

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-b) 保護と制御に関するシステムの改良

プロジェクト名 : 城山発電所改造事業
 国、地域 : 日本、神奈川県（アジア）
 プロジェクトの実施機関 : 神奈川県企業庁
 プロジェクトの実施期間 : 1996年～2001年、2007年～2010年
 更新と増強の誘因 : (A) 老朽化/故障頻発
 キーワード : 老朽化

要旨

城山発電所は、わが国最初の大規模可逆式純揚水発電所として建設されたが、当時の揚水発電技術が発展途上であったこと、運転開始当初における昼休み揚水を含む運転状況による過酷なヒートサイクル、地下発電所であることによる高湿度等の悪条件下に機器が設置されていること等により 1985 年頃から機器の劣化が著しく進行し、効率低下や重大事故に結びつくような故障が多発するようになった。さらには、機器の老朽化による保守用品の供給困難、メーカー保守技術員の高齢化による人員不足等もあわせて、これまで行ってきた部分改良、修繕では維持管理の対応が困難であることから、改造計画を検討し施工したものである。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

発電所（最大出力 250MW、本格着工 1961 年 4 月、運転開始 1965 年 11 月）は、神奈川県相模原市緑区にあるわが国初の純揚水式発電所である。下部ダムの城山ダムは、洪水調節、水道用水及び工業用水の供給の目的を有する多目的ダムである。発電所及びダム等の位置図並びに諸元は図 1、表 1 のとおりである。

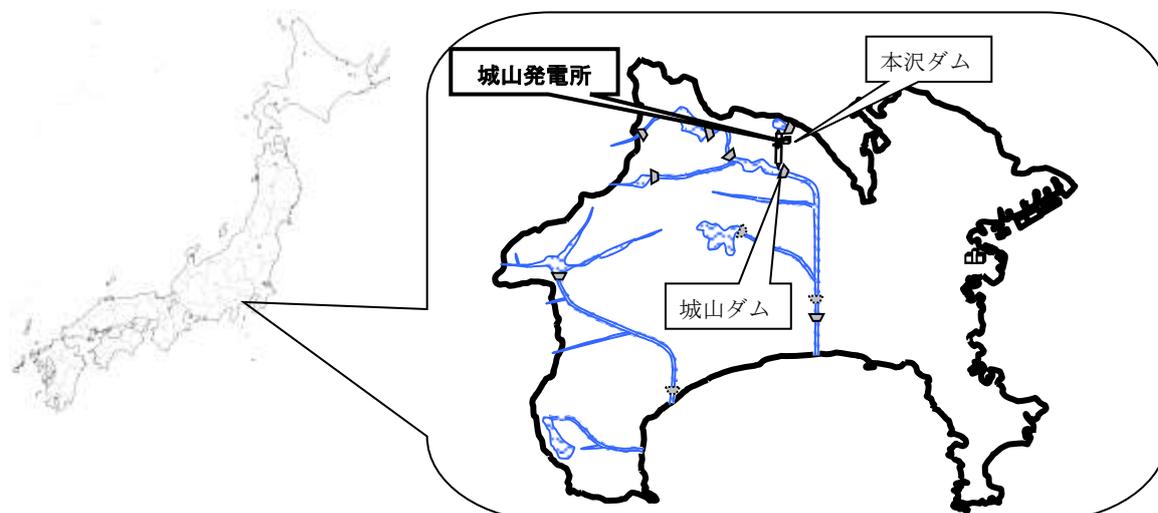


図 1 城山発電所位置図

表 1 城山発電所諸元

項 目		諸 元	
発電所	発電所名	城山発電所	
	最大出力	250MW (62.5 MW/unit×4units)	
	最大使用水量	192.0 m ³ /s	
	基準有効落差	123.9 m	
ダム	ダム名	本沢ダム(上部ダム)	城山ダム(下部ダム)
	河川名	境川水系境川支川本沢	相模川水系相模川
	流域面積	0.58 k m ²	1,323.1 k m ²
	タイプ	ロックフィル式	重力式
	高さ	73.0m	75.0m
	堤頂長	234.0m	260.0m
	堤体積	1,852,000 m ³	362,000 m ³
貯水池	総貯水容量	3.927×10 ⁶ m ³ (建設時)	62.30×10 ⁶ m ³ (建設時)
	有効貯水容量	3.835×10 ⁶ m ³ (建設時)	54.70×10 ⁶ m ³ (建設時)
	利用水深	28.0m	29.0m

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因と促進要因（具体的なドライバー）

①状態、性能、リスクの影響度等

運転開始後約 30 年経過した頃から、経年劣化による各部の不具合が多発するなど揚水発電所として安定した運転管理に支障をきたすようになってきた。

(A)－(a)(b) 老朽化－効率向上・耐久性、安全性、信頼性向上

(1)ポンプ水車

ランナは、キャビテーションによる壊蝕、ステンレス肉盛り溶接箇所境界部での電蝕による壊蝕が進行し、度重なる溶接補修による熱応力ひずみが発生していた。また、効率も低下していた。

(A)－(b) 老朽化－耐久性、安全性、信頼性向上

(1)入口弁

弁胴フランジ部の腐食による減肉、漏水によるキャビテーション壊蝕、軸受ブッシュの腐食磨耗、弁体軸受摺動面の磨耗、封水外周部のキャビテーション壊蝕等が発生し、漏水量が非常に多くなっていた。また、機械的鎖錠装置が設置されていなかった。

(2)発電電動機

固定子は各号機とも巻線の寿命限界に近づいていた。3,4 号機鉄心は発錆が見られる他、熱容量不足のため変形が生じていた。

回転子は絶縁物のヒートサイクルによる劣化が著しかった。また、制動巻線及び短絡板は容量不足のため、揚水起動時の機械的、熱的応力により変形、亀裂が生じていた。

(3)主幹ケーブル

主幹ケーブルの絶縁材料がブチルゴムであり、絶縁物と水分の混和による事故例が報告されていた。また、過去の火災による延焼からケーブル防食層を焼損し、その後防食焼損補修部から徐々に浸水し、防食層内側に水分が残留していた。

(A)－(b)(d) 老朽化－耐久性、安全性、信頼性向上・保守性の向上

(1)調速機

調速機はリンク機構等が非常に複雑で、将来的に保守技術者の不足が懸念されていた。また、調速機制御盤は真空管、磁気増幅器等生産中止品を使用していたため、保守部品の供給が困難であった。

(2)励磁装置

励磁機は劣化の程度は低いが、ブラシ取替等の保守性が良くなかった。自動電圧調整装置は、1,2号機はHTD式、3,4号はアンプリダイン式のため、ほとんどの使用部品が生産中止となっていた他、調整が難しくメーカーでも保守対応が困難となっていた。

②価値（機能）の向上

（該当なし）

③市場における必要性

（該当なし）

2.2 経緯

- 1965年11月 運転開始
- 1991年4月 改造計画検討開始
- 1996年4月 第1期改造事業着工（主に3,4号機を対象）
- 2001年5月 第1期改造事業竣工
- 2007年4月 第2期改造事業着工（1,2号機を対象）
- 2010年3月 第2期改造事業竣工

2.3 内容（詳細）

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

- ・ 3,4号機は、ランナの更新にあたり、特にキャビテーション壊食と河川水による腐食の低減を目標とした水車設計とした。併せて、ガイドベーン翼形を薄形低損失形状に改良し、ポンプ水車効率の向上を図った。この結果、ポンプ効率は運転揚程のすべての範囲で1～2%改善ができ、水車効率は、通常の運転領域である水車出力100%～60%の範囲で3%程度の改善ができた。
- ・ 1～4号機の入口弁は、入口弁に機械的鎖錠装置が無い上に、上部調整池取水口に制水門が無い場合、水車機器の断水点検時の安全対策のために、作業用鎖錠装置が必要であった。また、磨耗損傷部の補修及び弁胴、弁体の軸心変形による漏水の修理が必要であったことを踏まえ、費用対効果の点から一式更新とした。

- ・ 3,4号機の固定子巻線はF種絶縁、B種相当温度上昇とし、品質向上と長寿命化を図った。また、珪素鋼板を既設より上級とされるものに変更し、固定子鉄損を低減することにより発電電動機総合効率が0.3%向上した。
- ・ 3,4号機の回転子制動巻線の断面積を拡大し、許容電流増加と温度上昇の低減を図った。
- ・ 発電電動機の励磁方式を直流励磁機方式から静止励磁方式（サイリスタ励磁装置）に変更した。
- ・ 制御装置は、地下発電所の高湿度環境と直流制御回路電圧が200Vであることの影響か補修記録からは劣化進行が早い状況であった。このことから制御装置の一括更新を実施した。

表2 主な改造工事の内容

設 備	改 造 内 容	施工時期
1,2号主要機器	調速機、調速機制御盤、水車制御盤の取替 入口弁を複葉弁に取替	1996 ~ 2001
	ポンプ水車のランナ手入れ ガイドベーン更新、操作機構部無給油化	2007 ~ 2010
	固定子・界磁巻線更新（1号機のみ） 励磁装置、自動電圧装置、空気冷却器、軸受押上装置更新	2007 ~ 2010
	配電盤全面取替、自動制御シーケンサ化、保護継電器デジタル化 主幹ケーブルをBNケーブルからCVケーブルに取替	1996 ~ 2001
	3,4号主要機器	ポンプ水車のランナ、ガイドベーン取替、操作機構の無給油化 調速機、調速機制御盤、水車制御盤の取替 入口弁を複葉弁に取替
3,4号主要機器	発電電動機の固定子鉄心、巻線及び回転子の取替 励磁装置をサイリスタ直接励磁方式に改造	1996 ~ 2001
	配電盤全面取替、自動制御シーケンサ化、保護継電器デジタル化 主幹ケーブルをBNケーブルからCVケーブルに取替	1996 ~ 2001
	直流電源装置	直流電源を200Vから100Vに変更 (地上地下に分散設置)

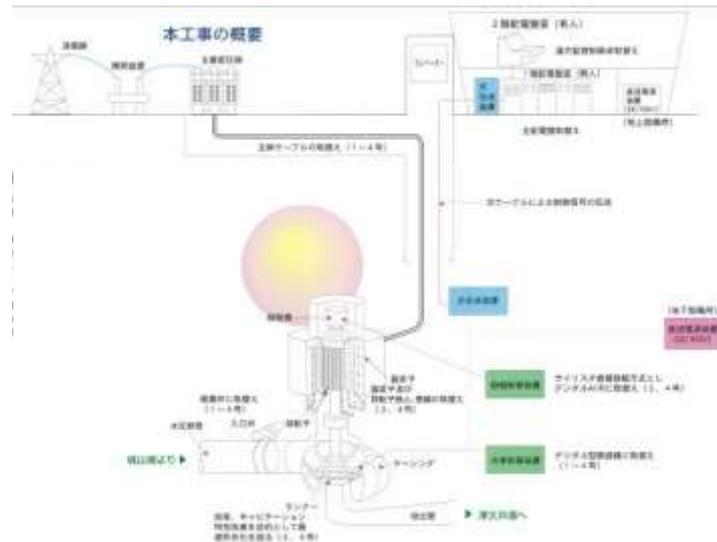


図2 工事概要

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例としての要素 (注目点)

- ・1,3,4号機の固定子巻線の絶縁は、建設当時ポリエステルレジンを用いており、改造工事により固定子巻線を更新した。2号機の固定子巻線は、エポキシレジンを用いており、2013年現在も使用している。仕様の違いは、製造者が2号機の製作時期にエポキシレジンの量産体制が確立したことに起因している。

3.2 成功の理由

工事内容が大規模オーバーホールという点から、機器の更新により目標は達成されている。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

(なし)

5. その他 (モニタリング、事後評価)

(なし)

6. 参考情報

6-1 参考文献

(なし)

6-2 問合せ先

会社名: 神奈川県企業庁

URL: <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f27/>