

特集論文

低ライフサイクルコストを指向する一塔式熱分解ガス化溶融ごみ処理システム

Operation Results of MSW Incineration System with Direct Ash Melting by Thermal Cracking.



寺澤良則*¹ 佐藤 淳*² 白井利昌*³
 Yoshinori Terasawa Jun Satou Toshimasa Shirai
 寺部保典*⁴ 保田静生*⁵
 Yasunori Terabe Shizuo Yasuda

1. はじめに

現在資源循環型社会の確立が推進され⁽¹⁾、特に都市ごみは焼却前に極力リサイクルによる減量化が図られた上で、更に焼却する際にエネルギー回収と灰の資源化が必須条件となる。特に中小規模焼却施設については、熱回収・排ガス処理等により膨らむプラント建設費・維持管理費を低減するシステムが必要となる。このような中、当社が開発した一塔式熱分解ガス化溶融ごみ処理システムは、当社の焼却技術（ストーカ炉、流動床炉）、溶融技術（汚泥溶融炉、灰溶融炉）、熱分解技術（キルン炉、流動床炉）を融合させたものでこれらのニーズにこたえ、有価物の回収・エネルギーの有効利用及び灰の資源化・排ガス量低減・無公害化を安定して実現できる。また、設備消費電力も従来炉

（プラズマ溶融炉付ストーカ炉）に比べ半減できライフサイクルコストに優れた施設である。当社は、釧路広域連合に 120 t/d × 2 炉初号機を平成 18 年 3 月末に性能保証値（定格 120 t/d において、HCl 50 ppm 以下、SOx 50 ppm 以下、NOx 50 ppm 以下、CO 30 ppm 以下、DXN 0.1 ng-TEQ/m³_N 以下など）を達成し、引渡しを完了した。本施設はその後 105 日間連続運転、延べ約 280 日間運転（平成 18 年 12 月末時点）を達成し順調に稼動している。以下その稼動状況について報告する。

2. 施設概要

釧路広域連合清掃工場の概要を以下に示す。
 施設規模：120 t/d・炉×2 炉
 対象ごみ：可燃ごみ、可燃性粗大ゴミ、可燃性残さ（粗大ゴミ処理後）、動物性残さ

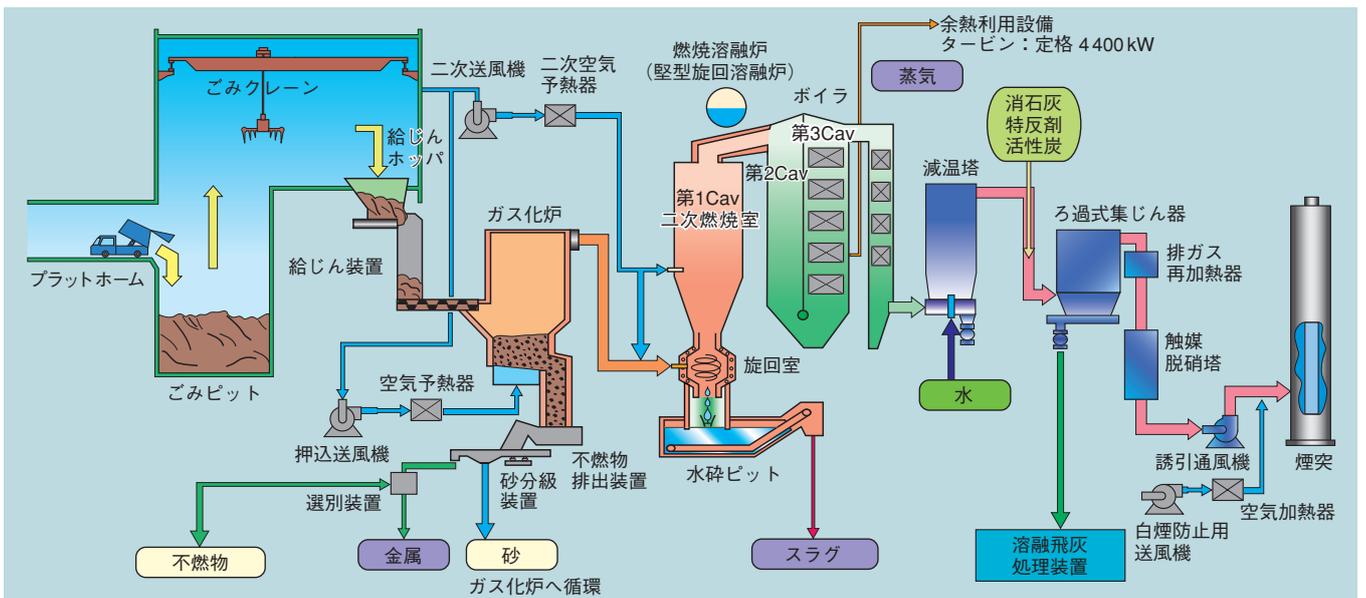


図1 釧路広域連合清掃工場ごみ処理施設フロー
 熱分解ガス化炉には鉄・アルミ等の有価回収が可能な流動床式ガス化炉を採用し、溶融炉は灰捕集率の高い当社独自の堅型旋回溶融炉となっている。

*¹ 技術本部横浜研究所環境装置研究室主席
 *² 技術本部横浜研究所環境装置研究室
 *³ 横浜製作所環境ソリューション技術部バイオマス・事業化グループ
 *⁴ 横浜製作所環境ソリューション技術部主機設計グループ
 *⁵ 三菱重工環境エンジニアリング(株)都市環境事業本部熱エネルギー部主席

主要機器構成

- ガス化溶融設備：流動床式ガス化炉+堅型旋回溶融炉（燃焼溶融炉）（一塔式）
- ボイラ：単胴自然循環型，過熱器出口 4.0 MPa × 400℃
- 排ガス処理：減温塔+1段バグ（消石灰・活性炭吹込）+触媒反応塔
- 余熱利用：蒸気タービン発電（最大 4 400 kW）

図1に清掃工場の処理フローを示す。

都市ごみは 200 mm 程度に粗破碎後，給じん装置を通してガス化炉へ供給される。ガス化炉では，ごみ供給量・一次空気量を制御することにより，ごみの部分燃焼熱で炉内を所定の温度に維持しながら安定した熱分解を行う。熱分解ガスは溶融炉へ供給され溶融炉の熱源として利用される。また，ガス化炉より発生した飛灰も熱分解ガスに同伴され，溶融炉内で燃焼溶融される。溶融炉は堅型旋回溶融炉を採用しており，熱分解ガス（含む飛灰）を旋回室へ接線方向に供給することにより旋回流を形成し，十分に混合，攪拌しながら低空気比での高温燃焼を行う。灰分は遠心力により炉壁面に捕集され，溶融スラグとなって炉壁面を溶融流下し，下部のスラグ排出口から連続的に排出される。一方，排ガスは上部から抜き出され，二次燃焼室において完全燃焼される。完全燃焼後の排ガスは，ボイラ及び減温塔によりろ過式集じん器入口ガス温度（150℃程度）まで減温され，集じん器で消石灰等の吹き込みにより酸性ガス成分とばいじんを高効率で除去する。また，鉄・アルミ等の有価金属はガス化炉から未酸化状態で取り出され，振動スクリーン及び磁選機・アルミ選別機等で分離回収され有効利用される。

3. 運 転 状 況

3. 1 性能安定性

平成 18 年 4 月引渡し後，平成 18 年 12 月末までに約 46 000 t のごみを焼却処理している。

主に燃焼空気量の調整により，ガス化炉，溶融炉，二次燃焼室出口の温度とも安定した。また，図2に示すように溶融スラグの安定流下を確認した。

図3に煙突での排ガス濃度の経時変化を示す。O₂ 8～10%でCO 30 ppm 以下（O₂ 12%換算，4時間平均値），NO_x 50 ppm 以下（O₂ 12%換算値）を満足し安定した運転を達成している。

3. 2 環境保全性

破碎ごみの性状を表1に示す。低位発熱量は 6 000～7 500 kJ/kg-wet 程度となっている。

煙突での排ガス性状を表2に示す。すべての項目で性能保証値（HCl 150 ppm 以下，SO_x 50 ppm 以下，NO_x



図2 溶融スラグ流下状況
安定してスラグ流下できることを確認した。

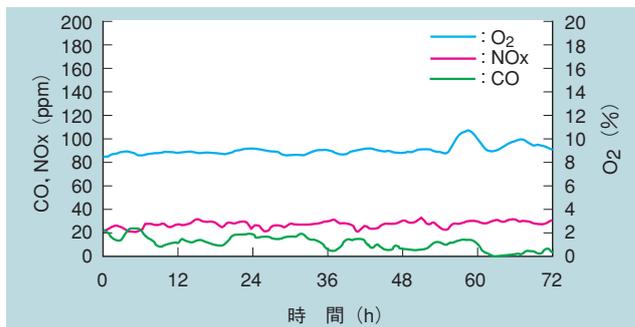


図3 煙突出口排ガス濃度経時変化
O₂ 8～10%でCO 30 ppm 以下（O₂ 12%換算，4時間平均値），NO_x 50 ppm 以下（O₂ 12%換算値）と性能保証値を満足し安定した運転を達成できている。

表1 破碎ごみ性状

成分	性能試験時 (H18.3)		H18.8	H18.11
	Run 1	Run 2		
水分 (wet %)	53.80	49.70	48.00	51.10
灰分 (wet %)	6.90	7.80	6.40	8.50
可燃分 (wt %)	C	19.80	21.80	25.40
	H	2.92	3.20	5.99
	N	0.58	0.51	0.51
	S	0.08	0.05	0.04
	Cl	0.32	0.39	0.12
	O その他	15.60	18.17	13.54
小計	39.30	42.50	45.60	40.40
低位発熱量	kJ/kg-wet (1400)	6704 (1600)	7535 (1800)	6279 (1500)

表2 煙突出口排ガス性状

成分	分析値 (at 12% O ₂)	
	Run 1	Run 2
ばいじん (g/m ³ N)	<0.01	<0.01
DXN (ng-TEQ/m ³ N)	0.00033	0.0015
CO (ppm)	6	8
NO _x (ppm)	29	24
HCl (ppm)	6	9
SO _x (ppm)	<2	3

50 ppm 以下, CO 30 ppm 以下, DXN 0.1 ng-TEQ/m³_N 以下) を達成した。

排出された水砕スラグ外観を図4に品質データを表3に示す。水砕スラグの品質は“土壤の汚染に係る環境基準”(環境庁告示第46号, 平成13年8月23日), “JIS A5031, A5032 一般廃棄物, 下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ及びコンクリート用溶融スラグ骨材”の基準を満足している。



図4 水砕スラグ外観
溶融スラグの水砕後の粒径は2～5mm程度である。

表3 溶融スラグ品質

項目		060630 採取	061102 採取	規格値
溶出試験	Cd (mg/l)	<0.001	<0.001	≤0.01
	Pb (mg/l)	<0.005	<0.005	≤0.01
	Cr ⁶⁺ (mg/l)	<0.05	<0.05	≤0.05
	As (mg/l)	<0.001	<0.001	≤0.01
	T-Hg (mg/l)	<0.0005	<0.0005	≤0.0005
	Se (mg/l)	<0.002	<0.002	≤0.01
	ふっ素	-	<0.1	≤0.8
	ほう素	-	0.02	≤1
含有量	Cd (mg/kg)	<0.1	<0.1	≤150
	Pb (mg/kg)	33	8.0	≤150
	Cr ⁶⁺ (mg/kg)	<5	<5	≤250
	As (mg/kg)	0.6	0.2	≤150
	T-Hg (mg/kg)	<0.02	<0.02	≤15
	Se (mg/kg)	<0.2	<0.2	≤150
	ふっ素	<30	<30	≤4000
	ほう素	83	130	≤4000
	酸化カルシウム(CaO) (%)	-	23	≤45.0
	全イオウ(S) (%)	-	0.13	≤2.0
	三酸化イオウ(SO ₃) (%)	-	<0.05	≤0.5
	金属鉄 (%)	-	<0.1	≤1.0
	塩化物量 (%)	-	0.018	≤0.04
物理的性質	絶乾密度 (g/cm ³)	2.774	2.778	≥2.5
	微粒分損失量 (%)	2.62	3.93	≤7
	吸水率 (%)	0.70	0.62	≤3.0
	損失質量百分率 (%)	0.6	1.02	≤10
	粒径判定実績率 (%)	56.3	63.9	≥53

3.3 ボイラ健全性

熱分解ガス化溶融炉ではボイラへの塩類濃度の高い溶融飛灰の付着が懸念されたことから、釧路広域連合清掃工場でのごみ性状, 灰性状から平衡計算を実施し、溶融飛灰の性状を予測し、ボイラ管群への付着の可能性について検討した⁽²⁾。

ボイラへの溶融飛灰の付着は、溶融飛灰中のNa, K等の塩類が凝縮して液相(ミスト)となり、ボイラ管表面に付着し、固相の飛灰もこれに付着していくことで付着が促進されると考えられる。そこで任意の温度域における溶融飛灰中の液相率^(注)を指標に評価した。

注：液相率 = 液体重量 / (液体重量 + 固体重量) × 100 (%)

プラントへの投入ごみ性状及び灰性状, 燃焼空気量, 運転温度から、溶融炉において液相・固相の成分はスラグとして回収されるものとして、それ以外の気相成分が排ガスとともに二次燃焼室をへて溶融飛灰としてボイラへ到達すると仮定した。その計算結果を図5に示した。

溶融飛灰は600～1300℃の温度域でほぼ100%が液相として存在する結果となった。二次燃焼室(第1キャビティ)出口の炉壁温度は溶融飛灰が液相で存在する領域であるが、第1キャビティ, 第2キャビティでは壁面温度は300～600℃であり、付着の可能性は低いと予想された。

次に、スーパーヒータ部分では排ガス温度は600℃以下、メタル表面温度は300℃以下であり、同部への付着の可能性は低い。

図6に試運転開始より3か月経過した時点でのボイラの点検結果を示す。

上記計算結果のとおり、ボイラ管への塩類等の溶融飛灰の著しい付着は認められなかった。これは、堅型

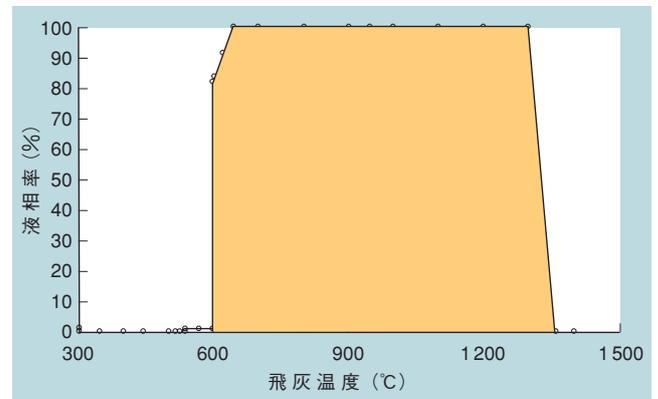


図5 飛灰温度と飛灰中液相率の関係
溶融飛灰は600～1300℃の温度域でほぼ100%が液相として存在している。第1キャビティ(二次燃焼室), 第2キャビティ, スーパーヒータ部分いずれも壁面温度が300～600℃であるため付着の可能性は低い。



図6 ボイラ点検結果
ボイラ管への塩類等の溶融飛灰の著しい付着は認められない。

巡回溶融炉（燃焼溶融炉）での灰捕捉率が高く二次燃焼室出口ばいじん発生率が低いことにも起因していると考えられる。

ボイラへの灰付着については今後も追跡調査していく必要があるが、今回の結果から通常のスートブローの運用にてボイラ灰付着抑制に対応できるものと考えている。

3. 4 連続安定運転

共用開始後の各炉合計での運転実績を図7に示す。

平成18年12月末時点で各炉とも連続90日運転を達成し、総焼却処理量は約46,000tとなり、運転期間中のCO濃度も30ppm以下と安定し、延べ運転日数は約280日間となり、現在も順調に稼動中である。

4. ま と め

当社は、平成15年10月に釧路広域連合から初号機である熱分解ガス化溶融炉(120t/d × 2炉)を受注し、平成17年10月に試運転を開始した。本設備は18年3月末に性能保証値を達成するとともにスラグの品質

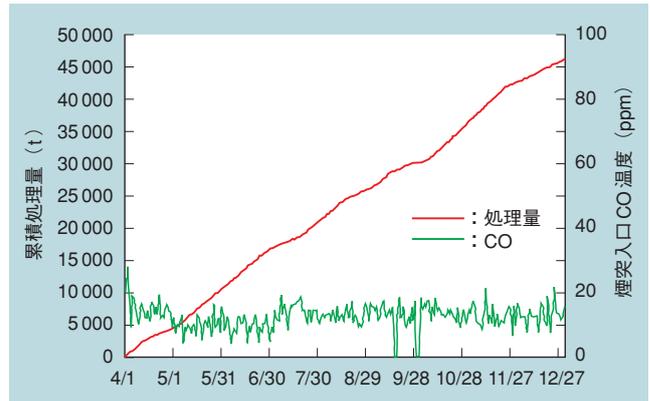


図7 運転実績
引渡し後の各炉合計の焼却処理量は平成18年12月末で約46,000tとなっており、排出CO濃度も30ppm以下と安定して稼動中である。

も満足して引渡しを完了し、3か月連続運転を終え順調に稼動している。

参 考 文 献

- (1) 西谷隆司, ごみから持続可能な社会を展望する, 生活衛生 Vol.50 No.5 (2006) p.299
- (2) 寺澤良則ほか, 一塔式熱分解ガス化溶融ごみ処理システムの運転実績, 第16回環境工学総合シンポジウム 2006 講演論文集 p.211



寺澤良則



佐藤淳



白井利昌



寺部保典



保田静生