

〈特集〉

防府市クリーンセンターの運営事業

—— 検討経緯と事業概要 ——

上原伸基¹⁾、三好裕司²⁾、河野 崇³⁾¹⁾川崎重工業(株) エネルギー・環境プラントカンパニー 環境プラント総括部 環境プラント部 プロジェクト一課²⁾川崎重工業(株) エネルギー・環境プラントカンパニー 環境プラント営業部 技術営業課³⁾川崎重工業(株) エネルギー・環境プラントカンパニー 環境プラント営業部 西部営業課
(〒530-0057 大阪市北区曽根崎2-12-7 清和梅田ビル16階 E-mail: kohno_t@khi.co.jp)

概要

当社は、2014年3月に国内初のごみ焼却・バイオガス化複合施設である防府市クリーンセンターを納入した。一般廃棄物をメタン発酵原料としてバイオガスを発生させ、ボイラー主蒸気を過熱する熱源として使用し高効率発電を行うものである。また、本施設の焼却炉は当社独自設計の並行流炉を採用し低空気比・低公害の燃焼が可能であり、エネルギー・地球環境保全の両面で貢献できるシステムである。本施設はDBO方式での発注でありその事業選定の経緯・施設概要・運転実績について述べるものである。

キーワード：メタン発酵、廃棄物、独立過熱器、DBO、複合化

原稿受付 2021.1.15

EICA: 25(4) 45-48

1. 事業選定の経緯

1.1 はじめに

防府市クリーンセンターは、循環型社会の形成を目的に防府市が計画したもので、川崎重工業株式会社はDBO (Design-Build-Operate) 方式に基づき、本施設の建設と運営事業を一括して2010年に受注した。2014年3月に建設工事完了し、翌4月より当社グループの特別目的会社グリーンパーク防府株式会社が運営を開始した。

本施設は、選別施設・バイオガス化施設・ごみ焼却施設、リサイクル施設を組み合わせた国内初のごみ処理複合施設である。選別施設において可燃ごみから選別された厨芥類などのごみは、下水・し尿汚泥とともにバイオガス化施設で高温乾式メタン発酵処理される。そこで回収したメタンガスは、ごみ焼却施設において可燃ごみやメタン発酵残渣の焼却時に回収した蒸気の過熱に利用され、高効率な廃棄物発電を行う。これにより、本施設は最大発電量 3,600 kW、発電効率 23.5% (基準ごみ時) という優れた環境・省エネルギー性能を実現している。発電した電力は、施設内で消費されるとともに、余剰電力を売電することで施設の維持管理費用の低減と、温室効果ガス (CO₂) 排出量削減に貢献している。

また、リサイクル施設においては、粗大ごみ、不燃ごみ、資源ごみ等から資源物の回収を行う。また、焼却施設より発生する焼却灰および飛灰は、セメント原

料として利用される。

本稿では、本施設の事業化検討経緯、施設概要について述べていく。

1.2 事業化検討経緯

本事業は既存の一般廃棄物処理施設の老朽化に対応すると共に、本事業をDBO方式とすることで、一般廃棄物処理施設の有効かつ効率的な更新と、長期間にわたる良好な運営・維持管理を行うことを目的として実施された。**Table 1**に更新された施設について示す。

Table 1の更新を前提とし、事業化の検討が行われた。事業化の検討経緯を以下に記載する。

① 計画業務等

- ・ごみ処理基本計画の策定 (H18.11)
- ・循環型社会形成推進地域計画の策定・提出 (H19.3.6)
- ・生活環境影響調査 (ミニ・アセス) 業務

Table 1 List of updated facilities

施設区分	施設概要	更新
破砕場	供用開始：昭和54年度 (平成25年度まで34年稼働) 処理能力：50 t/5 h	○
焼却場	供用開始：昭和57年度 (平成25年度まで31年稼働) 処理能力：180 t/日 (反転ストローカ式2炉)	○
排ガス高度処理施設	供用開始：平成12年度 (平成25年度まで14年稼働)	○
最終処分場	供用開始：平成8年度 埋立容量：316,000 m ³ (I期分)	

- H19～H20 年度：現況把握（大気質，騒音，振動，悪臭の4シーズン調査）
 H21 年度：影響分析（生活環境影響調査書の作成（H22.3））
 H22 年度：生活環境影響調査書の縦覧（H22.5.7～H22.6.7 意見書の提出なし）
 都市計画ごみ焼却場の変更告示（H23.3.3）

② 事業手法の検討

- ・防府市行政改革推進計画（H14 年度策定）
行政改革委員会からの答申を受け、「焼却業務及び破碎処理業務については，施設改修計画に併せて，民間委託を積極的に検討する」計画を登載。
- ・H18 年度検討
VFM シミュレーション（分析条件：運営期間 15 年，全量焼却）の結果を通じ，廃棄物処理施設の建設事業にあっては，性能発注・包括委託・長期契約といった DBO のメリットが活かされるものと評価。また，近接施設（し尿処理施設と下水道浄化センター）との連携によるコストダウンを検討テーマの一つに設定。
- ・H19 年度検討
類似施設の建設費，運営費データにより VFM を算出（分析条件：運営期間 20 年，複合化）し，最も VFM 率の高い DBO を事業手法に選定。事業期間は 20 年間（補修工事が集中する時期（施設稼動後 15 年目前後）を事業期間に含めた方が，施設の性能水準の確保やライフサイクルコスト（LCC）の縮減の観点から得策であると判断）。
アドバイザー業務：H19～H20 年度，H21 年度

③ バイオガス化の導入検討

- ・循環交付金の充実強化
H19 年度予算財務省原案の閣議決定（H18.12.21）により，複合化の併設処理については，熱回収部分

も含めて交付率 1/2。

- ・技術提案の実施（H18.10～11）
乾式メタン発酵法による高効率原燃料回収技術にかかる実証実験（京都実証）を行ったプラントメーカー 6 社から情報の提示を依頼（設備構成，建設費，運営費等の提案）。
- ・財政負担の比較（対全量焼却）
上記の情報を含め，防府市内部で検討の結果，財政負担としては複合化が有利と判断し導入を決定。

2. 複合化システム

2.1 施設概要

国内初となる複合化システムを導入した防府市クリーンセンターは，先に記載した通り，老朽化した焼却場・破碎上を更新するものであり，可燃ごみ処理施設とリサイクル施設が併設された施設である。

この内，可燃ごみ処理施設はごみ焼却設備とバイオガス化設備を組み合わせた複合化施設でありその処理規模は以下の通りである。

- ・ごみ焼却施設 150 t/24 h（75 t/24 h×2 炉）
- ・バイオガス化施設 51.5 t/24 h（25.75 t/24 h×2 系列）
- ・リサイクル施設 23 t/5 h

複合化システムの処理フローを **Fig. 1** に示す。一般家庭から排出される可燃ごみを **Fig. 1** のフローに従い，以下の工程により処理を行う。

(1) ごみ焼却設備

- ① 一般家庭等から収集されたごみはごみピットに貯留され，その一部を焼却炉に供給し処理する。焼却により発生する燃焼排ガスは排熱ボイラーにて熱回収される。
- ② 燃焼排ガスに含まれる有害物質は，無触媒脱硝装置およびろ過式集じん器にて，分解・除去を行う。

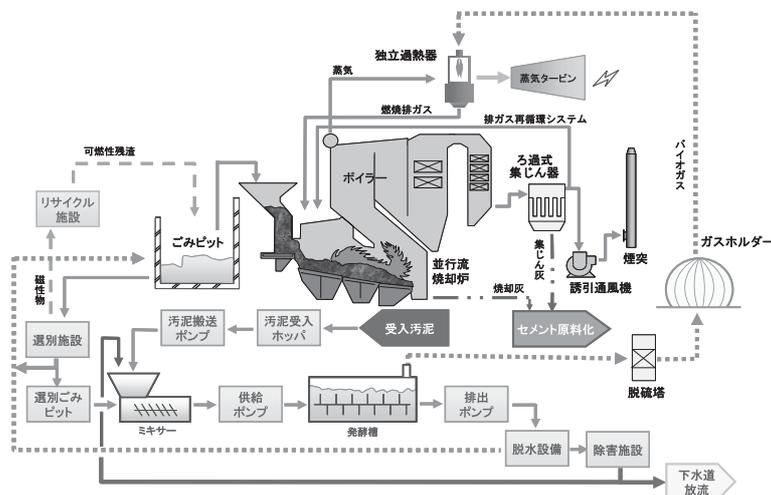


Fig. 1 Complex facility treatment flow

③焼却炉および排熱ボイラーから発生する焼却灰および集じん灰は、セメント原料として利用する。

(2) バイオガス化設備

①ごみピットに貯留したごみの一部は、選別設備に供給され破碎・磁選・機械式選別等の前処理が施される。バイオガス化の原料に適したごみは選別ごみピットに貯留し、不適ごみはごみピットに返送する。

②選別ごみピットのごみはさらに破碎処理にて細かくし、ミキサーにて希釈水および受入汚泥（隣接施設の下水・し尿汚泥）と共に混練、バイオガス化に適した固形物濃度に調整後、供給ポンプにて発酵槽に投入する。

③発酵槽では原料中の有機物を分解することで、メタンを含有するバイオガスを発生させる。発生したバイオガスは、硫化水素を除去後、ガスホルダーに貯留する。

(3) 複合化

①バイオガス化設備の発酵槽で発生する発酵残渣は、脱水処理後、ごみピットに返送し焼却する。

②バイオガス化設備で発生したバイオガスは、熱風発生炉で燃焼させ、排熱ボイラーで発生した蒸気を更に過熱する独立過熱器の熱源として利用する。独立過熱器で熱回収されたバイオガス燃焼排ガスは、熱回収率を最大限に向上させるため、焼却炉内に投入し、保有する熱を排熱ボイラーで利用する。

2.2 各要素設計及び性能

(1) 並行流焼却炉

焼却炉は当社独自設計の「並行流焼却炉」で、以下に示す特徴により低空気比高温燃焼が可能で、高いエネルギー回収や低エミッションを実現する (Fig. 2)。並行流焼却炉は以下の特徴を有する。

①並行流形状により、焼却炉出口でガスが反転し、空気が強制混合攪拌されるため効率の良い燃焼

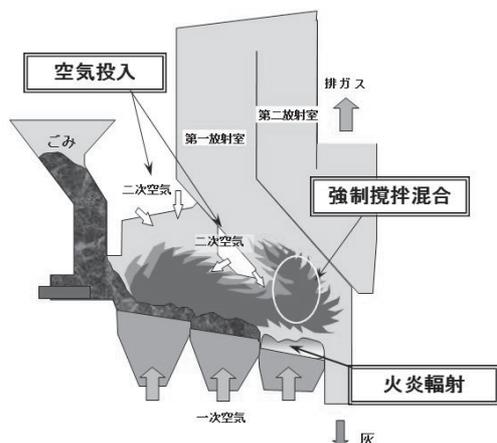


Fig. 2 Parallel Flow Type Incinerator

が図れ、低空気比燃焼を可能としている。

②二次空気の投入箇所を複数設置することにより最適な箇所に最適な空気量を投入可能としているため、投入空気量を低減し低空気比燃焼を可能としている。

③二次空気による多段燃焼により、炉内温度を均一化し局部高温域を無くすことで、サーマル NOx の発生を抑制し、低 NOx 燃焼を可能としている。

④火炎が、灰の上部を通過するため、輻射熱により未燃が残らない燃焼を可能としている。

上記の設計による防府市クリーンセンターでの排ガストレンドを Fig. 3 に示す。

Fig. 3 より、O₂平均 5.6%、発生 NOx 平均 32 ppm と低空気比・低エミッションで運転できていることが分かる。

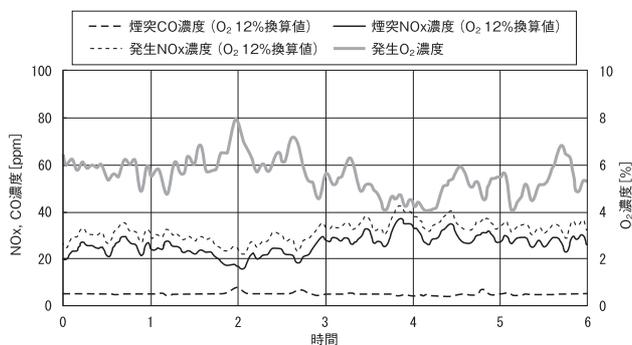


Fig. 3 Trends in exhaust gas emissions

(2) 選別設備

受け入れたごみをバイオガス化に適するものと不適なものに分別を行う必要がある。分別が適切でないと発酵過程で効率の良い発酵が行えない他、発酵槽周りの配管での詰まりの原因となる。

分別の方法としては、収集段階で行う方法や、受け入れてから機械選別を行う方法があるが、本施設では後者を採用している。機械選別のフローを Fig. 4 に示す。

500 mm 程度 of 受入ごみは一次破碎機 (Fig. 5) により 150 mm 程度まで粗破碎し、機械選別して選別ごみとする。これにより、メタン発酵に対して不適な大型ビニル類・布類を減量し、厨芥類・紙類を選別して良好な発酵原料とできる。

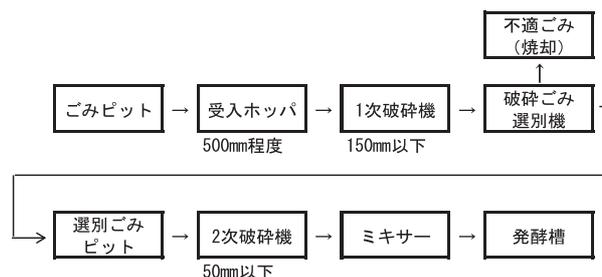


Fig. 4 Mechanical sorting flow



Fig. 5 Primary shredder

(3) メタン発酵設備

メタン発酵は発酵槽内部を約 55℃ に加温し有機物を分解する高温メタン発酵を採用している。発酵槽内での滞留時間は 20 日間程度である。

選別されたごみは二次破砕機にて 50 mm 以下まで破砕し、ミキサーにて調整水及び汚泥と混合後、発酵槽へ投入する。

これまで安定運転を継続しており、本発酵技術は異物混入に対して許容範囲が広いことが分かる。また、一般廃棄物をバイオガス化する際に分別収集しなくても安定運転が可能であることを示している。

Fig. 6 に、バイオガスの発生状況を示す。バイオガス発生率としては、250 m³_N/ごみ t 超と高効率原燃料回収施設の 1/2 交付率の要件であった 150 m³_N/ごみ t を大きく上回る性能を発揮している。また、メタンガス濃度も 59% と計画の 54% よりも高い濃度である。

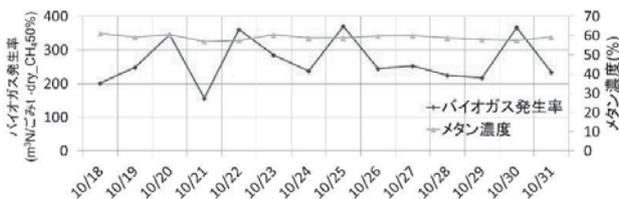


Fig. 6 Biogas generation status

(4) ごみ焼却とバイオガスの複合化

本施設では、排熱ボイラーの蒸気条件は 4 MPa × 365℃ であるが、バイオガスを熱風発生炉 (Fig. 10) で燃焼させ、得られた高温ガスにより排熱ボイラーで得られた蒸気を独立過熱器 (Fig. 7) により 415℃ まで更に過熱する。2 炉運転時における熱風発

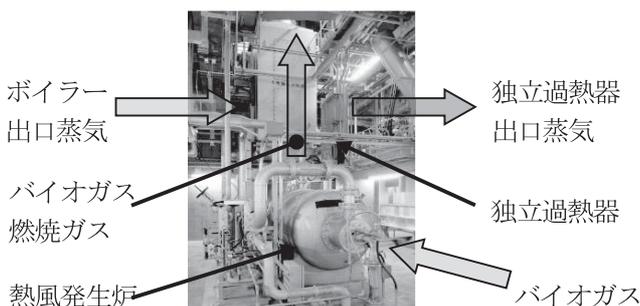


Fig. 7 Independent superheater

Table 2 Power generation efficiency

独立過熱器	発電出力 kWh	ごみ入熱 MJ/h	バイオガス入熱 MJ/h	発電効率 %
運転時	3,545	62,429	3,885	23.6%
停止時	3,584	63,202	0	21.0%

生炉停止時と運転時における発電効率について比較した結果を Table 2 に示す。独立過熱器による主蒸気温度の過熱により 2 ポイント超の効率向上が達成された。

2.3 運転実績

当社グループは本施設を 2014 年 4 月より運営を行っている。既に 7 年間の安定的に運営を行っている。

可燃ごみ施設の年度毎のごみ処理量と年間稼働日数を Table 3 に示す。

表の稼働実績より、安定して稼働を積み重ねていることがわかる。

Table 3 Operation results

年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019
年間処理量 (t/年)	36,560	39,260	37,314	37,452	38,095	39,118
施設稼働日数 (日)	351	353	347	355	354	355

3. おわりに

バイオガスによる独立過熱器を備える本システムは、同規模の焼却炉ボイラーに比べて発電効率のアップに寄与できる。また、固定価格買取制度 認定設備でもあり、バイオガス寄与分については、ガスエンジンと同様にバイオガス単価の適用を受けることができることから、今後の高効率発電システムのあり方の 1 つになると考えている。

引き続き、運転や整備データを蓄積し、長期スパンでの施設性能評価を行っていき、施設の安定運転に尽力すると共に、今度も独立過熱器を用いた複合施設にも取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 村田, 内田, 白井, 服部, 杉原, 上原: “可燃ごみによるバイオガス化施設の運転について”, 第 36 回 全国都市清掃会議
- 2) 内田, 谷口, 白井, 上原: “防府市クリーンセンター 低空気比燃焼運転の報告”, 第 36 回 全国都市清掃会議
- 3) 内田, 白井, 竹田, 服部, 杉原, 上原: “防府市クリーンセンター バイオガスを用いた独立過熱器の運転報告”, 第 36 回 全国都市清掃会議