

指導資料

 鹿児島県総合教育センター

理科 第272号

小，中，高，特別支援学校対象
平成21年10月発行

系統性を踏まえた「エネルギー」の概念形成の工夫 - 手回し発電機を用いて -

中教審の「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」(H20.1)において「科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、『エネルギー』、『粒子』、『生命』、『地球』などの科学の基本的な見方や概念を柱として，子どもたちの発達の段階を踏まえ，小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善する。」と理科の改善の基本方針が示され，新学習指導要領において内容の系統性が示された。

その中で，「エネルギー」についての科学の基本的な見方や概念は，国際的な通用性や物理的な事物・現象に関して内容の系統性を踏まえ，「エネルギーの見方」，「エネルギーの変換と保存」，「エネルギー資源の有効利用」に分けて考えられている。

そこで本稿では，特に「エネルギーの変換と保存」に関する内容について小・中・高等学校を通じた系統性を明確にしなが，手回し発電機を用いた「エネルギー」の概念形成の工夫について述べる。

1 学習内容の系統と概念形成

次頁の表は，「エネルギーの変換と保

存」に関する系統である。表の学習内容から分かるように，電気については，電気の回路(電流・電圧) 電流の働き 電気の変換と，小・中・高等学校それぞれで学習する。その中で，具体的なものから抽象的なものへと，系統的に発達の段階に応じて概念形成が行えるようになっている。

したがって，教師は，概念形成のために児童生徒に身に付けさせたい概念は何であるかを，指導する校種だけでなく，前後の校種を含めてとらえ，それらがどうつながっているのか系統性を把握していることが重要となる。

そして，前校種，前学年で形成された概念を活用させながら，あるいは次の校種，次の学年の概念を意識しながら，それぞれの校種，学年における概念を形成するための指導の工夫を行っていく。

最終的に，高等学校において，いくつかの事物・現象が同一の概念で説明できることを見出したり，新しい事物・現象の解釈に応用したりすることができるようにしていくことが大切である。

科学的な概念は，小・中・高等学校の理科学習全体を通して，問題解決の能力を身に付けさせながら，事物・現象を一面的で

表 「エネルギーの変換と保存」に関する系統

校種	学年	学習項目	学習内容(ゴシック文字は基本的な概念の部分を、A～Iは実験例との関連を示す)	問題解決の能力
小学校	3年	磁石の性質 ・磁石に引きつけられる物 ・異極と同極	・物には、 磁石に引きつけられる物と引きつけられない物 があること。また、磁石に引きつけられる物には、磁石に付けると磁石になる物があること。 ・ 磁石の異極は引き合い、同極は退け合う こと。	磁石に付く物と付かない物を 比較する 能力
		電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物	・ 電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方 があること。(電気の回路(B)(電気の通り道)) ・ 電気を通す物と通さない物 があること。	電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方、電気を通す物と通さない物を 比較する 能力
	電気の働き ・乾電池の数とつなぎ方 ・光電池の働き	・ 乾電池の数やつなぎ方を変えると、豆電球の明るさ やモーターの回り方が変わること。(直列つなぎ、並列つなぎ、電流の強さ(C)や向き(D)) ・光電池を使ってモーターを回すことなどができること。(光電池に当てる光の強さと回路を流れる電流の強さと)	乾電池のつなぎ方や光電池に当てる光の強さと回路を流れる電流の強さとを 関係付ける 能力	
	電流の働き ・鉄心の磁化、極の変化 ・電磁石の強さ	・ 電流の流れているコイルは、鉄心を磁化する働き があり、 電流の向きが変わると、電磁石の極が変わる こと。 ・ 電磁石の強さは、電流の強さや導線の巻数によって変わる こと。	電流の働きについて 条件を制御して調べる 能力	
中学校	2年	電気の利用 ・発電・蓄電 ・電気の交換(光、音、熱などへの変換) ・電気による発熱 ・電気の利用(身の回りにある電気を利用した道具)	・ 電気は、つくりだしたり(A)蓄えたりする(E)ことができる こと。 ・ 電気は、光、音、熱などに変えることができる(F)こと 。 ・ 電熱線の発熱は、その太さによって変わる こと。 ・身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。	電気の性質や働きについて 推論する 能力
		電流 ・回路と電流・電圧 ・電流・電圧と抵抗 ・電気とそのエネルギー(電力量、熱量を含む) ・静電気と電流(電子を含む)	・回路をつくり、回路の電流や電圧を測定する実験を行い、 回路の各点を流れる電流(B)や各部に加わる電圧についての規則性 を見いだすこと。 ・金属線に加わる電圧と電流を測定する実験を行い、 電圧と電流の関係(C) を見いだすとともに金属線には 電気抵抗(C) があることを見いだすこと。 ・電流によって熱や光などを発生させる実験を行い、 電流から熱や光などが取り出せること(F)及び電力の違いによって発生する熱や光などの量に違いがあること を見いだすこと。(電力、電力量(I)、熱量) ・異なる物質同士をこすり合わせると 静電気 が起こり、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くこと及び 静電気と電流は関係があること を見いだすこと。(電流が電子の流れであること)	(比較したり、条件に目を向けたりするなどの小学校で培った能力をさらに高めながら、) 観察、実験の結果を分析して解釈する能力 導き出した自らの考えを表現する能力
	電流と磁界 ・電流がつくる磁界 ・磁界中の電流が受ける力 ・電磁誘導と発電(交流を含む)	・磁石や電流による磁界の観察を行い、 磁界を磁力線で表すこと を理解するとともに、 コイルの回りに磁界ができること を知ること。(磁界の強さ・向き) ・磁石とコイルを用いた実験を行い、 磁界中のコイルに電流を流すと力が働くこと を見いだすこと。 ・磁石とコイルを用いた実験を行い、 コイルや磁石を動かすことにより電流が得られること を見いだすとともに、 直流と交流の違い を理解すること。(誘導電流)		
3年	エネルギー ・様々なエネルギーとその変換(熱の伝わり方、エネルギー変換の効率を含む) ・エネルギー資源(放射線を含む)	・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(F) を利用していることを理解すること。 ・人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、 エネルギーの有効な利用(H) が大切であることを認識すること。(エネルギーの変換、変換の前後でエネルギーの総量は保存されること、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(G)こと)		
高等学校	(物理基礎)	電気 ・物質と電気抵抗 ・電気の利用 エネルギーとその利用	・物質によって 抵抗率(C) が異なることを理解すること。 ・ 交流の発生 、送電及び利用について、基本的な仕組みを理解すること。 ・人類が利用可能な水力、化石燃料、原子力、太陽光などを源とする エネルギーの特性や利用 などについて、物理学的な視点から理解すること。	観察、実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現する能力

なく多面的にとらえられるようになる中で形成されていくものである。

2 手回し発電機を用いた概念形成の工夫

手回し発電機は、小学校第6学年でも取り扱うようになり、「エネルギーの変換と保存」に関する概念形成の実験教具として優れている。その電源装置としての特徴は、次の通りである。

ハンドルを回転することで、負荷を体感しながらエネルギーを実感でき、電池の代わりとして繰り返し使用できる省エネ電源である。

ハンドルの1秒間あたりの回転数を変

えることにより、自由に電圧を変えることができる。

回転方向を変えることで、電流の向きを瞬時に変えることができる。

一方、使用の際には、次の点に注意する。

過電圧になると、豆電球が切れたり、ギアが損傷したりすることがあるので、勢いよく回転させない。

古い型の手回し発電機は、+、- が分からないので、検流計などで事前に電流の向きを確認する。その際、ハンドルを時計回りに回転したときを基準とし、写真1のようにクリップに+、-

の印などを付けるとよい。



ハンドルを1秒間に1回転させると、製品の規格にもよるが2～3Vの電圧が生じる。最大10V程度を発生させることができる。

写真1 手回し発電機

以下に、手回し発電機を用いた「エネルギー」の概念形成のための工夫例を述べる。
(概念部分を太文字下線で、表との関連を添字A～Iで表記している。)

(1) 電気をつくる(発電)

手回し発電機のハンドルを回転させると、豆電球の点灯などで電気が作りだされること^Aが分かる。1秒間当たりのハンドルの回転数が大きいほど電圧が大きくなるが、抵抗を接続し回路を流れる電流^Bを調べると、回転数(電圧)が大きいほど電流が大きくなること(オームの法則)^Cを実感できる。

(2) 電流の向きを調べる

LED(写真2)には整流作用がある。これと手回し発電機を直列に接続し、ハンドルを回転すると、その回転方向によって、点灯するときとしないときがあることから、電流に向きがあること^Dを実感できる。



LEDの線が長いほうが+である。過電圧によりLEDが切れることを防ぐために、LEDに直列に抵抗(100Ωぐらい)や(15mA)定電流ダイオードをつなぐとよい。

写真2 LED

(3) 電気をためる(充電・放電)

手回し発電機でつくった電気は、コンデンサー(写真3)に蓄えることができる^E。充電されたコンデンサーを、

豆電球やLED、電子オルゴールに接続することで放電が起こり、電気が蓄えられていること^Eを実感でき、さらに電気が光や音に移り変わること^Fが分かる。コンデンサーもLEDと同様に+と-があるものがあるので、充電、放電のとき注意が必要である。



写真左: 2.3 V 1 F

写真右: 2.3 V 4.7 F

コンデンサーは、1F以上の容量の大きいものを使用すること。線の長いほうが+である。充電・放電する際は、電流の向きに注意する。(モーターの回転方向やLEDの点灯を確認する。)また、耐電圧にも注意する。

写真3 コンデンサー

(4) その他の実験例

「エネルギー」の変換や効率について多面的に理解を深め、概念形成のために、以下の実験も有効である。

ア プーリー付きの手回し発電機におもりをつるし、重力による位置エネルギーを電気エネルギーに変換させ、豆電球を点灯させる。高さが同じであれば重いおもりほど明るいことや、重さが同じでも高いほど長い時間点灯することで位置エネルギーの電気エネルギーへの変換^Fを実感できる。

イ 手回し発電機2台を互いに接続する。1台のハンドルを10回転させるとき、もう1台のハンドルの回転数を調べる。このことで、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(効率)^Gを実感できる。

ウ 手回し発電機5台を直列に接続(+、-に注意)し、100Wの白熱電球を点灯させる。白熱電球を点灯させるには、

非常に大きな仕事が必要であることを実感でき、エネルギーの有効な利用が大切であること^Hを認識できる。

3 エネルギー変換の定性的理解

抵抗で消費する電気エネルギーについて、実感を伴って理解させることは難しい。そこで、豆電球と手回し発電機を用いた次のような実験で、エネルギー変換について定性的に理解を深めながら、このとき手がする仕事についても実感させることができる。

問 手回し発電機に豆電球を接続し、ハンドルを1秒間当たり一定の割合で回転させる。

豆電球をどのように接続すると、手回し発電機のハンドルの回転が最も重く感じるだろうか。

- a 豆電球1個接続 b 豆電球2個を並列に接続



- c 豆電球2個を直列に接続



一般に、豆電球で消費する電気エネルギーは、電流・電圧の値を測定し電力量^Iの式に代入することで定量的に求められる。

$$\begin{aligned} \text{電力量} &= \text{電流} \times \text{電圧} \times \text{時間} = \text{電力} \times \text{時間} \\ &= \frac{(\text{電圧})^2}{\text{抵抗}} \times \text{時間} \end{aligned}$$

(電圧が一定であれば、合成抵抗が最も小さい場合に消費する電気エネルギーが最大となる。したがって、bの電気エネルギーが最も大きい。)

ここでは、まず豆電球から発生する光や熱をもとに、電気エネルギーが最も大きい場合を定性的に求める。

電圧を一定にしたとき、最も明るいのは

bで、最も暗いのはcである。放射される光エネルギーや熱エネルギーが最も大きい場合に、電気エネルギーが最も必要となる^Fので、bの電気エネルギーが最大であることが分かる。

このようにエネルギー変換を視覚的にとらえることは、概念形成につながりやすいと考える。

次に、最も重く感じる接続を求める。手回し発電機のハンドルを回転する際、手がした仕事が電気エネルギーに変換される^Fので、電気エネルギーが最大のとき最も大きな仕事が必要となる^F。1秒間当たりの回転数が同じであれば、仕事が最大るとき手にはたらく力が最大となり、このとき最も重く感じる。したがって、bが最も重く感じることが分かり、エネルギーと仕事が等価である^Fことも実感できる。

このように、手回し発電機を用いた実験は、「エネルギー」を多面的に、実感を伴いながらとらえることができ、小・中・高等学校それぞれの校種における概念形成に有効である。

教師が「エネルギーの変換と保存」に関する系統性を意識し、発達の段階に応じた観察・実験や考え方を工夫することで、「エネルギー」についての理解が深まり、科学的な概念形成につながっていくと考える。

〔参考文献〕

文部科学省『小学校学習指導要領解説・理科編』平成20年8月

文部科学省『中学校学習指導要領解説・理科編』平成20年9月

文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月

(教科教育研修課)