

【緒言】

京都議定書で我国は2012年まで1990年代に比べ6%のCO₂排出量削減が義務付けられている。これを達成するには、排出量取引等の行使も選択肢の一つではあるが、科学技術立国として、まずは省エネに努め、エネルギーとして使用する化石燃料の割合を極力小さくすることが必要である。そのためには太陽光や風力のみならず、製造から廃棄までトータルでCO₂排出量の少ない発電システムの普及が重要かつ急務である。これを達成するために今回は熱電発電を取り上げた。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応用されている。このように宇宙から小型機器まで、形態の大小によらず発電出来るのが熱電発電の最大の特徴である。

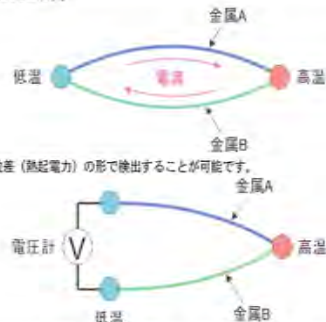
また焼却炉やボイラー、温泉の温排水と河川冷水等の温度差をそのまま利用出来るので環境負荷が少ない。さらに固体素子による直接発電であるので長寿命高信頼性のシステム構築が期待出来る等の利点を有している。したがって既に一部の温泉施設においては発電モジュールによって得られた電力で施設内の照明や自動販売機の運転をする等、実用に供されている。これをさらに普及促進するためには、未だ国内で認知度の低い熱電発電の有用性を一般市民に広く知らしめる必要があると考えた。そこで今回は写真-1のような強力な電磁石機能を備えた教育用熱電発電装置を製作し、温度差によって得られた熱起電力で電磁石を作動させて、温度差がパワーに変る実験を行う。また合わせて市販の発電モジュールを使用した電球の点灯やファンの回転実験を行う。これらによって一般市民に視覚的な驚きを与え、熱電発電の理解と興味を喚起し、早急に設置条件の良好な地域や施設等で熱電発電システムの普及促進を図ることを考えた。

【熱電発電による強力電磁石の製作と実験】

I) 銅線の電気抵抗を無視した失敗

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、当初は同一温度差で比較的熱起電力の大きい銅とコンスタンタン（銅とニッケルの合金）を選定した。すなわち写真-1のコイルを含む側の素材に断面積60mm²（φ2.0の銅線19本）、公称許容電流217A、長さ2mの電力用ケーブルを他方にはφ12.0、長さ25cmのコンスタンタン丸棒を用いた。なお、コイル巻数8回、コイル直径は約7cmで

異なる材料の2本の金属線を接続して1つの回路（熱電対）をつくり、ふたつの接点に温度差を与えると、回路に電圧が発生するという現象がおきます。この現象は、1821年にドイツの物理学者トーマス・ゼーベックによって発見され、ゼーベック効果と呼ばれています。



熱起電力は、組み合わせる金属の種類と両接点の温度差には依存するものの、構成するふたつの金属の形状と大きさには関係しないため、この現象を利用した多くの温度検出器が開発されました。一般にこの現象を利用した温度検出器を熱電対といいます。

図-1 熱電発電（熱電対）の原理

ある。また熱電対の両接合部は接触電気抵抗を極力小さくするために、銀ロウ付けとした。また電磁石の鉄心にはφ60、長さ20cmの軟鉄丸棒を使用した。実験は両接点に約200℃の温度差を与える。その時、銅・コンスタantan熱電対回路に生じる起電力は約9.3mVである。電力ケーブルの電気抵抗を ≈ 0 とすると、コンスタantan丸棒のそれは 0.0011Ω であるので、オームの法則よりコイルを含む回路には計算上、約8.5Aの直流電流が流れ、電磁石の機能が充分発揮出来ると考えた。しかしながら期待した結果が得られなかったため電力ケーブルの電気抵抗を推算したところ、ケーブルにもコンスタantanと同程度の電気抵抗があることが判明した。したがって熱電対素材やその電気抵抗を考慮し、強力な電磁石となる装置設計製作を再度行った。

II) 強力電磁石の製作

熱電発電装置に強力な電磁石機能を付加するためには、同一温度差で発生する起電力が大きく、回路の合成電気抵抗が可能な限り小さくなる素材の選定が必要であることが前回の実験より判明した。そこで今回は銅・コンスタantanに比べ起電力は小さいものの、電気抵抗の小さい大直径丸棒が入手し易い銅とニッケルを熱電対材料として選定した。本装置はφ30、長さが各々2mおよび25cmの銅とニッケルの丸棒で熱電対を構成し、写真-1のように銅丸棒の一部をコイル（巻数5回、コイル直径約12cm）に加工したものである。また2ヶ所の接合は前回同様銀ロウ付けで行った。なお、電磁石の鉄心は90mm×270mm×35t軟鉄厚板をコの字形に切削加工して製作した。次にこの装置に約200℃の温度差を与えた場合、コイルを含む回路に流れる電流の推算を試みた。銅およびニッケル丸棒の電気抵抗は各々 $4.8 \times 10^{-5}\Omega$ および $2.5 \times 10^{-5}\Omega$ と推定出来る。



写真-1 電磁石機能付き温度差発電装置

また銅・ニッケル熱電対の起電力は約4.4mVであるのでコイルを含む熱電発電の回路には約60Aの大電流が流れることが予想された。

III) 熱電発電で強力電磁石を作動させる

本装置が電磁石として十分に作動することが推定出来たので動作の確認を行った。銅とニッケル接合部の一方を氷水で冷却し、他方を携帯用ガストーチの炎で加熱する。と同時に回路に流れる電流値をクランプ式電流計で測定した。電流値が35A以上になると電磁力が急激に大きくなり、コの字形の鉄心に3kgの鉄塊が容易に吸引されることを確認した。

【おわりに】

本装置は熱電発電した電力を電磁力に変換した装置である。したがって発電によって電球の点灯やファンの回転を行う装置に比べ、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熱電発電の普及促進の啓蒙につながることを期待される。

【謝辞】

本研究は平成21年度科学研究費補助金（奨励研究）課題番号(21924014)の支援により行われたものである。ここに付記し謝意を表します。また銅コイル他装置全般の製作にご協力を頂きました計測技術室 羽賀恵壽技術長に心より御礼申し上げます。