

流動床式ガス化溶融炉技術

Technical Developments in MSW Gasification and Melting System



技術開発本部
プロセス技術開発部 廃棄物処理室
松村卓也
Takuya Matsumura
皆川公司
Koji Minakawa
二階堂宏央
Hiroo Nikaido
細田博之
Hiroyuki Hosoda

1990年代に入り、廃棄物処理技術の中にダイオキシン類に代表される有害物質の無害化や、最終処分量低減の観点から灰の溶融処理が登場した。そのなかで、当社は長年培ってきた都市ごみ流動床焼却技術と下水汚泥旋回溶融技術を組み合わせ、「流動床式ガス化溶融炉技術」を開発し、技術改良に取り組んできた。

結果、今日までに計11施設を受注し、7施設を竣工した。竣工したすべての施設で90日連続運転を、ビュークリーンおくえつでは228日連続運転という実績をえており、安定した廃棄物処理と環境負荷低減に貢献している。

Ash melting technology has been introduced into municipal solid waste (MSW) treatment systems to satisfy new regulations on Dioxins and growing shortage of landfill site since 1990's in Japan. Kobelco Eco-Solutions has developed MSW gasification and melting system by combination of Fluidized-bed MSW incinerator and Swirling-flow ash melting furnace.

Today, our company had been awarded eleven orders and completed seven plants of gasification and melting furnace. All of our completed plants have been successful in achieving continuous operation for over 90 days, and among them, Okuetsu plants has achieved continuous operation of 228 days.

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
CO ₂ 削減	CO ₂ reduction
最終処分量	Final amount of waste
用役収支	Utility balance
スラグ利用	Effective utilization of slag

まえがき

従来、国土の狭いわが国では、都市ごみなどの廃棄物は主に焼却処分され、その灰や残さは埋め立て処分がなされてきた。しかし、1990年代に入り、ダイオキシン類に代表される有害物質の無害化や、最終処分場の逼迫に起因する灰のさらなる減容化推進の観点から、ガス化溶融技術が注目を集めるようになった。

ガス化溶融炉は、都市ごみのガス化、高温燃焼、溶融処理を一貫しておこなうことで、有害物質の無害化と灰の溶融を同時に達成するものである。その数は2007年4月末現在で全国に約80施設となり、今ではごみ処理施設のスタンダード機種のひとつに成長した。

当社では、温室効果ガスであるCO₂の削減、循環型社会への貢献、というキーワードで、流動床式ガス化溶融炉のさらなる技術改良に取り組んでいる。

1. 当社の流動床式ガス化溶融炉の概要

ガス化溶融炉は流動床式¹⁾、²⁾キルン式³⁾、シャフト式³⁾、ガス改質式³⁾に大別される。当社はこのなかで省エネルギー（CO₂排出量削減）とリサイクル性を特長とする流動床式ガス化溶融炉を採用している。これは、当社が長年培ってきた都市ごみ流動床式焼却技術と下水汚泥旋回溶融技術を組合わせたものである。



図1 ガス化溶融炉の模式図

当社の流動床式ガス化溶融炉の模式図を図1に、一般的なフローを図2に示す。廃棄物は破砕機で破砕された後に流動床式ガス化炉に投入され、炉底から供給した空気で部分燃焼しながらガス化される。その後、ガス化炉で発生した可燃性の熱分解ガス、未燃炭素、および飛灰は次の旋回流溶融炉に運ばれる。旋回流溶融炉では燃焼空気が供給され、熱分解ガスと未燃炭素が燃焼するとともに、旋回流に乗った飛灰が溶融されスラグとなり、出滓口より炉外へ排出される。

流動床式ガス化溶融炉は他の方式と比較して、①炉本体に稼動部分がないため、施設がシンプル、コンパクトである、②省エネルギー性に優れるとともに、コークス等の副資材使用が無く、CO₂排出量の少ないシステムである、③鉄およびアルミが未酸化で回収されるため容易に再利用が可能である、といった特長を有しており、地球温暖化の防止と循環型社会の実現に寄与するシステムである。

2. 当社の建設実績

当社の建設実績を図3に示す。2000年10月の中部上北清掃センターの竣工に始まり、今日まで計11施設を受注し、7施設が竣工している。このように、当社では、数多くの建設実績により、多種多様な都市ごみ処理に対応できる多くの知見を有している。

3. 当社のガス化溶融技術の紹介

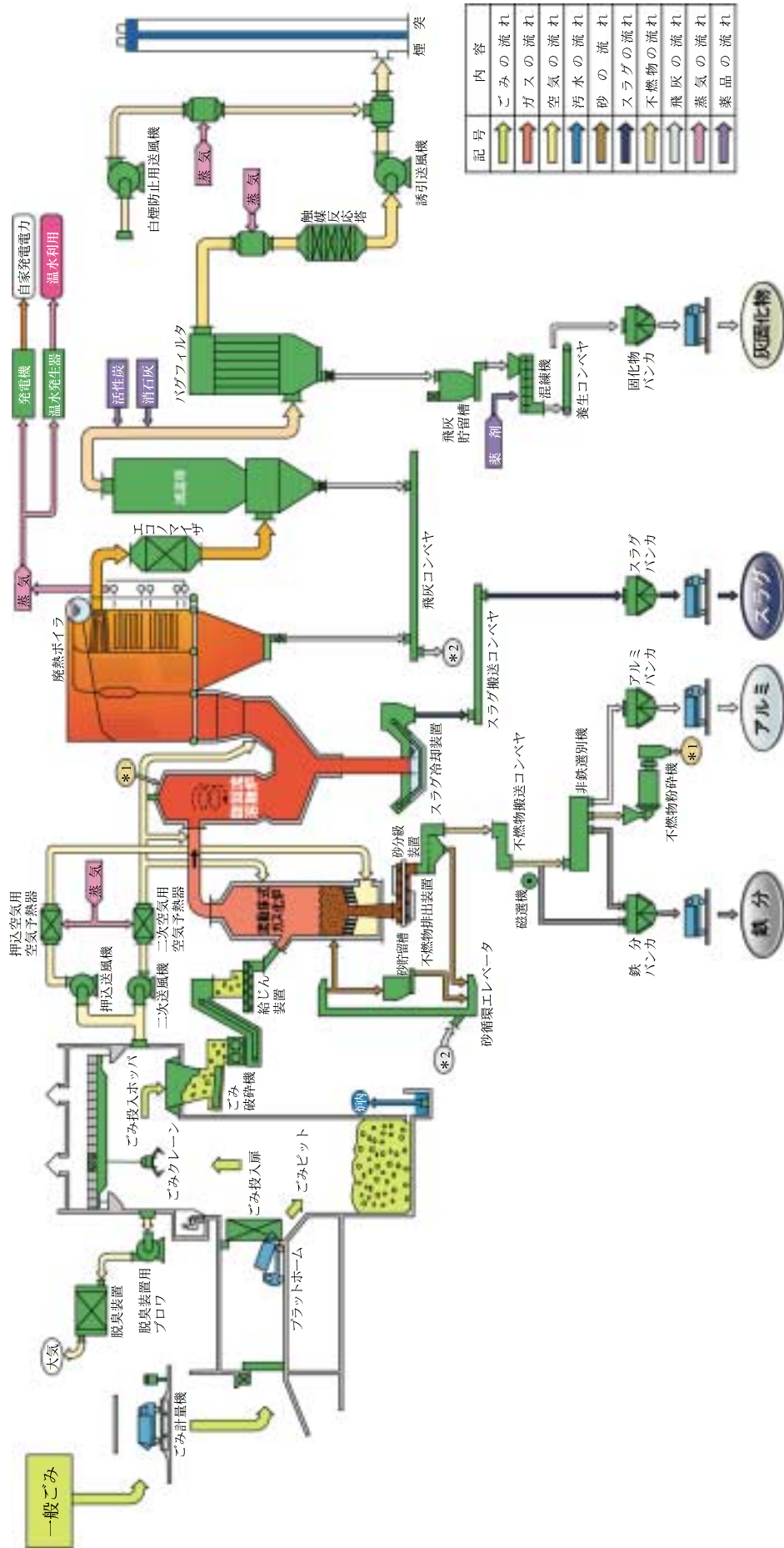
3.1 連続運転実績および年間稼働実績

長期連続安定運転の達成は、立上げおよび立下げ回数の削減につながり、立上げにともなう助燃量の削減に寄与する。また、連続運転日数そのものが、設計および操業技術の熟度をよく表すため、都市ごみ処理技術の評価指標としてもちいられる。

竣工案件における連続運転実績を図4に示す。これまでの蓄積された技術により、竣工したすべての案件において90日以上連続運転を達成している。また、このなかでピュークリーンおくえつでは、最長228日という連続運転の実績をえている。

石巻広域クリーンセンターの年間稼働実績を表1に示す。2003年度竣工後、2006年度まで両系とも一貫して年間稼働日数300日以上（2003年度は1系322日、2系323日）を達成しており、設計計画稼働日数280日を大きく上回る実績をえている。

このように、当社の流動床式ガス化溶融炉は、連続運転日数、年間稼働日数の実績から安定稼働において優れた性能を有することがわかる。これは、次に示す助燃使用量が少ないこと、消費電力が少ないことなど、用役使用量の削減に寄与している。



記号	内容
↑ (Green)	ごみの流れ
↑ (Red)	ガスの流れ
↑ (Yellow)	空気の流れ
↑ (Blue)	汚水の流れ
↑ (Dark Blue)	砂の流れ
↑ (Light Blue)	スラグの流れ
↑ (Purple)	不燃物の流れ
↑ (Pink)	飛灰の流れ
↑ (Light Purple)	蒸気の流れ
↑ (Dark Purple)	薬品の流れ

図 2 ガス化熔融施設のプロフローシート

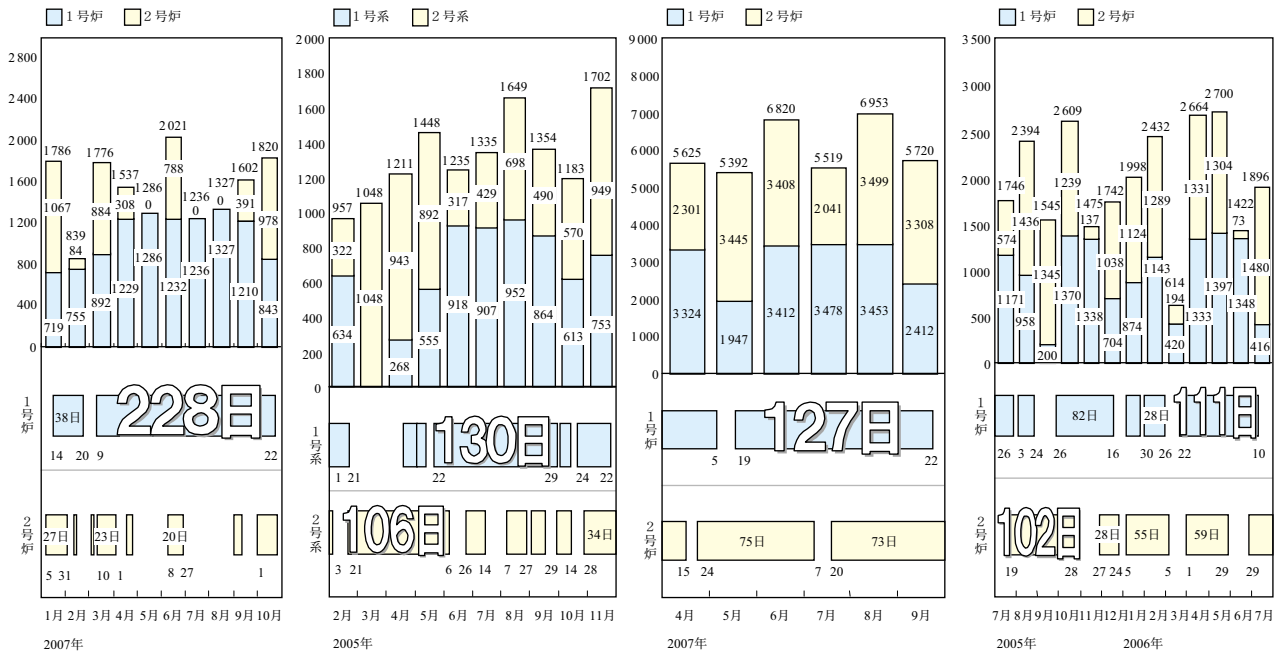
実績件数11件 (建設中含む)
施設規模合計 1780 t/d

- : 流動床式ガス化溶融炉納入先 11件
- : 流動床式焼却炉 (都市ごみ) 納入先 25件
- : 流動床式焼却炉 (下水汚泥) 納入先 17件
- : 旋回流溶融炉納入先 2件



※ごみ処理量は平成19年3月末現在
※稼働実績は平成19年12月末現在

図3 建設実績



福井県 ビュークリーンおくえつ

秋田県 鹿角環境衛生センター

宮城県 石巻クリーンセンター

岐阜県 中津川環境センター

図4 各施設連続運転実績

表1 石巻年間稼働実績

石巻広域クリーンセンター稼働日数

	1号炉	2号炉
2003年度	322日	323日
2004年度	306日	304日
2005年度	315日	310日
2006年度	305日	306日
2007年度	190日	189日

(2007年10月末現在)

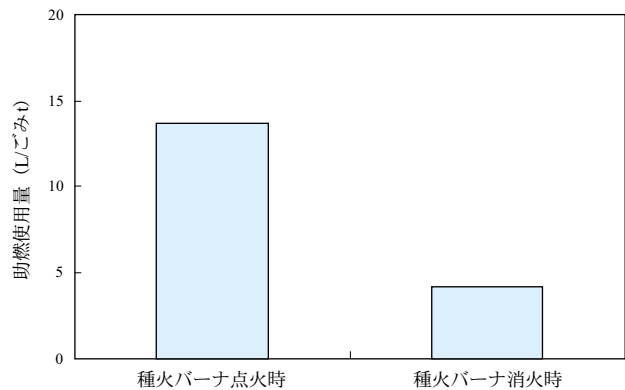


図5 安芸クリーンセンター助燃量の削減状況

3.2 CO₂ 排出量の削減

3.2.1 助燃量低減

定常運転時の溶融炉の助燃量を削減することは、助燃使用によるCO₂ 排出量の削減に寄与する。安芸クリーンセンターでは従来安定燃焼のために種火として溶融炉バーナを点火していたが、炉頂部分の温度を詳細に測定することで、バーナを消火した状態においても安定燃焼を確実にこなう運転方法を確立した。結果、安芸クリーンセンターは1炉あたり65 t/d という中規模の施設ではあるが、バーナを

消火した状態での運転が可能となり、消費電力量の多い酸素富化方式を採用することなく、定常運転時にはほぼ助燃なしの運転を継続している。図5に、安芸クリーンセンターでの助燃量の削減状況を示す。本図は月間平均の使用量であり、炉の待機やメンテナンス時を含んでいる。種火バーナ消火により、約10 L/ごみtの削減がはかられている。

3.2.2 消費電力量の削減

当社のガス化溶融炉は用役費と消費電力量が低いのが特長である。石巻広域クリーンセンターの用役

実績を図6に示す。ごみtあたりの用役実績は2000円以下である。また、消費電力量も2炉運転では174 kWh/ごみtと低い数値となっており、余剰電力の売電に寄与している。内訳は、プラント消費電力が147 kWh/ごみt、建築設備消費電力は27 kWh/ごみtである。

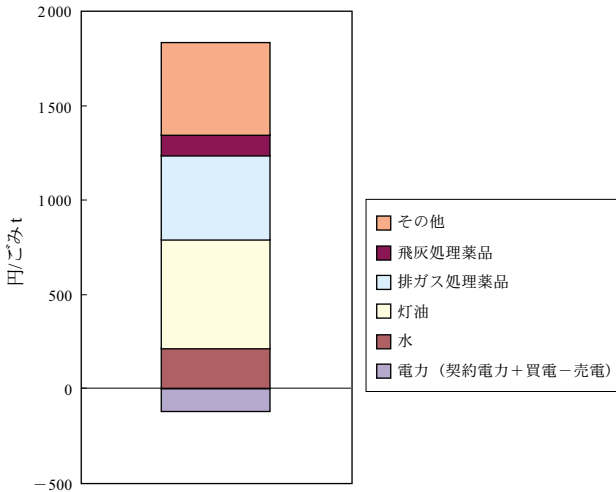


図6 ごみtあたりの用役費

表3 スラグ分析

JIS A 5032 (道路用溶融スラグ) に適合

1 溶出試験

分析項目	測定値	基準値
Cd (mg/L)	<0.001	≦0.01
Pb (mg/L)	0.002	≦0.01
Cr ⁶⁺ (mg/L)	<0.02	≦0.05
As (mg/L)	<0.01	≦0.01
T-Hg (mg/L)	<0.0005	≦0.0005
Se (mg/L)	<0.01	≦0.01
ふっ素 (mg/L)	<0.1	≦0.8
ほう素 (mg/L)	0.08	≦1

2 含有試験

分析項目	測定値	基準値
Cd (mg/kg)	<5	≦150
Pb (mg/kg)	6	≦150
Cr ⁶⁺ (mg/kg)	<1	≦250
As (mg/kg)	1.3	≦150
T-Hg (mg/kg)	<0.01	≦15
Se (mg/kg)	<0.5	≦150
ふっ素 (mg/kg)	114	≦4000
ほう素 (mg/kg)	35.1	≦4000

表2 ガス化溶融炉のCO₂排出量

CO₂排出量 (ごみ由来を除く)

100 t/24 h × 2 炉 ※	
ごみ処理量	56 000 t/年 (2 炉運転202日, 1 炉運転156日, 全停7日)
CO ₂ 排出源	
購入電力量	455 000 kWh/年
電力 余剰電力量	5 918 000 kWh/年
化石燃料(灯油)	353 800 L/年
合計 CO ₂ 排出量	▲2 151 000 kg-CO ₂ /年
ごみtあたり	▲38.4 kg-CO ₂ /ごみt

排出係数は「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」より

灯油: 2.49 kg-CO₂/L

電力: 0.555 kg-CO₂/kWh

※モデルケースとして下記条件により試算

ごみ質: 2 200 kcal/kg

蒸気条件: 4 MPa at 400 °C, 外部への熱供給なし, 機器構成はバグフィルタ→再加熱器→触媒を想定
種火なし運転 (化石燃料使用は炉立上げ用とメンテナンス用を想定)

3 粒度分布

ふるい下	測定値	スラグ細骨材 FM-2.5
4.75 mm 以下 (%)	100	100
2.36 mm 以下 (%)	92	85~100
0.075 mm 以下 (%)	2	0~10

4 物理的性状

項目	測定値	基準値
表乾密度 (g/cm ³)	2.823	≧2.45
吸水率 (%)	2.3	≦3.0
すりへり減量 (%)	27.4	≦30

3. 2. 3 CO₂削減効果

ガス化溶融炉モデルケースにおけるエネルギー収支と、それにもなう施設からのCO₂排出を試算した。結果を表2に示す。モデルケースは100 t/d×2炉で試算をおこなっている。施設で使用する電力、化石燃料（灯油）に由来するCO₂と、施設にて発生する余剰電力に由来するCO₂を比較すると、余剰電力に由来するCO₂の方が大きい。よって施設から発生するCO₂はごみ由来を除くと38.4 kg-CO₂/ごみtの削減となり、当社の流動床式ガス化溶融炉はCO₂削減に寄与する技術であるともいえる。

3. 3 最終処分量の削減

流動床式ガス化溶融炉はガス化炉から不燃物、鉄、アルミが排出される。鉄、アルミについては有償取引がおこなわれており、不燃物中の銅、ステンレス等のミックスメタルについても有効利用が可能であることを確認している。また、スラグは表3に示すように、溶出試験、含有試験等の各項目がJIS規格（JIS A 5032, 2006）に適合しており、アスファルト舗装用の混合材として有効利用されている。さらに、バグフィルタで捕集される飛灰についても、溶融による非鉄金属成分の濃縮によって、山元還元に

よる有効利用が可能であり、当社が納入した数力所の施設においても実際に有効利用されている。以上のように、流動床式ガス化溶融炉からの排出物のほとんどが再利用可能であり、循環型社会の実現に貢献する技術であるといえる。

む す び

流動床式ガス化溶融炉1号機である中部上北清掃センターが誕生してから7年が経過したが、技術改良をおこなうことにより200日を越える長期連続運転の達成と、助燃量の低減をおこなうことができた。今後も継続して安定稼働達成や最終処分量、維持管理費の低減に取り組み、技術の熟度を高め、地球温暖化の防止と循環型社会の実現に寄与してゆきたい。

[参考文献]

- 1) 高橋正光：神鋼環境ソリューション技報，Vol.1，No.1（2004），p.22
- 2) 佐藤義一ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.1，No.2（2004），p.27
- 3) 廃棄物パイロ処理技術の新展開，日本鉄鋼協会 環境・エネルギー工学部会・社会鉄鋼工学部会 編，（2006）