

温度差を *Power* に変える

—強力電磁石機能付き温度差発電装置の作製—

山形大学工学部技術部
化学技術室 原田英二

表-1 金属の白金に対する起電力¹⁾
(接点温度差が 100°C の場合)

金	属	起電力 [mV]
亜	鉛	0.76
アルミニウム		0.42
アルメル		-1.29
金		0.78
銀		0.74
クロメル		2.81
コンスタンタン		-3.51
ステンレス(18-8)		0.44
タンタル		0.33
鉄		1.98
銅		0.76
鉛		0.44
ニッケル		-1.48
マンガン		0.61
マグネシウム		0.44

【緒言】

自然エネルギーを利用した温度差発電の代表的なものに熱電発電がある。これは異種の金属や半導体閉回路の接合部に温度差があると、その間に起電力が生じるという原理、所謂ゼーベック効果を利用したものである。熱電発電は人工衛星内の装置で利用されているのをはじめ、体温と外気温度差によって発電された電力を駆動力に変換した腕時計や耳式体温計等に應用されている。このように宇宙開発から小型機器まで、形態の大小によらず発電出来るのが熱電発電(温度差発電)の最大の特徴である。また焼却炉やボイラー、温泉の排熱等現在捨てられている熱エネルギーを利用出来るので環境負荷が少ない利点を有している。しかるに、単一のユニットで大電力を得ることが困難である等、解決すべき問題点も多く応用例が限定されているのが現状である。したがってクリーンな発電方法であるにもかかわらず、太陽光発電や風力発電等と比べ、一般にその認知度はかなり低いと言わざるを得ない。そこで温度差発電装置に強力な電磁石機能を付加し、電磁力の実験を通じて次世代を担う高校生や大学生に温度差発電およびエネルギー変換の基本的な原理を学習させると共に温度差発電への興味を喚起し、その有用性の理解に役立てようと考えた。なお、この体験型実験は大学内のみならず市民を対象とした自然エネルギー利用普及を目指す地域のイベント時にも行う予定である。

【強力電磁石機能付き発電装置の作製】

1) 発電回路を構成する材料の選定

温度差発電(熱電発電)を行うための熱電対素材の組み合わせは数多く存在するが、今回は次に示す①~④の理由により比較的大直径の銅およびニッケル丸棒を選定した。

- ① 素材として大直径丸棒が入手しやすい
- ② 電気抵抗が小さい
- ③ 同一温度差で熱起電力が大きい
- ④ 白金に対する熱起電力が互いに逆方向

選定した銅とニッケル丸棒の寸法は両者共に直径が 30mm、長さがそれぞれ 2m および 25cm である。ここで周知のように熱電対の起電力はそれを構成する材料と両接点の温度差のみによって決定され、材料の太さや長さによらない。したがって表-1を参考に銅とニッケルで構成された熱電対の起電力を推定すると 100°C の温度差で約 2.2mV、200°C で 4.4mV となる。また直径 30mm、長さ 2m 銅丸棒の電気抵抗は約 $4.8 \times 10^{-5} \Omega$ であり直径 30mm、長さ 25cm ニッケル丸棒のそれは $2.5 \times 10^{-5} \Omega$ である。今それぞれの丸棒の両端を接合し、熱電対を構成した時、閉回路の合成抵抗は両者の直列抵抗値 $7.8 \times 10^{-5} \Omega$ となる。したがって両接合部に 200°C の温度差を与えるとオームの法則 ($I=E/R$) より回路には計算上 $(4.4 \times 10^{-3} / 7.3 \times 10^{-5} \approx 60)$ 約 60A の大電流が流れることになる。

2) 電磁石機能付き発電装置の作製²⁾

本発電装置は写真-1のように基本的には銅

-ニッケル熱電対である。それを構成している長さ2mの銅丸棒の一部をコイル状(コイルの直径約12cm、巻数5回)に加工し、写真-2のごとくコイル内に鉄心を挿入すれば電磁石として機能させることが可能となる。銅およびニッケル丸棒の接合は銀ロウ付けによったが、両接合部に約200℃の温度差を与えれば前述のとおり約60Aの大電流がコイルに流れる。コイルの巻数は高々5回であるが電流値が大きいので強い磁界が生じ強力な電磁石となることが予想された。

【試作発電装置の性能点検】

1) 性能確認実験手順

写真-1の温度差発電回路を形成している熱電対の両接点に200℃以上の温度差を与える。すなわち一方の接点を氷水で冷却し、他方をガストーチの炎で加熱する。同時に回路に流れる電流値をクランプ式の電流計で測定する。次いでコの字形の鉄心に鉄片が吸引するのを確認する。

2) 電磁石の吸引力について

写真-2のごとく一部がコイル状になっている温度差発電回路に流れる電流値が約35Aを越えると電磁力が急激に大きくなり、コの字形の鉄心に3kg以上の鉄片を吸引することが出来る。

【おわりに】

直径30mmの銅およびニッケル丸棒でゼーベック効果を利用した温度差発電装置を作製した。次いで熱電対回路を構成する銅丸棒の一部をコイル状に加工して鉄心を挿入することにより電磁石の機能を付加した。温度差発電による起電力はmVオーダーであるが、回路を構成する金属棒の直径が30mmと大きいため、電気抵抗が極めて小さい。したがってコイルに大電流が流れ、強力な電磁石となることを確認した。一般にデモ用発電装置の電力は電球の発光やモーターの回転に利用されている。一方本装置は電力を磁力に変換し、電磁石の機能を付加しているので初学者や一般市民に視覚的な驚きを与えることが出来る。さらに色々な場面において理科教育に活用が可能であると共に自然エネルギーを利用した発電技術の啓蒙につながると考える。

【謝辞】

米沢市内のみならず県内の金属加工業者から工作を拒否された直径30mm銅丸棒のコイル状加工および異種金属の銀ロウ付けをしていただいた羽賀恵寿氏はじめ機械工作専門技術室の皆様へ深謝申し上げます。また本装置を設計するにあたり、種々のご教示を賜りました物

質化学工学科教授栗山雅文先生、元山形大学工学部教授今野宏卓先生ならびに石巻専修大学理工学部教授山川紀夫先生に厚く御礼申し上げます。



写真-1 試作温度差発電装置



写真-2 電磁石機能付き温度差発電装置

【引用文献】

- 1) 国立天文台：“理科年表”；丸善(2003)
- 2) 山川紀夫：伝熱研究, 5, pp.11-13(1966)