

環境省
平成 26 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
《詳細版》

平成 27 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 : 日立産機システム株式会社
製品名・型番 : エネルギー回収システム
実証試験実施場所 : 山形県飯豊町萩生第二配水池
実証番号 : 120-1302



地球温暖化対策技術分野
中小水力発電技術

実証番号 No.120-1302

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/>

【中小水力発電分野】

日立産機システム株式会社 エネルギー回収システム

も く じ

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] 実証試験結果	1
[4] 参考情報	2

本編

1 実証試験の概要と目的	1
2 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	2
2 - 1 実施体制	2
2 - 2 実証試験参加者の責任分掌	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	4
3 - 3 実証範囲と測定点	5
3 - 4 測定に使用する機器	7
3 - 5 測定値の加工方法	8
4 実証すべき内容	9
4 - 1 メーカーが公表している性能	9
4 - 2 本実証試験で実証する内容	10
5 準拠する試験方法と実際の試験方法	11
5 - 1 準拠する試験方法	11
5 - 2 - 1 一般事項	11
5 - 2 - 2 試験条件	11
5 - 2 - 3 試験の実施範囲	11
5 - 2 - 4 試験結果の計算及び判定	12
5 - 2 - 5 測定方法	12
5 - 2 - 6 試験成績書	13
6 実証試験場所の概要	14
7 実証試験の実施方法	15
7 - 1 流量・水位測定	15
7 - 2 電気測定	17
7 - 3 ダミーロード両端電圧測定	18

7 - 4	デジタルオシロスコープ	19
7 - 5	簡易型負荷調整器	22
8	実証試験で得られたデータ	23
8 - 1	測定値と分析に使用するデータのまとめ	23
8 - 2	流量	24
8 - 3	水圧	25
8 - 4	交流側測定値	27
8 - 5	直流側測定値	28
8 - 6	総合効率の算出	29
9	実証試験の結果と考察	30
9 - 1	発電出力と効率に関する評価と考察	30
9 - 2	性能一般に関する考察	30
9 - 3	総合評価	31
10	用語集	33
11	参考情報	34

【中小水力発電分野】
日立産機システム株式会社 エネルギー回収システム

【 全 体 概 要 】

[1] 実証対象技術の概要

小水力発電設備は、流量や落差などに応じて個別に最適な設計がされのが一般的であるが、実証対象製品はビルや上下水道の配管の途中に設置できるように発電機一体型インライン水車としてコンパクトに設計されている。構造的には縦軸フランシス水車と発電機が直結の構造で、増速機や伝達機を省略しているほか、ガイドベーンなどによる機械的な制御を行わないことから部品点数を削減している。

[2] 実証試験の概要

全体システムと、本実証試験において実証範囲とする性能測定対象システムの関係を図2に示す。

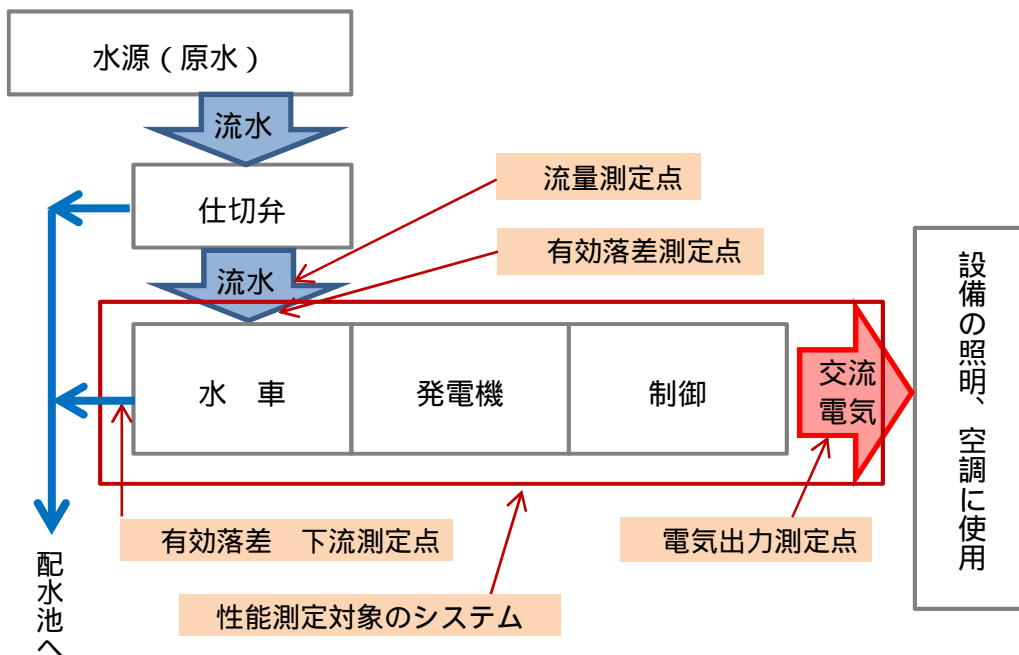


図2 全体システムと性能測定対象システム

[3] 実証試験結果

2014年3月12日15:25～15:31に行った実証試験で偶然出会った現象であるが、下流側水位センサが凍結により停止しており、回転数制御装置が正しく作動していなかったと推測され、寒冷地で屋外を使用する場合には凍結対策が必要であろう。電気出力の品質については、高調波歪率は4%以下であり、一般的な機器を設置する上で支障はない。実証対象製品の総合効率53%であり、数kW規模の製品としては標準的な性能と言える。安価な量産部品を利用しつつ回転数制御により落差・流量の変化に伴う効率低下を抑制した技術であり、応用範囲が広い製品といえる。水車発電機回りが一体化され、発電機盤、ダミーロードもシンプルな構造にパッケージ化されていて、現場での施工が容易であろう。

全体概要

【中小水力発電分野】
日立産機システム株式会社 エネルギー回収システム

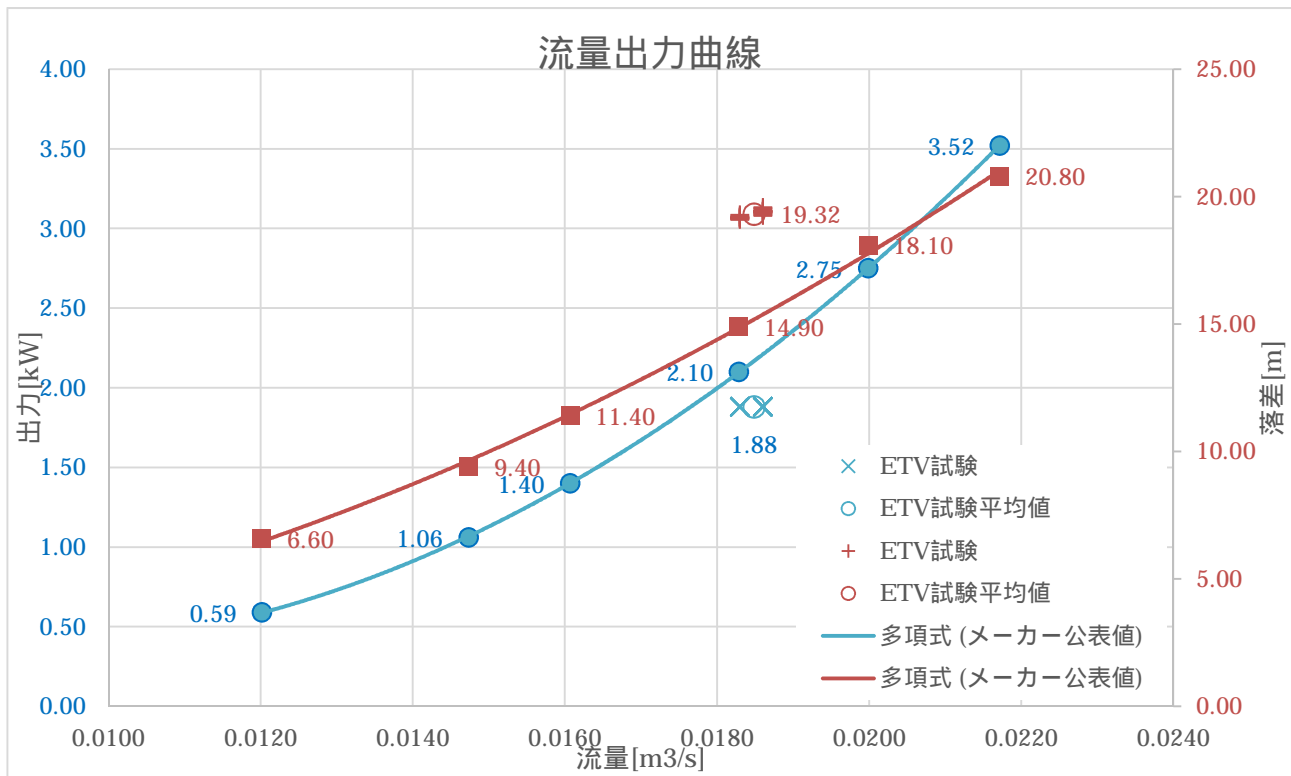


図9 - 1 実証した流量 出力曲線、流量 落差曲線とメーカー公表値

[4] 参考情報

製品データ（申請者の内容であり、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	EBS-F80L3-SSA2		
製造（販売） 企業名	株式会社日立産機システム (Hitachi Industrial Equipment Systems Co.,Ltd.)		
連絡先	TEL / FAX	TEL 03-4345-6000 FAX 03-4345-6916	
	ウェブサイト	http://www.hitachi-ies.co.jp/	
	E-mail	Yoshidomi-toshiharu@hitachi-ies.co.jp	
設置条件	周囲温度 0 ~ 40、水質 水道水相当 pH6 ~ 8、液温 0 ~ 80 設置場所 屋内専用		
メンテナンスの 必要性・コスト 耐候性・製品寿命 等	1年毎の点検整備（水車発電機の点検、発電機絶縁抵抗測定、振動測定）10万円/回 3年毎の点検整備（メカニカルシール、水切りツバ、パッキン、制御盤冷却ファンの交換）17万円/1回（部品代6万円）		
施工性	インライン水車のため、基礎工事不要。地元業者で施工可能。		
コスト概算	イニシャルコスト		
	機器	数量	
	製品価格 3kW 連系用	1 式	3,000,000 円
	配管工事 (基礎工事を含まない)	1 式	1,500,000 円
	合計		4,500,000 円

【中小水力発電分野】
日立産機システム株式会社 エネルギー回収システム

【 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、管路を流れる水圧がかかった水の利用、その他に大別することができる。

実証対象製品は管路を流れる水圧がかかった水を利用するインライン水車と発電機が一体構造で、上下水道、ビル内配管など未利用エネルギーが存在する配管の途中に設置可能なコンパクトな構造である。

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は、下図に示すとおり。

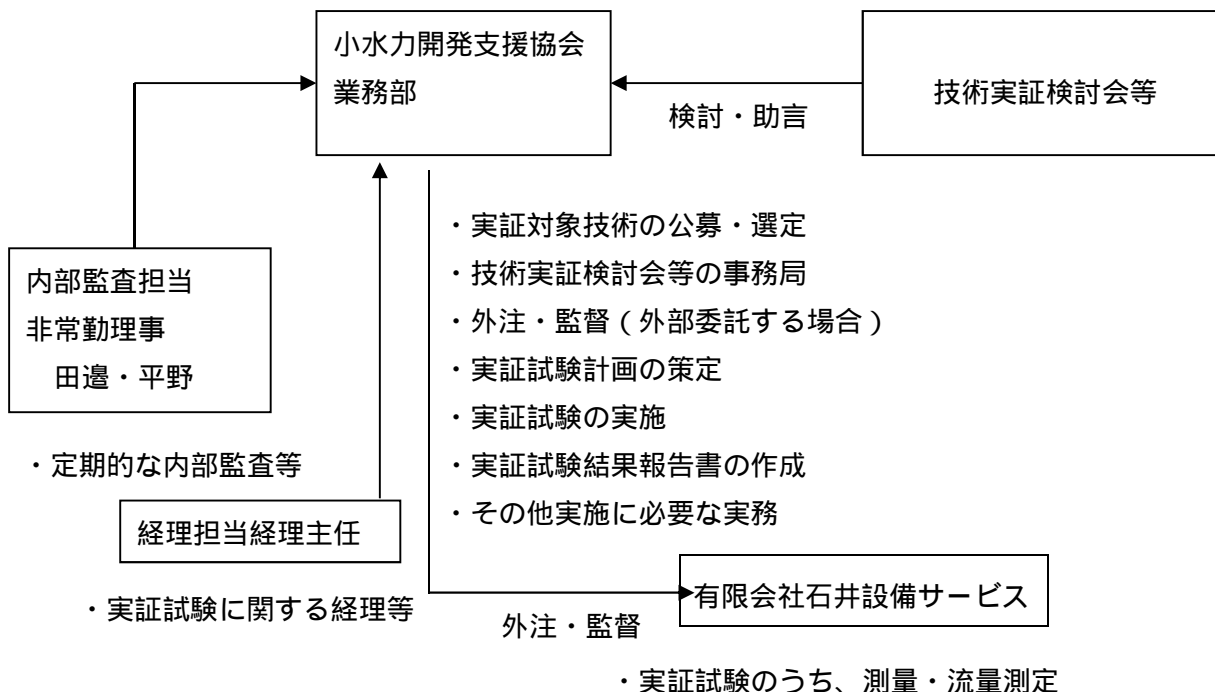


図 2-1 実施体制

2 - 2 実証試験参加者の責任分掌

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 松尾壽裕
		実証試験対象技術の公募・審査	
		技術実証検討会の設置・運営	
		実証試験計画の策定	中島 大
		実証試験の実施	
		実証試験結果報告書の作成	沖 武宏 松尾壽裕
		データの品質管理	
		実証試験の監査	
		ロガーデータの確認	
実証申請者	日立産機システム株式会社	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	酒井孝寿

3 実証対象技術（機器等）の概要

3 - 1 水車の概要

実証対象製品はインライン水車であり、概要を表 3-1 に外形図を 3-1 に示す。

表 3-1 実証対象技術の概要

製造者	株式会社日立産機システム
名称	エネルギー回収システム EBS-F80L3-SSA2
水車	縦軸単段フランシス水車
発電機	同期発電機 8極 回転速度 5000/min

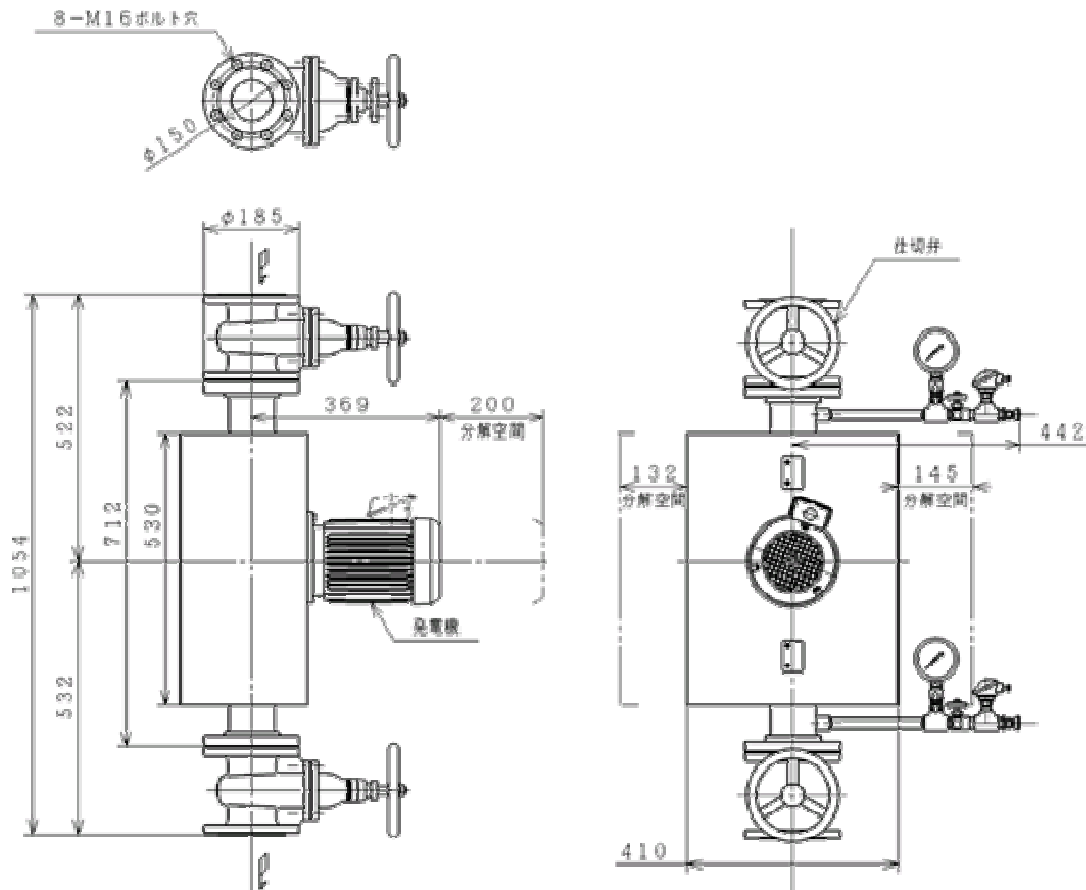


図 3-1 水車発電機外形図

3 - 2 電気回路の概要

実証対象製品の単線結線図を図 3-2 に示す。

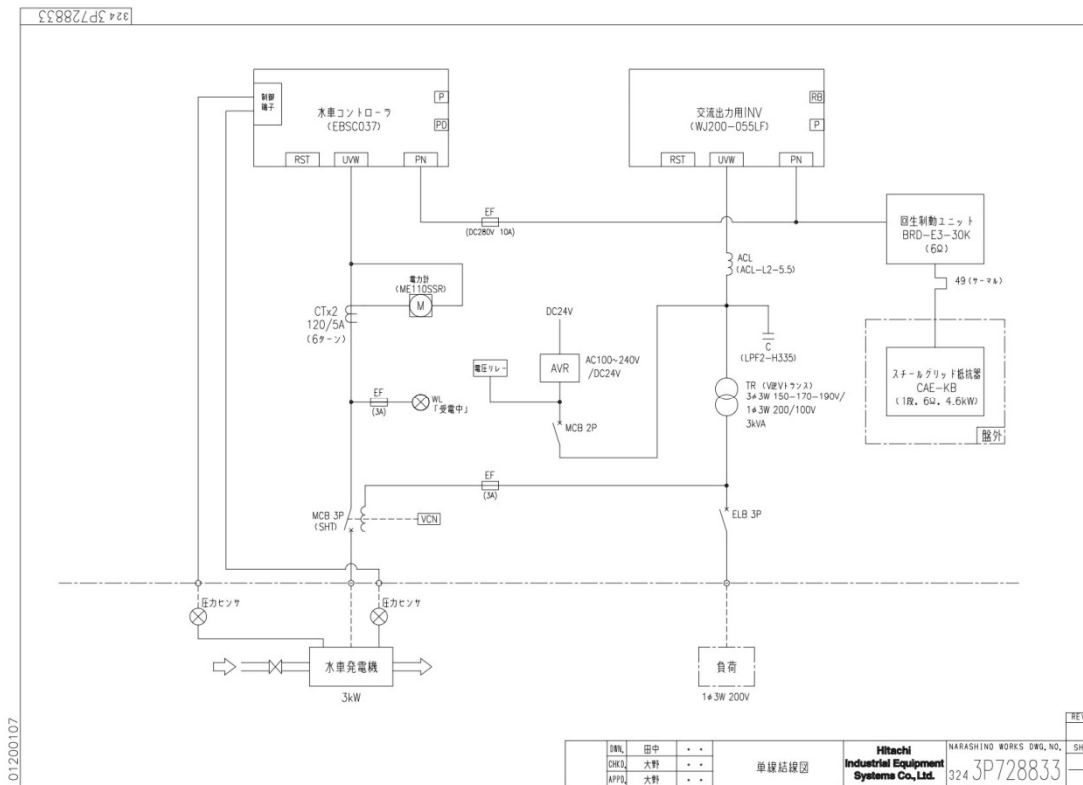


図 3-2 単線結線図

3 - 3 実証範囲と測定点

全体システムと、本実証試験において実証範囲とする性能測定対象システムの関係を図 3-3 に示す。また、流量測定点、有効落差上流測定点、有効落差下流測定点の測定位を図 3-4 に示す。

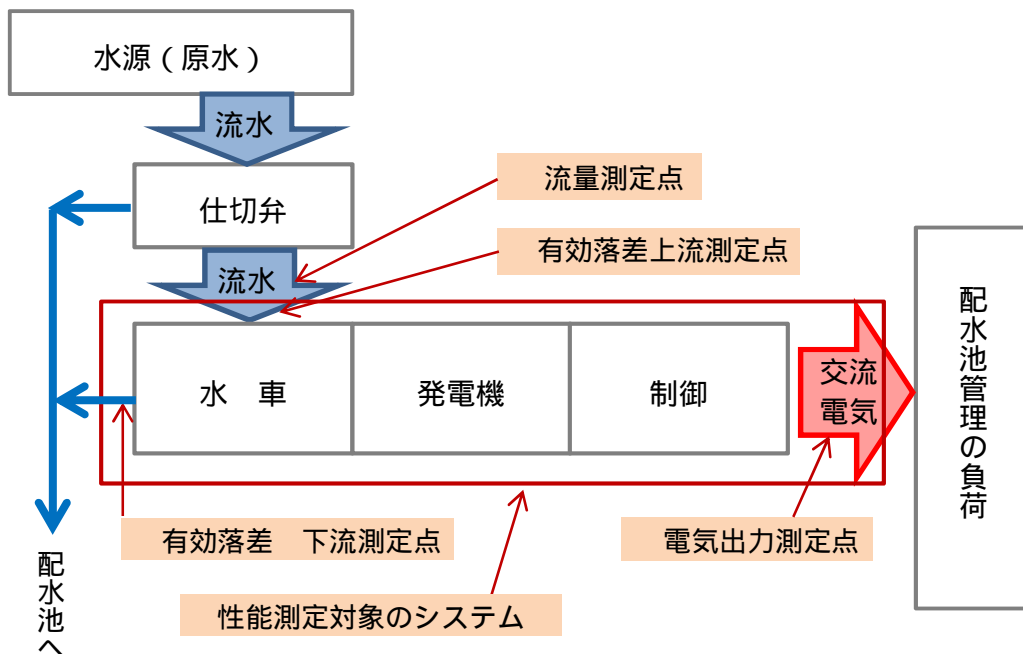
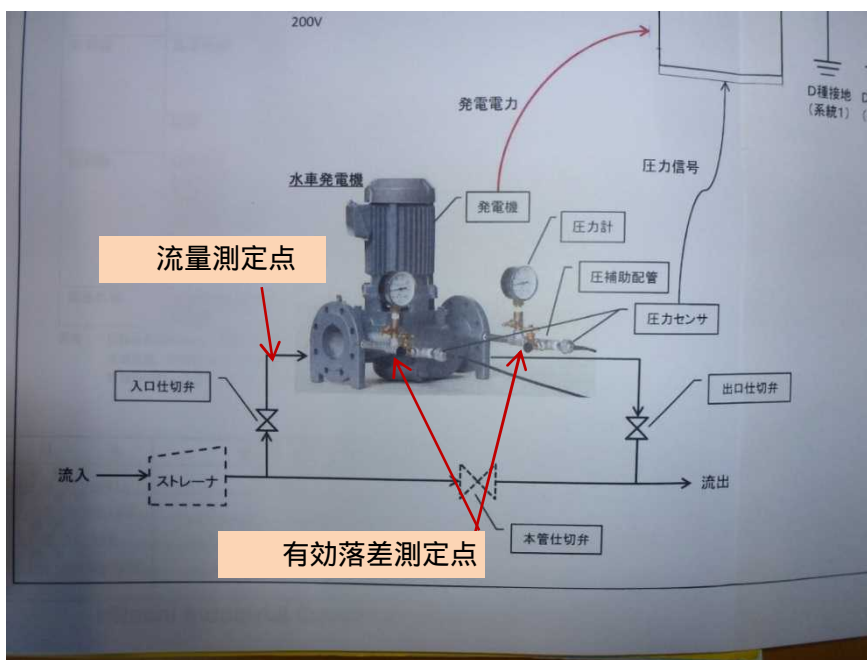


図 3-3 全体システムと性能測定対象システム



出典：試験対象機器施工図面

図 3-4 流量落差測定点の位置

電気出力について、交流電圧・電流、直流電圧・電流、ダミーロード両端電圧の測定位置を図 3-5 に示す。

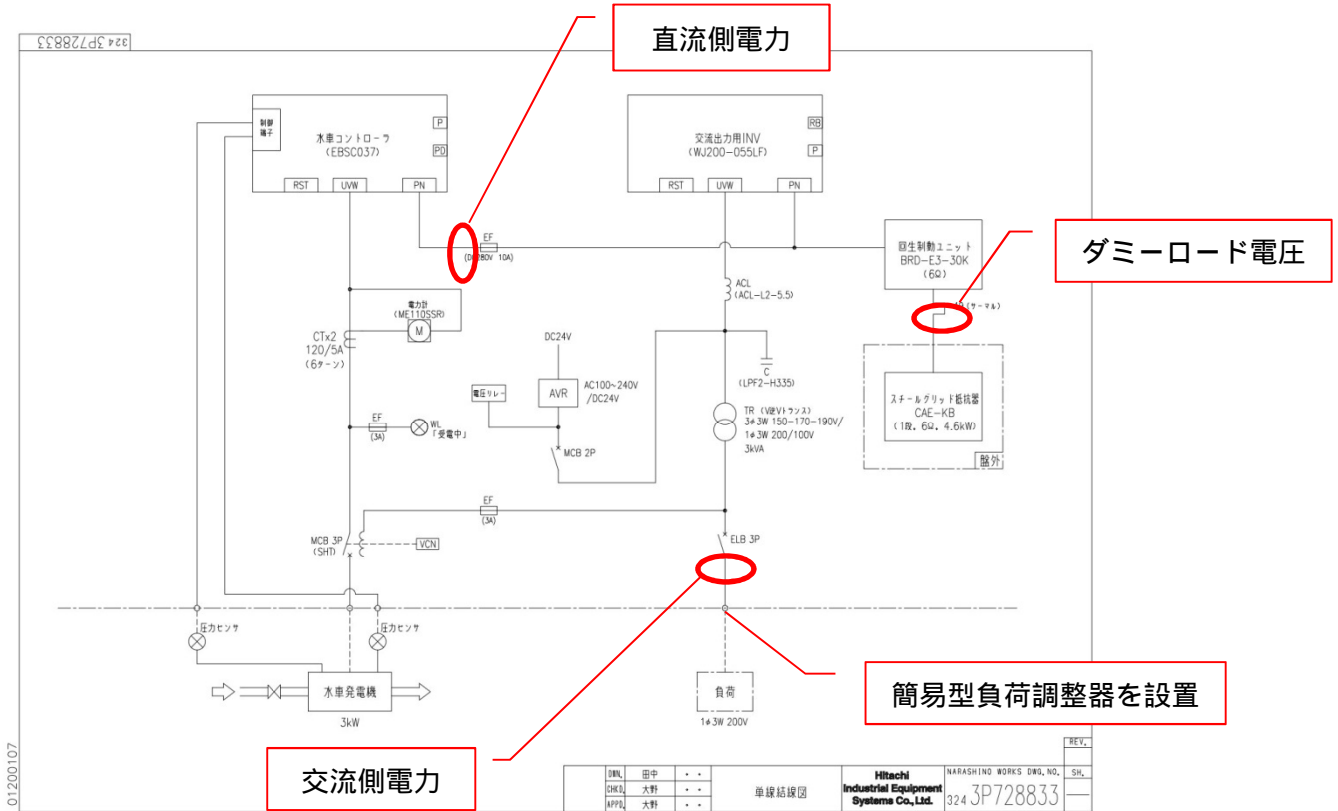


図 3-5 電気出力の測定点

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表 3-2 に、主な測定器の使用を表 3-3 に示す。

表 3-2 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 「 流量測定点」	電磁式流量計（水道施設に設置されていたものを使用）
有効落差	図 3-3 「 有効落差定点」	圧力センサ、デジタルマルチメータ
電力	図 3-3 「 電気出力測定点」	電源品質アナライザ
直流側電圧	図 3-5 「直流側電力」	デジタルマルチメータ
直流側電流	図 3-5 「直流側電力」	デジタルマルチメータ シャント抵抗
ダミーロード電圧	図 3-5 「ダミーロード電圧」	デジタルマルチメータ
波形確認	図 3-5 「直流側電力」	デジタルオシロスコープ

表 3-3 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
電磁式流量計	横河 YEWAG	YM200	流速 0.3 ~ 10m/s	± 0.5%FS
圧力センサ	長野計器(株)	KH13-S18 (日立専用品)	0 ~ 0.98MPa	± 1.6%FS
デジタルマルチメータ	三和電気計器(株)	PC720M	DC + AC ± 999.9V	± 2.2% rdg ± 6dgt (40 ~ 1kHz)
			DC + AC ± 60.00mV	± 1.0% rdg ± 6dgt (40 ~ 1kHz)
			AC ± 60.00mA	± 0.2% rdg ± 4dgt
シャント抵抗	(株)ピーシーエヌ	RXM50 (5m)	100W 以内	± 0.05%
電源品質アナライザ	日置電機(株)	3197	500mA ~ 5kA 600V 300W ~ 9MW	有効電力について ± 0.3%rdg ± 0.2%fs クランプオンセンサ の下記誤差が加わる ± 0.3%rdg ± 0.2%fs
デジタルオシロスコープ	岩通計測(株)	DS5102B	(波形確認が目的 なので省略)	(波形確認が目的 なので省略)

3 - 5 測定値の加工方法

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。

表 3-4 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
電磁式流量計	20 秒間隔の出力値を目視により記録する（毎分 10 秒・30 秒・50 秒）。
圧力センサ	圧力センサと制御装置の間にデジタルマルチメータを挿入し、4-20mA 電流信号をデジタルマルチメータで測定、サンプリング周期 1 秒でパソコンに記録した。
電圧測定用デジタルマルチメータ	サンプリング周期 1 秒でパソコンに記録した。
電流測定用デジタルマルチメータ	サンプリング周期 1 秒でパソコンに記録した。
電源品質アナライザ	サンプリング周期 2 秒本体内メモリに記録した。

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図 4-1 流量 - 出力曲線と、図 4-2 の流量 - 効率曲線である。流量および出力の測定点は図 3-3 に示した測定点と一致している。ただし有効落差については高出力、高効率になる組み合わせであり、実証試験の条件と相違があるので、分析する際に注意が必要である。

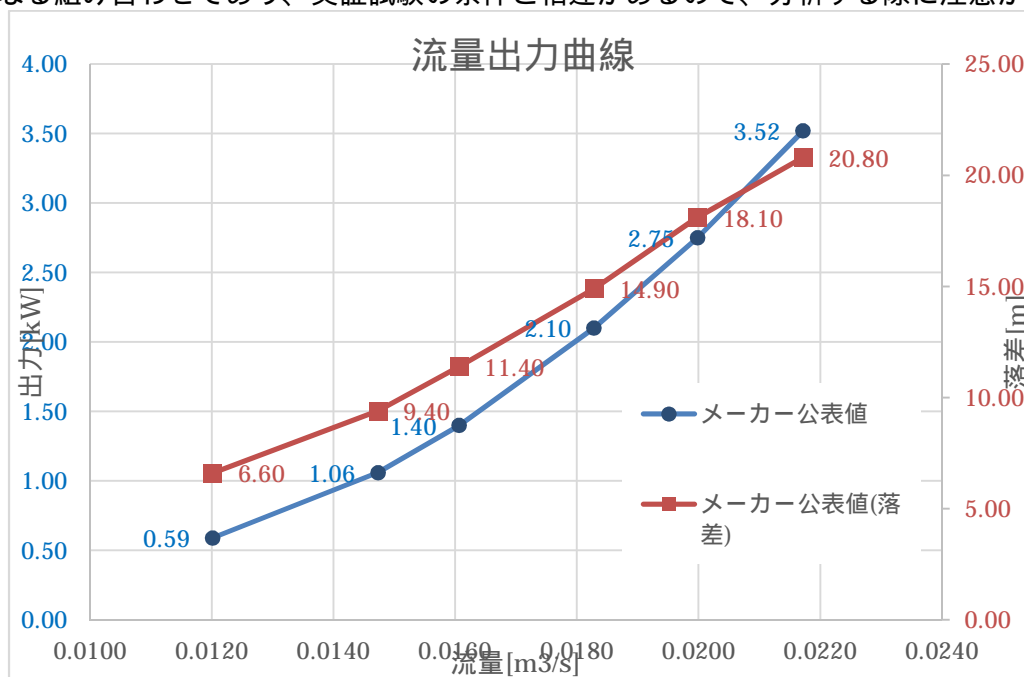


図 4-1 メーカーが公表している流量 - 出力曲線および流量 落差曲線

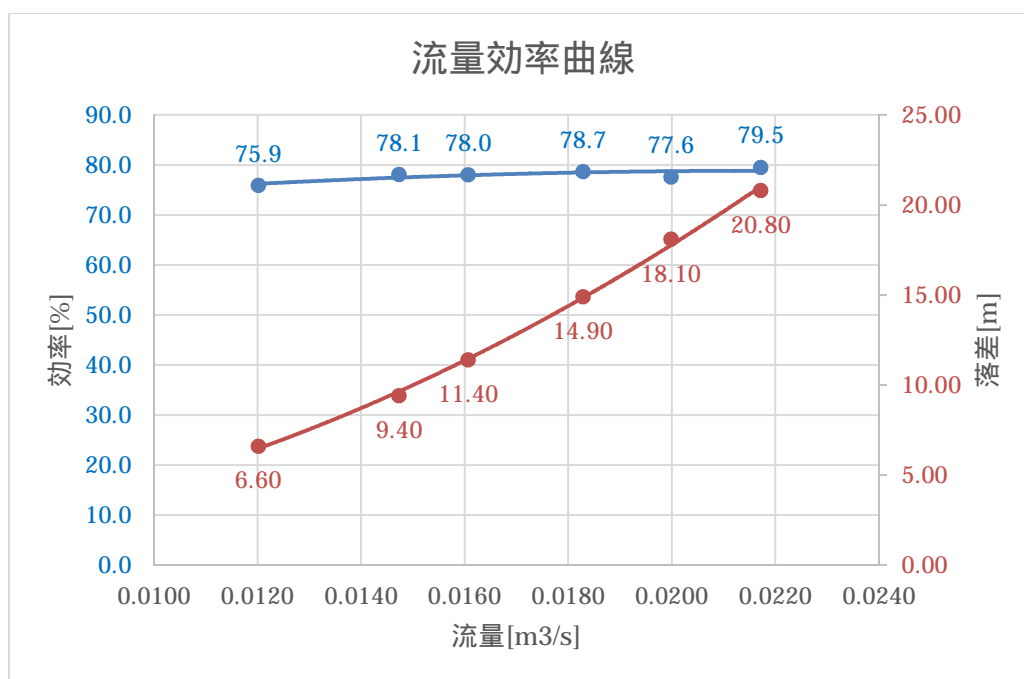


図 4-2 メーカーが公表している流量 - 効率曲線および流量 落差曲線

4 - 2 本実証試験で実証する内容

水車発電機の性能は、落差・流量に応じた効率と出力のそれぞれで評価されるのが一般的である。実証試験の流量範囲はメーカー公表値の流量範囲と重なる範囲とするが、実証対象製品では、機械的な流量制御を行わずに、インバーター制御によって一定の流量効率を維持する性質があることから、落差は一定のとなるが実証試験で得た流量範囲を実証対象とする。

5 準拠する試験方法と実際の試験方法

5 - 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）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製品は 5kW 程度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。

5 - 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、実証対象製品は売電開始から 1 年程度経過している。しかし、実証内容に影響するものとして特記すべきものはない。

5 - 2 - 2 試験条件

(1) 水車回転数

JEC 規格の試験条件では水車回転数に関する規定については契約書や仕様書で指定された状態と試験状態の偏差についての規定があるが、実証内容に影響するものとして特記すべきものはないため、特に定めずに試験を行うこととした。

(2) 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。

(3) 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。

5 - 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が、本実証試験では、現地の状況で測定可能な試験点で行うこととした。

(2) 測定回数

JEC 規格では、電磁式流量計による測定について定めがないため、実証試験要領に定める河川砂防技術基準に準拠した。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。

5 - 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 $1000[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、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

効率曲線（および出力曲線）については測定データを示すにとどめ、曲線を作成しなかった。

(4) 効率の判定方法

メーカー公表データと本実証試験では有効落差と流量が異なるため、考察を加えた上で判定は行わず、数値のみを本実証試験の結果として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。

5 - 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（3-3 参照）を実証することとしており、出力としては制御盤出力と所内負荷の間で有効電力を測定対象とした。

(3) 有効落差

有効落差を測定するために使用した水圧測定装置は JEC 規格に準拠した方法を採用した。

(4) 回転速度

回転速度は本実証試験の測定対象項目とはしなかった。

(5) 流量

JEC 規格では電磁式流量計による測定について定めがないため実施要領に照らし、測定精度に問題がないことを確認した。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。

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、(2)にも記したとおり実証の目的に支障をきたすことはなかった。

5 - 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。

6 実証試験場所の概要

飯豊町浄水場（山形県西置賜郡飯豊町大字小白川4087）原水流入管に設置された水力発電システムは、飯豊町浄水場は豪雪地にあるが、水力発電システムは稼働している。



図 6-1 発電設備の位置

7 実証試験の実施方法

7 - 1 流量・水位測定

水道管理者によると、水道水温は変化が少ないため、毎月 1 回の頻度で測定しているとのことであり、12 月以降のデータは表 7-1 のとおりであった。

理科年表によると、水温が 11 以下であれば小数点以下第 4 位の四捨五入で水の密度が 1.000 [kg/L] となる。本実証試験の精度から考えて、当日の水温測定を行わず水の密度を 1.000 [kg/L] としても問題ないと判断した。

表 7-1 試験実施日以前に水道管理者が測定・記録した水道水温データ

データの種類	測定日時	水温	気温
飯豊町水道の測定記録	12 月 9 日 9:30	8.0	3.0
	1 月 14 日 10:10	6.0	0.0
	2 月 10 日 9:30	7.0	2.0
	3 月 10 日 10:30	6.0	0.0

流量測定には、流量はセンサーから 4-20mA 電流信号が発せられ、それを計装盤のメーターで読むようになっていた。水道設備を停止して電流測定器を挿入することができなかったので、流量は目視で測定することとした。

計装盤の写真を写真 7-1 に示す。メーター類の一番左端が流量表示である。



2014年3月12日撮影

写真 7-1 計装盤の流量表示

水車直上と直下に設置された水圧センサからの 4-20mA 電気信号が発電機盤に届いていたので、そこにデジタルマルチメータを挿入して測定したところ、水車下流側のセンサ信号が異常値を示していた。今年に入ってから上流側のセンサが凍結で故障し交換したということだったので、下流側センサもその際にダメージを受けた可能性があるかと判断した。

下流側の配管に直接取り付けられた圧力計が 0.0 [MPa] を示していたことから、下流側の水圧はゼロ（大気圧）と考え、上流側のセンサ信号のみを使用することとした。

7 - 2 電気測定

交流側の測定には、電源品質アナライザを用い、測定時間内に記録周期 2 秒で記録されたデジタルデータを測定値とした（記録容量の関係で、周期を 1 秒ではなく 2 秒とした）。

図 2-2 に発電システム単線結線図と電気測定機器の取り付け位置を示した。使用した電源品質アナライザの製造者・型番と諸元は前掲表 3-3 に示すとおりである。

直流の測定は、電圧と電流をそれぞれ別のデジタルマルチメータで測定し、それを演算することで電力を算出した。デジタルマルチメータは測定データ取り込み用ソフト PCLink7 を起動したノートパソコンと接続し、測定時間内に記録周期 1 秒で記録されたデジタルデータを測定値とした。

電流の測定にあたっては、シャント抵抗（500mV / 100A）を測定部に挿入し、その両端電圧を測定することで電流の測定値を算出した。取り付け位置は前掲図 3-5 のとおりである。使用したデジタルマルチメータの機種と諸元は前掲表 3-3 示す通り。

7 - 3 ダミーロード両端電圧測定

ダミーロード両端電圧を測定する目的は簡易型負荷調整器の抵抗値（負荷の重さ）を調整し、ダミーロード消費電力がゼロに近く、かつ負荷が重すぎない状態にセットすることである。この調整は運転データ記録を開始する前に行い、運転データ記録中はダミーロード両端電圧の測定、記録は行わなかった。

取り付け位置は前掲図 3-5 の通りである。使用したデジタルマルチメータの機種と諸元を前掲表 3-3 の通り。

7 - 4 デジタルオシロスコープ

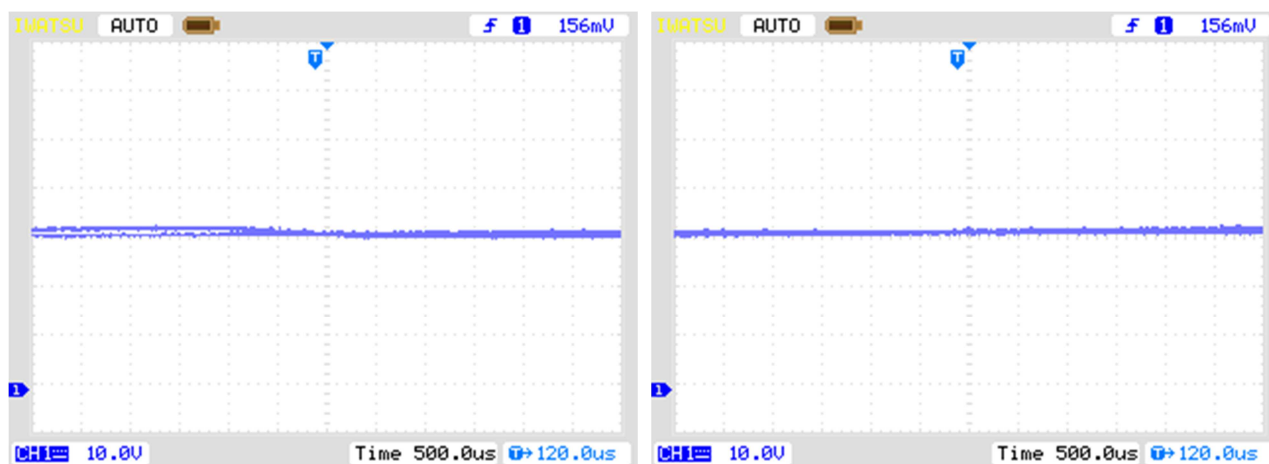
直流側波形を確認するためにデジタルオシロスコープを使用した。取り付け位置は直流側電力測定点と同じである。デジタルオシロスコープの機種と諸元は前掲表 3-3 の通り。

直流側電圧の測定にあたり、直流と見るか、リップル重畳波形と見るかを決めるためにデジタルオシロスコープで直流側電圧波形を確認した。画像化した波形を図 7-1、図 7-2 に示す。図 7-1 は測定前で負荷をかけていない状態での波形、図 3-2 は測定時間中の負荷がかかっている波形である。

この波形は、多少の乱れはあるものの一定周波数の交流が重なっている形状ではないので、直流として測定することとした。

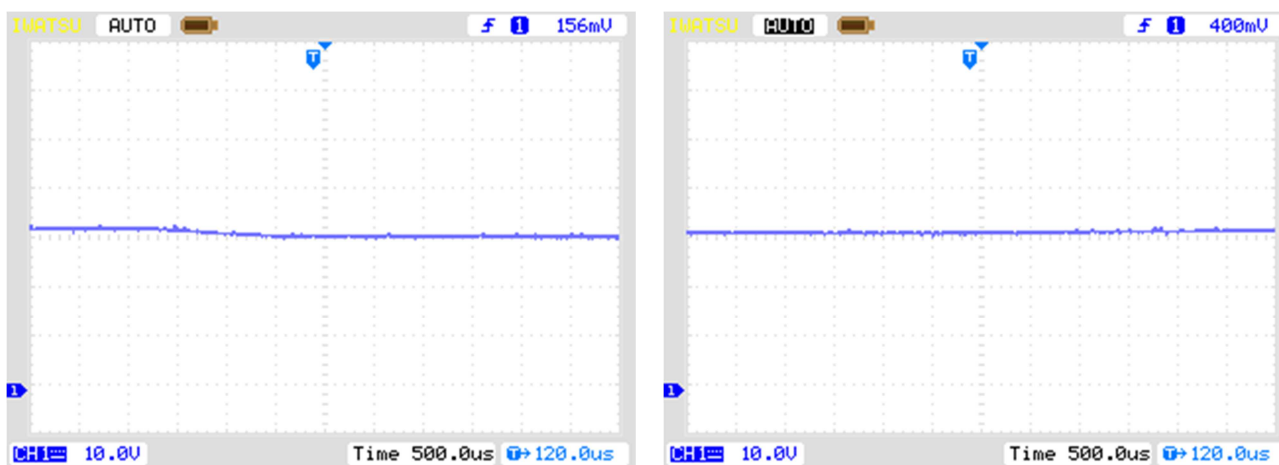
各測定器を前掲図 3-5 に示したように取り付けた状態を図 7-3 に示す。簡易型負荷調整器も取り付けられている。

その後、ロギングを行う機器（デジタルマルチメータを接続したパソコン、電源品質アナライザ）および目視測定用ストップウォッチの時刻合わせを行い、また、ロギングを行う機器の記録サイクルを 1 秒間に（電源品質アナライザは 2 秒間に）セットした。



撮影時刻：15:10 頃

図 7-1 直流側電圧の波形（測定前の無負荷状態）



撮影時刻：15:27 頃

図 7-2 直流側電圧の波形（測定開始後負荷がかかっている状態）

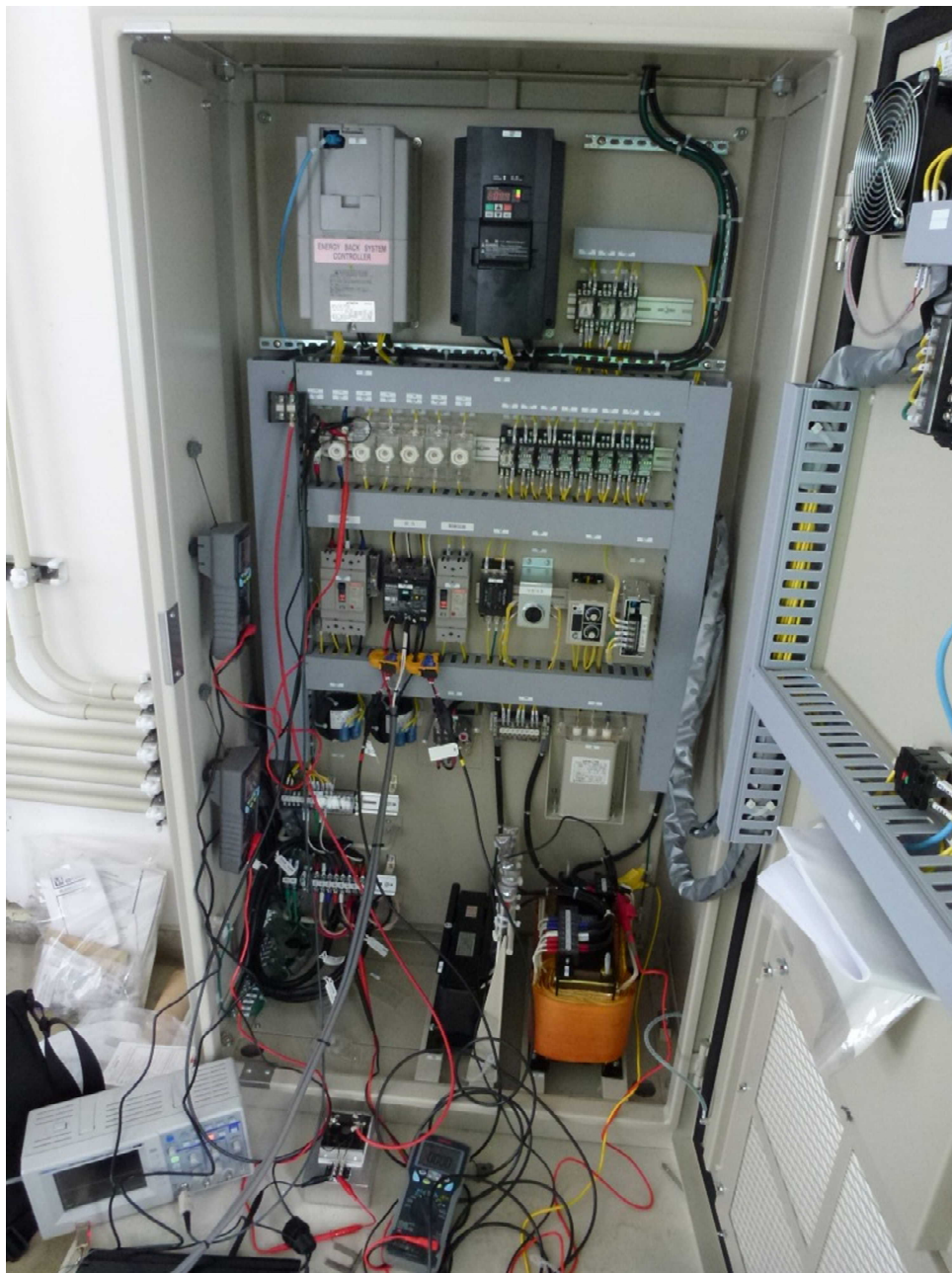


写真 7-2 発電機盤に測定器を取り付けた状態

7 - 5 簡易型負荷調整器

交流側の負荷装置として、簡易型負荷調整器を設置した。これは、500W 電球 8 本と 100W 電球 10 本をスイッチ操作することで負荷抵抗を変化させるものである。

回路概要図を図 7-3 に示す。

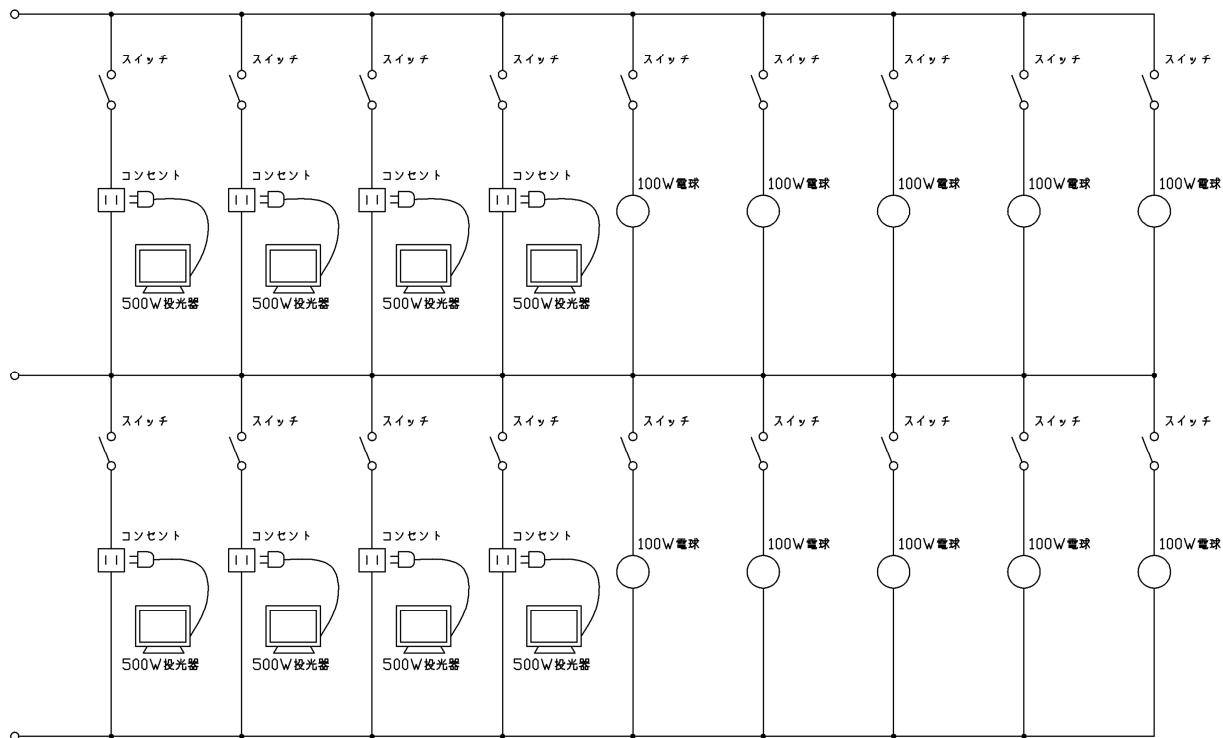


図 7-3 簡易型負荷調整器回路概要図

8 実証試験で得られたデータ

8 - 1 測定値と分析に使用するデータのまとめ

測定値と分析に使用するデータをまとめたのが表 8-1 である。

表 8 - 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
実施日時	2014年3月12日	13:00頃～16:30頃	15:25～15:31
気温	温度計の目視測定値	2.0 (14:34)	(分析には使用しない)
水温	水道事業者による12月～3月の水温を確認した	6～8	(分析には使用しない)
測定開始時刻	15:25に目視記録開始。	他の記録装置はこれ以前に記録を開始している。	-
測定終了時刻	15:31まで		-
流量	目視	20秒間隔で記録	8-2に記載
水圧	水圧センサの信号電流(4-20mA)	測定開始時刻から終了時刻までの記録値(サンプリング間隔1秒)	8-3に記載
交流側電力(高調波歪率)	電源品質アナライザの測定電力・歪率	測定開始時刻から終了時刻までの記録値(サンプリング間隔2秒)	8-4に記載
直流側電圧	測定点の電圧	測定開始時刻から終了時刻までの記録値(サンプリング間隔1秒)	8-5に記載
直流側電流	シャント抵抗両端電圧	測定開始時刻から終了時刻までの記録値(サンプリング間隔1秒)	8-5に記載
直流側電力	(算出値)	直流側電圧×直流側電流(各サンプリング値ごとに算出)	8-5に記載
理論出力	(算出値)	上流側水圧×流量(各サンプリング値ごとに算出)	8-6に記載
総合効率	(算出値)	交流側出力÷理論出力(各サンプリング値ごとに算出)	8-6に記載

8 - 2 流量

流量目視記録表（毎分 10 秒・30 秒・50 秒に読み取り）によれば、15 時 25 分 10 秒から 15 時 29 分 30 秒までの測定値が 67 [m³/h]、15 時 29 分 50 秒から 15 時 31 分 50 秒までの測定値が 66[m³/h] となっている。15 時 29 分 40 秒を境に流量が変化した（読み取り精度の最小値において）ものとして、表 8-2 の流量データを分析に使用することにする。

表 8-2 分析に使用する流量データ

時 刻	流 量	単 位	備 考
15:25:00 ~ 15:29:40	0.0186	m ³ /s	67 [m ³ /h]
15:29:40 ~ 15:31:00	0.0183		66 [m ³ /h]

8 - 3 水圧

パソコンに記録された水圧センサからの信号（1秒周期で記録）には細かい変動があったので、10秒ごとに集計したものを測定データとして分析に使用することにする。直接の測定データから集計した結果を表8-3に示す。

表 8-3 水圧データから有効落差の算出

時刻	水圧 [MPa]				有効落差 [m]
	平均値	最大値	最小値	振れ幅	平均値
15:25:10	0.1905	0.1917	0.1893	1.29%	19.43
15:25:20	0.1919	0.1942	0.1905	1.92%	19.57
15:25:30	0.1912	0.1923	0.1899	1.28%	19.50
15:25:40	0.1917	0.1923	0.1905	0.96%	19.55
15:25:50	0.1918	0.1929	0.1899	1.60%	19.56
15:26:00	0.1908	0.1929	0.1893	1.93%	19.46
15:26:10	0.1905	0.1923	0.1893	1.61%	19.43
15:26:20	0.1904	0.1917	0.1887	1.61%	19.42
15:26:30	0.1901	0.1911	0.1887	1.29%	19.38
15:26:40	0.1899	0.1911	0.1893	0.97%	19.36
15:26:50	0.1905	0.1929	0.1887	2.25%	19.43
15:27:00	0.1903	0.1917	0.1880	1.93%	19.41
15:27:10	0.1904	0.1923	0.1887	1.93%	19.42
15:27:20	0.1904	0.1923	0.1880	2.25%	19.42
15:27:30	0.1903	0.1917	0.1893	1.29%	19.41
15:27:40	0.1906	0.1923	0.1893	1.61%	19.44
15:27:50	0.1899	0.1911	0.1880	1.61%	19.36
15:28:00	0.1888	0.1899	0.1880	0.97%	19.25
15:28:10	0.1891	0.1905	0.1880	1.30%	19.28
15:28:20	0.1894	0.1911	0.1874	1.94%	19.31
15:28:30	0.1891	0.1905	0.1874	1.62%	19.28
15:28:40	0.1899	0.1917	0.1880	1.94%	19.36
15:28:50	0.1891	0.1905	0.1887	0.97%	19.28
15:29:00	0.1891	0.1905	0.1874	1.62%	19.28
15:29:10	0.1880	0.1893	0.1862	1.63%	19.17
15:29:20	0.1883	0.1893	0.1874	0.98%	19.20

15:29:30	0.1878	0.1893	0.1868	1.30%	19.15
15:29:40	0.1875	0.1887	0.1862	1.31%	19.12
15:29:50	0.1880	0.1887	0.1868	0.98%	19.17
15:30:00	0.1875	0.1887	0.1856	1.63%	19.12
15:30:10	0.1883	0.1899	0.1868	1.63%	19.20
15:30:20	0.1873	0.1880	0.1862	0.98%	19.10
15:30:30	0.1883	0.1899	0.1874	1.30%	19.20
15:30:40	0.1883	0.1899	0.1868	1.63%	19.20
15:30:50	0.1880	0.1893	0.1868	1.30%	19.17
15:31:00	0.1876	0.1880	0.1862	0.98%	19.13

8 - 4 交流側測定値

交流側の測定値のうち、平均電圧、平均電流、平均電力、最大電圧高調波率をデータとして使用する。10 秒間ごとに集計し、分析に使用することとする。結果を表 8-4 に示す。

表 8-4 分析に使用する交流側データ

時刻	平均電圧 [V]		平均電流 [A]		電力 [W]	最大電圧高調波歪率 [%]	
	U系	V系	U系	V系		U系	V系
15:25:10	92.4	92.2	10.18	10.17	1880	3.9	3.9
15:25:20	92.4	92.2	10.17	10.17	1880	3.9	3.9
15:25:30	92.4	92.2	10.17	10.17	1880	3.9	3.9
15:25:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	4.0
15:25:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:26:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:26:10	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:26:20	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:26:30	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:26:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	4.0
15:26:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:27:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	4.0	3.9
15:27:10	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:27:20	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	4.0	3.9
15:27:30	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:27:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	4.0
15:27:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:28:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:28:10	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:28:20	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	4.0	3.9
15:28:30	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:28:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:28:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:29:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:29:10	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:29:20	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:29:30	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:29:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	4.0
15:29:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:30:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	4.0	3.9
15:30:10	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:30:20	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	4.0
15:30:30	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:30:40	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:30:50	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	3.9	3.9
15:31:00	92.4	92.2	10.17	10.16	1880	4.0	3.9

8 - 5 直流側測定値

直流側では、出力電圧と、シャント抵抗両端電圧を測定し、1秒周期で記録した。シャント抵抗両端電圧と抵抗値から出力電流を算出し、それに出力電圧を乗じて出電力を算出した上で、他のデータと同様10秒間平均値にまとめたものを分析に使用する。結果を表8-5に示す。

表 8-5 分析に使用する直流側データ

時刻	直流電圧 [V]	直流電流 [A]	直流電力 [W]
15:25:10	317.5	6.97	2213
15:25:20	317.5	7.01	2227
15:25:30	317.0	6.93	2198
15:25:40	317.4	7.00	2223
15:25:50	317.4	7.03	2231
15:26:00	317.4	7.02	2229
15:26:10	317.3	7.05	2236
15:26:20	317.4	7.04	2235
15:26:30	317.6	7.01	2226
15:26:50	317.0	6.95	2204
15:27:00	317.1	6.90	2189
15:27:10	317.4	6.85	2174
15:27:20	317.9	6.87	2185
15:27:30	317.4	6.96	2210
15:27:40	317.7	6.92	2197
15:27:50	317.8	6.84	2173
15:28:00	317.6	6.87	2180
15:28:10	317.2	6.94	2200
15:28:20	317.2	6.90	2188
15:28:30	317.6	6.90	2193
15:28:40	317.2	6.92	2195
15:28:50	317.3	6.87	2181
15:29:00	317.5	6.85	2175
15:29:10	317.1	6.86	2176
15:29:20	317.5	6.83	2167
15:29:30	317.4	6.76	2145
15:29:40	317.5	6.81	2162
15:29:50	316.8	6.87	2176
15:30:00	317.1	6.76	2144
15:30:10	317.6	6.81	2162
15:30:20	317.2	6.78	2151
15:30:30	317.5	6.79	2157
15:30:40	316.1	6.79	2147
15:30:50	316.4	6.78	2144
15:31:00	317.0	6.77	2145

8 - 6 総合効率の算出

表 8-6 に流量、有効落差、電力出力を抽出し、下式により算出した理論出力と総合効率を示す。

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

$$\text{総合効率} = \text{電力出力} \div \text{理論出力}$$

表 8-6 総合効率の算出

時刻	流量[m ³ /s]	有効落差[m]	発電出力[kW]	理論出力[kW]	総合効率[%]
15:25:10	0.0186	19.43	1.88	3.54	53.08
15:25:20	0.0186	19.57	1.88	3.57	52.70
15:25:30	0.0186	19.5	1.88	3.55	52.89
15:25:40	0.0186	19.55	1.88	3.56	52.76
15:25:50	0.0186	19.56	1.88	3.57	52.73
15:26:00	0.0186	19.46	1.88	3.55	53.00
15:26:10	0.0186	19.43	1.88	3.54	53.08
15:26:20	0.0186	19.42	1.88	3.54	53.11
15:26:30	0.0186	19.38	1.88	3.53	53.22
15:26:40	0.0186	19.36	1.88	3.53	53.27
15:26:50	0.0186	19.43	1.88	3.54	53.08
15:27:00	0.0186	19.41	1.88	3.54	53.14
15:27:10	0.0186	19.42	1.88	3.54	53.11
15:27:20	0.0186	19.42	1.88	3.54	53.11
15:27:30	0.0186	19.41	1.88	3.54	53.14
15:27:40	0.0186	19.44	1.88	3.54	53.05
15:27:50	0.0186	19.36	1.88	3.53	53.27
15:28:00	0.0186	19.25	1.88	3.51	53.58
15:28:10	0.0186	19.28	1.88	3.51	53.49
15:28:20	0.0186	19.31	1.88	3.52	53.41
15:28:30	0.0186	19.28	1.88	3.51	53.49
15:28:40	0.0186	19.36	1.88	3.53	53.27
15:28:50	0.0183	19.28	1.88	3.46	54.37
15:29:00	0.0183	19.28	1.88	3.46	54.37
15:29:10	0.0183	19.17	1.88	3.44	54.68
15:29:20	0.0183	19.2	1.88	3.44	54.60
15:29:30	0.0183	19.15	1.88	3.43	54.74
15:29:40	0.0183	19.12	1.88	3.43	54.83
15:29:50	0.0183	19.17	1.88	3.44	54.68
15:30:00	0.0183	19.12	1.88	3.43	54.83
15:30:10	0.0183	19.2	1.88	3.44	54.60
15:30:20	0.0183	19.1	1.88	3.43	54.88
15:30:30	0.0183	19.2	1.88	3.44	54.60
15:30:40	0.0183	19.2	1.88	3.44	54.60
15:30:50	0.0183	19.17	1.88	3.44	54.68
15:31:00	0.0183	19.13	1.88	3.43	54.80
15:25 ~ 15:31 (6 分間平均値)	0.0185	19.32	1.88	3.50	53.73

9 実証試験の結果と考察

9 - 1 発電出力と効率に関する評価と考察

分析結果を表 5-2 に示す。

表 9-1 分析結果

項 目	値	データ変動範囲、特記事項
理論出力 (6分間の平均値)	3.51 kW	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水圧：0.187～0.192 MPa (水頭 19.12～19.59 m) ・ 流量：0.183～0.186 m³/s (1.098～1.116 m³/min) 【水車発電機の定格運転範囲】 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水頭：13.0～20.0 m ・ 流量：0.96～1.30 m³/min
直流側出力 (6分間の平均値)	2.19 kW	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電圧：315.1～319.3 V ・ 電流：6.72～7.11 V 機器内部の値であり、参考値である
交流側出力	1.88 kW	測定確度の範囲において測定時間中一定であった
総合効率 (各データの6分間平均値に対する値)	53.5%	<ul style="list-style-type: none"> ・ 理論出力：3.43～3.57 kW ・ 交流側出力：2.14～2.24 kW メーカーが測定・公表した最高効率の条件で測定したわけではない
高調波歪率 (電圧)	3.9～4.0%	1次から50次の合計。

9 - 2 性能一般に関する考察

実証試験結果の流量 - 出力曲線を図 9-1 に示す。メーカー試験における中流量程度の 0.0185m³/s であり、落差流量の調整ができなかったため、この条件の下で試験実施した。また、落差もメーカー試験 14.90m に対して 19.32m であり、メーカー公表値の試験条件と異なる条件であったため、出力ではメーカー公表値 2.1kW に対して 1 割程度低下して 1.88kW、総合効率ではメーカー公表値 78.7%と比較して 2 割程度低下した 53.7%となった。これは水車の機械的な制御を行わず、インバータ制御による製品として不合理な相違ではない。

また、実証試験で偶然出会った現象であるが下流側水位センサが凍結により停止しており、回転数制御装置が正しく作動していなかったと推測される。メーカーによれば、この影響で総合効率が 3%程度低下しているだろうとのことであった。寒冷地で屋外を使用する場合には凍結対策が必要であろう。

電気出力の品質については、高調波歪率は 4%以下であり、一般的な機器を設置する上で支障はない。

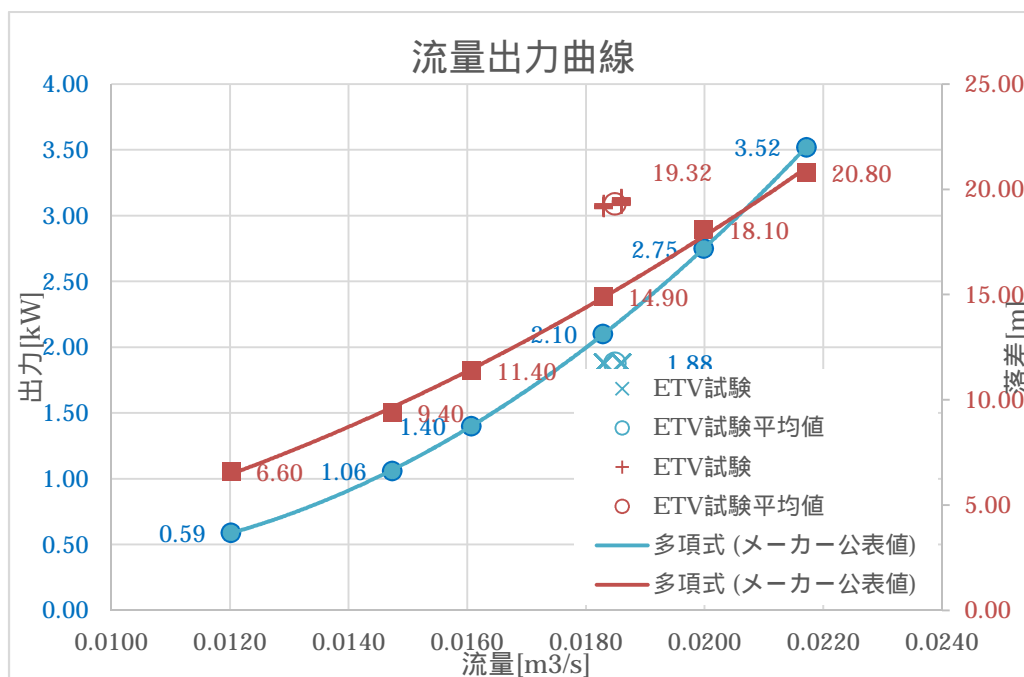


図 9 - 1 実証した流量 - 出力曲線とメーカー公表値

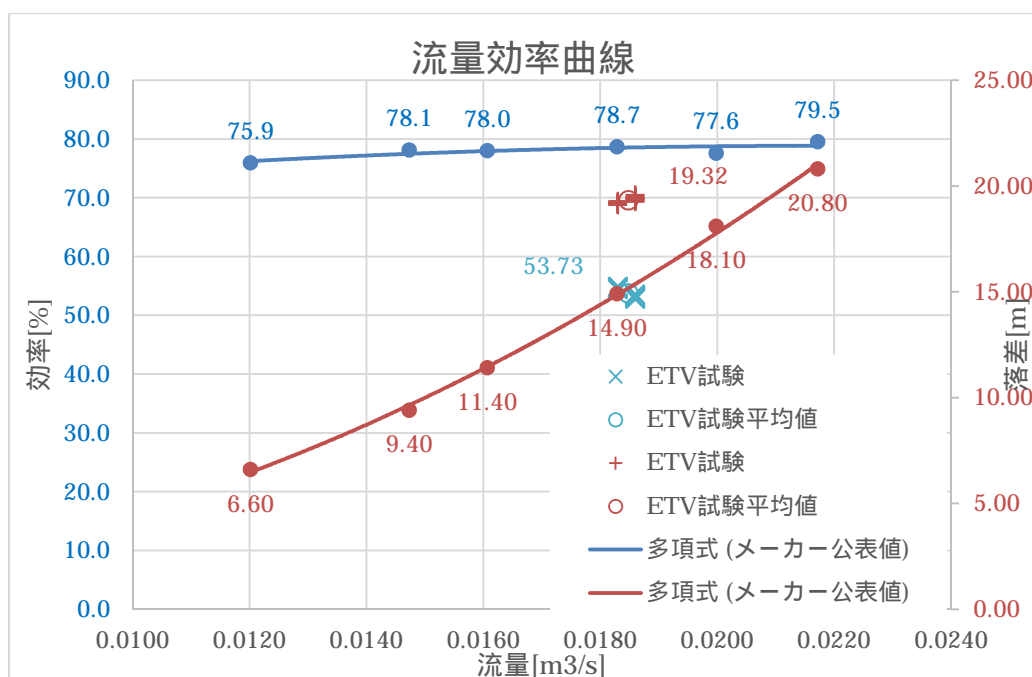


図 9-2 実証した流量 - 効率曲線とメーカー公表値

9 - 3 総合評価

実証対象製品のような数 kW 規模の製品では、総合効率が 50%以上であれば十分な性能と考えられ、本実証試験における総合効率 53%であった。安価な量産部品を利用しつつ回転数制御により落差・流量

の変化に伴う効率低下を抑制した技術であり、応用範囲が広い製品ということができる。水車発電機回りが一体化され、発電機盤、ダミーロードもシンプルな構造にパッケージ化され、現場での施工が容易であろう。

10 用語集

本実証試験報告書における用語の定義を表 10-1 に示す。

表 10-1 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。

1 1 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	EBS-F80L3-SSA2		
製造（販売） 企業名	株式会社日立産機システム (Hitachi Industrial Equipment Systems Co.,Ltd.)		
連絡先	TEL / FAX	TEL 03-4345-6000 FAX 03-4345-6916	
	ウェブサイト	http://www.hitachi-ies.co.jp/	
	E-mail	Yoshidomi-toshiharu@hitachi-ies.co.jp	
設置条件	周囲温度 0～40、水質 水道水相当 pH6～8、液温 0～80 設置場所 屋内専用		
メンテナンスの 必要性・コスト 耐候性・製品寿命 等	1年毎の点検整備（水車発電機の点検、発電機絶縁抵抗測定、振動測定） 10万円/回 3年毎の点検整備（メカニカルシール、水切りツバ、パッキン、制御盤冷却ファンの交換）17万円/1回（部品代6万円）		
施工性	インライン水車のため、基礎工事不要。地元業者で施工可能。		
コスト概算	イニシャルコスト		
	機 器	数 量	
	製品価格 3kW 連系用	1 式	3,000,000 円
	配管工事(基礎工事を含まない)	1 式	1,500,000 円
	合 計		4,500,000 円