

大型高効率ベルトプレス脱水機

High Efficient Large Belt Press Dehydrator

(環)技術部 計画第1課

大原 茂 明

Shigeaki Ohhara

In these days, high efficient belt press dehydrators have been attracting public attention because of their much improved efficiency in dewatering, and possibility toward cost-down of treatment system including overall sludge treatment. Introduced hereunder is such a kind of large belt press dehydrator, which Shinko-Pfaunder has delivered to a sewage treatment plant, showing favorable performance at present.

近年、汚泥処理全体を含めた処理コストの低減化、および難脱水性汚泥に対して高効率ベルトプレス脱水機が注目を集めている。当社ではこのほど、某市下水処理場に大型ベルトプレス脱水装置を納入し、良好な結果を得て現在順調に稼動している。ここにその概要を紹介する。

まえがき

下水汚泥の発生量は、急激に増加する傾向にあり、汚泥を高脱水処理し、含水率の低減を図ることは脱水ケーキの減容化、焼却エネルギーの節減等、省エネルギー面で重要なことである。当社では長年にわたる水処理総合プラントメーカーとしての経験を生かし、1967年にDTT, MRP脱水機を手はじめに、各種の脱水機を開発し、これまでに下水、し尿、産業廃水などの分野に数多くの実績をもっている。しかし、分流式の下水処理場より発生する一部汚泥は有機成分が高く、濃度の低いいわゆる難脱水性汚泥であり、従来型のベルトプレス脱水機では対応が困難である。そこで、当社は豊富な経験をもとに新機構のベルトプレス脱水機を開発し、汙布幅 3000 mm のテスト機により、約4カ月にわたる試験を重ね、さらに改良を加え、新たに難脱水性汚泥を高効率に脱水できる大型ベルトプレス脱水機を開発した。本稿では、当社の最近の実績例として、某市下水処理場に納入した大型ベルトプレス脱水装置と、その運転結果の概要を紹介する。(写真1)

1. 設備の概要

1.1 対象汚泥

当処理場より発生する汚泥は、最初沈殿池からの生汚泥及び最終沈殿池からの余剰汚泥である。供給汚泥は、消化後洗浄された消化洗浄汚泥と、浮上濃縮汚泥(以下フロス汚泥と呼ぶ)である。また性能試験として消化未洗浄汚泥単独も行った。従来は真空汙過機で汚泥脱水されていたが、ケーキ減容化のため、この度ベルト脱水機に取替えられた。汚泥の発生から脱水装置までの、汚泥処理経路を第1図に示す。

1.2 設計条件

汙過速度	100 kgDS/m ² ・h
処理対象汚泥	消化汚泥
処理汚泥性状	TS 約1.5 %
	VTS/TS 約 67 %

薬品注入率	高分子凝集剤 2 % (対DS重量比) 以下
	塩化第二鉄 10 % (対DS重量比) 以下
脱水ケーキ含水率	76 % (重量比) 以下
汙液濃度	TS 500 mg/l 以下
運転方法	連動

1.3 主要装置の機能

汚泥脱水設備の処理フローを第2図に示す。以下に各設備の概要を説明する。

1.3.1 汚泥貯留・供給装置

消化槽より各ポンプで圧送された汚泥は汚泥貯留槽に入

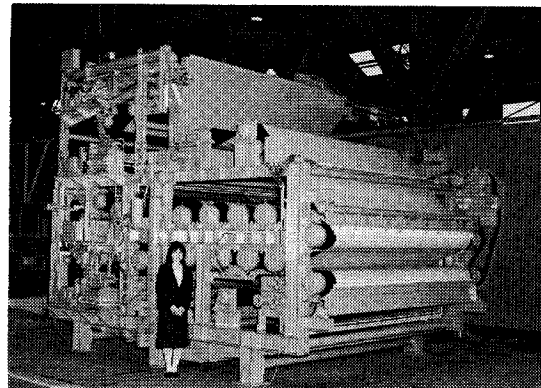
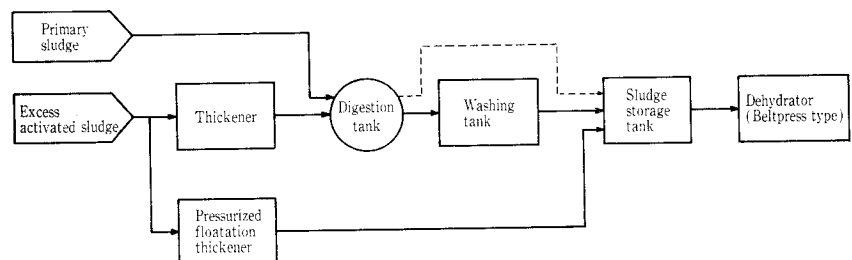


写真1 ベルトプレス脱水機全景

Photo.1 Beltpress dehydrator



第1図 汚泥処理経路

Fig.1 Sludge treatment process

り、汚泥貯留槽攪拌機で攪拌し、均一に混合する。混合された汚泥は給泥ポンプにより凝集混和槽へ圧送する。なお、給泥量は電磁流量計で確認し、インバータ制御で任意に設定する。

1. 3. 2 高分子凝集剤溶解・供給装置 (写真2)

高分子凝集剤 (高カチオン系) はアルミニウム製コンテナで受入れ、貯留しコンテナ重量計で自動計量し、監視盤にその残量を表示する。コンテナより定量供給機のホッパーを経て、定量フィーダで一定量供給する。それに定量の溶解水を比例供給し、混合させて高分子凝集剤溶解槽に貯留する。高分子凝集剤溶解槽は3槽に仕切られており、供給された凝集剤と溶解水は十分に攪拌され、常に一定濃度の溶解液が貯留される。高分子凝集剤供給ポンプは、脱水機の運転に連動し、供給量は供給汚泥の固形物量に対し比例注入される。

1. 3. 3 塩化第二鉄供給装置

タンクローリで受入れた塩化第二鉄は、脱水棟地下にある既設塩化第二鉄貯槽に貯留される。貯留量は液面計で検出し、監視盤に表示される。貯留した塩化第二鉄は塩鉄供給ポンプで脱水機へ圧送する。なお供給量は脱水機に連動しておけば、供給汚泥の固形物量に対し比例注入される。

1. 3. 4 汚泥脱水装置

凝集混和槽で凝集された汚泥は、均一供給装置にて前濃縮機に送られ重力濃縮後、脱水機で重力脱水、加圧脱水、漸圧脱水、さらに圧搾脱水され、含水率 76 % 以下の脱水ケーキとなる。

1) 凝集混和槽

本槽に供給された汚泥は、高分子凝集剤を注入し接触混合させる。攪拌機はインバータ制御で、可変速となっており、凝集条件に合わせて攪拌強度を調整し、最適な粗大フロックを形成させ均一供給機へ移送する。

2) 均一供給機

凝集した汚泥を前濃縮汙布面上に均一に供給する。汚泥が均一でないと汙布のしわ、蛇行の原因となり、また脱水性能も不安定となる。

3) 前濃縮機

重力脱水を行う。脱水機本体汙布とは別の駆動装置を有し、予備脱水として最適な汙布速度に設定できるようインバータ制御による可変式となっている。凝集の悪い汚泥が汙布面に多量に堆積されると汚泥供給過多となり、一時的に給泥が自動停止する。汚泥供給過多が解除されると、自動復帰し運転が再開される。運転中は常に汙布がローラの中央に位置するよう汙布蛇行修正が行われ、万一汙布異常蛇行、汙布破断がおこると全機自動停止となる。予備脱水された汚泥は塩化第二鉄を注入し、攪拌羽根で混和し脱水機へ供給する。

4) 脱水機

当社従来型ベルトプレスを、さらに改良し、難脱水性用とした。超大型ローラによる圧力漸増圧方式を採用し、水切り部に工夫を加え、脱水部の長さを最大限に長くとり、また汙布張力を最大 10 kg/cm とした高圧脱水装置である。脱水工程を第3図に示す。重力脱水部、対向ローラによる加圧脱水部、ローラ漸増圧脱水部、圧搾脱水部の順序で脱水が行われる。汙布速度はインバータ制御であり、汚泥状態等に合せて最適な速度に設定ができる。なお速度の

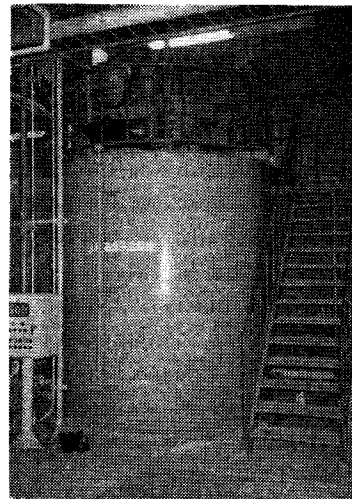
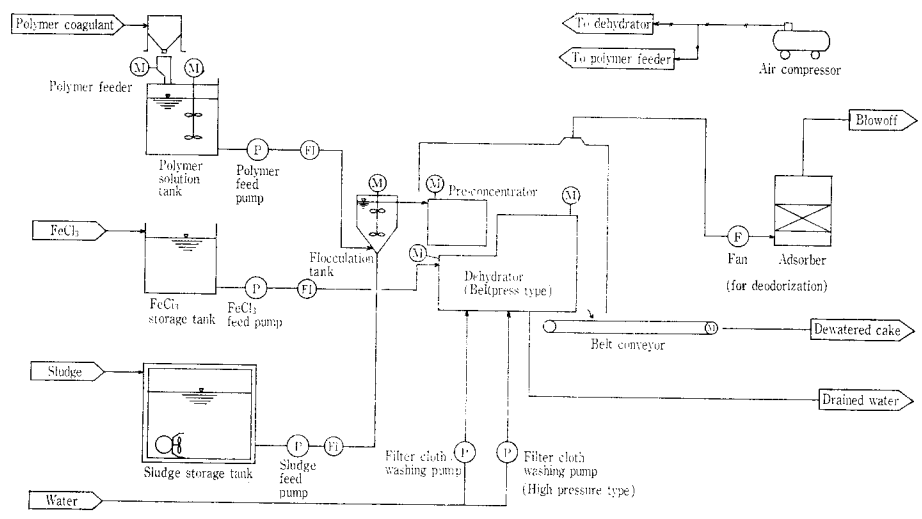


写真2
高分子溶解設備
Photo. 2
Polymer dissolving unit



第2図 脱水設備処理フロー
Fig. 2 Sludge dewatering system flow

設定は脱水機側盤から行いが設定値は監視盤にも表示され常時監視ができる。汙布張力は0~10 kg/cm²の任意の値に設定可能で、左右均一機構により常に平均に張られている。前濃縮機と同様運転中は常に汙布がローラの中央に位置するよう汙布蛇行修正が行われ、万一汙布異常蛇行、汙布破断がおこると全機自動停止となる。現在稼動中のベルトプレス脱水機を写真3に示す。

1. 3. 5 汙布洗浄装置

前濃縮機および脱水機には、ケーキ剥離した汙布を、特殊スプレーノズル(水圧 6 kg/cm²)で常に洗浄するための洗浄水装置と、脱水機には汙布の汚れ具合によって任意に運転できる高圧洗浄装置(水圧 20 kg/cm²)を設けている。また脱水終了時の、停止工程中に高圧洗浄が自動運転される回路を組み込んでいる。

1. 3. 6 空気供給装置

脱水機、高分子凝集剤定量供給機及び自動弁へ操作用空気を供給する。

1. 3. 7 脱水ケーキ搬送装置

脱水されたケーキを、ケーキヤードに搬送する。

1. 3. 8 脱臭装置(写真4)

脱水機本体は全面アクリルカバーで覆い、発生する臭気をダクトを通じて脱臭ファンで吸引し、脱臭塔へ送気する。脱臭塔は酸性ガス、塩基性ガス及び中性ガス用の各吸着剤を充填した脱臭塔で、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、トリメチルアミン等を臭気強度2以下に吸着除去し、建屋外部へ排出する。

1. 4 主要装置諸元

1. 4. 1 汚泥貯留、供給装置

1) 汚泥貯留槽(既存槽)

形式 鉄筋コンクリート造角形槽

数量 1槽

2) 汚泥貯留槽攪拌機

形式 水中プロペラ式

能力 500 mmφ×39.6 m³/min

電動機 7.0 kW×400 V×60 Hz

数量 1台

3) 給泥ポンプ

形式 一軸ネジポンプ

口径 125 mm

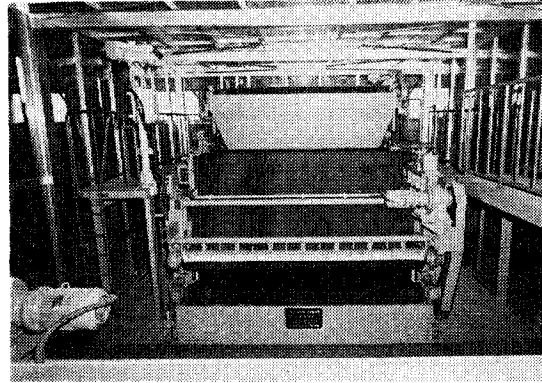


写真3 稼動中のベルトプレス脱水機

Photo.3 Beltpress dehydrator (in operation)

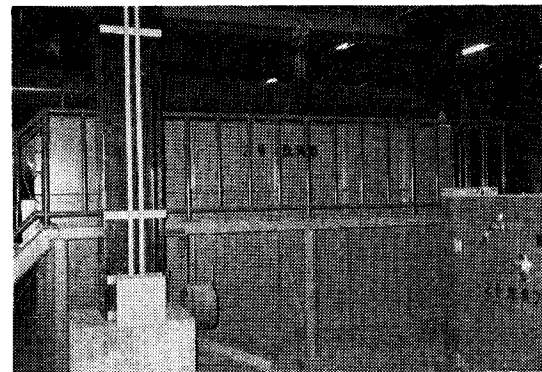
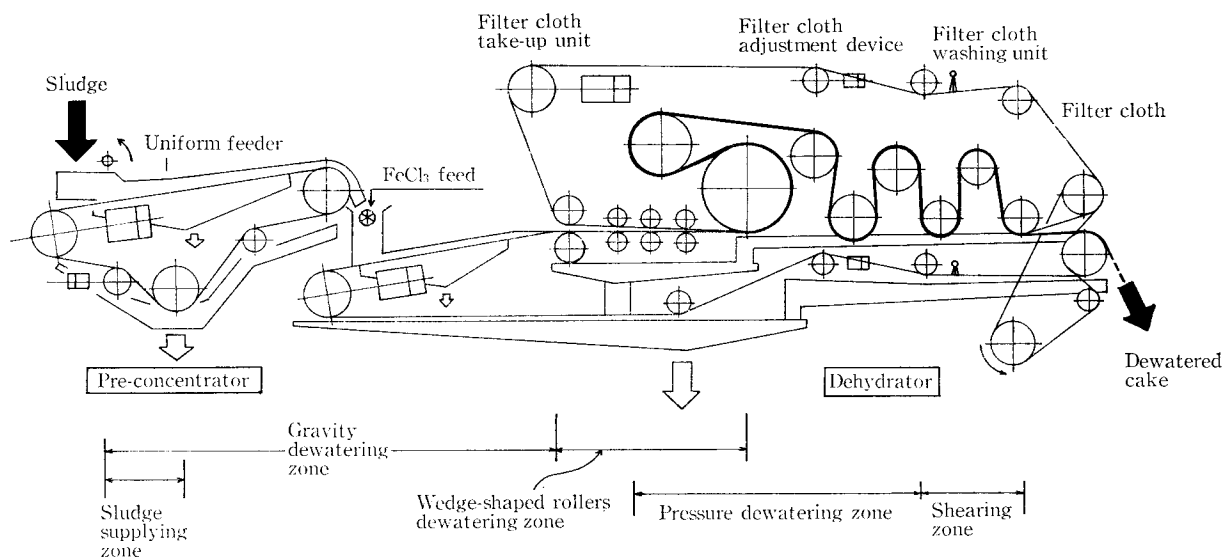


写真4 脱臭装置

Photo.4 Deodorizer



第3図 脱水工程

Fig. 3 Dewatering process

- 能力 30 m³/h×25 mAq
 電動機 11 kW×400 V×60 Hz (回転数制御)
 数量 3台
- 1. 4. 2 高分子凝集剤溶解供給装置**
- 1) 高分子コンテナ
 形式 両口形アルミ合金製コンテナ
 寸法 1300 mm□×1600 mm^H
 容量 1.0 m³
 数量 4台
 付属品 高分子コンテナ重量計
- 2) 高分子凝集剤定量供給機
 形式 容積形定量供給機
 能力 0.5~2.0 l/min
 電動機 0.4 kW×400 V×60 Hz
 数量 2台
- 3) 高分子凝集剤溶解槽
 形式 鋼板製円筒型
 寸法 2650 mmφ×2850 mm^H
 容量 14 m³
 攪拌機 電動型パドル式
 500 mmφ×300 rpm
 3.7 kW×400 V×60 Hz
 数量 2台
- 4) 高分子凝集剤供給ポンプ
 形式 一軸ネジポンプ
 口径 50 mm
 能力 30 m³/h×35 mAq
 電動機 1.5 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 1. 4. 3 塩化第二鉄供給装置**
- 1) 塩化第二鉄貯槽 (既存槽)
 形式 鋼板製角形内面ゴムライニング
 数量 4基
- 2) 塩化第二鉄供給ポンプ
 形式 ダイヤフラム形ストローク制御定量形
 口径 25 mm
 能力 250 l/h×4.0 kg/cm²
 電動機 0.75 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 1. 4. 4 汚泥脱水装置**
- 1) 脱水機
 形式 前濃縮機付ベルトプレス脱水機
 本体寸法 4220 mm^W×5740 mm^L×2600 mm^H
 汙布寸法 幅3000 mm (有効)
 汙布速度 0.3~3 m/min
 駆動装置 汙布駆動用
 回転数 0~3.6 rpm
 電動機 3.7 kW×400 V×60 Hz (インバータ制御)
 塩化第二鉄後添加混和用
 回転数 0~54.5 rpm
 電動機 0.4 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 2) 前濃縮機
 寸法 4220 mm^W×3100 mm^L×2038 mm^H
 汙布寸法 幅3000 mm (有効)
 汙布速度 0.5~5 m/min
 駆動装置 汙布駆動用
 回転数 0~9.6 rpm
 電動機 0.75 kW×400 V×60 Hz
 汚泥供給用
 回転数 0~20.6 rpm
 電動機 0.2 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 3) No.1 凝集混和槽
 形式 鋼板製円筒型
 寸法 740 mmφ×2400 mm^H
 容量 0.32 m³~0.45 m³
 攪拌機 パドル式3枚2段形
 36~106 rpm
 0.4 kW×400 V×60 Hz (インバータ制御)
 数量 3台
- 4) No.2 凝集混和槽
 形式 鋼板製円筒型
 寸法 950 mmφ×2200 mm^H
 容量 0.66~0.87 m³
 攪拌機 パドル式3枚2段形
 36~106 rpm
 0.4 kW×400 V×60 Hz (インバータ制御)
 数量 3台
- 1. 4. 5 汙布洗浄装置**
- 1) 洗浄水ポンプ
 形式 片吸込多段渦巻ポンプ
 口径 100/80 mmφ
 能力 35 m³/h×80 mAq
 電動機 15 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 2) 高圧洗浄水ポンプ
 形式 片吸込多段渦巻ポンプ
 口径 65/50 mmφ
 能力 30 m³/h×210 mAq
 電動機 37 kW×400 V×60 Hz
 数量 3台
- 1. 4. 6 空気供給装置**
- 1) 空気圧縮機
 形式 圧力開閉式パッケージ形
 能力 840 l/min×9.5 kg/cm²
 電動機 7.5 kW×400 V×60 Hz
 数量 2台
 付属品 空気タンク 770 l
- 2) 除湿機
 形式 冷凍式
 能力 1000 l/min×7.0 kg/cm²

電動機 0.4 kW × 200 V(单相) × 60 Hz

数量 1台

1. 4. 7 脱水ケーキ搬送装置

脱水ケーキコンベア

形式 3ローラーゴムベルト式

ベルト幅 600 mm

機長 約37.0 m

ベルト速度 21 m/min

電動機 3.7 kW × 400 V × 60 Hz

数量 4台

1. 4. 8 脱臭装置

1) 脱臭塔

形式 カートリッジ式乾式吸着塔

寸法 1790 mm^W × 4560 mm^L × 2140 mm^H

能力 110 m³/min

処理臭 臭気強度2以下

数量 1基

2) 脱臭ファン

形式 片吸込ターボファン

口径 400 mmφ

能力 110 m³/min × 250 mmAq

電動機 11 kW × 400 V × 60 Hz

数量 1台

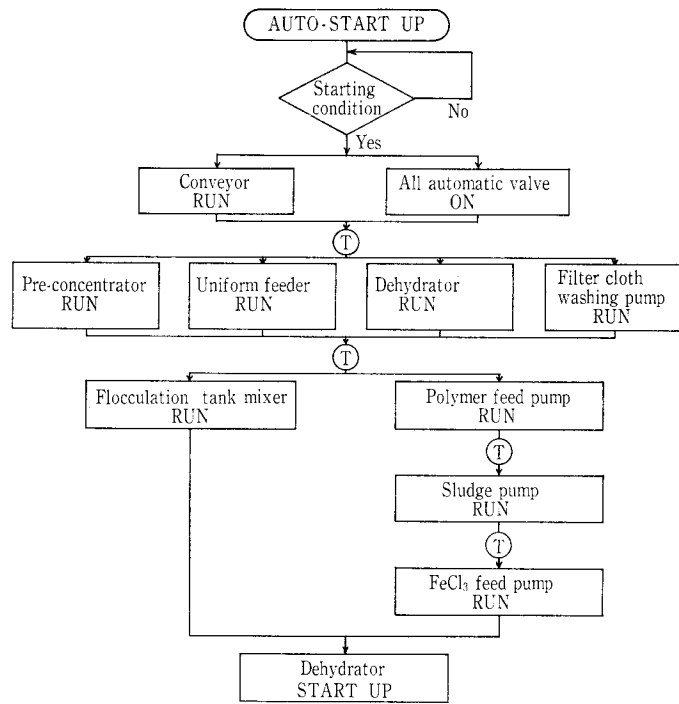
1. 5 運転操作

脱水機の運転操作はコントロール盤での全機器連動運転と、現場操作盤での単独手動運転が行える。連動運転には、運転開始、一時停止、洗浄及び運転停止が行える。第4、5図に運転開始と運転停止の概略ブロックフローを示す。また監視盤では、脱水設備の運転状態、ITVによる供給汚泥の凝集状態及び故障発生時の機器の表示が集中して監視できるようになっている。

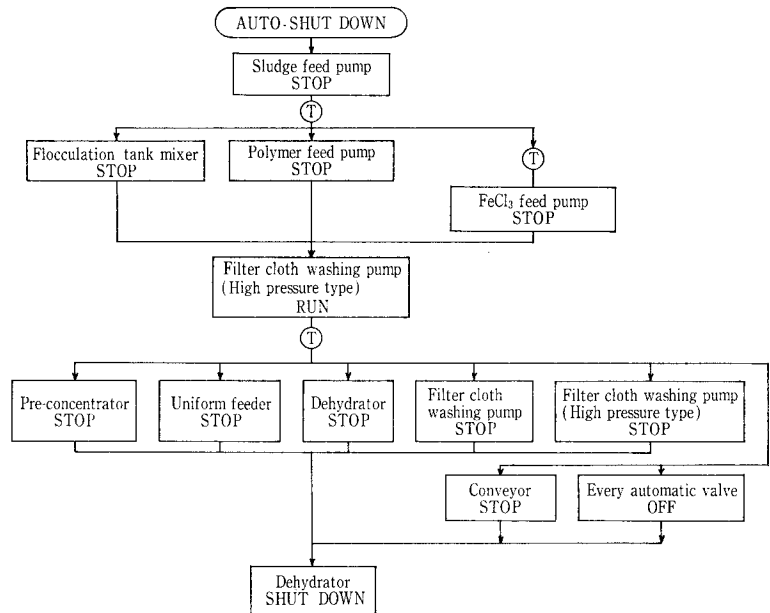
2. 運転結果

試運転時の脱水供給汚泥は、消化未洗浄汚泥と、消化洗浄汚泥の単独及び消化洗浄汚泥とフロス汚泥1対1の混合汚泥である。その性状を第1表に示す。

運転結果は良好であり、設計条件のケーキ含水率76%以下を十分に満足するものであった。



第4図 連動運転開始フロー
Fig. 4 Sequence of automatic start up



第5図 連動運転停止フロー
Fig. 5 Sequence of automatic shut down

第1表 脱水機供給汚泥
Table 1 Properties of feed sludges

Sludge type	TS %	VTS %	SS %	VSS %	pH	Electric conductivity μS/cm, 25 °C	M Alkalinity mg/ℓ as CaCO ₃
Anaerobically digested sludge (unwashed)	1.38	63.84	1.12	63.75	7.5	7590	3560
Anaerobically digested sludge	2.02	63.86	1.78	76.40	8.1	3550	2400
Anaerobically digested sludge + Froth sludge	2.99	68.22	2.63	67.30	6.9	4070	2860

第 2 表 脱水性能

Table 2 Performance of beltpress

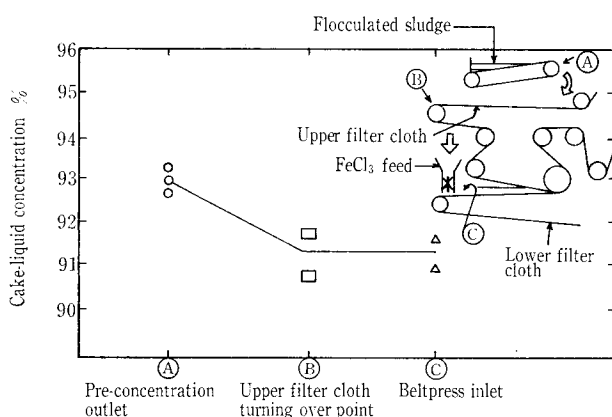
Sludge type	Coagulant dosing rate		Operating condition		Cake-liquid concentration %	Capacity kgDS/m·h
	Polymer %	FeCl ₃ %	Filter cloth speed m/min	Filter cloth tension* kg/cm		
Anaerobically digested sludge (unwashed)	1.21~1.33	9.80~10.41	0.8	5.0	74.5~74.7	98.0~127.4
Anaerobically digested sludge	0.70	10.0	0.5~1.0	5.0	73.8~74.7	101.0~151.3
Anaerobically digested sludge+ Froth sludge	0.78~1.27	9.80~10.75	0.75~1.0	5.0	74.7~76.2	82.7~123.0

*Final roller pressure 0.48 kg/cm²

第 3 表 汚泥の脱水難易性状

Table 3 Sludge dewaterability

Sludge type	S S %	C _m %	F _s +V _{SL} %	D _w	Calculated value	
					Cake-liquid concentration %	Dehydrator capacity kgDS/m·h
Anaerobically digested sludge (unwashed)	1.22	1.80	40.38	0.73	77.58	70.84
Anaerobically digested sludge	1.78	2.73	28.07	0.77	77.32	73.53



第 7 図 重力脱水部ケーキ含水率の変化

Fig. 7 Dewatering efficiency of gravity dewatering zone

各汚泥とも塩化第二鉄の注入率および最終ローラー面圧によって脱水性能は異なるが、沝過速度 100 kgDS/m·h 塩化第二鉄の注入率 10 % 前後とした場合の脱水性能を第 2 表に示す。

2. 1 前濃縮装置

沝布速度と濃縮ケーキ含水率の関係を第 6 図に示す。沝布速度を変えてもケーキ含水率はさほど変化しない。前濃縮後、ケーキが反転し、上沝布上に落下し、上沝布上を通過するとき、さらに水切が行われ、反転効果が大きな影響をおよぼす。その効果を第 7 図に示す。

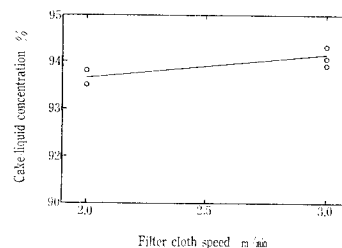
2. 2 汚泥性状と脱水性

大宮らは、都市下水汚泥を対象に高分子凝集剤単独の条件で汚泥成分による脱水性の難易を示す判定基準を提唱し

第 4 表 汚泥脱水性の難易を示す判定基準

Table 4 Judgement for sludge dewaterability

D _w	Sludge dewaterability	Cake solid contents %	Dehydrator capacity kgDS/m·h
D _w < 0.5	Very difficult	< 20	< 50
0.5 ≤ D _w < 1	Difficult	20~25	50~100
1 ≤ D _w < 2	Easy	25~30	100~150
2 ≤ D _w	Very easy	> 30	> 150



Operating condition

- 1) Filter cloth tension 3.0 kg/cm
- 2) Polymer consumption 0.61~0.7 % DS

第 6 図 前濃縮沝布速度とケーキ含水率

Fig. 6 Relationship between pre-concentrator filter cloth speed and cake-liquid concentration

ている。その脱水性判別式を用いて、消化未洗浄汚泥及び消化洗浄汚泥の脱水性を検討した結果を第 3 表に、汚泥脱水性の難易を示す判定基準を第 4 表に示す¹⁾。

脱水性判別式

$$D_w = C_m(F_s + V_{SL}) \times 10^{-2}$$

$$\text{ケーキ固形物濃度} = 24.04 D_w^{0.223}$$

$$\text{固形物処理量 (kgDS/m·h)} = 88.32 D_w^{0.701}$$

ここに

C_m : 24時間沈殿させた濃縮汚泥の S S 濃度 (%)

F_s : 濃縮汚泥 S S 中の灰分 (%)

V_{SL} : 粗浮遊物強熱減量 (%)

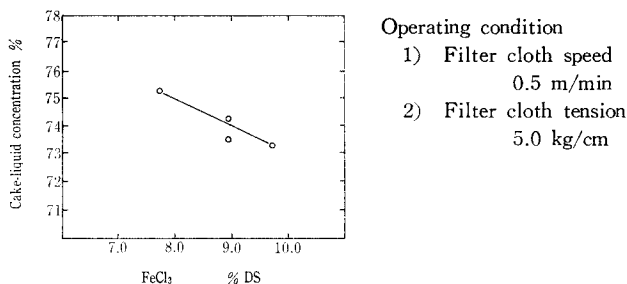
両汚泥とも D_w 値は 0.5 ≤ D_w < 1 の範囲にあり、難脱水性汚泥であることがわかる。

なお、高分子凝集剤単独処理の予測 (第 3 表……の計算値でのケーキ含水率および固形物処理量) に比べ、今回の対象汚泥では、ケーキ含水率 76 % 以下および固形物処理量 100 kg/m·h 以上が達成できた。

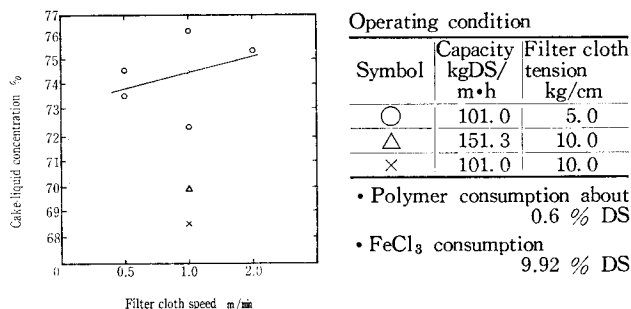
2. 3 薬品注入率

2. 3. 1 高分子凝集剤

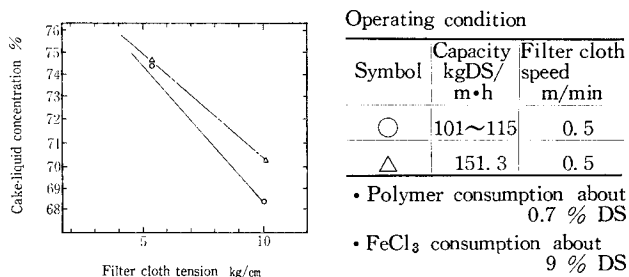
ハンドテストで高カチオン系凝集剤 (シンコーフロック SC-680) が、各汚泥に対し対応幅があり、また凝集性およびフロック強度とも優れていた。注入率については、カラムテストでの沝液量および C S T (Capillary suction time) 値から判断して、最適注入率を決め、試運転を行い、重力脱水部での水切状態及び含水率より決定した。いずれの汚泥に対しても、最適添加率があり、過度の添加は凝集不良のみならず、ケーキ剥離性を悪くし、また脱水沝液の水質悪化の原因ともなる。各汚泥における試運転での最



第8図 塩化第二鉄注入率とケーキ含水率（消化洗浄汚泥）
Fig. 8 Relationship between FeCl_3 dosing rate and cake-liquid concentration (Feed sludge: Anaerobically digested)



第9図 汙布速度とケーキ含水率（消化洗浄汚泥）
Fig. 9 Relationship between filter cloth speed and cake-liquid concentration (Feed sludge: Anaerobically digested)



第10図 汙布張力とケーキ含水率（消化洗浄汚泥）
Fig. 10 Relationship between filter cloth tension and cake-liquid concentration (Feed sludge: Anaerobically digested)

適添加率は消化未洗浄汚泥で1.3%（対固形物当り）消化洗浄汚泥では0.7%（同），消化洗浄汚泥+フロス汚泥では0.8%（同）であった。

2.3.2 塩化第二鉄

塩化第二鉄添加による脱水ケーキ含水率の変化を第8図に示す。いずれの汚泥に対しても注入率を高くすればするほど水切れがよく，ケーキ含水率も低くなり，ケーキ剥離性も良好となる。経済性を考えた場合，いずれの汚泥に対しても添加率8%（対固形物当り）程度で設計条件を十分に満足するものであった。

2.4 汙布速度

1.2項の設計条件での汙過速度で汙布速度は0.7 m/min付近が最適であった。汙布速度とケーキ含水率の関係を第9図に示す。汙布速度を遅くすると，汙過速度は減少し，これに伴ってケーキ含水率が低くなる。しかし汚泥濃度が高く，ケーキ厚みが10 mmを超えると汙布速度を遅くしてもケーキ含水率は逆に高くなる場合がある。これはケーキ内部の水分が外部に出にくいことからである。

2.5 汙布張力

1.2項の設計条件での汙過速度で，汙布張力5 kg/cm付近が最適であった。汙布張力とケーキ含水率の関係を第10図に示す。汙布張力を高くすればするほどケーキ含水率は低下する。しかし汙布張力を上げすぎると，サイドリークの原因ともなり，また汙布の寿命に影響を及ぼす。

ここに汙布張力とローラー面圧およびローラー半径の関係を表わすと

$$P = T/R \text{ となる。}$$

$$P = \text{ローラー面圧 (kg/cm}^2\text{)}$$

$$T = \text{汙布張力 (kg/cm)}$$

$$R = \text{ローラー半径 (cm)}$$

2.6 最大汙過速度

供給汚泥性状および濃度等により差はあるが，試運転結果での各汚泥に対する最大汙過速度は下記のようなのである。

1) 消化未洗浄汚泥

汙布速度0.8 m/min，高分子凝集剤注入率1.34%，塩化第二鉄注入率8.34%，汙布張力5 kg/cmにおいて120 kg/m·hの汙過速度であった。その時のケーキ含水率は76.1%となった。

2) 消化洗浄汚泥

汙布速度0.75 m/min 高分子凝集剤注入率0.7%，塩化第二鉄注入率8.70%，汙布張力5 kg/cmにおいて172.5 kg/m·hの汙過速度であった。その時のケーキ含水率は74.4%となった。

3) 消化洗浄汚泥+フロス汚泥

汙布速度0.75 m/min，高分子凝集剤注入率0.79%，塩化第二鉄注入率9.80%，汙布張力8.2 kg/cmにおいて163.8 kg/m·hの汙過速度であった。その時のケーキ含水率は76.3%となった。

むすび

以上ベルトプレス脱水設備の概要および試運転結果を紹介したが，ケーキ含水率，汙過速度とも良好な結果を得ることができ，現在順調に運転中である。おわりに本装置の設計，据付，試運転に際し多大な協力と助言をいただいた下水道局ご担当各位に対し，深く感謝の意を表する次第である。

〔参考文献〕

- 1) 大宮一夫，東欽一郎：第17回下水道研究発表会講演集(1980) p. 633