無機鋳型化合物を用いたカーボンナノチューブの合成

京谷 隆 東北大学反応化学研究所
Takashi KYOTANI

炭素の新しい形態としてカーボンナノチューブが話題となっており、フラーレンよりも実用材料になる可能性が高いといわれている。フラーレンはサッカーボール状の分子で、カーボンナノチューブはそれを横に引き伸ばしたような構造をしている。カーボンナノチューブは通常炭素電極を用いたアーク放電法で作られる。われわれは鋳型炭素化法という手法を用いて今までとはまったく異なる性状のカーボンナノチューブを合成した¹⁾。鋳型としてアルミニウム陽極酸化皮膜という薄い膜を使う。この膜にはナノメートルレベルの均一な孔が直線状に多数貫通している。この膜に 800°C 程度の温度でプロピレンを流すと膜の表面や孔の内壁に均一に炭素が堆積する。その後、陽極酸化皮膜をフッ酸で溶かし、内部の炭素を取り出した。この方法で作った炭素の電子顕微鏡写真を図 1 に示す。200 nm 程度の径のチューブ状の炭素だけが観察され、不純物はまったくない。また、その外径は陽極酸化皮膜の孔の直径に等しく、チューブの長さは陽極酸化皮膜の厚さに等しい均一なものであることがわかった。つまり、この方法を使えば選択的にカーボンチューブを合成することができ、しかもチューブの径および長さは鋳型となる陽極酸化皮膜の孔の径と厚さを変化させることにより制御できる。チューブの構造は、いわゆるカーボンナノチューブのようなきれいな結晶構造をしておらず、小さな炭素の網面が積み重なって全体としてはチューブの軸方向に配向したユニークな構造になっている。

カーボンナノチューブの空洞内に他の物質を充てんすれば、材料としての用途はさらに広がる。そのため、チューブ内に金属などの異種物質を導入しようとした試

図 1 鋳型法より調製したカーボンチューブの電子顕微鏡写真

図 2 白金を内部に含むカーボンナノチューブ

みが数多くある。しかし、チューブの内部だけに挿入することはむずかしく、チューブの外側にも付着することが多い。ところが上記の手法を応用すると選択的な挿入が可能になる。まず、先と同様にプロピレンを高温で流し、陽極酸化皮膜の細孔の内壁に炭素を堆積させる。この炭素複合膜の細孔に気相あるいは液相から金属化合物を導入し、還元後、陽極酸化皮膜を溶解除去してチューブを取り出す。この方法で白金をつけたカーボンチューブの電子顕微鏡写真を図 2 に示す²⁾。チューブ (径 30 nm) の内部の黒い棒状のものが白金である。ここで強調しておきたいのは、白金はチューブの内部だけにあり、チューブの外にはまったく存在していないという点である。これは陽極酸化皮膜を溶解する前に白金を付けたために可能となった。現在、白金以外に銀、鉄³⁾、ニッケルなどのナノ粒子やナノロッドも挿入できるようになっている。このようなチューブと金属との 1 次元複合体は通常では考えられないような性質を示す可能性があり、高性能電子素子や新規触媒材料など、さまざまな分野での応用が期待できる。

文 献

- 1) T. Kyotani, L. Tsai, A. Tomita: *Chem. Mater.*, **8**, 2109 (1996).
- 2) T. Kyotani, L. Tsai, A. Tomita: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 701 (1997)
- 3) B.K. Pradhan, T. Toba, T. Kyotani, A. Tomita: *Chem. Mater.*, **10**, 2510 (1998)

(東北大学反応化学研究所・助教授、工博。専門=炭素化学、新規炭素材料の開発、炭素ガス化)