

熱電モジュールの発電性能と耐久性に関する研究

平成 21 年度入学 藤代研究室

20209035 佐藤 史子

Introduction

石油燃料資源の減少のため、再生可能なエネルギー技術への関心が高まっている。本研究では工場や焼却施設から廃熱を電気エネルギーとして回収できるシステムとして期待されている市販の熱電モジュールの発電性能と耐久性について検討した。

熱電モジュールとは、基板上に n 型と p 型の熱電材料が対(n 型モジュール)になるように並べ、電氣的に直列、熱的に平行に接続し、両端に温度差をつける事でゼーベック効果により起電力が発生し発電する素子である。熱電モジュールの長所として、駆動部分がなく静かであり小型軽量、無排出という点があり、一方短所として、他の発電方法より発電効率が低い点がある。本実験で使用した熱電モジュールは、電力不要で燃焼制御が可能なビニールハウス用木質燃料ストーブに搭載することが予定されている。なお、カタログにはないが、 Bi_2Te_3 系の熱電材料が使われていると考えられる。発電システムとして使用される場合、熱負荷中で長期間にわたっての無故障運転が要求されるため、システム導入後のメンテナンスフリー化は技術課題である。しかしこれまで発電性能は、カタログ値から判断するしかなく、耐久性についてはデータが存在しなかった。

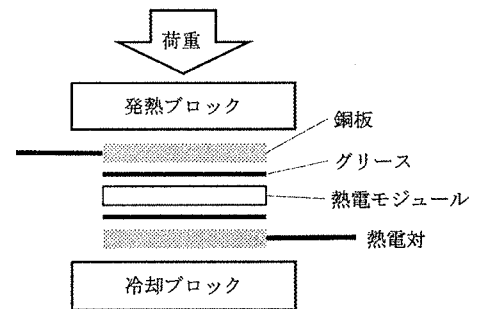
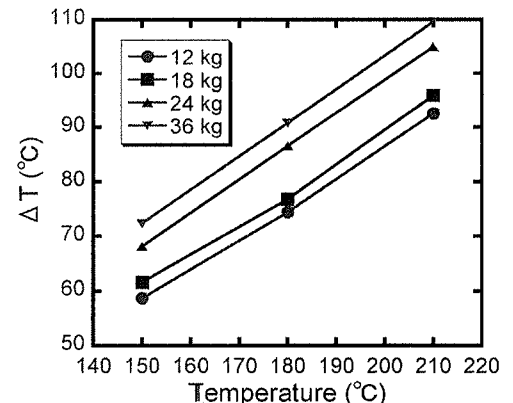


図 1 : 熱電モジュール測定装置概略図

Experimental Details

熱電モジュールは $50 \times 50 \text{ mm}^2$ の TEG2-50-50-40/200 (EURECA Messtechnik GmbH) を使用した。耐熱温度 $250 \text{ }^\circ\text{C}$ 、内部抵抗 $0.673 \text{ } \Omega$ で熱電モジュールの両面の温度差 $\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ の時、 10 W 出力するとカタログに記載されている。

図 1 に、今回開発された熱電モジュール測定装置の概略図を示す。本装置では、発熱ブロックの温度を設定でき、冷却ブロックはチラーで常に約 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ に保たれている。また、熱電モジュールから出力された電流、電圧、電力、各点の温度(発熱ブロック、冷却ブロック、室温、循環水、熱電モジュール近傍(発熱ブロック側、冷却ブロック側))を測定できる。熱電モジュール近傍の温度は熱電モジュールを溝の付いた銅板($50 \times 50 \text{ mm}^2$)で挟み、溝に熱電対を差し込んで測定を行った。この時、銅板と熱電モジュールの間には密着性をよくするため、耐熱高熱伝導性グリースを塗った。



【発熱ブロックの設定温度】

図 2 : 荷重毎の熱電モジュール近傍の温度差

Results and Discussion

《装置の立ち上げ》

◆ 荷重の適正化

図 2 では、熱電モジュールにかかる荷重を変化させた時の ΔT の比較をした。以後 ΔT は、熱電モジュールの近傍温度(銅板間の温度差)の差を示す。

図 2 より荷重が増加すると ΔT が大きくなる傾向にある。18 kg から 24 kg

に荷重を増加した時を比べると、他の荷重を増加させた時より ΔT が大きくなった。熱電モジュールに荷重をかけすぎると、素子の破壊の可能性があるため、出来るだけ小さい荷重で ΔT が付く荷重 24 kg で実験を行った。後の加速試験で熱電モジュールの劣化が大きくなり、原因として荷重の大きさが考えられたので荷重 12 kg に変更した。

表 : 使用したグリースについて

グリース名称	熱伝導率 ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)	粘性
G-751	4.5	大
SCH-30	0.96	小
S606C	5.0	小

◆グリースによる出力電力の比較

同一の熱電モジュールを使って、表の3種類の熱伝導性グリースを用いて、測定を行った。測定条件は、設定温度 150→180→210 (°C)で各5分間保持である。図3より、 $\Delta T=100$ °Cの時、S606C, SCH-30, G-751の順で出力電力が大きいとわかった。このことから、熱伝導率の大小にかかわらず、グリースの粘性に依存する事が分かった。粘性の小さなグリースの方が発熱ブロック、冷却ブロックとの密着性が増し、熱電モジュール全体で均等に熱が伝わるのではないかと考えられる。

以上の結果から、12 kgの荷重を加え、S606Cを用いて以後の測定を行った。

《実験結果》

未使用の熱電モジュール(TEG2-50-50-40/200)を20個を測定し、 $\Delta T=100$ °Cの時の出力を比較した。その中で平均的な出力($\Delta T=100$ °Cの時 5.98 W)であったモジュール#13を用いて、以下の試験を行った。

◆加速試験

加速試験とは、実際にストーブに使用された際、運転→停止を繰り返す行程を短時間で行う実験である。今回は、1サイクルを210 °Cで5分間保持の後50 °Cで5分間保持するとし、100サイクル(約3カ月を想定)行った。この時、ファンモーターを想定して外部負荷を1000 m Ω とした。図4は、 $\Delta T=100$ °Cの時の出力電力をサイクル毎にプロットしたグラフで、実線は昇温時の $\Delta T=100$ °C時の出力電力、破線は降温時の $\Delta T=100$ °C時の出力電力である。サイクル数を増す毎に出力電力が減少しており、1サイクル目の出力電力は5.58 W、100サイクル目の出力電力は4.45 Wで加速試験を経て約20%出力が減少していることがわかった。

◆内部抵抗

サイクル数が増えるごとに出力電力が減少するのは、熱電モジュールの内部抵抗が増加しているからではないかと考え、10サイクル毎にテスタを用いて内部抵抗を測定した。図5より、突発的に内部抵抗が高くなる時があったものの、サイクル数に応じて増加はせず、出力電力との関係性は見受けられなかった。

出力電力が最大となる時、内部抵抗と外部負荷は等しい。加速試験を行う前後に、設定温度150 °Cにしたまま外部負荷を100~3000 m Ω の範囲で10 m Ω 毎に変化させ、出力電力が最大となる外部負荷を比較した。加速試験前は1160 m Ω 、加速試験後は1190 m Ω でほとんど変化はなかったため、内部抵抗は増加していないと考えられる。

Conclusion

本研究の中で、荷重12 kgでS606Cを使用して測定を行った。この条件で測定を行ったところ、モジュール#13は、想定されていた $\Delta T=100$ °Cの時10.0 Wを下回り、5.98 Wしか出力せず、100サイクルの加速試験では20%出力が落ちた。モジュール劣化の原因は、素子もしくはハンダの劣化、熱抵抗の増加などが考えられ、実際に搭載された際に頻りにメンテナンスが必要となるなど影響が出るのではないかと考えられる。

本研究は平成23年度新事業活動促進支援補助金の一部を利用して実施した。

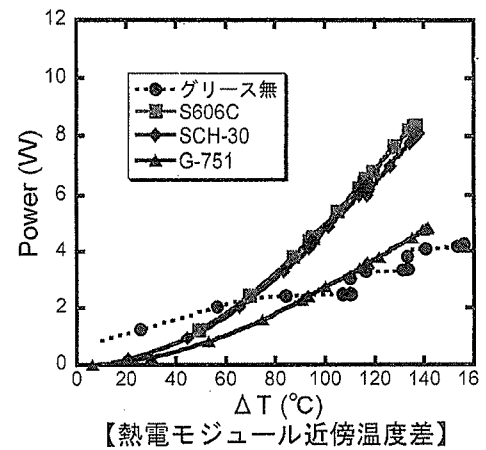


図3: グリース毎の出力電力比較

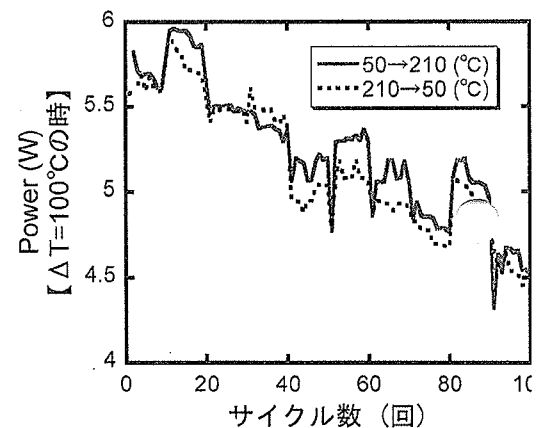


図4: 加速試験でのサイクル数増加による出力電力の変化

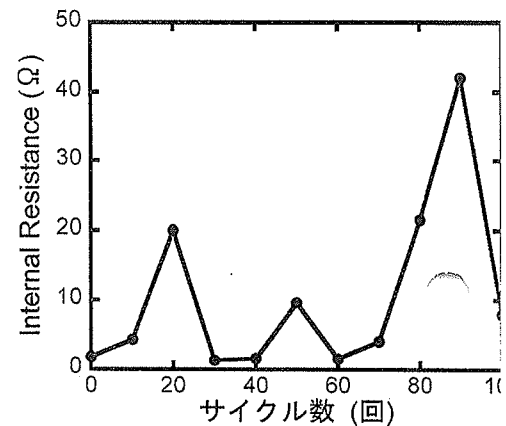


図5: 加速試験でのサイクル数増加による内部抵抗の変化