

製鉄所の副生ガス焚きガスタービンコンバインド発電設備の導入による省エネ高効率化

Installation of GTCC Power Plant Using By-product Gases in Steel Works for Energy Saving and High Efficiency

中田 悦朗 NAKATA Etsuro JFE スチール 東日本製鉄所 (京浜地区) エネルギー部 エネルギー技術室 主任部員 (副部長)
久々津寿彦 KUKUTSU Toshihiko JFE スチール 東日本製鉄所 (京浜地区) エネルギー部長
小堀 敏之 KOBORI Toshiyuki JFE スチール 東日本製鉄所 (京浜地区) エネルギー部 エネルギー技術室長 (副部長)
田村 翔 TAMURA Sho JFE スチール 東日本製鉄所 (京浜地区) エネルギー部 エネルギー技術室 主任部員 (副課長)

要旨

老朽化した汽力発電設備の更新にあたり、高効率化を目的としてガスタービンコンバインド発電設備を導入した。燃料運用の柔軟性を確保するため複数種類の燃料が使用できる設備として計画し、試運転で所定の能力を確認し、速やかに営業運転に移行した。

Abstract:

Gas Turbine Combined Cycle power generation equipment was installed to improve the efficiency of aging steam power generation equipment. To ensure flexibility in fuel operation, the facility was planned to be able to use multiple types of fuel, and after successful confirmation of the required capacity during a trial run, commercial operation started promptly.

1. はじめに

製鉄プロセスには、鉄鉱石、石炭、水、電力など多くの資源とエネルギーが必要であり、JFE スチール東日本製鉄所 (京浜地区) では、所内で必要とする電力の大部分を、高炉、コークス炉および転炉から発生する副生ガスを燃料として発電した電力でまかなっている。発電の際には、副生ガスを極力放散しないで最大限有効利用することにより、環境との調和を図っている。

こうしたなか、JFE 扇島火力発電所 (以下「扇島火力発電所」という) の1号機 (1976年運転開始) は、稼働以来、長年にわたり製鉄所内で発生する副生ガスを燃料として発電してきたが、老朽化が進行していた。

本計画は、扇島火力発電所の1号機の老朽更新にあたり、現在のボイラ焚き汽力発電方式より高効率のガスタービンコンバインドサイクル発電方式を採用することにより、エネルギー利用の一層の高効率化を図るものである (図1)。

旧1号機：送電端電力 130 MW

送電端効率 36.1%

新1号機：送電端電力 180 MW

送電端効率 46.0%

本稿では、新1号発電設備の概要を示すとともに試運転の状況を紹介する。

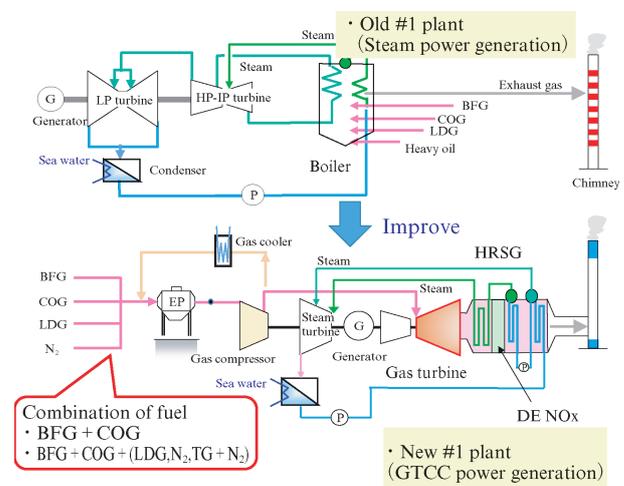


図1 新1号発電設備の高効率化の概要

Fig. 1 Summary for improvement of new #1 plant

なお、本文および図表で使用している略語の一覧表を表1に示す。

2. 新1号発電設備の概要

2.1 設備概要と建設工程

新1号発電設備の主要諸元と設備配置および外観写真を、それぞれ表2、図2、写真1に示す。2016年10月に、環境アセスメント手続きを終えて建設予定地の整地・土工工事

表 1 略語標記の一覧

Table 1 List of abbreviations

Abbreviation	Actual name
GTCC	Gas turbine combined cycle
BFG	Blast furnace gas
COG	Coke oven gas
LDG	Linz-Donawitz converter gas
TG	City gas
TNG	TG + N ₂
EP	Electrostatic precipitator for fuel gas
HRSBG	Heat recovery steam generator

表 2 新 1 号発電設備の主要諸元

Table 2 The new #1 plant performance

Fuel	BFG + COG + LDG + TG + N ₂
Output (MW)	180
Heat efficiency (%)	46.0

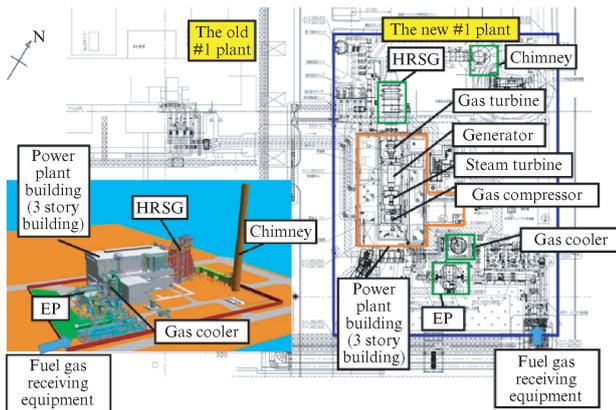


図 2 新 1 号発電設備の設備配置

Fig. 2 Layout of new #1 plant



写真 1 新 1 号発電設備外観写真

Photo 1 Overview of new #1 plant

に着手し、2019 年 11 月 20 日から営業運転を開始した。建設工程を図 3 に示す。

本建設にあたっては、隣接する既設発電所のユーティリティを有効活用して下記を実施し建設費用の低廉化を図った。

- ① ガスタービンの起動に必要なサイリスタ式起動装置に代えて、既設発電設備（2号機、3号機）より蒸気配管を敷設し起動用蒸気を供給した。
- ② 既存 1号機の海水配管を分岐、延長して新 1号発電設備まで敷設した。

2.2 多種の増熱燃料導入について

新 1号発電設備では、副生ガスのうち製鉄所で最も発生量が多い高炉から発生する高炉ガス（BFG, 3.4 MJ/m³N）を主燃料として使用するが、失火のリスクが伴うことから他燃料を用いた増熱を検討した。増熱用燃料には、発熱量の一番多いコークス炉ガス（COG, 22.5 MJ/m³N）を使用することが最適である。しかし、所内の加熱炉等各設備の使用状況やガスの発生状況により需給状況が変化し不足する局面も想定されるため、コークス炉ガス（COG）のほか転炉ガス（LDG, 8.4 MJ/Nm³N）、都市ガス（TG 45 MJ/Nm³N）、N₂など複数のガスを使用できる構造とした。

3. 新 1 号発電設備の試運転と操業状況

3.1 試運転の結果

新 1号発電設備の試運転では、通常計画の試運転項目に加えて、補機類の異常時を想定した模擬試験および省エネ運転にかかわる追加試験も実施した。

3.1.1 ヒートランテスト

100%負荷安定時のデータで、ヒートランテストの結果が計画どおりであることを確認した（表 3）。

なお、送電効率は、大気温度、海水温度が計画値と異なることを考慮し、補正して評価した。

3.1.2 負荷遮断テスト

負荷遮断テストで、負荷遮断後のタービン回転速度、発電機電圧、中央変電所 63 kV 系統電圧の各変動が管理値内であることを確認した（表 4）。

3.1.3 LDG (TNG) 混焼試験

燃料運用の柔軟性のため計画した多種の増熱燃料の導入については、LDG (TNG) 混焼試験を行い、ガスタービンでの燃焼性に問題ないことを確認した。

LDG 配管系統は、図 4 燃料ガスの系統図のとおり、LDG 配管に MXG, TNG の配管が接続されており、LDG に MXG, TNG が混合される。

事前検討の結果、図 5 に示すとおり最も燃焼性が悪化する、LDG 配管中のガスが 100% TNG の場合について混焼試験を行った。

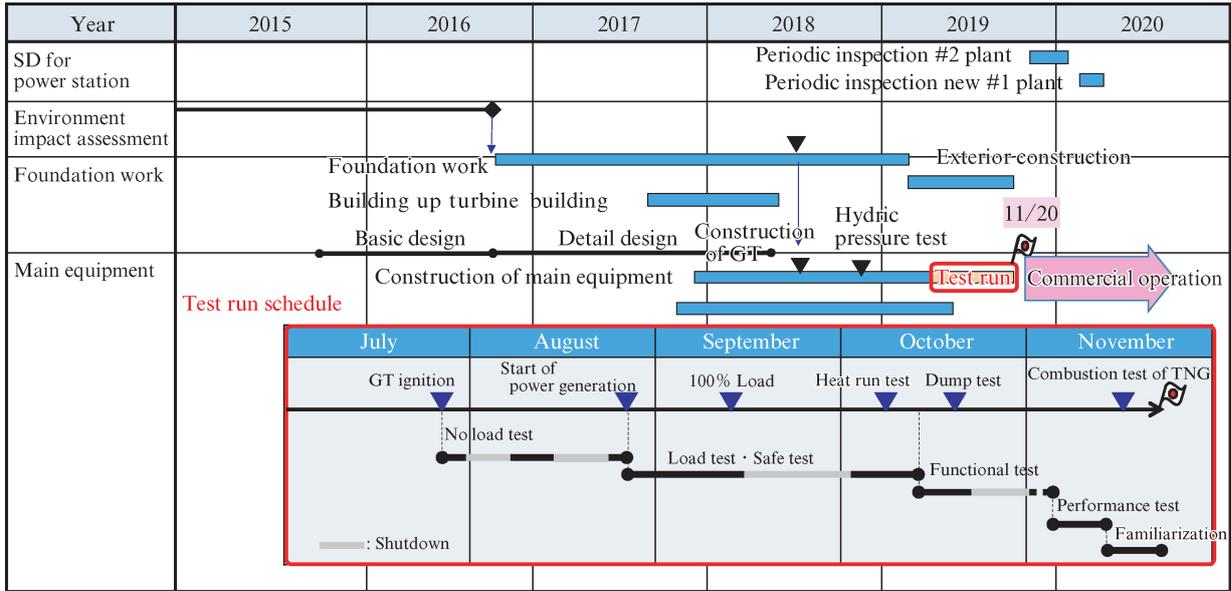


図3 新1号発電設備の建設工程

Fig. 3 Work schedule of new #1 plant

表3 ヒートランテストの結果
Table 3 Result of 100% load test

	Unit	Plan	Result of 100% load test '19.10.10 ※5h average
Power at sending end	MWh/h	180	183.8
Transmission efficiency	%	46.0	45.9 (correction 46.0)
Temperature	°C	20.0	23.4 (20.0)
Temperature of sea water	°C	20.0	23.4 (20.0)

表4 100% 負荷遮断試験
Table 4 Result of 100% load shutdown test

	Unit	Control value	Result of 100% load shutdown test
Rotation speed	rpm	3 291 (Overspeed trip value)	Max 3 204 (5.35 sec after shutdown)
Generator voltage	kV	18.15 (Trip value)	Max 17.18 (0.025 sec after shutdown)
63 kV system voltage	kV	63.6 ± 3% (61.7~65.5)	64.1
63 kV system frequency	Hz	-	49.8

(1) 試験方法

負荷運転中に燃料中のLDGを100% TNGに置換して、燃料ガスカロリーおよび燃焼空気量を変化させ、燃焼振動(内圧変動、加速度)が問題ないことを確認する。

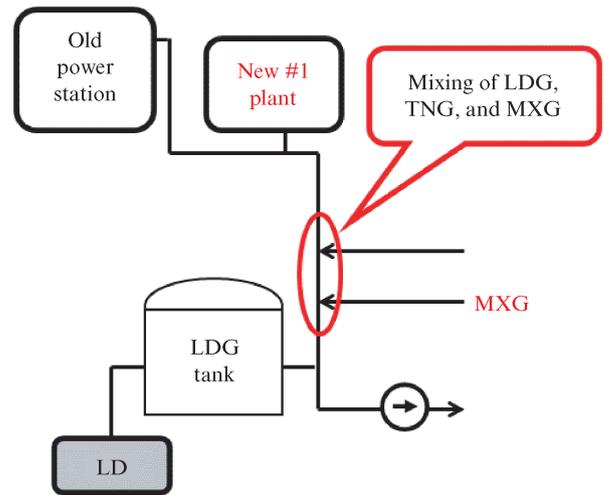


図4 燃料ガスの系統図

Fig. 4 Fuel gas flow

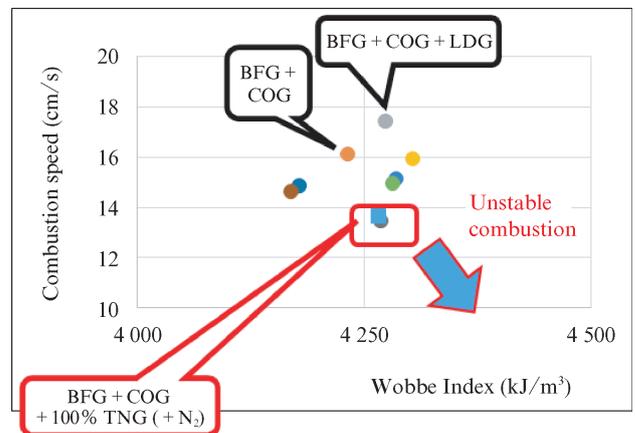


図5 燃料種類ごとの燃焼安定性

Fig. 5 Combustion stability of each fuel gas

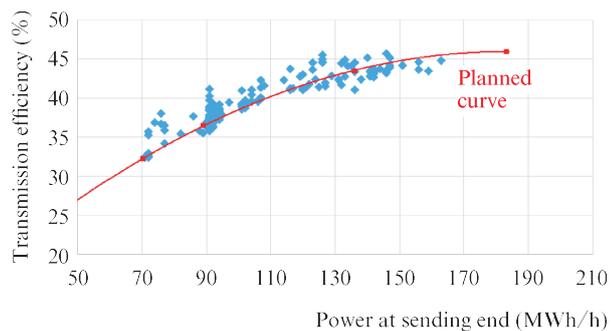


図6 2019年11月20日営業運転開始以降の操業実績
Fig. 6 Operation data from operation start on Nov. 20, 2019

(2) 試験結果

各運転状態での燃焼振動（内圧変動，加速度）は警報値

以下となり，問題ないことを確認した。

3.1.4 営業運転開始以降の操業状況

2019年11月20日の営業運転開始以降，計画どおりの効率で操業を続けている（図6）。

4. おわりに

新1号発電設備は，2019年11月の営業運転開始以降，所定の性能，能力で安定操業を続けている。

なお，2023年9月に，京浜地区の製鉄所上工程が休止となったことを受け，副生ガスに代えて天然ガスを使用する設備への燃料転換工事を実施することとした。新1号発電設備は，改造後も引き続き製鉄所内へ電力を安定供給していく予定である。