# CNT 紡績糸の熱伝導率におけるポリマー添加と延伸の効果

## Influence of polymer addition and stretching on thermal conductivity of CNT yarn

奈良先端大物質創成 ○山本 貴洋, 関本 祐紀, 阿部 竜, 岡本 尚文,
鄭 敏喆, 小島 広孝, 辨天 宏明, 中村 雅一
NAIST T. Yamamoto, Y. Sekimoto, R. Abe, N. Okamoto,
M.-C. Jung, H. Kojima, H. Benten, M. Nakamura
E-mail: yamamoto.takahiro.yk5@ms.naist.jp

**背景**　近年、電子機器の高性能化に伴い、微細化により集積度が増加し熱抵抗の上昇や放熱経路の縮小から熱量の増加が問題となっている。そのため、より高性能な放熱対策が求められている。放熱性能が高い材料としてカーボンナノチューブ（CNT）が注目され、その性能に直結する熱伝導率を向上させる研究が近年盛んに行われている。我々もこれまで CNT 紡績糸を作製し、その熱伝導率を評価してきた[1,2]。CNT 紡績糸の熱伝導率を向上させるためには、CNT 紡績糸を構成する CNT バンドルの配向を揃え、CNT 紡績糸内の空隙率を少なくし高密度化する必要がある。先行研究[1]より、バインダーとなるポリマーの添加によって大きな熱伝導率の変化が見られた。

そこで、本研究では、バインダーの分子量が CNT 紡績糸の熱伝導率にどのように影響するか調べ、最適なポリマーの長さを明らかにするため、熱伝導率が最も高くなる CNT 原料・バインダーの最適な種類を導き出し、その後バインダーの分子量依存性を調べた。また、バンドル配向や空隙率を変化させる方法としての CNT 紡績糸に対する延伸の効果を調べるため、引張試験において導電率をその場で測定できる装置を開発した。バンドル配向や空隙率は、電気伝導と熱伝導に同等の変化を与えると推測されることから、導電率が増大する条件では熱伝導率も増大すると期待される。

**実験方法**　製法の異なる直径 1−3 nm 程度の単層 CNT を原料に用いて、ウェットスピニング法により CNT 紡績糸を作製した[3]。用いた CNT は、産総研斎藤グループご提供の eDIPS 法によるもの(以下、AIST と略する)、名城ナノカーボン製の eDIPS 法による EC1.5（同 MEIJO）、および、OCSIAL 社製 TUBALL（同 TUBALL）である。熱伝導率は、密度・比熱容量・熱拡散率の積より求められる。本実験では密度として光学顕微鏡あるいは SEM で求められた直径と測定された長さ・重さによって計算された嵩密度を用いた。比熱は DSC 法、熱拡散率はスキャニングレーザ加熱 AC 法によってそれぞれ得た。延伸時の導電率は、直径をデジタルカメラで、抵抗を四端子法によって求めて計算した。

**結果**　CNT 原料の種類（AIST, MEIJO, TUBALL）による熱伝導率の比較を Fig.1 に示す。AIST が最も熱伝導率が高くなった。不純物やアモルファスシリコンが少ないことが影響したと考えられる。

延伸による CNT 紡績糸の導電率変化の例を Fig.2 に示す。延伸 1.5%付近で最も導電率が大きくなった。これは CNT 紡績糸により高配向化, 高密度化が起こったためと考えられる。2.5%付近では CNT のパスが切れ，導電率が減少したと考えられる。発表では、より詳細な結果について説明する。

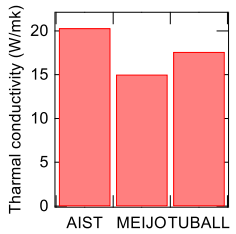
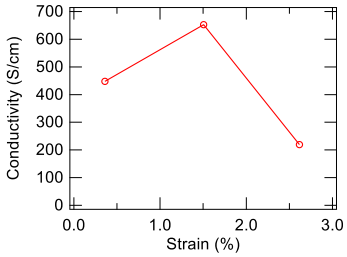



Fig.1 CNT 原料の種類による熱伝導率の違い



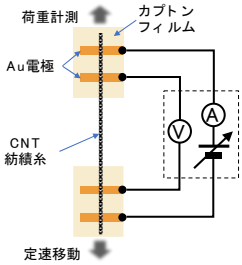




Fig.2 CNT 紡績糸における導電率の延伸による変化(左)と測定系の概略図(右)

[1] 関本他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 19p-C304-6.
[2] 関本他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 14p-P4-16.
[3] M. Ito, T. Koizumi, H. Kojima, T. Saito, and M. Nakamura, *J. Mater. Chem. A* **5**, 12068 (2017).

© 2020年 応用物理学会