

高効率高脱水型「ベルトプレス脱水機」

High Efficient and High Compressive Beltpress Dehydrator

環境装置事業部 製品開発室

三原 恒美
Tsunemi Mihara

Rotary Diaphragm Press (RDP) was evaluated as "High Efficient and High Compressive Beltpress Dehydrator" by Technical Evaluation Committee of Ministry of Construction. This report reviews briefly the operating data and evaluation contents.

まえがき

1984年度の建設省の技術評価制度のテーマとして「下水汚泥の高効率高脱水型ベルトプレス脱水機の開発」が公募され、当社はロータリーダイヤフラムプレス（RDP）で応募しこの度、その評価を受けたので概要を紹介する。

1. 評価の目的

汚泥の機械脱水は、汚泥中の水分を機械的に除去することによって容積を減少させるもので、後続の焼却、資源化等の工程や脱水ケーキ埋立処分等に与える影響が大きいことから、かねてより脱水機の性能の向上が強く望まれていた。

機械脱水には汙過式と遠心分離式とがあり、汙過式は汙過圧や汙過の方式によって、真空式、加圧式、ベルトプレス式等がある。これらの方式にはそれぞれ特長があるが、なかでもベルトプレス脱水機は、次のような長所がある。

- 1) 消費電力が少なく省エネルギー型である。
- 2) 少量の高分子凝集剤の添加で脱水でき、脱水ケーキの増量が少ない。
- 3) 運転管理が比較的容易である。

などの長所があり、近年、高分子凝集剤の進歩に伴って全国の下処理場をはじめとして産業廃水分野にも急速に普及しつつある。しかし、ベルトプレス脱水機は、加圧式と比較して得られる脱水ケーキ含水率がかなり高く、脱水性能の面で、まだ改良の余地が残されている。

以上の観点から、従来型のベルトプレス脱水機の効率化を一層進めるとともに、特に脱水性能の向上を図るための開発を目的としたものである。

2. 評価の目標

汚泥を効率よく脱水し、低含水率の脱水ケーキを得るためのベルトプレス脱水機を開発すること。すなわち

- 1) 高い脱水性を有すること
通常混合濃縮生汚泥について、120 kg/m³以上の汙過速度で運転し、脱水ケーキ含水率70%以下、固形物回収率95%以上の脱水性能を有すること。

- 2) 維持管理が容易であること

脱水機の運転操作、点検が簡単であるとともに、凝集剤の管理、取扱いも容易であって良好な作業環境が確保できること。（凝集剤、凝集助剤として高分子凝集剤を使用するものとし、塩化第一鉄や消石灰等は除く）

- 3) 十分な耐久性を有すること

力学的な材質、構造面および腐食性の面で十分な耐久

性を有し、汙布の損耗が小さいこと。

- 4) 経済的であること

脱水機及びその付帯設備の費用、並びに維持管理費用が、従来のベルトプレス脱水機と比較して、著しく高くないこと。

3. 評価されたベルトプレス脱水機

3.1 原理

評価された脱水機は、第1図に示すように、供給汚泥に、高分子凝集剤を添加して重力脱水した後、連続移動する2枚の汙布の間にはさみ込んで、くさび状脱水、せん断脱水を行い、最後に特別に設けられた加圧ダイヤフラムとローラによって高圧脱水するもので、その原理は次のとおりである。

- 1) 汚泥凝集装置において、凝集剤と混合攪拌され、フロックを形成した汚泥は、「重力脱水部」に定量的に供給され、下汙布上で重力脱水される。
- 2) 重力脱水された汚泥は、上下2枚の汙布間を徐々に狭くした「くさび状脱水部」において、脱水圧力を漸増することにより加圧脱水される。
- 3) 「せん断脱水部」においては、千鳥状配置のローラに巻きつけた汙布の張力による脱水圧力と上下汙布による汚泥へのせん断力とによって脱水される。
- 4) 「高圧脱水部」は、加圧ダイヤフラムとローラによる高圧脱水機構であり、空気圧によりダイヤフラムに高圧を加え、脱水ケーキをはさんだ上下汙布と圧力受けベルトに押し付けることにより高圧脱水される。
- 5) 以上の脱水工程により脱水されたケーキは、スクレーパーでかき落され排出される。

3.2 装置の構成

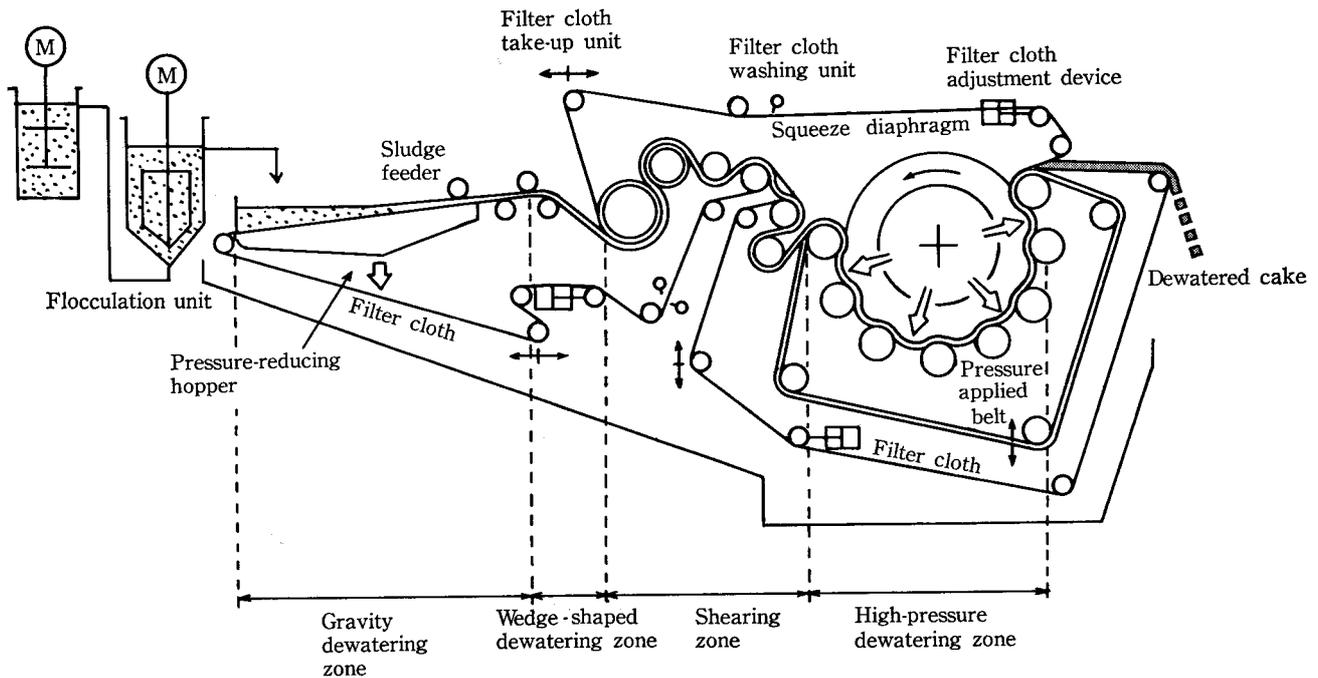
本脱水機は、第1図にも示すように、凝集部、脱水部、汙布洗浄部、汙布および調整機構等で構成される。

3.2.1 凝集部

凝集部は第2図に示すように、第1、第2凝集混和タンクで構成される。各凝集混和タンクは円筒型タンクに攪拌機を取付けた構造である。

凝集剤にカチオン、アニオン性高分子凝集剤の2液を使用する場合は、カチオンを第1凝集混和タンク、アニオンを第2凝集混和タンクに添加する。

1液（通常はカチオン）のみを使用する場合は第2凝集混和タンクに添加する。なお、第2凝集混和タンクの攪拌機の回転数は、手動操作により可変となっている。



第 1 図 原理図
Fig. 1 Mechanism of RDP

3. 2. 2 脱水部

脱水部は、重力脱水部、くさび状脱水部、せん断脱水部および高圧脱水部で構成される。

1) 重力脱水部

第 3 図に示すように、汙布進行方向に対し上り勾配となるように傾斜させた汙過板上の汙布の両側部および後部とゴムスカート付のガイドで囲った構造であり、汙布を走行させることにより連続的に重力脱水される。

2) くさび状脱水部

第 4 図に示すように、上下 2 枚の汙布によって形成されるくさび状の部分であり汚泥は徐々に狭くなる汙布間で漸増する圧力により脱水される。

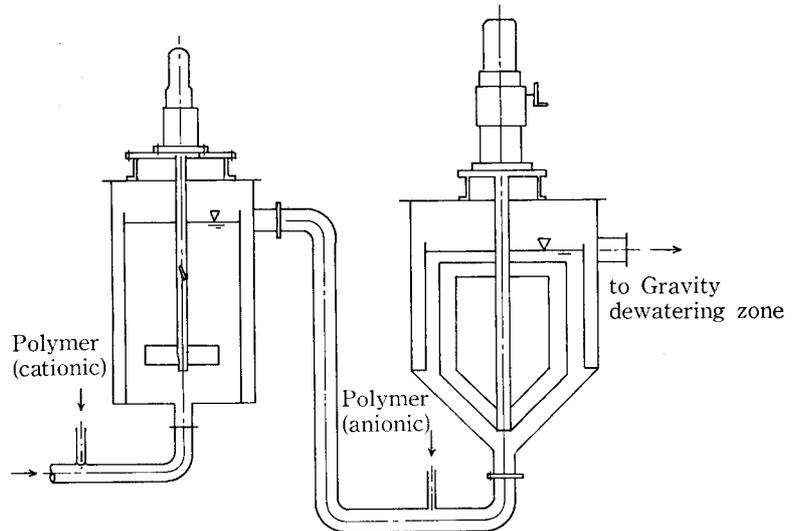
3) せん断脱水部

第 5 図に示すように、4 本のロールが径の大きなものから順に配置され、上下 2 枚の汙布が汚泥をはさんだままロール間を S 字状に走行する構造となっており、汚泥はロール部分のせん断力により脱水される。なお、No. 1 ロールは、汙液の分離を円滑に行うために溝付ゴムライニング製となっている。

4) 高圧脱水部

高圧脱水部は第 6 図に示すように、円筒上に取付けたダイヤ状のダイヤフラムを空気圧力により膨張させ、汚泥をベルトに高圧で押しつける機構である。

No.1 Flocculation tank No.2 Flocculation tank



第 2 図 凝集部
Fig. 2 Flocculation unit

圧搾圧力は最大 4 kg/cm^2 までかけられ、その圧力は調節弁の設定により任意に変えられる。

3. 2. 3 汙布洗浄部

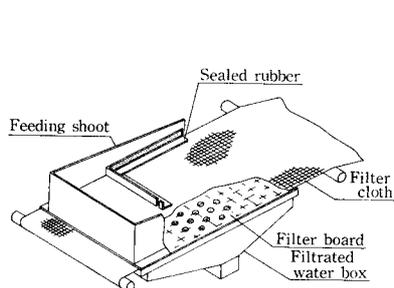
汙布洗浄部は第 7 図に示すように、汙布方向に設けられたスプレーノズルから噴射される高圧水 (3 kg/cm^2 以上) によって洗浄箱の中で洗浄される。

3. 2. 4 汙布

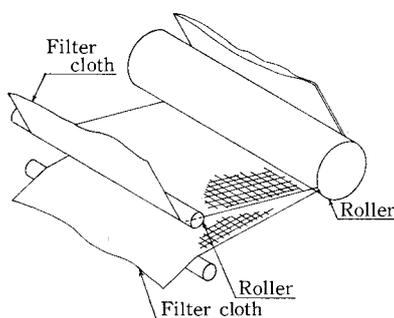
汙布の仕様を第 1 表に示す。

Item	Gravity+roll dewatering section		High-pressure dewatering section	
	Material	Polyester	Polyester+polyamide	Polyester
Woven type	Plain fabrics	Needle punching felt	Double fabrics	
Thickness mm	1.10	5.20	1.06	
Air permeability cc/cm ² •min	10 000	2 500	30	
Rupture strength kg/cm	lengthwise	83	106	140
	breadthwise	133	100	100
Rupture elongation %	lengthwise	25	35	40
	breadthwise	30	30	30
Joint method	SUS-lacing	Mono-lacing	SUS-lacing	
Note	Specially manufactured			

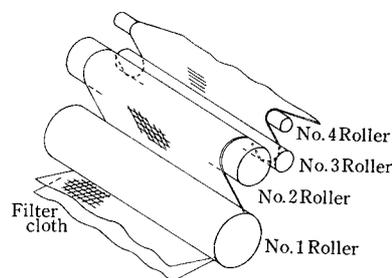
第1表 濾布の仕様
Table 1 Specification of filter cloth



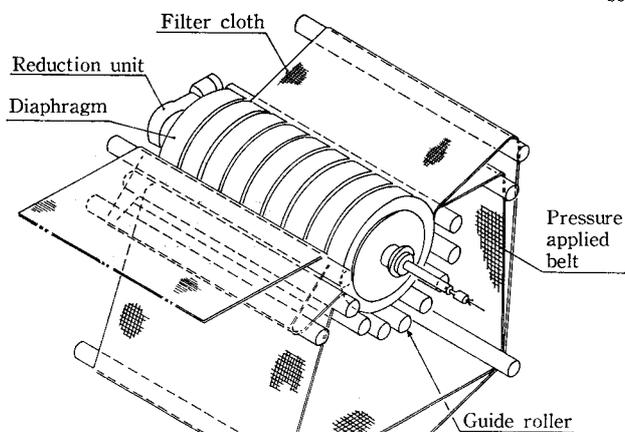
第3図 重力脱水部
Fig. 3 Gravity dewatering section



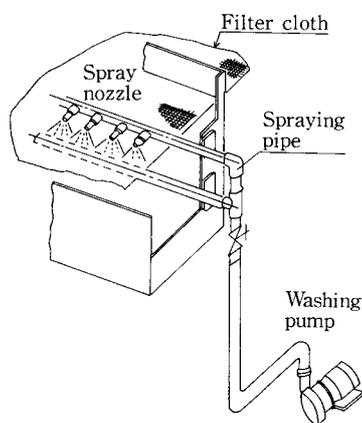
第4図 くさび状脱水部
Fig. 4 Wedge-shaped dewatering section



第5図 せん断脱水部
Fig. 5 Shearing section



第6図 高圧脱水部
Fig. 6 High pressure dewatering section



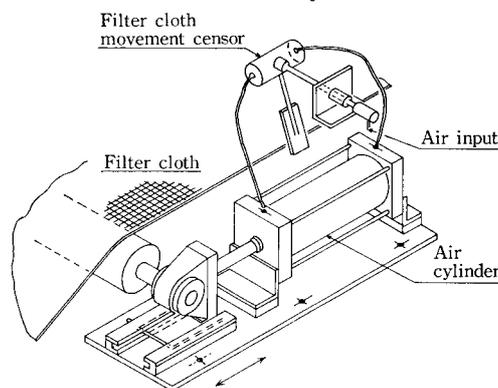
第7図 濾布洗浄部
Fig. 7 filter cloth washing unit

3. 2. 5 調節機構—濾布蛇行修正装置

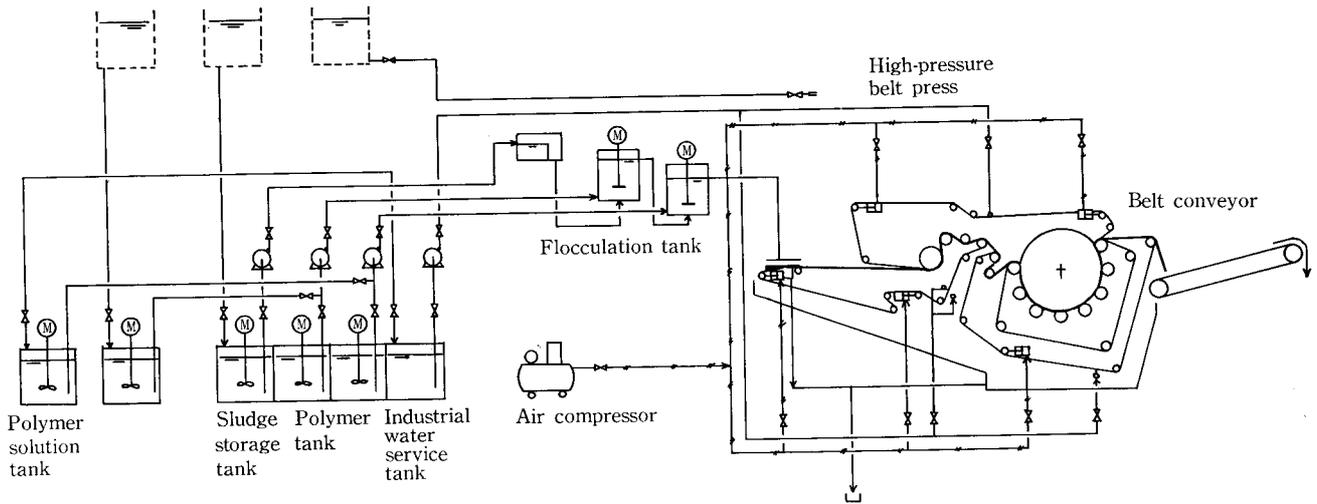
濾布蛇行修正装置は第8図に示す通り、濾布の一端をエアバルブのバームで検出し、位置のずれによってバルブを開閉し、エアシリンダーへの供給空気圧力を制御することによりガイドローラを作動し、蛇行を修正、防止するものである。

3. 実験設備の概要

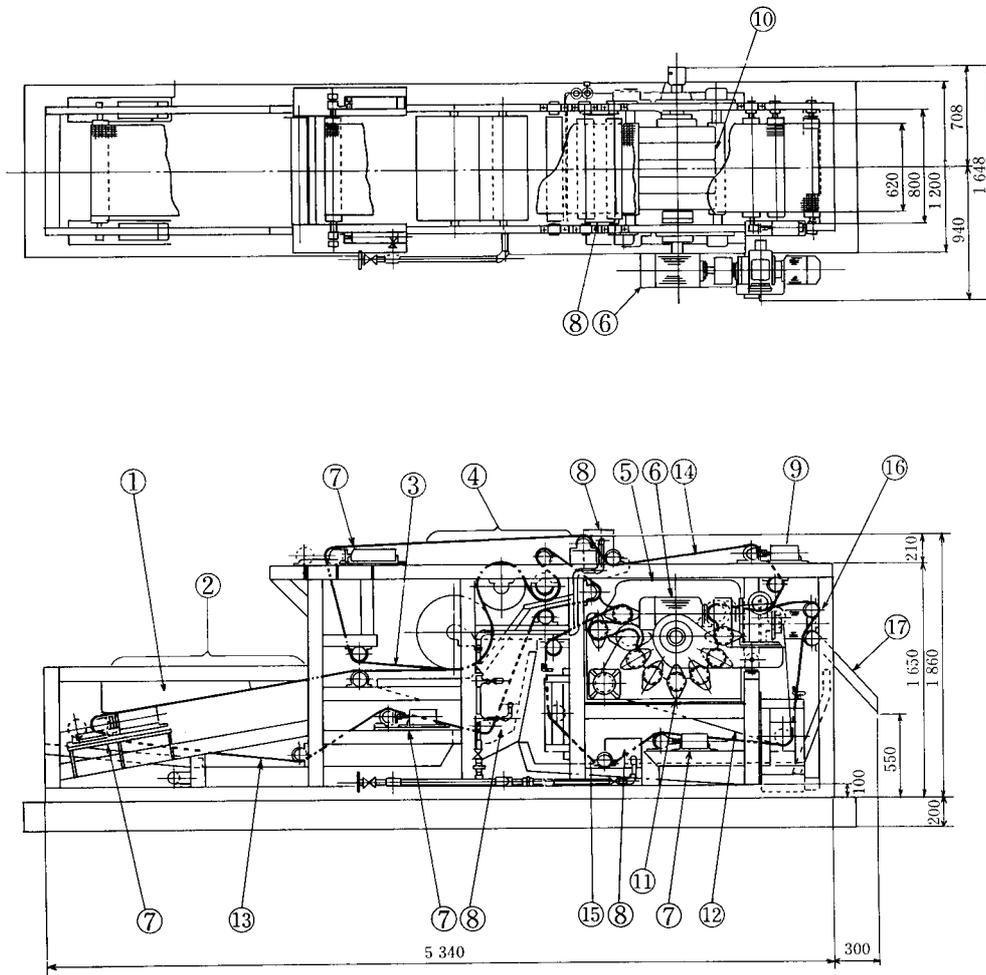
試験機とその補機設備のフローシート、脱水機本体機器図、脱水機本体の仕様をそれぞれ、第9、10図、第2表に示す。また、外観と運転状況を写真1、2に示す。



第8図 濾布蛇行防止装置
Fig. 8 Filter cloth adjustment device



第9図 試験機とその補機設備のフローシート
Fig. 9 Test plant system flow



No.	Item
1	Sludge feeder
2	Gravity dewatering zone
3	Wedge-shaped dewatering zone
4	Shearing zone
5	High pressure dewatering zone
6	Drive unit
7	Filter cloth tension unit
8	Filter cloth washing unit
9	Filter cloth adjustment device
10	Squeeze diaphragm
11	Pressure applied roller
12	Pressure applied belt
13	Filter cloth
14	
15	
16	Scraper
17	Shooter

第10図 脱水機本体機器図
Fig. 10 Diagrammatic cross-section and plan of dehydrator RDP

4. 脱水性能に関する評価

4.1 脱水性能

脱水性能は、試験機による実験の結果に基づいて確認した。

4.1.1 投入汚泥性状

投入汚泥性状を第3表に示す。

投入汚泥の平均固形濃度は、RUN-1で2.09% (最小1.98%, 最大2.26%), RUN-2で2.30% (最小2.27%, 最大2.35%)であった。

投入汚泥の平均有機物含有率は、RUN-1で63.7% (最小61.7%, 最大65.2%), RUN-2で65.1% (最小64.8%, 最大65.5%)であった。

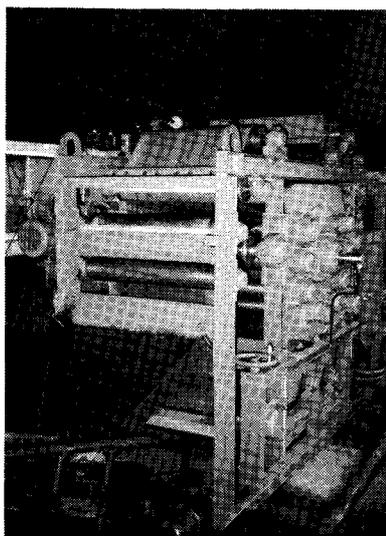


写真 1 脱水機本体
Photo. 1 Dehydrator

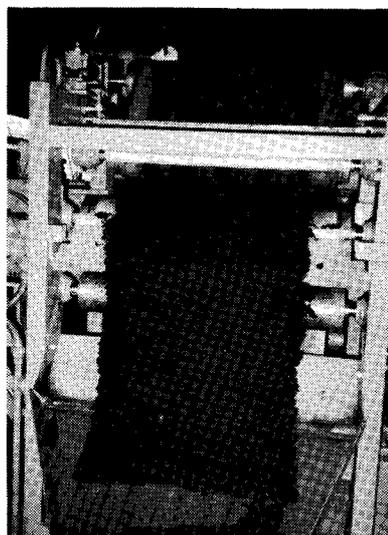


写真 2 脱水ケーキ
Photo. 2 Dewatered cake

第 2 表 脱水機本体の仕様
Table 2 Specification of dehydrator

Item	Specification			
	Gravity dewatering zone	Specification wedge-shaped dewatering zone	Shearing zone	High-pressure dewatering zone
Filter cloth width (m)	0.62			
Filter cloth effective width (m)	0.5			
Filter cloth length (m)	1.75	0.62	3.33	1.45
Effective filtration length (m)	—		2.13	1.01
Filter cloth speed, max. (m/min)	3.0			
Filtration pressure, max. (kg/cm ²)	—		0.44	4.0
Filter cloth tension (kg/cm)	2.5			
Driving unit power	Flocculation (kW)	0.4		
	Dewatering (kW)	2.2		

第 3 表 投入汚泥性状
Table 3 Nature of feed sludge

RUN No.	Test date	Item	TS	SS	VTS/TS	pH	M. alkali-	SS > 100	Tem-
			(%)	(%)	(%)	(—)	linity (mg/ℓ)	mesh (%)	perature (°C)
RUN-1	7/24	average	2.09	1.84	63.7	5.77	853	10.8	26.1
		range	1.98	1.75	61.7	5.72	829	9.02	26.0
			2.26	2.05	65.2	5.81	873	11.5	26.5
	sample number	7	7	7	7	4	4	7	
RUN-2	8/7	average	2.30	2.11	65.1	6.11	—	7.54	28.3
		range	2.27	2.08	64.8	6.10	—	6.91	27.5
			2.35	2.18	65.5	6.11	—	8.03	29.0
	sample number	7	7	7	7	—	4	7	

(operation 10:00~16:00)

第 4 表 脱水機の運転条件
Table 4 Operating Condition

Item	RUN	2		
		1	10:00~13:00	13:00~16:00
Test date	1984. 7. 24	1984. 8. 7		
Filter cloth effective width (m)	0.5	0.5		
Feeding sludge (m ³ /h)	3.25 (const.)	2.70 (const.)	3.80 (const.)	3.25 (av.)
Capacity (kg/m ³ ·h)	136 (av.)	125 (av.)	173 (av.)	149 (av.)
Filter cloth speed (m/min)	127~148	123~127	172~176	123~176
Pressure (kg/cm ²)	Shearing section	1.5 (const.)	1.0 (const.)	1.5 (const.)
	High-pressure section	0.34 (const.)	0.41 (const.)	
Filter cloth tension (kg/cm)	Upper	0.80 (const.)	1.5 (const.)	1.0 (const.)
	Under	1.0 (const.)	1.0 (const.)	1.25 (av.)
		2.0 (const.)	2.3 (const.)	

4. 1. 2 運転条件

脱水機の運転条件の範囲と平均値を第 4 表に示す。

また、投入固形物濃度、汚過速度、凝集剤添加率の経時変化を第 11~14 図に示す。

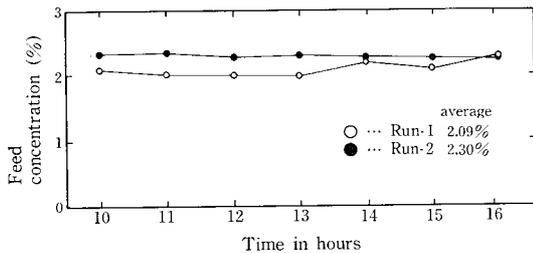
4. 1. 3 実験結果

脱水ケーキ含水率および固形物回収率の範囲と平均値を第 5 表に示す。

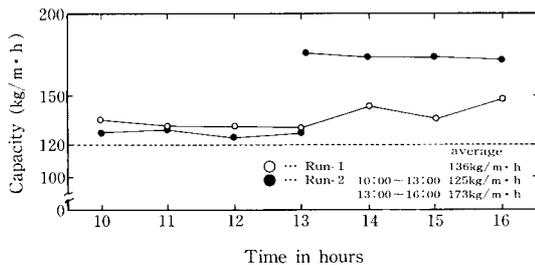
また、脱水ケーキ含水率および固形物回収率の経時変化を第 15, 16 図に示す。

RUN-1 における運転条件 (平均凝集剤添加率総合 1.42%, 平均汚過速度 136 kg/m³·h) では、平均脱水ケーキ含水率 66.3% (最小 65.2%, 最大 66.9%), 平均固形物回収率 98.2% (最小 98.1%, 最大 98.4%) であった。

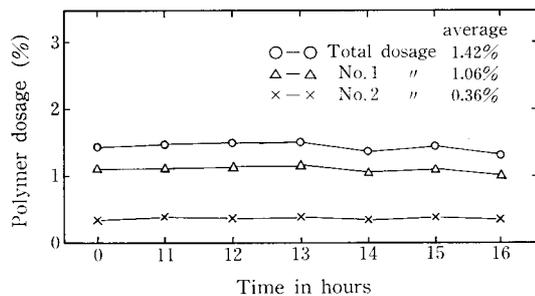
RUN-2 における運転条件 (平均凝集剤添加率総合 1.74 および 1.93%, 平均汚過速度 125 および 173 kg/m³·h) では、平均脱水ケーキ含水率 62.2% (最小 61.9%, 最大 62.6%) および 63.9% (最小 63.1%, 最大 64.3%), 平均固形物回収率 98.8% (最大 98.8%, 最大 98.8%) および 98.2%



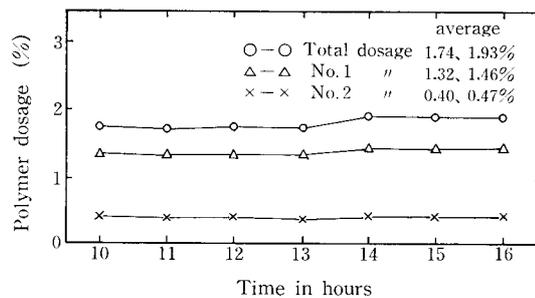
第11図 投入固形物濃度の経時変化
Fig. 11 Profile of feeding sludge concentration



第12図 沷過速度の経時変化
Fig. 12 Profile of capacity



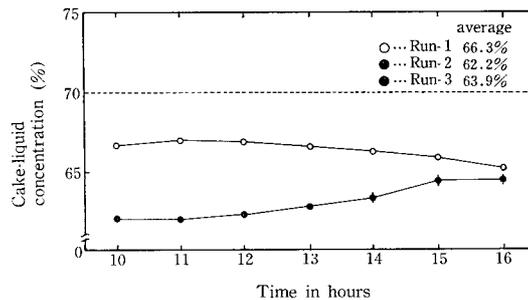
第13図 凝集剤添加率の経時変化 (RUN-1)
Fig. 13 Profile of polymer dosage



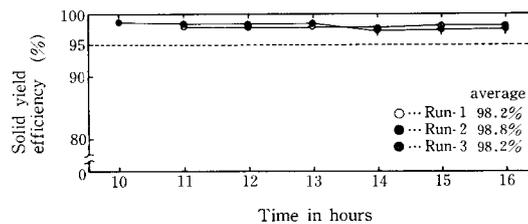
第14図 凝集剤添加率の経時変化 (RUN-2)
Fig. 14 Profile of polymer dosage

第5表 実験結果
Table 5 Result of test

Item	RUN-1	RUN-2			average
		10:10~13:00	13:00~16:00	average	
Cake-liquid concentration %	average	66.3	62.2	63.9	62.9
	range	65.2~66.9	61.9~62.6	63.1~64.3	61.9~64.3
Solid yield eff. %	average	98.2	98.8	98.2	98.5
	range	98.1~98.4	98.8~98.8	98.1~98.3	98.1~98.8



第15図 脱水ケーキ含水率の経時変化
Fig. 15 Profile of cake-liquid concentration



第16図 固形物回収率の経時変化
Fig. 16 Profile of solid yield efficiency

(最小98.1%, 最大98.3%)であった。

4. 1. 4 脱水性能に関する総括

本ベルトプレス脱水機(ロータリーダイヤフラムプレス)は、通常の混合濃縮生汚泥について120 kg/m·h以上の沷過速度で運転し、脱水ケーキ含水率70%以下、固形物回収率95%以上の脱水性能を有していると認められる。

4. 2 運転操作因子と脱水性能

運転操作因子と脱水性能について行った試験結果は以下の通りである。

4. 2. 1 凝集剤添加の影響

凝集剤添加による脱水ケーキ含水率の変化を第17図に示す。また、その実験条件を第6表に示す。

実験はアニオンとカチオンの凝集剤注入比をほぼ一定にして行った。両者の総合添加率を1.0~2.0%の範囲で添加率を増加すると脱水ケーキ含水率が低下する傾向がある。添加率を0.8%以下にすると凝集不良となった。

4. 2. 2 沷過速度の影響

沷過速度による脱水ケーキ含水率の変化を第18図に示す。また、実験条件を第7表に示す。

沷過速度120 kg/m·hのとき、脱水ケーキ含水率は64%程度であり、また、ケーキ含水率67%以下となる最大沷過速度は約160~180 kg/m·hであった。

4. 2. 3 投入汚泥濃度の影響

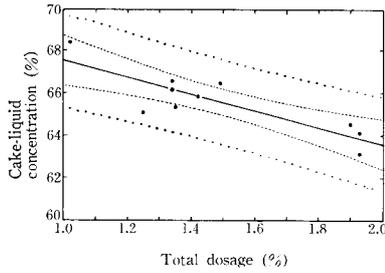
投入汚泥濃度による脱水ケーキ含水率の変化を第19図に示す。また、その実験条件を第8表に示す。

投入汚泥濃度の低下とともに、脱水ケーキ含水率は高くなる傾向がみられた。投入汚泥濃度1.43%では、脱水ケーキ含水率は68%以下であった。

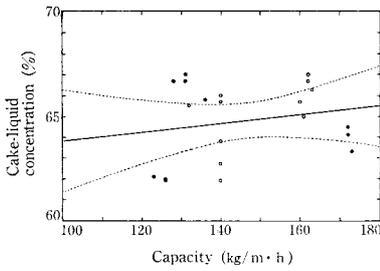
4. 2. 4 圧搾圧力の影響

圧搾圧力による脱水ケーキ含水率の変化を第20図に示す。また、実験条件を第9表に示す。

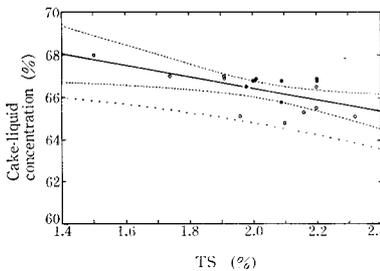
最大面圧の増加とともに脱水ケーキ含水率は低下したが、面圧が2.5 kg/cm²を超えると汚泥量によって、目も



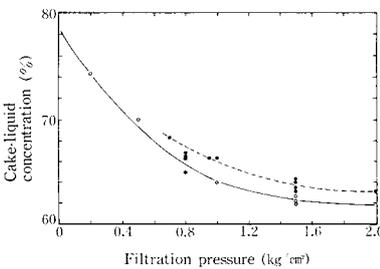
第17図
凝集剤添加率と脱水ケーキ含水率
Fig. 17
Polymer dosage vs cake-liquid concentration



第18図
汙布速度と脱水ケーキ含水率
Fig. 18
Capacity vs cake-liquid concentration



第19図
投入汚泥濃度と脱水ケーキ含水率
Fig. 19
Feed concentration vs cake-liquid concentration



第20図
圧搾圧力と脱水ケーキ含水率
Fig. 20
Squeeze pressure vs cake-liquid concentration

れや、サイドリークが生じ、最大面圧は 2.5 kg/cm^2 くらいであると考えられる。

4. 2. 5 汙布速度の影響

汙布速度による脱水率の変化を第21図に示す。また、その実験条件を第10表に示す。

汙布速度を速くすると脱水ケーキ含水率は高くなる傾向を示した。2.5 m/min までの汙布速度では68%以下の脱水ケーキ含水率が得られた。

5. 経済性に関する評価

本ベルトプレス脱水機と従来型のベルトプレス脱水機について経済性の評価を行った。建設費については、脱水機設備および脱水機棟の範囲とし、維持管理費については、脱水機設備維持管理費（人件費を除く）および焼却費とした。その結果の一例を第11表に示した。

第11表では従来型脱水機の脱水ケーキ含水率を78%と仮定したが、経済性の評価は従来型の脱水ケーキ含水率によって変化する。

第6表 実験条件
Table 6 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0 (°C)	Capacity	140±20 (kg/m·h)
pH	5.77	Filter cloth speed	1.5 (m/min)
T S	1.98~2.31 (%)	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
S S	1.75~2.12 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
VTS/TS	61.7~65.1 (%)	Polymer Dosage ratio	2 kinds cation:anion 1:0.32

第7表 実験条件
Table 7 Test condition

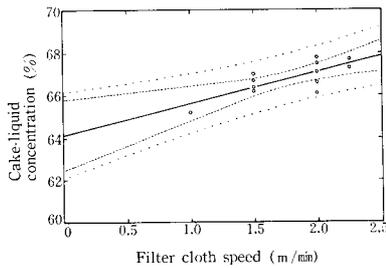
Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0 (°C)	Filter cloth speed	1.5 (m/min)
pH	5.77	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
T S	1.98~2.31 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
S S	1.75~2.12 (%)	Polymer dosage	1.34~1.48 (%)
VTS/TS	61.7~65.1 (%)	anionic	0.33~0.36 (%)
		cationic	1.01~1.12 (%)

第8表 実験条件
Table 8 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0~27.5 (°C)	Capacity	140±20 (kg/m·h)
pH	5.80~6.11	Filter cloth speed	1.0 (m/min)
VTS/TS	61.5~64.9 (%)	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
		Washing water	3.5 (m ³ /h)
		Polymer dosage	1.45~1.54 (%)
		anionic	0.38~0.42 (%)
		cationic	1.07~1.12 (%)

第9表 実験条件
Table 9 Test condition

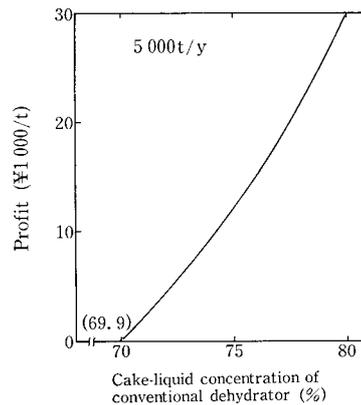
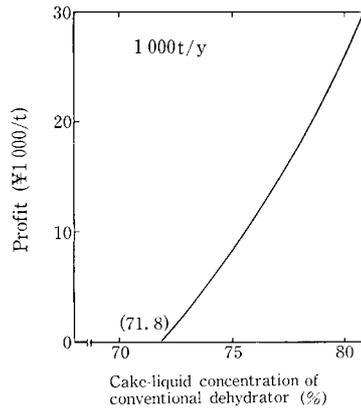
Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	27.5~29.0 (°C)	Capacity	140±20 (kg/m·h)
pH	5.8~6.11	Filter cloth speed	1.0~1.5 (m/min)
T S	1.98~2.40 (%)	Filter cloth tension	upper cloth 1.0 under cloth 1.95~2.34 (kg/cm)
S S	1.76~2.15 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
VTS/TS	58.0~62.3 (%)	Polymer dosage	1.35~1.94 (%)
		anionic	0.84~0.47 (%)
		cationic	1.01~1.47 (%)



第 21 図
 濾布速度と脱水ケーキ
 含水率
Fig. 21
 Filter cloth speed vs
 cake-liquid concentra-
 tion

第 10 表 実験条件
Table 10 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	27.5~29 (°C)	Capacity	140±20 (kg/m·h)
pH	5.70~6.10	Filtration pressure	0.8 (kg/cm ²)
T S	1.98~2.37 (%)	Filter cloth tension	upper cloth 1.0
S S	1.76~2.12 (%)		under cloth 1.96 (kg/cm)
VTS/TS	58.0~64.3 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
		Polymer dosage	1.35~1.50 (%)
		anionic	0.34~0.38 (%)
		cationic	1.01~1.12 (%)



第 22 図
 高効率型脱水機で期待
 される利益
Fig. 22
 Expected profit of
 high efficiency
 dehydrator

第 11 表 経済性に関する総括表
 (例)

Table 11 Economical evaluation

Item	Case	1,000 t/y		5,000 t/y		
		High efficiency type	Conventional type	High efficiency type	Conventional type	
Performance data	Capacity (kg/m·h)	136	120	136	120	
	Cake-liquid concentration (%)	66.3	78.0	66.3	78.0	
	Polymer dosage (%)	cationic	1.06	0.80	1.06	0.80
		anionic	0.36	—	0.36	—
Depreciation	Dewatering unit	25 670	20 130	15 210	12 740	
	Building	5 900	5 120	4 000	3 740	
	Total	31 570	25 250	19 210	16 480	
Maintenance fee		27 180	51 450	24 870	49 430	
Total (¥/t)		58 750	76 700	44 080	65 910	

従来型脱水機を基準として、今回の高効率型脱水機を採用することによって期待される利益を従来型脱水機の脱水ケーキ含水率の関数として示すと第22図のように表わされる。ただし、ここでは高効率型脱水機の脱水ケーキ含水率を従来型脱水機の脱水ケーキ含水率にかかわらず66.3%と設定した例である。

この結果から1,000 t/yのケースでは、従来型脱水機の脱水ケーキ含水率が71.8%以上の場合に、高効率型脱水機の方が経済的である。また、5,000 t/yのケースでは従来型脱水機の脱水ケーキ含水率が69.9%以上の場合に、高効率型脱水機の方が経済的となる。

6. その他の評価

その他の評価は次のようになっている。

1) 維持管理性

本ベルトプレス脱水機は、従来のベルトプレス脱水機と

比較して、運転管理、保守点検および整備補修の難易に関し、特に大きな相違はないと認められる。また周辺への影響についても従来の設備と同様対策を講ずることにより、特に問題はないと認められる。

2) 耐久性

構成部分の材質等から判断して、本ベルトプレス脱水機の耐食性は十分であると考えられる。また、耐摩耗性については、高圧部が付加されたことによる影響は確認できなかったが従来のベルトプレスと同程度と考えられる。

むすび

今回 RDP が高効率高脱水型ベルトプレスとして、建設省の技術評価を受けたわけであるが、今後とも脱水機の技術進歩は大いに進むものと考えられる。当社もこれを機会に脱水機メーカーとして、技術開発に一層努める所存である。