

エネルギー変換の定量的理解に関する研究

— 中学校理科におけるコンデンサーを用いた授業のデザイン —

佐々木英樹*・重松 宏武

A Study on Quantitative Understanding of Energy Conversion
: A lesson design using the capacitor in junior high school science

SASAKI Hideki*, SHIGEMATSU Hirotake
(Received January 11, 2011)

キーワード：エネルギー変換効率、エネルギー保存則、コンデンサー、中学校理科

はじめに

平成20年3月の学習指導要領の改訂により、理科の指導内容が小・中・高を通じて「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの柱で再構成された¹⁾。その柱の1つである「エネルギー」は地球規模でのエネルギー不足と環境破壊の問題から私たちにとって早急に対応が必要な最大の課題といえる。これまで中学校理科では3年生「エネルギー」の単元において様々なエネルギー変換の実験を行い、エネルギー保存則について学習をしてきた。今回の改訂により「エネルギー変換の効率」が付け加わり、内容的により深まった形となっている。また、小学校理科では6年生において「蓄電」を学ぶ具体例としてコンデンサーが取り扱われるようになった。コンデンサーは中学校では扱われるようにはなっていないが、高等学校物理において平行板コンデンサーの理論について学ぶ流れとなっている。

これらの背景のもと、中学校理科における単元「エネルギー」に関する次の2点について検証すべく、基礎実験及び教材開発を行った。

- (1) エネルギー変換の効率を理解するため、変換の際の定量的な取扱いがどの程度可能であるか。
- (2) エネルギー変換（備蓄）を理解するため、コンデンサーをどのように活用することができるか。

さらに、得られた結果をもとに授業デザインの作成も行った。本論文においてはこれらの結果を報告する。

*山口市立宮野中学校

1. エネルギー変換に関する基礎実験と教材開発

中学校学習指導要領によると単元「エネルギー 様々なエネルギーとその変換」では「エネルギーに関する観察、実験を通して、日常生活や社会では様々なエネルギーの変換を利用していることを理解すること」と示されている。これに基づき、開発する教材の学習目標を以下のように設定した。

- (1) 様々なエネルギー変換についての理解を深める。
- (2) 変換の前後でエネルギーの総量が保存されること、変換の際に一部のエネルギーは利用目的以外のエネルギーに変換されることを定量的に求め、理解する。
- (3) 変換効率の重要性について喚起させる。

さらに、これらの目標を達成するため、次の3種類のエネルギー変換実験を行うこととした。

[実験Ⅰ] 手回し発電機による水の温度上昇
力学的エネルギー → 電気エネルギー → 熱エネルギー
手回し発電機 電熱線 (ヒーター)

[実験Ⅱ] 手回し発電機による仕事
力学的エネルギー → 電気エネルギー → 仕事
手回し発電機 モーター

[実験Ⅲ] コンデンサーを用いたエネルギー備蓄
A: 力学的エネルギー → 電気エネルギー → 仕事
手回し発電機 モーター
B: 力学的エネルギー → 電気エネルギー → 電気エネルギー → 仕事
手回し発電機 コンデンサー モーター

実験Ⅰ・Ⅱでは測定結果をもとに各エネルギーをジュール[J]で定量的に求め、さらにエネルギー変換効率に関する考察を行う。また、実験Ⅲでは、コンデンサーを用いない場合(A)と用いた場合(B)との仕事の違いを比較し、備蓄と効率について考察を行うこととした。

ここでいうエネルギー変換効率とは与えた(投入した)エネルギーに対して回収(利用)できるエネルギーとの比率 η [%]を指し、(1)式で表される。変換前後のそれぞれのエネルギー形態は同じ必要はなく、エネルギー保存則からエネルギー変換効率は100%を超えることはない。この η の値が大きくなるほど、変換時のエネルギーロスが少ないことを意味している。

$$\eta[\%] = \frac{\text{目的のために使われたエネルギー}}{\text{与えられたエネルギー}} \times 100 \quad (1)$$

1-1 手回し発電機による水の温度上昇[実験 I]

実験 I を行うために、エネルギー環境教育情報センターホームページに掲載されている指導案²⁾を参考に手回し発電機（ケニス株式会社 形式HG）と電熱線の直列回路を組んだ（図 1）。なお、電熱線の電気抵抗は 2 種類（ $2\Omega \cdot 3\Omega$ ）を用い、この電熱線は 30g または 40g の水中に設置した。つまり、電熱線と水量に関して 4 種類の組み合わせにより実験を行った。

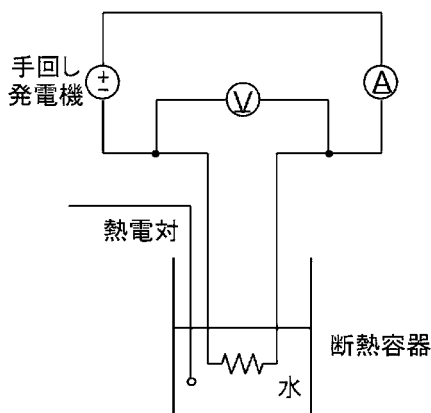


図 1 手回し発電機による水の温度上昇を測定するための概要図（左図）及び測定器具の概観図（右図）

この実験では手回し発電機に与えた「力学的エネルギー」は「電気エネルギー」となり、さらに、この「電気エネルギー」が電熱線を発熱させ、「熱エネルギー」が水の温度を上昇させるという「エネルギー変換」が起こっている。なお、手回し発電機に与えた「力学エネルギー」についての議論は次節 1-2 で行っている。定量的な測定を行うために手回し発電機の回転速度を 2.4 回転/秒、回転時間を 300 秒とし、回路の電熱線に加わる電圧及び電流、そして、水温を 30 秒間隔で測定した。得られた結果の一例として、電熱線の電気抵抗 3Ω 、水の質量 40g のときの測定結果を図 2 に示す。このとき、電熱線に加わる電圧 V は 2.4V、電流 I は 0.65A であった。

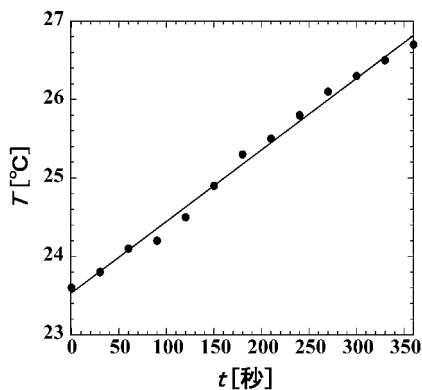


図 2 手回し発電機を用いた発電時間と水の温度上昇の関係（電熱線の電気抵抗 3Ω 、水の質量 40g の場合）

一般式として、手回し発電機により生成された電気エネルギー J_e [J]は、電熱線に加わる電圧 V [V]、流れる電流 I [A]、発電した時間 t [秒]とすると、(2)式で表される。よって図2に示した電熱線の電気抵抗 $3\ \Omega$ 、水の質量を40gとしたときに生成された電気エネルギー J_e は631.8Jという値を得る。

$$J_e = VI t \quad (2)$$

一方、変換された熱エネルギー J_t [J]は、熱の仕事等量の値を4.2 J/cal、水の比熱の値を1cal/(g \cdot °C)、水の質量 m [g]、温度上昇 T [°C]とすると、(3)式で表される。図2より温度上昇 T は3.1°Cと読み取れ、 J_t は520.8Jという値を得る。

$$J_t = 4.2 \times 1 \times m T \quad (3)$$

(2)、(3)式から得た変換前の電気エネルギー J_e と変換後の熱エネルギー J_t に関する変換効率(1)式より82.4%という値を得る。電熱線と水の量、断熱の方法等により、変換効率は時として大きく変わることが容易に予想される。経験則ではあるが、以下の留意点(①～④)を考慮することにより、65%～82%程度の再現性が得られ、多少ばらつきはあるもののこの値はおおよそ生徒がイメージしている値に近いものと考えられる。よって各エネルギーと変換効率の定量的な議論は十分に可能と期待される。なお、他の「電熱線の抵抗と水の水量」の組み合わせによる実験においても同様の結果を得た。

- ① 適度な時間である程度の温度変化(3°C以上)が起こすためには水の質量は大きくしすぎない。
- ② 断熱については、可能な限り行うべきである。断熱容器に発泡スチロールのふたをするなどの工夫が必要である。
- ③ 手回し発電機を回す速さは指示して行う必要がある。タイマーやメトロノームなどの活用が考えられる。
- ④ 電熱線の電気抵抗については、回転させる速さと力との関係があるため、大きくすれば温度上昇がのぞまれるとは一概にはいえない。

1-2 手回し発電機に加える力の測定[実験I]

1-1節において、実験Iの「電気エネルギー」から「熱エネルギー」への変換効率に関して述べたが、手回し発電機に与えた「力学的エネルギー」から「電気エネルギー」への変換の議論は行っていない。この「力学的エネルギー」については手回し発電機のハンドルに加える力の測定を必要とするが、直接的にこの力を測定するのは困難である。そこで、ハンドルの代わりにプーリーを取り付け、このプーリーに巻き付けた糸を一定の力で引っばったときの力の大きさをバネばかりで測定することによって、手回し発電機に加える力を算出した方法を示す(図3)。

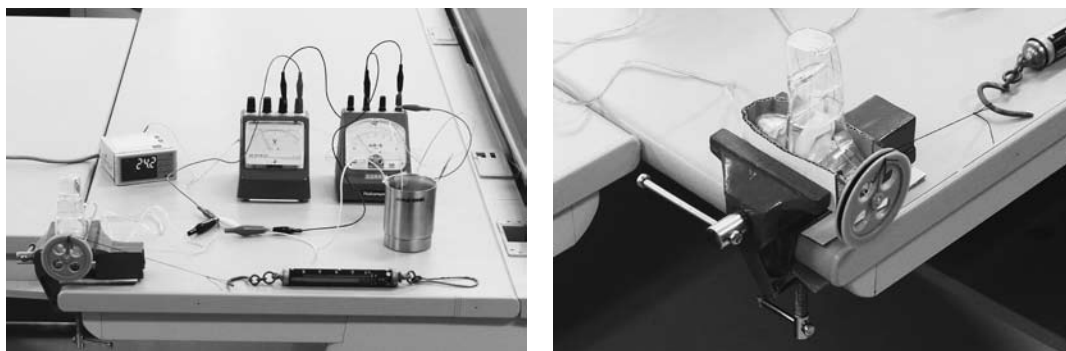


図3 手回し発電機に加える力を測定するための概観図。手回し発電機のハンドル代わりにプーリーをつけ、それを回転させることにより発電を行った。回転させる力はバネばかりにより測定した。

具体的にはプーリーに加えた力 F_p [N]、プーリーの半径 R_p [m]、ハンドルの回転半径 R_h [m]から、手回し発電機に加える力 F_h [N]は(4)式で表される。

$$F_h = F_p \times \frac{R_p}{R_h} \quad (4)$$

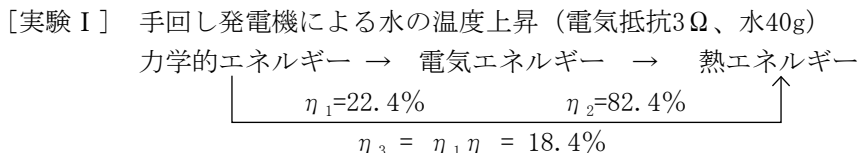
また、手回し発電機に与えた力学的エネルギー J_k [J]は、回転数 n [回]のとき、(5)式で求まる。

$$J_k = 2n\pi \times F_p \times R_p \quad (5)$$

実験に際しては、プーリーの回転速度は1-1節で述べた実験と同様の2.4回/秒で行った。さらに、図1に示した電熱線、水等の条件(回路)も同じとした。実際の測定はプーリーに12回転させる長さの糸を巻き付け、その糸が5秒で伸びきるように引っばっていった。この測定は、測定値は静止した状態ではなく、動きながらの読み取ることになるなど、慣れが必要である。また、電熱線を接続して測定を行ったが、水につけた場合とつけていない場合を比べると、約1Nの違いが確認できた。また、つける水の質量を40gと30gに変えて測定を行うと約0.5Nの違いを示した。感覚的には比較できない部分を数値が示していることを確認できた。留意点としては、手回し発電機を回したときの仕事とプーリーを回転させた時の仕事が一致することを理解する必要があることが挙げられる。

実験結果として、電熱線の電気抵抗 $3\ \Omega$ 、水の質量40gのときのプーリーに加えた力 F_p は17.64Nであった。プーリーの半径 $R_p = 0.0295\text{m}$ 、手回し発電機のハンドルの回転半径 $R_h = 0.1280\text{m}$ 、回転数 $n = 864$ [回]から手回し発電機のハンドルに加える力 F_h と手回し発電機に与えた力学的エネルギー J_k はそれぞれ8.10N、2825Jを得た。

結果が示すように、概算ではあるが手回し発電機に若干の加工をすることにより、手回し発電機のハンドルに加える力と与えた力学的エネルギーを求めることができた。1-1節及び1-2節の結果を合わせて議論することにより、特に発電の際の大きなエネルギーロスを感じることができると考えられる。ここで、実験Iの結果の一例をまとめて示すと次のようになる。



1-3 手回し発電機による仕事[実験Ⅱ]

実験Ⅱでは、実験Ⅰで用いた「熱エネルギー」の代わりに、「仕事」へのエネルギー変換を行う実験を行った。その概略図を図4に示す。ここでは「力学的エネルギー」→「電気エネルギー」の変換には1-1節で用いた手回し発電機を、「電気エネルギー」→「仕事」の変換には1-2節で述べたプーリーを用いた手回し発電機を用いた。

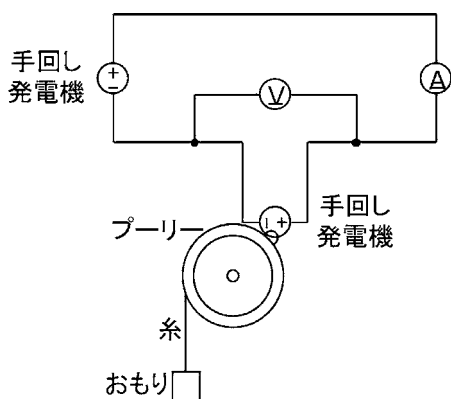


図4 手回し発電機による仕事を測定するための概要図(左図)及び測定器具の概観図(右図)

この実験では手回し発電機に与えた「力学的エネルギー」の定量的な議論は行わないものとした。1-2節と同様の実験により、算出は可能ではあるが、実験自体が煩雑になることを考慮したためである。

おもりの質量を4種類(50・100・150・200g)に変え、それらのおもりを0.5m持ち上げた時の電流の値と持ち上げるのにかかる時間を測定した。その時の手回し発電機の回転速度は電圧の値が3Vを示す速さとした。これは測定時間が短いため、回転速度の調整を簡便に行うようにしたためである。また、予め定圧電源装置(単3乾電池2本直列)を用い、同様の実験も行った。

質量 $M[\text{kg}]$ の物体を $s[\text{m}]$ 持ち上げたときの仕事の大きさ $W[\text{J}]$ は、重力加速度を 9.8m/s^2 とすると、(6)式で求まる。

$$W = 9.8 \times M \times s \qquad (6)$$

測定結果の一例としておもりの質量100gのときの電気エネルギー J_e は1.44J、仕事 W は0.49J、変換効率 η は34.0%となった。なお、この際に電圧 V は3.0V、流れる電流 I は0.16A、持ち上げるのにかかる時間 t は3.0秒であった。いくつかの測定により、変換効率の値は約25~40%で求まった。発電機に使われているモーターの特性により、持ち上げるおもりの

質量に合わせて変換効率の値は変化している。

この実験は、中学生にとってエネルギー、仕事、変換効率を求めるという目的に対して単純に臨んでいくことができる実験といえる。また、定圧電源を用いることによってより単純に実験を行うことができるが、発電を体感するという目的の上では手回し発電機を活用する方がのぞましいと考えられる。実験ではプーリーを取り付けた手回し発電機を用いて「仕事」を行ったが、モーターに低速ギヤ、さらにプーリーがついたものを製作すれば代替できる。タミヤ製ハイパワーギヤボックスHEにプーリーを取り付けて製作した装置を図5に示す。

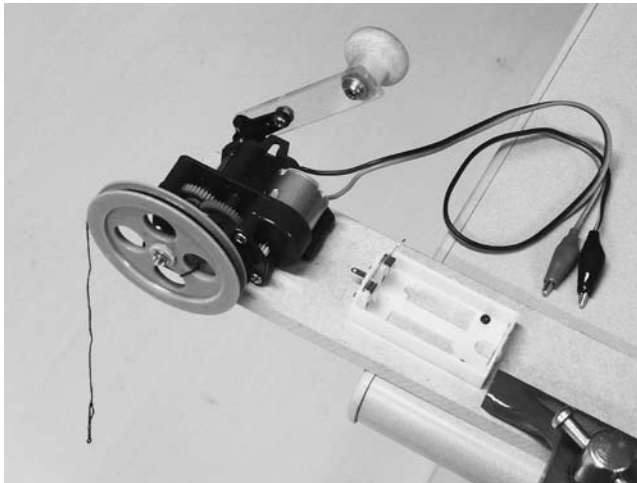


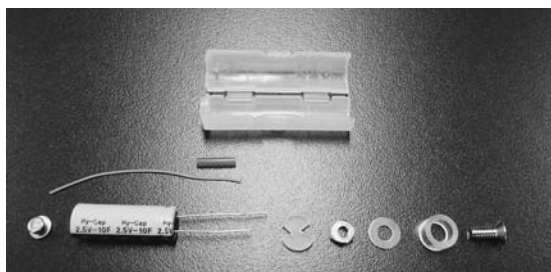
図5 タミヤ製ハイパワーギヤボックスを用いた装置の概観図。
手回し発電機にもなるようにハンドルも取り付けられている。

1-4 コンデンサーを用いたエネルギー備蓄[実験Ⅲ]

実験Ⅲでは、「力学的エネルギー」→「電気エネルギー」→「仕事」の変換の過程で「電気エネルギー」として一時コンデンサーにより、エネルギーを備蓄した後に「仕事」をした場合と備蓄しないで直接「仕事」をした場合の比較を行うこととした。中学校理科ではコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは取り扱わないため、定量的な議論はできないが、備蓄による大きなロスを感じ取られるような教材の開発をめざした。

コンデンサーを用いた教材開発の一例としては、重松らの作成した「コンデンカー」が挙げられる^{3,4)}。この「コンデンカー」は、市販のタミヤ製ミニ四駆に電池に代わる電源としてコンデンサーを組み込む加工を行い、手回し発電機により発生させた電気エネルギーをコンデンサーに蓄え、その電気エネルギーを用いて走らせるというものである。

「コンデンカー」は電気を一時的に蓄えるというコンデンサーのはたらきをダイナミックかつ感覚的にとらえることができる教材である。この教材をヒントに他の市販されているおもちゃなどにもっと手軽にコンデンサーを組み込んで動かしてみることができないか考え、電池と同じように利用可能となる「コンデン池」の製作を行っていった。材料と完成品について、図6に示す。



<材料>

- ・電気二重層コンデンサー 2.5V 10F
- ・旭電機化成 ADC430 (電池スペーサー
単4電池が単3電池になる電池アダ
プター)
- ・アクリルパイプ (外径 10 mm φ、内径 7 mm
φ、長さ 6 mm)
- ・アクリル棒 (10mm φ、長さ 3 mm、一部削
り加工)
- ・電気用小ねじ皿頭 4×10 mm・ワッシャー
- ・ナット
- ・導線
- ・熱収縮チューブ

図6 コンデン池の材料 (上図) と完成品 (下図)

「コンデン池」は市販の電池スペーサーの中にコンデンサーを入れた電池感覚でコンデンサーに蓄電できる教材である。単3電池と同じサイズであり、様々なおもちゃ等に電池の代わりに入れることが可能である。ここで用いたコンデンサーは電圧については単3電池が1.5Vに対し、放電し始めは、2.5V強を発生する。使用にあたっては、この初期の高い電圧とコンデンサーの蓄電及び放電の特性を考慮しなくてはならない。

「コンデン池」を活用し、実験Ⅲを実現するため、いくつかの実験を考案していった。その一例が図7である。これは、タミヤ製ワイルドミニ四駆に電源として「コンデン池」を用いている。ワイルドミニ四駆には低速ギヤが組み込まれており、普通のミニ四駆に比べて動く速さが小さく移動距離も短い。直線運動のようすを観察するには適度な速さといえる。これを活用すると、ミニ四駆の移動距離を実験Ⅲの最終的に行われた仕事の大きさとして比較することが可能である。実験の流れの例として次のようなものが考えられる。

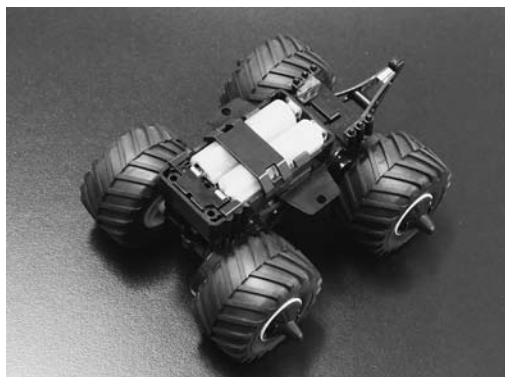


図7 「コンデン池」を電源としたワイルドミニ四駆の概観図

- ① 手回し発電機をワイルドミニ四駆の電源端子に直結し、動かしたとき、ハンドルを10回転させて進む距離を求める。
- ② コンデン池に手回し発電機でハンドルを10回転させ、充電する。
- ③ 充電したコンデン池をワイルドミニ四駆の電池ボックスに入れ、コンデン池を電源として動かしたとき、進む距離を求める。
- ④ ①と③の進んだ距離の比較を行う。

手回し発電機を用いてコンデンサーに充電する際、ハンドルを回す速さにより、移動距離が大きく変わる。しかし、比較を行うと、コンデンサーを介すると移動距離は40%程度短くなる結果となった。

また、ワイルドミニ四駆は低速ギヤを用いているため、「コンデン池」を入れて車輪を回すと、ミニ四駆のモーターが発電機となり、「コンデン池」に電気を蓄えることができる。つまり、プルバックならぬプッシュフロントを繰り返すことにより、電気が蓄えられ、その後、手をはなすと自力走行が可能となる。このワイルドミニ四駆と「コンデン池」の組み合わせは、エネルギーの生成・変換・備蓄を絶妙に表現するものであるといえる。

基礎実験として実験Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを行い、結果をもとに実験内容について検証を行っていった。1-1節に示したように実験Ⅰについては、すべてのエネルギー変換過程において目的としていた定量的な議論と変換効率を導き出すことが可能であった。手回し発電機に与える力学的エネルギーは1-2節に示した方法で算出が可能ではあるが、授業で行う際には煩雑になりすぎる感は否めない。これらのことは1-3節で示した実験Ⅱに関しても同様であるといえる。1-4節で示したように実験Ⅲについては、「コンデン池」、及びワイルドミニ四駆の活用によりエネルギー変換・備蓄による大きなエネルギーロスを感じることができる教材を開発することができた。さらに「コンデン池」については活用範囲が広がることが期待できる。

2. エネルギー変換に関する授業デザイン

1章で行った実験Ⅰ・Ⅱ・Ⅲをもとにそれぞれの実験を組み入れた授業デザインを作成した(表1・2・3)。どの授業も課題を探求しつつ、協同的で活動的な授業をデザインしている。内容は目的であった中学校理科における「エネルギー変換」「エネルギー変換効率」「コンデンサー」等の理解ならびにこれらの定量的な考察を組み込んだものである。現時点では、自己研究による授業デザインの提案のみであるが、今後は授業実践により、評価と改善を進めていきたい。

表1 [実験Ⅰ]を活用した授業デザイン

3年（理 科） 手回し発電機による水の温度上昇 ～エネルギーの変換と効率～	
■本時のねらい:	① 発電の大きさを感ずる。 ② 電気エネルギーと熱エネルギーの値を求めることができる。 ③ エネルギー変換の効率を求めることができる。
■授業の流れ	
1 学習課題の提示(共有の課題)	
課題1 実験「手回し発電機による水の温度上昇」の結果を予想してみよう。	
(1) 6分間で発生する電気エネルギーは何J? その求め方は?	※ 電圧・電流値は指定する。
(2) 6分間で水は何度上昇? 水に与えられる熱エネルギーは何J? その求め方は?	
(3) エネルギー保存則で説明できる?	
2 共有の学習課題の追究(意見交換・活動)	
○4人組で意見交換をする。	
○電気エネルギーと熱エネルギーの求め方について確認をする。	
○エネルギー変換について、保存則に基づいた説明を行う。	
3 学習課題の提示(ジャンプの課題)	
実験 手回し発電機による水の温度上昇	
課題2 エネルギー変換効率を求めてみよう。	
4 ジャンプの学習課題の追究(意見交換・活動)	
○エネルギー変換効率を上げる方法を考え、意見交換をする。(実験前・実験後)	
○手回し発電機に手を与えた力学的エネルギーは何Jか、意見交換をする。	
■活用する問題・資料など	
実験	
(1) 図のような回路を組む。	
(2) 手回し発電機を10秒に24回程度で回し、30秒ごとに水の温度を表に記録する。	
課題2	
力学的エネルギー → 電気エネルギー → 熱エネルギー	
$J_k = [?] J$ 手回し発電機 $J_e = [?] J$ 電熱線(ヒーター) $J_t = [?] J$	
$\eta = [?] \%$ $\eta = [?] \%$	
※ [?] の部分は、予想をした後、測定例をきく。	

表2 [実験Ⅱ]を活用した授業デザイン

3年（理 科） 手回し発電機による仕事 ～エネルギーの変換と効率～	
■本時のねらい:	① 電気エネルギーと仕事の大きさの値を求めることができる。 ② エネルギー変換の効率を求めることができる。
■授業の流れ	
1 学習課題の提示(共有の課題)	
課題1 実験「手回し発電機による仕事」の結果を予想してみよう。	
(1) 電力は何W? その求め方は? 電力と電気エネルギーの関係は?	※ 電圧・電流値は指定する。
(2) おもりがされる仕事の大きさは何J? その求め方は?	
(3) エネルギー保存則で説明できる?	
2 共有の学習課題の追究(意見交換・活動)	
○意見交換をする。	
○電力、電気エネルギー、熱エネルギーの求め方について確認をする。	
○エネルギー変換について、保存則に基づいた説明を行う。	

3 学習課題の提示(ジャンプの課題)

実験 手回し発電機による仕事

課題2 エネルギー変換効率を求めてみよう。

4 ジャンプの学習課題の追究(意見交換・活動)

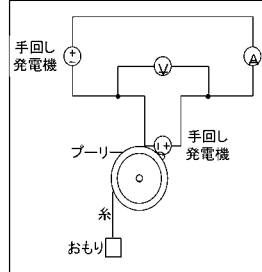
○エネルギー変換効率を上げる方法を考え、意見交換をする。(実験前・実験後)

○失われたエネルギーは何エネルギーとなったのか、意見交換をする。

■活用する問題・資料など

実験

- (1) 図のような回路を組む。
- (2) 手回し発電機を電圧計の値が3.0Vを示す速さで回し、ストップウォッチで100gのおもりが50cm持ち上がるのにかかる時間を測定する。また、そのときの電流の値を読み取る。
- (3) 実験は3回以上行い、持ち上がるのにかかる時間と電流の3回の平均値を求める。



課題2

力学的エネルギー → 電気エネルギー → 仕事
 $J_k = \text{?} \text{ J}$ $J_e = \text{?} \text{ J}$ $W = \text{?} \text{ J}$
 $\eta = \text{?} \%$ $\eta = \text{?} \%$

※ [?]の部分、予想をした後、測定例をさく。

表3 [実験Ⅲ]を活用した授業デザイン

3年(理科) コンデンサーでフィールドミニ四駆を動かそう ～エネルギーの備蓄と効率～

- 本時のねらい: ① コンデンサーのはたらきと特性を説明することができる。
 ② エネルギー備蓄の効率の低さを感じる。

■授業の流れ

1 学習課題の提示(共有の課題)

課題1 コンデン池を電源としたミニ四駆を手でしばらく押すとなぜ走るのだろうか。

- (1) ミニ四駆に入っているものは? モーターのはたらきは?
- (2) コンデンサーのはたらきは? どういった特性があった?

※ 実際に、ミニ四駆を動かしてみよう。

2 共有の学習課題の追究(意見交換・活動)

- 意見交換をする。
- 小学校でコンデンサーについて学んだことを思い起こす。
- ミニ四駆に起こったことについて、エネルギー変換を視点にまとめてみる。

3 学習課題の提示(ジャンプの課題)

実験 次の2つのパターンでミニ四駆を動かしてみよう

- ① 手回し発電機を直結して
- ② 手回し発電機で蓄電したコンデン池を用いて

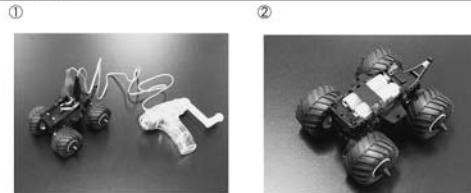
課題2 コンデンサーに電気を蓄えると効率はどのようになるのだろうか。

4 ジャンプの学習課題の追究(意見交換・活動)

- 課題2を確認できる実験方法を考え、意見交換をする。(対照実験を行うには?)
- 意見がまとまった班から実験を行っていき、結果について学級で共有をする。
- 世の中で行われているエネルギー備蓄について考察する。

■活用する問題・資料など

実験



課題2 <参考資料>

実験A 力学的エネルギー → 電気エネルギー → 仕事

手回し発電機 $J_e = \text{?} \text{ J}$ モーター $W = \text{?} \text{ J}$

実験B 力学的エネルギー → 電気エネルギー → 電気エネルギー → 仕事

手回し発電機 $J_e = \text{?} \text{ J}$ コンデンサー $J_e = \text{?} \text{ J}$ モーター $W = \text{?} \text{ J}$

おわりに

中学校理科では「エネルギー変換」について、すべてのエネルギーがジュール[J]という共通単位で求められるにも関わらず、変換の際の定量的な扱いは行われていない。力学的エネルギー何Jを与えると、電気エネルギー何Jが得られ、熱エネルギーとなって何Jが失われたという議論がなされてはこなかったのである。しかし、変換の際に失われたエネルギーについて目を向け、変換効率を高めることの重要性を理解するためには可能な限りで定量的な扱いが必要であると考え。発展的な内容ではあるが、定量的な議論を行うことにより、興味を深め、体験的な知識が得られるであろう。生徒が変換の際に失われていくエネルギーの大きさに驚きを感じ、疑問を抱き、さらにエネルギーの有効利用について議論できるような授業を行っていきたい。そういった議論を行っていく中ではじめてエネルギー保存則の素晴らしさも感じられるのではないだろうか。

また、新教育課程のもとでは中学生はエネルギー変換について具体的ないくつかの例と、コンデンサーについての基礎知識を学習していることとなる。コンデンサーという教材を視点として小・中・高の流れを見てみると小学校で導入され、高等学校物理において平行板コンデンサーが取り扱われることとなるが、中学校で取り扱われるようになっていない。しかし、コンデンサーを教材としてより拡がりのあるものとして取り扱っていくべきであり、中学校でも今回開発した「コンデン池」等を効果的に活用した授業を仕組んでいきたい。小学校においてコンデンサーに触れ、中学校でその特性について知り、高等学校で原理を理解する。段階的で系統性のある指導は学習者の良い刺激となり、意欲を高め、さらには大学等における専門的な学習へとつながるものと考えられる。

引用文献

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説 理科編」 大日本図書株式会社2008.
- 2) 「エネルギーの有効的な利用」エネルギー環境教育情報センターホームページ 平成21年度エネルギー教育授業展開例集。 <http://www.icee.gr.jp/>
- 3) 重松宏武、西村学、新宅孝恵、池添千津子、谷口将人、野村啓介、森山充、野々村佳代、高田慧、中山慎也、西山桂：「エネルギー・環境をテーマとした教材開発、研修及び実勢－島根大学教育学部における学生指導と実践の記録－」
島根大学教育学部附属教育支援センター研究紀要『島根大学教育臨床総合研究』, 9, 123-139, 2010.
- 4) 重松宏武、内田由美子、吉岡真志、佐々木英樹、野村啓介、谷口将人、森山充、野々村佳代、高田慧、西山桂：「エネルギー生成・変換・備蓄をテーマとした教材開発と実践－充電電池とコンデンサーの活用：手力ためる君とコンデンカー－」
島根大学教育学部研究紀要, 44, 29-34, 2010.