

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

平成 27 年度 研究活動報告書（本文）

熱発電利用の可能性を探る

—身近な温度差の活用を模索する—

八戸工業大学第二高等学校
科学愛好会(熱発電班)

1. はじめに

本校の科学愛好会では、昨年度から熱発電素子を用いた発電の研究を始めている。昨年度はガラス固化体の発する崩壊熱をイメージして実験を進めていたが、放射線の影響を考えると実現に向けて実験や考察を深めることが難しい。そこで、今年度は日常生活の中にある温度差を利用した熱発電について研究活動を行い、その活用方法について考察を行うことにした。

熱発電素子を用いた発電には次のようなメリットとデメリットがあると考えます。

- 【メリット】
- ・太陽光発電や風力発電のように大規模な施設や設備を必要としない。
 - ・温度差があればよいため、必ずしも数百℃という高温熱源を必要としない。
- 【デメリット】
- ・発電素子が高価であり、温度差が小さい場合は発電量が小さい。
 - ・高温熱源と低温熱源は常に隣接しているわけではない。

2. 活動の内容

①温度差が小さくても発電するか確認

はじめに、小さな温度差でも熱発電素子が発電することができるのか検証した。

使用した素子は日本テクモ社の TEP1-1-1264-1.5 で 5℃にした状態で高温側に手のひらを当ててみた。その結果、電圧は 200mV 電流は 30mA を示した。しかし、しばらくすると素子全体が暖まり発電量は下降した。

連続的に発電させるためには温度差を保つ必要があり低温側に PC の CPU クーラーを使用したところ、低電力用のモーターを動かすことに成功した。

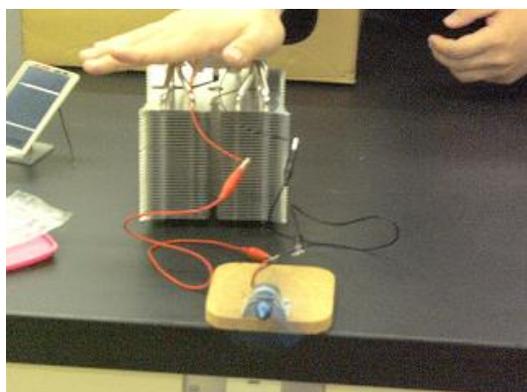


図 1 体温でモーターを動かす

②熱発電素子の性能把握

このことを踏まえて、使用する素子がどれくらいの温度差でどれくらいの発電をすることができるか把握できれば、日常生活のどの場面で熱発電を利用

できるか容易に見つけることができると考えた。そこで、発電素子を 5℃の状態にしておき(この温度に特に根拠は無いが、実験時の気象条件から容易に設定できる温度であった)、温度差が 50℃、100℃、150℃ の場合で電圧と電流値を測定した。

表 1 温度差ごとの電圧と電流値

高温	低温	温度差	電圧	電流
155℃	5℃	150℃	1.6V	0.28A
105℃	5℃	100℃	925mV	223mA
55℃	5℃	50℃	418mV	94mA

昨年度も同様の測定を行ったが、発電素子にヒートシンクを取り付けた状態で実施したため素子低温側の温度測定が正確でなかったという反省を生かしている。

今回の測定結果を受けて、50℃程度の温度差があれば素子 1 個あたりの発電量は小さいものの、直列に接続すれば LED を点灯させる程度の電力を発生させることができると予想できる。

③熱を移動させる手段について

実際に、日常生活の中で「熱いもの」「冷たいもの」があっても、それを発電素子の高温面と低温面に伝えることができなければ発電はできない。

例えば、ポットの中にはお湯(高温の水)が入っているが、水道水(低温の水)と隣り合わせることは難しい。



図2 お湯と冷水

また、熱発電素子は平面であるが、日常生活の中において「熱いもの」と「冷たいもの」は平面で固体であるとは限らない。

そこで、ヒートパイプを熱の移動手段として利用可能か試すことにした。使用したヒートパイプは平板で長さ 20cm のものを使用した。



図3 ヒートパイプ

④カセットコンロの利用

高温の熱源としてまず思いついたのが、カセットコンロの炎である。

ヒートパイプ設置可能な場所はカセットコンロの形の都合上、約 190 度(耐熱温度上限に近い)の場所と約 80 度の場所に限られた。ヒートパイプの耐熱温度上限付近で使用するのは危険ということで約 80℃の場所にヒートパイプを設置してみたが、その温度では熱発電素子の高温側は 60℃程度にしかならなかった。ここで、固体から固体に熱を伝えることの難

しさを感じた。

また、図4のように熱発電素子の高温面にヒートパイプを、低温面にヒートシンクを取り付ける構造となったが、コンロとスタンドがヒートパイプで連結・固定されている構造は安全上問題がある。

よってカセットコンロにヒートパイプを固定する方式は断念した。

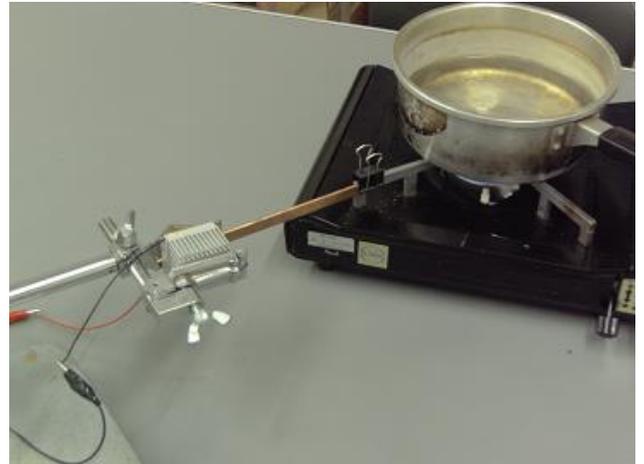


図4 コンロの熱をヒートパイプで移動

そこで、ヒートパイプを使用せず銅板で代用できないか試してみた(図5)。しかし、銅は予想以上に熱を伝えにくく、炎に近い部分は約 200℃になるにも関わらず熱発電素子を取り付けた部分では 70℃弱までしか温度は上昇しなかった。また、この距離では素子とヒートシンクの両方が暖まってしまい、期待した温度差を得ることはできなかった。



図5 ヒートパイプの代わりに銅板を使用

この実験から、熱源に素子を近づけて使用する場合は同時に冷却を考慮しなければならないことを再確認することとなった。

カセットコンロの炎は高温熱源として非常に魅力的だが、低温部分をいかに確保するかという点は今後の課題としたい。

⑤スチーム暖房機の利用

カセットコンロの実験から、高温熱源の近くにヒートシンクの冷却水を設置できる場所を探した結果、教室のスチーム暖房機が最適であると考えた。

本校のスチーム暖房機は、放熱フィンの上下にスペース的に余裕のある構造となっており、放熱フィン下方に冷却水を設置することができる。また、暖房時の放熱フィン温度は約 80℃であり、熱源として活用できると判断した。

そこで、図 6 のように 4 つの熱発電素子を直列に接続し、高温側を銅板に密着させた。また、低温側にはヒートシンクを取り付け水に浸す装置を設置。



図 6 スチーム暖房機下方に熱発電素子を設置

スチーム暖房を利用した熱発電は、カセットコンロの場合と比べて次のようなメリットがあると考えられる。

- ・熱源として使用できる時間が非常に長い。
- ・火を扱うわけではないので、常に人がついている必要が無い。

実際に、実験をしてみると発電素子をしっかりと放熱フィンに押しつけなければ熱がうまく伝わらないという問題もあったが、素子高温側約 70℃、低温側約 32℃で安定した。このとき、電圧は約 1.8V で電流は約 0.12A を示し、LED を点灯させることに成功した。



図 7 スチーム暖房で LED 点灯

今回の実験では、得られる電圧・電流はわずかであったが、今後熱発電素子の数を増やすことで、より多くの電圧・電流を得ることができる。また、冷却用の水が蒸発しても水を加えるだけでよく、教室の乾燥防止にもなるし、空き教室の無駄な暖房熱を

少しでも有効活用できるのではと考える。

今後は、得られた電力を蓄える装置を追加することで、暖房と発電の両立を目指したい。

⑥室内外の温度差利用

これまでの実験では、「熱いもの」を利用して温度差を得ようとしていた。また、熱の移動にヒートパイプを効果的に活用できなかった。

東北地方の冬は寒さが厳しく、外気温が 0℃付近になることも珍しくない。この低温を利用することができれば、30℃～40℃の熱源があればある程度の発電が可能と考えている。また、この温度であればヒートパイプを利用したとしても破裂の危険は無い。

そこで、教室外の低温を利用するために、写真のような装置を組み立てた。



図 8 外気の低温を利用

装置は、外気に触れるヒートパイプを 2 枚の熱発電素子の低温側で挟み込み、素子高温側にヒートパイプを取り付ける構造である。使用したヒートパイプは水平方向では熱移動が十分でないため、外気に触れるものは多少傾斜をつけて設置してある。

実験の結果、教室内のスチーム暖房器具で暖められた水(約 29.8℃)と外気(約 5.6℃)の温度差を利用して、電圧 244mV、電流 47mA だった。

より長いヒートパイプを使用することで、スチーム暖房機の高温を素子に運ぶことができると考えられる。試しに、使用した温水の温度を 85℃にしてみたところ、電圧 1.6V、電流 0.15A となり、外気を利用したこの方式の有効性が確認できた。

更に、長いヒートパイプを利用できれば、調理時に得られる温水を利用した同様な実験も可能になると考えられる。

また、これまで熱発電素子の冷却に使用していたヒートシンクを熱を集めるという目的で使用できないか考えている。このことで暖房器具上方の暖かい空気で素子を暖め、ヒートパイプで外気の低温を取り込んで温度差を作るイメージである(図 9)。

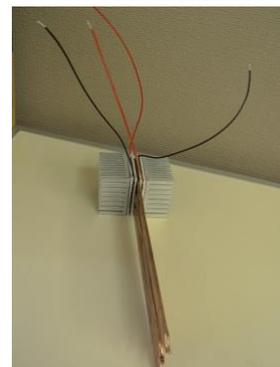


図 9 外気低温利用装置 2

実験はまだ実施していないが、寒い窓側に対流式暖房器を設置した場合に有効ではないかと考えている。

[施設見学・講義]

熱の移動を可能にするヒートパイプについて理解を深めるために、八戸工業大学の野田先生からヒートパイプの作動原理とその利用例について講義をいただいた。

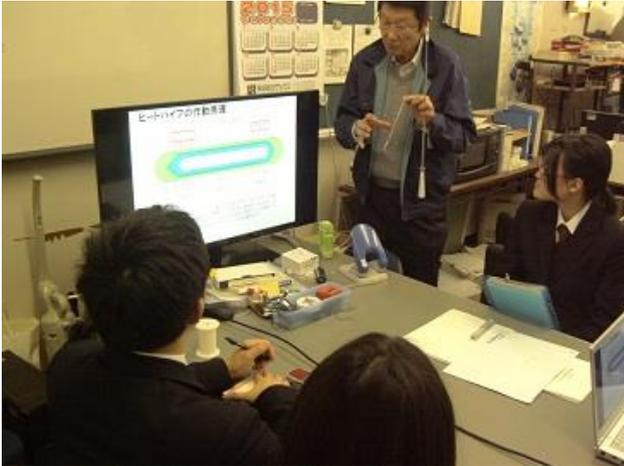


図 10 八戸工業大学野田研究室での講義

講義から、ヒートパイプは NASA により人工衛星内の放熱装置として開発されたことや、現在では PC をはじめとする発熱を伴う電子機器の冷却装置やアラスカのパイプラインに利用されていることを学んだ。

また、その構造は簡単でありパイプ内液体の蒸発熱と凝縮熱を利用して熱の移動を可能にしていることを知ることができた。

3. 研究の成果

研究成果として、次の3点をあげることができる。

- ① 熱発電は数百℃という特殊な環境下でなくても、日常生活内にある温度差を利用して発電することができる方法であると知ることができた。
- ② 温度差を利用するために、熱の移動方法としてヒートパイプの利用が効果的であると知ることができた。
- ③ 発電量が小さいため、蓄電装置の開発が必要だと知ることができた。

4. 研究成果の発表



図 11 スキルアップ発表会の様子

日 時：平成 28 年 1 月 27 日(水)
13:50～15:30

場 所：八戸工業大学第二高等学校
「スキルアップ発表会」

テーマ：「熱発電利用の可能性を探る」
～身近な温度差の活用を模索する～

形 態：スライド発表

対 象：本校 1 年生と 2 年生全員

5. 「環境安全とリスク」に関する 意見と感想

- ・安全なエネルギーを得るためには、自然環境や人間をはじめとする様々な生物への影響を考慮した方式が必要だと思う。
熱発電は、「今ここにあるもの」を利用して発電できる方法だと思うし、二酸化炭素の大量発生や放射線による環境・健康被害は無い。
発電量が小さいという問題はあるが、蓄電の工夫によって用途は大きな広がりをもつ可能性があると考ええる。
- ・温度差を利用して発電するためには、高温と低温をいかに効率的に発電素子に伝えるかが重要だと痛感した。単に高温物質・低温物質があるだけではだめだと分かった。
固体、液体、気体で熱の伝わり方は異なるし、固体の形が複雑であれば熱を取り出すことが難しい。曲面や凹凸があっても使用できる熱発電素子(スピンゼーバック効果利用)が普及すれば熱発電は飛躍的に普及すると考える。

6. 今後の課題

今回の活動を通して、課題は次の4つである。

- ①カセットコンロのような高温熱源を利用する場合、設置が簡単な冷却方法を考えていきたい。
- ②室内外の温度差を利用した発電のために、より効果的な方法を考えていきたい。
- ③蓄電装置を制作し、スチーム暖房機を使用した発電装置で携帯の充電を行えるようにしたい。
- ④雪を利用した熱発電について考察を進めたい。

7. まとめ

日常生活の中に多く存在する、「温度差」を利用した発電は発電方法の主力にはならないと思うが、人間の様々な活動に伴い必ず発生する熱を利用するため、太陽光・風力発電のように気象条件により大きな影響を受けることがない方法だと考える。

また、今回は実験できなかったが雪を利用した熱発電は、雪を資源として利用できる可能性があり今後継続して研究活動に取り組みたい。

8. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、八戸工業大学の野田教授から丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。また、八戸工業大学第二高等学校の田代先生からは、ご多忙中にも関わらず実験に限らず多方面にわたるアドバイスをいただきました。

協力していただいた皆様への心から感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。