

回転加圧脱水機の実用化 に関する調査研究

1. 研究の背景と目的

下水道整備の拡充に伴い下水汚泥の発生量が増加する中、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。

今後汚泥脱水機に求められるニーズは、処理規模に応じて多様化していくものと考えられ、さらに高い脱水性能を有し、省スペース化・維持管理の簡便化・コスト縮減や処理の安定性を達成できる、全体的にバランスのとれた脱水機の開発・実用化が望まれている。

今回の研究対象である回転加圧脱水機は、カナダのフォーニア社で開発され、微粒粉体を含むパルプ排水等のろ過装置として、その高いろ過性能と維持管理の容易さから下水汚泥脱水機としての適用が進み、カナダ国内の下水処理場において、短期間に約30台の納入実績を得た新型の下水汚泥脱水機である。

本研究では、新発想の脱水原理・構造の採用により、高い脱水性能・維持管理性・省スペース化等様々な特徴を有している回転加圧脱水機について、日本国内の下水汚泥に対する実用性・脱水特性等を調査・評価するとともに、その適用条件・利用用途を明確にし、さらに仕様書等の積算資料を整備した技術マニュアルの作成を目的とした。

2. 研究体制

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と下記4企業との共同研究により実施した。

株式会社クボタ
三機工業株式会社
巴工業株式会社
日本碍子株式会社

3. 研究内容

平成10年度及び平成11年度の2年にわたり行ってきた研究内容を以下に示す。

[平成10年度]

・国内数カ所における各種汚泥を対象とした実験

[平成11年度]

・大規模処理場から発生する汚泥の脱水実験
・凝集剤添加率の低下に向けた実験
・造粒濃縮調質汚泥に対する脱水性の確認
・連続運転の確認
・技術マニュアルの作成

4. 研究成果の概要

4.1 回転加圧脱水機の構造・概要

図-1に脱水機構概念図を示す。回転加圧脱水機の脱水機構および脱水原理は下記のとおりである。

- (1) 2枚の金属製円盤フィルタで構成されるろ室が $0.5 \sim 1.3 \text{min}^{-1}$ の低速で回転する。
- (2) 高分子凝集剤で調質された汚泥が最大100kpaの圧力で連続供給され、ろ過ゾーンにおいて初期ろ過が行われる。
- (3) 初期ろ過が進行して、フィルタ表面にケーキ層が徐々に形成され、そのろ滓でのろ過・脱水により固形物の捕捉が向上し、ろ液がさらに清澄になる。
- (4) ろ過ゾーンから圧搾脱水ゾーンに移行する過程で汚泥は流動性を失い、円盤フィルタの回転力により排出方向へ押し出される。
- (5) 一方、排出口においては、空気バネで支持される背圧板により、ろ室内の背圧が最大600kpaの一定圧力（空気圧により可変）で保持され、その背圧により汚泥が圧搾脱水される。
- (6) さらに圧搾脱水ゾーンでは、フィルタ面の水分の低下した汚泥は回転速度に見合って排出口へ移動するが、ろ室中央部の比較的水分の高い汚泥は、フィルタ面の汚泥との間にスリップが生じ、その速度差で発生するせん断力により脱水が促進される。
- (7) 一連の脱水工程を経たケーキは、背圧板を押し退けて機外へ排出される。
- (8) 運転中のフィルタ洗浄は不要であり、運転終了時に約5～10分間程度の洗浄を行う。

なお、本脱水機に関する構造・原理・特徴等の詳細については、1998年度版下水道新技術研究所年報(2/2巻)を参照されたい。

4.2 回転加圧脱水機の実験

本報告書では、平成10年度及び11年度に行われた脱水実験について報告する。なお、平成10年度に行った全国6箇所での脱水実験（各種汚泥を対象とした実験）については、1998年度版下水道新技術研究所年報(2/2巻)に記載しているので参照されたい。

4.2.1 脱水実験の概要

本実験は、大規模処理場より発生する下水汚泥に対する、回転加圧脱水機の適応性・脱水性について明らかにし、技術マニュアルに繁栄することを目的とした。本調査で対象とした汚泥は、下記の2種類である。

- ① 余剰汚泥+生汚泥を重力濃縮した混合生汚泥
 - ② 余剰汚泥を造粒濃縮した造粒濃縮調質汚泥
- なお水処理方式は標準活性汚泥法であった。

近年の下水汚泥は低濃度化、高有機分化の進化に伴い難脱水性傾向になりつつあり、これらの改善策として無機凝集剤と高分子凝集剤を用いる汚泥調質法が開発されてきた。本実験では、上記調質汚泥に対する回転加圧脱水機の適応性について確認するための実験を補足的に実施した。

4.2.2 実験設備の構成

回転加圧脱水機の設備は、高分子凝集剤を用いる既存の脱水機（ベルトプレス、遠心脱水機）とほぼ同様な設備構成となる。

供給汚泥は、汚泥圧入ポンプにより汚泥貯留槽から引き抜かれ、密閉構造のプロキュレータ（凝集装置）に供給される。凝集剤と混合攪拌された汚泥は、

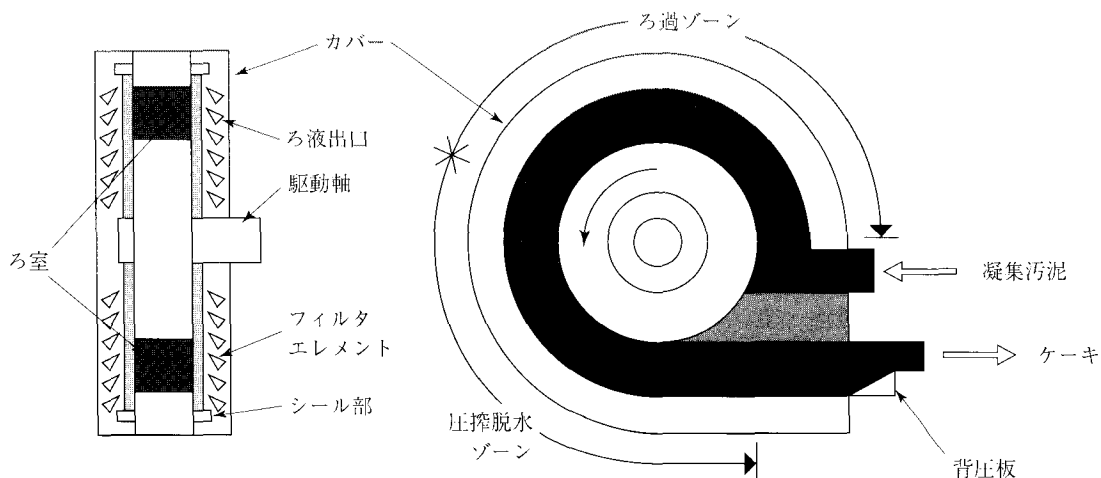


図-1 回転加圧脱水機の脱水機構概念図

脱水機へ連続的に供給される。図-2に本脱水設備の実験装置フローを示す。

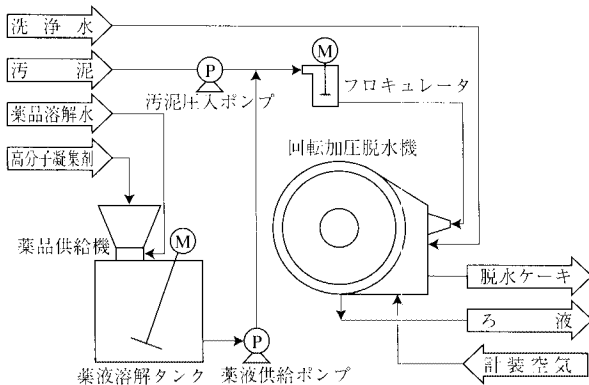


図-2 実験装置フロー

4.2.3 脱水対象汚泥の性状

A処理場の混合生汚泥、造粒濃縮調査質汚泥の性状を参考として表-1, 表-2に示す。10年度, 11年度とも10月から11月と同時期での実験であったため, 汚泥性状に極端な違いはみられなかった。

表-1 汚泥性状 (混合生汚泥)

項目	10年度	11年度
蒸発残留物: TS%	1.8~2.0	1.5~2.2
浮遊物質: SS%	1.6~1.8	1.3~2.0
強熱減量: VTS/TS%	84~86	83~86
繊維状物: /TS%	27~33	27~38

表-2 汚泥性状 (造粒濃縮調査質汚泥)

項目	10年度	11年度
蒸発残留物: TS%	1.2	1.25
浮遊物質: SS%	-	1.1
強熱減量: VTS/TS%	-	84
繊維状物: /TS%	-	30

4.2.4 実験機等の仕様

実験機の仕様を, 表-3に示す。

平成10年度の実験では, ろ室径 $\phi 300$ mm, $\phi 1,200$ mmの2種類における脱水機の性能実験を行った。

小型機は, 脱水機の基本条件 (フィルタ目幅・凝集剤の選定・凝集剤添加率の決定等) を決定するた

めの予備実験を行うことを目的とし, 脱水条件が決定した段階で大型機を用いた本脱水システムの性能把握を行うためのデータを採取することとした。

平成11年度の実験では, 10年度の実験を踏まえて脱水実験を行ったので, ろ室径1,200mmのみの実験とした。

表-3 実験機仕様

	小型機	大型機
機種	1-300	1-1,200
ろ室径 [mm]	$\phi 300$	$\phi 1,200$
ろ過面積 [m ²]	0.11	1.5
動力 [kW]	本体 1.1 フロキュレータ 0.4	本体 3.7 フロキュレータ 1.1

本脱水実験では, 混合生汚泥の凝集剤として, カチオン系高分子凝集剤を使用し, 一液薬注方式で実験を行った。フィルタ径には粗目 (0.38mm), 標準 (0.25mm), 及び微細 (0.2mm) の3種類があり, 実験汚泥に合った目幅を予備実験 (小型機) により選定した。

4.3 回転加圧脱水機の性能評価

4.3.1 混合生汚泥に対する性能

(1) 平成10年度実験

10年度は, 回転加圧脱水機の基本性能について調査を行った。脱水機の基本条件は, 小型機による予備実験から表-4のとおり決定した。

表-4 脱水機基本条件

フィルタ目幅	微細 (0.2mm)
薬品添加率	0.6%程度

1) 汚泥処理量の影響

図-3に, 汚泥処理量とケーキ含水率の関係を示す。ケーキ含水率は, 汚泥処理量を増加させると高くなる傾向を示した。SS回収率は汚泥処理量を増加させても安定した結果が得られた。このときの凝集添加率は, 0.65~0.68%/TSであった。

2) 凝集剤添加率の影響

図-4に, 凝集剤添加率とケーキ含水率の関係を示す。ケーキ含水率は, 凝集剤添加率を上げると低下し, SS回収率は向上した。また凝集剤添加率は, 汚泥処理量を減少することによって低下する傾向がみられた。本実験では, 凝集剤添加率が既設脱水機より高め (既設脱水機0.4%/TS程度) となる結果と

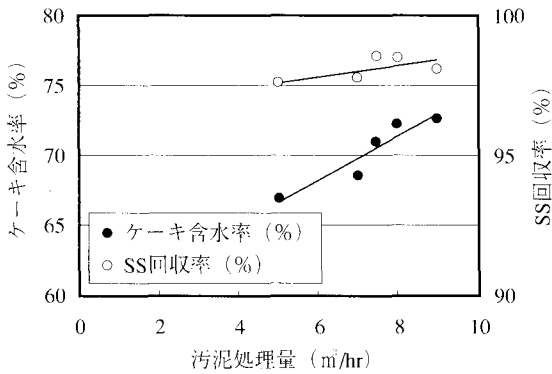


図-3 汚泥処理量の影響

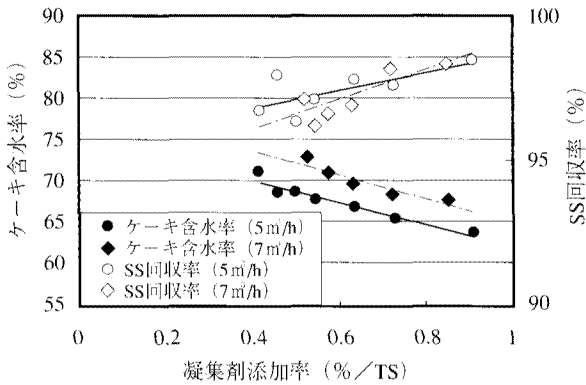


図-4 凝集剤添加率の影響

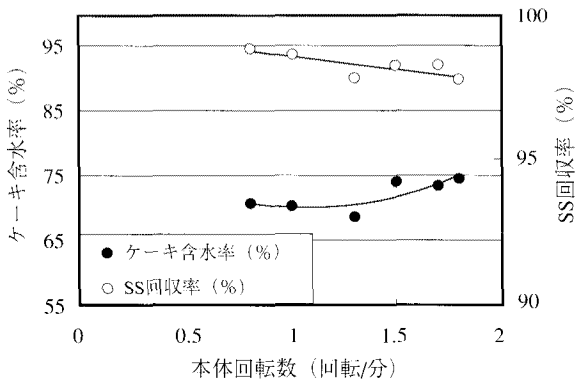


図-5 本体回転数の影響

なった。

3) 本体回転数の影響

図-5に、本体回転数とケーキ含水率の関係を示す。ケーキ含水率、SS回収率は、本体回転数を変化させることにより変動をみせた。ケーキ含水率を

みると、本脱水機には最適な回転数が存在することが伺えた。

(2) 平成11年度実験

平成10年度実験では、凝集剤添加率が既設の脱水機と比較すると若干高めの傾向であったため、11年度では添加率の低下に向けた実験を行った。また脱水機の連続運転を行い、運転中に洗浄を行わない場合の脱水性能への影響について確認を行った。脱水機の基本条件は、10年度の実験を踏まえて設定した。

本実験では、脱水機の制御方法として「入口圧一定制御」を行った。「入口圧一定制御」は、入口圧が上昇傾向であった場合には“凝集フロックの悪化”と判断し汚泥処理量を低下させ、脱水を安定させる。入口圧が安定したら汚泥処理量を増加させて規定量を脱水する、といった制御方法である。凝集剤の供給には、汚泥固形物量に応じた供給比例制御を行っているため、汚泥処理量の変化に対応して、凝集剤供給量を増減させる。本実験では、凝集剤添加率0.4%/TSを目標（前回0.67%/TS程度）とし、またケーキ含水率は、前段の焼却設備を考慮して、75～80%を目標として実験を行った。

1) 凝集剤添加率の低下について

図-6に、汚泥濃度と凝集剤添加率の経時変化を示す。本実験では、凝集剤添加率0.4%/TS以下を目標としたが、結果は0.43～0.55%/TSであった。この時の平均添加率は0.49%/TS、既設脱水機の平均添加率は0.33%/TSであった。

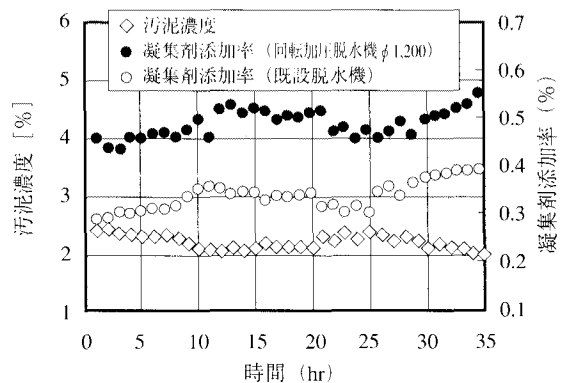


図-6 凝集剤添加率の経時変化

2) 連続脱水性について

図-7に、汚泥濃度とケーキ含水率の経時変化を示す。また参考に、既設脱水機の運転状況も示した。本実験では35時間の連続運転を行ったが、汚泥濃

度2.0~2.5%の変動に対し、ケーキ含水率は悪化することなく、目標含水率に向けた連続運転が可能であることが伺えた。また、脱水運転中フィルタの洗浄は行っておらず、無洗浄での連続運転が可能であることが確認できた。

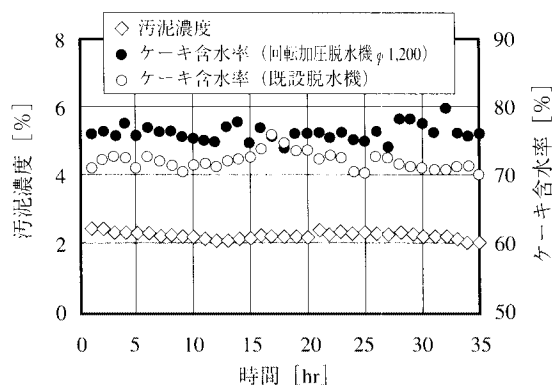


図-7 ケーキ含水率の経時変化

SS回収率は汚泥濃度の変動にも関わらず、97%以上の良好な結果が得られた。

3) 評価

今回の実験では、35時間の連続運転を行ってきたが、無洗浄での運転継続が可能であった。凝集剤添加率については既設脱水機と比較すると高めの傾向であった。

4.3.2 造粒濃縮調整質汚泥に対する性能

(1) 平成10年度実験

平成10年度は、造粒濃縮調整質汚泥を回転加圧脱水機で脱水が可能かを確認するために実験を行った。小型機では予備実験を行い、諸仕様を決定し大型機で実験を行った。小型機の脱水性については良好な結果(含水率78%以下：既設機含水率81%程度)であった。しかし大型機の結果は含水率88%以下と悪かった。これは脱水機の配置に問題があったと考えられるため、平成11年度に再度大型機の脱水実験を実施することとした。

(2) 平成11年度実験

11年度の実験では、10年度で行った基礎調査を基に、大型脱水機の諸仕様を決定し、また10年度での小型機による予備実験から、大型機における処理量を72kgDS/hr、含水率は80%以下を目標とした。

1) ケーキ含水率について

図-8に、固形物処理量とケーキ含水率の関係を示す。参考として既設脱水機のデータをプロットした。ケーキ含水率は、固形物処理量の増加とともに増加する傾向にあった。本実験で設定した目標は、

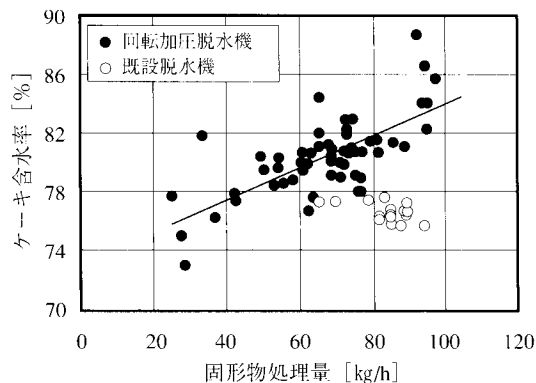


図-8 固形物処理量とケーキ含水率の関係

ほぼ満足できる結果となった。またSS回収率については問題なく、98%以上の良好な結果が得られた。

2) 本体回転数の影響について

図-9に、本体回転数とケーキ含水率の関係を示す。本体回転率を速めることにより、ケーキ含水率は高い値となる。本実験で目標とした性能を満足するには、本体回転数を0.6~0.7min⁻¹に設定することで満足することができた(ろ過速度72kgDS/hr、含水率80%以下)。

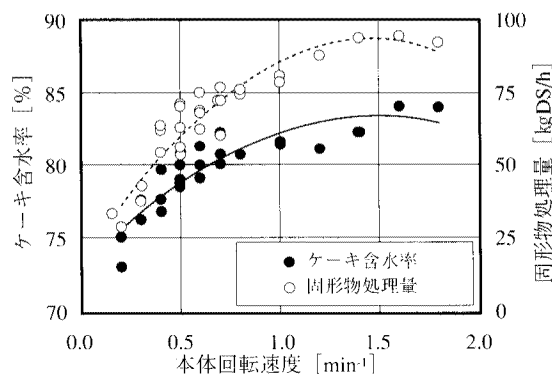


図-9 本体回転数とケーキ含水率の関係

3) 評価

本実験結果から、回転加圧脱水機は、造粒濃縮調整質汚泥に対して十分な脱水性を有することが確認できた。ケーキ含水率は本体回転数(固形物処理量)に影響を受けるので、最適な回転数で運転する必要がある。またSS回収率への影響はなく運転が可能であることが確認できた。

4) 造粒濃縮調整質汚泥の連続運転

図-10に連続運転での脱水性を示す。

本調査では、造粒濃縮調質汚泥を対象とした2時間弱の運転であったが、ケーキ含水率、SS回収率とも安定した結果が得られており、上記汚泥に対する連続脱水も可能であることが推察できた。

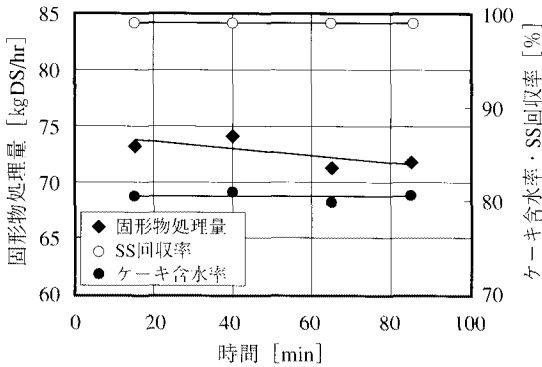


図-10 連続運転結果

5. 技術マニュアルの構成

本研究では、日本国内の下水処理場から発生する下水汚泥に対して、回転加圧脱水機がもつ脱水性能の調査・評価を行い、その適用条件・利用用途を明確にした技術マニュアルを作成した。

本技術マニュアルは、回転加圧脱水機の概要・構造・原理・特徴を紹介するとともに、補機を含めた脱水設備としてとりまとめを行い、本脱水機を計画する上での留意点を明らかにするものとした。なお、本技術マニュアルの構成は以下のとおりとした。

[計画・設計編]

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 汚泥処理処分の概要
- 第2節 回転加圧脱水機の原理
- 第3節 回転加圧脱水機の特徴と効果
- 第4節 回転加圧脱水機施設の構成

第3章 計画上の基本事項

- 第1節 回転加圧脱水機の利用用途等

第2節 利用用途別計画上の留意点

第4章 設計上の基本事項

- 第1節 基本システムの構成
- 第2節 回転加圧脱水機の性能
- 第3節 容量計算
- 第4節 運転操作方案

第5章 維持管理

- 第1節 保守・点検

[資料]

1. 運転データ
2. モデル設計例
3. 経済性計算
4. 特記フローシート
5. 配置計画図
6. 各社の問い合わせ先

6. まとめ

本研究では、回転加圧脱水機の脱水性能の調査・評価を行い、その適用条件・利用用途を明確にした技術マニュアルを作成した。また本研究で行ってきた各種汚泥の実験から、以下の性能・特徴を有することが確認することができた。

- ① 標準活性汚泥法から発生する混合生汚泥について、無洗浄運転で十分な性能が保たれることが確認することができた。
- ② 脱水機の性能を十分発揮するには、最適な凝集剤添加率、本体回転数を設定する必要があることが確認できた。
- ③ 造粒濃縮調質汚泥に対する脱水機の運転は、支障がなく脱水が可能であることが確認できた。
- ④ 回転加圧脱水機では、脱水に必要な凝集フロックにある程度の強度が必要であり、脱水可能な薬注率の下限値が他の脱水機よりも高めとなる傾向があらわれた。

なお本技術マニュアルは、脱水設備施設計画を行う際に、脱水機仕様を回転加圧脱水機に限定するためのものでなく、本脱水機の紹介と、これを用いた施設計画を効率よく行えることを目的とし、作成したものである。

●研究担当者

研究第二部長	篠田 康弘
研究第二部主任研究員	長谷川隆之
研究第二部研究員	神谷 佳宏
研究第二部研究員	田中 孝

●この研究に関する問い合わせは

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