

# 対向流燃焼方式を適用した 廃棄物焼却炉



JFEエンジニアリング株式会社  
環境本部 エンジニアリングセンター  
装置設計部 焼却・熔融炉設計室

部員 狩野 真也

## 1. はじめに

近年の廃棄物焼却炉には、発電量増加、環境負荷低減、運転コスト低減等、様々な課題への対応が強く要求されている。これらの要求に応えるためには、安定した低空気比燃焼の実現（排出ガス削減による環境負荷低減、低公害化による薬剤コスト低減、熱回収効率向上による高効率発電）が不可欠であるが、低空気比下での燃焼は、廃棄物の多様性・不均一性に起因して、不安定となりやすい。そこで、当社では、低空気比下でも安定した燃焼を実現するため、高温空気燃焼技術（HiCOT：High-temperature Air Combustion Technology<sup>1)</sup>）を適用したJFE ハイパー21ストーカシステムを開発し、2009（平成21）年以降、当社次世代ストーカ炉として

多数の導入実績を積み重ねてきた。

本稿では、JFE ハイパー21ストーカシステム（以下、従来型装置）を更に改良し、更なる安定燃焼性能の実現に成功した、「対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉」（以下、新型装置）について紹介する。

## 2. 装置説明

### (1) 装置の特徴

本項では、新型装置の紹介の前に、まず、従来型装置の特徴について紹介する。従来型装置では、高温混合気（高温空気＋再循環排ガス）を炉の側壁から吹き込むことを特徴としている（図1参照）。本要素技術により、ごみ層からの熱分解ガスと左右側壁

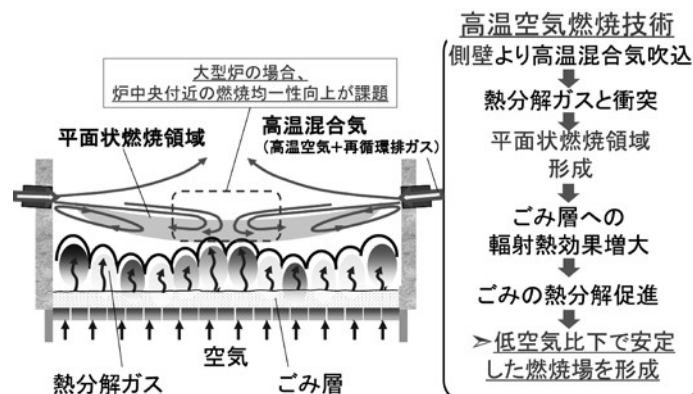


図1 高温空気燃焼技術を適用した従来型装置の燃焼形態概念図

から吹き込まれた高温混合気を衝突させ、安定した平面状燃焼領域がごみ層上部に定在することで、ごみ層への輻射熱により燃焼効率が向上し、不安定となりやすい低空気比下での安定燃焼を可能としている（CO、NOxの同時抑制）。一方、処理規模が大きくなると炉幅拡大により、炉の中央付近では、熱分解ガスと高温混合気との衝突が弱まるため、海外案件に代表される大型炉においては、炉幅方向の均一性が確保しづらいという課題があった。

それに対し、新型装置は、更なる安定燃焼と、NOx低減及び大型炉への適用性向上を目指し、前述の高温空気燃焼技術を発展させた対向流燃焼方式を、世界で初めて廃棄物焼却炉に適用したものである。新型装置における燃焼形態概念図を図2に示す。

新型装置では、焼却炉天井より高温混合気を吹き込むことで、ごみ層からの熱分解ガスと高温混合気を対向して衝突させ、炉幅方向により均一な平面状燃焼領域の形成、並びに燃焼安定性の向上（CO、NOxの同時

低減）を実現している。更に、均一な燃焼領域の形成及び天井からの供給ガス適正化による二段燃焼を実現することで、下記の機構によりNOxを低減している。

- ① 焼却炉天井からの高温混合気供給量及び高温混合気酸素濃度を適切に調整することで、焼却炉内上流部（図3炉内左側参照）に還元性雰囲気、炉内下流部に酸化性雰囲気の燃焼場を形成。
- ② これにより一段目の還元性雰囲気の燃焼場で生成するアンモニア、シアン等の窒素化合物が、二段目の酸化性雰囲気の燃焼場でNOxの還元剤として作用することで、二段燃焼を実現。
- ③ 焼却炉内下流部付近の焼却炉天井から再循環排ガスを積極的に供給し、ここでの排ガスの攪拌・混合を促進させて二段燃焼時の炉内脱硝効果を高める（図4参照）。

また、新型装置は、炉幅方向のモジュール化設計が容易であり、小型炉から大型炉まで幅広い範囲での適用が可能であるという特長も有している。

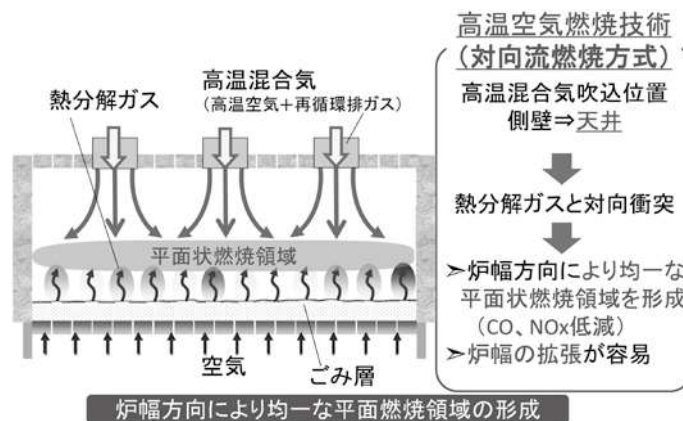
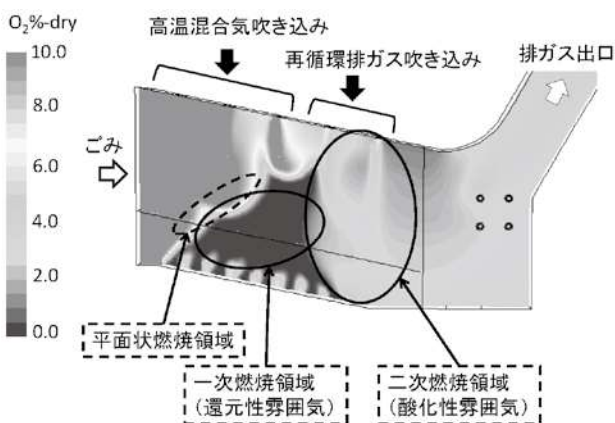
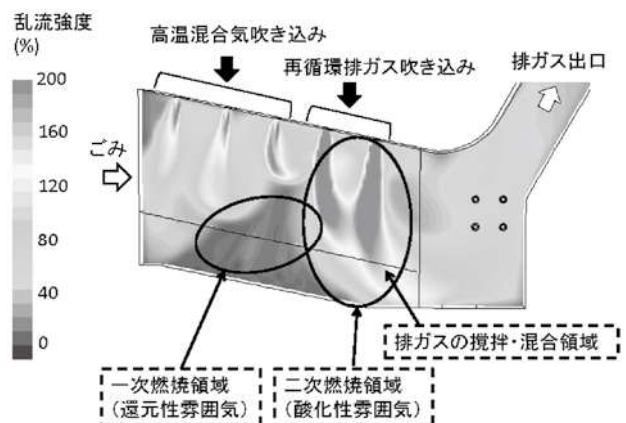


図2 対向流燃焼方式を適用した廃棄物焼却炉(新型装置)における燃焼形態概念図



※焼却炉を側面(炉幅と直行方向)より見る。

図3 炉内酸素濃度分布



※焼却炉を側面(炉幅と直行方向)より見る。

図4 炉内乱流強度分布

(2) 開発経緯

- 1999年：高温空気燃焼技術の基盤研究を、実証試験プラント(12t/d)で開始。
- 2002年：高温空気燃焼技術を適用した従来型装置の実炉試験(105t/d)を開始。
- 2009年：従来型装置の初号機(117.5t/d)が竣工。
- 2012年：高温空気燃焼技術を更に発展させた「対向流燃焼方式」の基盤研究を、実証試験プラント(3t/d)で開始。
- 2016年：「対向流燃焼方式」を適用した新型装置の初号機(60t/d)が竣工。

(3) 実機化プラントの設備概要及びフロー

新型装置を実機化したプラント設備(60t/d)の概要とフローを図5に示す。対向流燃焼方式の要素技術となる焼却炉天井からの高温混合気吹き込みを

行うため、ろ過式集じん器にて除じんされた排ガスを再循環排ガス送風機により焼却炉へ還流している。本排ガスは2系統に分岐されており、一方は高温空気送風機より供給される空気と混合し所定のO<sub>2</sub>濃度に調整され、蒸気式空気予熱器により昇温された後、高温混合気として焼却炉天井へ吹き込まれる。もう一方は、再循環排ガスとして単独で焼却炉天井へと吹き込まれている。また、本プラントでは、多くの廃棄物焼却施設で採用されている触媒脱硝反応塔を廃止することで、従来、反応塔入口で低温排ガスの昇温に使用していた蒸気が不要となり、余剰蒸気によるタービン発電量の増加を実現している。なお、本プラントの場合、バックアップ用として焼却炉出口に無触媒脱硝設備(アンモニア噴霧)を設置している。

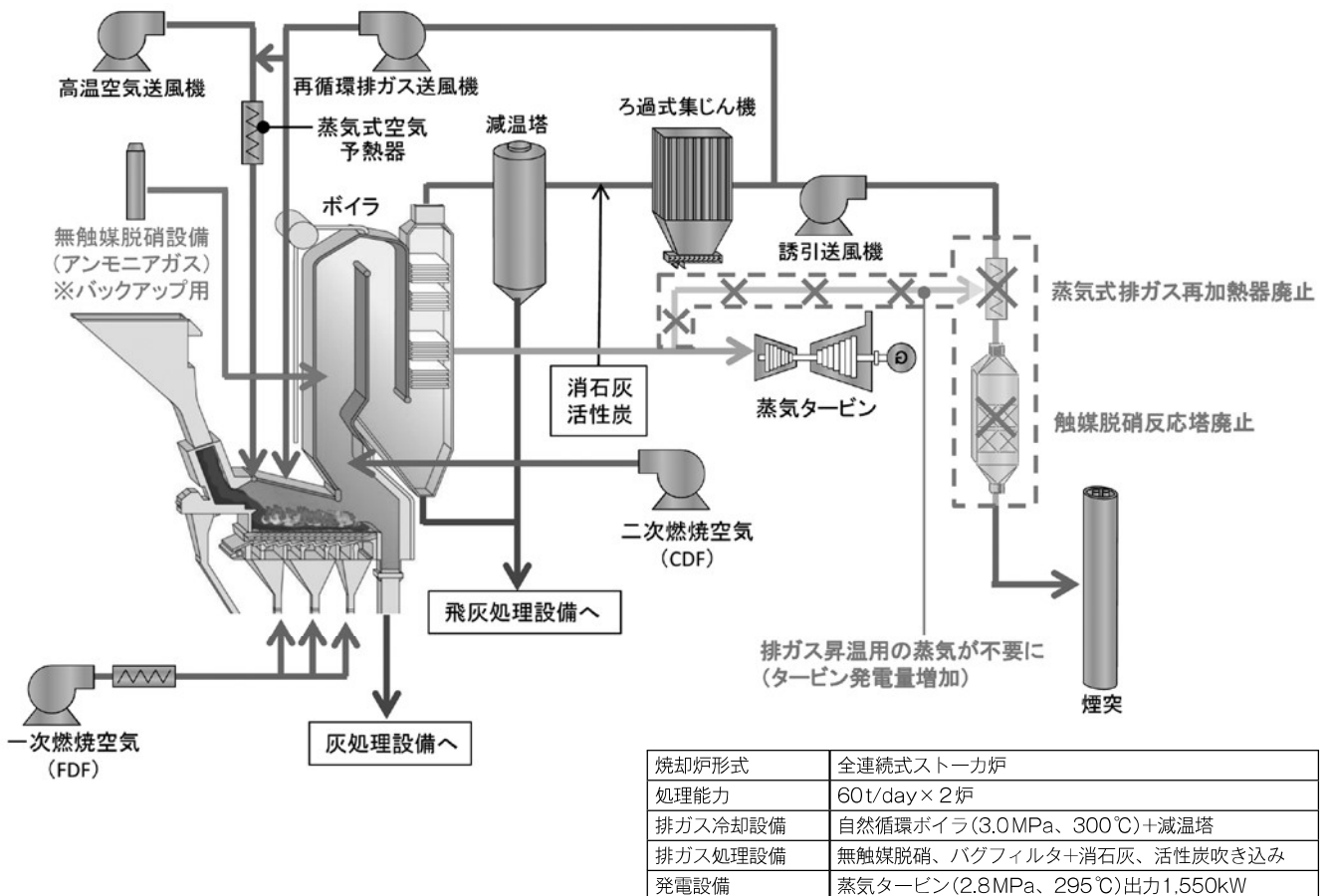


図5 実機化プラントの概要とフロー

表1 従来型装置と新型装置の性能比較

		従来型装置	新型装置
焼却炉形式		全連続式ストーカ炉 (高温空気燃焼技術)	全連続式ストーカ炉 ( <b>対向流燃焼方式</b> )
処理能力		70t/d×2炉	60t/d×2炉
空気比		1.3	1.3
高温混合気量		1.2kNm <sup>3</sup> /h	0.9kNm <sup>3</sup> /h
再循環排ガス量		2.6kNm <sup>3</sup> /h	1.7kNm <sup>3</sup> /h
NOx濃度		53ppm (ろ過式集じん器出口、脱硝前)	<b>41 ppm</b> (煙突、 <b>脱硝なし</b> )
煙突出口CO		3 ppm	<b>1 ppm</b>
煙突排ガス量		16.5kNm <sup>3</sup> /h	15.4kNm <sup>3</sup> /h
電力	発電量	100	+8% ➡ 108 <sup>*1</sup>
	(場内消費電力)	(53)	(53) <sup>*1</sup>
	(売電量)	(47)	+17% ➡ (55) <sup>*1</sup>
脱硝薬剤使用量		9,400Nm <sup>3</sup> /年(NH <sub>3</sub> ガス) (触媒脱硝反応塔用) 60t/d規模換算：8,050Nm <sup>3</sup> /年	<b>73Nm<sup>3</sup>/年</b> (NH <sub>3</sub> ガス) <sup>*2</sup> (無触媒脱硝設備用)
排ガス処理設備		BF+消石灰、活性炭吹き込み 蒸気式排ガス再加熱器 触媒脱硝反応塔	BF+消石灰、活性炭吹き込み 無触媒脱硝(バックアップ用)

※1 従来型装置を100とした場合

※2 バックアップ設備として使用

#### (4) 装置の性能

表1に、同規模工場における、従来型装置と新型装置の設備概要と運転状況を示す。従来型装置の場合、CO濃度3ppm、NOx濃度53ppm(脱硝前)であるが、新型装置を実機化したプラント設備では、CO濃度1ppm、NOx濃度41ppm(脱硝なし)となっており、COとNOxの同時抑制を実現している。なお、本プラントでは、触媒脱硝設備の廃止によって発生する余剰蒸気の活用による売電量の増加(+17%)と、無触媒脱硝設備も使用しない運転による脱硝用薬剤使用量の大幅な削減(▲99%)を実現している。

### 3. 将来性

環境省の統計によると2015年度末の廃棄物焼却施設は1141施設で、うち、発電設備を有する施設は348施設に止まっている。廃棄物発電量増加への社会的要求が高まっている中で、このような状況となっている一因としては、約半数ある施設規模100t/d未満の小型施設では発電効率が低く、発電設備導入によるメリットが小さいことが挙げられる。本新型装置は、触媒脱硝反応塔及び蒸気式排ガス再加熱器の廃止により、大幅な発電量の増加が見込める(触媒脱硝設備を有する施設

に比べ、売電17%増)ため、小型施設に対しても発電設備を導入するメリットが増加し、発電設備を有する廃棄物焼却施設の増加が期待される。

また、従来型装置では触媒脱硝反応塔がない場合(NOx規制値が比較的高い地域)に常用設備であった無触媒脱硝設備を、新型装置ではバックアップ設備とすることが可能であり、大幅な薬剤使用量削減が見込まれる。更に、設備機器点数削減(触媒脱硝反応塔、蒸気式排ガス再加熱器)による、イニシャル・ランニングコスト低減、並びに施設機器配置のコンパクト化が可能となる。一方、焼却炉設計の観点では、本装置には大型化が容易という特長がある。ストーカ式焼却炉のスケールアップには炉幅の拡張を伴うが、本新型装置は焼却炉天井から高温混合気を供給する吹き込みノズルのピッチごと(炉幅方向)に、炉幅方向のモジュール化設計が可能であり、ストーカ炉の大型化が容易となる。

以上のように、本新型装置は、当社の主力装置となるだけでなく、今後の廃棄物処理業界に多大な貢献が期待できる装置である。

<参考文献>

1) 「平成13年度高温空気燃焼技術研究開発成果報告書」、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、2001年、pp.235-295