

投げ込み式熱電発電機の研究 Study of the throw type thermoelectric generator

○濱口航¹, 田中勝之², 田中誠²Ko Hamaguchi¹, Katsuyuki Tanaka², Makoto Tanaka²

Abstract: When the thermoelectric generator is used for a hot springs as a heat source, corrosion and production of scale spring(sinter) are occurred to the surface of generator. In this work, the throw type thermoelectric generator which has a structure preventing corrosion and production of scale springs was proposed and constructed. Its performance test was carried out.

1. はじめに

工場排熱や地下街の冷暖房排熱や温泉熱などの大気中に捨てられている熱がある。温度差に応じて熱を電気に直接変換する熱電変換技術を用いれば、今まで利用されていなかった熱を利用することができる。^[1] 温泉熱を熱源と利用するとき、腐食や、生成された温泉スケールが温度差をとる妨げになってしまうという問題がある。本研究では、この問題の対策として腐食から保護することができ、温泉スケールが生成しても交換が容易になる熱電発電機を製作し、性能評価を行ったため報告する。

2. 熱電発電の原理

金属棒の一端を加熱すると加熱側から熱していない低温側へ金属内の自由電子が移動する。自由電子の多い金属と少ない金属を接続し、その一端を加熱するとそれぞれ加熱側から低温側へ自由電子が移動し、電流が流れる。これをゼーベック効果といい、熱電発電ではこの原理を利用して発電する。ゼーベック効果で得られる熱起電力は式(1)のように表すことができる。

$E_0[V]$ は熱起電力であり、 $\alpha[V/K]$ はゼーベック係数、 $\Delta T[K]$ は温度差である。

$$^{[2]} E_0 = \alpha \Delta T \quad (1)$$

また、最大電力は式(2)のように表すことができる。 $P_{max}[W]$ は最大電力であり、 $R_0[\Omega]$ は熱電モジュールの内部抵抗である。最大電力は温度差の 2 乗に比例関係のため温度差をとることが重要である。

$$^{[2]} P_{max} = \frac{\alpha^2}{4R_0} \cdot \Delta T^2 \quad (2)$$

3. 実験装置及び実験方法

実験で使用した熱電発電機を Figure1 に示す。60mm 角で長さ 250mm のアルミ角パイプの内側に 5 枚×4 列の合計 20 枚の熱電モジュールを直列に接続したものを両面テープで貼り付けている。熱電発電機の内側に水道水を流すことにより恒温槽の熱湯と水道水で温度差をとる構造になっている。恒温槽に入っている水を PID 制御されているヒーターで温め、高温側の温度を調節している。恒温槽内に設置されている白金側温抵抗体で測定した温度を熱電発電機の高温側としている。恒温槽内は攪拌機により攪拌されている状態である。配管の出入り口にはそれぞれ K 型熱電対が挿入されており、出入口側の温度の平均を熱電モジュールの低温側温度とした。式(2)に示すようにゼーベック係数と内部抵抗を知ることで最大電電力を求めることができるため温度差に対する開放電圧、内部抵抗を測定した。測定は電子負荷装置による負荷抵抗を与えたときの電圧と電流を測定した。

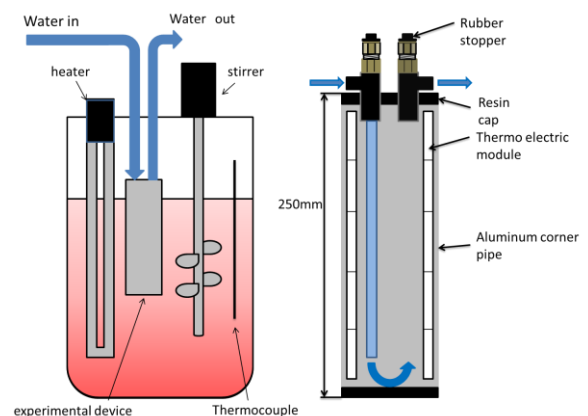


Figure1. Exprimental device and the method

4. 実験結果及び考察

ゼーベック係数を求めるために、開放電圧と温度差の関係を Figure2 に示す。式(1)より傾きはゼーベック係数であるので熱電発電機のゼーベック係数は 0.42V/K であった。熱電モジュールの性能試験を行い、熱電発電機 1 枚当たりと比較を行った。熱電モジュール 1 枚から得られるゼーベック係数は 0.035V/K であった。よって、熱電発電機のゼーベック係数は 0.7V/K とはなるはずだが、熱電モジュールに対し熱電発電機のゼーベック係数は 60% の値になった。熱電発電機の熱電モジュール表面の高温側に与えられる実際の温度が小さくなってしまっていることにより熱電発電機のゼーベック係数が 60% の値になったと考えられる。

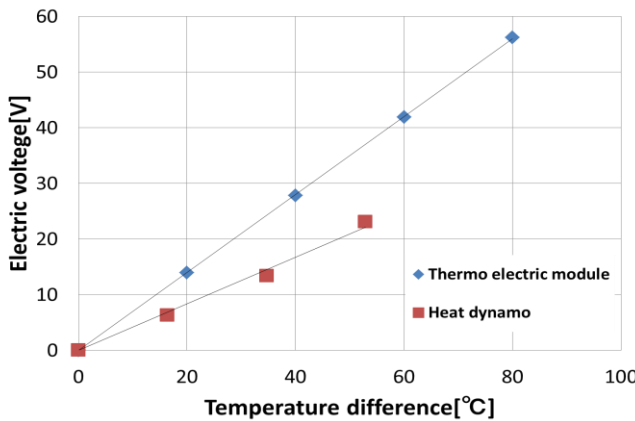


Figure2. Electric power and Temperature difference

次に内部抵抗を知るために開放電圧と電流の関係を Figure3 に示す。傾きは内部抵抗である。よって温度差 16.4°C のときの内部抵抗は 44.6Ω, 温度差 34.7°C のときは 47.2Ω, 温度差 52.9°C のときは 48.8Ω であった。温度が上がるにつれて内部抵抗は大きくなるが、1°C 上がるごとに 0.1Ω しか変わらないので、最大電力の計算では平均して使用する。

式(2)より、傾きより得られたゼーベック係数と内部抵抗の平均を使用し最大電力を求めることができる。電子負荷装置による負荷抵抗を与えたときの電圧と電流を測定し、電圧と電流の積により電力を求めることができるので、ゼーベック係数と内部抵抗を使用して最大電力の曲線を描き測定値の積による電力をプロットした電力と温度差の関係を Figure4 に示す。熱電モジュール 1 枚の内部抵抗とゼーベック係数から求まる最大電力の曲線と熱電発電機の最大電力を比較すると、熱電発電機は熱電モジュールの性能試験で得られた最大電力を 20 倍した値の 41% の電力が得られた。

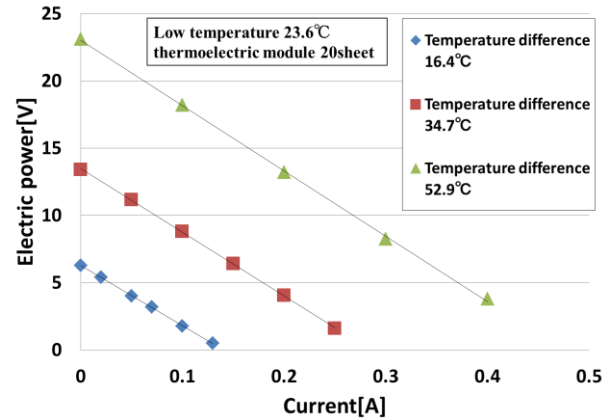


Figure3. Electric power and Current

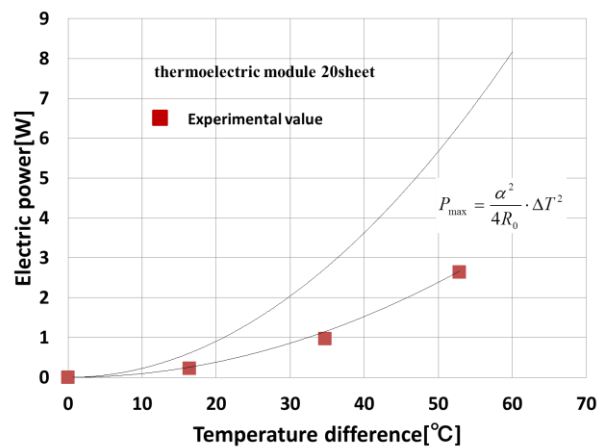


Figure4. Electric power and Temperature difference

5. 結果及び展望

製作した熱電発電機の性能を評価し、ゼーベック係数 0.42[V/K], 内部抵抗 46.8[Ω] であり、温度差を約 50°C で 2.64W の出力を得た。

製作した熱電発電機から得られた電力は熱電モジュール 1 枚のものと比較し十分な結果を得られなかった。今後の改善の余地として熱電モジュールの高温側温度の測定を恒温槽に挿入されている白金抵抗測温体のみであった。熱電発電機に K 型熱電対を直接貼りつけて再度性能試験を行う。また、アルミ角パイプの外側を熱収縮チューブやアルミホイルなどのアルミ角パイプを保護できるもので覆い温泉スケール防止策を行い、出力比較を行う。

6. 参考文献

- [1] 「羅臼温泉を利用した温度差発電」, 釧路工業高等専門学校紀要第 31 号, pp. 97~101, 平成 9 年
- [2] 「熱電発電」, 図解エネルギー工学, pp 173~179, 平成 23 年