

体験的な活動を生かしたエネルギー概念の形成の工夫

1. 設定理由

エネルギー概念は、物理・化学をはじめとして、生命、気象、地球環境・宇宙など自然を統一的に考察する際に非常に重要な概念である。また、科学技術の利用や資源問題など、社会を考えるにも欠くことのできない概念である。エネルギーについては、小学校3年「風やゴムの働き」に始まり、てこ・振り子・電気の働き、そして中学校での、力と圧力、電流とその利用、運動とエネルギーへと、主に力・運動・電気の学習を通して、エネルギー概念の形成につなげている。エネルギーの定義は、中学3年「運動とエネルギー」で「他の物体に仕事をなす能力」としている。「仕事をする・される」事例や、「エネルギー」が「仕事」に変わる様々な現象を体験することが、エネルギー概念形成のもとになると言える。そこで、中学2学年後半「電流とその利用」、「気象のしくみと天気の変化」、そして3年「運動とエネルギー」へ続く学習の中で、エネルギー概念の形成につながるように観察実験をより体験的な活動に工夫しようと、本主題を設定した。

2. 研究仮説

- ・「電流」「気象」「運動とエネルギー」の単位を通して、エネルギーに関連する観察実験をより体験的な活動に工夫することで、エネルギー概念の形成につながるであろう。

3. 研究内容

- ・「電流」「気象」「運動とエネルギー」の単位で、エネルギーに関連する内容について観察実験を工夫して実践する。

4. 結 論

- 2年「電流」「気象」単元で、いくつかの観察実験について、エネルギーと関連させて行い、考察させることができた。
- 3年「運動とエネルギー」で、「仕事」「エネルギー」についての観察実験を工夫し、体験的に実感させることができた。
- いくつかの単元の様々な現象をエネルギーに関連させて捉えさせることで、エネルギーを実感を伴った概念として捉えられた。

1 研究主題

体験的な活動を生かしたエネルギー概念の形成の工夫

2 主題設定の理由

(1) エネルギー概念の形成について

「エネルギー」という単語は、「電気エネルギー」や「エネルギー資源」等、最もよく使われる科学技術用語であり、また日常会話の中で幅広い意味で用いられている単語である。日常語ともいえる「エネルギー」であるが、本来のエネルギー概念は、物体の運動や化学反応をはじめとして、生命・気象や地球環境・宇宙など、自然を統一的に考察する際に非常に重要な概念である。また、科学技術や資源問題など、人類社会や文明を考える上で欠くことのできない概念である。

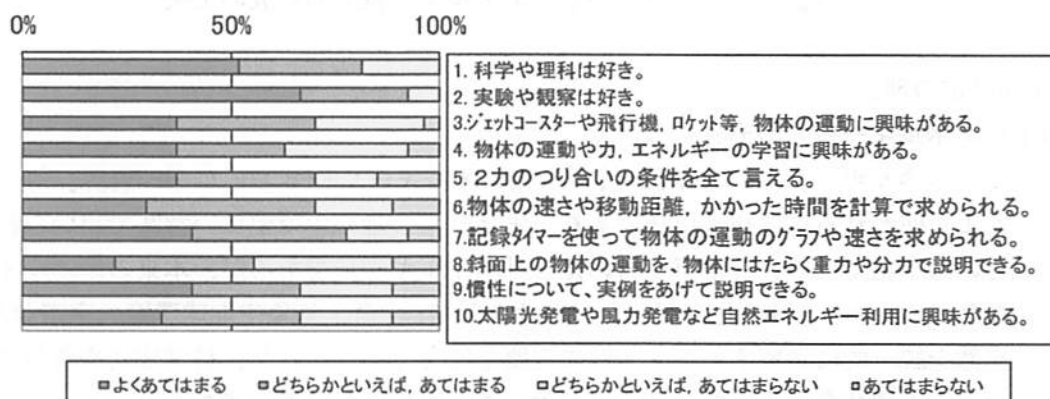
中学校指導要領では、「エネルギー」は、「粒子」、「生命」、「地球」などとともに、科学に関する基本的概念のひとつとして定着を図るとしている。そして科学技術と人間、エネルギーと環境、生命、自然災害など総合的な見方を育てる学習へ発展させるとしている。「エネルギー」の内容として、仕事（電力量）、仕事率（電力）、仕事の原理、熱・光・音・電気・弾性などのエネルギーや、力学的エネルギーとその変換や保存について、日常生活と関連付けて理解させるとしている。

小中学校の関連としては、小学校3年での「風やゴムの働き」に始まり、てこ・振り子・電気の働き、そして中学校での、力と圧力、電流とその利用、運動とエネルギーへと、主に力の働きや物体の運動、電気の利用を通して、エネルギー概念の形成につなげている。エネルギーの定義については、中学3年「運動とエネルギー」で「他の物体に仕事をなす能力」と押さえている。「仕事をする・される」事例や、「エネルギー」が「仕事」に変わる様々な現象を体験することがエネルギー概念のもとになると言える。そのようなことから、中学2年後半の「電流とその利用」、「気象のしくみと天気の変化」、そして3年「運動とエネルギー」へと続く学習の中で、エネルギー概念の形成につなげよう、観察実験をより体験的な活動に工夫しようと、本主題を設定した。

(2) 生徒の実態から

本校の3年生は、生徒数57名（男子32名、女子35名）で2学級編成である。科学や理科学習に関心を持つ生徒の割合は比較的高く、実験観察に興味をもってとりくむ生徒が多い。全体に落ち着いて授業にとりくみ、学習内容の理解や知識の定着を意識してとりくんでいる。観察実験は7班編制のグループを基本に行っている。積極的に発想や工夫を生かそうとする生徒は限られるが、班内で教え合ったり学び合う雰囲気があり、観察実験の方法や手順を理解して、ほぼ計画通り実行できる。結果の考察では、素データの比較や見直しは進むが、他との違いを説明したり、実際の現象に沿った結果の解釈などは十分に進まないことが多い。物理分野の学習については、小学校で、てこ・振り子・モーター組立など、実験や実習によく親しんでいることから、エネルギーについても様々な観察実験を体験できるようにする。

理科3年「運動とエネルギー」アンケート結果



3 研究のねらい

- ・「電流」「気象」「運動とエネルギー」の単元を通し、エネルギーに関連する観察実験をより体験的な活動に工夫することで、エネルギー概念の形成につなげる。

3 研究仮説

- ・「電流」「気象」「運動とエネルギー」の単元を通して、エネルギーに関連する観察実験をより体験的な活動に工夫することで、エネルギー概念の形成につながるであろう。

4 研究計画

単元・項目	観察実験の工夫（※印：教科書掲載実験）
2年「電流とその利用」 ・電気エネルギーと電力[W] ・電流による発熱[J] ・電力量[J]	・電球の明るさ比べ、掃除機の吸引力比べ ※「電力の大きさと水の温度変化の関係」 ・「電動ポンプによる噴水の高度と電力の実験」 ・「手回し発電機を用いた実験」
2年「気象のしくみと天気の変化」 ・大気の動き（上昇気流と下降気流、対流）	・熱気球の上昇実験 （熱膨張による空気の上昇）
3年「運動とエネルギー」 ・仕事とエネルギー 仕事[J]、仕事率[W] エネルギー[J]	※物体の持ち上げ、摩擦面での移動の実験 ※滑車、動滑車、てこの実験 ※衝突実験着装置での位置、運動エネルギー測定実験 ・様々な仕事の例についての仕事率の算出 ※エネルギーの変換の様々な実験 ・「エンジン発電機を用いた配電モデル実験」

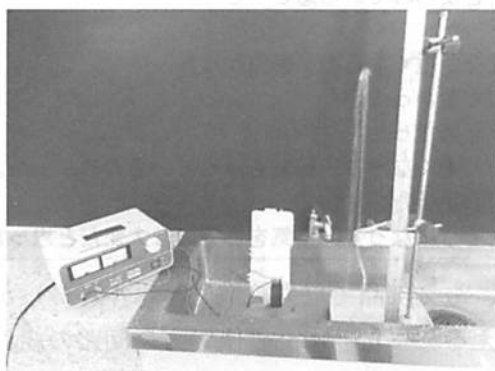
5 研究内容

(1) 実践1 2学年「電流とその利用」の小単元「電流のはたらき」

この単元では、『電気のもついろいろなはたらきをする能力を電気エネルギーと
言うこと』『1秒間あたりに消費する電気エネルギーを電力といい、電力(W)＝
電圧(V)×電流(A)であること』を定義し、「電力の大きさと水の温度変化の
関係」を調べる実験から、水の温度上昇(水の得た熱量)が電力(電気エネルギー)
に比例することを確認している。そしてここから、電力(W)、水の得た熱量(J)、
消費する電気エネルギーの総量としての電力量(J)の関りをまとめている。この
学習では、実験結果のグラフ処理とその考察、熱量・電力量の定義式の適用を通し
て理解することが中心となるが、電力を実感を伴って理解するにはやや間接的なき
らいがある。そこで、次のような実験を取り入れた。

①「電動ポンプによる噴水」

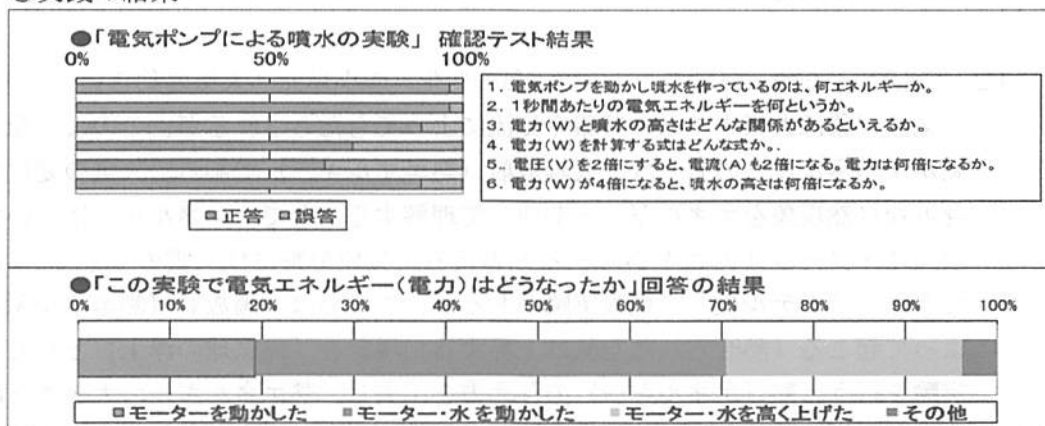
電力(電気エネルギー)が仕事に変わることを直接に観察できる例として、「電
動ポンプによる噴水実験」を取り入れた。この実験では、噴射ノズル径と電圧を適
当に設定すると、電動ポンプへの入力と、噴水の高さはほぼ比例する。電気エネル
ギーが水を持ち上げる仕事に変わるようすを、噴水の高さとして直接捉えることが
できる。



電動ポンプは自動車用ウィンドウウォシャー
ユニットを利用。4～12Vで作動させる。

電動ポンプの作動電圧を2倍にすると、噴
水の高さは4倍、作動電圧を3倍にす
ると、噴水の高さは9倍になり、「電力＝電
圧×電流」を確認められる。また、電力
(電気エネルギー)が水を持ち上げる仕事
をする様子から、運動エネルギーや位置エ
ネルギーに関わる気付きにつながる。

○実践の結果



電気エネルギー(≡電力)が、モーターの回転、水の運動、そして噴水の高
さにつながることを、概ね捉えられていると言える。電力と噴水の高さ(位置)
の関わりは、3年次の「エネルギーの移り変わり」につながる。

②「手回し発電機による消費電力の手応えの観察」

手回し発電機に様々な電気部品に接続し、手回しして作動させる際の手応えを観察する。電気部品の電力消費（電気エネルギー）を手応えとして実感することができる。また、ハンドルを回すエネルギー（運動エネルギー）が、発電機で電力（電気エネルギー）に、そして電気部品で仕事（他のエネルギー）に変わることを捉えられる。



- ① 豆電球や抵抗器を接続する。種類や数を変えたり、直並列に変えて接続する。
- ② モーターを接続し、モーターへの負荷を変えて作動させる。
- ③ 電熱線を接続し、電熱線の長さを変える。

○実践の結果

生徒実験シートより

- ・部品によって発電機の重さがすごく変わるのに驚いた。
- ・電球をひとつ増やすだけで、発電機がすごく重くなる。（並列つなぎ）
- ・電球を明るくすると重くなって、電気を使われている感じがした。
- ・電球の種類によって結構違うのがわかった。
- ・モーターの軸を指で押さえると、発電機が重くなるのが面白かった。
- ・電熱線を熱くするのに、発電機がすごく重かった。
- ・電熱線の長さを短くすると重いのが不思議だった。
- ・電圧が同じくらいでも、電流が増えると重くなって、電力を使っているのわかった。
- ・電気をつくるのに、結構力がいるのがわかった。
- ・たくさんつなぐと重くて発電機が壊れそうになって、電気を作るのは大変だと思った。

手回し発電機をまわす手応えから、電気部品で電力（電気エネルギー）が使われることを実感することができたといえる。また、部品の使い方や回路の組み方で手応えが変わることから、電気エネルギー（電力）の消費や他のエネルギーへの変換に関心を高められた。

（2）実践2 2年「気象のしくみと天気の変化」の小単元「大気の動き」

気象現象は大気中の水の循環や気流によってもたらされるが、このような大気を動かすエネルギーのほとんどは、太陽放射（熱エネルギー）である。天気の変化という身近な自然現象をエネルギーと関連して理解することで、エネルギーについてより幅広くイメージすることができると考える。気象分野には「雲のでき方」「前線のでき方」等モデル化した観察実験があるが、ここでは太陽放射（熱エネルギー）によって起こる「熱せられた空気は上昇する」現象を「熱気球の浮上」としてモデル実験を行う。熱（エネルギー）の与え方を工夫し、熱エネルギーの大きさと浮力の関りにも注目させる。なお、熱による空気の膨張や、密度比による浮力については事前に解説する。熱（エネルギー）によって、質量のある気球（空気）が上昇する現象を観察し、気象現象が太陽放射の熱エネルギーを基にした、大気の運動によって起こることを体験させる。

●「ポリ袋(45ℓ用)内の空気を熱し、熱気球として浮上させる実験」

ポリ袋はA、B 2種類用意し、開口部を中央5 cm程を残し、粘着テープで封ずる。

・実験ア

ポリ袋B（黒色）に室温の空気を送り膨らませて封をする。このポリ袋を精密電子ばかりに乗せ、教室内窓際の直射日光が当たる場所に置き、ポリ袋のふくらむ様子とその重量の経時変化を観察する。

《結果：ポリ袋はややふくらみ、重量は小さくなる》

・実験イ

ポリ袋A、Bそれぞれに、ヘアドライヤーの熱風を送り込み、浮上のようなすを観察する。《結果：ポリ袋Aは浮上するが、ポリ袋Bは浮上しない。》

	ポリ袋A	ポリ袋B
厚さ	0.0013mm	0.030mm
重量	11.15g	23.11g
色	半透明	黒



・実験ウ（演示実験）

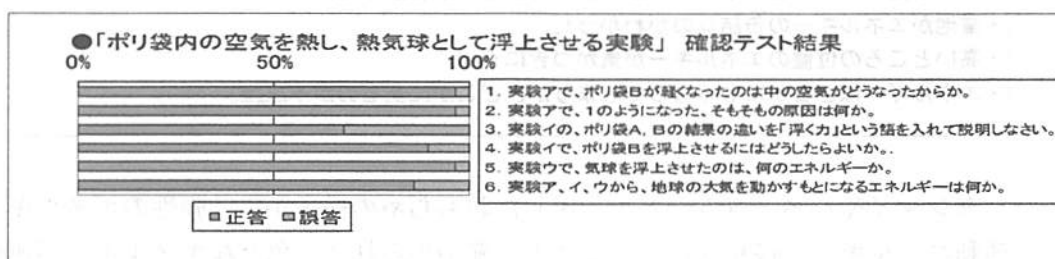
ポリ袋にアルミホイルで作った燃焼皿を取り付け、エタノール含浸綿を燃焼させて、熱気球を構成する。

《結果：高い熱量により力強く浮上する》



まとめ 熱（エネルギー）によって温められた空気は膨張し、浮力を得て上昇する。熱（エネルギー）が大きいほど、浮力は大きくなり、上昇は速く、より高く上る。気象現象は、太陽放射の熱（エネルギー）が空気を動かし引き起こしている。

○実践の結果



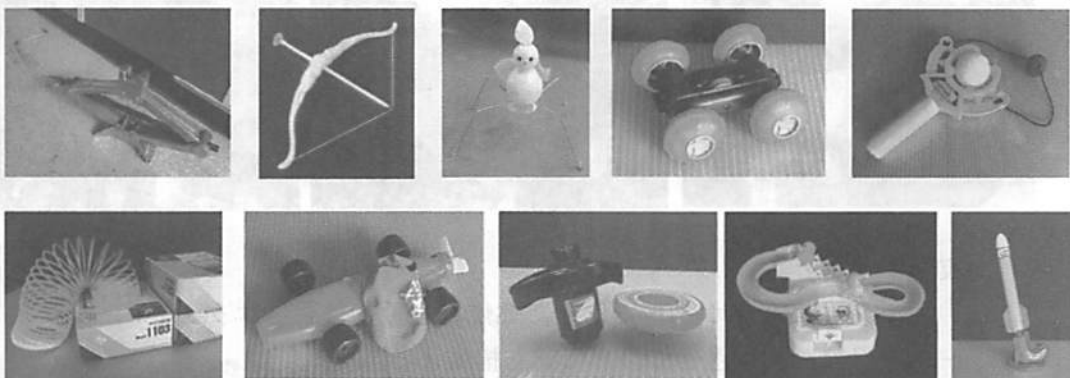
温まった空気が軽くなる様子や、より加熱した空気が浮力を得て上昇することを実験で確かめられた。また、太陽光による加熱で空気が軽くなる実験から、太陽放射の熱エネルギーが気象現象を生ずることを確かめ、自然現象をエネルギーの移り変わりとして見ることに繋がられた。

(3) 実践3 3年「運動とエネルギー」の小単位「仕事とエネルギー」

仕事 (J)、仕事率 (W)、エネルギー (J) について、それぞれの定義や単位を知り定量的に扱う。そして力学的エネルギーの保存やその変換、いろいろなエネルギーとその移り変わりなど、エネルギーのまとめの単元である。エネルギーについて系統的に理解を進むたうえで、身近な道具や動くおもちゃのしくみを、仕事やエネルギーの考え方で捉え直すことで、既習したことを活用することができる。また、電力の配電のモデル実験を体験することで、エネルギーの需給の課題を実感し、社会との関わりを持ったエネルギー概念につながると期待する。

①「身近な道具や動くおもちゃについて、エネルギーの移り変わりで考える」

「ジャッキ」や「エアポット」などの身近な道具や、ゼンマイやゴムの弾性、はずみ車の慣性等を利用して動くおもちゃを実際に動かし、そのしくみをエネルギーの移り変わりとして考察する。



○実践の結果

生徒実験シートより

- ・簡単だけど色々なおもちゃの動きを見られておもしろかった。
- ・おもちゃの動きを実際に見て、力のもとがエネルギーとわかった。
- ・おもちゃが動いているときの、力とエネルギーの区別がよくわからない。
- ・エネルギーが移り変わる感じはするが、無くなるとどうなる。
- ・おもちゃには弾性のエネルギーが多い。
- ・バネとかゼンマイはエネルギーをためられるのがいい。
- ・コマが回っているとエネルギーがたまっているのがわかった。
- ・電池がエネルギーの缶詰なのがあった。
- ・高いところの位置のエネルギーが気がつきにくい。
- ・エネルギーはどこかになくなってしまいが、どこかにあるのか不思議。

ゼンマイやバネ、ゴムなどを利用したおもちゃの様子から、弾性のエネルギーが運動エネルギーに移り変わることはよく確かめられた。色々なエネルギーが運動エネルギーに移り変わる例は多いが、位置エネルギーに変わる例は気付きにくい。回転しているコマや乾電池が、運動エネルギーや電気エネルギーを保存していることに気づき、その有用性からエネルギーの移り変わりに関心を深めている。エネルギーは変換の過程で散逸することも含め、エネルギー利用について実感できた。

②「エンジン発電機を用いた、電力の配電のモデル実験」

電力の供給と消費について、エンジン発電機を発電所に見立ててモデル実験を行う。エンジン発電機には定格出力があり、作動させる電気製品の数を増やし消費電力を大きくすると、エンジンへの負荷が大きくなり、エンジン音が大きくなる。さらに定格出力を消費電力が超過しそうになるとエンジンは自動停止する。

このモデル実験から、発電所の電力供給には限りがあり、供給量に見合った需要量に収めないと、給配電のしくみが破綻してしまうことが体験できる。また、火力発電のエネルギー変換の様子（燃料の化学エネルギー → 熱エネルギー → 電気エネルギー）や、発電に伴う課題（排気ガスの放出）を実感でき、エネルギー利用の実際の様子をイメージすることができる。



エンジン発電機



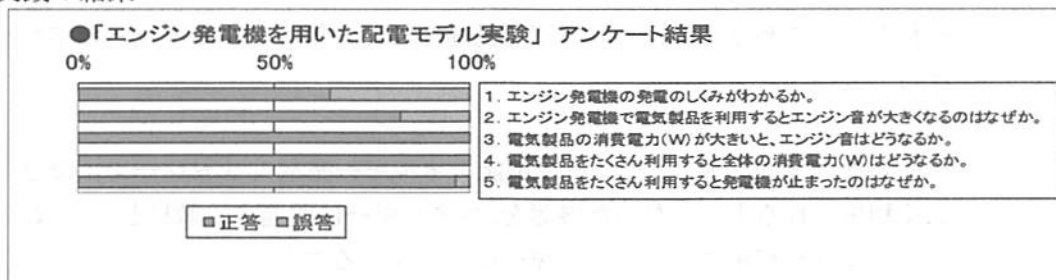
接続する電気製品



電気製品を作動させる実験

- ① エンジン発電機は、ガソリンが燃焼する熱エネルギーを、エンジンが回転する運動エネルギーに変え、さらにその運動エネルギーで発電機を回し、電気エネルギーを作り出している。
- ② エンジン発電機に電気製品を接続し作動させると、エンジン音が大きくなって、発電が大変になるのがわかる。
- ③ 電気製品をたくさん接続し、順次作動させていくと、エンジン音が大きくなり、あるところでエンジンが止まって停電状態になる。

○実践の結果



生徒感想より

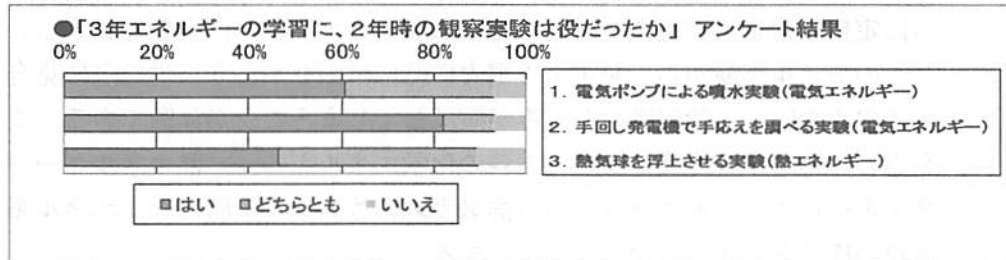
- ・ エンジン発電機の音や排気ガスがすごかった。
- ・ 電気製品を使うと発電機が苦しうだった。
- ・ ヘアドライヤーが電気をたくさん使うのが音でわかった。
- ・ たくさん使うとエンジンがどんどん苦しうだった。
- ・ 電気を使い過ぎると、本当に発電が止まるのがわかった。
- ・ 電気製品によって電気の使う量がけっこう違うのがわかった。
- ・ 実際の発電所はどのくらい大きい発電機があるのか。
- ・ 火力発電所では排気ガスが相当でているはずだ。

エンジン発電機が、使用する電気製品の負荷に応じて作動音が変化したり、過負荷で停止するなど、日常利用している電気製品の電力消費が体感できた。このモデル実験から、実際の生活や社会の中でのエネルギー利用の課題に気付き、エネルギーについてより現実的なイメージを持つことができた。

6 成果と課題

(1) 成果

- ① 3年「仕事とエネルギー」の学習に、2年時のエネルギーに関連した観察実験の体験がつながり、エネルギーや仕事についての理解が進んだ。



- ② 2年時エネルギーに関連した観察実験を通して、エネルギーの種類を知ったり、「仕事」につながる物理量を体験したことで、エネルギーのイメージを持つことができた。
- ③ 様々な実験での手応えや、実際の発電機が作動する様子など、体験を通して「仕事」や「エネルギー」を実感として捉えさせることができた。

(2) 課題

- ① いくつかの観察実験をエネルギーの観点から工夫して行い理解を進めたが、さらに身近な自然や日常生活の様々な現象について、エネルギーの観点から捉えさせること。
- ② エネルギーに関連する学習は、1学年の音や力や2学年の化学変化など、それぞれの分野にある。それらの関連を見通して、3年時のエネルギーの学習へつなげる工夫。
- ③ 「ハイブリッド車」や、「再生可能エネルギー発電」、「ドローン」など、昨今広く利用されるようになった機器を、エネルギーに関連する教材として取り上げ、そのしくみや有用性からエネルギー概念を深めること。

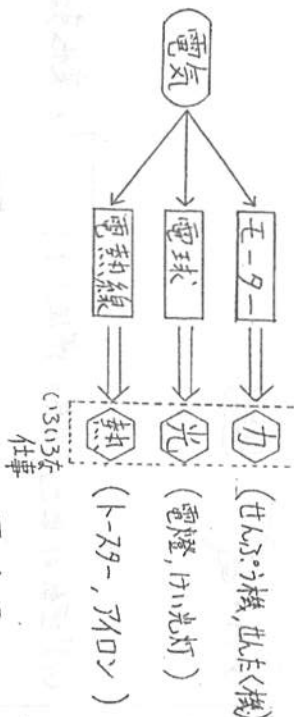
7 参考文献

- 文部科学省 『小学校・中学校学習指導要領解説 理科編』
- 大日本図書 『理科の世界3 教師用指導書』
- 広島大学教育学部 『中学校におけるエネルギー概念形成のための単元開発Ⅱ』
- 東京書籍 『図解 実験観察大辞典』
- 東京書籍 『理科 おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル』
- 日本評論社 『いきいき物理わくわく実験』

電気の利用 1

電力 P (ワット W) : P は Power (ワット) の P です。

(0) 電気は モーター、電球、電熱線 などの部品によっていろいろな仕事をします。



この電気のした **仕事の大きさ** を **電力 P** といいます。

(1) 電力 P (電気のした仕事の大きさ) は

電圧 V (V) や 電流 I (A) と **どんな関係がある** だろうか?

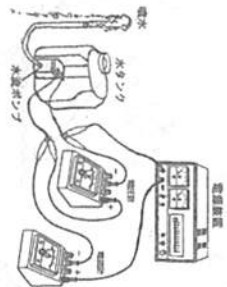
① 例

モーターが噴水を上げる高さ (電気がした仕事の大きさ) **電力 P**

モーターを動かす **電圧 V (V)** **電流 I (A)** とどんな関係?

予想: 電圧 V を **2倍** にすれば、噴水の高さは 倍になるだろう。

実験: モーターの「電圧 V 」を **2倍** にすると、「噴水の高さ」はどうなるか?



- ① 左図の回路の「V」, 水流ポンプを回して噴水をうつくる。
- ② ポンプ(モーター)を回す電圧を変えて「噴水の高さ」を測り、記録する。このとき、電流の大きさも記録する。

係分担

電源・電圧計

電流計

噴水の高さ

記録

③ 結果記録表

	電圧 E (V)	電流 I (A)	噴水の高さ (cm)	電圧 $\times$ 電流
①	(V)	(A)	(cm)	
②	(V)	(A)	(cm)	

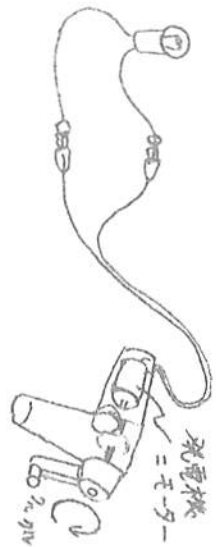
④ 結果のまとめ
モーターの電圧 V を **2倍** にすると噴水の高さは 倍になる。

⑤ なぜ、④のようになるか、考えてみよう。

⑥ ちゃんとまとめ
モーター
電圧 倍
電流 倍 } $\rightarrow$ 倍
噴水の高さ

電力 P (W) の「ちぎたえ」だ!!

(1) 「手まわし発電機」を使う。



手まわし発電機

(2) いろいろな電気部品を「手まわし発電機」につなぎ、「ちぎたえ」 = 電力 P (W) を調べよう。

$$\text{電力 } P \text{ (W)} = \text{電流 } I \text{ (A)} \times \text{電圧 } V \text{ (V)}$$

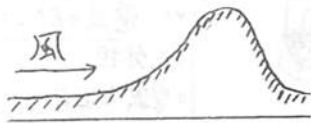


部品名	電流 I (A)	電圧 V (V)	電力 P (W)	手ごたえ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

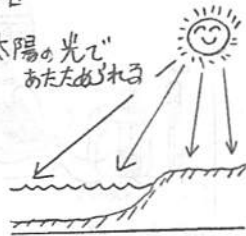
「上昇気流」はどのようにできる？

(0) 上昇気流ができる場合

① 山に風が当たる



② 太陽の光で
あたためられる



(1) 太陽の光(熱)で地表面があたえられる。

↓
地表面の上の**空気**があたえられる。

↓
あためられた**空気**は

↓
上昇気流ができる。
(上図の②の場合ですね)

(2) あためられた**空気**
温度が高い**空気** } はどのように
軽くなるの？

(3) 実験 ポリエチレン袋は上昇(浮かぶ)するか？

ポリ袋
40g

ヘリコプターの

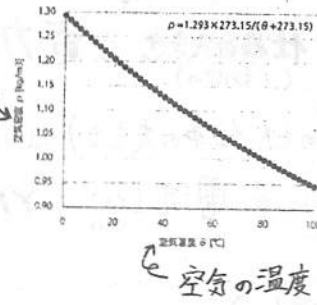
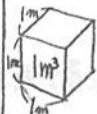
- ① 白いポリ袋
- ② 黒いポリ袋

の中の空気を
あたためみる。

結果

(4) 「空気の重さ」(空気の密度)は で変化する。

空気 1m³
の重さ



左図は

空気の温度(気温)

と

空気 1m³の重さ

のグラフです。

(5) ポリ袋(つまり中の空気)が上昇する条件はなにか？