

# eDIPS 法により合成された 単層カーボンナノチューブの半導体型分離

SATテクノロジー・ショーケース2023

## ■ はじめに

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)には、構造により異なる電氣的性質(金属型・半導体型)をもった2種類が存在し、それらが混合して合成されるという大きな問題があった。近年の分離技術の進展により、現在では密度勾配遠心分離法、電界誘起層形成法、ゲル分離法など様々な手法より、高純度な金属型・半導体型 SWCNT の分離精製が可能となっている。

一方、SWCNT の合成法においては、大量生産可能な化学気相成長(CVD)法が現在では主流となっている。一般的にCVD法ではSWCNTの平均直径の制御はある程度可能である。しかしながら、直径分布が広いため、デバイス応用の際に性能のばらつきの原因になるといった問題がある。そこで本研究では、CVD法の一種であるeDIPS法<sup>1)</sup>により合成されたSWCNTを用いて、半導体型SWCNT(s-SWCNT)を直径選択的に分離する手法の開発を目指した。eDIPS法は、高結晶・高純度・高収率かつ低コストでSWCNTを製造可能な手法である。分離手法には、安価で大量分離可能なゲルカラムクロマトグラフィー法<sup>2)</sup>を用いた。

## ■ 活動内容

本実験では、SWCNTとゲルの相互作用を制御するために、混合界面活性剤(Sodium cholate: SCとSodium dodecyl sulfate: SDS)のSWCNT分散溶液を用いて分離を行った。まず、SC入りの水溶液250mlに、eDIPS法で合成された平均直径1.2nmのSWCNT 0.1 wt%をキャピテーション分散装置により分散した。超遠心後の分散液の上澄みを回収した後、SDSを加えて分散液を作製した。次に、分散液をゲルカラムに滴下し、ゲルに未吸着の金属型SWCNTを回収した。最後に溶出液を滴下し、ゲルに吸着したs-SWCNTを回収した。その際、3つのフラクション(溶出順にFS-1~FS-3)に細かく分けて回収した。SWCNT分散液の溶媒を水から重水に置換し、光吸収測定を行った。

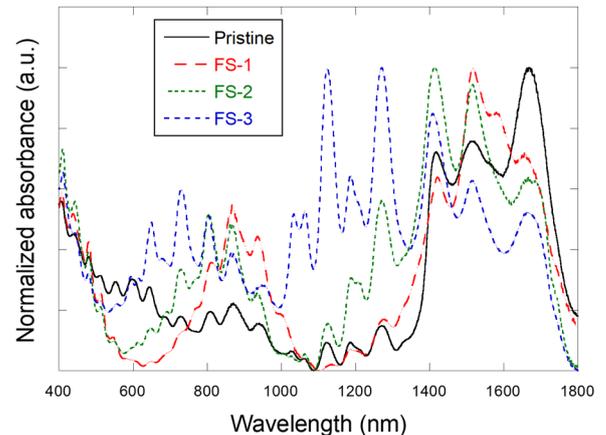


図1 分離前および分離後の光吸収スペクトル

分離前後のSWCNT分散液の光吸収スペクトルを図1に示す。波長が1000nm以上の領域において、s-SWCNTの光学遷移S<sub>11</sub>に対応するピークが見られた。そのピーク位置は直径に依存し、直径が大きいほど高波長側に観測される。従ってピーク位置の違いから3つのフラクションに含まれるs-SWCNTの直径分布が異なり、後から回収したs-SWCNTほど直径が小さいことがわかった。また、分離前のスペクトルとの比較から、回収するフラクションを分けることで、直径分布の狭いs-SWCNT分散液を得られることがわかった。本結果はデバイス応用につながる第一歩である考えられる。

## ■ 今後の展開

現在、得られたs-SWCNTの蛍光分光測定に着手している。その結果を解析し、構造(カイラリティ)の評価を行う。今回得られた前半のフラクション(FS-1)のs-SWCNTは直径が1.0~1.3nm程度であり、シリコンでは吸収できない波長である1100nm以上の近赤外光を吸収可能かつ太陽光スペクトルとのマッチングが良いことから、赤外光発電への応用を検討している。

## ■ 参考文献

- 1) T. Saito *et al.*, J. Nanosci. Nanotechnol. (2008), 8, 6153.
- 2) T. Tanaka *et al.*, Phys. Status Solidi RRL (2011), 5, 301.

代表発表者 松下 駿(まつした しゅん)  
 所属 兵庫県立大学大学院 工学研究科  
 産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門  
 問合せ先 〒671-2280 兵庫県姫路市書写 2167  
 E-mail : w.beats.matsu.2020@gmail.com

■キーワード: (1)単層カーボンナノチューブ  
 (2)分離  
 (3)半導体

■共同研究者: 藤井俊治郎(兵庫県立大学)  
 本多信一(兵庫県立大学)  
 栗原有紀(産業技術総合研究所)  
 斎藤毅(産業技術総合研究所)