

自転車の発電器を転用した 自力・自家発電装置の構築 - その1

- 自転車の発電器の改変 -

金野茂男

1. はじめに

近年、エネルギーに関しては、省エネルギーや代替エネルギーなど話題が豊富である。他国産の原油に依存しないで、自前でエネルギーが供給できれば、それに越したことはないであろう。が、省エネルギーを唱えている割には、無駄と思うようなエネルギーを消費し続けているのも現実である。例えば、町中に光り輝いているネオンサイン、深夜のテレビ放送、家庭電化装置類の待機電力、道路上の街灯等々、挙げればきりが無い。が、それらを単に無駄とばかり言い切れない所があるので、省エネルギーという課題を克服するのはなかなか難しい。このような中で、小規模ながら、家庭で必要なエネルギーを自前で賄うことが、費用の問題を抱えながら、次第に広がってきている。太陽熱温水器、太陽電池、風力発電、雪氷冷温装置、等がある。

ところで、近年携帯電話の普及は著しい。外出時は手の平サイズの携帯電話を持ち歩くだけで、事が済む。が、その実、その使用にあたっては、専用の充電器を使って、毎晩の如く自宅などで充電を行う必要がある。携帯電話の待機状態での平均消費電流は、ある機種取扱説明書によれば、大雑把に2mA～3mAである。通話時で、これも大雑把に100mA。著者は、この程度の消費電流ならば、どうにかして、人力発電でまかなえないかと考えた。

最近、非常に小さいモバイル型パソコン(重さ0.9kg)を購入した。外出先での使用に於いて、超小型なので持ち運びが容易である。しかし、バッテリーが数時間しか持たない。従って、本体のパソコンと比較すると、意外と嵩張っている専用充電器も同携しておいた方が不安がない。といっても、外出先にコンセントがあればの話であるが、コンセントがなければ、お手上げである。携帯電話の充電器も、出張などでは必携である。その他の便利な電子機器を同携すれば、その機器専用の充電器が必要となる。とは言っても、出先にコンセントがあればだが。無かったら、溜息をつくしかない。

そこで、持ち運びが容易な小さくて軽い自力・自家発電器があれば、便利なのでは無かろうと考えた。休憩中に、或いは仕事中にでも、“副業”として手や足で回して発電できる発電器である。

日常生活において、人の通常の動きの中で、充電できる軽くて簡易で、かつ安価な充電装置があれば、何も自宅に充電器をおいて、毎晩充電する必要がないであろう。ところで、人間は、平常に生活している場合、その生きているために消費しているエネルギーを電力に換算すると、120W～150Wである。このことは、栄養学的に、成人は、一日に2500kcal～3000kcalのエネルギーを必要とすることから算出できる。簡単に述べると、天井に点灯している明るい白熱電球数本分が消費している電力量を、成人は常にエネルギーとして消費しているということになる。その消費先に労働などがあるわけである。このエネルギーの僅か1%、つまり1W～1.5W分だけでも発電に回すならば、携帯用の電気機器の駆動エネルギーは十分に補えよう。成人が平常生活を送るのに必要な主食の米の量は、1日当たり約3合である、と著者は記憶している。たった米3合である。それで一日の生産活動を行っているわけである。よく考えてみると、人は極めてエネルギー変換効率のよい発電器であると見なせる。

人力発電装置の構築のはじめとして、自転車の発電器の応用を考えた。通常の自転車の発電器は、結構高速で回転させないと、ある程度の発電が得られない。自転車をゆっくりと手押ししている時と、サドルに腰掛けて、走行している場合を比較すればわかる。自転車が ある程度の速さになれば、十分な明るさで点灯できるようになっているからである。この発電器の回転頭を、手で摘んで回すだけでは、回転速度が遅いのでランプは点灯しない。が、ランプをLEDに交換すると一時的にでも、急激に手で回すと、その時は少しは点灯する。このままでは、人力発電器としては不十分と考え、発電器を分解し、コイルを細い物と交換してみることにした。試作の結果であるが、コイルを交換した発電器ならば、低速回転でも一応十分にLEDが点灯することがわかった。

今回採用した自転車の発電器は、購入金額が無料である。捨てられた自転車から取り外したものである。著者の職場は高専という学校である。年度切り替え時に、結構多数の自転車が放棄される。毎年、年度初にそれらを集積し、廃棄物処理業者に委託処理をしてもらっている。その自転車から、取り外したものである。発電機の購入費用は無料。これは本システムの良点の一つである。

自転車の発電器を改変して製作した自力・自家発電器は、様々な応用性に富んでいると考えている。以降で、この発電器の改変手順、そして改変した発電器の試験特性、及び簡単な応用回路について記述する。

2. 製作

写真1に、自転車の発電器一式を示している。ランプ部には豆電球が差し込んである。最近この豆電球の代わりに、高輝度LEDが取り付けられているものが増加してきている。豆球と比較すると発光効率が高いが、価格はまだまだやはり高い。

発電器が自転車にとりついている状態で、発電させる時、自転車を手でゆっくりと押している程度の速さでは、豆球は殆ど点灯しない。自転車に乗って、有る程度の速さ以上でようやく明るく点灯する。このことは自転車で試してみれば直ぐわかる。試みに、取り外したダイナモの回転頭を手で「一応高速に」回しても、豆球は点灯することはない。やはり、回転数が少ないのである。回転頭をボール盤のチャックに噛ませてみた。スライダックでモーターの回転数を変化させて、豆球の点灯状況を観察した。回転数が大きければ、やはり豆球は光り始める。が、回転数が小さいと点灯しない。試みに、豆球ではなく、LEDを取り付けてみた。LEDならば、回転数が小さくても点灯する。理由は自明である。豆球の点灯には、数十mA以上の電流が必要であるが、LEDならば、数mAでも点灯するからである。



写真1 自転車の発電器一式



写真2 カバ - 部と回転輪を取り外す

豆球の代わりに、LEDとすれば、回転数が小さくても点灯させる、即ちエネルギーを取り出せることがわかった。が、このままではその輝きはやはり弱い。LEDはダイオードの1種である。順方向電圧降下がある。LEDを点灯させるためには、ある一定電圧以上を加える必要もある。

どうにかして、低速でも十分な発電器にしたいと思い、発電器を分解した。磁石とソレノイドコイルがあることは予想していた。分解してみたら、ソレノイドのコイルの直径が0.5mm（分解した発電器で）であった。著者は永久独楽⁽¹⁾、磁気浮遊装置⁽²⁾、無電池電灯⁽³⁾などソレノイドコイルを自前でいろいろと巻いてきた経験がある。この太さのコイルを見て、このコイルをより細かいコイルに変更すれば、低速度回転でも十分な発電を行うことができるに違いないと考えた。そして、発電器中のソレノイドコイルを細かいコイルに変更した。結果は予想通りであった。

以下に発電器の分解手順と、ソレノイドコイルの巻き直しについて、写真付きで解説しよう。学生の乗っている自転車を見ると、近年では自転車の発電器はどの会社の自転車でも殆ど似た様なものであった。ここで紹介するダイナモの構造は一般的であるとも言えよう。が、物によって、若干異なる点もある。写真1のダイナモを分解する。カバー部、回転頭を取り外すと、写真2となる。

本体（写真2の左の部品）の底蓋を取り外すと、写真3。この発電器の場合では、細いドライバー等を周りの溝に差し入れて外せた。



写真3 底蓋を取り外す



写真4 発電部の取り外し

底板がはずせれば、本体に納まっている回転部分を取り外せる。写真4。この発電器の場合には、ソレノイドコイルの一端は、自転車のフレームに発電器を固定するための取り付け金具に接続しており、これで自転車本体と接続している。他の一端は鉄心及び鉄板と接続し、底蓋を突き抜けて、ランプまでの配線経路となる。ランプまでの1本線がそれである。写真4の右側の部品は、特異な形状のソレノイドコイル部分と回転軸付き円柱形磁石からできている。ソレノイド部分と回転軸付き円柱形磁石は、接続していない。円柱形磁石はソレノイド部の特異形状の金属状ベロに囲まれた内部で回転する。著者はこのソレノイド形状を予想していなかった。昔ながらに、円柱形状磁石の周りにソレノイドコイルが幾つかは位置されていると考えていたからである。自転車の発電器として、この構造をよく考えついたものであると感心した。この構造でも、ソレノイドと磁石を使った発電方式に何ら逆らっていない構造である。いやむしろ、生産性を考えれば、極めて合理的な構造である。

写真5、写真6は違う方向から見た発電部の拡大写真である。



写真5 ソレノイド部の拡大 - その1



写真6 ソレノイド部の拡大 - その2

写真7では、円柱型回転磁石部とソレノイド部を別々に置いている。円柱形磁石と回転軸はしっかりと固定されている。円柱型回転磁石の磁界を調べると、側面が順々に、N, S, N, S, N, S, N, Sに磁化されていることがわかった。

写真8、写真9が、写真7の左側に示しているソレノイド部を分解した様子である。左側の金具の中央に、真ん中のプラスチックリール（中にコイルが巻いてある）納まる。その上に、右側の金具を載せる。右側の金具の中央の穴は、左側の金具の円柱部（出臍様）と密着できるようになっている。



写真7 ソレノイド部と磁石部は接続はしていない



写真8 ソレノイド部の分解 - その1

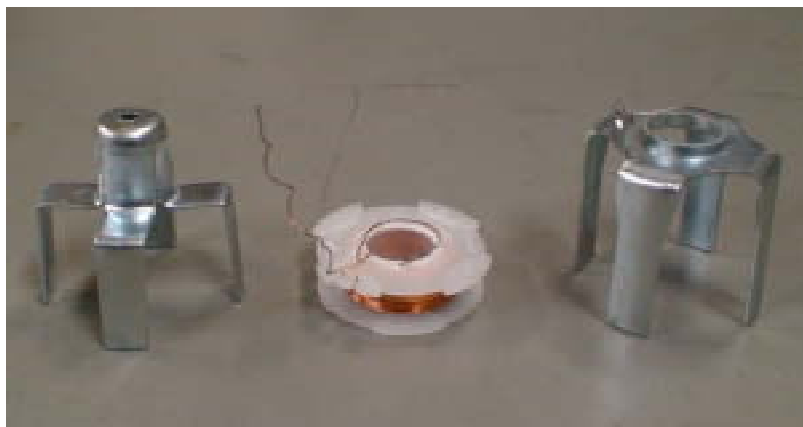


写真9 ソレノイド部の分解 - その2



写真10 新しいコイルを巻いて組み立て

このソレノイドの線径は0.3mmであった。これをプラスチックのリールから、取り外し、直径0.1mmのウレタン線を十分に巻いた。その後、金属金具を組み立て、元のソレノイド状態に戻した様子を、写真10に示している。後は、発電機の分解の手順を逆に辿って組み上げ、写真2の所まで戻る。

3. 動作試験と簡単な応用装置

図1に、テストボード上に組み上げた、改変発電機の試験回路、を示している。両波整流回路を用いた単純な充放電回路である。スイッチS2を閉じ、手で発電機を回転する。コイルの改変前には全く点灯しなかったが、コイルを変えたら回転数が1秒間に1回転以下でもLEDは結構明るく点滅するようになった。発電機の改変前と比較すると格段に発電効率が改善された。ここで気になるのは、発電機の出力する起電圧であるが、コイルの巻き数が多くなっているため、改変前より当然高くなってはいる。発電機の回転数を上げれば上げるほど、これも当然ながら、出力電圧値は高くなる。使用しているLEDは高輝度と名称されているものである。今のところ、発電機の回転数が1秒間に5回転辺りまではLEDが壊れることは無かった。それ以上の高回転数で試験はまだしていない。が、1秒間に10回転あたりまでならば大丈夫かもしれない。当然ながら回転数が高すぎると、何れはLEDは耐圧不足で破壊されよう。その時には、適当な対応策はある。そのような高回転速度下で使用するには、LEDを数個直列接続すれば、十分に対応できよう。

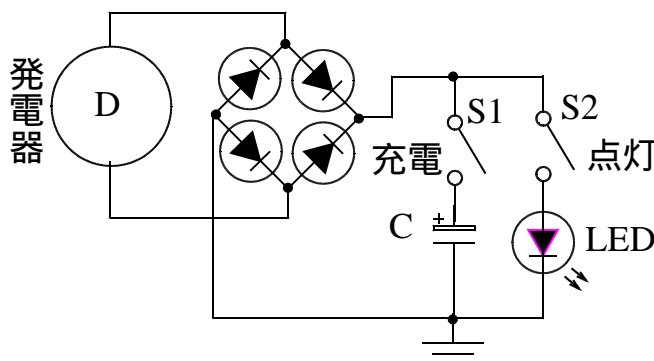


図1 充電・放電試験回路

当初、整流用ダイオードには、シリコンダイオードではなく、小信号用ゲルマニウムダイオードを使用していた。ゲルマニウムの方が順方向電圧降下値（ゲルマニウムで0.7V、シリコンで1.2Vが小さいからである。その後、気が付くことがあり、ダイオードをショットキーダイオードに変更した。公表の順方向電圧降下値がゲルマニウムダイオードより小さいからである。何種類かのショットキーダイオードを試してみた。その度に、LEDの発光を目視して比較してみたが、ゲルマニウムダイオードの場合との差異が殆ど観察されなかった。従って、整流回路のダイオードを、特にショットキーダイオードとしなくても良さそうである。なを、不確かであるが、理由を次のように考えてみた。ショットキーダイオードの規格表などに記載されているドロップ電圧（＝順方向電圧降下値）は定格使用時のものである。本装置のように回路を流れる電流が極めて小さい場合（大雑把に、1mAオーダー）にはドロップ電圧値は規格値どおりとはならないのかもしれない。

図1中のスイッチS1は電気2重層コンデンサの充放電用である。S1を閉じて、発電機を継続回転すれば、このコンデンサが充電される。その後、S2を閉じれば、発電機が停止していてもLEDを点灯させることができる。

図2に、実際に作り上げた実用性、及び応用性もあると考えた充放電回路を示している。両波整流部に使用したダイオードはショットキーバリアダイオード1FWJ43L（高速整流用低ドロップ、定格30V、1A、 $V_F = 0.40V$ 、価格は4本210円）。電気2重層コンデンサは1.0F、5.5V、直径20mm、厚さ7mm。LEDは超高輝度白色LEDのOSPW5111A-YZ（狭角（15°）タイプ、5mm、25cd、価格は10個500円）。作り上げた装置の概観を写真11～写真13に示している。

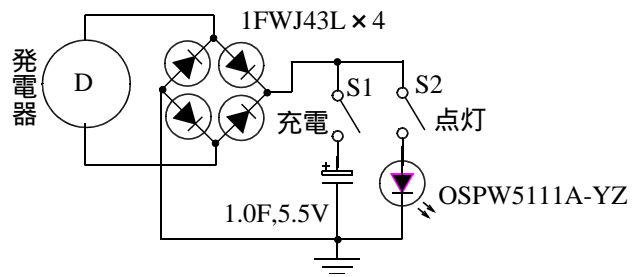


図2 实用充放电回路

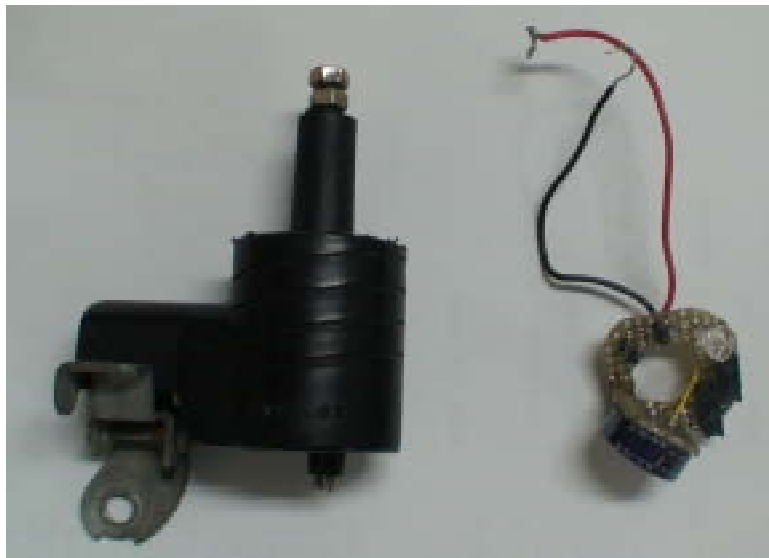


写真1 1 一応实用的自力発電器



写真1 2 上方向から



写真1 3 側面から

発電機の形状を考えて、電気回路を組み込むの基盤形状はドーナツ型とした。写真11の右側の基盤の中央の穴が、発電機の首の部分に納まる。発電機の回転軸には回転用の仮板を取り付け、手の指などを引っかけて回せるようにしている。その内に、回しやすくするため手回しハンドル型等にしようと考えている。写真13が側面から見た様子である。発電機本体を片手で握り、他の手で回転板を回転させる。発電機自体は完全防水であるが、回路基盤は見ての通り丸裸である。使用環境に応じて、防水などの対応をする必要があるが、水などに濡れなければ、このままでも十分使用できる。

完成品の特性である。S1を開け、S2を閉じた状態とすると、回路はLEDを点灯するだけとなる。充電はされない。1秒から2秒で回転頭を1回転させても、LEDは結構明るく点灯し続ける。当然ながら、回転数を上げれば、より明るく輝く。

コンデンサが空の状態、S1とS2の両方を閉じた状態とする。これで発電を行っても、LEDはまず点灯しない。発電電気をコンデンサが喰ってしまうからである。数分以上、確実に5分以上でも回転し続けられれば、LEDが点灯し始める。コンデンサに電気がある程度貯まり、余力でLEDが点灯するようになったわけである。こうなれば、充電しながら、LEDも点灯できるようになる。

S1を閉じ、S2を開くと、コンデンサの充電状態となる。発電を行えば、電気量はコンデンサに蓄積されていく。適当に汗を流したら、手を休め、S2を閉じてみよう。LEDがコンデンサに蓄えられている電気量のみで点灯しよう。

4. 終わりに

紹介した装置の特徴などを列記しよう。

(1) 発電機の購入は無料である。交換用コイルの費用は微々たるものである。

変換コイルには線径が0.1mmのものを使用した。0.3mmを0.1mmに変えた結果、低速回転でも十分な発電電力を得るようになった。より細かいコイルにすることも考えられる。当然である。著者の手元に0.05mmのコイルがある。しかし細かい故に切れやすい。スムーズにコイルを巻き続けられればよいのであるが、やるかどうかまだ決めていない。

(2) 低い回転数でも一応十分な発電能力を持っている。

(3) 自転車のフレームとの取り付け部は、この改変型発電機を他の任意の固定器具に取る付けるのに使用することができる。不必要ならば、切り取ればよい。そうすれば、手の平に納まるほど小型にすることができる。

(4) 今のところ、充電用コンデンサに1.0Fのコンデンサを取り付けている。この程度だと、LEDを点灯させながら、充電も行うことができる。試しに25Fのコンデンサを取り付けてみた。充電の行いながら、LEDを点灯させることができなかった。充電だけを長時間、例えば1時間以上行えば、ようやく25Fだけからの放電でLEDが点灯するようになる。コンデンサの大きさは、使用目的に合わせて選択すれば良いであろう。

(5) 実は、簡易で安価な手持ち式の手回し発電機は一般に購入することができる。発光部にはかつては、豆電球を使用していたが、最近のものでは発光部はLEDに置き換わっているようである。だいぶ発光効率が上がっている。また、著者も現有しているが、乾電池だけではなく手回し発電機も内蔵した「ラジオ+電灯」も販売され、災害などの非常時用備品を歌っている。災害非常時は、希な事象である。乾電池式の非常用備品を準備していても、いざ災害時には電池が消耗している可能性が大である。そのことも考慮して、手回し発電機を付属させたのは良い考えである。

しかし、市販されている手回し発電機は著者の見かける、或いは見たことのあるものは全て、内部にギアを使用し、低速である手の回転数を、ギアで高回転数にしている。ギアもプラスチック製が殆どであった。ギアで回転比率を落とす場合にはそれほど問題がないが、回転比率を高くするほどギアの歯にかかる負荷は巨大なものとなり、使用中に歯欠けを起こす危険性が大である。

著者が、ここで紹介した発電機には、ギアなどは全く使用していない。かつ本体は自転車の発電機である。雨や泥の中での使用実績は言うまでもないであろう。必要ならば、基盤回路部には防水・絶縁処理をすればよい。自転車での使用では、高速回転が必要であったが、改変により、低速でも十分に発光するようになった。現状では、発光は極端に明るいとは言えないが、暗闇で少しの明かりでも欲しい場合には十分な役割を果たすと考えている。

本改変発電機の性能向上について述べよう。使用した自転車の発電機内にある円柱状磁石はフェライト製である。著者の分解した幾つかの発電機は、全てそうであった。多分、現状では、殆どの自転車の発電機の磁石はフェライト製であろう。この磁石をネオジウム磁石にするならば、その形状のままでも数倍以上の、或いは5倍以上の発電効率をもたらすであろう。又、ソレノイドコイルの巻き数も大きくするならば、当然発電効率が上がる。両方の変更を同時に行えば、今紹介した発電機の10

倍以上の発電器となろう。但し、発電量が大きくなるに従って、汗をより大量に出さなければいけないであろう。エネルギーの保存則である。これらのことは自作では無理そうであるが、製品とするならば、可能性はあろう。

現在考えている応用例を列記しよう。

(1) 手回し発電

これは本論文で紹介している。ので、出来上がっている。

(2) 風力発電

この装置を試験プラントとして、本学科棟の屋上に設置してみようかと考えている。発電器本体は無料に近いものである。それ以降の羽や回転軸受け装置なども何らかの転用で無料ですませたい。でなければ、本発電装置の意義の半分が失われてしまう。

(3) 水道蛇口発電

水車の円形水受け如きものを取り付け、水道の蛇口に設置する。炊事用の蛇口よりは風呂の蛇口の方が発電量が大きそうである。

(4) 小川発電

上記の水道蛇口発電の大きいものである。結構な発電量を稼ぎ出すであろう。大きい電気2重層コンデンサも使用できよう。発光用LEDも多数取り付けられそうである。

(5) 散歩杖発電

発電器の頭に車を取り付け、杖などに固定する。杖を地面に押しつけながら散歩をする。

(6) 歩行発電

発電部の頭に、クランク様の機構を取り付ける。体重の上下移動、足の前後運動、足の上下運動により発電ができそうである。

参考文献

(1) 例えば、「永久独楽の製作 - その3」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2003年5月、著者のURLで公開。

(2) 例えば、「磁気浮遊装置の製作 - その3」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2007年5月、著者のURLで公開。

(3) 例えば、「磁気電灯(無電池電灯)の製作 - その2」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2002年9月、著者のURLで公開。

2008年8月20日