

『サーマルフォトンクス』

新潟大学 工学部 工学科 機械システムプログラム

櫻井 篤

大学および研究室の概要

新潟大学は、新潟県新潟市に位置する本州日本海側においては最大規模の総合国立大学です。前身となる旧制新潟医科大学と旧制新潟高校を核に設置され、令和 6 年をもって創立 75 周年を迎えることとなります。地元の人々は「新大（しんだい）」と呼びますが、他県ではあまり通じないようです。

特色のある研究センターとして「日本酒学センター」があります。教養科目「日本酒学」では授業中に「きき酒」が出来たり、酒造見学に行ったりするなど大人気科目となっています。こんな楽しい教育や研究をするなんて…私がこの大学を好きな理由の一つです(図 1)。

さて私の研究室は 2008 年、新潟大学に助教として着任したとき、当時の学科長から研究室に名前をつけて良いと言われ、戸惑いながらも『光エネルギー工学研究室』と名付けました。当時の学科では何故か助教の私を独立 PI として認めて下さいました。がらんとした小さな実験室に、机が 2 つと卒研究生 2 人だけという状況からスタートした通称「光研（ひかりけん）」、徐々に研究資金を集め、設備を揃え、好きな研究を自由にやらせてもらいながら、15 年の年月をかけて現在では、大学院生 10 名、学部生 8 名の大所帯となりました(図 2)。

最近の研究テーマは、熱工学とフォトンクスを融合した「サーマルフォトンクス」に集中しています。研究のベースとなるのは「ふく射輸送」や「ふく射物性」です。特にふく射物性では、熱エネルギーと光エネルギーの関連性について、より深く学んでいくうちに、フォトンクスと熱工学の境界領域の研究を行うという戦略に変遷してきました。

詳細は是非、研究室 HP (<http://www.eng.niigata-u.ac.jp/~rad/index.html>) を御覧頂けましたら幸いです。



Fig. 1 日本酒学センターHP
(<https://sake.niigata-u.ac.jp/>) より



Fig. 2 2023 年春の研究室メンバー

研究紹介

熱ふく射の研究分野では、10年ほど前からメタマテリアルと呼ばれる人工超物質を用いて熱ふく射制御を行う研究が盛んになってきました。図3は、メタマテリアルの2次元バージョンであるメタサーフェスを用いた熱ふく射制御の概要図です。個々の金属パターンがメタ原子として働き、特定の波長帯でのみ熱ふく射を放射することができます。最近では、JAXA 宇宙研の太刀川先生と共同で、宇宙機用ラジエータとしての応用を考えています(図4)。メタサーフェスの研究では、材料の組み合わせや構造パラメーターの候補数は無限に近く、最適設計には課題がありました。そこで、超狭帯域熱ふく射エミッターの設計に機械学習を用いることで解決するアイデアを提案しました(図5)。

一方、メタサーフェスを使ったとしても熱ふく射エネルギー輸送量は、黒体放射限界に制限されるという大きな問題が残っていました。私たちは最近、ふく射の非平衡性に注目したサーマルフォトンクス発電の研究を行っています(図6)。これは、光起電力セルの生成電力の一部を非平衡エミッターの駆動電力として使うというある種の熱機関として動作します。サーマルフォトンクス発電は、比較的低温(200°C以下)の排熱エネルギーを回収できる新しい発電システムとして期待されています。

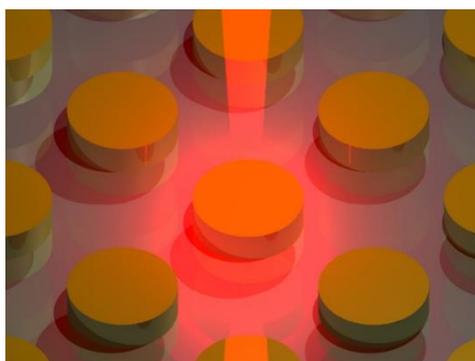


Fig. 3 メタサーフェスによる熱ふく射制御



Fig. 4 熱ふく射メタサーフェスの宇宙応用 (画像: JAXA)

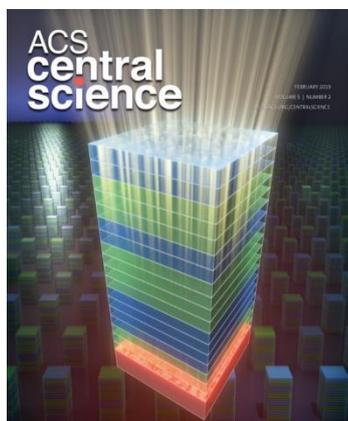


Fig. 5 機械学習によるメタサーフェスの最適設計 (画像: ACS Central Science)

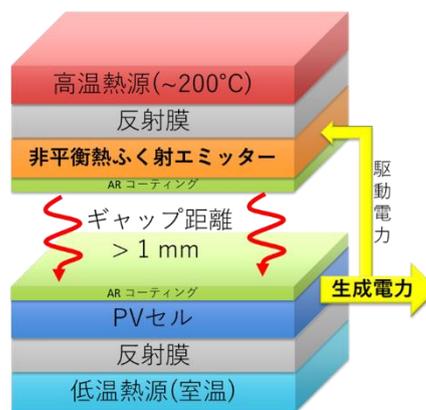


Fig. 6 サーマルフォトンクス発電