

# ガス化溶融施設の連続安定運転

## Stable Operation of MSW Gasification and Melting Plant



技術本部環境プラント技術部技術室  
佐藤 義一  
Yoshikazu Sato  
技術開発本部  
プロセス技術開発部廃棄物処理室  
細田 博之  
Hiroyuki Hosoda

都市ごみのガス化溶融施設は、1990年代後半に当社を含む20を超える多くの企業によりその技術の実証段階を迎え、現在では全国で50を超える建設および運転実績を有する今世紀のスタンダード機種のひとつに成長した。当社では2000年10月の中部上北清掃センターの竣工に始まり、今日までに計7施設を受注し、5施設を竣工している。竣工施設のなかで大型炉である石巻広域クリーンセンターにおいては、97日間という長期連続運転を達成し、また年間稼動日数324日（2003年）と設計計画日数280日を大きく上回る運転実績をえている。

The development of MSW gasification and melting technique was started by over twenty companies including our company in the later half of the 1990s. MSW gasification and melting plant has grown up to a standard type after construction of over fifty plants in Japan. Our company has accepted seven orders and completed five plants including Chubu-kamikita plant in October 2000. Ishinomaki plant, largest in scale, has been successful in achieving continuous operation of 97 days, resulting in annual operation days of 324 in 2003.

### Key Words :

廃棄物処理	Waste treatment
都市ごみ	Municipal solid waste (MSW)
ガス化溶融	Gasification and melting
用役収支	Utility Balance
ダイオキシン類総排出量	Total dioxins emission
スラグ利用	Effective utilization of slag

### まえがき

都市ごみのガス化溶融施設は、1990年代後半に当社を含む20を超える多くの企業によりその技術の実証段階を迎えた。本技術は従来の焼却方式にくらべて都市ごみをより低い空気比で完全燃焼することで1300℃以上の高温排ガスを発生させ、ごみ焼却と同時に排ガス中の灰分を溶融（スラグ化）するというものである（流動床式およびキルン式）。本技術

により以下の効果が開発当初より期待されてきた。

- ① 高温燃焼によるダイオキシン類の発生抑制効果および灰溶融による減量化・無害化（スラグ化）。
- ② ガス化過程における低温燃焼による鉄やアルミなどの資源物回収および灰分の再資源化。
- ③ 都市ごみの燃焼熱の回収率向上。  
①により環境中へのダイオキシン類の排出削減効果と、灰のスラグ化による最終処分場負荷軽減およ

び再資源化が実現され、②により金属類などの再資源化を、③で発電量向上による買電量軽減にともなうCO<sub>2</sub>削減効果、等が期待され、広く地球環境の保護に貢献するものである。また低空気比運転による排ガス量の低減は施設のコンパクト化を実現し、焼却・溶融の一体型施設とすることで従来施設にくらべその建設費は大幅に軽減され、ごみ処理行政を担う地方自治体の財政負担の軽減にも貢献している。

今日、本技術は実証段階を経て全国で50を超える建設および運転実績を有する今世紀のスタンダード機種のひとつに成長し、現在は施設操業の安定性・安全性・安心性といった都市ごみ処理技術としての熟度を競う段階に入った。

都市ごみ処理技術の熟度の評価指標として連続運転日数、年間運転日数が挙げられるが、これは想定外の処理不適物の混入や地震などの自然的外乱等による運転障害に対する施設の柔軟性をよく表すためである。

以下に当社の代表的大型炉である石巻クリーンセンターの運転データを中心に、ガス化溶融各施設の



写真1 連続出滓

稼働実績および安定運転を支える技術を示す。

### 1. 流動床式ガス化溶融施設の概要

ガス化溶融炉はメーカ各社固有の方式があり、流動床式、キルン式、シャフト式に大別され、さらにガス改質式と呼ばれるものもある。当社はこのなかでもっとも参画メーカが多い流動床式ガス化溶融炉を採用している。流動床式ガス化溶融炉方式は他の方式にくらべ、①施設がシンプルでコンパクトにできる、②炉本体に可動部分がなく万一の場合にも発生ガスの漏洩が起こりにくい、③スラグ出滓が連続式であり特別な操作を必要としない(写真1)、④鉄およびアルミ類が未酸化で回収される、といった特長を有する。

当社の大型炉納入施設である石巻広域クリーンセンターの模式図およびフローシートを図1、2に示

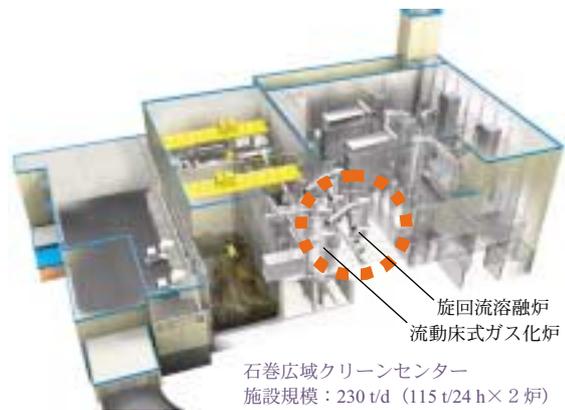


図1 ガス化溶融施設の模式図

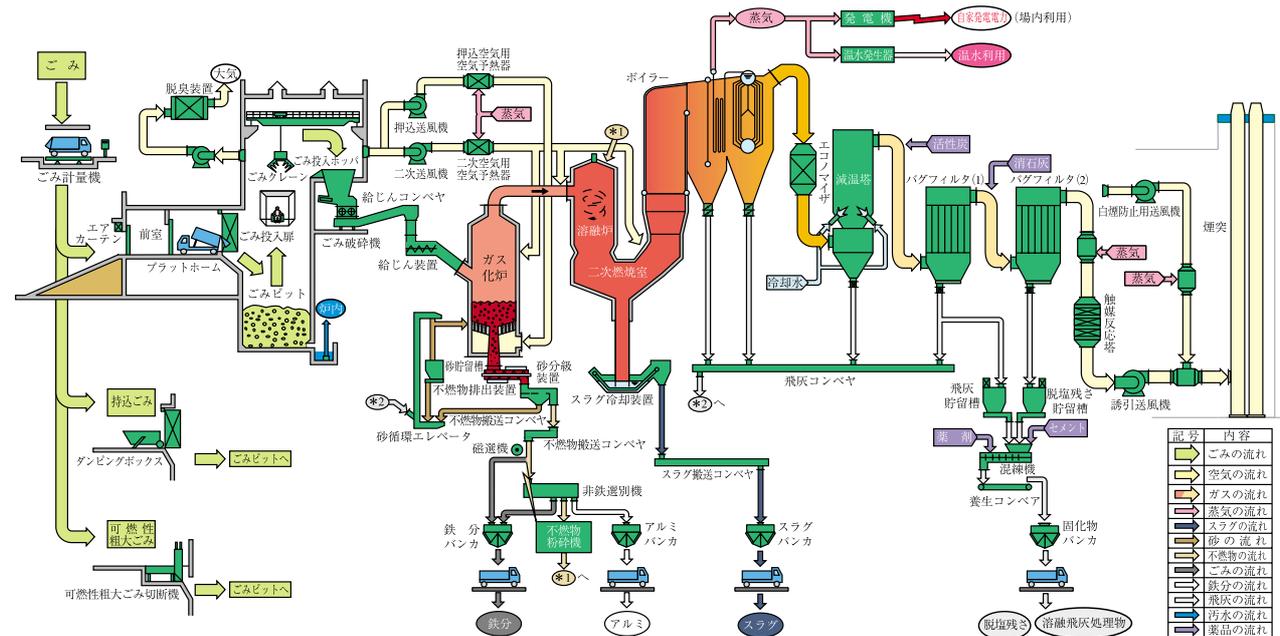


図2 ガス化溶融施設のフローシート

す。施設はプラットホームやごみピット等の受入供給設備、ガス化熔融設備、ボイラタービン設備、排ガス処理設備の他、排水処理設備、灰出設備で構成される。

## 2. 稼働施設の概要および運転実績

### 2.1 稼働施設の概要

稼働施設の概要を表1～4に示す。ガス化熔融設備は流動床式ガス化炉＋旋回熔融炉で共通である。表中にて不燃物熔融と記載のある施設では、ガス化炉下より排出される石・ガレキ等の不燃物類を粉碎して熔融炉へ投入して熔融するプロセスを採用している。また排ガス処理設備で触媒反応塔の記載のある施設は窒素酸化物規制値が厳しい施設であり、これに対応するものである。またダイオキシン類の分解の役割も担っている。

表1 中部上北清掃センターの施設概要

施設規模	60 t/d (30 t/24 h×2基)
処理対象物	一般可燃ごみ, 可燃性粗大ごみ, (し尿汚泥)
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
ガス化熔融設備	流動床式ガス化方式＋旋回流熔融炉
排ガス冷却設備	廃熱ボイラ＋水噴霧式ガス冷却方式
排ガス処理設備	乾式消石灰, 活性炭吹込み＋バグフィルタ方式
飛灰処理設備	薬剤処理方式

表2 鹿角環境衛生センターの施設概要

施設規模	60 t/d (30 t/24 h×2基)
処理対象物	一般ごみ
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
ガス化熔融設備	流動床式ガス化方式＋旋回流熔融炉 (不燃物熔融)
排ガス冷却設備	高温空気回収熱交換器＋水噴霧式ガス冷却方式
排ガス処理設備	乾式消石灰, 活性炭吹込み＋バグフィルタ方式
飛灰処理設備	薬剤処理方式

表3 安芸クリーンセンターの施設概要

施設規模	130 t/d (65 t/24 h×2基)
処理対象物	一般ごみ, 可燃性粗大ごみ
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
ガス化熔融設備	流動床式ガス化方式＋旋回流熔融炉
排ガス冷却設備	廃熱ボイラ (発電1 300 kw)＋水噴霧式ガス冷却方式
排ガス処理設備	乾式消石灰, 活性炭吹込み＋2段バグフィルタ方式＋触媒反応塔
飛灰処理設備	薬剤処理方式

表4 石巻広域クリーンセンターの施設概要

施設規模	230 t/d (115 t/24 h×2基)
処理対象物	可燃ごみ, 直接搬入可燃ごみ
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
ガス化熔融設備	流動床式ガス化方式＋旋回流熔融炉 (不燃物熔融)
排ガス冷却設備	廃熱ボイラ (発電2 600 kw)＋水噴霧式ガス冷却方式
排ガス処理設備	乾式消石灰, 活性炭吹込み＋2段バグフィルタ方式＋触媒反応塔
飛灰処理設備	薬剤処理方式

### 2.2 運転実績

これらの施設はすでに実用運転を開始しており、現在まで順調に稼働を続けている。各施設でのごみ処理実績を図3～6に示す。このようにどの施設も搬入したごみを安定して全量処理している。

## 3. 安定運転を支える技術

### 3.1 自動運転制御と助燃料の低減

主に炉規模が30 t/d程度と小規模の場合、炉況の変動が大きいことから多変数モデル予測制御をもち

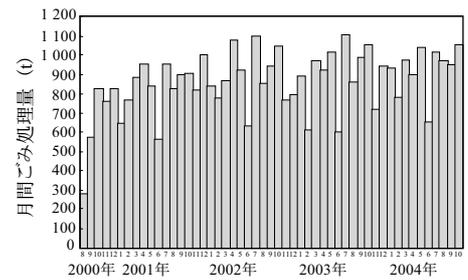


図3 処理実績 (中部上北)

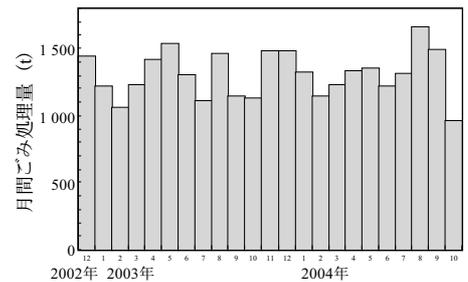


図4 処理実績 (鹿角)

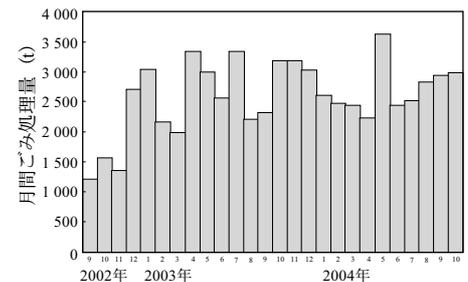


図5 処理実績 (安芸)

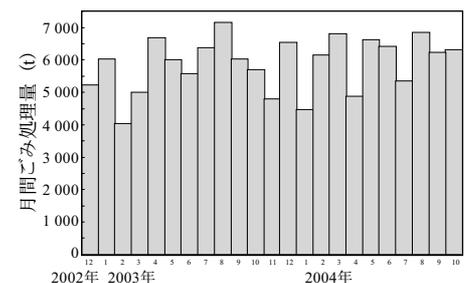


図6 処理実績 (石巻)

いた自動運転制御システム<sup>11,12)</sup>を確立した(図7)。この結果、蒸気発生量の変動を±5%以内に安定させることができ、かつ、助燃量の低減効果があった。その助燃量の効果を図8に示す。助燃量はシステム導入後ほぼ設計計画値と同程度となり、ごみ質2200 kcal/kgでは、自己熱溶融(種火10 L/h)することを確認した。

### 3.2 安全性

流動床式ガス化溶融は、砂層部での部分燃焼による種火の存在をはじめ、構造的にも安全なシステム

である。一例として、稼動中施設で測定した非常停止試験時の排ガス性状を表5、図9に示す。

非常停止後の排ガス性状が通常運転時とほぼ同レベルであることがわかる。

## 4. 石巻広域クリーンセンターの運転データ

### 4.1 連続運転日数および年間稼働日数

石巻広域クリーンセンターの運転状況を図10に示す。97日間という長期連続運転を達成し、また年間稼働日数は1系303日、2系324日(2003年)と設計計画日数280日を大きく上回る運転実績をえている。

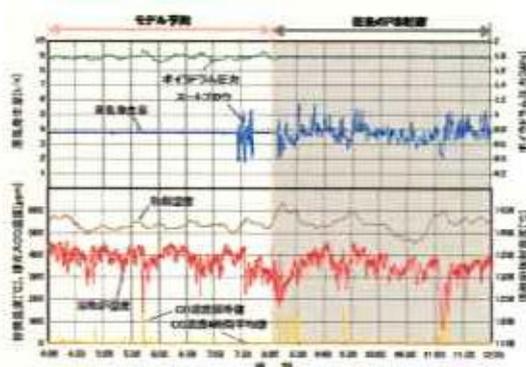


図7 自動運転制御効果

表5 微量有害物質濃度

項目	単位	停止直後	5分後	10分後	15分後	通常運転時
NH <sub>3</sub>	ppm	3.06	1.71	0.78	1.00	1.00
HCN	mg/m <sup>3</sup>	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
H <sub>2</sub> S	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CS <sub>2</sub>	ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HCl	mg/m <sup>3</sup>	<10	<10	<10	<10	<50
O <sub>2</sub>	%	8.1	18.0	19.2	19.6	≒7.0
DxNs	ng-TEQ/m <sup>3</sup>	0.0028 <sup>a)</sup>				<0.05

※実濃度数値

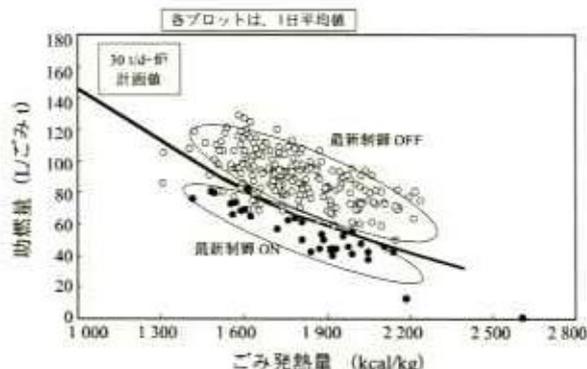


図8 助燃料の低減効果

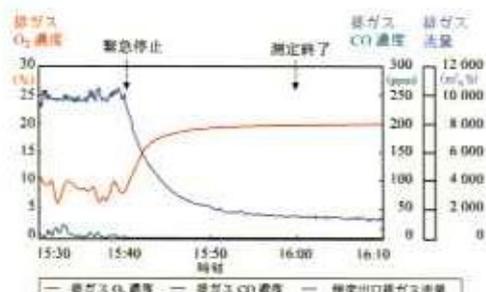


図9 非常停止後の排ガス中O<sub>2</sub>、CO濃度の経時変化

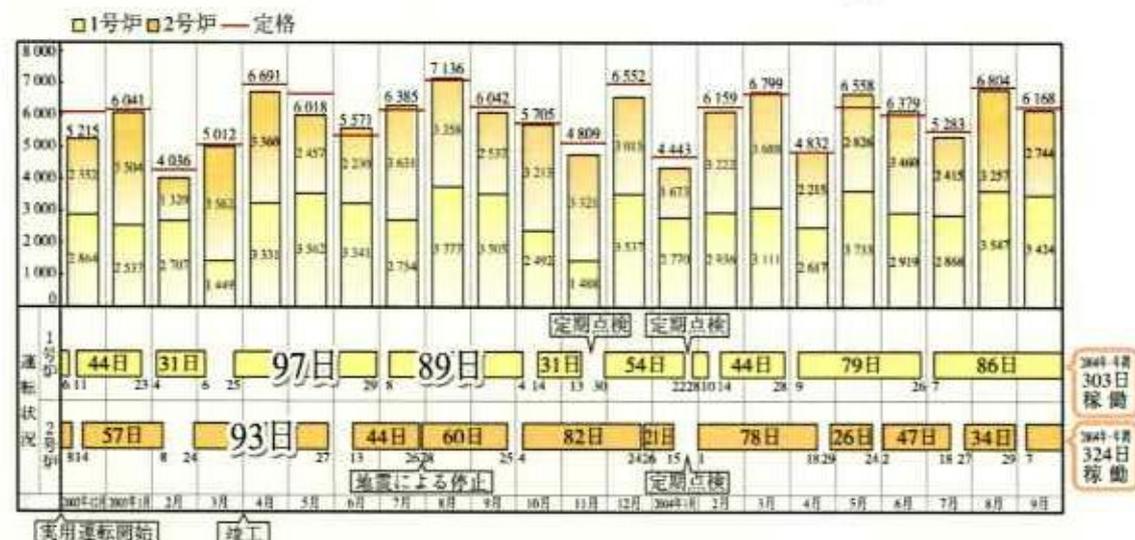


図10 石巻広域クリーンセンター運転状況

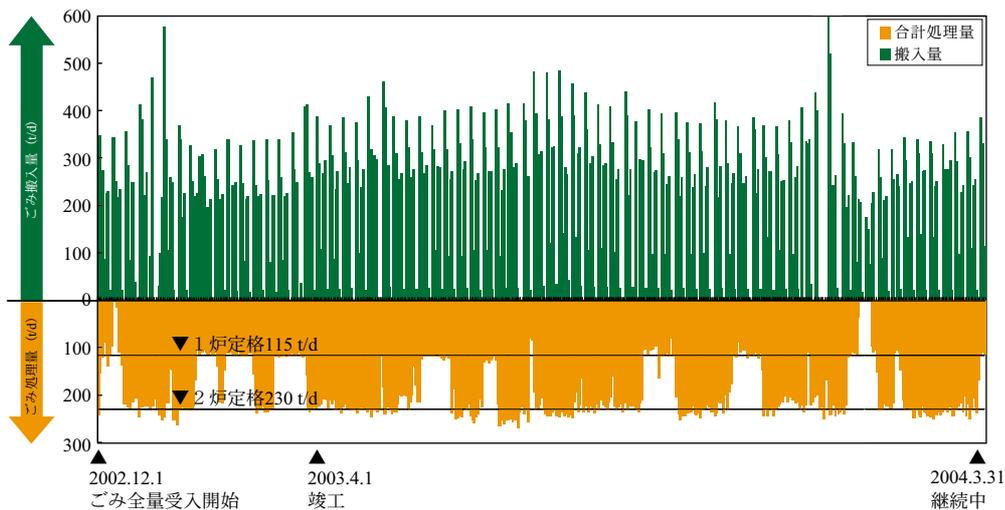


図11 ごみ処理状況

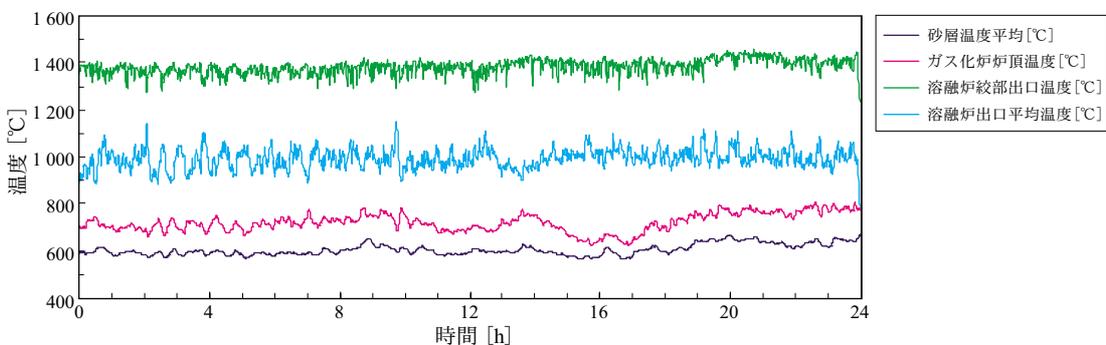


図12 各部温度トレンド

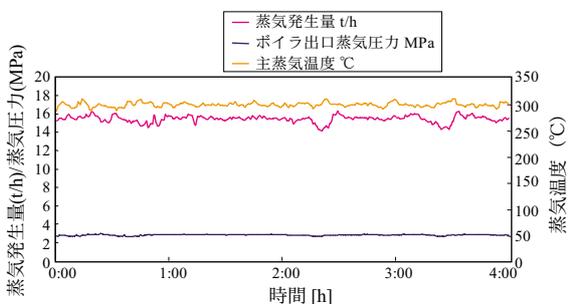


図13 蒸気関連トレンド

また2003年7月27日には宮城県沖地震によりいったん停止しているが、1系24時間、2系52時間の停止時間のみでごみ処理を再開している。またごみ搬入量とごみ処理量を図11に示す。2炉同時運転⇔1炉運転他1炉計画停止、と良好な運転状態を示している。

#### 4.2 溶融炉温度他運転データ

図12に各部温度、図13に蒸気関連トレンドを示す。安定した運転であることを確認できる。

#### 4.3 用 役 費

助燃料については安全性を考慮してパーナのミニマム油量である20 L/h (4 L/ごみ t) での運転をお

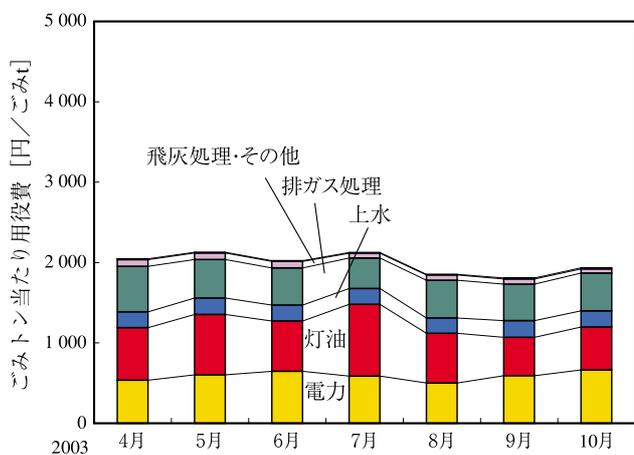


図14 ごみ t あたりの用役費

こない、自己熱溶融を達成している。また、消費電力は2系列運転時174 kWh/ごみ t と低い数値となった。内訳は、プラント消費電力は147 kWh/ごみ t、建築設備消費電力は27 kWh/ごみ t である。ごみ t あたりの用役費を図14に示す。

#### 4.4 減量化率・減容化率

飛灰循環・不燃物溶融なしの場合で減量化率は5.4%、減容化率は1.2%であった。

表6 ダイオキシン類総排出量

	RUN1		RUN2	
	濃度 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) (ng-TEQ/g)	総排出量 (μg-TEQ/ごみ t)	濃度 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) (ng-TEQ/g)	総排出量 (μg-TEQ/ごみ t)
排ガス	1系) 0.0069 2系) 0.0074	0.045	1系) 0.0033 2系) 0.0078	0.034
スラッグ	0.000099	0.0032	0.000050	0.0016
不燃物類	0.0016	0.031	0.00098	0.019
溶融飛灰	0.093	1.2	0.026	0.37
脱塩残渣	0.0056	0.042	0.011	0.11
合計		1.3		0.53

表7 煙突出口排ガスの性状

	単位	2003年1月12日	
		1系	2系
ばいじん量	g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	<0.001	<0.001
塩化水素	ppm	31	22
硫黄酸化物	ppm	5	5
窒素酸化物	ppm	28	27
一酸化炭素	ppm	7	7
ダイオキシン類	ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	0.0069	0.0074

※O<sub>2</sub> 12%換算値, 乾ガス基準

表9 重金属含有量試験結果

項目	単位	分析結果	含有量基準
カドミウム	mg/kg	<5	<150
鉛	mg/kg	<6	<150
六価クロム	mg/kg	<1	<250
砒素	mg/kg	<1.3	<150
総水銀	mg/kg	<0.01	<15
セレン	mg/kg	<0.5	<150
シアン	mg/kg	<1	<50
フッ素	mg/kg	<114	<4000
ホウ素	mg/kg	<35.1	<4000

※含有量試験方法は「土壌含有量調査に係る測定方法」(平成15年環境省告示第19号)に定める方法による。

表8 重金属溶出試験結果

項目	単位	分析結果	溶出基準
カドミウム	mg/L	<0.001	<0.01
鉛	mg/L	<0.001	<0.01
六価クロム	mg/L	<0.02	<0.05
砒素	mg/L	<0.001	<0.01
総水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005
セレン	mg/L	<0.001	<0.01

※溶出試験方法は「土壌の汚染に係る環境基準について」(平成3年環境庁告示第46号)に定める方法による。

表10 材料試験結果

試験項目	分析結果	規格値	試験方法
粒度分布	ふるいの寸法	ふるい通過百分率	
	5.0	100%	100%
	2.5	91.43%以上	85~100%
	0.075	0.79%	0~10%
絶乾密度	2.763 g/cm <sup>3</sup>	2.45 g/cm <sup>3</sup> 以上	JIS A 1109
吸水率	0.96%	3.0%以下	JIS A 1109
金属鉄	0.09%	1.0%以下	JIS A 5011 附属書2

#### 4.5 ダイオキシン類総排出量

本施設から排出される各部のダイオキシン類濃度を表6に示す。ダイオキシン類総排出量は0.53~1.3 μg-TEQ/ごみ tと低く抑えられている。

#### 4.6 煙突出口排ガスの性状

煙突出口排ガス性状分析結果を表7に示す。いずれも規制値を満足しており、とくにダイオキシン類は法律で定められた0.1 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>の10分の1である規制値0.01 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>をクリアしている。

#### 4.7 スラッグ性状

発生した溶融スラッグの重金属溶出結果を表8、重金属含有量試験結果を表9、材料試験結果を表10に示す。ともに基準値を満足しており良好なスラッグがえられていることがわかる。スラッグは道路舗装会社に全量有償にて引取られ、有効利用されている。鉄・アルミも同様に有償取引され、有効利用されている。

#### むすび

都市ごみの処理にガス化溶融施設を適用し、竣工施設のなかで大型炉である石巻広域クリーンセンターにおいて、97日間という長期連続運転を達成し、また年間稼働日数324日(平成15年度)と設計計画日数280日を大きく上回る運転実績をえた。またダイオキシン類総排出量は0.53~1.3 μg-TEQ/ごみ tと低く抑えられることを確認した。今後もさらなる技術の熟度を高めて、循環型社会への貢献度を高めてゆきたい。

#### [参考文献]

- 1) 木村大丈, 二階堂宏央ほか, 「ガス化溶融プラントにおける制御システムの検証」第23回全国清掃研究発表会 p.228
- 2) 木村大丈, 友近信行ほか, 「ガス化溶融プラントにおける自動制御システムの開発」学会誌「EICA」第7巻第2号 p.79