

# 高度排ガス処理の流動床式ガス化溶融施設の完成 (川越市資源化センター熱回収施設)

Completion of MSW Fluidized Bed Type  
Gasification and Melting Plant with Advanced Flue-gas Treatment



黒岡達男\*  
Tatsuo Kurooka



中村敏治\*\*  
Toshiharu Nakamura



西 良一\*\*\*  
Ryouichi Nishi



青木 勇\*\*\*\*  
Isamu Aoki



西野 直\*\*\*\*\*  
Tadashi Nishino

当社が2007年川越市より受注した川越市資源化センター熱回収施設は、2010年3月の竣工後ただちに90日連続運転を達成するなど、早期に安定稼働を実現している。また、本施設は国内でも最も厳しいレベルの排ガス基準に対応した流動床式ガス化溶融施設で、溶融スラグの有効利用、鉄とアルミの資源化、溶融飛灰の山元還元により最終処分場への負荷が小さく、循環型社会を促進する施設である。

Kawagoe Plant completed in March, 2010 has performed stable operation immediately and has achieved continuous operation of 90 days from the start. Kawagoe Plant accepts exhaust gas emission standard which is the most stringent level in Japan by Advanced Flue-Gas Treatment system. And it minimizes amount of final disposal by molten slag utilization, recycle of ferrous and aluminum recovered from gasification furnace and return of secondary fly ash to mine-mouth and contributes to promoting "Recycling-oriented Society".

## Key Words :

都 市 ご み  
ガ ス 化 溶 融 炉  
高度排ガス処理  
最終処分負荷低減  
低炭素化社会

Municipal solid waste (MSW)  
Gasification and melting furnace  
Advanced flue-gas treatment  
Decrease in the final disposal load  
Low carbonized society

## 【セールスポイント】

国内で最も厳しいレベルの排ガス基準に対応した流動床式ガス化溶融施設が完成。高度な排ガス処理技術を採用するとともに、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

従来、都市ごみなどの廃棄物は主に焼却され、その残さは埋め立て処分されていた。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排出抑制や最終処分場の逼迫に起因するさらなる減容化が、ごみ焼却施設において求められるようになった。2000年1月にはダイオキシン類対策特別措置法の施行によりダイオキシン類（以下 DXNs と記す）の排出規制が強化されたが、さらなる削減を推進している自治体もでてきている。また、近年地球温暖化問題への対処が強く求められる中、温室効果ガスである CO<sub>2</sub> 排出量を削減し、エネルギーを積極的に利用することが求められている。

流動床式ガス化溶融プロセスは、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、CO<sub>2</sub> 排出量の少ないシステムである。また、鉄およびアルミが未酸化で回収でき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。

2010年3月に竣工した川越市資源化センター熱回収施設では、竣工4カ月後には90日連続運転を達成し、安定稼働を継続している。

## 1. 川越市資源化センター熱回収施設の概要と特長

川越市資源化センター熱回収施設（265 t/d（132.5 t/d × 2 炉））の施設概要を表1、また、施設の外観を写真1に示す。本施設は、一般収集ごみの他、リサイクル施設で発生する破碎残渣、可燃残渣、草木類資源化施設で発生する草木類残渣と、水害廃棄物も受入れている。

本施設の施設フローを図1に示す。本施設で新たに採用した給じんシステムは、水平式の給じんコンベヤから二重ダンパを経由して給じん装置に定量的にごみを切出すことで、設備の簡素化とごみ投入の定量性の向上を図っている。ガス化炉に投入されたごみは、ガス化され、発生した熱分解ガスは溶融炉で1 200℃以上の高温で燃焼されるとともに、同伴された飛灰は溶融されスラグとして回収される。ガス化炉底部から抜出された不燃物は、鉄・アルミを回収した後、粉碎処理し溶融炉に吹込みスラグ化する。ボイラ、バグフィルタで捕集された飛灰は、加湿後系外に搬出され、重金属等の有価資源の回収を行っている（山元還元）。

燃焼排ガスはテールエンド式ボイラおよびエコノマイザにて排ガスの熱を蒸気として回収し、蒸気タービン発電機（定格出力4 000 kW）にて発電を行

表1 施設概要

| 施設名称    | 川越市 資源化センター 熱回収施設                   |
|---------|-------------------------------------|
| 処理能力    | 265 t/d（132.5 t/d × 2 炉）            |
| 処理対象物   | 可燃ごみ、破碎可燃、破碎残渣、草木類残渣、水害廃棄物          |
| 受入供給設備  | ピットアンドクレーン方式                        |
| ガス化溶融設備 | 流動床式ガス化炉＋旋回流溶融炉方式                   |
| 排ガス冷却設備 | 廃熱ボイラ＋水噴霧方式                         |
| 排ガス処理設備 | バグフィルタ(1)＋排ガス洗浄処理装置＋触媒反応塔＋バグフィルタ(2) |
| 発電量     | 4 000 kW                            |



写真1 施設外観写真

表2 本施設の排ガス基準

| 項目              | 基準値                                         |
|-----------------|---------------------------------------------|
| ばいじん            | 0.02g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以下        |
| HCl             | 10 ppm 以下                                   |
| SO <sub>x</sub> | 10 ppm 以下                                   |
| NO <sub>x</sub> | 50 ppm 以下                                   |
| CO（4 hr 平均）     | 30 ppm 以下                                   |
| ダイオキシン類         | 0.005 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以下 |

い、余剰電力を電力会社に売電している。

本施設の排ガス基準を表2に示す。最も注目すべきは、排ガス中の DXNs 基準が、国内で最も厳しい0.005 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub> 以下となっており、その基準を満足するよう排ガス処理設備の機器仕様を決定している。減温塔で170℃まで冷却された排ガスは、バグフィルタ(1)にて DXNs およびばいじんを除去し、排ガス洗浄処理装置にて HCl、SO<sub>x</sub> を吸収し、触媒反応塔にて NO<sub>x</sub>・DXNs の分解を行った後、DXNs 排出の予防保全対策として設置したバグフィルタ(2)を通過し、煙突から排出される。



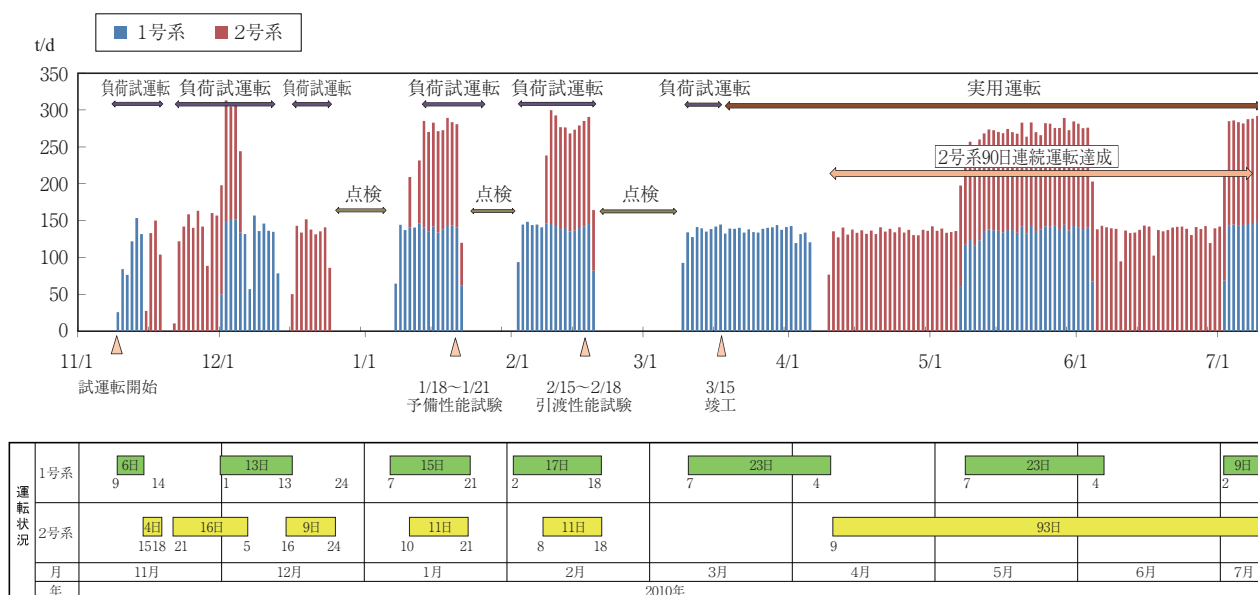


図2 運転状況

表3 引渡性能試験における排ガス測定結果

|              |                                       | 1号系     | 2号系    | 1号系      | 2号系     | 基準値                                         |
|--------------|---------------------------------------|---------|--------|----------|---------|---------------------------------------------|
| ばいじん         | [g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]      | 0.001   | <0.001 | <0.001   | <0.001  | 0.02 g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以下       |
| NOx          | [ppm]                                 | 21      | 37     | 40       | 30      | 50 ppm 以下                                   |
| HCl          | [ppm]                                 | 1       | 1      | 2        | 1       | 10 ppm 以下                                   |
| SOx          | [ppm]                                 | <1      | <1     | <1       | <1      | 10 ppm 以下                                   |
| CO (4 hr 平均) | [ppm]                                 | 1       | 5      | <1       | 3       | 30 ppm 以下                                   |
| DXNs         | [ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ] | 0.00031 | 0.0011 | 0.000019 | 0.00012 | 0.005 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以下 |

## 2. 運転実績

### 2.1 運転実績

川越市資源化センター熱回収施設の試運転開始以降の処理実績を図2に示す。いずれの系列においても、定格処理量程度で安定した操業運転を行っており、2号系では竣工約4カ月後の2010年7月8日に90日連続運転を達成した。1号系においても引き続き90日連続運転に向けて安定稼働を継続している。

### 2.2 排ガス処理性能

引渡性能試験における排ガス測定結果を表3に示す。HCl、SOx等の酸性成分除去には湿式スクラバによる処理を、NOxに関しては触媒反応塔の前にアンモニアを吹込み還元処理を行っており、排ガス基準値を安定してクリアできている。

つぎに、排ガス処理装置各所におけるDXNs濃度の結果を表4に示す。バグフィルタ(1)出口、触媒反応塔出口、煙突のそれぞれにおいてDXNs濃度が十分に低く、DXNs基準値0.005 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以下を満足していることを確認した。

### 2.3 最終処分場負荷の低減

本施設では鉄、アルミが未酸化状態(図3)で回

表4 DXNs濃度測定結果(酸素濃度12%換算値)

|          | DXNs濃度 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) |           |          | 煙突基準値 |
|----------|----------------------------------------------|-----------|----------|-------|
|          | BF(1)出口                                      | 触媒出口      | 煙突       |       |
| 1号系(1回目) | 0.0057                                       | 0.000022  | 0.00031  | 0.005 |
| 1号系(2回目) | 0.000054                                     | 0.0000013 | 0.000019 |       |
| 2号系(1回目) | 0.0026                                       | 0.000023  | 0.0011   |       |
| 2号系(2回目) | 0.000065                                     | 0.0000024 | 0.00012  |       |



図3 鉄、アルミの回収状況

表5 スラグの性状

| 項 目           |                   |   |   |   |                             | 基準値および規格                                          | 測 定 結 果        |             |             |          |
|---------------|-------------------|---|---|---|-----------------------------|---------------------------------------------------|----------------|-------------|-------------|----------|
|               |                   |   |   |   |                             |                                                   | 1 回目           | 2 回目        | 3 回目        |          |
| 溶 出 量         | カ                 | ド | ミ | ウ | ム                           | mg/L                                              | 0.01以下         | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001  |
|               |                   |   | 鉛 |   |                             | mg/L                                              | 0.01以下         | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001  |
|               | 六                 | 価 | ク | ロ | ム                           | mg/L                                              | 0.05以下         | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005  |
|               | ひ                 |   |   |   | 素                           | mg/L                                              | 0.01以下         | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001  |
|               | 総                 |   | 水 |   | 銀                           | mg/L                                              | 0.0005以下       | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005 |
|               | セ                 |   | レ |   | ン                           | mg/L                                              | 0.01以下         | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001  |
|               | ふ                 |   | っ |   | 素                           | mg/L                                              | 0.8以下          | < 0.08      | < 0.08      | < 0.08   |
|               | ほ                 |   | う |   | 素                           | mg/L                                              | 1.0以下          | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1    |
| 含 有 量         | カ                 | ド | ミ | ウ | ム                           | mg/kg                                             | 150以下          | < 15        | < 15        | < 15     |
|               |                   |   | 鉛 |   |                             | mg/kg                                             | 150以下          | 49          | 44          | 68       |
|               | 六                 | 価 | ク | ロ | ム                           | mg/kg                                             | 250以下          | < 25        | < 25        | < 25     |
|               | ひ                 |   |   |   | 素                           | mg/kg                                             | 150以下          | < 15        | < 15        | < 15     |
|               | 総                 |   | 水 |   | 銀                           | mg/kg                                             | 15以下           | < 1.5       | < 1.5       | < 1.5    |
|               | セ                 |   | レ |   | ン                           | mg/kg                                             | 150以下          | < 15        | < 15        | < 15     |
|               | ふ                 |   | っ |   | 素                           | mg/kg                                             | 4000以下         | < 400       | < 400       | < 400    |
|               | ほ                 |   | う |   | 素                           | mg/kg                                             | 4000以下         | < 400       | < 400       | < 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>96<br>4 | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— |          |
| 表 乾 密 度       |                   |   |   |   |                             | g/cm <sup>3</sup>                                 | 2.45以上         | 2.79        | —           | —        |
| 吸 水 率         |                   |   |   |   |                             | %                                                 | 3.0以下          | 0.4         | —           | —        |

収できるため、既に有償にて売却されている。また、本施設は併設するリサイクル施設から発生するリサイクル残渣を受け入れているが、スラグは表5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 5032 に適合し、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、ボイラ、バグフィルタで捕集された飛灰についても、表6に示すよう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行われている。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されており、循環型社会の実現に貢献する技術であるといえる。

## 2.4 ごみ焼却にかかる CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果

表7に本施設の2炉運転時におけるエネルギー収支と CO<sub>2</sub> 収支を示す。本施設はボイラおよびエコノマイザを用いて排ガスから熱を蒸気として回収し、加えて低温触媒の採用により排ガスの再加熱に使用する蒸気量を抑えており、2炉運転時の発電原単位の実績は346 kWh/ ごみ t、場外・場内の余熱利

表6 溶融飛灰の分析結果

| 項 目 | 含 有 濃 度           |
|-----|-------------------|
| Pb  | 4 400～5 000 mg/kg |
| Cu  | 2 500～2 900 mg/kg |
| Cl  | 14.0～15.0 %       |
| S   | 1.41～1.83 %       |
| Na  | 6.58～7.56 %       |
| Ca  | 16.7～17.2 %       |
| K   | 5.44～5.76 %       |

用と合わせてプラント総合熱効率は20.5 %と高い。本施設は、プラント消費電力と都市ガスバーナの燃料使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出量に対して余剰電力と余熱利用に伴う CO<sub>2</sub> 削減量の方が大きいため、CO<sub>2</sub> 排出量の収支がマイナスで、ごみ焼却に伴ってごみ 1 t 当たり 104 kg の CO<sub>2</sub> 削減効果が得られている。

## む す び

川越市資源化センター熱回収施設は、国内でもっとも厳しいレベルの排ガス基準（DXNs ≤0.005 ng-



表7 エネルギー収支およびCO<sub>2</sub>収支

|                         | 入       |                                                                                | 出            |                                             |
|-------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|
| 物質収支                    | ごみ処理量   | 1.0 t (9 290 kJ/kg)                                                            | 発電量          | 346 kWh/ごみ t (3 600 kJ/kW)                  |
|                         | 都市ガス使用量 | 2.5 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /ごみ t (40 616 kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) | 場外供給蒸気量      | 0.2 t/ごみ t (2 945 kJ/kg)                    |
| 熱収支                     | ごみ発熱量   | 9.3 GJ/ごみ t                                                                    | 発電           | 1.2 GJ/ごみ t                                 |
|                         | 都市ガス発熱量 | 0.10 GJ/ごみ t                                                                   | 場外余熱利用 (*2)  | 0.4 GJ/ごみ t                                 |
|                         |         |                                                                                | 場内余熱利用       | 0.2 GJ/ごみ t                                 |
|                         | 合計      | 9.4 GJ/ごみ t                                                                    | 合計           | 1.9 GJ/ごみ t                                 |
| CO <sub>2</sub> 収支 (*1) | 買電力     | 0 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (0 kWh/ごみ t)                                         | 余剰電力         | 70.1 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t (165 kWh/ごみ t) |
|                         | 都市ガス    | 5.1 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                    | 余熱利用 (場外・場内) | 38.7 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                |
|                         | 合計      | 5.1 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                    | 合計           | 108.8 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t               |
| 発電効率 (*3)               |         | 13.3 %                                                                         |              |                                             |
| 総合熱効率 (発電 + 余熱利用) (*4)  |         | 20.5 %                                                                         |              |                                             |
| CO <sub>2</sub> 削減量     |         | 104 kgCO <sub>2</sub> /ごみ t                                                    |              |                                             |

(\*1) 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)

(\*2) 場外余熱利用: 将来建設予定の場外余熱利用設備に高温水を供給する計画熱量

(\*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) + (余熱利用熱量)) ÷ (ごみ発熱量 + 都市ガス発熱量)

TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>) を設定して運転管理し、安定操業を継続している。また鉄、アルミ、スラグの有効利用や飛灰の山元還元による有価資源の回収を行うとともに、焼却処理に伴うエネルギーの有効利用を図っている。今後も継続して安定稼働の達成や最終処分量、CO<sub>2</sub>排出量の低減に取組み、循環型社会と地球温暖化防止の促進に寄与していきたい。

#### [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
- 3) 藤田淳ら: 神鋼環境ソリューション技報, Vol.5, No.2 (2009), p.21

\*環境プラント事業部 第一技術部 設備技術室 \*\*第一技術部 計電装技術室 \*\*\*土建技術部 \*\*\*\*商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 廃棄物処理室  
\*\*\*\*\*神鋼環境メンテナンス(株) 工事部 第三工事室