

# 乾燥機付流動床焼却プラントにおける 運転データの自動計測と解析

平岡 正勝\*、藤崎 克己\*、桑原 弘至\*\*、南 茂樹\*\*\*、木村 邦生\*\*\*

\* 京都大学工学部衛生工学教室

京都市左京区吉田本町

\*\* 横浜市下水道局

横浜市中区港町1-1

\*\*\* 月島機械株式会社

東京都中央区佃2-17-15

## 概 要

横浜市南部汚泥処理センターの2号炉設備は、処理能力150ton/dayの乾燥機付流動床焼却プラントである。本形式のプラントでは、炉排ガスを熱源とする回収スチームで脱水汚泥を乾燥した後焼却する。炉を自然状態に保持し易く、特徴としてエネルギー効率に優れている。

一方、消化槽の普及に伴い、汚泥の有機分が低下して、炉の自然安定制御が難しくなっている。炉を自然安定運転するには、入力の変動に対応した乾燥汚泥水分の制御が要求される。従来、乾燥設備は運転監視の適当な計測設備に乏しく、正確な運転データの監視が困難であった。そこで、新規計測設備を開発・改良して本プラントの乾燥設備まわりを中心に設置し、コンピュータ機器と組合せてデータの連続計測を可能とした。

本発表では、(1)データ計測機器の開発・改良と適用性 (2)データ計測方法と計測データの信頼性 (3)データ解析結果 を報告し、制御モデル開発への方針について論述した。

## キーワード

下水汚泥 乾燥 焼却 流動床焼却炉 間接加熱乾燥機 データ計測 自動制御

### 1.はじめに

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が国では、大都市部を中心として多数の下水汚泥焼却プラントが導入されている。乾燥機付流動床焼却プロセス(乾燥流動焼却プロセス)は、脱水汚泥の乾燥機と流動焼却炉・排ガスの熱回収設備を組合せた方式である。高水分の脱水汚泥は、そのままでは炉内で自然せず、補助燃料の供給を必要とする。そこで、炉排ガスの余熱で脱水汚泥をあらかじめ乾燥して自然水分とし、補助燃料を不要とする省エネルギー性が、本方式の特徴である。平岡等(1)は、本プロセスにはエネルギー効率が最大となる最適乾燥汚泥水分の存在することを確認している。また、村上等(2)は各種焼却炉の経済比較を行って、本プロセスの省エネルギー性を確認している。

本発表では、本プロセスを高効率に運転するための安定制御実現を目標として、本プラントの運転データを連続収集・解析した結果を報告する。消化槽の普及とその性能向上に伴い、汚泥の有機分が低下して炉の自然安定制御が難しくなる傾向にある。脱水汚泥と乾燥汚泥をコンベヤ上に混載して炉へ投入する方式の本プラントでは、炉投入汚泥を自然水分に維持するよう乾燥汚泥水分を制御するの

が、プラント最適制御の要点と考えられる。そこで、状態監視や運転制御の困難な乾燥設備のデータ測定に特に力を注いだ。

## 2. データ測定方法

### 2.1 プラントの概要

2号炉焼却プラントの全体フローを図1に示す。汚泥は、市内各下水処理場の脱水汚泥をトラックで搬入する。乾燥設備は、炉1基に対してNo.21、No.22の2系統から構成される。焼却炉の排ガスは空気予熱器と廃熱ボイラに分配し、各々で熱回収する。

本調査では、表1に示す合計60項目のデータを測定した。

### 2.2 測定用センサ

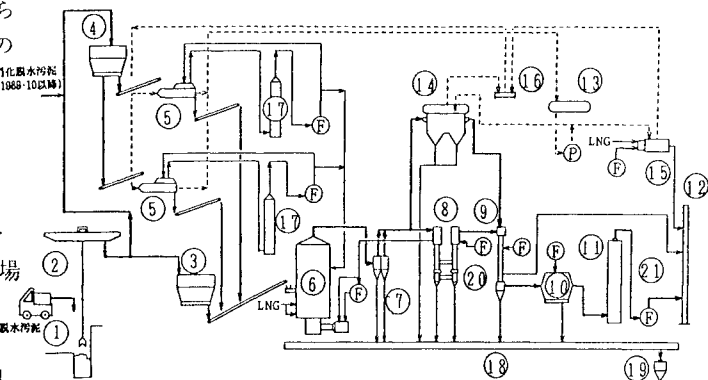
運転監視制御を目標とするデータ計測には、適切で信頼性の高いプラント監視用センサの採用が不可欠である。以下に、本研究で新しく採用した特徴的なセンサ類を説明する。

#### (1) 汚泥水分計

脱水汚泥と乾燥汚泥の水分測定用として、No.21乾燥機への入・出口汚泥部に各1基設置した。本水分計は、試料汚泥をベルトコンベヤ上から採取するサンプリング部、採取した試料を赤外線ヒーターで乾燥しながら計量する計量部、及び水分の演算を含む制御部から構成されている。1工程の測定所用時間は20~40分間である。本研究では、測定間隔を1回/hrに設定した。水分計の計量値と手分析測定値を対比させて脱水汚泥・乾燥汚泥別に図2,図3に示す。両測定値は十分に一致し、測定精度を確認した。脱水汚泥と比較して、乾燥汚泥の整合性が悪いのは、粒子状の乾燥汚泥では水分分布が大きく、スポットサンプリングの水分計ではサンプリング誤差が生じ易いためである。

#### (2) 乾燥機排ガス湿度計

高温・高湿・高ダストの悪条件下で連続測定できるように、ジルコニヤ式酸素濃度計に特殊防塵用フィルタを付属したものを設置し、これから湿度値を算出した。



No	機器名称	基数	No	機器名称	基数	No	機器名称	基数	No	機器名称	基数
1	ケーネピット	5	7	サイクロン	2	13	スチームドレンタンク	1	19	灰ホッパー	2
2	投入クレーン	2	8	空気予熱器	2	14	廃熱ボイラー	1	20	流動化ブロワー	1
3	焼却フィーダー	1	9	ターラー	1	15	専燃ボイラー	1	21	誘引ファン	1
4	ケーネコンバー	1	10	電気操縦機	1	16	スチームヘンダー	1	22	ソフツィン排気ファン	2
5	乾燥機	2	11	熱回収炉塔	1	17	コンデンサー	2			
6	焼却炉	1	12	煙突	1	18	灰コンベヤ	3			

図1 2号炉焼却プラントの全体フロー

表1 データ測定項目

項目	位置	点数	位置	点数	備考
温度		10		13	
流量	乾燥機	9	焼却炉	10	
圧力	まわり	2	まわり	2	
濃度		4		6	
電流		2		0	
その他		1		1	トナリ、重量
小計		28		32	
合計				60	

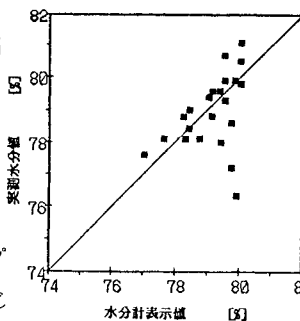


図2 脱水汚泥水分計の測定精度

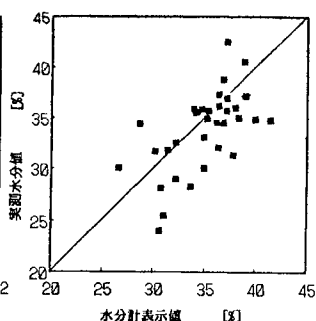


図3 乾燥汚泥水分計の測定精度

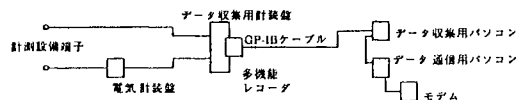


図4 データ収集用設備

## 2.3 データ収集設備

データ収集設備のフローを図4に示す。

各センサーの測定信号は、多機能レコーダで一括A/D変換し、パソコンを利用したデータ収集機器で入力、保存するシステムを開発した。また、データ通信用パソコンを設置し、電話回線を利用したプラントの遠隔監視も可能にした。データ収集期間は1Run当たり連続20~30日間とした。データの収集間隔は3分間とし、15分間の平均値を解析用データに利用した。

## 3. データ解析結果

### 3.1 データの前処理

収集したデータは、解析の前に異常値や欠損値を処理する必要がある。特にデジタル計器では、データが計器スパンオーバーすると異常信号を発生するものが多い。図5に一例を示す。本研究では、連続5~8点以内の異常値や欠損値は補間補正処理し、それ以上の場合はその期間内の全項目データを削除処理した。一方、本研究ではその研究目的からデータの定常性が重要と判断した。そこで、プラント運転の開始前後や設備不良時のデータは非定常と判断し、削除して解析対象から除外した。

### 3.2 データの信頼性

データの信頼性は、測定データを用いた物質・熱収支計算結果のクロスチェックによって確認した。信頼性に問題のあるデータは測定センサを補修・補正して校正した。

### 3.3 データの変動特性

各項目毎に自己相関係数、パワースペクトルを計算して、変動特性を確認した。一例を図6に示す。本プラントでは、廃熱ボイラのストローが6時間毎に実施され、その毎に1.00 スチーム圧力・温度が短時間低下する(図6上図)。また、ボイラ流入排ガス量が増加して、排ガス温度も周期的に変動する。このようなスパイク状変動が出現する項目のデータは、変動を取り除かないとプラント制御への使用はし難い。本プラントでは、ストローの影響を除けば、データに特定の周期性がある測定項目は確認されなかった。

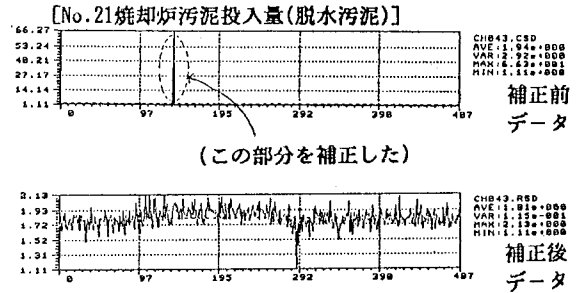


図5 異常値データの補間補正例

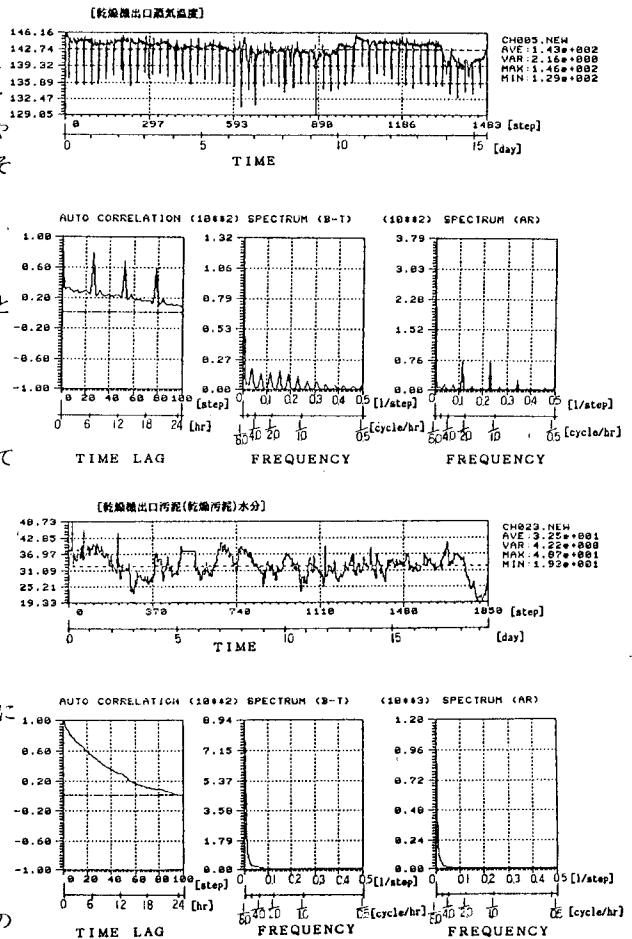


図6 トレンドグラフ、自己相関係数  
パワースペクトルの計算例

### 3.4 各項目間の関連性

従来の運転経験や収集したデータのトレンドデータから相互に影響を及ぼしていると予想される項目間の相互相関係数やコヒーレンシーを計算して関連性を確認した。一例を図7,図8に示す。ここで、CH001~CH060はオンラインデータ、CH101~CH107はオンラインデータ値から計算で求めたオフラインデータである。乾燥機まわりの相関性を示した図7より、乾燥機排出部のせき高さ変化は乾燥汚泥水分と負の相関を示し、水分制御の制御変動に有効と考えられた。乾燥機排ガスの湿度は汚泥水分データより算出した乾燥機蒸発水分量との相関性が高く、乾燥機的能力監視に利用できる可能性がある。

一方、焼却炉まわりの相関性を示した図8より、焼却炉に投入する汚泥中水分量は砂層部温度と低周波領域で高い相関性を持ち、水分量制御による砂層部温度の安定化の可能性が予想できた。また、フリーボード温度の高温安定制御が、排ガスCOの低減にも有効と考えられる。

### 3.5 プラント自動制御の方針

3.4で行った各測定項目の相関性と理論的な裏付けにより、測定項目をグループ化できる。その中からある変数を代表化させることにより、モデル変数を絞り込み、それをもとに制御モデルを作成することにする。

本プラントでは、乾燥機と焼却炉の時定数が大幅に異なり、両者一体の制御モデルの作成は難しいと考えるので、今後の研究では、両者個別の制御モデルの作成を予定している。さらに、それを用いてプラントの同定運転実験を実施する計画である。

### 4. 参考文献

- (1)平岡, 武田, 酒井, 大浜(1988).  
下水汚泥乾燥焼却システムの設計に関する研究, 下水協誌, 25-286, 41-52.
- (2)村上, 笹部(1987).  
下水汚泥焼却炉の経済性について, 京都大学環境衛生工学研究会第9回シンポジウム講演論文集, 246-250.

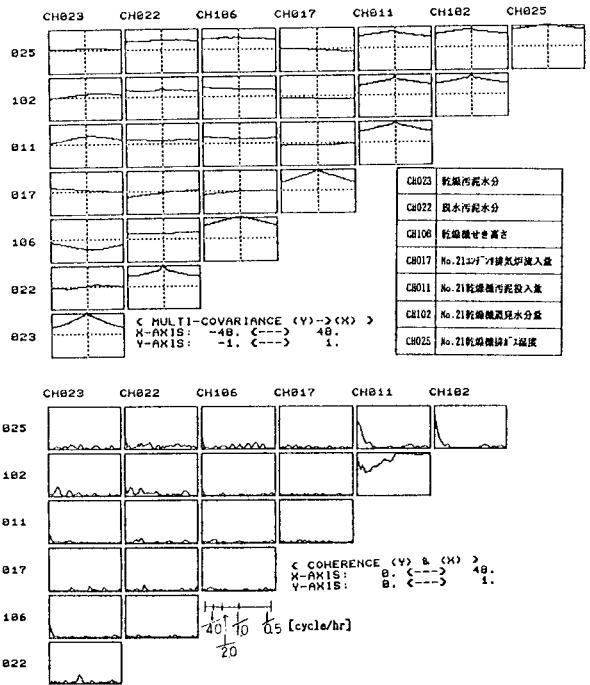


図7 乾燥設備周辺項目の相互相関係数  
コヒーレンシー計算例

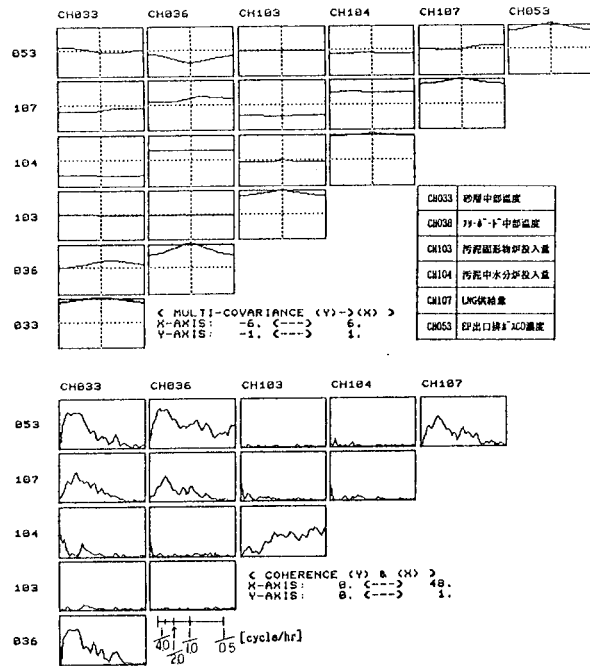


図8 焼却設備周辺項目の相互相関係数  
コヒーレンシー計算例