

中国向け大型ストーカ式焼却炉設備の納入・運転状況 —江西省南昌市—

Report on Delivery and Operational Condition of Large-scale Grate-type (Stoker-type) Incinerator in Nanchang City, Jiangxi, China

小 林 宏 次*	黒 澤 和 重*	有 原 元 史*
Koji KOBAYASHI	Kazushige KUROSAWA	Motoshi ARIHARA
楊 文 傑**	張 志 宝**	趙 柄 来**
Wenjie YANG	Zhibao ZHANG	Binglai ZHAO

中国江西省南昌（ナンチャン）市に処理規模1200 t/dのストーカ式焼却炉を納入し、2015年8月に性能試験を完了した。荏原環境プラント(株)及び青島荏原環境設備有限公司は、現在までに中国大陸において、既に流動床式焼却施設2件、ストーカ式焼却炉3件の合計5件の納入実績があり、その内2件のストーカ式焼却炉についてエバラ時報で報告した。本焼却炉はそれらに続く6件目であり、現在建設・試運転中の設備も含め、荏原グループのストーカ炉として1炉当たり最大処理規模である。

本稿では、スケールアップへの設計上の工夫・改良点、排ガス再循環の採用によるNO_x抑制効果、現在までの運転状況・性能試験結果について報告する。

Ebara's grate-type waste incinerators with a treatment capacity of 1200 t/d were delivered to Nanchang city, Jiangxi, China, and their performance test was completed in August 2015. In the past, Ebara Environmental Plant Co., Ltd., and Ebara Qingdao Co., Ltd., delivered incinerators to five facilities in China: fluidized-bed incinerators to two facilities and grate-type incinerators to three. Among them, two grate-type incinerators have been reported in the Ebara Engineering Review. This time, we delivered incinerators to the sixth facility, with the biggest capacity per unit among all grate-type incinerators delivered by Ebara, including those under construction or commissioning.

This paper describes the engineering refinement and improvements for upscaling and the NO_x control effect of a flue-gas recirculation system, along with the operation status so far and performance test results.

Keywords: China, Waste, Incinerator, Stoker, Calorific value, Combustion, Environmental, HPCC, Qingdao, Nanchang

1. はじめに

2015年8月3日に、中国江西省南昌市にストーカ式焼却設備を納入し、性能試験を実施、引き渡しを完了した。

本施設は、南昌市初の都市ごみ焼却施設であり、荏原グループは、これまでの経験によって確立した、高含水率かつ灰分が非常に多いという中国特有のごみ組成に対応した適切な設計を行い、焼却炉のスケールアップへの設計上の工夫・改良を行った。

本施設の建設は、南昌市から事業権を取得した北京首創集団が設立した南昌百瑪士綠色能源有限公司（SPC = Special Purpose Company）が行い、当グループは燃焼設備の基本設計、焼却炉周りの主要機器、自動燃焼制御装置（ACC = Automatic Combustion Control system）等を納入した（図1）。



16-75 01/251

図1 南昌市ごみ焼却施設

2. 南昌市の概要

南昌市は、中国江西省の省都であり、江西省の政治、経済、文化の中心で、交通の要衝であり、北東に中国最大の淡水湖である鄱陽（ポーヤン）湖がある。面積は7402 km²、人口約520万人である。亜熱帯湿潤モンスーン

* 荏原環境プラント(株)

** 青島荏原環境設備有限公司



図2 中国大陸における江西省南昌市の位置

気候に属し、年平均気温は16.8℃、4月から6月は雨季となり、年間降水量の約80%がこの時期に降る。

南昌は、約2200年前、漢の時代に建県された歴史文化で有名な都市であると同時に、江西省最大の工業都市でもある。

図2に、中国大陸における南昌市の位置を示す。

3. 施設概要・特徴

南昌市のごみ低位発熱量・ごみ組成を表1に示す。

南昌市生活ごみ焼却施設の主な設備仕様を以下に示す。なお、②から⑤の設備については顧客所掌である。

①焼却炉

形式：エバラ HPCC 型ストーカ式焼却炉（HPCC = High Pressure Combustion Control）

処理量：1200 t/d（600 t/24 h × 2 基）

②ボイラ

形式：過熱器付自然循環式水管ボイラ

蒸発量：53.2 t/h（最大58.5 t/h）× 2 基

蒸気条件：400℃ × 4.0 MPa（ゲージ圧、過熱器出口）

③蒸気タービン発電設備

形式：蒸気タービン（復水式）＋発電機

タービン定格：12 MW × 2 基

④排ガス処理設備

排ガス処理方式：半乾式有害ガス除去（消石灰スラリー噴霧）＋乾式有害ガス除去（消石灰噴霧）＋活性炭噴霧＋バグフィルタ

表1 設計ごみ低位発熱量・ごみ組成

項目	低質ごみ	設計ごみ	高質ごみ
低位発熱量	4180 kJ/kg	6270 kJ/kg	8360 kJ/kg
水分	58.81%	52.01%	45.21%
可燃分	26.41%	33.56%	40.71%
灰分	14.78%	14.43%	14.08%

⑤煙突

形式：外筒 鉄筋コンクリート造

内筒 鋼製

高さ：80 m

⑥公害防止基準値^{*1}〔煙突出口排ガス基準値〕

〔〕内は、日本で使用される単位、標準酸素濃度で変換した値である。

ばいじん：80 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

〔72 mg/m³（NTP）以下（O₂12%換算値）〕

硫黄酸化物：260 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

〔81.9 ppm 以下（O₂12%換算値）〕

窒素酸化物：400 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

〔175.4 ppm 以下（O₂12%換算値）〕

塩化水素：75 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

〔41.4 ppm 以下（O₂12%換算値）〕

一酸化炭素：150 mg/m³（NTP）以下（O₂11%換算値）

〔108 ppm 以下（O₂12%換算値）〕

ダイオキシン類：0.1 ng-TEQ/m³以下（O₂11%換算値）

〔0.09 ng-TEQ/m³以下（O₂12%換算値）〕

（※1：公害防止基準値は、当グループの保証範囲ではないが、参考のために示す。）

図3に設備フロー図を示す。収集された生活ごみは、ごみピットに貯留され、水分の分離と発酵による温度上昇で乾燥し、発熱量が高まる。その後、ごみクレーンを用いて、ごみホッパに投入され、給じん装置を介して焼却炉へ送られ、焼却炉において850℃以上の高温で焼却処理される。焼却炉から発生した高温排ガスは、ボイラで195℃まで熱回収され、半乾式反応塔で155℃まで冷却されると同時に、消石灰スラリーによって酸性物質を除去される。その後、煙道に噴霧された消石灰及び活性炭と混合され、酸性ガスの中和、重金属・ダイオキシン類の吸着が行われる。その後、バグフィルタで、飛灰、中和によって生成された塩類、活性炭によって吸着された重金属・ダイオキシン類が分離除去され、誘引送風機で、排ガスは煙突から大気へ放出される。

焼却炉から排出された焼却灰は、灰押出装置で冷却された後、振動コンベヤで灰ピットに移送され一時貯留される。その後、灰クレーンで灰搬出車に積載され、場外へ搬出される。

バグフィルタ等で捕集された飛灰は、コンベヤで灰サイロへ送られ一時貯留される。その後、飛灰処理装置で混練された後、飛灰搬出車で埋立処分場へ搬送される。



4-1 納入範囲と性能保証

保証事項は、下記項目である。

- ③炉出口温度：850℃以上，2秒間以上
- ④灰の熱灼減量：3%以下
- ⑤ボイラ効率：80%以上
- ⑥火格子交換率：運転時間 8000 h 1%未滿
運転時間 16000 h 2%未滿
運転時間 24000 h 2.5%未滿
運転時間 32000 h 3%未滿

当グループはSPCと、2013年1月25日に南昌市施設に関して、正式契約を行い、設計業務を開始した。その後、設計、土工工事、設備据付工事及び試運転も順調に進み、2015年8月3日に性能試験を完了した。詳細な建設スケジュールを表2に示す。

表2 建設スケジュール

[illegible]



16-75 02/251

図4 ストーカ据付



16-75 03/251

図5 給じん装置据付

当グループ納入機器については、2013年11月から据付作業を開始し、2014年11月に完了した。ストーカの据付状況を図4、給じん装置の据付状況を図5に示す。

2014年11月から12月末に施設全体の無負荷試運転を実施し、2015年1月からごみを投入し負荷試運転を開始した。2015年1月末に「72+24時間試験（火力発電所の試験検証方法であり、連続的な72+24時間の定格処理運転を行う中国独自の試験）」を実施し、2015年8月3日に性能試験を全て完了した。

5. 本施設の特徴

本施設は当グループとして、1炉1日当たり処理量が600トンの第1号機であり、大型化に対応するため、従来の設計から一部改良を行った。

5-1 4ラン型ストーカの採用

当グループの大型ストーカ式焼却炉は、処理量に応じて、幅方向に複数のユニットを組み合わせた構造を採用しており、ユニットの接合部には熱膨張吸収機構を設け

ている。個々のストーカユニットと、ユニット接合部の熱膨張吸収機構は、長年の実績を有する確立された構造で、これを幅方向に組み合わせて、大型化に対応することができる。

当グループは、日本国内施設向けに、幅方向に3つのユニットを組み合わせた3列（3ラン）型ストーカ焼却炉を納入し、中国においても複数の3ラン型焼却炉を建設・納入している。

本施設では、これまでに確立した3ラン型焼却炉の技術を基に、当グループで初めて幅方向に4つのユニットを組み合わせた4ラン型ストーカを採用した。4ラン型ストーカ焼却炉の構造を図6に示す。

各列（ラン）の基本構造は、これまでの中国向け焼却施設で確立したものと同様で、ごみの進行方向に、乾燥ストーカ、燃焼ストーカⅠ、燃焼ストーカⅡ、後燃焼ストーカに分割されており、各ストーカは独立して駆動し、単位時間当たりの作動回数を個別に設定することができる。

中国の低発熱量ごみに対応するため、日本国内よりもストーカの全長を長くし、ごみをほぐして燃焼を促進するための段差を、乾燥ストーカ出口と、後燃焼ストーカ入口に設けている。

ごみの燃焼に必要な空気は、ストーカ下部の炉下シュートから供給し、各シュートの空気量を個別に変更することができる。ごみの性状や処理量の変化に応じて、各ストーカの作動回数、各シュートの燃焼空気量を調整することで、幅広いごみ性状に対応して、安定燃焼を実現することが可能である。

4ラン型ストーカ炉は、幅方向に4列のストーカユニットを組み合わせており、従来よりも幅方向の寸法が長くなるため、たわみが生じないように各部の構造を強化した。

また、幅方向に長い大型ストーカ炉の場合、炉内の燃焼状況が幅方向で不均一になるおそれがあるが、幅方向

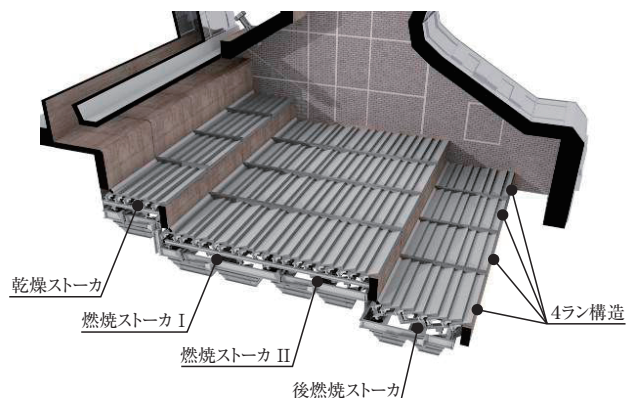


図6 4ラン型ストーカ焼却炉の構造

に複数台の炉内監視カメラを設置し、各ランの燃焼状況に応じて、ランごとの燃焼空気量を調整可能とした。

その結果、数箇月間の負荷試運転において、ストーカ炉の機械的機能に問題はなく、安定した運転を確認することができた。

炉内の燃焼状況も良好であり、約10 m幅の4ラン型ストーカ上で均一な燃焼完結点を維持することができた。炉出口温度も最適な900～1000℃の高温を保持し、高温ガスの滞留時間も設計条件以上であることを確認した。

また、過負荷運転にも強く、定格処理量600 t/dに対し、平均処理量670 t/d (112%負荷)、最大処理量733 t/d (122%負荷)を達成した(中国では、過負荷運転に対する法的な規制はなく、設備の安全を確保した上で過負荷連続運転を行うことができる)。

その結果、幅方向に複数のユニットを組み合わせることで大型化を実現する方式を検証することができ、更に大きな規模の場合でも、同様の方式で対応できることが確認できた。

本施設の燃焼状況を図7に示す。

5-2 灰押出装置の大型化

本施設では、灰押出装置の大型化を行った。灰押出装置のプッシャー面積を増加するため、大口径シリンダを採用し、従来設計に比べ、処理量を約45%増加することができた。運転状況は極めて安定しており、トラブルの発生もなく、良好な運転を継続している。出口灰の水分割合は約22%であり、灰押出装置の水切り性能についても良好な結果を確認できた。

大型化した灰押出装置の据付状況を図8に示す。

5-3 ストーカ軸受冷却構造の採用

中国のごみは、日本国内のごみに比べて水分が高く、発熱量も低いので、伝熱面積の大きい空気予熱器を採用し、一次燃焼空気温度を240℃まで上げる設計としている。一方、複数ラン構造の大型炉の場合、炉下シュートも幅方向に複数存在し、炉下シュート間に熱がこもりやすい構造となっている。

このため、従来の中国向け大型焼却炉では、ラン間の炉下シュート周辺温度が高く、ストーカ軸受温度が高くなる傾向があり、耐熱温度の高い軸受潤滑グリースを採用する必要があった。

本施設では、ストーカ軸受温度の上昇を抑えるため、軸受冷却構造を採用した。軸受冷却構造とは、軸受と炉下シュート間にジャケットを設け、冷却空気を送入し、軸受に炉下シュート内部の高温空気の熱が直接伝わらないようにして、軸受温度の上昇を抑える構造である。



16-75 04/251

図7 炉内燃焼状況



16-75 05/251

図8 灰押出装置据付

また、各ランの炉下シュート間に、冷却空気を吹き込み、炉下シュート周りの温度を下げる工夫を行った。

その結果、軸受冷却構造を採用していない施設に比べ、軸受温度を約40℃～50℃下げることができた。

炉下シュート周辺温度も低下し、作業環境が大幅に改善した。また、軸受温度が低下するため、耐熱温度が低いグリースの採用が可能となり、運転コストも低減することができた。

軸受冷却構造を採用した南昌市施設と、採用しない威海市施設の軸受温度測定値を表3に示す。

5-4 排ガス再循環の採用によるNO_x抑制¹⁾

当グループは、低空気比燃焼によるエネルギー効率の向上と、NO_x低減のため、日本国内で確立した技術を基に、中国向け施設においても排ガス再循環の採用を積極的に進めてきた。

南昌市施設の排ガス再循環未使用時の発生NO_x濃度は、

表3 ストーカ軸受温度実際測定値

単位 ℃

位置	燃焼ストーカⅠ	燃焼ストーカⅡ
威海 軸受冷却構造無	162	152
南昌 軸受冷却構造有	111	109.5
温度差	51	42.5

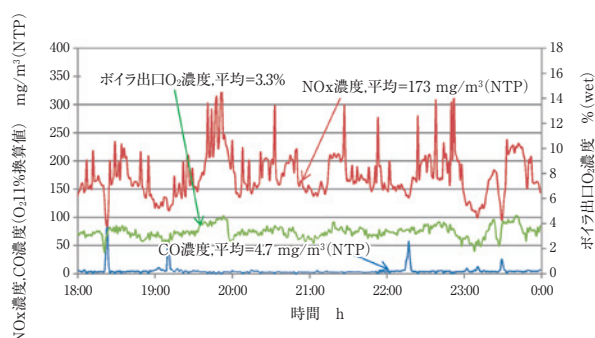


図9 排ガス再循環使用時NOx濃度排出値

平均 330 mg/m³ (NTP) (O₂11%換算値) [約 145 ppm (O₂12%換算値)] 程度である。排ガス再循環使用時の発生NOx濃度の平均は約 173 mg/m³ (NTP) (O₂12%換算値) [76 ppm (O₂12%換算値)] であり、排ガス再循環の採用によるNOx低減効果が確認できる。南昌市の排ガス再循環使用時の運転データを図9に示す。

6. 運転状況・性能試験結果

6-1 運転状況

負荷試運転においては、ごみピットに搬入されたごみを5日から7日間貯留し、自己発酵熱による水分蒸発でごみの発熱量を上昇させてから、炉内に投入した。

焼却炉に投入されたごみの低位発熱量（性能試験時の分析値）は、6100～6600 kJ/kg程度であり、設計ごみ質 6270 kJ/kgに近かった。ごみ組成は、重量比で灰分

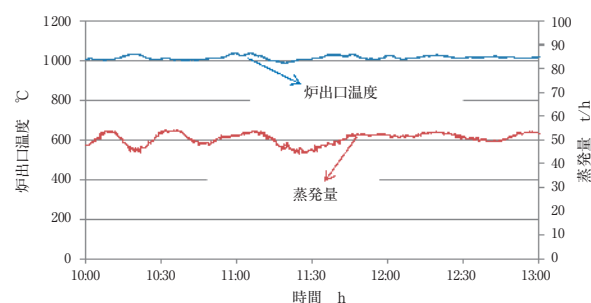


図10 炉出口温度、蒸発量トレンド

が約 28%、水分が約 50%、可燃分が約 22%であった。

負荷試運転における、焼却炉出口温度と蒸発量を図10に示す。焼却炉出口温度は 950～1050 ℃であった。

6-2 性能試験結果

性能試験では、ごみ処理量、灰の熱灼減率、850 ℃以上の排ガス滞留時間、ボイラ効率、蒸気温度・圧力、蒸発量について測定を行い、全ての項目で保証値を満足することができた。

性能試験の結果を表4に示す。

煙突出口排ガス基準値は、当グループの保証範囲ではないので表4に記載していないが、別途顧客が測定を行い、全て合格した。

6-3 110%負荷運転について

中国向けのごみ焼却施設では、定格負荷（熱量基準）を超えた運転を可能とするよう要求されることが多く、本施設では、1日当たり2時間の110%負荷運転が要求されている。

負荷試運転における、1箇月間の運転実績では、1炉当たりの定格処理量 600 t/d の 110% (660 t/d) 以上の負荷で運転した日数が、月の半分を超え、最大処理量は 733 t/d (122%負荷) であった

図11に、負荷試運転時の1箇月間の焼却量の実績を示す。

表4 性能試験結果（100%負荷）

試験項目	単位	保証値	1号炉	2号炉	結論
ごみ処理量	t/d	600.0	665	605	合格
ボイラ総合効率	%	≥ 80.00	80.25	82.6	合格
主蒸気流量	t/h	53.2	54	54.13	合格
主蒸気温度	℃	400 (+ 10, - 5)	400	398.9	合格
主蒸気圧力	MPa	4.00 (+ 0.2, - 0.3)	3.92	3.95	合格
灰の熱灼減量	%	≤ 3.00	1.72	1.14	合格
850 ℃以上の排ガス滞留時間	s	≥ 2.0	4.8	5.3	合格
ごみ低位発熱量	kJ/kg	6270.0	6132	6605	—*

※保証項目ではないので、合格判定は行っていない。

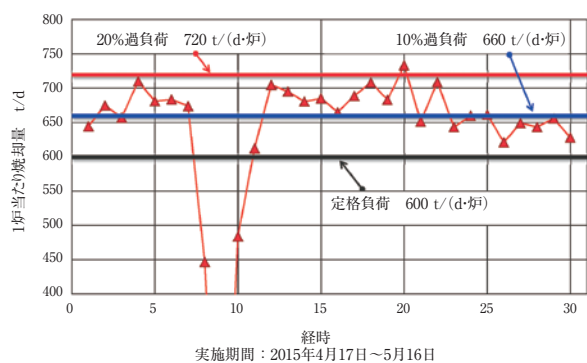


図11 1箇月間焼却量

7. おわりに

本施設は2015年8月に性能試験を完了し、その後も順調に運転を継続している。

本施設に納入した焼却炉は、当グループのストーカ式焼却炉としては初の1炉当たり処理量600 t/dの大型ストーカ焼却炉であったが、中国のごみに十分適応し、各保証値を満足した安定運転を実現し、更なる大型化に向けた知見を得ることができた。

近年、中国においても環境意識が高まり、ごみ焼却施設に求められる技術も高度化している。当グループは、これまでの経験を基に技術改良を重ね、中国市場の要望に応じていく所存である。

当グループは、中国国内において、焼却炉の受注を順調に継続しており、今後も当グループ焼却炉が納入された施設が、複数竣工予定である。本稿を含め、これまで、中国向け大型ストーカ式焼却炉の納入事例^{2), 3)}を、エバラ時報に掲載したが、今後も引き続き、本誌において報告を行っていく。

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) 黒澤和重・王正兵 他、中国における大型ストーカ式焼却炉の焼却処理技術の確立と安定稼働報告（第2報）、第37回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集（2016-1）。
- 2) 黒澤，作，佐藤，田，王，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，エバラ時報，No.235，P.23-28（2012-4）。
- 3) 黒澤，小林，田，王，単，中国向け大型ストーカ式焼却炉設備の納入・運転状況－福建省漳州市－，エバラ時報，No.250，P.76-83（2016-1）。