

汚泥集約処理の返流水を対象とした高速造粒沈殿処理の薬注制御

○米山 豊*、北村輝明*、徳野光宏*、本間康弘*
野口 廣**、上野孝司**

*株式会社 荏原製作所 エンジニアリング事業本部
東京都港区港南1-6-27

**東京都下水道局計画部技術開発課
東京都新宿区西新宿2-8-1

概 要

筆者らは、汚泥集約処理の返流水に含まれる高濃度の有機汚濁物、窒素及びりんを処理する目的で、前処理（高速造粒沈殿処理）+本処理（生物膜処理）の検討を行った。高速造粒沈殿処理における無機凝集剤の注入量は返流水中のSS、りん濃度によって左右されることがわかった。そこで、返流水のSS濃度、りん濃度を自動分析し、その結果をもとに無機凝集剤の注入量を自動制御することができたので結果の概要を報告する。

キーワード

汚泥集約処理、高速造粒沈殿、自動分析、無機凝集剤

1. はじめに

近年、下水道の普及率の増加とともに都市部では汚泥の処理・処分が大きな問題となっており、汚泥を効率的に処理するための集約化が進められている。筆者らは汚泥集約処理における返流水処理システムの開発を約3年間にかけて行った。¹⁾²⁾このプロジェクトは、返流水に含まれる高濃度の有機汚濁物、窒素及びりんを処理する効率的なプロセスを開発すると共に実規模施設的设计条件の把握することを目的としている。処理システムはSS、りんの除去を目的とした高速造粒沈殿処理を用いた前処理プロセスと有機汚濁物質、窒素の除去を目的とした生物膜処理プロセスからなる。高速造粒沈殿処理における無機凝集剤の注入量は返流水中のSS濃度、りん濃度に左右されるため、省資源の面から凝集剤を適正に注入することが必要である。そこで、返流水のSS濃度、りん濃度を自動分析し、その結果をもとに無機凝集剤の注入量を自動制御したので結果の概要を報告する。

2. 汚泥の集約処理における返流水処理について

汚泥処理に嫌気性消化施設を含まない場合、汚泥集約処理施設において濃縮工程、脱水工程から汚濁物濃度の高い排水が発生する。図-1に返流水処理における前処理フローを示す。本実験では、遠心濃縮分離水（カチオンポリマを対SSあたり0.1%添加）を模擬返流水とした。返流水SS濃度406~2650mg/L（平均1080mg/L）、 PO_4 -P濃度5.8~66.8mg/L（平均33.1mg/L）であり、流入下水の5~10倍程度の濃度である。SS濃度は、主に汚泥濃縮工程の運転条件に左右される。りん濃度が高いのは、長距離の送泥の間に汚泥が腐敗・可溶化するためである。

返流水中のSSは1000mg/L前後の高濃度であるため、生物膜処理の前でSSを除去する高速造粒沈殿処理

を行う。高速造粒沈殿処理において無機凝集剤を使用することで、SS除去と同時にりん除去ができる。高速造粒沈殿処理の処理水目標値はSS 100 mg/L以下、 $PO_4\text{-P}$ 5mg/L程度とした。りんの処理目標値は返流水中に含まれる溶解性りんは大半オルトリン酸の形態をしているため、前処理で除去されるりんについては $PO_4\text{-P}$ を指標とした。

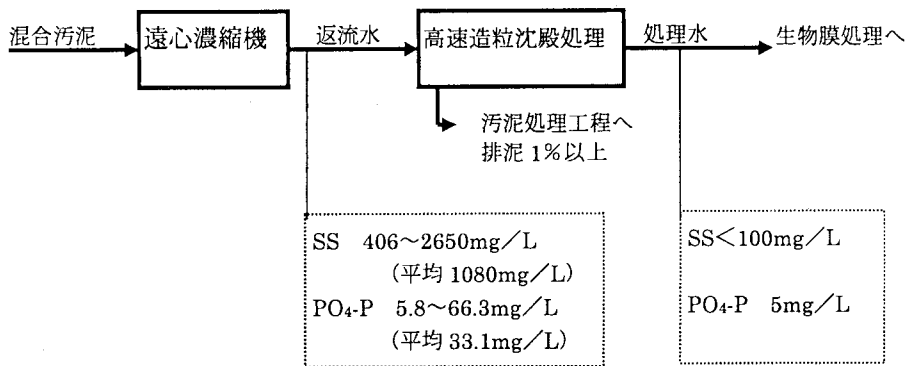


図-1 返流水処理における前処理フロー

3. 返流水水質と無機凝集剤（硫酸ばん土）注入量の関係

ここでの無機凝集剤は薬品コスト、凝集汚泥の濃縮性の面から判断して硫酸ばん土を用いた。返流水を対象としたジャーテストによりSS、りんの処理目標値を満足する硫酸ばん土の注入量の関係を調べた。結果を図-2、図-3に示す。

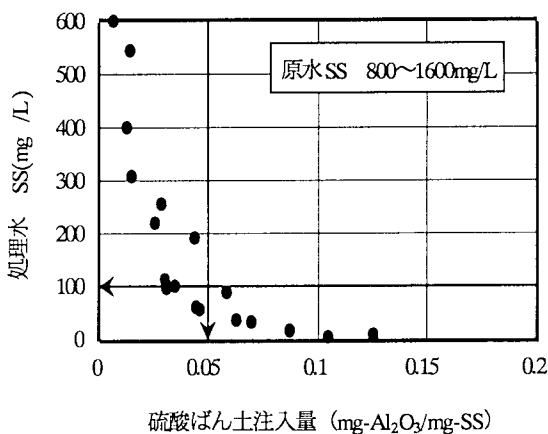


図-2 硫酸ばん土注入量と処理水SSの関係

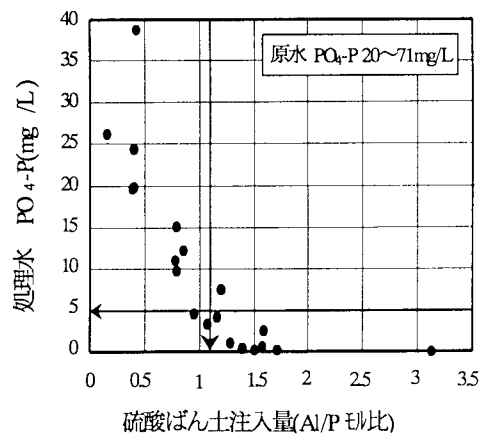


図-3 硫酸ばん土注入量と処理水 $PO_4\text{-P}$ の関係

図-2、図-3より処理水SS、処理水 $PO_4\text{-P}$ を満足する硫酸ばん土注入量は(1)、(2)の通りである。

- (1) 処理水 SS < 100mg/L : 0.05 (mg Al_2O_3 /mg 原水 SS)
- (2) 処理水 $PO_4\text{-P}$ 5mg/L : Al/P (モル比) = 1.1、1.82 (mg Al_2O_3 /mg 原水 $PO_4\text{-P}$)

図-4 に返流水水質と硫酸ばん土注入量の関係を示す。

例えば SS 濃度 1080mg/L では、硫酸ばん土の注入量は PO₄-P 濃度 30mg/L 以上となるとりん律速となり、PO₄-P 濃度 30mg/L 以下となると SS 律速となる。このように、SS、りんの目標水質を満足する無機凝集剤の注入量は原水 SS 当りの注入量と原水りん当りの注入量のどちらが多い方を選んで注入する必要がある。

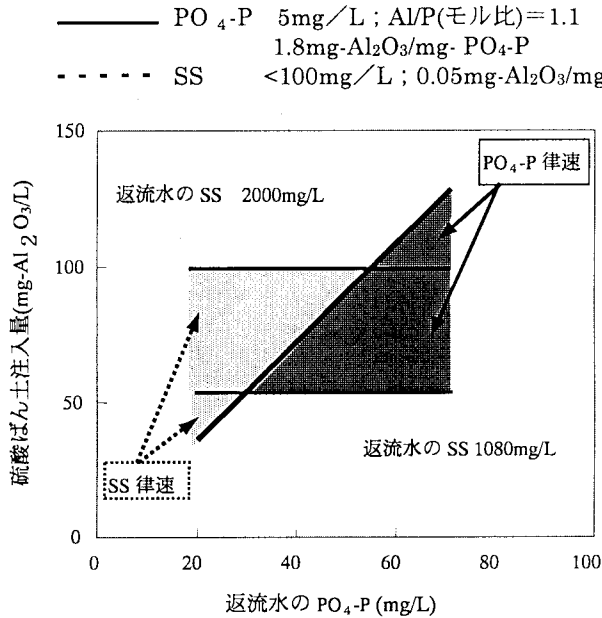


図-4 返流水の水質と硫酸ばん土注入量の関係

4. 硫酸ばん土の薬注制御実験

4-1 実験装置と実験方法

図-5 に実験装置の処理フローを示す。凝集処理の薬注制御方法としては、原水側の水質を自動分析し、その出力信号をもとに硫酸ばん土の注入量を制御する方式（フィードフォワード：FF）と処理水側の水質を自動分析し、その出力信号をもとに硫酸ばん土の注入量を制御する方式（フィードバック：FB）が考えられる。ここでは、応答時間の遅れを少なくするために、原水 SS、原水 PO₄-P 濃度の出力信号をもとに制御装置にて注入量の多い方を選択し、硫酸ばん土注入ポンプに信号を送る FF 制御を行った。

SS の自動分析には A 社の浸漬型 MLSS 計（SS 濃度範囲 0~10000mg/L；透過光方式）を用いた。センサー部は一定時間毎に超音波により間欠洗浄が可能となっている。スパン調整は原水 SS を用いた。

PO₄-P の自動分析計は B 社のオルトリン酸濃度計（PO₄-P 濃度範囲 0~10mg/L；フローセルによる光電光度法）を用いた。試料は水道水で 5~10 倍率で希釈後、MF 膜モジュール（孔径 0.2 ミクロン）で試料中の濁質成分を除去後、PO₄-P 濃度計に供給した。

硫酸ばん土注入量以外の運転条件は、槽全体の分離速度 100 m/日、アニオンポリマ 2~3mg/L、凝集時 pH 6.5 等一定条件とした。原水の PO₄-P 濃度は一日の時間変動が小さいため、りん酸一カリウムを添加することでありん濃度に変動を与えた。

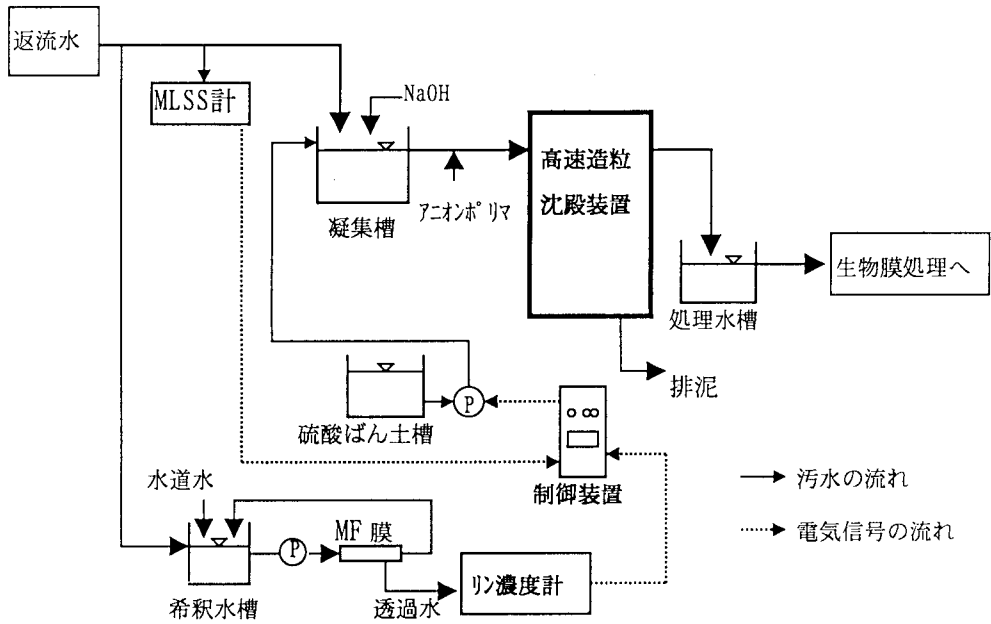


図-5 硫酸ばん土の薬注制御実験装置の概要

4-2 実験結果と考察

(1) 自動分析値と手分析値の比較

硫酸ばん土の薬注制御を行う上で、SS、りん（リン）の自動分析計の指示値と実際の水質分析値とに差がないことが必要である。そこで、両水質項目について、自動分析計指示値とその時の手分析値との比較を行った。結果を図-6、図-7に示す。MLSS計指示値は661~1595mg/L（データ数51：平均1124mg/L）であり、手分析原水SSに対する傾きは1.07、相関係数 R^2 は0.91であった。 PO_4-P 計指示値は9.0~32.5mg/L（データ数：平均22.3mg/L）であり、手分析 PO_4-P に対する傾きは0.97、相関係数 R^2 は0.85であった。MLSS計、りん濃度計共に指示値と手分析値と良い相関関係を示していた。

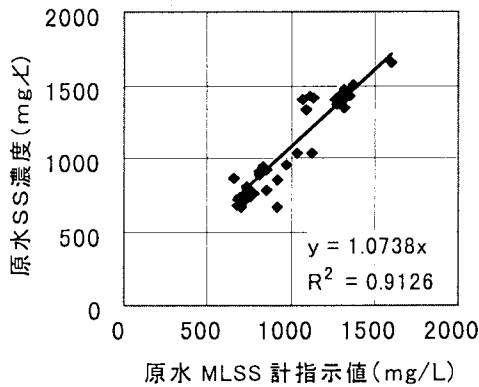


図-6 原水 MLSS 計指示値と原水 SS 濃度との関係

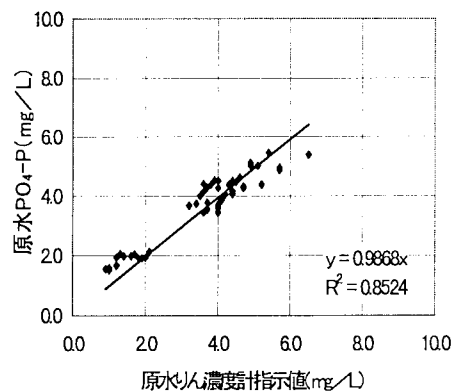


図-7 原水りん濃度計指示値と原水 PO_4-P 濃度との関係

(2) 硫酸ばん土薬注制御実験結果

図-8に実験結果を示す。原水SSは1270~1350mg/L(平均1310mg/L)であり、これに対応した硫酸ばん土注入量は66.6~70.8(mg/L as Al₂O₃)でほぼ一定値を示している。原水PO₄-Pは22.5~71.6mg/L(平均51.5mg/L)であり、これに対応した硫酸ばん土注入量は26.2~83.4(mg/L as Al₂O₃)であり、原水りん濃度により増減している。実際の硫酸ばん土注入量は9:00~12:00及び16:00以降は原水SSに対応したもので制御され、12:00~16:00では原水PO₄-Pに対応したもので制御されている。このように原水PO₄-P濃度変化に対応して、硫酸ばん土注入量は原水SSに対応したもから原水PO₄-Pに対応したものに切り替わって運転ができています。また、処理水SS16~64mg/L(平均45mg/L)、処理水PO₄-P0.9~7.8mg/L(平均4.8mg/L)であり、処理目標水質に近い値を示している。以上の結果より硫酸ばん土の注入制御が可能なが確認できた。

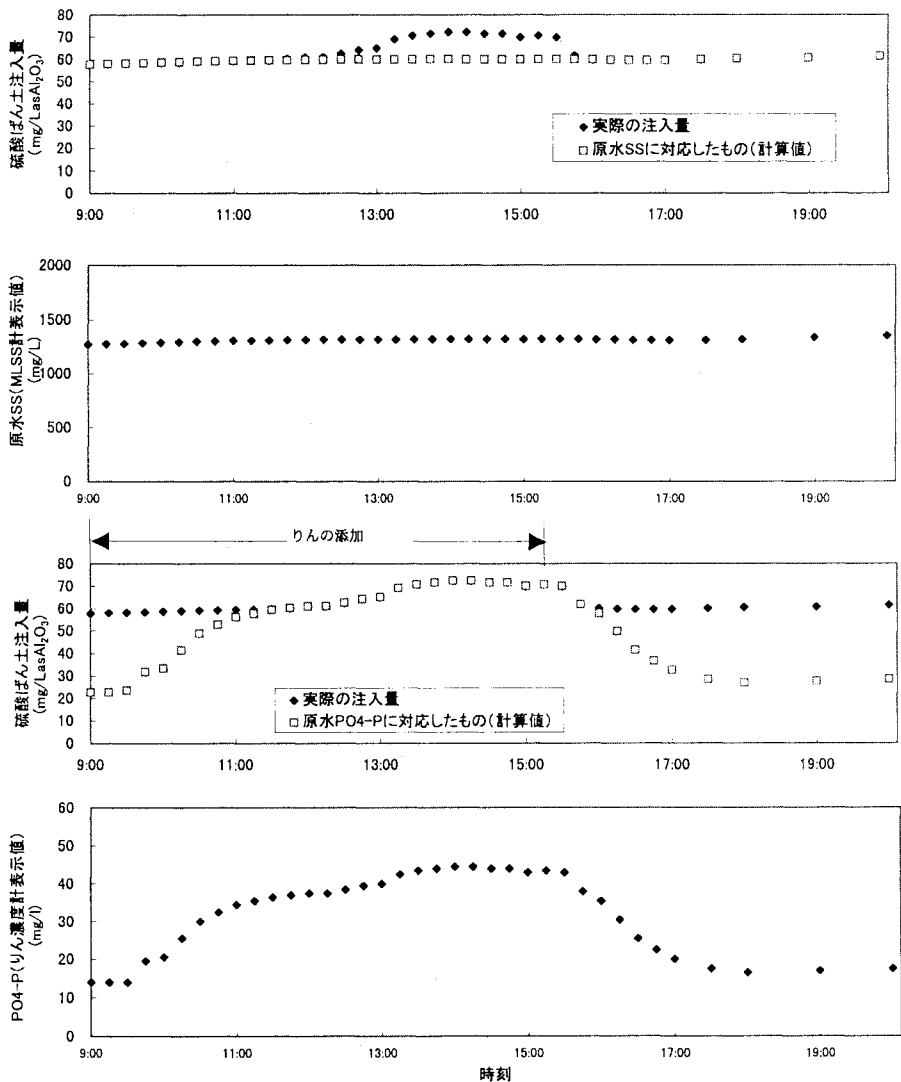


図-8 硫酸ばん土の薬注制御実験結果

5. まとめ

高速造粒沈殿処理の硫酸ばん土注入量は返流水中の SS、 PO_4 -P 濃度に左右され、原水 SS 濃度と原水 PO_4 -P を自動計測し、その測定値から硫酸ばん土注入量を計算し、硫酸ばん土注入量の多い方を選択して制御運転を行うことで、目標水質を得ることが確認できた。

参考文献

- 1) 本間康弘、米山 豊、石井英俊 : 汚泥集約処理施設における高速造粒沈殿処理法の返流水処理への適用、第 34 回下水道研究発表会講演集、p. 824~826 (1997)
- 2) 石井英俊、野口 廣、米山 豊 : 汚泥集約処理における返水処理システムの開発、第 34 回下水道研究発表会講演集、p. 827~829 (1997)
- 3) 高田 純、府中裕一、大里雅昭 : 濃縮槽付高速造粒沈殿装置、産業機械、4月号、p. 23~25 (1985)