

# 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<sup>1)</sup>

指導教員 加藤雅彦<sup>2)</sup>, 研究協力者 井上裕之<sup>3,4)</sup>

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  $\alpha$  はゼーベック係数、 $\sigma$  は電気伝導率、 $\kappa$  は熱伝導率である。また、熱電材料あたりの熱起電力  $\Delta E$  は材料のゼーベック係数  $\alpha$  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  $\Delta T$  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ークロメル (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ークロメルより熱起電力の高いコンスタンタンークロメル (E 型熱電対) に変更した。過去のアルメルー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 のコンスタン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°C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°C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ー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 $\Delta T$ 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。

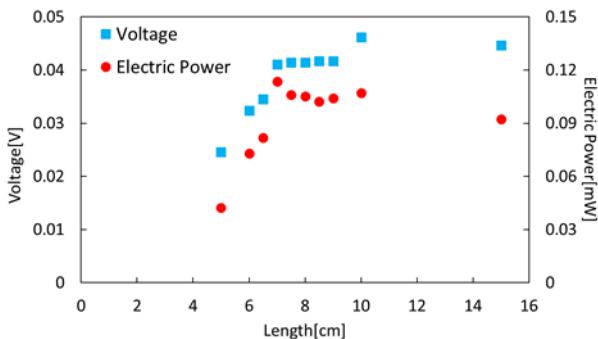


図2 素子長に対する電圧及び出力

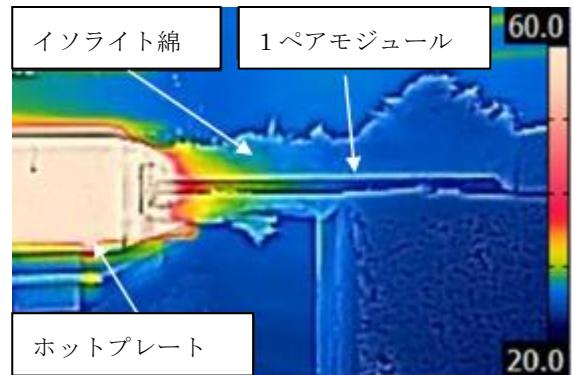


図3 素子長10cmの熱画像

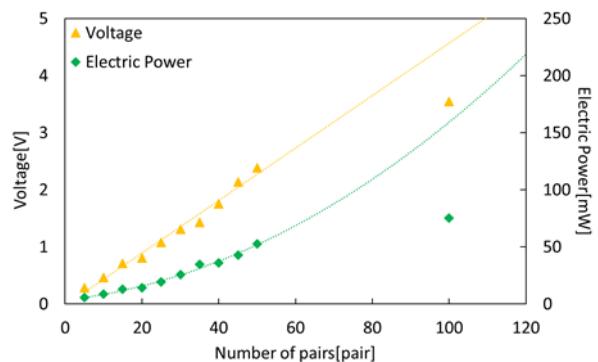


図4 ペア数に対する電圧及び出力

出力が低下した原因是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卷8号, pp.1011-1016(2001).
- [3] 日本工業規格 JIS C1602, “熱電対”, (2015).