教育実践

冷却用ペルチェ素子を利用したゼーベック効果による発電

～ローテクを使った教材作りと環境教育～

栃木県立真岡工業高等学校　電子科教諭　山根　宏信

1．はじめに

本校は今年創立50周年を迎える栃木県芳賀地区唯一の工業高校である。今年度，創立50周年記念事業の目玉としてマイクログリッド事業を推進している。これはコットンキャビンと名付けた木造家屋に太陽光発電装置と風力発電装置を設置し，発電した電力を照明や電気自動車の充電に利用し，さらには環境教育に役立てようというものである。(写真1)

2．ゼーベック効果とペルチェ効果について

電気基礎の教科書には1年生で学習する分野に，ゼーベック効果とペルチェ効果の記述がある。ところが電気基礎の授業を担当されたことのある先生方に尋ねると，この単元に力を入れて授業を行っている先生方は少ないようである。ペルチェ効果，ゼーベック効果ともに新しい技術ではなく，いわゆる枯れた技術（ローテク）

写真1

である。しかしゼーベック素子は熱電対として温度計に使われる程度であり，ペルチェ素子は放熱の難しさや結露の問題があり，CPUクーラーや車載用などの超小型冷蔵庫などに利用されている程度である。ペルチェ素子は15年ほど前からCPU冷却用のものが秋葉原等で簡単に購入できるようになったが上記の理由で実験以外の用途が見あたらない。

そこで太陽熱や地熱など再生可能な自然エネルギーを利用して発電を行う教材を作れば環境教育の一助にもなると思い，CPU冷却用のペルチェ素子を利用してゼーベック効果による温度差発電の教材を作ることにした。

具体的には太陽熱で暖めた面とヒートシンクを付けた面との温度差で発電を行い，ラジオを鳴らすというシンプルでわかりやすい教材を製作した。

ゼーベック効果は，種類の異なる2つの金属を接合させ，その一方を加熱して温度差を生じさせると起電力が発生し電流が流れる現象であ

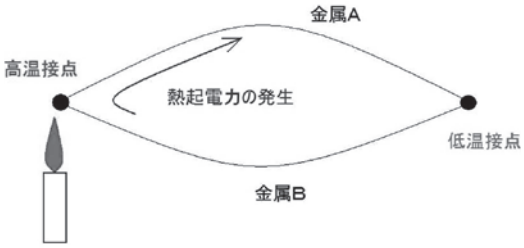


図1

る。（図1）

ゼーベック効果による電圧は次の式で求められる。SAとSBは金属A，Bのゼーベック係数，T1，T2は2つの接点の温度である。

$$V=\int_{T_1}^{T_2}(S_B(T)-S_A(T))dT$$

ゼーベック係数は非線形では導体の絶対温度，材質，分子構造に依存する係数である。

ゼーベック係数が測定する温度範囲で十分一定値であるならば，下式のように近似することができる。

$$V=(S_B-S_A)(T_2-T_1)$$

ペルチェ効果は，種類の異なる2つの金属を接合させ電流を流すと一方の接合点では発熱し，他方の接合点では吸熱する現象である。（図2）

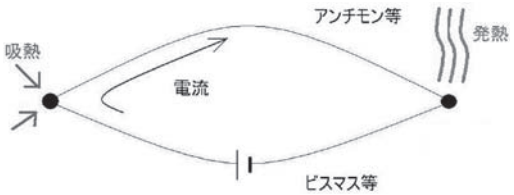


図2

3．実験装置の製作

ペルチェ素子の吸熱面と放熱面に温度差を与えるとゼーベック効果により起電力が発生する。

今回使用したペルチェ素子は以下のものである。

TEC1-12708　12V　9A　吸熱量80W
外形　40mm×40mm
カップル数　127

これを20個直列に接続し，高温側に太陽光を当て温度を上げ，低温側にヒートシンクを付け放熱させて温度差を得るようにした。高温側には3mm厚のアルミ板を黒く塗装して樹脂製のビスで固定した。樹脂製を使用したのは高温側から低温側への熱の伝導を少なくするためである。

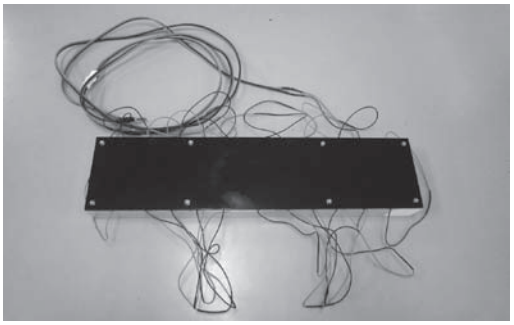


写真2

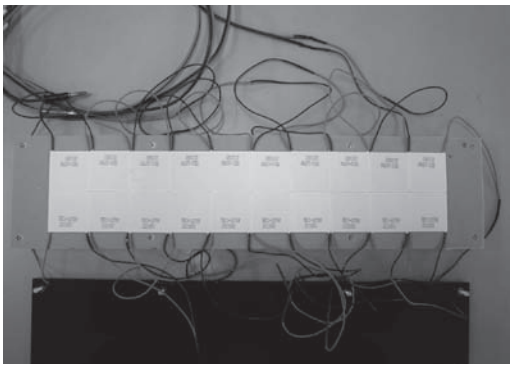


写真3

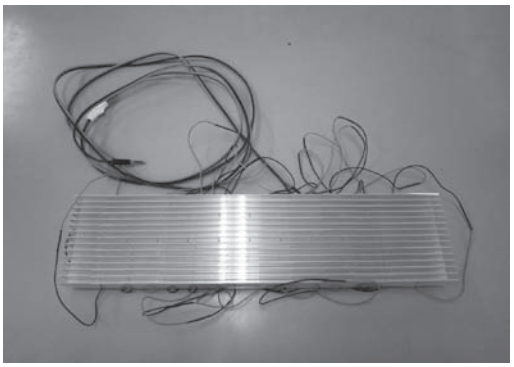


写真4

写真2が外観である。外形は113mm×430mmである。

写真3は高温側のアルミ板を外した状態である。20個のペルチェ素子が並んでいる。ペルチェ素子の周りはウレタンで熱の伝導を防いでいる。

写真4は低温側で全面にヒートシンクが取り付けてある。

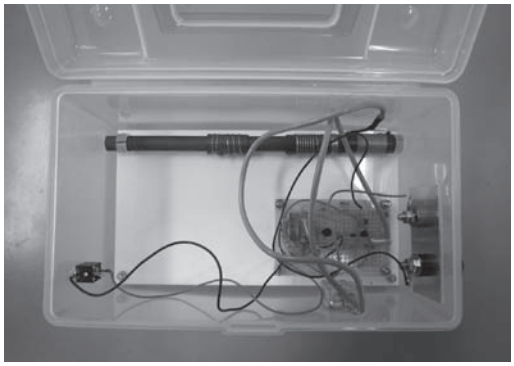


写真５

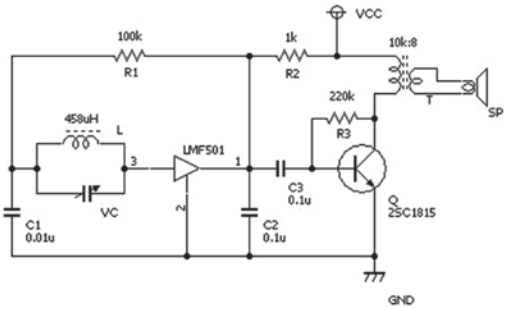


図３

授業で提示する教材には音が鳴る，動く，光るなどといったものが適している。今回はやはりローテクであるAMラジオを選択した。AMラジオは同調，増幅，検波など電気の勉強に最適な教材のひとつである。

予想された電圧が1.5V程度と低いため，この電圧でクラス全員に聞こえるように効率の良いものを製作した。（写真5）

フェライトアンテナに大型の物を選び，ICはストレートラジオ用のミツミLMF501を使用した。スピーカーは利得の高いトランペットスピーカーを使用した。図3は今回製作したストレートラジオの回路図である。

４．実験結果

快晴を選び実験を行った。（写真6）高温側と低温側の温度は，赤外線式の放射温度計を使用して測定した。（写真7）

太陽光に当てると高温側低温側ともに温度が上昇し，20分を過ぎた頃にほぼ温度が一定となった。

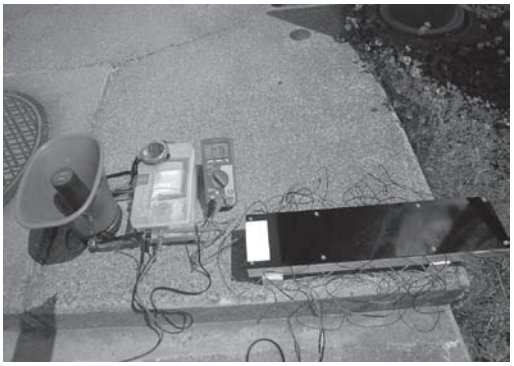
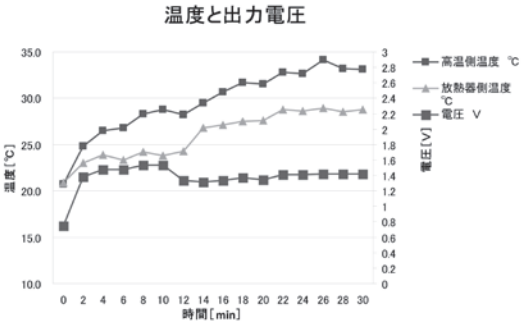
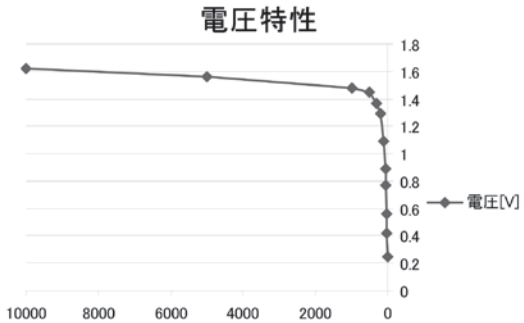


写真６

写真７





高温側と低温側の温度差は4℃から5℃程度であった。出力は1.4V前後で安定した。

ラジオは太陽光に当てて数十秒から十分な音量で鳴り出した。

測定日時　2012/5/28　9：40
天候　　快晴
気温　　21℃

5．授業への展開

梅雨の晴れ間の平成24年7月10日，電子科1年の電気基礎で今回の教材を用いて授業を行った。

まず教科書を用いてペルチェ効果とゼーベック効果について学習させた。

次にペルチェ素子に電圧を印加し，発熱と吸熱が行われることを確認させた。生徒は吸熱が行われることに特に興味を示した。

そして今回の実験装置を提示した。屋外であったが，ラジオは十分な音量で鳴った。

写真８

写真９

生徒は実験装置に触れて高温側と低温側の温度差を確かめたり，出力電圧を測定するなど積極的に授業に参加していた。（写真8，9）

6．まとめ

再生可能エネルギーというと太陽光発電，風力発電などが思い浮かぶ。

太陽光発電は電卓や玩具などの商品にも以前から使用されている。また本校の屋上にも太陽光発電用のソーラーパネルが設置されていているが，太陽光発電を行っている企業や家庭も増え非常に身近になっている。

風力発電も家庭用の小型のものから超大型のものまで実用化され各地に設置されており，目にする機会も増えている。

今回はあえて生徒にはなじみの無いゼーベック効果を利用した温度差発電の教材を製作し生徒に提示した。

今回の実験装置では太陽熱とヒートシンクで温度差を得たが，廃熱や地熱の利用なども考えられるので環境教育にも役立つと考える。

実験装置では自然放熱によったが，水冷にするなど温度差を大きくすれば5V程度の電圧は簡単に取り出せるのでラジオ以外にも様々な用途に使用できそうである。

ハイテクノロジーを追わなくても面白く授業に役に立つ教材は製作が可能である。今後もローテクを生かした教材作りを実践していきたい。

7．参考文献

電気基礎1新訂版　実教出版
新しい電気基礎1　オーム社
電気基礎（上）　コロナ社
LMF501　データシート　MITSUMI
wikipedia　ゼーベック効果，ペルチェ効果，ペルチェ素子関連項目