

# 日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 4 回 助成期間：平成 19 年 11 月 1 日～平成 20 年 10 月 31 日

テーマ：実感できる熱エネルギー — 太陽熱と積雪を利用した熱電発電

氏名：栗栖 牧生 所属：北陸先端科学技術大学院大学

## 1. 課題の主旨

学校教育において、“熱”、“エネルギー”を科学的に理解させることの重要性は言うまでもない。本課題では、太陽からの輻射熱あるいは輻射によって温まった空気と北陸地方、山陰地方の豊かな積雪資源との温度差を利用した熱電発電実験を行い、熱電変換現象の不思議を体感させることにより、身のまわりのエネルギーに興味を持たせることを目的とする。

熱を電気に変換するゼーベック効果を利用した熱電発電は、体温によっても目に見える量の発電が可能であり、熱エネルギーを実感するには最適の教材と言える。太陽の輻射熱ばかりでなく、冬季における積雪による有効な温度差を発電に生かすことで、気象現象への理解も深まり、身近な環境問題への関心が高まることが期待できる。

## 2. 準備

本研究は、教材開発研究、実践研究で構成されている。

- 1) 簡易型熱電発電装置の開発研究：
- 2) 実践研究：一日大学院におけるデモンストレーションと小学 5 年生への理科の模擬授業

## 3. 指導方法

実践研究は、(1)北陸先端科学技術大学院大学において、平成 20 年 6 月 7 日に開催された「一日大学院」におけるデモンストレーションと(2)石川県能美市宮竹小学校における 2008 年 7 月 14 日の模擬授業によって行われた。前者では、小学生から大学生、一般人が自由にデモンストレーションに参加することができる方法を取り、参加者それぞれの興味に応じてデモの内容、説明レベルを変えて対応した。後者では、宮竹小学校 5 年生 28 名を対象とした授業形式を採用したため、熱電現象をはじめ身の回りの熱エネルギーを意識させることから始め、熱エネルギーの不思議を考えさせることに重点をおいた。

## 4. 実践内容

### (1) 一日大学院

日時：平成 20 年 6 月 7 日（土） 10：00-17：00

場所：北陸先端科学技術大学院大学、「一日大学院」会場

対象者：小学生、中学生、高校生、大学生、一般人

デモンストレーション：「熱電発電の不思議」

デモンストレーションへの参加者は、一人、友人同士、あるいは家族づれなど小学生から一般人までであった。一度に説明できる最大の人数も会場の大きさから5名程度に制限された。展示した簡易型熱電発電機は、冷蔵庫で作られた約3cm角の氷塊と室温との温度差で発電する様子を実感させるには極めて有効であった。また、簡易型熱電発電機を構成する発電モジュール単体を手にとってもらい、その構造を理解してもらった。発電の仕組みは、大型のパネルに図と写真を中心として書き表し、固体物質の微視的構造についての基礎知識を持たない方々にも説明できるように工夫した。基礎知識をもつ方々には、専門性の高い別のパネル内容を使って詳しい解説を与えた。

写真1は作製した簡易型熱電発電装置の全体図を示す。16個の市販の熱電モジュールを銅板に張り付け、各モジュールは電気的には直列に接続した。写真2は簡易型熱電発電装置に氷塊を載せて発電実験中の様子を示す。負荷として小型の直流モーターを接続しプロペラを回転させる様子を写真3に示す。



写真1: 簡易型熱電発電装置の全体図

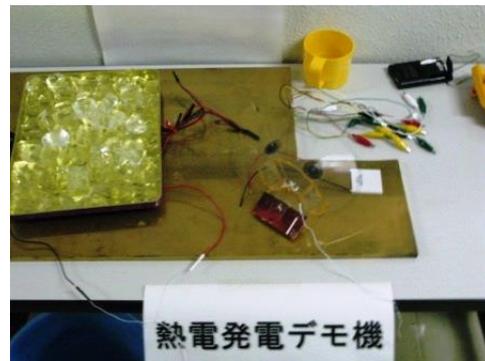


写真2: 発電実験中の様子



写真3: 発電によって得た電力を小型モーターに送りプロペラを回転させる様子

## (2) 模擬授業

日時：平成20年7月14日（月）13:55-14:40

場所：石川県能美市宮竹小学校、理科教室

対象者：石川県能美市宮竹小学校、5年生、28名

授業課題：「熱エネルギーを電気エネルギーに変えよう」

模擬授業に参加した28名の生徒全員に手のひらの体温（熱）によって発電することから始めた。写真4は、体温と室温との温度差で小型モーターを駆動させファンを回す様子を示す。冷蔵庫から取り出した清涼飲料水のガラスボトルと室温との温度差でも発電できることを示した。

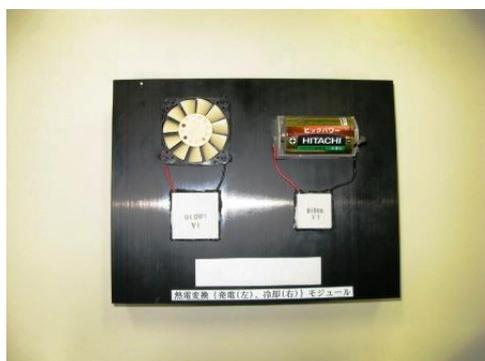


写真4:熱電発電・冷却装置の全体図

続けて、同じ装置に今度は単一の乾電池1個から直流電流を流し、熱電モジュール面が冷たくなることをこれも手のひらで観測させる実験を行った。生徒たちには、この熱電冷却実験の方が熱電発電実験よりも強く興味を持った。

次に、この熱電発電は、身のまわりでどのような形の応用があるだろうかを生徒に問うことをおこなった。具体的な問いかけは、身の周りで無駄に捨てている熱エネルギーはないだろうか。どうすれば温度差を利用して発電ができるだろうか、等であった。

## 5. 成果・効果

1. 熱を電気に変換するゼーベック効果という不思議な現象を体験させた。
2. 身近な熱、エネルギー源を意識することで、環境問題への関心がある程度深めることができた。

## 6. 所感

手のひらの熱で電気が起こせるという不思議については、体験者全員が一様に驚きの声をあげ、何度も何度も発電実験を繰り返す行動にでた。通常的生活では、熱エネルギーを肌で感じているのに対して、本実験では熱エネルギーを電気に一旦変換した後、小型モーターの機械的運動という形で実感することになるが、小学生以上であれば年齢によらず現象自身の珍しさには大変驚くようだ。ほぼ同じ実験を、韓国の大学の大学院生を対象とした講義内でも行ったが、実に大きな反響があった。本教材は、身の周りの熱エネルギーに感心を呼び起こさせることができ、さらなる考察への導入を行うには優れた教材であると実感した。

## 7. 今後の課題や発展性について

本研究でとりあげた熱電変換教材は、熱エネルギーから電気エネルギーへの変換現象を観察させ身の周りのエネルギーに関心を持たせることに一定の成果をあげることができた。しかし、この熱電変換現象をより詳しく観察、記録させる過程を通じて、身の周りのものに対してより科学的に考えることができるかどうかについては、検証が不十分であった。本研究では、発電した電力を機械的仕事（運動）に変換して視覚に訴える手段を採ったが、発光ダイオード（LED）あるいは白熱電球を点灯させるようなより直接的に電気エネルギーを実感させることも検討課題と思われる。

## 8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

物理教育学会での発表と研究報告の投稿を予定している。

### 【教材制作方法】

- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

#### 簡易型熱電発電装置の製作：

装置は、上部から順に、低温熱源部、熱電モジュール部、熱浴部および温度測定表示部からなる。

##### (1) 低温熱源部：

25 cm×35 cm×2 cm の鉄製の浅底容器を使用した。容器内には氷粒を収納し、底面を熱電モジュールに接触させた。

##### (2) 熱電モジュール部：

###### ① 熱電発電モジュールの選択：

国内の熱電モジュール（ペルチェ素子）の入手先としては、市中の電気部品販売会社、通信販売会社がある。大きさは30 mm×30 mm から60 mm×60 mm までのモジュールは比較的容易に入手が可能であった。10 mm×10 mm 以下の大きさのモジュールの入手は難しかった。モジュールの選択にあたっては、その単位温度差に対する起電力と内部抵抗という特性も考慮する必要がある。本研究では、無負荷時の起電力をできるだけ大きくとることも考慮し、40 mm×40 mm のモジュールを購入した。

###### ② 熱電発電モジュールの配置と電氣的接続

写真1に示すように、16枚の熱電モジュールを最密正方格子状に厚さ10 mm の銅板に両面粘着テープで固定した。取り出す起電力が最大となるように、各モジュールは直列に接続した。全電気抵抗は32 Ωであった。

##### (3) 熱浴部：

熱電モジュール部の下部に120 cm×90 cm×1 cm の真鍮板の熱浴を配置した。本研究では、この室温に保たれた熱浴からの熱流が熱電モジュール部を通過して最上部の氷粒を融解させる。

##### (4) 温度測定表示部

低温熱源部と熱浴の温度差を観測、表示するために2台のデジタル温度計を配置した。