

ストーカ炉における低NO_x燃焼運転の事例紹介

近年、ごみ焼却発電施設は地域に密着したエネルギーセンターとして、施設の安定した運転だけでなく、さらなる環境への負荷低減が求められている。これに対し当社は、2炉一次燃焼室後部から、再循環排ガス（以下、RFG）または空気を高速で吹き込むことで、安定的にNO_xを低減する燃焼技術を開発し、多くの施設に適用している。

本稿では、その技術を適用した施設のうち、空気を吹き込んでいる施設として“倉敷市水島清掃工場”の高速空気吹き込み試験結果、RFGを吹き込んでいる施設として“京都市南部クリーンセンター第二工場”の運転状況を報告する。

キーワード

焼却炉，低NO_x燃焼，排ガス循環



■ Hitzストーカ炉の低NO_x燃焼技術

図1に一次燃焼室後部から、高速でRFGまたは空気を吹き込む低NO_x燃焼技術の概念を紹介する。

まず、一次燃焼室後部（以下、炉後部）から高速でRFGを吹き込んだ場合、ごみ層から発生する高温の可燃ガスと、比較的O₂リッチな後燃焼段付近の燃焼ガスは、炉後部に引き寄せられた後、反転し、攪拌混合する。その際、この混合領域のO₂濃度は低く保たれるために、燃焼速度が小さくなり、火炎温度が低下かつ均一な温度分布となる。ただし、混合領域の温度は着火以上を保たれるため、一次燃焼室内の燃焼は促進され、二次燃焼室に流入する未燃ガスが減少、二次空気吹き込み位置でのNO_x生成量も抑えることができる。

炉後部から吹き込むガスが空気の場合も、炉内の流れは同様である。RFGと比べると、後燃焼段付近の混合領域におけるO₂濃度は高めになるが、二次空気の一部を炉後部から分散して吹き込むことによって、多段燃

焼の効果が得られ、最終的に炉から排出されるNO_x濃度は低減する。

なお、RFGを炉後部から高速で吹き込む低NO_x燃焼技術は、“HiLECT[®]”（Hitz Low Emission Combustion Technology）と称し、過去に紹介をおこなっている¹⁾。

■ 事例紹介1

— 倉敷市 水島清掃工場 —

まず、倉敷市水島清掃工場焼却炉で、炉後部から高速空気吹き込み試験をおこなった結果を紹介する。

1. 施設概要

1994年12月竣工した本施設の焼却炉は、処理能力150t/日×2炉の全連続式ストーカ炉であり、2017年3月に、発電量の増加および環境負荷低減を目的とした基幹改良工事を完遂した。本施設の概要を表1、ごみ焼却施設の排ガスフローを図2に示す。NO_x排出基準遵守のため、

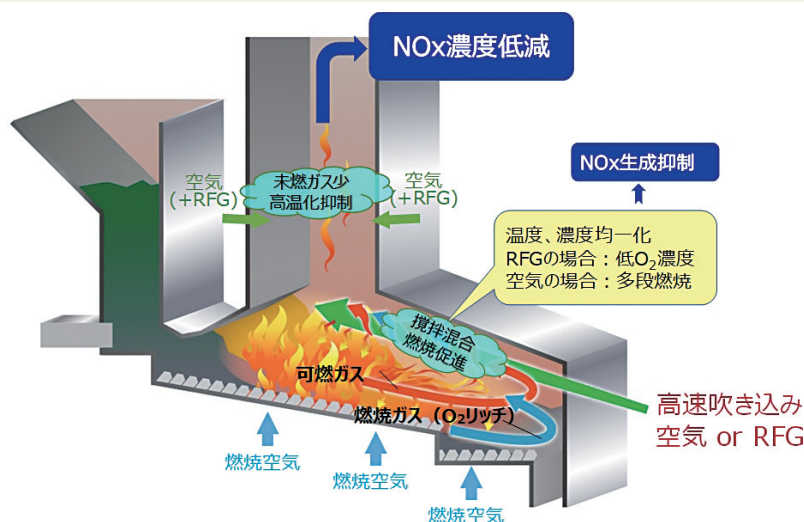


図1 Hitz式 低NO_x燃焼技術の概念図

排ガス処理には、当社が開発した高効率無触媒脱硝技術「NeoSNCR[®]」²⁾(以下、SNCR)と、触媒反応塔を併用している。燃焼空気は、一次空気として火格子下から、二次空気として二次燃焼室入口および炉後部から供給される。今回、炉後部に設置されている既存ノズルを小口径ノズルに改造し、空気を高速で吹き込んで運転をおこなった。

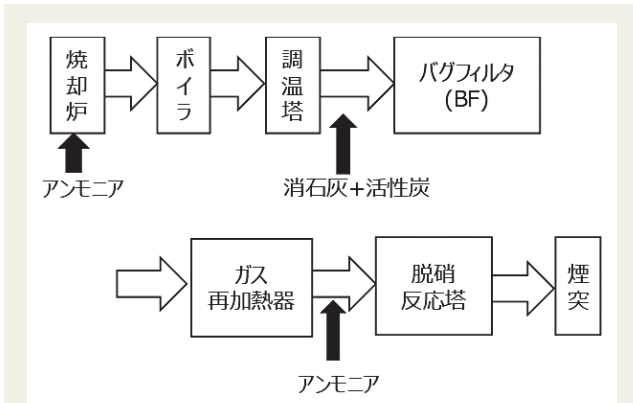


図2 倉敷市 水島清掃工場 排ガス処理フロー

表1 倉敷市 水島清掃工場施設概要

竣工	1994年12月 (基幹改良工事完了 2017年3月)
施設規模	全連続式ストーカ炉 : 150t/day × 2炉
ガス冷却方式	過熱器付自然循環式水管ボイラ (蒸気条件 1.9MPa、230℃) + 調温塔
発電能力	蒸気タービン : 3,400kW (基幹改良後)

2. 運転条件および結果

最初に、炉後部から空気を高速で吹き込むことによるNOx低減効果を確認するため、ノズル改造前後における発生NOx濃度を測定した。排ガスサンプリングは、SNCRのアンモニアを停止している約1時間、BF出口でおこなった。改造前のノズル流速が遅い運転をRUN1、改造後のノズル流速が速い運転をRUN2として、運転条件と結果を表2に示す。発生蒸気量はわずかにRUN2が高く、空気比は同じ1.25である。

RUN1とRUN2の結果を比較すると、煙突入口CO濃度は両RUNとも3ppm、4ppmと十分に低い状態で、発生NOxは100ppmから59ppmまで下がっており、空気を

表2 倉敷市 水島清掃工場 運転条件および結果

		RUN1	RUN2	RUN3
炉後部二次空気	[-]	遅	速	速
発生蒸気量	[t/h]	21.5	21.9	24.2
総空気比	[-]	1.25	1.25	1.19
発生NOx濃度	[ppm ^{※1}]	100	59	69
煙突入口CO濃度	[ppm ^{※1}]	3	4	3

※1 O₂ 12%換算のdry値である

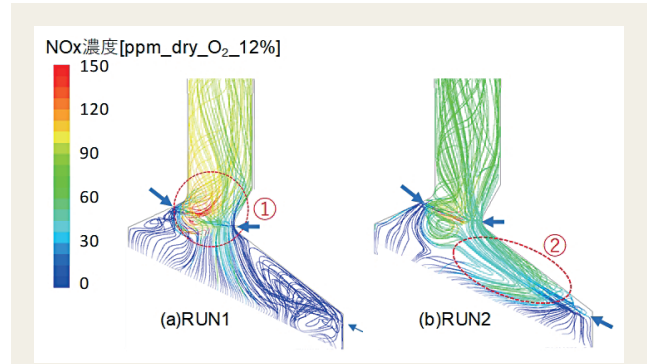


図3 倉敷市 水島清掃工場 シミュレーション結果 (RUN1, RUN2)

高速で吹き込むことによって約4割削減した。

RUN1、RUN2を対象としたシミュレーション結果を図3に示す。本図は、火格子からの燃焼排ガス流跡線図で、色はNOx濃度を示す。炉後部からの吹き込み流速が遅いRUN1では、主に二次燃焼室入口の二次空気ノズル付近(領域①)でNOxが生成しているが、RUN2では、同領域で著しいNOx生成は見られない。また、後燃焼領域(領域②)でNOx生成がみられるものの、その濃度は低く抑えられており、最終的に炉から排出されるNOxが低減していることが確認できた。

次に、高負荷運転において、炉後部ノズルから高速で空気を吹き込んだ場合のNOx濃度安定性を調べるため、SNCRより上流側で連続測定をおこなった。この運転をRUN3として、運転条件と結果を表2に示す。発生蒸気量は24.2t/hと、他のRUNよりも高めであり、本施設の最大発生蒸気量に近い高負荷運転であったが、この時の煙突入口CO濃度は3ppmと低く、燃焼状態は良好であった。RUN3の運転トレンドデータを図4に示す。発生蒸気量、NOx濃度、O₂濃度は安定的に推移しており、

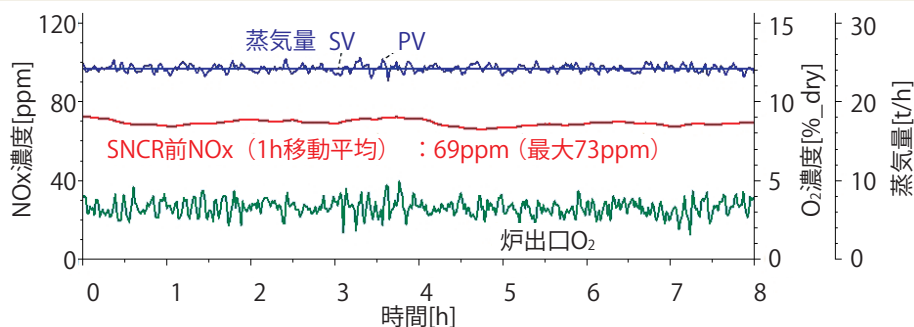


図4 倉敷市 水島清掃工場 運転トレンドデータ (RUN3)

この期間の発生NO_x濃度は平均69ppm、一時間移動平均の最大値が73ppmと、高負荷運転であっても低く安定することがわかった。

■ 事例紹介2

—京都市南部クリーンセンター第二工場—

次に、炉後部から、RFGを吹き込んでいる施設の代表として、京都市南部クリーンセンター 第二工場の低NO_x運転事例を紹介する。

1. 施設概要

2019年9月に竣工した本施設は、バイオガス化施設、選別資源化施設を併設した、ごみ焼却発電をおこなう複合施設である。焼却炉は、処理能力250t/日×2炉の全連続式ストーカ炉で、バイオガス化施設で発生したメタン発酵残さ、選別資源化施設からの破砕残さと布団やカーペットなどの切断物等を一般ごみと混合し、一緒に処理をおこなっている。本施設の概要を表3、ごみ焼却施設の排ガスフローを図5に示す。

表3 京都市南部クリーンセンター第二工場 施設概要

竣工	2019年9月
施設規模	全連続式ストーカ炉 : 250t/day × 2炉 バイオガス化施設 : 30t/day × 2系統 選別資源化施設 : 180t/6h
ガス冷却方式	過熱器付き自然循環式水管ボイラ (蒸気条件 4.0MPa、400℃) + エコマイザ
発電能力	蒸気タービン 14,000kW + ガスエンジン 1,000 kW

2. 運転条件および結果

本施設のストーカ炉では、RFGは炉後部と二次燃焼

室入り口から供給しており、炉内の状況に応じて、その流量(再循環率)を制御して運転している。ここでは、運転条件が近い期間で、再循環率10%で運転した場合と、17%まで高めた場合のデータを比較した。

表4に、両運転の運転条件と結果を示す。ごみの低位発熱量や発生蒸気量は、両運転で同程度の条件であった。また、空気比は10%のとき1.24、17%の時1.21と、どちらも低空気比運転がなされていたが、煙突出口のCO濃度は、6ppm、4ppmと低く、燃焼状態は良好であった。

表4 京都市南部クリーンセンター 第二工場 運転条件および結果

排ガス再循環率	[%]	10	17
ごみの低位発熱量	[MJ/kg]	9.5	9.5
発生蒸気量	[t/h]	35.2	36.0
総空気比	[-]	1.24	1.21
発生 NO _x 濃度	[ppm ^{※1}]	44	23
煙突入口 CO 濃度	[ppm ^{※1}]	6	4

※1 O₂ 12%換算のdry値である。

この時の運転トレンドデータを図6に示す。発生蒸気量、NO_x濃度、O₂濃度は安定的に推移しており、BF出口で測定した発生NO_x濃度平均値は、排ガス再循環率10%の時44ppm、17%の時23ppmと、低濃度を達成した。また、1時間移動平均の最大値は、各々49ppm、27ppmであり、再循環率を17%まで高めることで、安定的に30ppmを下回る運転となることが確認できた。

これらの運転について、炉内状況を確認するため、シミュレーションを実施した。結果を図7に示す。本図は、火格子からの燃焼排ガスの流跡線図で、色はNO_x濃度を示している。両運転を比較すると、17%の時は、10%の時よりも、火格子燃焼排ガスが全体的に炉後部側に引

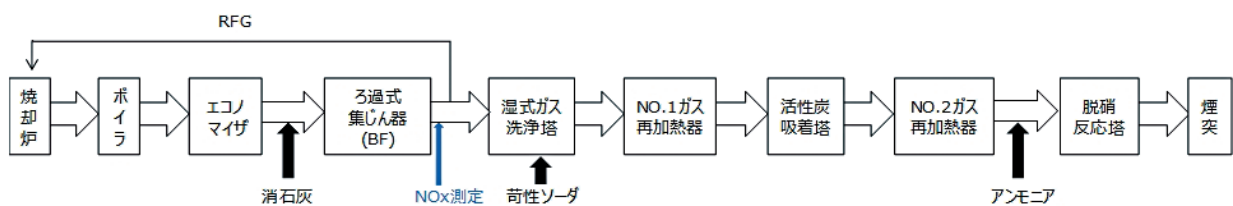


図5 京都市南部クリーンセンター 第二工場 排ガス処理フロー

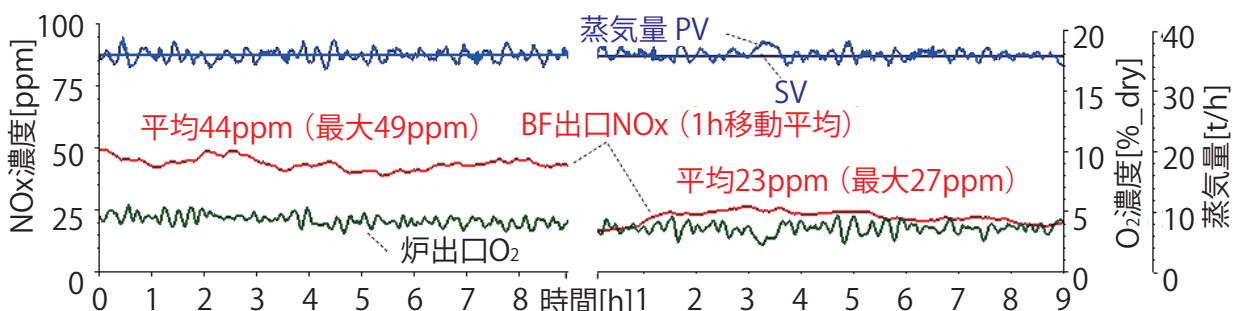
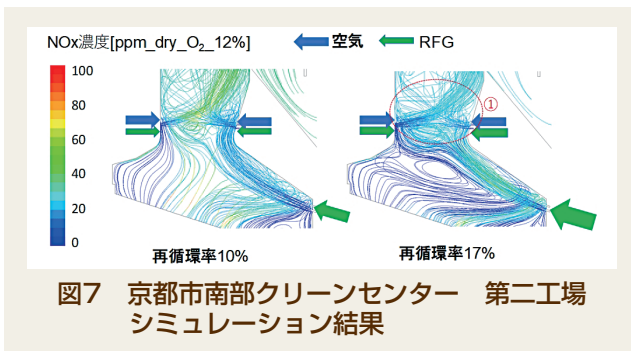


図6 京都市南部クリーンセンター 第二工場 運転トレンドデータ

き寄せられ、一次燃焼室内でよく攪拌されていることがわかる。これにより、二次空気吹き込み位置（領域①）でのNOx生成が抑制され、発生NOxが低減したことが確認できた。



■ おわりに

炉後部から、空気またはRFGを高速で吹き込むことで、安定的にNOxを低減する燃焼技術を適用した施設で、その効果を確認した。その結果、倉敷市水島清掃工場にて、炉後部から空気を吹込んだ場合は、高負荷運転であっても、発生NOxが平均69ppmと低く安定して推移することが確認できた。また、炉後部からRFGを吹き込んでいる京都市南部クリーンセンター第二工場では、排ガス再循環率を17%とすることで、発生NOxが平均23ppmまで低減可能であることが確認できた。

SDGsに貢献する技術

環境負荷を低減するため、ごみ焼却炉内の低NOx燃焼技術の開発を進めている。発生NOxを低減することにより、還元剤の使用量が削減され、排ガス処理装置の長寿命化も図れるため、資源節約にもつながる。

謝 辞

本報にあたり、多大なご協力をいただきました、倉敷市様、京都市南部クリーンセンター第二工場様、および関係者の皆様に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 古林通孝ほか: ストーカ炉における排ガス再循環を用いた低NOx燃焼, 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 2014, 301-302.
- 2) 古林通孝ほか: 排ガス再循環と無触媒脱硝の併用によるNOx濃度の低減, 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 2014, 367-368.

【問い合わせ先】

Hitz日立造船株式会社
環境事業本部 開発センター
Tel : 06-6569-0196
e-mail : shigemasa_sa@hitachizosen.co.jp