

カーボンナノチューブの界面構造と熱特性・機械特性の相関

The correlation between interface structure and thermal / mechanical properties of carbon nanotubes

筑波大数理¹, 岡大院自然² ◦四方 諒¹, 鈴木 弘朗², 亀高 諄², 重枝 勇歩², 井上 寛隆²,
矢嶋 渉¹, 前谷 光顕², 田中 佑一郎², 西川 亘², 林 靖彦², 羽田 真毅¹

Univ. Tsukuba¹, Okayama Univ.², ◦Ryo Shikata¹, Hiroo Suzuki², Jun Kametaka², Yuho Shigeeda²,
Hirotaka Inoue², Wataru Yajima¹, Mitsuaki Maetani², Yuichiro Tanaka², Takeshi Nishikawa²,
Yasuhiko Hayashi², Masaki Hada¹

E-mail: hada.masaki.fm@u.tsukuba.ac.jp

カーボンナノチューブ (CNT) は単体では非常に優れた熱特性と機械特性を示す。しかし、CNT 紡績糸のように CNT を無数に束ねた CNT 複合体は、CNT 間の界面構造によりそれらの特性が大幅に落ちることが知られている。そのため、CNT の界面構造と CNT 複合体の特性との相互関係を理解することが非常に重要である。我々は超高速時間分解電子線回折法をジュール加熱前後の CNT シートに行い、加熱後の CNT 界面間のフォノン輸送が向上することを発見した[1]。また、ナノスコピックなフォノン輸送特性の向上は CNT 紡績糸のマクロスコピックな熱伝導率の向上にもつながることを示した[1,2]。この特性向上の起源を解明するために理論計算による界面構造の解析を行うと、CNT 間にあるアモルファスカーボン (*a*-C) が加熱によりグラフェンに変成し、CNT 間の相互作用が π 電子を通して強くなることが分かった。このことから、CNT 界面の構造変化による相互作用の強化は、CNT 紡績糸のマクロスコピックな熱伝導率と機械強度の向上に相関するだろうと考えた。本研究では、我々は様々な温度条件でジュール加熱した CNT 紡績糸の熱伝導率と機械強度を測定した。Fig. 1 の青色でプロットした実効破断応力は CNT 紡績糸の実効的な断面積から再計算した数値である。熱伝導率と機械強度のどちらも *a*-C がグラフェンに変成する約 2100 K から加熱温度に比例して向上がみられた。

また、CNT 紡績糸にラマン分光測定を行ったところ、加熱後はグラフェンに特有な G*ピーク (2400 cm^{-1}) が発現し、さらに G*ピーク強度が Fig. 1 の熱伝導率と機械強度と同じように約 2100 K から加熱温度に比例して強くなることが確認された。すなわち、CNT 紡績糸の熱特性と機械特性の向上は界面構造の変化による相互作用の強化に起因することが示唆された。

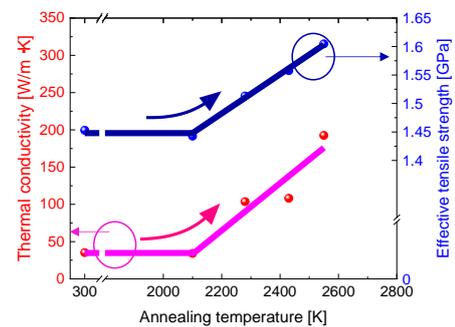


Fig. 1 Thermal conductivity and effective tensile strength of CNT yarns as a function of annealing temperature

[1] M. Hada et al., *Carbon* **170**, 165 (2020).

[2] M. Hada et al., *ACS Appl. Energy Mater.* **2**, 7700 (2019).