

# 小規模ごみ焼却施設用パネルボイラ<sup>®</sup> 廃熱回収発電システム

国内のごみ焼却施設において、環境省の「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（令和元年度）」によると、発電設備を有するごみ焼却施設数は384施設（全体の36.0%）であることが報告されている。一方で、発電設備のない施設において既存施設の改造による発電設備化を進めようとする自治体は、改造コストや、発電化による運転管理の懸念により僅少である。

これに対し当社は、2050年カーボンニュートラルの実現に寄与するため、既存のごみ焼却施設への発電設備導入に取り組んでいる。本稿では、コストの低減、運転管理の容易性を特長とするパネルボイラ<sup>®</sup>について紹介する。



## キーワード

ごみ焼却発電施設、カーボンニュートラル、ボイラ炉、基幹的設備改良

## ■ 装置概要

図1にパネルボイラ<sup>®</sup>の概略図を示す。

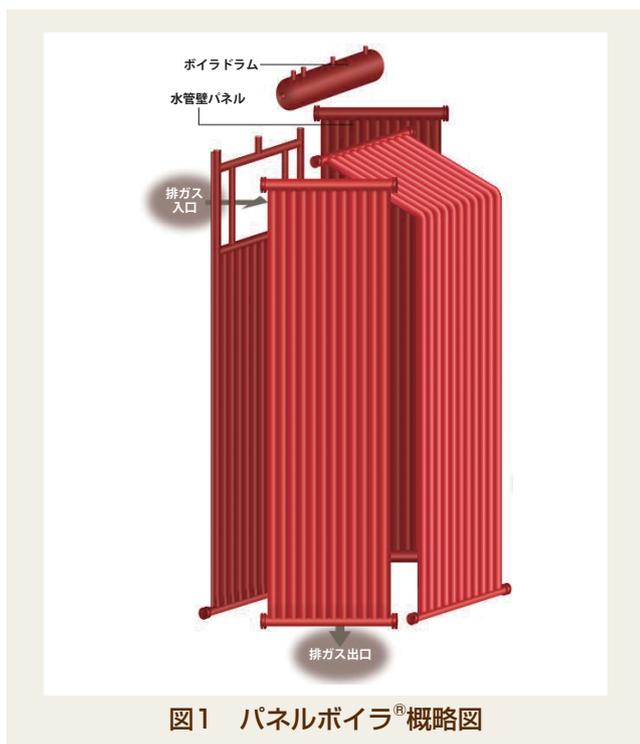


図1 パネルボイラ<sup>®</sup>概略図

パネルボイラ<sup>®</sup>は4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。

パネルボイラ<sup>®</sup>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。

以下にパネルボイラ<sup>®</sup>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。
  - ・ 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。
- 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。
  - ・ パネル幅を必要十分な寸法としガス速度を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。
- 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、長さおよ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可。
- ④小型発電設備に係る規制緩和への対応
 

労基ボイラとして使用する場合、パネルボイラ<sup>®</sup>の最高使用圧力を1.95MPa、最高使用温度を210℃とする事で、工事計画届出とボイラー・タービン主任技術者の選任が不要※。

※平成23年3月に電気事業法施行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、工事計画届出とボイラー・タービン主任技術者の選任が不要となった。

- a. 発電出力が300kW未満。
- b. 最高使用圧力が2MPa未満。
- c. 最高使用温度が250℃未満。
- d. 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。
- e. 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。
- f. 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。

## ■ 特徴

パネルボイラ<sup>®</sup>で発生した蒸気はごみ燃焼用の空気加熱に使用し、残りをすべて発電に利用する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への余熱利用が可能である。

運転を容易にするために以下の自動制御を行う。

#### 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)とす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、圧力変動による蒸気量変動時にボイラ給水流量が変動してボイラドラムレベル制御が不安定になることがある。例えば圧力低下によりボイラ蒸気流量が増加した場合、ボイラ内(ボイラドラムおよびボイラチューブ)の気泡の容積増加によりボイラドラムレベルが上昇し、ボイラ給水流量を低下させ、結果的にボイラ内の保有水量が低下する逆応答現象が発生する。

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、ボイラ発生蒸気流量の変動とボイラドラムレベル制御ループの操作量が相殺されるため、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。さらに通常運転時においても、ボイラ発生蒸気流量の変化が積算され、ボイラドラムレベルの変化として現れる前に、ボイラ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。

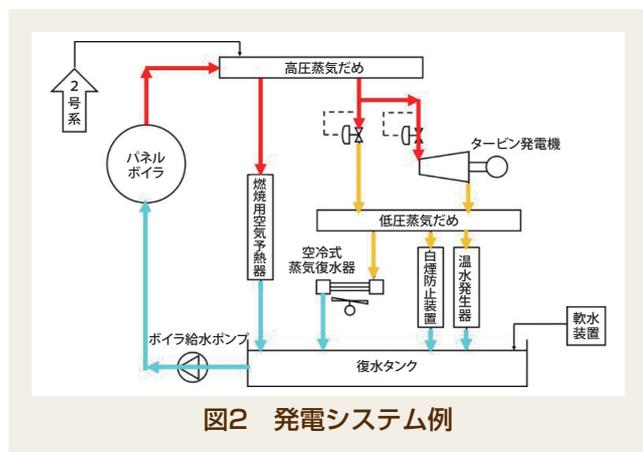


図2 発電システム例

#### ②蒸気圧力制御

パネルボイラ<sup>®</sup>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。蒸気圧力はパイパス減圧装置(蒸気変換弁)により、減圧処理され、蒸気圧力を一定に保つ。

### ■省エネ評価

発電設備が無い施設にパネルボイラ<sup>®</sup>を設置後(平成28年度工事完了)の熱回収率を表1に、年間のごみ処理量、消費電力量、発電量、買電量の変化及び買電量から算出したCO<sub>2</sub>排出量の比較を表2に示す。

表1より、パネルボイラ<sup>®</sup>を設置することで熱回収率が従来よりも21%上昇することがわかる。表2では、パネルボイラ<sup>®</sup>設置3年経過後の省エネ効果を示す。発電設備

表1 熱回収率(計画値)

項目	工事前	工事後	差
排ガス熱回収量[kW]	3,012	5,230	2,218
熱回収率[%]	28.6	49.6	21

表2 省エネ評価

項目	(A)工事前	工事後	(B)工事後3年経過	(A)と(B)の差
ごみ処理量[t-ごみ/年]	13,482	13,912	13,943	
消費電力量[MWh/年] (消費電力量[kWh/t-ごみ])	2,373 (176)	2,748 (198)	2,995 (215)	622 (39)
発電量[MWh/年] (発電量[kWh/t-ごみ])	0 (0)	983 (71)	1,176 (84)	1,176 (84)
買電量[MWh/年] (買電量[kWh/t-ごみ])	2,373 (176)	1,765 (127)	1,819 (131)	▲554 (▲45)
CO <sub>2</sub> 排出係数[t-CO <sub>2</sub> /kWh]	0.000555			
CO <sub>2</sub> 排出量[t-CO <sub>2</sub> /年] (CO <sub>2</sub> 排出量[kg-CO <sub>2</sub> /t-ごみ])	1,317 (98)	979 (70)	1,010 (72)	▲307 (▲26)

※焼却能力 工事前：35t/16h×2炉 工事後：49t/24h×2炉

の稼働率を上げるため、1日あたりの処理量を減らして焼却炉の運転日数を増やしたことにより、消費電力量は増加しているが、買電量は554MWh削減、CO<sub>2</sub>排出量は307t削減できていることが確認できた。ごみ1t当たりの数値からも省エネ効果が確認でき、基幹改良後も長期にわたってCO<sub>2</sub>排出量削減が可能であることがわかる。

### ■おわりに

平成22年度から、「循環型社会形成推進交付金」において、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として、既存施設の長寿命化及び地球温暖化対策が推進されており、2019年度からは「二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金(廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築事業)」が創設され、一般廃棄物処理施設の地域でのエネルギーセンターとしての活用が期待されている。

現在では、東北地方での基幹的設備改良工事において、2施設目のパネルボイラ<sup>®</sup>による発電設備化工事を行っており、更に発電設備化に興味を示している自治体が多い。今後も既存施設のエネルギーセンターとしての活用を積極的に提案することで、発電設備を持つごみ処理施設を増やしていく所存である。

### SDGsに貢献する技術

発電設備を有するごみ焼却施設数は全体の36.0%であることから、基幹的設備改良事業への支援を活用して発電設備化することで、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。再生可能エネルギーを利用することでCO<sub>2</sub>の排出量を低減し、2050年カーボンニュートラルに貢献するものと期待する。

#### 【問い合わせ先】

日立造船株式会社 環境事業本部  
設計統括部 環境ソリューション設計部  
(大阪)Tel: 06-6569-0108 Fax: 06-6569-0218  
(東京)Tel: 03-0604-0876 Fax: 03-6404-0879