

ブルガリア共和国
ソフィア市浄水施設建設計画
基本設計調査報告書

平成10年7月

JICA LIBRARY



J 1144484 (1)

国 際 協 力 事 業 団
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

調 無 一
C R (1)
9 8 - 1 3 1

ブルガリア共和国
ソフィア市浄水施設建設計画
基本設計調査報告書

平成10年7月

国 際 協 力 事 業 団
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



1144484 [1]

序 文

日本国政府は、ブルガリア共和国政府の要請に基づき、同国のソフィア市浄水施設建設計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成10年1月25日から2月20日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ブルガリア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成10年5月21日から5月26日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成10年7月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

伝 達 状

今般、ブルガリア共和国におけるソフィア市浄水施設建設計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成10年1月10日より平成10年7月17日までの6ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ブルガリアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

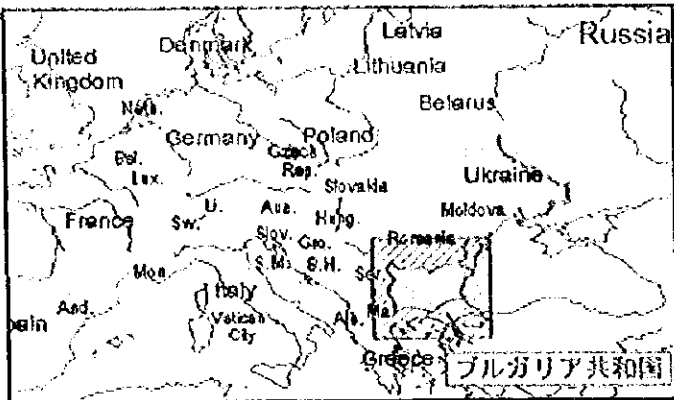
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成10年7月

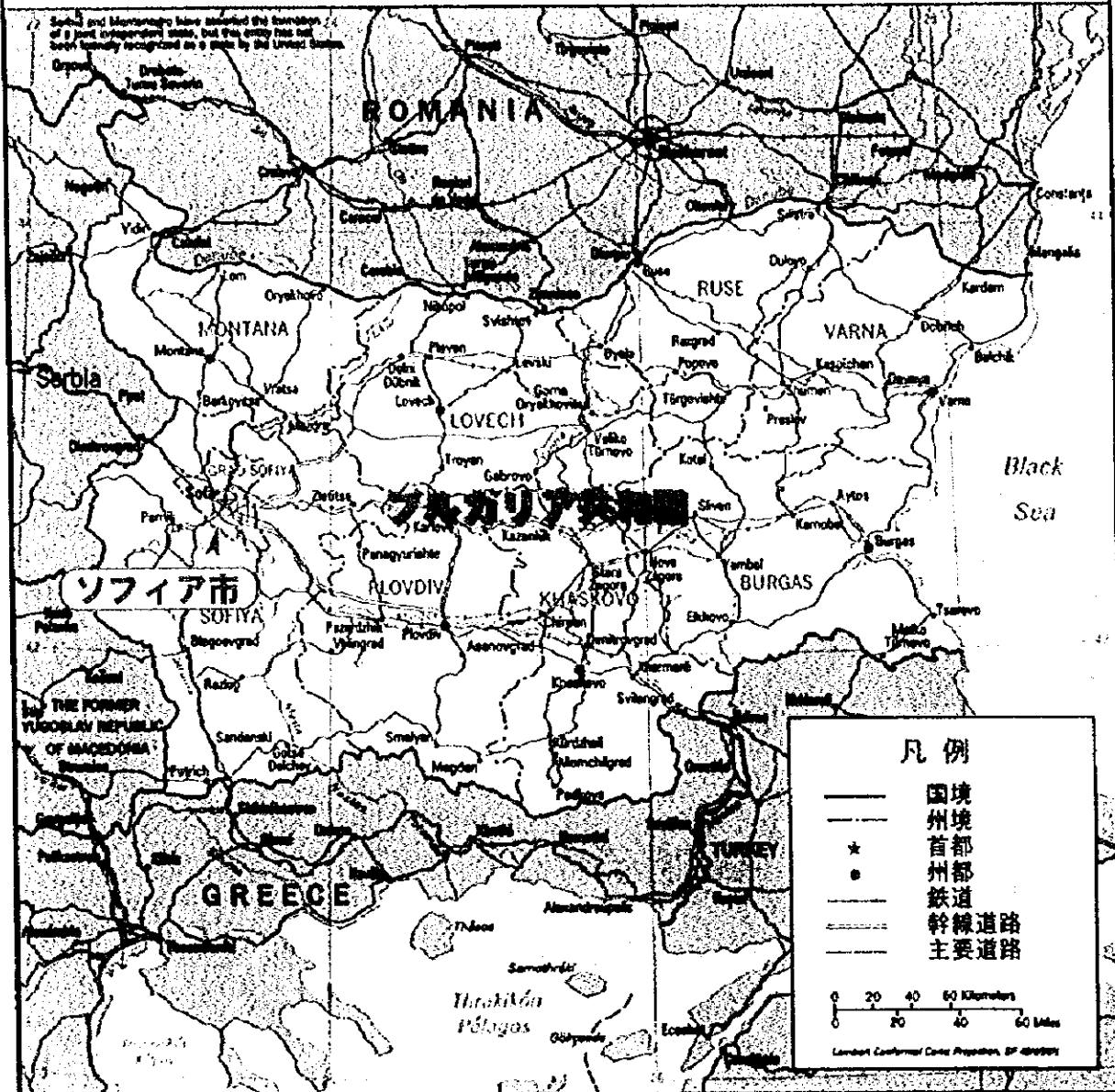
株式会社パシフィックコンサルタンツ
インターナショナル

ブルガリア共和国
ソフィア市浄水施設建設計画基本設計調査団

業務主任 岡賀敏文

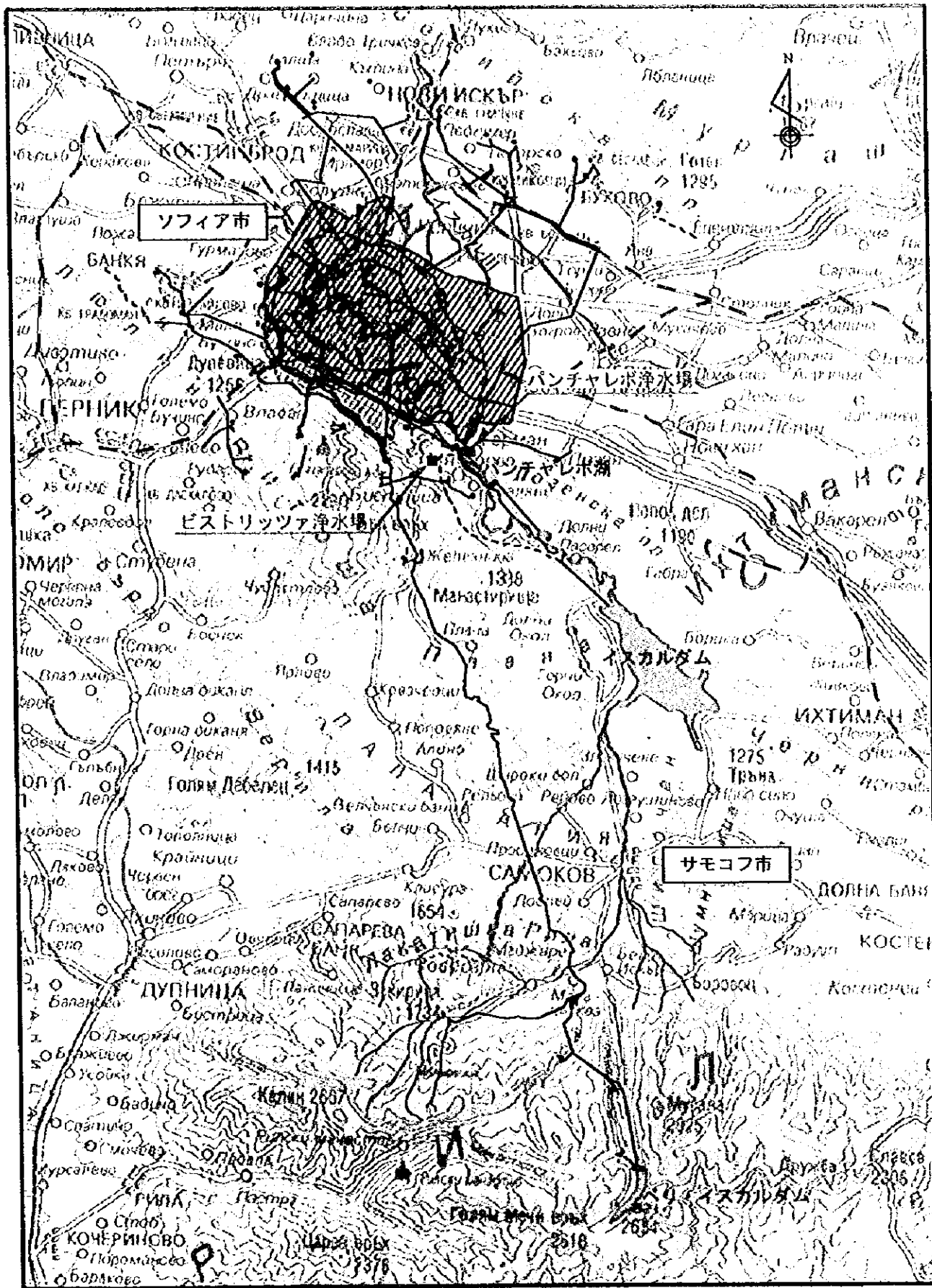


ブルガリア国位置図



ソフィア市位置図

調査対象地域図



調査対象地域図
(関連施設図)

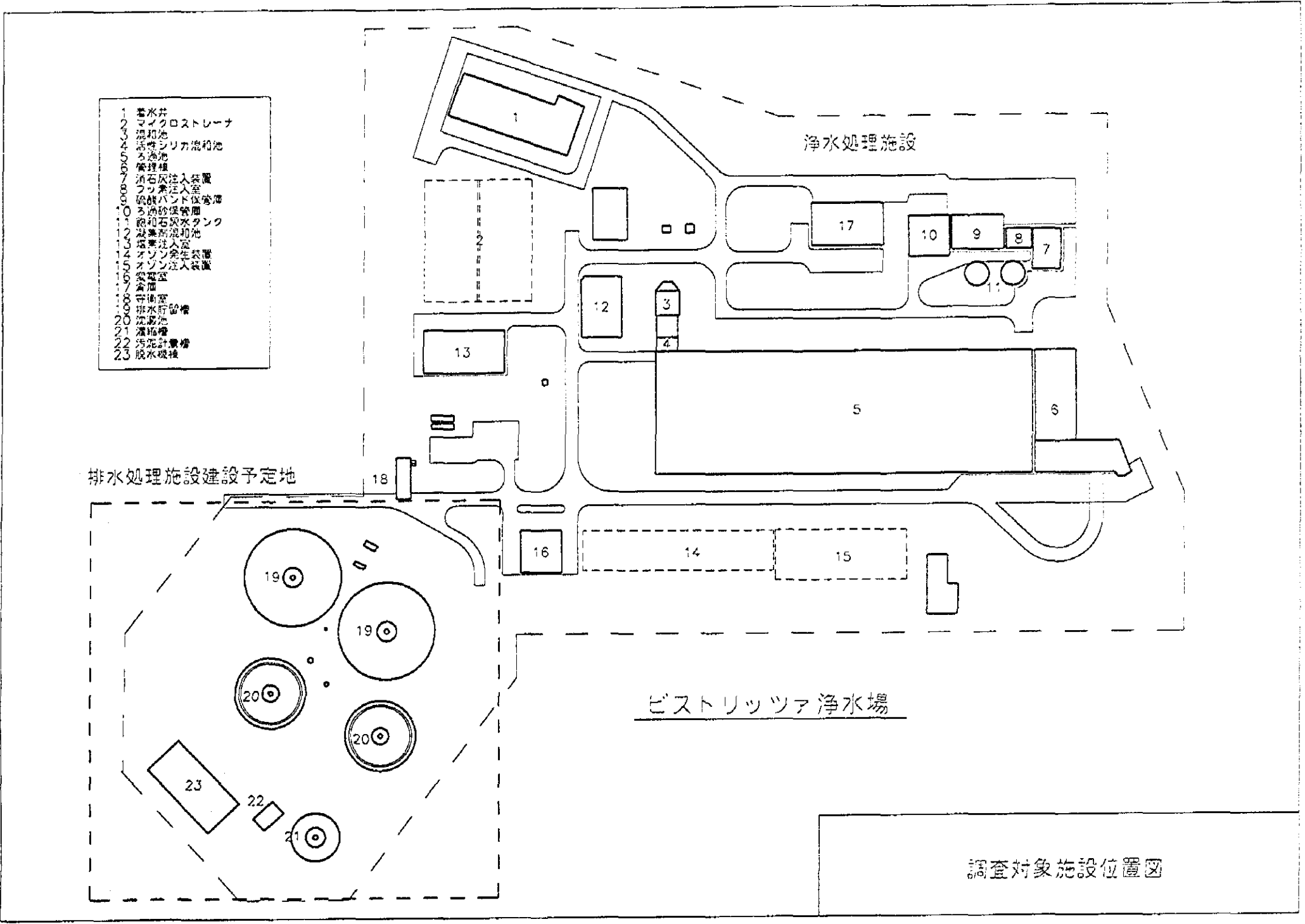
- 1 水井
- 2 マイクロストレーナ
- 3 混和池
- 4 シリカ混和池
- 5 濾過池
- 6 管理棟
- 7 石灰注入装置
- 8 フッ素注入装置
- 9 硫酸バンド装置
- 10 ろ過砂保持タンク
- 11 混和池
- 12 活性炭注入装置
- 13 オゾン発生装置
- 14 オゾン注入装置
- 15 保安室
- 16 管理棟
- 17 守衛室
- 18 排水貯留槽
- 19 洗滌池
- 20 濃縮槽
- 21 汚泥計量槽
- 22 脱水機
- 23 脱水機

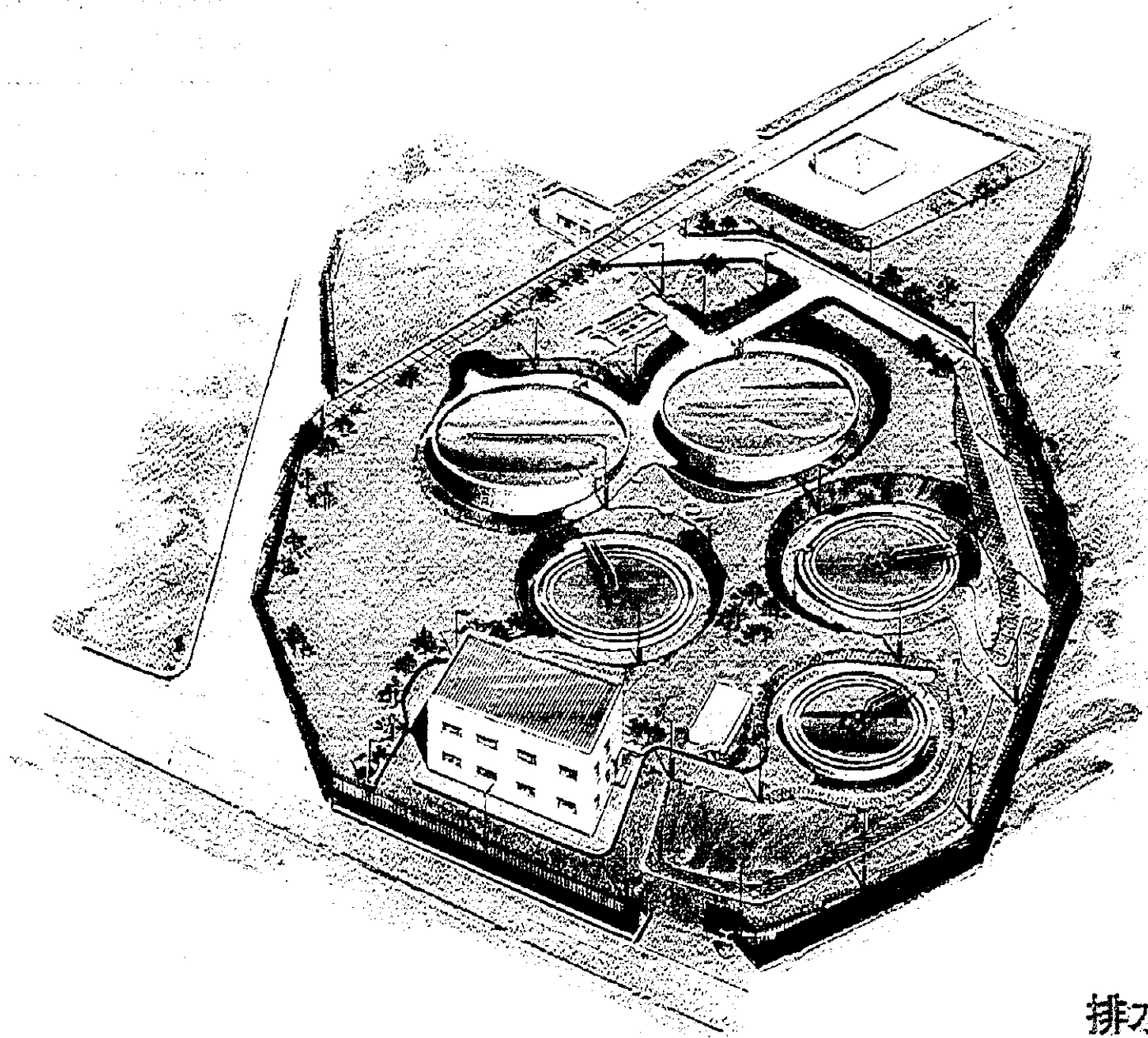
排水処理施設建設予定地

浄水処理施設

ビストリツァ浄水場

調査対象施設位置図





排水処理施設全景

要 約

要 約

ブルガリア共和国は、バルカン半島東北部に位置し、面積 11.9 万 km²、人口 8.43 百万人の国である。国土は東西 520km、南北 330km に広がり、中央部を東西にバルカン山脈が走り、国を南北に二分している。北部丘陵地帯にはドナウ平原が広がり、南部は山岳地帯の中にいくつかの盆地がある。

本プロジェクトの計画対象地区である首都ソフィア市は、バルカン山脈と南部の山脈に取り囲まれた盆地の中にあり、面積 850km²、人口 114 万人である。

ソフィア市の上水道普及率は全人口の 100%に達している。しかしながら、既存の施設は、全体需要量に対する給水施設能力の不足、浄水場の老朽化による施設能力の低下と処理水質の悪化、市内の配水管の老朽化による漏水や管内の付着物等の問題があり、ソフィア市の給水事情は水量、水質共に市民の給水需要を満足できる状況ではない。

かかる給水状況を改善するために、ソフィア市は長期水道整備計画を策定し、既存給水施設の改善と将来の水需要増加への対応を図ることとした。計画の主要プロジェクトとしてのビストリツァ浄水場の新規建設は 1986 年から開始されたが 1992 年からの市場経済への移行、その後の著しいインフレ等、国内の経済状況が悪化し予算面での問題から工事は大幅に遅れた。

一方、1990 年環境省は環境保護法に基づき、建設中の ビストリツァ浄水場に排水処理施設を設置することをソフィア市に求めた。環境保護法の規定により、浄水場内で発生するろ過池洗浄排水を直接河川に放流せず、浄水場内で処理しなくてはならなくなったものである。そのために、ソフィア市は自己資金により 1993 年に排水処理の施設工事を開始した。しかし、予算的な問題から、工事は中断し、現在、排水処理施設は 16%程度の進捗率で建設が中断したままとなっている。

このため、ビストリツァ浄水場は、浄水施設が 1998 年末に完成予定であるものの、排水処理施設は未整備であることから、運転開始の目途がたっていない。

このような背景から「ブ」国政府は ビストリツァ浄水場の排水処理施設の建設にかかる無償資金協力を要請し、国際協力事業団は 1997 年 9 月に事前調査を実施し要請内容、施設の現状確認を行った。

日本国政府は事前調査の結果を踏まえ基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は平成10年1月24日から2月22までの30日間にわたり基本設計調査団を派遣し、相手国政府関係者との協議を行うと共に現地調査を実施した。

調査団は、現地調査の結果を踏まえて国内解析を実施し、基本設計概要書にとりまとめた上で、平成10年5月19日から5月28日までの10日間にわたり、ソフィア市関係者と基本設計概要書についての説明・協議を行い、その結果をもとに本報告書にとりまとめた。

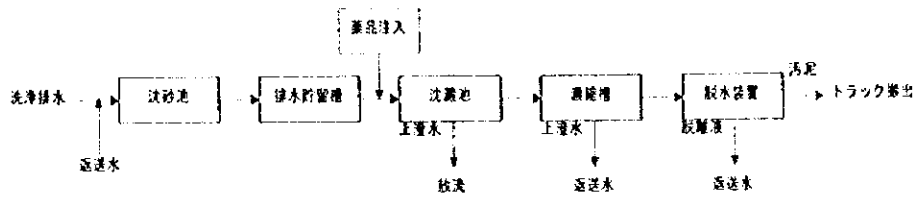
現地調査で確認されたソフィア市の給水施設の現況は、既存の給水施設容量が需要量に対して30%不足しているばかりではなく、浄水場で処理されている水量は給配水量に対し62%であり、残りの給水は塩素消毒のみで給水されている。また、浄水場の過去3年間の平均稼働率（平均運転量÷施設容量）は90%であり、設計平均稼働率である85%を越えており、浄水場は施設の容量限界を越えて運転されている。

これら市が所有する既存給水施設は、上下水道公社が独立採算方式で、上下水道料金を収入源として運営している。公社の過去4年間の収支はいずれもプラスである。しかし、上水道の有収率は52%と低く、これによる1997年度の損失はおよそ5億Leva（1Leva = 0.07299円）で、同年の給水収入の11億Levaに対し損失はかなり大きい。損失の原因は、市内配水管網からの漏水と不法接続等による未収金が全体給水量に対し48%あることである。これら経営の不効率の改善のために、給水事業の維持管理部分を民営化する計画が市によって準備されている。

このようなソフィア市の給水施設の現況から、給水の需給バランスを確保するためにはピストリツァ浄水場の稼働が不可欠であり、本件排水処理施設の建設の緊急性は高い。

現地調査内容をもとに、本プロジェクトの基本設計諸元を以下の通り策定した。

- ・排水処理施設は、ピストリツァ浄水場のろ過設備から発生するろ過洗浄排水を沈澱池で固液分離し、清浄な上澄水を場外河川に放流し、一方、沈澱池から引き抜かれた汚泥は脱水機で処理し、脱水した汚泥を場外搬出の上、埋立処分又は農業の土壌改良等への有効利用を可能とするものである。処理のプロセスフローを下図に示す。



処理プロセスフロー

- ・浄水場ろ過洗浄排水として処理すべき排水と排水に含まれる汚泥量は下表の通りである。施設規模の決定は、浄水場からの排水を全量処理する必要があることから、ろ過池の最大運転時の排水量を施設設計水量として用いる。また、脱水容量は平常運転時での発生汚泥量を基準として脱水設備容量と脱水機運転時間を決定する。

設計水量

	排水流量	汚泥量*1
平常運転時	10,816 m ³ /日	3.1 t-DS/日
最大運転時	15,414 m ³ /日	4.0 t-DS/日

*1 乾燥重量 (DS: Dry Sludge)

- ・施設配置計画は、既に「ブ」国側にて計画され、建設済みの一部施設については本計画で有効利用され、全体配置を決定する。

基本設計諸元を基に、設計された本プロジェクトの施設概要は下表の通りである。

施設の概要

施設名	数量	処理機能	主要仕様
沈砂池	1池	ろ過池で再利用が可能な粒径(φ0.6mm)の砂を除去する	鉄筋コンクリート φ4.2 m×3.2 m 排泥ポンプ×1、現場操作盤×1
分配槽	1池	排水貯留槽 2 池に等流量の排水を供給する。	鉄筋コンクリート 巾 2.2 m×2ヶ所
排水貯留槽	2池	流入する排水を一時貯留し、均質な排水(汚泥)を一定流量で沈殿池に供給する。	鉄筋コンクリート(躯体は「ブ」国施工) φ40 m×有効水深 4.0 m 攪拌機×4、流量制御装置×2
凝集剤注入ポンプ	3台	既存の凝集剤貯留槽(90m ³ ×2槽)から凝集剤(硫酸バンド)を排水貯留槽と沈殿池の間の配管に注入する。	薬品注入ポンプ 3.2l/min x 20m 凝集補助剤用ポンプ 3台含む

施設名	数量	処理機能	主要仕様
パイプミキサー	2基	凝集剤を排水と均質に混合させ、凝集を促進する。	口径 350mm x 800mm 1
沈殿池	2池	重力沈殿により、排水中の濁質分を上澄と分離する。上澄は河川に放流され、沈殿した汚泥は濃縮槽に送られる。	鉄筋コンクリート（躯体 1 池は「ブ」国施工） φ30 m×有効水深 3.25 m パイプミキサー×2、汚泥掻寄機（駆動部既存）×2、
濃縮槽	1池	重力沈降により、汚泥をさらに濃縮し、機械脱水の効率を高める。	鉄筋コンクリート φ30 m×有効水深 3.25 m 汚泥掻寄機（駆動部既存）×2、
汚泥調整槽	1池	脱水機に送られる濃縮汚泥を一時貯留し、均質な汚泥を供給する。	鉄筋コンクリート W 4.0 m×L 6.0 m×有効水深 3 m 攪拌機、ポンプ類×1式
脱水設備	2基	濃縮汚泥を脱水し、汚泥のトラックによる運搬、埋立等の処分を可能とする。	無薬注フィルタープレス型加圧脱水機 3.1 t-DS/日（平常運転時） 油圧ポンプ×2、ろ布洗浄機×2、
汚泥搬出	2台	脱水ケーキの場外搬出	ダンプトラック、3トン

本プロジェクトの全体工期は、実施設計を含め、18ヶ月程度が必要とされる。

本事業の実施にかかる概算事業費は 1,151.7 百万円（日本側事業費：1,117.5 百万円、「ブ」国側事業費：34.2 百万円）と見積もられる。

本プロジェクトの実施により、ピストリッツァ浄水場の運転開始が可能となり、現在、総給配水量の 38%に当たる未処理で給水されている水量を約 10%まで減少させることが出来、ソフィア市の住民 114 万人はより安全な水を利用することが出来る。同時に、本プロジェクトで建設される排水処理施設は、環境保護法に基づき、浄水場からの排水を処理する施設であり、下流域で貴重な水資源として利用されている放流先のイスカル川の水質を良好に保つことができる。

また、本プロジェクトの実施を通して、日本の排水処理施設の設計、施工、運転、管理の技術が移転され、市上下水道公社職員の能力向上が図られるばかりではなく、今後、環境保護法に準拠するモデル排水処理施設として、「ブ」国内の浄水場の排水処理施設整備が進展することが期待できる。

ただし、ソフィア市が、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には、現在問題となっている 5 億 Leva にのぼる経営損失の原因である未収水量の改善が必要であり、改善の方策として、市内配水管網の漏水の改善と料金徴収率の向上を実施することである。また、本プロジェクトで

建設される施設は、浄水場の排水施設として、同国では初の試みであることから、施設の効率的な運転管理の習得と設備の運転技術の習熟が必要である。

目 次

第1章	要請の背景	1 - 1
第2章	プロジェクトの周辺状況	
2-1	当該セクターの開発計画	2 - 1
2-1-1	上位計画	2 - 1
2-1-2	財政事情	2 - 2
2-2	他の援助国、国際機関等の計画	2 - 4
2-3	我が国の援助実施状況	2 - 4
2-4	プロジェクト サイトの状況	2 - 5
2-4-1	自然条件	2 - 5
2-4-2	社会基盤整備状況	2 - 6
2-4-3	既存施設・機材の現況	2 - 7
2-5	環境への影響	2 - 21
2-5-1	環境関連法則の概要	2 - 21
2-5-2	水質環境基準の内容	2 - 22
2-5-3	本計画施設の位置付け	2 - 23
第3章	プロジェクトの内容	
3-1	プロジェクトの目的	3 - 1
3-2	プロジェクトの基本構想	3 - 1
3-3	プロジェクトの最適案に係わる基本設計	3 - 3
3-3-1	設計方針	3 - 3
3-3-2	基本計画	3 - 5

3-4	プロジェクトの実施体制	3-39
3-4-1	組織	3-39
3-4-2	予算	3-41
3-4-3	要員・技術レベル	3-42
第4章	事業計画	
4-1	施工計画	4-1
4-1-1	施工方針	4-1
4-1-2	施工上の留意事項	4-1
4-1-3	施工区分	4-2
4-1-4	施工監理計画	4-2
4-1-5	資機材調達計画	4-4
4-1-6	実施工程	4-5
4-1-7	相手国負担事項	4-6
4-2	概算事業費	4-7
4-2-1	概算事業費	4-7
4-2-2	維持・管理計画	4-8
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	5-1
5-2	技術協力・他ドナーとの連携	5-2
5-3	課題	5-2

基本設計図

基-1	フローシート
基-2	全体平面図
基-3	水位高低図
基-4	沈砂池
基-5	排水貯留槽
基-6	沈殿池
基-7	濃縮槽、汚泥調整槽、濃縮槽上澄・脱離液槽
基-8	脱水機
基-9	場内配管図
基-10	単線結線図

添付資料

資料-1	調査団員氏名
資料-2	調査日程
資料-3	相手国関係者リスト
資料-4	当該国の社会・経済事情
資料-5	汚泥処理量計算書
資料-6	ろ過池洗浄排水の性状に関する実験結果
資料-7	汚泥処理施設容量計算
資料-8	機械・電気設備仕様
資料-9	構造計算書
資料-10	構造物の基礎の検討
資料-11	水質環境基準規制値
資料-12	ソフィア市の上水道整備の現状
資料-13	ソフィア市上下水道公社財務資料
資料-14	水道料金
資料-15	参考資料リスト

— 付表リスト —

第2章	プロジェクトの周辺状況	
表2-1	国家予算と水関連予算	2-3
表2-2	国家環境保護基金の収支	2-3
表2-3	行政区別社会基盤普及率	2-6
表2-4	各水源別送水量	2-8
表2-5	建設年代・管種別配管延長	2-13
表2-6	パンチャレボ浄水場の水質	2-17
表2-7	イスカルダム水質	2-18
表2-8	使用薬品	2-18
表2-9	ピストリッツァ浄水場排水処理施設建設費	2-20
第3章	プロジェクトの内容	
表3-1	利用可能設備	3-2
表3-2	原水濁度	3-5
表3-3	ろ過池の運転方式	3-5
表3-4	洗浄工程	3-6
表3-5	汚泥量の計算条件	3-7
表3-6	排水発生量の計算結果	3-7
表3-7	主要施設一覧	3-8
表3-8	汚泥の埋立処分に関する各国の規制値	3-12
表3-9	機械脱水方式の原理	3-13
表3-10	機械脱水方式の比較表	3-14
表3-11	下水汚泥の農業利用における重金属量の規制値	3-16
表3-12	フィルタープレス型加圧脱水機の国内運転実績	3-17
表3-13	施設容量計算結果	3-18
表3-14	排出物質質量	3-22
表3-15	鉄筋コンクリート槽(池)の強度計算結果	3-25
表3-16	鉄筋コンクリート槽(池)の地盤支持力計算結果	3-26
表3-17	鉄筋コンクリート槽(池)の即時沈下量計算結果	3-26
表3-18	要請内容からの変更点	3-27

— 付図リスト —

第2章	プロジェクトの周辺状況	
図2-1	全国上水道施設有効率	2-1
図2-2	長期計画資金調査計画	2-3
図2-3	気温・降水量	2-5
図2-4	水道水源位置図	2-9
図2-5	生産水量/消費水量の水収支バランス	2-11
図2-6	市内配管図	2-14
図2-7	パンチャレボ浄水場稼働率	2-15
図2-8	パンチャレボ浄水場フローシート	2-16
図2-9	ビストリッツァ浄水場フローシート	2-19
第3章	プロジェクトの内容	
図3-1	排水処理プロセス	3-1
図3-2	ろ過池の構造	3-6
図3-3	排水フローシート	3-7
図3-4	ビストリッツァ浄水場全体配置図(現況)	3-9
図3-5	地形現況図(地形測量結果)	3-10
図3-6	加圧圧搾型フィルタプレス加圧脱水機の脱水機構	3-15
図3-7	汚泥処理施設の物質収支(平常運転時)	3-23
図3-8	汚泥処理施設の物質収支(最大運転時)	3-24
第4章	事業計画	
図4-1	関連諸機関とその関係	4-1

第1章 要請の背景

第1章 要請の背景

ブルガリア共和国の首都ソフィア市は同国の西端に位置し、南のロドピ山脈と北のバルカン山脈に囲まれた面積 850Km²の盆地の中にあり、市の人口は 114 万人である。

ソフィア市の上水道普及率は全人口の 100%に達している。しかしながら、既存の施設は、全体需要量に対する給水施設能力の不足、浄水場の老朽化による施設能力の低下と処理水質の悪化、市内の配水管の老朽化による漏水や管内の付着物等の問題があり、ソフィア市の給水事情は水量、水質共に市民の給水需要を満足できる状況ではない。そのため、現在、給水施設を改善することは緊急の課題となっている。

かかる給水状況の中で、ソフィア市は 1995 年に既存給水施設の改善と将来の水需要増加への対応を図る目的で、以下の内容を含む長期上下水道整備計画を策定した。

- ・ 新規浄水場として、ビストリツァ浄水場を建設し、将来への水需要増加の対応を図る。また、パンチャレボ浄水場改修工事前に運転を開始することで、工事期間中でも給水の安定供給をはかる。
- ・ パンチャレボ浄水場の改修を実施し、処理水質の改善を図る。
- ・ 市内配管からの漏水を改善し、有収水量増加による上下水道公社の経営基盤の安定と水源保護を図る。

ビストリツァ浄水場建設は 1980 年代に開始され、現在 1998 年末の工事完了を目指している。一方、1990 年、浄水場施設は環境省から環境保護法に基づき排水処理施設の設置を求められ、ビストリツァ浄水場敷地内において 1993 年に排水処理施設建設工事を開始した。しかし、予算的な問題から、現在でも排水施設は 16%程度の進捗率で建設が中断している。このため、ビストリツァ浄水場の運転開始の目途がたっていない。

このような背景から「ブ」国政府は ビストリツァ浄水場の排水処理施設の建設にかかる無償資金協力を要請し、国際協力事業団は、1997 年 9 月に事前調査を実施し要請内容、施設の現状確認を行った。

第2章 プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

国土開発・公共事業省の資料によると、「ブ」国の上水道の普及率は全国平均で 98% に達している。しかし、現状の上水道施設の多くは、建設年代の古い設備が多く、建設後、施設の更新や修理が実施されていないために老朽化している。

図 2-1 は全国の上水道施設の給水有効率を示すグラフである。1970 年代の有効率は 85% であったが 1995 年では 50% を割っている。1970 年代は施設の建設期であり、漏水も比較的少なく有効率が高かったが、以降、施設の使用経過と共に老朽化が進み、そのために有効率の減少傾向が進み、1995 年代には 50% を割ってしまった。

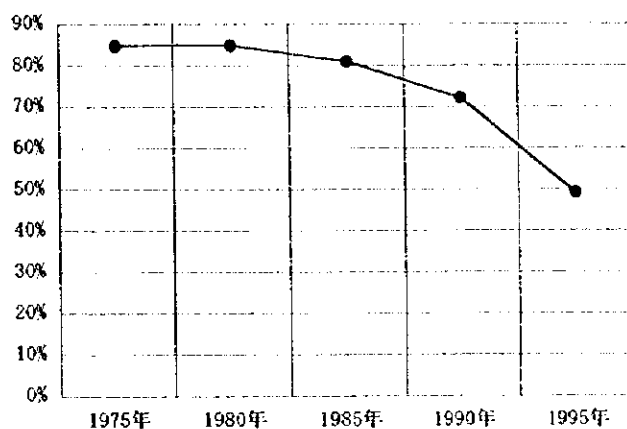


図 2-1 全国上水道施設有効率

(資料：全国基礎インフラ、中央統計局)

有効率の減少は、給水量の不足や、水質の悪化を招き、さらに、新たな水源の開発が必要になってきている。また、市場経済の移行に伴う、水道事業体の独立採算制度の導入の確立を目指すために組織、運営面でも問題が山積している。

これらの問題解決のために、国土開発・公共事業省は、「国家 5 ヶ年計画 (1997-2001)」の中で、上水道整備に関し安全で十分な水を安定して供給する目的で、以下の短期目標と長期目標を掲げている。

短期目標

- ・上下水道公社の経営を国営から市町村で運営する公営企業組織とする。
- ・上下水道公社の経営は需給者負担を原則とし、料金制度を徹底させる。
- ・給配水管からの漏水防止のパイロットプロジェクトを実施し、改善策を講ずる。

長期目標

- ・漏水と無収水の低減
- ・給水施設容量の拡張に対応できる新水源の開発
- ・給水水質の改善

ソフィア市は、国土開発・公共事業省の国家計画を基に、1995年12月に「長期上下水道整備計画」を作成した。計画内容は以下の通りである。

- ・新水道事業化計画のための調査と実施工程書の作成（目標年2003年）
- ・施設の更新・改善の実施（目標年2000年）
- ・新規施設建設と上下水道公社運営組織の近代化（目標年2006年）

長期上下水道整備計画の中で、国家5ヶ年計画の長期目標にある給水水質の改善を目的としてピストリツァ浄水場の新規建設と既設パンチャレボ浄水場の改修が計画されている。本プロジェクトで建設される排水処理施設はピストリツァ浄水場施設の一部を成すものである。

2-1-2 財政事情

(1) 国の水道関連予算

国の水道関連予算の主たる財源は環境予算と環境基金からの拠出金がある。

環境予算は自然環境保護の目的に使用される。1995年の環境関連の総予算は約78億Levaであり、その内水関連予算（水質汚濁防止、水の再利用開発費、工場廃水防止対策費等）はおよそ44億Leva（57%）である。これは国家全体予算の1.2%にあたる。表2-1に1991年から1995年までの国家予算、環境予算及び水関連予算（環境予算の内数）を示す。

表2-1 国家予算と水関連予算

(予算額単位：百万Leva)

年	1991	1992	1993	1994	1995
① 国家全体予算					377,923.3
② 環境予算	1,255.1	2,477.7	3,801.3	5,308.3	7,788.7
③ 水関連予算(環境予算の内数)	647.9	1,423.3	2,302.1	3,442.0	4,422.7
水関連予算配分割合 (③/①)、%					1.2%

(資料：1996年統計年鑑、中央統計局)

国家環境保護基金の一部は上水道整備事業費として使用されている。基金の収入は環境保護法の違反に対する罰金、車両輸入関税等が主な収入源であり、1994年の総収入は約3億Levaであった。基金の用途の内、水道整備に使用された予算は、1994年実績として1千万Levaであった。表2-2に国家環境保護基金の収入と支出を示す。

表2-2 国家環境保護基金の収支

金額：百万Leva

項目	1993年	1994年
収入	109.3	322.5
支出	63.3	192.8

(2) ソフィア市の長期上下水道整備計画の予算

長期上下水道整備計画の予算は1996年から2000年まで合計146億Leva、2001年以降105億Leva合計251億Levaが見込まれた。資金調達先は図2-2に示す内容で計画された。国外からの資金調達先は世銀、欧州復興開発銀行（EBRD）及び各国の援助機関を予定している。

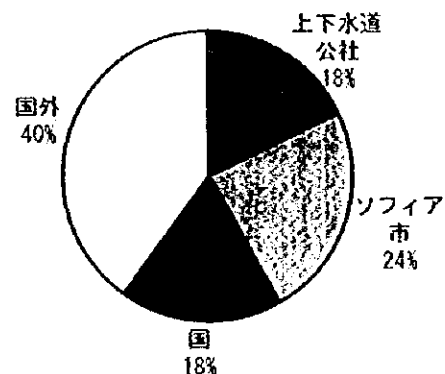


図2-2 長期計画資金調達計画

(資料：ソフィア市建設企画局)

上記予算は、1996年から2000年の5年間、年平均29.2億Levaとなるが、これは1996年ソフィア市全体予算の15%、予算中ソフィア市負担分(24%)は3.7%にあたる。

1997年度では、インフレによる物価指数の変動を考慮に入れると、それぞれ21%と5%となる。

一方、実際のソフィア市の上下水道整備予算は1996年で6.23億Levaで、これは上記長期上下水道整備計画年平均予算の21%に過ぎない。1997年度についても、実際の前算は計画の15%に過ぎず、これまで実施されたプロジェクトは、ソフィア市の資金によるピストリツァ浄水場建設、郊外の水道整備の一部、イスカル水系の水源地保護計画の一部だけである。この原因は、40%を予定していた国外からの資金を思惑通り調達できなかったこと、国からの援助が得られていないこと、上下水道公社は現状の水道料金では整備計画に対して資金を投入できないことにある。

以上の経過から、長期上下水道整備計画は、予算額の再検討と資金調達計画とともに、計画内容の大幅な見直しが必要となっている。

2-2 他の援助国、国際機関の計画

「ブ」国に対する上下水道分野の国際機関からの援助は、世界銀行が実施している、水道公社組織再構築と近代化プロジェクトでの総額45百万US\$がある。このプロジェクトにおいて、12の地方都市水道の公社化が行なわれ、配管材、ポンプの購入等施設整備が進められている。現在、ソフィア市はこのプロジェクトの対象となっていない。

ソフィア市の上水道分野での他機関からの援助実績はヨーロッパ復興開発銀行が1993年に実施した「ソフィア市上下水道分野現況調査」がある。現在、政府の補助金で漏水改善を目的とした市配水配管整備計画（実施期間2年間300億Leva（約21億円））が予算化されている。また、世銀に対し同計画の借款を要請する計画もある。

2-3 我が国の援助実施状況

「ブ」国に対する我が国の援助実績は1997年からJICA技術協力案件で実施されている「マリツァ川流域環境保全対策計画調査」があるが、上水道セクターへの援助はこれまでにない。

2-4 プロジェクトサイトの状況

2-4-1 自然条件

(1) 地形・地質

ブルガリアはヨーロッパ大陸の東南端、バルカン半島の東よりの中央部に位置し、ほぼ日本の北海道の緯度にあたる。ソフィア市は同国の西端に位置し、南のロドピ山脈と北のバルカン山脈にかこまれた盆地の中にある面積 850 km² の市である。市南部は標高約 700m と高く北部が 500m と低くなっている。市の南に位置するビトシヤ山から流れ出るイスカル川は市の東を流れ、北上して、ルーマニア国境付近でダニューブ川に合流する。

プロジェクトサイトは新第三紀層の分布する地域にあたり、小さな丘の上にある。地質的には固結度の低い礫岩・砂岩・頁岩の互層からなり薄い炭層をはさむことがある。この地質状況から、この付近での地下水水源は期待できない。この新第三紀層は東部で下位の先カンブリア紀の深成岩・変成岩を、西部で白亜紀の安山岩～玄武岩質溶岩・火山砕せつ岩を覆うように分布する。

(2) 気象条件

ソフィア市の気候は、比較的温暖で四季の区別がはっきりとしている。夏季には 30℃を越える日がある一方で、冬季の最低気温は約マイナス 15℃である。また、11 月～2 月頃にかけて降雪があり、年間降雪日数は平均 60 日程度である。図 2-3 にソフィア市の月別平均気温・降水量 (1995 年) を示す。

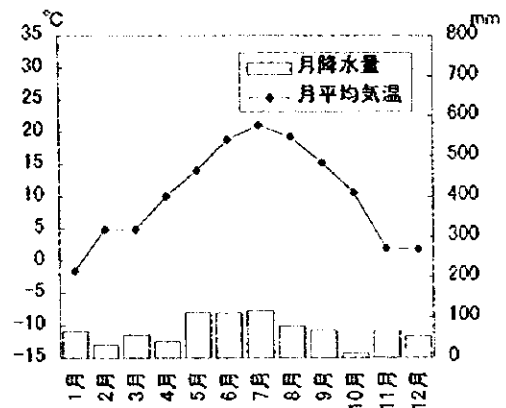


図2-3 月平均気温・降水量
(1995年、ソフィア気象観測所)

2-4-2 社会基盤整備状況

(1) ブルガリアの社会基盤整備状況

中央統計局の資料によると、1995年での全国行政区数は5,336あり、その内都市数はソフィア市も含め238、地方村落数は5,098ある。

社会基盤としての電力、上水道、下水道についての行政区別全国普及率の1975年から1995年までの推移は表2-3の通りである。ソフィア市は1975年以来、電力、上水道は行政区別では100%である。

表2-3 行政区別社会基盤普及率

単位：%

年	1975	1980	1985	1990	1995
電力 (全国平均)	95.8	97.9	98.4	98.7	98.8
都市部	100	100	100	100	100
地方村落	95.6	97.8	98.3	98.7	98.8
上水道 (全国平均)	74.6	79.3	81.3	83.9	84.7
都市部	100	100	100	100	100
地方村落	73.6	78.4	80.4	83.1	83.9
下水道 (全国平均)	3.21	3.72	4.62	4.97	5.19
都市部	59.34	61.53	67.51	68.78	70.17
地方村落	0.91	1.24	1.72	1.99	2.16

(資料：1996年都市と地方の公共施設、中央統計局)

また、1995年度現在、人口に対する全国の平均普及率は電力99.9%、上水道98.7%、下水道66.5%である。都市部と地方村落における普及率とを比較すると、人口が多い都市部の社会基盤の整備はかなり進んでいるが、地方村落での普及が遅れていることが分かる。

(2) ソフィア市の開発状況

ソフィア市の土地利用計画より、市の中心地域は官庁、商業地区であり、軽工業を中心とする工業地帯は市の南に集中している。市の郊外の西に位置する地域は、現在は未開発であるが、今後、市の副都心として、学校、研究所、商業、住宅地域としての開発が計画されている。

(3) ソフィア市の下水道の状況

ソフィアの人口に対する下水の普及率は 65%である。しかし、現在、管渠は整備されているが、未処理のまま河川に放流している地域が 25%あり、これらが、1998 年中に下水処理場への管に接続され、それによって、普及率は 90%に達する予定である。

下水施設は市中心部を中心に放射状に整備されている。下水排除は、雨水と下水と一緒に排除する合流式であり、管渠の総延長は、約 1,658km である。

下水処理場は、市の比較的低い所 (Samokov 地区) に位置し、雨水と下水は自然流下で処理場に流入してくる。

下水処理場の規模は 500,000m³/日である。処理場はソ連の技術援助を受け、「ブ」国の業者の手により建設され 1984 年に完成したものである。処理施設はスクリーン、最初沈澱池、エアレーション、最終沈澱池、脱水機等の設備を備えた 2 次処理まで可能な処理場である。

処理場から放流される処理水質は BOD₅:15 mg/l, SS:30 mg/l を基準としている。一方、機械式脱水機 (ベルトフィルター) を経た脱水ケーキは場外に搬出され、環境省によって許可された郊外の指定場所に鉍滓を混ぜ込み投棄されている。

2-4-3 既存施設・機材の現状

(1) 市水道事業の歴史

ソフィア市の水道事業の歴史は古く、19 世紀後半に最初の施設が建設された。水源開発、施設拡張の歴史は以下の通りである。

第一期開発計画 (1878-1926 年)

ヴィトーシャ山の湧水から市内給水を開始した。給水開始当時は給水人口 40,000 人、給水原単位 (1 人・1 日当たり) 40 リッターの給水量であったが、1923 年から更にリラ山よりの新水源を追加し 60 リッターとなった。水質は清澄であり、特に処理を必要としない。

第二期拡張計画（1927—1957年）

リラ山の水源拡張（ベリイiscalダムの建設）により給水容量 2.1 m³/秒となり、給水原単位は 200 リッターとなった。

第三期拡張計画（1958年—現在）

新水源としてiscalダムの建設とパンチャレボ浄水場の建設によって新たに 4.51 m³/秒の給水が追加された。1964年時点の原単位は漏水も含め 360 リッターとなった。しかし、1950年代から 60年代に給水地域の整備がいそがれたために、給水配管に価格の安いアスベストセメント管を多量に導入した。また、給水区域が拡張されたために給水原単位も低くなった。

(2) 水源と給水量

ソフィア市に対する上水道・工業用水道の水源地はiscalダム（パンチャレボ）、リラ水源、ヴィトーシャ水源の 3 水源である。1996年の各水源からの総送水量はおよそ 2.4 億 m³/年（日平均送水量 645,270 m³/日）である。図 2-4 に水源の位置を示す、また、表 2-4 に各水源からの送水量を示す。

表 2-4 各水源別送水量（1996年）

水源名	年送水量 (m ³ /年)	日平均送水量 (m ³ /日)
iscalダム	195,200,000	534,794
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

（資料：1997年上下水道公社財務局）

図 2-4 に示されるように、iscal水源はパンチャレボ浄水場で浄水場への流入と浄水場のバイパス用とに分流される。全体水源水量の 77%はiscalダムからの送水である。

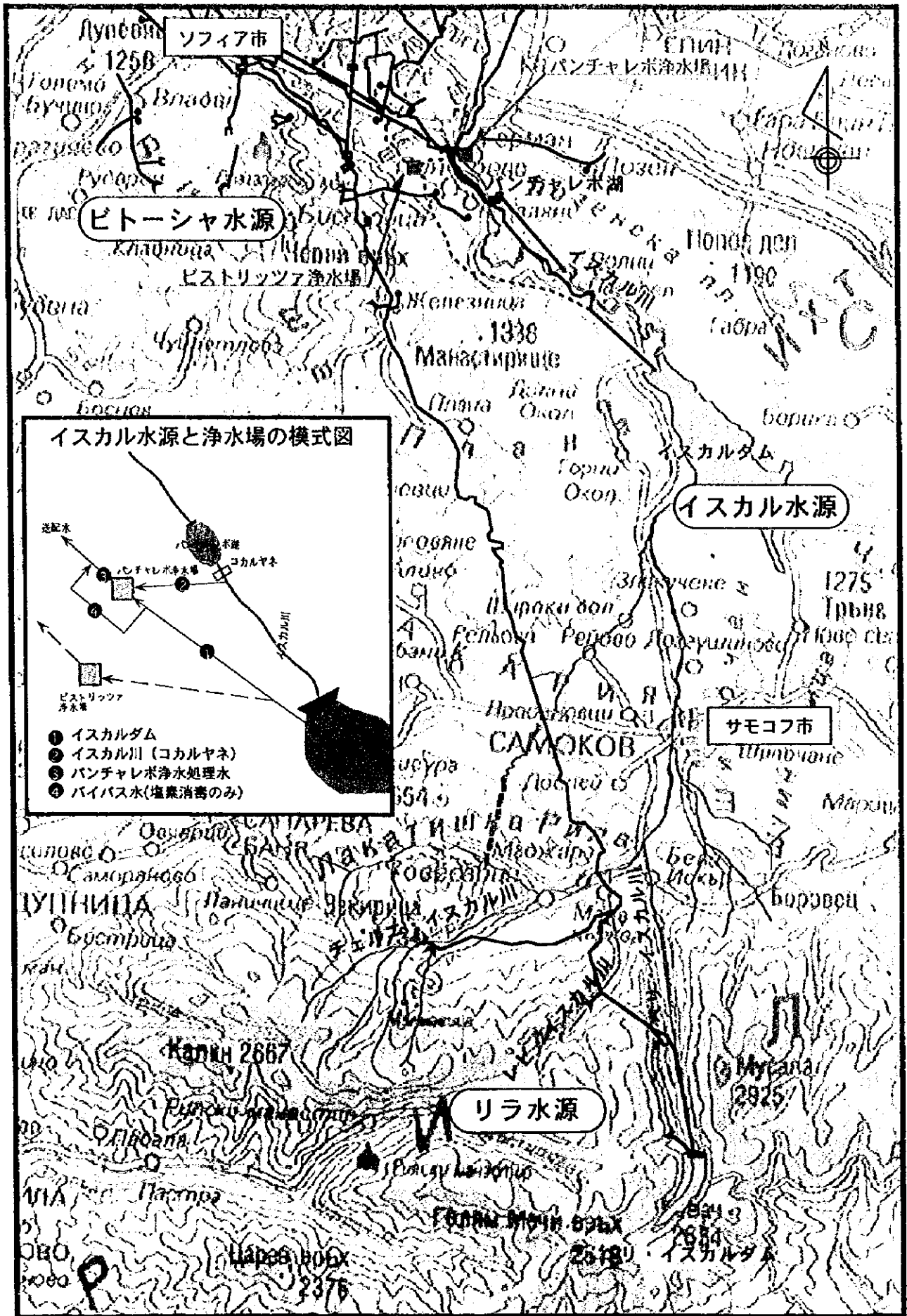


図 2 - 4 水道水源位置図

(3) 給水量と現状の水需要量

上下水道公社財務局資料から、生産水量/消費水量の水収支バランスを図2-5に示す。一日平均配水量 645,270 m³/日に対して、無効水量（漏水）が 23.4%、有効水量が 76.6%である。有効水量は、需要者からの料金を得ている有収水量と不法接続、メーカー不感水などの理由で料金収入を得ていない有効無収水量とに区分される。有効水量（494,270 m³/日）について、120万人の市民一人当たり給水量は 320 l/人/日と計算される。

家庭用水 187,671 m³/日から、一日一人当たり家庭用水として使われる水量は、156 l/人/日と計算され、ソフィア市の 1990年～2000年での目標原単位 270 l/人/日（「プ」国水道施設基準より）を満たしていない。

現在の総水需要量は、家庭用水量が 324,000 m³/日、その他工業、商業用等の合計として 232,000 m³/日となり、合計 574,000 m³/日と予測される。

需要量に対して必要な施設容量は、以下の通り計算される。

$$\begin{aligned} \text{[施設容量]} &= \text{[需要量]} / (1 - \text{[漏水率：23.4\%]}) \times \text{[ピーク係数：1.25]} \\ &= 574,000 \text{ m}^3/\text{日} / (1 - 0.234) \times 1.25 \\ &= 936,700 \text{ m}^3/\text{日} \end{aligned}$$

現在の施設容量は 667,000 m³/日（パンチャレボ浄水場：520,000 m³/日（バイパス含む）、リラ水源：121,000 m³/日、ヴィトーシャ水源：26,000 m³/日）であるから、約 270,000 m³/日不足することになる。

ビストリツァ浄水場（施設容量 760,000 m³/日）の運転が開始された場合、既存のリラ、ピトーシャの水源（147,000 m³/日）を加えると、施設容量は 907,000 m³/日となり、需要量に必要なとされる施設容量をほぼ満足することができる。

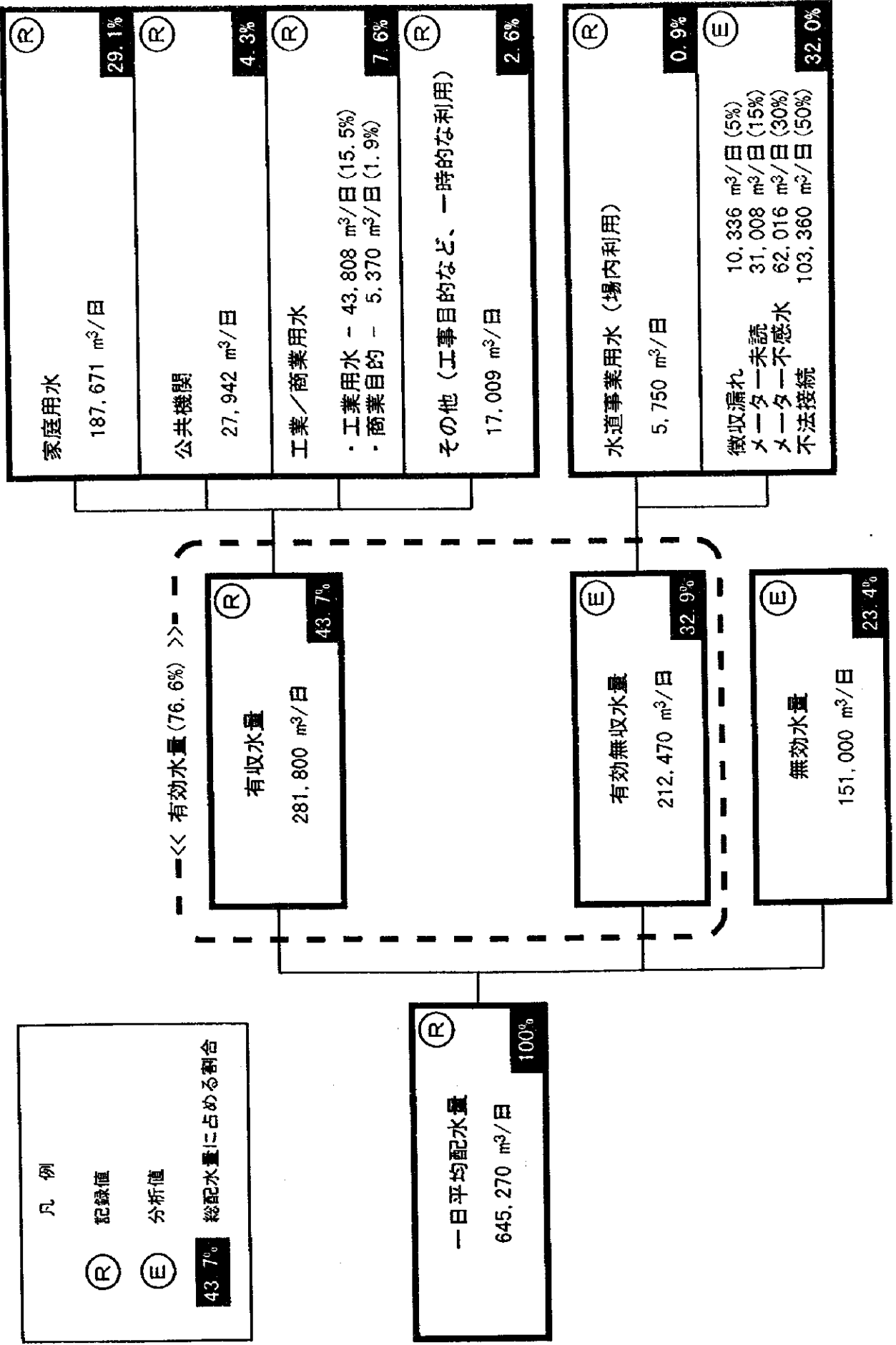


図2-5 生産水量/消費水量の水収支バランス (1996年実績より)

(4) 上水道施設

1) 導水管・配水管・給水管

イスカルダムからパンチャレボ浄水場に至る原水導水管は、2系統あり、ダム下流にある水力発電所の下流から取水する口径 1,800mm の配管とダムからビストリツァ浄水場へ送水する途中から分岐する 1,100mm の系統とがある。リルスキ、ビトーシヤ水源からの導水管 (1,600mm) は塩素処理だけで市内の配水池まで直送される。

市内の配水管の総延長距離は 2,381km であり、市の中心部をリング状に配管 (図 2-6) している部分はライフメインともいえる系統で、1,200mm の大口径が使われている。さらに、その内側に 800mm の半円形の配水管があり、これら 2 系統は市の中心部をカバーするための重要な配管系統であるために、ネットワークの配管を組んでいる。ライフメインの外側は 80mm~800mm までの口径を中心とした配管となり枝状配管である。

配管材質は総延長 2,381 km の内 752 km がアスベスト管である。アスベスト管は耐久性と耐圧性に弱く、特に外部からの荷重に対して弱いために、道路下に敷設した場合には、車等の輪荷重に耐えられず、破損するケースが多く漏水事故が多い所でもある。

配水池は容量 100 m³~60,000 m³ のものが市内に 40 箇所あり、主として地形上高いところへの送水や給水ピーク時間帯に市の中心部に配水する水量を確保するために設置されている。

配水配管の寿命について、日本の簡易水道「補助金等に係わる予算の執行の適性化に係わる法律施行令」は財産の処分制限期間を下記の様に定めている。

鋳鉄管	: 40 年
その他のもの	: 25 年

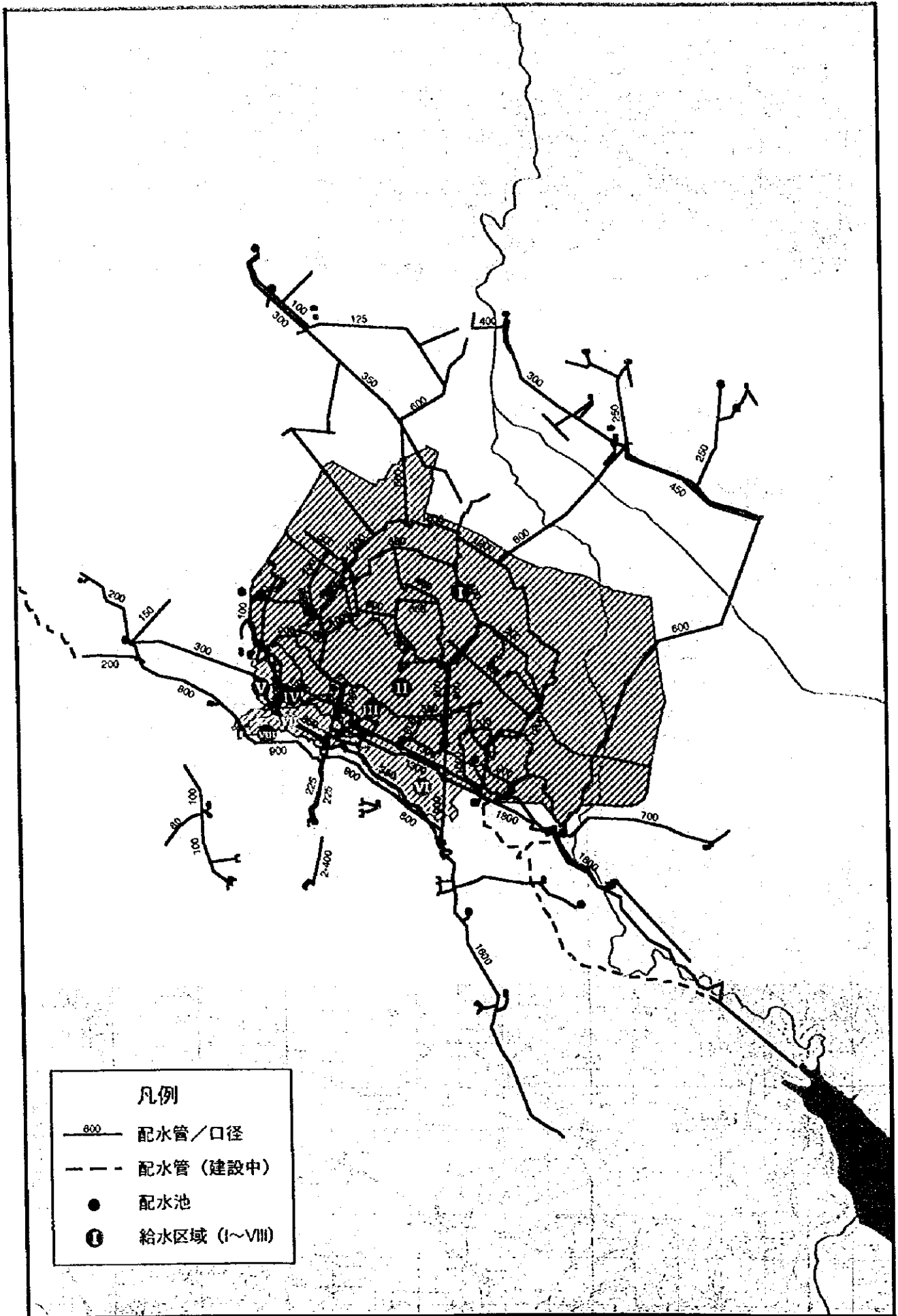
上記資料を基に、ソフィア市の配管を検討すると、鋼管と鋳鉄管の使用限界 (耐用年数) は 40 年、アスベスト管は 25 年と考えられる。

建設年代・管種別の配管延長を表 2-5 にまとめた。50 年以上経過した鋳鉄管と鋼管の総延長距離は 381km、また、20 年から 30 年経過したアスベスト管の総延長距離は 731km である。耐用年数を越えた全配管数量は全体の約 47% に当たる。

表 2 - 5 建設年代・管種別配管延長

番号	建設年代	銅管	鉄管	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、ソフィア市建設企画部)



- 凡例
- 600 — 配水管 / 口径
 - - - 配水管 (建設中)
 - 配水池
 - ⓐ 給水区域 (I~VIII)

图2-6 市内配管图

2) パンチャレボ浄水場設備

浄水場のプロセスは、着水井、凝集池、沈殿池、急速ろ過池、塩素薬注設備から成る。浄水場の設計処理水量は約 388,000m³/d である。図 2-8 にパンチャレボ浄水場のフローを示す。

施設の稼働状況

上下水道公社資料によるパンチャレボ浄水場の稼働率（運転水量/施設容量）を 1995 年から 1997 年迄の月別稼働状況を図 2-7 に示す。1995 年から 1997 年の間で年平均稼働率は、それぞれ 89%、92%、94%と年々増加している。1996 年 11 月には年平均稼働率が 98%を記録した。平均稼働率が 80%を越える運転状況は、常時、施設がフル稼働に近い運転を強いられていることであり、施設容量を超えて運転しているといえる。

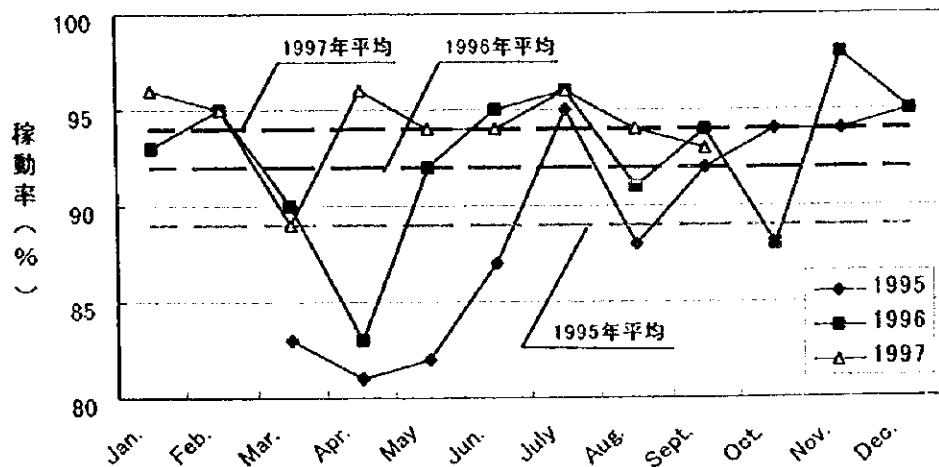


図2-7 パンチャレボ浄水場稼働率

処理場は、流入水質が清澄な時は凝集操作を行わず沈殿池を通過させ、ろ過池のろ過操作のみで配水をおこなっている。このために、フロックを含んだ上澄水は急速ろ過池に流入し過負荷運転の要因となっており、急速ろ過池は常に過酷な運転を余儀なくされ、洗浄操作も多くなっている。又急速ろ過池も老朽化が進んでおり集水装置の傷みも激しい。そのため集水ノズルの離脱によるろ過砂の流出等が起きている。

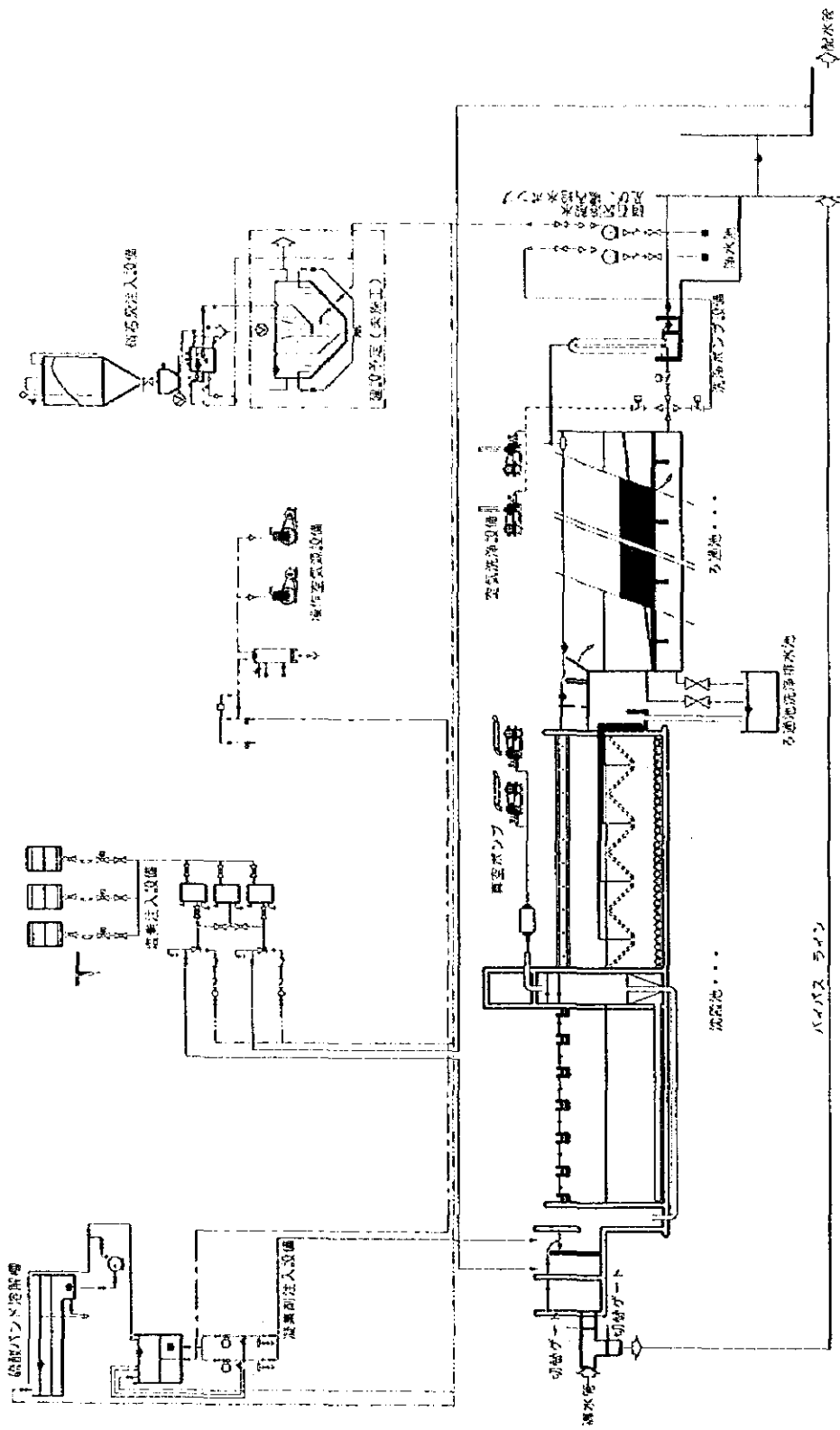


図2-8
パンチャレボ浄水場 フローシート

施設処理水質

原水水質は総じて良好な水質である。色度が高いのは、湖水特有の現象であり、藻類等の有機性物質が含まれているからである。

原水水質（イスカルダム）、処理水水質（浄水場出口）、「ブ」国飲料水水質基準を表2-6に示す。

表2-6 パンチャレボ浄水場の水質

項目	原水			処理水	飲料水基準
	最大	最小	平均		
水温 (°C)	15.5	1	9.4	4	6°C以上
濁度 (mg/l)	95	1.1	2.6	1.4	1.5以下
色度 (カオリン度)	60	0	7.5		15
pH	8.6	6.1	7.1	6.8	6.5~8.5
アンモニア (mg/l)	0	0	0	0	0
亜硝酸性窒素 (mg/l)	0	0	0	0	0
硝酸性窒素 (mg/l)	22	0	2.4		50以下
総硬度 (°H)	4.20	1			16以下
マグネシウム (mg/l)	7.9	0	3.5		80以下
塩素 (mg/l)	9	4	6.9		250以下
マンガン (mg/l)	0.3	0	0.2	0.1	0.1以下
全鉄 (mg/l)	1	0.03	0.1	0	0.2以下

注記

原水水質は、上下水道公社資料、1992年1月から1997年6月までの各月の平均値である。

処理水水質は1998年2月12日、基本設計調査時に実施した水質試験結果である。

3) ビストリツァ浄水場

原水水質

浄水場はイスカルダムを水源としている。そのために、年間を通しての原水濁度は低く変動も少ない。平均月濁度の中で最大を記録しているのは4月の3.6度である。これはダム上流から雪解け水が急激に流れ込むためである。鉄は「ブ」国の飲料水基準値である0.2mg/l以下であるが、マンガンが飲料水基準である0.2mg/lをわずかに上回っている。そして、マンガンが春先と初秋に多いのは、季節の変わり目に湖面と湖底の温度差が小さくなることにより、垂直方向の安定度が小さくなるため、

水の上下移動が起こり、湖底からマンガンが浮上してくるからである。表2-7は
 イスカルダムの1990年から1996年までの6ヶ年間の月平均原水水質である。

表2-7 イスカルダム水質

項目	単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
水温	℃	4.2	4.2	5.3	7.6	9.9	11.2	12.7	13.3	14	13.6	10.2	6.2
濁度	mg/l	2.6	2.5	2.7	3.6	3.3	3.4	2.6	1.9	1.8	2.0	2.3	2.6
溶存酸素	mg/l	1.84	1.96	2.1	2.15	2.16	2.12	1.9	1.86	1.8	1.91	1.86	1.77
鉄	mg/l	0.18	0.19	0.16	0.14	0.12	0.09	0.11	0.06	0.07	0.09	0.13	0.19
マンガン	mg/l	0.13	0.15	0.2	0.14	0.12	0.11	0.11	0.12	0.22	0.22	0.15	0.17
アンモニア	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
亜硝酸	mg/l	3.2	2.6	1.8	2.3	1.9	2.2	2.7	3	2.7	2.2	2.1	1.9
硝酸	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH		7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.0	6.9	6.9	6.9	7.0	7.2	7.1

(資料：ソフィア市上下水道公社水質試験室)

浄水処理システム

浄水処理システムは、イスカルダム水の平均濁度が低いので沈澱池はなく、ろ過前に凝集剤を入れ、濁質はマイクロブロックの形で直接ろ過で除去する方式である。鉄はほとんどが第2鉄のために濁質と同様マイクロブロックにして除去、マンガンは前塩素により酸化しろ過で除去する。浄水処理フローを図2-9に示す。

将来設備として、マイクロストレーナーやオゾン設備の追加導入を計画している。

浄水場の規模

最大運転：8.8 m³/秒 (760,320m³/日)、36時間ろ過継続時間

平常運転：6.75 m³/秒 (583,200m³/日)、48時間ろ過継続時間

使用薬品

薬品とその注入率は表2-8の通りである。運転当初での使用薬品は、硫酸バンド、塩素と消石灰だけである。

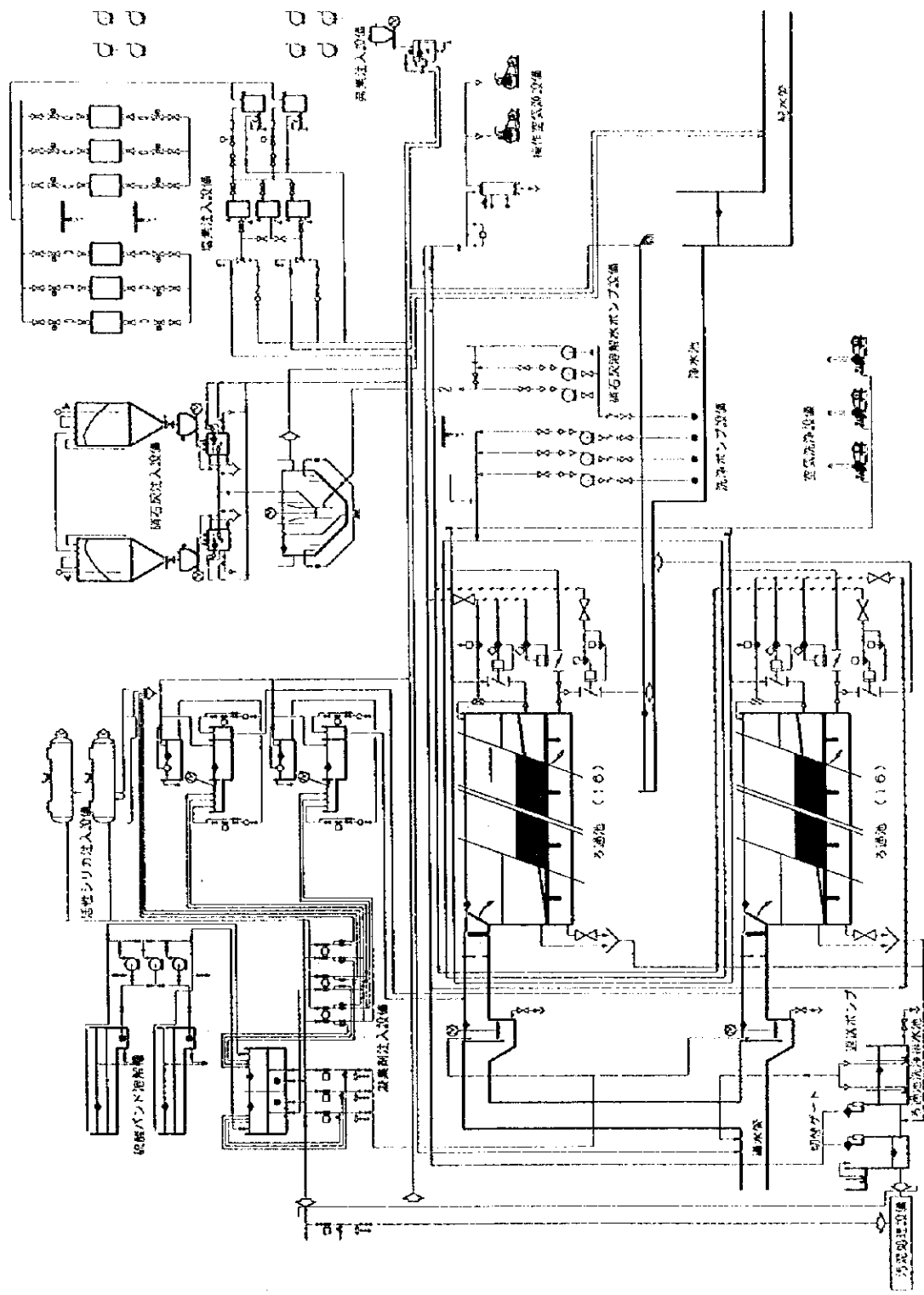


図2-9
 ストリックア海工場 プロセス

表 2-8 使用薬品

	平均 (mg/l)	最大 (mg/l)
硫酸バンド	5	15
活性シリカ		2
消石灰		6
オゾン	0.5	1
前塩素	3	
後塩素	0.5	1

ろ過池

ろ過池数：32 池

ろ過面積：140 m²/池

ろ過速度：130 m³/ m²/日 ~ 170 m³/ m²/日

洗浄方法：水-空気洗浄

(5) ビストリッツァ浄水場建設に係わる財務内容

ソフィア市計画課の資料によると、ビストリッツァ浄水場の建設費は 1997 年までに 18 億 Leva である。インフレーションを考慮して、現在の物価価値 (1997 年現在) に換算すると建設費用は約 681 億 Leva (約 50 億円) となる。これらの数字を基に、浄水場の建設単価を計算すると 10,000 円/m³以下となる。

1997 年現在での排水処理施設の総投資金額は表 2-9 に示す通りである。現在での物価価値に換算し、およそ 7 億 Leva (5 千万円) である。

表 2-9 ビストリッツァ浄水場排水処理施設建設費

単位：百万 Leva

年	1993	1994	1995	1996	1997	合計
建設費	1.2	2.1	5.5	5.7	69	83.5

(資料：1998 年 2 月、ソフィア市建設企画局企画部)

2-5 環境への影響

2-5-1 環境関連法規の概要

ブルガリア国の環境関連法規の中心となっているのが、環境保護法 (Environmental Protection Act) である。この法で規定されている事項は以下項目の通りである。

- ・環境に関する情報の入手と提供
- ・環境に関する規制
- ・環境影響評価
- ・環境保全計画とその実施
- ・環境保全に関する中央政府・地方政府・企業・個人の権利と責任

同法の項目 (Article) 7(3)において、「必要とされる浄化施設又は環境保護施設を持たない企業及びその他の施設の建設・運転を禁止する」という原則が示されている。

環境影響評価 (Environmental Impact Assessment (EIA)) については、同法の項目 20 においてその対象となるプロジェクトが規定されており、“Project for purification plant (Annex 2 Article 11 other project d)”としてピストリツァ浄水場は EIA の対象となると考えられる。EIA はプロジェクトの投資機関 (者) 又は実施機関 (者) の負担により第三者 (研究) 機関に委託して実施する。EIA の結果は、本計画の場合 “Higher Expert Environmental Commission” において協議され、最終的に環境大臣によって承認される。

環境影響評価の方法については、同法規則 “Environmental Impact Assessment (Regulation No.1 of 7 August 1995)” において詳細に規定されている。

水質汚濁に関連した法律として、「水質・土壌保護法」 (Protection of Waters and Soil against Pollution Act) がある。この法律では、「水及び土壌を汚染から保護するための施策を規定」 (項目 1) している。ここで水及び土壌の汚染とは、「その組成、質及び特性を人間、動物及び植物が利用不可能、又はこれらに対して危険となる程度まで変化させる」 (項目 2) ことをいう。

この法の下で、河川、地下水及び沿岸水域はその用途によって水質類型に分類される (項目 9)。表流水の水質類型については、同法規定 (Regulation No. 7 of August 8,

1986) において3つの類型 (I, II, III) が示されている。

この法律において、汚染者が許可なく汚水の公共水域への排出、廃棄物の投棄を行った場合の、罰金の徴収、操業停止処置等を行うことを規定している。同法の規則 (Regulations on the enforcement of the Protection of Air, Water and Soil Against Pollution Act) により、具体的な法の運用方法が規定されている。

環境省では現在、EU の環境法規を参考として環境法体系の見直しを行っており、1998 年度中の新法の施行を目指している。

2-5-2 水質環境基準の内容

水質環境基準は3水質類型 (I, II, III)、87項目に及び、その内容は色、臭い温度等の一般的な性状から、重金属、農薬、病原菌等を含んでいる。

通常、水質環境基準は、表流水 (河川等) の用途に応じた水質の達成目標として認識されており、この目標達成のため放流水質基準が設けられる。この放流水質基準値は水質環境基準値より高く設定されるのが通例である。「フ」国環境省においては、現在 EU の環境法制度に添った環境法の改定作業を進めており、この改定によって水質環境基準の見直し、放流水質基準の制定が行われる予定である。

現行の水質環境基準の3水質類型 (Category) はその用途により以下の様に定義されている。

水質類型 I (Category I): 飲料用、もしくは食品工業等で要求される (飲料用) 水質、プール等で使用可能な水質。

水質類型 II (Category II): 動物の飲料用、もしくは水系競技、文化行事、漁業等の目的に使用可能な水質。

水質類型 III (Category III): 農業用水、工業用水として使用可能な水質。

水質類型 II の規制値は WHO の飲料水水質ガイドライン値に近い項目を含んでおり、かなり厳しいものであるといえる。例えば、マンガンについて、水質類型 II では 0.3 mg/l であるが、WHO のガイドラインでは 0.5 mg/l (暫定値) となっている。

水質環境基準の規制値 (全 87 項目) を添付資料-11 に示す。

2-5-3 本計画施設の位置付け

本計画の要請内容である汚泥処理施設からは、日量 10,000 m³ から 15,000 m³ の排水が発生する。「ブ」国側は、この排水の河川への放流を希望して既に浄水場からの放流管路の建設を進めている。

放流に当たっては環境法に基づき環境省の許可が必要となる。この許可は「ブ」国には放流水に対する放流水質基準が存在しないため、放流後の放流水域の水質が水質環境基準に適合するかどうかの判定に基づいて行われる。予定される放流先であるカルナ (Kalna) 川は下流でイスカル (Iskar) 川に流入する小河川であり水質環境基準の水質類型 II (Category II) に属するが、現在家庭排水等の流入による汚濁が進行しており、その水質は水質環境基準に適合しない場合が見られる。このため、現状では環境省は放流水自体が水質類型 II に適合することを求めている。

本計画では、放流される排水が水質環境基準(水質類型 II)に適合することが可能となるよう、排水処理施設の設計を行うものとする。

第3章プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、ビストリツァ浄水場建設に伴う排水処理施設の建設を行うことにより浄水場の早期運転開始を実現し、ソフィア市民に安全で十分な水を安定供給することを目的とするものである。

3-2 プロジェクトの基本構想

本計画で設計される排水処理施設は、ろ過池の洗浄排水を沈殿、脱水工程によって固液分離し、固形物の汚泥として場外への搬出を可能にする施設である。沈殿上澄水は河川に放流される。

本計画での処理プロセスを図3-1に示す。

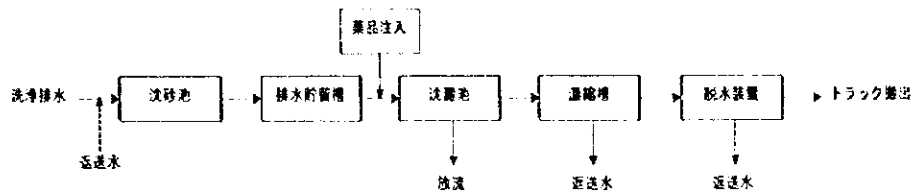


図3-1 排水処理プロセス

各施設の機能は以下の通りである。

- ・ 沈砂池： 排水中に含まれる砂を沈殿させ取り除く
- ・ 排水貯留槽： 排水を一旦貯留し、排水流量と濃度を一定にする。定常状態で沈殿池を運転する目的を持つ。
- ・ 沈殿池： 排水の固液分離をする。沈殿効率を高めるために、凝集薬品を沈殿池手前に入れる。上澄水は放流する。沈殿した固体（汚泥）は濃縮槽に導かれる
- ・ 濃縮槽： 汚泥の濃縮をする。濃縮することによって生ずる上澄水は返送水として沈砂池出口に戻される。濃縮された汚泥は脱水機に送られる。
- ・ 脱水装置： 濃縮された汚泥を脱水する。脱水された汚泥（脱水ケーキ）はトラックで搬出される。脱水工程で出た絞り水は返送水として沈砂池出口に戻される。

排水処理施設の処理水量は、既に建設されている浄水施設の設計仕様を基準として、浄水施設最大運転時（浄水量=8.8 m³/秒）のろ過池の洗浄排水水量によって決定する。

計画施設は、当初 1991 年に「ブ」国側によって設計され、一部設備は建設段階にある。現在「ブ」国側で施工されたコンクリート構造物や、製作された機械類は本計画の設計にあわせ極力利用するものとする。表 3-1 に利用可能な施設（設備）を示す。

表 3-1 利用可能設備

設備名称	設備名	仕様	数量
土木構造物	貯留槽	40mφ鉄筋コンクリート製	2 槽
	沈殿池	30mφ鉄筋コンクリート製 (建設中)	1 槽
機械設備	汚泥かき寄せ機	30mφ用鋼製 (駆動装置を含む)	3 基

本プロジェクトの基本構想は、ピストリッツァ浄水場において、建設中の浄水施設（浄水量：平常 6.75 m³/秒、最大 8.8 m³/秒）のろ過設備から発生する排水を沈殿、脱水処理し、清浄な上澄水の排出、脱水した汚泥の場外搬出、埋立処分又は農業等への有効利用を可能とするものである。

3-3 プロジェクトの最適案に係わる基本設計

3-3-1 設計方針

(1) 自然条件に対する方針

ソフィア市は南のロドピ山脈と北のバルカン山脈にかこまれた盆地の中にある面積 850 km²の市である。市南部は標高約 700m と高く北部が 500m と低くなっている。ピストリツァ浄水場は市南側の傾斜地、標高約 740m に位置しており、市中よりも気温が低く降雪も多い。ソフィア市の冬期の最低気温は約マイナス 15℃である。冬期の屋外での施工は凍結、積雪等により困難なため、外構工事等は 10 月頃までに完了するよう施工計画を作成する。

ソフィア市周辺は、地震危険地域に指定されており、マグニチュード 6.6 から 7.0 の地震の発生が予測されている。この為、土木・建築構造物の設計に当たっては、「ブ」国基準によって定められた 0.27 の地震係数を考慮する。

(2) 社会条件に対する方針

「ブ」国では、電力消費、特にピーク時の最大電力消費の抑制を目的として昼間、ピーク時、夜間と異なった料金体系を設けている。このような電力事情から、ろ過池の逆洗浄は電気代の安い夜間に集中して行われること、すなわち排水が夜間に集中して排出されることを前提として設計を行う。

(3) 実施機関の維持管理能力に対する方針

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た約 500,000m³/日の下水処理場が建設されている。本プロジェクトで計画される設備である沈殿、濃縮、脱水工程が下水処理場にあり、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建設される施設の維持管理経験を有している。

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善工事のために休止する予定であり、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計画である。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、脱水設備の技術習得も容易であると考えられる。

(4) 現地業者、現地資機材の活用についての方針

現地建設会社の多くは国営企業であるが、1989年の民主化以後、民営化された企業もある。ソフィア市においては、水道関連の建設業者として従業員数1000人規模の国営企業が1社あるほか、従業員が数十人程度の民間企業が数社ある。本プロジェクトにおいては、これらの建設業者を活用し、日本から派遣する技術者の監督・指導の下、建設工事を実施する。

現地建設会社は、上水道分野において過去にイスカールダム、パンチャレボ浄水場、ビストリツァ浄水場浄水工程等を建設しており、本プロジェクトの土木・建築構造物を施工するのに十分な経験と技術水準を有している。

建設用資材はほとんどが現地で調達可能であり、「ブ」国製品を活用することを基本方針とする。

(5) 施設、機材等の範囲、グレードの設定に対する方針

施設、機材等のグレード

本プロジェクトで計画する設備には、ソフィア市上下水道公社の職員による修理・維持管理が容易に行える現場手動制御を採用する。但し、流量制御等手動では制御が困難な場合には、自動制御を導入する。ソフィア市上下水道公社は、パンチャレボ浄水場の運転管理の経験を有し、一部自動化した設備を導入しても十分に維持管理が行えるものと考えられる。

調達方法に対する方針

資機材については「ブ」国内の調達が可能な汚泥掻き機等はこれらを利用することとし、代替機、スペアパーツ等の供給が容易に行えるようにする。これらの機材はこれまで「ブ」国内の浄水場、下水処理場で利用され、稼働実績を持っており、本計画において、施設の能力を発揮することに支障を与えること無く、稼働すると考えられる。脱水機については、「ブ」国製品は無く「ブ」国内調達は困難であるため、スペアパーツの供給、技術的なサポートの得やすさ、輸送にかかる費用・時間を考慮して西欧（英国、ドイツ、フランス等）における第三国調達を検討する。

3-3-2 基本計画

(1) 全体計画

i) 全体施設規模（排水処理量）の検討

浄水工程の運転

ピストリッツァ浄水場は、平常運転時で 6.75 m³/秒、最大運転時で 8.8 m³/秒の能力を有する。原水となるイスカルダムの水質は良好であり、濁度は年平均で 2.7 と低く、月平均値は 4 月に最大 3.6 を記録している（表 3-2）。これは、濁度の高い雪どけ水がダムに流入するためであるが、ダムの容量は大きいため、水道用水の水質に大きな影響を与えていない。

表 3-2 原水濁度（1990 年から 1996 年までの月平均データ）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
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

この原水に対して、沈殿処理工程を設けず、直接ろ過法により浄水処理を行なうが、この時、硫酸バンド（固パン）を 5 mg/l 注入し、濁質の除去を促進する。

ろ過池の運転方式

ソフィア市は、ろ過池のろ過継続時間（洗浄する間隔）を平常運転時で 48 時間、最大運転時で 36 時間と設定しており、運転方式は下表にまとめられる。

表 3-3 ろ過池の運転方式

	浄水量	ろ過速度	ろ過継続時間	1日当たり洗浄池数
平常運転時	6.75 m ³ /s	130 m/日	48 時間	16 池
最大運転時	8.80 m ³ /s	170 m/日	36 時間	21 池

同型のろ過池を持つパンチャレボ浄水場の運転状況を見ると、同浄水場は原水としてピストリッツァ浄水場で利用するイスカルダムからの直送水（25～50%）とイスカル川の水（75～50%）を用いているが、通常原水濁度が 5 mg/l 以下と低く、原水は沈殿池を通過し、直接ろ過方式で処理されている。ろ過速度は 130m/日～160m/日であり、この際のろ過継続時間は 48 時間で運転されている。

ろ過池の洗浄方式

ピストリッツァ浄水場のろ過池の構造を図3-2に示す。

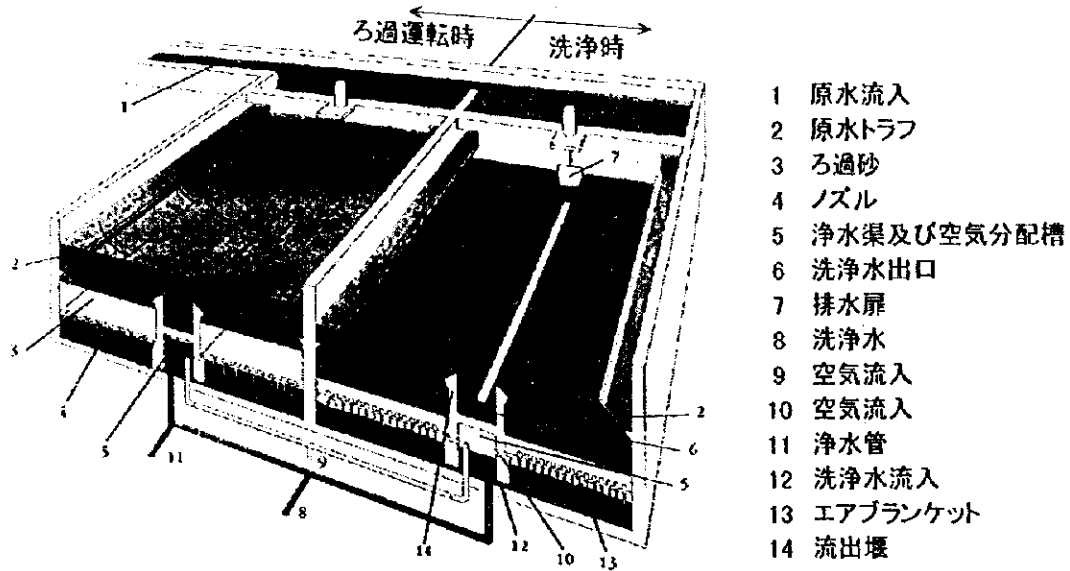


図3-2 ろ過池の構造

洗浄方式は、加圧した水及び空気を下方から注入し、ろ過砂の中に補足された濁質を水中に再懸濁させ、この水を排出する。通常の洗浄工程を表3-4に示す。

表3-4 洗浄工程

工程	流量 (流速)	時間	排水量(1池)	備考
1 排水		3~4分	—	原水に返送
2	水洗浄	5分	245 m ³ (最大)	内流入原水:83 m ³ (最大) 63 m ³ (平常)
	空気洗浄		225 m ³ (平常)	
3	水洗浄	10分	489 m ³ (最大) 451 m ³ (平常)	内流入原水:165 m ³ (最大) 127 m ³ (平常)
4 注水		5分	—	運転水位まで
全工程計		約25分	734 m ³ (最大) 676 m ³ (平常)	

ここで、特記されるのは、このろ過池には流入弁がなく、洗浄中にも原水がろ過池に流入する。この水は、洗浄を助ける働きを持つ。

排水発生量の計算

上記の洗浄工程から発生する排水量を最大運転時、平常運転時について計算した。排水中に含まれる汚泥量の計算においては、以下の数値を設計条件として採用した。

表3-5 汚泥量の計算条件

	設計値	備考
原水濁度	3.6 mg/l	月平均値の最大(4月)
凝集剤注入率	5.0 mg/l	固パン換算(固形物発生係数:0.44)
ろ過水濁度	0.5 mg/l	実績値

計算結果を表3-6に示す。計算の詳細を資料-5に示す。

表3-6 排水発生量の計算結果

	排水流量	汚泥量 ^{*1}
平常運転時	10,816 m ³ /日 ^{*2}	3.1 t-DS/日
最大運転時	15,414 m ³ /日 ^{*3}	4.0 t-DS/日

^{*1} 乾燥重量 (DS: Dry Sludge)

^{*2} (1池あたり排水量:676 m³/池) × (平常運転時洗浄池数:16池) = 10,816 m³

^{*3} (1池あたり排水量:734 m³/池) × (最大運転時洗浄池数:21池) = 15,414 m³

本プロジェクトの全体施設規模の決定においては、放流が水質環境基準に適合するよう発生した排水を全量処理する必要があることから、最大運転時の排水量を設計条件として用いることとする。

代替案として、最大運転時の排水を一時貯留し、処理能力を最大運転時及び平常運転時の中間に設定することが考えられる。しかし、現状では、需要の伸びが不明確であり最大運転時がどの程度続くか不明である。このため、一時貯留量を決定することが難しく、万が一処理しきれなくなった場合、排水の直接放流は出来ず、浄水場は排水量を渡らすよう能力を低下させて運転することが余儀なくされる恐れがある。このことは、本計画の効果を低下させることにもつながるため、上記のように設計条件を定めるものとする。

ii) 排水処理プロセスの検討

「3-2 プロジェクトの基本構想」において、排水処理プロセスの概略フローを図3-1に示した。このフローシートを基に、必要となる施設(設備)とその基本的な役割について検討を行なった。その結果を図3-3、表3-7に示す。各施設の容量、仕様については、(2) 施設計画において検討する。

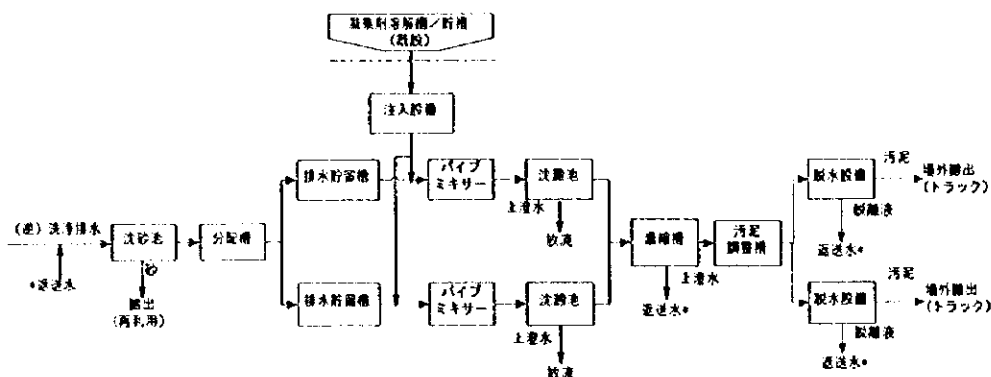


図 3-3 排水フローシート

表 3-7 主要施設一覧

施設名	処理機能
沈砂池	ろ過池で再利用が可能な粒径 (φ0.6mm) の砂を除去する。
分配槽	排水貯留槽 2 池に等流量の排水を供給する。
排水貯留槽	流入する排水を一時貯留し、均質な排水 (汚泥) を一定流量で沈殿池に供給する。
凝集剤注入ポンプ	既存の凝集剤貯留槽 (90m ³ ×2 槽) から凝集剤 (硫酸バンド) を排水貯留槽と沈殿池の間の配管に注入する。
パイプミキサー	凝集剤を排水と均質に混合させ、凝集を促進する。
沈殿池	重力沈殿により、排水中の濁質分を上澄と分離する。上澄は河川に放流され、沈殿した汚泥は濃縮槽に送られる。
濃縮槽	重力沈降により、汚泥をさらに濃縮し、機械脱水の効率を高める。
汚泥調整槽	脱水機に送られる濃縮汚泥を一時貯留し、均質な汚泥を供給する。
脱水設備	濃縮汚泥を脱水し、汚泥のトラックによる運搬、埋立等の処分を可能とする。

iii) 全体配置地形の検討

ピストリッツァ浄水場の全体配置の現状を図 3-4 に示す。排水処理施設建設予定地では、排水貯留槽 (2 槽) 及び沈殿池 (1 池) が建設中である。建設予定地において、建設中の施設の正確な位置・レベル、掘削状況把握のための測量図を図 3-5 に示す。左下方の斜線部(C)には現在生コンクリートプラントがある。

- 1 排水処理施設
- 2 排水処理施設
- 3 排水処理施設
- 4 排水処理施設
- 5 排水処理施設
- 6 排水処理施設
- 7 排水処理施設
- 8 排水処理施設
- 9 排水処理施設
- 10 排水処理施設
- 11 排水処理施設
- 12 排水処理施設
- 13 排水処理施設
- 14 排水処理施設
- 15 排水処理施設
- 16 排水処理施設
- 17 排水処理施設
- 18 排水処理施設
- 19 排水処理施設
- 20 排水処理施設

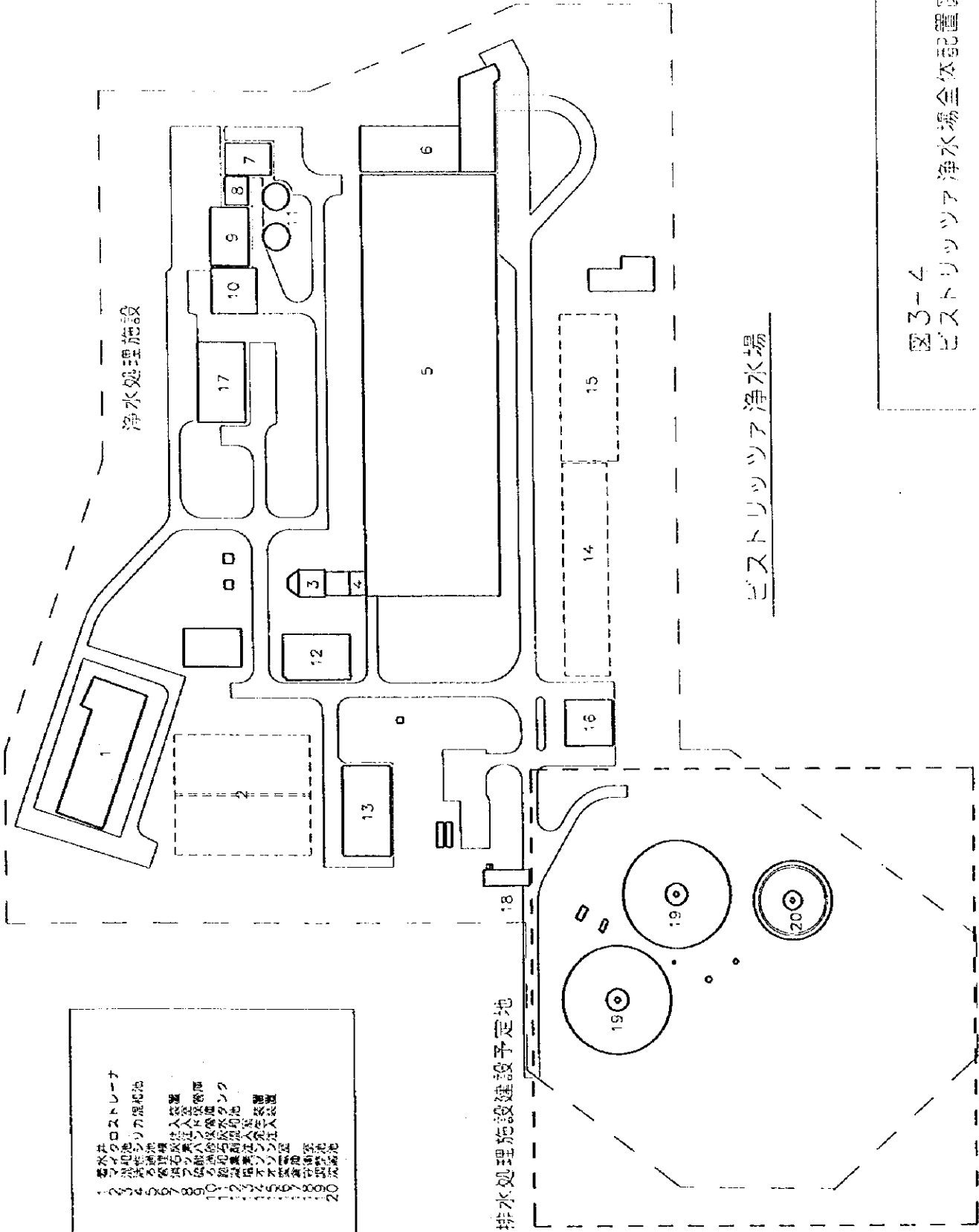


図3-4
ピストリツア浄水場全体配置図(現況)

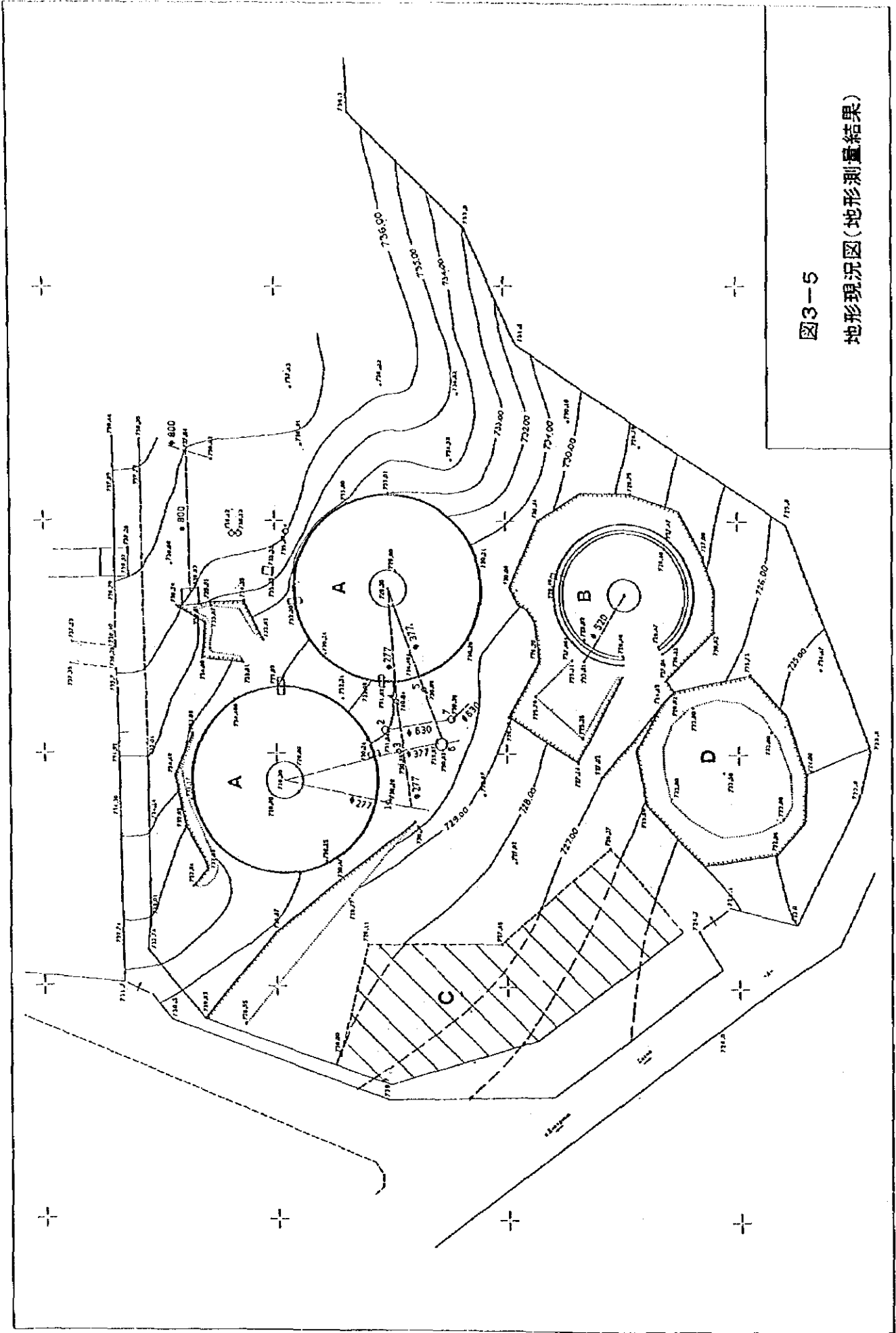


图3-5
地形现况图(地形测量结果)

iv) 汚泥脱水方式の検討

脱水方式の選定の上で、最も重要な要素は、脱水した汚泥の処分方法とそれにかかわる環境法等の法規制である。ここでは、まず汚泥の処分方法を検討して脱水方式の選定条件を明確にする。

濃縮汚泥を脱水し、トラックによる運搬・埋立等の処分を可能にする脱水方式として、大きく分けて、天日乾燥方式と機械脱水方式の2つが考えられる。天日乾燥方式は、機械脱水方式と比べて、建設費、運転維持管理費が小さいが、必要となる敷地面積が大きく、ピストリツァ浄水場から発生する汚泥を処理するためには約4 haの敷地が必要となる。本プロジェクトの建設予定地で、脱水施設のために利用できる敷地面積は約0.5 haであり、天日乾燥方式は採用できない。本プロジェクトでは機械脱水方式を採用することとする。

脱水汚泥処分方法の検討

ソフィア市は現在、脱水汚泥の処分方法として陸上埋立を考えている。汚泥の埋立処分に対しては、「ブ」国の環境法とその規制において、環境省及びその下部機関が適正な建設・運営を監視することとしているが、汚泥の質等についての明確な規定はない。現在、環境省は、EUの環境法体系に基づいた環境法の見直しを行っており、近い将来、埋立処分に対する明確な規定が導入される可能性が高い。このため、規定が導入されることを前提に予測される汚泥に対する条件を欧米、日本の例を参考に検討する。

浄水場から発生する脱水汚泥は、一般に凝集剤に由来するアルミニウム（ピストリツァ浄水場の場合）以外の重金属の含有量が低く、その他の有害物質もほとんど含まない。ただし、脱水工程で消石灰を加えた場合、pHが11～12程度に上昇するため、処分地からのpHの高い水の浸出が環境に悪影響を及ぼすことが考えられる。しかし、通常は、有害物質の溶出も少なく、安定した汚泥と考えられることから、ここでは、埋立処分の条件として一般に用いられている汚泥の固形物含有率について検討する。

欧米、日本での規制値を表3-8に示す。

表3-8 汚泥の埋立処分に関する各国の規制値

国名	固形物含有量	備考
デンマーク	30%以上	
フランス	30%以上	
オランダ	35%以上	
米国	15%以上	同時埋立
	25%以上	単独埋立
日本	15%以上	廃棄物処分及び清掃に関する法律

欧州では固形物含有量を30～35%以上としている国が多い。本事業では、一般廃棄物等との同時埋立も考えられることから脱水汚泥の固形物含有量30%(目標値)の達成が可能で、常時15%(保証値)以上となる脱水方式を採用することとする。

汚泥の農業等への有効利用は、将来埋立処分地の確保が困難になることも予測されるため、積極的に進めることが望まれる。農業用土、栽培土としての利用においては、汚泥中に含まれる凝集剤(水酸化アルミニウム)がリンを吸着することが知られており、リン含有量の少ない土壌においてはリンを添加する等の配慮が必要となる。現況の土壌に対して、2.5%程度汚泥を添加した場合、植物の生育に対する悪影響はなく(AWWA、1995)土壌改良の効果が認められており、浄水場から発生する汚泥は農業用土としての利用に適している。

汚泥の有効利用を促進するためには、植物の生育に悪影響を与える可能性がある消石灰や高分子凝集剤等の薬品の添加量を小さくすることが望まれる。薬品使用量の低減は運転費の低減にもつながり、本プロジェクトの脱水方式として薬品使用量の少ないものを採用する。

以上の検討結果から、汚泥処分方法に基づく機械脱水機の選定条件は以下のようにまとめられる。

1. 脱水汚泥の固形物含有量を30%以上(目標値)、常に15%以上とすることが可能であること。
2. 脱水工程での薬品の使用量が少ないこと。

機械脱水方式の検討

浄水場から発生する汚泥の機械脱水方式として日本及び欧米で実際に利用されているものには、遠心脱水機、真空脱水機、造粒脱水機、加圧脱水機（ベルトプレス型、フィルタープレス型）がある。これらの脱水方式の原理を表3-9に示す。

表3-9 機械脱水方式の原理

脱水方式	原理
遠心脱水機	遠心力を利用し、懸濁液中の比重の大きい固形物を分離、濃縮、脱水する。
真空脱水機	真空を利用し、ろ布に懸濁液を吸引する。ろ液はろ布を通過し、ろ布上に残る脱水汚泥をスクレーパー等で回収する。
造粒脱水機	懸濁液に高分子凝集剤と水ガラスを加え、ペレット状にし、汚泥と水を分離する。脱水汚泥の含有率は高く、乾燥工程等を設置する。
加圧脱水機 ベルトプレス フィルタープレス	高分子凝集剤を加えた懸濁物をロールに圧搾された2枚のろ布の間を通過させ、ろ過、圧搾により脱水する。 懸濁液をろ布によって形成されたろ室に注入し、注入圧力や、水圧ポンプ等による圧搾により脱水する。

これらの脱水方式を薬品注入の必要性、脱水汚泥の性状、費用、環境への影響の面から比較した結果を表3-10に示す。

表3-10に示した脱水汚泥固形物含有率(%)は、浄水工程で凝集剤として硫酸アルミニウム又はPAC(Poly-Aluminum Chloride)を使用した場合に発生する水酸化アルミニウム含有汚泥について実験及び脱水機の運転実績からそれぞれの脱水方式で達成可能な値を示したものである。前項で検討した選定条件1の目標値(固形物含有量:30%)を満たす脱水方式は、加圧脱水機のフィルタープレス型だけである。フィルタープレス型の加圧脱水機は注入する薬品により3つに分けられるが、前項の選定条件の2を考慮し、無薬注方式が望ましい。無薬注の場合、電力消費量は一番大きい薬品が必要とならないため、運転費は薬品注入方式よりも小さくなる。

フィルタープレス型加圧脱水機は、その加圧脱水機構により加圧型(plate and frame press)加圧圧搾型(diaphragm press)に分けられる。加圧型は高圧ポンプにより汚泥をろ板及びろ布で形成されたろ室に圧入する。この間に水分はろ布を通して除去され、汚泥の注入が終了した後も継続してポンプで圧力を加えることにより、さらに脱水が進行する。加圧圧搾型は、高圧ポンプによる汚泥の圧入が終了した後、ろ板に沿って設けられたダイヤフラムを水又は空気により膨張させろ室内の汚泥を更に圧搾脱水する。この機構を図3-6に示す。一般に加圧圧搾型は加圧型に比べてより高い固形物含有率の汚泥を得ることが出来、運転サイクル(時間)を短縮するこ

表3-10 機械脱水方式の比較表 (水酸化アルミニウム含有汚泥)

脱水方式	薬品添加	脱水汚泥 固形物含 有率(%)	汚泥の有害 害性	汚泥の埋 立性分適 性	汚泥の有 効利用の 可能性	必要土地 面積	建設費	運転費 ^{*5}		メンテナ ンスコス ト ^{*6}	環境影響					
								薬品費	電力費		エネルギー 消費	騒音	振動	臭気	景観	地下水 汚染
遠心脱水機	高分子凝集剤	10-15 ^{*1}	中	低-中	低-中	小	中	1	1	1	中-高	中-高	低	無	無	無
真空脱水機	消石灰	10-17 ^{*2}	高	低	低	小	中	1	2	1	高	中	中	無	無	無
造粒脱水機	高分子凝集剤 +水ガラス	10-15 ^{*3}	中	低-中	低-中	小	中	1.5	0.1	0.1	低	低	高	低	無	無
加圧脱水機																
ベルトプレス	高分子凝集剤	10-25 ^{*1,4}	中	中	中	小	中-高	1	0.5	0.3	低-中	低	中	低	無	無
フィルタプレス	消石灰	35-45 ^{*3}	高	低-中	低-中	小	高	1	1	0.5	中-高	中	中	低	無	無
フィルタプレス	高分子凝集剤	25-45 ^{*2,3}	中	中	中	小	高	1	1.2	0.5	中-高	中	中	低	無	無
フィルタプレス	無薬注	25-35 ^{*2,3}	低	高	高	小	高	0	1.4	0.5	中-高	中	中	低	無	無
目標値		≥ 30		中-高	中-高											

*1: APWA/ASCS (1998), Water Treatment Plant Design

*2: Knock W.R. et al. (1993), Fundamental characteristics of water treatment plant sludge, Water Environmental Research, Vol. 65, No. 6

*3: 日本における実績値

*4: Kawamura (1991), Integrated Design of Water Treatment Facilities

*5: 遠心脱水機の場合を1とした。

とが出来る。本事業においては、脱水汚泥の固形物含有率 30%を得ることを目標として、脱水効率の良い加圧搾型のフィルタープレス加圧脱水機（無薬注）を採用する。

無薬注のフィルタープレス型加圧脱水機は、日本で 100 ヶ以上の導入例があり、脱水効率について信頼性が高く、比較的運転が容易であることが知られている。

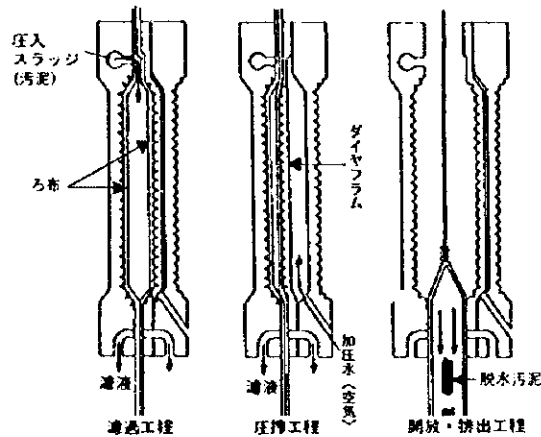


図3--6 加圧搾型フィルタープレス加圧脱水機の脱水機構

v) 排水の性状に関する検討

現地調査において、洗浄排水の性状について、処理施設設計の基礎データを得るため、下表に示す試験を実施した。試料となる排水はピストリツァ浄水場が未稼働のため、ほぼ同様の原水を利用しているパンチャレボ浄水場のろ過池の（逆）洗浄排水を用いた。その実験方法、結果及びその検討結果を資料-6 に示す。主な結果は以下の通りである。

試験内容

設計検討項目	基礎データ	試験法
凝集剤注入率の決定	最適凝集剤注入率	ジャーテスト
沈殿池・濃縮槽の水平断面の決定	沈降濃縮特性（界面沈降速度）	シリンダーテスト
上澄水の処分方法の検討	放流・リサイクル水水質	上澄水の水質試験
脱水汚泥の処分方法の検討	重金属含有量	沈降濃縮汚泥性状試験

試験結果

項目	実験結果	備考
最適凝集剤注入率	30 mg/l	硫酸バンド（固バン）
汚泥沈降速度	10 mm/min	
上澄水の水質	水質環境基準 Category II に適合	測定 15 項目について
汚泥の重金属含有量	EU の農業用土基準に適合	1 年に約 7.0 kg/m ² の散布が可能 (Cd, Zn 量を基準として)

測定した上澄水質は、凝集剤注入率 30mg/l、汚泥沈降速度 10mm/min 以下とした場合の水質であり、測定した全項目について水質環境基準の Category II に適合した。

汚泥の農業利用は「ブ」国では林業省の管轄となる。EU は、下水汚泥の農業利用について規制 (Council Directive 86/278/EEC) があり、重金属含有量について表 3-11 の基準が定められている。

表 3-11 下水汚泥の農業利用における重金属量の規制値 (CD 86/278/EEC)

パラメータ	土壌含有量規制値 (mg/kg)	汚泥含有量規制値 (mg/kg-DS)	年間土壌投棄規制値 (kg/ha/yr)
カドミウム	1-3	20-40	0.15
銅	50-140	1000-1750	12
ニッケル	30-75	300-400	3
鉛	50-300	750-1200	15
亜鉛	150-300	2500-4000	30
水銀	1-1.5	16-25	0.1

汚泥の重金属含有量は、凝集剤として添加されているアルミニウムを除いて低く、カドミウム、亜鉛については EU の汚泥農業利用の基準に適合し、農地 1 m² 当たり年間約 6 kg の汚泥の投棄が可能である。

vi) 汚泥の脱水性に関する検討

汚泥の脱水性に関しては、現地調査で加圧脱水試験機が得られず試験を実施することは出来なかった。この為、日本国内のフィルタープレス型加圧脱水機の運転実績を参考として、本設計における汚泥の脱水性 (速度) を決定することとした。

日本国内の同型の加圧脱水機の運転実績を表 3-12 に示す。濃縮汚泥濃度は一般に夏期に高く、冬期に低くなる。脱水機のろ過速度は、脱水する濃縮汚泥濃度が高いほど速くなり、また温度が低下すると水の粘性が大きくなるため遅くなる。したがって、脱水速度は一般に冬期に最低を記録し、表 3-12 に示した施設の冬期最低の平均値は 1.44 kg-DS/m²/hr であった。本設計においては、この値を冬期のろ過速度と想定し、設計値として採用する。

表3-1-2 フィルタープレス型加圧脱水機の国内運転実績

No.	場所	水道原水 (河川/ 湖沼)	汚泥発生源 (凝集沈殿/ 直接ろ過)	薬注 (ポリマー)		ろ過面積 (m ²)	汚泥濃度 (C) (%)		ろ過速度 (V) (kg-DS/m ² /hr)		備考
				有/無	注入量		夏季 最高	冬季 最低	夏季 最高	冬季 最低	
1	東北	湖沼	凝沈+砂ろ過	無	—	408m ² ×1台	4.0	1.1	1.8	1.3	ケーキ含水率：76%
2	東北	河川	凝沈+砂ろ過	無	—	460m ² ×1台	5.6	2.5	2.6	1.3	ケーキ含水率：68%
3	北海道	河川	凝沈+砂ろ過	無	—	612m ² ×2台	16.0	1.2	4.2	1.7	ケーキ含水率：60%
4	北海道	河川	凝沈+砂ろ過	無	—	850m ² ×2台	5.5	2.8	2.25	2.0	ケーキ含水率：67%
5	北海道	河川	凝沈+砂ろ過	有	ポリマー (0.55%)	—	(平均 2.7)	(平均 2.7)	(平均 2.0)	(平均 2.0)	ケーキ含水率：75%
6	滋賀県	湖沼	凝沈	無	—	256m ²	1.5	0.6	2.0	0.9	49500 m ³ /日
7	兵庫県	湖沼+表流水	凝沈	無	—	640m ²	(平均 2.6)	(平均 2.6)	(平均 1.9)	(平均 1.9)	93000 m ³ /日
	平均値						6.5	1.6	2.57	1.44	

(2) 施設計画

i) 各施設の容量の検討

全体計画で検討した排水処理プロセス（図3-3、表3-7）に基づき、排水性状試験結果、類似の排水・汚泥のデータを参考として、各施設の容量設計計算を行なった。計算の詳細を資料-7に示す。主要施設について、決定された容量を表3-13に示す。

表3-13 施設容量計算結果

	単位	設計施設	備考
沈砂池			
槽数		1	
径	m	4.2	
有効水深(平均)	m	3	
汚泥貯留槽			
槽数		2	
径	m	40	
有効水深	m	4	
有効容量	m ³	10,054	
沈殿池			
池数		2	
径	m	30	
有効水深	m	3.25	
有効沈殿面積	m ²	1,408	
有効容量	m ³	4,576	
濃縮槽			
槽数		1	
径	m	20	
有効水深	m	3.5	
有効容量	m ³	1,100	
脱水機			
台数		2	
脱水容量	t/day	3.1	平常運転時
脱水機運転時間	per day	10	平常運転時
脱水機運転日数	per week	7	
脱水機ろ過面積	m ² /台	104 m ² 以上	

ii) 主要施設の仕様

以上の検討を基に決定した各施設の仕様を以下に示す。施設に用いられる機械・電気設備の仕様の詳細は資料-8に示す。

沈砂池

沈砂池では、洗浄時にろ過池から流失し、排水中に含まれるろ過砂のうち、再利用可能となる直径が 0.6mm 以上の砂を除去し、乾燥して搬出する。沈砂池は既設の流入配管と排水貯留槽の間の限られた面積に設置する必要があるため、円型槽とし、排水は円周方向に一周して槽を出るものとする。沈殿した砂は槽底に一時貯留され、定期的に水中ポンプにより乾燥床に送り、自然乾燥する。1 回の引抜量は約 3m³であり、乾燥床への汚泥投入厚さは 30cm とし、乾燥床の面積は約 10m²とする。

槽数	1
構造	鉄筋コンクリート
池寸法 (沈殿部) (汚泥滞留部)	φ4.2 m×3.2 m φ1.5 m×2.3 m
容量 (沈殿部) (汚泥滞留部)	38.5 m ³ 3 m ³
滞留時間	0.8 分
機械・電気設備	排泥ポンプ×1、現場操作盤×1

分配槽

排水を 2 つの排水貯留槽に等量分配する。入口部には整流壁を設け、流れを均等にし、同じ巾の 2 つの越流堰を設けて、同量が各々の堰を越流するようにする。堰の巾は越流深さが 0.25m 以下となるように設定した。堰の上には、角落の堰高調整を設け、各貯留槽が流入する流量を調整できるものとする。越流した排水は配管により 2 つの貯留槽に導入する。

槽数	1
構造	鉄筋コンクリート
越流堰	巾 2.2 m×2ヶ所
流出管	φ800 mm×2本

排水貯留槽

分配槽から流入する排水を貯留し、均質な排水を一定流量で沈殿池に送水する。既存の貯留槽 (φ40m) 2 槽は、容量的に十分であり、本事業で活用できる。槽内の排

水を均質に保つため、各槽に 2 つの水中ポンプを設置し、円周方向に流れを発生させる。排水は、自然流下で沈殿池に送られる。流出管には流量制御装置を設け、流量を一定に保つ。

槽数	2
構造	鉄筋コンクリート
槽寸法	φ40 m×有効水深 4.0 m
有効容量	10,050 m ³
平均滞留時間	15.6 時間 (最大運転時)
機械・電気設備	攪拌機×4、流量制御装置×2、現場操作盤×1

沈殿池

排水中の濁質分を沈殿させ、清澄な上澄を得る。沈殿した汚泥は 0.5%程度の濃度まで濃縮され、濃縮槽に送られる。凝集剤（硫酸アルミニウム）は流入管に注入し、パイプミキサーにより排水と混合する。凝集補助剤（高分子凝集剤）はパイプミキサーの後の流入管に注入する。

沈殿池は円形の凝集沈殿池とし、沈殿した汚泥を中央部に集め排出するため、汚泥掻寄機を設ける。汚泥掻寄機は外周駆動式とする。駆動装置の必要動力は 0.68kW であり、既存の駆動装置（動力 0.75kW）は利用可能である（資料-7、7.1 参照）。上澄水の集水渠（トラフ）は外壁の内側に沿って設置する。沈殿した汚泥は、自然流下で濃縮槽に送られる。汚泥の流量は、流量制御弁と流量計により制御する。施設は建設中の 1 槽（「ブ」国側完成予定）を利用し、もう一槽を新設する。

池数	2
構造	鉄筋コンクリート
池寸法	φ30 m×有効水深 3.25 m
有効容量	4,590 m ³
排水滞留時間	7 時間 (最大運転時)
汚泥滞留時間	43 時間 (最大運転時)
機械・電気設備	パイプミキサー×2、汚泥掻寄機(駆動部既存)×2、流量制御装置×2、現場操作盤×1

濃縮槽

重力沈降により汚泥を 3%程度の濃度まで濃縮する。濃縮した汚泥は汚泥ポンプにより引抜き汚泥調整槽さらには、機械脱水設備に送られる。濃縮した汚泥を中央部に集め排出するため、外周駆動式の汚泥掻寄機を設ける。駆動装置の必要動力は 0.46kW であり、既存の駆動装置(0.75kW)は利用可能である(資料-7、7.1 参照)。掻寄

機には、汚泥の凝集を促進し、また、汚泥の腐敗を防ぐため、垂直のバーで構成されるピケットフェンスを設ける。集水渠（トラフ）は外壁の内側に沿って設置する。

槽数	1
構造	鉄筋コンクリート
槽寸法	φ30 m×有効水深3.5 m
有効容量	2,470 m ³
排水滞留時間	1.4日（最大運転時）
汚泥滞留時間	3.5日（最大運転時）
機械・電気設備	汚泥掻寄機（既存駆動部）×1、汚泥引抜ポンプ×2、現場操作盤×1

汚泥調整槽

濃縮された汚泥を一時貯留し、機械攪拌により均等に保つ。汚泥は圧入ポンプにより脱水機に送られる。槽の容量は脱水される汚泥の半日分が貯留できるものとし、槽の水位により、濃縮槽の引抜ポンプを制御し、脱水機 2 台に注入する脱水 1 サイクル分以上の汚泥量を常に貯留する。

沈殿池において注入される凝集補助剤（高分子凝集剤）をこの槽にも注入できる配管を設け、脱水機の効率が低下した場合に効率を向上させる。

槽数	1
構造	鉄筋コンクリート
槽寸法	W 4.0 m×L 6.0 m×有効水深 3 m
槽容量	72 m ³
汚泥滞留時間	13 時間（最大運転時）

脱水機及び脱水機建屋

無薬注方式のフィルタープレス型加圧脱水機により、濃縮された汚泥を固形物濃度 30% 程度に脱水する。脱水機の台数は、故障時に修理に要する期間等を考慮し 2 台とした。脱水機の一日の運転時間は、一台故障時に残りの一台の運転時間を倍にすることにより平常運転時一日分の汚泥が処理できるよう 12 時間以下とし、清掃・整備にかかる時間を考慮して 10 時間（日本の場合 6~8 時間通常）とした。運転日数は、浄水工程同様運転員が交代制で勤務するものとし、週 7 日とした。

脱水機の付帯設備として、ろ布の洗浄設備、脱水汚泥を排出するベルトコンベアを設ける。脱水汚泥は汚泥ポッパーに一時貯留され、場外排出用トラックに載せられる。汚泥ホッパーの貯留容量は平常運転時の 1.5 日分とする。

脱水脱離液（しぼり水）は、濃縮槽の上澄ととともに、上澄貯槽に送られ、ここからポンプにより沈砂池に返送される。

脱水機室は2階建とし、脱水機は2階に設置される。1階には、排水処理施設全体のコントロールルーム、運転員用のトイレ等を設置する。トイレ等から発生する排水は、ポンプにより浄水場に設置された処理施設に送られる。

脱水機

台数	2
型式	無薬注フィルタープレス型加圧脱水機
運転時間	1日10時間×週7日（平常運転時）
汚泥脱水量	3.1 t-DS/日（平常運転時）
ろ過面積	104 m ² 以上/台
主要付帯設備	油圧ポンプ×2、ろ布洗浄機×2、圧搾コンプレッサ×1、脱水機ベルトコンベア×2、操作制御盤×2

脱水機建屋

棟数	1
構造	鉄筋コンクリート
寸法	W 16 m×L 25 m×H 10.8 m
機械・電気設備	電動クレーン×1、汚泥ケーキホッパ×2、雑排水ポンプ×1

iii) 汚泥処理施設の物質収支

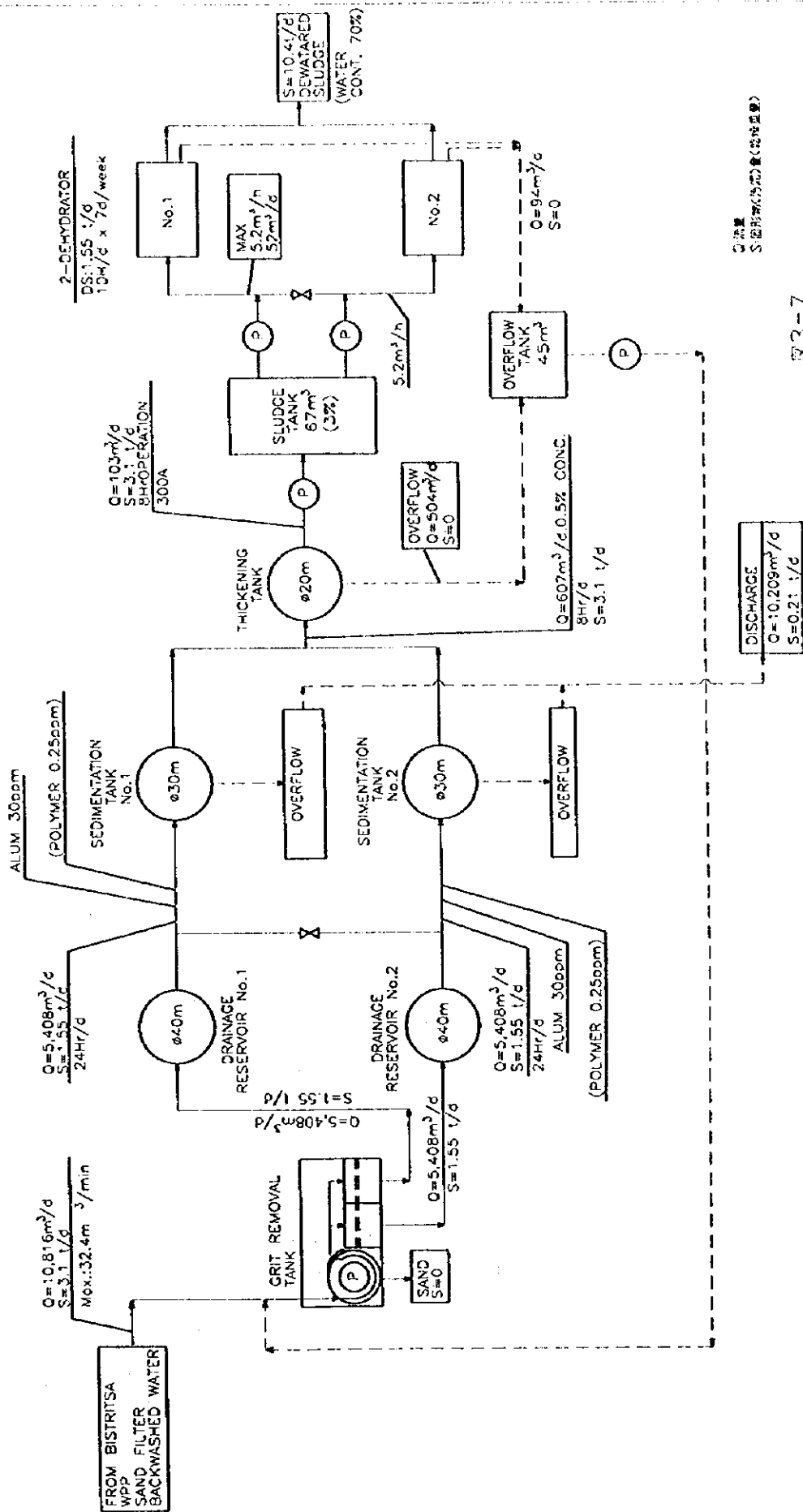
汚泥処理施設の物質収支を平常運転時、最大運転時についてそれぞれ図3-7、3-8に示す。場外に排出される物質量は、表3-14の通りである。

表3-14 排出物質量

	平常運転時	最大運転時
上澄水（沈殿池）	10,209 m ³ /日	14,633 m ³ /日
脱水汚泥（70%含水率） （乾燥汚泥換算）	13.4 t/日 3.1 t-DS/日	10.4 t/日 4.0 t-DS/日

iv) 平面配置計画

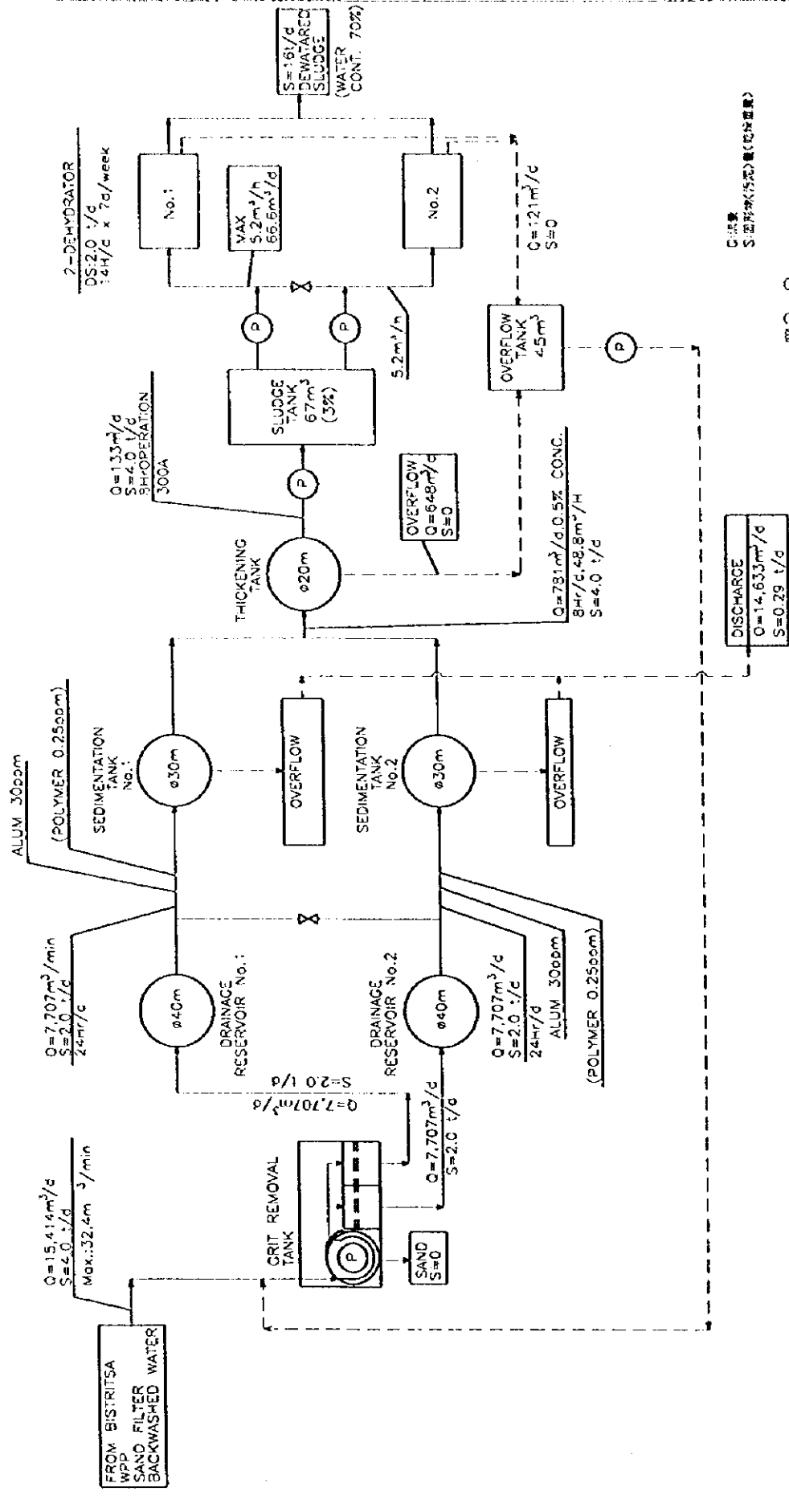
検討した施設内容から、平面配置計画（基本設計図 基-2）を作成した。脱水汚泥は、敷地の南西端にある現況の仮設門付近に設置される門扉を通して搬出される。ピストリッツァ浄水場の浄水工程との連絡道路（幅4m）を敷地の東端に沿って設ける。各施設の周辺には、維持管理作業用道路（幅3m）を設ける。



Q :流量
 S :固形物濃度(固体量)

図3-7
 汚泥処理施設の物質収支(平常運転時)

Republic of Bulgaria
Soz. City Municipality
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities
Drawing Name: MASS BALANCE SHEET(1)
Scale: 1:500
Sheet No.
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



Q:流量
 S:固形物(汚泥)量(乾物重量)

図3-8
 汚泥処理施設の物質収支(最大運転時)

Republic of Bulgaria	
Sofia City Municipality	
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant, Sofia	
Drawing Name	MASS BALANCE SHEET (2)
Mar. 1998	Scale: 1/2000
No.	No.
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

v) 構造計画

土木・建築構造物に関する構造物の強度計算及び基礎の検討結果を以下に示す。

これらの検討はブルガリア国側設計基準および日本の設計基準に基づいて行った。

- ・ブルガリア国「コンクリート及び鉄筋コンクリート構造物の設計基準」(1988)
- ・日本建築学会「建築基礎構造設計指針」(1988)
- ・日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説」(1997)

構造物の強度計算

既存及び計画した構造物について強度計算を行ない、断面、材料強度等を決定した。既存の排水貯留槽、沈殿池については、「ブ」国側の設計図面に示された設計諸元をもとに、構造計算により発生する応力度が材料の許容応力度を上回ることがないことを確認した。

鉄筋コンクリート槽（池）の強度計算結果を表3-15に示す(資料-9、構造計算書参照)。既存の排水貯留槽、沈殿池は、発生する内水圧及び外圧（土圧）に対して十分な強度があることがわかる。濃縮槽については、既存の槽（池）とほぼ同様の強度を持つよう配筋を決定した。

表3-15 鉄筋コンクリート槽（池）の強度計算結果

	最大引張応力度 (kgf/cm ²)				鉄筋の許容引張応力度 (kgf/cm ²)
	内水圧		外圧 (土圧)		
	円周方向	縦方向	円周方向	縦方向	
排水貯留槽	1,111	1,027	—* ¹	1,223	1,800
沈殿池	911	634	—* ¹	691	1,800
濃縮槽	1,235	526	—* ¹	500	1,800

*¹ 圧縮応力が作用する。

地盤支持力の検討

地盤支持力の検討は、ビストリツァ浄水場建設用地内でブルガリア国側によって行なわれたボーリング及び土質試験結果を基に行なった。既存の排水貯留槽、沈殿池は直接基礎（杭等を打たない）であり、濃縮槽についても直接基礎を想定して許容支持力の計算を行なった。鉄筋コンクリート槽（池）の地盤支持力計算の結果を表3-16に示す(資料-10 構造物基礎の検討参照)。鉄筋コンクリート槽につい

ては、全ての槽において地盤の許容支持力（短期、長期）が上載荷重を上回っており、十分な地盤強度を有することが確認された。

表3-16 鉄筋コンクリート槽（池）の地盤支持力計算結果

壁体直下

	上載荷重 (t/m ²) * ¹	地盤の許容支持力 (t/m ²) * ²	
		長 期	短 期
汚泥貯留槽	8.6	32.6	38.3
沈殿池	6.1	51.5	57.2
濃縮槽	7.6	28.6	34.2

水槽中央部

	上載荷重 (t/m ²) * ¹	地盤の許容支持力 (t/m ²) * ²	
		長 期	短 期
汚泥貯留槽	10.3	77.1	88.0
沈殿池	15.4	100.6	109.5
濃縮槽	12.1	51.7	63.0

*¹ 小数点以下第2位を切り上げ

*² 小数点以下第2位を切り捨て

即時沈下量の検討

構造物が直接基礎であることを考慮し、即時沈下量の計算を行なった。

鉄筋コンクリート槽についての計算結果を表3-17に示す（資料-10 構造物基礎の検討参照）。即時沈下量は全て許容沈下量以下であり、安定した地盤であるといえる。壁体直下と水槽中央部で沈下量に差が見られるが、槽が円形であり、不同沈下により構造物に障害を与える恐れは少ない。

表3-17 鉄筋コンクリート槽の即時沈下量計算結果

	即時沈下量 (cm)		許容 (総) 沈下量 (cm)	
	壁体直下	水槽中央部	標準値	最大値
汚泥貯留槽	0.69	2.29	3.0~ (4.0)	6.0~ (8.0)
沈殿池	0.49	2.77		
濃縮槽	0.60	2.75		

(3) 機材計画

本事業で必要となる機材を下表に示す。ダンプトラックの容量は、平常運転時に発生する汚泥量 (10.4 ton/日) を 2 台のトラックが 1 日 2 往復で処分地に運搬できるものとして決定した。

本機材は「ブ」国により調達可能であり、現地調達品目とする。

機器名	仕様	数量	使用目的
ダンプトラック	3 トン	2 台	・沈砂池に堆積した汚泥の運搬 ・脱水汚泥の場外への搬出

(4) 要請内容からの変更点

本設計では「ブ」国によって設計された内容を検討し、最適な施設を計画した。要請内容からの主な変更点を表 3-18 に示す。

表 3-18 要請内容からの変更点

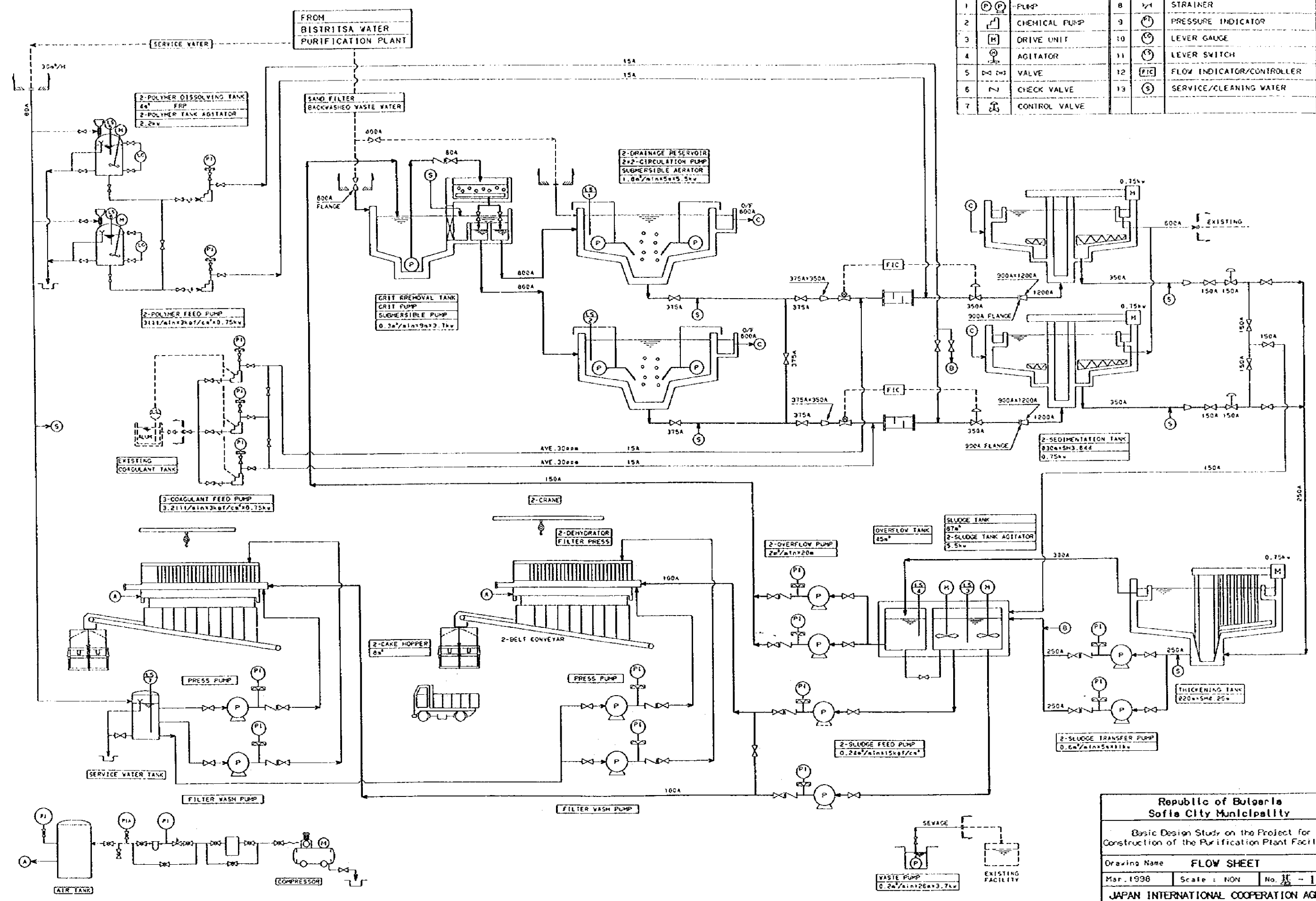
項目	要請	変更	変更理由
1. 土木 (躯体)・建築工事			
沈砂池	1 池	変更なし	
薬品混合方法	薬品混合槽	パイプミキサー	沈澱池を 2 池としたため、槽設置スペースがなく、また、コスト低減を考慮した。
沈澱池	1 池	2 池	沈降分離速度のテストから最適な槽表面積とした。1 池では槽表面積が不足する。
濃縮槽	2 池	1 池	脱水機を 2 台にすることにより容量は 1 池で十分である。
脱水機棟	1 棟	変更なし	
計画施設内付帯設備	電気、給水他	変更なし	
2. 機器設備 (機械、電気設備)			
沈砂池設備	1 式	変更なし	
排水貯留槽設備	2 式	変更なし	
薬品混合設備	混合槽	パイプミキサー	上記薬品混合方法参照
沈殿設備	1 基	2 基	沈澱池が 2 池となった (既存 1 池 + 本計画での建設 1 池)
濃縮槽設備	2 基	1 基	濃縮槽が 1 池となった
脱水機設備	1 基	2 基	容量を 2 分した (故障対策)
3. その他機器			
流量調整器	4 基	変更なし	
硫酸バンド注入機	3 基	変更なし	
ダンプカー、3 トン	2 台	変更なし	
場内植栽	1 式	なし	植栽工期が冬季となるため、予定工期以内での植栽ができない。

(5) 基本設計図

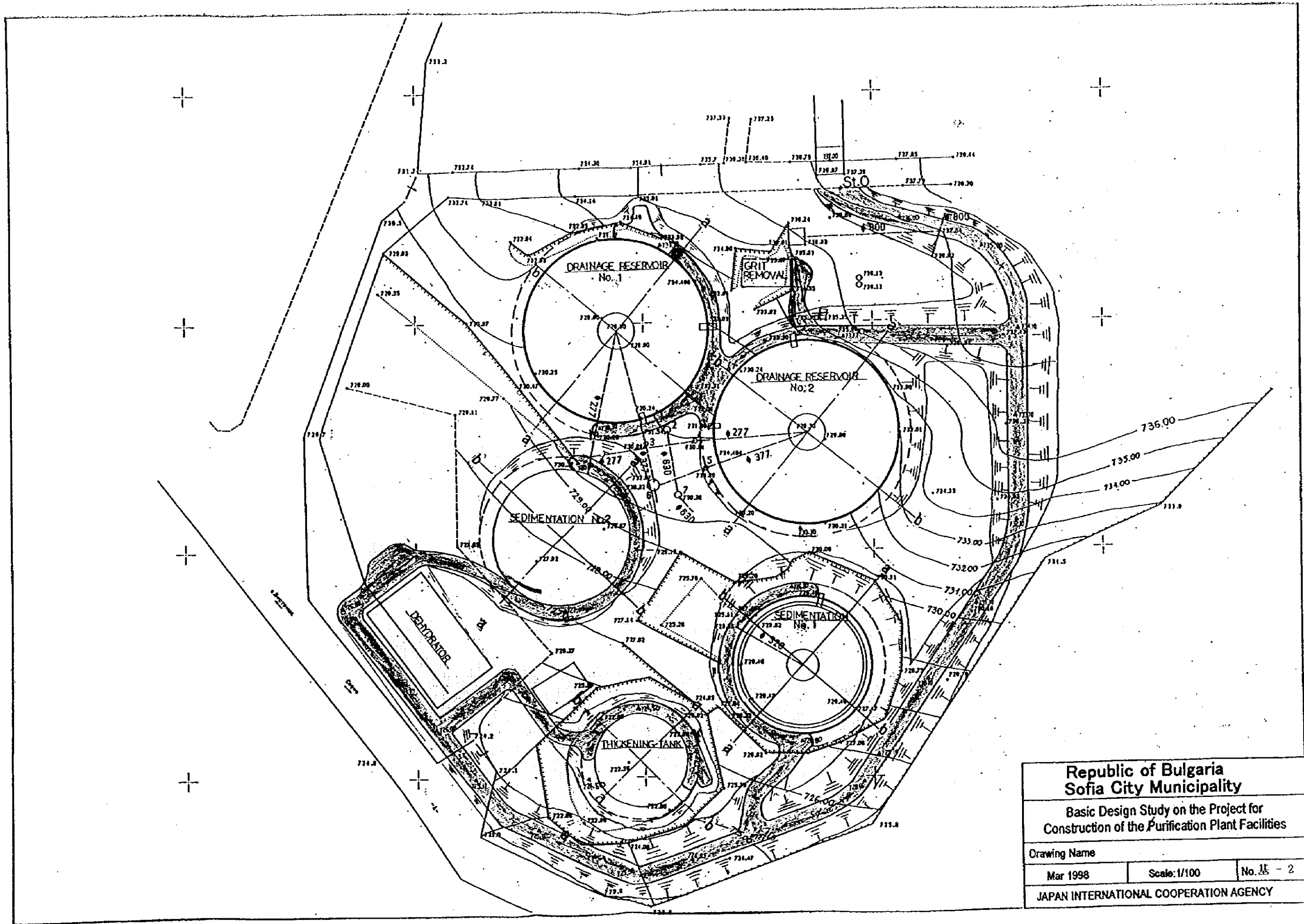
作成した基本設計図は以下の通りである。

図番	図名	縮尺	頁
基-1	フローシート	—	図-1
基-2	全体平面図	1/800	図-2
基-3	水位高低図	—	図-3
基-4	沈砂池	1/100	図-4
基-5	排水貯留槽	1/400	図-5
基-6	沈澱池	1/200	図-6
基-7	濃縮槽、汚泥調整槽、濃縮槽上澄+脱離液槽	1/200	図-7
基-8	脱水機	1/200	図-8
基-9	場内配管図	1/800	図-9
基-10	単線結線図	—	図-10

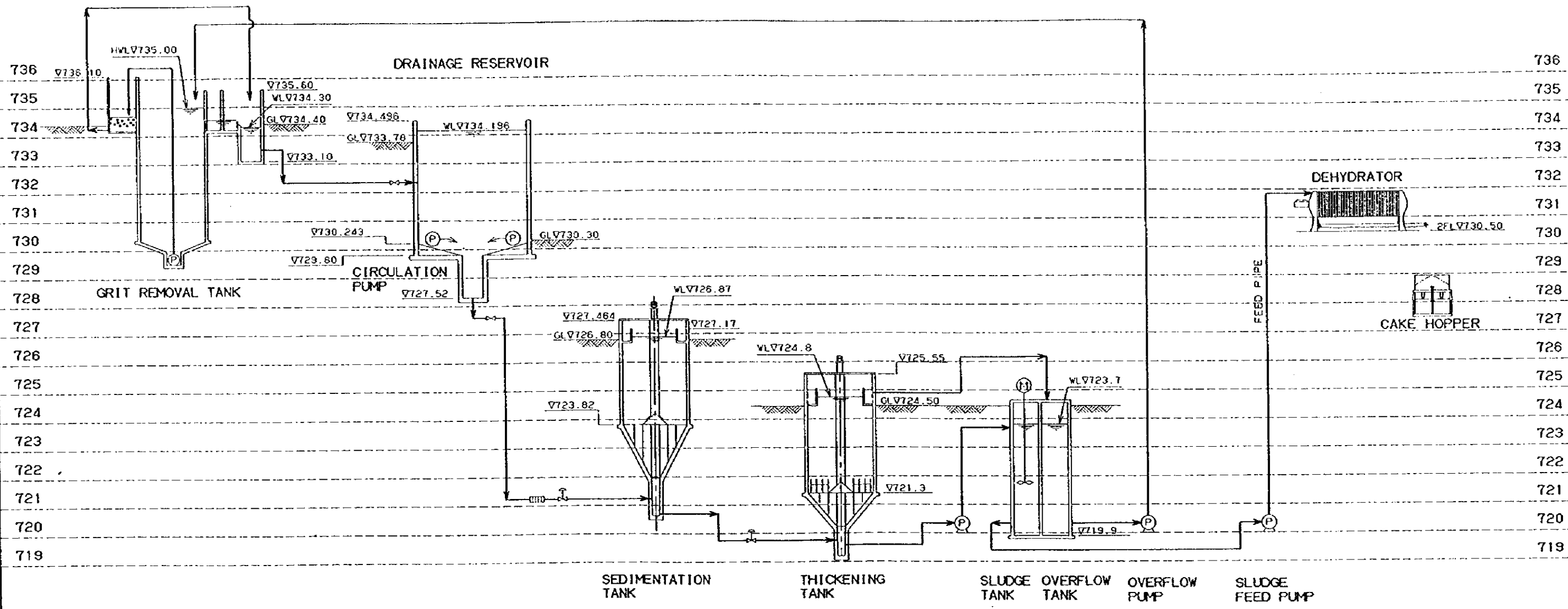
LEGEND					
1		PUMP	8		STRAINER
2		CHEMICAL PUMP	9		PRESSURE INDICATOR
3		DRIVE UNIT	10		LEVER GAUGE
4		AGITATOR	11		LEVER SWITCH
5		VALVE	12		FLOW INDICATOR/CONTROLLER
6		CHECK VALVE	13		SERVICE/CLEANING WATER
7		CONTROL VALVE			



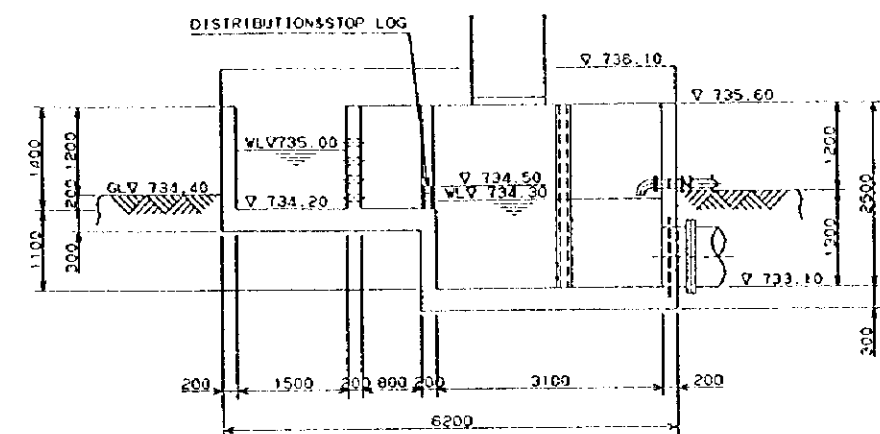
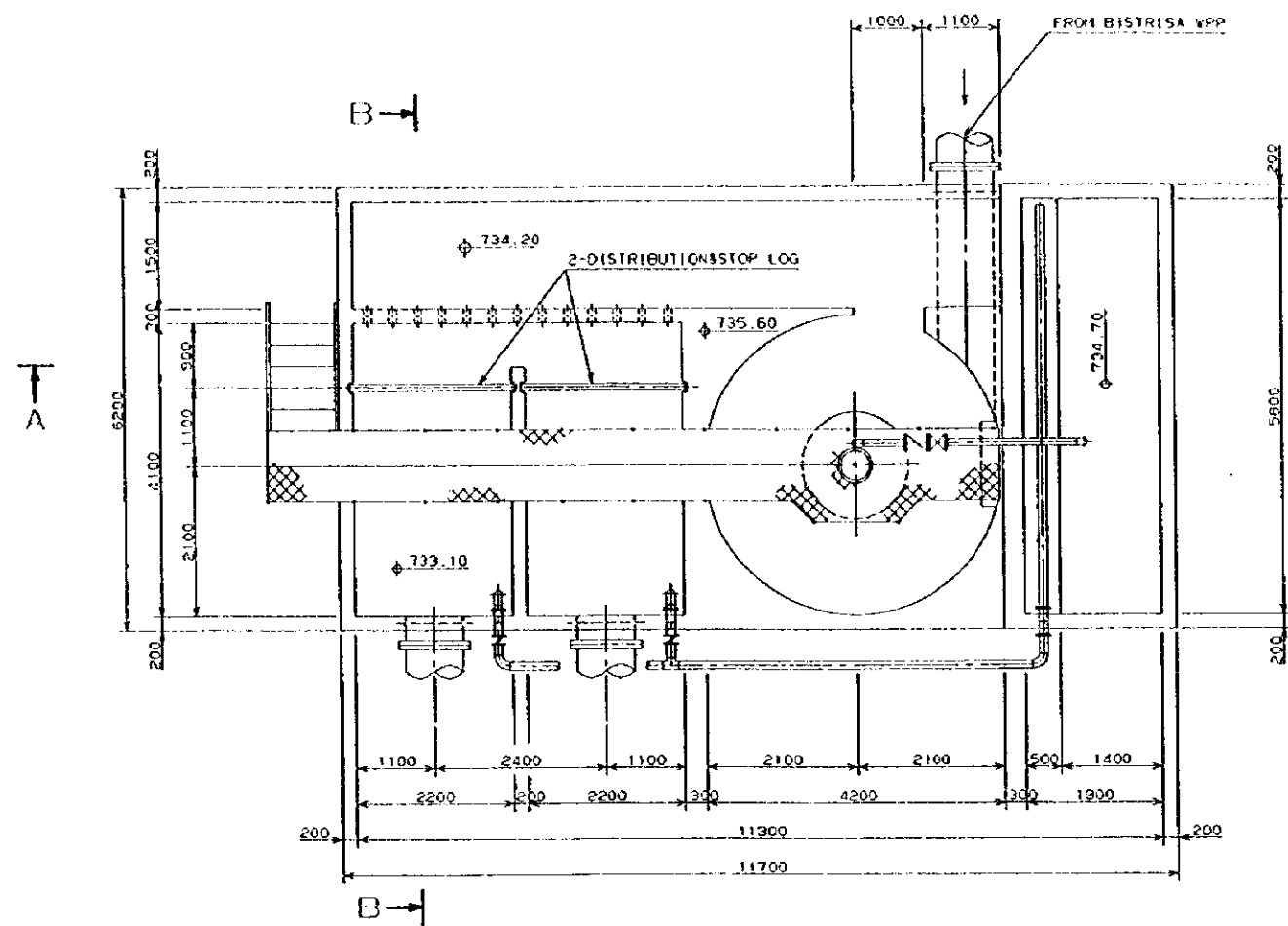
Republic of Bulgaria
 Sofia City Municipality
 Basic Design Study on the Project for
 Construction of the Purification Plant Facilities
 Drawing Name **FLOW SHEET**
 Mar. 1998 Scale: NON No. 1
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



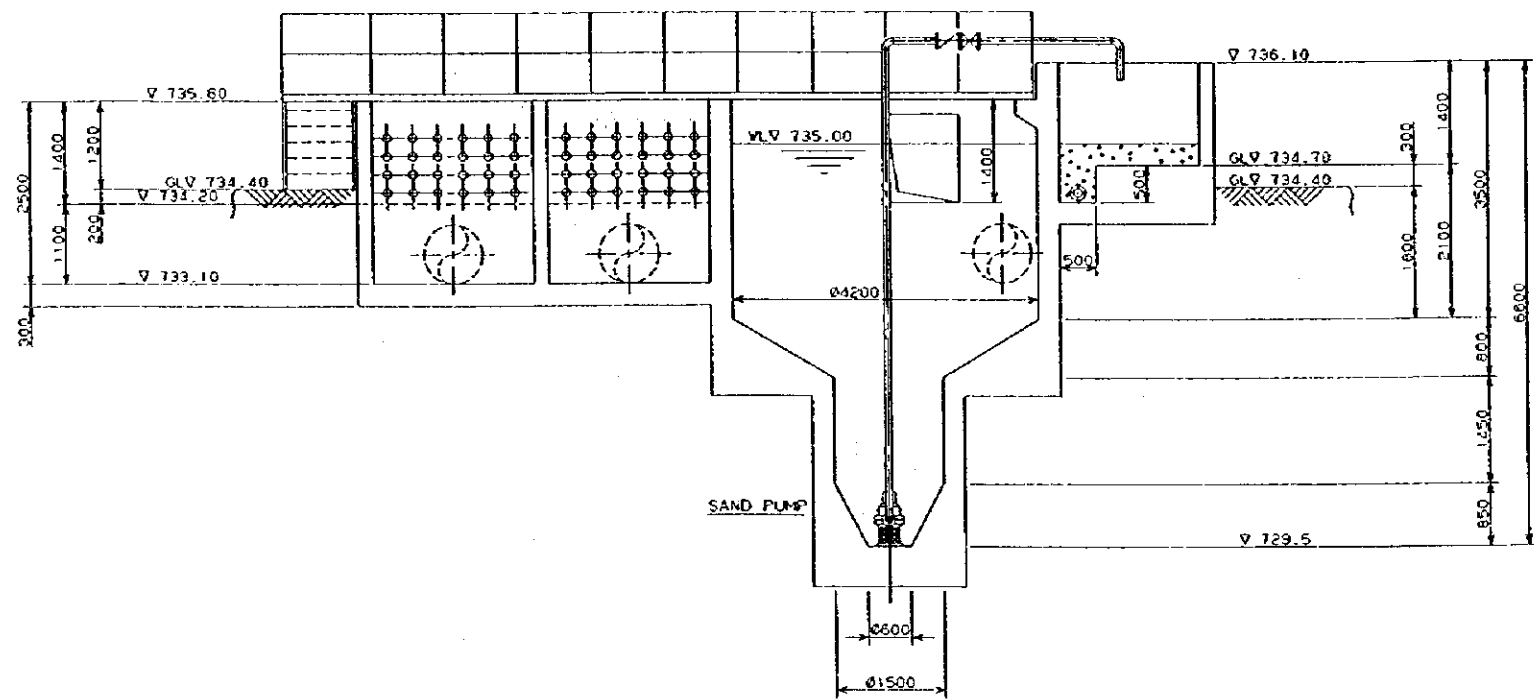
Republic of Bulgaria Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name		
Mar 1998	Scale: 1/100	No. 基 - 2
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		



Republic of Bulgaria Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name HYDRAULIC PROFILE		
Mar. 1998	Scale : NON	No. 基 - 3
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

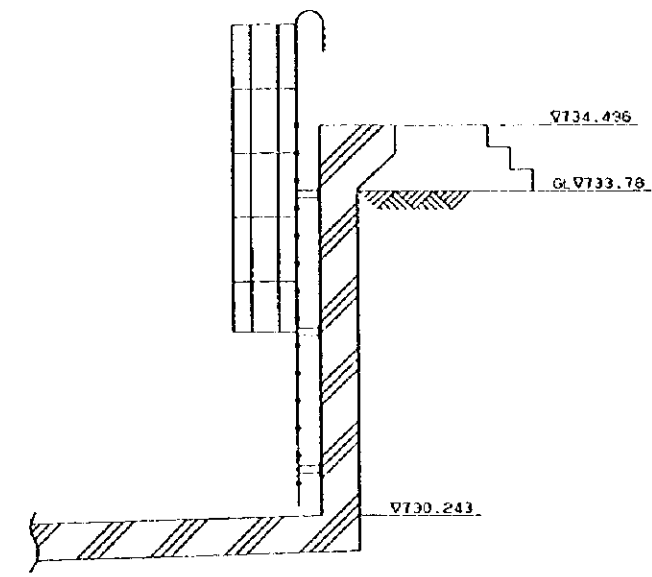
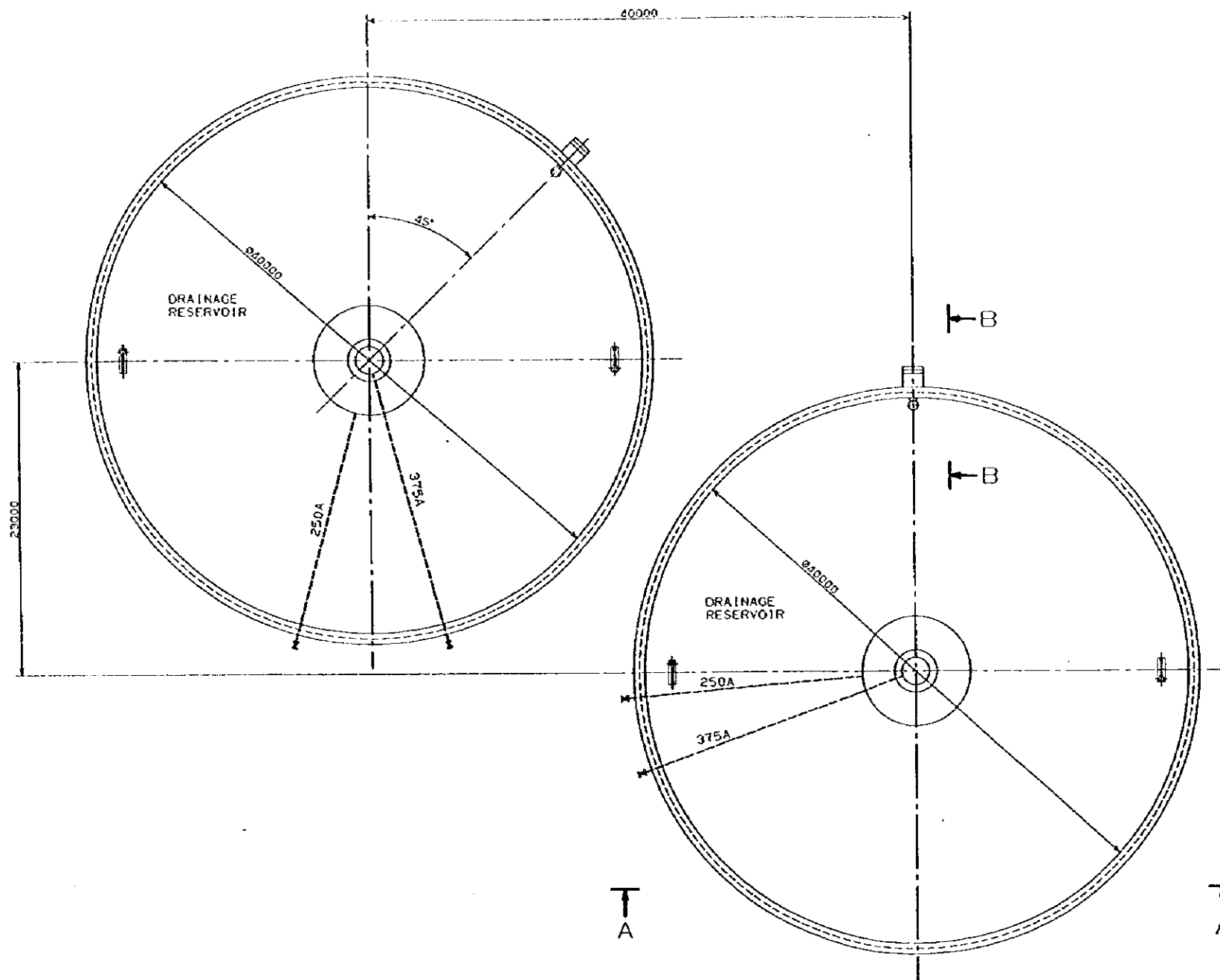


SECTION B~B

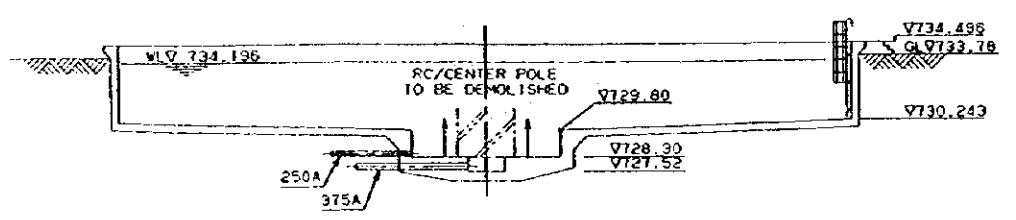


SECTION A~A

Republic of Bulgaria		
Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name GRIT REMOVAL TANK		
Mar. 1998	Scale : 1/100	No. 基 - 4
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

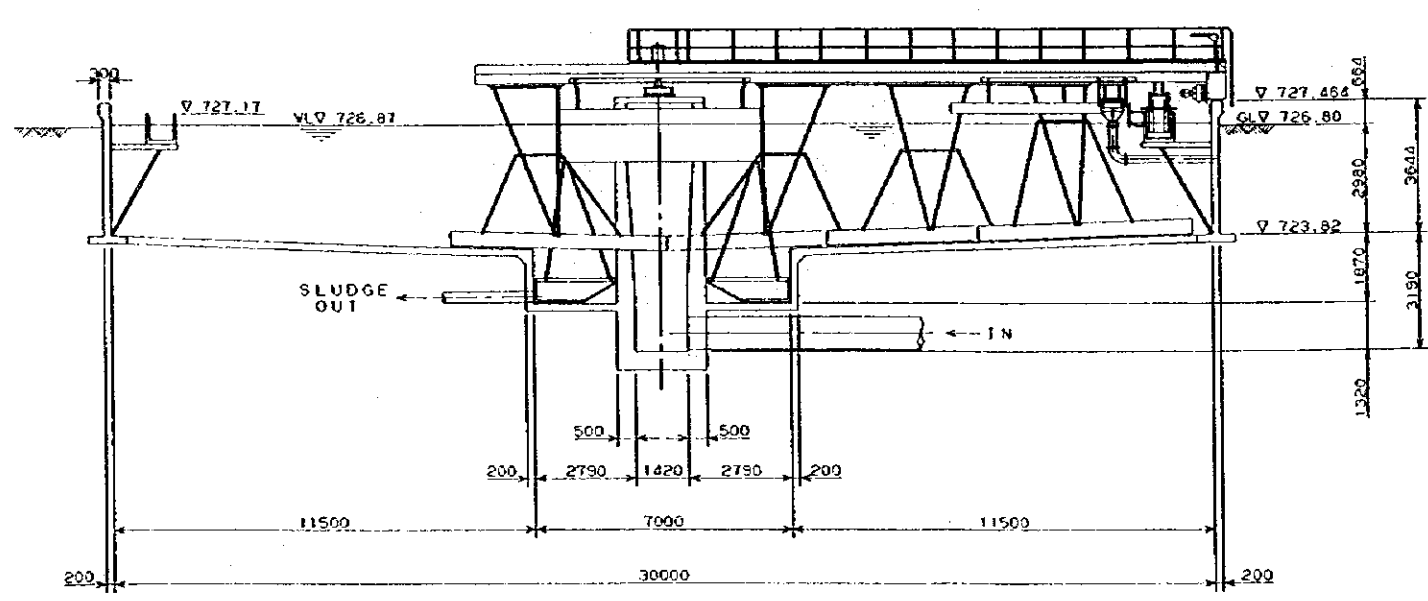
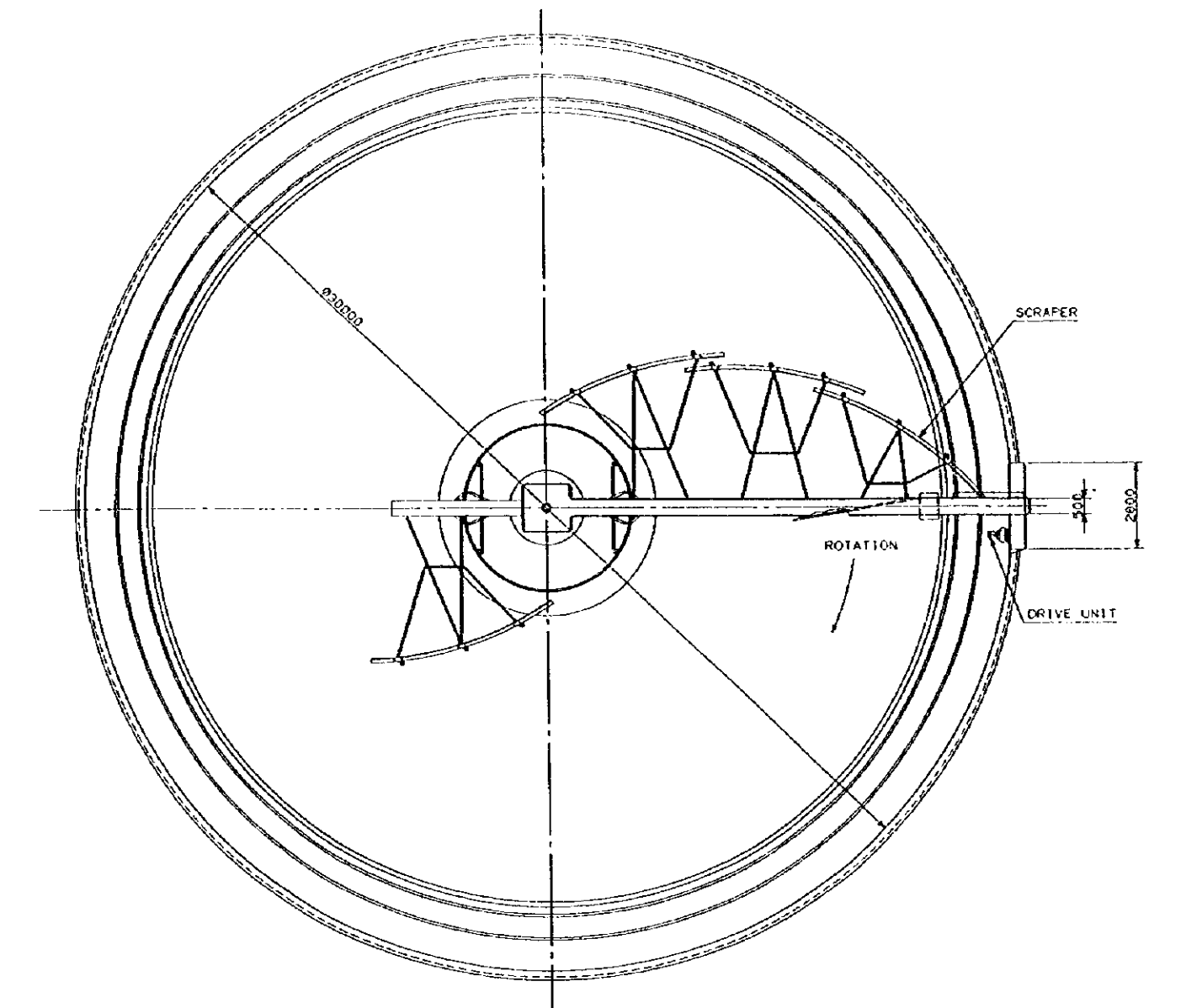


SECTION B~B
(SCALE: 1/80)

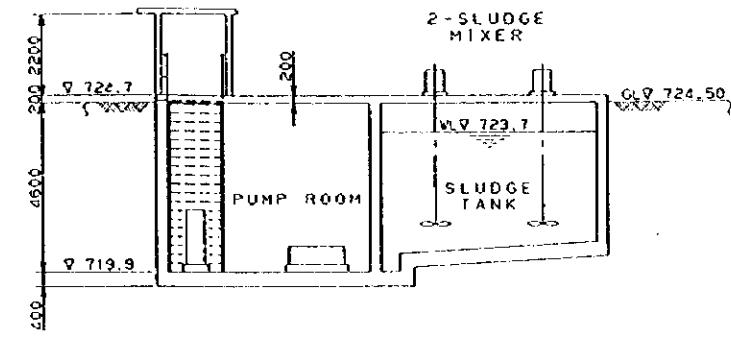
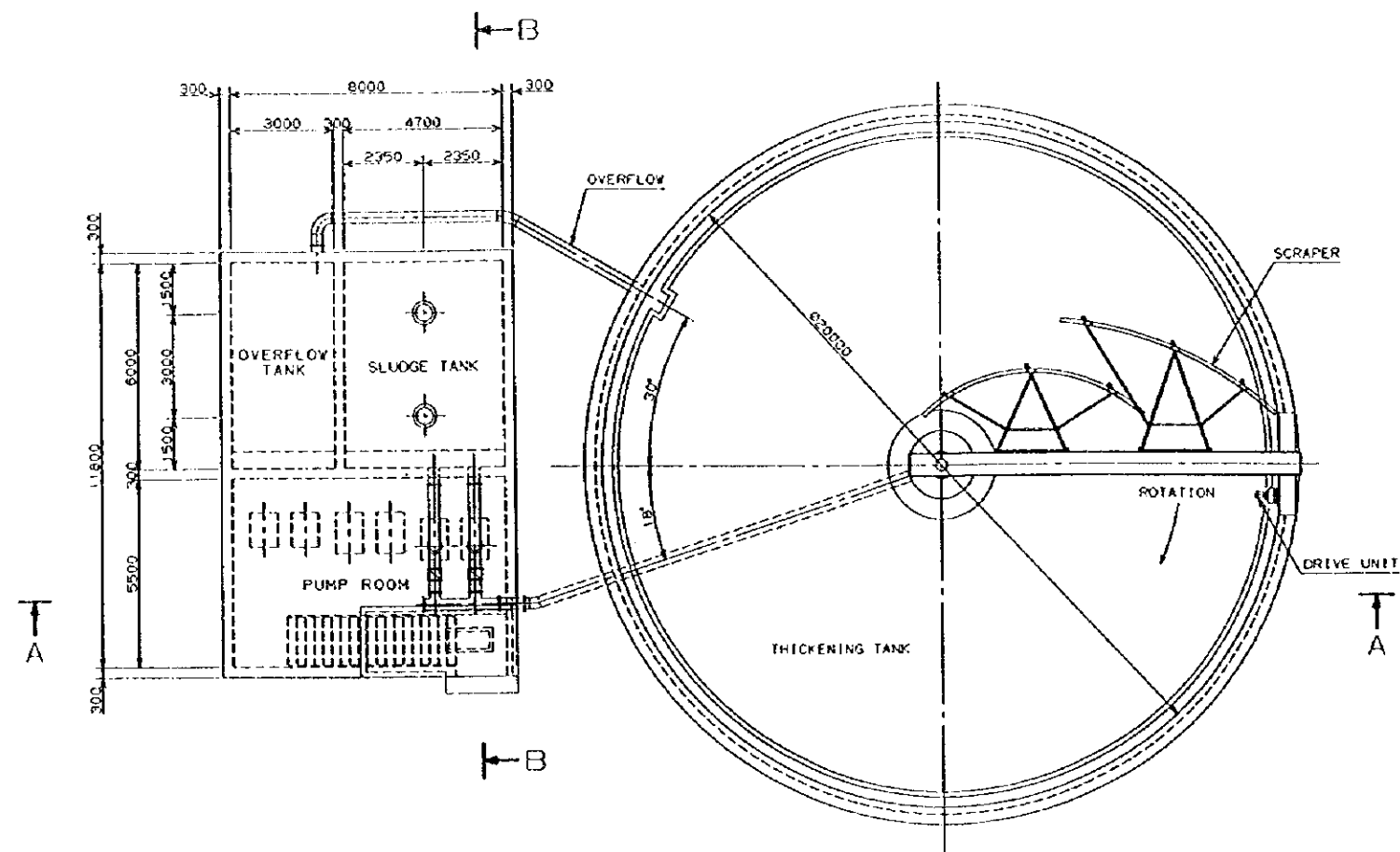


SECTION A~A

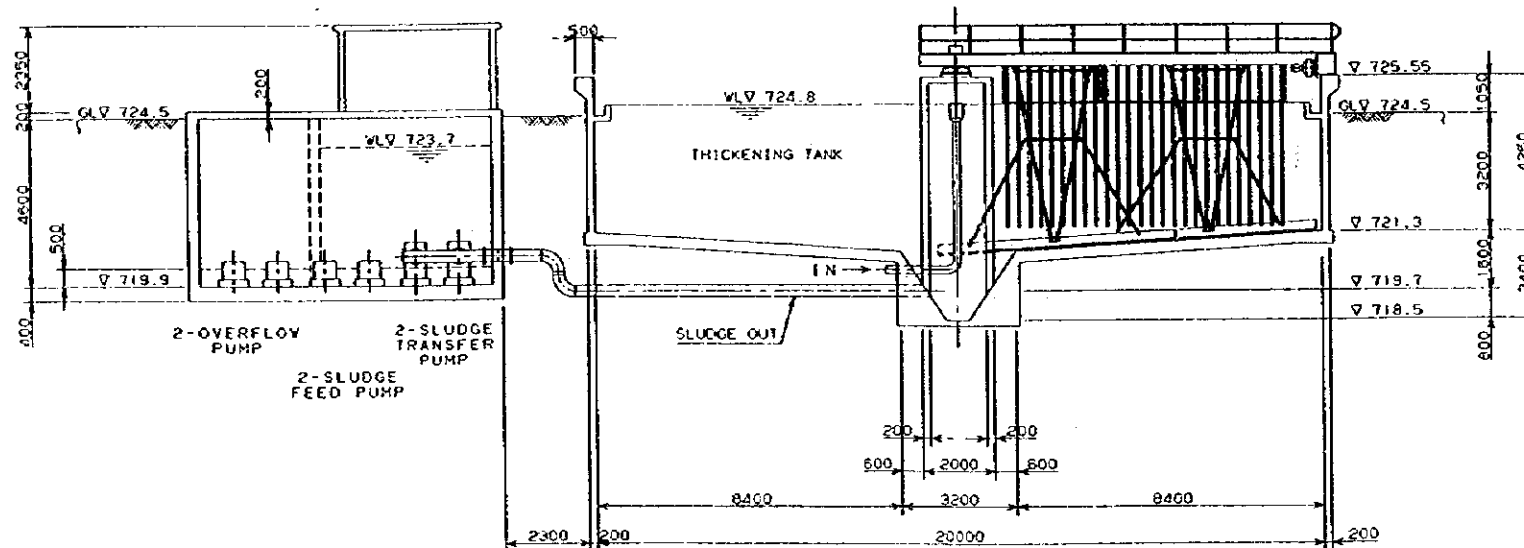
Republic of Bulgaria Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name DRAINAGE RESERVOIR		
Mar. 1998	Scale: 1/400	No. 45 - 5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		



Republic of Bulgaria Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name		SEDIMENTATION TANK
Mar. 1998	Scale : 1/200	No. II - 6
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

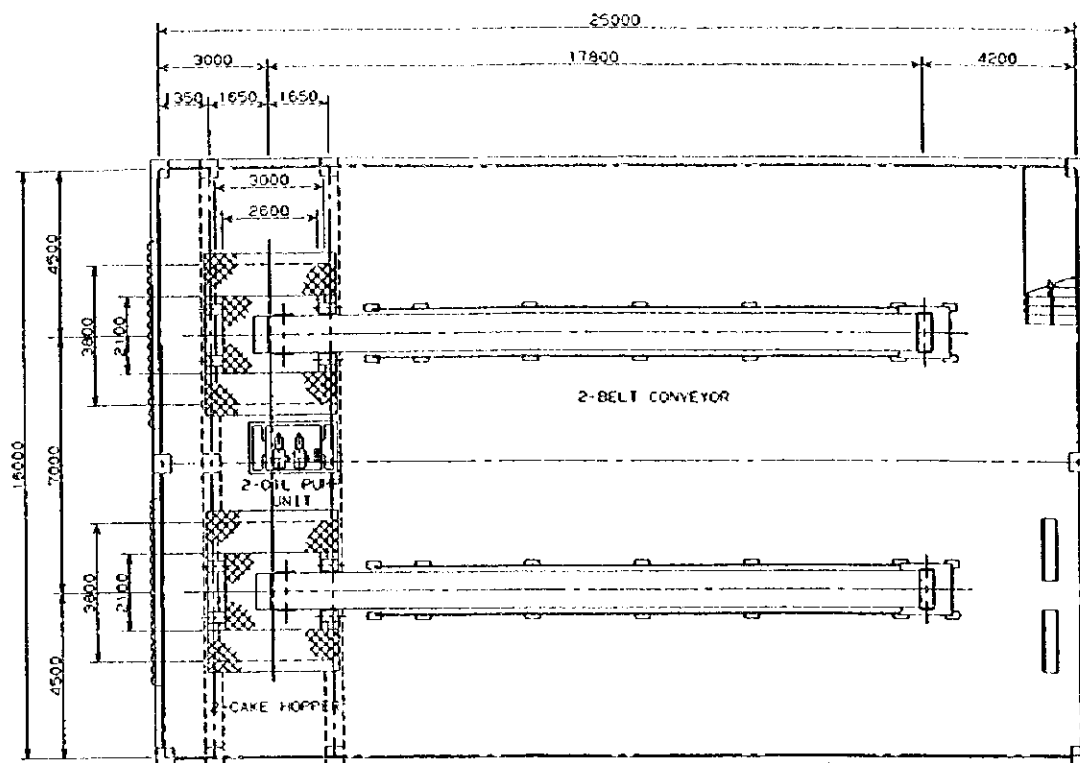


VIEW B~B



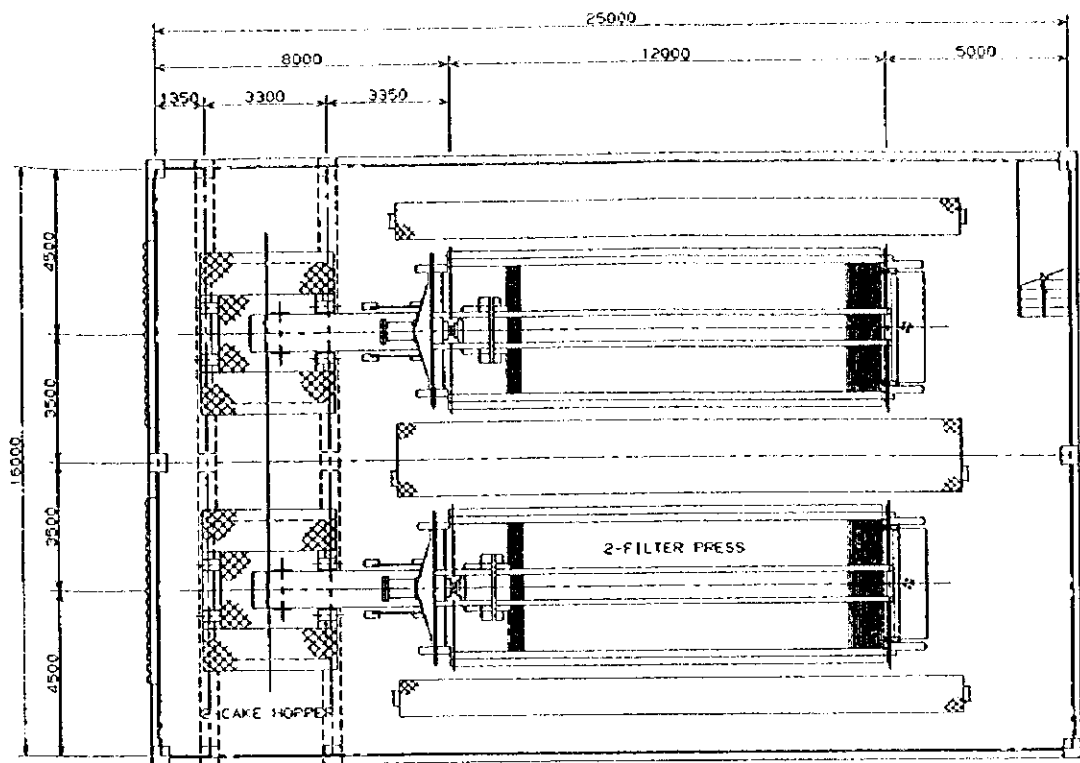
VIEW A~A

Republic of Bulgaria		
Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name	THICKENING TANK	
Mar. 1998	Scale: 1/200	No. 15 - 7
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

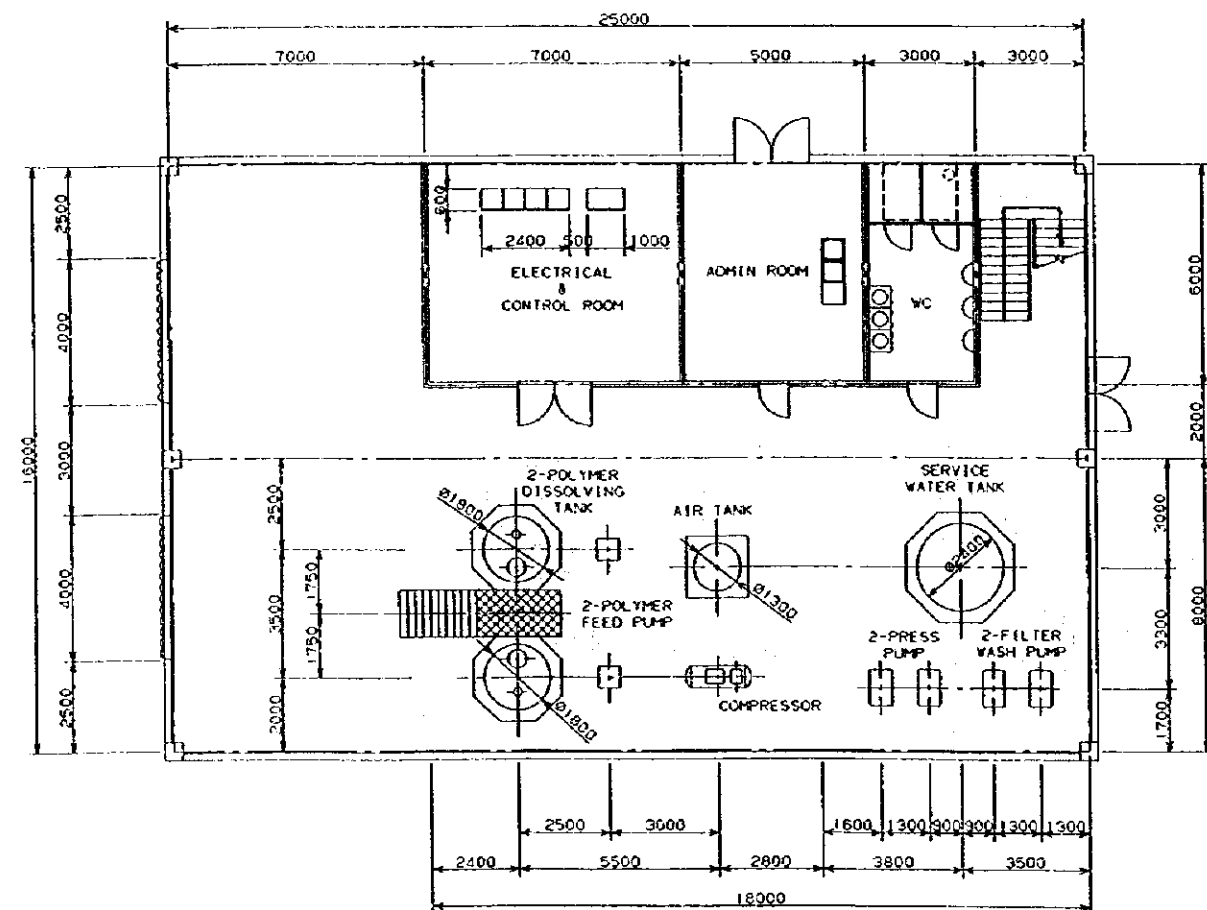


PLAN B-B

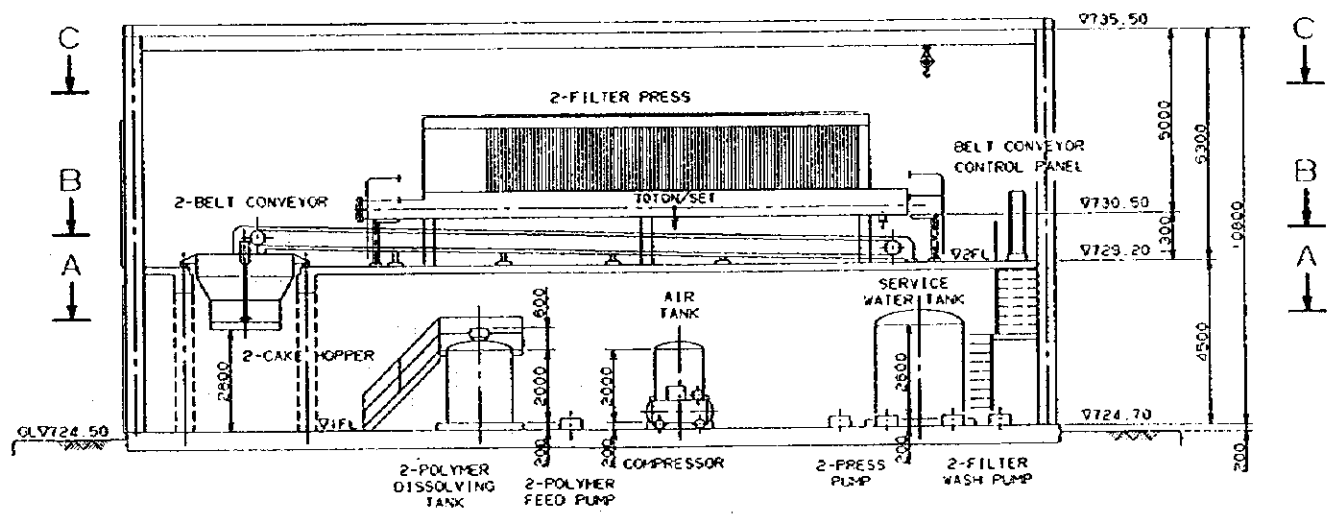
BELT CONVEYOR CONTROL PANEL
 FILTER PRESS CONTROL PANEL



PLAN C-C

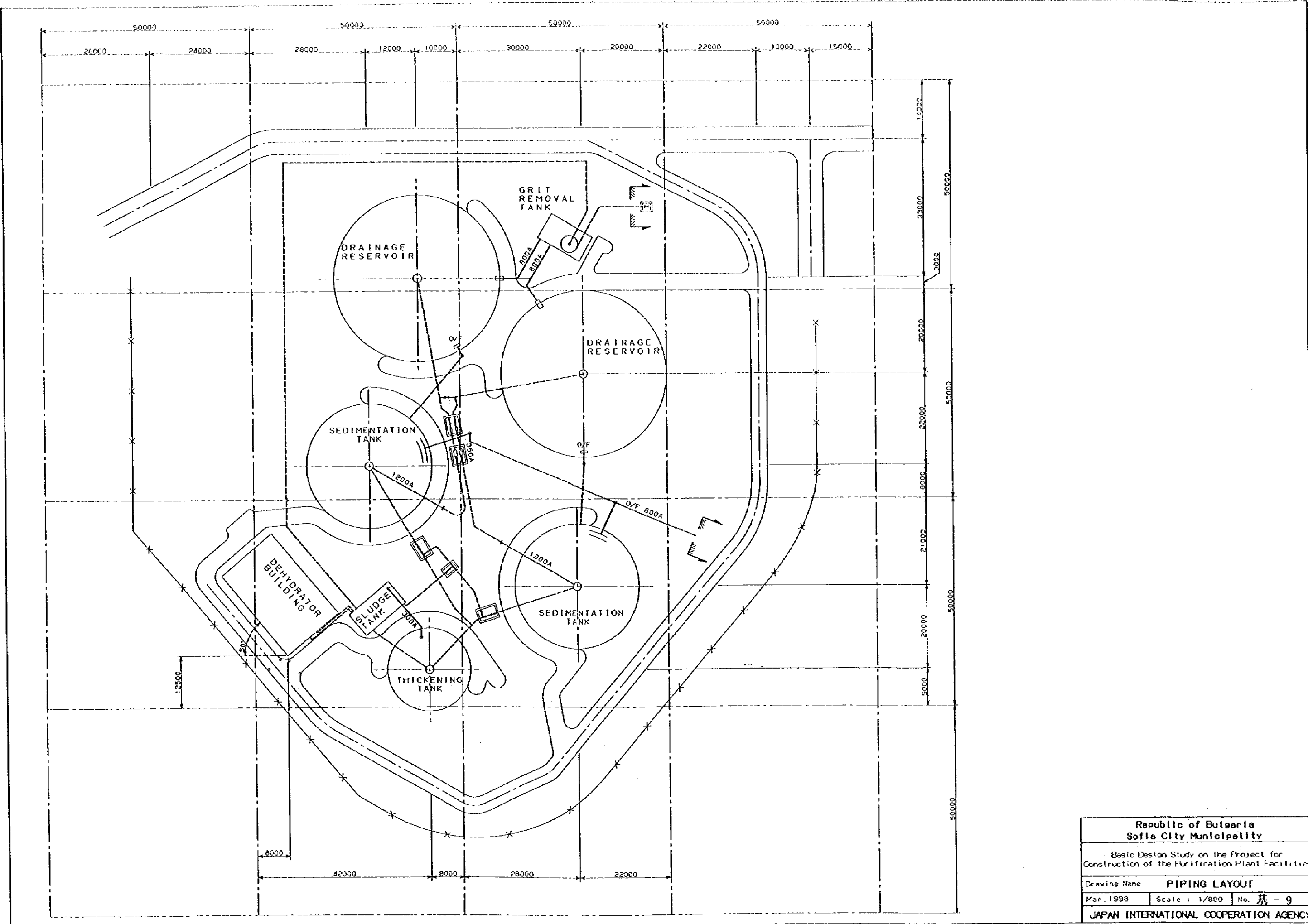


PLAN A-A



SECTION

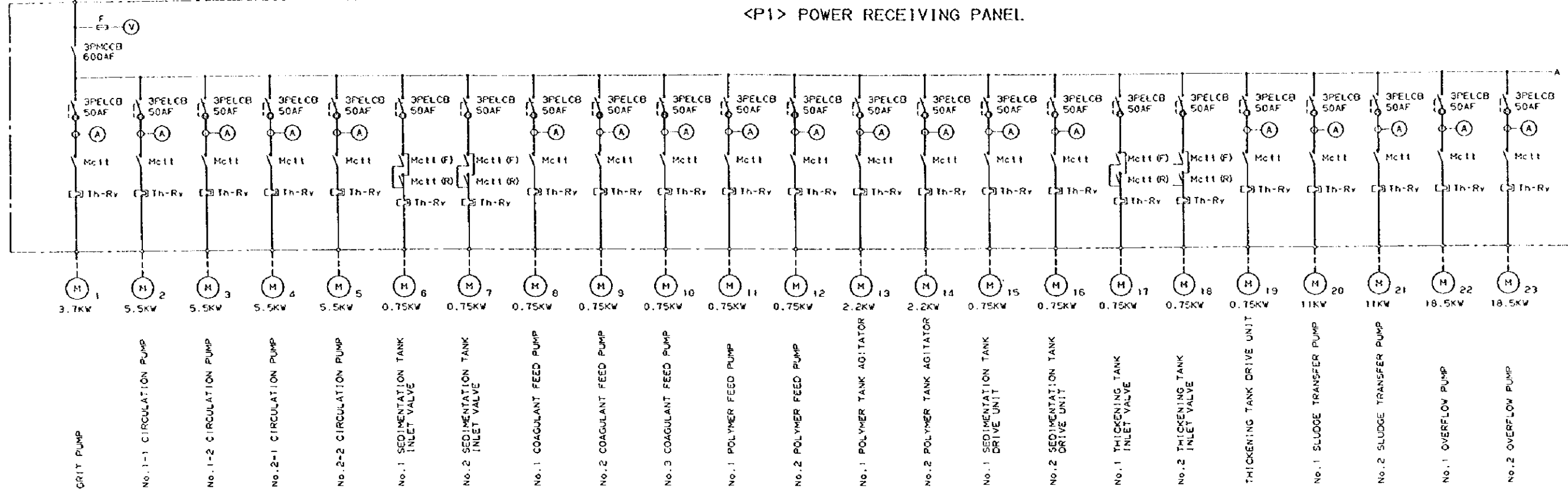
Republic of Bulgaria		
Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name	DEHYDRATOR BUILDING	
Mar. 1998	Scale: 1/200	No. 基-8
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		



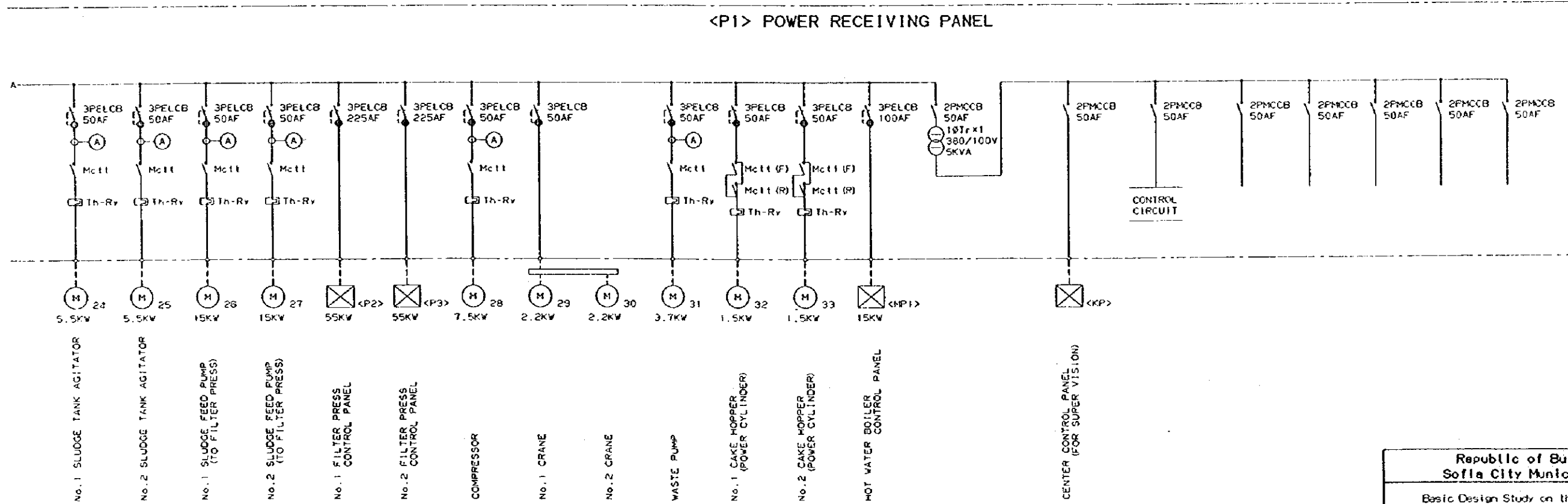
Republic of Bulgaria		
Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name		PIPING LAYOUT
Mar. 1998	Scale : 1/800	No. 基 - 9
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

POWER SUPPLY (BY CUSTOMER)
3Ø3W380V50Hz

<P1> POWER RECEIVING PANEL



<P1> POWER RECEIVING PANEL



Republic of Bulgaria		
Sofia City Municipality		
Basic Design Study on the Project for Construction of the Purification Plant Facilities		
Drawing Name	SINGLE LINE DIAGRAM	
Mar. 1998	Scale : NON	No. 基 - 10
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

