

株式会社神戸製鋼所 神鋼神戸発電所2号機の完成

—わが国最大級の700 MW IPPタービン発電設備—

Shinko Kobe No.2 700 MW Power Station of Kobe Steel, Ltd. as the Largest IPP Facility in Japan

梅澤 健 Takeshi Umezawa 佐藤 誠 Makoto Satō



株式会社神戸製鋼所神鋼神戸発電所2号機の全景

IPP(Independent Power Producer: 独立系電力事業者)の発電設備としてはわが国最大級となる神鋼神戸発電所2号機 700 MW が、2004年4月1日に商用運転に入った。

株式会社神戸製鋼所によって計画され、IPPの設備としては最大容量の700 MWとなる神鋼神戸発電所2号機が、2004年4月1日に商用運転に入った。

日立製作所は、主要機器メーカーとして、着工から運転開始まで携わってきた。発電所の蒸気条件は、タービン入口で主蒸気圧力が24.1 MPa・g、主蒸気温度538℃、再熱蒸気温度566℃、および復水器真空度が-96.26 kPaであることから、蒸気タービンの最終

段翼には40インチ(約102 cm)チタン動翼を採用するなど、高効率発電の蒸気タービン発電システムとして計画された。このIPPは近隣の酒造会社へ蒸気を供給するシステムを持ち、IPP特有の制御を行っている。また、大都市近郊に設置される「都市型発電所」として、近隣住民に十分配慮した据付け、および工期の短縮を図ることによって実現に至った。

1 はじめに

株式会社神戸製鋼所 神鋼神戸発電所(以下、神鋼神戸

発電所と言う。)は、それぞれ700 MWの1、2号機を持ち、2基の合計発電量が1,400 MWとなる石炭火力発電所であり、IPP(Independent Power Producer: 独立系電力事業者)の発電所としては、わが国最大規模のものである。

日立製作所が主要機器メーカーとして建設に携わった神鋼神戸発電所2号機は、2001年2月の着工から受電、試運転を経て、2004年4月に運転開始となった。

この発電所は、神戸市の市街地に近接する「都市型発電所」として、地域との共生を最大のテーマとして掲げ、それを実現した。

ここでは、神鋼神戸発電所2号機の概要、および特徴について述べる。

2 計画概要

神鋼神戸発電所2号機の主要設備仕様を表1に示す。主な特徴は以下のとおりである。

2.1 高効率化の採用

タービンプラントの高効率化を図り、最新技術を採用して設計した。蒸気タービンの最終段翼には40インチ(約102 cm)チタン動翼を採用するなど、熱サイクルの最適設計により、定格出力においてタービンプラント効率47%以上を目指して計画した。

2.2 システム構成

タービンプラントの熱サイクルには、700 MWクラスで実績がある構成を採用し、高い信頼性を確保しつつ設備の最適化を図った。

また、酒造会社などへ蒸気を供給するための蒸気発生装置の熱源として、蒸気タービン抽気を供給できるように専用の抽気口を設けるなど、顧客のニーズに対応する最適化は多岐にわたった。

3 蒸気タービンの概要

完成した「TC4F-40形蒸気タービン」の全景を図1に、構造断面を図2にそれぞれ示す。主な特徴は以下のとおりである。

表1 発電設備の仕様

日立製作所が納入した神鋼神戸発電所2号機(700 MW)の主要仕様を示す。

項 目		2号機
タービン	出力	700 MW
	主蒸気圧力	24.1 MPa・g
	蒸気温度	538 / 566
	回転速度	3,600 min ⁻¹
	排気真空	- 96.26 kPa
発電機	容量	78万111 kVA
	水素圧力	0.41 MPa
	周波数	60 Hz
	端子電圧	2万5,000 V
	力率	0.90
復水器	冷却面積	3万3,290 m ²
	真空度	- 96.26 kPa
	冷却水温度	24
	冷却水量	10万8,500 m ³ /h

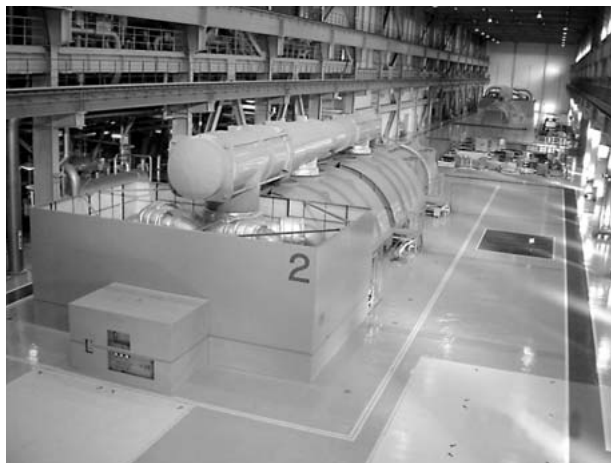


図1 蒸気タービンの全景

タービンフロアに設置された蒸気タービンの全景を示す。

3.1 蒸気タービンの構造

蒸気タービンは、高圧と中圧が対向した1車室、および低圧が2車室の計3車室構造である。中圧タービンでは再熱蒸気温度566 に対し1重車室構造とし、最終段翼には実績のある40インチ(約102 cm)チタン動翼を採用している。段落数は、高

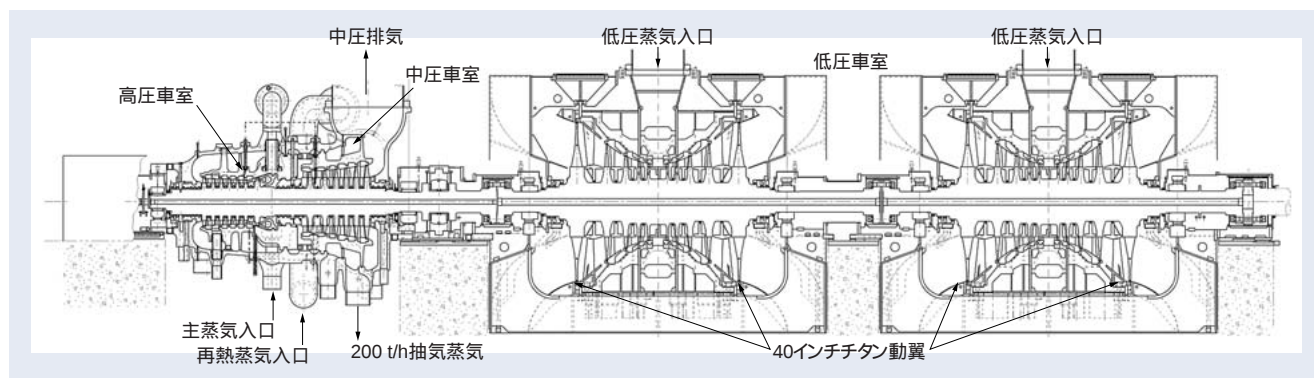


図2 蒸気タービンの断面図

蒸気タービンは、高圧部と中圧部を1車室、低圧部が2車室の合計3車室で構成する。

圧部7段×1流, 中圧部6段×1流, および低圧部5段×4流の計33ホイールで構成する。200 t/h抽気蒸気は, 最適な抽気条件が得られるように, 中圧部から取る計画とした。

3.2 蒸気タービンの性能技術

蒸気タービンでは, IPPの発電設備という性格上から信頼性を第一として, 従来の実績が十分にある効率向上技術を多く用いている。

採用した主な性能向上技術は, (1) ハイロード動翼, (2) AVN(Advanced Vortex Nozzle), および(3)40インチ(約102 cm)チタン最終段動翼である。

4 プラント監視制御システム

700 MWという大容量石炭火力発電設備であるこのプラントには, 信頼性と運用性向上のため, 汎用HMI(Human-Machine Interface)であるPOC(Process Operator's Console)と発電用制御装置[®] HIACS(Hitachi Integrated Automatic Control System)7000を融合した[®] HIACS-AZを採用し, IPP・産業用火力発電設備向け監視制御システムを確立した。

プラント監視制御システムの特徴は以下のとおりである。

4.1 CRTオペレーション

- (1) CRTオペレーションは, プラント運転情報のビジュアルな表示, 安全な操作性を備えたPOC4台による「タッチオペレーション方式」とした。CRTオペレーションの範囲は, 電気設備にも適用して従来の制御装置より範囲を広げ, 中央操作室の操作と監視盤のコンパクト化を図った(図3参照)。
- (2) POCにはCRTオペレーション機能のほかに, プラントスケジュール計算負荷制御, 送電端電力制御, および性能計算機能を搭載した。



図3 神戸神戸発電所2号機の中央操作室

全面CRTオペレーションにより, 操作盤とBTG(Boiler, Turbine, Generator)補助盤をコンパクト化し, 中央操作室の簡素化を図った。

4.2 制御装置

シーケンス制御装置, 主タービン制御装置, 自動電圧調整装置などのデジタル制御装置には, 高速・大容量の処理機能を持つHIACS-7000を適用して, 機能単位分容量の処理機能を生かし, 機能単位分散構成とした。これらの制御装置とPOCとの間は高速・大容量光ファイバのインタフェースとともに, ボイラ制御装置との間はゲートウェイを介したインタフェースとすることで, 応答性に優れ, かつプラント全体の協調がとれる構成とした。

また, 全自動運転に対応するために, プラント自動起動・停止制御回路を制御装置で構成した。制御回路はブロック図形式のプログラミングにしたことにより, 回路構成をわかりやすい表現とすることができた。

5 据付けと建設

神戸神戸発電所2号発電設備の据付けは, 1号発電設備が営業運転中の工事となるため, 関係各社と事前に作業調整を図り, 作業効率の向上を目的とした据付け工法の合理化を図った。その概要について以下に述べる。

5.1 蒸気タービン本体組立手順の合理化

現地での作業を低減するために, 規制緩和に基づく蒸気タービン本体組立手順, および工法の合理化を採用した。主な作業内容は以下の4点である。

- (1) 高・中圧蒸気タービンの上半主蒸気リード管と, 高温再熱蒸気管の溶接を本組立後に実施(図4参照)
- (2) 低圧蒸気タービンケーシングと復水器連結胴溶接作業中の上半外部車室組立状態の廃止
- (3) 高・中圧および低圧蒸気タービン下半車室ダイヤフラムの本組立先行実施(図5参照)
- (4) 翼車間げき測定箇所数の低減

今回の蒸気タービン本体組立工法を採用したことにより, 現



図4 主蒸気リード管と高温再熱蒸気管の設定状況

高・中圧蒸気タービン上半の本組立後, 主蒸気リード管と高温再熱蒸気管を溶接することにより, 本体組立工程の短縮を図った。

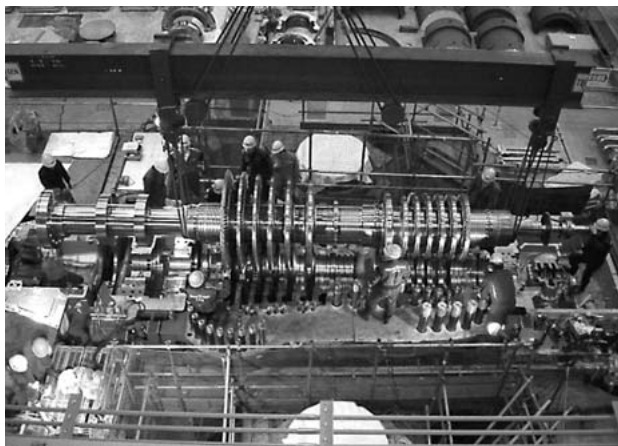


図5 高・中圧蒸気タービン下半車室ダイヤフラムの本組立先行実施の様子

高・中圧蒸気タービンの下半車室ダイヤフラムで作業ステップごとに手入れ点検を行い、本組立を実施することにより、本体組立工程の短縮を図った。

地における蒸気タービン据付け工事工程を約1か月短縮することができた。

5.2 オイルフラッシング作業の合理化

オイルフラッシング作業は、建設時に潤滑油系統内に混入した夾(きょう)雑物を系統外へ排出することにより、蒸気タービン・発電機軸受への潤滑油として供給されるタービン油の清浄度を規定値以内とし、安定した運転が継続できることを目的とする作業である。

従来の作業では、実機油ポンプを使用して全系統一括フラッシングをしていたため、タービン油の清浄度が規定値以内になるまでに時間が掛かっていた。今回採用したオイルフラッシング工法は、従来より大容量の仮設ポンプを使用して、系統別分割フラッシングをすることによって配管内の流速を上げることができ、短時間での配管内付着物の洗い出しが可能となった。また、大容量の仮設ポンプの出口にストレーナ、および仮設フィルタユニットを設置することにより、夾雑物の早期捕捉(そく)が可能となった。

オイルフラッシング工法を採用したことにより、配管内の流速を従来の3倍とすることができ、短時間で十分な洗浄効果を得ることが可能となり、据付け作業効率の向上が図れた。

5.3 製品のジャストイン

2号機の建設は、1号機の建設に比べて資材置場が狭く、製品置場の確保が困難であったため、製品を現地納入する際は、現地工事の進捗状況を考慮したうえで、工場(メーカー)の発送工程を事前に調整し、ジャストイン(最適時点到着)となるように製品納期を調整した。

製品置場での屋外保管期間を短くしたことにより、養生対策が不要となり、製品の品質管理上においても有効であった。

6 おわりに

ここでは、株式会社神戸製鋼所の神鋼神戸発電所2号機の主要機器の概要、および特徴について述べた。

わが国最大級のIPP発電設備として計画された神鋼神戸発電所は、神戸市の電力を賄うために建設され、現在、順調に運転中である。

日立製作所は、今後も、地域と共生する発電所の社会貢献面での向上を図っていく考えである。

終わりに、この建設にあたって株式会社神戸製鋼所の関係各位に多大なご指導、ご支援をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 福本, 外: 世界最大変圧石炭火力プラントの完成, 日立評論, 76, 10, 687~692(1994.10)
- 2) 菅間, 外: 蒸気タービン, 火力原子力発電, Vol. 54, No. 10(2003.10)
- 3) 石木, 外: 大容量蒸気タービン用チタン合金製40in長翼の開発, 日立評論, 69, 10, 925~932(1987.10)

執筆者紹介



梅澤 健

1991年日立製作所入社, 電力グループ 日立事業所 タービン設計部 所属
現在, 蒸気タービンのエンジニアリング業務に従事
E-mail: takeshi_umezawa @ pis. hitachi. co. jp



大倉 亮一

1981年日立製作所入社, 電力グループ 日立事業所 火力システム設計部 所属
現在, 火力システムのエンジニアリング業務に従事
E-mail: ryouichi_ookura @ pis. hitachi. co. jp



佐藤 誠

1994年日立製作所入社, 電力グループ 日立事業所 火力プラント設計部 所属
現在, 火力発電所建設工事設計に従事
E-mail: makoto-b_satou @ pis. hitachi. co. jp



永嶋 裕司

1991年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 発電制御システム設計部 所属
現在, 火力制御システムの設計業務に従事
E-mail: yuuji_nagashima @ pis. hitachi. co. jp