

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年頃から消化槽の分離液性状が悪化し、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研究」を実施してきた。

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年度からベルト型ろ過濃縮機について独自の事前調査を実施してきた。

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。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。

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	大阪市中浜処理場
排除方式	分流式	合流式
処理水量	10,100m ³ /日	288,000m ³ /日
発生汚泥量	初沈汚泥：24m ³ /日 余剰汚泥：528m ³ /日	初沈汚泥：3,914m ³ /日 余剰汚泥：4,929m 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） +消化 +脱水（ベルト）	分離濃縮（重力、遠心） +高濃度消化 +脱水（遠心）

2.2 研究対象技術の概要

1) ベルト型ろ過濃縮機の概要

ベルト型ろ過濃縮機の概要を図-1に示す。高分子凝集剤を添加して凝集した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から排出される。ベルト上に再び汚泥が投入される間に、ろ液によってベルトを洗浄し、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。

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。樹脂製のろ布と異なり、耐久性に優れ、装置自体と同じ寿命が期待できる。

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。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。

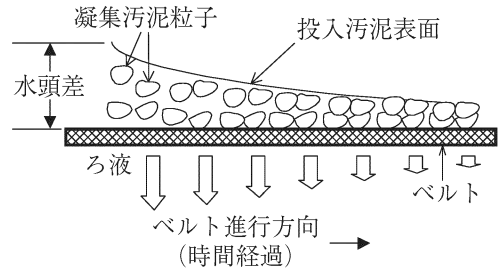


図-3 ベルト型ろ過濃縮の原理

4) 濃縮促進対策

濃縮汚泥濃度をさら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。ベルト上にスクレーパを設置し、濃縮途中の汚泥層を乱すことにより濃縮促進を図ることができる。

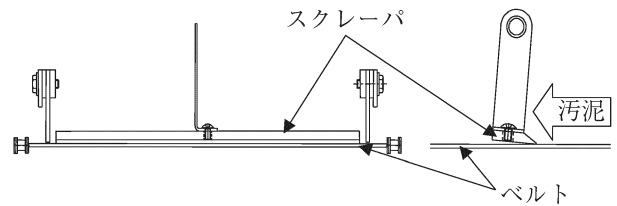


図-4 スクレーパ

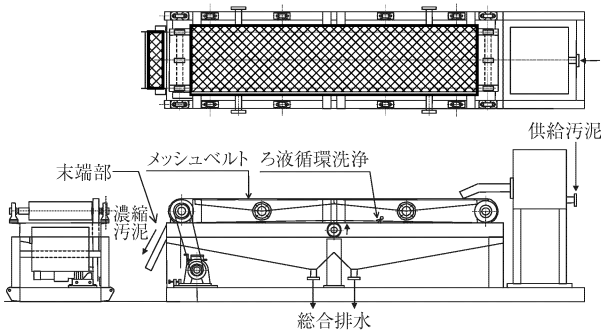


図-1 ベルト型ろ過濃縮機の概要

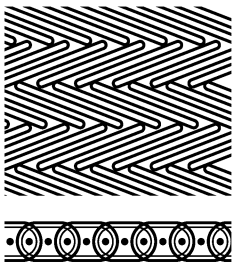


図-2 ベルトの構造

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研究、および大阪市が平成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、実機を用いた性能評価研究を実施するものである。汚泥性状の変化に影響されにくく、20秒程度の短時間で4~5TS%程度の濃縮汚泥が得られる維持管理の容易なベルト型ろ過濃縮システムの実用化を目的とする。

2) 研究項目

研究項目は以下に示すとおりである。

① 設備の性能評価

四季を通じたベルト型ろ過濃縮機の運転を行い、濃縮特性を評価する。

② 設備の能力評価

汚泥の均一分散性、ろ液循環洗浄の有効性、周辺環境への影響（臭気・騒音・振動）、後段設備への影響等を評価する。

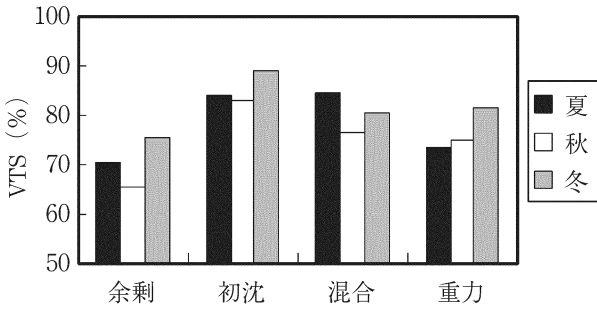


図-5 VTS

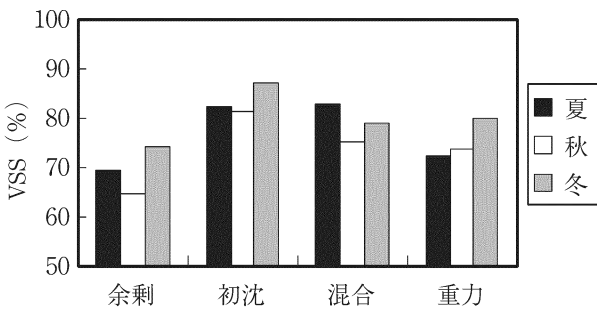


図-6 VSS

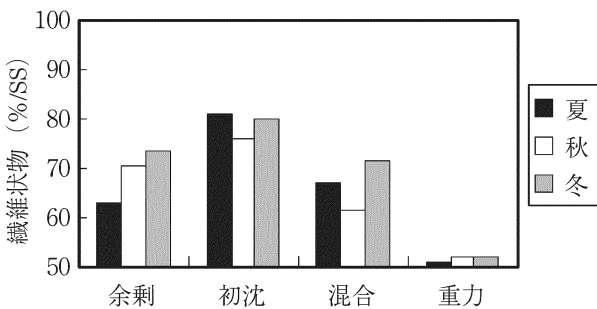


図-7 繊維状物

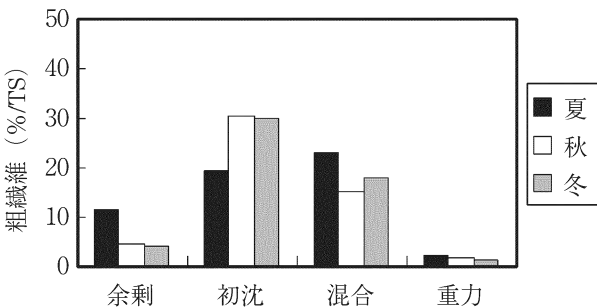


図-8 粗繊維

3.1 供給汚泥の性状

供給汚泥の性状分析結果を表-5および図-5*1～図-8に示す。

荒尾市の混合汚泥を除くと、夏季、秋季と比較し冬季は、汚泥中の有機物の割合を示すVTSやVSSが高い傾向にあった。

また、荒尾市と大阪市の汚泥を比較すると、荒尾市の余剰汚泥は大阪市の重力汚泥よりも繊維状物や粗繊維が高い値であった。荒尾市では、初沈汚泥の一部を反応タンクに投入する運転を実施しており、初沈汚泥中に含まれる繊維分が余剰汚泥側に移行しているものと考えられる。一方大阪市では、初沈において繊維分が除去され、その後初沈汚泥が、余剰汚泥やそれを重力濃縮した重力汚泥と混ざることがない。そのため、繊維分が低い値を示していると考えられる。

3.2 汚泥の均一分散性の調査

ベルト末端部において、ベルト幅方向に等分割した点で、濃縮汚泥濃度、濃縮汚泥高さ、濃縮汚泥重量*2を測定し、ベルト幅方向に汚泥が均一に供給され、ベルト面が有効に使用されているかを調査した。

ベルト末端部で測定した濃縮汚泥濃度、濃縮汚泥高さおよび濃縮汚泥重量の夏季調査結果を図-9～図-12に示す。荒尾市についてはベルト幅1.5mを3分割した点(図-9, 図-10にA～Cと表記)で、大阪市についてはベルト幅2.0mを4分割した点(図-11, 図-12にA～Dと表記)で、それぞれ測定を行った。

荒尾市、大阪市ともに、測定地点ごとのばらつきは少なく、供給された汚泥はベルト上に均一に分散していることを確認した。なお、荒尾市の余剰汚泥は、ベルト上に薄く分布していたため、高さを測定できなかった。

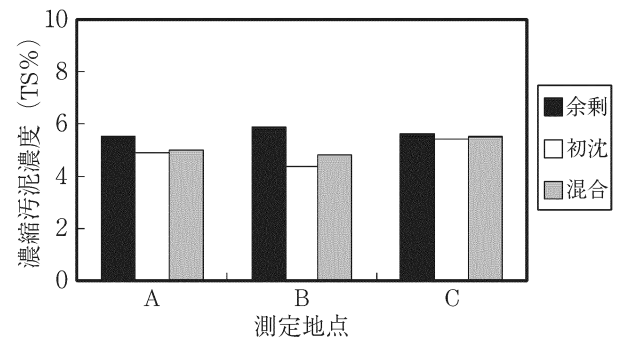


図-9 ベルト末端部幅方向汚泥濃度分布(荒尾)

*1 図中の夏, 秋, 冬はそれぞれ, 夏季, 秋季, 冬季を, また余剰, 初沈, 混合, 重力はそれぞれ, 余剰汚泥, 初沈汚泥, 混合汚泥, 重力汚泥を示す。以降の図も同様に表記している。

*2 大阪市では, スクレーパにより汚泥層が乱され, ベルト末端部での汚泥高さを測定できないため, 400mm幅のボックスで濃縮汚泥を受けて, 時間当たりの汚泥重量を測定している。

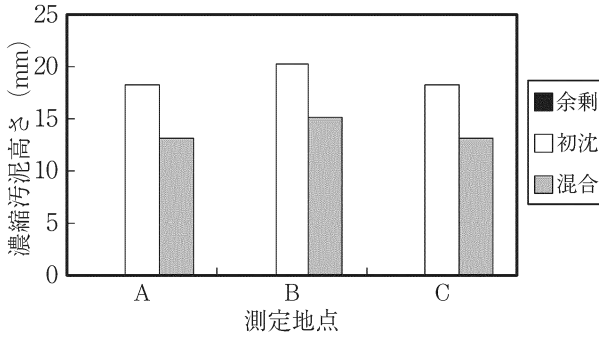


図-10 ベルト末端部幅方向汚泥高さ分布 (荒尾)

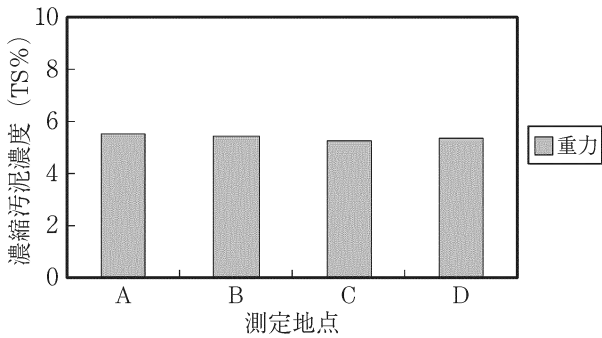


図-11 ベルト末端部幅方向汚泥濃度分布 (大阪)

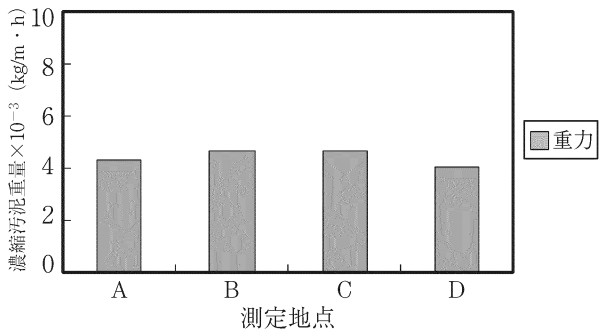


図-12 ベルト末端部幅方向汚泥重量分布 (大阪)

3.3 濃縮汚泥濃度および固形物回収率

夏季, 秋季, 冬季の各季節において, 濃縮汚泥濃度, 固形物回収率を調査した。

調査時の条件を表-6に示す。大阪の冬季調査では汚泥の凝集性が悪化したため, 高分子凝集剤の注入率を, 性能発揮条件の0.35%程度から0.40%程度に変更して調査を実施している。濃縮汚泥濃度の調査結果を表-7および図-13~図-16に, 固形物回収率の調査結果を表-8および図-17~図-20に示す。

荒尾市については, 夏季から冬季に向けて若干濃縮汚泥濃度が低下する傾向が見られたが, 性能目標である濃縮汚泥濃度4TS%以上, 固形物回収率95%以上の目標を達成することができた。

表-6 調査時の条件

	対象	項目	季節	スクレーパ (本)	範囲
荒尾市	余剰汚泥	汚泥処理量 (m ³ /m·h)	夏季	—	15, 20
			秋季	—	15, 20
			冬季	—	15, 20
		供給汚泥濃度 (TS%)	夏季	—	0.21~0.35
			秋季	—	0.22~0.38
			冬季	—	0.18~0.31
		ろ過時間 (秒)	夏季	—	20
			秋季	—	20
			冬季	—	20
		薬注率 (%)	夏季	—	0.21~0.35
			秋季	—	0.19~0.33
			冬季	—	0.20~0.32
	初沈汚泥	汚泥処理量 (m ³ /m·h)	夏季	—	15, 20
			秋季	—	15, 20
			冬季	—	15, 20
		供給汚泥濃度 (TS%)	夏季	—	1.72~2.44
			秋季	—	1.57~2.17
			冬季	—	1.51~2.20
		ろ過時間 (秒)	夏季	—	13~20
			秋季	—	20
			冬季	—	20
		薬注率 (%)	夏季	—	0.20~0.35
			秋季	—	0.25~0.38
			冬季	—	0.29~0.32
混合汚泥	汚泥処理量 (m ³ /m·h)	夏季	—	15, 20	
		秋季	—	15, 20	
		冬季	—	15, 20	
	供給汚泥濃度 (TS%)	夏季	—	0.35~0.61	
		秋季	—	0.37~0.45	
		冬季	—	0.30~0.42	
	ろ過時間 (秒)	夏季	—	10~20	
		秋季	—	20	
		冬季	—	20	
	薬注率 (%)	夏季	—	0.25~0.26	
		秋季	—	0.27~0.34	
		冬季	—	0.23~0.33	
大阪市	汚泥処理量 (m ³ /m·h)	夏季	3	20	
			4	20	
		秋季	3	15, 20	
			4	15, 20	
		冬季	3	15, 20	
			4	15, 20	
	供給汚泥濃度 (TS%)	夏季	3	1.14~1.98	
			4	1.14~1.98	
		秋季	3	1.37~1.69	
			4	1.37~1.69	
		冬季	3	1.01~1.19	
			4	0.88~1.09	
	ろ過時間 (秒)	夏季	3	20	
			4	20	
		秋季	3	20	
			4	20	
		冬季	3	20	
			4	20	
薬注率 (%)	夏季	3	0.33~0.38		
		4	0.33~0.38		
	秋季	3	0.34~0.40		
		4	0.34~0.40		
	冬季	3	0.39~0.41		
		4	0.39~0.43		

表-7 濃縮汚泥濃度

対象	季節	スクレーパ (本)	濃縮汚泥濃度 (TS%)			
			最大	最小	平均	
荒尾市	余剰汚泥	夏季	—	5.99	4.86	5.35
		秋季	—	5.66	4.71	5.13
		冬季	—	5.55	4.45	4.68
	初沈汚泥	夏季	—	6.36	4.09	5.15
		秋季	—	6.08	4.08	4.78
		冬季	—	4.61	4.02	4.28
混合汚泥	夏季	—	5.54	5.05	5.34	
	秋季	—	5.45	4.53	5.12	
	冬季	—	4.89	4.53	4.66	
大阪市	重力汚泥	夏季	3	5.73	4.71	5.39
		秋季	3	5.72	4.73	5.33
		冬季	3	4.90	4.26	4.64
			4	5.15	4.66	4.93

表-8 固形物回収率

対象	季節	スクレーパ (本)	固形物回収率 (%)			
			最大	最小	平均	
荒尾市	余剰汚泥	夏季	—	97.9	95.0	96.6
		秋季	—	98.8	94.4	96.7
		冬季	—	98.6	94.2	96.8
	初沈汚泥	夏季	—	99.8	98.4	99.3
		秋季	—	99.5	96.5	98.6
		冬季	—	99.6	97.6	98.9
混合汚泥	夏季	—	98.5	95.1	96.4	
	秋季	—	97.4	96.1	96.7	
	冬季	—	98.3	96.3	97.2	
大阪市	重力汚泥	夏季	3	99.2	95.4	97.9
		秋季	3	99.3	94.1	97.6
		冬季	3	97.1	93.5	95.5
			4	96.2	93.2	94.7

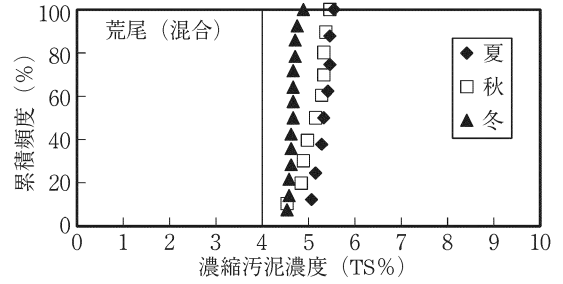


図-15 濃縮汚泥濃度 (荒尾 (混合汚泥))

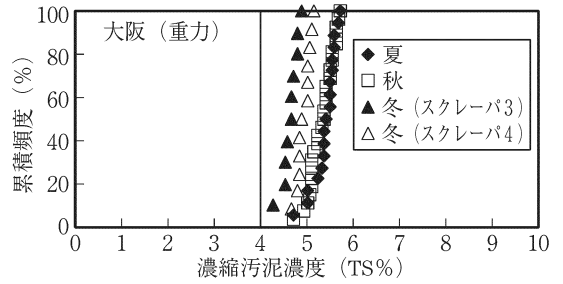


図-16 濃縮汚泥濃度 (大阪 (重力汚泥))

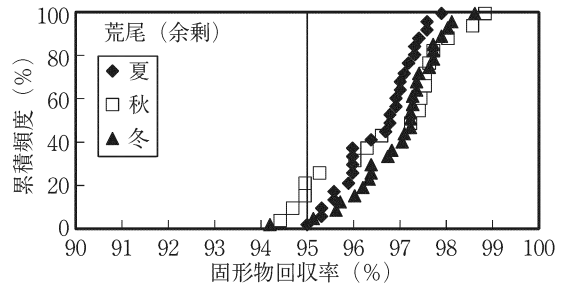


図-17 固形物回収率 (荒尾 (余剰汚泥))

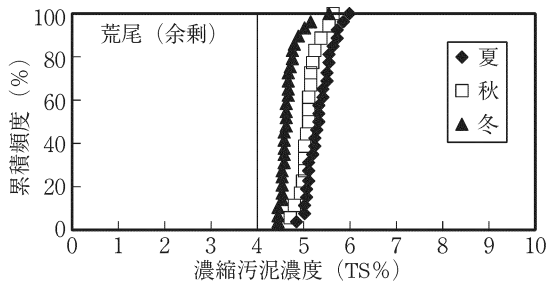


図-13 濃縮汚泥濃度 (荒尾 (余剰汚泥))

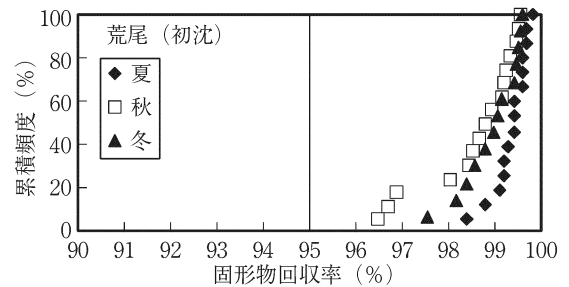


図-18 固形物回収率 (荒尾 (初沈汚泥))

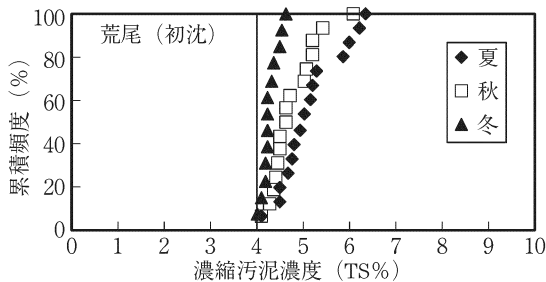


図-14 濃縮汚泥濃度 (荒尾 (初沈汚泥))

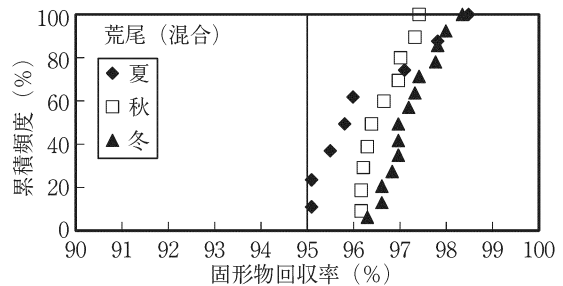


図-19 固形物回収率 (荒尾 (混合汚泥))

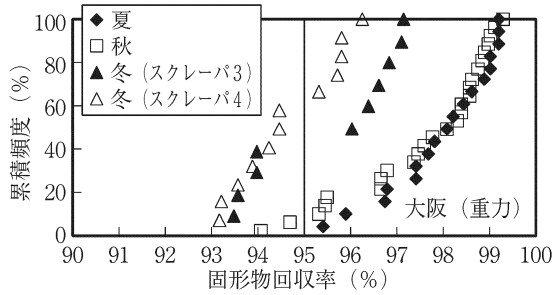


図-20 固形物回収率（大阪（重力汚泥））

大阪市については、夏季、秋季は濃縮汚泥濃度、固形物回収率ともに性能目標値を概ね達成できたが、冬季において性能目標値をやや下回る結果となった。そのため、濃縮促進対策として、夏季、秋季の調査条件である、スクレーパ3本での運転に加え、スクレーパ4本での調査も実施した。スクレーパを増加することにより、濃縮汚泥濃度は若干上昇することが確認できたが、固形物回収率は若干低下する傾向が見られた。スクレーパとベルトとの隙間に濃縮対象の汚泥が入り込み、ベルト側に押し付けられることによって、系外に排出されるSS負荷量が相対的に増加したためと考えられる。

大阪市の冬季調査においては、評価対象のベルト型ろ過濃縮機と並行して稼働している遠心濃縮機においても同様に性能低下の傾向が見られており、供給汚泥の性状の変化が影響を与えているものと考えられる。

3.4 ろ液循環洗浄の有効性調査

ベルトの洗浄にろ液を利用する、ろ液循環洗浄を実施し、ろ液洗浄ラインに設置しているストレーナが閉塞するまでの運転期間について調査した。なお、実用化評価研究の結果から、ベルト型ろ過濃縮機の性能に影響がでるベルト洗浄水量は4 m³/m・hr、洗浄水圧で130kPaであることが判明している。

ベルト洗浄水圧とろ液SS濃度の経時変化を図-21、図-22に示す。

荒尾市の場合、ろ液のSS濃度が20mg/l程度の余剰汚泥を対象とした運転では、洗浄水圧の低下は少なく、初沈汚泥や混合汚泥を対象に運転している場合に、洗浄水圧が大きく低下する傾向が見られた。また、ストレーナの洗浄が必要となる130kPaまで洗浄水圧が低下するまでの累積運転時間は155時間（7日）程度であった。

大阪市の場合、ろ液のSS濃度が90mg/l程度であり、洗浄水圧は徐々に低下していった。また、ストレーナの洗浄が必要となるまでの累積運転時間は98

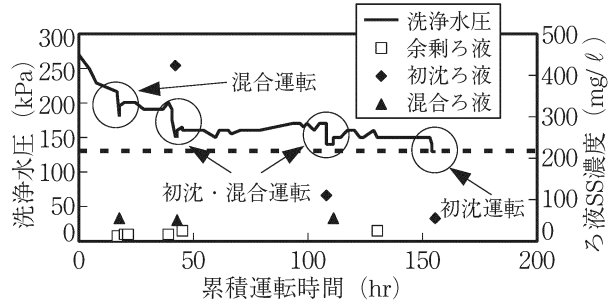


図-21 ろ液循環洗浄の結果（荒尾）

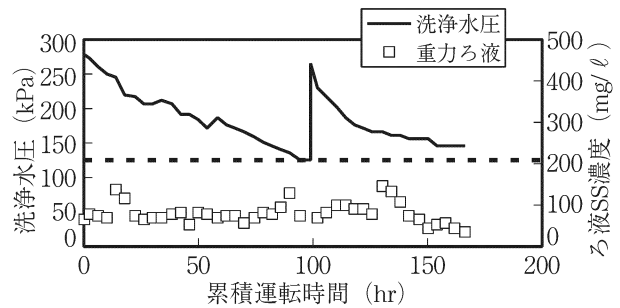


図-22 ろ液循環洗浄の結果（大阪）

時間（4日）程度であった。

3.5 環境への影響評価

ベルト型ろ過濃縮機を停止および稼働させた状態において、屋外1F（敷地境界の代用）にて、臭気・騒音・振動を測定し、環境への影響を調査した。

測定結果を表-9に示す。臭気・騒音・振動の調査をした結果、ベルト型ろ過濃縮機の停止中（基準）と稼働中（対象）で、各項目ともに大きな差は見られず、ベルト型ろ過濃縮機が環境に与える影響はほとんどないことを確認できた。

表-9 臭気・騒音・振動の測定結果

項目	季節	荒尾市		大阪市		
		基準	対象	基準	対象	
臭気	夏季	NH ₃	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		N ₂ S	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	秋季	NH ₃	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		N ₂ S	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	冬季	NH ₃	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		N ₂ S	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
騒音	冬季	51.7	49.7	67.5	67.9	
振動	冬季	25	23	35	33	

※単位 秋期ppm, 騒音db (A), 振動dB

4. おわりに

平成15年度の夏季から冬季にかけて実機を用いた調査を実施し、荒尾市については、実用化評価研究と同様に、目標性能を達成できた。大阪市については、夏季、秋季は目標を概ね達成したものの、冬季において、やや目標性能を下回る結果となった。性

能低下の原因は供給汚泥性状の悪化によるものと考えられるが、今後、通常の運転において性能低下が発生した場合に対応できる運転方法、装置構造等について、別途、検討を行う予定である。

また、平成16年度春季に調査を実施した後、四季を通じたデータのとりまとめ、維持管理性、経済性等を整理し、性能評価書を作成する予定である。

●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
駒井 篤
内田 浩

●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

堀江 信之
駒井 篤
内田 浩