

環境省  
平成 29 年度環境技術実証事業  
中小水力発電技術分野

実証結果報告書

平成 30 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 : 有限会社大吾屋  
製品名・型番 : ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
実証実施場所 : 函南小水力発電所  
(静岡県田方郡函南町平井字山田 4 町目 1 番地先)  
実証番号 : 120-1701



地球温暖化対策技術分野  
中小水力発電技術

実証番号 No.120-1701

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/>



## — も く じ —

### 全体概要

- [1] 実証対象技術の概要..... 全体概要 (1)
- [2] 実証の概要..... 全体概要 (1)
- [3] 試験結果..... 全体概要 (2)
- [4] 参考情報..... 全体概要 (2)

### 本編

- 1 実証の概要と目的..... 1
- 2 実証参加組織と実証参加者の責任分掌..... 2
  - 2-1 実施体制..... 2
  - 2-2 実証参加者の責任分掌..... 2
- 3 実証対象技術（機器等）の概要..... 3
  - 3-1 水車の概要..... 3
  - 3-2 電気回路の概要..... 3
  - 3-3 実証範囲と測定点..... 4
  - 3-4 測定に使用する機器..... 5
  - 3-5 測定値の加工方法..... 7
- 4 実証すべき内容..... 8
  - 4-1 メーカーが公表している性能..... 8
  - 4-2 本実証で実証する内容と範囲..... 8
    - 4-2-1 実証する内容..... 8
    - 4-2-2 試験を行う流量の範囲..... 8
  - 4-3 有効落差..... 9
  - 4-4 電気出力測定..... 9
  - 4-5 騒音測定..... 10
- 5 実証場所の概要..... 12
- 6 データとして使用する前年度調査結果..... 13
- 7 実証で得られたデータ..... 14
  - 7-1 測定値と分析に使用するデータのまとめ..... 14
  - 7-2 流量条件と有効落差の算出..... 15
  - 7-3 電気出力の算出..... 18
  - 7-4 高調波歪み率..... 19
  - 7-5 総合効率の算出..... 20
  - 7-6 騒音測定結果..... 22
    - (1) 通常の騒音 (A 特性)..... 23
    - (2) 低周波騒音 (G 特性)..... 23

7-7	気象条件等	24
7-8	連続運転	25
8	試験の結果と考察	27
8-1	メーカー公表性能の実証	27
8-1-1	性能一般に関する考察	27
8-1-2	流量-効率曲線の評価	28
8-2	連続運転試験結果に関する評価	29
8-3	騒音に関する評価	29
8-4	総合評価	29
9	用語集	30
10	参考情報	31
	巻末資料	32
	準拠する試験方法と実際の試験方法の異同	32
1	準拠する試験方法	32
2	本実証方法と JEC 規格の異同	32
2-1	一般事項	32
2-2	試験条件	32
2-3	試験の実施範囲	32
2-4	試験結果の計算及び判定	33
2-5	測定方法	33
2-6	試験成績書	34
3	試験結果表	34

ポンプ逆転水車 iGeneCon(i021002K)  
有限会社大吾屋

## 【 全 体 概 要 】

# 全体概要

ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
有限会社大吾屋

## [ 1 ] 実証対象技術の概要

汎用品のポンプを逆転させて水車として利用するシステムをユニット化したことで、製品価格の低減を図っている。実証対象製品の仕様は、最大流量0.2m<sup>3</sup>/s、有効落差約10m、最大出力10kWである。ポンプとしての仕様範囲とは異なる落差であり、ポンプメーカーによる保証対象とはならない。



全体写真

iGeneCon™ rev1.1 製品仕様	
水車形式	斜流渦巻ポンプ逆転水車
運転方式	可変速運転制御
発電機	永久磁石同期発電機
定格出力	7.5~15kW
電力供給方式	交流三相3線式
電圧	200V
周波数	50 又は 60Hz
設置場所	屋外
オプション	WEB監視システム 非常時発電機保護ユニット 災害時非常用電源供給ユニット 災害時非常用照明点灯ユニット 災害時浄水ユニット 災害時給湯ユニット

図 1 実証対象製品の概要

## [ 2 ] 実証の概要

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。

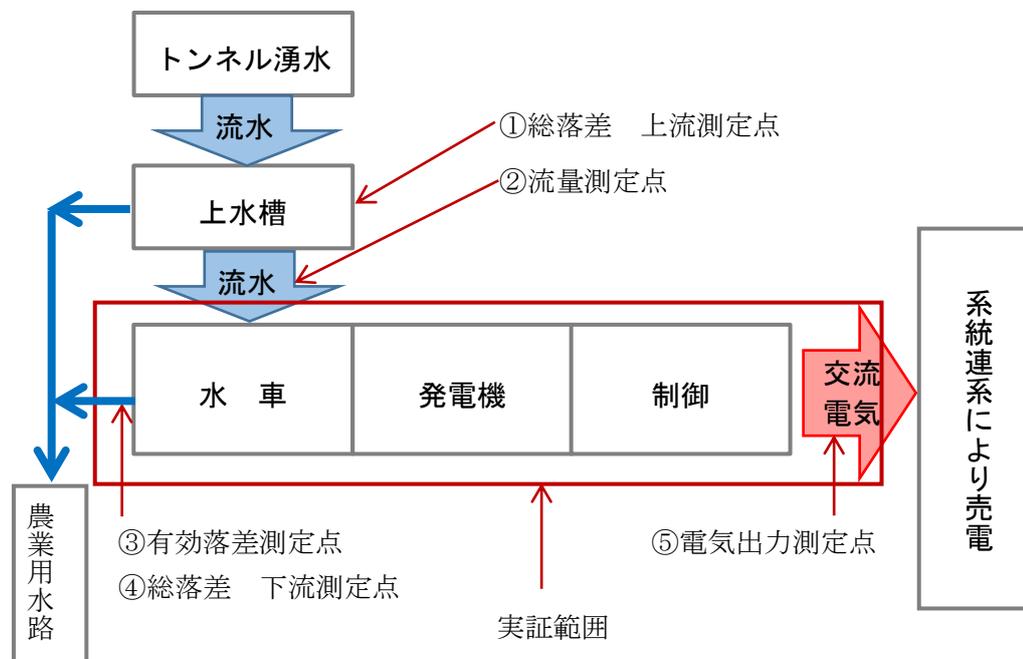


図 2 全体システムと実証範囲における測定点

## [3] 試験結果

実証の結果、使用水量 0.150m<sup>3</sup>/s から、0.205m<sup>3</sup>/s までの範囲における出力と効率が実証された。最大流量 0.205m<sup>3</sup>/s (有効落差 7.16m) における総合効率 66%は、ポンプ逆転水車としては優れた値と言える。実証対象製品はユニット化されており、その他部品についても汎用品で構成されているため、維持管理や修理においても経済的メリットがあるので、マイクロ水力発電導入拡大につながる製品と評価できる。

土木費を含まない本製品の参考価格は、1900万円である。1か月間連続運転試験結果の1時間平均をもとに停止率を5%として推計する年間発電量は、約76,000kWhである。本製品の価格を1年間の発電量で除して算出する「kWh単価」※は約250円/kWhとなり、十分に価格競争力を持つ値と評価することができる。

※「kWh単価」：水力発電事業の経済性を評価する簡易な指標で、建設費を1年間の発電量で除して算出する。発電原価とは別概念である。

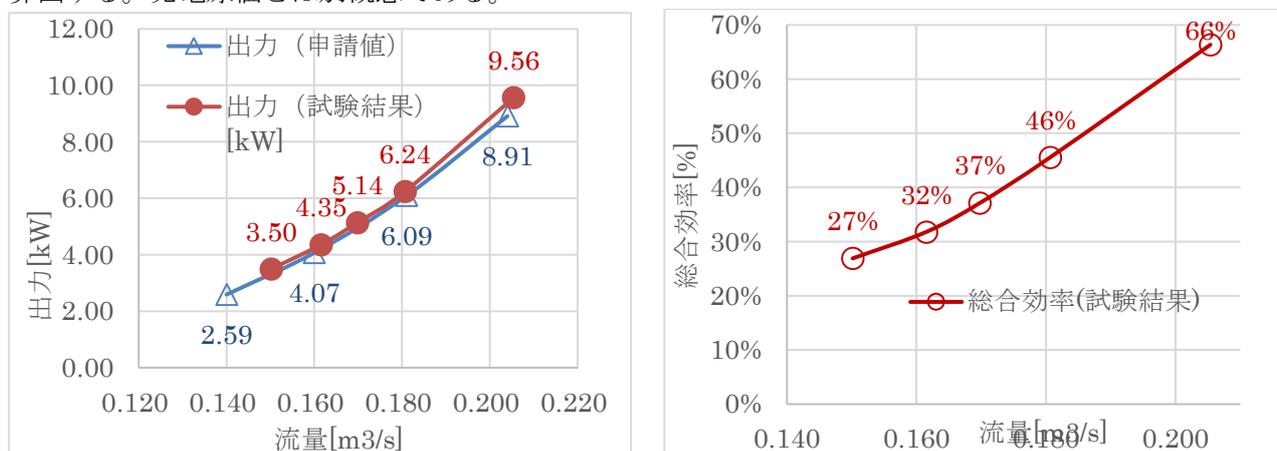


図3 試験結果

## [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		iGeneCon DG021002K	
販売企業名		有限会社大吾屋	
連絡先	TEL/FAX	TEL : 055-927-3166 Fax : 055-927-3178	
	ウェブサイト	<a href="http://www.daigoya.co.jp/">http://www.daigoya.co.jp/</a>	
	E-mail	wakashima@daigoya.co.jp	
設置条件		清水であること。	
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		ユニット化により大幅なコスト削減に成功・屋外設置可・5、10年での現地整備の必要あり (地域の施工業者でも整備可能)	
施工性		ポンプの据え付けが出来れば、地域の施工業者により施工可能	
イニシャルコスト			
コスト概算	機器	数量	
	水車発電機 (10kW) 制御連系盤 1式	1式	19,000,000円
※土木工事は含まない			

ポンプ逆転水車 iGeneCon(i021002K)  
有限会社大吾屋

# 【 本 編 】

## 1 実証の概要と目的

小水力発電の立地条件（使用する水の分類）は、河川からの取水と、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、水圧がかからない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、5m未滿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。それ以上の落差が得られる場合は水圧がかかった水の利用として、クロスフロー水車、カプラン水車、フランシス水車、ペルトン水車などがある。一般的にそれらの水車は地点ごとの流量変動や落差の条件に最適となるよう個別に設計されるため、高効率を得られる反面、設計や製造に時間とコストがかかる。それらの水車と比べて、調達コストの面で経済性に優れている水車がポンプ逆転水車である。流量変動への対応幅は狭いが、一定の条件を確保できれば経済性に優れている。汎用品のポンプを逆転させて水車として利用することで、設計にかかる時間が短縮され、調達が容易で安価である。

実証対象製品の性能が最大流量における最大出力のみでなく、小流量域から最大流量において変化する出力と効率が明らかになることで導入検討に役立つと考えられる。

## 2 実証参加組織と実証参加者の責任分掌

### 2-1 実施体制

実証の実施体制を図 2-1 に示す。

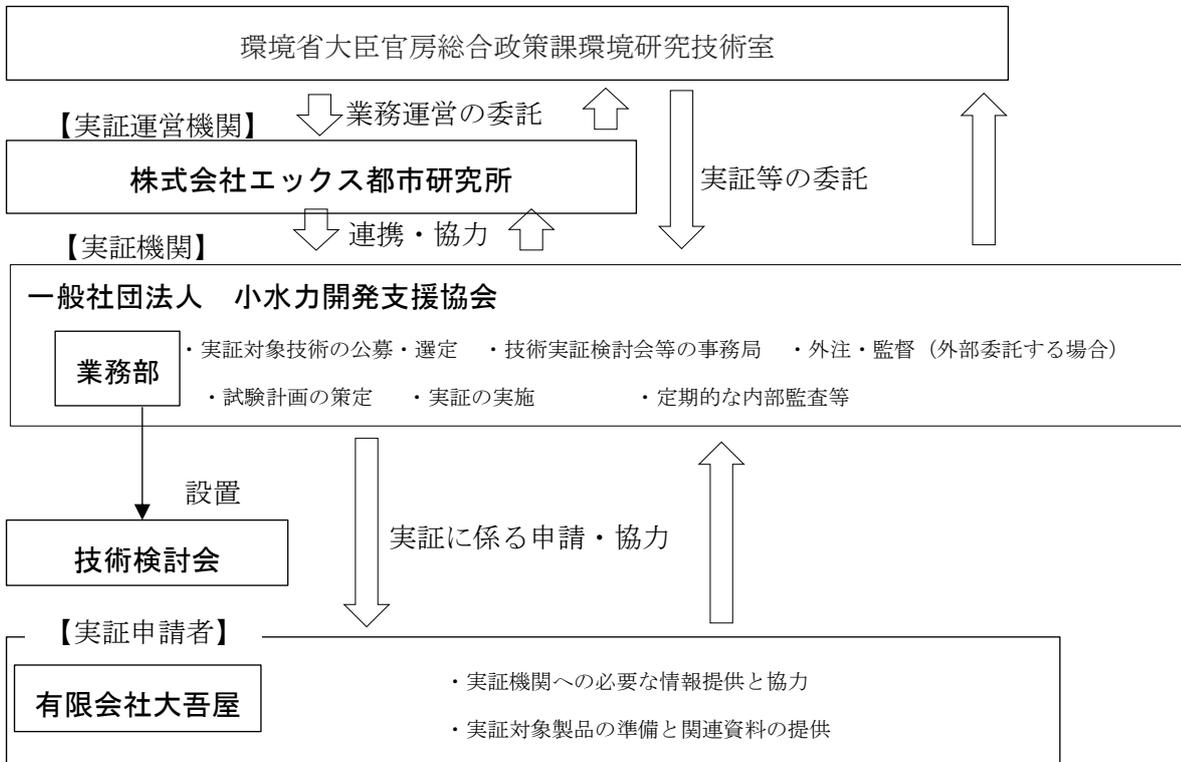


図 2-1 実施体制

### 2-2 実証参加者の責任分掌

表 2-1 実証参加者の責任分掌

区分	実証参加機関	責任分掌	責任者名
実証機関	(一社)小水力開発支援協会	実証の運営管理	中島 大
		実証対象技術の公募・審査	松尾壽裕
		技術実証検討会の設置・運営	
		実証計画の策定	松尾壽裕
		実証の実施	
		実証結果報告書の作成	
		データの品質管理	佐藤 海
		実証の監査	
		ロガーデータの確認	
実証申請者	有限会社大吾屋	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 実証報告書の作成における協力	若島健作

## 3 実証対象技術（機器等）の概要

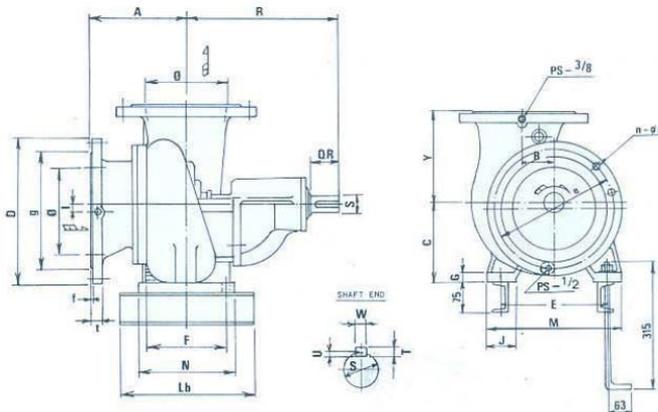
### 3-1 水車の概要

汎用品のポンプを逆転させて水車として利用することで、安価で入手しやすく、製品価格の低減を図っている。実証対象製品の仕様は、最大流量 0.2m<sup>3</sup>/s、有効落差約 10m、最大出力 10kW である。ポンプとしての仕様範囲とは異なる落差であり、ポンプメーカーによる保証対象とはならない。



全体写真

iGeneCon™ rev.1.1 製品仕様	
水車形式	斜流渦巻ポンプ逆転水車
運転方式	可変速運転制御
発電機	永久磁石同期発電機
定格出力	7.5~15kW
電力供給方式	交流三相3線式
電圧	200V
周波数	50 又は 60Hz
設置場所	屋外
オプション	WEB監視システム 非常時発電機保護ユニット 災害時非常用電源供給ユニット 災害時非常用照明点灯ユニット 災害時浄水ユニット 災害時給湯ユニット



mm							
A	B	C	D	E	F	G	H
289	380	100	260	330	235	22	240
J	M	N	S	T	U	W	
80	400	280	40	8	4.5	10	

図 3-1 水車外形図

### 3-2 電気回路の概要

結線図を図 3-2 に示す。

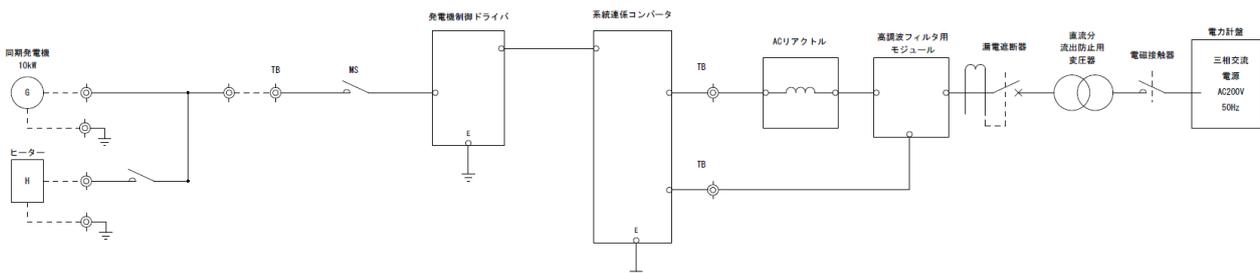


図 3-2 結線図

### 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 3-4 に示す。

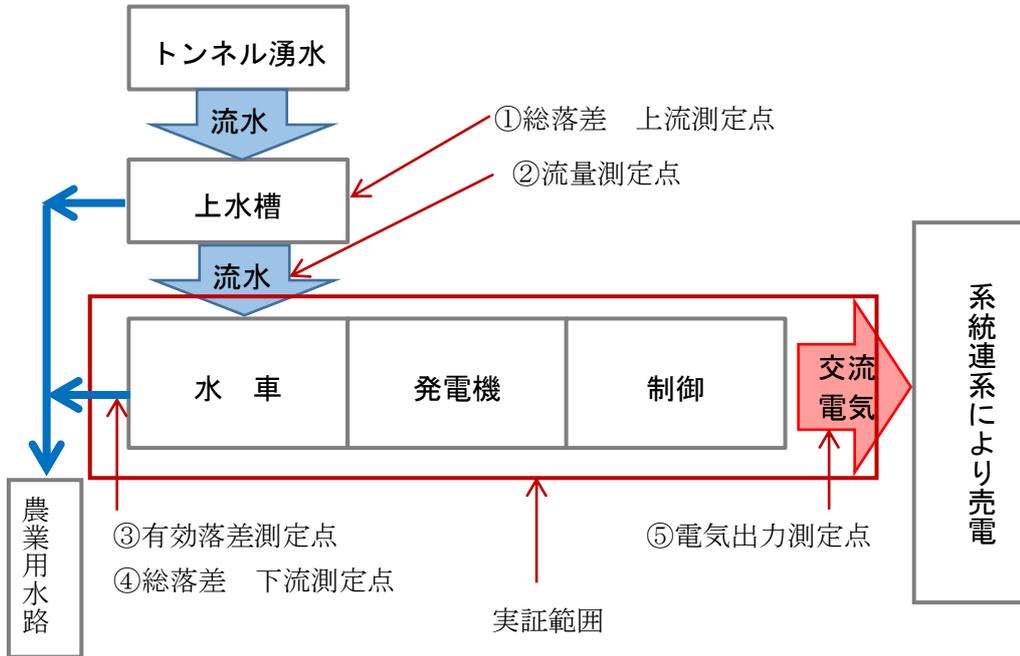


図 3-3 全体システムと実証範囲における測定点

### 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、主な測定器の使用を表3-3に示す。測定に直接利用するものではないが、⑤バタフライバルブを水車下流側の圧力計の後に設置し、バルブ開度を調整することによって流量を調整した。

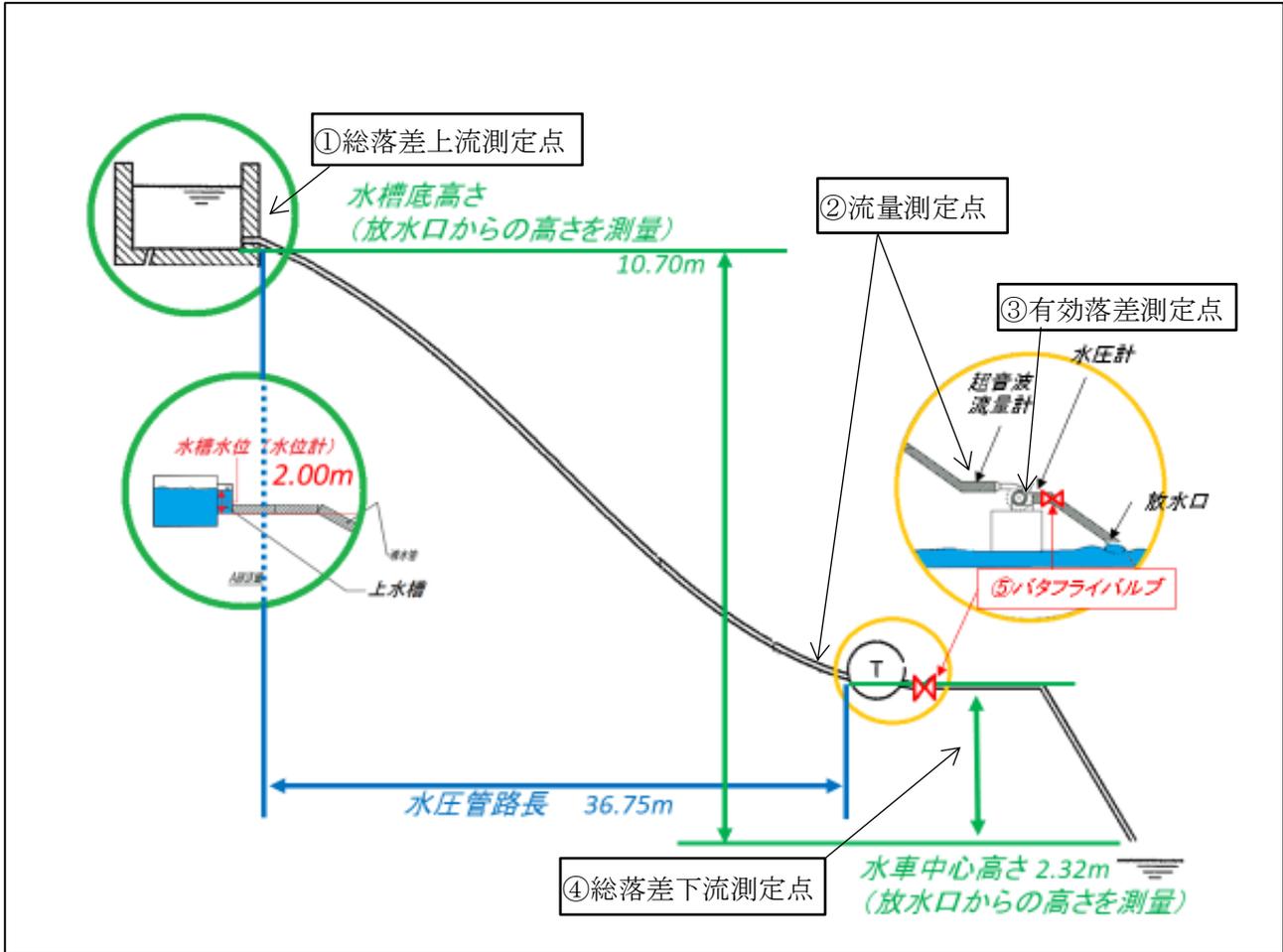


図 3-4 測定点と測定器の対応

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 3-6 「②流量測定点」 水車入口前直管部、ポリエチレン管内径 0.247m ⑤バタフライバルブの開度により流量を調整する	超音波流量計、バタフライバルブ
総落差上流測定点	図 3-6 「①総落差上流測定点」 放水口から上水槽水位	測量、水圧式水深計
総落差下流測定点	図 3-6 「④総落差下流測定点」 放水口から水車中心高さ	測量、コンベックス
有効落差測定点	図 3-6 「③有効落差測定点」 水車出口とバタフライバルブ間の水圧	デジタル圧力計
電力	売電用普通電力計直前で電流と電圧を測定	電源品質アナライザ
騒音	水車周辺 1 m, 10m, 30m, 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	富士電機	FSCS10A2 センサ:00J	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
デジタルマノメータ	横河メータ &インスツルメンツ	MT220 767303	0~±130kPa	±0.02%+3digits
回転計	小野測器	HT-5500	6~99999min <sup>-1</sup>	±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3-4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3-5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 3-4 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、タコメータ	1秒毎に計測した10秒間の平均値を同時刻の外付ロガーに記録する。
電源品質アナライザ	1秒毎に計測した10秒間の平均値を内部ロガーに記録する。
普通騒音計	騒音計（AG特性）の1分間平均値を内部ロガーに記録する。

表 3-5 測定値から算出するデータ

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。
②有効落差	高圧指定点は水圧式水深計の計測値と損失水頭から算出する。 低圧指定点はデジタル圧力計の測定値とする。
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。総落差に対する電気出力の効率ではなく、有効落差に対する電気出力の効率である。
⑥騒音	精密騒音計によりA特性、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

メーカーが公表している性能資料は、総落差 10.25m における流量－出力曲線である。

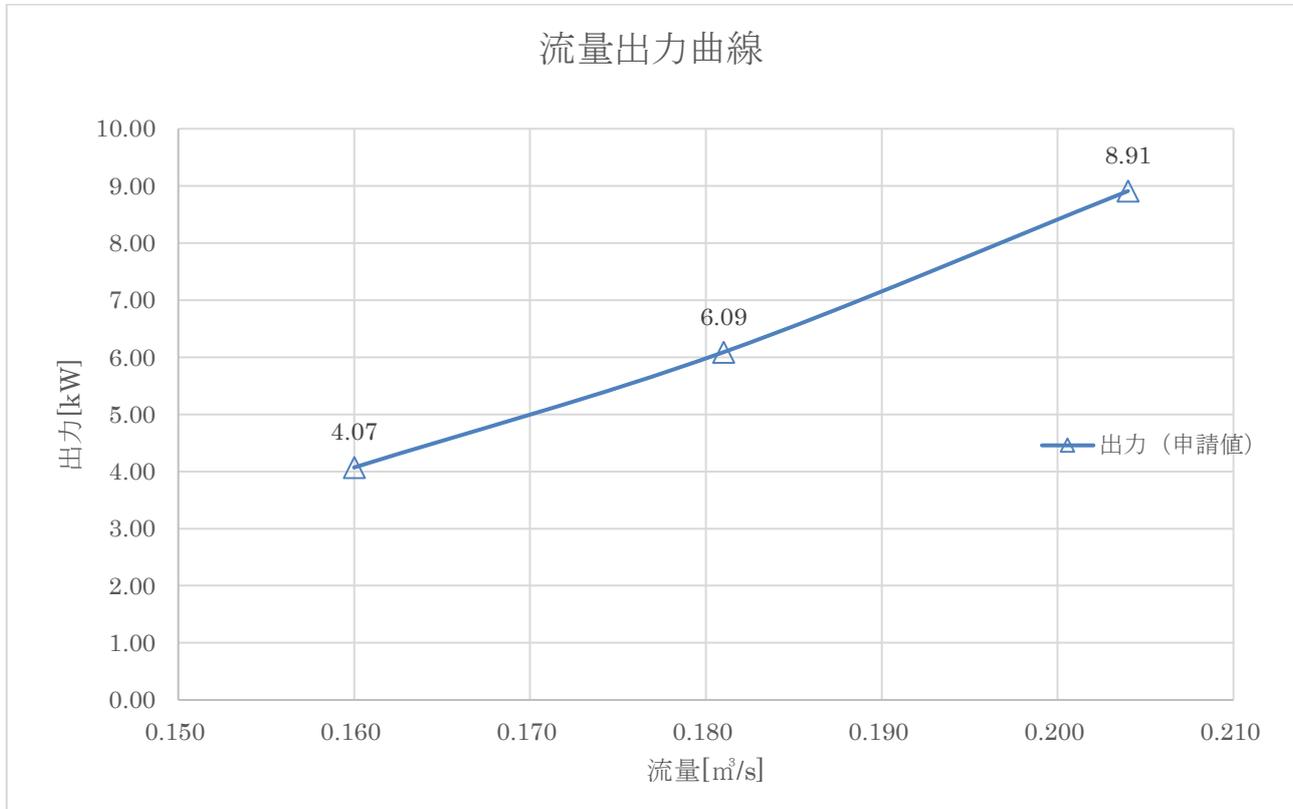


図 4-2 メーカーが公表している流量－出力曲線

### 4-2 本実証で実証する内容と範囲

#### 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とする。すなわち、メーカー試験より少ない流量から多い流量までをカバーすることとし、系統連系に必要な最小流量が 0.150m³/s 程度から最大流量 0.200m³/s 程度までを流量範囲とした。

## 4-3 有効落差

総落差から損失水頭を減じた値として定義される有効落差は、水車の前後で高圧側指定点と低圧側指定点の圧力水頭の差として計測することが原則である。しかし、本実証では水車入口の圧力計が利用できないため、高圧指定点の圧力水頭については、上水槽の水面高さから水車入口までの落差から損失落差を差し引くことで圧力水頭を算出した。低圧指定点の圧力水頭は超音波流量計、圧力計を設置し外付共通ロガーの記録とした。



写真 4-1 流量計と圧力計の設置

## 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した。

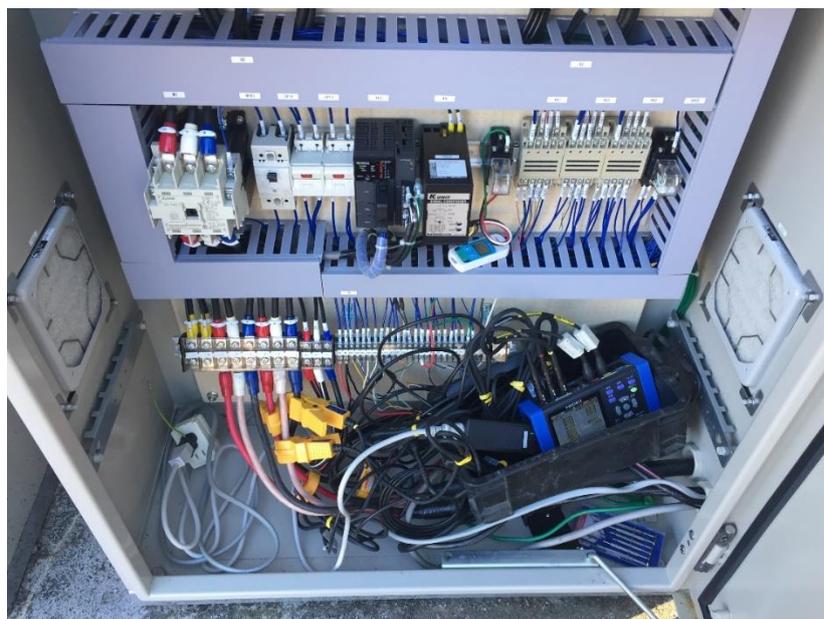


写真 4-2 電力計の配線

#### 4-5 騒音測定

騒音計を用いて、放水路方向へ2方向（他の方向は池や法面で遮られるため）に 1m、10m、30m、50m の距離で騒音（A, G 特性）を測定した。距離測定の起点については、音源と考えられる放水口を起点とした。騒音に影響する法面の表面は、石積みやコンクリートの上に苔や草が繁茂している様子を写真 4-3 に示す。

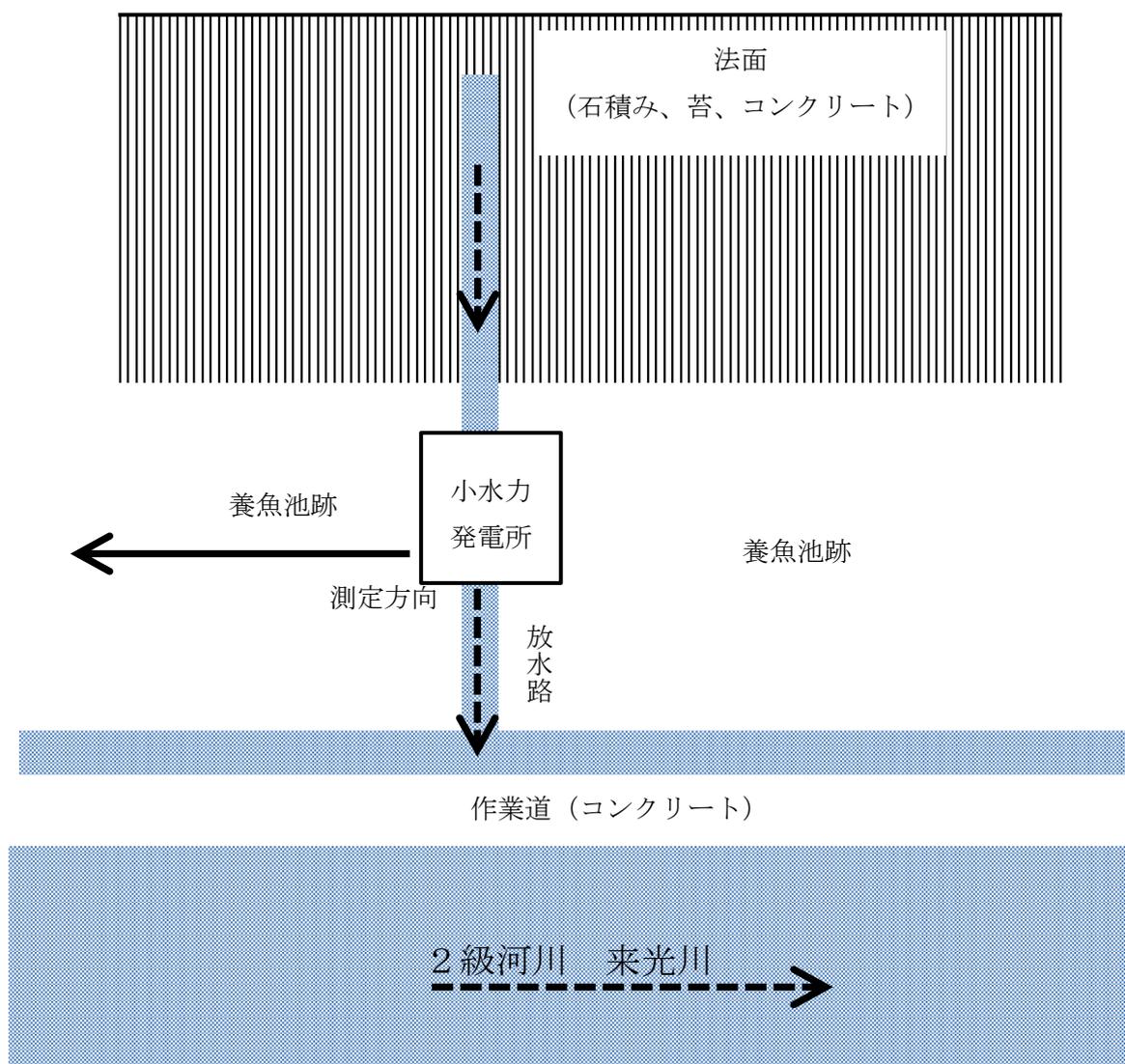


図 4-3 水車周辺の状況と騒音の測定方向



写真 4-3 法面の様子

## 5 実証場所の概要

函南小水力発電所（静岡県田方郡函南町平井字山田4丁目1番地先）に設置された機器を用いて実証を行った。

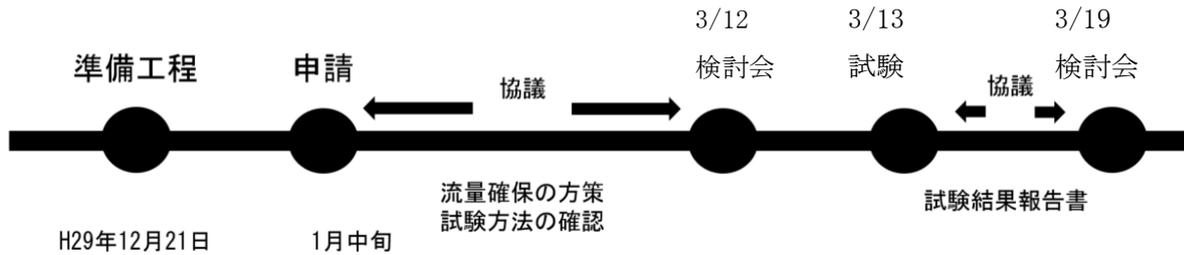


写真 5-1 発電設備の概観

## 6 データとして使用する前年度調査結果

本実証対象設備については、試験日（2018年3月13日、連続運転2018年2月6日～3月7日）以外に計測した数値は使用していない。

### 実証試験のスケジュール



## 7 実証で得られたデータ

### 7-1 測定値と分析に使用するデータのまとめ

実施日時 2018年3月13日9時～18時

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	17.3℃ (9:22) 17.1℃ (17:41)	17.1℃
②水温	温度計の目視測定値	15.5℃ (9:22) 15.5℃ (17:41)	15.5℃
③流量	超音波流量計の1秒間の平均値を出力	外付けロガーに記録	7-2に記載
④有効落差	総落差である上流測定点と下流測定点の水位差から損失を減じて算出する。	水位計の内部ロガーに1秒間の平均値を記録 損失は①流量測定点の水路断面積と流速から算出する。	7-2に記載
⑤回転速度	回転計測定値	流量条件ごとに1回計測 水車 685min <sup>-1</sup> ～998min <sup>-1</sup> 発電機 1288min <sup>-1</sup> ～1970min <sup>-1</sup>	発電機メーカーの基底回転速度 1800 min <sup>-1</sup> を10%程度超えていたことを確認、分析には使用しなかった。
⑥発電出力	電源品質アナライザ測定値	10秒間平均値	7-3に記載
⑦総合効率	③流量と④有効落差に自由落下速度を乗じて理論出力を算出し、⑥発電出力を除す	③・④・⑥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	11:10～18:50の間に測定点を変えて計24回測定	7-5に記載

## 7-2 流量条件と有効落差の算出

水車出口に設置したバタフライバルブ（図 3-4）の操作により 5 つの流量条件で試験を行った。有効落差は圧力水頭を計測することで算出するのが原則であるが、実証対象設備では高圧指定点の水車入口水圧が計測できなかつたため、止むを得ず水車上流側の有効落差は、上水槽水位に上水槽高さを加えた総落差から損失水頭を減じて圧力水頭を求めた。下流側の低圧指定点は圧力水頭を計測値から算出した。表 7-2 に 5 分間の平均値を示し、巻末資料に 10 秒毎の記録を示す。

有効落差は、原則として次の式のように水車前後の圧力水頭を計測し、足し合わせる。

有効落差 = ①高圧指定点の有効落差 + ②低圧指定点の有効落差

①高圧指定点については、圧力が計測できなかつたため、止むを得ず水車上側の水面高さから、考えられる損失落差を算出して差し引くことで求めた。

水車より上流の有効落差 = (上水槽水位 + 水車から上水槽の高さ) - 損失水頭 (入口 + 摩擦損失)

ここで、上水槽水位は水位計の毎秒平均値があり、上水槽高さはランナ軸高さからの測量により一定である。また、入口損失  $h_e$  は、入口形状と損失係数の関係式から損失係数  $f_e$  (突き出し 1.0) に速度水頭を乗じて求めた。摩擦損失  $h_f$  は、管路長、管径、粗度係数と速度水頭の関数として算出した。なお、参照した水理公式集は最新の平成 11 年版であるが、2018 年度に改訂が予定されていることに留意されたい。

$$\text{入口損失 } h_e = f_e \frac{v^2}{2g} \quad (\text{水理公式集 式 4-3.13})$$

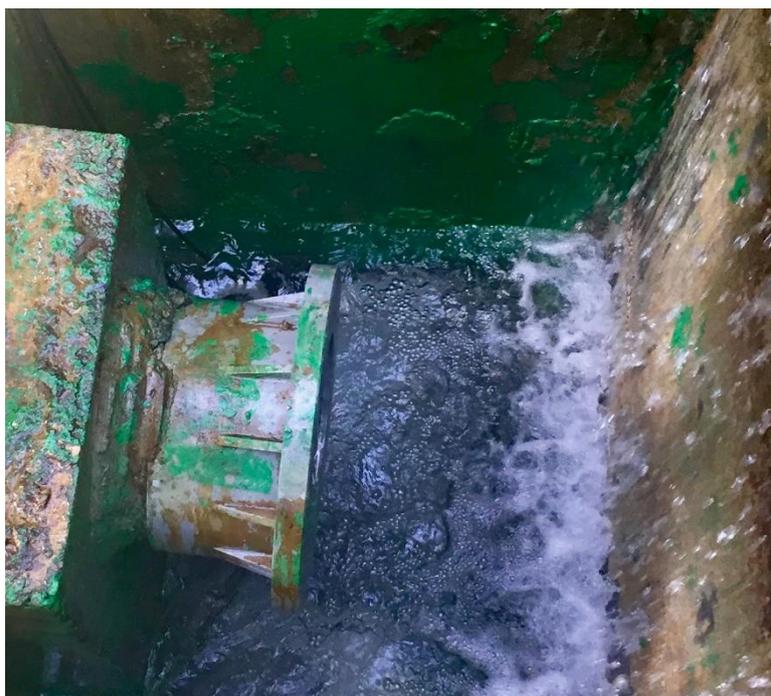


写真 7-1 入口損失「突き出し」の様子

摩擦損失  $h_f$  は、PE 管の管路長  $L=36.75\text{m}$ 、管径  $D=0.247\text{ m}$ 、粗度係数  $n=0.010$  とし、次式の通り摩擦損失係数  $f$  に速度水頭を乗じて求めた。

$$\text{摩擦損失 } h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (\text{水理公式集 式 4-3.1})$$

$$\text{摩擦損失係数 } f = \frac{8gn^2}{(D/4)^3} \quad (\text{水理公式集 式 4-3.12})$$

$$\text{曲がり損失 } h_{be} = f_{be} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{水理公式集 式 4-3.19})$$

$$\text{屈曲による損失係数 } f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad (\text{水理公式集 式 4-3.20})$$

としたが、有効落差に対して 0.5%~1% の大きさで、有意な損失とならないため無視した。図 7-1 に曲り損失が最大となる最大流量時の検討を示す。

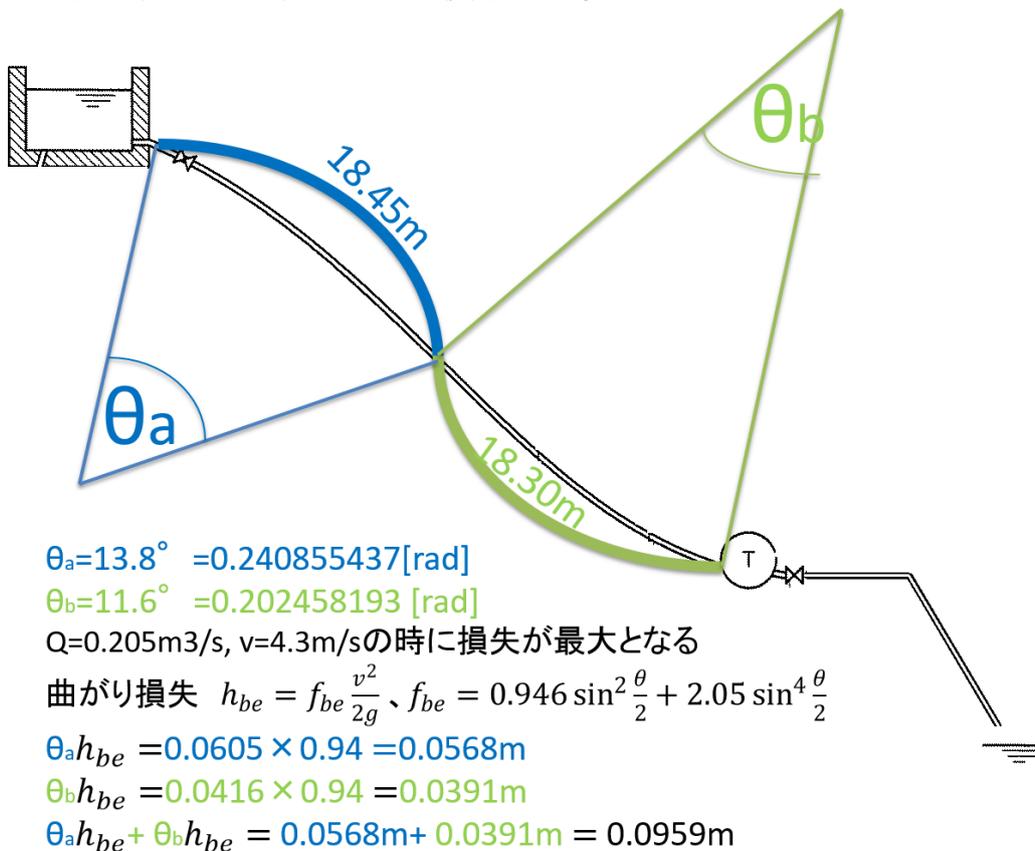


図 7-1 曲がり損失の検討

②低圧指定点については、圧力が計測できたので次式により有効落差を求めた。

$$\text{水車より下流の有効落差[m]} = \text{圧力水頭 [kPa]} \times \text{単位変換係数}$$

(単位変換係数は-0.101972 とした)

表 7-2 有効落差の算出

流量	時刻	水槽水位	a 総落差	流速	速度水頭	b 入口損失	c 摩擦損失	d 高圧側損失水頭	e 高圧側有効落差	低圧指側水圧	f 低圧側有効落差	g 有効落差合計
		[m]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[m]	[m]
[m <sup>3</sup> /s]												
0.150	14:13~14:18	1.69	12.39	3.14	0.50	0.50	1.49	1.99	8.08	-7.34	0.75	8.83
0.162	13:15~13:18	1.77	12.47	3.38	0.58	0.58	1.72	2.30	7.85	-7.91	0.81	8.66
0.170	14:38~14:43	1.69	12.39	3.55	0.64	0.64	1.90	2.54	7.53	-7.71	0.79	8.31
0.181	13:35~13:38	1.75	12.45	3.78	0.73	0.73	2.15	2.88	7.25	-4.78	0.49	7.73
0.205	17:39~17:44	0.88	11.58	4.30	0.94	0.94	2.78	3.72	5.54	-15.9	1.62	7.16

注) a 総落差は、測量と水位計の合計値として実測値

d 高圧側入口損失=b 入口損失+c 摩擦損失として算出した数値

e 高圧側有効落差=a-水車設置高さ 2.32m-d として算出した数値

f 低圧側有効落差は圧力として計測された圧力水頭を有効落差に換算した数値

g 有効落差合計=e 高圧側有効落差+f 低圧側有効落差として算出した数値

### 7-3 電気出力の算出

電源品質アナライザによる10秒間平均値を表7-3に示す。

4つの流量条件において約5分間にわたる毎秒の記録があるため、平均値、最小値～最大値を示す。

表 7-3 電気出力の計測値

流量 [m <sup>3</sup> /s]	時刻	平均値 [kW]	最小値 ~ 最大値 [kW]
0.150	14:13:00	3.50	3.48~3.51
0.162	13:15:00	4.35	4.32~4.40
0.170	14:38:00	5.14	5.10~5.17
0.181	13:35:00	6.24	6.21~6.27
0.205	17:39:00	9.56	9.53~9.59

## 7-4 高調波歪み率

系統連系するにあたっては、発電設備から発生する高調波の流出について注意する必要がある。試験設備が系統連系した東京電力パワーグリッドにおいては、総合電流歪み率を 5%以下に抑制することが求められている。

本実証試験では、電圧の高調波歪み率を測定し、最高で 8.8%、平均で 7.3%の歪み率が検出された。電圧のみを対象とした測定の結果であり、本実証発電所は、既に東京電力と系統連系していることから問題はないと言えるが、本システムを系統連系する際には、歪み率に注意する必要がある。

## 7-5 総合効率の算出

総合効率は理論出力に対する電気出力の割合であり、理論出力は流量と7-2で算出した有効落差を乗じて算出する。表7-4に①流量、②有効落差、③電気出力を示し、④理論出力および⑤総合効率を以下の方法で算出した。

$$\text{④理論出力} = \text{①流量} \times \text{②有効落差} \times 9.8$$

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

この算出に際して、①流量、②有効落差は1秒毎の値であるが、運転状態の変動によるデータのばらつきの影響を抑えるために③電気出力、④理論出力、⑤効率については10秒毎の平均値を用いて算出した。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することとしているが本試験においては該当エラーは存在せず、10秒毎の平均値を算出した。流量効率の分布図7-2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流量 [m <sup>3</sup> /s]	②有効落差[m]	③電気出力 [kW]	④理論出力 [kW]	⑤総合効率[%]
0.150	8.83	3.50	12.99	27%
0.162	8.66	4.35	13.70	32%
0.170	8.31	5.14	13.83	37%
0.181	7.73	6.24	13.69	46%
0.205	7.16	9.56	14.41	66%

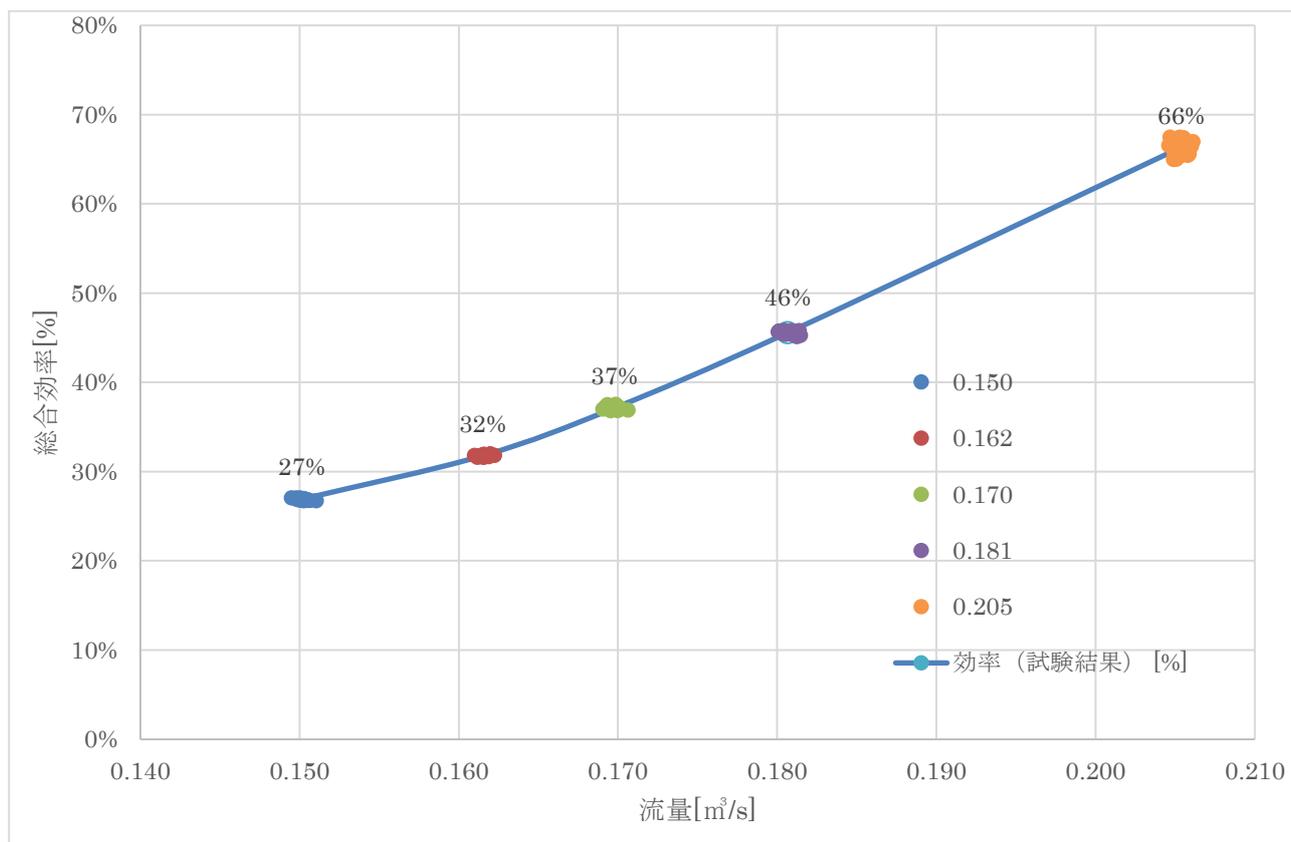


図 7-2 流量効率の分布図

## 7-6 騒音測定結果

各地点の測定値を表 7-5 に示す。「4-5 騒音測定」に記したとおり、方向については図 4-3、距離は放水口から測定している。比較のため、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 特性の測定により 100Hz 以下の周波数帯の測定を行い図 7-3 に低周波音の苦情に関する参照値と測定値を示した。

表 7-5 騒音の測定値 (A 特性) 騒音  
 の単位 : dB

1m 地点	10m 地点	30m 地点	50m 地点
【運転状態 (11:20)】			
84	66	68	64
【停止状態 (15:23)】			
71	67	67	64

※ 測定高は約 1.2m、測定時間は 1 分間

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

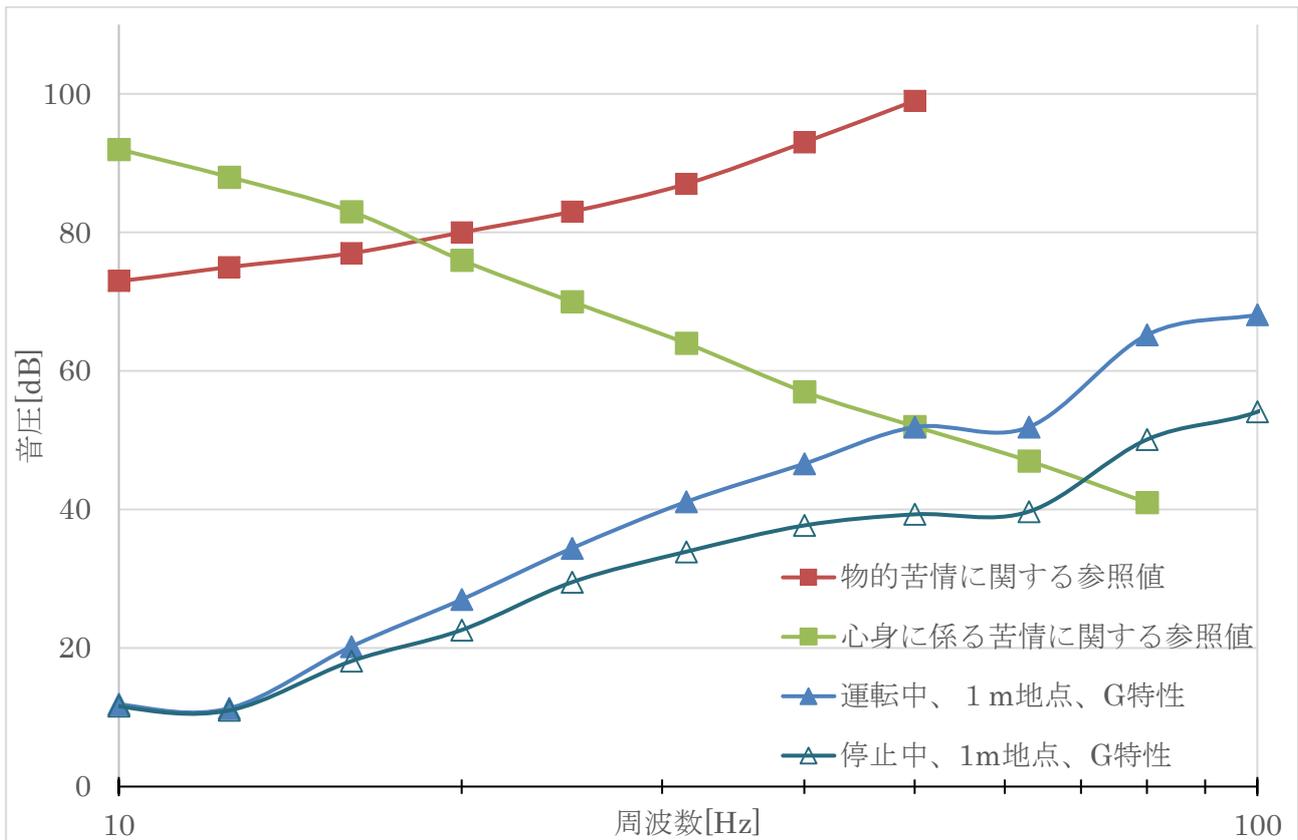


図 7-3 低周波の周波分析と苦情に関する参照値

(1) 通常の騒音 (A 特性)

図 7-3 に示したように、1m 地点では暗騒音 71dB より約 10dB 大きい 84dB とあきらかな騒音が見られるが、10m地点では暗騒音との差がほぼなくなった。また測定実施者による官能試験では、暗騒音では水車停止時に流水音が顕著であった。ただし、30m地点でももっとも緩いC地域の昼間騒音基準 60dB を 4dB ほど上回っている。騒音測定値は水車・発電機が露出した状態で測定しているの、実際に設置する場合には小屋・建屋に収納し必要に応じて防音材を用いることで騒音レベルを下げるができるだろう。必要に応じて設置場所周辺の民家・公共施設・商店等と協議し、環境基準等を参照して、問題が生じないレベルまで騒音を下げる対策を取るべきである。

(2) 低周波騒音 (G 特性)

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。低周波音は、一般に 100Hz 以下の周波数の音を指し、その中でも 20Hz を下回るものは超低周波音と呼ばれ、通常人間には聞こえないが超低周波音は音圧レベルが高くなると、圧迫感等を感じさせる場合があることが知られており G 特性の測定により 100Hz 以下の周波数の分析が可能である。G 特性の測定結果と苦情に関する参照値を比較して図 7-3 に記載した。水車直近の 1m 地点で 50Hz~80Hz の周波数帯においてこの参照値を 4~14dB 程度上回っている。暗騒音においても周波数 80Hz において参照値を 9 dB 程上回っているが、これは放水口の直近部で水音が大きいためであり、通常は人間が立ち入らない場所であるため問題ないレベルと言える。

## 7-7 気象条件等

測定日の天候は晴れ、気温・水温は表 7-1 に記したとおりであった。

## 7-8 連続運転

試験日以外の連続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。また、1時間平均出力を10日ごとに区切って図示したのが図7-1である。図7-1で顕著に出力が低下している時間帯があるが、申請者によると、これらは実証に必用な水槽の点検、ドラフトチューブ交換・排水側バタフライバルブ設置およびそれらの調整を行ったための停止としている。

表 7-7 運転状況 (2/7~3/7)

	日発電電力量[kWh]	時間平均[kW]	平均水位[m]
2018/2/7	154	6.41	1.83
2018/2/8	152	6.34	1.83
2018/2/9	147	6.12	1.88
2018/2/10	158	6.59	1.86
2018/2/11	160	6.67	1.86
2018/2/12	136	5.69	1.80
2018/2/13	159	6.62	1.87
2018/2/14	150	6.26	1.88
2018/2/15	160	6.68	1.82
2018/2/16	159	6.61	1.80
2018/2/17	159	6.64	0.77
2018/2/18	158	6.57	0.35
2018/2/19	160	6.68	0.37
2018/2/20	160	6.68	0.37
2018/2/21	160	6.65	0.40
2018/2/22	159	6.63	0.43
2018/2/23	160	6.65	0.48
2018/2/24	160	6.67	0.48
2018/2/25	161	6.69	0.50
2018/2/26	160	6.65	0.49
2018/2/27	116	4.84	0.44
2018/2/28	152	6.33	0.49
2018/3/1	147	6.14	0.59
2018/3/2	158	6.57	0.61
2018/3/3	157	6.55	0.63
2018/3/4	158	6.60	0.67
2018/3/5	157	6.55	0.66
2018/3/6	139	5.78	0.69
2018/3/7	142	5.90	0.66

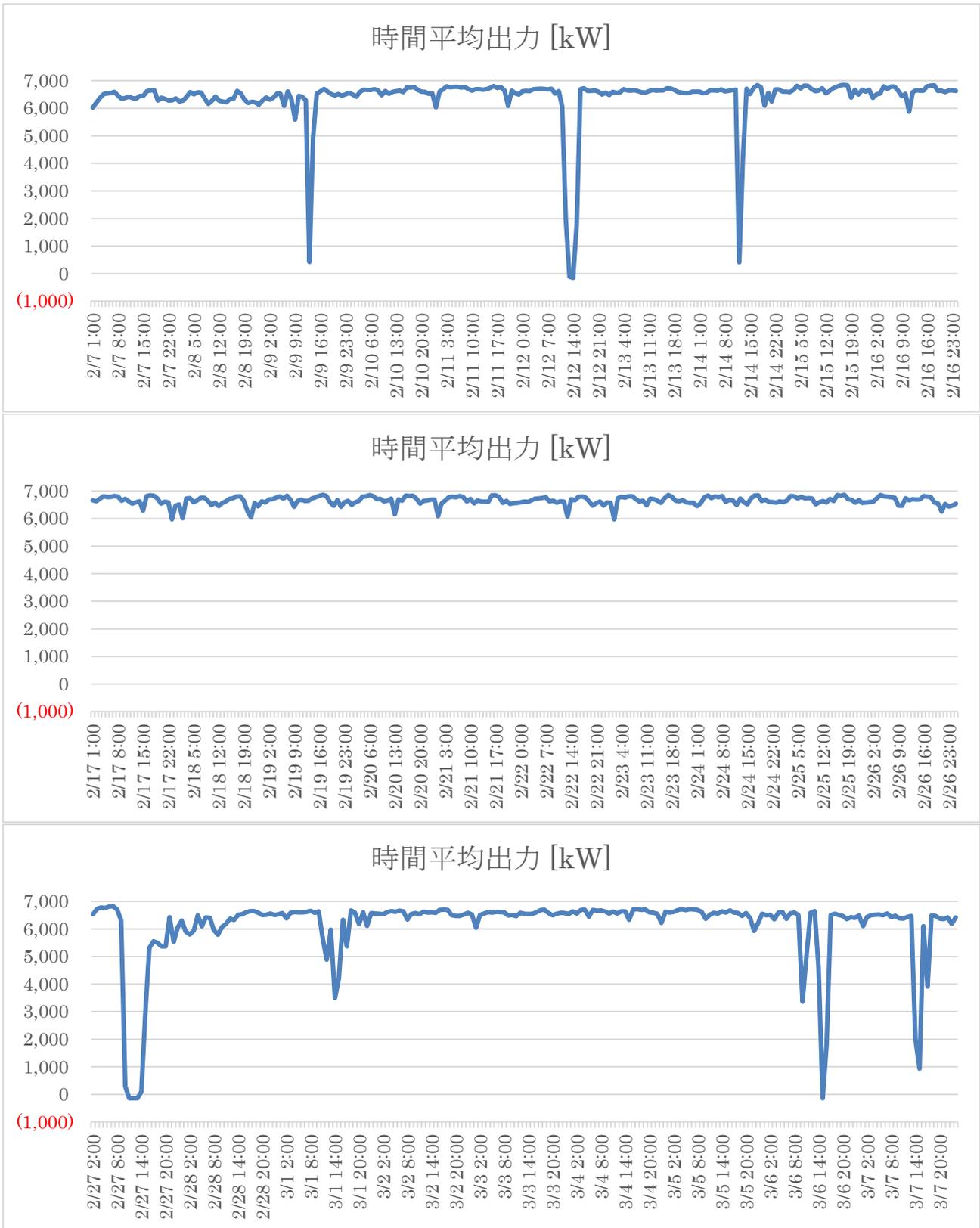


図 7 - 1 連続運転試験中の 1 時間平均出力

## 8 試験の結果と考察

### 8-1 メーカー公表性能の実証

メーカー公表性能は流量-出力曲線で示されており、試験結果と比較した流量-出力曲線を図8-1に示す。試験結果で得られた出力はメーカー公表値をやや上回っているが概ね重なっており、申請された性能が実証されたといえる。

#### 8-1-1 性能一般に関する考察

試験結果の流量-出力曲線を図8-1に、流量-効率曲線を図8-2に示す。

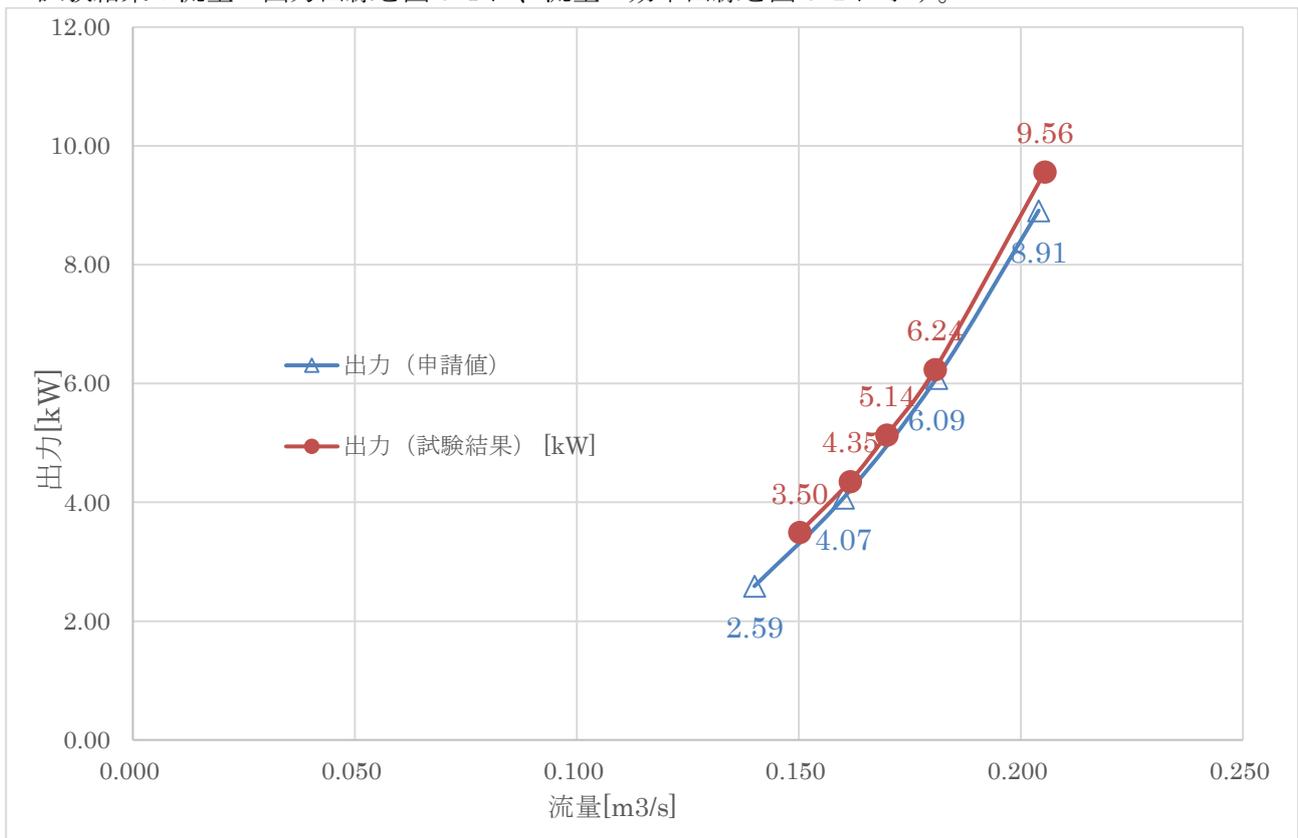


図 8-1 試験結果とメーカー公表値の流量-出力曲線

表 8-1 試験結果とメーカー公表値の流量-出力表

申請値		試験結果	
流量 [m³/s]	出力[kW]	流量 [m³/s]	出力[kW]
0.140	2.59	0.150	3.50
0.160	4.07	0.170	5.14
0.181	6.09	0.184	6.74
0.204	8.91	0.205	9.56

8-1-2 流量-効率曲線の評価

流量-効率曲線を図8-2に示す。通常この曲線は、ある流量でピークとなり、それ以上の流量でピークアウトする釣り鐘型の曲線になる。図8-2ではピークアウトしていないことから、落差をさらに大きく、流量も増加させれば、出力と効率がさらに大きくなることが期待される。しかし、試験地の環境ではこれ以上の流量を得ることができなかつたため、ピークの値を測定することができなかつた。メーカーによる技術開発もこの環境で行われているため、実証実施時点でこの製品の性能を示すデータとしては、図8-1・図8-2に示した流量範囲をもって実証されたこととする。

ポンプ逆転水車として最高効率点での効率 66%は高い部類に入ると言って良い。ポンプ逆転水車は、構成機器に汎用品を用いることで同一規模の他の製品より価格を大きく引き下げられる可能性があり、そのような製品でこの水準の効率を達成できれば、マイクロ水力発電の普及拡大に貢献する可能性がある。また、本実証範囲を超える落差、流量では、より高い効率を実現する可能性も期待できる。

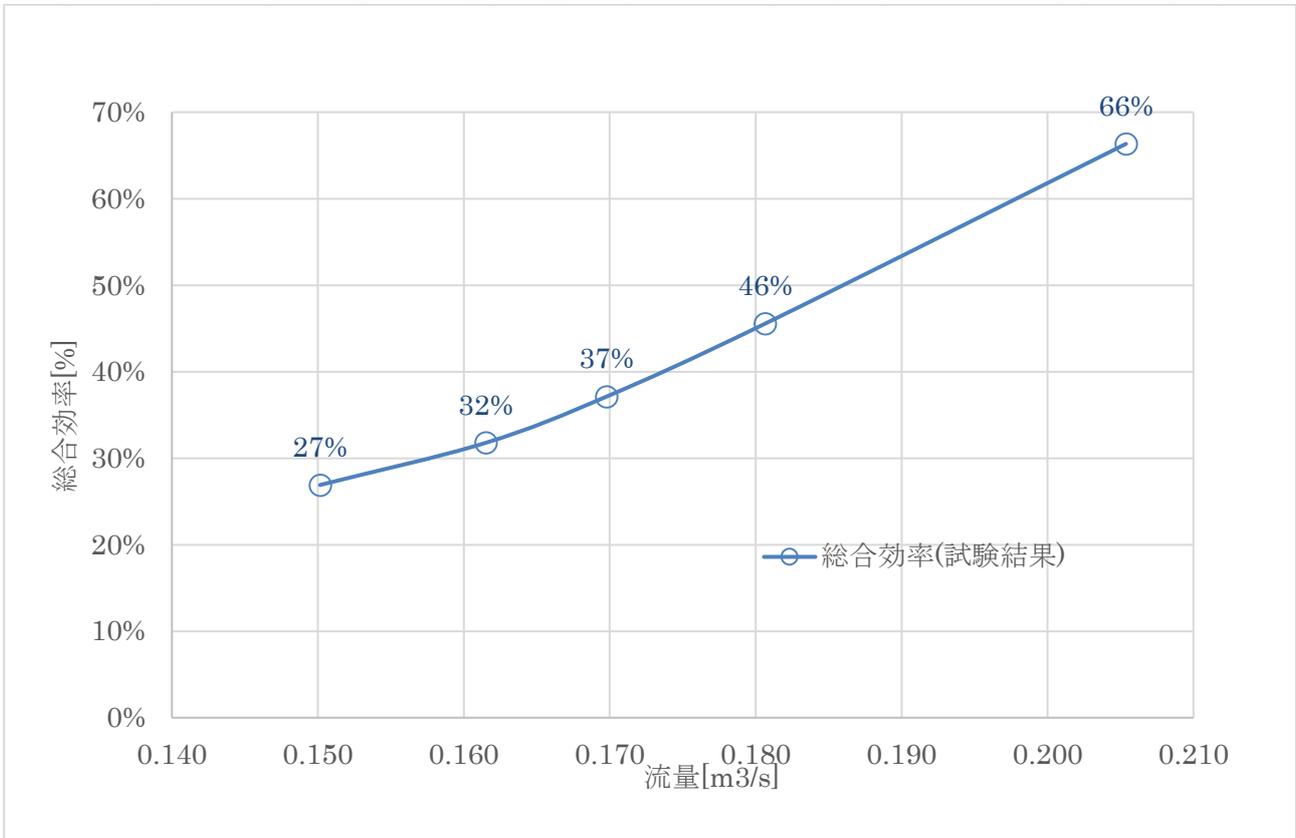


図 8-2 実証した流量-効率曲線

表 8-2 試験結果の流量-効率表

流量 [m³/s]	有効落差[m]	効率(試験結果) [%]
0.150	8.83	27%
0.162	8.66	32%
0.170	8.31	37%
0.181	7.73	46%
0.205	7.16	66%

## 8-2 連続運転試験結果に関する評価

第7-8節に示した連続運転試験結果を見ると、日発電電力量に関して2月12日と2月27日に前後の日より約15~30%低下している。ただし低下は1日だけで、翌日には概ね回復している。

## 8-3 騒音に関する評価

図7-3に示したように、1m地点では暗騒音より最大約20dBと大きくあきらかな騒音が見られるが、30m地点では暗騒音との差がほぼなくなった。また測定実施者による官能試験では、暗騒音では水車停止時に流れる流水音が顕著であった。ただし、30m地点でももっとも緩いC地域の昼間騒音基準60dBを上回っている。騒音測定値は水車・発電機が露出した状態で測定しているが、実際に設置する場合には小屋・建屋に収納し必要に応じて防音材を用いることで騒音レベルを下げるができる。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、環境基準等を参照して、問題が生じないレベルまで騒音を下げるためにカバーを設置するなどの対策を行う、関係者との協議を行うなど、騒音に対する検討が必要といえる。

本実証では、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。

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。低周波音は、一般に100Hz以下の周波数の音を指し、その中でも20Hzを下回るものは超低周波音と呼ばれ、通常人間には聞こえないが超低周波音は音圧レベルが高くなると、圧迫感等を感じさせる場合があることが知られている。

## 8-4 総合評価

実証の結果、使用水量0.150m<sup>3</sup>/sから、0.205m<sup>3</sup>/sまでの範囲における出力と効率が実証された。最大流量0.205 m<sup>3</sup>/s（有効落差7.16m）における総合効率66%は、ポンプ逆転水車としては優れた値と言える。汎用品で構成されたポンプ逆転水車は、製品価格が安価であり、維持管理費・修理費も安く抑えられる可能性があるため、マイクロ水力発電の普及拡大に貢献することが期待される。

水力発電の建設費を評価する簡易な指標として、「kWh単価」が広く用いられている。これは建設費を1年間の発電量で除して算出する値で、発電原価とは別概念である。建設費として本製品の参考価格（全体概要(2)および「10.参考情報」）を用いると1900万円となり、一方年間発電量として、表7-7の時間平均の平均値をもとに停止率を5%として算出した値を用いると約76,000kWhとなる。この両者の比で算出されるkWh単価は約250円/kWhである。小水力発電所では200~250円/kWhが経済性の目安とされていることから、250円/kWhという値は十分に競争力を持つ値と言え、マイクロ水力発電導入拡大につながる製品と評価できる。

本製品のシステムはユニット化されており、その他部品についても汎用品で構成されているため、維持管理や修理においても経済的メリットがあるので、マイクロ水力発電導入拡大につながる製品と評価できる。

## 9 用語集

本実証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、実証計画の策定、技術の実証（実証の実施等）、実証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、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 <sup>3</sup> /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。

項目		実証申請者または開発者 記入欄	
製品名・型番		iGeneCon DG021002K	
販売企業名		有限会社大吾屋	
連絡先	TEL/FAX	TEL : 055-927-3166 Fax : 055-927-3178	
	ウェブサイト	<a href="http://www.daigoya.co.jp/">http://www.daigoya.co.jp/</a>	
	E-mail	wakashima@daigoya.co.jp	
設置条件		清水であること。	
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		ユニット化により大幅なコスト削減に成功・屋外設置可・5、10年での現地整備の必要あり（地域の施工業者でも整備可能）	
施工性		ポンプの据え付けが出来れば、地域の施工業者により施工可能	
コスト概算	イニシャルコスト		
	機 器	数 量	
	水車発電機 (10kW) 制御連系盤 1 式	1 式	19,000,000 円
	※土木工事は含まない		

## 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、本実証では 2014 年 11 月から実用運転開始しており 3 年以上経過していた、その他の一般事項においても本実証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」することを求めている。本実証では実証対象製品は流量を変えながら 5 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 回以上である 30 回測定した。

###### (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  $1,000[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、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滑らかにつなぐ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ったことや、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いる。本試験においては水車上流側（高圧指定点）における圧力計が利用できなかったため止むを得ず総落差から損失落差を減じて有効落差を算出した。水車下流側（低圧指定点）においては、測定方法は条件を満たすが、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った。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 30 回の流量を測定した。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することとしているが、本実証においてはエラーに該当しなかった。

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った。

## 2-6 試験成績書

JEC 規格における「試験成績書」は本実証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 <sup>3</sup> /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
14:13:00	12.36	0.150	8.81	3.49	12.93	27%
14:13:10	12.37	0.150	8.80	3.49	12.96	27%
14:13:20	12.37	0.149	8.83	3.50	12.93	27%
14:13:30	12.37	0.150	8.81	3.50	12.95	27%
14:13:40	12.37	0.150	8.82	3.50	12.95	27%
14:13:50	12.37	0.150	8.83	3.49	12.98	27%
14:14:00	12.38	0.150	8.84	3.49	12.98	27%
14:14:10	12.38	0.150	8.81	3.49	12.96	27%
14:14:20	12.38	0.150	8.82	3.50	12.95	27%
14:14:30	12.39	0.150	8.82	3.50	12.98	27%
14:14:40	12.40	0.150	8.84	3.49	12.97	27%
14:14:50	12.40	0.150	8.84	3.50	13.03	27%
14:15:00	12.40	0.150	8.84	3.50	13.01	27%
14:15:10	12.40	0.150	8.84	3.50	13.03	27%
14:15:20	12.39	0.150	8.84	3.51	13.02	27%
14:15:30	12.40	0.150	8.83	3.49	13.01	27%
14:15:40	12.39	0.150	8.85	3.51	13.01	27%
14:15:50	12.41	0.150	8.85	3.49	13.01	27%
14:16:00	12.40	0.151	8.85	3.50	13.06	27%
14:16:10	12.40	0.150	8.84	3.50	13.01	27%
14:16:20	12.40	0.150	8.84	3.48	13.01	27%
14:16:30	12.40	0.151	8.82	3.49	13.05	27%
14:16:40	12.40	0.150	8.83	3.49	13.02	27%
14:16:50	12.39	0.151	8.83	3.49	13.04	27%
14:17:00	12.40	0.150	8.85	3.50	13.01	27%

# 本編

ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
有限会社大吾屋

時刻	総落差[m]	流量[m <sup>3</sup> /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
14:17:10	12.40	0.150	8.84	3.51	12.99	27%
14:17:20	12.40	0.150	8.84	3.49	13.01	27%
14:17:30	12.39	0.150	8.81	3.50	12.98	27%
14:17:40	12.38	0.150	8.81	3.50	12.97	27%
14:17:50	12.38	0.150	8.82	3.48	12.98	27%
13:15:00	12.52	0.161	8.70	4.37	13.73	32%
13:15:10	12.49	0.162	8.66	4.40	13.75	32%
13:15:20	12.51	0.162	8.68	4.39	13.80	32%
13:15:30	12.51	0.162	8.70	4.39	13.77	32%
13:15:40	12.50	0.162	8.66	4.38	13.71	32%
13:15:50	12.50	0.161	8.70	4.36	13.77	32%
13:16:00	12.50	0.162	8.68	4.37	13.75	32%
13:16:10	12.49	0.162	8.67	4.37	13.74	32%
13:16:20	12.49	0.161	8.69	4.35	13.72	32%
13:16:30	12.48	0.161	8.67	4.36	13.72	32%
13:16:40	12.48	0.162	8.66	4.37	13.72	32%
13:16:50	12.48	0.161	8.68	4.35	13.71	32%
13:17:00	12.48	0.162	8.66	4.35	13.74	32%
13:17:10	12.48	0.162	8.66	4.37	13.71	32%
13:17:20	12.48	0.161	8.66	4.36	13.70	32%
13:17:30	12.45	0.162	8.64	4.37	13.68	32%
13:17:40	12.47	0.161	8.67	4.35	13.71	32%
13:17:50	12.44	0.162	8.60	4.35	13.65	32%
13:18:00	12.45	0.162	8.63	4.33	13.67	32%
13:18:10	12.44	0.161	8.64	4.34	13.65	32%
13:18:20	12.45	0.161	8.66	4.32	13.68	32%
13:18:30	12.44	0.161	8.63	4.33	13.64	32%
13:18:40	12.45	0.161	8.65	4.34	13.66	32%
13:18:50	12.45	0.162	8.64	4.35	13.68	32%
13:19:00	12.45	0.162	8.63	4.34	13.67	32%
13:19:10	12.45	0.161	8.64	4.34	13.66	32%
13:19:20	12.45	0.162	8.63	4.32	13.66	32%
13:19:30	12.44	0.161	8.62	4.32	13.64	32%
13:19:40	12.45	0.161	8.63	4.33	13.65	32%
13:19:50	12.44	0.161	8.63	4.34	13.65	32%
14:38:00	12.42	0.170	8.35	5.11	13.88	37%

# 本編

ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
有限会社大吾屋

時刻	総落差[m]	流量[m <sup>3</sup> /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
14:38:10	12.42	0.170	8.35	5.14	13.90	37%
14:38:20	12.42	0.170	8.35	5.13	13.92	37%
14:38:30	12.43	0.170	8.36	5.14	13.92	37%
14:38:40	12.44	0.171	8.35	5.15	13.96	37%
14:38:50	12.44	0.170	8.36	5.14	13.93	37%
14:39:00	12.42	0.170	8.34	5.14	13.89	37%
14:39:10	12.43	0.170	8.34	5.15	13.86	37%
14:39:20	12.42	0.170	8.36	5.15	13.89	37%
14:39:30	12.43	0.170	8.34	5.13	13.90	37%
14:39:40	12.40	0.170	8.31	5.14	13.84	37%
14:39:50	12.39	0.170	8.30	5.14	13.83	37%
14:40:00	12.37	0.170	8.30	5.15	13.81	37%
14:40:10	12.41	0.170	8.34	5.16	13.88	37%
14:40:20	12.41	0.170	8.32	5.15	13.87	37%
14:40:30	12.41	0.170	8.34	5.15	13.89	37%
14:40:40	12.35	0.170	8.27	5.17	13.77	38%
14:40:50	12.36	0.169	8.31	5.17	13.78	38%
14:41:00	12.36	0.170	8.29	5.13	13.79	37%
14:41:10	12.37	0.170	8.30	5.14	13.79	37%
14:41:20	12.38	0.170	8.30	5.14	13.82	37%
14:41:30	12.37	0.169	8.31	5.13	13.80	37%
14:41:40	12.34	0.170	8.26	5.12	13.74	37%
14:41:50	12.36	0.170	8.28	5.12	13.78	37%
14:42:00	12.36	0.169	8.28	5.12	13.74	37%
14:42:10	12.35	0.170	8.27	5.12	13.77	37%
14:42:20	12.34	0.170	8.26	5.11	13.76	37%
14:42:30	12.35	0.170	8.27	5.11	13.76	37%
14:42:40	12.37	0.169	8.32	5.10	13.79	37%
14:42:50	12.36	0.169	8.29	5.12	13.75	37%
13:35:00	12.44	0.180	7.73	6.24	13.67	46%
13:35:10	12.41	0.180	7.71	6.23	13.62	46%
13:35:20	12.44	0.180	7.72	6.23	13.65	46%
13:35:30	12.44	0.181	7.74	6.24	13.70	46%
13:35:40	12.45	0.180	7.74	6.25	13.69	46%
13:35:50	12.45	0.180	7.76	6.25	13.71	46%
13:36:00	12.45	0.180	7.76	6.25	13.69	46%

# 本編

ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
 有限会社大吾屋



時刻	総落差[m]	流量[m <sup>3</sup> /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
13:36:10	12.45	0.181	7.75	6.24	13.73	45%
13:36:20	12.44	0.180	7.74	6.25	13.67	46%
13:36:30	12.41	0.181	7.66	6.24	13.62	46%
13:36:40	12.46	0.181	7.75	6.24	13.74	45%
13:36:50	12.44	0.180	7.74	6.25	13.68	46%
13:37:00	12.44	0.180	7.74	6.25	13.66	46%
13:37:10	12.45	0.181	7.72	6.21	13.70	45%
13:37:20	12.45	0.181	7.74	6.23	13.71	45%
13:37:30	12.44	0.180	7.74	6.21	13.68	45%
13:37:40	12.42	0.180	7.73	6.22	13.67	46%
13:37:50	12.45	0.180	7.76	6.23	13.71	45%
13:38:00	12.44	0.181	7.74	6.25	13.72	46%
13:38:10	12.47	0.181	7.76	6.22	13.78	45%
13:38:20	12.46	0.181	7.74	6.24	13.72	45%
13:38:30	12.44	0.181	7.71	6.26	13.69	46%
13:38:40	12.46	0.181	7.73	6.24	13.72	45%
13:38:50	12.46	0.181	7.75	6.23	13.71	45%
13:39:00	12.43	0.180	7.72	6.26	13.66	46%
13:39:10	12.45	0.180	7.74	6.23	13.69	46%
13:39:20	12.44	0.181	7.72	6.27	13.68	46%
13:39:30	12.47	0.181	7.75	6.24	13.76	45%
13:39:40	12.45	0.181	7.71	6.21	13.72	45%
13:39:50	12.44	0.180	7.73	6.24	13.66	46%
17:39:00	11.60	0.206	7.20	9.57	14.52	66%
17:39:10	11.69	0.205	7.32	9.56	14.70	65%
17:39:20	11.52	0.206	7.11	9.55	14.33	67%
17:39:30	11.72	0.205	7.34	9.57	14.73	65%
17:39:40	11.64	0.206	7.23	9.58	14.58	66%
17:39:50	11.60	0.206	7.21	9.59	14.53	66%
17:40:00	11.69	0.206	7.26	9.58	14.64	65%
17:40:10	11.55	0.206	7.12	9.55	14.37	66%
17:40:20	11.51	0.206	7.09	9.57	14.29	67%
17:40:30	11.62	0.206	7.20	9.55	14.52	66%
17:40:40	11.69	0.205	7.28	9.56	14.62	65%
17:40:50	11.65	0.206	7.22	9.55	14.56	66%
17:41:00	11.64	0.205	7.23	9.58	14.51	66%

# 本編

ポンプ逆転水車 iGeneCon (i021002K)  
有限会社大吾屋

時刻	総落差[m]	流量[m <sup>3</sup> /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
17:41:10	11.66	0.205	7.24	9.55	14.56	66%
17:41:20	11.69	0.205	7.27	9.57	14.63	65%
17:41:30	11.61	0.205	7.20	9.58	14.47	66%
17:41:40	11.49	0.205	7.06	9.58	14.19	67%
17:41:50	11.52	0.206	7.08	9.57	14.27	67%
17:42:00	11.49	0.205	7.07	9.57	14.23	67%
17:42:10	11.55	0.205	7.16	9.55	14.35	67%
17:42:20	11.50	0.205	7.09	9.56	14.24	67%
17:42:30	11.49	0.205	7.06	9.55	14.21	67%
17:42:40	11.50	0.205	7.09	9.53	14.24	67%
17:42:50	11.45	0.205	7.04	9.53	14.12	67%
17:43:00	11.52	0.205	7.10	9.57	14.28	67%
17:43:10	11.49	0.206	7.05	9.57	14.19	67%
17:43:20	11.57	0.206	7.14	9.55	14.39	66%
17:43:30	11.52	0.206	7.06	9.55	14.26	67%
17:43:40	11.60	0.205	7.19	9.55	14.47	66%
17:43:50	11.56	0.206	7.12	9.54	14.36	66%