

# 高効率型回転加圧脱水機に関する研究

## 1. 研究目的

平成 17 年度版下水道統計によると、下水道普及率は 69.3% であり、総発生汚泥量は約 4 億 3 千万  $\text{m}^3$ 、最終処分汚泥量は約 230 万  $\text{m}^3$  となっている。今後の下水道整備の進展や高度処理の実施に伴い、下水汚泥の発生量はさらに増加するものと推察され、下水道事業における汚泥の安定的処理処分は大都市のみならず、新たに下水処理を開始した中小市町村においても緊急の課題となっている。このような状況の中、汚泥の減量化や有効利用を進める上で、汚泥処理施設の建設コスト、維持管理コストの縮減や処理の安定性を意識したより効率的な汚泥処理システムが望まれている。

下水処理施設で使用される汚泥脱水機には、加圧脱水機、真空脱水機、遠心脱水機、ベルトプレス脱水機、スクリーンプレス脱水機、回転加圧脱水機等があり、その採用に際しては使用条件に合った機種を選定することが望ましい。

回転加圧脱水機については、平成 10・11 年度および平成 12・13 年度に当下水道機構と民間 4 社で共同研究を行い（以降、従来型回転加圧脱水機と称す）、その成果としてそれぞれ技術マニュアルおよび技術資料を発行した。技術マニュアルでは従来型回転加圧脱水機の概要、構造、脱水原理等を明らかにするとともに、その特長や性能を明確にした上で、従来型回転加圧脱水機を用いた設備の計画・設計・施工・維持管理等に係わる技術的事項や手順をまとめた。また、技術資料では[大規模処理場編]として大規模

処理場の汚泥処理が抱える課題の実態調査、大規模処理場（脱水～焼却）における実証実験、ケーススタディによる効果の検証を行い、導入計画や更新・改築計画および具体的な機器仕様設計や維持管理計画の手法をまとめた。

これらの技術マニュアルおよび技術資料により、従来型回転加圧脱水機の高い脱水性能、省エネルギーおよび維持管理の容易さが広く認識され平成 18 年度には国内納入実績は累積で 50 台を超えるまでになった。しかし、さらに高効率の脱水機に対する要望は強い。

本研究では、新たに開発された高効率型回転加圧脱水機と従来型回転加圧脱水機との比較から、ろ過速度、省面積の優位性を検証し、その特徴、適性範囲、性能を明確にした上で、計画、設計、維持管理等に係わる技術的事項を取りまとめることを目的とした。

## 2. 研究体制

本研究は、荏原環境エンジニアリング、メタウォーター(株)、三機工業(株)、住友重機械エンバイロメント(株)、巴工業(株)、(株)日立プラントテクノロジー、三菱化工機(株)、(財)下水道新技術推進機構の計 8 者が共同で実施した。

### 3. 研究内容

本研究では、高効率型回転加圧脱水機の処理性能を従来型回転加圧脱水機とテスト機による比較実験を行って検証し、高効率型回転加圧脱水機の概要、構造、特長、脱水原理等について従来型からの改良点を交えて解説するとともに、本脱水機の計画、設計、施工、維持管理に係わる技術的事項をとりまとめた。

#### 3.1 構造概要

##### 3.1.1 構造

チャンネルの構造を図-1 に示す。チャンネルは主に2枚の金属円盤フィルタ、内輪スペーサ、外輪スペーサ、仕切りスペーサ、スクレーパ、バーチカルストリクタで構成されている。2枚の金属円盤フィルタと内輪スペーサ、外輪スペーサでろ室が形成され、その中にあらかじめ高分子凝集剤を用いてフロキュレータで調質された凝集汚泥が供給されてろ過脱水が行われる。

高効率型回転加圧脱水機は脱水効率を考慮し、金属円盤フィルタ径を従来型の1,200mmから900mmに変更した。また、背圧機構はケーキ含水率が低下するように従来型の水平駆動から縦駆動に変更した。脱水度検知は従来型はろ室内部のケーキ出口付近に圧力計（ひずみゲージ）を付けて行っていたが、高効率型では金属円盤フィルタの回転力で回転しようとするチャンネルを固定するステイ途中にロードセルを取り付けて行っている。

さらに、樹脂製のスペーサの厚みを変更することにより、汚泥性状に合ったろ室容積が決まる。

ろ室幅は標準で50mm(2inch)であるが12.5mm(1/2inch)から75mm(3inch)まで12.5mm(1/2inch)きざみで変更できる。

##### 3.1.2 脱水原理

高効率型回転加圧脱水機は密閉されたチャンネル（ろ室）内に高分子凝集剤で調質した汚泥を圧入させ、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、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、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り脱水を行う。高効率型回転加圧脱水機は、金属円盤フィルタの径を小さくして曲率を大きくすることおよびバーチカルストリクタの採用で脱水性能を向上させている。

##### 3.1.3 特徴

高効率型回転加圧脱水機の特徴を図-2 に示す。

金属円盤フィルタの直径を大きくするほどろ過面積は大きくなり、ろ過の進行を促進することになるが、一方、直径が大きくなるとろ室内の曲率がゆるやかになり脱水が進行し難くなる。高効率型回転加圧脱水機は金属円盤フィルタの直径による脱水性に対する二つの相反する影響を考慮し、最も効率のよい金属円盤フィルタ径900mmを採用している。従来型回転加圧脱水機の金属円盤フィルタ径は1,200mmである。また、ケーキ出口では内輪側（上部）と外輪側（下部）のケーキ含水率は上部の方が低めになる傾向がある。高効率型回転加圧脱水機は、バーチ

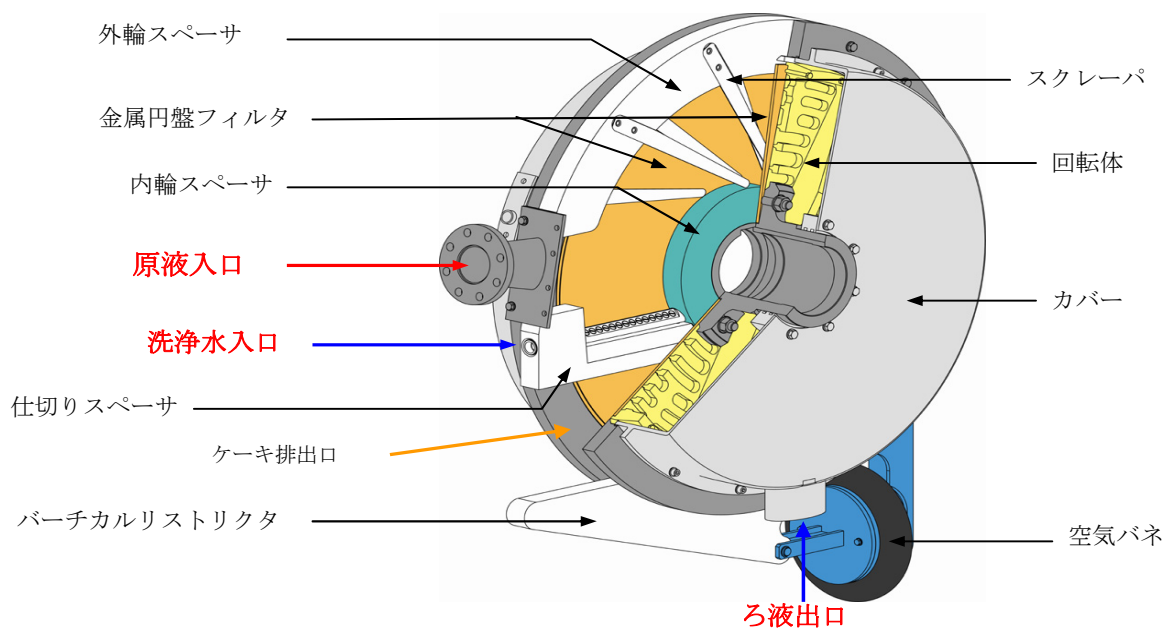


図-1 チャンネルの構造

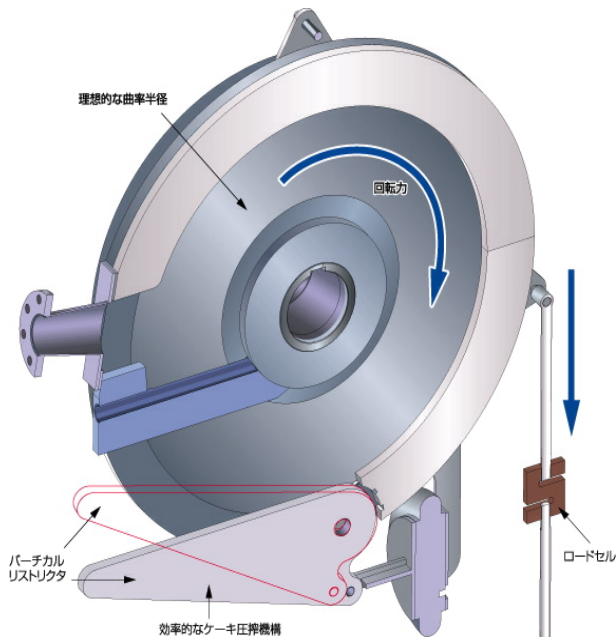


図-2 高効率型回転加圧脱水機の特徴

カルリストラクタを用いてケーキを下部から上部に押し付けることで上部、下部のケーキ含水率差を小さくし、全体のケーキ含水率も下げることで脱水性を向上させている。金属円盤フィルタの回転力がチャンネルに伝わりチャンネルが回転しようとするのをステイ（支柱）で固定しているが、ステイ途中にロードセルを取り付け、ロードセルにかかる荷重を測定することでチャンネルに伝わる回転力を測定している。脱水ケーキの含水率と測定したロードセルの荷重には含水率が低くなるとロードセル荷重が大

きくなるという相関があり、この荷重を一定に保つようにパーチカルリストラクタを作動させることで、脱水ケーキ含水率を一定に保つように制御している。

## 3.2 実証実験

### 3.2.1 実験内容

高効率型回転加圧脱水機の各種汚泥（混合生汚泥、消化汚泥、OD法余剰濃縮汚泥）に対する処理性能を調査するため、高効率型回転加圧脱水機と従来型回転加圧脱水機を四季にわたって交互運転して以下の2項目に関する実証実験を行った。

- (1) 固形物処理量を変化させたときの脱水ケーキ含水率、SS回収率の変化
- (2) 薬注率を変化させたときの脱水ケーキ含水率、SS回収率の変化

### 3.2.2 実験結果

#### (1) 結果概要

混合生汚泥、消化汚泥、OD法余剰濃縮汚泥についての実験結果概要を表-1～表-3に示す。

( )内の数字は従来型との比較である。

高効率型回転加圧脱水機は従来型回転加圧脱水機と比べ、ろ過速度1.5倍以上でケーキ含水率は同等以下の脱水性能が得られた。

#### (2) 設置面積比較

1～6チャンネルの高効率型回転加圧脱水機と従来型回転加圧脱水機の設置面積比較を表-4に示す。高効率型回転加圧脱水機の設置面積は従来型回転加圧脱水機に比べ、11～21%小さくなっている。

表-1 混合生汚泥実験の結果概要

汚泥の種類		混合生汚泥							
		冬季		春季		夏季		秋季	
機種		高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来
汚泥性状	VTS (%)	83.4		77.7		75.3		77.5	
	TS (%)	1.69		1.92		2.19		1.90	
	繊維状物 100Mesh (%)	21.4		13.8		10.1		6.9	
脱水性能	ろ過速度 (kg-DS/m <sup>2</sup> ・h)	91.3 (1.52倍)	60.1	95.0 (1.50倍)	63.3	119.4 (1.52倍)	78.5	103.7 (1.53倍)	68.0
	ケーキ含水率 (%)	76.1 (-0.5)	76.6	77.9 (-0.1)	78.0	75.7 (-0.7)	76.4	79.3 (-0.6)	79.9
	SS回収率 (%)	98.0	95.4	96.4	96.8	96.5	95.0	97.7	95.4
	薬注率 (%) (対 TS:ポリマ)	0.69	0.71	0.86	0.86	0.66	0.67	0.79	0.8

表-2 消化汚泥実験の結果概要

汚泥の種類		消化汚泥							
季節		冬季		春季		夏季		秋季	
機種		高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来
汚泥性状	VTS (%)	70.5		69.9		68.3		68.3	
	TS (%)	1.91		1.68		1.70		1.76	
	繊維状物 100Mesh (%)	2.5		3.9		1.9		2.2	
脱水性能	ろ過速度 (kg-DS/m <sup>2</sup> ・h)	43.7 (1.55倍)	28.2	38.7 (1.50倍)	25.8	44.8 (1.52倍)	29.4	45.7 (1.57倍)	29.2
	ケーキ含水率 (%)	82.3 (-0.5)	82.8	82.4 (-0.4)	82.8	83.0 (-0.4)	83.4	83.4 (-0.3)	83.7
	SS回収率 (%)	99.1	95.6	99.4	99.6	99.5	98.1	98.5	98.2
	薬注率 (%) (対 TS:ホリマ)	1.58	1.63	1.63	1.63	1.55	1.58	1.52	1.59

表-3 OD法余剰濃縮汚泥実験の結果概要

汚泥の種類		OD法余剰濃縮汚泥							
季節		冬季		春季		夏季		秋季	
機種		高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来	高効率	従来
汚泥性状	VTS (%)	82.4		80.8		80.0		78.4	
	TS (%)	1.49		1.60		1.34		1.08	
	繊維状物 100Mesh (%)	4.7		2.7		2.3		2.3	
脱水性能	ろ過速度 (kg-DS/m <sup>2</sup> ・h)	38.8 (1.50倍)	25.8	38.3 (1.52倍)	25.2	46.9 (1.52倍)	30.8	36.4 (1.50倍)	24.3
	ケーキ含水率 (%)	81.4 (-0.5)	81.9	82.3 (-0.3)	82.6	83.1 (±0)	83.1	81.6 (-0.5)	82.1
	SS回収率 (%)	97.4	97.2	99.1	98.2	96.1	97.0	97.5	96.7
	薬注率 (%) (対 TS:ホリマ)	1.46	1.50	1.47	1.49	1.45	1.47	1.44	1.44

表-4 高効率型と従来型の本体設置面積比較

チャンネル数	高効率型			従来型			本体設置面積 低減率 %
	全長 mm	全幅 mm	本体設置面積 m <sup>2</sup>	全長 mm	全幅 mm	本体設置面積 m <sup>2</sup>	
1	2,100	1,200	2.52	2,400	1,200	2.88	13%低下
2	2,300	1,700	3.91	2,500	1,800	4.50	13%低下
3	2,500	2,200	5.50	2,800	2,500	7.00	21%低下
4	2,500	2,700	6.75	2,800	3,000	8.40	20%低下
5	2,700	3,200	8.64	2,900	3,500	10.15	15%低下
6	2,800	3,700	10.36	2,900	4,000	11.6	11%低下

### 3.3 標準脱水性能

高効率型回転加圧脱水機の実験機による四季の運転状況調査結果から、高効率型回転加圧脱水機の標


準脱水性能を表-5~表-7のように設定した(表中  は、標準汚泥に対する標準設計性能を示す。新設の処理場では本指標を標準性能とする。)

表-5 混合生汚泥の標準脱水性能表

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)	%	86.0~83.0						83.0~80.0						80.0~77.0						77.0~75.0						75.0~72.0						
	供給汚泥濃度 (TS)	重力式	%	1.0						(分流式)1.5						2.0						(合流式)2.5						3.0					
		機械式	%	3.5						3.5						3.5						3.5						3.5					
	繊維状物(100メッシュ)	%	10			20			10			20			10			20			10			20			10			20			
運転方法			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
重力濃縮	ケーキ含水率	%	80	82	85	79	81	85	77	81	84	75	79	83	76	80	83	74	78	82	74	78	81	72	76	80	75	76	79	73	75	78	
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	38	45	68	45	60	75	50	75	90	70	90	05	60	98	120	90	120	135	80	120	143	05	150	180	80	113	150	173	150	180	210
	固形物(SS)回収率	%	95以上						95以上						95以上						95以上						95以上						
	薬注率(対TS:ポリマー)	%	1.4以下						1.3以下						1.2以下						1.0以下						0.8以下						
機械濃縮	ケーキ含水率	%	80	82	83	76	81	82	76	81	82	74	79	80	76	80	81	73	78	79	76	78	79	72	76	77	—	—	—	—	—	—	
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	135	150	173	150	180	195	110	150	173	150	180	195	120	150	173	150	180	195	135	150	173	150	180	195	—	—	—	—	—	—	
	固形物(SS)回収率	%	95以上						95以上						95以上						95以上						—						
	薬注率(対TS:ポリマー)	%	1.0以下						1.0以下						1.0以下						1.0以下						—						

a; 含水率優先運転 b; 標準運転 c; 処理量優先運転  ; 標準汚泥に対する標準設計性能を示す。

表-6 消化汚泥の標準脱水性能表

水処理方式		標準活性汚泥法																											
汚泥の種類		嫌気性消化汚泥																											
汚泥性状	強熱減量(VTS)	%	67.0~64.0						64.0~61.0						61.0~57.0														
	供給汚泥濃度 (TS)	重力式	%	1.5						(分流式)2.0						(合流式)2.5													
		機械式	%	1.5						2.0						2.5													
	繊維状物(100メッシュ)	%	5						5						5														
運転方法			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
重力濃縮	ケーキ含水率	%	80	83	85	79	82	84	77	80	82																		
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	37	47	51	39	56	63	39	69	83																		
	固形物(SS)回収率	%	95以上						95以上						95以上														
	薬注率(対TS:ポリマー)	%	1.5以下						1.4以下						1.2以下														
機械濃縮	ケーキ含水率	%	—	—	—	81	84	85	79	82	84																		
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	—	—	—	33	44	48	37	57	66																		
	固形物(SS)回収率	%	—						95以上						95以上														
	薬注率(対TS:ポリマー)	%	—						1.7以下						1.6以下														

a; 含水率優先運転 b; 標準運転 c; 処理量優先運転  ; 標準汚泥に対する標準設計性能を示す。

表-7 OD法余剰濃縮汚泥の標準脱水性能表

水処理方式		オキシデーションディッチ法・回分式活性汚泥法																									
汚泥の種類		余剰汚泥																		反応槽汚泥							
汚泥性状	強熱減量(VTS)	%	85.0~80.0						82.0~75.0						80.0~72.0						85.0以下						
	供給汚泥濃度 (TS)	重力式	%	1.0						1.5						2.0						2,000 mg/L~4,000mg/L					
		機械式	%	—						—						—						—					
	繊維状物(100メッシュ)	%	—						—						—						—						
運転方法			a	b	C	a	b	c	a	b	C	a	b	C	b												
重力濃縮	ケーキ含水率	%	82	84	85	82	84	85	82	84	85	82	84	85	反応槽直接	83											
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	21	30	35	30	45	53	39	60	71	30~41															
	固形物(SS)回収率	%	95以上						95以上							95以上						95%以上					
	薬注率(対TS:ポリマー)	%	1.6以下						1.5以下							1.3以下						1.2以下					
機械濃縮	ケーキ含水率	%	81	82	83	81	82	83	81	82	83	81	82	83	反応槽直接	81											
	ろ過速度	kg DS/m <sup>2</sup> h	26	30	35	38	45	53	50	60	71	30~41															
	固形物(SS)回収率	%	95以上						95以上							95以上						95%以上					
	薬注率(対TS:無機)	%	18以下						16以下							14以下						15%以下					
薬注率(対TS:ポリマー)	%	1.6以下						1.5以下						1.3以下						1.2以下							

a; 含水率優先運転 b; 標準運転 c; 処理量優先運転  ; 標準汚泥に対する標準設計性能を示す。

### 3.4 特長と導入効果

高効率型回転加圧脱水機の特長と導入効果は、以下ようになる。

- (1)従来型のろ過速度 1.5 倍で、同等以下の脱水ケーキ含水率
- (2)従来型と比べコンパクト
- (3)設置スペースの低減
- (4)低回転のため、低騒音・低振動
- (5)密閉構造のため、臭気対策が容易
- (6)洗浄水量が少ない
- (7)脱水機の起動・停止が容易
- (8)ランニングコストの低減
- (9)CO<sub>2</sub>排出量の削減

## 4. 技術マニュアルの構成

技術マニュアルは、本編と資料編からなり、構成は以下のとおりである。

### 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 汚泥脱水処理の現状
- 第2節 構造と脱水原理
- 第3節 従来型との比較
- 第4節 特長と導入効果

### 第3章 設備の計画

- 第1節 適用条件
- 第2節 設備の計画手順
- 第3節 留意事項

### 第4章 設備の設計

- 第1節 設計の手順
- 第2節 設備の構成

### 第3節 運転操作因子と脱水性能の関係

- 第4節 脱水性能
- 第5節 容量計算
- 第6節 運転操作

### 第5章 施工計画

- 第1節 施工計画の立案
- 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. 各種実験結果
2. モデル設計
3. 他機種との比較
4. 標準図
5. 各種寸法・重量表
6. 積算資料(案)
7. 問い合わせ先

## 5. まとめ

本研究では、高効率型回転加圧脱水機と従来型回転加圧脱水機の比較実験を行い、高効率型回転加圧脱水機の性能評価を行った。

本研究の成果として、高効率型回転加圧脱水機の概要、構造、脱水原理等について従来型回転加圧脱水機との相違を交えて説明するとともに、混合生汚泥、消化汚泥およびOD法余剰濃縮汚泥に対する標準脱水性能を定め、本脱水機を用いた脱水設備の計画、設計、施工、維持管理に係わる技術的事項を技術マニュアルに取りまとめた。

今後、下水道管理者が汚泥脱水設備の計画、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	松島 修
研究第二部総括主任研究員	依岡 克幸
研究第二部研究員	岩下 真理
研究第二部研究員	工藤 和正

### ●この研究に関するお問い合わせは

資源循環研究部長	石田 貴
資源循環研究部副部長	落 修一
資源循環研究部研究員	斉藤 実
問い合わせ先	電話 03-5228-6541