

創造性豊かな人材育成を図る科学技術教育推進のための教材開発  
— エネルギー技術を体験的に学習する教材・教具とカリキュラムの開発 —

Development of Teaching Materials for Promotion of Science and Technology Education  
on Encourage Creativity

— Development of Teaching Materials and Curriculum for Learning Energy Technology —

山本利一（教育学部・教授）

YAMAMOTO Toshikazu (Faculty of education, Prof)

## 1 緒言

科学技術の進歩は我々の生活を豊かにし、生活の中でその技術に触れる機会が多々ある。その仕組みは複雑で、ブラックボックス化されており、理解することは困難とされることが多い。しかし、複雑な仕組みも、基本的な仕組みの積み重ねであり、適切な学習カリキュラムで学習を行えば仕組みは理解され、その学習過程で科学技術に関する事象に対して興味・関心を向けられるようになる。換言すれば、創造性豊かな人材の養成のためには、その基礎となる資質を早い時期から系統的に育成する必要がある、その時期に身につけた感性は、高等教育を受ける段階で技術者の豊かな発想の原点となるということである。

そこで本研究では、初等中等教育における科学技術に関する理解及び興味・関心を高める教材・教具の開発とそれらを援用したカリキュラムの開発を進める。具体的な学習題材は、風力発電や温度差発電などの新エネルギーを対象とした。それらのメカニズムを体験を通して学習する教材・教具及びカリキュラム（学習指導マニュアル）を開発することを研究テーマと定めた。

## 2 風力発電

### 2.1 教具開発の意図

「風の力」で風車をまわし、その回転運動を発電機に伝えて「電気」を起こす風力発電は、風力エネルギーの約40%を電気エネルギーに変換できる比較的効率の良いものである。これらこのことを、初等中等教育で適切に学習することができれば、科学技術に興味・関心を抱き、創造性豊かで環境に積極的に関与する児童・生徒

の育成を支援することが可能になると推察される。そのため、これまでに、風力発電を題材とした様々な授業実践がなされている。しかし、発電の仕組みは、モータや発電機が電気を発生するところまでで、それらの内部の磁力とコイルの関係まで学習する教具は見あたらない。そこで、風力を利用して、磁界を変化させコイルで発電する教具の開発を試みた。

### 2.2 開発した教具の特徴

教具<sup>1)</sup>は、上部に風車翼を取り付け、この回転運動を、主軸に伝える仕組みとなっている。そのため、風の向きに対し垂直方向に回転することから、垂直型風車と呼ばれるものである（図1の風車は、垂直型風車の中でもサボニウス型と呼ばれる）。回転軸には風による風車の回転をスムーズに行うことが出来るように、羽根が磁力より浮上している。これは、軸浮上型軸受けと呼ばれるもので、極が反発するように取り付けられ、浮いた状態になっている。また回転軸は、ギアを搭載し回転の4倍の増速を図っている。増速された回転はその後、ネオジウム磁石が取り付けられている回転盤に伝わり、コイルに磁界の変化を与え、発電するものである。ネオジウム磁石は、フェライト磁石の約10倍の磁力を持った強力な磁石で、それらが回転盤の表面にN極とS極がそれぞれ交互に取り付けられており、回転運動により磁界が変化する。磁石の磁力が大きいほど、より多くの電流がコイルに流れるため、効率は向上する。

磁石付き回転盤の下部には、トランス（変圧器）が取り付けられており、その間のコイルに電気が発生する仕組みとなっている。トランスはコイルに発生した電流（この場合、N極S

極が回転により交互に変化するため、交流が流れる)を電圧に変換する特性がある。発生電圧は、回転が早くなれば高くなり、より多くの電気を作ることが出来る。ただし、実際には風の力が強すぎた場合、風車自体に負荷がかかりすぎて、破壊したりする恐れもあるため、回転数を制御(ブレーキをかける)する必要がある。

### 3 授業実践

#### 3.1 実践対象

S 大学教育学部附属中学校の第3学年12名を対象に、開発したカリキュラムを基に実験授業を行い、その効果を検証した。

#### 3.2 学習目標及び授業展開

学習目標は、本教具を活用し、「風力発電の仕組みを調べてみよう」を設定し、2時間の授業を実践した。授業展開例を下記に示す。

##### 【第1校時】

1. 風力発電に関する事前調査(略)
2. 各種発電の仕組みの説明
3. 新エネルギーの種類と特徴
4. 風力発電の長所と短所
5. 風力発電の構造と種類
  - ・発電の原理とそれらの仕組み
  - ・羽根の形状と風車の分類

##### 【第2校時】

6. 教具の構造の説明
  - ・磁気浮上軸受けの構造
  - ・歯車による増速部
  - ・永久磁石とコイルの関係
7. ダイナモとモータの関係
8. 発電効率
9. 教具を活用した基礎実験
  - ・風力と発電量の関係
  - ・羽根の形状と発電量の関係
10. 実験のまとめ
11. 自分たちでできる省エネルギー
12. 事後調査(略)

#### 3.3 実験結果

事前調査から、生徒達は風力発電をテレビや雑誌等で見ているが、それらの仕組みを理解している生徒はごく少数で、科学的な認識が形成されていないことが明らかとなった。

教具を使つての実験は、役割分担を行いスムーズに作業を進めていた。動作の状態を視覚的

に確認できるので、理解を促進できたと推測される。また、羽根の形状による発電量、初期動作の風量(カットイン風速)など、応用的な質問もみられ、興味・関心を高める効果も十分見ることができた。授業の後半では、風力発電等の新エネルギーの技術と自分たちの生活を結びつけ、省エネルギーの必要性を学び取っていた。事後調査からは、風力発電に関する興味・関心が高まっていることが確認できた。実験授業の様子を図1に示す。



図1 授業の様子

### 4 風力発電に関するまとめ

風力発電は、安全でクリーンなエネルギーであるが、設置場所、風切り音、強風対策などの問題から、十分に普及しているとは言い難い状態が続いている。このようなエネルギー事情や発電の仕組みを早い段階で学習することにより、科学技術に対する興味・関心を向け、環境に積極的に関与する生徒を育成するためには有効な手立てであると思われる。本教具を活用することにより、生徒の風力発電などの新エネルギーに関する興味・関心は高まり、発電の仕組みを実験を通して学習することが可能となった。今後は、これらの教具を改善すると共に、より効果的に学習する指導展開を検討したい。

### 5 温度差発電

#### 5.1 開発した教具

開発した教具<sup>2), 3)</sup>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。図2に教具の外観を示す。2つの水槽(高温・低温)にはアルミニウムのフィンが取り付けられており、水槽に入

れられた物質の温度を伝えている。フィンの温度は、アルミ丸棒に伝わり、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。

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。

本教材では、ここで発生した電力を利用して、DCモータ（外部負荷）を動作させ、温度差により電力が発生していることを実験を通して学習するものである。実験の中で測定するものは、水槽の温度、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温・低温側に温度計を取り付けてある）、発生電圧、負荷電流、モータの回転数（プロペラに反射板を取り付け、光による非接触で測定）である。

本教具の水槽には、オーバ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、機器類に水滴が付かないようになっている。

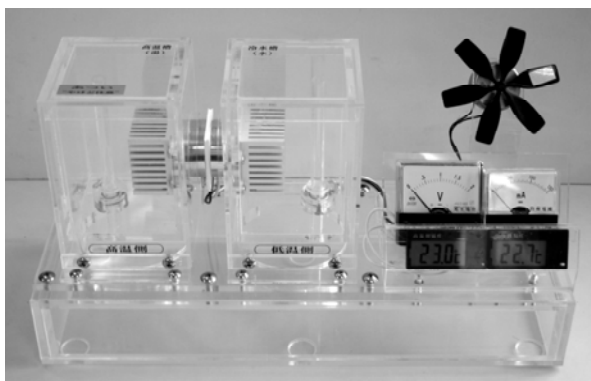


図2 教具の外観

## 5.2 実践対象

S県公立中学校第2学年34名を対象に、2006年6月に実験授業を実施した。

## 5.3 学習目標および授業展開

学習目標を、「温度差発電の実験を通して、エネルギー問題を考える」と設定し、技術・家庭科の2単位時間を配当した。実験は、班別を実施するものとし、1班6～7名に教具1台を準備した。実験授業に先だって事前調査を実施し、下記に示す内容で授業を展開した。また、授業終了後に事後調査を実施した。

### 【第1校時】

#### 1. エネルギーに関する事前調査

温度差発電およびエネルギーに関するアンケート調査

#### 2. 発電に関するレジュネスの確認

#### 3. 各種発電所の種類とその特徴

火力、原子力、水力、太陽光などの発電の仕組み

日本国内の発電状況

#### 4. 発電の種類分類

燃料などを燃やして水蒸気を作りそれらの力で発電する方式

自然エネルギーを利用した発電方式

#### 5. 手回し発電の実験

ダイナモを使った発電効率の実験：ダイナモ発電機を2台直結して、ゆっくり10回転回す場合と、速く10回転回す実験を行い、他方のダイナモが何回転するかを測定する（実践では、速く回した場合6.5回転、ゆっくり回した場合4.5回転）。

発電機を回転させることにより発電することを確認

#### 6. 温度差発電の事例

海洋温度差発電やヒートポンプなど温度差を活用した発電の説明

### 【第2校時】

#### 7. 教具の構造と仕組み

- ・高温槽と低温槽
- ・熱の伝達経路
- ・測定の方法

#### 8. 実験の概要と実験方法

- ・役割分担の確認（班員構成6～7人）
- ・班長：総括、指示、お湯の管理、モータの回転確認

- ・タイムキーパ：実験時間の測定
- ・記録係：データの記録（1～2名）
- ・測定係1：電圧、電流の測定
- ・測定係2：高温槽と低温槽の温度測定
- ・測定係3：ペルチェ素子高温側・低温側の温度測定

#### 9. 教具を活用した実験

実験に関する準備物（お湯、水、氷、ストップウォッチ、雑巾、バケツ、水差し）、学習プリント（実験手順、測定結果の記録の2種類）

- ・温度変化と発生電圧・負荷電流の関係
- ・温度変化とモータ回転の変化
- ・時間と温度変化

#### 10. 実験のまとめ

- ・実験結果を班ごとに学習プリントにまとめ
- ・実験結果の発表

#### 11. 自分たちでできる省エネルギー

効率よい発電方法の検討（実験を通して水の温度差を活用して発電できることを学び、しかし、その量はとても小さく、実用化するためには大きな施設が必要であることを確認する）

電気を効果的に活用するための工夫を発表する

#### 12. 事後調査

温度差発電およびエネルギーに関するアンケート調査

### 6 温度差発電に関するまとめ

以上、本研究では、化石燃料に変わる再生可能なエネルギー技術の1つである温度差発電について体験的に学習できる教具を開発し、実験授業を行った。以下にその結果をまとめる。

①2つの水槽に温度差のある水を入れ、ペルチェ素子を活用しその温度差から熱電発電する教具を開発した。教具には、水槽の温度、ペルチェ素子の表面付近の温度、発生電圧、負荷電流を測定するメータが取り付けられている。この教具を用いた学習指導を構想し、実験授業を実施した。

②実験授業に対するレジュネスとして、生徒はエネルギー問題に対して意識を持ち合わせているが、それらの科学的な認識を持ち合わせていないという実態が把握された。

③実験授業では、本教具を活用した実験の場面において、生徒が自分なりの予想を立てた上で、

温度や電流・電圧の計測(観察)を行うことができた。

④本実験授業を通して生徒は、エネルギーの技術を、将来への展望や技術の目的、環境への影響等の観点から捉え、自分なりの考えを持つようとしていた。

⑤本実験授業に対して生徒は、教具の分かりやすさを高く評価すると共に、授業が楽しかったと感じていた。また、生徒が自分にもできる省エネルギーの具体的事例を複数指摘するなど、エネルギーと生活との関わりについて意識を高めることができた。

以上の結果より、本教具を活用した実験授業を実施した結果、エネルギー問題に対する興味・関心が高まり、これらの問題を身近に捉えることができたと推察される。今後は、このような題材を複数開発し、学校現場で活用しやすい環境を整備したい。

### 7 結言

今回開発した2つの教材・カリキュラムは、2カ所の教員研修施設にて研修題材として活用され、好評を得ることができた。また、授業実践は中学校技術・家庭科研究会の研修会とタイアップし、10数名の教員から授業展開の在り方に関して意見を徴集することができた。このように、教材を活用した体験的な学習を実践することにより、新エネルギーに関する興味関心を高めることができ、所期の目的が果たせたと推察される。今後は、より多くの実践を通して、教具の改善と効果的な指導方法を検討したい。

#### 【参考文献及び研究発表】

- 1) 石川孝大・山本利一・星野孝仁・西村琢磨：製作題材用風力発電装置の開発，日本産業技術教育学会第18回関東支部会（東京），pp. 45-46，2006. 12
- 2) 山本利一・角和博・森山潤・石川孝大・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，日本産業技術教育学会第49回全国大会（高知），pp. 106，2006. 8
- 3) 角和博・山本利一・森山潤・中野勝則・池上康之：温度差発電の中学校教材化の取り組みについて，佐賀大学海洋エネルギー研究センター21COE プログラム成果発表会，2007. 3