

次世代型流動床式焼却炉「流動床式ガス化燃焼炉」を用いた環境負荷低減の取組み

Approach for Environmental Load Reduction in Next-generation Fluidized-bed Incinerator



砂田浩志*
Hiroshi Sunada



木下民法*
Taminori Kinoshita



伊藤 正*
Tadashi Ito



中澤秀一*
Hidekazu Nakazawa

これまで取組んできた流動床式ガス化溶融炉で培った安定処理技術を基に、次世代型流動床式焼却炉を開発し、実炉での実証試験を行った。給じんシステムの改良によるごみの定量供給や、排ガス再循環による炉内高温化抑制、レーザ式O₂計を用いた燃焼制御性の向上などを図り、安定した低空気比運転を実現することができた。また、多段燃焼空気の配分の最適化と低空気比運転により、NO_x濃度を40 ppm程度まで抑制できるとともに、無触媒脱硝を併用することで、NO_x濃度20 ppmも十分達成可能であることを確認した。

We developed a next-generation fluidized-bed incinerator on stable treatment technologies fostered with fluidized bed gasification and melting furnaces, and conducted demonstration tests on an actual furnace. The incinerator operated stably at a low air ratio owing to an improved refuse feeder that supplies waste stably, an exhaust gas recirculation system that controls temperature spikes in the furnace and improved combustion control using a laser gas analyzer. NO_x concentration was reduced to 40 ppm by optimizing multi-stage combustion and operating at a low air ratio. Furthermore, an NO_x concentration of 20 ppm was confirmed attainable by adding selective noncatalytic reduction. This paper reports that work.

Key Words :

次世代型流動床式焼却炉
低空気比運転
無触媒脱硝

Next-generation Fluidized-Bed Incinerator
Low Excess Air Ratio Operation
Selective Noncatalytic Reduction (SNCR)

【セールスポイント】

次世代型の流動床式焼却炉を開発し、低空気比運転が可能となった。また、低NO_x燃焼に加え無触媒脱硝を併用することで、NO_x濃度20 ppmも十分達成可能であることを確認した。

まえがき

当社主力機器である「流動床式ガス化溶融炉」は、国内外に建設中も含め19件の実績を持ち安定操業を継続中である。「流動床式ガス化溶融炉」は、ごみの持つ自己熱のみで飛灰を溶融させるためCO₂削減に貢献するばかりでなく経済的にも優れた処理

システムである。安定操業を実現するため、前処理・給じん設備として二軸破砕機を設置し、ごみの全量破砕を行うとともに高炉床負荷による押込空気比の抑制と砂層温度の低温化を取入れている。

一方、流動床式焼却炉も、平成12年の「構造指針」撤廃を受け高炉床負荷に取組み、砂層温度の低温化

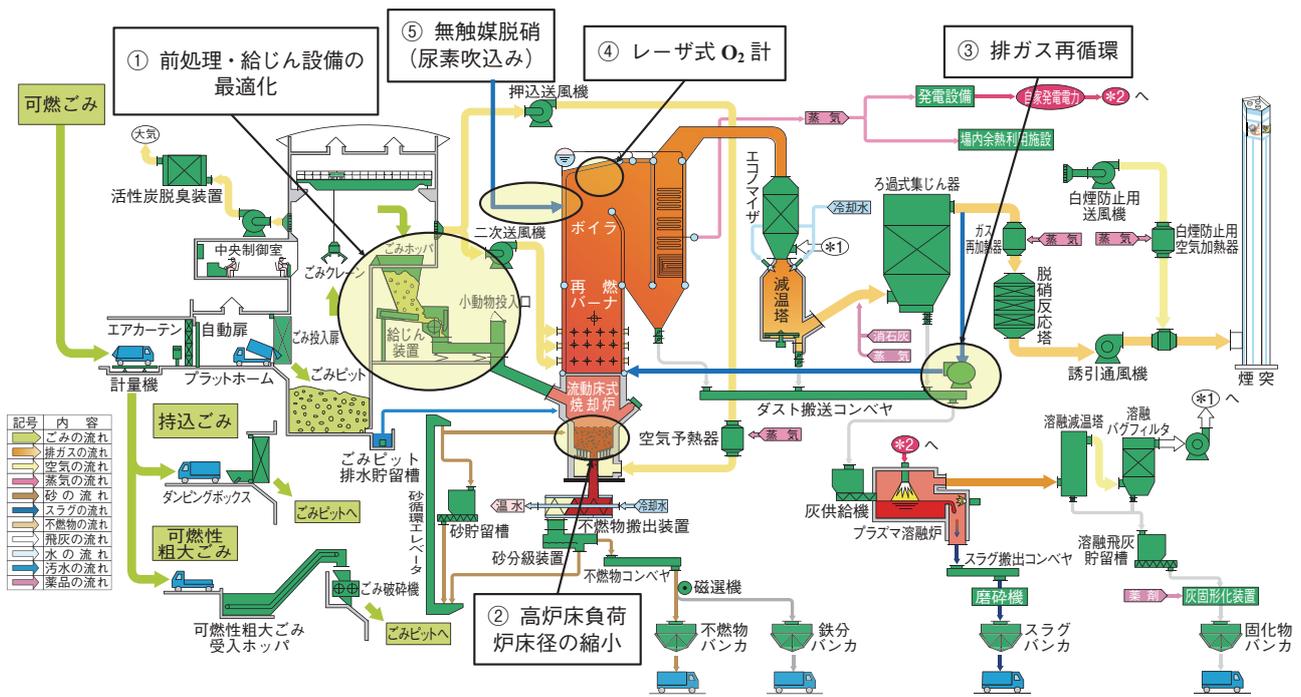


図1 処理フローおよび改造内容

表1 施設概要

炉形式	流動床式焼却炉, 46 t/d × 3炉
排ガス冷却方式	廃熱ボイラ, 水噴霧式減温塔
排ガス処理方式	乾式脱塩・脱硫, 脱硝用触媒反応塔
余熱利用	蒸気タービン 1470 kW

等とあわせて安定燃焼を実現してきた¹⁾。最近では、飛灰溶融処理の必要性が緩和され、再度焼却単独のごみ処理が見直されつつある。そこで、これまで取組んできた流動床式ガス化溶融炉で培った安定処理技術を基に、流動床独自の燃焼特性を最大限に発揮する次世代型流動床式焼却炉、「流動床式ガス化燃焼炉」の開発に取組み、実証試験を通してその安定性能、環境負荷の低減を確認したので以下に報告する。

1. 実証試験概要

実証試験は既設の流動床式焼却施設を改造して実施した。実証試験を行った施設の概要を表1に示す。既設は3系列あるが、そのうちの1系列のみ改造した。

図1に実証試験を行った施設の処理フローと図中に改造内容を示す。詳細は以下に列記する。

① 前処理・給じん設備の最適化

従来の粗破碎式の給じん設備を撤去し、破碎粒度を調整できる改良型二軸破碎機を用いた給じんシステムへと更新した。図2に新型給じんシステムの概

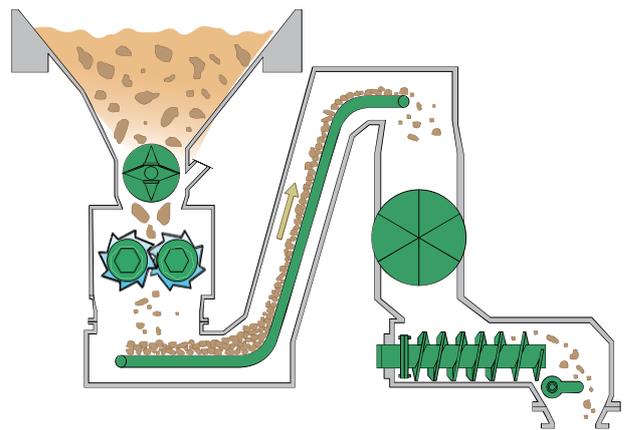


図2 新型給じんシステムの概略図

略図を示す。機器構成は、二軸破碎機、パンコンベヤ、ロータリーバルブ、スクリーユ式給じん機となっている。

② 高炉床負荷

流動床式ガス化溶融施設におけるガス化炉については、かつて構造指針記載の450 kg/m²hの倍以上の炉床負荷を採用している。本実証試験では、ガス化炉と同様の炉床負荷を基準とし、耐火物の打増しによる砂層径の縮小と、散気ノズルの一部閉塞により炉床負荷を調整した。

③ 排ガス再循環 (EGR)

低空気比運転時、炉内温度が必要以上に上昇し長

期運転が困難となることがある。炉内高温化抑制方法として EGR を採用した。EGR 設備は、バグフィルタ出口の燃焼排ガスの一部を分岐し、排ガス再循環送風機により燃焼室内のフリーボード部へ吹込むシステムとなっている。吹込み箇所は、最高温度を抑制すべく、数値シミュレーションで決定した²⁾。

④ レーザ式 O₂ 計

燃焼室における完全燃焼を実現するため、二次空気量の制御用 O₂ 計として、従来のジルコニア式からより応答性に優れたレーザ式³⁾へ変更した。

二次空気に関しては、従来の流動床式焼却炉と同様の吹込み方法 (図 3) を用いている⁴⁾。砂層から上昇してきた未燃ガスに対し一段目の二次空気を水平面で偏心させて吹込むことで未燃ガス全体を旋回させ、二段目では炉中心部にできた静圧低下領域に向けて直進的に吹きこみ、さらに三段目では一段目とは逆方向に旋回させることで十分な攪拌により完全燃焼を実現するものである。

⑤ 無触媒脱硝

低空気比燃焼と押込空気比、二次空気比の最適化により、多段燃焼のみで発生 NO_x 濃度を抑制できることは確認済みである²⁾。さらなる NO_x 濃度低減を目指し、炉内に尿素水を吹込む無触媒脱硝を

行った。バグフィルタ出口に NO_x 濃度計を設置し、測定値が設定濃度になるように尿素水の噴霧量をフィードバック制御した。

2. 実証試験結果

2.1 低空気比運転

低空気比運転 (空気比 = 1.32) を行った際の燃焼状況として燃焼室出口 O₂ および CO 濃度の変動および炉内温度の変動を図 4, 5 に示す。燃焼室出口

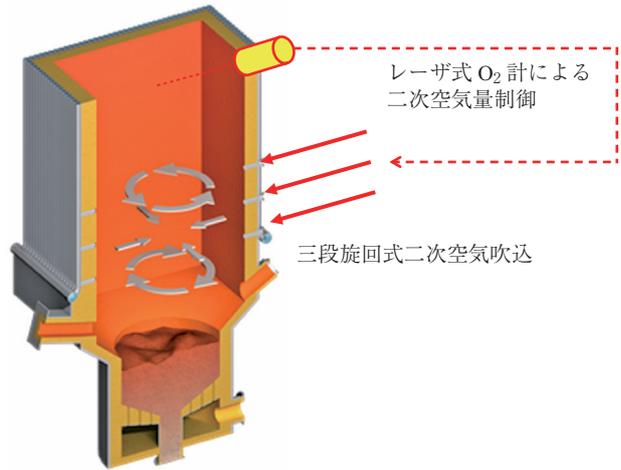


図 3 二次空気吹込方法

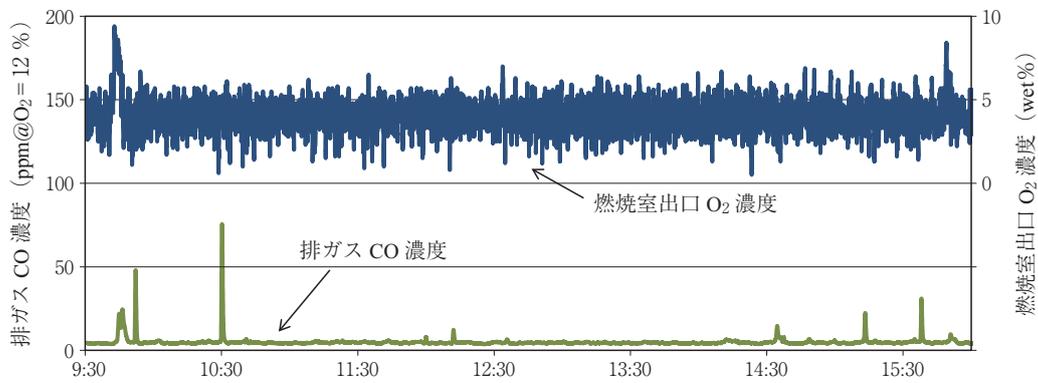


図 4 低空気比運転時 (空気比 = 1.32) の燃焼室出口 O₂ および CO 濃度

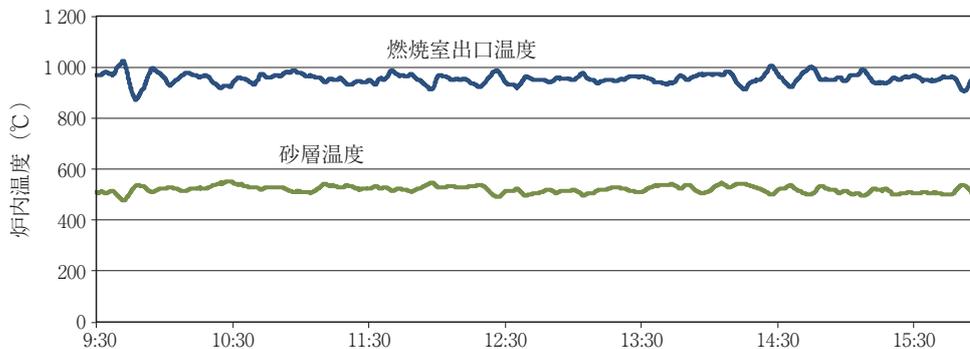


図 5 低空気比運転時 (空気比 = 1.32) の炉内温度

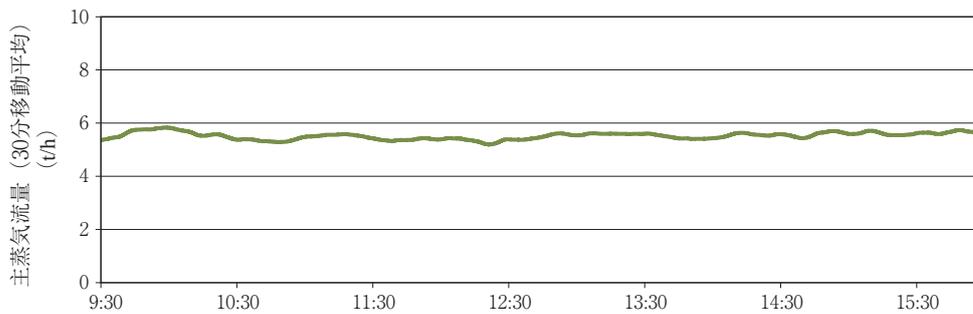


図6 低空気比運転時（空気比=1.32）の主蒸気流量

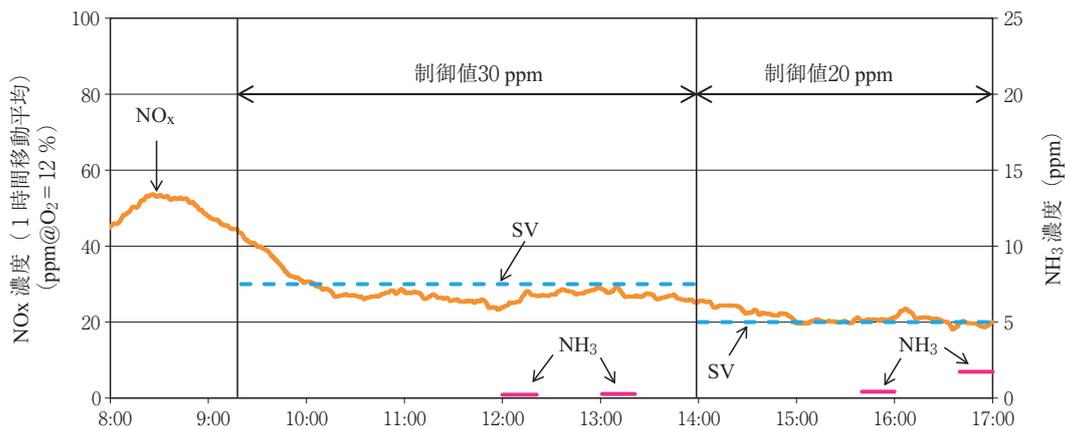


図7 無触媒脱硝によるバグフィルタ出口 NO_x 濃度削減効果

O₂濃度はレーザ式 O₂計で測定しているため、変動幅が大きいが、目標値である 4 wet% で制御しており、CO 濃度のピークはほぼ発生することなく安定した燃焼状態であることが示される。

また EGR を最適位置に吹込むことで炉内最高温度を抑制するとともに、燃焼室出口を 950 °C 程度に維持することができた。

2.2 主蒸気流量制御

給じん量は、燃焼室出口温度および主蒸気流量が設定値になるよう制御している。図6には給じん量による主蒸気流量制御を行った状態での主蒸気流量の30分移動平均トレンドを示す。小型炉ではあるが、主蒸気流量の移動平均値の変動係数（=標準偏差/平均値）は3%に収まっている。流動床炉自体が有する優れた負荷追随性に加え、改良型二軸破碎機を用いた定量性の高い給じんシステムを採用したことにより安定運転を実現することができた。

2.3 無触媒脱硝

図7は無触媒脱硝を行った際のバグフィルタ出口における NO_x 濃度（1時間移動平均値）とリークアンモニア濃度を示す。低空気比運転（空気比 =

1.36）を行っているため、燃焼制御のみで NO_x 濃度は 40～50 ppm である。NO_x 濃度の制御目標を 30 および 20 ppm に設定し尿素水吹込み制御を実施したところ、適切に追従している様子が示される。また、制御中のリークアンモニア濃度の測定値は最大で 1.7 ppm であり、塩化アンモニウムによる白煙が可視できる濃度（≒ 10 ppm）からははるかに低いことも確認できた。

2.4 用役・ランニングコスト

新たに設置した破碎機および排ガス再循環用送風機の消費電力は改造前より増加するものの、図8に示すように空気比の低減により各送風機の動力削減が確認できた。

また、排ガス量の低減による廃熱ボイラからの持ち去り熱量削減および砂層部への注水量の削減により、蒸気発生量に関しては表2に示すように約10%の増加が認められた。

本施設では NO_x 濃度の排出基準が 50 ppm と厳しく、触媒脱硝プロセスを採用している。その触媒脱硝プロセスで用いるアンモニア水使用量について評価した。通常では尿素吹込みによる無触媒脱硝は実

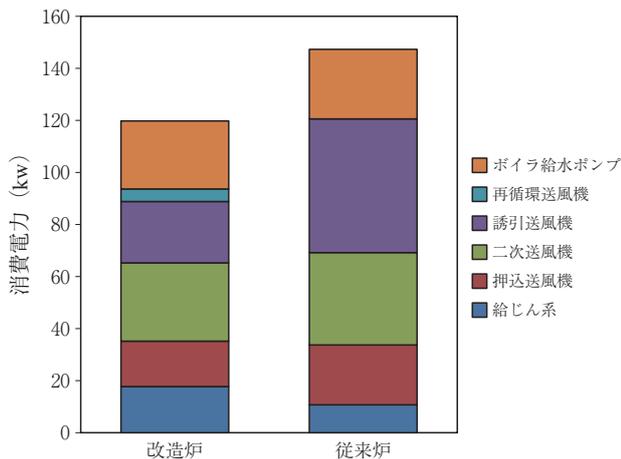


図8 主要機器の消費電力

表2 蒸気発生量の比較

単位：t/ごみt	改造炉	従来炉
蒸気発生量	3.1	2.7~2.9

表3 アンモニア水使用量の比較

単位：L/ごみt	改造炉	従来炉
アンモニア水	0.84	1.51~1.59

施していないが、低空気比運転による低NO_x燃焼が可能となったことから、アンモニア水はほぼ半減することができた(表3)。

むすび

既設の流動床式焼却炉を用い、前処理・給じん設備の改造、砂層部壁面耐火物と散気管ノズル閉止に

よる高炉床負荷化など各種改造を行った。さらに、押込空気量の削減や砂層温度の最適化などの運転調整により、46 t/dといった小型炉においても空気比1.3程度の低空気比運転を実現した。

今回の実証試験は既設の改造のため、燃焼室内部の耐火物は建設時のままであり、燃焼室温度の急激な上昇を避けるために排ガス再循環を併用している。ただし、流動床式焼却炉の場合、低空気比運転実現のためには高炉床負荷を採用し、押込空気量を削減するため、二次空気量が大きく削減されることがない。このことから、未燃ガスの攪拌に対して必ずしも排ガス再循環を用いる必要がない。今後、燃焼室におけるボイラからの抜熱等を組み合わせ、壁面へのクリンカ付着抑制に取組み、EGR量削減による消費電力の低減を図りたいと考えている。

また、多段燃焼空気の配分の最適化と低空気比運転により、燃焼制御のみでNO_x濃度を40 ppm程度まで抑制できることを確認した。無触媒脱硝を併用することで、NO_x濃度20 ppmも十分達成可能であることを確認したため、脱硝効率の向上により、さらなる低NO_x運転にも取組みたいと考える。

最後に、本実証試験を行うにあたり、現地操業に携わる運転員をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表す。

[参考文献]

- 1) 小倉賢藏ほか：機械学会環境工学総合シンポジウム講演論文集, Vol.13 (2003), pp.121-124
- 2) 砂田浩志ほか：廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, Vol.26 (2015), pp.319-320
- 3) 砂田浩志ほか：神鋼環境ソリューション技報, Vol.8, No.2 (2012), pp.23-30
- 4) 須鎗 護ほか：機械学会環境工学総合シンポジウム講演論文集, Vol.3 (1993), pp.130-133