

電気エネルギーにかかる環境教育教材の開発について(I)

山神 尚人

The Development of Environmental Education Materials for Electrical Energy (I)

Naoto Yamagami

近年、電球型蛍光灯や電球型 LED などの省エネルギー電球が普及してきているが、初期費用が高いことが普及を妨げている。そこで、省エネルギー電球の効果を実際に体験し、総費用が安くなることを理解するための環境教育教材として、自転車発電・省エネ電球体験装置を開発した。

はじめに

近年、電球型蛍光灯や LED 電球などの省エネルギー電球が普及してきている。しかしながら、それら省エネルギー電球は、従来の白熱電球に比べて 1 個あたりの価格が高く、導入初期費用が妨げとなって、十分に普及しているとは言えないのが現状である。

しかしながら、省エネルギー電球を導入するには、初期費用だけでなく、それにランニングコストを加えた総費用を考慮して判断すべきであり、多くの場合、省エネルギー電球を使用した方が、総費用を安くできる。

そこで、省エネルギー電球のランニングコスト低減効果を実際に体験してもらい、省エネルギー電球の普及促進する目的で、自転車発電・省エネ電球体験装置を開発した。

なお、この装置は、電気を「つくる」、「ためる」、「つかう」を体験することができるので、広く電気エネルギーに関する環境教育教材として活用できるものである。

材料と構成

(1)材料

- ・自転車
- ・自転車用ブロックダイナモ (6V-2.4W)
- ・ブリッジダイオード (50V, 1A)
- ・配線部材 (電線・コネクタ・基板)
- ・電気二重層キャパシタ (2.7V, 70F)
- ・ツェナーダイオード (16V, 500mA)
- ・電圧メータ (20V)

- ・ロータリースイッチ (2 回路, 6 接点)
- ・インバータ (12V, 150W タイプ)
- ・電球用ソケット (E26)
- ・白熱電球 (100V, 54W)
- ・電球型蛍光灯 (100V, 12W)
- ・LED 電球 (100V, 7.5W)

(2)構成

本装置 (図 1) は、電気を「つくる」、「ためる」、「つかう」のそれぞれに対応する①発電部、②充電部、③放電部とそれら各部の電気の流れを制御する④制御部の 4 つで構成した。



図 1 自転車発電・省エネ電球体験装置

①発電部

一般に自転車発電装置として知られるものは、自転車をこいで、車輪により自動車用発電機 (オルターネーター) を駆動して発電し、発生した電気で家電製品を動作させるものである^{1), 2)}。しかし、今回開発した装置は、「つくる」、「ためる」、「つかう」を体験するものであり、特に「つかう」については、省エネルギー

電球の効果を体験することを狙いとしているので、それほど大きな電力を必要としない。従って、発電機としては自転車用ブロックダイナモを4つ使用し、自転車の後部車輪の左右に2個ずつ配置した。(図2)

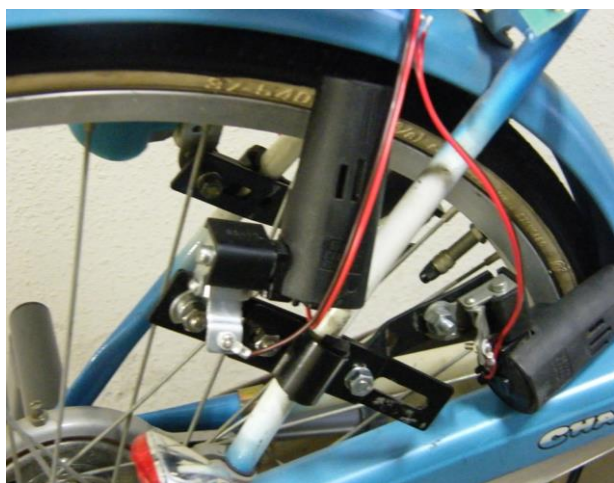


図2 発電部：自転車用ブロックダイナモ

そして、自転車用ブロックダイナモで発生する電気は交流であるので、発生させた電気は、整流素子であるブリッジダイオードを通して直流に変換した。これは、充電する際に直流である必要があるためである。また、このブリッジダイオードは、自転車をこぐのをやめた時に、充電部から発電部に電気が逆流するのを防ぐ役割も果たしている。(図3)

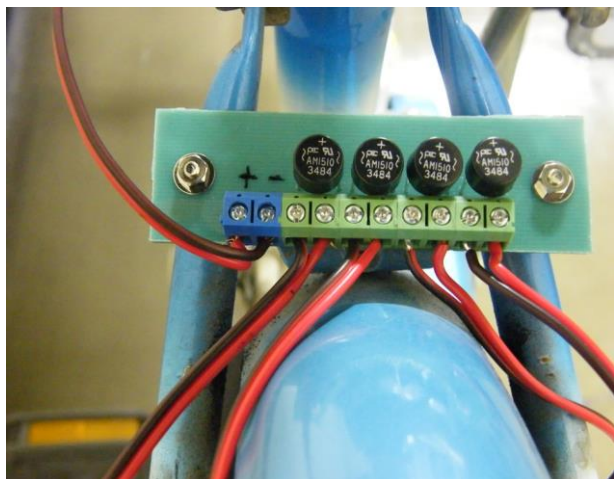


図3 発電部：ブリッジダイオード

②充電部

発電部で生じた電気は、充電部に蓄えられる。ここで、充電部を構成する部材としては、一般的にはニッケル水素充電電池のような2次電池の利用が候補として考えられるが、放電時の電流が非常に大きくなること、充電回路が複雑になることなどを考慮すると、一般的な2次電池は使用できないと判断した。

2次電池に代わるものとして、コンデンサを使用することを検討したところ、電気二重層キャパシタが、電

気容量や放電特性を考慮して、本装置において利用できることが分かった。電気二重層キャパシタは、電気自動車や非常用電源にも利用されているものである。

電気二重層キャパシタには、様々な定格電圧や定格電気容量のものがあるが、今回は、定格電圧2.7V、定格容量70Fであるものを使用した。単体では、2.7Vまでしか電気を貯めることができないので、6個直列に接続して、これを2系列となるように基板上に配置した。(図4)

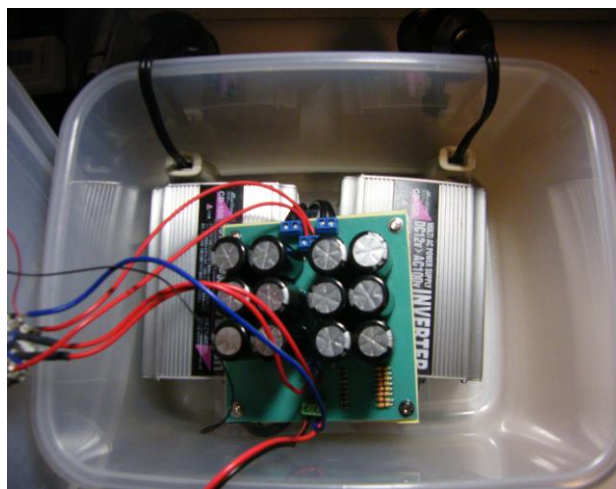


図4 充電部：電気二重層キャパシタを搭載した基板

また、充電部の基板上には、充電電流が過大にならないように制限抵抗を配置すると共に、ツェナーダイオード(16V)を配置し、電気二重層キャパシタの定格電圧以上に充電されないようにした。

③放電部

放電部は、充電部から供給された直流電流を100Vの交流に変換する12V自動車バッテリー用のインバータ及びそれに接続された電球ソケット(E26口金)で構成した。(図5)



図5 放電部：インバータ及び電球ソケット

④制御部

制御部は、発電部、充電部、放電部の接続を切り替えるロータリースイッチ及び充電部の電気二重層キャパシタ直列6個分の充電電圧を表示する電圧計からなる。(図6)

充電を行う時は、切り替えスイッチを「充電」に合わせる。このとき、充電部の電気二重層キャパシタ12個(直列6個×2系列)には、同じ電気量が貯められるようになっている。

実験(放電)を行う場合には、切り替えスイッチを「実験」に合わせる。このとき、充電部に貯められた電気は二等分されて、2系列のインバータに接続されるようになっている。



図6 制御部：切り替えスイッチ及び電圧計

操作及び体験

自転車発電・省エネ電球体験装置の操作・体験方法は、以下の手順のとおりである。

- ①切り替えロータリースイッチを「充電」に合わせる。
 - ②自転車をこぐ。
 - ③充電電圧を確認しながら、充電電圧が12V～15V程度になるまで充電する。
 - ④充電電圧が十分な値となったら、自転車をこぐのやめて、ロータリースイッチを「実験」に合わせる。
 - ⑤白熱電球(左側)及びLED電球(右側：電球型蛍光灯について実験をしたい場合は、LED電球と入れ替える。)のそれぞれの点灯持続時間を測定する。
 - ⑥それぞれの点灯持続時間が電球の消費電力に反比例し、消費電力をもとにランニングコストを比較できることを確認してもらう。また、パネル(図7)を見ながら、特定の条件下の総費用(導入初期費用+ランニングコスト)の計算例を学んでもらう。
- 上記手順に従って、実際に体験を行った際の測定結果

を表1に示す。

表1 体験時の実測値

電球種別	白熱	蛍光灯	LED
消費電力(W)	54	12	7.5
点灯持続時間(秒)	10	44	67

(充電電圧約15V)

消費電力の逆数比

$$\begin{aligned} \text{白熱：蛍光灯：LED} &= 1/54 : 1/12 : 1/7.5 \\ &= 1 : 4.5 : 7.2 \end{aligned}$$

点灯持続時間の比

$$\begin{aligned} \text{白熱：蛍光灯：LED} &= 10 : 44 : 67 \\ &= 1 : 4.4 : 6.7 \end{aligned}$$

■省エネ電球は、なぜ省エネなの？

省エネ電球の方が、白熱電球より多くの割合で電気を光に変えることができるからです。

省エネ電球は、エネルギーの約25%を光とすることができるのに対して、白熱電球は、エネルギーの約5%程度が光となります。

省エネ電球 12W → $12 \times 0.25 = 3\text{W}$ (の光)
 白熱電球 54W → $54 \times 0.05 = 2.7\text{W}$ (の光)

■省エネ電球と白熱電球の違い

	省エネ電球 (蛍光灯)	白熱電球
価格	高い (1000円ぐらい)	安い (100円ぐらい)
電気代	安い (12W)	高い (54W)
寿命	6000～12000時間	1000～2000時間

<参考>
 1年間、玄関の電灯(毎日11時間点灯。365日で4015時間点灯)に省エネ電球を使用した場合、白熱電球に比べて、電球代は、約800円高くなるが、電気代は、約2870円安くなる(1kWを17円で計算)。

図7 総費用の計算例を示したパネル

まとめ

今回開発した自転車発電・省エネ電球体験装置は、省エネルギー電球の効果を点灯継続時間という直感的に分かりやすい指標で表現したことにより、省エネルギー電球の効果をより具体的に体験することができた。また、同じ電気量に対して、点灯持続時間の実測値が、消費電力にほぼ反比例しており、理論的に計算で予測される結果とほぼ等しくなった。従って、使用時

の電気代（ランニングコスト）は、消費電力に比例することになるので、ランニングコストは、単純に消費電力を用いて計算すればよいことが分かった。

さらに、自転車用ブロックダイナモの発電効率はそれほど高くないため、一定時間、電球を点灯させるためには、長く自転車をこいでいなければならず、電気を得るのはとてもたいへんであることを体験してもらうことができた。

なお、開発した本装置は、「なごやエコスクール出前講座」³⁾の講座の一つとして登録され、小学校、中学校、高等学校の依頼に基づき、環境教育の実践の場で利用されている。

文 献

- 1) 人力発電／自転車発電／非常用電源：

<http://www2.oninet.ne.jp/itano/>

- 2) 小型風力発電機・特殊コイル・精密コイル・小型発電機の開発・販売：

<http://www.sky-denshi.co.jp/cycle.html>

- 3) なごやエコスクール：

<http://www.kankyo-net.city.nagoya.jp/sankakyodo/ecoschool/>