

1500°C級ガスタービンコンバインドプラントによる高効率化 -関西電力(株)堺港発電所設備更新工事-

Renewal to High Efficiency GTCC Power Plant
with Gas Turbine Inlet Temperature of 1500°C

-Sakaikou Power Station of The Kansai Electric Power Co., Inc. -



松田 秀雄*1
Hideo Matsuda

内田 勝徳*2
Katsunori Uchida

近年、地球温暖化などの環境問題が世界的に注目されており、CO₂排出削減は喫緊の課題であり、発電設備建設に対しても高効率化が望まれている。当社は高温化・大容量化した最新鋭のM501G形ガスタービンを採用したコンバインドサイクルプラントを関西電力(株)堺港発電所設備更新工事向けに納入契約し現在建設中である。本プラントは高効率プラントでCO₂及びNO_x排出量が少ない環境に優しいプラントであり、平成21年4月1日に1号機が営業運転開始され、これまで3号機まで引渡しが完了し、全号機が完成する平成22年10月まで調整・試運転される。

1. はじめに

1964年に運転開始されて以降堺港発電所(出力2000MW)は、関西中心部の電力供給の主力発電所として活躍されてきたが経年化とともに、資源エネルギーの有効活用及び優れた環境特性のニーズにこたえるため、発電所出力2000MWのLNG焼き最新鋭高効率コンバインドプラントに置き換える設備更新工事が計画された。本プラントでは、十分実績のある技術を基本として開発された大容量・高効率M501G形ガスタービンが採用され、蒸気サイクルにも高温・高圧蒸気条件に対応した排熱回収ボイラ、蒸気タービンが採用されている。

平成20年12月の1号機の初点火から平成21年10月の3号機まで順調に試運転を完了し営業運転を開始、残り4、5号機はそれぞれ試運転及び据付調整中である。プラント効率は最高水準の約58%(低位発熱量基準)を達成しており、また環境保全、運用性でも計画を満足するものであることを確認している。

特に、取放水設備、特高開閉設備は既存の設備を流用することで総合的な環境に配慮した計画となっている。

本報では、このコンバインドプラントについて紹介する。

2. プラント計画概要

2.1 プラント概要

設備更新後の堺港発電所は、燃焼器出口ガス温度1500°Cで作動する大容量・高効率ガスタービン(M501G形)を中核とした排熱回収型コンバインドプラントである。

本プラントは、ガスタービン、蒸気タービン、発電機が一軸で構成され、軸出力400MWの一軸型コンバインドプラントが5軸設置され、全体で2000MWの出力となっている。プラントの軸構成を図1に示す。

*1 原動機事業本部プラント事業部高砂プロジェクト管理部主席プロジェクト統括

*2 原動機事業本部プラント事業部プロジェクト管理部主席技師

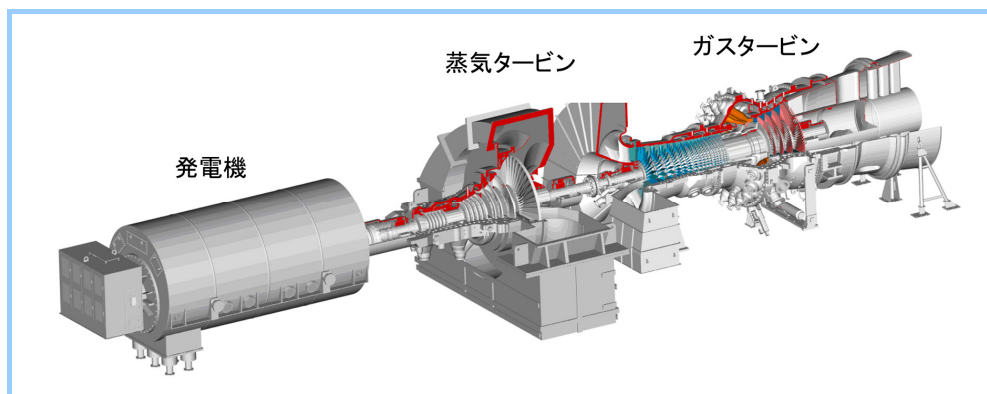


図1 プラント軸構成

2.2 主な特徴

(1) 高いプラント効率

1500℃級 M501G 形ガスタービン採用とともに蒸気サイクルには三圧再熱式を採用した。また、更なる高効率化を図るために、ガスタービンの冷却空気排熱を給水に熱回収する TCA (ガスタービン冷却空気冷却器)、燃料を給水により加熱する FGH (燃料ガス加熱器) を採用し、プラントサイクルから排出される熱源のロスを最小限に抑えることにより従来型コンバインドプラントより更に高効率化となっている。

実績プラント熱効率率は約 58% (低位発熱量基準) で、最新鋭コンベンショナルプラントに比べ 20% (相対値) 以上上回る。

(2) 環境保全

燃焼器出口ガス温度を 1500℃ に上昇させることに伴う NO_x 発生量の増加を抑えるために、従来の予混合方式に加え、燃焼器壁面の冷却を蒸気で実施する低 NO_x 燃焼器を採用した。さらに、排熱回収ボイラに乾式脱硝装置を組込むことにより、環境規制値を十分満足している。

また高効率化を図ることにより、既設設備の CO₂ 排出量から約 30% の低減が図られる。

	既設発電設備	更新後
発電所出力	2000 MW	2000 MW
発電端熱効率 (低位発熱量基準)	約 41 %	約 58 %
CO ₂ 排出量	0.51 CO ₂ -kg/kWh	0.36 CO ₂ -kg/kWh

(3) 優れた運用特性

コンバインドプラントは従来コンベンショナルプラントに比べ起動特性が良いことで DSS/WSS 運用が実施されるが、一軸あたり 400MW と世界最大容量であるにも関わらず、従来の F 形ガスタービンコンバインドプラントと同等の起動時間を達成している。

また、従来ガスタービン定格負荷近傍での負荷変化は、定格燃焼温度の超過を防止するために中間負荷帯での負荷変化率に比べ制約を設ける設計としていたが、本プラントでは追従性の向上を目的として、ガスタービン入口案内翼を先行的に開けることで燃焼温度のオーバーシュートを抑える制御方式を採用し負荷変化追従性の向上を図っている。

(4) 既設設備流用による環境への配慮

今回の更新工事においては、更なる環境負荷の低減、より低廉な電力供給を可能とするために、高経年化した発電所を、設備の更新工事として最新鋭の発電プラントに置き換えるというお客様計画により実現したものである。発電設備の最新鋭化はもちろんであるが、既設設備 (取放水設備、特別高圧開閉所) の最大限の流用により、最近注目を集める ECO にも貢献している。

図2に既設主要設備の流用範囲 (赤色部分) を示す。

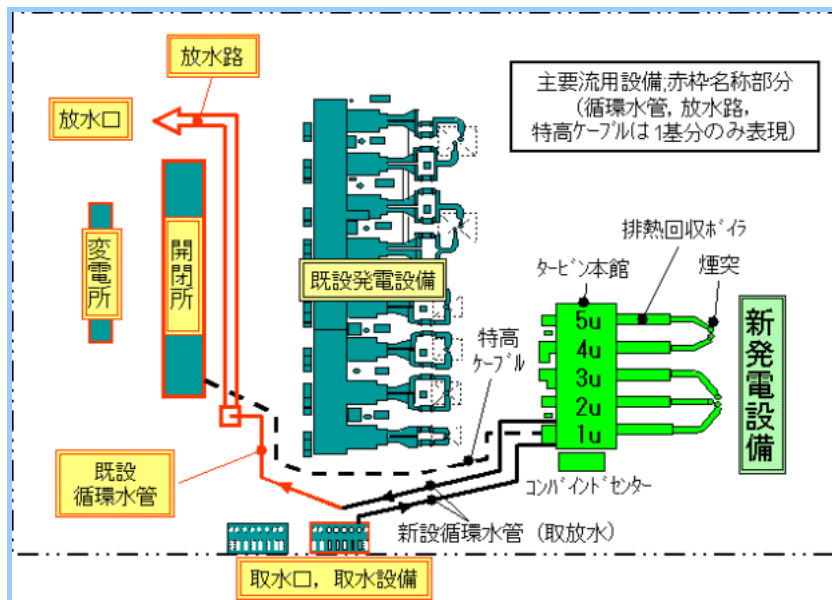


図2 既設主要設備の流用範囲

2.3 プラント機器仕様

各機器については、コンバインドプラントの出力特性を踏まえ、かつ運転制御性を考慮した仕様となっている。主要仕様の既設発電設備との比較を表1に示す。

表1 主要仕様比較

	更新後設備	既設設備
プラント方式	一軸式ガスタービンコンバインドサイクル	コンベンショナル
燃料	LNG気化ガス	
発電所出力	2000MW	
ユニット構成	400MW×5基	250MW×8基
ガスタービン	一軸開放サイクル(M501G)	-
蒸気タービン	単車室再熱混気復水式 (SRT-45)	くし型4分流排気三車室再熱復水式
ボイラ	ガス縦流再熱自然循環式排熱回収ボイラ	単胴型燃焼式ボイラ
復水器冷却方式	海水冷却	
蒸気条件		
主蒸気/高温再熱	12.2MPa×566℃/566℃	17.2MPa×566℃/538℃
低圧	0.4MPa×264℃	-
復水器真空度	-96.3kPa	-96.3kPa

3. 主要機器の特徴

3.1 ガスタービン

M501G 形ガスタービンは、当社高砂製作所内に設置された実証発電設備にて長期運転検証され、すでに全世界で41台を納入し運転されている性能、信頼性の高いガスタービンである。

M501G 形ガスタービンでは燃焼器に蒸気冷却技術を採用している。この冷却蒸気を積極的に活用しタービン翼環の蒸気通路にも蒸気を流すことにより、タービン部のクリアランス制御が可能となった。起動時にタービン翼環側を暖めることによりクリアランスを広げ、負荷運転時には翼環側を冷却することによりクリアランスを最適化することができ、タービン性能の向上が図られている。また、タービン1段動静翼も空力及び冷却性能を向上させた改良翼を採用し、タービン性能の向上が図られている。

環境面では燃焼振動特性及び信頼性を維持しながら更なる低 NOx化を図った燃焼器を開発した。実機でも燃焼振動特性も良好で低 NOx化が十分図られていることが確認されている。

ガスタービンを図3に示す。

3.2 蒸気タービン

本プラントは、M501G 形ガスタービンの排ガス条件に合わせた蒸気条件として、高圧主蒸気及び再熱蒸気に 566℃の高温蒸気条件を選定し、コンバインドプラントとしての性能向上を図った。

最終翼には 45 インチチタン翼を採用し高中圧一体の単車室化したタービンを採用し、軸長削減に貢献している。さらに、ロータには、高中圧部と低圧部の温度条件差に対応するために開発された溶接ロータを採用。高中圧タービンには完全3次元設計反動翼を採用している。

また、低圧タービン排気湿り蒸気対策として中空静翼を採用するなど、最新技術を導入し効率向上、信頼性向上を図った。蒸気タービンを図4に示す。

3.3 排熱回収ボイラ

排熱回収ボイラは三圧再熱自然循環型の採用、高温ガスタービン採用による排ガス温度の上昇により高压主蒸気、再熱蒸気とも 566℃(蒸気タービン入口)の高温蒸気条件の採用により高効率化を図っている。さらに、冒頭述べたように給水利用による熱回収システムを採用しており、最適な伝熱管が配慮するとともに、ガスタービンの燃焼器冷却蒸気に必要な蒸気を中圧発生蒸気から確保している。排熱回収ボイラを図5に示す。

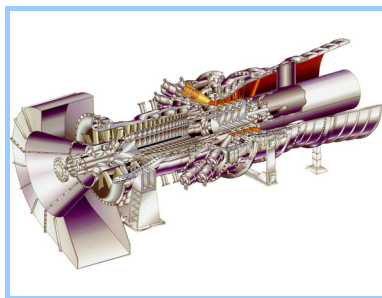


図3 ガスタービン

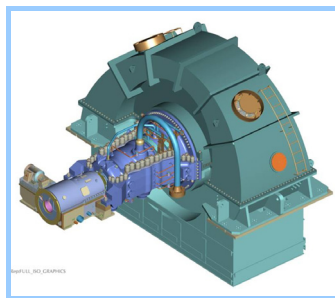


図4 蒸気タービン

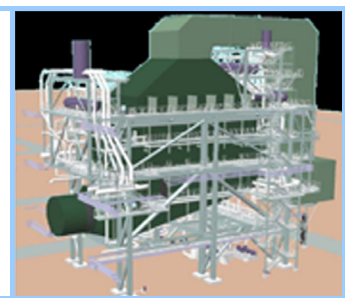


図5 排熱回収ボイラ

4. 試運転実績

試運転過程で、プラント性能、環境特性及び運転特性について確認され、いずれも計画値を満足する良好な結果が得られている。

4.1 プラント性能

定格出力 400MW は、計画値である大気温度4℃にて十分以上でも確保できることが確認され、またプラント熱効率は保証効率を満足する値が実測されている。

4.2 環境特性

蒸気冷却式低 NO_x燃焼器と乾式脱硝装置による NO_x制御技術が低 NO_xにおける安定運転を実現した。煙突から排出される NO_x濃度は、環境規制値である4ppm(O₂=16%換算)を満足する結果が得られた。

4.3 運用特性

試運転期間中にプラント運用特性に関する多くの試験が実施された。各種起動停止試験、給電運用試験などが実施され、計画どおりに運用できることが検証された。

5. まとめ

関西電力(株)堺港発電所設備更新工事は最新の技術を導入したコンバインドプラントとして建設され、期待どおりの成果が発揮されている。技術革新によるプラントの高性能化及び環境対応には注目すべきものがあり、取り分け、ガスタービンの技術開発には目を見張るものがある。また、蒸気サイクルを含めたプラントシステムについても引き続き時代の要求にあったプラント開発が進められている。本プラントで得られた貴重な成果は、今後の更なる大容量・高効率プラントへの計画に大いに役立つものと考えられる。この堺港発電所設備更新工事で納入された最新鋭コンバインドプラントが、信頼性のある安定電力確保並びに環境に優しいプラントとして社会や地域に貢献できるものと信じている。

参考文献

堺港発電所設備更新に係る環境影響評価書