

カーボンナノチューブ成長時における欠陥生成のその場 TEM 観察 In-situ TEM Observation of Defect Formation during Carbon Nanotube Growth

阪大産研 ○吉田 秀人, 竹田 精治

ISIR, Osaka Univ. ○Hideto Yoshida, Seiji Takeda

E-mail: h-yoshida@sanken.osaka-u.ac.jp

カーボンナノチューブ (CNT) は優れた機械的・電気的特性を示すことが知られている。その特性は CNT の直径やカイラリティーだけでなく、欠陥の存在によっても変化する。CNT は通常、空格子点や 5 員環や 7 員環、曲げやグラファイト層間の乱れや直径変化など、多くの欠陥を含んでいる。CNT 本来の特性を活かすために欠陥のない (少ない) CNT を合成するという研究と、それとは逆に欠陥を積極的に利用して CNT の特性を変化させるという研究、両面から研究が進められている。いずれにせよ、欠陥生成を制御するには、CNT の成長中に欠陥が導入される過程を解明することが必要である。我々はこれまでに、環境制御型透過電子顕微鏡 (ETEM) を用いて、鉄や鉄-モリブデン混合物を触媒とする CNT の CVD 成長をその場観察することにより、CNT 成長中のダイナミクスや、CNT が Fe_3C や $(\text{Fe},\text{Mo})_{23}\text{C}_6$ という炭化物ナノ粒子から成長することを明らかにした[1-4]。本研究では、様々な欠陥が CNT 成長中に形成する様子を ETEM その場観察することに成功したので報告する。

ETEM 観察用に切り出し薄片化したシリコン基板を大気中にて 1000°C で 2 時間加熱し、表面に酸化膜を形成させる。その基板上に触媒として鉄を約 1nm 蒸着する。この基板を試料加熱ホルダーにセットし ETEM 内に挿入し、水素 10 Pa 中で 600°C に加熱後、アセチレンと水素の混合ガスを 10 Pa 導入して CNT を成長させ、その様子を原子スケールで直接観察した。その結果、CNT の成長中に曲げやグラファイト層間の乱れや直径変化などが生じる過程をその場観察することに成功した。講演では様々な欠陥生成過程を捉えた ETEM 観察を紹介し、成長中の CNT と触媒ナノ粒子との界面に着目し考案した欠陥生成モデルを提案する。

[1] H. Yoshida, T. Uchiyama, S. Takeda, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, L917 (2007).

[2] H. Yoshida, S. Takeda, T. Uchiyama, H. Kohno, Y. Homma, *Nano Lett.*, **8**, 2082 (2008).

[3] H. Yoshida, T. Shimizu, T. Uchiyama, H. Kohno, Y. Homma, S. Takeda, *Nano Lett.*, **9**, 3810 (2009).

[4] H. Yoshida, H. Kohno, S. Takeda, *Micron*, **43**, 1176 (2012).