

# 発展しつづけるナノカーボンの将来

新炭素系材料開発研究センター長 飯島 澄男

## ナノカーボンの横断的 融合的研究

7月始め韓国ソウル国立大学でナノチューブ(CNT)に関する国際学会NT03が開かれました。毎年何回か開催されるCNT会議のなかで、この会議は物理系の参加者が多いことが特徴です。CNTの成長実験とシミュレーション、ラマン分光・光吸収・発光スペクトル計測による構造評価、電子物性、電子輸送、電子デバイスの製作と評価、ガスやバイオ分子吸着特性、FED(電界電子放出ディスプレイ)、走査プローブ探針、燃料電池への応用などにかかわる研究が発表されました。CNTに関する会議は今回に限らず基礎研究から応用研究、物理、化学、材料科学、など横断的発表が特徴です。

## 直径2nm、長さ6mmの ナノチューブの生成が可能 にする未来技術

一般的にナノテクノロジー(ナノサイエンス)の特徴はナノスケール物質系に特異な物理・化学現象や機能の積極的利用にあり、原子・分子レベルに基づく、もの作り、その観測、操作に必要な手段の開発、FEDに代表される具体的製品化の開発、として要約されます。CNTの基礎研究からはその直径やらせん構造の違いによる異なる電子物性の発現が理論的にも実験的にも検証されました。このところが通常物質系には見られないCNTの特徴であり、分子デバイス物理としての興味、更に未来のエレクトロニクス産業につながるポテンシャルが期待される所以です。

上記のNT03で注目された研究の一つは、Duke大学のLiuらによって報告された直径約2nmで長さ“6mm”に達する

単層CNTの生成でした。このCNTは成長方位も制御されるという画期的なブレークスルーといえるでしょう。この試料を用いれば、より正確な電子物性や電子輸送の実験が可能になること、多数のトランジスタの作成が可能になったこと示しています。更には、CNTの優れた機械的特性を活かした構造材料(束ねたロープの作成など)としての可能性がぐっと近づいてきた感があります。CNTの中心部にあるナノスペースを利用する応用では光導波管や超イオン伝導のガイドチューブなどが上げられるでしょう。これらの工業的応用はまだまだ先が見えませんがCNTのサイエンスは着実に進歩しています。

会議の中休みを利用して、筆者と4名の米国大学教授はサムソン先端技術研究所(SAIT)に招待されFED開発研究の現場を見学する機会を得ました。案内はFED開発の総責任者でありSAITの副社長でもあるDr.Jong Min Kim氏です。私には3回目の訪問ですが、2年前には6インチであったFEDが32インチフルカラーのTV画面に成長していました。サムソン側は2年以内の製品化を目指しているといっていました。CNTのFEDは現実のものになると確信した次第です。プラズマディスプレイ(PDP)は電気ストーブのように熱を発生しますが、FED画面のガラスに触れても、当然のことですが熱は発生しないことを確認しました。事実、設置されていたメータは消費電力が100W以下であることを示していました。

## 究極の特殊電子顕微鏡の 開発

最後にナノテクノロジーの展望として、私の個人的興味による研究を簡単に紹介します。1959年の“ファイマン先生の講演”にも述べられているように、ナノテクではナノスケール材料の計測手段の同時進行開発が必須です。これに便乗するわけではありませんが、われわれは究極の元素分析装置と称する特殊電子顕微鏡を開発しています。すでにCNTのナノスペースに挿入された一つの原子の検出に成功しています。ナノテク材料分野では、CNTに似たカーボンナノホーンの製造方法と燃料電池電極への応用について研究を進めています。また、ナノ炭素材料の生体との親和性を利用するバイオテクノロジーへの応用も研究開発の視野にいられています。具体的には特定DNA塩基配列が呈示されたバクテリオファージを、ナノ炭素表面に吸着させその選択吸着特性を評価しています。



# 産総研のナノテクノロジー 技術開発の展望

研究コーディネータ 五十嵐 一男

## 「本格研究」を ナノテクノロジーから

産総研では現在、急速に変化する社会ニーズに対応するため、細分化された個々の知識領域を融合させるという経営方針が策定され、シナリオから引き出される具体的な研究課題に分野の異なる研究者が幅広く参画できる総合的な体制を確立し、「第2種基礎研究」\*1)を軸に、「第1種基礎研究」\*2)から開発にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進しつつ、産学官連携機能をこれに関係させることで迅速に産業技術の発展に寄与することを目指しています。本格研究は、産総研のように幅広い研究分野を、1つの研究所の中に擁しているところの強みが発揮できる体制であり、ナノテクノロジーはその中核技術の1つとしての期待を担っています。

## ナノテクノロジーから ナノインダストリーまで

ナノテクノロジー研究の推進に当たっては、従来型の研究よりも、分野融合からの新たな発想が強く求められていること、明確な目標に向けて集中的な取り組みが必要であること、強力なリーダーの下で研究者同士の緊密な連携が図られること等が重要なポイントであると言われていきます。産総研はナノテクノロジー・材料・製造分野の他に、ライフサイエンス、情報通信、環境・エネルギー、計測標準といった研究分野を擁しており、ナノテク分野以外の研究者と融合的な共同研究を実施しやすい環境が整っています。上記の研究分野との融合的な共同研究を推進し、ナノテクノロジーからナノインダストリーともいうべき産業基盤の確立を目指す研究を進めています。また、産総研は、

計算科学に携わる豊富な人的資源を擁していることから、ナノテクノロジーに関わる研究への積極的な参画を促し、独自の研究スタイルが構築できるよう検討を進めています。

## 激しい開発競争に対応した スムーズな技術移転を

研究成果の技術移転は産総研にとって重要な課題です。ナノテクノロジーは、わが国の産業競争力強化の切り札の1つとされている以上、明確な目的をもって実用化・産業化を展望した研究推進が必要です。ナノテクノロジーは長期的な展望の下で取り組む課題が多く、また、その必要もありますが、基礎研究の成果がすぐに実用化につながるが多い分野でもあることも確かです。産総研では、研究実施部隊である研究ユニット、実用化・産業化を進めるに当たって必要となる知的財産や、最も相応しい産業界へ橋渡しをするTLO（産総研イノベーション）などの産学官関係、ベンチャー開発戦略研究センター等とが密接に連携を取りながら、実用化の高い研究成果の探索から、その具体化までのプロセスに迅速に対応できる体制を整え、ナノテクノロジーのように競争が激しい分野においてもスピード感のある技術移転を目指しています。

## ナノテクノロジーの 飛躍的発展を目指して

ナノテクノロジーを飛躍的に発展させるためには、そのための人材育成や産業界への積極的なアピールが必要であると考えています。ナノプロセスング・パートナーシップ・プログラムや革新的MEMSビジネス支援プログラムによる、産業界の研究者の方々への最新のナノ加工・計測装置の操作技術やノウハウ等の技術的

支援をより一層進めるとともに、産総研の研究成果や研究シーズを産業界の皆様にも広く知っていただくために、ナノテク関連の各種フェアへの出展や講演会等を積極的に開催して行くことを企画しています。

これまで述べてきましたように、ナノテクノロジーは、トップダウン型にしるボトムアップ型にしる、超微細な計測・加工・評価やナノ空間制御といった極めて特異な技術に基づいた分野であり、このような技術がナノテクノロジーの発展の鍵を握っています。また、一見、サイエンスに重点が置かれたもののように思われがちですが、産業技術に直接的に影響を与える技術であり、実用化・産業化、ベンチャーの立ち上げ等が隣り合わせに存在することも他の産業技術と大きく異なる点です。

産総研では、これまで世界に先駆けてアトムテクノロジープロジェクトを立ち上げ、ナノテクノロジー分野におけるパイオニア的な存在として世界を先導し、様々な成果やノウハウを蓄積してきた実績があります。その中で、ナノテクノロジーが、単なるハイテクの世界にとどまることなく、省エネルギー技術や環境調和技術への展開、新たなバイオ技術の発展や高品位部材を生み出す独創的な生産技術でもあることも明らかにしてきました。今後も、これまでの研究実績を活かしつつ、ナノテクノロジー産業の発展に貢献すべく更なる飛躍を目指します。

\*1) 第2種基礎研究：特定の経済的・社会的な必要性（ニーズ）のために、既に確立された複数の普遍的な知識（理論、法則、原理、定理など）を組合せ、観察、実験、理論計算を繰り返し、その手法と結果に規則性や普遍性のある知見および目的を実現する具体的道筋を導き出す研究をいう。

\*2) 第1種基礎研究：未知現象を観察、実験、理論計算により普遍的な理論（法則、原理、定理など）を発見、解明、形成するための研究をいう。