

低炭素型シャフト炉と 低 NO_x 燃焼技術の開発 ～スケールアップと稼働状況～

Development of new direct melting system adopting
“Advanced Shaft Furnace” and “Low NO_x Combustion Technology”
～Scale-up and Status～

徳川 暁大 Akihiro TOKUGAWA
環境ソリューション事業部 技術部
プラント技術・開発室

名間 瑞樹 Mizuki NAMA
環境ソリューション事業部 技術部
プラント技術・開発室

高田 純一 Junichi TAKADA
環境ソリューション事業部 技術部
プラント技術・開発室 シニアマネジャー

福田 尚倫 Naomichi FUKUDA
環境ソリューション事業部 技術部
プラント技術・開発室 マネジャー

抄 録

近年、廃棄物処理分野でも地球環境問題への関心が高まっている。当社では、CO₂排出量削減のためにコークス使用量を低減できる「低炭素型シャフト炉」と、エネルギー回収率を高めるために「低 NO_x 燃焼技術」の開発を進めてきた。「東部知多クリーンセンター（愛称：エコリ）」は、東部知多衛生組合（大府市・豊明市および東浦町・阿久比町の2市2町で構成）の一般廃棄物を処理する施設で、老朽化した既設施設に代わる新施設として、2019年3月に竣工、本格稼働が開始した。本施設は「低炭素型シャフト炉」と「低 NO_x 燃焼技術」を適用した当社の最新型の施設である。低炭素型シャフト炉の導入により、幅広いごみ質に対して安定溶融が可能かつ無害で高品質な溶融物を生産する従来型シャフト炉の特長を継承しつつ、コークス使用量を大幅に削減し、低 NO_x 燃焼技術の導入により、NO_x・COをはじめとした排ガス規制値を下回る安定した燃焼が実現できることを、本施設の引渡性能試験において確認した。今後も、廃棄物処理システムにおけるプロセス開発や設備要素技術の革新に取り組み、循環型社会及び低炭素社会の形成に貢献していく所存である。

Abstract

NIPPON STEEL ENGINEERING CO., LTD. (NSE) has been conducting Research and Development of “Advanced Shaft Furnace” which consumes less coke comparing to conventional shaft furnaces. Additionally, we have been developing “Low NO_x combustion technology” that increase the energy recovery rate. Adopting new type of shaft furnace and new technology makes it possible to reduce carbon dioxide emissions, which meets the recent public demand for eco-friendly garbage disposal plant. “Advanced shaft furnace” and “Low NO_x combustion technology” have already adopted new garbage disposal plant that we built for Tobu Chita Hygiene Association (consisting of 2 cities and 2 towns, Obu City, Toyoake City, Higashiura Town, and Agui Town). The plant is named “Tobu Chita Clean Center (nicknamed: EcoRe)” and it has started its full operation from March 2019. Through the performance tests, we confirmed that “Advanced Shaft Furnace” melt a various kind of waste stably so that we can reduce the amount of coke usage, while having the features of conventional shaft furnace that produces harmless and high-quality slag and metal. The test result also shows that “Low NO_x Combustion Technology” reduces NO_x emission which below regulations of gas emission. We will conduct Research and Development further on waste disposal process and the innovation of equipment technology in the waste treatment system in order to realize recycling and low carbon society.

1 緒言

シャフト炉式の高温ガス化溶融方式である都市ごみ直接溶融炉(以下、従来型シャフト炉)は、炉下部においてコークスを燃焼させ高温のコークスベッド層を形成し安定溶融を確保すると共に、ごみの熱分解・ガス化を促進している。その効果により、多様なごみが処理可能であり、高品質で有効利用可能なスラグとメタルを産出し、さらに後段の燃焼室で溶融炉から排出された可燃ガスの完全燃焼を実現している。しかし近年、廃棄物処理分野でも地球環境問題への関心が高まっており、地球温暖化防止の観点から、より一層のCO₂排出量削減が求められている。当社では、CO₂排出量に最も直接的影響のあるコークス使用量を削減することでこの課題に取り組んできた。

コークス使用量削減のため、これまで羽口多段化や各種可燃物(プラスチック、可燃ダスト、燃料用ガス)の羽口吹込み技術の開発^{1), 2), 3)}等に取り組んできている。羽口多段化および羽口吹込み技術によって、コークス使用量は当初100kg/t-ごみ程度あったが、40kg/t-ごみ程度まで削減でき、実用化されているが、化石燃料起因のCO₂排出量削減に対する社会の要求は以前にも増して強まっており、更なるコークス使用量削減が求められている。そこで当社では、ごみの持つエネルギーを最大限活用できるように、シャフト炉の上段羽口部の送風機構を改良してごみの乾燥・熱分解を高効率化することによって、熱源としてのコークス使用量を大幅に削減する改良型シャフト炉(以下、低炭素型シャフト炉)を開発した^{4), 5), 6), 7)}。

当社では20t/d規模のパイロットプラントでのプロセス確認試験、65t/d規模の実機施設での実証試験を通じ、コークス使用量削減効果および設備信頼性を確認し、低炭素型シャフト炉の技術を確立した。そして65t/d規模からさらなるスケールアップに向けた理論を構築し、100t/d規模の低炭素型シャフト炉実機である「東部知多クリーンセンター」の竣工に至った。

また近年、廃棄物発電施設は、廃棄物を衛生的に無害化・減容化するだけでなく、安定的な自立・分散型エネルギー供給施設としての役割が注目されて

いる。2018年6月に閣議決定された「廃棄物処理施設整備計画」において、2018年度から2022年度までの計画期間中に整備される廃棄物焼却施設の発電効率の平均値を、現状の19%から21%まで向上させる目標が掲げられている⁸⁾。このような背景の下、廃棄物発電プラントメーカーにおいては、廃棄物処理の安全性・安定性を維持しながら、プロセスや設備要素技術の革新によって熱回収効率を向上させることで発電効率を改善し、低炭素社会へ貢献していくことが求められている。当社では排出するNO_xを低減すると共に燃焼空気量を減らすことで無駄に系外へ出てしまうボイラ出口ガス熱量を削減し、発電効率を改善すべく低NO_x燃焼技術の開発を進め、この課題に取り組んできた。

本稿では、低炭素型シャフト炉と低NO_x燃焼技術を採用した「東部知多クリーンセンター」の稼働状況について報告する。

2 施設概要

「東部知多クリーンセンター(愛称:エコリ)」は、東部知多衛生組合(大府市・豊明市および東浦町・阿久比町の2市2町で構成)の一般廃棄物を処理する施設で、老朽化した既設施設に代わる新施設として、2019年3月に竣工、本格稼働が開始した(図1)。本施設は「低炭素型シャフト炉」を適用し、シャフト炉式ガス化溶融炉の特長である①幅広いごみ質のごみを確実に溶融・スラグ化、②最終処分量を極小化する機能を保ちつつ、③CO₂削減も実現した最新型の施設である。また、低NO_x燃焼技術



図1 施設外観
Fig. 1 Facility appearance

を導入し、④燃焼過程で発生する NO_x を極小化し、かつ燃焼空気量を低減することで発電効率を高めている。

施設概要を表1に示す。本施設は200t/d(100t/d×2炉)の処理能力を有するシャフト炉式ガス化溶融炉であり、無触媒脱硝方式、高温高压ボイラ、抽気復水タービン等の技術を取り入れることで、エネルギー回収率を高め発電効率向上を図っている。

図2にプロセスフローを示す。ガス化溶融炉に投入されたごみは水分が蒸発した後、可燃分が熱分解・ガス化される。炉下部ではコークスを燃焼させ高温のコークスベッド層を形成し熱分解後に残った不燃分を完全に溶融する。溶融物は炉底部出湯口から冷却装置に排出・急冷されることで粒状のスラグとメタルとなり磁選機で分離回収後、有効利用される。溶融炉内で発生した熱分解ガスは後段の燃焼室に導入され、燃焼用空気と混合されて燃焼する。燃焼室は旋回流を生み出すように構成されており、旋回燃焼により均一な燃焼を行うことができる。このように、ガス化溶融炉と燃焼室を分離し個別に制御することで、完全溶融と完全燃焼の両立を達成できる点がシャフト炉式ガス化溶融システムの大きな特徴である。燃焼排ガスはボイラで熱回収された後、

ダイオキシンの再合成抑制と後段の乾式脱塩の効率を高めるため、減温塔で急冷される。その後、ろ過式集じん器で除塵された排ガスは誘引通風機を通じ煙突から排出される。ボイラで熱回収して発生した蒸気は、蒸気タービン発電機で発電し、発電電力は自家使用分の電力を賄う他、余剰分は外部に売電している。

表1 施設及び主要設備概要

Table. 1 Overview of the facility and main equipment

施設名称	東部知多クリーンセンター(愛称: エコリ)
工期	平成27年4月16日～平成31年3月8日
処理対象物	可燃ごみ、破碎可燃ごみ、脱水污泥
処理能力	200t/d(100t/d×2炉)
炉形式	シャフト炉式ガス化溶融炉
受入供給設備	ビット&クレーン方式
燃焼ガス冷却設備	廃熱全量ボイラ方式(3.9MPa×400℃)
排ガス処理設備	バグフィルタ方式、無触媒脱硝方式 乾式脱塩化水素・硫酸酸化物式
余熱利用設備	抽気復水タービン(4,450kW)、温水供給

3 導入技術

3.1 低炭素型シャフト炉

3.1.1 低炭素型シャフト炉の概要

低炭素型シャフト炉の概要を図3に示す。低炭素型シャフト炉は、従来のシャフト炉式ガス化溶融炉

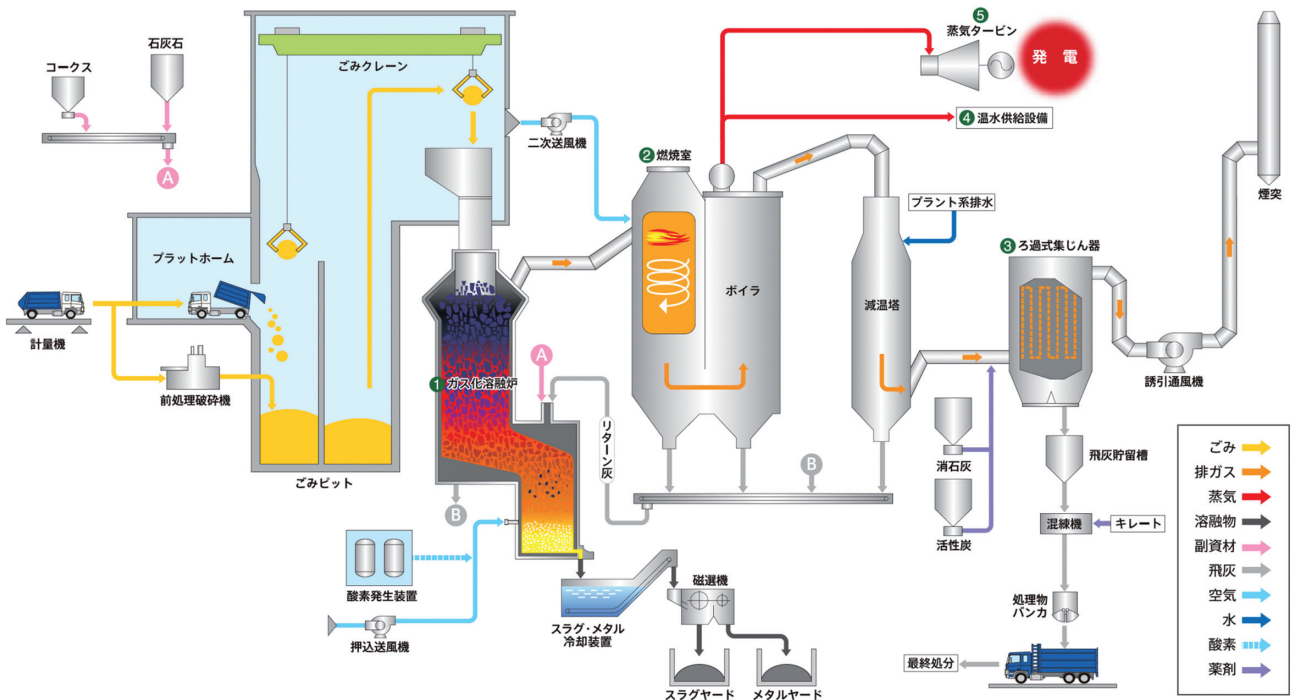


図2 プロセスフロー
Fig. 2 Process Flow

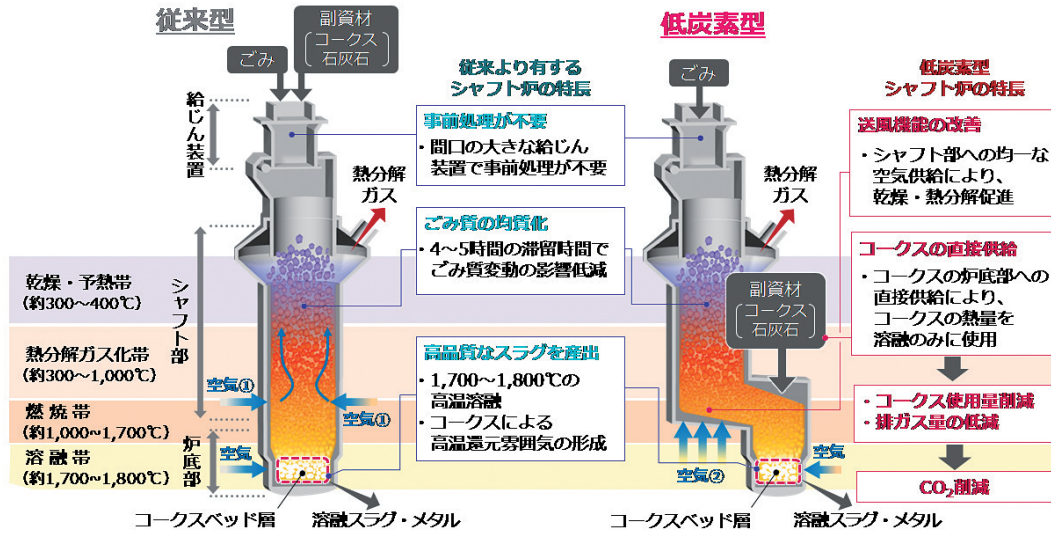


図3 低炭素型シャフト炉の概要(従来炉との比較)
Fig. 3 Overview of the low-carbon waste melting plant (Comparison to conventional type)

において、ごみの乾燥・熱分解を担っているシャフト部の送風機構(空気①)を改良してシャフト下部全面から均一送風することを指向したものであり、シャフト部をより均一に熱ガスが通過することで炉内のごみとの熱交換率を向上させている。従来型シャフト炉では、羽口からの送風(空気①)を炉の水平断面の中心部まで均一に通過させることは難しい場合があり、水分が残ったごみが炉下部の溶融帯に持ち込まれ、水分乾燥のためにコークスを多く必要とすることがあった。これに対して低炭素型シャフト炉では、シャフト下部全面からの均一送風(空気②)によって、ごみとの熱交換効率が大きく向上している上、このエリアの燃焼温度に応じて炉下部の溶融帯へのごみの供給速度や送風量を適正化することができる。これにより、ごみは十分に乾燥・熱分解された状態で炉下部の溶融帯に供給されるため、水分乾燥のために追加のコークスを必要とせず、灰分の溶融のために必要な量だけのコークスがあれば良いこととなった。炉下部の溶融帯においてごみの灰分は完全溶融され、従来型シャフト炉と同様、高い品質のスラグ・メタルが排出される。低炭素型シャフト炉では、破碎・選別などの前処理が不要で多様なごみ質に対応し、再利用可能なスラグ・メタルを得ることができる従来型シャフト炉の特徴を維持しながら、大幅なコークス使用量の削減を実現している。

低炭素型シャフト炉では、CO₂排出量削減のほ

かに、送風プロセスの変更によって設備の小型化・設備点数の削減が可能になった。また、副資材(コークス、石灰石)を炉頂部からではなく炉下部から装入することで、後流系への粉体の飛散を抑制するメリットも有する。

3.1.2 低炭素型シャフト炉の開発経緯

① 20t/d 規模 パイロットプラント

パイロットプラントでは多数の基礎試験を含め、合計15回、延べ101日間の試験運転を実施した。図4に示すように操業試験ではコークス使用量14kg/t-ごみでの連続運転を達成した(従来型シャフト炉では通常40kg/t-ごみ程度)。また、連続30日間の安定運転にも成功し、長期安定運転も可能であることを確認できた。

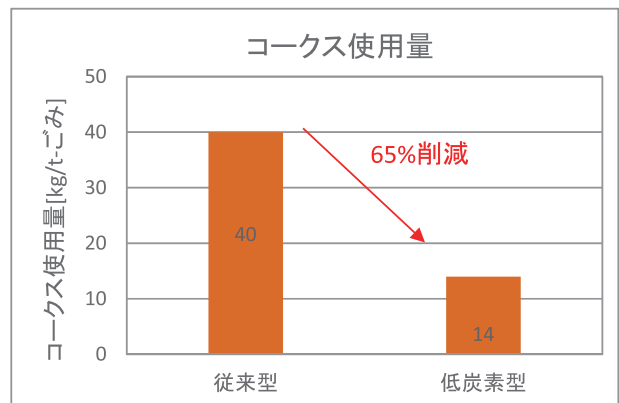


図4 コークス使用量の削減
Fig. 4 The reduction of coke usage

② 65t/d 規模 実証試験

20t/d 規模パイロットプラントでの成果から本格的な実用化展開を目指すため、65t/d 規模実機施設の従来型シャフト炉を低炭素型シャフト炉に改造し、2012年4月より実証試験を開始した。処理対象物は、可燃ごみ及び資源ごみ分別回収後の不燃ごみを合わせた一般廃棄物であり、パイロットプラントで処理したごみと比較して灰分割合が高く、発熱量が低い、ということを考慮し、コークス使用量は改造前の60kg/t-ごみを20kg/t-ごみ以下へ削減することを目標値として設定した。実証試験として2014年3月末までに8回の試験運転(RUN)を実施し、延べ運転日数489日、総ごみ処理量30,791tの運転を実施した。なお、実証試験期間終了後も設備は順調に稼働している(2019年8月現在)。

初期のRUNで、各操業条件を振ることで低炭素型シャフト炉の基本特性の把握を行った。これを元に制御系のチューニングを実施し、ベースとなる操業条件を作成した。続くRUNでは、この操業条件を使用し、長期連続運転の確認とコークス使用量削減効果の確認を実施した。長期連続運転と低コークス操業では、様々な炉内変化が起こることが予想されるため、これらに合わせた操業アクションをあらかじめ用意し、その効果を確認した。続くRUNでは、操業条件および操業アクションを改善し、更なるコークス使用量削減を追求した。なお、各RUNの間には、設備の開放点検を実施し、異常箇所がないことを確認した。試験運転結果から操業解析を行い、設備改善も実施した。

各RUNにおける操業条件調整の結果、表2に示すように定常運転時コークス使用量15kg/t-ごみ程度まで低減することができた。44日間および94日間の長期に渡って安定運転を継続することができ、コークス使用量削減目標値である20kg/t-ごみをクリアした。

表2 実証試験での運転成績

Table. 2 The results of the demonstration plant test

運転日数	日	44	94
ごみ処理量	t/d	71	70
コークス使用量	kg/t-ごみ	14.8	15.1

実証試験後もデータ収集を続け、さらなるスケールアップのための設計データ取得も完了し、これを

受けて100t/dの東部知多案件に適用することとなった。

3.2 低 NO_x 燃焼技術

東部知多クリーンセンターでは、低炭素型シャフト炉の後段にある燃焼室において低 NO_x 燃焼技術を適用し、排ガス再循環を使わずに発生 NO_x の極小化を図っている。

低 NO_x 燃焼法として二段燃焼と低空気比燃焼が知られている。二段燃焼は、一段階目の燃焼を空気比0.8程度の燃料過濃の状態で行わせ、燃料中窒素から生成する NO, HCN, NH₃ を高温域の十分な滞留時間で N₂ に分解したのち、燃焼用空気を追加投入して二段階目に燃焼を完結させるものである。また、燃料中窒素のうち NO_x に変換する割合は変換率と呼ばれ、酸素濃度が高いほど変換率は高くなる。低空気比燃焼は、燃焼が完結する領域での残存酸素濃度を低下させ、NO_x 変換率を抑制するものである。これらの手法を独立型燃焼室に適用し、二段及び低空気比燃焼による低 NO_x 燃焼を図ることとした。

低空気比燃焼では、燃焼空気の吹込み量が減るため、ガスと空気の混合攪拌性が低下し、未燃成分が残存しやすくなる。そのため、排ガスの一部を燃焼室に循環させる排ガス再循環を併用し、燃焼場の混合攪拌性を維持して低空気比燃焼を行うのが一般的であるが、排ガス再循環のためには配管をはじめとした設備・メンテナンスコストがかかる。当社のシャフト炉式ガス化溶解システムでは、旋回燃焼方式による高い混合攪拌性を燃焼室で有していることから、この特徴を生かし、排ガス再循環を併用せずに低 NO_x 燃焼を行うことで、設備の簡素化を図ることとした。

低 NO_x 燃焼技術の概要を図5に示す。

従来型の燃焼条件では、燃焼用一次空気をメインバーナ部及びメインバーナの下部から吹込むとともに、二次空気を旋回の途中から吹込んでいる。一次空気と混合した熱分解ガスは旋回しながら燃焼し、火炎が形成される。燃焼室に流入する可燃成分に対する燃焼空気比は1.0以上であり、燃焼室内部は酸化雰囲気となっている。このとき、燃焼により発生する NO_x は100～140ppm である。

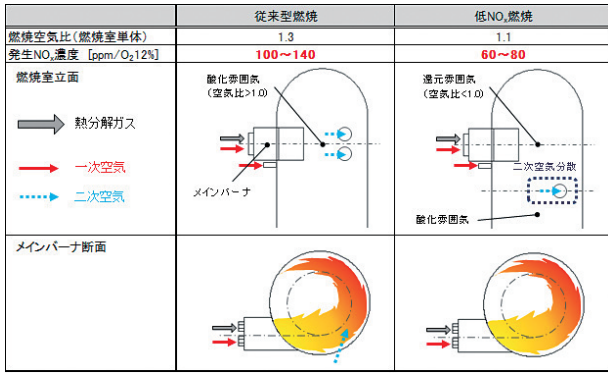


図5 低NO_x燃焼技術の概要(従来との比較)
Fig. 5 Overview of Low NO_x combustion technology (Comparison to conventional type)

一方、低NO_x燃焼では、二次空気を燃焼室の中部に分散して吹込むとともに、一次空気比を1.0未満に低減する。これにより燃焼室上部の領域において、高温還元雰囲気での滞留時間を確保し、NO、HCN、NH₃をN₂に分解する。残存する未燃成分は燃焼室中部から吹込む二次空気により完全燃焼させる。二次空気は低空気比燃焼を行うことで、排ガス再循環を使わずに燃焼制御だけで発生NO_xを60~80ppmまで抑制することが可能である^{9),10)}。

4 100t/d 規模施設 稼働状況

4.1 引渡性能試験

東部知多クリーンセンターは2018年10月~2019年2月の熱間試運転期間での操業調整を終え、2019年3月に竣工した。表3に本施設の引渡性能試験(2019/2/15~2/17の3日間)でのごみ処理量、コークス使用量、各種排ガス測定結果を示す。熱間試運転において制御系・操業条件のチューニングを行った結果、1,2号共に定格処理を達成した。コークス使用量は約20kg/t-ごみでの運転を達成し、従来

表3 引渡性能試験結果
Table. 3 The results of the performance test

	単位	1号炉	2号炉	基準値
ごみ処理量	t/d	106	106	≥100
コークス使用量	kg/t-ごみ	21.3	20.3	—
ばいじん	g/m ³ N	<0.0007	0.0008	≤0.02
塩化水素	ppm	18	22	≤50
硫酸化合物	ppm	4.0	4.1	≤50
窒素化合物	ppm	31	42	≤70
一酸化炭素(4h平均)	ppm	4.4	1.9	≤30
ダイオキシン類	ng-TEQ/m ³ N	0.0018	0.0026	≤0.1

比で約50%の削減を達成した。なお、排ガス測定結果は基準値を充分に下回っており、燃焼室における低NO_x燃焼と高温完全燃焼を両立し、ダイオキシン類の発生を抑制できていることを確認した。これにより、低炭素型シャフト炉の100t/d規模へのスケールアップを確認できた。

4.2 スラグ品質 ~低炭素型シャフト炉技術~

引渡性能期間中における溶融スラグのJIS溶出試験及びJIS含有量分析の結果を表4,5に示す。いずれも基準値を満足する結果が得られており、低炭素型シャフト炉のコークス使用量20kg/t-ごみ程度の操業においても、従来型シャフト炉と同等のスラグ品質の安全性・安定性が確保されており、確実な溶融・スラグ化を実現できていることが確認できた。

表4 溶融スラグの溶出試験(JIS K0058-1)
Table. 4 The results of slag leaching test (JIS K0058-1)

項目	単位	溶出量	基準値
カドミウム	mg/L	<0.001	≤0.01
鉛	mg/L	<0.005	≤0.01
六価クロム	mg/L	<0.01	≤0.05
ひ素	mg/L	<0.005	≤0.01
総水銀	mg/L	<0.0005	≤0.0005
セレン	mg/L	<0.002	≤0.01
ふっ素	mg/L	<0.1	≤0.8
ほう素	mg/L	<0.02	≤1.0

表5 溶融スラグの含有量分析(JIS K0058-2)
Table. 5 The results of slag content test (JIS K0058-2)

項目	単位	含有量	基準値
カドミウム	mg/kg	<1.0	≤150
鉛	mg/kg	5	≤150
六価クロム	mg/kg	<1.0	≤250
ひ素	mg/kg	<1.0	≤150
総水銀	mg/kg	<0.05	≤15
セレン	mg/kg	<1.0	≤150
ふっ素	mg/kg	180	≤4,000
ほう素	mg/kg	130	≤4,000

4.3 最終処分量の極小化

~低炭素型シャフト炉技術~

シャフト炉式ガス化溶融炉は、溶融炉から飛散する灰を回収するためにサイクロン式除じん器を設置する必要がある。シャフト炉式ガス化溶融炉における最終処分量である集じん灰発生量は、従来型シャフト炉においては、除じん器を設置している施設では約30kg/t-ごみ、除じん器を設置していない施設

では約40kg/t-ごみである。低炭素型シャフト炉では、副資材を炉頂部ではなく炉下部から装入することで、後流系への粉体の飛散が抑えられており、本施設は除じん器を設置していない。また発生した飛灰を燃焼室およびボイラで回収する技術も向上しており、除じん器を設置していない従来型シャフト炉と比較して、集じん灰発生量を約半分まで削減することに成功した(図6)。これにより低炭素型シャフト炉では、従来炉と比較して最終処分量が低減されていることが確認できた。

4.4 CO₂削減 ～低炭素型シャフト炉技術～

地球温暖化防止の観点から、近年では一層 CO₂ 排出量削減が求められている。低炭素型シャフト炉は、コークス使用量を削減することで、この課題に取り組んできた。この結果、本施設と同等のごみ処理規模(200t/d・施設)である従来型シャフト炉と比較し、CO₂排出量を約半分の削減を達成した(図7)。計算方法は、環境省 HP「算定・報告・公表制度における算出方法・排出係数一覧」による。

4.5 NO_x, CO 濃度 ～低 NO_x 燃焼技術～

図8に本格稼働開始後の煙突 NO_x 濃度、煙突 CO 濃度、プロセス全体の空気比のトレンドグラフを示した。図中には合わせて推定発生 NO_x 濃度を示しており、これは燃焼室出口における NO_x 濃度の実測結果と、操業指標を照らし合わせて求めた独自の相関式を元に、燃焼による発生 NO_x 濃度を推算したものである。空気比は平均1.47、発生 NO_x 濃度は平均56ppm、燃焼室内で脱硝した後の煙突 NO_x 濃度は平均33ppm、煙突 CO 濃度は平均5.3 ppmであった。低 NO_x 燃焼技術の適用により排ガス再循環を使わずに発生 NO_x 濃度を極小化でき、安定して排ガス基準値の70ppmを下回ることができている。また、CO 濃度も基準値を充分に下回っており、安定した燃焼が実現できている。空気比は従来1.6以上あったが、これを1割以上削減した低空気比燃焼が実現できている、発生 NO_x 濃度を低減するのみならず、排ガス量の削減により後述する消費電力量の削減にも寄与している。

4.6 消費電力量

本施設では、低炭素型シャフト炉の採用による従来型シャフト炉からの送風プロセス変更によって、ファン・PSAなどの設備小型化および設備点数の削減が可能になった。これによって、工場内での消費電力量が減り、さらに各設備の制御最適化を図る

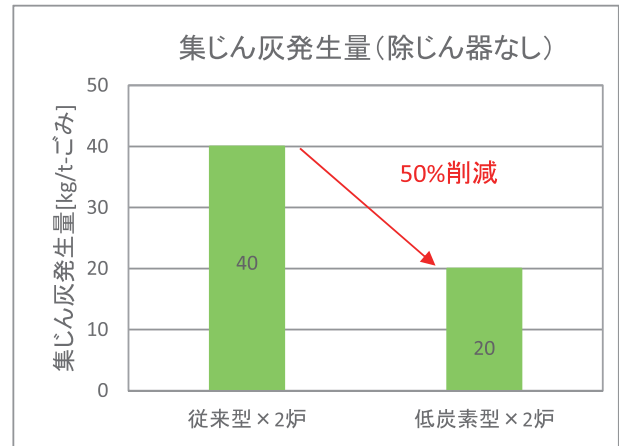


図6 従来型と低炭素型の集じん灰発生量の比較
Fig. 6 The comparison of gathered fly ash

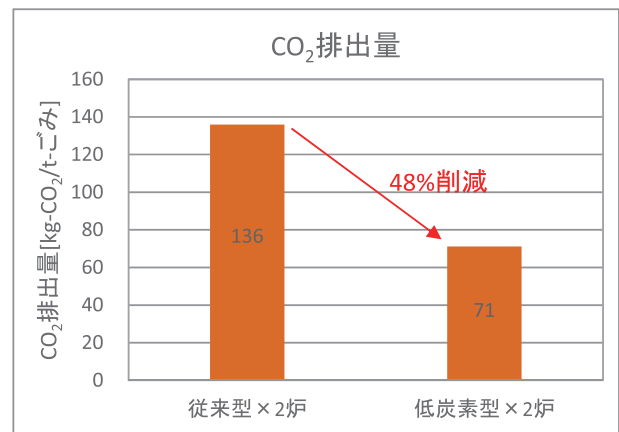


図7 従来型と低炭素型の CO₂ 排出量比較
Fig. 7 The comparison of CO₂ emission

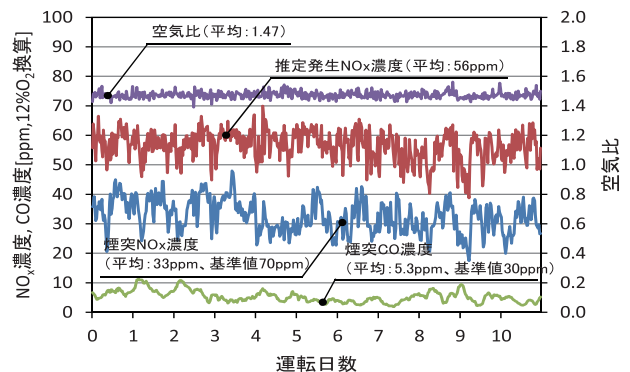


図8 NO_x・CO 濃度及び空気比のトレンドグラフ
Fig. 8 The trend graph of NO_x, CO concentration and air ratio

ことで、消費電力量の削減を達成した。従来型シャフト炉の消費電力量が180~200kWh/t-ごみであるのに対し、低炭素型シャフト炉では150kWh/t-ごみで稼働しており、約17%の削減となった(図9)。

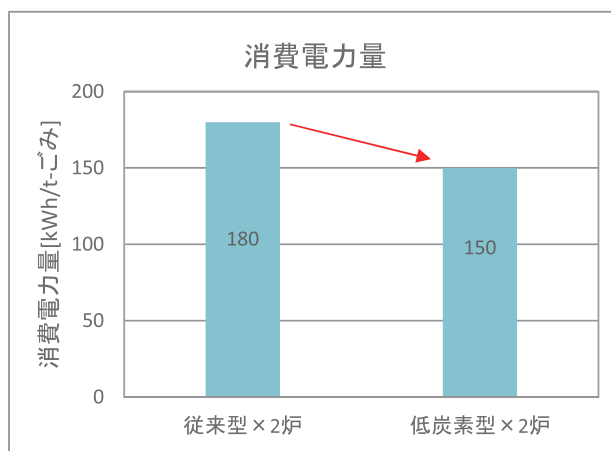


図9 従来型と低炭素型の消費電力量比較
Fig. 9 The comparison of power consumption

4.7 稼働実績

本施設は、2019年3月の竣工後、安定した稼働を続けている。表6に竣工後の稼働状況を示す。ごみ処理量は95~100t/d、コークス使用量は約20kg/t-ごみ、消費電力量は約150kWh/t-ごみ、集じん灰発生量は約20kg/t-ごみでコントロールできており、安定して稼働中であることが確認できる。

表6 本施設における稼働実績
Table. 6 The long term results of this facility

	単位		3月	4月	5月	6月
ごみ処理量	t/d	1号	98.3	98.8	96.9	95.2
		2号	97.5	99.0	98.9	95.2
コークス使用量	kg/t-ごみ	1号	22.4	20.7	23.0	21.3
		2号	21.3	20.9	20.2	21.3
消費電力量	kWh/t-ごみ	-	148.4	147.1	154.0	155.8
集じん灰発生量	kg/t-ごみ	-	18.8	23.0	19.2	20.2

5 結言

当社最新技術である低炭素型シャフト炉および低NO_x燃焼技術を適用した東部知多クリーンセンターの稼働状況について紹介した。100t/d規模の低炭素型シャフト炉においても、幅広いごみ質に対して安定溶融が可能で、無害で高品質な溶融物を生成可能な従来型シャフト炉の特長を継承しつつ、コークス使用量を大幅に削減することができた。ま

た、低NO_x燃焼技術の導入により、排ガス再循環を使わずに発生NO_xの極小化を図ることができた。

今後も、廃棄物処理システムにおけるプロセスや設備要素技術の革新に取り組み、循環型社会及び低炭素社会の形成に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 芝池秀治ほか(2000): 廃棄物学会第11回研究発表会講演論文集, pp. 460
- 2) 上野義治ほか(2001): 廃棄物学会第12回研究発表会講演論文集, pp. 813
- 3) 芝池秀治ほか(2003): 鉄と鋼, vol. 89, No. 11, pp. 1093
- 4) 谷口剛ほか(2013): 低炭素型シャフト炉の開発, 第34回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp. 139-141
- 5) 谷口剛ほか(2013): 低炭素型シャフト炉の開発(第二報), 第24回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 415-416
- 6) 谷口剛ほか(2014): 低炭素型シャフト炉の開発(第三報), 第35回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp. 170-172
- 7) 谷口剛ほか(2015): 低炭素型シャフト炉における燃焼安定性の向上, 第26回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 359-360
- 8) 環境省(2018): 廃棄物処理施設整備計画(平成30年6月19日閣議決定), pp. 13
- 9) 福田尚倫ほか(2017): シャフト炉式ガス化溶融システムにおける低NO_x燃焼の取り組み, 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 303-304
- 10) 松下晴樹ほか(2018): シャフト炉式ガス化溶融システムにおける低NO_x燃焼の取り組み, 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 369-370