

「汚泥脱水工程での高分子凝集剤注入制御方法の開発」

五十嵐千秋*、田中一成*、北村輝明**、藤田和雄**、
清水紀嗣***、斎藤克夫***

- * (株)荏原総合研究所
神奈川県藤沢市本藤沢4-2-1
- ** 荏原インフィルコ(株)
東京都港区港南1-6-27
- *** 日本下水道事業団
埼玉県戸田市下笹目5141

概要

下・廃水汚泥やし尿処理汚泥等の脱水工程では有機高分子凝集剤（以下、ポリマ）が広く用いられているが、ポリマの添加率が脱水効果や経済性などに大きく影響するため、その制御は極めて重要である。このため固形物比例制御法などが実用化され、実施設で運転されている。しかし固形物比例制御法ではポリマを汚泥濃度に比例して注入するので、濃度以外の性状変動に追従できない欠点がある。また、汚泥濃度計の信頼性および応答性が必ずしも十分でないので、ポリマ添加率を高めに設定して運転する場合が多い。このため、ポリマ注入量の適正な制御方法が望まれている。

このような背景のもとに、著者らは共同研究を行い、脱水分離液のコロイド荷電量を自動測定する新しいセンサを使用して、ポリマの注入量を適正に制御する方法を開発した。本論文では、その概要について報告する。

キーワード

汚泥脱水、高分子凝集剤、注入制御、コロイド荷電量、流動電流計

1. 研究内容

本研究で開発する自動制御法のフローシートを図-1に示す。本法は脱水分離液のコロイド荷電量を自動的に測定し、その値が所定の値になるようにポリマ供給量をフィードバック制御する方法である。

本研究では、①コロイド荷電量測定センサの検討、②実規模脱水機での本法の適応性調査、③コロイド荷電量測定センサによる自動制御実験、④本法の信頼性及び効果の確認について検討した。

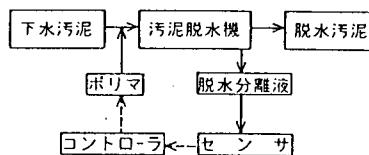


図-1 本法のフローシート

2. 研究結果

2.1 コロイド荷電量測定センサの検討

(1)コロイド滴定法の原理

コロイド滴定法の原理を図-2に示す。本滴定法は、①コロイド状の物質の持つ電荷が試薬と1対1で反応して電荷を失うこと、②液中に存在する電荷の符号によって変色する指示薬を用いることからなり立っている。コロイド滴定の終点検知は、二波長測光法を用いた光学セルにより電気的に行った¹⁾。

コロイド荷電量は次式により求めた。

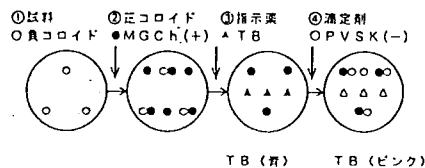


図-2 コロイド滴定法の原理

$$\text{コロイド荷電量}(eq/l) = \frac{1/800 \cdot (a - b)}{V}$$

ここで、Vは採取試料の量(ml)、aは試料の滴定終点における滴定剤添加量(ml)、bはブランク(純水)の滴定終点における滴定剤添加量(ml)、1/800は滴定剤の濃度(N)である。

(2) 全自動コロイド滴定計

コロイド滴定を全自動で行う分析計を試作した。コロイド滴定計の出力と手分析結果との相関性は極めて良好であった。また測定に要する時間は約10分であった。

(3) 流動電流計

コロイド荷電量を間接的に測定するセンサとして、流動電流計を検討した。図-3にその概念図を示す。本センサは、ピストンとホルダの間隙に試料を入れてピストンを上下運動させ、ホルダ上下間に発生する荷電の片寄りを電流(流動電流)として測定するものである。本センサは、その値を連続的に無試薬で出力する。図-4に、脱水分離液のコロイド荷電量と流動電流計出力の関係を示す。両者の相関性は良好であった。

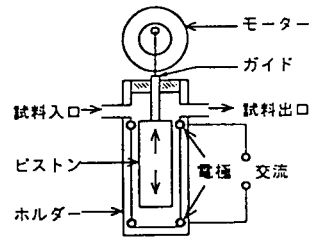


図-3 流動電流計の概念図

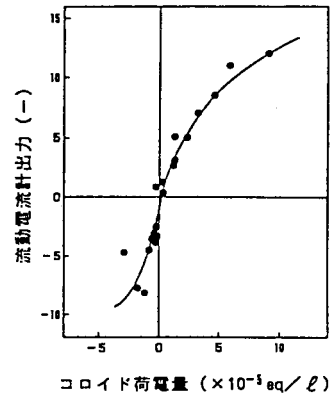


図-4 コロイド荷電量と流動電流計出力との関係

2.2 実規模脱水機での本法の適応性調査

(1) ベルトプレス脱水機による本法の適応性調査

N下水処理場において、ベルトプレス脱水機による本法の適応性の調査を行った。図-5に、重力ろ過液のコロイド荷電量、流動電流計出力、脱水ケーキ含水率に及ぼすポリマ添加率の影響を示した。コロイド荷電量がゼロとなるブレイク点近傍で、ケーキ含水率が最小となり良好な脱水状態となった。また汚泥流量等の運転条件を変更しても同様の結果が得られた。これらの結果は、実験を行った7箇所全ての処理場のベルトプレス脱水機においても、同様であった。

(2) 遠心脱水機での本法の適応性調査

S下水処理場にて遠心脱水機での本法の適応性調査を行った。図-6に、分離液のコロイド荷電量、流動電流計出力、固形物回収率及び脱水ケーキ含水率に及ぼすポリマ添加率の影響を示した。遠心脱水機でもベルトプレスと同様に、ブレイク点近傍で良好な脱水状態となった。また差速等の運転条件を変更しても同様な結果が得られた。これらの結果は、実験を行った2箇所の処理場の遠心脱水機においても同様であった。

以上の結果より、脱水分離液のコロイド荷電量もしくは流動電流計出力が、ブレイク点になるようにポリマ注入量を制御すれば、良好な脱水状態が維持できるものと考えられる。

2.3 コロイド荷電量測定センサによる自動制御実験

脱水分離液のコロイド荷電量または流動電流計出力がブレイク点となるようにポリマ注入量を制御する実験を行った。

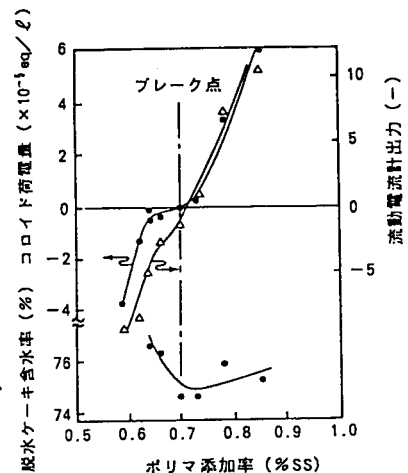


図-5 各指標に及ぼすポリマ添加率の影響 (N下水処理場、ベルトプレス)

(1) H下水処理場でのベルトプレス脱水機制御結果

図-7に、コロイド測定計を用いた本法と固形物比例制御法を用いて、2台のベルトプレスを制御運転した結果を示した。本法によるコロイド荷電量の制御目標値は、予備実験の結果により $-0.5 \times 10^{-5} \text{ eq/l}$ とし、固形物比例制御法のポリマ添加率はオペレーターの判断により、汚泥濃度計の出力当たり0.6%とした。

汚泥濃度がほとんど変化しないため、固形物比例制御法ではポリマ供給量が一定であった。しかし、本法による制御では薬品供給量が低下した。ケーキ含水率は両制御法ともほぼ同じであるため、固形物比例制御法ではポリマを過剰に供給しているといえる。また、固形物比例制御法における脱水分離液のコロイド荷電量が時間とともに増大したことが、ポリマの過剰を裏付けている。これは固形物濃度では検知できない性状変化が汚泥に生じて、凝集に必要なポリマ量が減少したためと考えられる。1日平均のポリマ添加率は、本法で0.46%SS、固形物比例制御法で0.59%SSであり、本法の方が20%少なかった。

また、流動電流計を用いてもほぼ同様の結果を得た。

(2) S下水処理場での遠心脱水機制御結果

当処理場では汚泥濃度の変動が極めて激しく、コロイド測定計では出力応答が遅すぎて、制御が困難であった。そこで流動電流計による注入制御を行った。

図-8に、流動電流計を用いて遠心脱水機を制御運転した結果を示す。流動電流計の制御目標値は予備実験より+2とした。濃縮汚泥の引き抜き(図中矢印)による濃度の急激な上昇に追従して、ポリマ供給量が増大した。そのためケーキ含水率及び固形物回収率は、ほぼ一定に保たれた。

以上の結果より、本法によりベルトプレス脱水機及び遠心脱水機の凝集剤注入制御が可能であることが確認できた。とくに流動電流計を用いれば、遠心脱水機のような汚泥の滞留時間が短く、汚泥性状の変化に敏感に応答する脱水プロセスでも、安定した制御が可能であることがわかった。また、流動電流計は連続出力で無試薬であることより、実用的なセンサであると考えられる。そこで、以下の研究で用いるセンサとして、流動電流計を選定した。

2.4 本法の信頼性及び効果の確認

(1) 流動電流計の信頼性

脱水分離液の測定後にプローブ及び配管内を洗浄し、洗浄後の工業用水の測定値(ゼロ点)の経日変化を図-9に示した。測定値は概ね-1と安定していた。また、標準液を用いて流動電流計の感度を適宜測定したが、特に大きな感度変化は認められなかった。よって本センサは、信頼性が高いことが確認できた。

(2) 制御システムの応答性及び安定性

T下水処理場で初沈汚泥と余剰汚泥の混合割合を変えて汚泥の

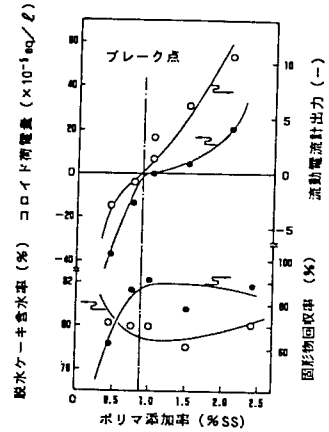


図-6 各指標に及ぼすポリマ添加率の影響 (S下水処理場、遠心脱水機)

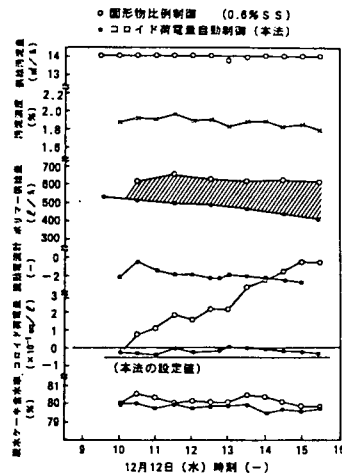


図-7 コロイド測定計を用いた本法と固形物比例制御法による制御結果

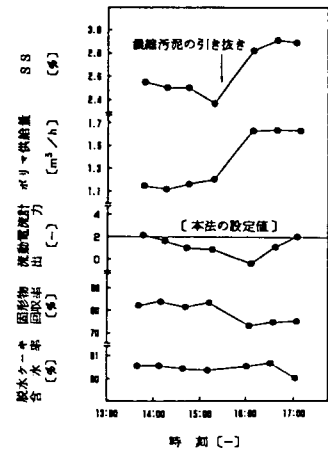


図-8 流動電流計を用いた本法の制御結果

濃度や質に変動を与え、制御システムの応答性および安定性を調べた。図-10に、脱水プロセスに外乱を与えた場合の脱水結果を示す。流動電流計の設定値は予備実験より+4とした。汚泥に性状変動を与えるとポリマ供給量を迅速(約5分)に調節して、流動電流計出力を一定に保った。その間の脱水ケーキ含水率は安定していることがわかる。

これらの結果より、汚泥の性状変動に対する本制御システムの応答性および安定性は良好であると推察された。

一方、汚泥濃度計の出力は手分析値と異なるとともに、時間遅れが大きいことが図-10より明らかである。固形物比例制御法では、汚泥性状の急激な変化が生じた場合に適切な量のポリマを供給することが困難と考えられる。そのため安全を見て添加率を高めに設定するものと推定される。

(3) 本法によるポリマ費用の削減効果

これまでの実験結果によると、本法のポリマ消費量は、固形物比例制御法より10~20%程度少ない。原水処理量100,000トン/日の処理場を想定してポリマ削減効果を試算したところ、表-1に示すように年間500~1000万円の費用削減効果が推定された。これ以外にも維持管理の省力化等が期待されるので、本法による汚泥脱水工程の改善効果は極めて大きいと言える。

3. 結言

本研究の結果を、以下にまとめる。

- (1) 実規模のベルトプレス及び遠心脱水機において、ブレイク点すなわち脱水分離液のコロイド荷電量がゼロとなるポリマ添加率近傍で脱水性が最良となる。
- (2) コロイド荷電量測定センサとしてコロイド滴定計または流動電流計を用いれば、ポリマ添加率をブレイク点近傍に維持する自動制御が可能である。
- (3) 流動電流計はコロイド滴定計より維持管理が容易であり、出力の信頼性が高いセンサである。
- (4) 汚泥性状の変動に対する本法の応答性および安定性は良好であり、本実験条件下では、固形物比例制御法より10~20%ポリマ消費量を削減できた。

4. 謝辞

本研究を実施するにあたり、種々ご配慮賜りました各下水処理場関係者各位に厚く御礼申し上げます。

5. 引用文献

1) 五十嵐千秋(1988). コロイド滴定法によるカチオン性有機高分子凝集剤の定量に及ぼす溶存塩類および濁度の影響, 水質汚濁研究, 11(12), 774-782.

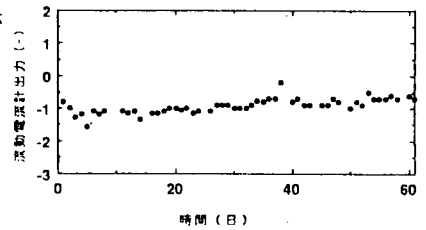


図-9 ゼロ点の経日変化

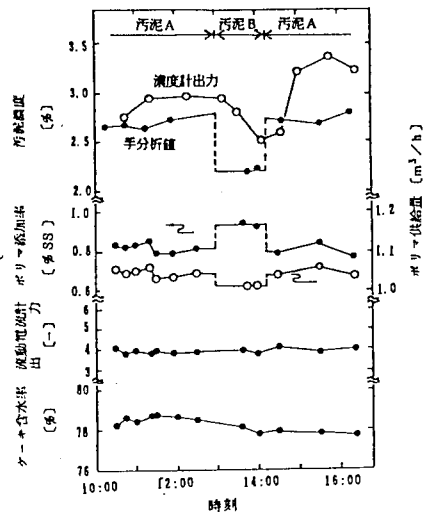


図-10 供給汚泥を変更した場合の脱水結果

表-1 ポリマ消費節約効果の試算

下水処理量	100,000	m ³ /日
原水BOD	200	mg/l
汚泥発生率	0.9	kgSS/kgBOD
発生汚泥量	18,000	kgSS/日
ポリマ注入率	0.6	%SS
ポリマ注入量	108	kg/日
ポリマ単価	1,300	円/kg
ポリマ費用	140,400	円/日
ポリマ削減率	10~20	%
削減費用	512~1,024	万円/年