

サウディアラビア王国

逆浸透法濃縮排水処理計画調査

報 告 書

1981年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1044551[8]

サウディアラビア王国

逆浸透法濃縮排水処理計画調査

報 告 書

1 9 8 1 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団

国際協力事業団	
受入 月日 56.8.18 84.8.28	3120
登録No. 14299	61.8
	MPN

は し が き

日本政府はサウディアラビア王国政府の要請に基づいて、同国リヤド市周辺の浄水場の逆浸透法淡水化工場の完成後に生じる濃縮排水の処理に関する問題解決についての調査を行うこととし、この実施を国際協力事業団に委託した。当事業団は猪飼勝氏（財団法人造水促進センター）を団長とする調査団を1980年9月下旬より2週間派遣し、現地調査を行った。

調査団はサウディアラビア王国政府及び関係機関の協力を得て、関連浄水場及び周辺の現地踏査、関連資料の収集等の現地調査を実施した後、これによって得られた結果・資料及びサウディアラビア側の要望に基づき、データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書はこの成果をとりまとめたものである。

本報告書がサウディアラビア王国なканずく調査対象地域であるリヤド市の排水処理問題の解決に貢献できれば幸いである。

終りに本調査の実施に際し多大の御協力をいただいたサウディアラビア王国政府、サウディアラビア農業水省、在サウディアラビア日本国大使館、日サ合同委員会事務局、外務省及び通商産業省の関係各位に対し心より感謝の意を表するものである。

1981年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

サウジアラビア王国

逆浸透法濃縮排水処理計画調査報告書

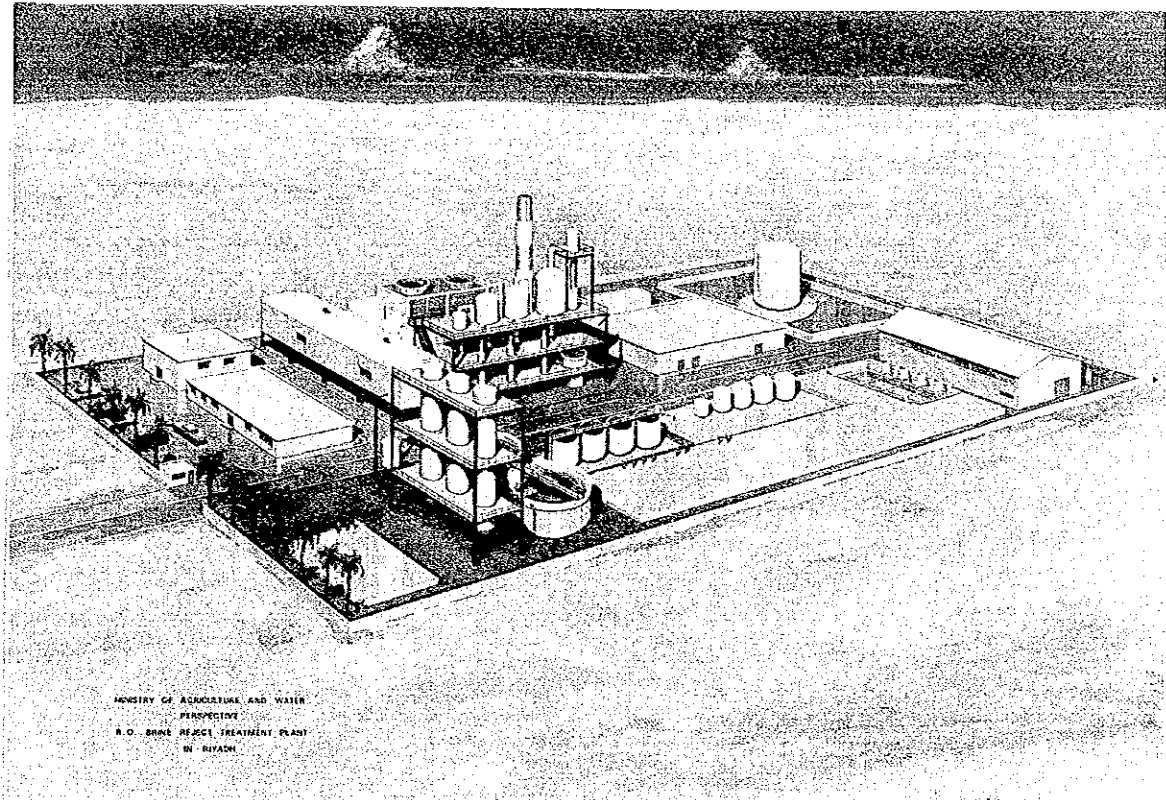
目 次

は し が き

目 次	i
集約プラント鳥かん透視図	iii
集約プラントフロー概要図	iv
リヤド市水道幹線図	v
1. 要 約	1
2. 略語・用語の定義	3
3. 調査の目的および内容	4
3.1 背 景	4
3.2 調査の目的	6
3.3 対象区域	6
3.4 調査の範囲	6
3.5 調査の組織	6
3.6 調査期間	6
3.7 現地調査の内容	7
4. 濃縮排水処理の各種方法の検討	14
4.1 試案における提案	14
4.2 試案の説明	14
4.3 試案の結論と勧告	37
4.4 現地調査における提案	38
4.5 各浄水場毎の濃縮排水処理方法の詳細	39
4.6 下水道施設および下水再生利用に対する影響の検討	46
4.7 集約処理案	47

4.8	各種方法の評価	51
5.	集約プラント計画	54
5.1	集約プラント計画の説明	54
5.2	設計方針	55
5.3	設計の前提条件	55
5.4	設計範囲	58
5.5	概念設計	60
5.6	燃料、薬品消費量の積算と運転費	72
5.7	運転要員	73
5.8	投資額の積算	74
5.9	事業工程計画表	76
5.10	備 考	79
5.11	集約プラントの経済評価	80
6.	総合評価と勧告	82
	添 付 図	83
7.	付 属 書	91
7.1	(1) 質 問 書	91
	(2) サウディ農水省の組織図	92
	(3) 労働法（抜すい）	93
	(4) 気象データ	97
7.2	(1) 下水道施設の調査	125
	(2) 濃縮排水に関係ある5プラントの調査	145
7.3	打ち合わせ議事録に添付したこの報告書に関係ある資料	159
	(1) 9月28日 1980年 打ち合わせ議事録付属書（英文）	160
	(2) 10月 8日 1980年 打ち合わせ議事録付属書（英文）	172
	(3) 2月 7日 1981年 打ち合わせ議事録付属書（英文）	182

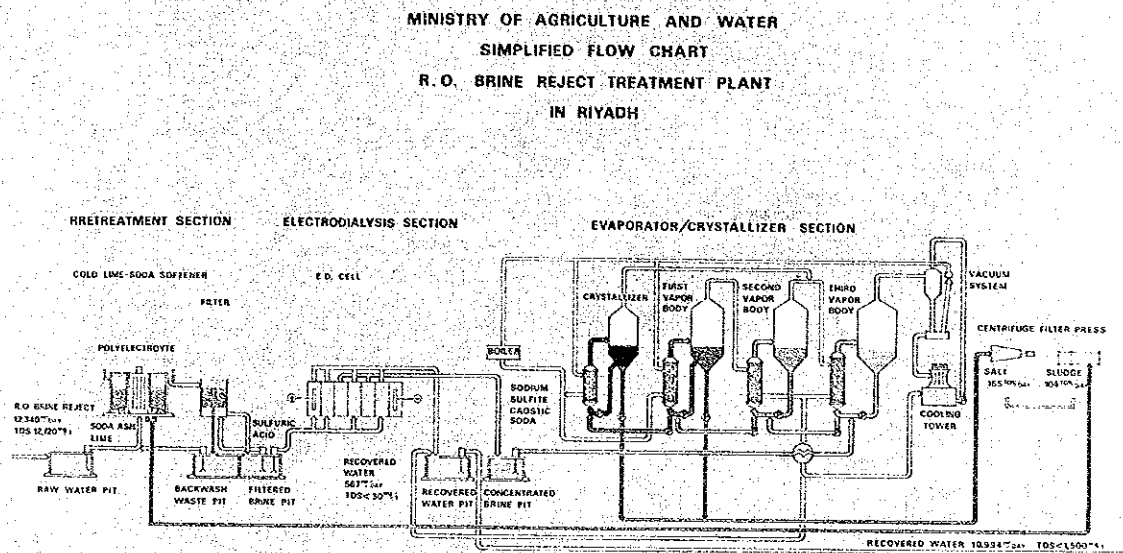
集約プラント透視図



معمل معالجة المياه الفائضة بالرياض لوزارة الزراعة والمياه

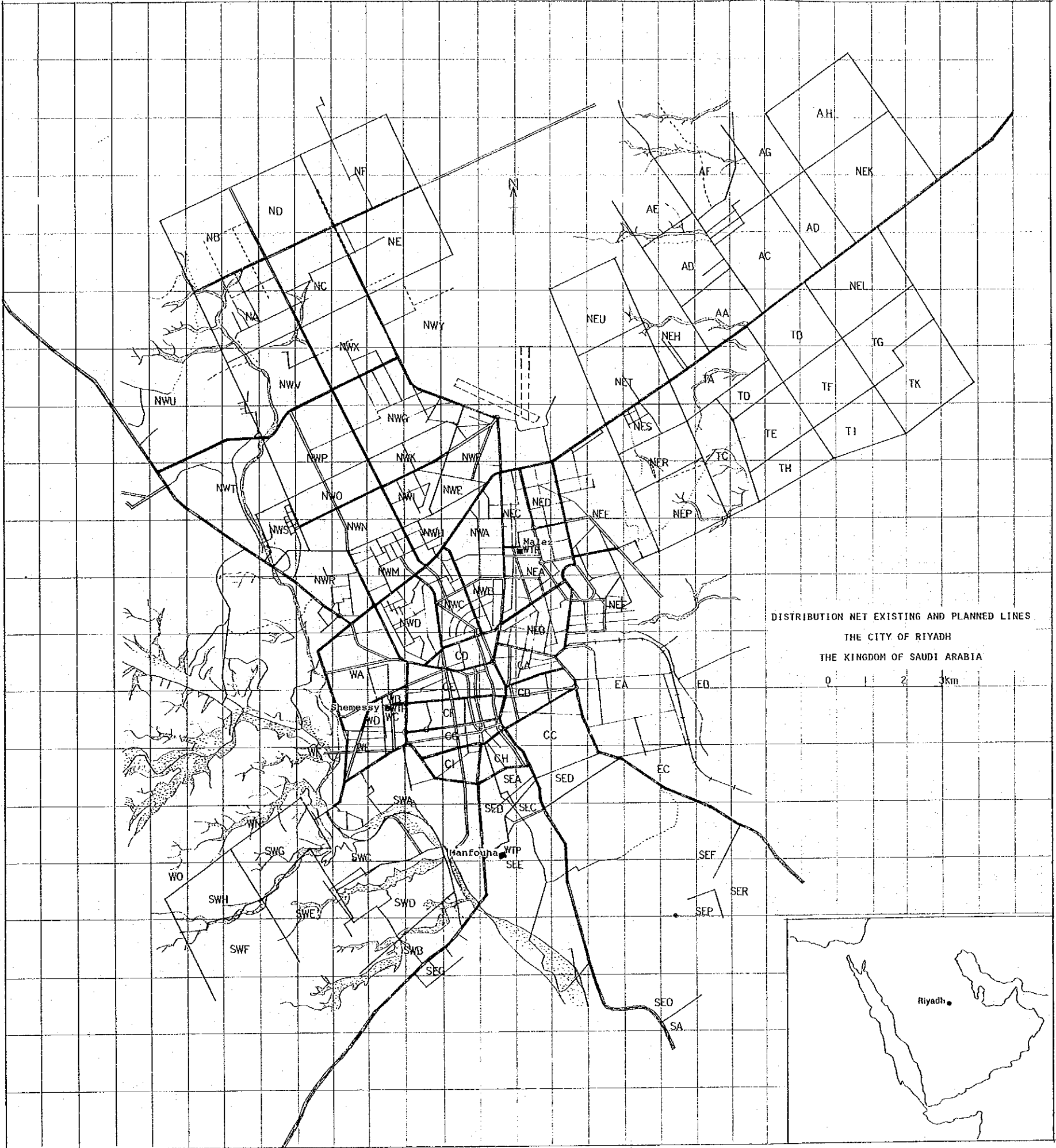
本透視図ならびに次ページのフロー概要図の原画は、 $45 \times 60\text{cm}$ の額入りとし、英文報告書案
現地説明（1981年2月1日）時にサウディアラビア農業水省へ進呈した。

集約プラントフロー概要図写真



معمل معالجة المياه الفائضة بالرياض
لوزارة الزراعة والمياه

リヤド市水道幹線図



1. 要 約

この調査は、サウディアラビア王国政府・農業水省（以下サウディ政府・農水省）から日本政府に対する要請に基づき、国際協力事業団が行ったものである。

同国リヤド市の上水道水質改善のために設置された逆浸透法淡水化プラント（以下ROプラント）の操業に伴って生じる濃縮排水の処理を合理的に行う方法を見出すことが目的で、市内に存在するマレズ（Malez）、シェメイシ（Shemessy）およびマンホーハ（Manfouha）の3浄水場に設置されたROプラントが対象となっている。

これらROプラントは濃縮排水の処理ができないために完成を目前にして試運転ができず、建設が中断している。処理を要する濃縮排水量は、前記プラント順に $2,230 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $3,310 \text{ m}^3/\text{d}$ 、および $6,800 \text{ m}^3/\text{d}$ 、合計 $12,340 \text{ m}^3/\text{d}$ である。

調査は、現地調査および日本国内での調査を中心に遂行された。各調査段階毎の結果を試案（Tentative Report）、中間報告書（Interim Report）、最終報告書（案）（Study Report）として英文にまとめ、その都度サウディ政府と協議した。

現地調査に先立つ準備として、幾つかの処理方式を検討し、日本で入手できる資料に基づきマンホーハROプラントの濃縮排水量を対象と仮定して略設計を行い、試案を作成した。問題の緊急性と処理コストを勘案すると、下水配管へ放流することが、もっとも簡単な解決法となるので、この可否の検討もあわせて行った。

現地調査の結果、下水道施設能力および現地の雰囲気から下水配管への放流を最少限に止めることが好ましいと判断されたので、3浄水場についてそれぞれ最適と考えられる処理方法を組み合わせた形で主要工程のみの設計を行い、建設費および直接運転費を算出し、調査団案を作成し、これにサウディ農水省の要請による集約処理案（3浄水場からのRO濃縮排水を一か所に集め処理する集約プラントを建設する案）を加え、現地調査を総括する成果品として中間報告書をまとめ、現地調査団からサウディ政府へ提出し、この中からサウディ政府が希望する方法を選べるようにした。

サウディ政府は、中間報告書の案の中から集約処理案を選び、独立のプラントとして操業できるよう付帯施設を含んだ計画を、フルターンキーベースに基づいた概念設計として日本国内で取りまとめ、その報告書を所定期限内に同政府へ提出するよう要請して来た。

この方式を取る場合、各浄水場から集約プラントまでの濃縮排水の配管システムを要する。これは、多くの不確定要素を含む工事になると予想されるが、この建設をサウディ政府が受持ち、計画し実行することを約束した。集約プラント案は3浄水場に別々に処理施設を設ける場合より、この配管システムを除くプラント本体については建設費が安く、運転する場合も3プラントとは切り離して運転できる長所を持ち、操業に要する人員も少なくなる。設計も既存のROプラントと全く切り離した形でプラント設計ができ、既存施設の詳細な現状調査なしに設計できる利点がある。

ある。

集約プラントは、前処理、電気透析、蒸発缶・結晶缶の工程施設と、管理棟、ボイラー、発電所、貯槽類その他の必要付帯施設などから成っている。

集約プラントの概要は下記の通りである。

濃縮排水処理能力 : 12,340 m^3/d 水質 TDS 12,720 mg/ℓ
回収水量 : 11,281 m^3/d 水質 TDS 1,500 mg/ℓ
抽出固形廃棄物 : 269 ton/d
設備投資額 : 58,650,000 USドル (フルターンキーベース1981年1月現在価格)
燃料・薬品消費量 : 6,064,000 USドル (年間8,000時間操作)
所要敷地面積 : 15,200 m^2 (160 $m \times 95 m$)

上記設備投資額には用地費、3ROプラントから集約プラントまでの濃縮排水配管システムは含まない。

運転費を算出するためには労務費の算出を要する。

和文報告書は、英文報告書の項目に次の項目を加え、再構成した。

○調査の目的および内容、集約プラントの経済計算、総合評価と勧告、○現地調査によって得た同国個々の風俗習慣、○サウディ政府の水関係行政機関の業務分担、現地調査資料。

和文報告書中の図表類は報告書作成の便宜上、英文報告書の図表をそのまま使用した。

2. 略語，用語の定義

この報告書に使用している略語の定義を次に示す。

2.1 略 語

- (1) E D：電気透所，同プロセス
- (2) R O：逆浸透，同プロセス
- (3) サウディ王国：サウディアラビア王国
- (4) サウディ政府：サウディアラビア王国政府
- (5) サウディ農水省：サウディアラビア王国農業水省（M O A W）
- (6) J I C A：国際協力事業団
- (7) J I S：日本工業規格
- (8) T D S：蒸発残留物（全溶解性物質）

上記の他水質分析データ関係の略語は，同業界で一般に認められているものを使用した。

2.2 用語の定義

- (1) 3 R Oプラント：リヤド市マレズ（Malez），シエメイシ（Shemessy）およびマンホーハ（Manfouha）浄水場に設置されているR Oプラント
- (2) 濃 縮 排 水：上記R Oプラントから排水されるR Oによって濃縮された高塩分の排水
- (3) 回 収 水：濃縮排水を処理し低塩分にして回収した水
- (4) 濃縮かん水：濃縮排水がE Dあるいは追加して付け加えられたR Oによってさらに濃縮され，さらに高塩分になった水
- (5) バッテリリミット：その記述のある章で示すバッテリリミット
- (6) 集約プラント：3 R Oプラントからの濃縮排水を一か所に集め集約して処理する独立のプラント
- (7) 濃縮排水配管システム：3 R Oプラントから集約プラントまで，濃縮排水を送水する配管システム
- (8) 試 案：1980年9月28日サウディ政府へ提出した報告書（英文報告書におけるTentative Report）
- (9) 中間報告書：1980年10月8日付でサウディ政府へ提出した報告書（英文報告書におけるInterim Report）
- (10) 最終報告書：1981年2月1日サウディ政府へ提出した報告書原案に基づく報告書（英文報告書におけるStudy Report）

3. 調査の目的および内容

3.1 背景

膨大な石油収入^{※3-1}から得られる利益をもって、国を挙げての近代化を進めているサウディ政府は、道路・病院・工場などを1969～1974年の第1次5か年計画に取り上げ、1975～1980年の第2次5か年計画においては人づくりを第1に、第2を水と食糧、第3を防衛、第4を産業として予算を投入している。

国力の増大に伴い、首都リヤド市の人口は急激な増加を示し、1970年の355,000人が1980年には685,000人に達すると言われ、この間の人口の伸びは最大年率約10.5%である。^{※3-2}

1980年の居住者は季節労働者も含めると800,000人とも1,000,000人とも言われ、1983年には現在ジェッダにある外国大使館など公館をすべて集結することが決められているので、人口増加は更に続くものと予想されている。

この急激な人口増加に対応するため、従来からの浅井戸の水源に加える新しい水資源開発のためにサウディ政府は、1950年から1953年にリヤド市の地下60m乃至180mの滞水層(Wasia)のボーリング調査を行い新水源とした。さらに1971年以来地下1,000m以下1,200mから1,500mの滞水層(Minjur)に23本の深井戸を掘り、リヤド市およびCentral Nejd市域の水源とした。

しかし、この深井戸の水質は含有塩分が多く〔TDS 1,500mg/ℓ, 塩素Cl⁻300mg/ℓ〕水温も50℃～55℃の高温であった。既存の給水配管が内面にコールタールを塗布したものであったため、フェノール溶出の懸念と悪臭の問題が生じ、その改善策が取られた。^{※3-3}

これらのリヤド市水道発展の経過を示すと次のとおりである。

- | | |
|----------------------|--|
| 1) サウディアラビア地下水調査 | 1948 ARAMCO |
| 2) リヤド市の地下水調査 | 1950 Dr. G. F. Brown |
| " | 1953 Michael Baker Company |
| 3) Wadi Hanifa のさく井 | 1958 Ralf Parsons Engineering
Company R. S. Davis |
| 4) Minjur のさく井 | 1960 R. S. Davis |
| 5) " | D. J. Burdon |
| 6) Wasia 滞水層の調査 | 1960 ARAMCO |
| 7) Wadi Nisah 滞水層の調査 | 1961 R. Wolfart
H Jacobzik |
| 8) " | 1963 U. S. Geological Survey
MOAW |

- 9) フェノールによる水質汚染と除 1962 VATTENYGGNADSBYRAN (VBB)
去に関する報告(政府へ提出)
- 10) (Riyadh Water Treatment & 1963 "
Distribution へ報告書提出)
- 11) リヤド市へ報告書提出 1964 "
- 12) 計画作成, 政府と契約 " "
- 13) リヤド市水質改善の調査 1973 "
- 14) Wasia 井戸群からの送水 1981 } ※3-4
- 15) AL-Jubail からの送水 1982 }

1964年サウディ政府と契約したVBBは第1段階においてマレズ, シエメイシおよびマンホーハの改善計画を作成し, 建設施工の監督を行った。この工事は一般には水の軟化の目的に使われるコールドライムソーダ法を用いた処理を行うものである。しかし, これによっても深井戸の処理水水質はTDS 1,300 mg/l程度に止まった。

この深井戸水の水質不良に対し, VBBは水質改善のための処理方法について1973年に再び調査を行った。この調査は全量254,000 m³/dの水を処理する新しい水処理プラント5か所をリヤド市に設けるもので, 1979年に操業開始する計画である。^{※3-5}この処理方法にROが使われることになった。

VBBの調査では濃縮排水処理の重要な点に当初から触れていた模様で, 1979年ニースで開催された脱塩・水再利用国際会議に, サウディ農水省のゴライカ次官と, VBBのBernt Ericssonの名で発表されたレポートにこれが述べられている。すなわち, 天日乾燥池に濃縮排水を放流する前に, デュポン社(米国)の海水淡水化用B-10膜で脱塩することが契約に含まれていた。工事を行ったデグラモン社(仏国)は, この実験を1976年に行っている。他の一社のエイメスクロスタバブコック(英国)は1979年に実験を行うことにしている。サウディ政府に対しては, 上記とは別にResources Conversion Co.からRCG法と称する蒸気圧縮法の提案もされている。しかし濃縮排水の処理については, リヤド市北方80 kmにあるサルブク(Salbukh), ブワイブ(Buwayb)の両浄水場において天日蒸発池への放流が採用された以外は, 市内に存在するROプラントが完成直前^{※3-6}の状態にあるにもかかわらず, 濃縮排水処理について, なんらの決定もみないまゝ現在に至っている。^{※3-7}

このような経緯のもとに1980年(昭和55年)3月, サウディ政府アルシェイク農業水大臣が来日した際, 同大臣から日本政府に対し上記問題解決の要請があった。同年6月廃水再利用に関する技術援助を目的とした政府調査団が同国を訪問した際に, この問題解決に対する協力の依頼がサウディ農水省から日本政府に対する正式要請としてなされた。

3.2 調査の目的

本調査は、リヤド市の3か所の浄水場におけるROプラントから排出される濃縮排水の処理処分の方法等について技術的にすぐれ、サウディ王国の状況にふさわしく、かつ、経済的な解決策を提案する目的で行う。

3.3 調査の対象区域

本調査はサウディ王国リヤド市および、その周辺を対象として行った。

3.4 調査の範囲

調査の範囲は現地調査の事前準備、現地調査、国内における調査および報告書案の現地説明などである。内容的には、可能性調査および概念設計の範囲であり、問題となっている各ROプラントの濃縮排水処理に対する具体的な結論を導き出す。

最終報告書は英文と和文の2種を作成する。和文報告書にあっては、調査の背景、各種処理方法の比較評価、集約プラントの経済評価、総合評価と勧告、現地調査において入手した資料、現地調査を行った組織体、施設の訪問あるいは視察記録を英文報告書の内容に付け加え取りまとめた。

和文報告書の図表類は、英文報告書に使用したものをそのまま使用したが、これに加え、上水道配管図、下水道幹線図、マンホール天日乾燥池配置図、シエメイシ浄水場配置図、ならびにシエメイシ天日乾燥池詳細図などを付け加えた。

3.5 調査組織

(1) サウディ政府側の関係部署は次のとおりである。

- ◎ サウディアラビア王国農業水省次官
- ◎ 同（水総局）プロジェクト執行部
- 同（同）水開発部

3.6 調査期間

昭和55年9月11日から昭和56年3月31日とする。

概要を次に示す。

- | | |
|------------|--------------------|
| 1) 事前調査 | 9月11日から9月25日まで |
| 2) 現地調査 | 9月26日から10月13日まで |
| 3) 国内調査 | 10月14日から56年3月10日まで |
| 4) 報告書現地説明 | 56年1月30日から2月8日まで |

5) 報告書完成 3月10日

6) 報告書をサウディ政府へ提出 3月10日以降なるべく速やかに行う。

実施工程表を表3-6-1に示す。

3.7 現地調査の内容

(1) 手順

現地調査は次の手順によって行った。

1. 濃縮排水処理の影響調査
(1) 下水配管へ濃縮排水を放流する場合の影響調査 (2) 下水処理場に対する濃縮排水放流の影響調査 (3) 下水再利用に関するサウディ政府の計画の調査 (4) 濃縮排水処理の各種方法の検討と評価 (5) 処理方法の選択
2. 概念設計
(1) 選ばれた方法に対する概念設計 (2) 建設費の算出 (3) 経済性評価
3. 結論
(1) 結論 (2) 提案と勧告

表 3 - 6 - 1 実 行 工 程

年 月	1 9 8 0				1 9 8 1		
	9	1 0	1 1	1 2	1	2	3
1. 事 前 調 査							
1) 計 画	┌─┐						
2) 試 案	┌─┐						
2. 現 地 調 査		※1) ┌─┐					
3. 影 響 調 査							
1) 下 水 配 管		┌────────┐					
2) 下 水 処 理 場		┌────────┐					
3) 水 再 利 用		┌────────┐					
4. 概 念 設 計		┌────────────────┐					
5. 最 終 報 告 書							
1) 原 案 作 成				┌────────┐			
2) サウディ農水省への 原案説明と同省承認					※2) ┌─┐		
3) 同省への提出							※3) ┌────────┐

(注) ※1) : 1980年9月26日から10月13日まで。

※2) : 1981年1月30日から2月8日まで。

※3) : " 3月10日以降JICAが行う。

(2) 現地調査日程

現地調査日程表を表3-6-2に示す。

表3-6-2

日	訪問先・打合事項	面会者
9月26日(金)	日本発	ゴライカ水担当次官, 他 (詳細は付属書に添付)
" 27 (土)	リヤド着	
" 28 (日)	サウディ農水省・業務範囲, 調査手順, 現地調査日程予定など説明	
" 29 (月)	リヤド市上下水道公社・上記内容の説明	
" 30 (火)	マンホーハ下水処理場, マンホーハ浄 水場, 面接質問	
10月 1日(水)	リヤド市上下水道公社上水道部, マレ ズ浄水場・面接質問	ゴライカ水担当次官他同上
" 2 (木)	休日	
" 3 (金)	休日	
" 4 (土)	ハイール前処理場, シエメイシ浄水場, 公社上水道部・面接質問, データ入手	
" 5 (日)	サルブク浄水場	
" 6 (月)	サウディ農水省・データ入手, 周辺情 報入手, 公社下水道部・データ入手	
" 7 (火)	サウディ農水省・データの追加入手, 中間報告書の作成	
" 8 (水)	サウディ農水省・中間報告書(案)説明	
" 9 (木)	中間報告書修正	
" 10 (金)	同上	
" 11 (土)	サウディ農水省・中間報告書提出, リヤド発	同上
" 12 (日)		
" 13 (月)	日本着	

現地報告書説明日程表を表3-6-3に示す。

表3-6-3

日	訪問先・打合事項	面会者
1月30日(金)	日本発	
1月31日(土)	リヤド着	
2月 1日(日)	サウディ農水省(水総局) (プロジェクト執行部)・報告書内容 説明	ゴライカ水担当次官他 (詳細は付属書に添付)
2月 2日(月)	サウディ農水省(水総局) 水開発部 プロジェクト執行部 }・報告書内容 について質疑応答	ヌーリー水開発部長, カ ーンプロジェクト執行部 次長他(詳細は付属書に 添付)
2月 3日(火)	打合議事録準備	
2月 4日(水)	サウディ農水省(水総局) 水開発部, プロジェクト執行部・報告 書内容ならびに説明事項の確認	ゴライカ水担当次官他 (詳細は付属書に添付)
2月 5日(木)	} 休日, 打合議事録作成	
2月 6日(金)		
2月 7日(土)	打合議事録の署名	ゴライカ水担当次官
2月 8日(日)	リヤド発	
2月 9日(月)	日本着	

(3) 現地調査の内容

現地調査によって次の情報を得た。

① 対象物件の情報入手のためのアンケート

アンケート用紙を予め用意し、面接調査によって情報を入手した。アンケート様式は付属書に示す。

② 入手情報

1) 気象データ

入手データは付属書に示す。

気象データには、蒸発池の設計に不可欠な蒸発量のデータを含む。リヤド地区にも砂嵐はあるとの現地企業社員の話しがあったが、これに関する公式の情報は得られなかった。

2) 上、下水道施設に関する入手情報

A. 浄水場あるいは前処理場を調査し、水質分析用試料の入手と、浄水場の施設ならびに運転状況について調査した。浄水場はリヤド市上下水道公社によって管理されているが、市内3浄水場に新設のROプラントは、サウディ農水省が直轄で建設を行い、試運転ができないまゝに上下水道公社へ移管できない状態であることが明らかになった。ROプラントの建設についてはいろいろの問題例えば、供給電力の不足、部品の破損と交換部品の取寄せなどがあったが、残された問題は、今や濃縮排水処理の問題のみとなったということである。新設プラントは、5年間程度の運転委託を外部へ委せるのが通例であり、サルブク浄水場のROプラントは、これを建設したデグラモン社に5年間の運転保守管理を委託している。

ROのある3浄水場と前処理場の調査記録は、付属書に収録した。

B. 下水処理施設の調査

上下水道公社本部ならびに下水処理場を訪問し、意見を求めると共に、下水処理場の水質データを入手した。同本部では、我々が当初考えた下水管への放流について必ずしも反対しないかのごとき感触を得たが、下水処理場訪問と実態調査の結果、下水管への放流をなるべく避けるべきであるとの結論に達した。現状でも能力不足で、都市の発展に常に一歩遅れて能力アップがなされる下水施設に、都市下水以外の排水を流すことに問題があるとの反対感情が調査の過程において認められた。^{※3-8}

下水施設へ濃縮排水を放流する場合の影響に関する調査結果は、4章に述べる。下水処理施設調査の詳細は付属書に示す。

C. 下水再利用について

リヤド市の下水再利用の問題は、本調査の直接の課題ではなかったが、たまたま事前調査でキャッチした情報によりこれを調査することにした。すなわち同市の下水では、下水処理水を浄化して工場用水およびボイラー用水に使用している^{※3-9}ので、もし濃縮排水を放流する場合は、この再利用への影響を充分考慮に入れる必要がある。

回教の教えに汚れを忌み嫌う掟がある。この教えからすると、下水を浄化して再使用することは、これを農業用として灌漑に使用する場合でも好ましくないとの見解が生じることもある。

下水再利用に対するサウディ農水省見解は、郊外の工場にリヤド市下水再利用を認めているが、供給水としての下水処理水水質について使用側と、何等の取り決めもしていない。また下流での使用は、冷却塔への使用ということで認めている。この場合、この水は何かの原料になる訳ではないので回教の掟に反しない。

なお、上記の問題とは別のことであるがリヤド市下水再利用について、サウディ政府は、外国コンサルタントを使って調査を実施し、現在サウディ政府内部で検討中であるとのことである。

D. 本調査内容に関連あるサウディ政府の行政組織について

サウディ政府の行政組織毎の管轄範囲は、流動的な部分があるといわれるが、本調査期間中にサウディ農水省から得た情報の概要を示す。

水資源については、サウディ農水省が開発基本計画の作成と実施を行う。飲料水については、飲料水供給について、他事業団〔塩水淡水化公団（SWCC）〕あるいは市制機関と共に責任を持つ。

工業用水に対しては、サウディ農水省と工業電気省が責任を有する。

農業用水については、サウディ農水省が全責任を有する。

下水については、リヤド、ジェッダおよびタイフには上下水道公社があってこれが管理し、それ以外の地域は自治省（Ministry of Municipality and Rural Affairs）が下水処理場の設計、運転保全の責任を有する。

下水使用は、サウディ農水省の責任である。

水政管理に関する法律と規則として、Council of Minister が水法規（Water Regulation）を承認したが、発効していない。

E. 予算化の手順

各省あるいは組織は、プロジェクトの必要性を見極め、関係する省の賛同を得て予算案を財務省へ提案し、財務省の承認を得て予算化する。国の予算は Council of Minister がこれを承認し、国王がこれを批准して発効する。

予算期は回教暦によるが、1982年度に相当する期は太陽暦の5月初旬からはじまる。

F. 現地調査中の打ち合わせ議事録

現地調査初日の打ち合わせ、中間報告書提出に伴う打ち合わせならびに最終報告書原案説明のためのサウディ農水省との打ち合わせはそれぞれ議事録としてとりまとめた。

この報告書にはこれら議事録の添付資料のみ付属書として収録した。

- ※ 3-1 原油日産1千万バレル, 1バレル30ドル, 1ドル206円として, 年額26.5兆円
- ※ 3-2 Seven Green Spikes 1961~1972 Ministry of Agriculture and Water P.185
- ※ 3-3 同上 P.178
- ※ 3-4 Saudi bussiness May 7, 1980
- ※ 3-5 ROプラントは5地点に作られ, 二社が施工した。

施工会社(国籍)	膜メーカー	建設地点
デグラモン(仏)	イー・アイ・デュボン(米)	サルブク, マンホーハ, シエメイシ, マレズ
エイメスクロスタバブコック(英)	UOP (米)	ブワイブ

※ 3-6

1980年秋の本件調査団の現地調査では, サルブクのプラントは, 濃縮排水を砂漠へ放流しながら稼働を続け, ブワイブのプラントは他のトラブルもあり, 試運転を準備中で, マンホーハの1系列のプラントは試運転を行ったと見られるが, マンホーハの他の1系列と, マレズ, およびシエメイシの3系列のプラントは濃縮排水の放流ができないので, 調整運転ができず, 建設中断の状態にあるとの結果を得ている。

※ 3-7

International Congress on Desalination and Water Re-Use Proceeding Vol. (1979)
P. 301

※ 3-8 リヤド市の下水道普及率は現在, 25%と言われている, これが良質な水を供給していた浅井戸汚染の原因となったとも言われる。産業と環境80-9 P. 39

※ 3-9 WATER & WASTES ENGINEERING

4. 濃縮排水処理の各種方法の検討

4.1 試案における提案

現地調査に先立ち日本で入手できる資料ならびに情報を用い、マンホーハROプラントの濃縮排水量に相当する量を仮定し、濃縮排水の各種処理方法に対する検討を行い、試案を取りまとめた。この内容は現地調査の結果を総括した中間報告書に述べた各プラント毎の処理形式の項に形を変え引き継がれることになった。

試案の基礎となった設計条件は、1979年3月25日（昭和54年）（財）造水促進センターが派遣した中東諸国海水淡水化技術の海外普及、協力調査以降入手した資料によるものである。使用したデータは現地調査によって若干の修正を必要としたが、処理方式に対する基本的な考え方で変えるものではなかった。

上記データ類には、同一事項を多少異なった数字で示したものがあつたが、主として、サウディ農水省ゴライカ次官から上記調査を担当した調査団長^{※4-1}に送られた書状に示された数字を用いた。

4.2 試案の説明

試案では、濃縮排水の処理方法として、次の8ケースならびに有用物質の回収に関する1ケースを取り上げた。

ケース1 郊外に天日蒸発池を設置する場合

ケース2 深井戸への注入

ケース3 EDによる濃縮

ケース3-1 ED と郊外の天日蒸発池

ケース3-2 ED とROプラント近傍に設置した天日蒸発池

ケース3-3 ED と蒸発缶・結晶缶

ケース3-4 ED と深井戸注入

ケース4 RO による濃縮

ケース5 都市下水管への放流

ケース6 有用物質の回収

各方法に対応するプラント建設費については、本章で述べるが、これら建設費は正確な積算を行うための情報なしに、各方法を比較するため総額の大きさを示したものである。この時点では用役費と薬品の価格が明瞭ではなかった^{※4-2}ので、本章では運転費は示さない。用役と薬品消費量は各章に示した。

この章に採用した設計の前提条件と、各処理方法毎の条件はそれぞれのケースの項において述

べる。

(1) 設計条件 (仮定値)

- 1) 濃縮排水量: $6,800 \text{ m}^3/\text{d}$ (マンホーハプラント濃縮排水) 可能性調査はマンホーハプラントについてのみ行った。他の2プラントの可能性調査はマンホーハプラントの結果から容易に類推できるものと考え、省いた。

2) 濃縮排水の水質

ナトリウム	Na^+	3,520	mg/ℓ
カルシウム	Ca^{++}	160	mg/ℓ
マグネシウム	Mg^{++}	470	mg/ℓ
塩素	Cl^-	3,120	mg/ℓ
フッ素		0	
重炭酸塩		0	
硫酸塩	SO_4^{--}	5,350	mg/ℓ
シリカ	SiO_2	85	mg/ℓ
燐酸塩	PO_4	20	mg/ℓ
TDS		12,725	mg/ℓ
pH		5~6	
温度		30°C	

3) 気象条件

温湿度

最低温度 -4°C (冬季) …… 相対湿度 $100\% \sim 16\%$

最高温度 52°C (夏季) …… 相対湿度 $51\% \sim 5\%$

日最高降雨量 最高 $51.5 \text{ mm}/\text{d}$

年降雨量 (非定常) 最低 15 mm

最高 230 mm

風速 最高 $128 \text{ km}/\text{h}$

最高時には砂や塵埃を伴う

湿潤期: 3月~4月

乾燥期: 6月~10月

(2) ケース1 郊外に天日蒸発池を設置する場合

1) 概要

蒸発池は熱帯の乾燥地で排水処理を行う場合のごく一般的な方法である。しかし、今回の

対象には不適當と思われた。その理由はROプラントが市内にあり、その付近に蒸発池用地を取得することが不可能であること、郊外に蒸発池用地を得たとしても、交通の激しい市内を通して、地下埋設物の状況が不明な当地の地下へ埋設配管を行うことは、実行計画の立てられない問題と思われたからである。しかし本章では他の方法と比較する場合の基礎として取り上げた。

2) 設計の前提

- a) 能力: $6,800 \text{ m}^3/\text{日}$
- b) 濃縮排水排出源: ROプラント
- c) 気象条件
 - 気温(平均): 24.5°C
 - 湿度(平均): 43%
 - 降雨(平均): 81 mm
 - 砂嵐(平均): 75 回
 - 蒸発量: $3,000 \text{ mm/y}$
- d) 蒸発池の設置条件
 - 配置: ROプラントから 20 km
 - 地形: 平坦な砂漠原野(整地不要)

3) プロセスの説明

この方式はROプラントに設置するポンプ場と郊外の蒸発池と、この両者を結ぶ配管により構成される。ROプラントからの濃縮排水は、ポンプにより加圧され、郊外の蒸発池へ配管を通じ送られる。

蒸発池では水は大気中へ蒸発し、塩は蒸発池の底へ堆積する。堆積した塩は、数年操業した後掘り上げ、以後4年に1回取り除く作業を行う。^{※4-3}

蒸発量は蒸発池設計の重要な要素である。蒸発量 $3,000 \text{ mm/y}$ はメキシコとオーストラリアの塩田の値から推定した。

蒸発池は市の外周の砂漠に建設される、築堤式の面積 $850,000 \text{ m}^2$ の溜池である。池の底部はプラスチックフィルムを敷き並べ、濃縮排水が地中へ浸透することを防止する。

配管は呼び径 350 mm で道路下に配管される。配管内面は防食のためセメントライニングとする。

4) 用役と薬品消費量

所要電力量 $600,000 \text{ kWh/y}$

電力の他に堆積した塩の処理に要する用役、薬品が必要である。

5) 建設費

この方式の建設費は約19百万USドルである。建設費は蒸発量、蒸発池設置地点の地形条件、配管の難易配管の長さによって大きく変る。

6) 所要面積

この方式はROプラント近傍200m²のポンプ場と、郊外の蒸発池850,000m²を要する。

7) 考察

蒸発池方式は、その設置のためとパイプラインのための土地があれば、操業が最も容易で、運転費も最低である。しかし、堆積した塩を池から他の恒久廃棄場所へ定期的に動かさなければならない。年量30,000トン以上の膨大な塩の堆積を動かすのは、費用と手間がかかる。^{※4-3}

天然の峡谷を利用してダムを設けて蒸発池が建設できれば、^{※4-4}建設費は安くなる。蒸発池が廃棄塩で一杯になれば、その近くに新たな蒸発池を同じように作ることができる。そして古い蒸発池にそのまま塩を堆積させることは廃棄物の処理方法として好ましい方法と思われる。蒸発池方式を具体化するために次のデータが必要である。

A) リヤドの気象

a) 蒸発データ

i) 毎月の蒸発量

ii) 蒸発データ測定値

b) 砂嵐

i) 毎月および毎年の頻度

ii) 一回の砂嵐により堆積する砂の深さ

c) 地表水ならびにROプラント濃縮排水の温度

B) 建設候補地の形状

a) 蒸発池のための許容面積

b) 地形

c) 地質と透水係数

C) 堆積した塩の搬出方法

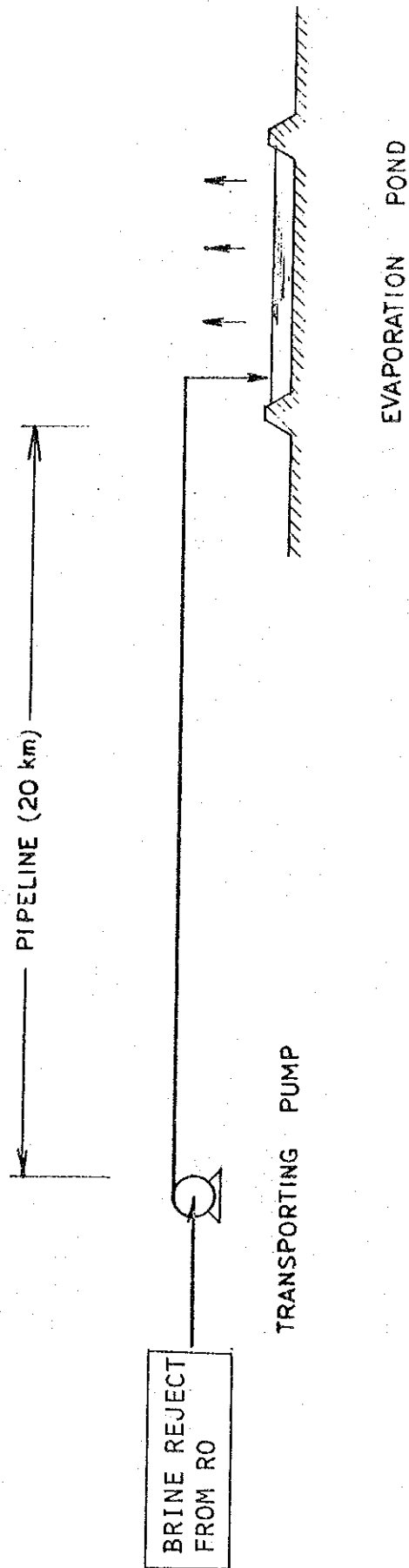
a) 掻き集めの方法(人力によるか、機械力によるかのいずれか)

b) 輸送方法(トラック、鉄道あるいは配管)

D) 配管

a) 配管経路

b) 配管経路の地形と地質



Case 1: Evaporation Pond in the Suburbs

(3) ケース 2 深井戸への注入

1) 概要

深井戸注入方式は油田，精油所，製鉄所，化学工業において滞水層，地下組織に水を注入するために行われている。

深井戸への注入は上水あるいは地表水の水源が深く，排水注入によってこれら水源が汚染されない地域において可能であると見なされる。

2) 設計の前提

- A) 能力：6,800 m³/d
- B) 濃縮排水排出源：ROプラント
- C) 井戸当り注入率：2,400 m³/d・井
- D) 井戸の深さ：3,000 m
- E) 注入圧：200 kg/cm²G
- F) 井戸の設置場所：ROプラント近傍

3) プロセスの説明

深井戸注入方式はフィルター，脱気装置，高圧ポンプおよび3本の深井戸から成る。

ROプラントからの濃縮排水は滞水層の孔隙を詰める恐れがある懸濁物質を取り除くために汙過する。つぎに汙過された濃縮排水は溶存酸素を減らすために脱気装置を通す。この溶存酸素は微生物の繁殖と化合物の沈澱により滞水層の孔隙を詰める原因になるとともに井戸ケーシングの腐食の原因にもなる。

脱酸素剤および滅菌剤が脱気濃縮排水に添加される。つぎに濃縮排水は高圧ポンプで加圧され，深井戸へ注入される。注入量と注入圧は地下滞水層あるいは地層の状態によって変える。

※4-5

設計前提の注入圧200 kg/cm²Gは油田における水攻工法の実績から推定した。注入井の深さは地下滞水層あるいは地層の状態によって変わる。

今回の調査に対しては，リヤド地区の上水用深井戸が濃縮排水によって汚染されないよう，上水用深井戸の2倍の深さの井戸をリヤド地域に設けることにした。

4) 用役，薬品消費量

所要電力量 24,000,000 kWh/y

薬品消費料は次のとおりである。

汙過助剤： 5 ton/y

脱酸素剤 3 ton/y

滅菌剤 12 ton/y

5) 建設費

リヤド地域の井戸掘削費の情報がないため深井戸を掘削する費用を見積もることは困難である。150万USドルの見積は、油田における水攻工法のプロジェクトから推定した。

サウディ王国におけるさく井業者からより正確な見積が得られるものとする。^{※4-6}

(6) 所要面積

この方式は前処理施設を置く2,400m²の場所を要する。

(7) 考察

深井戸への注入は、地下滞水層の状態や地層が良くわかっている地域で、濃縮排水注入によって、上水用地下水へ何らの影響も与えない地域では有用な方法であろう。この方式の経済的な可能性をさらに調査するためには、地下滞水層と地層のテストボーリングが必要である。

(4) ケース3 EDによる濃縮

1) 概要

EDは、濃縮排水をさらに濃縮するのに適した方法である。日本では製塩工業における海水濃縮に用いられている。EDによって得られる脱塩水は、ROプラントに再利用できる。

EDからの濃縮かん水は、ケース3-1からケース3-4に述べるような後処理の諸プロセスを併用し処理する。

EDには、イオン交換膜へのスケール析出を防止するために、濃縮排水の硬度とシリカ濃度を下げる前処理が必要である。

2) 設計の前提

a) 処理能力 : 6,800m³/d

b) 濃縮排水排出源: ROプラント

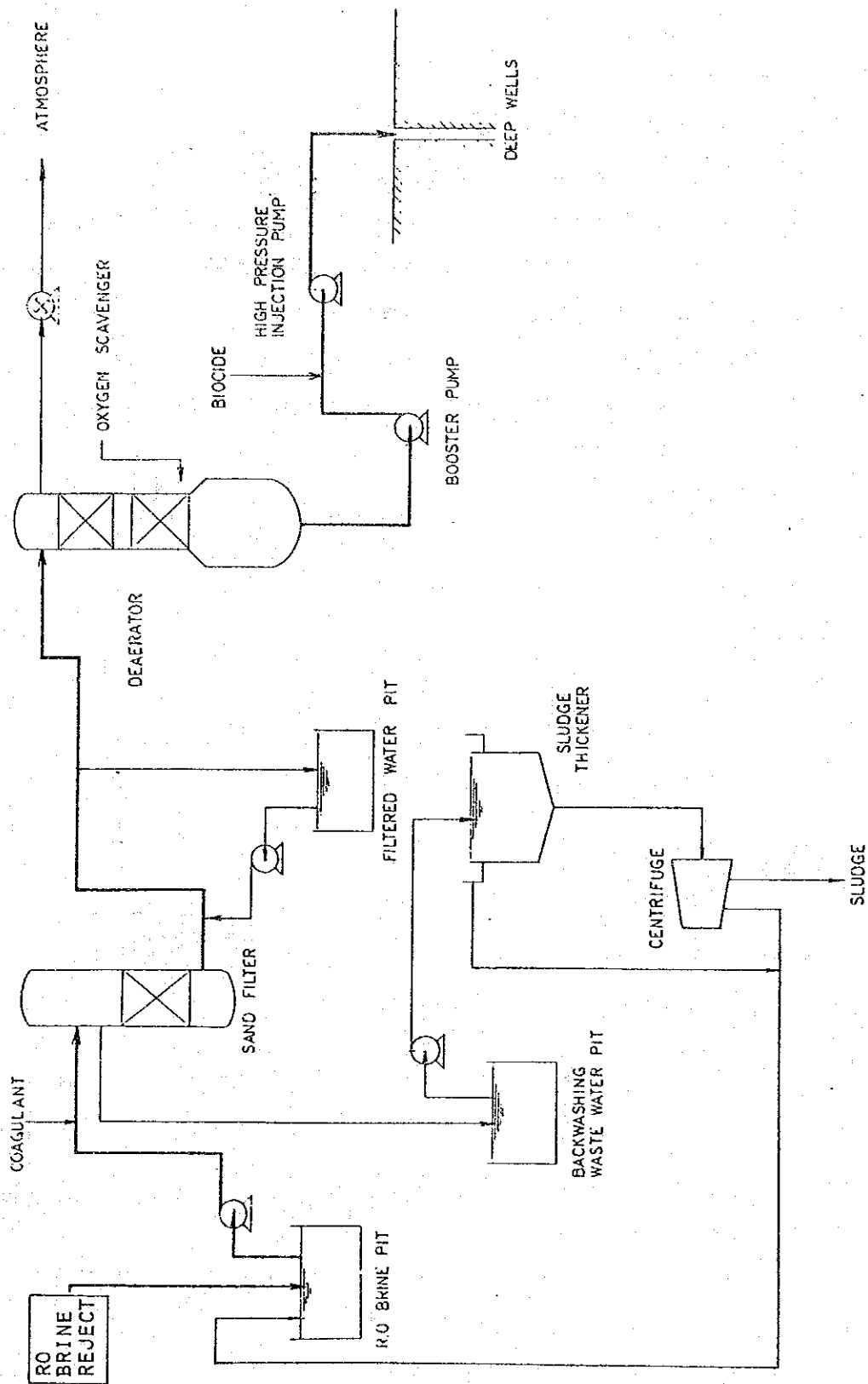
3) プロセスの説明

a) 前処理プロセス

前処理プロセスはコールドライムソーダ軟化装置ろ過器および陽イオン交換樹脂装置により構成される。

軟化装置に送られる前に、濃縮排水に、炭酸ソーダ、苛性ソーダおよび凝集剤などの薬品が添加される。装置内では濃縮排水内のカルシウム分は炭酸カルシウムとして沈澱し、濃縮排水は軟化される。

軟化した濃縮排水は、ろ過器で懸濁固形分を除去し、そのろ液は陽イオン交換装置で残溶カルシウム分を分離してEDへ送る。イオン交換樹脂の再生にはEDの濃縮かん水およ



Case 2: Deep Well Injection

び新たな食塩を用いる。

a) ED

EDは、4群の透析装置よりなるDS-Vモデルの2ユニットに分かれる。各群は400対のイオン交換膜と400対の希釈室と濃縮室で構成される。

ED装置は連続操作で、軟化された濃縮排水のうち220 m³/hが希釈槽に、残量が濃縮槽に送入される。希釈液と濃縮液は2ユニットのED装置と両タンクとの間をそれぞれ循環する。ED装置の直流電圧は一定に保たれる。

希釈水は連続的に希釈槽からオーバーフローさせ、ROプラントへもどす。濃縮液は、濃縮槽から前処理後のかん水に再供給し、後に電極液に再利用する。原液の中和および陽極室中のスケール防止のために、少量の酸を加える。

4) 用役および薬品消費量

a) 前処理

所要電力量：950,000 kWh/y

薬品消費量は次のとおりである。

凝集剤： Na₂CO₃ 867 ton/y

NaOH 5,067 ton/y

添加剤 6 ton/y

陽イオン交換再生用

NaCl 3,000 ton/y

b) ED

所要電力量：12,200,000 kWh/y

薬品消費量：H₂SO₄ 1,100 ton/y

Na₂SO₃ 64 ton/y

(5) ケース3・1 EDと郊外の天日蒸発池

1) 概要

濃縮排水はEDによって1/5の容積に減少され、ED無しの場合に比し、天日蒸発池および配管の建設費が減少する。

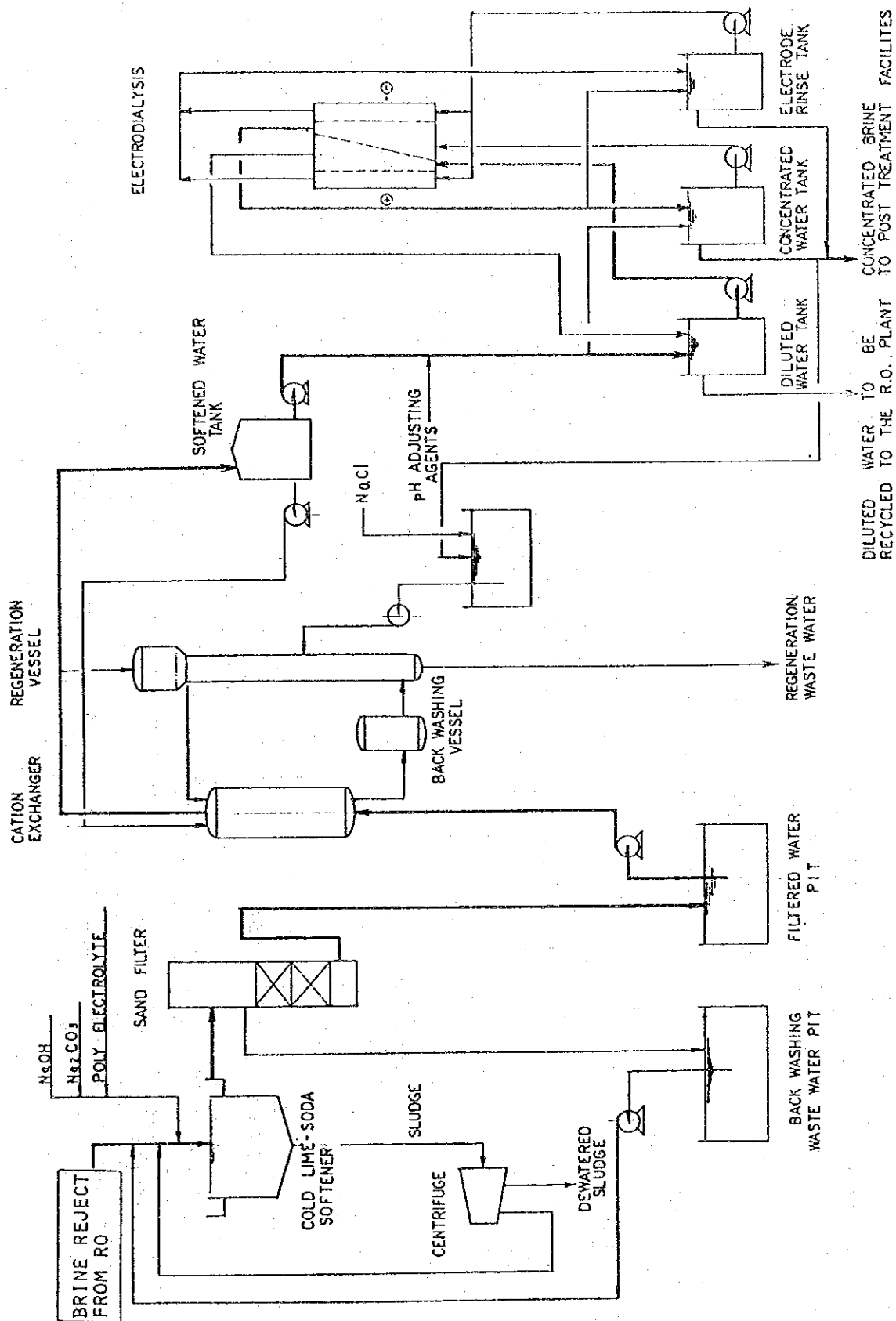
2) 設計の前提

蒸発池の能力： 1,450 m³/d

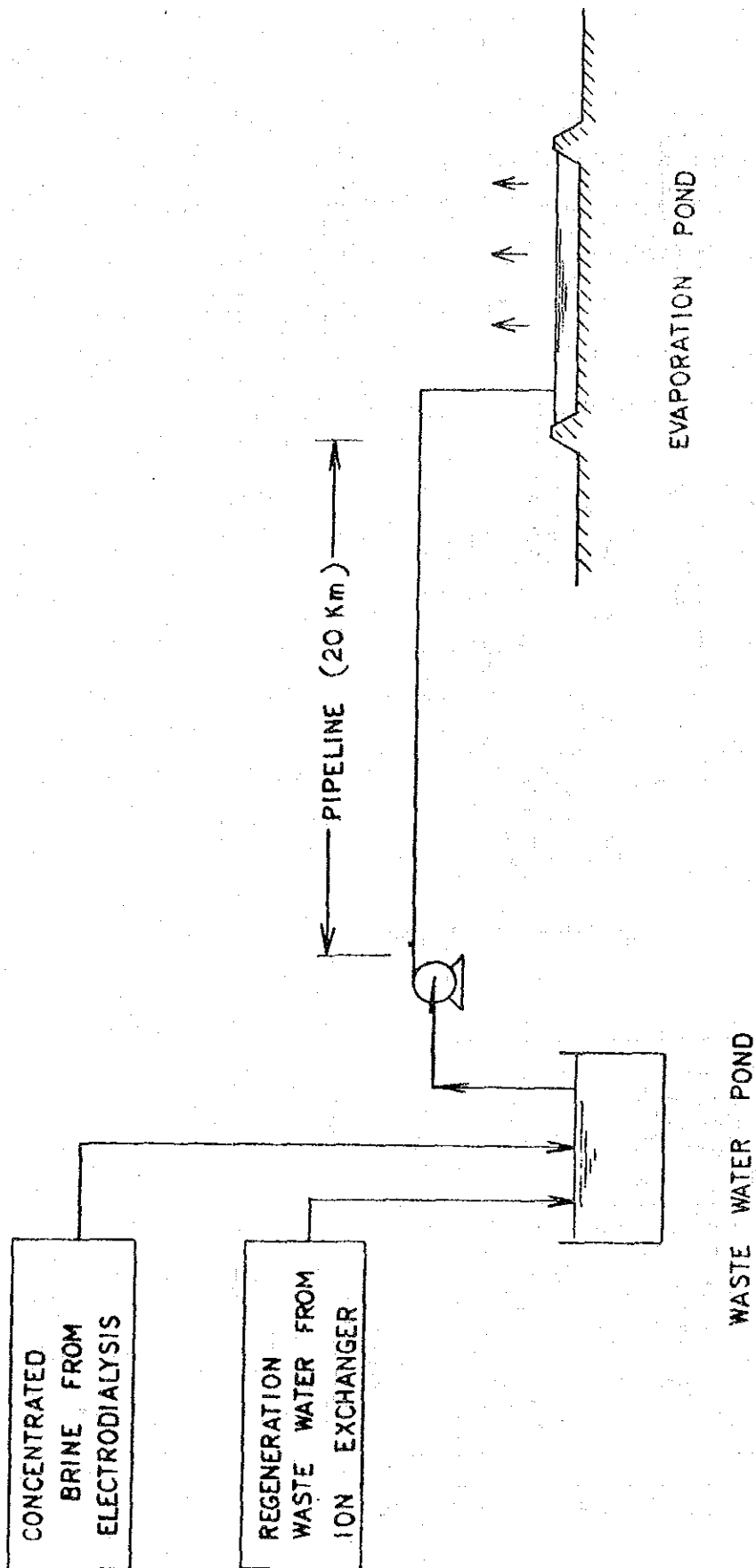
他の設計の前提は、(1)および(2)と同じである。

3) プロセスの説明

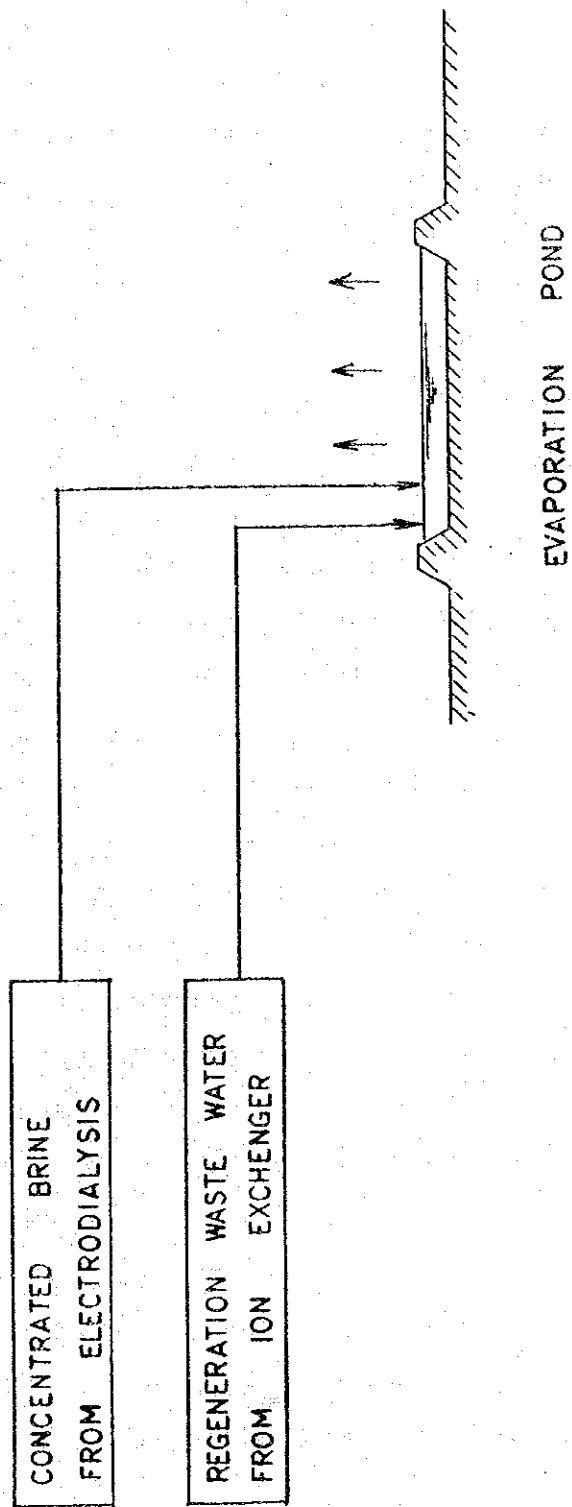
本プロセスはROプラントのある浄水場に設けるEDプラントとポンプ、配管および郊外



Case 3: Concentration by Electrodialysis



Case 3-1: Electrodialysis Process Followed by Evaporation Pond in the Suburbs



Case 3-2: Electrodesialysis Process Followed by
Evaporation Pond at RO Plant Site

の蒸発池で構成される。EDと蒸発池に関しては、(4)および(2)を参照されたい。

蒸発池の面積は $185,000\text{m}^2$ で、郊外に建設される。

4) 用役および薬品消費量

消費電力量：約 $14,600,000\text{kWh/y}$

薬品消費量は(4)に述べたものと等しい。

5) 建設費

建設費約12百万USD

6) 所要面積

本プロセスはROプラントサイトに $3,200\text{m}^2$ が、郊外に蒸発池用として $185,000\text{m}^2$ が必要である。

7) 考察

本プロセスの建設費は(2)に述べたケース1より遙に少ない。しかし、運転費は著るしく大きい。これについては4-2および4-3において考察する。

(6) ケース3・2 ROプラントサイト内におけるEDと天日蒸発池

1) 概要

本プロセスでは、可能ならば蒸発池をROプラントサイト内に建設して、配管とポンプ場の建設費を除くことが好ましい。

2) 設計の前提

(4)-2) に同じ

3) プロセスの説明

(2), (4)-3) に同じ

4) 用役と薬品消費量

所要電力量： $13,200,000\text{kWh/y}$

薬品消費量は(4)-4) に同じ

5) 建設費

約10百万USD

6) 所要面積

本プロセスはROプラントサイトの近くに約 $188,200\text{m}^2$ の面積を要する。

7) 考察

本プロセスの建設費はケース3-1より少なく、運転費はケース3-1とほぼ等しい。これについては(2)と(4)の記述も参照願いたい。

(7) ケース3-3 EDと蒸発缶・結晶缶

1) 概要

本プロセスは排水を全く出さない処理法である。EDからの濃縮かん水は蒸発濃縮され、溶存塩類は結晶として分離される。

約75 t/d (乾燥重量として)の固形塩が得られる。

2) 設計の前提

蒸発缶・結晶缶の蒸発能力: 1,450 m³/d

塩類の水分: 約5.5% (重量)

濃縮排水の温度: 30°C

3) プロセスの説明

本プロセスは、ED、蒸発缶・結晶缶、遠心分離機、ボイラー、発電プラントおよび冷水塔で構成される。

EDプラントを出る濃縮かん水は3重効用缶に送入され、蒸発の熱源には発電プラントの排蒸気を使用する。第1の加熱器から出る凝縮水はボイラー用に再利用され、第2および第3の加熱器から出る凝縮水は、原料濃縮かん水によって冷却された後、冷却塔の補給水として使われる。第3の加熱器を出る水蒸気は循環冷却水によって表面凝縮器で冷却される。蒸発装置から出る非凝縮性ガスは真空装置で排出される。蒸発装置は加熱管表面のスケール析出を防ぐため強制循環型を用いる。

固形塩類は第3缶のみで晶出させるので、第3缶は結晶装置として設計されている。

濃縮かん水中に溶存している多種類の塩類は、第3缶において混合塩として結晶となる。この塩類は遠心分離機供給槽に送られ、スラリー状で連続式押出型の遠心分離機に送り込まれ、湿った塩類が固形廃棄物として遠心分離機から排出される。発電機は蒸発缶・結晶缶の動力およびEDプロセスの所要電力を供給する。

ボイラーで発生する水蒸気は発電機に供給され、発電機の排水蒸気は第1効用缶の加熱器に使用される。

4) 用役薬品消費量

本法では自家製の水、水蒸気および電力を使用する。燃料は本法に必要なもののみの消費量は24,000 kℓ/yである。薬品消費量は(4)と同じである。

5) 建設費

建設費は約17百万USドルである。

本調査では、発電機は製作するものとした。しかし、電力が公共施設から安価に供給され、自家発電が不要であれば、発電機の建設費は省くことができる。

6) 所要面積

本システムにはROプラント近くに4,000 m²の面積が必要である。固形廃棄物投棄場の面積はこれには含まれていない。

7) 考察

本法は液体の排出物は皆無であるが、30,000 ton/y以上の固形廃棄物が排出される。これはその永久投棄場への輸送が必要となる。この輸送には1日6～7台のトラックが必要である。

(8) ケース3-4 EDと深井戸注入

1) 概要

このケースでは、EDプロセスからの濃縮かん水が深井戸に注入される。注水量はケース1の約1/5で、動力はケース1の場合より減少する。

2) 設計の前提

a) 濃縮かん水 : 1,450 m³/d

b) 濃縮かん水発生源: EDプロセス

他の設計前提は(3)(4)と同様である。

3) プロセスの説明

本プロセスはED装置、ろ過器、脱気装置、高圧ポンプ場および深井戸で構成される。詳細は(3)(4)を参照されたい。

4) 用役と薬品消費量

消費電力量は約19,600,000 kWh/yである。薬品消費量はEDプロセスについて(4)に示したものの外に、下記のものが必要である。

凝集剤 7 ton/y

ヒドラジン 1 ton/y

滅菌剤 3 ton/y

5) 建設費

建設費は約12百万USドル

6) 所要面積

本法にはROプラントの近くに3,600 m²の面積が必要である。

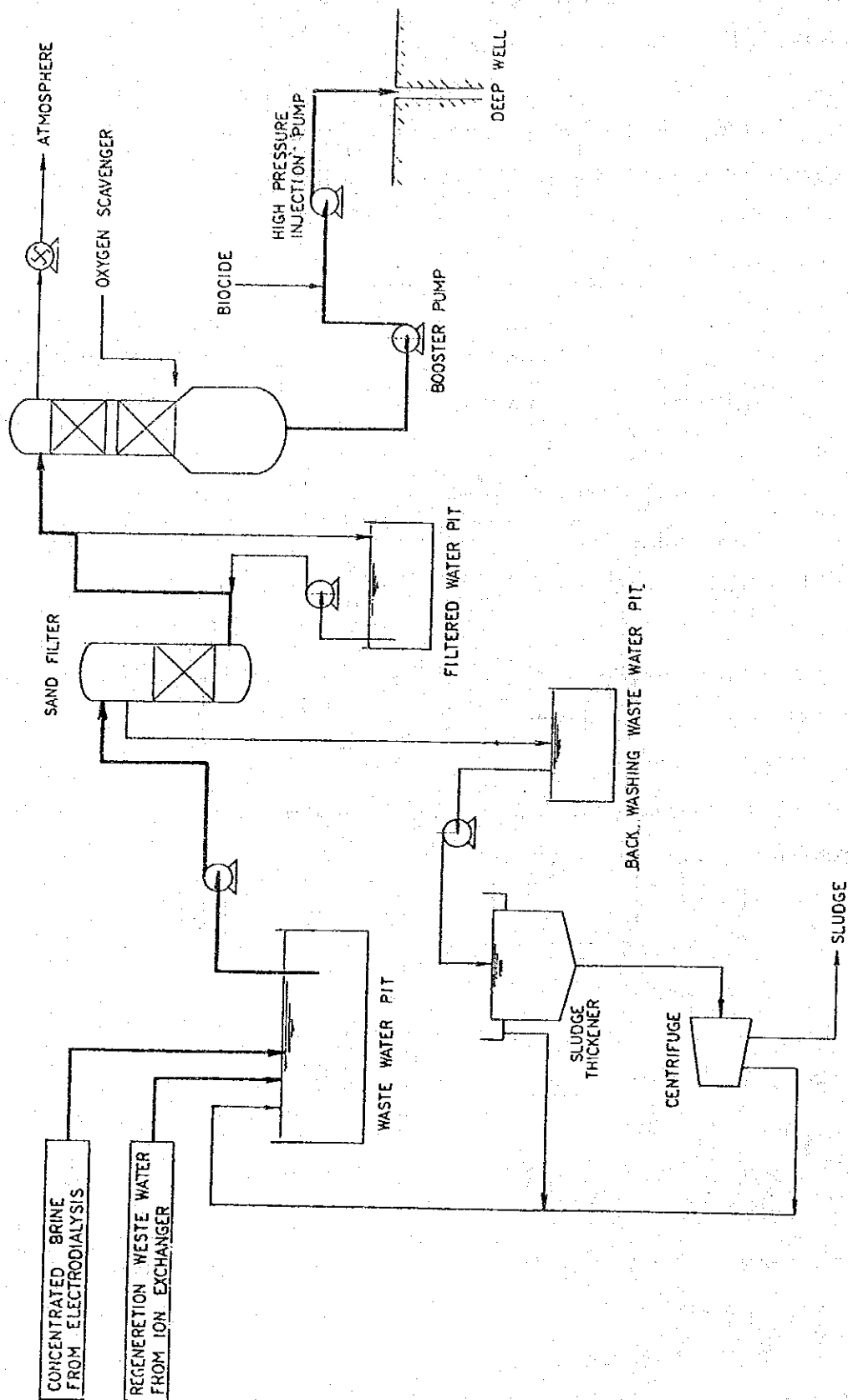
7) 考察

運転費はケース2に比して大幅に上昇する。

(9) ケース4 ROによる濃縮

1) 概要

ROは高性能の膜の近年の発達によって、脱塩および化学製品の濃縮に広く用いられてい



Case 3-4: Electrodiolysis Process Followed by Deep Well Injection

る。

ROの採用には、原水の汚れとスケール生成成分による逆浸透膜の汚染および汚染による劣化を防止する最適の前処理が必要である。最適の前処理はシリカとカルシウムを除去するコールドライムソーダ法である。地下かん水から生活用水を製造するメインのROプラントから出る濃縮排水は後述する前処理を経て、追加のROプロセスで処理される。

追加したROから得られる脱塩水はメインのROプラントの脱塩水と混合し生活用水として供給できる。

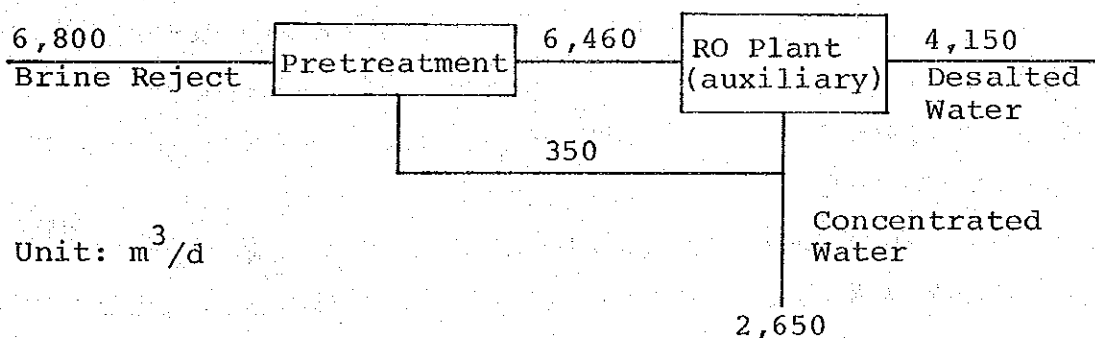
2) 設計の前提

- a) 能力 : $6,800 \text{ m}^3/\text{d}$
- b) 濃縮排水発生源 : ROプラント(メイン)
- c) 濃縮排水水質 : (2) と同じ

3) プロセスの説明

カルシウムとシリカはROプロセスの濃縮工程において晶出され易い。両者の溶解度がそれぞれ硫酸カルシウムとして $3,000 \text{ mg}/\ell$ シリカとして $120 \text{ mg}/\ell$ の場合、最高の濃縮率は1.4倍である、何故かといえは原液中のシリカ濃度は $85 \text{ mg}/\ell$ であるからである。したがって原液中のシリカの濃度は濃縮比を上げられるように下げられねばならない。コールドライムソーダ法はカルシウムとともにシリカを抽出して、常温でシリカを除くのに一般に採用されている。シリカの除去率はシリカの性質と溶存物質によって変化する。この除去率は通常除去テストによって決められる。

前処理によって、シリカの50%が除去されると仮定すれば、濃縮比は2.8となり、水のバランスは次の図のようになる。



この場合の滲透圧は約 1.3 気圧と計算される。従って、海水用逆浸透膜を用い TDS 3.5 %の濃縮水が $55 \text{ kg/cm}^2 \text{G}$ の操作圧力で得られる。この場合、追加した RO プロセスからの濃縮かん水とメインの RO プロセスからの濃縮排水との濃縮比は 2.8 である。

追加の RO プロセスからの濃縮かん水は後処理を行う。その脱塩水はメインの RO プロセスの生産化と混合して生活用水として供給できる。

4) 考察

濃縮排水の RO プロセスによる濃縮においては、シリカの晶出のため、濃縮比を上げることとはできない。前処理によってシリカの除去率を上げて濃縮比を上昇することは、コストの上昇を来す。

濃縮排水を用い、濃縮比 2.8 の追加の RO プロセスから得られる濃縮かん水の容積は同量の濃縮排水を用い ED から得られる濃縮かん水の容積 $1,450 \text{ m}^3/\text{d}$ より大きい。従って、本プロセスの後処理を含めた全建設費は ED より大きくなるはずである。

前処理におけるシリカの除去率の確認が本法の採用を決定する前の必須条件である。従って、本方法を進めるためには、少なくともジャーテストによる実験により確認することが必要である。

(10) ケース 5 都市下水配管への放流

1) 概要

リヤド市域における下水処理場の能力が 1981 年には $80,000 \text{ m}^3/\text{d}$ に増加するものとすれば、RO プラントの濃縮排水 $1,232 \text{ m}^3/\text{d}$ は都市下水配管へ放流が可能である。

これは石油精製施設への再利用計画に対する下水処理水の TDS $2,500 \text{ mg/l}$ の設計前提を^{※4-7}超過させないという計算に基づいている。

2) 設計の前提

	1981	1983
濃縮排水の TDS	: $12,725 \text{ mg/l}$	$12,725 \text{ mg/l}$
下水処理水の TDS	: $2,340 \text{ mg/l}$	$2,340 \text{ mg/l}$
再利用計画の TDS	: $2,500 \text{ mg/l}$	$2,500 \text{ mg/l}$
下水処理プラントの全能力	: $80,000 \text{ m}^3/\text{d}$	$200,000 \text{ m}^3/\text{d}$

上記の数字に基づいて、濃縮排水量および下水処理場で処理される下水量が下記のように計算される。

	1981	1983
濃縮排水放流量	: $1,232 \text{ m}^3/\text{d}$	$3,090 \text{ m}^3/\text{d}$
下水量	: $78,768 \text{ m}^3/\text{d}$	$196,910 \text{ m}^3/\text{d}$

下水配管へ濃縮排水を放流した結果が、下水処理場の操作と管理に問題を起こすようであるならば、上記の放流量は再調整しなければならない。

3) 建設費

本法を採用するためのコストは、放流管設置コストのみである。したがって詳細な建設費は放流管のルートが決まった後算出されねばならない。

放流管には、耐食性の高い材質を選ぶことが望ましい。

4) 考察

(1) ROプラントの濃縮排水は重金属などの有害成分を含まないと仮定した。しかし、下記の項目は一般に排水が下水配管に放流される時に、下水処理能力に影響を与える要素である。従って、水質が許容範囲内にあることを確認することが必要である。

- | | |
|---------------|--------------|
| a) 温度 | l) 鉛 |
| b) pH | m) 6価クローム |
| c) BOD | n) 砒素 |
| d) SS | o) 全水銀 |
| e) n-ヘキサン抽出物質 | p) クローム |
| f) ヨウ素消費量 | q) 銅 |
| g) フェノール | r) 亜鉛 |
| h) シアン化物 | s) 鉄(水溶性) |
| i) アルキル水銀 | t) マンガン(水溶性) |
| j) 有機リン | u) 弗素 |
| k) カドミウム | |

(2) 硫酸塩イオン SO_4^{2-} のような水溶性物質による影響も調査しなければならない。

(II) ケース6有用物質の回収

1) 概要

ROプラントの濃縮排水は有用物質を溶存している。典型的な地下かん水の化学成分と有用資源の例を表 Table 3-6.1 に示した。

これらの成分中、ナトリウムと塩素はアルカリと塩酸の製造の原料である。一方、マグネシウムは肥料あるいは耐火練瓦の原料となる水酸化マグネシウムの成分である。しかし、この場合有用物質を効果的に回収して資源として活用するのには、濃縮排水があまりにも希薄なので、ED、蒸発あるいは他のプロセスで濃縮排水を濃縮する必要がある。

2) プロセスの説明

a) 濃縮排水のEDによる濃縮

前述のようにEDでは濃縮排水を5倍以上濃縮することができる。

濃縮かん水中の化学成分および主要成分の年間流出量の表をTable 3.6.2に示した。

この濃縮かん水中には濃縮排水中の溶存成分の80%以上が溶解している。

b) 有用薬品の回収プロセス

濃縮かん水から有用薬品を回収する概略の構想図をFig 3.6.1に示した。

濃縮かん水は溶解度の小さいカルシウム塩を除去するため先ず最初に適切な装置によって蒸発させられ濃縮される。これらの塩類の量は少ないので、このカルシウム塩の利用を考慮しても利点はない。

次に、苛性ソーダを加えて、生成する水酸化マグネシウムを除き、濃縮かん水を精製する。少量のシリカは、沈殿に吸収されるが、水酸化マグネシウムは無機化学プロセスの原料として利用できる。水酸化マグネシウムを利用する必要がなければ、脱水して地上に放棄できる。

上記の精製の後、残溶の主成分を分離して、食塩と硫酸ナトリウムを別々に結晶として得る。この分離には濃縮かん水の蒸発と硫酸ナトリウムを結晶とするための冷却が行われる。硫酸ナトリウムを除去した後、食塩を電解して、苛性ソーダと塩素ガスを得る。苛性ソーダの一部は水酸化マグネシウムを沈殿させるのに用いられ、残部は最終製品として得られる。

苛性ソーダは炭酸ガスによって容易に炭酸ソーダとなり、一方、塩素ガスと電解槽の陰極室から出る水素ガスと反応させて塩酸が得られる。

3) 回収薬品の利用

Fig 3.6.1の物質収支はROプラントの濃縮排水 $6,800\text{ m}^3/\text{d}$ を基礎としている。炭酸ソーダ $24\text{ ton}/\text{d}$ と塩酸 $2.3\text{ ton}/\text{y}$ がROプラントの前処理に消費されるものと仮定してある。

Fig 3.6.1に示すように、炭酸ソーダ $17\text{ ton}/\text{d}$ は濃縮かん水処理プラントから回収され、換言すれば炭酸ソーダの必要量の7.0%が濃縮排水処理プラントから供給できる。

濃縮排水処理プラントから出る塩酸の一部は原液のpH調整用の塩酸として利用でき、塩素ガスの残部は生産水の滅菌に使用される。

5) 考察

濃縮排水処理プラントの薬品生産能力は通常の生産プラントの規模に比して余りにも少ない。その結果、塩素と苛性ソーダの製造コストは、欧州や日本の市場価格より高くなる。しかし、若しリヤド地区で塩素、塩酸、苛性ソーダあるいはソーダ灰の価格が非常に高いか、あるいはこれらの化学製品の需給が非常にきびしいならば、上述のプラントを建設すること

は有効であろう。

本プロセスを更に調査するには、次の情報が必要である。

- a) 化学製品の供給と価格
- b) 化学製品の需要
- c) 電力の供給状況とコスト
- d) マグネシウム化合物と他の薬品の利用のアイディア

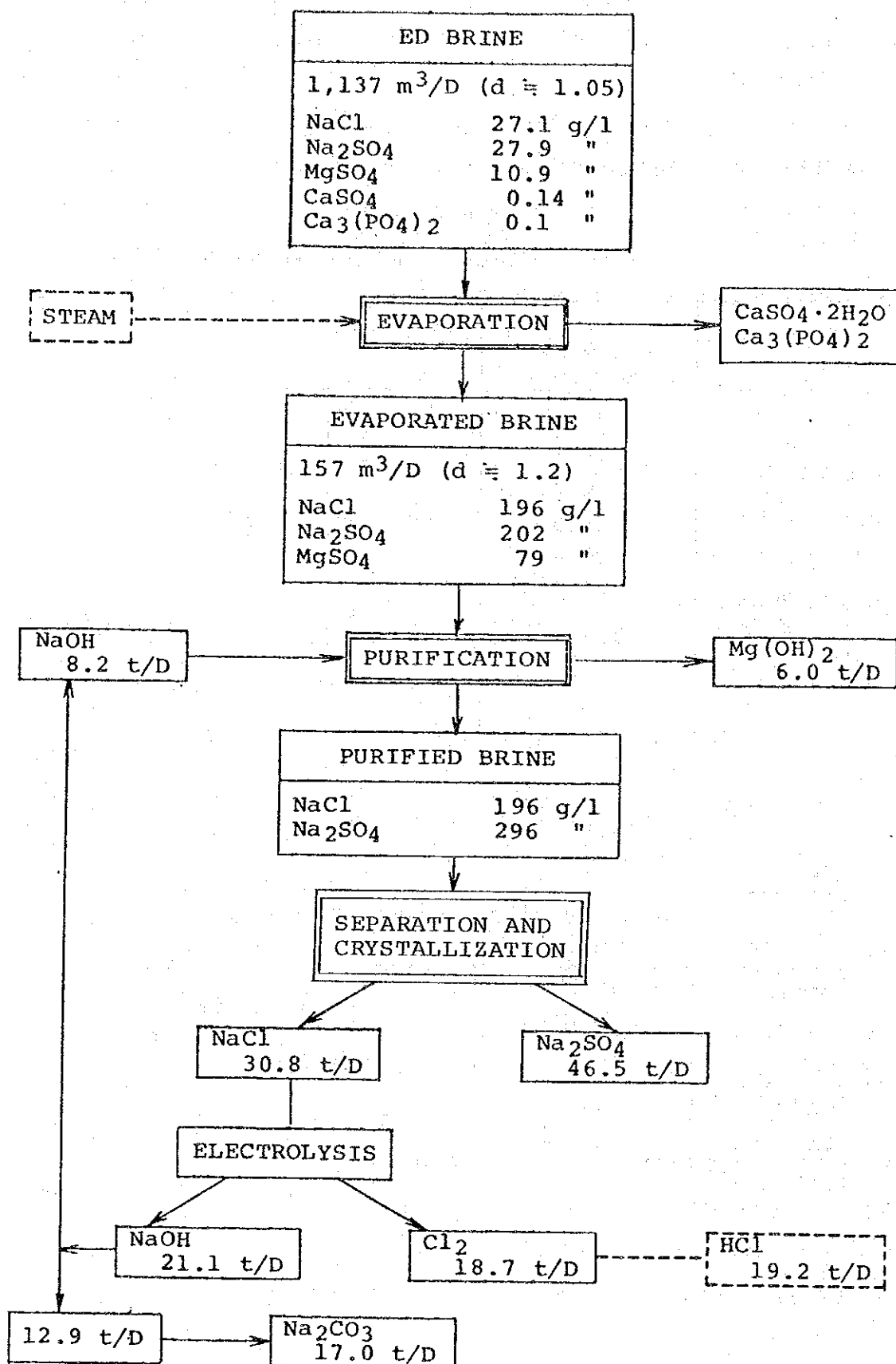
Table 3.6.1: Chemical Composition of Brine Reject from the RO Plant

Component	Concentration (mg/l)	Potential Resources (ton/year)
Na	3,520	8,737
Ca	160	397
Mg	470	1,167
Cl	3,120	7,744
F	0	
HCO ₃	0	
SO ₄	5,350	13,279
PO ₄	20	
SiO ₂	85	

Table 3.6.2: Main Components of Concentrated Brine from the ED Process (1,137 m³/day)

Component	Concentration (g/l)	Annual Amount (ton/year)
NaCl	27.1	11,247
Na ₂ SO ₄	27.9	11,579
MgSO ₄	10.9	4,524
CaSO ₄	0.14	58
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.1	42
SiO ₂		

Fig. 3.6.1: Recovery of Valuable Componets from Brine Reject



4.3 試案の結論と勧告

(1) 結論

- 1) リヤド市の下水処理システムの処理量が1981年に80,000 m³/dに増強され、濃縮排水の放流が、この下水処理システムの運転と保全に何等の問題も起こさないとすれば、1,232 m³/dの濃縮排水を下水配管へ放流できる。
- 2) 現状において、濃縮排水全量を放流することは、下水処理システムの能力が不十分なので、すすめられない。
- 3) 試案としては、EDと天日蒸発池の組み合わせが技術上操業上の観点から最も適当であると結論する。6,800 m³/dの濃縮排水から5,323 m³/dの淡水がEDにより生産されると予想される。また、この方式によれば、都市下水処理システムへ与える影響は皆無である。
- 4) 濃縮排水から薬品を回収することは、プラント容量が余りに小さく、経済的に成立つとは思えない。

(2) 勧告

- 1) 下水処理場の拡張計画をできるだけ早く完成することを強く勧告する。
- 2) 上記の拡張が完成するとともに、マレズROプラントからの濃縮排水を下水管へ放流できる。
- 3) シェメイシとマンフーハのROプラントからの濃縮排水については、もしそれぞれの浄水場に余裕のスペースがあれば、EDと天日蒸発池で処理することを勧告する。
- 4) マレズROプラントの濃縮排水を都市下水配管へ放流とした場合に上記提案を実現するための工程は次に示すようになる。

Method \ Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Expansion of Sewage Treatment Plant		—○—	80,000 m ³ /d	—○—	200,000 m ³ /d	
Brine Disposal from Malez RO Plant			○—	1,232 m ³ /d	○—	Full
ED Plant in Shemessy		(P)	○—	(C)	—○—	(O)
ED Plant in Manfouha		(P)	○—	(C)	—○—	(O)

Note: (P) = Preparation
 (C) = Construction
 (O) = Operation

4.4 現地調査における提案

(1) 概要

本章内容は現地調査の間に取りまとめたものである。この報告書では、試案で強く主張した下水への放流は最少限度に止めるように、考え方を变えている。その最大の理由は、リヤド市全下水流量に対する下水施設の相対的能力改善は当分の間期待できそうになく、下水施設の過負荷の状況がまだまだ続くと見られることにある。1981年に下水処理場能力が倍增されたとしても、この時点には放流下水流量が処理量を上回り能力不足を来すことになるだろうという意見が現地調査のヒヤリングにおいて関係者からも発言されている。また、上水供給計画を見れば、現在の下水道は全市の公共給水量の1/4に過ぎず、1981年に下水処理能力が倍增されたとしても下水道施設は容量的に能力不足が続くと思われる。したがって現地調査の結果から得られるものは試案と異っている。

この章では現地調査に基づき、各々のROプラント毎に個別に行う処理方式を検討し、下水配管への放流ならびに再利用に対する影響を述べ、さらに、サウディ農水省の要請による3ROプラントの濃縮排水を1カ所に集め集約処理するプラント案も検討し、サウディ政府が最終報告書取まとめに対する見解の表明が容易に行えるようにした。

(2) 現地調査結果の要約

現地調査において下記のことが確認された。

- ① ROプラントに接して、濃縮排水処理プラント用の新しい用地の入手は不可能である。
- ② 濃縮排水を下水配管へ放流するといかなる場合にも下水のTDSを上昇させる。

下水再利用の観点から、下水中の塩濃度の上昇は全く望ましくない。濃縮排水処理問題の解決はたいへん急がれているので次の計画を急いで導入する必要がある。

1) 各浄水場毎の濃縮排水処理方法

A マンホーハ

当プラントは現在地に空地があり、差し当たり次の処理方法が提案できる。

- a. EDおよび蒸発缶・結晶缶による濃縮と晶出

建設費 : 17百万USドル

所要面積 : 4,000 m²

- b. EDおよび天日蒸発池による濃縮と晶出

建設費 : 10百万USドル

所要面積 : 188,000 m²

B シエメイシ

当プラントには現敷地に空地があり、差し当たり次の処理方法が提案できる。

a. EDと蒸発缶・結晶缶による濃縮と晶出

建設費 : 11百万USドル

所要面積 : 1,200 m²

b. EDと天日蒸発池

建設費 : 8百万USドル

所要面積 : 150 m² (プラント内)

: 420,000 m² (現ラグーン)

C マレズ

このプラント敷地には空地がないので、差し当たり都市下水配管への放流を提案する。

2) 都市下水および再利用への影響調査

下水配管への放流は、下水道管に耐食材料が用いられており、濃縮排水はpHが5以上であり、有害有機物も重金属もほとんど含まないと考えられるので、下水道管および下水処理を損うことはない。

しかし、TDSの上昇による下水処理水の再利用への影響を調査する必要がある。

3) 他の方法

A. 深井戸注入については関連データがないため意見を控える。

B. 天日蒸発池の構造についてはリヤド市既存のものに従う。

C. 参考として各浄水場毎のケーススタディを表1に示す。

4) 集約プラント

集約プラントの案を取りまとめた。

5) 経済評価

各浄水場毎に個別に推奨案を建設する場合と、集約プラントを建設する場合につき、プラント本体(処理工程を中心とした部分)について経済評価を行う。

4.5 各浄水場毎の濃縮排水処理方法の詳細

(1) マンホーハ浄水場への推奨案

マンホーハROプラントにおける濃縮排水を処理する方法として、EDと蒸発缶・結晶缶の組み合わせによる濃縮方法が提案できる。

マンホーハプラントはリヤド市内の3カ所のROプラントのうち最大のものである。このプラントの濃縮排水を下水配管に放流すれば、マンホーハにあるリヤド市下水処理場の能力80,000 m³/dの8.5%の流量増加になる。

下水処理場への濃縮排水の放流は、下水処理場への生活排水の受入れ能力の減少を意味する。

Table 1: Summary of Case Study on RO Brine Reject Treatment *1)

Plant Name	Methods Items	Case 1	Case 2	Case 3-1		Case 3-2	Case 3-3		Case 3-4	Case 4	Case 5	Case 6
		Evaporation Pond in Suburbs	Deep Well Injection	Concentration by Evaporation Pond in Suburbs		Concentration by Evaporation Pond at Plant Site		Concentration by Electrodialysis (ED) Evaporator/- Crystallizer		Deep Well Injection	Concentra- tion by Revers Osmosis (RO)	Disposal into Sewage
Manfouha Plant	Initial Cost (Million \$)	19	15	12	10 *4) (9)	17	12			-	-	-
	Direct Operation Cost (Mil. \$)	0.014	0.59	3.73	3.70 (2.74) *4)	3.95 (3.0) *4)	3.85			-	Negligible	-
	Required Area in Plant/ in Suburbs (m ²)	200/ 850,000	2,400/ 0	3,200/ 185,000	188,000/ 487,000 *4)	4,000/ (2,450) *4)	3,600/ 0			-/ -	nill/ 0	-/ -
	Comment	not recom- mendable	no comment	not recom- mendable	recommen- dable (2) if existing lagoon is available	recommen- dable (1) most practical	no comment			not recom- mendable	not recom- mendable	not recom- mendable
Shemessy Plant	Remarks	no space	no infor- mation	no space			no infor- mation			not recom- mendable effect on sewage plant	not recom- mendable	not economical
	Initial Cost (million \$)	(8 *1) *4)	-	-	-	(11) *4)	-			-	-	-
	Direct Operation Cost (Mil. \$)	(0.01) *4)	-	-	-	(1.262) *4)	-			Negligible	-	-
	Required Area in Plant/ in Suburbs (m ²)	150/ *4) 420,000	-/ 0	-/ 0	-/ -	(1,200 *3) *4) (2 stories)/0	-/ 0			-/ -	nill/ 0	-
Malez Plant	Comment	recommen- dable (2) if existing lagoon is available	no comment	not recom- mendable	not recom- mendable	recommen- dable (1) most practical	no comment			not recom- mendable	not recom- mendable	not recom- mendable
	Remarks	if existing lagoon is available	no infor- mation	no space	no space	most practical	no infor- mation			not recom- mendable effect on sewage plant	not recom- mendable	not economical
	Initial Cost (million \$)	(7 *2) *4)	-	-	-	(9) *4)	-			-	-	-
	Direct Operation Cost (Mil. \$)	(0.007) *4)	-	-	-	(0.848) *4)	-			Negligible	-	-
Malez Plant	Required Area in Plant/ in Suburbs (m ²)	150/ *4) (280,000)	-/ 0	-/ 0	-/ 0	(2,000/) *4) 0	-/ 0			-/ -	nill/ 0	-
	Comment	not recom- mendable	no comment	not recom- mendable	not recom- mendable	not recom- mendable	no comment			recommen- dable	not recom- mendable	not recom- mendable
	Remarks	no space	no infor- mation	no space	no space	no space	no infor- mation			not recom- mendable most practical	not recom- mendable	not economical

Note: *1) This summary table is prepared based on the design basis in the tentative report.

*2) Existing sludge lagoon located within 3 km from the water treatment plant.

*3) Because of shortage of space, the ED plant will be integrated into a 2-story construction.

*4) Figures in parentheses are roughly estimated and will be revised in the final feasibility study.

一方、下水の中のTDSもまた濃縮排水の流入によって約3,400 mg/lに上昇する。これは下水処理水の灌漑用水および工業用水に対する再利用について、何らかのマイナスの効果を与えるであろう。

マンホーハ浄水場には現在、薬品貯蔵に使われているスペースとプラントの外側に数百万m²のスラッジラグーンがある。

EDと蒸発缶・結晶缶の組み合わせプロセスは、上述のスペース内に建設することができ、TDS 1,500 mg/lの回収水と固形廃棄物以外に液体廃棄物を出さない。従って、濃縮排水問題の根本的対策になる。

① 用役、薬品消費量および運転費

燃料油	2.4×10^4	kl/y
ソーダ灰	7.0×10^3	ton/y
消石灰	3.7×10^3	ton/y
高分子凝集助剤	14	ton/y
亜硫酸ソーダ	63	ton/y
硫酸	1.1×10^3	ton/y
全運転費	3百万USドル	

② 建設費

17百万USドル

③ 所要面積

2,450 m²

図3のプロットプラン参照

(2) 推奨案に対する代案

ROプラントの場内にEDと天日蒸発池を置く方法が代案としてすゝめられる。

このケースでは、濃縮排水はEDで濃縮され、濃縮かん水濃縮排水の1/5の容積になり、EDから得られる水はROプロセスの原水として戻すことができる。

EDプラントは現在薬品貯蔵場に使われているスペースに建設することができ、天日蒸発池は現在スラッジラグーンに使われている場所の一部に設けることができる。

追加設備あるいは現存するスラッジ処理施設の改造が沈澱装置からスラッジラグーンへ投棄されるスラッジの容積を減少し、スラッジラグーンの所要スペースを減少するために必要である。

スラッジラグーンの正確な面積が、現地調査では分からなかったが、現在のスラッジラグーン内に天日蒸発池を建設することが可能ならば、EDと天日蒸発池の組み合わせの方が、ED

と蒸発缶・結晶缶の組み合わせの場合より、建設費、運転費ともより安価になる。

① 用役薬品消費量および運転費

電力量	13,200,000	kWh/y
ソーダ灰	7,000	ton/y
石灰	3,700	ton/y
高分子凝集助剤	14	ton/y
亜硫酸ソーダ	63	ton/y
硫酸	1,300	ton/y
全運転直接費	2.74	百万USドル

② 建設費 9百万USドル

③ 所要面積

ED装置	:	2,000 m ²
天日蒸発池	:	185,000 m ²

4.5.2 シエメイシ浄水場での処理方法

(1) 推奨案

浄水場および下水処理場の現場調査をした結果、シエメイシ浄水場の濃縮排水量は大量であるから、下水処理量も、下水処理場の排水中の塩濃度も増加させないために、濃縮排水を下水配管に放流すべきでないというところから結論する。

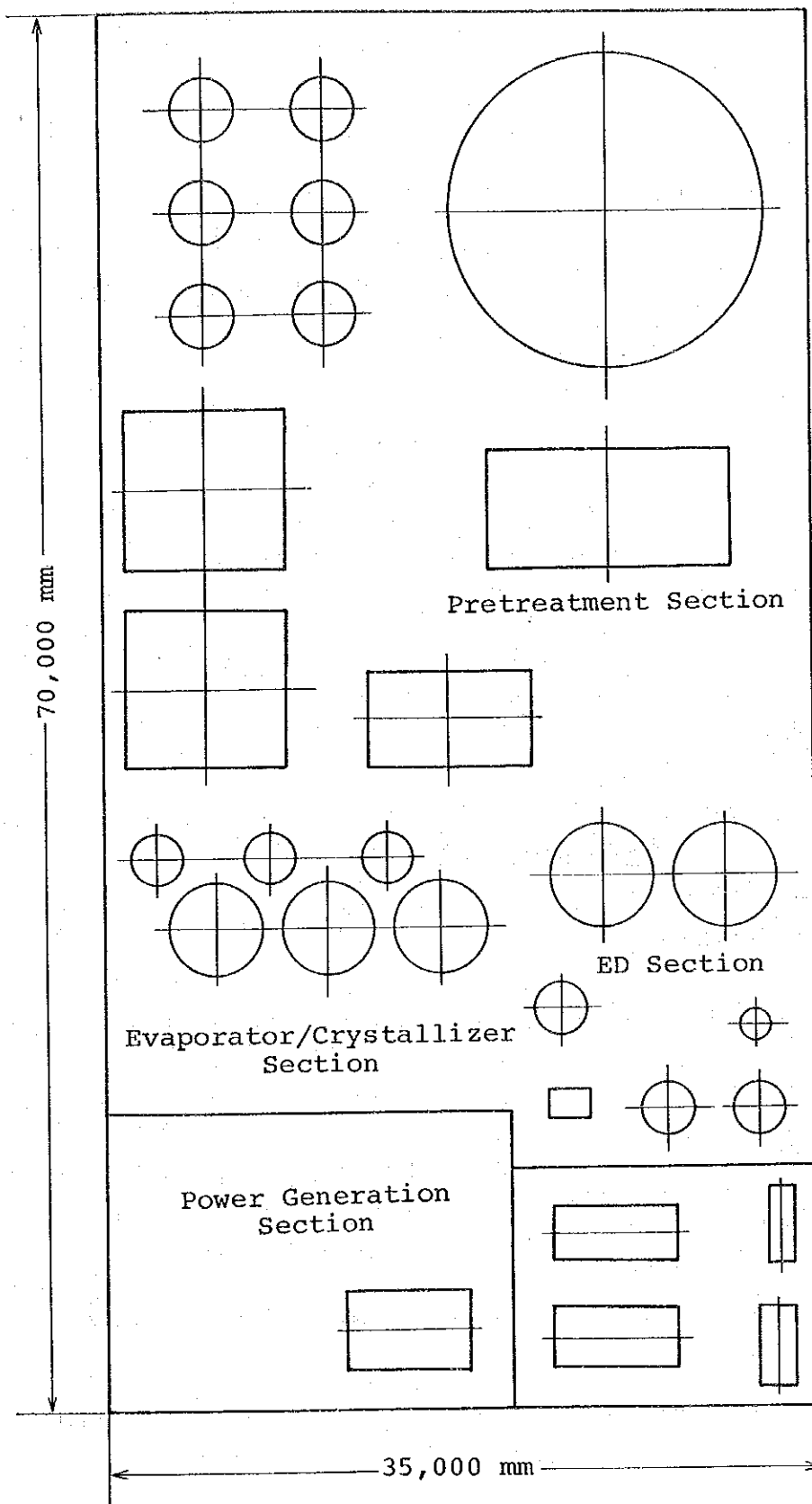
本プラントは市中にあり、現存の施設と建物は密接しており、将来計画には狭い場所しか利用できない。しかし、このスペースは、現段階において、濃縮排水の処理のための濃縮施設を建設するには充分であると考えられる。従って、前処理EDおよび結晶装置を含む濃縮施設は、浄水場内の空地に建設することを提案する。

本プロセスの採用によって、濃縮排水中の溶存固形物質は固形化され、EDからの希釈液はROプロセスへ戻すことが可能である。

① 用役、薬品消費量および運転費

燃料	12,000	kl/y
ソーダ灰	2,800	ton/y
消石灰	1,800	ton/y
高分子凝集助剤	5.5	ton/y
亜硫酸ソーダ	31	ton/y
硫酸	530	ton/y

Fig. 3: Plot Plan of Brine Reject Treatment Plant
for Manfouha Water Treatment Plant



- | | |
|--------|----------------------|
| 全直接運転費 | 1.26 百万USドル |
| ② 建設費 | 11 百万USドル |
| ③ 所要面積 | 1,200 m ² |

スペース不足のため、EDプラントは2階建構造になる。図4のプロットプランを参照されたい。

(2) 代案

上述の構想の採用が不可能な場合は、次の代案をすすめる。

すなわち、濃縮排水を新設の配管によってスラッジラグーンへ輸送し、天日によって蒸発する方法である。この代案を実施するには、敷地内用地の再配置を行い、現在のスラッジラグーンの場合に天日蒸発池を建設する必要がある。

① 用役薬品消費量および運転費

電力量	50,000 kWh/y
全直接運転費	0.01 百万USドル

② 建設費

11 百万USドル

③ 所要面積

工場内に	150 m ²
郊外に	420,000 m ²

4.5.3 マレズ浄水場での処理方法

マレズプラントについては、下水道へ濃縮排水を放流することをすすめる。マレズプラントは、リヤド市内の3プラントのうち最小のものである。

本プラントからの濃縮排水を下水配管へ放流すれば、その流量は、マンホーハ下水処理場の能力 $80,000 \text{ m}^3/\text{d}$ の2.8%の流量にしかならないであろう。

実際の下水処理場への排水の流入量は $30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ から $50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ までの変動があり、一方、下水処理場の設計処理能力は現在 $40,000 \text{ m}^3/\text{d}$ である。

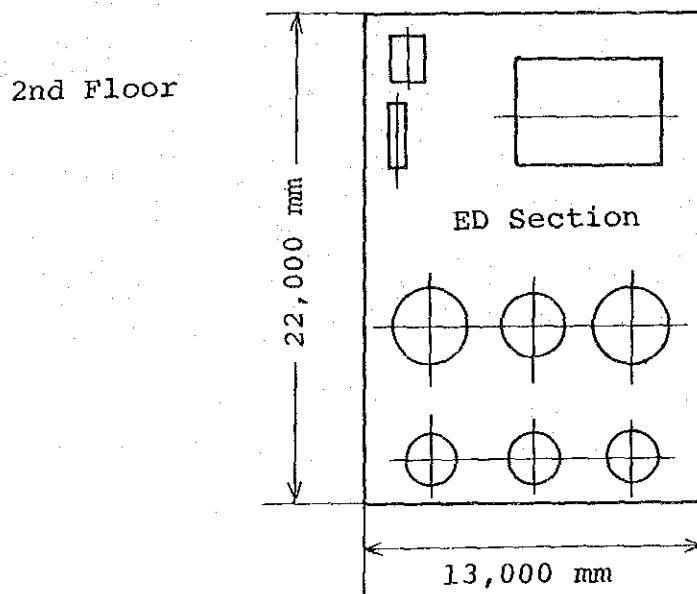
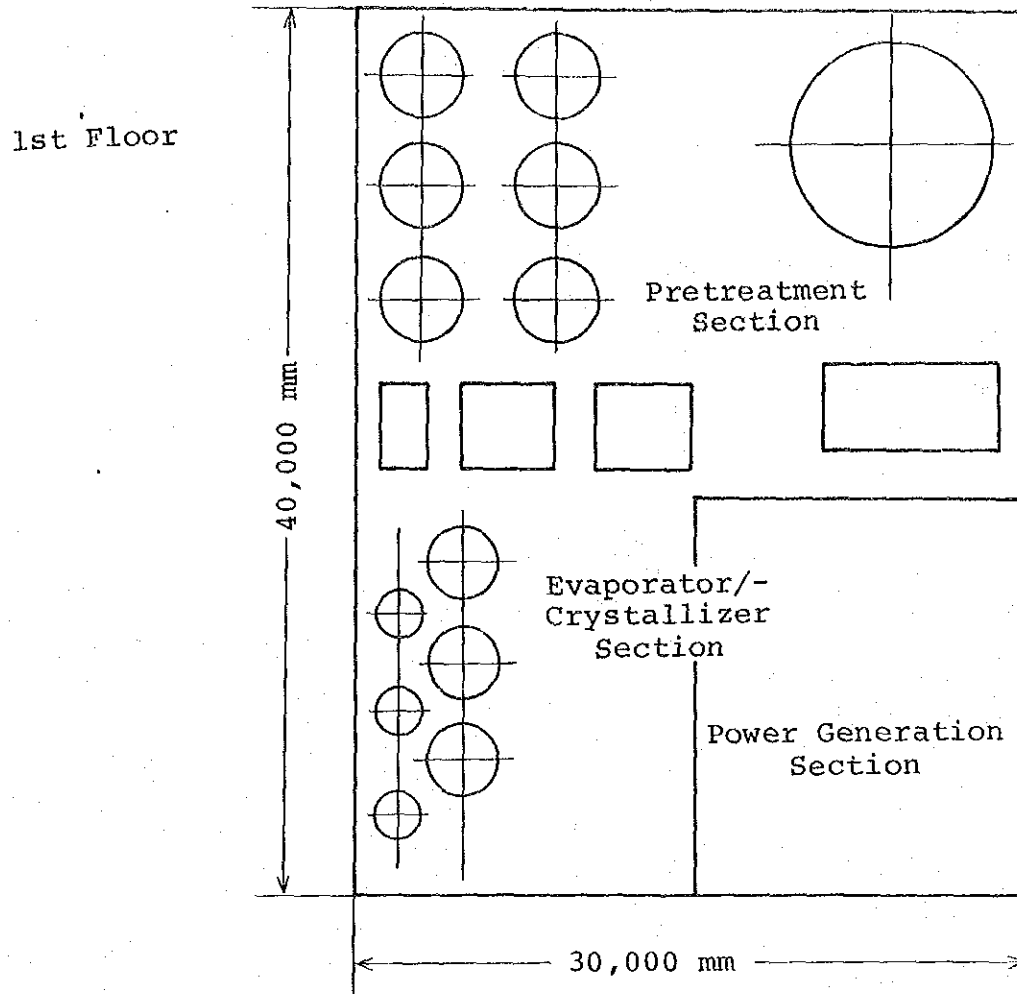
下水のTDSもマレズ浄水場からの濃縮排水によって約 $2,800 \text{ mg}/\ell$ まで増加するであろう。一方、下水の現状のTDSは、 $2,000 \sim 3,000 \text{ mg}/\ell$ で、平均 $2,500 \text{ mg}/\ell$ である。

マレズ浄水場の濃縮排水を下水配管に放流することによる水量およびTDSの増加は、下水処理場への1日当たりの流入量および下水中のTDSの変動の範囲内に入る。

従って、下水処理場の処理能力は、マレズ浄水場濃縮排水の下水配管への放流によってほとんど影響を受けないと考えられる。

マレズ浄水場は用地内に濃縮排水を処理するプラントを建設する用地がない程敷地が狭く、濃

ig. 4: Plot Plan of Brine Reject Treatment Plant
for Shemessy Water Treatment Plant



縮排水を処理する方法として推奨できるのは下水配管へ放流する方法である。

リヤド水道局本部事務所の前方に面積 $60,000\text{ m}^2$ のスラッジグーンがあり、これがマレズ浄水場の東 1 km にある。その一部が新設濃縮排水処理工場として利用できるかもしれない。しかし、新設濃縮排水処理工場が本工場から離れた所に建てられると操業上管理上の問題が生じよう。

4.6 下水道施設および下水再生利用に対する影響調査

(1) 下水道管路への放流

濃縮排水の pH 値は $5\sim 6$ で、一般の下水より多少低い。

しかしながら、PVC管、陶管のような耐食性の管が下水管として使用されているので、濃縮排水による管の腐食障害が発生する恐れはない。

(2) 下水処理場に及ぼす影響

現在、下水処理場への流入下水量は $42,000\sim 57,000\text{ m}^3/\text{d}$ で平均 $45,000\text{ m}^3/\text{d}$ であるが、この程度の変動はごく普通である。

下水処理場の規模が $80,000\text{ m}^3/\text{d}$ になると、マレズ浄水場の濃縮排水 $2,230\text{ m}^3/\text{d}$ を受け入れても比率は小さい。したがって、水量的には問題は生じない。

また、マレズ浄水場の濃縮排水を下水道に放流すると、TDSは平均値で $2,490\text{ mg}/\ell$ から $2,770\text{ mg}/\ell$ へと $280\text{ mg}/\ell$ 増加する。

しかし、現在TDSが $1,910\sim 3,130\text{ mg}/\ell$ の範囲で変動している故、 $280\text{ mg}/\ell$ の増加はそれ程重要な問題ではない。

然しながら、生物処理プロセスは敏感なプロセスであり、流量および水質の急速な変動は、微生物に害を与えるであろう。また濃縮排水中には明らかにされてない物質が含まれている場合もあることを考え濃縮排水を下水道へ放流する場合は、特別の注意が必要である。

最初に、濃縮排水量の $1/4$ 乃至 $1/5$ を下水道に送り、 $2\sim 3$ 週間生物処理の運転を注意深く行った後、濃縮排水流入量を徐々に増加して最大流量にすべきである。

排水を下水道へ放流する場合、TDSに関しては日本にもサウディ王国にも何ら規制はないが、日本においては特定の有機物質および重金属等については規制されている。

濃縮排水の pH 値は定期的にチェックすべきである。もし測定値が5以下であれば pH 調整装置を排水口に付け、下水施設が腐食されるのを予防し、下水処理への影響を避ける。

(3) 水再利用計画

下水処理場への流入下水のTDSは濃縮排水を混入することにより、平均値で $2,490\text{ mg}/\ell$ から $2,770\text{ mg}/\ell$ にも増加する。

一方、下水処理水のTDSは1,350～2,340 mg/ℓの範囲で変化し、平均値で1,960 mg/ℓであるが、濃縮排水を混入することにより、平均値が2,170 mg/ℓに増加する。

それ故、TDSの増加が再利用に与える影響に関して処理プロセスと水質を調査することが必要である。

4.7 集約処理案

(1) 概要

3 ROプラントの濃縮排水を配管により1カ所に集めEDと蒸発缶・結晶缶の集約プラントをマンホーハ下水処理場近くに置き処理することがサウディ農水省により示唆された。

若し3 ROプラントから集約プラントまでの配管システムが困難なしに建設できるならば、集約プラントは別々の3プラントより一層経済的であろう。

本項の検討は、上記配管システムを含まず、配置図7に示すバッテリーリミットの範囲内に限るものとする。

この集約プラントは既存プラントから独立したものであるため、付帯施設例えば建家用役設備その他が必要である。現地調査の段階ではデータが不足なのでこれら付帯施設を検討しなかった。日本へ帰国後サ側の要請があればこれを行うこととした。

業務範囲を(2)に示した。

(2) 業務範囲

① 範囲内業務

- 1) 薬品供給装置付前処理設備
- 2) ED
- 3) 蒸発缶・結晶缶
- 4) スラッジ脱水装置
- 5) ボイラー蒸気タービンおよび発電機
- 6) 1) から5) 項迄のつなぎ配管
- 7) 1) から5) 項迄の計装
- 8) 1) から5) 項迄および7) 項の電気工事
- 9) 1) から8) 項迄の塗装工事
- 10) 1) から5) 項迄の基礎およびコンクリート工事
- 11) 1) から8) 項迄の据付工事

注：作業は配置図7図に示すバッテリーリミットに限る

② 除外項目

- 1) 濃縮排水配管システム (集約プラントまでの)
- 2) 管理, 制御, 研究などの全建物, ならびに付帯設備
- 3) 公共電力受電設備, 照明および電話設備, 空調, 給食食堂, 家具, 飲料水供給システム, オイルタンク等
- 4) 敷地造成, 道路, 舗装, 塀, 門等の土木工事
- 5) (1)の1) から5) 項迄の予備機
- 6) 回収水貯槽ならびに送水設備

(3) 設計条件

① 濃縮排水の流量

1 2, 3 4 0 m³/d

マンホーハから 6, 8 0 0 m³/d

シエメイシ " 3, 3 1 0 "

マレズ " 2, 2 3 0 "

② 水質

1) 濃縮排水

ナトリウム 3, 5 2 0 mg/ℓ

カルシウム 1 6 0 mg/ℓ

マグネシウム 4 7 0 mg/ℓ

塩素イオン 3, 1 2 0 mg/ℓ

弗素 0

遊離炭酸 0

硫酸イオン 5, 3 5 0 mg/ℓ

シリカ 8 5 mg/ℓ

磷酸イオン 2 0 mg/ℓ

TDS 1 2, 7 2 5 mg/ℓ

pH 5 ~ 6

温度 3 0 °C

2) 回収水

TDS 1, 5 0 0 mg/ℓ 以下

pH 6 ~ 8

③ 電力

プロセス用 自家発電

(4) プロセスの概要

集約プラントのプロセスの流れは基本的には試案ケース3-3のEDおよび蒸発缶・結晶缶方式と同じである。上記3-3 3) ならびに本章4.5(1)を参照願いたい。

しかし、集約プラントはカチオン樹脂交換装置を据えない。現地調査における現物テストによって濃縮排水中のカルシウムをコールドライムソーダ軟化装置のみでEDへ送れる限界まで取除くことができることが分ったからである。

現場テスト結果とカチオン樹脂交換装置の必要性は日本へ帰国後再試験する予定である。

EDプラントから得られる回収水の水質の予想値は次の通りである。

TDS : 1,390 mg/ℓ

Na : 380 mg/ℓ

Ca : 1.6 mg/ℓ

Mg : 42 mg/ℓ

Cl : 280 mg/ℓ

SO₄ : 590 mg/ℓ

回収水の水質はリヤド地域の一部の深井戸より良好である。そして、灌漑用はいうまでもなく、ROプラントへ供給し、飲料水を生産することさえできる。

回収水の水質を設計の前提のTDS値より増加させ、高いTDSの水にすれば、プラント建設費を減ずることができる。回収水の水量は約10,000 m³/dである。

(5) 用役と薬品消費量および運転費

燃料油 40,800 kl/y

ソーダ灰 11,100 ton/y

石灰 6,600 ton/y

高分子凝集助剤 21 ton/y

硫酸ソーダ 120 ton/y

硫酸 2,000 ton/y

全直接運転費：4.89百万USドル

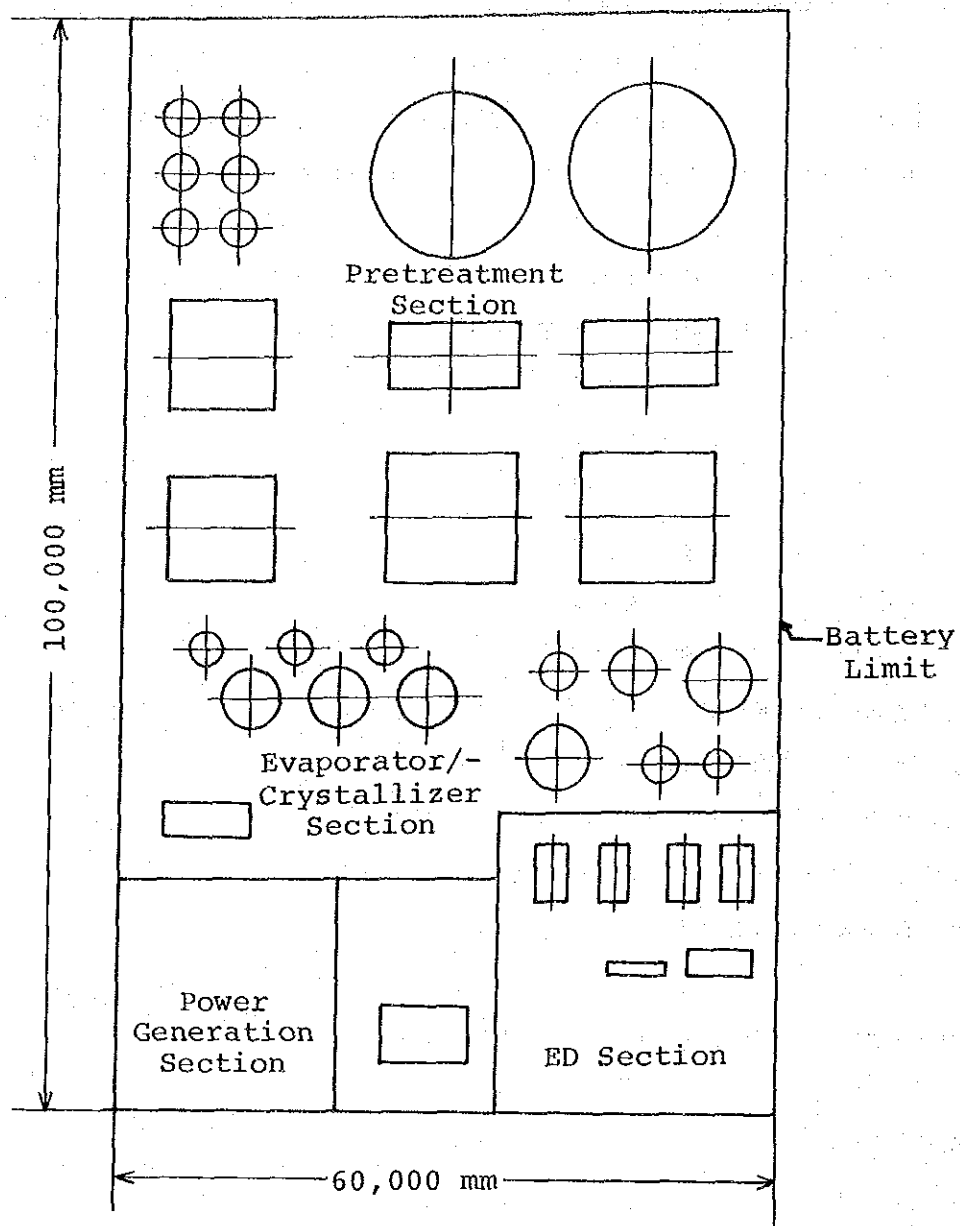
(6) 建設費 2.6百万USドル

(7) 所用敷地面積

6,000 m²

配置図7参照

Fig. 7: Plot Plan of Brine Reject Integrated Treatment Plant



4.8 各種方法の評価

(1) 各種方法の技術面からの評価

4.4章において一覧表に示すごとく、ケース2、ケース3-4、の各方法は、実施の経験なく、現地においてもサウディ政府からは十分な情報が得られず、これを取上げるのは技術的に不適當であると判断した。ケース4については、既に試案に述べたように濃縮排水からの回収水の量と、膜面汚染の可能性の両面からEDの方が有利であるとして、これをしりぞけた。ケース6について述べると有用物質を抽出することを行っているわが国製塩工場の例では、今回の濃縮排水よりも塩分濃度の高い海水を使用し濃度約3倍、プラント容量も大きい(約3倍)。化学プラントにおいてはプラントの大きさがスケールメリットとなってあらわれ製品コストに大きな影響を与えることは常識である、したがって本ケースを具体化しもし有用物質を回収したとしても経済的に利益を見出すことは困難であると考えられるのでこれを対象外とした。

残りの方法の中には市内3カ所の浄水場付近に場所がないことを理由に不可としたケースが幾つかある。これらは、集約プラントのように配管によって遠隔地に濃縮排水を送り処理することを考えれば成立つように思い勝ちであるが、経済的にあるいは管理上好ましくない結果になるので、これを除いた。

(2) 各種方法の経済性比較

4.4章において推奨する案と、代案について述べ、これを一覧表にして、Table 1として示している。この章の論旨は、既存ROプラントが設置されている浄水場において濃縮排水を処理することを前提としている。これは現地における地下埋設管敷設工事の困難さを予想しているからにほかならない。これに対し集中処理案は、地下埋設配管を前提としている。従ってこの両者を比較することは必ずしも適當なことではないが、判断材料を提供するためにあえて比較を行う。

	3 浄水場個別処理プラント建設						集約処理案		
	推 奨 案			代 案					
	建設費 百万ドル	運転費 百万ドル	用地面積 m ²	建設費 百万ドル	運転費 百万ドル	用地面積 m ²	建設費 百万ドル	運転費 百万ドル	用地面積 m ²
マンホーハ	(ケース 3-3) 17	3.9 5	4,000	(ケース 3-2) 10	3.7 0	188,000			
シエメイシ	(ケース 3-3) 11	1.2 6	1,200	(ケース 1) 8	0.0 1	420,000			
マレズ※	(ケース 3-3) 9	0.8 4	2,000	(ケース 1) 7	0.0 1	280,000			
計	3 7	6.0 5	7,200	2 5	3.7 2	888,000	2 6	4.8 9	6,000
配 管 費	上に含 む			上に含 む			約20Km 9		
合 計	3 7	6.0 5	7,200	2 5	3.7 2	888,000	3 5	4.8 9	6,000

※ マレズの推奨案は下水放流案であったが、比較を容易にするためここではプラント建設ならびに天日蒸発池の案を取る。

前表は、個別処理プラント建設より集約処理が有利であることを示す。先にも述べたように、現地調査団の第一次案は土地取得の困難な点に注目して、既存浄水場の範囲内において問題を解決しようとした。これに対し集約処理プラントは全く別の発想から生れたものであるが、国有地がまとまって入手でき、集約プラントまでの濃縮排水配管システムの建設に重大な問題の生じないことが前提となる。

もし集約プラントのために新たに土地を購入する場合は土地価格を前記建設費に加える必要がある。新たに土地を購入するとしても得られた回収水が、処理プラント付近の特別の利用目的に有効に利用されるならば、有効な支出となるであろう。

個別処理プラントの場合は管理部分を既存浄水場に負うことにしているが、新設工場の運転を行う場合にその新設部分のみをこれを建設した建設会社に委託し運転することが慣習化している当国では、建設者の異なる既設利用はむしろ実際的ではなく、集約プラントのように従来の施設とのかゝりわりの少い方が現実的解決と言えるかもしれない。

いずれにしてもサウディ政府は、集約プラントを選んだ。打ち合わせの過程に示されたサウディ農水省担当者の発言によると、サウディ農水省としては、回収水を飲料水に使うことを避け、灌漑の実験用として、試験農場に供給することを考えているとのことであった。

また砂漠へ放流したり下水施設へ流すことは、環境破壊につながることで、これを避けるために集約プラント案を選んだという。

- ※4-1 大矢晴彦 横浜国立大学工学部化学工学科助教授
- ※4-2 用役費、薬品費は現地調査によって情報が入手でき、最終報告書にこれを記載した。
- ※4-3 蒸発池の構造について現地調査中にサウディ農水省から次の助言があった。底に傾斜を付け、一部にのみ塩分堆積が起こるようにすれば、塩の搬出作業は容易になる。
- ※4-4 現地調査の結果この方法は地下水汚染の恐れがあり、リヤド周辺 20km 範囲では不適當である。
- ※4-5 油井からの原油汲上量を増加させるために油田周囲に水の圧入用の井戸を設け油層に注水し原油を回収する工法。
- ※4-6 現地調査では、1,000m の深井戸で、SR 1,500/m (450USドル) の情報がある。
- ※4-7 WATER & WASTES ENGINEERING JUNE 1980 P. 30

5. 集約プラント計画

5.1 集約プラント計画の説明

(1) 概 要

集約プラント計画は、濃縮排水処理方法として前章において提案した方法の中から、サウディ農水省が選んだ方法である。

サウディ農水省は、当プラントを独立工場として操業できるよう管理棟や付属施設を含み、フルターンキーベースでの見積額も含めた計画を報告書として提出するよう要請して来た。

本計画には、3 ROプラントからの濃縮排水配管は含めない。この配管についてはサウディ農水省が独自に計画および建設を実施することになっている。

本計画の概要は要約において述べたとおりである。本章では次の各項の内容について述べる。

5.2 設計方針

5.3 設計の前提条件

5.4 設計範囲

5.5 概念設計

(1) プラントの概要

(2) プロセスの説明

1) 前 処 理

2) E D

3) 蒸発缶・結晶缶

4) 付帯施設

(3) 水バランスシート

(4) プロセスフロー計画

(5) 主要機器リスト

(6) 建家計画

(7) 所要敷地面積

(8) 単線配線図

5.6 燃料、薬品消費量の積算と運転費

5.7 運転要員の積算

5.8 投資額の積算

5.9 事業工程計画表

5.10 備 考

5.11 集約プラントの経済評価

5.2 設計方針

集約プラントは次の方針を基礎に調査した。

- (1) 水は可能な限り回収する。
- (2) 回収水は灌漑，地下水涵養，工業用水，その他に再使用できる。
- (3) 固形廃棄物以外の水分の多い廃棄物を出さない。
- (4) 集約プラントには，燃料と薬品のみ供給する。
電力，水および蒸気は集約プラントで自製する。
- (5) 必要な付帯施設を備えた独立工場とする。
- (6) 集約プラントは，個別に建設する3プラントに要する建設費，運転費より，経済的にすぐれているものとする。
- (7) 集約プラントは運転が容易で保守が容易な単純なものとする。
- (8) 年1回の定期検査，定期整備，定期修理のためのシャットダウン1回と連続8,000時間の運転ができるようにする。
- (9) 集約プラントには予備系列を置かない。しかしプロセスラインには，連続運転と毎日のメンテナンスに必要なポンプのような予備機械装置を備える。

5.3 設計の前提条件

調査の前提条件は次のとおりである。

(1) 処理すべき濃縮排水量

マンホーハ浄水場から		6,800 m ³ /d
シエメイン	#	3,310 m ³ /d
マレズ	#	2,230 m ³ /d
合 計		12,340 m ³ /d

濃縮排水の流れは連続とし，流量に極端な変動がないものと想定する。

(2) 濃縮排水の水質分析

ナトリウム	Na	3,520 mg/ℓ
カルシウム	Ca	160 mg/ℓ

マグネシウム	Mg	470 mg/ℓ
塩素	Cl	3,120 mg/ℓ
弗素		0
重炭酸塩		0
硫酸塩	SO ₄	3,350 mg/ℓ
シリカ	SiO ₂	85 mg/ℓ
燐酸塩	PO ₄	20 mg/ℓ
TDS		12,720 mg/ℓ
pH		5-6
温度		30℃

(注記) 1) 分析値はMOAWから入手した。

2) 分析方法は, the standard methods for the Examination of
Water and Waste Water

14版, APHA - AWWA - WPCF.

APHA : American Public Health Authority

AWWA : American Water Works Association

WPCF : Water Pollution Control Federation

(3) 回収水の予定水質

1) EDからの低塩分水

TDS 1,500 mg/ℓまたは以下

2) 蒸発缶・結晶缶工程からの蒸気凝縮水

TDS 30 mg/ℓまたは以下

(4) 濃縮排水の供給と回収水の送水条件

1) 「バッテリリミット」際での濃縮排水の流入圧力

0.3 kg/cm²G

2) 「バッテリリミット」際での回収水の送水圧力

3 kg/cm²G

(注記) i 濃縮排水は3ROプラントからポンプで送られるものと想定する。

ii 回収水は「バッテリリミット」際で3 kg/cm²Gの圧力で再利用場所へ送られるものと想定する。

(5) プラント位置

集約プラントを置くとすればリヤド市に現存するマンホーハ下水処理場の近くに置くことが3浄水場からの自然流下の条件が満たされ好ましい。

(6) 敷地条件

1) 敷地は平坦で、切盛工事や地均し工事は必要としないものとする。また地上および地中に工事の障害となる物が一切ないものとする。

2) 地耐力

地耐力は $20 \text{ ton}/\text{m}^2$

3) 地震力 0

(7) 気象条件

1) 平均気温

最低 -5°C

最高 47.7°C

2) 相対湿度

冬 $100\sim6\%$

夏 $68\sim2\%$

3) 降雨量

日最大 $51.5 \text{ mm}/\text{d}$

年最小 $12.6 \text{ mm}/\text{y}$

年最大 $176.6 \text{ mm}/\text{y}$

4) 風速

最大 $32 \text{ kg}/\text{h}$

5) 蒸発量

平均 $2,890 \text{ mm}/\text{y}$

(8) 用役と薬品の条件

1) 燃料

軽質ディーゼル油

熱量 : $10,280 \text{ kcal}/\text{kg}$

比重 : $0.82\sim0.85$

輸送 : タンクローリ

単価 : $21 \text{ USドル}/1 \text{ kl}$

2) 薬 品

	形 状	純 度	供給形態	単 価
A. カ ル シ ウ ム 水 酸 塩 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	粉 末	>72% CaOとして	1 m ³ コンテナ袋	USDル/ton 82
B. 炭 酸 ソ ー ダ (Na_2CO_3)	粉 末 (重質)	>99%	同 上	312
C. 高分子凝集助剤	粉 末	100%	20 kg 紙袋	6,363
D. 亜 硫 酸 ソ ー ダ(Na_2SO_3)	顆 粒	>67%	25 kg 約袋	857
E. 硫 酸 (H_2SO_4)	液 体	>98%	タンクロー リー	318
F. 苛 性 ソ ー ダ (NaOH)	フレーク	>99%	25 kg 紙袋	380
G. 塩 酸 (HCl)	液 体	35%	タンクロー リー	100

薬品価格は一部のみMOAWの情報による。他は国際価格による仮定値である。

(9) 技術コードと標準

全般にJISを適用する。

(注) 1. 特別の装置にはメーカー標準が使われる。

2. 分析方法は次による。the Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (14th Edition), APHA-AWWA-WPCF.

5.4 設計範囲

この章では、集約プラントに関する概念設計、用役および薬品消費積算、初期投資額、直接運転費、運転要員、全プロジェクト工程を含む。

(1) 概念設計対象種目

7.7章の配置図に示される集約プラントの外周線以内の施設と工事で下記のものが調査種目に含まれる。

1) 処理プラント

処理施設、計測工事、配管工事、建家、架台・基礎を含む。

A. コールドドライムソーダ軟化装置

B. 汚過装置

C. E D装置

D. 蒸発缶・結晶缶装置

E. 薬品添加装置

F. スラッジ脱水装置

2) 付帯施設

A. 濃縮排水貯槽

B. 回収水貯槽および移送ポンプ

C. 燃料油系

D. ボイラーならびに発電機 — プロセス用

E. ディーゼル発電機 — 用役装置用

F. 建家 — 空気調和装置, 照明, 家具, その他を含む

(A) 管理, 制御棟

(B) 電力棟

(C) 倉庫

(D) 守衛詰所

(E) E D棟

(F) 外周棚および門

(G) 排水設備

(H) 道路並びに舗装

(I) 駐車場

(J) 照明設備

(K) 電話設備

(L) 消火栓設備

(M) 飲料水設備

3) 建設工事

A. 用地地ならし

B. 土木工事

C. 建築工事

D. 装置組立据付工事

E. 配管工事

F. 計装工事

G. 電気工事

H. 塗装及び断熱工事

4) 間接工事

A. プロジェクト管理

B. エンジニアリング

C. 機器, 材料の購買, 引渡し

D. 総合仮設

E. 建設工事に関連する保険

F. 建設工事監督

G. 運転準備および性能試験 — 性能試験は元請業者の監督下でMOAWの職員が行う
性能試験迄を含む

(2) 除外作業

下記種目は調査対象から除外する。

1) 3 RO プラントから集約プラントのバッテリーリミット迄の濃縮排水配管システム

2) バッテリーリミットから外部へ回収水を送水する施設

3) 固形廃棄物とスラッジの搬送および恒久投棄場

4) 運転要員用輸送施設

5) 運転要員用厨房, 食堂施設

6) 実験室

7) 運転要員用寄宿舍

8) 造園工事

9) その他集約プラント外の施設および工事

10) 用地選定と用地費

11) 運転およびMOAWの運転要員訓練

5.5 概念設計

(1) 集約プラントの概要

集約プラントは次のプロセスと施設で構成される。

1) 前処理

2) ED

3) 蒸発缶・結晶缶

4) 付帯施設

集約プラントは3 ROプラントからの濃縮排水12,340 m³/dの処理能力を持ち、灌漑、地下涵養、工業用水その他の目的用として約11,000 m³/dの回収水を生産し、廃棄処理を要する約270 ton/dの固形廃棄物を生ずる。

1) 前処理

前処理は、コールドライムソーダ軟化装置を用いる。

軟化装置は、濃縮排水からカルシウムとシリカを取り除き、イオン交換膜にスケールが付着することを防止する。

2) EDは濃縮排水から塩濃度の低い水を回収する。また軟化処理されたかん水を更に濃縮し、次に述べる蒸発缶・結晶缶で蒸発させられる水量を減少させる。

濃縮排水量の約85%がEDからの脱塩水として回収でき、その結果蒸発缶・結晶缶へ送られる水は、かん水量の1/7に減じる。

3) 蒸発缶・結晶缶

蒸発缶・結晶缶は三重効用強制循環方式を用いる。EDで濃縮されたかん水は蒸発させられ、かん水中に溶解している塩は固形廃棄物として晶出させられる。

固形廃棄物はトラックで、集約プラント外の恒久廃棄場へ送られる。

蒸発缶からの凝縮水の中約40,000 m³/dは、ボイラー用水、冷却塔の補給水、用役用あるいはプロセス用水として用いられる。

上記使用の残りの凝縮水約570 m³/dは回収水ピットへ送られる。

主な付帯設備は、ボイラー、蒸気タービン発電機、ディーゼルエンジン発電機、冷却塔および貯水槽である。

EDと蒸発缶・結晶缶の組み合わせは、問題となっている濃縮排水処理に最適な技術である。

この技術は海水から食卓塩を製造するために日本において開発され、10年以上商業的に使用されている。

この技術として次の改良がなされている。

- A. 電気伝導度が大きく、選択透過性の大きいイオン交換膜
- B. 大容量で高性能のED装置
- C. 蒸発缶におけるスケール形成防止技術
- D. 高温ブラインに耐える耐食材料

これらの改良によって、より少ないエネルギー消費で海水から食卓塩を作る効率的な生産が達成された。

そしてこの複合プロセスのプラントは好調な運転をずっと続けてきている。

(2) プロセスの説明

1) 前 処 理

前処理は2系列のコールドライムソーダ軟化装置，4系列の砂ろ過装置，2系列のスラッジ脱水用フィルタープレスならびに薬品貯槽および供給装置を含む。

コールドライムソーダ軟化法は，カルシウム塩，マグネシウム塩およびシリカを取り除くことを意図して用いる。

濃縮排水を軟化する予備的なビーカーテストが1980年の9月から10月にかけての現地調査の間に行われた。このテスト結果を次に示す。

濃 縮 排 水		テ ス ト № 1		テ ス ト № 2	
薬 品 添 加 量	mg/l	NaOH	2,000	Ca(OH) ₂	1,600
		NaCO ₃	500	Na ₂ CO ₃	2,500
pH	3.7	12.3		11.5	
Ca mg/l as Ca ⁺⁺	540	6.7		3.2	
SiO ₂ mg/l	107	28.4		10.8	
TDS mg/l	12,200	11,900		11,200	

これによってコールドライムソーダ軟化法のみにより，ED用の水質として十分な水質が得られるものとした。（試案ではコールドライム軟化法と，カチオン樹脂の組合せを考えていた。）

A.) コールドライムソーダ軟化装置

各系列280 m³/hの能力を持つコールドライムソーダ軟化装置2系列は通常平行運転する。

軟化装置の入口で，消石灰スラリー，ソーダ灰溶液および高分子凝集助剤の過剰量を濃縮排水中に注入する。

濃縮排水中のカルシウムとマグネシウムは，軟化装置の反応槽中で反応し，不溶の水酸化カルシウムおよび水酸化マグネシウムに変わり，沈殿槽へ沈殿する。

シリカは水酸化マグネシウムと共に沈する。

軟化されたかん水は，軟化装置の上部からオーバーフローしてろ過器へ入る。

沈降したスラッジはレーキで軟化装置の中央に集められ，脱水のためポンプでフィルタープレスへ送られる。

B.) 砂ろ過器

砂ろ過器は軟化されたかん水中に存在する懸濁固形物を取り除くために用いる。

各系列135 m³/hの能力を持つ砂ろ過器4系列は通常平行運転する。

1 系列の砂濾過器が逆洗中でも残りの 3 系列のフィルターで全水量を濾過することができる。

濾過されたかん水は、濾過水ピットを経て、E Dへ送られる。

フィルターは定期的に濾過かん水と空気によって、自動的に逆洗される。

逆洗排水は再処理のため軟水装置の入口へ逆洗水ピットを経て送られる。

C.) 薬品貯蔵槽と供給装置

薬品貯蔵槽と供給装置は、消石灰とソーダ灰サイロ、薬品タンクおよび薬品注入ポンプを含む。

3 基の薬品サイロは全量で 1 週間の正常運転に見合う貯蔵能力になる。

消石灰とソーダ灰は乾燥石灰フィーダーで計量され、スラリー状で、濃縮排水中にポンプで注入される。

高分子凝集助剤は水に溶解され、往復動ポンプにより所定量供給される。

薬品の供給量は水流量と水質に応じて手動でセットする。

D.) フィルタープレス

軟化装置からのスラッジはフィルタープレスで脱水される。2 系列のフィルタープレスが備えられ、スラッジ供給と取り出しのサイクルは交互に行われる。

脱水したスラッジはフィルタープレスから直接スラッジ置場へ滑り落とし仮置きする。

次いで工場外の恒久廃棄場所へトラックで搬出する。

2) E D

前処理からの濃縮排水ろ過水は、電気透析ユニットによって処理され、希釈液と濃縮かん水になる。

濃縮かん水の量は濃縮排水の 1/7 に減少させられ、希釈液の回収率は約 85% になる。

4 系列の D S - V 型電気透析ユニットが、設置され、それぞれの電気透析ユニットは 4 ブロックの電気透析スタックを含む。各電気透析スタックは、一対の電極と 400 対のイオン交換膜と 400 対の希釈液室と濃縮液室を備える。

設計前提として、 $511 \text{ m}^3/\text{h}$ の濃縮排水ろ過水が E D に供給され、約 $435 \text{ m}^3/\text{h}$ の濃縮排水ろ過水が希釈液ピットへ残りの約 $76 \text{ m}^3/\text{h}$ が濃縮液ピットへそれぞれ連続的に送られるものとする。

実際の運転としては、希釈液と濃縮液は電気透析槽へ循環供給され、すべての電気透析ユニットは平行運転する。

直流電力は定電圧法で電気透析ユニットへ印加され、予想される平均電圧は約 420 V である。上記ユニットへの電流は、濃縮排水ろ過水温度によって異ってくるが、予想平均値

は約 1,900 A/ユニットである。

正常運転の間 TDS 1,500 mg/ℓ 以下の希釈液約 435 m³/h が希釈液ピットから回収水ピットへ注ぎ出される。そして、TDS 約 75,700 mg/ℓ の濃縮かん水約 76 m³/h が、電極洗滌液として使われた後に蒸発缶・結晶缶へ送られる。

電気透析の結果軟化された濃縮排水の 85 % が希釈液として、回収され、濃縮排水中の TDS の約 90 % は濃縮液の中に蓄積される。

正常運転の間、濃縮排水戸過水は、自動流速調節制御システムによって連続的にピットへ送られる。希釈液は濃縮排水戸過水の供給流量と同じ流量で排出される。

濃縮液ピットからのオーバーフローは電極洗滌ピットへ供給され電気透析ユニットの電極室へ循環される。

希釈液室と陰極室へのスケール生成を防ぐために、少量の酸を濃縮排水戸過水に添加する。

電極洗滌ピットからのオーバーフローは、過剰な酸を苛性ソーダで中和し、陽極室へ発生する遊離塩素を硫酸ソーダで還元した後に蒸発缶へ送られる。

直流電圧は望みの範囲に自動的に調節され、電気透析ユニットへの電流は、電圧に応じて望みの範囲に調節される。安定運転をしている間は、電圧や電流を再調節する必要はない。

プロセス中の液の流速や圧力が設計範囲を越えて偏った時は、手動によって流れの状態を調整する為に、これを何らかの警報が示す。このような偏りはポンプや他の機器の大きなトラブルによって起されるが、若しこのような流れの状態に極端な偏りが生じる時には、インターロック回路がこの現象を検出し、全装置が直ちに停止する。

したがって、通常の運転時には装置をしばしば点検する必要はない。

濃縮排水の前処理が予期した状況で行われれば電気透析ユニットをしばしば点検する必要はない。しかし、長期間の運転の間にはごく少量の懸濁物質が電気透析ユニット中に沈着する。二三の酸化あるいは還元剤と洗浄剤を用いた化学洗浄を年 1 回か 2 回行う。

機器の保全は予め定められた保全工程計画表に従って実施する。

3) 蒸発缶・結晶缶

この蒸発缶・結晶缶において、ED からの濃縮かん水の水分を蒸発させ、濃縮かん水に溶解している各種の塩分を結晶化させ、固形廃棄物として捨てる。

このプロセスは結晶缶付きの三重効用蒸発缶と塩の脱水のための遠心分離機を備える。蒸発缶と結晶缶は加熱管表面へのスケール生成を避けるために強制循環式である。

発電機からの排出蒸気は、第 1 蒸発缶加熱器と、結晶缶加熱器の熱源として利用される。

E Dからの濃縮かん水は、カウンターフロー供給方式によって結晶缶付蒸発缶へ送る。最初に濃縮かん水は、予熱器を通して加熱され第3蒸発室へ送られる。予熱器は第2、第3加熱器の蒸気凝縮水によって加熱される。次にこのかん水は、第2蒸発室、第1蒸発室ならびに結晶缶を通る。蒸発の結果、溶解している多くの塩が結晶缶と第一蒸発室の中に塩の混合物として晶出する。これら塩の混合物のスラリーは遠心分離機の供給タンクへ送られる。このタンク内においてスラリーは濃縮され、連続式押出型の遠心分離機へ供給される。遠心分離機からの、脱水された塩の混合物は固形廃棄物として捨てられる。遠心分離機からの水は再び結晶缶へ戻される。

又、濃縮かん水の母液（アク）の一部はスケール生成を防止するために結晶缶から捨てられる。この母液は塩化マグネシウムを多く含み高温である。従って捨てられた塩化マグネシウムは冷却によって結晶水を伴った結晶になる。

他方、第1加熱器と結晶缶加熱器からの凝縮水はボイラーへ戻される。そして、第2、第3加熱器からの凝縮水は予熱器においてそこに供給される濃縮かん水により冷却された後、プロセス用水、ボイラーと冷却塔の補給水として使われる。第3蒸発室からの蒸気は循環冷却水と共に直接凝縮器において冷却される。蒸発室からの凝縮しない気体は、2基のスチームエジェクターからなる真空装置によって排出される。

蒸発缶と結晶缶は水と薬品による洗浄のため年数回シャットダウンする。

このシャットダウンの間E Dからの濃縮かん水は、前処理とE Dの連続運転を続けるために1,000 m³の濃縮水槽に貯溜される。

165 ton/d の脱水された塩が遠心分離機から排出され、工場外の恒久投棄場へトラックによって搬出される。

4) 付帯施設

主な付帯施設を下記に示す。

A.) ボイラーおよび蒸気タービン発電機

パッケージタイプの蒸気圧45 kg/cm²、蒸気発生量60 m³/hの能力のボイラーが備えられる。

ボイラーからの高圧蒸気を蒸気タービン発電機能力8,000 kVAへ送られる。

蒸気タービン発電機は、E D装置を含む主要なプロセスに電気を供給する。

蒸気タービンから排出される低圧の蒸気は蒸発缶・結晶缶へ加熱用として送られる。

B.) ディーゼルエンジン発電機

2台のディーゼルエンジン発電機が、プロセス制御用、照明用、用役用、工場始動および停止時の電力を供給する。

ディーゼルエンジン発電機はそれぞれ625 kVAの能力を持ち、そのうち1台を通常運転し、他の1台は予備である。

C.) 燃料系統

燃料系統は1,000 klの貯油タンクと燃料ポンプを備える。軽質重油はタンクローリーで貯油タンクへ供給され、ボイラーとディーゼルエンジンへポンプ輸送される。

D.) 冷却塔

2,000 m³/hの能力を持つ冷却塔1基を、全プロセス冷却水と用役用水供給用として備える。

蒸発缶・結晶缶からの蒸気凝縮水を冷却塔の補給水として供給する。

E.) 貯水槽

500 m³の貯水槽2基を濃縮排水と回収水貯蔵用として備える。

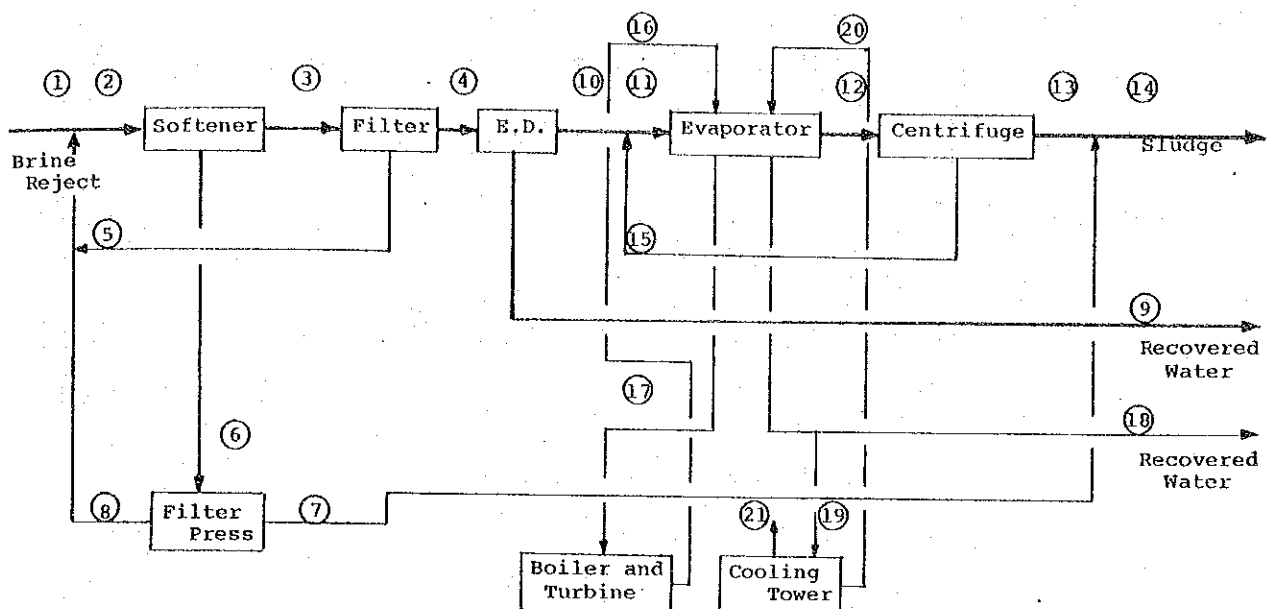
(3) 水バランスシート

集約プラントの水バランスシートの概要を次ページに示す。全量11,281 m³/dの水が濃縮排水から回収され、269 ton/d（含有水分重量を含む）の固形廃棄物が生成される。

(4) プロセスフロー計画図

プロセスフロー計画略図を添付図101に示す。

図に全処理装置機器および計装機器を示す。



No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Name of Flow	Brine	Brine	Softened Brine	Filtered Brine	Backwash waste	Slurry	Sludge	Filtrate	Recov'd Water	Conc. Brine	Conc. Brine
H ₂ O ton/d	12,340	13,288	13,007	12,267	740	281	73	208	10,427	1,840	2,017
Solids ton/d	-	-	-	-	-	31	31	-	-	-	-
TDS mg/l	12,720	-	-	12,630	-	-	-	-	1,500	75,700	-

No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Name of Flow	Slurry	Salts	Sludge	Water from Centrifuge	Steam	Condensate	Recov'd Water	Condensate	Cooling Water	Evaporation Loss
H ₂ O ton/d	203	26	99	177	790	790	854	39,360	38,400	1,200
Solids ton/d	139	139	170	-	-	-	-	-	-	-
TDS mg/l	-	-	-	-	-	< 10	< 30	< 30	-	-

Rough Water Balance Sheet for the Integrated Plant

(5) 主要機器リスト

集約プラントの主要設備機器と付帯施設の仕様を次に示す。

1. Pretreatment Section

Item	No. Req'd	Capacity	Type	Remarks
Cold Lime-Soda Softener	2	280 m ³ /h x 2	14,000φ Cylindrical Precipitator with Rake	Concrete/Carbon Steel
Sand Filter	4	135 m ³ /h x 4	4,800φ Cylindrical, Double Layer Gravity Filter Automatic Backwashing	Carbon Steel with Epoxy Coating
Filter Press	2	12 m ³ /h	Automatic	
Chemical Silo	3	250 m ³ x 3	Cylindrical, with dry Chemical Feeder and Pneumatic Loading System	Carbon Steel
Raw Water Pit	1	500 m ³	Semi-underground, with Pumps	Concrete
Filtered Water Pit	1	600 m ³	Semi-underground, with Pumps	Concrete
Backwash Waste Pit	1	300 m ³	Semi-underground, with Pumps	Concrete

2. Electrodialysis Section

Electrodialysis Unit	4	130 m ³ /h x 4	Model DS-V Membrane: Selemion CMV/AMV 1600 Pairs/Unit	
Dilution/ Concentration/ Electrode Rinse Pit	1	360 m ³	Semi-underground, with Pumps	Concrete with Epoxy Lining

Service	No. Req'd	Capacity	Type	Remarks
Rectifier with Transformer	4	1,000 kVA	460 V x 2,050 A	
 <u>3. Evaporator/Crystallizer Section</u>				
First Vapor Body	1		4,500 ϕ Cylindrical	SUS 316 Clad
Second Vapor Body	1		4,500 ϕ Cylindrical	SUS 316 Clad
Third Vapor Body	1		6,000 ϕ Cylindrical	SUS 316 Clad
Crystallizer	1		2,300 ϕ Cylindrical	Monel Clad
Pre-Heater	1		Plate Type	Titanium
Crystallizer Heater	1		Shell and Tube	Cupronickel/ Monel Clad
First Heater	1		Shell and Tube	Aluminium Brass/ SUS 316 Clad/ Carbon Steel
Second Heater	1		Shell and Tube	Aluminium Brass/ SUS 316 Clad
Third Heater	1		Shell and Tube	Aluminium Brass/ SUS 316 Clad
Vacuum System	1		Two-Stage Ejector and Direct Condenser	SUS 304/Carbon Steel

Service	No. Req'd	Capacity	Type	Remarks
Hot Well	1		4,000 Ø Cylindrical	Carbon Steel
Centrifuge Feed Tank	1		3,600 Ø Cylindrical	SUS 316L Clad
Centrifuged water Tank	1		2,500 Ø Cylindrical	SUS 316L Clad
Blow Tank	2		4,500 Ø Cylindrical	Carbon Steel SUS 316L
Centrifuge	1 + 1		Continuous Push-Type	
Concentrate Pit	1	1,000 m ³	Semi-underground, with Neutralizing Equipment and Pumps	Concrete

4. Auxiliary Facilities

Boiler	1	70 m ³ /h x 45 kg/cm ²	Packaged Water Tube-Type	
Steam Turbine Power Generator	1	8,000 kVA	Basket-Type	
Diesel Engine Power Generator	1 + 1	625 kW	3.3 kV, 60 Hz, 9,000 rpm	
Cooling Tower	1	2,000 m ³ /h	Cross Flow-Type	
Oil Storage Tank	1	1,000 kl	10,600 Ø Cone Roof-Type	Carbon Steel

Service	No. Req'd	Capacity	Type	Remarks
Steam Condensate Tank	2	140 m ³ 330 m ³	for Boiler Feed Water for Cooling Tower Makeup and Utility Water	Carbon Steel
Recovered Water Pit	1	500 m ³	Semi-underground, with Pumps	Concrete
Instrument Air System	1 + 1	150Nm ³ /h 7 kg/cm ²	Reciprocating Compressor with Air Dryer and Air Receiver	

(6) 建家計画

集約プラント用建家を次表に示す。

管理棟およびE D棟の計画図を例として、添付図102～105に示す。

- 1) 管理棟 $14m \times 25m$, $350m^2$

鉄筋コンクリート造, 空気調和設備, 用役設備付

- 2) E D 棟 $14.5m \times 33m$, $478.5m^2$

鉄骨造, 壁・屋根, 石綿セメント板葺, 局所空気調和設備, 天井走行クレーン付。

- 3) 発電所 $28m \times 19m$, $532m^2$

鉄筋コンクリート造

変圧器室 …… 空気調和設備付。

発電機室 …… ベンチレータ, 天井走行クレーン付。

- 4) 倉庫 $14m \times 10m$, $140m^2$

鉄筋コンクリート造, 空気調和設備付。

- 5) 守衛詰所 $4m \times 3m$, $12m^2$

鉄筋コンクリート造, 空気調和設備付。

(7) 所要敷地面積

集約プラントの配置計画図を添付図106に示す。

$15,200m^2$ の用地を要する。

(8) 単線結線図の概略計画図

集約プラント内の単線結線図の概略計画図を添付図109に示す。

蒸気タービン発電機は通常プロセス用電力を供給する。

ディーゼルエンジン発電機はプロセス制御用, 照明, 用役用, ならびにプラントの始動および停止用の電力を供給する。

5.6 燃料, 薬品消費量の積算と運転費

燃料および薬品の消費量は, 5.5(8)に記した設計前提を基礎とし, 年間8,000時間運転の場合につき計算した。

年間の運転費合計 $6,064,000$ USドル

1ドル=210円として $1,273,440,000$ 円 (約12億7千万円)

濃縮排水 $1m^3$ 当り 1.5 USドル (約315円/ m^3)

回収水 $1m^3$ 当り 1.6 USドル (約336円/ m^3)

燃料, 薬品の消費量と金額明細を次ページ表に示す。

Utility, Chemical and Consumable	Annual Consumption	Unit Price (US\$)	Annual Cost (US\$)
Lime	6,580 ton	82/ton	540,000
Soda Ash	11,105 ton	312/ton	3,465,000
Poly-electrolyte	8 ton	6,363/ton	51,000
Sulfuric Acid	143 ton	318/ton	45,000
Caustic Soda	117 ton	380/ton	45,000
Sodium Sulfite	80 ton	857/ton	69,000
Hydrochloric Acid	16 ton	100/ton	2,000
Light Diesel Oil	73,600 kl	21/kl	1,546,000
ED Membranes	640 Pairs	190/Pair	121,000
Other Consumables	-	-	180,000
Total Direct Operating Cost			6,064,000

5.7 運 転 要 員

合計54名の要員が集約プラントの通常の運転に必要である。

この人員には、固形廃棄物搬出用のトラックの運転手および労務者は含まない。

次ページ表にこれを示す。

注：サウディアラビア王国では暦に回教暦を使用している。運転時間や、労務コストを論じる場合にはこのことを考慮に入れる必要がある。回教暦では一年は太陽暦より約11日短い。休日は実質上、週2日、日出前から日没後まで1日5回のお祈りは特別のことがない限り日常生活に溶け込んで励行されている。労働法には週休日以外の有給休暇についても明確に定めている。法規に定められた以外の企業毎の慣行的な休日を与えられている例もあるという。

本報告書には情報不足で記載できなかったが、労務費については職種あるいは熟練度による差が相当大きい模様である。

作業者の能力による賃金の開きも大きい様である。職種によって要員確保の難易があることは当然であるが、現地調査時点ではエンジニアよりオペレーターの方が確保が困難であり、給料も

エンジニアより高い場合もあるとのことであった。当地の業務の場合単に laborer という場合は全くの使役人夫のことをいう。

1)	Manager	1 x 1 shift	1
2)	Engineers		
	Mechanical	2 x 1 shift	2
	Electrical	2 x 1 shift	2
	Chemical	1 x 1 shift	1
3)	Operators		
	Chief Operators	2 x 4 shifts	8
	Operators	7 x 4 shifts	28
4)	Laborers		
	Skilled Laborers	2 x 1 shift	2
	Common Laborers	7 x 1 shift	7
5)	Other		
	Clerical Staff	1 x 1 shift	1
	House Boy	2 x 1 shift	2
Total			54

5.8 投資額の積算

積算は 5.3 の調査の前提条件および 5.4 調査の範囲にもとずいて現在価格で行った。

見積金額は事業の大きさを明示するもので、予算化を目的としたものではない。

工事期間中の物価変動は考慮していない。

(1) Direct Costs

1) Supply of Materials and Equipment

- (A) Pretreatment Section
- (B) ED Section
- (C) Evaporator/Crystallizer Section
- (D) Auxiliary and Common Facilities

Sub-total	28,840,000 US\$
-----------	-----------------

2) Field Construction Work

- (A) Installation, piping, painting
and insulation work
- (B) Electric and instrumentation work
- (C) Civil engineering and building work
including bulk materials

Sub-total	14,990,000 US\$
-----------	-----------------

Direct Costs Total	43,830,000 US\$
--------------------	-----------------

(2) Indirect Work

1) Engineering fee

2) Other expenses including:

Temporary facilities, construction
equipment, transportation and insurance,
field office expenses, pre-commissioning
expenses and home office expenses

Sub-total	14,820,000 US\$
-----------	-----------------

Grand Total	<u>58,650,000 US\$</u>
-------------	------------------------

5.9 事業工程計画表

集約プラントの全体事業工程計画は下記 2 例について調査した。

(1) 分割契約方式

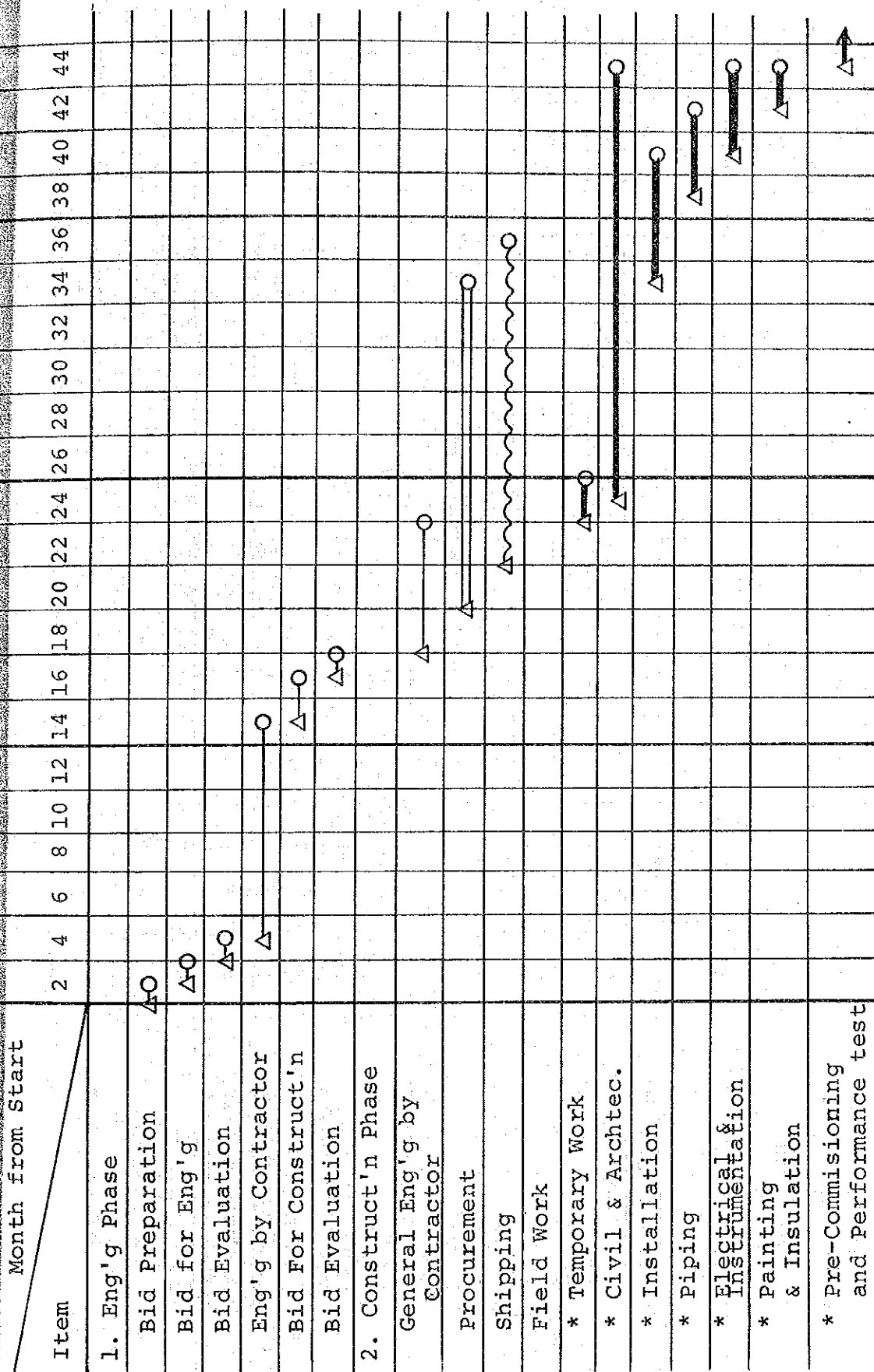
エンジニアリング契約者と建設工事契約者が別々の入札により選ばれる。

(2) 一括契約方式

エンジニアリングならびに建設工事契約者が同一の入札で選ばれる。

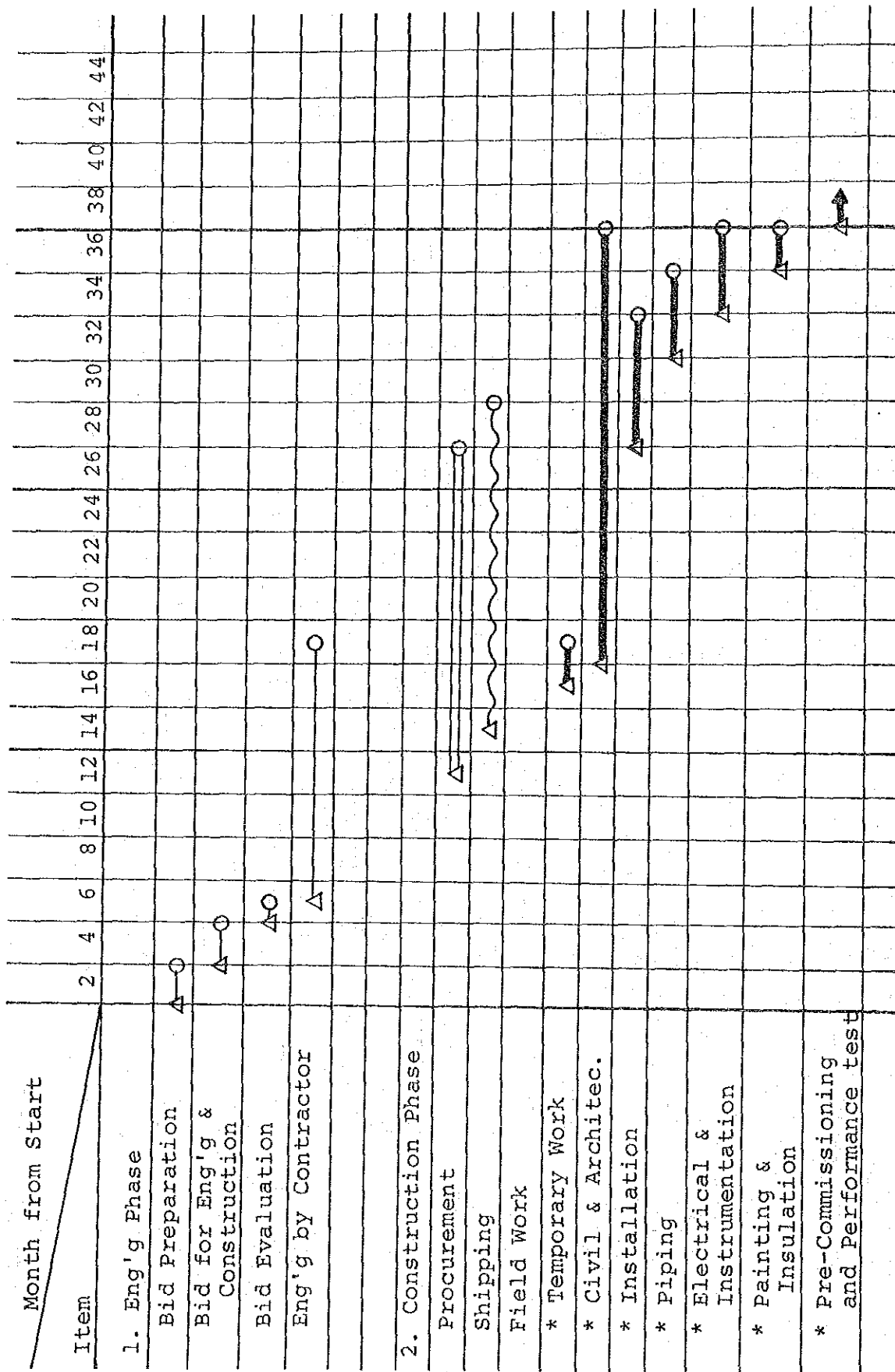
一括契約方式は分割契約方式より短い工程計画にできる。

上記二方式に対する全体事業工程計画表を表 5 - 9 - 1 と 5 - 9 - 2 に示す。



— Eng'g
 = Procurement & Fabrication
 ~ Shipping
 — Field Work

表 5 - 9 - 1 Over-all Project Schedule
 in the Case of Separate Contracting Method



— Eng'g
 == Procurement & Fabrication
 ~ Shipping
 — Field Work

表 5 - 9 - 2 Over-all Project Schedule
 in the Case of Single Contracting Method

5.10 備 考

(1) 初期投資額

この報告で調査した集約プラントは、中間報告書で論じた3浄水場に分けて3か所のプラントを建設するよりも投資額が安く、操業も容易である。

しかし、最終決定に当っては、既存3浄水場から集約プラント迄の濃縮排水配管システムの建設費と建設の困難さを考慮する必要がある。

(2) 濃縮排水の温度

この調査では、集中プラントまでの濃縮排水配管は地下に埋設し、濃縮排水の温度は輸送中に上昇しないと想定している。

濃縮排水の温度が40℃を越える可能性がある時は、E Dの前に冷却塔1基が必要である。

(3) 薬品消費量

コールドライムソーダ軟化装置に対する薬品添加量は、現地調査における予備試験の結果に基づいて計算したものである。

最適薬品添加条件を確立するためにはさらに試験することが必要である。

(4) 固形廃棄物の輸送

固形廃棄物の輸送を集約プラントから離れた場所にある恒久投棄場へトラックで行うことを考えている。

しかし、若しプラント横に投棄場を置くことができるなら、コンベヤーによる輸送方式を考えると良い。

(5) ディーゼルエンジン発電機

公共電力が容易にプラント用地に引き込めるなら、ディーゼルエンジン発電機は公共電源に置き換えることができる。

(6) プラントの最初の運転開始時のボイラー用水

正常運転時には蒸発缶からの蒸気凝縮水をボイラー用水として供給できるけれども、プラントの最初の運転開始時にはボイラー用水がない。約120 m³の純水が必要なので、最初の運転開始には、工場近くの他のボイラーからこの純水を運び込みボイラーへ仕込む。

注：リヤド市東南約25 Kmの精油所にはボイラー用水製造装置があり、ボイラーがある。たとえばこのボイラー用水を多少時間を掛け貯溜すれば、上記目的を達することが可能であらう。

5.11 集約プラントの経済評価

1. 計算条件

- (1) $[C_1]$ プラント建設費 (ただし濃縮排水配管システムを含まない) 59 百万 USドル
- (2) 耐用年数 (食塩製造設備に準ずる) 10 年
- (3) 運転条件 8,000 時間 / 365 日 $\div$ 333 日 91%
- (4) 回収水生産量 $11,281 m^3 / 24 h$ 3,750,000 m^3
- (5) $[V_1]$ 償却 元利均等定率償却によるものと仮定

$$\text{計算式 } R = C_1 \times \frac{i \{ (1+i)^n - 0.1 \}}{(1+i)^n - 1} = C_1 \times 0.1215$$

C_1 : 建設費, i : 利率 5%, n : 10

(利率 5% はイスラム法による)

- (6) $[V_2]$ 燃料, 薬品消費額 6 百万 USドル
- (7) $[V_3]$ 労務費 30,211 USドル / y 人 $\times$ 54 人 1.63 百万 USドル
(サウディ農水省データ: オペレーター SR 100,000 / y)
人夫 SR 20,400 / y
- (8) $[V_4]$ 修繕費, 労務費同額と仮定 1.63 百万 USドル
- (9) $[V_5]$ 一般管理費 $[C_3] + [C_4]$ と仮定 0.98 百万 USドル
- (10) 対ドル SR 換算率 1 USドル = SR 3.31 (SR: サウジリヤル)

2. 固形廃棄物処理費の推定

車輛借上費, 運転手備入費を仮定し計算

- (1) ローター SR 1,500 $\times$ 333 日
同上運転手 1 人 $\times$ 5 直 $\times$ SR 300 / d $\times$ 333 日
- (2) トラック SR 450 $\times$ 2 台 $\times$ 333 日
同上運転手 4 人 $\times$ 4 直 $\times$ SR 250 / d $\times$ 333 日
- (3) 廃棄場整地ブルドーザー SR 450 $\times$ 333 日
同上運転手 1 人 $\times$ 5 直 $\times$ SR 300 / d $\times$ 333 日
- (4) 燃料費 $120 \ell / d \times 2 \text{ 台} \times 333 \text{ 日} \times \text{SR } 0.1 / \ell$

3. 計算値

- (1) 回収水費試算 $3,750,000 m^3 / 365 \text{ 日} = y$
- $[V_1]$ 償却費 7,171,000
- $[V_2]$ 燃料, 薬品費 6,000,000 USドル

〔V ₃ 〕 労 務 費	1,630,000
〔V ₄ 〕 修 繕 費	1,630,000 USドル
〔V ₅ 〕 一般管理費	979,000
合 計	17,410,000

〔ΣV〕 回収水 1 m³ 当たり 4.6 USドル (SR15.2)

(2) 廃棄物処理費 (推定)

ローダー, ダンプトラック, ブルドーザー 借上	3.28
同上運転手傭	
同上燃料費	0.02
回収水 1 m ³ 当り	0.9 USドル

4. 評 価

現地の水のない場所で水を得ようとする場合は, タンクローリーによって輸送される水を購入することになる。現地調査によって得た情報は, 20 m³ のタンクローリーで, SR40 ~ 50 / m³ あるいは 10 m³ のタンクローリーで SR35 / m³ であり, これを家庭などでは週1回くらいの間隔で受入れている。いずれも上水用で, 水質の悪い水ではこの 1/2 のものもあるといわれる。上記計算による水コストは, これらの水に対抗できる値と思われる。

6. 総合評価と勧告

濃縮排水の処理処分の方法として考えられる各種の方法を検討評価した結果、わが国で10年余の運転実績のあるEDと蒸発缶・結晶缶により濃縮処理を行い、灌漑、地下水涵養、工業用水その他に再利用可能な回収水と、固形状の廃棄物を1か所のプラントで得る集約プラント案が選ばれることになった。この案は、3ROプラントから集約プラントまでの濃縮排水配管システム建設の難易が建設の可否を決める決め手になる。外国企業が、この工事を行うことを考える場合、現地の地盤の状況、地中障害物出現の可能性、土地の所有状況などから、3ROプラントのある浄水場内に処理プラントを建設するとした場合より、建設の難度がはるかに高いと思われる。しかし、さいわいな事にサウディ農水省は、その工事をわれわれが考えるより容易で、集約プラント本体の建設所要期間としてわれわれが提案した期間より遙かに短い期間内に現地業者の力で実現できるとして、最終的に集約プラント案を取り上げた。

5.11において試算した回収水のコストから判断すると、集約プラントは経済的に可能であると見られる。したがって、同案は、技術的には勿論、経済的にも実現性があると言えるので、サウディ農水省の決定は当を得たものであると見なすことができる。

この最終報告書に織込まれた集約プラント計画の内容を用いれば入札書類の作成も可能であり、用地の手当を行うこともできる。

サウディ農水省では、上記配管システムの計画を行う地元のコンサルタントと工事請負業者を選定したと言われる。

報告書の内容に対して、サウディ政府はすべて同意し、予算化をはじめとする次の手順に入りたい旨の発言をしている。このようなことから、本件は既に可能性調査の域を越え、実施計画段階に入ったと言える。

最終報告書作成までの経過を見ると、本調査はサウディ政府の積極的な協力があり、順調に終わったと言いうことができよう。

最終報告書提出を以て、わが国がサウディ政府の要請に答えて行う技術協力は終るが、サウディ政府は本件の今後の経過をわが国へ知らせることとしているので、フォローすることが好ましい。

また、最終報告書の内容を展開し、具体化させるために、たとえば入札書類の作成について、技術的に協力を得る目的でサウディ政府がわが国の民間コンサルタントの紹介を要請して来る場合には、これに答えることが好ましい。

添 付 図

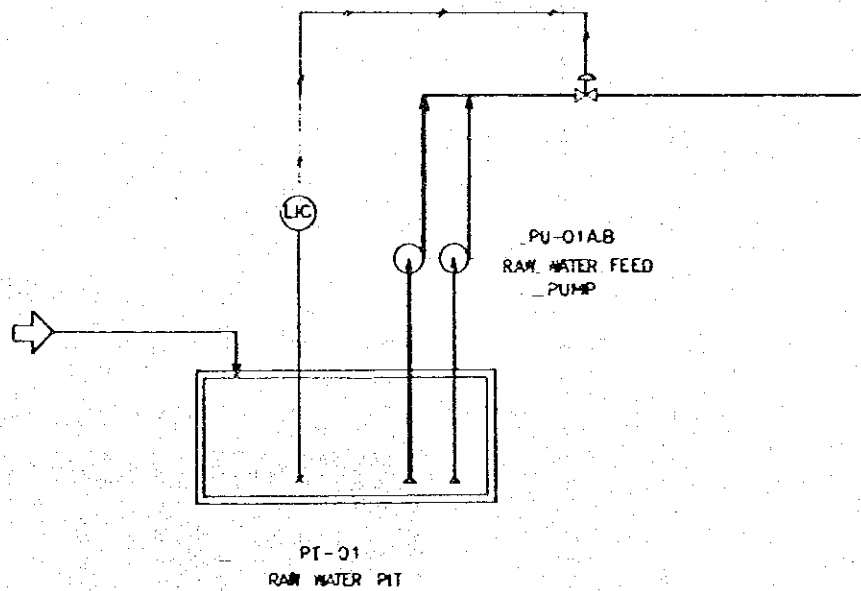
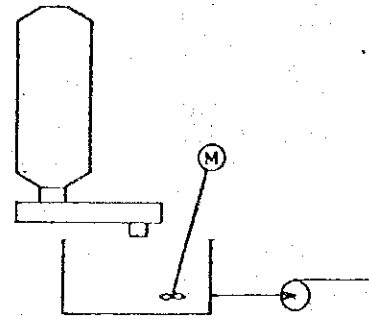
フ ロ ー 計 画 図 S A J / R O - 1 0 1 .

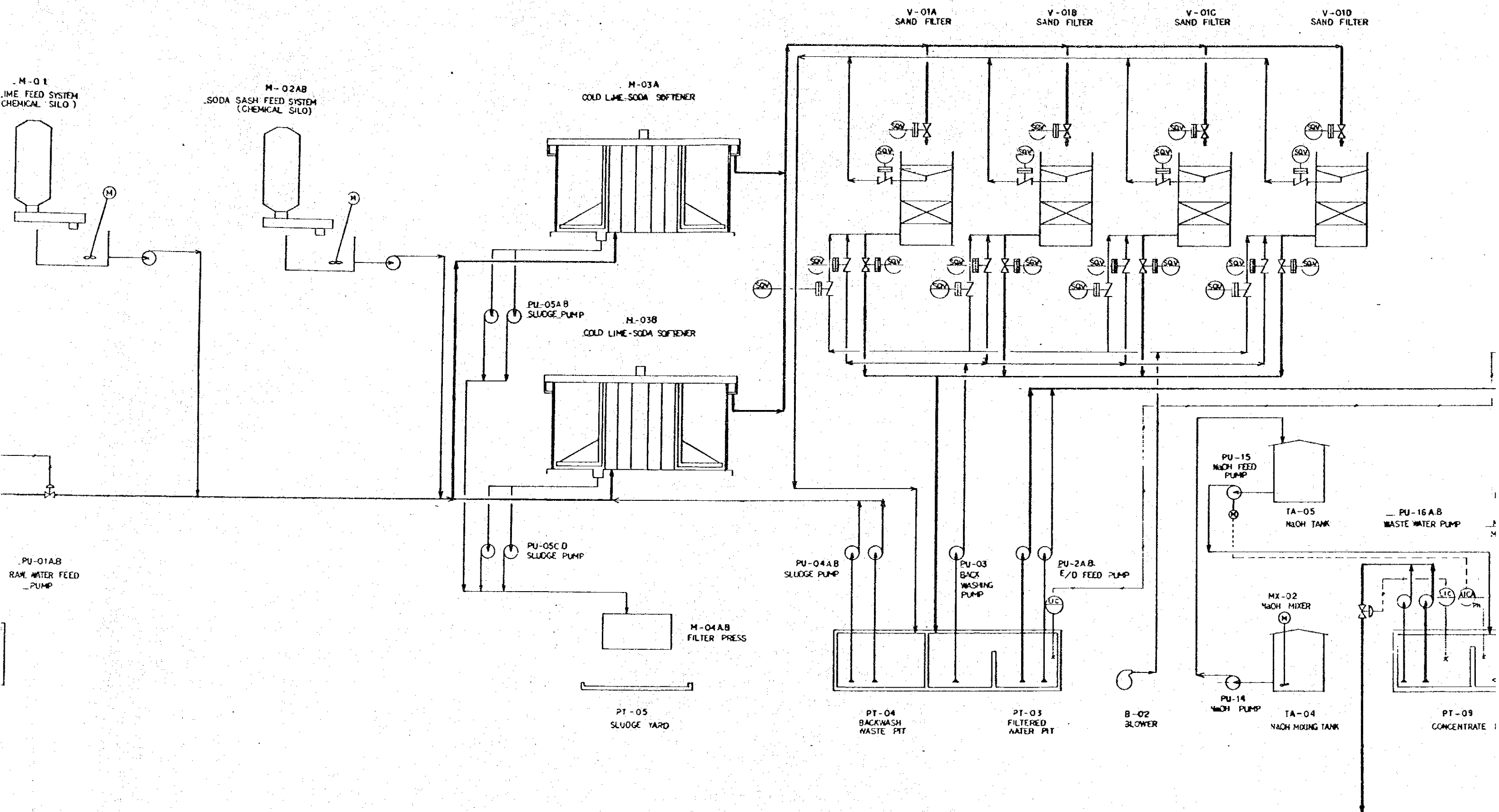
建 家 計 画 図 S A J / R O - 1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 , 1 0 5 .

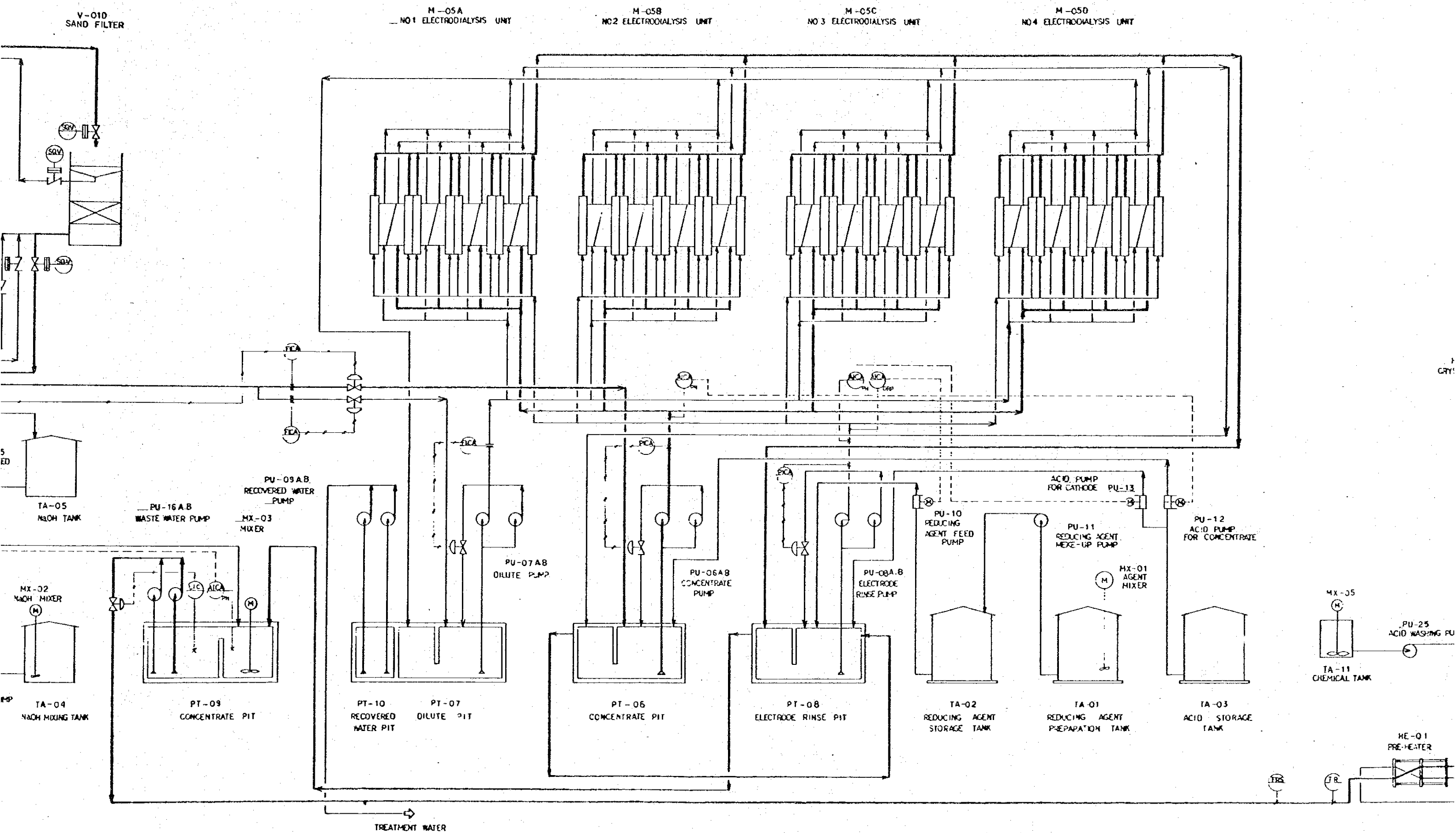
敷 地 内 配 置 図 S A J / R O - 1 0 6 .

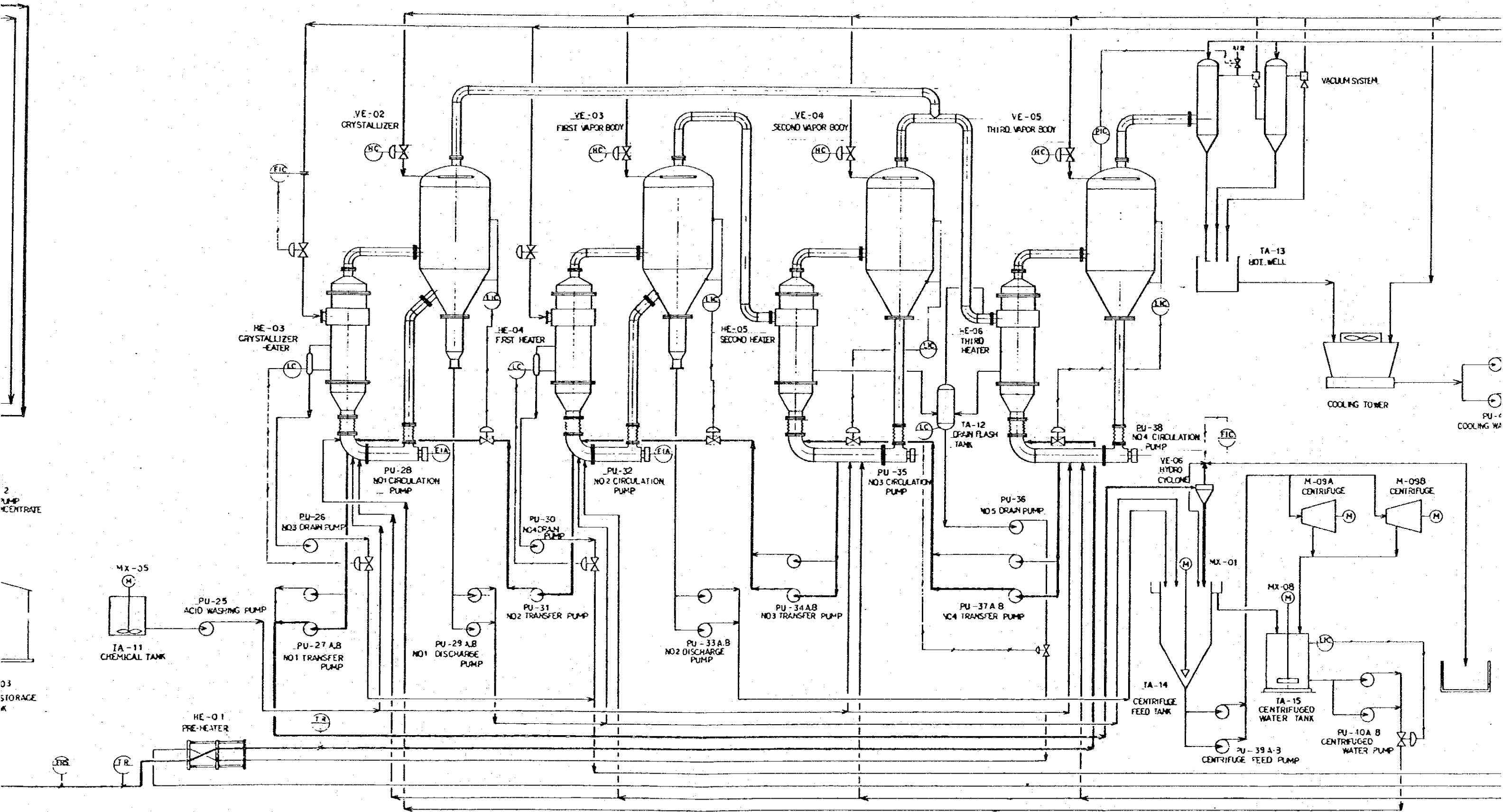
単 線 結 線 図 S A J / R O - 1 0 7 .

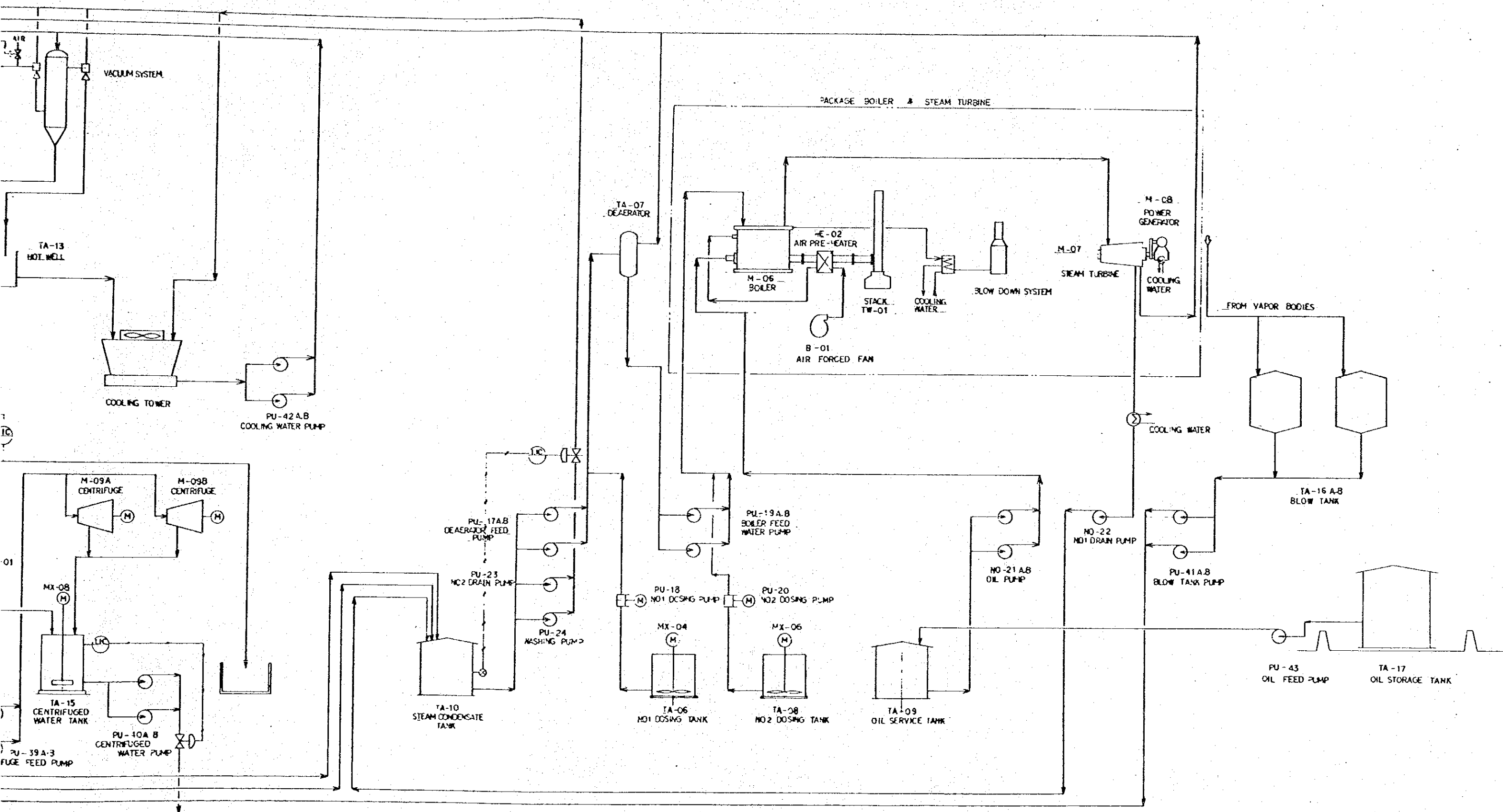
- M-01
- LIME FEED SYSTEM
(CHEMICAL SILO)

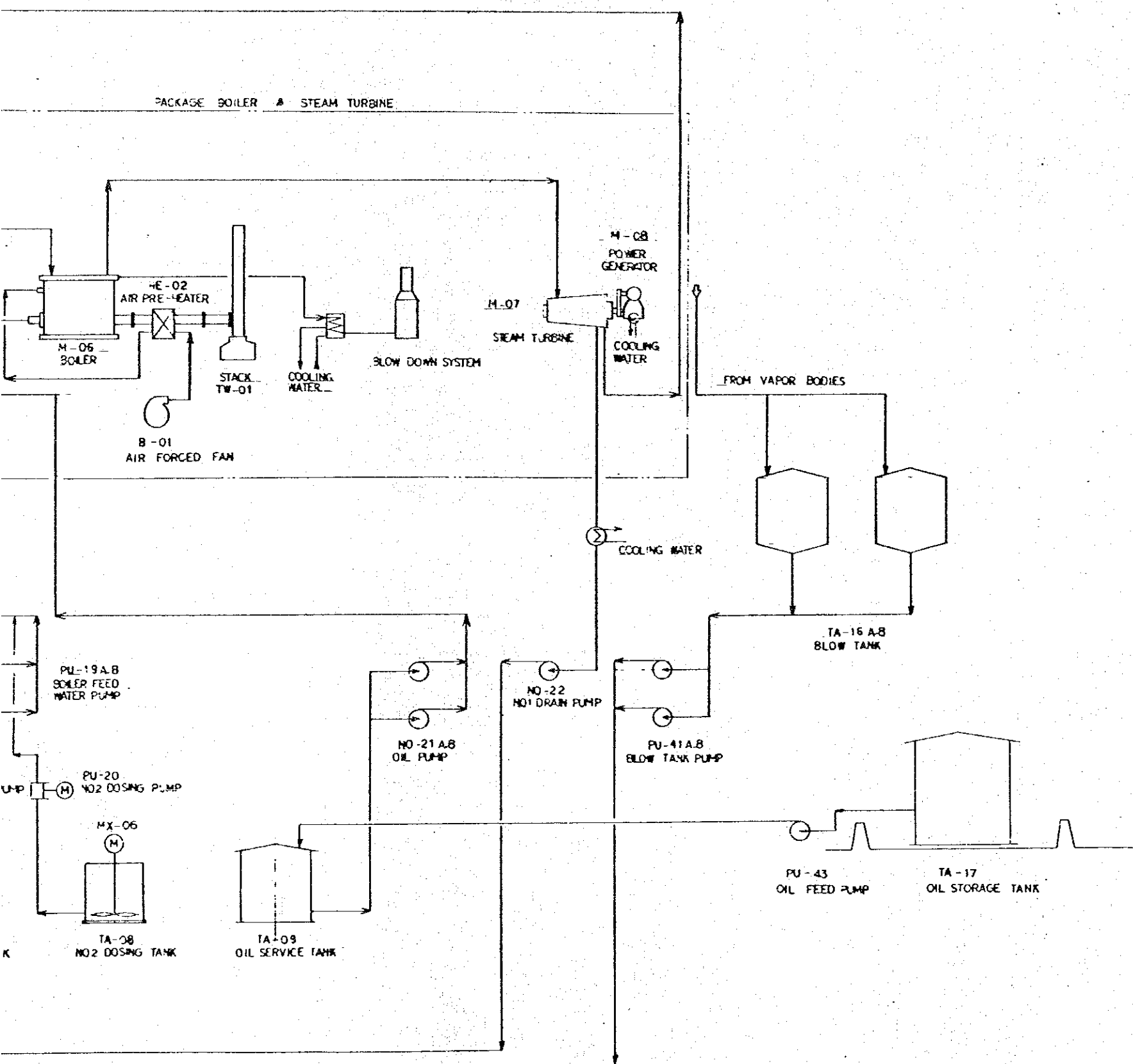




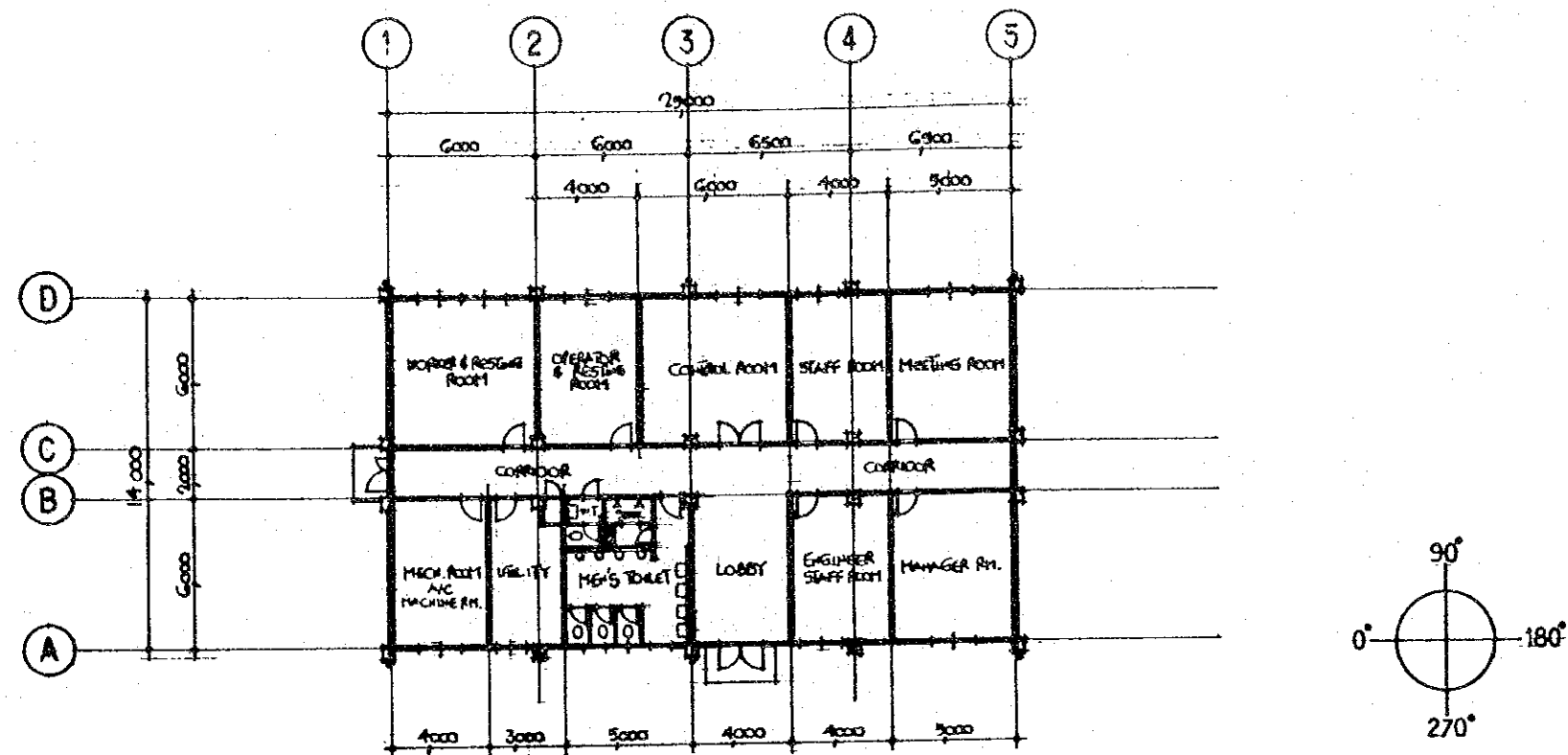








PART NO.	PART NAME	MAT'L	WOPK	SPARE	REMARK
	FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA				
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: PROCESS FLOW SHEME					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO.: SAJ/RO-101					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



FLOOR PLAN

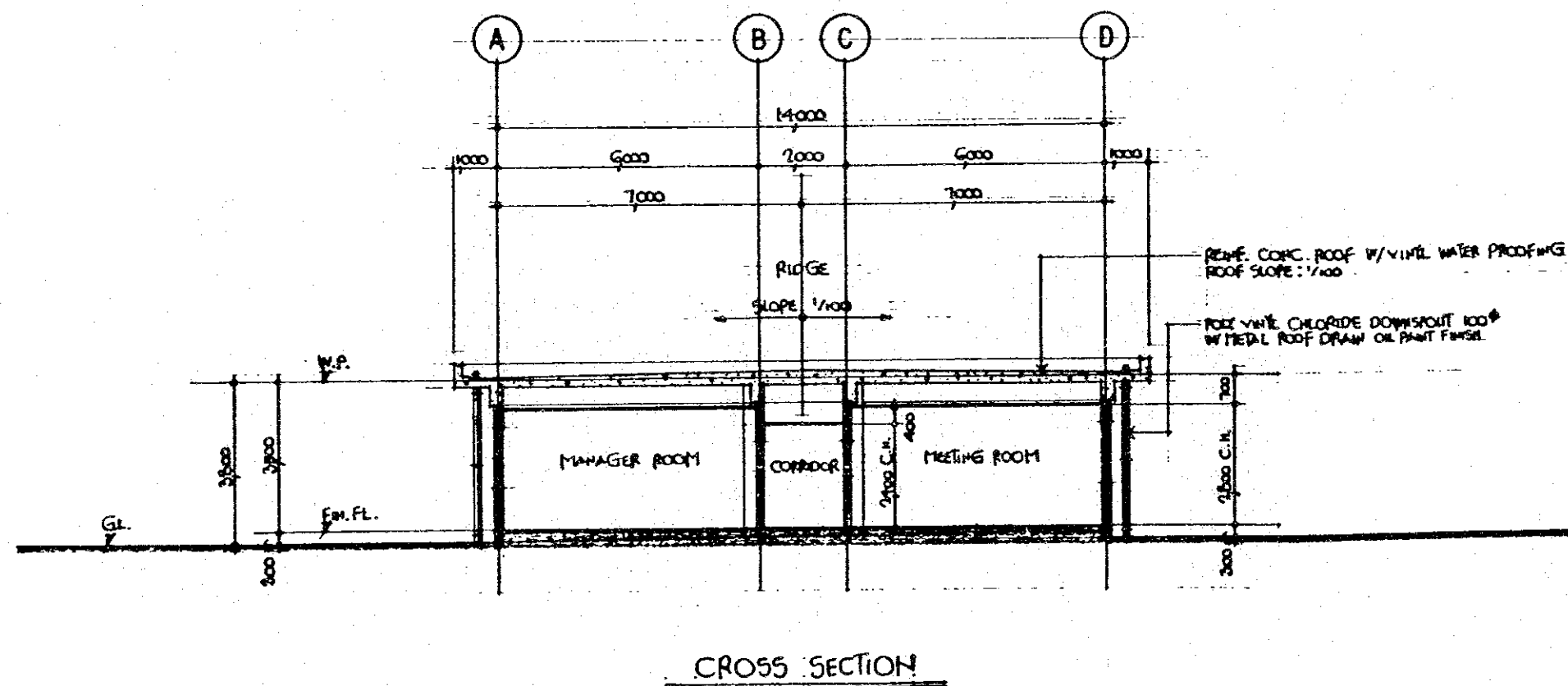
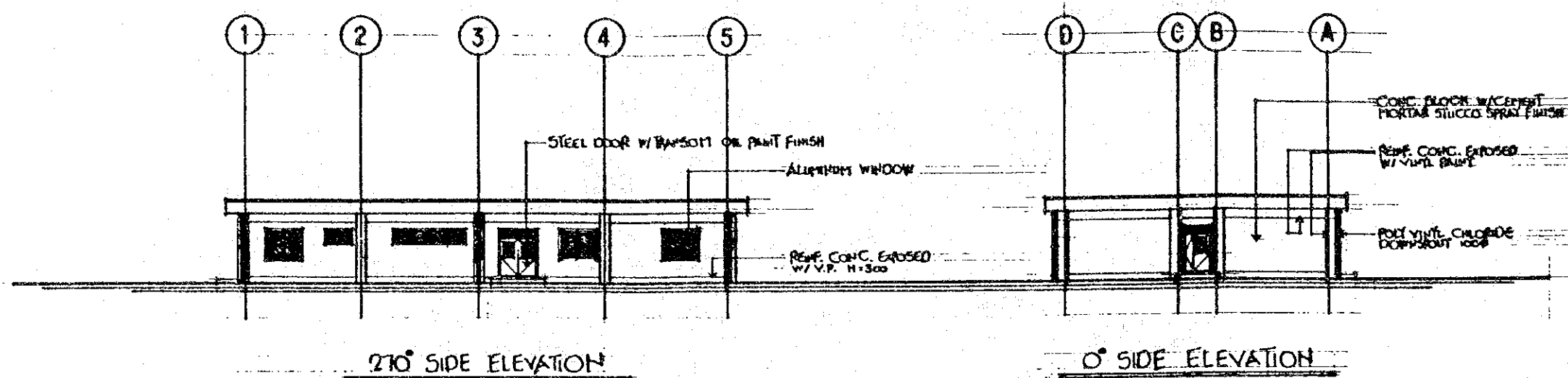
FLOOR AREA: 350 m²

INTERIOR FINISH SCHEDULE

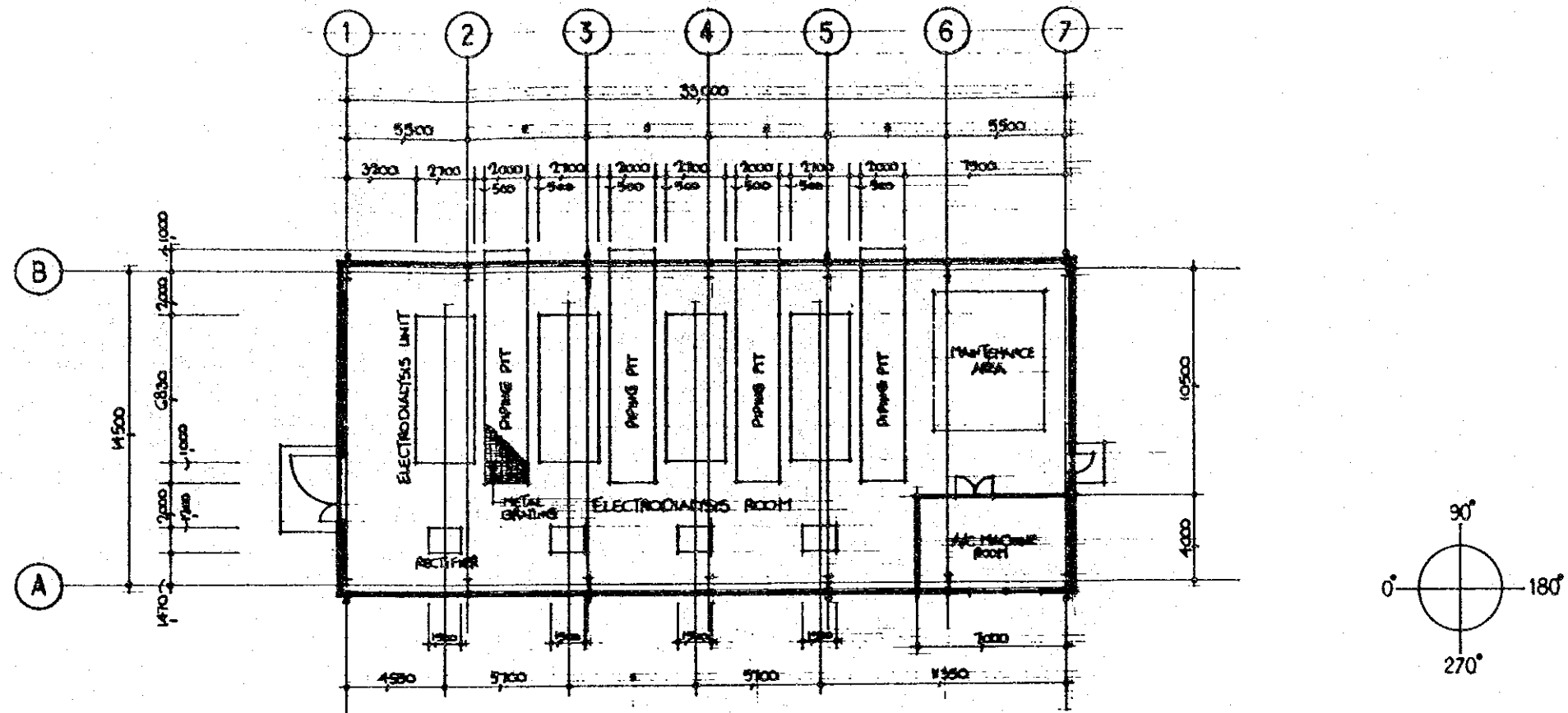
EXTERIOR FINISH SCHEDULE

ROOM NAME	FLOOR	BASE H=100	WAINSCOT	WALL	CEILING	REMARKS	SURFACE	MATERIAL AND FINISH	REMARKS
LOBBY AND CORRIDOR	VINYL ASBESTOS TILE	VINYL ASBESTOS TILE BASE		CEMENT PLASTER W/VINYL PAINT	ACOUSTICAL FIBER BOARD H=2,400		STRUCTURAL FRAME	REINFORCED CONCRETE	
ENGINEER STAFF ROOM	"	"		"	ACOUSTICAL FIBER BOARD H=2,800	A/C	FOUNDATION	"	
MANAGER ROOM	"	"		"	"	"	ROOF	REINFORCED CONCRETE W/VINYL WATER PROOFING SLOPE: 1/100	
MEETING ROOM	"	"		"	"	"	COLUMN AND GIRDER	REINFORCED CONCRETE EXPOSED W/VINYL PAINT	
STAFF ROOM	"	"		"	"	"	WALL	CONCRETE BLOCK W/CEMENT MORTAR STUCCO SPRAY FINISH	
CONTROL ROOM	"	"		"	"	"	BASE	REINFORCED CONCRETE EXPOSED W/VINYL PAINT H=300	
OPERATOR AND RESTING ROOM	"	"		"	"	"	STOOP	REINFORCED CONCRETE STEEL TROWEL FINISH	
WORKING AND RESTING ROOM	"	"		"	"	"	DOOR AND FRAME	STEEL W/OIL PAINT	
UTILITY ROOM	PORCELAIN UNGLAZED MOSAIC TILE			SEMI-PORCELAIN GLAZED TILE	ASBESTOS CEMENT BOARD W/VINYL PAINT H=2,600		WINDOW AND FRAME	ALUMINUM	
MEN'S WOMEN'S TOILET AND SHOWER & JANITORS CLOSET	"			"	"		DOWNSPOUT	POLY VINYL CHLORIDE 100 ^Ø W/METAL ROOF ORAIN OIL PAINT FINISH	
MECHANICAL ROOM (A/C MACHINE RM)	CONCRETE STEEL TROWEL			CEMENT PLASTER W/VINYL PAINT	EXPOSED CEILING W/VINYL PAINT		LEGEND : REINFORCED CONCRETE : CONCRETE BLOCK, EXT 200 & INT 150, 100		

PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK QUANTY/SET	SPARE	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA					
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: CONTROL BUILDING PLAN & FINISH SCHEDULE					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO.: SAJ/RO-102					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK QUANT/SET	SPARE	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA					
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: CONTROL BUILDING ELEVATIONS & SECTION					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO.: SAJ/RO-103					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



FLOOR PLAN

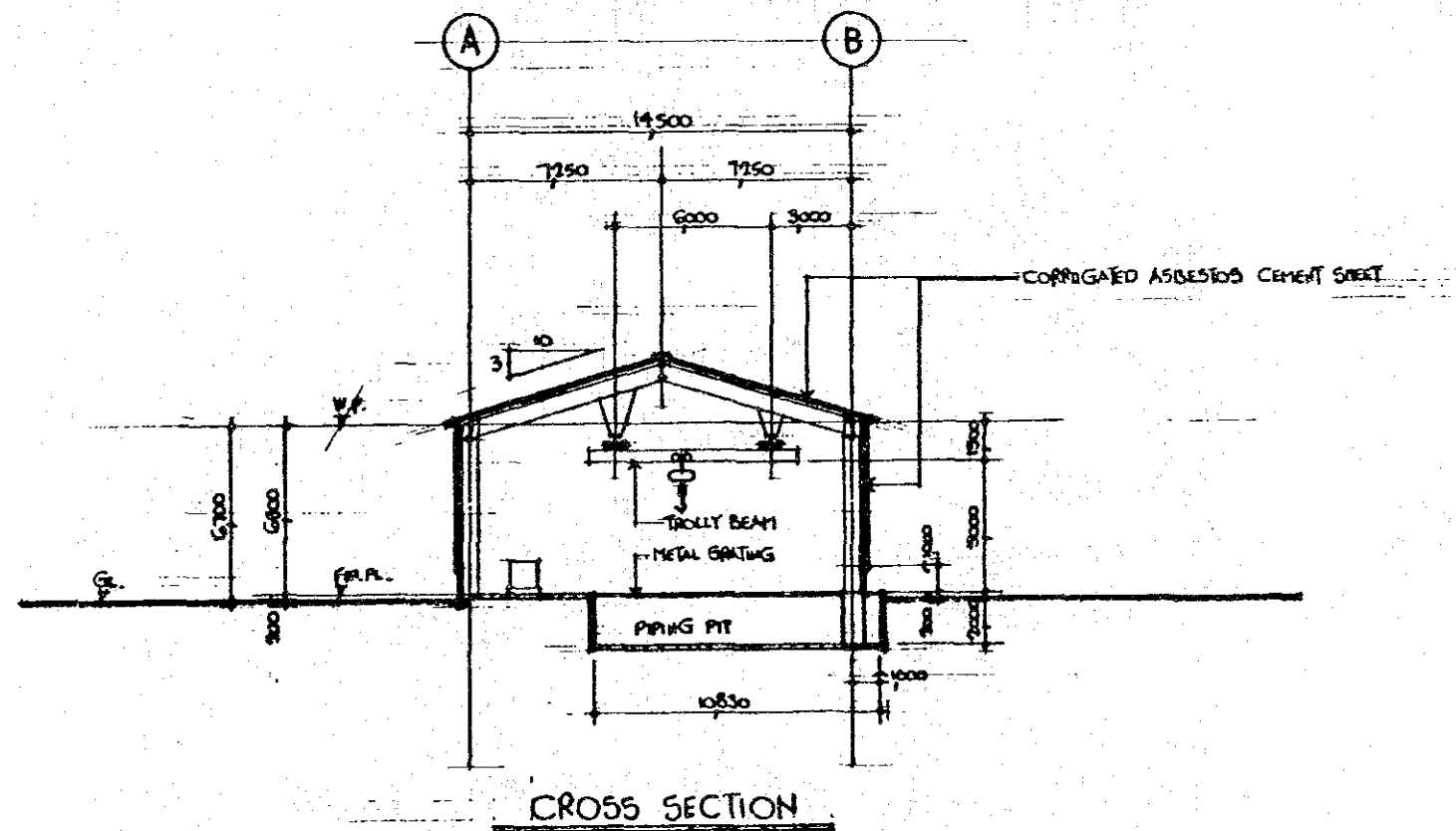
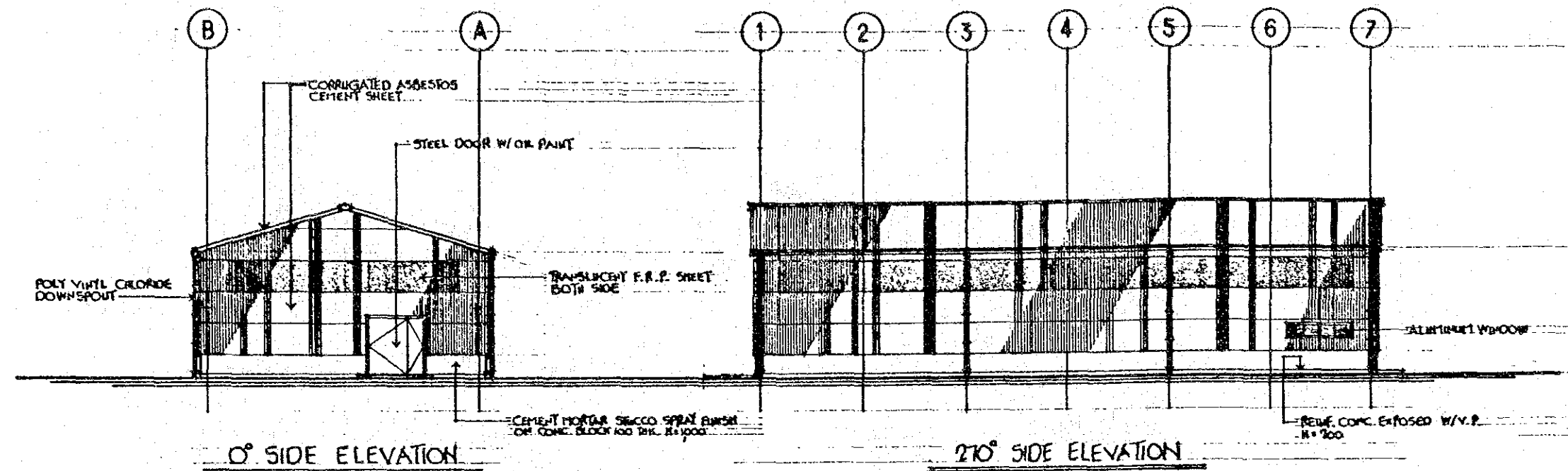
FLOOR AREA: 478.5 m²

INTERIOR FINISH SCHEDULE

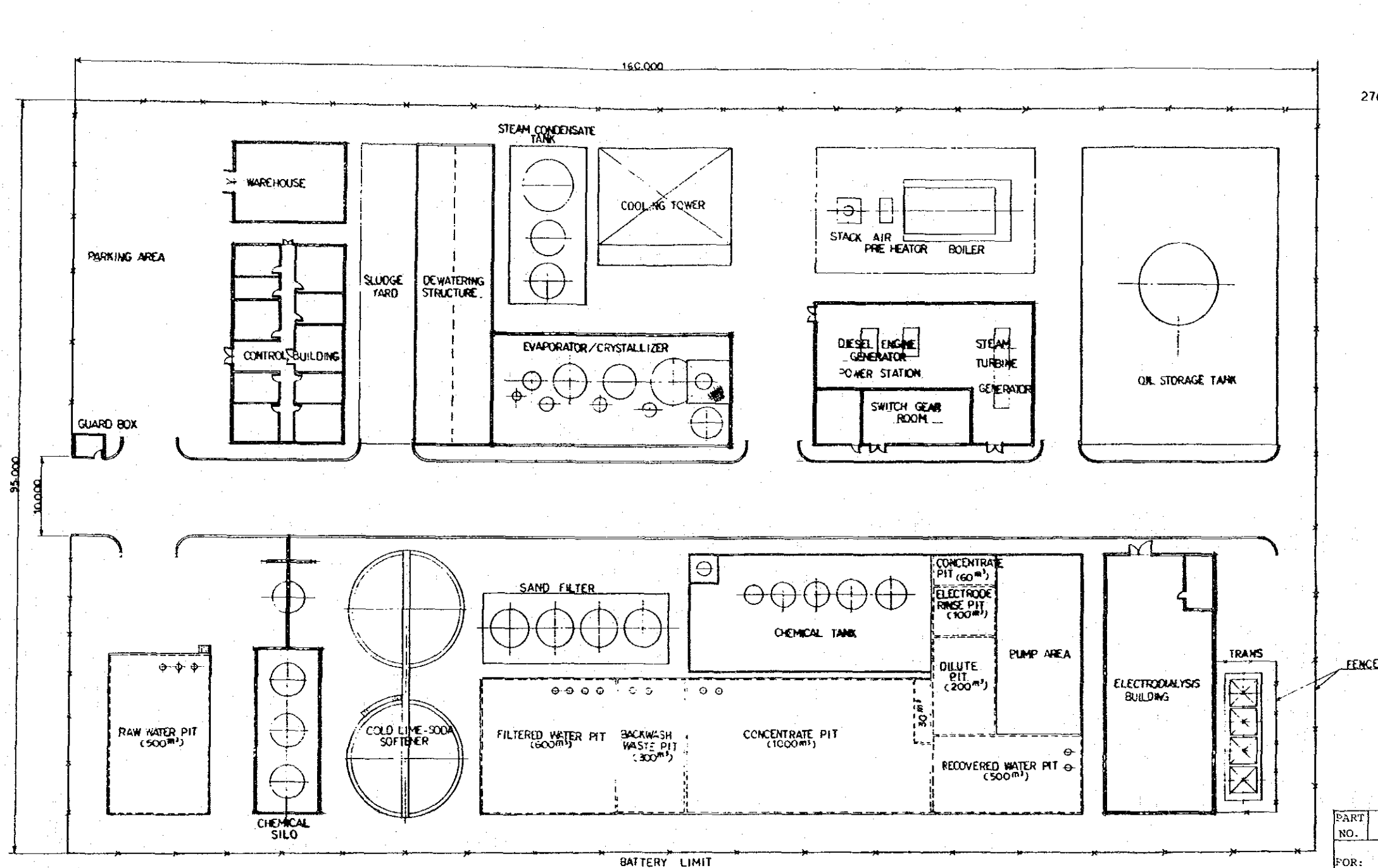
EXTERIOR FINISH SCHEDULE

ROOM NAME	FLOOR	BASE H=100	WAINSCOT	WALL	CEILING	REMARKS	SURFACE	MATERIAL AND FINISH	REMARKS
ELECTRODIALYSIS ROOM	CONCRETE SHEEL TROWEL		CEMENT MORTAR STEEL TROWEL H=1,000	CORRUGATED ASB. CEMENT SHEET EXPOSED	EXPOSED ROOF	A/C	STRUCTURAL FRAME	STEEL W/OIL PAINT	
MAINTENANCE ROOM	"		"	"	"	"	FOUNDATION	REINFORCED CONCRETE	
A/C MACHINE ROOM	"		"	"	STEEL DECK PLATE EXPOSED W/O.P.		ROOF	CORRUGATED ASBESTOS CEMENT SHEET SLOPE: 3/10	
PIPING PIT	CEMENT MORTAR STEEL TROWEL FL=2,000			CEMENT MORTAR STEEL TROWEL	GRATING EXPOSED		WALL	CORRUGATED ASBESTOS CEMENT SHEET W/TRANSLUCENT F.R.P. SHEET	
LEGEND CONCRETE BLOCK 150^{THK} & 100^{THK} REINFORCED CONCRETE							WAINSCOT	CONCRETE BLOCK W/CEMENT MORTAR STUCCO SPRAY FINISH	
							BASE	REINFORCED CONCRETE EXPOSED W/VINYL PAINT H=200	
							STOOP	REINFORCED CONCRETE STEEL TROWEL FINISH	
							DOOR AND FRAME	STEEL W/OIL PAINT	
							WINDOW AND FRAME	ALUMINUM	
							DOWNSPOUT	POLY VINYL CHLORIDE 100 ^Ø W/GUTTER	

PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK QUANT/SET	SPARE	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA					
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: ELECTRODIALYSIS BUILDING PLAN & FINISH SCHEDULE					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO. : SAJ/RO-104					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



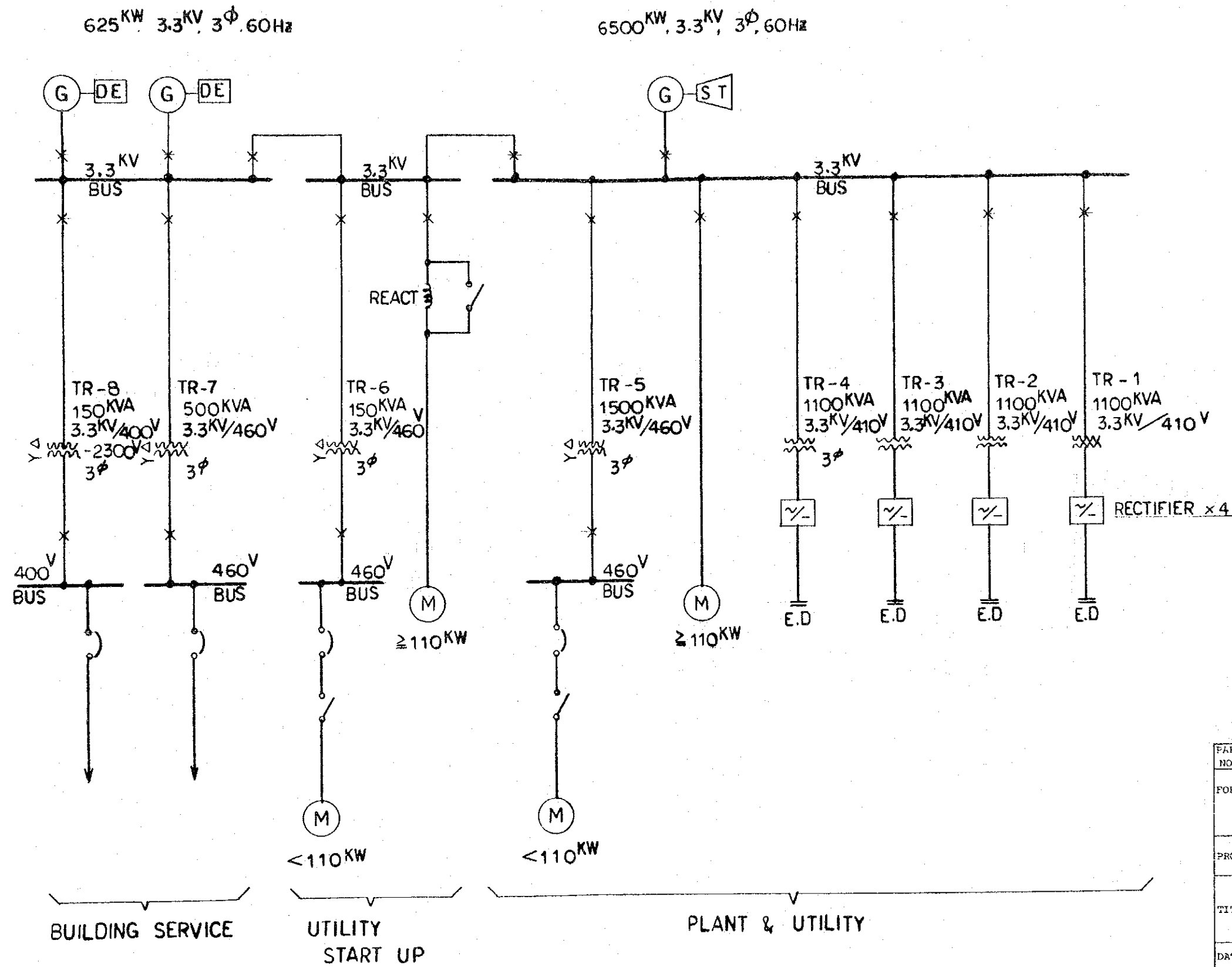
PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK QUANT/SET	SPARE	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA					
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: ELECTRODIALYSIS BUILDING ELEVATIONS & SECTION					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO.: SAJ/RO-105					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



PLOT PLAN FOR R.C. BRINE REJECT TREATMENT PLANT

PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK QUANT/SET	SPARE	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA					
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT					
TITLE: PLOT PLAN					
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE: NONE		
DRAWING NO.: SAJ/RO-106					
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					

SINGLE LINE DIAGRAM (R.O BRINE REJECT TREATMENT)



PART NO.	PART NAME	MAT'L	WORK SPARE QUANT/SET	REMARK
FOR: THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA				
PROJECT: RO BRINE REJECT TREATMENT				
TITLE: SINGLE LINE DIAGRAM				
DATE: JANUARY 15, 1981			SCALE:	
DRAWING NO.: SAJ/RO-107				
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				

