

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（12月号は2003年11月1日より2003年11月28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ファージ療法の新展開

近年来の抗生物質の大量使用の結果、抗生物質が効かない多剤耐性病原細菌が出現し問題となっている。多剤耐性病原細菌のひとつであるメチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）は、多くの場合、抗生物質メチシリンに耐性であるだけでなく、他の多くの抗生物質に耐性を示し、高齢者や手術後などで免疫力が低下した人に感染して致死させる例が知られている。そのため、感染症の治療に対して、抗生物質を使用した従来の化学療法に代わる新しい治療法が求められており、ファージ療法に注目が集まりつつある。

ファージ療法は、細菌に感染し死滅させるウイルスであるファージ自身を、「薬」として患者に投与する療法である。ファージは細菌にのみ感染し、人間の細胞には感染しない。また、種類によって感染する細菌が異なり、ターゲッ

ト以外の細菌を死滅させることはない。

ファージ療法は実は新しい治療法ではなく、ロシアや東欧諸国などでは感染症に対する治療法として使用され、80年以上の歴史を持つ。しかし、欧米などの西側諸国では抗生物質などの化学療法が主流であったため、1990年代後半までは十分に研究されて来なかった。

今回、高知大学医学部感染分子病態学教室 松崎茂展助教授および今井章介教授らのグループは、黄色ブドウ球菌を効率よく溶菌する活性を持つ今まで知られていなかった新しいファージであるファイ MR11 を発見した。本ファージは MRSA から分離された。松崎らは本ファージの MRSA に対する有効性を検定するために、黄色ブドウ球菌および MRSA を致死量感染させたマウスに、菌量に対するファージの相対量 (Multiplicity of Infection, MOI) を精密に定めてファージを投与し、① MOI が 0.1 から有意な致死

抑制効果がみられ、② MOI が 1 以上では全例救命でき、しかも③ ファージ大量投与でも副作用は皆無という結果を得た (J. Infectious Diseases, vol.187, 613-624 (2003))。

松崎らの研究は、MRSA に対するファージの有効性を初めて実験により示したものである。本論文は米国国立衛生研究所 (NIH) のメリル博士によるファージ療法についての総説論文 (Nature Reviews Drug Discovery vol.2, 489 - 497 (2003)) 中で、ファージ療法の最新ハイライトとして紹介されている。

さらに、米国では Exponential Biotherapies, Inc. や Intralytix, Inc. などのバイオベンチャー企業で、ファージを用いた治療薬の開発が臨床試験の段階にまで進められており (www.phagetherapy.com)、2004 年には初のファージ薬が市場に出ることが見込まれるなど、ファージ療法の動向から目が離せない。(財)高知県産業振興センター 都築俊夫氏の投稿をもとに作成)

情報通信分野

① 中国政府、独自の標準仕様による光ディスク：EVD を発表

中国政府は、中国独自の標準仕様による光ディスク、EVD (Enhanced Versatile Disk) を、政府主導のプロジェクトとして支援し普及の推進を図ると発表した。EVD は Beijing E-World 社が、米国の On2 Technologies 社からハイビジョン信号の帯域圧縮技術の移管を受け、DVD (Digital Versatile Disk : 4.7GB) と同じ記録容量で高解像度の映画を収録可能と表明している。これまで、映画 2 時間以上を収録する記録媒体として DVD は、技術、標準化、ビジネスの全方面において日本の企業がリードしてきた。そして、世界的に普及しつつしているビデオカセットテープよりも、画質も使い勝手も優れており、その置き換えが米国をはじめとして急速に進んでおり、日本の電気メーカーにとって魅力のある製品となっている。ところが、DVD の実際の生産現場は中国にあり、中国製の家庭用 DVD プレーヤーは世界市場の最大 70% を占めており、昨年は 3,000 万台以上の DVD プレーヤーが中国で生産され、主として米国で販売されていると報道されている。そして、中国製品の販売に対して一台当たり 13.8 ドルのライセンス料が日本その他の国のメーカーに支払われているとも伝えられている (USA Today Nov. 18, 2003)。しかし、中国にとっては、

このままライセンス料を支払い続けるのは大きな負荷である。

中国の EVD 戦略は、ライセンス料の減額を目指し、生産現場における光ディスク装置の外国産技術への依存度を減らそうと言うもくろみである。EVD の記録容量を決める光源は、赤色の半導体レーザー (波長: 650nm) であり、記録容量は、DVD と同じ 4.7GB である。EVD の技術的な優位性は、ハイビジョン映像の帯域圧縮技術の方にあり、これまでの MPEG に準拠する次世代ハイビジョン DVD に対抗する標準仕様である。ここで、看過できないことは、米国のベンチャー On2 社の帯域圧縮技術を中国企業に移管して EVD を完成させようとしていることであり、中国が On2 へ支払うライセンス料は、日本の企業へ支払う額の約 10 分の 1 程度と報道されている。

中国の EVD プロジェクトは、中国政府主導であるが、実際に核となって動いている EVD の開発者は、中国から米国に派遣されている数多くの優秀な留学生であると推測される。

現在世に普及している CD (半導体レーザー光源波長: 780nm / 記録容量: 0.68GB) や DVD (半導体レーザー光源波長: 650nm / 記録容量: 4.7GB) などの再生専用の光ディスクの原理はオランダの株式会社 Philips で発明され、開発された。しかし、製品化技術、ビジネス、標準化の全方位的に日本の企業がリードしてきており、光ディスク産業は日本企業の圧倒的

な勝ちいくさであった。さらに、日本で開発された波長 405nm の青紫色半導体レーザーを光源とし、記録容量が 20GB 以上におよぶ BD (Blu-ray Disk) や HD DVD (High Definition DVD) が次世代標準化仕様として日本メーカー主導で牽引されており、次世代においても日本の勝ちいくさが続くのが当然と思われて来た。しかし、この優位性がいつまでも続けれるとは限らない。DRAM や液晶で発生したビジネスシェアの世界的な大変動が、光ディスクの分野でも起こる可能性がある。さらに懸念されるのは、日本国内において、BD 陣営と HD DVD 陣営がうちわもめをしている事態である。そしてさらに、DVD のコンテンツを支配しているハリウッの今後の動きにも目が離せず、ハリウッドがもし仮に中国の EVD を採用する方向に動けば、日本主導の DVD は壊滅状態になりかねない。

半導体の分野では、「あすか」や「MIRAI」などの国家プロジェクトの統廃合が日本政府主導で行われている。光ディスクの分野においても、事態が急変する前に、光ディスク関連の標準化体制の強化や国家プロジェクトの見直しなど政府としてなんらかの施策が打たれねばならない。DRAM や液晶に見られたように、日本を韓国や台湾そして中国などのアジアの新興国と同一のレイヤーに配置し、アジアのいずれの国も部品レベルの生産国としてとらえようとする米国の姿勢が見え隠れするからである。

環境分野

① 高圧水蒸気でごみを肥料化・燃料化

—ダイオキシン発生をゼロ、重金属の含有量も低減—

生ごみや下水汚泥、畜糞など含水率の高い廃棄物を有効利用するには、発酵処理による堆肥化が一般的である。しかしその際、温室効果ガスであるメタンガスや亜酸化窒素ガスが発生するという問題がある。こうした含水率の高い廃棄物やもみ殻などの農業廃棄物が、高圧の水蒸気によって短時間で肥料化できるごみ処理装置を、北海道留萌郡小平町の建設業「西村組」(西村祐一社長)が開発した。従来の焼却処理と違って、無酸素状態での処理であるため、原理的にダイオキシン発生心配がない上、有害物質が減少するのが特徴

である。同社は「このような処理方法の装置は国内初」として、特許を出願している。

装置は円筒形の圧力容器(容積3立方メートル)に最大18気圧、200℃の水蒸気を封入して、中の廃棄物を燃焼させず、攪拌することによって乾燥・部分炭化させ、粉末状にする。容器内に廃棄物を投入後、ほぼ1時間で粉末状にすることができ、1日当たり10トン前後を処理できるとのことである。生ごみ、漁業残さ、下水汚泥の肥料化は実証済みで、汚泥に含まれる有害物質の除去にも効果があることを確認した。

実験で汚泥の中の有害な重金属の含有量を調べたところ、水銀とカドミウムの含有量が、1キログラム当たり、それぞれ0.45ミリグラム、0.98ミリグラムだったが、処理後は0.007ミリグラム、0.3ミリグラムと大幅に減少した。ほ

かにも、ヒ素が3.0ミリグラムから0.3ミリグラムに減少するなど、有害物質は平均10分の1以下になった。これらの有害物質は水蒸気と共に系外に排出され、凝縮水中に移行すると考えられ、必要に応じて排水処理が行われる。

同社は地元の農業生産法人に肥料を提供するため、今年1月から開発に着手。考案した横浜市在住の環境分野の技師と共同で4月に装置を作り、実証試験を重ねてきた。

東京工業大学吉川邦夫教授(エネルギー変換工学)は、「この技術は、低質なバイオマス資源の燃料化にも有効である」とし、現象解明および発電への利用をめざして、同社との共同研究に着手した。同社では、全国の自治体向けに、1機1億円以下での販売をめざしており、すでに北海道外から2基を受注している。

ナノテク・材料分野

① 電気伝導性かつゼロ熱膨張を示す新しい金属間化合物

ほとんどの金属は温度が上昇すると熱膨張し、構造物の変形という問題を起こす。また、異なる物質の接合界面では、熱膨張率の違いが剥離や破壊の原因になる。複合材料やセラミックスでは熱膨張率をゼロとするように材料を設計する研究が盛んであるが、電気伝導性が求められるために材料系が金属に限られる場合には、熱膨張率をゼロとすることは難しいと考えられてきた。金属では熱膨張率が通常の1桁小さいだけでも用途

は多く、古くから、Fe-Ni系のインバー合金、Fe-Ni-Co系のコパール合金などが代表的な低熱膨張材料として用いられている。

このたび、米国ミシガン州立大学の研究者らによって、電気伝導性とゼロ熱膨張を示すYb-Ga-Ge(イッテルビウム-ガリウム-ゲルマニウム)系の新しい金属間化合物が見出された(R.Salvador et al., Nature, vol.425, p.702(2003))。この金属間化合物は-170~+130℃程度の広い温度領域で熱膨張率ゼロを維持することが確認され、大きな温度変動にさらされる宇宙関連の機器、熱を利用したアクチュエータ、多層のプリント配線基板などで利用できるのでは

ないかと期待されている。

多くの材料では温度の上昇とともに体積が膨張するが、まれに体積が減少するという負の熱膨張率を示す材料も存在する。そこで、一般的に低熱膨張率を達成しようとする場合は、正と負の熱膨張率を示す材料系を足し合わせて複合的に熱膨張率をゼロに近づける工夫がなされる。しかし、この方法ではゼロ熱膨張を示す温度範囲が極めて狭く、また、電気伝導性を持つ負の熱膨張材料を探すことが難しい。上記の新しい金属間化合物は、この系自体で熱膨張率を正から負へと変化させることが可能であり、電気伝導性を維持できる。ゼロ熱膨張のメカニズムと

しては、温度変化とともに Yb と Ga (Ge) の間で電子移動が起こり、この結果、Yb 原子の価数変化に伴うイオン半径の変化が、結晶格子の骨格をなす Ga (Ge) 原子間の長さの変化を相殺するのであると推測されている。

日本でも従来の Fe 系や Ni 系合金のほかに、Cu 基合金、Ti 基合金、Ni 基合金などに対して、磁気相転移を利用した新しい低熱膨張率合金の研究が進みつつある。しかし上記の研究成果は、それ以外にも、金属間化合物の半導体的性質

に注目することで電気伝導性とゼロ熱膨張を達成するというアプローチもあることを示唆しており、今後、より多くの金属材料系が見直されるきっかけにもなると考えられる。

製造技術分野

① 自己組織化技術の進展 — 所望の構造のつくり分け可能な自己組織化プロセスも登場 —

自己組織化とは、「材料やデバイスをつくり上げる際に、人が手を加えなくても、材料やデバイスの構成要素が自ら集まってある構造をとったり（自己集合）、エネルギーや物質が拡散していく動的過程の中で構成要素が自ら進んであるパターン（散逸構造）を形成したりすること」をいう。（詳しくは2002年7月の科学技術動向の「自己組織化材料研究の動向」<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt016j/>を参照）

11月11、12日に2003年度京都賞の受賞式および記念シンポジウム (http://www.inamori-for.jp/KyotoPrizes/contents_j/laureates/kp_thisyear.html) が執り行われ、先端技術部門の受賞が Harvard 大学の George McClelland Whitesides 教授、「有機分子の自己組織化法の展開によるナノ材料科学への貢献」となるなど、ナノテクノロジー・材料および製造技術分野における自己組織化研究の進展が認められてきている。

Duke 大学の Hao Yan らは、複雑な構造を組み上げるための基本構成要素として、DNA16本から成る一辺17～19nmの四角形を

利用した。DNAの末端基を変更し、DNAの自己組織化（アデニンとチミン、グアニンとシトシンが結合してDNA鎖を構成するプロセス）で「リボン状構造（幅約60nm、平均長さ約5 μ m）」および「シート状構造（隣り合う格子の中心間距離約19nmの2次元正方格子）」をつくり分けることに成功した (Science, vol. 301, pp. 1882-1884, 26 Sep 2003)。これは、DNAの自己組織化能を利用してナノ構造の構築を明瞭に実証した初めての例である。また、所望の構造をつくり分けた初めての例でもある。更に Yan らは、シート状構造を構成する各四角形の中心にできた空洞にタンパク質分子を付着させ、空洞上にタンパク質分子の複合体を自己組織化させることにも成功している。このタンパク質分子支持シート状構造は他分子の検出に利用できるとし、単一分子検出センサーや各種医療診断に向けた研究も進められている。

他に、無機輪状分子を用いて構築した中空球 (Brookhaven 国立研究所の Tianbo Liu ら, Nature, vol. 426, pp. 59-62, 6 Nov 2003)、3つの $[\text{Si}(\text{CH}_2)]_3$ リングが相互連結した周期的メソポーラス有機シリカ（有機物質と無機物質のナノコンポジット）の形成 (Toronto 大学の Kai Landskron ら, Science, vol. 302, pp. 266-269, 10 Oct 2003)、不揮発性メモリと

して機能する自己組織化ナノセル (“NanoCell Electronic Memories” ; Rice 大学の J. M. Tour ら, J. Am. Chem. Soc., Oct. 29, 2003) などの報告もなされている。

また、より実用に近い技術としては、12月8日から Washington D.C. で開催された IEDM2003 (半導体技術の国際会議) で、米国 IBM 社から、自己組織化を半導体デバイスのパターン形成技術に適用してフラッシュメモリ (不揮発性メモリの種類) のトランジスタ構成の一部を形成し、メモリ動作を確認したという発表がなされ、従来の露光技術による半導体デバイス加工の常識を破る発表として大きく注目された (K.W.Guarini et al. “Low voltage, scalable nanocrystal FLASH memory fabricated by templated self assembly”)。

複雑な構造を組み上げるための基本構成要素となる物質の種類 (無機・有機・ハイブリッド・生体物質)・形状も多様性を増し、一部では、単に特定の構造の形成・配置に留まらず、構造に特有な特性・機能を発揮させる研究成果が出始めている。低環境負荷・省エネルギーで種々の構造を構築する自己組織化プロセスに関する研究が、様々な技術と結びつき発展していくことが期待される。