

Fe と Al 源の気相供給による 14cm 長 カーボンナノチューブフォレストの成長

14-cm-long carbon nanotube forest via in situ supplements of
iron and aluminum vapor sources

○早大理工総研¹, 早大先進理工², 静大工³

○杉目 恒志¹, 佐藤 俊裕², 仲川 黎², 林 竜弘³, 井上 翼³, 野田 優^{1,2}

Waseda Research Institute for Sci. Eng.¹, Dept. Appl. Chem., Waseda Univ.²,

Dept. Elec. and Mater. Sci., Shizuoka Univ.³,

○Hisashi Sugime¹, Toshihiro Sato², Rei Nakagawa¹, Tatsuhiro Hayashi³, Yoku Inoue³, Suguru Noda^{1,2}

E-mail: sugime@aoni.waseda.jp

カーボンナノチューブ(CNT)はその優れた特性から、様々な分野での応用が期待される材料である。CNT が高い数密度で成長した CNT フォレストの成長は、長さや数密度などの点から実用化において重要な手法である。これまで1本のCNTにおいては最長で50 cmのものが報告されていたが[1], CNT フォレストにおいては2 cmが最長であった[2]。長尺化を妨げる原因としてCNTの自発的な成長の停止が挙げられ、その要因の一つとしてCNTの成長中に触媒ナノ粒子が徐々に構造変化を起こすことが知られている[3]。

本研究では、速い成長速度を保ちながら触媒ナノ粒子の構造変化を抑制する成長技術の開発を目的とし、触媒技術と化学気相成長(CVD)法における成長条件の最適化を行った。触媒については、従来のアルミニウム酸化物(Al_2O_3)上のFe触媒に対して、ガドリニウムを微量に添加した触媒を用いた[4]。CVDの成長条件については、基板のみを加熱するコールドガスCVD法を用いた[5]、さらに有機金属のガスを室温で極微量に供給する新たな手法を用いた。成長条件がCNTフォレストの密度に与える影響を詳細に検討することで有機金属ガスの役割を調べた結果、これらのガスが触媒粒子の構造変化を抑制することを見出した。最適条件においては、平均成長速度が $1.5 \mu\text{m/s}$ 、触媒寿命が26時間となり、最終的に14 cmのCNTフォレストの成長に成功した(Fig. 1)[6]。

[1] R. Zhang et al., *ACS Nano* **7**, 6156 (2013). [2] W. Cho et al., *Carbon* **69**, 609 (2014). [3] H. Sugime et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **6**, 15440 (2014). [4] H. Sugime et al., *ACS Nano* **13**, 13208 (2019). [5] H. Sugime et al., *Carbon* **50**, 2953 (2012). [6] H. Sugime et al., *Carbon* **172**, 772 (2021).

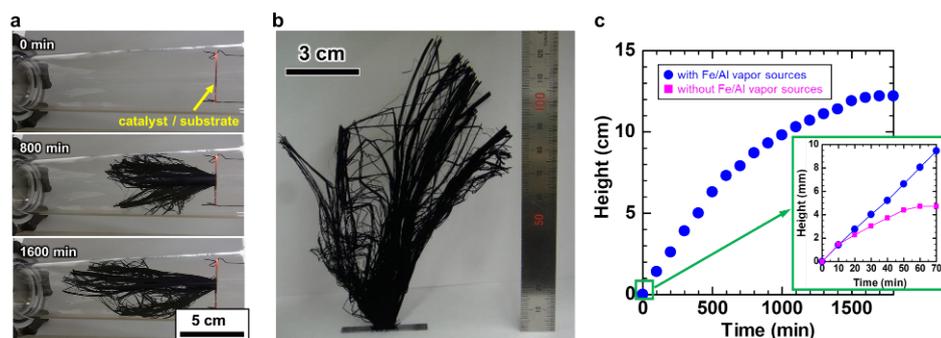


Fig. 1: (a) Pictures of the CNT forest during the growth and (b) after the growth for 32 h. (c) Growth curves of the CNT forests with and without Fe/Al vapor sources.