

# 階段炉下水汚泥焼却発電システム

株式会社タクマ  
プロジェクトセンター  
水処理技術部

主幹 中西 讓

株式会社タクマ  
プロジェクトセンター  
水処理技術部

課長 水野 孝昭

株式会社タクマ  
プロジェクトセンター  
水処理技術部

部長 芹澤 佳代

## 1. はじめに

地球温暖化に伴う気候変動の問題は、国際社会における喫緊の課題である。日本においても2050年のカーボンニュートラル実現に向け、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指した上で更に50%の高みに向けて挑戦し続けるため、様々な取り組みを推進している。

下水道分野では2019年度実績値として約72億kWhの電力を消費し、約530万t-CO<sub>2</sub>の温室効果ガスを排出している。温室効果ガス排出量の内訳としては、処理場での電力消費量が約54%を占め、汚泥焼却工程におけるN<sub>2</sub>O\*排出も20%を占めている。

\* N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>の約300倍の温暖化係数を有する温室効果ガス

一方、下水汚泥は、その有する有機物の全エネルギーを熱量として換算した場合、下水処理場の年間電力消費量の約1.6倍に相当する約120億kWhにもものぼるなど、地域資源の再エネとして脱炭素社会に貢献しうる高いポテンシャルも有している。<sup>1)</sup>

当社の階段炉下水汚泥焼却発電システム(以下、本システムと記す)は、焼却廃熱のカスケード利用により汚泥の持つエネルギーを無駄なく最大限有効に活用することで、下水汚泥の乾燥と発電を両立する。さらに従来の焼却システムと比べてN<sub>2</sub>Oの排出量が大幅に少なく、脱炭素社会の実現に貢献できるシステムである。

## 2. 階段炉下水汚泥焼却発電システムの特徴

### (1) システムの概要

階段炉下水汚泥焼却発電システムの概略フローを図1に示す。本システムは、階段炉(階段式ストーカ炉)、廃熱ボイラ、蒸気発電機、汚泥乾燥機で構成される。含水率が80%程度ある下水汚泥の焼却処理において、燃焼熱を廃熱ボイラで回収して汚泥乾燥と蒸気発電に利用することにより、補助燃料である化石燃料を使用せずに焼却を行い、更に電力を創出することができる。

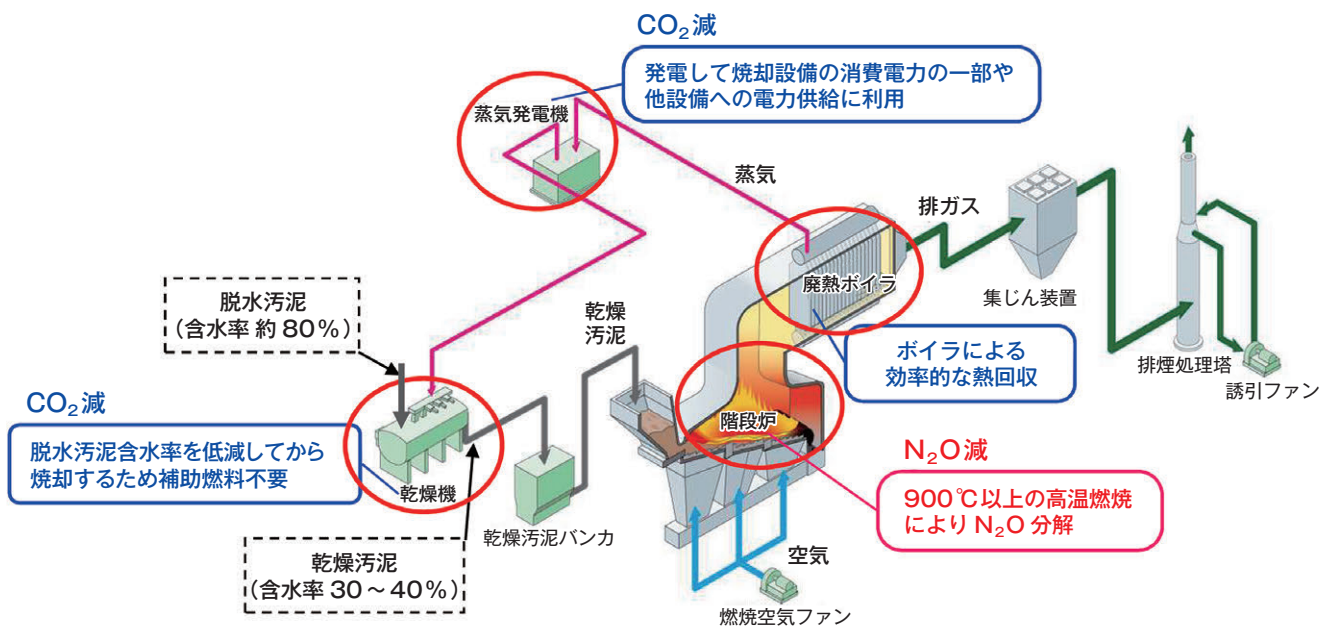


図1 階段炉下水汚泥焼却発電システムの概略フロー

## (2) システムの特徴

### ① 階段炉の採用による、低消費電力

下水汚泥焼却炉として広く用いられている流動炉は、燃焼空気ブロウによって砂層を流動させながら焼却を行う。それに対して階段炉は、ストーカと呼ばれる火格子をゆるやかに前後に動かし、隙間から空気を挿入して汚泥と空気を効率的に接触させながら汚泥を燃焼させる。燃焼空気ファンは低圧で消費電力が少ないため、従来型流動炉と比較してシステム全体の消費電力が4割程度低い。ストーカの構造を図2に示す。

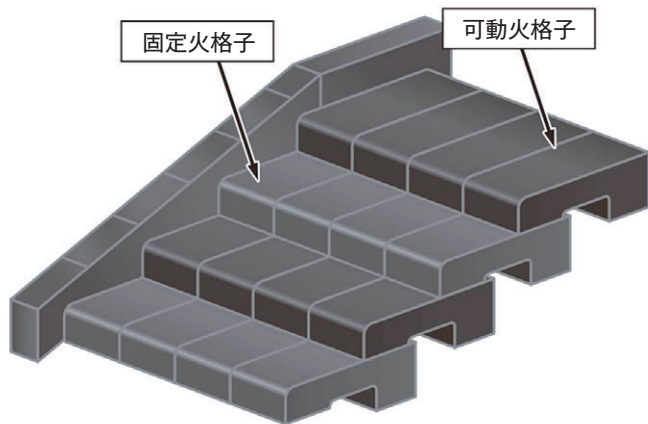


図2 ストーカの構造

### ② 焼却廃熱を最大限活用して蒸気発電を行い、エネルギーを創出

廃熱ボイラにより排ガスの熱を蒸気で回収し、蒸気発電を行う。消費電力の低い階段炉と組み合わせることで、一定規模以上では発電電力が消費電力を上回る創エネルギーを実現できる。

### ③ 焼却廃熱を利用した乾燥機で下水汚泥を乾燥し、化石燃料による助燃が不要

発電に利用した後の蒸気を乾燥機の熱源に利用し、含水率80%程度の下水汚泥を含水率30~40%程度まで乾燥させ、炉内で自燃させる。

### ④ 下水汚泥焼却に伴うN<sub>2</sub>O発生量を従来の1/6~1/10に低減

乾燥させた下水汚泥は階段炉で炎を上げて高温で燃焼するため、下水汚泥の焼却に伴うN<sub>2</sub>Oの発生量が従来型焼却炉と比べて1/6~1/10と低くなる。

### 3. 導入事例

本システムを導入した札幌市西部スラッジセンター新1系の事例を紹介する。

#### (1) 設備概要

- 発注者：札幌市下水道河川局事業推進部施設保全課
- 建設場所：西部スラッジセンター(札幌市手稲区)
- 施設規模：100t/日×1炉
- 炉形式：階段式ストーカ炉
- 廃熱利用：乾燥設備、結露防止設備、蒸気発電設備(蒸気発電機、バイナリ発電機)
- 発電出力：約200kW(発電端)
- しゅん功：2021年8月26日

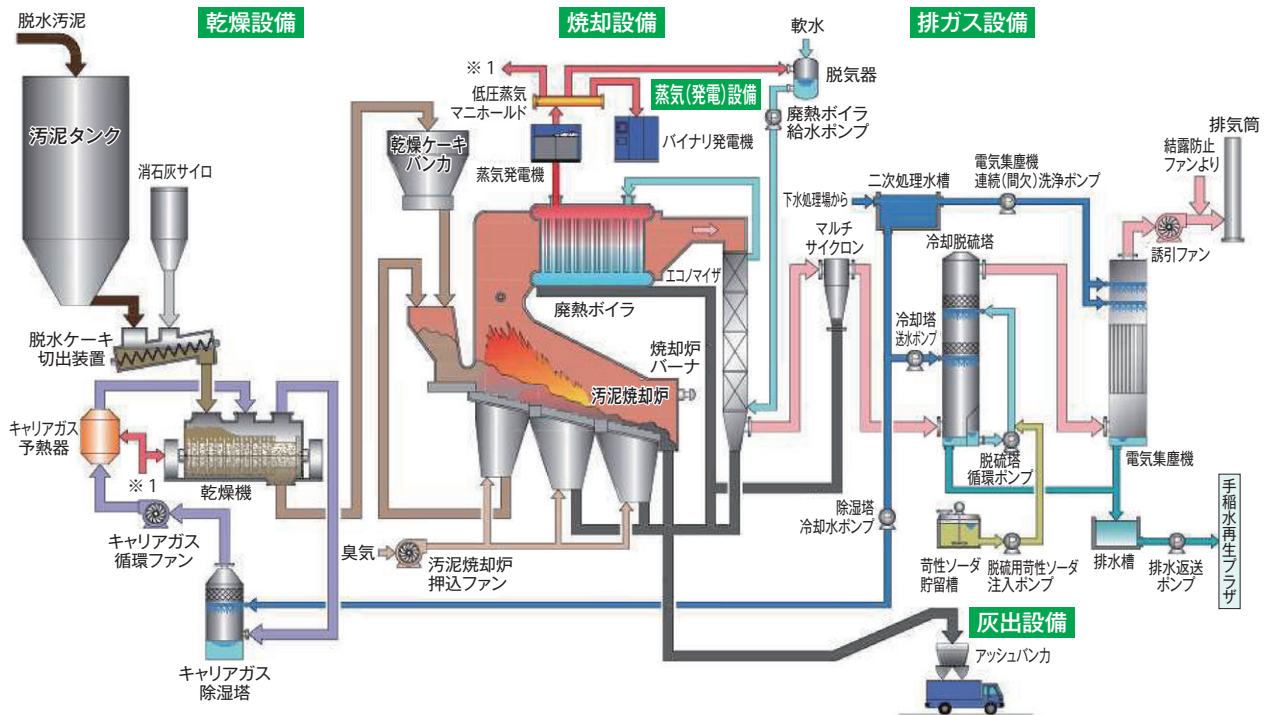


図3 札幌西部スラッジセンター新1系 設備フロー

#### (2) 運転データ

運転データの例として、本性能試験時(3日間72時間連続運転)におけるデータを抜粋して示す。

##### ① 運転電力

札幌西部新1系のプラント消費電力及び発電電力の例を表1に示す。プラント消費電力250kWに対する発電電力207kWの割合は約83%となり、乾燥設備及び焼却設備で使用する電力の8割以上を発電電力で賄えることを確認した<sup>2)</sup>。

##### ② 補助燃料使用量

定常運転状態において、補助燃料である重油使用量は0Lであり、安定した自燃運転が可能であることを確認した。

表1 札幌西部新1系 電力データの例

プラント消費電力		発電電力(送電端)	
名称	kW	発電機名称	kW
乾燥設備	89	蒸気発電機	131
焼却設備	84	バイナリ発電機	76
その他設備	77		
合計	250	合計	207

### ③ N<sub>2</sub>O排出量

脱水污泥の性状及びN<sub>2</sub>O測定結果を表2に示す。表2より本施設でのN<sub>2</sub>O単位排出量を算出する。

$$\begin{aligned} \bullet \text{ N}_2\text{O 排出量【kg/h】} &= Q \times C \times 10^{-6} \times \\ &\quad \text{N}_2\text{O 分子量(kg/kmol)} \div \text{標準状態気体モル体積(m}^3\text{N/kmol)} \\ &= 12,400 \text{ m}^3\text{N/h-dry} \times 6 \text{ ppm} \times 10^{-6} \times 44 / 22.4 \\ &= 0.146 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Q：排気筒入口乾きガス流量：12,400m<sup>3</sup>N/h-dry

C：排気筒入口N<sub>2</sub>O濃度：6ppm

$$\begin{aligned} \bullet \text{ N}_2\text{O 単位排出量【kg-N}_2\text{O/DS-t】} &= (\text{N}_2\text{O 排出量}) \div (\text{污泥中固形物量}) \\ &= 0.146 \text{ kg/h} \div (102 \text{ t/日} \times (100\% - 76.5\%)) \\ &\quad \div 24 \text{ h/日}) \\ &= \mathbf{0.146 \text{ kg-N}_2\text{O/t-DS}} \end{aligned}$$

污泥中固形物量：脱水污泥量 × (100 - 脱水污泥含水率)

脱水污泥量：102t/日

脱水污泥含水率：76.5%

従来型流動炉の850℃燃焼時の省令値である0.645kg-N<sub>2</sub>O/t-wet<sup>3)</sup>より算出した固形物基準のN<sub>2</sub>O単位排出量2.745kg-N<sub>2</sub>O/t-DS(脱水污泥含水率を76.5%と仮定)に対し、0.146kg-N<sub>2</sub>O/t-DSと約95%低減した値となり、N<sub>2</sub>O排出量を大幅に削減できることを確認した。

表2 脱水污泥の性状及びN<sub>2</sub>O測定結果

項目	単位	
脱水污泥処理量	t/日	102
脱水污泥含水率	%	76.5
排気筒入口湿りガス量	m <sup>3</sup> N/h	12,800
排気筒入口乾きガス量	m <sup>3</sup> N/h	12,400
排気筒入口N <sub>2</sub> O濃度	ppm	6

## 4. おわりに

当社が開発した污泥焼却発電システムは、下水污泥を廃棄物として衛生処理するとともに、都市型バイオマスとしてエネルギー利用することにより、これまで大量のエネルギーを費やしてきた下水污泥焼却をエネルギーを

創出するシステムへと転換することができる。本システムはこれまで3件のプラントを受注しており、これから下水道分野における省エネ、創エネ、温室効果ガス削減に貢献できるものと確信している。

### <参考文献>

- 1) 国土交通省 HP：https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd\_sewerage\_tk\_000124.html (2023年3月3日確認)
- 2) 村岸弘基、中西譲、水野孝昭、札幌市西部スラッジセンターにおける下水污泥焼却発電システムの試運転報告、タクマ技報 VOL.30NO.1(2022)
- 3) 経済産業省・環境省令第三号：特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令(2006)