

ベルト型ろ過濃縮システムに関する 実用化研究

1. はじめに

下水処理工程において発生する汚泥の濃縮には、動力費が極めて少なく経済的である重力濃縮方式が主に採用されてきた。しかし近年、汚泥中の有機分の増加、集約処理に伴う長距離送泥中の汚泥腐敗などにより、この重力濃縮方式による汚泥濃縮性の悪化が見られるようになった。このため、固形物回収率の低下による水処理への返流負荷増大や、濃縮汚泥濃度の低下による消化処理や脱水処理などの後段設備の処理効率低下などを引き起こしてきている。これらの現象は水処理施設と汚泥処理施設間での汚泥の再循環に伴う処理コスト増大等の問題を呈するに至り、各地で機械濃縮方式への変更がなされてきた。

荒尾市浄水センターにおいても、平成5年頃から消化槽の脱離液性状が悪化し、平成6年頃から重力濃縮槽の分離液性状の悪化が顕著となり、正常な汚泥処理が困難な状況となった。荒尾市は、当面の対策として消化槽への汚泥投入量を減らし、直接に脱水処理するなどの対策を実施するとともに、独自にベルト型ろ過濃縮機を開発し、基礎調査および試験機による試用を行ってきた。

これを受けて、汚泥性状の影響を受けにくい高速汚泥濃縮技術の確立を目指して、機能高度化促進事業（新技術活用型）として平成13年度から実用化研究を開始した。

本研究は、ベルト幅0.5mのベルト型ろ過濃縮機と付帯装置を備えた実証試験機によって、汚泥濃度0.4~2%程度の余剰汚泥や最初沈殿池汚泥等に対して調査を行い、「汚泥供給量15m³/m²・h以上、濃縮汚泥濃度4%以上、SS回収率95%以上」を目標とし、処理性能や維持管理特性および後段の消化処理や脱水処理に与える影響を明らかにするとともに、設計諸元を確立し、ベルト型ろ過濃縮技術の実用化を図るものである。

2. 対象技術の概要

2.1 研究対象施設の概要

荒尾市浄水センターは、昭和58年3月に供用開始した標準活性汚泥法の分流式下水処理場である。荒尾市浄水センターの概要を表-1に示す。

表-1 荒尾市浄水センターの概要

		全体計画	認可計画	平成14年度末
計画目標年	-	平成22年	平成17年	-
計画区域	ha	1,369.80	1,082.00	864.4
処理人口	人	52,700	38,100	28,795
排除方式	-	分流式	分流式	分流式
日最大流入水量	m ³ /日	33,300	23,800	11,090
処理能力 (日最大)	m ³ /日	33,300	27,800	12,600
〃 (日平均)	m ³ /日	26,900	22,400	10,100
処理方式 (汚水)	-	標準活性汚泥法	(同左)	(同左)
〃 (汚泥)	-	消化→脱水→焼却	(同左)	消化→脱水

(注) 認可計画：平成12年 変更

2.2 対象技術の概要

1) ベルト型ろ過濃縮機の概要

ベルト型ろ過濃縮機の構造を図-1に示す。高分子凝集剤を添加して凝集した原汚泥をベルト上に投入する。ベルトは自走しており、ベルト上の汚泥は排出部へと運ばれる。ベルトはメッシュ構造になっており、汚泥は移送される間にベルト上でろ過が行われ、汚泥が濃縮される。濃縮された汚泥は末端から排出される。ベルトに再び汚泥が投入される間にスプレー水によって洗浄し、ベルト中に蓄積された汚泥を洗い流し、目詰まりによる水切れ障害を起こさないようにする。

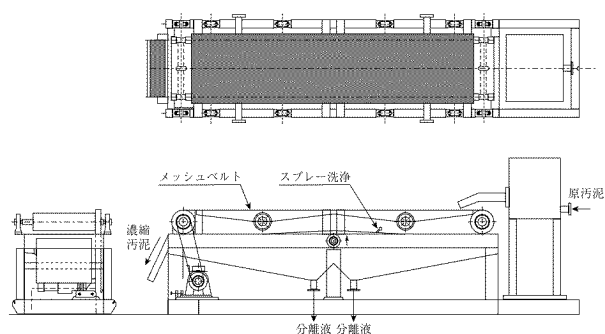


図-1 ベルトろ過濃縮機の構造概要

2) ベルト構造と特徴

ベルトの構造を図-2に示す。ベルトはSUS304製の針金を螺旋状に編み込み、空隙を持った二重構造としている。このため、脱水機等の樹脂性のろ布と異なり、耐久性に優れ、装置自体と同じ寿命が期待できる。

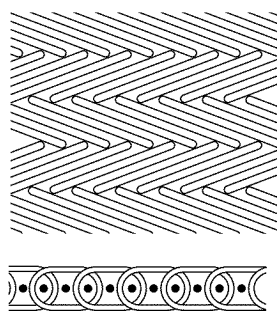


図-2 メッシュベルトの構造

3) ベルト型ろ過濃縮の概念

ベルト型ろ過濃縮の概念図を図-3に示す。ベルト上に投入された汚泥は、水頭差によって、ろ液と固形物に分離されるため、ベルト上の汚泥は、ベルトの走行時間とともに汚泥濃度が増加し濃縮される一方、ろ液の排出量は小さくなる。

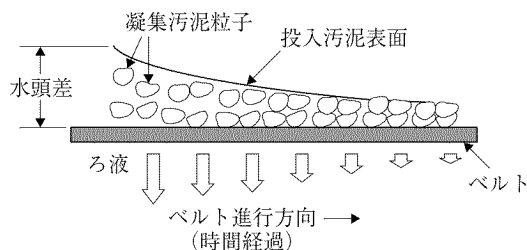


図-3 ベルト型ろ過濃縮の概念図

4) 技術の特徴

現在実用化されている既存の機械濃縮法と比較して、以下のような特徴がある。

- ① 原汚泥性状に影響されにくく、安定した濃縮が可能である。
- ② 濃縮汚泥濃度の調整が容易である。
- ③ 分離液SS濃度が低く、SS回収率が高い。
- ④ 汚泥の処理時間が短いため、設備の設置スペースが少ない。
- ⑤ 装置構造がシンプルのため、建設費、維持管理費が安価である。
- ⑥ 装置の構造が極めてシンプルのため、運転と維持管理が容易である。

5) 汚泥処理システムへの適用方法

図-4～6に示すケースに適用可能である。

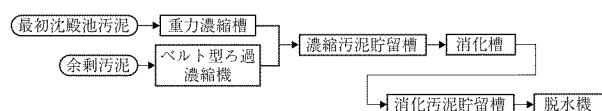


図-4 余剰汚泥の濃縮への活用フロー

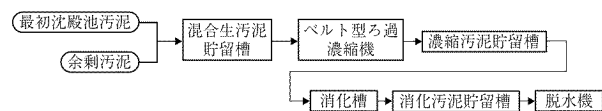


図-5 混合生汚泥の濃縮への活用フロー

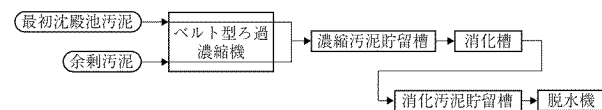


図-6 最初沈殿池汚泥の濃縮への活用フロー

2.3 研究計画と実験方法

本研究は、平成13年度と14年度の2カ年にわたって実施するものであり、以下の項目に対し調査研究を行う。本研究のフローおよび全体研究スケジュールをそれぞれ図-7、表-2に示す。

- 1) 各種汚泥（最初沈殿池・余剰・混合）に対する濃縮特性の把握調査
- 2) 周辺環境への影響調査（騒音・振動・臭気）
- 3) ベルトろ過濃縮機導入による他施設への影響調査（汚泥消化・脱水・水処理施設）
- 4) 設備スケールアップの検討と設計諸元の確立
- 5) 経済性の評価
- 6) 最適処理フローと維持管理手法の検討

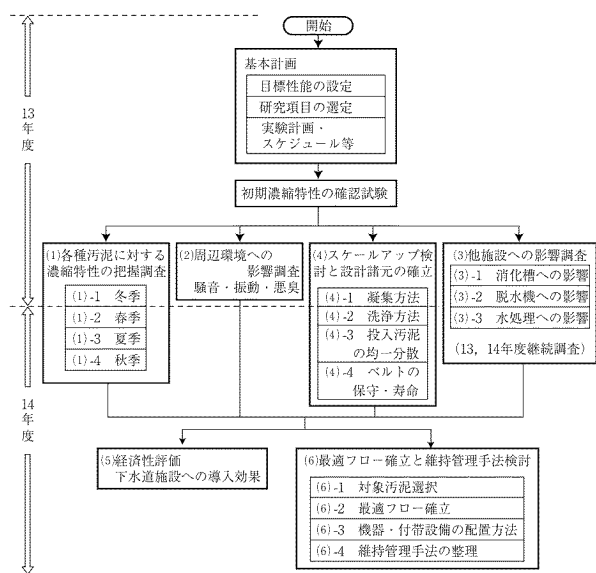


図-7 研究フロー

また、本研究の性能目標と今回の研究で使用した実証試験機の仕様および実験条件をそれぞれ表-3～表-5に示す。

表-3 ベルトろ過濃縮システムの性能目標

項目	仕様
処理量	15m ³ /m ² ・h程度
濃縮汚泥濃度	約4%以上
SS回収率	95%以上
ろ過時間	20秒以内
薬注率	高分子凝集剤 0.3%程度

表-4 ベルトろ過濃縮実証試験機的主要仕様

項目	仕様	備考
ベルト幅	0.5m	
外形寸法	1.5mW×4.0mL×1.4mH	
処理量	15m ³ /m ² ・h	目標値
駆動動力	1.5kW	
ろ過ゾーン長	1.5m, 2.0m, 2.5m	可変
ベルト走行速	4m/min～10m/min	可変

表-5 実験条件

項目	範囲
供試汚泥	余剰汚泥, 最初沈殿池汚泥, 混合汚泥
供給汚泥量	10m ³ /m ² ・h～30m ³ /m ² ・h
凝集剤種類	高分子凝集剤
凝集剤注入率	0.1%～0.7%
高分子凝集剤注入点	余剰汚泥, 混合汚泥: 注入点No.1 最初沈殿池汚泥: 注入点No.2
ろ過ゾーン長さ	2.0m
ベルト走行速度 (ろ過時間)	4m/min (30秒), 6m/min (20秒), 8m/min (15秒), 10m/min (12秒)
ベルト仕様	線径0.7mm
洗浄方法・水量	連続スプレー洗浄方式, 6m ³ /m ² ・h

表-2 全体研究スケジュール

研究項目	平成13年度					平成14年度						
	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2
(1)各種汚泥に対する濃縮特性の把握調査												
(2)周辺環境への影響調査												
(3)導入による他施設への影響調査												
1) 消化槽に与える影響												
2) 脱水機に与える影響												
3) 返流水による水処理施設への影響												
(4)設備スケールアップの検討と設計諸元の確立												
(5)経済性の評価												
(6)最適処理フローの確立と維持管理手法の検討												
(7)報告書作成												

3. 実験結果

3.1 四季における各種汚泥の濃縮特性調査

四季を通じたベルト型ろ過濃縮機による濃縮特性を調査した。その調査結果を表-6に示す。

汚泥の種類に関わらず、平均的に濃縮汚泥濃度は5.0%程度、SS回収率は98%程度であった。また、余剰汚泥に対する連続運転においても濃縮汚泥濃度は4.8%であり、四季を通じて安定した濃縮性能を確認した。

これらの結果から、濃縮汚泥濃度やSS回収率に関する当初の目標を十分に満足することを確認し、ベルト型ろ過濃縮機の設計諸元(案)を表-7に示すように設定できた。なお、濃縮汚泥濃度とSS回収

表-6 濃縮特性調査の結果

		秋季	冬季	春季	夏季	平均
余剰汚泥	原汚泥濃度 (%)	0.31~0.43	0.3~0.4	0.34~0.42	0.25~0.42	0.36
	濃縮汚泥濃度 (%)	5	5.1	4.8	5.1	5
	SS回収率 (%)	97	97.6	98.7	97.7	97.8
	連続運転平均濃縮汚泥濃度 (%)	6		5.3	4.3	4.8 夏・春
最初沈殿池汚泥	原汚泥濃度 (%)	2.41~2.71	2.02~2.93	2.55~2.87	2.61~2.90	2.63
	濃縮汚泥濃度 (%)	5.7	4.9	6.6	5.2	5.6
	SS回収率 (%)	99.6	99	99.9	99.3	99.5
混合汚泥	原汚泥濃度 (%)	0.45~0.5	0.38~0.54	0.45~0.51	0.48~0.59	0.49
	濃縮汚泥濃度 (%)	5.6	5	5.1	5.3	5.3
	SS回収率 (%)	98.5	99.1	99.7	97.6	98.7

表-7 ベルト型ろ過濃縮の設計諸元(案)

項目		性能値	目標性能
対象汚泥		余剰汚泥 (TS 0.3%程度) 最初沈殿池汚泥 (TS 2.5%程度) 混合汚泥 (TS 0.5%程度)	
性能	濃縮汚泥濃度	4%以上	約4%以上
	SS回収率	95%以上	95%以上
運転条件	処理量	15~20m ³ /m・h 最大処理量 40m ³ /h (ベルト幅2m)	15m ³ /m・h程度
	ろ過時間	20秒程度	20秒以内
	薬注率	高分子凝集剤 0.3%	0.3%
	洗浄方法	ろ液循環洗浄	

表-8 周辺環境への影響調査

	機側1mでの測定値	敷地境界での測定値	規制値
騒音	暗騒音67db+ (11~13) db	暗騒音45db+0db	60db以下(夜間)
振動	30db以下 *設置面での振動	30db以下 *設置面での振動	60db以下(夜間)
臭気	汚泥投入前 アンモニア : 3.5ppm → 硫化水素 : ND →	汚泥投入時 アンモニア : 4.0ppm 硫化水素 : 0.2~3.0ppm *機器上部での臭気	(敷地境界) 1ppm以下 0.02ppm以下

率については、余剰汚泥の結果および安全率を考慮し、それぞれ4.0%以上、95%以上としている。

3.2 周辺環境への影響調査

ベルト型ろ過濃縮機を運転した場合の周辺環境への影響として、騒音、振動、臭気について調査した結果を表-8に示す。

騒音、振動については、濃縮機を運転した場合の機側1mでの測定値および敷地境界での測定値を示す。臭気については、汚泥を投入前後のアンモニア、硫化水素の2成分について、臭気検知管による測定結果を示す。

屋内において、補器類を含めてベルト型ろ過濃縮機を稼働したとき、暗騒音67dB(A)に対して78~80dB(A)であった。すなわち、暗騒音よりも

11~13dB(A)高い値を示した。聴感上は主にベルト洗浄水に伴う騒音であり、測定結果でも洗浄部に近い地点のレベルが最も高かった。

また、敷地境界線での測定結果は、補器類を含めた稼働においても暗騒音45dB(A)と同じレベルであり、規制値を十分に満足していた。

振動については、設置床面、敷地境界線において30dB以下と非常に小さく、規制値を十分に満足していた。

臭気については、防臭カバーの設置と脱臭設備による臭気対策が必要であると考えられる。

以上のことより、ベルト型ろ過濃縮機は、周辺環境への影響は非常に小さいものと判断された。

3.3 導入による他施設への影響調査

ベルト型ろ過濃縮システムの導入による他施設への影響を調査するため、導入前後の汚泥処理運転実績よりその性能を評価した。運転期間は、導入前はH3年からH9年、導入後はH13年～H14年である。

導入前後の汚泥処理設備の性能を表-9に、固形物収支を図-8、図-9に示す。

重力濃縮からベルト型ろ過濃縮機に切り換えることにより、濃縮汚泥濃度は2.0%から5.0%に、固形物回収率は60%から98%に向上した。消化槽については、消化槽投入汚泥の濃度が向上したことに伴い、消化率は導入前の30%から導入後には55%へと上昇している。

導入前には、流入水中の固形物量100に対して約66に相当する負荷が返流水として水処理に戻り、汚泥が系内を循環していたことがうかがえる。導入後は、濃縮と脱水からの返流水負荷は導入前の1/15以下である4.5になり、大きく改善された。同時に、ベルト型ろ過濃縮機の導入によって、消化ガス発生量の増加、脱水ケーキ量の減少などがもたらされた。

脱水に与える影響としては、既設ベルトプレス型脱水機では、導入による影響はなく、導入前後において82%程度の脱水ケーキ含水率を維持した。また、遠心脱水機、スクリーンプレス型脱水機では、消化汚泥については標準性能以上の性能を満足したが、最初沈殿池汚泥の混合割合が多い混合汚泥の方が、混合割合の少ないものより脱水機性能が向上した。また、汚泥濃度が高いほど脱水性能が向上した。

表-9 ベルト型濃縮システム導入前後の汚泥処理性能

		性能値	
		導入前	導入後
重力濃縮槽	濃縮汚泥濃度 (%)	2	—
	固形物回収率 (%)	60	—
ベルト型ろ過濃縮機	濃縮汚泥濃度 (%)	—	5
	固形物回収率 (%)	—	98
消化槽	消化率 (%)	30	55
	固形物減少率 (%)	24	44
脱水機	脱水ケーキ含水率 (%)	82	82

注：1. 重力濃縮槽の導入前のデータは、H3～H5の実績平均
 その他の導入前のデータは、H3～H9の実績平均
 2. 導入後のデータは、H13、H14の実績平均

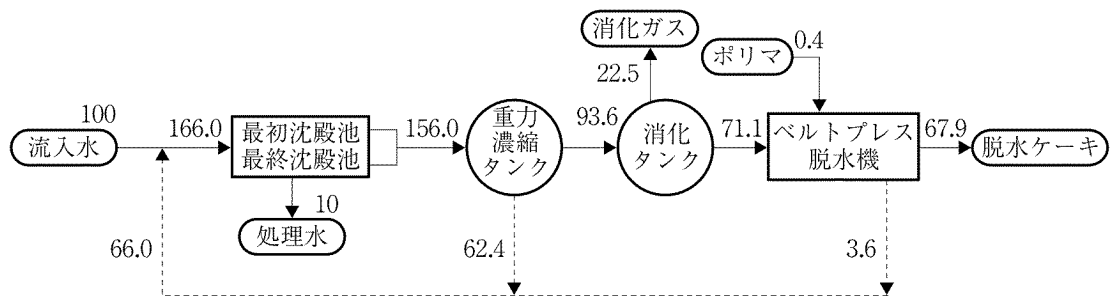


図-8 ベルト型ろ過濃縮システム導入前の固形物収支

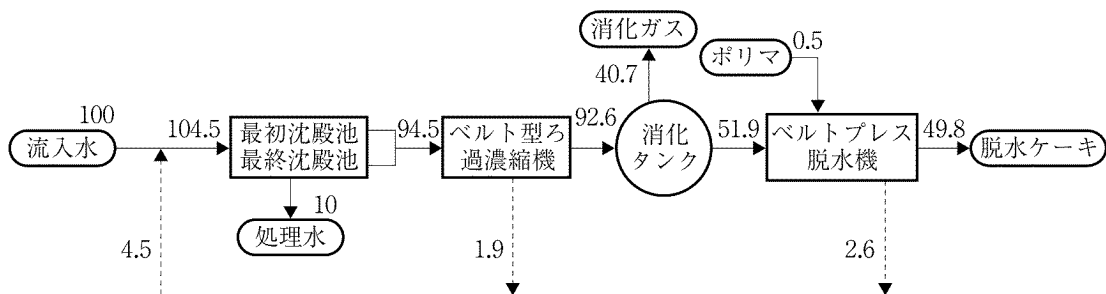


図-9 ベルト型ろ過濃縮機システム導入後の固形物収支

3.4 設備スケールアップの検討

本技術の実用化に際し、下記の3点について確認を行った。

1) 凝集方法の検討調査

凝集混和槽を設けずに配管内での凝集を目標として高分子凝集剤の注入点について検討し、濃縮性能に最も良好な混合時間、圧力損失等を明らかにした。

2) 洗浄方法の検討調査

洗浄水量の低減を目標として、間欠洗浄やろ液循環洗浄について検討した。この結果、間欠洗浄により連続洗浄時の洗浄水量 $6 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ を、 $1/3$ の $2 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ 程度に低減可能であった。

また、ろ液循環洗浄方式として外部から洗浄用水を供給せずにろ液を再利用する方法を検討した。ろ液は、SS濃度で $15 \text{ mg}/\text{l}$ 程度と清澄である。この方式で連続運転が可能であることを確認した。

3) 投入凝集汚泥の均一分散性の検討調査

ベルト幅 500 mm の実証試験機によって一連の研究を行ったが、処理規模を拡大した場合のベルト幅においても凝集汚泥の均一分散を考慮して、分散羽根（仮称）を考案し実験を行った。この結果、ベルト幅 2 m においても十分に均一分散でき、実用化が可能であることを確認した。

3.5 経済性の評価

余剰汚泥および最初沈殿池汚泥、混合汚泥に対し図-4～6のフローに従って濃縮、消化、脱水の経済比較を行った。その結果、混合汚泥の場合が経済的に最も優れていた。

また、他の機械濃縮である遠心濃縮法、常圧浮上法と比較した結果、本システムが経済的に非常に優れていた。

それぞれの比較結果の概要を表-10、11に示す。

表-10 適用フロー別の経済比較

適用フロー (機械濃縮対象)	①分離濃縮 (余剰汚泥)	②混合濃縮 (初沈・余剰の 混合汚泥)	③両汚泥を機械濃縮 (初沈および余剰汚泥)
評価 (②を1とする)	建設費 1.2 維持費 1.2	建設費 1 維持費 1	建設費 1.05 維持費 1

表-11 他方式との経済比較

方式	遠心濃縮	常圧浮上濃縮	ベルト型ろ過濃縮
評価 (ベルト濃縮を 1とする)	機器本体費 2.8 建設費 2.3 維持管理費 1.4	機器本体費 1.7 建設費 1.8 維持管理費 1.5	機器本体費 1.0 建設費 1.0 維持管理費 1.0

注) 汚泥量 $930 \text{ m}^3/\text{d}$ を対象に新規建設した場合

3.6 最適処理フローの確立と維持管理手法の検討

平成13年度と14年度の研究の総括として、ベルトろ過濃縮機を適用する場合の最適フローと機器・付帯設備の配置検討を行った。

処理フローは混合汚泥を対象とした濃縮設備とし、設備の設置位置は既設建築設備内に設置するものとした。設置面積は付帯設備を含めて約 100 m^2 程度であり、遠心濃縮法、常圧浮上法と比較して大幅な省スペース化が期待できた。

維持管理としての点検・交換作業は、1週間に一度程度の潤滑油塗布、ストレーナ内の網の洗浄等であり、全体として運転中に大きな作業は不要であった。

4. おわりに

実用化研究において、最初沈殿池汚泥および余剰汚泥、混合汚泥に対し、性能目標である「薬注率 0.3% において、濃縮汚泥濃度 4% 以上、SS回収率 95% 以上」を満足した。

この成果をもとに、平成15年度から平成16年度の2カ年にわたって、実設備を対象として、新しい下水道技術として十分に実用性をもつことを確認するために、性能評価研究を行う予定である。

●この研究を行ったのは

研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一部研究員

田中 修司
津倉 洋
一松 雄太

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一部研究員

田中 修司
駒井 篤
内田 浩