

熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御
2019 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

石井 智

物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点
主幹研究員

光と構造制御による温調機能の開拓

§ 1. 研究成果の概要

本課題では、波長以下の微細構造によって実効的な光学特性と伝熱特性を得ることで、ふく射吸収による加熱(光熱変換)と光放射による冷却(放射冷却)を制御し、それによってふく射の伴う熱輸送の機能開拓に資することを目指している。以下、それぞれの進捗について以下に概説する。

【光熱変換】

光吸収が高く受光部のみ局所的に加熱できる微細構造を開発することを目指した。このような構造ができると、光熱変換による加熱を使ったバイオセンシングなどに応用されることが期待される。今年度は微細加工による構造制御のしやすい物質としてシリコンを採用し、ピラーとホール大きさや周期、高さが異なる構造を多数作製し、それら周期微細構造が光吸収と熱伝導にどのように影響を与えるのか、実験と数値計算から検証した。その結果、微細構造の1周期分の構造を均質化して求めた実効的熱伝導率は、実験結果をよく説明できることが分かった。そのため、今後はこの均質化モデルを用いることで微細構造の光熱変換を精度よく予測できるようになった。特にピラー構造に関しては、ピラーの断面が小さいとき小さな実効的熱伝導率を持ち、そのことが光熱変換による大きな昇温に繋がっていることを明らかにした。

【放射冷却】

日中太陽が出ていても放射冷却によって受動的に冷却できる表面構造をガラスとアルミを使って開発し、それを熱電素子の上に乗せることで一日中温度差を得て24時間熱電発電できるモジュールを開発した。2020年度はその伝熱解析を行い、2019年度の実験結果の妥当性を検証した。また、共同研究で屋内の熱を効率よく屋外に放射できる日中放射冷却構造の開発も行い、その実証に成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Satoshi Ishii, Thang Duy Dao, Tadaaki Nagao. Radiative cooling for continuous thermoelectric power generation in day and night. *Applied Physics Letters*. 117 [1] (2020) 013901.
- 2) Se-Yeon Heo, Gil Ju Lee, Do Hyeon Kim, Yeong Jae Kim, Satoshi Ishii, Min Seok Kim, Tae Joon Seok, Bong Jae Lee, Heon Lee, Young Min Song. A Janus emitter for passive heat release from enclosures. *Science Advances*. 6 [36] (2020) eabb1906.