

温度差発電を利用したエコい сауナ

2年3組 中村 奏風 2年4組 田中 亮惺
2年4組 山本 健喜
指導者 河野 隼也

1 課題設定の理由

近年注目を集めている再生可能エネルギーによる発電の中に、ペルチェ素子を使った温度差発電がある。ペルチェ素子とは、ゼーベック効果(図1)によって温度差から電気を作る半導体のことである。ゼーベック効果とは異なる種類の物質をつなぎ、それぞれの物質の両端に温度差を作ったときに電圧が生じるというもので、どんな物質の組み合わせでも基本的にこの現象が生じる。しかし実用的な効果を得るために、多くは半導体や金属同士の組み合わせが用いられている。また、この温度差発電は起電力が小さいため実用化はされていない。この特性をサウナと水風呂の温度差のあるところで利用したら意図的に作っている温度差を再利用してエコな発電ができるのではないかと考えて、サウナへ組み込むことを考えた。

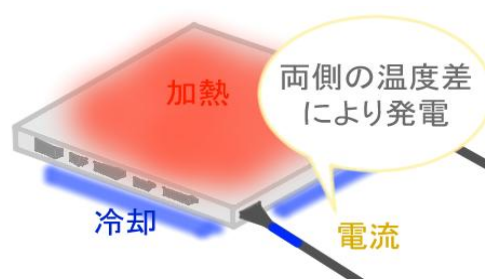


図1 ゼーベック効果

2 施設訪問

我々の研究のゴールは「ペルチェ素子を用いた温度差発電を身近なところで導入し、地域活性化につながるモデルを構想する」ことである。温泉にあるサウナと水風呂の温度差から得た電力を、テレビや換気扇に利用することを目標とし、我々は温泉でのペルチェ素子の温度差発電の導入方法について試行錯誤している。

我々はサウナ導入のヒントを得るために2025年8月17日に愛媛県宇和島市松野町にある「森の国ぽっぽ温泉」の方に見学させていただいた。

我々は以下について確認、質問させていただいた。

- ① 水風呂とサウナ室の位置関係
- ② 水風呂とサウナストーブの温度
- ③ 換気扇について

①に関して、図2のように「森の国ぽっぽ温泉」の水風呂とサウナ室の距離は近く、厚さ10cm程度で隔てられていることが分かった。温泉施設によって壁の厚さは異なり、ペルチェ素子を壁に組み込む方法は大きく変わる。壁が厚い場合はサウナと水風呂の温度差をスムーズにペルチェ素子に伝えるなければならないので、ヒートパイプ(液体が気化または収縮する際に発生する熱エネルギーを利用して、熱を迅速に移動させる装置)を用いる必要がある。一方で、薄い場合は熱源と低熱源の距離が近いのでヒートシンク(熱を吸収して空気中に放熱する役割を持つ部品)を、ペルチェ素子を挟みこむようにして設置する。ヒートパイプとヒートシンクはともに熱伝導率が高く、両方をうまく組み合わせてペルチェ素子に熱を伝える構造を考えなければならない。

②に関して、「森の国ぽっぽ温泉」の水風呂の温度は約25℃前後で、サウナストーブの温度は



図2 サウナ室と水風呂の位置

約 85℃ということが分かった。今回購入したペルチェ素子の両面の耐熱温度差が 68℃であるため、サウナに組み込む温度差発電のモデルとしては適している。

③に関して、「森の国ぼっぼ温泉」ではサウナの熱が逃げるための換気扇はなく、代わりに空気口や出入り口の開閉で換気をしている。サウナには自然換気と機械換気のどちらもあるが、機械換気の方が一般的である。換気扇の有無はサウナ使用者の気分と健康を大きく左右する。換気扇はサウナ室内の空気の停滞を防ぐ。その結果、温度と湿度ともにムラをなくし、どこに座っていても同じ条件を作り出している。また酸素が薄くなる場所やサウナストーブ付近の極端に高温な場所が発生することも防ぎ安全面でも活躍する。サウナの換気扇に必要な電力は 20～50 W とされており、それだけの電力をペルチェ素子で産み出すことが本研究の目的となってくる。

3 仮説

- (1) ペルチェ素子は熱電効果で動くので、熱源側と低熱源側の温度差が大きくなればなるほど起電力・発電量は大きくなり、ペルチェ素子の数を増やしても同様の効果が得られる。
- (2) ペルチェ素子を複数枚用いるときに、配置方法で発電効果が変わる。

4 研究の方法

図 3 は実験装置全体の写真である。図 4 は、熱源・ペルチェ素子・低熱源の拡大図。ホットプレート上にヒートシンクを置き、その上にペルチェ素子を置く。そのペルチェ素子の上に氷水の入ったビーカーを置き、熱電対温度計をペルチェ素子の熱源側、サウナに実際に導入する場合に即して、熱源と冷源の干渉は少ないと考え、低熱源(図のように少し装置から遠ざけた、温度と容積ともに等しい冷源)に設置し熱源と低熱源の温度差を測定する。



図 3 実験装置全体図

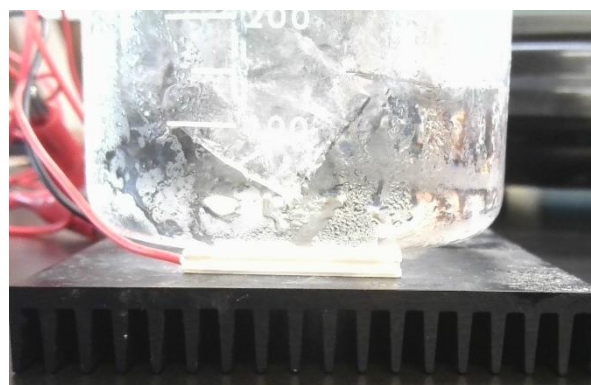


図 4 熱源と低熱源で挟んでいるペルチェ素子

実験方法は以下である。

1. ペルチェ素子を横に並べ(図 5)、低熱源側を約 15℃で温度を保ち、熱源側をホットプレートで加熱する。温度差が 10℃変わるとに電流と電圧の値を電流計と電圧計から読み取る。
2. 得られた電流と電圧の値から電力を計算する。
3. 枚数を増やして、上記 1 と 2 を繰り返す。
4. ただ横に並べるだけではなく、ペルチェ素子を上下に重ねて(図 6)同様の実験を行う。

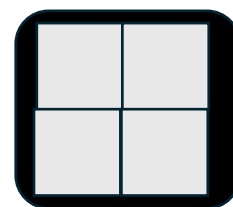


図 5 横に並べたペルチェ素子

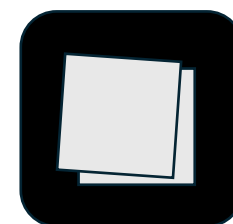


図 6 縦に重ねたペルチェ素子

5 結果と考察

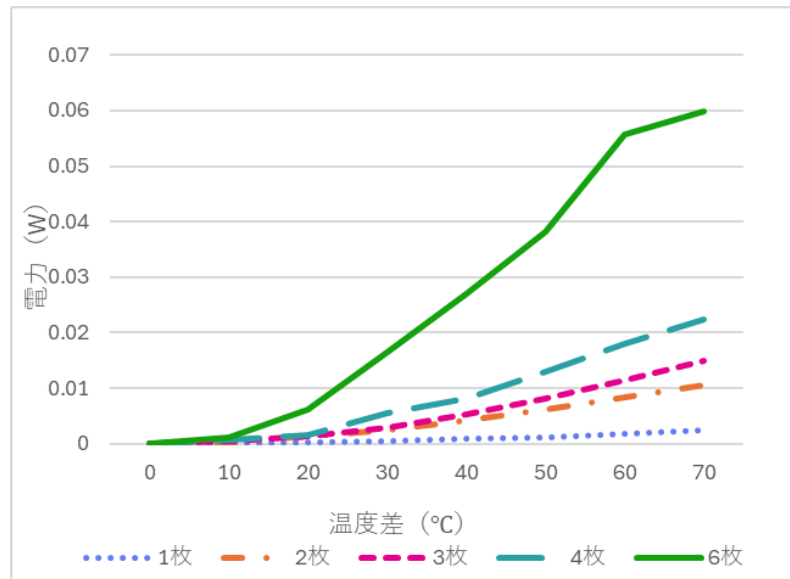


図7 ペルチェ素子の枚数ごとの温度差と電力の関係

図7はペルチェ素子の数別で温度差と電力の関係を表したグラフである。図7よりペルチェ素子の両面の温度差が上昇すると電力が大きくなることが分かる。また、ペルチェ素子の枚数を増やしていくことにより、電力が大きくなることも分かった。よって仮説(1)は正しかったと言える。また今回の実験では、ペルチェ素子が6枚で温度差が約60℃のときに、電力が約0.06Wと計測されたが、換気扇を稼働させるために必要な電力が50W必要と考えると、ペルチェ素子が約5000個必要という計算になる。ただし、ペルチェ素子の個数が2枚、4枚、6枚と変化しても電力は単純に比例しているわけではないため、もう少し個数が少なくても必要な電力に達する可能性がある。

図8はペルチェ素子2枚を用いて横に並べた時と、上下に重ねた時の温度差とその電力を表したグラフである。今回の実験では上下2枚重ねた時のデータが30℃から60℃までしかとれていなかった。2枚を横に並べた時と比較すると、電力に大きな差がないことが分かった。ただし、ペルチェ素子の枚数をこれ以上増やして重ねる実験は行えてないので、並べ方の違いによって生み出される電力の差がないとは言い切れない。

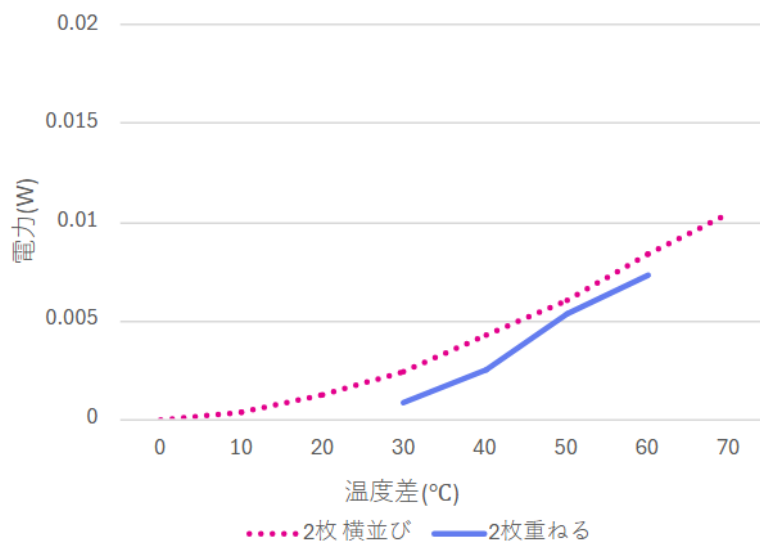


図8 ペルチェ素子の並べ方の比較

6 まとめと今後の課題

今回の実験でペルチェ素子によって発電された電力はごくわずかで、目的としている換気扇やテレビなどの家電製品では20～50 Wの消費電力が必要なため、複数運用するとなると大量のペルチェ素子を用意する必要がある。そのため、より正確な実験や効率の良い配置方法を考える必要がある。また、瞬間の電力を調べるだけでなく、実際に想定した湿度や温度などの外部の変化を受けても一定の温度差を保ち電力を発生させることができるような、長期的な時間で電力を調べる実験も行う必要がある。

ペルチェ素子と熱源であるヒートシンクに関しては、お互いが平面で十分に接触していると考えられる。しかし、ペルチェ素子と低熱源であるビーカーの接触は、ビーカーの底が湾曲しているため、ペルチェ素子には十分に熱が伝わっていない可能性が考えられる。温度差も別の低熱源ビーカーで得られたものから計測しているため、ペルチェ素子の両面の温度差が正確に計測できていない可能性もある。

現段階ではペルチェ素子の枚数や配置方法による発電効率を主に研究しているが、実際にサウナに組み込むための設計や工事、換気扇の配置場所、安全性やコストなども考えていかなければならない。課題をはっきりさせて、地域活性化につながるモデルを構築していきたい。

7 謝辞

本研究を進めるにあたり実際に温泉施設の設備を見せてくださった「森の国ぽっぽ温泉」の皆様がこの場をお借りして感謝申し上げます。導入に向けてこれからも研究に励んでまいります。

参考文献

- ・ simotec (2025)ペルチェ素子とは | 下西技研工業 SIMOTEC(サイモテック)
- ・ simotec (2025)ヒートパイプ ①ヒートパイプの原理 | 下西技研工業 SIMOTEC(サイモテック)
- ・ logitec (2024)ヒートシンクとは？放熱する仕組みや必要性などをわかりやすく解説