

その場 XAFS 測定による単層カーボンナノチューブ 成長メカニズムの解明: Co 触媒と Ir 触媒の比較

Elucidation of growth mechanism of single-walled carbon nanotubes
by *in situ* XAFS analysis: Comparison of Co and Ir catalysts

名城大理工¹, 名城大ナノマテ研² °柄澤 周作¹, 山本 大貴¹,
カマル プラサド サラマ², 才田 隆広^{1,2}, 成塚 重弥¹, 丸山 隆浩^{1,2}

Meijo Univ.¹, Meijo Nanomaterial Res. Center², °Shusaku Karasawa¹, Daiki Yamamoto¹,
Kamal P Sharma², Takahiro Saida^{1,2}, Shigeya Naritsuka¹, Takahiro Maruyama^{1,2}

E-mail: takamaru@meijo-u.ac.jp

はじめに

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の成長メカニズムを知ることは、構造制御のために重要であり、特に SWCNT 生成時の触媒の状態を決定するにはその場測定が必須である。我々は、これまで、その場 X 線吸収微細構造(XAFS)測定により、SWCNT 成長中の Co および Fe 触媒の化学結合状態について明らかにしてきた[1]。今回、白金族元素であり、かつ、細径 SWCNT 生成に適した Ir 触媒に対し[2]、アルコール CVD 法による SWCNT 成長中の化学結合状態をその場 XAFS 測定により分析し、鉄族元素である Co 触媒との生成メカニズムの違いについて考察した。

実験方法

BN 粉末と酢酸コバルト、および酢酸イリジウムを混合、焼成したのちペレット成型し、XAFS 測定用試料とした。本試料をホットウォール型 CVD 装置に導入し、成長温度 800°C、成長時間 10 分と固定して Ar/H₂ 1000 sccm とエタノールガス 100 sccm を供給し SWCNT 成長を行った。昇温時と成長中に Co K 吸収端および Ir L₃ 吸収端の XAFS 測定を行い、得られたスペクトルを LCF 法により解析した。また、XAFS 測定後の試料を Raman, TEM, および SEM を用いて評価を行った。

結果と考察

Co および Ir 触媒を Ar/H₂ 雰囲気下で SWCNT 成長温度まで昇温したときの XAFS スペクトルの温度変化を Fig. 1(a), (b)に示す。どちらも昇温につれて触媒が還元していく様子がみられたが、LCF 法による解析から、Co 触媒の場合、炭酸化合物の組成が変化していくのに対し、Ir 触媒では 300°C 以上では、ほぼ金属状態となること

がわかった。また、SWCNT 成長中、Co は炭化状態となったのに対し、Ir は金属的な状態を保っていた。以上から、Co と Ir では SWCNT 成長過程における触媒の化学状態に顕著な違いがあることがわかった。両触媒では、異なる成長モードにより SWCNT 生成が生じていると考えられる。

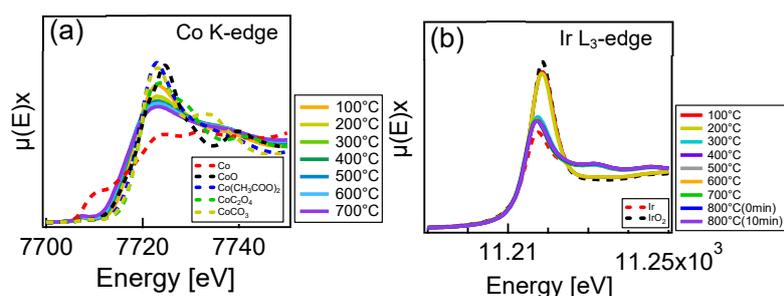


Fig. 1 *In situ* XAFS spectra of (a) Co and (b) Ir catalysts during temperature rise.

謝辞

本研究の一部は私立大学研究ブランディング事業“新規ナノ材料の創製による名城大ブランド構築プログラム”, 科研費基盤研究(B) 19H02563, および文科省ナノテクノロジープラットフォーム事業(分子・物質合成)の支援を受けて行なった。

参考文献

- [1] 柄澤他, 2021 年応用物理学会秋季学術講演会 23p-P13-2.
[2] T. Maruyama et al. Appl. Surf. Sci. 509 (2020) 145340.