

マイクロ水力発電を実現する為に

2004 年 10 月

著者：William H. Kemp
Clayton, Ontario, CANADA
2003

本簡易説明書は、実際この作業を実践している Mr. Kemp により 2003 年末発表されました。弊社は同氏の許可を得て日本語に翻訳しています。翻訳内容が不明な場合下記住所までご連絡下さい。

内 容	ページ
1) マイクロ水力発電について	2 - 13
2) 蓄電池の選定と設計	14 - 23
3) DC 電圧の制御	24 - 33
4) DC から AC 変換（インバーター使用）	34 - 39
5) いよいよ発電開始です	40 - 42

〒532-0003
大阪市淀川区宮原 4-4-63
新大阪千代田ビル別館
株式会社イズミ
Fax: 06-6391-2969
email: osaka@izumicorp.co.jp
www.izumicorp.co.jp

1) マイクロ水力発電について

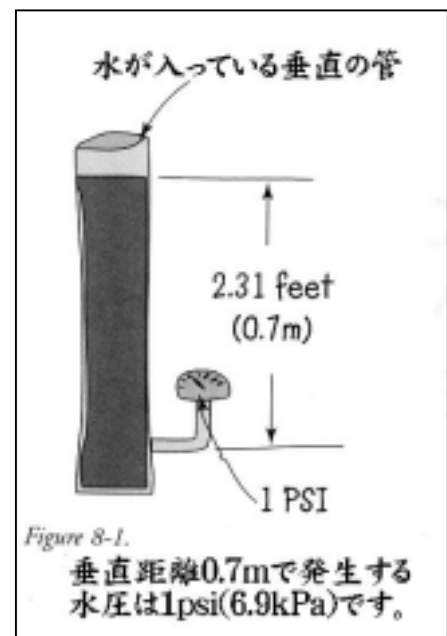
もし、貴方の土地に小さな川、又は小さな流れ、小さな滝があると仮定した場合、マイクロ水力発電を考えてみても、そう悪いことではありません。太陽発電パネルは疑いもなく取り付け簡単、保守安易な一番簡単な自然エネルギーソースですが、マイクロ水力（1KW以下）発電が一番安価な方法です。水の密度は風よりもはるかに高いのです。この密度の高さゆえに同じ出力の風力発電の寸法で比較した場合、水力発電機のほうが、はるかに何倍も小型になっている事に気づかれるでしょう。小型のメリットは据付が簡単で済み、投資金額がはるかに少なく済む効果があります。その上水力発電は通常 24 時間発電を可能にして来ました。少量の発電量でも長期間となりますと、大型発電にひけを取りません。例えば 1,000W の発電量の太陽発電を例に取ります。一日の有効太陽照射時間 5 時間で実行発電量は 5kW のエネルギーとなります。200W の小型の水力発電機で 24 時間運転すれば同じことになります。しかし一般的に風力や太陽と比較して水力発電に適した場所には制限が見受けられます。

水力発電の理解

電気が発生する原理は**引力の力で動く水の運動エネルギー**利用です。圧力（ヘッド）と流量が水の潜在的エネルギーを決定しています。引力の影響で水が下にめがけて落ちる距離が（垂直距離）ヘッド圧となります。ヘッドはフィート（距離）で測定されるか、若しくは圧力単位（例えば PSI=Pounds per square inch, 若しくは kPa=kilo Pascals）で表現されます。垂直に立っている管内の水は、その底辺では 2.31 フィートごとに 1 psi(6.9kPa)の比で力が発生する事は良く知られています。

この理論からヘッド圧の計算は高さから割り出すか、その反対に、圧力から高さを計算できます。流量とはある場所から、ある場所まで、ある時間内で移動した水の量を意味します。典型的な呼び名は、GPM=ガロン パー分、又は LPM=リッター パー 分、（＝一分間でのリッター数）です。

この流量とヘッド圧が数学的に重ね合わされた時点で力が発生し、その単位は馬力又はワットで知ることが可能です。この水力の力の単位が発電機の力でワットに変換された時点で、通常使用している電気単位で物事を考える事が出来ます。また、ヘッド圧と流量には相関関係があり、高低差のある場所での少ない流量が作り出す電力は、高低差が少ない場所での大流量と同じ電気を生み出せるのです。



例えば高さ 100ft で 2GPM の水が流れる場所は、2ft の高さで 100GPM の水が流れる場所と同じ結果が得られるのです。水力発電の場所は通常このどちらかが選ばれます。高ヘッド圧の場合、高い丘や山の地域で、水の高低差は 100－1000 メーターに及ぶ為、水量は少なく済み水管は細く、発電機も比較的小型で済みます。

低ヘッド場所は正反対の話となります。場所としては川中の流れで、水の高低差は0.6-3mで十分です。低ヘッド圧で決めなければならない事は、先ず十分な水の量が必要で、発電機も安価とは言えなくなります。発電機の種類は大まかには2種類に分類されますが、ここではその事を気にする必要はありません。貴方が最適な発電機を選ぼうとしますと、水の流れが豊かで、高低差が少ないか、若しくはその正反対のどちらかです。全ての発電機は、必要な部品点数から構成され、その工事は行わなければなりません。



図 8-2: ターゴ型回転体水力発電機は高ヘッド、低流量に適しています。カナダの取り付け例です。

ターゴランナー



N 邸水力発電装置：写真提供 福井市 西村様

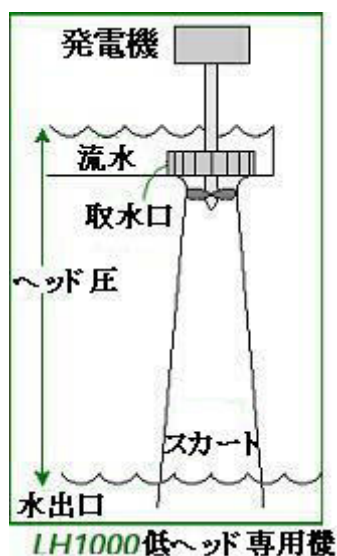


図 8-3, 8-4 では低ヘッド、高流量水力発電機の実取り付け状況を示しています。低ヘッド型では大量の水を取り込みますので、写真では灰色のプラスチック容器で用水路を確保しています。流れ込んだ水は発電機の中心軸に集められ、取り込み口を經由して落下します。この取り付け口は固定式で、流れ落ちる水を回転翼（ランナー）に向かって正しい角度で押し当てるように工夫されています。この写真の低ヘッド型発電機のランナーはモーターボートのプロペラの形状を採用し、上から流れ落ちる水の動的エネルギーを最大限受け止め、その回転で発電を行っています。排水チューブの役目は、水の流れを安定させる役目を担っています。下側に向かってラッパ上に拡大している事によりランナーから出た水が、強制的に下側に移行出来る役目を担っています。ヘッド圧を高くすることで発電機の出力を増加させるには、この排水チューブ「スカート」の延長を行うことで可能となります。

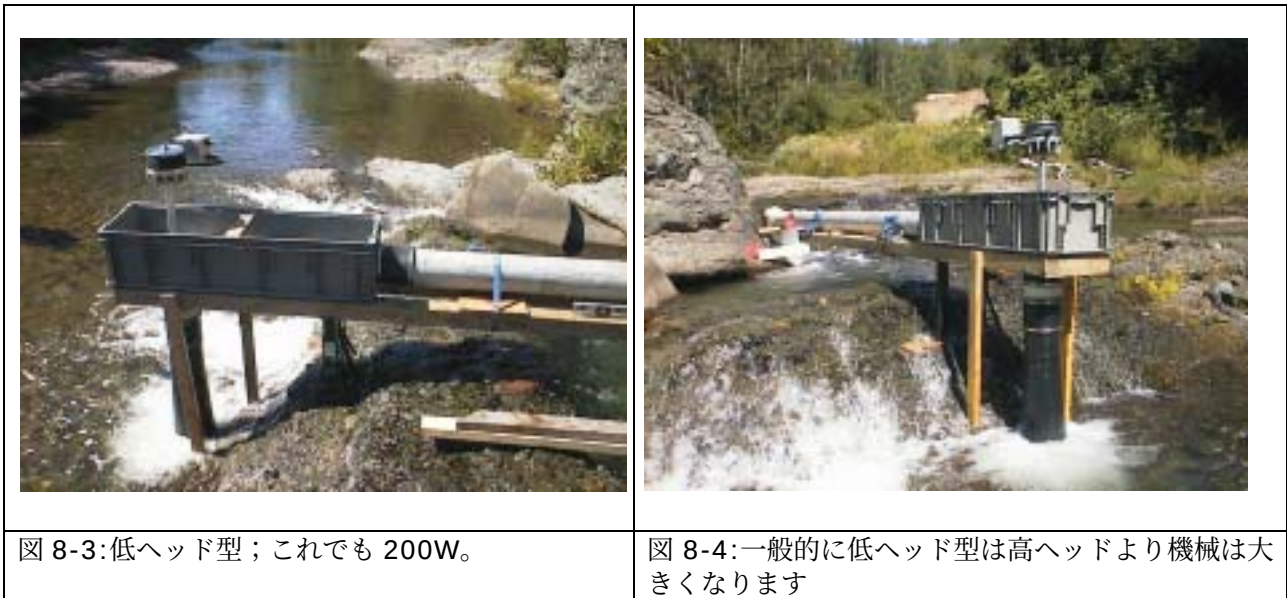
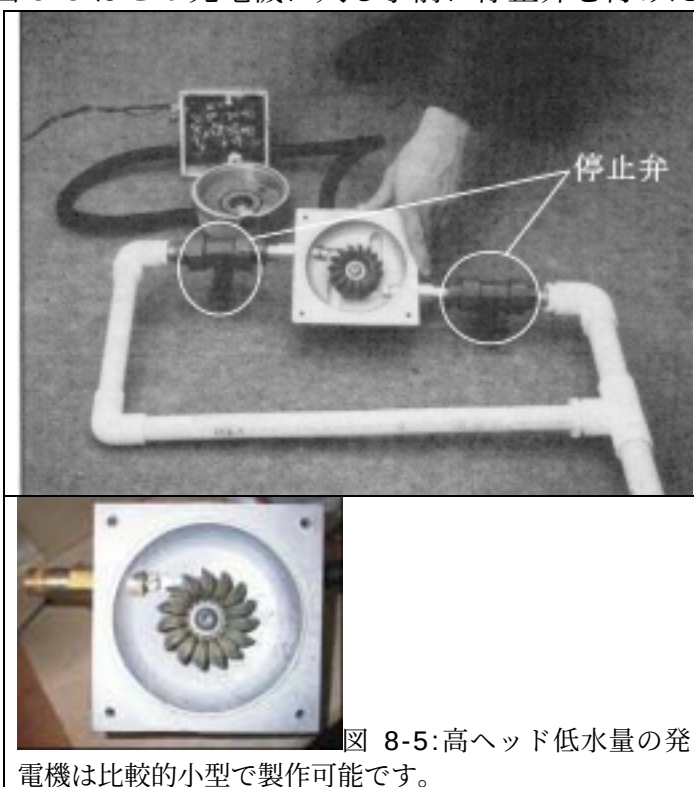


図 8-5 に代表される“ターゴ”ランナーでの高ヘッド型の場合、低水量でランナーを高速回転させる為発電機は比較的小型で済みます。高さを上げることによる水圧の増加で、水量の不足を補っています。例えば 300ft(91m)の高さではノズルでの水圧は 130psi(900kPa)となります。

$$300\text{ft Head} \div 2.31\text{ft/psi} = 130\text{psi}$$

図 8-5 はこの発電機に入る手前に停止弁を付けた分岐された水管の写真です。



この停止弁は定期検査時に水の流れを止め、乾季に水の流れを絞るのに役立ちます。停止弁を通過した水はターゴランナーの回転プロペラに当たる前に水の流れを絞るノズルを通過します。ノズルの出口口径は水の流れを調整し発電機の効率を引き上げます。ノズルから飛び出た高圧水は回転力のランナーを経由して変化され発電機の軸回転となり、電気を発生します。水はその後、解放された発電機の底から放水路に向かって流れ出てゆきます。実際のレイアウトは、ダム、取り入れ口、導管、放水路から構成されます。図 8-6 は高ヘッド型水力発電機的主要な構成を示しています。ダムの目的は、水底と水面の中間辺りで取水管とフィルターを取り付ける為の構造が必要です。もし水深が十分な深さであれば、四角い

小さな箱にフィルターを付けた取水箱を沈めることで、ダム無しで、行えます。ダムから出た場所に停止弁が設けられ、保守点検時での導水管の水抜きや管の取替え時に水を停止

するのに必要です。導水管の一番高い場所には空気弁が必要で、一番低い場所では水抜き弁と圧力開放弁が設けてあります。その後、圧力計、2 番目の停止弁を設けます。

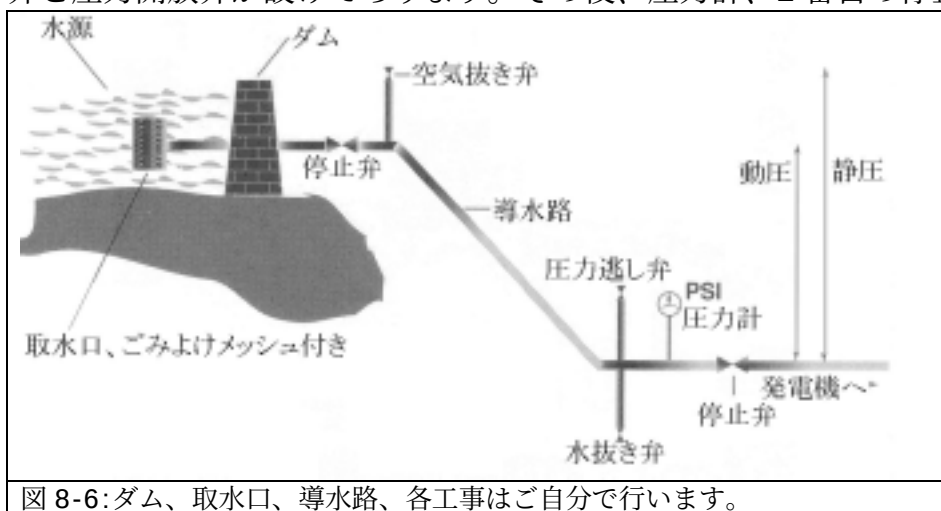


図 8-6:ダム、取水口、導水路、各工事をご自分で行います。

導水管の下側の発電停止弁を閉じますと、水の流れは停止し導水管内には一番高い位置まで水が満たされています。これを静的圧力、又は流れないヘッド圧と呼んでいます。最初の説明で、上下の距離を因子 2.31 で割りますと PSI 単位での圧力に換算できると説明し

ています。導水管下側停止弁を閉じた時点で、下側の圧力計はこの静圧を表示しています。

再びこの弁を開けますと水は上から発電機に向かって流れ出します。同時に圧力計の表示は低下します。何故圧力低下が発生するかは、導水管内部の軋轢抵抗が低下した事からと説明できます。抵抗低下は同時に発電量の低下を意味します。この抜け道として導水管の口径を太いものにする方法があります。又は PVC 素材の管の代わりに低軋轢ポリエチレン管を使用する事も有効です。内部抵抗はポリエチレンパイプでは大きいのですが、工事が簡単で済み、連続したパイプで供給されています。PVC 管は繋ぐ工事が必要で、内部損失は少ないのですが、繋ぎ目の損失も工事により増加します。添付資料 9a ではポリプロピレン管での軋轢による圧力低下の表を示し 9b では PVC 管の損失係を示しています。（この詳しい説明は、後半の“導水路の設計について”で再度行われます）

高低差とヘッド圧は同じなので、流れる水の圧力が**動的圧力**となります。この意味は移動下での圧であり、その水力応用システムでの全ての損失を加味した**有効ヘッド圧**ともいえます。

ご家庭で水道栓を締めたとたん家全体が揺れる（大げさですが）現象にあわなかったでしょうか？（=水道配管にうなり声を起こす現象）：この現象は流れる水が急に停止した時点で引き起こされます。流れる水は動的エネルギーを有しています。それが停止させられれば、そのエネルギーは他で消費されなければなりません。貨物列車が急に停止した場合、連結部分で悲鳴が起こるのと同じです。水力発電機で、安全回路が設けられない場合、急に停止した場合の余分な動的エネルギーは導水管で消費され、吸収が足りなければ破損エネルギーに変化し、外気に放出されます。実際のシステムではこの様な事故防止の為安全弁が配管底辺部に設けられています。実際の動きでは、導水管の内部圧力が一定以上に上昇した時点で、管の破壊前に、安全弁が開き、内圧を外気に放出します。高さの一番上側の空気弁は導水管内に空気が混入しない為に必要です。低ヘッド圧型でのシステムはこの様な複雑性はありませんが、最低、ダム、開放型導水路が、図 8-3 の様に、必要です。

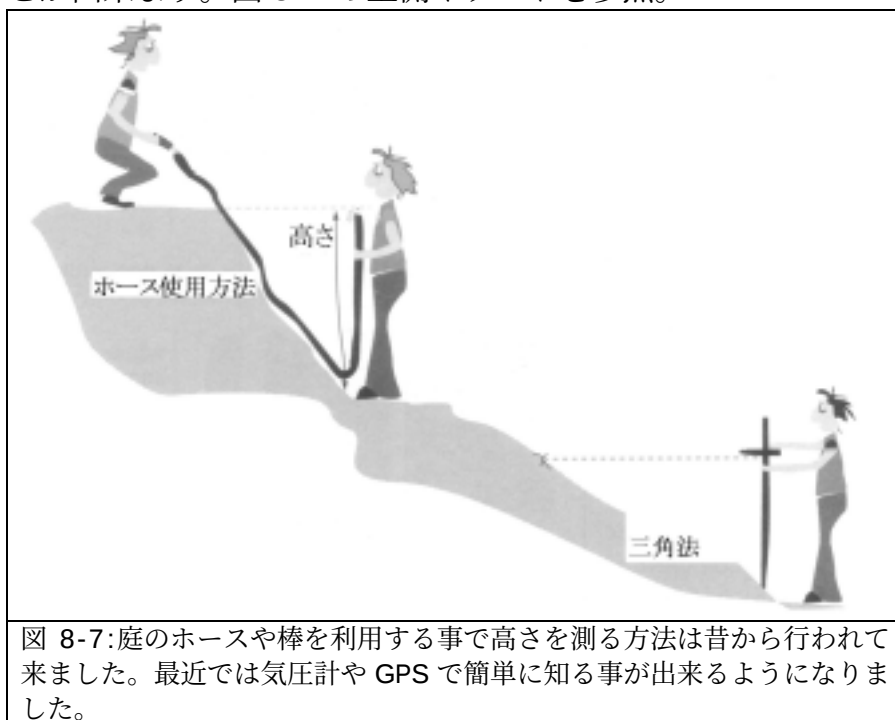
発電に最適な場所は？

今、マイクロ水力発電を計画されておられる場合、その場所が最適かどうかの判断の為に、最低条件を調査する必要があります。貴方の目標とされる場所の資源の有効度は以下の状況で決定されます：

- ＊ 高低差
- ＊ 取り入れ口での水の流量
- ＊ 導水経路の状態
- ＊ 発電後の送電距離

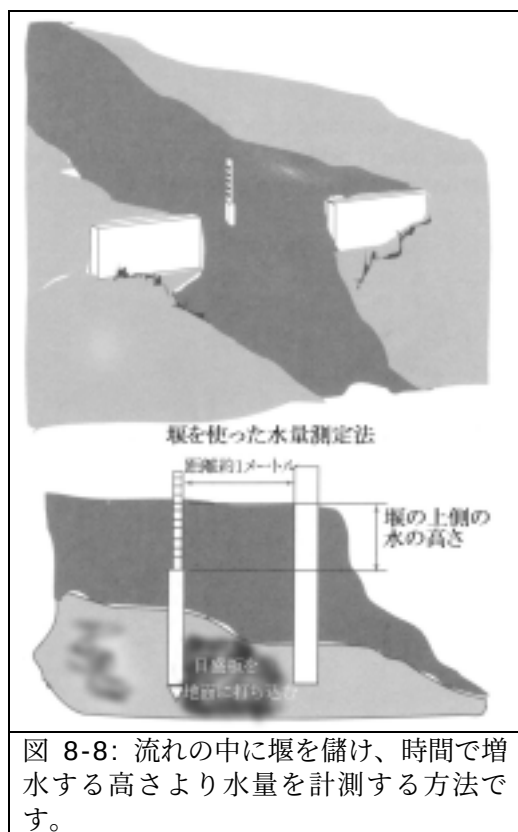
高低差

高低差の測定には色々な方法があります。専門業者に頼らない簡易方法は以下の通りです。：水の取り入れ口の高さで水道ホースを一名が持ちます。一定距離(長さ)のホースには水が満たされています。もう一名はホースを持ち上げて下方に移動します。ホースには垂直距離 1 メーターに印がつけられています。高低差 1 メーターでは垂直ホースに丁度水が先端に来ます。このやり方を何回も繰り返し、発電場所と取り入れ口の垂直距離を得ることが出来ます。図 8-7 の上側イラストを参照。



下側のイラストは：棒の上に水平器を載せ、水平の状態、その先の場所を経緯儀を使用し高低を測量します。その場所に移動し又上側を測定。こうして下側から上に向かい、最終取り入れ口までの距離を加算します。最近の腕時計では気圧による高さを知るタイプが販売されています。地図情報で海拔データーを利用し、割り出す可能性もあります。

得られる水の量



リッター/分に換算できます。

少量の水量を計測する簡易法は、取り入れ口に、岩、ベニア板、その他水をせき止められる場所を確保し、ホースに水が取り込みやすい状況で、ある容量の容器に一定時間水を貯めることです。時間と得られた量から流量を知ることが出来ます。この方法は低流量測定に適しています。

大流量の測定の場合は“^{せき}堰”を利用した測定方法をお勧めします。大きな板の中央部に長方形の開口部を設け、ダムを作る様に、水の流れに押し込めます。図 8-8 を参照。水の流れの中央部には、杭を打ち込みその上に距離を示した目盛り板を設けます。目盛りゼロ位置と堰の下側のレベルが開始点となります。水が堰に貯まりだし、目盛りの上側に向かって水が競りあがります。堰の位置と目盛計の距離を 1.5 - 2 メーター離します。

測定結果から US ガロン/分の流量を知る事が下の表 8-1 で可能です。その数値に 3.8 を掛けますと、

表 8-1 - 堰による測定量換算表								
目盛り高さ 1/8 から 10-7/8 迄の US ガロン/分 (gpm) ・ 幅 1 インチの堰幅。								
Inches		1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0.0	0.1	0.4	0.7	1.0	1.4	1.9	2.4
1	3.0	3.5	4.1	4.8	5.5	6.1	6.9	7.6
2	8.5	9.2	10.1	10.9	11.8	12.7	13.6	14.6
3	15.5	16.5	17.5	18.6	19.5	20.6	21.7	22.8
4	23.9	25.1	26.2	27.4	28.5	29.7	31.0	32.2
5	33.4	34.7	36.0	37.3	38.5	39.9	41.2	42.6
6	43.9	45.3	46.8	48.2	49.5	51.0	52.4	53.9
7	55.4	56.8	58.3	59.9	61.4	63.0	64.6	66.0
8	67.7	69.3	70.8	72.5	74.1	75.8	77.4	79.1
9	80.8	82.4	84.2	85.9	87.6	89.3	91.0	92.8
10	94.5	96.3	98.1	99.9	101.7	103.6	105.4	107.3
計算応用例:								
川中の目盛りが 9-3/8 の位置とします。先ず左端の 9 を選び、右に向かい 3/8 の欄を見ます。そこのデータは 85.9gpm となっています。この値は堰の幅距離 1 インチですので、貴方の作った堰幅をインチ数で掛けてください。最後に 3.8 を掛けますと、リッター/分となります。.								

水量測定は一年に数回行い最低と最高量を知る必要があります。貴方の必要とする電力が、ある季節（渇水期）には水量が不足する場合、その他の発電方法で不足分を補う事も必要です（太陽発電、風力発電等）。その場所での水の流れによる自然形態の破壊は避けなければなりません。生態系に水不足を引き起こさないことや、魚や小動物が発電機に吸い込まれないフィルターを取水口に設けなければなりません。取水口で得られた水のエネルギーはそのまま元の流れに戻し、最終流量に変更を与えてはなりません。自然エネルギー利用は元来環境保全が最終目的であることを思い出して下さい。

流速が高く高低差がない場所

今まで水力発電には必ず、ヘッドと水量が必要だと力説してきましたが、ヘッド無しで発電可能な発電機も紹介しなければなりません。

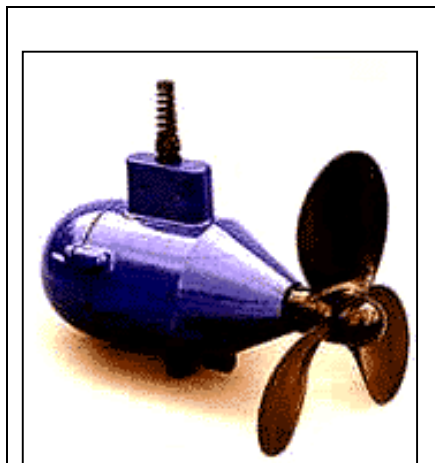


図 8-9: 流水が早い場合、水に漬けておくだけで発電可能モデル

これをゼロヘッド型と呼びます。この発電機は水の流れの**流速**を必要とします。現在最大出力 **100W** 機しか発売されていませんが、24 時間流れる水の場合、非常に有効な手段といえます。最初の開発テーマは、帆船の動きで発電機を引張り羽根を回転させ帆船の蓄電池充電用として開発されました。帆船の動きで海水の流れを作る事と、川の流れに漬け込む事は同じ結果を生みます。疎水や、急流に発電機を漬け込み、手前の羽根を回転させます。水の流れの速さを知るには、ピンポン球を水に浮かべます。貴方が歩く速度とほぼ同様であればその場所は適切ではありません。歩調を速め、小走りの流速が最低必要です。その程度であれば **12V** で **6A** 発電可能で一日 24 時間 **1.7KW** 得ることが出来ます。もしピンポン球を追

いかけるのに更に走らなければならない流速の場合、**2.5KW** 得ることが出来ます。設備は簡単で、水が凍らない環境や夏小屋にも適しています。

導水路の設計について

上記のゼロヘッド型以外、水力発電は全て送水管が必要です。ダムに貯めた水でも、短距離の用水路が必要です。ノズルに入り込む流れを阻害しない、またランナーの回転を阻害しない(最低の抵抗)正しい寸法と、形式のパイプを使用することが非常に大切です。一定流量では、パイプの口径を太くしますと、内部抵抗が減少し、より多くの発電を得ることが出来ます。投資額の限界がありますが、口径を太めにされることをお勧めします。ヘッド圧の減少はシステムの効率低下に直結しますのでヘッド圧の減少は極力避ける必要があります。

添付表 9a を見てください。ポリエチレンパイプ 2 インチ直径管(50mm)では 100 フィートの距離(30 メーター)で流量 30gpm(113liter/minute)で 1.77 フィート (0.5m) のヘッド圧(ヘッド距離)が損失しているという意味です。例えば総延長距離 300 メーターでは 5m も距離を失うことを意味しています。同様に表 9b では、塩ビ管の場合です。2 インチ直径では 1.17 フィートの損失 (0.36M) で 300 メーターでは 3.6m の損失です。しかしポリエチレン管は凍結に強く、コイル状で入手できます。PVC 管は短い直線状で供給されガasket (口径が大きい場合) で繋ぎ合わせるか、接着剤で繋ぎ合わせる工事が必要です。

導水管設計の追加情報

水の取り入れ口のパイプには必ずフィルターをはめてください。四方をメッシュで囲んだ箱にパイプを入れ込む方法や、ホースの先端に小さな無数の穴をドリルで開けた先を繋ぐか、ある大きさの穴をドリルで開けその上からメッシュでカバーする色々な方法を考えます。メッシュの大きさは、発電機手前のノズルの大きさより小さくします。ノズルの先に雑物が詰まると発電機停止や、発電量の低下につながり、避けなければなりません。取水位置は川床の上で、沈泥を吸い込まない距離で、また反対に表面からの空気を吸い込まない深さが必要です。

取水口は直接流水の力や汚物が傍を通り過ぎるよう、流れの下流に向かった方向に設置します。この方法は、魚も取水口で事故を起こさせない方向です。定期的に取り水口周りに付着した木々の切れ端、葉っぱ、雑物を取り除く清掃作業が必要です。発電機手前にバイパス回路を設け、上流から下流まで、水の流れが問題ないか確認が必要です。土手を越えて水と呼び込む場合、最初に発電機手前の停止弁を閉じ、パイプ内に水を充満させ、停止弁を開き、サイホンの原理で水を引き上げる工夫があります。もし圧力が上がらない場合、一番高い箇所に設けられた空気抜きに真空ポンプ（手動）を作動させ、空気抜きを行います。この様に発電機手前のバイパスラインは、発電機に水を与えることなく、上流から下流に水を流し、パイプ内の空気を抜き、凍結の恐れのある場合、流れを速めてパイプを守ることが出来ます。ノズル手前の停止弁は必要です。さらにその手前に圧力計を取り付けます。水を停止した時点の圧力（静圧）と水が流れている時点での圧力（動圧）を知る必要が常に求められます。全ての停止弁の操作は、可能な限りゆっくり回し停止させ、ウォーターハンマー現象（パイプ中の水の柱が異常な停止動作による異常圧力発生による衝撃）を防止しなければなりません。この事故発生はパイプラインの破損につながりますので図 8-6 のイラストに示される発電機手前圧力計の前に圧力開放安全弁を設けます。この安全弁は、雑物がノズルに詰まり、水の流れが急に停止する事故対策にも有効です。

送電距離について

例として貴方の状況は、12VDC 蓄電池を使い、発電場所から蓄電池小屋までの距離を片道 30 メーター(往復 60 メーター)とします。(直流は往復距離が必要です)。送電線内の電気抵抗の為（電気損失発生）、蓄電池充電には少々高目の電圧を発生させる必要があります。仮定として現在 300W 発電しているとすれば 20A で 15VDC がまず基本データとなります。

（この仮定条件が以下の例として使用されます）

どんな導電物資も完全でない訳ですから、配線中の電気エネルギー損失をどの程度認めるかが必要になります。その損失を低くしようとすれば、多く損失する場合に比較し、太い高価な電線を使用しなければなりません。代案としては蓄電池を 24V,48V に変更する方法もあります。電圧が上がれば電流が下がります。有利な取引条件は全てにまたがる経済性です。また既に蓄電池を所有しているか、インバーターを使用しているのか等実情も考えます。さて、電圧ドロップの件に関しては通常そのロス を 10% と考えることからスタート出来ます。先ほどの 300W 発電状態で 10% 損失は 30W がなくなります。電線抵抗が不明な場合、ワットの損失から、以下の公式で類推できます。

$$\begin{aligned}
 \text{公式：} & \boxed{\text{ワット損失} \div \text{電流}^2} & = & \text{オーム値での電線抵抗値} \\
 & & = & 30\text{W} \div 20^2 \\
 & & = & 30\text{W} \div 40 \\
 & & = & 0.075 \text{ オーム} \quad \text{電線抵抗値}
 \end{aligned}$$

上記は 10%の電気損失を引き起こす電線抵抗値の計算方法です。実際の銅線による電線抵抗値は表 8-2 に示します。例として 200 フィート往復距離で試算します。

1000 フィート ÷ 200 フィート × 0.075 オーム = 0.375 オーム / 1000 フィート
 表 8-2 中ゲージ 6 を選定：この表から 1000 フィートでは 0.4 オームの抵抗となります。
 200 フィートで、

$$200 \div 1000 \times 0.4 = 0.08 \text{ オームとなります。}$$

投資価格は増加しますがより太い電線に移行しますと電力ロスは少なくなることは同じ表から簡単に理解出来ます。

表 8-2, 銅線抵抗値

電線ゲージ	インチでの直径	1000 フィートでのオーム	1 キロメートルでの抵抗
0000	0.460	0.05	0.16
000	0.410	0.06	0.20
00	0.364	0.08	0.26
0	0.324	0.10	0.32
2	0.258	0.16	0.52
4	0.204	0.25	0.83
6	0.162	0.40	1.32
8	0.128	0.64	2.10
10	0.102	1.02	3.34
12	0.081	1.62	5.31
14	0.064	2.58	8.43
16	0.051	4.10	13.39
18	0.040	6.52	21.33

(1 フィートは約 30cm)

電線中の電力低下は、電圧低下、電流低下の両方に及んでいます。電圧低下の計算式は以下の通りです：

$$\begin{aligned}
 \text{アンペア値での電流} \times \text{電線の抵抗値} & = \text{電線での電圧低下} \\
 & = 20\text{A} \times 0.08 \text{ オーム} \\
 & = 1.6\text{V} \text{ 低下}
 \end{aligned}$$

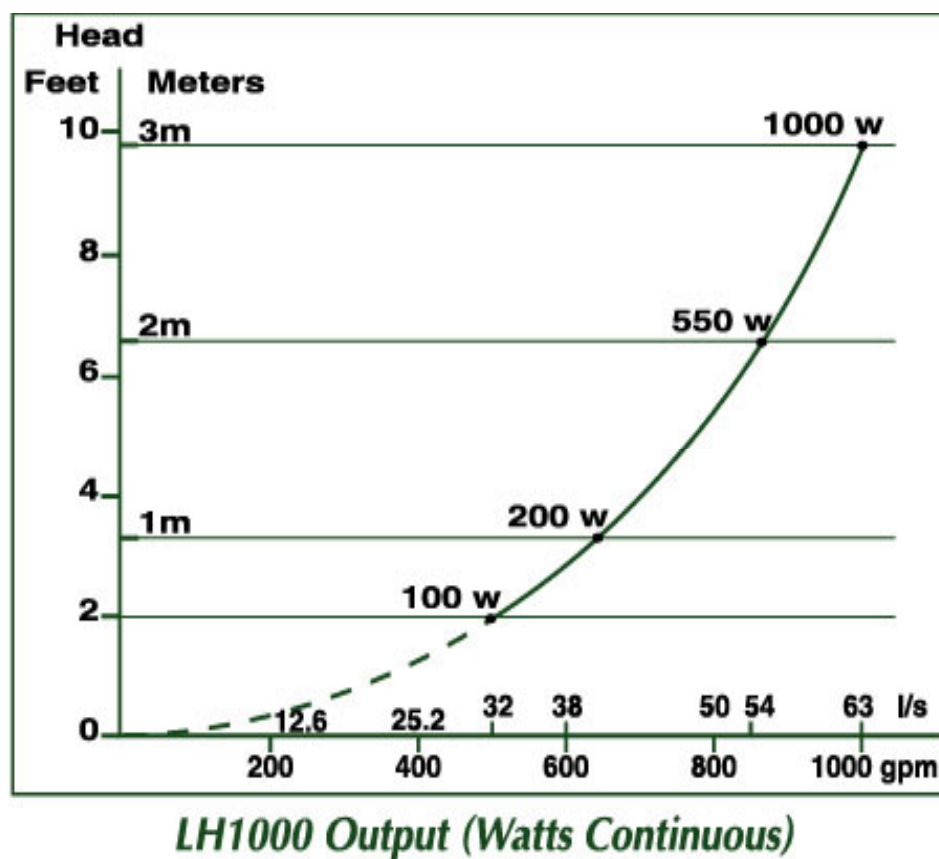
従って、もし蓄電池の充電電圧が 13.4V 入力とされている場合、発電機の出力は 15.0V で発電しなければなりません。ここでご注意頂きたいのはシステム電圧を決定しているのは蓄電池である事です。システム電圧の上昇、下降は蓄電池の充電状態で変化します。この深い説明は次の章ー蓄電池の選定と設計ーで詳しく説明します。

発電場所の最適性について

ヘッド圧、流量、配管、送電について詳しく検討してきました。しかしそのような具体的な場所でも、心の中で、本当にこの場所はマイクロ水力発電に適しているのだろうか？という疑問が残ります。この疑問に答えるには、貴方の発電機の性能がその場所に対応しているかどうか、発電機のデーターを調べる事が最後に必要だとお答えします。水力発電機の出力行データーは、風力発電機に見られるのと同様の出力カーブデーターで知ることが出来ます。風力の場合風速で発電量は大きく変化しますが、水力の場合流量とヘッドでその発電量は変化します。

表 8-3 でその一例を説明します。この表の意味は使用可能有効発電量はヘッド圧 2 フィート (0.6m) 水の流量 500gpm が最低必要であることを表示しています。最低発電量でありそれでも一日 24 時間で 2.4KW 発電してくれます。この表は低ヘッド型で、高ヘッド型では水の流量は少なくてもすみませんが、高低差は多く必要とされます。

表：8-3 低ヘッド型発電機：最大 1 KW 発電



添付資料

Appendix 9a
Polyethylene SDR Pipe Friction Losses
Pressure Loss from Friction in Feet of Head per 100 Feet (30 m)
of Pipe
(Table Courtesy of Energy Systems and Design)

Flow in US GPM	Pipe Diameter in Inches							
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3
1	1.13	0.28	0.09	0.02				
2	4.05	1.04	0.32	0.09	0.04			
2	8.60	2.19	0.67	0.19	0.09	0.02		
4	14.6	3.73	1.15	0.30	0.14	0.05		
5	22.1	5.61	1.75	0.46	0.21	0.07		
6	31.0	7.89	2.44	0.65	0.30	0.09	0.05	
7	41.2	10.5	3.24	0.85	0.42	0.12	0.06	
8	53.1	13.4	4.14	1.08	0.51	0.16	0.07	
9		16.7	5.15	1.36	0.65	0.18	0.08	
10		20.3	6.28	1.66	0.78	0.23	0.09	0.02
12		28.5	8.79	2.32	1.11	0.32	0.14	0.05
14		37.9	11.7	3.10	1.45	0.44	0.18	0.07
16			15.0	3.93	1.87	0.55	0.23	0.08
18			18.6	4.90	2.32	0.69	0.30	0.09
20			22.6	5.96	2.81	0.83	0.35	0.12
22			27.0	7.11	3.36	1.00	0.42	0.14
24			31.7	8.35	3.96	1.17	0.49	0.16
26			36.8	9.68	4.58	1.36	0.58	0.21
28				11.1	5.25	1.56	0.67	0.23
30				12.6	5.96	1.77	0.74	0.25
35				16.8	7.94	2.35	1.00	0.35
40				21.5	10.2	3.02	1.27	0.44
45				26.8	12.7	3.75	1.59	0.55
50				32.5	15.4	4.55	1.91	0.67
55					18.3	5.43	1.96	0.81
60					21.5	6.40	2.70	0.94
65					23.8	7.41	3.13	1.08
70					28.7	8.49	3.59	1.24
75					32.6	9.67	4.07	1.4
80						10.9	4.58	1.59
85						12.2	5.13	1.77
90						13.5	5.71	1.98
95						15.0	6.31	2.19
100						16.5	6.92	2.42
150						34.5	14.7	5.11
200							25.0	8.70
300								18.4

Appendix 9b
PVC Pressure Class 160 PSI Pipe Friction Losses
Pressure Loss from Friction in Feet of Head per 100 Feet (30 m)
of Pipe
(Table Courtesy of Energy Systems and Design)

Flow in US GPM	Pipe Diameter in Inches							
	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
1	0.05	0.02						
2	0.14	0.05	0.02					
2	0.32	0.09	0.04					
4	0.53	0.16	0.09	0.02				
5	0.80	0.25	0.12	0.04				
6	1.13	0.35	0.18	0.07	0.02			
7	1.52	0.46	0.23	0.08	0.02			
8	1.93	0.58	0.30	0.10	0.04			
9	2.42	0.71	0.37	0.12	0.05			
10	2.92	0.87	0.46	0.16	0.07	0.02		
11	3.50	1.04	0.53	0.18	0.07	0.02		
12	4.09	1.22	0.64	0.20	0.09	0.02		
14	5.45	1.63	0.85	0.28	0.12	0.04		
16	7.00	2.09	1.08	0.37	0.14	0.04		
18	8.69	2.60	1.33	0.46	0.18	0.07		
20	10.6	3.15	1.63	0.55	0.21	0.09	0.02	
22	12.6	3.77	1.96	0.67	0.25	0.10	0.02	
24	14.8	4.42	2.32	0.78	0.30	0.12	0.04	
26	17.2	5.13	2.65	0.90	0.35	0.14	0.05	
28	19.7	5.89	3.04	1.04	0.41	0.16	0.05	
30	22.4	6.70	3.45	1.17	0.43	0.18	0.05	
35		8.90	4.64	1.56	0.62	0.23	0.07	
40		11.4	5.89	1.98	0.78	0.30	0.09	0.02
45		14.2	7.34	2.48	0.97	0.37	0.12	0.04
50		17.2	8.92	3.01	1.20	0.46	0.14	0.04
55		20.5	10.6	3.59	1.43	0.55	0.16	0.05
60		24.1	12.5	4.21	1.66	0.64	0.18	0.07
70			16.6	5.61	2.21	0.85	0.25	0.09
80			21.3	7.18	2.83	1.08	0.32	0.12
90				8.92	3.52	1.36	0.39	0.14
100				10.9	4.28	1.66	0.48	0.18
150				23.2	9.06	3.5	1.04	0.37
200					15.5	5.96	1.75	0.62
250					23.4	9.05	2.65	0.94
300						12.6	3.73	1.34
350						16.8	4.95	1.78
400						21.5	6.33	2.25
450							7.87	

2)蓄電池の選定と設計

何

故蓄電池を使うのですか？

最初にお伺いしますが、蓄電池群は何故必要ですか？ これは正しい質問ですし、回答も簡単です。貴方の場所が、電力会社の配電が来ない場所であれば、簡単に経済的に電力を貯蔵する方法はこれしかないのです。水素や、熱を利用して電気を溜め込む方法は可能性としては存在しますが、その技術、経済性においては、無視しなければなりません。もしマイクロ水力発電が自分の消費量以上の能力を有している場合、余剰分を販売する可能性があり、反対に水力発電量が必要量の一部になれば、電力会社の供給を受け、購入と売電のバランスをとる方法も耳にしますが、その装置に関しては、専門業者と相談しなければなりません。基本的に最低限度の蓄電池群の設備は、マイクロ水力発電には必要とされます。

では燃料電池の利用はどうでしょうか？自動車には既に燃料電池が使われています。何故自然エネルギー業界では使用されないのですか？実際燃料電池は最新の技術でクリーンなエネルギーですが、電気を貯める事はしてくれませんし、現在使用分野はほんの一部に限定されています。その名前の示すとおり、燃料電池は水素ガスとしての燃料原料が必要です。この水素と空気中の酸素が、電池内で反応を起こす時点で、熱と電力が作られます。私達の目的から考えれば私達の余剰電力で水素発生を考えるほうが理にあっています。ここで原点に戻り、水素ガスの危険性が技術の向上に大きく立ちはだかっています。水素ガスの爆発が最大の欠点です。多分家庭での水素ガス利用には10年20年後と今は思えます。

蓄電池の選定

蓄電池には数百種類見出せますし、探せば探すほど、複雑になってゆくと思います。簡単に考えても、自家用車用、トラック用、ボート用、ゴルフカート用、電話中継地用等すぐ思い起こす事が出来ます。今度は電池の種類別で、ニッケルカドニウム、ニッケル金属、リチウムイオン、その他多数。では私たちの自然エネルギー利用に適した選定方法は何でしょうか？ 過去からの言い伝えを分析し、正しい考えを、整理します。

- どんな種類でどんな大きさでも、中古は絶対使用できません。ただ同然で新品同然でも、使用出来ません。中古その事が問題です。どんな蓄電池もある一定期間後は機能消滅します。使用期間中の使用の荒さが不明です。その蓄電池はたった一年中古かもしれませんが過放電、過充電の程度は不明でセルがどうなっているか理解できないからです。ですからおいしそうに見えてもすっぱい結果に終わります。また、使えるとしてもすぐ電圧低下を引き起こし、充電時間が長くなり、効率が低下し、エネルギーを浪費するかもしれません。
- 高品質の蓄電池は高価です。例えば高品質のサイクル電池と同じ電気容量のゴルフカート用電池では価格の差は歴然としています。季節小屋の短期間使用が目的以外重労働での寿命の差は、その価格差以上に激しいものです。実際蓄電池群を取り替える作業は骨の折れる作業と同時に危険な作業でもあります。一生の内そう何回も取替え作業をしたくなければ最高の品質を得るべきです。

- ニッケルカドニウムやリチウムイオン電池はなんとなく、引き付けられる言葉で、携帯電話や携帯ビデオでは最高の電池と言えますが、実際小さいものでも今まで購入されましたか？マイクロ水力発電に適した容量のそのような電池を買われる場合多分自宅価格と同等になるでしょう。ですから、この手の電池は携帯電話で十分なのです。



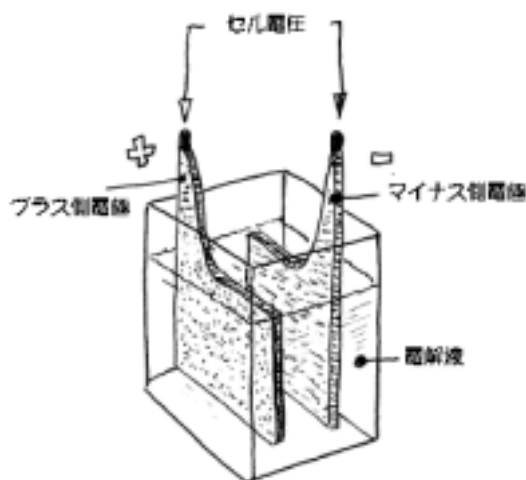
図 9-1:長寿命サイクル蓄電池。手前の 2 種は 6V ですが右側の容量は左の倍あります。

24 時間稼働の自然エネルギー利用システムでの蓄電池の種類は一種です。それは**サイクル型鉛酸工業用蓄電池**です。この電池は相当な歴史を経由し、改良に改良を重ね、価格的にその効果から、最高の物と言えます。高品質の工業蓄電池の寿命は、その保守を正しく与えれば 15～20 年働いてくれます。その上そのような種類の物はリサイクルが前提で製造され、多くのメー

ーカーは下取り制度で価格メリットがある上に、環境保護にも配慮がなされます。一方ニッカドやその他の最近の金属合成名の電池は、リサイクルがなされなく未だ環境に配慮されない場合が見受けられます。鉛酸蓄電池の形態は多種多様で製造され、もし貴方が転倒するヨットで使用したければ完全液漏れ防止ゲル型電池を購入することも可能です。この種の電池は、宇宙でも使用されるのです。

蓄電池の仕組み

自然エネルギー利用で使用する蓄電池（鉛酸型）は車で使用される蓄電池と原理は同じです。単体の小さな部屋（セル）が樹脂で作られ、その中に鉛の板が収められます。鉛板の組成はプラスとマイナスで異なる組成で、その部屋の内部に電解質としての低濃度の硫酸が満たされています。電解質は液体の代わりのゲル状もあり、この場合こぼれません。



鉛板はプラスとマイナスに別れ、最小単位は通常 2V となっています。この電圧は充電の状態や使用の程度で常に変化します。負荷が接続されますと電解質内の硫黄分子が電子を放出しながら鉛側に移行します。電子はマイナス電極から、負荷を通り、プラス電極に戻ります。この現象は勿論瞬間で連続し、全ての硫黄分子が鉛板に移行するまで続きます。しかしそうなった時点ではセルは完全に放電し、いわゆる、セルは死んでしまいます。セルの電子エネルギーの放出につれ、酸の濃度は低下して行きます。

図 9-3 に示される比重計を使用し電池内の電子の比重、つまり、力を知ることが出来ます。完全充電電池の比重は 1.265(つまり純水の密度の 1.265 倍)です。放電に比例してこの比

重は低下し最終的にはその電子の流れは使用負荷を作動させるのに不十分となります。

通常の乾電池が完全放電した場合、その運動の反転は不可能、つまり再充電は不能です。この現象は乾電池で理解できます。これとは別で、鉛酸蓄電池は電子を再度蓄電池に戻し再充電可能です。電子を再度電池に戻すには化学放出工程の逆の工程を与えます。太陽発電パネルが太陽光を直接浴びている状況では、電圧が発生します。もしこの発生する電圧が蓄電池より高ければ電子はパネルから蓄電池セルに逆流します。鉛板に硫黄化合物として堆積している電子は電解質に再度戻される結果となります。一旦低下した比重はこの反対の反応で比重は再び重くなり再使用に適するように戻ります。市場では多種多様の化学品が蓄電池内に利用されますが、放電再充電のサイクル原理は全て同じことです。

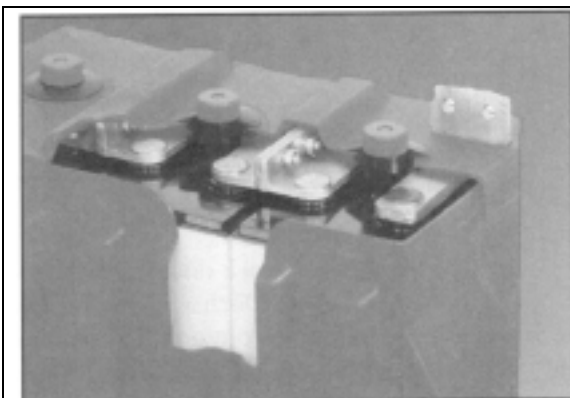


図 9-2: 全ての鉛蓄電池は鉛板が薄い硫酸液の中に保持されます。この大きさが容量が決まります。各セルを内部で連結し一定の電圧を得ています。

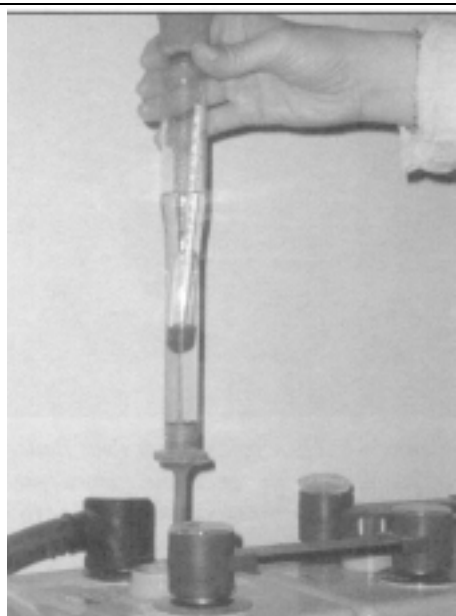


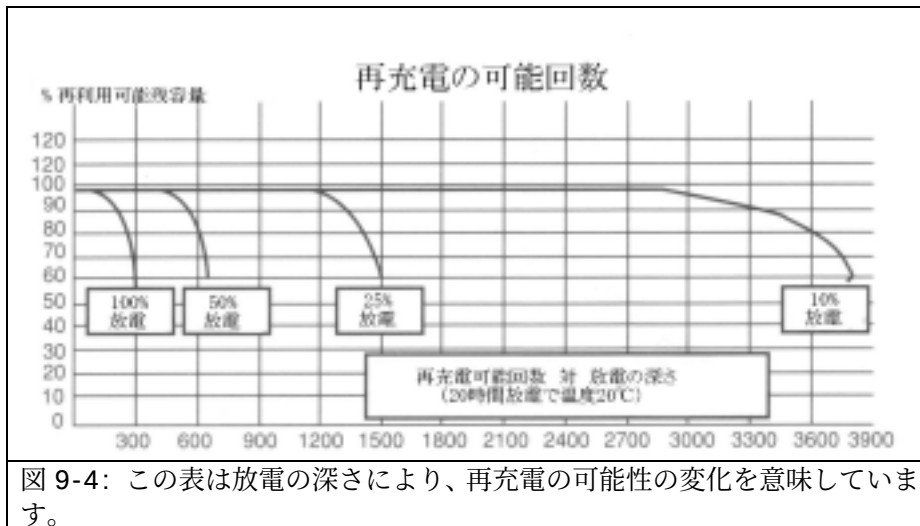
図 9-3: 比重計を用いてセル中の電解質の密度を測定。比重が重い（密度が高い）のはそれだけ電圧が高いことになります。

放電の深さ

ディープサイクルの名前の由来は過酷な放電充電回数に耐えることが可能と言う事でつけられた名前です。例えば貴方の車の故障では、“いやはや、ライトを消し忘れてしまって、エンジンがかからない、ブースターを貸してくれないか？”という風に、電気を消し忘れてしまった場合、蓄電池を取り替えなければならないのですが、ディープサイクル電池の場合、比較にならない回数の再充電使用が可能です。図 9-4 のグラフでは放電状況と、充電可能な回数の関係を説明しています。例えば完全に放電した場合の再充電可能回数は 300 回となっています。同じ蓄電池で放電程度が 25% で再充電に振り向けられた場合 1500 回再充電使用が可能です。この別の意味は、蓄電池群の容量を多く所有する事で放電率を低くし投資は多くても最終的に利益を得ることを意味しています。理想的には蓄電池の使用制限を 50% 放電に抑える容量を持ち、更に理想では 20-30% 放電で再充電可能が最終的な経済性を得ることが出来ます。

表 9-1:
比重計の数値
と電圧の関係

放電の深さ	25℃での比重	セル電圧
0	1.265	2.100
10	1.250	2.090
20	1.235	2.075
30	1.220	2.060
40	1.205	2.045
50	1.190	2.030
60	1.175	2.015
70	1.160	2.000
80	1.145	1.985
90	1.140	1.825
100	1.130	1.750



温度状況や、充電の適正性、保守などで変化はしますが：

放電の深さ：充電回数	
100%：	300 回
50%：	650
25%：	1,500
10%：	3,800

使用温度状況

蓄電池は標準温度 25℃で規格付けられています。温度低下に従い電解質を構成する分子の活動が低下し蓄電池の能力は低下します。図 9-5 のグラフでは温度と蓄電池能力の関係を表しています。例えば室温 25℃で 1,000Ah(アンペア/時)の能力を有する蓄電池はマイナス 20℃の低温環境下ではその能力は 70%しか発揮されず実質能力 700Ah となります。この様に冬季に戸外で保管される場合には、能力低下を常に計算しておく必要があります

戸外でなくても、セメント床で保温設備のない場所では同様に温度低下が起こります。木枠、枕木、その他木の枠などを蓄電池専用の床を用意し、空気を蓄電池周りで流通させ、一定温度に保つ必要があります。低温では凍結に注意します。完全充電状態の蓄電池内の電解質比重は 1.25 です。この比重では凍結はしません。放電を繰り返す毎に比重は低下し比重は水と同じ 1.00 になります。

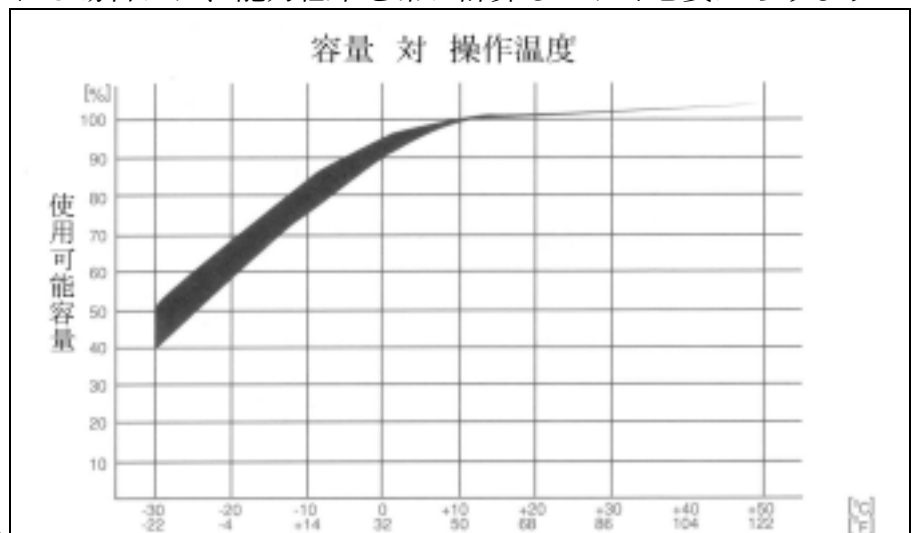
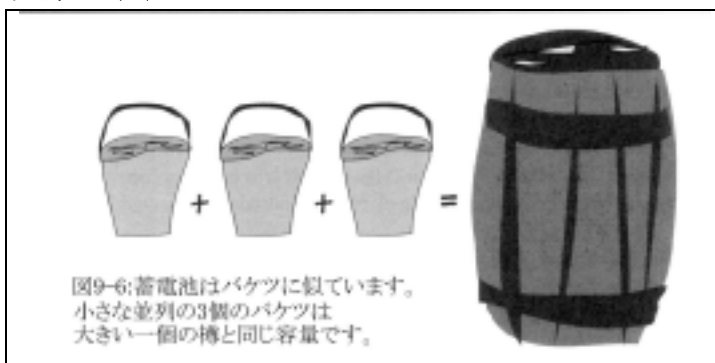


図 9-5:蓄電池の温度が下がると使用可能容量が低下するグラフです。比重測定時温度を確認し高い温度、低い温度の場合、補正值を取り入れる必要があります。

蓄電池の大きさ



蓄電池の内部の最小単位は通常 2V です。この最小単位を直列に結線し(電圧を上昇)、また並列に結線(容量の増加)し、販売されています。蓄電池は丁度大きな貯蔵バケツと同じです。電子の形でバケツに注ぎ、バケツはそれを貯めてくれます。必要なとき必要分を取り出します。各セルを並列結合すれば、容量は増加します。各セルを

直列結合すれば電圧（＝圧力）が増大します。蓄電池業界での最小販売単位は 2VDC からです。図 9-1 の写真の背後のタイプは、液補給キャップが 2 個見えますので 2 セル型と解ります。この写真の場合、蓄電池ケース内部で配線がなされ 2+2=4V 容量となっています。その前側の 3 セル結合型は 6V です。この方法は全て同じで、車の蓄電池は 6 セルで総計 12V 出力です。自然エネルギー利用で使用する蓄電池の大きさは通常、12, 24, 48V です。

バケツはその容量を表現するのに リッターを使います。電気バケツの場合リッター表現は出来ません。通常ワット/時、又は アンペア/時が単位となります。表 9-1 で示されるように電池の充電、放電状況で電圧は変化することは証明しました。この事は電圧には多少の柔軟性が常にあります。例えば太陽パネルで、直射日照下でフル充電した場合蓄電池は通常のフル充電電圧表示より高くなる場合があります。また 24V システムの場合、セル均一化工程中の（イクアライゼーション）電圧は 29V に達することは異常ではありません。

この電圧変化の為時としてエネルギー予想での計算基準が困難になる場合が予想されます。電気エネルギー計算は電圧 x 電流＝ワット、それに時間を掛けます。従って、ボルトに何を当てはめるかで計算結果が異なります。

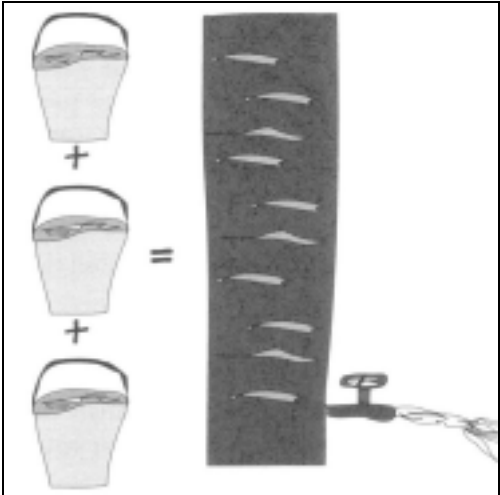


図 9-7:電池を直列結合は高さの増加となり、電圧が上がる。それだけ水は遠くに飛んでいる。

$$\text{エネルギー (ワット/時)} = V (\text{電圧}) \times A (\text{電流}) \times (\text{時間})$$

しかし蓄電池メーカーのアイデアで、この電圧表示をしなくても、使用に差し支えない公式を編み出しました：

$$\text{蓄電池容量(アンペア/時)} = \text{電流} \times \text{時間}$$

電圧変動は多種多様の状況で変動しますので、この要因に基づく公式は無理と仮定します。一方、必要電気エネルギー量をワット/時と考えますと、名目蓄電池電圧をアンペア/時と掛け合わせれば得られる事となります。

さて、実際に必要な家庭電気製品の作動の為に蓄電池の量はどうか検討します。その前にどのぐらいの電力を貴方が必要とするか、目的値を明確にしておく必要があります。

電気製品名	必要ワット数 (VxA)	X	使用時間	=	ワット/時での必要量
電気製品の一日の総ワット/時					

例として合計欄に 4k W/h と算出されたとします。一人当たりの一日の使用量としてはそうかけ離れた数値ではありません。使用量と電池の電圧の関係を下にしめします。

生活	電気容量	蓄電池
小屋、小規模生活	一日 2kW 迄	12V
配電無しの小家庭	2 – 7kW 迄	24V
配電無しの大家族	7kW 以上	48V
表 9-2：電気使用量とそれに合致した電圧：これは目安です		

これとは反対に万が一電力会社からの送電が停止した場合のバックアップ電源の計算も同じ事を行い必要電力を計算します。勿論、電気会社からの配電供給が頻繁に停止するような場所では、バックアップ電源に緊急に切り替える別回路が必要です。そのような場合、最低限生活に必要な電気製品のみを切り替え、ヒーターや冷房などの辛抱可能な消費電力は使用しないように心がければ、投資も最小で抑えられます。さて、諺に、"日の高いうちに干草を作れ" があります。残念ながら自然エネルギーの源は気候により変動します。北西部では冬は暗く寒く、日照時間は少なく、雨も少なく、風もそう吹きません。（カナダの場合）；従って自然エネルギーの供給停止の場合を想定すれば、貴方の家庭に最低 3-5 日のエネルギーの蓄えがあれば、安心と考えます。一日の生活に 4kWh とすれば、蓄電池の貯蓄量は 20 kWh と計算できます。

$$4\text{kWh} \times 5 \text{ 日} = 20 \text{ kWh 容量}$$

さて、ここで名目量から実行量の考え方を思い出さなければなりません。確かに少々大げさですが蓄電池の最大放出量は 50% と考えます。もし 5 日間充電が不可能な状況で 4kWh を必要とするのであれば、その 50% の放電状態で 4kWh を供給しなければならない訳です。この 50% で有効とする考えが実行量で、計算は：

$$20\text{kWh 能力} \times \text{蓄電池の係数 } 2 = 40\text{kWh 容量}$$

蓄電池メーカーの一部は、その能力表示の為、単位をワット/時（又は KW/時）を使用しますが、大抵のメーカーはアンペア/時を表示しています。KW/時をその蓄電池の公称電圧で割ればアンペア・時に変換できます。例として：

$$40\text{KWh} \div 24\text{V 蓄電池} = 1,666\text{Ah}$$

さて、次に、貴方が総計 1,660Ah の容量が必要となり、蓄電池販売店にこの容量の電池を購入するとします。多くの場合最大の容量は 500Ah/一台です。ではどうすればよいのでしょうか？ ここで思い出して頂きたいのは、電池を直列に繋げば、電圧が上昇し、並列に繋げば容量が上昇します。従って、500Ah 型を 3 台購入し並列に結合すれば、丁度 1,500Ah の容量となります。目標値から低いと言う声が聞こえます。通常これでも問題はなりません。しかし気のすまない方は、400Ah 型を 4 個購入すれば、丁度となります。どちらもどちらです。400Ah 型が販売されていないかも知れないからです。ここでの注意点は、低めの容量の電池は過放電の可能性を秘めそれは電池の寿命を縮める結果となります。従って計算時切り上げが有効です。丁度銀行預金をするのと同じで、預金が多いほど何かと便利です。

図 9-8 の写真では 2 列の蓄電池が示されています。図 9-9 でその配線内容を示します。それぞれの列に 8 個並んでいます。（上下で総計 16 個）一個の電池は 3 セルから構成され

ています。

写真で3個のキャップが見えます。通常1セルは2Vですので、一個の電池の出力は6Vです。8個の電池が直列で繋がっていますので48Vとなっています。この容量の電池は一個あたり500Ahです。直列結合は電圧の上昇のみで容量の上昇はありません。容量の増加は平行結合しかありません。並列により電子は同じ向きに倍増して働くからです。図9-9では2列が並列に繋がっています。一列が500Ahですから、2列並列で総計1,000Ahと増加しています。

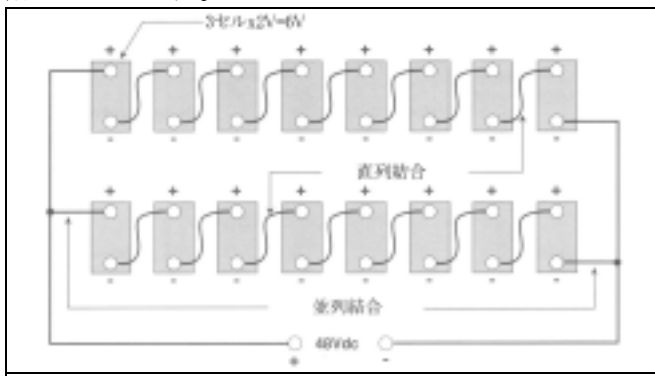


図9-9:右の写真の図解です

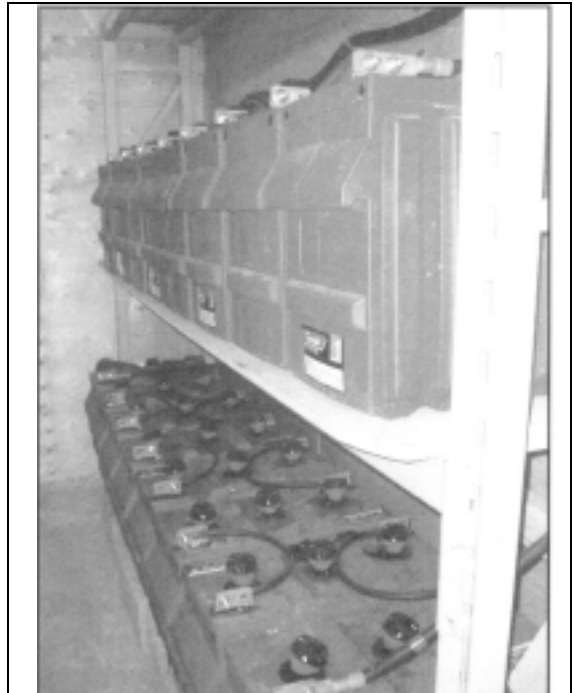


図9-8: 棚一段に8個の蓄電池が格納。一個6Vx8個で48V(直列結合): 上段と下段を並列結合で、必要量を確保

水素ガス発生

蓄電池が外部電源から供給を受けると、セル内では電子を元の場所に戻そうとし完全に戻るまで電子を戻し続けます。完全充電状態に近づきますと、電解液は泡を放出しだし、その泡から水素が出てきます。誰もがリンデンベルグの事故を知っているはずです。数個の小さな炎が水素ガスに出会った時点で、飛行船は一瞬にして爆発した事故です。一方自然エネルギー利用では、この事故を未然に防ぐことは容易いことです。

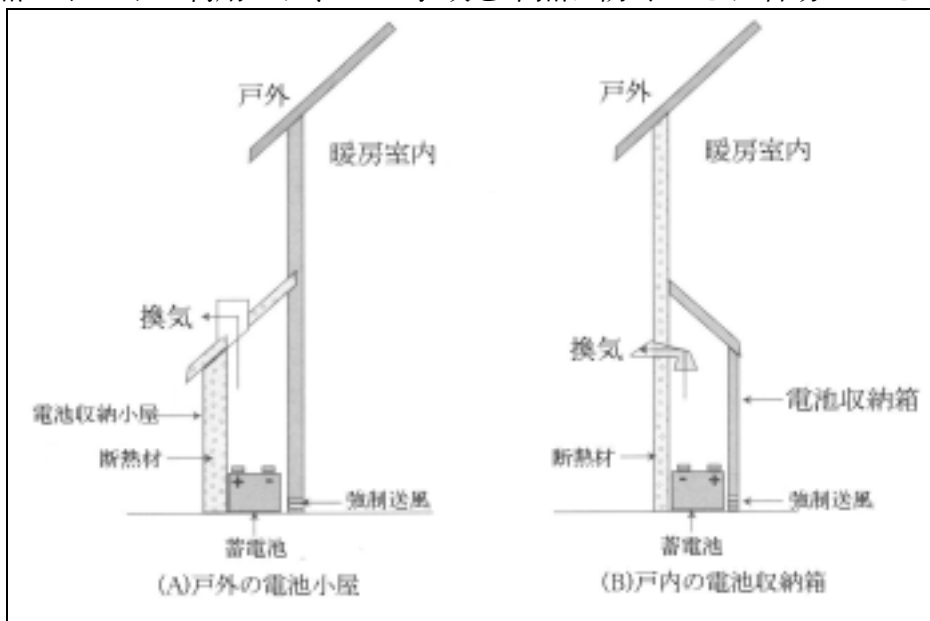


図9-10:蓄電池の設置の状況です。どちらも保温され、戸外への強制換気が必要です

まず、蓄電池の設置場所へは容易に近づける環境で、定期検査が必要です。しかし安全管理が何よりも大切です。蓄電池格納場所（小部屋、格納小屋、物置、仕切り部屋）に

は責任者以外扉が開けられない事が求められます。この収納部屋には簡単な換気装置が絶

対が必要です。換気口用、又は水道工事用配管直径約 50mm を使い、昆虫防止用メッシュを埋め込んで作ります。メッシュは外部からの動物や昆虫の侵入を防止する為、外側の終りに取り付けます。蓄電池部屋から外に伸びるパイプのスロープは上向きにしておきます。水素は空気より軽く上昇して外部に移動します。換気回路が長い距離や、曲がりくねった状態の場合、図 9-11 の強制換気ファンを取り付けます。蓄電池の電圧レベルが一定に達した時点で、インバーターから電圧信号をもらい、ファンが作動します。蓄電池の充電開始電圧をもらうことにより、水素発生時期と同調して換気が始まります。

水素発生現象を多少でも制御する方法は図 9-12 に示されるような発生する水素を化学反応で元に戻すキャップを使用する方法です。このキャップ内には触媒が入れられ、水素と外気の酸素で、水に変化させ、出来た水を蓄電池内に戻します。ガス発生を最小に抑え、水の蒸発を抑えられるのですが、発生する水素の外部放出を完全には防止していませんので、たとえこのキャップを使用していても、換気回路は必ず必要です。

蓄電池の安全な設置方法

大型のサイクル蓄電池は非常に重たく、取り扱い不便その物です。大きい部類では一個の重量は 136kg に達します。この重量に十分耐えうることの出来る、土台、棚、フレームの設計が必要です。直接セメントの床に置くことは、低温性能低下がありますので、避けなければなりません。設置工事においては、無理なく、上げたり下げたり移動するのに十分な人手とスペースが確保されていることが肝要です。蓄電池を傾け電解質(酸性)を貴方の周りに撒き散らすことは危険その物です。必ず以下に説明する条件を守り安全な設置を実行してください。

- ＊ 蓄電池を収納するには、個別の断熱構造の密閉部屋を用意し、鍵を掛けられる安全な遮断された部屋(小部屋)を準備すること。蓄電池内には大量のエネルギーが格納されますので、子供や大人でも近寄れない工夫が必要です。
- ＊ 部屋に入る場合、全ての宝石、時計、首飾り、指輪、全ての導電性金属を体から取り去る必要があります。金属のスパナ、レンチ、ネジ回し等工具類の取り扱いには絶対な注意が必要です。一旦それらが、事故として 2 個の蓄電池に渡り落下した場合、直ちにそれらは溶接され、真っ赤に発火し、すぐに爆発します。
- ＊ 工具類は電気絶縁テープで完全に保護し、ターミナルに当たっても電気が流れないようにしておきます。
- ＊ 蓄電池を設置する、棚、台、フレーム、戸棚など置く台の構造は、その重たい重量に十分耐えうる設計でなければなりません。図 9-8 の例では総計 2,200kg の重量の蓄電池が設置されています。これでいかに蓄電池が重たいか理解してください。
- ＊ 蓄電池部屋で作業する人は必ず保護めがねとゴム手袋の着用を義務付けてください。飛び散った電解質は目をつぶし、服を焦がします。どんな場合でも蓄電池部屋に入る時、めがね、ゴム手袋、衣服は古着、カバーオールを着用。ジーンズはもっとも危険です。

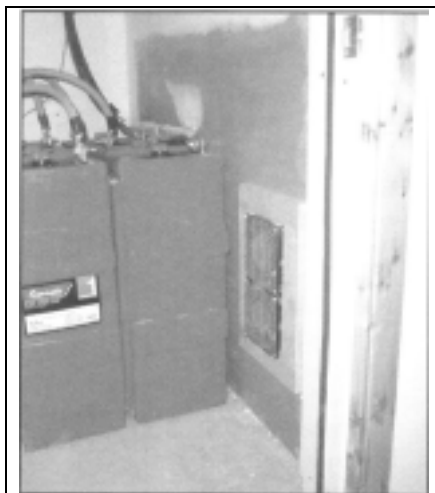


図 9-11:パソコンの換気ファンを利用し、蓄電池小屋内を加圧し強制換気が必要です。



図 9-12:特殊なキャップを各セルに取り付け充電時発生する水素酸素ガスを水に戻す事が可能です。

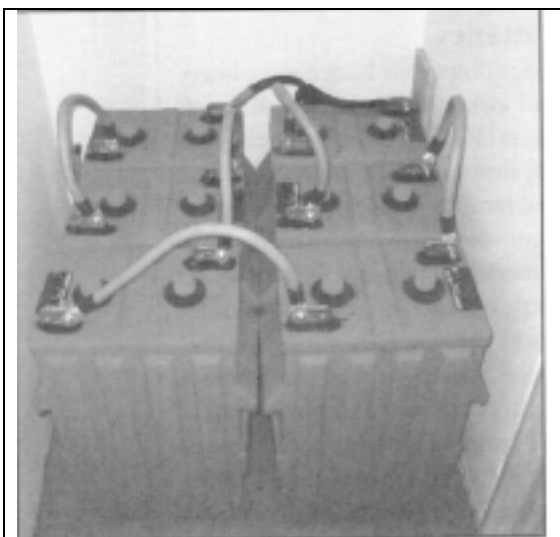


図 9-13:小スペース収納例、それでも 24V システム、容量 1,300Ah

＊ 2.5kg(またはこれに近い)重曹（パンのふくらし粉）を自分の周りに必ず置いておき、電解質がこぼれた場所に中和剤として、撒きます。音がして酸が中和され水になるまで粉を与えます。

蓄電池とその中身

電気は目にはみえません、ですから貴方の蓄電池にどのぐらいのエネルギーが蓄えられているか知ることは難しいことです。勿論液体比重計を蓄電池に差し込んで計る事は解っていますが腐食性のある酸と戦いながら、蓄電池部屋に頻繁に出入りする事は、実際厄介な作業です。簡単な方法は図 9-14 に示される多機能メーターを取り付ける事で問題解決となります。

この種のメーターは、丁度車のガソリンメーターと同じように燃料タンクが今どのぐらい空なのか、又は満杯なのかを示します。これらのメーターはメーカーで色々な機能を付加していますが、必要な情報は、電池の電圧モニター、Ah 単位での使用可能容量、使用又は充電電流値です。もう一つの特徴は、このメーターは蓄電池部屋から、自分の好きな場所に線を伸ばして、例えば自分の居間でテレビを見ながら蓄電池の状態を監視する便利性があります。もうわざわざ電池小屋に足をその度に運ぶ事はなくなります。このメーターは 図 9-15 に示されるような、短絡回路原理で作動します。この装置は非常に精密な抵抗その物で蓄電池を出る（又は入る）微量の電流の流れを短絡回路から拾い上げメーターで表示します。回路は直流の為電流の流れは量として記録されます。短絡回路を流れるエネルギー量はその電池全体回路のエネルギー量を代表することが出来ます。蓄電池から消費される為出て行く流れの増加は、短絡回路のセンサーの働きでメーターで表示され、全体値として表示されます。

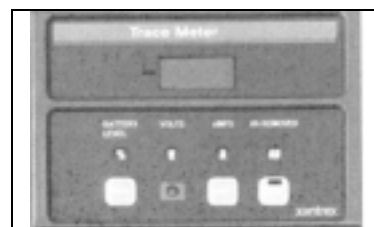


図 9-14:蓄電池モニターメーターの利用で、蓄電池の状態が監視可能です。



図 9-15:短絡回路原理の抵抗を使用し蓄電池のマイナスに取り付け放電時、充電時の電流の動きを計算し図 9-14 のメーターを表示してくれます。

出入りする蓄電池の流れを連続で監視することにより、このメーターの表示は Ah 若しくは充電率%で蓄電池のエネルギー量の現状を表示しています。しかし、しかし、このデーターは現状を表示していると…？ 実際このメーターは実際有益で正確な装置であることは間違いないのですが、完全とは言えません。同時に蓄電池も完全とは言えないのです。電気を、電解質の働きで化学的に貯蔵する変換工程が 100%完全でないのです。充電、放電サイクルの繰り返しで、入れたり放出する電気エネルギーの一部は交換効率により、失われています。更に都合の悪い事は、この効率低下は各セルで同様でもなく、この効率低下程度はセルの寿命期間内で常に同じとは限れないのです。

です。この微妙な現実のエラーは、比重計で蓄電池状態が完全に充電されたと確認後、メーターの校正が往々にして必要です。科学的に電解質の比重と蓄電池の出力電圧は以下の公式で証明されています。

$$\text{蓄電池電圧} = \text{電解質比重} + 0.84$$

この方式のおかげで、電解質温度が室温であれば蓄電池の内部の状態を正確に知ることが可能です。この測定は完全充電後 2 時間は放置し、内部のガスが比重計の浮き静みに影響がない時に実行します。蓄電池のエネルギーレベルやその健康状態を完全に正確に知る方法は比重計を使って、電解質の比重を把握することしか他には見当たりません。温度計の併用は非常に冷たい、または熱い電解質の場合、蓄電池メーカーの発表している温度補正カーブにより正確な比重を知る為に必要です。表 9-1 の例のように正確な充電状態の把握には使用環境温度の関連付けが必要です。

蓄電池は、一年に数回、非常電源発電機や自然エネルギー発電から、電気の提供を得、均一化充電作業を、指定された充電電圧で、行う必要があります。蓄電池が、メーカー発表の完全充電状態電圧に到達した時点で、メーターはリセットされ、その精度の復元を行います。均一化作業についての説明は、次の章で触れますが、蓄電池メーカーの説明書にも書かれています。便利メーターの主なる最低必要機能は上記に示しましたが、そのほかにあれば便利な機能は以下の項目です。

- 前回の完全充電からの経過日数
- 蓄電池設置後 Ah の総使用量と総投入量
- 再充電必要の警告表示
- 使用不可能になる最低電圧での警告
- 蓄電池の完全満タン状態表示
- 蓄電池充電中の表示



図 9-16：蓄電池収納場所はこの様に整理整頓、清潔管理が特に必要とされます。電池の健康診断の為に比重計、温度計、それに記録管理のためのノートを用意し、直電池の長寿命使用を行います。

最後に

この章では蓄電池の選定方法と安全な使用方法について説明しました。次の章では充電に必要な器具とその制御について触れてみます。

3)DC 電圧の制御

(本説明ではふんだんに太陽パネルの例を取り上げています。太陽も DC を発電し、DC の性質を知ることが大切な事です)

チャージコントローラー（充電制御器）は発電された電圧を制御する役割を担っていますので貴方の自然エネルギーシステムでは重要な地位を占めます。

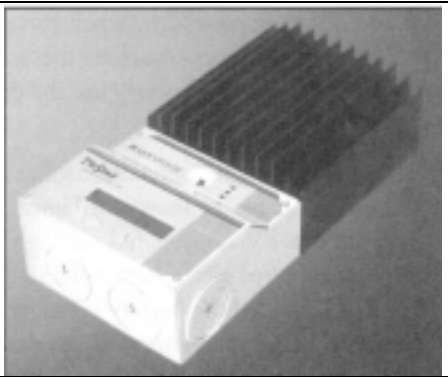


図 10-1: 充電制御器は高価な蓄電池の充電が的確に行われるため、各パラメーターの正確な設定が必要。

充電制御器は蓄電池の過放電又は過充電を防止しますので蓄電池の寿命を保護し、全体の安全回路を担っています。通常の(日本での関西電力、中部電力等の電力会社による)家庭配電下では、一定の制御された電気が各家庭に供給されていますので、蓄電池や制御器を必要としません。もしそのような配電会社の電力に固守されるのであれば、本説明書を読む必要は全くありません。大抵の自然エネルギー発電では家庭で必要とされる以上の発電を行っています。山小屋などでは、たとえ小さな発電でも、誰も電気を使わなければ、余剰電気は出てきます。蓄電池の充電状態が上限に近づけば、電圧も上昇します。通常自然エネルギー発電電圧はその場所から蓄電池の場所まで電気を送電しな

ければならず、圧力を上げなければならぬので電圧を上げて使用しています。典型的な太陽発電パネルは 12V の蓄電池の為 17V を発電する様に製造されています。この 5V は高い場所（パネル）から低い場所（蓄電池）に電子が流れる為に必要な電圧の差です。蓄電池が満タンに近づけば入ってくるエネルギーを吸収しづらくなり電池自体の電圧が上昇します。完全充電状態に近づけば、蓄電池から水素ガスと熱が放出されます。この状態を我々は過充電と呼んでいます。この状態が継続すると蓄電池の破壊が始まります。この理由のため充電制御器の必要性があります。

充電制御器には 2 種類あり、1 種類はシリーズコントローラーと呼ばれ、2 種類目は保護負荷切り替えコントローラーです。シリーズは単に回路遮断で蓄電池を保護しますので、小規模発電や太陽パネルのみの発電に使用されます。大規模太陽パネル、水力、風力などの場合には大抵保護負荷切り替え制御で蓄電池を管理しています。

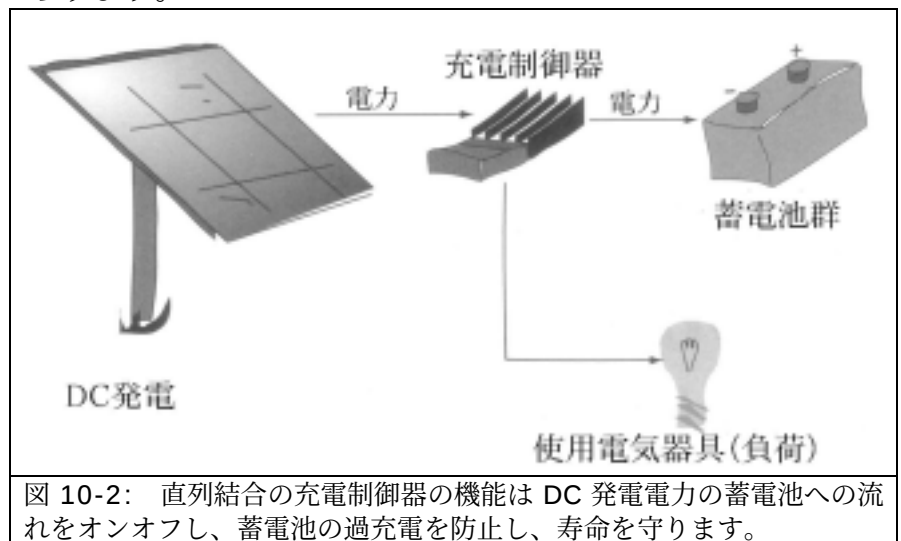


図 10-2: 直列結合の充電制御器の機能は DC 発電電力の蓄電池への流れをオンオフし、蓄電池の過充電を防止し、寿命を守ります。

シリーズコントローラー

シリーズの日本語は直列です。その名前の通りこの制御器は図 10-2 に示されるように発電機と蓄電池の間に接続します。この例は太陽発電パネルですが、どのような発電機も同

じ事で、発電機から送り出された電圧は直列に繋がれた制御器を経由して蓄電池に電圧を送ります。制御器は蓄電池の電圧を監視しています。

蓄電池電圧が規定以下の電圧である場合、発電された電圧は自由に蓄電池に送り込まれます。蓄電池の電圧がもうすぐ規定の完全充電電圧に近くなると制御器は充電サイクルを停止し、蓄電池への送電を停止します。

制御器は蓄電池と家族の関係ですので、蓄電池電圧が低下した場合、直ちに今まで停止していた充電電圧を送電します。従って制御器の役目は蓄電池が必要・不必要とする充電の流れの自動スイッチとして働いています。制御器の種類によってはオプション機能として電池寿命を著しく低下させる過放電を保護する働きがあります。一般的には LVD と表示され、LOW VOLTAGE DISCONNECT（低電圧遮断）がその意味です。図

10-2 に示される例では、電球への電源供給は蓄電池から制御器を経由して、電灯がとまります。もし夜間、発電が停止し、蓄電池の電圧が一定以下に陥った場合、蓄電池保護のため、制御器は電灯を停止し、蓄電池保護を実行します。図 10-3 の写真は、充電、放電の両制御を持った制御器の例です。

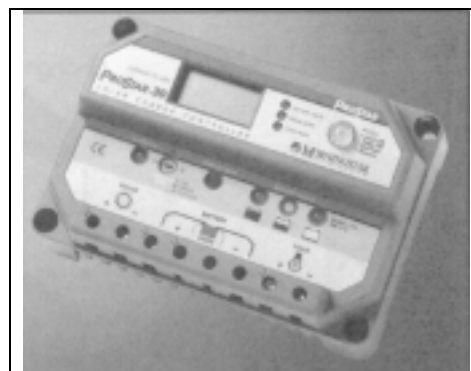


図 10-3:直列制御器で、蓄電池保護のための過放電防止機能、過充電防止機能、エネルギーメーターが組み込まれた小型～中型装置に適した制御器

夜間の太陽発電の場合、制御器の役目は、蓄電池と太陽パネルの回路の遮断に専念します。理由はせっかく貯められた蓄電池の電気が、太陽パネルに逆流する事を防止する為です。この逆流現象は、夜間、蓄電池の電圧が発電電圧より高い場合に発生します。この遮断回路がない場合、太陽パネルの広い表面積に微量の電圧が流れ込み熱に変化し大気へ逃げてゆきます。長い冬の夜や、曇りの続く季節には、極わずかの逆流現象は、得たい電力の大幅な低下として認識され、何故効率低下がはなはだしいと気づきます。大抵の太陽発電パネルでは電氣的防止弁としてのダイオードを回路に組み込みこの逆流を自動的に停止する物を発売しています。しかし、中古品で古いものや、小型のパネルには（その電気消費量がごく僅かの為）ダイオードが組み込まれていない場合もあり、大抵の制御器には夜間逆流停止回路を設けています。

今まで解説しましたように、直列充電制御器の機能は非常に単純です。従って欠点は、蓄電池が満タンになった時点で、まだ発生している電力を利用できないことです。従って、この種の制御器の使用場所は小規模発電で、過剰な発電量を考慮しなくても、得られる電力を可能な限り取り込みたい規模に適すると言えます。

保護負荷コントローラー

保護負荷に切り替えられる制御器です。図 10-4 に典型的なレイアウトを示します。この例では発電機から直接蓄電池に電気が送られています。風力発電、水力発電が生み出す全ての電力を直接蓄電池に送り込み、その先には負荷（例えば電灯、インバーターなど、生活に使用）が常に接続されています。この差(違い)が大切です。小規模太陽発電の例では必要なときに回路をオン オフすることで負荷の切り離しは自由です。大型の風力発電やマイクロ水力発電の場合、負荷を常に接続しておく必要があります。例えば動作時負荷が切り離された瞬間、回転数が飛躍的に増加し発電機破損が発生します。比喻ですが、この現象は、車の運転に見られます。加速してアクセルを踏み込めば、車の速度は上昇するだけで済みます。その瞬間、アクセルをそのまま踏み込み、ギアをニュートラルにした場

合、エンジンは急激な回転上昇となります。こんな恐ろしい実験は誰も行われませんが、発電機には起こりえる話です。蓄電池に過充電を与えず、発電機には一定の負荷を与え、一定の安全回転を保障するために保護負荷切り替え制御器が必要で、この役目は蓄電池が満タンになった時点で、入り込む電力に分岐回路を開け、予備の負荷に一部又は全部切り替えることで(英文で シャント、ダンプと呼んでいます)発電機の保護と蓄電池の保護、その上使用中の電気器具も使用可能です。この図の例では温水ヒーターのヒーターを予備用負荷に使用しますが、温風ヒーターでも、抵抗でもかまいません。まとめますと、保護負荷切り替え制御器（ダイバーションコントローラー）の役目は発電機の必要とする抵抗（負荷）を使用しながら安定運動を続行し、発電されているその一部、又は全体の発電量を蓄電池に送り、全体的に安全に電気の配分を行う大切な制御器です。

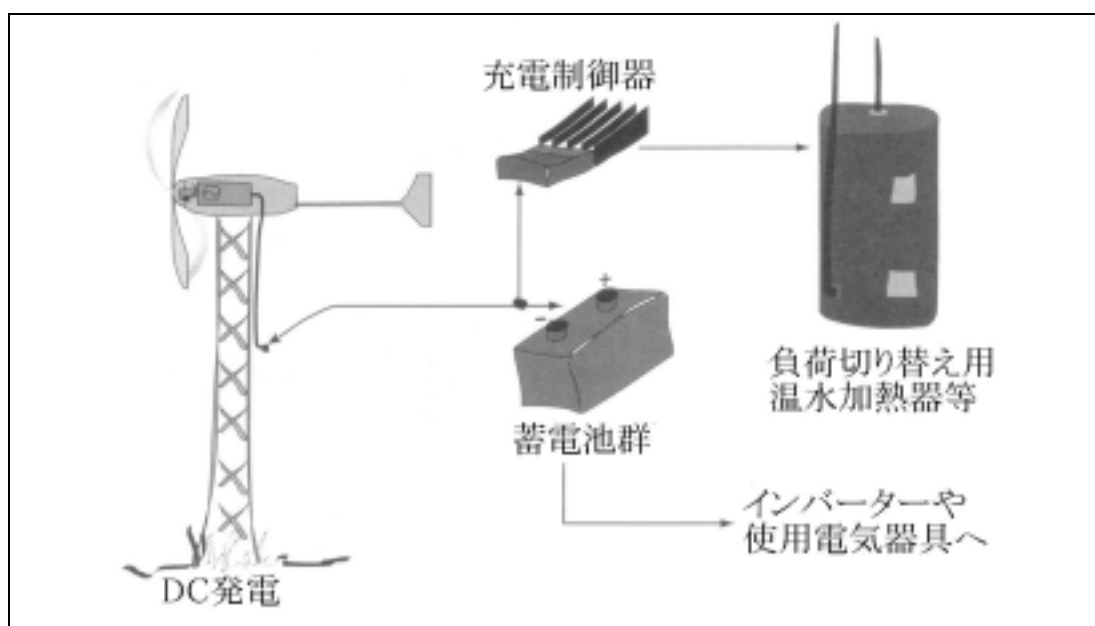


図 10-4: 負荷切り替えは、蓄電池の電圧が一定以上になると、余剰の入ってくる電力を予備の温水発生器などで消費させます。

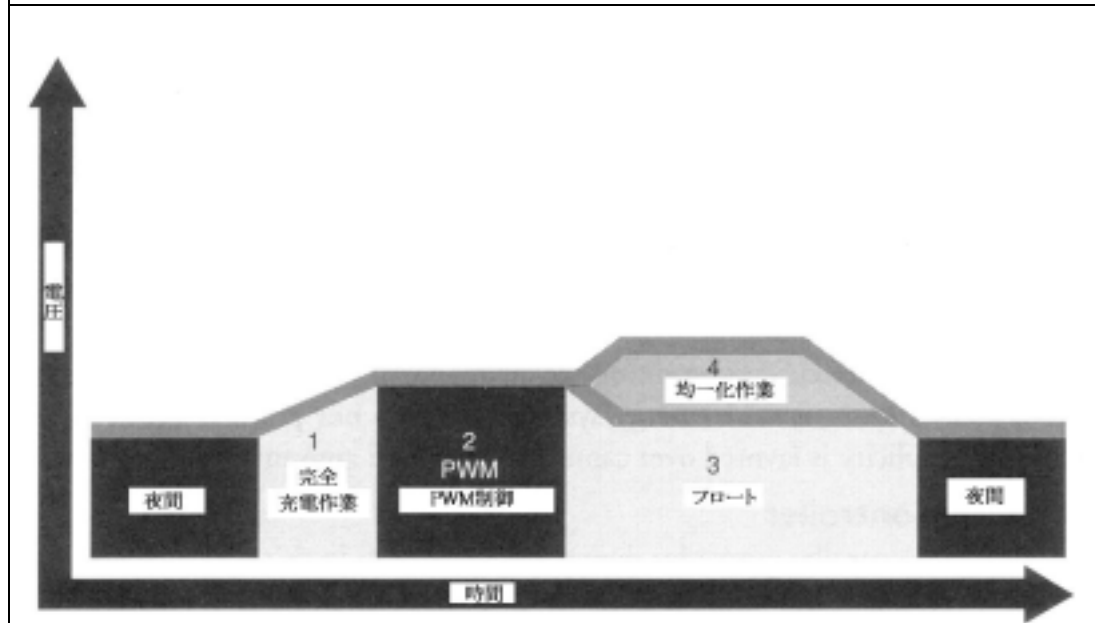


図 10-5: 通常行われる充電工程の一例です。高品質充電器は多種多様のプログラムで、蓄電池に最適な充電プログラムを与え、長寿命使用を可能にします。

充電計画

蓄電池電圧が低く、満タンになっていない状態では、太陽発電パネルで得られた電力は全て流れ込む状態です。その後電圧が上昇し、直列制御器は、流れ込む電気を蓄電池にパルスとして、（一秒に数十万回数の頻度でオンオフを繰り返す）充電します。同じ事で、負荷回路切り替え制御器も予備の負荷に電気を振り分けています。実際の効果は蓄電池の電圧を予め決められた範囲内数値で、発電機に対する負荷抵抗値は変動なく、蓄電池の電圧状態を制御します。実際にこの現象を体感してみましょう。真っ暗な部屋に入り、白熱灯を瞬間に点灯します。部屋の明るさは最大です。もしこのスイッチを瞬間的に切ったり入れたり出来れば、電灯は最大の明るさと真っ暗を交互に示します。この状態で、貴方の目に映る状態は、チカチカする症状は別として、薄明かりの部屋が見えるはずですが、もし制御が可能で、オンの時間をオフより長く出来れば、部屋の明るさは増加するはずですが、反対にオフの時間をオンより長くすれば、部屋は先ほどより暗く見えます。電気業界でこの操作を PWM と呼んでいますが、中身はそのような現象です(Pulse Width Modulation). 充電制御器にはこのようにこまめな制御がプログラムされています。24 時間制御の例を図 10-5 に示します。これが一日のサイクルです。X 軸は 24 時間の時間軸で、蓄電池の電圧軸は Y 方向です。以下の説明は太陽発電パネルのサイクルを説明したのですが、夜間水力発電が停止した状態に置き換えることにより、役に立つ情報です。

*夜間

グラフの左端からが開始です。（太陽発電パネルを使用の方には、この時間帯が蓄電池電圧がもっとも低下する時です）夜間には水ポンプは作動し、電灯は必要で、冷蔵庫も作動し、他の電気器具も生活のために電力を必要とします。この章の前で説明しましたように、電池を使えばそれだけ電圧は低下します。太陽発電の場合、朝が来るまで充電はなされません。制御器は、電池からパネルへの逆流を防止する機能を受け持っています。

*夜明け-大量充電

太陽が昇り、朝日が太陽パネルに日差しを当てますと発電が開始されます。蓄電池への充電が開始されます。充電と共に低下した電圧は上昇します。図 10-5 に示されますように目標満タン電圧の 80%迄は無条件に充電を行います。電池メーカーの仕様で値は異なりますが、目安として 12V システムの場合 14.6V 到達で充電が停止します。24 や 48V システムの場合もこの比率で計算可能です。

*吸収充電、最終充電（絞込み充電）

蓄電池が充電率 80%に近づきますと、供給されるエネルギーの一部は“沸騰”又はガス化として充電に使用されなくなります。ここで使う“沸騰”とは業界用語で、現実の現象は電解質内の水が水素と酸素に分解される現象を意味しています。この現象は蓄電池が吸収できない程供給が過剰であればそれだけ発生します。

水素は空気より軽いガスで、空気中の酸素と出会うことで、タバコやライターの火で簡単に爆発します。この理由により蓄電池の収納場所には鍵をかけ、換気が必要とされます。ガス発生を少しでも和らげる充電方式が図 10-5 の第二段階で示される PWM 方式での絞り込み充電方式を採用することです。この段階では蓄電池最終電圧の 14.6V を維持できる最小電圧供給に切り替わります。これを吸収充電と称し、通常 1~2 時間行われます。この工程中生み出されるエネルギーは相当量に達するものの、使用される制御器の機能で異なりますが、外部負荷に送られ温水になるか、全く破棄されるかのどちらかです。つまり直列制御の場合は完全に供給停止しかありません。しかしそのエネルギーは通常僅かな

ので問題視されません。負荷切り替え制御の場合余分なエネルギーは温水、温風等の他の負荷で消費続行され、全体の効率向上に役立っています。

*フロート充電

蓄電池が満タン状態に到達後、図 10-5 の第三段階に入り、供給電圧を 13.4V に落とします。この状態では極僅かの電気が供給されています。同時に発電機が作り出すエネルギーはほとんど全てがほかされるか、別の負荷に流れます。この充電状態をフロート充電と言います。再開は蓄電池の電圧が規定の 80%に戻る時点です。この工程は次のサイクルで再開されます。

*均一化充電

この工程は次の例で説明します。蓄電池はバケツかドラムに置き換えられその中に電解質が満たされています。電解質の表現をやめ、水をとします。この水の入っているバケツを蓄電池の最低単位のセルとします。何十回も充電サイクルが行われその工程でエネルギーが消費され、また満たされます。この現象は、貴方のバケツ(=セル)から 4 コップ(=1 リッター)の水をくみ出してくださいと頼むのと同じことです。それは丁度一日の電気使用と同じことです。その後、貴方の太陽発電パネルは 3 コップ (=750ml) の水を返す(充電)とします。と言う事は 250ml が不足する訳です。こうした工程が何回も繰り返され一ヶ月や二ヶ月単位毎にそれぞれ異なった水の量を補給したり取り去ったりしてレベルをあわします。定期的にバケツの水の量を合わせるのです。実際的にはバケツの中の水の量は全て同じとはならないのです。水漏れも起こるでしょうし、組み上げるにも同じ量が正確に減るとも限りません。これと全く同じ現象が蓄電池内の各セルで起こっています。時間経過と共にセル間での充電状態に微妙な差が発生し、各セルの比重を正確に比較すれば全て異なった比重となっています。ある期間この現象が続きますと低い比重のセルは充電を拒否し出すため、全体の充電不足に陥り、せっかくの発電の効率が低下します。この状態の修正のため定期的（現実には一ヶ月に一度）にプログラムされた過充電作業を与えます。これを均一化工程と呼んでいます。図 10-5 の工程 4 がこの時期です。

この作業は通常早朝から、発電機が十分作動している状態で開始します。風力の場合は風の強い日、太陽なら、日光の満ち溢れた日に。充電制御器を均一化工程にセットします。最初通常の充電が行われます。その後電圧が 15.5V に上昇します。通常この電圧は 2 時間継続し、その後フロート電圧に戻ります。この現象を最初の水バケツにたとえますと、庭の水ホースで全てのバケツに水を注ぎ、全てがあふれるまで入れます。注水を停止しますと、水はバケツのふちの最上段まで入ったことになり、全部同じ水位を示します。

この均一化工程中過分な電気はどこに消えるのでしょうか？この充電中蓄電池に与えられた過剰エネルギーは電解室内で急激な化学反応を起こし、大量の水素ガスと蒸気を発生します。従ってこの作業前には各セルの電解質量の確認と、セルキャップに何もカバーされていない事を確認します。もし水素ガス再生キャップを利用の場合、このキャップを取り外す必要があります。

保護負荷抵抗

予備負荷抵抗とも、ダンプとも、ダイバーションロードとも言われますが、自然エネルギー発電で生まれた電力を吸収できるどんな形ででも良い負荷を意味します。蓄電池の充電工程中、特にフロート工程中発電機から生まれる多くの電力はこの負荷に切り替えられます。この意味から、生まれ来る電力を一時的に破棄している訳ですが、有効利用も考えられます。せっかく生まれた電力を破棄することは、反対にそれにお金を払っている方々が大多数だと気づくのです。余剰電気の有効利用は非常に経済的なのです。例えば貴方の自然エネルギー発電を例として、太陽パネル 2,000W および 1KW の風力発電機を投資したとします。効率は一日たったの 5 時間発電と仮定します。そして、家族は旅に出かけたとします。留守中の発電量は：

$$2KW (太陽) + 1KW ((風力) \times 5 時間 = 15,000W / 時 \quad 生産$$

想像してください。今留守で、冷蔵庫も電灯も何も電気を使用していない状況を。この生まれ来る電気をどうします？ 15KW は相当な電力です。15W の蛍光灯なら千個一時間点灯可能です。お隣さんに大きいお祭りを提案できますヨ。

一般的には余剰電力を加熱に使う場合がみられます。電力会社からの配電設備では特殊なケースを除いては大型の加熱装置をご自宅に最初から設備することはありません。通常のご自宅での電気使用量は業界通年の平均的毎月の使用量から計算された容量を新築時手配してきました。我々の自然エネルギー利用の過剰電気は本当に過剰分です。ですから、余剰分を色々考えて投資を如何に早く償却できるよう、効率向上を考えるのは我々の知恵なのです。部屋の暖房、水の加温が一般的方法です。（この作者はカナダです：日本の気候ではありません）夏には風呂の熱源に利用されるでしょう。プールの加温に利用出きるでしょう。（誰が日本で自宅のプールをもっとんねん）

さて予備負荷はあくまでも緊急退避用であり、最初から使用目的に計算するものではありません。ですから、たまたま余剰電力で温水ができたとすれば、棚からばた餅と考えてください。

予備負荷の典型的な応用例は図 10-6 や 10-7 に示される空気を、又、水を温める方法です。

しかし、実際真夏に誰も 35℃の部屋の温度を暖めろとは言いません。太陽の豊かな夏にも、太陽パネルの余剰電気を部屋の暖房には誰も望みません。筆者の実際のエネルギー利用で満足したのは水の加熱用に余剰電力を使用したことです。図 10-7 に実際の施工例を示します。この設置工事には少々のお金が必要ですが、捨て去るエネルギーを利用し家庭ガスの使用を止めたことにより、設備の償却は短期間で完了できました。この場合市場で販売されている電機ヒーターボイラーを購入します。最初から電気ヒーター240V が付属しますが、それを外し、自分の蓄電池電圧に合致したヒーターに取り替えます。ヒーターの配線は、蓄電池充電コントローラーの、予備負荷切り替え端子に繋がります。このタンクは予備加熱用で、ここから、ガス加熱タンクに水配管を行います。全体設計は図 10-8 を参照。通常の手続きでは、まず冷水が私の作った準備タンクとしての加温タンクに入ります。蓄電池から余剰電気が流れない状態では、冷水は周りの雰囲気温度で水温が上昇します。この温度だけでもガスボイラーの消費量が抑えられます。準備タンクの温水が消費され、全く冷水がそのままガスボイラータンクに流れてもその時点では元来の方式で作動するだけです。発電機の動きが活発で制御器が過剰電気をこのヒーターに電気を振り向けた場合、予備タンクのヒーターは作動し、水を温めます。もし必要以上に加熱すれば、その温水は次のガスヒータータンクのガスは使用されないことになりガス代の節約となります。ここで節約が可能となります。



図 10-6:余剰電力の消費にはヒーター負荷がその場所の割りに最大の効率を上げます。この小さな箱で 1Kw を受け持っています。

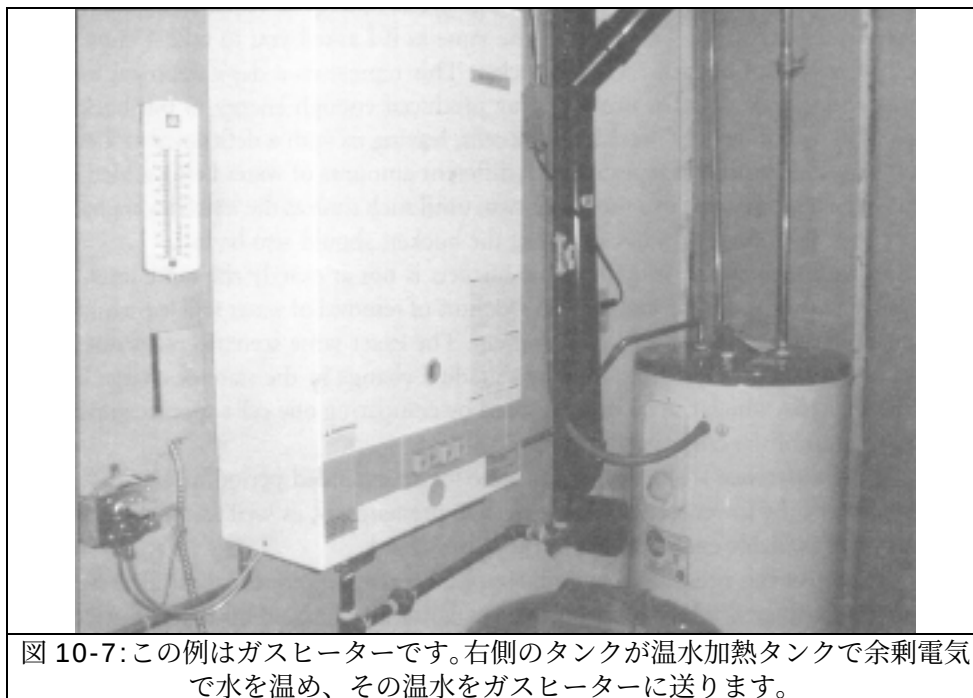
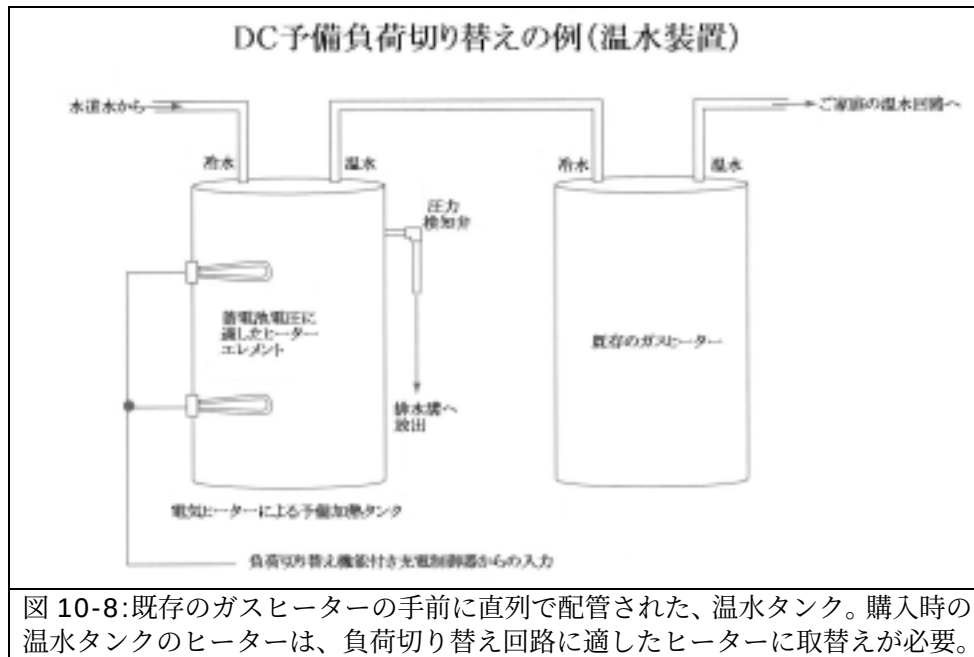


図 10-7:この例はガスヒーターです。右側のタンクが温水加熱タンクで余剰電気で水を温め、その温水をガスヒーターに送ります。



我々の実際の生活では、旅などで家を空けた場合や、発電エネルギーの十分な季節では、この予備タンクの水温が規定以上に上昇することは考えられます。事故防止のため、必ず、予備タンクには **PTR 弁** が必要です。Pressure Temperature Relief vale(圧力 温度 開放 弁)。この安全弁は内部の水温が一定以上に足し、内部圧力が一定以上に達した時点で、内部の温水を排出するよう配管が準備され、高温水が排水されても安全な水路に流さなければなりません。同じ理由で、ガスボイラータンクに移行する水管も、高温高压水が直に流れない安全回路経由で送り出さなければなりません。

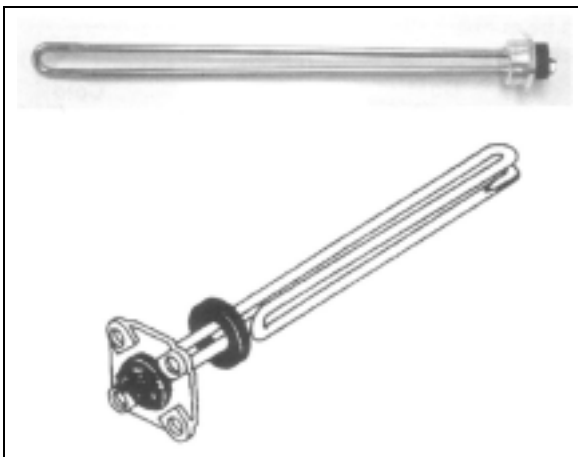


図 10-9:電熱ヒーターの供給電源と抵抗値は購入前に十分確認が必要です。

MPP(最大パワーポイントトラッキング)

ここで、制御器などの説明に頻繁に使用されている **MPP** の意味に触れてみます。英語の意味は **Maximum Power Point Trackers** の頭を取ったもので、充電制御器に取り入れられている技術です。(MPP=MPPT): 言葉の説明だけでは理解しがたいのですが、この意味は重要です。さて、全ての太陽発電パネルはそのパワー(電力)を電圧と電流から構成します。**($W=A \times V$)**:つまり負荷にかかる電圧値に電流値を掛け合わせたものが消費電力です。図 10-10 にこの事が示されています。

この太陽パネルの最大発電量はX軸の電圧とy軸の電流値の合致した点が最大値となります。もし流れる電流がなければ電圧のみが上昇し、電流だけではあれば過大電流で短絡します。図の V_{oc} の意味は **voltage open current** で電流値はないが電圧が天井知らずとなります。勿論出力は無しです。この状態で、負荷が接続されます。電流が流れ電圧が急激に低下します。負荷（例えば電球）

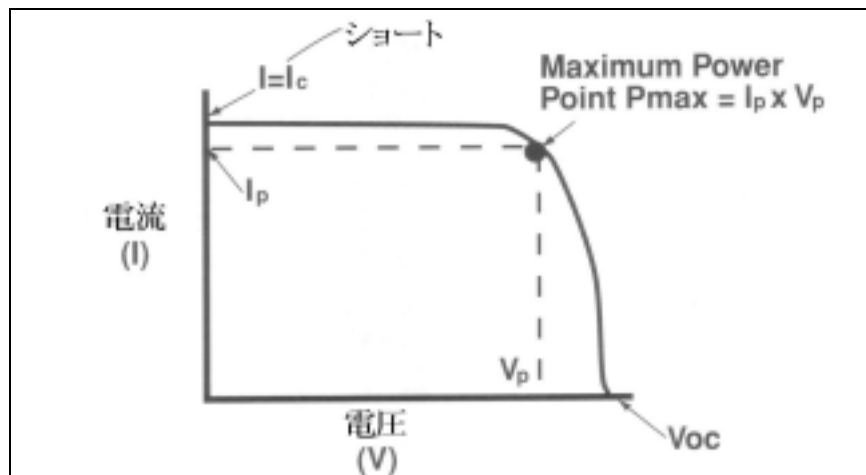


図 10-10: 太陽パネルで言われる MPP (マキシマム パワーポイント) とは電圧と電流の最大合致点を意味します。

を繋がずにプラス端子とマイナス端子を繋いだ場合、無抵抗のため電圧はなく電流のみが流れ、電力は生まれません。電気エネルギーの理想は電圧がありそこに最大の電流が流れる点にあります。これはその製品にとっては一箇所だけです。この点を **MPP**(最大の電力ポイント)と言います。今までお話した蓄電池において、この最大点は常に変化しています。(今まで蓄電池の電圧の変動理由は説明してきました)つまり蓄電池電圧には幅があると言う事で、太陽発電パネルはこの電圧を監視し、両者が合致したポイントで充電を与えると言う概念が **MPPT** となります。

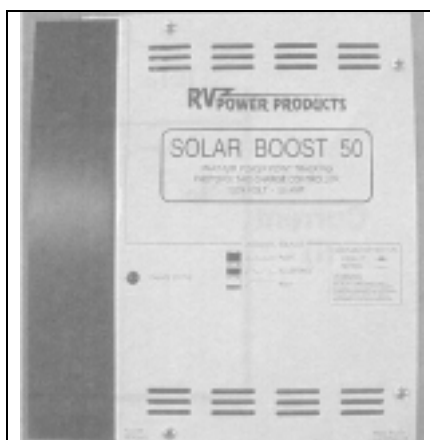


図 10-11: 太陽パネル用充電制御器で MPPT 機能を組み込んだタイプの例です。

MPPT 制御器は蓄電池の電圧と電流を常に監視し、太陽パネルのある一定条件で得られる出力のみを充電に振り向ける役目を果たしています。この制御器は通常パネルから蓄電池に直列結合され、充電効果を上げる目的のみに使用されています。今までの試験報告では効率向上率は **15 - 30%**と伝えられています。**800W** の太陽パネル設計でのエネルギー余剰取得は **120W** におよび、パネルを **1-2** 枚余分に取り付けたのと同効果となります。

話は良い面と悪い面の両方があります。**MPPT 技術**は太陽パネル用に作られました。現状市場でのこの制御器の機能に予備負荷切り替え機能が見当たりませんので水力や風力併用には、負荷切り替え制御器を更に設ける必要があります。予備の負荷に切り替え水を温めるのが良いか、高い

制御器を買うのが良いかは、全体の効率から決めてください。単に水を温めるより、他のエネルギー機器を使用できる可能性が有効利用です。

太陽発電の場合、太陽光追従システムも発売されています。(太陽の動きを検知し、モーター駆動で常に最大の効率を得られる向きにパネルを動かす方式)。この **MPPT** を取り入れるか、追従装置を得るかについては、総合的判断で行ってください。

各方式の特徴は：

MPPT：

- *冬の消費量が夏より高い。
- *太陽発電のみ。
- *追従装置で回転させる場所がない。

追従方式：

- *冬より夏の消費量が高い（冷房、プール等）。
- *発電は、太陽、水力、風力など組み合わせである。
- *太陽パネルを回転できる十分な土地がある。

電圧制御器の選択

制御器には多種多様の機能が備わっています。最後に知っておかなければならないのは容量です。蓄電池に流れ込む最大量の電流値、若しくは予備負荷に流される最大電流値を知る必要があります。図 10-11 の写真では連続電流は 50A です。全ての入り込むピーク値、流れ出る負荷への最大ピーク（予備負荷）を知り、その、25%アップが貴方が買うべき容量です。若しくはもう一段階上の容量をお勧めします。

4) 直流電源から交流電気器具を使う (インバーター使用)

今

までの説明の部分で、太陽光発電では直流の電気を自然エネルギー利用として得られる方法を説明してきました。実際、風力発電機や水力発電機は元来交流発電機ですが蓄電池に一旦溜め込む為に、直流に変換しています。この章では得られた DC(直流)電源を家庭電気器具の動作用に AC(交流)電源に変更する方法や、余剰分を系統連係出来ないかの可能性について触れて見ます(日本では系統連係の為には種々の法律があり、この説明は参考用であり、実際実行に関しては専門家に相談が不可欠です)。

ここ近来の電気技術の発達の結果、電気部品価格の低下と、マイクロプロセッサの進展で、インバーターには大幅な機能が付与されました。一昔であれば、自然エネルギー利用を計画されたとしても、自動車用に製作された 12V 直流器具しか使用できませんでした。勿論、系統連係の考えはインターネットがなかった時代と同様に考えられませんでした。時代は変わり、貴方の目の前のパソコンがインターネットと接続されているように、インバーターの使用は、常識となっています。



図 11-1: インバーターの発明で自然エネルギーの家庭利用が大幅に増加しています。

インバーターとは何かを一口で説明しますと、低電圧の DC を先ず AC に変換し、使用されている電気器具の(又は配電されている)電圧に昇圧する器具と言えます。市販のインバーターにはこの基本機能をより便利にするための機能が追加されています。多くの場合:

- * 蓄電池充電機能
- * 家庭電源供給を自家発電に切り替える機能
- * 蓄電池電圧の低電圧、高電圧警告機能と、低電圧時自動停止機能(LVD)
- * 省エネモード: 使用電気器具無しの場合スリープモードに入り、何かのスイッチが入った時点で電源オン
- * 非常電源装置の自動立ち上げ、自動オフ
- * MPPT 機能
- * 各種人体に対する安全機構

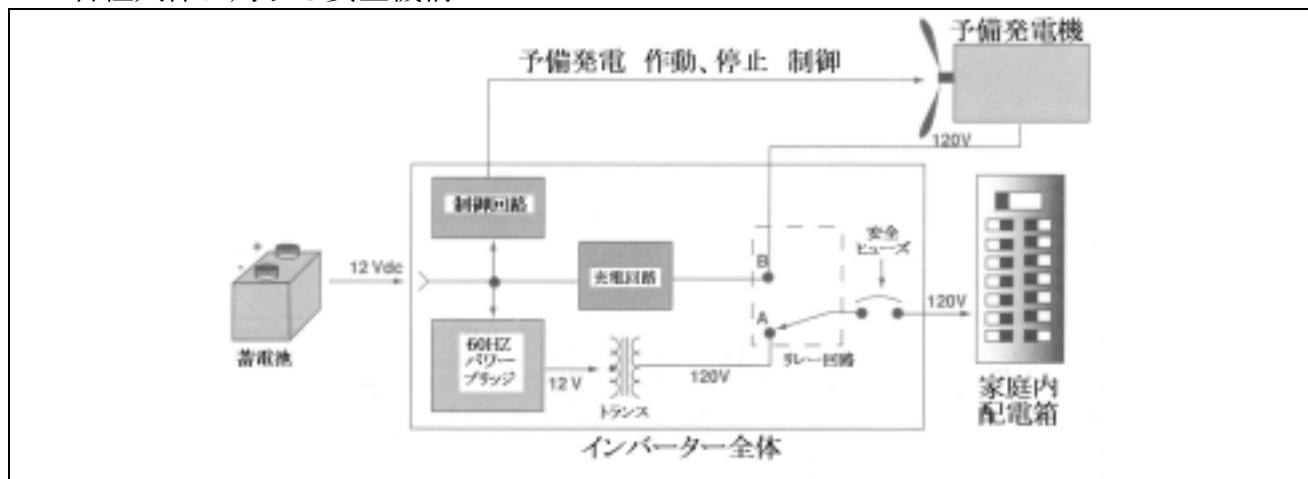


図 11-2: 無人島での自家発電の例です。インバーターのおかげで、100V の家庭電化製品が使えます。

家庭への送電がない（例えば無人島）場合の自然エネルギー利用の例を図 11-2 に示します。蓄電池に蓄えられたエネルギーはインバーターに連動しています。インバーターのプログラムで全体の管理を行っています。インバーターのスイッチが入りますと、接続された蓄電池（12V, 24V, 48V）を認識し、AC 変換を行います。AC にはサイクル（ヘルツ）があり、一秒間に 60 回極性を変化することを 60 ヘルツと呼びます。インバーター購入時、貴方の場所のヘルツの確認が必要です。（日本では地域により 50 サイクルと 60 サイクルに別れています）：さてこの 60 回/秒の意味を説明します。

図 11-3 の上側に乾電池が見えます。もしこの乾電池に繋がれた電球を一秒に 60 回切り替えると仮定します。蓄電池が回転し、電球は動きません。この変化の状態をグラフ化したのが下側に示されます。

DC に比較し AC にするメリットは、AC はトランスを利用することにより、電圧を任意に変化（上下）可能です。インバーター内部のトランスは、先ず小さい AC 電圧に変換された物を実用電力の 120V, 240V に昇圧します。図 11-2 のインバーターの例では先ずパワーブリッジで 12VAC が作られ 120V に昇圧されています。その後トランスファリレー回路に入ります。この回路では、120V はそのまま家庭電源回路に送られています。しかし蓄電池が低下すれば危険信号のため、蓄電池からの AC 発生は停止され、反対に家庭電源供給続行のため、非常電源回路が作動し、家庭電源の続行と同時に、蓄電池充電回路が作動し、蓄電池充電も開始されるよう設計されています。この様な完全自動タイプ以外に単純タイプでは、蓄電池の電圧が予定以上に低下したときに自動停止し警告音を発する物があり、蓄電池を過放電から守ります。蓄電池の充電は今まで説明されたとおりで、フロート充電工程後、再度インバーターが蓄電池と直結します。

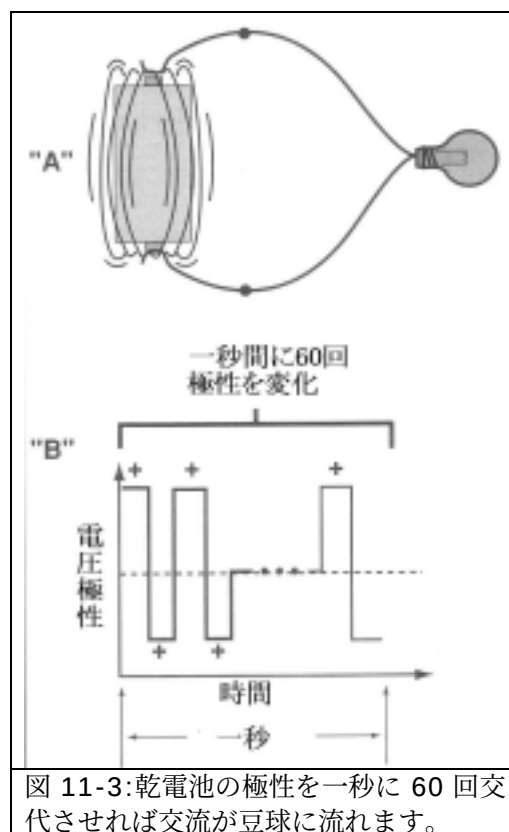


図 11-3: 乾電池の極性を一秒に 60 回交代させれば交流が豆球に流れます。

インバーターの AC 波形

家庭で使用されている電気器具の全てがインバーターで使用可能とは限らない事を説明しなければなりません。電力供給会社が実際発電している AC の波形は図 11-4A で、今迄学校で、雑誌で、常に目にする波形です（正弦波といいます）。発電機は回転型で回転運動で発電されています。一方乾電池の例で説明した波形は急激な＋－の変動から変換された為図 11-4B の波形（矩形波）になってしまいます。この図は 60 秒中の一回の流れをわかりやすく拡大したための波形で、実際は一秒間に 60 回（場所によっては 50 回）繰り返されます。A と B の差は、A の場合、時間経過に応じ電圧は比例的に上昇し最大値に到達後極性反転と共に比例的に電圧が低下しています。それとは異なり B の場合極性移動と同時に電圧が切り替わり中間電圧の発生はありません。この様な波形を矩形波（長方形）と呼び、古いタイプの、又安価なタイプのインバーターに見られます（今ではこの種の製品は得るのが困難な程見当たりません）。技術の進歩でこの長方形を改良し、疑似正弦波と称される波形“C”が生み出されました。

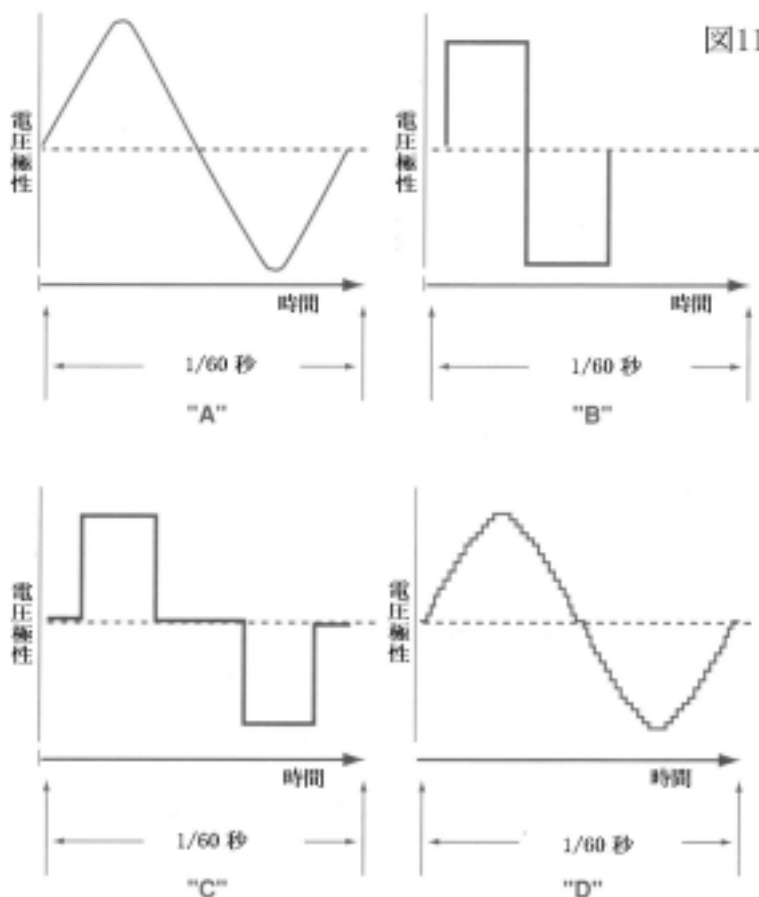


図11-4

図11-1に示しました通常使用されているインバーターの波形は多くの場合このCの形です。Cの疑似正弦波は電気製品の98%の種類の使用を可能にしています。しかしこの急速に交代する極性のため一部の電気製品にブーンと余分な音（ハム音、ブザー音）が混入します。ステレオ製品、扇風機、レコードプレーヤーなど。一方この種のインバーターは生産が容易で、頑丈に設計でき、電気効率も良く、安価である為、現在でも支流を占めています。最近の発表ではこの疑似正弦波をさらに改良したDの波形を作るインバーターがあります。これはデジタル的に同調させ、最近流行の音楽のMP3の圧縮技術と同じ

理屈です。MP3の音質は悪くないのと同じです。結果、最高級のインバーターでは波形歪み5%以内、電圧と周波数の追従は、電力会社の品質以上とされています。

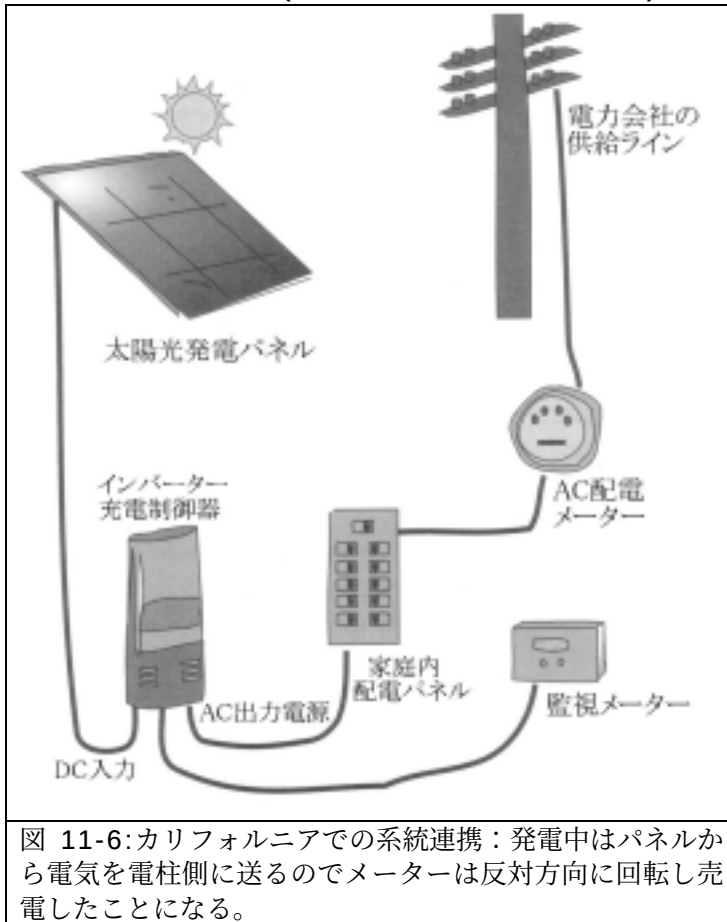
系統関係について：

（ここはアメリカの状況を説明したもので、系統関係をお考えにならない場合、次の章に移ってください）

商業用電気波形と比較にならない程高級なAC電源を生み出せるインバーターが市場に見られるこの頃、系統関係への興味が日に日に叫ばれています。10年前ではこの話は異端者の話として電力会社では鼻先であしらわれていました。時は移り行き環境保護に端を発した自然エネルギー利用発電の要求と、政治力とが独占的な配電機構に穴を開けだしました。アメリカ北部の州では、他の州より閉鎖的であるとの認識はここかしこ見られますが変化は確実に動き出し、後へは戻れない状況です。カリフォルニア州では、長引く停電問題、高価な電気料金、終りなきスモッグ問題など、これら諸問題の解決には各家庭に太陽発電を設置させる事でした。誰でも、数束の太陽パネルを屋根に上げ、系統関係許可のインバーターに接続し、電気メーターの逆回転を目の前にすることが事実となりました。

図11-6は自然エネルギーを系統に送り出せる単純ですが効率の良い方式を説明したものです。この方式では、先ず電柱からメーターを通して、家庭の配電盤に入り、電気が使用されます。この方式はどのご家庭でも電気使用時には同じ事です。電気を使えば、メーターが回転し、回転した分が料金に計算されます。電気を使えばその分メーターの表示は増加します。さて、太陽が昇り太陽光発電パネルに日が当り、又は風が吹き、風力発電機が回転しだし、又は水力発電機がうなり声を出し、その発電はインバーターに送られ、インバーターがきれいな波形のACを作り出します。生まれた電気を送り出すために入ってく

る電気より高目の電圧を作り、それを電柱に向かって送り出します。この逆送電で消費メーターは逆回転を起し、今迄の消費量を減少させます。電気代が減る訳です。この実例の場合、電柱の電線(電力会社の配電機構全体)が蓄電池の役割を果たしています。



安全の為インバーターは定期的に系統に電気が流れているか検査します。もし系統に電気が流れていないとなると、直ちに送電を停止し、再送電は系統に 5 分連続で電力供給が実行された確認後行われます。この方式は非常に大切です。例えば嵐で電線が切れます、作業員が急いで接続作業を行いますが、電力会社は送電停止しても、各家庭が勝手に送電した場合、作業員は感電事故を受けることになります。たった 100V AC でも電流が多い場合死に至ります。

インバーターの等級

インバーターを購入される場合の規格基準を明確にしておきます。実際市場には多種多様のインバーターが販売されています。

正弦波型、それとも、疑似正弦波型、どちらを買えば？

前にも説明しましたが、価格差とある種の電気製品に適するか適さないかの 2 種の違いがあります。正弦波

のメーカーは、価格を日に日に変化させ、市場占有率を見ています。どんなメーカーでも、多種多様の製品を送り出しています。結論は、時々使うのであれば安価な疑似正弦波をお勧めします。価格は安価で、構造は堅牢、長期使用が期待され、ほとんど全ての家庭電化製品が使えます。(しかし精密プリンターで動かなかった例もあります) 毎日インバーターで生活されるのであれば、予算があれば、正弦波型をお勧めします。お金が足りない??? では疑似正弦波をお買いなさい。使えない電気器具はあったとしても、明日対策を考えれば。

出力電圧

北アメリカの標準家庭電源は、壁へのプラグでは 120V です。消費電力の高い器具では 240V が供給されています（ストーブ、台所のヒーター、洗濯乾燥機、中央制御の空調等）既に供給電源が来ている場合、現状のままで切り替えたい場合、240V のインバーターを 240V ラインに接続するか、120V x 2 個をメーカー使用書に基づき併用します。

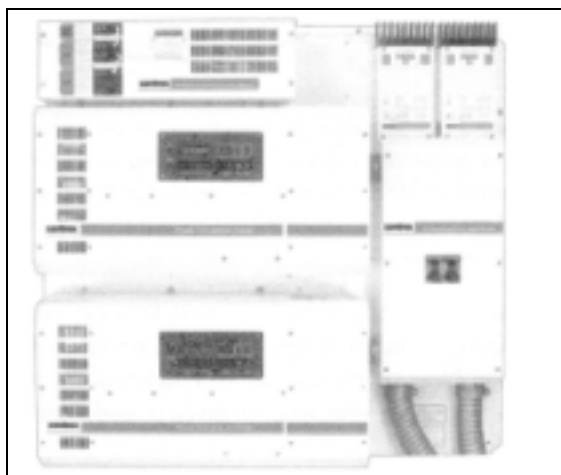


図 11-5:2 台のインバータで 120 と 240V 両用。右上は 60A の充電制御器 2 台が見えます。右下は DC 用ヒューズブレーカーボックス

連続使用容量

ここで意味する容量は一度に連続で使用される電気製品の必要とする電力の事です。電力は電圧に電流を掛け合わせて計算します。 $(W = A \times V)$ ：さて家庭で生活される場合一度に多数の電気製品を活用されるはずですが、インバーターの必要容量を計算する場合、一度に使用する全電気製品の電力を全て加算しなければなりません。例えば、井戸ポンプ 1800W, 洗濯機 500W, ガス乾燥機 400W, 照明用蛍光灯総計 100W: これが一度に同時使用されるとしますと、電力の総消費量は：

$$1800 + 500 + 400 + 100W = 2,800W (\text{総連続使用量})$$

この結果、必要とされるインバーターの容量は最低 2,800W を連続に出力できる物が必要です。でも町でこの規格を探しても徒労に終わります。メーカーは私達用に専用の規格を設けてはいません。先ず 1000W 以下には多種多様の規格があります。その上は多分 2500W, 4000W と飛んでいるかも知れません。子供たちの生活で未だ多くの電気を必要と考えられるのであれば、余裕を持って、規格を上げることも必要でしょう。（反対に電気の消費を抑える生活に切り替えることも意義ある事です）。

インバーターのカatalogを研究された場合、多くの方は新しい言葉 VA に疑問をもたれる場合が往々にしてあります。基本は、電圧 x 電流で、合計はワットです。表現方法を分けたのは AC モーターの消費電圧とその効率で誤解を避ける必要が生じたのです。ご家庭での電気製品では W も VA も同等の力と考えて問題はありません。モーター技術の発達で、消費電力は過去の同等馬力に比べ 20% の省エネが実現されました。（従って貴方のインバーターの使用が空調、プールのポンプ、誘電モーターの場合、消費電力はワットでなく VA の表示になります）：つまり、例えば木工工場を経営され、同時に多くの電動工具を使うのであれば、W の合計の 25% レスがインバーターの必要容量です。この件は知っておいて損はありませんが、常に予想以上に大き目のインバーターを設けることは正しい事です。

モーターをご覧になられた方は、今迄モーター回転時、スパークを見ませんでしたか？火花が出ます。これはブラシで電気を伝える昔のモーターで、今では作られなくなりましたが、時には次の器具類で未だお目にかかるチャンスがあります。これらのモーターは誘電型ではなく、ワット表示となります。

＊ 電気掃除機、（中央制御の集塵機）

＊ 食品調理器具、ミキサー

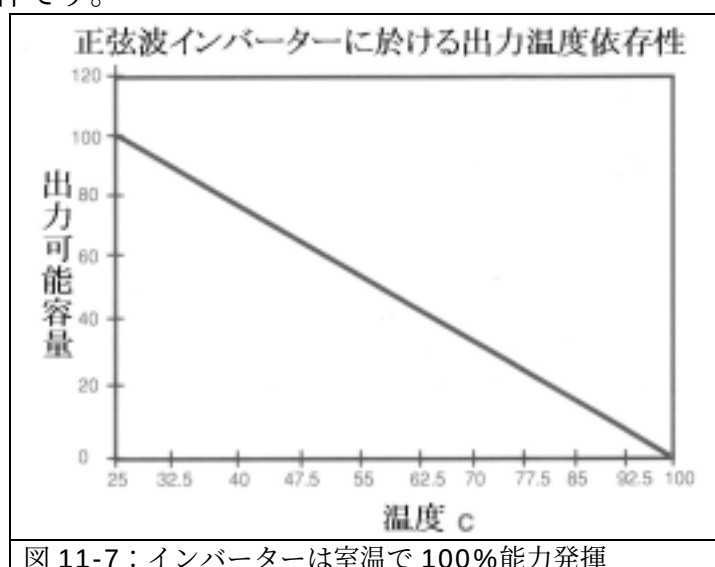
- * ドリル、ルーター、まるのこぎり等の工具類
- * チェーンソー、生垣刈り込み機等
- * 芝刈り機

インバーター サージ 能力

サージの適切な日本語訳はなかなか見当たりません。群集が押し寄せる状況を表現しています。従ってインバーターでサージとは、短時間にどれほどの過大荷重に耐えられその後、安全のため、回路遮断する、この余剰荷重のどれくらい耐えられるかを意味しています。これは電気製品の中で、立ち上がりの必要電力が、通常使用の電力の3倍は優に必要とする物があるからです。通常モーターがこの種の電気器具です。この瞬間に大量に流れる時間は一秒にも満たないのですが、電気としては必要とされます。ご家庭の中で電気溶接を使われた場合、一瞬電灯の明かりが暗くなりませんでしたか？冷蔵庫のモーターが唸った時はどうでしたか。インバーターメーカーはこの事は知っていますから、サージという表現で瞬間にどれだけ大量に流しても、安全かを表示しています。通常この事を気にしなくて、購入されたインバーターはその範囲内でサージに対応しています。

インバーターの温度による能力低下

大抵のインバーターの電気回路保護機構は温度に対してです。従って、表示されている使用可能 VA 値は常温使用が計算基準です。AC 変換回路としてのスイッチングブリッジに使用されている内部部品の温度が上昇するにつれ接続可能の容量は減少して行きます。図 11-7 は実際の正弦波インバーターの仕様書に示されている温度と利用可能%のグラフです。25℃が最大効率で、温度が上昇するにつれ、効率が（使用電気器具の減少が必要）が減少します。その上、カタログには示されていませんが、場所は海拔ゼロ、空気の流れを邪魔しないことが条件です。



蓄電池充電の必要性は

蓄電池充電を必要としない回路の場合、インバーターは単なる DCAC 変換のタイプを購入します。最初から蓄電池がある場合、インバーターには DCAC 変換+蓄電池充電機能のついた物を、先よりは高価ですが、手配します。

もし最初蓄電池無しでスタートし、その後、蓄電池も必要とされる場合、最初の単機能インバーターの他に、新たな蓄電池充電専用コントローラーの設置が必要です。

5)いよいよ発電開始です



ンペンが用意され、後はメインスイッチを入れ、自然エネルギー発電の実行を行うのみとなりました。配線は完了し、回路は再点検され、全て前確認が完了しました。後は実行のみです。ここからどうしますか？

開始に当り

先ずは安全注意です。どんな電気器具も説明書が添付されています。もう一度安全について説明書を読み直してください。大切なことは常識を働かせ、**学ぶ**という基本姿勢を失わないことです。この様に各メーカーの説明書通り検査が終了しますと、後は動かすのみです。エネルギーを手順どおり作動させます。以下の段階はお役に立つかも知れません。(ある説明は貴方のシステムとは関係ないかもしれませんが、状況により読み飛ばしてください)

第一段階：

作動前に、蓄電池の各セルの比重を記録してください。購入時の比重を知ることは、正しい状態で購入されたかどうかの判断基準であり、更には保障期間論争時の証拠となります。各セルに大きく番号を書き込み、今後の記録の基本を作ります。もし貴方のシステムが12Vの場合セル数は6個から構成されます。24V蓄電池では12個のセル、48V蓄電池では24個のセルが納められています。並列使用の場合その分に応じ番号は増加します。

第二段階：

蓄電池とインバーターを繋ぐスイッチを入れます。これでインバーターに電気が入りインバーターが作動可能となります。メーカーの説明書に基づき、インバーター作動設定値の入力が必要です。典型的な入力パラメーター類は：

- * 蓄電池充電速度（自家発電類からの逆充電）
- * 蓄電池の総容量
- * 蓄電池の種類
- * 過放電防止電圧
- * サーチモードの種類（省エネ設計）

インバーターメーカーの設計、貴方の環境で、設定方法は変化しますが、インバーターへの指示はなんらかが必要とされます。

第三段階：

買われたインバータにサーチモードがある場合、感度のセットを忘れないで下さい。インバーターが省エネモードで眠っている場合、再度フルパワーに復帰するための電流の開始ポイントの調整です。このモードは常にインバーターから消費回路に信号を送り、例えば消費電気器具が全部停止している場合インバーター自体の消費電力を大幅に低下させるのです。どこかのランプが点灯した場合、その回路で通電した瞬間にインバーターはフル作動用に活動します。皆が寝静まっているときに、インバーターも省エネを行います。

しかし、どの程度の電気器具が作動すればスリープモードから復帰させるかの基準があいまいなのが唯一の問題です。小さな8Wの蛍光灯が引き金にするのか、汲み上げポンプの電力をスイッチにするのか、判断に迷います。メーカーの説明書に基づき、家庭内の色々

な電気器具を実験し決定します。

第四段階：

エネルギーメーターに（メーカーの手順書に従い）プログラムをいれます。典型的なデータは蓄電池の電圧、および容量（Ah）です。発電機からの供給を停止し、インバーターを作動させ使用器具の消費状況を、一個一個確認します。このことで消費器具とメーターの関係が確認できます。

第五段階：

発電機を作動させメーターを監視します。発電機が回り蓄電池に電力が流れます。この場合全ての使用電気製品を止め、エネルギーが蓄電池に与えられる状況をメーターを通じて確認できます。メーター表示は充電中で、容量は満タンの方向に針は振れなければなりません。

第六段階：

もし、購入された蓄電池の比重が 75%以下の場合（第一段階での試験結果）、インバーターマニュアル、チャージマニュアルに従い、一サイクルの完全充電の時間が必要です。自然エネルギー利用の開始は、先ず蓄電池が 100%状態からが重要です。

第七段階：

エネルギーメーターの取り扱い説明書に再度目を通して下さい。メーターと蓄電池の関係を再確認してください。前にも触れましたが、メーターはあくまでも目安でしかありません。

その後（しつこいですが）

自然エネルギー利用の本当の美しさは（楽しみは）一旦全てが順調に作動した後は、鼻歌交じりの生活を実感される事と存じます。操作が簡単で、システムに注意を払われれば、全ての寿命が長くなります。しかし、皆さんがほとんど注意を払わないのが蓄電池です。自然エネルギー利用に不慣れな人々は、実際自分がどれくらいの電気を使用しているのかを考えませんし、自分の必要エネルギーと蓄電池の放電の深さの関係を考えもされません。

もし最初に帰って、もう一度言わせていただけるのであれば、私が言いたいのは、貴方が預けられている蓄電池銀行から借金は出来ない。これが全てです。金を引き出した。。。。なくなった。。。全てが終わったのです。金を引き出して、引き出して。。。で、銀行は破産です。

ですから、

どういう方法でエネルギーを使い、エネルギーメーターと蓄電池の比重の関係を再確認するために蓄電池の使用説明書を熟読下さい。エネルギーメーターと比重の理解が完全になれば、あとは一ヶ月に一度蓄電池を検査するのみです。この段階に到達するまでに下記の手順に沿って実行して下さい。

＊ 蓄電池が一日かけ充電された直後の比重測定値は必ず間違っ、軽く示されます。（ガスの泡が水より、また硫酸より軽いので）この泡が液体の表面にたまり電解質に散らばっている関係で、比重計は浮いています。比重計測は、完全充電工程後 2 時間待って

から行う事。

- ＊ 同じ理屈で、比重計測は蓄電池が電気を送り出している時に行ってはなりません。ポンプ作動や台所のヒーターが停止している時に行う事。
- ＊ 蓄電池の温度を管理すること。温度補正カーブが蓄電池に添付されていますので、比重値を温度に応じて補正する必要があります。
- ＊ 比重計の選定に当っては品質の高い物を選ぶこと。値を読む場合、スケールと目の高さが平行になり、誤読を避けること（図 9-3 参照）
- ＊ 表 9-1 に示された例の通り、読み取れた比重値を蓄電池の放電量と比較確認すること。例えば蓄電池の余裕量 90%(即ち放電量 10%)で、エネルギーメーターの表示が同じであれば、システムは完全です。もし両者に差が大幅にある場合、メーターの方に微調整を施します。メーター側の設定値で **charge efficiency factor** (充電効率因子)と称する訳の解らない設定値が見えます。このファクターはメーターと蓄電池間の値の校正を是正する為に編み出されたアイデア値です。メーター側で充電が早すぎる状態を示す場合この値を引き下げ、両者の速度を合わせます。反対に充電速度よりメーターは遅い場合、値を引き上げます。
- ＊ 時間経過と共に、如何に調子を合わせたエネルギーメーターでも、蓄電池の状況とかけ離れた値を示しだします。蓄電池の実際の容量に合わせる為の、リセット作業がメーターに必要です。メーターのマニュアルを参照してください。通常このリセット作業は、蓄電池の均一化工程作業終了後行います。
- ＊ 均一化工程で思い出しましたが、セル間の比重を良く見てください。値は全て同じでなければなりません。もしセル間の値のずれが 0.010 以上になった時点で均一化作業が必要です。
- ＊ 均一化工程は、自然エネルギー発電が完全に行われている状況が（元エネルギーが確保されている状況）必要です。貴方の作られたシステムで方法は異なるのですが、チャージコントローラーやインバーターのプログラムを完成させておかねばなりません。作動は、大抵の場合、専用ボタンを押すのみです。均一化のための必要電圧に上昇します。インバーターからの指示の場合、ほとんどは、自家発電等他の電源からインバーター経由で、均一化の指示がでます。
- ＊ 貴方の蓄電池に水素ガス吸収キャップが取り付けられている場合、この工程中はキャップを取っておくこと。

その他に、未だ注意あるの???

貴方の状況が、配電会社の電気が来ている場合、もうこれ以上お話しする事はありません。経験から後はさらなる便利さを追求されると思います。私の今迄の生活からお話できるとすれば：

(筆者の発電は、太陽、風力、水力全てを所有)

- ＊ 古い諺にある “**Make hay while the sun shines.** 《諺》 日の照るうちに草を干せ；好機を逸するな” の通り、電気を大量に必要とする作業には、エネルギー発生が保障されている状況で行ってください。真空掃除機、プールの注水ポンプ、空調、パン焼器等
- ＊ 太陽発電の場合、日照りが何日も続く場合、比重やメーターを良く見ること。過充電に注意すること。(初心者は太陽が照るので喜びますが蓄電池は満タン以上には受け入れません。)
- ＊ 風力発電の場合、過酷な強風下での発電機のストレスを避けてください。
- ＊ 貴方一人がこの方法を取る寂しさはありません。多くの機会を通じ、貴方の喜びの輪を広げる努力をお願いします。

2004 Oct