



## Ru 触媒粒子の L 吸収端 XAFS 測定

丸山隆浩，藤井貴之  
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，高いキャリア移動度を有することから，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。我々のグループでは，これまでガスソースタイプの化学気相成長（CVD）装置を用いて，Pt など高融点の白金族元素を触媒に用いた SWCNT の作製に取り組んできた[1, 2]。その結果，高融点金属を触媒に用いることで細径の SWCNT の成長が可能であることを示してきた。中でも Ru は，高い融点にもかかわらず，他の白金族元素に比べ価格が安いことから，応用面で有利であると考えられる。本研究では，SWCNT 成長前後での Ru ナノ粒子の化学結合状態を調べるため，X 線吸収微細構造（XAFS）スペクトルの測定を行った。

### 2. 実験内容

SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> バッファ層を担持させたのち，Ru ナノ粒子を 0.2 nm 膜厚相当堆積させたものを触媒粒子として用いた。この基板を 700 °C に保ち，1 時間エタノールを流して SWCNT 成長を行った。成長時のエタノール圧力は  $1 \times 10^{-2}$  Pa とした。成長後の Ru 触媒粒子の化学結合状態を調べるため，BL6N1 において，大気圧条件 XAFS システムを用いて，部分蛍光収量（PFY）法により Ru の L<sub>2</sub> 吸収端の測定を行った。また，比較のため，Ru ナノ粒子を堆積させたのみの基板を用意し，XAFS 測定を行った。

### 3. 結果および考察

図 1 に Ru 触媒を蒸着させたのみで，SWCNT 成長を行っていない試料と，SWCNT 成長を 1 時間行ったあとの Ru 触媒粒子の L<sub>2</sub> 吸収端 XANES スペクトルを示す。蒸着後は，3006 eV 付近に 1 本のピークが観測されたが，SWCNT 成長後は，吸収端・ピーク位置とも低エネルギー側にシフトし，また，吸収端形状が変わるとともに強度が減少した。Ru<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末と金属 Ru の XANES スペクトルとの比較から，蒸着後は，Ru 触媒粒子が酸化状態であったのに対し，SWCNT 成長後は金属状態になっていることがわかった。すなわち，Ru 触媒からの SWCNT 成長では，成長過程において Ru 粒子が還元され，金属状態を保ったまま SWCNT が成長していくことが示唆される結果となった。

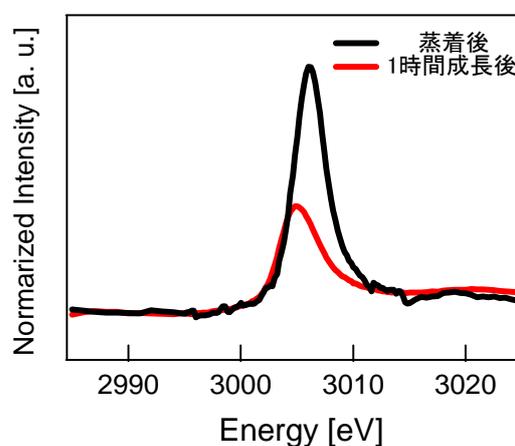


図 1 Ru 粒子の蒸着後と SWCNT 成長後の L<sub>2</sub> 吸収端の XANES スペクトル

### 4. 参考文献

1. T. Maruyama et al. *Carbon* 96 (2016) 6.
2. A. Kozawa, T. Maruyama et al. *Diamond relat. Mater.* 63 (2016) 159.