

パネルボイラ式排熱回収発電システム



日立造船株式会社
環境事業本部 環境ソリューション設計部
プロジェクトグループ

グループ長 坂尾 浩嗣



日立造船株式会社
環境事業本部 環境ソリューション設計部
ソフト技術サービスグループ

堀井 裕太

1. はじめに

COP21において「パリ協定」が採択され、我が国の地球温暖化対策において廃棄物分野における一層のエネルギー回収が求められている。国内のごみ焼却施設に目を向けると、環境省の「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（平成26年度）」では国内のごみ焼却施設数は1,162施設で、そのうち、発電設備がない施設が824施設（全施設の約70%）となっており、こういった施設におけるエネルギー回収が、今後更に重要となってくる。

国内で発電設備がない施設が多い理由としては、我が国特有の地形が大きく関係し、ごみの収集効率を考えると100t/日以下の小規模なごみ焼却施設となる。そのため、費用対効果を考えると発電設備を設置することが難しかった。

近年、技術的な進歩で100t/日以下といった小規模なごみ焼却施設でも発電設備が増加傾向であるが、既存施設からの建て替えを考えるとインシヤルコストが大幅に増加し、国の財政難から環境省は既存施設の延命化を進めている。

既存施設の発電化に目を向けると、改造により発電を進めようとする自治体はごくわずかである。理由は、①改造に伴うコスト高、②発電化による運転管理の複雑化に対する懸念である。

こういった背景から、既存の発電設備がない施設への導入をターゲットとし、パネルボイラを開発した。また、開発のポイントとしては①改造コストの低減、②運転管理の容易性とした。

2. パネルボイラの特徴

図1にパネルボイラの概略図を示す。

パネルボイラは適用基準、適用規格に準じた設計を行うとともに、ごみ焼却炉の廃熱ボイラとして熱回収を十分に考慮し、長期の安定した連続運転が確保できるよう設計を行っている。

パネルボイラは四面の垂直な水管壁による放射伝熱部で構成され、ごみ焼却炉で発生した熱を吸収することにより燃焼ガスを冷却し、ボイラ出口温度を所定の温度まで下げ、吸収した熱で蒸気を発生させるものである。

以下にパネルボイラの基本設計方針を示す。

(1) ボイラ伝熱管の耐用

高温の燃焼ガス雰囲気下であるボイラガス入口は、耐火ライニングにより水管を保護することができる。また、水管表面の温度範囲を180～240℃に設定し、低温腐食と高温腐食を防止できる。

(2) ごみ焼却飛灰への対応

飛灰の付着による汚れを考慮した伝熱面積とした。また、パネル幅を必要十分な寸法とし、ガス速度を

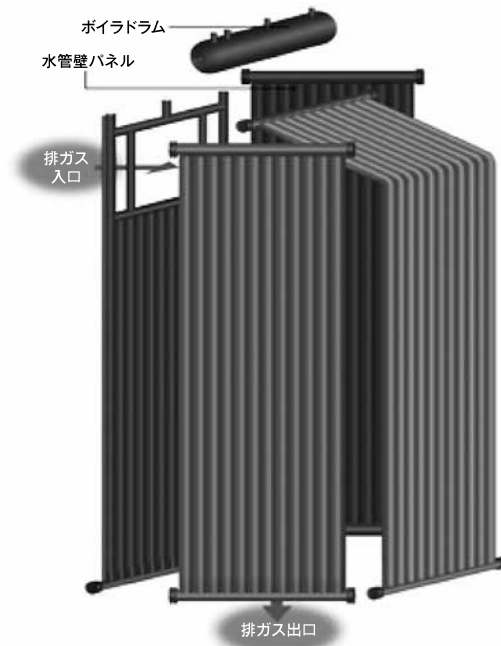


図1 パネルボイラ概略図

適正な速度に抑えることで、灰による管の摩耗、灰の固着を抑制できる。

(3) 多種多様なプラントへの対応

施設規模、設置スペースに合わせてパネル幅、長さ及びパネル枚数を増やすことで多種多様な焼却施設に対応できる。

(4) 小型発電設備に係る規制緩和への対応

2011（平成23）年3月に電気事業法施工規則等の改正が行われ、下記の条件を満たす汽力発電設備については、工場計画の届出とボイラ・タービン主任技術者の選任が不要となった。

- ① 発電出力が300kW未満
- ② 最高使用圧力が2MPa未満
- ③ 最高使用温度が250℃未満
- ④ タービン等の駆動部が発電機と一体のものとして一つの筐体（きょうたい）に収められているもの
- ⑤ タービン等の駆動部の損壊事故が発生した場合においても、破片が当該設備の外部に飛散しないように設置されるもの
- ⑥ ボイラが電気事業法の適用を受けず労働安全衛生法の適用を受けるものであること。

このことからパネルボイラの最高使用圧力を1.95MPa、最高使用温度を210℃とした。

3. パネルボイラ式排熱回収発電システム

パネルボイラで発生した蒸気はごみ焼用の空気加熱に使用し、残りをすべて発電に回すシンプルなシステムである。また、蒸気タービンの排気蒸気は温水生成等の余熱利用にも可能である。

容易に運転できるように、下記2点について自動制御を行う。

(1) ボイラドラムレベル制御

ボイラドラムのレベル制御は、ボイラドラムレベル制御ループをマスター（主）とし、その操作量にボイラ発生蒸気流量の測定値を加算した値を、スレーブ（従）となるボイラ給水流量制御ループの設定値として与えることにより、3つのループをカスケード接続した3要素制御を採用した。

ボイラドラムレベル制御ループの操作量をボイラ給水流量制御ループの設定値として与えるフィードバックのみの制御では、圧力変動等により蒸気量が増減した場合、ボイラドラムレベルはボイラ内（ボイラドラム及びボイラチューブ）の気泡の容積変動によりボイラドラムレベルが通常とは逆に蒸気量増でレベル高、蒸気量減でレベル低に変化する逆応答現象が発生する。これに対してボイラ給水流量が変化してしまい、結果的にボイラ内の保有水量が変動するため、

変動が収まった後に反動がでることになる。

ボイラ発生蒸気流量をフィードフォワードとした3要素制御では、蒸気量変動とレベル制御ループの操作量が相殺するため、逆応答現象が発生した場合も安定した制御が継続できる。更に通常運転時においても、蒸気量の変化が積算され、レベルの変化として現れる前に、給水流量を変化させることにより、制御系を長期的に安定させる。

(2) 蒸気圧力制御

パネルボイラは廃熱回収ボイラであり、焼却炉の排ガスを冷却しつつ、熱を回収して蒸気に変換し、発生した蒸気は工場内各機器に供給する。蒸気圧力はバイパス減圧装置(蒸気変換弁)により、減圧処理され、蒸気圧力を一定に保つ。

4. CO₂排出量の比較

表1に発電設備がない施設にパネルボイラを採用した場合の実績ベースでのCO₂排出量の比較を示す。

2炉運転中の実績データから1年間のごみ量を一定として年試算すると、買電量755MWh削減、CO₂排出量419t削減できる結果となった。

導入した工場は、ごみの搬入量が減少傾向にあり、基本

方針として2系統あるごみ焼却炉を交互運転するため、蒸気タービンの定格ポイントを1炉運転時の蒸発量から決定している。従って、施設の操業方法によっては更に発電量を向上できるシステムであり、他施設への広い展開が期待できる。

5. おわりに

2010(平成22)年度から、一般廃棄物処理施設の基幹的設備改良事業に対する支援が実施されている。また、2015(平成27)年度以降はエネルギー特別会計予算により、改良後の燃料・電力削減による処理量換算でのCO₂削減率が3%以上で事業費に対する交付金交付率1/2を活用できるようになった。施設性能を回復もしくは向上しつつ延命化することによって既存施設の有効利用が図られ、中長期的な財政負担が平準化・軽減することが期待されている。

冒頭で述べたように、我が国では発電設備がないごみ焼却施設が全施設の約70%であることから、基幹的設備改良事業への支援を活用しながら発電施設を増やしていくことで、従来施設より大幅にエネルギー回収を増加させることが可能である。

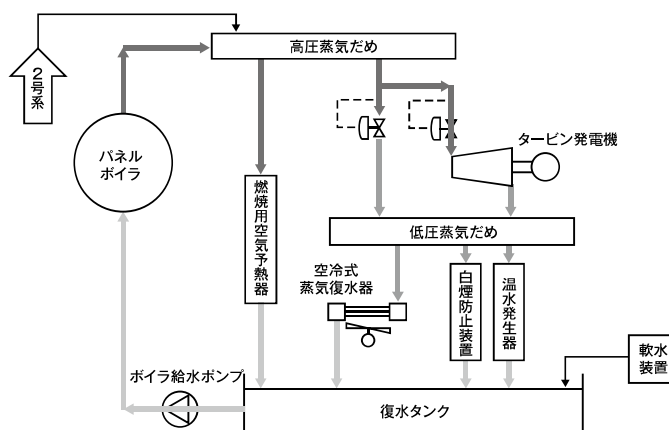


図2 発電システム例

表1 CO₂排出量の比較

項目	ガス冷却室+熱交換器	パネルボイラ+減温塔	差
排ガス熱回収量 (kW)	3,012	5,230	2,218
熱回収率 (%)	28.6	49.6	21
消費電力量 (MWh/年) ①	1,474	1,418	▲56
発電量 (MWh/年) ②	0	699	699
買電量 (MWh/年) ①-②	1,474	719	▲755
CO ₂ 排出量 (t/年)	818	399	▲419