

# 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（11月号は2004年10月9日より11月5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 国際ヒトゲノムシーケンシングコンソーシアムは全ヒトゲノム解読の最終報告についての論文を発表した

国際ヒトゲノムシーケンシングコンソーシアムは、既に2003年4月に全ヒトゲノム解読（ヒトゲノムプロジェクト）終了を宣言しているが、10月21日付けのNature誌にヒトゲノム解読の最終報告についての論文を発表した（Nature, vol.431, 931 - 945, 2004）。

2001年にヒトゲノムのドラフト配列は論文発表されている。なぜ今になって最終報告が必要なのかについては、同じ号のNature誌にEnd of the beginningという題で解説記事が示されている（Nature, vol.431, 915 - 916, 2004）。即ち、ドラフト配列は「完全解読」には程遠かったため追加の修正や訂正作業が必要であり、今回それらが終了したということである。

今回の論文によると、ヒトゲノムプロジェクトにおいてゲノム解読を完了した塩基は、解読の対象である「遺伝子が存在する領域

（真正クロマチン領域という）」の99%以上に相当する約28億5千万塩基であり、解読データの精度は、プロジェクトでの当初目標の99.99%を1桁上回る99.999%（誤り率が100,000塩基に1塩基）であることが報告された。また、解読したゲノム配列の連続性（間にギャップや不確かな領域を含まない）が向上し、約3千850万塩基の連続した配列が平均して得られたことが示された。遺伝子の働きを制御するゲノム領域は、遺伝子の周辺に位置すると推測されているので、配列の連続性が向上したことにより、これらの領域のゲノムを研究することが容易になると期待されている。

さらに、今回、ヒトゲノム中の遺伝子の数において従来の予想と違う結果が得られた。ヒトの遺伝子は、10年前までは10万個と予想され、3年前のドラフト配列の発表時には3万～3万5千個と予想されていた。しかし、今回、これまでの予想をさらに下回る2万～2万5千個であると発表された。ちなみにハエの遺伝子の数は1万2千個であり、ヒトはその約2倍程度である。今回発表された

ヒトの遺伝子数は、生体機能の複雑さからすると非常に少ないと考えられ、更なる研究が必要であると考えられている。

また、ドラフト配列時に数十万カ所あったゲノム配列上のギャップなど配列の不確かな領域は、今回の報告で341カ所と少なくなったが、これらの領域やプロジェクトでは解読の対象とされていなかったヘテロクロマチン領域<sup>①</sup>などのゲノム解読もゲノムネットワークの全貌を知る上で重要である。これらの領域については現在の技術で対応することは難しく、更なる研究と新たな技術が必要とされている。

精度の高いヒトゲノム解読が完了したことにより、生物学研究の基盤となる情報が整備されたことになり、従って、今後、遺伝のメカニズムや、遺伝と健康および疾病の関連についての詳細な研究が可能になると考えられ、生命科学の更なる発展が期待される。

### 用語説明

#### ①ヘテロクロマチン領域

DNAの繰り返し配列などから構成される転写が不活発で凝縮した領域

## ② NIH ワークショップの「光学イメージング2004 (Optical Imaging 2004)」で NIH から光診断技術に関する米国国家プロジェクトが提案された

1999年に第1回 NIH Workshop: In vivo Optical Imaging from Bench to Bedside が開催された。第4回目の今年にはテーマ名に「診断 (Diagnostic)」が加わり、Optical Diagnostic Imaging from Bench to Bedside となった (2004年9月20～22日開催)。今後 NIH ではこの言葉を使うようである。

この Workshop は、ヒトゲノム後における次の国家プロジェクトの1つとして、光学技術とゲノム科学が結びついた新分野である「医用光学」の進展を図るとともに、新しい産業の発展の可能性を探るために始まった。今回は1つの結論を出すためこれまでより大規模であった。

NIH は 2002 年に NIBIB (National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering) を設立し、分子イメージングを中心

とした国家プロジェクトを、既にスタートさせている。

今回のワークショップでは、光学診断技術の臨床応用への展開が明確な目標となり、最終的に NIH から国家プロジェクトの提案が行われた。ワークショップで討論された事項の内、特記すべき事項および米国内動向は以下の通りである。

① NIH が光学イメージング全体の目標 (旗印) として掲げているのは、超早期がんの検出 (Ultra Early Detection of Cancer) である。特に、乳がん、食道がん、大腸がん、皮膚がんを対象としている。

② 乳ガン診断 (Optical Mammography) は、光学イメージングの最大のターゲットである。

これは、NIH の新たな研究所としての婦人病研究所 (Institute of Women's Diseases) の設立と連動している。

③ 全ての分光パラメーター、吸収、散乱、偏光、蛍光を使った生体診断手法の開発を推進する。

④ 製薬会社やベンチャー企業の参入により、光分子プローブ (Optical Molecular Probe) の開

発を推進する。

⑤ 多機能分光内視鏡の開発が開始される。

⑥ 眼科用 OCT (Optical Coherence Tomography)、OCT 内視鏡、光マンモグラフィ、食道がん蛍光観察システム等の販売が開始される。

⑦ GE 社、Phillips 社、Siemens 社が、それぞれ子会社を介して、光による分子イメージング装置と光マンモグラフィ装置の販売を開始する。

⑧ 米国内及び米国と EU の光学診断技術関連の Network が構築される。

米国では、製薬企業や化学系企業及び農獣医薬企業が、エレクトロニクスやメカトロニクス分野の光学技術と結びついて新しい産業が作られつつあると考えられる。

## 参 考

1) <http://spie.org/conferences/programs/04/nih/>

(電気通信大学 教授  
山田 幸生氏より)

## 環境分野

### ① 環境、エネルギー分野で進む微生物利用研究

環境分野における微生物利用に関しては、バイオレメディエーション (Bioremediation) ①の研究がよく知られている。とりわけ、米国ではスーパーファンド法②を受けて活発に研究が進められており、既に実際の適用事例もある。我が国においても大学や国立環境研、企業などで研究が進められている。

日本大学と(株)海洋バイオテクノロジー研究所は、NEDO の委託により日本沿岸を含む全世界の海域で調査を行い、原油中で生育可能な微生物が、ほとんどの海域で普通に存在していることを見出した。そして生海水に無機塩類と原油由来の芳香族画分を添加し、さらに、ロドコッカス属細菌から分離、抽出した細胞外多糖を加えて海水土着の微生物による原油の分解性を検討したところ、細胞外多糖を添加した条件では残存重量が約半分に減少したが、無添加の場合はほ

とんど減少しなかった。このことから同菌の細胞外多糖が原油の分解に有効であると考えられる。

原油から硫黄酸化物を除去する研究に関しては、早稲田大学大学院の研究グループが、従来、困難とされた分子量 300 以上の有機硫黄化合物を分解・除去する微生物を発見し、単独分離に成功した。この微生物を用い、硫黄濃度約 10,000ppm の未脱硫軽油から硫黄分除去を試みたところ硫黄分は約 40%減少した。

一方、環境計測では土壌診断用

バイオセンサーが、東京工科大学と産業技術総合研究所および株式会社サカタのタネの産学官連携によって実用化されている。さらにエネルギー生産では、微生物を用いた水素製造に関する研究が大学を中心に進められ、光合成微生物利用プロセスによる水素製造の全過程におけるCO<sub>2</sub>排出量は、現行の水蒸気改質法と比較し約半分となることがわかっている。

今後、微生物を用いた研究は実用化に向け、処理時間の短縮や分解・除去能の一層の向上などが目指されることになろう。また最も研究が進んでいるバイオレメディエーションについては、実地（屋外）での利用に向け、微生物の基

礎的理解や安全性に関する研究について更なる知見が求められる。

微生物利用は物理化学的な方法と比較して、エネルギー消費と

環境への負荷が少ないなどの点から、環境やエネルギー分野において今後さらに研究が進むと期待される。

## 用語説明

### ①バイオレメディエーション

微生物を利用した環境浄化。微生物の供給方法により2つの流れがある。1つは、汚染現場に元来生息している土着の分解微生物を増殖させるバイオスティミュレーション (Biostimulation) であり、もう1つは、培養タンク等で分解微生物を培養して汚染現場へ供給するバイオオグメンテーション (Bioaugmentation) である。現在は、前者が主流で、分解微生物を効率よく増殖させるため、汚染現場に窒素・リンといった栄養塩やメタンなどの炭素源を添加する方法が取られている。

### ②スーパーファンド法

環境汚染の調査や浄化は米国環境保護庁が行い、汚染責任者が特定されるまでの浄化費用を石油税などで創設した信託基金から支出するとした法律。

## ナノテク・材料分野

### ①安全性確保と医薬応用の間で論争されるナノ材料

多くの化学物質は豊かで快適な生活を送る上で必要不可欠なものとなっているが、その一方で、深刻な環境汚染や健康被害をもたらす危険性も有している。化学物質が製造および製品化される際には安全管理が必須であり、生産者が化学物資の安全性に関する情報を提供することが義務付けられている。特に近年、ナノテクノロジーを活かした材料開発の分野においては、研究開発の段階から、労働安全衛生および環境保護などへの配慮が強く求められる傾向にあり、製品化された化学薬品と同じように安全管理を行なう必要性が論じられるようになってきた。このほど、ナノ材料を生産するうえで労働安全衛生をいか

に維持していくかに関する初めての国際会議が英国で開かれた (First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials: 10月12～14日)。

例えば、フラレン (C60) は、炭素系のナノテク材料のひとつとして種々の応用が期待されており、まだ研究開発途上にある物資であるが、すでに自然環境や人間の健康へ悪影響があるのではないかという論争も巻き起こっている。フラレンの応用を研究する代表的な大学のひとつである米国ライス大学には、生物環境ナノテクノロジーセンター (CBEN) も設置されており、このほど同センターから、フラレンの人体へ影響データが発表された (Nano Letters, vol.4, No.10, p.1881 (2004))。純粋なフラレンは水に不溶であるが、この論文によれば、水中でコロイド (フラレンが凝集してナノ微粒子になっている状態) を

形成し、20ppb程度の濃度でヒトの皮膚細胞や肝臓腫瘍細胞に対し影響を及ぼす。しかし、フラレンの表面を水酸基 (-OH) で修飾することにより、水に溶けるようになるとともに、人体への影響力としては10万分の1未満に低減する。また、この論文では、このような影響の発現メカニズムを研究することにより、殺虫剤や抗癌剤を作ることができることも述べられている。類似の水酸基修飾フラレンについては、大阪大学大学院とビタミンC60バイオリサーチ株式会社の共同研究チームも、人体に有害な活性酸素の消去能力があることを示し、特許出願したことをほぼ同時期に発表した。

化学薬品や医薬品としての製品化と安全管理において、科学者自身が安全性データ等を準備し、安全基準の指針作りに積極的に参加する態度が求められている。

## エネルギー分野

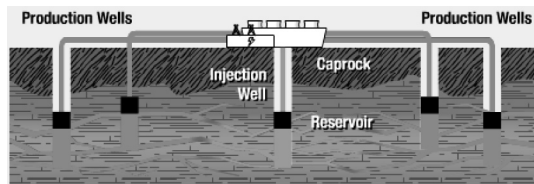
### ① 豪州、米国における地熱発電技術開発の動向

豪州、米国で地熱発電技術開発が進んでいる。地熱エネルギーは、①再生可能、②二酸化炭素をほとんど排出しないクリーン性、③純国産、④他の自然エネルギーと比較してエネルギー密度が高いなどの優れた特徴を有し、既に商業発電が行われ、開発の促進が期待されているエネルギーである。

豪州では、従来の天然熱水・蒸気を用いる地熱発電ではなく、高温で乾燥した岩体からエネルギーを取り出す新しい地熱発電技術を商業化するプロジェクトがシドニー南方で進行している。ジオダイナミクス社は、今年、このプロジェクト第2坑井の「ハバネロ2」の掘削を開始した。第1坑井の「ハバネロ1」は、4,270m以上の深さで高温岩体に達した。この岩体に高圧水を注入、坑底部付近岩体を破碎して人工の割れ目をつくり、ここで加熱された蒸気や熱水を他方の第2坑井から地上に回収し、発電に利用、再び地中に注入する。同社は、破碎した岩体を通る水の流れをモデル化し、スーパーコンピュータを用いたシミュレーションで、利用可能な熱量を予測している。豪州連邦政府は、再生可能エネルギープロジェクト9件のうちの1件として、2000年からの約5年間で総額6,000万米ドルを投資する予定で、この先進地熱発電システムを推進している。

米国では、本年、地熱エネル

先進地熱発電システム



<http://www.eere.energy.gov/geothermal/index.html#print#>より

ギーの普及促進に関するプログラムを発表し、以下の3つの目標を設定して地熱資源開発支援や技術開発支援を実施している。年間4,000万ドルを投資していく予定。

- ① 2010年までに米国700万世帯に必要な電力を地熱発電で賄う。
- ② 2006年までに地熱発電施設を持つ州を現在（カリフォルニア州、ネバダ州、ユタ州、ハワイ州）の2倍の8州にする。
- ③ 2007年までに地熱発電コストを3～5セント/kWh<sup>(注1)</sup>に低減する。

例えば、ネバダ州のORMATネバダ社は、この動きを受けて、ネバダ州内に出力20MWの先進地熱発電所を3つ建設する。同社は、昨年从今年にかけて、既設の「スチームボート・ジオサーマル・コンビナート」や同州に残存する唯一の地熱発電所も買収し、地熱発電事業を活発に展開している。また、米国国立研究所とその連携企業は、地熱発電所の地下から出てくる蒸気や熱水に含まれる有害な湯あかを防ぐポリフェニレン硫化コーティング技術を開発

(注1) 1ドル110円とすると、3.3～5.5円/kWh。平成11年12月総合エネルギー調査会第70回原子力部会のモデル試算では、原子力5.9円/kWh、LNG火力6.4円/kWh、石炭火力6.5円/kWh、石油火力10.2円/kWh、水力13.6円/kWh。

し、熱交換器やその他機器のメンテナンス費用数万ドルを節約できるようになった。2002年のR&D雑誌トップ100技術にも選ばれている。

日本では、地熱資源調査や技術開発助成が1997年から開始されるとともに、2001年には地熱エネルギーを再生可能エネルギーのひとつとして政策的に位置づけたが、国の予算は水素、風力関連予算が増加したため、2002年度約60億円から2003年度約34億円と急減している。2010年の導入目標も1次エネルギーの約0.2%と現状とほぼ変わらない。世界有数の火山国で地熱資源の豊富な日本としても、豪州、米国の先進地熱発電システムプロジェクトの動向を注目していく必要がある。

## 製造技術分野

### ① エタノール吸着分離用新材料が提案された

化学合成プロセスや微生物プロセスにより化学品を製造する際、目的とする生成物を副生物や反応に使用した溶媒などから効率的に分離回収することは、製造コスト低減のために極めて重要である。目的物の分離回収には、通常、沸点の差、凝固点の差、溶解度の差などを利用する方法が採用されるが、これらの物性値にあまり差がない場合は、吸着材に対する吸着力の差を利用する吸着分離が利用される場合がある。吸着分離は、吸着材に対する親和力の差あるいは吸着材細孔の形状選択性（細孔に入れるか入れないか）などを利用して分離するもので、窒素／酸素、直鎖炭化水素／分岐炭化水素、パラキシレン／キシレン類などの分離に利用されており、吸着材としては結晶性アルミノシリケート（ゼオライト）が広く用いられている。

再生可能なバイオマス的一种として近年注目されているエタノールは、通常、水との混合液として生産されるが、エタノールと水の混合液から通常の蒸留によりエタノールを分離しようとしても、エタノール純度は96.0wt%以上にはできない。エタノールは、溶剤や化学品の合成原料などの工業用途に多量に使用されているが、その純度は99.5wt%以上であり、また、ガソリンへ添加するエタノールも無水であることが要求されている。そのような純度の高いエタノールを得ようとするには、特殊な工夫が必要となり、コストが高くなることが避けられない。そのため、効率的なエタノール分離法の開発が望まれている。

東京大学大学院工学研究科の水野哲孝教授のグループは、最近、アニオン性の無機金属クラスターであるポリオキシメタレートと各種カチオンの複合体が特異な吸着性能を示すことを見出しているが、9月27日～30日に開催された触媒討論会において、同グループの

内田さやか助手から、ポリオキシメタレート複合体の一種がエタノール-水混合物から水を選択的に吸着するとの発表がなされた。

アルカリ金属イオン-マクロカチオン  $[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCH})_6(\text{H}_2\text{O})_3]^+$  -ポリオキシメタレート  $[\alpha\text{-XW}_{12}\text{O}_{40}]_n$  を用いて各種結晶性複合体を合成し、アルコールおよび水単独の吸着能を調べたところ、 $\text{Cs}_5[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCH}_3)_6(\text{H}_2\text{O})_3][\alpha\text{-CoW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$  が水は吸着するのに対しアルコールを全く吸着しないことがわかった。そこで、エタノール-水混合液について室温で吸着実験したところ、予想通り水のみが吸着され、エタノールは99.9wt%以上に濃縮された。この結果は、代表的な水吸着材であるA型ゼオライトより性能が高い。また、本吸着材は室温で真空排気することにより容易に再生され、再使用可能とのことである。

本研究は未だ基礎的段階にあるが、新しい可能性を有する吸着材として今後の進展に期待したい。

## フロンティア分野

### ① 成層圏観測や微小重力実験を目指す北海道NPOのハイブリッドロケット

特定非営利活動法人（NPO）北海道宇宙科学技術創成センター（HASTIC）は回収型ハイブリッドロケットの打上げサービスを開始した。ハイブリッドロケットとは、固体燃料（プラスチック）と液体酸素を混合して燃焼させる方式のロケットである。10月6日から10日まで横浜で開催された航

空宇宙展（JA2004）において実機が展示され、次々に見学者が来て関心の高さを窺わせた。

HASTICはもともと北海道大学の教官らが設立した任意団体から出発した。北海道に拠点を置き、「宇宙開発の成果を地上へ」、「地域の技術とアイデアを宇宙へ」を標榜し、いわゆる「草の根レベル」の宇宙開発を通じて社会貢献を目指す集団として2003年1月にNPO法人となった。

HASTICが開発したCAMUI型ロケットの主な構成部品は、燃焼

室、液体酸素タンク、燃料供給系、パラシュート開傘装置、ノーズフェアリング、円筒状の機体等であり、燃料のプラスチックにはアクリルを用いる。ロケットの製作には旋盤加工品や市販部品を組み合わせるので、町工場1つでも生産できるという。

ロケットの打上げは北海道大樹町の多目的航空公園で行われ、パラシュートで落下速度を緩和して回収する。既に試験打上げに3回成功している。再使用可能な打上げ回数はまだわからないが、20回

程度を目安にしたいとのことである。ただし、燃焼室とノズルは使い切りである。打上げサービスを利用するには、機体製作費（当初210万円と発表）の他に打上げ作業費として1回約100万円が必要である。

CAMUI型ロケットは、到達高度が1,000mで、用途としては学生が製作するCANSAT（空き缶を使用した超小型衛星モデル）の打上げコンテスト用などを想定している。HASTICでは本格的な設計に基づくロケットが法規制をほとんど受けずに打ち上げられることを実証することが目的だとしている。

国立大学法人北海道大学大学院工学研究科の永田晴紀助教授によれば、今回打上げサービスを開始すると発表されたロケットは、安全上の理由から到達高度を1,000mに制限しているが、今後は成層圏観測（高度60km、観測機器4kg程度）や微小重力実験（高度110km、実験機器10kg、微小重力時間3分程度）などへの発展を目指しているとのことである。経済産業省も平成16年度地域新生コンソーシアム研究開発事業のテーマの1つとして、成層圏観測などハイブリッドロケットによる



打上げサービスの事業化を支援している。落下塔施設での自由落下や航空機による放物線飛行など他の微小重力実験手段に比べて、はるかに長い連続微小重力時間を得られる実験手段として活用されることが期待される。

このロケットで第一宇宙速度（秒速7.9km）を得ることは原理的に不可能であり、地球を周回する人工衛星を打ち上げることはできない。永田助教授は、余剰ミサイルを転用したロシアの小型ロケットにはコスト的に勝てないので、衛星打上げクラスの性能までは目指さないとコメントしている。

なお、ミサイル関連技術輸出規制（MTCR）では、500kg以上のペイロードを300km以上運搬できるミサイルを規制対象にしているが、最近では核兵器よりも生物・化学兵器の搭載が危惧されるようになり、ペイロード重量を規定す

る意義が薄くなってきている。微小重力実験クラスのロケットを弾道飛行させると水平で200km以上の距離まで飛行しうるので、MTCRの規制対象外ではあるものの、このロケットがテロなどで悪用されることがないように、製品や部品だけでなく技術情報についても適切に管理する必要がある。遠い将来の展望として、重力が地球の6分の1しかない月面であればハイブリッドロケットで宇宙機を安全に打ち上げることができるという研究も過去に行われたことがある。ハイブリッドロケットによる打上げが事業化される段階に至ったことで、今後の一層の発展が期待される。

HASTICのホームページ：  
<http://www.hastic.jp/index.htm>

