

エネルギー変換効率について

4年B組 行松 美樹

4年C組 中森 春奈

指導教員 藤野 智美

1. 要約

サイエンス研究会地学班は、東日本大震災をきっかけにエネルギーに関する研究活動を行っている。この研究では、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、電気エネルギーから光エネルギーに変換される際のエネルギーの変換効率について考察した。本稿ではその実験の一部を考察したい。

キーワード：電気エネルギー、熱エネルギー、光エネルギー、変換効率

2. 研究の背景と目的

前回までの研究を通して、位置エネルギーを電気エネルギーに変換するしくみと、その変換効率について理解することができた。そこで、今回は違う種類のエネルギー変換を調べようと思い、電気エネルギーから光エネルギーへの変換について考察することにした。

3. 研究内容

(1) 基礎知識

電球を光らせたとき、電気エネルギーがすべて光エネルギーに変わっているように見えるが、実際はそうではない。光エネルギーだけでなく熱エネルギーにも変換されている。白熱電球の場合、発生する光エネルギーと熱エネルギーの割合は約2:8程度といわれており、熱エネルギーへの変換がとて大きい。つまり、本来取り出したい光エネルギーへの変換効率が低いことがわかる。これに対し、LED電球は熱エネルギ

ーへの変換が白熱電球と比べると少ないという話をよく耳にする。そこで私たちは、白熱電球やLED電球における光エネルギーへの変換効率の測定に興味を持った。しかし、光エネルギーを直接求めることは難しい。そこで、今回は電気エネルギーと熱エネルギーを求め、その差から光エネルギーを算出することにした。

次に理論的背景について説明する。電気エネルギー E [J]は、電流を I [A]、電圧を V [V]、時間を t [s]、電力を P [W]とすると、以下の式で与えられる。

$$E=IVt=Pt \quad \dots\textcircled{1}$$

また、熱エネルギー Q [J]は質量を m [g]、比熱を c [J/(g·K)]、温度変化を Δt [°C]とすると、以下の式で与えられる。

$$Q=mc\Delta t \quad \dots\textcircled{2}$$

比熱とは、物質1gを温度1°Cだけ上昇させるのに必要な熱量のことであり、一般的に水の比熱は4.2J/(g·K)とされている。

今回の実験では、①から②を引いて得ら

れたエネルギーを光エネルギーとして扱う。

(2) 実験内容

図1のように、豆電球または白熱電球を直接水につけ、水の温度上昇から熱エネルギーを算出した。また、電気エネルギーは、電球の規格に基づいて算出した。

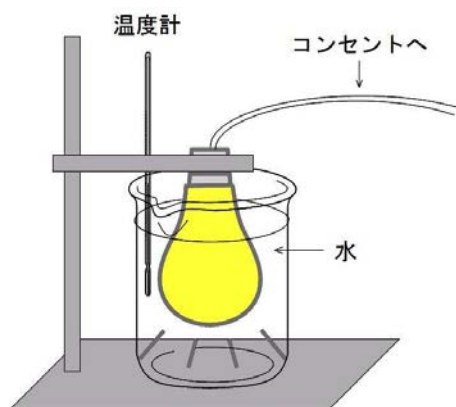


図1

<実験1>

室温 28.7°Cの部屋で、水温 27°Cの水が 400mL 入ったプラスチックのビーカーに、5V,6.9W の豆電球をひたし、138mA の電流を流して6分間様子をみた。

[実験結果1]

温度変化はみられなかった。

[分析1]

使用した豆電球が小さかったため変化が見られなかったと考える。

<実験2>

温度変化をわかりやすくするため、室温 27.8°Cの部屋で、電球を 100V,40W の直接コンセントにさすものに変え、実験1と同様に6分間様子をみた。また、ビーカーを

ガラス製のものに変えた。

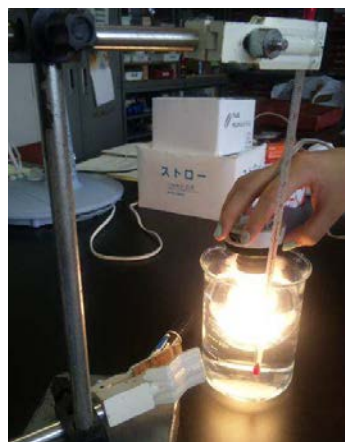


図2 実験2の様子

[実験結果2]

水温は 28.0°Cから 30.3°Cまで、2.3°C上昇した。よって、以下の値が求められる。

$$\text{電気エネルギー}(E)=40 \times 6 \times 60=14400[\text{J}]$$

$$\text{熱エネルギー}(Q)=400 \times 4.2 \times 2.3=3864[\text{J}]$$

$$\begin{aligned} \text{光エネルギー}(E-Q) &= 14400 - 3864 = 10536 \\ &= 1.05 \times 10^4 [\text{J}] \end{aligned}$$

すなわち、電気エネルギーの約73%が光エネルギーに変換されたことになる。

[分析2]

本来、白熱電球における光エネルギーへの変換は約20%であるのに対して、実験2では73%であった。その理由として、以下のことが考えられる。

- ・容器が小さすぎたため電球全体が水の中に入っていなかった。
 - ・白熱電球と温度計の間の距離が近すぎた。
- これらの分析を考慮し、実験3を行った。

<実験3>

室温 28.2°Cの部屋で、水が 3000ml 入ったプラスチック製の水槽に実験2と同じ電

球を水にいれ、時々混ぜながら6分間温度変化を測定した。

[実験結果3]

水温は28.9℃から29.7℃まで、0.8℃上昇した。よって、以下の値が求められる。

$$\text{電気エネルギー}(E)=40 \times 6 \times 60=14400[\text{J}]$$

$$\begin{aligned} \text{熱エネルギー}(Q) &= 3000 \times 4.2 \times 0.8 \\ &= 10080[\text{J}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{光エネルギー}(E-Q) &= 14400 - 10080 \\ &= 4320 = 4.32 \times 10^3[\text{J}] \end{aligned}$$

すなわち、電気エネルギーの約30%が光エネルギーに変換されたことになる。

[分析3]

先ほどの実験と比べると、熱エネルギーが大きくなった。しかし、本来の割合と比べるとやはりまだ光エネルギーの割合が高い。その理由として、水槽を通して熱が外部に放熱してしまい、すべての熱エネルギーを測定できていないためだと考えられる。そこで、外部への放熱を防ぐために、発砲スチロールを使用して実験4を行った。

<実験4>

室温28.2℃の部屋で、水が400ml入ったガラス製のビーカーを大きめの発砲スチロール容器の中に入れ、10分間温度変化を測定した。電球は100V、40Wのものを使用した。

[実験結果4]

水温は26.5℃から37.6℃まで、11.1℃上昇した。よって、以下の値が求められる。

$$\text{電気エネルギー}(E)=40 \times 10 \times 60=24000(\text{J})$$

$$\text{熱エネルギー}(Q)=400 \times 4.2 \times 11.1=18648(\text{J})$$

$$\begin{aligned} \text{光エネルギー}(E-Q) &= 24000 - 18648 = 5352 \\ &= 5.35 \times 10^4[\text{J}] \end{aligned}$$

すなわち、電気エネルギーの約22%が光エネルギーに変換されたことになる。

また、今回は温度上昇の様子を図3にまとめた。Rとは相関係数のことであり、Rの2乗値が1に近づくほど近似曲線の信頼性が高くなる。

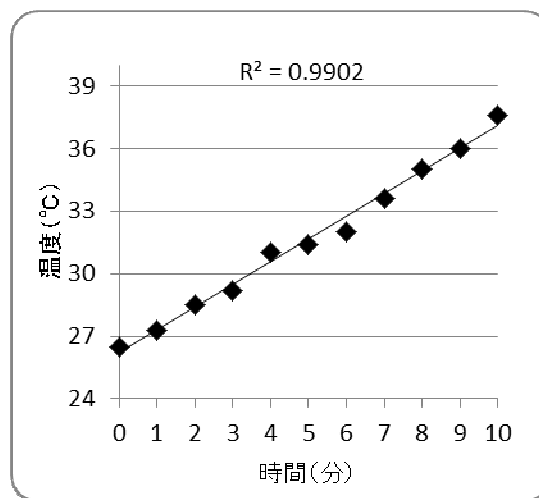


図3 実験4の温度変化

[分析4]

グラフから、時間の経過と温度変化は比例していることが分かった。また、発砲スチロールで周りを囲むことで、ある程度の放熱を防ぐことができた。ビーカーと発砲スチロールが密着していたらさらに放熱を防げたかもしれない。そこで、直接発砲スチロールに水をいれたら、より正確な測定ができるのではないかと考え、実験5を行った。

<実験5>

1000cm³の発砲スチロールの容器を製作し、その中にビニール袋をして水を発砲スチロール容器に直接700mL入れたもの

を用意し、室温 17.5°Cの部屋で、実験 4 と同じように 10 分間温度変化を測定した。



図 4 発砲スチロールの容器

[実験結果 5]

水温は 11.0°Cから 18.0°Cまで、7.0°C上昇した。よって、以下の値が求められる。

$$\text{電気エネルギー}(E)=40\times 6\times 60=24000\text{ (J)}$$

$$\text{熱エネルギー}(Q)=700\times 4.2\times 7=20580\text{ (J)}$$

$$\begin{aligned}\text{光エネルギー}(E-Q)&=24000-20580 \\ &=3420=3.42\times 10^3\text{ (J)}\end{aligned}$$

すなわち、電気エネルギーの約 14%が光エネルギーに変換されたことになる。

また温度上昇の様子を図 5 にまとめた。

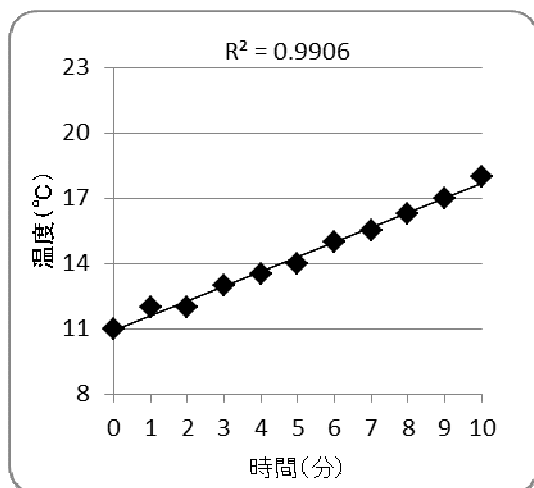


図 4 実験 5 の温度変化

[分析 5]

光エネルギーの割合が 14%になり、一般的にいわれているのとほぼ同値の結果を出

せた。外部への放熱をうまく防ぐことができたのだろう。また、図 3 と図 4 のグラフを比べると、図 4 の方が温度上昇のばらつきが少なかった。より正確な実験ができていると考える。

4. 考察

実験 1 から実験 5 の結果をふまえ、次のような考察を行った。

- ・最終的に、光エネルギーの割合が 14%となり、一般的な数値に近づけることができた。
- ・白熱電球の熱エネルギーによる水の温度上昇は時間に比例しているようである。
- ・白熱電球は光エネルギーへの変換効率が低いことが確かめられた。

今回の実験で、熱エネルギーの測定が正確になればなるほど光エネルギーが小さくなっていったため、白熱電球の場合、本当に光エネルギーと熱エネルギーの割合が約 2 : 8 程度であることがわかった。

5. 今後の課題

今回の実験で、熱エネルギーを正確に測定することができた。次は光エネルギーへの変換効率が高いとされる LED 電球で実験 5 と同様の測定を行って、白熱電球と LED 電球の比較を行いたい。

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。また、サイエンス研究会のみなさんにもたくさんご協力いただきました。この場で、深く感謝申し上げます。