

温度差を利用したエネルギー学習教具の開発 (温度差発電教具と温度差動力出力教具を活用した授業実践)

山本 利一^{*1}, 角 和博^{*2}, 池上 康之^{*3}

Development of Educational Material for Energy Study using Thermal Energy Conversion (Teaching Practice using Educational Materials of Power Generation and Power Output using Thermal Energy Conversion)

Yamamoto Toshikazu^{*4}, Sumi Kazuhiro, Ikegami Yasuyuki

^{*4} Faculty of Education, Saitama University,
255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama City, Saitama 338-8570, JAPAN

This paper discussed about educational practice which developed two teaching tools for studying thermal energy conversion. Students could understand of energy problems, and they also were interest in it. The power generation have two tanks of water having different temperature. It is able to make thermoelectric generation using a peltier device. The power output teaching tool is set up the power generation teaching using a stirling engine having small difference of temperature.

The results were obtained through this experimental class activities as follows. The students had higher consciousness and they could be indicate the example on energy conservation which they could make themselves.

Key Words : Thermal Energy Conversion, Teaching Strategy, Teaching Tool,
Experimental Class, Peltier Device, Stirling Engine

1. 緒 言

私たちの活動は常にエネルギーを使い、地球環境に負荷をかけており、最近のエネルギー大量消費が、地球環境をより深刻なものにしている。エネルギーと環境は切っても切れない関係にあり、エネルギー問題は、地球温暖化などの環境問題の大きな要素であると言える⁽¹⁾。このような社会情勢からも、自然エネルギー、新エネルギーに対する期待が相対的に大きくなってきている⁽²⁾。自然エネルギーとは、自然の太陽や風などの資源に制約がない再生可能なエネルギーを示すもので、具体的には太陽光、風力、地熱、バイオマス（生物資源）、水力から得られるエネルギーを指すものである。また、新エネルギーとは、1997年に施行された新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法において、「新エネルギー利用等」として規定したもので、「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」と定義された日本独自の名称で

ある。

このうち温度差エネルギーは、2つの物質の温度差をヒートポンプや熱交換器を使ってエネルギーとして有効に活用するものである⁽³⁾。年間を通じて温度変化の少ない河川水や海水、地下水、中・下水などと外気との温度差（夏は外気よりも冷たく、冬は外気よりも暖かい）を利用して、冷暖房、給湯などを行う技術や、熱交換器を利用して発電するものなどである。ここでいう、ヒートポンプの原理とは、液体が気化する時に、周りの熱を奪い、これと逆に気体が凝縮して液化する時には、熱が発生するという性質のことであり、これらの原理を利用するものである。近年では、「エコキュート」と呼ばれる給湯や冷暖房システムについて、TV コマーシャルで放映されるようになってきて、それらのことを耳にする機会が増えてきた。また、温泉の排水を利用した発電を基に町おこしをスタートさせた自治体も見られるようになってきた⁽⁴⁾。

現在、学校現場では、太陽光発電⁽⁵⁾や風力発電⁽⁶⁾に関して、教材や学習指導方法に関する様々な研究や実践がなされており、その効果が示されている。しかし、温度差エネルギーに関する研究は、学校教育ではほとんど見あたらない。

上述したように、温度差エネルギーは、近年、身近になりつつある技術である。したがって、学校教育において、

^{*1} 埼玉大学教教育学部（〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255）

^{*2} 佐賀大学文化教育学部

^{*3} 佐賀大学海洋エネルギー研究センター

E-mail: tyamamot@tech.edu.saitama-u.ac.jp

新しいエネルギー技術や環境問題に対する生徒の意識を高め、環境に積極的に関与する態度を育成する際、その1つの方策として、温度差エネルギーを題材化することは有効ではないかと考えられる。しかし、これらを学習する教材・教具は、海洋温度差発電に関するものがこれまで開発されているが極めて大型で高価なもので一般的な学校で利用しにくいものである。そこで本研究では、温度差エネルギーの原理を容易に理解でき、しかも小型で安価な教材・教具の開発を試みることにした。

2. 開発した教材・教具

2・1 温度差発電教具 開発した教具⁹⁾は、無色透明の亚克力板で製作されており、内部の構造を視覚的に確認できるようになっている。教具の外観を図1に示す。

教具には、2つの水槽（高温・低温）が設けられ、これらにアルミニウムのフィンが取り付けられており、水槽に入れられた物質（水など）の温度（熱量）を外部に伝える役割をしている。フィンの温度は、アルミニウム丸棒に伝わり、それがペルチェ素子（熱電冷却素子:Peltier device）に伝わり、そこで熱電発電が行われている。

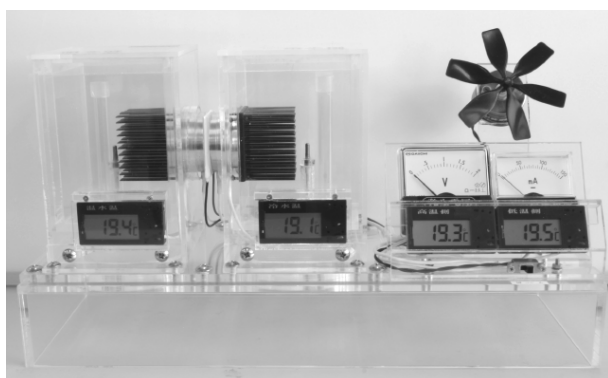


図1 教具の外観

熱電発電とは、熱エネルギーを直接電気エネルギーに変換するもので、高温部分から低温部分へと熱が移動しようとするエネルギーを電気エネルギーに変換するものである。ペルチェ素子は、P型とN型の半導体を接合した単位素子が複数接合されており、この素子の一方を低温、一方を高温に維持すると素子を通して高温側から低温側に熱流が発生する。即ち高温側から素子内に熱エネルギーが流入し、素子を通過して低温側から放出される時、素子に流入した熱エネルギーの一部が放熱されずに素子内部で電気エネルギーに変換され、外部負荷から電力として取り出すことができる。本教具を活用しての温度差と、無負荷状態の発生電圧の関係を図2に示す。

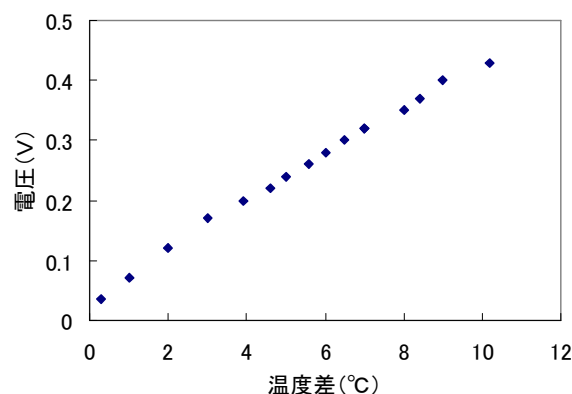


図2 温度差と発生電圧（無負荷）の関係

本教材では、ここで発生した電気エネルギーを利用して、DCモータ（外部負荷:S社製H148）を動作させ、温度差により発電することを実験を通して学習するものである。実験として測定するものは、水槽内の温度、ペルチェ素子の表面温度（ペルチェ素子に取り付けられたアルミニウム丸棒の高・低温側に温度計を取り付けてある）、発生電圧、負荷電流である。また、モータの回転数もプロペラに反射板を取り付け、光による非接触で測定することが可能である。ペルチェ素子の温度測定の回路図を図3に示す。

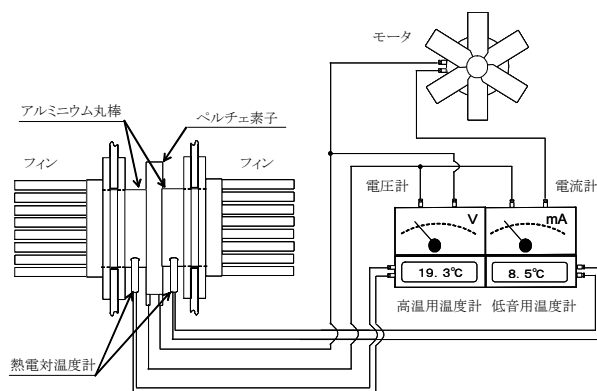


図3 温度・電圧・電流測定の回路

本教具の水槽には、オーバーフローを防止するパイプが取り付けられており、一定量の水を加えた場合そのパイプから下部の受け水槽に流れるようになっている。また、水槽に貯められた水も、このパイプを外すことにより、下部の受け水槽に流れるようになっている。そのため、教具を逆さまにして水抜きをする必要がなく、機器類に水滴がつかないようにになっている。水槽とオーバーフローパイプの外観を図4に示す。

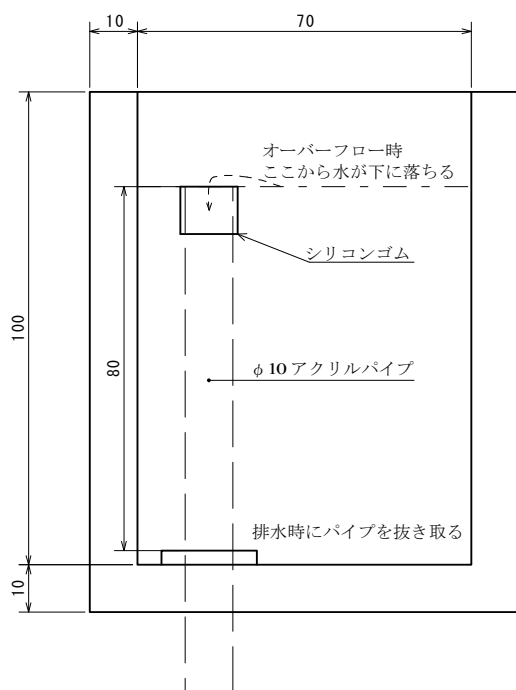


図4 水槽とオーバーフローパイプの外観

2・2 温度差動力出力教具 温度差を利用して動作する教具[®]（低温度差スターリングエンジン：以後、動作教具と記す）は、低温部と高温部に生じる温度差エネルギーを利用して動作するもので、吸熱・廃熱する部分が分かりやすいように製作した。

本実験授業では、温度差発電装置（ペルチェ素子）での実験（温度差→電力）後、温度差から動力を取り出す動作教具への授業展開を念頭に置いて開発を進めた。動作教具は、ディスプレイサ型スターリングエンジンの、熱交換する部分の効率化を図ると共に、温度差発電装置の上部に設置できるように改良した。動作教具の外寸は、幅100mm×奥行き100mm×高さ150mmで、120mmのフライホイールを持つ小型のものである。動作教具は、温度差を与えることで、連続的に動く様子を視覚的に捉えることで、各サイクルの動作や熱交換に興味・関心を持たせるための導入的役割として活用することとした。また、温度差による動作速度の変化から、エネルギー変換の効率についても学習させることとした。図5に動作教具を温度差発電教具の上部に設定した写真を示す。

2・3 動力を取り出す原理を説明する教具 動作教具は、小型で内部構造まで確認することができないため、スターリングサイクルの動作原理を分かりやすく説明する教具（以後、説明教具と記す）を、透明のプラスチックを用いて本体（外枠）を作成した。説明教具の外寸は、幅650mm

×奥行き280mm×高さ460mmで主要な部品は、直接観察できるよう工夫した。

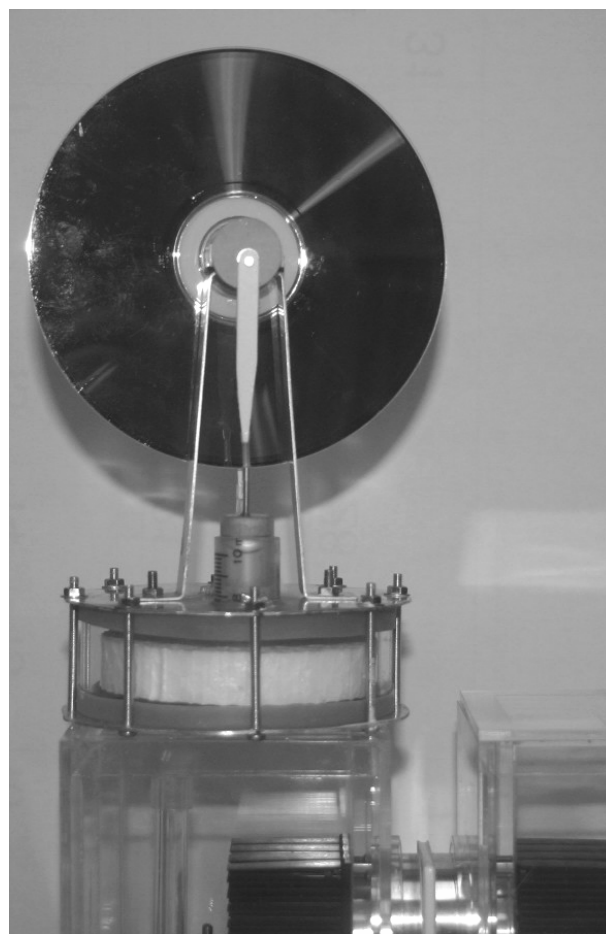


図5 温度差発電教具の上部に設置した動作教具

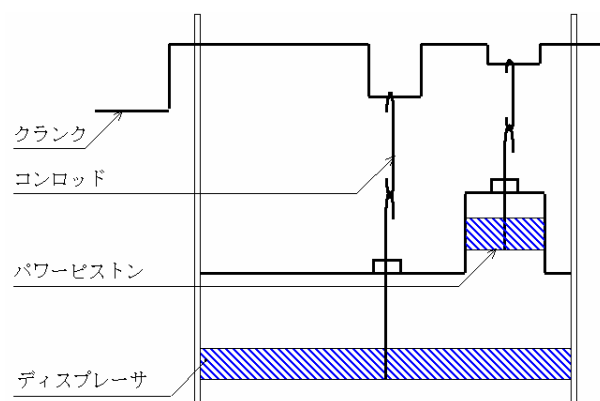


図6 説明教具の内部構造

また、クランク部分、コンロッド、ディスプレイサ、パワーピストンは、取り外しが可能で、ディスプレイサ部とパワーピストン部が独自に動作する様子を観察することができる。これらにより、ディスプレイサやパワーピストン

の果たす役割について学習することができると考えられる。また、説明教具では、熱交換の時期とパワーピストンやディスプレイサの位置にどのような関係があるかで、学習を深めることができると考えられる。説明教具の内部構造を図6に示す。

3. 実験授業

3・1 実験日時及び対象 2007年6月にA中学校の第2学年選択教科技術科(エネルギー変換コース)の15名に対し、3時間を配当して実験授業を実施した。

3・2 授業展開 学習目標を、“熱エネルギーを効果的に活用する仕組みを考えよう。”と設定した。授業前後に事前・事後調査(4件法)を、2週間後に遅延調査(期末テスト)を実施した。

授業展開は、第1校時では、日本における発電の種類、構造、現状について知り、技術が果たす役割について学習した。その中でも、環境に優しいクリーンエネルギーに着目し、さらに学習を深めた。

第2校時では、温度差エネルギーを電気エネルギーに変換する仕組みを学習した。そこで温度差発電装置を用い、実験を行った。実験内容は、20秒間隔で低温・高温部側の温度変化・電流・電圧の変化をまとめ、発電の状態を確認することである。

第3校時では、動作教具などを用いて授業を展開した。指導の手順は、①動作教具を用いて、SEが温度差エネルギーによって動作していることを学習した。②説明教具を用いて、パワーピストンやディスプレイサなどの役割を知り、動作原理を学習した。③ソフトウェアを用い、スターリングサイクルの順序性とパワーピストン、ディスプレイサの動きを確認した。④スターリングサイクルの特徴をまとめ、環境とエネルギー問題について考察した。

3・3 生徒の反応及びアンケート結果 事前調査から、温度差発電やスターリングエンジンに関する動作原理を知る生徒は皆無であった。しかしながら、各種の教具に対して生徒は興味・関心を持ち、熱心に学習に取り組む姿勢を見せた。事後のアンケート結果から、実験に関しては“観察”“予想”についての項目が、共に高い値を示した。生徒達は実験に対して予想を持ち、的確に観察していたことが示された。同様に“正しく実験を行うことができた”についても高い値を示した。

動作原理の理解については、ほぼ全ての生徒が理解できたと答えていた。さらに、環境問題に関する意識も高まり、授業全体が楽しかったと答える生徒が多く見られた。新しい技術や環境に対して興味・関心を持ち意欲的に学習に取

り組むことができたことと推察される。教材・教具に対する評価も高く、所期の目的を果たしたと思われる。

4. 結 言

前述の条件下で実験授業を行った結果、開発した教材・教具を活用することにより、温度差発電に関する興味・関心を持たせ、それらを通して新しい技術の必要性や環境問題に関する意識を高めることができたことと推察される。

しかし、動作原理については、指導方法の改善を図る必要があることも示された。今後は、教材・教具をより活用しやすい形に改良すると共に、機構面の指導、特にフライホイールなどを的確に指導できる方法を考え、それらの効果的な活用方法を実践を通して検討したい。

参考文献

- (1) 資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：平成16年度版 総合エネルギー統計，通商産業研究社(2006)
- (2) 柏木孝夫：エネルギー需給見通しと国家プロジェクト，日本機械学会誌，第109巻，1052号，pp.2-4(2006)
- (3) 化学工学会：図解新エネルギーの全て，工業調査会(2006)
- (4) 折居貴広：ヒートポンプ蓄熱は省エネ時代の切り札ー導入進むエコ・アイス&エコキュート，ENERGY，第2006-7号，pp.83-85(2006)
- (5) 山本利一・牧野亮哉：太陽光発電システムの教材化と授業実践，日本産業技術教育学会誌，第42巻，第4号，pp.183-188(2000)
- (6) 山本利一・西村琢磨・竹内直樹：風力発電の仕組みを学習する教具の開発，日本産業技術教育学会第17回関東支部会(千葉)，pp.55-56(2005)
- (7) 山本利一・森山潤・角和博・池上康之：ペルチェ素子を用いた温度差発電学習教具の開発と授業実践，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第4号，pp.315-322(2008)
- (8) 山本利一・星野孝仁：スターリングサイクル学習を支援する教具の開発，日本機械学会年次大会(2008)