

中国電力(株)水島発電所第1号機 コンバインド発電設備転換工事

Construction of the Conversion to Combined Cycle Power Plant for
Mizushima No.1 Power Station of Chugoku Electric Power Co., Inc.



坪井 昭親
Akihito Tsuboi

今井 庸三
Yozo Imai

小川 康正
Yasumasa Ogawa

近年、省エネルギーと地球環境保全の観点から、高効率かつ窒素酸化物排出量低減への取り組みが進められている。中国電力(株)は水島発電所第1号機を石炭焚き汽力発電方式から最新鋭・高効率の1400℃級大容量ガスタービンM501F3を適用した天然ガス焚きコンバインド発電方式に転換する工事を計画、平成19年4月から工事を着手し、平成20年12月初めよりガスタービン点火を行い、平成21年4月に営業運転が開始される予定である。

1. はじめに

中国電力(株)水島発電所第1号機は、昭和36年に営業運転が開始された125MWの石炭焚き汽力発電方式の発電設備である。今回、既設設備を有効利用した上で高効率かつ窒素酸化物排出量低減へ対応できる最新鋭・高効率の1400℃級大容量ガスタービンM501F3を適用した出力285MWの天然ガス焚きコンバインド発電方式に転換する工事について紹介する。

当社は転換工事の初期検討を行い、新設されたガスタービンと排熱回収ボイラを供給した。また、既設設備の有効利用については中国電力(株)が検討された。

2. プラント計画概要

2.1 プラント概要

水島発電所第1号機コンバインド発電設備転換工事における主要仕様概要を表1に、転換前と転換後の概要を図1に示す。転換後は、ガスタービン1台及び既設蒸気タービン1台から構成され、それぞれが発電機を有する別軸型コンバインド発電設備となる。

表1 主要仕様概要(転換後)

プラント形式		別軸コンバインド発電設備
燃料		天然ガス
プラント発電端出力		285MW(大気温度 5℃時) (内訳 GT:187.2MW, ST:97.8MW)
プラント発電端熱効率(HHV)		50%(大気温度 15℃時)
新設	ガスタービン	開放単純サイクル一軸形(M501F3) 燃焼温度:1 400℃級(1段静翼入口)
	排熱回収ボイラ	堅型再熱三重圧自然循環形(屋外式) 蒸発量:262t/h(大気温度 5℃, 100%負荷時) (内訳 高圧:216t/h, 中圧:36t/h, 低圧:10t/h)
	脱硝装置	乾式アンモニア接触還元法 出口濃度:5ppm(O ₂ 16%換算値, 100%負荷時)
	ガスタービン発電機	横軸円筒回転界磁形同期発電機(水素冷却) 容量:210 000kVA 冷却方式:固定子 水素間接冷却, 回転子 水素直接冷却
	ガスタービン主変圧器	容量:210 000kVA
	所内変圧器	容量:9 000kVA
既設	蒸気タービン	くし型衝動複流排気式再熱混圧復水形 高圧主蒸気圧力/再熱蒸気圧力:10.0MPa/2.04MPa 高圧主蒸気温度/再熱蒸気温度:538℃/538℃
	蒸気タービン発電機	横軸円筒回転界磁形同期発電機(水素冷却) 容量:160 000kVA 冷却方式:固定子 水素間接冷却, 回転子 水素間接冷却
	蒸気タービン主変圧器	容量:160 000kVA
	煙突	鋼板製鉄鋼支持形 高さ:160m

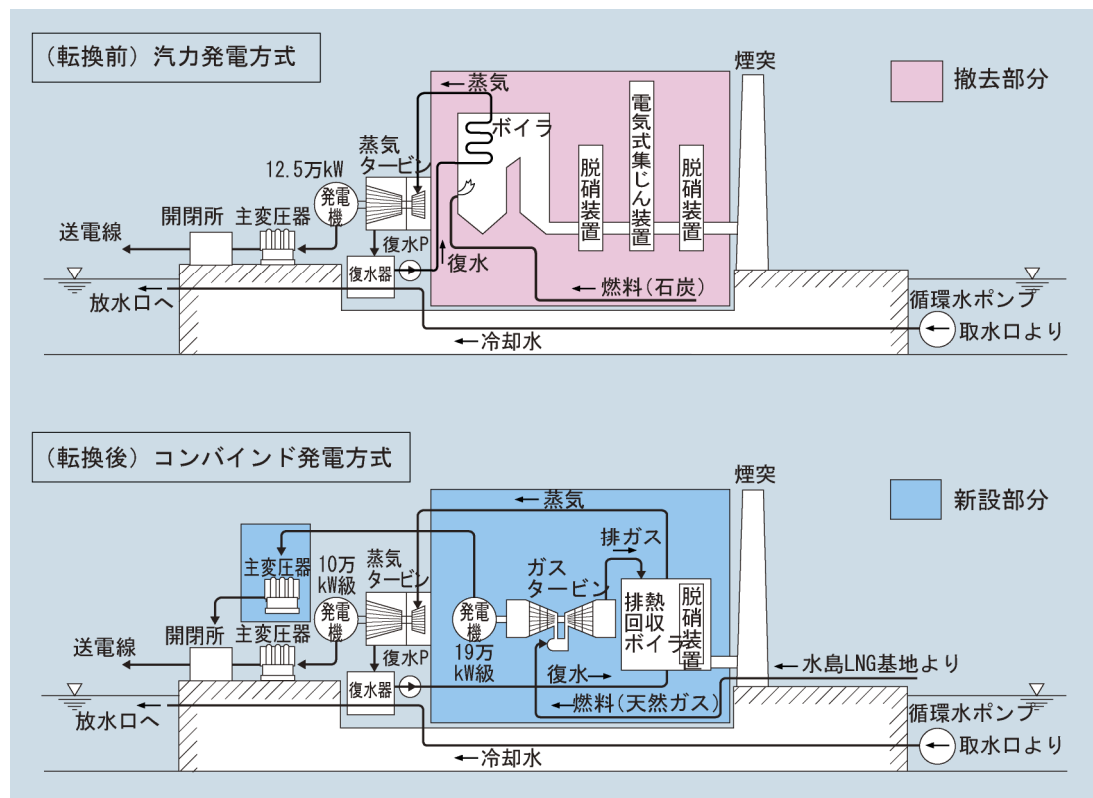


図1 転換前と転換後の概要

2.2 主な特徴

(1) 高いプラント熱効率

石炭焼き汽力発電方式から1400℃級M501F3形ガスタービン、再熱三重圧排熱回収ボイラ採用の排熱回収式コンバインド発電方式へ転換することにより、プラント発電端熱効率は約38%から約50%に大幅なアップとなる。

(2) 環境保全

燃料を石炭から天然ガスに転換することから、硫黄酸化物及びばいじんの発生がなくなる。また、窒素酸化物排出量の低減のため、ガスタービンには予混合式低NO_x燃焼器を採用するとともに乾式アンモニア接触還元法による脱硝装置を排熱回収ボイラに組込むことにより、窒素酸化物排出量は石炭焼き汽力発電方式の60.5m³N/hから9.5m³N/hまで低減する。

(3) 既設設備の有効利用

コンバインド発電方式への転換に当たっては、既設蒸気タービンなどの設備を有効利用することで建設コストの低減を図っている。既設設備の1号本館建屋、煙突、取放水路、蒸気タービン発電機、蒸気タービン主変圧器、循環水ポンプ、復水ポンプ、復水冷却器、水素冷却器、グランド蒸気復水器などは既設設備をそのまま流用している。

蒸気タービンは熱効率向上のためコンバインド発電向け蒸気条件に合うようにロータ、動翼などは換装された。復水器については器内に設置されている給水加熱器を撤去し、新設するタービンバイパスシステムを導入するため、エネルギーダンパとウォーターカーテン装置が設置された。

(4) 機器配置

本転換工事の特徴として既設1号設備を流用した計画であり、転換工事着手後も既設1号設備が約1年間運転継続できるように、新設のガスタービン及び排熱回収ボイラは既設1号設備と隣接した場所に配置する。そのため、排熱回収ボイラと既設蒸気タービンの蒸気配管を約200m敷設する。配置図を図2に示す。

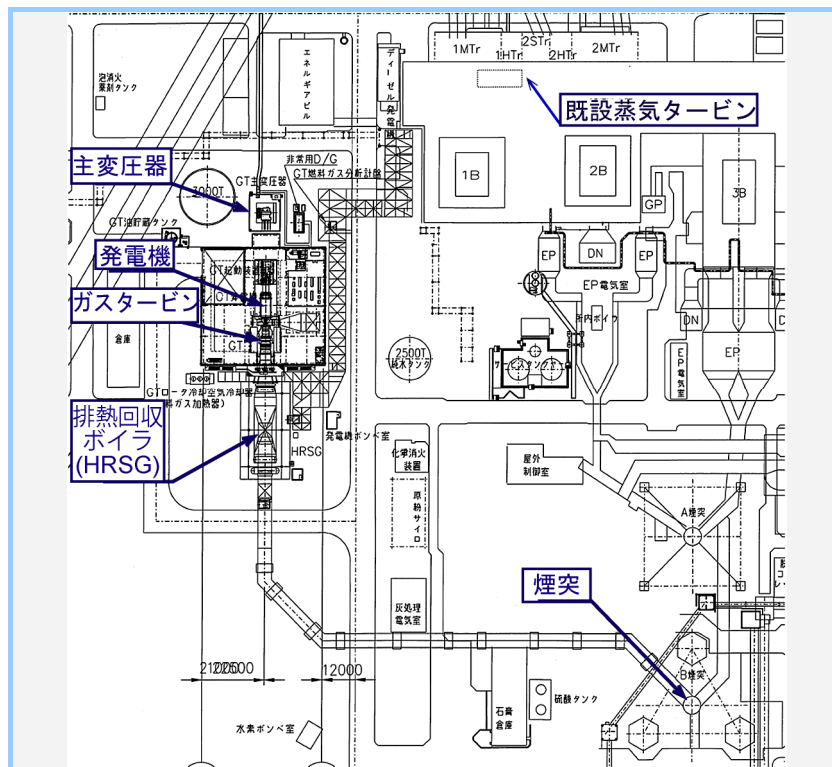


図2 プラント機器配置図

2.3 新設設備

(1) ガスタービン

水島発電所第1号機コンバインド発電設備転換工事には最新鋭・高効率の M501F3 ガスタービンを適用している。M501F ガスタービン(図3)は、ディスク組立て式のロータ、キャニューラタイプの燃焼器、4段タービン、コールドエンドドライブ、外部冷却方式のタービン空気冷却、タンジェンシャルストラットなどの D シリーズまで一貫して採用し十分な実績をもつ基本構造を踏襲しつつ、最新の空力・燃焼・冷却・材料技術を採用して開発したガスタービンである。

国内の電力会社向けに多数納入済みであり、十分な運転実績を持っている。最新鋭の M501F3 ガスタービンは昨今の大容量化、高効率化の要求に応え、従来型 M501F から吸気量を6%、燃焼温度を 50℃向上させたガスタービンで、プラント出力換算で 18%の増加、相対効率で5%向上させた。ただし、燃焼器並びにタービン翼については、既に先行運開し、信頼性が検証されている M501F と同様に燃焼温度を 50℃向上させた最新鋭の 50Hz 用 M701F3 と同じ設計、材料を採用している。

燃焼温度の 50℃向上に対応して、動翼、静翼の材料はより高温域での強度に余裕がある MGA2400(静翼)、MGA1400(動翼)を採用した。また翼の表面温度を低下させるため翼面に TBC (Thermal Barrier Coating)を一部施した。さらに一段動翼の冷却構造にはシャワーヘッド冷却、翼面フィルム冷却及びピンフィン冷却の各種最新の冷却技術を適用した。圧縮機から抽気したロータ冷却用の空気は外部クーラで冷却するが、その熱を燃料の加熱に有効利用して効率向上を図った。燃焼器はガスタービン出口 NOxを低減できる予混合燃焼方式を適用した予混合式低 NOx 燃焼器を採用した。

(2) 排熱回収ボイラ

排熱回収ボイラは、再熱三重圧システムの採用、高温ガスタービン採用によるボイラ入口ガス温度上昇により既設蒸気タービンと同じレベルである 540℃の高圧主蒸気及び再熱蒸気を発生することを可能としている。排熱回収ボイラは、既設蒸気タービンに最適な蒸気条件や最大蒸気量の制約(復水器処理熱量、復水器で入口温度差が規定値を超過しない)を考慮した伝熱面積にて計画した。

排熱回収ボイラは、コンパクト・検査箇所数の低減などの利点を有する堅型自然循環形を採用している。また、NO_x 低減のため乾式アンモニア接触還元法による脱硝装置を排熱回収ボイラ内部に設置した(図4)。排熱回収ボイラは、可能な範囲で大型化を図ったブロックにて輸送することにより現地工事の最小化を図った。

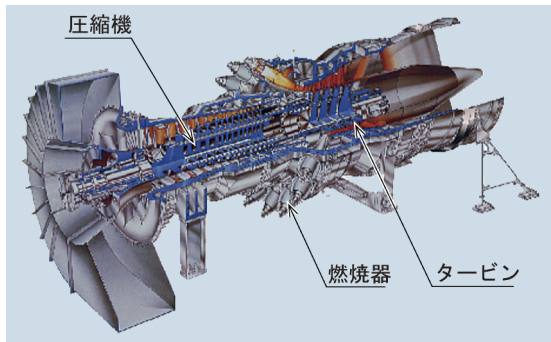


図3 ガスタービン構造図

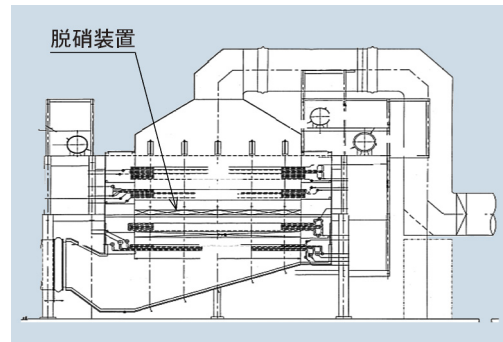


図4 排熱回収ボイラ構造図

3. まとめ

中国電力(株)水島発電所第1号機の既設設備(蒸気タービン、復水器など)を流用し、大容量天然ガス焼きガスタービンを適用した排熱回収式コンバインド発電方式への転換工事は、事業用としては我が国初のものである。汽力発電方式からコンバインド発電方式への転換により高効率化、低排出ガス化が可能となる。

本プラントで得られる貴重な成果は、今後の既設発電設備の省エネルギーと地球環境保全の計画に大いに役立つものと考えられ、この水島発電所第1号機が、信頼性のある安定電力確保に大いに寄与するものと確信している。

参考文献

- (1) 中原敏文, 水島発電所1号コンバインド発電設備転換工事の概要, 平成19年度 火力原子力発電大会 論文集

執筆者紹介



坪井昭親
原動機事業本部
プラント事業部 火力
プラント計画部 ガス
タービンコンバインドプラ
ント計画課 主席



今井庸三
長崎造船所
長崎プラント技術部
主幹



小川康正
原動機事業本部
プラント事業部 高砂
プラント技術部