

新型汚泥焼却設備 (OdySSEA(オデッセア))

JFEエンジニアリング株式会社
環境本部 開発センター

馬場 圭

日本下水道事業団
技術開発室

総括主任研究員 新川 祐二

川崎市上下水道局
下水道部 下水道計画課(技術開発担当)

担当係長 成島 正昭

1. はじめに

わが国の地球温暖化対策は、2016年5月に「地球温暖化対策計画」が策定され、中期目標の達成に向けて取り組むことが基本方針として示された。2021年3月には「地球温暖化対策の推進に関する法律」が改正され、2050年カーボンニュートラルを基本理念として法に位置づけることが定められた。下水道事業においては、脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会にて、下水道が有するポテンシャルの最大活用、温室効果ガスの積極的な削減、地域内外・分野連携の拡大・徹底が方針として示されている。

下水汚泥焼却設備は消費エネルギーが大きく、排ガス中には温室効果ガスである一酸化二窒素(N_2O と記載)及び大気汚染物質である窒素酸化物(NOx と記載)が多く含まれるため、温室効果ガス削減とともに、大気保全の観点から NOx の削減も求められている。

これらの背景より、下水汚泥焼却設備における未利用廃熱の有効活用と温室効果ガス(N_2O 、二酸化炭素(CO_2 と記載))、大気汚染物質(NOx)の同時削減は大きな課題であり、その解決のために、JFEエンジニアリング株式会社、日本下水道事業団、川崎市上下水道局は、国土交通省

が実施する下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト^{*1})の採択を受け、2017、2018年度に、焼却廃熱の回収による高効率発電技術、及び N_2O と NOx を同時削減する局所攪拌空気吹込み(二段燃焼)技術についての性能確認と技術確立を行った。

※1：国土交通省が実施する下水道革新的技術実証事業(Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project)であり、国土技術政策総合研究所の委託研究として実施

2. 開発装置の概要

本設備の概略フローを図1に示す。既設の下水汚泥焼却設備に廃熱ボイラと蒸気タービン発電機を設置して発電を行うもので、既設の従来型焼却設備の排ガスを廃熱ボイラに引き込み、廃熱を回収した後に既設の排ガス処理設備に戻すフローとなっている。蒸気タービン発電機には復水式蒸気タービンを採用している。

また、焼却炉本体には、燃焼空気の一部を分岐してフリーボード(FBと記載)部に吹き込む局所攪拌空気吹込み設備を設置して N_2O 、 NOx を同時に削減する。

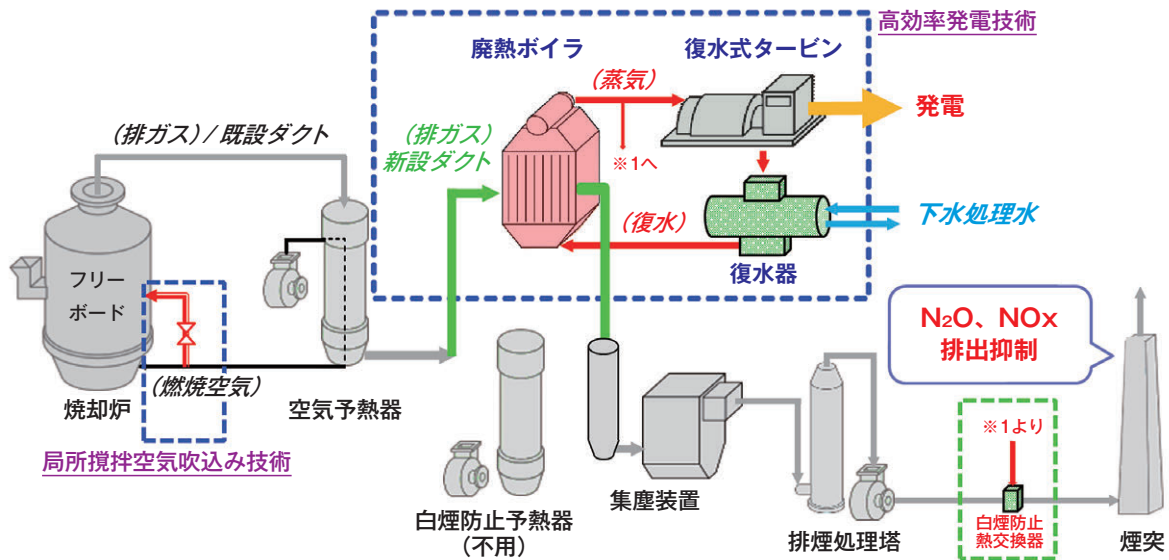


図1 本設備の概略フロー

(1) 高効率発電技術

下水污泥焼却における発電技術の比較を図2に示す。

これまで、国内下水污泥焼却炉の大半を占める約200wet-t/日(約52DS-t/日)以下の焼却炉では、得られる余剰熱量が少なく、発電効率を可能とするタービンの導入が困難であるという課題があった。この課題解決のため、JFEエンジニアリング株式会社は、脱水污泥約60~300wet-t/日(約15.6~78DS-t/日)においても、高効率発電を可能とする小型復水式蒸気タービンを新たに設計・開発した(写真1)。

さらに、豊富な下水処理水を復水器の冷却水として活用し、タービン入口と出口のエネルギー差(温度差、圧力差)を増加させることで発電効率の最大化を図った。

なお、発電設備は排ガスダクトを切り回すことで

設置可能であるため、新設のみならず既設焼却炉への追加設置が可能である。

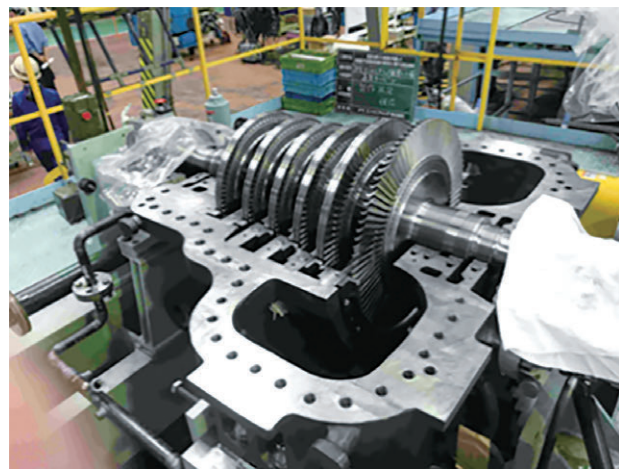


写真1 小型復水式蒸気タービン

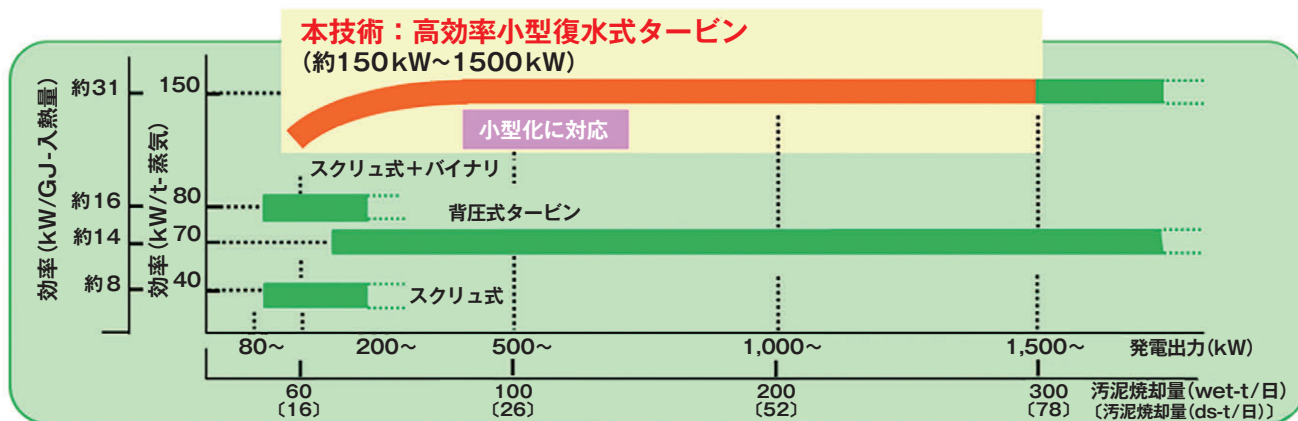


図2 発電技術の比較

(2) 局所攪拌空気吹込み技術

N₂O削減技術として、燃焼空気の一部を分岐してFB部に効率的に吹き込む、局所攪拌空気吹込み技術を導入してN₂O、NO_x排出量同時削減を実現した。局所攪拌空気吹込み技術の概略図を図3に、設置状況を写真2に示す。

本技術は炉付近の限られたスペース(2.5×2.0m程度)に設置可能であるため、低コストであるとともに、既設焼却炉付帯機器との干渉が少なく追加設置が容易である。

これらの独自性を有する本技術を適用することで、CO₂の約300倍の影響力を持つ温室効果ガスであるN₂Oの削減が可能である。

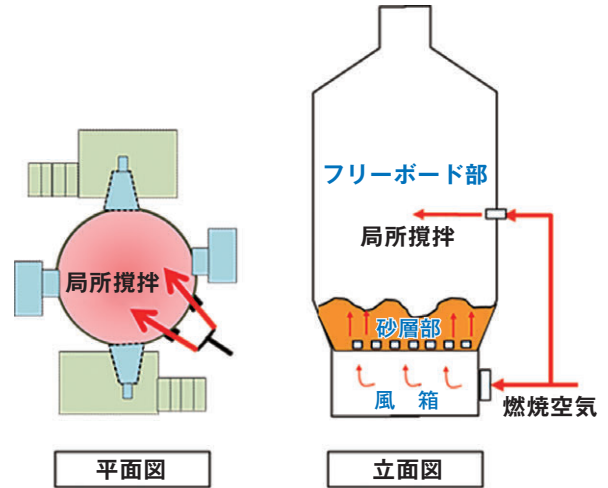


図3 局所攪拌空気吹込み技術概要

3. 開発経緯

(1) 開発の目標

広く国内外への普及を図ることを目的に、以下を目標として本設備を開発した。

- 脱水污泥60～300wet-t/日の中大規模焼却炉に適用できる、高効率発電を可能とする小型復水式蒸気タービン技術を開発すること
- 局所攪拌空気吹込み技術は局所攪拌空気吹込みがない場合に比べN₂OとNO_xを同時に50%以上削減でき、N₂Oは他の多段吹込燃焼式流動床炉等以下に削減できること
- 既設焼却設備への追加設置が容易であること



写真2 局所攪拌空気吹込み技術設置状況

(2) 開発経緯

- 2010年度 ……局所攪拌空気吹込み技術の実験室規模の基礎研究開始
- 2013年度 ……高効率発電技術の実験室規模の基礎研究開始
- 2013～2016年度 ……JFEエンジニアリング株式会社と川崎市上下水道局による局所攪拌空気吹込みに関する共同研究を実施し技術を構築
- 2015～2016年度 ……日本下水道事業団とJFEエンジニアリング株式会社の共同研究「焼却発電設備の導入促進に向けた技術開発」としてフィージビリティスタディーを実施し、技術を構築
- 2017～2018年度 ……国土交通省が実施する下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)に採択。川崎市入江崎総合スラッジセンター(3系)に高効率発電技術及び局所攪拌空気吹込み技術を適用した実施設(150 wet-t/日)を設置し運転
- 2019年度～ ……B-DASHプロジェクト実証研究完了後、自主研究を実施し、現在まで継続中

4. 性能

(1) 高効率発電技術

各季節の定格負荷（150wet-t/日）における高効率発電技術運転結果を表1に示す。

冬季は焼却炉の安定運転ができず、炉内温度上昇に熱量を要したため、低い発電量となっている。なお、焼却炉の安定運転ができなかった冬季を除き、春季、夏季、秋季は低含水汚泥での運転結果を併記した。

焼却炉の安定運転ができなかった冬季を除き、季節ごとの含水率等の汚泥性状の変化に伴い、焼却炉への投入熱量が変化し、投入熱量に応じた発電量が得られ、安定した発電運転が可能であることを確認した。なお、低含水汚泥での試験を実施した期間において、焼却設備消費電力と発電設備消費電力の合計値を発電出力が上回る電力自立を確認した。

なお、実証設備の焼却炉は補助燃料を使用せず自然しており、投入熱量に補助燃料由来の熱量は含まれていない。

(2) 局所攪拌空気吹込み技術

2018年度、B-DASHプロジェクトを実施した3系焼却設備において、局所攪拌空気吹込みを実施することにより、N₂O排出係数及びNO_x排出濃度を同時に50%以上低減させることが可能であること、N₂O排出係数は、多段吹込燃焼式流動床炉等のN₂O削減技術と同程度（0.263 kg-N₂O/wet-t）^{※2}以下に低減できることを確認した。

2021年度に、実証結果を基に構築した制御システムを組み込んだ局所攪拌空気吹込み技術を、隣接する焼却設備に水平展開した。実証焼却炉と導入した隣接焼却炉は同型である。

前記隣接焼却設備における2021年7月から9月までの運転結果を図4に示す。調査期間において汚泥投入量は焼却設備の定格負荷量である150（wet-t/日）でおおむね運転しており、調査期間中の平均N₂O排出係数は0.185（kg-N₂O/wet-t）であった。また、汚泥投入量が少ない（120（wet-t/日）程度以下）条件を

表1 季節ごとの高効率発電技術運転結果（太字下線部は電力自立）

	春季		夏季		秋季		冬季
	定格	低含水	定格	低含水	定格	低含水	定格
焼却量(wet-t/日)	150	138	150	136	151	140	154
含水率(%)	74.7	71.6	72.9	72.2	75.6	73.1	75.0
投入熱量(GJ/h) ^{※1}	14.9	17.8	16.6	18.8	14.8	15.8	15.4
発電出力(kW)	420	690	605	730	448	683	385 ^{※2}
消費電力(kW)	529	559	552	563	567	569	560

※1：脱水汚泥(焼却炉投入汚泥)の熱量

※2：焼却炉の安定運転ができず、炉内温度上昇に熱量を要したために、低い発電量となっている

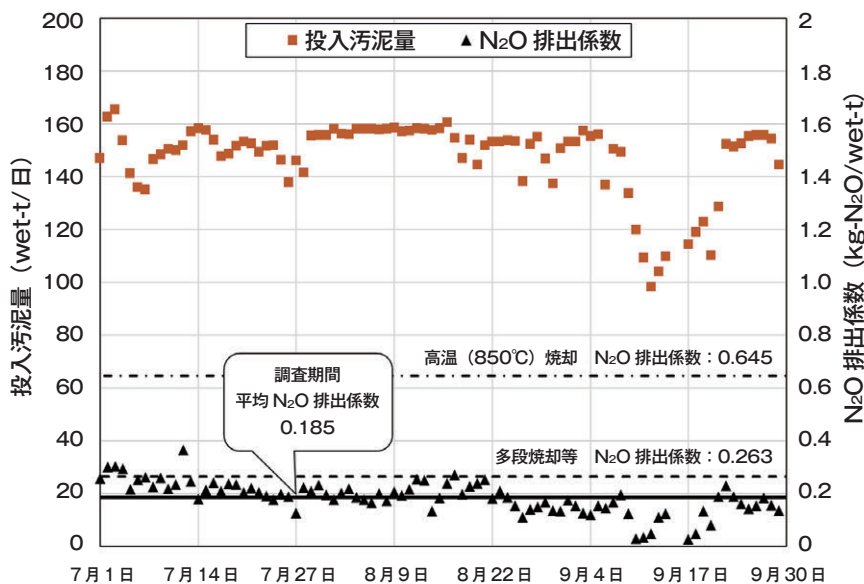


図4 2系での連続運転結果

除外した場合は0.195 (kg-N₂O/wet-t) であり、多段吹込
 燃烧式流動床炉等のN₂O排出係数0.263 (kg-N₂O/
 wet-t) ^{*2}と同等以下になることを確認した。

5. 導入効果

本設備を導入した場合の温室効果ガス排出量削減効果
 の試算条件を表2に、従来の流動床式焼却設備を従来
 技術として比較した結果を図5に示す。ここで、従来技術
 は高温焼却 (850℃) 対応焼却炉のN₂O排出係数0.645
 kg-N₂O/wet-t^{*2}を用いた。

本設備を導入することで、温室効果ガス排出量は局所
 攪拌により52%、高効率発電により18%、合計70%の
 削減が期待できることが示された。

※2：下水道における地球温暖化対策マニュアル～下水道部門における
 温室効果ガス排出抑制等の指針～ 2016年3月 環境省・国土交通省

6. 将来性

カーボンニュートラルに向け温室効果ガス削減の
 必要性は高く、污泥焼却炉での廃熱利用技術の適用は
 重点施策(「下水道事業におけるエネルギー効率に優れた
 技術の導入について」国水下水第38号通知(通知年度：
 2017年))となっている。国内既設焼却炉の内、高効率
 発電技術は58%(150基)に、局所攪拌空気吹込み技術は
 81%(208基)に適用可能である。

よって、適用範囲が広く、かつ環境課題、施策に合致
 した本設備導入の可能性は高く普及が期待される。

また、カーボンニュートラルは国内のみならず世界に
 おいて重要な課題であり、海外への展開も期待される。

表2 試算条件

項目		内容
含水率 [*]	%	74.0
有機分 [*]	%	86.4
高位発熱量 [*]	kJ/kg-DS	19,890
処理規模	wet-t/日	150
炉形式	—	流動床式焼却炉

※数値は実証フィールドにおける分析結果の平均値

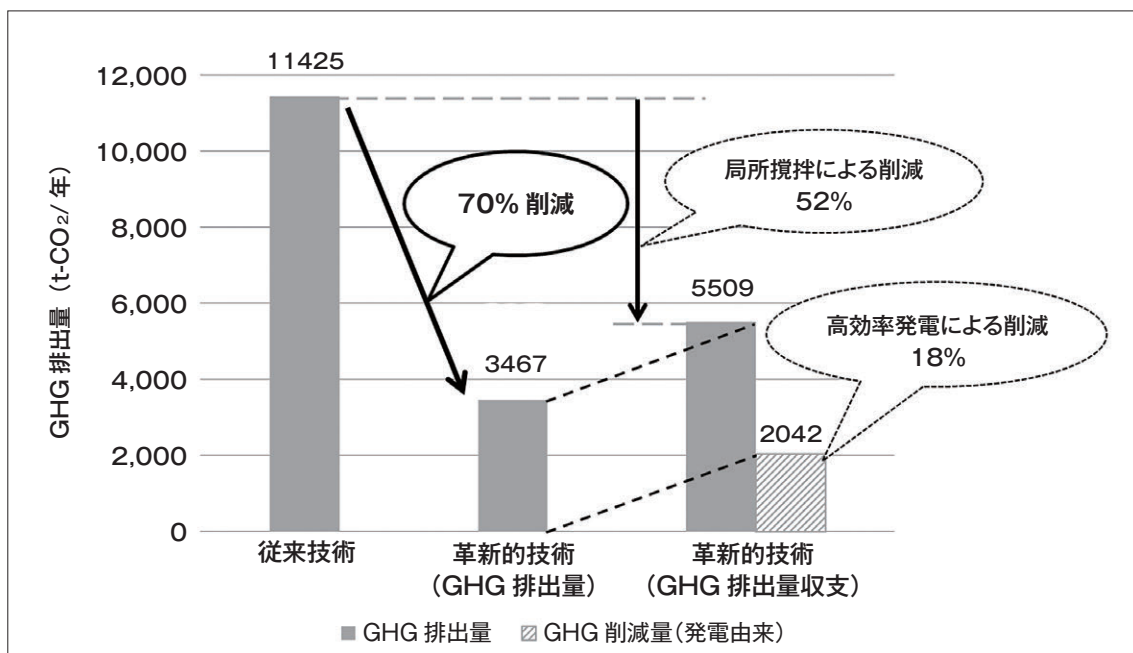


図5 温室効果ガス削減効果