



## 単層カーボンナノチューブ生成時の Pt 触媒のその場 XAFS 観察

丸山隆浩, 熊倉 誠, 才田隆広  
名城大学理工学部

### 1. 背景と研究目的

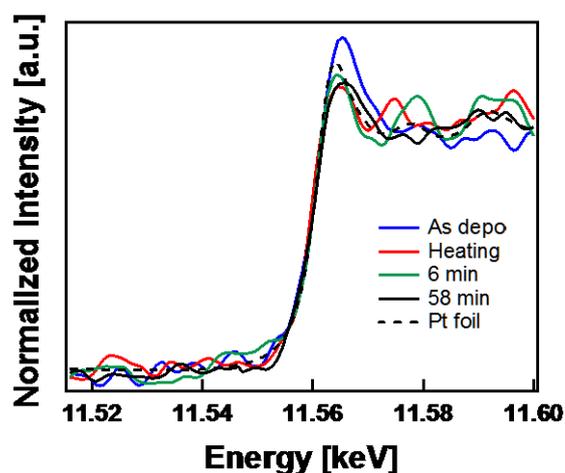
単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は、優れた熱伝導性や機械的強度、特異な電気的特性をもつことから、次世代の集積回路 (LSI) をはじめ、様々な用途への応用が期待されている。SWCNT の作製には現在、化学気相成長 (CVD) 法が主流であるが、触媒金属粒子と原料ガスとの反応過程には不明な点が多い[1]。我々のグループは、これまで Pt を触媒として用いたアルコール CVD 法により、直径とカイラリティ分布の狭い SWCNT が成長することを報告してきた[2]。また、Pt 触媒からの SWCNT の成長メカニズムを明らかにするため、あいちシンクロトロン光センターにおいて in situ XAFS 測定を行い、700 °C に加熱された Pt が、エタノール雰囲気下で金属的な状態であることを明らかにしてきた[3]。本研究では、SWCNT 生成条件下での Pt 触媒粒子とエタノールの反応過程に関する知見を得るため、in situ XAFS 測定用セルを新たに作製し、あいちシンクロトロン光センター BL5S1 において硬 X 線を用いた in situ XAFS 測定を行った。

### 2. 実験内容

Pt 触媒粒子は、SWCNT 作製時と同条件で SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に堆積させた。本基板を in situ XAFS 用セル内に設置し、BL5S1 にて Pt L<sub>III</sub> 端の in situ XAFS 測定を行った。蛍光 X 線の検出には、7 素子 Si 検出器 (SDD) を用いた。セル内部を真空排気したのち、600 °C まで加熱してエタノールガスを 20 Pa 導入した。In situ XAFS 測定は、昇温前、昇温中、エタノール照射中の全ての過程において行い、昇温中・エタノールガス導入中は 5 min/spectrum の間隔で測定を行った。

### 3. 結果および考察

Fig. 1 は測定した Pt L<sub>III</sub> 端の XANES スペクトルである。スペクトルは全てスムージング処理を行っている。また、比較のため、Pt 金属膜のスペクトルも示してある。スペクトルの形状から、加熱前には、Pt 触媒粒子は酸化され、PtO に近い状態であると考えられる。昇温後にホワイトライン強度が減少していることから、Pt 触媒粒子が還元され、金属的な状態になっていることがわかる。また、エタノール照射後はスペクトル形状に大きな変化はなく、SWCNT 成長中に Pt 触媒粒子は、全体としては金属的な状態を保っていると考えられる。本結果は、以前に行った測定結果と一致し、SWCNT 成長の際、炭素原子は Pt 粒子内部に溶解すること無く、触媒粒子の表面反応により六員環が形成し、成長が進行していることを示唆している。



### 4. 参考文献

1. V. Jourdain and C. Bichara, *Carbon* **58** (2013).
2. T. Maruyama et al. *Carbon* **96** (2016) 6.
3. 丸山隆浩, あいち SR 成果報告書 2014LA005 (2014).

Fig. 1 Pt 触媒粒子の L<sub>III</sub> 端の in situ XANES スペクトル. 蒸着のみの状態, 昇温中, エタノール照射直後(6 min)と 58 min 照射後の各スペクトルを示す.