

新田原井堰発電所

浅野 毅* 日比野 信也** 細井 俊裕**

Tubular Turbine System at Shin-Tawara-Iseki Power Station

by Takeshi ASANO, Shinya HIBINO, & Toshihiro HOSOI

Ebara's tubular turbine (2400 kW) system is being used at Shin-Tawara-Iseki Power Station, located in the Yoshii River Dam in Okayama Prefecture. The new technology featured in this system is a roller-screw-driven runner vane and an electrically-operated runner vane servomotor. The turbine itself is an electrically-operated bulb-type, the first of its kind developed by Ebara. The following outlines this system used in the power station.

Keywords: Small capacity hydraulic turbine, Tubular turbine, Bulb-type turbine, Electrically-operated runner vane servomotor, All electrically-operated bulb-type turbine

1. ま え が き

新田原井堰小水力発電所は、新田原井堰の豊富な水量と落差を利用して小水力発電を行うために、県営水利事業として建設された発電所である。同発電所は、最大使用水量 42 m³/s、最大出力 2400 kW の発電能力を有し、

発電した電力は新田原井堰管理所内や発電所内に供給し、維持管理費の軽減を図っている。また、中国電力(株)一般高圧配電線に連系しており、余剰分はすべて中国電力(株)へ売電している。本発電所は1999年7月に着工し2003年3月に完成した。以下に当社納入の設備概要と特徴について紹介する。

2. 新田原井堰小水力発電所の概要

図1に発電所断面図、写真1に発電所全景を示す。

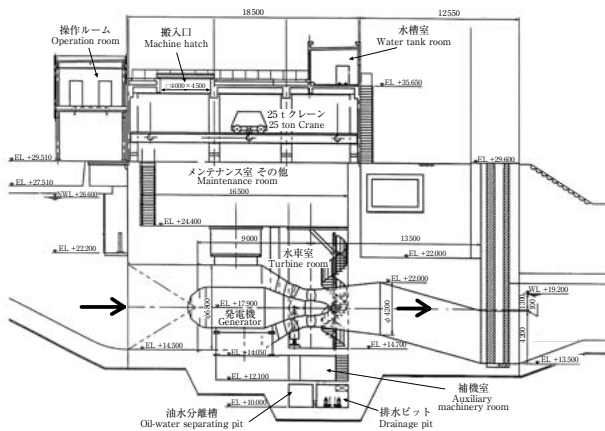


図1 機場断面図

Fig. 1 Turbine station cross-section



写真1 新田原井堰発電所外観

Photo 1 Overview of Shin-Tawara Iseki Power Station

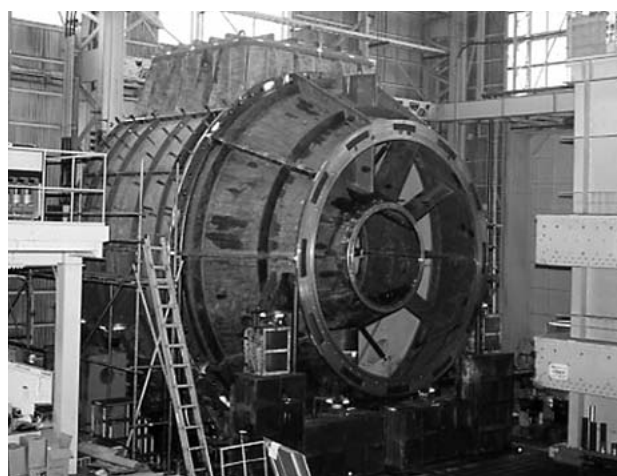
* 風水力事業本部 システム技術統括 プロジェクト設計 第一部
 ** 同 羽田工場 水力技術室 水力技術第二部
 ** 同 システム事業統括 電気制御システム部

04-95 01/204

表 発電所主要機器
Table Specifications of main equipment

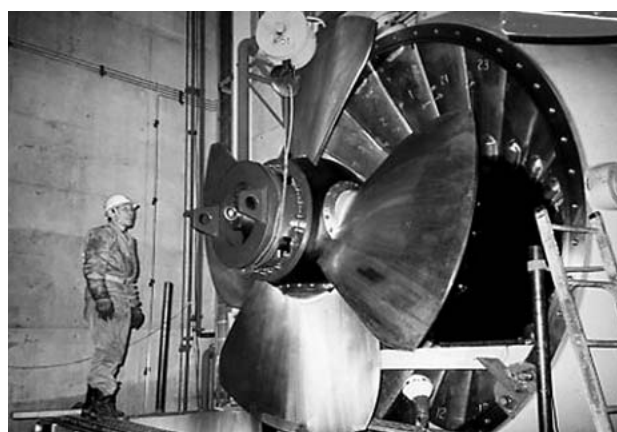
機器・設備名称 Equipment	形式 Type	数量 Sets	基本仕様 Specifications
水車 Hydraulic turbine	横軸円筒可動羽根プロペラ水車 (HK-1RT) Horizontal-shaft, movable-blade, propeller turbine	1台	・有効落差7.0 m × 流量42.0 m ³ /s Net head Discharge ×出力2520 kW × 回転速度138 min ⁻¹ Output Speed ・ランナ径：2996 mm Runner diameter ・取水口径：6800 mm Intake diameter
発電機 Generator	横軸三相同期発電機 Synchronous generator	1台	6.6 kV 2520 kVA 52 P
调速機 Governor		2台	・ガイドベーンサーボモータ Electrically-operated guide vane servomotor
		1台	・ランナベーンサーボモータ Electrically-operated runner vane servomotor
電気設備 Electric system		1式	・閉鎖配電盤設備 Metal-enclosed switch gear ・配電盤設備 Switch gear ・制御盤設備 Control gear ・情報記録装置 Data logger system ・直流電源設備 DC power system
補機設備 Auxiliary facility system		1式	・潤滑油ポンプ設備 Lubricating oil pump system ・給水設備 Cooling water supply system ・排水ポンプ設備 Sump pump system
除塵設備 Screen system	自動除塵機他 Auto-screen	(1式)	幅5.8 m × 高さ10.51 m × 目幅90 mm ほか Width Depth Pitch
ゲート設備 Gate system		(1式)	制水ゲート：1門 Sluice gate 角落とし（放水路ゲート）：1門 Stoplog

数量が () にて表記されている機器は別途施工設備を示す。



04-95 02/204

写真2 水車ケーシング組立
Photo 2 Outer casing



04-95 03/204

写真3 ランナベーン吊り込み
Photo 3 Runner vane

3. 設備概要

本発電所の主要機器一覧を表に示す。本発電所は、国営かんがい排水事業の中で建設された新田原井堰（有効貯水量200万m³、堰長220 m、堰高8.2 m）の堰高さとし吉井川の豊富な水量を利用し発電している。文献¹⁾に記載のとおり、農業用施設を利用した小水力発電所のなかでは国内最大級の出力と年間発生計画電力量13049 MWhを誇る。以下に設備概要を含め特徴を説明する。

3-1 水車・発電機設備

水車全体の構造を図2に、工場組立時の状況を写真2、現地据付け時の状況を写真3に示す。

本水車は、水の流路が内・外ケーシングにより環状部に形成されたバルブ形のチューブラ水車であり、水車回転部及び発電機はすべて内側ケーシング内に収められている。この内側ケーシングは、外側ケーシングの下部に

設けられた流線形の支持台に取り付けられ、回転部の軸スラスト、内側ケーシングに作用する水圧力など、外力の大部分はこの支持台で支えられる構造になっている。バルブ形のチューブラ水車では、このように発電機を含めた回転部すべてが水中の内側ケーシング内に収められている。したがって、ケーシング内の保守・点検を容易にするために点検通路を2箇所（内側ケーシング支持台内部の発電機上流側に1箇所、下流側に1箇所の計2箇所）設け、運転中においても発電機や水車各部の保守・点検を容易に行うことができる構造となっている。

3-2 モデル試験

本機のような大形水車の場合、試験設備の制限により工場での実機の性能試験を実施できない。このため、水車の性能は実機の8.5分の1（モデルランナ外径350 mm、

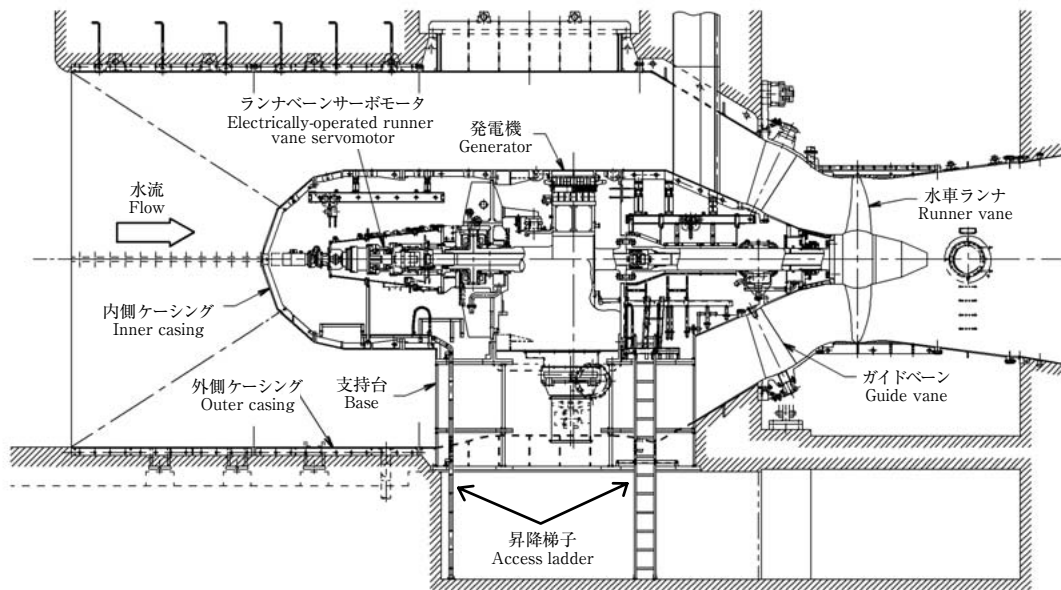


図2 水車組立構造図
Fig. 2 Turbine assembly cross-section

実機ランナ外径2996 mm)のモデル水車を製作し、モデル試験を行い検証した。モデル試験での性能は最高効率点で約92%の高効率を有することが確認された。

3-3 主軸封水装置

現地組立時の主軸封水装置（メカニカルシール）の外観を写真4に示す。主軸封水装置には、グランドパッキンやカーボンリング方式等があるが、本機では漏水が少なく保守の省力化と摺動部の高寿命化を図るためメカニカルシールを採用し、その摺動部材にはセラミックス材を使用した。現地試験においても漏水量は計画値を満足し、安定した機能を発揮している。

3-4 ガイドベーンサーボモータ

現地据付け時の状況を写真5、6に示す。大形の水車では、ガイドベーンサーボモータの負荷容量が大きいため、油圧操作方式が一般的である。今回は、補機設備の簡素化を図るため電動操作方式を採用している。1台当たりの操作力約15 tのガイドベーンサーボモータ2台により流量を制御している。

3-5 ランナベーンサーボモータ

従来、チューブラ水車やカプラン水車等の可動羽根機構を有する水車では、水車軸の中に油圧シリンダを設置し外部から回転軸に圧油を供給することで、ランナベーンの角度調整を行っていた。本水車では、油圧機器の保守管理の難しさ、補機設備の簡素化、河川への油流出に

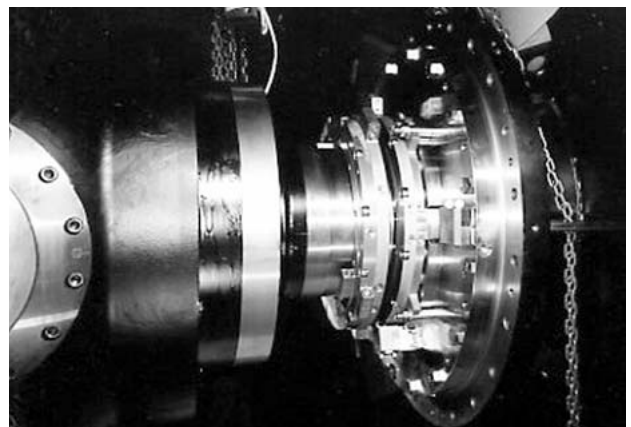


写真4 メカニカルシール
Photo 4 Mechanical seal

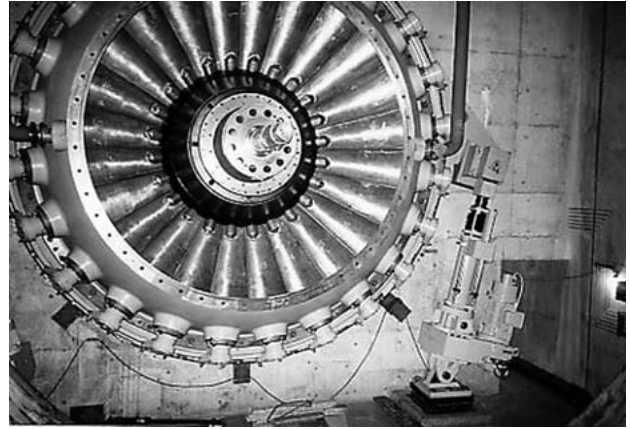
04-95 04/204

よる被害等を考慮し、電動サーボモータ方式を採用した。また、ランナベーンの操作力は今回約50 tと大容量であるため回転往復変換機構には、変換効率が高く耐久性の良いローラネジを採用し動力伝達の高効率化を実現している。羽根角制御は、デジタル制御装置により行っており、ガイドベーン開度に追従して最適な羽根角開度を保つようにプログラムが組まれている。また、取水路及び放水路水位の変動に対しても、水車出力が最大となる最高効率点での運転となるように羽根角を制御してお



04-95 05/204

写真5 左側ガイドベーンサーボモータ
Photo 5 Guide vane servomotor (left side)



04-95 06/204

写真6 右側ガイドベーンサーボモータ
Photo 6 Guide vane servomotor (right side)

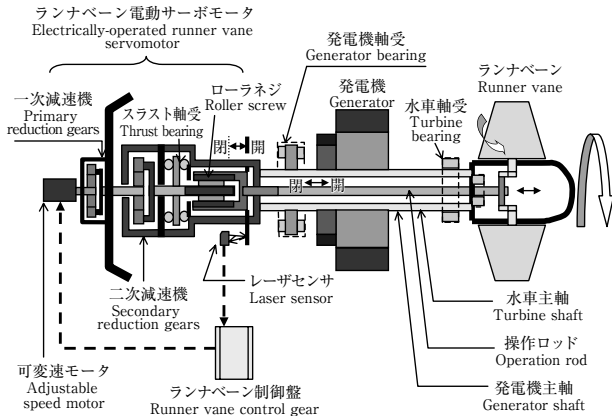


図3 ランナベーン電動サーボモータ
Fig. 3 Electrically-operated runner vane servomotor



04-95 07/204

写真7 ランナベーンサーボモータ
Photo 7 Runner vane servomotor

り、高効率運転を実現している。動作原理概要を図3に、現地据付け時の状況を写真7に示す。

3-6 情報記録装置

今回、水車発電機設備を運用する配電盤設備以外に、電力量、使用水量、故障項目等の情報を常時表示し、日報や月報等の帳票データとして出力、記録することが可能な情報記録装置を収めた。

3-7 単独運転検出装置

電力会社との系統連系機器においては、従来の「転送しゃ断装置」に代えて「単独運転検出装置」を採用し、発電設備側だけに設置する自立システムとすることで信頼性の向上と、維持管理費の削減（NTT回線使用料等）を行っている。

4. おわりに

以上、主要機器の特徴について記載したが、本水車設備は当社実績において初めての全電動式バルブ水車となった。今後の小水力発電所の参考になれば幸いである。

終わりに本工事に当たり設計段階から、細部にわたりご指導、ご協力頂いた岡山県東備地方振興局並びに吉井川下流土地改良区の関係各位、試運転時に多大なるご協力を頂いた新田原井堰発電所の関係各位に心から感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 県営かんがい排水事業 吉井川下流地区 新田原井堰発電所紹介資料 岡山県東備地方振興局 吉井川下流土地改良区発行