

磁気電灯（無電池電灯）の製作 - その 2 -

金野茂男

1.はじめに

磁石をソレノイドコイルの中で動かして発電し、その電気エネルギーでLEDを点灯する。或いは電気2重層キャパシタを充電し、蓄積しておいた電気エネルギーで、必要に応じてLEDを点灯する。磁気電灯と名付けたこのような非常に簡単な構造の自家発電型懐中電灯の製作については報告済みである⁽¹⁾。が、初めての製作装置であり、様々な課題が残されていた。その中で特に、大きさ、価格などで改良の余地があった。これらを反省材料として、今回2台目を製作したので報告する。これを機会に、呼称を磁気電灯から「無電池電灯」に変更しよう。装置の名前に磁気があっても意味不明の感が否めない。「ソレノイドコイルと磁石を用いた自家発電型懐中電灯」は正確な呼称と思うが、長すぎる。通常の懐中電灯との相違は幾つかあるが、特に顕著な相違点は、この電灯は電池を必要としないことである。この点を強調する意味も込めて、今後は「無電池電灯」と呼称しよう。

前回の1号は制作費が非常に高かった。使用した磁石がネオジウム磁石であり、1個約7000円の磁石を5個用いたがためであった。従って磁石だけで35000円かかってしまった。装置には、最新の高輝度白色LED、電気2重層キャパシタを用いているが、これらは年々低価格となっていており、数百円以下で購入できる。コイルに使用したウレタン線も少量買えば高くつくが、kg単位で購入すれば以外と安い。装置の本体材料はアクリル材である。これも比較的安い物である。その他に、第1号は取り組んだ学生の工作力量不足が否めず、各部分を全て接着してしまい、分解・調整・修理が不可能な装置となっていた。

これらのことを考慮して、第2号を製作することにした。主な改良点は以下の通りである。磁力の大きさは数分の一と小さくなるが、磁石をネオジウム磁石からごくありふれたフェライト磁石とした。これにより磁石の購入費用は数十分の一と極めて安くなる。第1号は比較的図体が大きかった。これをより小さくまとめ、分解して調整・修理ができるような構造にもした。

写真1で、第1号と、今回作り上げた第2号の外観を比較することができる。大きい方が1号で長さ31cm、直径5cm、重さ510g、小さい方が2号で長さ15cm、直径4cm、重さ230gである。

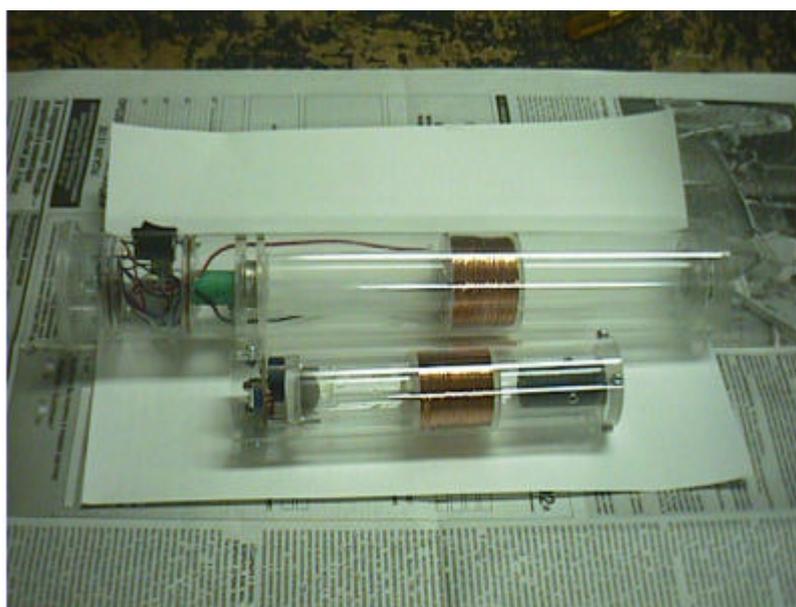


写真1 新旧の無電池電灯の比較

2. 設計・製作

第2号の回路図と設計図面を図1に示している。回路図は第1号とほぼ同じ回路で、交流から直流を作り出す通常の電源回路そのものである。装置の大きさは第1号の縮小版と言っても良い。が、分解できるように変更している。本装置の発電方式は極めて単純である。電磁誘導の原理をそのまま適用しているような物である。ソレノイドコイル内を磁石が直線的に往復運動することにより、コイルの両端に起電圧が誘起される。この起電圧は交流似である。従って、通常の電源トランスの使用における整流回路及び平滑回路を用いれば、直流電圧が取り出せるし、平滑回路のコンデンサを充電することもできる。ここでは整流回路として両波整流回路を、平滑回路に電解コンデンサの代わりに電気2重層キャパシタを採用している。

回路図中のスイッチをoffとして装置を手で振り続ければ、キャパシタだけの充電過程となる。onとしておいて磁石を動かすと、充電及びLEDの点灯が同時に行われることになる。

電気2重層キャパシタの詳細は参考文献(1)が詳しい。ここでは充電可能な化学電池との比較を表1にまとめて示しておく。充電化学電池のエネルギー密度はキャパシタの数十倍も大きい。従って、電気エネルギーの蓄積装置としては化学電池の方が優れている。しかし、表からわかるように、通常使用における危険性、経年における性能劣化がこの電池にはある。これらの点で優れた特性を有しているキャパシタを今回は採用した。

表2には通常の懐中電灯が使用している白熱豆電球と無電池電灯で使用するLEDの特性の違いを示しておく。

	充電型化学電池	電気2重層キャパシタ
エネルギー密度 (Wh/kg)	40 ~ 100	0.2 ~ 10
使用温度 ()	-20 ~ 60	-25 ~ 70
寿命又はサイクル	400回 ~ 1000回	一応無限
危険性、不安定性	駅漏れ、破裂、劣化	特になし

表1 充電化学電池と電気2重層キャパシタの特性比較

	白熱電球	LED
寿命	数ヶ月	半無限
エネルギー効率	悪い	良い
力学的耐久性	弱い	強い
耐熱性	強い	弱い
電力	大	小

表2 豆(白熱)電球とLEDの特性比較

第2号の製作の概要を述べる。本体の主材料は外直径40mm×肉厚2mmと外直径25mm×肉厚2mmの亚克力パイプ、厚さ3mmの亚克力板である。この板から円盤、リングを切り出す。LEDを取り付ける位置を前部と決めれば、後蓋は外パイプと内パイプに密着させ、3mmネジ4本で固定させている。従って、取り外し自由である。コイルの両フランジ、及び前蓋は内パイプに接着している。LED、キャパシタ、スイッチ、ダイオードが装着される円形に切り出した両面基板は前蓋に2mmネジ4本で取り付けられている。基板の銅箔の切り出しは、図1に示しているように、部品を適宜に配置しながら、カッターナイフでフリーハンドで行った。回路基板を2本の3mmネジで止めることにより、装置全体はしっかりと固定装着できる。

1号では内パイプ内を動く磁石が、パイプの両端で滑らかに反発されるようにするため、同型のネオジウム磁石を両端に固定して用いていた。これはそれなりに良い案であったが、それだけ制作費が高いつている。2号では、パイプの両端に適当な大きさのスポンジを

単に配置することとした。これで十分である。どの程度のスポンジ量とするかは磁石を振ってみて、両蓋への衝撃が緩和されるよう調整すればよい。磁石の外径と内パイプの内径差が1mmしかない。このままでは磁石がパイプ内を動こうとしても、空気が運動の遮蔽体となってしまう。滑らかに流れてくれないのである。図1に示しているように、内パイプの両端近くに4mmの空気抜け穴を各々4つ開けた。

写真2以降に、第2号の様子を示す。写真2～4には、外パイプ、部品が装着された基板を取り付けた内パイプ（パイプの中には磁石が入っている）、後蓋、の様子が俯瞰角度を変えて示されている。写真5、6は組立が完了した状態である。手に持って動作試験を行っている様子が写真7である。



写真2 外観 その1



写真3 外観 その2



写真4 外観 その3



写真5 組立完了 その1



写真6 組立完了 その2



写真7 試験中

表3に、新旧の特性を一覧として示しておく。LEDの明るさにはそれほどの相違はない。2号の磁石は1号と比べると、だいぶ弱い磁石であるが、コイルの巻き線数で一応発電能力を補っている。その他に、2号のキャパシタ容量が5倍ほどになっているので、充電に要する時間がより長くなっている。が、それだけ放電時間も長くなるということである。

	第1号	第2号
外直径	5 cm	4 cm
全長	31 cm	15 cm
重量	510 g	230 g
磁石 材質 磁束密度	ネオジウム 5700 G	フェライト 1700 G
キャパシタ 耐圧 容量	5.5 V 0.22 F	同左 1.0 F
コイル 巻き内径 巻き外径 線材質 線直径 巻き数	40 mm 45 mm ウレタン線 0.32 mm 1500回	25 mm 34 mm 同左 0.2 mm 2800回
LED 種類 個数	5 高輝度白色 3個	同左 4個
その他 分解 価格	不可能 3万6千円以上	可能 2千円以下

表3 新旧の特徴の比較表

3. 終わりに

1号も、改良した2号も、通常の懐中電灯と比べると、LEDの明るさは比較するべくもない。が、是が非でも少しの明かりでも必要とする状況下においては、かけがえのない役割を果たすであろう。災害等の非常用物品として、懐中電灯は必需品である。が、いつ災害が降りかかるかは、天のみぞ知るである。懐中電灯を準備しておいたとしても、いざとなったとき、肝心の乾電池が経年変化で使用不能になっている場合が十分に考えられる。ところで非常用備品は定期的に点検しなければならないと言われている。が、よく考えると、これ自体おかしな事である。非常用物品は何時かはわからない非常時に、必ずその役割を発揮しなければならない。定期点検をしておかなければ性能を維持できない非常用物品は不完全と言うべきであろう。定期点検を必要としない非常用備品にこしたことはない。

製作した無電池電灯は、電池を必要としない。発光体が結構寿命の短い豆電球ではなく、寿命が半永久である発光ダイオードである。整流には同じくダイオード、充電素子としては、半永久的な寿命の電気2重層キャパシタを用いている。これら以外に、構造は極めて単純であり、力学的な動作としては、磁石が直線上を単に往復するだけなので、従来型のモーター型或いは回転型無電池電灯と比べると、故障する確率が極めて小さい。以上のように本装置は極論であるが、定期点検を必要としない。何年、いや何十年と放置しておいても、いざとなれば必ず動作し、要求される性能を発揮する装置であると考えている。

2号ではフェライト磁石を使用した。この磁石をネオジウム磁石にすることは一向にかまわないし、その方が性能は格段と良くなる。そのうちにネオジウム磁石も低価格になるであろう。が、現時点では高価である。

本文中でも述べているが、図1に示しているように、第2号は分解ができるようにしている。第2号も試験製作の一つになっている。これは試作過程で、各部品を取り替える必要があることも考慮している設計思想からでもある。結果として、図1の回路及び設計図で十分な性能の無電池電灯が作り得ることがわかった。第2号も試験製作の一つとなっている。

第2号を手本にし、分解する必要がない型式にすれば、製作がより簡単で部品数も少なく、実用的な無電池電灯を製作することができよう。その他、本装置は必ずしもスイッチは必要としない。スイッチがなくても良いのである。また、そのようにすれば、本装置を完全防水型にする事も容易である。

製作原価も材料の購入方法等を吟味すれば、1000円以下にすることができるのではなからうか。アクリル材を規定の寸法に加工してもらえれば、一度に数十台分を作成することができれば、本装置は格好な科学教材にもなると思う。

4. 参考文献

- (1)「環境に優しい自家発電型懐中電灯の試作」中田裕章、
小山高専電子制御工学科2001年度卒業研究(金野研究室)

2002年9月13日