読6,000円/1年・10,800円/2年)と、大変お求めやすい価格でご購読いただけます。

Nature Digest 購読はこちらから

www.naturejpn.com/digest-f07