

下水汚泥乾燥機付き流動焼却設備の 運転データ解析と自動制御運転調査

南 茂樹*、長沢英和*、齊藤善紀*、山岸基春**、平岡正勝***、武田信生***

* 月島機械株式会社

東京都中央区佃2-17-15

** 横浜市下水道局

横浜市中区港町1-1

*** 京都大学工学部衛生工学教室

京都市左京区吉田本町

概要

乾燥機付き流動焼却設備について、運転データを連続収集してデータを統計的解析し、プロセスをモデル化した。その結果をもとに自動制御運転調査を実施した。本方式の焼却炉は省エネルギー性を設計上の特徴とするが、その実現には乾燥機の最適水分安定制御が重要なポイントの一つとなる。従来、焼却炉と乾燥機は応答速度が大幅に異なるために、省エネルギー運転が難しかった。実プラント(処理能力150ton/day)において制御調査を行った結果、乾燥汚泥水分、炉内温度の一定値制御を実現し、補助燃料使用量の削減と排ガス性状の安定化を達成した。

キーワード

下水汚泥処理 間接加熱型乾燥機 流動焼却炉 省エネルギー 統計解析 自動制御

1. 緒言

焼却プロセスは、下水汚泥の減量化や安定化に有効な処理法である。最終処分場の用地確保が困難な我国では、大都市を中心として多数の汚泥焼却プラントが導入され、全国の発生汚泥量の80%以上が焼却処理されている。乾燥機付き流動焼却プロセス(乾燥流動焼却プロセス)は、脱水汚泥の乾燥機設備と流動焼却炉、排ガスの熱回収設備を組み合わせた方式である。炉廃熱を熱源とする乾燥機で高水分の脱水汚泥をあらかじめ乾燥処理してから、汚泥を炉に供給する方式であり、省エネルギー性を特徴としている。

演者等は、本方式設備の運転データ測定と運転特性の解析を行い、前回のワークショップで成果を報告した¹⁾。本発表では、この成果をもとに、横浜市下水道局南部汚泥処理センターの処理能力150ton/dayの実焼却プラントで、制御運転調査を行った結果について報告する。

2. 調査方針

本プラントでは、脱水汚泥の一部(DI汚泥)をディスク型乾燥機で乾燥処理し、焼却炉汚泥投入部の直前位置で乾燥汚泥と残りの脱水汚泥(WI汚泥)を混載する(図1)。従来本プラントでは、焼却炉内の温度は混載汚泥の平均水分(WI汚泥とDI汚泥の比率)と汚泥量、及び補助燃料の供給量を制御変数としてフィードバック制御していた。しかし、乾燥機と焼却炉の応答速度は大きく相違し、炉内温度が数分オーダーで応答するのに対して、乾燥汚泥水分の安定化には数時間以上を必要とするために、炉内燃焼に最適の乾燥汚

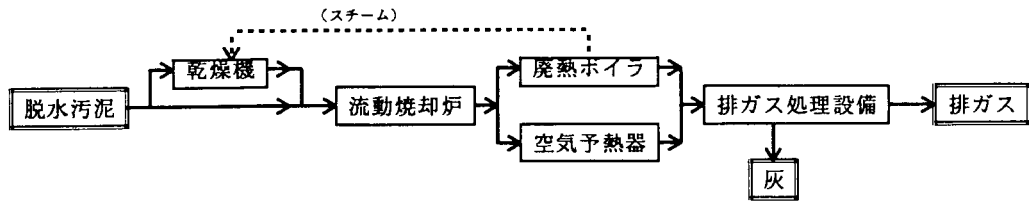


図1 乾燥焼却プロセスの処理フロー

泥水分値となるよう乾燥機を制御するには、熟練したオペレータの経験に基づいた操作が必要であった。

そこで本調査では、プラント運転の安定化と省エネルギー化を達成するために、

(a) 乾燥機の乾燥汚泥水分が熱収支データや経験値から予測した値となるように制御する、

(b) 焼却炉の炉内温度が汚泥の完全燃焼に適した一定値となるように制御する、

ことを方針としてプラントの制御方法を調査した。

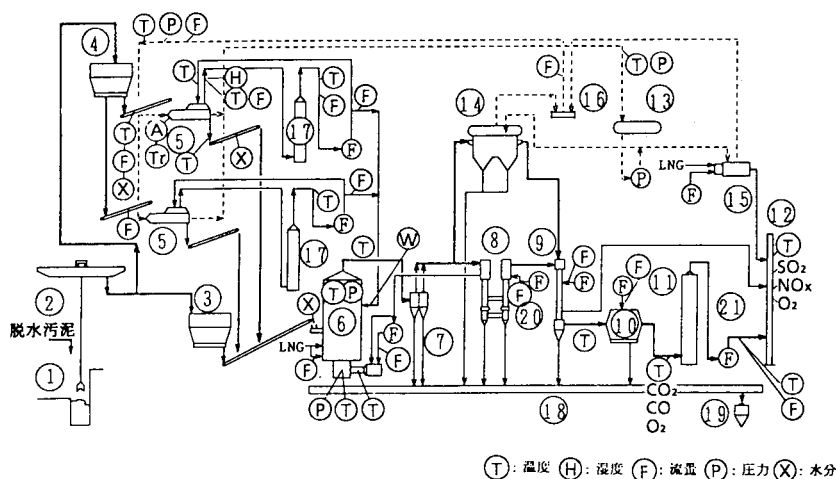
2. 調査設備

2-1 プラントの概要

本調査は、横浜市下水道局南部汚泥処理センターの2号炉焼却プラント（定格処理能力150ton/day）で実施した。2号炉焼却プラントの全体フローを図2に示す。本センターでは、市内各所の下水処理場から管路で集中輸送した汚泥を濃縮して嫌気性消化処理し、高分子凝集剤を助剤として脱水した汚泥を焼却処理している。2号炉プラントは、2基の間接加熱型ディスク乾燥機、1基の流動焼却炉等から構成される。焼却炉の排ガスは、空気予熱器と廃熱ボイラで熱回収し、E.P.とスクラバで浄化処理してから大気放出する。

2-2 データ収集、及び制御装置

プラントの運転データ収集と制御調査のため、パーソナルコンピュータを利用したシステムを構築してプラントの現場に設置した。プラントに既設の制御盤内に切り替えスイッチを設置し、調査実施時には乾燥機の乾燥汚泥水分と焼却炉の炉内温度に対する割り込み制御をかけられるようにした。



〔機器名称〕

No	機器名称
1	ケーキビット
2	投入クレーン
3	焼却フィーダ
4	ケーキホッパ
5	乾燥機
6	焼却炉
7	サイクロン
8	空気予熱器
9	クーラー
10	電気集塵機
11	吸収冷却塔
12	煙突
13	ドレンタンク
14	廃熱ボイラ
15	専焼ボイラ
16	スチームヘッダ
17	コンデンサ
18	灰コンベヤ
19	灰ホッパ
20	流動化ブロウ
21	誘引ファン

図2 2号炉処理プラントの全体フロー

3. 調査方法

3-1 プロセスの解析

乾燥機、及び焼却炉の運転データを収集し、各プロセス毎にARモデルを作成して動的特性を解析した。ARモデルは、現在のデータを過去のデータの線形成分の和として表現したモデルであり、下式で示される。

$$X(s) = \sum_{m=1}^M A(m) \cdot X(s-m) + U(s)$$

$X(s)$: 時刻sのモデル変数のベクトル
 $A(m)$: $(k \times k)$ 次の自己回帰係数行列 ($m=1, 2, \dots, M$)
 $U(s)$: 時刻sの固有ノイズベクトル

データ解析やARモデルの作成、シミュレーション計算には、平岡等²⁾の作成したコンピュータプログラム“SACCESS”を使用した。作成したARモデルを用いたステップ応答解析の結果の一例を図3、図4に示す。解析の結果、乾燥汚泥水分は投入汚泥量と乾燥機汚泥排出部の堰高さの影響を受け、これらを制御変数とできる可能性を確認した。一方、焼却炉炉内温度は、投入汚泥量を制御変数とできる可能性を確認した。さらに排ガスのNOxとCOは、炉内温度を約810~850℃に安定維持すると低減する傾向を確認した。

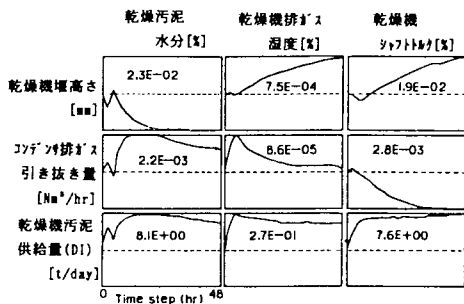


図3 乾燥機まわりのステップ応答分析結果

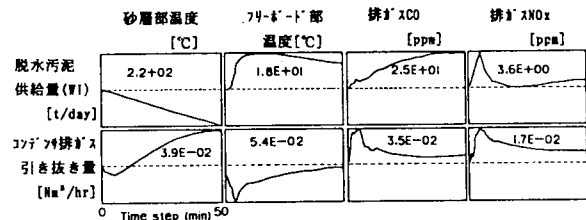


図4 焼却炉まわりのステップ応答分析結果

3-2 プラントの制御方法

汚泥の燃焼特性は、季節の影響や水処理・汚泥処理プロセスの運転状況等の種々の要因によって変化し、制御モデルを変更する必要性も発生する。そこで、

- (a) 制御モデルは、運転現場でも容易に対応ができる簡易な表現のモデルであること、
- (b) 応答速度が非常に長く乾燥機の制御にも対応できること、

等を考慮して、ファジー制御を利用した制御システムを構築して制御調査に利用した。本調査に使用した制御装置は、パソコンと汎用シーケンサ等から構成した。

制御の考え方を図5に示す。収支計算値等から乾燥機投入汚泥量(DI)と焼却炉直接投入汚泥量(WI)の初期値を決定し、乾燥汚泥水分と炉内温度を各々の最適値に制御した。制御周期は、乾燥機は30min、焼却炉は10minとした。

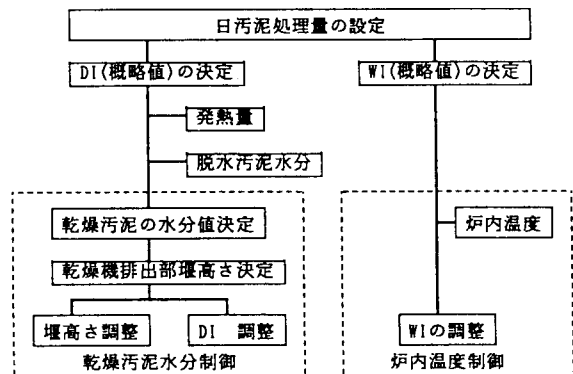


図5 制御の考え方

4. 調査結果

4-1 乾燥汚泥水分制御

脱水汚泥、及び乾燥汚泥の水分値は、プラントに設置した自動水分計で連続的にモニタし、制御用のデータとして利用した。従来時、及び本調査制御時の乾燥汚泥水分変化を各々図6、図7に示す。従来の制御では、緻密な制御が難しかったために、乾燥汚泥水分値は安全側の高めの値で制御していた。ファジー制御の採用により、乾燥汚泥水分の最適値一定値制御が可能であることを確認した。

4-2 炉内温度制御

従来時、及び本調査制御時の焼却炉補助燃料使用量変化を各々図8、図9に示す。ファジー制御の採用により、投入汚泥量調整による炉内温度の最適値一定値制御が可能であった。その結果、乾燥汚泥水分値の最適制御と炉内温度制御の組み合わせによって、補助燃料使用量は約1/2に低減することを確認した。

4-3 排ガスデータ

本調査制御時の排ガスNO_xとCO濃度変化を図10、図11に示す。炉内温度の最適値一定ファジー制御により、NO_x、CO濃度はともに低い値で安定した。

5. まとめ

乾燥機付き流動焼却プロセスの運転データを解析し、ファジー制御システムを構築して実プラントの制御調査を実施した。開発した制御システムは、乾燥汚泥水分の一定値制御と、補助燃料使用量の削減、排ガス性状の安定化を達成した。

[引用文献]

- 1) Hiraoka, M., Takada, H., Fujisaki, K., Kuwabara, H., Minami, S. and Kimura, K. (1990). Automatic Measurement and Operational Analysis of Operation Data on Drying Fluidized-Bed Incineration Plant. Proc. of the 5th IAWPRC Workshop held in Yokohama and Kyoto., 129-136
- 2) Hiraoka, M. and Tsumura, K. (1988). System Identification and Control of the Activated Sludge Process by Use of Statistic Model. Wat. Sci. Tech., 21, Brighton, 1161-1172



図6 乾燥汚泥水分の変化 (非制御調査時)

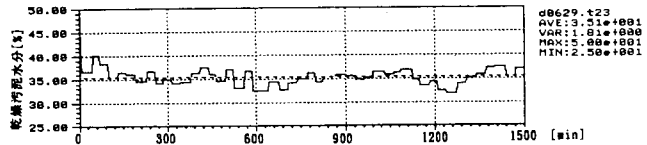


図7 乾燥汚泥水分の変化 (制御調査時)

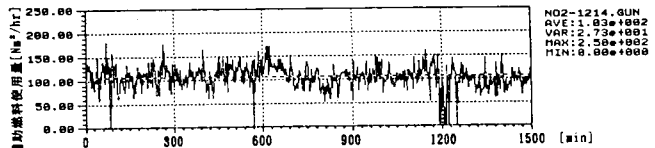


図8 補助燃料使用量の変化 (非制御調査時)

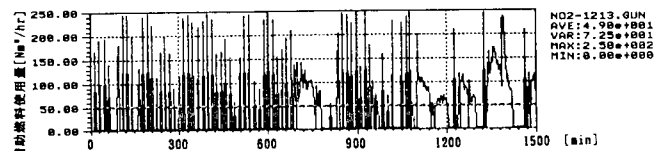


図9 補助燃料使用量の変化 (制御調査時)

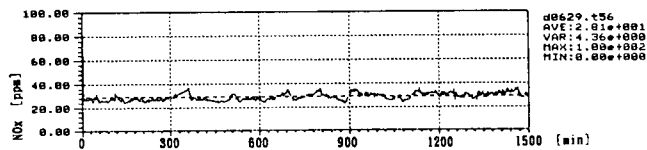


図10 排ガスNO_x濃度の変化 (制御調査時)

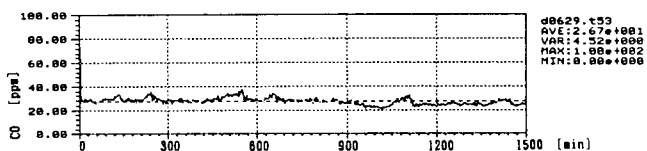


図11 排ガスCO濃度の変化 (制御調査時)