

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強
第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

Main : 2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

Sub : 1-b) 投資支援策(固定価格買取制度(FIT)、RPS 制度、資金援助、税の控除等)

プロジェクト名 : 陰平発電所への河川維持流量発電設備増設
 国、地域 : 日本、徳島県
 プロジェクトの実施機関 : 四国電力株式会社
 プロジェクトの実施期間 : 2009 年～2010 年
 更新と増強の誘因 : (C) 発電機能向上の必要性
 キーワード : 河川維持流量発電、既設トンネル流用、水車 2 台直列設置、一定流量制御

要旨

陰平発電所における河川維持流量発電設備は、発電所上流に位置する小見野々ダムから既設導水路を経由して分岐・放流している河川維持流量を利用した最大出力 150 kW の発電設備であり、平成 22 年 4 月に運転を開始した。

水車・発電機については、狭隘な既設トンネル（発電所建設当時の工事用トンネル）内に設置できる安価なパッケージ型水車を 2 台直列配置することで設置スペースの制約や高落差に対応するとともに、国内で初めてこの配置形態での一定流量制御方法を考案・実用化した。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

陰平発電所は、徳島県的那賀川水系那賀川に位置する最大出力 46,500 kW のダム水路式発電所である。

当発電所では、平成 8 年の水利権更新の際、河川維持流量が義務付けられた事から、小見野々ダム直下約 200 m にある建設時の工事用トンネル（横坑）内に維持放流設備（配管、放流弁）を設け、通年、0.54 m³/s をダム下流に放流していた。（図－1）、（表－1）

表－1 陰平発電所諸元

項 目		諸 元
発電所	発電所名	陰平発電所
	最大出力	46.5 MW
	最大使用水量	60.0 m ³ /s
	有効落差	89.7 m
ダ ム	ダ ム 名	小見野々ダム
	水系・河川名	那賀川水系 那賀川
	型 式	アーチ式
	堤 高	62.5 m
	提 頂 長	151.78 m



図－1 陰平発電所位置図

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因及び具体的なドライバー

① 状態、性能、リスクの影響度等
(該当なし)

② 価値（機能）の向上

(C)－(a) 発電機能向上の必要性－効率向上、増設、出力・アワー増

蔭平発電所では、平成8年の水利権更新の際、河川維持流量が義務付けられたことから、通年、0.54m³/sを放流しており、水力エネルギーの活用余地があった。

(C)－(b) 発電機能向上の必要性－発電用途の変更、機能付加

設置スペースの制約や高落差に対応するため、水車2台を直列設置することとしたが、ダム水位の変動に際しても一定流量での発電を行う必要があった。

③ 市場における必要性
(該当なし)

2.2 経緯

2008.5	プロジェクト本格検討開始
2009.9	土木工事着工
2009.12	電気工事着工
2010.1	土木本体工事完了
2010.2	電気設備据付完了
2010.3～4	電気設備試験（2台直列制御試験含む）
2010.4	竣工・運転開始

2.3 内容（詳細）

1-b) 投資支援策（固定価格買取制度（FIT）、RPS制度、資金援助、税の控除等）

1,000 kW以下の水力発電については、平成19年度からダム式およびダム水路式における維持放流発電等がRPS法の対象とされるとともに、補助金制度も拡充されるなど行政面でも中小水力開発促進に向けた施策が講じられている。

このような中、蔭平発電所は、平成8年の水利権更新の際に、河川維持流量が義務付けられたため、0.54 m³/sを維持放流しており、この河川維持流量を利用した発電計画について検討した結果、

- ・燃料費削減に寄与できる
- ・RPS義務量達成に寄与できる
- ・CO₂排出削減に寄与できる

などの効果が見込め、経済性が確保できる見通しが得られた。このため、既設維持放流設備を改修（管径から流用できない部分は撤去）して最大出力150kW、年間発電電力量97万kWhの発電設備を設置したものである。（図－2）

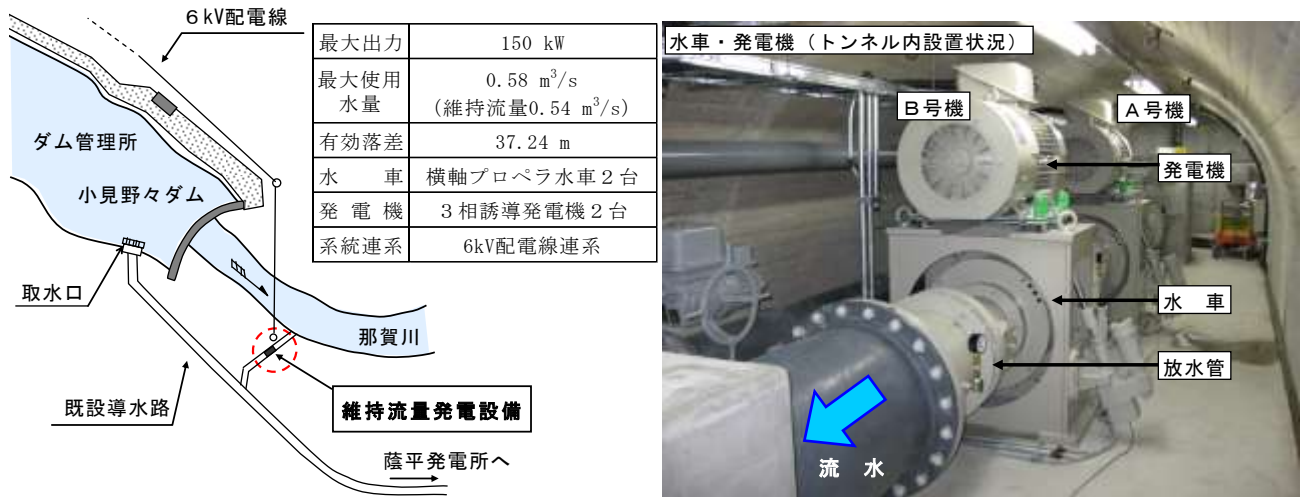


図-2 発電所位置および写真

2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

水車については、通常フランシス水車の適用領域であるが、狭隘な既設トンネル（発電所建設時の工事事トンネル）内にフランシス水車を設置するためには、トンネルの拡幅が必要になる。また、発電規模も小規模であることから投資コストの抑制を図る必要がある。

このため、

- ・既設トンネル（幅 3.2m×高さ 2.4m×延長 64.2m）を拡幅することなく、設置可能で保守点検にも支障を来さない
- ・通常のダム水位の変動に対しても運転停止することなく流量を一定に調整し、所定の河川維持流量を連続して発電放流可能

などの条件を満たすパッケージ型水車を模索したが、単機では、本計画の落差（37.24m）に適用できる機種はなかった。

そこで、横軸プロペラ水車2台を直列設置し、落差を分担する形態を採用することにより、既製のパッケージ水車の適用を可能とするとともに、国内で初めてこの形態での一定流量制御方法を考案・実用化した。（図-3）

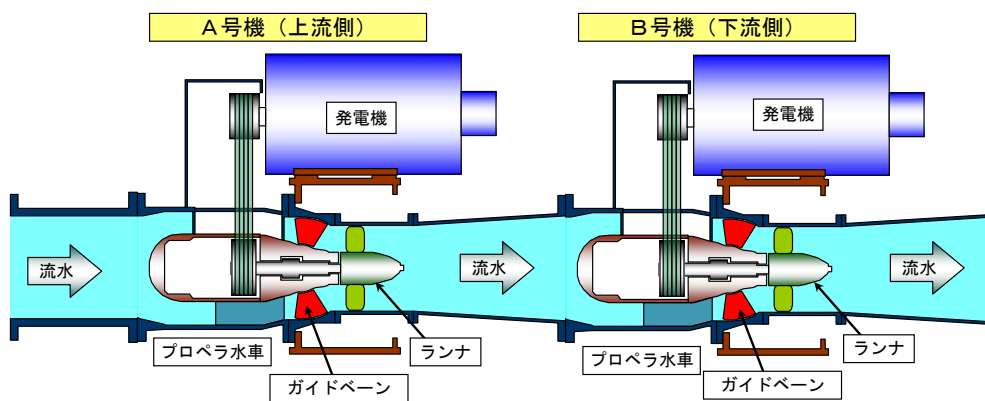


図-3 水車断面図

水車の直列設置形態での流量制御については、ガイドベーンの開閉により、流量が変化することに加え、各水車の落差分担比率が変化することで出力が不規則に変動し出力バランスの調整が困難である。（図-4）

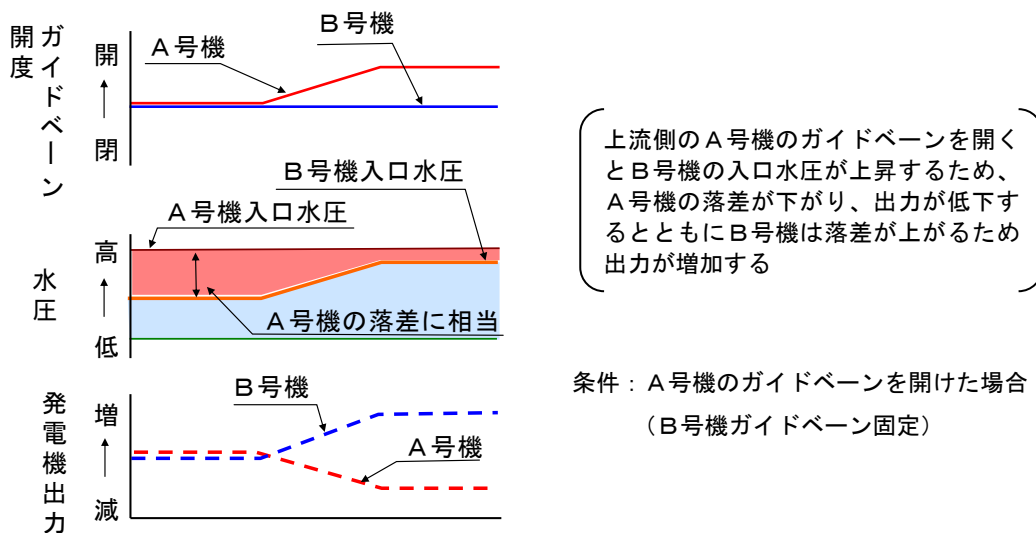


図-4 ガイドベーン開度と出力の関係

このため、2台の水車出力を短時間でバランスさせる方法について種々検討した結果、上流側のA号機を制御し、下流側のB号機を追従させる方法（追従制御）を採用することにより、所望の出力調整が実施できる見通しが得られた。

通常、追従制御は、下流側のB号機の出力を上流側のA号機に合わせるようにガイドベーンを開閉するが、開度を大きく変化させると2台の水車間の水圧が変動し、これにより基準となるA号機の出力も大きく変動するため、B号機を小刻みに制御しA号機に追従させる必要があり、2台の出力がバランスするまでに長時間を要する。

このため、まず、A、B号機の出力を概ねバランスさせるため、A、B号機のガイドベーン開度を一致させ、次にA号機のガイドベーンを小刻みに調整し、B号機の出力をA号機に合わせる方法を考案・開発し、現地での実機調整試験において、ガイドベーンの開閉タイミングや開度、制御条件など適正な設定値を見出すことで、短時間で安定した出力調整が可能となった。（図-5）

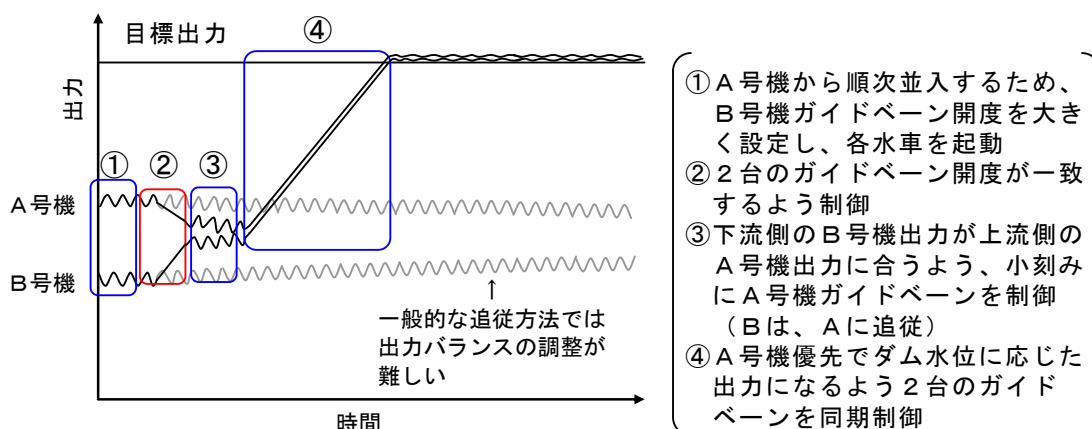
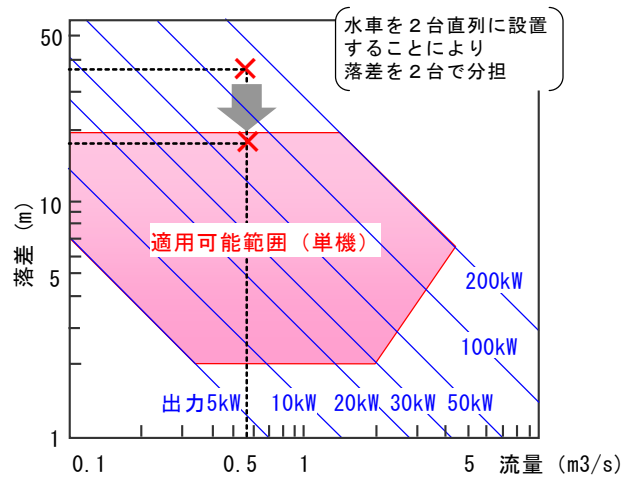


図-5 追従制御のイメージ

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

- ・パッケージ型横軸プロペラ水車を直列に設置することで、設置スペースの制約や高落差に対応（図－6）
- ・水車直列設置形態での一定流量制御方法の考案・実用化



図－6 横軸プロペラ水車の適用範囲

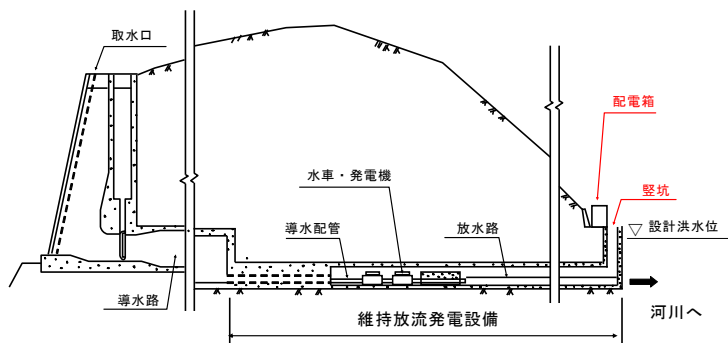
3.2 成功の理由

本プロジェクトの成功の要因は、流量調整が可能な安価なパッケージ型水車を選定し、直列設置することで、トンネルを拡幅することなく、高落差地点に対応した点が挙げられる。また、直列設置形態での流量調整のための制御方法を考案し、実機での試験結果をもとに、ガイドベーンの開閉タイミングなどの適正な設定値を見出したことも成功の一因である。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

【浸水対策】

- ・水車発電機などの電気設備を洪水位よりも低い位置に設置する場合は、浸水対策が必要である。本プロジェクトでは、洪水位がトンネル天端高以上となることから、坑口をコンクリート壁で閉鎖し、坑内との連絡用に竖坑を設置した。また、配電箱については、嵩上げた造成スペースに設置した。（図－7、8）



図－7 水車・発電機、配電箱設置位置



図－8 配電箱設置状況

【河川維持流量の確保】

- ・河川維持流量を利用した発電設備は、発電設備の点検・故障時にも河川維持流量を確実に放流する必要がある。このため、本プロジェクトではバイパス管を設置し、発電停止時には自動的に放流切替が可能な設備構成とした。(図-9)
- ・また、入口弁と放流弁の制御・駆動電源についても配電線事故時による停電を考慮し、無停電電源装置から供給する対策を実施した。

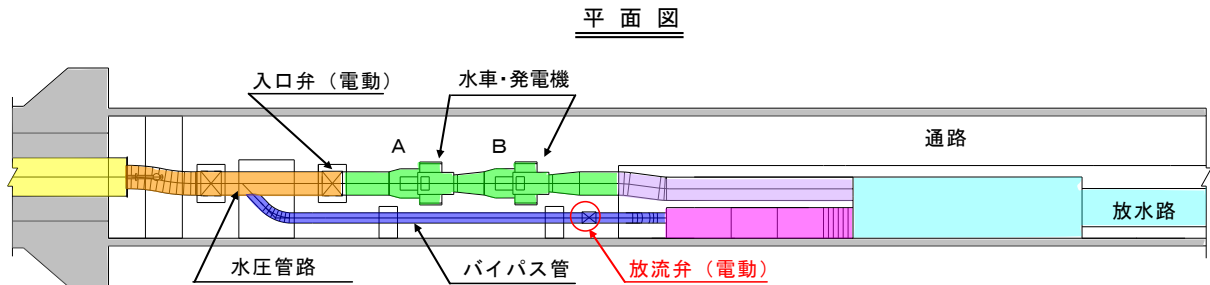


図-9 バイパス管・放流弁

5. その他 (モニタリング、事後評価等)

本維持流量発電設備は、運開以降ほぼ計画通りの発電を行っているが、取水口スクリーンを既設機 (最大使用水量 60.0 m³/s) と共用しており、スクリーンの目幅が広いとためゴミ詰まりが発生していた。

このため、水車のゴミ詰まり時には、放流弁を開放し維持流量を確保した上で、水車の起動停止を数回行う除塵用の自動シーケンス回路を追加し、保守の省力化を図っている。(図-10、11)

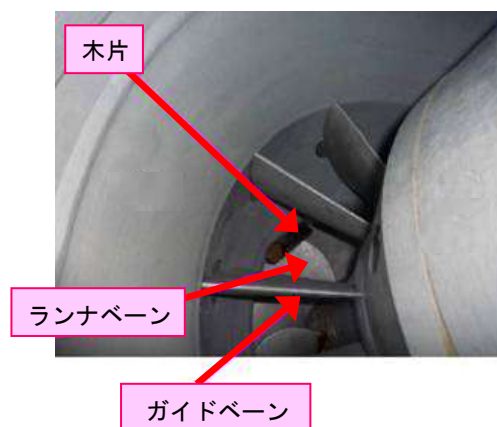


図-10 水車内部のゴミ詰まり状況

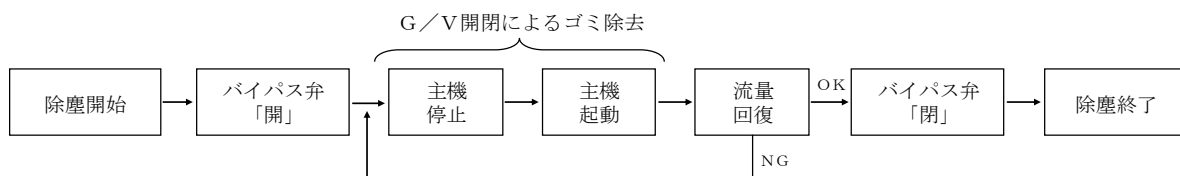


図-11 自動除塵シーケンス回路

6. 参考情報

6.1 参考文献

- 1)草薙 雄二 他／河川維持流量を利用した小水力発電所(蔭平 PS 2 号機)の設計と施工／電
力土木 平成 22 年 11 月号 : №350／2010.11
- 2)武井 邦夫／平成 22 年・電力技術革新のあゆみ「四国電力における技術革新のあゆみ」
／電気評論 平成 23 年新年号 : №557／2011.01
- 3)中辻 健 他／蔭平発電所 2 号機の計画、設計、施工について／第 95 回中小水力発電技術
に関する実務研修会／2012.07

6.2 問合せ先

会社名: 四国電力株式会社

URL : <http://www.yonden.co.jp/>