

中国山東省威海市向け大型ストーカ式焼却炉設備の 納入・運転状況

黒澤和重* 作大介* 佐藤誉司*
田書營** 王正兵**

Report on Delivery and Operation Condition of Large-scale Grate-type Incinerator in Weihai City, Shandong, China

by Kazushige KUROSAWA, Daisuke SAKU, Yoji SATO, Tian Shu Ying, & Wang Zheng Bing

Ebara's first two grate-type furnaces with a waste disposal capacity of 700 t/day (350 t/24 h×2) were delivered to the Weihai Waste-to-Energy Co., Ltd. in Shandong, China, and their performance test was completed in October 2011. The design of the furnace and system considering the low calorific value of garbage in China has achieved the similar combustion performance as in furnaces in Japan, enabling a stable operation. This paper describes the redesigned points for China, results of the performance test, and operational status to date.

Keywords: China, Waste, Incinerator, Stoker, Calorie, Combustion, Environmental, HPCC, Tsingtao

1. はじめに

2011年10月末に、荏原環境プラント(株)の中国第1号機として、山東省威海市固体廃棄物処理センターにストーカ炉設備を納入した。荏原環境プラント(株)は中国に、今まで流動床焼却設備を3件納入してきたが、今回初めてストーカ炉設備を納入した。本施設は、中国でもトップクラスのごみ処理事業の実績を誇る上海環境集团有限公司の出資により設立された威海環境再生能源有限公司(以下、SPC: Special Purpose Company 特別目的会社)を事業主として、威海市に建設された。プロセス、配置等の全体基本設計及び焼却炉を中心としたコア設備の設計製作を、荏原環境プラント(株)と青島荏原環境設備有限公司とのコンソーシアムにて実施した。中国特有のごみに対応した焼却炉として設計された。

また、本施設は、排ガスを高度処理するだけでなく、ごみ焼却廃熱から得る蒸気を威海市内の蒸気ネットワークに接続し利用している。周囲の環境や経済性に十分配慮した施設として建設された。



12-53 01/235

写真1 威海市固体廃棄物処理センター
Photo 1 Weihai Waste-to-Energy Co., Ltd

2. 施設概要・特徴

威海市固体廃棄物処理センターの主な設備仕様を以下に示す。

(1) 焼却炉

形式: 全連続燃焼ストーカ式 (HPCC High Pressure Combustion Control)

処理量: 700 t/d (350 t/d × 2基)

(2) ボイラ

形式: 過熱器付自然循環式水管ボイラ

* 荏原環境プラント(株)

** 青島荏原環境設備有限公司

蒸発量：最大32.23 t/h × 2基
 蒸気条件：400℃ × 2.5 MPa（ゲージ圧）（過熱器出口）

(3) 排ガス処理設備

半乾式 + 乾式 + 活性炭噴霧 + バグフィルタ

(4) 煙突

形式：外筒 鉄筋コンクリート造

内筒 鋼製

高さ：100 m

(5) 蒸気タービン発電設備（将来設置予定）

形式：背圧タービン

発電機定格：1800 kW 予定

(6) 余熱利用

供給形式：蒸気供給で、市内蒸気ネットワークに
 接続

供給蒸気条件：300℃ × 0.98 MPa

供給蒸気量：約360000 t/年

(7) 建築物（工場棟）

建築構造：地上6階

プラットホーム2階（ランプウェイ方式）

S造，RC造

建築面積：22153 m²

(8) 公害防止基準値〔煙突出口での排ガス基準値〕

ばいじん：20 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

硫黄酸化物：200 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

窒素酸化物：300 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

塩化水素：40 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

一酸化炭素：100 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

ふっ化水素：2 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

ダイオキシン類：0.1 ng - TEQ/m³以下（O₂11%換算値）

図1に設備フロー図を示す。本施設では収集された家庭ごみ（一般廃棄物）はごみバンカに一時貯留される。ごみクレーンを用いごみはホッパに投入され、給じん装置を介して焼却炉へ送られる。焼却炉内では850℃以上の高温で焼却処理され、焼却灰はコンベヤで排出される。焼却炉から発生する排ガスはボイラ及び冷却塔で160℃まで冷却した後、消石灰及び活性炭を噴霧し、バグフィルタでばいじんを除去し、酸性ガスやダイオキシン類を吸着除去する。その後誘引送風機にて、煙突から大気へ放出する。

焼却炉から排出される焼却残渣は、炉下コンベヤで加湿され、灰押出装置で水を切り、灰バンカへ貯留される。一時貯留後、灰クレーンにて灰搬出車にて、場外へ搬出される。

ボイラから発生する蒸気は、威海市内の蒸気ネットワークに接続され、利用される。

3. 中国における焼却プラントの建設の特徴

中国における焼却プラントの建設は、日本と大きく異なる点が3点ある。①施工体制、②発注範囲と保証条件、③全体スケジュールと試運転方法であり、それぞれの特徴を次に説明する。

3-1 中国の施工体制

中国は日本と異なり、全体設計のとりまとめは設計院が行い、各メーカーが機器を供給し、SPCがまとめる体制となっている。主なプラントメーカーへの発注範囲は、焼却系統と排ガス処理系統の基本設計、焼却炉コア設備の供給、コア設備に関するSV派遣となっている。これらの範囲は物

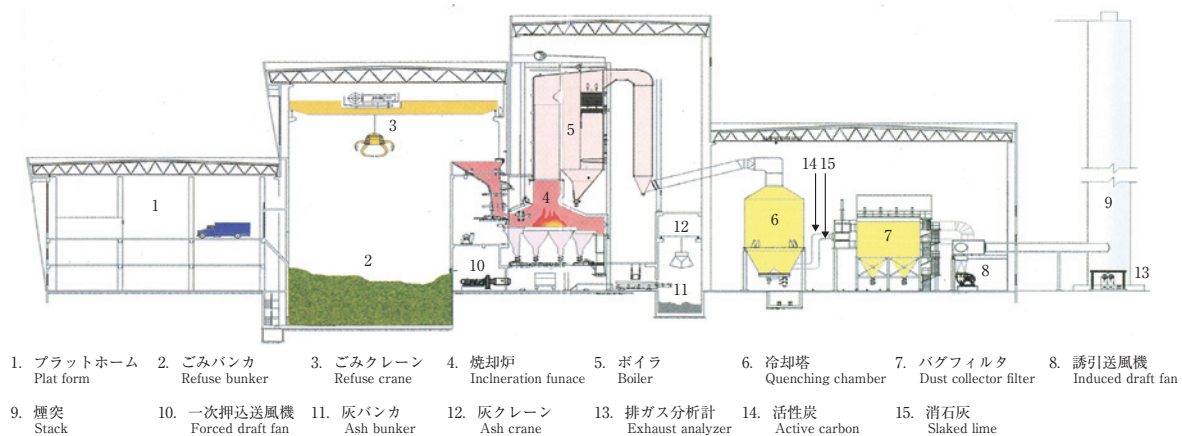


図1 設備フローシート

Fig. 1 Flow sheet of plant

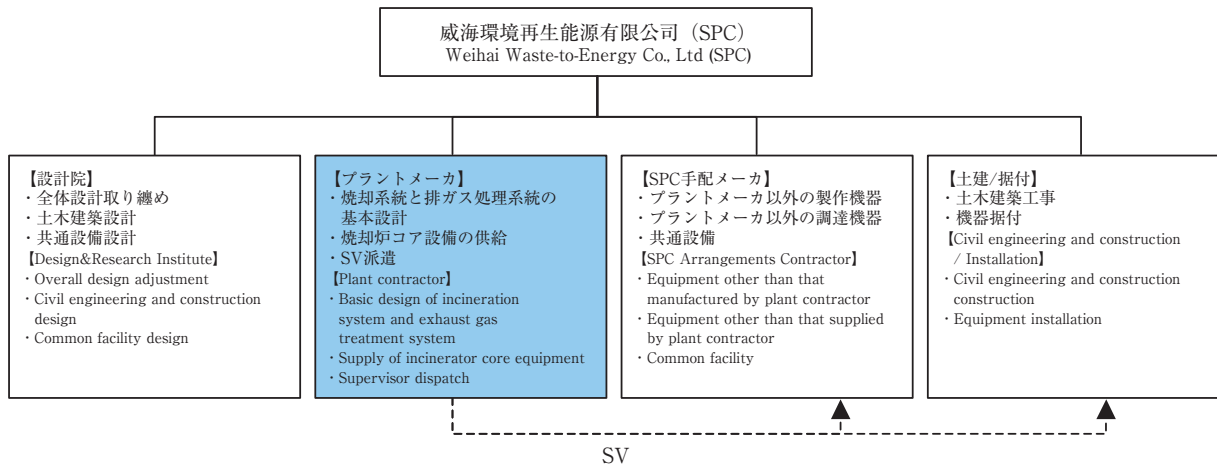


図2 施工体制

Fig. 2 Construction organization

件ごとに異なっている。今回の施工体制を図2示す。

3-2 コンソーシアムでの業務分担

今回、荏原環境プラント(株) (以下、日側という) と青島荏原環境設備有限公司(以下、中側という)とのコンソーシアムの受注となったので、業務の効率化を考慮し、次の方針とした。

- (1) 中国国内で手配する機器は、中側で手配、海外(日本を含む)で手配する機器は、日側で手配する。
- (2) 基本設計は日側で行い、詳細設計は中側で行う。
- (3) 顧客対応の窓口は中側が行う。

双方のコミュニケーションを充実させるため、定期的なテレビ会議を実施した。その結果、海外業務でありながら、意思の疎通は十分できたと考える。

3-3 発注範囲と保証条件

今回の発注範囲は、3-1に示したとおり焼却系統と排ガス処理系統の基本設計、焼却炉コア設備の供給、コア設備に関するSV派遣となっている。

また、保証事項は公害防止基準値以外には、次の主な項目がある。

- (1) 年間累計運転時間 8000 時間以上
- (2) 熱負荷変化範囲 60 ~ 110%
ただし110%は2時間となる。
- (3) 炉出口温度 850℃以上、2秒間
- (4) 熱しゃく減量 3%以下
- (5) ボイラ熱効率 80%以上
- (6) 火格子交換率 各メーカーによる
- (7) 排ガス処理設備での薬品使用量 各メーカーによる

表1 建築スケジュール

Table 1 Construction schedule

2009年	2010年	2011年
入札 契約 Bid Agreement ▽▽	1号炉乾燥焚 No.1 Furnace drying burn	2号炉乾燥焚 No.2 Furnace drying burn ごみ投入 Refuse
設計 Design	プラント工事 Plant construction	試運転 Commissioning
	土建工事 Civil engineering and construction	

3-4 全体スケジュールと試運転

建設スケジュールを表1に示す。建設スケジュールは、計画では2年間となっていた。

中国では試運転を専門に行う会社があり、その会社が試運転の全ての業務を取り仕切っている。各設備メーカーは、試運転会社が立案したスケジュールに従い、単体試運転・乾燥焚・焼却試運転・蒸気配管フラッシングを行った。中国では大きな試運転工程は、次のようになっている。

- (1) 焼却試運転
- (2) 72 + 24時間試験
- (3) 試生産期間 (約3箇月)
- (4) 性能試験
- (5) 商業運転

中国では性能試験前に、72 + 24時間試験を行わなければならない。72 + 24時間試験内容は、72時間の定格処理運転を行い、一度焼却炉を停止し、その後再度焼却炉を立上げ24時間運転を行い、設備が問題なく稼働する

表2 設計ごみ低位発熱量・ごみ組成

Table 2 Low calorific value of refuse & refuse composition

	低質ごみ Low-calorific value refuse	設計ごみ Design refuse	高質ごみ High-calorific value refuse
低位発熱量 Lower calorific value	4190 kJ/kg	6280 kJ/kg	7540 kJ/kg
水分 Water content	59.95 wt.%	54.18 wt.%	50.85 wt.%
可燃分 Combustible content	22.99 wt.%	30.32 wt.%	34.63 wt.%
灰分 Ash content	17.06 wt.%	15.50 wt.%	14.52 wt.%

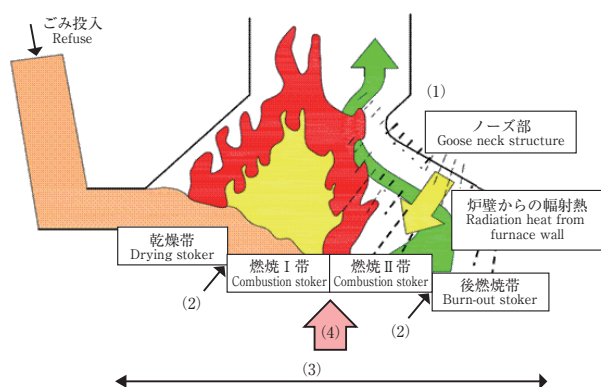


図3 中国ごみ向け設計改良点

Fig. 3 Redesigned points for improvement on incinerator for China

ことを確認する。その後、試生産期間（約3箇月程度の焼却運転期間）があり、その後に性能試験が開始される。性能試験は、日本と同様な保証項目（処理量、排ガス規制値、騒音等）に関するテストが行われる。

4. 中国ごみ向け設計改良点

現在の中国におけるごみ質は低位発熱量が低く、水分や灰分が多いのが特徴である。中国での設計ごみ質は、1点だけ設計ごみ質（3成分）が提示され、低質ごみと高質ごみは範囲のみ提示される。よって、各プラントメーカーで3成分を計算する必要がある。表2に荏原環境プラント（株）が設定したごみ質を示す。

中国ごみ向け設計改良点は、中国のごみは日本のごみと比べて水分や灰分が非常に多く、低位発熱量が低いのを特徴とする。このため、以下の設計改良を行い、その結果、日本における焼却炉と同等の燃焼状況を実現することができた。次の改良点を図3に示す。

(1) 炉出口にノーズ部を設置し、輻射熱を有効に利用

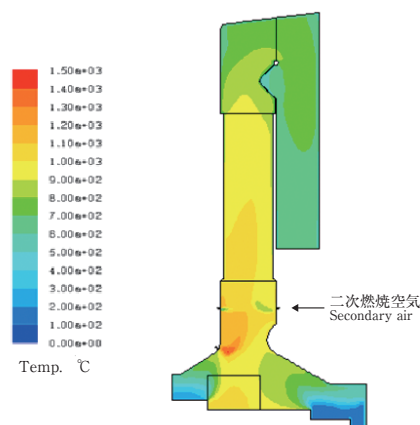


図4 燃焼シミュレーション結果

Fig. 4 Simulation result of temperature distribution

できるような炉形状として完全燃焼を達成した。

(2) 乾燥帯と燃焼I帯及び燃焼II帯と後燃焼帯間に段差を設け、ごみの反転・かくはんを効率良く行えるようにした。

(3) 炉内におけるごみの滞留時間を十分に確保するため、ストーカ長を日本の設計基準より長くした。

(4) 燃焼空気温度を、日本の設計基準よりも高めの設定とし、最高220℃とした。

炉の燃焼シミュレーション解析の結果を図4に示す。各帯から排出された燃焼ガスは、二次燃焼空気により適切に混合され、良好な燃焼状態が形成されている様子が分かる。低質、高質ごみ燃焼時においては、この燃焼ガスの排出位置が前後に変化し、いずれにおいても二次燃焼域で適切な火炎形成と混合かくはんが達成されることを確認した。

5. 運転状況・性能試験結果

5-1 運転状況

本施設は、2011年6月から1号炉の負荷試運転を開始し、2011年9月から2号炉の負荷試運転を開始した。試運転は順調に進み、2011年10月に1号炉・2号炉とも、無事に性能試験を完了した。

試運転期間におけるごみの低位発熱量は概ね5000～6000 kJ/kg程度、水分は55 wt.%, 灰分は25 wt.%程度であったが、日本と同等な燃焼状態となっている（写真2）。

試運転時における炉出口と二次燃焼室における温度及び蒸発量を図5に示す。概ね炉出口温度は900～1000℃、二次燃焼室温度は850～950℃程度で運転している。また、煙突入口の排ガスデータを図6に示す。いずれも規制値を下回る運転を継続している。



12-53 02/235

写真2 炉内燃焼状況
Photo 2 Situation of combustion

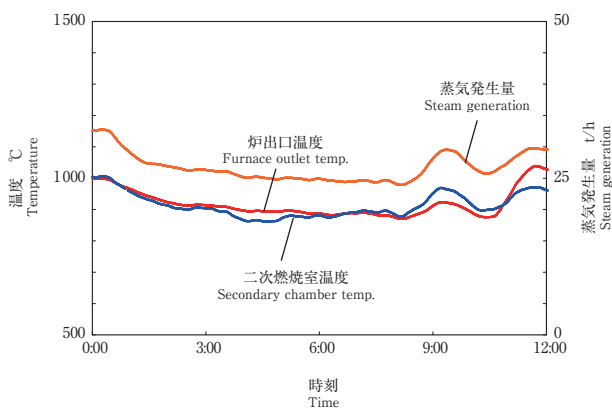


図5 炉出口・二次燃焼室温度，蒸気量トレンド
Fig. 5 Trends in furnace outlet temperature, secondary combustion chamber temperature and evaporation flow

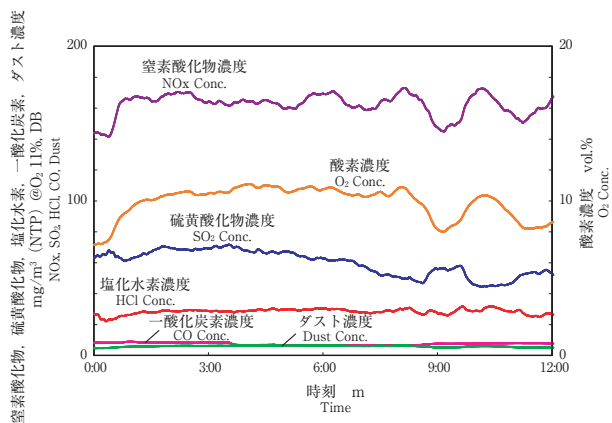


図6 煙突入口排ガス成分トレンド
Fig. 6 Trends of stack inlet exhaust gas constituents

5-2 性能試験の結果

性能試験では、ごみ処理量、熱灼減量、排ガス850℃滞留時間、ボイラ効率、蒸気圧力・温度・蒸気量、排ガ

表3 性能試験結果 (基本的データ)
Table 3 Results of performance test (basic data)

試験項目 Tested item	単位 Unit	保証値 Guaranteed performance	1号炉 No.1 Furnace	2号炉 No.2 Furnace
ごみ処理量 Volume of refuse treatment	t/24h	350	360	355
熱灼減量 A heat provoking loss in quantity	%	3	0.3	0.2
排ガス850℃滞留時間 Retention time of exhaust gas 850℃	秒	2	2.5	2.6
過熱蒸気圧力 Superheated steam pressure	MPa (ゲージ圧)	2.37-2.63	2.41	2.39
過熱蒸気温度 Superheated steam temperature	℃	395 - 403	400	401
ボイラ定格蒸気量 Boiler rated steam flow	t/h	29.3	28.3	27.4
ボイラ効率 Boiler efficiency	%	80	82.2	83.2

表4 性能試験結果 (排ガス測定)
Table 4 Results of performance test (exhaust gas)

試験項目 Tested item	単位 Unit	保証値 Guaranteed performance	1号炉 No.1 Furnace	2号炉 No.2 Furnace
ダスト Dust	mg/m³ (NTP)	20	9.6	6.4
HCl	mg/m³ (NTP)	40	26	31
HF	mg/m³ (NTP)	2	1.2	1.5
SO₂	mg/m³ (NTP)	200	39	38
NOx	mg/m³ (NTP)	300	261	273
CO	mg/m³ (NTP)	100	4	4
TOC	mg/m³ (NTP)	20	8.5	8.7
Hg及び化合物 Hg and compound	mg/m³ (NTP)	0.1	N.D.	N.D.
Cd及び化合物 Cd and compound	mg/m³ (NTP)	0.1	<0.02	<0.02
Pb	mg/m³ (NTP)	1.6	0.9	1.0
その他重金属 Other heavy metals	mg/m³ (NTP)	6	2.1	2.7
排ガス黒度 Black degree of exhaust gas	リングルマン濃度 Ringelmann	1	<1	<1
DXN類 Dioxin	ng-TEQ/m³ (NTP)	0.1	0.05	0.06

ス排出基準等に関わる試験を行った。性能試験結果の基本的な保証値データを表3、排ガス搬出基準値データを表4に示す。全てのデータが保証値をクリアしている。

6. おわりに

本施設は性能試験を完了し、その後も順調に運転を続けている。荏原環境プラント㈱のHPCC型ストーカ炉は日本の厳しい排出規制に対応するために開発された技術である。この技術は中国においても実証でき、更なる排出規制の強化の要求にも対応していけるものである。

現在、中国にて威海市以外に3件が設計・建設中で、順次試運転が開始される。中国顧客の要望に沿った最適なシステムを提案することにより、中国のごみ焼却に貢献していきたい。

最後に、本プロジェクトにご協力頂いた全ての関係者の方々に深く感謝する。

参考文献

- 1) HPCC型ストーカ式焼却技術と中国への適用例, 中日固体廃棄物処理技術と管理フォーラム, 北京国際会議中心 (2011/8/29)
- 2) 中国山東省威海市向け大型ストーカ式焼却炉の運転状況, 全国都市清掃研究・事例発表会 (第3回), (2011)

