

高砂市「エコクリーンピアはりま」の竣工 ～回転ストーカ式ごみ焼却炉における低空気比運転～

Introduction to Eco cleanpeer Harima in Takasago City

-The Rotary Combustor under low air-ratio combustion in municipal waste treatment-



鈴木崇之*
Takayuki Suzuki



梶原吉郎*
Yoshio Kajihara
技術士（衛生工学部門）



藤田 淳*
Jun Fujita
技術士（衛生工学部門）



奥住宣裕**
Nobuhiro Okuzumi

当社の主要製品メニューである回転ストーカ式ごみ焼却炉（以下、回転ストーカ炉）は、回転火格子による三次元的な攪拌と閉空間における火炎渦により、多種多様な廃棄物に対応出来る高い燃焼性能を有するほか、独自の水冷式火格子構造により耐久性が極めて高いという特長を有する。

2022年5月末に高砂市で竣工した「エコクリーンピアはりま」にて回転ストーカ炉の低空気比運転を実施し、空気比1.2においてCOピーク（50 ppm以上）を発生させず、平均NOx濃度40 ppm未満での安定運転を実現した。

The Rotary Combustor, which is our major product, is able to handle a wide variety of waste through three-dimensional stirring combustion with a rotating grate and a flame vortex in a closed space. The Rotary Combustor is characterized by extremely high durability due to its water-cooled grate structure. The authors conducted operation of the Rotary Combustor at a 1.2 air ratio and achieved stable operations, with an average NOx concentration of less than 40 ppm and without CO peaks of more than 50 ppm, at Eco cleanpeer Harima in Takasago City.

Key Words :

回転ストーカ式ごみ焼却炉
低空気比燃焼
低NOx

Rotary Combustor
Low air ratio combustion
Low NOx

【セールスポイント】

- ・回転ストーカ炉は円筒形のボイラ水管壁構造であり、燃焼性能が高く、耐久性に優れている。
- ・回転ストーカ炉は火格子の構造上、低空気比燃焼に適した炉である。
- ・低空気比運転（ $\lambda=1.2$ ）時にCOピークを発生させない安定運転が可能である。
- ・低空気比運転により発生NOxを軽減できる。

まえがき

当社は2019年1月1日に株式会社IHI環境エンジニアリング（以下、IKE）と事業統合し、IKEの保

有する技術を受け継ぐこととなった。それらの技術の一つである回転ストーカ式ごみ焼却炉（以下、回転ストーカ炉）は、その特徴的な構造により、多種

*環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部 設備改善推進室
**環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プラントサービス部 O&M 技術室

多様な廃棄物に対応できる高い燃焼性能と極めて高い耐久性を有する¹⁾。

本稿では、回転ストーカ炉の特長を述べるとともに、2022年5月末に竣工した兵庫県高砂市向け回転ストーカ施設「エコクリーンピアはりま」について紹介する。また、本施設で実施した低空気比運転についても併せて説明する。

1. 回転ストーカ炉の特長

1.1 燃焼性能

図1に回転ストーカ炉の断面図および火格子の構造図を示す。回転ストーカ炉は炉外にある駆動装置によって回転し、炉内に可動部を持たずに三次元的なゴミ送りと攪拌が行われる。炉内へ供給されたゴミは、1時間に1～2回程度のゆっくりとした炉体の回転と傾斜によって下流へ送られ、給じん装置側の上流から乾燥、熱分解、一次燃焼が順次進行するマス燃焼が行われる。炉壁全体が火格子であり、火格子はボイラ水管とフィンで構成されている。フィンには空気孔が設けられており、焼却炉下部の風箱から空気孔を介して炉内のごみ層底部より燃焼空気が供給され、ストーカ燃焼を形成している。

高温の一次燃焼領域と火炎渦を円筒炉内の下流側に形成することで、上流の乾燥、熱分解領域から排出される水分、熱分解ガス、余剰空気が火炎渦により効率よく混合され、安定した燃焼場が形成される。図2に回転ストーカ炉の排出側から撮影した炉内の燃焼状況を示す。

一般的に火格子を通過する空気量が低下すると火格子の温度が上昇し、腐食による減肉が大きくなるが、回転ストーカ炉は炉体を構成する水管内をボイラ水が循環することで、水管表面が高温腐食温度域より低い温度に維持されるため、空気量低減による腐食の影響を受けない。これらの特性により、回転



図2 回転ストーカ炉内燃焼の様子

ストーカ炉は低空気比燃焼に適した炉であると言える²⁾。また、炉体の回転によるゴミ送りは、ゴミの反転と左右方向への移動を伴うことで火格子上でのゴミ分布を均等に維持し、さらにゾーン毎の高度な空気量制御により安定燃焼を実現している。

1.2 耐久性

前述のとおり回転ストーカ炉本体は炉壁を構成する水管内にボイラ水が循環しているため、炉壁は一定温度に保たれており、低温腐食（約150℃以下）と高温腐食（約350℃以上）環境から保護される。また、炉体の回転が極めて遅いため、ゴミは水管上で摺動することなく、水管と一体となって持ち上げられ、その後、堆積したゴミの上を転がり滑る。そのため、摩耗による減肉の影響はほとんどない。このように回転ストーカ炉は鋼製炉壁でありながら、構造上腐食と摩耗の両面を回避しており、優れた耐久性を発揮する。

図3は15年間稼働した回転ストーカ炉水管壁をサンプルしたものである。割れや減肉等は生じておらず健全性を維持しており、減肉速度は0.02～0.1mm/年とライフサイクルを通じた耐久性を証明している。

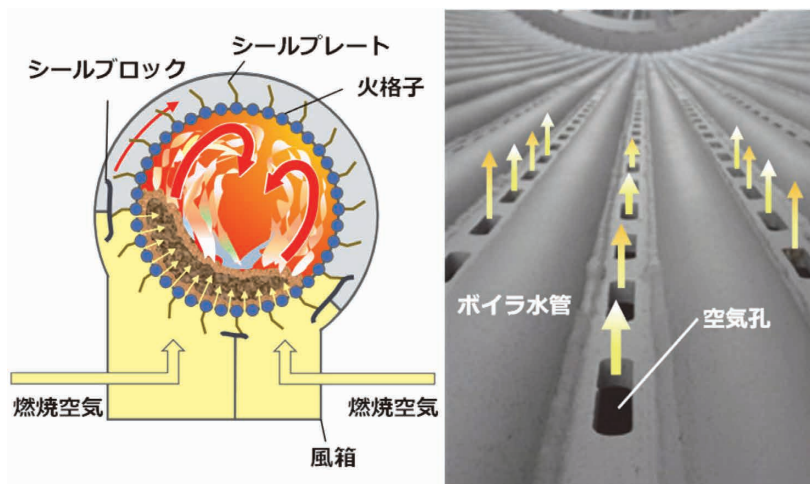


図1 回転ストーカ炉断面図（左） 火格子構造図（右）

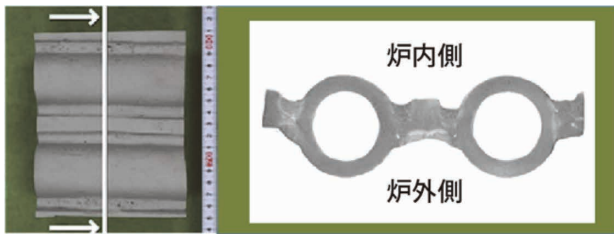


図3 15年間稼働した回転ストーカ炉火格子

2. エコクリーンピアはりまにおける低空気比燃焼

2.1 施設概要

エコクリーンピアはりまは、2022年5月末に兵庫県高砂市にて竣工し、2市2町（高砂市、加古川市、稲美町、播磨町）のごみを処理している。

本施設の設備概要を表1、設備フローを図4に示す。本施設では処理量143 t/日の回転ストーカ炉を3基有しており、回転ストーカ炉、後燃焼ストーカ、二次燃焼室、廃熱ボイラ、エコノマイザ、バグフィルタ、触媒反応塔により構成されている。また、不燃・粗大ごみ処理施設も併設されており、不燃・粗大ごみの処理と資源物の回収を行っている。

本施設にて回転ストーカ炉の特長を生かし、設計空気比1.3およびそれよりも低い空気比での運転を行ったので、次にその結果を紹介する。

表1 設備概要

可燃ごみ処理施設	
処理量	429 t/日 (143 t/日×3炉)
炉形式	連続運転式回転ストーカ炉
発電設備	蒸気タービン (発電量: 12 000 kW)
燃焼ガス冷却設備	廃熱ボイラ (400℃×4 MPa)
排ガス処理設備	ろ過式集じん, 触媒脱硝 乾式処理 (活性炭, 重曹噴霧) 排ガス再循環
不燃・粗大ごみ処理施設	
処理量	34 t/日
破碎設備	一次破碎機, 二次破碎機
選別設備	磁選機, 不燃・粗大系アルミ選別機 可燃残渣・不燃残渣選別機

2.2 低空気比運転について

2.2.1 低空気比運転結果 ($\lambda = 1.3$)

本施設では炉内の条件を模擬した燃焼シミュレーションを実施し、低空気比運転時 ($\lambda = 1.3$) における最適な燃焼条件を検討した結果、回転ストーカ炉直後に再循環排ガスを吹込み、そのすぐ下流側に二次空気を旋回状に吹き込む形式を採用した。この燃焼条件におけるシミュレーション結果を図5に示す。なお、二次空気の吹込み量は、過熱器出口 O_2 濃度が一定となるよう自動制御している。回転ストーカ炉内での攪拌 (I), 炉出口の循環排ガスによる混合・攪拌 (II), 旋回状の二次空気による攪拌 (III) の三段階の混合攪拌により二次燃焼室内で完全燃焼

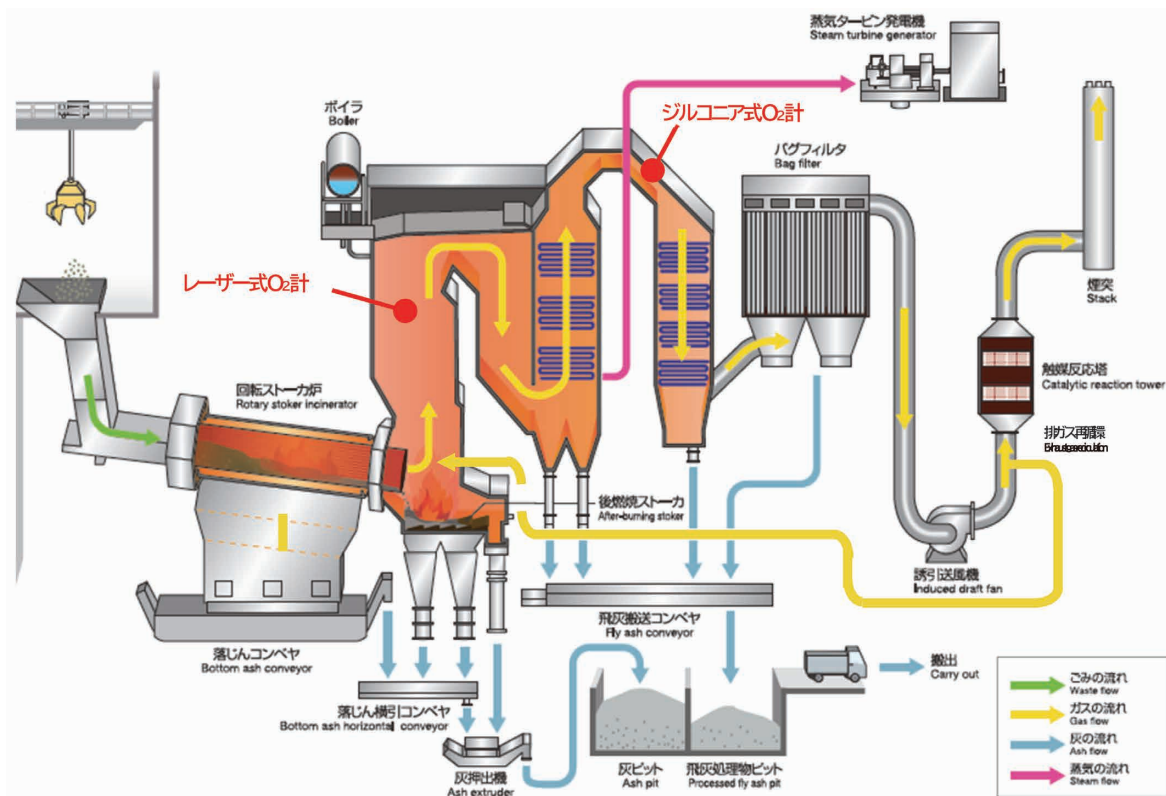


図4 設備フロー図

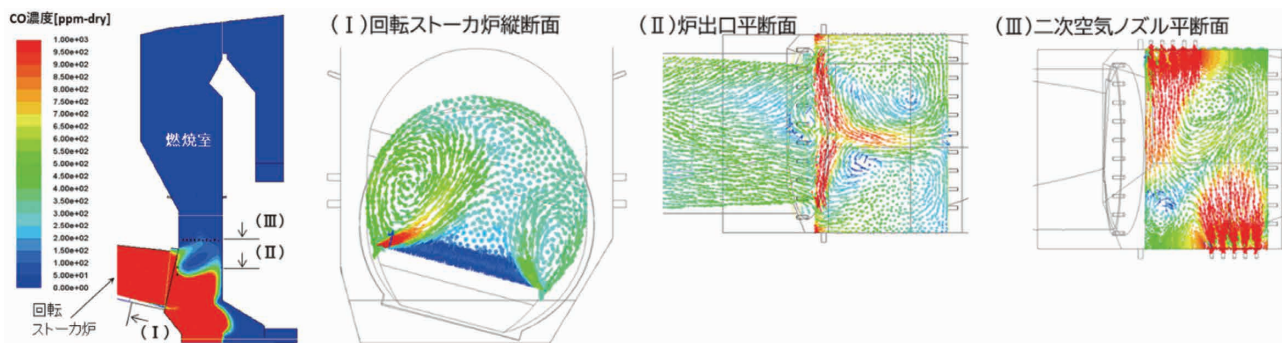


図5 燃焼シミュレーション

していることが確認できる。

図6に上記の燃焼条件を適用した通常運転中（空気比： $\lambda=1.3$ ）のトレンドデータを示す。なお、この時は炉内の O_2 濃度制御は過熱器出口に設置したジルコニア式 O_2 計を用いた。

図6に示すとおり、この期間の平均 O_2 濃度は3.9%wet（ $\lambda=1.3$ 相当）であり、COピーク（50 ppm以上）は一度も発生せず低濃度を維持していた。また、この時の NO_x 濃度は平均48.8 ppm（最大66.0 ppm、最小32.0 ppm）であった。

2.2.2 低空気比運転結果（ $\lambda=1.2$ ）

燃焼室出口（ボイラ1パス）に設置したレーザー式 O_2 計を用いて、さらなる低空気比運転を行った。その結果を図7に示す。

ジルコニア式よりも応答性に優れたレーザー式を用いることで燃焼状態の変化に応じた迅速な二次空気量の制御が可能となった。この期間の過熱器出口 O_2 平均濃度は2.7%wet（ $\lambda=1.19$ 相当）まで低減したが、変動幅が縮小し、COピーク（50 ppm以上）は一度も発生せず、安定燃焼を維持できている。設計値（ $\lambda=1.3$ ）を下回る空気比のため排ガス循環量が不足気味であり、二次燃焼室温度は1000℃近くまで上昇しているが、平均発生 NO_x 濃度は37.7 ppmに抑制できている。

図8に、ある期間中の空気比と二次燃焼室温度、BF出口 NO_x 濃度の日平均の相関図を示す。空気比の低下に伴い二次燃焼室温度は上昇し、 NO_x 濃度が低下している。空気比1.25未満では発生 NO_x 濃度は40 ppmを下回るが、空気比低下による NO_x 濃度の低減効果が小さく見える。排ガス循環量を増量し、燃焼室温度を低減できれば、さらに NO_x 濃度が低減する可能性がある。

むすび

本稿では回転ストーカ炉の特長やエコクリーンピアはりまの施設を紹介した。また、本施設で燃焼シミュレーションから導かれた最適燃焼条件における

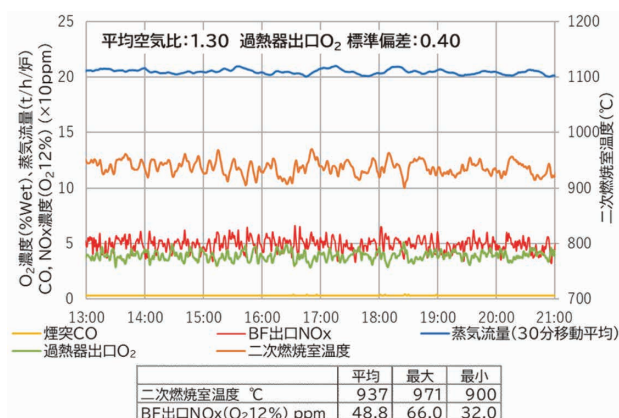


図6 低空気比運転トレンド（ $\lambda=1.3$ ）

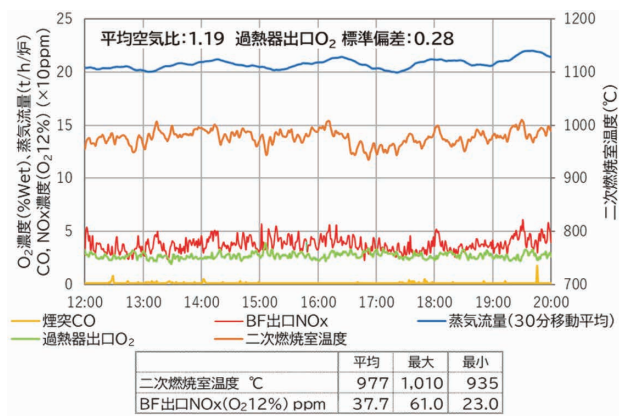


図7 低空気比運転トレンド（ $\lambda=1.2$ ）

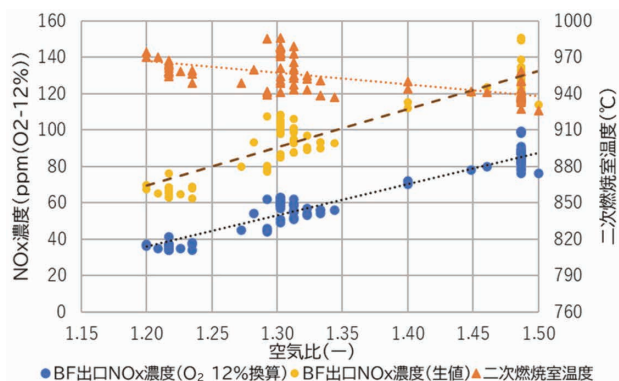


図8 空気比-二次燃焼室温度、 NO_x 濃度相関図

低空気比運転の結果、以下の知見を得た。

- ・回転ストーカ炉内での攪拌、炉出口での排ガス再循環による混合攪拌、旋回状の二次空気による攪拌の三段階の混合攪拌がCOピーク発生抑制に効果的である。
- ・三段階の混合攪拌に加えO₂濃度制御にレーザー式O₂計を用いることで、空気比1.2においてCOピーク（50 ppm以上）を発生させずに安定運転が可能である。
- ・空気比低減に伴い発生NO_xが低減し、空気比1.25未満では40 ppm（O₂ 12 %換算）未満まで低減することが確認された。同時に空気比低下によ

る発生NO_xの低減効果が小さくなる傾向も見られたが、排ガス循環量の増量等による燃焼室温度の低減によって、さらにNO_x濃度を低減できる可能性がある。

燃焼方法に関し多大な助言を頂きました日本環境衛生センター様、低空気比運転にご協力頂きました高砂市様に心よりお礼申し上げます。

[参考文献]

- 1) 成澤道則：神鋼環境ソリューション技報 vol.15 No.2, (2019/3)
- 2) 鈴木崇之，他：第42回全国都市清掃研究・事例発表会 講演論文集，pp.167-169, (2021)