

# 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2002年6月8日より2002年7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我が国初の「メタボローム」研究講座が発足

ゲノムプロジェクト、プロテオームプロジェクトの次に来る課題として「メタボローム」が注目され始めている。メタボローム (metabolome) とは、タンパクにより合成される脂質、糖質、シグナル分子などの代謝産物 (metabolites) を系統的、網羅的に解析しようとする学問であり、目的に応じた各種の高性能質量分析計が主要な分析手段となる。プロテオームで得られた結果とメタボロームの成果 (代謝産物の動態) をあわせ見ることで、細胞や個体の機能が解析できる。

こうした研究は早急に国策とし

てサポートすべきものと考えられるが、とりあえず東京大学大学院医学系研究科では生化学分子生物学講座が中心となり、寄付講座で最初のメタボローム研究講座を立ち上げた。メタボロームを一つの講座で進めるには限界があるので、この寄付講座では特に脂質に焦点をあてた研究をおこなう。具体的には、次の二つの課題を進める事としている。一つは、ゲノム情報から明らかになった種々のオーファン受容体<sup>①</sup>、オーファンチャンネル<sup>②</sup>の天然リガンドを探し、構造決定すること、第二は生体膜やラフト構造<sup>③</sup>などの脂質組成の動的な変化を解析することである。生体膜の脂質成分の変化は細胞の機能の調節に重要な役割を果たすと予想される。

寄付講座は島津製作所らが出資者となり、5年間で合計3億円の予算で運営され、東大医学部の1号館、あるいは新研究棟の中に設立される。平成14年6月5日の教授総会で承認され、今後10月の発足を目指して客員教授の選考を進めるべく準備が進められている。また、米国などから客員教員を呼ぶ計画も進められている。

我が国は、ゲノムでは欧米に遅れをとり、プロテオームでは熾烈な競争をしている。脂質、糖質、シグナル分子などは日本の得意とする領域であるので、我が国がメタボローム研究で世界の先導的な役割を果たすことが期待される。(東京大学大学院医学系研究科 清水 孝雄 教授より)

## 用語説明

### ①オーファン受容体

受容体のうち、作用分子 (リガンド) が分かっていないもの。現在市販されている医薬品を作用機作から分類すると受容体に関連するものが多く、オーファン受容体のリガンドを発見することは新規医薬品の開発につながる可能性がある。

### ②オーファンチャンネル

チャンネルのうち、チャンネル通過分子が分かっていないもの、あるいはチャンネルを活性化する分子のわかっていないもの。

### ③ラフト構造

スフィンゴ脂質やコレステロールなどで形成され、情報伝達の間として重要な役割を果たす細胞膜の特殊構造。

## ②多分化能獲得は自然細胞融合によるものである可能性が示された

近年、幹細胞の研究が進み、成体のいろいろな組織の中に、様々な細胞に分化する能力を持った細胞が生き続けていることがわかってきて、それらを再生医療に結びつけようとする試みが盛んに行われるようになってきた。例えば、成体から取り出した神経幹細胞を *in vivo* で胞胚<sup>④</sup>に注入した時や、*in vitro* で胚性幹細胞（ES細胞）と共培養すると、神経以外のいろんな細胞に分化することが示されてきた。

そのような研究の流れをふまえ、Teradaらは、マウスの成体の骨髓細胞を取り出してきて、ES細胞と共培養することにより、ドナーの骨髓細胞由来の多能性幹細胞株を樹立しようと考えた（Nature, Vol. 416: 542-545, 2002）。緑色蛍光タンパク質（GFP：green fluorescent protein）遺伝子とピューロマイシン耐性遺伝子を組み込んだトランスジェニックマウスの大腿骨の骨髓から細胞を分離して、マウスES細胞を共培養し、骨髓細胞由来の細胞だけを選

択的に増殖させたところ、複数の細胞株が得られた。それらの性質を解析したところ、多分化能を持った細胞株であることがわかり、著者らは目的とするドナー由来の多能性幹細胞株が得られたものと考えた。しかし、得られた細胞株をさらに詳細に解析していったところ、それらの細胞株は、ドナーマウスの骨髓細胞由来の染色体と共培養したES細胞由来の染色体をほぼ完全に合わせ持つ、ほぼ4倍体のDNAを持っていることがわかった。つまり、このことは、ドナーの骨髓細胞が共培養したES細胞の働きによって分化状態が変化し（リプログラミング）、多能性を獲得したのではなく、骨髓細胞とES細胞が自発的に細胞融合し、ES細胞の多能性を保ったまま増殖し株化したものと考えざるを得ない結果が得られたわけである。

一方、Yingらも、同じ目的で、ほぼ同じような研究をTeradaらとは独立した形で行い、全く同じ結論を出した（Nature, Vol. 416:

545-547, 2002）。つまり、マウス胎児の脳から細胞を取り出してES細胞と共培養した結果、脳細胞由来の多能性幹細胞株が得られたと思われたが、それらはすべてES細胞と脳細胞の自然融合によって生まれたものであることがわかった。さらに、Yingらは、それらの細胞株からキメラマウスを作成することにも成功し、4倍体の哺乳動物細胞が個体発生に寄与するという驚くべき事実も判明した。これらの研究は、これまで遺伝情報のリプログラミングとされていた現象が、実はそうではなくて、もともと多能性を持った細胞が、他の細胞と融合した後も多能性を持ったまま4倍体の状態で増えつづけることができるという現象を見ていた可能性を示唆しており、分化転換（trans-differentiation）の研究はもっと慎重にすべきであるという警鐘を投げかけている。

（大阪大学大学院生命機能研究科 米田 悦啓教授より）

### 用語説明

#### ④胞胚

多細胞動物の初期発生において、卵割期につづいて、原腸形成が開始されるまでの胚。（生物学辞典（岩波）、（第4版）より）

## 情報通信分野

### ①VLSIシンポジウムに歪みSiデバイスのセッションが新設

LSI技術の重要な国際会議のひとつであるVLSIテクノロジーシンポジウムが、今年も6月中旬に開かれた。本年のシンポジウムでは、歪みSiトランジスタに関するセッションが新設され、4件の報告があった。歪みSiトランジスタはSiGe層上に形成した薄いSi層

を使ってトランジスタを形成するものである。SiGeとSiの結晶格子の違いによりSi層の結晶が歪み、これがトランジスタの速度向上に貢献する（科学技術動向2001年7月号参照）。ハイライトセッションでも1件報告があり、LSIの限界をブレイクスルーする基盤技術としての期待が益々高まっている。

歪みSiトランジスタの性能をさらに向上するために、高性能プロセスなどに使われているSOI技術<sup>①</sup>との組み合わせを研究してい

るASET<sup>®</sup>のMIRAIプロジェクトグループは、今回この組み合わせで論理回路の開発に初めて成功し、優れた電気特性を報告した。

試作した回路のトランジスタについて、その速度を左右する電荷移動速度を評価した所、歪みのないSiトランジスタの理論曲線に比べて電子移動速度が1.85倍、正孔移動速度が1.50倍（いずれも最大値）となった。さらに試作した101段のリング発振器では、電流駆動能力が通常のSOIに比べて2

倍となり、ゲート遅延時間が3割減少した高速のスイッチング特性が得られた。

本研究は歪みSiの優れた性能を実証したが、さらにプロセスや構造の最適化及び新材料の導入などにより、一層の高性能化が期待される。(住友金属工業 津屋 英樹氏の報告)

一方IBMのグループは次世代のゲート絶縁膜材料として注目されている酸化ハフニウム (HfO<sub>2</sub>) と歪みSiトランジスタの組み合わせについて発表した。現在主流のSiO<sub>2</sub>ゲート絶縁膜では、トランジスタの微細化に伴いゲート漏れ電流が大きくなってしまふ。ゲート絶縁膜にHfO<sub>2</sub>を使用すれば漏れ電流を低減できるが、電荷移動速

## 用語説明

### ①SOI

通常のSiウエハ上にLSIを形成すると、ウエハ自体に導電性があるため、余分な電力消費や速度低下を引き起こす。そこで、ガラスなどの絶縁基板に薄い(0.5~100 μm)ウエハを張り付けたり、ウエハ内部に酸化シリコンの絶縁層を形成してウエハの影響を排除したのがSOI(Silicon on Insulator)。

### ②ASET

超先端電子技術開発機構。日本の半導体産業関連企業十数社が集まって構成する半導体技術の共同研究組合。MIRAIはASETが行っている65nm世代の技術開発プロジェクト

度が低下するという副作用がある。この報告のコンセプトはHfO<sub>2</sub>ゲート絶縁膜と歪みSi構造の組み合わせでゲート漏れ電流の低減と電荷移動速度の向上を両立しようというものである。

実験の結果、基準試料であるSiO<sub>2</sub>ゲート絶縁膜・Siの組み合わせに対して、ゲート漏れ電流は

1/10となった。また電荷移動速度は、ゲート電圧が高い条件では最大20%向上したが、ゲート電圧を下げると急激に低下し、基準試料以下となった。

今後さらなる電子移動速度向上へ向けて、金属ゲート電極の採用などの対策が必要なようである。

## 環境分野

### ①オゾン層保護と地球温暖化防止を両立させる新規冷媒に進展

現在、先進諸国を主とした世界各国では、オゾン層保護の観点やから、国際的なフロン等の段階的削減・全廃を進めている。家電製品やクリーニング等広く国民生活の中で活用されている現在のフロン代替物質は、オゾン破壊係数はゼロであるものの、地球温暖化効果係数(GWP)の大きさが課題であるため、新たなフロン代替物質の開発が緊急かつ重要な課題となっている。

6月20日、地球環境産業技術研究機構(RITE)を中心とする産学官の研究グループは、地球環境への影響を大幅に低減した新規冷媒を開発したと発表した。本研究は、新エネルギー・産業技術総合

開発機構(NEDO)の委託により、平成6年度より行われた「エネルギー使用合理化新規冷媒等研究開発」プロジェクトの研究成果である。開発された冷媒は、中・高温領域用として使用可能なエーテル系フッ素化合物(HFE)であるHFE-245mcと低温域用HFE-143mの2つである。この2つの冷媒は、冷媒用途に広く用いられているハイドロフルオロカーボン(HFC)と同様に、オゾン破壊係数がゼロであり、HFCとの比較してGWPや大気中での寿命も半分以下と優れた特性を有している。

HFE-245mcを循環冷媒としたヒートポンプ実証試験では、約8,000時間の長期連続運転を達成し、排熱から効率的な熱回収が出来ることを確認した。また、同冷媒を貯湯式給湯機に使用した試験では、10気圧程度の低圧力で約90℃の熱湯の供給に成功してお

り、競合する冷媒を同様の機器に使用した試験との比較から本冷媒の適用可能性が確認された。

現在、冷蔵庫などで多用されている代替フロンHFC-134aは、京都議定書で規制対象となった代替フロンの1つである。今回開発されたHFE-143mは、HFC-134aとほぼ同等の冷媒性能が確認されている。

これらは、コストダウンや使用条件の最適化によって今後のフロン代替冷媒のオプションの1つとして利用できると考えられる。

今回の研究開発では、GWP推算手法、熱物性推算プログラム、代替候補物質の物性データベースなども同時に開発されており、今後本格化する地球温暖化対策への有用なツールとして、その利用展開が期待される。

## ナノテク・材料分野

### ①自動車向け軽量ハイブリッド新鋼板の開発に成功

住友金属工業(株)と住友軽金属工業(株)は共同で自動車向けの新しい鋼板を開発した。鉄板とアルミ板を組み合わせた「ハイブリッド鋼板」で、自動車の軽量化に向けて採用が進む高張力鋼板(ハイテン)に比べて約5%軽い(日本工業新聞6月13日1面)。

本ハイブリッド鋼板は、ボンネットやトランクをはじめ、ルーフサイドレール部分などへの採用が見込まれる。現在、自動車メーカー側で衝突安全試験を行っており、結果を待って本格採用に向けた働きかけが始まる予定である。

地球環境保全の高まりを受けて世界の自動車メーカー各社は、燃費改善が温室効果ガスである二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出量削減につながるため、地球温暖化対策としての車体軽量化を積極的に進めて

いる。各国で環境規制が厳しくなっており、自動車各社には「環境対策に後れを取れば市場から閉め出される」との危機感がある。一方、鉄鋼メーカー各社は軽量化につながる鋼材の供給にしのぎを削っており、住金と住軽金が共同開発した鉄とアルミのハイブリッド鋼板は、従来の鋼板に比べて約33%の軽量化につながる。

車体軽量化のため近年、採用が広がっている高張力鋼板(ハイテン)も当初は加工性の問題などから、なかなか採用が進まなかった。だが、鉄鋼メーカーなどの技術開発などもあり、2000年には国内自動車メーカーのハイテン採用率は約20%に達した。2005年には50%にまで高まるとみられており、鉄鋼メーカーはハイテンの高度化にしのぎを削っている。

こうした中で、今回開発されたハイブリッド鋼板は自動車の車体軽量化に1つの選択肢を提案するものと考えられる。自動車メーカーに本格採用されるまでには価格

や加工性など克服すべき問題があるが、幅広い車種に採用可能なハイブリッド鋼板は軽量化に大きく寄与することが期待される。

ハイブリッド鋼板はこれまで、独ダイムラークライスラーが高級乗用車「メルセデスベンツCL 500」に採用した例があるが、鉄とアルミをリベット(びょう)で接合していた。本ハイブリッド鋼板では、厚さの違う鋼板を組み合わせたパネルを一体成形する「テラードブランク」技術を利用して、鉄とアルミを溶接して一体化している。

「環境」という地球規模での大命題が横たわる中で、独ダイムラークライスラーは他社に先駆けて高級乗用車にハイブリッド鋼板を使用した。国内自動車メーカーも環境で世界をリードするためにも、鉄鋼メーカーと協力して汎用的な新素材の開発・採用に積極的に取り組む時期に来ているものと思われる。

## エネルギー分野

### ①米国で発光ダイオードの高輝度化が進展

発光ダイオードLEDは、情報通信分野においてデバイスとして注目される(科学技術動向2002年1月号3節)ほかに、大きな省電力効果をもたらす照明としての期待が高い(同、2001年4月号1.7節)。電子機器類の表示灯として使われている一般的なLED白色素子は30mA、120mW程度で数ルーメンの光束を発生し、ワット当たりの発光性能は白熱電球(90

ルーメン/60W程度)より1桁高くハロゲンランプ(750ルーメン/30W程度)と同程度である。しかしながら、既存のランプ類に代わる低消費電力高輝度光源として利用するためには、光束の量を高める必要がある。LEDは、電流の増加とともに発光量を増す特性を持つ。問題は、発光効率が素子の温度に依存しており、電流の増加による素子温度の上昇とともに急速に発光効率が下がるので、実際には電流を増しても光束が無制限に増すことがないことである。この問題を克服するために、放熱

方法に工夫を凝らして高い発光強度のLEDを実現する研究が日米の民間企業で進められている。

米国のLumileds社は、1870mA、6.7Wで100ルーメンの白色発光に成功し、6月12日にワシントンD.C.のナショナル・プレスクラブで開催された第13回米国エネルギー効率フォーラム大会(the 13th Annual Energy Efficiency Forum in Washington D.C.)で開発商品を展示した。この商品の特長は、LEDチップを絶縁されたアルミ基板に直接ボンディングし放熱効率を高めていることである。

これに先立って、3月には日本の日亜化学が極めてよく似た放熱方法により350mAで23ルーメンの発光に成功している。

高輝度光源の開発のためには、放熱問題の他に、LEDチップ周辺に設置する光学系の組み方の工夫（レンズの設計や反射鏡の組み込

み）が必要となる。Lumileds社は、過去の高輝度化を上回るスピードで今後の高輝度化が進展すると予測している。また、フォーラム大会でAbraham米国エネルギー長官はLumileds社の開発品を引用してLEDのエネルギー効率の良さと家庭や企業での省電力化に言及し

ており、今後の産官連携での開発に注目すべきである。米国では信号機や広告塔での利用など一般社会でのLED活用がかなりのスピードで進んでおり、日本での浸透の遅さが際立っている。

## 製造技術分野

### ①触媒化学気相堆積（Cat - CVD）技術の最近の進展

1985年に北陸先端科学技術大学院大学の松村教授のグループにより、プラズマを用いず、触媒を用いて300℃以下の低温でアモルファスシリコンを形成できるCat - CVD技術が開発された。Cat - CVD法は、大面積化が容易なこと、材料ガスの有効利用率を極めて高くできること、プラズマCVD法に比べて形成薄膜および堆積基板へのプラズマ損傷がないことなどの利点があり、アモルファスシリコンゲルマニウム、シリコン窒化膜の形成などにも応用されて注目を集めている。

2002年4月にサンフランシスコで開催されたMRS Spring Meet-

ingでCat - CVD技術の産業への応用における最近の進展について松村教授グループから報告がなされた（MRS Symposium Proc. Vol. 715. A17. 4）。Cat - CVD技術は1998～2000年度に実施されたNEDOプロジェクトにより急速に進展し、工業的に利用可能なCat - CVD装置に必要な、金属汚染の抑制、基板温度の精密な制御、1メートルサイズの均一な堆積などの要素技術については開発が終了した。窒化シリコン量産装置のプロトタイプの開発も終了しており、本技術の実用化に向けた準備は整ったとしている。また、現在、新たな国家プロジェクトで太陽電池用水素化シリコンなどの研究開発が進められているとのことである。

同じく松村教授グループからCat - CVD技術を応用した新しいレジスト除去技術が報告された

（電子材料、Vol. 41, No. 5, 61, 2002）。従来のレジスト除去は、プラズマによるアッシング（灰化）によって行われることが多かったが、除去残渣等の発生が問題となっている。松村教授グループは、Cat - CVD法を応用した触媒装置を用いて原子状水素をレジストに作用させ、レジストを除去することに成功している。現時点では除去速度が遅く実用的ではないが、原子状水素の発生量を増やすように条件を変更することにより改良可能であるとしており、従来のアッシング方法の問題点を解決できる方法となる可能性がある。

Cat - CVDに関する第1回国際会議が2000年に金沢で開催されたのに続いて、第2回が本年9月に米国デンバーで開催される。日本発の技術として今後の更なる進展が期待される。

## 社会基盤分野

### ①9.11後の米国航空宇宙学会の動き — 2002 AIAAフォーラムより—

本年4月23～24日、米国ワシントンにおいてアメリカ航空宇宙学会（AIAA）により開催されたAIAA 2002 Global Air and Space International Business Forumについて、名古屋大学 松崎雄嗣氏

より以下の報告があった。

従来から、この会議は米国航空宇宙産業に関する総括的な議論を行う場であった。今回、会議のタイトルは“Aerospace in a Changed World”であり、9月11日の同時多発テロ以降の危機的な状況認識の下、国防技術とも結びつきの強い航空宇宙分野を扱うアメリカ航空宇宙学会が、米国家の安全性、情報技術等について同分野の今後

の貢献、戦略についての議論と提言の場としてこの会議を位置付けたものと考えられる。米国の政界並びにNASA、陸海空軍、航空宇宙産業界のトップレベルが参加し、さらにEuropean Aerospace Defense Systemsからもパネラーとして参加があった。

航空宇宙産業の今後の戦略に関する大統領の諮問委員会のメンバーによる中間報告を踏まえた討論

など、2日間で6つのパネル・セッションがあり、いずれもフロアとの間で質疑応答が活発に行なわれた。

今後の航空技術に関するパネル討論では、「無人飛行機」が重要なテーマとして取り上げられていた。欧米では技術開発が進んでおり、鳥や昆虫サイズの機体の開発

も含まれるなどインテリジェント化、マイクロ化技術を中心に、まさに先端技術の集合として平和利用の観点からも重要である。

国防に関する状況の違い、国益の観点からの航空宇宙産業への実地的な期待度、テロリズムに関する危機感の相違などが余りに大きく、日本にとってこのフォーラム

で行われた講演と討論は直接的に参考になるものは少ないと考えられる。しかし、我が国においても、航空宇宙産業の将来を真剣に話し合うような、政・官および産業界のトップによるこの種の講演と討論の場を設けることは極めて重要であろう。

## フロンティア分野

### ①懸念される深海漁業の生態系への影響

地球の表面積の70%を海が占め、その海のうち80%が深度1,000mを超える深海が占めている。ほぼ150年間にわたる科学的な海洋探検・調査の歴史がありながら、深海は事実上依然として人類には未知の世界であり続けており、とくにこれは深海の生物や生態系に当てはまる。

観測機器あるいは採集器具等に関する最近の技術的進歩によっ

て、この深海の様相が少しずつ明らかになりつつあり、深海が二酸化酸素の貯蔵場所の有力候補に、あるいは鉱業や水産業といった産業活動の対象にさえなっている。

C.M.Robertsは最近の論文(Trend. Ecol. Evol., 17: 242-243)で、深海における最近の漁業活動とその影響を総括し、このままの状況が続けば、近い将来において深海の生物資源が壊滅的な状況に追い込まれることを強調し、早急に国際的な対策を取るべきであると主張している。つまり、陸棚等の浅海域と異なって、深海では水

温が低く、餌料も乏しいので、深海性生物は生長が遅く、寿命が長い。したがって、これら深海性生物の資源の更新には長い時間を必要とするので、深海性生物は鉱物と同様に非生物資源とみなした扱いをすべきとしている

しかし残念ながら、現在、深海漁業に対する規制はほとんど行なわれていない。一部の水域では深海漁業が急激に展開している状況を考えると、早急な対策が望まれる。(三重大学生物資源学部 関口秀夫氏)

