

カーボンナノチューブの有機溶剤へのコロイド分散 Colloidal Dispersion of Carbon Nanotubes in Organic Solvents

堀部 暁歩*、野々口斐之*¹

1. カーボンナノチューブ分散の重要性

カーボンナノチューブ (CNT) は、1 層または複数層のグラフェンシートを円筒状に丸めた構造を持つ。CNT は直径数 nm に対し、長さが数 μm の高アスペクト比 (縦横比) を持ち、 sp^2 炭素結合で構成されるため、機械的特性、導電性、熱安定性などの特性に優れており、複合材料への応用が期待されている。しかしながら、CNT は多くの溶媒に不溶であり、ナノチューブ間のファンデルワールス力により凝集が生じやすい。それに伴ってバンドル (束) 構造を形成してしまうため、CNT 本来のナノオーダーのサイズメリットや、機械的特性、導電性などの上記の特性を十分に活かせていないのが実状である。この課題を解決するために、分散性を向上させる様々な取り組みがなされてきた¹⁾。CNT を分散させるためには、CNT 表面に効率的に溶媒和をもたらす官能基を可溶化剤に導入し、チューブ間にはたらく引力に打ち勝つかが鍵となる。官能基の導入方法としては化学的および物理的な手法がある (図 1)。

2. 化学修飾法

共有結合により CNT 表面に溶媒和を可能にする官能基を導入する方法を化学修飾法と呼び、これまで多種多様な化学修飾法が報告されている²⁾。もっとも一般的なアプローチは、CNT の強酸処理による表面酸化であり、強酸に CNT を添加し、超音波照射を施すことで、CNT 表面にカルボン酸が導入される³⁾。また、導入されたカルボニル基をアミド化やエステル化により官能基変換することで様々な溶媒に溶解する化学修飾 CNT が得られる⁴⁾。CNT の強酸に対する分散性は比較的良好であり、酸化 CNT の調製は簡便である。一方で、化学修飾法は、CNT の結合が切断されることにより構造欠陥を生み出すため、CNT 本来の性質が失われることに留意しなければならない。

3. 物理修飾法

物理修飾法は、非共有結合により CNT に官能基を導入する方法であり、大きく 2 つに分類される。1 つ目は疎水性相互作用を利用して導入するミセル化法である。ミセル化法はドデシル硫酸ナトリウム (SDS) やドデシルベンゼン硫酸ナトリウム (SDBS) デオキシコール酸ナトリウム (SDOC) などの種々の界面活性剤などがよく用いられる (図 2)⁵⁻⁷⁾。分散のメカニズムとして、CNT バンドル内に界面活性剤分子が入り込み、最終的に界面活性剤の形成するミセルの疎水性内部空間に CNT が内包

2023年9月22日受付

*HORIBE Akiho

京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

*1NONOGUCHI Yoshiyuki

京都工芸繊維大学 材料化学系