



## Fe 触媒からの単層カーボンナノチューブ生成過程 のその場 XANES 測定

丸山隆浩, 熊倉誠, 岡田拓也, 才田隆広  
名城大学理工学部

キーワード：単層カーボンナノチューブ, XANES, 化学気相成長 (CVD) 法, 触媒

### 1. 背景と研究目的

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、半導体にも金属にもなり得る上、高い電子移動度をもつことから、次世代のエレクトロニクス材料として期待されている。SWCNT の電子状態はそのカイラリティや直径などの構造に依存するが、SWCNT の完全な構造制御は未だ実現しておらず、エレクトロニクス応用の実現を阻んできた。SWCNT の構造制御の実現には、その成長メカニズムを理解することが重要である。SWCNT 成長中の触媒粒子の状態を明らかにするため、これまで透過電子顕微鏡 (TEM) 観察を用いた“その場”測定が行われてきたが、ごく一部の触媒粒子のみしか分析できないという欠点があった[1, 2]。そこで本研究では、SWCNT の成長中の触媒粒子の化学結合状態を明らかにするため、Fe 触媒粒子からの SWCNT 生成過程について、その場 X 線吸収端微細構造 (XANES) 測定を行った。

### 2. 実験内容

SiO<sub>2</sub>/Si 基板の上に、rf スパッタリング法を用いて Al を蒸着し、自然酸化により Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層を形成した。この Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層上に Fe 触媒粒子を堆積させた基板を、その場 XANES 測定に用いた。本基板をその場 XAFS 測定用セル内に設置し、セル内部を真空排気した後、650°C まで加熱し、エタノールガスを 100 Pa 導入し、SWCNT の成長を行いながら、触媒粒子の Fe K 吸収端の測定を行った。測定は、BL11S2 にて行い、7ch SDD を用いて蛍光 X 線の検出を行った。また、実験後、ラマン分光測定により、SWCNT の成長を確認した。

### 3. 結果および考察

Fig. 1 に、SWCNT の成長開始後 56 分のその場 XANES スペクトルを示す。比較のため、参考文献[3]に掲載された Fe 金属, FeO, および Fe<sub>3</sub>C の XANES スペクトルを点線で示してある。成長中の Fe 触媒の XANES スペクトルでは、吸収端にプレピークの存在がみられた。また、FeO にみられるような吸収端直後の強いホワイトラインのピークは存在せず、Fe 金属のスペクトルに類似のスペクトル形状であった。また、エタノールガスの導入前(昇温後、SWCNT 成長前)の XANES スペクトルも、成長後とほぼ同様の形状を示した。以上から、SWCNT 成長中に Fe 触媒粒子は、成長初期から、炭化されず、金属的な状態を保ちながら、SWCNT の成長が生じていると考えられる。

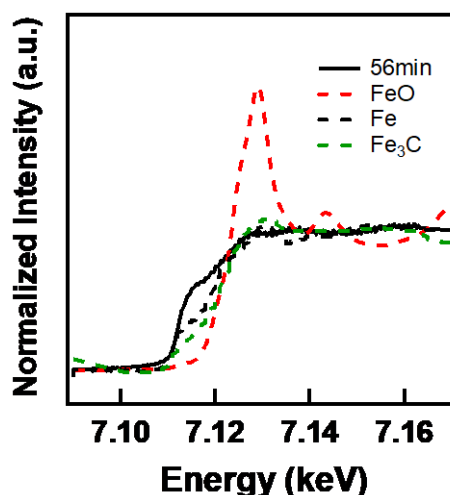


Fig. 1 SWCNT 成長中の Fe 触媒粒子の Fe K 吸収端の XANES スペクトル。比較のため、Fe 金属, FeO, Fe<sub>3</sub>C のスペクトルを点線で示す。

### 4. 参考文献

1. H. Yoshida et al. *Nano Lett.* 8 (2008) 2082.
2. S. Hofmann et al. *Nano Lett.* 7 (2007) 602.
3. M. Ferrandon et al. *J. Phys. Chem. C* 116 (2012) 16001.