

金属並みの熱伝導性を備えたゴム複合材料を開発

産業技術総合研究所（以下「産総研」という）と東京大学は、カーボンナノファイバー（CNF）とカーボンナノチューブ（CNT）の2種類の繊維状カーボンと、環動高分子のポリロタキサンを複合化させて、ゴムのように柔軟で、金属に匹敵する高い熱伝導性を示すゴム複合材料を開発した（図1）。その結果、CNFの配列方向では14 W/mKという高い熱伝導性を示し、柔軟性を併せ持つゴム複合材料を実現した。今回開発したゴム複合材料は、フレキシブル電子デバイスの熱層間材や放熱シート、放熱板などへの応用が期待される。

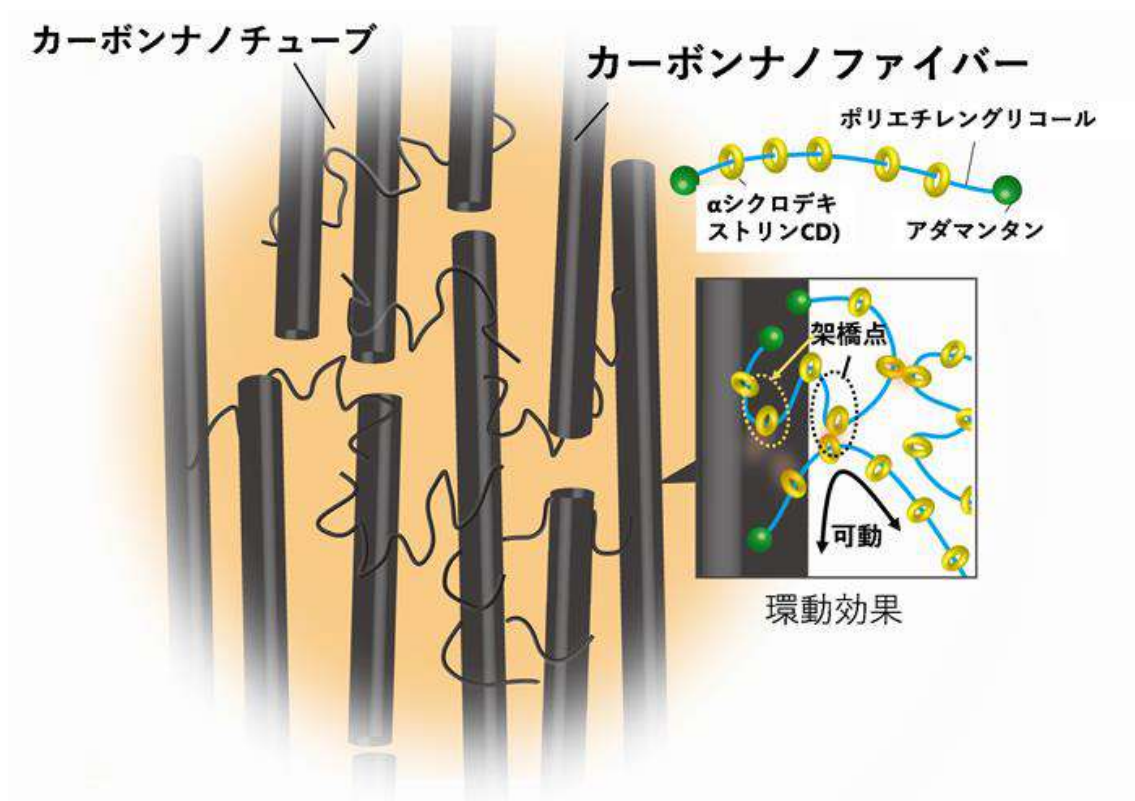


図1 CNFを配列させた高熱伝導性ゴム複合材料の模式図

今回開発したゴム複合材料は、ポリロタキサン中に、フィラーとしてサイズの異なる2種類の繊維状カーボン（CNFとCNT）を分散させた。CNFは太さ200 nm、長さ10～100 μm 、CNTは太さ10～30 nm、長さ0.5～2 μm であった。ゴム材料への繊維状カーボンの分散性の改善と、複合材料中の熱伝導ネットワークの形成が高い熱伝導性のカギと考えられている。分散性改善のためCNFとCNT（CNF：CNT重量比9：1）を塩化ナト

リウム水溶液に分散し、独自に開発した流通式水中プラズマ改質装置を通して表面改質を行った。

次に、表面改質した CNF/CNT 混合物を溶媒（トルエン）中でポリロタキサン、触媒、架橋剤と混合したのち、交流電界処理用容器に入れ、交流電界をかけながら架橋反応させてゲルを作製した。得られたゲルをオーブンで加熱して溶媒を取り除き、フィルム状の複合材料を得た。

今回開発した複合材料内部の電子顕微鏡像を図 2 に示す。表面改質により、まゆ状の凝集体がほぐれ、加えた電界の方向に CNF が配列していた。さらに、配列した大きな CNF に小さな CNT が巻き付き、CNF 間をつなぐように分散していた。この少量の CNT が CNF 同士をつなぐことで複合材料全体にわたる熱伝導のネットワークが形成され、高い熱伝導性が実現したと考えられる。

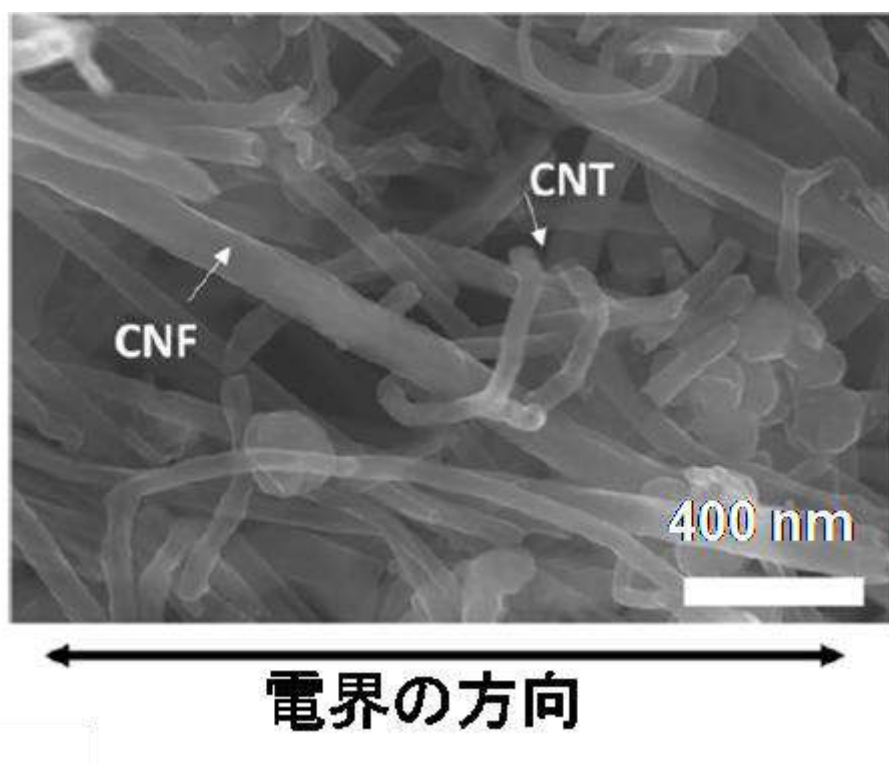


図 2 今回開発したゴム複合材料の CNF と CNT の配列分散の様子（電子顕微鏡像）

繊維状カーボンを 50 wt % 加えても高い柔軟性を示し、繰り返し変形しても脆化を起こさなかった。これは、繊維状カーボンとポリロタキサンの環状分子が架橋し、環状分子が動くことで、高い柔軟性を維持し、脆化を抑制していると考えている（図 3）。



図3 開発したゴム複合材料の外観

今回開発したゴム複合材料を星印、以前に開発した窒化ホウ素を用いたゴム複合材料を丸印で示してある (図4)。緑色の四角い領域は、フレキシブル電子デバイス用基板材料を想定した開発目標である。水中プラズマで表面改質した繊維状カーボンを用いることで、窒化ホウ素系より熱伝導率は1桁高く、ヤング率の低い (より柔らかい) ゴム複合材料が得られた。フレキシブル電子デバイスの熱マネジメント材料として実用可能なレベルに到達していると考えている。

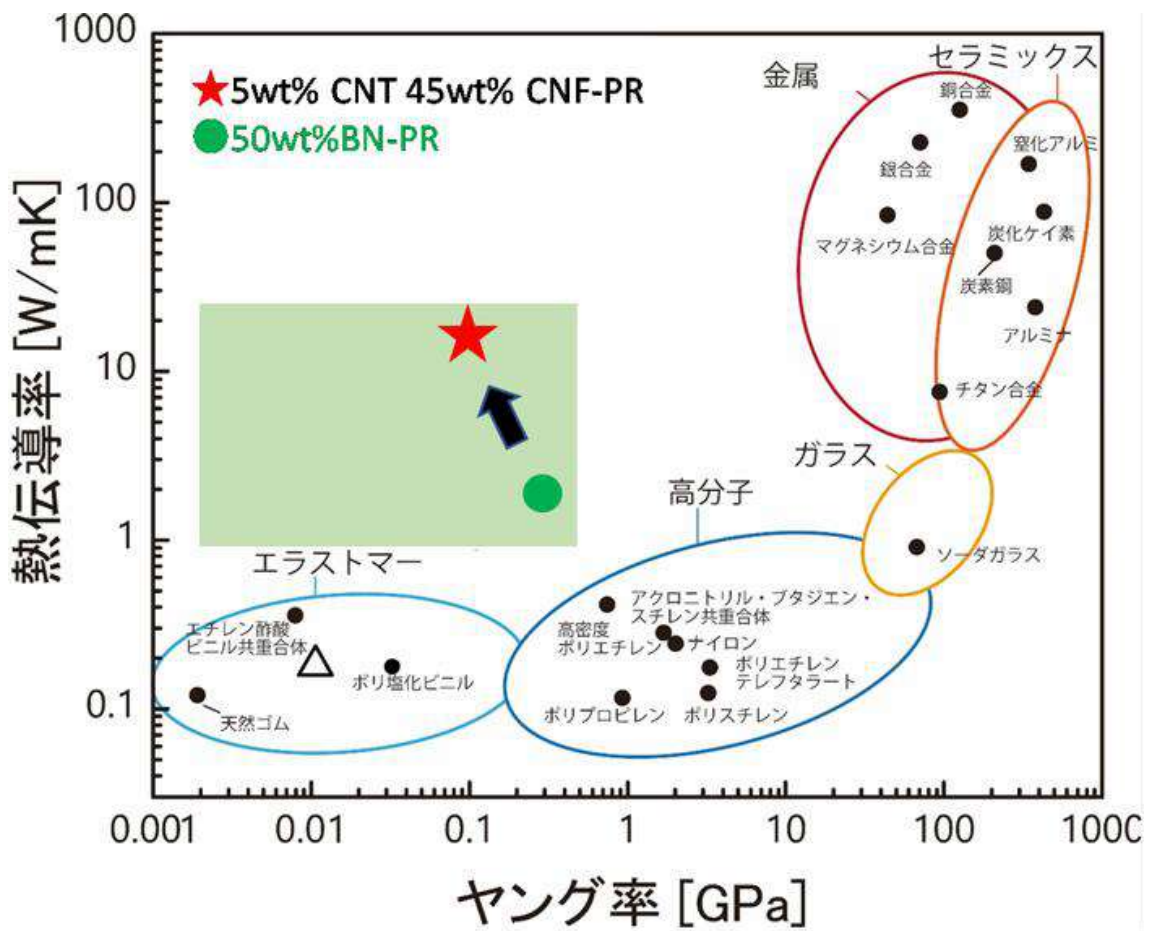


図4 さまざまな材料のヤング率と熱伝導率の関係

日文发布全文

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200217/pr20200217.html

文: JST 客观日本编辑部编译