

巻物状カーボンナノチューブの製造

炭素原子は sp^2 混成軌道によって化学結合すると、二次元に広がった炭素六角網面を形成する。この平面構造を持つ炭素原子の集合体はグラフェンと呼ばれており、その大きさや配列様式に応じて炭素材料としての物性が変化する。特殊な例であるが、このグラフェンが管状に閉じた構造をなしているものがカーボンナノチューブである。グラフェンは通常、積層して三次元の結晶子を形成するが、この結晶子がある程度以上大きい炭素材料は、特に黒鉛と呼ばれている。

我々は黒鉛層間での原子・分子の反応やグラフェンの挙動について研究を行ってきたが、その過程でグラフェン1枚を剥離するとカーボンナノチューブが得られることを見出した。

グラフェンは弱いvan der Waals結合で積層しているだけなので、層の間に他の原子や分子が容易に取り込まれる。この現象はインターカレーションと呼ばれ、これによって得られる化合物を黒鉛層間化合物(GIC: Graphite Intercalation Compound)と言う。

図1にその調製過程の模式図を示す。まず黒鉛にカリウムなどのアルカリ金属をインターカレーションする(図1(a), (b))。次にスチレンなどの不飽和炭化水素モノマーの蒸気

を接触させると、モノマーは層間へ取り込まれアニオン重合が起こる。試料は非常にゆっくりと黒鉛のc軸方向、すなわちグラフェン面の垂直方向に膨張を始める。膨張の程度すなわちポリマー/黒鉛比は、その時点での黒鉛層間に蓄積されているポリマー量に対応するが、重量比で1000以上に容易に到達する。生成物は図1(c)に示すような構造をなし、グラフェンはポリマー中に1枚ずつ引き離されて存在している。さらにこの複合体を有機溶剤(N-メチル-2-ピロリドン)中に入れてポリマー成分を除去する。

得られた粉末を電子顕微鏡で観察すると、図2の写真のようになり、図1(d)で示すような巻物状のナノチューブが生成されていることが分かった。溶剤によってポリマー中から解放された1枚のグラフェンは、広がったシート状で存在するよりも分子間力で自らと結合して巻物状になったほうが表面エネルギーを低減することができると考えられる。

得られた巻物状ナノチューブは直径が25 nm程度であり、従来の多層型ナノチューブと同じレベルである。従来のナノチューブの用途以外に、巻く・解くの動作が可能なナノマシンや他の物質を巻き込んだ巻き寿司状複合材料など、新たな応用が期待される。

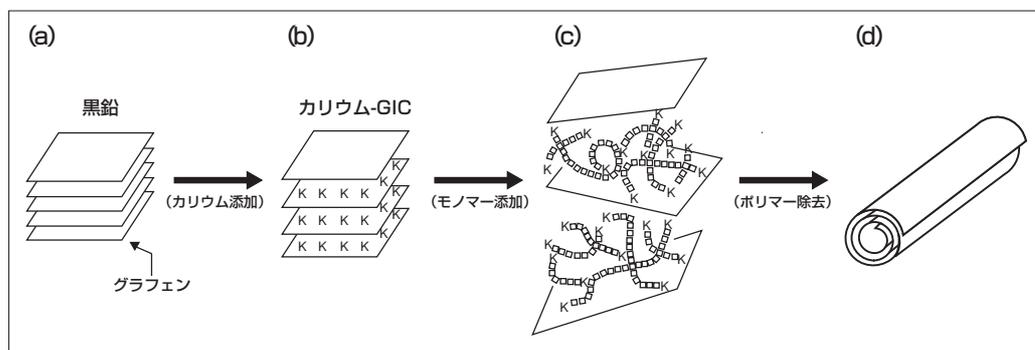


図1 調製過程の模式図

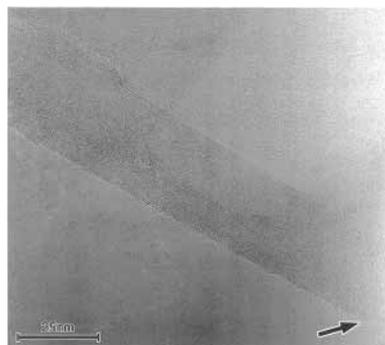


図2 得られた巻物状カーボンナノチューブの電子顕微鏡像
矢印は末端を示している。

関連情報

- H. Shioyama, T. Akita: Carbon, Vol.41 179 (2003).
- 特願 2003-010539 「巻回型カーボンナノチューブとその製造方法」(塩山 洋, 秋田知樹).



しおやま ひろし
塩山 洋
Shioyama.h@aist.go.jp
ユビキタスエネルギー研究部門