

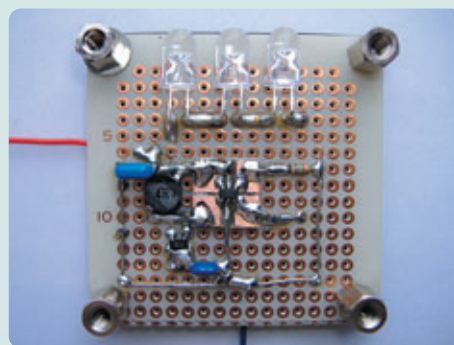
## 水道手元ライト 水道水でペルトン水車を回しLEDを点灯させた(第10章)



(a) 水道水の圧力で高輝度LEDを点灯



(b) 水車の構成部品



(c) LEDの駆動基板

## 地域のシンボル 「おかえり」看板

地域住民と一緒に設置した40W水車で「おかえりなさい」とLEDを点灯させる。水車は山の中腹で住民や古里を離れた人達を待ち続ける(第14章)



(a) 40W水車



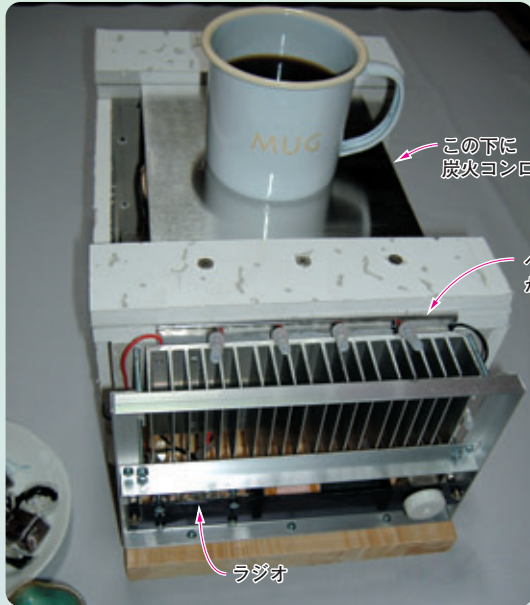
(b) 地元住民の協力を得て完成



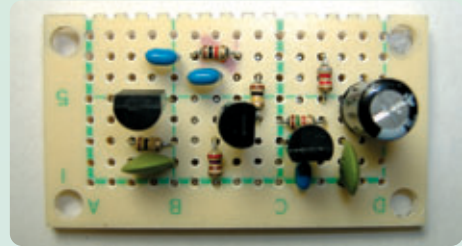
(c) 帰省、帰宅する人を温く迎える

## 温度差発電で聞くAMラジオ

たき火で沸かしたお湯でコーヒーを飲みながらラジオを聞いた(第15章)



(a) 温度差から電力を得るラジオ



(b) 基板



(c) 予備実験…地熱で高輝度LEDを点灯させてみた

## 田んぼの水位見張り器

水位センサで計測した値にあわせてLEDの点滅パターンが変わる(第19章)



(a) 水位を観測



(b) LEDの点滅で水位を知らせる

## みそ造り装置

みそを適温に保ち発酵を促す(第22章)



(a) 米を一晩水に漬け、水を切る



(b) 米2升を約45分蒸す



(c) 蒸した米をもち箱に入れる



(d) 市販される麹菌



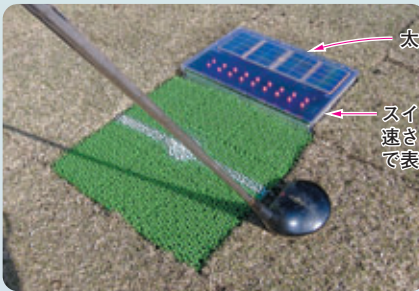
(e) 出来上がった麹



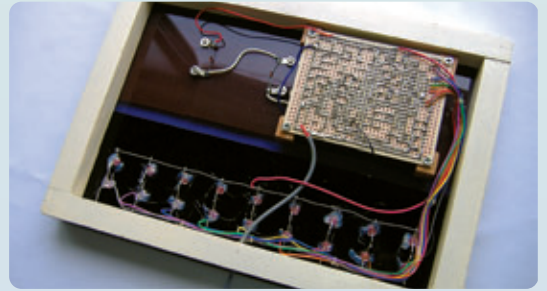
(f) 麹室で発酵中

## ゴルフ・トレーナ

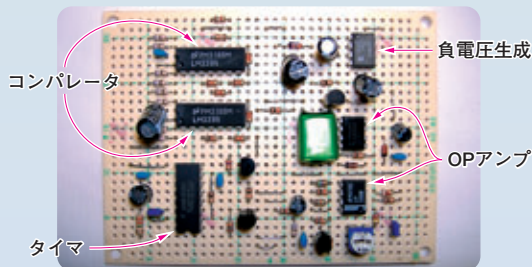
電磁誘導を利用してヘッド・スピードや飛距離を予想する(第4章)



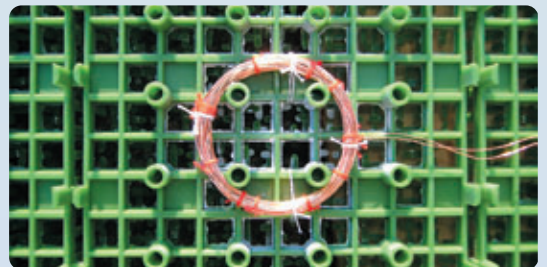
(a) 外観



(b) 裏から



(c) 基板



(d) 人工芝の裏側に取り付けたコイルで速度を検出

## 山間向け揚水装置

湧き水を5m高いタンクに持ち上げ、給湯器に必要な水圧を確保した(第18章)



(a) 水圧を確保するため5.6m高い場所に設置した給水タンク



(b) 落ち葉などをろ過する石



(c) 給湯器が使えるようになった



(d) 全自動洗濯機が使えるようになった

## 街灯

水車出力は10W! 街灯を夜通し点灯できる(第13章)



(a) 夜道を照らす街灯



(b) 地元住民と一緒に水車を設置



(c) ハブダイナモ式10W水車



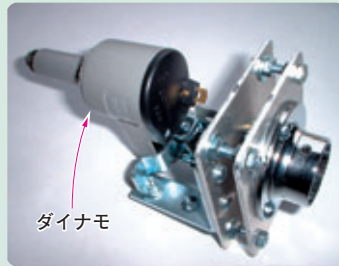
(d) 発電中の水車

## 2次電池の充電器

リムダイナモ3個で作る0.2W風車から電力を取り出す(第8章)



(a) 3基の風車を搭載した風力発電機



(b) リムダイナモを風車に取り付けるための金具  
ダイナモ



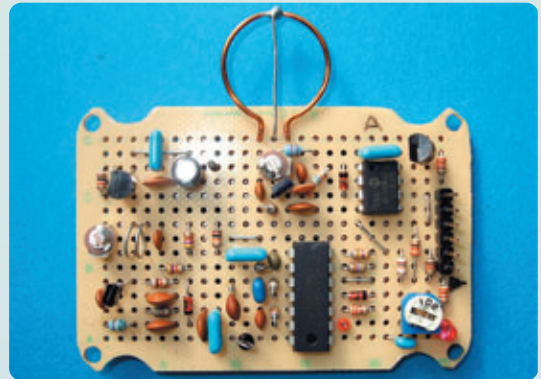
(c) 充電コントローラ

## ビニル・ハウス内の温度伝送装置

手作り微弱無線装置を15m間隔で複数設置。複数点の温度を一気に把握できる(第20章)



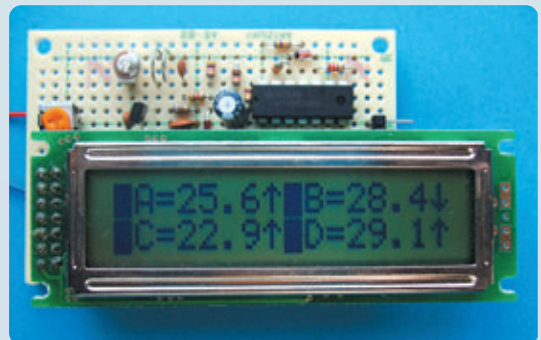
(a) ビニル・ハウス内の温度を均一にしたかった



(b) 無線伝送装置を手作りした



(c) 温度管理がしっかり出来たため形の良いデコボンができた



## ビニル・ハウス内の温度表示装置

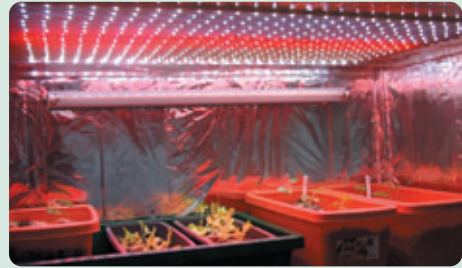
複数点の温度を1画面に表示する(第21章)

## ミニ植物工場

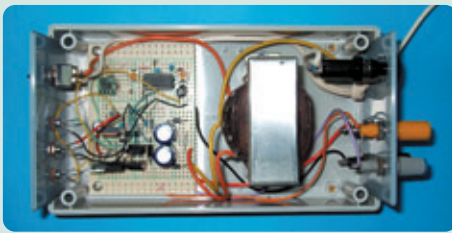
405個の高輝度LEDやエアコン、50Wの土壌ヒータで作る(第7章)



(a) 保温効果の高い省エネ工場を手作りした



(b) 苗を育てるLED照明



(c) LED 駆動回路



(d) どんどん育つ苗

## 電子番犬

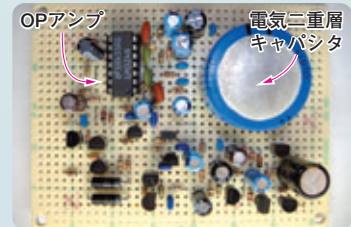
電力を電気二重層キャパシタに蓄えボイス・レコーダで鳴き声を再生した(第1章)



(a) 電子番犬の住むソーラ・ハウス



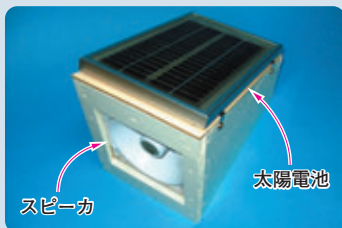
(b) フレネル・レンズで検出距離を2→5mに



(c) 犬の声を増幅するパワー・アンプ回路

## カラス撃退器

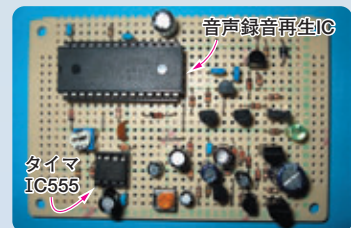
音声録音・再生ICに記録した警戒音をトランペット・スピーカで鳴らす(第2章)



(a) 外観



(b) 春を待つどう園と主人



(c) メイン基板

## キャンプ用汎用電源

河原でテレビを観たりパソコンを使ったりした(第11章)



(a) 数W水車



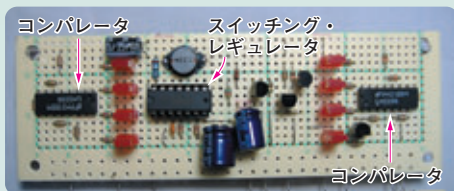
(b) キャンプで使用中的ようす

## 人力による2次電池充電器

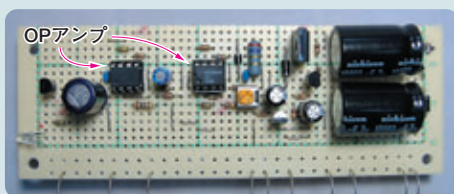
走行中に充電し、夜間はテール・ランプを明るく光らせる(第17章)



(a) 自転車に取り付けた充電器とテール・ランプ



(b) 発電のようすがわかるLEDバー表示回路



(c) 倍電圧整流回路と充電量検出回路

## 風で光るLED看板

磁束密度が高く極数が多いステッピング・モータを利用して作った1W風車(第9章)

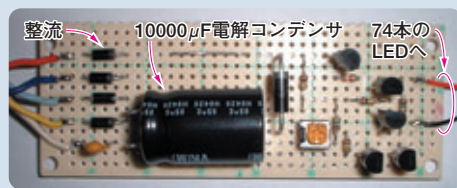


(a) 1W風車でLEDを光らす

(b) 市販のステッピング・モータを発電機として利用

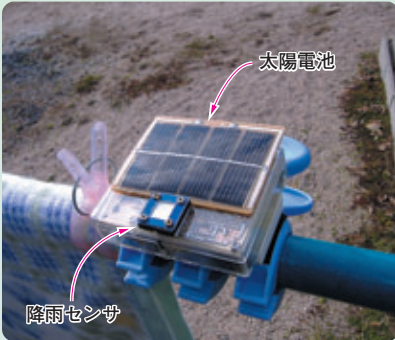


(c) 基板



## 降雨警報機

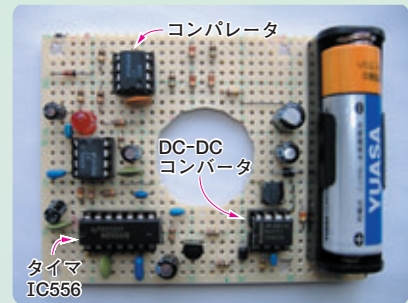
結露センサを使って手作りした降雨センサで雨を知らせる(第3章)



(a) 物ほし竿に取り付け、雨が降るのを待つ



(b) 結露センサ



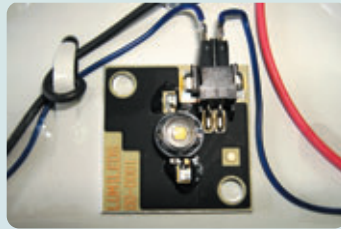
(c) 基板

## 終夜灯

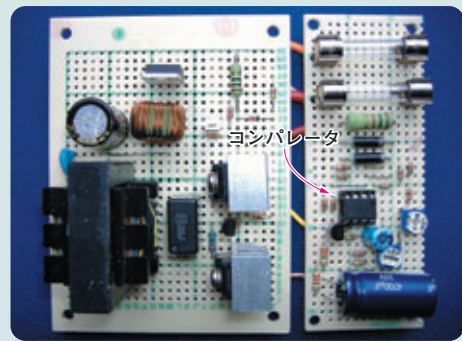
自動車用バッテリーに蓄え、夜間パワーLEDや蛍光灯を点灯させる(第5章)



(a) 蛍光灯モードで点灯中



(b) 使用したパワーLED



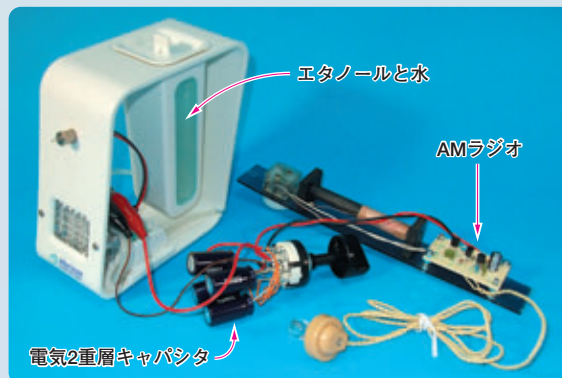
インバータ回路

照度検出回路

(c) 基板

## 燃料電池で聞くAMラジオ

エタノール燃料電池や水素燃料電池の実力を確かめた(第16章)





## ◆ イントロダクション

# エネルギー 放置してたら もったいない

自然から得られるエネルギーは、ほとんどが太陽から得られると言って良いのですが、これを大きく、

① 過去，地球に蓄えられたもの（化石燃料やウラン）

② 現在，太陽から降り注いでいるもの（光や熱）

に分けることができます。風力発電は太陽熱と地球の自転によるもので、②に入ります。川の水の流れを利用した水力発電も②です。

①は投資が少なく、経済メリットはありますが、将来は資源が枯渇するという致命的な問題があります。

②は日々降り注ぐ太陽エネルギーのことで、自然界では植物と動物がたまねくその恩恵を受けており、一つの自然エネルギー活用システムが出来上がっています。しかし、発電との相性は実に悪く、ダムによる水力発電以外は、技術的にはまだ黎明期<sup>れいめい</sup>にあります。

写真0-1は風力発電機の一例です。年間を通じて風の強い壱岐島に設置されているもので、発電機も低回転で効率の良い多極型として、増速機構によるロスをなくしています。風力発電は、実用への第一歩を踏み出した感があります。

また、水力発電は日本でも総発電量の11%をまかなっており、その技術は完成領域にあります。太陽光発電は0.2%、風力発電は0.001%とわずかですが今後の伸びが期待されます。ここでは身の回りにあるエネルギーの実力を見つめ直したいと思います。



写真0-1 風力発電用の多極同期発電機  
壱岐芦辺風力発電所，750kW，年間平均風速6.8m/s

● 太陽エネルギー

太陽の中心部では核融合によって水素がヘリウムに変換されています。これが太陽エネルギーの源です。従って地球上で核融合が実現できるようになれば、人類は真に究極のクリーンなエネルギー源を得ることになります。これは現在、研究が進んでいますので将来の楽しみに置いておきましょう。なお、このエネルギーはよく知られている公式、

$$E = mc^2 \dots\dots\dots (0-1)$$

ただし、 $E$ ：エネルギー [J]， $m$ ：質量 [kg]， $c$ ：光速 [m/s]

で表すことができます。太陽はエネルギーを放射することで質量を減らしているわけで、まさに身を

◆エネルギーとは何だろう

●宝はどこにも隠れている

エネルギーとは何でしょうか。「仕事 (work) をする能力」と言うのが、物理学的な答えです。仕事と言うと、道路工事や新聞配達、あるいは会社に行ってするような仕事を思い浮かべます。仕事をするには、ごはんを食べてエネルギーを蓄えないとできませんね。これに似た概念です。

物理学で言う仕事とは、物体に加えた力  $f$  [N] と、その物体の移動量  $s$  [m] との積で表される物理量です。仕事の単位は J (ジュール) や  $N \cdot m$  (ニュートン・メートル)、 $kgf \cdot m$  (キログラム・フォース・メートル) などで表されます。

図 0-A のように、荷物に力  $f$  [N] を加えて  $s$  [m] 持ち上げると、フォークリフトや人間は  $f \times s$  [ $N \cdot m$ ] の仕事をして、荷物にはそれだけの位置エネルギーが蓄えられたことになります。

エネルギーとは、このような仕事をするのでできる「能力」のことです。フォークリフトは石油のエネルギーを使い、人間は食物のエネルギーを使って仕事をしているわけです。この場合、その能力は石油や食物に宿っています。

しかし、エネルギーは石油や食物のようにどこかに蓄えられたものだけではないのです。例えば、水車や風車の力を使うと、粉ひきや発電と言った仕事ができます。これは水や風の運動エネルギーを取り出したものです。

このようにエネルギーには、運動エネルギー、速度エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギーなどのたくさんの種類 (形態) があります。エネルギー

がどこに蓄えられているかを探ることが、自然エネルギー発見の第一歩です。宝探しのようなですね。

●省エネルギー設計が大前提

自然エネルギーを利用した製作を通じて、皆さんが自然エネルギーを自分の手で得ようとするとき、わずかなエネルギーを得るのにも、本当に苦勞されるでしょう。また、わずかなエネルギーを有効利用するためには、省電力装置の設計ノウハウが求められます。白熱電球を高輝度 LED に置き換える、バイポーラ素子を CMOS 素子に置き換えるなどして電力を減らすのです。そうすれば、発電機の電力が小さくても同じ効果が得られます。従って機構や電子回路の省エネ、省電力設計は、自然エネルギー利用の大前提といえます。

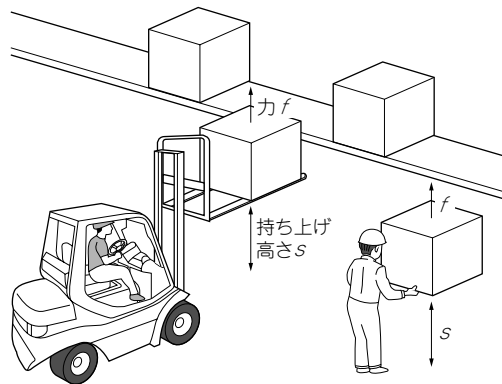


図 0-A エネルギーは仕事をした結果生ずる

削っているわけです。

太陽からは $1\text{m}^2$ あたり $1\text{kW}$ のエネルギーが地表に降り注がれています。地球全体では127兆 $\text{kWh}$ であり、これは世界全体の年間総エネルギー100兆 $\text{kWh}$ よりも大きな値です。1時間で1年間の世界のエネルギーをまかなうことができるわけです。太陽の寿命はあと50億年とされているので、人類にとっては永遠に近く、最も安心のできるエネルギー源です。

太陽光エネルギーの波長分布は、図0-1の破線のように、大気圏外では、ほぼ黒体放射<sup>注1</sup>とみなされますが、地表では大気中の水や酸素に吸収されて図の黒線のようにになります。

人間の眼は $0.4\mu\text{m}$ から $0.8\mu\text{m}$ の範囲の光をとらえることができます。これが太陽エネルギーのピークに一致するのは驚きであるとともに、人間の生物としての長い歴史を思い起こさせるものです。太陽電池の波長感度は、当然ながら図0-1のピーク部分に合わせたものが多いです。

太陽のエネルギーを電気に変えるには、光を直接、電気に変えることのできる太陽電池が現在最も有力です。この他に太陽熱を利用して水を沸騰させてタービンを回すなどの方法があります。表0-1はこれをまとめたものです。太陽電池の効率の良さが実感できると思います。写真0-2は太陽電池を使った信号機です。太陽光を利用した製作例を第1章～第7章で紹介します。

## ● 水のエネルギー

水の持つエネルギーは、位置エネルギー、運動エネルギー、圧力エネルギーに分類されます。

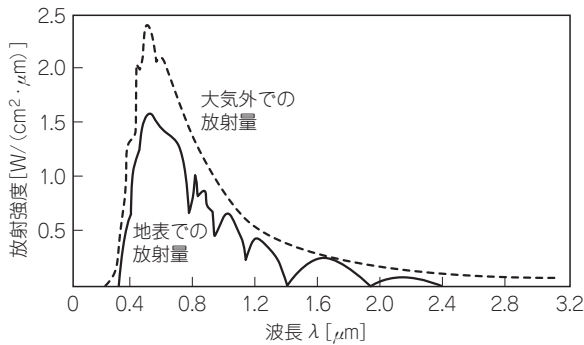


図0-1<sup>(1)</sup> 太陽エネルギーの波長分布  
可視光近辺にエネルギーのピークがある

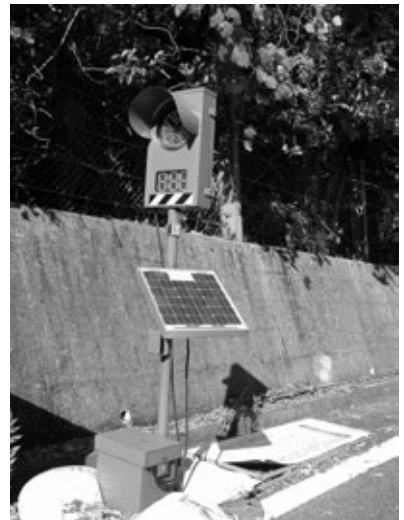


写真0-2 太陽電池を利用した移動式信号機  
バッテリーに充電して夜間や降雨時も動作する

表0-1 太陽エネルギーの電気変換効率  
太陽電池の効率が最も良いことが分かる

方法	効率
鏡で光を集め、水を沸騰させてタービンを回して発電する	5%
太陽エネルギーで成長した樹木を燃やし、これで発電する	0.3%
太陽エネルギーを起源とする川の水をせきとめてこれで発電する	0.002%
太陽電池で発電する	20%

注1▶ 黒体から放射される光や熱を言う。黒体とは、全波長のエネルギーを放射・吸収できる物体のこと。太陽はこれに近い。

## 第3部 水力を活用編

### ◆ 第10章

数百 mW 水車, DC モーター, 高輝度 LED で作る

## 水道手元ライト

第1部

第2部

第3部

第4部

第5部

水と言えば、家庭では水道がまず頭に浮かびます。水道水には圧力がかかっているため、エネルギーを取り出せる可能性はあります。しかし、水量が少ないので、そのまま水車の羽根に当たっても高い回転数は得られません。

庭で水撒きをするとき、ホースの先をしぼませると、水が遠くに飛んでいきますが、今回はこの方法を利用します。つまり、水圧を速度のエネルギーに変換して、水車を高速に回す方法を試みます。

得られた電気は、高輝度LEDで洗面の手元を照らしたり、プールや庭園の撒水イルミネーション、風呂の水位警報など、水回りの用途に使うと良い組み合わせとなります(写真10-1)。

### 10-1 水道水からエネルギーを取り出しLEDを点灯したい

#### ● 上下水道のもつエネルギーはもっと有効に使える

水道の水圧は、ポンプで加圧されたものですが、これはビルや丘陵地などの高所に水を持ち上げるためのもので、本来、高低差があれば、加圧しなくても水圧は得られます。事実、貯水池は山の上にあります。

また、都市部であっても、高台から低地への上下水道の流れも当然あり、これを発電に利用しようという計画があります(東京都)。このように、水道の水圧は、低所では捨てられているエネルギーだとも言えます。私たちも、このエネルギーの有効利用を考えてみようではありませんか。

#### ● 水車の羽根に向けてジェット水流を吹き付けるペルトン水車

水力発電に使われる水車にはいくつかの種類があります。図10-1は、ペルトン(Pelton)水車と呼ばれるもので、四隅に見えるのは水圧管の先に取り付けられたノズルです。

流水の圧力はノズルによってジェット噴流となり、水車の羽根(バケット)に衝突します。位置のエネルギー→水の圧力→運動エネルギーとエネルギーが形を変えています。ノズルの先には針弁があり、出口の断面積を変えることにより、水車の出力を加減しています。

実はペルトン水車は、回転速度(特有速度)が遅いため、有効落差が100m以上ないと実用にならないのですが、水車の直径を10cmくらいに小さくすれば、水道の水圧は十分な落差に相当するようになります。



写真10-1 水道水の圧力で高輝度LEDを点灯する



図10-1 ノズルからのジェット水流を利用するベルトン水車

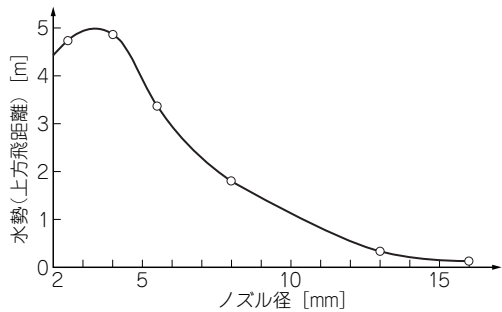


図10-2 ノズルの内径と水の飛距離との関係

### ● 高速な水流を作るノズルの穴径は実験で決める

ホースの先を細くしていくと、水の飛距離はどんどん伸びていきますが、あまり細くすると逆に飛ばなくなります。つまり、ノズルの内径には最適値があることになります。

図10-2は、これを実測したものです。水流は、ほぼ垂直方向に飛ばして、その高さを測りました。図から、ノズル径はφ3.5mmに選びます。

### ● アルミ板で水車の羽根を作る

この工作で一番面倒なのは水車の羽根の製作で、一番難しいのはモータと羽根を連結するジョイントの製作です。

水車の羽根は、図10-1のベルトン水車の実物を参考にします。写真10-2に羽根の1枚を、図10-3に展開図を示します。羽根の数は全部で12枚、開き角は30°です。

材料は0.5～0.8mm厚のアルミ板を使います。切断は大きめのNTカッターで3～4回切れ目を入れ、バイスで挟んで2～3回折り曲げると切れます。金切ばさみでもかまいませんが、少々曲がりますので、鉄床かなとこの上に置き、木槌でたたいて平面に戻します。

直角曲げ加工はバイスで短い辺をつかんで曲げます。①部分は、いったん0°まで畳みます。このとき、②部分に隙間がないようにバイスで締めます。畳んだままで、中央の丸穴を空け、マイナス・ドライバの先で30°まで開きます。3mmのビス・ナットで、写真10-3のように組み立てます。間にドライバは入らないので、ラジオ・ペンチでボルトを締めます。

図10-4に組み立て寸法を示します。羽根の中央にφ4～6mmのシャフトが通るように組みます。水

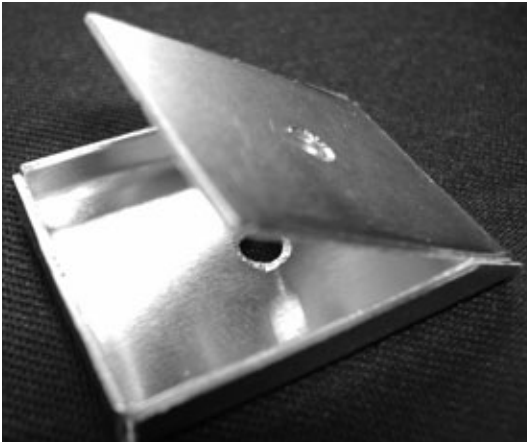


写真10-2 製作するペルトン水車の羽根の1枚

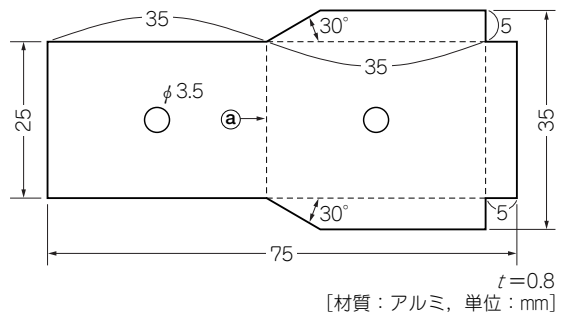


図10-3 羽根(1枚)の展開図

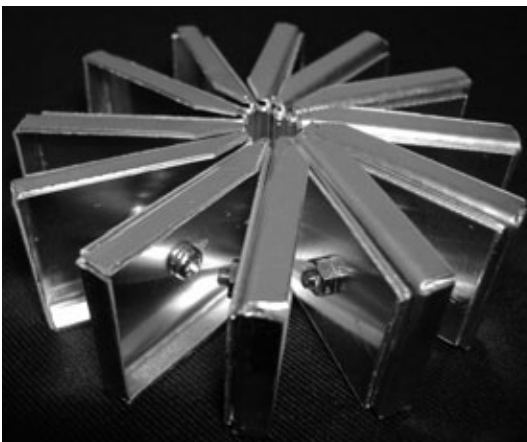


写真10-3 12枚の羽根を組み立てる

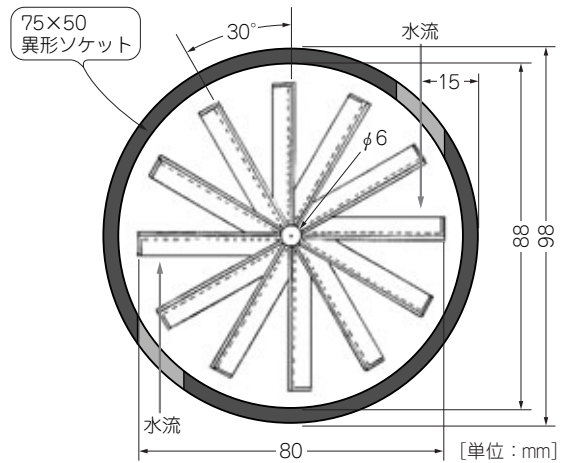


図10-4 水車の羽根の組み立て寸法

流の経路は、図10-4の矢印の方向に2か所設けます。後述のDV異形ソケットの内周から、5mm以上離れていることを確認します。

● アルミ・パイプや丸棒を使ってノズルを作る

ホースの先を細くすると水が遠くへ飛んでいくので、初めから細いホースを使えば良いように思えますが、細いホースは水流に対して抵抗となり、水圧が落ちてしまいます。これは、電気における、電圧、電流、抵抗の関係と同じです。

図10-5はノズルの寸法です。これはアルミ丸棒から切り出す場合ですが、径の異なるパイプを重ねても作れます。

ノズル断面はテーパ(円錐状)にするのがベストですが、作りやすくするためにφ6/φ3.5の2段にしました。

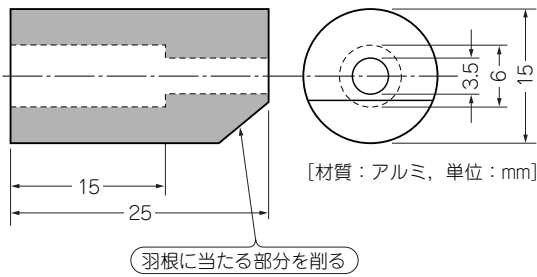


図10-5 ノズルはアルミ丸棒から作る

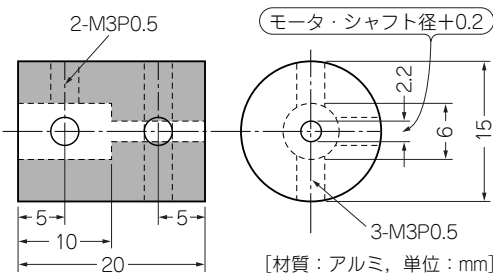


図10-6 モータと水車をつなぐジョイントの寸法

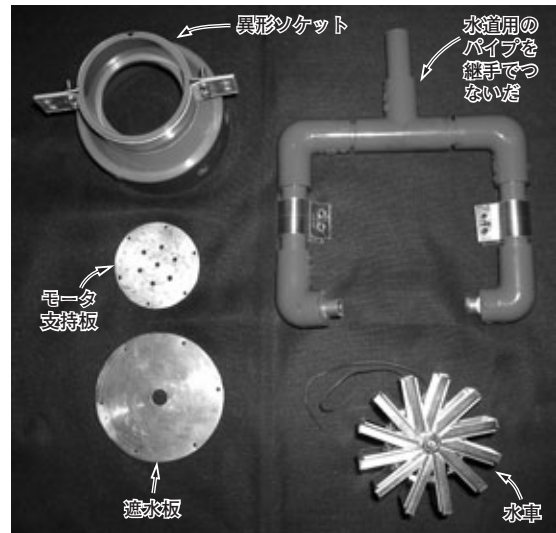


写真10-4 小型ペルトン水車の構成部品

### ● モータと水車の羽根を連結するジョイントの製作

上述のノズルは、電動ドリルでも何とか作れます。しかし、高速で回転する羽根をモータの軸に固定するジョイントは、ボール盤（電気ドリルを垂直に固定したもの）でないと精度が出ません。ボール盤がない場合は、手持ちのモータ軸の寸法に合わせて、図10-6のような図面を作り、近くの鉄工所に作ってもらおうと良いでしょう（この場合の材質は真鍮にする）。

ジョイントの精度が悪いと芯ぶれを起こし、ケース全体が振動します。モータ軸に固定するビスは、直角に2か所以上必要です。羽根についても、ぶれを起こさないよう何回も手で回してみても形状の調整が必要です。

### ● 水道や雨樋の配管材料を使う

水回りの工作には、上下水道の配管材料を使うのが、耐水性、安全性、入手性、価格の点で有利な方法です。写真10-4が、今回製作するペルトン水車の構成部品です。左上に見えるのが、雨樋に使う異形ソケット（DV継手インクリーザとも言う）、右のパイプは水道用の塩化ビニル製パイプを各種継手でつないだものです。

ノズルまでの配管はできるだけ太くするように配慮しています。水道水の圧力に耐えるよう、パイプは塩ビ用接着剤で固定します。左中央はモータ支持板、左下はモータに水がかからないようにする遮水板です。右下はモータに取り付けた羽根です。

全体の組み立て図を図10-7に示します。

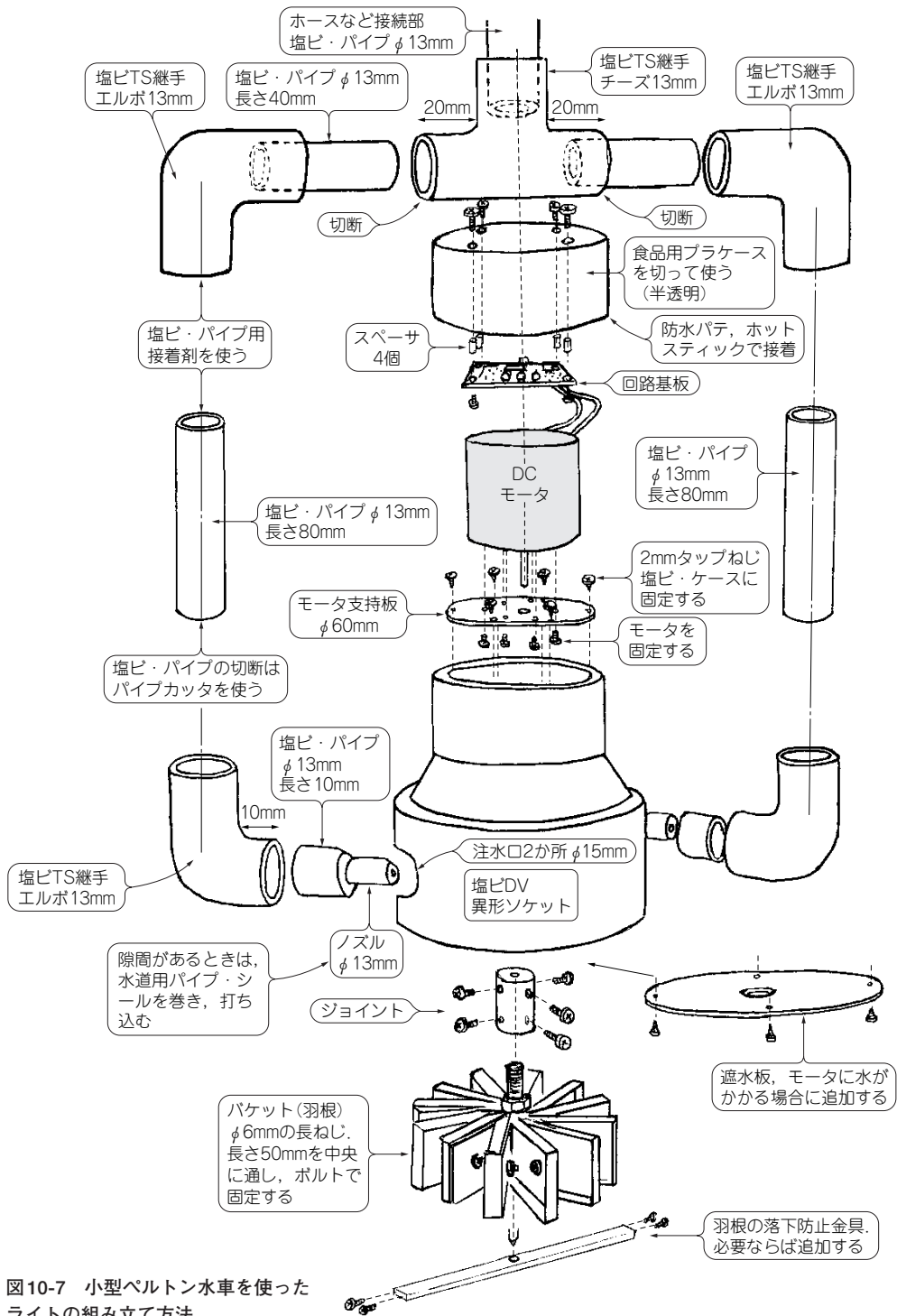


図10-7 小型ペルトン水車を使った  
ライトの組み立て方法

第1部

第2部

第3部

第4部

第5部



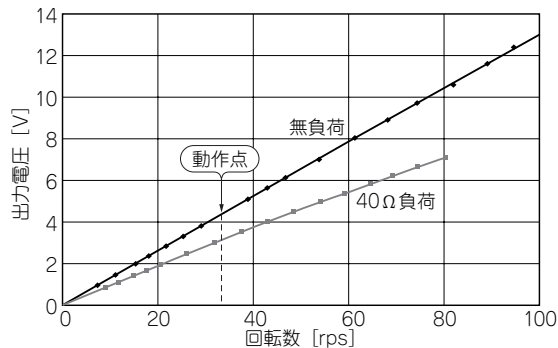


図10-8 DCモータの回転数と発電出力電圧

表10-1 小型ベルト水車の発電機に使えるDCモータの例

型名	メーカー	電圧範囲	定格電圧	無負荷回転数	定格回転数	電流	出力
FK-130SH-09450	マブチモーター	6～24V	12V	7200 rpm	5680 rpm	0.11 A	0.66 W
FF-260PA-07890	マブチモーター	13～36V	30V	6200 rpm	5260 rpm	0.056 A	1.02 W

## 10-2 使用するモータとLED点灯回路

### ● モータは入力電圧が高く、回転数が遅いものを選ぶ

発電機に使うモータは、DCモータでブラシ式のものを使います。定格電圧が12V以上、定格回転数(効率が最大となる回転数)が6000rpm以下のもので、出力1W程度のもので選びます。太陽電池用のモータや模型用の低トルク/低電圧のものは適しません。今回使用したモータの回転数と出力電圧の関係を図10-8に示します。

使用したモータはカセット・デッキ用の15Vのものですが、市販品では表10-1のような仕様のモータが相当します。

### ● 水車と組み合わせる高輝度LED駆動回路を作る

図10-8において、水車の回転数は40rps程度ですので、複数の高輝度LEDを駆動するには昇圧および定電流回路が必要です。

図10-9は、リニアテクノロジー社のLT1932を使ったLED駆動回路です。LEDは3個使います。

LT1932は、表面実装用のパッケージしかないので、写真10-5のように、エッチング用の銅張基板に三角刃の彫刻刀で切れ目を入れます。

寸法は、参考文献(2)のパッケージ寸法図を参考にしてください。写真10-6は、実装後の基板です。簡単なパターンですから、写真10-5、写真10-6を見て作れると思います。表10-2に使用部品の一覧を示します。

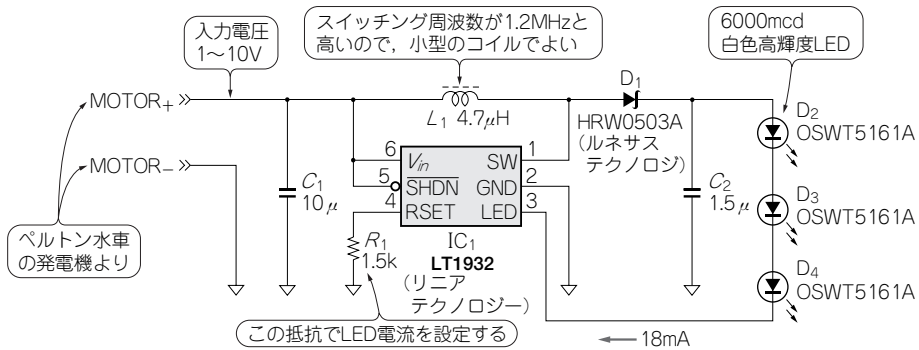


図10-9 小型ペルトン水車と組み合わせる高輝度LED駆動回路

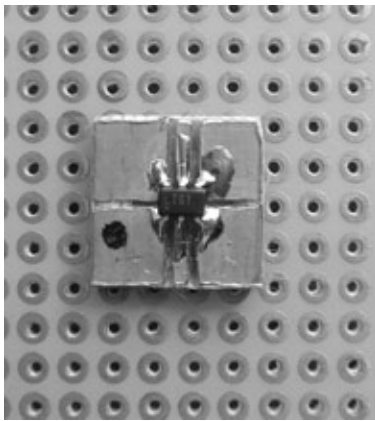


写真10-5 LT1932を実装する方法

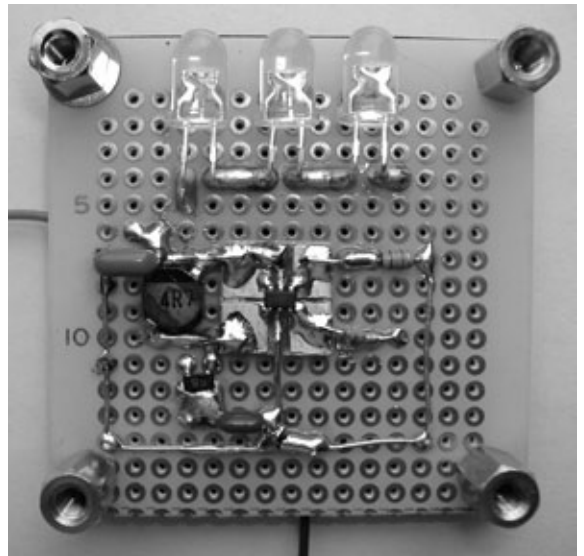


写真10-6 部品実装後の高輝度LED駆動回路基板

\*

この小型ペルトン水車は、ジョイントの寸法精度と、羽根の組み立て精度が良ければ、水道の蛇口をいっぱいにも開けても極めてスムーズに回り、高輝度LEDが明るく輝きます。

水車の羽根は小さいほど回転数が上がります。表10-1のモータなら、もっと羽根を小さくしたほうが良いです。したがって水道の蛇口に取り付ける「小さな光る蛇口」を作ることにも可能だと思います。

◆参考文献◆

- (1) 福田 節雄；発電工学(上)，標準電気講座，電気書院，1966年7月。
- (2) LT1932仕様書，定電流DC/DC LEDドライバ，ThinSOT，リニアテクノロジー，2001年7月。

第1部

第2部

第3部

第4部

第5部