

金属熱電対による熱発電器の作製

Production of thermoelectric generators by using metal thermocouples

鈴木永遠¹⁾

指導教員 加藤雅彦²⁾, 研究協力者 井上裕之^{3,4)}

- 1) サレジオ工業高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 機能材料研究室
2) サレジオ工業高等専門学校 電気工学科 機能材料研究室
3) 株式会社テックススイージー 研究開発部 4) 茨城大学 複雑系システム科学専攻

キーワード：熱電発電, 金属熱電対, 熱電発電モジュール, V-I 特性測定

1. 緒言

近年、エネルギーハーベスティング技術の一つである熱電発電が注目されている。熱電発電は熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する手法で、例えば工場や発電所から発生する排熱を利用することができる。熱電素子の性能は性能指数 $Z = \alpha^2 \sigma / \kappa$ で評価される。式中の α はゼーベック係数、 σ は電気伝導率、 κ は熱伝導率である。また、熱電材料あたりの熱起電力 ΔE は材料のゼーベック係数 α を用いて $\Delta E = \alpha \Delta T$ の関係にあることが知られている。ここで ΔT は材料の両端の温度差である。熱電材料は素子の出力密度が小さいため、熱電発電モジュールとして取り扱われるが、その出力は大きくても数 W 程度である。現在、熱電素子は性能の高い焼結体が多く用いられているが、製造は多くの工程を有するため時間を要し[1]、それに伴うコストの問題が懸念される。一方、金属熱電対[2, 3]は焼結体に比べ加工がしやすく製造が容易であり、機械的な強度が高いといった特徴を持つ。そのため、金属熱電対で作製した熱電発電モジュールは焼結体を使用したものと比べて安価で作製することができる。一昨年、所属研究室で行われた研究では安くて汎用性の高いアルメルクロメル(K型熱電対)を用いて熱電発電モジュールを作製し、十分な出力が得られることがわかった。

本研究では、金属熱電対の材料や形状を変化さ

せることで出力の向上を図ることを目的とした。熱電対の材料はアルメルクロメルより熱起電力の高いコンスタタンクロメル(E型熱電対)に変更した。過去のアルメルクロメル熱電対での検討では直径 2.3mm の丸棒を使用していたため、厚さ 0.4mm の薄板に変更することにより加工を容易にした。この熱電発電モジュールのペア数増加に伴うモジュールの出力特性を検討した。

2. 実験方法

厚さ 0.4mm、幅 4mm のコンスタタン板とクロメル板を長さ 5、10、15cm に切断し銀ろう及びガストーチを使用しろう接した。ろう接は板の先端をクランク状に曲げ、銀ろうを介して板同士を接触させ、銀ろう用フラックスで濡らし実施した。作製した熱電対同士を更にろう付けし、5ペアのモジュールを作製した(図1)。作製したモジュールのV-I特性測定を行い出力結果から発電に最適な長さを検討した。V-I特性測定はモジュールの先端3mmを残しイソライト綿で包み断熱し、モジュール先端



図1 作製した5対モジュール(素子長7cm)の写真

をホットプレートに設置してホットプレート温度を 100℃に上昇させた。この時、先端の熱源への接触性を高めるためにモジュールにセラミックス煉瓦を載せた。ホットプレート温度が 100℃に達してから 20 分間、モジュールの高温端と低温端温度、ホットプレート温度、室温を測定した。V-I 特性測定は、可変抵抗及びマルチメータによって実施した。また、測定時に赤外線サーモグラフィカメラを用いてモジュールの内部温度を測定した。この内部温度と V-I 測定結果からその相関性を調べた。熱起電力及び温度分布の測定結果から検討した最適長を用いて 5~100 ペアのモジュールを作製し、温度差 ΔT を約 300K としたときの V-I 特性測定を都度行った。

3. 実験結果

図 2 に素子長に対する出力、図 3 に素子長 10cm 時の熱画像、図 4 に素子長 7cm 金属熱電対のモジュール電圧及び出力のペア数依存性を示す。図 2 より素子長が 7cm を越えると出力がほぼ一定となり、それ以後は出力が増加せずこの素子長が最適であると考えられる。図 3 の熱画像からも 7cm 以後は室温とほぼ同じ温度になり、図 2 の結果と矛盾しなかった。また、図 4 に示す通り、電圧は 50 ペアまでは単調に増加し、出力は 2 乗に比例して増加した。50 ペアでの電圧は 2.4V となり、過去の研究における同一ペア数でのアルメルークロメルペアの発電モジュールよりも電圧の絶対値が向上した。しかし、100 ペアのモジュールの電圧及び電力はいずれも予測より小さな値となった。

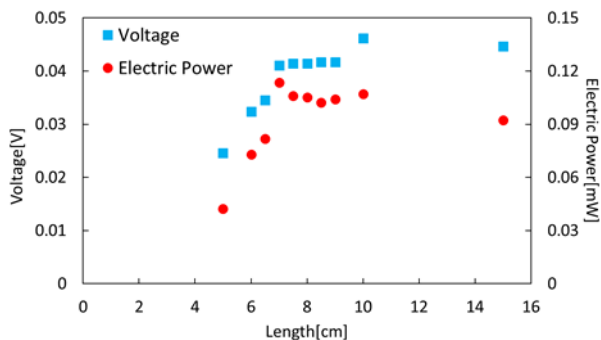


図 2 素子長に対する電圧及び出力

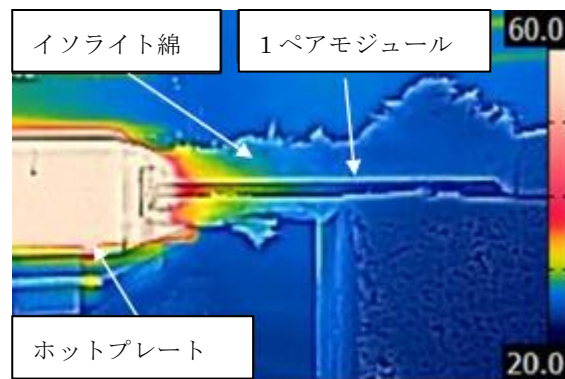


図 3 素子長 10cm の熱画像

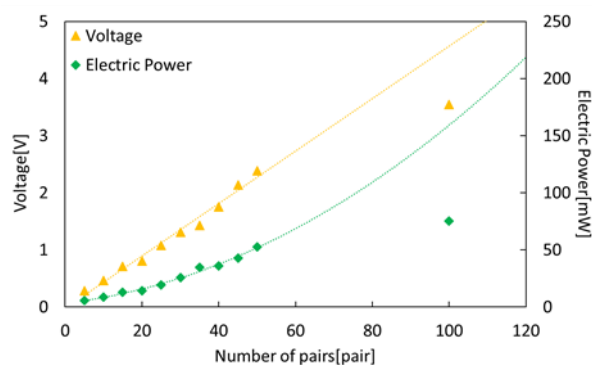


図 4 ペア数に対する電圧及び出力

出力が低下した原因は電気炉内のモジュール充填率の増加によりモジュールが密集し、素子間の距離が小さくなり素子同士が熱交換してしまった結果、温度差が小さくなり発電量も下がってしまったと考えられる。

4. 結言

アルメルークロメルより熱起電力が高いコンスタタンタンークロメルを用いて作製した熱発電器では出力の向上が確認された。ペア数の増加に伴い出力は増加するが、モジュール充填率が高くなりすぎると出力低下が起きることがわかった。

参考文献

- [1] 坂田亮, “熱電変換工学－基礎と応用－”, リアライズ社, pp. 330-331(2001).
- [2] 山本直克, 高井裕司, 電気学会論文誌 B, 121 巻 8 号, pp. 1011-1016(2001).
- [3] 日本工業規格 JIS C1602, “熱電対”, (2015).