# 総　説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., **86**〔7〕，252–259（2013）

# カーボンナノチューブの分散と分離精製

藤ヶ谷剛彦*,†

＊九州大学大学院工学研究院応用化学部門　福岡県福岡市西区元岡744番地（〒819-0395）
† Corresponding Author, E-mail: fujigaya-tcm@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp

（2013年1月7日受付；2013年3月1日受理）

**要　　旨**

機能性インクとして高い電気伝導率を有するカーボンナノチューブ（Carbon Nanotubes：CNT）が注目されている。CNTは強く凝集構造を形成しやすくインク調整が難しい。また，さまざまな長さや性質をもつCNTの混合物であるため，たとえばエレクトロニクス用インクとしてはデバイス特性のバラつきを抑える意味で分離や精製が必要である。本報告では，分散や分離・精製のコンセプトを示しつつ，どのような場面で使用が検討されているかについて紹介する。

キーワード：カーボンナノチューブ，分散，分離，可溶化剤，物理吸着

## 1. カーボンナノチューブの分散

### 1.1　カーボンナノチューブとは

カーボンナノチューブ（Carbon Nanotubes：以下CNT）はグラフェンシートを円筒状に丸めた構造をしている。円筒が一本のみからなるCNTを単層カーボンナノチューブ（Single-walled Carbon Nanotubes；以下SWNT），直径の異なる2本のSWNTが同軸で重なったCNTを2層カーボンナノチューブ（Double-walled Carbon Nanotube；以下DWNT），多層に重なったCNTを多層カーボンナノチューブ（MWNT）と呼び分けている（図-1）。SWNTは直径0.5～数nmとかなり細いが，MWNTだと100 nmに及ぶものがある。CNTの合成後の長さは数十nmから長いものでは数mmに及ぶものがあり，合成法によりさまざまな長さ分布をもつ混合物として得られる。

SWNTにはさまざまな巻き方のタイプが存在し，この巻き方を「カイラリティ」と呼んでいる。カイラリティの違いにより，電気物性，光学物性が少しずつ異なるためにベクトル表示（$n$，$m$）を用いて区別している。図-2のようにSWNTの展開図において原点（基準点）とどの点を重ねるように丸めるかにより一義的にSWNTのタイプを決める方法である。図-2のようにaベクトルとbベクトルを定義し，原点と重なる点をa，bの合成ベクトルで表現する。原点と重ねる点がa方向に$n$，b方向に$m$進んだ点だったとき，そのSWNTを（$n$，$m$）SWNTと二つの数字列を用いて表記する。この（$n$，$m$）をカイラル指数と呼ぶ。（$n$，$m$）はSWNTの物性を判断する場合に便利で，たとえば$n$-$m$が3の倍数のときSWNTは金属性を示し，それ以外は半導体性を示すことがわかっている。また，幾何学的な特徴から（$n$，$n$）となるSWNTをアームチェア型，（$n$，0）と表記されるSWNTをジグザグ型，それ以外のSWNTをらせん型（キラル型）と呼び分けている。

図-1　CNTの構造（左）SWNT，（中央）DWNT，（右）MWNT

〔氏名〕ふじがや　つよひこ
〔現職〕九州大学大学院工学研究院応用化学部門
〔趣味〕植物栽培
〔経歴〕2005年3月東京大学大学院博士課程修了（博士（工学））。2005年4月～2006年7月米国ノースウェスタン大学博士研究員。2006年8月～2007年6月九州大学学術研究員。2007年7月～2011年3月九州大学高等研究院 特任准教授。2011年4月～ 九州大学大学院工学研究科 准教授（現職）。

### 1.2　カーボンナノチューブの諸物性

CNTは直径数ナノメートルでありながら，長さが数マイクロメートルに及ぶ高アスペクト比（～数千）をもち，$sp^2$カーボンの強固な化学結合のみから構成されるユニークな構造により金属材料も凌駕する非常に優れた機械的強度や，電気伝導度，熱

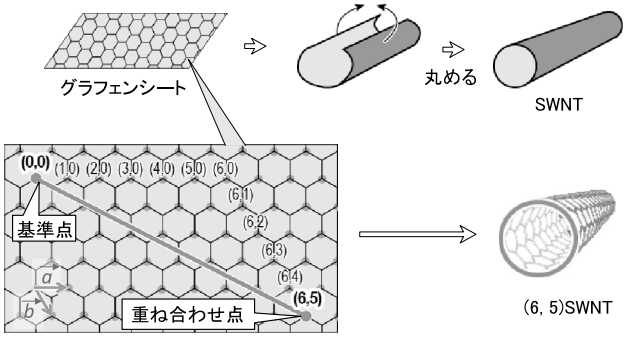


図-2　SWNTにおけるカイラリティの定義

© 2013 Journal of the Japan Society of Colour Material