日本語で読む世界の最新科学ニュース

nature ダイジェスト

04
2011

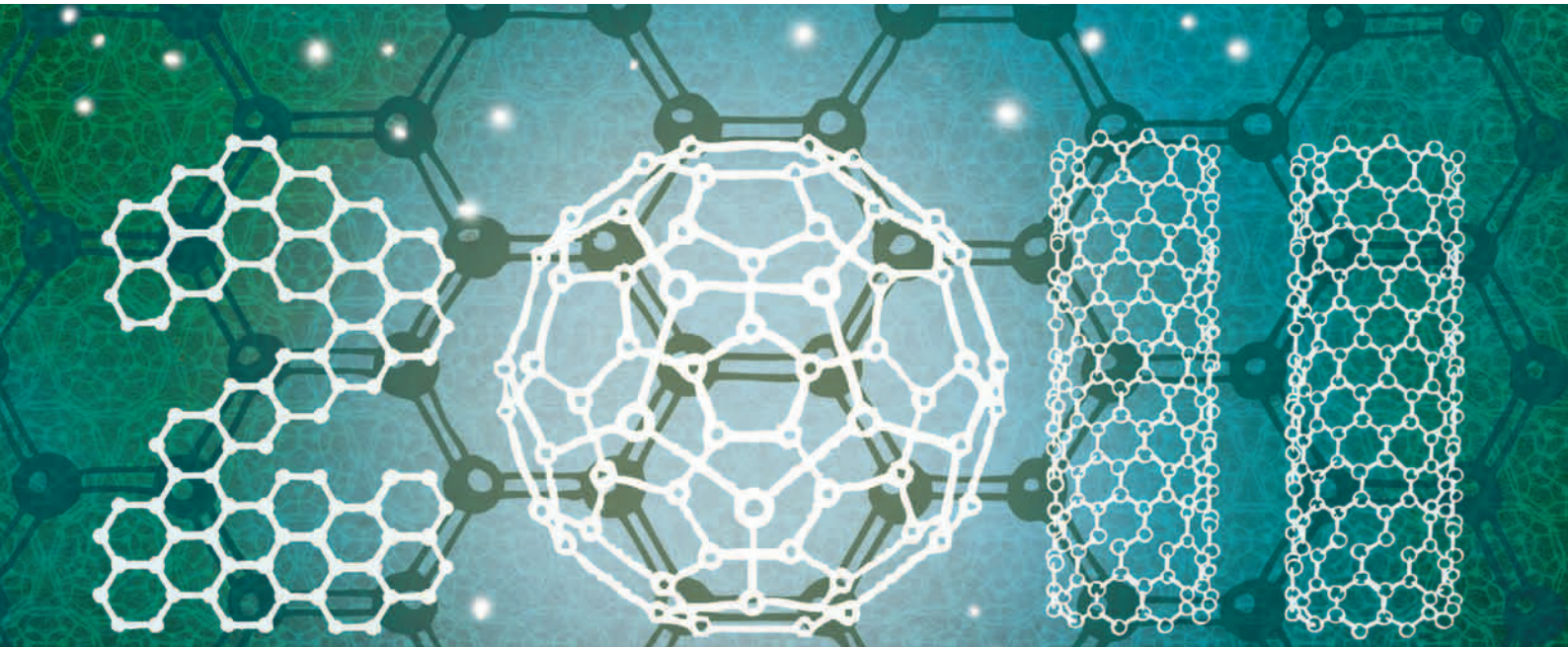
iPS 細胞に問題あり？

ルーシーは二足歩行していた

グラフェン応用の課題

農業は粘菌から

明日の化学──世界化学年



ツイッターで論文が
評価される時代になったのか

近赤外分光法で
精神疾患の診断は可能か

iPS 細胞で
心臓薬のスクリーニングへ

SEX と攻撃性は
脳内で絡み合っている

天然痘ウイルスを維持せよ

マウスでアルツハイマー病が
劇的に改善

定価 680 円

Nagasaki University, Japan

Position Open for Tenure Track Assistant Professor

Nagasaki University, Japan invites applications for a tenure track assistant professor position.

An assistant professor recruited by this program shall be expected to participate in the following major research project designed by the University. During the project, the assistant professor will be able to work toward his/her independent research supported by research space, facilities, funding, and a respectable salary.

At the end of the determined research period, the University will evaluate the achievements of the assistant professor. If the performance is deemed excellent, he/she will be promoted to associate professor or assistant professor (indefinite employment). after going through a tenure track screening.

Please read the details of the project carefully as well as the recruitment information on the official website.

Major Research Project:
Materials Science for Next Generation Energy
http://www.mase.nagasaki-u.ac.jp/MSNGE/MSNGE.html

Qualifications:
Please refer to the official website for the major research project.

Research Period :
From as early as August 1, 2011 to March 31, 2016
(Starting date will be settled upon consultation.)

A successful applicant will be employed as a full-time assistant professor during the above period.
If the performance is deemed excellent at the end of the determined research period, he/she will be promoted to associate professor or assistant professor (indefinite employment), after going through a tenure track screening.

Salary and Research Fund:
Salary: Approximately JPY 7,000,000 per year
(Standard Nagasaki University employment rules and regulations will be applied.)
Research fund (Start-up expenses):
Approximately JPY 7,000,000 for the first year

Research Facilities and Equipments:
Facilities and equipments will be preferentially prepared within the major research project.

Deadline for the Application:
Application forms must reach Nagasaki University by Saturday, *April 30, 2011.*
Applications missing the deadline will not be accepted.

* Please refer to our official website below for requested documents, qualifications, contact information, and address for submitting application.
http://www.nagasaki-u.ac.jp/wakate/index_e.html

NEW FROM NATURE PUBLISHING GROUP:

2011年夏 創刊！

Scientific Reports は、自然科学（生物学、化学、物理学、地球科学）の
あらゆる領域を対象とした一次研究論文を扱う、
オープンアクセスの電子ジャーナルです。
本誌は、自然科学の特定分野の専門家が関心を持つような
研究論文を迅速に査読して出版できる環境を備え、
掲載論文への障壁なきアクセスを実現することを目的としています。

***Scientific Reports*では、論文を募集しています。**
ぜひ、ご投稿ください。

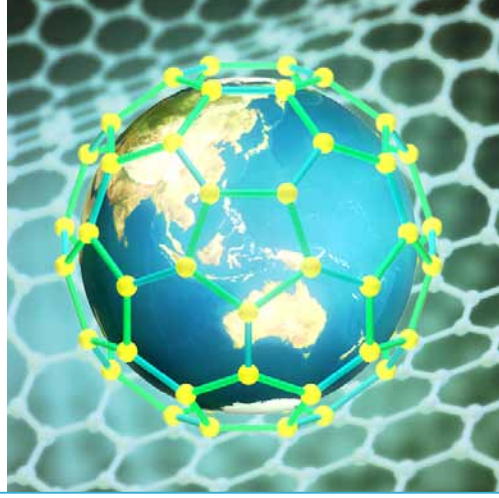
www.naturejpn.com/srep

npg nature asia-pacific

nature ダイジェスト

04
2011

2011 年 3 月 25 日発行
© 2011 年　NPG Nature Asia-Pacific
掲載記事の無断転載を禁じます。
www.nature.com/naturedigest



明日の化学 ― 世界化学年 2011　08

COVER IMAGE: S. J. COLEMAN

世界化学年に当たり、今後の化学研究と尊敬すべき化学者について、現代を代表する化学者 10 人が語る。

NATURE NEWS

02 セックスと暴力は脳内でリンク

03 最古の銀河は独りぼっち？

05 この骨は歩くために作られた

06 農業の始まりは粘菌から

07 記憶を強化するタンパク質ホルモン

19 南極のニュートリノ観測所が完成

20 トップモデルになった細胞

NEWS & VIEWS

28 失われた記憶を取り戻せるか

30 絶縁体が、割るだけで導電性に！

EDITORIAL

32 「世界化学年」を迎えて

33 天然痘ウイルス株の保存は継続すべきだ

JAPANESE AUTHOR

26 がん細胞を自滅させるスイッチ ―― 井上 丹

HIGHLIGHTS

34 2011 年 2/3 ～ 2/24 号

英語で Nature

38 FDA 承認へあと一歩のアルツハイマー病診断用造影剤

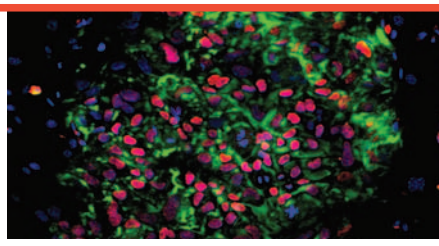
16　心を光で診断する

日本では、近赤外線イメージング技術によって、精神疾患を診断しようしている。しかし、臨床応用には、時期尚早という意見もある。

Y. AOYAMA

22 iPS 細胞に問題あり？

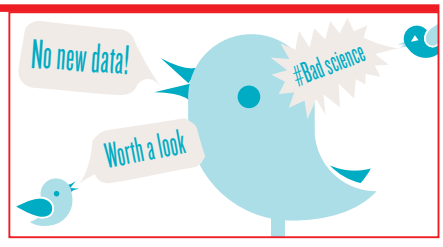
iPS 細胞は、倫理的問題を回避できる再生医療の切り札として非常に注目を集めているが、ここにきて、分化前の胚とは同じでないという結果が発表された。



K. PLATH/UCLA

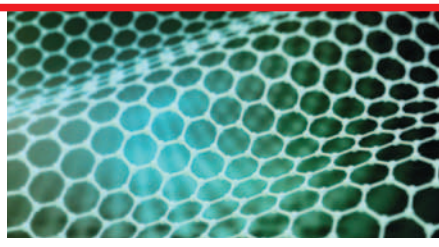
23　Twitter による審判

発表論文が、わずか数日で、ネット上で批判されるようになってきている。研究者はこうした新しい動きにどう対応すべきなのか。



12　フラーレン、ナノチューブ、グラフェン

新炭素素材の優れた特性は、産業にとって魅力的であるが、商品化は遅々として進んでいない。今後の研究を期待したい。



©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

セックスと暴力は脳内でリンク

Sex and violence linked in the brain

Ewen Callaway　2011年2月9日　オンライン掲載
www.nature.com/news/2011/110209/full/news.2011.82.html

マウスの視床下部の奥深くに存在するニューロン群は、
出会った相手と戦うか、それとも交尾するかの判断にかかわっている。

マウスの暴力行動にかかわる中枢を探して、交尾と関連する脳領域内のニューロン群に行き着いた。

マウスではセックスと暴力に関するニューロンが脳内で絡み合っていることが、カリフォルニア工科大学（米国パサデナ）の David Anderson らにより明らかにされた。雄マウスでは、出会った仲間と戦うか、それとも交尾するかを、脳の深部にある小さな細胞集団が判断していることがわかったのだ。こうした回路は、ヒトの脳にもあると考えていいだろう。

Nature 2011年2月10日号に報告されたこの研究[1]では、雄マウスで問題のニューロンの活動を抑制したところ、本来なら攻撃を仕掛けるはずの、縄張りに侵入した雄マウスを無視してしまった。反対にこれらのニューロンを刺激して活性化させると、雄マウスは無生物の物体に対しても猛烈な攻撃を仕掛け、本来なら求愛行動をとるべき雌にすら攻撃行動をとった。

これらのニューロンは、視床下部にある暴力行動との関連が知られている領域内に存在する。ネコやラットでは、その領域付近に電気刺激を与えると行動が凶暴になる。しかし、数十年前に行われた神経生理学実験では、刺激される脳領域の範囲が広すぎて、暴力に特異的な脳回路を特定するには至らず、ましてや、攻撃性に関与する個々のニューロンの特定などは不可能だった。

近年になって、特定遺伝子を欠損させた遺伝子操作マウスの中に、正常なマウスよりも攻撃性の強いものが見つかった。「こうした攻撃性の強いマウスの脳のどの部分が異常になっているのかは、よくわかっていません。そのため、異常な攻撃行動が何を意味しているのかが、なかなか理解できずにいます」と、論文の第一著者で、現在ニューヨーク大学（米国）に所属する Dayu Lin は話す。

攻撃でも交尾でも活性化

マウスでは、ネコやラットと違って、ただ雄の視床下部を電気刺激してもより好戦的にはならない。そこで、どの領域が暴力行動に関係しているのかを解明するため、研究チームはまず、雄マウスの縄張りに、雄・雄または雄・雌などの順番でほかのマウスを連続して侵入させた。続いて、最近活性化したニューロンを識別できる蛍光タグで脳細胞を標識して、侵入個体との出会いで活性化された雄マウスの脳領域を調べた。すると、意外なことがわかった。攻撃の最中には視床下部腹内側核（VMH）の腹外側域内のニューロン群が活性化していたが、交尾の最中にも同じ領域が活性化していたのである。

研究チームはこの結果に当惑し、今度は、この領域内にある個々のニューロンの活動を計測できるように雄マウスの脳内に電極を植え込み、マウスが攻撃または交尾をしているときに何が起こっているかを観察した。すると、大半のニューロンは交尾と暴力的攻撃のどちらか一方に特異的にかかわっていたが、一部のニューロンは、一見相反する2つの行動のどちらの最中でも発火（活性化）していた。

研究チームは次に、光遺伝学と呼ばれる技術を用いた。この領域のニューロンを、細胞を青色光に反応させる遺伝子を組み込んだウイルスに感染させ、さらにマウスの脳に光ファイバーを埋め込んで、遺伝子が組み込まれたニューロンを必要に応じて発火できるようにしたのである。

この方法でニューロンを発火させたところ、雄マウスはほかの侵入マウスをすぐさま攻撃した。興味深いことに、攻撃中枢にあるニューロンを活性化すると、通常では無視する去勢した雄や麻酔をかけられ動かない個体、膨らませた実験用手袋に対してまでも暴力的攻撃が引き起こされた。しかしながら雌に対しては、確かに攻撃行動が見られたが、程度があった。雄が雌に初めて出会ったときに問題のニューロンを活性化すると雄は攻撃行動を示すのだが、すでに交尾行動に入っている雄のニューロンを活性化しても攻撃行動は起こされなかったのだ。「自分の世界に入ってしまっているような、聞く耳持たずの状態です」と Lin は説明する。しかし、交尾後に活性化すると、雌に対してすぐに攻撃を仕掛けた。（脚註 URL 参照。）

一方、攻撃中枢の活動を停止させると、雄マウスの暴力衝動に従った行動も止まった。また、これらの細胞で攻撃行動を抑制するような遺伝子を発現したマウスは、雄の侵入マウスを攻撃しなかったが、性的欲求は保たれていた。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

AF ARCHIVE/ALAMY

絡み合う 2 つの回路

今回の結果は、セックスに関与するニューロンと暴力に関与するニューロンは別個ではあるが、脳内で巧妙に絡み合っていることを示唆している。このことは侵入者が雄か雌かによって適宜対応するのに役立っているのではないかと、Lin と Anderson は考えている。セックスによって活性化されるニューロンは、見知らぬ雌に対する激しい攻撃衝動を抑制しているのだろう。

「侵入してきた雄からは自分の縄張りを守り、侵入してきた雌とは交尾する必要があります。言ってみれば、脳の回路にそれが組み込まれているのです」と、ハーバード大学医学系大学院（米国マサチューセッツ州ボストン）の神経科学者 Clifford Saper は話す。「これは、動物が自分の縄張りを守り、子を養うのに十分な場所を確保するための術なのです」。

サンパウロ大学（ブラジル）の神経科学者 Newton Canteras は、これと同じ脳回路はおそらくヒトにも存在しているだろうと話す。脳深部の電気刺激研究で、VMH がパニック発作などの防御行動とも関連していることが明らかになっており、この領域がヒトでも攻撃性にかかわっている可能性が高いと彼は言う。Anderson も「これがヒトにも当てはまると考えるに足る十分な根拠はあると思います」と話す。視床下部は脳の中で最も起源の古い構造の 1 つであり、サルでも攻撃性に関連することがわかっているからだ。

Anderson によれば、この脳内経路はおそらく、一部の暴力的な性犯罪者で機能異常を来たしているのではないかという。「もしかすると、そうした人々では、これらの脳回路に何らかの誤配線があって、そのため暴力の信号伝達とセックスの信号伝達が互いに適切に分離されていないのかもしれません」。■

（翻訳：船田晶子）

1. Lin, D. *et al. Nature* **470**, 221-226 (2011).

参考ビデオ：http://nature.asia/nd1104_mouse

最古の銀河は独りぼっち？

Oldest galaxy is lone ranger

Adam Mann　2011 年 1 月 26 日　オンライン掲載

www.nature.com/news/2011/110126/full/news.2011.47.html

これまでで最も遠い銀河が発見された。この銀河は単独で存在しており、初期宇宙の天体は予想よりも少ない可能性が出てきた。

ハッブル宇宙望遠鏡を使って、これまでに見つかった中で最も遠い（古い）天体とみられる銀河が発見された。地球から 132 億光年の所にあるこの銀河は単独で存在しており、初期宇宙の天体はこれまで考えられていたよりもずっと少なかったことを示唆している。

この銀河は、ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールド（ハッブル超深宇宙探査）の中で見つかった。ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドは、ハッブル宇宙望遠鏡が赤外線を使って撮影した「ろ座」の一領域で、現在までに撮影された中で最も光が弱く、最も遠い天体群が映っている。*Nature* 2011 年 1 月 27 日号に掲載された今回の論文の筆頭著者で、現在はライデン大学（オランダ）に所属する Rychard Bouwens は、「今回の発見は、ハッブル宇宙望遠鏡の観測データを限界まで使って得られたものです」と話す[1]。

Bouwens らは、この銀河までの距離を「赤方偏移」により決定した。宇宙は膨張していて天体はだんだん離れて行くため、遠い天体ほど古く、遠方の光源からやって来た光の波長は光のドップラー効果により長く引き伸ばされ、スペクトルの赤い方へずれて見える。そして、遠く離れるほど天体は速いスピードで後退するので、光の波長はより大きく引き伸ばされる。

Bouwens らは、光がスペクトルの可視域から外れ、赤外部へ入るほど赤方偏移した天体を探し、赤方偏移値が 10 の銀河を 1 つ発見した（これまで最も遠い銀河の赤方偏移値は 8.56 だった）。この原始の銀河はあまりに遠く、その光はハッブル宇宙望遠鏡が観測できる最長の赤外波長でのみ検出できる。

この銀河から、宇宙の初期の時代、ビッグバンから約 4 億 8000 万年後（約 132 億年前）のようすをうかがうことができる。「この年代はハッブル宇宙望遠鏡の

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

観測限界ですが、いくつかの理論モデルでは、ハッブルの観測により、1 個ではなく複数の銀河が見つかるはずだと考えられていました」と Bouwens は話す。

この時代に銀河がほとんどないことは、ビッグバンから約 6 億 5000 万年後の時期とは対照的だ。Bouwens らはその時期の銀河を約 60 個見つけている。

今回の結果は、2 億年（長い宇宙の歴史の中ではまばたきのようなわずかな時間）に満たない期間に、小さな銀河から大きな銀河が急速に形成され、星の形成速度が 10 倍に上昇したことを示している。論文の共著者で、カリフォルニア大学サンタクルーズ校（米国）の天文学者 Garth Illingworth は、「つまり、この時期にとても劇的な変化が起こったことを示しています」と話す。

宇宙の再電離

ビッグバンから約 4 億 8000 万年後の銀河がまばらなことは新たな謎を呼んだ。この辺りの時期、宇宙の中性水素（水素原子）の多くは、紫外線によって陽子と電子に電離した。「宇宙の再電離」と呼ばれるプロセスだ。「中性水素は光の多くの波長を効率的に吸収します。もしも再電離が起こらなかったら、宇宙から現在の地球に届く光はずっと限られていたでしょう」と Bouwens は話す。一方 Illingworth は、「今回の発見が正しいならば、この時代の宇宙には、再電離を起こすために必要な紫外線を十分に作り出せるほどたくさんの星はなかったことになります」と指摘する。活動銀河核（銀河の中心にあり、電磁波スペクトルの一部あるいはすべての領域で明るく輝く小領域）など、ほかの紫外線源も紫外線を出していた可能性もある。しかし Bouwens によれば、活動銀河核は超大質量ブラックホールがそのエネルギー源であり、おそらくこの時代にはまだ超体質量ブラックホールは生まれていなかったとみられるという。

食い違う結果

今回の研究には加わっていない、アリゾナ州立大学（米国テンピ）の天文学者 Rogier Windhorst は、「これはすばらしい成果だと思います。今回の発見は、ハッブル宇宙望遠鏡の後継機であり、今後打ち上げられる予定のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で、天文学者たちが何を見つけることができるのかを啓示しています」と話す。

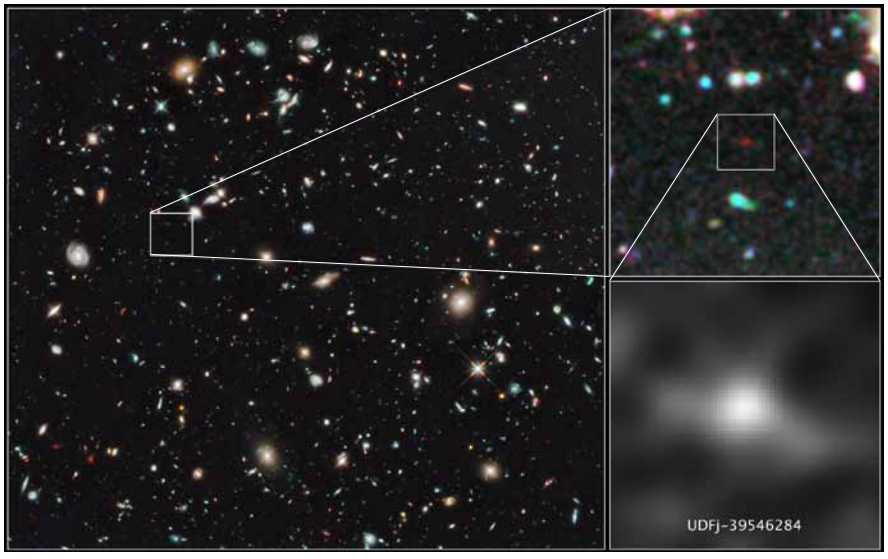
しかし、英国のエディンバラ大学（英国）の天文学者 James Dunlop は、こう指摘する。「ハッブル宇宙望遠鏡では、今回のような大きな赤方偏移を持つ天体の候補が見つかっても、それをもっと短い波長のデータで確認することはできません。ですから、ほかの研究者たちはこの手法をとらなかったのです。この手法では、ハッブルの観測データから、本来引き出すことを想定していなかったに近い情報を得ています」。Dunlop は、Bouwens らが報告している今回の銀河の赤方偏移値について懐疑的で、「分析結果にノイズが影響しているかもしれません」と話す。

Bouwens らが考えるよりもたくさんの銀河がこの時代にあったとする研究結果もある。別の研究チームは、同じくハッブル宇宙望遠鏡で得られたデータを使って、今回と同程度の赤方偏移の距離に、銀河である可能性のある天体を数十個見つけている。この結果は、宇宙が生まれてから 4 億 8000 万～ 6 億 5000 万年の銀河数の増加速度は、Bouwens らの結果が示す速度よりもゆっくりしていたことを示している [2]。

また、まれなタイプの超新星爆発が原因とみられているガンマ線バーストという現象の発生頻度を使って、初期宇宙での星形成の速度を決定した研究もある。この分析結果も、この時期の銀河はもっとたくさんあったとする見方を支持している [3]。ガンマ線バーストを使った研究論文の共著者である、オハイオ州立大学（米国コロンバス）の天文学者 John Beacom は、「Bouwens らはこの時期にあった天体をすべて見つけてはいないのだと思います」と話す。

Bouwens は、「こうした不一致を解決するには、ハッブル宇宙望遠鏡とジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡でのさらなる観測が必要です。それによりもっと多くのデータを得られるでしょう。我々も今回の結果が最終的なものだとは考えていません」と話している。■

（翻訳：新庄直樹）



NASA, ESA, G. ILLINGWORTH (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA CRUZ), R. BOUWENS (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA CRUZ AND LEIDEN UNIVERSITY), AND THE HUDF09 TEAM

最古の銀河の最新の候補は、ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドという赤外線画像の中から見つかった。地球から 132 億光年のところにある。

1. Bouwens, R. J. *et al. Nature* **469**, 504-507 (2011).
2. Yan, H.-J. *et al. Res. Astron. Astrophys.* **10**, 867-904 (2010).
3. Kistler, M. D. *et al. Astrophys. J.* **705**, L104-L108 (2009).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

この骨は歩くために作られた

These bones were made for walking

MATT KAPLAN　2011年2月10日　オンライン掲載
www.nature.com/news/2011/110210/full/news.2011.85.html

ヒトが持つようなアーチ型の土踏まずを、アファール猿人も持っていたことが示され、アファール猿人は樹上生活者でなかったという主張が裏付けられた。

人類最古の祖先の一種であるアファール猿人には、非常に有名な骨格標本がある。「ルーシー」である。ルーシーが完全に二足歩行していたかどうかは、長年、議論されてきた。今回、ミズーリ大学（米国コロンビア）のCarol Wardを中心とする研究チームにより、エチオピアのハダールで最近発見された320万年前のアファール猿人の第4中足骨が解析され、アファール猿人はヒトによく似た土踏まずを持っていて、完全に2本の足で歩き回ることができたらしいという結論が導かれた[1]。

第4中足骨は、足の甲にある薬指の延長のような骨である。樹上生活者と二足歩行者とで形が異なることから、古生物学的に有用なものとなっている。Wardらは、ルーシーの中足骨が、チンパンジーよりも現生人類のものに近いことを発見したのだ。

「今回の論文は、アファール猿人は現生人類のように十分に発達した土踏まずを持っていたことを示す、史上最も有力な骨格証拠となったのです」と、ボストン大学（米国マサチューセッツ州）の機能形態学者Jeremy DeSilvaは語る。

樹上生活を営むチンパンジーでは、第4中足骨は地面と平行に近く、足の真ん中辺りが動くようになっている。チンパンジーの足は、この偏平足構造のためにきわめて柔軟性が高く、木の枝を握ることができるようになっているのだ。一方、ヒトの足はこれとは全く異なる。第4中足骨は長軸に沿って曲がっており、地面と一定の角度を保っているのだ。これは、足の骨が前後方向と左右方向にアーチを形成しているためだ。ヒトの足は、このアーチを持つがゆえに物を握ることができないが、おかげで、地面をけるときに堅いテコとして機能し、歩行時や走行時に衝撃を吸収するのに十分な堅さを持っている。

アーチ型

アファール猿人の足がチンパンジーのように柔軟だったのか、それともヒトのようなアーチ型だったのかについては、以前から議論されてきた。足の骨の化石は極めて少なく、アファール猿人の第4中足骨は発見例がなかったため、チンパンジーとヒトの中間のような足をしていたのではないかと推測する研究者が多かった。今回の成果は、この問題に決着をつけた。

タンザニア・ラエトリで発見された、アファール猿人のものと思われる二足歩行の足跡。

JOHN READER/SPL/PPS

アファール猿人の第4中足骨の末端が、ヒトの足のように角度を持ち、互いに向かい合うように曲がっていることは、確固たるアーチの存在を示している。つまり、初期人類が現生人類とほとんど同じように歩いたり走ったりする能力を備えていたことが、強く示唆される。さらにこの発見は、アファール猿人が樹上と平原を行き来していたわけではないことも示している。「時には木登りもしたでしょうが、我々よりもはるかに上手だったというわけではないと思いますよ」とWardは言う。

ケース・ウエスタン・リザーブ大学（米国オハイオ州クリーブランド）の古人類学者Bruce Latimerは、「そうすると、もしルーシーが服を着てサッカー場を歩いていても、アウストラロピテクス属の猿人ではなくヒトの子どもだと思われるでしょうね」と語る。

今回の知見は、これまでに発見された中できわめて有名な人類の足跡をめぐる長年の論争をも解決すると考えられる。タンザニアのラエトリでは、360万年前、ある人類が湿った火山灰で覆われた地面を歩いていた。「あの足跡が発掘されたのを見たとき、ああ、今のビーチだったら残っていなかったよ、と思いました。あれには土踏まずがあって、歩き方は完全に人間のものでした」とLatimerは振り返る。しかし、動きがあまりにヒトに近かったため、古生物学者の多くは、アファール猿人のものではないのではと疑っていた。「今回の研究成果は、その疑惑を葬り去りました」とLatimerは話す。■

（翻訳：小林盛方）

1. Ward, C. V., Kimbel, W. H. & Johanson, D. C. *Science* **331**, 750-753 (2011).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

農業の始まりは粘菌から

Slime moulds prosper on the microfarm

GEOFF MARSH　2011年1月19日　オンライン掲載
www.nature.com/news/2011/110119/full/news.2011.27.html

土壌に生息する細胞性粘菌は、食物を節約して「種」とし、別の場所に「まく」という「農業」を行っている。

社会性アメーバとも呼ばれる細胞性粘菌の中には、細菌という「農作物」の一部を次の栽培に利用する、事実上の農業経営を行っているものがいるという論文が、*Nature* 2011年1月20日号に発表された[1]。

細胞性粘菌は、食物が豊富なときにはアメーバ状の単細胞生物の形で生きているが、食物が減ってくると、数万個の細胞の集団となって、多細胞生物のような「移動体」を形成して別の場所へ移動する。ライス大学（米国テキサス州ヒューストン）のDebra Brockらによれば、土壌中に生息するキイロタマホコリカビ（*Dictyostelium discoideum*）という種の一部は、食物源の細菌を管理して農業を行っているという。この粘菌は細菌を大事に取っておいて持ち運び、移動先で種のようにまく。こうした「細菌の栽培」は、真菌類を栽培するアリなど、ほかの社会性動物の行動に似ている。ただし、積極的に作物に栄養分を与え守り育てるアリと比較すると、粘菌の農業は相対的に原始的であり、新しい農地で積極的な栽培はしない。

これまで粘菌は、単に細菌を捕食し、細菌の数が減り栄養状態が悪くなると、多細胞の移動体を形成して新しい餌場へ移動する、と考えられていた。Brockは、こうした誤った知識は、野生のキイロタマホコリカビを対象とする研究室がきわめて少ないためだと考えている。「多くの研究室で使用されているクローンは、1930年代に発見され、優れた実験用モデル生物として開発されたものです。その特別なクローンが栽培を行わないものだったというだけのことなのです」。

研究チームは、野生クローン35種類（この種に属する遺伝的には同一のもの）のサンプルを集め、その約3分の1が、移動体から形成された子実体中の胞子のそばに、細菌を保持しているらしいことを発見した。これら内部の細菌は実験室内で増殖することができ、粘菌に集団で移動するように刺激を与えた後でさえも増殖可能であった。Brockらは、細菌を持つクローンを「ファーマー」と呼ぶことにした。

種用の作物を持ち運ぶ

食物が存在している場合、ファーマーは、栽培を行わない非ファーマーのキイロタマホコリカビに比べて早々に食べることをやめ、食物の一部を取っておいて多細胞体で移動するとき携行する。もし移動先に食べられる細菌が十分存在していなくても、ファーマーは、取っておいた細菌をまき、増殖した新しい細菌を収穫して生きていくことができる。

胞子と細菌を内部に持つキイロタマホコリカビの子実体。

OWEN GILBERT

さまざまな種類の細菌が存在する天然の土壌中でも、ファーマーはこの農業技術により恵みを受けると考えられる。人間がさまざまな植物が自生している土地に作物の種をまくように、ファーマーは自分好みの細菌を持って行ってまくことができるのだ。

しかし、栽培には代償が伴う。食物が豊富なときにファーマーと非ファーマーの増殖を比較すると、ファーマーの子孫のほうが少ないことがわかった。おそらく、細菌の一部を食べずに携行用として確保するために、子孫を生み出す能力が削がれているのだろう。この性質は、豊かなときには生物として不利になるのだ。

さらに、非ファーマーと比べて移動距離が短いこともわかった。しかしこれは、単に食物源を携行していれば食物を探して遠くまで移動する必要がないためであって、障害ではないのかもしれない。ニューヨーク大学（米国）の生物学者Michael Purugganan は、細菌の栽培によりキイロタマホコリカビの定住化傾向が強まることについて、人間の農業社会と興味深い類似性があると考えている。「細菌の栽培が可能となったことで、移動の必要がなくなったのではないでしょうか。これは、農業が始まったときに人間社会に起こった現象と重なります」とPurugganan は話す。

その一方で、「キイロタマホコリカビが新しい場所で細菌の増殖を待てるのかをはっきりさせることは、興味深い課題です。ごく短い時間しか待てないならば、真の栽培というよりも、ただお弁当を持って移動しただけ、と考えたほうがよいでしょう」とも語る。「農家なら種は食べません。作物が育つのを待つのです」。■

（翻訳：小林盛方）

1. Brock, D. A., Douglas, T. E., Queller, D. C. & Strassmann, J. E. *Nature* **469**, 393-396 (2011).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

記憶を強化するタンパク質ホルモン

Protein hormone boosts memory

TIFFANY O'CALLAGHAN 2011年1月26日 オンライン掲載
www.nature.com/news/2011/110126/full/news.2011.49.html

記憶を強化するための標的になりそうな分子が、ラットの研究で新たに見つかった。

初期段階の実験ではあるが、特定の細胞の増殖や修復を促進させるホルモンが、記憶の形成や保持にも関与している可能性が示された[1]。ラットに学習訓練を行った後、一定期間内に、インスリン様成長因子II（IGF-II）というタンパク質ホルモンを脳の海馬に直接注入したところ、記憶が強化され、なおかつ記憶が長く保たれたというのだ。海馬は、体験や出来事についての「エピソード記憶」にかかわっている脳領域である。

「IGF-IIが記憶強化因子の1つだとわかって興奮しました」と、マウント・サイナイ医科大学（米国ニューヨーク）の神経科学者で、研究チームを率いたCristina Alberiniは話す。「記憶を強化できる因子はあまり多くありません。記憶は強化させるよりも妨害するほうがずっと簡単なのです」。

Alberiniが、記憶強化の研究対象としてIGF-IIを選んだ理由は、彼女の研究室で、IGF-IIが記憶形成の「標的」タンパク質の1つであることを突き止めていたからだ。脳は、学習後にタンパク質群を合成し始め、最終的に記憶の固定につながる一連の神経生理学的イベントを始動させる。それらの最初に合成されるのは転写因子で、一連のイベントを進行させる二次的タンパク質や標的タンパク質の産生を制御している。IGF-IIにはまだ不明な点が多いが、これまでの研究で、IGF-IIの受容体が海馬に多いことが示唆されており、脳内のIGF-II発現量もこの領域で最も多いだろうと推測されていた。

電気ショックを忘れる

Alberiniらが最初に行ったのは、抑制性回避学習を用いた実験だ。これは、ラットを入れる箱の中を暗室と明室に分け、暗室に足を踏み入れると弱い電気ショックを感じるようにしたもので、ラットは暗室では電気ショックを受けることを学習する。実験の結果、学習訓練後にラットの海馬のIGF-II量が増えることがわかった。次に、学習後の記憶の固定にIGF-IIが関与していることを確認するため、学習訓練をしたラットの海馬にIGF-II阻害物質を注入し、その後ラットを箱に戻した。すると、暗室と関連付けた電気ショックの記憶がなくなっていることが明らかになり、IGF-IIが記憶の固定にかかわっていることが示唆された。

続いて研究チームは、IGF-IIの生合成を阻害するのではなく、学習訓練後のラットの海馬にIGF-IIを少量だけ注入してみた。すると今度は、記憶が強化された（つまりIGF-IIを注入したラットはより長い時間、暗室に近寄らなかった）だけでなく、最初の学習訓練後かなりの時間が経っても記憶が保持されていることがわかった。

ISTOCKPHOTO

マサチューセッツ工科大学（米国ケンブリッジ）の神経科学者Li-Huei Tsaiらは、今回の結果はごく予備的なものであり、IGF-IIが記憶を強化する正確な仕組みはまだわからないと指摘する。ただし、IGF-IIが「これまで知られていなかった記憶強化因子」であることや、強化作用が「長く続く」らしいことを示した点では、高く評価している[2]。

一方、カハール研究所（スペイン・マドリード）の神経生物学者Ignacio Torres-Alemánは、IGF-IIについてのAlberiniらの成果は大いに評価できると話す。この研究分野は、これまでインスリンやインスリン様成長因子I（IGF-I）ばかりが注目されており、IGF-IIは新参者でありなおざりにされてきた。Torres-Alemánはそう話し、「でも今後はIGF-IIも考慮に入れるべきですね」と付け加えた。

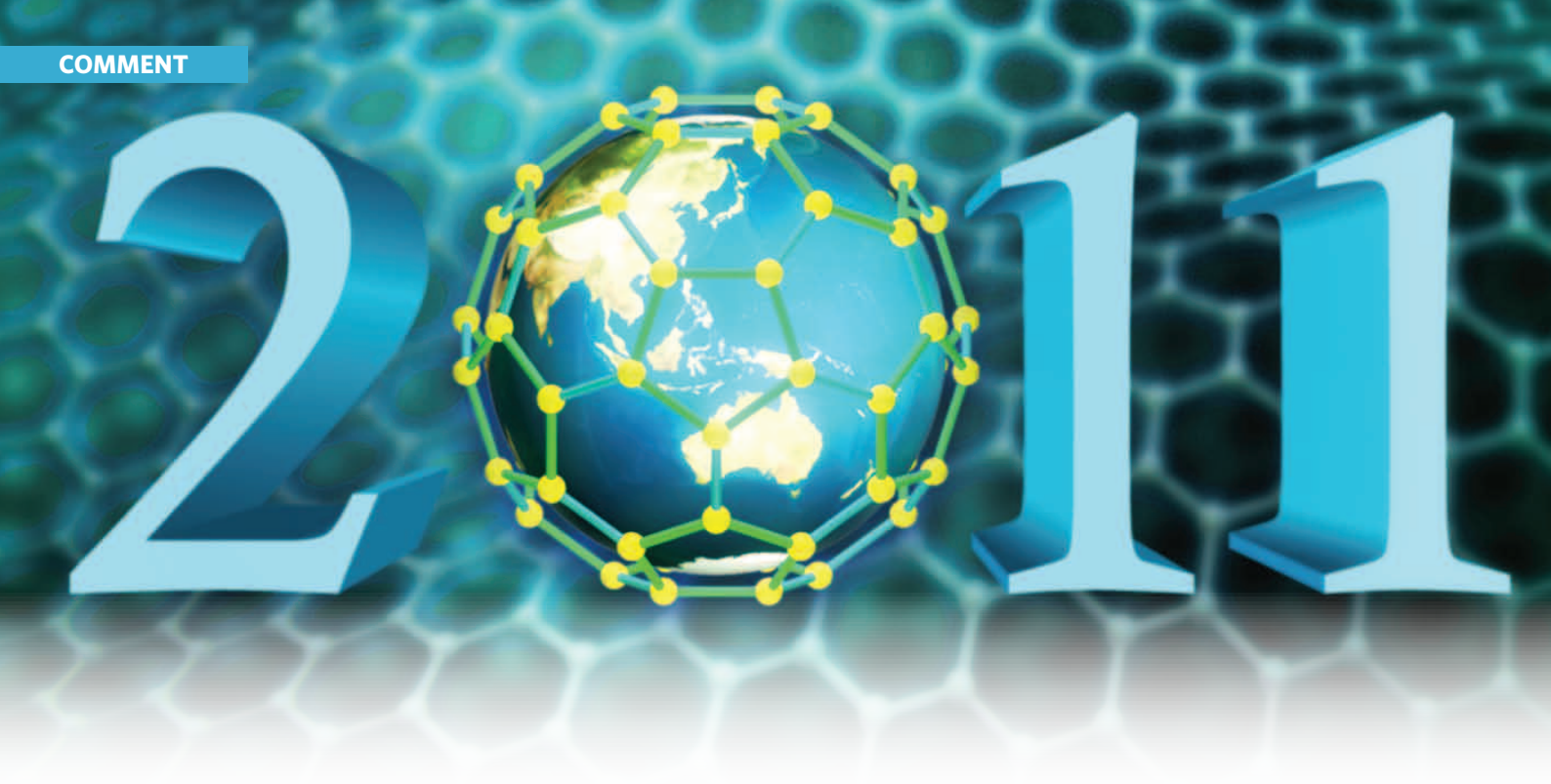
今回の知見は、アルツハイマー病やその他の認知症など、記憶関連障害の治療につながる可能性があり、非常に興味をそそられる。Alberiniらは、IGF-IIは血液脳関門（脳内に入る化学物質を制限する生理的機構）を乗り越えられると指摘しており、臨床応用の観点からいえば、これは大きな利点だと考えられる。

ただし懸念されるのは、IGF-IIの注入と特定のがんのリスク増大の可能性との関連性で、これには対策が必要であろう。Tsaiは、海馬への直接注入が「ヒトで行われる可能性は非常に低い」とも指摘している。しかし、今後のラットの研究で、鼻からの注入など、ほかの投与手段でも同様の結果が得られれば、有望な新療法に向けた最初の一歩となるかもしれない。■

（翻訳：船田晶子）

1. Chen, D. Y. *et al. Nature* **469**, 491-497 (2011).
2. Graff, J. & Tsai, L. *Nature* **469**, 474-475 (2011).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



明日の化学 — 世界化学年 2011

What Lies Ahead

2011 年 1 月 6 日号　Vol. 469 (23–25)

現代を代表する 10 人の化学者が、これから優先的に取り組むべき課題を挙げ、
自らが尊敬する科学者について語った。

分子のレンズでものを見る

Paul Wender
スタンフォード大学（米国カリフォルニア州）

化学はしばしば「中心の科学」と呼ばれるが、個人的には「普遍的に必要とされる科学」と呼ぶほうがふさわしいと思う。化学が扱う分子の構造や機能や合成は、科学全体にとって非常に重要なテーマだからである。われわれが今日抱えている問題や、将来直面することになる問題は、もはや 1 つの科学分野の中で解決することは不可能だ。科学研究のあり方も、個々の問題についての考え方も、ますます「分子化」している。問題を解決するためには、ものの構造や機能を原子レベルで理解し、新しい分子や系――薬物、診断法、新素材、機能化細胞――を設計し、合成する能力が求められているのだ。分子人類学から分子動物学、ひいては「分子料理学」まで、化学の探究が大きな変革をもたらそうとしている。

分子のレベルで問題を理解できれば、現代社会の重大問題に効果的に取り組むことができる。例えば公衆衛生の面では、疾患の早期発見と予防を重視する方向にもっていく必要があるが、そのためには、病気の起源を分子レベルで理解できなければならないし、病気の進行につながる初期の分子事象を検出できるような分子を設計する必要がある。

エネルギーの収集・貯蔵・変換についても、その未来は、分子の構造や機能の問題と不可分である。スマート材料も応答性デバイスも、特定の事象を検出し、それに応答して構造を変える分子や分子系を必要とする。われわれは今、世界を根底から変えてしまう分子革命のただ中にいる。

化学がもたらす よりよい暮らし

Christopher C.Cummins
マサチューセッツ工科大学
（米国マサチューセッツ州）

化学は、必ずしも単純な「大きな問題」の公式で要約できるわけではない。化学の進歩を必要とする課題は無数にあり、

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

それは、地球上の炭素・窒素・リン資源の物質循環の管理から、豊富に存在する安価な元素を利用した省エネルギー触媒まで幅広い。環境や動植物の生息地を犠牲にすることなく、万人が高い生活水準を享受できる未来を築き上げるために、化学はなくてはならない役割を担っている。

私は、マリー・キュリーを心から尊敬している（11 ページコラム「偉人のギャラリー」参照）。彼女はラジウムを単離するためにおそろしく単調な作業に耐えなければならなかったが、一片の迷いもなく、断固たる決意を持ってそれをやり遂げた。彼女の卓越した発想は、途方もない力仕事の積み重ねに支えられていたのだ。科学を志す若者は全員、彼女の伝記を読むとよい。

環境にやさしい化学プロセス

Martyn Poliakoff
ノッティンガム大学（英国）

この 10 年間、グリーンケミストリー（環境共生化学）を模索する科学者とプロセス技術者は、主として、特定の性質や機能を備えた分子をいかにして設計し、そうした分子を合成するにあたり、廃棄物や危険をいかに最小限に抑えるかという課題に取り組んできた。化学は近年、この分野で長足の進歩を遂げたが、われわれはなお試行錯誤の段階にあり、分子をいじくりまわし、その性質の変化を観察しているにすぎない。

もっと広い視野で見れば、人類が製造し、利用する製品のすべては元素からできている。過去 100 年間、人類は現代生活に必要なもろもろの道具を製造するために、地球上の資源の多くを浪費してきた。鉱床は採掘され、そこに集中していた元素は世界中に散らばっていった。現在、これらの元素の多くが不足し、枯渇が危惧されている。持続可能な代替品を発明しないと、ノートパソコンから肥料まで、現代社会を支える製品の多くが姿を消すことになる。その発明のカギを握っているのが化学者なのだ。

私にインスピレーションを与えたのは、特定の人物ではなく、1869 年という年である。この年、ロシアのサンクトペテルブルクでドミトリー・メンデレーエフが周期表を提案し、北アイルランドのベルファストではトマス・アンドルーズが液体と気体の違いがなくなる「臨界点」という言葉を作った。私は 25 年以上にわたって超臨界流体の研究をしており、そこからグリーンケミストリーの研究に入った。私はまた、高校生の頃から周期表の影響を受け、最近、YouTube で周期表の解説をする動画の配信を始めた（www.periodicvideos.com）。

自然がポリマーを作る方法を模倣

Laura Kiessling
ウィスコンシン大学マディソン校
（米国ウィスコンシン州）

生物システムは、鋳型も使わずに、決まった配列と長さをもつポリマーを作ることができる。その仕組みは、われわれが答えを出さなければならない基本的な問題の 1 つだ。炭水化物ポリマーは地球上で最も大量に存在する有機物質であるが、われわれは、それが生成する仕組みも、その長さが制御される仕組みも知らない。この仕組みが明らかになれば、セルロースから効率よくエネルギーを取り出したり、各種の病原体に対するよりよいワクチンを設計したり、がんや発生にかかわる成長因子のシグナル伝達経路を制御したり、新しいタイプの抗菌剤を開発したりすることが可能になる。自然が多糖を作る方法を解明できれば、テロメア（染色体の端を保護するキャップ）の形成の基礎にある反応や、がんとのかかわりも含めて、さまざまな重合反応に関する洞察が得られるはずだ。

私が尊敬する化学者は大勢いて、存命中の人も、すでにこの世を去った人もいる。強いて 1 人選べと言われれば、創意工夫に富むやり方で有機合成を生物学の問題に応用したエミール・フィッシャー（1852–1919）の名前を挙げたい。彼はおそらく最初のケミカルバイオロジスト（化学生物学者）であった。

人工光合成の実用化

Paul Alivisatos
ローレンス・バークレー国立研究所 所長
（米国カリフォルニア州）

今後 10 年で、人工光合成を実用化する方法がついに明らかになるだろう。これは、生物学的な炭素の同化回路を解明したメルビン・カルヴィン（1911–97）の時代からの目標だ。カルヴィンは、人類がエネルギーを利用するためには安定したサイクルを確立する必要があることを察知していた。人工光合成のシステムが実現すれば、未来の持続可能なエネルギーが供給されることになる。

この野心的な取り組みの過程で、化学者は、長年の難問をいくつも解決しなければならない。例えば、水から酸素を取り出したり、二酸化炭素を還元して燃料としたりするためのよりよい触媒を開発するには、多電子・多段階触媒反応に関する理解を深める必要がある。われわれは、光を吸収して電荷を分離する、複数の構成要素からなるナノスケールの系を精確に組み立て、これらを触媒と組み合わせる方法を確立する必要がある。こうした系は、スケールアップできる工業プロセスによって、地球上に大量に存在する材料から安価に製造できなければならない。

人工光合成の研究は 1970 年代末から 1980 年代初頭にかけて行われ、その後は 30 年にわたって中断されていた。その間にナノ科学が発達し、新しい理論や分析ツールを利用できるようになった。

私は、敬愛する科学者の代わりに、注目すべき論文を紹介したい。それが、物理化学者スヴァンテ・アレニウス

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

（1859–1927）の「空気中の炭酸が地上の温度に及ぼす影響について」（*Philos. Mag.* 41, 237–276; 1896）だ。彼はこの論文で、大気中の二酸化炭素濃度が2倍になると、地球の気温が5度上昇すると見積もった。その数年後、彼は計算を改良して、2.1度という値を得た。アレニウスは当時、人類の活動がそこまで大きな変化を引き起こす可能性は低いと考えていた。けれども、それから100年以上の歳月が過ぎた今、人類の活動は桁外れに拡大し、われわれはアレニウスの計算がおおむね正しかったことを思い知らされている。

自己組織化を利用した化学合成技術

E. W.'Bert' Meijer
アイントホーフェン工科大学（オランダ）

「自己組織化を利用した合成化学はどこまで行けるか？」という問いは、われわれ科学者が今後数十年のうちに解かなければならない最も興味深い問題である。合成化学者は、地球上に存在するほとんどすべての分子を合成できるが、われわれは今、こうした分子を組み立てて有機的な構造をもたせ、機能的な分子を作るための洗練された技術を必要としている。この新しい学際的な分野から、すでに、新しい方法論、力学的洞察、非平衡系の速度論的に制御された組織化などの成果が現れているが、なおごく一部にすぎない。

私の理想は、ヤコブス・ファントホフ（1852–1911）とHans Wynbergを一緒にしたような科学者だ。1901年に初のノーベル化学賞を受賞したファントホフは、空間内の原子の三次元的配置について洞察し、立体化学という学問分野を開拓した。驚くべきことに、彼は22歳という若さでこの着想を得たという。このことは、科学への情熱と独創的な思考との結びつきが、すばらしい成果を生むことを示している。私は、博士論文の指導教官だったHans Wynbergを尊敬している。私にキラル分子の魅力的な世界を教えてくれた彼は、多くの若手研究者を鼓舞して科学の最前線に送り込んでいる。

未来は太陽エネルギーにあり

David King
オックスフォード大学
Smith School of Enterprise and the Environment 学長（英国）

うまくいけばこれから10年以内に、安価に生産でき、効率のよい、新世代の光起電力材料（プラスチック、塗料、セラミックスなど）が登場し、太陽エネルギーの利用に革命が起こるだろう。それは、建築家や建築業者が素材として使いたいと思う魅力も兼ね備えているはずだ。

私がインスピレーションを受けた化学者は、近代化学の父アントワーヌ・ラヴォワジェ（1743–94）である。彼の名著『化学要論』（1789）には、元素の概念の確立、質量保存の法則の発見、化学の発展を妨げていたフロギストン（燃素）説や錬金術の否定など、その主要な業績について記されている。近代化学、材料科学、物理学は、彼のこうした研究から生まれたと言っても過言ではない。

より高度な選択的相互作用をめざす

Karen Wooley
テキサスA&M大学（米国テキサス州）

次の10年間で、機能性材料としてのポリマーを設計し、研究して、医療などの分野に応用するためには、3つの主要な課題に取り組まなければならない。第一に、分子が生体内の特異的な組織を標的にできるように、非選択的相互作用を防いで選択的相互作用を増やす方法を見いだすこと。第二に、今日の技術で物質を合成すると組成や構造や大きさにばらつきが生じてしまうので、自然のように、完全に同じ構造を合成できる方法を見いだすこと。第三に、有機合成化学者が天然薬や類似化合物を合成する技術をさらに進めて、リボソームやウイルスなどを新しい化学操作の標的とする方法を見いだすこと、である。これらすべてに必要なのは、分子間相互作用をより厳密に制御することだ。

私は、少女の頃はマリー・キュリーにあこがれていたが、年を経るうちに、現代化学の「巨人」たちへの尊敬の念が深まってきた。例えば、有機反応に関する研究により2005年にノーベル化学賞を共同受賞したロバート・グラブズは、科学的好奇心にあふれ、謙虚で気さくで、若き化学者たちの指導に情熱を注いでいる。

持続可能な生活を促す

Joanna Aizenberg
ハーバード大学（米国マサチューセッツ州）

今日の化学者が取り組んでいる持続可能性の問題は、未来の化学者にとっても重要な課題であり続けるだろう。持続可能性の問題は、効率のよい代替エネルギー源の開発、天然資源の賢く持続可能な利用、環境保護、飢餓との戦い、世界中の人々の健康の増進と生活水準の向上など、いくつかの重要な領域からなるが、これらは相互に関係がある。すべての領域で必要とされるプロセスと材料、例えば、太陽エネルギーの有効利用、水素系燃料、核廃棄物の最少化と処理、水の精製、石炭ベースの技術を最高の環境基準に適合させること、より生産性の高い作物の開発などは、いずれも、有機化学、無機化学、物理化学、ポリマー化学、材料化学、生化学などを専門とする化学者の力を必要とする。

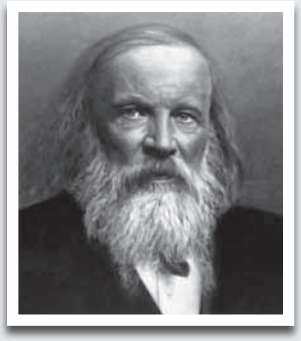
私が最も尊敬する化学者は、化学熱力学と物理化学の確立に多大な貢献をしたジョサイア・ウィラード・ギブズ（1839–1903）である。彼の研究は、数学、物理学、化学、工学にわたっており、

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

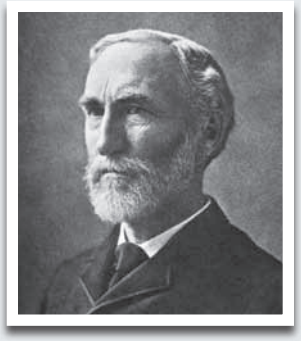
偉人のギャラリー

今日の化学者に特に大きな影響を及ぼした科学者たち。世界化学年である 2011 年は、マリー・キュリーがノーベル化学賞を受賞してから 100 周年に当たる。

アントワーヌ・ラヴォワジェ
(1743–94)



ドミトリー・メンデレーエフ
(1834–1907)



ジョサイア・ウィラード・ギブズ
(1839–1903)

ヤコブス・ファントホフ
(1852–1911)

スヴァンテ・アレニウス
(1859–1927)

マリー・キュリー
(1867–1934)

ジョージ・ポーター
(1920–2002)

ロバート・グラブズ
(1942–)

アントワーヌ・ラヴォワジェ:SPL/PPS; ドミトリー・メンデレーエフ:RIA NOVOSTI/SPL/PPS; ジョサイア・ウィラード・ギブズ:SPL/PPS; ヤコブス・ファントホフ:SPL/PPS; スヴァンテ・アレニウス:SPL/PPS; マリー・キュリー:AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS/SPL/PPS; ジョージ・ポーター:SINCLAIR STAMMERS/SPL/PPS; ロバート・グラブズ:A3542 KARL-JOSEF HILDENBRAND/NEWSCOM

当時はもちろん、いつの時代を見ても、これほど広範な研究を展開した科学者はいない。ギブズによって発見、研究、説明され、彼の名を与えられた現象は非常に多く、その一部だけでも、卓越した科学者として人々の記憶に長くとどめられる価値がある。ギブズのエネルギーがなかったら、今日の化学はどんなものになっていただろうか。

エネルギー生産を触媒する

Graham Fleming
カリフォルニア大学バークレー校研究副学長
(米国カリフォルニア州)

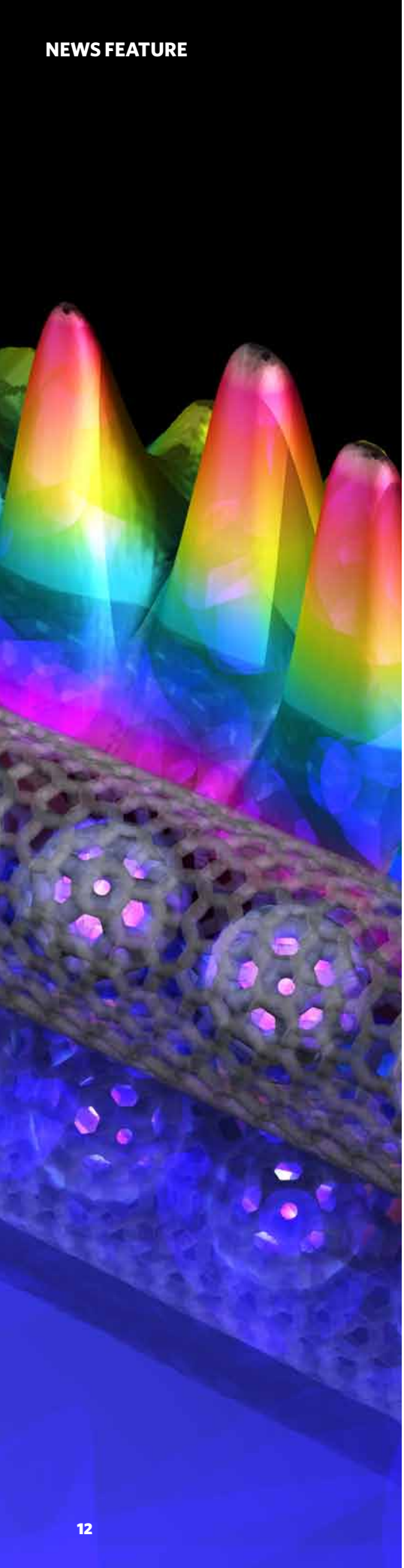
今日の重要な問題のうち、単一の学問分野内で解決できるものは 1 つも残っていない。化学者が問題解決に協力できる大きなテーマは、エネルギーとその生産や貯蔵に関するものだ。電気自動車を実用化するには、現在のバッテリーの 2 倍のエネルギー密度と 1/5 のコストの(つまり、10 倍優れた)バッテリーが必要であり、化学者はその開発に重要な役割を果たすことができるだろう。また、地球上に豊富に存在する材料から便利なエネルギーを生産するためには、太陽エネルギーを液体燃料に変換するよりよい触媒を開発し、自然界には存在しない新しい化学サイクルを利用できるようにする必要がある。さらに、生物学者と協力して、自然の食料生産機構と燃料生産機構を再プログラムすることにより、生物学的光合成の効率を大幅に高める必要がある。

長期的には、外界の変化に反応して自らの挙動を調節し、損傷を受けたときには自分自身を修復できるような分子システムを合成する方法を開発しなければならない。後者については、おそらく 10 年で開発するのは困難だろうが、それでも目標として掲げなければならない。

私が尊敬する化学者は、論文指導教官だったジョージ・ポーター(1920-2002)である。彼は、革新的な研究によりノーベル賞を受賞しただけでなく、若者や科学者以外の人々とも積極的に交流し、社会正義を強く意識していた。私は、英国学士院から依頼を受けて彼の伝記を書く準備をしながら、出国を禁じられていた旧ソ連の科学者たちが自由を獲得し、出国ビザを取得できるようにするために、彼がどんなに骨を折っていたかを知った。■

(翻訳:三枝小夜子)

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



フラーレン、ナノチューブ、グラフェン

The Trials of new carbon

Richard Van Noorden 2011年1月6日号 Vol. 469 (14–16)

25年前にフラーレンが発見され、その後も、カーボンナノチューブ、グラフェンと炭素材料の新顔が登場した。それらの優れた特性については、さまざまな研究を通して明らかにされてきたが、商品化という点では、当初の期待の割には進んでいない。

おとぎ話では、だいたい3番目がベストになる。宝物が入っているのは3番目の箱だし、名声と富を得るのは3番目の子である。そうすると、「新しい炭素材料」の中でも3番目に発見されたグラフェンがベストなのかもしれない。

1985年に発見されたサッカーボール型のフラーレン[1]と1991年に初めて特性が調べられた円筒状のカーボンナノチューブ[2]については、今のところ、産業界への影響は限定的である。しかし、原子1個分の厚さの平坦な炭素シート、グラフェンは、現在、よい兆しにあふれているように見える。なかでも重要なのは、グラフェンの特性に関する革新的実験を理由に、2010年ノーベル物理学賞が異例のスピードで授与されたことだ。英国マンチェスター大学のAndre GeimとKostya Novoselovの両氏がノーベル賞を受賞したのは、彼らが粘着テープでグラファイトの塊からグラフェン層を剥がし取ったことを初めて報告してから、わずか6年後のことである[3]。

グラファイトは、基本的にナノチューブを開いただけの構造なのに、奇跡に近い特性をもつことが明らかになった。単層グラフェンは、世界で最も薄く強く堅い材料であると同時に、熱と電気の良導体なのだ。企業はそのような優れた特性を市場に出そうと競い合い、グラフェンはメディアの注目を浴びることになった。昨年、グラフェンは、約3000本の研究論文と400件を超える特許出願のテーマとなった。韓国は、グラフェンの商品化に3億ドル（約250億円）の投資を計画しており、IBM社やサムスン社など、さまざまな企業がグラフェンを使った電子デバイスをテストしている。いつか、非常に小さい超高速グラフェンデバイスが、シリコンチップに取って代わるかもしれない。しかし、たまたま見聞きした人は、グラフェンがこれだけもてはやされているのに、なぜテクノロジー界のトップに立っていないのか不思議に思うであろう。

現実はおとぎ話とは違う。先々代のフラーレンも、かつて同じようにもてはやされたが、ほとんど実用化されていない。先代のナノチューブはフラーレンよりも善戦しているが、製造コストがかかるうえに製造の制御が難しい。フラーレンとナノチューブの産業界への影響がそれほどではなかったことは、新材料の商品化がいかに難しいかを物語っている。

ただし、ナノチューブには希望の持てる話題がある。ハイテク電子デバイスへの応用はまだ何年か先であるが、エネルギー貯蔵やタッチスクリーン用の導電性フィルムへの応用が商品化間近だし、そのほかにも、比較的直接的な利用であるが、航空機や自動車向けのナノチューブ強化複合材料が、市場に出ようとしている。需要拡大への期待から、ナノチューブメーカーは年間数百トンまで製造規模を拡大している。

ナノチューブの先例にならうグラフェンメーカーは、大量生産を始める絶好のチャンスをつかんだのかもしれない。グラフェンもナノチューブと同じタイプの応用が考えられるからである。しかも、

DRS A. YAZDANI & D.J. HORNBAKER/SPL/PPS

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

グラフェンは、製造や取り扱いが簡単だという大きな利点がある。また、研究開発面でも、20年にわたるナノチューブの経験を学ぶことができるであろう。それは、探求する価値のある応用は何か、ナノチューブが経験した最初の10年間の失敗を避けるにはどうしたらよいか、といったことだ。

炭素の活躍の場

ナノチューブとグラフェンに共通する優れた特性は、炭素原子がハニカムパターンで整列した原子レベルの薄さのメッシュ構造から出てくる。炭素－炭素結合は非常に強いため、重量比強度が並み外れて高いのだ。例えばノーベル賞委員会によると、完全なグラフェンでできた1m角のハンモックがあれば、4kgの猫を支えることができるという。ハンモックの重さは0.77mgとなり、猫のひげよりも軽くなる。

また、炭素原子が六角形の格子状に対称的に並んでいるため、ナノチューブとグラフェンのどちらのナノカーボンも、コンピューターチップに使われるシリコンより電気を通しやすい。つまり、シリコンより電気抵抗がはるかに低く、発熱がはるかに少ない。チップメーカーは回路素子をより高密度に詰め込もうとしているので、この特性は非常に有用といえる。

さらに興味深いのは、炭素構造を少し変化させるだけで、多くの新しい特性が得られることだ。例えばグラフェンの場合、その電子的挙動は、グラフェンシートの大きさ、シートの格子における欠陥の有無、シートが導電性表面上に置かれているかどうかで変化する。同様に、ナノチューブの場合、ある構造であれば、その直径、長さ、ねじれ（六角形配列の並びとチューブの軸がつくる角度）を変えるだけで、半導体にも金属にもなる。また、単層ナノチューブと複数の円筒が入れ子になった多層ナノチューブの違いもある。

これらの特性があるため、既存のエレクトロニクスを一変させる可能性が期待された。そして、研究室では大きな進歩が見られた。例えば1998年、物理学者らは1本の半導体ナノチューブからトランジスターを作製した[4]。また2007年には、カーボンナノチューブからトランジスターラジオが作製された[5]。

しかし、そのような回路を工業規模で大量生産する場合、ナノチューブの多様性が災いする。ナノチューブは、通常、反応器で生産される。反応器内では、触媒の誘導によって炭素を多く含んだ蒸気からチューブが形成される。このとき、多層と単層、半導体と金属が混ざり合い、長さや直径もさまざまなナノチューブができるのが普通なのである。これらのナノチューブの電子物性もさまざまである。「多様なことは素晴らしいのですが、多様すぎて雑多なのが頭痛の種です」とイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校（米国）の物理化学者John Rogersは言う。

半導体ナノチューブと金属ナノチューブの仕分けに成功したのは、ほんの5年前のことである[6]。しかし、選んだナノチューブをチップ上の所定の場所に集めて、性能を損なうことなく個々のナノチューブをつなぎ合わせるには、さらなる困難を伴う。このため、ほとんどの物理学者は、カーボンナノチューブがシリコンに取って代わるのは現実的ではないと考えるようになった。「1個の集積回路には、同じカーボンナノチューブ・トランジスターが何十億個も必要となり、そのすべてが全く同じ電圧でスイッチングできなければなりません」と、IBM社のトーマス・J・ワトソン研究センター（米国ニューヨーク州ヨークタウンハイツ）でナノスケール電子デバイスを研究するPhaedon Avourisは言う。これを現在の技術で実現するのは不可能だ。

グラフェンのほうはもう少し楽観視してよい。最高品質のグラフェンシートは、現在、真空中で炭化ケイ素ウエハーを加熱することによって作られている。ウエハー表面上に純粋なグラフェン層ができるのだ。ナノチューブ合成よりもバッチごとのばらつきが少なく、得られた平坦なグラフェンシートは、ナノチューブよりも大きくて取り扱いやすい。

しかし、グラフェンにも問題はある。1枚のグラフェンシートは導電性が非常に高いので、電流を止めるのが難しい。これは、トランジスターなどのデジタルデバイスに応用するには、ぜひとも解決しなければならない問題だ。グラフェンの電子物性を適切な方法で変えるには、電子エネルギー準位に隙間を作り「バンドギャップ」を形成し、本質的に半導体にしなければならない。その具体策は、シートを切って細いリボン状にすることだ。それでもこの方が、チップ上に何十億本ものナノチューブを配置するよりはたやすいだろうとAvourisは話す。しかし、これも現在の商業用技術では実現不可能である。

このように、グラフェンも加工・処理が難しく、すぐにシリコンチップに取って代われるわけではないことがわかる。「シリコンエレクトロニクスの開発には、数百万人年と数兆ドルが注がれてきたのです。今グラフェンにシリコンと張り合うよう求めるのは、10歳の子に6年間ピアノを習ったのだからコンサートピアニストになりなさいと言うようなものです」と、ナノテクノロジーを専門にするライス大学（米国テキサス州ヒューストン）の有機化学者James Tourは指摘する。

当面の間、ナノカーボン構造体は、タッチスクリーンディスプレイや太陽電池の透明電極用導電性フィルムなど、チップほどは需要の多くない分野で競争力を増していくのが現実なのかもしれない。多様なカーボンナノチューブの寄せ集めでも、電極用としては十分な導電性が得られるであろうし、炭化ケイ素の熱処理以外の方法で作製した安価な低品質グラフェンも同様に使えるであろう。

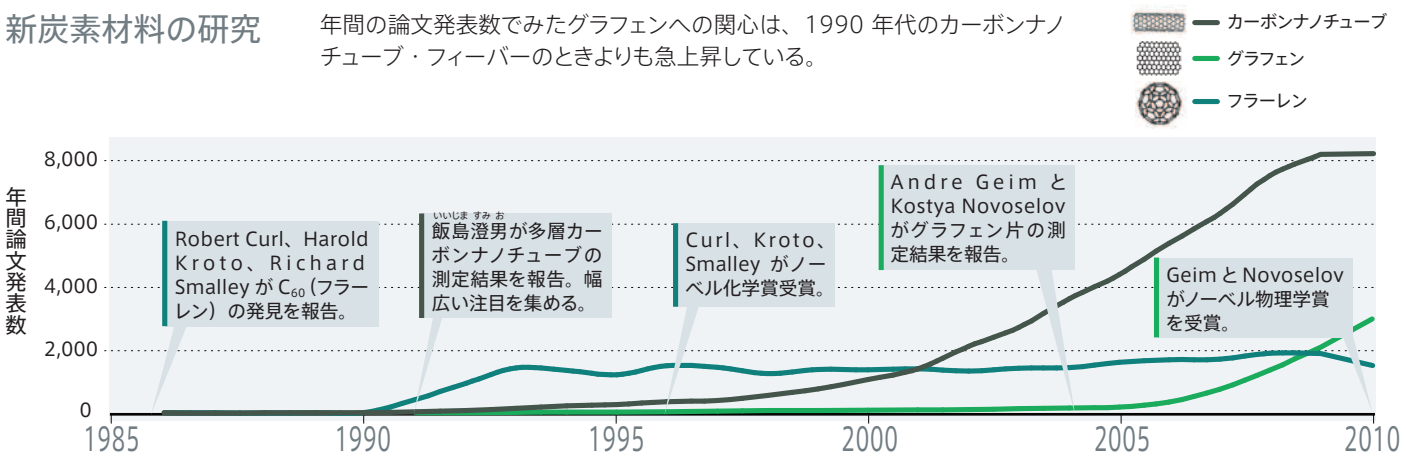
目標を下げる

2010年6月、成均館大学（韓国スウォン）のByung Hee Hongの研究チームは、炭素を多く含んだ蒸気を用いて、銅箔に対角で75cmのグラフェン膜を蒸着し

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

新炭素材料の研究

年間の論文発表数でみたグラフェンへの関心は、1990 年代のカーボンナノチューブ・フィーバーのときよりも急上昇している。



たと報告した。蒸着後、銅箔をエッチングで溶かしてグラフェン膜を転写し、銅箔はリサイクルしている[7]。韓国の巨大エレクトロニクスメーカー、サムスン社は、既に、市販用タッチスクリーン向けにこの技術を試験している。Hong の推定によると、あと 2、3 年で商品化されるかもしれないという。

問題は、グラフェン膜が、インジウムスズ酸化物（ITO）などの既存のタッチスクリーン材料と張り合えるかどうかである。Hong が楽観視している根拠は、インジウムが希少元素なので ITO のコストが急上昇していることだ。しかし、ここで再びカーボンナノチューブの教訓が出てくる。初期のころ、ナノチューブは将来テレビスクリーンに使えるかもしれないと期待された。ナノチューブは先端から電子を放出するので、スクリーン上の蛍光体を励起できるからである。実際は、競合するプラズマディスプレイや液晶ディスプレイの開発の方がずっと早く進み、ディスプレイ市場を占めるに至った。

ナノカーボンにとっての最適な場所は、新興のフレキシブルエレクトロニクス市場にあるかもしれない。つまり、衣服に装着したり、壁に貼ったり、巻けるシートに印刷できるディスプレイやセンサーだ。この市場でナノカーボンの唯一のライバルは、導電性有機ポリマーである。ほかの材料はプラスチック上に印刷できない。導電性有機ポリマーの性能はそれほど高くないので、フレキシブル基板に転写できるナノチューブ回路やグラフェン回路が競争できる可能性はある、と Rogers は言う。

しかし、このような特殊な電子デバイスも未来の話だ。今のところ、毎年生産されている数百トンの商業用ナノカーボンは、ほとんどが、スポーツ用品やリチウムイオン電池、自動車の複合材料用に使われている。

複合材料では、ナノカーボンシートやカーボンナノチューブを、樹脂やポリマー中に分散させる。その理由は、亀裂の進行を止めることによって材料を丈夫にするばかりでなく、熱や電荷の消散を助けるためでもある。例えば、現在、自動車のアウディ A4 には、静電気防止のためカーボンナノチューブを含んだプラスチック燃料フィルターが使われている。また、リチウムイオン電池の電極添加剤としてナノチューブが使われており、これは昭和電工株式会社（東京都港区）が売り出した初のナノチューブ応用製品の 1 つである。

コスト削減

処理・加工に関する基本的な問題が、当初、ナノチューブの進展を妨げた。ナノチューブは、反応器から出すと、もつれた糸のように凝集する傾向にあり、プラスチックや樹脂中に均一に分散させることが難しかった。改善がなされているにもかかわらず、この問題のために、最終製品中のナノチューブ含有量は重さで 1 ～ 2% に限られている（従来の炭素繊維の場合は 20 ～ 30% が一般的）。もう 1 つの問題はコストで、これは現在でも変わっていない。「鋼鉄、アルミニウム、プラスチックなどの材料やカーボンブラックなどのフィラー（充填剤）は、キログラム当たりわずか数ドルか数セント（数十～数百円）で売られているのです」と Lux Research 社（ニューヨークにある技術評価会社）の David Hwang は言う。ところが、多層ナノチューブは、キログラム当たり 100 ドル（約 8300 円）で売られているのだ。生産拡大につれて価格は下がっているが、Lux Research 社の予測によると、2020 年までに、それは約 50 ドル（約 4200 円）までしか下がらないであろう。

複合材料としての品質を備えたグラフェンの価格は、現在はナノチューブと同程度であるが、大幅に下がる可能性がある。Geim と Novoselov が 2004 年に示したように、キログラム当たり数ドル（数百円）の原料グラファイトから、さまざまな大きさのグラフェン片を容易に剥がし取ることができる[3]。また、ナノチューブよりもグラフェンの方が樹脂中に分散させやすいのも有利だ。

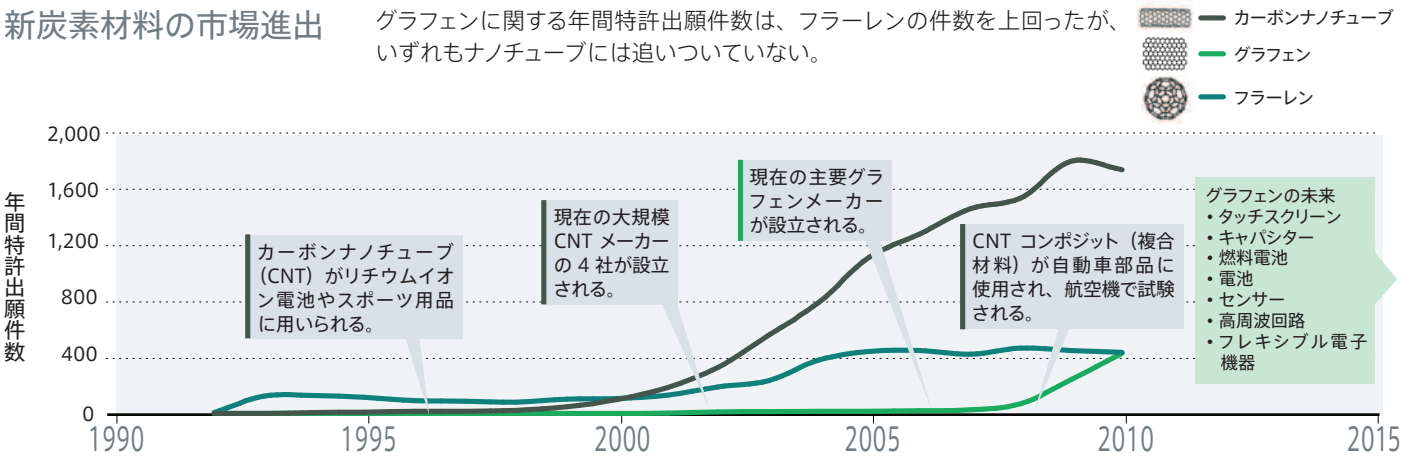
「期待はできるのですが、このような用途は依然としてニッチなのです」と Dow Chemical 社のベンチャー・事業開発グループ（米国ミシガン州ミッドランド）の上級研究員 Steve Hahn は話す。「2 ～ 3 年にわたってグラフェンの販路を探してきましたが、いつも、同じ性能ではるかに安い材料があるのです」と Hahn。

新興のグラフェンメーカー XG Sciences

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

新炭素材料の市場進出

グラフェンに関する年間特許出願件数は、フラーレンの件数を上回ったが、いずれもナノチューブには追いついていない。



社（米国ミシガン州イーストランシング）の社長 Michael Knox もこれに同意する。複合材料へのグラフェン添加は、時代を変える応用ではない。「それは漸進的改良でしかないのです」と彼は言う。けれども、鼻であしらうべきではない。「合理的な価格でポリプロピレン複合材料を 10 ～ 20% 改良できれば、おそらく年間百万トンは売れるでしょうし、自動車メーカーは大いに盛り上がるでしょう」と Knox は言う。

歴史の浅いグラフェンメーカーにとって重要なポイントは、特殊な用途を見いだし、会社自体を拡大しすぎずに生産能力を拡大する方法を考えることである。例えば、Vorbeck Materials 社（米国メリーランド州ジェサップ）は、グラフェンを使った導電性インクに絞り込むことにした。Vorbeck 社の共同創設者兼社長の John Lettow は、「グラフェンベースの導電性インクは、スマートカードや RFID タグに使われ、2011 年第 1 四半期に小売店で見られるようになるでしょう」と語っている。

比較的近い将来の応用の 1 つにスーパーキャパシターがある。グラフェンシートをくしゃくしゃに丸めれば、小さな空間に大きな表面積を閉じ込めることができ、グラム当たりで見ると、どの材料よりも多く電荷を蓄えられるからだ。別の研究者は、ナノカーボンを使って燃料電池の触媒電極や浄水膜を作ることを考えている。しかし、例によって、活性炭などの既存材料に勝る明確な利点を見いだすことが課題となるだろう。

カーボンナノチューブには、グラフェンシートにはない特性がある。それは、非常に長いナノチューブを作製できることだ。現在樹脂やプラスチックに混ぜられているのは、通常、短いナノチューブである。しかし、Nanocomp Technologies 社（米国ニューハンプシャー州コンコード）によると、長いナノチューブファイバーを紡ぐことによって、軽くて導電性のある糸やシートを作製することができ、これを銅配線の代わりに利用できる可能性がある。「航空機 1 機には、約 100km もの銅線が使われているのですよ」と、Nanocomp 社の最高責任者 Peter Antoinette は言う。この銅線を軽いナノチューブワイヤーで置き換えることができれば、機体を大幅に軽くでき、燃料も節約できるだろう。

「そうした取り組みが、カーボンナノチューブに大きな希望を与えてくれています。ナノチューブを商業的に実現可能にするために、膨大な研究が行われてきたのです。今後 5 年間を見れば、ナノチューブがたどる商業的軌跡は全く別のものになるでしょう」と Hwang は話している。

ところで、カーボンナノチューブは、市場に出るまでに本当に時間がかかりすぎたのだろうか。多くのナノチューブメーカーは、新しい材料が産業界に影響を与えるまでには、通常は 20 年以上かかると指摘する。「炭素繊維の研究が 1950 年代に始まり、航空宇宙や軍に使われるようになるまでに 15 年ほどかかりました。しかし私たちはそのことをかなり後になるまで知りませんでした。そのさらにあとの 1970 年代半ばになって初めて、炭素繊維強化複合材料を少しだけ構造材として使用した民間航空機を目にするようになったのです」とマサチューセッツ工科大学（米国ケンブリッジ）でナノ加工航空宇宙構造物コンソーシアムを運営する Brian Wardle は話す。

ナノチューブは、発見から産業化まで、こうした一般的な軌跡をたどっているだけなのかもしれない。また、気づいたら、グラフェンも同じ道のりを歩んでいるかもしれない。「グラフェンにも居場所ができるはずです。ただ思った以上に時間はかかるでしょう」と Antoinette は話す。

それまでに何が起こるだろうか。「今、多くの企業が一斉に新しい設備を生産ラインに導入しています。撤退するか、どこかで市場を開拓するか、どちらかになるでしょう。何が起ころうとも、新材料がどのようにして商品化されるのか、私たちに重大な教訓を与えてくれるはずです」と Hahn は語っている。 ■

（翻訳：藤野正美）

Richard Van Noorden：*Nature* のアシスタント・ニュース・エディター

1. Kroto, h. W. *et al. Nature* **318**, 162–163 (1985).
2. Iijima, S. *Nature* **354**, 56–58 (1991).
3. Novoselov, K. S. *et al. Science* **306**, 666–669 (2004).
4. Tans, S. J. et al. *Nature* **393**, 49–52 (1998).
5. Jensen, K. *et al. Nano Lett.* **7**, 3508–3511 (2007).
6. Arnold, m. S. *et al. Nano Lett.* **5**, 713–718 (2005).
7. Bae, S. *et al. Nature Nanotech.* **5**, 574–578 (2010).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Y. AOYAMA

心を光で診断する

Thought experiment

David Cyranoski 2011年1月13日号 Vol. 469 (148–149)

日本の医療機関では、精神疾患の診断の補助に、近赤外線イメージング技術を利用するようになってきている。批判派は、この技術を臨床に使う準備が整っているかどうかが疑問だという。

東京の繁華街にあるビルの、精神科医たちで埋まった一室で、私は、自身の心の健康状態を評価してもらうことになった。心の中を探るような質問はいっさいされず、代わりに、水泳帽に似た奇妙な装置を頭にかぶった。それには多数の赤と青の「ノブ」が互い違いに配置され、それぞれにケーブルがつながっている。スイッチを入れると、17個の赤いノブから発した近赤外線が、私の頭の表面から2～3cmの深さの脳まで達し、そこで血液のヘモグロビンに吸収もしくは散乱される。16個の青いノブは光検出器で、散乱して表面に返ってきた近赤外線を拾い上げる。このシステムを操作する研究者たちは、得られるシグナルの中に、うつ病や双極性障害（躁うつ病）、統合失調症と正常な精神状態を区別するための手がかりが隠れている、と話す。

すでに1000人以上がこの計測装置の被験者になっている。近赤外線分光法（NIRS）と呼ばれる技術を基盤にしたこの検査システムは、群馬大学医学部附属病院（前橋市）の精神科医、福田正人（ふくだまさと）らと株式会社日立メディコ（東京都千代田区）が共同開発したものだ。2009年4月には、「光トポグラフィー検査を用いたうつ症状の鑑別診断補助」として、厚生労働省の「先進医療」に認可された。それ以降、300人を超える患者が、自費で1万3000円の診療費を払ってこの検査を受けている（認可以前は、被験者の大半は研究に参加するという形で検査を受けていた）。日本で診断にNIRS神経イメージングを取り入れている先進的な研究機関の病院は現在8か所あるが、その1つである東京大学医学部附属病院では、この検査の需要があまりに多いため、2度にわたって予約の受付を中止した。群馬大学病院では予約が3月末までいっぱいで、「希望が多すぎて対応しきれない状況です」と福田は話す。

NIRSの魅力は、精神疾患の迅速かつ明確な診断が期待できることだ。さまざまな精神疾患は、症状が非常に似通っているために、誤った診断を下したり全く診断がつかなかったりすることも多い。例えば米国の研究では、双極性障害患者の約70％は初回に誤った診断を受けていることが明らかになっている[1,2]。また、患者の側では、例えば休職が必要な理由を説明するような場合に「何かはっきりとわかるデータを希望されます」と福田は話す。

NIRSは、信頼性と臨床現場で日常的に使える簡便さとを兼ね備えた、精神の健康状態を客観的に計測できる装置と言えるかもしれない。福田によれば、この装置は、肺炎の診断に使う胸部X線検査や、心臓疾患を確定するのに使う心電図と同じくらい、診断の助けになりうるという。しかし、福田や日本の一部の医師たちを除けば、この技術を認めている研究者は非常に少ない。

批判派によれば、臨床でのNIRSの利用を認めるには、これまでの研究報告の数が少なく、規模も小さく、臨床応用を保証するような実験計画となっていないという。「研究の話題性という点では注目されますが、研究データは十分な説得力があるものではありません」と、玉川大学（東京都町田市）の神経科学者、春野（はるの）

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

ISTOCKPHOTO

雅彦（まさひこ）は話す。イリノイ大学（米国シカゴ）の神経科学者 John Sweeney は、さまざまな脳モニター技術と統合失調症などの疾患を結びつける研究を 20 年間続けており、「誰もが満足するくらい妥当性を検証できたものはまだありません」と言う。また、NIRS はそうした技術の中でも一番あとから出てきたものだと彼は述べ、「まだ薄くて、踏むとすぐに割れる氷のようなものです。患者やその家族に、この種の検査をすべきだと言う段階に達しているとはとても思えません」と話す。

まだ新しい技術ゆえに

私はこのノブだらけの装置を頭にかぶり、十字マークの画面をじっと見つめ、スピーカーから提示されるそれぞれの語音で始まる単語を口に出した。しかし、精神科医や神経科学者たちが見守っているせいもあって、単語がすぐに思い浮かばない。彼らは 2 か月ごとに、日本各地からやってきて NIRS の結果や戦略をここで議論しているのだ。

NIRS が研究の場に導入されたのはおよそ 15 年前で、機能的磁気共鳴イメージング（fMRI）や脳波記録検査（EEG）と比べるとかなり新しいが、日本では NIRS の臨床応用に向けて研究が急ピッチで進んでいる。NIRS 測定装置の二大メーカーはどちらも日本企業であり（日立メディコと京都に本社のある株式会社島津製作所）、NIRS を用いた精神疾患についての研究論文の 2/3 は日本発である。

NIRS は、血中ヘモグロビンが他の生体組織よりも近赤外線スペクトルの光を吸収することを利用している。脳のある領域の神経細胞の活動が活発化すると、そこへの血流が増大する。そこで、ヘモグロビン濃度変化をモニターすれば、部位特異的な血流状態を読み取ることができ、神経細胞の活動状態を知ることができる [3]。福田の NIRS 装置は、大脳の前頭葉と側頭葉の検討に重点を置いたもので、これらの脳領域は、精神疾患に見られる各種の症状に関係するとみられている。したがって、それぞれの疾患と関連する特徴的な血流パターンがわかれば、それを診断の補助に使えることになる。

NIRS は fMRI と比べて、正確さや測定部位の深さの点では劣っている。fMRI は、血流変化を脳全域にわたってピンポイントでとらえることができ、その空間分解能ははるかに高い。しかし NIRS は、fMRI に比べて価格が安く、持ち運びも可能である。また、被験者は椅子に座ったままで検査を受けることができ、fMRI 装置の場合のように、巨大で音もうるさくイライラするような筒の中で我慢する必要もない。つまり NIRS は、子どものようにじっとしていられない被験者や、精神病状態にあったり不安があったりする患者に使いやすいということだ。

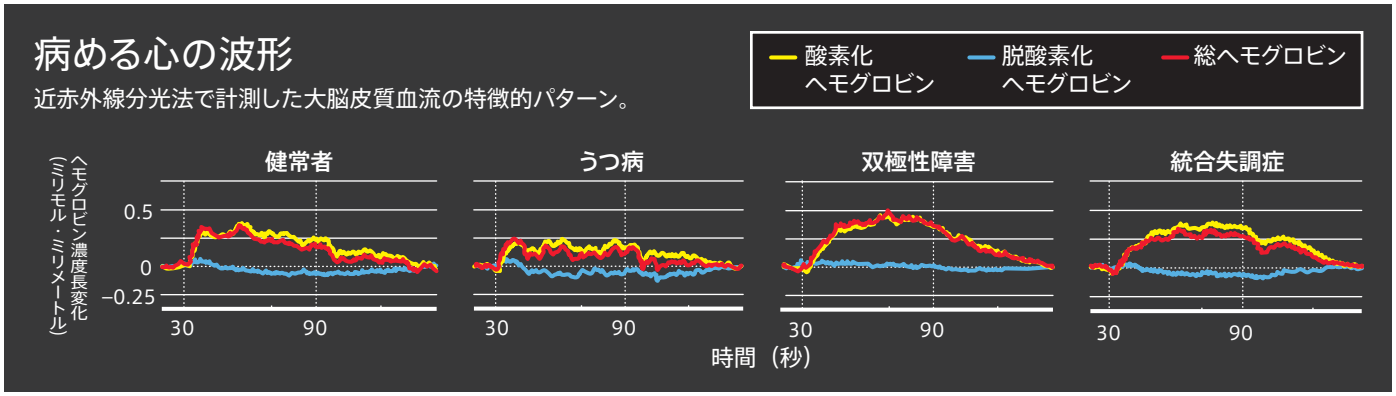
これらの利点のおかげで、近赤外線イメージングは世界の脳研究者の間に徐々に浸透してきた。この技術の米国最大のメーカーである NIRx Medical Technologies 社（米国ニューヨーク州グレンヘッド）の製品は、自閉症から脳マシン・インターフェースまで、幅広い分野の研究で使われるようになってきている。日立は最近、同じ部屋内で互いにやりとりする 4 人の脳をワイヤレスで解析できる、汎用型装置を出した。

一方で福田は、この技術を診断へ応用することに力を入れてきた。痩身銀髪の彼は、考え深げに話し、NIRS とその診断補助能力に自信を持っている。彼が簡単な NIRS 装置を使い始めたのは 1997 年だ。当時、東京大学で講師を務めており、それまでは脳波を使って研究をしていた。それ以降、福田はさまざまな疾患をもつ患者の脳の活動を計測し、うつ病や双極性障害、統合失調症の患者について、10 ～ 20 人の集団全体を平均した場合に、特徴的な脳活動パターンが見られることを報告した [4,5]。福田は得られたデータをグラフにまとめ、各課題の 60 秒間ほどについて前頭葉と側頭葉の活動を記した（次ページ図参照）。彼によれば、NIRS だけでも 80％の正確さで患者のデータを判別できるという。

これらの研究結果に、ほかの神経科学者は納得していない。春野は、福田が発表した論文における患者の数が、活動パターンを識別するには「あまりに少なすぎ」、たとえ群全体としてデータを平均化してそうしたパターンが見つかったからといって、個々の被験者のデータのパターンをどれかの群に分類できるわけではない、と話す。「それが個々の患者にとってどういう意味があるのでしょうか。誤解を与えるだけです」と春野は言う。

福田の共同研究者であるチュービンゲン大学（ドイツ）の Andreas Fallgatter でさえ、「NIRS はまだ研究手法の 1 つにすぎない」と話す。彼は、過去 14 年間で約 1000 人の患者に NIRS を用い、現在はドイツで、言語テストを使った福田の研究を追試しているところだ。しかし、「ドクター福田が日本の専門家たちを納得させるのに成功したのは、明らかだね」と彼は話す。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



SOURCE: M. FUKUDA ET AL. IN: FUKUDA M. (ED) NIRS AND PSYCHIATRIC DISORDERS (NAKAYAMA SHOTEN, 2009)

ちなみに前述の「先進医療」は2005年に改定された厚生労働省の制度で、医学技術の開発を促進するために迅速な審査が行われる。NIRSの評価を担当したのは、国立精神・神経医療研究センター（NCNP）の理事長で、うつ病専門の臨床医かつ研究者の樋口輝彦（ひぐちてるひこ）である。彼は、この技術が安全で効果的かつ所要時間が短く、ほかの診断技術と併用すれば、各種の精神疾患（大うつ病、双極性障害、統合失調症）を初期段階のうちに鑑別するのに役立つだろうと結論付けた。オンライン掲載の委員会議事録によれば、彼は評価委員会のメンバーに、「これのみで診断できるのかというと、そこまではいっていない。あくまでも補助的なものであるというふうに位置付けられています」と述べたようだ。NCNPは現在、この装置を導入している。委員会の中には、研究対象の患者数の少なさや対象患者の一部が薬剤投与を受けていたことに懸念の声を上げたメンバーもいたが、認可そのものに対しては反対しなかった。

臨床診断を補完する

福田によれば、もっと規模の大きい500人以上の患者を対象にした研究論文を、まもなく学術ジャーナルに投稿する予定であり、彼に対する多くの批判にこれで答えられるだろうという。装置のチャンネル数を2倍にしたり、その他の方法論的な改善を進めることで、精神疾患をもっとはっきり鑑別できるようになるだろうし、服薬患者と未服薬患者のデータを比較すれば、治療薬がNIRSデータに影響を与えるわけではないことが明らかにできるだろうと話す。

彼は、集団の平均値を使って個人を診断したことに対する批判が妥当なことを認めている。「厳密に言えば、この批判は正しいです」。しかし、心電図やEEGなど、ほかの多くの計測法にも同じことが当てはまると彼はいう。これらの計測法で得られるデータには個人間で異なる要因が含まれているため、それについての解釈が必要になるが、そうであっても臨床的には有用なのである。「臨床診断とNIRS検査は互いを補完するものです。この両者の補完性について、私たちはすべての患者さんに強調してお伝えしています」と彼は話す。

ただし、少なくともある一定の場合には、NIRSにも診断上の優位性があるようだ。例えば、福田が自身の成功率を計算する場合、臨床診断とNIRSの結果が一致すれば成功だと考える。しかし、結果が一致しない場合、何か見落としがないかどうか、患者とその家族に「繰り返し」質問してみる。例えば、うつ状態の患者が、NIRS検査で統合失調症の可能性が示唆された場合、幻覚体験について話すのを忘れていたのではないかどうか尋ねる、という具合である。神経イメージングと精神医学の専門家であるハイデルベルク大学（ドイツ）のAndreas Meyer-Lindenbergは、診断もしくは薬物治療をまだ受けていない患者を対象にすれば、研究結果にもっと説得力をもたせられるだろうと話す。「診断が未確定の症例が必要になるでしょう。臨床現場でそうした患者を得て、NIRSで分類し、次にそれらの患者を追跡して診断を確認するのです」。

福田たちはすでに、パニック障害や注意欠如多動性障害、心的外傷後ストレス障害を中心とする、さまざまな疾患の診断を補助するNIRSの研究へと歩を進めている。

ところで、私自身のNIRSの結果は、今ひとつ明快さに欠けていた。15分足らずで検査とコンピューター解析を終えた福田は、私のデータの波形を見て、ひとまず「正常」の診断を下した。しかし、その後で私が文献掲載の波形と自分の波形を比較したところ、私の波形は正常と双極性障害の間のどこかに入るようだった。

そこで福田は、私のパターンは通常の「正常」なNIRS波形ではないが、おそらくそれは、室内に見物人がいるせいで発語をためらったためだろうと話した。彼はさらに、私の前頭葉で見られたようなパターンが健常な被験者群でも見られることや、私の側頭葉からとったデータが診断を下すのに役立ったことを話した。いずれせよ診断は下ったわけだが、さて、私はこの結果に満足すべきなのだろうか。■

（翻訳：船田晶子）

David Cyranoski は、*Nature* のアジア太平洋地域の特派員。

編集部注：この記事に関係したEditorial（*Nature* **469**:132, 2011）に対して、取材を受けた福田正人氏がWebページにコメントを寄せている（http://nature.asia/nd1104-nf）。また、より詳しい日本語のコメントが近刊書に収載される（中山書店『NIRS波形の臨床判読－先進医療「うつ症状の光トポグラフィー検査」ガイドブック』）。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

ニュートリノ「望遠鏡」を構成する5160個の検出器の1つが、氷の穴の所定の深さまで下ろされていく。

B. GUDBJARTSSON/NSF

南極のニュートリノ観測所が完成

IceCube Completed

Adam Mann
2011年1月6日号 Vol. 469 (13)
www.nature.com/news/2010/101229/full/469013a.html

南極の氷の下に完成した巨大なニュートリノ観測所から、
新しい物理学につながる知見がもたらされるかもしれない。

研究者たちが深さ2.5kmの穴の中にアイスキューブ（IceCube）ニュートリノ観測所の最後の検出器を下ろしたのは、2010年12月18日のことだった。ちょうど、南極の太陽高度が1年で最も高くなる時期で、気温はマイナス23度もあった。プロジェクトチームのメンバーであるウィスコンシン大学マディソン校の物理学者Albrecht Karleは、「今日はとても暖かい」と報告した。わずか1週間前の平均気温は約10度も低かったという。

Karleもその仲間たちも、これを不満になど思っていない。南極のこの寒さが、高エネルギーニュートリノを発見するのに理想的な天然の媒質をつくってくれたからである。南極の氷床表面から1.5kmの深さでは、その上の層の重さのため、気泡がまったく入らず、完全にきれいな氷の状態が保たれている。氷の穴の中は暗く、透明度が高いので、かすかな閃光を離れた場所で検出することができる。そうした閃光の中には、高速のニュートリノが氷の中の酸素原子に衝突してミュー粒子を生じた合図もあるはずだ。

アイスキューブは5160個のバスケットボール大の光学センサーから構成されていて、最後に下ろされた検出器の表面には、共同研究者のサインがびっしりと書き込まれた。彼らは2005年の建設開始から、南極に夏が来るたびに、高温の水を噴射して氷に深い穴をあけ、検出器を長さ1kmにわたって数珠つなぎにしたものを所定の深さまで下ろした後、その穴を自然に再凍結させるという作業を繰り返してきた。

約2億7100万ドル（約220億円）をかけて完成したアイスキューブは、1 km^3 の氷をモニターすることができる。今回の実験で観測しようとする現象は、まれにしか発生せず、とらえるのが困難であるため、このくらい大きな規模の装置がどうしても必要なのだ。しかし、観測装置が大きくなれば、その視野も広がっていく。研究チームが何年もかけてプロジェクトを進めていく過程で、アイスキューブが、当初考えていたより広い範囲の問題の解明に役立つ可能性があることがわかってきた。そこには、標準モデルを超えた物理学の理解も含まれていた。

ウィスコンシン大学マディソン校の物理学者でアイスキューブ共同実験チームの主任研究者であるFrancis Halzenは、「私たちが現在取り組んでいるいちばんおもしろいことは、プロジェクトの提案当時は考えもしていなかったことです」という。

ニュートリノは宇宙で光子の次に大量に存在する粒子であり、毎秒3兆個ものニュートリノが私たちの体を突き抜けている。ニュートリノは、太陽のような恒星の中心部で核融合反応によって生成するだけでなく、ほかのさまざまな天体でも作られている。ニュートリノは電気的に中性で、宇宙のあちこちにある磁場の影響を受けないため、そのまっすぐな軌跡をたどれば、どこから飛んできたかがわかる。

アイスキューブの観測データのなかから予想どおりに高エネルギーニュートリノを発見することができれば、天文学者が光子から得ることができなかった情報を手に入れることになると、ワイツマン科学研究所（イスラエル、レホヴォト）の天体物理学者Eli Waxmanは言う。アイスキューブは、超高エネルギー宇宙線（UHECR）の発生源をめぐる謎も解き明かす可能性がある。UHECRは、現時点で最も強力な粒子加速器で達成できるエネルギーの、実に数十億倍という非常に高いエネルギーをもったほとんど未解明の粒子である。

現在、UHECRの発生源として考えられているのは、活動銀河核とガンマ線バーストの2つであり、いずれもブラックホールへの物質の降着がエネルギー源

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

になっている。しかし、Waxmanによると、こうした天体が重力エネルギーを放射や粒子に変換するプロセスは、天体物理学の基本的な未決問題の1つであるという。アイスキューブには、UHECRの謎を解くと同時に、強い重力の下での物質の挙動に関する質的に新しい情報をもたらすことが期待されている。

また、ロスアラモス国立研究所（米国ニューメキシコ州）の物理学者で、フェルミ研究所（米国イリノイ州バタヴィア）のニュートリノ実験MiniBooNEの共同スポークスマンの1人であるBill Louisによると、アイスキューブの大きさは、全く新しい物理現象を解明するのにまさにうってつけなのだという。飛んでくるニュートリノは、既知の3つの種類（電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノ）の間で振動する可能性があるが、2010年10月に発表されたMiniBooNEの実験結果によると、反ミューニュートリノが第4の種類のニュートリノである無感（ステライル）ニュートリノに変わるのが観察された可能性があるという（A.A.Aguilar-Arevalo *et al. Phys. Rev. Lett.* **105**, 181801; 2010）。アイスキューブが観測を行うエネルギー領域は、このゆらぎを見きわめるのにちょうどよいとLouisは指摘する。つまり、アイスキューブは、MiniBooNEの奇妙な実験結果を裏付けるか、それとも否定することができるかもしれないのだ。

アイスキューブはさらに、ダークマターの性質について、その解明を促すかもしれない。ダークマターは宇宙の見えない構成要素で、1種類または数種類の、WIMPと呼ばれる相互作用をほとんどしない粒子からできている可能性がある。いくつかのモデルは、WIMPが太陽の核に蓄積されると予測している。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）の物理学者でアイスキューブのプロジェクトディレクターであるRobert Stokstadによると、ダークマター粒子が狭い領域に集中すると、互いに衝突して消滅し、高エネルギーニュートリノを生成する確率が高くなる。アイスキューブがこうしたニュートリノを発見し、それが太陽から来ていることを確認することができれば、ダークマターを初めて検出できたことになると彼はいう。

Waxmanは、アイスキューブが全く予想外のものを発見することができれば、それがいちばんおもしろいと言う。「きわめて根本的な点で、アイスキューブは私たちに宇宙の新しい見方を教えてくれるのです」。■

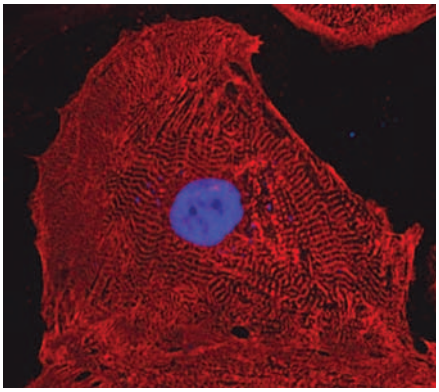
（翻訳：三枝小夜子）

トップモデルになった細胞

Cells snag top modelling job

Ewen Callaway 2011年1月20日号 Vol. 469 (279)
www.nature.com/news/2011/110117/full/469279a.html

患者由来の細胞を再分化させた培養疾患細胞を用いて、
治療法の開発を試みる疾患が増え続けている。
今回そのリストに、ある心疾患も加わった。



REF.1

ある珍しい心疾患を患う28歳の女性が、意識不明で病院に担ぎ込まれた。外科医が除細動器を埋め込み、女性は命を救われた。これは、現在行われている治療法だ。だが、そのうち、この女性から採取した細胞――培養用ディッシュの中で生きて拍動している――が、別の患者の命を救うことになるかもしれない。

遺伝性のQT延長症候群（LQTS）を患うその若い女性は、テクニオン・イスラエル工科大学（イスラエル・ハイファ）の幹細胞生物学者Lior Gepsteinの研究チームに、皮膚細胞を提供した。彼らは、それから人工多能性幹（iPS）細胞を作製し、心筋細胞へと再分化させた。「この患者由来の心筋細胞は、入院したときの患者と全く同じ挙動を示します」と、Gepsteinは話す。つまり、この細胞をLQTSの研究に利用できるのだ。Gepsteinらの研究成果は、2011年1月16日付*Nature*オンライン版に発表された[1]。

これこそ、疾患の患者特異的モデルの希望だ。こうした疾患の培養細胞モデルは、患者の細胞を未分化の幹細胞状態に初期化した後、疾患の影響を受ける組織の細胞に転換することによって作製することができる。糖尿病から希少な神経変性疾患まで、さまざまな疾患に関して、これまでにいくつかのモデルが作製されているが（次ページ表参照）、近い将来、もっとたくさんのモデルの作製が期待される。製薬会社は、こうした細胞を利用

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

して、効果的な薬物療法を発見したり、ごく一部の患者にしか見られない副作用を予測したりするようになってきている。

LQTS は、その名のとおり、心電図上の QT 時間が延長している病態で、心筋細胞の再分極が遅れることによって生じる。原因は、一般に、細胞のイオンを出し入れする分子チャネルの遺伝的な変異による。LQTS 患者は、不規則な心拍である「不整脈」によって、20 代から 30 代で突然死するケースが多い。Gepstein によれば、この疾患にはラットのような優れた動物モデルが存在しないという。齧歯類の心臓はヒトの何倍も早く鼓動を打つうえに、用いられているイオンチャネルも異なるからだ。

今回の実験では、「健康な」iPS 細胞から作製した心筋細胞も使われ、LQTS 患者由来の心筋細胞ともども、細胞のシートを培養用ディッシュ上に形成し、初歩的な「心拍」を繰り返した。両者を比べると、患者由来の iPS 細胞から作製された心筋細胞は、さまざまな面で患者の疾患状態を再現していた。例えば、「健康な」心筋細胞と比べて再分極の速さが遅かった（脚注 URL1 参照）。また、拍動は不規則だった。Gepstein は、「正常な心筋細胞がトクン、トクン、トクンと動くのに対して、LQTS 患者由来の心筋細胞は、トックン、トックン、トクトクとなるのです」と言う（脚注 URL2 参照）。

実験では、異なる種類のイオンチャネルを標的として心筋細胞の再分極を助ける 3 つの薬すべてが、LQTS 患者由来の心筋細胞の不整脈を予防した。このことから、薬物スクリーニング面で有用な疾患モデルになりうることが確認できた。さらに、シサプリドという胃腸薬で LQTS 患者由来の細胞を処理すると、拍動の不規則性が増した。この薬は、一部の患者で致命的な不整脈を引き起こしたため、2000 年に販売が中止されている。

副作用を予測することは、LQTS 患者から採った細胞の最初の利用法かもしれない、と Gepstein は語る。ただし Gepstein は、患者特異的な疾患モデルの最終目標は、個別化医療だと考えている。シダーズ・サイナイ再生医療研究所（米国カリフォルニア州ロサンゼルス）で所長を務める Clive Svendsen も、この考えに同調している。「あれこれと薬を試したり、副作用のリスクを冒したりせずに、患者にぴったりの薬が処方できるようになるのです」と Svendsen。

一方、ライデン大学（オランダ）の幹細胞生物学者 Christine Mummery は、これに異を唱える。個々の患者を治療するために個別に疾患細胞を作製するのは、時間とコストがかかりすぎるというのだ。しかし、数多くの患者から得た疾患細胞を対象に薬を試し、細胞の遺伝的性質をその反応と照らし合わせることで、マーカーが発見され、汎用性の高い治療法が開発される可能性はあるとも話す。

その前にはまず、「培養用ディッシュ上の疾患」の欠点を克服する必要がある。患者由来の iPS 細胞株には、該当する細胞種への転換後に疾患と関連する明確な異常を全く示さないものが多いのだ。Gepstein らが LQTS を選んだのは、病態が遺伝子の変異に起因していて、心臓の細胞に明確な変化が生じるからだ。脊髄性筋萎縮症やファンコニ貧血など、患者の細胞から優れた培養細胞モデルが作製されたほかの疾患も、明確な遺伝的原因と明らかな生理学的現象が伴っている。「どれも手が届きやすい果実なのです」と Mummery は言う。

米国のバイオテクノロジー企業アイピエリアン社（カリフォルニア州サンフランシスコ）の社長 Mike Venuti によれば、健常人にはない、患者特異的な細胞が、病態と明確に関連しているならば、複雑な疾患にもモデルが作られる可能性があるという。例えば、患者特異的な膵臓 β 細胞のインスリン分泌欠損は、糖尿病のモデルになる可能性がある。同社では、アルツハイマー病、パーキンソン病、および 2 型糖尿病患者由来の iPS 細胞を作製し、そこから薬物スクリーニング用にさまざまな種類の細胞を作り出している。Venuti は、今後数年間で、この方法により発見された薬物候補が臨床試験に入ることを期待している。

iPS 細胞から作製される疾患モデルは、現在、一大ブームとなっているが、薬物スクリーニングには胚性幹（ES）細胞も忘れてはならない、と GE ヘルスケア社（英国カーディフ）の Stephen Minger は話す。同社は、不整脈用をはじめ、ES 細胞を利用した薬剤安全性検査法を開発している。Minger はまた、iPS 細胞を作製するための遺伝子操作が細胞を傷つけ、疾患形質の探索を歪ませる、とも言う。「この分野は iPS 細胞熱にちょっと浮かれすぎていると思います。確かに大きな可能性はありますが、ES 細胞だって同じですよ」と Minger は語っている。■

（翻訳：小林盛方　再構成：編集部）

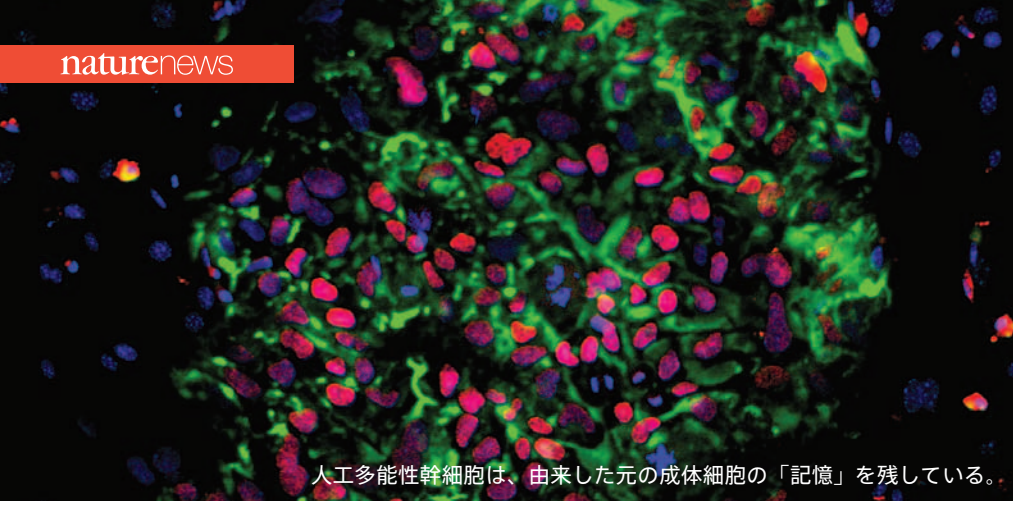
魅力的なモデル
人工多能性幹細胞を利用して模倣される疾患の数は増え続けている。

疾患	対象細胞
筋萎縮性側索硬化症	運動ニューロン [3]
脊髄性筋萎縮症	運動ニューロン [4]
家族性自律神経異常症	神経堤前駆細胞 [5]
QT 延長症候群	心筋細胞 [1,2]
ファンコニ貧血	造血前駆細胞 [6]
レット症候群	神経前駆細胞、ニューロン [7]

1. Itzhaki, I. *et al. Nature* **471**, 225–229 (2011).
2. Moretti, A. *et al. N. Engl. J. Med.* **363**, 1397–1409 (2010).
3. Dimos, J. T. *et al. Science* **321**, 1218–1221 (2008).
4. Ebert, A. D. *et al. Nature* **457**, 277–280 (2009).
5. Lee, G. *et al. Nature* **461**, 402–406 (2009).
6. Raya, Á. *et al. Nature* **460**, 53–59 (2009).
7. Marchetto, M. C. N. *et al. Cell* **143**, 527–539 (2010).

参考ビデオ 1：http://nature.asia/nd1104_myocardiocyte1
参考ビデオ 2：http://nature.asia/nd1104_myocardiocyte2

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



人工多能性幹細胞は、由来した元の成体細胞の「記憶」を残している。

K. PLATH/UCLA

iPS 細胞に問題あり？

Flaw in induced-stem-cell model

Elie Dolgin 2011 年 2 月 3 日号 Vol. 470 (13)
www.nature.com/news/2011/110202/full/470013a.html

成体細胞は、胚の細胞と全く同じ状態には再プログラム化されないようだ。

ヒトの胚性幹（ES）細胞は、使用に関して政治的な思惑が付きまとうため、代わりに成人の組織から誘導して作製した幹細胞を使いたいと医学研究者は考えている。そうした期待に水を差すような研究成果が報告された。成体細胞の分化時計を戻して作られる人工多能性幹（iPS）細胞は、ES 細胞と同様の遺伝子発現パターンを示し、どちらの細胞も、どんな種類の細胞にも再分化できると考えられている。しかし今回、DNA の塩基配列はそのままで遺伝子発現が変化する「エピジェネティックな変化」のパターンが、iPS 細胞が ES 細胞と同じではないことが明らかになった[1]。これにより、iPS 細胞が、ES 細胞の代役として疾患のモデル作製や治療に用いるのに適さない可能性も出てきた。

ソーク研究所（米国カリフォルニア州ラホヤ）の分子遺伝学者 Joseph Ecker らは、15 種類の細胞株のゲノム全域について、エピジェネティックな変化の 1 つである DNA のメチル化のパターンを解析した。15 細胞株には、4 種類のヒト ES 細胞株、5 種類の iPS 細胞株と、それらの元になった組織細胞や両方の幹細胞から分化させた細胞が含まれている。「大まかには ES 細胞と iPS 細胞はほぼ同じように見えますが、細部を見れば、iPS 細胞には ES 細胞と異なるさまざまな特徴が見つかります」と Ecker は話す。

Ecker らは、iPS 細胞の染色体の先端部付近や中心部付近のメチル化パターンが、胚に似た状態にリセットされるのではなく、むしろ、その iPS 細胞の元になった成体組織細胞のメチル化パターンに似ていることに気付いた。これだと、iPS 細胞が作り出せる組織の種類が限定されてしまう可能性がある。「iPS 細胞作製の再プログラム化過程はとても興味深いものですが、その多能性を獲得する道筋は、胚に由来する細胞とは根本的に異なっているのです。我々はいまだに、細胞を ES 細胞に似た状態に転換させる再プログラム化法を探していますよ」と、ボストン小児病院（米国マサチューセッツ州）の幹細胞研究者 George Daley は話す。

iPS 細胞がエピジェネティックな「記憶」を保持しているとする今回の知見は、2010 年に Daley らやほかの研究チームが報告した、マウスの iPS 細胞と ES 細胞の比較解析の結果[2,3]とも一致する。ただしマウスでは、メチル化の相違は、iPS 細胞を継続培養するか、もしくは、もっと特殊化した細胞種へ再分化させることで、リセットできる可能性がある。ところが、ヒトの iPS 細胞では、誘導して新しい組織を形成させた後でも、エピジェネティックな印が依然として残っていた。

一方、エピジェネティックな相違とは関係なく、iPS 細胞も ES 細胞も、体の組織の完全なモデルにならない可能性がある。どちらの細胞にもゲノムの異常があるとみられるからだ。2010 年 4 月にスクリプス研究所（米国カリフォルニア州ラホヤ）の幹細胞研究者 Jeanne Loring らが発表した別の研究[4]によると、ES 細胞には、自己複製に関係する遺伝子群と関連した DNA 領域が重複する傾向があり、また iPS 細胞には、発がん遺伝子が過剰に含まれ腫瘍抑制遺伝子が少なかった。両細胞のこうしたゲノム上の違いは、細胞の採取や維持に使う培養手法に起因している可能性が高い。ホワイトヘッド研究所（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の幹細胞生物学者 Richard Young は、「正常な生物個体から細胞を取り出して培養すると、元の個体内の生活に適さないような特徴を獲得してしまうことがあります」と説明する。

これら幹細胞のゲノムの相違に関して、カリフォルニア大学ロサンゼルス校（米国）の幹細胞生物学者 William Lowry は、こう話す。「問題なのは、こうした相違の中に、重大な結果をもたらすものがあるのかどうかが、わかっていないことなのです」。■

（翻訳：船田晶子）

1. Lister, R. *et al. Nature* **471**, 68–73 (2011).
2. Kim, K. *et al. Nature* **467**, 285–290 (2010).
3. Polo, J. M. *et al. Nature Biotechnol.* **28**, 848–855 (2010).
4. Laurent, L. C. *et al. Cell Stem Cell* **8**, 106–118 (2011).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Twitter による審判

Trial by Twitter

Apoorva Mandavilli

2011 年 1 月 20 日号　Vol. 469 (286-287)

発表された論文が、わずか数日で、
ほかの研究者のブログやツイッター上で激しく批判されるケースが増えている。
研究者らは、こうした批判にどのように対応するべきか、戸惑いを感じている。

「科学者が長寿のカギを発見」— こんな見出しが、*The Wall Street Journal* 2010 年 7 月 1 日号に躍った。翌日には、ナショナル・パブリック・ラジオ（NPR）が、「私たちの中で 100 歳まで生きられるのは誰でしょう？　遺伝子検査により、それが明らかになるかもしれません」と報じた。そのほかにも、数百本の記事や番組が、似たような言葉で熱く紹介していた。これらは、*Science* に掲載された 1 本の論文[1]についての報道である。論文では、ある人が長生きするかどうかを 77% の精度で予測できる遺伝子セットを特定したと主張されていた。それが紛れもない事実なら、医学、保健政策、経済に大きな影響を及ぼす可能性がある。

しかし、大衆メディアがこの知見を大きく報道するそばから、研究者たちがウェブ上で論文の実験手法を批判し始めた。個人向けのゲノム解読サービスを提供している 23andMe 社（米国カリフォルニア州マウンテンビュー）の研究者は、「この研究結果の大半は、実験の参加者のような『長生き』はできないだろうね」という手厳しい批判をブログに記した。

特に批判されたのは、長寿遺伝子を特定するために用いられた全ゲノム関連解析（GWAS）のやり方だった。この研究では、100 歳以上の人々と対照群を調べるのに異なる種類の DNA チップが用いられており、その違いが解析結果に影響を及ぼしている可能性があったのだ。論文が発表された当日に、*Newsweek* のブロガーにこの懸念を語ったデューク大学ヒトゲノム変異センター（米国ノースカロライナ州ダーラム）のセンター長 David Goldstein は、「こうした間違いはよくあるもので、GWAS を頻繁に行う研究者なら誰でも知っています。だから皆、すぐに反応したのです」と言う。

この痛烈な攻撃は衝撃的だったが、例外的なものではない。従来の論文は、発表から数年の間に、小規模な学会や個人的な会話の中で否定されていったが、近年の論文は、発表からわずか数時間で、ブログやツイッター、その他のソーシャル・メディア上で、公然と否定されるケースが増えているのだ。例えば、2010 年 12 月に、DNA の骨格にリンの代わりにヒ素を利用する細菌が見つかったと主張する論文[2]が大きく報道されたが、この論文に対しても、多くの研究者が即座にブログ上で批判を始めた。

否定の大合唱

論文に対する反応が速くなれば、ずさんな研究が早い段階で除去され、多くの研究者のためになる。「問題のある論文が長期にわたって科学文献中にとどまっていると、害をなすおそれがあります。その論文の存在がほかの研究に影響を及ぼし、ひいては分野全体に影響を及ぼす可能性があるからです」と、Goldstein は

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

IKON IMAGES/ALAMY

説明する。長寿遺伝子の論文については、こうした事態は回避されたと彼は言う。問題の論文が発表されてから1週間後、著者らが、「我々は、研究に用いた検査法に技術的な誤りがあったことに気付かされた……現在、解析結果を詳細に再検討しているところである」という声明を出したのだ。11月になると、*Science*はこの論文に関する「懸念の表明」という論説[3]を掲載し、事実上、その結果の正当性に疑問を投げかけた。

この論文の第一著者で、ボストン大学（米国マサチューセッツ州）の生物統計学者Paola Sebastianiは、*Nature*の取材に対し、「（自分も共著者も）今回の経験について語るのは時期尚早だと感じています。この問題はまだ終わっていないのです」とだけ回答した。

こうしたネット上のレビューの早さと論調は、多くの研究者を委縮させるおそれがあり、時に、実際に攻撃されたと感じている研究者もいる。論文の著者は、四方八方から飛んでくる批判に、どのように対応すればよいのだろうか？　そもそも、対応しなければならないのだろうか？　それとも、学会や学術ジャーナルなどの昔ながらの発表の場で慎重に表明される批判にのみ対応するべきなのだろうか？　NASA宇宙生物学研究所（米国カリフォルニア州マウンテンビュー）のポスドク研究員で、ヒ素を利用する細菌に関する論文の第一著者であるFelisa Wolfe-Simonは、「私たちが考えたり、実験室で作業したりするのに必要な時間に比べて、情報の伝播スピードが速すぎるのです」という。彼女がこのコメントを発表したのもツイッター上だった。実際、多くの研究者が、長文の論文やブログに目を向けてもらおうと、ツイッターを利用している。

この混沌とした状況に何らかの秩序をもたらすには、新しい文化的規範と、それを支えるネット上のインフラが必要なように思われる。ネット上の公開査読は、以前から提案されていた。伝統的に、ある論文を学術ジャーナルで発表する価値があるかどうかは出版前の査読によって判断されてきた。ところが、1990年代にインターネットの使用者が急増すると、ネット上のコメントがその役割を果たすことができ、そうでなければならないと熱心に主張する人々が出てきたのだ。

英国の研究資金提供機関である科学技術施設会議の上級研究員Cameron Neylonは、「実際、すべての論文を発表してからふるいにかけていくほうが、はるかに理にかなっています」と言う。

迅速なフィードバック

以前から、数学や物理学などの分野では、論文が出版される前にも後にも、この種の公然の議論が行われていた。こうした分野の研究者のほとんどは、20年も前からarXiv.orgというプレプリントサーバーに論文の草稿を投稿しており、ブログが普及してくると、早速それを使って研究に関する議論をするようになった。

そのほかの分野の研究者たちは、出版前の論文については議論したがらないようだ。特に生物学者は、自分自身の研究について公然と語ったり、ほかの研究者の研究についてコメントしたりするのを嫌うことで悪名高い。これは、ライバルに出し抜かれたり、将来、自分の論文の査読をするかもしれない研究者の機嫌を損ねたりするのを恐れるからだ。さらに、ネット上でこうした活動をしても、終身在職権審査委員会や研究資金提供機関から特に評価されるわけではないとわかっていることも、意識が高まらない要因となっている。

こうした理由から、2005年の*Nature*をはじめ、複数の学術ジャーナルがさまざまな形で行ってきた、研究者に公開査読への関心を持たせようという試みは、あらかた失敗に終わっている。コーネル大学（米国ニューヨーク州イサカ）のコミュニケーション研究者で、学術出版協会（米国コロラド州ウィートリッジ）のブログThe Scholarly Kitchenの編集長Phil Davisは、「大半の論文は、誰からも興味を持たれずに、不毛な沈黙の中に放置されています」と言う。

学術ジャーナルのオンライン版で発表された論文にコメントを付ける形での出版後の査読は、もう少しうまくいっている。しかし、そこでの議論は活発というにはほど遠い。それは主として、学術ジャーナルが論文への批評を求めている場所が、一般的なソーシャル・ネットワークのサイト上ではなく、自誌のウェブサイト上であることが多いからだ。

*PloS Biology*の学術編集長で、ブログやツイッターを使って活発に情報を発信しているJonathan Eisenは、「まともな頭の持ち主で、論文にコメントするためだけに*PLoS One*のサイトにログインする人がいるでしょうか？」と言う。「*PLoS*で発表された論文に関するコメントの数は、ツイッターのほうが絶対に多いと思います」。

研究者にとっては、論文に対するこうした場当たり的な批判にどのように対応するかが問題になる。ネット上のコメントは体系化されておらず、気まぐれで、往々にして匿名で寄せられるため、伝

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

統的な手段での議論に慣れている生物学者はしばしば不快感をあらわにしている。例えば、Wolfe-Simon は、ヒ素の論文をめぐる騒動が勃発した当初は、Sebastiani のように距離を置こうとした。論争が始まったとき、彼女は、「節度ある議論となるように、こうした批判も、私たちの論文と同様の方法で査読を受け、綿密な審査プロセスを経なければなりません」と言った。彼女と共著者は、その後、いくつかの批判に対して自身のウェブサイト上で回答している。

しかし、自らも論文に対してネット上で否定的なレビューをされたことのある Goldstein は、こうした声に振り回されないことが大切だと考えている。「しっかりした研究なら、騒動により傷つけられることはなく、歳月の試練に耐えられるはずです」と彼は言う。とはいえ、「こういう状況では群集心理が働くことがあり、本当に気を付けなければなりません」とも付け加える。長寿遺伝子の論文もヒ素を利用する細菌の論文も、本来は、にわかにもてはやされたり、突然こき下ろされたりする性質のものではないからだ。

1 つの解決法は、ネット上に散在しているコメントがブログ圏に埋もれてしまわないように、新しい技術を駆使してこれらをすべて捕らえ、体系化し、評価して、科学界に一貫性のある貢献をさせることだ。こうした実験的取り組みの中で、特にうまくいっていて興味深いものが、Faculty of 1000（F1000）や thirdreviewer.com などのウェブサイトと、Mendeley、CiteULike、Zotero などのオンラインライブラリーである。オンラインライブラリーでは、ユーザーはオンライン版の論文やその他の興味深いサイトにブックマークし、リンクを共有することができる。

なかでも最も有名なのは、生物学全般の学術誌に掲載された論文の評価を行っている F1000 だ。2002 年に立ち上げられた F1000 は、現在、研究者や臨床医の間で推挙された 1 万人のメンバーからなる「ファカルティー（同業者集団）」が、論文を選択し、評価し、6 点（推奨）、8 点（必読）、10 点（卓越）の 3 段階の点数をつけている。個々の評点はある公式を使って足し合わされ、その論文の F1000 ファクターが算出される。この点数は、終身在職権の審査や研究資金の申請の際にも考慮されるようになってきている。ウェルカムトラスト（英国ロンドン）で研究資金提供後の評価を行うチームを率いる Liz Allen は、「F1000 ファクターは、私たちが組織的に利用する唯一の要素です」と言う。「引用指数に別の側面を追加するものだと言えます」。

しかしながら、F1000 のランキングは伝統的な引用と密接な相関があるため、新しい価値を付与することがあったとしても、それはごくわずかであると批判する声もある。さらに、ほとんどの論文はファカルティーの注意を引かず、ランク付けされることもない。あれほど話題になった長寿遺伝子の論文でさえ、F1000 では 1 回しか評価されず、その評点は 8 点（必読）だった。ちなみに、現在、このサイトで最高位にある論文が獲得した点数の合計は 62 点で、20 点前後のものが多い。

メタ・ツイッター

このように、新しい評価基準には予測不能なところがあるため、ある論文に対するネット上の反応と評価のすべてを集計して定量化する新しい測定法を開発し、従来の測定法と比較することへの関心が高まっている。Neylon や一部の研究者は、そうした新しい測定法を「オルトメトリクス（alt-metrics）」と呼んでいる。

ZETASTOCK/ALAMY

ノースカロライナ大学（米国チャペルヒル）で情報科学を専攻し、オルトメトリクスの研究をしている大学院 2 年生の Jason Priem は、「研究者がより新しい形のコミュニケーション手段を用いるようになるにつれ、彼らがしていることを測定し、比較することが非常に重要になるのです」と言う。

Neylon が率いる研究チームは、発表された論文がウェブ上で引き起こすすべての動きを評価し、その影響力を迅速に測定するオルトメトリクス・システムを試作し、それをテストするために、3 万ポンド（約 400 万円）の研究資金を申請している。また、Neylon や彼の仲間の多くは、論文の出版前にウェブ上のみで査読を行うシステムを構築しようとしている。そのシステムは arXiv.org をモデルとしており、彼らがその欠点と考えている査読過程が、より平等で、透明性のあるものに変更されるはずだ。

とはいえ、ほとんどの研究者は、そこまでの透明性は望んでいないのかもしれない。出版後の論文に対して、ブログやツイッター上で盛んにレビューをしている人々も例外ではない。Goldstein も、ブログやツイッターが「物事の理解を助ける仕組みとして優れている」ことは認めつつ、「誰でも参加できる実況解説のようなシステムが、論文の質を決定する唯一の方法になることは望んでいません」と言う。そして、こう結んだ。「民主主義について言われていることとちょうど同じです。査読過程が、あまりよいものでないのは確かです。けれども、これよりましなやり方もないのです」。■

（翻訳：三枝小夜子）

Apoorva Mandavilli は、ニューヨーク在住のライター。

1. Sebastiani, P. *et al. Science* doi:10.1126/ science.1190532 (2010).
2. Wolfe-Simon, F. *et al. Science* doi:10.1126/ science.1197258 (2010).
3. Alberts, B. *Science* **330**, 912 (2010).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

がん細胞を自滅させるスイッチ

生体での多様な働きが研究者の注目を浴び続けている RNA（リボ核酸）。長年、RNA の機能と構造の解析に取り組んできた井上丹教授は、豊富な知識をいかして、新しい RNA 分子や反応系を作り出すことにした。そして、誕生したのが「RNA スイッチ」[1–2]*。病気の予防や治療に広範に利用できると期待されている。

—— Nature ダイジェスト：どんなスイッチを作ったのですか？

井上：がん細胞が生じたら、自動的にその細胞が死ぬようにしむけるスイッチです。つまり、正常な細胞ががん化したときに、その細胞内で自らを滅ぼす仕組みが作動し始めるというスイッチなのです。今はまだ、基礎技術の段階で、生体内で実際に機能させるには、もう少し研究が必要です。

—— 具体的には、どのようにできているのですか？

実はどんな細胞にも、自身の死をもたらす仕組みが備わっています。ただし、普段はその仕組みが作動していません。私たちがスイッチと呼んでいるのは、この仕組みを実際に作動開始させることのできる反応系のことで、それには、今回私たちが見つけた分子を細胞に仕掛けておけばいいのです。

タンパク質に出会うと、何が起こる？

—— 今回見つけた分子とは？

Kt（キンクターン）という名前の RNA（リボ核酸）と、L7Ae という名前のタンパク質です。どちらも天然に存在する分子の構成成分です。この 2 つが出会うと、結びついて複合体を形成し、スイッチとして機能するのです。

—— Kt と L7Ae の出会いはどうコントロールするのですか？

最初は細胞中で、Kt と L7Ae を別々にしておき、細胞ががん化すると Kt と L7Ae が出会うような仕組みを考案しました。

もう少し詳しく説明しましょう。細胞ががん化すると、がんに特有のタンパク質が生産されることが多いのです。がんの診断でよく使われている「マーカー」と呼ばれるタンパク質がそれです。そこで私たちは、細胞内にマーカータンパク質が増えてきたら、Kt と L7Ae が出会えるようにしたのです。そうすれば細胞のがん化を検査したり、処置を施すことなく、自動的にこのスイッチがオンになるわけです。

—— Kt と L7Ae が出会うと、どんなことが起こるのですか？

「翻訳」を制御できるようになります。ご存じだと思いますが、細胞内で、遺伝子が「転写」されると mRNA が作られ、その mRNA が「翻訳」されるとタンパク質が作られます。ですから、翻訳が制御できると、タンパク質の生産を促進したり、抑制したりすることが可能になるのです。細胞が機能するためには、タンパク質が作られていくことが必要です。私たちのスイッチは、タンパク質の生産をオン・オフすることにより、がん細胞の死を導くスイッチということになります。

—— Kt と L7Ae は便利な分子ですね。

そうなんですよ。目的の性質を備えた分子を探そうと、天然に存在し、その構造が明らかになっている RNA とタンパク質の複合体をリストしていきました。そして、片っ端からチェックしていったところ、幸運にも、比較的すぐに、望みの性質を備えたものを探し当てることができたのです。それが、この Kt と L7Ae でした。Kt は古細菌リボソーム RNA の一部分、L7Ae は古細菌リボソームの一成分です。これらを見つけることができなかったら、このスイッチを実現させるのは、決して容易ではなかったと思います。

新たな方向へ向かって

—— RNA とタンパク質の複合体に注目されたきっかけは？

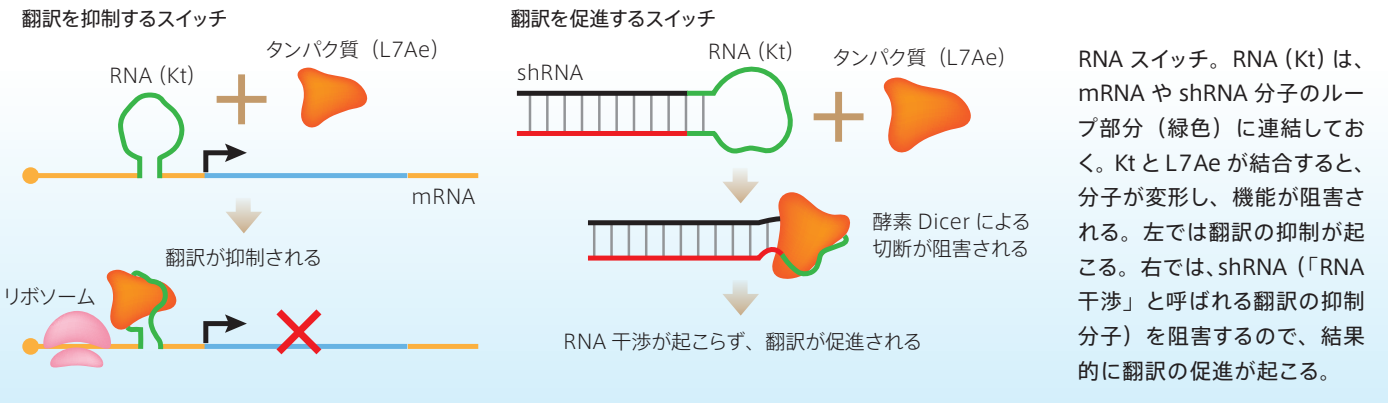
私は、RNA でできた酵素、リボザイムを長年研究してきました。ですから、RNA がタンパク質と複合体を形成して、より多彩な構造を作ることはよく知っていたのです。分子や反応系の設計や合成をするにあたり、私は最初から、RNA–タンパク質複合体に焦点を当てていました。

—— 機能の解明から、分子の合成に興味が移られたのですね？

ちょうど 2000 年頃のことでした。リボザイムの機能の解明が、一定の到達点に達した感があったのです。私は、リボザイムの研究でノーベル賞をとったトム・チェックの最初のポスドクで、16 年間、研究し続けてきていたのですが、次に何をしようかと考えました。そのとき、これまで蓄積してきた知識を使って、実践的に役に立つ、新たな分子を設計することに強く心を引かれたのです。

そうするうちに、シンセティック・バイオロジーという概念も、分子生物学の潮流に台頭してきました。要素の分解や解析から、生命系の再構築といった方向をめざす流れです。ちょうど私が舵を取った方向と合っていたので、研究が進めやすかったです。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



RNA スイッチ。RNA（Kt）は、mRNA や shRNA 分子のループ部分（緑色）に連結しておく。Kt と L7Ae が結合すると、分子が変形し、機能が阻害される。左では翻訳の抑制が起こる。右では、shRNA（「RNA 干渉」と呼ばれる翻訳の抑制分子）を阻害するので、結果的に翻訳の促進が起こる。

―― 実際に研究を進められて、いかがでしたか？

RNA–タンパク質複合体は、研究者にとって、本当に「お得」な分子です。RNA は基本構造が単純でありながら柔軟性があるので、改変しやすい。そして、タンパク質を連結させることによって、新しい性質を簡単に作り上げることができるのですから[3]。

しかも、RNA–タンパク質複合体の研究者人口は少ないので、競争も激しくありません。

―― 研究者人口が少ない理由は？

RNA の研究者はタンパク質に、タンパク質の研究者は RNA に苦手意識をもつことが多いから、互いに手を出さないのかもしれません。研究者が群がるより、落ち着いて研究できるのでいいですけどね。

いつも思ったようにいくとは限らない

―― 研究は、順風満帆ですね。

ところが、世の中には、生き馬の目を抜くようなことが起こるのです。実は、今回の私たちの論文発表の約 2 か月前に、ふだんから交流のある身近な研究仲間が、私たちと同じテーマの研究を *Science* に発表したのです。具体的な研究方法は異なるのですが、翻訳を制御するという手法は全く同じ。

互いの研究について議論する機会は多々あったのですが、私たちは彼らに話しても、彼らは、このテーマで研究していることを一言も漏らさなかったので、非常に驚きました。

―― 研究内容を秘密にして競争することは、珍しくないのでは？

もちろんそうです。だから、彼らが私たちに義理を欠いたなんて、全く考えていません。

今では私たちのように、自分たちの研究を比較的オープンに話すほうが、珍しいタイプでしょう。でも私は、他人を出し抜くことに力を注ぐよりも、前向きに刺激し合って、互いの研究を高め合うやり方を大事にしたいのです。

―― オープンにすることで、生産的な競争が生まれるのですね。

そうですね。今回の研究の場合でも、私たちの方法では、RNA スイッチの働く場所が、細胞質の中、彼らのは細胞の核の中と異なり、使い分け可能でしょうから。

もっとも、がんのマーカータンパク質への応用は、私たちの方法でしか行えないと思います。核の中にタンパク質分子を送り込むのは、容易ではないですから、私たちのほうがずっと応用範囲が広いと思います。

―― 研究室ではどのように指導されているのですか。

20 歳代のころのことですが、私の行ったある研究が成功をおさめました。しかしその成果を発展させる次の段階で、ライバルに論文発表で先を越されてしまったのです。それを、ある年長者に、頭ごなしに叱責されて、たいへん不愉快な思いをしました。

私も、教授として、若手を叱ることはありますが、それは彼らが研究者として自立していくのに必要なことに限っています。そして、研究を進めたり、発表したりする際に、どんなことに焦点を絞るべきか、それを明解に示すことが、私の仕事だと思っています。研究を効率よく進め人々の理解を得るためには、わかりやすく焦点を絞ることが重要ですから。

―― ありがとうございました。 ■

聞き手は藤川良子（サイエンスライター）。

＊科学技術振興機構の援助の下での研究。

1. Saito H. *et al. Nature Chemical Biology*. **6**, 71-78 (2010)
2. Saito H. *et al. Nature Communications*. **2**, 160 (2011)
3. Saito H. *et al. Nature Nanotechnology*. **6**, 116-120 (2011)

AUTHOR PROFILE

井上　丹

京都大学大学院生命科学研究科教授。1978 年、東京工業大学理学部化学科助手。80 年、米国・ソーク生物学研究所博士研究員を経て、コロラド大学博士研究員。85 年、同研究所助教授を経て、准教授。92 年、京都大学理学部教授、同大学大学院理学研究科教授を経て、99 年より現職。85 年、ドイツ・クルップ財団リサーチファンド受賞。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

アルツハイマー病

失われた記憶を取り戻せるか

Recollection of lost memories

Robert C. Malenka & Roberto Malinow 2011年1月6日号 Vol. 469 (44–45)

「年を取るにつれて人は賢くなる」と言われているが、
年を取ると記憶を保持する能力が低下していくというのが現実だ。
しかし、この問題を解決する方法のカギが見つかったかも知れない。
アルツハイマー病モデルマウスのニューロンで、
シグナル伝達分子 EphB2 の発現レベルを上昇させたところ、記憶障害が回復したのだ。

「鍵をどこに置いたかな？」「昨日、夕食を食べたかしら？」 認知力の中でも記憶を保持する能力は、年を取るにつれて否応(いやおう)なく低下する。そのうえ、介護が必要になるほど認知力が低下する人が増えてきている。高齢者のこうした認知症の主な原因は、アルツハイマー病であり、85歳以上の人の約半数が、この病気の何らかの症状を示す。しかし、アルツハイマー病の生物学的な理解が大きく進歩しているにもかかわらず、有効な治療法はまだ見つかっていない。そうしたなか、Cisséたちの研究チームは今回[1]、アルツハイマー病のマウスモデルで特定の膜タンパク質（受容体型チロシンキナーゼEphB2）を発現させると、アルツハイマー病の特徴である記憶障害が回復できることを発見し、*Nature* 2011年1月6日号47ページに報告した。そして、このタンパク質を標的とした治療戦略の有望性について、説得力のある証拠を示している。

アルツハイマー病の原因については、「アミロイド仮説」が有力である。この仮説は、脳内で、アミロイドβ（Aβ）と呼ばれるペプチド断片が大量に蓄積し、それが慢性化することによるというものだ。最初にヒトの遺伝学的知見に基づいて提唱され、その後、多くの細胞生物学的モデルや動物モデル、そしてヒトでの研究によっても裏付けられた。実際、Aβを作り出す酵素の変異やAβの前駆体タンパク質の変異は、Aβの蓄積レベルの上昇を引き起こすことから、若年発症型アルツハイマー病にかかわっているという報告[2,3]がある。

これらと同じ変異を発現するように遺伝子操作したマウスでは、加齢に伴って認知障害が見られること[2,3]が報告されている。その一方で、正常なマウスでも、ニューロンのAβ蓄積レベルを上昇させると、ニューロン間のシナプス結合の消失が引き起こされる。そして、このAβ蓄積レベルに伴ったシナプス結合の消失の程度は、ヒトの認知症における程度とよく相関するようなのである。ヒトの脳にあるAβは、現在、非侵襲的（体を傷つけず）に画像診断できるのだが、アルツハイマー病患者の脳画像にはAβの蓄積が見られ、この蓄積の程度が、記憶の低下と相関することがわかってきたのだ[4]。このような知見から、Aβの蓄積がどのように記憶障害を引き起こすのかを解明しようと、意欲的に研究が進められている。

学習と記憶には、シナプスでのシグナル伝達効率が長期にわたって増強される必要があると考えられている。この「長期増強（LTP）」とは、脳の海馬領域で顕著に見られるシナプス可塑性（シグナル伝達効率を変化させるメカニズム）の1つである。また海馬は、記憶の形成に必要なだけでなく、アルツハイマー病の早期段階でも影響を受けることが知られている[2,3,5]。そのため、アルツハイマー病モデルの遺伝子組み換えマウスやAβを投与したマウスで海馬LTPの障害が見られることは、容易に想像できると言えよう[2,3]。だが、こうしたモデルにおいて、LTPの障害や記憶障害がどういった分子機構で起こるのか、詳細はいまだ解明されていない。それよりももっと大きな問題は、こうした障害を回復させることが非常に困難なことである。

これらの問題を解決するため、Cisséたちは[1]まず、シナプスタンパク質複合体であるNMDA受容体（NMDAR）の減少について、原因となる機構を検討した。受容体は、LTPの誘導や海馬依存性の記憶形成に必要であるため[5]、この受容体の減少や機能不全が、アルツハイマー病の症状に関与しているのではないかと彼らは考えたのだ。事実、彼らのこれまでの研究によって、シナプスでのNMDAR機能の低下[6]やNMDARの細胞表面から細胞内への移行が、Aβによって引き起こされることが明らかになった[7]。

次に、彼らは膜タンパク質のEphB2に着目した。このタンパク質がNMDAR

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

ISTOCKPHOTO

今回の研究がさらに進んで、記憶のピースをつなぎ合わせることのできる「夢の新薬」が開発されれば、失われた記憶を取り戻せるかもしれない。

と相互作用すること[8]や、欠損するとLTPが障害されること[9,10]が、以前から知られていたためだ。そして今回、Aβが EphB2 に結合して、EphB2 の発現レベルを低下させることを発見したのである。そのうえ、正常マウスの脳で、歯状回（海馬への入力領域）での EphB2 発現レベルを低下させたところ、アルツハイマー病モデルマウスで見られるようなシナプスでの NMDAR の低下、および LTP の障害が再現されたのだ。

これらの知見は、「障害を回復させる」という問題を解決するための重要な手がかりとなった。つまり、「歯状回に EphB2 を発現させれば、アルツハイマー病で見られるシナプスの減少や記憶障害を回復させられるのでは？」というアイデアが浮かんだわけだ。そして、アルツハイマー病のマウスの歯状回にウイルスを介して EphB2 を発現させたところ、NMDAR を介したシナプス応答と LTP は共に、正常レベルに戻った。マウスを「治療できた」のである。それだけではない。このマウスの海馬依存性の記憶を 3 つの異なる行動試験で評価したところ、正常に学習し、正常に記憶できるようになっていたのだ。これこそ、この研究における最も大きな臨床的意義と言えよう。

Cissé たちの研究成果は、EphB2 がアルツハイマー病の有効な治療標的となる可能性を示すのに十分な説得力を持っている。また彼らは、治療法の可能性として、Aβ の EphB2 への結合阻害や EphB2 分解の減少、および EphB2 発現の増加など、いくつかの候補を挙げている。しかし、基礎研究者や製薬業界がこの新しい治療機構を精力的に追求する前に、いくつか心に留めておいて欲しいことがある。

アルツハイマー病の原因が複雑であることを考えると、治療法開発のカギとなる知見の再現性がまず不可欠である。また、アルツハイマー病のモデルのうちのどれがヒトの症状を正確に反映しているかについても、まだ議論の余地があると言える。そのため、アルツハイマー病の他のモデルで EphB2 を発現させた場合でも同様に、減少したシナプスや記憶障害を回復できるかどうかについて検討すべきである。

アルツハイマー病の影響は、いくつかの脳領域にわたっている。そのため、Cissé たちのマウスでは、歯状回のみに EphB2 を発現させただけで記憶障害から完全に回復したことは、非常に驚きである。また、著者たちが示唆しているように、あるニューロンが属する大きなネットワークの機能を向上させるには、その一部のニューロンの機能を改善するだけで十分なのかもしれない。とはいえ、他の脳領域においても、EphB2 が Aβ 誘導性の障害を回復できるかどうかを明らかにすべきである。

最後に、治療を行うのに効果的な時期は、アルツハイマー病の進行過程のどの時点なのかを決定することが、大きな課題として残されている。Cissé たちが EphB2 を発現させたのは、アルツハイマー病の典型的な神経病理学的特徴が出現する前の時点である。これよりも遅い時点でこの受容体を発現させても、同様の治療効果が得られるのかどうかを明らかにする必要があるだろう。

上述のような留意点はあるが、この研究は、アルツハイマー病の発症機構の研究に新たな道を開いたうえ、治療標的になるようなこれまで明らかになっていなかった機構も示した。このところ、アルツハイマー病に対するいくつかの臨床試験でよい成果が得られなかったことが報道されていたが、今回の成果[1]は、アルツハイマー病研究に希望をもたらすものでもある。新たな推進力になるだけでなく、新薬の開発も想定されているので、そう遠くない未来、この深刻な疾患が進行する前に治療薬を手にできるに違いない。■

（翻訳：三谷祐貴子）

Robert C. Malenka、スタンフォード大学医学系大学院（米国）。
Roberto Malinow、カリフォルニア大学サンディエゴ校（米国）。

1. Cissé, M. *et al. Nature* **469**, 47–52 (2011).
2. Tanzi, R. E. & Bertram, L. *Cell* **120**, 545–555 (2005).
3. Walsh, D. M. & Selkoe, D. J. *Neuron* **44**, 181–193 (2004).
4. Jack, C. R. Jr *et al. Brain* **133**, 3336–3348 (2010).
5. Malenka, R. C. & Bear, M. F. *Neuron* **44**, 5–21 (2004).
6. Kamenetz, F. *et al. Neuron* **37**, 925–937 (2003).
7. Snyder, E. M. *et al. Nature Neurosci.* **8**, 1051–1058 (2005).
8. Dalva, M. B. *et al. Cell* **103**, 945–956 (2000).
9. Henderson, J. T. *et al. Neuron* **32**, 1041–1056 (2001).
10. Grunwald, I. C. *et al. Neuron* **32**, 1027–1040 (2001).

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

凝縮系物理学

絶縁体が、割るだけで導電性に！

The conducting face of an insulator

Elbio Dagotto 2011年1月13日号 Vol. 469 (167–168)

2種類の酸化物絶縁体を積み重ねると、両者の界面に導電性の系が生じることが知られている。
しかし、意外なことに、酸化物絶縁体をただ割っただけでも、その劈開面で同じ導電現象が現れることがわかった。

Santander-Syroらは、チタン－ストロンチウム酸化物（$SrTiO_3$、略してSTO）という絶縁体の表面に、導電性の二次元電子系を発見した（*Nature* 1月13日号189ページ）[1]。これはまさに予想外だった。なぜなら、これまでにSTOはよく研究されており、十分理解されていると考えられていたからである。今回の発見は、急成長を遂げている酸化物超格子や酸化物エレクトロニクスの分野など、日常的にSTOを使用する研究分野に大きな影響を及ぼすはずだ[2,3]。

凝縮系物理学では新材料が続々と発見されており、ダイナミックな研究分野である。しかも意外性に満ちており、固体中での電子や原子の振る舞いに関する我々の理解は、いつ覆されるかわからない。有名な例として、高温超伝導体や、大きな磁気抵抗（磁場中に置かれると電気抵抗を変える材料特性）を示す遷移金属酸化物（TMO）[4]がある。TMOに限らず、一般にバルク材料では、系の全エネルギーが最小になるように、原子イオンと電子が特定の結晶配列（例えばペロブスカイト構造）をとる。それが相転移して、磁気状態など低温での特性変化が現れる。

しかし、特定の特性がどのように変化するかは、実際に化合物サンプルを作製して調べてみないと、予測するのは難しい。また、特定用途のために、ある特性が必要な場合、どの化学組成なら狙った結果が得られるのかを予想するのも困難である。つまり、バルクTMOの結晶構造とそれに伴う特性を制御することは容易ではない。

このため、新しいTMOを人工的に作製することに、大きな注目が集まっている。最近では、原子レベルの精度で新しい材料を作製することが可能である。ある酸化物層の上に別の酸化物層を成長させるという積層過程をいろいろな配列で繰り返すことによって、超格子を形成するのだ。非常に多様な組み合わせが実現でき、新しい材料が得られる。2種類のTMO（片方はSTO）を積み重ねることによって、金属性（導電性）はもとより超伝導性の界面状態が得られることもわかっている[5–7]。

一見すると、2つの絶縁体の界面に金属状態が出現することは、不可解に思えるかもしれない。しかし、何人かの研究者によると、ポーラーカタストロフィーというメカニズムが起こる可能性があり、これにより金属状態の出現を説明できる。例えば、$(LaO_2)^-$と$(AlO)^+$の電荷層が交互に積層したランタン－アルミニウム酸化物（$LaAlO_3$; LAO）を、TiO_2とSrOの電荷中性層からなるSTOの上に積むと、LAO構造の$(LaO_2)^-$－$(AlO)^+$電気双極子からポーラーカタストロフィーが起こる[8]。電気双極子は電位差を発生させ、電位差は膜が厚くなるほど増大する。LAO構造が十分厚いと、発生した大きな電位差を補償するために突然の電子再構成、すなわちポーラーカタストロフィーが起こる。これにより、LAO/STO界面が導電性になる。

しかし、Santander-Syroらによって観測されたSTO表面（すなわち結晶最上部の真空と接している薄い部分）における導電状態の出現[1]は、どう説明されるのか。STOは電気的に中性な（電荷を持たない）TiO_2層とSrO層から構成されているため、ポーラーカタストロフィーは起こり得ないはずだ。

Santander-Syroらは、STO結晶の表面特性を調べる目的で、清浄な表面を得るために超高真空中で結晶を割った（真空劈開）のだが、驚くべき結果が得られた。調べたすべてのサンプルの表面において、金属性の二次元電子ガスの特性が観測されたからだ。この二次元電子ガスは、表面から5単位格子の範囲内に閉じ込められていると推定されている（図1）。しかも、バルク中の電子密度は低くてさまざまな値をとるにもかかわらず、金属性の表面の電子密度はすべて高く同じ値をとった。

これは意外な結果だ。Santander-Syroらは、割ったときにSTO表面に多くの酸素空孔ができると主張している（図1）。結晶中の酸素はイオン状態（O^{2-}）をとっているので、1個の酸素原子が取り除かれると、2個の電子が結晶格子に戻されることになる。これによって、酸素イオンの2個の過剰電子が材料中の空孔付近、つまり表面付近に残るため、電気伝導に利用できることになる。それぞれのサンプルのバルク電荷キャリア（不純物ドーピングによって導入される）はすべて異なっていたにもかかわらず、割った

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

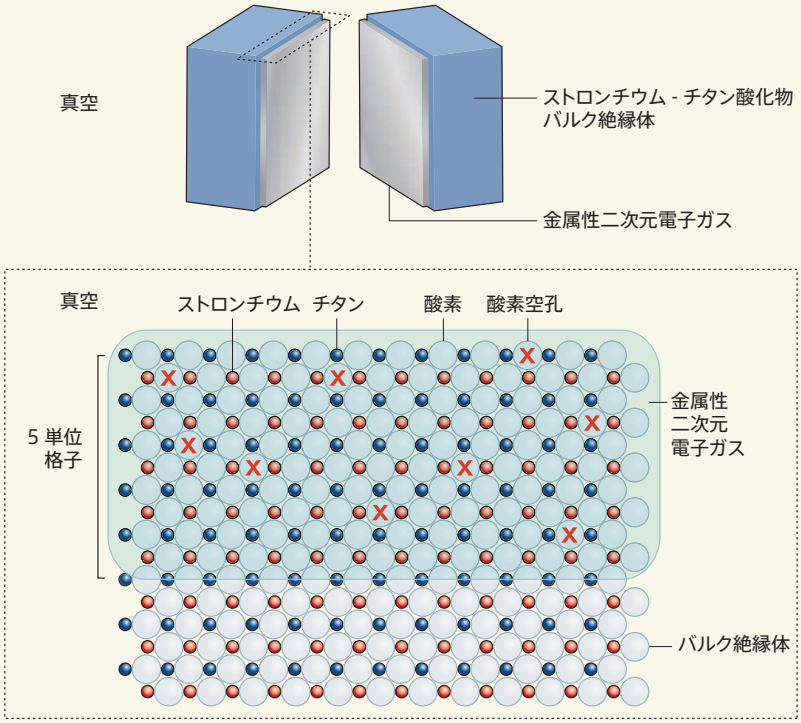


図 1．酸化物を割る。Santander-Syro ら[1] は、ストロンチウム – チタン酸化物（$SrTiO_3$）のバルク絶縁体を真空中で割る（真空劈開）だけで、その表面に金属性の二次元電子ガスを形成した。電子系は表面からわずか 5 単位格子内に閉じ込められており、その導電性は、劈開過程で生じた酸素空孔（この図では任意に分散させている）に起因する。

すべてのサンプルが同じような結果を示した。このことは、すべてのサンプルにおいて生じた酸素空孔の密度が同程度であるため、同じような挙動が観測された可能性があることを示唆している。

酸化物エレクトロニクス[2,3] への応用を視野に入れると、STO の表面と LAO/STO などの界面に存在する導電状態の特性を比較して、その起源を明確にすべきである。さらに、LAO/STO について行われたように、STO 表面における新しい導電状態を利用した電界効果トランジスター（電子チップの構成要素）も、検討・実現すべきであろう。

おそらく、Santander-Syro らの研究結果の最も重要な意義は、単に割ることによって、もっと一般化して言えば表面に酸素空孔を導入することによって、おなじみの基板上に新しい導電性二次元電子系を形成できるようになったことである。この方法は、複雑でコストのかかる超格子成長法に代わる簡便かつ魅力的な手法である。

今回の方法は、グラフェンエレクトロニクスの始まり方に似ている。その始まりは、普通の粘着テープでグラファイトから剥がし取ることによってグラフェン（原子 1 個分の厚さのハニカム状炭素格子）が得られるという発見だった。酸化物エレクトロニクスの今後の課題は、今回の真空劈開酸化物導電系を理解して制御すること、またその系を維持する方法を見いだすことである。■

（翻訳：藤野正美）

Elbio Dagotto：テネシー大学物理天文学科

1. Santander-syro, A. F. *et al. Nature* **469**, 189–193 (2011).
2. Mannhart, J. & schlom, D. G. *Science* **327**, 1607–1611 (2010).
3. Cen, C., Thiel, s., Mannhart, J. & Levy, J. *Science* **323**, 1026–1030 (2009).
4. Dagotto, E. & Tokura, Y. *MRS Bull.* **33**, 1037–1045 (2008).
5. Ohtomo, A., Muller, D. A., Grazul, J. L. & Hwang, H. Y. *Nature* **419**, 378–380 (2002).
6. Ohtomo, A. & Hwang, H. Y. *Nature* **427**, 423–426 (2004).
7. Reyren, N. *et al. Science* **317**, 1196–1199 (2007).
8. Hwang, H. Y. *Science* **313**, 1895–1896 (2006).

nature climate change

購読する 7 つの理由

1. 無料購読者 募集中！
2. *Nature* が出版する 気象変動の専門誌
3. 気候変動の影響や 社会科学も対象
4. 科学者以外の読者（産業界・官界の関係者や政策立案者）が研究内容の 理解を深められる
5. 学界、政界、産業界の オピニオンリーダーによる 論説記事と分析記事を掲載
6. 気候変動に関連したリスクの特定と評価、そして、気候変動によって生み出される重要な 投資機会の発見を手助けする
7. 今後の意思決定や戦略策定の際に 情報源となり、道案内となる

国内 無料購読者 募集中！
お申し込みはこちらから
www.naturejpn.com/nclimate/
nature asia-pacific

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

「世界化学年」を迎えて

Chemistry's understated majesty

2011年1月6日号　Vol. 469 (5)

「世界化学年」が始まった。化学の歴史は、他分野の研究基盤となる多くの知見を提供してきた歴史と言ってよい。化学者はこの称賛すべき事実をきちんと伝え、自信をもって未来と向き合うべきだ。

国連が定めた「世界化学年」という旗印のもと、2011年は、世界中の化学者が協力して化学の意義を語ることになっている。一般市民に向けた化学啓発活動も行われる。今年は、マリー・キュリーが、ラジウムとポロニウムの発見によってノーベル化学賞を受賞してから100周年に当たる。世界物理年（2005）、国際極年（2007～2008）、世界天文年（2009）、国際生物多様性年（2010）と続き、化学の順番となった。今年はまた、ロバート・ボイルが『懐疑的化学者』を出版し、近代科学の地図上に化学を定着させてから350年目でもある。

化学の信奉者にとって残念なのは、卓越した化学者が、他分野にもリストアップされてしまうことだ。例えばボイルは、気体の圧力と体積に関する法則で有名だが、物理学者と思われているケースが多いのではないか。マリー・キュリーにしても、命を失うまで放射線の研究に没頭し、夫ピエールとともに1903年にノーベル物理学賞を受賞しているのだ。

分野を超える状況は、現代ではさらに顕著になっている。化学は中心的な役割を果たすことが多く、その法則や発見は、他分野の研究基盤となる。エネルギー貯蔵、新素材、効率的な工業プロセスといった応用分野でも、物質を反応・再編成できる化学の力は不可欠だ。しかし、そうした成功も、化学ではなく材料科学の成果とされてしまうことが多い。

こうした化学の「悩み」を考えるため、*Nature*は2001年に特集を組み（2001年5月24日号399ページ）、次のように指摘した。「化学には正確で識別可能な『ブランド』がない。そのために化学は誤解されやすく、……化学者が頻繁に過小評価される要因となっている」。それから10年、化学の意義を啓発したいと考える人々は、このポイントを忘れずに活動してきた。

しかしなお、化学の重要な進歩があっても、それにふさわしい広範な認知が得られることは少ない。こうした問題は、世間のイメージというよりは、化学の利点を主張する気持ちが希薄な点にあるような気がする。化学の成果が他分野に流れ込むのは、根底に化学独自の驚くべき「威厳」があるからだが、それだけで満足している人々も多いのではないか。

Nature 2011年1月6日号では、明日の化学へのさまざまな展望を掲載した（23ページ、本誌8ページ）。重要な論文3編も掲載されている（72、76、116ページ）。さらに*Nature*は、この1年間、分子科学の優れた研究論文や興味深い化学の総説論文を数多く出版する予定だ。

分野間の境界線があいまいになる中で、化学者自身にスポットライトが当たる時代が来るかもしれない。例えば、生理過程や細胞間情報伝達を調べる生物学者が、分子の作用に着目すれば、事実上、化学者として研究を進めているといえる。巨大分子は化学者の研究領域だからだ。

ほかにも化学の知名度を高める方法はある。生物学の論文や数多くの合成化学の論文では、重要な基礎化学への言及（個別化合物の合成や特性解析に関する記述）は、補足情報の部分に追いやられ、人目に触れずに終わることが多い。多くの化学者が指摘するように、この部分をもっと表に出すよう、論文引用分析などを修正させるのも1つの方法だ。

世界化学年の役割は、科学と社会一般に対する化学の貢献を前面に押し出すことだろう。クリーンエネルギーの探索のように、化学者が解決法を提示できる地球規模の課題は数多く存在するからだ。

化学は成熟した分野だが、いまも刺激的で生産性が高く、影響力の大きな成果は今後もまだまだ続く。この数年間だけでも、*Nature*は、グラフェンの特性、新エネルギー貯蔵材料、保護基を使わない有機合成法など、化学の最先端研究論文を幅広く出版してきた。

化学は多くの恩恵をもたらすとともに、負の部分も持っている。しかしこのことは、科学だけでなく人間活動のすべてについても言えることである。よい化学であるとき、それが称賛されるのだ。■

（翻訳：菊川要）

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

天然痘ウイルス株の保存は継続すべきだ

Smallpox should be saved

2011年1月20日号　Vol. 469 (265)

米国とロシアで保存されている天然痘ウイルス株は、今でも有用であり、破棄すべきではない。政治的妥協を図って保存を続けることが最善の道だ。

天然痘は地球上で過去の病気となった。最後に大流行したのは1977年のソマリアで、1980年には根絶宣言が出された。天然痘は、英国女王メアリー2世、ロシア皇帝ピョートル2世、フランス国王ルイ15世をはじめ、20世紀だけで数億人の命を奪った。天然痘はこの世から消え去ったが、その恐ろしい記憶は人々の中に生き続けており、テロの可能性も亡霊のように残っている。天然痘ウイルス株は今、セキュリティーの整った米国とロシアの研究所で生き続けており、研究が継続されている。

このウイルス株の運命が、再び議論の的になっている。2011年5月、世界保健機関（WHO）の最高意思決定機関である世界保健総会は、天然痘ウイルス株を破棄する日程を決めるかどうかについて採決する。しかし、現在保存されている天然痘ウイルス株のコレクションを完全に破棄することだけは避けるべきだ。

かつて本誌は、生きた天然痘ウイルス株を研究に利用し続ける利益が、保存に伴うリスクを上回ると主張し、その根拠として、別の天然痘ウイルス株がどこかで秘密裏に保存されている可能性を否定できない点を挙げた。そして、秘匿している人物や将来の発生地を特定できない以上、そのときに放つ反撃の矢を確保しておく方が、ウイルス株を破棄して運を天にまかせるよりもよいと記した（*Nature* 1999年4月29日号733ページ参照）。

その後、世界は変貌し、2001年9月の米国のテロ事件以降、バイオテロリズムの脅威が注目されるようになった。天然痘はバイオテロの有効な武器だ。感染を拡大させることが容易で、感染者の約1/3が死ぬからだ。さらに、1960年代から1970年代にかけて広範囲に及ぶワクチン接種が実施されたが、その後、天然痘が根絶されたために接種は縮小され、いまや世界人口の約40％が免疫をもっていない。

2011年1月初旬、安全保障の専門家Jonathan Tuckerは論文で、WHOの天然痘研究プログラムに定められた目標の多く、例えば抗ウイルス薬や診断ツールの開発が達成され、生ウイルスを保存する必要性が低下していると主張した（J. B. Tucker *Biosecur. Bioterror.* doi:10.1089/bsp.2010.0065; 2011）。この主張は正しいかもしれないが、研究を続けることで、強い感染力の原因、ヒト免疫学やウイルスの病原性一般に関して、今後も多くの知見が得られる可能性は高い。

生きた天然痘ウイルス株の保存が公衆衛生の改善につながることについては、強力な科学的根拠がある。しかし、実際に保存することのリスクは、主として政治問題だ。セキュリティーが保たれた保存施設（米国ジョージア州アトランタの疾病管理予防センターとロシア・ノボシビルスクの国立ウイルス・生物工学研究所）からのウイルスの漏出や盗難のおそれは低いと考えられ、ウイルス株の破棄には、ほとんど象徴的な意味合いしかない。

アフリカやアジアの国々は、つい最近まで天然痘と闘い続けたこともあり、再来への恐怖とウイルス株を管理する機関に対する不信感から、天然痘ウイルス株の破棄を強く訴えている。これに対して、米国やロシアなどの諸国は、保存して防御研究を続けるよう強く主張している。最近、ニューヨークタイムズ紙の記事で、米国の元政府高官Kenneth BernardとRichard Danzigが、ウイルス株の破棄は得策ではなく、「我々は、孫の世代が心配しないように環境を整備する義務を負っている。今、残された天然痘ウイルス株の研究用試料を破棄すれば、この義務が果たせなくなる」と書いた。

一方、Tuckerは、安全保障や防衛関係の政府高官が公衆衛生事案に口をはさむことで、政治的対立が複雑化し、特に満場一致を求めている世界保健総会で「外交的正面衝突」が起こる可能性がある、と警告する。Tuckerは、米国とロシアが、ウイルスコレクションのうち、科学的に不必要なハイブリッドウイルスなどを破棄することに合意すべきだ、という妥協案を示している。これにより、両機関がわずかな量のウイルス株を保存し続け、短期的には研究のために利用され、その後は、参照用に用いられることとなる。これが賢明な解決法であろう。 ■

（翻訳：菊川要）

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Volume 470
Number 7332
2011 年 2 月 3 日号

Podcast

新発見の 6 個の惑星：ケプラー望遠鏡の最新技術で発見された、太陽類似星を周回する密な惑星系

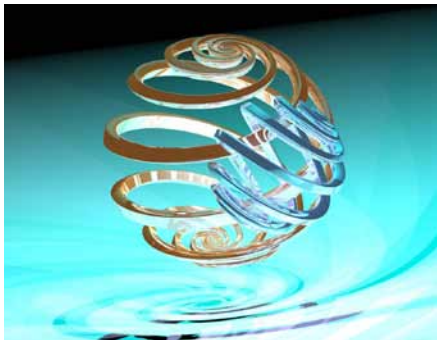
SIX NEW WORLDS: Kepler telescope's edge-on view of compact planetary system around Sun-like star

NASA のケプラー計画は、親星を前面通過（トランジット）する太陽系外惑星を検出し研究するために設計された宇宙望遠鏡ケプラーによる観測計画で、ケプラー 11 と命名された太陽類似星を巡る 6 つの惑星からなる系を発見するという大きな成果をもたらした。惑星のうちの 5 つは、10 ～ 47 日の軌道周期を持ち、サイズと質量の両方が測定されたものとしては最小の部類に入る。6 番目の惑星で最も外側を周回するものは、今のところ特徴があまりわかっていない。このほかに見つかっている、2 つ以上の惑星のトランジットが確認された星は、3 つの惑星を持つケプラー 9 だけである。今回発見された系は、惑星がほとんど同一平面上にあるという点で我々の太陽系と似ているが、ケプラー 11 の惑星の軌道のほうが親星に近い。ケプラー望遠鏡は、ケプラー 11 とその惑星に関するデータを当分の間送り続けることになっており、こうしたデータから、太陽系一般の形成と進化のモデルについて、多くの有用な制約条件が得られると考えられる。

量子情報科学：集団エンタングルメント

Ensemble entanglement

溶液核磁気共鳴で使われるようなスピン集団は、量子制御法の開発に重要である。しかし、こうした例には、量子情報プロセッサーの重要な要素であるエンタングルメントが含まれていなかった。今回 Simmons たちは、リンをドープしたシリコンで、集団中の電子スピンと核スピンのエンタングルメントを必要に応じて生成し、同時に 100 億個のスピン対を高い忠実度で生成したことを報告している。これにより、シリコン系量子情報プロセッサーに不可欠な条件が満たされた。



STEPHANIE SIMMONS

医学：音で耳鳴りを治す

Sound idea for treating tinnitus

神経可塑性、つまりヒトの脳が経験の結果として変化していく過程は、耳鳴りなどのいくつかの慢性的な神経学的異常の原因だと言われている。今回、ノイズ誘発性の耳鳴りの齧歯（げっ）類モデルを使って、耳鳴りによって引き起こされた神経可塑性を元に戻してやると、知覚異常が矯正できることが明らかになった。音刺激と迷走神経の短い刺激を繰り返し組み合わせて与えると、聴覚ニューロンの同調特性が鋭敏化し、耳鳴りの生理的・行動的徴候が消失した。この原理証明実験により、病的に変化してしまった回路を正常な神経活動状態に戻してやれば、異常な神経可塑性などの状況を改善できる可能性があることが示された。

細胞：成体の腎臓を再生

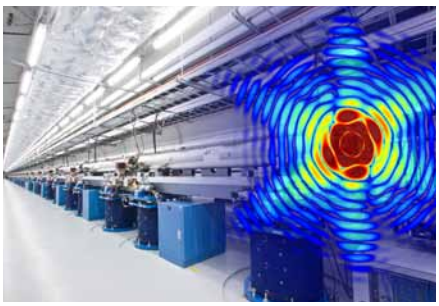
Adult kidney regeneration

魚類は腎臓が損傷を受けてもネフロン（腎臓の機能単位）を再生できるが、哺乳類の成体にはこうした能力は備わっていない。今回、この再生を担う、従来知られていなかった種類の腎細胞が、ゼブラフィッシュの成体で見つかった。この腎細胞は、小さな凝集体の形で腎臓全体に存在している。損傷を受けた成体腎臓にこの前駆細胞をわずか 10 ～ 20 個ほど移植するだけで、腎臓に生着して機能を持つネフロンが新たに形成される。このことは、ヒトにも同様の腎再生能をもつ細胞が存在する可能性を示唆しており、こうした細胞がもし見つかれば治療に使えるかもしれない。

構造生物学：LCLS の X 線レーザーによる生体分子イメージング

Biological imaging with the LCLS X-ray laser

新しいフェムト秒硬 X 線自由電子レーザー施設である LCLS（線形加速器コヒーレント光源）の稼働が開始され、生体分子イメージングの新たな時代への期待が高まっている。強くて非常に短い X 線パルスならば、小さな構造の回折イメージングを、照射損傷が起こる前に得られるのだ。今回、その概念証明と言える研究成果が 2 つ発表され、LCLS の有効性が示された。Chapman たちは、大きな結晶に成長させることができない巨大分子のナノ結晶を使って構造決定に取り組み、膜タンパク質である光合成光化学系 I のナノ結晶の流れから 300 万以上の回折パターンを得て、このタンパク質の三次元データセットを組み立てた。Seibert たちは、冷却したミミウイルス粒子のビームを X 線ビームへ注入することで、非結晶性生物試料であるミミウイルスの像を得ている。



MARK HARRIS, UPPSALA

関連したポッドキャスト（英語）を上記 QR コードから無料配信中です（iPhone™のみ対応）。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Volume 470
Number 7333
2011 年 2 月 10 日号

未来を照らす：「ヒトゲノミクスの時代」の最初の 10 年を考える

THE FUTURE IS BRIGHT: Reflections on the first ten years of the human genomics age

ヒトゲノム計画によりヒトゲノム概要配列が公表されてから 10 年になるのを記念して、本号では、ヒトゲノミクスに関する総説を 3 本掲載している。米国立ヒトゲノム研究所の E Green たちは、ゲノム医学の将来の展望について論じている。一方、ヒトゲノム計画に発足当初からかかわってきた E Lander は、これまでのヒトゲノミクスの成果を振り返り、将来の展望を語っている。E Mardis は、ゲノム研究のこの 10 年間の急激な進歩を可能にしたシーケンシング技術について論じている。

がん：前立腺がんに見られる遺伝的変異

Genetic variation in prostate cancer

前立腺がんは、男性のがん関連死亡の主要な原因の 1 つである。7 例の高リスク原発性前立腺がんとこれに対応する正常組織の全ゲノム塩基配列解読が行われ、これまで知られていなかった均衡型のゲノム再編成の存在が明らかになった。この再編成では、遺伝物質の損失は全くなく、染色体内あるいは染色体間で切断点のあるアームの交換が多数起こっている。このような異常は転写の誤りあるいは異常なクロマチン構造を介して起こるようであり、影響を受ける遺伝子群には、前立腺がんの抑制遺伝子として知られている *PTEN* や、これまで前立腺がん発生にかかわると考えられていなかった *MAGI2* などが含まれている。

系統分類：無腸類は単純な生き方を選んだ

Acoel flatworms adopt a simpler life

無腸類と呼ばれる扁平な蠕虫（ぜんちゅう）は、形態が最も単純な部類の動物であり、腸管も体腔もないほどの単純な構造をしている。しかし、新たな分子的研究により、無腸類は棘皮動物（ヒトデやウニのたぐい）などと一緒の分類群におさめられ、ヒトも含まれる脊索動物に大きく近づき、動物進化の底辺から抜け出すことになった。体の構造が単純で進化的つながりが謎とされていた珍渦虫（ちんかちゅう）（*Xenoturbella*）もこの群に属することが、これに先立って明らかにされている。今回の研究成果は、無腸類が単純なのはこれまで考えられていたように原始的だからではなく、時間が経つにつれて体腔や肛門、鰓孔などの構造を失って単純化したためであることを示唆している。

気候：南極の気候への影響の変化

Shifting influences on Antarctic climate

南極半島は現在、地球上で温暖化が最も急速に起こっている地域の 1 つだが、長期にわたる変動についてはよくわかっていなかった。今回、海洋性ピコプランクトンの古細菌 Crenarchaeota の膜脂質を追跡する古温度計となる TEX_{86} 代理指標を用いて、過去 1 万 2000 年にわたって、南極半島の先端付近の海水温に約 4℃の低下が長期間見られることが明らかになった。このことは、日射の軌道によって制御される変化と一致する。より短期的な水温変動は、偏西風の位置に強い影響を受けてきたらしい。この研究結果は、エルニーニョ / 南方振動系の南極半島への現在の影響が、完新世後期に始まった比較的最近の現象であることを示唆している。

EUGENE DOMACK

脳：攻撃行動と交尾行動はリンクしている？

Possible link between aggression and mating behaviour

視床下部の一部領域は攻撃行動に重要なことが知られているが、それ以上のことは最近まで解明できていなかった。特定の細胞種だけを刺激することが困難だったからである。今回 D Anderson たちは、光遺伝学の手法によりこの問題を解決し、視床下部腹内側野の一部の領域内のニューロンを光遺伝学的に刺激すると、不適切な攻撃行動が起こることがあるが、電気刺激では同様なことが起こらないことを見いだした。さらに遺伝学的および電気生理学的解析を行い、攻撃と交尾にかかわるニューロン集団が重なって分布していることも明らかにした。攻撃行動中に活動するニューロンは交尾中には抑制されており、これら 2 つの行動は競合している可能性がある。

化学：多角化する不斉触媒

Asymmetric catalysis branches out

キラルブレンステッド酸が触媒する求核付加反応に関するこれまでの研究は、イミンやアジリジン、カルボニルなどの分極したヘテロ原子を含む官能基に限定されていた。この限界は、オレフィンへの酸触媒による「マルコウニコフ」付加が 1 世紀以上前から知られているにもかかわらず、まだ越えられていない。今回、ジエンとアレンの分子内ヒドロアミノ化とヒドロアリール化をキラルジチオリン酸が触媒して、複素環式生成物を非常に優れた収率とエナンチオマー過剰率で生成できることが示された。この反応の機構について、酸触媒がジエンに付加して、その結果生成されたジチオリン酸塩中間体の S_N2' 置換が起こるという仮説が出されている。提案されたこの機構は、質量分析法と重水素標識法による研究で裏付けられている。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Volume 470
Number 7334
2011 年 2 月 17 日号

Podcast

人的要因：人為起源の温室効果ガスと極度に多い降水量との連関

THE HUMAN FACTOR: A link between anthropogenic greenhouse gases and extreme precipitation

気温や平均降水量に見られる傾向には、人間活動の大きな影響がすでに現れている。しかし、極端に多い降水量に人間活動の痕跡が認められることを形式に乗っ取ってきちんと突き止めた研究はこれまでなく、特定の気象事象に対する人間活動の影響の評価は難しいことが認められている。今回、人為起源の温室効果ガスにより豪雨や局所的な洪水のリスクが大幅に増大したことを示す証拠が提出された。カナダと英国のチームは、北米、ヨーロッパ、アジア北部における 1951 ～ 1999 年の降雨量の観測値とシミュレーションの比較を行い、北半球陸域の大部分での非常に激しい雨の発生率に、温室効果ガス増大が統計的に有意な影響を及ぼしていることを見いだした。一方、英国などの国際研究チームは、一般ボランティアによる分散コンピューティングによって実行した多数の気候シミュレーションにより、温室効果ガス放出量の増加が、2000 年秋のイングランドおよびウェールズにおける大規模な洪水の際に、洪水リスクをかなり増大させたことを明らかにしている。

漁業：持続可能な漁業のモデル

Sustainable model for fisheries

より持続可能性が高い漁業をめざす方策の 1 つとして、共同管理という方法があり、この場合は漁業者と管理者が規制の共同責任を負う。これがうまく機能することを示す証拠はほとんどが事例報告にすぎないため、N Gutiérrez たちは今回、130 の共同管理されている漁業を体系的に調べ、成功のために共同管理のどの要件が必要かを探った。リストのトップを占めたのは、リーダーシップ、社会的結束、明快な刺激策および保護努力だった。この証拠に基づき、世界中の商業漁業が直面している諸問題の多くは、共同管理モデルによって解決できるのではないかと著者たちは考えている。

発生：初期胚での細胞運命

Cell fate in the early embryo

マウス胚の尾側・側方の胚盤葉上層にある体軸幹細胞の集団は、神経板と中胚葉細胞の両方を作り出すことが知られているが、この選択を調節する因子についてはわかっていない。竹本龍也（たけもとたつや）（大阪大学）たちは今回、発生にかかわる転写因子 Sox2 の Tbx6 に依存した調節が、これらの体軸幹細胞の運命を制御することを明らかにしている。Tbx6 を欠失した細胞では、Sox2 活性が異常に上昇し、本来は中胚葉になる運命の細胞を異所的な神経管へ変化させる。外胚葉、中胚葉、内胚葉という 3 つの胚葉への分離が初期胚での細胞運命を指定する過程であるとする、広く受け入れられている説に対して、この研究や最近の細胞系譜解析は異議を唱えている。筋肉や骨を生み出す沿軸中胚葉と、脳や脊髄を生み出す神経板は、共通した幹細胞様の前駆細胞に由来するようなのだ。

細胞：老化の軸となるテロメア / ミトコンドリア

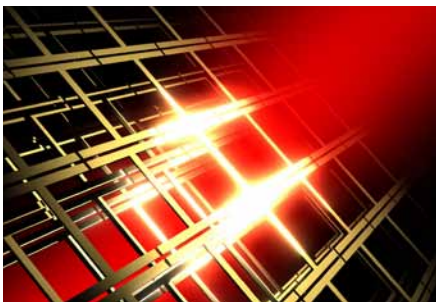
The telomere/mitochondria axis of ageing

ミトコンドリアと、染色体の末端にある保護キャップのテロメアとの間に機能的な結びつきがあることが最近明らかになり、この両方が老化現象にかかわっているのではないかと考えられるようになった。今回、マウスの造血幹細胞と心臓、肝臓の組織のトランスクリプトーム（全 mRNA）の分析が行われ、テロメアの機能異常と臓器の機能障害、またおそらくは加齢に伴う病気とを関連付けるテロメア–p53–PGC 軸の存在が示された。テロメア機能異常のマウスでは、p53 を介した細胞の増殖停止が起こるようになり、さらに、代謝過程やミトコンドリアでの生理過程の主要な調節因子である PGC-1α、PGC-1β が抑制される。その結果、ミトコンドリア量が減少してミトコンドリア機能に異常が生じ、ATP 生産の低下、糖新生の阻害、心筋症を引き起こし、活性酸素種が増加する。

材料：新しいメタマテリアルが示す 30 以上の屈折率

Refractive index of 30-plus in new metamaterial

メタマテリアルとは、自然界では得られない電磁特性を持つ人工的な複合材料で、基礎研究だけでなく有益な応用にも新しい可能性がある。これまでは、負の屈折率を持つ材料の探索が優先されてきたが、「変換光学」への新たな応用の範囲を拡大するにあたっては、自然界では見られない高い屈折率を持つ材料も同じように有用だと考えられる。今回、B Min たちは、38.6 というこれまでにない高い屈折率を持ち、折り曲げ自在の広帯域テラヘルツ・メタマテリアルを作製した。この新しいメタマテリアルは、I 字型の薄い金の構成ブロックからなる層状アレイを利用しており、小型遮蔽デバイスや広角レンズ、光遅延デバイスの研究につながる。



YUSHIN KIM

関連したポッドキャスト（英語）を上記 QR コードから無料配信中です（iPhone™のみ対応）。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

Volume 470
Number 7335
2011 年 2 月 24 日号

Podcast

関節を作るための骨折り：この「歩くサボテン」は現在の節足動物の先触れだったのか

JOINT EFFORT: Was this 'walking cactus' the forerunner of today's arthropods?

節足動物に見られる関節を持つ肢は、世界最大の種数を擁するこの動物群の進化を促進した重要な革新である。節足動物の祖先は、脚を持つ蠕虫に似た「葉足動物」と呼ばれる絶滅した動物群であると考えられている。中国で新たに発見された 5 億 2000 万年前の化石葉足動物は、既知の化石種中で現生節足動物に最も近縁のものであるかもしれない。蠕虫（ぜんちゅう）に似た、この細い動物は、「歩くサボテン」のような姿をしていることから、*Diania cactiformis* と命名された。頑丈で関節のあるとげだらけの脚の始まりのような構造は、この奇妙な動物が節足動物の起源にきわめて近いものである可能性を示唆している。

D. cactiformis の想像図。

JIANNI LIU

医学：ストレス障害のバイオマーカー

A biomarker for stress disorders

多くの動物種で、下垂体細胞アデニル酸シクラーゼ活性化ペプチド（PACAP）はストレスに対する生理学的反応とかかわっていると考えられている。今回、重度の心的外傷を受けた女性たちを対象とした研究により、PACAP の血中濃度が、外傷後ストレス障害の診断と恐怖条件付け反応の程度に相関することが明らかになった。PACAP 受容体遺伝子のエストロゲン応答エレメント中のある特定の一塩基多型は、受容体遺伝子のメチル化上昇と同様に、この障害と密接に関連している。恐怖条件付けされたマウスでの実験からは、扁桃体で PACAP および受容体遺伝子の両方の転写が増加することが明らかになった。これらの知見は、ストレス障害に対する新規バイオマーカーを明らかにし、ストレスが生じた際の応答に見られる性差の解明の土台となると考えられる。

発生：初期胚でのデフォルト経路は神経への分化

The neural default in the embryo

胚性幹細胞は、体のどのようなタイプの細胞にも発生する能力を持っているが、培養した場合のデフォルト経路、つまり自動的に選択される経路は神経細胞への分化である。だが、外因性の誘導シグナルがない状態で、神経細胞へと細胞運命を指定する機構については、ほとんどわかっていない。今回、上谷大介（かみやだいすけ）（理化学研究所および京都大学）らは、初期胚での「神経分化デフォルト」現象を駆動する細胞内在性因子を突き止め、ジンクフィンガー核タンパク質 Zfp521 の存在が、神経細胞への運命をとらせるのに必要十分であることを示した。この研究成果は、胚発生についての理解を進め、また再生医療や創薬にも役立つことが期待される。

気候：大規模干ばつの歴史

A history of megadroughts

米国南西部では、過去 2000 年の間に何十年も持続する干ばつが時々起こっていたことが知られている。しかし、モデルシミュレーションからは、将来、気候がより温暖になると、これらよりはるかに長期間にわたる「大規模干ばつ」が起こる可能性が示唆されている。ニューメキシコ北部の湖の堆積物コアの新しい解析結果から、そのような極端な干ばつが以前にも起こっていたことが明らかになった。すなわち、千年スケールの大規模干ばつは、更新世の間氷期の最も温暖な時期に頻繁に起こっていたのである。このような干ばつ期間の年平均気温は、今日の気温と同程度か、もっと高かった。更新世中期と完新世の気候記録を比較すると、多くの類似点が明らかになり、もし人為起源の温暖化が起こらなかったら、米国南西部は、すでに寒冷かつ湿潤な時期におそらく入っていたと考えられる。

米国ニューメキシコ州のバイエスカルデラ。

DON USNER

ネイチャーからのご案内

nature video

Web: www.youtube.com/NatureVideoChannel

モバイル：

携帯電話で Nature Video チャンネルの科学関連動画を見ることができます。（一部の機種を除く）

nature podcast

Web: www.nature.com/nature/podcast

モバイル：

Nature に掲載された研究成果をポッドキャストでチェックできます。（英語；iPhone™のみ対応）

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

出生率と死亡率が低下し続けている日本。このまま行くと、2050 年には 65 歳以上の人口の占める割合が 35% を超えると言われています。そんな超高齢化社会で問題になるのが、認知症。なかでもアルツハイマー病はその 40 ～ 60% を占め、介護をはじめ、大きな問題となっています。今回ご紹介するのは、アルツハイマー病を見分けるための造影剤のお話です。これにより、そのほかの認知症と明らかに区別できるようになって、よい薬が開発されるといいですね。

ISTOCKPHOTO

nature news
語数：**566 words**　分野：医学・医工学・脳科学
Published online 25 January 2011 | Nature 469, 458 (2011) | doi:10.1038/469458a
http://www.nature.com/news/2011/110125/full/469458a.html

Alzheimer's-disease probe nears approval

Imaging technique could help to resolve questions about brain plaques associated with the condition.

Heidi Ledford

1. An imaging agent that reveals a signature of Alzheimer's disease in the brain — given conditional support last week by advisers to the US Food and Drug Administration (FDA) — is likely to be more valuable to scientists than to patients.

2. The agent, called florbetapir (Amyvid), enables physicians to determine whether Alzheimer's disease is the cause of a patient's dementia. In the future, it may also help them to catch the disease before obvious symptoms appear, a hope that has sparked fresh debate about the value of early diagnosis for a devastating, untreatable disease. The panel of advisers — whose guidance is usually, but not always, followed by the FDA — also stated that the test should not be given final approval until its developers demonstrate that clinicians can uniformly interpret its results.

3. "The importance of the decision is probably bigger for research in the near future than it is for clinical practice," says William Thies, the chief medical and scientific officer of the Alzheimer's Association based in Chicago, Illinois, a nonprofit organization that funds research on Alzheimer's disease.

4. Physicians diagnose Alzheimer's disease only after memory loss interferes with daily activities. By then, "there's so much irreversible damage that it might be too late to hope for an effective treatment", says Gil Rabinovici, a neurologist at the University of California, San Francisco. Definitive confirmation comes from autopsy, with the presence of characteristic lesions in the brain caused by clumps of the peptide amyloid-β. These amyloid plaques are hypothesized to be the cause of the memory loss.

5. Some researchers already use a reagent called Pittsburgh Compound B to image amyloid plaques in people suspected to have Alzheimer's disease. The compound binds to the plaques, and its radioactivity can be detected using positron emission tomography. But the reagent is labelled with carbon-11: with a half-life of just 20 minutes, its use is limited to the handful of facilities that have an on-site cyclotron to prepare it.

6. In contrast, florbetapir is labelled with fluorine-18, which has a half-life of nearly two hours. That would be long enough to allow the compound's manufacturer, Eli Lilly, based in Indianapolis, Indiana, to send labelled florbetapir directly to users without losing too much of the reagent to radioactive decay. The likely result: more and bigger studies of the relationship between amyloid and disease, says Thies.

7. A study published last week was crucial to the advisory panel's decision. It confirmed that brain scans of living patients given florbetapir correlate with amyloid plaques found at autopsy after they died (C. M. Clark *et al. J. Am. Med. Assoc.* **305**, 275–283; 2011). The Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative, a project to improve clinical trials of candidate therapies for Alzheimer's disease, has already incorporated florbetapir in its studies of hundreds of people suspected to have the condition. And Rabinovici hopes to test whether the reagent can distinguish between Alzheimer's disease and frontotemporal dementia, which causes many of the same symptoms and is often misdiagnosed.

8. Florbetapir could help to resolve one of the fundamental disputes about Alzheimer's disease: whether amyloid plaques kill brain tissue or are a side effect of the disease process. "Critics always tell me 'well we don't know yet if the amyloid hypothesis is true'," says William Jagust, a neuroscientist at the University of California, Berkeley. "But this compound will finally allow us to examine just how important amyloid is."

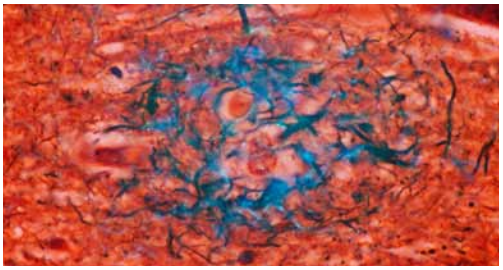
©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

TOPICS

アルツハイマー病

アルツハイマー病（AD）は、記憶障害から始まり、意欲障害、判断障害、空間認知機能障害、人格障害、運動障害などへと進行し、最終的には、寝たきりになり死に至る認知症。脳の萎縮が見られ、組織学的には、大脳皮質に、老人斑、神経原線維変化、神経細胞の消失が認められる。根治のための治療法は、残念ながら見つかっておらず、アセチルコリン分解酵素阻害薬で、一時的に症状が改善される程度である。

老人斑はアミロイド斑とも呼ばれ、アミロイド β という凝集性の高いペプチドが神経細胞外に蓄積して不溶性のアミロイド繊維となって沈着したもの。一方、神経原線維変化は、神経細胞内に見られる糸くずのような構造物である。微小管に結合して安定化させているタウタンパク質が、リン酸化されて微小管から離れてしまうと凝集して 2 本のらせん状のタンパク質を形成する。これがさらに凝集し、細胞内に蓄積されて糸くずのようになる。



アルツハイマー病患者の脳に見られる老人斑（青灰色）。

DR. CECIL H. FOX/PRS/PPS

発症原因はまだよくわかっていないが、遺伝的要素のほか、高血圧、高脂血症、糖尿病、喫煙などが、危険因子として挙げられている。

SCIENCE KEY WORDS

タイトル **probe: ここでは、探索用の薬剤（造影剤）のこと**

リード **Imaging technique: イメージング技術、画像化技術**
生体内部を X 線や電子線、超音波などで画像化したり、細胞内部や組織を蛍光標識などにより画像化したりする技術。

リード **plaque: ここでは、脳内のアミロイド斑を指す。**

1. **imaging agent: 造影剤**
画像診断の際に患者に投与して、組織にコントラストを付けたり、病変を強調したりする薬剤。

2. **dementia: 認知症**
後天的に、記憶や判断力、認識能力に障害が生じ、日常生活に支障が出る病態の総称。アルツハイマー病や前頭側頭型認知症、脳血管障害などが含まれる。

2. **symptom: 症状**

4. **autopsy: 死体解剖、病理解剖**
死因などを調べるために行う解剖。病理解剖では、病気で亡くなった人の死因、病態、治療効果の検証、診断の妥当性を調べる。

4. **peptide : ペプチド**
2 個以上のアミノ酸が結合したもの。

4. **amyloid- β : アミロイド β**
β および γ セクレターゼによってアミロイド前駆体タンパク質から切り出されるペプチド。アルツハイマー病では、40 ～ 42 アミノ酸のアミロイド β が凝集し、β シートに富む構造に変化して疎水性のアミロイド繊維を形成する。

4. **amyloid plaque: アミロイド斑、老人斑　（トピックス参照）**

5. **radioactivity: 放射線**
エネルギーの非常に高い電磁波（X 線、γ 線など）や粒子線（α 線、β 線、中性子線など）のこと。

5. **positron emission tomography: 陽電子（放射）断層撮影**
被験者に陽電子放出核種をもつ生理活性物質を投与し、その挙動を断層撮影する技術。例えば、がん細胞はブドウ糖をよく吸収するので、陽電子放出核種で標識したブドウ糖を投与すると、がんを生じている臓器に集まるようすを撮影できる。

5. **carbon-11: 炭素 11**
炭素の放射性同位体の 1 つ

5. **half-life: 半減期**
放射性核種や素粒子が崩壊して別の物質に変わるとき、元々存在した量の半分になるまでの時間のこと。

5. **cyclotron: サイクロトロン**
円形加速器の 1 つ。荷電粒子を直流磁場と高周波交流電場で加速する。

6. **fluorine-18: フッ素 18**
フッ素の放射性同位体の 1 つ。

7. **clinical trial: 臨床試験、治験**
新薬や新しい医療機器の開発時に、人体における有効性や安全性を検証する試験のことで、このうち、監督機関（日本では厚労省）から承認を受けるためのものを治験という。

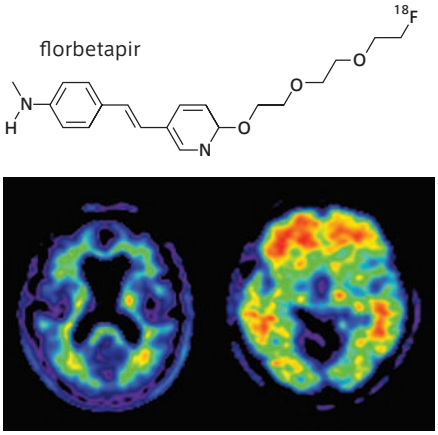
7. **frontotemporal dementia: 前頭側頭型認知症**
大脳の前頭葉と側頭葉が萎縮する病気。初期には記憶は保たれているが、人格障害・情緒障害が見られ、進行するにつれてその異常さが増していき、失語症状も見られる。

8. **side effect: 副作用**

WORDS AND PHRASES

リード **condition:「病気」、「疾患」ここでは、アルツハイマー病。**
1. **signature:「特徴」**
1. **conditional:「条件付きの」**
2. **physician:「医師」**
2. **devastating:「極めて深刻な」**
2. **state:「述べる」、「表明する」**
2. **clinician:「臨床医」**
2. **uniformly:「画一的に」、「一様に」**
2. **interpret:　「解釈する」**
3. **clinical practice:「臨床診療」**
3. **nonprofit organization:「非営利組織」**
4 . **interfere with ～ :「～を妨げる」、「～に支障が出る」**
4. **definitive:「明確な」、「決定的な」**
4. **characteristic:「特徴的な」**
4. **lesion:「病変」**
4. **clump:「塊」**
4. **A be hypothesized to ～ :「A が～であると仮定する」**
5. **on-site:「施設内の」**
7. **correlate with ～ :「～と相関する」**
7. **distinguish between A and B:（A と B を）「区別する」**
8. **dispute:「論争」**

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved



ELI LILLY/AVID RADIOPHARMACEUTICALS

健康な人の脳（左）とアルツハイマー病患者の脳（右）
PET 造影剤 florbetapir は、アルツハイマー病患者の脳で、アミロイド斑（赤色）を映し出す。

参考訳

FDA 承認へあと一歩のアルツハイマー病診断用造影剤

アルツハイマー病に関連する脳内のアミロイド斑についての疑問の解決に、イメージング技術が役立つ可能性がある。

ハイディ・レッドフォード

1. 米国食品医薬品局（FDA）の諮問委員会は、先週、アルツハイマー病患者の脳にある特徴を明らかにする造影剤の承認につき、条件付きで支持することを表明した。この造影剤は、患者よりも研究者にとって有益なものとなる可能性がある。

2. この造影剤は florbetapir（Amyvid）といい、患者の認知症がアルツハイマー病によるものかどうかを医師が判定することを可能にする。将来的には、はっきりした症状が現れる前にアルツハイマー病を発見するのにも役立つかもしれず、この見込みが新たな論争を引き起こした。すなわち、アルツハイマー病のように、きわめて深刻で、治療法のない疾患の早期診断が可能になることに、どんな価値があるのかという議論である。FDA は、その諮問委員会の勧告に、必ずというわけではないが、たいていは従っている。諮問委員会は今回、どの臨床医が検査結果を見ても同じように解釈できることを開発者が実証するまで、この検査を最終承認すべきではない、と述べた。

3. アルツハイマー病の研究に資金を提供する非営利組織「アルツハイマー病協会」（米国イリノイ州シカゴ）の最高医療科学責任者である William Thies は、「この決定はおそらく、少し先の臨床医学よりも基礎医学にとって重要なものとなるでしょう」と言う。

4. アルツハイマー病は、記憶障害により日常生活に支障をきたすようになって初めて診断される。カリフォルニア大学サンフランシスコ校（米国）の神経科医 Gil Rabinovici は、その頃には「回復不能な損傷が相当程度生じているため、有効な治療を期待するには遅すぎるかもしれません」と言う。アルツハイマー病の確証を得るには、病理解剖を行い、脳にアミロイド β ペプチドの塊による特徴的な病変があることをはっきりと確認する必要がある。研究者らは、このアミロイド斑が記憶障害の原因だとする仮説を立てている。

5. すでに一部の研究者は、アルツハイマー病の疑いのある者に対して、ピッツバーグ・コンパウンド B という放射性試薬を用いたアミロイド斑の画像化を行っている。ピッツバーグ・コンパウンド B はアミロイド斑と結合し、その放射能は陽電子放射断層撮影法（PET）で検出できる。ところが、ピッツバーグ・コンパウンド B を標識する炭素 11 の半減期はわずか 20 分であるため、この試薬を調製できるサイクロトロンを備えた、少数の施設でしか利用できない。

6. 一方、florbetapir は、半減期が約 2 時間のフッ素 18 で標識されている。半減期がこれだけ長ければ、メーカーのイーライリリー社（米国インディアナ州インディアナポリス）が標識した florbetapir をユーザーに直接送っても、放射性崩壊によるロスはあまり大きくならずにすむ。その結果、アミロイドとアルツハイマー病との関係についての研究を、今までよりも数多く、大規模に展開できるようになるだろう、と Thies は言う。

7. 先週発表された研究は、諮問委員会の今回の決定にきわめて重要な意味を持っていた。この研究により、生前の患者に florbetapir を投与して脳スキャンを行った結果と、その死後の解剖により発見されたアミロイド斑との間に相関があることが確認されたからである（C. M. Clark *et al. J. Am. Med. Assoc.* **305**, 275–283; 2011）。また、アルツハイマー病の治療法候補の臨床試験を改良することを目的とする「アルツハイマー病神経イメージングイニシアチブ」というプロジェクトでは、アルツハイマー病の疑いのある数百人を対象とした研究に florbetapir を用いた検査を組み込んでいる。前頭側頭型認知症は、アルツハイマー病と同じ症状を数多く引き起こし、アルツハイマー病と誤診されることが多いが、Rabinovici は、florbetapir を用いた検査により両者を区別できるかどうかを調べたいと考えている。

8. アミロイド斑が脳組織を死滅させるのか、それともアルツハイマー病の疾患過程の副作用にすぎないのかは、アルツハイマー病に関する重要な論争の 1 つだが、florbetapir は、この論争に決着をつけるのに役立つ可能性がある。カリフォルニア大学バークレー校（米国）の神経科学者 William Jagust は、「私はいつも、『アミロイド仮説が正しいかどうかは、まだわかっていないじゃないか』と批判されますが、この試薬により、アミロイドがどれだけ重要なのか、ようやく調べられるようになるのです」と話している。

（翻訳：菊川要）

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

nature ダイジェスト

新規定期購読キャンペーン
2011年4月15日まで

NHKスペシャル

「日本列島 奇跡の大自然」ブルーレイBOX（2枚組）プレゼント！

2011年4月15日までの期間に、下記専用サイトから
Natureダイジェスト新規定期購読お申し込みの方の中から抽選で3名様に、
「日本列島 奇跡の大自然」ブルーレイBOX（2枚組）をプレゼントいたします！

地球が生んだ奇跡の大自然、日本列島の秘密を探る！（2011年3月25日発売）

私たちが、ふだんあたりまえに見ている、日本の自然のすばらしさと、それを生みだした壮大な地球の奇跡、そしてこの危うく多様な自然。地球規模の視点で日本の自然を見つめ直す

「NHKスペシャル 日本列島 奇跡の大自然」

（案内人：松下奈緒／語り：上川隆也／テーマ音楽：高見優）

定価　￥9,400（税込￥9,870）／本編131分＋特典45分（予定）／発売元：NHKエンタープライズ

※ 当選者の発表は、商品の発送をもってかえさせていただきます。発送は、4月下旬頃の予定です。

「日本列島 奇跡の大自然」ブルーレイBOX（2枚組）に関する詳しい情報と、
Natureダイジェスト新規定期購読お申し込みについて
【2011年4月15日まで】

www.naturejpn.com/kiseki

EDITOR'S NOTE

まずは、このたびの東北関東大震災で犠牲となられた方々にお悔やみ申し上げます。私事ですが、宮城県亘理町の海岸近くに友人が住んでいます。連絡が取れず心配しましたが、13日になってようやく無事とのメールが届き、ほっとした次第です。私たちのオフィスも、モニタや本が崩れ、ぐちゃぐちゃ。交通機関はストップしていたので、会社から9キロくらい歩いた後、自転車を購入して残り14キロを帰りました。青梅街道は、まるで難民のように歩く人の波がずっと続いていました。それより驚いたのは、スーパーの棚。米やカップラーメンなど、品物がない！　本当に必要な人を考えると、衝動的な買い占めはあまり好ましくないですね。（ふる）　　2011年3月14日記

*翻訳記事は、原則として原文に沿っております。一部、Natureダイジェスト編集部でよりわかりやすいように編集しております。

npg nature asia-pacific

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（代表）
Fax. 03-3267-8754
www.naturejpn.com

© 2011年　NPG Nature Asia-Pacific
掲載記事の無断転載を禁じます。

広告のお問い合わせ
Tel. 03-3267-8765（広告部）
Email：advertising@natureasia.com

編集発行人：David Swinbanks
副発行人：中村康一
編集：田中明美、中野美香、宇津木光代
デザイン／制作：村上武、中村創
広告／マーケティング：米山ケイト、池田恵子
藤原由紀
編集協力：白日社

「Natureダイジェスト」へのご意見やご感想、ご要望をメールでお寄せください。
宛先：naturedigest@natureasia.com
（「Natureダイジェスト」ご意見係）
掲載内容についてのご意見・ご感想は、掲載号や記事のタイトルを明記してください。今後の編集に活用させていただきます。皆様のメールをお待ちしております。

©2011 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

BRITISH AIRWAYS
自分だけの時間

oneworld

受賞歴のあるビジネスクラス「クラブワールド」では、自分だけの時間をお楽しみいただけます。静かなラウンジ、そして機内では自分だけの快適な空間。お客様のスペース、プライバシーを大切にしたキャビンでは、お好きな時間に、お仕事、ご就寝、おくつろぎいただくことができます。

今すぐ、ba.comでご予約ください。

ネイチャー・ダイジェスト
4月号

平成23年3月25日発行 第8巻 第4号
編集発行人：David Swinbanks

発行所：ネイチャー・ジャパン株式会社
東京都新宿区市谷田町2-37 千代田ビル

発売所：日本出版貿易株式会社
ISSN：1880-0556

定価 680 円

本体 648 円
Printed in Japan

雑誌 07271-04

4910072710416
00648