

センサ用独立電源として活用可能な革新的熱電変換技術の開発と展望

Development and outlook for revolutionary thermoelectric technology to autonomously power sensors

○森 孝雄^{1,2} (1. 物材機構、2. 筑波大学)

○Takao Mori^{1,2} (1.NIMS, 2.Univ. Tsukuba)

E-mail: MORI.Takao@nims.go.jp

Society 5.0を支えるトリリオン（一兆個）と言われるIoTセンサー・デバイスの自立電源の開発は急務であり、熱電材料活用は良い候補である[1]。まずはじめに、高性能が求められるが、パラドクシ的な物性の要請があり、我々はそれを凌駕するために高性能化の新原理の開発をしている[2]。独自のナノ構造制御によるフォノンの選択散乱による高性能化に加えて[3]、結晶場の活用や、欠陥形成エネルギーの制御による性能増強で、性能指数 $ZT \sim 2$ を達成している[4]。ナノコンポジット化によるエネルギーフィルタリングでBST:酸化物ナノ粒子系で、室温近傍で $ZT \sim 1.5$ の高性能も得られている[5]。また、磁性と電荷キャリアのカップリングの活用に注目し、高性能な磁性半導体熱電材料という新領域の開拓を進めている[6]。我々は、磁気秩序に直接依存しない、比較的高温でも有効な磁気相互作用[7]やスピン揺らぎ[8]による、大幅な熱電増強を見出した。共同研究により関連材料を薄膜化することで、従来のチャンピオン材料ビスマステルライドの10倍の出力因子（ $\sim 50 \text{ mW/m/K}^2$ ）という前人未到の超高性能（ $ZT > 4$ ）も見出された[9]。

一方で、熱電発電の実用化には、高性能化の必要性だけでなく、実用的な障壁もある。我々は共同研究チームを立ち上げており、材料開発の先端的な技術だけでなく、産業・大量生産に合致したプロセスによる熱電発電モジュールの開発、モジュール関連の要素技術や熱管理技術の開発を進めて、熱電発電の初めての広範囲実用化の実現を目指している。当日は、こうした高性能化原理やIoTエネルギーハーベスティングの実用化へ向けた取り組みを報告する。

謝辞：プロジェクトメンバーに感謝する。

[1] T. Mori and S. Priya, *MRS Bulletin*, 43, 176 (2018), H. Akinaga, et al., *Sci. Tech. Adv. Mater.*, 19, 543 (2018), I. Petsagkourakis, et al., *Sci. Tech. Adv. Mater.*, 19, 836 (2018).

[2] T. Mori, *Small*, 13, 1702013 (2017).

[3] A. U. Khan, et al., *Nano Energy*, 31 152 (2017).

[4] J. Shuai, et al., *Materials Today Phys.*, 9, 100094 (2019), *Small*, 16, 1906921 (2020).

[5] A. Pakdel, Q. Guo, V. Nicolosi, and T. Mori, *J. Mater. Chem. A*, 6, 21341 (2018).

[6] *Appl. Phys. Express*, 6, 043001 (2013), *Angew. Chem. Int. Ed.* 54, 12909 (2015), *Materials Today Phys.* 3, 85 (2017), *Chem. Mater.* 29, 2988 (2017), *Inorg. Chem.* 57, 5258 (2018), *J. Materiom.*, 4, 221 (2018), *J. Mater. Chem. C* 7, 8269 (2019), 8, 1811 (2020), *ACS Appl. Energy Mater.*, 3, 2096 (2020).

[7] *J. Mater. Chem. A* 5, 7545 (2017), *J. Mater. Chem. C* 6, 6489 (2018), *Materials Today Phys.* 9, 100090 (2019).

[8] N. Tsujii, A. Nishide, J. Hayakawa, and T. Mori, *Science Advances*, 5, eaat5935 (2019).

[9] B. Hinterleitner, et al., *Nature* 576, 85-90 (2019).