

**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-a)電気機械装置の技術革新と適用拡大

Sub : 2-c)土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

プロジェクト名	: 上椎葉発電所水車・発電機更新工事 (Renewal Project of Kamishiiba Power Station)
国、地域	: 日本、宮崎県
プロジェクトの実施機関	: 九州電力株式会社
プロジェクトの実施期間	: 2006年～2010年 (1号機 : 2006年8月～2007年12月) (2号機 : 2008年9月～2010年3月)
更新と増強の誘因	: (A)老朽化／故障頻発、(B)環境劣化 (C)発電機能の向上の必要性
キーワード	: 老朽化 (Degradation due to aging) 増出力 (Increase of output) フランシス水車 (water turbine)

要 旨

上椎葉発電所は、平成17年9月の台風14号により、水車・発電機が冠水するとともに、一部機器が焼損、損壊するなど甚大な被害を受けた。当発電所は、需給運用上や水系運用面で重要な発電所であるため、災害で長期停止すると下流発電所の水系運用に制限が生じ、ダム放流による溢水電力損失も大きくなることから、溢水電力量の軽減を考慮し、比較的損傷が少ない2号機については、水車・発電機の洗浄、乾燥、手入れにより暫定復旧を行い、翌年6月に運転を再開した。

1号機については、本復旧工事として、平成18年8月に水車・発電機の更新に着工し、平成19年12月に運転を開始した。また、暫定復旧した2号機についても経年による劣化が著しいことから、1号機に引き続き水車・発電機を更新することとし、平成20年9月に着工し、平成22年3月に運転を開始した。

更新にあたっては、高効率ランナの採用並びに発電機の効率向上による発電所出力の増大(90,000kW(45,000kW×2台)→93,200kW(46,600kW×2台))を指向するとともにガイドベーンサーボモータ、入口弁サーボモータを電動操作方式とし、圧油レス化を図ることで環境負荷低減と保守性の向上を指向した。

1. プロジェクト地点の概要

上椎葉発電所は耳川水系上流部の宮崎県東臼杵郡椎葉村に所在する、出力93,200kW(46,600kW×2台)のダム水路式発電所であり、昭和30年5月に運転を開始した。

(運開当初の発電所出力は90,000kW(45,000kW×2台))

発電所の位置図、外観並びに諸元は図1、2、表1のとおりである。



図1 上椎葉発電所所在地



図2 発電所外観

表 1 上椎葉発電所諸元

項 目		諸 元
発電所	発電所名	上椎葉発電所
	最大出力	93,200kW (46,600kW/台×2 台) 【(参考)更新前:90,000kW (45,000kW/台×2 台)】
	最大使用水量	73.0 m ³ /s
	有効落差	144.0 m (最大使用水量時)
ダム	ダム名	上椎葉ダム
	水系名	耳川水系耳川、十根川、桑の木原川ほか
	種 類	アーチ式
貯水池	総貯水容量	91,550,000 m ³
	有効貯水容量	76,000,000 m ³
	有効水深	45.0 m

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

- (A)－(a) 老朽化／故障頻発－効率向上
- (A)－(b) 老朽化／故障頻発－耐久性、安全性、信頼性向上
- (A)－(d) 老朽化／故障頻発－保守性の向上
- (B)－(b) 環境劣化－河川環境の改善

② 価値（機能）の向上

- (C)－(a) 発電機能向上の必要性－増設、出力・アワー増

上椎葉発電所の 2 台の水車・発電機は、運転開始後 50 年以上が経過しており、設備の劣化が進行していたため、中長期的には水車・発電機の更新が計画されていた。

しかしながら、

- ・台風 14 号による冠水により、水車・発電機の劣化が進行したこと
- ・水車・発電機を更新することで、効率アップによる発生電力量の増加が見込めることなどの理由から、水車・発電機 2 台の更新を実施することとした。更新工事の実施にあたっては、台風災害からの早期運転再開による溢水電力軽減のため、
 - ・先ず、2 号機の水車・発電機の洗浄・乾燥、一部損傷部品の取替などで仮復旧し、運転を再開
 - ・2 号機の仮復旧後、1 号機の更新を行い、その後、仮復旧した 2 号機の本復旧を実施という工事工程により更新を実施した。

なお、更新にあたっては、高効率ランナの採用並びに発電機の効率向上により、発電所出力の増大 (90,000kW (45,000kW×2 台) → 93,200kW (46,600kW×2 台)) を図るとともに、運用開始後の環境負荷低減と保守性の向上を目的に、ガイドベーン及び入口弁に電動サーボを採用することで、圧油装置等の機器を省略することとした。

③ 市場における必要性

(該当なし)

2.2 経緯

- 1955.5 一部運用開始（出力：70,000kW）
- 1955.10 全運用開始（出力：70,000kW → 90,000kW）
- 2005.9 台風 14 号により一部損壊（水車・発電機は冠水）
- 2006.6 2号機運転再開（暫定復旧）
- 2006.8 1号機水車・発電機総合更新工事着工
- 2007.12 1号機運用開始（出力：90,000kW → 91,600kW）
- 2008.9 2号機水車・発電機総合更新工事着工
- 2010.3 2号機運用開始（出力：91,600kW → 93,200kW）

2.3 内容（詳細）

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

水車・発電機の更新にあたっては、環境負荷低減と保守性の向上を目的に、ガイドベーン及び入口弁の操作方式を従来の圧油操作方式から電動操作方式に変更した。

これに伴い、電動サーボモータのバックアップが入口弁の流水遮断のみとなったことから、バックアップが確実に機能すること、安全を担保できることを確認するため、九州電力では過去に前例のない(全国でも殆どない)全流量による入口弁流水遮断試験を実施し、入口弁および水車本体へ影響がないことを確認した。

今回採用した電動サーボ本体の 47,600kW 級水車への導入は、国内最大クラスである。(従来は、39,000kW が最大)

また、近年の大容量機への採用実績、信頼性を踏まえ、スラスト・ガイド軸受に樹脂メタルを採用した。

表 2 電動サーボモータの仕様

項目		諸元
個数		1 個/台
電動機	出力	11kW
	電圧	DC110V
	回転数	1,500min ⁻¹
ストローク		485mm
電動サーボ力（推力）最大		294kN

2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

発電所基礎の撤去については、運転中の機器に対する粉塵・振動等の影響を考慮し、鉄筋コンクリートの切断及び複雑な形状の切断が可能で、かつ、作業効率の高いワイヤソー工法を採用した。

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

- ・コストや保守運用を考慮した最適な水車・発電機の設計仕様

3.2 成功の理由

更新にあたっては、近年の新設発電所と同等の設備設計を基本としているものの、個々の機器仕様に対し、低コスト化、設備の簡素化や新技術の採用などを指向した。実施にあたっては、メーカーの知見や他発電所の適用実績等を踏まえ、経済面、信頼面、保守面、品質管理面など多面的に検討したことが成功の一因と考える。

上椎葉発電所では、平成 17 年の台風 14 号により機器が一部焼損する等、甚大な被害を受けたことから、火災や河川環境への影響、設備構成の簡素化の観点からガイドベーンサーボモータ、入口弁サーボモータを従来の圧油操作方式から電動操作方式とし圧油レス化を図った。また、制御装置関係を既設のアナログ方式からデジタル方式へ変更することで、保守の簡素化及び制御盤面数の削減を図ることができた。

主な仕様の考え方は以下のとおり。

表 3 上椎葉発電所の水車・発電機の更新仕様

設備名	更新仕様	既設仕様	考え方・根拠
水車	立軸フランス水車 ($\frac{47,600\text{kW}}{300\text{r/min}}$)	同左 ($\frac{47,200\text{kW}}{277\text{r/min}}$)	<ul style="list-style-type: none"> ・製作技術の向上による高効率化 ・水圧鉄管、下部吸出し管を流用した設計制約条件下で、高速化による水車・発電機の小型化、高効率化を考慮し、300r/minへステップアップ
调速機	電動操作	油圧操作	<ul style="list-style-type: none"> ・需給運用面から要求される周波数調整等の機能および保守性を勘案のうえ、ガイドベーン閉鎖速度を遅くしても問題ないことから、调速機に電動サーボモータを採用し、圧油装置等の機器を省略 ・47,600kW級水車への導入は国内初（従来は39,000kWが最大）
制圧機	省略	有	<ul style="list-style-type: none"> ・回転部強度を確保し、負荷遮断時の回転速度変動率を大きくとることによって、水圧上昇の抑制が可能なため、制圧機を省略
入口弁	複葉弁	ちょう形弁	<ul style="list-style-type: none"> ・落差・流量から落差損失が最も少ない複葉弁を採用
発電機	三相同期発電機 ($\frac{50,000\text{kVA (PF93\%)}}{300\text{r/min}}$)	同左 ($\frac{50,000\text{kVA (PF90\%)}}{277\text{r/min}}$)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電機容量は、既設どおりとする（主要変圧器1台で発電機2台が運用できる最大容量50,000kVA/台） ・なお、最大出力増加（+1,600kW）により発電機力率を90%→93%へ引き上げ
励磁装置	交流励磁方式	同左	<ul style="list-style-type: none"> ・励磁機の容量および回転数から交流励磁方式でも機械的強度に問題ないことから、保守の省力化を考慮し、交流励磁方式を採用
軸受材質	樹脂メタル (新素材)	ホワイトメタル (WJ2)	<ul style="list-style-type: none"> ・ホワイトメタルに比べ、面圧を高くできることから、軸受の小型化が可能かつ長寿命によるランニングコスト抑制が可能 ・近年の大容量機への採用実績、信頼性を踏まえ、樹脂メタルを採用
制御システム	一体型 (デジタル方式)	分離型 (アナログ方式)	<ul style="list-style-type: none"> ・施工性、経済性から制御システムを一体集約した一体型制御装置を採用（電源は機能分離、二重化）
給水装置	ドラフト取水 (直接給水方式)	ドラフト取水 (冷却水タンク給水方式)	<ul style="list-style-type: none"> ・信頼度、保守の効率化、経済性に有利なドラフト直接給水を採用

4. 他地点への適用にあたっての留意点

【機器仕様選定の観点】

上椎葉発電所に採用した電動サーボモータは国内最大クラスであり、有効落差・使用水量・閉鎖スピード等で決定されるガイドベーン操作力（上椎葉発電所：30t）がこれ以上大きくなる場合は、信頼度、保守等を考慮した検討が必要である。

5. その他（モニタリング、事後評価等）

- ・1、2号機とも機器更新後は、特にトラブルもなく、順調に運転を継続している。

6. 参考情報

6.1 参考文献

- ・特になし

6.2 問合せ先

会社名：九州電力株式会社

URL：<http://www.kyuden.co.jp/>