

Technical Information

発電場所での得られる水量と高低差の予測精度

本情報は、設置前の落差、水量の情報の精度が高ければそれだけ設置後の発電量が期待に近くなる例を示します。設置場所の調査の精度が成功の秘訣となっています。

August 2013

Ecoinnovation Ltd.

この設置は実際の作業の記録です。場所はニュージーランド、発電機は3台のターボ型が対象です。先ず注文品の背景のデータは：

- ・純落差：20m(測定はユーザー側で実施)
- ・導水管 100m 長さ、MDPE(中密度PE)内径 94mm, 3本
- ・流量：乾季水量 11 リッター・秒 (雨季には増加)
- ・配線用電線 (400m 長×2本) (4mm²を4本合わせ燃線へ) 16mm²電線

この環境で、ユーザーとメーカーの打合せ後の予想は以下の通りです。(メーカーは現場訪問を行っていません)

タービンでの発電量予測

- ★使用水量 11.0lps(リットル・秒の単位表記 lps)
- ★純高低差 20.0m, 配管総延長 100m, ID=94mm
この条件で配管効率 86%(管はユーザー購入済み)
- ★ターボ発電機 1 台あたり、ノズル4個使用(口径 15.1mmφ)
予想回転数：1489rpm, タービン発電量 1029W/set

発電機での発電量予想

- (MPPT 想定の為電圧は180V 想定し、送電用には194V とする)
- ★電線効率：90% ★電線総延長距離：400m
 - ★送電有効電圧：180V ★電線材質：銅
 - ★電線太さ 16mm²を3台に分割使用の為、1台分=5.3mm²
(5.5 スクエア=AWG10 に匹敵) ★電流：5.3A
 - ★電線効率：93%
- 結果予想発電量：954w

3台設置で総発電量：3×954w=2,862Kw

注意；

電線と送水管はユーザーが先に購入した物であり、これ以外の物の使用は不可能です。(発電機メーカーと打ち合わせ後に購入か、自分で先に購入が良いのか、難しい所です。)

発電機メーカーの作業

このユーザー情報により、発電機メーカーは、最大の効率を発揮する発電機を作成します。この環境に合致するコイル類は：80-7s-2p-D となります。出荷実験では1489rpm で無負荷電圧 160V~180V を超えない磁場調整をし、1000W の動作実験を行います。

この様にマイクロ水力の場合、与えられた環境に応じ、発電機の仕様を決定する 경우가多く、発電機の注文にはご注意ください。



工事 その1

ユーザーは、発電機類の到着前に導水管の工事を行います。工事後の実験結果の報告は；

- ★20psi (発電機手前での圧力計の数値) =14.1m(純落差)
- ★110m 長 94mmID MDPE 送水管 3本
- ★乾季での水量 11 lps
- ★450m 電線 2本 (先の報告通りの電線仕様)

注意；

ここでユーザーのミスが発見されています。最初の高低差の報告は20m, 実際の測定では14.1m (この差はどうして???)

(多分、ユーザーは単位の解釈に誤解があったように見えます。圧力単位には kPa, bar, mH20, psi, kgf/m2, MPa 等種類が多く、高低差の確認には念を入れる必要があったのです)

工事 その2

実際のデータから、再度、予想発電量の計算を行います。

2：タービンでの発電量予測

- ★使用水量 11.0 lps
- ★純高低差 14.1m
- ★配管総延長 110m, ID=94mm : 配管効率 79%
- ★ターボ発電機 1 台あたり、ノズル4個使用(口径 16.9mmφ)
予想回転数: 1196rpm, タービン発電量 **664W/set**

2：発電機での発電量予想

- ★送電用電圧想定 ; 189V
- ★電線効率 : 90% ★電線総延長距離: 400m
- ★送電有効電圧: 180V ★電線材質 : 銅
- ★電線太さ 1 台分=5.3mm² (5.5 スケア=AWG10 (に匹敵))
- ★電流 : 3.5A
- ★電線効率 : 95%
- 結果予想発電量 : 632w

3台設置で総発電量 : $3 \times 632w = 1,896Kw$



問題発生の確認

- 1) 発電機の磁場、コイル調整などは、ユーザーの注文時仕様に従って製造されている。明らかに高低差が変化した為、出力の低下は避けられない。
- 2) 水量とノズルの口径の関係も高低差の変化で、正しい物に変更が必要。

ユーザーの考えは、取敢えず、作業続行し、完成時点で改良工事を施し部品取替え対処を希望。

設置工事写真

各種機器類の到着前に、ユーザー側では、導水管設置、木枠やベニア板による基礎工事を施工しています。



ターボ発電機の固定には、ベニア板の上で目つその下側に木枠フレームが位置し、両者で固定できる位置を決め、排水用開口部を、のこぎりで開けました。



発電機の上下を反転し①固定に係る全てのスクリュー、ナット金具類にグリスを与え、②ジェットノズル取り付け固定部品を固定位置に正確に締め付ける（写真のプライヤーに注意）③ジェットノズルを入れ込み、黒色キャップを手で締め付けます。



M6ボルト4個を上写真の様に蓋の下から取り去ります。蓋を取り外すには、上を下にしたままベースを横にずらすコツが要ります。慣れるに少々コツが要ります。蓋が外れれば、今度は上側を上にします。



グリスガンでグリスニップルに繋がります。初動用必要量は20-30回ポンプ量です。終了後銅製グリス固定金具を押しながら、青色解除レバーを押し込み、グリスニップルと銅製固定金具を分離します。もしご注文の発電機のオプションに自動給油機がある場合、グリス缶をホルダーから取り出し、灰色キャップを回転させ、ポンと音がしたら、準備完了です。『別途マニュアルには詳しく説明しています』黒色のゴミよけキャップを取り外し、自動給油缶の供給口に銅製金具を回して接続します。設置位置を確認し、給油ラインに抵抗箇所がないか、再確認します。

ここで、上蓋をタービンに戻し、外した固定金具で、本体に固着させます。この場所では3台納入なので3台分に同じ施工を施します。

下の写真通り50mm柔軟ホースの先を発電機ノズル入口に繋がります。このホースとホースクランプはユーザー供給で、カムロック金具とバルブ入口はメーカー供給です。



真冬の工事の場合、ホースの先を熱湯につけ、その後グリスを塗り、滑りやすくする方法で、密着が可能となります。タービンに押し込めない場合、更に、木槌で叩き込む方法もあります。

この柔軟ホースの耐久性は30mの水頭です。上の写真の様に確実に締め付ける必要があります。



柔軟ホースを導水管供給場所まで必要な長さにカットしカムロックに固定します。

前頁写真の白色の止水弁は導水管側に接続し、タービン側には接続しない事が大切です。この方法でタービンへのアクセスは容易になります。緑色の柔軟ホースは可能な限り短くしておきます。



ノズルへの供給管の仕上がり状態です。残り2台も同じような工事を行います。3台の配管完了写真を参照ください。白色の電線は未だ収納していません。試験完了後に初めてコンジット管に収納し、保護します。



発電実験の前に

実際の動作実験の前に、今迄施した工事の完成度の再確認を行い、全て正常か確認が必要です。その次に発電機からの出力電線を一か所に集合させ、出力のデータを収集します。



3台の発電機からの出力線を一か所にまとめます。2本線をDCブレーカーに繋がります。ブレーカーの容量と予想発電量の容量を合せておきます。

発電機には完全なアースを施します。

★この中継ボックスは今後も戸外放置の場合、戸外使用（防水性能）でUV対策品の選定を行ってください。

★水を通し、発電を開始します。この発電機の場合、無負荷運転可能品ですので、テスターをブレーカーに接続し、各発電機ごとにそのOCV値（オープンサーキットボルテージ）を測定します。実験では 360V +/-20VDCです。この程度の誤差は正常範囲です。各発電機ごとに電圧は異なります。

★発電機を出たすぐ後のOCV値は360VDCですが、その後の電線内部抵抗(配線距離)で、実際の使用場所には180VDC程度に低下しますので、この場所での360VDCには不安はありません。

送電用中継ボックス

3台の出力線を一か所にまとめ、更に一本の出力線に集合します。やり方は各ユーザーの個々の状況で変化します。このお客様の場合、3台の発電機の電力を、ニュージーランド法律許可の、DC-ACインバーターを使用し、ACで家庭電源として使用される方法を選んでおられます。(日本ではありえない便利な使い方ですが...残念)



(仮配線中)

実際のAC転換用に容量：3kWのインバーターが用意され、発電場所から、使用場所までの送電結果は：



360OCV → 120VDC, 1.61kW

予想と実際の差の追及

さて、今回のプロジェクトでの予想発電量の見直しは、Page1の左上側、**工事 その2**、**2：発電機での発電量予想** 総計 **1,896kW** と示されています。

予想/実際の差は約 15%と低めになっていますが、page1 の説明通り、修正と改良が更に必要です。

改良案その1

最終到達電圧は 120VDC となっています。予想は 180VDC で到達する筈です。とすると、送電線でのロスとインバーターでのロスが多すぎます。実際の高低差 14.1m で発電するコイルの再調整時、OCV の引き揚げも行い、100W 以上のゲイン増加を行います。

もし 360VDC から 500-550VDC に引き上げ、インバーター到達電圧を 180VDC に上げられるよう考えます。このインバーターの入力最大可能電圧は 600VDC なのでそれ以上に与えない必要があります。雨季にはこの場所での高低差は 1m 増えますので、**550VDC OCV** を最終値とします。

改良案その2

工事中気にはなっていたのですが、ノズルへの柔軟パイプの固定が不十分で、水の吐出位置の不安定性がタービン回転エネルギー低下の原因となったようです。(仮設工事の為)



ノズルとタービンの位置を固定する事により、出力増は 1 - 5%程度期待できます。柔軟パイプの不安定とノズル角度のズレは、高低差のロスと同じことです。1台発電機に接続している柔軟ホースでの損失は：総計 20m 長さ、50mmID での軋轆損失約 15W と、角度不正確性での損失予想 1,896kW に対し 3%として、56W はなくしていると思えます。

改良案その3

導水管の最終点から、柔軟ホースに分岐している角度が電力損失の一つの理由です。90度の角度で取り込んでおり、この場所の損失は 10W と考えます。

改良結論

全ての改良を実行できた場合の、発電量の増見込みは；

- | | |
|---------------------|------------|
| ①送電線による損失 | 100W about |
| ②柔軟パイプ不安定によるジェット力損失 | 56W about |
| ③90度角度取り込み損失 | 10W about |
| ④柔軟パイプ内軋轆損失 | 15W about |

もし、この経験からの調整が有効に作用するとすれば、 $1.61\text{kW} + 0.18 = \text{総計 } 1.79\text{kW}$ になるはずで、そうであれば予想値の 1.89kW とのずれは、5%となり、誤差範囲内と言い切れます。

現場の参考写真

現場の落差は 14.1m、送水管延長距離は 110m でした。



3本の取水源（ゴミよけメッシュは未だ取付けていません）



導水管の中間固定の様子（仮設置中）



発電機手前の導水管の固定状況（セメントや岩石で発電機手前の導水管の安定を計る）

後書き

- ①この設置例での一番のエラーは高低差の情報エラーが最大で、実際42%の誤差は大きすぎるが、驚くに当たらない。実際、多くの場合、最初の情報は大抵の場合推測から報告される。
 - ②しかし、もし高低差が異なれば、導水管の太さも間違っただのを選定される筈。この場所でも94mmIDのPE管が先に用意されたが、我々は200mmPVC管を薦めたい。この方が安くで、内部抵抗も大幅に減少できる。
 - ③送電線の距離も発生電圧との関係でその太さも注意を払う必要がある。
- さて、発電機のコイルの変更は後日として、ジェットノズル口径の変更、柔軟パイプの固定をユーザーは一回目改良として行った。その結果：

発電量は：1.61kWから1.96kWに増加(!!!)：当面この状態を維持し更なる改良は実績を見て再考する事となる。



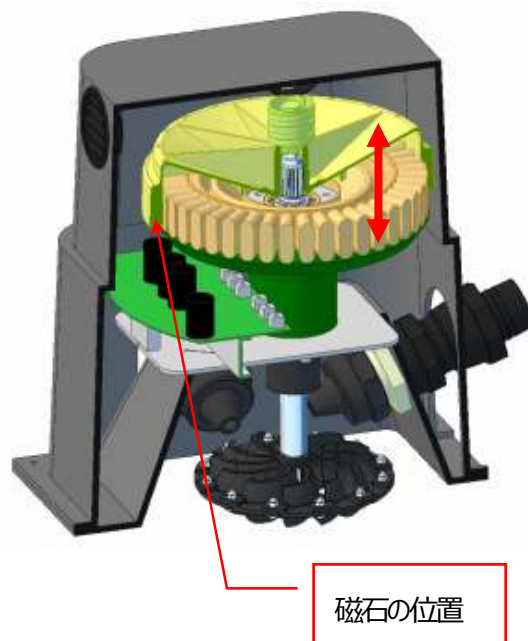
最終処理

最後に残った改良は現場に設置されている、発電機の改造です。ターボタービンや、水吐出ノズルの口径は、メーカーで交換する必要はありません。

コイルの種類と、マグネットとの位置の微調整を行い、送電距離に応じ、OCV（解放発電電圧）の調整を必要とし、これはメーカー場所でのみ可能です。（現場では不可能です）

もし、その改造費が、発電量の増大で、短期間で償却可能なら、輸送費、改造費を支払っても、メリットのある対処方法です。

ただ、この例の様に、ユーザーが自分で勝手に、高低差、電線の太さ、導水管の寸法を先に決めてしまった場合、残された改良方法は、そう多くはありません。



最後に

OCVに関し、このメーカーの発電機は上のイラストの様に、コイルと磁石の距離が移動できます。通常発電機は固定されており、OCVの電位調整は出来ません。従ってMPPTの適応には、OCV調整が可能かどうかの見極めが先になり、全てのメーカーが行える訳ではありません。

PMPT時代では、高電圧で送電し、送電線での電圧ロスを減少させ、且つ、細い電線を使って出費を抑えることも出来ます。

PMPTが全てメリットがあるとは申し上げませんが、電線距離が長い場合(例、片道50m以上) MPPT機種種の考えも良いかもしれません。