

# 科学技術 トピックス

以下は科学技術専門家ネットワークにおける専門調査員の投稿（7月号は2004年6月5日より7月2日まで）を中心に「科学技術トピックス」としてまとめたものです。センターにおいて、関連する複数の投稿をまとめ、また必要な情報を付加する等独自に編集するため、原則として投稿者の氏名は掲載いたしません。ただし、投稿をそのまま掲載する場合は、投稿者のご了解を得て、記名により掲載しています。

## ライフサイエンス分野

### ① チンパンジーゲノムとヒトゲノムの間で予想外に大きな違い明らかになる

理化学研究所が中心となって組織された「国際チンパンジーゲノム22番染色体解読コンソーシアム(The International Chimpanzee Chromosome 22 Consortium)」は、チンパンジーの22番染色体の解読を終了し、その結果を報告した(Nature, vol.429, pp382-384)。さらに、チンパンジーの22番染色体に相当するのは、ヒトでは21番染色体であり、これらの両ゲノムの比較も行われた。

高度に発達した認知機能、直立歩行、複雑な言語の使用などの、人間に特異的な能力獲得に関係した遺伝的変異は何であるかを解明するためには、ヒトとチンパンジーのゲノムの比較研究が不可欠である。このためには、利用可能なゲノム配列の解読データが十分な量あり、かつ質が高いことが重要である。チンパンジーゲノムのドラフト配列は2003年8月に公表されていたが、ゲノムにギャップなどの不明瞭な部分があり、詳細な解析には不十分であった。

同コンソーシアムは、ヒト21

番染色体と同様の高精度でチンパンジー22番染色体の解読を行い、その結果3,350万塩基にわたる全配列を99.998%の精度で決定し、ヒトとチンパンジーのゲノム配列を比較した。

比較の結果、ヒトとチンパンジーの間には、1.44%の一塩基置換と、約68,000カ所において、塩基の挿入や欠損という違いが存在した。比較された231個の遺伝子のうち83%の遺伝子においては、タンパク質レベルでアミノ酸の配列が異なっていた。一塩基置換の数は、従来の研究で示されていた程度であったが、挿入や欠損の頻度やこれらが生じている領域の広さが予想以上に大きかった。

これまでは、アミノ酸配列を変化させるようなゲノムの違いは、ヒトとチンパンジーにおいては、それほど多くないと考えられていたが、予想以上に数多くの相違点があると示されたことは、驚くべき事である。22番染色体の総塩基数は全染色体の内の1%程度であるが、この成果は価値あるものであり、ヒトとチンパンジーのゲノム比較からヒトの進化の過程を探る研究は、今後ますます活発化することが期待される。

(参考文献: "DNA sequence and comparative analysis of chimpanzee

chromosome 22", The International Chimpanzee Chromosome 22 Consortium, Nature Vol.429, p382 "Differences with the relatives", Jean Weissenbach, Nature Vol.429, p353)

(味の素株 都河 龍一郎氏)

### ② SNPs データについての国際標準化の動き

実験で得られた多量のバイオデータ(その多くは遺伝子情報)はデータベースで管理される。近年、これらデータベースの研究者間での共同利用や、個々の研究者が所有するバイオデータの交換などが円滑に行えることが、ゲノム研究を推進する上で極めて重要になっている。

通常、各々の研究室ごとにローカルなデータベースを構築し、実験情報と遺伝子情報を保存している。こうしたデータベースから、公共のデータベースや他の研究室のローカルなデータベースとの間でデータ交換をする場合、同じデータ構造であれば比較的容易に相互のデータの保存や分析が可能である。ところが、多くの場合は、データ保存などの形式に用いられるコンピュータプログラムは研究室ごとに異なり、送り手側あるい

は受け手側がデータの形式を変換しなければ利用できない。

また、近年のバイオデータは、1つずつが画像データ、実験条件、実験材料や患者に関する臨床情報、バイオデータの解釈など、多くの複雑な情報から構成され、これらの全ての情報を包括してデータベース化する必要がある。国際的な標準化規格として広く認知されている DNA 配列のデータベースは存在するが、近年の複雑なバイオデータに対応可能で、かつ標準規格として認識され得る公的なデータベースはまだ存在しない。

このような問題に対して、研究の効率化を図るため、まず、国際的にバイオデータの規格を標準化しようという議論が起こっている。例えば、欧州の研究者主導で形成された検討グループが、マイクロアレイによるバイオデータの国際的な標準化に向けた議論を進めている (Nature genetics vol.32 469 - 473, 2002)。

SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms、一塩基多型) のデータの標準化についても議論も高まっている。テーラーメイド医療の実現に向け、様々な疾病の患者についての SNPs データの収集は重要であり、そのための公共

## 用語説明

### ① OMG (Object Management Group)

分散コンピューティングシステムの開発におけるオブジェクト技術の標準化の推進と調査研究を実施する非営利団体である。設立メンバーは、Hewlett-Packard、SUN Microsystems、Unysis など8社。現在は、医療、金融、製造、テレコミュニケーション、輸送 などに関わる 800 社以上が参加している。

の SNPs データベースの構築が求められている。現在、米英の産学連携で実施されている The SNP Consortium (<http://snp.cshl.org>) においては、大規模な SNPs データベースの構築が進んでいるものの、標準化についての議論は特にされていない。

こうした中、2002年に SNPs のデータの標準化のために PML (Polymorphism Markup Language) を開発した社団法人バイオ産業情報化コンソーシアム (JBIC) は、SNPs データの国際標準化を推進している。2003年には、PML を SNPs データの国際規格とする PML 標準化案を、バイオデータベースの構築に関して実績のある欧州分子生物学研究所 (EMBL) の欧州生物情報科学研究所 (EBI) と共同で、国際標準化推進団体である OMG (Object Management Group<sup>①</sup>) に提案した。それを受けて OMG 内に SNPs データ標準化のための WG (作業部会) が設

立され、本格的な標準化案の検討が開始された。

先頃、OMG からこの PML 標準化案に対する評価レポートが提出され、JBIC により開催された第2回バイオデータ相互運用性国際会議 (6月8～10日東京) において、このレポートに基づいた PML 標準化案の修正案が検討された。同会議には、国内から国立遺伝研、国立がんセンター、JST、東工大、海外からはコールドスプリングハーバー研究所 (米国)、NCBI (米国)、スタンフォード大 (米国)、エール大 (米国)、EBI (英国)、カロリンスカ研究所 (スウェーデン) などバイオデータベースの関連機関が参加し、活発な討論が行われた。

今年度中には、JBIC 主導により、国際的なコンセンサスを得た PML 標準化案の最終案が策定されると見込まれる。

## 情報通信分野

### ① 情報漏洩事件多発とその対策

最近、情報漏洩事件が多発、多量の個人情報漏洩している事実が判明している。従来、情報セキュリティに関連する犯罪は、情報システムの専門知識を持つハッカーによる趣味的犯罪が多かったが、最近では個人情報を盗取し闇で売買するような金銭目的の犯罪が増加している。

この背景には、情報セキュリティ技術面での対策が進みつつある反面、組織内部での情報セキュリティ管理の甘さを突いた面がある。すなわち、情報セキュリティ技術に関しては、ウイルス対策ソフトウェアやファイアウォールの普及などのコンピュータウイルス対策や、OS やアプリケーションに存在するセキュリティホールを取り除くソフトウェア脆弱性対策などが進み、外部からネットワークを介して情報を盗取することは簡

単ではなくなってきた。一方、可搬で小型の情報機器が普及し、ノート PC やメモリデバイスなどにより大量の情報を外部へ簡単に持ち出すことが容易になっており、情報データや情報機器の管理の甘さを突いた内部の人間が関与した情報漏洩事件が多くなっている。

情報セキュリティ管理面では、2002年4月に経産省が情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) 適合性評価制度を創設している。この制度に従って、登録

された審査機関が、国際的に整合の取れた基準を基に事業者の適合性を審査・認証している。また、個人情報保護法が2005年4月に施行される。これによって、個人情報の適正な取り扱いに違反した場合は、罰則が科せられるようになり、個人情報の販売も禁止される。現在、事業者が具体的にどのような対応を行えばよいかそのガイドラインを策定中である。

このように、法制度やガイドラインなどの整備は進んでいるが、事業者にとって情報セキュリティ管理強化はコスト増や管理負担増となり、その対応が不十分な事業者が数多く見られる。実際、情報漏洩事件を起こした企業は情報セキュリティ管理基準を満たしていなかった。特に個人情報を取り扱う部門では情報セキュリティ管理の強化が求められている。

一方、情報セキュリティ技術の強化も必要である。悪意を持った行為に対しては強靱な技術も破られる面もあるが、簡単には破れない技術を用意することが犯罪の抑止力となる。例えば、個人情報を取り扱う部門では、記憶装置を持たないシン・クライアント<sup>①</sup>の導入が始まっている。このシン・クライアントは、1990年代後半にアプリケーションソフトのインストールやバージョンアップなど複雑化する端末装置のメンテナンスに係るコストを低減させることを目的に登場した端末装置である。しかし、管理用のサーバーのコストが増加することやその後のPCの価格の下落から、シン・クライアントは普及しなかった。最近になって、情報セキュリティの観点からシン・クライアントが見直され、取り扱うデータが端末に残らずサ

## 用語説明

### ①シン・クライアント

記憶装置を持たない端末であり、データ入力と通信機能のみを提供し、データの保存とアプリケーションの実行は中央のサーバーで行なわれる。

この端末を使用することによって、データは中央での管理となり、セキュリティ管理がやりやすくなる。

サーバー側で一元管理できる利点が注目されている。

個人情報を取り扱う部門の情報システムには、個人情報データへのアクセス制限・記録、プリンターや外部ファイルなどの機器使用制御、個人情報データの分散保存管理などの最新の情報セキュリティ技術の導入を検討し、管理システムの強化を図ることが求められている。

## ナノテク・材料分野

### ①欧州委員会がナノテクノロジー戦略を発表

欧州委員会は、2004年5月12日に「欧州ナノテクノロジー戦略に向けて (Towards a European strategy for nanotechnology)」(COM(2004)第338号最終版)を発表した。その要旨は、以下のようなものである。

ナノテクノロジーの実用化は現在進行中であり、今後は市民生活にも影響を及ぼしていくと思われるが、欧州連合 (EU) が研究開発において今までの地位を今後も維持できるかどうかは疑問である。なぜなら、EU内の研究開発投資額は急速に伸びているものの、その投入総額は諸外国 (日米) に比べ相対的に低い水準であり、インフラ (研究拠点) も不足しているからである。

ナノサイエンス分野におけるヨーロッパの優位性は、最終的には商品や製法の実用化という形で具体化しなければならない。重要なことは、技術革新を生み出しやすい環境を作り出すことであり、特に中小企業に対して有利な環境を整備することである。

一方、ナノテクノロジーの開発活動は、安全かつ信頼できる方法で行なわなければならない。倫理規範を遵守しなければならない。社会的影響を検討した上で、今後の規制に向けての準備を行なうために、健康面、安全面、環境面のリスクを科学的視点で検討しなければならない。現実の問題点を重視する意味で、一般人との対話も必要不可欠である。

研究開発活動で生み出された知識を社会の利益になる方向で活用するために、施策を一貫性のある形で実施する一方で、制

度レベルの論議も始める時期が到来している。

以上のような内容には、2003年12月に立法化された米国「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」の影響が色濃く現れている。

### ②米国の大規模ナノテクノロジー研究開発拠点 ALBANY NanoTech がまもなく稼動

米国ニューヨーク州は、1999年から NYSTER (ナイスター) と呼ばれる産学官連携の地域振興策を、ナノテクノロジーとバイオテクノロジー分野で展開中である。ニューヨーク州は、バイオテクノロジー分野は複数大学の分散型で進めているが、ナノテクノロジーに関してはナノエレクトロニクス分野に特化し、ニューヨーク州立大学オルバニー校の ALBANY

NanoTech に集中投資している。

ALBANY NanoTech における産学官連携の目指すコンセプトとして、a virtual “one-stop-shop”、つまり、ここに来れば何でも揃うという体制を整えることが掲げられている。大学としてはニューヨーク州立大学のほか、レンスラー工科大学が参加し、資金面の主な推進役はニューヨーク州のほか、SEMATEC（民間企業から成る半導体共同開発組織）、IBM 社（同州に本社）、東京エレクトロン(株)である。施設規模としては、

200mm と 300mm のシリコンウエハを取り扱う 4 つのナノファブ（延床面積約 40000m<sup>2</sup>、クリーンルーム総面積約 6300m<sup>2</sup>）が用意されている。すでに一部は稼働しているが、全体としては 2004 年 10 月から稼働予定である。

日本企業である東京エレクトロン(株)は、現在、世界第 2 位の半導体製造装置企業であり、今回は ALBANY NanoTech に開発センター（TEL Technology Center, America = TTCA）を LLC（日本には無い有限責任会社の形）とし

て設けた。この開発センターだけでも当初 7 年間で 200 億円以上の研究予算が投資され、延べ 200 人程度の研究スタッフが参加する計画であり、現在、第一弾の試験設備を立ち上げ中である。この開発センターは、同プロジェクトにおける日本側の窓口の役割も果たすことになる。

ナノエレクトロニクスの研究開発における世界的な傾向として、大型の共同利用設備に世界中から参加者が集まる、という形が定着しつつある。

## エネルギー分野

### ①超臨界流体を用いるバイオディーゼル燃料合成技術開発の動向

ナタネやコーンなどの植物油や廃食用油を原料として製造される軽油代替バイオディーゼル燃料（BDF）は、再生可能かつカーボンニュートラルで硫黄含有量も低いことから、自動車から排出される炭酸ガスや硫黄酸化物を低減できる石油代替クリーン燃料として着目されている。自動車燃料の大半を担っているガソリン燃料へエタノールを添加（E10、エタノール 10% 添加）することによって、輸送用燃料から排出される CO<sub>2</sub> の削減に大きく貢献できる可能性もある。

従来、触媒を使って植物油などとメタノールを反応させて作る手法が実用化されていたが、①除去や廃水処理が必要になるせっけん成分が副生成物としてできる、②触媒自体のコストもかかるなどの課題があった。京都大学では、触

媒を使わない次世代技術として、植物油などを加水分解（第 1 反応）後、超臨界メタノール処理（第 2 反応）して BDF を製造する 2 段階超臨界メタノール法の基礎技術開発に 5 年前に成功、現在、必要な温度・圧力は 350℃・420 気圧から 270℃・150 気圧と開発初期に比べてかなり下がり、実用化プラントが視野に入ってきた。2002 年度文科省 21 世紀 COE プログラムのテーマ「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」にも採択されている。超臨界は液体と気体の性質を併せ持つ高温高压で非常に活性が高い状態で、有害物質の無害化や有用物質の抽出などにも利用されている。

この超臨界メタノール法は、せっけん成分が出ず、その分、触媒法に比べ BDF 収集率が高く、反応時間も触媒法の数時間に対し数分程度と短いなどの利点があるが、工業原料でもあるグリセリンが副産物として発生する。製造プラントを農協や村落に設置、地元産の植物油や廃食油からバイオデ

ィーゼルを生産、農業機械の燃料などに自家消費するケースを考えると、副産物の処理が課題となる。中央農業総合研究センターは、上記超臨海メタノール法をベースに、温度圧力は約 300～500℃、200～500 気圧とかなり高いが、グリセリンの発生を抑えられる新技術を開発し、2004 年 4 月に完成したバイオディーゼルの産学連携実験施設でプラント実験を開始した。BDF プラント価格は 500 万～800 万円（毎時 5～6 L）、生産コストは軽油並のリットルあたり 60～70 円が目標で、2005 年度中に実用化のめどを付ける。

各実験プラントの運転実績がまとまれば、経済性や実現可能性適した利用分野などが見通せるようになり、今後は、こうしたデータをもとにしてバイオディーゼルの流通システムや関連制度などについての検討も本格化すると考えられる。環境への負荷の少ないクリーンなエネルギーの有望な技術の 1 つとして、今後の開発の進展が期待される。

## 製造技術分野

### ① カーボンナノチューブ (CNT) 製造技術の進展

直径 1 nm ～数 nm と超微細なカーボンナノチューブ (CNT) は、機械的強度、電気伝導率、熱伝導率などで極めて優れた性能を示すためナノデバイス材料としての期待が大きい。最近では、次世代ディスプレイ技術の 1 つ FED (Field Emission Display) 用の電子放出材料への応用を目指した研究が活発であり、例えば新エネルギー・産業技術総合開発機構ではカーボンナノチューブ FED プロジェクトを推進している。

デバイス材料への応用には、所望の場所に、制御された状態で、効率よく作製する技術が最も重要である。こうした技術について、東京大学丸山茂夫助教授らのグループは、CCVD (Catalytic Chemical Vapor Deposition = CCVD) 法の 1 つである ACCVD (Alcohol CCVD) 法を用いて、デバイス応用に必要とされる材料

形成の基本条件に近づく結果を得た。この手法は、原料にアルコールを用い、650℃と比較的低温で単層ナノチューブ (Single-Walled carbon Nanotubes = SWNT) を生成できる。今回の結果の中でも重要な点は以下である。

- ① 反応容器全体を加熱しなくても、触媒を塗布した基板への通電加熱のみで CNT を生成。
- ② 鉄などの触媒が検出限界以下の量でも効率的に CNT を生成可能なため、電子デバイスや光デバイスに触媒の悪い影響をもたらしさない。
- ③ 石英基板に垂直配向した、直径 1 nm ～ 2 nm、長さ 5 μm 以上の単層カーボンナノチューブ膜の合成が可能。

7月28～29日に東京大学で開催される第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウムでは、最近の重要な成果が数多く発表される。丸山助教授は、CNTはFED用電子放出材料ばかりで

なく、光短パルスレーザや光ノイズフィルターなどのデバイス応用も遠くないと見ている。

現在、デバイスに最も有用といわれる良質な SWNT の量産試作と供給については、ライス大学 Richard Smalley 博士 (1996年ノーベル化学賞受賞) らによって2000年2月に設立された米国テキサス州ヒューストンのベンチャー企業 CNI 社 (Carbon Nanotechnologies Inc.) が有力であり、積極的なビジネス展開を図っている。CNI 社の製造法は一酸化炭素の不均化反応を利用し、高温、高圧条件で生成する HiPco (High Pressure CO Disproportionation) 法であり、これと比較して、丸山助教授らの ACCVD 法は、安全性、製造に必要な消費エネルギー、デバイス性能に与える影響などの点で優れていると考えられる。

ACCVD 法は、CNT を発見したわが国が、今後も研究開発をリードするために必要な製造技術と考えられ、研究開発の加速が期待される。

## フロンティア分野

### ① エルニーニョ発生の予測可能性を 148 年間の海面水温データにより検証

エルニーニョは南米ペルー沖で海面水温が異常に上昇する現象で 12 月下旬頃発生する。アジアや南北アメリカなど環太平洋諸国の気象に大きな影響を及ぼし、日本においてはエルニーニョが発生する年は長梅雨、冷夏、暖冬になりやすいといわれている。気象庁気候・海洋気象部ではエルニーニョ監視

速報を毎月 10 日に公表している。因みに気象庁では監視海域の海面水温の偏差の 5 か月移動平均値が 6 か月以上続けて 0.5℃以上となった場合を“エルニーニョ”(男の子)、6 か月以上続けて -0.5℃以下となった場合を“ラニーニャ”(女の子)と判定している。

エルニーニョは海洋と大気の相互作用で発生すると見られ、海洋観測衛星からの風向風速観測によって、エルニーニョ発生の引き金には、熱帯西部太平洋での強い西風 (西風バースト) が関係してい

ることがわかっている。もし、こうした西風バースト、すなわち予測モデルにおいては確率的に発生する大気ノイズ (風) がエルニーニョ発生の主要因であるとする、まさに予測は風任せとなり、精度を高めることは難しい。一方、エルニーニョは本質的に自律的な海洋内部の力学で制御されているとの説もあり、この場合はある程度長期に渡って予測が可能となる。

最近になって、コロンビア大学 Chen らは、1856 年から 2003 年までの 148 年間にわたる熱帯太平

洋の海面水温データから、海洋 - 大気結合モデルを用いて、最大2年間のリードタイムでこの期間内の主なエルニーニョ現象は予測可能であったと発表した (Nature, Vol.428, p733 (2004))。Chen らはこのデータから、エルニーニョの発生は、確率的な大気のノイズが本質的なのではなく、自律的な海洋内部の力学によって制御されていると結論した。従来の研究では、予測には海面水温データだけでなく海洋内部の水温データも必要

とされていたので、予測実験が可能なのは過去50年程度であった。今回の研究では、過去の断片的なデータを再構成して対象期間を延ばすとともに、過去の海面水温データから海洋内部の状態と海洋表面の風を推定することで、長期間の予測実験を可能とした。

海洋 - 大気相互作用を研究している北海道大学の見延庄士郎助教授によれば、Chen らの研究により海面水温のみからでもエルニーニョ予測が可能とされたこと、19

世紀末の大きなエルニーニョを20世紀末の大きなエルニーニョとともに予測できたことは高く評価でき、もし彼らの結論が正しければ、西風バーストはエルニーニョ発生の最後の一押しに過ぎないと考えられるという。

長期気象予報は、製造業、流通・小売など産業活動にとって経営戦略を左右する重要な情報である。エルニーニョの予測可能性が高まれば、長期気象予報の確度も高くなるものと期待される。

