

温泉や暖房機器を熱源とする温度差発電

○浦家 淳博^{a)}, 東藤 勇^{b)}, 坂口 直志^{b)}

a) 釧路高専 一般教科 b) 釧路高専 電子工学科

本研究室では、未利用エネルギーの活用を目指して、温泉の湯とその近くを流れる河川の水の温度差や家庭暖房機器の発熱と室温の温度差を熱電半導体に与え、熱電変換による温度差発電装置の開発を行っている。温泉利用では北海道羅臼町の温泉に150Wの温度差発電装置を設置。また、モンゴル国アルハンガイ県ツェンケルには50Wの発電装置を設置している。家庭暖房機器の発熱と室温の温度差の利用では、50Wの発電を可能にした。

1. 研究の目的・意義

近未来のエネルギー危機への対応として、環境が保有する未利用エネルギーの活用が注目される。本研究室では、自然あるいは生活環境が保有する温度差を活用した発電を検討している。ベースとする技術は、半導体の熱電変換現象（ゼーベック効果）である。これにより、温度差から、駆動部分のない発電装置を実現できる。

本稿では、温泉と河川水、家庭暖房熱と室温の組み合わせによる温度差発電装置の開発とその高効率化の検討を報告する。あわせて、すでに実用化されている半導体による発電装置である太陽光発電との経済的比較評価も報告する。

2. 温泉利用の発電装置

温泉水と河川水とによる温度差発電装置¹⁾の概略を図1に示す。

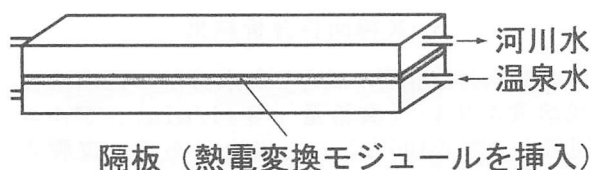


図1 温度差発電装置

装置は、長さ1000mm、幅60mm、高さ30mmの金属角管2本から構成される、隔板式（貫流式）熱交換器をベースにしている。発電は、この熱交換器の隔板の部分に、半導体を主原料とする熱電変換モジュールを挿入し、モジュールの表裏両面に温泉水と河川水とによる恒常的な温度差を与えることによって行う。モジュールは30mm×30mmの大きさのものを発電装置1ユニットに合計60枚使用した。

この発電では、熱交換（熱伝達）が重要であり、管には熱伝導率の良い金属を使用すべきであるが、

装置の低コスト化、軽量化を図って、アルミニウムで製作した。

熱伝達特性の改善のために、アルミニウム管内壁に図2のような断面構造を持つフィンを施し、その効果を検討した。

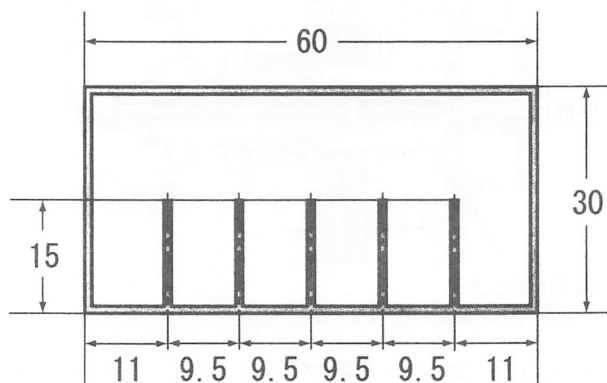


図2 アルミ角管の断面構造

フィンの配置と流体の流量との発電出力との関係を以下の3つのタイプについて調べた。

- (A) 温泉水用管も河川水用管も熱交換側内壁にフィンを配した装置
- (B) 温泉水用管も河川水用管も熱交換側の反対側内壁にフィンを配した装置
- (C) 温泉水用管は熱交換側内壁に、河川水用管は熱交換側の反対側内壁にフィンを配した装置

測定は、北海道羅臼町の羅臼温泉源泉で行った。温泉の湯の温度は96℃、河川の水の温度は13℃であった。結果は次の通りである。

	湯の流量	水の流量	出力電力
タイプ(A)	4.3(l/min)	4.8(l/min)	19.1(W)
	1.0(l/min)	1.3(l/min)	12.5(W)
タイプ(B)	4.3(l/min)	4.8(l/min)	23.0(W)
	1.0(l/min)	1.1(l/min)	12.5(W)
タイプ(C)	4.3(l/min)	4.8(l/min)	24.9(W)
	0.8(l/min)	1.1(l/min)	15.5(W)

タイプ (C) が最も良い特性を示した。これは、流体の粘性の温度依存性にあると考えている。20℃の水と 100℃の水では 3 倍以上の差がある。この影響で、粘性の低い湯はフィン部分の流れ、粘性の高い水はフィンのない部分を通れるからである。

現在羅臼町の温泉に 25W の発電装置 6 本直列にして、常時 150W の発電を続けている。

3. モンゴルの温泉における発電システム

モンゴル国のアルハンガイ県ツェンケル村郊外にツェンケル・ジグール温泉という温泉がある。この温泉施設からの要請に応じて、この温泉周辺の環境を利用した発電を実施している²⁾。モンゴル国は年間を通じて降水量が少なく、日本の 1/4 以下であり、日照時間は年間 3000 時間と日本の 1.5 倍である。また温泉では 82℃の湯が自噴しており、側近に小川が流れている。そこで、太陽電池パネルと温度差発電によるハイブリッドな環境利用発電システムを組み上げた。

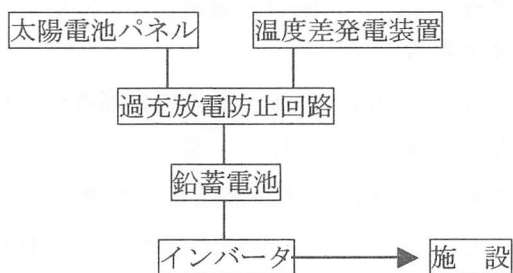


図3 モンゴルの発電システムの概略図

施設で使用している冷蔵庫と冷凍庫、合計 240W を 24 時間使用できるようにということで、5.76kWh の電力供給システムを組上げた。発電は主に太陽電池パネルを使用した。(最大出力 48W パネルを 12 枚) 発電された電力は、過充放電防止回路を通して、鉛蓄電池に充電し、インバータにより、DC12V を AC230V に変換し送電している。

なお、温度差発電は天候不順時の補充電力として使用している。これは羅臼温泉では 120W の発電が可能装置であるが、小川の位置の都合により温度差が 40 度しかとれず、約 50W の発電となった。それでも、24 時間発電可能であるから、太陽電池パネル約 7,8 枚分に匹敵する。

4. 家庭暖房熱と室温との温度差による発電

北国北海道では、家庭暖房に石油ストーブをほとんどの家庭で使用している。この家庭暖房熱と我々の住空間の温度差を活用した発電も検討している。

暖房熱は熱電変換モジュールを貫流し、貫流後の熱は暖房熱として使用し、電力も部屋の中で使用すれば、暖房熱は全く損失無く活用できるばかりでなく、一部は電力として活用できる事になる。概略図を図 4 に示す。

冷却には水(不凍液)を循環し、放熱器により室内に放熱し暖房熱としている。

循環ポンプに 6W、放熱ファンに 3W の電力を使用している。一般家庭で使用している石油ストーブ(サンポット社 UFH73URF) を使用して最大約 50W の電力を得た。

この実験に使用した熱電変換モジュールは、中国で開発されたもので、面積が 50mm×50mm、また、温度差を確保するために熱電半導体の厚さが 3mm となっている。このモジュールは輸送コストを含めても 1300 円/個程度であった。このモジュールを 10 個使用したので、1W 当りの価格は 300 円程度である。

熱貫流をさらに小さくして、大きな温度差を与えることができ、熱歪みによる熱電半導体の劣化が防止できれば、未来社会に有望視されている分散型エネルギーの中で自給自足のエネルギー源として活用されるであろう。

5. おわりに

太陽光発電では 300kWh/月の電力を供給できるシステムを 300 万円で購入できる。しかし、温度差発電では同じ 300kWh/月の発電をするには、約 70 万円で製作することができる。

さらに、太陽電池より優れている点は天候に左右されず、夜間でも安定した電力を供給でき、電力蓄積用電池が小規模で良く、設置コストも安価で、さらにメンテナンスが容易である。

エネルギー問題への対応の一方策として、温度差発電の実用化は有効であると考えている。

今後は、環境が保有する未利用エネルギーの活用を目指し、氷雪と太陽熱との温度差を活用したエネルギー開発に向けて検討を続けようと考えている。

参考文献

- 1) 浦家淳博, 坂口直志, 横山安弘, 東藤勇: 太陽エネルギー, Vol. 23, No. 1(1998), p62
- 2) 浦家淳博, 坂口直志, 横山安弘, 東藤勇: 太陽エネルギー, Vol. 25, No. 6(1999), p49