

カーボンナノチューブの電気力学的操作

B4 柳本 幸雄

1.背景と目的

カーボンナノチューブ(Carbon nanotube:CNT)は 1991 年に発見されたグラファイトのシートを円筒上に丸めた構造を持つ物質であり、直径は様々であるが 1 nm 程度である。直径・カイラリティによって導電性が変化し、金属性 CNT や半導体性 CNT がある。金属性 CNT やを分子配線の材料として使うことができれば回路の集積度をこれまでよりもはるかに高めることができると考えられ、注目されている。

しかし、現段階では直径や導電性を制御して CNT を作り分けることができず、また操作技術も確立していない。

そこで、CNT を任意の位置に任意の向きで配置する手段として静電気力を用いた CNT の電気力学的操作を試みた。CNT を可視化し、電界下における CNT の挙動を観察する。

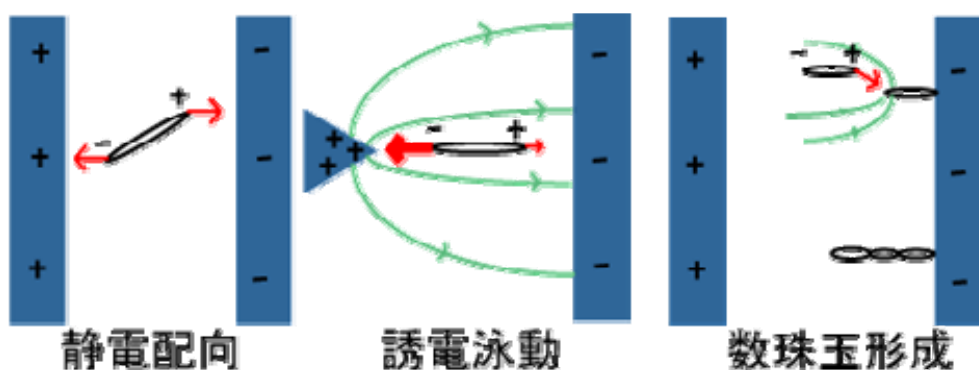


Fig.1 電気力学的操作の原理

2.CNT 分散

CNT はファンデルワールス力によって凝集し、束になっている。超音波でその結合を引き剥し、界面活性剤で再結合を防ぐことで単分子化する。

3.可視化

CNT の可視化には暗視野顕微鏡を用いた。対物レンズに入らないように斜めに照明光を入れ、試料による散乱光のみを見ることで高い S/N 比を得る。電子顕微鏡や走査型顕微鏡よりも視野が広く、動き回る CNT を見るのに適している。蛍光観察とは違い、試料の蛍光修飾が必要ない。

CNT は微小であるので、強い散乱光を得るために高輝度の照明光源としてレーザーが必要となる。スライドガラスなどによる余計な散乱光にかき消されて単分子になった CNT は可視化できていないと思われるが、液中を漂う微小な CNT 束を漂う輝点として可視化できた。

4.操作

まず、水中に SDS で分散した CNT を電界下においたところ導電率が高いために EHD(Electro-Hydro Dynamics)対流が発生し、静電力による CNT 操作の妨げとなった。そこで非イオン性の界面活性剤を用いることで導電率を低減させると EHD 対流を抑えることができ、電極端に引き寄せられ数珠玉を形成する CNT が観察された。しかし、非イオン性界面活性剤では分散力が弱く CNT を単分子化することができなかった。

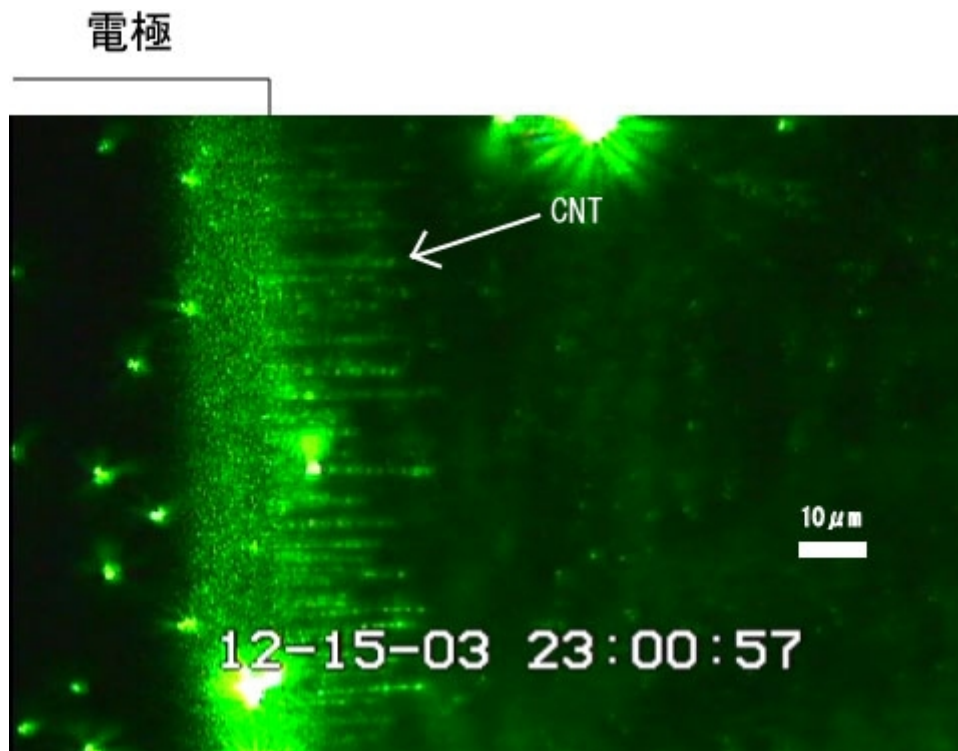


Fig.2 電極端で数珠玉を形成する CNT

5. フロリナート中への CNT 分散

溶媒に無極性溶媒であるフロリナートへ非イオン性界面活性剤(POE アルキルエーテル)で CNT を分散すると、液中の CNT が完全に見えなくなる様子が観察され、CNT が完全に単分散されたと考えられる。導電率も非常に低く CNT の電気力学的操作に適していると思われる。

しかし暗視野顕微鏡での可視化も不可能になってしまった。

6. 結論

CNT の静電力による操作においては導電率を下げる事が重要である。フロリナートと POE アルキルエーテルによって分散しての CNT 操作は有望である。濃度を下げるなどして S/N 比を上げ、さらに調べる必要がある。
