

## 脱水汚泥含水率・VTS自動計測装置の開発

清水 裕\*、田崎 光雄\*、黒田 誠\*、矢野 正\*、  
野々上智規\*、長濱 和男\*\*、安東 寛通\*\*

\*株式会社クボタ 汚泥焼却溶融技術部  
大阪市浪速区敷津東 1-2-47

\*\*株式会社クボタ 電子技術センター  
大阪府八尾市神武町 2-35

### 概要

近年、増加している下水汚泥広域処理場に搬入される汚泥性状は時間変動を生じやすく、焼却、溶融処理プラントの安定運転に影響を及ぼしている。このような処理プラントにおいて汚泥の含水率、VTS (Volatile Total Solids 強熱減量) を短時間で計測できると、燃焼に必要な理論空気量を事前に算出でき、燃焼の安定化を図ることができる。そこで、脱水汚泥の含水率とVTSを同時に短時間で連続自動計測できる装置を開発した。

本報告では(1)装置の構成、(2)含水率、VTS計測方法、(3)連続自動計測結果について述べる。連続自動計測については従来の手分析法と比較して、計測精度を含水率では1%以内、VTSでは計測の7割を15%以内に収めることができた。また1回あたりの計測時間は1.5~2時間であり、手分析法に必要としていた時間を短縮することができた。本装置と汚泥焼却制御システムを連携させることにより、汚泥性状の変動に即した制御運転が可能となる。

### キーワード

脱水汚泥、含水率、VTS、連続自動計測

## 1 はじめに

近年、下水処理施設では、汚泥の効率的処分を目的として広域汚泥処理を採用する傾向にあるが、そこに搬入される汚泥性状は時間変動を生じやすく、焼却、溶融処理プラントの安定運転に影響を及ぼしている。このような処理プラントにおいて汚泥の含水率、VTSを事前に計測できると、燃焼に必要な理論空気量を算出でき、燃焼の安定化を図ることが可能となる。そこで、脱水汚泥の含水率とVTSを同時に短時間で連続自動計測できる装置を開発した。今回、試作機による連続自動運転を行い、従来の手分析法との比較による計測精度の評価を行ったので報告する。

## 2 装置の構成

今回、開発した脱水汚泥含水率・VTS自動計測装置(以下、VTS計)のシステムの概略を図1に示す。VTS計は計測装置本体と制御盤で構成されている。制御部にはPLC(Programmable Logic Controller)を用いており、連続自動計測プログラムを動作させて、汚泥供給ポンプの運転、汚泥の加熱計

量室への搬送といった機器の制御、さらには加熱温度パターンを自動設定した温度制御などを行っている。

VTS計測装置本体は汚泥採取室、加熱計量室、廃棄室、電子天秤室からなる。

汚泥採取室では圧送された脱水汚泥を試料皿にサンプリングする。配管内にたまっている古い汚泥を押し出して新しい汚泥をサンプリングするまでに要する時間は約10分である。最初の8分間で古い汚泥を押しだし、その後新しい汚泥のサンプリングを行うが、計測時間短縮および計測精度確保という両側面からの理由により汚泥量を5gとしている。ただしその場合、汚泥供給ポンプの運転時間を固定すると、汚泥性状が変化した場合、定量性がなくなってしまう。そのためサンプリングによって得られた汚泥の重量を計測し、目標量である5gからの偏差に応じて次式を計算し、得られる値を次回の汚泥供給ポンプの運転時間としている。

$$T_N = T - (W - 5) \times C$$

$T_N$  : 次回のポンプ運転時間 [s]

$T$  : 今回のポンプ運転時間 [s]

$W$  : サンプリングした汚泥量 [g]

$C$  : 補正係数 (=0.2)

サンプリングした汚泥は加熱計量室に自動搬送される。熱源にはハロゲンランプを用いた放射加熱方式を採用した。含水率、VTS計測時に発生する排ガスは脱臭ファンで吸引され、洗煙塔、活性炭塔を経て系外へ排出される。

VTS計測後、試料皿は汚泥採取室に再搬送され、強熱残留物を回収する。

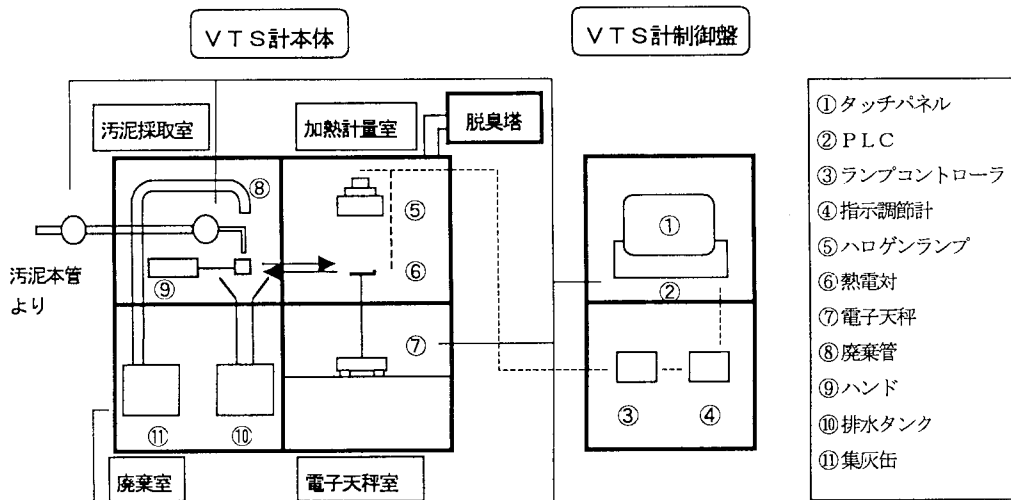


図1 VTS計システム構成図

### 3 計測

従来の計測方法として、日本下水道協会により定められた試験方法<sup>(1)</sup>に基づく手分析手法（以下、下水試験法）がある。水分については下水汚泥を105~110°Cで2時間乾燥し、放冷後重量を測定する。同様に強熱残留物については含水率計測後の汚泥を600±25°Cで1時間強熱灰化し、放冷後重量を測定する。この測定法では計測に時間を要し、汚泥を焼却炉に投入する前に含水率、VTSを把握し、理論空気を事前に

算出することが困難である。

開発した装置では、汚泥温度を短時間で105℃、あるいは600℃に保つことのできるように温度パターンを決定している。

### 3.1 設定温度パターン

乾燥工程および強熱灰化工程の設定温度パターンを表1に、その温度パターン下での被測定物温度を図2に示す。設定温度変更の判断材料として、乾燥工程では1分間の重量平均値の差、強熱灰化工程では加熱時間をモニタリングしている。乾燥工程では水分を完全に蒸発させ、なおかつ有機分を燃焼させないよう加熱する必要がある。そのため被測定物の1分間の重量平均値の差を基準として、加熱計量室内の温度を変化させている。一方、強熱灰化については急激な温度上昇による乾燥汚泥の焦熱を防ぐため温度を徐々に上昇させる必要がある。事前の強熱灰化実験から汚泥を5g サンプルした場合、被測定物の昇温時間を5分以上、600℃保持時間を8分以上確保すると強熱灰化が完了することを確認した。

汚泥温度、強熱残留物温度の測定については重量計測と別に試験を行った。それは被測定物に熱電対を直接接触させて温度を測定すると、重量が正しく表示されないためである。乾燥工程、強熱灰化工程の設定温度パターンの目標温度である105℃、600℃±25℃についてはそれぞれ20分程、6分程で到達しており、下水試験法での設定温度を満足している。

表1 設定温度変更パターン

乾燥工程		強熱灰化工程	
1分間重量 平均値の差 [g]	設定温度 [°C]	加熱時間 [min]	設定温度 [°C]
0.300	140→120	0.5	80→150
0.190	120→110	1.0	150→190
0.110	110→100	1.5	190→210
0.110	100→95	2.5	210→250
0.060	95→90	3.5	250→300
0.040	90→85	4.5	300→350
0.020	85→80	5.5	350→400
0.000	含水率測定終了	8.5	400→450
		11.0	450→530
		15.0	強熱灰化終了

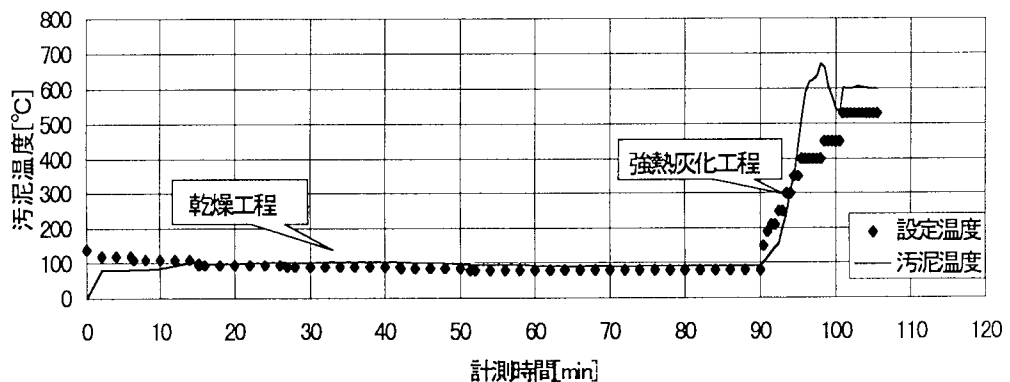


図2 温度パターンと汚泥温度

### 3.2 重量補正

乾燥工程、強熱灰化工程中に発生する水蒸気、排ガスを脱臭ファンにより吸引するため、加熱ボックス内は負圧になり、被測定物重量は真の重量よりも軽く見積もられる。さらに両工程とも高温状態で重量測定を行う必要があり、その際、加熱ボックス内で熱対流が生じるため、被測定物の重量が真値よりも軽くなる。これらの誤差要因を考慮するため、以下の操作を行う。

排ガス吸引による誤差については乾燥終了、強熱灰化終了時の重量読み込みまでに脱臭ファンを停止させ、計測終了までの時間を十分確保することによって影響を無くしている。

熱対流による誤差については、計測終了時の被測定物重量を読み込み、次に試料皿を乗せていない状態でゼロ点からのずれを測定して補正する。ゼロ点からのずれを読み込む時間を検証するため、事前に以下の実験を行った。方法として重量既知の試料皿 (26.671g) のみを使用して、連続自動計測と同様の動作を行った。乾燥工程終了時の加熱状態を設定温度パターンによりつくりだし、終了時の被測定物重量を読み込む。その後、試料皿を一旦加熱計量室から汚泥採取室へと搬送するが、加熱計量室内では加熱状態を継続しており、何も乗せられていない試料皿台のゼロ点が熱対流により変化する。この計測終了時の試料皿重量とゼロ点からのずれを用いて計算される試料皿重量の経時変化を図3に示す。同様に強熱灰化工程終了時の試料皿の重量変化を図4に示す。

両工程とも計測終了時に読み込んだ試料皿重量は 26.671g よりも小さくなっており、熱対流効果が認められる。また乾燥工程終了時と強熱灰化工程終了時の読み込み重量を比較すると、強熱灰化工程の方が小さくなっている。これは強熱灰化工程での設定温度が 600°C と高く、熱対流効果が大きくなっているためである。試料皿を汚泥採取室へと搬送すると重量表示は 0 になるはずであるが加熱状態にあるために表示は 0 よりも小さくなる。試験を 5 回行い、試料皿の重量計算値が 26.671g になる時間を調べると乾燥工程では 1.5~2.5 分後、強熱灰化工程では 2~2.5 分後であった。したがって両工程とも計測終了 2 分後のゼロ点のずれを読み込み、計測終了時の重量から減算することで得られた値を、乾燥工程終了重量、強熱灰化終了重量とした。

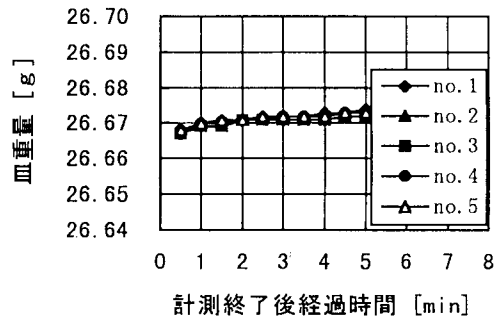


図3 熱対流補正  
(乾燥工程)

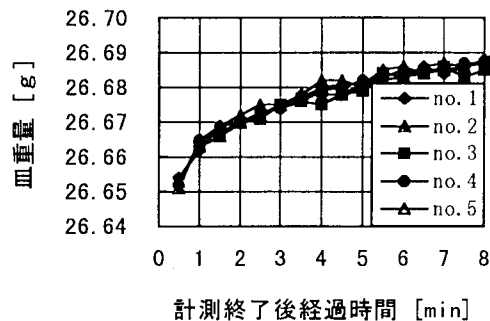


図4 熱対流補正  
(強熱灰化工程)

#### 4 連続自動計測結果

含水率、VTSの計測誤差が流動焼却炉の安定運転に与える影響について考える。含水率、VTS共に80%の汚泥が1日あたり100t供給されると仮定し、補助燃料をパラメーターとして流動焼却炉の熱収支計算を行った。結果を表2に示す。含水率、VTSの1%のずれが補助燃料の供給量に影響を与え、それぞれ約20%、3%変動した。流動焼却炉の安定燃焼を行うためには含水率、VTS共に正確な値を把握し、計測誤差を真値から少なくとも1%以内に抑える必要がある。そこで下水試験法から得られる含水率、VTSを真値と見なし、VTS計の計測精度を下水試験法と比較し±1%以内とした。実プラントにVTS計を導入し、連続自動計測を行った際の含水率の経時変化を図5に、VTSの経時変化を図6に示す。下水試験法の計測結果には±1%の範囲でエラーバーを表記した。図5から下水試験法とVTS計の計測による含水率のずれは1%以内に収まっている。傾向としてVTS計での計測結果の方が低い値を示している。図6からVTSのずれは計測回数の7割が1.5%以内に収まっており、傾向としてはVTS計での計測結果の方が高い値を示している。これらの計測傾向から見ると、乾燥工程における水分の蒸発が十分でないことが考えられる。設定温度パターンを見直すことにより含水率、VTSともに計測精度を向上できると思われる。汚泥性状については下水試験法によると含水率が78~80%、VTSが79~82%となっており、日変動、時間変動が確認されている。この汚泥性状の変動をVTS計での計測結果でも確認でき、理論空気量の算出に利用可能である。またVTS計の1回あたりの計測時間は1.5~2時間となっており、下水試験法で必要としていた時間を短縮することができた。

今後の課題としては、VTSの計測で3割が1.5%以上のずれを示しており、そのイレギュラー回数を減少させる必要がある。その後VTS計の計測結果を組み込んだ燃焼制御が行えるように新たなプラント制御システムを構築してその有効性を検証していく。

表2 100t/day流動焼却炉における熱収支計算(炉出口温度850℃固定)

含水率[%]	80	79~81	80
VTS[%]	80	80	79~81
補助燃料[t/day]	114.9	94.2~135.6	118.7~111.1

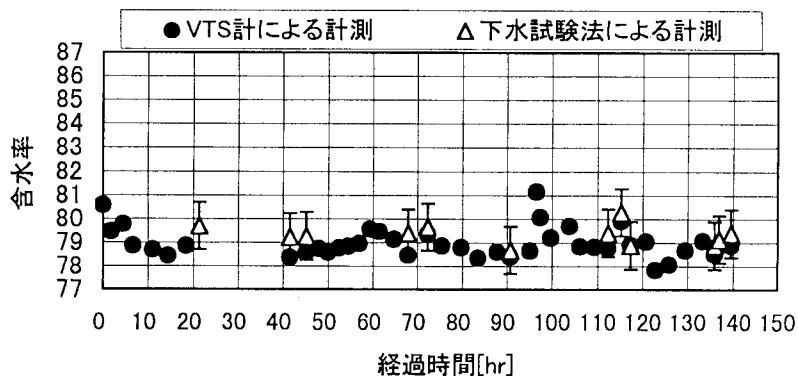


図5 脱水汚泥含水率 経時変化

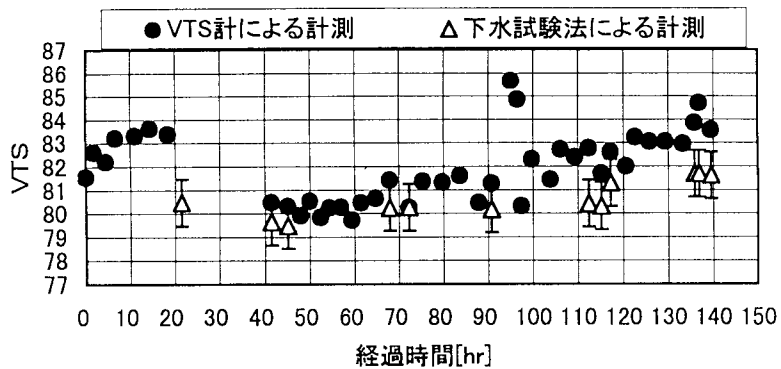


図6 VTS 経時変化

## 5 まとめ

下水脱水汚泥の含水率、VTSを同時に短時間で連続自動計測可能な装置を開発した。従来の手分析方法と比較して計測精度は含水率が1%以内、VTSが1.5%以内（計測の7割）であり、1回あたりの計測時間を1.5～2時間に短縮することができた。本装置を用いることにより、汚泥焼却炉の燃焼制御を有効に行えると考えられる。

## 6 参考文献

- (1)日本下水道協会、下水試験方法、p.313～314(1984)