

差速回転型スクリー濃縮機 に関する研究

1. 研究の目的

下水道整備が進み下水道の普及が高まるとともに、高度処理の実施に伴い下水汚泥の発生量は年々増加している。下水汚泥の効率的な処理処分は、下水道事業における最も重要な課題の一つである。下水処理場から発生する汚泥には、初沈汚泥と余剰汚泥があり、これらのうち余剰汚泥は、濃度が低く濃縮性が極めて悪いため、機械濃縮するケースが増えている。

余剰汚泥の機械濃縮機には比較的大容量処理が可能な遠心濃縮機と、中小規模に適した常圧浮上濃縮装置などがあるが、一般的に遠心濃縮機は多量の電力を消費し、常圧浮上濃縮装置は大きな設置スペースを必要とする。そのため、今後の汚泥処理の効率化を図るためには、より省エネ・省スペースな汚泥濃縮機が求められている。

平成11, 12年の共同研究により普及が進んでいる圧入式スクリープレス脱水機の前段部分の濃縮機構に着目した差速回転型スクリー濃縮機が開発された。本研究では、この濃縮機の分離濃縮としての利用について、実証実験を通じ、このシステムの採用上の留意点や利点等を明確にし、技術資料としてまとめることを目的とする。

2. 研究体制

本共同研究は、(財)下水道新技術推進機構、(株)

石垣、川崎重工業(株)、(株)神鋼環境ソリューション、住友重機械工業(株)、日本ガイシ(株)、日立プラント建設(株)、前澤工業(株)が共同で実施した。

3. 研究内容

差速回転型スクリー濃縮機の概要・構造・濃縮原理等を明確にし、実証実験を通じてその特長や性能を確認にした上で、本濃縮機を用いた濃縮設備の計画、設計、維持管理等に係わる技術的事項や留意事項をわかりやすく示す技術資料をまとめた。

4. 技術概要

差速回転型スクリー濃縮機は、ろ室を形成する金属製外筒スクリーン内に凝集汚泥を投入し、ろ材であるスクリーンを連続的に洗浄する。この外筒スクリーンが回転するとともに、外筒スクリーンと逆方向に回転するスクリー羽根により、濃縮が進行する凝集汚泥を掻き取りながら出口方向に搬送する間に濃縮を行うものである。濃縮概念図を図-1に示す。ろ室内は低濃度の凝集汚泥をすばやく固液分離する急速分離ゾーンと、ある程度濃縮が進行した凝集汚泥に転がり作用を加えて、さらに効率よく濃縮させる転動濃縮ゾーンおよび各ゾーンの中間となる急速分離-転動濃縮移行部からなる。図-2に急

速分離ゾーンのイメージを、図 - 3 に転動濃縮ゾーンのイメージを示す。

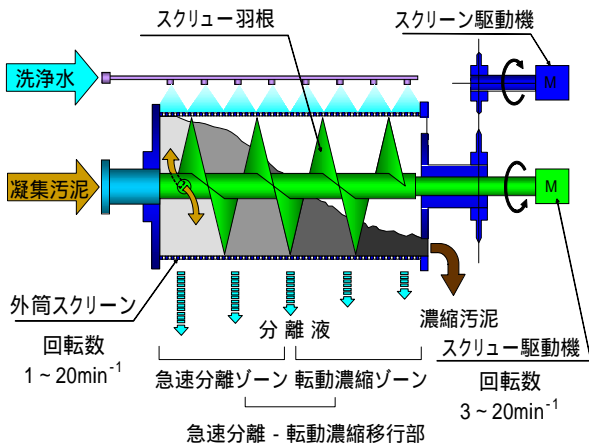


図 - 1 濃縮概念図

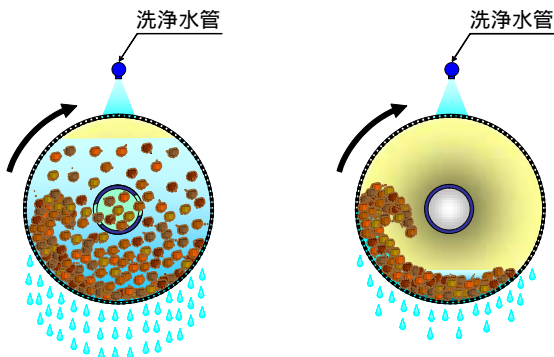


図 - 2 急速分離ゾーンのイメージ 図 - 3 転動濃縮ゾーンのイメージ

5. 実証実験

小型実験機（スクリーン径φ210mm，スクリーン面積0.28m²，処理量2.8m³/h）を用い，四季における標準活性汚泥法から発生する余剰汚泥の濃縮実験（M市S浄化センター）と夏と冬における高度処理法から発生する余剰汚泥の濃縮実験（K市T処理場，O県K浄化センター）を実施した。また，K市において，生汚泥の濃縮実験による調査・検証を行った。そして，実用規模実験機（スクリーン径φ700mm，スクリーン面積3m²，処理量30m³/hr）による濃縮実験を実施した。

性能目標を表 - 1 に示す。

表 - 1 差速回転型スクルー濃縮機の性能目標

項目	性能目標
処理量	10m ³ /m ² /h以上
濃縮汚泥濃度	4TS%以上
SS回収率	95%以上
薬注率	高分子凝集剤 0.3~0.5%程度（対TS）

5.1 実験内容

実験内容は，以下の通りである。

- ① 濃縮特性の把握調査
 - ・濃縮汚泥濃度
 - ・SS回収率
- ② 操作因子の把握調査
 - ・処理量
 - ・スクルー回転数
 - ・スクリーン回転数
 - ・適正な薬品の種類と薬注率
- ③ 季節変動の影響調査
- ④ 脱水性能への影響調査
- ⑤ 連続運転調査
- ⑥ 周辺環境への影響調査
- ⑦ 維持管理に関する整理

5.2 実験結果

(1) 小型実験機による実験結果

薬注率と濃縮汚泥濃度およびSS回収率の関係を図 - 4 に示す。実験の結果，性能目標（濃縮汚泥濃度4%以上，SS回収率95%以上，薬注率0.3~0.5%）を達成することが確認できた。季節変動については，薬注率を調節することで安定した性能を得られることが確認できた。

また，S浄化センターで秋，冬，春季に実施した連続運転の結果を図 - 5 に示す。余剰汚泥濃度は比較的変動が大きいが，薬品注入比例制御が有効に作用し，安定した運転を行えることが確認できた。

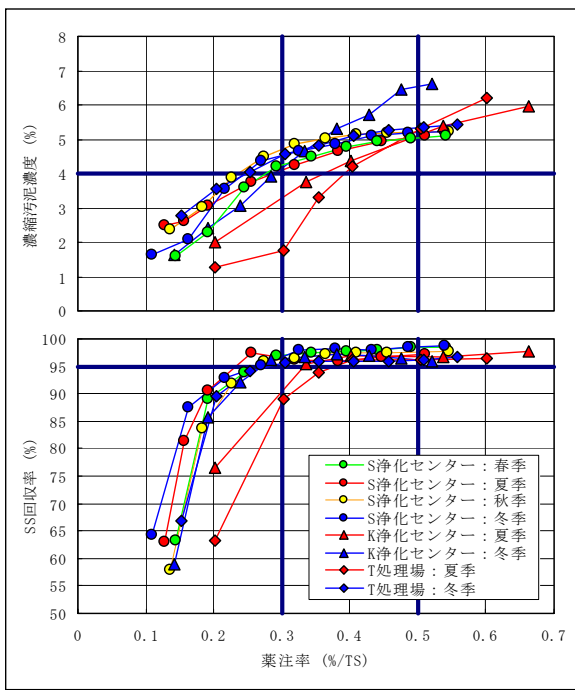


図 - 4 薬注率と汚泥濃度およびSS回収率の関係 (小型実験機)

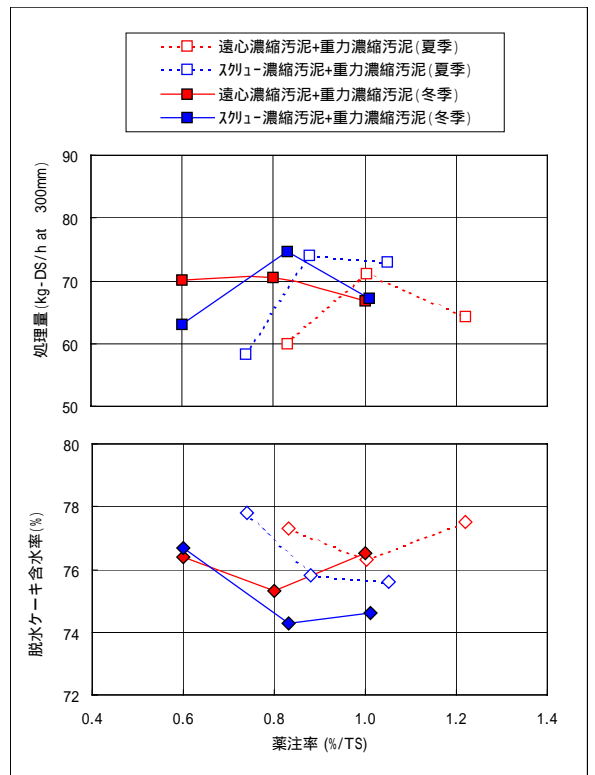


図 - 6 圧入式スクリーブレス脱水実験結果

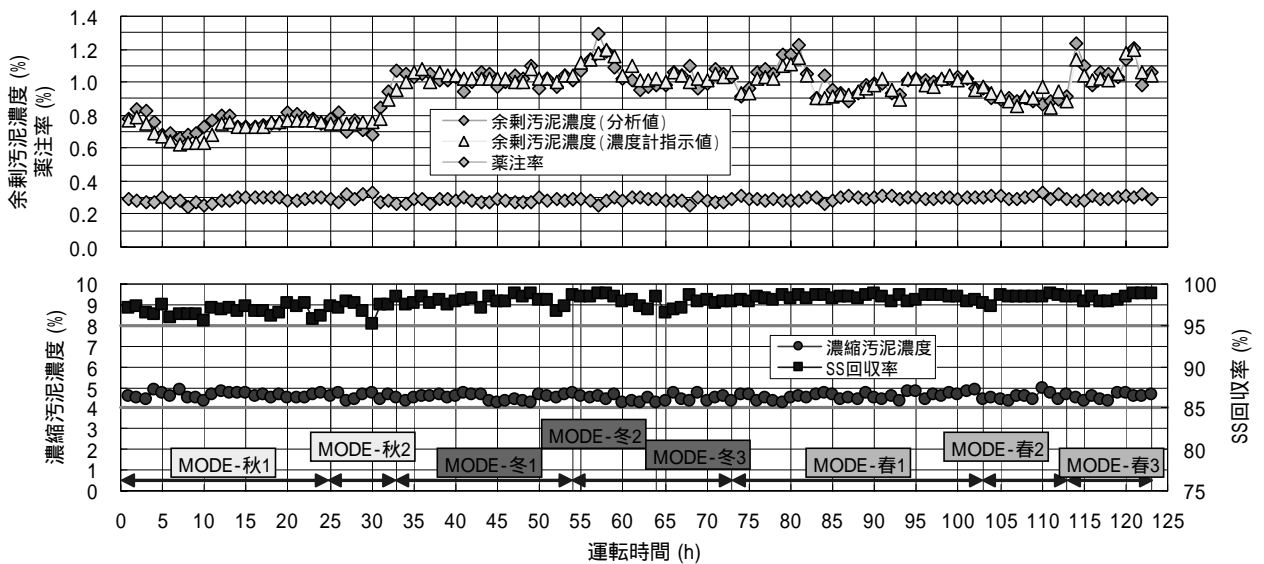


図 - 5 連続運転結果

濃縮汚泥の脱水性能については、S浄化センターで既設遠心濃縮汚泥とスクリーブ濃縮汚泥による圧入式スクリーブレス脱水機実験 (図 - 6) を行い、S浄化センター (既設遠心濃縮汚泥) とT処理場 (既設加圧浮上濃縮汚泥) で既設濃縮汚泥とスクリーブ濃縮汚泥によるベルトプレス脱水実験 (図 - 7) を行った。

その結果、処理量 (ろ過速度), 脱水ケーキ含

水率, 薬注率 (スクリーブ濃縮では添加した薬注率を含む) において従来の機械濃縮汚泥と同等の脱水性能であることが確認できた。

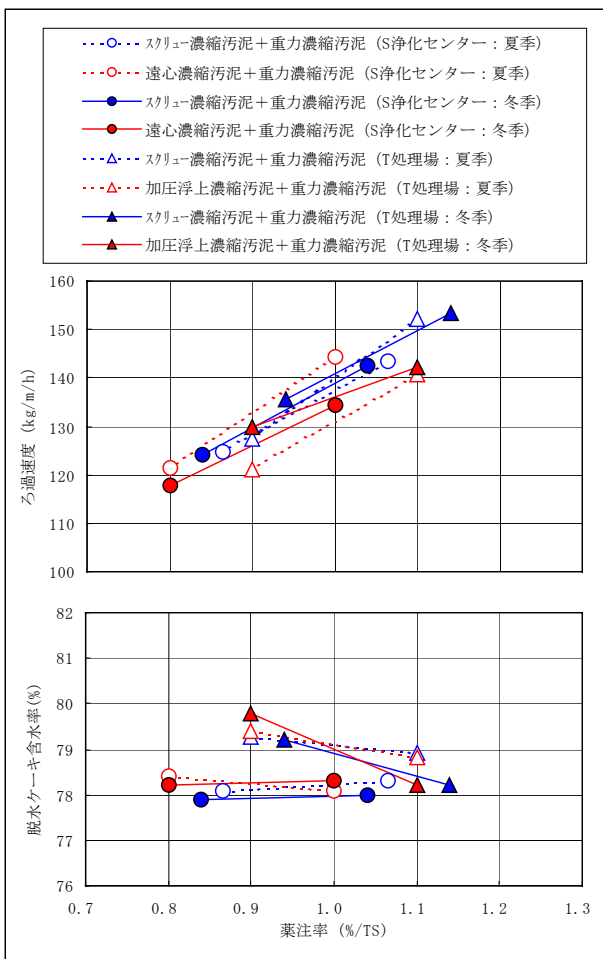


図 - 7 ベルトプレス脱水実験結果

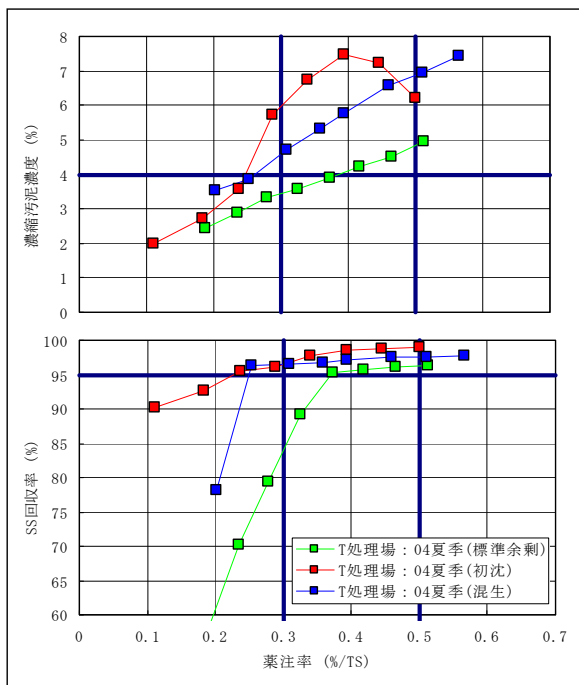


図 - 8 薬注率と汚泥濃度および SS 回収率の関係 (生汚泥に対する濃縮実験)

初沈汚泥, 混合生汚泥および余剰汚泥について処理量 $10\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ において濃縮実験を行った結果, 図 - 8 に示すとおり, 初沈汚泥, 混合生汚泥ともに濃縮が可能であり, 余剰汚泥より低薬注率で濃縮できることが確認できた。

(2) 実用規模実験機による実験結果

実用規模実験機 (処理量 $30\text{m}^3/\text{h}$ ($10\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)) において, 研究目標薬注率のうち中程度の 0.35% で濃縮汚泥濃度 4% 以上, SS 回収率 95% 以上となり, 性能目標を満足した。

薬注率を変化させたときの薬注率と濃縮汚泥濃度および SS 回収率の関係を図 - 9 に示す。

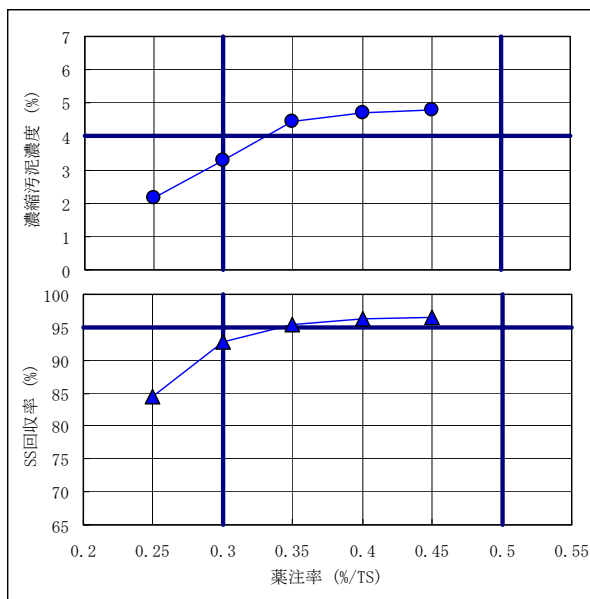


図 - 9 薬注率と汚泥濃度および SS 回収率の関係 (実用規模実験機)

6. 導入効果

6.1 導入効果

計画一日最大汚水量 $70,000\text{m}^3/\text{日}$ の終末処理場における差速回転型スクリー濃縮設備と遠心濃縮設備および常圧浮上濃縮設備について電力量, 設備面積, CO_2 排出量, 維持管理費, 機器費の試算を行った。表 - 2 に比較条件を示す。

表 - 2 比較条件

機種	差速回転型 スクリー濃縮機	遠心濃縮機	常圧浮上濃縮装置	
基本条件	計画1日最大汚水量	70,000 m ³ /日		
	水処理方式	標準活性汚泥法		
	対象汚泥	余剰汚泥		
	汚泥濃度	0.6 %		
	濃縮汚泥濃度	4 %		
	運転時間	24時間/日, 7日/週		
濃縮機諸元	濃縮機容量 (スクリーン面積 3 m ²)	30 m ³ /h	水面積 7.2 m ² (固形物負荷25kg・DS/m ² /h)	
	設備数	2台	2台	
	実運転時間	20.5時間/日	21.1時間/日	20.5時間/日
	回収率	95%以上	90%以上	95%以上
	薬注率	高分子凝集剤 0.4%	無薬注	高分子凝集剤 0.2% 気泡助剤 0.05%

わせて建築工事費の低減効果も期待できる。

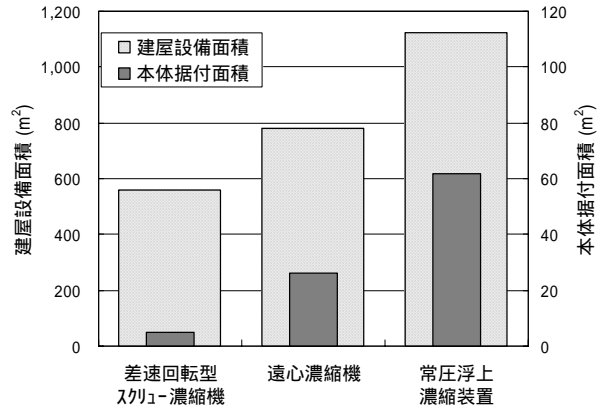


図 - 11 設備面積比較

(1) 省エネルギー効果

濃縮機本体および補機の電力量(1年当り)の比較結果を図 - 10に示す。補機の電力量については大きな差はないが、濃縮機本体の電力量は遠心濃縮機の7%程度、常圧浮上濃縮装置の32%程度であり、他機種に比べ使用電力量が少ない結果であった。また、補機を含めた濃縮設備においても遠心濃縮設備の49%程度、常圧浮上濃縮設備の79%程度であり、省エネルギー対策に有効である。

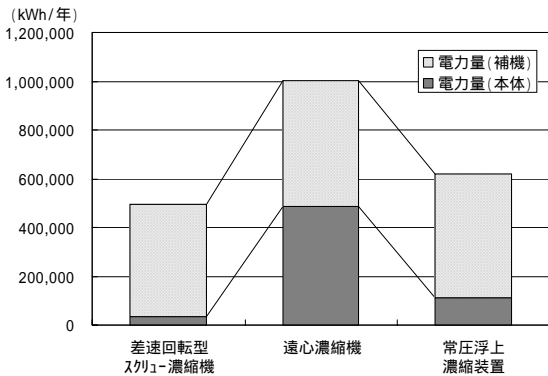


図 - 10 電力量比較

(3) CO₂排出量削減効果

運転時のCO₂排出量(1年当り)の比較結果を図 - 12に示す。運転時のCO₂排出量は、遠心濃縮設備の69%程度、常圧浮上濃縮設備の93%程度でありCO₂排出量削減対策に有効である。

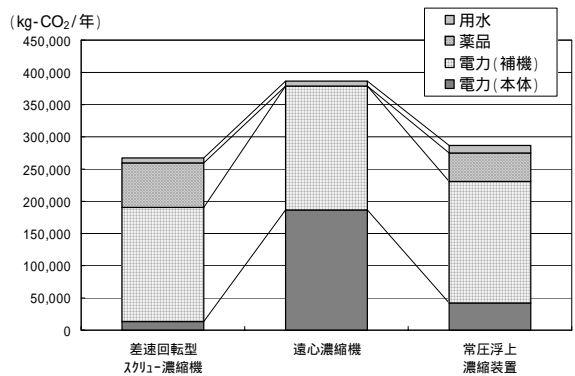


図 - 12 運転時のCO₂排出量比較

(2) 省スペース効果

濃縮機本体の据付面積および補機を含めた濃縮設備に関わる建屋の設備面積の比較結果を図 - 11示す。濃縮機本体の据付面積は、遠心濃縮機の18%程度、常圧浮上濃縮装置の8%程度あり、他機種に比べ非常にコンパクトである。建屋の設備面積も遠心濃縮設備の72%程度、常圧浮上濃縮設備の50%程度であり省スペース化が図れる。また、本体質量は常圧浮上濃縮装置の14%程度、遠心濃縮機の15%程度であり、建屋に対する荷重負荷も小さく、省スペースと合

(4) 維持管理費軽減効果

維持管理費に関する電力費、薬品費、用水費、オーバーホール費の比較結果を図 - 13に示す。差速回転型スクリー濃縮機は、薬品(高分子凝集剤)を使用するものの電力費とオーバーホール費の低減効果が大きく、維持管理費は遠心濃縮設備の80%程度、常圧浮上濃縮設備の91%程度であり、他機種に比べ維持管理費の軽減対策に有効である。

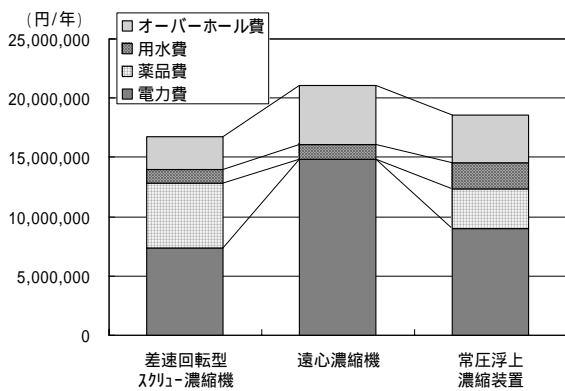


図 - 13 維持管理費比較

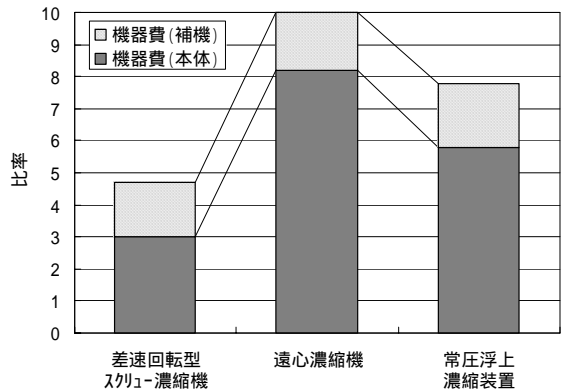


図 - 14 機器費比較

注) 遠心濃縮設備の機器費の合計を10として表示

(5) 建設費の低減効果

濃縮機本体および補機の機器費の比較結果を図 - 14に示す。機器費は遠心濃縮設備の47%程度、常圧浮上濃縮設備の60%程度であり、建設費の低減対策に有効である。

6.2 運転制御

差速回転型スクルー濃縮機の運転制御には、薬品注入比例制御が標準的に装備され、オプションとして濃縮汚泥一定制御がある。

実験の結果、薬品注入比例制御単独でも比較的濃度変動の大きい余剰汚泥に対して安定した運転を行うことができた。

7. 技術資料の構成

第1章 総則

- 第1節 目的
- 第2節 適用範囲
- 第3節 用語の定義

第2章 設備の概要

- 第1節 汚泥濃縮プロセスの概要
- 第2節 差速回転型スクルー濃縮機の原理
- 第3節 特長と導入効果

第3章 設備の計画

- 第1節 差速回転型スクルー濃縮機の適用条件
- 第2節 留意事項

第4章 設備の設計

- 第1節 設計の手順
- 第2節 差速回転型スクルー濃縮設備の構成
- 第3節 運転操作因子と濃縮性能の関係
- 第4節 差速回転型スクルー濃縮機の性能
- 第5節 差速回転型スクルー濃縮設備の容量計算
- 第6節 差速回転型スクルー濃縮機の運転操作

第5章 施工計画

- 第1節 施工計画
- 第2節 施工手順
- 第3節 試運転

第6章 設備の維持管理

- 第1節 設備の運転調整
- 第2節 設備の保守・点検

資料編

1. 実証実験結果
2. 生汚泥の実験結果
3. 実用規模機種での実験結果
4. モデル設計例
5. 他機種との比較例
6. 特記仕様書
7. 標準配置図
8. 資料の問い合わせ先

8. まとめ

差速回転型スクリー濃縮機は、シンプルな構造で動力が小さく省エネルギーであり、高い処理能力により機械がコンパクトで省スペースである特徴を有している。

これらの特性を生かすことにより建設・維持管理コストの縮減や地球温暖化ガス排出量の削減が期待できる技術であり、既設の機械濃縮機の更新や

増設にも適している。

本研究で、上記の特徴を持つ差速回転型スクリー濃縮機の概要、濃縮原理、構造等を明らかにするとともに、その特徴、性能を明確にした上で、本濃縮機を用いた設備の計画、設計、施工、維持管理に係わる技術的事項や手順を記載した技術資料としてとりまとめた。

今後、下水道管理者が汚泥濃縮設備の計画、設計等を行う際の一助になれば幸いである。

この研究を行ったのは

研究第二部長

研究第二部主任研究員

研究第二部研究員

高橋 隆一

小枝 正人

渡邊 健治

この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長

研究第二部主任研究員

研究第二部研究員

高橋 隆一

関 一

松本清治郎