

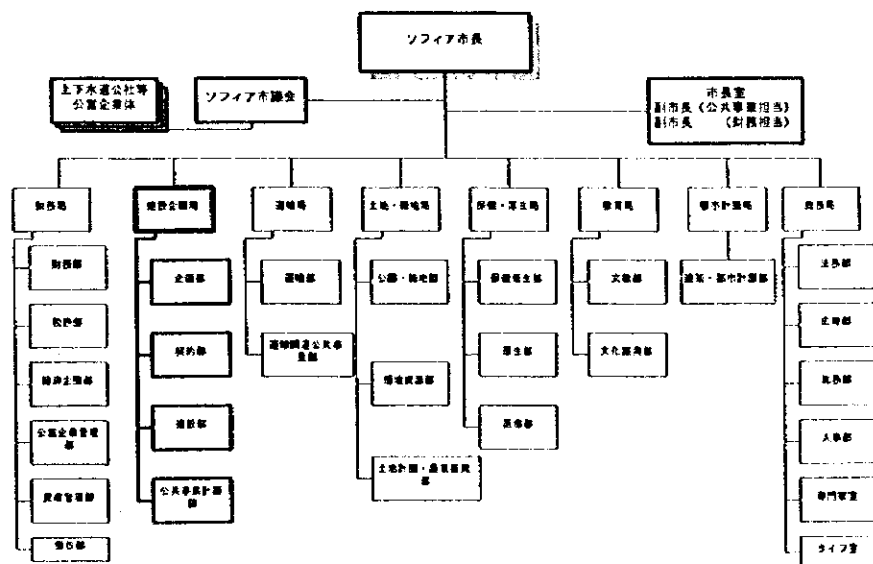
3-4 プロジェクトの実施体制

3-4-1 組織

(1) 主官庁・実施機関

本プロジェクトの行政主官庁はソフィア市である。ソフィア市の組織は下図の通りである。ソフィア市長の下に複数の副市長がおり、中の一人の副市長が公共事業担当として、水道関連のすべての実質決裁権を有する。組織は 8 局から成る。その中で、水道関連の所管は建設企画局が担当している。

建設企画局の下に企画部、契約部、建設部及び公共事業計画部の 4 部があり、契約部を除き、それぞれの部に水道担当主任が配置されている。企画部は新規建設計画と予算の承認をする。公共事業計画部は設計審査と承認。建設部は建設計画の審査、承認をする。契約部は通常、市の予算を利用するプロジェクトの場合資機材の入札を行う。



本プロジェクトの施設建設の認可は地域開発・公共事業省の管轄であり、また、施設の環境影響評価 (E I A) の承認は環境省で実施される。

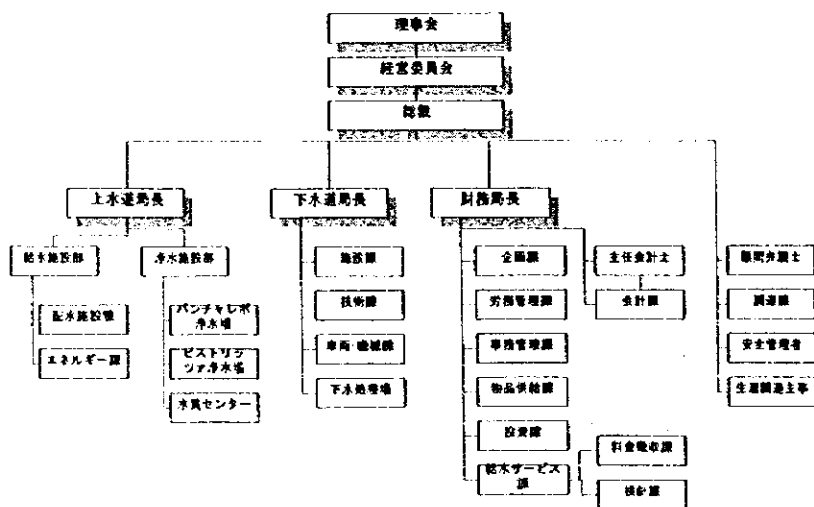
(2) プロジェクト施設運営機関

ソフィア市上下水道公社はソフィア市を監督官庁とする公営企業体である。維持管理費や施設の修理は上下水道公社自身の会計で賄っているが、新規施設の建設等大型建設案件については国や市の補助又は借入れによって賄われている。

上下水道公社の運営方針は総裁を含む4人の経営委員会によって経営方針が策定され、理事会（構成員3人）及び市議会の承認を得て決定される。

総裁の下でそれぞれ3つの局があり、上下水道の施設の維持管理を担当する2つの事業局と経理、総務を担当する1つの財務局より構成される。各局の職員数は以下のとおりである。

上水道局	: 754 人
下水道局	: 580 人
財務局	: 514 人
合計	: 1,848 人



(出典：ソフィア市上下水道公社、1998年1月)

3-4-2 予算

(1) ソフィア市の上下水道関連予算

ソフィア市全体予算と上下水道関連予算を下表に示す。水道関連予算は、1997年度で市全体予算の1.8%の29億Leva(約2億円)にあたる。市全体予算に占める水道予算の割合は大きく変化しておらず、水道予算は市全体予算とほぼ等しい伸び率を示している。

(単位：百万Leva)

	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年
上水道整備 (上水道 / 市予算)	102 1.7%	281 3.6%	211 1.7%	320 1.7%	2,908 1.8%
下水道整備 (下水道 / 市予算)	146 2.4%	293 3.7%	220 1.8%	303 1.6%	2,172 1.4%
上下水道予算合計 (上下水道 / 市予算)	249 4.1%	574 7.3%	432 3.5%	623 3.3%	5,080 3.2%
市全体予算	6,034	7,816	12,330	18,961	160,247

(資料：1998年2月、ソフィア市建設企画局企画部)

本プロジェクト建設によってソフィア市側の負担する金額は約4.7億Levaである、1997年度の市全体予算(1,602億Leva)の0.3%相当であること、また本プロジェクト実施後にピストリツァ浄水場が稼働すると施設容量の増加(新設後容量760,000m³/日-現状施設容量520,000m³/日=240,000m³/日)に伴う上下水道公社の水道料金収入の増加が約145億Leva(現行の家庭用水同料金208Leva/m³、施設稼働率80%で試算)見込まれることから、ソフィア市側負担工事にかかる費用は支払い可能と考えられる。

(2) 上下水道公社予算

本プロジェクトで建設される施設を運営する上下水道公社の財務資料として、過去5ヶ年の損益計算書を以下に示す。

(1000Leva)

			1993	1994	1995	1996	1997
収益	営業収益	水道料金	288,256	417,170	861,280	4,118,712	8,906,517
		下水道料金	168,160	301,210	395,920	2,274,012	5,079,633
		その他	6,752	8,710	18,690	87,204	197,886
	営業外収益	受取り利息	3,488	10,140	10,780	568,503	416,082
	特別収益		5,600	7,085	69,160	211,302	145,899
合計			472,256	744,315	1,355,830	7,259,733	14,776,047
費用	営業費用	労務費	536,896	737,165	1,257,970	6,766,695	13,741,338
		営業外費用	支払利息等	160	390	1,610	48,633
	特別損失		352	2,015	12,180	38,571	67,080
	合計			537,408	739,570	1,271,760	6,853,899
収支			-65,152	4,745	84,070	405,834	744,588

1993年から1997年までインフレ率が大きく、貨幣価値が各年度間で大きく異なるために、年度毎の金額比較は困難である。各年度での収支は1994年以降プラスになっており、1997年度は約7億5千万Leva（5千7百万円）のプラスである。

1996年と1997年には、特に急激なインフレがあったが、人件費が実勢価格より低く押さえられ、また水道公社では、上下水道料金を年に3回も値上げする（1997年）などした結果として収支のバランスが取れている。1992年から1997年迄の家庭用水道料金の推移は以下の通りである。

料金単位：Leva

年	1992		1993	1994			1995	1996			1997		
	1月	6月	2月	1月	2月	8月	1月	7月	12月	2月	3月	7月	
料金 (1 m ³ 当り)	0.3	0.45	1.2	1.2	1.5	2.3	10	11	29	29	86	160	

3-4-3 要員・技術レベル

ソフィア市の上水道の歴史は古く1878年に本格給水を開始している。その後1958年にはパンチャレボ浄水場の運転を開始した。市場経済の導入に伴い1992年以降、上下水道公社は公営企業体としての体裁を整えてきた。公営企業となっても、職員の間ほとんどは変わらず、施設の維持管理状況は良好である。したがって、上下水道公社職員は、取水、処理、配水、給水に至る全ての水道施設の運転技術を保有している。

上下水道公社の中には、下水道局があり、1984年に旧ソ連が設計し建設された処理能力約500,000 m³/日の下水処理場を運転している。本プロジェクトで計画される沈殿、濃縮、脱水の全ての工程がこの下水処理場にあり、下水道局の職員によって正常に維持管理されている。従って、上下水道局職員は本プロジェクトで使用される設備に対する知識、維持管理能力を保有している。但し、汚泥脱水設備については、本プロジェクトで採用されている脱水方式と、下水処理場で採用されている脱水方式に違いが有ることから、本プロジェクトにおける脱水設備の据付け、試運転期間を通して、運転・維持管理技術を習得する必要がある。

本プロジェクトの完成に伴って、パンチャレボ浄水場は大幅な改良工事のために休止する計画であり、現在の運転職員はすべて新設のピストリツァ浄水場に移籍する予定である。したがって、本プロジェクトの維持管理職員のほとんどは浄水場運転経験者によって確保できる。また、下水道局職員との人事交流によって、濃縮、脱水設備の運転管理技術習得も容易であると考えられる。

第4章 事業計画

第4章 事業計画

4-1 施工計画

4-1-1 施工方針

本計画施設の一部は「ブ」国により設計・施工済みである。これらの施設の施工に当たっては、原設計実施時に携わった設計会社/施工会社からの情報収集を行い、「ブ」国施工方針を十分に考慮する。

本計画に関連する諸機関とその関係を図4-1に示す。

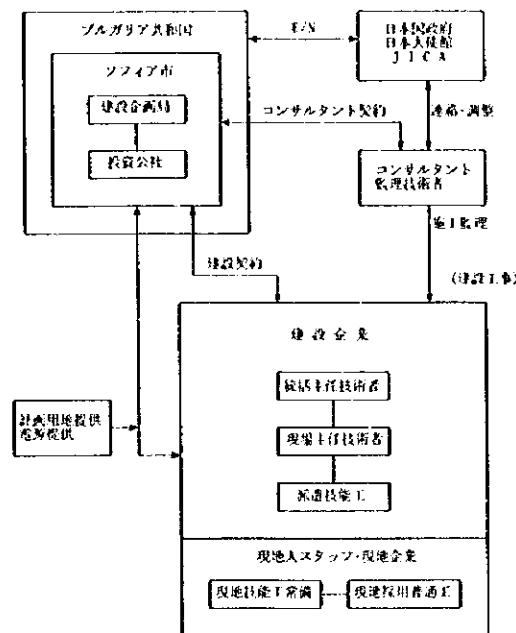


図4-1 関連諸機関とその関係

4-1-2 施工上の留意点

建設用資機材のほとんどは現地で調達可能であり、生コンクリートプラント、土取場・土捨場はいずれもサイトから10km 圏内のものが利用できる。サイトへのアクセス道は舗装されており、積雪時でもアクセス可能である。

計画施設は「ブ」国設計に基づく、プレキャストのコンクリート板を用いた構造物があり、これらの施工に当たっては「ブ」国施工技術にならった工法に配慮する。

4-1-3 施工区分

日本からの供与範囲は、原則として排水処理施設敷地内とする。

凝集剤（硫酸バンド）は日本側が浄水施設内の薬品注入室に薬品注入ポンプを設置し、配管（PVC）で沈殿池まで導くものとする。但し、沈殿池については完成間近の状態にあり土木構造物については「ブ」国側で完成するものとする。

一次電源、暖房温水、電話線は「ブ」国側で敷地内各機器接続部分迄供給する。

項目	施工区分	
	「ブ」国	日本
排水処理施設への給水（飲料水、管理用水：敷地境界線まで）	○	
一次電源供給（200 kVA、380 V、4W：敷地内電源盤まで引込み）	○	
浄水設備から沈砂池までの排水配管	○	
沈殿池および濃縮槽からの流出管	○	
雨水排水溝	○	
管理棟（脱水機棟）への温水供給（敷地境界線まで）	○	
電話線引込（敷地内電話機まで）	○	
フェンス設置	○	
沈砂池建設（1池）		○
排水貯留槽躯体補強（2池）		○
沈殿池躯体補強（1池）		○
沈殿池建設（1池）		○
沈殿池機器改修・据付（2基）		○
濃縮槽建設（1池）		○
濃縮槽機器改修・据付（1機）		○
脱水機棟建設（1棟）		○
脱水機設置（2基）		○

※「ブ」国により施工済みの配水貯留槽2池および施工中の沈殿池1池は除く

4-1-4 施工監理計画

(1) 実施設計

基本設計の見直しを行うとともに、現地調査を基に詳細設計を行い、設備の規模・数量等を確定する。これらを基に事業費積算を行い、無償資金協力事業のガイドラインに則った入札書類を準備する。

請負業者選定に当たり、無償資金協力事業のガイドラインに則った入札が実行されるよう指導する。

(2) 施工監理業務

両国の関係機関および担当者との密接な連絡を行い、建設工程に基づく施設完成を目指す。

設計図面に合致した施設を建設するために、施工関係者に対して迅速かつ適切な指導および助言を行う。

施工方法／施工技術などに関しては、技術移転を行う姿勢で臨み、無償資金協力プロジェクトとしての効果を最大限に発揮させる。

施設完成引き渡し後の運転・維持管理に対し、適切な助言と指導を行い、施設の正常な運転を促す。

(3) その他

主な監理業務の内容は以下の通り。

- ・ 工事工程および品質の管理（使用材料・資材等の書類承認、入荷資材の検査、工事段階毎の検査または立会）
- ・ 完成工事の寸法・数量の検査および承認
- ・ 必要があれば設計変更し、JICA およびブルガリア政府の承認の上、業者へ指示
- ・ 所定の報告書（月報、支払証明書、総合報告書）の作成
- ・ 工事遂行途上において発生する諸事項について「ブ」国政府との折衝
- ・ 安全管理

上記業務は工事着工から完成引き渡しまで継続して必要な業務である。従って、施工監理体制としては常駐監理とする。土木構造物の建設がほぼ施工期間全体にわたり継続するため、現場常駐管理者は土木施工の専門家とすべきである。排水処理機器の監理については、設計・制作・据付時に合わせたスポット監理とする。

4-1-5 資機材調達計画

建設資材のうち、セメント/管材/木材/配管材等ほとんどの品目が現地調達可能である。設備機器については、脱水機/ポンプ/バルブ等は第3国（ヨーロッパ）調達とする。資機材調達計画表を以下に示す。

材料名	仕様	調達国		
		「ブ」国	日本	第3国
建設資材				
セメント		○		
細骨材	砂	○		
粗骨材		○		
混和材		○		
碎石		○		
砂		○		
モルタル	1:3	○		
木材		○		
鋼材		○		
合板	t=12mm	○		
単管パイプ	Scaffolding	○		
膨張目地材	t=10mm	○		
鉄筋		○		
止水板	B=20cm	○		
加熱式注入アスファルト	弾性	○		
生コン		○		
塩ビ管	φ150, L=5m	○		
釘		○		
ヒューム管	φ800、1000、1300	○		
U字溝		○		
薬品注入ポンプ				○
渦巻きポンプ				○
水中ポンプ				○
コンプレッサー	7.5kW			○
スラッジミキサー	5.5kW			○
フィルタープレス式脱水機	15kW			○
ベルトコンベヤ				○
ケーキホッパー				○
供与機材				
ダンプトラック	3トン	○		

4-1-6 実施工程

我が国の無償資金協力制度に基づき、以下の通りの業務実施工程とした。

業務実施工程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
実施設計	現地調査											
		国内作業										
					入札業務							
施工・調達	仮設工事											
			沈砂池工事									
			沈殿池工事(新設)									
						濃縮槽工事						
									汚泥計量槽工事			
								脱水機棟・設備工事				
									場内造成工事			
								道路工事				

4-1-7 相手国負担事項

M/Dで確認された「ブ」国負担事項は以下の通りである。

1	日本の外為銀行に対する銀行取り決めに基づく銀行取引の委任
2	ブルガリア荷揚港での迅速な荷下ろし/免税/通関手続きの保証
3	契約に基づく製品・サービスの供給に関連して必要となるサービスを持つ日本国民に対して、業務目的でブルガリアに入国および滞在するために必要な施設等の供与
4	事業実施に必要な許認可
5	無償資金協力事業を適切かつ効果的に維持管理するための予算および人員の確保
6	計画施設の用地確保
7	建設開始前の敷地清掃・整地
8	無償資金協力による施設の適切かつ効果的な利用および維持管理
9	敷地への電力・水・その他設備の供給
10	無償資金協力による事業費以外に発生する施設建設に必要な費用、交通費および設備設置費用

4-2 概算事業費

4-2-1 概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な総事業費は、約億円となり、先に述べた「ブ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、次の通りと見積もられる。

(1) 日本側負担経費

事業費区分	
(1) 建設費	9.9 億円
ア. 直接工事費	(7.3 億円)
イ. 現場経費	(0.8 億円)
ウ. 共通仮設費等	(1.8 億円)
(2) 機材費	0.1 億円
(3) 設計・監理費	1.1 億円
合計	11.1 億円

(2) 「ブ」国負担経費

1	排水処理施設への給水(飲料水、管理用水)	Dia. 75, 3.5 l/s	14,700 US\$	1.9 百万円
2	一次電源供給	200 kVA, 380 V, 3x120+70mm ²	115,500 US\$	15.0 百万円
3	浄水設備から沈砂池までの排水配管	Dia. 800	3,075 US\$	0.4 百万円
4	沈殿池および濃縮槽からの流出管	Dia. 600	16,650 US\$	2.1 百万円
5	雨水排水溝		2,250 US\$	0.3 百万円
6	管理棟(脱水機棟)への温水供給		32,500 US\$	4.2 百万円
7	電話線引込		16,200 US\$	2.1 百万円
8	フェンス設置		62,000 US\$	8.1 百万円
	合計		262,875 US\$	34.1 百万円

為替交換レート： 1US\$=130 円

(3) 積算条件

積算時点	平成10年3月
為替交換レート	1 US\$ = 130.00 円 1 US\$ = 1,781.15 円 1 Leva = 0.07299 円 1 ドイツマルク = 72.99 (1 ドイツマルク=1000Leva、固定為替)
施工期間	詳細設計、工事(または機材調達)の期間は、施工工程に示したとおり。
その他	本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものとする。

4-2-2 維持・管理計画

(1) 維持・管理体制

維持管理組織

本計画施設はソフィア市上下水道公社により維持管理・運営される。施設の維持管理組織は、公社の上水道局の下に置かれる。施設の運転は、ピストリツァ浄水場運転開始後リハビリを実施するパンチャレボ浄水場の人員が行うものとする。

人員計画

排水処理施設の運転管理は、現在パンチャレボ浄水場で行われている方式(4チーム、1シフト12時間)を参考として、1チームを3名(技術者1名+運転員2名)で構成し、4チーム編成で行うものとする。また、汚泥ケーキ搬出のための運転手2名が必要である。

(2) 維持管理費

維持管理費は、人件費/薬品費/電力費/車輛燃料費/修繕費/汚泥処分費により構成される。

概算維持管理費を以下に示す。ただし、汚泥処分費は現在処分方法が未定であり、維持管理費に含まれていない。

概算維持管理費

(A) 排水処理量 (m ³ /年)	(B) 維持管理費 (×10 ³ Leva/年)						合計
	(B1) 人件費	(B2) 薬品費	(B3) 電力費	(B4) 車両燃料	(B5) 修繕費 1	(B6) 修繕費 2	
3,917,810	56,000	35,531	63,293	1,278	27,517	30,000	213,619
	26.2%	16.6%	29.6%	0.6%	12.9%	14.0%	100.0% (B1-B6)

- (A) 排水処理量 (一日平均逆洗水量) × 365 日
= 10,816 m³/日 × 365 日 = 3,917,810 m³
- (B1) 人件費 (運転技術者数、運転手) × (年間一人あたり労務費^{*1})
= 14 人/日 × 4,000,000 Leva/人 = 56,000,000 Leva
- (B2) 薬品費 (凝集剤注入率) × (A:排水処理量) × (凝集剤価格^{*2})
= 30 mg/l × 3,917,810 m³ × 300 Leva/kg = 35,530,560 Leva
- (B3) 電力費 (一日あたり電力消費量^{*3}) × (平均電力料金^{*4}) × 365 日
= 2091.48 kWh/日 × 82.91 Leva/kWh × 365 日 = 63,292,681 Leva
- (B4) 車両燃料 (一日あたり燃料消費量) × (燃料費) × 365 日
= 5 lit/日 × 700 Leva/lit × 365 日 = 1,277,500 Leva
- (B5) 修繕費 1^{*5} $\{((B1)+(B2)+(B3)+(B4)) / (100\% - 15\%) \times 15\%$
= 156,100,741 Leva / 85% × 15% = 27,547,190 Leva
- (B6) 修繕費 2 脱水機ろ布交換 (2 枚/年)
= 15,000,000 Leva/枚 × 2 枚 = 30,000,000 Leva

*1 年間一人あたり労務費

パンチャレボ浄水場ならびに上下水道公社の労務費および職員数(1997年)から人件費を推定した。

	上下水道公社	パンチャレボ浄水場
A. 労務費	6,634,212,000 Leva	130,806,000 Leva
B. 職員数	1,850 人	33 人
C. 職員一人あたり労務費(A/B)	3,586,061 Leva/人	3,963,818 Leva/人

以上より、一人あたり人件費を 4,000,000 Leva として計算する。

*2 凝集剤価格

ソフィア市上下水道公社提供資料(1998年5月)より、硫酸バンド価格を 300 Leva/kg と設定する。

*3 一日あたり電力消費量

一日あたり電力消費量を下式により算出した。詳細は次頁に示す。

$$(\text{一日あたり電力消費量}) = \Sigma \{(\text{各機器の電力消費量}) \times (\text{一日あたり運転時間})\}$$

*4 電力料金

「ブ」国の電力料金は、季節および時間帯により電力料金が異なるため、これら料金を加重平均し、年間平均の電力料金を求めた。

*5 修繕費 1

パンチャレボ浄水場の 1995 年/1996 年の平均維持管理費率(20%)より、新規施設の修繕費率(ろ布交換費用を除く全体維持管理費の 15%)を設定した。

一日あたり電力消費量の計算

No.	機器名	運転台数	一台あたり電力消費量 (kW/台)	運転時間/日 (hr/日)	一日あたり電力消費量 (kWh/日)
1	排泥ポンプ	1	3.70	0.2	0.74
2	攪拌ポンプ	4	5.50	24.0	528.00
3	沈殿池流入バルブ	2	0.75	24.0	36.00
4	凝集剤注入ポンプ	2	0.75	24.0	36.00
5	高分子凝集剤注入ポンプ	2	0.75	24.0	36.00
6	高分子凝集剤攪拌機	2	2.20	1.0	4.40
7	沈殿池掻寄機駆動部	2	0.75	24.0	36.00
8	濃縮槽流入バルブ	2	0.75	8.0	12.00
9	濃縮槽掻寄機駆動部	1	0.75	24.0	18.00
10	汚泥引抜ポンプ	1	11.00	8.0	88.00
11	上澄水ポンプ	1	18.50	16.0	296.00
12	汚泥調整槽攪拌機	2	5.50	24.0	264.00
13	汚泥注入ポンプ	2	15.00	7.5	225.00
14	脱水機	2	55.00	3.0	330.00
15	電動式クレーン	2	2.20	0.1	0.44
16	コンプレッサー	1	7.50	2.0	15.00
17	雑排水ポンプ	1	3.70	12.0	44.40
18	脱水ケーキホッパー	2	1.50	0.5	1.50
19	温水湯沸かし器	1	15.00	8.0	120.00
	合計				2091.48

(3) 財政収支予測

本計画運転開始後は、前述の排水処理施設維持管理費が発生する。本施設はビストリツァ浄水場の浄水処理過程において排出される汚水を処理する施設であるため、施設の維持管理費はビストリツァ浄水場の上水道料金によりまかなわれる。

ソフィア市上下水道公社の損益計算書からの検討

ビストリツァ浄水場稼働後は、パンチャレボ浄水場はリハビリのために運転休止される。このため上水道部門は、パンチャレボ浄水場の替りにビストリツァ浄水場の収益で運営されることになる。しかし現在ビストリツァ浄水場は建設中であるため、ここでは現状の上下水道公社の運営状況下において本計画施設を稼働した場合を仮定するものとする。

1997年の上下水道公社の損益計算書(概要)を以下に示す。

収入	14,776,047,000 Leva
支出	14,031,459,000 Leva
収支差	744,588,000 Leva

排水処理施設の維持管理費(213,649,000 Leva、汚泥埋立費を除く)は、損益計算書より1997年の予算の1.5%に相当する。

現行水道料金からの検討

ビストリツァ浄水場が運転開始した場合、排水処理施設の有収水量 1m^3 あたりの維持管理費を算出した。

A1	ビストリツァ浄水場年間浄水量 (平常時運転:6.75 $\text{m}^3/\text{秒}$)	212,868,000 $\text{m}^3/\text{年}$
A2	ビストリツァ浄水場年間有収水量 (有収率:43.7%)	93,023,000 $\text{m}^3/\text{年}$
B	排水処理施設維持管理費	213,649,000 Leva/年
C1	浄水量 1m^3 あたり排水処理施設維持管理費 ($C1 = B/A1$)	1.00 Leva/ m^3
C2	有収水量 1m^3 あたり排水処理施設維持管理費 ($C2 = B/A2$)	2.30 Leva/ m^3

一方、現行の家庭用上下水道料金は208 Leva/ m^3 (工業・商業用は216 Leva/ m^3)であるから維持管理費(2.30 Leva/ m^3)は、現行水道料金の約1%である。つまり、排水処理施設運転のための費用は水道料金を大きく左右する要素ではない。また、料金徴収率を上げる等、有収水量率を上げることで維持管理費の水道料金に占める割合はさらに低くなる。

第5章 プロジェクトの評価と提言

第5章 プロジェクトの評価と提言

5-1 妥当性に係わる実証・検証及び裨益効果

本プロジェクトの実施により次のような効果が予想される。

(1) ビストリツァ浄水場の運転開始

本プロジェクトの排水処理施設建設により、ビストリツァ浄水場の運転が可能となり、現状のパンチャレボ浄水場より良好な水質の飲料水をソフィア市民に供給することが出来る。ビストリツァ浄水場は、通常運転時 583,200 m³/日 (6.75 m³/s) の浄水能力を持つが、この量は現在のソフィア市の全給水量 (645,270 m³/日) の 90% にあたる。ビストリツァ浄水場の水はソフィア市の他の水源の水と市内の配水池で混合されて給水されるため、実質的にはソフィア市のほぼ全人口 (1,200,000) が現状より良好な水質の水を利用することが出来るようになる。

本プロジェクトの代替案として、パンチャレボ浄水場のリハビリを行いその浄水水質を改善することが考えられるが、リハビリを実施しても処理量は 371,000 m³/日 (4.3 m³/s) 程度であり、現状のソフィア市の水需要に対応するためには 150,000 m³/日程度の水は浄水処理をバイパスさせ、塩素消毒のみで給水せざるを得ない。パンチャレボ浄水場のリハビリにあたっては、環境法によって新たに排水処理施設の建設が義務付けられており、5億円程度と予測されるリハビリ費用に加えて、本プロジェクトに匹敵する排水処理施設建設費用が必要となる。

従って、裨益効果、費用面から見て、ビストリツァ浄水場排水処理施設建設はソフィア市の給水状況改善に最も有効なプロジェクトと考えられる。

(2) 環境への貢献

ビストリツァ浄水場からは、通常運転時、固形物約 3.1 ton(乾燥重量)を含む 10,816 m³/日の排水が発生する。本プロジェクトによる排水処理施設は、この排水から 90% 以上の固形物を除去、水質環境基準を遵守し、放流先であるイスカール川の河川環境を保全する。

5-2 技術協力・他ドナーとの連携

1998 年中には他ドナーの援助による事業はない。

5-3 課題

ソフィア市上水道公社が、水量・水質ともに安定した給水サービスを維持し、本排水処理施設を適切に運営するための今後の課題は以下とおりである。

(1) 無収水率の低減

現状、市全体の無収水率は 55% である。上下水道公社の推計によると、それによって生ずる年間の損失金額は 5 億 Leva (1997 年) である。同年の給水総収入は 11 億 4 千万 Leva であり、かなり大きな損失といえる。無収水率低減のために以下の具体的な対策が考えられる。

- ・ 全体生産水量の約 23% を占める漏水の改善： 市内配水配管で管敷設後 50 年を越えた老朽管 (約 381km) とアスベスト管 (約 752km) を新規管と交換する。これら交換すべき管は、既存配管の総延長の 48% に当たる。
- ・ 全体生産水量の約 32% に当たる料金未収水量の低減： 古い水道メーターの交換と全体未収金の半分を占める盗水の防止。

(2) 適切な排水処理施設の運営

- ・ 効率の良い経済的な運転技術の習得： 「ブ」国の上水道施設の運転では、薬品代 (塩素、凝集剤) が全体経費の 51% を占め最も高い。そのために排水の変動に対しきめ細かい薬品注入量の調整をすることによって経費削減が期待できる。
- ・ 運転管理技術の向上： 維持管理費を低減するために、運転職員は各設備の運転管理の習熟度を高め、故障率を低減する。
- ・ 脱水機設備の運転管理技術の習得： 本プロジェクトで導入される脱水設備は、ソフィア市で始めて導入される方式を採用しており、ソフィア市は設備の据付・試運転期間を通して、運転・維持管理技術の習得に努める必要がある。特に、安定した含水率の汚泥ケーキを得るため、汚泥性状の変化に伴う脱水機の調整方法

の習得が必要である。

添付資料

資料一 1 調査団員名簿

基本設計調査団員名簿

1. 総括	菊地 太郎	外務省 経済協力局 無償資金協力課
2. 技術参与	松田 雅幸	大阪市 水道局 工務部 庭窪浄水場 送水係
3. 計画管理	菅野 祐一	国際協力事業団 無償資金協力調査部 調査第一課
4. 業務主任/運営・維持管理計画	岡賀 敏文	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル
5. 浄水場計画/排水処理	中武 俊一	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル
6. 機械・電気設備計画/排水処理	川西 亮平	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル
7. 土木設計/施工計画	吉名 功志	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル
8. 調達計画/積算	任田 直人	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル

基本設計概要説明調査団員名簿

1. 総括	山本 敬子	国際協力事業団 国際協力研究所 国際協力専門員
2. 業務主任/運営・維持管理計画	岡賀 敏文	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル
3. 浄水場計画/排水処理	中武 俊一	株式会社パシフィックコンサルタンツ インターナショナル

資料一 2 調査日程

基本設計調査日程

(1/2)

日程	官団員	コンサルタント
1/24	移動 (東京→[JL407/LH715]→フランクフルト)	
1/25	移動 (フランクフルト→[LH3378]→ソフィア)	
1/26	大使館表敬、JICA 駐在員事務所訪問、ブルガリア外務省表敬、ソフィア市表敬/IC/R 説明・協議	
1/27	現地調査 (イスカルダム、パンチャレボ浄水場、市内配水池、ピストリッツァ浄水場)	
1/28	調査内容協議	
1/29	M/D 協議、ソフィア市上下水道公社表敬	
1/30	M/D 署名、大使館報告、JICA 駐在員事務所報告 移動 (ソフィア→[LH3385]→フランクフルト →[JL408]→)	継続調査
1/31	移動 (→[JL408]→東京)	団内打合
2/1	休日	
2/2	ソフィア市 (調査行程打合)、 ソフィア市上下水道公社	
2/3	情報収集 (計画施設原設計、浄水場建設設計)	
2/4	情報収集 (地域開発・公共事業省表敬)、 川西/吉名団員 (フランクフルト→ソフィア)	
2/5	情報収集 (構造計算、土質資料)、 水質・汚泥試験打合 (パンチャレボ浄水場)	
2/6	情報収集 (環境・水・鉱物資源省、ソフィア市 上下水道公社)	
2/7	資料整理	
2/8	休日	
2/9	ソフィア市へ調査進捗状況報告 水質・汚泥試験準備 (パンチャレボ浄水場)	
2/10	ピストリッツァ浄水場 資材調達計画情報収集 水質・汚泥試験実施 (パンチャレボ浄水場)	
2/11	市内下水処理場 水質・汚泥試験実施 (パンチャレボ浄水場)	
2/12	現場測量打合	
2/13	環境省地域監視事務所 現場測量実施 (ピストリッツァ浄水場)	
2/14	資料整理	

(2/2)

日程	官団員	コンサルタント
2/15		休日
2/16		現場測量実施 (ピストリッツァ浄水場) 環境水質データ収集 (環境省)
2/17		Technical Notes 協議 環境水質データ収集 (気象水文研究所)
2/18		Technical Notes 協議
2/19		Technical Notes 署名 水質・汚泥追加試験 (パンチャレボ浄水場)
2/20		大使館報告、JICA 駐在員事務所報告 移動 (ソフィア→[LH3445]→フランクフルト)
2/21		移動 (フランクフルト→[LH715]→)
2/22		移動 (→[LH715]→東京)

基本設計概要説明調査日程

日程	官団員	コンサルタント
5/19		移動 (東京→[LH711]→フランクフルト)
5/20		移動 (フランクフルト→[LH3406]→ソフィア)
5/21		大使館表敬、JICA 駐在員事務所訪問、ソフィア市表敬/DF/R 説明・協議
5/22		DF/R 協議
5/23		サイト調査
5/24		団内打ち合わせ・資料収集
5/25		M/D 協議
5/26		M/D 協議/M/D 署名、JICA 駐在員事務所報告
5/27		大使館報告、移動 (ソフィア→[LZ437]→フランクフルト→[JL408]→)
5/28		移動 (→東京)

資料-3 相手国関係者リスト

1. ソフィア市
ステファン ソフィアンスキー 市長
イワン ゲチェフ 副市長
ペエタール ストイロフ 公共事業部
スベトザール ストヤノフ 財務企画部 上下水道主席技師
スタニスラフ ミンコフ 上下水道課
2. 外務省
ボイコ ミルチェフ 副大臣
イワン シミトロフ 参事官、アジア・オーストラリア・オセアニア課

ニコライ マリフ アジア・オーストラリア・オセアニア課
スタニスラフ バエフ アジア・オーストラリア・オセアニア課
3. ソフィア市上下水道公社
ニコライ ベロフ 総裁
ロッセン ペトコフ 財務局 局長
リリアナ バッシレヴァ 財務部 企画課
ステファン ザハリエフ ビストリツァ浄水場長
アレキサンダー シシコフ パンチャレボ浄水場、副場長
ニコライ ミハイロフ ビストリツァ浄水場、主任電気技師
4. ソフィア市投資公社 (Sof Invest.)
フリスト ザムリゾフ 浄水場建設投資部長
5. 地域開発・公共事業省
プラメン ニキフォロフ 上下水部門長
6. 環境・水・鉱物資源省
コンスタンチン パパゾフ 水部門、主任
7. エコ・グラント (設計会社)
ルボミール ステファノフ ビストリツァ浄水場設計担当
8. ヒドロストロイ (建設会社)
ラドカ クレバ 財務部、主任
9. ソフィア市建築・土木・測地学大学 (テクニカルアドバイザー)
トドル ギイルグイノフ 上下水道学部、教授

資料-4 当該国の社会・経済事情

(1/2)

国名	ブルガリア共和国 Republic of Bulgaria
----	----------------------------------

一般指標			
国名	ブルガリア共和国	面積	110.91 千km ²
政体	民主制	人口	8,612,757 千人(1996年)
元首	President Zhelyu Mitev ZHELEV	首都	ソフィア
独立年月日	1908年9月22日	主要都市名	ブクティフ、ゲルゲ、 ブコエ、ヴラト
人種(部族)構成	ブルガリア人(85.3%)・トルコ人 (8.5%)・マクドニア人(3%)・ジプシー (3%)	経済活動可能人口	4,000 千人(1995年)
言語・公用語	ブルガリア語	教育制度	8年間(1997年)
宗教	ブルガリア正教(85%)・イスラ ム教(13%)・ユダヤ教(1%)・ その他(1%)	初等教育就学率	83.0%(1994年)
国連加盟	1955年12月	識字率	93%(1994年)
世銀・IMF加盟	1990年9月	人口密度	77.91人/km ² (1994年)
		人口増加率	0.5%(1996年)
		平均寿命	平均71才 男67.07 女75.12
		5才児未満死亡率	19/1000人
		カロリー供給率	- 1000kcal/日/人(-年)

経済指標			
通貨単位	レフ	貿易量	- 百万ドル
為替レート	- (一年一月)	輸出	4,159.2 百万ドル
会計年度	1月1日~12月31日	輸入	4,007.6 百万ドル
国家予算	- 百万ドル(-年度)	輸入カバー率	0.7月(1995年)
歳入	- 百万ドル	主要輸出品目	機械、機械機器、農産物(1994 年)
歳出	- 百万ドル	主要輸入品目	燃料資源、機械、機械機器 (1994年)
国際収支	- 百万ドル(-年度)	日本への輸出	31.3 百万ドル(1996年)
ODA受取額	- 百万ドル(-年度)	日本からの輸出	16.5 百万ドル(1996年)
国内総生産(GDP)	12,366.00 百万ドル(1995年 度)		
一人当たりGNP	1,330.0 百万ドル(1995年)	外貨準備総額	百万ドル()
GDPの産業別構成	産業 13.0%(1995年) 鉱工業 34.0%(1995年) サービス業 53.0%(1990年)	対外債務残高	1,256.0 百万ドル(1995年)
産業別雇用	農業 13.0%(1990年) 鉱工業 48.0%(1990年) サービス業 38.0%(1990年)	対外債務返済率	18.8%(1995年)
経済成長率	-4.3%(1995年)	インフレ率	57.5%(1993年)
		国家開発計画	- 年 ~ - 年

気象(1961~1990年平均)													
場所: Sofia											(標高 550m)		
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均/計
最高気温	2.0	4.0	10.0	16.0	21.0	24.0	27.0	26.0	22.0	17.0	9.0	4.0	15.2℃
最低気温	-4.0	-3.0	1.0	5.0	10.0	14.4	16.0	15.0	11.0	8.0	3.0	-2.0	6.2℃
平均気温	-1.5	1.0	4.9	10.2	14.4	17.7	20.0	19.8	16.3	10.6	5.1	0.6	9.9℃
降水量	36	28	41	61	87	73	68	64	41	65	48	49	661mm
雨期乾期													

(2/2)

国名	ブルガリア共和国
	Republic of Bulgaria

項目	年度	1992	1993	1994	1995
技術協力		2,699.97	2,892.93	3,087.67	2,796.65
無償資金協力		2,194.95	2,244.22	2,456.48	3,256.28
有償資金協力		5,852.05	3,939.97	4,352.21	3,878.11
総額		10,746.97	9,077.12	9,896.36	9,931.04

項目	年度	1992	1993	1994	1995
技術協力		3.10	5.79	7.33	9.63
無償資金協力		0.38	0.30	0.39	0.51
有償資金協力		0.00	0.00	0.00	0.00
総額		3.48	6.09	7.72	10.14

	贈与 (1)	有償資金協力 (2)	政府開発援助 (ODA) (1)+(2)=(3)	その他政府資金 及び民間資金 (4)	経済協力総額 (3)+(4)
二国間援助 (主要供与国)	48.40	0.00	48.40		48.40
1. ドイツ	14.70	0.00	14.70		14.70
2. 日本	10.10	0.00	10.10		10.10
3. フランス	6.50	0.00	6.50		6.50
4. アメリカ	5.00	0.00	5.00		5.00
多国間援助 (主要援助機)	62.60	0.00	62.60		62.60
1. CEC					
2. EBRD					
その他					
合計	111.00	0.00	111.00		111.00

技術	関係各省庁機関→対外経済関係者(従来)産業貿易者
無償	
協力隊	

資料-5 排水（汚泥）処理量計算書

(1) ビストリツァ浄水場の浄水工程の運転

逆洗水量

	浄水量	ろ過池逆洗浄間隔
平常運転時	$Q = 6.75 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow$	48 時間
最大運転時	$Q = 8.8 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow$	36 時間

原水水質

原水濁度（1990年から1996までの月平均データ）

月	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
濁度	2.6	2.5	2.7	3.6	3.3	3.4	2.8	2.0	1.8	2.1	2.4	2.8	2.7

設計原水濁度 = 3.6 mg/l（月平均値の最大）

(2) ビストリツァ浄水場からのろ過池逆洗浄排水量（汚泥処理施設への流入排水）

汚泥処理施設への流入排水量は、常に排水を受け入れる必要があることから、最大運転時（最大流量時）を想定して計算を行う。

設計条件

最大運転時: $Q = 8.8 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow$ ろ過池洗浄間隔 = 36 hrs

\Rightarrow 一日あたりの逆洗浄池数 = 21 池

ろ過池一池あたりのろ過面積 = 140 m^2

逆洗浄ポンプの流量 = $3.86 \text{ l}/\text{sec.}/\text{m}^2$ （ろ過面積あたり）

水による逆洗浄時間 = 15 minutes

設計計算

ろ過池一池あたりの逆洗浄水量 (V_{bk})

$$V_{bk} = 3.86 \text{ l/sec./m}^2 \times 140 \text{ m}^2/\text{filter} \times 15 \text{ min.} \times 60 \text{ sec./min.} = 486 \text{ m}^3$$

逆洗浄中のろ過池への流入水量 (V_{in})

$$V_{in} = 8.8 \text{ l/sec.} / 32 \text{ filters} \times 15 \text{ min.} \times 60 \text{ sec./min.} = 248 \text{ m}^3$$

ろ過池一池あたりの逆洗浄中の全排水量 (V_{tbk})

$$V_{tbk} = V_{bk} + V_{in} = 486 \text{ m}^3 + 248 \text{ m}^3 = 734 \text{ m}^3$$

一日あたりの全逆洗浄水量 (Q_d)

$$Q_d = 676 \text{ m}^3 / \text{filter} \times 21 \text{ filters} = 10,816 \text{ m}^3 / \text{day}$$

(平常運転時)

一日あたりの全逆洗浄水量 (Q_d)

$$Q_d = 734 \text{ m}^3 / \text{filter} \times 16 \text{ filters} = 11,744 \text{ m}^3 / \text{day}$$

(3) 逆洗浄水中の汚泥含有量

ビストリツァ浄水場は、平常運転・最大運転のもしくはその中間の状態で開催されるが、脱水機規模決定の根拠となる逆洗浄水中に含まれる汚泥量は平常運転時を想定して計算する。最大運転時等での汚泥の増量分は、脱水機の運転時間を延長することにより対応する。

設計条件

原水濁度 = 3.6 mg/l

浄水濁度 = 0.5 mg/l (assumed)

凝集剤 (Alum (as 17 % Al_2O_3)) 注入率 = 5 mg/l

注入凝集剤(alum (as 17 % Al_2O_3))1 mg/l に対して、0.44 mg/l 固形物が発生する。
(AWWA, ASCE. Water Treatment Plant Design. 1998, page 488)

浄水量 = 6.75 $\text{m}^3/\text{sec.}$ (平常運転時)

設計計算

$$\text{水酸化アルミニウム汚泥発生量} = 5 \text{ mg/l} \times 0.44 = 2.2 \text{ mg/l}$$

$$\text{原水中の濁度分の内ろ過池で除去される量} = 3.6 \text{ mg/l} - 0.5 \text{ mg/l} = 3.1 \text{ mg/l}$$

$$\text{除去される固形物量} = 2.2 \text{ mg/l} + 3.1 \text{ mg/l} = 5.3 \text{ mg/l} \quad (\text{浄水量あたり})$$

平常運転時の逆洗浄水中の汚泥含有量 (W_d) (一日あたり)

$$\begin{aligned} W_d &= 6.75 \text{ m}^3 / \text{sec.} \times 5.3 \text{ mg/l} = 6.75 \text{ m}^3 / \text{sec.} \times 86,400 \text{ sec./day} \times 5.3 \times 10^{-6} \text{ ton /m}^3 \\ &= 3.1 \text{ ton /day} \end{aligned}$$

脱水機運転時間: 10 hours /日 (週7日運転)

(最大運転時)

最大運転時の逆洗浄水中の汚泥含有量 (W_d) (一日あたり) (浄水量 = 8.8 m³/sec.)

$$\begin{aligned} W_d &= 8.8 \text{ m}^3 / \text{sec.} \times 5.3 \text{ mg/l} = 8.8 \text{ m}^3 / \text{sec.} \times 86,400 \text{ sec./day} \times 5.3 \times 10^{-6} \text{ ton /m}^3 \\ &= 4.0 \text{ ton /day} \end{aligned}$$

予測される脱水機運転時間: 14 hours /日 (週7日運転)

資料--6 ろ過池洗浄排水（汚泥）の性状に関する実験結果

ろ過池洗浄排水について、排水処理施設の工程・規模、脱水方式の検討の基礎データを得るため以下の試験を実施した。

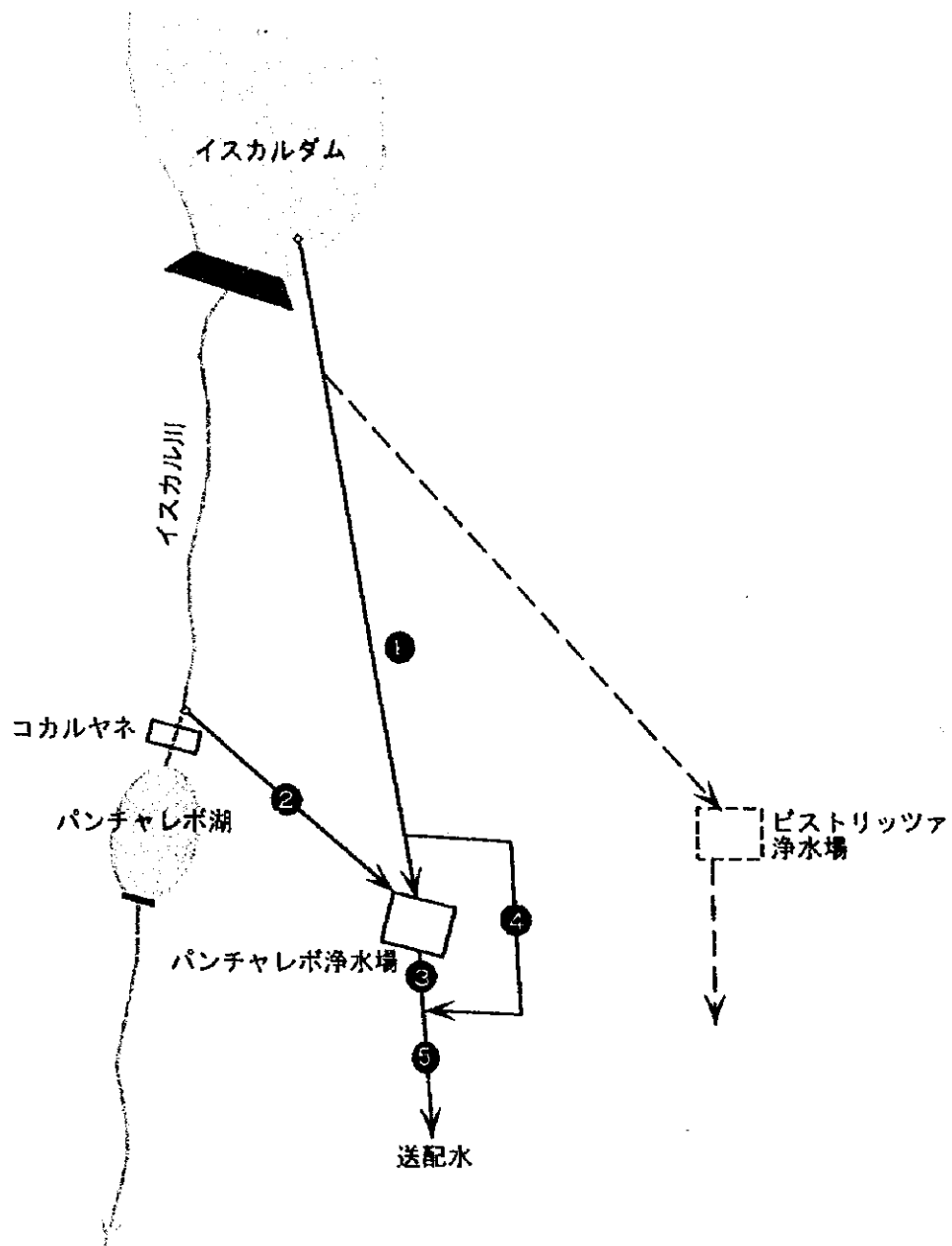
試験法	目的	結果の基本設計への反映方法
① ジャーテスト	最適凝集剤注入率の決定	凝集剤注入率
② シリンダーテスト	沈降濃縮特性の予測 (界面沈降速度の決定)	沈殿池・濃縮槽の水平断面の決定
③ 上澄水の水質試験	放流・リサイクル水水質の予測	上澄水の処分方法の検討
④ 沈降濃縮汚泥性状試験	重金属含有量の予測	脱水汚泥の処分方法の検討

これらの試験は、上下水道公社のパンチャレボ浄水場および化学細菌センターの水質分析室において調査団員および現地傭人によって実施した。一部、重金属等の分析については、「環境省持続開発センター（NCESD）」に委託した。

実験は2月10日(実験Ⅰ)及び2月19日(実験Ⅱ)の両日に実施した。ピストリツァ浄水場が未稼動のため、パンチャレボ浄水場において試料を採取し実験に供した。両日のパンチャレボ浄水場の運転状況は以下の通りである。

(水量データ)

	単位	実験Ⅰ (2月10日)	実験Ⅱ (2月19日)
流入原水量			
イiscalダム①	m ³ /s	3.5	3.5
イiscal川②	m ³ /s	2.0~2.2	2.4~3.0
パンチャレボ浄水場 処理水量③	m ³ /s	4.0~4.2	3.7~3.9
バイパス水量④	m ³ /s	1.5	2.2~2.6
送配水量⑤	m ³ /s	5.5~5.7	5.9~6.5



- | | | |
|---|--------------------|--------------------------------------|
| ① | イiscalダム | $Q = 3.5\text{m}^3/\text{s}$ (一定) |
| ② | イiscal川
(コカルヤネ) | $Q = 2.0\sim 3.3\text{m}^3/\text{s}$ |
| ③ | パンチャレポ浄水処理量 | $Q = 3.5\sim 4.2\text{m}^3/\text{s}$ |
| ④ | バイパス水量(塩素消毒のみ) | $Q = 1.5\sim 2.6\text{m}^3/\text{s}$ |
| ⑤ | 送配水量 | $Q = 5.5\sim 6.8\text{m}^3/\text{s}$ |

(水質データ)

実験 I (2月10日 午前10時)

	単位	原水	沈殿水	ろ過水	バイパス水
水温	℃	4.1	4.0	4.0	4.2
濁度	mg/l	1.4	1.2	1.0	1.4
色度	度	4	3	2	4
pH		7.1			
アルカリ度	mg/l	40			

実験 II (2月19日 午前10時)

	単位	原水	沈殿水	ろ過水	バイパス水
水温	℃	4.6			4.6
濁度	mg/l	19	2.3	1.4	2.1
pH		6.8			
アルカリ度	mg/l	35	25	25	35~40
凝集剤注入率	mg/l	30			

ここで特記されるのは、実験 I では浄水工程で凝集剤が添加されておらず、実験 II では気温の上昇により雪解け水がイскар川に流入し原水の濁度が上昇したため、凝集剤（硫酸アルミニウム）を 30 mg/l 注入していることである。

実験 II 時点では、沈殿池の脈動装置（バルセーター）が稼動しており、80%以上の濁度が沈殿池で除去されていた。但し、イскарダムから直送された原水（バイパス水）の濁度は、実験 I で 1.4 mg/l、実験 II で 2.1 mg/l と大きな上昇は見られていない。

実験 I の試料はピストリツァ浄水場の冬期の逆洗浄排水とほぼ同じ水質を持つと考えられる。一方、実験 II では、河川水の濁度の上昇により、凝集剤が注入されているが、沈殿水の濁度は 2.3 mg/l と低下しており、ピストリツァ浄水場で雪解け期に凝集剤を注入して浄水工程が運転された際に類似した状況と考えられる。

1) 試料の採取

パンチャレボ浄水場のろ過池の逆洗浄排水をろ過池横の排水渠で採取し試料とした。

逆洗浄までのろ過継続時間は、36 時間（実験 I）と 38 時間（実験 II）であった。

採取試料の水質試験結果は以下の通りである。

	単位	実験 I	実験 II
水温	℃	4.0	4.6
pH		7.0	6.6
SS	mg/l	298	477
アルカリ度	mg CaCO ₃ /l	35~40	25

2) 試験方法

① ジャーテスト

ジャーテストに用いるビーカー数は 4 個とし、試料 1.0 ~ 1.2 l に対して異なる量の凝集剤(硫酸アルミニウム)を注入し、急速攪拌(100 rpm x 1分)、緩速攪拌(50 rpm x 5分 + 20 rpm x 5分)を行なった。攪拌した試料 1 l を各々メスシリンダー(1 l)に移し、シリンダーテストを行なった。硫酸バンドはパンチャレボ浄水場で使用されている固形バンドを溶解したものを使用した。その酸化アルミニウム(Al_2O_3)含有量は約 15.6 %であった。

② シリンダーテスト

- ・ 均一に混合した試料 1 l をメスシリンダーに注入した。
- ・ 汚泥の沈降状況を観察した。今回の試験では、どの試験においても明確な沈降界面が形成されなかった。このため本試験ではシリンダー内の沈降状況を観察し、沈降の開始時(シリンダーへの注入時)からほぼ沈降が終了した時点までの時間(沈降時間)を記録し、終了時の沈降界面を読み取り 1 l 目盛りからの距離を沈降距離とし、これを沈降時間で除したものを沈降速度とした。

③ 上澄水の水質試験

上記シリンダーテストの 30 分沈降後の各試料からサイフォンを用いて上澄水を採取した。水質試験は、各試料の pH、濁度、アルカリ度について行った。決定した最適凝集剤注入率の試料に付いて、さらに重金属等について試験を実施した。

④ 沈降濃縮汚泥性状試験

上澄水の水質試験で上澄水を採取したシリンダーから沈降した汚泥を採取した。最適凝集剤注入率の汚泥について重金属等の試験を実施した。

3) 試験結果とその検討

① ジャーテスト、シリンダーテスト、上澄水簡易水質試験の結果と検討

ジャーテスト、シリンダーテスト及び上澄水水質試験の結果を以下に示す。

実験Ⅰ (2月10日)

	単位	①	②	③	④
硫酸バンド注入率	mg/l	16	31	71	141
(酸化アルミ換算)	mg/l	2.5	4.8	11	22
沈降時間	min	25	20	15	12
沈降汚泥界面	ml	(200)	150	150	140
沈降距離	mm	265	282	282	285
汚泥沈降速度	mm/min	(11)	14	19	24

実験Ⅰ 上澄水水質

	単位	①	②	③	④	水質類型 II	備考
pH		6.9	6.8	5.7	5.0	6.0~8.5	
濁度	mg/l	50	13	15	10	50	SSで50
アルカリ度	mg/l	30~35	20~25	5~10	<5	-	簡易試験

実験Ⅱ (2月19日)

	単位	①	②	③
硫酸バンド注入率	mg/l	21	31	52
(酸化アルミ換算)	mg/l	3.3	4.8	8.1
沈降時間	min	20	15	12
沈降汚泥界面	ml	150	160	140
沈降距離	mm	282	278	285
汚泥沈降速度	mm/min	14	19	24

実験Ⅱ 上澄水水質

	単位	①	②	③	水質類型 II	備考
pH		6.1	6.0	5.45	6.0~8.5	
濁度	mg/l	11	7	4.5	50	SSで50
アルカリ度	mg/l	20	10~15	5~10	-	簡易試験

図-1 汚泥沈降速度

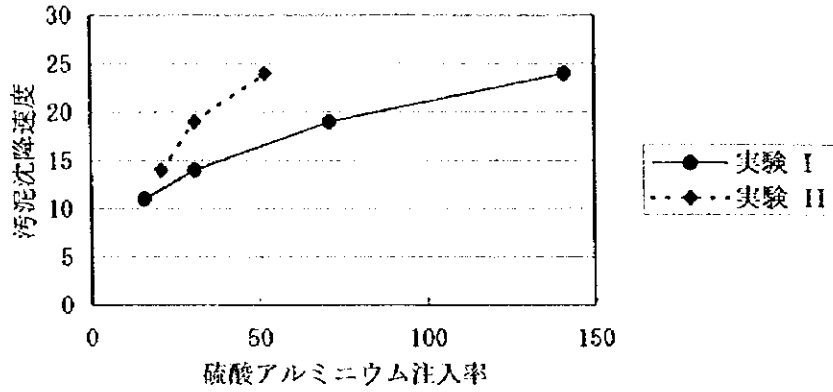


図-2 上澄水の濁度

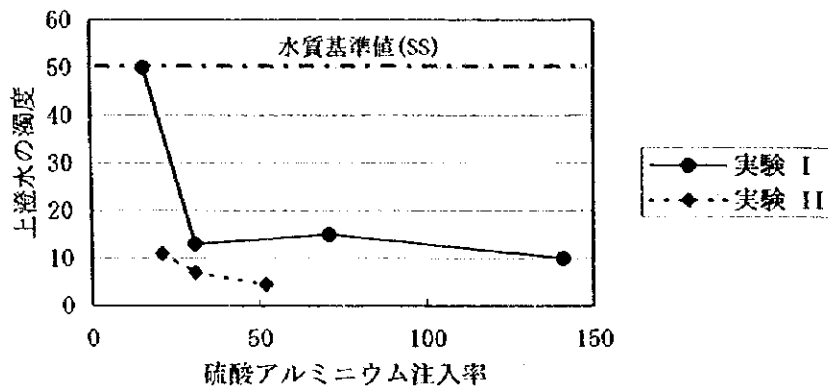
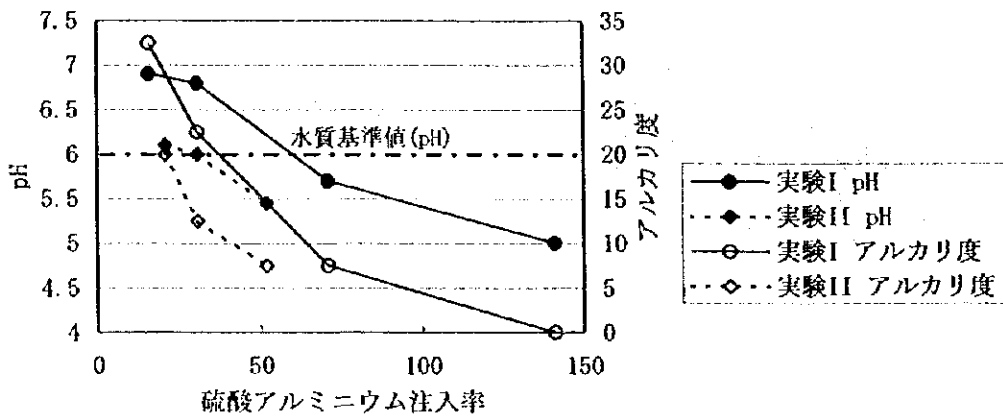


図-3 pH・アルカリ度の低下



(汚泥沈降速度)

実験 I において、汚泥の沈降速度は凝集剤の注入率の増加につれて大きくなることが観察された。実験 II においても同様の傾向が見られたが、同じ凝集剤の注入率で比較すると浄水工程で凝集剤を注入している実験 II の方が沈降速度が大きかった。(図-1)

(上澄水の水質)

実験 I において、凝集剤の注入率が 16 mg/l から 31 mg/l の間で濁度の大きな低下が見られた。凝集剤の注入率が 31 mg/l 以上では大きな濁度の低下は見られなかった。

実験 II においても凝集剤の注入率の上昇に伴い濁度の低下が見られたが、実験 I と比べて、同じ凝集剤注入率での濁度は低く、大きな変化は見られなかった。(図-2)

一方、上澄水の pH、アルカリ度を見ると、凝集剤の注入量の増加に伴い pH、アルカリ度の低下が見られた。実験 I では、凝集剤注入率が 31 mg/l 時にはアルカリ度が 20 mg/l 以上、pH も 6.8 であったが、70 mg/l 時にはアルカリ度が 10 mg/l 以下となり pH も 6 以下に低下している。(図-3)

実験 II では、浄水工程で凝集剤が注入 (30 mg/l) されていることから、アルカリ度が低く、凝集剤の注入率が 21 mg/l でアルカリ度 20 mg/l、pH 6.1、凝集剤注入率 31mg/l ではアルカリ度 10~15 mg/l、pH 6.0 であった。

(最適凝集剤注入率の決定)

実験 I の結果から、濁度 (SS) の水質基準値を上回る上澄水水質を得るためには、20~30 mg/l 以上の凝集剤を注入する必要があることが想定される。(図-2)

一方、アルカリ度が 20 mg/l 以下になると pH が水質基準値の 6 以下に下がる恐れがあるため、凝集剤の注入を制限する必要がある。原水のアルカリ度は本実験において 35~40 mg/l であり、硫酸アルミニウム 1mg/l あたりアルカリ度が 0.45 mg/l 低下 (水道施設設計指針・解説 1990) するため、上澄水のアルカリ度を 20 mg/l 程度に保つためには、浄水工程で 5 mg/l の凝集剤が注入されたとして、排水処理工程では凝集剤注入率を約 30 mg/l 以下に抑さえる必要がある。

両実験において、凝集剤の注入率が 0 ~ 31 mg/l の間では注入率の上昇に伴い上澄水の水質の向上が見られたことから、最適凝集剤注入率を 30 mg/l とする。

② 上澄水水質試験の結果と検討

実験 I、II において、凝集剤注入率が 31 mg/l の場合の 30 分沈降後の上澄水を採取し水質試験を実施した。その結果を表-1 に示す。

表-1 の各項目について、水質環境基準の Category II をクリアーしている。

実験 I では、重金属は亜鉛を除きろ過試料ではほとんど検出されておらず、主に懸濁物質中に含まれていることが分かる。マンガンが基準値に近い値を示しているが、これは浄水工程において前塩素が添加されており、原水中のマンガンがろ過池で補足され、懸濁物質に吸着された形で逆洗浄水中に流出していることが想定される。

表-1 上澄水の水質試験結果

項目	単位	実験 I		実験 II	水質環境基準 Category II
		上澄水	上澄ろ液	上澄水	
pH		6.98		6.7	6.0 - 8.5
Turbidity	mg/l	13.3			
SS	mg/l	15		6	50
VSS	%	30.7			
BOD ₅	mg/l			1.2	15
COD _{Mn}	mg/l			4.5	30
TDS	mg/l	196		120	1000
Total Hardness	mg/l	3.3		0.2	10
NH ₄ -N	mg/l	0.0	0	0.06	2
NO ₃ -N	mg/l	1.7	1.7	0.49	10
NO ₂ -N	mg/l	0.03	0.03	<0.002	0.04
PO ₄ -P	mg/l	0.05	0	0.024	1
Cl ⁻	mg/l	6	6	7	300
SO ₄ ²⁻	mg/l	45	26	46	300
Aluminum	mg/l	0.11	0	1.96	-
Iron	mg/l	0.25	0.01	0.624	1.5
Manganese	mg/l	0.27	0.02	0.102	0.3
Cadmium	mg/l			0.001	0.01
Cyanide	mg/l	0.001	0.001	<0.002	0.5
Zinc	mg/l	0.28	0.28	0.163	5

(沈殿池設計汚泥沈降速度の設定)

最適凝集剤注入率 (31 mg/l) の際の汚泥沈降速度は、実験 I で 14 mm/min である。上記上澄水水質試験結果で述べたように、上澄水中の懸濁物質の上昇は結果として上澄水の重金属含有量上昇につながる恐れがあり、本設計では沈殿池におけるフロック形成時間が 6-10 分と短いことも考慮し、安全を見込んで 10 mm/min とする。

③ 沈降濃縮汚泥性状試験の結果と検討

実験 II において最適凝集剤注入率 (31 mg/l) の際の沈降濃縮汚泥を採取し、重金属等について分析を行った。その結果と、乾燥汚泥重量あたりの各成分の含有率を表-2に示す。

浄水工程で硫酸バンドを 30 mg/l 注入しているため、18.2%という高いアルミニウム含有率を示している。計算によりピストリツァ浄水場から発生する汚泥中に含まれるアルミニウム量を予測すると、原水中に含まれるアルミニウム量は無視できるものとして、最大運転時で 9.1%となる。この為、他の物質の含有率について 10%程度プラス補正をする必要があると考えられる。

重金属含有率について EU の下水汚泥の農業利用に関する基準値 (本文表 1-14) と比較すると、カドニウムと亜鉛について基準に適合していることが分かる。同基準の農地への年間投棄可能量 (カドニウム : 0.15 kg/ha/yr、亜鉛 : 30 kg/ha/yr) からこの汚泥の投棄可能量を計算すると、カドニウムの基準から 6.8 kg/m²/yr、亜鉛の基準から 7.2 kg/m²/yr の投棄が可能である。アルミニウム含有率による補正を考慮しても、約 6.0 kg/m²/yr の投棄が可能と考えられる。農業利用に際しては、上記 EU 基準の他の重金属項目 (銅、ニッケル、鉛、水銀) 等について分析試験、また農地の土壌成分の分析試験等が必要である。

表-2 汚泥性状試験結果

項目	汚泥 (mg/l)	汚泥成分(乾燥汚泥重量あたり)		
		含有率 (%)	含有量 (mg/kg-DS)	EU農業利用基準値 (mg/kg-DS)
pH	6.5			
Turbidity				
SS	2730			
VSS	750	27%	274,725	
T-N	21.43	0.78%	7,850	
T-P	0.015	0.00%	5	
Aluminum	498.1	18%	182,454	
Iron	74.45	2.7%	27,271	
Manganese	11.25	0.41%	4,121	
Cadmium	0.006	0.00%	2.2	20 - 40
Cyanide	<0.002	0.00%	0.7	
Zinc	1.14	0.04%	418	2,500 - 4,000

資料7-7 汚泥処理施設容量計算書

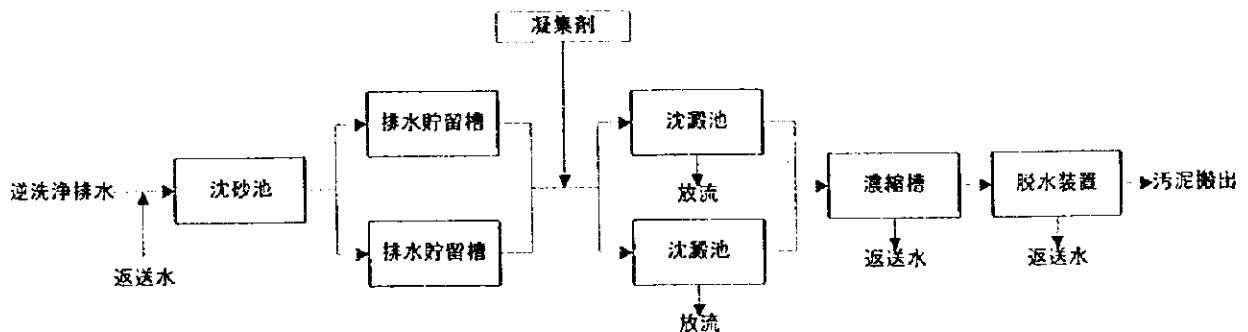
1. 容量計算の基本条件

[逆洗水量及び汚泥量]

	浄水量	逆洗水量	逆洗浄水中汚泥量
平常運転時	$Q=6.75 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow$	$10,816 \text{ m}^3/\text{day}$ (16 池/日) \Rightarrow	3.1 t/day
最大運転時	$Q=8.8 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow$	$15,414 \text{ m}^3/\text{day}$ (21 池/日) \Rightarrow	4.0 t/day

[設計方針]

汚泥処理施設は以下の処理工程を持つ。



沈砂池から濃縮槽までの施設については、最大運転時の逆洗浄排水を処理できるよう設計する。脱水機は、平常運転時の汚泥量を通常の運転時間を 10 時間/日 × 7 日/週で処理できるものとして設計する。最大運転時は、脱水機の運転時間を延長することにより対応する。

1. 沈砂池

[設計方針]

沈砂池では、逆洗浄時にろ過池から流失するろ過砂のうち、再利用可能となる径が 0.6mm 以上の砂を除去し、乾燥して搬出することが可能な施設とする。

[設計条件]

排水流入量 (最大) Q: 734 m³/15 min. = 0.816 m³/s

除去砂粒径: 0.6 mm

有効水深: 3-4 m (水道施設設計指針・解説)

池の天端高: 0.6-1.0 m

堆砂深さ: 0.5-1.0 m

[設計計算]

沈砂池の長さは以下の式で求められる。

$$L = K \left(\frac{H}{U} V \right) \quad \text{--- (1)}$$

L=池の長さ (m)

H=有効水深 (m)

U=除去すべき砂の沈降速度 (cm/s) = 6.2 cm/s (φ0.6mm) (表-1より)

V=池内平均流速 (cm/s)

K=係数 (安全率)

表-1

(10℃での) 粒子の沈降速度と沈砂池の表面負荷率

粒子の種類	比重	粒子の大きさ		沈降速度		表面負荷率 (近似値)	
		メッシュ	mm	mm/s	fpm	m/h	gpm/ft ²
砂	2.65	18	1.0	100	19.7	360	144
砂	2.65	20	0.85	73	14.3	263	106
砂	2.65	30	0.6	62	12.2	223	89
砂	2.65	40	0.4	42	8.2	151	60
シルト	2.65	70	0.2	21	4.1	76	30
シルト	2.65	100	0.15	15	3.0	54	22
シルト	2.65	140	0.10	8	1.6	29	12
粘土混じりシルト	2.65	200	0.03	6	1.2	22	9
粘土混じりシルト	2.65	230	0.06	3.8	0.75	14	5.6
粘土混じりシルト	2.65	400	0.04	2.1	0.41	7.5	3
粘土	2.65	—	0.02	0.62	0.12	2.3	0.9
粘土	2.65	—	0.01	0.154	0.03	0.54	0.2
腐蝕アルミニウムのフロック	1.001	—	1~4	0.2~0.9	0.04~0.18	0.71~3.3	0.3~1.3
石灰のフロック	1.002	—	1~3	0.4~1.2	0.08~0.23	1.5~4.3	0.6~1.7

出典: 河村 (1991) 浄水場の総合設計

安全係数は通常 1.5~2.0 であるが、ここでは、砂の流出はこの後の汚泥処理施設の運転に支障をきたす恐れが少ない為、係数を 1.0 とする。

流入（最大）流量 Q は、 $0.816 \text{ m}^3/\text{s}$ 、有効水深(H)は 3.0m 、池の天端高は水面から 0.6m とする。

円形の槽を考え、流入水は池を 1 周して池から出るものとする。槽の半径を $r \text{ (m)}$ とすると、沈殿池の長さに対応する沈殿距離の平均 $L \text{ (m)}$ は、

$$L = \pi r$$

円周方向の断面積を $A \text{ (m}^2\text{)}$ とすると、槽を円筒形として

$$A = r \times H = 3.0 \times r$$

池内の平均流速 $V \text{ (cm/s)}$ は、

$$V = Q/A = 0.816 \text{ m}^3/\text{s} / (3.0 \times r) \times 100 = 27.2/r$$

従って式(1)は

$$L = \pi r = K \left(\frac{H}{U} V \right) = 1.0 \times \left(\frac{3.0}{6.2} \times 27.2/r \right)$$

$$\therefore r^2 = 13.2/\pi = 4.19$$

$$r = 2.05 \text{ m}$$

$\Rightarrow 2.1 \text{ m}$ とする。

この値から必要断面積 $A' \text{ (m}^2\text{)}$ を計算すると

$$2.1\pi = 1.0 \left(\frac{3.0}{6.2} \times \frac{0.816}{A'} \times 100 \right)$$

$$A' = 6.0 \text{ m}^2$$

沈殿池は円筒形とし

直径 = 4.2 m

有効水深 = 3.0 m

必要断面積 = 6.0 m^2 とする。

2. 排水貯留槽

[設計方針]

排水貯留槽はろ過池の逆洗浄排水を貯留し、一定流量・水質の排水を沈殿池に供給するものとする。

[設計条件]

逆洗浄排水量：	734 m ³ /ろ過池	
逆洗浄工程：	排水：	3 - 4 min
	逆洗浄（水）：	5 min
	空気洗浄：	5 min
	逆洗浄（水）：	10 min
	全逆洗浄時間：	25 min
流入排水量（平均） Q_{in} ：	$734 \text{ m}^3 / 25 \text{ min} = 1762 \text{ m}^3 / \text{hr}$	
逆洗浄間隔：	36 hrs（最大運転時）	
逆洗浄池数：	21 池 / 日	
連続逆洗浄時間*：	$25 \text{ min/filter} \times 21 \text{ filters} = 8.75 \text{ hrs}$	

* 逆洗浄は電気代の安い夜間に連続して行われる。

[設計計算]

貯留量から流出する流量 (Q_{out}) は、

$$Q_{out} = 734 \text{ m}^3 / \text{filter} \times 21 \text{ filters} / 24 \text{ hrs} = 642 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

貯留槽として必要な容量 (V_r) は、ろ過池 (21 池) の連続逆洗浄が終了した時点で貯留槽に残る水量とする。

$$V_r = (Q_{in} - Q_{out}) \times 8.75 \text{ hrs} = (1762 \text{ m}^3 / \text{hr} - 642 \text{ m}^3 / \text{hr}) \times 8.75 \text{ hrs} = 9,800 \text{ m}^3$$

既存の貯留槽容量

槽数：	2
形状：	φ 40 m
有効水深：	4.0 m
有効容量 (V_c)：	$5,027 \text{ m}^3 \times 2 = 10,054 \text{ m}^3$

$$V_c > V_r$$

したがって、既存の排水貯留槽は逆洗浄排水を貯留するのに十分な容量を持つ。

3. 沈殿池

[設計条件]

汚泥沈降速度：	10 mm/min (実験結果より)
排水流入量：	15,414 m ³ /day (4.0 t dry sludge/day)
凝集剤注入率：	30 mg/l (実験結果より)
排水流入時間：	24 hrs
濃縮汚泥濃度：	0.5 % (経験値)
有効水深：	3.25 m (「ブ」側により建設中の沈殿池のデータ)
流出の堰負荷率	150 m ³ /m/日 以下

[設計計算]

上澄が清澄であるために必要となる面積(必要分離面積) A_1 (m²)は、

$$A_1 = \frac{Q}{v_1} = \frac{Q_f - Q_w}{v_1} \approx \frac{Q_f}{v_1} \quad (\because Q_f \gg Q_w)$$

ここで、

$$Q_f: \text{流入排水量 (m}^3/\text{min)} = 15,414\text{m}^3 / (24 \times 60 \text{ min}) = 10.7 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_w: \text{流出汚泥量 (m}^3/\text{min)}$$

$$v_1: \text{汚泥沈降速度 (m/min)} = 0.01\text{m/min}$$

従って、

$$A_1 = 10.7 \text{ m}^3/\text{min} / 0.01 \text{ m/min} = 1,070 \text{ m}^2$$

これはφ26m以上の沈殿池が2池に相当する。

一方、既存の沈殿池(φ30m)の有効沈殿・面積は、

$$15^2 \pi - (2.0/2)^2 \pi = 704 \text{ m}^2$$

この面積は、必要となる分離面積 A_1 より小さいため、もう一池沈殿池を増設する必要がある。貯留槽 2 池、沈殿池 2 池の 2 系列の並列運転を可能とするため、建設中の 1 池と同様のものを増設するとして、全有効沈殿面積 A_c は

$$A_c = 704 \text{ m}^2 \times 2 = 1,408 \text{ m}^2$$

これは必要面積である $1,070 \text{ m}^2$ より大きい。したがって、沈殿池は 30m 径 2 池とする。

上向流速 v_2 は、

$$v_2 = 15,414 \text{ m}^3 / (24 \times 60) \text{ min} / 1,408 \text{ m}^2 = 7.6 \text{ mm/min}$$

これは設計条件である汚泥沈降速度 (10 mm/min) より小さい。

流入する固形物量は、

逆洗浄水に含まれる汚泥量： 4.0 t/d

凝集剤に由来する固形物量： $15,414 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ mg/l} \times 0.44 = 0.2 \text{ t/d}$

合計： $4.0 \text{ t/d} + 0.2 \text{ t/d} = 4.2 \text{ t/d}$

沈殿池固形物負荷： $4,200 \text{ kg/d} / 1,408 \text{ m}^2 = 3.0 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$

沈殿池の汚泥の収支から、

$$S_m = X \times 0.005 \text{ t/m}^3 + (15,414 \text{ m}^3/\text{d} - X) \times 20 \text{ mg/l}$$

ここで、

流入汚泥量 (合計)： 4.2 t/d

流出上澄水の濁質： 20mg/l (実験値より；環境基準を満たす)

濃縮引抜汚泥濃度： 0.5%

濃縮引抜汚泥量： $X \text{ m}^3/\text{d}$

したがって

$$X = \frac{4.2 - 0.31}{4.98 \times 10^{-3}} = 781 \text{ m}^3/\text{d}$$

流出上澄水量： $15,414 \text{ m}^3/\text{day} - 781 \text{ m}^3/\text{day} = 14,633 \text{ m}^3/\text{day}$

流出汚泥量： $14,633 \text{ m}^3/\text{d} \times 20 \text{ mg/l} = 0.29 \text{ t/d}$

濃縮汚泥量： $4.2 \text{ t/d} - 0.29 \text{ t/d} = 3.91 \text{ t/d} \Rightarrow 4.0 \text{ t/d}$

沈殿汚泥深さを 1.0 m (仮定) とすると

汚泥滞留時間： $(1,408 \text{ m}^2 \times 1.0 \text{ m}) / 781 \text{ m}^3/\text{d} = 1.8 \text{ 日} = 43 \text{ 時間}$

水滞留時間 (平均)： $(1,408 \text{ m}^2 \times 3.25 \text{ m}) / 15,414 \text{ m}^3 \cdot \text{d} = 0.3 \text{ 日} = 7 \text{ 時間}$

(平常運転時)

逆洗浄排水量： $10,816 \text{ m}^3/\text{d}$ (3.1 t/d)

流入汚泥量 (合計)： 3.24 t/d

流出上澄水量： $10,209 \text{ m}^3/\text{day}$

濃縮引抜汚泥量： $607 \text{ m}^3/\text{d}$ (3.1 t/d)

汚泥滞留時間： $2.3 \text{ 日} = 55 \text{ 時間}$

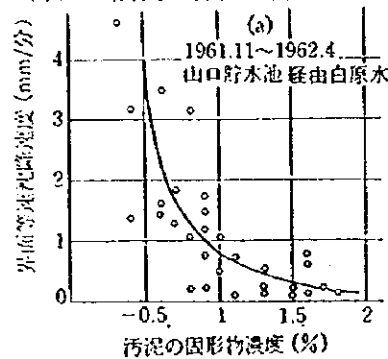
水滞留時間 (平均)： $0.42 \text{ 日} = 10 \text{ 時間}$

4. 濃縮槽

[設計条件]

汚泥沈降速度：	10 mm/min (実験結果より)
流入汚泥量：	781 m ³ /day (4.0 t dry sludge/day)
排水流入時間：	8 hrs (設定値)
凝集剤注入率：	30 mg/l (実験結果より)
固形物負荷：	10 - 20 kg/m ² day (水道施設設計指針・解説による)
界面 (圧密) 沈降速度：	4 mm/min (at 0.5 % 汚泥濃度)
(類似汚泥のデータ(下 図))	0.8 mm/min (at 1.0 % 汚泥濃度)
	0.2 mm/min (at 2.0 % 汚泥濃度)
濃縮汚泥濃度 (C ₀)：	3 % (経験値)
有効水深：	3.5 - 4.0 m (水道施設設計指針・解説による)
流出の堰負荷率	150 m ³ /m /d 以下

図-1 汚泥の濃度と界面沈降速度 (東京都東村山浄水場)



出典：小林 (1990) 浄水スラッジからのアルミニウム溶脱による脱水性の改善、水道協会誌 59-10

[設計計算]

濃縮槽の必要面積は、以下の3つの条件を満足する面積の最小値を採用するものとする。

1. 上澄水の清澄条件
2. 汚泥の濃縮条件
3. 固形物負荷が適切な範囲にある (10 - 20 kg/m² day (水道施設設計指針・解説))

1. 上澄が清澄であるために必要となる面積 $A_1(\text{m}^2)$ は、

$$A_1 = \frac{Q_f}{v_1} = \frac{1.63\text{m}^3/\text{min}}{10\text{mm}/\text{min}} = 163\text{m}^2/d$$

ここで、

Q_f : 流入汚泥量 (m^3/min) = $781\text{ m}^3/\text{day} = 1.63\text{ m}^3/\text{min}$

V_1 : 汚泥沈降速度 = $10\text{ mm}/\text{min}$

円形槽として、15m以上の径が必要となる。

2. 濃縮条件を満足する面積 A_i は、次式により求められる。

$$A_i = \frac{Q_f \cdot C_f}{v_1} \left(\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_u} \right) = \frac{781\text{m}^3/d \times 5\text{kg}/\text{m}^3}{v_1} \left(\frac{1}{C_i} - \frac{1}{30\text{kg}/\text{m}^3} \right)$$

ここで、

流入汚泥濃度 (C_f): 0.5%

濃縮引抜汚泥濃度 (C_u): 3%

汚泥濃度 (C_i)	汚泥沈降速度 (v_1)	濃縮条件を満足する面積
$C_i = 0.5\% = 5\text{ kg}/\text{m}^3$	$v_1 = 4\text{ mm}/\text{min} = 5.8\text{ m}/\text{d}$	$A_i = 113\text{ m}^2 \quad \phi = 12\text{m}$
$C_i = 1.0\% = 10\text{ kg}/\text{m}^3$	$v_1 = 0.8\text{ mm}/\text{min} = 1.2\text{ m}/\text{d}$	$A_i = 216\text{ m}^2 \quad \phi = 17\text{m}$
$C_i = 2.0\% = 20\text{ kg}/\text{m}^3$	$v_1 = 0.2\text{ mm}/\text{min} = 0.3\text{ m}/\text{d}$	$A_i = 325\text{ m}^2 \quad \phi = 20\text{m}$

上記より濃縮条件を考慮すると、円形槽で直径20m以上が望ましい。

3. 固形物負荷を $15\text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ とすると、必要となる面積 $A_L(\text{m}^2)$ は、

$$15\text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d} = 4.0\text{ t}/\text{d} / A_L$$

$$A_L = \frac{4,000\text{kg}/\text{d}}{15\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}} = 267\text{m}^2$$

円形槽として $\phi 19\text{ m}$ 以上必要となる。

上記3つの条件を満足する最小の円形槽の径は20mである。従って、直径20mの円形槽とする。また有効水深は設計基準より、3.5mとする。

固形物負荷は、

$$A_L = \frac{4,000 \text{ kg/d}}{10^2 \text{ m}^2} = 12.7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$$

流出する上澄水の濁質：20 mg/l (実験値より)

濃縮引抜汚泥量を $X(\text{m}^3/\text{d})$ とすると、濃縮槽の汚泥の収支から

$$4.0 \text{ t/d} = X \times 0.03 + (781 \text{ m}^3/\text{d} - X) \times 20 \text{ mg/l}$$

$$X = \frac{4.0 - 0.016}{2.998 \times 10^{-3}} = 133 \text{ m}^3/\text{d}$$

流出する上澄水量： $781 \text{ m}^3/\text{d} - 133 \text{ m}^3/\text{d} = 648 \text{ m}^3/\text{d}$

流出する汚泥量： $648 \text{ m}^3/\text{d} \times 20 \text{ mg/l} = 0.013 \text{ t/d} \approx 0$

したがって、濃縮汚泥量は4.0tとする。

濃縮汚泥 (3%) の堆積深さを1.5m とすると、

汚泥滞留時間： $(10^2 \pi \text{ m}^3 \times 1.5\text{m}) / 133 \text{ m}^3/\text{d} = 3.5 \text{ 日}$

水滞留時間： $(10^2 \pi \text{ m}^3 \times 3.5\text{m}) / 781 \text{ m}^3 = 1.4 \text{ 日}$

(平常運転時)

流入汚泥量： 607 m³/day (3.1 t dry sludge/day)

濃縮汚泥排出量： 103 m³/d

上澄水量： 504 m³/d

汚泥滞留時間： 4.6 日

水滞留時間： 1.8 日

5. 脱水機

[設計方針]

脱水機の規模は、平常運転時の発生汚泥を一日 10 時間、週 7 日運転によって処理できるものとし、最大運転時には脱水機の運転時間を延長して対応する。また、修理、メンテナンスを考慮し脱水機の台数は 2 台とする。

[設計条件]

脱水方式：	加圧脱水（フィルタープレス）	
流入汚泥量：	103 m ³ /day (3.1 t dry sludge/day)	
ろ過速度 (V)：	1.5 kg-DS / m ² / hr (類似汚泥の実績値: 1.44 (本文表 1-13))	
脱水機運転時間 (T)：	10 hrs / day x 7 days / week	
脱水機の運転サイクル:	ろ過	45 min
(参考)	圧搾	35 min
	その他 (ろ布洗浄等)	40 min
	計	120 min

[設計計算]

脱水機の必要ろ過面積 A は、

$$A = \frac{S}{V \times T}$$

ここで、

S: 脱水汚泥量 (kg-DS / d) = 3,100 kg-DS / d

T: 一日あたりの脱水機運転時間 (hr) = 10 hrs

$$A = \frac{3,100 \text{ kg-DS} / \text{d}}{1.5 \text{ kg-DS} / \text{m}^2 / \text{hr} \times 10 \text{ hrs}} = 207 \text{ m}^2$$

脱水機一台あたりのろ過面積は、104 m²以上とする。

6. 薬品注入設備

6.1. 凝集剤注入設備

[設計方針]

凝集剤は既存の浄水工程の固形バンド溶解槽で溶解した約 10 %濃度の溶液を用いる。既存の（凝集剤）溶液貯留槽（90 m² x 2 槽）から、薬品注入ポンプ（新設）及び配管（PVC、延長約 500 m）により汚泥処理施設に導く。凝集剤注入点は貯留槽（2 槽）と沈殿池（2 池）の間の 2 本の配管中とする。注入率は 30 mg/l であるが、60 mg/l まで注入可能な設備とする。

[設計条件]

排水流量 (Q) (1 系列あたり、最大運転時) :	321.13 m ³ / hr
凝集剤注入率 (平均) :	30 mg / l
凝集剤注入率 (最大) :	60 mg / l
固形硫酸アルミニウムの 酸化アルミニウム含有率 :	約 15 %
固形硫酸アルミニウムの 溶液濃度 :	10 %

[設計計算]

固形硫酸アルミニウムの注入量は次式により求められる。

$$V = Q \times R_s \times 100 / C \times 10^{-3}$$

ここで、

V : 注入量 (l/hr)

R_s : 固形硫酸アルミニウム注入率 (mg/l)

C : 固形硫酸アルミニウムを溶解した時の溶液濃度 (質量/容量) (%)

平均注入率 30 mg/l の際の注入量 V_{av} (l/s)は、

$$V_{av} = 321.13 \text{ mg/l} \times 30 \text{ mg/l} \times 100 / 10 \times 10^{-3}$$

$$= 961 / \text{hr} = 1.61 / \text{min}$$

最大注入率 60 mg/l の際の注入量 V_{max} (l/s)は、

$$V_{av} = 321.13 \text{ mg/l} \times 60 \text{ mg/l} \times 100/10 \times 10^{-3}$$

$$= 193 \text{ l/hr} = 3.2 \text{ l/min}$$

従って、注入ポンプ1台あたりのポンプ容量は3.2 l/min以上とする。

注入ポンプは運転2台、予備1台とする。

6.2. 凝集補助剤（高分子凝集剤）

[設計方針]

凝集剤（硫酸アルミニウム）注入量を大きくすることは、発生する汚泥量を増加させ、汚泥の脱水性を低下させる。凝集剤の凝集効果が低下し、沈殿効率が低下し、ひいては上澄水の水質が悪化した場合に汚泥量を増加させず効率を向上させることを目的として、凝集補助剤（高分子凝集剤）の注入設備を設ける。高分子凝集剤の添加は、濃縮した汚泥の脱水効率を向上させることも知られている。

注入点は凝集剤注入点、パイプミキサーの直後の配管中とする。

[設計条件]

排水流量 (Q)	321.13 m ³ / hr
(1系列あたり、最大運転時) :	
高分子凝集剤注入率 (平均) :	0.25 mg / l
高分子凝集剤注入率 (最大) :	0.5 mg / l
高分子凝集剤の溶液濃度 :	0.1 %

[設計計算]

高分子凝集剤の注入量は次式により求められる。

$$V = Q \times R_s \times 100/C \times 10^{-3}$$

ここで、

V : 注入量 (l/hr)

R_s : 高分子凝集剤注入率 (mg/l)

C : 高分子凝集剤を溶解した時の溶液濃度 (質量/容量) (%)

平均注入率 0.25 mg/l の際の注入量 V_{av} (l/s)は、

$$\begin{aligned} V_{av} &= 321.13 \text{ mg/l} \times 0.25 \text{ mg/l} \times 100/0.1 \times 10^{-3} \\ &= 80 \text{ l/hr} = 1.4 \text{ l/min} \end{aligned}$$

最大注入率 0.5 mg/l の際の注入率 V_{max} (l/s)は、

$$\begin{aligned} V_{av} &= 321.13 \text{ mg/l} \times 0.5 \text{ mg/l} \times 100/0.1 \times 10^{-3} \\ &= 160 \text{ l/hr} = 2.7 \text{ l/min} \end{aligned}$$

従って、注入ポンプ 1 台あたりのポンプ容量は 2.7 l/min 以上とする。

注入ポンプは運転 2 台、倉庫予備 1 台とする。

6.3. 凝集補助剤（高分子凝集剤）溶解槽

[設計方針]

高分子凝集剤は固形物（粉状）溶解して使用する。溶解に時間を要するこの工程はバッチ工程であるため、攪拌機の付いた溶解槽を 2 槽設ける。1 槽の容量は高分子凝集剤使用量（平均）の一日分（ V_{day} ）とする。

[設計条件]

高分子凝集剤注入量（平均）
 V_{av} (l/s) : 80 l/hr / 台

[設計計算]

高分子凝集剤使用量（平均）の一日分は、

$$\begin{aligned} V_{day} &= V_{av} \times 2 \text{ 台} \times 24 \text{ hr} \\ &= 80 \text{ l/hr/台} \times 2 \text{ 台} \times 24 \text{ hr} \\ &= 3,840 \text{ l} \Rightarrow 4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

高分子凝集剤溶解槽の容量は、 4 m^3 とし、2 槽設置するものとする。

7. 汚泥掻寄機駆動装置の検討

7.1. 沈殿池汚泥掻寄機駆動装置の検討

[検討方針]

沈殿池の汚泥掻寄機駆動装置は、既存の外周駆動型駆動装置（0.75 kW）を利用する予定である。ここでは、設計した汚泥掻寄機に対して必要となる駆動装置の容量を計算し、既存の駆動装置の利用可能性について検討する。

[設計条件]

汚泥掻寄抵抗値 (W) :	15 kgf / m	(下水汚泥)
(掻寄機の軸方向の延長当り)		
(運転実績値)	30 kgf / m	(製紙工場繊維汚泥)
	60 kgf / m	(シルト・細砂)
汚泥掻寄機の延長 (R) :	15 m	(池の半径)
駆動装置のタイヤ直径 (d) :	0.4 m	
駆動装置の速度 (V) :	3.5 m / min	(最大値)

[設計計算]

汚泥掻寄抵抗値は、本事業の場合汚泥がシルト質と考えられることから、60 kgf / m を用いる。

汚泥掻寄機を起動するのに必要となるトルク T_s (kgf・m) は次式により求められる。

$$\begin{aligned} T_s &= W \times R \times R / 2 \\ &= 60 \text{ kgf / m} \times 15 \text{ m} \times 15 \text{ m} / 2 = 6,750 \text{ kgf} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

駆動装置に必要とされる力 F_s (kgf) は

$$F_s = T_s / R = 6,750 \text{ kgf} \cdot \text{m} / 15 \text{ m} = 450 \text{ kgf}$$

駆動装置 (φ 0.4 m) にかかるトルク T_d (kgf・m) は

$$T_d = F_s \times d / 2 = 450 \text{ kgf} \times 0.4 \text{ m} / 2 = 90 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

汚泥掻寄機全体の回転数 N (rpm)は、

$$N = \frac{V}{D \times \pi} = \frac{3.5 \text{ m}^3/\text{min}}{30 \text{ m} \times \pi} = 0.0371 \text{ rpm}$$

ここで、

D : 沈殿池の直径 (m) = 30 m

駆動装置の回転数 n (rpm)は、

$$n = \frac{D \times \pi \times N}{d \times \pi} = \frac{30 \text{ m} \times 0.0371}{0.4} = 2.78 \text{ rpm}$$

駆動装置の必要駆動動力 P (kW)は、以下の式により求められる。

$$P = (T_d \times n \times 2 \pi / (102 \times 60 \times \eta)) \times \alpha$$

ここで、

η : 機械効率 = 0.75

α : 余裕率 = 2

とすると

$$\begin{aligned} P &= (90 \text{ kgf/m} \times 2.78 \times 2 \pi / (102 \times 60 \times 0.75)) \times 2.0 \\ &= 0.68 \text{ kW} \end{aligned}$$

この値は既存の駆動装置の動力 0.75 kW より小さく、既存の駆動装置が利用可能と考えられる。

7.2. 濃縮槽汚泥掻寄機駆動装置の検討

[検討方針]

濃縮槽の汚泥掻寄機駆動装置は、既存の外周駆動型駆動装置 (0.75 kW) を利用する予定である。ここでは、設計した汚泥掻寄機に対して必要となる駆動装置の容量を計算し、既存の駆動装置の利用可能性について検討する。検討方法は沈殿池の場合と同様とする。

[設計条件]

汚泥掻寄抵抗値 (W) :	15 kgf / m (下水汚泥)
(掻寄機の軸方向の延長当り)	
(運転実績値)	30 kgf / m (製紙工場繊維汚泥)
	60 kgf / m (シルト・細砂)
汚泥掻寄機の延長 (R) :	10 m (槽の半径)
駆動装置のタイヤ直径 (d) :	0.4 m
駆動装置の速度 (V) :	3.5 m / min (最大値)

[設計計算]

汚泥掻寄抵抗値は、本事業の場合汚泥がシルト質と考えられることから、60 kgf / m を用いる。

汚泥掻寄機を起動するのに必要となるトルク T_s (kgf・m) は次式により求められる。

$$T_s = W \times R \times R / 2$$
$$= 60 \text{ kgf / m} \times 10 \text{ m} \times 10 \text{ m} / 2 = 3,000 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

駆動装置に必要とされる力 F_s (kgf) は

$$F_s = T_s / R = 3,000 \text{ kgf} \cdot \text{m} / 10 \text{ m} = 300 \text{ kgf}$$

駆動装置 (φ 0.4 m) にかかるトルク T_d (kgf・m) は

$$T_d = F_s \times d / 2 = 300 \text{ kgf} \times 0.4 \text{ m} / 2 = 60 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

汚泥掻寄機全体の回転数 N (rpm) は、

$$N = \frac{V}{D \times \pi} = \frac{3.5 \text{ m / min}}{20 \text{ m} \times \pi} = 0.0557 \text{ rpm}$$

ここで、

D: 沈殿池の直径 (m) = 20 m

駆動装置の回転数 n (rpm)は、

$$n = \frac{D \times \pi \times N}{d \times \pi} = \frac{20m \times 0.0557}{0.4} = 2.78rpm$$

駆動装置の必要駆動動力 P (kW)は、以下の式により求められる。

$$P = (T_d \times n \times 2 \pi / (102 \times 60 \times \eta)) \times \alpha$$

ここで、

η : 機械効率 = 0.75

α : 余裕率 = 2

とすると

$$\begin{aligned} P &= (60 \text{ kgf/m} \times 2.78 \times 2 \pi / (102 \times 60 \times 0.75)) \times 2.0 \\ &= 0.46 \text{ kW} \end{aligned}$$

この値は既存の駆動装置の動力 0.75 kW より小さく、既存の駆動装置が利用可能と考えられる。

資料－ 8 機械・電気設備仕様

各施設で用いられる主な機械・電気設備の仕様を以下に示す。

i) 沈砂池

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
i-1	排泥ポンプ	水中ポンプ (汚泥用) 容量：0.3m ³ /min× 9 m× 3.7kW	1組	堆積した汚泥の除去
i-2	現場操作盤	自立型、排泥ポンプ用	1組	沈砂池の現場操作

ii) 排水貯留槽

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
ii-1	攪拌機	水中ポンプ(汚泥用) 容量：110m ³ /h ディフューザノズル 空気量：100m ³ /h	4組	槽内の排水を均質に保つ
ii-2	流量計	超音波流量計 (口径350mm)	2組	流量制御 (排水貯留槽－ 沈殿池)
ii-3	調節弁	電動式流量調節弁 (口径350mm)	2組	流量制御 (排水貯留槽－ 沈殿池)
ii-4	調節計	流量指示調節計	2組	流量制御 (排水貯留槽－ 沈殿池)
ii-5	現場操作盤	自立型、攪拌機用	1組	排水貯留槽の現場操作

iii) 沈殿池

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
iii-1	パイプミキサ	口径350mm、L= 800mm	2組	凝集剤と排水の混合
iii-2	汚泥掻寄機	外周駆動式 (モーター：0.75 kW) 既存「ブ」国製駆動部使用	2組	堆積した汚泥を池中央に 掻き寄せ
iii-3	集水渠 (トラフ)	幅300mm×深さ400mm×長さ80m RC製	2組	上澄水を集める
iii-4	流量計	超音波流量計 (口径150mm)	2組	流量制御 (沈殿池－ 濃縮槽)
iii-5	調節弁	電動式流量調節弁 (口径150mm)	2組	流量制御 (沈殿池－ 濃縮槽)
iii-6	調節計	流量指示調節計	2組	流量制御 (沈殿池－ 濃縮槽)
iii-7	現場操作盤	自立型、汚泥掻寄機用	2組	沈殿池の現場操作

iv) 濃縮槽

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
iv-1	汚泥掻寄機	外周駆動式 (モーター: 0.75 kW) 既存「F」国製駆動部使用	1組	堆積した汚泥を池中央に 掻き寄せ
iv-2	集水渠 (トラフ)	幅 300mm×深さ300mm×長さ60m CS製	1組	上澄水を集める
iv-3	汚泥引抜ポンプ	汚泥ポンプ FC製 容量: 0.3m ³ ×5m×11kw	2組	汚泥の引抜き、汚泥調整 槽へ輸送
iv-4	現場操作盤	自立型、汚泥掻寄機用	1組	濃縮槽の現場操作

v) 汚泥調整槽及び上澄貯槽

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
v-1	攪拌機	縦型攪拌機 軸長さ3.5m、モーター: 5.5kw	2組	汚泥調整槽内汚泥を 均質に保つ
v-2	汚泥圧入ポンプ (脱水機打込用)	汚泥ポンプ 高CR 鋳鉄製 容量: 0.24m ³ /min×15kg/cm ²	2組	脱水機に汚泥を供給する
v-3	上澄水ポンプ	清水用ポンプ FC製 容量: 2m ³ /min×20m×18.5kW	2組	濃縮槽上澄水、脱水脱離 液を沈砂池へ返送
v-4	現場操作盤	自立屋内型	2組	汚泥調整槽及び上澄水槽 の現場操作

vi) 脱水機及び関連施設

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
vi-1	脱水機	無薬注フィルターレス型加圧脱水機 処理量、1.55ton DS/day 運転時間、10h/d×7d/week ろ過面積 104 m ² 以上	2基	汚泥の脱水
vi-2	圧搾用ポンプ	容量: 80 l/min×7kgf/cm×0.75kW	2基	脱水機の付帯設備
vi-3	ろ布洗浄機 ・ろ布振動機		2基	脱水機の付帯設備
vi-4	ろ布洗浄用ポンプ	容量: 155 l/min×70 kgf/cm	2基	脱水機の付帯設備
vi-5	ろ布洗浄用水槽	9m ³ 樹脂製	1基	脱水機の付帯設備
vi-6	ブロー用コンプレッサ	283 l/min×7kgf/cm ²	1基	脱水機の付帯設備

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
vi-7	ブロー用空気槽	1000 l	1基	脱水機の付帯設備
vi-8	脱水機ベルトコンベア	巾1050mm×長20m×1.5kw	2基	脱水機の付帯設備
vi-9	電動式 走行クレーン	オーバーヘッド型 5ton用、吊り上げ：3 mH	1組	脱水機等の維持管理 作業用
vi-10	汚泥キャッチャー	SS製 容量：8 m ³	2基	脱水汚泥の貯留、 トラックへの積載
vi-11	雑排水ポンプ (トイレ・シャワー用)	汚物、汚水、下水移送用ポンプ 容量：0.2 m ³ /min×26 m×3.7 kw	1基	汚水を処理施設へ輸送
vi-12	操作制御盤		2面	脱水機等の制御、操作
vi-13	桶機用操作盤		1面	脱水機付帯設備の操作

vii) 薬品注入設備

No.	機器名	主要スペック	数量	使用理由
vii-1	凝集剤注入ポンプ	油圧ダイアフラムポンプ 容量：3.2 lit/min×20m×0.75kw 10% 硫酸アルミニウム 材質(接液部)：PVC	3組	凝集剤の注入
vii-2	凝集補助剤 注入ポンプ	油圧ダイアフラムポンプ 容量：4.02 lit/min×20m×0.75kw 0.1% 高分子凝集剤溶液 材質(接液部)：PVC	2組	凝集補助剤の注入
vii-3	凝集補助剤溶解槽	ダイライトタンク 容量：4m ³ 攪拌機：2.2kW SUS304製 × 2基 溶解機：SUS304製 × 2基	2基	凝集補助剤の溶解
vii-4	現場操作盤	自立型、 屋内機側盤	1面	薬品注入設備の現場操作

viii) 配管

No.	機器名	主要スペック	数量 (m)	使用理由
viii-1	鋼管	φ 800 mm	50	沈砂池－貯留槽間連絡
ix-2	鋼管	φ 350 mm	115	貯留槽－沈殿池間連絡
ix-3	鋼管	φ 600 mm	88	沈殿池上澄水排水管
ix-4	鋼管	φ 150 mm φ 250 mm	32 16	沈殿池－濃縮槽間連絡
ix-5	鋼管	φ 150 mm	192	上澄貯槽－沈砂池間連絡
ix-6	鋼管	φ 250 mm	20	濃縮槽－汚泥調整槽間連絡
ix-7	鋼管	φ 150 mm	48	汚泥調整槽－脱水機間連絡
ix-8	PVC管	φ 15 mm	1600	凝集剤貯槽－沈殿池 (2系列)

資料一 9 構造計算書

1 既存構造物

1. 1 排水貯留槽

2 槽とも土木構造は完成し、水はり試験による漏水調査も終了している。コンクリート躯体の外面仕上げが十分でなく、鉄筋の一部が外気にさらされ錆びた状態のまま放置してある等の点は問題であり、残作業として仕上げをする必要がある。

1. 2 沈殿池

現在のところ、底版コンクリートがまだ打設されていないこと及び池内作業用通路として壁の一部を開けたままにしていることを除けば躯体はほぼ完成している。

調整地区同様、コンクリート躯体の外面仕上げが十分に行われる必要がある。

2 構造計算

日本の設計基準に基づき既存のものを含めた主要構造物について構造計算を行った。既存の構造物については、構造計算結果により補強の必要性の検討を行った。

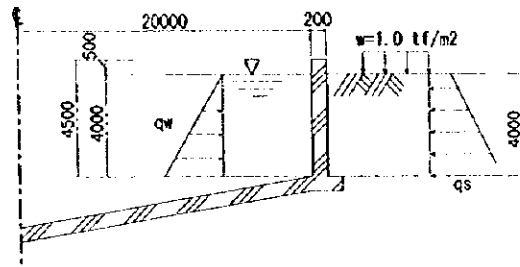
2.1 設計条件

鉄筋 許容引張応力度	$\sigma_{ss} = 1800 \text{ kgf/cm}^2$
土圧係数	$K = 0.5$ (静止土圧)
土の湿潤単位体積重量	$\gamma_s = 1.88 \text{ t/m}^3$
水の単位体積重量	$\gamma_w = 1.0 \text{ t/m}^3$
上載加重	$w = 1.0 \text{ tf/m}^2$

2.2 排水貯留槽

(1) 計算条件

池の形状	円筒形
直径	$D = 40.0 \text{ m}$
壁高	$H_0 = 4.5 \text{ m}$
フリーボード	$h = 0.5 \text{ m}$
水深	$H = (H_0 - h) = 4.0 \text{ m}$
壁厚	$t = 0.2 \text{ m}$



(2) 荷重計算

水圧力	$q_w = \gamma_w \cdot h$
h : 内水圧の作用高さ	
$h_w=0\text{m}$ のとき	$q_0 = 0 \text{ tf/m}^2$
$h_w=4.0\text{m}$ のとき	$q_1 = 1.0 \times 4.0 = 4.0 \text{ tf/m}^2$

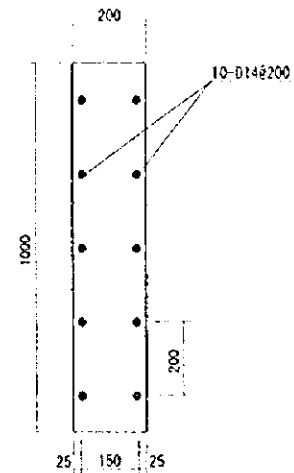
土圧力	$q_s = (w + \gamma_s \cdot h_s) \cdot K$
h_s : 土圧の作用高さ	
$h_s=0\text{m}$ のとき	$q_0 = 1.0 \times 0.5 = 0.50 \text{ tf/m}^2$
$h_s=4.0\text{m}$ のとき	$q_1 = (1.0 + 1.88 \times 4.0) \times 0.5 = 4.76 \text{ tf/m}^2$

(3) 強度計算

A. リング方向筋の算定

A 1 内水圧によるリング方向の引張り力

$$\begin{aligned}
 T &= C_t \times \gamma_w \times h \times D/2 \quad T: \text{引張り力 (t/m)} \\
 &= C_t \times 1.0 \times 4.0 \times 15.0 \quad C_t: \text{係数} \\
 &= 60.0 \times C_t
 \end{aligned}$$



パラメータ ($h^2/Dt = 2$) を用いて、計算図表により各分割点における係数(C_t)を求め、これから引張り力(T)、引張り応力度(σ)を求める。

ここで、鉄筋断面積(A_s)は、内外面に1列ずつ D14@200 を使用する(10 本/m)ことから、
 $A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 10 = 15.39 \text{ cm}^2$

また、引張応力度(σ)は、 $\sigma = T/A_s$ より求められる。

分割点	作用高さ h(m)	係数 C_t	引張り力 T(tf/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.234	14.04	15.39	912
0.1	0.40	0.251	15.06	15.39	978
0.2	0.80	0.273	16.38	15.39	1064
0.3	1.20	0.285	17.10	15.39	1111
0.4	1.60	0.285	17.10	15.39	1111
0.5	2.00	0.274	16.44	15.39	1068
0.6	2.40	0.232	13.92	15.39	901
0.7	2.80	0.172	10.32	15.39	671
0.8	3.20	0.101	6.24	15.39	405
0.9	3.60	0.031	1.86	15.39	121
1.0	4.00	0.000	0.00	15.39	0

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 1111 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s$ (1800 kg/cm²) を満たすので、内水圧による円周方向の引張り強度は問題ない。

A 2 土圧によるリング方向の引張り力

土圧は円周方向に対し圧縮側に作用するので計算の必要がない。

B. 縦方向筋の算定

B 1 内水圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_m \times Q_m \times h^2 & M: \text{モーメント (t}\cdot\text{m/m)} \\
 &= C_m \times \gamma_w \times h^3 & C_m: \text{係数} \\
 &= C_m \times 1.0 \times 4^3 \\
 &= 64 \times C_m
 \end{aligned}$$

パラメータ ($h^2/Dt = 2$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_m) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、

上部 (上端から下 2455mm まで)

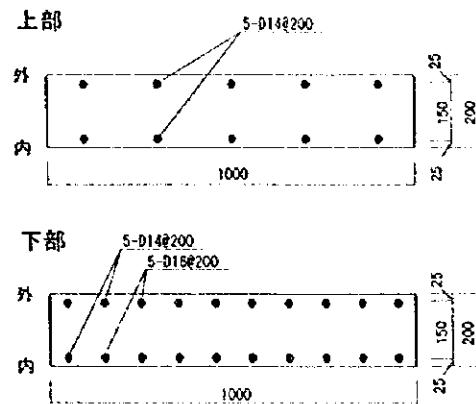
内外面に 1 列ずつ D14@200 を使用する (5 本/m) ことから、

$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 = 7.69 \text{ cm}^2$$

下部 (下端から上 1325mm まで)

D14@200 と D16@200 をちどり状に使用。

$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 + \pi \times (1.60/2)^2 \times 5 = 17.74 \text{ cm}^2$$



また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)

より求められる。(d:有効高さ、17.50cm)

分割点	作用高さ h (m)	係数 C_m	モーメント M (t \cdot m/m)	鉄筋断面 A_s (cm 2)	引張応力度 σ (kg/cm 2)
0.0	0.00	0	0	7.69	0
0.1	0.40	0.0010	0.064	7.69	54
0.2	0.80	0.0035	0.224	7.69	190
0.3	1.20	0.0068	0.435	7.69	369
0.4	1.60	0.0099	0.634	7.69	489
0.5	2.00	0.0120	0.768	7.69	652
0.6	2.40	0.0115	0.736	7.69	625
0.7	2.80	0.0075	0.480	17.74	177
0.8	3.20	-0.0021	-0.134	17.74	49
0.9	3.60	-0.0185	-1.184	17.74	436
1.0	4.00	-0.0436	-2.790	17.74	1027

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 1027 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

B 2 土圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_u \times q_1 \times h^2 & M: \text{モーメント (t} \cdot \text{m/m)} \\
 &= C_u \times 4.76 \times 4^2 & C_u: \text{係数} \\
 &= 76.16 \times C_u
 \end{aligned}$$

パラメータ ($h^2/Dt = 2$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_u) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、内面と同じであるので

上部 (上端から下 2455mm まで) $A_s = 7.69 \text{ cm}^2$

下部 (下端から上 1325mm まで) $A_s = 17.74 \text{ cm}^2$

また、引張り応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)

より求められる。(d:有効高さ、17.50cm)

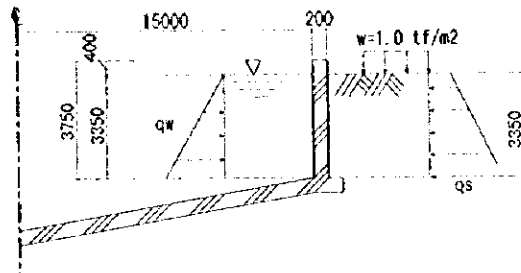
分割点	作用高さ h (m)	係数 C_u	モーメント M (tf·m/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00	0	0	7.69	0
0.1	0.40	0.010	0.076	7.69	65
0.2	0.80	0.0035	0.267	7.69	227
0.3	1.20	0.0068	0.518	7.69	440
0.4	1.60	0.0099	0.754	7.69	640
0.5	2.00	0.0120	0.914	7.69	776
0.6	2.40	0.0115	0.876	7.69	744
0.7	2.80	0.0075	0.571	17.74	177
0.8	3.20	-0.0021	-0.160	17.74	59
0.9	3.60	-0.0185	-1.409	17.74	519
1.0	4.00	-0.0436	-3.321	17.74	1223

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 1223 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

2. 3 沈殿池

(1) 計算条件

池の形状	円筒形
直径	$D = 30.0 \text{ m}$
壁高	$H_0 = 3.75 \text{ m}$
フリーボード	$h = 0.4 \text{ m}$
水深	$H = (H_0 - h) = 3.35 \text{ m}$
壁厚	$t = 0.2 \text{ m}$



(2) 荷重計算

水圧力	$q_w = \gamma_w \cdot h$
	h : 内水圧の作用高さ
	$h_w = 0 \text{ m}$ のとき $q_0 = 0 \text{ tf/m}^2$
	$h_w = 3.35 \text{ m}$ のとき $q_1 = 1.0 \times 3.35 = 3.35 \text{ tf/m}^2$

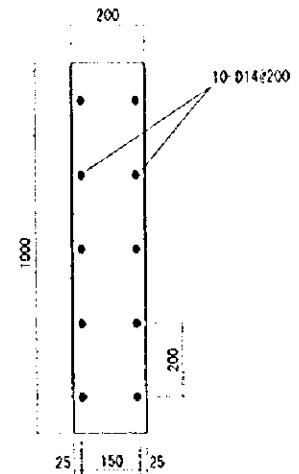
土圧力	$q_s = (w + \gamma_s \cdot h_s) \cdot K$
	h_s : 土圧の作用高さ
	$h_s = 0 \text{ m}$ のとき $q_0 = 1.0 \times 0.5 = 0.50 \text{ tf/m}^2$
	$h_s = 3.35 \text{ m}$ のとき $q_1 = (1.0 + 1.88 \times 3.35) \times 0.5 = 3.65 \text{ tf/m}^2$

(3) 強度計算

A. リング方向筋の算定

A1 内水圧によるリング方向の引張り力

$$\begin{aligned}
 T &= C_1 \times \gamma_w \times h \times D/2 & T: \text{引張り力 (t/m)} \\
 &= C_1 \times 1.0 \times 3.35 \times 15.0 & C_1: \text{係数} \\
 &= 50.25 \times C_1 & h: \text{荷重の作用高さ (m)}
 \end{aligned}$$



パラメータ ($h^2/Dt = 1.87$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_1) を求め、これから引張り力 (T)、引張り応力度 (σ) を求める。

往復

ここで、鉄筋断面積 (A_s) は、内外面に 1 列ずつ D14@200 を使用する (10 本/m) ことから、 $A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 10 = 15.39 \text{ cm}^2$

また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = T/A_s$ より求められる。

分割点	作用高さ h (m)	係数 C_1	引張り力 T (tf/m)	鉄筋断面 A_s (cm^2)	引張応力度 σ (kg/cm^2)
0.0	0.00	0.244	12.26	15.39	793
0.1	0.34	0.257	12.91	15.39	839
0.2	0.67	0.271	13.62	15.39	885
0.3	1.01	0.279	14.02	15.39	911
0.4	1.34	0.274	13.77	15.39	895
0.5	1.68	0.258	12.96	15.39	842
0.6	2.01	0.217	10.90	15.39	708
0.7	2.35	0.160	8.04	15.39	522
0.8	2.68	0.095	4.77	15.39	310
0.9	3.02	0.028	1.41	15.39	92
1.0	3.35	0.000	0.00	0	0

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 911 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s$ (1800 kg/cm^2) を満たすので、内水圧による円周方向の引張り強度は問題ない。

A2 土圧によるリング方向の引張り力

土圧は円周方向に対し圧縮側に作用するので計算の必要がない。

B. 縦方向筋の算定

B 1 内水圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_e \times q_u \times h^2 & M: \text{モーメント (t}\cdot\text{m/m)} \\
 &= C_e \times \gamma_w \times h^3 & C_e: \text{係数} \\
 &= C_e \times 1.0 \times 3.35^3 \\
 &= 37.60 \times C_e
 \end{aligned}$$

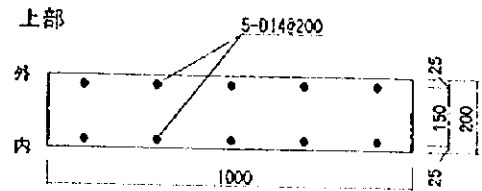
パラメータ ($h^2/Dt = 1.87$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_e) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、

上部 (上端から下 2455mm まで)

内外面に 1 列ずつ D14@200 を使用する (5 本/m) ことから、

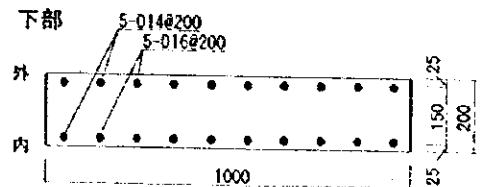
$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 = 7.69 \text{ cm}^2$$



下部 (下端から上 1325mm まで)

D14@200 と D16@200 をちどり状に使用。

$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 + \pi \times (1.60/2)^2 \times 5 = 17.74 \text{ cm}^2$$



また、引張り応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)

より求められる。(d:有効高さ、17.50cm)

分割点	作用高さ h (m)	係数 C_e	モーメント M (tf·m/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張り応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00				
0.1	0.34	0.0020	0.075	7.69	64
0.2	0.67	0.0048	0.180	7.69	153
0.3	1.01	0.0081	0.305	7.69	259
0.4	1.34	0.0106	0.399	7.69	339
0.5	1.68	0.0117	0.440	7.69	374
0.6	2.01	0.0114	0.429	7.69	364
0.7	2.35	0.0068	0.256	17.74	94
0.8	2.68	-0.0031	-0.117	17.74	43
0.9	3.02	-0.0200	-0.752	17.74	277
1.0	3.35	-0.0458	-1.722	17.74	634

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 634 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

B 2 土圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_a \times q_1 \times h^2 && M: \text{モーメント (t}\cdot\text{m/m)} \\
 &= C_a \times 3.65 \times 3.35^2 && C_a: \text{係数} \\
 &= 40.96 \times C_a
 \end{aligned}$$

パラメータ ($h^2/Dt = 1.87$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_a) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、内面と同じであるので

上部 (上端から下 2455mm まで) $A_s = 7.69 \text{ cm}^2$

下部 (下端から上 1325mm まで) $A_s = 17.74 \text{ cm}^2$

また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)

より求められる。(d:有効高さ、17.50cm)

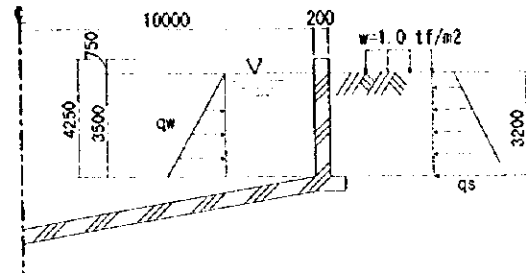
分割点	作用高さ h (m)	係数 C_a	モーメント M (tf·m/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00				
0.1	0.34	0.0020	0.082	7.69	67
0.2	0.67	0.0018	0.197	7.69	167
0.3	1.01	0.0081	0.332	7.69	282
0.4	1.34	0.0106	0.434	7.69	369
0.5	1.68	0.0117	0.479	7.69	407
0.6	2.01	0.0114	0.467	7.69	397
0.7	2.35	0.0068	0.279	17.74	103
0.8	2.68	-0.0031	-0.127	17.74	47
0.9	3.02	-0.0200	-0.819	17.74	301
1.0	3.35	-0.0458	-1.876	17.74	691

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 691 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

2. 4 濃縮槽

(1) 計算条件

池の形状	円筒形
直径	$D = 20.0 \text{ m}$
壁高	$H_0 = 4.25 \text{ m}$
フリーボード	$h = 0.75 \text{ m}$
水深	$H = (H_0 - h) = 3.5 \text{ m}$
壁厚	$t = 0.2 \text{ m}$



(2) 荷重計算

水圧力 $q_w = \gamma_w \cdot h$

h : 内水圧の作用高さ

$h_w = 0 \text{ m}$ のとき

$$q_0 = 0 \text{ tf/m}^2$$

$h_w = 3.5 \text{ m}$ のとき

$$q_1 = 1.0 \times 3.5 = 3.5 \text{ tf/m}^2$$

土圧力 $q_s = (w + \gamma_s \cdot h_s) \cdot K$

h_s : 土圧の作用高さ

$h_s = 0 \text{ m}$ のとき

$$q_0 = 1.0 \times 0.5 = 0.50 \text{ tf/m}^2$$

$h_s = 3.2 \text{ m}$ のとき

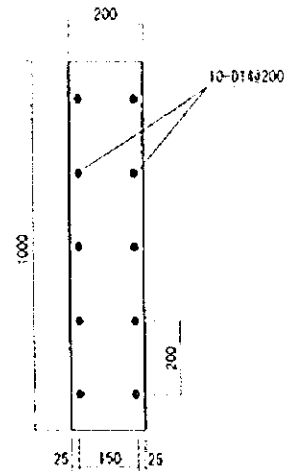
$$q_1 = (1.0 + 1.88 \times 3.2) \times 0.5 = 3.51 \text{ tf/m}^2$$

(3) 強度計算

A. リング方向筋の算定

A 1 内水圧によるリング方向の引張り力

$$\begin{aligned}
 T &= C_1 \times \gamma_w \times h \times D/2 & T: \text{引張り力 (t/m)} \\
 &= C_1 \times 1.0 \times 3.5 \times 15.0 & C_1: \text{係数} \\
 &= 52.5 \times C_1 & h: \text{荷重の作用高さ (m)}
 \end{aligned}$$



パラメータ ($h^2/Dt = 3.06$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_1) を求め、これから引張り力 (T)、引張り応力度 (σ) を求める。

往復

ここで、鉄筋断面積 (A_s) は、内外面に 1 列ずつ D14@200 を使用する (10 本/m) ことから、 $A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 10 = 15.39 \text{ cm}^2$

また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = T/A_s$ より求められる。

分割点	作用高さ h(m)	係数 C_1	引張り力 T (tf/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.134	7.01	15.39	455
0.1	0.35	0.203	10.66	15.39	693
0.2	0.70	0.267	14.02	15.39	911
0.3	1.05	0.322	16.91	15.39	1098
0.4	1.40	0.357	18.74	15.39	1218
0.5	1.75	0.362	19.01	15.39	1235
0.6	2.10	0.330	17.33	15.39	1126
0.7	2.45	0.262	13.76	15.39	894
0.8	2.80	0.157	8.24	15.39	535
0.9	3.15	0.052	2.73	15.39	177
1.0	3.50	0.000	0.00	0	0

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 1235 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧による円周方向の引張り強度は問題ない。

A 2 土圧によるリング方向の引張り力

土圧は円周方向に対し圧縮側に作用するので計算の必要がない。

B. 縦方向筋の算定

B 1 内水圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_u \times q_u \times h^2 & M: \text{モーメント (t}\cdot\text{m/m)} \\
 &= C_u \times \gamma_w \times h^3 & C_u: \text{係数} \\
 &= C_u \times 1.0 \times 3.5^3 \\
 &= 42.88 \times C_u
 \end{aligned}$$

パラメータ ($h^2/Dt = 3.06$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_u) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

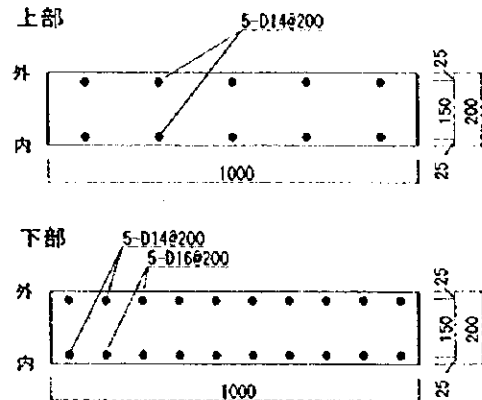
縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、

上部 (上端から下 2455mm まで)
 内外面に 1 列ずつ D14@200 を使用する (5 本/m) ことから、

$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 = 7.69 \text{ cm}^2$$

下部 (下端から上 1325mm まで)
 D14@200 と D16@200 をちどり状に使用。

$$A_s = \pi \times (1.40/2)^2 \times 5 + \pi \times (1.60/2)^2 \times 5 = 17.74 \text{ cm}^2$$



また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)
 より求められる。(d: 有効高さ、17.50cm)

分割点	作用高さ h (m)	係数 C_u	モーメント M (tf·m/m)	鉄筋断面 A_s (cm^2)	引張応力度 σ (kg/cm^2)
0.0	0.00				
0.1	0.35	0.0006	0.026	7.69	22
0.2	0.70	0.0021	0.090	7.69	76
0.3	1.05	0.0047	0.202	7.69	172
0.4	1.40	0.0071	0.304	7.69	258
0.5	1.75	0.0090	0.386	7.69	328
0.6	2.10	0.0097	0.416	7.69	353
0.7	2.45	0.0077	0.330	17.74	121
0.8	2.80	0.0012	0.051	17.74	19
0.9	3.15	-0.0119	-0.510	17.74	188
1.0	3.50	-0.0333	-1.428	17.74	526

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 526 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

B 2 土圧からの算定

$$\begin{aligned}
 M &= C_n \times q_1 \times h^2 & M: \text{モーメント (t}\cdot\text{m/m)} \\
 &= C_n \times 3.51 \times 3.2^2 & C_n: \text{係数} \\
 &= 35.94 \times C_n
 \end{aligned}$$

パラメータ ($h^2/Dt = 2.56$) を用いて、計算図表により各分割点における係数 (C_n) を求め、これからモーメント (M)、引張り応力度 (σ) を求める。

縦方向の鉄筋断面 (A_s) は、内面と同じであるので

上部 (上端から下 2455mm まで) $A_s = 7.69 \text{ cm}^2$

下部 (下端から上 1325mm まで) $A_s = 17.74 \text{ cm}^2$

また、引張応力度 (σ) は、 $\sigma = M \times 10^5 / (A_s \times (7/8) \times d)$ (kg/cm^2)

より求められる。(d:有効高さ、17.50cm)

分割点	作用高さ h (m)	係数 C_n	モーメント M (tf·m/m)	鉄筋断面 A_s (cm ²)	引張応力度 σ (kg/cm ²)
0.0	0.00				
0.1	0.32	0.0008	0.029	7.69	25
0.2	0.64	0.0027	0.097	7.69	82
0.3	0.96	0.0056	0.201	7.69	171
0.4	1.28	0.0083	0.298	7.69	253
0.5	1.60	0.0103	0.370	7.69	314
0.6	1.92	0.0105	0.377	7.69	320
0.7	2.24	0.0076	0.273	17.74	100
0.8	2.56	-0.0003	-0.011	17.74	4
0.9	2.88	-0.0148	-0.532	17.74	196
1.0	3.20	-0.0378	-1.359	17.74	500

上表より、最大引張応力度は $\sigma = 500 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s (1800 \text{ kg/cm}^2)$ を満たすので、内水圧に対する縦方向筋は十分余裕があり、強度的には問題ないものと考えてよい。

円筒槽に生じる応力の計算図表

Mの係数 : Cm

H ² /Dt	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.85H	0.9H	0.95H	1.0H
0.4	0.0005	0.0014	0.0021	0.0007	-0.0012	-0.0150	-0.0302	-0.0529		-0.0316		-0.1205
0.8	0.0011	0.0037	0.0063	0.0080	0.0070	0.0023	-0.0063	-0.0224		-0.0165		-0.0795
1.2	0.0012	0.0042	0.0077	0.0103	0.0112	0.0090	0.0022	-0.0108		-0.0311		-0.0602
1.6	0.0011	0.0075	0.0107	0.0121	0.0111	0.0111	0.0053	-0.0051		-0.0232		-0.0505
2.0	0.0010	0.0035	0.0068	0.0099	0.0120	0.0115	0.0075	-0.0021		-0.0185		-0.0436
3.0	0.0006	0.0021	0.0047	0.0071	0.0090	0.0097	0.0077	0.0012		-0.0119		-0.0333
4.0	0.0003	0.0015	0.0028	0.0047	0.0056	0.0077	0.0069	0.0023		-0.0080		-0.0268
5.0	0.0002	0.0009	0.0016	0.0029	0.0046	0.0059	0.0059	0.0028		-0.0058		-0.0222
6.0	0.0001	0.0003	0.0008	0.0019	0.0032	0.0046	0.0051	0.0029		-0.0041		-0.0187
8.0	0.0000	0.0001	0.0002	0.0008	0.0016	0.0028	0.0038	0.0029		-0.0022		-0.0146
10.0	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0007	0.0019	0.0029	0.0028		-0.0012		-0.0122
12.0	0.0000	-0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0015	0.0023	0.0026		-0.0005		-0.0104
20.0								0.0015	0.0014	0.0005	-0.0018	-0.0063
24.0								0.0012	0.0012	0.0007	-0.0013	-0.0053
32.0								0.0007	0.0009	0.0007	-0.0008	-0.0040
40.0								0.0002	0.0005	0.0006	-0.0005	-0.0032
48.0								0.0000	0.0001	0.0006	-0.0003	-0.0026
56.0								0.0000	0.0000	0.0004	-0.0001	-0.0023

Tの係数 : Cm

H ² /Dt	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
0.4	0.149	0.134	0.120	0.101	0.082	0.066	0.049	0.029	0.014	0.004
0.8	0.263	0.239	0.215	0.190	0.160	0.130	0.096	0.063	0.034	0.100
1.2	0.283	0.271	0.254	0.234	0.209	0.180	0.142	0.099	0.054	0.016
1.6	0.265	0.268	0.268	0.266	0.250	0.226	0.185	0.134	0.075	0.023
2.0	0.234	0.251	0.273	0.285	0.285	0.274	0.232	0.172	0.104	0.031
3.0	0.134	0.203	0.267	0.322	0.357	0.362	0.330	0.262	0.157	0.052
4.0	0.067	0.164	0.256	0.339	0.403	0.429	0.409	0.334	0.210	0.073
5.0	0.025	0.137	0.245	0.346	0.420	0.477	0.469	0.398	0.259	0.092
6.0	0.018	0.119	0.234	0.344	0.441	0.504	0.514	0.441	0.301	0.112
8.0	0.011	0.104	0.218	0.335	0.443	0.534	0.575	0.530	0.381	0.151
10.0	0.011	0.098	0.206	0.323	0.437	0.542	0.608	0.589	0.440	0.179
12.0	0.005	0.097	0.202	0.312	0.429	0.543	0.628	0.633	0.494	0.211
14.0	0.002	0.098	0.200	0.306	0.420	0.539	0.639	0.666	0.541	0.241
16.0	0.000	0.099	0.199	0.304	0.412	0.531	0.641	0.687	0.582	0.265

資料-10 構造物基礎の検討

1 地盤支持力の算定

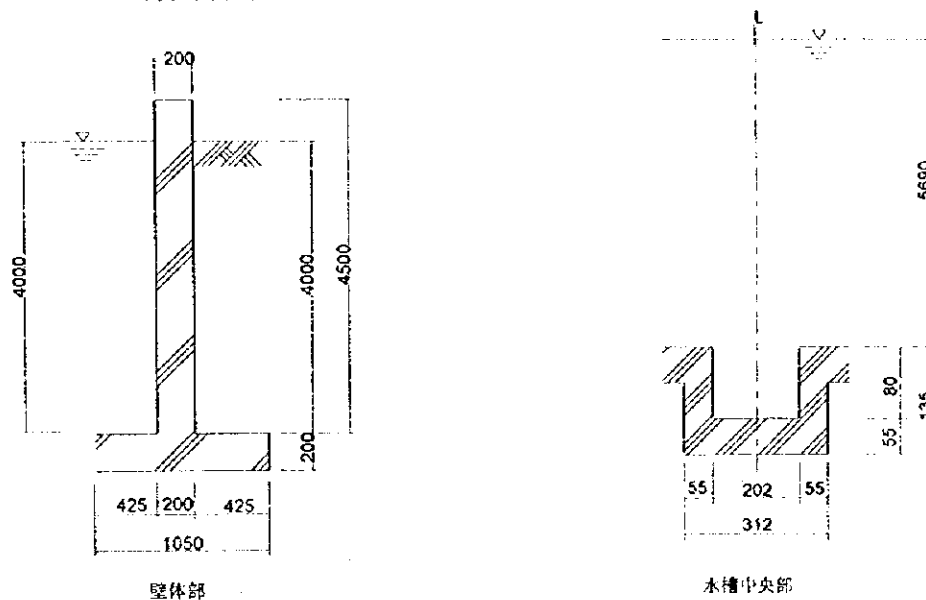
既存水槽の基礎は直接基礎となっている。既存ボーリング資料をもとに地盤支持力を算定し基礎の安全性を確認する。

1.1 荷重の計算

1.1.1 計算条件

鉄筋コンクリート単位体積重量	2.50 t/m ³
土の単位体積重量	1.80 t/m ³
水の単位体積重量	1.00 t/m ³
基礎の種類	べた基礎

1.1.2 汚泥貯留槽



(1) 壁体直下にかかる荷重： W_1

水槽の躯体 (壁、壁直下の底版)： W_1	$(0.20 \times 4.50 + 0.20 \times 1.05) \times 2.70 \times 2.50 = 7.49 \text{ t}$
基礎張り出し部の埋戻し土重量： W_2	$0.425 \times 4.00 \times 2.70 \times 1.80 = 8.26 \text{ t}$
水槽内水重量： W_3	$0.425 \times 4.00 \times 2.70 \times 1.00 = 4.59 \text{ t}$
基礎底面積： A	$1.05 \times 2.70 = 2.84 \text{ m}^2$

以上より壁直下底版にかかる荷重は上澄水流出施設等も含めて以下のとおりとする。

$$W_c = (W_1 + W_2 + W_3) / A \times 1.2 = 8.59 \text{ t/m}^2$$

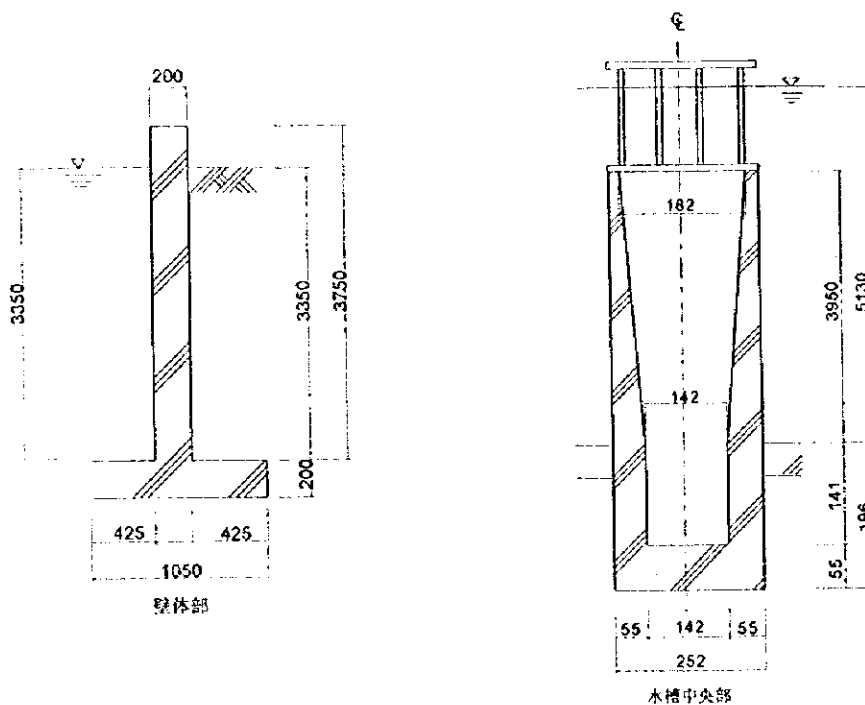
(2) 水槽中央部の荷重: W_s

躯体重量: W_1	$\{ \pi/4 \times (3.12)^2 \times 1.35 - \pi/4 \times (2.02)^2 \times 0.80 \}$ $\times 2.50 = 19.41 \text{ t/m}^2$
水重量: W_2	$\{ \pi/4 \times (3.12)^2 \times 5.69 + \pi/4 \times (2.02) \times 0.80 \}$ $\times 1.00 = 46.07 \text{ t/m}^2$
基礎底面積: A	$\pi/4 \times (3.12)^2 = 10.28 \text{ t/m}^2$

以上より、水槽中央部の荷重を付属の小構造物重量を含めて以下のとおりとする。

$$W_s = (W_1 + W_2) / A \times 1.2 = 10.28 \text{ (t/m}^2)$$

1. 1. 2 沈殿池



(1) 壁体直下にかかる荷重： W_c

水槽の躯体 (壁、壁直下の底版)： W_1	$(0.20 \times 3.75 + 0.20 \times 1.05) \times 2.70 \times 2.50 = 6.48 \text{ t}$
基礎張り出し部の埋戻し土重量： W_2	$0.425 \times 3.35 \times 2.70 \times 1.80 = 6.92 \text{ t}$
水槽内水重量： W_3	$0.425 \times 3.35 \times 2.70 \times 1.00 = 3.83 \text{ t}$
基礎底面積： A	$1.05 \times 2.70 = 2.84 \text{ m}^2$

以上より壁直下底版にかかる荷重は上澄水流施設等も含めて以下のとおりとする。

$$W_c = (W_1 + W_2 + W_3) / A \times 1.2 = 6.07 \text{ t/m}^2$$

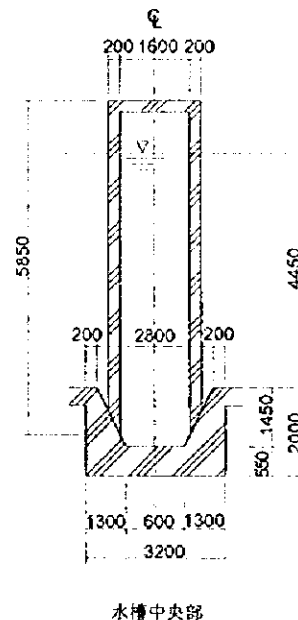
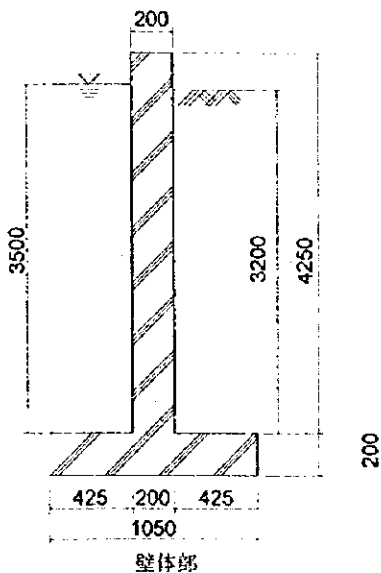
(2) 水槽中央部荷重

躯体重量： W_1	$[\pi/4 \times (2.52)^2 \times 591 - \{(\pi/3 \times 3.95 \times 1/4 \times ((1.41)^2 + 1.42 \times 1.82 + (1.82)^2) + \pi/4 \times (1.42)^2 \times 1.41\}] \times 2.50 = 47.63 \text{ t}$
水重量： W_2	$8.18 + 2.23 + \pi/4 \times (2.52)^2 \times 1.18 = 16.29 \text{ t}$
基礎底面積： A	$\pi/4 (2.52)^2 = 4.99 \text{ m}^2$

以上より、水槽中央部の荷重を付属の小構造物重量を含めて以下のとおりとする。

$$W_s = (W_1 + W_2) / A \times 1.2 = 15.37 \text{ (t/m}^2)$$

1. 1. 3 濃縮槽



(1) 壁体直下にかかる荷重： W_c

水槽の躯体（壁、壁直下の底版）： W_1	$(0.20 \times 4.25 + 0.20 \times 1.05) \times 2.70 \times 2.50 = 7.16 \text{ t}$
基礎張り出し部の埋戻し土重量： W_2	$0.425 \times 3.20 \times 2.70 \times 1.80 = 6.61 \text{ t}$
水槽内水重量： W_3	$0.425 \times 3.50 \times 2.70 \times 1.00 = 4.02 \text{ t}$
基礎底面積： A	$1.05 \times 2.70 = 2.84 \text{ m}^2$

以上より壁直下底版にかかる荷重は上澄水流出施設等も含めて以下のとおりとする。

$$W_c = (W_1 + W_2 + W_3) / A \times 1.2 = 7.51 \text{ t/m}^2$$

(2) 水槽中央部の荷重： W_s

躯体重量： W_1	$[\pi/4 \times (3.20)^2 \times 2.0 - \pi/3 \times \{(2.80)^2 + 0.60 \times 2.8 + (0.60)^2\} \times 1.45 + \pi/4 \times (2.20)^2 \times 5.85 - \pi/4 \times (1.60)^2 \times 5.65] \times 2.50 = 29.93 \text{ t}$
水重量： W_2	$[\pi/4 \times (3.20)^2 \times 4.45 + \pi/3 \times \{(2.80)^2 + 2.80 \times 0.60 + (0.60)^2\} \times 1.45] \times 1.00 = 50.76 \text{ t}$
基礎底面積： A	$\pi/4 \times (3.20)^2 = 8.04 \text{ m}^2$

以上より、水槽中央部の荷重を付属の小構造物重量を含めて以下のとおりとする。

$$W_s = (W_1 + W_2) / A \times 1.2 = 12.04 \text{ t/m}^2$$

1. 2 地盤の許容支持力

1. 2. 1 許容支持力度の計算 (“建築基礎構造設計指針”、日本建築学会より)

(1) 長期許容支持力度

$$q_a = \frac{1}{3} \times (\alpha \times C \times N_c + \beta \times \gamma_1 \times B \times N_r + \gamma_2 \times D_f \times N_q) \quad (\text{t/m}^2)$$

(2) 短期許容支持力度

$$q_o = \frac{2}{3} \times \left(\alpha \times C \times N_c + \beta \times \gamma_1 \times B \times N_r + \frac{1}{2} \gamma_2 \times D_f \times N_q \right) \quad (\text{t/m}^2)$$

- q_a 許容支持力度 (t/m²)
 C 基礎底面下にある地盤の粘着力 (t/m²)
 γ_1 基礎底面下にある地盤の平均単位体積重量 (t/m³)
 地下水位以下にある場合は水中単位体積重量をとる。
 γ_2 基礎底面より上方にある地盤の平均単位体積重量 (t/m³)
 地下水位以下にある場合は水中単位体積重量をとる。
 α, β 表1に示す形状係数
 N_c, N_r, N_q 表2に示す支持力係数, 内部摩擦角 ϕ の関数
 D_f 基礎に近接した最低地盤面から基礎底面までの深さ (m)
 B 基礎底面の最小幅 (m). 円形の場合は直径

表1：形状係数

基礎底面の形状	連続	正方形	長方形	円形
α	1.0	1.3	1.0+0.3×B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5-0.1×B/L	0.3

B:長方形の短辺長さ
 L:長方形の長辺長さ

表2：支持力係数

ϕ	N_c	N_r	N_q
0	5.3	0	3.0
5	5.3	0	3.4
10	5.3	0	3.9
15	6.5	1.2	4.7
20	7.9	2.0	5.9
25	9.9	3.3	7.6
28	11.4	4.4	9.1
32	20.9	10.6	16.1
36	42.2	30.5	33.6
40以上	95.7	114.0	83.2

(3) 支持力係数

「ブ」側で実施しているボーリングは、浄水施設の地盤を対象としており今回の対象である汚泥処理施設の部分のボーリング資料はない。

今回の計算には、既存資料で当該施設に直近の NO. 5 ボーリング資料を参考とする。NO. 5 地点の資料によると、基礎部の土質は礫層で土質定数は以下の通りである。

単位体積重量	$\gamma_1 = 1.8 \sim 2.1 \text{ t/m}^3$
内部摩擦角	$\phi = 34^\circ$
粘着力	$C = 0$

表より支持力係数は、

$$N_c = 29.5, \quad N_r = 18.5, \quad N_q = 22.5$$

1. 2. 2 汚泥貯留槽

	壁体直下	中央部
基礎形状	幅 1.05m、長 2.70m	$\phi 3.12 \text{ m}$
形状係数 α	1.12	1.3
形状係数 β	0.46	0.3
原地盤標高	+732.0 m (+730.3 ~ +733.7 m)	
基礎地盤の標高	+730.0 m	+727.1 m
Df	2.0	4.9
長期許容支持力度	$1/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1.80 \times 2.0 \times 22.5) = 32.66 \text{ t/m}^2$	$1/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 3.12 \times 18.5 + 1.80 \times 4.9 \times 22.5) = 77.12 \text{ t/m}^2$
短期許容支持力度	$2/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 2.0 \times 22.5) = 38.32 \text{ t/m}^2$	$2/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 3.12 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 1.0 \times 22.5) = 88.08 \text{ t/m}^2$

1. 2. 3 沈殿池

	壁体直下	中央部
基礎形状	幅 1.05m、長 2.70m	φ 2.52 m
形状係数 α	1.12	1.3
形状係数 β	0.46	0.3
原地盤標高	+727.0 m	
基礎地盤の標高	+723.6 m	+720.1 m
Df	3.4	6.8
長期許容支持力度	$1/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1.80 \times 3.4 \times 22.5) = 51.56 \text{ t/m}^2$	$1/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 2.52 \times 18.5 + 1.80 \times 6.8 \times 22.5) = 100.66 \text{ t/m}^2$
短期許容支持力度	$2/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 3.4 \times 22.5) = 57.22 \text{ t/m}^2$	$2/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 2.52 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 6.8 \times 22.5) = 109.52 \text{ t/m}^2$

1. 2. 4 濃縮槽

	壁体直下	中央部
基礎形状	幅 1.05m、長 2.70m	3.20
形状係数 α	1.12	1.3
形状係数 β	0.46	0.3
原地盤標高	+722.8 m	
基礎地盤の標高	+721.1 m	+718.8 m
Df	1.7	3.0
長期許容支持力度	$1/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1.80 \times 1.7 \times 22.5) = 28.61 \text{ t/m}^2$	$1/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 3.20 \times 18.5 + 1.80 \times 3.0 \times 22.5) = 51.75 \text{ t/m}^2$
短期許容支持力度	$2/3 \times (1.12 \times 0 \times 29.5 + 0.46 \times 1.90 \times 1.05 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 1.7 \times 22.5) = 34.27 \text{ t/m}^2$	$2/3 \times (1.3 \times 0 \times 29.5 + 0.3 \times 1.90 \times 3.20 \times 18.5 + 1/2 \times 1.80 \times 3.0 \times 22.5) = 63.00 \text{ t/m}^2$

1.3 荷重・許容支持力の比較

(1) 汚泥貯留槽

	荷重	長期許容支持力	短期許容支持力
壁体直下	8.59 t/m ²	32.66 t/m ²	38.32 t/m ²
水槽中央部	10.28 t/m ²	77.12 t/m ²	88.08 t/m ²

(2) 沈殿池

	荷重	長期許容支持力	短期許容支持力
壁体直下	6.07 t/m ²	51.56 t/m ²	57.22 t/m ²
水槽中央部	15.37 t/m ²	100.66 t/m ²	109.52 t/m ²

(3) 濃縮槽

	荷重	長期許容支持力	短期許容支持力
壁体直下	7.51 t/m ²	28.61 t/m ²	34.27 t/m ²
水槽中央部	12.01 t/m ²	51.75 t/m ²	63.00 t/m ²

以上から、基礎底面における加重はいずれも地盤の許容支持力内にあり、地盤の支持力は十分安全であると考えて良い。

2 即時沈下量

2. 1 即時沈下量の計算

2. 1. 1 計算条件

地盤表面に作用する荷重点の沈下量は、次式によって与えられる。

$$S_E = I_s \frac{1-\nu^2}{E} qB$$

- S_E 即時沈下量 (m)
- B 基礎の短辺長さ (円形の場合は直径) (m)
- q 基礎の平均荷重度 (t/m²)
- E 地盤のヤング係数 (t/m²)
- ν 地盤のポアソン比
- I_s 沈下係数 (下表参照)

沈下係数

底面形状	基礎の剛性	底面上の位置		I_s
円	0	中央		1
		辺		0.636
		全体		0.785
長方形	0	隅角	L/B=1	0.56
			1.5	0.68
			2.0	0.76
			2.5	0.84
			3.0	0.89
			4.0	0.98
			5.0	1.05
			10.0	1.27
	100.0	2.00		

砂質土層であるため、ポアソン比(ν)は0.3とする。

また、地層図より、地盤のヤング係数(E)は1000 t/m²である。

2. 1. 2 汚泥貯留槽

	壁体直下部	槽中央部
基礎形状	幅：1.05m、長：2.70m	直径：3.12m
形状係数	$I_s=0.84$	$I_s=0.785$
基礎の平均荷重度	$q = 8.59 \text{ t/m}^2$	$q = 10.28 \text{ t/m}^2$
即時沈下量	$0.84 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 8.59 \times 1.05 = 0.0069 \text{ m}$	$0.785 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 10.28 \times 3.12 = 0.0229 \text{ m}$

2. 1. 3 沈殿池

	壁体直下部	槽中央部
基礎形状	幅：1.05m、長：2.70m	直径：2.52m
形状係数	$I_s=0.84$	$I_s=0.785$
基礎の平均荷重度	$q = 6.07 \text{ t/m}^2$	$q = 15.37 \text{ t/m}^2$
即時沈下量	$0.84 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 6.07 \times 1.05 = 0.0049 \text{ m}$	$0.785 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 15.37 \times 2.52 = 0.0277 \text{ m}$

2. 1. 4 濃縮槽

	壁体直下部	槽中央部
基礎形状	幅：1.05m、長：2.70m	直径：3.20m
形状係数	$I_s=0.84$	$I_s=0.785$
基礎の平均荷重度	$q = 7.51 \text{ t/m}^2$	$q = 12.04 \text{ t/m}^2$
即時沈下量	$0.84 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 7.51 \times 1.05 = 0.0060 \text{ m}$	$0.785 \times (1-(0.30)^2)/1000 \times 12.04 \times 3.20 = 0.0275 \text{ m}$

2. 2 許容沈下量

建設基礎構造設計指針によると鉄筋コンクリート造べた基礎の場合、許容総沈下量は3.0 cmを標準とし、最大値は6.0 cmとなっている。

即時沈下量計算値はいずれも許容総沈下量以内であり有害な不同沈下は生じないと考えてよい。

資料- 1 1 水質環境基準(表流水)規制値 (1 / 2)

No.	Indexes	Unit	Category		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
<i>Group A. General physical and inorganic chemical indexes</i>					
1.	Temperature	°C	should not exceed by 3° the average temperature for the season		
2.	Colour	degrees	20°. Without apparent additional colouring		
3.	Smell	grades	2	3	3
4.	Active reaction	pH	6.5-8.5	6.0-8.5	6.0-9.0
5.	Oxygen saturation	%	75	40	20
6.	Conductance	MKS	700	1300	1600
7.	Dissolved oxygen	mg/dm ³	6	4	2
8.	Dissolved substances	"	700	1000	1500
9.	Nondissolved substances	"	30	50	100
10.	Total hardness	mgeq/dm ³	7	10	14
11.	Chlorine ions	mg/dm ³	200	300	400
12.	Sulphate ions	"	200	300	400
13.	Hydrogen sulphide (free)	"	not permitted		0.1
14.	Iron (total)	"	0.5	1.5	5
15.	Manganese (total)	"	0.1	0.3	0.8
16.	Nitrogen (ammonium)	"	0.1	2.0	5
17.	Nitrite nitrogen	"	0.002	0.04	0.06
18.	Nitrate nitrogen	"	5	10	20
19.	Phosphates (PO ₄)	"	0.2	1.0	2
20.	Phosphorus (total content as PO ₄)	"	0.4	2.0	3
21.	Selenium	"	0.01	0.01	0.01
22.	Beryllium	"	0.0002	0.0002	0.0002
23.	Vanadium	"	0.1	0.01	1
24.	Molybdenum	"	0.5	0.5	3
25.	Barium	"	1	1	4
26.	Boron	"	not permitted		1
27.	Silver	"	0.01	0.01	0.01
28.	Uranium	"	0.6	0.6	0.6
29.	Radium 226	mBq/dm ³	150	150	150
<i>Group B. General indexes for organic contaminants</i>					
30.	Organic nondissolved substances	mg/dm ³	5	15	25
31.	Oxidizability (permanganate)	"	10	30	40
32.	COD (bichromate)	"	25	70	100
33.	BOD ₅	"	5	15	25
34.	Dissolved organic hydrogen	"	5	12	20
35.	Extracted substances (with tetrachloromethane)	"	0.5	3	5
36.	Organic nitrogen	"	1	5	10

資料- 1 1 水質環境基準(表流水)規制値 (2 / 2)

<i>Group C. Indexes for inorganic substances of industrial origin</i>					
37.	Mercury	mg/dm ³	0.0002	0.001	0.01
38.	Cadmium	"	0.005	0.01	0.02
39.	Lead	"	0.02	0.05	0.2
40.	Arsenic	"	0.02	0.05	0.2
41.	Copper	"	0.05	0.1	0.5
42.	Chromium (trivalent)	"	0.1	0.5	1
43.	Chromium (sixvalent)	"	0.02	0.05	0.1
44.	Cobalt	"	0.02	0.1	0.5
45.	Nickel	"	0.05	0.2	0.5
46.	Zink	"	1	5	10
47.	Total beta activity	mBq/dm ³	750	750	750
48.	Cyanides (easily splittable)	mg/dm ³	not permitted	0.05	0.1
49.	Cyanides (total quantity)	"	not permitted	0.5	1.0
50.	Fluorides (total quantity)	"	0.5	1.5	3
51.	Free active chlorine	"	not permitted	0.05	0.1
<i>Group D. Indexes for organic substances of industrial origin</i>					
52.	Anionoactive detergents	mg/dm ³	0.5	1	3
53.	Phenols (volatile)	"	0.01	0.05	0.1
54.	Petroleum products	"	not permitted	0.3	0.5
55.	Aldrin	"	0.0002	0.0002	0.0002
56.	Pyridine	"	0.2	0.2	0.5
57.	Xanthogenates	"	0.001	0.01	0.1
58.	Saponins	"	0.2	0.2	1
59.	Styrene	"	0.1	0.2	0.5
60.	Benzene	"	0.5	0.5	1
61.	Formaldehyde	"	0.5	0.5	1
62.	Caprolactam	"	1	1	1
63.	Phthalic acid	"	0.5	1	5
64.	Phenyltrothione (Agria 1050)	"	0.0001	0.0001	0.3
65.	Zolon (Agria 1060)	"	0.0001	0.0001	0.002
66.	Saturn	"	0.1	0.1	1
67.	Atrazine (Caazine)	"	0.25	0.25	2.5
68.	Lasso	"	0.3	0.3	0.5
69.	2.4D	"	1	1	5
70.	Sevin (Dicarbam)	"	0.002	0.002	0.1
71.	Vinylchloride	"	0.01	0.01	0.01
72.	Dichloroethane	"	1.5	1.5	1.5
73.	Apholone	"	0.5	1.0	1.0
74.	Patoran	"	0.2	2.0	2.0
75.	Dimide	"	1.0	1.0	5.0
76.	Ramrod	"	0.5	0.5	1.0
77.	Treflan	"	1.0	1.0	5.0
78.	Propanide	"	0.1	1.0	2.0
79.	Diphensoquate	"	0.2	1.0	5.0
<i>Group E. Biological Indexes</i>					
80.	Saprobity		oligo	beta meso	alpha meso
	Pantle-Book index		<1.5	<2.5	<3.2
	Zelinka-Marvan-Rotstain index		>60	>40	>25
81.	Macrozoobentos species diversity (after Shannon)		>3	>2	>1
82.	Macrozoobentos matching degree		>0.7	>0.6	>0.5
83.	Macrozoobentos domination degree		<0.2	<0.3	<0.5
84.	Total number of microorganisms (direct count)		<10 ⁶	<5.10 ⁶	10 ⁵
85.	Total coli titre	cm ³	<0.1	<0.1	<0.001
86.	Escherichia coli titre - heat resistant	cm ³	<1.0	<1.0	<0.01
87.	Pathogenic microorganisms		Not permitted		

資料-12 ソフィア市の上水道施設の現況

(1) 水源

1992年～1996年の上水道・工業用水道の水源別年間及び日送水容量 (資料: 1997年上水道公社財務局)

1992年

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
イiscal水源 (パンチャレボ浄水場)	235,397,000	644,923
イiscal水源 (パンチャレボバイパス)	15,636,000	42,833
リラ水源	36,542,000	100,115
ヴィトーシャ水源	1,541,000	4,222
合計	289,116,000	792,098

1993年

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
イiscal水源 (パンチャレボ浄水場)	233,706,000	640,290
イiscal水源 (パンチャレボバイパス)	12,299,000	33,696
リラ水源	32,442,000	88,882
ヴィトーシャ水源	710,000	1,945
合計	279,157,000	764,813

1994年

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
イiscal水源 (パンチャレボ浄水場)	209,924,000	575,134
イiscal水源 (パンチャレボバイパス)	9,613,000	26,337
リラ水源	32,790,000	89,836
ヴィトーシャ水源	2,240,000	6,137
合計	254,567,000	697,444

1995年

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
イiscal水源 (パンチャレボ浄水場)	163,056,000	446,729
イiscal水源 (パンチャレボバイパス)	11,363,000	31,132
リラ水源	37,582,000	102,964
ヴィトーシャ水源	2,953,000	8,090
合計	214,954,000	588,915

1996年

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
イiscal水源 (パンチャレボ浄水場)	181,842,000	498,197
イiscal水源 (パンチャレボバイパス)	13,358,000	36,597
リラ水源	37,609,000	103,038
ヴィトーシャ水源	2,715,000	7,438
合計	235,524,000	645,270

(2) 1992年～1996年の上水道・工業用水道合計給水量

単位：千m³

	1992	1993	1994	1995	1996
年合計給水量(m ³)	289,116	279,157	254,567	214,954	235,524
日平均給水量(m ³)	792	765	697	589	645

(3) 用途別水使用量割合

(水量：百万m³)

	1991		1995		1996		合計	
	水量	割合	水量	割合	水量	割合	水量	割合
家庭用	83.0	65	53.0	65	69.0	72	205.0	67
政府官公庁、学校	12.5	10	11.7	14	8.8	9	33.3	11
工場、商業	23.1	18	11.3	14	12.2	13	46.6	16
その他	8.5	7	3.5	7	6.0	6	18	6
合計	127.1	100%	81.5	100%	96.0	100%	302.9	100%

(事前調査団資料)

(4) 導水、配水、給水管の数量及び管種

番号	管種	数量	配水管材質の使用割合
1	原水導水管 (鋼管及び铸铁管)	336km	
2	配水管	2,381km	100%
	(1) 鋼管	969 km	40
	(2) 铸铁管	617km	26
	(3) アスベスト管	752km	32
	(4) 鉛管	37km	2
	(5) コンクリート管	6km	0
3	給水装置 (給水メーター)	92,801 個	

(資料：1997年1月現在、ソフィア市企画部)

(5) 建設年代・管種別配管延長

番号	建設年代	鋼管	铸铁管	アスベスト
1	50年以上	174,254m 27.44%	207,203m 21.38%	7,212m 0.96%
2	30年～50年	69,914m 11.01%	166,423m 17.18%	413,220m 54.94%
3	20年～30年	4,240m 0.67%	345,517m 35.66%	311,152m 41.37%
4	20年未満	386,620m 60.88%	249,797m 25.78%	20,605m 2.74%
	合計	635,028m 100%	968,940m 100%	752,189m 100%

(資料：1997年1月現在、ソフィア市企画部)

(6) パンチャレボ浄水場の取水量

単位：1000m³/年

	1992	1993	1994	1995	1996
浄水場用	253,397	233,706	209,924	163,056	181,812
バイパス	15,626	12,299	9,613	11,363	13,358
合計	251,023	246,005	219,537*1	174,419	195,200

*1 マリツア水系の応援取水を含む

(7) イスカルダム貯水容量

単位：1000m³/年

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
最大貯水量	409,929	322,045	157,958	264,826	426,522	578,961
最小貯水量	277,997	225,557	80,955	237,631	223,778	408,403
年平均貯水量	343,963	273,801	238,913	251,228	325,150	493,682

(8) 月別日平均施設稼働率

年 月	1995		1996		1997	
	運転量	稼働率	運転量	稼働率	運転量	稼働率
1			359,210	93%	373,680	96%
2			367,560	95%	368,910	95%
3	321,840	83%	349,560	90%	345,950	89%
4	313,200	81%	321,970	83%	371,520	96%
5	317,088	82%	357,050	92%	363,960	94%
6	338,470	87%	370,420	95%	365,940	94%
7	369,500	95%	371,520	96%	374,040	96%
8	340,200	88%	351,880	91%	366,300	94%
9	356,890	92%	364,140	94%	361,620	93%
10	363,420	94%	340,740	88%		
11	363,960	94%	380,140	98%		
12	368,280	95%	367,372	95%		
小計	3,452,848		4,301,562		3,291,960	
年平均	345,285	89%	358,464	92%	365,773	94%

(資料：上下水道公社)

注記

1. 各月の数字は月平均日運転水量である。
2. 小計は各月平均の日運転水量の総和である。
3. 年平均とは年平均の日運転水量である。
4. 稼働率の計算に使用した施設容量は388,000m³/日である。

資料--13 ソフィア市上下水道公社財務資料

貸借対照表

		(1000 Leva)	
		1996年	1997年
資産の部	固定資産	4,436,987	93,582,993
	流動資産	792,063	3,633,101
	合計	5,229,050	97,216,094
資本の部	自己資本金	4,658,924	4,658,924
	法定準備金	34,197	88,512,327
	剰余金	-120,714	327,923
	合計	4,572,407	93,499,174
負債の部	負債	656,643	3,716,920
	合計	656,643	3,716,920

(資料:ソフィア市上下水道公社)

資料-13 ソフィア市上下水道公社財務資料

損益計算書
(発生時点での価格)

ソフィア市上下水道公社

(1000LV)

			1992	1993	1994	1995	1996	1997
収益	営業収益	水道料金	105,400	288,256	417,170	861,280	4,118,712	8,906,547
		下水道料金	77,775	168,160	301,210	395,920	2,274,012	5,079,633
		その他	2,225	6,752	8,710	18,690	87,204	197,886
	営業外収	受取り利息	4,075	3,488	10,140	8,120	155,961	174,408
		補助金	0	0	0	0	23,478	15,093
		その他	100	0	0	2,660	389,064	256,581
特別収益		4,600	5,600	7,085	69,160	211,302	145,899	
合計			194,175	472,256	744,315	1,355,830	7,259,733	14,776,047
費用	営業費用	労務費	60,550	109,760	181,220	285,880	1,982,214	6,634,212
		電力費	29,425	37,632	45,695	57,960	598,689	1,484,145
		薬品費	10,875	13,888	19,240	34,510	149,253	152,607
		原水費	9,775	24,960	31,395	67,480	288,444	425,958
		材料費/燃料	18,075	44,096	88,530	171,570	981,045	2,406,495
		修繕費	17,150	74,080	95,615	287,350	1,051,479	989,430
		外注工事費	10,975	27,392	53,820	106,190	362,232	652,353
		減価償却費	14,800	199,104	210,405	226,450	863,655	345,462
	その他	3,600	5,984	11,245	20,580	489,684	652,353	
	営業外費	支払利息	50	64	0	350	18,447	134,160
		その他	75	96	390	1,260	30,186	88,881
特別損失		725	352	2,015	12,180	38,571	67,080	
合計			176,075	537,408	739,570	1,271,760	6,853,899	14,031,459
純利益			18,100	-65,152	4,745	84,070	405,834	744,588

資料-13 ソフィア市上下水道公社財務資料

損益計算書
(インフレ率により1997年価値に補正)

ソフィア市上下水道公社

(1000LV、1997年価値)

			1992	1993	1994	1995	1996	1997	
収益	営業収益	水道料金	23,954,545	40,035,556	26,237,107	40,626,415	47,341,517	8,906,547	
		下水道料金	17,676,136	23,355,556	18,944,025	18,675,472	26,138,069	5,079,633	
		その他	505,682	937,778	547,799	881,604	1,002,345	197,886	
	営業外収	受取り利息	926,136	484,444	637,736	383,019	1,792,655	174,408	
		補助金 その他	0 22,727	0 0	0 0	0 125,472	269,862 4,472,000	15,093 256,581	
特別収益		1,045,455	777,778	445,597	3,262,264	2,428,759	145,899		
合計			44,130,682	65,591,111	46,812,264	63,954,245	83,445,207	14,776,047	
費用	営業費用	労務費	13,761,364	15,244,444	11,397,484	13,484,906	22,784,069	6,634,212	
		電力費	6,687,500	5,226,667	2,873,899	2,733,962	6,881,483	1,484,145	
		薬品費	2,471,591	1,928,889	1,210,063	1,627,830	1,715,552	152,607	
		原水費	2,221,591	3,466,667	1,974,528	3,183,019	3,315,448	425,958	
		材料費/燃料	4,107,955	6,124,444	5,567,925	8,092,925	11,276,379	2,406,495	
		修繕費	3,897,727	10,288,889	6,013,522	13,554,245	12,085,966	989,430	
		外注工事費	2,494,318	3,804,444	3,384,906	5,008,962	4,163,586	652,353	
		減価償却費	3,363,636	27,653,333	13,233,019	10,681,604	9,927,069	345,462	
		その他	818,182	831,111	707,233	970,755	5,628,552	652,353	
		営業外費	支払利息	11,364	8,889	0	16,509	212,034	134,160
	その他		17,045	13,333	24,528	59,434	346,966	88,881	
	特別損失		164,773	48,889	126,730	574,528	443,345	67,080	
	合計			40,017,045	74,640,000	46,513,836	59,988,679	78,780,448	14,031,459
	純利益			4,113,636	-9,048,889	298,428	3,965,566	4,664,759	744,588

物価指数(1997年を100)

0.44	0.72	1.59	2.12	8.70	100
------	------	------	------	------	-----

インフレ率

79%	64%	122%	33%	310%	1049%
-----	-----	------	-----	------	-------

資料一 14 水道料金

関連条例

市条例 Decision No.4 33/2409.1997

上下水道料金の決定

上下水道公社から提出された料金案は副市長の承認後、議会の承認を経て施行される。

現行水道料金

1998年2月1日からの新料金と旧料金

(単位：Leva/m³)

料金区分	料金内容	旧料金	新料金	値上げ率 (%)
1	上水道 家庭用・公共施設	160	208	30
2	上水道 商業・工場	168	216	29
3	下水道 (1) 家庭用・公共施設	29	37	28
4	下水道 (1) 商業・工場	30	38	27
5	下水道 (2) 家庭用・公共施設	55	65	18
6	下水道 (2)・商業・工場			
	BOD5: 200mg/l 以下	78	92	18
	BOD5: 200mg/l ~600mg/l	101	120	19
	BOD5: 600mg/l 以上	117	140	20
7	工業用水	136	178	31

下水道料金は水道メーターで検針される。下水道料金は 2 種類あり上表中の(1)は下水管の維持管理費に要する費用の徴収であり、(2)は下水処理場に要する維持管理費の徴収である。処理場に係わる料金は各需要家の排水水質によって料金は異なる。

工業用水料金は、リラ水源とヴィトーシャ水源からの給水で浄水処理なしで工業用水専用配管で給水を受けている需要家に対する料金である。

上表より、新価格による家庭用上下水道料金は料金区分 1+3+5 から 310 Leva/m³となる。

水道料金の推移

1992年から1997年迄の家庭用水道料金の推移は以下の通りである。

年 月	1992		1993	1994			1995	1996		1997		
	1	6	2	1	2	8	1	7	12	2	3	7
料金1	0.3	0.45	1.2	1.2	1.5	2.3	10	11	29	29	86	160
INF	1		2.13	6.51			8.66	35.53		40.83		
料金2	0.3	0.45	0.56	0.18	0.23	0.35	1.15	0.31	0.81	0.71	2.1	3.91
値上げ	1		86	-37			538	-29		291		

注記

- (1) 料金1は各年の実勢料金 (Leva) である。
- (2) INFは各年のインフレーション率を基に、1992年を1として換算した指数である。
- (3) $INF = \text{前年度インフレ指数} \times (1 + \text{当年度インフレ率})$
- (4) 料金2は料金1に対し、INFを考慮し1992年の料金ベースに換算した値 (Leva) である。((料金1/INF)
- (5) 値上げは各年度毎の値上げ率 (%) を示す。

販売価格

	単位	1992	1993	1994	1995	1996
給水量	1000m ³	289,116	279,157	254,567	214,954	235,524
有収水量	1000m ³	163,453	155,216	143,704	91,980	102,857
有収率		57%	56%	56%	43%	44%
給水収入	1000Leva	105,412	288,242	411,194	861,256	1,136,956
販売価格	Leva/m ³	0.64	1.86	2.86	9.36	11.05
販売価格	US\$/m ³	0.03	0.06	0.04	0.13	0.02
対ドルレート	Leva	25	32	65	70	463

上記表は、水道料金の経年変化をみるために作成したものである。料金比較は、1992年を基準にしたものであるが、特に激しく変動するインフレーションを考慮し1992年時点の物価価値に換算して算出した。

1995年と1997年の料金の値上げ幅が大きいのは、1995年度では1992年から1994年までの値上げ幅が低すぎたためと考えられる。また、1997年度の値上げは、1996年度のインフレが急激に進んだためにその対策として翌年である1997年に対策を講じたものと考えられる。

水道料金の妥当性

従来、同国の家庭用水道料金はかなり低めに設定されている。ちなみに 1998 年度の新料金の場合で見ると、水道料金は 208 Leva/m³ である。また 1 ヶ月の家族の支払う水道料金はおよそ 7,000 Leva と計算される。(水道設計基準から 2000 年での原単位：280L/c/d、平均家族構成人数：4 人 より、1 家族の水使用量は 33.6m³/月) また、家族の平均月収を 450,000 Leva とすると、平均月収に占める支払水道料金は約 1.5% である。また、過去の月収に占める支払料金率は 1% 以下と低い。

しかし、家庭からの最低必要な公共料金の支払いは、この他にも、下水道料金 (約 3,300 Leva/月)、電気料金 (約 20,000 Leva/月、140kw x 140 Leva/kWh) 冬季の暖房料金 (70,000Leva/100m²/月、11 月から 4 月迄の 6 ヶ月間) 等ありこれらの合計に占める支払は月収の約 22% となり、特に電気、暖房料金は高いために、水道料金だけを更に高くすることはできなく、支払能力から見ると水道料金の 1.5% は限界に近い値といえる。

水道料金徴収システム

上下水道公社の財務局の中にある給水サービス課は市内を 12 の給水ブロックに分割し、各ブロックに営業所を設置し料金徴収のための検針、料金請求・徴収業務を行っている。この業務に携わる職員は 300 人である。料金徴収職員は財務局職員 514 人の中で約 60% を占める。

市内に設置されている給水メーター個数は約 93,000 個である。メーター 1 個当たりの給水人数はおよそ 1,300 人である。ソフィア市の住宅形態は 1 つのビルの中に多数の家族が住むフラット式が多く、水道メーターもフラットに 1 つ設置されているだけである。職員 1 人に対する平均受け持ちメーター数は約 300 個である。

水道料金はメーター毎にフラットの持ち主から下水道料金と一緒に徴収される。フラットの持ち主は部屋の大きさに応じて各入居家族に対して家賃の中に含めて請求する。

各営業所に集められた水道料金は、営業所毎に上下水道公社の銀行口座に振り込まれるシステムとなっている。

資料-15 資料リスト (□収集資料/□専門家作成資料)

平成10年3月13日作成

主管部長	文書管理課長	主管課長	情報管理課長	技術情報課長	図書受入日

地域	プロジェクトID	調査団名又は専門家氏名	調査の種類又は指導科目	調査団番号		担当者氏名	取扱区分	図書館記入欄
				調査の種類又は指導科目	現地調査期間又は派遣期間			
東欧		ソフィア市水道施設改善計画	調査の種類又は指導科目			無調査部、調査一課		
ブチリ共和国		ソフィア市	現地調査期間又は派遣期間			菅野 祐一		
番号	資料の名称	形態(図書・ビデオ・地図・写真等)	専門家作成資料	JICA作成資料	デキスト	発行機関	取扱区分	図書館記入欄
1	サイト周辺地図(1/100000)	地図				地球物理学・地質学地 図局 地質学委員会	JR・CR ()・SC	
2	パンチャボ浄水場付近地形図(1/5000)	地図				ソフィア市地形図発行 局	JR・CR ()・SC	
3	ビストリツカ浄水場付近地形図(1/5000)	地図				ソフィア市地形図発行 局	JR・CR ()・SC	
4	パンチャボ浄水場処理フロー図	図面				パンチャボ浄水場	JR・CR ()・SC	
5	原設計スケレパー図面	図面				ソフィア市	JR・CR ()・SC	
6	原設計スケレパー計算書	図面				ソフィア市	JR・CR ()・SC	
7	ソフィア市物価統計資料(97年)	図書				国家統計局	JR・CR ()・SC	
8	ビストリツカ浄水場 排水処理施設 構造図 (沈砂池、調整池、沈澱池、沈縮槽)	図面				ソフィア市	JR・CR ()・SC	

様式第1号 (記第2関係)

(収集/作成資料)

資料-15 資料リスト (□収集資料/□専門家作成資料)

平成10年3月13日作成

主管部長	文書管理課長	主管課長	情報管理課長	技術情報課長	図書館受入日

地域	国名	プロジェクト ID	調査団名又は専門家氏名	調査の種類又は指導科目	調査団番号		発行機関	取扱区分	図書館記入欄
					ソフィア市水道施設改善計画	現地調査期間又は派遣期間			
東欧	ブルガリア共和国		調査団名又は専門家氏名	ソフィア市水道施設改善計画			基本設計調査	無調査部、調査一課	
			配属機関名	ソフィア市			10年1月24日 ～10年2月22日	菅野 祐一	
番号		資料の名称	形態(図書・ビデオ・地図・写真等)	収集資料	専門家作成資料	JICA作成資料	デッキ		
9		ビストリツァ浄水場 排水処理施設 配筋図 (調整池、沈澱池)	図面				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
10		ビストリツァ浄水場 排水処理施設 配管縦断図	図面				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
11		ビストリツァ浄水場 排水処理施設 構造計算書	コピー				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
12		コンクリート構造物 設計基準	コピー				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
13		ビストリツァ浄水場 排水処理施設 現場土質試験結果	コピー				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
14		埋戻し土量計算書	コピー				ソフィア市	JR・CR () ・SC	
								JR・CR () ・SC	
								JR・CR () ・SC	

JICA