

ベルト型ろ過濃縮システムに関する性能評価研究

1. はじめに

荒尾市浄水センターでは、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も顕著となり、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脱水処理するなどの対応を行うとともに、独自にベルト型ろ過濃縮機（以下本濃縮機という）を開発し、試験機を試作して基礎的な調査を行ってきた。またこれを受けて、平成13、14年度に新世代下水道支援事業制度の機能高度化促進事業（新技術活用型）として「ベルト型ろ過濃縮システムの実用化評価研究」を実施してきた。

一方、大阪市中浜下水処理場では、限られた用地で効率良く安定して汚泥を処理するシステムとして、最初沈殿池汚泥（以下初沈汚泥という）と余剰汚泥を分離してそれぞれ重力濃縮し、余剰汚泥はさらに遠心濃縮機によって機械濃縮して消化槽に投入する、「高濃度消化」を採用している。現在までのところ、遠心濃縮機は比較的安定した処理性能を発揮しているが、補修費や電力費が大きいといった課題もあり、低コストの濃縮機の開発が望まれている。そのため、平成14年度から本濃縮機について大阪市独自の事前調査を実施してきた。

本研究はこれらを受けて平成15、16年度の2カ年に渡り、新世代下水道支援事業制度の機能高度化促進事業（新技術活用型）として、「ベルト型ろ過濃縮システムに関する性能評価研究」を行ったものである。

2. 対象技術の概要

2.1 研究対象施設の概要

表 - 1 に本研究の対象施設である荒尾市浄水センターおよび大阪市中浜下水処理場の概要を示す。

表 - 1 対象施設の概要

項目	荒尾市	大阪市
対象処理場	荒尾市浄水センター	大阪市中浜下水処理場
排除方式	分流式	合流式
晴天時 処理量	16,700m ³ /日 (現有施設) 27,800m ³ /日 (全体計画)	288,000m ³ /日 (現有施設) 300,000m ³ /日 (全体計画)
流入水量 (H14実績)	10,070m ³ /日 (晴天時日平均)	182,976m ³ /日 (晴天時日平均)
発生汚泥量 (H14実績)	初沈汚泥：18m ³ /日 余剰汚泥：531m ³ /日	初沈汚泥：2,704m ³ /日 余剰汚泥：4,938m ³ /日 重力濃縮余剰：920m ³ /日
水処理 方式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法 嫌気好気活性汚泥法 +砂ろ過（一部）
汚泥処理 方式	濃縮（ベルト型ろ過） +消化 +脱水（ベルトプレス）	分離濃縮（重力、遠心） +高濃度消化 +脱水（遠心）

※荒尾市浄水センターでは、初沈汚泥の一部を反応タンクへ投入しているために、発生汚泥量が少ない。

荒尾市浄水センターは分流式の処理場であり、水処理方式は標準活性汚泥法、汚泥処理方式は濃縮（ベルト型ろ過濃縮）＋消化＋脱水（ベルトプレス脱水）である。大阪市中浜下水処理場は合流式の処理場であり、水処理方式は標準活性汚泥法、汚泥処理方式は分離濃縮（初沈汚泥は重力濃縮、余剰汚泥は重力濃縮＋遠心濃縮）＋高濃度消化＋脱水（遠心脱水）である。

2.2 研究対象技術の概要

1) ベルト型ろ過濃縮機の概要

本濃縮機の概要を図 - 1 に示す。

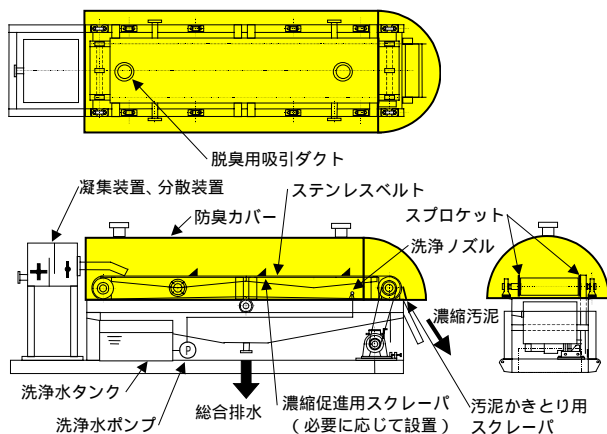


図 - 1 ベルト型ろ過濃縮機の概要

まず、高分子凝集剤を添加して凝集した汚泥は金属ベルト（以下、「ベルト」という）上に投入される。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となっており、汚泥は移送される間にベルト上でろ過され、濃縮される。濃縮された汚泥は末端部の汚泥かきとり用スクレーパで掻き取られ排出される。ベルトを透過したろ液は濃縮機下部に貯留され、ベルトの洗浄に使用される。このため、大幅な節水が可能となっている。

2) ベルト構造と特徴

ベルトの構造を図 - 2 に示す。

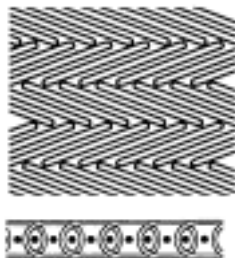


図 - 2 ベルトの構造

ベルトは SUS304 製の針金が螺旋上に編み込まれ

た、空隙を持った二重構造となっている。このため、脱水機等の樹脂製のろ布と異なり、目詰まりも少なく耐久性に優れたものとなっている。ベルト両端にはチェーンを取り付け、ベルト型ろ過濃縮機の本体に固定したスプロケットと噛み合わせてスプロケットの回転力によって走行させている。したがって、ベルト自体に引張応力が発生せず、この点においても長い寿命が得られ、また、蛇行の懸念がない構造としている。

3) ベルト型ろ過濃縮の原理

ベルト型ろ過濃縮の原理を図 - 3 に示す。

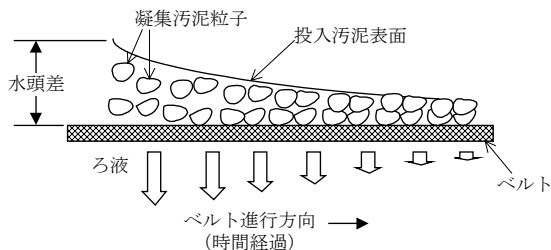


図 - 3 ベルト型ろ過の原理

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。ベルト上の汚泥は、ベルトの走行とともに濃度が増加し、ろ液の排出量は少なくなる。

4) 濃縮促進対策

濃縮汚泥濃度を更に高めたい場合には、図 - 4 に示すような簡易なスクレーパが有効である。

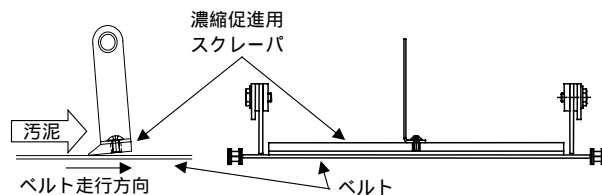


図 - 4 スクレーパ

ベルト上にスクレーパを設置すると、汚泥層下部に存在する透水抵抗の高い緻密層がすき返され、濃縮促進を図ることができる。

2.3 研究の目的と計画

1) 研究の目的

本研究は、平成13、14年度の2カ年にわたって荒尾市において実施した実用化評価研究および、大阪府が平成14年度に実施した独自調査の結果を受け、平成15、16年度の2カ年にわたって、「ベルト型ろ過濃縮システムの性能評価研究」を新世代下水道支援事業制度の機能高度化促進事業(新技術活用型)とし

て実施したものである。

2) 研究項目

四季を通じた運転により、本濃縮機の濃縮性、安定性、経済性、維持管理性等について評価する。

3) スケジュール

スケジュールを表 - 2 に示す。

表 - 2 スケジュール

	H15年度	H16年度
研究計画立案	■	■
設備の性能評価	■ ■ ■ ■	■
設備の能力評価	■ ■ ■ ■	■
維持管理性の評価		■
経済性の評価		■
研究のとりまとめ		■ ■ ■ ■

平成15, 16年度で四季を通じた調査を実施し、濃縮性、安定性、維持管理性、経済性等の評価を行い、性能評価書を取りまとめた。

4) 性能目標

本研究の性能目標と性能発揮条件を表 - 3 に示す。

表 - 3 性能目標と性能発揮条件

項目		荒尾市	大阪市
性能目標	汚泥処理量	15~20m ³ /m・hr	15~20m ³ /m・hr
	濃縮汚泥濃度	4TS%以上	5TS%程度
	固形物回収率	95%以上	95%以上
性能発揮条件	対象汚泥	余剰汚泥	重力濃縮 余剰汚泥
		初沈汚泥	
		混合汚泥	
	ろ過時間	20秒程度	20秒程度
薬注率	0.30%程度	0.35%程度	

※汚泥処理量はベルト幅1mあたりの処理量を示す

荒尾市では、実用化評価研究の結果から、濃縮汚泥濃度4TS%以上、固形物回収率95%以上を性能目標とし、高分子凝集剤の薬注率は0.30%程度を想定している。また、水処理系から発生する全ての汚泥を本濃縮機で濃縮するため、評価対象汚泥を余剰汚泥、初沈汚泥および余剰汚泥と初沈汚泥を混合した汚泥（以下混合汚泥という）としている。

大阪市では、高濃度消化を採用しているため、濃縮汚泥濃度5TS%程度を性能目標値として設定している。なお、固形物回収率は荒尾市と同様の95%以上である。また事前調査の結果から、高分子凝集剤の薬注率は0.35%程度を想定している。評価対象汚

泥は、遠心濃縮機との比較のために、重力濃縮した余剰汚泥（以下重力濃縮余剰汚泥という）としている。

今回の研究で使用している実機の仕様を表 - 4 に示す。

表 - 4 実機の仕様

項目	荒尾市	大阪市
公称能力	30m ³ /hr・基	40m ³ /hr・基
ベルト幅	1.5m	2m
ベルト長	3m	3m
スクレーパ	—	3本設置

荒尾市では実用化評価研究の結果より、濃縮汚泥濃度4.0TS%以上を達成できる目処を得ており、濃縮促進のためのスクレーパは設置していない。大阪市では、濃縮汚泥濃度5TS%程度を達成するために、スクレーパが有効であることを確認しており、ベルト上に3本のスクレーパを設置している。

また、ベルト型ろ過濃縮機の公称能力は、時間あたりで処理する汚泥量の違いから、荒尾市は30m³/hr・基（ベルト幅1.5m）、大阪市は40m³/hr・基（ベルト幅2.0m）となっている。

3. 実験結果

余剰汚泥および重力濃縮余剰汚泥について、四季を通じた調査によって得られた結果を以下に示す。

3.1 供給汚泥の性状

評価に用いた余剰汚泥および重力濃縮余剰汚泥の性状の一例を表 - 5 に示す。荒尾市の余剰汚泥は、繊維分（繊維状物、粗繊維）が多い傾向にある。これは、余剰汚泥の濃縮を実施した荒尾市浄水センターにおいて、初沈汚泥の一部を反応槽に投入する運転を行っていることが影響しているものと考えられる。また、季節による汚泥性状の変化を比較すると、冬期にVTSが上昇し難濃縮性の汚泥となっていることがうかがえた。

表 - 5 供給汚泥の性状の一例

汚泥種類	季節	TS %	VTS %/TS	繊維状物 %/SS	粗繊維 %/TS	汚泥温度 ℃
余剰汚泥 (荒尾市)	夏季	0.27	70.7	25.8	12.6	28
	秋季	0.23	65.7	41.2	4.86	25
	冬季	0.25	75.4	46.7	4.63	22
	春季	0.28	72.5	36.1	5.71	24
重力濃縮 余剰汚泥 (大阪市)	夏季	1.31	73.7	1.59	2.60	25
	秋季	1.53	75.2	5.27	2.56	21
	冬季	0.91	80.3	2.58	1.53	18
	春季	1.29	75.9	2.91	0.38	21

表 - 6 運転条件

汚泥種類	季節	汚泥処理量 m ³ /m ² ・h	薬注率%		
			最小	最大	平均
余剰汚泥 (荒尾市)	夏季	15, 20	0.21	0.35	0.30
	秋季		0.19	0.33	0.26
	冬季		0.20	0.32	0.25
	春季		0.20	0.32	0.27
重力濃縮 余剰汚泥 (大阪市)	夏季	20	0.33	0.38	0.35
	秋季	15, 20	0.34	0.40	0.36
	冬季		0.39	0.43	0.42
	春季		0.38	0.40	0.39

※ろ過時間は20秒で一定

3.2 濃縮性

各処理場において、四季を通じた濃縮性を確認した。運転条件を表 - 6 に示す。

四季を通じて汚泥処理量は15および20m³/m²・h、ろ過時間は20秒と設定し、濃縮汚泥濃度ならびに固形物回収率を調査した。なお、重力濃縮余剰汚泥については、冬季に汚泥の性状が悪化し、良好な凝集汚泥を形成するために、他の季節よりも高分子凝集剤の薬注

率を若干増加させる必要があった。図-5に各季節における濃縮汚泥濃度および固形物回収率の測定結果を累積頻度で示す。余剰汚泥については、濃縮汚泥濃度4%以上、固形物回収率95%以上を概ね達成できた。重力濃縮余剰汚泥については、冬季に若干性能が低下する傾向がみられたものの、四季を通じて評価すると、濃縮汚泥濃度5%程度、固形物回収率95%以上を概ね満足する結果が得られた。

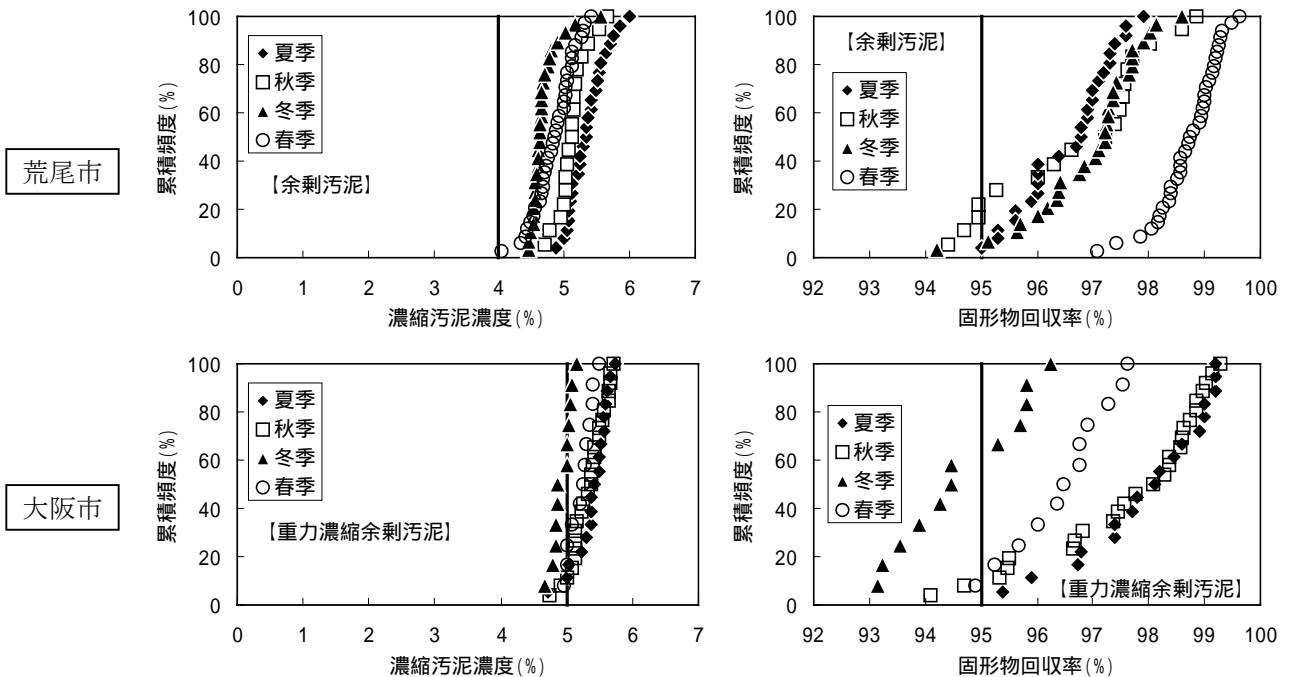


図 - 5 各季節における濃縮汚泥濃度および固形物回収率

3.3 安定性

本濃縮機の安定性を確認するため、連続運転を実施した。図 - 6 に重力濃縮余剰汚泥による約170時間の連続運転において測定した濃縮汚泥濃度および固形物回収率の推移を示す。

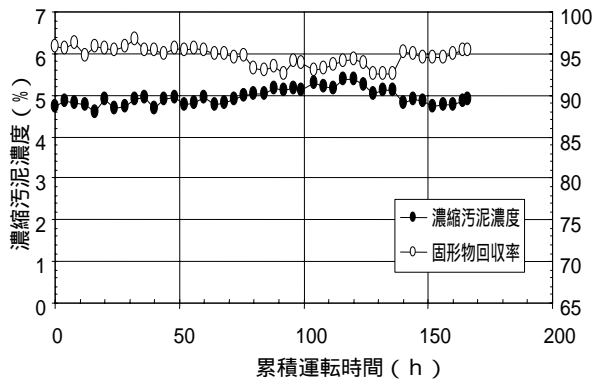


図 - 6 連続運転による安定性

(重力濃縮余剰汚泥；大阪市)

期間を通じて処理能力の大きな変動はなく、本濃縮機が安定した性能を発揮できることを確認した。また、凝集剤の変更により、濃縮性能に若干の変動があったものの、概ね安定した濃縮汚泥濃度と固形物回収率が得られた。

3.4 維持管理性

本濃縮機の運転状況等から維持管理に必要な作業内容、頻度及び作業時間を整理し、表 - 7 に示す維持管理表を作成した。本濃縮機は他の機械濃縮機と比べて補機が少なく、かつ電動機以外に高速回転する部位がないため、本体の日常点検作業や保守点検作業が容易であった。

表 - 7 維持管理表

分類	点検項目	点検内容	点検周期					想定作業時間 分	備考
			毎日	毎週	毎月	半年毎	1年毎		
日常点検作業	本体駆動装置	電流値確認、目視確認	○					5	定格電流値以下 異音、異常振動の有無
	凝集装置	電流値確認、目視確認	○						定格電流値以下 異音、異常振動の有無
	分散装置	電流値確認、目視確認	○						定格電流値以下 異音、異常振動の有無
	洗浄水ポンプ	電流値確認、目視確認	○						定格電流値以下 異音、異常振動の有無
	ベルトの走行状態	異音・振動・蛇行等	○						異音・振動・蛇行がないか
	凝集汚泥の状態	目視確認	○						
	濃縮汚泥の状態	目視確認	○						
	ろ液の状態	目視確認	○						
	総合排水の状態	目視確認	○						
	ベルトの洗浄状態	目視確認	○						
計装機器	目視確認		○				5	汚泥・薬品の流量表示、 洗浄水タンクのレベル表示	
保守作業（洗浄）	ストレーナ	目視点検後、必要ならば洗浄			4日～6日程度に1回			5	洗浄水圧低下時に実施 オートストレーナにより頻度は減る
	洗浄ノズル	目視点検後、必要ならば洗浄				○		30	
	ベルトチェーン	目視点検後、必要ならば洗浄			○			5	
	凝集ボックス	目視点検後、必要ならば洗浄			○			5	汚泥が付着していないか
	洗浄水タンク	目視点検後、必要ならば洗浄			○			5	汚泥が付着していないか
	ろ液受け	目視点検後、必要ならば洗浄			○			5	汚泥が付着していないか
	カバー内全般	目視点検後、必要ならば洗浄			○			5	汚泥が付着していないか
	(濃縮促進用スクレーパ)	目視点検後、必要ならば洗浄	○					5	自動化により頻度は減る
保守作業	電動機類	目視点検後、必要ならばオイル交換					○	30	
	駆動チェーン	目視点検後、必要ならば潤滑油塗布、張り調整			○			10	直結駆動により頻度は減る
	軸受	目視点検後、必要ならば潤滑油補給			○			10	
	本体ゴムシール	目視点検後、必要ならば調整			○			10	ベルトに接しているか
	(濃縮促進用スクレーパ)	目視点検後、必要ならば調整			○			20	ベルトに接しているか
	汚泥かきとり用スクレーパ	目視点検後、必要ならば調整			○			10	ベルトに接しているか

3.5 経済性

余剰汚泥1,000m³/日を処理するための機械濃縮設備を新規に建設する場合を想定し、遠心濃縮機、常圧浮上濃縮機および本濃縮機の経済性を試算した。試算対象は、建設費（機械設備工事費、電気設備工事費、土木・建築工事費）、ランニングコスト（電気代、薬品代、補修費、人件費）および維持管理費（年間資本費+ランニングコスト）の3項目とし、本濃縮機を100とした場合の比率で経済性を比較した。

図 - 7 に試算結果を示す。

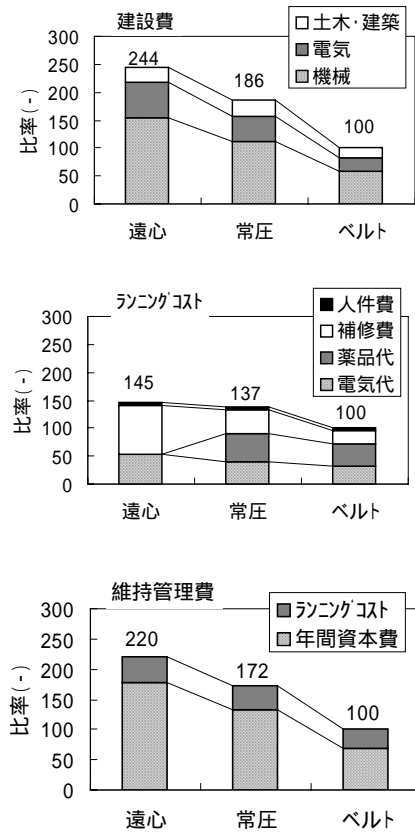


図 - 7 試算結果

本濃縮機は遠心濃縮機、常圧浮上濃縮機と比較して、建設費、ランニングコスト、維持管理費ともに安価であり経済的に優れていることを確認した。

4. おわりに

四季を通じた運転を実施し、本濃縮機が既存の機械濃縮機と比べ同等以上の性能を安定して発揮できると評価できた。また、構造がシンプルなため維持管理が容易であるとともに、経済的にも非常に優れていることを確認した。

また、本技術が広く採用されることにより、安価で容易に汚泥濃縮が進むことが期待できる。

この研究を行ったのは

研究一部長 堀江 信之
 研究一部主任研究員 駒井 篤
 研究一部研究員 内田 浩

この研究に対するお問い合わせは

研究一部長 堀江 信之
 研究一部総括主任研究員 加畑 雅宏
 研究一部研究員 熊野 晋