

シャープ技報

巻頭言



千葉大学大学院
融合科学研究科 教授
千葉大学
ベンチャービジネスラボラトリー
施設長
星野 勝 義

「画像工学」と「ナノ材料」

1991年の飯島澄男博士によるカーボンナノチューブの発見以来、材料の世界が騒がしくなってきた感がある。ナノテクノロジーの概念は、1959年に米国の物理学者ファインマン教授によって提唱され、1974年には谷口紀男教授が“ナノテクノロジー”という用語を初めて用いたといわれている。そしてその後、走査型トンネル顕微鏡（1981年）や原子間力顕微鏡（1986年）が出現し、ナノの世界を容易に観察できるようになったのを契機にフラージェン（1985年）、カーボンナノチューブをはじめとする多種多様なナノ材料が創製された。ナノ材料は、そのサイズ効果ゆえ原子や分子の性質が表出し、また、物質内部（バルク）に対する表面の割合が大きくなるため表面の特性が顕著になる。またナノ構造材料が形成するナノ空間内では、物質の高速輸送が行われる等の特異な現象が生じる可能性がある。こうした“非日常的な特性”の発現は、製品に新機能を付与し、また機能強化をもたらす可能性があるので、大学・企業にかかわらず、世界中の研究者をナノの世界に駆り立てた。これを背景に、学術的な側面においては、ナノ材料研究を掲載する学術雑誌の（投稿論文審査に対する）難易度は軒並み上昇し、日本、米国、欧州及び中国の激しい材料開発競争が繰り広げられている。また産業界においては、ナノ材料の寄与による第二の産業革命が引き起こされつつあるという見解もある。

画像の科学及び工学の分野も例外ではなく、ナノ材料を用いた新奇部材・デバイスの構築や機能強化が今後の開発の方向になると思われる。例えば、ディスプレイやスマートフォンのタッチパネルがナノ材料の活躍する場の一つとなる。タッチパネル用途に供される透明導電材料としては、透明性、電気伝導性、加工性等の総合的な見地からインジウムを含むセラムクスが使われている。しかしながら、インジウムはレアメタルであり、安定的な供給が懸念されてい

る。また、将来的には、タッチパネルにフレキシブル性を付与し、ポータビリティが高く、横臥しながら視聴でき、そして落としても壊れないディスプレイが必要とされるであろう。そのためには、セラミクスではなく、塗布成型可能な有機（複合）材料を用いることが望ましい。実際、汎用透明ポリマー中にカーボンナノチューブや金属ナノワイヤー等の一次元導電性ナノ粒子を分散させ、透明導電性材料を形成する試みが精力的に行われており、現行セラミクス材料に迫る性能の透明導電性フィルムが得られている。こうした機能発現は、ナノチューブ・ナノワイヤー特有の形状因子に依存し、アスペクト比（ワイヤー長/ワイヤー径）が大きければ大きいほど電気伝導に関するパーコレーション閾値を小さくすることができるために分散量を低く抑えることができ、従って透明性を保つことができることによる。

また、画像工学の一大分野である電子写真技術（の現像剤）においては既にナノ材料が利用されていることに注目すべきである。電子写真技術は、米国のチェスター・カールソン（技術者・弁理士）によって1938年に発明された。カールソンによって使用されたトナーは、ヒカゲノカズラという植物の胞子であったが、1940～1950年代には種々の樹脂、電荷制御剤、顔料等からなる現像剤粉末が報告された。1980年代以降には、電子写真システムの進歩とともにトナー技術も大幅に進歩を遂げた。典型的なトナーは、数 μm サイズの樹脂粒子に、粒子径数十nmの顔料粒子あるいは粒子径数百nmのマグネタイト、粒子径10～数百nmの電荷制御剤粒子、粒子径数百nmのワックス粒子、そして粒子径10～500nmの外添剤粒子が外添あるいは内添されている。これらのナノ粒子は、トナー粒子に適切な帯電能・流動性・離型性・保存安定性などを付与するために添加される。こうしたトナーの開発の歴史が、冒頭で述べたナノ構造材料の進展の歴史とほぼ同調しているのは極めて興味深い。ここで上述したように、ナノ材料の世界では“非日常的な特性”が顔を出すことを思い起こさねばならない。その理由の一つとして、ナノ材料では表面の寄与が大きくなることを述べたが、

表面は物質本来の顔であるバルクとは異なる顔を持ち、バルクとは異なる化学反応性、電磁気特性、光吸収特性、熱的特性をもつ。これに加え、トナーの接触・摩擦帯電はまさにその表面を表舞台とする現象である。表面は、外界の化学種と常に相互作用のある騒がしい場であり、その騒がしきゆえ、未解明の場でもある。物質同士が“本来とは異なる顔”で、“騒がしい場”で接触・摩擦され電荷を生じる。従って、トナーの接触・摩擦帯電現象は極めて難解な現象とならざるを得ない。それにもかかわらず、トナー産業においては常に高品質化が求められ、そのためにはトナーの帯電を「意識して」制御することが要求される。この難題に対しては、ナノ材料の発現する“非日常的な特性”がおそらくはブレイクスルーをもたらすであろうし、そう期待したい。

これまで、科学技術は社会に多大な恩恵をもたらしたが、同時に様々の問題や課題も生み出した。こうした問題・課題に対するソリューションを与えるのも科学技術であり、その有力なプラットフォームの一つがナノテクノロジーと考える。画像工学におけるナノ材料の役割は、従来材料の問題に対するソリューションを提供するもの作りの提言であり（例えば上述のディスプレイ材料の例）、また積年の課題を打ち破る革新的な解決策の提言であると思われる（例えば上述のトナー材料の例）。筆者の研究室でも、有機・無機のナノ粒子を創製し、それを画像素子やエネルギー素子に展開する試みを行っているが、その物性の難解さとともに、しばしば発現する優れた特性には日々驚かされている。今後、ナノ材料（ナノテクノロジー）は、サイエンス・エンジニアリングだけではなくビジネスの柱となることを確信する次第である。