

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（8月号は2003年7月5日より2003年8月7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 組換え作物をめぐる 欧州の動向 (英国を中心として)

今年6月、英国において、遺伝子組換え（GM）作物について一般市民や、関心を持つ団体の意見を聞くための討論会が英国政府の支援のもとに、6回にわたって行われた（Science, Vol.300, 1637-1638, 2003）。

この討論会は英国政府が今年GM作物の作付けを認可するか否かの判断材料とするために計画されたものであり、組織委員長にはケンブリッジ大学の前副学長のMalcolm Grantが就任している。英国はGM作物の商業的作付けの認可を欧州連合（EU）の諸国と同様に1998年より停止している。

英国の農業大臣Margaret Beckettは討論の結果に対する英国政府の考え方を文書で公表する約束をしている。同時に首相の戦略グループはGM作物に関する経済的評価の研究結果をまとめ今夏に提出する予定である。英国政府はこれらの評価結果がGM作物を推進する方向に都合の良い結果となる事を期待しているが、バーミンガムにおいて昨週行なわれた討論会では、一般市民および環境団体などからの拒絶反応がかなり強かった。

英国にはGM作物推進農家も居るが、周囲の農家などからの反対運動に困惑している。

一方、米国政府は自由貿易の観点からEUに対してGM作物の猶予（モラトリアム）の解除を要求しつつあり、今年5月にWTOに対して提訴している。

現在のところEU加盟国の政府に公式の動きは無いが、GM拒否の合意は崩壊するかもしれない。というのは、スペインの農家は既に殺虫成分をもつトウモロコシを栽培し、またイタリア政府はEU委員会に対してGM作物の貿易の再開を要求している。これらの動きは英国政府の考え方をサポートするものとなるだろう。

他方、欧州議会は6月上旬、加盟国がGM作物の安全性について信頼に足る証拠が無い場合には輸入を拒否できるという内容を盛り込んだ議定書案を承認し、今年7月にはGM作物について厳格な表示の義務化と、製品の経歴を追求する事を要求できる法案の議決を予定している。

今年の夏、EUではGM作物に関して熱い論戦が展開されるだろう。

欧州のGM作物に関する動向は日本の政策、消費者動向等にも影響を及ぼす可能性があり、注目の必要がある。

(味の素株 都河 龍一郎氏)

② アポトーシス（細胞自殺） 完結の仕組み

生体内でアポトーシス（細胞自殺）を起こした細胞は、食細胞（マクロファージ、好中球など）に貪食されて速やかに消失する。これにより、死細胞内容物による周辺組織の汚染が起こらず、炎症や自己抗体生産が防止されている。けれども、アポトーシス細胞の近くに常に食細胞がいるとは限らず、体液中の食細胞がアポトーシス細胞の部位へすばやく集積する仕組みの存在が予想されていた。

ドイツ・テュービンゲン大学のK.Lauberらの報告（Cell, Vol.113, 717-730, 2003）によると、食細胞の集積を促す物質がアポトーシス細胞自身から放出されることが明らかにされた。アポトーシスを起こした細胞では、アポトーシス実行因子（カスパーゼ3）が活性化されて細胞死につながるさまざまな反応を起こす。その一方同じカスパーゼ3がある種の酵素（ホスホリパーゼ）を活性化することにより、膜リン脂質のひとつであるホスファチジルコリンが部分分解されてアラキドン酸とリゾホスファチジルコリンが生じる。このリゾホスファチジルコリンがマクロファージを呼び寄せる働きを担

うことが判明したのである。

以前にもアポトーシス細胞が別のマクロファージ集積因子を放出することが報告されていたが、アポトーシス実行因子であるカспа

ーゼとの関係が示されたのはこれが初めてである。この事実はアポトーシス細胞が自分を始末するための反応にも関与していることを意味しており、アポトーシスの「生

理的細胞死」としての立場が一段と固まったと考えられる。

(金沢大学大学院医学系研究科
中西 義信氏)

情報通信分野

①次世代半導体微細加工装置に向けたリソグラフィ技術の提案目白押し—NGL'03 (Next Generation Lithography) /Work Shop) のトピックスから—

去る7月11日より2日間、東京お台場の日本科学未来館において、日本半導体産業の復権へ向けてNGL'03が開かれ、次世代半導体微細加工装置をターゲットとする最新のリソグラフィ技術の提案が相次いでなされた。半導体微細加工技術を光源の短波長化に伴って世代付けすれば、第1世代は、水銀ランプを光源とする露光装置。第2世代は、光源により短い波長の248nmのKrFレーザーや193nmのArFレーザーを使った露光装置であり、これらが現状の解像度90nmを下る半導体量産技術を支えている。

今回のNGL'03で議論が沸騰したのは解像度が65nmを下る2005年以降の次世代のリソグラフィ技術である。

第1には、既に量産に使用されている上記ArFレーザーを光源とする露光装置の延命をはかる技術で、対物レンズの先端とウエハの間の空間を純水で浸し、実効的なNA(解像度)を屈折率1.4分だけ向上する技術である。液浸レンズ

はオイルを用いた超高解像の顕微鏡として古くから実用されているが、量産用露光装置への適用は初めてであり、解像度60nmが部分実験で実証された。

第2は、波長157nmのF₂レーザーを光源とする露光装置であり、光源、CaF(フッ化カルシウム)レンズ光学系、そして感光材料であるフォトリジストまでの要素技術が完成し、解像度65nmが確認された。今後、量産機へむけての技術開発に入る。因みにこの露光装置でも液浸系が可能であり45nm以下を狙える。しかし、純水がこの波長を通さないため、新たに液体を探索する必要がある。

第3は、EPL(Electron Projection Lithography)である。これは、マスクパターンをウエハ上に縮小投影し、電子ビーム(波長0.1nm以下)露光する技術であり、スループットは不利であるが解像度、焦点深度いずれも有利なため、前述の露光装置では解像困難なコンタクトホールなどの孤立パターンの露光用として併用される。

そして、第4が、マスクをウエハに近接し、電子ビームでそのまま転写するLEEPL(Low-energy electron-beam proximity-projection lithography)である。現在65nmの解像度が実験的に得られており、45nmへ向けて挑戦されている。以上のように次世代への技術開発は続くが、本命技術

がこのうちのどれになるか混沌としており、何年か後には多くは淘汰される。これに伴うコストの回収の問題もあり各社の競争は熾烈である。

以上の次世代技術に対して、次々世代とでも言うべき技術として、高真空中でノズルから噴出する水に超高出力レーザー光を照射して生じる高温プラズマから発生する波長13.5nmの極紫外光を用いたリソグラフィの進展も発表された。この分野でも、日米欧の競争は激化している。日本では経産省主導のEUVA(Extreme Ultra Violet lithography Association)という産官学連携組織に、(株)ニコン、(株)キヤノンなどの半導体製造装置メーカーや(株)東芝、(株)ルネサステクノロジなどの半導体製造メーカーが共同参加しており、国際競争力向上に向けて装置コスト削減を含む将来技術の開発が鋭意進められている。

これまで、半導体製造装置の分野で日本のメーカーは、技術・ビジネス両面で世界をリードして来た。しかし、ビジネス面では最近顧客サービスを重点化した欧州のASML社に追い越される局面もあり苦慮している。日本の国際競争力を今後も保持し向上して行く上で、これまでの「本命技術を見抜く力」に加え、サービスソフトの活用など「顧客満足度」の一層の改善が期待される。

環境分野

①薬品を使わないバイオフィルム除去技術

水中で微生物や貝などによって形成されたフィルム状のものをバイオフィルムと言ひ、金属の腐敗、受入水パイプの目詰まり、海洋構造物の生物汚損、食品の汚染等の問題を引き起こすため除去する必要がある。現状では、薬品の使用や確実かつ環境への負荷が少ない人の手による除去が行われているが、より安価で簡便な技術が求められている。こうした背景から、近年、水中で放電を発生させることにより、バイオフィルムの形成を防止するパルス・アーク法という新技術の開発が進められて

いる。

この技術は、水中のターゲットの近くに設置した電極間に、高エネルギーを印加し、立ち上がり時間が非常に短いパルスを一定間隔で発生させ、電極間のアークで発生する衝撃波がバイオフィルムを刺激し、その形成を抑制するものである。またアークの発生と同時に高電界、紫外線やヒドロキシラジカルなども発生するため水質浄化の効果があること、薬品を使用しないことから生態系への負荷が軽減され、従来の方法と比較してコスト的にも安価となるといった利点が期待される。

日本、アメリカ、カナダでは実際のプラントの一部を用いて実証実験を行っており、ヨーロッパで

用語説明

①クリプトスポリジウム

人やその他の哺乳動物の小腸に寄生して、下痢症、腹痛、発熱、嘔吐などの症状を引き起こす原因となる原虫。塩素殺菌では効果がないため水道水への混入が問題となる。

も実験室レベルで研究されている。

また、このパルス・アーク法の応用として、バイオフィルムの形成防止のほかに、塩素では効果のないクリプトスポリジウム^①の不活性化や、廃棄物リサイクル、光触媒を併用した有害物質の分解なども検討されており、従来の方法に代わる有効な手段として今後が期待できる技術である。

ナノテク・材料分野

①ナノサイズの析出物を金属組織中に微細分散させ耐熱鋼の強度・寿命を向上

地球温暖化対策としてのCO₂排出量抑制と資源節約の観点から、火力発電プラントのさらなる発電効率の向上が強く求められており、タービン入口の蒸気条件が650℃、350気圧の超々臨界圧発電プラントの実現が望まれている。650℃級プラント1基で従来プラントに比べ、年間自動車16万台分のCO₂削減効果が見込まれている。このため各国で耐熱鋼開発プロジェクトがスタートしており、高温で実用化の条件である10万時間使用可能な高強度耐熱鋼の実現が切望されていた。

物質・材料研究機構超鉄鋼研究

センターの種池正樹特別研究者らのグループは、ナノメートルレベルの大きさの金属窒化物粒子を合金組織中に分散させ、650℃、10万時間のクリープ破断強度が目標値の100MPaを越え、靱性が良好な超高強度フェライト系耐熱鋼を開発した(Nature 424, 294-296, 17 July 2003)。

金属や合金は高温にさらされると、比較的低い応力下でも時間が経つにつれて変形することがあるが、これをクリープという。フェライト鋼は最も一般的な耐熱鋼で、火力発電所のボイラ系大口厚肉鋼管など各種プラントに幅広く用いられている。しかし従来材の耐熱性の限界は620℃程度で発電効率は42%程度であり、発電効率アップを目指して計画されているタービン入り口の蒸気温度650℃になると耐熱性が著しく低下する点が問題であった。

今回開発された新鋼材では、鉄鋼組織中の炭素量をできるだけ削減することで粗大になりがちなクロム炭化物の析出を抑制するとともに、粒径数ナノメートルサイズの微細で高温安定なバナジウム窒化物を金属組成中に分散析出させることにより、靱性を確保しながらクリープ破断強度を飛躍的に強化させ、650℃において現時点で最強のクリープ強度を有する鋼より2桁大きいクリープ寿命を示した。

新しい鋼は従来の製造技術を使って経済的に製造できる。今後は実用化する上でさらに必要となる高温水蒸気中耐酸化性や溶接性等の諸特性の向上を進め、実用化への道筋を早急に確立し、大きなCO₂発生源の一つである火力発電の効率アップにより地球温暖化ガス排出量の削減に貢献することが期待される。

製造分野

① 単層カーボンナノチューブ製造技術が進展

カーボンナノチューブは単層カーボンナノチューブと多層カーボンナノチューブに大別されるが、単層カーボンナノチューブには半導体性を示すものと金属性を示すものが存在することから、トランジスタのような電子デバイス等への応用が期待されている。ところが、単層カーボンナノチューブは製造が難しいこともあり、実験室レベルでは種々の検討がなされているものの、大量合成が可能となっているのは一酸化炭素原料を触媒の存在下に高温（800～1000℃）・高圧（30～100気圧）の条件で反応させる方法のみであり、より簡便な方法が求められている。更に、従来の単層カーボンナノチューブの製造法では、金属性を示すものと半導体性を示すものが混在して生成するために、電

子デバイス等へ応用するためにはこれらを作り分けることが重要な課題となっている。

東大大学院工学系研究科の丸山茂夫助教授らのグループは、従来の炭化水素の代わりにアルコールを原料として用い、多孔性無機材料であるゼオライトおよび金属（鉄／コバルト）からなる触媒に接触させることにより、従来法に比べ高純度・低温で単層カーボンナノチューブを合成できることを見出しているが、2003年7月23～25日に開催された第25回フラーレン・ナノチューブシンポジウムで最近の研究成果が報告された。

シリコン等の基板上に単層カーボンナノチューブを直接合成することは、単層カーボンナノチューブを電子デバイス等に利用する際の実用的な手法の一つであるが、その際、合成温度を出来るだけ低くすることが要求される。シリコン基板上に触媒（モリブデン／コバルト）を分散し、温度を上昇させ

た後、アルコールと接触させたところ、650℃という低温でも高純度の単層カーボンナノチューブがシリコン基板上に生成することが分かった。石英基板上でも同様の結果が得られた。

また、アルコールを原料として合成した単層カーボンナノチューブについて、金属性と半導体性の含有比率を評価する方法の検討を行い、可視近赤外蛍光スペクトルが有力な評価法であることを確認した。今後、金属性単層カーボンナノチューブと半導体性単層カーボンナノチューブの作り分けを目指し、合成条件との関連を調べていくとの事である。

アルコールを原料とする単層カーボンナノチューブ合成法は最近になって見出された方法であり、合成条件の最適化などにより更に発展する可能性があると考えられる。今後の展開に期待したい。

