

小型水力発電機を生み出した経験者の歴史をお話します。

この文献は 1987 年に発表されました。小型水力発電機を製造するに至った経過です。

小規模水力発電のお誘い

田舎の多くの場所では小川の流れがたくさん見受けられます。その様な小川の流れが発電に適するかどうか考えられた事は無いでしょうか？：ここからお話する事はいろんな問題にも関わらず私の生活環境での、ある程度の結果を得ることに成功した手順についてお話します。自問自答の話も書いていますので、皆様と心を一つに出来ると思います。

どれだけの水が必要ですか？

小規模水力発電機に適した場所の決定方式は風力発電や太陽光発電の選定基準に比較できない程精密な場所選定基準が存在します。**水が必要**です！しかしそれ以外にはそう深く考えない事です、水の流れも貴方のすぐ傍でなくても良いのです。

ご気楽に！

私の経験をお話しましょう。

私の住むカナダの田舎では、小川に遭遇する場所は意外と多いので、そこかしこに小川を見受けられました。私の住む場所では、岩肌が荒く、起伏の激しい場所ですので、水の流れは加速されています。水の潜在的エネルギーが感じられます。自宅は小川の傍で、一年を通じ水の流れはありますが、そうたいした水量でなく、あくまでも小川の様子でした。小川の上流を見てもみますと水源に近い場所では殆ど水量は無く、水源から流れ出る水は始めは少なめですが、下流に行くほど水量は増加しています。

取水に適しそこから管を下方に向かわせることの出来る最適の場所は、自宅の近くにあります。自宅の場所は坂にあり、緩やかな角度が存在します。自宅の位置から下流方向での落差の程度は 30 メーター下った場所での上下差は 2.5 メーターですので 300 メーター下流では 25 メーターの落差が得られます。落差としては充分と考えられますが、管は道に沿って配置しなければならないので、実際の 25 メーターの落差に到達するには 915 メーターの距離が必要とされました。まず、直径 3cm x 長さ 300 メーターのポリエチレン製ホースを購入し地面の上に置きました。小さなメッシュ（金網）の箱を水の取水口とし、取水位置に石を工夫して小さなダムを作り、30cm ほど水の高さを上昇させ、そこから加速させた水を得る事にしました。ホースから得られた水量は 75 リッター/分で、得られた高低差は 15 メーターの位置でした。

配管内部の抵抗について

ホース内の水の流れが速くなればなるほど、ホース内での接触軋轢の為速度低下が発生しています。1/3 の貴重な潜在的力が失われています。流速が低下すれば内部損失は低下し流速が低下するにつれて効率は上昇します。

で、質問は口径の大きなホースを使ってみては?となります。まず価格が高くなります。又この現場での水の容量は 75 リッター/分（少量）です。その上雪よけカバーのない状態では、凍結の恐れが大口径の場合増加します。私の場所では、冬は取り入れ口は凍結温度の僅か上であり、旅を重ねると温度低下が加速されます。で、何故地中に埋めないか？とお考えですね。勿論そうありがたいし、埋めるのなら、大口径に変えてから行ないますが、更なる実験の為この現状を維持します。この後に更に説明が続きます。

ノズルでの水速について

15 メーターの高低差の場所で水量が 75 リッター/分の場合、取り付けたノズルは 0.95cm を選定しました。実際の得られた水量は 71 リッター/分。その水の速度計算(噴水理論)では、17 メーター/秒の速さとなります。

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 32.3 \times 50} = 56.7 \text{ ft/sec} = 17 \text{ m/sec}$$

$$g = 32.2 \text{ ft/sec/sec} = \text{重力係数}$$

$$H = \text{ヘッド圧, この場合 } 50 \text{ フィート} = 15 \text{ メーター}$$

動く水のエネルギー

この得られる水のエネルギーは電力にどう換算できるのでしょうか？

(英文の原文の係数は Feet Pound ですのでここで単位を変換します)

71 リッター = 約 158lbs の水が 15 メーター = 50feet の落差で流れる場合その力は $50 \times 158 = 7900 \text{ Ft-lb}$ でこれを馬力換算するには 33,000 で割ります。そうすると 0.24HP が得られます。1HP = 746W ですので、 $0.24 \times 746 = 179 \text{ W}$ の電力がノズルの先に存在する訳です。同じ計算をノズルに入る前の段階で行ないますと 269W となります。発電には磁力に打ち勝つ力の為のノズルが必要で、エネルギーは姿を変えるたびに潜在エネルギーは消耗しているのも事実です。

数字の羅列で退屈されたと思います。自然エネルギー利用ではこのような数値を重んじる必要はありません。精密な計算は必要ではありません。実際緻密に測量、測定は不可能な場合が多く、類推が大切なのです。ここで必要な事実は、水源から取り入れられた水が、最終的にノズルから出てきた、この事実が大切な事です。

出てきた水を利用して何かを回転させなければなりません。通常ペルトン型、又はターゴ型が推進タービンとして考えられます。反作用型も考えられます。これは芝散水目的のプロペラ型が代表選手です。推進タービンの製作が容易と考え、製作に着手します。



低電圧 DC 水力発電機

発電場所から自宅まで送電の為には 300 メーター配線しなければなりません。12VDC を使いたいのですが高価な太い電線の代わりに何かで変圧して有利に送電出来ないかと考えました。春には小川の流れの水は豊富で各種の 12VDC 発電機の試験が可能でした。この状況はあくまで最適な送電方式を見出す為の試験で、(しかし電線は不可欠です) 発電機の傍に蓄電池を設け、蓄電池から電線で自宅まで配線する方式を考えていました。色々試した結果 12V より高い電圧を使うほうが有利と気づきました。

電圧を上げよう

家庭に来ている商業電気のような交流 60Hz を発電できれば市場で購入できる変圧器が利用で

きるのではと考え、又そのほうが電圧変更は容易ですから、3600RPM で 120VAC 60HZ 1.2KW 能力の水力発電機を購入しました。この機械にスリップリングとブッシュを追加工事し DC 発電装置のコイル群を付属させ DC 出力も手に入れる工夫をしました。

推進タービンは水の吐出速度の半分の表面速度が得られます。現在 17 メーター/秒の吐出速度ですからタービンはピッチで 5cm 弱の歯車が必要とされます。あまりたいした事でないのですがこの寸法でのターゴ歯車を作る事にしました。大きい歯車は確かに速度を上げてくれる様に思えますが大きいほど、損失が起こりエネルギーロスが増大すると思いました。

この現場での与えられた環境下で得られた現実 は $24VAC/2A=48W$ となりました。読者はいままさら何故 48W しか得られないかと疑問を發するはずです。これは現場の状況、回転体、発電機の総合結果の事実でしかありえません。これで終わりにしなく、次に 300 メーター配線の 18 ゲージ線(2 本振り)と 25-100V 昇圧トランス、片方のトランス 12V 用、更に DC12 用整流器。全て配線後得られた蓄電池用電源は 25W, 2A のみでした。この方式はすぐ撤去されました。存在価値が見出せなかったのです。効率はあまりにも悪すぎました。

更なる高圧システム

この方式では話にならなかったのも、更なる考えが必要でした。長寿命の発電機が必要でした。

シリコンゴム製金型で 10cm 直径のエポキシペルトン歯車を作りました。この歯車で磁場に直列に配列された加減抵抗器のついた自動車の発電機を動かす予定でした。3 列になった 18 ゲージの配線に電圧を上昇させる 3 相昇圧トランスを接続しました。自宅には反対のステップダウントランスを用意しそこに整流子で直流変換を行ないます。

この実験での発電量は 50W(12V 4A)でしたが、実際に蓄電池への供給は 3A となっていました。理由は自動車用の発電機の極性は通常より多く周波数も高めなのです。表示は 60HZ と示されていますが、私の小さなトランスには効率が高めに影響していました。ノズル出口での計算し 170W に対し 36W の発電量でしたのでその効率は 21%となります。

25W で何が出来るのか？

12VDC で 3A の電力はたいした事ないとお考えですね。この電力では照明と、小さな冷蔵庫、ラジカセがせいぜい動かします。実際私の自宅は小さくこれらが私の電化製品でした。水の流れでは更なる電力が生まれ、クリスマス照明や電灯をつけっぱなしにしなければならない場合も存在していました。

その後タービンの歯車を変えてみればもっと発電量が増加するのではないかと考えはじめました。最初私が作ったペルトン歯車は売れていました。最初の頃はエポキシ樹脂でしたがその後軽量で更に強いポリウレタンで販売して来ました。このような商いの日々で色々な声が聞こえ歯車だけでなく、発電機そのものを作ってはの音が大きく聞こえるようになりました。

ターゴ歯車

現状の水量と環境から、水量が多く見込めることを考え、ペルトン型よりターゴ型水車のほうが有効でないかと考えました。4 インチ直径の歯車に 4 個の 1 インチのノズルで回転させその効果を観察しました。非常に良い感触を得ることが出来ました。

この歯車に自動車用発電機を取り付けてみました。価格は安く、実用的であり、簡単に入手でき、12VDC 出力は誰でも望む所です。しかし実際作動させて見ますとヘッド圧 6 メーター以下では作動しなかったのです。又得られた効率は 40-50%付近で、改良せざるを得ませんでした。

研究に没頭する日々が続きました。ターゴ歯車はその効率 60-70%は魅力的です。従って何回も使用できるシリコンの金型を作りました。金型に投資する意味は形を変える事も出来なく従って効率を向上できないのですが、この小型であれば形を少々変化させても大きな変化は起こらない事を知っていました。

永久磁石発電機

しかし、今まで実験に使用した発電機の効率は 50%近辺で、コイルタイプです。コイルタイプは出力調整はやりやすいのですが、自分の必要な電力を得られた物から消費しなければなりません。永久磁石の使用で低ヘッドでも使えないかと考えました。そうなのです。DC モーターで永久磁石応用が最適かも知れません。DC モーターの使用経験からブラシ接触方式では最高の出力は期待できないし、寿命の問題も内在されています。特に水力発電機は 24 時間 360 日稼働させるのが目的です。又交流出力であればトランスを利用し、好きな距離を搬送可能なはずです。

市場で好評を得ている小型の水力発電機の大抵は低回転で且つ永久磁石の交流発電機と判明しました。これは、自転車の発電機の原理そのもので、消耗品は使用されている 2 個のベアリングのみです。

数々の実験を繰り返し、固定側は誘導モーターの構造を利用し新しく永久磁石の回転素子を作りました。今までの環境下で発電効率 80%を得ることが可能でした。4 極、1800RPM で AC 60HZ を得ました。その後の実験で 60-400HZ を操作できるようになり、市場でのトランスに充分対応出来ることが解りました。発電電圧端子を多く設ける事により必要な電圧を容易に得る工夫も可能でした。

私の自宅環境で

さて、私の自宅の環境でこの実験機は 100W 発電しました。理論発電可能量 170W に対し 100W ですからその効率は 59%となります。動力計の試験ではこの環境下での効率は 85%となり、現状発電機の動的効率は 69%となります。この時点で、120VAC を発電しトランスを利用せず送電可能でした。待機側では直流交流回路で 12VDC に落とし 6A を得ることが出来ました。この出力で蓄電池充電用に利用します。最終効率は $72/170=$ となり 42%が水から電気に変換されました。

120V 交流利用の家庭電化製品も利用可能で、実生活に適したモデルを作る事に成功しました。

以上