

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

2021 年度 年次報告書
------------------

櫻井 篤

新潟大学 工学部  
准教授

遠方場 Super Planckian 熱ふく射輸送の可能性

## § 1. 研究成果の概要

全物質の中で最も理想的な熱ふく射は黒体放射によって行われ、そのエネルギー輸送量の最大値は Planck's Law に従うが、遠方場において黒体放射限界を超えられるかどうかは未解明であった。そこで本研究の目的は、遠方場 Super Planckian 熱ふく射輸送について理論・実験の両面から解明し、その学理を構築することである。

まず、数値解析による研究では、揺動電磁気学シミュレーション法を用いることにより、高温側エミッター(黒リン)からの非平衡発光を解析して、遠方場への光エネルギーの輸送について解析を行った。本研究では、近年、特徴的な発光特性を持つ二次元材料として注目される黒リン(black phosphorus, BP)をエミッターとして採用することを提案した。BP 発光体に印加する化学ポテンシャルを大きくすると、BP バンドギャップより短い波長域の遠距離スペクトルエネルギーフラックスが増加し、黒体限界を超えることができている<sup>1)</sup>。

次に、実験研究では、前述したように黒リンのような半導体の二次元材料を用いることで効率良く光エネルギーを伝達できる可能性が示されたが、実証実験を行うにあたって黒リンは大気中での取り扱いが難しく、そもそも赤外発光測定が難しいという課題がある。そこで、黒リンエミッターを扱う前の準備実験として、二次元材料の1つであるグラフェンに着目した。このグラフェンにおいては、電氣的にフェルミエネルギーを変動させることで熱ふく射を伴った非平衡発光が生じることが予測できるが、その発光メカニズムについても必ずしも明らかになってはいない。そのため、準備実験という位置付けでありながらも、学術的に意義のある実験となっている。本研究では、グラフェン FET デバイスとゲート電圧の関係を調べ、ゲート電圧によって変化したフェルミエネルギーごとの発光測定に成功した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Non-equilibrium mid-infrared black phosphorus light emitter and absorber for thermophotonic applications”, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol. 288, p. 108271, 2022.