

14cm 数層 CNT フォレストの引張特性と電気特性

Tensile properties and electrical properties of 14 cm-tall few-walled CNT forest

静大院工¹, 早大先進理工², 早大理工学院³

◦(M2)林 竜弘¹, 中野 貴之¹, 杉目 恒志², 野田 優^{2,3}, 井上 翼¹

Dept. Elec. and Mater. Sci., Shizuoka Univ.¹, Dept. Appl. Chem., Waseda Univ.²,

Waseda Research Institute for Sci. and Eng., Waseda Univ.³

◦Tatsuhiro Hayashi¹, Takayuki Nakano¹, Hisashi Sugime², Suguru Noda², Yoku Inoue¹

E-mail: hayashi@cnt.eng.shizuoka.ac.jp

【はじめに】CNT フォレストの長時間合成において、Fe 触媒の Al₂O₃ 担持層への拡散及びオストワルド プニングが原因となり、CNT は自己成長停止して数 mm 程度の長さとなる。最近 Fe-Gd 触媒を用いた CVD 法により、長尺成長を可能にした CNT が報告された[1-3]。本研究では、Fe-Gd 触媒により達成された高さ 14 cm の連続結晶 CNT フォレストの引張特性と電気特性を調査した。

【実験】CNT フォレストから取り出した 14cm バンドルを直径 30~100 μm のピンホールに通して、断面が真円となる CNT バンドルを成形した。CNT バンドルについて、従来のマクロスケール試験と同様に、ゲージ長 1 cm として引張試験と電気伝導性評価を実施した。Ar 霧囲気下で 2800 °C、1 時間黒鉛化熱処理を施した試料についても同様の測定を行った。

【結果】Fig.1 に示した SEM 像より、超長尺 CNT バンドルは、上部は垂直配向しているが中部はうねりが加わり、下部ではからみが多くなることがわかった。Fig.2 に本研究及び他研究で測定された連続結晶 CNT の公称引張強度と公称ヤング率の比較を示す。14cmCNT の CNT 一本あたりの公称引張強度は 0.54 GPa、公称ヤング率は 48 GPa であった。本結果は、4 mm 長 CNT バンドルの引張特性[4]と同程度である。ただし、電子顕微鏡内での単一 CNT の引張試験の報告値と比較すると低い特性である[5]。これは、CNT 本数や測定長の増加に伴い致命的結晶欠陥量が増加することや、バンドル構造の伸長などが原因であると考えられる。Fig.3 に、熱処理前後における電気伝導特性の変化を示す。黒鉛化により、比導電率は 610 S cm²/g から 1550 S cm²/g、比電流容量は 33000 A cm/g から 39800 A cm/g に向上した。これは、黒鉛化における結晶欠陥の低減によるものと考えられる。一方で、短尺な CNT から構成される乾式紡績を用いた CNT 糸との比較においては、結晶の連続性に関わらず同程度の導電性を示した。このことは、CNT 間接触抵抗より CNT の結晶性が支配的にキャリア散乱に寄与していることを示唆している。

[参考文献]

- [1] W. Cho, M. Schulz, V. Shanov, Carbon **72**, 264, 2014.
- [2] H. Sugime, T. Sato, R. Nakagawa, C. Ceppek, S. Noda, ACS Nano **13**, 13208, 2019.
- [3] H. Sugime, T. Sato, R. Nakagawa, T. Hayashi, Y. Inoue, S. Noda, Carbon **172**, 772, 2021.
- [4] H-I. Kim, M. Wang, S.K. Lee, J. Kang, J-D. Nam, L. Ci, J. Suhr, Sci Rep **7**, 9512, 2017.
- [5] K. Shirasu, G. Yamamoto, T. Hashida, Mater. Res. Express **6**, 055047, 2019.

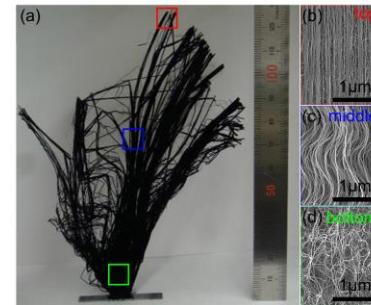


Fig.1 Morphology of ultra-long CNT forest[3]: (a) overall picture (b) top (c) middle (d) bottom

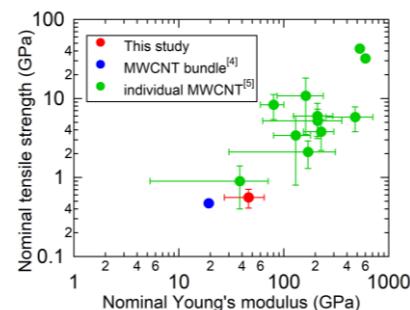


Fig.2 Comparison of tensile properties between ultra-long CNTs and other single CNTs

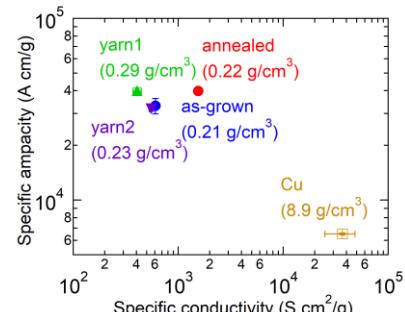


Fig.3 Comparison of electron transport characteristics between before and after graphitization of ultra-long CNTs and other CNTs and copper wire