

熱源温度の動的制御を可能にするエラストマー炭素繊維複合材料

(理科大院・工) ○大友勇生、(大分高専) 安部紳一郎、常安翔太、
(理科大院・工) 上谷幸治郎

1. はじめに

バッテリーやセンサーの可逆的な温度管理、熱エネルギー貯蔵などへの応用に向けて、同一材料の中で伝熱特性を可逆的に変化させる伝熱可変材料が志向されている¹⁾。例えば既報²⁾の伝熱可変材料では、熱伝導率の変化率が最大約 750%と大きいものの、実際の熱源温度を動的に制御した事例は報告されていない。熱源温度の動的制御を可能にするためには、高熱伝導性と伝熱可変性を合わせ持つ材料の開発が重要となる。我々は、一軸配向させた炭素繊維 (CF) をエラストマー母材に充填した複合材料を伸縮することで、CF の配向性が可逆的に変化することを見出した³⁾。この CF 配向変化により、本複合材料は顕著な伝熱異方性ならびに熱伝導率の可逆変化を示した³⁾ことから、実際の熱源温度を動的に制御することが可能であると見込まれた。そこで本研究では、本複合材料上に熱源を形成し、伸縮操作に伴う動的な温度制御を実証することを目的とした。

2. 実験内容

エラストマー前駆体 (Ecoflex 00-30, Smooth On Inc.) に長さ 1 mm の CF (K13D2U, 三菱ケミカル株式会社) を重量比 10% となるように添加し、攪拌して均一混合物を作製した。この混合物を用いて 3D パターニング処理し、CF が一軸配向した 9 cm × 10 cm のエラストマー複合材料を作製した。この複合材料から 3 cm × 4 cm の試験片 (AD-45) を切り出した。この時、AD-45 の長辺方向と CF 配向軸のなす角を 45° とした。AD-45 に強力白色光を照射することで光熱変換による疑似熱源を形成し、未延伸ならびに 2 倍延伸状態で温度分布を赤外線サーモグラフィにより測定した。次に、2 倍延伸状態で AD-45 を室温から昇温させ、未延伸状態の到達温度 (60°C) まで昇温した後未延伸状態に戻す、という伸縮操作により熱源温度の動的制御性を検証した。

3. 結果と考察

AD-45 の未延伸および 2 倍延伸状態でサーモグラフィ画像を図 1a および 1b に示す。未延伸状態では 45° 方向に顕著な熱拡散を示した一方、2 倍延伸状態はその角度がおよそ 30° 方向に変化した。これは伸縮に伴い炭素繊維の配向方向が変化し、面内方向の熱拡散率が変化したこと起因する。加熱開始からの AD-45 の温度変化を経時的に測定した結果を図 1c に示す。未延伸状態の加熱に伴う到達温度は約 60°C であり、2 倍延伸状態での到達温度はおよそ 66°C であった。また、未延伸状態の AD-45 が 60°C に達するまでの到達時間は約 300 秒であった。

次に、2 倍延伸状態で 60°C まで昇温させた後に未延伸状態に戻すという伸縮操作を行ったところ、未延伸状態での到達温度である 60°C で昇温が停止した。さらに、60°C に到達するまでの時間が約 150 秒となり、伸縮操作を行わない場合より顕著に短縮されることが判明した。すなわち、AD-45 は、伸縮による CF の配向変化により昇温速度と定常状態への到達時間を動的に制御できる材料であることが判明した。

4. 参考文献

- 1) Zheng, R. *et al. Nat. Commun.* **2011**, 2, 289.
- 2) Bartlett, M. D. *et al. Proc. Natl. Acad. Sci.* **2017**, 114(9), 2143–2148.
- 3) Otomo, Y. *et al. Polymer Preprints, Japan* **2023**, 72(2), 3V03.

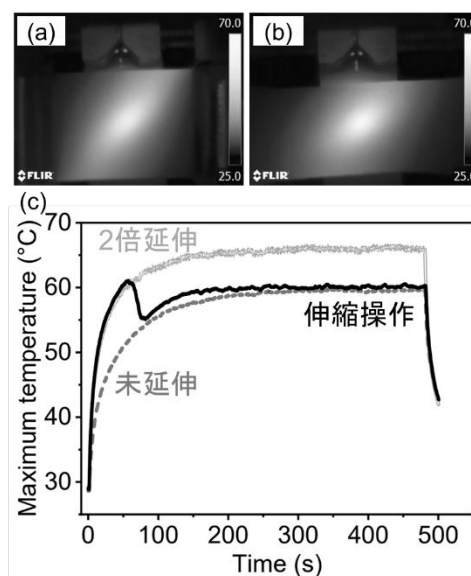


図 1. (a) 未延伸、および (b) 2 倍延伸した AD-45 の加熱試験におけるサーモグラフィ画像。(c) AD-45 の各延伸状態および伸縮操作における温度変化。

Elastomeric carbon fiber composites for dynamic control of heat source temperature. Yuki OTOMO¹, Shin-ichiro ABE², Shota TSUNEYASU², Kojiro UETANI¹: ¹Graduate School of Engineering, Department of Industrial Chemistry, Tokyo University of Science, 6-3-1 Nijjuku, Katsushika-ku, Tokyo 125-8585, Japan, ²National Institute of Technology, Oita college, 1666 Maki, Oita City, Oita 870-0152 Japan, ¹Tel: 03-5876-1651, E-mail: uetani@ci.tus.ac.jp