環動高分子とプラズマ表面改質カーボンナノファイバー・カーボンナノチューブを用いた柔軟・強靭・高熱伝導複合材料の創出

Development of thermally conductive tough flexible elastomers as composite of slide-ring polymer and plasma-surface-modified carbon nanofiber/carbon nanotube

東大新領域 [1], 産総研 [2] 学術振興会特別研究員 [3] ○(DC) 後藤拓 [1,2,3], 伊藤剛仁 [1], 眞弓皓一 [1],前田利菜 [1], 畠山一翔 [2], 清水禎樹 [2], 伊藤耕三 [1], 伯田幸也 [2], 寺嶋和夫 [1,2]

Taku Goto[1,2,3], Tsuyohito Ito[1], Koichi Mayumi[1], Rina Maeda[1], Kazuto Hatakeyama[2], Yoshiki Shimizu[2], Kohzo Ito[1], Yukiya Hakuta[2], Kazuo Terashima[1,2]

Univ. of Tokyo [1], AIST [2], JSPS research fellow[3]
E-mail: goto@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

近年のフレキシブルデバイスの発展により、機能性（導電性, 誘電性, 熱伝導性等）と柔軟性を両立した材料が求められている。例えば、IC 機器の発展に伴う発熱量の増加により、需要が高まる熱層間材料やエレクトロニクス放熱基板においては、熱伝導性と柔軟性を両立した材料が求められている。そのような材料を実現するために、硬い高熱伝導性の無機物質（フィラー）と柔軟なエラストマー材料（ゴム材料）を複合化することで柔軟性と熱伝導性を両立させる研究が行われている。ゴムと熱伝導無機材料の複合材料において、高熱伝導率（>1 W/mK）を実現するためには熱伝導性の無機物を数十 wt.%添加する必要があるが、多量の無機材料を添加すると、複合材料は強度の低下等の脆化をおこす。従来の複合材料においては機能性と機械特性はトレードオフ関係にある。我々は、上記トレードオフ関係を打破すべく、可動な架橋点を有する柔軟かつ強靭な環動高分子(Slide-ring elastomer; SR)と、プラズマ表面改質により SR との相溶性ならびに粒子分散性を向上させた熱伝導性無機粒子を複合化することで熱伝導性・柔軟性・靭性を両立した新規複合材料を創出してきた。[1,2]

本研究では、環動高分子とプラズマ表面改質熱伝導性無機粒子の複合材料において、さらなる熱伝導性を付与するために、熱伝導性無機粒子としてカーボンナノファイバー(CNF)ならびにカーボンナノチューブ(CNT)を用いたプラズマ表面改質 CNF/CNT/SR 複合材料を開発した。プラズマ表面改質 CNF を用いた CNF/ SR 複合材料においては、未改質の CNF を用いた複合材料と比べ熱伝導率が約 1.8 倍に向上した。プラズマ表面改質により CNF の SR 中での分散性が向上し、ファイバー間の熱伝導パスが増加したことに起因すると考えられる。さらに、プラズマ表面改質 CNT を少量添加することによって、未改質の CNF を用いたものと比べ熱伝導率が約 2.5 倍に向上した。CNF 間を CNT がつなぐことにより熱伝導パスが増え、熱伝導が向上したものと考えられる。加えて、未改質 CNF/CNT/SR はもとの SR よりも強度や靭性が低下し脆化を起こすのに対し、プラズマ表面改質 CNF/CNT/SR においては脆化をおこさず、機械特性と高熱伝導性を両立するという成果を得た。

発表においては、本内容の詳細に加え、現在すすめている CNF/CNT の SR 中での組織制御によるさらなる熱伝導性の向上についても報告する予定である。

[1] Goto, Taku, et al. *Applied Physics Letters* 112.10 (2018): 101901.

[2] 後藤拓, et al. *日本金属学会誌* (2018): JAW201809.