

## 水道手元ライト

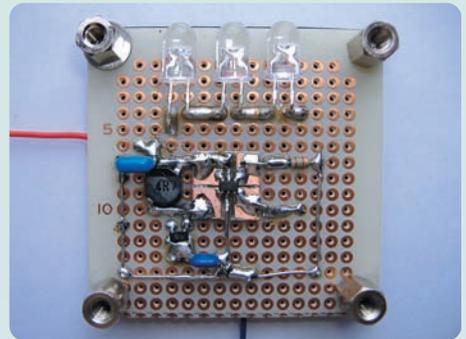
水道水でペルトン水車を回しLEDを点灯させた(第10章)



(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

おかえりなさい

(c) 帰省、帰宅する人を温く迎える

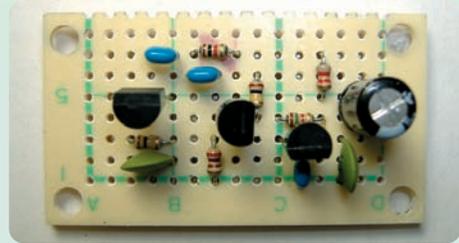
見本

## 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



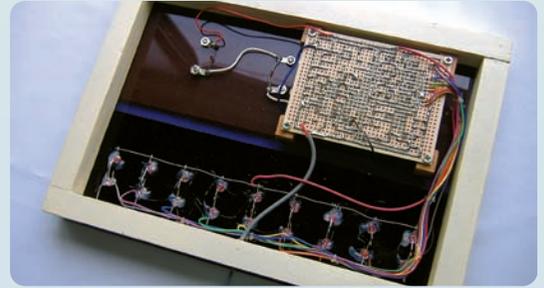
(f) 麹室で発酵中

# ゴルフ・トレーナ

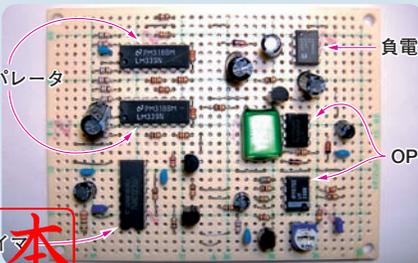
電磁誘導を利用してヘッド・スピードや飛距離を予想する(第4章)



(a) 外観

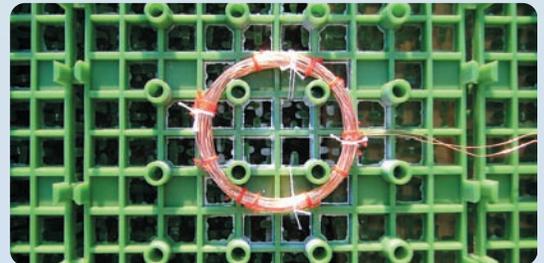


(b) 裏から



見本

(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



見本

(c) ハブダイナモ式 10W 水車



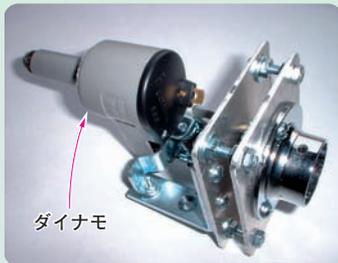
(d) 発電中の水車

## 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



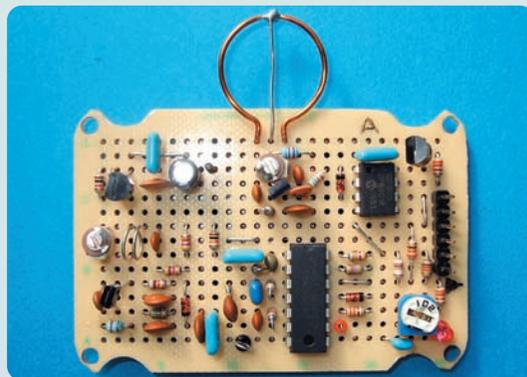
(c) 充電コントローラ

## 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)



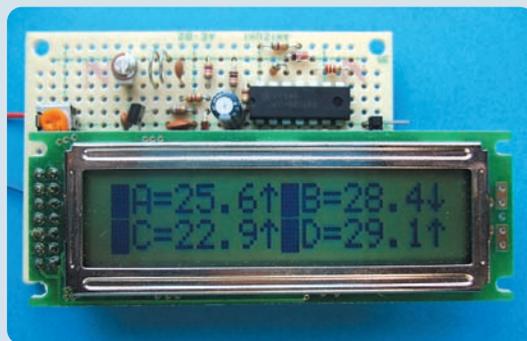
(a) ビニル・ハウス内の温度を均一にしたかった



(b) 無線伝送装置を手作りました



(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)

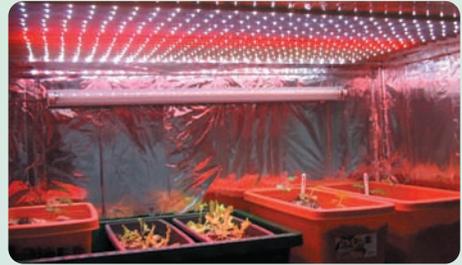
見本

## ミニ植物工場

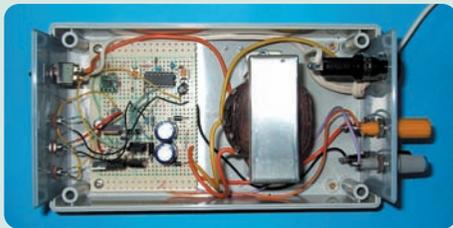
405個の高輝度LEDやエアコン、50Wの土壌ヒータで作る(第7章)



(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

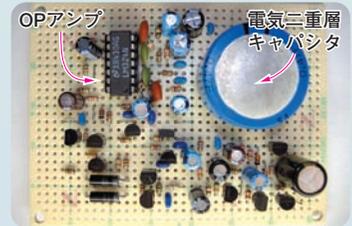
電力を電気二重層キャパシタに蓄えボイス・レコーダで鳴き声を再生した(第1章)



(a) 電子番犬の住むソーラ・ハウス



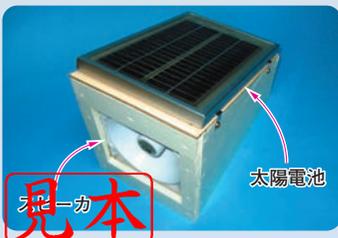
(b) フレネル・レンズで検出距離を2→5mに



(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・スピーカーで鳴らす(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



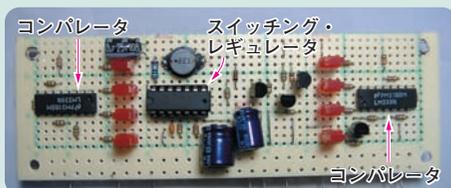
(b) キャンプで使用中的ようす

## 人力による2次電池充電器

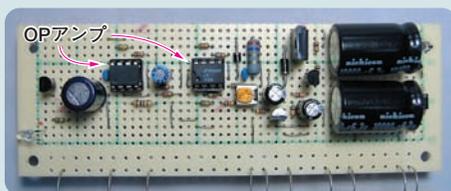
走行中に充電し、夜間はテール・ランプを明るく光らせる(第17章)



(a) 自転車に取り付けた充電器とテール・ランプ



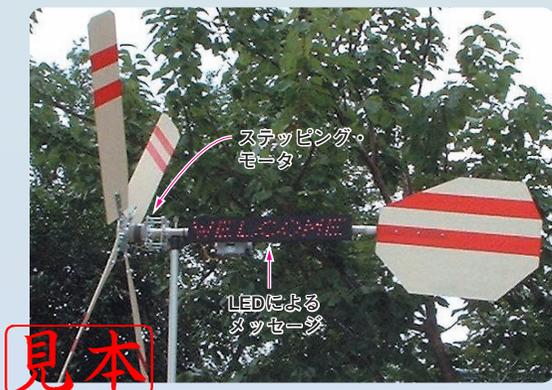
(b) 発電のようすがわかるLEDバー表示回路



(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)

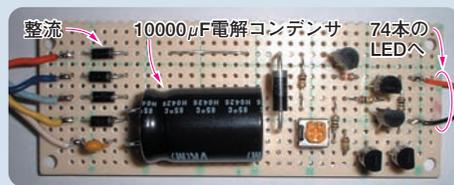


(a) 1W風車でLEDを光らす

(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

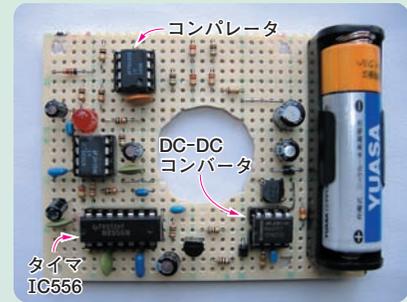
結露センサを使って手作りした降雨センサで雨を知らせる(第3章)



(a) 物ほし竿に取り付け、雨が降るのを待つ



(b) 結露センサ



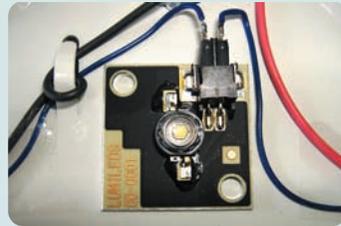
(c) 基板

## 終夜灯

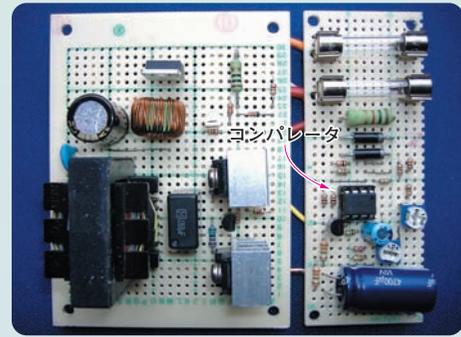
自動車用バッテリーに蓄え、夜間パワーLEDや蛍光灯を点灯させる(第5章)



(a) 蛍光灯モードで点灯中



(b) 使用したパワーLED

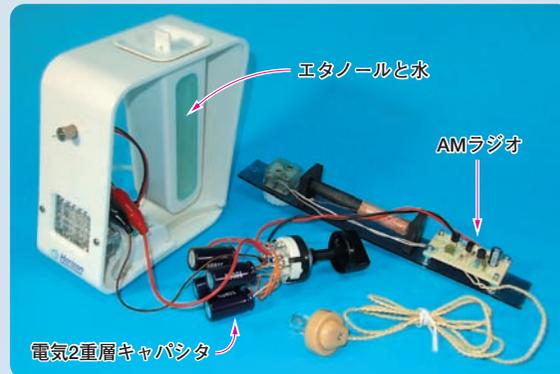


インバータ回路 照度検出回路

(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)



見本

## ◆ 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

壱岐島風力発電所、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

● 宝はどこにでも隠れている

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・m(ニュートン・メートル)、kgf・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・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、**電気エネルギー**、熱エネルギー、電気エネルギーなど**見本**の種類の種類(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。

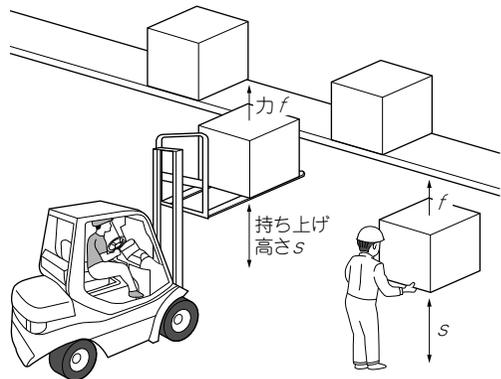


図0-A エネルギーは仕事をした結果生ずる

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kWhであり、これは世界全体の年間総エネルギー100兆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。

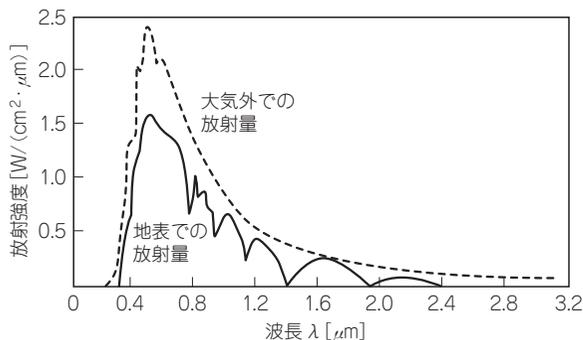


図0-1<sup>(1)</sup> 太陽エネルギーの波長分布  
可視光近辺にエネルギーのピークがある



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%

見本

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。

18 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

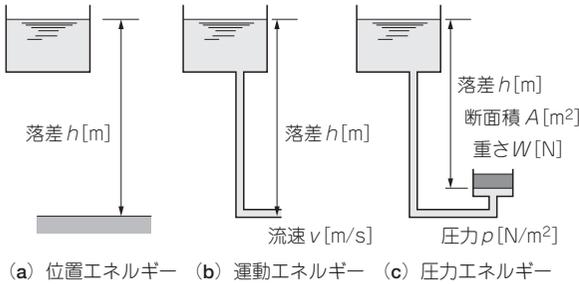


図0-2 水の持つエネルギーの三つのかたち  
位置エネルギー，運動エネルギー，圧力エネルギーからなる



写真0-3 落差をエネルギーに変える水路式水力発電所  
九州電力天ヶ瀬発電所(大分県日田郡天ヶ瀬町)

▶ 位置エネルギー

図0-2において落差  $h$  [m] の水の位置エネルギー  $E_e$  [J/m<sup>3</sup>] は，水の密度を1とすると，

$$E_e = gh \dots\dots\dots (0-2)$$

と表されます．ここで  $g = 9.8$  [m/s<sup>2</sup>] は重力加速度で定数です．水の単位重量  $1\text{kg}\cdot W$  あたりでは，式 (0-2) を  $g$  で割って，

$$\text{位置ヘッド} = h \text{ [m]} \dots\dots\dots (0-3)$$

つまり，落差そのものが位置エネルギーとなります．水力発電ではこの落差を利用しています(写真0-3)．なお，ヘッド(hydraulic head)とは，水の持つ速度や圧力エネルギーを，高さ(落差)，つまり位置エネルギーに換算した値のことで，単位は [m] です．

▶ 速度エネルギー

次に落差  $h$  [m] のところの水をパイプで引いてきて流出させたときの水の速度を  $v$  [m/s] とすると，速度  $v$  [m/s] のときの速度エネルギー  $E_k$  [J/m<sup>3</sup>] は，

$$E_k = v^2/2 \dots\dots\dots (0-4)$$

となります．水の速度エネルギー  $E_k$  は，位置エネルギー  $E_e$  が形を変えたものですから，式 (0-2) と (0-4) は等しくなります．すると，

$$v = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (0-5)$$

という関係式が導かれます．

一方，水の単位重量あたりでは，式 (0-4) を  $g$  で割って，

$$\text{速度ヘッド} = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (0-6)$$

が運動エネルギーとなります．

▶ 圧力エネルギー

次に落差  $h$  の位置に断面積  $A$  [m<sup>2</sup>] の筒があり，重量  $W$  [N] のおもりで釣り合っている場合，圧力  $p$  [N/m<sup>2</sup>] は，

$$p = gh = W/A \dots\dots\dots (0-7)$$

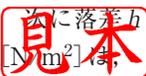




写真0-4 落差をエネルギーに変える発電用上掛け水車  
自転車のリムをVブーリーに利用している、左が発電ボックス

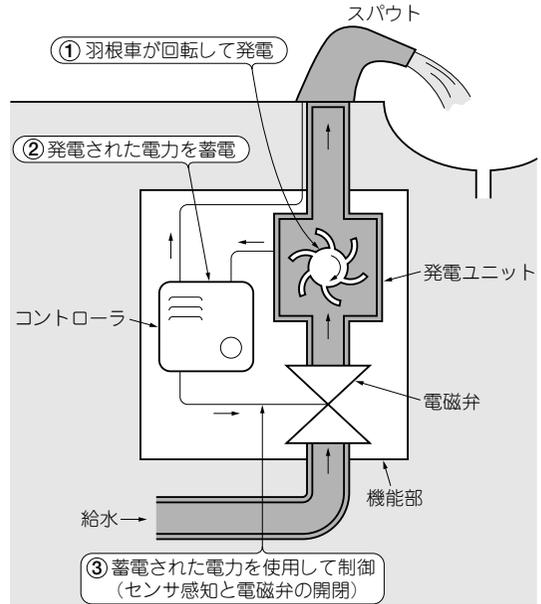


図0-3<sup>(2)</sup> 水道水からエ  
ネルギーを得る自動水栓

で表されます。これを  $g$  で割ると、

$$\text{圧力ヘッド} = p/g \dots\dots\dots (0-8)$$

となります。

エネルギー保存の法則により、この三つのヘッドは一定になります。

$$h + \frac{v^2}{2g} + p/g = \text{一定} \dots\dots\dots (0-9)$$

この式はベルヌーイの定理と呼ばれています。

以上より水の持つエネルギーを利用するには、

- ① 落差を利用する
- ② 流速を利用する
- ③ 水圧を利用する

という三つの方法があることが分かります。

①は上掛け水車のように、高所で水をバケツに受けてその重量で水車を回します(写真0-4)。②はペルトン水車のように、ノズルから水を高速で小さな水車の羽根にぶつけます。③は水車の羽根を大きくして、水圧で水車を回します。①、②、③を組み合わせる方法もあります。

黒部ダムの発電量は95000kWhと膨大ですが、水車の直径はわずか2.5mです。これは上記②のペルトン水車を使っているからです。さて、水力エネルギーは身近に小さな河川がある田舎でしか利用できないのでしょうか。そんなことはありません。第10章の製作例では、水道水の圧力を利用した照明器具を紹介しています。



実際(図0-3)のような商品が販売されています。これは洗面所の自動水栓の電源を、水道の水の流れを使った水車(羽根車)から得ているものです。水回りにAC100Vを引いてくることは、感電の危険が

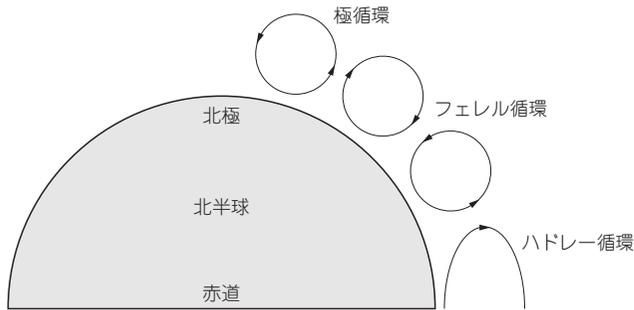


図0-4 地表の空気の流れ

表0-2<sup>(3)</sup> 風力と対応する風速，現象  
ビューフォート風力階級と呼ばれる。これはその一部

風力	風速 [m/s]	現象
0	0～0.2	煙がまっすぐ昇る
1	0.3～1.5	煙がたなびく
2	1.6～3.3	木の葉がゆれる
3	3.4～5.4	小枝がゆれる
4	5.5～7.9	砂埃が立つ
5	8.0～10.7	葉のある木が揺れる
6	10.8～13.8	木の太枝が揺れる
7	13.9～17.1	大きな木の全体が揺れる
8	17.2～20.7	小枝が折れる
9	20.8～24.4	屋根瓦が飛ぶ

あるので避けたいものです。水からエネルギーを得るのはこの点で当を得ています。水力を利用した製作例を第10章～第14章で紹介します。

### ● 風のエネルギー

風は地表の空気の流れであり，その源は太陽エネルギーです。図0-4のように太陽熱により地表が暖められて対流が起こります。

図0-4を見るといくつかの流れがあります。これに地球の回転が加わって複雑な流れとなります。また，地表の局所的な温度差により，低気圧，高気圧が発生し，これも風の原因となります。

風の吹き方は地形で大きく変わります。海陸風や山谷風は毎日定期的に発生します。また，周囲の樹木や建物の影響を受けて，ほとんど風の吹かない場所もあります。

#### ▶ 風速と風力の違い

風速は図0-5のような風速計を使って測定します。単位は [m/s] です。天気予報で「風速〇m」と言っているのはこのことです。

一方，風の強さ，つまり風による影響は風力として表され，表0-2のような段階があります。ビューフォート風力階級と呼ばれます。

年間を通じて風速10m/s以上の風の吹く回数が多いのは，室戸岬，大島，寿都(北海道)，八丈島，浦河(北海道)の順です。島嶼と北海道が圧倒的に風が強いです<sup>(3)</sup>。

#### ▶ 風車には水平軸型と垂直軸型がある

風のエネルギーは，風車を利用して得ることがほとんどです。風車は大きく，水平軸型と垂直軸型に分けることができます。水平軸型は風車の回転軸が地面に対して水平になるタイプです。写真0-5に一例を示します。水平軸型は風車の方向を常に風の方向に向ける必要があります。

写真0-6は垂直軸型風車の例です。風車の回転軸が地面に対して垂直となるタイプで，重い発電機を地面に設置できます。また，風向によって向きを変える必要がなく，強風に対してもメンテナンスが容易です。しかし，あまり効率が良くないのが難点です。

**見本** 世界最大の風車は，ハワイのオアフ島に建設されたMOD-5Bです。水平軸型で，直径100mの2本のブレードにより出力3.2kWを達成しました。現在は経済的理由により撤去されています。風力を利用した製作例を第8章，第9章で紹介します。

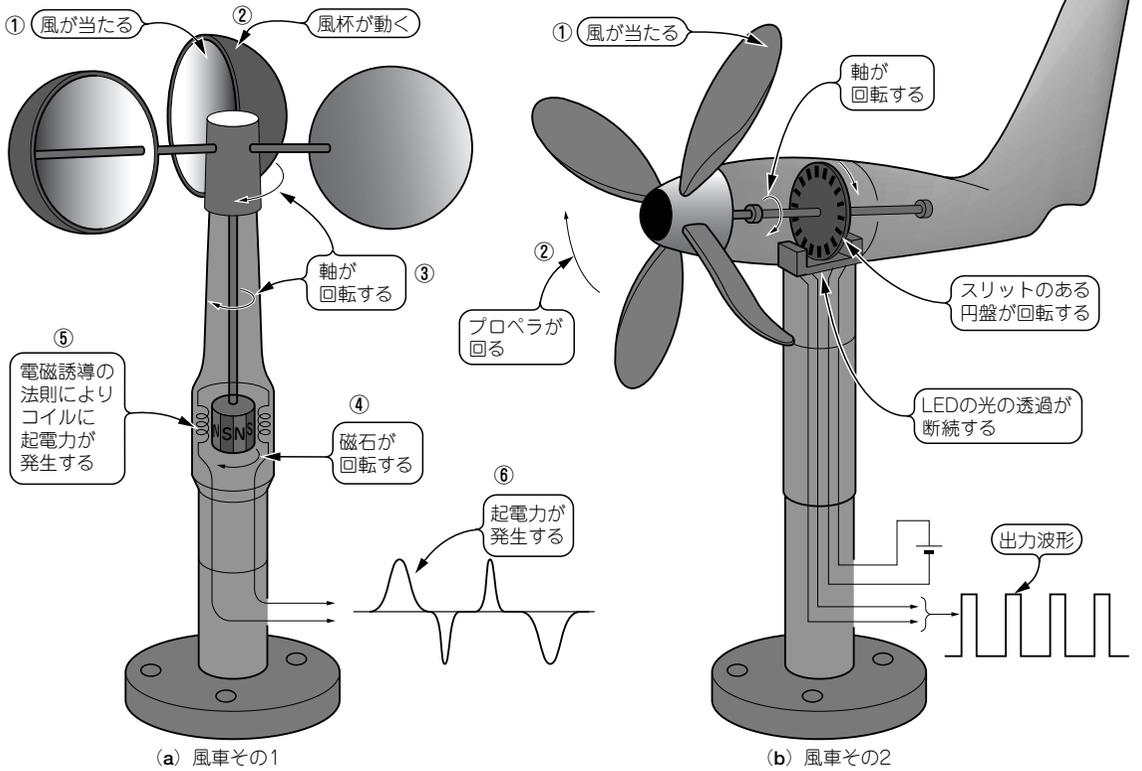


図0-5 風速計の原理(左：風杯型，右：プロペラ型)  
電磁誘導による発電，LEDとスリット板などを利用する



写真0-5 水平軸型風車の例  
SW-X(米 Southwest Windpower,  
メーカ無断で複製)ローター直径  
1.17m、定格出力400W(12.5m/s)



写真0-6 垂直軸型風車の例(ジャイロミル型)  
くじゅう花公園(大分県久住町)