

# 大型流動床式ガス化溶融施設の完成 (相模原市南清掃工場)

## Completion of Large-scale MSW Fluidized Bed Type Gasification and Melting Plant



島倉久範\*  
Hisanori Shimakura



田中祥起\*  
Yoshiaki Tanaka



佐藤義一\*\*  
Yoshikazu Sato



小川正浩\*\*\*  
Masahiro Ogawa



久米慶信\*\*\*\*  
Yoshinobu Kume



徳永 滋\*\*\*\*\*  
Shigeru Tokunaga

近年、都市ごみの焼却においては、有害物質のより一層の排出抑制とともに、サーマルリサイクルによる地球温暖化対策としてのCO<sub>2</sub>排出量の削減、マテリアルリサイクルによる最終処分負荷の低減が求められている。ガス化溶融プロセスは高温燃焼による有害物質の排出抑制と、残さの溶融処理・有効利用、高効率な熱回収を一貫して実現できるプロセスである。当社は、2006年相模原市より大型流動床式ガス化溶融施設を受注、2009年10月から試運転を開始し、2010年3月の竣工以来、安定運転を継続している。本施設は都市ごみ向けに国内最大の流動床式ガス化溶融施設で、溶融スラグ化に加え、最大10 000 kWの発電能力と、隣接する温水プールと温室に熱供給する機能を備え、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルを積極的に推進できる施設である。

In the MSW treatment, technology is requested for thermal recycle to achieve low CO<sub>2</sub> emission as measures for global warming, and for material recycle to decrease the final disposal load, as well as the technology for decrease hazardous material emission. The gasification and melting is a process that can achieve material and thermal recycle consistently by melting the residue and heat recovery effectively, as well as avoiding pollutant emission by the high temperature combustion. We received an order of the large-scale fluidized bed type gasification and melting plant from Sagami City in 2006, which began the trial run in October, 2009, and continue stable operation. This facility is the largest fluidized bed type gasification and melting plant in Japan for MSW, which has a maximum capacity of 10 000 kW power generation, and steam supply to the swimming pool and greenhouse nearby, can achieve material and thermal recycle positively.

### Key Words :

都 市 ご み  
ガ ス 化 溶 融 炉  
低 空 気 比  
地 球 温 暖 化  
CO<sub>2</sub> 削 減

Municipal solid waste (MSW)  
Gasification and melting furnace  
Low air ratio  
Global warming  
Reduction of CO<sub>2</sub> emission

### 【セールスポイント】

国内最大の流動床式ガス化溶融施設が完成。高効率発電設備と他所灰処理設備を備え、最終処分場の負荷低減とCO<sub>2</sub>削減を同時に実現できる施設である。

## まえがき

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され、その残さは埋立て処分されていた。2000年代に入り、循環型社会形成推進基本法が制定され、資源の有効利用やリサイクルの推進による環境負荷低減が推進されてきた。近年、地球温暖化問題への対処が強く求められる中、低炭素化社会の実現のため、焼却処理にともなって生じるエネルギーの積極的利用が求められている。

ガス化溶融プロセスは、都市ごみのガス化、高温燃焼、溶融処理、熱回収を一貫して行うことで、ダイオキシン類をはじめとする有害物質の排出抑制と残さの溶融、発電・余熱利用を同時に達成するものである。とくに、流動床式ガス化溶融システムは、ごみの保有するエネルギーを最大限に活用するプロセスであるため、コークスなど外部からの化石燃料を投入することなく、ガス化、燃焼、溶融処理および排ガスからのエネルギー回収まで一連のプロセスで行えるという特長を有する。この特長を生かし他施設で発生する焼却灰や最終処分場の掘起こしごみの溶融処理もできることなど、多様な廃棄物への適用が可能である。結果、CO<sub>2</sub>排出量の削減と最終処分場負荷の低減が同時に実現できるプロセスである。<sup>1)</sup>

当社は2000年10月に国内初の都市ごみ向け流動床式ガス化溶融施設を竣工させて以来、現在までに12施設（技術供与を含む）を竣工させている（図1）。中でも、2006年に相模原市より、都市ごみ向けでは国内最大となる流動床式ガス化溶融施設である南清掃工場（施設規模525 t/d（175 t/d × 3 炉））を受注した。2009年10月の試運転開始以来、調整運転を行い、2010年3月に竣工し、安定稼働を継続している。

### 1. 相模原市南清掃工場の概要と特長

本施設の概要を表1に、処理フローを図2に、また施設外観写真を写真1に示す。

施設の外観は丹沢の山並みと、近隣に流れる相模川の河岸段丘をイメージし、曲線的な屋根のデザインとし、周辺環境に配慮したものである。

施設の処理能力は525 t/d（175 t/d × 3 炉）で、処理対象物は一般収集ごみの他、相模原市北清掃工場の焼却灰を1日当たり37.5 t（12.5 t/d × 3 炉分）と、相模原市東清掃事業所で発生するし渣・脱水汚泥も受入れる能力を有している。

ごみは投入ホップに投入された後、ごみ供給ラインに設けた破碎機で破碎され、給じん装置にて流動

ガス化炉に定量供給される。北清掃工場から搬入された焼却灰は、他所灰ピットに受入れ、貯留後、選別装置にて不適物を除去し、給じん系統に供給され、ガス化炉に投入される。ごみは、ガス化炉の炉底から供給される空気の部分燃焼しながらガス化される。ごみ中の不燃物は流動砂とともに中央の抜出管から連続排出された後、未酸化状態の鉄分とアル

表1 施設概要

|         |                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------|
| 名 称     | 相模原市南清掃工場                                              |
| 所 在 地   | 相模原市南区麻溝台1524番 1                                       |
| 敷 地 面 積 | 47 119.1 m <sup>2</sup>                                |
| 竣 工     | 平成22年 3 月                                              |
| 処 理 能 力 | 525 t/d（175 t/d × 3 炉）                                 |
| 焼却炉形式   | 流動床式ガス化溶融炉                                             |
| 発 電 方 式 | 蒸気タービン発電（最大10 000 kW）                                  |
| 処 理 対 象 | 一般ごみ、災害廃棄物（木くず）、焼却灰（主灰）、し渣、脱水汚泥                        |
| 建 築 面 積 | 約9 700 m <sup>2</sup>                                  |
| 延 床 面 積 | 約24 000 m <sup>2</sup>                                 |
| 建 物 構 造 | 鉄骨造・鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造<br>（地上 6 階、地下 1 階、煙突高さ100 m） |
| 主 要 設 備 | 受入供給設備<br>ごみクレーン、他所灰クレーン                               |
|         | 燃焼ガス冷却設備<br>廃熱ボイラ                                      |
|         | 排ガス処理設備<br>バグフィルタ、排ガス洗浄装置、脱硝反応塔                        |
|         | 余熱利用<br>場内・場外熱供給<br>（相模原公園内温室、市民健康文化センター）              |



写真1 施設外観写真

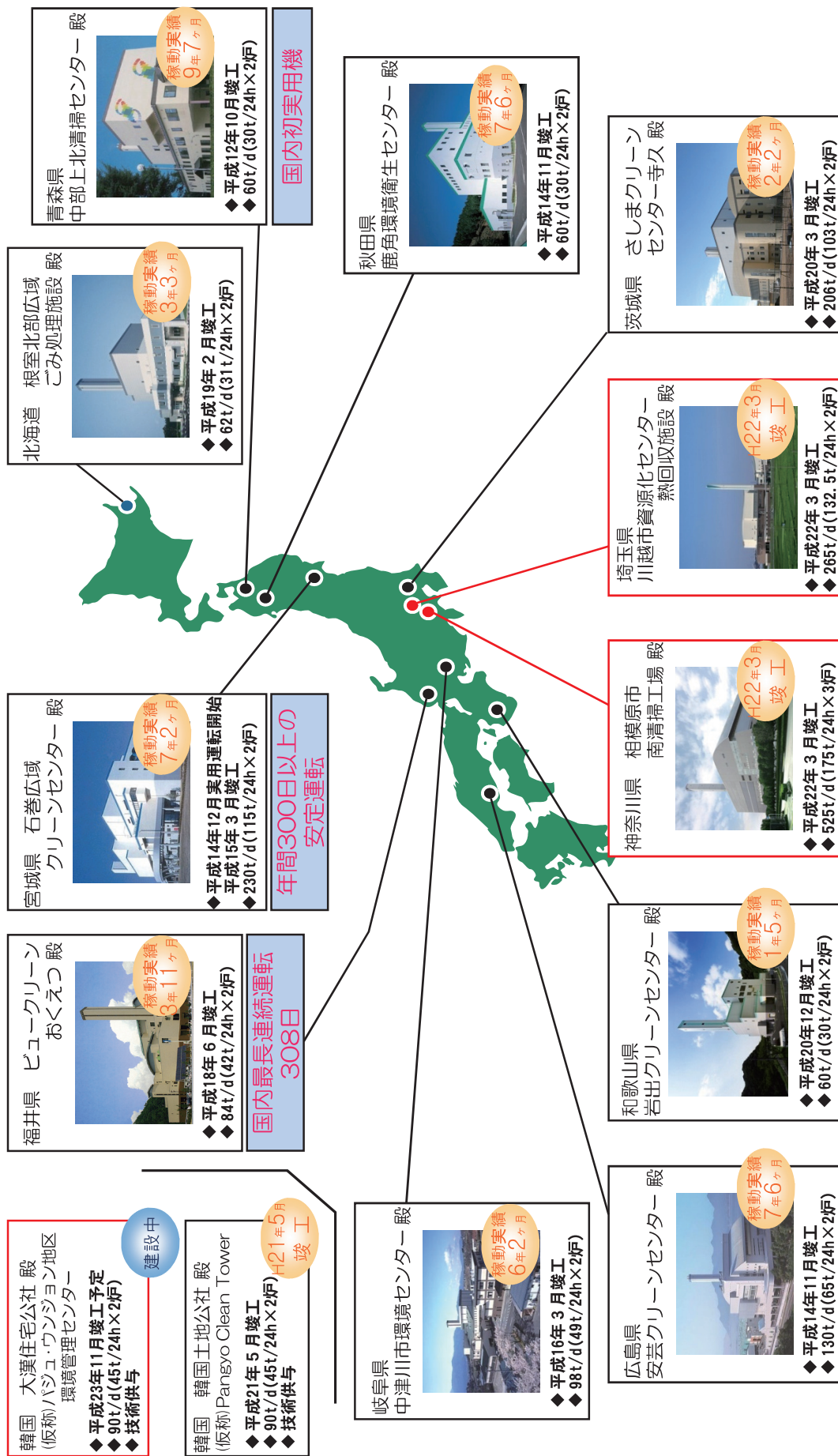


図1 ガス化溶融施設の納入実績 (2010年6月時点)



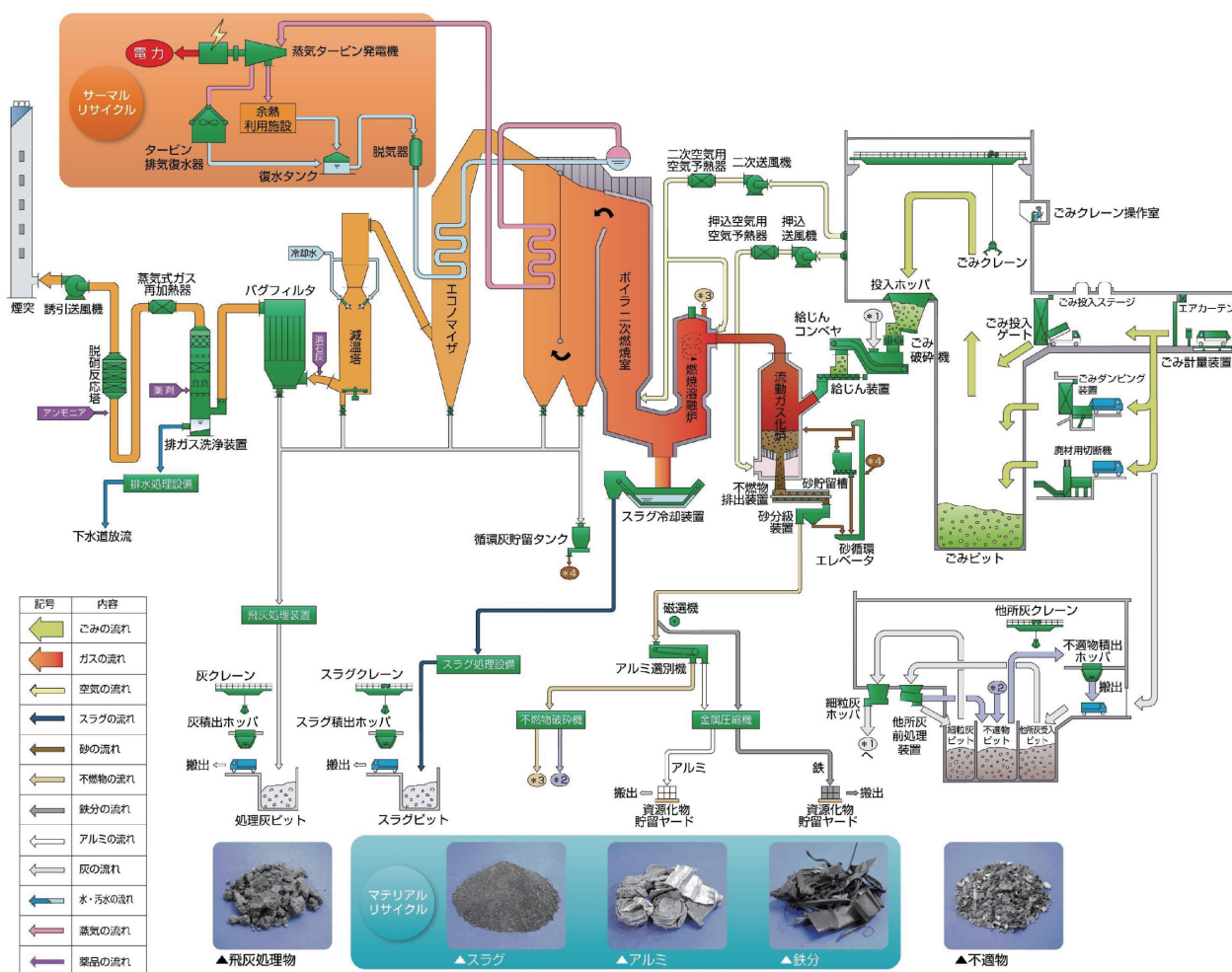


図2 処理フロー

ミが回収される。鉄・アルミは金属圧縮機にて各々圧縮成型され、有効利用される。ガス化炉で発生した可燃性ガス、未燃炭素は溶融炉で燃焼空気と混合され、1200℃以上の高温で完全燃焼させるとともに、同伴された飛灰を溶融し、出滓口からスラグとして回収する。鉄・アルミを回収した後の不燃物は破碎処理後溶融炉に吹込み、飛灰とともに溶融・スラグ化する。溶融スラグは水砕し、破碎・磨砕の処理後ピットに貯留される。

燃焼排ガスはボイラ・エコノマイザにて約170℃まで冷却・熱回収される。従来水冷構造としていた溶融炉をボイラ化することにより冷却損失を低減し熱回収効率の向上を図っている。燃焼排ガスは減温塔にてさらに160℃に冷却した後、バグフィルタにてばいじん除去、排ガス洗浄塔にて塩化水素、硫酸化合物の吸収、触媒反応塔にて窒素酸化物・ダイオキシン類の分解を行い、煙突から排出される。

ボイラで発生した蒸気は抽気復水タービン（2段

抽気式）により発電し、余剰電力を電力会社に供給している。抽気した低压蒸気は隣接する温水プールと温室に供給することでプラント熱効率の向上を図っている。

## 2. 運転データ

### 2.1 稼働状況

図3に2009年10月の試運転開始から6月末までのごみ処理量実績を示す。試運転開始当初から定格処理を継続し、現在はごみの搬入量とごみ質、計画発電量に合わせ、1炉当たり約155～175 t/dで2炉運転体制としている。

### 2.2 低空気比運転

本施設では給じんシステムとして、傾斜型の給じんコンベヤと、ガス化炉内のシール機能を備えた二重ダンパ、当社独自の給じん装置によりガス化炉へのごみの供給量の定量性を向上させている。この当社独自の給じんシステムと燃焼制御により、ボイラ出口O<sub>2</sub>濃度は安定して4.5%程度（図4）、燃焼空

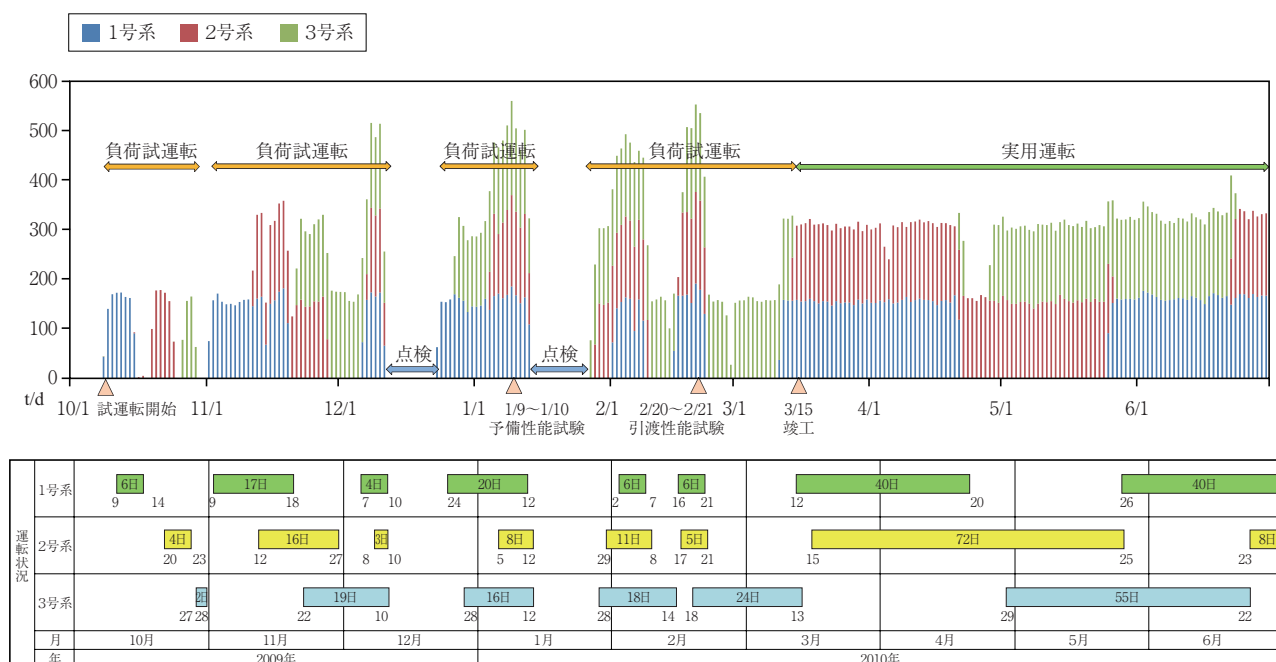


図3 運転状況

気比では1.3~1.4と排ガス循環などを採用せずに低空気比高温燃焼を実現し、排ガス量低減と熱回収効率の向上に寄与している。

### 2.3 CO<sub>2</sub> 排出量の削減

助燃量の低減はCO<sub>2</sub> 排出抑制に直結する。本施設では、熔融炉頂部での着火安定性を確保するため最低限の都市ガスパイロットバーナを使用するのみで、熔融の補助熱源としての助燃を行っていない。さらに前述の当社独自の給じんシステムの採用と、ごみ破砕機の前備機設置、トラブルのない安定運転を行うことによりガス化炉へのごみ供給停止頻度を低減し、ごみ切れ時の助燃使用を抑制している。2010年6月度の実績でごみt当たり1.9 m<sup>3</sup><sub>N</sub>となっている。

当社のガス化熔融炉は低消費電力が特長である。プロセスの省エネルギー性を示すプラント消費電力は、3炉運転時で約160 kWh/ ごみtと低い数値となっている。

表2に本施設でのエネルギー収支と、CO<sub>2</sub> 収支を示す。低温エコマイザの採用と低空気比運転によるボイラ効率の向上(87%)と高温高压ボイラ(蒸気条件4 MPa×400℃)の採用により、高効率発電を達成している。発電効率は15%程度、発電と余熱利用を合わせたプラント総合熱効率としては約18~21%と高い数値となっている。

本施設で使用するプラント設備電力・プラントで

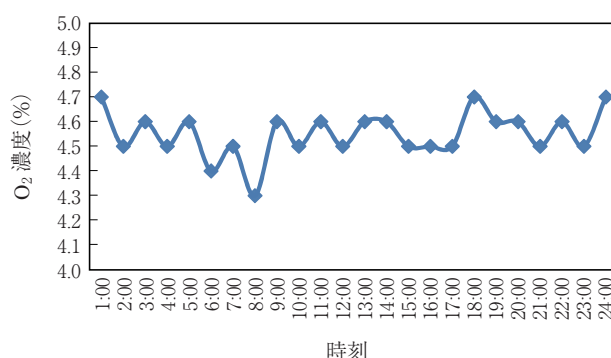


図4 ボイラ出口O<sub>2</sub>濃度(湿ガス基準)

使用する化石燃料(都市ガス)に由来し発生するCO<sub>2</sub>と、余剰電力・余熱利用に由来し低減されるCO<sub>2</sub>を比較すると、ごみ1t当たり100kg程度の削減効果があり、地球温暖化対策のためのCO<sub>2</sub>排出量の削減に寄与する施設であることがわかる。

### 2.4 最終処分場負荷の低減

本施設で回収される鉄、アルミについては既に有償にて売却されている。スラグは表3に示すように、重金属の溶出、含有量や、各種物理性状ともすべてJIS A 5031, 5032に適合し、有効利用可能なもので、現在JIS認定取得に向けて準備中である。本施設の大きな特長は、市内にある北清掃工場の焼却灰を合わせて熔融処理していることである。従来最

終処分場に処分されていた2施設分の焼却灰をスラグ化し、有効利用可能なものとする事で、最終処分場負荷を大きく低減できることにある。さらに、本施設のスラグ化率は約74 %と高く、最終処分負荷の低減効果が大きいことがわかる。また、このプロセスは最終処分場掘り起こしごみ等に応用することが可能で、最終処分場負荷低減に向けた多様なニーズにこたえることができる、マテリアルリサイク

ル性に長けたプロセスであると言える。

## む す び

相模原市南清掃工場は本年3月15日竣工後順調に稼働が続いている。本施設は当社のガス化溶融炉1号機納入後10年以上の歳月にわたる実用運転における改良開発の成果を結集した最新鋭の施設で、マテリアル・サーマルリサイクル性に優れた施設である。当社の流動床式ガス化溶融プロセスは、他のガ

表2 エネルギー収支およびCO<sub>2</sub>収支

性能試験2010年2月20日15時～2月21日15時：3炉運転

|                             | 入                |                                                                                                       | 出                         |                                                                                      |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質収支                        | ごみ処理量<br>都市ガス使用量 | 1.0 t (9 123 kJ/kg)<br>1.9 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /ごみ t (40 616 kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) | 発電量<br>場外供給蒸気量<br>場内供給蒸気量 | 421 kWh/ごみ t (3 600 kJ/kW)<br>0.1 t/ごみ t (2 435 kJ/kg)<br>0.004 t/ごみ t (2 081 kJ/kg) |
| 熱収支                         | ごみ発熱量<br>都市ガス発熱量 | 9.1 GJ/ごみ t<br>0.08 GJ/ごみ t                                                                           | 発電<br>場外余熱利用<br>場内余熱利用    | 1.5 GJ/ごみ t<br>0.2 GJ/ごみ t<br>0.01 GJ/ごみ t                                           |
|                             | 合 計              | 9.2 GJ/ごみ t                                                                                           | 合 計                       | 1.7 GJ/ごみ t                                                                          |
| ※1, 2<br>CO <sub>2</sub> 収支 | 買 電 力            | 0 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (0 kWh/ごみ t)                                                                | 余 剩 電 力                   | 98.7 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (232 kWh/ごみ t)                                          |
|                             | 都 市 ガ ス          | 4.2 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                                           | 余 熱 利 用<br>(場外・場内)        | 11.7 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                         |
|                             | 合 計              | 4.2 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                                           | 合 計                       | 110.3 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                        |
| 発電効率※3                      |                  | 16.5%                                                                                                 |                           |                                                                                      |
| 総合熱効率(発電+余熱利用)※4            |                  | 18.5%                                                                                                 |                           |                                                                                      |
| CO <sub>2</sub> 削減量         |                  | 106 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t ※1                                                                        |                           |                                                                                      |

2010年4月1日～4月20日：2炉運転

|                             | 入                |                                                                                                        | 出                         |                                                                                    |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質収支                        | ごみ処理量<br>都市ガス使用量 | 1.0 t (10 060 kJ/kg)<br>6.9 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /ごみ t (40 616 kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) | 発電量<br>場外供給蒸気量<br>場内供給蒸気量 | 457 kWh/ごみ t (3 600 kJ/kW)<br>0.1 t/ごみ t (2 423 kJ/kg)<br>0.1 t/ごみ t (2 044 kJ/kg) |
| 熱収支                         | ごみ発熱量<br>都市ガス発熱量 | 10.1 GJ/ごみ t<br>0.28 GJ/ごみ t                                                                           | 発電<br>場外余熱利用<br>場内余熱利用    | 1.6 GJ/ごみ t<br>0.3 GJ/ごみ t<br>0.2 GJ/ごみ t                                          |
|                             | 合 計              | 10.3 GJ/ごみ t                                                                                           | 合 計                       | 2.2 GJ/ごみ t                                                                        |
| ※1, 2<br>CO <sub>2</sub> 収支 | 買 電 力            | 0 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (0 kWh/ごみ t)                                                                 | 余 剩 電 力                   | 79.5 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (187 kWh/ごみ t)                                        |
|                             | 都 市 ガ ス          | 14.5 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                                           | 余 熱 利 用<br>(場外・場内)        | 31.8 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                       |
|                             | 合計               | 14.5 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                                           | 合 計                       | 111.3 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                      |
| 発電効率※3                      |                  | 15.9%                                                                                                  |                           |                                                                                    |
| 総合熱効率(発電+余熱利用)※4            |                  | 21.2%                                                                                                  |                           |                                                                                    |
| CO <sub>2</sub> 削減量         |                  | 97 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t ※1                                                                          |                           |                                                                                    |

※1 ごみ処理量には細粒灰処理量を含まない。

※2 排出係数は電気 0.000425 tCO<sub>2</sub>/kWh、都市ガス 0.0138 tC/GJ、熱供給(蒸気) 0.057 tCO<sub>2</sub>/GJ とする。  
(環境省・経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2. 4より)

※3 発電効率=(発電 kWh × 3 600 kJ) ÷ (ごみ発熱量 + 都市ガス発熱量)

※4 総合熱効率=((発電量 kWh × 3 600 kJ) + (場外、場内余熱利用熱量)) ÷ (ごみ発熱量 + 都市ガス発熱量)

表3 スラグの性状

| 項 目           |                    |   |   |   | 基準値および規格                                           |                       | 測定結果           |          |
|---------------|--------------------|---|---|---|----------------------------------------------------|-----------------------|----------------|----------|
| 溶 出 量         | カ                  | ド | ミ | ウ | ム                                                  | mg/L                  | 0.01以下         | < 0.001  |
|               |                    |   | 鉛 |   |                                                    | mg/L                  | 0.01以下         | 0.001    |
|               | 六                  | 価 | ク | ロ | ム                                                  | mg/L                  | 0.05以下         | < 0.005  |
|               | ひ                  |   |   |   | 素                                                  | mg/L                  | 0.01以下         | < 0.001  |
|               | 総                  |   | 水 |   | 銀                                                  | mg/L                  | 0.0005以下       | < 0.0005 |
|               | セ                  |   | レ |   | ン                                                  | mg/L                  | 0.01以下         | < 0.001  |
|               | ふ                  |   | っ |   | 素                                                  | mg/L                  | 0.8以下          | < 0.08   |
|               | ほ                  |   | う |   | 素                                                  | mg/L                  | 1.0以下          | < 0.1    |
| 含 有 量         | カ                  | ド | ミ | ウ | ム                                                  | mg/kg                 | 150以下          | < 15     |
|               |                    |   | 鉛 |   |                                                    | mg/kg                 | 150以下          | 22       |
|               | 六                  | 価 | ク | ロ | ム                                                  | mg/kg                 | 250以下          | < 25     |
|               | ひ                  |   |   |   | 素                                                  | mg/kg                 | 150以下          | < 15     |
|               | 総                  |   | 水 |   | 銀                                                  | mg/kg                 | 15以下           | < 1.5    |
|               | セ                  |   | レ |   | ン                                                  | mg/kg                 | 150以下          | < 15     |
|               | ふ                  |   | っ |   | 素                                                  | mg/kg                 | 4000以下         | < 400    |
|               | ほ                  |   | う |   | 素                                                  | mg/kg                 | 4000以下         | < 400    |
| 外 観           |                    |   |   |   | 堅硬で、かつ、異物、針状固化物及びへん（扁）平又は鋭利な破片などを使用上有害な量を含んではならない。 |                       | 良 好            |          |
| 粒 度<br>FM 2.5 | ふるいを通るものの重量百分率 (%) |   |   |   | 4.75 mm<br>2.36 mm<br>75 μm                        | 100<br>85～100<br>0～10 | 100<br>97<br>6 |          |
| 表 乾 密 度       |                    |   |   |   | g/cm <sup>3</sup>                                  | 2.45以上                | 2.89           |          |
| 吸 水 率         |                    |   |   |   | %                                                  | 3.0以下                 | 0.19           |          |

ス化溶融プロセスと異なり、最終処分場の負荷低減と、CO<sub>2</sub> 排出削減を同時に実現できるプロセスである。さらに、他施設の焼却灰の混合処理等多様なニーズにこたえることができる。また、何より安定稼働が可能なプロセスで<sup>2)</sup>、環境負荷低減を実現できるプロセスである。当社はこのガス化溶融技術で、今後も継続して循環型社会・低炭素社会の構築に貢

献していきたい。

#### [参考文献]

- 1) 松村卓也ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.4，No.2（2008），p.7
- 2) 伊藤正ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.5，No.1（2008），p.6

\*環境プラント事業部 第一技術部 設備技術室 \*\*第一技術部 技術室 \*\*\*第一技術部 計電装技術室 \*\*\*\*第二技術部 技術室 \*\*\*\*\*土建技術部