# 細径で紡績可能なカーボンナノチューブ一本の機械強度特性

## Mechanical Properties of Drawable with a Narrow Diameter Isolated Carbon Nanotubes

○吉山貴之 [1]，井上寛隆 [1]，白須圭一 [2]，羽田真毅 [1,3]，西川亘 [1]，山下善文 [1]，橋田俊之 [2]，林靖彦 [1]
（岡大院自然 [1]，東北大材強研 [2]，筑波大 [3]）
○Takayuki Yoshiyama[1], Hirotaka Inoue[1], Keiichi Shirasu[2], Masaki Hada[1,3], Takeshi Nishikawa[1], Yoshifumi Yamashita[1], Toshiyuki Hashida[2], Yasuhiko Hayashi[1]
(Okayama Univ. [1], Tohoku Univ. [2], Tsukuba Univ.[3])
E-mail: hayashi.yasuhiko@okayama-u.ac.jp

カーボンナノチューブ（CNT）は，力学的に非常に高い引張強度と大きなヤング率を有することから，無数の CNT を紡いでファイバー状にした CNT 紡績糸の研究が導線や炭素繊維に代わる材料として広く進められている．これまでCNT紡績糸の機械特性として，引っ張り強度 1–1.5 GPa，ヤング率は 10－100 GPa 程度で，期待されている高強度からかけ離れている．そして，これまでも CNT 一本の引張試験が試みられているが[1]，CNT 紡績糸との力学的関連性が明らかにされておらず，特に，細径かつ紡績性を有する一本の CNT の引張試験については報告されていない．

CNT は，その円筒構造を構成するグラフェンの枚数により，単層，二層，多層 CNT に大別され，直径も層数に依らず様々であるが，細径であるほど，一本の CNT 引張試験を行うことは極めて困難である．我々の研究室では，細径（平均 4–5 nm）かつ少ない層数を持つ，紡績可能な CNT の研究を行っている．本報告では，層数が 2–6 層で直径 4–8 nm の一本の CNT の引張試験を試みることで，CNT 紡績糸の機械特性との関連性の検討を行った．

引張試験は走査型電子顕微鏡（SEM）中で行い，CNT の一端を TEM グリッドに，もう片方をカンチレバーの探針部分に固定した．図 1 に引張試験の様子を，表 1 に一本の CNT 引張試験の結果を示す．他の CNT と比べて引張強度は大きく変わらず，ヤング率が低い反面，半数以上で 15–20 % の歪みを示した．単層 CNT の場合 16–23 %程度の歪みを示すことや，透過型電子顕微鏡（TEM）像から CNT の層がリップル状に成長していることも確認されており，細径 CNT では歪みが比較的高く出る可能性が高いことが示唆された．発表では，強度を統計的に記述する Weibull 係数を導出することで CNT と CNT 紡績糸の関連性について報告する．

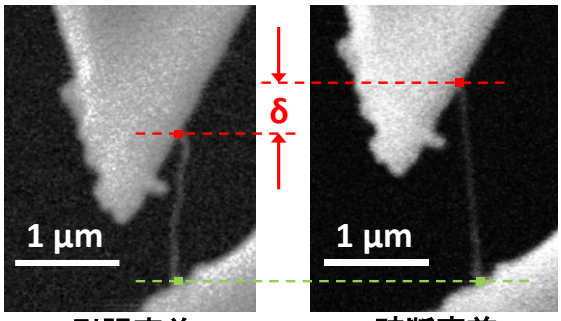


図 1　引張試験の様子

表 1　引張試験結果

| | Young's Modulus [GPa] | Strength [GPa] | Force [μN] | Strain [-] |
|---|---|---|---|---|
| Effective | 161.8 | 19.1 | 0.317 | 0.159 |
| Nominal | 76.9 | 10.5 | | |

[1] T. Kim, A. Hayashi, H, Nikawa, K. Shirasu *et al.*, *JSME* (in Japanese) **84** (2018) 17-00585.