ごみ焼却プラント設備改良による低空気比燃焼実現とCO_2排出量削減

Performance of Low Excess Air Ratio Incineration Technology for CO_2 Emission Reduction from Refurbished MSW Incineration Plant

髙橋 克博*1 Katsuhiro Takahashi
滑澤 幸司*2 Koji Namerisawa
馬渡 匡之*3 Masayuki Mawatari

近年，国内では，低炭素化社会の実現に向けた CO_2 排出量の削減，ストックマネジメントの観点から，老朽化したごみ焼却プラントの設備改良工事が進められている。三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)(以下，当社)では，ごみ焼却により発生する廃熱を利用したごみ発電量の向上やプラント消費電力削減へのメリットが大きい排ガス再循環(EGR)を適用した低空気比燃焼技術の開発を進めてきた。本技術は，既存のごみ焼却プラントにも導入可能な技術であり，設備改良工事への適用を推進している。

1. はじめに

近年，国内では，低炭素化社会の実現に向けた CO_2 排出量の削減，ストックマネジメントの観点から，老朽化したごみ焼却プラントにおいて施設の長寿命化を目的とした基幹的設備改良工事が進められている。それにより，ごみ焼却プラントにおいては，廃棄物を安心・安全に焼却処理することは当然として，ごみの有する熱の有効活用，機器の省エネルギー化が重要となってきている。

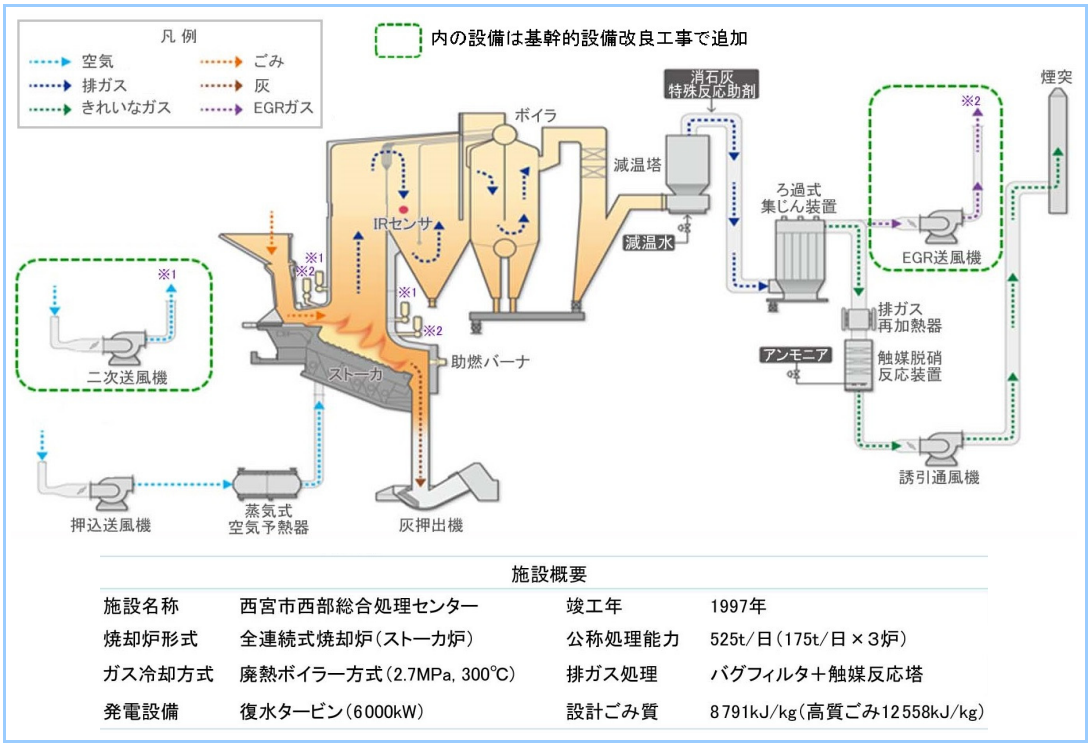
このような状況下，当社では西宮市西部総合処理センターにて施設の延命化と低空気比燃焼技術導入による CO_2 排出量大幅削減を目的とした基幹的設備改良工事を実施した。本稿では，基幹的設備改良工事の概要と工事後の低空気比燃焼運転の経過状況について述べる。

2. 施設と改良工事の概要

2.1 施設概要

西宮市西部総合処理センターの施設概要を図1に示す。当該工場の焼却炉は，水冷壁構造を有する全連続式ストーカ炉であり，竣工から約20年経過している。また，定格処理能力は525t/日(175t/日×3炉)である。ごみ焼却熱はボイラで回収され，2.7MPa，300℃の過熱蒸気として蒸気タービンで発電に使用される他，燃焼排ガスは，バグフィルタ(BF)で除塵，脱硫・脱塩され，触媒反応塔で脱硝した後に，煙突から排気される。

*1 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 プラント事業部エンジニアリング総括部プラント設計部
*2 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 プラント事業部エンジニアリング総括部プラント設計部 グループ長 技術士(衛生工学部門)
*3 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 プラント事業部エンジニアリング総括部プラント設計部 主席



施設概要

施設名称	西宮市西部総合処理センター	竣工年	1997年
焼却炉形式	全連続式焼却炉(ストーカ炉)	公称処理能力	525t/日(175t/日×3炉)
ガス冷却方式	廃熱ボイラー方式(2.7MPa, 300℃)	排ガス処理	バグフィルタ+触媒反応塔
発電設備	復水タービン(6000kW)	設計ごみ質	8791kJ/kg(高質ごみ12558kJ/kg)

図1　西部総合処理センター施設概要

2.2 基幹的設備改良工事概要

西宮市西部総合処理センターの基幹的設備改良工事概要を表1に示す。本工事では，熱回収率の向上を目的に，低空気比燃焼技術導入の手法として，排ガス再循環(EGR)送風機，EGRダクト等を新たに設置した。低空気比燃焼による燃焼空気量及び排ガス量削減に伴い，熱回収率向上とともに，燃焼空気や排ガスの再加熱に使用される蒸気式空気予熱器(SAH)及び排ガス再加熱器(SGH)蒸気量の削減により，タービン発電使用蒸気量が増加し発電量が増加する。また，プラント機器消費電力の削減対策では，プラント機器の中でも大容量の押込送風機等通風設備のインバータ化，ボイラ給水ポンプ等の高効率モータ化，低空気比燃焼に伴う負荷低減を考慮した一部機器の容量ダウン等を実施している。機器の長寿命化対策では，経年劣化した給じん装置，火格子更新による焼却能力の維持の他，ボイラ水管の金属溶射・肉盛等により，ボイラの耐久性を向上させた。

尚，平成 28 年度に3号炉を対象とした改良工事を終え，運用を開始しており，現在は2号炉を工事中である。

表1　改良工事の主要項目

対策項目		対策概要	工事内容	CO_2削減要素
①	熱回収率の向上	排ガス再循環(EGR)を適用した低空気比燃焼の導入	EGR 送風機，EGR ダクト等の新設	蒸気式空気予熱器(SAH)，排ガス再過熱器(SGH)消費蒸気量削減による発電量向上
		低空気比燃焼のための自動燃焼制御の高度化	DCS 自動燃焼制御システムの更新	
			二次送風機の新設	
②	プラント機器消費電力の削減	電動機のインバータ化	押込送風機等通風設備のインバータ化	プラント機器消費電力の削減
		電動機の高効率モータ化	ボイラ給水ポンプ，脱気器給水ポンプモータ更新	
		低空気比燃焼に伴う負荷低減を考慮した機器容量ダウン	押込送風機，薬品供給ブロワの容量ダウン	
		BF 入口ガス温度を高温運用し，減温水噴霧を停止	減温水噴霧用空気圧縮機の撤去	
③	プラント機器の長寿命化	焼却能力の維持	給じん装置，火格子の更新	—
		ボイラの耐久性向上	ボイラ水冷壁管の肉厚 UP	低空気比燃焼による熱回収率向上のための耐久性確保
			一部のボイラ水管の金属溶射・肉盛	

3. 改良工事後の運転状況

3.1 低空気比燃焼運転の安定性

従来燃焼と低空気比燃焼運転のトレンド比較を図2に示す。EGR ガスによる炉内混合攪拌効果と自動燃焼制御の高度化により，BF 出口 O_2 濃度 6.1vol%dry（ボイラ出口 O_2 濃度推定 3.6vol%dry，空気比約 1.2）とした低空気比燃焼においても，未燃ガス（CO）濃度ピーク発生を十分に抑制するとともに，発電量を一定に保つために重要な蒸発量変動を±約4%以下とした安定的な運転が可能となった。

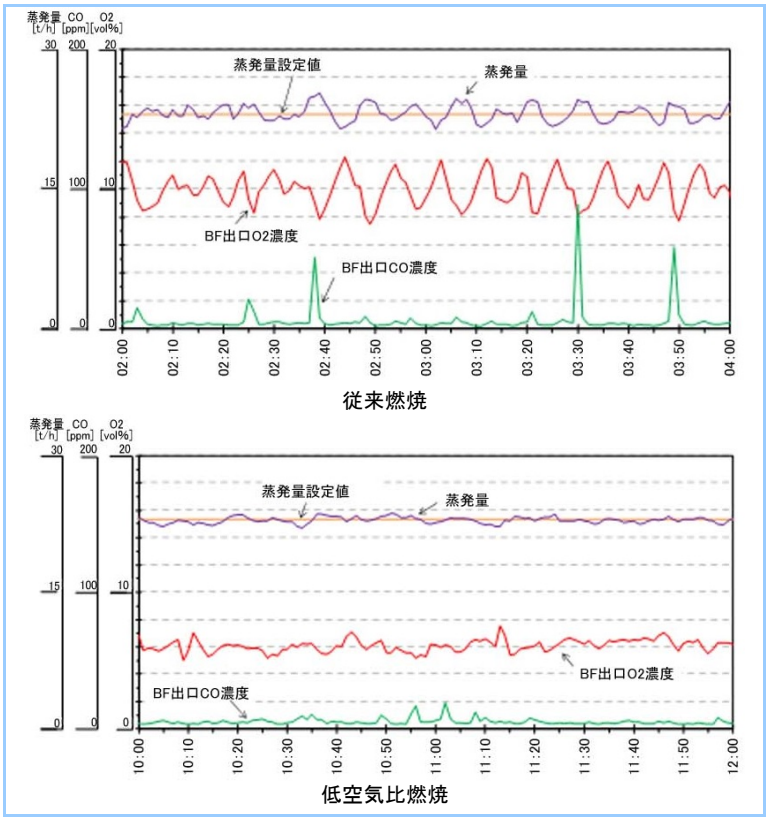


図2 従来燃焼と低空気比燃焼の比較

3.2 低空気比燃焼による NOx 低減と脱硝用薬剤削減効果

表2に工事前後の脱硝前 NOx 及び脱硝用薬剤（アンモニア水）使用量の比較を示す。低空気比燃焼による NOx 発生量抑制効果により，触媒脱硝前の BF 出口 NOx 濃度は工事前より約 31%，煙突 NOx 濃度約 32%の低減を確認した。また，アンモニア水使用量は制御下限値まで低減し，工事前よりも約 35%低減した。

表2 脱硝前 NOx 及び脱硝用薬剤使用量の比較

	工事前	工事後
BF 出口 NOx 濃度［ppm@$O_2$12%換算］	102	70
煙突 NOx 濃度［ppm@$O_2$12%換算］	37	25
アンモニア水使用量［L/h］	9.2	6.0（下限値）

3.3 SAH・SGH 使用蒸気量削減効果

SAH・SGH 使用蒸気量削減効果を図3に示す。工事前と比較して，SAH は 46%，SGH は 62%の使用蒸気量削減効果を確認した。低空気比燃焼による燃焼空気量及び排ガス量削減効果の他，SAH については，二次送風機の新設に伴い，従来の二次空気予熱分の削減，SGH については，排ガス量削減の他，BF 入口ガス温度の高温運用による再加熱温度までの温度差減少も削減に寄与したものと考えられる。本改善により，工事未実施炉と工事実施済3号炉での2炉運転時の比較で，発電量は工事前よりも約7%増加した。

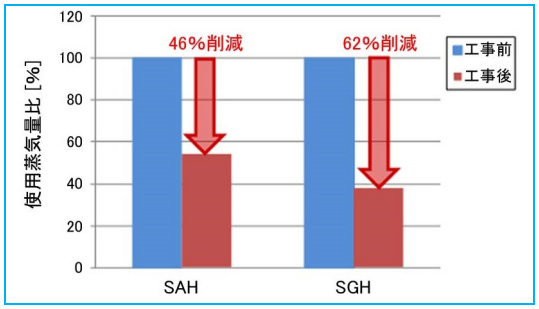


図3 SAH・SGH 使用蒸気量削減効果

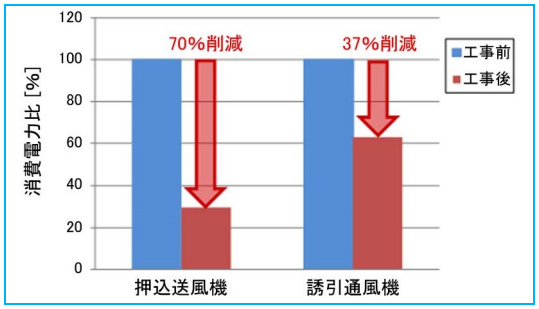


図4 インバータ化による消費電力削減効果

3.4 インバータ化等による消費電力削減効果

インバータ化等による消費電力削減効果を図4に示す。押込送風機は，従来の回転数を一定としたダンパ開度制御からダンパ開度を一定（全開）とした回転数制御，誘引通風機は，ダンパ開度及び回転数併用制御から回転数制御のみに変更したことで，押込送風機は 70%，誘引通風機は 37%の消費電力削減効果を確認した。押込送風機については，二次送風機の新設に伴い，二次空気量分の負荷が削減された点も削減に寄与したものと考えられる。

3.5 CO_2 排出量削減結果

本工事による CO_2 排出量削減効果を表3に示す。評価条件は，西宮市西部総合処理センターの通常運転条件である2炉運転時とし，工事未実施炉と工事実施済の3号炉の2炉運転での評価とした結果，工事前よりも 41.7%の CO_2 排出量削減効果を確認した。削減効果として最も大きいのは，SAH・SGH 消費蒸気量削減による発電量増加によるものであり，消費電力については，低空気比燃焼に伴う押込送風機の容量ダウンとインバータ化による削減効果が大きい結果となった。本結果から，低空気比燃焼による CO_2 削減効果が大きいことを確認した。2炉ともに低空気比燃焼運転とすることで更なる削減効果が期待できる。

表3 工事後の CO_2 排出量削減効果

項 目	CO_2 削減率※1 [%]
ボイラ効率向上，SAH・SGH 消費蒸気量削減による発電量増加	25.1
ボイラ給水ポンプ，脱気器給水ポンプの高効率モータ化	1.5
薬品供給ブロワの容量ダウン	1.6
減温水噴霧用空気圧縮機の撤去	14.1
押込送風機の容量ダウン及びインバータ化	6.2
誘引通風機のインバータ更新による運転方法の最適化	4.6
二次送風機の新設	−0.3
EGR 送風機の新設	−2.8
投入熱量差によるその他プラント機器の電力増加分※2	−8.3
合計	41.7

※1 CO_2 削減率は，廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル（平成 27 年3月改訂）に基づき算定（但し，建築・照明設備動力分は除く）。

※2 工事前投入熱量 124［GJ/h］よりも工事後投入熱量 135［GJ/h］の方が高いことによるその他プラント機器の電力増加分。

4. まとめ

基幹的設備改良工事にて，既存のごみ焼却プラントに EGR を適用した低空気比燃焼技術を導入した結果，蒸発量変動±約4%以下，CO ピーク発生を十分に抑制した上で，BF 出口 O_2 濃度を 6.1vol%dry（ボイラ出口 O_2 濃度推定 3.6vol%dry，空気比約 1.2）で安定的に運転することが可能となった。施設の安定運転だけでなく，NOx 発生量抑制効果によるアンモニア水使用量削減，発電量増加及び消費電力量削減による売電電力量増加などお客様の運営維持管理コスト面にもメリットがある技術であり，現在工事中の2炉目の設備改良も終えることで，更なる効果が期待される。本技術を，新規建設のごみ焼却プラントは勿論のこと，本事例のように，既存のごみ焼却プラントにも積極導入していくことで，低炭素社会実現に貢献していく所存である。