



パワースパウト低ヘッド(LH) 据付マニュアル

(LH と LH Pro:の 2 種を含みます)

LH Mini にも適応予定



2015 年 12 月

(48V DC で最大 1,600W 発電性能)

PowerSpout LH

Low Head Installation Manual

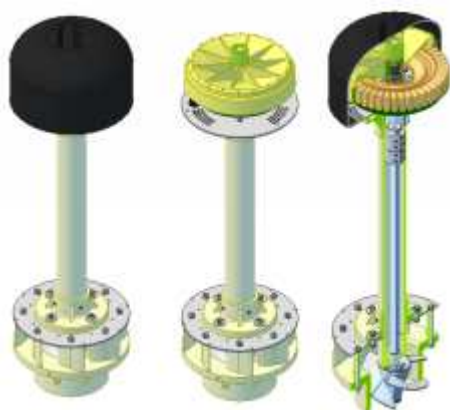


Domestic install picture

Please read this manual carefully before beginning installation

© 2015 EcolInnovation Ltd (NZ)

注文前、作業前には必ずお読み下さい



LH 基本形



LH Pro(ガイドベーン自動ゴミ清掃ブラシ付き)

著作権表示

PowerSpout LH Installation Manual

登録会社名

EcoInnovation社(ニュージーランド)

商標表示

PowerSpout

日本代理店

株式会社イズミ

免責事項

当事者間で個別協議した場合を除き、本説明書による免責は以下の様に説明できます。

(a)メーカーの発表する如何なる書類上からの技術的精度、適応性等への保証は責任範囲内ではありません。

(b)メーカーの発表する如何なる書類上からの情報を基に実行し、又はその様な情報を利用実行後の直接的、間接的損失、損傷、（それが物的であれ、精神的であれ）等の使用者側での不利益に対する責任の対象者には、我々はなり得ません。メーカー発表全情報は、あくまでユーザーリスクとしてご利用下さい。

1.初版は2012年2月発行

2.本バージョンは Sept, Nov の改訂版 2015 年

ご 注 意

本説明書内容は、著作物であり、著作権法によって保護されており、無断で使用（転用・複製等）することを禁じられています。

本製品に関する連絡先 ご案内

ご質問の場合、先ず、ホームページをご覧ください。可能な限りの情報を提供しています。

ホームページ: www.izumicorp.co.jp/

情報検索方法として、ホームページを訪れられても、得たい情報が見出せない場合は、
いつでも下記の住所にご連絡下さい。

〒929-0217

石川県 白山市 湊町 巳1

株式会社 イズミ

電話 : 076-278-3262 FAX : 076-278-2366

目 次

1	対象機器の種類と安全情報.....	8
1.1	本マニュアルに関し.....	8
1.2	タービンシリアル番号.....	8
1.3	安全について.....	8
1.3.1	現場での保守要望.....	8
1.3.2	雨避けカバー上の安全マーク.....	9
1.3.3	系統連系について.....	9
2	初めに.....	10
2.1	このマニュアル以外に必要な書類.....	10
2.2	LH はどのように動くのか？.....	10
2.3	LH の機種に関して.....	10
2.4	ガイドベアリングリナー.....	11
2.5	設置計画.....	12
3	設置場所の決定に関し.....	13
3.1	その場所での予想発電量.....	13
3.2	水路や導水管の必要性.....	14
3.3	In Pipe 機の開発.....	15
3.4	LH 機で更に小型も開発中.....	16
3.5	複数台数設置方法.....	17
3.6	落差が高すぎても設置する方法.....	17
3.7	流量が不足する場合.....	17
3.8	設置場所の決め方.....	18
3.8.1	電線寸法.....	18
3.9	水の分岐と、返却.....	18
4	土木工事と水管理.....	20
4.1	取水.....	21
4.1.1.	滝の上部に取水路を固定する.....	21
4.1.2	分岐用水槽の設計.....	21
4.1.3	ダムや池の場合.....	23
4.2	水路、用水路、導水管.....	23
4.2.1	管による最初の水呼び込みについて.....	23
4.2.2	導水管全体での落差確認.....	24
4.2.3	導水管の傾斜角度.....	24
4.2.4	開放最終水路での流速.....	24
4.2.5	最終水路の製作方法.....	25
4.3	タービン用水槽.....	25
4.3.1.	最終水路での水位に関して.....	25
4.3.2.	オーバーフロー.....	25
4.3.3.	最終水槽での容量.....	26
4.4	排水管.....	26
4.4.1	PVC 管標準表(40)での排水管寸法表.....	26
4.4.2	斜め設置可能場所.....	27
4.4.3	排水管は末広がりが必要か.....	28
4.5	放水路.....	28
5	水路の作り方 (ガイドライン)	29
5.1	タービンに容易に近づく.....	30
5.2	取水口のゴミ除け.....	31
5.3	止水方法.....	31
5.4	水路に垂直排水管を取付ける方法.....	32

6		発電開始.....	38
	6.1	法的制限と有効な設置基準.....	38
	6.2	据え付け後の試験(重要).....	39
	6.2.1	試験列.....	39
7		効率よくシステムを運用する為に.....	41
	7.1	電力計.....	41
	7.2	保守.....	41
8		問題とその対策.....	42
	8.1	騒音.....	42
	8.1.1	測定結果.....	43
9		予定設置場所の詳細データ(提出用).....	44
	9.1	据付場所調査票.....	44
	9.2	実際の設置結果.....	45
10		設置後の状況報告お願い.....	45
11		使用単位と換算係数.....	46
12		保証と免責事項.....	47
13		追記事項；流量と発電機の種類.....	48

1 対象機器の種類と安全情報

1.1 本マニュアルに関し

本メーカーのマニュアルは印刷物ではありません。自然保護の為 PDF で発行しています。ご質問や最新版のお問い合わせはメールでご連絡ください。

1.2 タービンシリアル番号

2013 年 9 月以降の発電機には以下の銘板とシリアル番号が付けられています。

			
CE	RoHS	FC	Read manual
Model type: PLT, TRG, LH, LH Pro		IP24 ingress IK10 impact	
Serial number:		Rated Power: Watts	
Rated speed: rpm Maximum rpm 3000		Rated Amps Short circuit Amps	
Rated volts loaded: DC		Head: m (x10 kPa) Flow: l/s	
Rated volts unloaded: DC		New Zealand – country of origin Mass: < 25 kg	
Protective class I - earth connection required		Date manufactured:	
Klampit 75 120 240 not fitted		Possible residual voltages - always check first	
Annual inspection needed refer to manual		Capacitor discharge time mins (if fitted)	
		Guarantee 2 3 5 10 years	

例えば:

シリアル番号の表示が 100-7S-2P-S HP F 3061 A と書かれています。(例です)

この意味は; 100 シリーズのローター (回転子) で、7 シリーズと 2 パラレルのコイルが一相に使われ高出力ローターに格上げされている事を意味します; 電波雑音阻止フィルター番号 3061 が取り付けられ、A はその製造番号参照記号 (メーカー社内用) です。

将来何らかの折に質問が生じた場合、また予備部品を必要とする場合、この銘板の写真を撮り質問に添付して下さい。コード番号 100-7S-2P-S は発電機の固定側にも表示されていますので、銘板が見にくい場合、固定側も調査下さい。この番号は絶対的に必要です。

1.3 安全について

本発電機システムはその設置に於いて何ら問題発生しない様我々は努力し、また環境に悪影響を与えない様配慮しています。その利点を享受すると同時に、あなたは、回転体への危険性、発生する電気の危険性を十分熟知される必要があり、事故の発生しない運転を行うと同時に、その場所自体の安全性、水の安全性、また他の人たちが事故を起こさないように、危険な場所である事の発信も重要です。

1.3.1 現場での保守要望

本システムの設置箇所の理由により、修理は現場では行うことは出来ません (例外は、給油の為に現場で作業する以外)。高地設置の為危険性は、地上設置に比べ、比較できない程度の危険が存在します。修理などの場合には機械全体を地上に戻す必要があります。この理由により、設置計画に於いては、修理や部品交換の為に修理場所にシステムを容易に移動できる環境を考える必要があります。

1.3.2 雨除けカバー上の安全マーク

本体最上部黒色カバー内部には電気回路部品が内蔵され、カバーの胴体には次のサインが見えます。回転や電気の危険性をアイコンで表示しています。この蓋を外す場合、先に水供給停止、タービン回転を停止し、電気配線を取り外し、配電盤のブレーカーを OFF にします。



アイコンの説明：左から右へ

- * 触ると電気ショックあり
- * 回転体による危険性あり
- * ニュージーランド製
- * リサイクル樹脂表示

発電機が設置された時点で安全カバーの取り付けは操作に必要で、固定金具で容易に外せないように設置します。子供さんがカバーを勝手に外せない配慮と、外せば、電気の危険、回転体の危険がある事を表示しています。

ガイドベーン口に子供さんが手を入れ込む恐れはあります。その場合手に深い損傷が発生します。据え付ける方は、その事を想定し、例として、下記的手段をお取り下さい。

- ・ 発電機全体に鉄格子状の安全柵を設置し、鍵を掛ける・大きさは発電機より 600mm 四方の大きさ。手を入れても、触れない距離が有効。

1.3.3 系統連系について

パワースポウト LH 機での 売電仕様オプションモデルは (蓄電池不要型) 既に売電回路を所有され、且つ豊富な水源を確保されておられる場合に提供されています。 (**日本では許可されていませんので無視下さい**)

参考までに、世界中で販売されているどんなインバーターでも自由につなげる訳ではありません。選定には電力会社との打ち合わせや許可が必要です。

警告 : WARNING

売電ライン作動時のパワースポウトの電圧は通常 DC180-200V ですが、停電時には負荷がなくなるので最大回転になり、電圧は **DC400V** 近くに上昇します。勿論この電圧は感電死の領域です。この電圧での接触は 230VAC での接触事故より被害は増大します。このあたりの作業は専任技術者しか行われません。従って、遮断時の対処に対しては専門技術者の作業域となります。売電関係の電気には専門家が当たる必要を各国の規定に基づいて配慮が必要です。

2 初めに

パワースポウトを選んで下さり感謝いたします。この小型で優秀な装置は、高価なジーゼル発電機を必要としませんし、高い電気代を電力会社へ支払う事のない、長年に渡りトラブルの起きない自然エネルギーを利用出来る装置です。この装置は自然エネルギーをリサイクルすると同時に、この装置自体は再生品で作られ、この商品自体もエコ製品である特徴を有します。

製品に使用されている発電機の効率は60%近くで、48V で 1.6kW 最大発電が可能で、場所により複数台設置可能であれば 16kW 程度迄得ることが可能です。しかし電線の長さやその他の要因（例えば蓄電池性能）で予想以下の発電量もあり得ます。

2.1 このマニュアル以外に必要な書類

本マニュアルでは電気関係の解説は行っておりません。本マニュアル以外に発行されている、PS 全機種組み立て説明マニュアル、保守には LH サービスマニュアル、保守記録ログブック等があります。株式会社イズミ HP に公表されています。

2.2 LH はどのようにして動くのか？

LH(Low Head=低落差)はプロペラタービン型です。低い落差を流れ落ちる水でプロペラを回転させそこにつながつた軸（シャフト）を回転させ、発電機を回します。プロペラは水に完全に浸かっています。（ペルトンやターゴタービンはジェットノズルの水力で、空気中で回転させています。）

プロペラの位置は排水管の一番上部にあり、回転エネルギーは本流に流れ去る水と、入り込む水の力から生ずる**水の吸引力で回転**します。従って、水の吸引を引き起こさせる為の、十分な水が排水管内部に満たされ、タービンの上にも、排水管の下にも水が満たされ、流れ去る水は本流の流れで、引き出されます。従って、全て水の中で動作が引き起こされ、空気の使用は避けなければなりません。



回転軸（シャフト）の最上部に発電機があります。水にぬれない位置です。この発電機から生み出される電力は、接続された整流器で DC 電気に変換され丁度太陽光パネルの発電と同じ事となり、その後 MPPT 充電制御器で、蓄電池に送られ、その後 DC 利用や AC 変換し、各方面で利用します。

発電機が、システムの一番上部に位置するメリットは（空気中にあるので）、洪水など大雨による水没事故の危険性から解放されています。豪雨時、水が増えた場合、水面が上昇し、落差が減りますので、発電量は低下します。

2.3 LH の機種に関して

様々な場所に設置できるよう、2種類の機械が作られました。表 1 に大まかな仕様の違いを説明しています。流量の違い、落差の違いでの、発電機の種類は最終ページに示します。流量で大まかな機械選定がなされますが流量低下は半分まで許容され使用可能と設計されています。例えば半分に流量が低下した場合、発電量は半分にならずそれ以下になるのが、効率の許容範囲を超える為、通常です。

表 1： LH の種類について

特徴	低落差(LH=Low Head)の種類	
	LH	LH Pro
ガイドベーン口のごみ掃除機構	無	有
プロペラ自身のカッター機能	有	有
電線最大電圧 (約) (選定必要)	150/250/400	150/250/400
MPPT 用電線電圧(約)(選定必要)	70/120/200	70/120/200

電圧値は目安です。

2.4 ガイドベーンクリーナー

LH Pro 型では水流れ込み口（ガイドベーン）に自動ごみ掃除機構がつけられています。枯葉や落ち葉等ゴミの多い場所では、絶対必要な装置です。又は、現場に簡単に訪問できない場所にも有効な機構です。ゴミが完全にない場所では必要ありませんが、水路でゴミが入る可能性のある環境では、装置が無い場合、発電量の大幅な低下をゴミ類が引き起こします。手動で掃除する場合、この装置は不要と思われますが、秋等枯葉の多い場合、6 時間に一回訪問し、清掃しなければなりません。 (メーカーの環境で)。LH Pro の掃除装置でも、太い木が混入した場合もありますが、取水口のメッシュを工夫し、ゴミよけメッシュで完全に除去できる総合的対策が必要です。

自動掃除機構を使用する場合、取水口では格子状のゴミよけが必要です。下記右の写真の様に、枯れ木に短い切れ端が、流れ込み口に入り、掃除機構の邪魔をする場合もあります。掃除機構側では過電流を検知し、保護装置により、駆動モーターを停止しますが、この状態のまま決して手でゴミを取らないで下さい。モーター回路がゴミが取れたと検知し、自動的に掃除機構がスタートし、指を巻き込む事故が発生します。



ガイドベーン口にたまった枯葉が水の流入を邪魔している状態。手で常に掃除の必要(LH)



例えば自動掃除機構があっても棒が絡んで、装置停止例(LH Pro)
この場合回転方法は時計回転方向反対になり、絡み付きリスクを低減。

2.5 設置計画

設置作業を行われる前には、既に必要なシステム装置全体を購入され、且つ、使用される水や場所の公的許可取得は終了されておられる事と存知ます。電気工事許可も場所によって必要かも知れませんが、調査が必要です。土木工事期間は場所毎に変化しますが、発電機取り付け工事期間は、2名で1-2日で済まされますようお願いします。この説明書やその他の説明書を先にお読みになり、設置を容易に行える様、ご計画ください。

本マニュアルは、設置場所の前準備、又正しく設置し、安心して動作できる様説明しています。発電機の確認作業も詳しく説明しています。重要な点は、発電機が高電圧を発生し、大切な電気部品を破壊しない様調整が必要です。手順書に従い、外部に繋がれている高価な電気部品を保護する試験が必要です。

設置後何年にも渡って、故障もなく、継続使用の為の基本的保守のアドバイスも書かれています。定期的保守は必要です。グリスに関しては、設置後直ちに20mlのグリスをベアリングに与え、その後定期的に5mlを給油します。

- * 600W 程度の発電の場合、6か月に一度給油
- * 1500W 程度の発電の場合、3か月に一度給油

保守記録ログブックに記録し、万が一トラブル発生時、保守記録を提示する事により、原因究明が容易となり修理が迅速に行えます。

自動給油方式の場合、一年に一回、グリス缶の取り換えを行うことを忘れないで下さい。



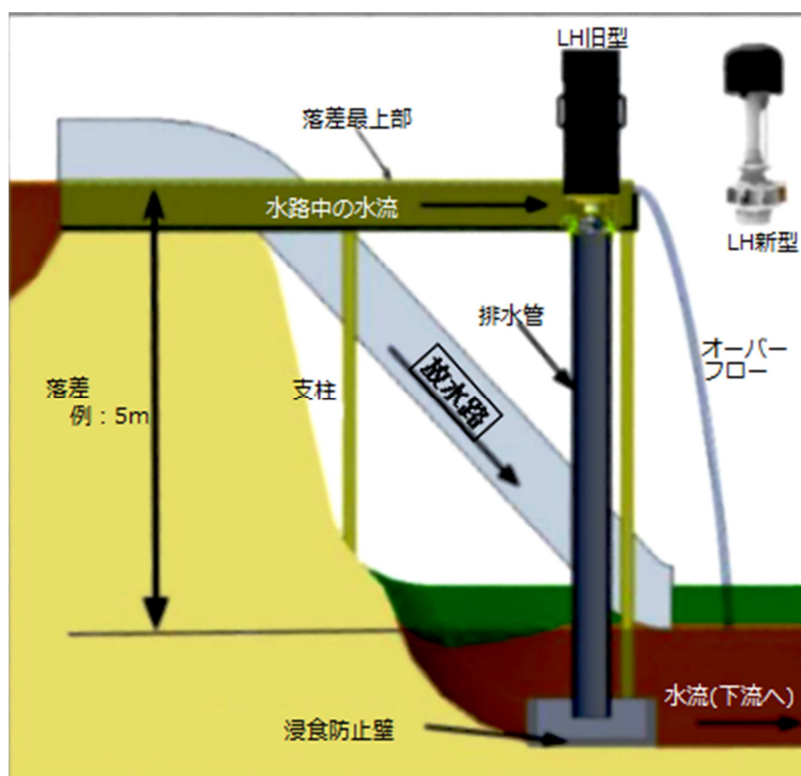
設置後直ちにグリスを与えてください

3 設置場所の決定に関し

LH 機の設置場所はお通常人家近くが想定され、一方 PLT や TRG の設置場所は山中に多く見られます。大きな流れが曲がりくねり、村や町の谷川の底辺には人家が多く、その近所で設置される場合が多いのです。落差は 2-5m 程度が最適な場所です。

3.1 その場所での予想発電量

発電量の予測は、その場所を利用可能な水の性質で決まり、主に、水が流れ落ちる落差の距離 (m) と一秒間に利用できる水量 (リッター) で予想できます。落差の定義は、タービンの上の水面から、放水路の表面間の距離を指しています。(重要)



計算例として、以下の公式をご利用下さい。

$$\text{発電予想量 (Watts)} = \text{落差 (meter)} \times \text{流量 (ℓ・秒)} \times 5$$

例えば、1.5m の落差で 35 ℓ・秒の水が流れている場合、 $1.5 \times 35 \times 5 = 262$ ワットと予測されますが、この値は理想値で、実効値は様々な効率低下で 200W 程度と考えます。もし流量がそれ以上ある場合、台数を増やして発電量を増大させられる事も対応策としてお勧めしますので、まずは落差と流量の情報をお教えてください。落差 3.6m 以上の場合発電機のコイルの種類を変化させ、高出力型もお勧めできます。この場合、高出力型に変更され、価格も上昇しますが得られる電力が多いので、メリットは大いに享受できます。高出力発電機コードは HP と明示されています。例：60dcHP-3S-4p-delta: この場合高出力タイプで、価格も高くなりますが、出力が大きく取り出せる可能性を意味し、償却はかえって有利となり、より電力利用が楽しめる結果となります。

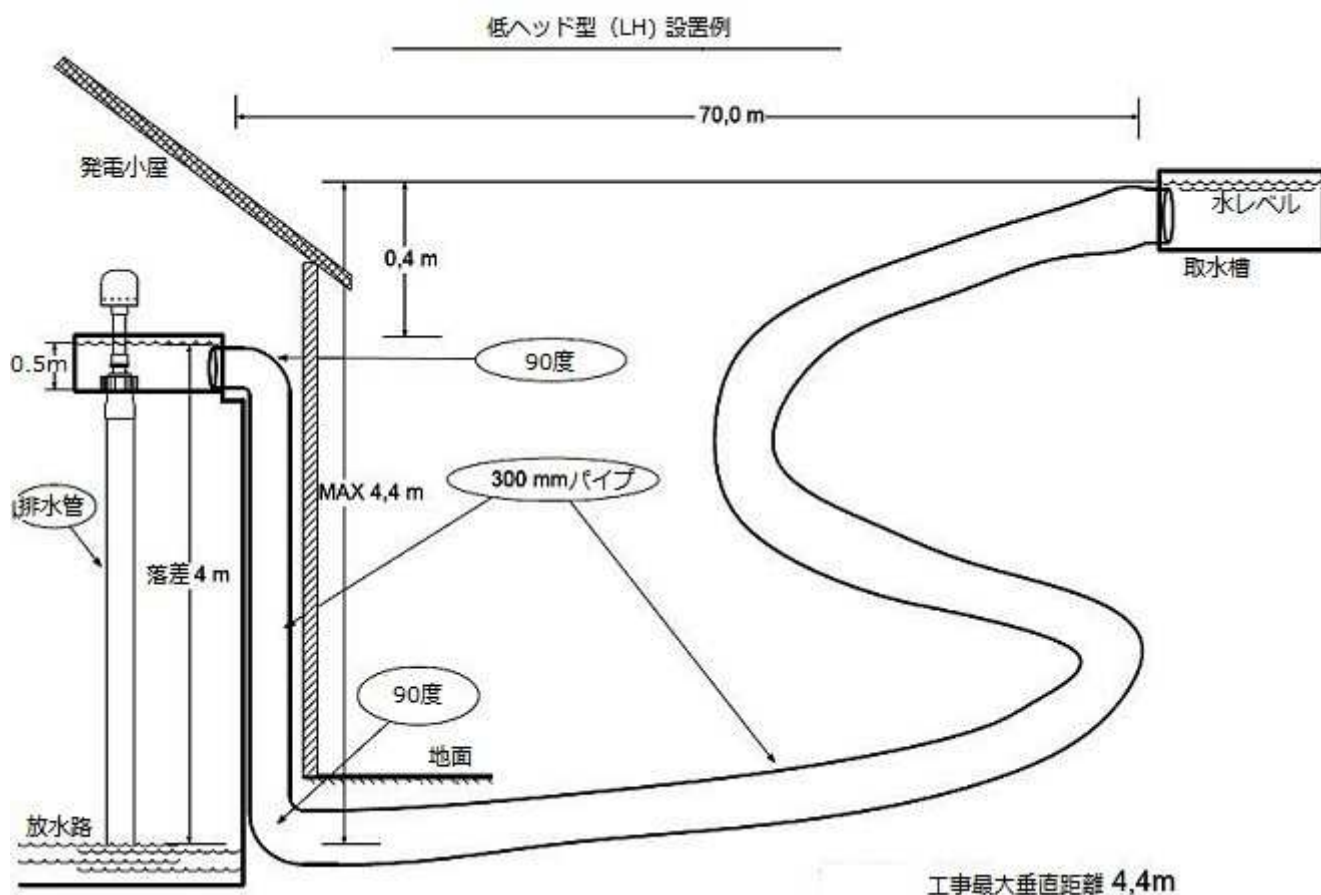
3.2 水路や導水管の必要性

今迄の水の流れから、水を取り込む導水路が必要で、パイプで施工する方法、水路を新たに作る方法など専用の水路が必要です。導水路の例は以下の通りです。



渓谷などの自然の流れを利用する場合、地形を利用し、パイプを水路の下側に漬け込み、流れ上がる水のかでタンクに水を溜め、そこから落下させる方法もあります。下がその例です。





予想発電量を計算する場合、例えば上の配置の場合、落差の意味は4m 丁度であって、工事最大垂直距離ではありません。取水レベルと地面間ではなく、イラストの導水路の上から、放水路の表面を落差と言います。取水槽から出る水は、一旦下降させ、水を引き出す力を与える必要があります。もし送水管の距離が分かれば、送水に適した配管の太さも助言可能ですので、上記の図の様な設計情報で助言は可能です。利用できる水量と落差の情報は最低必要です。

3.3 配管出口に取り付ける新型について

排水パイプの出口に取り付ける、**IN-PIPE**(インパイプ)型も利用可能です。この場合押し出される水の力を利用する方法と、構造により、吸引力を利用する方法も可能です。

- ・機械発電機部分はLH/TGR と同じで汎用型です。
- ・LH のプロペラやシャフトを使用。
- ・送水の力を利用します (排水パイプの出口等)。
- ・排水出口の大气解放の力も利用。
- ・枯葉程度の軽いゴミは通過します。
- ・発電能力 1.6kW
- ・落差 1m 、最大 6m (加圧の場合)
- ・吸引の減圧の場合、落差 4m , 最低 1m
- ・流量 20-50 ㍓・秒
- ・自動給油装置取付 可
- ・ご相談には加圧使用、減圧使用をお知らせください。

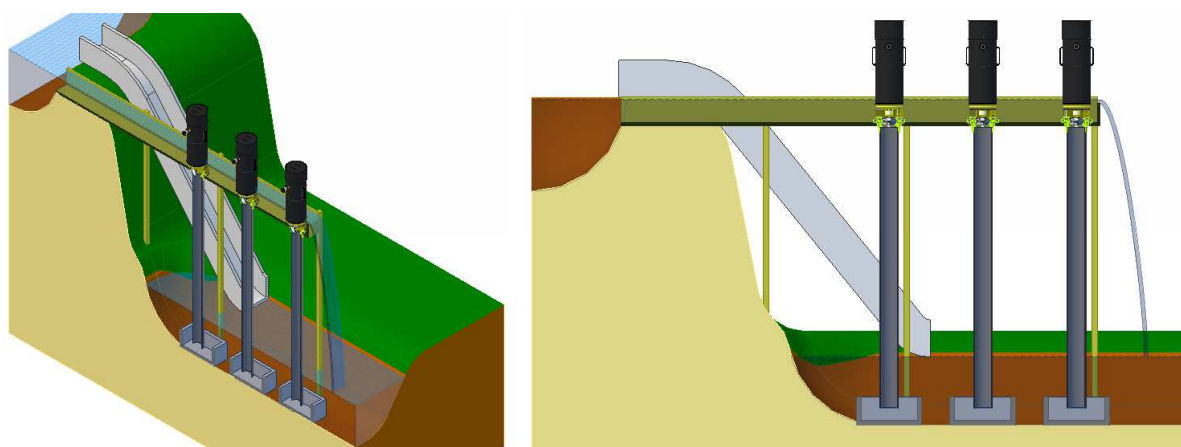


3.4 LH-MINI 機も開発中

本モデル以外に、小型モデルを開発中です。現在の 154mm 直径のプロペラの代りに、100mm と小さくし、水量 10-20 ㍓・秒で動きます。現在の水量は 25-50 ㍓・秒です。発売は 2016 年です。



3.5 複数台数設置方法



流量(水量)が多く得られる場所では写真や図の様に、水路に数台並べて設置出来ます。勿論水路は丈夫でなければならず、DC 出力線は、MPPT 制御器に送られる前に、各発電機毎にヒューズボックスで保護が必要です。

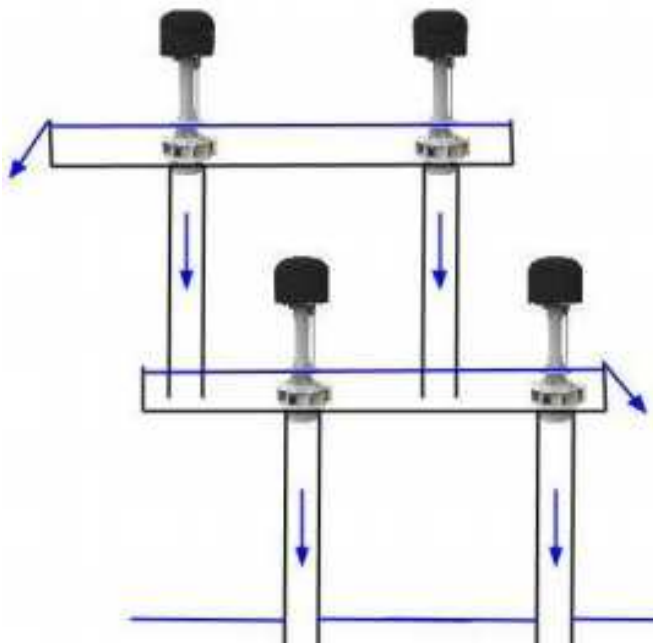
MPPT の容量では最近では 3-5kW も可能で、予想出力を見越した大容量の MPPT をご利用下さい。 予想発電量以上の 10% 余裕を見越した MPPT が必要です。

雨の少ない季節で水が不足の場合、LH 機を、一台一台取り去り、水が排水管に流れない様穴箇所をブロックし、発電続行の為の水量調整を行います。



3.6 落差が高すぎても設置する方法

もし落差が5m 以上の場合、ターボ機の利用も可能な領域ですが、水量と高さが許せば、以下のように多段方式も有効な手段です。ターボ機の設置より有利な点は、LH では、水害の影響から発電部は保護される点です。



3.7 流量が不足する場合

大抵の箇所では水量変化は季節や気候により引き起こされるのが常です。LH 機の機能は、設計水量に対し半分迄その機能は持続するようになっています（2：1）。しかしそれ以下でもまわり続けられる場合、発電量は半分以下に陥っています。理由は 落差も低くなるでしょうし、発電機の効率も低下しています。

例えば、設計上、1000W 50 ㍓・秒の場所で 25 ㍓に低下した場合の予測は；

$$25/50 \times 1000 \times 0.9 = 450W$$

流量低下が50%以下になれば、MPPT 側での追従がついてゆけなくなり、プロペラ回転を落とす事が出来なく、空気を入れ込む結果となります。従って、引き込む力が落ち、発電量は予測として 10-50W 低下すると予測できます。

水量不足の場合、回転軸やブッシュ部品に水が来なく、空気接触が発生し、摩擦が早まり、（水が潤滑油として作動している構造の為）、回転異常による発電量の低下も考えられます。この場合、低水量 空気混入では 相当異常な騒音が認められ、結果回転が停止し、そこに汚物が堆積し、再開は不可能になります。このような場合、発電機をその場から引き上げることをお勧めします。発電機本体は導水路から容易に引き上げられる構造になっています。

水量50%以下での運動での危険性は、使用されているナイロンベアリングの破損の危険性が、水冷不足の為、増大しています。もし取水槽が多くの汚物で、水の流れが阻止され、頻繁に水量の低下で、発電が阻害される現象が多発する場合、ナイロンブッシュの代りに、空気が混入しても、その温度に耐えられる PTFE 樹脂製ブッシュも用意していますので、ご連絡下さい。

もし多くのLH機をご利用の場合、水量不足時には、台数を減らして使用する方法があります。機械は引き上げられ、排水場所には蓋をして、水の節約を計れます。残ったLH機の効率は向上しますのでこの方が有利です。機械の引き上げが困難な場所では、高さ300-400mmのPVC管をプロペラが回る取水口に蓋をし、機械が動かないようにする方法も考えられます。

3.8 設置場所の決め方

設置場所で理想を提案できるのであれば：

- ・すぐ手で伸ばして触れる場所。高い場所なら、梯子を取付け、手すりを取り付け、作業しやすくする。安全確保。
- ・流れの下方が2-5m急激に下がる場所。
- ・蓄電池保管場所に近い事。電線価格のメリットがある場所
- ・水力発電では騒音がでます。自宅から最低30mは離れた場所を選んでください。ペルトン機より騒音レベルは低いですが、騒音は出ます。
- ・洪水発生を予想し、その最大水位以上の場所を選ぶこと。

発電場所と蓄電池設置場所の距離は、必要な電線選定に大きな意味を持っています。価格と効率を考えた場合、電線に流れる電圧を70-120V DCをお勧めしています。安価な2芯アルミ電線で最大1km送電が可能となります。

それ以上の遠距離の場合 200-400Vの高圧線をお考えください。遠距離の場合の電線代金は無視できない要因です。

3.8.1 電線寸法

発電場所と、蓄電池場所の正確な距離（直線ではなく、実際の設置距離）をお教え頂ければ前もって、与えられた電線直径での、予想損失%、又は電力損失%をお調べする事が可能です。

ピコやマイクロ発電で、電線による発電量損失は可能な限り防止し、得られた電力を最大限利用出来る工夫が必要です。電線での損失5%は避けようもないでしょうが10%となると、考えなければなりません。電線コストが高すぎて、損失10%以上になる環境でも、発電が多すぎて、10%損失でも構わないなら話は別となります。

3.9 水の分岐と、返却

マイクロ水力発電での予想される弊害は

- ・水中の植物や魚に与える影響
- ・水辺で生息する植物や動物への弊害
- ・土手や近場の土地への影響

所轄官庁と協議が必要な場合、前以て水の流れから、取水し、構造物を建造し、その後水を元の流れに戻す法的制限がないか、前以て確認と同意を得てください。予想される弊害はこの時点で協議対象となり得ます。

季節変動での最低水位から50%を分岐使用しても、流れの中の魚には悪影響はなく、水中での生存への影響は与えません。

天然の滝や急激な流れは魚の上流への運動が引き起こされない場所の為、滝からの取水はより多くの水を確保でき、魚道を考える必要はありません。

急激に流れ下る水路が人口的に作られ、その横に自然な流れもある場合、自然な流れが魚に取っては必要で、人口水路を水源とする場合でも、自然な水路へは水は流さなければなりません。

発電機を出た水を戻す場合、床や土手を水が浸食しない方法で、元の流れに戻してください。もし排水管を出た水が、土を削るのであれば（川床）、そこに材木やセメントをいれ、自然環境を守らなければなりません。（この保護手段は後のページで更に説明されています）

多くの調査で、小魚はカプランやプロペラタービンをすり抜けて生きています。死亡率は5-20%で、高低差 4m 程度の水圧の変化で弱ってしまいます。

LH 機に於いては、いかなる細かいメッシュを用いても小魚の混入を防ぐものではありません。小魚防止の最少メッシュでフィルターしたとしても、流れの中のゴミも完全にメッシュをブロックし、結局発電は停止します。ある国の法律では 取水口に 1-3mm のメッシュスクリーンを入れる様指示があります。このような場合自動スクリーンクリーナーの設置が必要となります。

弊社もそのような自動クリーナーの開発に着手しています。（2016 年 11 月では未だ発表されていません）

4 土木工事と水管理

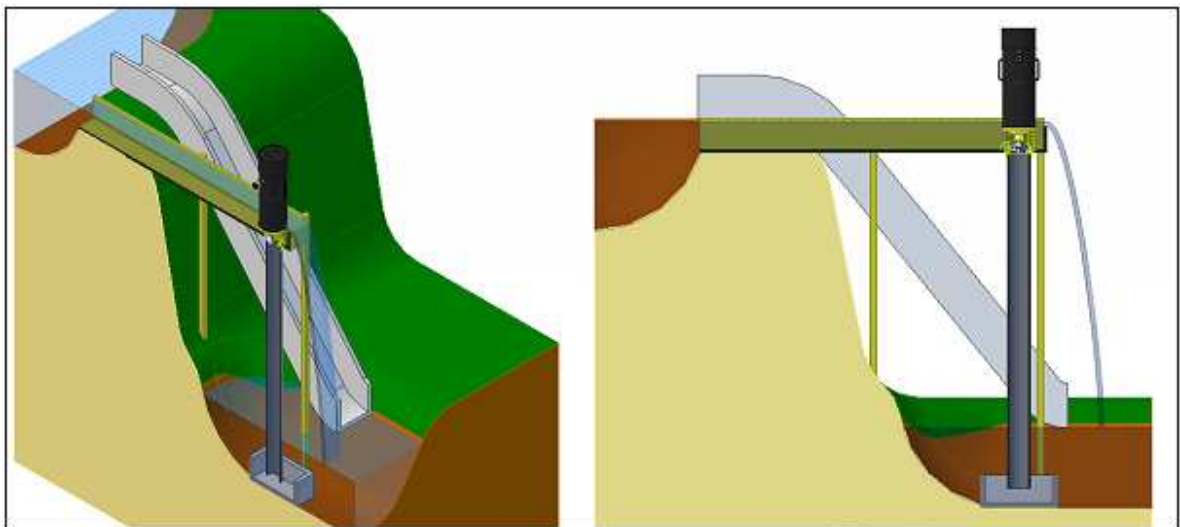
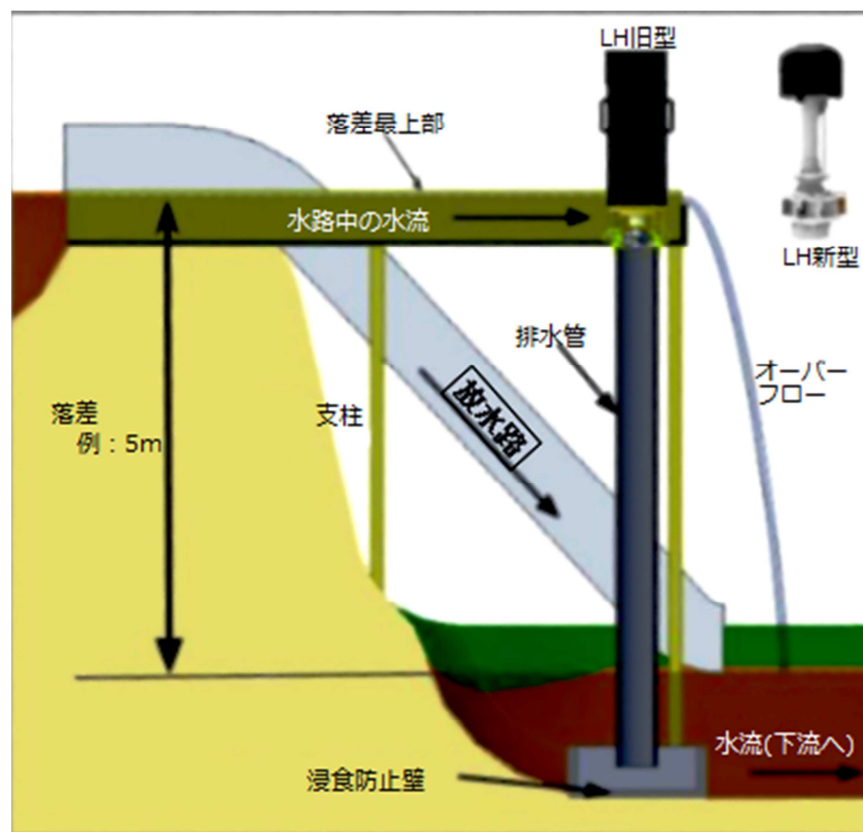


図 1. LH 機の典型的設置例



上記のイラストから

- ・木製水路（樹脂板で表面保護）経由で水を排水管へ流す。高低差の確保。
- ・木製水路の横に、排水口：余剰水を排出と同時に魚を逃がす
- ・発電機本体(以前は黒色筒でカバー、現在は白色軸の細身に変更)
- ・垂直排水管
- ・排水管の出口には、浸食防止の為の保護基礎
- ・洪水時のバイパス：自然の川床、又は人造水路等

4.1 取水

50 リットル・秒の水量やそれ以上の容量で、丸管を利用した場合、非常に危険な水量で、子供さんは容易に吸い込まれます。一旦吸い込まれた場合、死亡事故に直結します。用水路の様に空気に面した構造では危険性は少なくなりますが、流されない為の安全構造は絶対必要です。（たとえ個人の土地でも、子供さんや動物は何かと思って近づきます）取水口には人が流れ込まないような安全の鉄柵を設けなければなりません

低ヘッドの発電システムの多くは小さな池やダムの上オーバーフローの水を利用して、雨の多い季節に利用される場合もあり、乾季にはソーラーパネルで蓄電池充電を行い一年中の利用を行っています。ダムや湖の上オーバーフロー場所での設置の場合、オーバーフローの高さのゲートが既にある場合が多く、設計は容易です。

しかし、水変化の高さ変化が 3-6mの場所は避けて下さい。目安として、排水管の高さの 50-75%が洪水の最大許容です。

4.1.1. 滝の上部に取水路を固定する

自然界の水の流れから取水する場合、岩石の多い川床が大半とを考えます。流れが少なくなる季節では、滝などの一番高い場所を取水源としたり又、砂袋などで流れる方向を変え、高低差を得られる一番高い川床に取水口を接続します。この作業ではセメント基礎工事や岩石固定工事が伴います。専門の工事会社の協力を仰ぎ、失敗のない且つ経済的な方法を選んで下さい。

場所によっては、洪水の危険から、システム保護が必要な場合も生じます。洪水対策案として考えられる事は：

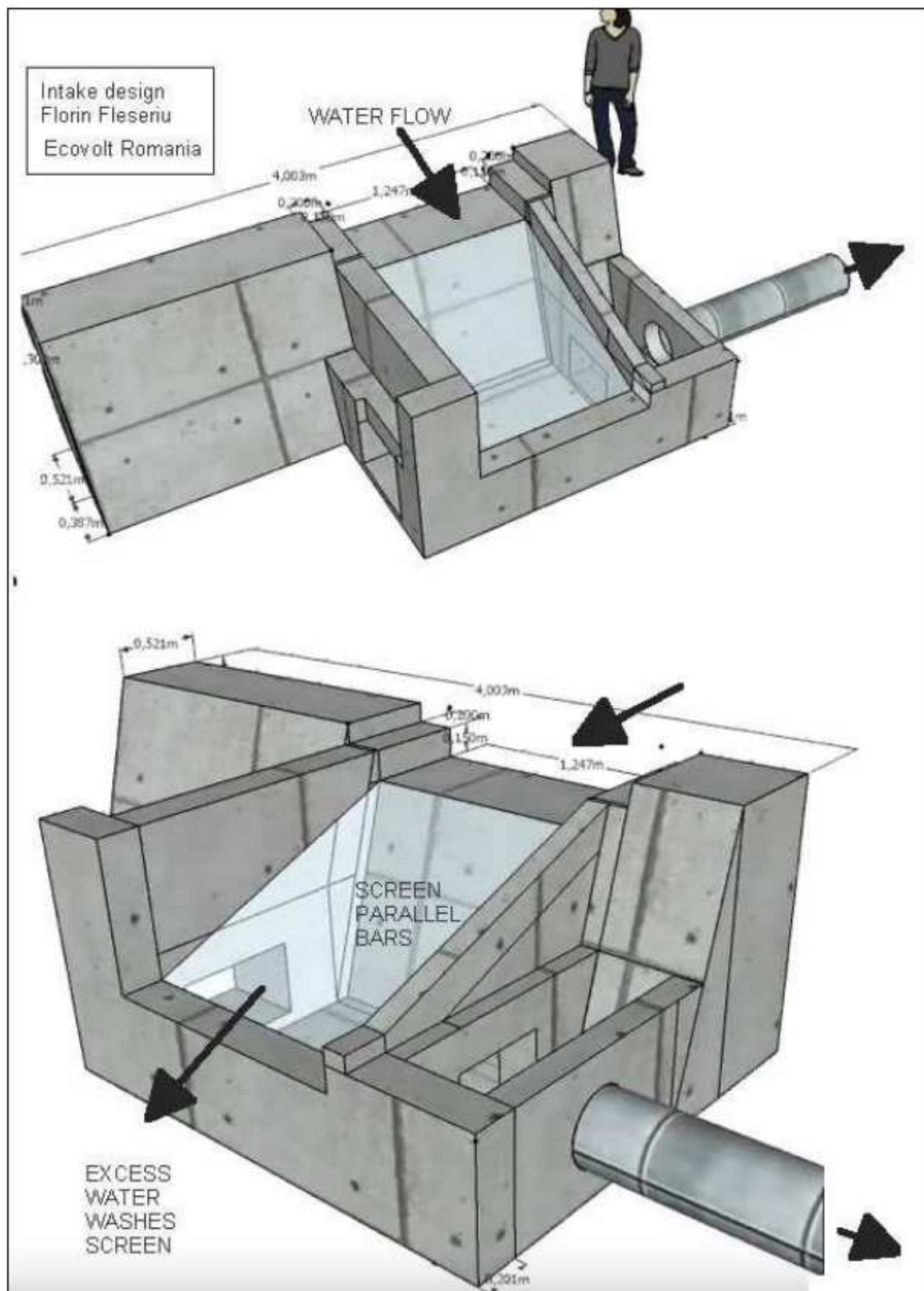
- ・ その地域での長老や居住者から、過去の洪水の経験を聞き、又豪雨時に状況を観察
- ・ 川の流れの片方に放水路などの分岐を設ける
- ・ 取水口の上オーバーフローの高さを調整する。もし水が欲しいからの理由でオーバーフローをブロックすると、かえって問題が増大
- ・ 構造物に可能な限り、鉄とセメントを用いる
- ・ 非常に複雑な場所での工事は専門業者に委託する方が却って安心
- ・ 工事は最高の技術で行う。経費節減の考えは、かえって悲惨な結果を招く
- ・ 洪水発生後、直ちに現場を検査し、修繕場所を速やかに復帰させる

上記の言い方は、簡単そうですが、実行は困難な事と思います。実際軽く考えない事です。しかし考え方として、低ヘッドの場所は、放置された水車小屋などが思い当たる場所です。水車小屋の水源は古くからの用水路が存在しています。流れ落ちる、古くから利用された用水路は希望の持てる場所です。

4.1.2 分岐用水槽の設計

次頁のイラストは導水管に清水を流せる簡易取水槽の例です。上流から流れ込む水を一か所にまとめ、スクリーンの上を通過して流れますが、ゴミはスクリーンの上を経由して下流に押し流され、一方清水はスクリーンの下に流れ水槽経由で導水管に流れます。洪水時水かさが増しますので、取水口両壁高さを上げる考慮も必要です。

この例ではスクリーンの下側の水槽には、泥や小石を取り出せる吐泥設備が向かって左側の槽で行えます。導水管側の水槽の壁にはスクリーンを設け、細かいゴミが流れ込まない機構になっています。これはある客の例であり、場所毎に、目的に沿った水槽をご計画ください。もし止水弁の様な板でつくる水停止板を導水管手前の壁に用意する場合、導水管の一番上に空気抜きを入れ、導水管の真空状態を防止します。



4.1.3 ダムや池の場合

水を貯蔵する大きなダムを作る事は決して、落差を増やしたり、出力増加にはつながりません。又その発想は、貯めた水で発電機を数時間回転させるにも役立ちません。ダムやため池を新しく作る事は決して経済的でなく、自然環境保護には反対の効果を与えます。しかし、ご自分のその他の理由でダムを建設したり、水を引き込んでため池を満たす必要がある場合、その水源から水を利用する事には、問題ありません。

大きな水源は静止水であり、利用するメリットはあります。表面を流れる軽い汚物はオーバーフローで流しだせます。重たい汚物は沈みます。ため池の様な汚物沈殿方式では取水口のスクリーンの目詰まり問題から解放されます。その様な水中のスクリーンは、棒のような長尺棒の先のブラシで清掃可能です。導水管の一番高度の有る場所に空気抜きを作り、導水管が真空状態にならない様になります。もし取水源の水停止機構に導水管が接続されているなら、止水弁のすぐ下に空気抜きパイプが必要です。

取水口に取り付けられているメッシュは流れる表面汚物を引き込まない様常時十分な距離の水面以下にしてください。水の流れが緩やかであればあるほど、メッシュにゴミがたまりません。清掃頻度は相当減少します。もし十分な流れを呼び込めるのであれば、取り入れ口はタービンレベルの少々下でも稼働可能です。

4.2 水路、用水路、導水管

4.2.1 管による最初の水呼び込みについて

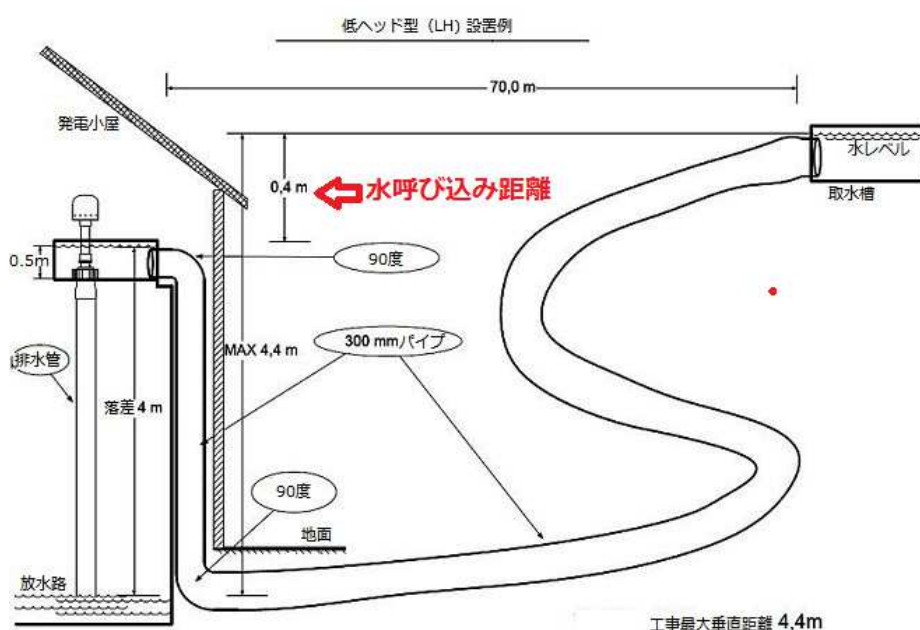
取水場所から大量の水を導水管で送る場合があります。落差の減少は発生します。この水呼び込み距離は計算に必要です。重要な事は右の図の曲がり落ちるパイプ内には水が充満していれば、軋轢損は別にして、発電量に大きい変化は起こりません、重要なことは水源の水レベルから発電機側水路の表面水レベルの測定です。

もし水呼び込み距離が無ければ水を取り込めません。もし取り込めなければパイプを太くしなければならぬでしょうし、又は発電機側を下に下げねばなりません。

もし吸引力が多すぎれば、流速が早すぎ、取り込み制限を行わなければならないでしょう。

大量に流れ込む水量で、水かさが上がり、落差が増えて、良いと思うでしょうが、水路には水が貯まり重量が増え、またオーバーフローで環境も悪化します。この様な場合、強靱な土台、長めの排水管など、長期使用の為の設計変更が必要となります。

前以て御相談された場合、お薦めの引き込み管の寸法はお知らせします。しかし机上計算通りに行かない事もありご自分の経験も、又、実験も必要です。



我々の計算基準は、導水管内部は一部水がない、部分充満です。満充電では流量が多すぎます。一部水の無い導水管の流量は減少出来ませんが、流速は早く、もし、流入口が水レベルの上である場合、空気混入は避けられません。

4.2.2 導水管全体での落差確認

計算上導水管の水の高さの計算は必要です。この意味は、計算上、水路の表面と同様に、取水口の高さになります。この位置での導水管は、脚立状の補強木材で安定して設置され、管にかかる重量が分散され、安定し、又傾斜角度が正確に下降させられます。

この設置での不利な点は

- ・取水の為に急激に下降させねばならないので、落差の減少となる
- ・取り込み水の流速は早まり、水は乱流となり、空気泡を取り込む

導水管の中央部を地面に這わせることは、導水管の先と最後を水レベルの下に位置させるメリットがあり、水の引き込みが安定します（前頁のイラスト参照）；引き込み側は徐々に下降させ、タービン側は一挙に上昇させます。もしこの間の高さで、両者より高い場所が出来る場合、そこには垂直の細い空気抜き管を入れ込み、貯まる空気を排除させなければなりません。

4.2.3 導水管の傾斜角度

取水口からタービンの水レベル迄の緩慢な傾斜角度（1000:1=1meter 距離に対し 1mm の傾斜）は落差を維持でき、流速も最低限に留められる理想値です。しかしこの実現には大量の導水設備が必要で、高価で、保持させる構造建築も馬鹿には出来ません。最終的には、落差とその場所の詳細で臨機応変に考えねばなりません。もしこの理想論で配管距離が 20m あれば水流速度は相当早くなり、途中で大きい水ダメを作り、水速を止める羽目になります。

4.2.4 開放最終水路での流速

以下の表は半円形の管や用水路の流量の例です。どちらの場合も 1000mm の距離に対し 1mm の角度をつけた例です。前にも述べました様に、丸管を使用の場合、中身を全部水に満たす必要はなく、満たす場合、重量過多の為に補強が必要です。

LH 機の場合の水路の最低値は、450mm 幅 x 400mm 高さをご用意ください。

表 2: 異なった寸法水路での流量案内(傾斜 1m に対し 1mm) (ℓ/秒)

水深 (M)	水路の幅			
	0.45	0.6	0.75	0.9
0.2	63	92	122	152
0.3	108	161	215	272
0.4	156	234	317	405
0.5		311	425	545

表 3: 異なった排水管での流量案内(傾斜 1m に対し 1mm) (ℓ/秒)

水深 (M)	パイプ直径(m)			
	0.3	0.4	0.5	0.6
0.2	31	43	52	60
0.3	40	78	104	126
0.4		86	152	198
0.5			155	256

4.2.5 最終水路の製作方法

自然界に新たな用水路を設けなければならぬ場合、以下のポイントを考える必要があります。第5章では実際の設置情報をお伝えしています。

- ・用水路の寸法と高低差
- ・用水路の取り入れ口の高さ
- ・用水路に流れ込む水の取水制限（オーバーフロー構造の必要性）
- ・止水の為の構造
- ・用水路中でのオーバーフロー構造
- ・用水路その物の堅牢度（地面に打ち込まれた木材や鉄パイプの強度）
- ・用水路の横方向、縦方向の安定度：実際数トンの水を保持しますので、壊れない構造が必要です
- ・洪水時の水路の強度と破壊に耐える構造設計
- ・大枝、小枝の流入を阻止する、スクリーン機構、また、その場所では容易に清掃作業が可能な事。
LH機の場合自動清掃機構がないので、非常に細かめのスクリーンが必要
- ・子供さんたちが、近づいたり、遊んだりできない環境の実現
- ・タービン周りの清掃や修理に、容易に近づける工夫
- ・遊びに来た人たちが、取水口に吸い込まれない為、安全防止構造と“危険”の大きな表示板

4.3 タービン用水槽

水路や導水路を経由して水がタービンに到達します。タービンはその用水路の床に差し込み、固定します。水はガイドベーンを経由して落下します。詳細は第五章で更に説明しています。もし導水管の管のまま水を送っている場合はその水レベルに適した水槽を作りその中にタービンをはめます。排水管がその床の下に配置し、発電機のガイドベーンがその場所にはめます。

4.3.1. 最終水路での水位に関して

本機稼働用水位目安は 200-450mm です。オーバーフローの位置の目安は 300-350mm の深さが適切です。最終水位は水呼び込み距離で決まり、そこは水の流れる速度にも影響します。その為オーバーフロー距離は調整可能にしておき、環境に応じ決めてください。過剰なオーバーフローは 下の地面の浸食を引き起こし、分岐水の流れにも有害です。大量の水は空気を混入し、タービン回転吸引力の不安定と落差の減少を引き起こし、結果出力低下につながります。

管の引き込み水の場合、大きな管ほど流量を推定するのは困難です。しかし、水引き込み距離と流量計算は必要の為、配管でのエルボの角度に柔軟性を持たせ、短い配管では特にこのあたりの微調整が必要です。

4.3.2 オーバーフロー

オーバーフロー構造はタービン用水槽の壁を切りぬく簡単な構造です。余剰な水はそこから溢れ出しますが、下の地面の浸食は防止して下さい。もし問題が多い場合、垂直パイプを溢れる口に配置し、パイプ経由で適切な場所に排水します。オーバーフローは水槽の水位を決め、最大の流量位置を決めています。

4.3.3 最終水槽での容量

LH 機一台での最終水槽の容量は、壁高さ 500mm, 表面積 1 m²を参考にして下さい。例えば長さ方向に 2.5m, 450mm 幅 450mm 深さ (5章で説明します例です) : 大口径の導水管経由で水を供給する場合の注意は、ダービン設置の反対側に繋ぎ下側から水を上に送り出す方法を取ります。理由は、下側に取り付けの事により、水槽に緩慢に水を満たすことが出来ます。もし、水槽の上から流し出しますと、浅瀬に水が噴射する結果となり、安定した状態が保てません。

4.4 排水管

通常の設定は垂直方向に降ろします。距離が短くて済みます。川床の先端部は常に放水路の流れに漬け込み、吸引力を起こさせる必要があります。据え付け時、排水管に徐々に水を満たし、空気泡が放水路で見えなくなる迄、水の流れの空気をなくします。吸引力が出た時点でタービン回転が始まります。排水管の接続シールは完全に行い、空気混入を避けます。5章では設置方法を詳しく説明しています。

垂直排水管の寸法に関し

本システムに最適な排水管は 200mm 又は 250mmOD(外径)厚み 4-5mm の PVC 管です。これらの PVC 管は豪雨水排水管、下水管、排水渠 (きょ) 用で DIY ショップで通常に販売されているものです。したがって現地購入の方が安価につきまので、タービン価格には入っていません。標準品は 200mmPVC 管用フランジが付属しています。200mm から 250mm に広げるアダプターとジョイントスリーブは別価格で提供可能です。

4m以上の長い排水管の場合、PVC の厚みは 6mm 最低をご使用下さい。経験では、薄い場合、真空状態になった時壊れていました。もし、排水管の長さが 2.6m 以上の場合、最初から 250mm 管をご利用されることをお勧めします。太めの管はどんな場所でも、水の流れを遅くし、軋轢が減少し、発電量の増大を伴いますが、同時にコストアップとなります。例えば、200mmOD 管を使い、 $H=2.6m$, $Q=40\text{ l/s}$ の場合、予想発電量は 524W で、40W (=7%) がパイプ内での軋轢抵抗で減少します。同じ条件で 250mmOD 管内部抵抗は減少し 16W=3% となり、発電量は 548W です。メリットは 24W で一年 210kW/hrs のメリットですが、管のコストアップがそれで吸収できるかどうかも焦点です。

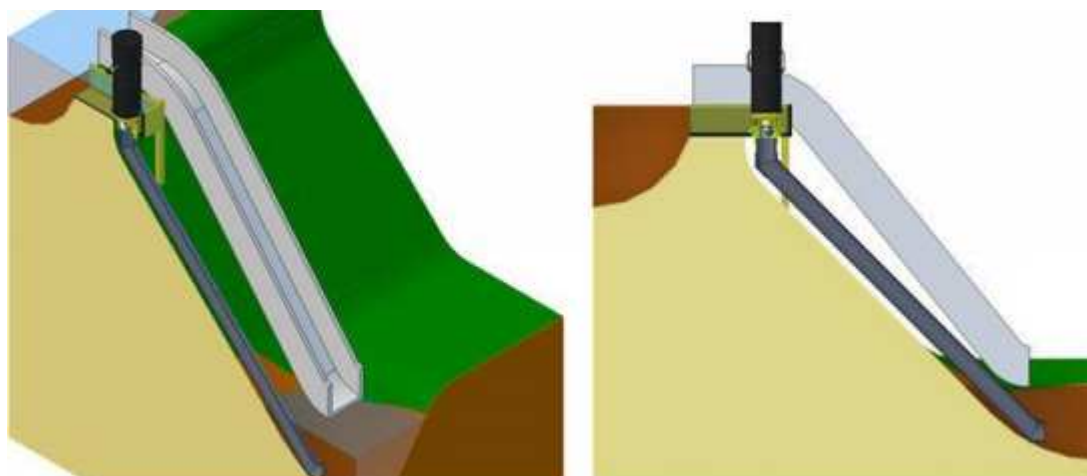
4.4.1. アメリカ寸法の 40PVC 仕様について

メートル単位国以外では PVC 管はスケジュール 40' と称する単位が使用されています (USA)。8" PVC 管は接着剤塗布用ラッパ部の内径が 219mm となり、本システムでの 200mm 管フランジに合致するよう、システム出荷前に、加工しなければなりません。(このようにお使いになる PVC 管の詳細が求められます) しかし、200/250mm アダプターの場合、10"パイプの OD は 273mm で、システムアダプターも 273mm で改良工事なしで、接着可能です。

スケジュール 40' をご利用の場合、ID/OD の明細(片側はラッパ状)(片側は平行)をお知らせください。

スケジュール 40 の PVC 管				
インチ表示	OD インチ	OD mm	ID インチ	ID mm
8	8.63	219.08	7.94	201.73
10	10.75	273.05	9.98	253.39

4.4.2 斜め設置可能場所



この据え付け方法も可能です。斜角の排水管が使われた場合、垂直より長くなりそれだけ軋轢抵抗が増加します。設置後は 表 6: 据え付け後の実際のデーターにご記入の上メーカーにお知らせください。
実験で、実際右のような排水管を設置しました。250mm 管 8 メーター長と 90 度曲げた 2 個のパイプで作りました。



この場所は $H=3.3\text{m}$ で 560W 発電。同じ水量 45 l/s で垂直管の場合 760W 発電でしたので：200W 減少です。この場合、長めの排水管と 2 回曲げた管の抵抗で高低差 10m を失くしたのと同程度の結果でした。

この方式での欠点は

- ・管内での流速減少
- ・内部の軋轢抵抗の増大
- ・水出口での流れの減速での損失

もし、用水路がなく、垂直での排水管が設置できない環境で、斜め排水管しか応用できない場合、

- ・管の太さを一段大きい目に
- ・出来るだけ短い排水管に
- ・管の曲げ角度は可能な限り緩やかに
- ・出力減少は認めなければならぬ
- ・予想より、水量は低下せざるを得ない

こうした斜め角度の排水管設置は落差 4m 以上の場合、使用出来ません。どうしても必要な場合、先ずはメーカーのアドバイスを受けてから、御考え下さい。

この斜め設置での結果、発電量の低下は 20-25% 程度で、且つ水量使用低下は 10-15% となっています。またこの環境の場合、発電機は自動的に回転しませんでした。回転させるために、発電機外側の回転体を手で回して、弾みをつけなければなりません。理由は、長い排水管の為水のマイナス圧力の増加に時間がかかり、ひっぱり圧力が少ない為です。プロペラ回転を引き起こす力がないため、ローターで、強制的に回転させます。発電後は、発電機カバーを元に戻す事を忘れないでください。

4.4.3 排水管は末広がりが必要か

実際市場では徐々に広がるラッパ状の排水管を提供しています。しかし輸送費は非常に高くなります。ラッパ状から由来する利点はありますが、その利点はそんなに多くありません。我々の場合、平行な管を使っていますがラッパ管より更に多くの発電量を得ることが可能です。理由は最初から太めの平行 PVC 管を使用しているからです。

4.5 放水路

排水管の先端は放水路内に漬け入ります。この設置には

- ・ 排水管の先端部には水の流れを容易にする川床との隙間が必要で、水の流れを阻止しません。最低でも 100mm の隙間を作ります
- ・ 川床にはセメントで保護層を作り、排水の力による川床の浸食を防止します。
- ・ 乾季になり、水量が減る場合、川床との水の接触を維持する為に、小さな堰を排水管周りに設けるなり、岩石による堤防を作り、先端の先の上に水が常に来るようにします。少なくとも水の浸かり具合は最低 200mm を実現
- ・ 雨季や、洪水時、放水路の先側では水の流れが阻止されていないか、検査します。水はけの確保が必要です。もし水はけが阻止されますと、落差が減り出力低下になります。

5. 水路の作り方 (ガイドライン)

資源保護は常に求められています。用水路を建設される際にも、現地で調達できる、材木の利用をお勧めします。以下に説明する作り方は、参考案内迄で、殆ど利用されない材料を使った例です。



腐敗防止された松は 50 年の耐久性があるとされています。庭園材料や造園建築材料は、堅牢構造建築物材料の耐久性には及びませんが、価格は相当安価です。言い方として垣根、柵、塀グレードがそれに当たります。

防柵 (サク) の 種類には、(参考用のみ : ニュージーランド規格)

- 100x50mmx4.8m(L) レール
- 75x50mmx4.8m(L) レール
- 50x50x1.2m(L) 角材
- 150x25mmx4.8m(L) 板
- 100x100mm 柱(長さ 600m~3.6m)

ボルト締めが必要です。50x50mm角ワッシャーと M12 のメッキ済みボルトを使うこと。釘は一時固定用のみ使用。



縦方向支柱は 2.4m 毎に離し、内側 450mm に設置。川床はぬるぬるし作業は容易ではありません。熱延メッキ 75mm パイプを川床に打ち込み、もう打ち込めない場所まで押し込みます。この方法で非常に強固な設置が可能です。長期使用を目的とされる場合、この程度の基礎が必要です



そこへ (金属パイプ) 木材柱をボルト締めします。垂直性を確認。金属パイプの長さを調整し、木製柱の高さを一定にし、木製柱を切る手間を省いています。

これで主柱高さ 3.6m を得る事が出来ました。用水路受け持ち水平支柱 100x50mm 部材をボルト締めします。段々下に行く高さ調整を行います。

150mm 板を使い、用水路の 450x450mm 断面を長さ方向に埋めてゆきます。2.4 メーター毎に下にずらしてゆきます。

角材を半分の長さにし、600mm 毎に 3x150x25mm の板を 60-75mm 長のステンレススクリューで繋ぎ合わせます。

用水路の底板はこの時点では跳ね上がりやすいので、決して歩かないでください。

サイドボードをボルト固定します。繋ぎ目は段々下にさがります。60-75mm ステンレススクリューを使い底板の外側の端をサイドボードに 100mm 毎に固定しビーム(梁)とします。

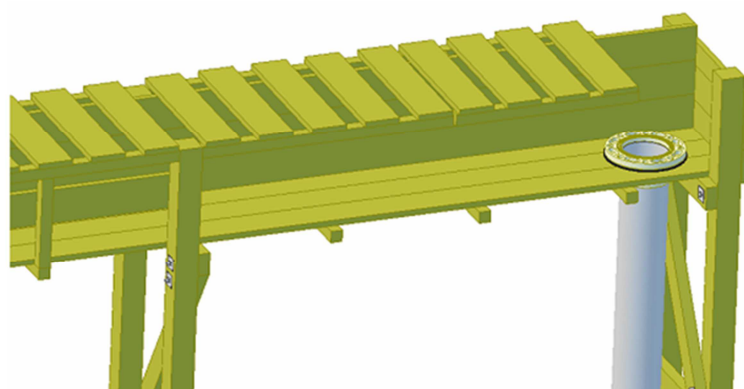
600mm 毎に全てのサイド板を角材で固定します。この後は、用水路を歩くことが出来ます。

写真での対角線補強材は両側の補強になりますが、パイプへのボルト締め柱への固定では万全とは言えません。側面完全補強はアンカーを地面に打ち込み、そこからワイヤーで柱にあげその後向こうに回し反対側でワイヤーを固定します。

縦(長さ)方向への補強も必要です。100x50 の対角線上に長さ方向での柱間にボルトで材木を入れ込むか又は地面上のアンカーとワイヤーで固定します。

全ての目標は水を流せ、その重量に耐え、揺れることなく大人数人が作業可能な事です。

その後 耐 UV の安定した樹脂板をカバーにします。固定には 10x30mm 角柱で、用水路から水が漏れないようになります。



最後に渡り廊下の、歩道を作ります。50x50mm 角材と 150x50mm 角板で施工します。スクリュー固定が偶々に必要で、端に立った時跳ね上がらない強度が必要です。

5.1 タービンに容易に近づく

設備の高さは地上 2-5 メーター程度となりますので安全に近づく環境が必要です。用水路を歩く考えは容易いのですが、水の流れている状態では危険すぎます。水の圧力は見た目以上に多く、滑り落ちる危険があり、また道具装備が水濡れ事故を受けることとなります。歩行用の板を横に取り付け、使用しない場合安全の為、板を外す方法をお勧めします。1.2m (L) x 500mm(W)の板を長さに応じ設置します。

安全な用水路の世界的定義は以下の通りで、コスト面からも安全且つ、低価格を実現しなければなりません。

“1m 以上の高さの滝(水の流れ)の場合その周りに 1m 以上の手摺りが必要で二本の棒の垂直距離は 100mm 以上でなければならない。子供が入れない場合のみ垂直の手摺りの距離は 100mm 以上でも構わない。”

手摺り(梯子)は 実用的でないでしょう。縄梯子や、羽目板(強度の高い)など、安価な方法を地域の法律に合わせ、現場現場でお考えください。

高さ 3m から落下しますと、死亡します。しかし、歩行板での安全確保は安心して作業が可能です。招き入れた客、招かざる客どちらも、この人工的安全対策は喜ばれる事でしょうし、客も安全を期待して訪問しています。

各地域や場所毎の環境が異なりますので、安全に発電機に近寄る方法は各ユーザーのお考え次第ですがその地域の専門家の助言が必要です。堅牢建造物の規格に従ってください。(建築物の規格法律です)
実際安全第一が求められています。



左の例は用水路の上の羽目板です。(以前の機械外観)
発電機に近くには、この板の上を歩けます。

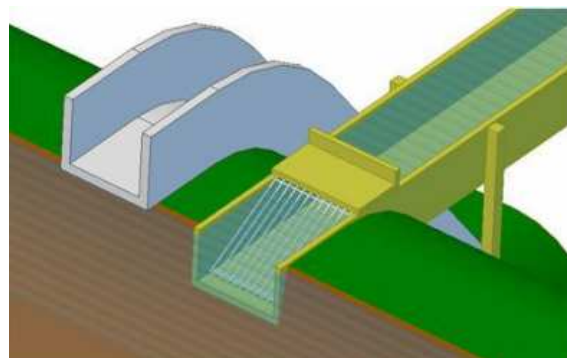
しかし、子供が歩いて、発電機に触れない防止策も必要です。
蓋をとれば、回転体があり、事故に直結します。

この例では、手摺りがありません。ここから落下しない為、実際は、用水路の縦方向に安全ロープが張られ、羽目板も動かないように固定されています。立ち入り禁止の表示板を掲げ、入り口には、1.5m高さの鍵付木の棒を設置し、管理者が鍵を開け、その後入れるようになっています。

5.2 取水口のゴミ除け

斜め金棒ゴミ除けは大きなゴミの流入を防止します。その後は水の圧力で上の方に押し上げられ、黄色の回収場所にたまります。ゴミ掃除は容易に行えます。
また、この金属棒により、他人が勝手に、間違っって用水路内に立ち入ることを防止しています。

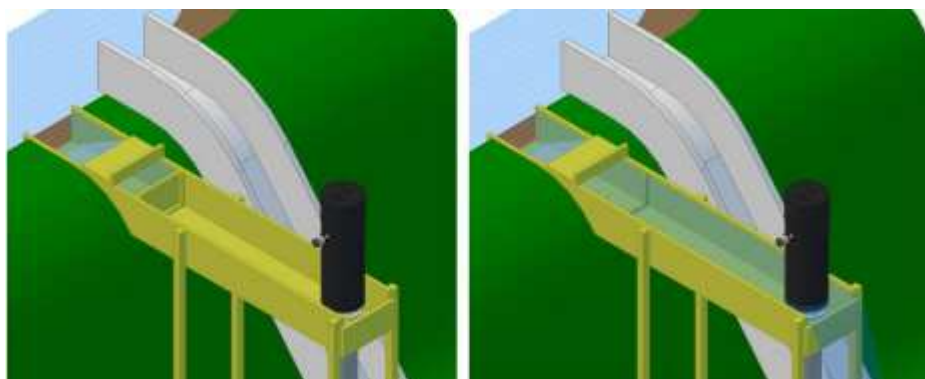
取り付け後、状況を観察し、効果が出るか、もっとゴミが取れないかなど、更なる工夫を行う場所です。



5.3 止水方法

水の送水、停止の作業が必要です。

強度の高い合板の入れ込み、又除去で、この作業は容易に行えます。



5.4 水路に垂直排水管を取付ける方法

この説明では、高低差 3.6m、250mmOD PVC 排水管を使用し、メーカーから出荷された接続口を使います。

PVC 管はユーザーが手配します。これらの PVC 管は農場などで通常使われている排水パイプです。この説明では 6m タイプで、250mm OD PVC 管で、2 本の排水管が製作できる長さです。

必要な部品は

- ・メーカー側から提供された 200mm 接続部品で排水管とタービンを繋ぐもの
- ・200-250mm 排水管アダプター (オプション)
- ・200mmODPVC 管、230mm 長カット (ユーザー手配)
- ・250mmODPVC 管、ユーザー手配の長さ



下の写真の様に PVC 接着剤を両面に塗り、両者を押し込みます。この作業は迅速に行わないと直ぐ乾燥してしまいます。80kg の力が押し込むには必要です。余分な接着剤は、雑巾で拭き取ります。



もう片側も同様に加工：



250mmOD 排水管を必要な長さにカット：



排水管を所定の位置に接着剤で固定します。
 入れ込むには相当の力が必要です。
 数人の力を協力し合い入れる必要があります。
 重力の応用も必要です。



パイプアダプターの OD と同じ寸法（約 275mm）の穴の開け場所を用水路に書き込みます。下の写真は 275mm の皿を使い木材用水路の上のプラスチックカバーに穴を開けています。丸く切り取るには 8-10mm のドリルで細かいガイド穴を先に開けておきます。



木を切り取ります。



発砲マット等フォーム素材を使い円状に切り取り接着剤で固定。クッション性を与えます



排水管を木製用水路の底に入れ込みます。



4-8mm ステンレス精密スクリューを使いパイプを固定します。



排水管の先は水面から少なくとも 200mm 以上水面下にある事を確認します。



用水路と排水管の固定を再確認します。用水路は補強素材で完璧ですか？タービンはまだ入れません。先に水を用水路に取り入れます。この水の運動で、川床土が掘られます。水の引き込みに必要な深さに到達時、木製床を入れ込み、それ以上の浸食を防止します。タービンを挿入しますと水速は大幅に低下します。



タービン作動時の水の運動写真



この現場の条件は、高低差 3.6m, 流量 47 l/s
発電量 870W, タービン回転数 1300rpm

この場所での水深は 300mm. この高さで水量はタービンのフル回転に合致し、これ以上の水は不要でした。ダムの高さを調整し、水の流れの一部を川に戻ることにより、魚の一部は下流に下れるように配慮しました



この写真は必要水量の 50-60%の容量で動作させています。MPPT はプロペラ回転を落とし、一定速度で最大電力を得られる操作をします。その水量では高低差は 3.4m となり、回転数は 800rpm, 発電量は 400W です。

もしこれ以上の水量低下が発生すれば発電量は大幅に減少します。

25 l/s 以下の水量の場合、ペルトンやターゴが発電機として考えるべきです。最低 5 l/s 迄これらの機種は発電可能です。

この水量と高低差の場合明らかに、プロペラ型が高性能となり、昔の水車の効率は非常に低い事が理解できます。



ダムや湖のオーバーフロー場所での設置の場合、オーバーフローの高さのデーターが既にある場合が多く、設計は容易です。

しかし、高さ変化が 3-6mの場所は避けて下さい。目安として、排水管の長さの 50%の洪水の高さ迄です。

下の写真は家鴨池での応用です。

コンクリート流入口の下に PVC 管を埋め込み、その後、木製用水路に給水し、その用水路は 20 メーター長となり、その後、システムの導水路に給水



元からあった、川床に備えられたオーバーフローゲート。

木の板の高さを変えることで、この池の水位を調整。

流れの下は高低差が多く、魚が上に逆上がれないので、魚道を設ける必要はなかった。

ダムの最上段でのオーバーフロー道路。
(本システムとは関係なし)





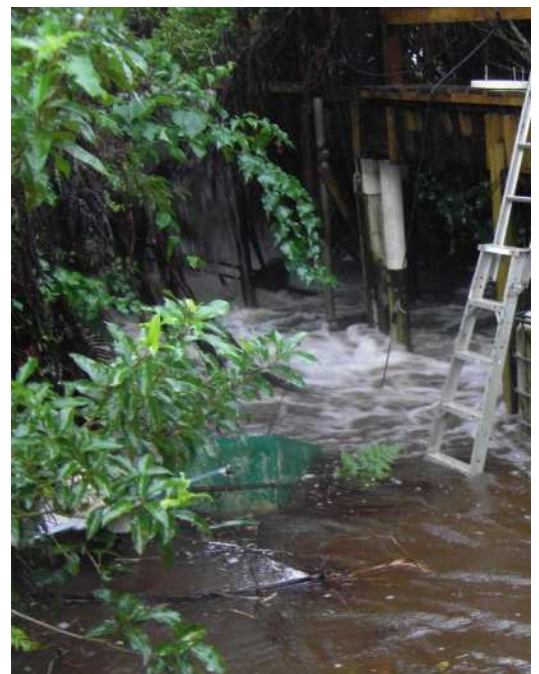
木製用水路の例です。

この場所での長年の記録では、最低流量は4 l/s ですが、洪水時は2000 l/s に達したそうです。

近年では、通常 50 l/s で一年の内 2-3 ヶ月利用出来ます。

水力が活用できない季節にはソーラーパネルで蓄電池を充電します。

4年後、洪水が発生しました。実に20年ぶりです。上記写真の鉄製保持パイプの上近くまで水が来ました。
LH 設置の場合、過去の記録から、洪水の高さを知る事は重要です。



6. 発電開始

初めて作動する前には、必ず 20ml のグリスをベアリングに与える事。オプションでの自動グリス給油方式をお買い上げの場合でも、作動前にはこの手動グリス給油を行い、グリス配管回路内や、ベアリングに与えておく必要があります。その後、充電制御回路との接続に間違いがないか確認が必要です。

MPPT の作動前に、最大の水量をタービンに流し、無負荷での最大電圧(Voc)検査を 6.2 項の指示に従って測定する必要があります。発電場所が完成し、無負荷での最大電圧測定完成后、MPPT 回路に繋がります。最初のころは無負荷で水を送り、排水管内部に水が満たされ、水の流れが安定し、サクシオン効果が見えた時点で、ブレーカーを ON にして、実際の発電を開始します。

作動前点検事項が完了し、すべて正常と確認後は、データーの記録を保存します。

- ・ 負荷への電流値
- ・ 各電気部品の動作チェック、MPPT の動作試験
- ・ 水量はタービン回転に十分な量か
- ・ 発電量は予想範囲内か？、(配線後の距離ロス、制御器誤りの使用電気を差し引いた後の値)
- ・ 腐食、緩み、たわみ、用水路の水漏れ等検査、異常箇所の修理
- ・ 蓄電池充電制御回路は正常に働いているか
- ・ ダミーロード回路は正常で、発電量がダミー回路で引き受けられているか？

その日の予定作業終了し、現場を去る前には、全てのシステムが正常に作動しているか、確認が必要です。もし日没の為、作業が中断する場合、決してタービンを回転させたまま、現場を離れないで下さい。翌日作業再開です。作業が終了し、満足された時点で、ログブックに記帳を開始してください。

- ・ タービンを流れる流量
- ・ 純高低差（流入口から水面）
- ・ メーターで表示されるワット数
- ・ MPPT のセット値
- ・ 安定した状態での発電機温度
- ・ 設置個所でのあらゆる角度からの写真
- ・ 次回サービス日程の決定

6.1 法的制限と有効な設置基準

多くの国での資格を有する電気工事技術者による工事の必要性は AC50V 以上、DC なら 75V 以上と考えられています。この限定は 2 か所の間に流れている電圧を意味します。

均衡のとれた DC60V の場合、+60 と -60V（アース線に比例し）となり、最大電圧は 120V と考えられ、このラインが技術者でなくても工事できる限界ラインと NZ や Australia で規定されています。ヨーロッパでは 75V と規定され、これらを総称し ELV 値と呼びます (Extra Low Voltage)

120VDC を自由に扱える法律がある国なら別ですが、本機の最大電圧はそれ以上の電圧を取り扱います。従って本機の設置に関しては、専門電気工事会社と相談され、法律に則って、施工される様お願いします。多くの例では、機械設置はあなたが実行し、電気工事会社立会いで、配電 結線等行うことも、彼らの監督下で行うことも可能でしょうが、先に了解を取る必要があります。

その様な電気施工会社は、監督として、あなたの仕事の程度に不満足の場合、工事の許可は出さないでしょうから、最初から打ち合わせる事が最も大切です。

6.2 据え付け後の試験 (重要)

発電機はMPPT 制御に直結します。しかし **MPPT に繋ぐ前に、以下の試験が必要です**。試験に際しては電気技術者が立会い、記録をとる必要があります。

- ・最大の流量と最大の高低差の条件下で、発電機に何もつながらず、単独運転させ、出力端子での DC 電圧値を確認する。
- ・3 相交流から整流器へのリップル損失を 10%とみなし、最大 DC 値に更に 10% UP する。
- ・その値は MPPT 入力指定電圧以下で、少なくとも 10V 以下である事。
- ・もし最大電圧が MPPT 受け入れ電圧より高い場合、**まだ結線は行えません**
- ・固定コイルの種類によってはスター結線、デルタ結線の双方が利用出来る物もあります。デルタはスターより低電圧になります。コイルの種類を確認後、もしスターなら、デルタに変更し出力電圧を再度検査します。それでも MPPT の受け入れ可能電圧より高い場合、まだ結線はしないでください。どこかにトラブルがあり、その解決が先です。写真のつまみを回しローターを引き上げ、電圧が下がるか検査します



・もし最高電圧が MPPT の受け入れ電圧の極僅か高い場合、ローター(回転体)を少し引き上げて電圧を低下させることが出来ます。機器に付属しているワッシャーを 1-2 枚使用出来る距離です。ワッシャー枚数は最大 1mm まで引き下げる事が出来る枚数です。

・試験を繰り返し、ワッシャーの数を記録し最終的に入れたまま固定します。
電圧検査を正しく行う必要が絶対あります。正しく行わない場合、電気部品が故障します。弊社はそれによる責任を取ることは出来ませんのでご注意ください。

6.2.1 試験例

高低差 3m, 発電機裏側のコイル表示 : 100-7S-2P-D. デルタ結線可能と理解できる。(S=スター、D=デルタ)

現場での開放試験 (Voc=Volt open circuit) の電圧は 136VDC でした。受け入れ側の MPPT の入力電圧は 150V です。まず記録を取ります。リップルを考慮し： $136+10=146V$

この状態では 150V 以下ですが 4V の許容では小さすぎます、10V の余裕は見なければなりません。従って、回転体を少し引き上げます（磁力低下）、ワッシャーを入れ、今度は 12V 以下の差に到達。これで結線は可能となりました。実際の電線距離や負荷の関係で、最大 70V となります。電線ロス検査の結果 3V 低下し 4.2% のロスでこれは正常値です。

MPPT 表示では 600W 発電です。MPPT の消費ロス 4%, 電線の消費ロス 4.2%.

従ってこの発電機の発生量は： $600/(0.96 \times 0.958)=652W$ となります。

予想発電量表でのデータから、43 l/s 3m 高での値と近いので、この工事は完成です。今後のサービス用に全ての記録を取ります。

7. 効率よくシステムを運用する為に

7.1 電力計

マイクロ水力発電での電力値を長期間表示する手段をお持ちになることをお勧めします。通常 MPPT にそのディスプレイは備わっています。

表示電力数値の変動は、注意すべき問題を教えてくれます。例えば：

- ・用水路がゴミで阻止され、水量低下
- ・発電機本体の水取り入口がゴミで詰まったか、ゴミ自動清掃システムに異常
- ・水量が実際に低下し、発電に向かない環境になっている等

一年に可能な発電量の計算方法は：

$$\text{kWh/Year} = \text{発電ワット数} \times 24 \times 365$$

例として、もし 500W の発電量なら、年間 4,380kWh/year と考えます。

電線を通る電流値を知るためには、DC クランプメーターをお勧めします。(決して間違っ安価な AC クランプメーターを買わないで下さい。DC アンペアクランプメーターは高価です)

この DC アンペア値を知ることは非常に重要です。初めての方は使い方を勉強してください。RE(再生エネルギー)を重要視され、マイクロ水力を利用する以上、V, A, W, Wh などの言葉と意味を知る必要が大切です。この言葉の内容を電話やメールでは説明し難いので、是非前以てインターネット等で詳しく勉強されることをお勧めします。

7.2 保守

本製品は堅牢構造物ですが 24 時間 365 日働く必要がある機械です。その為には定期検査定期保守は必要です。車と比較しても、車のエンジンの回転数より、発電機の方がはるかに多いのです。車のエンジンにはエンジンオイルとフィルターで守られていますが、発電機にはそのシステムは付属していません。この理由により、ベアリングには特別に注意が必要です。

各マニュアルをお読みください。最初は LH 組み立てマニュアルで、機械内部構造をご理解ください。ベアリング保守は LH サービスマニュアルに書かれています。又 保守点検のログブックの記帳も後日故障時に理由が見いだせる有効な資料となります

例え 1 年保障があるとしても、以下に述べるベアリング保守点検項目の実行が必要です。特に保守点検の記録帳があれば、保守が悪いのか、製品が不良なのかの判断基準が出来ますので、記録帳の整備が必要です。

8 問題とその対策

このトラブル対策の説明はLH機のみ有効です。更に疑問のある場合代理店にご連絡下さい。以下の情報でトラブルの大きな原因を知ることが出来ます。

もし電気測定方法がわからない場合は、電気技術者の応援が必要です。無知な状況で電気回路に触る事は電気ショックを受ける結果になり、人身に致命的な事故に直結します。必ず電気技術者に調査をお願いしてください。

もしシステムの操作がどうもおかしいとお感じの場合、先ず発生電流量(W)を見て下さい。そのデーターとLHに書かれているデーターを比較します。

実際の得られるW数が設計W数の10-20%程度の低下であれば、それは正常で、低下の大きな原因は通常；電線によるロス、MPPTやインバーターの機器消費量、流量と高低差の少々なずれ等により低下するのは通常です。

もし予想値の20-80%以上低下の場合

- ・設計当時の高低差と水量が、今どう変化しているのかを確認して下さい。据え付け時のデーターは？それらの値は注文時のメーカーに伝えたデーターと合致しているか？？？

全く発電しない場合

- ・電圧0V、電流0Aの場合、水は流れていますか？タービンは回転していますか？配線は接続されていますか？
- ・電圧0、しかし電流値は設計電流値を超えている場合、接続端子に異常あり、短絡回路の可能性あります。配線を再検査
- ・出力電圧は正常、しかし電流値は0の場合、MPPTへの配線、インバーターへの配線が外れているか、ミス配線があります。

8.1 騒音

音は出ます。しかし、どの程度かが問題です。通常、騒音問題はあまり発生しません。LH機の発生する音は、ありますが、流れる水の音の方がやかましいと言えます。プロペラの回転は通常の発電機の回数より、低速で、カバーで密閉されています。もし騒音が問題となると、それは何か故障し、その「ノイズ」が問題とお考えください。考えられる故障とは：

- ・ローター（磁石側）が勝手に回る。（たぶん設置時、ローター挿入手順が間違った、又 マグネットに雑物が付着したまま、固定してしまった等）
- ・設置時、ベアリングのグリス給油を忘れていた
- ・当初静かだった物が、発電機ベアリングの騒音発生（ベアリング故障）
- ・蓄電池が満充電時、発電機の回転数が異常に早くなる。蓄電池の電気を消費すると回転が元に戻る：：：原因は疑似負荷の働きの故障（MPPT故障・ダミー負荷断線）
- ・ゴミカッターがプロペラに当たっていませんか？カッターの位置はプロペラの下部になります

発電量が高ければそれだけ、騒音は増大します。騒音程度は、洗濯機の高速回転での騒音に似ています。

発電場所から、ご自宅場所への間に、木々を植えられますと、相当騒音は吸収されます。

8.1.1 測定結果

実際の測定値を示しますが、マイクロ水力発電は、全て異なった環境で働いています。納入機器全ての数値の発表は出来ません。以下は例であり、全体がそうであると言っていない。場所毎で異なります。

測定日； 2015年7月27日（月）

場所； ニュージーランド、エコイノベーション社 設置箇所

落差；3.6m

出力；850W

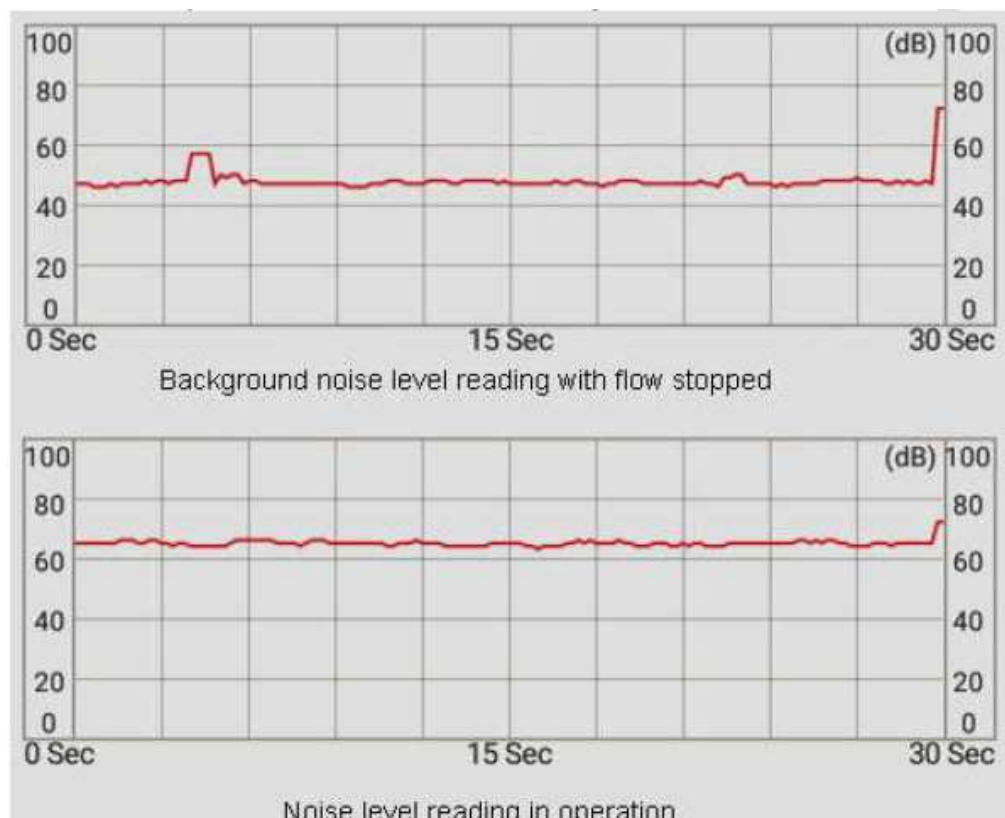
測定距離；発電機から 10m 離れて測定

発電機を停止し、その場所の環境騒音値；水の流れ停止

48-50dB, 小雨、鳥のさえずり、水の流れる音が聞こえる

発電開始

68dB, (騒音増加は 18-20dB)



dB の比較値

0 dB=ほとんど無音に近い静寂

60-70 dB=2 - 3 メーター離れた会話

80 dB=電話のベル

85 dB=市内を走る車の中の音 (車内)

＊＊人により感じ方は異なり、この情報が全てでなく、音はするものと解釈ください＊＊

9 予定設置場所の詳細データ（提出用）

9.1 据付場所調査票

マイクロ水力発電では、発電場所での、高低差と流量を明確にしておく必要があります。その為、システム発注前に下記 **表4** をメーカーに知らせる必要があります。若し未だ測定調査されていない場合、下記表に基いた前調査が必要です。機械保証はこのデータにより実行されます。

表4：本システム製造用に必要なデータ

質問	回答	(単位)
どちらの機種をお望みですか	LH/LH Pro	
高低差(垂直距離)		m
水量 (>最低 25 リットル・秒)		リットル/秒
排水管の設置は可能な場所でしょうか	Yes/No	
塩ビパイプ 直径 200mm 又は 250mm (OD) の購入は可能ですか	Yes/No	
もし入手不能な場合、それに似た直径の塩ビパイプの内径外径をお知らせください。	ラップ最大部 ID ラップ最大部 OD	mm mm
もしラップ型の物が入手可能な場合、その情報もお知らせください。(マニュアルにはパイプの説明が理解の為に書かれています)	平坦パイプ ID 平坦パイプ OD	mm mm
発電場所から蓄電池設置場所までの電線の長さ		m
もし既に電線が配線済の場合、その太さは		mm ² /AWG
未だの場合電線の太さの情報が必要ですか	Yes/No	
独立電源での蓄電池の電圧は	12/ 24/ 48	V
充電制御は MPPT 方式です。ご指名のブランドがありますか		

LH/LH Pro の低ヘッドマイクロ水力発電システムは上記の情報により製造されます。もし発注後、異なった条件で設置せざるを得ない状況に変化した場合、予想発電量を満たすことは不可能です。この様な場合再度情報をお知らせくだされば、発電機の部品（コイル側）の交換で、発電可能となる大きな可能性がありますのでご安心下さい。参考までに、高さは同じで流量が減少した場合、先にお知らせ頂いた条件の半分程度の発電は、先の注文でのコイルで発電可能です。（しかし半分の流量迄で、それ以下では発電出来ないとお考えください）

例として 50 リットル流量で 1000W の発電予想とします。場所がどうしても変えなければならなくなり、新しい場所では高さは同じでも、流量が 25 リットルとします。新しい場所では： $25/50 \times 1000 \times 0.9 = 450W$ （効率も低下します）。

この傾向以外に、MPPT の動作にも、そのメーカー機種の影響により、影響が出る場合があります。例えば MPPT のトラッキング機能が流量低下率 50% に追従できない場合、プロペラ回転数が落とせないために、空気がシステムに引き込まれ、真空度がなくなり、発電できない状態に陥り、1kW が 50W 程度に低下する事もあります。

9.2 実際の設置結果

さて、設置後の状況をデーター記入し、メーカー(代理店)にお知らせください。表5にご記入下さい。 予想と現実を検討し、もし更なる向上が可能かどうか、メーカーで検討致します。

また、これにより、場所毎での効率が計算され、メーカーのデーター計算の更なる向上につながり、エコ活用の向上に役立ちます。

表5 据え付け状況とその結果状況

据え付けデーター				
設置日				
設置場所				
排水管 内径	m			
排水管 外径	m			
排水管 長さ	m			
使用電圧	V			
電線長さ	m			
使用電線の太さ	mm ²			
発電機電線コード	100/80/60dc	S-	P-	D/S
MPPT の種類・インバーターの種類				
効率データー				
タービンを経由する水量	l/s			
発電量	W			
MPPT での充電電圧	V			

10 設置後の状況報告お願い

システム完了後、ご感想をお教えてください。改良点や、更なるアイデア等お待ちします。本マニュアルの内容改良案も合わせてお願いします。

エコを重視していますので、紙の印刷は極力避けております。本マニュアルも PDF でお渡ししています。その為、結果報告も e-mail でお願いしています。

11 使用単位と換算係数

- ・アンペア (A): 1V が 1 オームを流れる電流値=1A
- ・Btu=英熱量(British thermal unit) : 1lb の水の温度を 1°F 上げるのに必要な熱量
- ・Current: 電気では、導電性のある物体の中を流れる電子の流れを意味し、DC/AC の C を受け持つ
- ・Ohm(Ω) : 電気抵抗値で、二点間の電位差が 1 ボルトの導線に 1 アンペアの電流が流れるときの二点間の抵抗を 1 オームとする
- ・ワット(W): 1A の流れが 1V を流れるときの電力=1W
- ・Wh(Watt Hour): 1 時間 1 ワットの電力量

$$\text{電圧(V)} \times \text{アンペア(A)} = \text{Watts}$$

換算表

この単位を	これに変換するには	この単位を掛ける
センチメートル	インチ	0.3937
平方ミリ	平方インチ	0.0015
メートル	フィート	3.2808
マイル/時	フィート/秒	1.4667
リッター	英ガロン	0.2641
リッター・秒	英ガロン・分	15.900
キロワット	馬力(電氣的)	1.3405
°C	°F	$\times 9/5 + 32$

この単位を	これに変換するには	この単位を掛ける
インチ	センチメートル	2.5400
フィート	メートル	0.3048
フィート/秒	マイル/時	0.6819
英ガロン	リッター	3.7254
英ガロン・分	リッター・秒	0.0631
馬力(電氣的)	キロワット	0.7460
°F	°C	$-32 \times 5/9$

12 保証と免責事項

以下の条件は、発電機単体に対し有効で、その他のキットや部品には適応されません。
又、対象相手は代理店であり、個々のユーザーではありません。

保証とは、発電機が正しく据え付けられ、動作確認され、長年保守された場合に有効となります。もし不都合が発生した場合、ユーザーは記録簿を提出しなければなりません。クレームなどの場合、先ずメーカーは記録簿を資料として使用します。据え付け写真、故障の写真などを要求する場合があります。従って、先に分解などを行いますと、保証対象から外れます。

メーカーはその発電機には絶対の信頼、価格の有利性を持っていますので、下記保証関係を説明します。

・発送後3ヶ月以内で最低30日作動し、それでもその効果に問題あるとメーカーが認めた場合、輸送費はユーザー負担ですが、メーカー無償修理が可能です。若しくは、無償部品を提供します。運賃はユーザー負担となります。

・予想発電200W以上の場合、上記対象となります。200W以下の場合、発電量の変化はプラスマイナス20%が適応されます。

・ベアリング保証は一年に一回交換されなければなりません。記録簿で確認された場合、ベアリングの無償供給がなされます。(購入後2年間のみ)

・金額保証は、購入代金のみであり、工事費、輸送費、各種税金、他の機器類補填は保証対象外となります。

・メーカーは常に機械類の改良を、予告なく行いますので、上記条件も変更される場合があります。

保証期間は送付後一年です。

13 追記事項 ; 流量と発電機の種類

表6 : 落差 : 流量 による 予想発電量、発電機の種類

PowerSpout LH1500 and Pro (12/24/48 via MPPT regulators)											MPPT regulators up to 150 OCV			MPPT Regulators & Inverters up to 250 OCV		
Head		Flow approx		Watts	Efficiency	RPM	Runaway	W/RPM	*Draft Tube	Watts lost in	Stator fitted	Open Circuit	Running	Stator fitted	Open Circuit	Running
m	ft	l/s	GPM				RPM		I.D. mm	Draft tube		Voltage	Voltage		Voltage	Voltage
1.0	3.3	24.8	394	91	37.5	688	1032	0.13	190.00	9	100-7s-2p-star	137	69	80-7s-2p-delta	205	103
1.1	3.6	26.0	413	107	38.0	722	1083	0.15	190.00	11	100-7s-2p-star	144	72	80-7s-2p-delta	215	108
1.2	3.9	27.1	431	123	38.5	754	1131	0.16	190.00	12	100-7s-2p-star	150	75	80-7s-2p-delta	225	113
1.3	4.3	28.2	449	176	49.0	785	1177	0.22	190.00	14	80-2s-7p-star	118	59	80-7s-2p-delta	234	117
1.4	4.6	29.3	466	199	49.5	814	1221	0.24	190.00	16	80-2s-7p-star	122	61	80-7s-2p-delta	243	122
1.5	4.9	30.3	482	223	50.0	843	1264	0.26	190.00	17	80-2s-7p-star	126	63	100-14s-1p-delta	192	96
1.6	5.2	31.3	498	248	50.4	870	1306	0.28	190.00	19	80-2s-7p-star	130	65	100-14s-1p-delta	198	99
1.7	5.6	32.3	514	272	50.5	897	1346	0.30	190.00	21	80-2s-7p-star	134	67	100-14s-1p-delta	205	102
1.8	5.9	33.2	528	297	50.6	923	1385	0.32	190.00	23	80-2s-7p-star	138	69	100-14s-1p-delta	211	105
1.9	6.2	34.1	543	323	50.7	949	1423	0.34	190.00	25	80-2s-7p-star	142	71	100-14s-1p-delta	216	108
2.0	6.6	35.0	557	349	50.8	973	1460	0.36	190.00	27	80-2s-7p-star	146	73	100-14s-1p-delta	222	111
2.1	6.9	35.9	571	376	50.9	997	1496	0.38	190.00	29	80-2s-7p-star	149	75	100-14s-1p-delta	227	114
2.2	7.2	36.7	584	404	51.0	1021	1531	0.40	190.00	31	80-2s-7p-star	153	76	100-14s-1p-delta	233	116
2.3	7.5	37.6	597	433	51.1	1044	1565	0.42	190.00	33	100-7s-2p-delta	119	59	100-14s-1p-delta	238	119
2.4	7.9	38.4	610	463	51.2	1066	1599	0.43	190.00	35	100-7s-2p-delta	122	61	100-14s-1p-delta	243	122
2.5	8.2	39.2	623	493	51.3	1088	1632	0.45	190.00	37	100-7s-2p-delta	124	62	100-7s-2p-star	217	109
2.6	8.5	39.9	635	524	51.4	1110	1664	0.47	190.00	40	100-7s-2p-delta	126	63	100-7s-2p-star	221	111
2.7	8.9	40.7	647	555	51.5	1131	1696	0.49	240.00	16	100-7s-2p-delta	129	64	100-7s-2p-star	226	113
2.8	9.2	41.5	659	587	51.6	1151	1727	0.51	240.00	17	100-7s-2p-delta	131	66	100-7s-2p-star	230	115
2.9	9.5	42.2	671	620	51.7	1172	1758	0.53	240.00	18	100-7s-2p-delta	134	67	100-7s-2p-star	234	117
3.0	9.8	42.9	682	654	51.8	1192	1788	0.55	240.00	19	100-7s-2p-delta	136	68	100-7s-2p-star	238	119
3.1	10.2	43.6	693	688	51.9	1212	1817	0.57	240.00	20	100-7s-2p-delta	138	69	100-7s-2p-star	242	121
3.2	10.5	44.3	705	723	52.0	1231	1846	0.59	240.00	21	100-7s-2p-delta	140	70	100-7s-2p-star	246	123
3.3	10.8	45.0	715	759	52.1	1250	1875	0.61	240.00	22	100-7s-2p-delta	143	71	80-2s-7p-star	187	94
3.4	11.2	45.7	726	795	52.2	1269	1903	0.63	240.00	23	100-7s-2p-delta	145	72	80-2s-7p-star	190	95
3.5	11.5	46.3	737	832	52.3	1287	1931	0.65	240.00	24	100-7s-2p-delta	147	73	80-2s-7p-star	193	96
3.6	11.8	47.0	747	870	52.4	1306	1959	0.67	240.00	25	100-7s-2p-delta	149	74	80-2s-7p-star	196	98
3.7	12.1	47.6	758	908	52.5	1324	1986	0.69	240.00	26	Not possible use 250 vdc regulator			60dcHP-1s-12p-star	185	92
3.8	12.5	48.3	768	947	52.6	1341	2012	0.71	240.00	28				60dcHP-1s-12p-star	187	94
3.9	12.8	48.9	778	986	52.7	1359	2038	0.73	240.00	29				60dcHP-1s-12p-star	190	95
4.0	13.1	49.5	788	1026	52.8	1376	2064	0.75	240.00	30				60dcHP-1s-12p-star	192	96
4.1	13.5	50.2	798	1067	52.9	1393	2090	0.77	240.00	31				60dcHP-1s-12p-star	194	97
4.2	13.8	50.8	807	1109	53.0	1410	2115	0.79	240.00	32				60dcHP-1s-12p-star	197	98
4.3	14.1	51.4	817	1151	53.1	1427	2140	0.81	240.00	33				60dcHP-1s-12p-star	199	100
4.4	14.4	52.0	826	1193	53.2	1443	2165	0.83	240.00	34				60dcHP-1s-12p-star	201	101
4.5	14.8	52.5	836	1236	53.3	1460	2190	0.85	240.00	35				60dcHP-1s-12p-star	204	102
4.6	15.1	53.1	845	1280	53.4	1476	2214	0.87	240.00	37				60dcHP-1s-12p-star	206	103
4.7	15.4	53.7	854	1325	53.5	1492	2238	0.89	240.00	38				60dcHP-1s-12p-star	208	104
4.8	15.7	54.3	863	1370	53.6	1508	2261	0.91	240.00	39				60dcHP-1s-12p-star	210	105
4.9	16.1	54.8	872	1415	53.7	1523	2285	0.93	240.00	40				60dcHP-1s-12p-star	212	106
5.0	16.4	55.4	881	1462	53.8	1539	2308	0.95	240.00	42				60dcHP-1s-12p-star	215	107