

大規模処理場における回転加圧脱水機の適用に関する研究

1. 研究経緯と目的

下水道事業における汚泥処理・処分の重要性が一段と認識されているなか、汚泥の有効利用の促進・コスト縮減・処理の安定性等を意識した効率的な汚泥処理システムが望まれている。今後、汚泥脱水機に求められるニーズは、大都市、中小都市、小規模などの処理規模に応じて多様化していくものと考えられる。

本研究で対象とした回転加圧脱水機はカナダで開発され、1991年にカナダで採用されて以来、日本国内においても13台（下水道実績8台）の実績を得ている新型脱水機である（図-1参照）。

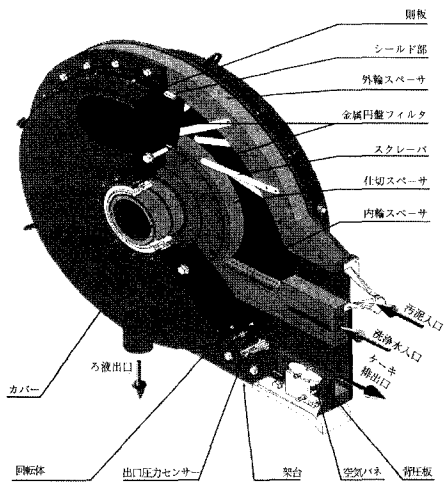


図-1 回転加圧脱水機の構造

本機構では平成10～11年度に回転加圧脱水機の基本性能調査を行い、特に標準活性混合生汚泥において既存脱水機と同等以上の脱水性能が確認され、その結果を「回転加圧脱水機 技術マニュアル」（以下「技術マニュアル」と略す）として反映している。

しかしながら、実稼働施設の汚泥処理工程に本機を適用した場合の検証はなされていないため、今回の研究において大規模処理場を対象とした実証実験を行い、処理規模に応じた条件に対する回転加圧脱水機の適用性の検証を行うこととした。

大規模処理場では脱水工程の後段に焼却システムを採用している場合が多く、中小規模の処理場に比べて過酷な運転が要求される。また、焼却をせずに脱水ケーキの状態でも搬出する場合でも、汚泥発生量が大量であることから、可能な限り低薬注率で低含水率の脱水が要求される。さらに、早期に稼働開始した施設が多いため、更新が早く進むと予測され、従来脱水機がかかえている課題を克服する脱水機が求められている。このような理由から、後段設備の条件に合わせた脱水性能の検証および耐久性の確認が可能であること、本脱水機の特徴を生かした導入需要が見込めることなどから、実証施設として大規模処理場を選定した。

本研究では、大規模処理場（脱水-焼却システム）における安定した連続運転の実証実験とともに、本機導入のメリットをケーススタディにより評価し、「回転加圧脱水機 技術資料・大規模処理場編」の作成を目的とした。

2. 研究体制

本研究は、(財)下水道新技術推進機構、(株)クボタ、三機工業(株)、巴工業(株)、日本碍子(株)の5者が共同で実施している。

3. 研究内容

平成12年度から2カ年にわたり実施された共同研究の内容は、以下のとおりである。

(1) 実証実験 [平成12年度]

東京都下水道局多摩川上流処理場の汚泥処理工程に実験機を適用し、連続運転の最適条件を調査検討した。

(2) ケーススタディ [平成13年度]

実証実験データより、実設備に適用時の適用条件を設定し、①脱水-既設焼却システムに導入、②脱水-新規焼却システムに導入の2ケースについてケーススタディを行って、脱水性能、経済性について評価を行った。

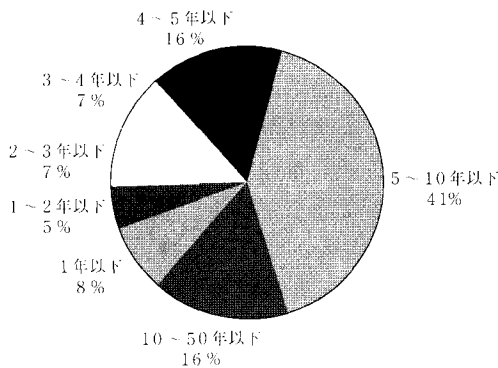
(3) 技術資料の作成 [平成13年度]

実証実験およびケーススタディの結果を、「回転加圧脱水機 技術資料・大規模処理場編」としてまとめた。

4. 大規模処理場における汚泥処理の特徴と課題

4.1 汚泥焼却設備の保有率

大規模処理場の多くは、発生汚泥量の多い都市部に集中して建設されている。都市部の近郊では最終処分地の確保が困難な状況にあり、現存最終処分場の残余年数が極めて逼迫した状況である。図-2に、下水汚泥最終処分先の残余年数を示す。



(下水道協会誌 vol.36, No.437, 1999/3より)

図-2 下水汚泥最終処分先の残余年数

このような背景のなかで、脱水ケーキの減量化を促進するために、汚泥の最終処分方式に焼却を導入する処理場が増加している。

大規模処理場では、約53%が焼却設備を保有している。図-3に、処理規模別の焼却設備保有率(処理場数比)を示す。

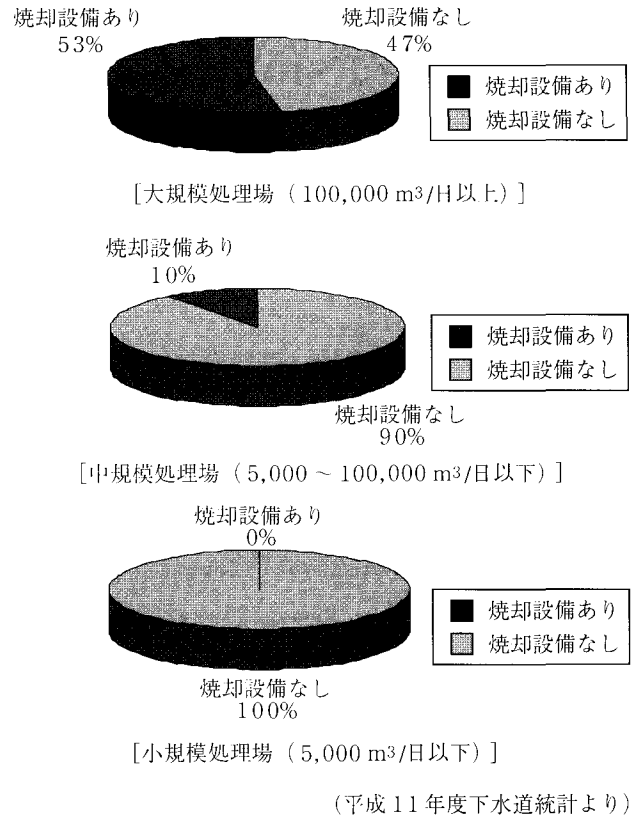


図-3 処理規模別の焼却設備保有率(処理場数比)

4.2 従来型脱水機の課題克服

汚泥の最終処分を焼却としている大規模処理場では、大量の発生汚泥を効率よく焼却処理するために、24時間連続の脱水運転を採用している場合が多く、中小規模処理場に比べて過酷な脱水運転であるとともに、焼却炉の運転管理に適した脱水ケーキ含水率に安定して脱水する能力も要求される。

また、汚泥の大量処理における省力化やランニングコスト(薬品費、用水費、電気費等)の低減や、脱水設備の大型化に起因する多量の脱臭処理、騒音対策、振動対策等の環境対策が求められる。

汚泥の最終処分を脱水としている大規模処理場では、脱水ケーキは場外搬出して埋め立処分や農地還元および建設資材等の有効利用が行われている。大規模処理場では多量の汚泥が発生することから、ケ

ーキ処分費の低減は重要な課題であり、脱水ケーキの低含水率化に対するニーズは高い。

脱水機の技術開発はこのようなニーズに対応して進められ、近年では、高分子凝集剤を用いるベルトプレス脱水機と遠心脱水機の採用が増加傾向にあり、採用割合は78%（平成11年度）を占める状況にある。

しかしながら、従来型脱水機はその特徴を最大限に生かして要求に応じているが、脱水原理や機器構造から改良・改善の限度があり、従来型脱水機の課題を克服する次世代脱水機が求められている。

《ベルトプレス脱水機の課題》

- ・ 運転中は連続的にろ布の洗浄が必要であり、水の使用量が多い
- ・ 処理量に対し機械寸法が大きく、機高も高い
- ・ 開放構造のため、脱臭対策として防臭カバーが必要であり、脱臭風量も多い
- ・ 定期的なろ布交換が必要である

《遠心脱水機の課題》

- ・ 電動機容量が大きく、消費電力量が多い
- ・ 騒音対策として防音パッケージが必要となる
- ・ 高速回転体のため、定期的な点検・保守が必要となり、修繕費用が高い
- ・ 点検・保守に要する設備停止期間が長い

4.3 改築、更新、増設の需要

大規模処理場は早期に供用開始した施設が多いため、現在は改築、更新、増設の需要が増加している。

大規模処理場全体数の約半分は昭和50年以前に供用開始されており、平成元年以降に供用開始した処理場は約一割程度にとどまっている。

また、機器類の減価償却が15年であることを考慮すると、大規模処理場では今後、改築、更新、増設の需要が増加すると考えられる。図-4に、大規模処理場における稼働開始年月を示す。

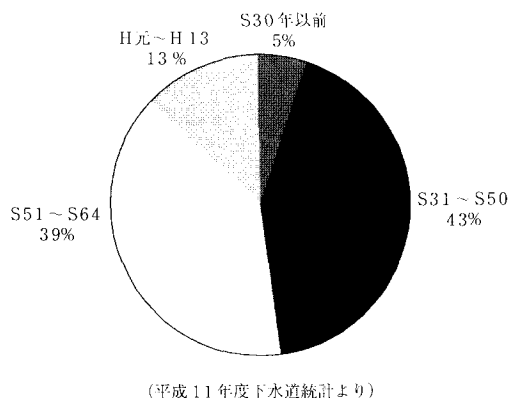


図-4 大規模処理場における稼働開始年月

5. 回転加圧脱水機の特徴

5.1 脱水原理

本機の脱水原理は、2枚の金属円盤フィルタとスペーサで密閉されたチャンネル（ろ室）内に凝集剤で調質した汚泥を圧入させ、①その圧入圧力による微細孔金属円盤フィルタからの初期ろ過、②金属円盤フィルタ表面でのケーキ層の形成およびケーキ層によるろ過、③金属円盤フィルタ回転力によるせん断力および背圧による圧搾脱水の連続工程による脱水である。

図-5に、脱水概念図を示す。

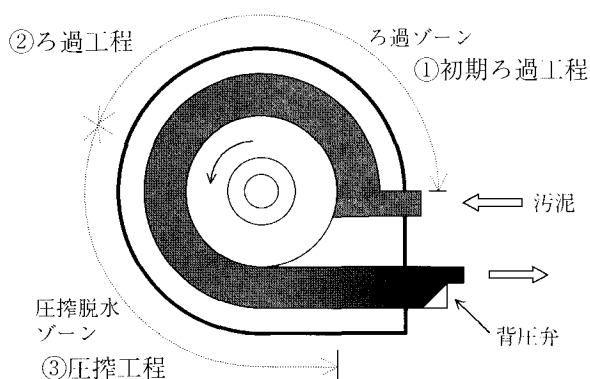


図-5 脱水概念図

5.2 性能に関する特徴

本機には下記の優れた特徴があり、従来型脱水機の課題を克服する次世代脱水機に相当する。

- ① シンプルな構造
- ② 高い脱水性能
- ③ 幅広い処理量に対応可能
- ④ 軽量でコンパクト
- ⑤ 密閉構造で臭気対策が容易
- ⑥ 低所要動力
- ⑦ 少ない洗浄水量
- ⑧ 容易な維持管理
- ⑨ 高い稼働率

6. 回転加圧脱水機の仕様と脱水性能

6.1 標準仕様

本機の機器仕様として、金属円盤フィルタ径およびチャンネル数（ろ室数）、ろ室幅およびフィルタ孔径が選択でき、供給汚泥の量や質に合わせた最適な組合せが可能である。

(1) 金属円盤フィルタ径

φ 300 mm, φ 600 mm, φ 1,200 mmの3種類があり, 全体計画の脱水処理量に合わせて, 金属円盤フィルタ径とチャンネル数を選択する。

(2) チャンネル数 (ろ室数)

本機は一駆動で複数チャンネルの運転が可能であり, φ 600 mm機では4チャンネル仕様まで, φ 1,200 mmでは6チャンネル仕様までの機種がある。なお, 「技術マニュアル」と比較し, 一部仕様の変更によりチャンネル数が増えている (図-6 参照)。

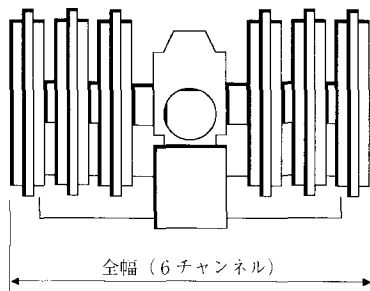


図-6 6チャンネル仕様例 (正面図)

(3) ろ室幅

ろ室容積はろ室を構成する外輪スペーサおよび内輪スペーサの幅を変更することにより可能であり, 汚泥性状に合ったろ室容積が選択できる。標準のろ室幅は50 mmであるが, 12.5mmから75mmまで, 12.5mmきざみで選択できる。

(4) 金属円盤フィルタの孔径

金属円盤フィルタはステンレス製の微細な孔のあいたパンチングメタルであり, 汚泥性状に合った孔径を選択できる。標準の孔径はφ 0.25 mmであるが, 微細孔径のφ 0.18mmと粗目孔径のφ 0.38mmの選択も可能である。

6.2 脱水性能

(1) 運転操作上のパラメータ

本機の運転操作上のパラメータとして, 薬注率, フロキュレータ回転数, 本体回転数, 入口圧力, 出口圧力があり, 的確な設定による幅広い処理量範囲での運転やケーキ含水率の調整が可能である (図-7 参照)。

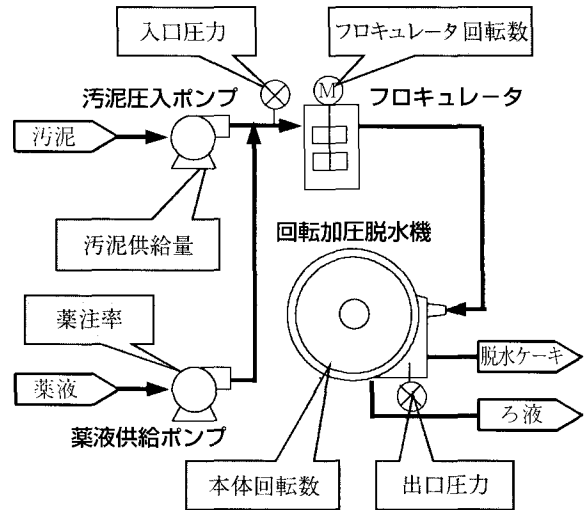


図-7 運転操作上のパラメータ

(2) パラメータ操作を反映した脱水性能

「技術マニュアル」では, 予想性能値のまとめとして, パラメータ操作を特に考慮しない基本性能値を示している。本研究では, パラメータ操作による特性を反映したケーキ含水率およびろ過速度を新たに考慮することにより, 脱水性能の拡大を図った。

表-1 に拡大を図った標準活性汚泥法混合生汚泥に対する脱水性能を示すが, 実績稼働データや本研究で実施した実証実験結果および他の国内実験結果を基礎データとしてまとめた。

表-1 回転加圧脱水機の脱水性能 (混合生汚泥)

水処理方式			標準活性汚泥法					
汚泥の種類			混合生汚泥					
汚泥性状	強熱減量 (VTS)	(%)	83.0 ~ 80.0		77.0 ~ 75.0			
	供給汚泥濃度 (TS)	重力式 (%)	1.5 (分流式)		2.5 (合流式)			
		機械式 (%)	3.5 程度		3.5 程度			
	繊維状物 (100メッシュ)	(%)	20		20			
重力濃縮	脱水ケーキ含水率	(%)	77	79	83	74	76	80
	ろ過速度 (kgDS/m ² h)		50	60	70	80	100	120
	固形物 (SS) 回収率	(%)	95 以上		95 以上		95 以上	
	薬注率	(%)	1.3 以下		1.0 以下		1.0 以下	
機械濃縮	脱水ケーキ含水率	(%)	74	79	80	72	76	77
	ろ過速度 (kgDS/m ² h)		100	120	130	100	120	130
	固形物 (SS) 回収率	(%)	95 以上		95 以上		95 以上	
	薬注率	(%)	1.0 以下		1.0 以下		1.0 以下	

■: 脱水性能の拡大を図った数値

この適応範囲を拡大した脱水性能を用いることより、汚泥処理の最終処理方式に合わせた脱水機に求められる性能について、的確で合理的な検討が可能となる。なお、標準活性汚泥法混合生汚泥の他に、標準活性汚泥法嫌気性消化汚泥およびオキシデーションディッチ法・回分式活性汚泥法余剰汚泥に対する脱水性能についても、同様の性能表を作成した。

具体的な検討手順は、下記に従って行う。

- ① 汚泥性状の想定
- ② 汚泥濃縮方法の設定
- ③ 最終処理方式に合わせたケーキ含水率の設定
- ④ ろ過速度の選定（表-1を適用）
- ⑤ 脱水機仕様および台数選定の決定

7. 大規模処理場における回転加圧脱水機の適用

7.1 汚泥焼却処分を考慮する場合

7.1.1 導入効果

(1) 焼却に適するケーキ含水率が任意に得られる
現在稼働している焼却炉の多くは、脱水ケーキ搬送の容易性や焼却炉の温度制御の観点から、自然域を若干上回る76～80%程度の含水率で設計されている。

本機の実験結果から、適切なパラメータの設定により、76～80%の範囲のケーキ含水率が安定して得られることが検証された（図-8参照）。

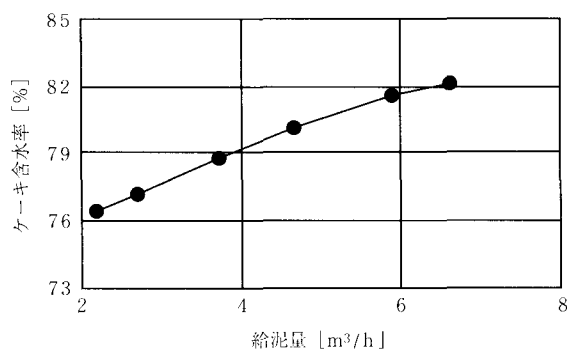


図-8 実証実験による脱水性能

(2) 24時間連続運転が可能である

大規模処理場では、焼却炉の設置台数を極力少なくすることと維持管理費の軽減を考慮して、1日24時間連続運転が原則である。

本機には自動洗浄機能や汚泥掻き取り機能があるため、目詰まりが生じにくい。また、短時間洗浄であるため、稼働率の低下は生じない。

(3) その他の効果

本機の特徴であるエネルギーの低減、補修費等の低減、脱臭風量の低減、洗浄水量の低減、返流水量負荷の低減、作業環境の改善等の効果が得られる。

7.1.2 ケーススタディ結果（汚泥焼却処分）

(1) 検討条件

- ・日最大計画汚水量：250,000 m³/日
- ・汚泥種類：分流式標準活性汚泥法 混合生汚泥
- ・濃縮方式：初沈[重力式], 余剰[機械式(遠心)]
- ・運転時間：24 h/日×7日/週×365日/年
- ・維持管理費：減価償却(機械：15年, 年利4%)

(2) 検討結果

経済性試算の結果、機器費・維持管理費ともに、他機種に対する優位性が検証された（図-9参照）。

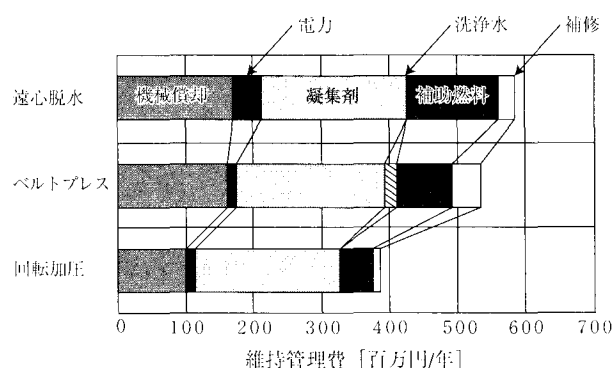


図-9 維持管理費（汚泥焼却）【機械償却を含む】

7.2 脱水ケーキ処分を考慮する場合

7.2.1 導入効果

(1) 低含水率の脱水ケーキが得られる

脱水ケーキ処分における脱水設備では、汚泥の減量化および消費エネルギー低減から、低含水率の脱水ケーキが得られる脱水機が求められる。

適切な運転操作パラメータの設定により、表-1に示すケーキ含水率が得られる。合流式下水道の混合生汚泥（機械濃縮）の脱水では、処理能力は若干低下するが、ケーキ含水率72%までの脱水が可能である。

(2) 間欠運転における運転管理が容易

本機は、原則として内部に汚泥を残したまま脱水を完了するため、起動・停止に無駄な時間を必要とせず、運転管理が容易となる。

(3) その他の効果（7.1.1(3)に順ずる）

7.2.2 ケーススタディ結果（脱水ケーキ搬出処分）

(1) 検討条件

- ・日最大計画汚水量：50,000 m³/日

- ・汚泥種類：分流式標準活性汚泥法 混合生汚泥
- ・濃縮方式：初沈〔重力式〕，余剰〔重力式〕
- ・運転時間：7h/日×5日/週×260日/年
- ・維持管理費：減価償却（機械：15年，年利4%）

(2) 検討結果

焼却処分と同様に，他機種に対する優位性が検証された（図-10参照）。

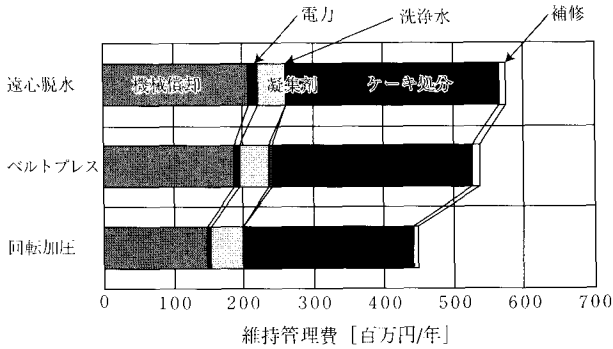


図-10 維持管理費（ケーキ処分）〔機械償却を含む〕

7.3 更新・改築・増設を考慮する場合

7.3.1 導入効果

更新・改築・増設を考慮する大規模処理場に本機を導入した場合，本機の小型・軽量の特徴から，以下の効果が期待される。

(1) 平面配置計画が容易

既存建築物の搬入条件や荷重条件等に対する適用性が高く，平面配置計画が容易に行える。

(2) 処理量の増加が可能

同一スペースにおいて，既存脱水機より処理量の増加が可能となる。

(3) 施工が容易

現場での組立て作業が短いため工期が短縮されると共に，既存脱水機の運転に支障なく据付工事が容易である。

7.3.2 実施例

既存ベルトプレス脱水機 1.5 m級（135 kg DS/h）に隣接して，回転加圧脱水機 φ 1,200 × 4 ch（300 kg DS/h）を増設した場合の実施例を図-11に示す。

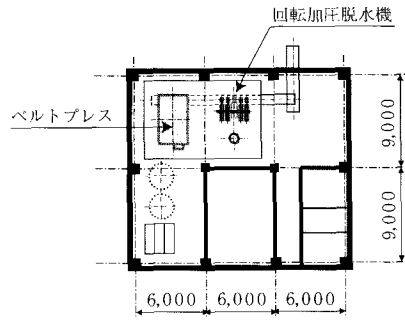


図-11 回転加圧脱水機の増設例

8. 技術資料の構成

第1章 総 則
 第1節 基本事項
 第2節 用語の定義
 第2章 概 説
 第1節 汚泥処理の現状と大規模処理場における課題
 第3章 回転加圧脱水機の構造・原理と脱水性能
 第1節 回転加圧脱水機の構造・原理
 第2節 回転加圧脱水機の脱水性能
 第4章 大規模処理場における回転加圧脱水機の適用
 第1節 汚泥焼却処分を考慮する場合への適用
 第2節 脱水汚泥処分を考慮する場合への適用
 第3節 更新・改築を考慮する場合の適用
 第5章 維持管理
 第1節 運転操作
 第2節 保守・点検
 資料編
 資料1. 標準活性汚泥法混合生汚泥の脱水性能選定根拠
 資料2. ケーススタディⅠ（汚泥焼却処分を考慮する場合）
 資料3. ケーススタディⅡ（脱水汚泥処分を考慮する場合）
 資料4. 実証データ
 資料5. 標準活性汚泥法嫌気性消化汚泥の脱水性能選定根拠
 資料6. OD法余剰汚泥の脱水性能選定根拠
 資料7. 納入実績
 資料8. 問い合わせ先

9. まとめ

本研究では，比較的運転管理状況の厳しい大規模処理場における脱水機の課題に対し，回転加圧脱水機の導入効果について検証を行ったが，中小規模の処理場においても同等の効果が期待される。

今後，本研究の成果である「回転加圧脱水機 技術資料・大規模処理場編」の適切な活用が図られ，脱水機技術の普及と発展に役立てられることを願う次第である。

●この研究を行ったのは

研究第二部長	中里	卓治
研究第二部長	高相	恒人
研究第二部主任研究員	市川	裕一
研究第一部研究員	田中	孝
研究第二部研究員	星	隆伸

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	高相	恒人
研究第二部主任研究員	市川	裕一
研究第二部研究員	舩岡	秀一
研究第二部研究員	伊藤	貴浩