

太陽光による熱電発電装置の開発

明石工業高等専門学校 佐久間 宏彬

1. 背景

近年、太陽光のエネルギーで発電するための太陽電池の設置が盛んに行われている。しかし、太陽光発電は太陽光のエネルギー全てを利用しているわけではなく、特に波長の長い赤外線はあまり利用されていない。赤外線は物体に吸収されると物体の温度を上昇させることが知られていることから、本研究では、赤外線を含めて太陽光を利用する方法として、太陽の光エネルギーを熱エネルギーとして利用する方法について注目した。さらに熱電素子を用いることで、太陽光の熱エネルギーを利用して電気エネルギーを発生させることも可能であることから、太陽光を熱エネルギーに注目した発電システムを作製できると考えた。実際に熱エネルギーを利用して発電する熱電発電システムは、人工衛星に搭載された発電機や、体温を用いて発電する腕時計、たき火を使って発電する鍋やストーブ等に用いられているが、太陽光を用いた熱電発電は太陽光発電ほど普及していない。本研究では、熱電素子を用いて太陽光の熱エネルギーから電気エネルギーを発生させる装置を作製し、太陽光の熱エネルギーを電気エネルギーとして変化するシステムの可能性について実験を通して検討することを目的とした。

2. 実験方法

熱電素子は熱と電気を関係づける現象を利用した素子の総称であり、今回はその中でも簡単に購入が可能なペルチェ素子 (TEC1-12706) を用いて実験を行った。ペルチェ素子とは、2種類の金属を接合した回路に電流を流すと一方で吸熱、他方で発熱が起こり電流の向きを逆にするると吸熱と発熱が逆になるというペルチェ効果を利用したものである。この素子の両面に温度差を与えると、2種類の金属を接合しその接合部に温度差を与えると回路内に電流が流れるというゼーベック効果から、素子の両端に電位差が生まれる。ゼーベック効果による熱電発電は固体素子のみで構成され、可動部分が無いため、騒音・振動・排出物が一切なく、小型軽量化も容易であり、きわめて信頼性が高いのが特徴であるため、非常時のポータブル電源などにも有効と考えられる。そこで本研究ではペルチェ素子の発電能力について調査したのち、ペルチェ素子を用いた太陽光による熱電発電装置を開発し

発電能力について調査を行った。

2.1 温度差に対する出力特性の調査

ペルチェ素子の両面に高温と低温を与えるための図1のような実験装置を作成した。ペルチェ素子の両側にアルミニウムでできた放熱板を熱伝導両面テープで接着し、それぞれの放熱板を食品保存用容器に穴をあけて差し込んだ。食品保存用容器にそれぞれ違う温度の水を入れることで、ペルチェ素子に温度差を与えた。

実験では、ペルチェ素子の温度差に対する発電能力として開放起電圧と短絡電流を測定した。また、装置の素子のつなぎ方を検討するため、ペルチェ素子を直列や並列に接続したときの開放起電圧と短絡電流も測定した。

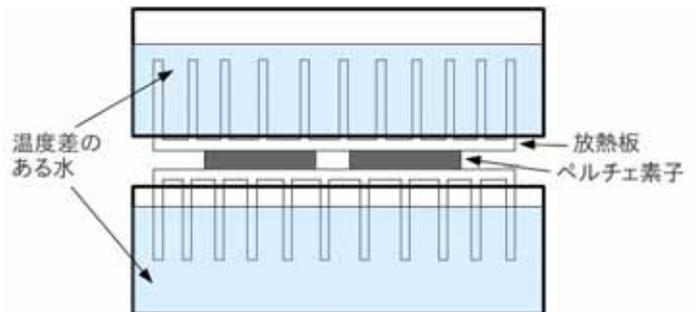


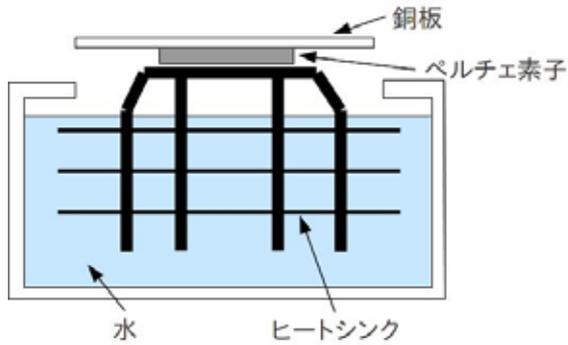
図1. 温度差に対する出力の測定装置

次に、発電装置を発電能力を最大限に運用可能な負荷について調べるため、製作した装置に可変抵抗を接続し、素子の両面に一定の温度差を与え、抵抗を変化させながら抵抗にかかる電圧と電流を測定し、出力が最大となる負荷抵抗について決定を行った。

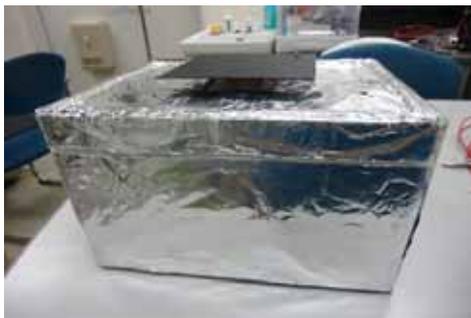
2.2 太陽光を用いた発電の性能の調査

実際に発電装置を作製した。まず、素子の高温側には太陽光による熱をためるために、銅板を放熱グリッドで接着した。銅板は熱を吸収しやすくするため黒く塗装した。

低温側には、銅板から熱が回り込んで温度が上がることを防ぐために CPU クーラーのヒートシンク部分を接続し、それを発泡スチロールの箱に入れた常温の水につけた。その上から銅板の部分だけを除いたふたをして、水の温度上昇を防ぐために箱全体をアルミニウム箔で覆った。開発した太陽光を利用した熱電発電装置を図2に示す。



(a)モデル図



(b)外観写真

図 2.太陽光を利用した熱発電装置

素子に接続する抵抗の値は、2.1 で調べた値とした。この発電装置を、晴天の日に日光が当たるところに設置して出力を測定した。水温は水銀温度計、板の温度は熱電対を用いて測定した。

3 実験結果

3.1 温度差に対する出力特性の調査

素子のつなぎ方を変えた時の温度差に対する素子の出力電流の変化を調べた結果を図 3 に示す。また、出力電圧の変化を図 4 に示す。

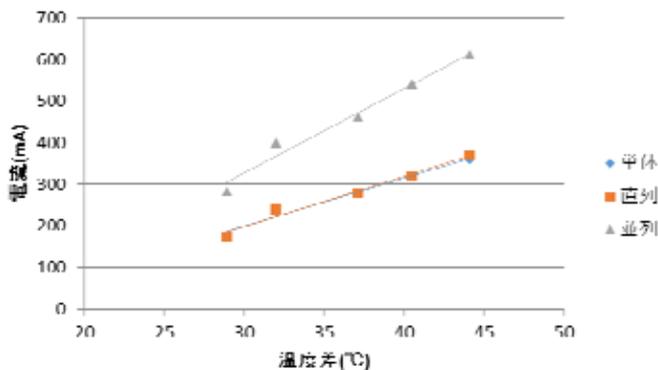


図 3.温度差に対する電流

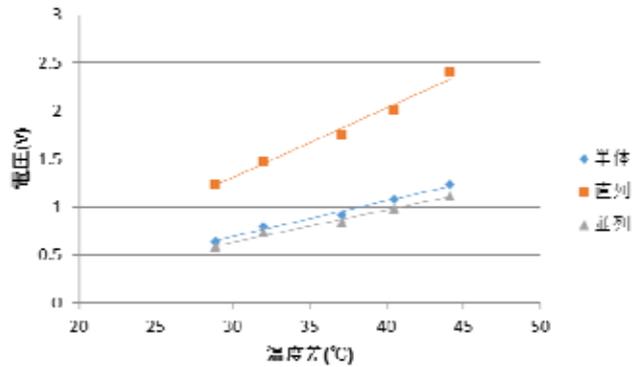
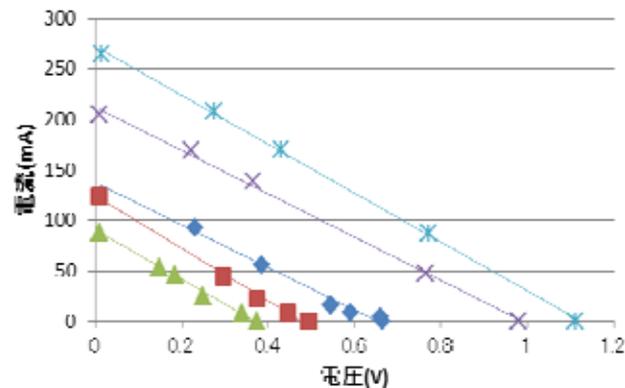


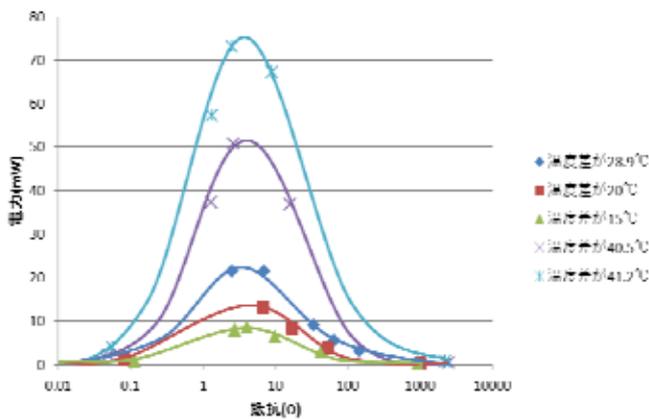
図 4.温度差に対する電圧

図 3 より、素子を二つ直列に接続したときの出力を、素子が一つだけのときの出力と比較すると、電流はほぼ同じだが電圧は 2 倍弱になっている。また図 4 より、素子を二つ並列に接続したときの出力を、素子が一つだけのときの出力と比較すると、電圧は少し小さく電流は 2 倍弱になっている。電圧が少し低下しているのは、測定している間に高温側の水温が低下したためと思われる。また、短絡電流も開放起電圧も温度差に比例して増加していることが分かる。

図 5(a) 1 つのペルチェ素子における電圧電流特性と図 5(b) に負荷抵抗に対する出力電力の関係を示す。



(a)



(b)

図 5.負荷に対する出力特性

図5から、与える温度差に関わらず4程度の抵抗を接続したとき抵抗で消費される電力が最大となることがわかる。よって、作成する発電装置にはこの値の抵抗を使う。

与える温度差に関わらず4程度の抵抗を接続したとき抵抗で消費される電力が最大となることがわかる。効率よくエネルギーを取り出すために素子の出力側に接続する負荷は4程度にする必要があることがわかった。

3.2 太陽光を用いた発電の性能の調査

作成した発電装置の単位面積当たりの出力と日光のエネルギーの変化を図6に示す。抵抗には内部抵抗0.47の電流計を直列に接続し、4.05の抵抗と電流計に対し並列に電圧計を接続した。熱発電には温度差が必要であるため、発電能力の測定する前に予備加熱として発電装置を午前9時42分に設置し、測定は設置から一時間後から開始し午前11時16分まで続けた。当日の気温は27.1であった。太陽光強度計(SPM-SD、佐藤商事製)を用いて放射照度(W/m²)も測定した。

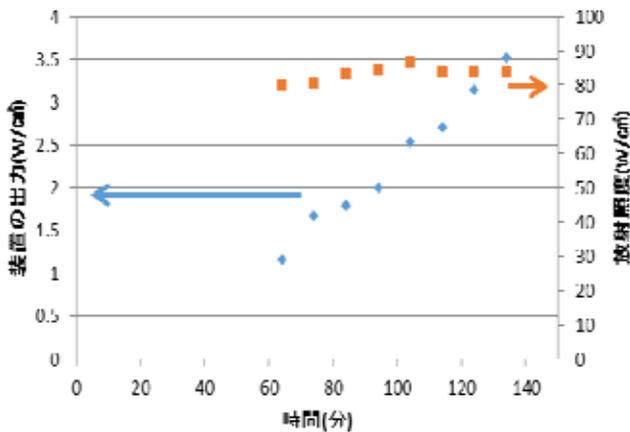


図6. 発電特性

図6を見ると、銅板にあたる日光の強さはあまり変化しないが装置の出力は時間が経つにつれて増加し実験終了時では56 mWにまでなることが分かる。水温は約25で、銅板は時間とともに増加し終了時は42度だった。放射照度と出力から計算すると変換効率は、64分後で1.5%で、そこから増加し続け終了時には4.2%にまでなった。

4 検討

4.1 製作した発電装置の活用

製作した発電装置の電圧は最大でも0.4V程度であったが、このままの電圧では利用が限られるので、電圧を上げる必要

がある。そのための方法としてDC-DCコンバータ等を用いて昇圧する方法や、3.1の結果より素子を直列に接続して出力電圧を増やす方法が考えられる。これらの方法を用いることで、時間はかかるがニッケル水素電池などの充電電池も充電することができ、日光が届かない夜間や曇天時でも発電した電気を使用できるようになると考えられる。

4.2 出力向上の方法

今回の実験では、太陽光による熱と容器に入れた水の温度差を利用したが、ほかの熱源を利用することも考えられる。例えば、高温側には太陽光があたるようにし、低温側を川や用水路につければ、低温側の水温上昇を避けて発電できるようになり、出力も向上すると考えられる。また、太陽光を集光するシステムと組み合わせることでさらに温度差を作り出すことも可能と考えられる。

4.3 まとめ

今回の実験では、太陽エネルギーを熱として用いた場合の発電の可能性を考えることを目的とした。実験の結果、太陽光のもとに片側を水につけたペルチェ素子を置けば発電できることがわかった。変換効率は最大で4.2%になったが、太陽光発電の変換効率は20%に達するものもあることを考えると、熱電発電は効率が悪いことが分かる。

太陽光による熱電発電が太陽光発電と比べて普及していないのは、素子の原料が希少なことから価格が高く、変換効率が悪いなどの短所があるからであろう。しかし、小型化が可能で熱があるところであれば直射日光が当たらなくても良い等の長所を生かして、太陽光発電とは別の発電方法を確立すれば十分に普及する余地はあると思われる。

例えば、太陽光発電のための太陽光パネルは日光を直接受けかなりの高温になるが、太陽光パネルは高温になるほど発電効率が落ちる。そこで素子の片面をパネルに貼り付け、もう片方を水道管に取り付ける等の方法で冷却すれば、発電効率も上がり素子からも電気を得られるようになる。

このようにして、太陽光発電とは違ったメリットを持つ熱電発電が普及していけばよいと思う。

参考文献

[1] 上西勝三、図解 わかる電子材料、(2005年11月20日、工業調査会)