

環境省
平成 28 年度環境技術実証事業
中小水力発電技術分野

実証試験結果報告書

平成 29 年 3 月

実証機関 : 一般社団法人 小水力開発支援協会
実証申請者 : 株式会社松本鉄工所
製品名・型番 : クロスフロー式小水力発電設備
実証試験実施場所 : 波田堰小水力発電所 (長野県松本市波田 10200 番地先)
実証番号 : 120-1601



地球温暖化対策技術分野

中小水力発電技術

実証番号 No.120-000

第三者機関が実証した性能を
web上で公開しています

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>

— 目 次 —

全体概要

[1] 実証対象技術の概要	1
[2] 実証試験の概要	1
[3] 実証試験	2
[4] 参考情報	2

本編

1 実証試験の概要と目的	4
2 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	5
2-1 実施体制	5
2-2 実証試験参加者の責任分掌	6
3 実証対象技術（機器等）の概要	7
3-1 水車の概要	7
3-2 電気回路の概要	8
3-3 実証範囲と測定点	9
3-4 測定に使用する機器	10
3-5 測定値の加工方法	12
4 実証すべき内容	13
4-1 メーカーが公表している性能	13
4-2 実証試験の範囲と方法	13
4-2-1 実証する内容	13
4-2-2 試験を行う流量の範囲	14
4-2-3 流量測定	14
4-3 有効落差	14
4-4 電気出力測定	14
4-5 騒音測定	15
5 実証試験場所の概要	16
6 実証試験のスケジュール	17
6-1 試験に要した工程	17
6-2 データとして使用する試験期間外の数値	17
7 実証試験で得られたデータ	18
7-1 測定値と分析に使用するデータのまとめ	18
7-2 有効落差の算出	19
7-3 電気出力	20
7-4 総合効率の算出	21
7-5 騒音測定結果	22
7-6 連続運転	24
8 実証試験の結果と考察	25
8-1 発電出力と効率に関する評価と考察	25
8-1-1 性能一般に関する考察	25
8-1-2 流量－出力曲線におけるメーカー公表値との比較	26
8-1-3 流量－効率曲線におけるメーカー公表値との比較	27
8-2 騒音に関する評価	28
8-3 総合評価	28
9 用語集	29
10 参考情報	30

卷末資料	31
準拠する試験方法と実際の試験方法の異同	31
1 準拠する試験方法	31
2 本実証試験方法と JEC 規格の異同	31
2-1 一般事項	31
2-2 試験条件	31
2-3 試験の実施範囲	31
2-4 試験結果の計算及び判定	31
2-5 測定方法	32
2-6 試験成績書	32
3 試験結果表	32

【 全 体 概 要 】

[1] 実証対象技術の概要

実証の対象技術は、灌漑期と非灌漑期の大きな水量変化に対応するため、ランナベーン（回転羽根）に水圧と水流を導くガイドベーン（案内羽根）を大小2枚設けることで、小さい流量でも効率の維持を図れる構造としたクロスフロー水車※の発電システムである。メーカー公表の基本仕様は、流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 、有効落差 15m 、出力 12.6kW である。

※円筒形ランナベーンに流入した水が、ランナベーンを貫通して軸と直角に流出する水車で、衝動水車および反動水車の特性を併せ持つ。クロスフロー水車の名称は、水流がランナベーンの軸と直角方向にクロスして2回作用すること由来するものである。

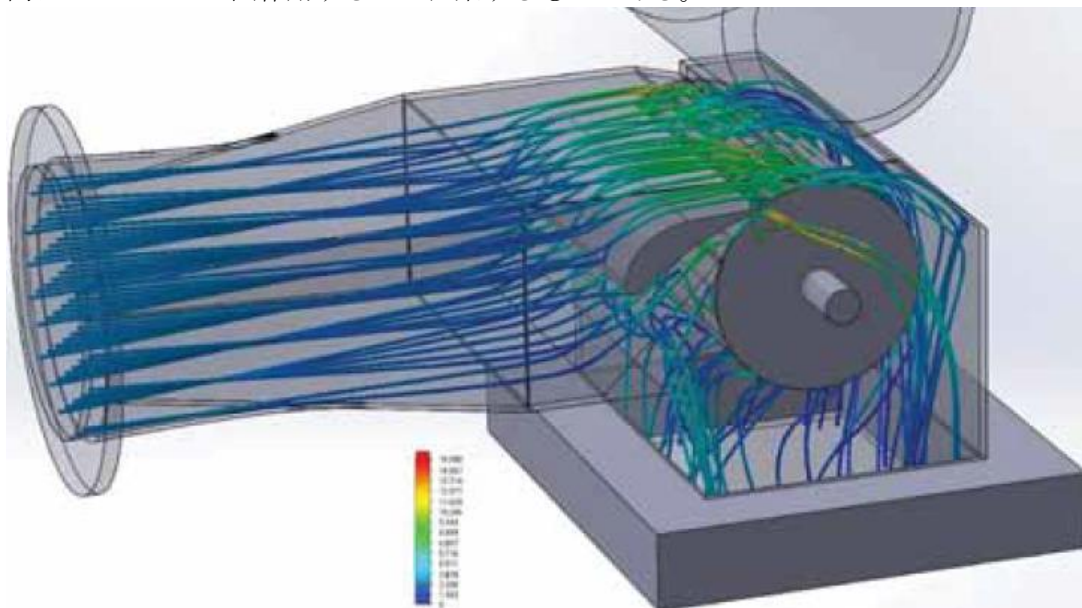


図1 水車構造図

[2] 実証試験の概要

全体システムと実証範囲における測定点の関係を図2に示す。

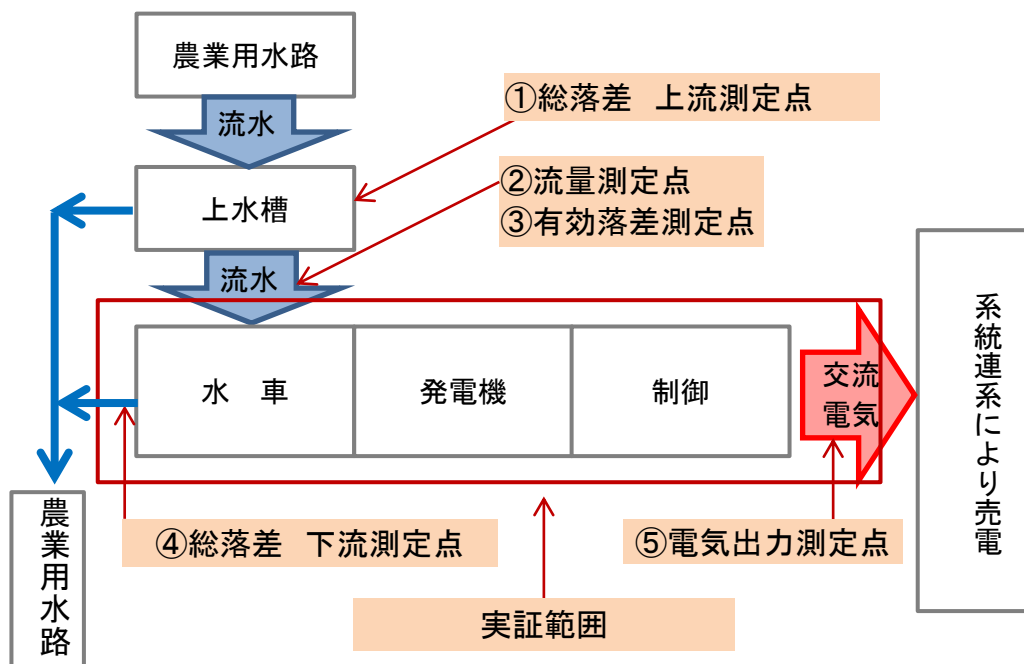


図2 全体システムと実証範囲における測定点

[3] 実証試験結果

使用水量 0.037m³/s から 0.139m³/s までの出力と効率について試験結果を得た。試験における最大流量 0.139m³/s の出力 12.0kW、効率 63%が最高効率で、最小流量の 0.037m³/s の出力 1.4kW、総合効率 27%までの性能が確認できた。最小流量以外はメーカー公表値をやや上回る結果であった。なお、試験時の流量では大小二つのガイドベーンを同時に使う試験はできなかった。

また、連続運転実績は 2,249kWh (715 時間、平均出力 3.6kW) であった。

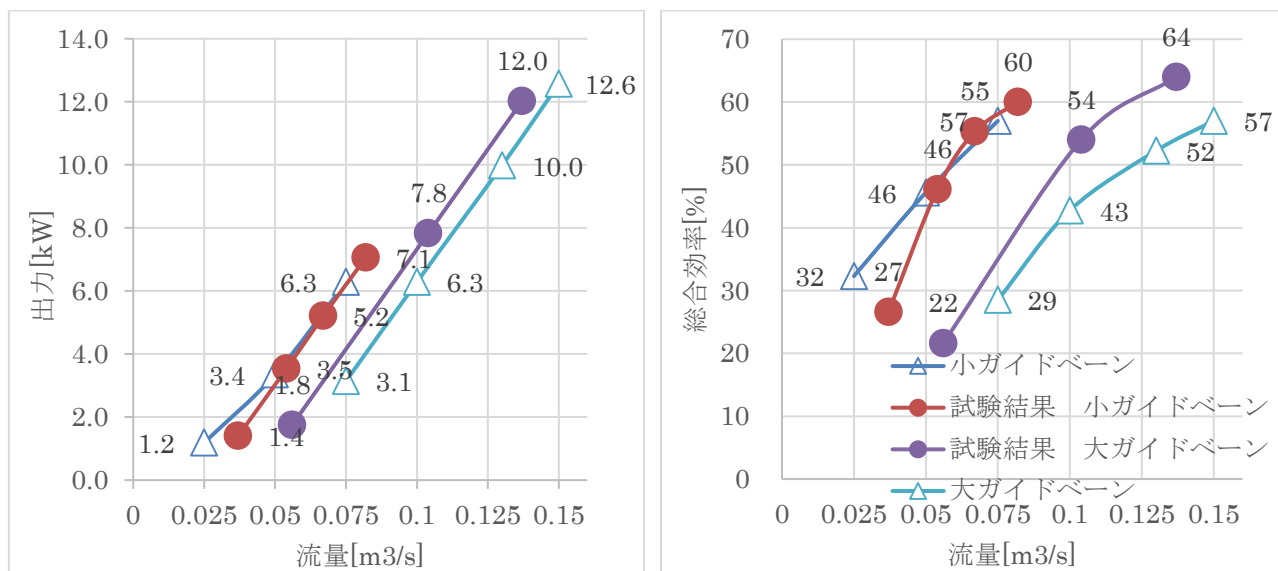


図3 試験結果とメーカー公表値

[4] 参考情報

○製品データ (申請された内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません)

項目	実証申請者または開発者 記入欄		
製品名・型番	クロスフロー式小水力発電設備		
製造(販売)企業名	株式会社松本鉄工所 (Matsumoto iron works)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 0263-87-5061 FAX : 0263-87-5071	
	ウェブサイト	http://www.k-miw.co.jp	
	E-mail	eng2@k-miw.co.jp	
設置条件	周囲温度 : 0℃ ~ 40℃ 使用場所 : 清水又は除塵された農業水路等における河川水路 緊急及び増水時に浸水しない場所		
メンテナンスの必要性・コスト 耐候性・製品寿命等	年1回の現地における点検整備(水車及び発電機の点検・発電機絶縁抵抗測定・軸受け、増速機グリスアップ等の点検およびベルト交換)で約20万円 3年程度で交換する部品(軸受け・シール・パッキン等)で約25万円(内訳:部品代15万円・工賃10万円)		
施工性	中型ポンプ等の設置経験が有り電気設備と機械設備工事ができる業者であれば施工可能		
コスト概算	イニシャルコスト		
	機 器	数 量	
	水車発電機(水車、増速機、発電機、据付費)	1 式	18,000,000 円
	電気設備工事	1 式	7,000,000 円
	土木構造物		注1
合 計		25,000,000 円	

注1 土木構造物については設置場所における諸条件により個別に計上する。

【 本 編 】

1 実証試験の概要と目的

小水力発電の立地条件（使用する水の分類）は、河川からの取水、農業用水等開放水路からの取水があり、取水した後にエネルギーを取り出す際は、開放型のまま利用する場合と管路を流れる水圧がかかった水の利用に大別することができる。

農業用水を利用する発電のうち、支線や小規模幹線の低落差を利用する場合、5 m 未満の程度の落差であれば開放型水車（上掛け、下掛け、らせん等）が用いられることも多いが、それ以上の落差が得られる場合に、水圧がかかった水の利用として、低落差でも比較的高効率が得やすい水車がクロスフロー水車である。入口管から流入する水が1枚ないし2枚のガイドベーン（案内羽根）によって水量調整されランナベーン（回転羽根）へと導かれ、ランナの外周から入り、再び外周へと流れ出るため、ランナの半径方向にクロスして2回作用し効率よくエネルギーを伝達する。クロスフロー水車の名称はこの構造に由来するものである。フランス水車やペルトン水車などに比べて簡素な構造であり、流量変動に対応して運転できる範囲も広い。灌漑期と非灌漑期の大きく変化する水量に対応するため、ランナに水圧と水流を導くガイドベーンを大小2枚設けることで小流量における効率維持を図っている。

実証対象製品の性能が、最大流量や最大出力だけでなくガイドベーンごとの性能についても明らかになることで導入検討に役立つと考えられる。公表の基本仕様は、流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 、有効落差 15m、出力 12.6kW である。

2 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

2-1 実施体制

実証試験の実施体制を図 2-1 に示す。

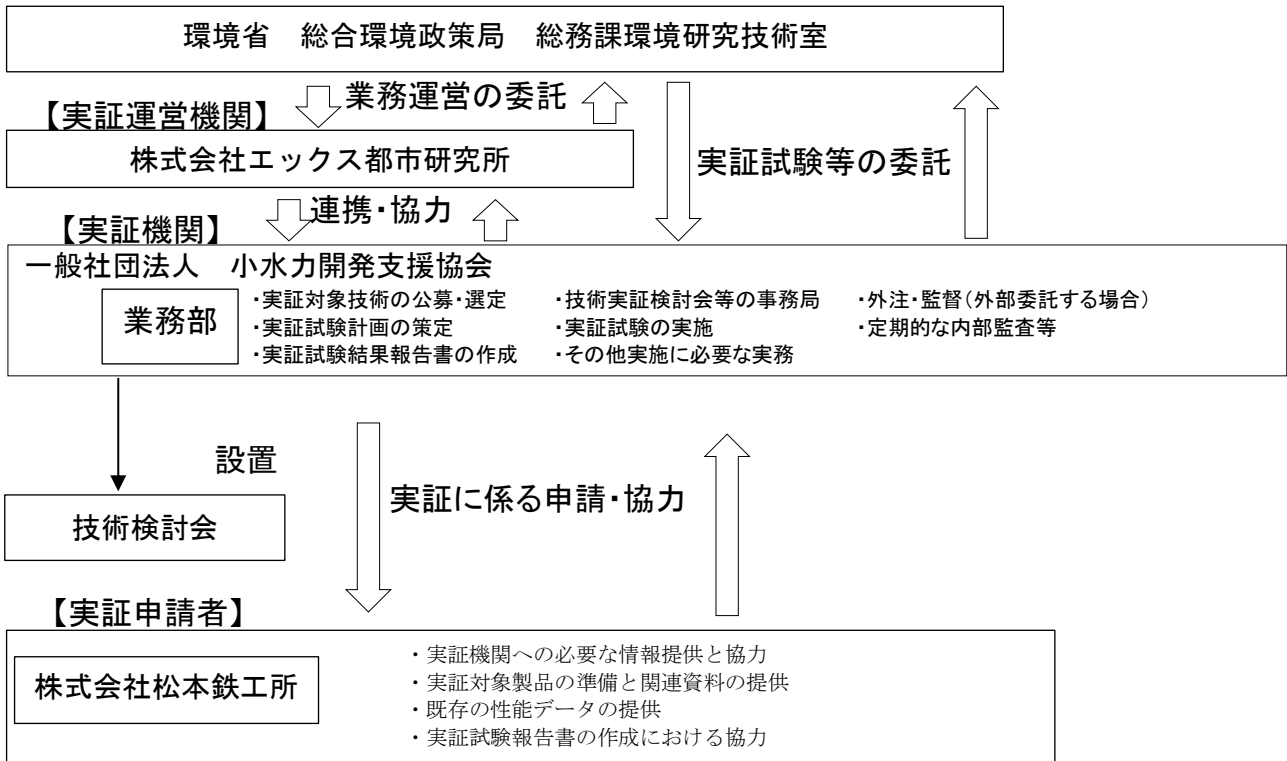


図 2-1 実施体制

2-2 実証試験参加者の責任分掌

実証試験参加者の責任分掌を表 2-1 に示す。

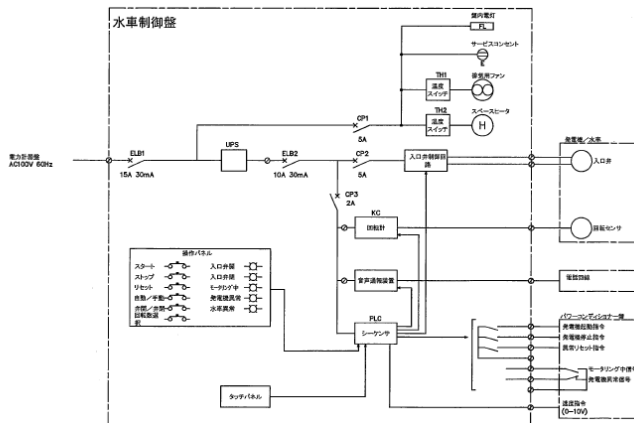
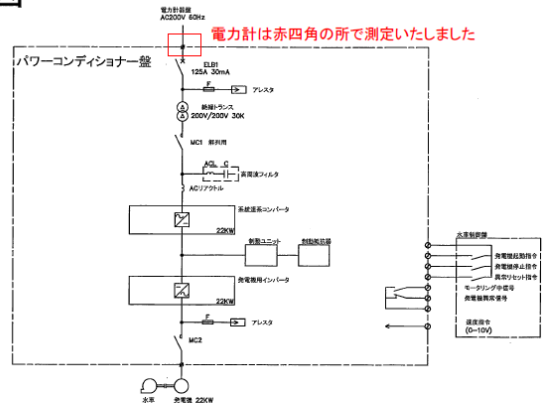
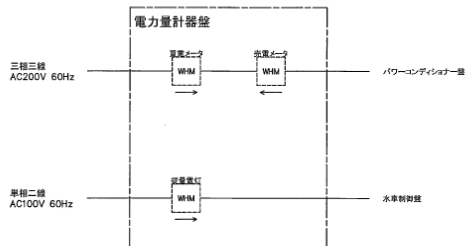
表 2-1 実証試験参加者の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	責任者名
実証機関	(一社)小水力開発支援協会	実証試験の運営管理	中島 大
		実証試験対象技術の公募・審査	松尾壽裕
		技術実証検討会の設置・運営	
		実証試験計画の策定	松尾壽裕
		実証試験の実施	
		実証試験結果報告書の作成	
		データの品質管理	中島 大
		実証試験の監査	
		ロガーデータの確認	
実証申請者	株式会社松本鉄工所	実証機関への必要な情報提供と協力 実証対象製品の準備と関連資料の提供 既存の性能データの提供 実証試験報告書の作成における協力	増田智也

3-2 電気回路の概要

単線結線図を図 3-2 に示す。

単線結線図



単線結線図 説明凡例

記号	名称	備考	記号	名称	備考
結線図-1			結線図-2		
WHM	電力計	(kWh)メータ	EB1	避雷器	三種三線
			F	ヒューズ	
結線図-3			AGL	ACリアクトル	
EB1, EB2	避雷器		G	コンデンサ	
CP1, CP2	サーキット		MC1	電圧検出器	検出用
CP3	プロテクタ		MC2	電圧検出器	
TH1, TH2	温度センサ				
KC	目録計				
PLC	シーケンサ	プログラム制御機器			

図 3-2 単線結線図

3-3 実証範囲と測定点

全体システムと実証範囲における測定点の関係を図 3-3 および図 3-4 に示す。

計画縦断面図

S=1:100

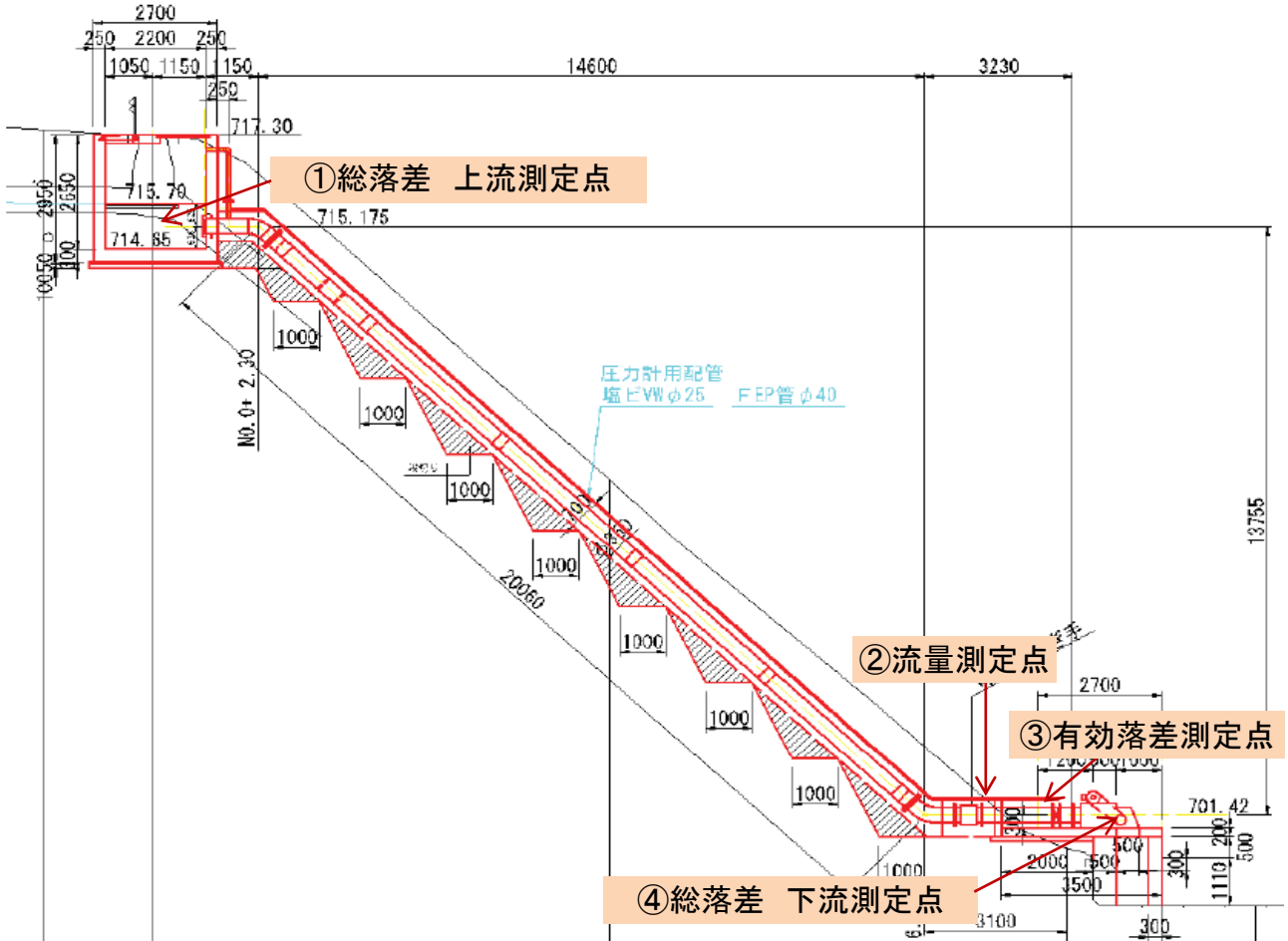


図 3-3 縦断面図

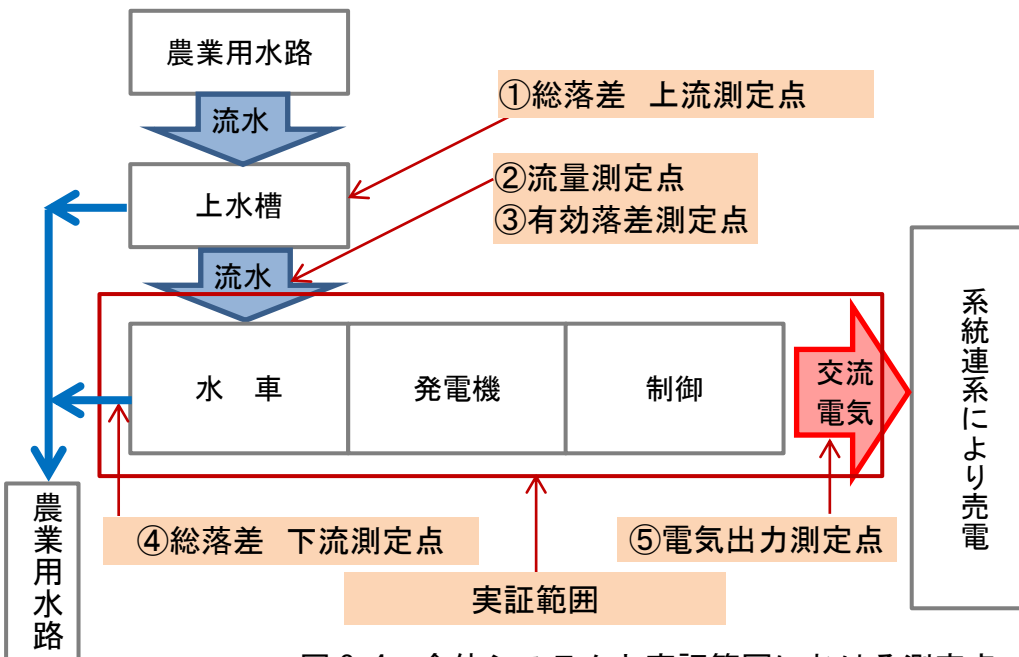


図 3-4 全体システムと実証範囲における測定点

3-4 測定に使用する機器

測定項目、測定点と測定器の対応を図 3-5 と表 3-1 に、主な測定器の仕様を表 3-2 に示す。

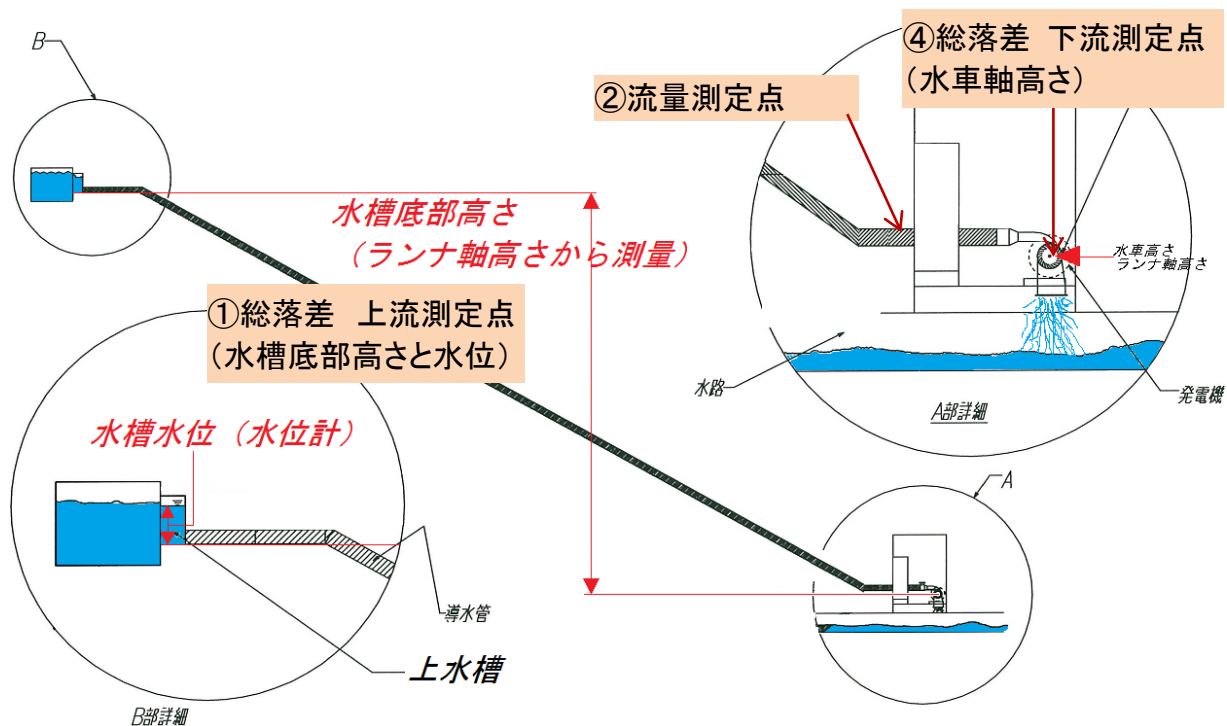


図 3-5 測定点と測定器の対応

表 3-1 測定項目・測定点と使用する機器

測定項目	測定点	測定器
流量	図 3-3、図 3-4「②流量測定点」は水車入口前直管部	超音波流量計
水車入口水圧	図 3-3、図 3-4「③有効落差測定点」は水車入口圧力計	デジタル圧力計
総落差 上流測定点	図 3-3、図 3-4「①総落差上流測定点」は上水槽水位	測量、水圧式水深計
総落差 下流測定点	図 3-3、図 3-4「④総落差下流測定点」は水車ランナ軸高さ	測量、コンベックス
電力	図 3-4「⑤電気出力測定点」は売電用普通電力計直前の電流と電圧	電源品質アナライザ
騒音	水車周辺1m, 10m, 30m, 50m, 100m	精密騒音計

表 3-2 主な測定器の仕様

測定器	メーカー名	形式	測定範囲	測定精度
超音波流量計	東京計器	UFP-20 センサ:UP10AST	流速±30m/s	流速±2cm/s
水圧式水深計	センシズ	センサ:HM-910-02-20 ロガー:LM-1	0~2m	直線性±0.2%FS 零点の温度特性 ±0.015%FS/°C
圧力計	横河	MT220 767305	0~700kPa	±0.02%+3digits
回転計	小野測器	HT-5500	6~99999r/min	±0.02%
電源品質アナライザ	日置電機	3197	500mA~5kA 600V 300W~9MW	±0.3% rdg.
精密騒音計	リオン	NL-62	A,G 特性 20~ 100dB	0.1dB 以下

3-5 測定値の加工方法

ロガー（パソコンソフトによる記録を含む）による記録値のサンプリングと処理方法を表 3-3 に、分析に使用するデータを測定値から算出する方法を表 3-4 に示す。

なお、記録値の平均化に当たっては、例えば 14:00:01～14:00:10 にサンプリングした 10 点データの平均値を、14:00:00～14:00:10 の 10 秒間平均値として扱う。

表 3-3 ロガー等による記録値のサンプリングと処理方法

測定器	サンプリングと処理の方法
超音波流量計、圧力計	1 秒間の平均値を同時刻の外付ロガーに記録する。
水圧式水深計	1 秒間の平均値を内部ロガーに記録する。
電源品質アナライザ	10 秒間の平均値を内部ロガーに記録する。
精密騒音計	騒音計(A,G 特性)の 1 分間平均値を直読、記録する。

表 3-4 測定値から算出す方法

分析に使用するデータ	算出方法
①流量	流量の測定値(1 秒間平均流量)をそのまま使用する。ただし、超音波流量計が気泡や異物による影響を受けやすいため、前後の値に対して 20%以上外れる計測値はエラー値として除外する。
②有効落差	圧力計の計測値から圧力水頭に換算する。
③理論出力	①流量×②有効落差×9.8(地表での重力加速度)で算出する
④電気出力	電源品質アナライザの測定値(10 秒平均値)をそのまま使用する。
⑤総合効率	④÷③で算出する。
⑥騒音	精密騒音計 A,G 特性の 1 分間平均値を用いる。

4 実証すべき内容

4-1 メーカーが公表している性能

メーカー公表値の性能資料は図 4-1 流量-出力曲線と、図 4-2 流量-効率曲線である。設計段階の性能であり、ガイドベーンごとの性能を滑らかな曲線でつないだものである。

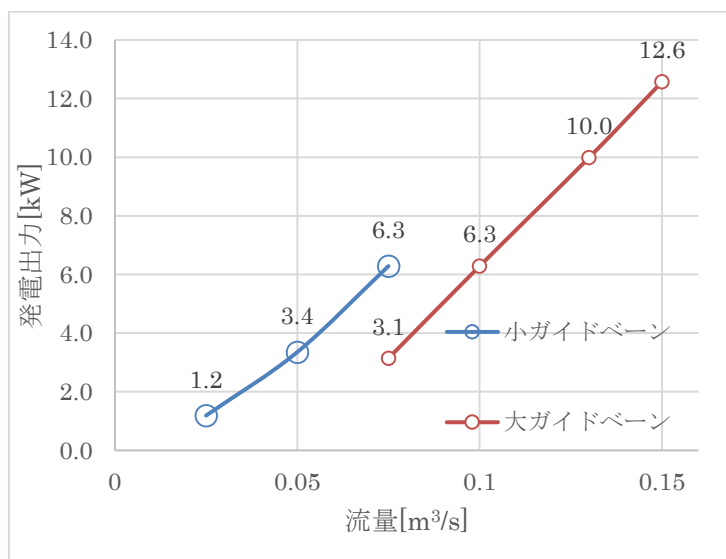


図 4-1 メーカーが公表している流量-出力曲線

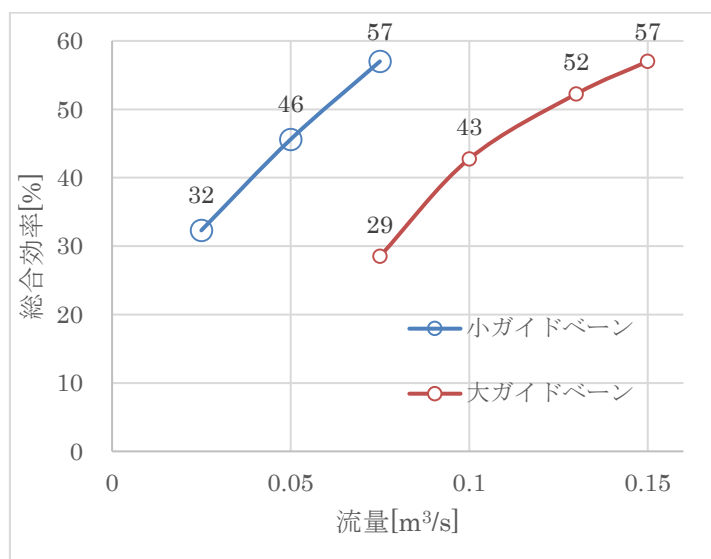


図 4-2 メーカーが公表している流量-効率曲線

4-2 実証試験の範囲と方法

4-2-1 実証する内容

水車発電機の性能は、落差・流量に応じた効率で評価されるのが一般的である。また設計上の観点からは、定められた候補地点の地形と使用可能流量の範囲で得られる出力の方が効率よりも重要な意味を持つケースが少なくないため、流量-出力曲線と流量-効率曲線を実証対象とする。

4-2-2 試験を行う流量の範囲

実証試験を行う流量の範囲は、メーカー公表値の流量範囲より広く取ることを原則としているが、最大使用流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 程度が限界となる地点に設置されているため、小ガイドベーンと大ガイドベーンの開度を変えた流量条件で試験を行う。

4-2-3 流量測定

超音波流量計、圧力計を設置し外付の共通ロガーに記録する。



写真 4-1 流量計と圧力計の設置とロガーへの配線

4-3 有効落差

全水頭から損失水頭を減じた値として定義される有効落差は、計画や設計の段階では静的な数値として扱われるが、本実証試験では水車入口直管部において圧力を計測し、有効落差を随時算出するため、一定の変動をする値となる。

同一の流量で同一出力が得られても、有効落差が異なれば効率の算出値が異なることに留意が必要である。

4-4 電気出力測定

売電用普通電力計の直前において、電流電圧を電源品質アナライザで計測し、10 秒間の平均値として記録する。

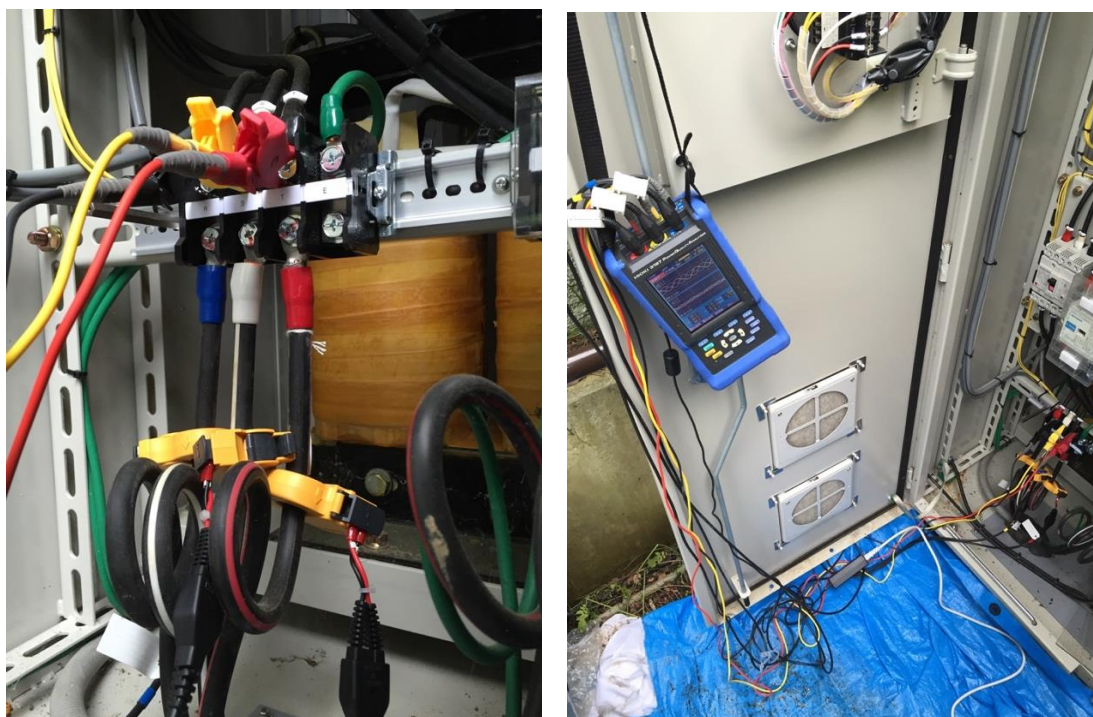


写真 4-2 電源品質アナライザの配線

4-5 騒音測定

騒音計を用いて、放水路方向へ2方向（他の方向は法面に遮られるため）に 1m、10m、30m、50m、100m の距離で騒音（A,G 特性）を測定する。距離測定の起点については、音源と考えられる発電設備や放水口を起点とする。

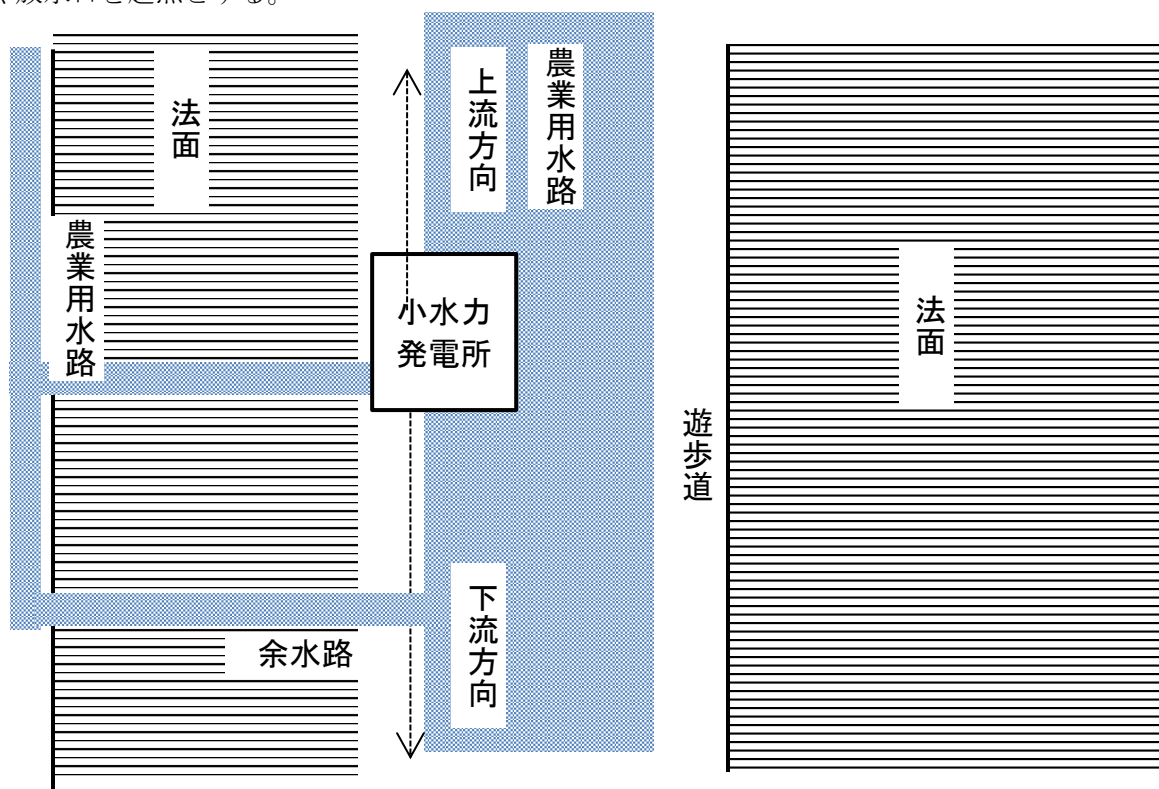


図 4-3 水車周辺の状況と騒音の測定方向

5 実証試験場所の概要

発電所（長野県松本市波田 10200 番地先）に設置された小水力発電設備を用いて実証試験を行った。



写真 5-1 発電設備の概観

6 実証試験のスケジュール

6-1 試験に要した工程

使用水量の確保や試験方法の協議などで、実証機関と申請者との協議や検討会の日程を以下に示す。

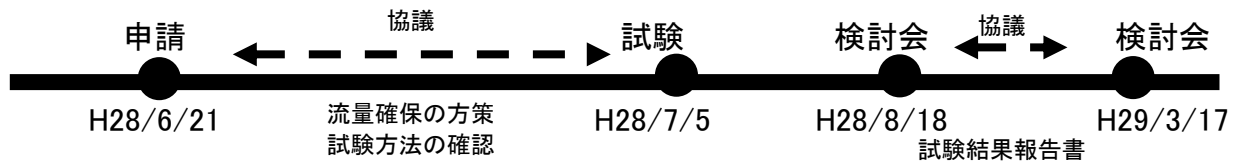


図 6-1 実証に要した工程

6-2 データとして使用する試験期間外の数値

本実証試験対象設備については、試験日以前の前年度（2015年12月10日）に計測した水準測量による標高差 13.44m を使用した。

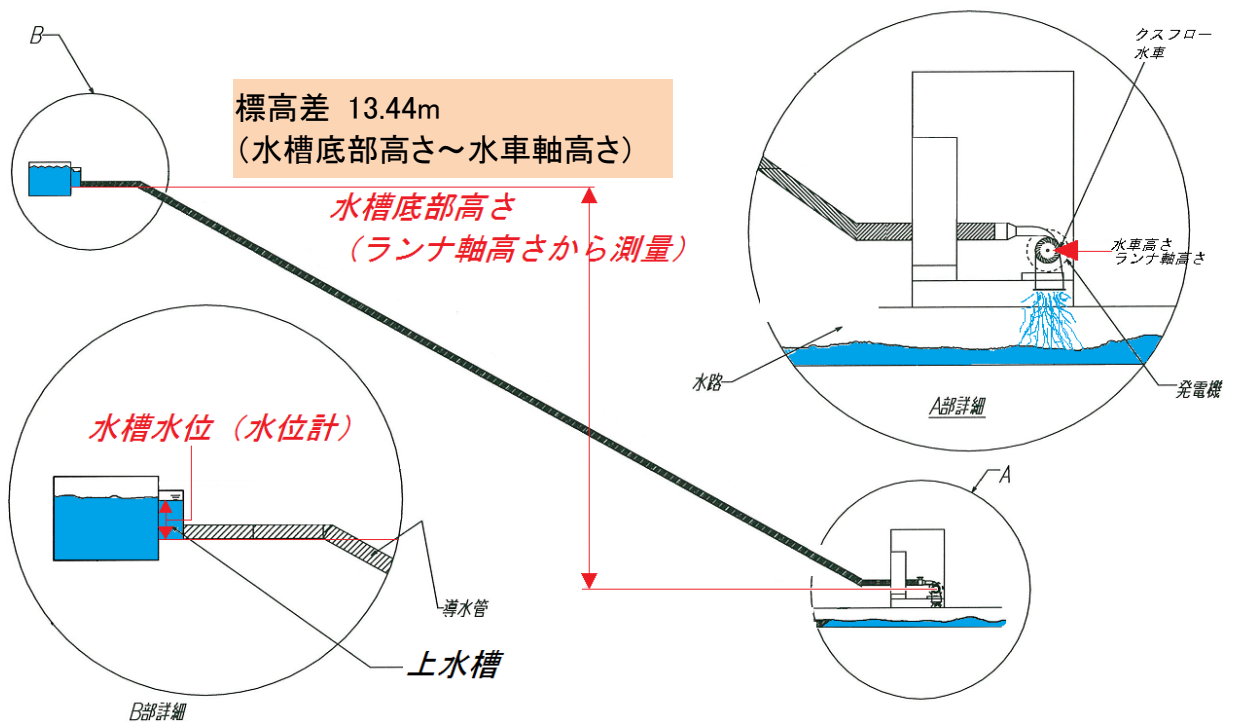


図 6-2 水準測量の範囲

7 実証試験で得られたデータ

7-1 測定値と分析に使用するデータのまとめ

実施日時 2016年7月5日10時~19時試験

表 7-1 測定値と分析に使用するデータのまとめ

測定項目	記録内容	測定値	分析に使用するデータ
①気温	温度計の目視測定値	28.5℃	28.5℃
②水温	温度計の目視測定値	13.7℃	13.7℃
③流量	超音波流量計の1秒間の平均値を出力	③④共通の外付けロガーに記録	-
④有効落差	圧力計の1秒間の計測値を出力		7-2に記載
⑤回転速度	回転計測定値の目視	1100min ⁻¹	1100min ⁻¹
⑥総合効率	③流量と④有効落差に自由落下速度を乗じて⑦理論出力を算出し、軸動力を除す	③・④・⑦から算出	7-4に記載
⑧騒音	騒音計で測定した1分間平均値	測定点を変えて計64回測定	7-5に記載

7-2 有効落差の算出

水車入口水圧から有効落差を求める。

各条件において約5分間の毎秒記録について、平均値、最小値～最大値を表7-2に示す。

有効落差[m] = 入口水圧[kPa] × 単位変換係数

単位変換係数は0.101972とした。 1 mH₂O = 0.101972 kPa

表 7-2 有効落差の算出

ガイドベーン	流量[m ³ /s]	時刻	有効落差[m]
小ガイドベーン	0.037	15:28:00	平均値 14.52 最小値 14.44 ~ 最大値 14.68
	0.054	15:35:00	14.40 14.40 ~ 14.42
	0.067	15:42:30	14.51 14.34 ~ 14.61
	0.082	15:48:00	14.50 14.49 ~ 14.51
大ガイドベーン	0.056	15:55:00	14.62 14.61 ~ 14.65
	0.104	16:01:30	14.30 14.26 ~ 14.34
	0.139	16:08:00	13.95 13.85 ~ 13.97

7-3 電気出力

電源品質アナライザによる 10 秒間平均値を計測した。各流量条件における 5 分間の記録について、平均値、最小値～最大値を表 7-3 に示す。

表 7-3 出力の計測値

ガイドベーン	流量[m ³ /s]	時刻	出力[kW]
小ガイドベーン	0.037	15:28:00	平均値 1.40 最小値 1.40 ~ 最大値 1.41
	0.054	15:35:00	3.53 3.52 ~ 3.53
	0.067	15:42:30	5.21 5.16 ~ 5.25
	0.083	15:48:00	7.06 7.02 ~ 7.07
大ガイドベーン	0.056	15:55:00	1.75 1.73 ~ 1.75
	0.106	16:01:30	7.83 7.56 ~ 7.87
	0.139	16:08:00	12.02 12.00 ~ 12.04

7-4 総合効率の算出

総合効率は、理論出力に対する発電出力の割合である。表7-4に①有効落差、②流量、③発電出力の平均値と最小値、最大値を示す。なお、④理論出力および⑤総合効率は下式で算出した。

$$\text{④理論出力[kW]} = \text{①有効落差[m]} \times \text{②流量[m}^3\text{/s]} \times 9.8\text{[m/s}^2\text{]} \text{ (重力加速度)}$$

$$\text{⑤総合効率[\%]} = \text{③電気出力[kW]} \div \text{④理論出力[kW]}$$

算出に際して、①有効落差[m]、②流量[m³/s]は1秒毎の値であるが、運転状態の変動の影響を抑えるため10秒毎の平均値を採用した。なお、流量については超音波流量計が気泡や異物による影響を受けやすいため、前後の値に対して20%以上外れる計測値はエラー値として除外し、10秒毎の平均値を算出した。流量効率の分布を2次関数で近似した曲線を図7-1に示し、巻末に試験結果一覧を示す。

表 7-4 総合効率の算出

①有効落差[m]	②流量[m ³ /s]	③発電出力[kW]	④理論出力[kW]	⑤総合効率[%]
代表値 14.52	0.037	1.40	5.29	27
最小値 14.44 ~ 最大値 14.68	0.034~0.039	1.40~1.41	4.80~5.62	24.9~29.2
14.4	0.054	3.53	7.65	46
14.40~14.42	0.051~0.056	3.52~3.53	7.21~7.90	44.5~49.0
14.51	0.067	5.21	9.57	55
14.34~14.61	0.062~0.070	5.16~5.25	8.81~10.02	51.7~59.4
14.5	0.082	7.06	11.70	60
14.49~14.51	0.078~0.089	7.02~7.07	11.07~12.71	55.6~63.7
14.62	0.056	1.75	8.09	22
14.61~14.65	0.053~0.060	1.73~1.75	7.59~8.57	20.3~22.9
14.3	0.104	7.83	14.51	55
14.26~14.34	0.085~0.113	7.56~7.87	11.92~15.85	49.4~63.4
13.95	0.139	12.02	18.78	63
13.85~13.97	0.111~0.155	12.00~12.04	15.19~21.23	56.7~79.2

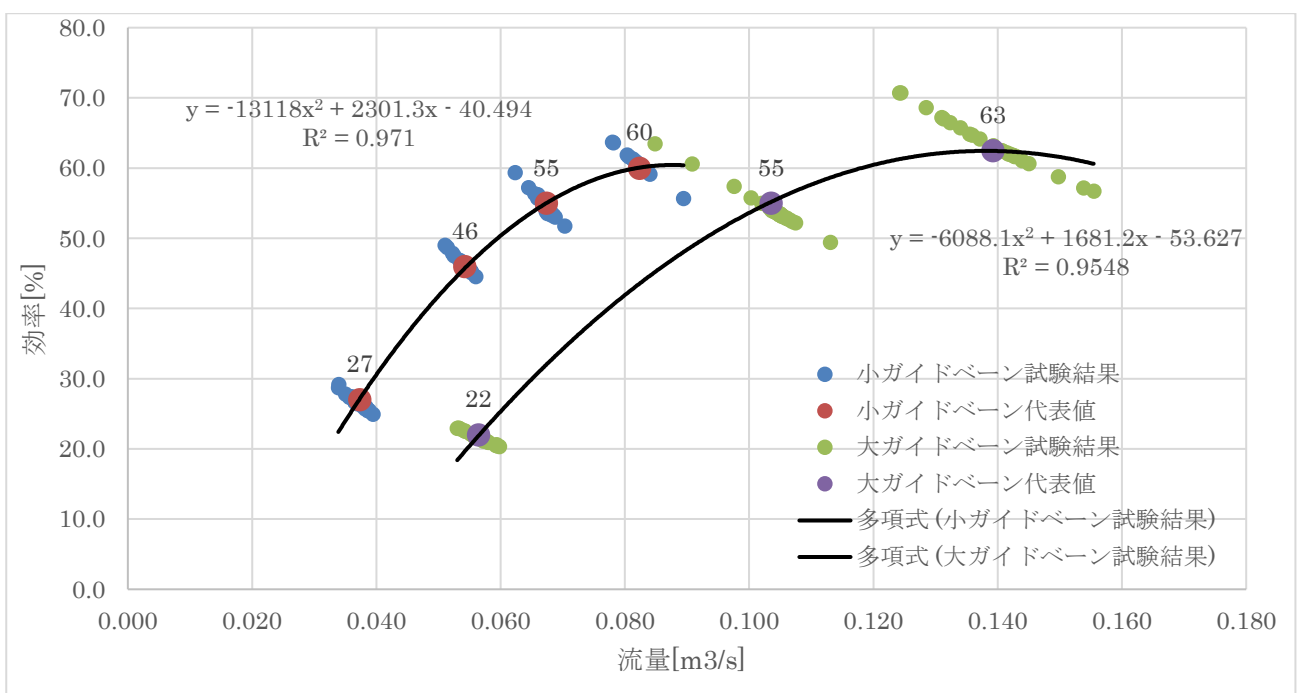


図 7-1 流量効率の分布図と近似曲線

7-5 騒音測定結果

各地点の測定値を表 7-5 に示す。方向については図 4-3 を参照。当該地点は環境基準の対象ではないが、A 特性の騒音評価の参考のため、騒音に関する環境基準（環境省告示、平成 24 年 3 月 30 日環告 54）を表 7-6 に示す。また、近年低周波騒音が問題として取り上げられる場面が増えてきており、低周波騒音について G 特性の測定を行った。図 7-2 に低周波音の苦情に関する参照値と測定値を示す。

表 7-5 騒音の測定値

騒音の単位 : dB

方向・地点	特性	1m 地点	10m 地点	30m 地点	50m 地点	100m 地点
【停止状態(11:00)】余水あり						
水路上流方向	A	63.6	61.6	66	52.1	42.1
	G	59.6	57.8	56.3	56.2	55.6
水路下流方向	A	64.5	63	71.9	61.3	53
	G	61.1	63.1	66.5	58.5	60.3
【運転中(17:30~18:00)】扉開 防音カバー閉						
水路上流方向	A	76	55.6	65.4	53.9	41.6
	G	79.4	70.3	62.3	58.9	54.7
水路下流方向	A	64.6	63.8	67.8	60.8	50.7
	G	79	71.4	67.5	60.4	56.7
【運転中(18:00~18:30)】扉開 防音カバー開						
水路上流方向	A	71.3	68.6	68.1	60.6	46.7
	G	75.4	68.7	61.5	57.2	57.7
水路下流方向	A	63.5	63.1	56.1	51.2	46.5
	G	75.4	68.7	61.4	58.7	56.6
【運転中(10:30~11:00)】扉閉 防音カバー開						
水路上流方向	A	65.2	67.8	68.3	59.2	48.2
	G	76	67.4	59.9	58.2	57.5
水路下流方向	A	61.7	66.6	63.9	56	51
	G	78.2	70.1	59	61.6	58.8
【運転中(11:00~11:30)】扉閉 防音カバー閉						
水路上流方向	A	64.5	61.2	70.5	54.7	46.9
	G	78.9	70.3	61.7	59.3	58.7
水路下流方向	A	65.7	61.9	66	56.5	50.3
	G	79.1	71.4	63.4	60.9	58.3

表 7-6 騒音に関する環境基準

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
AA	50デシベル以下	40デシベル以下
A及びB	55デシベル以下	45デシベル以下
C	60デシベル以下	50デシベル以下

※ 地域の類型

- ・ AA: 特に静穏を要する地域
- ・ B: 主として住居の用に供される地域
- ・ A: 専ら住居の用に供される地域
- ・ C: 相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域

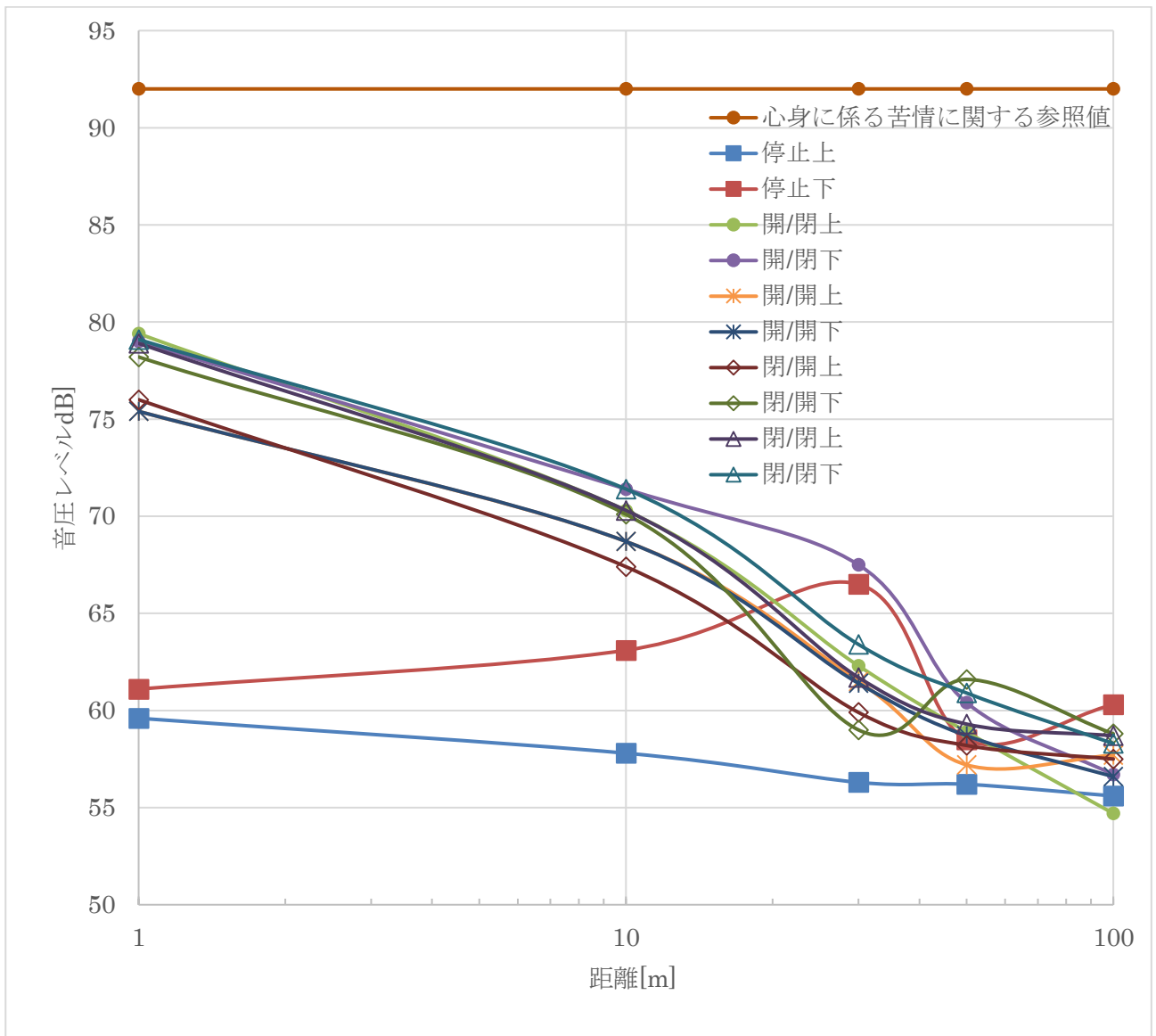


図 7-2 G 特性音圧の距離減衰

7-6 連続運転

試験日以外の運転状態を確認するため、上水槽水位と発電電力量について1か月間の変化を表7-7に示す。1か月間の連続運転実績は2,429kWh（2/16～3/15、28日間）平均出力3.61kWであった。

表 7-7 運転状況

	出力				平均水位 [m]		
	日発電電力量 [kWh]	平均 [kW]	最小値 [kW]	最大値 [kW]	平均	最小値	最大値
2017/2/16	55	2.27	1.44	3.32	0.61	0.588	0.644
2017/2/17	94	3.91	1.50	5.97	0.79	0.33	1.13
2017/2/18	82	3.40	2.23	3.51	0.65	0.61	1.05
2017/2/19	89	3.73	2.65	4.07	0.66	0.62	1.05
2017/2/20	119	4.96	2.84	5.80	0.90	0.63	1.15
2017/2/21	128	5.34	4.30	5.51	0.92	0.64	1.07
2017/2/22	115	4.78	3.82	5.46	0.82	0.64	1.15
2017/2/23	144	6.01	4.55	6.09	1.04	0.66	1.13
2017/2/24	146	6.07	4.24	6.32	0.98	0.68	1.07
2017/2/25	145	6.03	5.38	6.27	0.94	0.67	1.09
2017/2/26	147	6.14	5.59	6.25	0.96	0.67	1.07
2017/2/27	120	5.01	4.27	4.30	0.93	0.67	1.09
2017/2/28	103	4.31	3.17	4.61	0.83	0.64	1.06
2017/3/1	91	3.79	2.78	3.95	0.66	0.62	1.04
2017/3/2	77	3.22	0.57	5.73	0.66	0.56	1.06
2017/3/3	37	1.55	0.43	2.57	0.60	0.55	0.68
2017/3/4	90	3.74	1.76	6.01	0.78	0.61	1.07
2017/3/5	136	5.65	4.98	5.93	0.89	0.66	1.05
2017/3/6	128	5.33	4.58	5.93	0.79	0.28	1.15
2017/3/7	92	3.82	-0.24	3.02	0.76	0.50	1.04
2017/3/8	82	3.41	-0.29	6.32	0.75	0.28	1.06
2017/3/9	130	5.41	2.89	6.17	0.74	0.62	1.10
2017/3/10	83	3.48	0.51	3.64	0.65	0.57	0.69
2017/3/11	-3	-0.11	-0.36	-0.32	0.51	0.47	0.57
2017/3/12	-8	-0.35	-0.36	-0.34	0.46	0.45	0.48
2017/3/13	-2	-0.07	-0.35	0.08	0.52	0.22	1.12
2017/3/14	3	0.14	0.06	0.22	0.56	0.55	0.57
2017/3/15	6	0.26	0.14	0.36	0.56	0.55	0.57

8 実証試験の結果と考察

8-1 発電出力と効率に関する評価と考察

8-1-1 性能一般に関する考察

実証対象製品はクロスフロー水車で、ランナベーン（回転羽根）に水圧と水流を導くガイドベーン（案内羽根）を大小2枚で仕切り分けることで小流量における効率維持を図っている。小さいガイドベーンのみを使用して $0.037\text{m}^3/\text{s} \sim 0.082\text{m}^3/\text{s}$ の範囲で4点、大きいガイドベーンのみを使用して $0.056\text{m}^3/\text{s} \sim 0.139\text{m}^3/\text{s}$ の3点、合計7点の流量条件で性能を評価した。

実証試験結果とメーカー公表値を比較した流量-出力曲線を図8-1に、流量-効率曲線を図8-2に示す。試験範囲の最大流量 $0.137\text{m}^3/\text{s}$ で最大出力 12.6kW となり総合効率 64% が最高効率で、この性能はメーカー公表値をやや上回った。

8-1-2 流量-出力曲線におけるメーカー公表値との比較

メーカー公表値の設計条件と試験条件の違いは有効落差が設計条件 15m に対して試験では 13.95m ~14.52m で3%~7%低かった。また、流量範囲は設計の最小流量 0.025m³/s~最大流量 0.150m³/s に対して、試験では最小流量 0.037m³/s~最大流量は 0.139m³/s まで試験を行った。メーカー公表値と試験結果を比較すると小さいガイドベーンの最小流量でメーカー公表値を 0.5kW 程度下回るが、その他の流量条件においては出力曲線はメーカー公表値と同等か上回る性能であった。出力曲線を図 8-1 に、試験結果の数値を表 8-1 に示す。

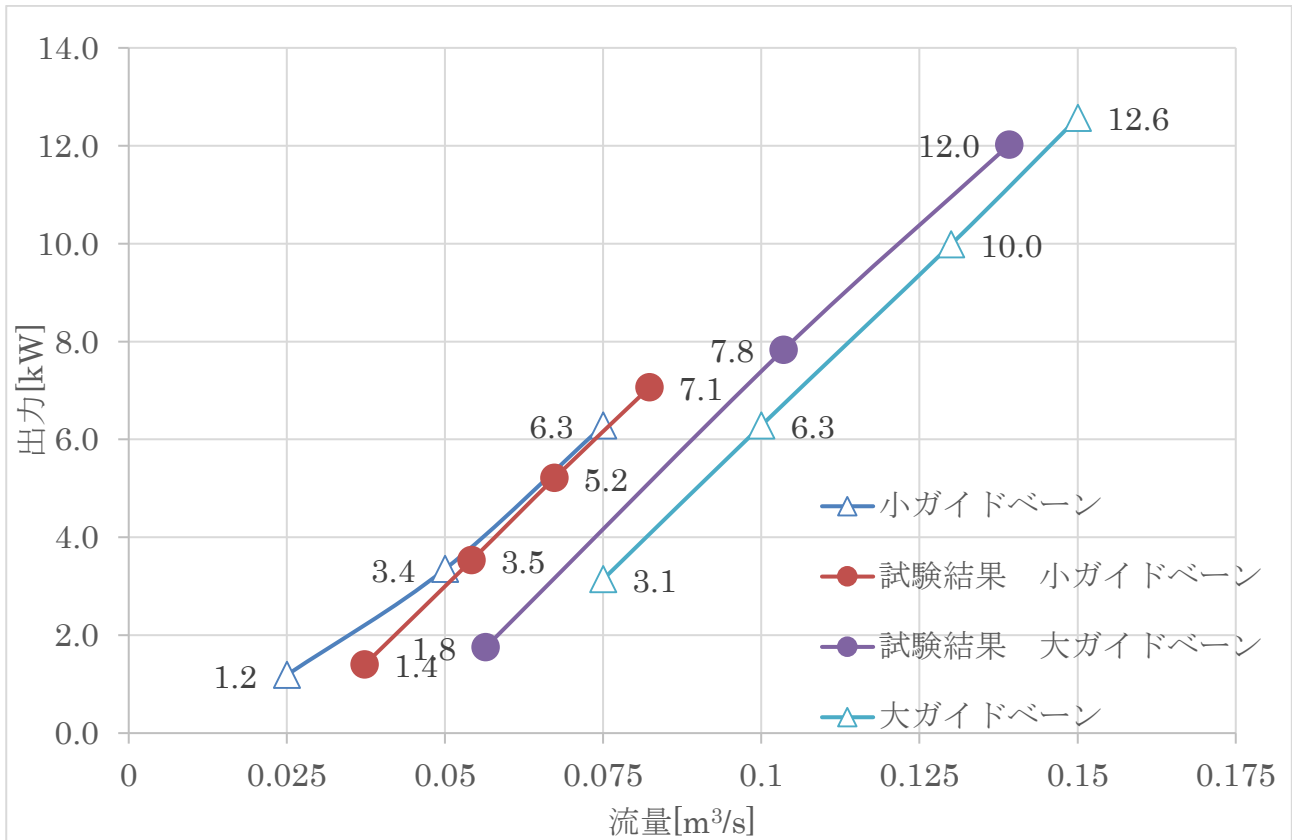


図 8-1 実証した流量-出力曲線とメーカー公表値

表 8-1 試験結果とメーカー公表値の流量-出力表

メーカー公表値	流量	m ³ /s	小ガイドベーン			大ガイドベーン			
			0.025	0.050	0.075	0.075	0.100	0.130	0.150
	有効落差	m	15.00						
	発電出力	kW	1.2	3.4	6.3	3.1	6.3	10.0	12.6
試験結果	流量	m ³ /s	試験結果 小ガイドベーン				試験結果 大ガイドベーン		
			0.037	0.054	0.067	0.082	0.056	0.104	0.139
	有効落差	m	14.52	14.40	14.51	14.50	14.62	14.30	13.95
	発電出力	kW	1.4	3.5	5.2	7.1	1.8	7.8	12.0

8-1-3 流量-効率曲線におけるメーカー公表値との比較

メーカー公表値と試験結果を比較すると小さいガイドベーンの最小流量でメーカー公表値を 10%程度下回るが、その他の流量条件においては出力曲線はメーカー公表値と同等か上回る性能であった。効率曲線を図 8-2 に試験結果の数値を表 8-2 に示す。

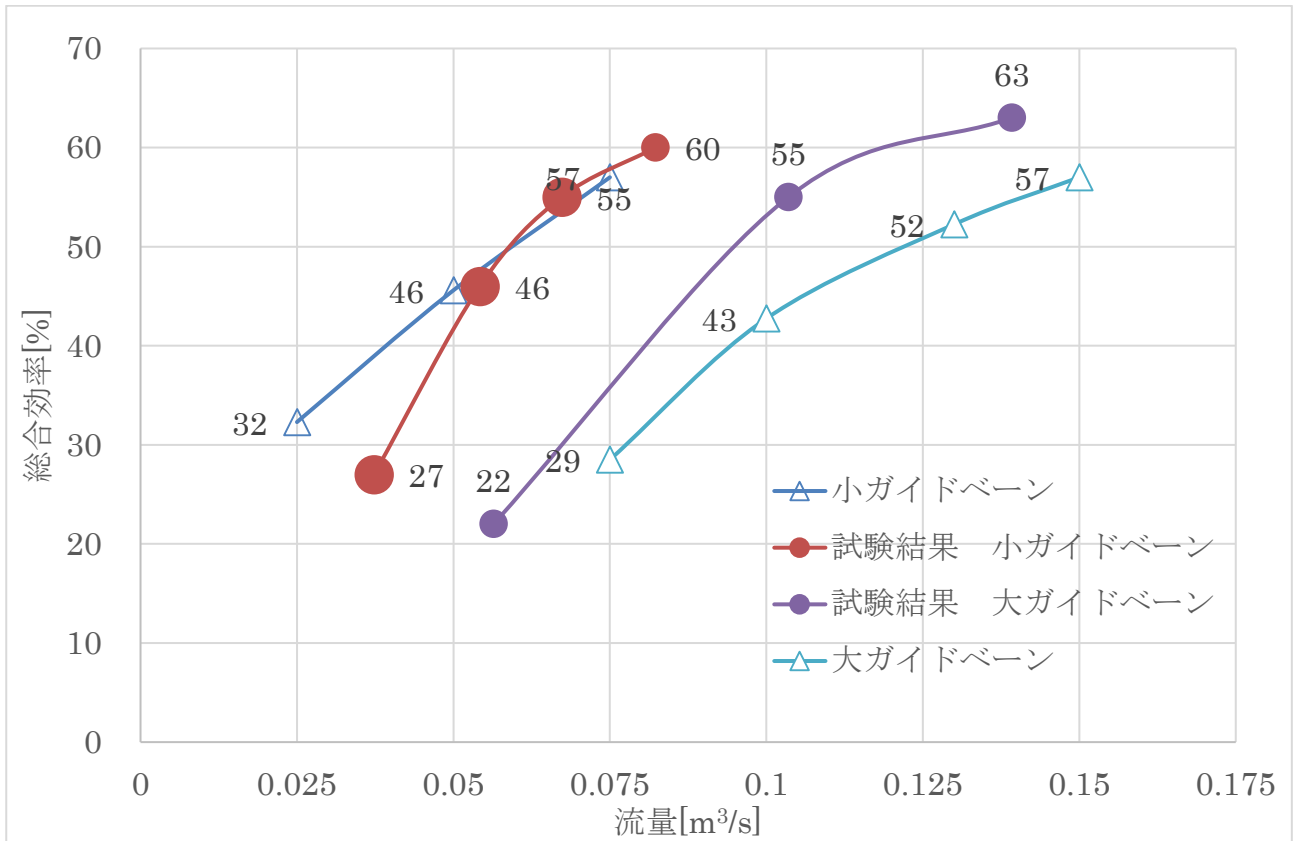


図 8-2 実証した流量-効率曲線とメーカー公表値

表 8-2 試験結果とメーカー公表値の流量-効率表

メーカー公表値	流量	m³/s	小ガイドベーン			大ガイドベーン			
			0.025	0.050	0.075	0.075	0.100	0.130	0.150
	有効落差	m	15.00						
	総合効率	%	32	46	57	29	43	52	57
試験結果	流量	m³/s	試験結果 小ガイドベーン				試験結果 大ガイドベーン		
			0.037	0.054	0.067	0.082	0.056	0.104	0.139
	有効落差	m	14.52	14.40	14.51	14.50	14.62	14.30	13.95
	総合効率	%	27	46	55	60	22	55	63

8-2 騒音に関する評価

実証対象製品の設置地点は、流路の直行方向には法面があり、隣接する住居はなかった。環境省の評価指針の参照値に照らして苦情の発生源となることは考えにくいですが、風向きや障壁を飛び越えることなども考慮する必要がある。水車建設予定地の近くに民家・公共施設・商店等騒音の影響を受ける施設がある場合には、あらかじめ騒音に対する検討が必要といえる。

本実証試験ではある程度距離を取れば低下することが確認できたが、どの程度の離隔距離を確保すれば環境基準を下回るかを定量的に示したものではない。また、検討の際には、水路の水音と水車の騒音には質の違いがあることにも注意が必要である。

なお、近年低周波騒音が問題として取り上げられる場面が増えてきており、本製品の設置にあたっては低周波騒音についても注意が必要である。心身に係る苦情に関する参照値の G 特性音圧レベル 92dB を下回っているものの、音圧だけでなく 20 Hz 以下の超低周波音域にわたる周波数解析を行うことで物的および心身に係る苦情に関する参照値と比較することが望ましい。

8-3 総合評価

実証試験の結果、使用水量 0.037m³/s から 0.139m³/s までの出力と効率について試験結果を得た。試験における最大流量 0.139m³/s の出力 12.0kW、効率 63%が最高効率で、最小流量の 0.037m³/s の出力 1.4kW、総合効率 27%までの性能が確認できた。最小流量ではメーカー公表値を出力で約 0.5kW、効率で約 10%程度下回ったが、そのほかの流量条件ではメーカー公表値と同じか上回る結果であった。なお、試験時の流量では大きいガイドベーンの最大流量および、大小二つのガイドベーンを同時に使う試験はできなかった。

また、連続運転実績は 2,249kWh (715 時間、平均出力 3.6kW) であった。

製品の特長として、安価とは言えないが、小流量で小型のクロスフロー水車として、比較的簡易に設置ができる地点においては導入しやすい。小さいガイドベーンと大きいガイドベーンのそれぞれの性能が実証されたことで、導入計画が立てやすくなると考える。

9 用語集

本実証試験報告書における用語の定義を表 9-1 に示す。

表 9-1 用語の定義

用語	定義
実証	環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すこと。一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。
実証対象技術	実証試験の対象となる技術は中小水力発電技術とする。
実証対象製品	実証対象技術を製品として具現化したもののうち、実証試験で実際に適用するもの。
実証項目	実証対象技術の性能を測るための項目として、発電出力、総落差、水位、流速など。
参考項目	実証対象技術の性能を測るうえで、参考となる項目。
実証運営機関	環境技術実証事業に設置される各技術分野の事業の取りまとめを行う機関。
実証機関	実証対象技術の企業等からの公募、実証対象とする技術の審査、実証試験計画の策定、技術の実証(実証試験の実施等)、実証試験結果報告書の作成を行う機関。
試験実施機関	実証機関からの外注により、実証試験を実施する機関を指す。
技術実証検討会	実証機関により設置される検討会。技術の実証にかかる審査等について実証機関に助言を行う。
実証申請者	技術の実証を受けることを希望する者及びその後実証対象技術として選定され実証を受けた者。(具体的にはメーカー)
技術開発企業	実証対象技術の開発者。
有効落差(m)	全水頭から指定点における水頭を差し引いて求める。 使用状態において水車の運転に利用される全水頭で、水車の高圧側指定点と低圧側指定点との全水頭の差。
流量(m ³ /s)	断面平均流速と断面積の積に補正係数を乗じて求める。 ある断面を通る単位時間当たりの水の体積。

10 参考情報

このページに示された情報は、技術広報のために実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省、および実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○製品データ

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
製品名・型番		クロスフロー式小水力発電設備		
製造（販売）企業名		株式会社松本鉄工所（ Matsumoto iron works ）		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 0263-87-5061	FAX : 0263-87-5071	
	ウェブサイト	http://www.k-miw.co.jp		
	E-mail	eng2@k-miw.co.jp		
設置条件		周囲温度 : 0°C ~ 40°C 使用場所 : 清水又は除塵された農業水路等における河川水路 緊急及び増水時に浸水しない場所		
メンテナンスの 必要性・コスト 耐候性・製品寿命等		年1回の現地における点検整備（水車及び発電機の点検・発電機絶縁抵抗測定・軸受け、増速機グリスアップ等の点検）で約20万円 3年程度で交換する部品（軸受け・シール・パッキン等）で約25万円（内訳：部品代15万円・工賃10万円）		
施工性		中型ポンプ等の設置経験が有り電気設備と機械設備工事ができる業者であれば施工可能		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数 量	
		水車発電機(水車、増速機、 発電機、据付費)	1 式	18,000,000 円
		電気設備工事	1 式	7,000,000 円
		土木構造物		注1
合 計		25,000,000 円		

注1 土木構造物については設置場所における諸条件により個別に計上する。

巻末資料

準拠する試験方法と実際の試験方法の異同

1 準拠する試験方法

本実証試験では、電気学会電気規格調査会標準規格『水車およびポンプ水車の効率試験方法』（JEC-4002-1992、以下「JEC 規格」とよぶ）およびテクニカルレポート「小規模水車」（JEC-TR-40008:2015）を基準とする。

ただし同基準は水車出力 100kW 以上を対象にしているのに対して本実証試験対象は 20kW 程度以下の水車出力であることや、現場の状況や使用可能な測定器により JEC 規格どおりの測定が困難な部分もある。

JEC 規格でも 100kW 未満の水車については「この規格の準用を推奨する」とされているので、実態に応じて準用、あるいは独自の測定方法を採用した。具体的な異同について次節に示す。

2 本実証試験方法と JEC 規格の異同

2-1 一般事項

JEC 規格では営業運転開始前に試験を行うこととしているが、本実証試験では実用運転開始後約 3 か月が経過していた、その他の一般事項においても本実証試験の実情と一致しない部分があるが、実証内容に影響するものとして特記すべきものはない。

2-2 試験条件

(1) 試験状態の変動

JEC 規格では試験状態の変動の範囲が定められている。しかし、本実証試験では顕著な不安定が生じない限り支障がないものとして試験を実施した。

(2) その他

上記以外の点では JEC 規格に準拠して試験を実施した。

2-3 試験の実施範囲

(1) 効率試験点の選定

JEC 規格では「効率を保証するすべての範囲が確認できること」と「効率試験点は原則として 5 点以上とし、効率曲線を描くのに十分なものと」することを求めており、本実証試験では実証対象製品のガイドベーン開度を変えながら 7 点の測定点とした。

(2) 測定回数

JEC 規格の定める通り 5 分以上の間に 10 回以上測定した。

(3) その他の規定

本項に関する JEC 規格のその他の規定は、本実証試験に直接関係していない。

2-4 試験結果の計算及び判定

(1) 効率の算出

効率の算出式は JEC 規格のものを使用し、水の密度は $1.00[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、重力加速度は $9.8[\text{m}/\text{s}^2]$ で一定とした。

(2) 効率データのばらつき

JEC 規格では「効率曲線から 1.5% 以上離れた効率測定値は不適格と判定」と定めているが、実証試験で得られたデータの多くは 1.5% 以上の変動やばらつきがあっても有効値として採用することとした。

(3) 効率曲線の作成方法

(2)に記載したとおり測定方法の誤差よりも運転状態の変動によるデータのばらつきが大きいと見られることから、効率曲線（および出力曲線）については測定データの分散値を2次関数近似曲線として描くこととした。

(4) 効率の判定方法

流量－出力曲線と、効率に関する考察を加えた上で判定を行わず、公表することとした。

(5) 測定誤差

「試験がこの規格によって注意深く行われる場合の」測定誤差に関する規定があるが、流量・落差に関してはこの規格通りに測定できなかつたことや、測定誤差より運転状態のばらつきの方が大きいとみられたことから、本実証試験では測定誤差に関する分析評価は行わないこととした。

2-5 測定方法

(1) 測定一般

測定一般に関する方法は JEC 規格に準拠した

(2) 出力測定(電力測定)

JEC 規格では「ケーブルなどの損失」「増速機など連結装置の損失」などといった項目が出力測定の対象となっているが、本実証試験ではシステム全体を実証することとしており、出力としては売電用普通電力計に出力される電気出力を電源品質アナライザによって測定した。

(3) 有効落差

有効落差の測定について、JEC 規格では圧力水頭を水圧測定装置を用いて計測することが求められており、測定は条件を満たすが測定装置としては認められていないデジタルマノメータを使用し、測定値の圧力を水頭に換算して有効落差を算出した。

(4) 軸速度

JEC 規格が定める光学的方法により軸速度を計測した。

(5) 流量

JEC 規格では、超音波流量計による測定について定めがあるが、内径 1.4メートル以上かつ、測定点の上流側に内径の 20 倍、下流側に 5 倍以上の直管部分を確保するという条件は両方とも満たさなかつた。測定時間については JEC 規格の定める通り 5 分以上の間に 10 回以上の流量を測定した。ただし、超音波流量計が気泡や異物による影響を受けやすいため、前後の値に対して 20%以上外れる計測値はエラー値として除外した。

以上のことから、流量に関して JEC 規格が求める測定精度を本実証試験は満たしていないが、実証の目的に支障をきたすことはなかつた。

2-6 試験成績書

JEC 規格における「試験成績書」は本実証試験における本報告書に相当するものである。これに関しては技術実証検討会に諮った上で本実証試験独自の書式で作成した。

3 試験結果表

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:28:00	14.77	0.035	14.68	1.4	5.0	27.8
15:28:10	14.77	0.037	14.68	1.4	5.3	26.7
15:28:20	14.76	0.034	14.68	1.4	4.9	28.7
15:28:30	14.76	0.036	14.67	1.4	5.1	27.3
15:28:40	14.76	0.037	14.66	1.4	5.3	26.4
15:28:50	14.77	0.037	14.64	1.4	5.2	26.7
15:29:00	14.76	0.037	14.62	1.4	5.3	26.5

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:29:10	14.76	0.038	14.58	1.4	5.4	25.7
15:29:20	14.77	0.039	14.54	1.4	5.5	25.4
15:29:30	14.76	0.039	14.53	1.4	5.6	24.9
15:29:40	14.76	0.039	14.52	1.4	5.5	25.5
15:29:50	14.77	0.038	14.51	1.4	5.4	26.1
15:30:00	14.76	0.037	14.49	1.4	5.3	26.6
15:30:10	14.77	0.036	14.48	1.4	5.2	27.3
15:30:20	14.76	0.036	14.46	1.4	5.1	27.4
15:30:30	14.76	0.038	14.46	1.4	5.3	26.5
15:30:40	14.76	0.039	14.46	1.4	5.5	25.7
15:30:50	14.76	0.039	14.46	1.4	5.5	25.5
15:31:00	14.76	0.037	14.45	1.4	5.3	26.6
15:31:10	14.77	0.038	14.45	1.4	5.3	26.4
15:31:20	14.77	0.037	14.45	1.4	5.3	26.6
15:31:30	14.76	0.038	14.45	1.4	5.4	26.0
15:31:40	14.77	0.038	14.45	1.4	5.3	26.2
15:31:50	14.77	0.038	14.45	1.4	5.4	26.2
15:32:00	14.77	0.038	14.45	1.4	5.4	26.3
15:32:10	14.76	0.037	14.45	1.4	5.2	27.3
15:32:20	14.77	0.037	14.45	1.4	5.3	26.6
15:32:30	14.77	0.034	14.45	1.4	4.8	29.2
15:32:40	14.76	0.038	14.45	1.4	5.4	26.1
15:32:50	14.77	0.038	14.45	1.4	5.3	26.4
15:33:00	14.77	0.037	14.45	1.4	5.2	26.9
15:33:10	14.77	0.037	14.45	1.4	5.3	26.6
15:33:20	14.76	0.037	14.45	1.4	5.2	26.9
15:33:30	14.75	0.038	14.45	1.4	5.3	26.6
15:33:40	14.75	0.037	14.44	1.4	5.3	26.8
15:33:50	14.75	0.038	14.42	1.4	5.4	26.4
15:34:00	14.75	0.046	14.40	1.6	6.5	24.4
15:34:10	14.75	0.051	14.40	2.4	7.2	33.4
15:34:20	14.76	0.054	14.40	3.5	7.6	45.4
15:34:30	14.76	0.054	14.40	3.5	7.7	45.9
15:34:40	14.76	0.053	14.40	3.5	7.5	46.8
15:34:50	14.75	0.053	14.41	3.5	7.5	46.9
15:35:00	14.75	0.052	14.41	3.5	7.4	47.9
15:35:10	14.75	0.054	14.41	3.5	7.6	46.6
15:35:20	14.75	0.055	14.41	3.5	7.8	45.5
15:35:30	14.76	0.054	14.40	3.5	7.6	46.5
15:35:40	14.75	0.055	14.40	3.5	7.7	45.6
15:35:50	14.76	0.055	14.41	3.5	7.8	45.4
15:36:00	14.76	0.055	14.40	3.5	7.7	45.8
15:36:10	14.75	0.055	14.40	3.5	7.7	45.8
15:36:20	14.75	0.055	14.40	3.5	7.7	45.6
15:36:30	14.75	0.054	14.41	3.5	7.6	46.4
15:36:40	14.76	0.054	14.40	3.5	7.7	45.9

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:36:50	14.75	0.051	14.40	3.5	7.3	48.7
15:37:00	14.75	0.053	14.40	3.5	7.4	47.5
15:37:10	14.75	0.053	14.40	3.5	7.5	46.9
15:37:20	14.75	0.051	14.41	3.5	7.2	49.0
15:37:30	14.75	0.053	14.40	3.5	7.5	46.8
15:37:40	14.75	0.055	14.41	3.5	7.8	45.3
15:37:50	14.75	0.055	14.41	3.5	7.7	45.7
15:38:00	14.76	0.054	14.40	3.5	7.7	45.9
15:38:10	14.75	0.055	14.40	3.5	7.8	45.1
15:38:20	14.76	0.055	14.40	3.5	7.7	45.5
15:38:30	14.76	0.054	14.41	3.5	7.7	45.9
15:38:40	14.75	0.055	14.40	3.5	7.7	45.5
15:38:50	14.76	0.054	14.41	3.5	7.6	46.2
15:39:00	14.76	0.054	14.41	3.5	7.6	46.3
15:39:10	14.76	0.055	14.41	3.5	7.8	45.3
15:39:20	14.75	0.056	14.40	3.5	7.9	44.5
15:39:30	14.76	0.055	14.41	3.5	7.7	45.5
15:39:40	14.75	0.055	14.41	3.5	7.8	45.3
15:39:50	14.76	0.055	14.40	3.5	7.8	45.3
15:40:00	14.76	0.054	14.40	3.5	7.6	46.2
15:40:10	14.76	0.055	14.41	3.5	7.8	45.3
15:40:20	14.75	0.054	14.41	3.5	7.7	45.9
15:40:30	14.76	0.054	14.41	3.5	7.7	46.1
15:40:40	14.75	0.054	14.41	3.5	7.6	46.4
15:40:50	14.75	0.055	14.41	3.5	7.7	45.7
15:41:00	14.76	0.055	14.41	3.5	7.8	45.4
15:41:10	14.75	0.053	14.41	3.5	7.5	46.9
15:41:20	14.75	0.054	14.41	3.5	7.6	46.7
15:41:30	14.75	0.055	14.41	3.5	7.7	45.8
15:41:40	14.74	0.055	14.41	3.5	7.8	45.2
15:41:50	14.74	0.056	14.40	3.5	7.8	45.1
15:42:00	14.74	0.059	14.36	3.5	8.4	42.2
15:42:10	14.74	0.066	14.38	3.7	9.3	39.6
15:42:20	14.74	0.067	14.37	4.8	9.5	50.2
15:42:30	14.75	0.066	14.37	5.2	9.3	55.7
15:42:40	14.74	0.068	14.36	5.2	9.5	54.8
15:42:50	14.74	0.068	14.37	5.3	9.5	55.2
15:43:00	14.75	0.066	14.39	5.2	9.3	56.2
15:43:10	14.74	0.067	14.38	5.2	9.4	55.1
15:43:20	14.75	0.059	14.41	5.2	-	-
15:43:30	14.74	0.051	14.42	5.2	-	-
15:43:40	14.74	0.065	14.42	5.2	9.3	56.3
15:43:50	14.74	0.067	14.43	5.2	9.5	54.3
15:44:00	14.74	0.062	14.43	5.2	8.8	59.4
15:44:10	14.75	0.064	14.44	5.2	9.1	57.2
15:44:20	14.75	0.068	14.46	5.2	9.6	54.2

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:44:30	14.74	0.068	14.49	5.2	9.6	54.4
15:44:40	14.74	0.067	14.54	5.2	9.5	54.5
15:44:50	14.75	0.068	14.57	5.2	9.6	53.9
15:45:00	14.75	0.068	14.59	5.2	9.7	53.6
15:45:10	14.74	0.068	14.58	5.2	9.7	54.0
15:45:20	14.74	0.068	14.59	5.2	9.7	53.8
15:45:30	14.75	0.067	14.59	5.2	9.6	53.8
15:45:40	14.74	0.068	14.59	5.2	9.7	53.4
15:45:50	14.74	0.067	14.58	5.2	9.6	53.9
15:46:00	14.74	0.068	14.58	5.2	9.8	53.3
15:46:10	14.75	0.069	14.59	5.2	9.8	53.0
15:46:20	14.75	0.067	14.59	5.2	9.6	54.3
15:46:30	14.74	0.067	14.58	5.2	9.5	54.7
15:46:40	14.74	0.068	14.59	5.2	9.7	53.4
15:46:50	14.74	0.068	14.59	5.2	9.8	53.3
15:47:00	14.73	0.068	14.59	5.2	9.7	54.2
15:47:10	14.73	0.068	14.57	5.2	9.6	53.5
15:47:20	14.73	0.070	14.54	5.2	10.0	51.7
15:47:30	14.73	0.077	14.52	5.4	11.0	49.1
15:47:40	14.73	0.081	14.51	6.2	11.6	54.0
15:47:50	14.73	0.083	14.51	6.8	11.8	57.5
15:48:00	14.73	0.083	14.50	7.0	11.8	59.6
15:48:10	14.73	0.083	14.50	7.1	11.7	60.2
15:48:20	14.73	0.083	14.49	7.1	11.8	59.7
15:48:30	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	60.6
15:48:40	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	60.7
15:48:50	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	60.1
15:49:00	14.73	0.084	14.50	7.1	11.9	59.4
15:49:10	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	59.9
15:49:20	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	59.7
15:49:30	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	59.8
15:49:40	14.73	0.083	14.51	7.1	11.8	59.9
15:49:50	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	60.7
15:50:00	14.73	0.082	14.50	7.1	11.7	60.4
15:50:10	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	60.1
15:50:20	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	61.0
15:50:30	14.73	0.082	14.50	7.1	11.7	60.2
15:50:40	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	59.7
15:50:50	14.73	0.082	14.50	7.1	11.7	60.3
15:51:00	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	60.6
15:51:10	14.73	0.078	14.49	7.1	11.1	63.7
15:51:20	14.73	0.078	14.50	7.1	11.1	63.6
15:51:30	14.73	0.082	14.50	7.1	11.6	60.8
15:51:40	14.73	0.081	14.50	7.1	11.5	61.3
15:51:50	14.73	0.080	14.50	7.1	11.4	61.9
15:52:00	14.73	0.083	14.50	7.1	11.8	60.0

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:52:10	14.73	0.081	14.50	7.1	11.5	61.6
15:52:20	14.73	0.081	14.50	7.1	11.6	61.1
15:52:30	14.73	0.084	14.50	7.1	11.9	59.1
15:52:40	14.73	0.105	14.50	7.1	-	-
15:52:50	14.72	0.089	14.50	7.1	12.7	55.6
15:53:00	14.71	0.084	14.50	7.1	12.0	59.1
15:53:10	14.69	0.083	14.50	7.1	11.7	60.1
15:53:20	14.67	0.084	14.50	7.1	11.9	59.4
15:53:30	14.68	0.086	14.40	7.1	12.1	58.2
15:53:40	14.69	0.102	14.27	7.1	14.2	49.5
15:53:50	14.72	0.109	14.19	7.7	15.1	50.7
15:54:00	14.75	0.119	14.18	8.5	16.6	51.6
15:54:10	14.76	0.121	14.19	8.8	16.9	52.4
15:54:20	14.75	0.113	14.31	8.3	15.9	52.5
15:54:30	14.76	0.085	14.52	7.3	12.1	60.4
15:54:40	14.76	0.063	14.55	4.7	9.0	52.7
15:54:50	14.76	0.058	14.60	1.8	8.3	21.6
15:55:00	14.75	0.057	14.62	1.7	8.2	21.1
15:55:10	14.75	0.058	14.62	1.7	8.3	20.9
15:55:20	14.75	0.060	14.63	1.7	8.6	20.3
15:55:30	14.76	0.059	14.63	1.7	8.5	20.5
15:55:40	14.75	0.058	14.63	1.7	8.3	21.0
15:55:50	14.75	0.059	14.63	1.7	8.5	20.4
15:56:00	14.76	0.059	14.63	1.8	8.5	20.6
15:56:10	14.76	0.056	14.63	1.8	8.1	21.7
15:56:20	14.76	0.055	14.63	1.8	7.9	22.2
15:56:30	14.75	0.056	14.63	1.7	8.0	21.8
15:56:40	14.76	0.056	14.63	1.8	8.0	21.9
15:56:50	14.75	0.053	14.63	1.8	7.6	22.9
15:57:00	14.76	0.054	14.63	1.8	7.7	22.8
15:57:10	14.75	0.057	14.63	1.7	8.1	21.4
15:57:20	14.75	0.057	14.63	1.7	8.2	21.3
15:57:30	14.76	0.056	14.63	1.8	8.1	21.6
15:57:40	14.75	0.057	14.62	1.8	8.1	21.5
15:57:50	14.76	0.056	14.63	1.7	8.0	21.7
15:58:00	14.75	0.058	14.63	1.8	8.3	21.2
15:58:10	14.76	0.056	14.62	1.7	8.1	21.6
15:58:20	14.76	0.057	14.62	1.8	8.1	21.5
15:58:30	14.75	0.054	14.62	1.8	7.8	22.5
15:58:40	14.76	0.054	14.62	1.8	7.8	22.5
15:58:50	14.75	0.056	14.62	1.8	8.0	21.8
15:59:00	14.76	0.056	14.62	1.7	8.1	21.5
15:59:10	14.75	0.053	14.62	1.7	7.6	22.9
15:59:20	14.75	0.055	14.62	1.8	7.9	22.1
15:59:30	14.75	0.057	14.62	1.8	8.1	21.5
15:59:40	14.76	0.056	14.62	1.8	8.1	21.7

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:59:50	14.75	0.057	14.62	1.8	8.1	21.6
16:00:00	14.73	0.056	14.62	1.8	8.1	21.7
16:00:10	14.71	0.057	14.62	1.8	8.1	21.5
16:00:20	14.71	0.056	14.58	1.7	8.1	21.6
16:00:30	14.71	0.068	14.49	1.8	9.6	18.2
16:00:40	14.71	0.083	14.43	2.6	11.8	21.8
16:00:50	14.71	0.098	14.40	5.0	13.9	36.0
16:01:00	14.70	0.101	14.37	7.0	14.2	49.1
16:01:10	14.71	0.101	14.36	7.6	14.2	53.4
16:01:20	14.70	0.102	14.34	7.6	14.3	52.7
16:01:30	14.70	0.085	14.33	7.6	11.9	63.4
16:01:40	14.70	0.091	14.32	7.7	12.7	60.6
16:01:50	14.71	0.102	14.32	7.9	14.3	55.0
16:02:00	14.70	0.103	14.33	7.9	14.5	54.3
16:02:10	14.70	0.105	14.31	7.9	14.7	53.5
16:02:20	14.70	0.105	14.31	7.9	14.7	53.6
16:02:30	14.70	0.105	14.30	7.9	14.8	53.3
16:02:40	14.70	0.105	14.31	7.9	14.7	53.6
16:02:50	14.71	0.106	14.29	7.9	14.8	52.9
16:03:00	14.71	0.107	14.29	7.9	15.0	52.2
16:03:10	14.70	0.105	14.28	7.9	14.7	53.4
16:03:20	14.70	0.104	14.28	7.8	14.6	53.9
16:03:30	14.70	0.105	14.29	7.8	14.7	53.3
16:03:40	14.70	0.105	14.29	7.8	14.7	53.5
16:03:50	14.70	0.104	14.29	7.8	14.6	53.6
16:04:00	14.71	0.106	14.29	7.8	14.8	52.8
16:04:10	14.71	0.104	14.29	7.8	14.6	53.9
16:04:20	14.70	0.139	14.29	7.8	-	-
16:04:30	14.71	0.153	14.31	7.8	-	-
16:04:40	14.70	0.113	14.30	7.8	15.8	49.4
16:04:50	14.70	0.107	14.30	7.9	14.9	52.6
16:05:00	14.70	0.107	14.30	7.9	15.0	52.4
16:05:10	14.70	0.105	14.30	7.8	14.7	53.1
16:05:20	14.70	0.104	14.30	7.8	14.6	53.8
16:05:30	14.70	0.105	14.30	7.8	14.7	53.3
16:05:40	14.71	0.100	14.31	7.8	14.1	55.8
16:05:50	14.70	0.104	14.31	7.9	14.6	53.6
16:06:00	14.70	0.105	14.30	7.8	14.8	53.1
16:06:10	14.70	0.098	14.30	7.9	13.7	57.4
16:06:20	14.69	0.104	14.31	7.8	14.5	53.9
16:06:30	14.67	0.087	14.31	7.9	12.2	64.2
16:06:40	14.66	0.101	14.31	7.9	14.1	55.6
16:06:50	14.66	0.108	14.24	7.9	15.1	52.1
16:07:00	14.66	0.061	14.14	8.0	-	-
16:07:10	14.66	0.104	14.04	9.3	-	-
16:07:20	14.66	0.087	14.00	11.0	-	-

時刻	総落差[m]	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
16:07:30	14.66	0.360	13.98	12.1	-	-
16:07:40	14.66	0.249	13.96	12.1	-	-
16:07:50	14.66	0.156	13.95	12.1	21.3	56.7
16:08:00	14.65	0.143	13.95	12.0	19.5	61.6
16:08:10	14.65	0.142	13.95	12.0	19.4	61.9
16:08:20	14.66	0.137	13.95	12.0	18.7	64.1
16:08:30	14.66	0.131	13.95	12.0	17.9	67.0
16:08:40	14.66	0.145	13.94	12.0	19.8	60.6
16:08:50	14.66	0.131	13.93	12.0	17.9	67.2
16:09:00	14.66	0.141	13.95	12.0	19.2	62.4
16:09:10	14.66	0.144	13.95	12.0	19.7	61.0
16:09:20	14.66	0.141	13.95	12.0	19.3	62.2
16:09:30	14.66	0.155	13.94	12.0	21.2	56.7
16:09:40	14.65	0.236	13.95	12.0	-	-
16:09:50	14.66	0.154	13.94	12.0	21.0	57.1
16:10:00	14.66	0.141	13.94	12.0	19.2	62.4
16:10:10	14.66	0.150	13.93	12.0	20.4	58.7
16:10:20	14.66	0.189	13.94	12.0	-	-
16:10:30	14.66	0.135	13.96	12.0	18.5	64.8
16:10:40	14.66	0.124	13.96	12.0	17.0	70.7
16:10:50	14.65	0.139	13.96	12.0	19.1	63.2
16:11:00	14.66	0.143	13.95	12.0	19.5	61.7
16:11:10	14.65	0.143	13.95	12.0	19.5	61.7
16:11:20	14.66	0.142	13.93	12.0	19.4	61.8
16:11:30	14.67	0.143	13.94	12.0	19.5	61.7
16:11:40	14.66	0.142	13.95	12.0	19.4	62.0
16:11:50	14.66	0.136	13.94	12.0	18.6	64.7
16:12:00	14.66	0.124	13.96	12.0	17.0	70.7
16:12:10	14.66	0.132	13.95	12.0	18.1	66.4
16:12:20	14.65	0.134	13.95	12.0	18.3	65.7
16:12:30	14.63	0.114	13.95	12.0	-	-
16:12:40	14.58	0.111	13.95	12.0	-	-
16:12:50	14.53	0.128	13.93	12.0	17.5	68.6
16:13:00	14.49	0.138	13.80	12.0	18.7	64.5
16:13:10	14.48	0.138	13.72	12.5	18.6	67.0

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク] のみを用いて作製しています。