

水冷及び空冷型熱電発電システムの設計と制作

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

1年 泉澤 寿衣

1年 菊池 彩子

1年 片桐 涼美

1年 小山 遥

1年 深堀 琴音

1年 渡邊 滯

指導補助 大学院1年 小原 龍

指導補助 大学院1年 金子 駿也

指導教員 システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

教授 長南 安紀

准教授 山口 博之

1. はじめに

熱電発電とは一言でいうと温度差を利用した発電方法である。熱電素子の一方を低い温度にし、もう一方を高い温度にすることで発生する高温部から低温部に向かってのキャリア（電子・正孔）の移動を利用して電気を得ることができる。熱源は身の周りの環境中にたくさんあり、普段は使われていない熱エネルギーを電気エネルギーに変換させることができたならエネルギーの有効活用につながる。このように身の周りの環境中にある熱を含めた様々なエネルギー（熱、光、振動、電波）を収穫し電気エネルギーとして利用することをエネルギーハーベスティングと呼ぶ。

2. 目的

私たちはこの自主研究を通してこれらの自然エネルギーを利用した発電についての知識を深めたいと思っていた。そこで温度の差を利用した熱電発電と言う方法があることを知り発電の仕組みや効率の良し悪しを調べたいと思い設計し、制作し、比較してそれらを調べていこうということになった。温度の高い方の熱源の利用としては温水の利用を考えた。また、身の周りには温度の低い方の熱源として利用としては水と空気を想定した。水は空気に比べ熱容量が大きく冷却に向いているが空気と違いある場所に限られるという欠点をもつ。また空気は場所を選ばないが水に比べ熱容量が小さいためすぐに温まってしまうという欠点を持つ。そこで、その欠点を解決するために表面積を広くする方法を模索しようと考え、冷却部の面積が性能に及ぼす影響に関して実験を行った。

3. 実験

本研究では3つのバージョンに分け調べることにした。まず水で冷やす方法としては(株)ロイヤルパーツ(湯沢市)が開発した水冷型熱電発電システムを社員の柴田努氏の指導の下、制作を行いその後性能評価を行った。また、空気で冷やす空冷型熱電発電システムを二種類設計し制作後、評価・比較を行った。

3.1 水冷型熱電発電システムの制作と評価

図1に示すような水冷型熱電発電システムを制作した。性能の測定では、低温部には水道水(24°C)を使い温度を固定した。お湯の温度を35°Cから65°Cまで5°Cずつ変化させた。

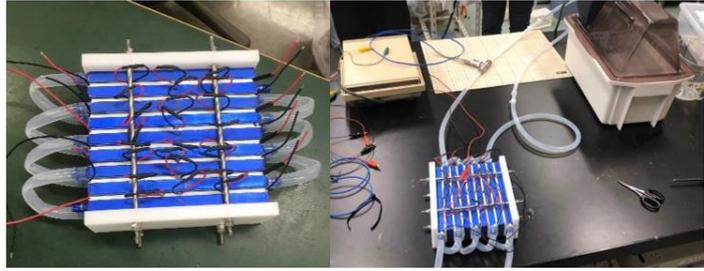


図1 水冷型熱電システムと(左)と実験の様子(右)

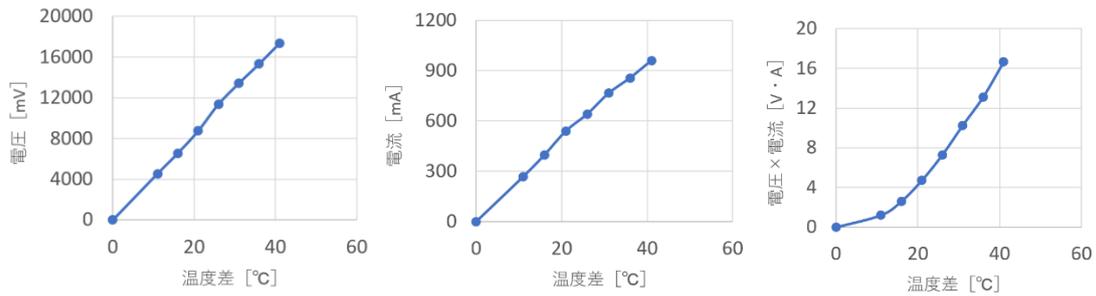


図2 水冷型発電システム性能(左から電圧、電流、仕事)

この性能調査では冷水と温水の温度差で生じる開放電圧と短絡電流を調べた。図2に計測した値のグラフを示す。計測したグラフより、温度差が大きいほど開放電圧と短絡電流は大きくなり温度差40°Cで最大16Wの発電量を示した。

3.2 空冷型熱電発電システムの設計と制作

空冷型熱電発電システムでは冷却源として空気を用いる。空冷型熱電発電システムを制作するにあたっての方針は、空気の冷却能力が低いため冷却部の面積を増やす必要があると言う

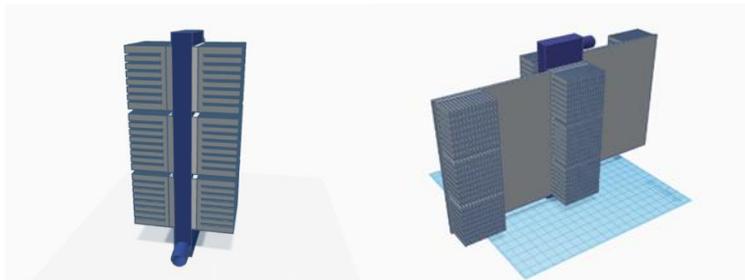


図3 空冷型システムバージョンA(左)とB(右)

ことである。まず、熱電発電素子にヒートシンクを直接貼り付けたシステムを設計した。高温熱源部の両面に熱電発電素子を計 6 個張り付けてその上にヒートシンクを計 6 個取り付ける様に設計し、これを空冷型システムバージョン A とした。図 3 (左) に 3DCAD (AUTODESK : TINKERCAD) を用いて作成したモデルを示す。

次にヒートシンクを取り付ける面積を増やすために熱電発電素子上に平面型ヒートパイプを取り付けその先にヒートシンクを追加した空冷型システムバージョン B を設計した (図 3 右)。この設計ではヒートシンクの数バージョン A の 6 個に比べて 12 個と二倍に増えている。

3.3 空冷型熱発電システムの制作と測定

3.3.1 空冷型システムバージョン A と B の制作と測定

図 4 と図 5 に各々制作した空冷型システムバージョン A、B とそれらの測定時の温度分布を示す。この測定では、冷却には室温 (無風) を利用し高温部はお湯を使いその温度を 30°C から 60°C まで 10°C ずつ変化させた。室温は 17°C であった。各湯温と室温との間で発生した短絡電流と開放電圧を測定しその仕事を調べた。測定はお湯の温度が一定になってから 5 分程度保持後、10 秒ごと計 10 回電流と電圧を記録した。

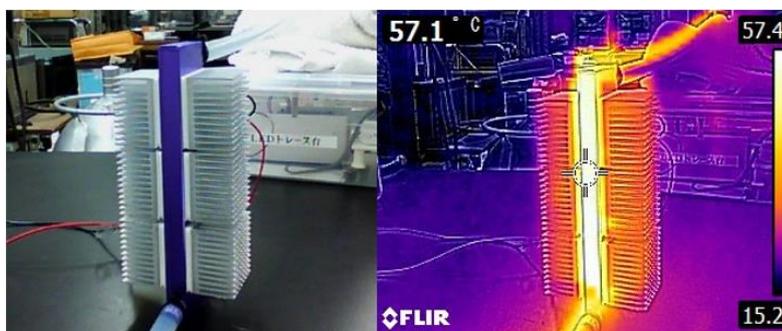


図 4 空冷型熱電発電システムバージョン A の測定時の様子とサーモグラフィ (60°C)

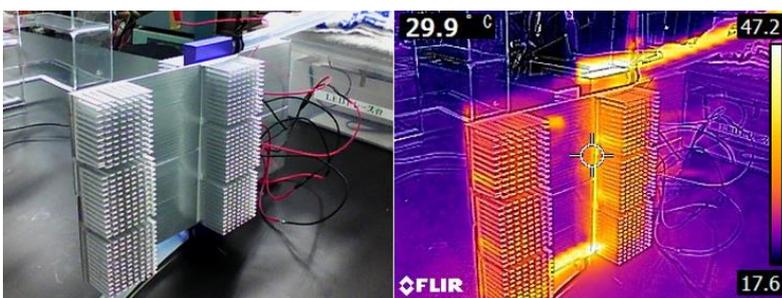


図 5 空冷型熱電発電システムバージョン B の測定時の様子とサーモグラフィ (50°C)

4. 結果と考察

空冷型熱電発電システムの A と B の測定結果を図 6 に示す。電圧と電流の値は記録した 10 点の測定結果の平均である。

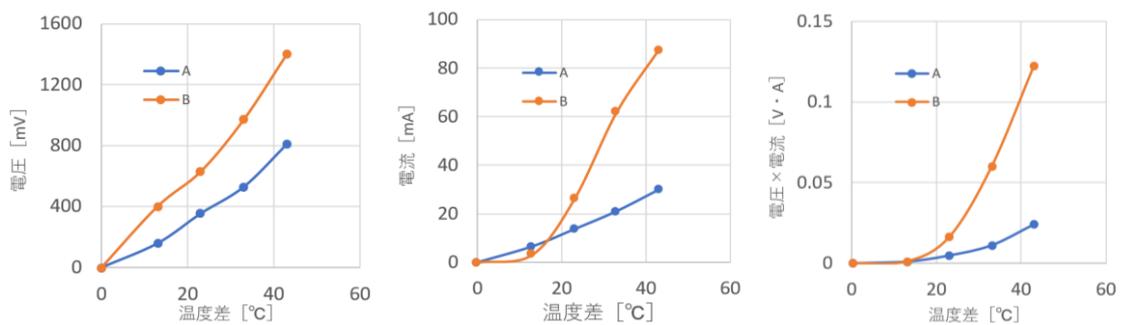


図6 空冷型熱電発電システムのAとBの比較

空冷型熱電発電システム, A, B 共通してわかったことは温度差が広がると電圧、電流、仕事すべて上昇することである。また、ヒートシンクの数が違う A, B を比べると、電圧、電流、仕事すべてヒートシンクの数が多い B が A を上回る結果となった。よって、バージョン B の方が効率良いことが分かった。その理由としては、ヒートパイプ用いたバージョン B のサーモグラフィではヒートパイプの真ん中の部分の温度が低いが発熱源から離れたヒートシンクは温度が高くなっており、発熱源から離れた部分にも十分に熱が逃げていることがわかる。これから、ヒートパイプの両端の部分の温度が高くなっているのをヒートパイプを用いて冷却部分の表面積を増やすことはこの研究においては重要なことであることがわかる。

5. まとめ

水冷型熱電発電システムをつくる時の設計の段階は去年のものを使用したけどバージョン A, B は設計から行い制作した。本研究では、今まで意識することのなかった身の周りにある使用することのなかったエネルギーに関心を向けることができた。持続可能なエネルギーとしての発展に貢献できたらうれしく思う。

6. 謝辞

(株) ロイヤルパーツ柴田努様には、懇切丁寧な御指導を賜りました。心から感謝申し上げます。

7. 参考文献

堀越智「エネルギーハーベスティング身の周りの微小エネルギーから電気を創る “環境発電”」2014年10月25日 日刊工業新聞社