

# カーボンナノチューブの壁構造変化

カーボンナノチューブは炭素原子の六角網平面(グラフェン)で構成されているが、その配列様式の違いにより多くの種類がある。例えば、1枚のグラフェンが筒状に閉じた単層ナノチューブや、多層のグラフェンが同軸円筒状に積み重なった構造の多層ナノチューブ、底が抜けた紙コップの形をしたグラフェンが積層をした構造のカップスタック型ナノチューブなどが知られている。

3000℃附近での熱処理は、炭素材料の組織構造を変化させる場合が多く、カーボンナノチューブもその例外ではない。今回はカップスタック型カーボンナノチューブをこのような高い温度領域で熱処理すると、興味深い構造変化が認められた。

この実験には、株式会社GSIクレオス製のカップスタック型カーボンナノチューブ、24PS-AR50を用いた。超高温熱処理は黒鉛化炉を用いてアルゴン気流中で2800℃、3000℃、3200℃の温度を10分間保持することにより行った。そうすると、カップスタック型ナノチューブ壁の外側の部分が通常が多層ナノチューブの構造に変化していた。しかしここで、同軸円筒状構造をとっているのはナノチューブ壁の外側のみで、内側は最初の構造であるカップスタック型がそ

のまま残るといった興味深い複合構造が認められた。例として3200℃で熱処理した試料のTEM格子像を図1に、熱処理による構造変化の模式図を図2に示した。

次に、ナノチューブ壁の厚みのうちどれだけの割合が同軸円筒状構造に変化しているかを、それぞれの温度で熱処理した各試料のTEM格子像観察により調べた。その結果2800℃と3000℃で熱処理を施した試料の間では顕著な違いは認められず、カーボンナノチューブ壁の厚みのうち外側50~60%が同軸円筒状構造に変化していた。しかし3200℃で処理した場合は、同軸円筒状構造をとる厚みの割合が70~80%程度にまで増えており、熱処理温度が高い場合ほど同軸円筒状への構造変化の割合が大きいが示唆される。

カップスタック型カーボンナノチューブに内在する何らかの構造的な不安定さが、試料を超高温処理することによりエネルギー的に、より安定な同軸円筒状構造に変化したものと予想される。どうして構造変化が外壁から起こるかといった理由の解明に加え、このような特殊な微細複合構造をとるカーボンナノチューブの用途開発が今後の課題である。

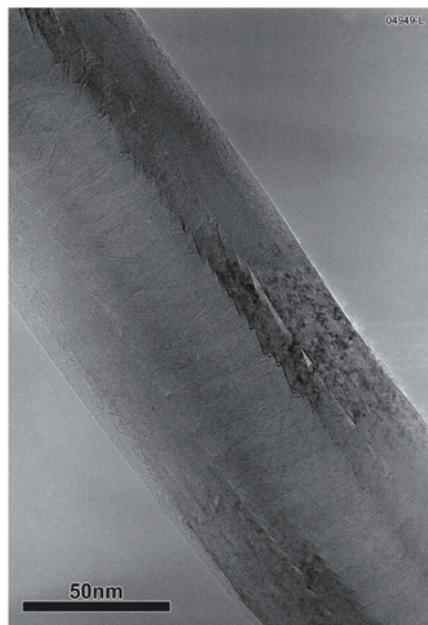


図1 3200℃処理したカップスタック型カーボンナノチューブのTEM観察結果

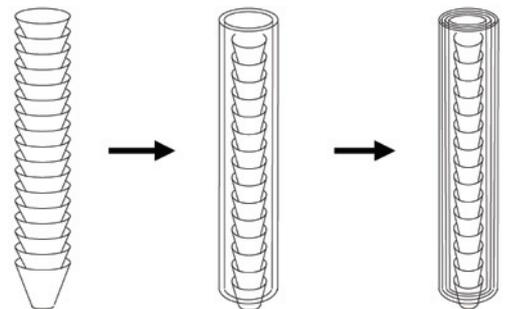


図2 超高温熱処理による構造変化の模式図



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

## 関連情報

- H. Shioyama : Carbon in press.