

# 研究助成研究成果報告書

令和 2年 5月 3日

公益財団法人江野科学振興財団  
理事長 江野真一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について下記のとおり報告します。

申請者名

上谷 幸治郎 印

記

## 1.研究課題名

和文 粘弾性素材における刺激応答型伝熱機能の解明
英文 Stimuli-responsive thermal conductivity on the viscoelastic materials

## 2.申請者名(代表研究者)

氏名 上谷 幸治郎	ローマ字表記 Kojiro Uetani
所属大学・機関名 大阪大学	英訳表記 Osaka University
学部・部課名 産業科学研究所	英訳表記 The Institute of Scientific and Industrial Research
役職名 助教	英訳表記 Assistant Professor

## 3.共同研究者 (下段 英訳表記)

氏名	所属機関名・学部名・役職
(氏名) ----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名) ----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名) ----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名) ----- (英訳表記)	----- (英訳表記)

#### 4.英文抄録（300 語以内）

Unprecedented thermal control technology is required to solve the problems of energy conservation and heat generation in next-generation electronics and automotive electrical components simultaneously. It is considered to be important to have a variable heat transfer performance where a single member modulates the heat flow and switches between adiabatic heating and cooling, rather than the conventional heat transfer or adiabatic design. However, in order to achieve variable heat transfer performance in bulk scale materials, it is necessary to change the internal structure of the material by large stimuli such as phase transitions due to large temperature changes, chemical reaction treatments, large deformations, and applied magnetic fields. Therefore, the search for materials and mechanisms that can provide variable heat transfer performance with simpler and smaller stimuli has been a major challenge for practical use.

We focused on viscoelastic materials with high internal degrees of freedom. Conventional heat transfer materials, such as metals and ceramics, are mostly high-elasticity materials, but they have low internal degrees of freedom for reversible control of heat transfer properties. On the other hand, viscoelastic materials, such as polymers, have large internal degrees of freedom, including elemental interfaces and molecular chain motion, and have a high degree of room for variable heat propagation. In particular, the simplest external stimulus, mechanical displacement, was considered to be capable of generating large internal structural changes and to control the heat transfer behavior. This study aimed to demonstrate the variable heat transfer performance by applying simple mechanical displacement to the film material "nanopaper" densely packed with cellulose nanofibers as a viscoelastic material with heat transfer properties and measuring the change in thermal diffusivity. The stress relaxation under constant displacement was analyzed, and the change in deformation mode and heat transfer property was contrasted to demonstrate the unique thermal function of viscoelastic materials.

#### 5.研究目的

次世代エレクトロニクスや車載電装部品の省エネと発熱問題を同時に解消するため、従来にない熱制御技術が求められる。従来の伝熱あるいは断熱のみを一義的に行う熱設計ではなく、単一の部材が熱の流れ方を変調させ、断熱昇温と放熱冷却を切り替える可変伝熱性能が重要と考えられている。しかし、バルク規模の材料で可変伝熱性能を発現するためには、大幅な温度変化による相転移や化学反応処理、大変形、磁場印加など、大きな刺激によって材料の内部構造を変化させる必要があった。そのため、実用に向けてはより単純かつ小さな刺激によって可変伝熱性能を発揮する材料ならびに機構の探索が課題となっていた。

本研究では、内部自由度が高い粘弾性材料に着眼した。金属やセラミックスに代表される従来の伝熱材料は高弾性材料がほとんどであるが、伝熱性を可逆制御するには内部自由度が低いという問題があった。一方、高分子に代表される粘弾性素材は要素界面や分子鎖運動を含む大きな内部自由度を有し、熱の伝搬を可変する余地が高い。特に、最も単純な外的刺激である機械的変位を与えた場合、大きな内部構造の変化を生起可能であり、伝熱挙動を制御できる可能性が高いと考えられた。そこで本研究では、伝熱性を有する粘弾性材料として生物由来のセルロースナノファイバーを高密度に集積したフィルム素材「ナノペーパー」に機械変位を加え、熱拡散性の変化を実測することで、可変伝熱性能を実証することを目的とした。このとき、一定の変位を保持した場合の応力緩和を解析し、変形モードと伝熱性の変化を対比させることで粘弾性材料特有の熱機能発現を実証することを目指した。

## 6.研究内容及び成果の本文

別紙に作成添付してください。(冒頭に所属、氏名、研究課題を記載ください)

## 7.今後の研究の見通し

本研究では、粘弾性材料とくにセルロースナノペーパーで可変伝熱性能を実証した。ナノファイバー界面のダイナミクスと熱拡散性が密接に関連していることを粘弾性緩和解析から明らかにした。この知見は、セルロースナノペーパーのみならず粘弾性を顕著に示す高分子材料に広く適用可能であると見込まれる。今後、さらに内部自由度が高い高分子系材料に展開し、さらに高機能な伝熱機能の開拓を見込む。特に、巨視的な形状・状態の変化を伴わずに伝熱機能を発現するには、構成要素界面の設計が特に重要であることが判明している。また、実用性を見越したとき、絶縁材料によるフォノン性伝熱が重要となることから、高分子系材料は更に重要度を増す。無機フィラーとの複合材料や多界面材料において、界面制御による内部自由度の向上を目指し、ベースとなる熱伝導性の底上げと可変伝熱性能のより高度な制御性を実現することを目指す。

## 8.本助成金による主な発表論文、著書名

K. Uetani, S. Izakura, H. Koga and M. Nogi, "Thermal Diffusivity Modulation Driven by the Interfacial Elastic Dynamics Between Cellulose Nanofibers" *Nanoscale Adv.*, **2020**, 2, 1024-1030.  
(Outside front cover に選出)

井櫻勝悟、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也「バルク材料の伝熱性変化と力学ひずみ量における相関解明」第 80 回応用物理学会秋季学術講演会、19p-E214-9、札幌、2019 年 9 月 19 日

Kojiro Uetani, Shogo Izakura, Keitaro Kasuya, Hirotaka Koga, Masaya Nogi, From ground to space: Performance enhancement of heat transfer cellulose, The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium, Awaji Yumebutai International Conference Center、兵庫、2020 年 1 月 9 日

[注 1] 本報告書は、助成金を受けた翌年 9 月末までに必ず提出してください。

[注 2] (お願い)印刷物の郵送と電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。< E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com >

[注 3] この報告書を当財団のホームページに掲載させていただきますので、予めご了承ください。

※当財団へのご意見・ご要望がございましたら、下記へご記入ください。

お寄せいただいたご意見・ご要望は今後の参考にさせていただきます。

この度は、貴財団研究助成（田中ゴム科学技術賞）のご支援を賜り、大変有難うございました。お陰様で、金銭的に困難であった測定系の構築が可能となり、研究課題を遂行することが出来ました。本成果を元にさらなる研究を進めていきたいと存じます。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以上