

下水処理場における小型バイナリー発電による 排熱利用に関する共同研究

1 下水汚泥焼却設備からの未利用低位排熱の有効利用 下水汚泥焼却設備への小型バイナリー発電システムの適用

従来の下水処理場において、エネルギーとして利用されることのなかった下水汚泥焼却設備からの、低位排熱の温排水を利用した、小型バイナリー発電システムについて、その発電性能を実証試験により明らかにしました。

下水処理場の消費エネルギーの約9割が電力に起因することから、本システムの導入により、発電による**エネルギー消費量の削減**および**維持管理費の低減**が期待できます。さらに、**温室効果ガスの排出量の削減**にも貢献できます。

下水汚泥焼却設備に小型バイナリー発電システムを適用した場合の発電性能、エネルギー回収効果や温室効果ガス削減効果について技術マニュアルにまとめました。



写真-1 バイナリー発電機外観

2 技術の概要

バイナリー発電の構成、仕様、システムフロー

<バイナリー発電の構成>

本技術で使用するバイナリー発電は、図-1に示すように、加熱源により沸点の低い作動媒体を加熱・蒸発させて蒸気でタービンを回し発電する方式です。低沸点の作動媒体を使用するため、低位排熱エネルギーからの発電が可能です。発電端出力から運転に必要な動力がユニット内で消費され、その余剰分が送電端出力として供給されます。

発電機はスクリュータービンを採用し、潤滑油を含んだ作動媒体にシール性をもたせることで、高効率な発電性能を有しています。また、スクリュータービンと発電機ロータとを一軸一体構造とすることで作動媒体や潤滑油が漏れない構造となっています。

<バイナリー発電機仕様>

表-1にバイナリー発電機の仕様を示します。発電機の最大出力は72kW（正味の発電量60kW）です。作動媒体HFC245faは、沸点が大気圧下で約15℃と低いので、低位のエネルギーによる発電が可能です。また、オゾン破壊係数がゼロで環境負荷も少ない不燃性の不活性ガスです。尚、本小型バイナリー発電設備は電気事業法の規制緩和の対象仕様となっています。

<バイナリー発電システムフロー>

実証試験は、兵庫県加古川下流浄化センターの気泡式流動焼却炉設備（90 t/日）において実施しました。図-2に示すように発電は排煙処理塔で発生する低位排熱の循環水を加熱源とし、二次処理水による排煙処理塔冷却水を冷却源として行いました。排煙処理塔循環水及び冷却水は下水処理水を利用するため、熱交換器の腐食が懸念されることから、本実証試験では、耐食性を有するチタン製の熱交換器を使用しました。

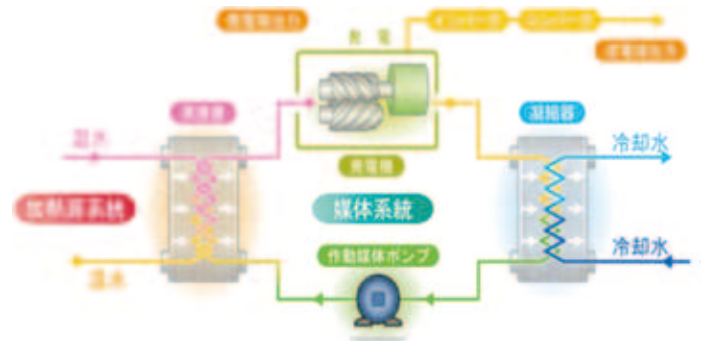


図-1 バイナリー発電の構成

表-1 バイナリー発電機仕様

項目	仕様
出力	最大発電端出力：72kW
熱源	温水（70℃以上 95℃以下）
作動媒体	HFC245fa（沸点：約15℃）
サイクル	ランキンサイクル
膨張機	スクリュ式

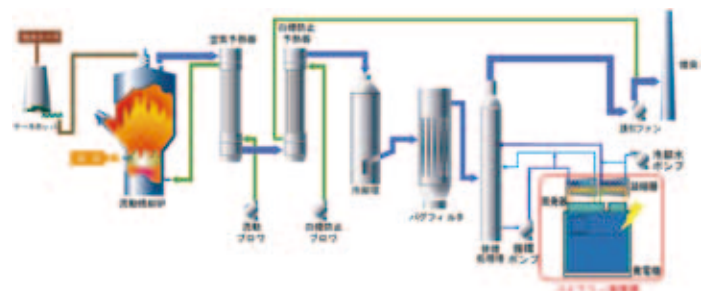


図-2 排煙処理塔循環水および二次処理水を使用したバイナリー発電システムフロー

3 実証試験結果

発電性能, 耐食性能, 導入効果

<発電性能>

図-3に試験結果の一例として温水流量 80 m³/h, 冷却水流量 125 m³/hにおける送電端出力と発電効率の結果を示します。冷却水温度は季節により変動し, 冷却水温度が低くなる冬季に最も送電端出力が大きくなり, 温水温度が77°Cの時に約35kWの出力が得られる結果となりました。送電端発電効率(蒸発器で回収されたエネルギーに対する送電端出力の割合)は概ね4~5%であり, 送電端出力と同様に冬季の方が高くなる結果となりました。

<耐食性能>

ステンレス鋼で懸念される孔食は発生しなかったことから, 下水処理水を使用する条件においては, チタンは十分な耐食性を有しているものと考えられます。実証実験終了後に熱交換器の分解点検を行いました。写真-2には凝縮器のプレート状況を示します。プレート上に均等に付着物が確認されましたが, 高圧水による洗浄で簡単に除去できるものでした。

<導入効果>

- ①経済性評価(B/C)の試算例を表-2に示します。20年間の「C:建設費・維持管理費合計」に対する「B:発電による電力削減費」の比率で評価しています。焼却炉の規模は3ケースを想定し, 稼働日数は330日, 電力単価は12円/kWhと15円/kWhの2ケースにより経済性評価を行いました。この結果, CSAE1において電力単価12円/kWhとした場合を除き, B/Cが1以上となり経済的に成り立つ結果となりました。
- ②表-2に温室効果ガス削減効果の試算結果を示します。本技術の導入により電力由来の温室効果ガスの削減効果が十分期待できる結果となりました。

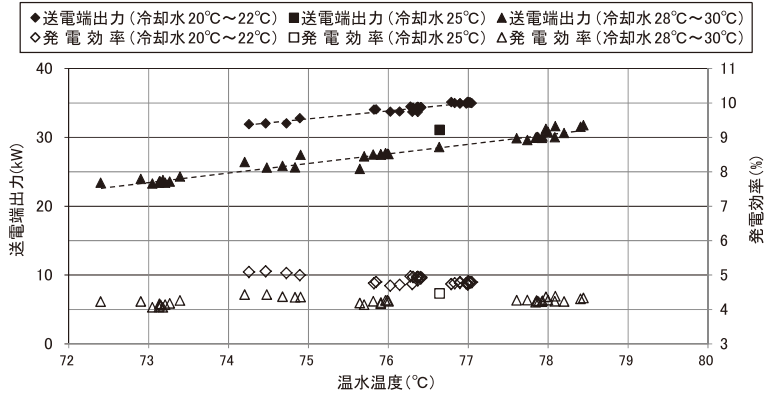


図-3 発電性能(温水流量 80 m³/h, 冷却水流量 125 m³/h)

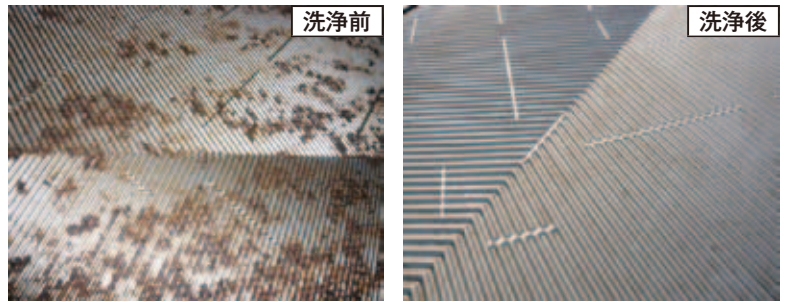


写真-2 凝縮器プレート状況

表-2 導入検討の試算

項目	単位	CASE1	CASE2	CASE3	備考
焼却処理能力	(t/日)	50	100	200	
建設費(国庫補助控除)	百万円	21.2	21.2	40.4	補助率 2/3
維持管理費	百万円/20年	39.9	39.9	79.8	
発電による電力削減費	百万円/20年	-48.9	-61.6	-123.2	電力単価(12円/kWh)
		-61.1	-77.0	-154.0	電力単価(15円/kWh)
B/C	—	0.80	1.00	1.02	電力単価(12円/kWh)
		1.00	1.26	1.28	電力単価(15円/kWh)
年間発電量	kwh/年	203,544	256,608	513,216	年間稼働日数:330日
CO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /kWh	0.000525	0.000525	0.000525	東京電力(2012年度実績)
年間CO ₂ 削減量	t-CO ₂ /年	106	134	269	

4 技術マニュアル - 2014年3月発行 -

「下水処理場における小型バイナリー発電の導入マニュアル」は, 下水汚泥焼却設備へのバイナリー発電システムの適用性能を評価するとともに, 本システムを導入することにあたっての計画, 設計, 施工, ならびに維持管理等に係る技術的事項についてまとめたものであります。

下水処理場における小型バイナリー発電の導入マニュアル

-2014年3月-

公益財団法人 日本下水道新技術機構

目次

第1章 総則

第2章 バイナリー発電システムの概要

第3章 バイナリー発電の適用性能

第4章 適用に係る経済性および温室効果ガス削減の評価

第5章 計画・設計上の留意点

第6章 設備の設計

第7章 設備の施工・試運転

第8章 設備の維持管理

第9章 バイナリー発電設備の適用可能性

資料編

共同研究者: (株)神鋼環境ソリューション

