

カーボンナノチューブのビジネス展開の検討

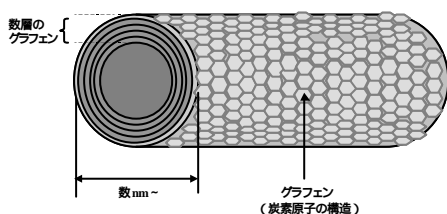
技術・産業コンサルティング部

佐々木健一

カーボンナノチューブ (CNT) とは？

CNTとは炭素原子がチューブ状に繋がったもので、NEC 基礎研究所の主席研究員である飯島氏（名城大学教授も兼務）が 1991 年にその構造を解明した（図表 1）。CNT は従来のカーボン材料とは異なる数多くの優れた特性（導電性、熱伝導性、高弾性率）を持ち、フラーレン（C60）と並ぶナノサイズのカーボン材料として、様々な応用分野への展開が期待されている。本稿では、CNT の特性を活かしたビジネスの展開を検討する。

図表 1 CNT（多層 CNT）の構造



CNT のビジネスの現状について

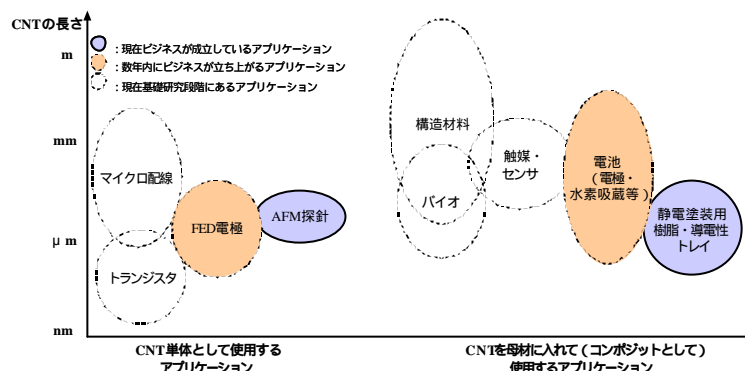
現在、CNT ビジネスは CNT 生産と CNT を用いたアプリケーション生産との 2 つに分けられるが、今回は CNT を用いたアプリケーションに着目する。

CNT は主に構造材料、機能性材料、電気デバイス、バイオ、触媒・センサなどの領域で研究開発が行われ、ここ数年のビジネスとして魅力的な領域は電池（燃料電池のセパレータ等）、FED（電極材料）、導電性フィラー（静電塗装用樹脂、導電性トレイ等）の 3 つが挙げられる。これらはいずれも数百 nm ～ 数十 μm 程度の長さである（図表 2）。

また、CNT 市場は AFM (Atomic Force Microscope: 原子レベルの微細な表面構造を観察

する顕微鏡)用の探針をはじめとする CNT 単体をそのまま用いるビジネスと CNT を樹脂などに入れたコンポジットのビジネスとに大別される。

図表 2 現状での CNT のアプリケーションの展開一覧



CNT の使用量はコンポジットのビジネスの方が圧倒的に多く、ビジネスとして注目すべき分野である。中でも、CNT を導電性フィラーとして用いる半導体トレイなどの市場が、ここ数年で最大の市場と NRI は考えている。

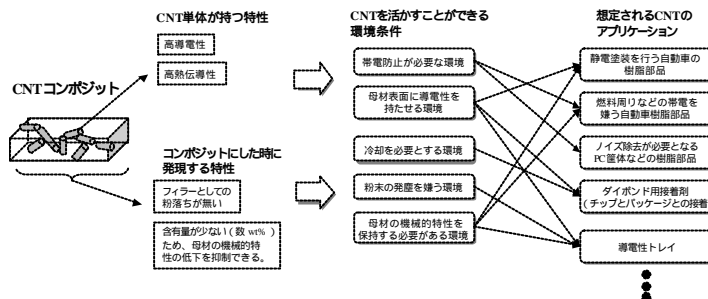
CNT コンポジットの特徴

CNT コンポジットを用いたアプリケーションでは、CNT の活用方法に共通する特徴が見られる。その特徴とは、CNT 単体が持つ特性と、コンポジットとして発現する特性の双方を活用することで、アプリケーションとしてのメリットを出している点にある。

導電性トレイでは従来は導電性材料としてカーボンブラックなどが用いられてきたが、この代替材料として CNT が用いられている。CNT はカーボンブラックよりも少ない添加量で同等の導電性が実現できるため、母材の機械的特性を損なうことなく導電性を引出すことが可能となる。更に、カーボンブラックで見られた粉落ち（発塵）

がないなどの特長を持つ（図表3）。このケースでは、CNT 単体が持つ「高導電性」と、コンポジットとしての特性となる「CNT 含有量が少なく母材特性を損なわない+発塵性がない」の双方の特性が評価されている。

図表3 CNT コンポジットとしての技術展開



CNT ビジネス展開のための課題

CNT は様々な優れた特性を持つにも関わらず、現時点での用途は限定的である。この要因としては生産者側とユーザ側との問題がある。

生産者側の問題として CNT の供給量が少なく高価格（約 10 万円/kg）になる点が挙げられる。しかし、この問題に関しては数年内に大量生産による供給力増加及び価格低下（約 1 万円/kg）が実現されるため、近いうちに解決すると考えられる。

そこで、本稿ではユーザ側の問題に焦点を当て、CNT ビジネス展開のためのユーザ側の課題を提案する。

1) 物性評価方法の確立

CNT の特性を評価する方法は現在標準化されておらず、優れた特性が発表されても追試でその特性が得られないという再現性の低いデータが公表されるケースが未だに見られる。

CNT を工業製品として用いるのであれば、物性を規定する評価方法及び条件を定める必要がある。特に、ここ数年間のビジネスとして期待される CNT コンポジットの評価手法の確立が早急に必要である。

2) 配向制御

CNT を樹脂内部に分散させることはできるが、その配向（CNT の特性を特定の方向に合わせる）を制御することは現状非常に難しい。配向制御に

より、CNT コンポジットの導電性や熱伝導性など向上や、少ない添加量でのより良い特性を引出すことが可能となる。

CNT の特性を最大限活用するためにも、配向制御技術の確立は必要である。

3) CNT の長尺化

現状 CNT は m 単位の長繊維を形成することはできない。図表2のように CNT は長繊維化ができれば、構造材料への展開が実現可能となる（実際には濡れ性（CNT と母材との接着性）向上など他の特性向上が必要）。また、CNT が構造材料に適用されれば使用量が急増し市場の成長が期待できることから、CNT の長尺化の技術確立も必要である。

4) トータルメリットを考慮したアプリケーション提案

CNT コンポジットとしてのメリットを引出すためには、先述したように CNT 単体とコンポジットとしての特性の双方を考慮する必要がある。この双方の特性から、CNT 使用環境トータルでのコストダウン等のメリットを引出すアプリケーションを提案するべきである。

例えば、自動車のフェンダーの樹脂に CNT を添加し表面を帯電することで、静電塗装用の導電性プライマー工程を省略することができる。このケースでは、CNT 単体の「導電性」とコンポジットとしての「CNT 含有量が少なく母材特性（フェンダー強度）を損なわない」との特性だけではなく、プライマー工程の省略によるコストダウンという新たなメリットがもたらされている。

CNT はコンポジットにして発現する特性も多く、総合力で差別化を図る材料である。今後 CNT を用いるユーザは、目先の材料の特性向上のみを考えるのではなく、CNT の複数の特性を活かしたトータルメリットを考慮してアプリケーション設計をするべきである。