

汚泥処理技術の新しい流れ

北風 俊哉^{*)}

1. はじめに

遠心脱水機は下水道事業や各種工場排水の有機系スラリーである汚泥処理分野において、性状の変動に強い、難脱水性状への適用性が高い、大規模処理が可能で処理安定性がある、設置面積が小さいといった特徴を持ち、広く採用されている。一方で高速回転機器であるため、消費電力に課題があった。2000年後半になると、温室効果ガス発生量の縮減に向けた省エネルギー化へのニーズが高まり、遠心脱水機の消費電力の低減が求められた。

当社の直胴型遠心脱水機は、2000年に開発以来、各種の汚泥処理分野に多数の納入実績があり、多種脱水機と比較して低含水率および高回収率が得られ、お客様より高い評価を得ているが、当社ではさらなる低含水率化および温室効果ガス発生量の縮減に向けて省エネルギー化を図った。

2. デカンター型遠心脱水機

デカンター型遠心脱水機は、元来、鉱物などの無機系スラリーの固液分離および脱水向けに開発された装置であり、液深を浅くして、円錐部に液と接触しない部分（＝ドライビーチ部）を設け、スクリュコンベヤで固形物を搬送する間に水切り脱水する。

一方、1990年代に普及し出した下水汚泥や工場排水などの汚泥脱水は、液深を深くして厚いケーキ層を形成させて圧縮力を加えることにより促進される。しかしながら、本デカンター型遠心脱水機は無機系スラリー用に開発されたため、図1に示すような欠点があった。

- ①固形物排出がオーバーフロー式であるため、排出抵抗が低い。
- ②ドライビーチ部では徐々に直径が小さくなるため、遠心力が低くなり、かつ、脱水ケーキ層を厚くできない。

3. 直胴型遠心脱水機

直胴型遠心脱水機は、3つの独自構造により、デカンター型遠心脱水機に比べて、大幅な脱水度の改善を可能にした。

直胴型遠心脱水機の内部構造図を図2に示す。

- ①直胴型ボウル
 - ・デカンター型と同じ最大ボウル径・ボウル長で機内汚泥滞留量を増加できる

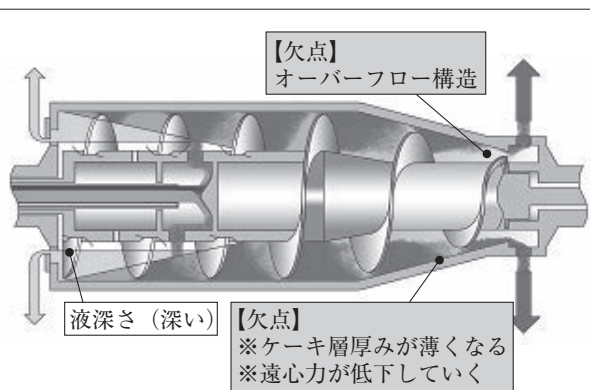


図1 デカンター型遠心脱水機の内部構造図

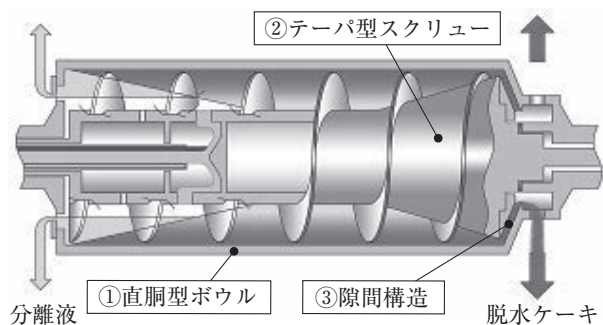


図2 直胴型遠心脱水機の内部構造図

^{*)}Toshiya KITAKAZE：(株)広島メタル&マシナリー ケム
 テックカンパニー 製造部 部長
 〒737-0144 広島県呉市広白岳 1-2-43
 TEL：0823-73-1135
 FAX：0823-73-1182
 E-mail：t.kitakaze@hiroshimamm.com

表1 直胴型遠心脱水機と多種脱水機の脱水性能比較

汚泥種	混合生汚泥	消化汚泥		飲料工場排水		化学工場排水	家畜排水	
汚泥濃度 (TS)	2.27 %	1.84 %	2.76 %	6.02 %	2.15 %	2.02 %	2.53 %	
有機物濃度 (VTS)	85.9 %	63.5 %	63.8 %	53.9 %	50.0 %	64.6 %	66.5 %	
既設機	種類	ベルトプレス	ベルトプレス	他社高効率遠心脱水機	ベルトプレス	多重円盤脱水機	スクリープレス	多重円盤脱水機
	薬注率	0.7 %	1.8 %	0.9 %	1.1 %	0.9 %	3.0 %	2.5 %
	含水率	78.1 %	80.7 %	80.7 %	80.7 %	78.6 %	77.6 %	83.5 %
直胴型	薬注率	0.7 %	1.8 %	0.9 %	1.1 %	0.9 %	2.0 % (▼10%)	2.5 %
	含水率	73.5 % (▼4.6%)	75.8 % (▼4.9%)	75.8 % (▼4.9%)	74.2 % (▼6.5%)	74.8 % (▲3.8%)	69.1 % (▲8.5%)	73.3 % (▼10.2%)
	回収率	99.3 %	99.7 %	99.8 %	99.4 %	98.5 %	99.1 %	98.9 %

- ・排出直前まで脱水ケーキに圧縮力が加わる
- ・最も含水率が低下したボウル壁面の脱水ケーキのみを排出できる

4. 直胴型遠心脱水機と多種脱水機の脱水性能比較

直胴型遠心脱水機と他種脱水機の脱水性能比較を表1にまとめる。

いずれの汚泥種においても、直胴型遠心脱水機のほうが多種脱水機と比較して低含水率ケー

キが得られている。

- ・脱水ケーキ排出直前まで最大遠心力が加わる

②テーパ型スクリー

- ・「遠心力」と「体積減少に伴う強い圧搾力」が同時に加わる

③隙間構造

5. 遠心脱水機の消費電力推移

1990年以降における遠心脱水機の消費電力の推移を図3に示す。

1990年代に低含水率を目的とした「高効率型」が開発され、消費電力は2~2.5kWh/m³だったが、2000年代に入って省エネルギー化が始まり、「直胴型」や「低動力型」が開発されて消費電力は1.7~2.0kWh/m³に低減された。

そして、現在の2010年代に入ると、日本下水道事業団の「高効率II型」で1.7kWh/m³以下、東京都が推進した共同研究の「超低含水率型」では1.5kWh/m³以下まで省エネルギー化が進んでいる。

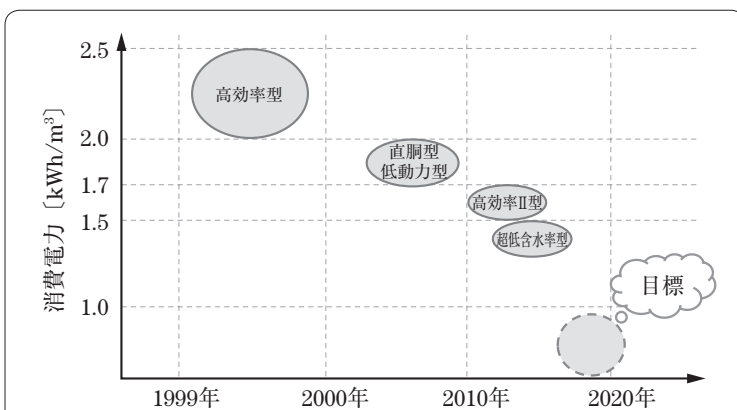


図3 遠心脱水機の消費電力推移

6. 消費電力低減のための改良

当社では、直胴型脱水機の高い脱水性能を維持した状態で、すべての動力を低減すべく、ボウル形状および排出構造の最適化を図った新型機を開発した。

新しい直胴型遠心脱水機の改良点を図4に示す。

①回転体に働く風損・軸受等の摩擦損失の低減

ボウルおよびスクリー胴の径を小さくして軽量化し、慣性モーメントを低下させる。

②差速装置の動力ロスの低減

油圧式から高効率の遊星歯車に変更する。

③処理物の回転・排出動力の低減

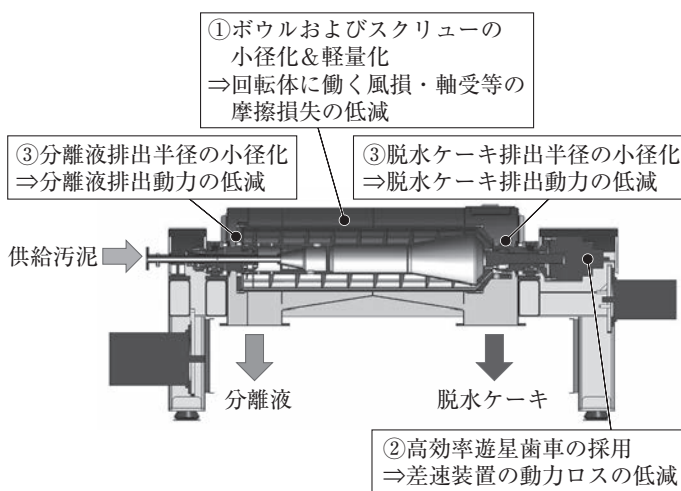


図4 直胴型遠心脱水機の改良点

表2 改良機仕様

形式	直胴型遠心脱水機
定格処理量	10m ³ /h
最大遠心力	2,500G
電動機出力	主電動機：22kW，差速装置電動機：7.5kW

表3 実証試験処理場の汚泥性状

処理場名	A	B
汚泥種	混合生汚泥 (分離濃縮)	消化汚泥 (分離濃縮)
蒸発残留物 TS	1.3 %	1.6 %
浮遊物質 SS	1.0 %	1.4 %
強熱減量 VTS	80.2 %/TS	72.4 %/TS
繊維状物 (100mesh)	22.0 %/SS	4.2 %/SS
比較従来機	直胴型 25m ³ /h 機	直胴型 2m ³ /h 機

ボウル小径化に伴い、脱水ケーキおよび分離液の排出径が小さくなることにより、処理物の回転に伴うエネルギーを低減させる。

7. 実証試験結果

実証試験に使用した改良機仕様を表2に、実証実験を行った処理場の汚泥性状を表3に示す。

7-1. A 処理場

(1) 脱水性能

定格処理量における薬注率と脱水性能の関係を図5に示す。

・ケーキ含水率

従来機および改良機ともに薬注率0.6DS%程度が最も低下する結果が得られた。

・回収率

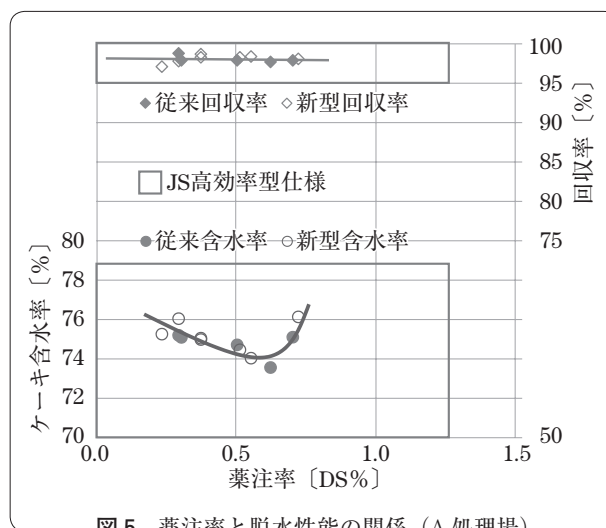


図5 薬注率と脱水性能の関係 (A 処理場)

表4 消費電力比較 (A 処理場)

形式	従来機	新型機
遠心力	2,500G	
定格処理量	25m ³ /h	10m ³ /h
最適薬注率	0.5~0.6DS %	
消費電力	1.35kWh/m ³	0.90kWh/m ³
比率	100	67

従来機および改良機ともに98%以上で結果が得られた。

(2) 定格処理量の消費電力

消費電力比較を表4に示す。

定格処理量における消費電力は、従来機の1.35kWh/m³に対して、改良機は0.90kWh/m³と33%の省エネ効果が得られた。

(3) 操作因子を変更した場合の消費電力

新型において遠心脱水機の操作因子である『遠心

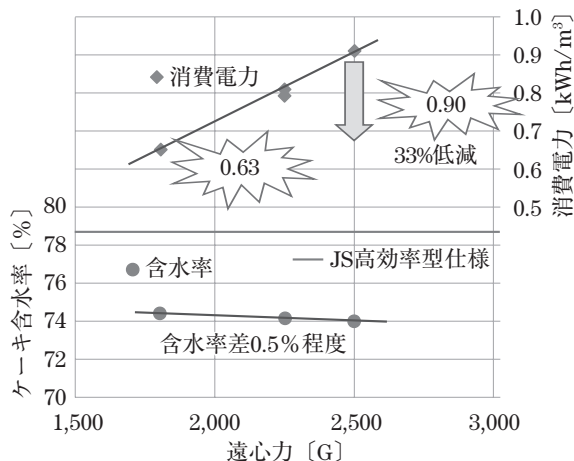


図6 遠心力と含水率/消費電力の関係 (A 処理場)

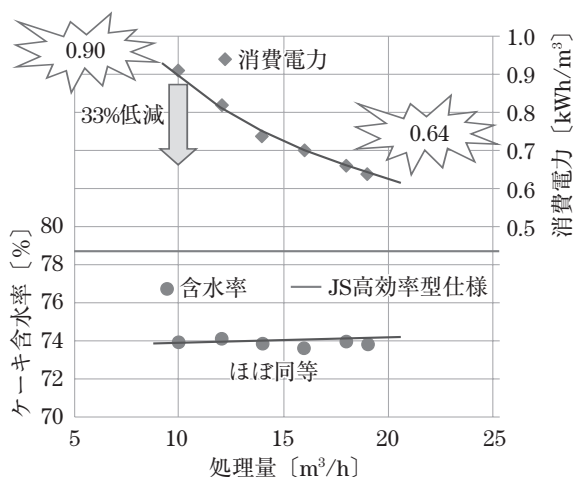


図7 処理量と含水率/消費電力の関係 (A 処理場)

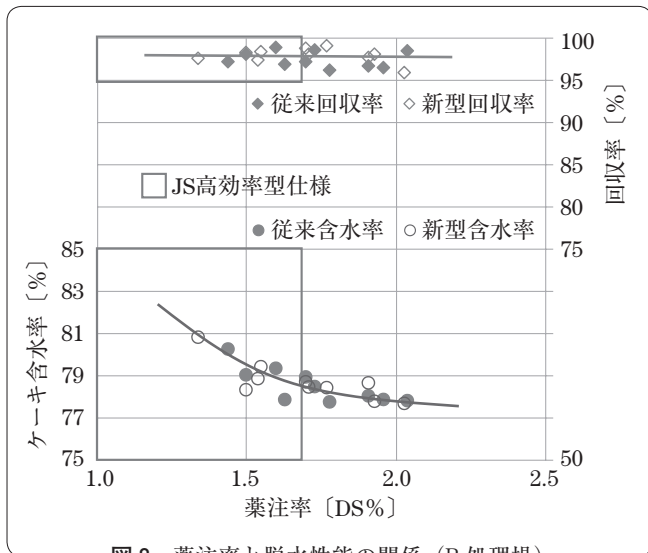


図8 薬注率と脱水性能の関係 (B 処理場)

力』と『処理量』を変化させた際のケーキ含水率および消費電力を確認した。A 処理場の混合生汚泥は、脱水促進因子である『繊維状物』が22%と高く、脱水しやすい汚泥であったため、「図6：遠心力を最大2500Gから1750Gまで低下させる」または「図7：処理量を定格10m³/hから2倍の20m³/hまで増加させる」ことを行っても、ケーキ含水率をほぼ同等に維持でき、その際の消費電力は0.6~0.7kWh/m³と定格処理量よりもさらに30%省エネできる効果が認められた。

このことより、A 処理場のような易脱性汚泥に対しては『低遠心力運転』および『大容量運転』を行うことによって、さらなる省エネ効果に繋がる事が期待できる。

7-2. B 処理場

(1) 脱水性能

定格処理量における薬注率と脱水性能の関係を図8に示す。

- ・ ケーキ含水率

直胴型遠心脱水機 S シリーズの脱水メカニズム

本記事の基となった広島メタル&マシナリーの「直胴型遠心脱水機 S シリーズ」の脱水メカニズムを示す。各ゾーンが担う処理は次の通り。

清澄ゾーン

遠心力で残存固形分を除去し、排水を清浄化する。

遠心ゾーン

高流動性スラリーを遠心力で脱水する。スラリーを圧縮力効果が出る含水率まで濃縮していく。

遠心+圧縮ゾーン

中流動性スラリーに遠心力と圧縮力を同時に作用させる。直胴ボールを採用することで遠心力を最大化し、適正なターバーを設定することで圧縮力の発揮を促す。

圧縮ゾーン

低流動化したケーキをさらに圧縮力で脱水する。隙間構造部の形状を最適化し、圧縮フライトを採用した。

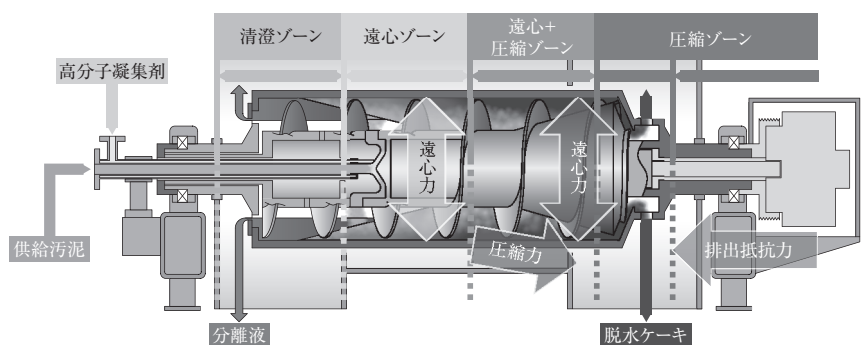


表5 消費電力比較 (B 処理場)

形式	従来機	新型機
遠心力	2,500G	
処理量	2m ³ /h	10m ³ /h
最適薬注率	1.7~1.9DS %	
消費電力	1.31kWh/m ³	0.91kWh/m ³
比率	100	69

従来機および改良機ともに薬注率の上昇に伴って低下する結果が得られた。

- ・ 回収率

従来機および改良機ともに98%以上の結果が得られた。

(2) 定格処理量の消費電力

消費電力比較を表5に示す。

定格処理量における消費電力は、従来機は1.31kWh/m³に対して、改良機は0.91kWh/m³と31%の省エネ効果が得られた。

8. まとめ

省エネルギー化を図った新型の直胴型遠心脱水機を開発し、性能特性を調査した結果、以下の結論を得た。

1) 消費電力

- ・ 定格運転では0.9kWh/m³と、従来機と比較して30%以上の低減が図れた。
- ・ 易脱水性汚泥では、低遠心力運転あるいは大容量運転でも脱水性能の維持が可能であり、0.6~0.7kWh/m³と定格運転よりさらに30%以上の低減が図れた。

2) 脱水性能

- ・ 混合生汚泥および消化汚泥ともに従来機と同等の良好な結果が得られた。