

電気エネルギーの発生と消費に関する学習

Learning of Generating and Consuming of Electric Energy

吉田昌春*, 古田 拓**, 武山貴重***, 吉田竹虎****

Masaharu YOSHIDA, Taku FURUTA, Takashige TAKEYAMA, Taketora YOSHIDA

電気エネルギーの発生と消費についての学習を行うために、手回し発電機、ハブダイナモ及びオルタネータを用いた発電装置、電球の明るさ比較装置などの教具を製作した。小型発電機では豆電球を負荷とし、人力とオルタネータを使用した大型発電機ではインバータを経由して100Vの家電製品を負荷とした。また、このシステムには表示装置を設置して、負荷の電力が表示できるようにした。

中学校での授業実践により生徒たちは、人力で200W程度発電できること、テレビは60W程度であることなどを学習し、電球の明るさとワット数の関係についても学習した。

キーワード：電気エネルギー、エネルギー変換、発電、電力消費

1. はじめに

現在のエネルギー消費は、我々のゆとりと豊かさを求める生活スタイルと共に増加する一方である。しかし現在、化石燃料の枯渇が大きな問題となっており、石油はあと40年あまりで枯渇すると言われている¹⁾。このような現状の中で子どもたちだけでなく多くの人がエネルギーを無駄に使用している実態がある。

そこでエネルギー変換が量的に学習できる教具として、電気エネルギーの発生から消費にいたるまでを体感的に学習ができる教具を開発した。

福井県の永平寺中学校2年生の選択理科の時間にエネルギーの授業で自転車発電機を用いた家電製品を稼働させる授業を行っている²⁾。次に、南箕輪小学校 理科実験クラブで同様の自転車発電機を用いた授業を行っている³⁾。これらの学校では共に、技術の授業ではなく理科の授業であり、エネルギーを量的に学習できるようにはなっていない。

次に、環境省が行ったイベントに自転車発電機を使った体験がある⁴⁾。こちらは、我々と発電方法が違うと考えられるが、発電により家電製品を動かして、その時の電力を表示するシス

テムでありエネルギーを量的にとらえることができるものである。しかし、中学校の技術の授業ではなかった。

従来、自転車発電機による発電で家電製品を稼働させる授業は行われているが、消費電力を表示してエネルギーを量的にとらえることのできる授業実践は行われていない。

そこで今回研究室で製作した人力自転車発電機および表示システム⁵⁾⁶⁾を使用して、体感的な学習をすることで、人間は何ワット程度発電することが可能なのかを知る。さらに、発電することの大変さを体感させると同時に、家電製品の消費電力を意識した生活ができることをねらいとして授業実践を行った。

2. 授業実践に使用した教具

授業実践のための教具として、手回し発電機、ハブダイナモ及びオルタネータを用いた発電装置、電球の明るさ比較装置などを製作した。以下にそれらの概要を述べる。

2-1 手回し発電機

写真1は、手回し発電機であり、大和教材の手回し発電機キットを使用した。鉄心にコイルを巻いて製作するものであり、発電機の原理を理解するために適したものと言える。おそらく小学校高学年で理科教材として使用されているのであろう。この発電機の出力は約1Wである。

* 岐阜大学教育学部技術教育講座

** 岐阜大学大学院教育学研究科

*** 岐阜大学教育学部技術教育講座学生

**** 岐阜大学教育学部附属中学校



写真 1：手回し発電機

2-2 手回しハブダイナモ

手回しハブダイナモは、自転車に附属しているハブダイナモを写真2のように取り付ける。ハンドルを回すとベルトで連結したハブダイナモが回転して発電する。この発電機の出力は約2.3Wである。



写真 2：手回しハブダイナモ

2-3 水車型ハブダイナモ

写真3は、水車型ハブダイナモであり自転車のホイールの外周に半割りの空き缶を16個固定した。水道水を空き缶部分に吹きつけることによりホイールを回転させて軸部のハブダイナモを回転させ、発電させるものである。この発電機の出力は約2.3Wである。



写真 3：水車型ハブダイナモ

2-4 人力自転車発電機

製作した人力自転車発電機システムは図1に示す通りである。写真4は、人力自転車発電機本体である。

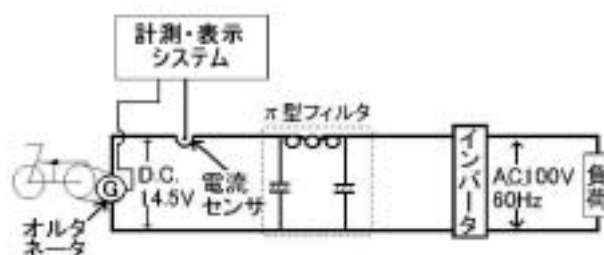


図 1：人力自転車発電機システム

人力で自転車を漕ぐことによって自動車廃材のオルタネータを回転させて発電し、その時の負荷電力が表示できる教具である。自転車を漕ぐことによりホイールとベルトで直結したオルタネータを回転させると直流14.5Vを発電する。その後、インバータを通して交流100Vを作る。その電力により家電製品を動かす。その時のオルタネータ出力端子の電圧、電流から電力を計算して消費電力を表示する。表示システムには、PIC16F877と7セグメントLEDを使用した。



写真4：人力自転車発電機本体

次に計測方法を説明する。オルタネータ出力端に写真5の電流センサを接続する。その出力電圧をPIC16F877が備えているA/D変換機能を用いて測定し計算式より電流値に変換する。同様に、オルタネータの端子電圧を測定して上述の電流値と掛け合わせることで電力を求めることができる。電力表示には、7セグメントLEDを用いた。

1周期の中で電力がかなり変動するため、オルタネータから出力される電力値は、4周期分のデータの中から25回データを計測して平均することで変動に対する影響を軽減している。計測・表示装置は3桁表示であり、その接続を図2に示す。



写真5：電流センサ

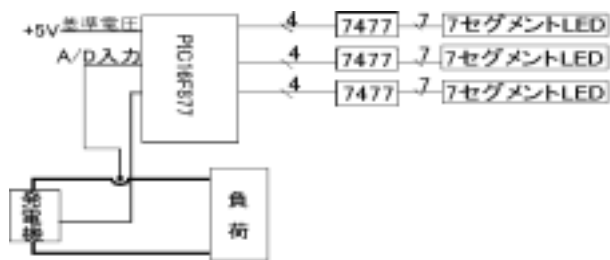


図2：計測・表示装置の接続

2-5 電球の明るさ比較装置

写真6に示すようにワット数と電球の明るさを比較できる装置を製作した。5W, 7W, 10W, 40W, 60W, 100W (110V100W), 100W (100V100W) の電球を通常のコンセントに接続してそれぞれ点灯できるようにしたものである。



写真6：電球の明るさ比較装置

3. 授業実践

平成15年11月から12月にかけて、岐阜大学教育学部附属中学校3年生を対象に次のスケジュールで授業実践を行った。

4組 (11月14日と12月12日の3時間目)

3組 (11月18日と11月25日の3時間目)

2組 (11月18日と11月25日の4時間目)

1組 (12月1日と12月8日の3時間目)

3-1 各授業の目標

授業全体の目標は、

『自宅にある、電球やテレビ等の家電製品は、いったい何ワットなのかということ意識できるようにする。自分の力で、どのくらい発電することができるのかを実感すると共に発電の大変さを体感する。』である。これを2時間の授業を使って実践した。

1時間目の目標は次のように設定した。手回し発電機と手回しハブダイナモを使用して、豆電球を点灯させる。発電機の大きさにより出力電力の大きさが変わることを理解する。さらに、発電機がモータとしても動作することから両者は同じものであるということを理解する。

2時間目の目標は次のように設定した。人力自転車発電機を使用して発電体験をする。その中で、テレビや電球の消費電力を体と目を使って実感する。電球の明るさ比較装置を使用してワット数と明るさの関係を知る、また自宅で使用されている電球のワット数を知る。

3-2 授業実践1時間目

各クラス第1時間目の授業の流れは、まず質問紙による調査を行う。これは事前に生徒の知識度を調べるものである。この質問紙は、(1) 自宅のテレビや玄関の電球、電子レンジやエアコン、携帯電話、扇風機などの家電製品の消費電力を予想して記入するもの、(2) 消費電力の大きい順番に並べ変えるものと、(3) 人間はどれくらい発電することができるかを記入するものである。その後、手回し発電機で豆電球 (2.5V, 0.5A) は何個点灯させることができるかの予想を立てその実験を行う。各班に手回し発電機1つと豆電球2個を配り、直列に接続して豆電球が1つの時、2つの時点灯するか、点灯した場合明るさはどちらが明るいかを授業プリントにメモしながら進める。

発電機1つの場合の結果を発表しあい、次に2班が一緒になり、発電機2つ、豆電球4つで同じ実験を行った。作業が早い班には、電球を増やして実験を行えるようにした。その後、実験結果をまとめた。次に、テレビを稼働させるにはどうしたらよいかの質問に対し、発電機の数を増やす、速く回す、大きな発電機を回すなどの意見が予想される。大きな発電機を回すとの意見が出たところで、手回しハブダイナモを出し「少し大きな発電機を持ってきました」と見せ、今回の実験で使用した豆電球を4つ点灯させる。



写真7：手回し発電機での電球点灯実験の様子



写真8：手回し発電機での電球点灯実験の様子



写真9：手回しハブダイナモでの電球点灯の様子

この1時間目の授業を通して、テレビをつけるためには手回し発電機では出力不足であること、大きな発電機を速く回すと出力が大きくなることが理解できた。

3-3 授業実践2時間目

各クラス2時間目は、人力自転車発電機を使

用して家電製品を稼働させる実験と水車型ハブダイナモを使った豆電球点灯実験と電球の明るさ比較装置を使った実験を行った。明るさ比較装置では、商用100Vを加えて明るさの比較および自宅の何処に使用されているか考えることにした。その後、授業実践展開前に行った時と同様の質問紙による理解度調査を行った。

人力自転車発電機の注意点を話した後授業を開始し、自転車発電機、水車型発電機、明るさ比較装置の3つを体験する。自転車発電機では、自分で自転車を漕いで発電し家電製品を稼働させる。その時の負荷の消費電力を表示システムに表示する。



写真10：人力自転車発電機での発電体験の様子



写真11：人力自転車発電機での発電体験の様子

この自転車発電機を使用することにより発電の大きさを体感する。さらに、表示システムにデジタルの数字で消費電力を表示することにより目で見て消費電力を知ることができる。

水車型ハブダイナモでは、人力と比べて肉体的疲労はあるかないかを考えながら行う。ホースから出した水を使用して水車型ハブダイナモを回転させて発電し豆電球を点灯させる。その時の豆電球の明るさもこれまでの実験と比べてどうかを考える。この水車を使用することで、水を使うから肉体的な疲労が無いこと、速く回さないと出力が小さくなることが学習できる。



写真12：水車型ハブダイナモでの発電体験の様子



写真13：水車型ハブダイナモでの発電体験の様子

明るさ比較装置では、これを商用100Vに接続してワット数の大きさと明るさの関係を目で確認した。さらに、自宅で使用されている電球は何ワットかを目で確認する。

この明るさ比較装置を使うことでワット数の大きさと明るさの関係を目を使って知ることができる。さらに、さまざまな消費電力の電球があることが理解できた。

4. 授業展開前(1回目)の質問紙の結果

授業展開を行う前に生徒たちの消費電力に関する知識を質問紙により調査した。質問紙には主に、生徒たちにとって生活に欠かせないものとなっているテレビの消費電力を問うものや夏場多くの生徒が使用すると考えられる扇風機の消費電力を問うもの、人間がどの程度の電力を作り出すことができるかを記入するものにした。

4-1 テレビの消費電力

自宅のテレビの消費電力を記入する問に対して、テレビの消費電力は45~150Wを適切、それ以外を不適切と判定した。その結果図3に示すように3年生85人(男31人, 女54人)のうち、27%(男10人, 女13人)がおおむねテレビの消費電力として適切と考えられる数値を記入していた。

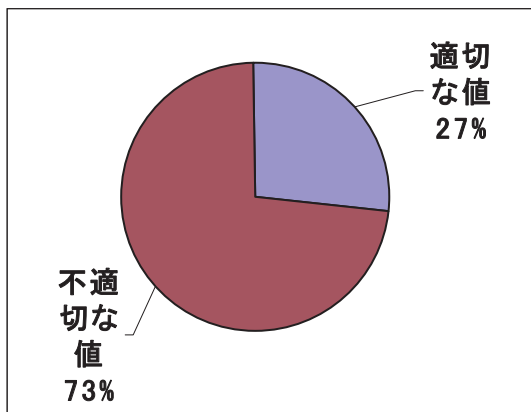


図3：テレビの消費電力に対する知識

適切であった割合が意外に低く身近であるテレビの消費電力を知らないことが判明した。男女別に見た場合、男子の適切であった割合が約32.3%、女子が約24.1%とやや男子の方が消費電力を知っていることが分かる。男子の割合が多いのは電化製品に興味を持ちやすいからだと考えられる。中にはテレビの消費電力が1500Wと書いている生徒もいた。質問紙全体的に見てテレビは消費電力が多いと思っている生徒が多いことが分かった。

4-2 扇風機の消費電力

扇風機の消費電力を記入する問に対して、扇

風機の消費電力は45~120Wを適切、それ以外を不適切と判定した。扇風機の調査結果を図4に示す。その結果3年生85人(男31人, 女54人)のうち、40%(男12人, 女22人)がおおむね扇風機の消費電力として適切と考えられる数値を記入していた。

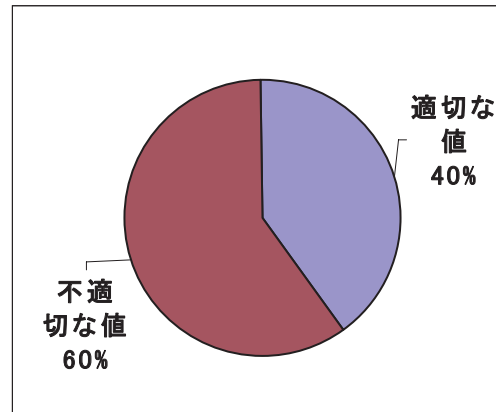


図4：扇風機の消費電力に対する知識

適切であった割合がテレビと比べるとやや高くなっている。男女別に見た場合、男子の適切である割合が約38.7%、女子が約40.7%と男女共に約40%であった。質問紙全体的に見て扇風機は消費電力が少ないと思っている生徒が多いことが分かった。

4-3 人力で発電できる電力

人力で何ワット発電できるか数字で書いて下さいとの問に対して生徒の回答を図5に示す。

この結果より、51W~100Wと26人が回答している。これより、質問紙の問(1)で家電製品のおおよその消費電力を正しく記入している生徒は、電球だったら動かせるであろうと予想して記入していると考えられる。しかしその一方、400W以上と答える生徒も22人(26%)いる。中には1000W、1500W、と大きく書く生徒や、逆に1Wや5Wと極端に小さく書く生徒もいた。

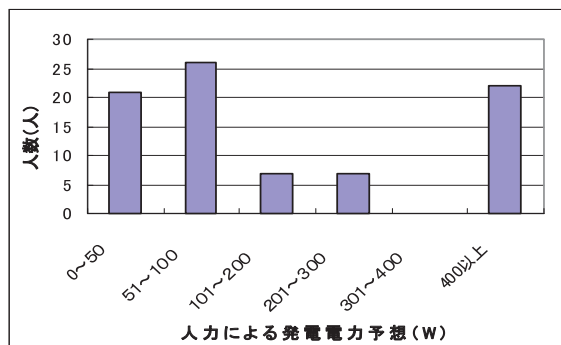


図5：人力による発電電力の予想分布

5. 授業実践後（2回目）の質問紙の結果

2 時間目の授業を終えた後の質問紙による理解度調査結果である。学習の成果を検証するため事前の調査の時と同じ内容で調査を行った。

5-1 テレビの消費電力

自宅のテレビの消費電力を記入する問に対して、テレビの消費電力は45~150Wを適切とし、それ以外を不適切と判定した。その結果図6に示す通り、3年生84人（男32人，女52人）のうち、99%（男32人，女51人）がおおむねテレビの消費電力として適切と考えられる数値を記入していた。

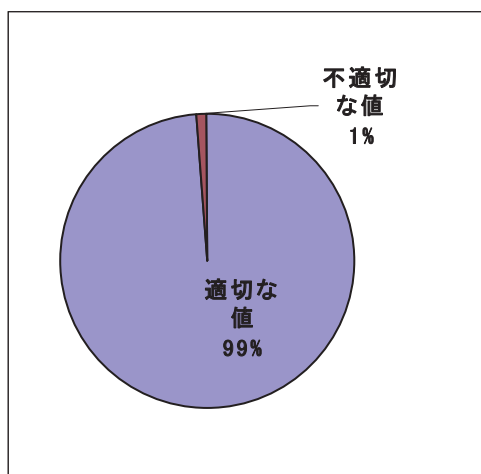


図6：テレビの消費電力に対する理解度（事後）

授業実践により、テレビの消費電力を理解したと考えられる。

5-2 扇風機の消費電力

扇風機の消費電力を記入する問に対して、扇風機の消費電力は45~120Wを適切とし、それ以外を不適切と判定した。その結果図7に示す通り3年生84人（男32人，女52人）のうち、75%（男23人，女40人）が扇風機の消費電力として適切な数値を記入していた。

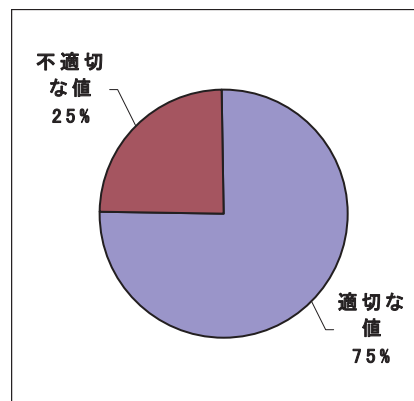


図7：扇風機の消費電力に対する理解度（事後）

テレビに比べ、扇風機の消費電力に対する理解度がやや低い。これは、授業実践において自転車発電機を使用してテレビを稼働させた状態で扇風機も稼働させたために、表示システムにはテレビの消費電力と扇風機の消費電力の合計が表示された。そのため扇風機の消費電力が印象に残らなかったと考えられる。

5-3 人間が発電できる電力

図8は授業実践後、質問紙により人力による発電電力を記入したものの結果である。授業前は、401W以上であると答えた生徒が25%いたが、授業後は0人になった。51~100Wと答えた生徒、201~300Wと答えた生徒もいたが、このばらつきは個々の生徒の体験による結果である。授業実践により人力で発電できる電力を知ることができたと考えられる。表示システムを通しデジタル表示されたものを見ることで、見えない電力を量的に理解できたと考えられる。グラフがほぼ正規分布になった。今回の授業実践では、女子生徒の割合が多く自転車のペダルを漕ぐ力等が関係し101~200Wの回答が最大になったと考えられる。体力のある男子生徒が多いと300W近い発電が多くなると考えられる。

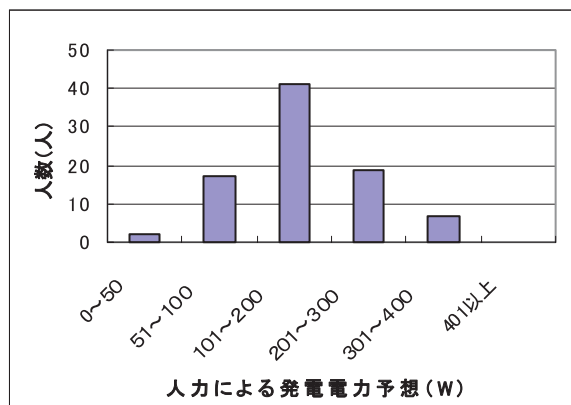


図8：人力による発電電力の予想分布

- 5) 日本産業技術教育学会東海支部大会, 第21回講演論文集, 68-71 (2003)
- 6) 日本産業技術教育学会, 第46回全国大会講演要旨集, 29-30 (2003)

6. まとめ

授業実践の前の質問紙や授業中に生徒が、「電化製品ってみんな100ワットじゃないの」と消費電力を電圧100Vと勘違いしている生徒もいた。つまり自宅のテレビや電球の消費電力を知らないまま使用している。今回の授業実践を行うことにより、グラフにも表れているように、身近な家電製品の消費電力を体を使って体感し消費電力を知ることができたと考えられる。さらに、電球の明るさ比較を行うことにより消費電力と明るさの関係を視覚を使って学べたと考えられる。生徒たちの感想にも、発電は大変だとの記述が多かった。このことにより電気エネルギーを生み出すことの大変さを身をもって学習できたと考えられる。今回の授業実践では、「消費」の部分についても学習できたと考えられる。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁, 日本のエネルギー2003
(<http://www.enecho.meti.go.jp>)
- 2) 永平寺中学校でエネルギー授業
(<http://www.ptpxp.org/mt/archives/main/000007.html>)
- 3) 自転車を使った人力発電機の製作における電気のはたらきの研究
(<http://sbc21.co.jp/info/kenkyu/07jitennsya/jitennsya.html>)
- 4) 子ども霞が関見学デー
(<http://www.dejimah.com/blog/archives/ptp/001912.html>)