# 熱電発電材料開発と高性能デバイスへの展望

## Thermoelectric Materials for High-performance Power Generation Devices

パナソニック ○菅野 勉，玉置 洋正，佐藤 弘樹

Panasonic Corp., °Tsutomu Kanno, Hiromasa Tamaki, Hiroki K. Sato

E-mail: kanno.tsutomu@jp.panasonic.com

温度差によって電位差が生じるゼーベック効果を用いた熱電発電は、小・中規模の未利用熱を活用するための技術として期待が寄せられている。熱電材料およびデバイスへの要求事項の例を挙げると、一定の電力を得るために必要なデバイスのコスト、重さ、大きさ、デバイスの耐熱温度、耐用年数、リサイクル性など多岐に渡り、その優先順位もアプリケーションによって異なるものと想定される。熱電材料の良否を一つの指標だけで判断するのは困難であるものの、無次元性能指数 $zT$（$= S^2T/\rho\kappa$; $T$: 絶対温度、$S$: ゼーベック係数、$\rho$: 電気抵抗率、$\kappa$: 熱伝導率）は重要な指標の一つであり、高い $zT$ を持つ材料の実現を目指して様々な研究が行われている。

一般的に熱電材料の $zT$ は温度依存性が大きいので、熱電デバイスの変換効率がどのような値をとるかは一目では予想しにくい。本講演では我々が取り組んでいる $Mg_3Sb_2$ 系熱電材料を例に、高い熱電変換効率を持つ材料の探索とその最適化について紹介し、高い熱電変換効率を得るには $zT$ のピーク値よりも平均値の方が重要であることを説明する。

我々はバレー数 $N_V$ とキャリアの有効質量 $m^*$ の比を指標とした第一原理計算による材料スクリーニングにより、ジントル相の一種である n 型 $Mg_3Sb_2$ を有力な候補熱電材料として注目した。ジントル相化合物は n 型化が難しい事がこれまで知られていたが、過剰 Mg 側の熱力学条件において Te をドープすることで、最適なキャリア濃度（～$10^{19}$ $cm^{-3}$）までドープされた n 型 $Mg_3Sb_2$ の焼結体の合成に成功した。さらに Bi 固溶による熱伝導率低減を図った結果、$Mg_{3.2}Sb_{1.5}Bi_{0.49}Te_{0.01}$ の組成において 700K で $zT = 1.5$ という非常に高いを得た。[1] さらに、結晶粒径制御を行うことで室温付近のキャリア移動度が改善し、室温付近の $zT$ を 4 倍向上させることができた（330K において 0.15 から 0.6）。$zT$ のピーク値の変化は無かったが、平均 $zT$ が大きく向上したことで、変換効率の計算値は約 1.5 倍になった（温度差 420K のとき効率 9.8%から 14.5%）。これは単一化合物の多結晶体の中では他に類を見ない高い熱電変換効率である。

[1] H. Tamaki, H. K. Sato, and T. Kanno, *Adv. Mater.* **28**, 10187 (2016).

[2] T. Kanno, H. Tamaki, H.K. Sato, S.D. Kang, S. Ohno, K. Imasato, J.J. Kuo, G.J. Snyder, and Y. Miyazaki., *Appl. Phys. Lett.* **112**, 033903 (2018).

© 2019年 応用物理学会