

流動床式ガス化溶融施設 ―エコトピア池原―

渡 邊 和 章* 作 大 介* 成 瀬 克 利*

A Fluidized-bed Gasification and Slagging Combustion Plant - Ecotopia Ikehara -

by Kazuaki WATANABE, Daisuke SAKU, & Katsutoshi NARUSE

A novel fluidized-bed gasification and slagging combustion plant has been successfully installed at Ecotopia Ikehara, run by the Kurahama Sanitary Facilities Association, Okinawa. This plant has a capacity of 103 t/d × 3 lines (total of 309 t/d) and furnace flue gas is effectively used in a waste heat recovery boiler which generates a max. of 6000 kW via a steam turbine generator. Dioxins in fly ash is kept below 0.25 ng-TEQ/g, without the use of fly ash dechlorination process, significantly lower than the national standard which is 3 ng-TEQ/g. Slag generated at this plant sufficiently meets 2 Japan Industrial Standards stipulations, namely JIS A 5032:2006 (slag material for road construction) and JIS A 5031:2006 (slag aggregate for concrete). Test results are showing favorable steam flow controllability and expectations are great for this plant's use not only as a waste treatment system, but also as a PPS (Power Producer and Supplier).

Keywords: Fluidized-bed, Gasification, Ash melting, Slag, Fly ash, Dioxins, Power generation, Japanese Industrial Standard, Slag aggregate quality, Steam flow controllability

1. はじめに

倉浜衛生施設組合向けに、流動床式ガス化溶融施設「エコトピア池原」を納入した（写真1）。

本施設は、当社の自治体向け流動床式ガス化溶融炉としては9号機にあたり、2009年10月から試運転を開始し、性能試験を経て2010年3月に竣工・引渡しを終えた。竣工後も順調に運転を継続し、沖縄市、宜野湾市、北谷町の2市1町のごみを処理している。

ここでは、当社の納入実績に基づく最新の知見を反映して設計された本施設の概要と特長を紹介する。

2. 施設概要

2-1 建設概要

所在地：沖縄県沖縄市

施設規模：309 t/d（103 t/d × 3炉）

敷地面積：約90000 m²

建築面積：5059.55 m²（熱回収施設）



10-103 01/228

写真1 施設外観

Photo 1 General view of facility

延床面積：9425.85 m²（熱回収施設）

着 工：2007年3月26日

竣 工：2010年3月31日

2-2 施設概要及びフロー

本施設の概要プロセスフローを図1に示す。

* 荏原環境プラント(株)

主要設備仕様

- (1) ごみクレーン
- 切取容量 10 m³ (定格3.0 t) / 基 × 2基
- (2) ごみ破砕機
- 2軸せん断式 × 2基
- (3) ガス化溶融炉
- 流動床式ガス化溶融炉 × 3基
- (4) 廃熱ボイラ
- 最大蒸発量 15.6 t / (h・基) × 3基
- 常用圧力 4.0 MPa
- 常用温度 400℃
- (5) 排ガス処理装置
- 水噴射式ガス冷却塔 × 3基

- 1段式バグフィルタ × 3基
- 触媒脱硝塔 × 3基
- (6) 余熱利用 (蒸気タービン)
- 抽気復水タービン 6000 kW
- (7) 煙突
- 高さ 59 m × 3基
- (8) 固化物
- 溶融スラグ 水冷, 磨砕処理及び粒度分別処理
- 不燃物 鉄・アルミを選別回収
- 飛灰 キレート剤添加及び固化処理
- (9) 給排水
- 上水及び河川水 (ろ過処理)
- プラント排水は処理後全量再利用 (クローズドシステム)

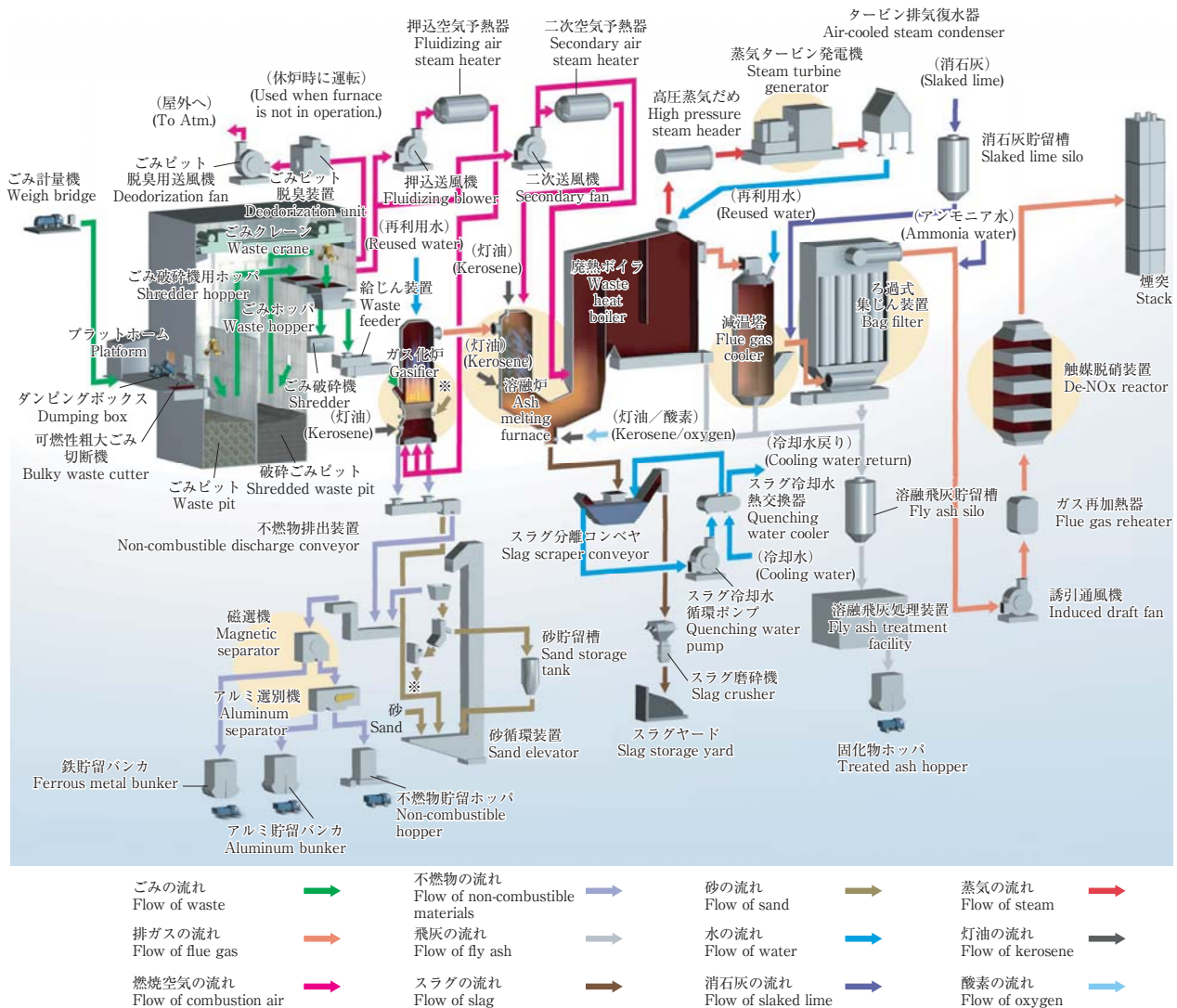


図1 概略プロセスフロー
Fig. 1 Schematic process flow

表1 溶融飛灰個化物溶出試験・ダイオキシン類分析結果
Table 1 Leaching test and analysis results of dioxins in solidified fly ash

項目 Item	単位 Unit	基準値 Guaranteed value	測定結果 Analysis results			
			Sample A	Sample B	Sample C	
溶出試験 Leaching test	アルキル水銀 R-Hg	mg/L	不検出 ND	不検出 ND	不検出 ND	
	総水銀 T-Hg	mg/L	≦ 0.005	<0.0005	<0.0005	
	カドミウム Cd	mg/L	≦ 0.3	<0.005	<0.005	
	鉛 Pb	mg/L	≦ 0.3	<0.01	<0.01	
	六価クロム Cr ⁶⁺	mg/L	≦ 1.5	<0.05	<0.05	
	ひ素 As	mg/L	≦ 0.3	<0.01	<0.01	
	セレン Se	mg/L	≦ 0.3	<0.01	<0.01	
	ダイオキシン類 DXNs	ng- TEQ/g	≦ 0.25	0.061	0.055	0.096

3. 運転状況

本施設では、排ガスや排出固化物に対し、各法規制値より一段厳しい自主基準値が設けられているが、引渡性能試験においてこれらを十分クリアする結果を得た。その結果の一例を以下に示す。

3-1 溶融飛灰個化物ダイオキシン類含有量

本施設では、溶融飛灰個化物のダイオキシン類含有量について、0.25 ng-TEQ/gという厳しい自主基準値が設けられている。性能試験における溶融飛灰個化物の溶出試験結果並びにダイオキシン類含有量分析結果の例を表1に示す。一般的にダイオキシン類含有量に厳しい基準値が設けられている場合には、加熱脱塩素化装置を設置してダイオキシン類を低減する処理が行われているが、本施設では加熱脱塩素化装置は設けず、炉の安定燃焼だけで自主基準値をクリアした。

3-2 溶融スラグのJIS規格対応

沖縄県内には川砂が採取できるような河川が少なく、採取できる砂や石には珊瑚などに由来する石灰分を多く含んでいる。また台風が多い地域特性からか、建築物はコンクリート製が主流である。ゆえに溶融スラグの需要は高いと考えられる。本施設では、溶融スラグについては、道路用 (JIS A 5032:2006) とコンクリート用 (JIS A 5031:2006) の二つのJIS規格を満足するよう求められている。溶融スラグの溶出試験と有害物質含有量 (JIS A 5031及びJIS A 5032)、JIS A 5032に基づく物理的性質 (JIS A 5032)、ダイオキシン類含有量の測定結果例

表2 スラグ溶出試験及び測定結果
Table 2 Leaching test and analysis results of slag

項目 Item	単位 Unit	基準値 Guaranteed value	# 1	# 2	# 3	
溶出試験 Leaching test	総水銀 T-Hg	mg/L	≦ 0.0005	<0.0005	<0.0005	
	カドミウム Cd	mg/L	≦ 0.01	<0.001	<0.001	
	鉛 Pb	mg/L	≦ 0.01	<0.005	<0.005	
	六価クロム Cr ⁶⁺	mg/L	≦ 0.05	<0.02	<0.02	
	ひ素 As	mg/L	≦ 0.01	<0.005	<0.005	
	セレン Se	mg/L	≦ 0.01	<0.005	<0.005	
	ふっ素 F	mg/L	≦ 0.8	<0.1	<0.1	
	ほう素 B	mg/L	≦ 1	<0.1	<0.1	
	有害物質含有量 Environmentally toxic content	総水銀 T-Hg	mg/kg	≦ 15	<0.02	<0.02
		カドミウム Cd	mg/kg	≦ 150	<1	<1
鉛 Pb		mg/kg	≦ 150	12	11	10
六価クロム Cr ⁶⁺		mg/kg	≦ 250	<1	<1	<1
ひ素 As		mg/kg	≦ 150	<2	<2	<2
セレン Se		mg/kg	≦ 150	<2	<2	<2
ふっ素 F		mg/kg	≦ 4000	<50	<50	<50
ほう素 B		mg/kg	≦ 4000	130	110	110
表乾密度 Density in saturated surface-dry condition	g/cm ³	≧ 2.45	2.94	2.93	2.94	
吸水率 Water absorption	%	≦ 3.0	0.69	0.74	0.72	
ダイオキシン類 DXNs	pg- TEQ/g	≦ 1000	0.000170	0.000048	0.000057	

を表2に示す。鉛のスラグへの移行率は0.5%程度と非常に低く、JISの有害物質含有量基準を十分満足できるものとなっている。また表3にJIS A 5031の化学成分等の測定結果を、表4、表5にJIS粒度分布基準値と測定結果をそれぞれ示す。JIS A 5032の溶融スラグ細骨材 (区分: FM-2.5)、JIS A 5031の溶融スラグ細骨材 (区分: MS5-0.3) の双方を満足する結果が得られた。

3-3 排ガス

性能試験における各号炉の排ガス測定結果例を表6に

表3 スラグ測定結果 (JIS A 5031)
Table 3 Analysis results of slag (JIS A 5031)

項目 Item		単位 Unit	基準値 Guaranteed value	#4	#5	#6
化学成分 Chemical constituent	酸化カルシウム CaO	%	≦ 45	37.2	37.5	37.9
	全硫黄 T-S	%	≦ 2.0	<0.01	0.01	0.02
	三酸化硫黄 SO ₃	%	≦ 0.5	<0.1	<0.1	<0.1
	鉄 Fe	%	≦ 1.0	<0.1	<0.1	<0.1
膨張性 Swelling		%	≦ 2	0.00	0.00	0.00
物理的性質 Physical property	絶乾密度 Density in absolutely dry condition	g/cm ³	≧ 2.5	2.92	2.91	2.92
	吸水率 Water absorption	%	≦ 3.0	0.69	0.74	0.72
	安定性 Soundness	%	≦ 10	5.1	4.3	2.9
	粒形判定実績率 Solid volume percentage for shape determination	%	≧ 53	60.1	59.7	60.4
	微粉分量 Content of materials finer than 75 μm sieve	%	≦ 7.0	2.3	3.8	5.6
アルカリシリカ反応試験 Test for alkali-silica reactivity		-	無害 No reactivity	無害 No reactivity	無害 No reactivity	無害 No reactivity

表4 スラグ粒度分布 (JIS A 5032 : FM-2.5)
Table 4 Particle size distribution of slag (JIS A 5031 : FM-2.5)

	ふるいを通るものの質量百分率 (%) Percentage of passing a sieve						
	JIS Z 8801-1に規定する金属網ふるいの公称目開き Screen size defined in JIS Z 8801-1						
	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	75 μm
JIS A 5032基準値 (FM-2.5) Guaranteed value	-	-	-	100	85 ~ 100	-	0 ~ 10
#1	-	-	-	100	92.6	-	1.7
#2	-	-	-	100	95.9	-	3.0
#3	-	-	-	100	98.4	-	1.7

表5 スラグ粒度分布 (JIS A 5031 : MS5-0.3)
Table 5 Particle size distribution of slag (JIS A 5031 : MS5-0.3)

	ふるいを通るものの質量百分率 (%) Percentage of passing a sieve						
	JIS Z 8801-1に規定する金属網ふるいの公称目開き Screen size defined in JIS Z 8801-1						
	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	600 μm	300 μm	150 μm
JIS A 5031基準値 (MS 5-0.3) Guaranteed value	100	95 ~ 100	45 ~ 100	10 ~ 70	0 ~ 40	0 ~ 15	0 ~ 10
#4	100	100	93.4	42.9	17.6	9.2	5.0
#5	100	100	94.4	52.9	24.5	12.9	7.3
#6	100	100	92.9	42.8	17.3	10.5	6.2

表6 排ガス濃度測定結果
Table 6 Results of concentration in the exhaust gas

項目 Item	単位 Unit	基準値 Guaranteed value	1号炉 Line No.1	2号炉 Line No.2	3号炉 Line No.3
ばいじん Dust ^{*1}	g/m ³ (NTP)	≦ 0.01	<0.001	<0.001	<0.001
硫黄酸化物 SO _x ^{*1}	ppm	≦ 20	<0.2	0.5	<0.2
窒素酸化物 NO _x ^{*1}	ppm	≦ 50	27	29	26
塩化水素 HCl ^{*1}	ppm	≦ 50	7.0	6.3	4.2
一酸化炭素 CO ^{*1}	ppm	≦ 30	<2	3	<2
水銀 Hg ^{*1}	mg/m ³ (NTP)	≦ 0.05	<0.005	0.007	0.006
ダイオキシン類 DXNs ^{*1}	ng-TEQ/m ³ (NTP)	≦ 0.1	0.0058	0.0024	0.0016

※1 酸素12%換算値及び連続測定での4時間平均値
O₂, 12% equivalent and 4hrs average of continuous measurements

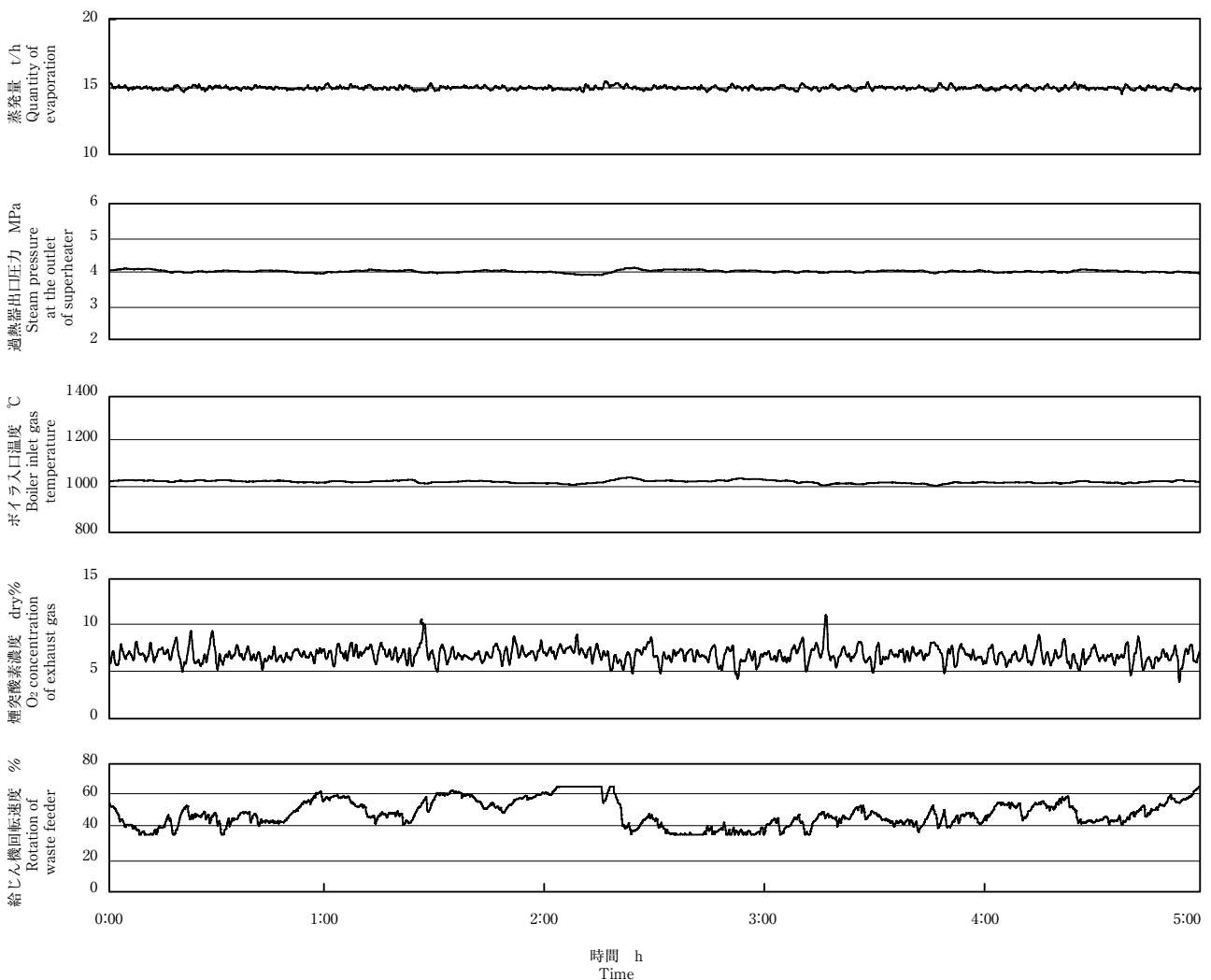


図2 蒸発量制御試験結果
Fig. 2 Results of steam flow controllability

示す。全項目について自主基準値をクリアしている。

3-4 消費電力

本施設では、送風機や圧縮機など動力の大きい設備にインバータを採用するとともに、設備余裕率について最適な設計を行い、プラント消費電力の低減を図った。その結果、3炉定格処理運転を行った性能試験におけるプラント消費電力量ではごみ1トン当たり121 kWhとなり、300 t/d規模の溶融炉付プラントとしては少ない消費電力量を実現することができた。

3-5 緊急作動試験

一般的に緊急作動試験では、商用電源及び蒸気タービン発電機による電源を遮断し、非常用電源（発電機）により安全に停止（埋火）及び保安作業が行えることを確認する。しかし本施設では、緊急作動試験として3炉定格処理運転状態から商用電源、タービン発電機、非常用発電機の全電源を遮断し、10分間の全停電状態とするブラックアウト試験を行った。試験は2010年3月11日の12:10～12:20に実施し、重大な故障や異常報告もなく無事終了した。本試験により当社流動床式ガス化溶融炉が突然の全停電などの緊急時においても安全な設備であることが実証された。

3-6 蒸発量制御

CO₂削減ニーズに基づく近年の新エネルギー導入促進政策によって、ごみ処理施設は単なる処理事業から発電事業となっている。循環型社会形成推進交付金における

定義も“熱回収施設”であり、高効率発電を優遇する時代ともなっている。ごみ処理施設を発電事業としてみた場合、ごみは発電燃料であり、発電量を燃料により十分制御できるかどうか重要な課題となる。流動床式ガス化溶融炉の特長の一つとして、反応速度が速く、負荷制御性に優れていることが上げられるが、この特長は発電事業として最も重要な発電の安定性に係わるものである。そこで本施設では、蒸発量をごみ供給量で制御する蒸発量制御試験を実施し、当社の流動床式ガス化溶融炉の発電の安定性について調査した。

試験結果の例を図2に示す。図2は、廃熱ボイラの蒸発量が一定となるようにごみ供給量を制御した試験結果であるが、ほぼ最大蒸発量といえる15.0 t/hの±3%で制御することができた。これによって、当社の流動床式ガス化溶融炉は、低位発熱量が比較的高いごみ質の場合、従来の“余剰電力”とは異なった“高品質の発電”が可能となる。

4. おわりに

本施設は、建設中に建築基準法が改正されたことなどから短納期条件となったが、無事故で竣工引渡を行った。沖縄の風土や食文化などの特色によるのか、飛灰成分にカルシウムが多く融点が設計時よりも高くなっていたが、塩基度調整剤投入により改善し、現在順調な運転を続けている。また90日連続運転についても確認中である。

最後に本施設の計画設計から建設、試運転を行うにあたり、多大な御指導、御協力を頂いた倉浜衛生施設組合並びに全国都市清掃会議をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表す。