

地球温暖化対応下水汚泥焼却炉 階段式汚泥焼却炉



エンジニアリング統轄本部プロジェクトセンター水処理技術部

〒660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町2-2-33

TEL 06-6483-2701

FAX 06-6483-2766

1. 背景および開発経緯

(1) 背景

下水汚泥は年間約500万トン発生しており、約70%は埋立地への負荷低減として焼却処理されている（平成21年度下水道統計より）。一方、地球温暖化対策が叫ばれる中、下水処理からの温室効果ガスは年間約700万t-CO₂発生しており、そのうち25%が下水汚泥焼却時のN₂O発生によるものである。

温暖化対策として国土交通省から平成21年3月に「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」が発行され、納入事例の多い気泡式流動炉の運転温度を800℃から850℃に上げることによりN₂O発生量を約60%削減できると算定している。しかし、燃焼温度を50℃上げるためには新たに補助燃料として化石燃料の投入が必要となり、それに伴うCO₂が発生するという問題がある。

また近年、下水汚泥の最終処理として、炭化により燃料化させ、火力発電所等の燃料とする方法により、温室効果ガスを低減させる手法が確立されつつある。しかし、安定的な引き取り先の確保や、輸送費等の問題がある。

こうした状況において、化石燃料使用量を極力抑え、N₂O発生を低減でき、かつ従来のように下水処理場において焼却処理が完結できる焼却炉として階段式汚泥焼却炉の採用が有効であると考えられる。

(2) 開発経緯

階段式汚泥焼却炉の開発は昭和47年の札幌市豊平川下水処理場での高カロリーケーキの焼却計画に伴って開始され、その原型は以前からの実績を有する低質炭を燃料としたボイラである。その燃焼装置をベースとし、各種の燃焼実験を行い、下水汚泥専用炉としての開発を進め昭和48年に納入し、運転開始に至る。

昭和56年には札幌市手稲下水汚泥焼却センターで高分子系脱水ケーキの乾燥・焼却システムが運転を開始し、蒸気式乾燥プロセスを導入することにより、低空気比・省エネルギー焼却が可能となることも実証されてきた。

階段式汚泥焼却炉は現時点で20基の納入実績があり、近年の汚泥の高カロリー化に対し最も適応性の高い炉であるとの確証を得ている。

近年地球規模での温室効果ガス低減のための下水汚泥の処理方式が各種提示される中で、階段式汚泥焼却炉による処理方式が、十分効果のある処理方式であることを、各種データにより確認した。

2. 装置説明

(1) 焼却システム

焼却システムの考え方には2通りあり、ひとつは、脱水ケーキを乾燥して炉へ投入する方式（乾燥焼却システム）、今ひとつは直接脱水ケーキを炉へ投入する方式（直投入焼却システム）である。

階段式汚泥焼却炉においては、焼却により発生する廃熱を蒸気ボイラにて熱回収し、回収した熱の有効利用と燃焼の安定性を目的として、脱水ケーキを乾燥させる乾燥焼却システムを採用している。乾燥プロセス導入により、高水分ケーキを炉内に投入する場合と比較し、炉内での水分蒸発量が少なくなることから、下記のメリットが得られる。

- ①高温燃焼（900℃以上）ができる
- ②安定した自燃運転ができる
- ③排ガス処理設備容量を小さくできる

(2) 階段式汚泥焼却炉の構造

階段式汚泥焼却炉の模式図を図-1に示す。乾燥された脱水ケーキが投入ホッパから投入され、ホッパ下部に設けられた供給プッシャにより定量的に炉内へ切り出され、階段状のストーカへ送られる。階段状のストーカは乾燥段と燃焼段により構成され、各々可動段と固定段が交互に配置され、可動段は油圧によって前後の往復動を行う。炉内に供給されたケーキは可動段の動きによりストーカ上を徐々に下段へと反転・落下し、乾燥が促進され、着火、燃焼される。

燃焼排ガスは焼却炉上部に設置された廃熱ボイラを通過し、800～1100℃の排ガスが約250℃まで熱回収される。廃熱ボイラにて回収された熱は蒸気として乾燥機や各空気予熱器に利用され、さらに余剰蒸気が生じる場合は発電機によるエネルギー回収も可能である。

3. 特長

(1) 温室効果ガスの低減

階段式汚泥焼却炉は乾燥・焼却システムを採用していることにより、燃焼温度の高温化（900℃以上）ならびに自燃運転ができる。

下水汚泥の焼却時に発生する N₂O は CO₂ の 310 倍の温室効果があり、その低減のためには燃焼温度の高温化が必要である。階段式汚泥焼却炉においては N₂O の低減に必要な十分な燃焼温度が確保できる。実際の運転において排出されている N₂O を測定した。その結果、国土

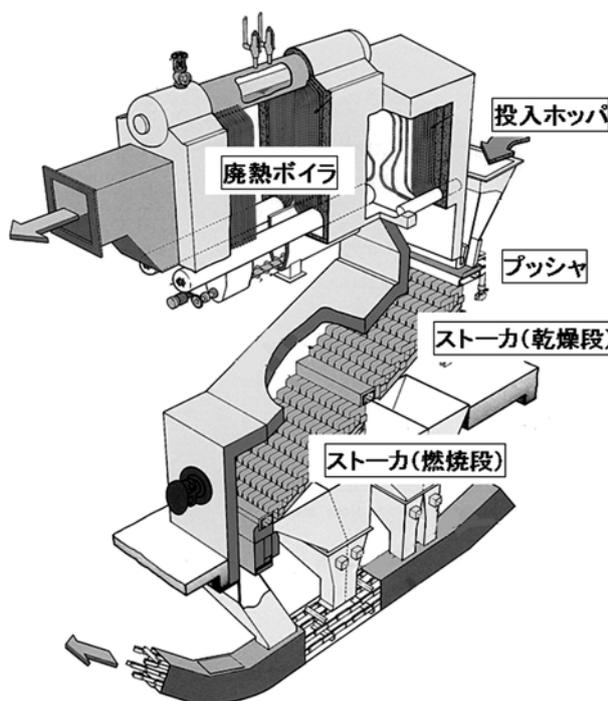
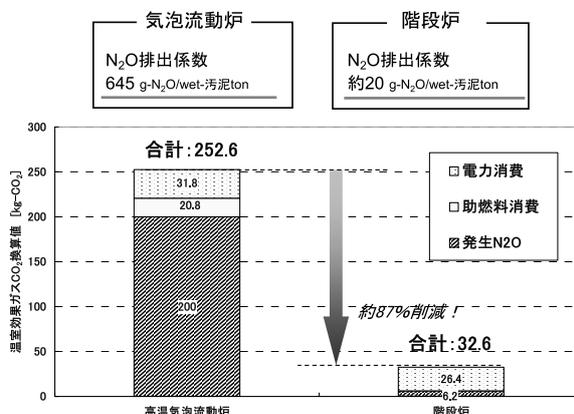


図-1 階段式汚泥焼却炉の模式図

交通省の「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」に記載の気泡式流動炉と比較し、30分の1程度まで低減できていることが確認された。

また補助燃料使用量は、定格運転時は使用していないため、気泡式流動炉と比較し大幅な削減ができる。

気泡式流動炉と温室効果ガス換算値を比較した結果を図-2に示す。



※1: 流動炉のN₂O値は「下水道における地球温暖化防止推進計画の手引き」より引用
 ※2: その他の数値は、150 ton/d の試算値(階段炉は実績値)より算出

図-2 温室効果ガス換算値比較

(2) 余剰蒸気による創エネルギー

廃熱ボイラにより回収された熱は蒸気として回収され、乾燥機において脱水ケーキの含水率を約40%まで低減させ、燃焼空気等の温度を予熱器により加温できる。

余剰蒸気はタービンによる動力への変換や、冷暖房・給湯といった熱供給へと有効利用ができる。

近年、低圧蒸気を用いた発電機も商品化されており、そうした設備との組合せにより、システム内で使用する電力の一部をまかなうことが可能となり、更なる温室効果ガスの低減に寄与できる。

(3) 燃焼ガス性状

低空気比燃焼 ($\lambda = 1.3 \sim 1.5$) による低NOx化と共に、乾燥工程で揮発性N成分が焼却前に減少されることで、NOx抑制できる(100～150 ppm程度)。空気比とNOxの相関を図-3に示す。

また主灰は階段炉の排出部より排出されるため、燃焼ガス中のばいじん量は気泡式流動炉と比較して非常に少ない(0.4～1.0g/Nm³程度)。

(4) 灰の有効利用

焼却灰については燃焼が「ゆるやかに動きながら旺盛な高温燃焼」であるため、0.5～50mm程度の半熔融クリンカ状となる。そのため飛散および泥状化はなく取扱性がよいことや、埋立地での重金属の溶出はほとんどなく(As、Se溶出無し)、環境庁告示13号・48号基準も十分満足するため、整地用土や路床材、覆土、植栽用土などに有効利用されている。

(5) 容易な運転と豊富な実績

焼却量、ケーキ含水率などを燃焼制御装置に入力することにより、排ガス中のO₂濃度および燃焼状態をとらまえ、空気量およびストーク速度をコントロールし、安定した自動運転ができる。

また、起動・停止も乾燥プロセスと合せて全自動としているため、安定した省力的な維持管理が可能となる。

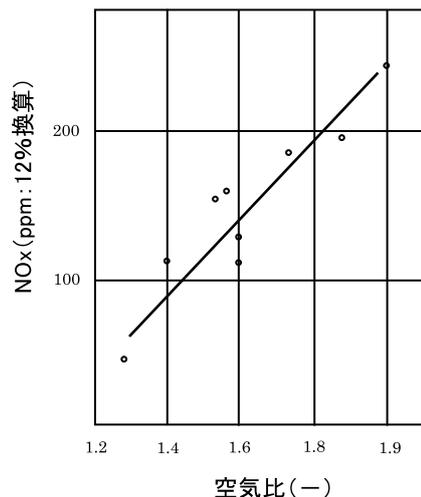


図-3 空気比とNOxの相関

これまで国内で20基の運転実績があること、また同様の形式の階段炉は下水汚泥の焼却炉としてのみならず、ごみ焼却プラントや産業廃棄物処理プラントにて製作・納入し経験している焼却炉であり、その信頼性は高いものである。

4. おわりに

汚泥焼却炉は多段炉、階段炉から気泡流動炉、循環流動炉と運転操作性の見地より変遷を経てきた。

一方、近年地球温暖化対策が国を挙げて取り組んでおり、今後、操作性や価格面等の判断基準よりも温暖化対策が汚泥焼却炉形式選定の主眼点になると考える。

本論に記載したデータがその形式選定の一考になれば幸いである。