

ろ布ろ過による汚泥濃縮設備 に関する実用化研究

1. 研究の目的

1.1 研究の背景

汚泥の濃縮は汚泥処理における最初のプロセスであり、後続の処理施設の処理能力、施設規模を決定するための最も重要な処理工程であり、建設費及び維持管理費を低減するために重要なプロセスである。

従来は、初沈汚泥及び余剰汚泥を混合して重力濃縮する方法が主流であった。しかし、近年、汚泥中の有機分の増加による汚泥性状の変化や、水処理の高度化（窒素、リン除去）への対応などにより、重力濃縮では所定の汚泥濃度が得られなくなってきた。

東京都区部では汚泥処理の集約化が進み、汚泥を長距離輸送するようになった結果、汚泥が腐敗し、浮上しやすくなっている。このため汚泥濃縮は、重力濃縮から機械濃縮に移行しつつあるが、一般的に機械濃縮は建設費が高く、多量の電力を消費する。

また、東京都区部処理場から圧送する汚泥濃度は0.5%前後と低く、処理量が多いため、機械濃縮するのは効率が悪い。よって、低濃度汚泥を効率良く濃縮する装置が望まれていたが、東京都では、汚泥濃縮において凝集剤を添加し、ろ布を用いて濃縮する手法を見いだした。

1.2 研究の目的

本研究は、新世代下水道支援事業制度機能高度化促進事業（新技術活用型）として、平成11年度～平成12年度の2ヶ年間、東京都と共同で実施したものである。そのうち平成11年度における試験では、目標とする濃縮汚泥濃度が得られなかったため、装置を改良して平成12年度の実験を行った。

本研究の目的は、有効ろ布幅3mのろ布ろ過濃縮機と付帯装置を備えた実証設備を建設し、原汚泥濃度（0.2～0.5%）の汚泥に対し、原汚泥供給量40m³/h以上、濃縮汚泥濃度4%、SS回収率95%以上の目標を達成するための処理性能の調査及びろ布洗浄方法をはじめとした維持管理に関して検討を行い、ろ布ろ過濃縮技術の実用化を図ることである。

2. 技術の概要及び特徴

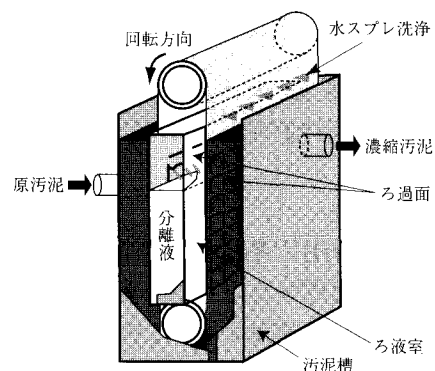


図-1 ろ布ろ過濃縮機概略図

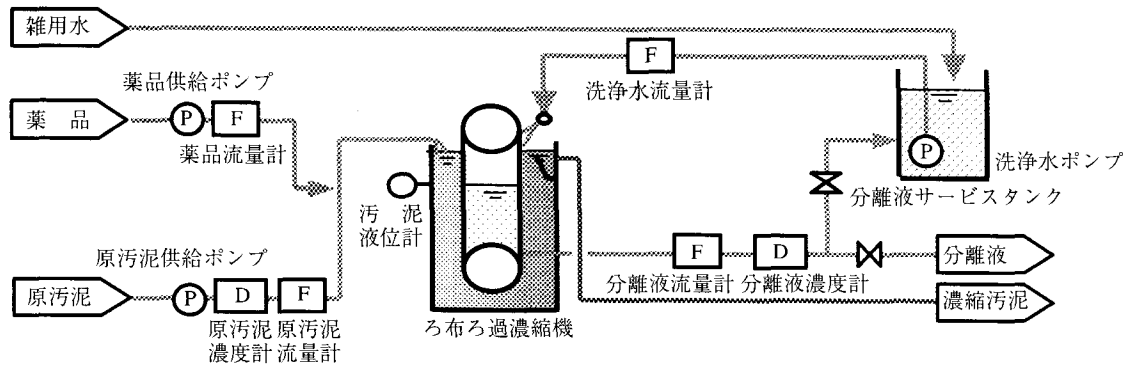


図-2 ろ布ろ過汚泥濃縮フロー

ろ布を使用してろ過濃縮する本方式は、汚泥処理における課題を克服し、従来の比重差を利用する重力濃縮、遠心濃縮方式に代わる技術である。

ろ布ろ過濃縮技術は、硫化水素及びリン固定に有用なポリ硫酸第二鉄（ポリ鉄）を凝集剤として適用し、ろ布を使用してわずかな水頭差で汚泥を濃縮する技術である。

本技術は、低濃度の混合汚泥（0.2～0.5%）を濃度一定自動制御運転によって、安定的に4%に濃縮することを特徴としている。

図-1にろ布ろ過濃縮機の概略構造を、図-2に濃縮フローを示す。

ろ液室を挟んでろ布が回転し、装置左側から供給された汚泥は、ろ過面でろ過され、ろ液（分離液）はろ液室の中へ入り、右側にある堰を越えて排出される。ろ布外側の汚泥は、ろ布の回転により徐々に濃縮され、右上から引き抜かれる。また、水スプレーにてろ布洗浄を行う。

この装置を葛西処理場に設置し、同処理場の汚泥を用いて調査を行った。

（葛西処理場一沈汚泥＋二沈汚泥＋他処理場送泥汚泥）

余剰汚泥固形分比率：50%以上

葛西処理場の将来の計画汚泥と同質の汚泥であり、平成12年度の調査では、①の分配槽汚泥とこの汚泥の2種類について、性能調査（運転条件の調査）を行った。

(2) 機器仕様及び性能目標

以下にろ布ろ過濃縮機の機器諸元と性能目標を示す。

表-1 ろ布ろ過濃縮機機器仕様

項目	仕様
有効ろ布幅	3.0m
ろ布走行速度	20m/min
ろ過圧力	500mmAq

表-2 ろ布ろ過濃縮機処理性能（目標値）

項目	性能
濃縮汚泥濃度	4.0%以上
汚泥供給量	40m ³ /h以上
分離液SS回収率	95%以上
ポリ鉄薬注率	15%DS程度
分離液SS回収率	8m ³ /h程度

3. 研究内容

3.1 性能目標

(1) 適用範囲

運転の適用範囲は、原汚泥濃度（0.2～0.5%）の混合汚泥とし、次の2種類の汚泥について、調査した。

① 分配槽汚泥

（葛西処理場一沈汚泥＋他処理場送泥汚泥）

余剰汚泥固形分比率：平均値で27%

平成11年度の調査では、この汚泥のみを供試体とした。

② 余剰混合汚泥

3.2 研究内容

本研究では、実装置規模のろ布ろ過濃縮機を長期連続運転させることにより、性能調査、運転管理手法の検討、経済性の評価を行った。

3.2.1 性能調査

本濃縮機の性能として、運転条件、制御性、機能安定性及び本濃縮機導入による汚泥脱水性等に及ぼす影響について調査した。

(1) 運転条件の調査

運転条件を変化させて濃縮性の基礎調査を行う。
濃縮機の汚泥供給量、ろ布走行速度及びポリ鉄添加率等の条件変化に対する濃縮性能について調査する。

(2) 制御性の調査

本装置の制御性について、調査を行う。

濃縮機は、原汚泥の濃度変化があっても4%以上の一定濃度の濃縮汚泥を排出でき、運転制御がシンプルであることが必要である。

よって、濃縮汚泥濃度一定制御システムによる自動制御運転について検証する。

(3) 機能安定性の調査

本装置のろ布は、汚泥脱水機に使用されるろ布と同様に、長期運転を行った場合、徐々に状況が変化すると考えられる。また、濃縮機汚泥槽内のスカムの滞留や、汚泥槽底部での沈砂の堆積も運転に障害を及ぼす恐れがある。

よって、以下の項目を機能安定性に関わる調査項目として、約1ヶ月毎の経時変化を調査する。

- ・ろ布寿命
- ・スカム及び沈砂の発生状況

(7) ろ布寿命の調査

以下の観測結果により、ろ布寿命を判断する。

① ろ布目詰まり量の経時変化の把握

- ・拡大写真による、表と裏の汚泥の付着状況、目詰まり状況の目視確認

② ろ布摩耗状態の把握

- ・拡大写真による、ろ布裏面の摩耗状態の経時変化の観察

(f) スカム及び沈砂の調査

- ・スカムの発生状況の調査
- ・汚泥槽底部の沈砂量の定期的測定
(流入砂分総量－排出砂分量)
- ・沈砂の除去機構、除去装置の必要性の検討

(4) 本濃縮機導入による汚泥脱水性等に及ぼす影響の調査

本システムでは、凝集剤としてポリ鉄を添加しているが、ポリ鉄添加によるろ布ろ過濃縮システムが、後段の脱水性及び返流水水質に及ぼす影響について調査を行う。

(7) 濃縮汚泥の脱水性への影響

- ・ベルトプレス脱水機に供給した場合を想定したリーフテストの実施

(f) 返流水水質への影響

- ・分離液の水質データの分析

3.2.2 濃縮設備の配置及び運転管理手法の検討

本装置を適用した場合の機器及び付帯設備の配置及び運転管理方法について検討する。

3.2.3 経済性評価

建設費、維持管理費、保守点検費について、従来の濃縮方法と比較し、本装置の経済性を総合的に評価した。

4. 研究結果

4.1 性能調査

4.1.1 前年度の研究結果に対する装置改良の効果

前年度(平成11年度)の試験においては、ポリ鉄添加率15%で濃縮汚泥濃度は3.5%、原汚泥供給量は30m³/h、SS回収率は95%であり、目標値を下回ったため、装置の改良を行った。

その結果、以下の効果が確認できた。

- ・濃縮汚泥排出側の槽内濃度分布が不均一だったため、排出側のろ布と汚泥槽壁内のクリアランスを狭めた結果、槽内濃度分布が均一となり、濃縮汚泥濃度が一定になった。
- ・汚泥供給方法については、越流方式からもぐり堰方式に変更し、同時に汚泥供給管径を大径化して管内流速を低下させた結果、供給量、濃縮汚泥濃度が安定した。
- ・スクレーパーのろ布への当たりを均一化した結果、汚泥の剥離が良くなり、洗浄排水のSS濃度が低下した。
- ・洗浄水の打力が弱く、洗浄ムラが生じていたため、ノズル数量を増やし、洗浄水量を8m³/hから12m³/hに変更し、スプレーノズルを千鳥格子にし、全面洗浄を行えるようにした。また、裏面も洗浄できるように改良した。その結果、ろ布の洗浄ムラがなくなった。

4.1.2 実証設備による性能調査

(1) 運転条件の調査

(7) 分配槽汚泥

分配槽汚泥を供試体とした場合、ろ布走行速度の上昇に伴い処理量は若干上昇するが、SS回収率が大きく低下する傾向を示した。性能目標値である濃縮汚泥濃度4%以上、原汚泥供給量40m³/h、SS回収率95%を安定して維持するためには、ろ布走行速度20m/min、ポリ鉄添加率の設定値を15%とすることが必要であった。

ろ布走行速度と原汚泥供給量の関係を図-3に、ろ布走行速度とSS回収率の関係を図-4に、ポリ鉄添加率と原汚泥供給量の関係を図-5に、ポリ鉄添加率とSS回収率の関係を図-6に示す。

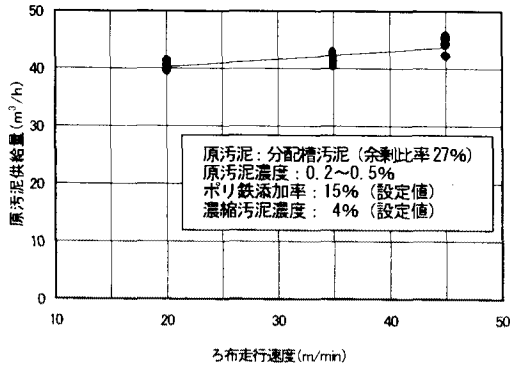


図-3 ろ布走行速度と原汚泥供給量の関係

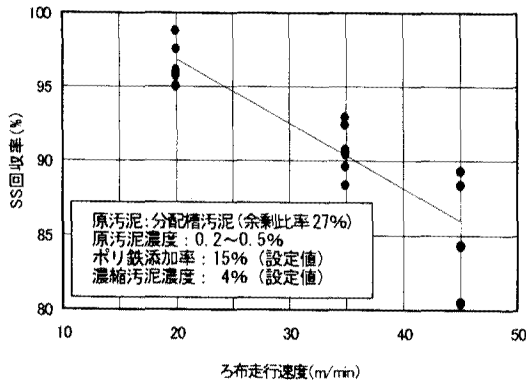


図-4 ろ布走行速度とSS回収率の関係

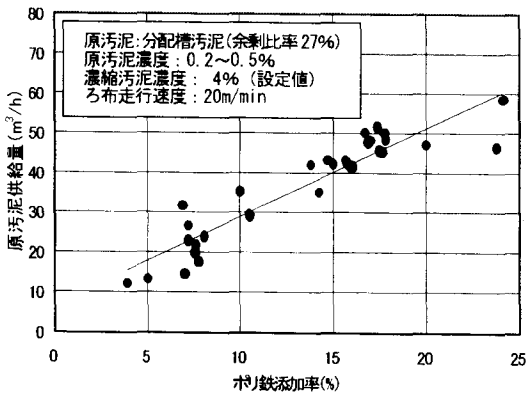


図-5 ポリ鉄添加率と原汚泥供給量の関係

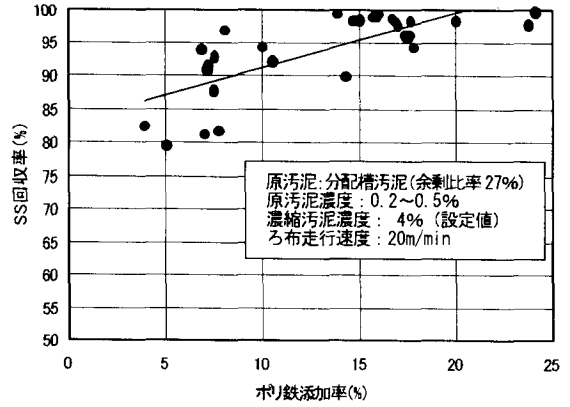


図-6 ポリ鉄添加率とSS回収率の関係

(イ) 余剰混合汚泥

余剰混合汚泥を供試体とした場合、性能目標値を達成するためには、ろ布走行速度を20m/minとし、ポリ鉄添加率を20%とすることが必要であった。

一方、汚泥のpH値がフロック形成に影響を与えることがわかり、余剰混合汚泥の場合は、分離液のpHが6.0を越えると凝集性が悪くなる傾向であった。そこで、前処理としてpHを下げる操作をすれば、ポリ鉄添加率15%で濃縮汚泥濃度4%以上、原汚泥供給量40m³/h、SS回収率95%の目標性能を達成できた。なお、pH調整としては、96%硫酸を50mℓ/(m³-原泥)添加を必要とした。

ポリ鉄添加率と原汚泥供給量の関係を図-7に、ポリ鉄添加率とSS回収率の関係を図-8に、原汚泥SS濃度分析値と原汚泥供給量の関係を図-9に、原汚泥SS濃度分析値とSS回収率の関係を図-10に示す。

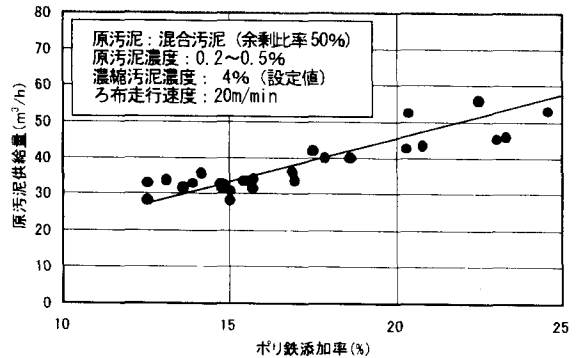


図-7 ポリ鉄添加率と原汚泥供給量の関係

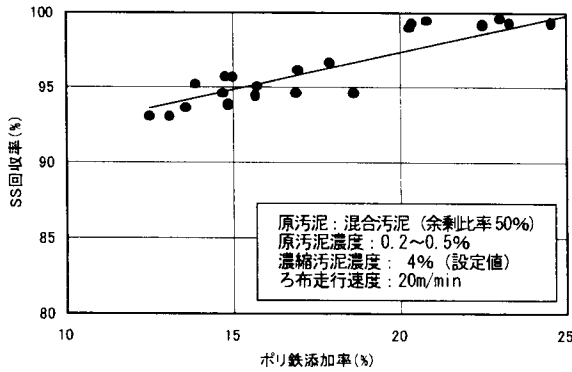


図-8 ポリ鉄添加率とSS回収率の関係

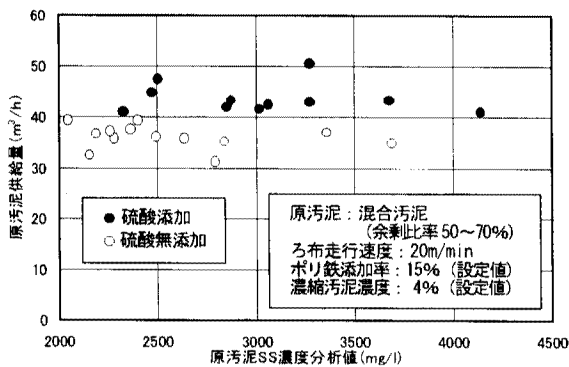


図-9 原汚泥SS濃度分析値と原汚泥供給量の関係

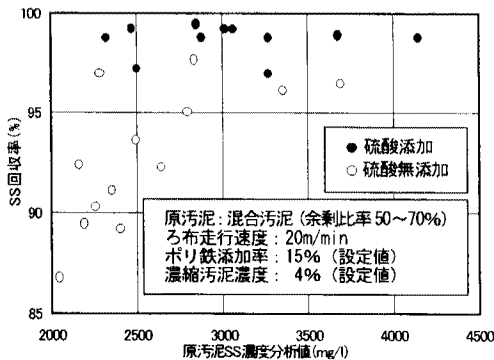


図-10 原汚泥SS濃度分析値とSS回収率の関係

(2) 制御性の調査

分配槽汚泥を供試体として、濃縮汚泥濃度一定制御を行った結果、原汚泥濃度(0.2~0.5%)の変動があっても4%以上の濃縮汚泥を安定して得られることが確認できた。この場合、濃縮汚泥濃度を一定にするため、汚泥供給量を調節するが、流量変動範囲が狭いため、装置の実用化にあたって支障がないものと判断した。

(3) 機能性安定の調査

(7) ろ布状況の調査

- ろ布の目詰まりによって処理能力が減少したが、ろ布を薬品洗浄することにより、目詰まりは解消し、処理能力を回復できた。従って、実装置では定期的な薬品洗浄が必要であると考えられる(実験期間中では、約300hは薬品洗浄が不要であることを確認した)。
- 1年4ヶ月間の装置の稼働において、ろ布断片、ろ布の異常蛇行、ベアリングの異音・振動は認められず、また、その他の部品交換も不要であった。

(4) スカム及び沈砂の調査

- 運転期間中、装置内にスカムの発生は認められなかった。
- 沈砂は平均で18g/h発生することを確認した。従って、実装置では、数ヶ月に1回程度の沈砂除去が必要となる。

(4) 導入による影響の調査

- 脱水試験の結果、本試験で得られた濃縮汚泥は、葛西処理場の濃縮汚泥とはほぼ同等の脱水性があることを確認した。よって、脱水においては特に支障はないと考えられる。
- 分離液の PO_4-P 濃度は $0.06mg/l$ 、SS濃度は $70mg/l$ で低い値であった。よって、他の既存の技術と比較した場合に、返流水のリン、SSの負荷が低減することを確認した。

4.2 濃縮設備の配置及び運転管理方法の検討

- 葛西処理場の $150m^3/h$ 遠心濃縮機と設置スペースを比較した結果、ほぼ同等であった。
- 同じく重力濃縮槽と比較した結果、本装置の設置面積の方が少なかった。
- 本装置は構成機器が簡素であり、管理項目はろ布走行速度、凝集剤量及びろ布目詰まり状況のみであり、管理が容易である。
- 装置の連続運転結果に基づき、運転方法と維持管理方法を策定した。

4.3 経済性評価

遠心濃縮機 $150m^3/h$ と本装置4台($40m^3/h \times 4台 = 160m^3/h$)の建設費、維持管理費、保守点検費を総合的に比較した結果、本装置によるコスト低減が図れることを確認した(表-3)。

表-3 汚泥処理量150m³/hの場合のコスト総合比較

単位：千円/年

	ろ布ろ過濃縮機	遠心濃縮機
建設費	60,336	91,677
維持管理費	ポリ鉄+硫酸	高分子凝集剤
	25,798	21,823
保守点検費	14,000	21,000
合計	100,134	134,500

5. まとめと今後の課題

5.1 まとめ

(1) 性能調査

(7) 運転条件の調査

運転条件の調査結果をまとめると、表-4に示すとおりである。

表-4 運転条件のまとめ

	ろ布走行速度	ポリ鉄添加量
分配槽汚泥	20m/min	15%対DS
余剰混合汚泥 (ポリ鉄のみ)	20m/min	20%対DS
余剰混合汚泥 (ポリ鉄+硫酸)	20m/min	15%対DS +硫酸50ml/m ³

(1) 制御性の調査

上記運転条件の調査結果を反映して、分配槽汚泥を供試体とした連続運転を行った結果、濃縮汚泥濃度一定制御を行うことで、原汚泥濃度の変化

があっても4%以上の濃縮汚泥を安定して得ることができ、制御方法も有効であった。

(ウ) 機能安定性の調査

長時間の運転の結果、ろ布の摩耗は見られなかった。ろ布の目詰まりについては、定期的な薬品洗浄により、通気度が回復した。また、沈砂については、数ヶ月に1回程度の除去が必要である。

(エ) 導入による影響の調査

試験で得られた濃縮汚泥は、葛西処理場の濃縮汚泥とほぼ同等の脱水性であることを確認した。

また、他の既存の技術と比較した場合に、返流水のリン、SSの負荷が低減することを確認した。

(2) 濃縮設備の配置及び運転管理手法の検討

設置面積は、葛西処理場に導入されている150m³/h遠心濃縮機とほぼ同等であり、重力濃縮槽より少ないことが確認できた。

また、運転管理手法は、構成機器が簡素であり、管理が容易であることが確認できた。

(3) 経済性評価

遠心濃縮機150m³/hと本装置40m³/h 4台の建設費、維持管理費、保守点検費を総合的に比較した結果、コスト低減が図れることを確認した。

5.2 今後の課題

今後、実用化に向けての課題としては、次のとおりである。

- ・最適な凝集剤の選定を、今後とも検討していく必要がある。
- ・ろ布の薬品洗浄頻度及びろ布の寿命を調査するため、実装置での検証をする必要がある。

●この研究を行ったのは

研究第一部長 江藤 隆
 研究第一部主任研究員 鈴木 文雄
 研究第一部研究員 新海 幸男

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長 江藤 隆
 研究第一部主任研究員 笹尾圭哉子
 研究第一部主任研究員 小野塚敏彦