

造粒乾燥付汚泥焼却設備の運転報告

大町勝啓^{*}、藤林久史^{*}、三村和寿^{**}

* 財団法人「京都府下水道公社」洛西浄化センター

京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口1番地

** 中外炉工業株式会社

大阪市西区京町堀2丁目4番7号

概要

京都府の桂川右岸流域下水道洛西浄化センターでは脱水ケーキの処理のため造粒機と乾燥機付の汚泥焼却設備を設置し運転を行ってきた。

設備の容量は日量30トンでベルトプレス脱水ケーキを処理している。本設備は省エネルギーと焼却灰の最終処分を考慮し、乾燥焼却の工程前に脱水ケーキを造粒する新しいシステムとした。乾燥焼却工程ではすでに脱水ケーキが造粒されているから、造粒物を流動媒体として利用する流動層式の高効率な乾燥機と焼却炉を組み入れた。造粒工程は重要で操作要素も多いため制御ループにCPUを使った複合演算器を用い運転操作の簡便化を計っている。

新しいシステムを導入した設備の運転の結果、汚泥から1.5～2.5mmの細粒が得られ、乾燥機は540 kg/m^hの乾燥速度、焼却炉は85×10⁴ kg/m^hの炉床負荷が得られた。最終処分する焼却灰は細粒状で取扱い運搬が容易であった。

キーワード

汚泥焼却、造粒、乾燥、流動層、流動媒体、熱回収、熱バランス、複合演算器

1. はじめに

京都府では下水道整備の一環として桂川右岸流域下水道洛西浄化センターに30 t/dの造粒機付の汚泥乾燥焼却設備を建設し汚泥の処理を行っている。

最近では脱水ケーキの燃料的価値を向上させるため汚泥焼却設備に乾燥機を設ける事が多く、脱水ケーキの乾燥は焼却工程での補助燃料使用量の低減、焼却炉能力向上につながる¹⁾。造粒機を設けると高効率な流動乾燥方式が採用でき脱水ケーキが低水分まで乾燥できる。最終汚泥処理工程である汚泥焼却設備には被処理物の減容化、衛生無害化が求められることは言うまでもなく、無公害で省エネルギーを追求したシステムでなければならない。本設備の機器制御は16組の制御ループで構成し、なかでも脱水ケーキの造粒工程は操作要素が多いため複合演算器を使用している。

ここでは新しい造粒工程を導入した汚泥乾燥焼却設備の制御方法および運転の結果とその評価について報告する。

2. 造粒乾燥付汚泥焼却設備の概要

2.1. 設備の概要

本設備は汚泥造粒、乾燥、焼却、廃熱回収および排ガス処理などの装置で構成される。本設備主要部のフローシートを図・1に示す。

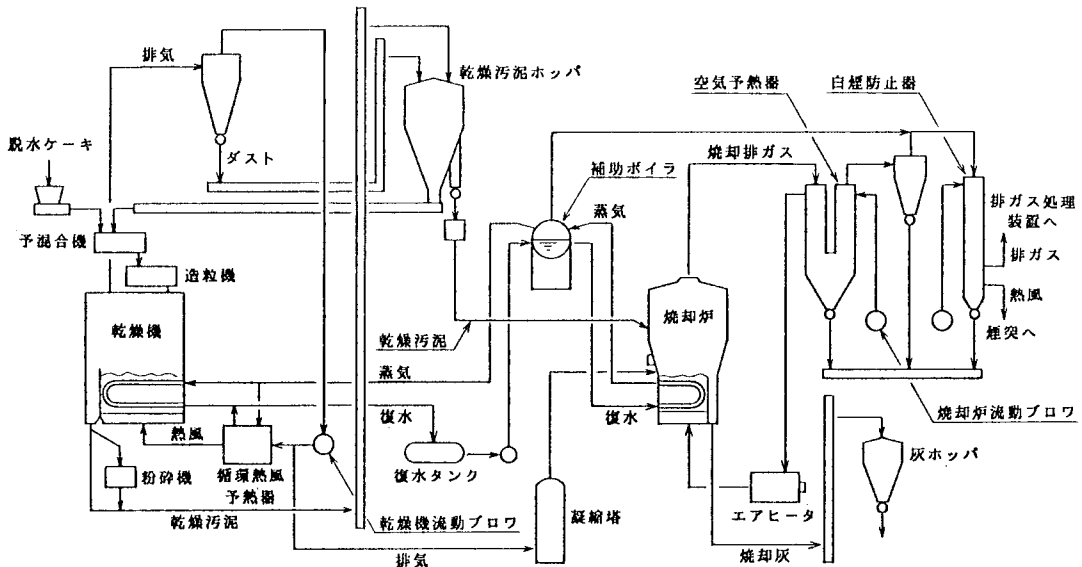


図1 設備のフローシート

2.2 主要機器の構造・機能

造粒機は一軸ピン式で大きさは直径500mm×長さ1700mmで約900rpmで脱水ケーキを混合造粒する。造粒は乾燥汚泥の表面に脱水ケーキをコーティングする事により行う。乾燥汚泥の一部は焼却し一部は造粒機へ循環するので脱水ケーキのコーティングを繰り返せば造粒物は成長する一方である。これを防止し造粒物の粒径を一定にするため乾燥機の後に粉砕機を設置している。

乾燥機は流動層式でチューブ式の熱交換器が流動層内に組み込まれており、110～120℃の温度で脱水ケーキ造粒物の乾燥を行う。細粒の乾燥汚泥が流動媒体として機能するので特別な媒体は不要である。乾燥機は流動層床面積が1.87㎡、静止流動層高が1,650mmの大きさである。

焼却炉も無砂式流動層で焼却灰細粒が媒体として機能する。焼却炉には乾燥汚泥の燃焼熱を回収するために流動層部とフリーボード部に水管ボイラとメンブレンボイラを組み込んでいる。焼却炉の大きさは流動層床面積が1.1㎡、静止流動層高が780mmである。乾燥機、焼却炉ともに被処理物は流動層のせきからオーバーフローで排出される。

3. 設備の制御システム

3.1 設備の制御システム構成

本設備の監視制御システム構成図を図・2に示す。

本設備は汚泥処理工程のなかでも重要な施設で、機器数が多く起動停止の操作を正確に行う必要があるためシステムのシーケンス制御にプログラマブルコントローラのシーケンサーを使っている。機器の制御はアナログ式の単ループPID制御が主体であるが、脱水ケーキの造粒工程制御は複雑なため複合演算器を採用

した。設備運転状態の監視操作のためグラフィック盤、オペレーティングデスクおよび計装盤を設置している。機器の起動停止はオペレーティングデスクにてグループ別に行え、異常・故障はオペレーティングデスクの前面ボードに表示される。

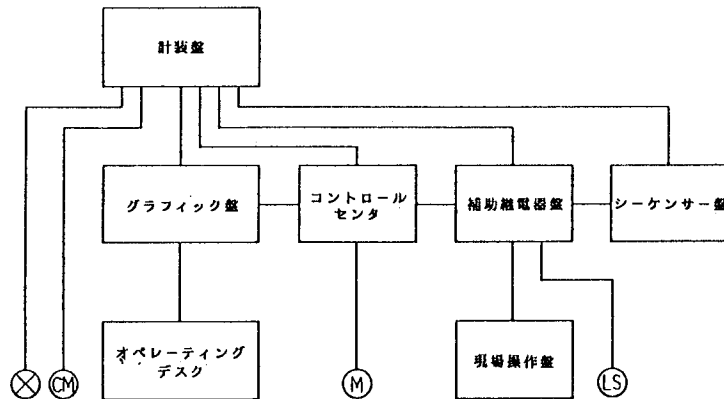


図2 監視制御システム構成図

3.2 造粒工程の制御

脱水ケーキの造粒は脱水ケーキと乾燥汚泥を混合することにより行い、この汚泥混合量のバランスから造粒機へ供給する乾燥汚泥の供給量が(1)式として求まる。

$$R = S \cdot (W_1 - W_3) / (W_3 - W_2) \quad \text{----- (1)}$$

(1)式において、R：乾燥汚泥供給量(kg/h)、S：脱水ケーキ供給量(kg/h)、 W_1 ：脱水ケーキの水分(%)、 W_2 ：乾燥汚泥の水分(%)、 W_3 ：造粒汚泥の水分(%)である。(1)式の右辺の各数値は計装盤の設定器から複合演算器へ任意に入力できる。これらの変数は脱水ケーキ供給量のように随時変えるものもあれば、乾燥汚泥の水分のようにほとんど変える必要のないものもある。

(1)式から乾燥汚泥供給用コンベヤの回転数を示す(2)式が求まり、コンベヤはこの回転数に自動制御される。すなわち脱水ケーキは造粒機で任意の設定水分(W_3)に混合造粒することができる。

$$N = S \cdot (W_1 - W_3) / \{ 60 \cdot m \cdot (W_3 - W_2) \} \quad \text{----- (2)}$$

(2)式において、N：乾燥汚泥供給用コンベヤ回転数(rpm)、m：乾燥汚泥供給用コンベヤ1回転当りの切出量(kg/rev)である。

3.3 乾燥焼却工程の制御

乾燥焼却工程で重要な制御は流動の最適化と熱バランスの調整である。乾燥機、焼却炉ともに汚泥自体が流動媒体であり、流動は造粒物の粒径に支配される。したがって定期的に運転員が造粒物を採取して粒径測定を行い、流動風量を調節し流動状態の最適化を計っている。

乾燥汚泥の燃焼熱は焼却炉のボイラーで22kg/m³の蒸気として回収し、乾燥機へ供給し汚泥乾燥に利用する。復水は全量ボイラーへ戻し熱媒体の循環回路を構成している。蒸気量が不足する場合は熱循環回路にある補助ボイラーで補ってボイラー圧力を自動調節する。なお、乾燥工程の乾燥機流動熱風も循環利用し、焼却炉流動空気も焼却排ガスの廃熱で予熱して省エネルギー化を計っている。

4. 運転結果

本設備の運転結果を表1～表3に示す。

表 1 処理物の性状

項目	日時	1986・5・24
脱水ケーキ	水分 (%)	81.8
	可燃分 (%)	66.4
	灰分 (%)	88.6
	高位発熱量 (kcal/kg)	8850
乾燥汚泥	水分 (%)	4.09
	可燃分 (%)	59.6
	灰分 (%)	40.4
	高位発熱量 (kcal/kg)	8470
焼却灰	平均粒径 (mm)	1.20
	熔融風量 (%)	0.08
	平均粒径 (mm)	0.88

表 2 乾燥系運転結果

項目	日時	1986・5・24	
乾燥系	脱水ケーキ投入量 (t/h)	1,250	
	流動風量 (m ³ /h)	8,500	
	温度	循環ガス入口 (℃)	170
		流動風 (℃)	109~115
	湿度	フリーボード (℃)	107
		乾燥機出口 (℃)	108
	蒸気消費量	乾燥機 (kg/h)	905
		循環熱風予熱器 (kg/h)	374
		乾燥機フリーボード圧力 (mmH ₂ O)	-15

表 3 焼却系運転結果

項目	日時	1986・5・24	
焼却系	乾燥汚泥投入量 (t/h)	310	
	流動風量 (m ³ /h)	1,120	
	温度	熱風入口 (℃)	889
		流動風 (℃)	643~678
	湿度	フリーボード下部 (℃)	801
		フリーボード上部 (℃)	777
		焼却炉出口 (℃)	776
	燃料消費量 (kg/h)	補助ボイラ出口 (℃)	268
		エアヒーター	0
		焼却炉	0
燃料消費量 (kg/h)	補助ボイラ	14.8	
	焼却炉フリーボード圧力 (mmH ₂ O)	-22	
	焼却炉出口酸素濃度 (%)	9.2	

5. 運転結果の評価

5.1 造粒工程

運転データでは乾燥汚泥平均粒径が 1.20 mm となっているが、その後の機器調整と改良の結果、目標値の 2 mm に対し 1.5 ~ 2.5 mm の粒径となった。複合演算器を用いた造粒制御装置は設計段階での目的を満足するもので運転操作の簡便化に役立っている。造粒水分と粒径は相関があり、日常運転では運転員が乾燥汚泥を採取し粒径を測定して造粒水分を設定している。自動化にはインライン用の粒径測定器が必要となり今後の課題である。

5.2 乾燥焼却工程

流動層の空筒速度は造粒物の平均粒径が 2 mm の場合、乾燥機で 1.6 m/s、焼却炉で 1.1 m/s であった。流動状態の調整は運転員が行っているが、流動状態を計測できるセンサーの開発が急がれる。乾燥汚泥は水分 4 ~ 5 % とよく乾燥されている。これは造粒物が細粒であること、流動乾燥機が被処理物を熱風中に激しく分散し流動させるため限界含水率が著しく低下できること²⁾ などにより得られたものである。なお本機の熱移動容量係数は 3 2 0 0 ~ 3 7 0 0 kcal/m²・h・℃ であった。焼却炉のボイラは汚泥燃焼熱量の 5 8 % に相当する熱量を回収しており、これは乾燥機で消費する蒸気量の 9 5 % である。性能面では乾燥機が 5 4 0 kg/m²・h の乾燥速度、焼却炉は 8 5 × 1 0⁴ kcal/hr の炉床負荷が得られた。設備全体での脱水ケーキの自然点は 4 4 0 kcal/kg であった。

6. おわりに

洛西浄化センターに設置した造粒乾燥付の汚泥焼却設備における造粒工程の制御、流動の調整および熱循環システムなどについて報告した。造粒工程では複合演算器を用いた制御が所期の目的を満足し、造粒物が得られている。乾燥機、焼却炉とも汚泥自身を媒体とした流動が行え、よく乾燥した造粒品が得られ焼却灰も取扱い容易な細粒であった。最後に、本設備の設計、施工、運転などで御協力をいただいた関係者の方々に深く謝意を表します。

[参考文献]

- 1 星野芳生、(1 9 8 4)、汚泥の焼却技術の動向、下水道協会誌、V o 1.2 1 N o 2 4 3、8 8 - 9 9
- 2 平岡正勝、(1 9 8 0)、下水汚泥の乾燥、環境創造、1 7 - 2 5