

湿式排煙脱硫設備の運転実績

— 東京電力株式会社常陸那珂火力発電所 1 号機 (1 000 MW) —

Operation Results of IHI Flue Gas Desulfurization System

— Unit No.1 (1 000 MW) of Hitachinaka Thermal Power Station for Tokyo Electric Power Co., Inc. —

森 雄 介 エネルギー・プラント事業本部電力事業部電力プロジェクト部
積 田 佳 満 エネルギー・プラント事業本部電力事業部電力プロジェクト部 次長
松 本 有 夫 エネルギー・プラント事業本部電力事業部電力プロジェクト部
佐々木 佳 輝 エネルギー・プラント事業本部電力事業部電力プロジェクト部

常陸那珂火力発電所は、東京電力株式会社が資源の多様化を図るため石炭火力発電所として計画された新鋭かつ最大規模の発電所である。当社は空気予熱器出口以降、誘引通風機 (IDF) を除く総合排煙処理設備 (電気集じん器、排煙脱硫装置、ガスガスヒータなど) を納入し、2003 年 12 月に営業運転を開始した。約 1 年の試運転を経て所期の目的を十分に達成し、現在まで順調に運転されている。

採用したシステムとその特徴は以下のとおりである。

ノンリークガスガスヒータ (GGH) : 熱回収器 / 再加熱器分離型、強制熱媒循環式ノンリーク GGH

低低温 EP : GGH 熱回収器の下流側に EP を配置

高速流角型吸収塔 : 1 000 MW 一塔処理、コンパクトな配置

本稿では上記特徴も含め発電所の概要、設備仕様、試運転結果についてまとめる。

The IHI flue gas desulfurization system was completed for the new 1 000 MW coal-fired thermal power plant in December 2003. The system is now operating smoothly and achieving superior SO₂ removal efficiency. IHI took charge of designing the whole flue gas treatment (SO₂ and dust removal) system in this project. For this system, the latest design containing new technologies was applied to cope with the local stringent environmental regulations as follows. The first feature is the adoption of a non-leakage type Gas-Gas Heater (GGH). The GGH heat recovery section and reheater section are located separately to facilitate a more effective plant layout. The second feature is the low-low temperature Electrostatic Precipitator (ESP) technology on the No.1 Unit. The third feature is the adoption of a rectangular type Absorber. This Absorber allows a reduction in installation space and materials compared with a conventional type.

1. 結 言

東京電力株式会社が電力の安定供給のために資源の多様化を図り、30 年ぶりの石炭火力発電所として計画された常陸那珂火力発電所は、東京湾の海上交通の過密緩和を図り、北関東の新しい物流拠点として建設されている茨城県常陸那珂港の北埠頭に位置している。当社は空気予熱器の出口以降、誘引通風機 (IDF) を除く総合排煙処理設備 (電気集じん器、排煙脱硫設備、ガスガスヒータなど) を納入し、2003 年 12 月に営業運転を開始した (第 1 図、第 2 図)。

当社は、1976 年以降⁽¹⁾ 石炭火力発電プラント用排煙脱硫設備の分野における多くの実績と、ボイラ設備を核とした発電機器の経験を生かし、最新の総合排煙処理設備を製作し納入した。約 1 年の試運転を経て所期の目的を十分に達成し、現在まで順調に運転されている。本稿では設備概

要と試運転実績を取りまとめ報告する。

2. 常陸那珂火力発電所 1 号機概要

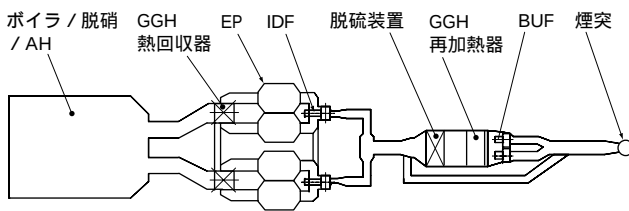
常陸那珂火力発電所 1 号機は茨城県水戸市から程近い原子力発電発祥の地である東海村に位置し、発電機出力 1 000 MW の新鋭火力発電所である。

概要を次に示す。

営業運転開始	2003 年 12 月
使用燃料	石炭
ボイラ	
型 式	超臨界圧貫流変圧平衡通風式
蒸発量 (主蒸気)	約 2 900 t/h
タービン発電機	
型 式	二軸型四流排気式再熱復水型
主蒸気圧力	24.5 MPa



第 1 図 常陸那珂火力発電所全景
Fig. 1 General view of Hitachinaka Thermal Power Station



第 2 図 常陸那珂火力発電所第 1 号機機器配置
Fig. 2 General layout of Hitachinaka Thermal Power Station

主蒸気温度	600
再熱蒸気温度	600
出力	1 000 MW
排煙脱硝装置	乾式アンモニア接触還元法
集じん装置	電気式低低温集じん装置
ガスガスヒータ	ノンリーク式
煙 突	八角形スパイラル鉄塔支持 型、高さ 230 m
排煙脱硫装置	湿式石灰石・石膏法 (スプレー塔式)

3. 総合排煙処理設備

3.1 仕 様

当社の最新の技術である低低温 EP システム、ノンリークガスガスヒータ (GGH)、高速流角型吸収塔などを集大成として採用し、総合排煙処理設備の小型軽量化、高性能化を図った。主要仕様を次に示す。

排煙処理プロセス	低低温 EP
系 列 数	2 (GGH, EP, BUF)
	1 (脱硫吸収塔)
電気集じん器	
型 式	低低温電気集じん器

基 数	2 基
荷電方式	連続または間欠荷電

脱硫設備

脱硫プロセス	灰混合一塔同時脱硫酸化
処理ガス量	3 400 km ³ _N /h
計画脱硫効率	95%
脱硫入口 SO ₂ 濃度	772 ppm
脱硫出口 SO ₂ 濃度	39 ppm
吸収塔型式	角型スプレー塔
スプレー段数	3 段
塔内ガス流速	4.0 m/s
循環スラリー濃度	20 wt%
石膏純度	95%以上
石膏含水率	10 wt%以下

3.2 集じん通風プロセス

本システムは、空気予熱器から出たボイラ排ガスを GGH で熱回収し、電気集じん器で煤じんを除去し、吸収塔で脱硫した後、GGH で再加熱、昇圧通風機 (BUF) で昇圧し煙突に導く。採用した機器の特徴として次が挙げられる (第 3 図)。

ノンリーク GGH

熱回収器 / 再加熱器分離型、
強制熱媒循環式ノンリーク GGH

低低温 EP

GGH 熱回収器の下流側に EP を配置

高速流角型吸収塔

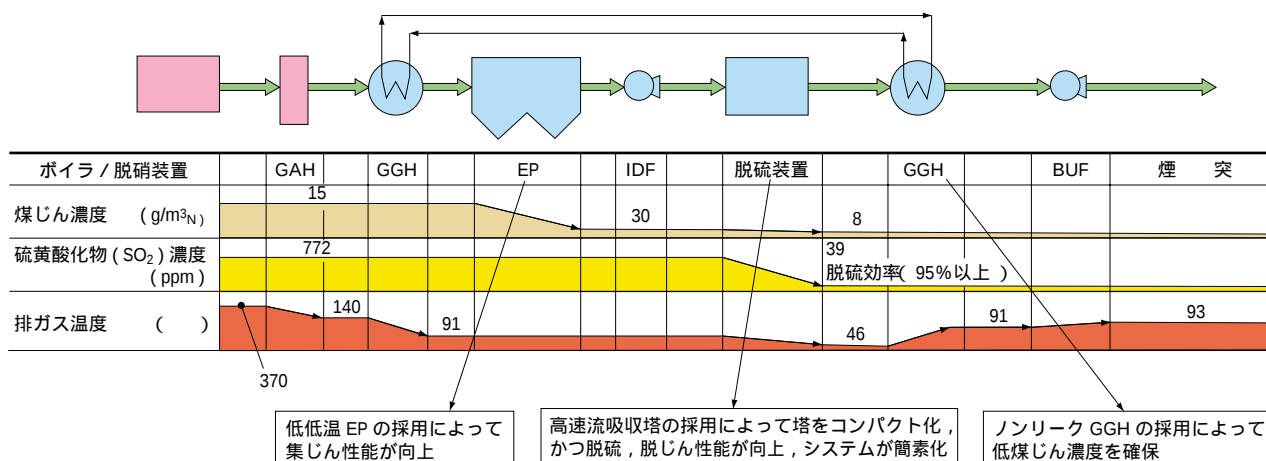
1 000 MW 一塔処理、コンパクトな配置

3.2.1 ガスガスヒータ (GGH) 熱回収器

ボイラから排出された排ガスは、2 系列に分かれ、脱硝装置、空気予熱器を通り GGH 熱回収器に入る。GGH 熱回収器の内部には、熱媒水の流れるフィン付のチューブの束であるチューブバンドルが 3 層配置されている。ボイラから出た高温の排ガスは、このチューブ内に流れる熱媒水によって熱を回収され、下流の電気集じん器に最適な温度になる。一方、排ガスによって加熱された熱媒水は、GGH 再加熱器へと送られる。また、チューブに付着した煤じんは、スートブロウで除去する方式を採用し、GGH 熱回収器下部に設けたホップから灰処理設備に送る構造とした。

3.2.2 電気集じん器 (EP)

GGH 熱回収器を出た排ガスは、4 系統に分かれ電気集じん器に入る。電気集じん器を GGH 熱回収器の下流側に配置することで排ガスは温度が下がり、煤じんの電気抵抗値



第 3 図 総合排煙処理システムの特徴
Fig. 3 Feature of flue gas treatment system

を下げることができる。また、ガスの容量が小さくなり、炭種ごとの電気抵抗値の変動幅が狭まることで、電気集じん器をコンパクトにすることが可能となった。高性能化を求めることの課題として逆電離現象の克服が必要となるが、低低温域では前述のとおり灰の電気抵抗値が大幅に低下するため本問題も解決できた。また、集じん極に付着した煤じんは電気的な付着力が弱いので再飛散を防止する必要がある。そのためダンパクローズ方式を採用し、槌打時の下流側への煤じんの流出を防止している。

3.2.3 脱硫設備

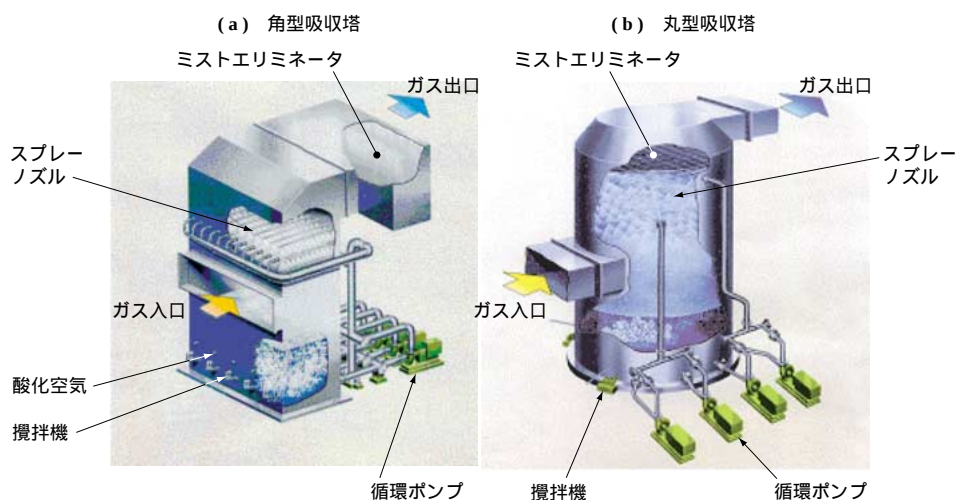
電気集じん器を出た排ガスは、2 系列となり誘引通風機 (IDF) によって昇圧された後、1 系列となって角型吸収塔に入る。吸収塔では、脱硫と脱じんを行い、排ガスに同伴される塔内で噴霧したスプレーの液滴はミストエリミネータで除去される。角型吸収塔の採用および次に示す改善に

よって、吸収塔の小型軽量化、高性能化が可能となった。吸収塔の概略 (丸型と角型) を第 4 図に示す。

- (1) 吸収塔ガス流速増加による脱硫性能の向上および吸収塔断面積の縮小
- (2) 滞留時間短縮による吸収塔液溜部容積の縮小
- (3) 1 段当たりの液ガス比 (L/G) を多くとることによるスプレー段数の削減

3.2.4 ガスガスヒータ (GGH) 再加熱器

吸収塔を出た排ガスは水分飽和であるが、GGH 再加熱器で熱媒水によって暖めることで、煙突から排出する際の白煙を防止する。吸収塔から流入する若干のミストは GGH 熱回収器のフィンチューブに付着し、スケール状の付着物となるため従来はスートブロワを設けていたが、一時的に煙突からの煤じん濃度が上がるという問題があった。そのため、ベアチューブを GGH 熱回収器の入口部に設けガス



第 4 図 吸収塔の概略
Fig. 4 Rectangular type Absorber and cylindrical type Absorber

給水として再利用している。

石膏分離機にはベルトフィルタ式石膏分離機を採用した。ベルトフィルタ式石膏分離機はろ布上に供給された石膏スラリーが、ベルトとともに移動する間に真空作用によってろ過・脱水される構造である。供給される石膏スラリーの濃度変化への追従はベルト速度の制御によって可能となるため、分離機の前段階の濃縮工程を省略でき、設備の簡素化が図られた。

3.3.3 石灰石系

石灰石粉は石灰石サーブサイロから石灰石フィーダで送り出され、石灰石混合槽で 20 wt% の石灰石スラリーとなる。この石灰石スラリーは吸収 SO₂ 量を先行信号とし吸収塔 pH をフィードバック信号とした流量制御によって吸収塔に供給される。

4. 試運転結果

本設備は 2001 年 4 月から据付け工事を着工した。2002 年夏から各機器の単体試運転、総合水運転を行い、2002 年 12 月から実ガスによる試運転に入った。ボイラの停缶時以外は、営業運転開始（2003 年 12 月）まで連続運転を行い、ボイラの各種試験に合わせた脱硫の試験を行い、設計機能が満たされていることを確認し、予定どおりの工程で試運転を完了した。

4.1 脱硫設備

性能試験結果を第 1 表に示す。部分負荷を含みユニット出力 1 000 MW の定格負荷条件における性能試験結果によって、計画性能を十分に満足していることを確認した。石膏分離機も当初から脱水性能を満足し、石膏性状についても所定の性状を満足していることを確認した。また、COD、

第 1 表 脱硫設備性能試験結果
Table 1 Results of FGD performance tests

	計 画 値	試験結果
発 電 機 出 力 (MW)	MCR	1 000
炭 種	性能保証炭	Rio Tint 炭
ガ ス 量 (m ³ N/h)	2 906 000 (wet)	2 810 000 (wet)
入 口 SO ₂ 濃 度 (ppm)	404	299
出 口 SO ₂ 濃 度 (ppm)	16 以下	計画値以下
脱 硫 効 率 (%)	96	96 以上
入口煤じん濃度 (mg/m ³ N)	30	計画値以下
出口煤じん濃度 (mg/m ³ N)	8	計画値以下
除 じ ん 効 率 (%)	73 以上	計画値以上
副生石膏含水率 (%)	10 以下	7 ~ 8
副生石膏純度 (%)	95 以上	97 ~ 98
石灰石使用量 (t/h)	4.6	3.7

塩素濃度などの排水性状についても所定の性状を満足していることを確認した。

4.2 ガスガスヒータ

性能試験結果を第 2 表に示す。ユニット出力 1 000 MW の定格負荷条件における性能試験結果によって、計画性能を十分に満足していることを確認した。また、熱回収器のストロブワによるばいじん除去効果、再加熱器のベアチューブによるフィンチューブへのスケールの付着防止効果も十分であることを、開放点検によって確認した。

4.3 電気集じん器

性能試験結果を第 3 表に示す。ユニット出力 1 000 MW の定格負荷条件における性能試験結果によって、計画性能を十分に満足していることを確認した。また、ダンプクローズ時のガス圧力損失や EP のガス分布も計画値以内であることを確認した。

5. 結 言

本設備は、試設計から起算すると約 7 年の期間を要した大きなプロジェクトとなった。実証試験や技術検討などをとおして、多岐にわたる技術成果を蓄積するとともにその集大成としての設備を無事に完成、引き渡すことができた。この技術が、すでに台湾でも結実し、さらに、中国や東南アジア、東欧の排煙脱硫設備の計画にも生かされている。今後も排煙脱硫設備を核とする環境設備は高性能化、建設費と運転保守費の低価格化が求められているが、いっ

第 2 表 ガスガスヒータ性能試験結果
Table 2 Results of GGH performance tests

	計 画 値	試験結果
炭 種	性能保証炭	Rio Tint 炭
熱回収器入口温度 ()	140	126.5
再加熱器出口温度 ()	91	93 ^{*1}
熱 媒 加 熱 蒸 気 (t/h)	0	0 ^{*1}

(注) *1: 熱回収器入口温度による補正を実施後の値

第 3 表 電気集じん器性能試験結果
Table 3 Results of ESP performance tests

	計 画 値	試験結果
炭 種	EP 計画炭	Rio Tint 炭
入口煤じん濃度 (mg/m ³ N)	15 000	約 12 500
出口煤じん濃度 (mg/m ³ N)	30 以下	計画値以下
集 じ ん 効 率 (%)	99.8 以上	計画値以上
平均圧力損失 ^{*1} (kPa)	2.21	計画値以下

(注) *1: 空気予熱器出口 ~ 脱硫入口
煤じん濃度はすべて 6%-O₂, dry 換算

その努力を続けていく所存である。

— 謝 辞 —

本設備の計画から試運転に至るまで東京電力株式会社の関係各位から多くのご指導とご協力をいただきました。ここに記し、深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 杉田 泰：事業用石炭専焼火力発電プラント用
IHI-CHEMICO 排煙脱硫装置の運転実績 石川島
播磨技報 第 18 巻第 2 号 1978 年 3 月
pp.167 - 173