

ろ布を用いた汚泥濃縮技術

Experimental Studies on a Novel Sludge Thickening Apparatus Using a Filter Cloth

宇田川 悟 エンジニアリング研究所 水システム研究部 主任研究員
坂井 至 エンジニアリング研究所 水システム研究部 主査
南條 行雄 水エンジニアリング本部 水処理技術部 汚泥処理技術室 室長
上村 健二 水エンジニアリング本部 水処理技術部 汚泥処理技術室 主査
石井 有光 水エンジニアリング本部 水処理技術部 汚泥処理技術室 統括スタッフ
奥山 孝 水エンジニアリング本部 計画部 統括スタッフ

Satoru Udagawa
Itaru Sakai
Yukio Nanjo
Kenji Uemura
Arimitsu Ishii
Takashi Okuyama

当社は、下水汚泥を水頭差を利用して連続ろ過濃縮する、低コストでコンパクトな新しい濃縮装置を開発した。本稿において、2001年3月までに実施した実証試験で得られた本装置の諸特性について述べる。

NKK has developed a novel sludge thickening apparatus which can continuously thicken sewage sludge by a filter cloth with a small head. This paper describes some characteristics of the new apparatus obtained by the pilot scale investigation conducted to March 2001.

1. はじめに

近年の汚泥処理において、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ている。さらに、汚泥集約処理に伴う長距離送泥の結果、汚泥が腐敗して浮上しやすくなっている。このため汚泥濃縮は、重力濃縮から遠心濃縮に移行しつつあるが、一般に遠心濃縮は建設費が高く、多量の電力を消費するといった問題がある。当社は東京都と共同で、汚泥に凝集剤を添加してろ布を用いて濃縮するというろ布ろ過汚泥濃縮機を開発した。ろ布幅1mの試験機を用いて実際の下水汚泥を処理した結果、本機は低濃度の汚泥をより少ない電力で遠心濃縮機と同程度の濃度まで濃縮可能で、実用レベルの処理性能を有することを確認した^{1,2)}。そこで、本機を実用規模のろ布幅3mにスケールアップし、東京都と財団法人下水道新技術推進機構との「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」として実証試験を実施し、その実用上の諸特性についての検討を行った³⁾。以下にその結果を報告する。

2. ろ布ろ過濃縮機の概要

ろ布ろ過濃縮機の基本構造は Fig.1 に示したとおりである。汚泥槽の中で、格子状のろ過面を被覆しつつ無端状のろ布を上下ローラを介して回転させる。原汚泥にはあらかじめ無機凝集剤としてポリ硫酸第二鉄液を管内注入し、汚泥槽に供給する。原汚泥はろ過面においてろ布によってろ過され、分離液はろ液室へと分離される。

ろ布ろ過濃縮機の概略断面を Fig.2 に示す。原汚泥はろ

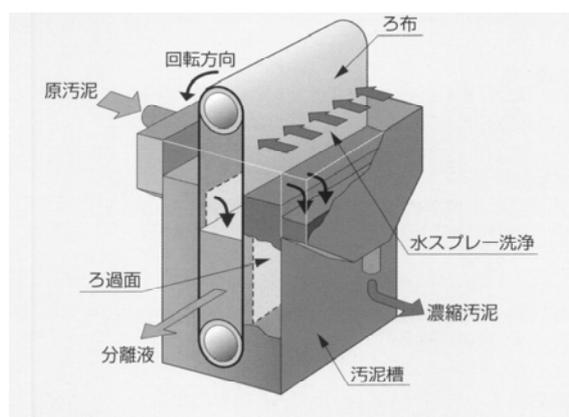


Fig.1 Schematic diagram of the pilot-scale apparatus

布下降側の汚泥槽に供給し、ろ過面において水頭差でろ過される。汚泥槽内の汚泥は徐々に濃縮されつつ、ろ布の回転に従ってろ布上昇側の汚泥槽に移動し、ろ布上昇側に設けた越流堰より自然流下で濃縮汚泥として排出される。ろ布面に付着した汚泥は、越流堰上部に設置されたスクレーパによって掻き落され、濃縮汚泥とともに越流堰より排出される。さらに、ろ布はスクレーパ上部において水スプレーによって洗浄され、ろ布面に付着した汚泥は完全に除去される。水スプレーの洗浄排水によって濃縮汚泥が希釈されないよう、洗浄排水は洗浄排水回収箱で集水され、汚泥供給側の汚泥槽へ返送される。

装置の概略仕様は Table 1 に示したとおりである。

適用ろ布は事前にテーブル試験を実施し、分離性能、洗浄性能および強度の点から優れていたベルトプレス脱水機用のポリエステル製フェルト形状のものを選定し、使用した。

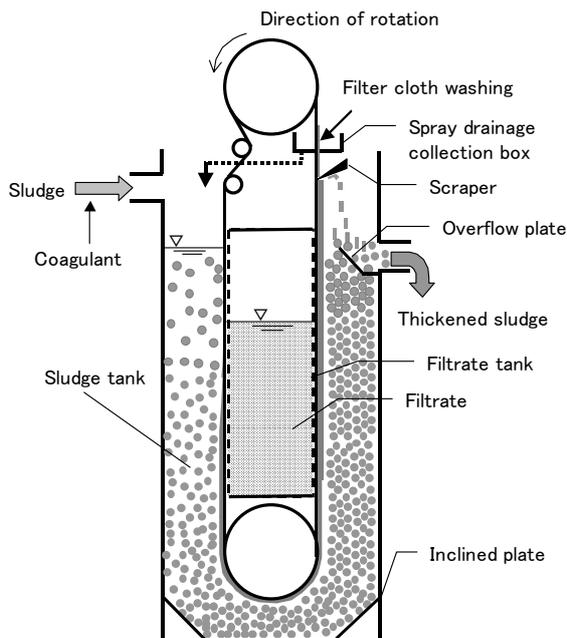


Fig.2 An outline of cross section of the apparatus

Table 1 Outline of the specification of the experimental apparatus

Specifications	
Total belt area	23.4m ² (7.3m in length×3.2m in width)
Total effective filtration area	8.4m ² (3m in width×1.4m in height×2 sides)
Filter cloth washing	Continuous water spray (12m ³ /h)
Filter cross	
Material	Polyester
Type	Felt
Thickness	2.8mm

3. 基礎特性調査

3.1 実験条件

実証試験機は東京都葛西処理場内に設置し、Table 2 に示した実験条件での濃縮処理を行った。原汚泥として余剰汚泥含有率の異なる2種類の汚泥（混合汚泥Aおよび混合汚泥B）を調整し、おのおのの原汚泥に対して無機凝集剤としてポリ硫酸第二鉄液を原汚泥の固形物濃度に対して15wt%をライン注入で添加した後、実験装置へ供給した。得られる濃縮汚泥の固形物濃度が4%となるように原汚泥供給量を調節しつつ、所定の実験条件での連続運転を実施し、以下に示す処理性能指標を調べた。

Table 2 Experimental operational conditions

Head difference	500mmAq
Belt speed	20m/min, 35m/min and 45m/min
Filter washing	Filtrate
Inorganic coagulant	Poly-ferric sulfate solution (11wt% as Fe) was used and added
dosage	15wt% to the sludge solids before the addition of the coagulant
Feed sludge	Mixed sludge A (includes 27wt% of waste activated sludge in feed solid)
	Mixed sludge B (includes 50wt% of waste activated sludge in feed solid)

- ・SS回収率：ろ過によって捕捉された原汚泥中のSSの割合とし、次式で求めた。

$$\text{SS回収率}[\%] = 100 \times (\text{原汚泥SS量}[\text{t/h}] - \text{分離液SS量}[\text{t/h}]) / \text{原汚泥SS量}[\text{t/h}]$$

- ・原汚泥供給量：固形物濃度4%の濃縮汚泥が得られるように運転したときの原汚泥供給量とし、次式で求めた。

$$\text{原汚泥供給量}[\text{m}^3/\text{h}] = (C_o - C_f) (Q_f - Q_w) / (C_o - C_s)$$

ただし、

- C_s : 原汚泥固形物濃度 [%]
- C_f : 分離液固形物濃度 [%]
- Q_w : 洗浄水量 12[m³/h]
- C_o : 濃縮汚泥固形物濃度 4[%]
- Q_f : 分離液量 [m³/h]

なお、本機における処理性能として、濃縮汚泥濃度4%、原汚泥供給量40m³/h以上、かつSS回収率95%以上を目標とした。

3.2 実験結果および考察

混合汚泥Aを用いた場合の処理結果をFig.3～Fig.6に示す。ろ布走行速度の上昇に伴って原汚泥供給量は若干増加するものの、SS回収率は大きく低下する傾向にあった（Fig.3, Fig.4）。一方、原汚泥供給量とSS回収率はいずれもポリ鉄添加率の増加に伴って増大した（Fig.5, Fig.6）。

これらの結果より、性能目標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%を得るためには、20m/minのろ布走行速度と原汚泥固形分に対して15%のポリ鉄添加が必要であることがわかった。

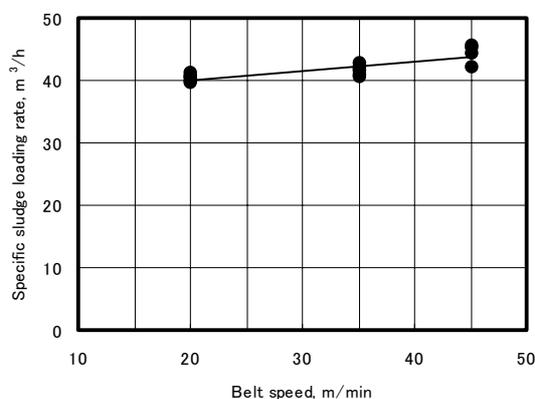


Fig.3 Relationship between belt speed and sludge loading rate

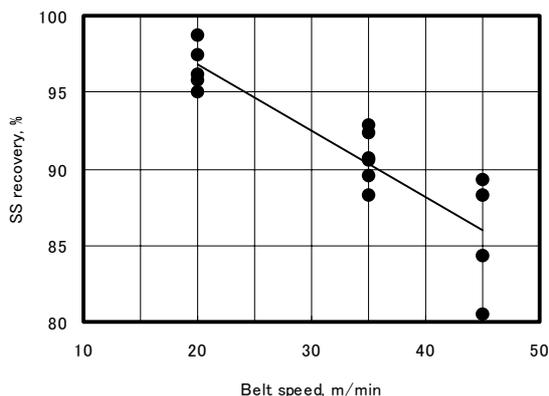


Fig.4 Relationship between belt speed and SS recovery rate

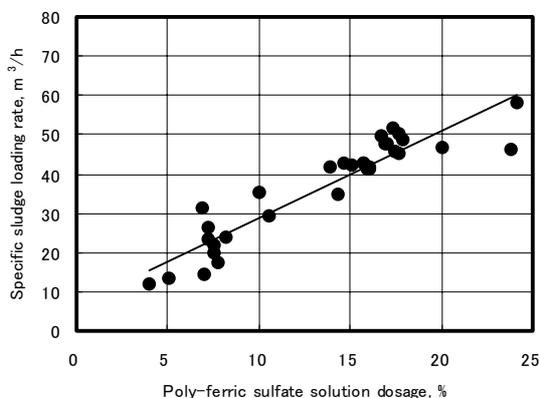


Fig.5 Relationship between poly-ferric sulfate solution dosage and sludge loading rate (Belt speed : 20m/min)

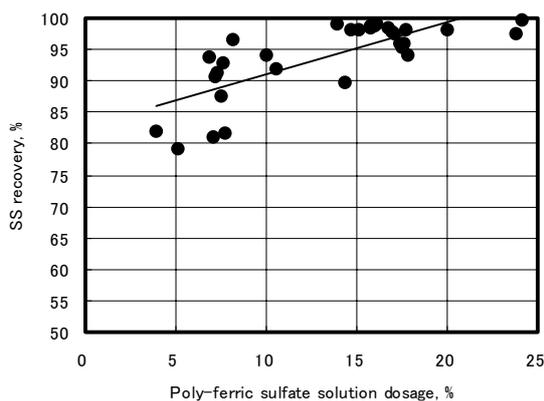


Fig.6 Relationship between poly-ferric sulfate solution dosage and SS recovery (Belt speed : 20m/min)

次に、混合汚泥 B を用いた場合の処理結果を Fig.7 および Fig.8 に示す。混合汚泥 B を用いた場合は、混合汚泥 A を用いた場合に比べて SS 回収率はさほど変わらないものの、原汚泥供給量は大きく低下した。余剰汚泥含有率が高い混合汚泥 B に対して目標の性能を得るためには、原汚泥固形

分に対して 20%程度と比較的高い割合のポリ鉄添加が必要であることがわかった。

これまでの運転データをもとにして分離液の pH と原汚泥供給量との関係について調べた結果、分離液の pH が 6.0 を越えると、ポリ鉄による凝集状態が悪化して良好なフロック形成がされず、原汚泥供給量も低下するという傾向があることが明らかとなった。

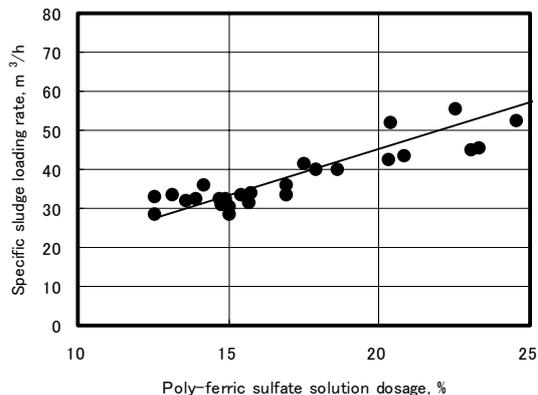


Fig.7 Relationship between poly-ferric sulfate solution dosage and sludge loading rate (Feed sludge : mixed sludge B)

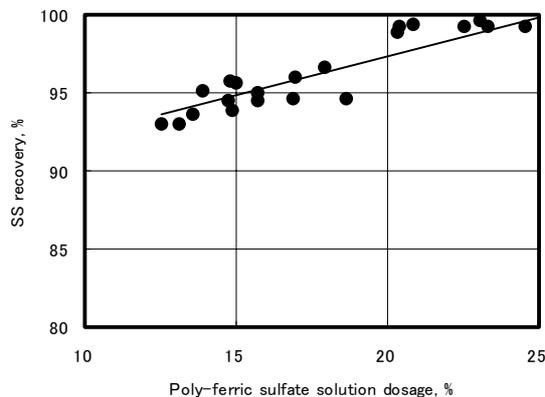


Fig.8 Relationship between poly-ferric sulfate solution dosage and SS recovery (Feed sludge : mixed sludge B)

そこで、原汚泥にあらかじめ硫酸を添加して pH を 6 以下に維持しつつ、ポリ鉄添加率 15%での運転を行った。本運転においては 1m³の原汚泥に対して 96%硫酸を 50ml 添加した。硫酸を添加しない場合との比較結果を Fig.9～Fig.11 に示す。

硫酸を添加した場合は、それを添加しない場合に比べて原汚泥供給量が大、かつ SS 回収率も高く (Fig.9, Fig.10), 硫酸を添加して pH を下げることによって混合汚泥 B に対しても所定の目標性能が得られることを確認した。

なお、分離液の PO₄-P 濃度は硫酸添加の有無にかかわらず 0.2mg/l 以下であり、ポリ鉄によってリンは十分除去できていた。

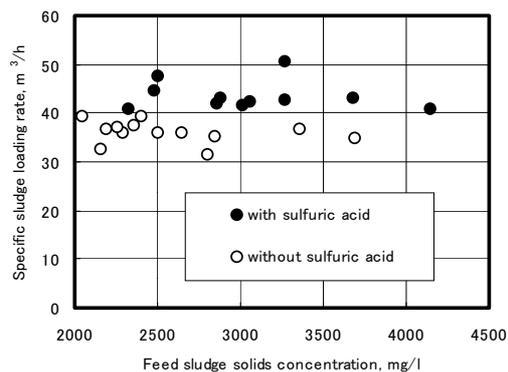


Fig.9 Relationship between feed sludge solids concentration and sludge loading rate (Feed sludge : mixed sludge B)

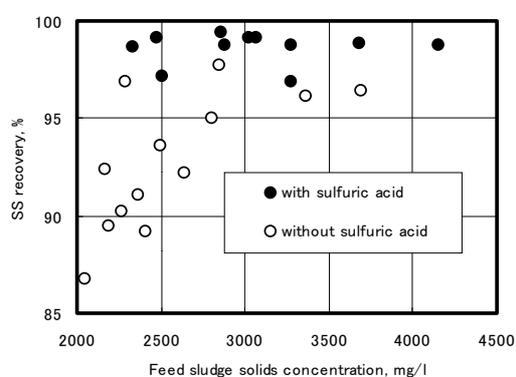


Fig.10 Relationship between feed sludge solids concentration and SS recovery (Feed sludge : mixed sludge B)

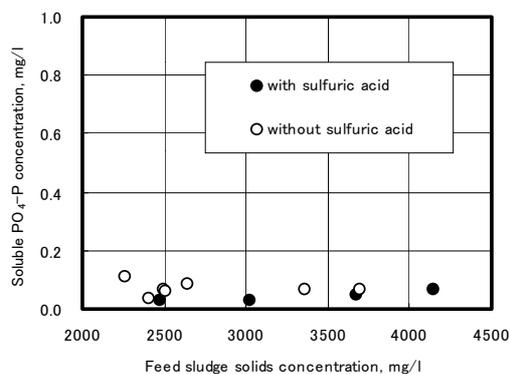


Fig.11 Relationship between feed sludge solids concentration and soluble PO₄-P concentration (Feed sludge : mixed sludge B)

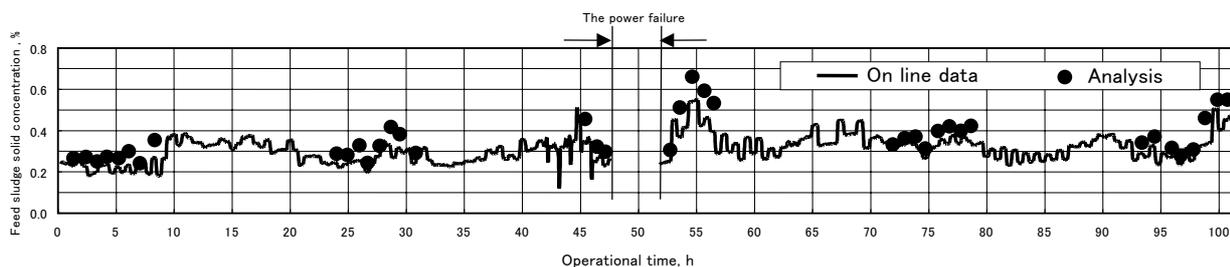


Fig.12 Changes of feed sludge solid concentration in 100-hour continuous operation

4. 連続試験による調査

後段の脱水工程への影響を考慮すると、濃縮汚泥の固形物濃度は一定とすることが好ましい。そこで、原汚泥の固形物濃度が変化しても安定した濃度の濃縮汚泥が得られるかどうかについて調べるため、硫酸添加での100時間の連続運転を行った。原汚泥として混合汚泥Bを用い、分離液量、分離液固形物濃度および原汚泥固形物濃度をオンラインで自動計測しながら、濃縮汚泥固形物濃度が4%となるように原汚泥供給量を制御して運転を行った。

原汚泥濃度の経時変化、SS回収率の経時変化および濃縮汚泥濃度の経時変化を、それぞれFig.12、Fig.13およびFig.14に示す。

SS回収率は運転期間を通じて98%以上であり、ろ布によって汚泥は良く分離されていた(Fig.13)。原汚泥濃度は0.2%~0.7%と変動があったが(Fig.12)、濃縮汚泥の固形物濃度は4%程度とほぼ一定であり、原汚泥の固形物濃度が変化しても濃縮汚泥濃度は安定していた(Fig.14)。

5. おわりに

以上の結果から、本装置は下水汚泥を安定的に連続濃縮可能であり、同時にリンも除去できることを確認した。本装置は以下に挙げる特徴を有し、経済的かつ効率的な新しい汚泥濃縮機として期待される。

- (1) 500mmAq程度のわずかな水頭差でろ過が可能。
- (2) ろ布を回転させるだけであり、低動力である。
- (3) 清澄な分離液が得られるため、分離液を用いたろ布洗浄が可能である。
- (4) 凝集剤としてポリ硫酸第二鉄を使用することによって汚泥腐敗臭が除去できると同時に、リン除去も可能である。
- (5) ろ布が縦置きなので重力式濃縮機よりも設置面積が少ない。
- (6) 本装置は汚泥濃縮のみならず、下水向けのろ過装置として合流改善や最初沈殿池代替へ適用できる可能性がある。

ろ布を用いた汚泥濃縮技術

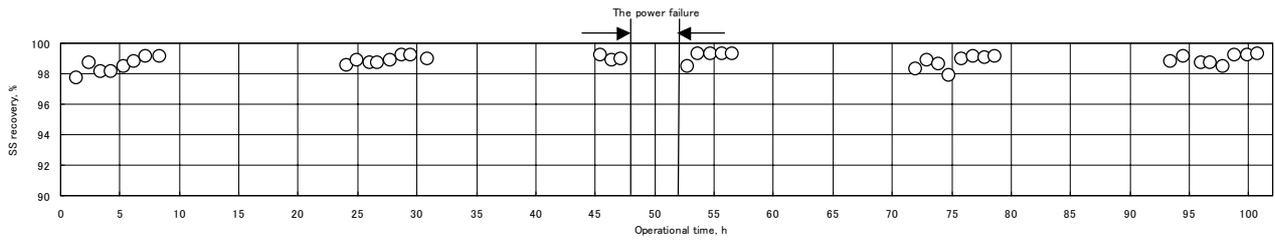


Fig.13 Changes of SS recovery in 100-hour continuous operation

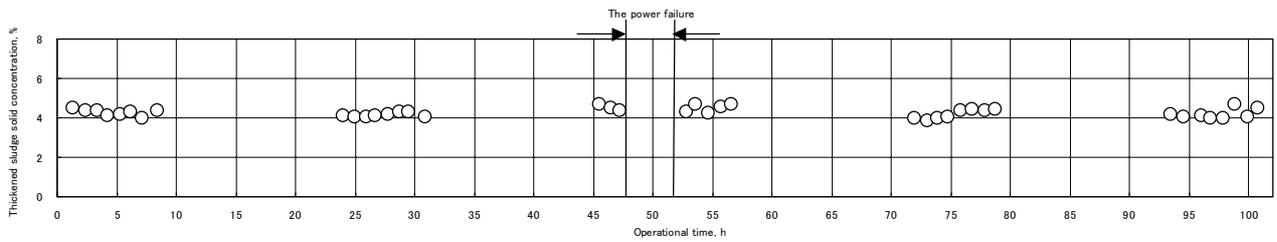


Fig.14 Changes of thickened sludge solid concentration in 100-hour continuous operation

参考文献

- 1) 鈴木ほか. 第 36 回下水道研究発表会講演集. pp.737-739(1999).
- 2) 鈴木ほか. 第 37 回下水道研究発表会講演集. pp.765-767(2000).
- 3) 鈴木ほか. 第 38 回下水道研究発表会講演集. pp.683-985(2001).

<問い合わせ先>

水エンジニアリング本部 技術部 汚泥処理技術室

Tel. 045 (505) 7666 石井 有光

E-mail address : ishiar@eng.tsurumi.nkk.co.jp