

エネルギーの変換効率について

3年A組 中森 春奈

3年C組 行松 美樹

指導教諭 藤野 智美

1. 要約

サイエンス研究会地学班は、エネルギーに関する研究活動を行っている。抽象的なイメージの強いエネルギーというものを、科学的に分析することを目的としている。今回はエネルギーが変換される性質を利用して、エネルギーの変換効率について考察した。様々なエネルギーが電気エネルギーに変換される際の変換効率を良くするためには、どのような工夫が必要かを考え実験を行った。本稿ではその一例を紹介したい。

キーワード 発電機、エネルギー変換、変換効率、グリース、油、仕事量

2. 研究の背景と目的

今、エネルギー問題が世界中で話題になっている。日本においても、東日本大震災をきっかけとして、エネルギー問題が大きく取り上げられるようになった。そこで、私たちはエネルギーとは何か、またエネルギーをつくるとはどういうことなのかということに興味をもちはじめた。

しかし、私たちがもつエネルギーのイメージは抽象的なものが多く、具体的なイメージが非常に少ない。そこで、今回の研究ではエネルギーを科学的に考察することを目的とし、その基礎研究としてエネルギーの変換効率の測定を行った。

3. 研究内容

(1) 基礎知識

変換効率を考える前に、発電効率の求め方をまとめておく。

①エネルギーの変換について

エネルギーには以下のように様々な種類

がある。

位置エネルギー、運動エネルギー、
光エネルギー、熱エネルギー、
電気エネルギー、…etc

これらのエネルギーは、その総和を保った状態で互いに変換することが可能である。これらエネルギーを電気エネルギーに変換することで発電を行っている。例えば水力発電では水の位置エネルギーを最終的に電気エネルギーに変換している。

②エネルギーの変換効率について

水力発電を例にして考える。エネルギーが変換される際、もとの位置エネルギーが100%電気エネルギーに変換されるわけではない。発電の過程において、タービンを回す際に熱エネルギーが発生するなど、その過程の中で別のエネルギーへの変換を伴う場合が多い。そのため、エネルギーの変換効率という考え方が重要となる。あるエ

エネルギーを変換して電気エネルギーを得る場合を考えると、変換効率 e は、

$$\begin{aligned} \text{変換効率 } e &= \frac{\text{変換後の電気エネルギーの量}}{\text{変換前のエネルギー量の総和}} \times 100 \end{aligned}$$

で与えられる。

③今回の実験について

今回は、手回し発電機のハンドル部分をプーリーに変え、そこにひもを巻き付け、おもりをつるすことができるように手回し発電機を改造した。この改造した手回し発電機におもりをつるして落下させることで、電気エネルギーを発生させた。これは、おもりが最初に持っていた位置エネルギーを電気エネルギーに変換したと考えられる。

おもりの持つ位置エネルギーは、おもりの質量を $m[\text{kg}]$ 、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ 、高さを $h[\text{m}]$ とすると、以下の(1)式で与えられる。

$$E = mgh \quad \dots (1)$$

また、発生した電気エネルギーは、電流を $I[\text{A}]$ 、電圧を $V[\text{V}]$ 、時間を $t[\text{s}]$ とすると、以下の(2)式で与えられる。これを先ほどのエネルギーの変換効率の式にあてはめると、今回の実験における変換効率は以下のように表される。

$$e = \frac{IVt}{mgh} \times 100 \quad \dots (2)$$

今回の実験では、 IVt における電流 I 、電圧 V 、おもりの落下時間 t 、おもりの質量 m 、おもりの落下距離 h を測定した。重力加速度 g は $9.8[\text{m/s}^2]$ を用いた。

これらの基礎知識をもとに、今回行った実験内容について説明する。

(2) 実験内容

①使用した実験器具について

改造した手回し発電機におもりをつるし、そのおもりが落下することを利用して発電を行った。この場合、おもりが最初に持っている位置エネルギーが電気エネルギーに変換されることになる。今回の実験では、この発電方法における変換効率を調べるとともに、改良を加えることにより、どうすれば効率が良くなるのかを検討した。

なお、抵抗には可変抵抗を用い、おもりができるだけ一定の速度で落ちるように調節を試みた。以下に回路図を示す。

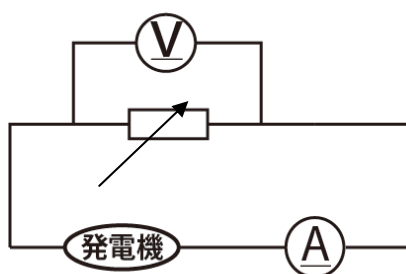


図1 回路図



図2 改良した手回し発電機

②測定方法について

今回の実験では、以下の方法を使って、おもりの落下時間、落下距離、電流、電圧を測定した。

・落下時間

おもりをつるしたひもを手で放し、目で見て速度が等速になった高さからの落下時間を測定した。時間の計測を開始し、おもりがある程度落下した後、再度手でひもをつかみ時間の計測を終えた。

・落下距離

物差しを机に固定し、落下距離を測定した。上記のように、おもりが等速になったと判断できた位置から落下距離を測定した。なお、落下距離を読みやすくするための工夫として、図3のようにおもりをつるしたひもに小さな結び目を作り、この結び目の移動距離を読むことで、落下距離を求めた。

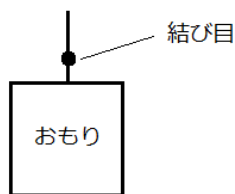


図3

[実験1]

200gのおもりを使って発電し、そのときのおもりの落下時間、落下距離、電流、電圧を測定する。

[実験1の結果]

おもり 200g の場合

	時間 [t]	距離 [m]	電流 [A]	電圧 [V]
①	4.53	0.592	0.041	1.20
②	5.04	0.630	0.040	1.20
③	5.38	0.685	0.040	1.20
④	6.12	0.760	0.041	1.20
⑤	6.18	0.750	0.042	1.25

<算出されたエネルギーの変換効率>

前ページの(2)式にそれぞれの値を代入してエネルギーの変換効率を求めた。

- ①19.2% ②19.6% ③19.2%
④20.2% ⑤21.8%

・①～⑤の平均変換効率…20.0%

[実験1の分析]

・どの場合もほぼ同様の変換効率を得られた。

[実験2]

おもりを 300g にかえ、実験1と同じ実験をした。

[実験2の結果]

おもり 300g の場合

	時間 [t]	距離 [m]	電流 [A]	電圧 [V]
①	3.28	0.713	0.088	2.55
②	2.98	0.660	0.090	2.60
③	3.49	0.756	0.089	2.65

<算出されたエネルギーの変換効率>

- ① 35.1% ② 35.9% ③ 37.0%

・①～③の平均効率…36.0%

[実験2の分析]

・実験1と実験2を比較すると、200gより、300gのおもりの場合の方が変換効率は良かった。2つの例で比べただけなので重くなることで効率が良くなったという確証は得られないため400g、500gで同じ実験をするなど、追実験を行う必要があると考えられる。

[実験3]

発電機の歯車の回り方をスムーズにすることで発電効率が上がるのではないかと考え、発電機の歯車の周りにグリースをぬった状態で、実験2と同じ実験を試みた。

[実験3の結果]

おもり 300g の場合

	時間 (t)	距離 (m)	電流 (A)	電圧 (V)
①	2.80	0.618	0.080	2.60
②	3.10	0.665	0.082	2.55
③	3.70	0.640	0.082	2.53

結果1と同様の単位で測定した

- それぞれの効率
① 32.1% ② 33.2% ③ 33.9%
- ①～③の平均効率…33.1%

[実験3の分析]

- 実験2と比較すると効率が少し低下した。これはグリースの粘性によって回転しにくくなったのではないかと考えられる。またグリースを油に変えたり、塗る場所を変えたりして追実験を行い、観察を行いたい。

4. 考察

実験1から実験3の結果をふまえ、次のような考察を行った。どの実験の場合も、目盛りが振動してしまい、電流計と電圧計の値が安定せず、振動の中央の値を読むことになった。

原因として、おもりが等速で落ちていない、または、プーリーの取り付けがしっかり固定されておらず、ふらつくという理由

が考えられる。

実験2でおもりの質量を大きくした際に変換効率が上がっているが、モーターの回転速度と関係があるかどうか考察を行う必要がある。

歯車にグリースを塗った場合、変換効率が下がってしまったが、変換効率の測定の精度に改良の余地が多い(プーリーの取り付けの改良など)ため、これらの要因を改善した上で油に変えるなどの実験を行うべきである。

5. 今後の課題

おもりの速度の測定や、発電機の改良を優先して行い、実験の精度を上げることが必要であり、その上で発電効率の測定を行いたい。また本来、発電効率はモーターの性能に左右される場合が多いが、同じモーターでも発電効率とモーターの回転数の間に関係があるかどうかを調べたい。

6. 謝辞

サイエンス研究会地学班の活動において、藤野先生、米田先生に多大なご指導を賜りました。加えて、サイエンス研究会物理班の生徒のみなさんにも様々な指摘をいただきました。深く感謝申し上げます。