

実用化に向けた熱電発電の モジュール開発に関する研究

SATテクノロジー・ショーケース2018

■ はじめに

今日、我々は化石燃料、水力、原子力、太陽光といった様々な方法で電気エネルギーを生み出している。しかし、我々が有効に利用できているエネルギーは30%程度で、残りの70%は排熱として捨てられている。この無駄に捨てられている未使用の排熱を、有用な電気エネルギーに変換する方法として、熱電発電が注目されている。

図1は熱電発電モジュールの模式図である。p型半導体とn型半導体をπ型に接続し、接合部の一端を加熱、もう一端を冷却することでそれぞれの電気伝導キャリアが拡散し、電流が流れる仕組みである。熱電材料の性能は、無次元性能指数 zT で評価される。 zT はゼーベック係数 $S(V/K)$ 、電気伝導率 $\sigma(S/m)$ 、熱伝導率 $\kappa(W/mK)$ および絶対温度 $T(K)$ を用いて、 $zT = S^2 \sigma T / \kappa$ と表される。 zT が高いほど変換効率が高くなる。熱電変換効率が10%程度となる $zT=1$ が実用化の目安とされている。

我々はこれまでに、800℃の高温、空気中でも安定なカルシウム・コバルト酸化物(p型)や、カルシウム・マンガン酸化物(n型)を開発するとともに、これらの酸化物熱電材料を用いて熱電モジュールを作製してきた。しかし、これらの酸化物を用いた熱電モジュールは、300–500℃の温度域で、熱から電気への変換効率が低いという課題がある。そこで本研究では、この温度域で高い変換効率を示すハーフホイスラー合金に注目した。ハーフホイスラー合金のn型、p型試料を合成するとともに、これらの材料を用いて熱電モジュールの作製を目指した。

■ 活動内容

1. ハーフホイスラー合金の作製・評価

n型はTi-Hf-Ni-Sn合金を、p型はNb-Ti-Fe-Sb合金の作製を試みた。原料を所定のモル比で秤量した後、アークメルト法で試料を熔融・合成した。得られた試料を粉砕したのち、放電プラズマ焼結を用いて焼結した。試料の同定には粉末X線回折を、耐酸化性の評価には熱重量示差熱分析装置を用いた。

粉末X線回折の結果、目的の相であるハーフホイスラー合金の単相が得られていることがわかった。元素置換により、ピークシフトが観察されたことから、置換元素が固溶していることが示された。また熱重量示差熱分析装置の結果、バルク試料と粉末試料を比べると、熱重量の温度依存性が異なっていた。このことから、バルク試料が酸化されにくく、性能の劣化が起こりづらいことが示唆された。こ

れは試料表面に安定相を作ることで、試料内部までは侵されないことを示している。図2に無次元性能指数 zT の温度依存性を示す。いずれの試料においても、酸化物試料より高い zT が得られたことがわかった。

2. モジュールの作製・評価

得られた試料を用いて、熱電モジュールを作製した。図1のように、試料の上下に電極を付けることで試料同士を架橋して接合した。作製条件を模索した結果、試料と電極間の接触抵抗を低減させることに成功した。熱電モジュールの出力に関しては、当日詳しく報告する。

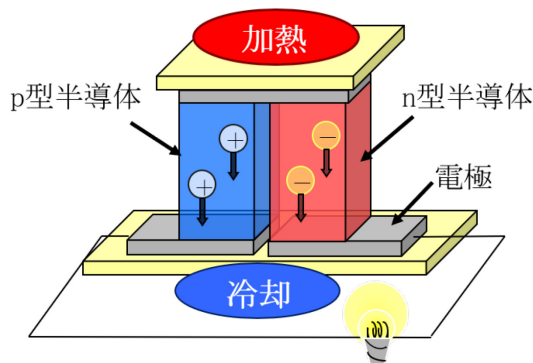


図1. 熱電発電モジュールの模式図。

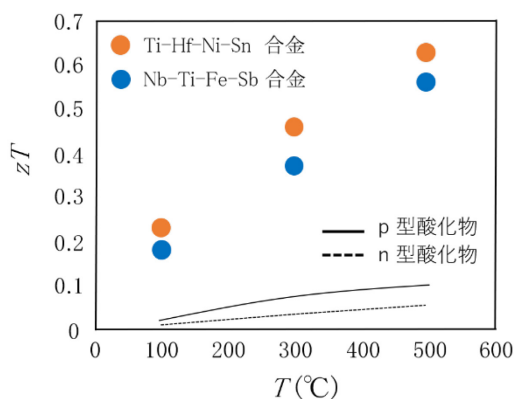


図2. zT の温度依存性。

代表発表者 窪内 将隆（くぼうち まさたか）
所 属 産業技術総合研究所 関西センター
無機機能材料研究部門
問合せ先 〒563-8577 大阪府池田市緑丘 1-8-31
TEL: 072-752-9485 FAX: X072-751-8564
kubouchi.masa@aist.go.jp

■キーワード: (1) 熱電発電
(2) ハーフホイスラー合金
■共同研究者: 舟橋 良次（産業技術総合研究所）
浦田 友幸（産業技術総合研究所）
松村 葉子（産業技術総合研究所）
鈴木 美保（産業技術総合研究所）
村上 尋代（産業技術総合研究所）
池西 ひとみ（産業技術総合研究所）