

K2-82

熱電モジュールの性能評価

Performance test of the thermoelectric module

○山口健人¹, 畑翔平¹, 田中勝之², 田中誠³Takehito Yamaguchi¹, Shouhei Hata¹, Katsuyuki Tanaka², Makoto Tanaka³

Abstract: The apparatus for performance test of thermoelectric module was constructed. The voltage, electric current and output for the thermoelectric module were measured. Relationship of maximum electric output to temperature difference of thermoelectric module was obtained.

1. はじめに

一般の発電方法である火力発電は二酸化炭素が大量に排出されるため地球温暖化の要因の1つと考えられている。今回、焼却炉から出る利用されないまま地球に流れている廃熱を利用し発電を考えている。その際、低温度でも発電のできる熱電モジュールを用いる。焼却炉から排出される熱は 200°C 程度の低温であり蒸気タービンには利用できず捨てられている。熱から電気を取り出すためには一般に蒸気タービンを回しておりその際の作動温度は 600°C と高温である。そこで本研究では、発電に用いる熱電モジュールの性能を報告する。

2. 熱電発電の原理

熱電発電の原理はゼーベック効果と呼ばれる現象を利用している。ゼーベック効果とは異なる 2 種類の金属又は半導体の両端を接合して電圧計を入れて閉回路を作る。その両端の温度差を与えると、開放電圧がその大きさに比例する。

$$V_0 = \alpha (T_h - T_c) \quad (1)$$

ここで V_0 は開放電圧, α はゼーベック係数, T_h は高温部温度, T_c は低温部温度である。したがって廃熱から得られる高温部と空冷もしくは水冷による低温部を利用することで起電圧を得ることができ、負荷を接続することで電力が得られる。

3. 性能評価装置

図 1 に熱電モジュールの性能評価装置を示す。熱電モジュールの開放電圧 V_0 を知ることでゼーベック係数を知ることができる。さらに内部抵抗 R_0 を持っており負荷に接続すると電圧降下が生じ回路に流れる電流によって電力が変化する。したがって内部抵抗と共に電流に対する電圧及び電力の関係を明らかにする。

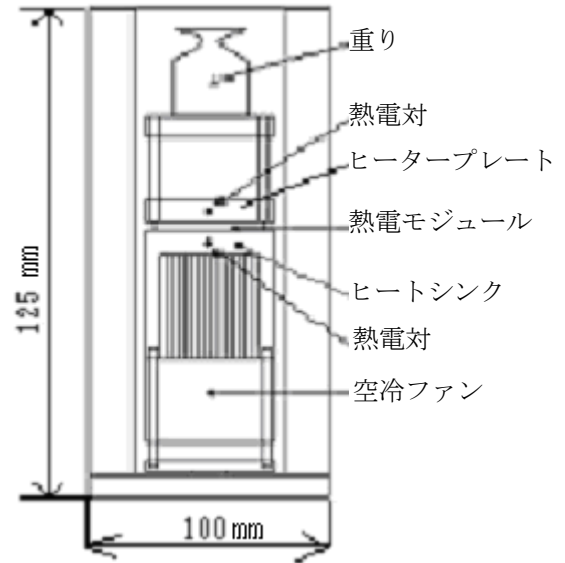


Figure 1. Experimental apparatus

図 1 より熱電モジュールに温度差をつけるためにヒータープレートとヒートシンクの中に熱電モジュールを設置する。高温側に板状の銅板の中にヒーターロッドを埋め込んだヒータープレートをを使用し高温部を作る。内部に熱電対が組み込まれており温度の測定が可能であり PID 制御により温度を調節している。低温側には銅製ヒートシンクを空冷ファンで冷却して低温部を作る。ヒートシンクの内部にも熱電対が組み込まれており温度の測定を行い低温部と高温部の温度差を測定する。重りは熱電モジュールに一定の荷重をかけるためである。熱電モジュールからの出力は電子負荷装置に接続し、電流を設定し電流に対する電圧、電力を測定した。

4. 測定結果

図 2 および図 3 に温度差 66.7°C での重りによる荷重のかけ方によって接触熱抵抗が変わってくるため、荷重を変化させた時の電圧、電流および電力、電流の関係を示す。

1 : 日大理工・学部・精機, Nihon-u CST・student・Department of Precision Machinery Engineering

2 : 日大理工・教員・精機, Nihon-u CST・assistant professor・Department of Precision Machinery Engineering

3 : 日大理工・教員・精機, Nihon-u CST・professor・Department of Precision Machinery Engineering

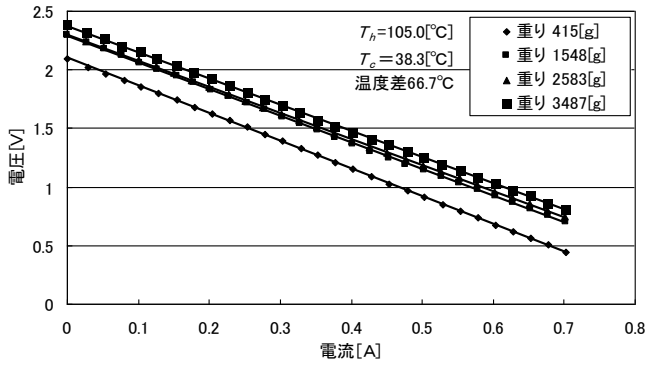


Figure 2. Relationship between voltage and electric current in changing load to thermoelectric module

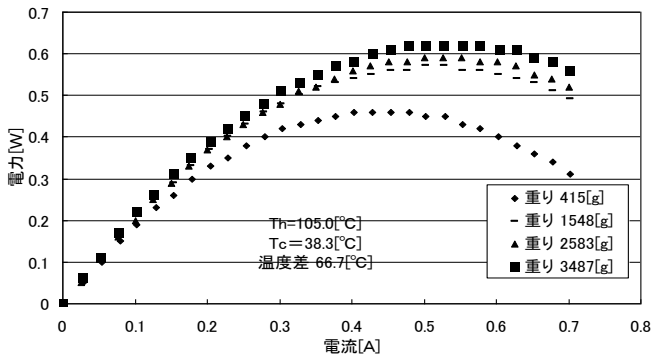


Figure 3. Relationship between electric output and current in changing load to thermoelectric module

図 2 はグラフの傾きから熱電モジュールの内部抵抗を知ることができ、荷重によらず約 2.2Ω となった。外部抵抗 R とすると電流は $I=V_0/(R+R_0)$

$$P = I^2 R_0 = -R_0 \left(I - \frac{V_0}{2R_0} \right)^2 + \frac{V_0^2}{4R_0} \quad (2)$$

と表せる。式(2)より $R=R_0$ の時最大電力であるとわかる。又、重りをそれぞれ 415g, 1548g, 2583g, 3487g と 1kg ずつ増加させて変化させるにあたり一番重い重りを載せたときに最大電力及び開放電圧は最も高い値が出ている。本実験では熱電モジュールの両端の温度を測定しているのではなく温度差をつくるための高温部と低温部の温度を測定している。そのため、その温度が熱電モジュールの両端の温度になっているわけではない。重りを載せることによって高温部と低温部が熱電モジュールに密着し熱の伝わりが良くなったと考えられる。この結果から重りを増やした時に 2583g から電圧、電力の変化が大きく見られなかったのでの重りを 2583g に決定し測定を行うことにした。

各温度差 66.7°C , 107.2°C , 156.6°C における開放電圧と温度差の関係を図 4 に示す。電力と電流の関係を図 5 に示す。そのときの電力と温度差の関係を図 6 に示す。

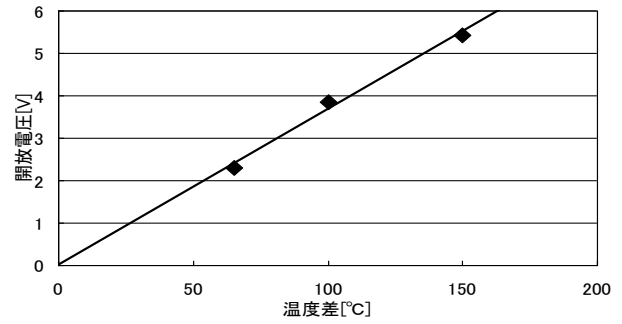


Figure 4. Dependence of temperature difference on the open voltage

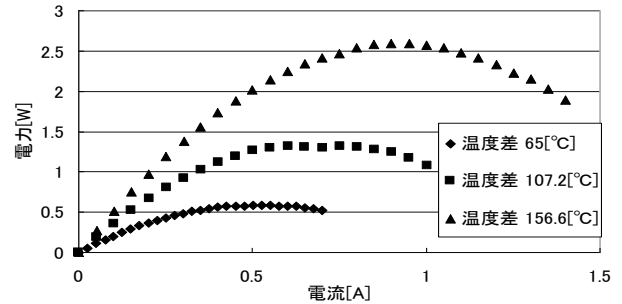


Figure 5. Relationship between electric output and current in changing temperature difference

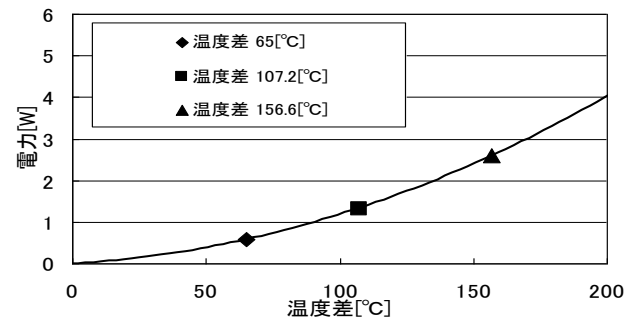


Figure 6. Dependence of in difference of temperature on maximum electric output

式(1)から開放電圧は温度差に比例し図 4 の傾きからゼーベック係数 36.7mV/K とわかる。図 5, 図 6 より温度差が大きくなるに連れ出力も大きくなりその関係は式(2)からわかるように温度差 T_h-T_c の二乗に比例する。

5. おわりに

廃熱の有効利用で期待できる熱電発電の素子となる熱電モジュールの性能評価を行った。性能評価装置は熱電モジュールの起電圧、内部抵抗、電力について荷重の他、温度差を変えられるように製作した。性能評価装置を用いて熱電モジュールの性能を評価した。

6. 参考文献

熱電変換技術ハンドブック pp3-pp19 2008