カーボンナノチューブ紡績糸を用いた軽量・高応答人工筋肉の研究開発

Development of Light-Weight and High-Response Artificial Muscle Using Carbon Nanotube Yarn

岡大院自然 [1]，JST-さきがけ [2]　○井上 寛隆 [1]，中條 大樹 [1]，林 拓磨 [1]，飯島 徹 [1]，西川 亘 [1]，羽田 真毅 [1,2]，山下 善文 [1]，林 靖彦 [1]

Okayama Univ. [1], JST-PRESTO[2], °Hirotaka Inoue[1], Daiki Chujo[1], Takuma Hayashi[1], Toru Iijima[1], Takeshi Nishikawa[1], Masaki Hada[1,2], Yoshifumi Yamashita[1], Yasuhiko Hayashi[1]

E-mail: puhx1dtv@s.okayama-u.ac.jp

【はじめに】　カーボンナノチューブ(CNT)をバルクスケールのデバイスへと応用するための技術として，基板上に垂直配向した CNT アレイから直接 CNT を引き出して紡ぎ合わせる乾式紡績法がある．これにより作製される CNT 紡績糸は導電性を有し，柔軟・軽量で，熱伝導性，機械強度に優れた特性を持つため様々なデバイスへの応用が考えられている．また，近年ナイロンを捻りコイル状にしたサンプルを加熱，冷却することで伸縮させることができるという報告がなされ，低コストで軽量な人工筋肉の素材としての利用が期待されている[1]．本研究は，上記のナイロンを利用した人工筋肉に対し熱を与えるヒーター線として，CNT 紡績糸を適用することを目的とし実験を行った．CNT 紡績糸をヒーター線とすることで，人工筋肉の軽量性・柔軟性を損ねることなく，さらに CNT の熱伝導性の良さによって冷却をより高速に行うことができ，人工筋肉の応答をさらに高速化することが可能になると考えた．

【実験】　本研究室で通常作製される CNT 紡績糸の径は 10μm 程度であるので，十分な強度を得るためには複線撚りが必要になる．そこでまず， CNT 紡績糸を複線撚りにする際の回転数を変更した試料を作製し，機械強度においてどのような特徴を持つのか確認した．回転数は 1mm あたり 20 回から 140 回の試料をそれぞれ作製し引張試験を行った．次に実際にコイル状のナイロンに CNT 紡績糸をヒーター線として巻きつけた試料を作製し，電流による引張荷重の変化を引張強度試験機を用いて測定した．

【結果・考察】　Fig.1 に CNT 紡績糸の複線撚りした際の回転数とその機械強度の関係を示す．CNT 紡績糸を撚り合わせる際の回転数が多くなるほど破断応力は小さくなるが，破断ひずみは大きくなることが確認できた．ひずみが大きくなったのは撚りの部分が少しずつずれて伸びることができるためであると考えられる．複線を撚り合わせることは耐荷重を大きくするだけでなく，伸縮する人工筋肉へと適用する際に必要な伸び方向への柔軟性も得ることができるということが分かった．次にコイル状ナイロン糸に CNT 紡績糸を巻きつけた試料と電流による引張荷重の変化を Fig.2 に示す．電流による CNT 紡績糸の温度変化に比例して，コイル状ナイロンが収縮する方向に力が加わっていることが分かり，この試料は熱により引張方向の力を生み出すデバイスとして問題なく動作するということが確認できた．

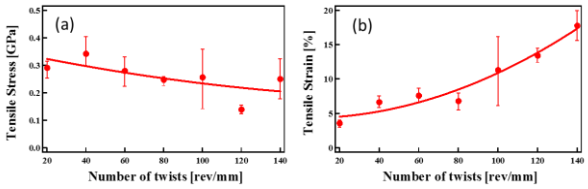

Fig.1 Relationship between number of twist and (a) tensile stress, (b) tensile strain

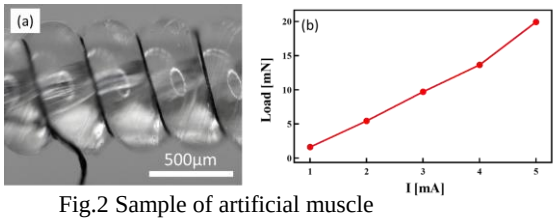

Fig.2 Sample of artificial muscle
(a) Optical microscope image
(b) Relationship between current and load

[1] C.S.Haines et al., Science, 2014, vol.343, No.6173, pp.868–72.

© 2017年 応用物理学会