

熱移動検知センサによる汚泥の調質状態の判定方法の検討

安川 克男 十時 敏雄 重見 弘毅

栗田工業株式会社 総合研究所
神奈川県厚木市森の里若宮7番1号

概要

下水処理場、および、し尿処理場等から発生する有機性汚泥の脱水処理において、日常の汚泥濃度・性状等の変化に対応した脱水剤の薬注管理を行うことは、汚泥処理の運転管理の機能向上の面から重要なことである。本研究では、汚泥の調質状態を検知する手段として、熱移動検知センサに着目し、し尿および下水汚泥の凝集・脱水効果におよぼす高分子凝集剤の添加率の影響について検討を行った。汚泥調質後の脱水分離液中で測定した熱移動検知センサの計測値は、高分子凝集剤の添加率の増加・減少に伴い規則的に変化し、下限値を持つ「U字型カーブ」の特性をとる。センサ計測値の下限値の薬注率は、同時に行った机上脱水実験結果の重力ろ過速度の最大値、および、ケーキ含水率の最小値を示す薬注率と一致する。また、これらの薬注率は、凝集反応後の余剰ポリマ（残留ポリマ）濃度が脱水分離液中で急激に増加し始める薬注率とも一致する。以上の実験結果から、熱移動検知センサ法は、汚泥の調質状態の良否を判定する方法として有効となることが確認できた。

キーワード

下水汚泥、し尿汚泥、汚泥調質、脱水機、脱水分離液、カチオン性高分子凝集剤、両性高分子凝集剤、熱移動検知センサ、ヌッチェテスト、加圧テスト、

1. はじめに

汚泥処理プロセスにおいて、脱水機の運転状態を常に良好な状態に保つことは、脱水機の運転維持管理の質の向上、省力化、省エネ化などを進めるうえで重要である。特に、近年、高分子凝集剤の進歩に伴って急速に普及してきたベルトプレス型脱水機や遠心脱水機の場合は、日常の供給汚泥の性状変化にかかわらず、常に、脱水性の良い汚泥調質状態を維持した運転を行うことが、汚泥処理の効率を高める上で重要な課題となっている。これに対し、調質前の汚泥濃度の計測値から固形物比例の薬注自動制御を行う方式が実用化されているが、この方法は、汚泥の調質状態の変化を汚泥濃度の計測値から間接的に検知する方法であるため、制御の信頼性・応答性等の面で問題を持っている。このような背景のもとに、現在、脱水剤添加後の汚泥の調質状態を直接検知して薬注自動制御を行う方法として、調質汚泥の凝集状態を回転トルクセンサで検知する方法¹⁾、脱水分離液の残留ポリマ量をコロイド荷電量計測センサ、および、流動電流計で検知する方法²⁾などの開発が行われている。これに対し、著者らは、計測方法が容易で、精度も高い汚泥調質状態検知センサとして、熱移動検知センサに着目して研究開発を行ってきた。このセンサは、脱水分離液中で通電すると、汚泥の調質状態の変化に対応してセンサ表面から拡散する熱量が規則的に変化するという特性をもっている。本論文は、熱移動検知センサを用いて、し尿および下水汚泥の凝集脱水効果におよぼす高分子凝集剤の添加率の影響の検討結果についてまとめたものである。

2. 熱移動検知センサの構造と原理

本実験で用いた熱移動計測装置の構造の概要を図1に示す。熱移動検知センサは、汚泥調質後の脱水分離液中に浸漬した薄膜状微小センサチップ（金属抗体素子）に、一定攪拌条件下で、定電流を通電し、脱水分離液の性状変化に伴うセンサ素子表面からの熱量の拡散状態の変化を検知する。拡散する熱量変化の状態は、電圧信号として取り出され、A/D変換処理を行った後、パーソナルコンピュータ内に入力されて、あらかじめ設定しているフルスパン値に対する比率（%）として出力される。このセンサ出力値（%）が増加するに従い、センサ素子表面からの熱量の拡散が低下していることとなる。このセンサ素子は、角型薄膜平面状で、縦10mm、横10mmの大きさである。このセンサ素子は、図1の計測槽内に脱水分離液の液流方向に平行となる位置に設置する。

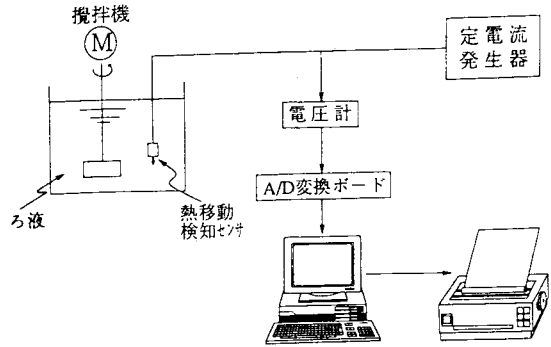


図1. 熱移動計測装置概略図

3. 実験方法

供試汚泥に高分子凝集剤（以下、ポリマ）を添加・攪拌後、脱水分離液の熱移動計測値の測定と脱水効果（重力ろ過速度、ケーキ含水率）の確認を行う。実験工程のフローを図2に示す。

3.1. 供試汚泥の性状

実験に用いた汚泥は、下水処理場の混合生汚泥（以下、A汚泥）と、し尿処理場の余剰汚泥（以下、B汚泥、C汚泥）である。これらの汚泥の性状を表1に示す。

3.2. 脱水剤

実験に用いた脱水剤を下記に示す。

(1) カチオンポリマー剤法

高カチオン性ポリマー（メタクリル酸エステルの重合体）

(2) 無機塩・ポリマ併用法

ポリ硫酸第二鉄、両性ポリマ

3.3. 脱水実験

供試汚泥200mlをビーカーに採取し、所定量の無機塩およびポリマを添加後、凝集攪拌を行う（各薬剤添加後、回転数200rpmで30秒間ずつ攪拌）。調質汚泥は、ヌッチェテストおよび加圧テストにより、重力ろ過速度とケーキ含水率の確認を行う。ここで、加圧テストの圧搾条件は、 1 kg/cm^2 で30秒間である。また、ヌッチェテストの脱水分離液は、コロイド滴定法により、残留ポリマ濃度の確認を行う。

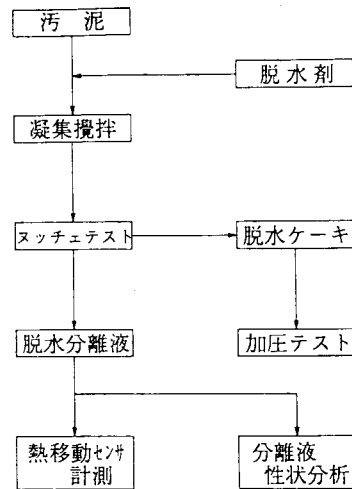


図2. 実験フロー

表1. 供試汚泥の性状と調質薬剤

汚泥サンプル名	汚泥種類	汚泥性状				調質薬剤
		PH (-)	電気伝導率 ($\mu\text{S/cm}$)	SS (%)	VSS/SS (%)	
A	下水(生)	5.5	3190	2.23	83.9	カチオンポリマ
B	し尿(余剰)	6.9	2200	1.39	85.6	カチオンポリマ
C	し尿(余剰)	6.7	2500	2.52	75.3	鉄塩+両性ポリマ

3.4. 熱移動計測

調質汚泥の脱水分離液1000mlを図1の熱移動計測装置の計測槽に入れ、0.1秒毎に、連続30秒間のセンサ計測を行う。計測結果は、計測装置のパーソナルコンピューターから、30秒間の計測値の平均値を、熱移動計測センサ出力値(%)として出力する。

4. 実験結果および考察

4.1. ポリマ濃度と熱移動センサ出力値

あらかじめ所定の濃度に調整したカチオン性ポリマの純水溶液を用いて、ポリマ濃度変化による熱移動センサ出力値の影響の確認を行った。結果を図3に示す。これより、熱移動センサ出力値は、純水中のポリマ濃度の増加に伴い規則的に増加することが確認できる。これは、液中のポリマ濃度の増加が、センサ表面の熱拡散量の低下を起し、その結果、センサ出力値の増加となることを示唆している。

4.2. 脱水実験結果と熱移動センサ出力値

(1) 下水汚泥(カチオン一剤法)

A下水処理場の混合生汚泥にカチオン性ポリマを添加し、ポリマ添加率によるセンサ出力値の変化と脱水効果(重力ろ過速度、ケーキ含水率)の関係を対比させて図4に示す。センサ出力値は、ポリマ添加率の増加に伴い規則的に減少し、その後、0.67%/SSを下限値(変曲点)として増加傾向に転ずる「U字型カーブ」をとる。図4より、この変曲点のポリマ添加率は、重力ろ過速度の最大値、および、ケーキ含水率の最小値のポリマ添加率と、ほぼ一致していることがわかる。同時に測定した脱水分離液中の残留ポリマ濃度は、この変曲点付近の添加率を境界として、急激な増加傾向をとる。以上より、熱移動センサの出力値は、汚泥の凝集・脱水状態の変化と関連しながら変化し、汚泥調質状態の良否を判定する計測指標として有効となると判断できる。

(2) し尿汚泥(カチオン一剤法)

Bし尿処理場の余剰汚泥にカチオン性ポリマを添加し、ポリマ添加率の変化によるセンサ出力値の変化と脱水効果(重力ろ過速度、ケーキ含水率)の関係を対比させて図5に示す。これより、し尿処理余剰汚泥においても、前記下水処理混合生汚泥と同様に、センサ出力値の「U字型カーブ」の変曲点のポリマ添加率が、脱水実験の最適添加率とほぼ一致していることがわかる。

(3) し尿汚泥(無機塩と両性ポリマ併用法)

Cし尿処理場の余剰汚泥に、無機塩(ポリ硫酸第二鉄)と両性ポリマを併用添加して汚泥脱水を行った時の検討結果を図6に示す。この結果においても、前記カチオン一剤法の場合と同様に、センサ

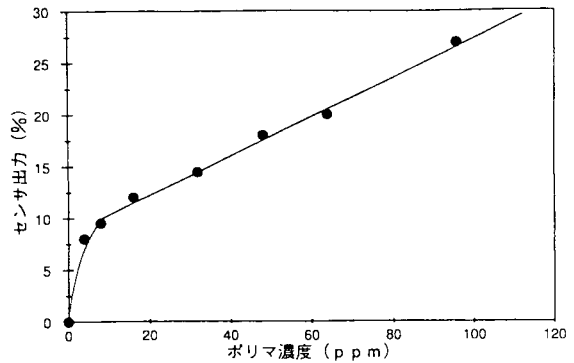


図3. 純水中のポリマ濃度と熱移動センサ出力

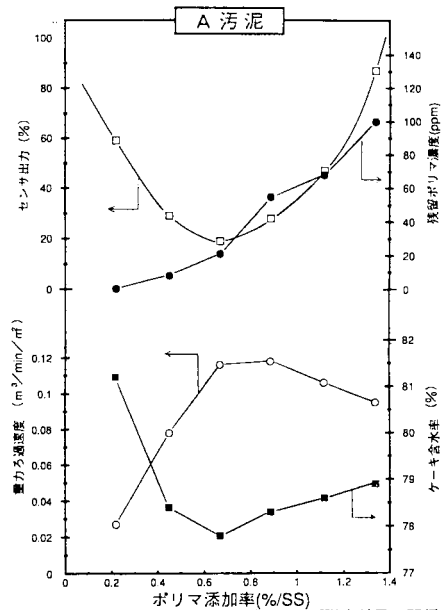


図4. ポリマ添加率とセンサ出力、および脱水効果の関係

出力値の「U字型カーブ」の変曲点のポリマ添加率が、脱水実験の最適添加率とほぼ一致し、熱移動検知センサが、汚泥調質状態の判定手段として有効となることがわかる。

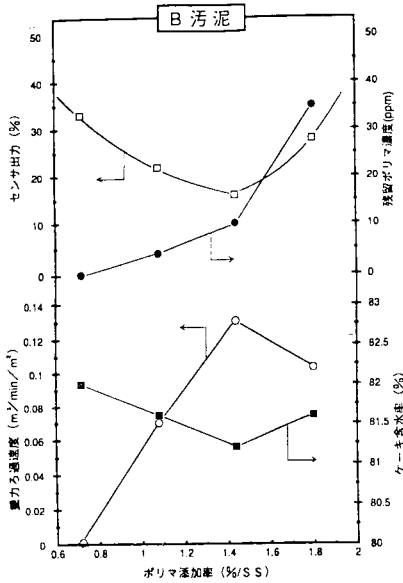


図5. ポリマ添加率とセンサ出力、および脱水効果の関係

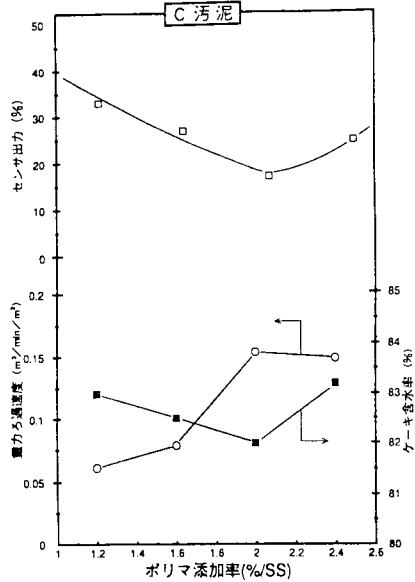


図6. ポリマ添加率とセンサ出力、および脱水効果の関係

4. 実験結果のまとめ

ポリマによる汚泥調質状態を検知する手段として、熱移動検知センサを用いる方法の検討を行い、以下の知見を得た。

(1) ポリマ添加後の調質汚泥の熱移動計測値は、薬注量の過不足によって起こる汚泥調質状態の変化と共に規則的に変化する。よって、この計測値は、汚泥の調質状態を検知する手段として、有効となる。

(2) 熱移動検知センサの出力値が最小となるポリマ薬注点は、脱水効果が最良（重力ろ過速度が最大、ケーキ含水率が最小）となる薬注点と一致する。このセンサは、汚泥の調質状態の良否を判定する手段として有効である。

5. おわりに

熱移動検知センサは、汚泥の調質状態の良否を判定する手段として有効となることが確認できた。この検知センサは、計測方法が容易で、計測時間も短く、計測出力信号の処理も容易なことから、自動制御システムへの適用に適したものである。今後、本研究結果をもとに、「熱移動検知センサを使用した脱水用自動薬注制御システム」の研究開発を予定している。

<参考文献>

- 1) Crawford, P.M., Shigemi, H. (1990). Control of Polymer Consumption for Sludge Dewatering : The Japanese Experience. Proc. 5th IAWPRC Workshop on Instrumentation and Control of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, Yokohama and Kyoto, Japan, 26 July - 3 August. 351-358
- 2) 斉藤克夫、長尾英明、北村輝明、五十嵐千秋（1992）、汚泥脱水工程での高分子凝集剤注入制御方法の開発、第29回下水道研究発表会講演集、602-604