

アルジェリア民主人民共和国(オラン市域)  
海水淡水化計画調査報告書

昭和59年9月

国際協力事業団







アルジェリア民主人民共和国(オラン市域)

海水淡水化計画調査報告書

JICA LIBRARY



1029356E1J

昭和 59 年 9 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 3 27	401
登録No. 12536	65.8
	MPI

マイクロ  
フィルム作成

## は し が き

日本国政府はアルジェリア民主人民共和国政府の要請に基づき同国オラン市域に於ける海水淡水化プラント建設計画に関するフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は村山義夫氏（財団法人造水促進センター）を団長とする調査団を編成し1984年2月8日より25日間にわたり現地調査を行った。調査団はアルジェリア政府、オラン県水利局他関係機関の協力を得てプロジェクト関連地域の現地踏査、関係資料の収集等の現地調査を実施し、そののち同調査によって得られた結果及び資料に基づき、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取りまとめたものである。

本報告書がアルジェリア経済の発展に貢献し、さらに日本・アルジェリア間の友好関係の発展に資することができれば幸いである。

終わりに本調査の任に当たられた団員各位の労を多とするとともに調査に際し多大の協力をいただいたアルジェリア政府、オラン県水利局、在アルジェリア日本国大使館、外務省及び通産省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表するものである。

1984年9月

国際協力事業団

総裁 有田 圭輔









# 目 次

	ページ
要 約	1
表 一 覧	(4)
図 一 覧	(7)
略号一覧	(10)
第1章 緒論	1
1.1 調査の経緯	3
1.2 調査の目的	3
1.3 調査の内容	4
第2章 オラン市域の概要	11
2.1 位置	13
2.2 自然条件	14
2.3 社会、経済条件	15
第3章 水需給予測と海水淡水化プラント規模	19
3.1 水道事業の現況	21
3.2 水需給予測	23
3.3 海水淡水化プラントの規模	28
第4章 プラントサイトの選定	33
4.1 候補地の立地条件	35
4.2 候補地の比較検討と最適候補地の選定	38
4.3 プラントサイト周辺 of 自然環境条件	42
第5章 プラントの計画条件	47
5.1 プラント能力	49
5.2 プラントサイト	49
5.3 生産水水質	50
5.4 原海水水質	56
5.5 用役および薬品類	57
5.6 環境保全対策	59
5.7 その他プラント計画において配慮すべき事項	61



## 要 約

### 1. 結 論

#### 1.1 調査の経緯

アルジェリア国のオラン市域（アルズー市等を含む）は、近年、人口の急激な増大と工業の著しい発展によって、深刻な水不足状況にあり、大幅な給水制限を余儀なくされている。

この事態に対処するため、アルジェリア国政府は1983年10月日本国政府に対し、オラン市域における海水淡水化プラント建設計画に関するF/S について技術協力を要請した。これを受け、日本国政府は、国際協力事業団（JICA）の事前調査団をアルジェリア国に派遣し、同年12月18日アルジェリア国政府とF/S の実施に関する合議書（Implementing Arrangement）に調印した。

#### 1.2 調査の目的

オラン市域の水需給予測に基づき、蒸発法および逆浸透法の両海水淡水化プロセスの概念設計を行うとともに、技術的、財務的ならびに経済的観点から検討を加えて、最適プロセスを選定し、さらに一連の要素を総合的に評価して、オラン市域における海水淡水化計画実現の可能性を見極めることが本F/S の目的である。

#### 1.3 調査の内容

現地調査は村山義夫を団長とする現地調査団15名により1984年 2月 8日から 3月 3日まで実施し、帰国後、国内において主として次の事項について詳細な調査検討および設計作業を行った。

- (1) 収集した情報、資料の分析および評価
- (2) 最適開発計画の策定
- (3) 本プロジェクトに適した海水淡水化プロセスの検討
- (4) 蒸発法および逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計
- (5) 財務分析、経済分析
- (6) 最適海水淡水化プロセスの選定

## 2. オラン市域の概要

### 2.1 自然条件

オラン市は首都アルジェ市のほぼ西南西約400kmの距離にある。

オラン市域の海岸線はごく一部を除いて断崖で、地域によっては標高数百mの丘陵が迫っている。オラン市からアルズー市までの内陸部は標高100m程度のゆるやかな起伏が続く丘陵地帯である。

本地域は典型的な地中海性気候で、平均気温は17℃程度である。年間降雨量は400mm程度で、冬季のみ降雨があり、夏季はほとんど降雨がない。

オラン県は水資源に恵まれておらず、県内には十分な供給能力を有する表流水源がなく、地下水源は全給水量の30%以下しか賄えない。従って、残りの70%以上は県外の川からの遠距離導水によって賄われているが、オラン市域の急増する水需要に対応した水源の開発は容易ではなく、深刻な水不足が続いている。アルジェリア国当局の試算によれば、1984年の不足水量は日量平均約74,000m<sup>3</sup>、1990年には日量平均約202,700m<sup>3</sup>に達すると見込まれている。

### 2.2 社会、経済条件

1981年のオラン県の人口は約83万人強であり、その人口密度は461人/km<sup>2</sup>と高く、また、1966年から1981年までの同県の人口の年平均増加率はオラン市域への人口の集中を反映して3.91%と、極めて大きい。

アルジェリア国は1980年から1984年までの新5カ年計画（総投資額4,000億DA）を実施中で、国民所得総収入を1979年の651億DAから1990年には1,661億DAに引き上げるとしている。計画実現の三大戦略目標の一つとして「国民の社会的ニーズの充足」を掲げている。

本市域の東部にはアルズー工業地帯が形成され、250万トンの年間精製能力をもつ石油精製プラント、年間総処理能力224億m<sup>3</sup>の天然ガス精製プラントのほか、石油ガス液化プラントおよび化学肥料プラントが立地している。

### 3. 水需給予測と海水淡水化プラント規模

#### 3.1 将来需要水量

オラン市域の将来需要水量を推定すると表1の通りとなる。

表 1 将来需要水量の推定

項 目	年	1983	1990	2000
オラン県全県推定人口 (人)		880,200	1,093,100	1,406,000
都市給水圏推定人口 (人)		716,000	931,300	1,254,100
家庭・商業用水需要量 (m <sup>3</sup> /日)		81,500	148,100	283,300
工業用水需要量 (m <sup>3</sup> /日)		33,500	64,800	80,000
公共用水需要量 (m <sup>3</sup> /日)		20,000	34,000	50,000
家庭、商業、工業、公共各需要計 (m <sup>3</sup> /日)		135,000	246,900	393,300
漏水率 (%)		35.0	30.0	20.8
需要水量合計 (m <sup>3</sup> /日)		207,700	352,700	496,600

#### 3.2 不足水量の推定

現在、Tafna 川からの導水計画が検討されている。すなわち、第 1期として1988年中に 100,000m<sup>3</sup>/日、第 2期として1993年中に 130,000m<sup>3</sup>/日、合計 230,000m<sup>3</sup>/日を導水するよう計画されている。

この導水計画を考慮してオラン市域の不足水量を推定すると表2の通りとなる。

表 2 不足水量の推定

単位：千m<sup>3</sup>/日

項 目	年	1983	1987	1988	1990	1992	1993	2000
需要水量合計		207.7	292.8	313.4	352.7	386	401.5	496.6
平均給水可能量		150	150	250	250	250	380	380
(既存水源給水可能量)		(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)
(Tafna 系給水可能量)		( - )	( - )	(100)	(100)	(100)	(230)	(230)
不足水量		57.7	142.8	63.4	102.7	136	21.5	116.6

### 3.3 海水淡水化プラントの規模

表2 に示す通り、第 1期 Tafna導水完成前年の1987年の不足水量は 142,800m<sup>3</sup>/日、同計画完成年度の1988年前期において 163,400m<sup>3</sup>/日である。また第 2期 Tafna導水完成前年の1992年の不足水量は 136,000m<sup>3</sup>/日、1993年完成直前において 151,500m<sup>3</sup>/日ということになる。また、Tafna 川からの導水計画がすべて完成したとしても、今回の調査の対象年次である2000年において、不足水量は 118,600m<sup>3</sup>/日となる。さらに、2000年以降も不足水量は毎年 1万m<sup>3</sup>/日強、対前年不足水量との比率で2%程度ずつ増加する見通しである。

なお、最も水が不足するのは当然のことながら Tafna川からの第 1期導水計画が実現する直前で、供給水量は需要水量の約 50%を賄うだけという深刻なものである。

これらを総合的に考慮すれば、海水淡水化プラントの規模は 150,000m<sup>3</sup>/日程度とすることが妥当と思われる。

### 4. プラントサイトの選定

本F/Sにおける海水淡水化プラントのサイト候補地として図1 に示す通り、オラン市を中心に西方Les Andalouse から、東方 Port aux Poulesに至る約100km の沿岸部 9地点について現地踏査し、比較検討した。



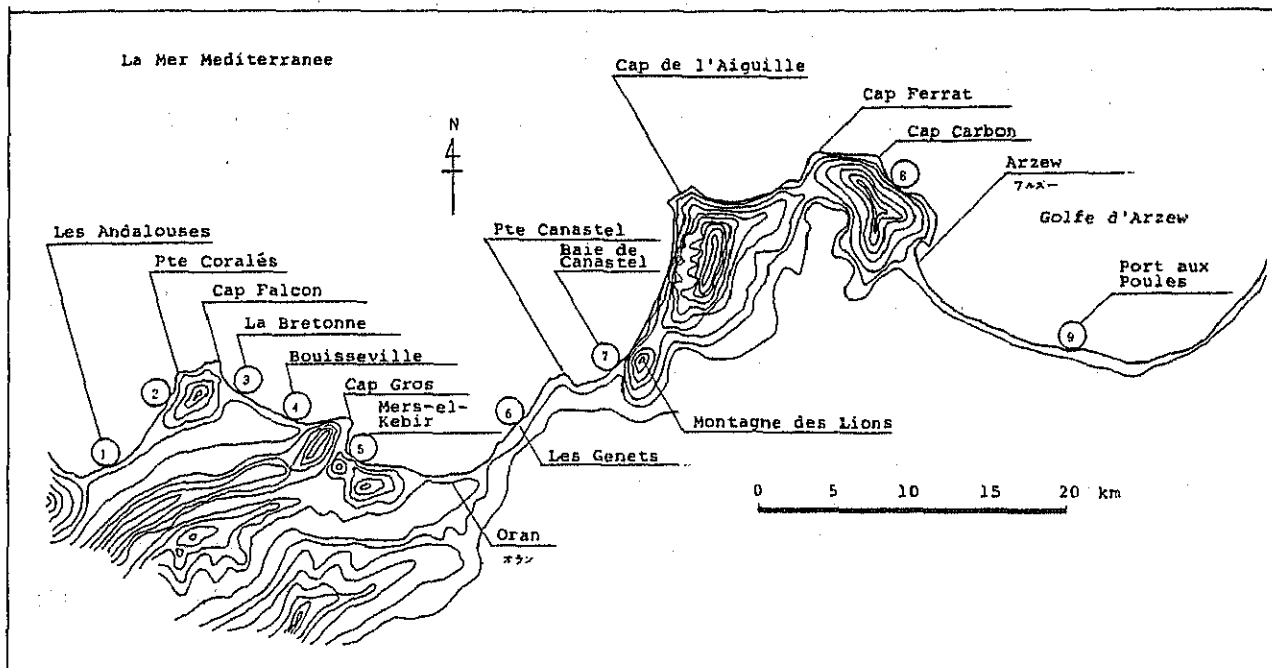


図 1 サイト候補地位置図

この 9地点について、下記に示す自然および社会条件を比較、検討した。

#### 自然条件

##### (1) 陸上部自然条件

地形、地盤、気象などの条件はプラント建設に困難はないか。

##### (2) 海洋条件

海底の地形、地盤、海象などの条件は取排水設備建設に困難はないか。

##### (3) 原海水の水質、水温

海水の水質、水温は淡水化の原水として適当か。

#### 社会条件

##### (4) 用地取得

用地の取得、所要スペースの確保について制約はないか。

##### (5) 生産水の供給条件

既設配水池への接続に困難はないか。

##### (6) ユーティリティの供給条件

必要な電気、燃料の供給は容易か。

## (7) 建設資機材、薬品等の輸送条件

道路、港湾等のインフラストラクチャーが整備されているか。

## (8) 環境への影響

水質汚濁、大気汚染を引き起こしたり、騒音が発生することがないか。

## (9) 労働力

周辺地域で労働力が得られるか。

これら諸条件について比較、検討した結果、⑨のPort aux Poules をサイトとすることとし、オラン水利局と協議のうえ合意を得た。

## 5. プラントの計画条件

海水淡水化プラントの概念設計を行うため、計画条件として次の通り設定した。

- (1) 範 囲 : 海水の取排水設備、海水淡水化プラント、既設給水系への接続設備
- (2) プラントの規模 : 150,000 m<sup>3</sup>/日
- (3) プラントサイト : Port aux Poules
- (4) 生産水の水質 : WHO ガイドライン
- (5) 原海水水質 : Port aux Poules 沖において採水した海水の分析値
- (6) 電 力 : 60kV、50Hz、料金16.5サンチーム/kWh
- (7) 燃 料 ガ ス : 9,400 kcal/Nm<sup>3</sup>、供給圧力4Bar、  
料金1.22サンチーム/1,000kcal
- (8) 薬 品 : 単価はプラントサイトでの入手可能価格
- (9) 環 境 保 全 : 排水についてはアルジェリアの基準。排ガス、および騒音については最も厳しい日本の規制値を満足するものとする。
- (10) そ の 他 : ① 運転開始および停止時を除いて全自動制御とする。  
② 重要な回転機器については、最低 1基の予備を設ける。  
③ 運転予備品は 2年分を保有する。

## 6. 蒸発法海水淡水化プラント(MSF)の概念設計

## (1) 仕様

方 式	長管式多段フラッシュ蒸発法、単一目的プラント		
ユニットの規模			
および基数	30,000m <sup>3</sup> /日 × 5ユニット		
水バランス	海水取水量	1,248,000m <sup>3</sup> /日	
	生産水量	150,000m <sup>3</sup> /日	
	排水量	1,098,000m <sup>3</sup> /日	
造水比	8.0		

## (2) ユーティリティおよび薬品使用量

燃料ガス	58,500m <sup>3</sup> /時		
電 力	2,250kW		
薬 品	スケール抑制剤	72.9	kg/時
	消 泡 剤	1.215	kg/時
	石 灰 石	375	kg/時
	ソ ー ダ 灰	9.4	kg/時

## (3) 所要面積

105,800m<sup>2</sup> (約400m×250m+100m×100m)

## (4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として

1987年 4月初め	第1基プラント送水開始	(累計 30,000m <sup>3</sup> /日)
同 5月中旬	2	// (累計 60,000m <sup>3</sup> /日)
同 7月初め	3	// (累計 90,000m <sup>3</sup> /日)
同 8月中旬	4	// (累計 120,000m <sup>3</sup> /日)
同 10月初め	5	// (累計 150,000m <sup>3</sup> /日)

## (5) 運営組織

工 場 長	1名
運 転 要 員	47名
保 守 //	14名
事務および管理者	11名
計	73名

## 7. 逆浸透法海水淡水化プラント(RO)の概念設計

## (1) 仕様

方 式	一段脱塩	
ユニットの規模	逆浸透設備	15,000m <sup>3</sup> /日×10ユニット
および基数	前処理設備	107,000m <sup>3</sup> /日×4ユニット
水バランス	海水取水量	461,000m <sup>3</sup> /日
	生産水量	150,000m <sup>3</sup> /日
	排水量	311,000m <sup>3</sup> /日
運転条件	圧 力	60~65kg/cm <sup>2</sup>
	回収率	35%

## (2) ユーティリティおよび主要使用薬品

電 気	38,000kW
硫 酸(98%)	1,071kg/時
塩化第二鉄(40%)	207.5kg/時

## (3) 所要面積

71,700m<sup>2</sup> (230m×290m+100m×50m)

## (4) 建設工程

1985年初頭工事契約完了として	
1987年 4月初め	3ユニット送水開始 (累計 45,000m <sup>3</sup> /日)
同 5月中旬	3ユニット " (累計 90,000m <sup>3</sup> /日)
同 7月初め	4ユニット " (累計 150,000m <sup>3</sup> /日)

## (5) 運営組織

工 場 長	1名
運 転 要 員	28名
保 守 "	14名
事務および管理要員	11名
計	54名

## 8. 既設水道施設への接続

オラン市域の東系列の計画水源拠点はGambetta配水池であるので、生産水はプラントサイトに設置した浄水池から既設のGambetta配水池へ送水する。送水管ルートは図2の通りである。

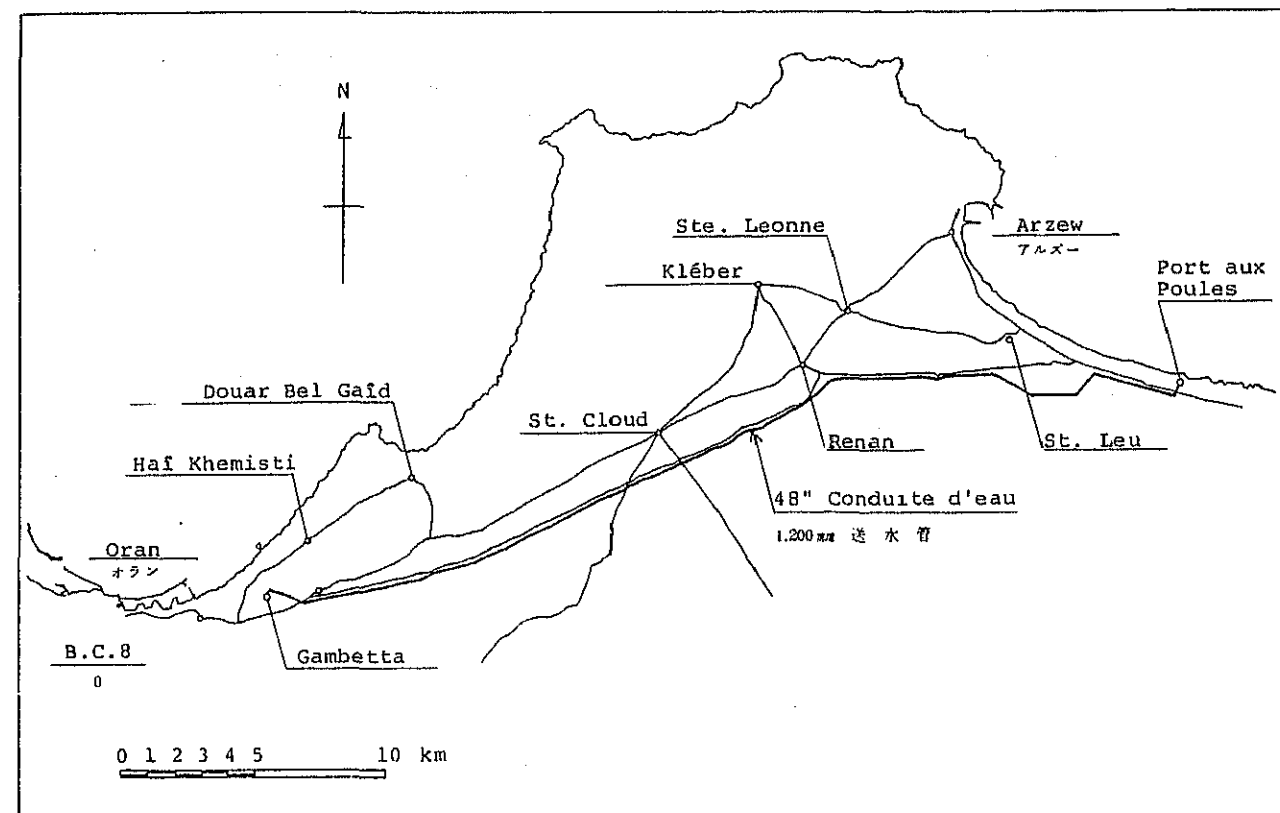


図2 送水管ルート図

送水管に関する仕様は下記の通りである。

管 径	1,200mm
管 種	タールエポキシライニング鋼管
延 長	40km

また、送水ポンプの仕様は下記の通りである。

形 式	両吸込うず巻ポンプ
全 揚 程	350m
駆動機出力	1,600kW
台 数	常用 5 台
	予備 1 台

## 9. 総所要資金と運転費用

海水淡水化プラント建設の総所要資金を表 3に示す。

表 3 総所要資金

[MSFプロセス] (千USドル)

項目	外貨	内貨	合計
プラント建設費	232,480	34,175	266,635
操業前費用	2,502	3,868	6,370
初期運転資金	7,019	492	7,511
建設期間中金利	16,739	-	16,739
所要資金総計	258,720	38,535	297,255

[ROプロセス] (千USドル)

項目	外貨	内貨	合計
プラント建設費	210,630	37,294	247,924
操業前費用	1,493	2,388	3,881
初期運転資金	6,458	625	7,083
建設期間中金利	13,182	-	13,182
所要資金総計	231,763	40,307	272,070

注1,1984年価格。

注2,電気、ガスのサイトまでの引き込み設備は含まない。

換算レートは、1.00USドル=4.8DA とした。

償却費用、借入金の返済、支払金利、税金等を除いた直接年間運転費用を表 4に示す。

表 4 年間運転費用

[MSFプロセス]

項目	年間費用 (千USドル)	1m <sup>2</sup> 当たりコスト (USセント)
変動費	14,154	28.60
固定費	9,128	18.44
合計	23,282	47.04

[ROプロセス]

項目	年間費用 (千USドル)	1m <sup>2</sup> 当たりコスト (USセント)
変動費	11,850	23.94
固定費	10,433	21.08
合計	22,283	45.02

## 10. 財務分析

### 10.1 財務分析の方法

本プロジェクトにより生産される水のコストは、現行料金より相当高価になることが予想される。アルジェリア当局は、住民の福利厚生重視の観点から、現行の水料金の値上げなしに本プロジェクトを遂行する意向であり、予想される資金不足に対しては補助金を供与することを考えている。このような本プロジェクトの特有性を考慮し、プロジェクト実施のために投資した自己資本のみを回収する財務状況（自己資本内部収益率（IRROE=0.0%）を想定して財務分析を実施した。

### 10.2 財務分析の主要前提条件

財務分析の前提条件の概要は次の通りである。

- (1) 稼働率は操業初年度から100%とし、年間稼働日数を 330日とする。
- (2) 価格ベースは1984年固定価格とする。
- (3) 自己資金30%、長期借入金70%とし、借入金の年利は8.0%、返済は元本定額とする。
- (4) 操業期間中に生ずる資金不足に対しては補助金および短期借入金を導入する。
- (5) 販売収入は現行の水料金体系、すなわち0.75DA/m<sup>3</sup>とする。
- (6) 有収率を70%とする。

### 10.3 財務分析結果

財務分析の結果の要約を表 5に示す。

表 5 財務分析結果サマリー

(千USドル)

項 目	プロセス	MSF	RO
総 投 資 額		297,255	272,070
資 金 計 画			
自 己 資 本		89,177	81,621
借 入 金		208,078	190,449
販 売 取 入 (1m <sup>3</sup> 当たり取入 DA/m <sup>3</sup> )		5,414 (0.75)	5,414 (0.75)
必 要 補 助 金 額 (1m <sup>3</sup> 当たり金額 DA/m <sup>3</sup> )		44,188 (6.12)	40,405 (5.60)
合 計 (生産水コスト DA/m <sup>3</sup> )		49,602 (6.87)	45,819 (6.35)
キャッシュフロー (年平均値)		5,954	5,450
キャッシュフロー (プロジェクト期間総計)		89,319	81,750
IRROE (自己資本内部収益率)		0.00%	0.00%
投 下 資 金 回 収 年		15.0年	15.0年

生産水コストは表6 の通りである。

表 6 生産水コスト

(USセント/m<sup>3</sup>)

項 目	MSF	RO
総生産水量当たり	100.19 (4.81DA/m <sup>3</sup> )	92.55 (4.44DA/m <sup>3</sup> )
有収水量当たり	143.12 (6.87DA/m <sup>3</sup> )	132.21 (6.35DA/m <sup>3</sup> )



## 1.1. 経済分析

経済的キャッシュフローおよび算定された経済的内部収益率から判断すると、本プロジェクトの経済的効果は高く、その実施の妥当性を示唆している。すなわち、財務分析結果では、プロジェクト全期間を通じて初期投下資金の回収のみが図られる前提においても、毎年44,188千USドル(MSFプロセス)および40,405千USドル(ROプロセス)におよぶ補助金の導入が必要とされるが、本経済分析結果では、投下された自己資本を回収したうえ、さらに便益を生ずる経済的キャッシュフローが生じ、高い経済的収益率を示している。これは、慢性的に継続すると予測される深刻な水不足状況を解決する本プロジェクトの実施価値が高く評価されたためである。

本経済分析では、水不足が深刻な状態である充足率85%の時の経済価値プレミアムを3.0～5.0の範囲と想定して試算を行った。そして、本経済分析による便益量の試算値が妥当と判断されるならば、本プロジェクトの経済効果は大きく、社会への貢献が高いと評価される。さらに、衛生、生活環境の改善、地域経済への波及効果等の計測できない社会経済的便益を考慮すると、財務分析に示された多額の補助金を供与しても、本プロジェクトの実施は有意義なものであると判断される。

## 1.2. 最適プロセスの選定

これまでの調査結果を総合し、両プロセスについて比較検討すると、まず技術面については両プロセスともそれぞれ特徴を有し、一概に優劣はつけがたい。経済面については、総所要資金および造水コストはROプロセスがMSFプロセスより若干低い値になっている。しかしこのほかにも考慮する要素があるため、この理由だけで結論づけることは危険である。

一方、本プロジェクトにおいて要求されている特有の条件についてみると次の通りである。

- (1) 建設期間： 現在水需給は極めて逼迫しており、できるかぎり早期のプラント完成が優先事項であるので、納期の短いことが選定において重要な要件である。
- (2) 稼働実績： 本プロジェクトの成否は市民の生活存立の基盤を左右することになるものであるだけに、リスクは避けなければならない。従って、稼働実績が豊富で技

術的に完成した信頼性のあるプロセスであることが重要な要件である。

(3) 大規模適性： プラント容量は15万 $\text{m}^3$ /日と大規模であるので、大型プラントに適したプロセスであることが要件である。スケールメリットがあり、1基当たりの容量が大きくなるプロセスであることが重要である。

(4) 運転管理の容易性： プラントの運転、維持管理の熟練者が極めて少ないと思われるため、できるかぎり運転、維持管理が容易で自動化されたプロセスが望ましい。

前記の要件に重点を置いて両プロセスの評価を行うと、大型プラントの稼働実績ではMSFプロセスが大きな優位性を有している一方、建設期間の短縮、運転および維持管理の容易性の面ではROプロセスが有利である。

稼働実績の要件を除けば、どちらも採用可能なプロセスである。稼働実績については、アルジェリア当局において最も重視する要素としており、この稼働実績に重点をおけば、MSFプロセスが好ましいプロセスであるといえる。

以上の検討の結果、本プロジェクトではMSFプロセスを選定するのが妥当と判断される。

なお、ROプロセスはまだ実績が少ないものの、現在技術が急速に発展している方式で、スケールアップも着実に進んでおり、将来性あるプロセスである。今後計画されるプロジェクトにおいては、ROプロセスについても十分な検討評価の対象とすることが必要である。

### 13 総合評価およびプロジェクト計画

#### 13.1 本プロジェクトの実施の妥当性

本プロジェクトの実施によって、これまでの深刻な水不足は一挙に解消され、これまで被っていた水不足による社会的経済的な莫大な損失が回避される。オラン市域はTafna 導水完成後でも、不足水量が生じ、水需給の逼迫の度合は年ごとに強まることが予想される。このため、建設期間が短く、直ちに送水が可能で、天候に左右されることなく安定した水供給が行える海水淡水化は重要な水資源対策としてその意義が大きい。

本プロジェクトはアルジェリア国における低エネルギー価格、大型プラントのスケ-

ルメリット、プラントの合理化等により、他の同種の海水淡水化プロジェクトに比べて経済性の面において遜色がなく、魅力のあるプロジェクトである。

本プロジェクトの経済効果は深刻な水不足状況下における生産水の経済価値をいかに評価するかにより大きく左右される。経済分析で仮定した生産水に対する経済価値が妥当であるならば、本プロジェクトの経済効果は大きく、また、本プロジェクトの実現により期待される他の社会的経済便益（衛生事情の改善、生活環境の向上、地域社会の経済効果、雇用機会の増大等）を考慮すると社会への貢献は極めて高い。

### 13.2 プロジェクト計画

本プロジェクトは、多段フラッシュ蒸発法によって海水淡水化を実施する。プラントの早期完成のために、建設工事契約は遅くとも1985年初頭までに完了する必要がある。

プロジェクト計画の要目は次の通り。

- |                  |   |   |              |
|------------------|---|---|--------------|
| (1) 建設工程         | : | 1985年初頭   | 工事契約完了       |
|                  |   | 1985年初め～1987年 9月末                                       | プラント建設工事     |
|                  |   | 1987年10月  | 全プラント操業      |
| (2) プラントサイト      | : | Port aux Poules   |              |
| (3) 淡水生産能力       | : | 150,000 m <sup>3</sup> /日                               |              |
| (4) ユニット規模および基数  | : | 30,000 m <sup>3</sup> /日 × 5ユニット                        |              |
| (5) 所要面積         | : | 105,800 m <sup>2</sup> (約400mL × 250mW + 100mL × 100mW) |              |
| (6) 既設水道設備との接続地点 | : | Gambetta配水池   |              |
| (7) 送水管径および送水距離  | : | 1200mmφ × 40km  |              |
| (8) 運営組織（要員数）    | : | 工場長   | 1名           |
|                  |   | 運転要員  | 47名          |
|                  |   | 保守要員  | 14名          |
|                  |   | 事務および管理要員   | 11名          |
|                  |   | 合計  | 73名          |
| (9) 総所要資金（試算）    | : | 外貨  | 258,720千USドル |
|                  |   | 内貨  | 38,535 "     |
|                  |   | 合計  | 297,255 "    |

(10) 年間運転費用 (試算)	:	変動費	14,154千USドル
		固定費	9,128 //
		合計	23,282 //
(11) 年間生産水量	:	49,500×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年 (年間 330日稼働)	
(12) 生産水コスト (試算)	:	143.15USセント/m <sup>3</sup> (6.87DA/m <sup>3</sup> )	
		(有収率 70%)	
(13) 資金調達計画 (試算)			
投資額	:	自己資本 (30%)	89,177千USドル
		長期借入 (70%)	208,078 //
プロジェクト運営資金	:	水道料金徴収額	5,414 //
(年平均値)		必要補助金額	44,188 //
		短期借入金	41,964 //

## 第 1 章 緒 論



## 第1章 緒 言

### 1.1 調査の経緯

アルジェリア民主人民共和国（以下「アルジェリア国」という。）の第二の大都市であるオラン市およびアルズー市を主とした周辺地域（以下「オラン市域」という。）は、近年、人口の急激な増大と工業の著しい発展が続いている。このため、もともと水資源の少ないオラン市域の水不足は深刻化し、最近では大幅な給水制限を余儀なくされ、特に水需要の増加する夏季には、市民生活や産業、経済活動に重大な影響を与えるに至っている。

この事態に対処するため、アルジェリア国政府は新しい水資源の開発（新規ダム建設、新規井戸の開発、海水淡水化の導入、漏水率の改善）など諸計画の検討を行なうとともに、タフナ(Tafna)川からの導水工事を進めている。

しかし、タフナ導水の完成までには最大日量十数万 $m^3$ の慢性的水不足が続き、また、タフナ計画完成後においても増大する需要に対し供給力は大幅に不足するものと予想されている。このため、アルジェリア国政府は緊急対策としてオラン市域に海水淡水化プラントを建設する計画を取り上げることとし、1983年10月、日本国政府に対し、オラン市域における海水淡水化プラント建設計画に関するフィージビリティスタディ（以下「F/S」という。）について技術協力を要請した。

これを受けて、日本国政府は1983年12月、F/Sを実施するに当たっての取り決め締結のため、国際協力事業団（以下「JICA」という。）の事前調査団をアルジェリア国に派遣し、F/Sの範囲(Scope of Work)を確定し、1983年12月18日、アルジェリア国政府とF/S実施に当たっての基本的事項に関する合議書(Implementing Arrangement)に調印した。

### 1.2 調査の目的

本F/Sは、アルジェリア国政府の要請により、オラン市域における海水淡水化プラント建設計画に関する具体的な調査を実施することを目的とする。

すなわち、オラン市域の水需給予測に基づき、蒸発法および逆浸透法による海水淡水化プラントおよび付帯設備の概念設計を行うとともに、技術的、財務的ならびに

経済的観点からこの二つのプロセスを比較、検討する。その結果に基づき、最適プラントを選定し、さらに一連の要素を総合的に評価し、オラン市域における海水淡水化計画（以下「本プロジェクト」という。）実現の可能性を見極めることが本F/Sの最終目的である。

### 1.3 調査の内容

本調査は2段階に分けて実施された。第1段階では現地調査を行い、F/Sに必要な資料を収集した。第2段階では国内作業として、第1段階で収集した資料の分析、評価に基づく概念設計、財務、経済分析および総合的な検討評価を行った。

#### 1.3.1 現地調査

村山義夫を団長とする現地調査団15名は昭和59年2月8日東京を出発し、2月9日から3月1日までアルジェリア国内において下記の内容につき現地調査を実施し、3月3日東京に帰着した。

- (1) オラン市域における1984年から2000年までの、短期的、中期的、長期的な水需給計画検討に必要な情報、資料の収集
- (2) サイト候補地の踏査と関連情報、資料の収集
- (3) 社会、経済状態に関する情報、資料の収集
- (4) インフラストラクチャーおよびユーティリティに関する情報、資料の収集
- (5) 既存水道網との接続方法の検討に必要な情報、資料の収集
- (6) 規制および法律に関する資料の収集
- (7) 行政組織、特に水道行政の政策、運営、管理に関する情報、資料の収集
- (8) プラント建設にかかわる現地事情に関する情報、資料の収集

現地調査の調査団メンバーおよび詳細スケジュールを表1.1および表1.2に示す。

なお、現地調査はモスタガネム市域に関する調査と平行して実施したので、詳細スケジュールにはモスタガネム市域に関するスケジュールも記載した。



表 1.1 現地調査団メンバー

氏 名	担 当
村 山 義 夫	団 長
菊 地 邦 雄	副団長 総括 水需給
堀 順 三	立地・プロジェクト計画
林 亨	水道施設
山 崎 秀 夫	蒸発法プロセス
金 山 政 次	〃
太 田 敬 一	逆浸透法プロセス
高 橋 進 太 郎	〃
阿 部 茂	土木・建設
徳 永 俊 郎	用役・附帯設備
関 口 和 正	〃
紙 谷 芳 忠	財務・経済分析
久 保 木 宏	海域調査
永 尾 良 一	環境保全
長 谷 川 春 子	フランス語通訳

表 1.2 現地調査の詳細スケジュール（モスタガネム市域の調査も含む）

通算 日数	月 日	曜 日	行 動
1	2月 8日	水	東京発（第一陣）
2	9日	木	アルジェ着
3	10日	金	在アルジェリア日本大使館久郷書記官との打ち合わせ
4	11日	土	MHEFとの第1回会議、インセプションレポート提出（注1）
5	12日	日	MHEFとの第2回会議、日本大使館表敬
6	13日	月	アルジェ発 オラン着
7	14日	火	オランおよびモスタガネム県水利局との打ち合わせ
8	15日	水	オラン市周辺サイト調査、第二陣オラン着
9	16日	木	モスタガネム地区サイト候補地踏査
10	17日	金	〃 〃 オラン西部地区サイト候補地踏査

通算 日数	月 日	曜 日	行 動
11	18日	土	オラン東部地区サイト候補地踏査
12	19日	日	オランおよびモスタガネム県水利局との打ち合わせ
13	20日	月	モスタガネム県水利局訪問調査 モスタガネム地区 (Oureah沖) 海域調査準備作業 配水池および送水管ルート調査
14	21日	火	モスタガネム地区 (Oureah沖) 海域調査 SONIC 工場訪問調査 (注2)
15	22日	水	オラン県水利局との打ち合わせ 気象庁気象開発センター訪問調査 オラン大学 (海洋生物研究室) 訪問調査 モスタガネム県水利局および EPEMO訪問調査 (注3) CTC 訪問調査 (注4) SONELGAZ (モスタガネム) 訪問調査 (注5)
16	23日	木	オラン地区 (Port aux Poules沖) 海域調査
17	24日	金	プログレスレポート作成
18	25日	土	EPEOR 訪問調査 (注6) SONELGAZ (オラン) 訪問調査 CTC および INRH訪問調査 (注7) プログレスレポート作成
19	26日	日	オランおよびモスタガネム県水利局との打ち合わせ INRHおよびSONELGAZ訪問調査 EPEOR 訪問調査 プログレスレポート作成
20	27日	月	オラン発 アルジェ着 第二陣一部帰国
21	28日	火	MHEF (モスタガネム県水利局を含む) との第3回会議
22	29日	水	MHEFとの第4回会議、プログレスレポート提出
23	3月 1日	木	アルジェ発 パリ着
24	2日	金	パリ発
	3日	土	東京着

注 1: MHEFとはアルジェリア国水資源環境森林省(Ministere de l'hydraulique, de l'environnement et foret)をいう。

但し、本報告書では水資源省と略称する。

注 2: SONIC とは繊維素工業公社

(Societe nationale des industries de la cellulose)をいう。

注 3: EPEMO とはモスタガネム水生産管理供給会社(Entreprise production gestion et distribution des eaux de Mostaganem)をいう。

但し、本報告書ではモスタガネム水道公社と略称する。

注 4: CTC とは建設技術管理機構

(Organisme de controle technique de la construction)をいう。

注 5: SONEGASとは電気・ガス公社(Societe nationale de l'electricite et gaz)をいう。

注 6: EPEOR とはオラン水生産管理供給会社

(Entreprise production gestion et distribution des eaux d'Oran)をいう。

但し、本報告書ではオラン水道公社と略称する。

注 7: INRHとは国立水研究所

(Institut national des recherches hydrauliques)をいう。

### 1.3.2 国内作業

上記現地調査結果を基に、国内において詳細な調査検討および設計作業を行った。そのおもな内容は下記の通りである。

- (1) 収集した情報、資料の分析および評価
- (2) 最適開発計画の策定
- (3) 本プロジェクトに適した海水淡水化プロセスの検討
- (4) 蒸発法および逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計
- (5) 財務分析、経済分析
- (6) 最適海水淡水化プロセスの選定

### 1.3.3 調査の実施経過

現地調査の実施経過については、すでに1.3.1 に述べた通りであるが、国内設計作業を含む本F/S 調査に携わったメンバーおよび全実施経過を表1.3 および表1.4 に示す。

表1.3 調査団メンバー

氏名	担当業務	参 加 作 業		
		現 地 調 査	ド ラ フ ト 説 明	国 内 作 業
村山 義夫	団 長	○	○	○
菊地 邦雄	副団長、総括	○	○	○
堀 順三	立地、プロジェクト計画	○		○
林 享	水道施設	○		○
宮沢 忠雄	〃			○
山崎 秀夫	蒸発法	○		○
金山 政次	〃	○		○
橋本 静雄	〃			○
沢田 磐雄	〃			○
三浦三智男	〃			○
太田 敬一	逆浸透法	○		○
高橋進太郎	〃	○		○
竹田 允	〃			○
柳 長太	〃			○
猪飼 勝	〃			○
徳永 俊郎	用役、付帯設備	○	○	○
関口 和正	〃	○		○
阿部 茂	土建	○		○
川瀬 利雄	土建			○
紙谷 芳忠	財務、経済	○		○
石井 暢夫	〃			○
久保木 宏	海域調査	○		○
宗藤 泰宏	〃			○
永尾 良一	環境保全	○		○
長谷川春子	通訳	○	○	

表1.4 調査スケジュール

作業項目	58年度		59年度					
	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 事前準備作業	—							
2. 現地調査	—							
3. 国内作業								
3.1 水需給予測とプラント規模の決定								
3.2 プラントの立地および計画条件の設定								
3.3 蒸発法プラントの概念設計								
3.4 逆浸透法プラントの概念設計								
3.5 水道施設との関連計画								
3.6 プラントおよび周辺設備の建設費の算出								
3.7 総所要資金と運転費用の算出								
3.8 財務および経済分析								
3.9 最適プロセスの選定								
3.10 総合評価とプロジェクト計画								
3.11 報告書ドラフト作成								
4. JICAドラフト説明					△			
5. 現地ドラフト説明								
6. 報告書作成								
7. JICA報告書提出								
8. マンスリープログレスレポート提出								△



## 第 2 章 オラン市域の概要





## 第2章 オラン市域の概要

### 2.1 位置

オラン市は北緯 $35^{\circ}34'$ 、東経 $0^{\circ}38'$ （東京は北緯 $35^{\circ}41'$ ）に位置し、アルジェリア国の首都アルジェ市のほぼ西南西約400kmの距離にある。図2.1にオラン市の位置を示す。

オラン市はオラン県庁の所在地であり、周辺にエス・セニア市およびアルズー市があり、この両市域を含むオラン市域が今回のF/Sの対象地域である。図2.2にオラン県の概要を示す。

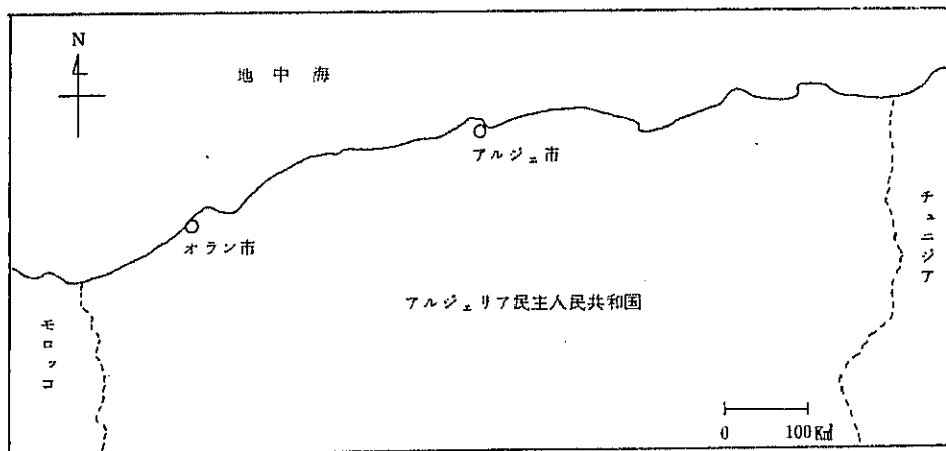


図 2.1 オラン市位置図

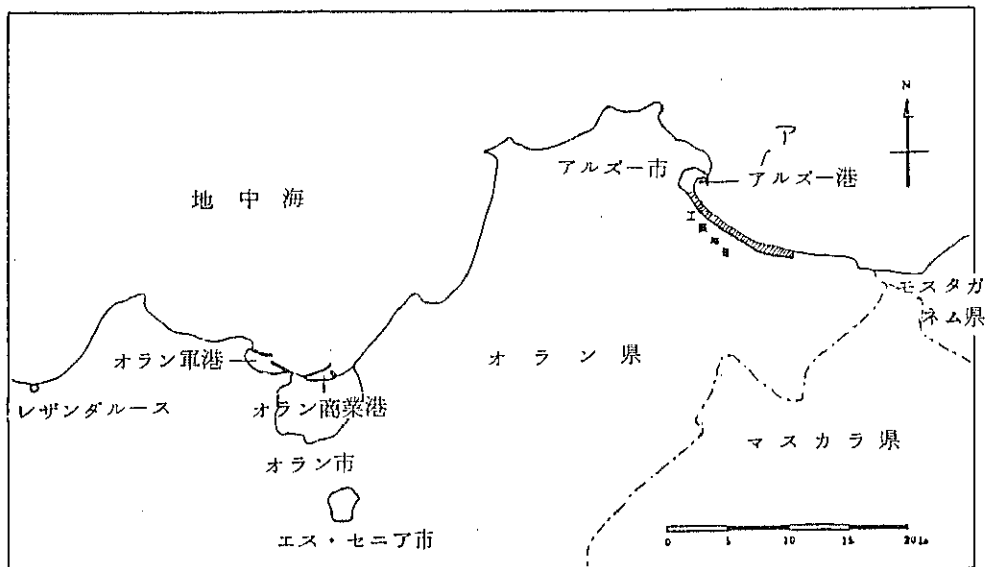


図 2.2 オラン県概要図

## 2.2 自然条件

## (1) 気象

オラン市域の気象は典型的な地中海性気候である。気温および降雨の概要を表 2.1 および表 2.2にそれぞれ示す。

表 2.1 オラン市の気温 (° C)

年	年間最高気温	年間最低気温	年平均気温
1974	39.9	-1.5	16.9
1975	29.5	5.2	16.5
1976	33.8	0.2	16.7
1977	33.8	0.2	17.2
1978	42.3	-2.1	17.2
1979	—	—	17.6

表 2.2 オラン市の降雨

年	年間降雨量 (mm)	年間降雨日 (日)
1974	427	74
1975	457	8
1976	424	93
1977	317.2	64
1978	263.1	62
1979	430	89

## (2) 地帯、地形の概要

オラン市周辺の海岸線は、オラン市西方約25kmのレザンダールス(Les Anderlouses)の砂浜を除いて、ほとんどが断崖で、地域によっては標高数百mの丘陵が迫っている。例外として海水面よりやや高い平坦地があるのはオラン軍港およびアルズー港の後背地域だけである。

オラン市は、堀削によって造成された幅数十メートルの岸壁地帯を除き、海岸線に迫った丘陵上にある起伏の多い市街で、中心部の標高は約90mである。

オラン市からアルズー市までの内陸部は標高100m程度のゆるやかな起伏が続く丘陵地帯である。アルズー工業地帯の海岸線は他の地帯に比べると低く、幅数百mのゆるやかな傾斜の後背地に連なっている。同地帯がアルジェリア国有数の工業地帯に発展した基本的な要因は、この地形上の特性であるといわれている。

## (3) 水資源の状況

オラン市域のあるオラン県は水資源に恵まれておらず、県内にある水源は全給水量の30%しか賄うことができない。従って、残りの70%は県外からの遠距離導水によって賄われている。

現時点における全給水量は178,000m<sup>3</sup>/日程度であるが、このうち33,500m<sup>3</sup>/日が工業用水であるので、生活用水は144,500m<sup>3</sup>/日である。しかし、水源水量の変動と配水管の漏水等を考えると、実際に需要者の手もとに届く水量は116,000m<sup>3</sup>/日程度と推定される。

このような事情から、必要に応じて隔日の時間給水を実施することなど、深刻な水不足が続いている。3.2.1に詳述する通りアルジェリア国当局の試算によれば、1984年の不足水量は日量平均約74,000m<sup>3</sup>、Tafna川導水など新しい水源開発計画が実施されない場合1990年には日量平均約202,700m<sup>3</sup>に達すると見込まれている。

## 2.3 社会、経済条件

### (1) 人口の推移

オラン県の人口の推移を主要な県(アルジェ県およびブリダ県)との比較において示せば表2.3の通りである。人口の都市集中を反映してオラン県の人口増加率は極めて高く、1966年から1981年までの年平均は39.1%と全国31県中第5位であり、シェアは1966年の第8位から1981年には7位に上昇している。

表2.3. オラン県等の人口の推移

摘 要 県 名	オラン	アルジェ	ブリダ	全 国
人口 (人)				
1966	451,258	1,164,139	560,343	12,100,463
1977	653,664	1,690,567	828,845	15,645,491
1979	804,316	2,005,433	935,390	17,863,668
1981	833,507	2,165,691	1,041,487	19,494,213
年平均増加率 (%)				
1966~77	3.43	3.45	3.62	2.36
1977~81	4.98	5.08	4.67	4.49
1966~81	3.91	3.96	3.95	3.03
シェア (%)				
1966	3.73	9.62	4.63	100.00
1981	4.28	11.10	5.34	100.00

注：1966,77,79年は各年の1月1日の人口

1981年については年末の推定人口

また、オラン県の1980年1月1日現在の人口密度は461人/km<sup>2</sup>で、アルジェ県(2,661人/km<sup>2</sup>)に次いで高く、人口の北部沿岸都市への偏在と集中を物語っている。

## (2) 経済計画

アルジェリア国は1980年から1984年までの新五ヶ年計画(総投資額4,000億DA(ディナール))を実施中であるが、アルジェリア政府はこの新五ヶ年計画を立てるに当たって、“1990年の展望”を想定し、新五ヶ年計画をこの展望実現のための第一段階として位置づけている。

“1990年の展望”の概要は表2.4 に示す通りであるが、将来の経済発展のための戦略目標として、①国民の社会的ニーズの充足、②部門間、地域間の格差の是正、③既存の生産設備の付加価値向上の3点をあげている。

その実現の手段として、①人的資源の開発、②炭化水素資源の広範囲にわたる活用、③農業部門の強化と農地の拡大、④経済の各部門間の均衡および対外・対内経済の均衡が強調されている。

表2.4 “1990年の展望”概要

項 目		単位	1979年	90年
人 口	総人口(含海外移住者)	100万人	19.0	27.0
	都 市 人 口	〃	7.6	14.5
	地 方 人 口	〃	10.6	12.5
人口 構成	農 業 従 事 者	100万人	1.0	0.9
	非農業部門被雇用者	〃	2.28	5.00
労 働 力	管 理 職	1,000人	100	300
	技術者および専門職	〃	360	900
	熟 練 労 働 者	〃	505	1,805
	計	1,000人	965	3,005
国 民 所 得	総 収 入	10億DA	65.1	166.1
	非 農 業 部 門	〃	52.3	146.1
	農 業 部 門	〃	12.8	20.1
	消 費 費	〃	56.7	125.6
	食 糧 品	〃	29.4	54.0
	工 業 製 品	〃	18.8	46.6
	サ ー ビ ス	〃	8.5	25.0

### (3) アルズー工業地帯の概要

アルズー港の後背にある丘陵地帯には、日本メーカーが建設し、1973年6月から操業を開始した年間250万トンの精製能力をもつ石油精製プラントがあり、プロパン、ブタン、ガソリン等がおもに生産されている。1980年からは潤滑油製造工場の建設が行われている。

アルズー港東側の海岸地帯には、天然ガス液化プラント、石油ガス液化プラント、化学肥料プラント等が立地している。

天然ガス液化プラントは1978年まで3期に分けて建設され、その合計処理能力は224億 $\text{m}^3$ /年である。原料ガスはハッシ・ルメル(Hassi R'Mel)から約510kmのパイプラインを通じて運ばれている。

1984年に完成する石油ガス液化プラント(LPG生産能力400万トン/年=20億 $\text{m}^3$ /年)は日本企業の建設によるもので、プラントの一部は本年当初から操業に入っている。

化学肥料プラントはアンモニアプラント(1971年完成、2期目は81年完成)、窒素肥料プラント(1972年完成)、メタノールプラント、(1976年完成)からなっている。そのほかに合成樹脂プラント(1976年完成)もある。化学肥料の種別と生産能力は日量1,000トンのアンモニア、日量400トンの窒素、日量500トンの硝酸アンモニアである。

### 第3章 水需給予測と海水淡水化プラント規模





### 第3章 水需給予測と海水淡水化プラント規模

#### 3.1 水道事業の現況

##### 3.1.1 事業主体

オラン市の水道はオラン水道公社(EPEOR, 表1,2 注6 参照)により維持管理・経営されている。同公社はアルジェリアの西部に位置するオラン県、シディ・ベル・アベス(Sidi-Bel-Abbes)県、トレムセン(Tlemcen)県およびマスカラ(Mascara)県の合わせて4県における水道を統轄的に管理・経営している。(図3.1 参照)。

オラン水道公社の所掌業務は浄水場から末端給水までであり、ダム管理はダム所在県の水利局(DHW)が担当している。

なお、一般的に水道施設の建設は該当県の水利局が行い、水道公社は完成した施設を引き継ぎ、維持管理を行うという役割分担になっている。

##### 3.1.2 給水対象地域

オラン県内において水道公社による給水を受ける都市圏域は三つあり、その1983年における人口は以下の通りである。

オラン市圏：	665,000人
エス・セニア市圏：	20,000人
アルズー市圏：	31,000人
計：	716,000人

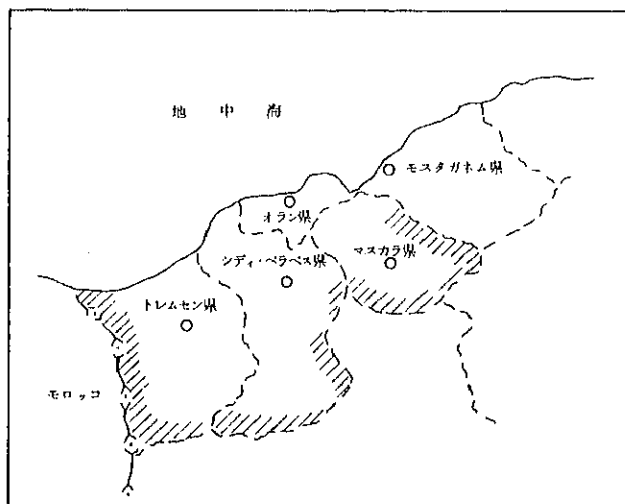


図 3.1 西部4県位置図

## 3.1.3 水 源

オラン県はこの国第二の大都市であるオラン市をかかえているにもかかわらず水源には恵まれていない。水資源省から受領した“オラン県の飲料水供給に関するノート”（以下「水供給に関するノート」という。）によれば、域内水源としてはラス・エル・アイン(Ras el Ain)水源およびブレデア(Bredeah) さく井があり、全給水量の約 30%を賅っている。また、表流水源については県内には十分な供給能力を有する水源がなく、結果的に全給水量の約 70%は 2系統の域外水源からの遠距離導水、すなわちトレムセン県のタフナ川(l'oued Tafna)に設置されたベニ・バハデルダム(Barrage des Beni-Bahdel) およびマスカラ県のエル・ハマム川(l'oued El Hamam)に設置されたフェルグーダム(Barrage des Fergoug)からの導水によって賅われている。

オラン県が現在利用している水源について整理すれば次のとおりである。

Beni-Bahadel 導水	82,000m <sup>3</sup> /日
Fergoug 導水	59,000m <sup>3</sup> /日
Ras el Ain 水源	7,000m <sup>3</sup> /日
Bredeah さく井	30,000m <sup>3</sup> /日
計	178,000m <sup>3</sup> /日

## 3.1.4 給水現況

“水供給に関するノート”によれば、前述の水源のうち、33,500m<sup>3</sup>/日が工業用水であり、残りの 144,500m<sup>3</sup>/日が生活用水にあてられている。

しかしながら、水源水量の変動と配水管における漏水を考えると実際に需要者の手もとに届く水量は 116,000m<sup>3</sup>/日程度と推定されている。その地区別内訳は次の通りである。

オラン市：	92,000m <sup>3</sup> /日
アルズー市：	6,000m <sup>3</sup> /日
オラン・アルズー間：	4,000m <sup>3</sup> /日
その他地域：	14,000m <sup>3</sup> /日

## 3.2 水需給予測

### 3.2.1 需要水量予測

“水供給に関するノート”および関係者からの聴取調査等をもとにオラン県の需要水量を試算した。

#### (1) 人口および人口増加率

全県人口については、1977年人口は“水供給に関するノート”により、また、1978、1979、1980、1981の各年はアルジェリア国統計局発行の“L'Algerie en quelques chiffres”の各年度版によった。

1982年以降の人口は、この国の現在の人口増加率を基にして、当国の社会的、経済的、宗教的な諸要素並びに将来において採られるであろう人口抑制策、雇用のすう勢、オラン県の占める位置等を総合的に勘案して、一定年次ごとに人口増加率を減らす方向で仮定して算出した。

都市給水圏人口は、“水供給に関するノート”により、1983年のそれを716,000人とし、同年の全県の推定人口との比率を求め(81.35%)、この比率が2000年にはほぼ90%に達するものと仮定し、毎年少しずつ増加するものとして各年次の都市給水圏人口を算出した。

#### (2) 需要水量

“水供給に関するノート”によると、Tafna川導水などの新しい水源開発計画が実施されずに既存水源だけで推移した場合、1984年の不足水量を2,700万 $\text{m}^3$ /年(従って単純日平均は約74,000 $\text{m}^3$ /日)、1990年の不足水量を7,400万 $\text{m}^3$ /年(従って単純日平均は約202,700 $\text{m}^3$ /日)、また、1983年における工業用水需要については33,500 $\text{m}^3$ /日とそれぞれ示されている。

オラン県の需要水量は次のような仮定のもとに試算を行った。

- ① 工業用水の伸びについては、アルズー市その他の工業団地の将来の発展を考慮して1990年に64,000 $\text{m}^3$ /日、2000年には80,000 $\text{m}^3$ /日に達するものと見込み、途中年次の数値を算出した。

② また、道路散水・清掃等公共用水はおおむね需要水量合計の10%と見込むこととし、1983年において $20,000\text{m}^3/\text{日}$ 、2000年 $50,000\text{m}^3/\text{日}$ と仮定し途中年次の数値を算出した。(なお、2010年においては $60,000\text{m}^3/\text{日}$ と仮定した。)

③ 漏水率については、“水供給に関するノート”によれば、現有水源能力  $178,000\text{m}^3/\text{日}$ が水源水量の変化と配水管網における漏水のため消費者に実際配られる水量はおおよそ  $116,000\text{m}^3/\text{日}$ であるとしているが、これは水源能力の約 65%である。

このうち水源水量の変化に関しては濁水の状況により変化して定め難いので、ここでは現在の水源能力と供給能力との差は漏水によって生じるだけであると仮定し、各年次の漏水率を次のように想定した。漏水率を1985年までを毎年 35%で固定し、1986年度以降努力目標として毎年1%ずつ改善するものとし、1996年度以降は各年の改善率を多少スローダウンし、2000年においてほぼ 20%を達成するものとした。

④ 上記の諸条件を仮定して、1984年および1990年の家庭・商業用水の需要量を算出(逆算)し、中間年次および1991年以降について内・外挿により各年次の需要水量を算出した。なお、後述するように現在の給水可能量は、供給水量の項に示すように平均 $150,000\text{m}^3/\text{日}$ とした。

以上の仮定をもとに試算した1983年から2010年までの需要水量の算出結果は表3.1 および図3.2 に示す通りである。

ちなみに2000年における需要水量は  $496,600\text{m}^3/\text{日}$ 、漏水を除いた家庭・商業用水需要は  $263,300\text{m}^3/\text{日}$ で、これを同年の給水対象人口  $1,254,100$ 人で除すと 1人 1日あたり 210 l となり妥当な数値であると思われる。同様に同年における漏水を除いた工業用水と公共用水の需要量は合わせて  $130,000\text{m}^3/\text{日}$ 見込んであるが、この水量はやゝ過大な将来予測をもとにしているのも、一種の余裕率と見なされるべきものであろう。

表 3.1 将来需要水量の推定

項 目		年			
		1 9 8 3	1 9 9 0	2 0 0 0	2 0 1 0
オラン県全県推定人口 (人)		880,200	1,093,100	1,406,000	1,639,700
都市給水圏推定人口 (人)		716,000	931,300	1,254,100	1,508,500
家庭・商業用水	原 単 位 (1/人/日)	114	159	210	235
	需 要 量 (m <sup>3</sup> /日)	81,500	148,100	263,300	354,500
工業用水需要量 (m <sup>3</sup> /日)		33,500	64,800	80,000	80,000
公共用水需要量 (m <sup>3</sup> /日)		20,000	34,000	50,000	60,000
家庭、商業、工業、公共 各 需 要 計 (m <sup>3</sup> /日)		135,000	246,900	393,300	494,500
漏 水 率 (%)		35.0	30.0	20.8	16.6
需 要 水 量 合 計 (m <sup>3</sup> /日)		207,700	352,700	496,600	592,900
1 人 1 日 需 要 水 量 (1/人/日)		290	378	396	393

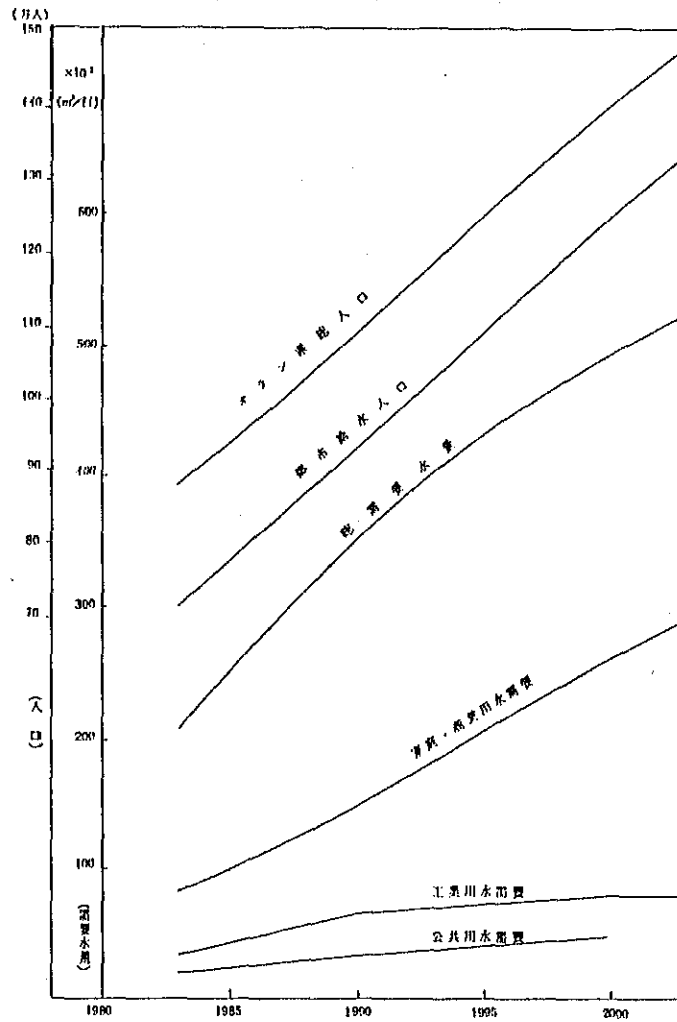


図 3.2 将来需要の予測

### (3) 供給水量

現有水源としては、3.1.3 で述べたように Beni-Bahdel 導水、Fergoug 導水を二つの県外主力水源として、県内さく井水源と合わせて  $178,000\text{m}^3/\text{日}$  の公称能力を有するといわれているが、水源の状況により取水可能量が変動することは当然である。そこで、計画上妥当な給水量としてどの程度見込めばよいかということが問題となる。

オラン県水利局関係者によれば、県外水源として東・西二つのダムからの導水量は既述のように Beni-Bahdelから $82,000\text{m}^3/\text{日}$ 、Fergoug から $59,000\text{m}^3/\text{日}$ 、計 $141,000\text{m}^3/\text{日}$ 両ダムの水源能力があるが、この県外導水量は $82,000\text{m}^3/\text{日}$ から $141,000\text{m}^3/\text{日}$ まで変動するという。 $82,000\text{m}^3/\text{日}$ といえは水源能力  $141,000\text{m}^3/\text{日}$ の58%にしか過ぎず、両ダム水源も決して安定した水源ではないことを意味している。しかし、年間を通じて $82,000\text{m}^3/\text{日}$ を両ダムからの給水能力として採用するのは過酷であるのでオラン県水利局が導水量として予定している平均  $120,000\text{m}^3/\text{日}$ が妥当と思われるのでこの数値を採用することとし、同様の意味で県内水源と合わせてオラン県全体の給水可能量は平均  $150,000\text{m}^3/\text{日}$ を採用することとする。

次に2000年までの間に他の水源開発計画はどうかというと、Chelif 川および Tafna 川からの導水計画が考えられる。

前者については、1990年およびそれ以降の需要をまかなう将来水源であるが、調査と調査結果に基づく水源開発の実施までにはなお相当の年月を要するので、今回の調査においては、2000年までの将来水源としては取りあげないこととする。

後者については、前者の水源開発が実施されるまでのピンチヒッター的な水源開発として水資源省により検討、計画されたもので、全体計画水量としては  $230,000\text{m}^3/\text{日}$ の導水を企図しているが、2期に分けて1988年に Tafna分水としてまず  $100,000\text{m}^3/\text{日}$ の導入を、そして1993年に低 Tafna送水として  $130,000\text{m}^3/\text{日}$ を導入する計画になっている。

従って、2000年に至るまでの給水量としては、この Tafna川からの導水を考慮に入れるものとし、水需給バランスの検討を次節において行った。

### 3.3 海水淡水化プラントの規模

1983年から2000年に至る将来需給を各年ごとに試算すると表3.2の通りである。

これによれば Tafna分水完成前年の1987年の不足水量は  $142,800\text{m}^3/\text{日}$ 、同計画完成年度の1988年前期において  $163,400\text{m}^3/\text{日}$ である。また低 Tafna送水完成前年の1992年の不足水量は  $136,000\text{m}^3/\text{日}$ 、1993年完成直前において  $151,500\text{m}^3/\text{日}$ ということになる。また、Tafna 川からの導水計画がすべて完成したとしても今回の調査の対象年次である2000年において不足水量は  $116,600\text{m}^3/\text{日}$ となる。さらに、2000年以降も不足水量は毎年  $1\text{万m}^3/\text{日}$ 強、対前年不足水量との比率で2%程度ずつ増加する見通しである。

なお、最も水が不足するのは当然のことながら Tafna川からの第1期導水計画が実現する直前で、供給水量は需要水量の約50%を賅うだけという深刻なものである。

以上の点を総合的に考慮すれば、海水淡水化プラントの規模は  $150,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度とすることが妥当と思われる。

$150,000\text{ m}^3/\text{日}$ 海水淡水化プラントの稼働により、オラン市域の2000年までの年次別水需給見通しは表3.4 および図3.4 のようになり、十分需要水量を満たすことができるものと予測される。



表 3.2 年次別需給水量と不足水量

事項 年	需水量 (年間量) ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> /年)	給水可能量 (年間量) ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> /年)	不足水量 (年間量) ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> /年)	平均需水量 (日量) (m <sup>3</sup> /日)	平均給水可能量 (日量) (m <sup>3</sup> /日)	左の内訳		平均不足水量 (日量) (m <sup>3</sup> /日)
						既存水源給水可 能量 (m <sup>3</sup> /日)	Tafna 系給水可 能量 (m <sup>3</sup> /日)	
1983	75,810.5	54,750.0	21,060.5	207,700	150,000	150,000	57,700	
1984	81,984.0	54,900.0	27,080.0	224,000	150,000	150,000	* 74,000	
1985	91,177.0	54,750.0	36,427.0	249,800	150,000	150,000	99,800	
1986	98,170.5	54,750.0	44,420.5	271,700	150,000	150,000	121,700	
1987	106,872.0	54,750.0	52,122.0	282,800	150,000	150,000	142,800	
1988	114,704.4	91,500.0	23,204.4	313,400	250,000	150,000	63,400	
1989	121,654.5	91,250.0	30,404.5	333,300	250,000	150,000	83,300	
1990	128,735.5	91,250.0	37,485.5	352,700	250,000	150,000	* 102,700	
1991	135,050.0	91,250.0	43,800.0	370,000	250,000	150,000	122,000	
1992	141,276.0	91,500.0	49,776.0	386,000	250,000	150,000	136,000	
1993	146,547.5	138,700.0	7,847.5	401,500	380,000	150,000	21,500	
1994	152,205.0	138,700.0	13,505.0	417,000	380,000	150,000	37,000	
1995	157,315.0	138,700.0	18,615.0	431,000	380,000	150,000	51,000	
1996	162,870.0	139,000.0	23,790.0	445,000	380,000	150,000	65,000	
1997	167,170.0	138,700.0	28,470.0	458,000	380,000	150,000	78,000	
1998	172,097.5	138,700.0	33,397.5	471,500	360,000	150,000	91,500	
1999	176,660.0	138,700.0	37,960.0	484,000	380,000	150,000	104,000	
2000	181,755.6	139,000.0	42,675.6	496,600	380,000	150,000	116,600	

注：\*印はオラン県水利局から提示された数値である。ただし、1984年と1990年の不足水量はTafna 導水がない場合に、それぞれ年間 2,700万m<sup>3</sup> および 7,400万m<sup>3</sup>とされており、日量はこちらを365日で除したものである。

表 3.3 海水淡水化プラントの稼働によるオラン市域の水需給予測 (m<sup>3</sup>/日)

事項 年	需 要 水 電	水 源 別 供 給 水 量			不 足 水 量	備 考
		海 水 淡 水 化 プラント生産水	既 存 水 源 日 平 均 給 水 可 能 量	Tafna の 導 水 計 画 給 水 量		
1983	207,700		150,000		57,700	
1984	224,000		150,000		74,000	
1985	249,800		150,000		99,800	
1986	271,700		150,000		121,700	
1987	292,800	(150,000)	150,000		142,800 ( 0)	RO の場合 7月運用 MSF " 10月運用
1988	313,400	150,000	150,000	13,400	0	
1989	333,300	150,000	150,000	33,300	0	
1990	352,700	150,000	150,000	52,700	0	
1991	370,000	150,000	150,000	70,000	0	
1992	386,000	150,000	150,000	86,000	0	
1993	401,500	150,000	150,000	101,500	0	
1994	417,000	150,000	150,000	117,000	0	
1995	431,000	150,000	150,000	131,000	0	
1996	445,000	150,000	150,000	145,000	0	
1997	458,000	150,000	150,000	158,000	0	
1998	471,500	150,000	150,000	171,500	0	
1999	484,000	150,000	150,000	184,000	0	
2000	496,600	150,000	150,000	196,600	0	

注：Tafna導水計画給水可能量は、1988年にTafna分水100,000m<sup>3</sup>/日が、さらに1993年に低Tafna送水130,000m<sup>3</sup>/日、計230,000m<sup>3</sup>/日が計画されている。

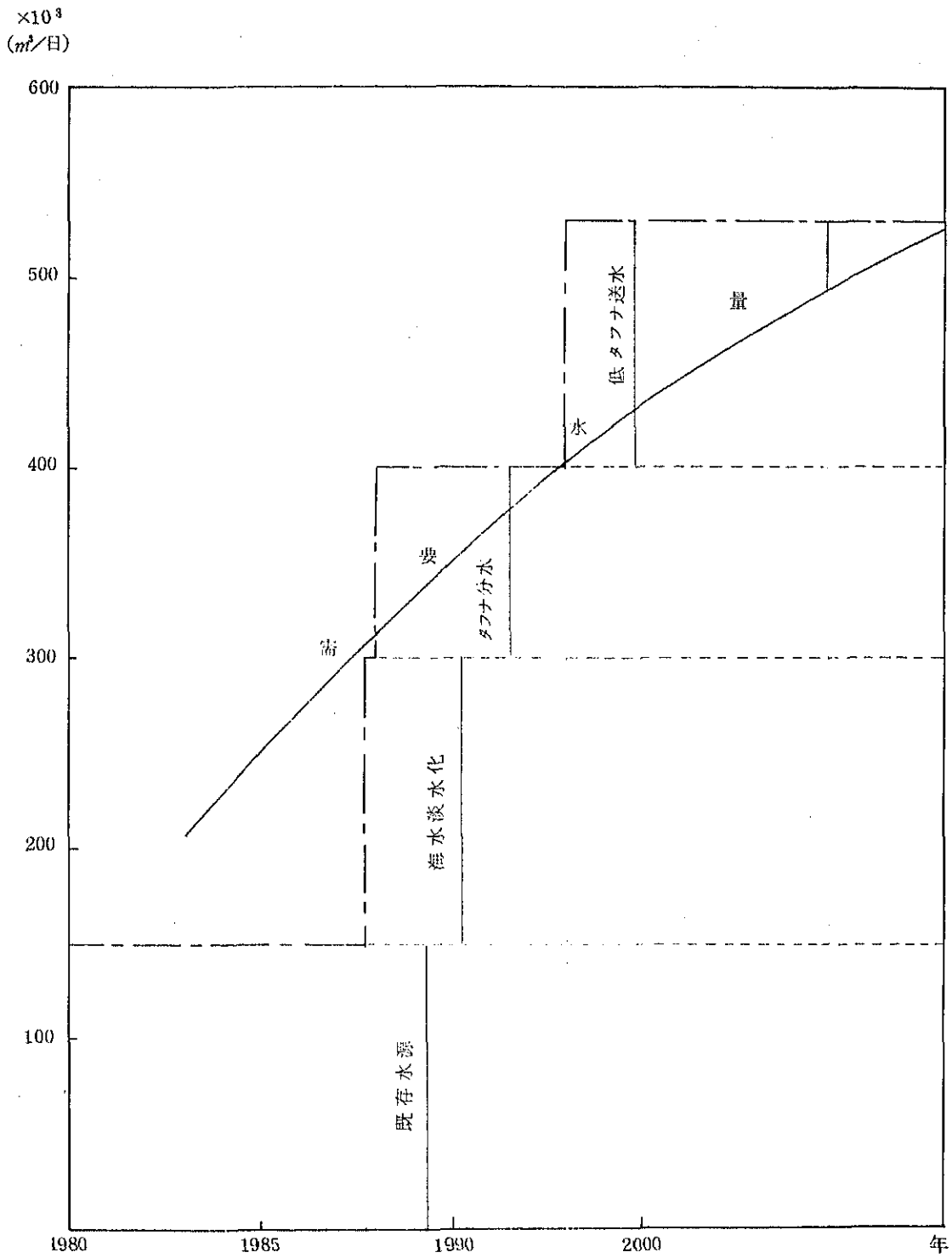


図 3.3 オラン市域の水需給予測



## 第4章 プラントサイトの選定



## 第4章 プラントサイトの選定

本F/Sにおける海水淡水化プラントのサイト候補地として図4.1に示す通り、オラン市を中心に西方Les Andalousesから、東方Port aux Poulesに至る約100kmの沿岸部9地点について現地踏査し、比較検討した。

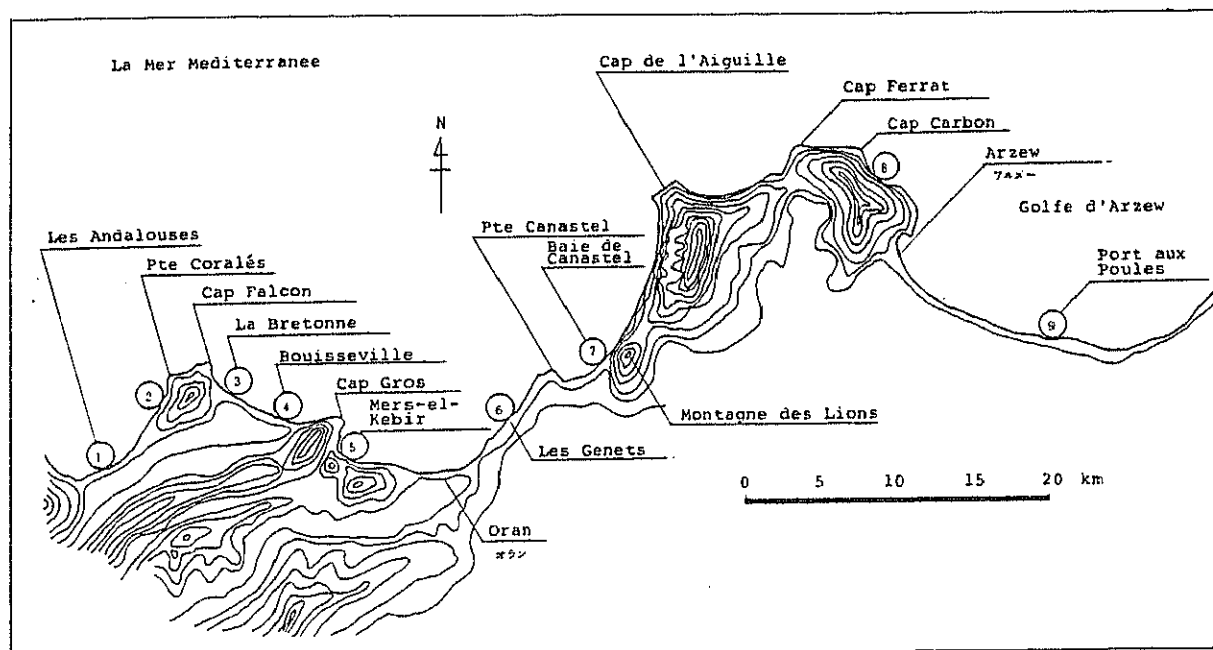


図4.1 サイト候補地位置図

### 4.1 候補地の立地条件

一般的にサイト選定上考慮しなければならない項目は地形、地盤、気象、海象などの自然条件と用地取得、ユーティリティー供給、輸送性、労働力などの社会条件の二つである。

この項目に対するウェイトの置き方は国の考え方あるいはそのプロジェクトの内容により当然異なってくるが、サイト選定とは結局、稼働上支障なく、生産水コストを最小にすると同時に周辺地域への影響を最小に抑えることにあるといえよう。

以上の点を踏まえ、本プロジェクトのサイト候補地として選ばれた9地点について比較分析を行った。

以下、オラン市街西方と東方とに分けて、現地踏査結果をもとにそれぞれの候補地についてその特徴を述べる。

#### 4.1.1 オラン市街西方

オラン市街西方のサイト候補地のうちCap Falconまでの③、④および⑤の地点は海面上 5~10m の台地に位置し、背後に山が迫っている。Cap Falcon以西の①、②の候補地は海面上 2~3mの平坦地にあり、後背地は 3~5km 幅のなだらかな丘陵地帯である。しかし、オラン市街西方からオラン市内の間に標高500m程の山が横たわっており、山頂部や山の麓には軍施設が多く、また、山の傾斜も非常に厳しく、海岸の崖に沿って細い幹線道路が一本あるだけで交通量も多い。

##### (1) 候補地 ① Les Andalouses

当候補地はオラン市街地の西方約25km、Cap Falconから南西10kmに位置している。海岸付近の土地はほぼ平坦で標高3m程度であり、背後5km の山岳地帯までなだらかな丘陵を形成している。海岸は遠浅の砂浜で、海水の水質も目視の限りでは清浄であり、用地および取水の面では問題がないと思われる。

しかし市街地から遠いうえ、途中急峻な山岳部があるため、ユーティリティーの供給および生産水の送水管の敷設の面で大きな問題があり、また、リゾート地区（国民保養地）に隣接しているために環境保護の面であまり好ましくない。

##### (2) 候補地 ② Cap Falcon西側

当候補地はオラン市から西方約20km Cap Falconの西側に位置する起伏のある砂丘地域であり、所々に岩が露出している。標高 3~5mと比較的低い場所であり取水、排水には適しているがCap Falconの丘が迫っており広い用地を造成する事が困難である。またユーティリティーの供給および送水管の敷設についても候補地①と同様に問題がある。

##### (3) 候補地 ③ la Bretonne および ④ Bouisseville

当候補地はオラン市街地から約10~15km、Mers el Kebir からCap Falconに至る標高 5~15m の台地状の地域であり、保養地の中にある。また、平坦な台地部の幅は50~100m程と今回建設される予定のプラント用地としては狭く、民家も点在している。これらの地域は、用地確保が難しいことおよび保養地としての環境を考慮すると、プラントサイトとしては適当でないと判断される。



## (4) 候補地 ⑥ 軍港地区

当候補地はオラン市から西方約4kmに位置し、市街地へ通じる幹線道路沿いであり、前面は軍港、背後は山の迫る帯状の限られた場所である。点在する軍施設に囲まれており、プラントの建設については厳しい規制が考えられる。

## 4.1.2 オラン市街東方

オラン市商港以東のサイト候補地のうち、Cap de l'Aiguille までの⑥、⑦の2候補地は標高数10mの断崖上にあり、道はあるものの背後の山は迫っている。Cap CarbonからPort aux Poulesの間は標高10~20m程度の平坦地であり、後背地も広く、なだらかな丘陵をなしている。

## (1) 候補地 ⑥ Les Genets

オラン市中心部から東北東へ3~5kmで地理的には恵まれており、3ヵ所の地点が候補地として検討された。しかし、2ヵ所の地点は近傍にオラン市の下水放流口があり、海域は広く変色して汚染されている状況がうかがえる。市には下水処理施設の新設計画はあるものの、緊急を要する海水淡水化プラント建設以前に処理場が出来ないと、取水する水質に問題が残る。また、この候補地の2地点は標高20~40m程の断崖の台地であり海水揚水設備建設費および運転費が嵩みサイトとしてはあまり好ましくない。

他の1地点は下水放流地点からやや離れており、海面からの高さも他の2ヵ所に比べて低い。平坦な土地を確保するには、重量機械およびプラントの運搬道路の建設に相当な費用が予想される。

## (2) 候補地 ⑦ Baie de Canastel

Les Genets地区からさらに北東に5~6km、海岸沿いの道路から100~150m程の崖下になだらかで広い傾斜地があり、サイト用地としては十分な広さがある。しかしながら、峻険な断崖のため道路からの資機材搬入用アクセスがとれず、大きなプラントユニットを運び込めない。また、なだらかな傾斜地も標高20~30mの崖上にあり、サイトとしては不適當である。

## (3) 候補地 ⑧ Cap Carbon 軍施設付近

オラン市から北東約35km、アルズー市から北西6~7kmの地点に位置し、標高5~10m程のなだらかな傾斜地で広い土地があり、プラントサイトとしては適していると判断できる。しかし、軍用地のため立入り調査もできなかったが、実際問題として、プラントの建設は非常に難しいと考えられる。

## (4) 候補地 ⑨ Port aux Poules

当候補地はオラン市東方約40km、アルズー市東方12～13kmに位置し、アルズー工業地帯の最東端である。候補地は標高15m程の平坦な土地で、岩盤が出ている部分もあるが、後背地はなだらかな傾斜の畑や草地である。隣接地が工業地帯のため、ガスや電気の供給も容易と考えられる。また国道11号線も海岸線に平行して走っており、国道からのアクセスは容易である。アルズー港を荷揚港とするならば、各種資材、機器の陸送は容易である。海水の性状は目視では清浄で汚染はみられない。取水位置を検討すれば水質上も問題ないと思われる。(図 4.2)

以上のサイト候補地の状況をまとめると表4.1の通りである。

## 4.2 候補地の比較検討と最適候補地の選定

候補地を選定するために必要な自然条件、社会条件を次のように細分し、この条件に照らして、現地踏査および海域調査の結果をもとに候補地の比較検討を行う。

## 自然条件

## (1) 陸上部条件

地形、地盤、気象などの条件はプラント建設に困難はないか。

## (2) 海洋条件

海底の地形、地盤、海象などの条件は取排水設備建設に困難はないか。

## (3) 原海水の水質、水温

海水の水質、水温は淡水化の原水として適当か。

## 社会条件

## (4) 用地取得

用地の取得、所要スペースの確保について制約はないか。

## (5) 生産水の供給条件

既設配水池への接続に困難はないか。

## (6) ユーティリティの供給条件

必要な電気、燃料の供給は容易か。

## (7) 建設資機材、薬品等の輸送条件

道路、港湾等のインフラストラクチャーが整備されているか。

## (8) 環境への影響

水質汚濁、大気汚染、騒音等による問題や周辺景観をそこねるようなことはないか。

## (9) 労働力

周辺地域で労働力が得られるか。

前記プラント候補地のうち、上記条件を満たしていない候補地を消去法でスクリーニングしてみる。

まず、本プロジェクトを実現させるために絶対不可欠な用地取得の点から判断すると、候補地⑤と⑥は軍用地あるいは軍施設に近すぎるため本プロジェクトのサイトとしては適用できない。また、用地スペースの点から判断すると、候補地②、③および④が明らかに不適當である。

建設費、建設工程に大きな影響を与える地形、地盤を考慮すると、候補地⑦は除外される。

また、ユーティリティおよび生産水の供給の点からみると、候補地⑧はサイトとオラン市の中間にある山にはばまれて、供給施設の建設に問題が残り、サイトとしては不適當である。

原海水の水質の点で候補地⑨はオラン市の生下水放流の影響範囲内にあり、不適當である。候補地⑩は陸上部および海底の地質が岩盤であること、送水距離の長いこと等全く問題がないとはいえないが、他の候補地と比較して自然条件、社会条件が優れている。

以上の各評価項目について本プロジェクト用にウエイトを決め各候補地について定量的に比較検討を行った結果を表4.1に示す。これらの結果から総合的に判断して本F/Sのプラントサイトとして候補地⑩の Port aux Poulesを選定した。各候補地について定量的に比較評価した結果を表4.2に示す。

なお、本サイト決定に際しては、オラン県水利局に上記選定理由を説明して協議した結果、サイト⑩でF/S作業を進めることで合意を得た。図4.2にプラントサイトの概略図を示す。

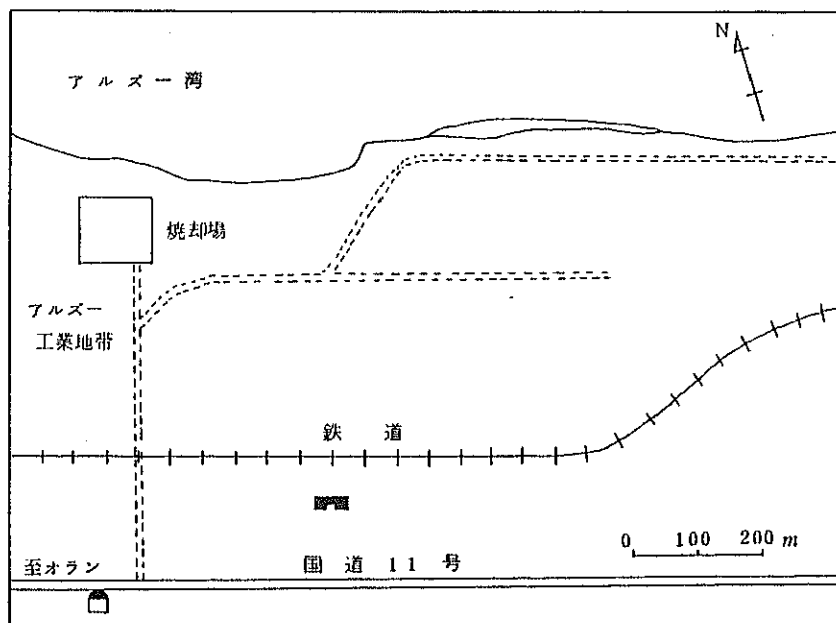


図4.2 プラントサイト (Port aux Poules) 概略図

表 4.1 サイト候補地状況総括表

評価項目	1 Les Andalous	2 Pte Corale	3 La Bretonne	4 Bouisseville	5 Mers el Kebir	6 Les Genets	7 Canastel	8 Cap Carbon	9 Pt. aux Poules
1. 自然条件 (1) 陸上部条件 標高 地形 土質 後背地 位置	3m 平坦 広い 砂地 なだらかな丘陵 Oran西 25km	3-5m 起伏 狭い 砂丘、岩 急峻山地 Oran西 20km	5-15m 平坦台地 狭い 砂丘 保護地民家 Oran西 10km	5-15m 平坦台地 狭い 砂地 保護地民家 Oran西 15km	- 平坦 - 道路 Oran西 15km	20-40m 断崖台地 岩 急峻山岳 Oran東北東 5-10km	20-30m 傾斜地 広い 岩 100-150mの断崖 Oran北東 15-16km	5-10m 傾斜なだらかな 広い - なだらかな丘陵 Oran北東30km	15m 平坦 広い 岩 なだらかな丘陵 Oran東40km
(2) 海洋部条件 遠浅 深層 底質 水質汚染	遠浅 砂 清浄	やや深い 岩 砂 清浄	同 岩 砂 清浄	やや浅い 砂 清浄	- 砂 岩 船舶排水有り	深い 岩 砂 下水放流	深い 岩 砂 清浄	遠浅 岩 清浄	遠浅 岩 清浄
2. 社会条件 用地 送水設備 道路 港 湾 ユ-ティリ ティ供給	リゾート 山岳部断 標高500-600m - 遠い 幹線道路 山岳部断あり - 供給やや困難	同 同 やや遠い 同 - 同	同 同 近い 同 - 同	同 同 同 - 同	軍港地区 - 近い 幹線道路 Oran港 供給容易	- - 近い なし Oran港 供給やや困難	- - 近い なし - なし	軍施設 台地断 標高約200m 遠い 軍用道路 Arzew 港 供給容易	工業地帯 同 遠い 幹線道路 Arzew 港 最も供給容易
3. その他	500-600mの山岳 地断のため、 輸送、ユ-ティ リティ供給およ び送水工事困難	同	同	同	軍施設のため 用地取得困難	下水放流のため 海水汚染有り 断崖のため、海 水取水困難	断崖のため輸送 ユ-ティリティ 供給、送水工事 および海水取水 困難	軍施設のため 用地取得困難	

表 4.2 サイト候補地比較評価表

評価項目	重要度	1	2	3	4	5	6	7	8	9
用地取得	AA	評価できるデータなし								
用地広さ	A	◎10	△2	△2	△2	-	○6	○6	-	◎10
地 形	A	◎10	△2	○6	○6	-	△2	x0	-	○6
地 盤	A	評価できるデータなし								
既設水道への接続	A	x0	x0	x0	x0	-	◎10	○6	-	△2
ユーティリティー	A	△2	△2	△2	△2	-	△2	x0	-	◎10
輸 送 性	B	△1	△1	△1	△1	-	△1	x0	-	◎5
海洋条件	B	◎5	◎5	◎5	○3	-	△1	◎5	-	○3
海水水質	B	◎5	◎5	◎5	○3	-	x0	◎5	-	○3
環境影響	B	△1	○3	○3	○3	-	◎5	○3	-	◎5
総合評価		34	20	24	20	-	27	23	-	44

注1： 各候補地を定量的に評価するためには以下の方法によった。

1)重要度のウエイト AA-----3倍

A-----2倍

B-----1倍

2)定性的な評価点 ◎-優 5点

○-良 3点

△-可 1点

x-不可 0点

3)総合評価点 定性的な評価点にウエイトを掛けた値の合計点とする。

注2： 候補地名

No.1 Les Andalouses      No.4 Bouisseville      No.7 Baie de Canastel

2 Pte Corale              5 Mers el Kebir          8 Cap Carbon

3 La Bretonne            6 Les Genets            9 Port aux Poules

注3： 候補地 No.5 Mers, el Kebir および No.8 Cap Carbon は軍用施設のためサイト候補地として不適當であると判断し、除外した。

### 4.3 プラントサイト周辺の自然環境条件

プラントサイト周辺地域における自然環境の現況を調査した結果は次の通りである。

#### 4.3.1 海域調査

海域調査は、1984年2月23日に、Port aux Poules 沖に調査船を出して行った。また、2月25日には、同海岸汀線部において表層海水を採水し、水質分析の試料とした。

調査の方法は次に示す通りである。

- (1) 調査項目 ; 海水の水温、pH、水質分析。
- (2) 採水測点 ; 候補地沖合1,100m地点 (ST・A)および汀線部 (ST・B)における海面表層図4.3 に示す。
- (3) 分析者 ; 1)アルジェリアー国立水研究所(INRH)  
2) 日本ー国際協力事業団(JICA)

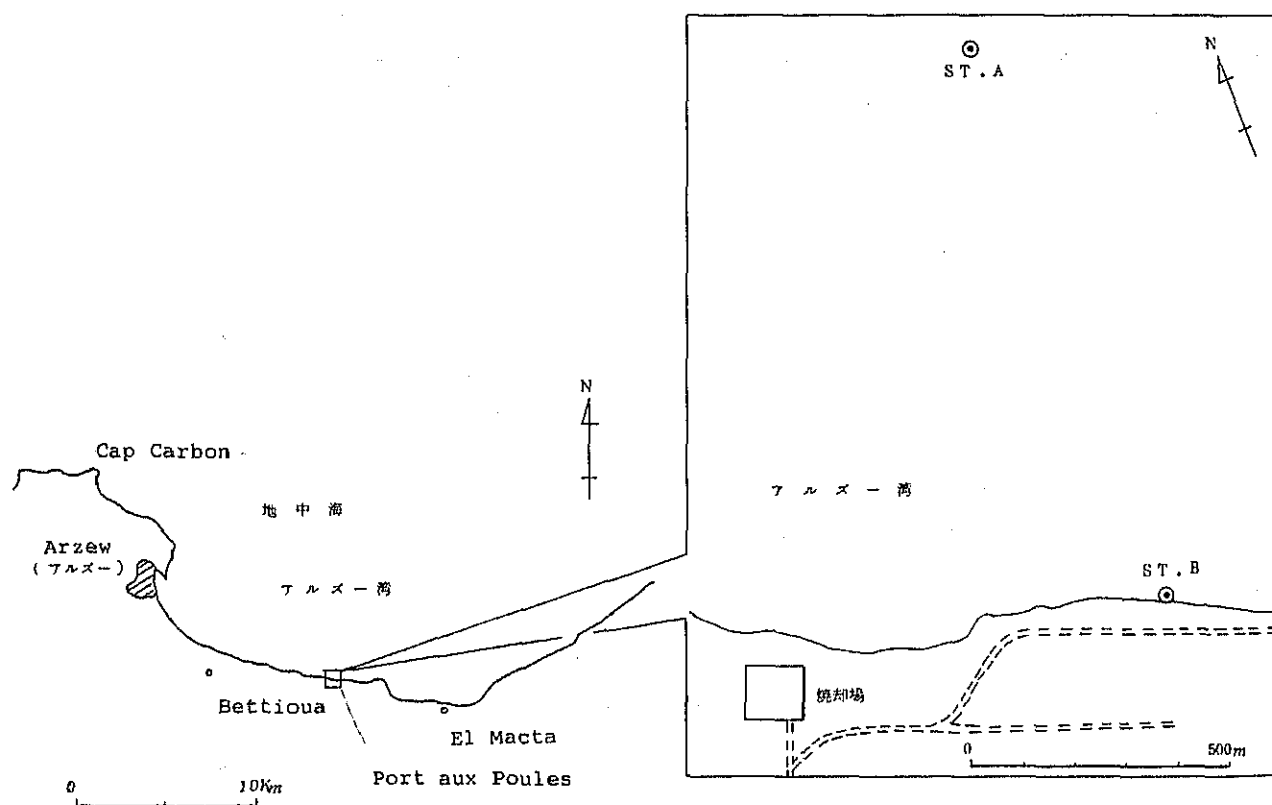


図4.3 海域調査採水測点位置

### 4.3.2 海象

#### (1) 海水の水質

前記の海域において採水し、分析した結果はANNEX1-1（アルジェリアINRHにおいて分析）およびANNEX1-2（クロスチェックのためにJICAにおいて分析）の通りである。

本調査海域の水質の特徴を要約して以下に示す。

- 1) 塩素量は20.3～20.4‰であり、日本沿岸の外洋水に比較して1‰前後高いが、地中海で見られる一般的な値である。（注、10‰=1%）
- 2) 栄養塩類は、日本付近を流れる黒潮影響下の水質と比較しても、同程度またはそれ以下であり、清澄な海域である。

#### (2) 海流

地中海の海流は、図4.4に示したように、大西洋の海水がジブラルタル海峡から流入し、アフリカ大陸の北部沿岸部に沿って東進する。地中海内の表層流と中層流はともに反時計廻りに環流する。（注-1）

候補地前面海域の流動は、地形条件からみて、前述した沖合の東流に対する反流が形成されている。予想海流を模式図として図4.5に示す。

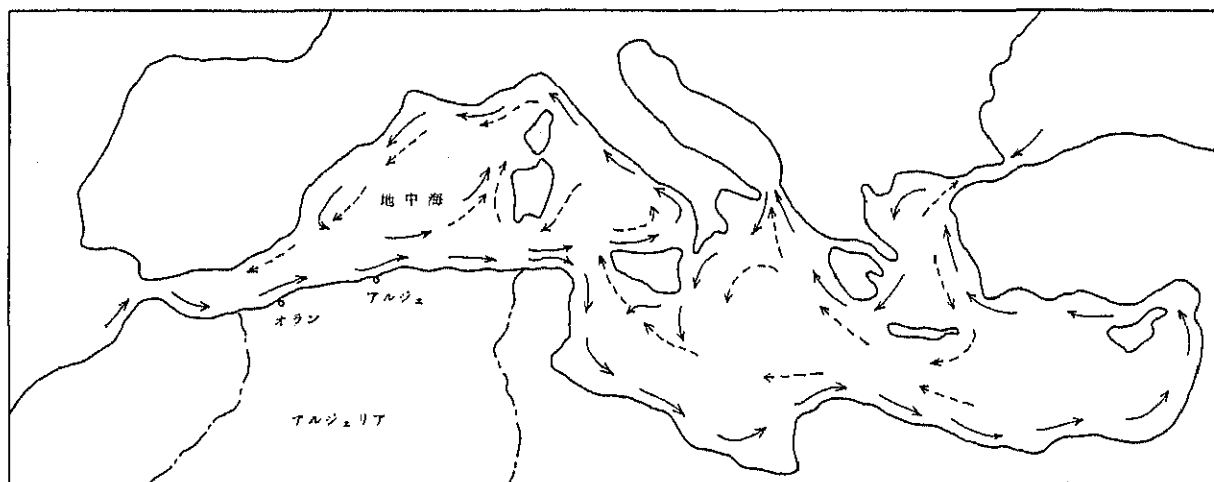


図4.4 地中海の表層流と中層流

←——— 表層流  
←----- 中層流

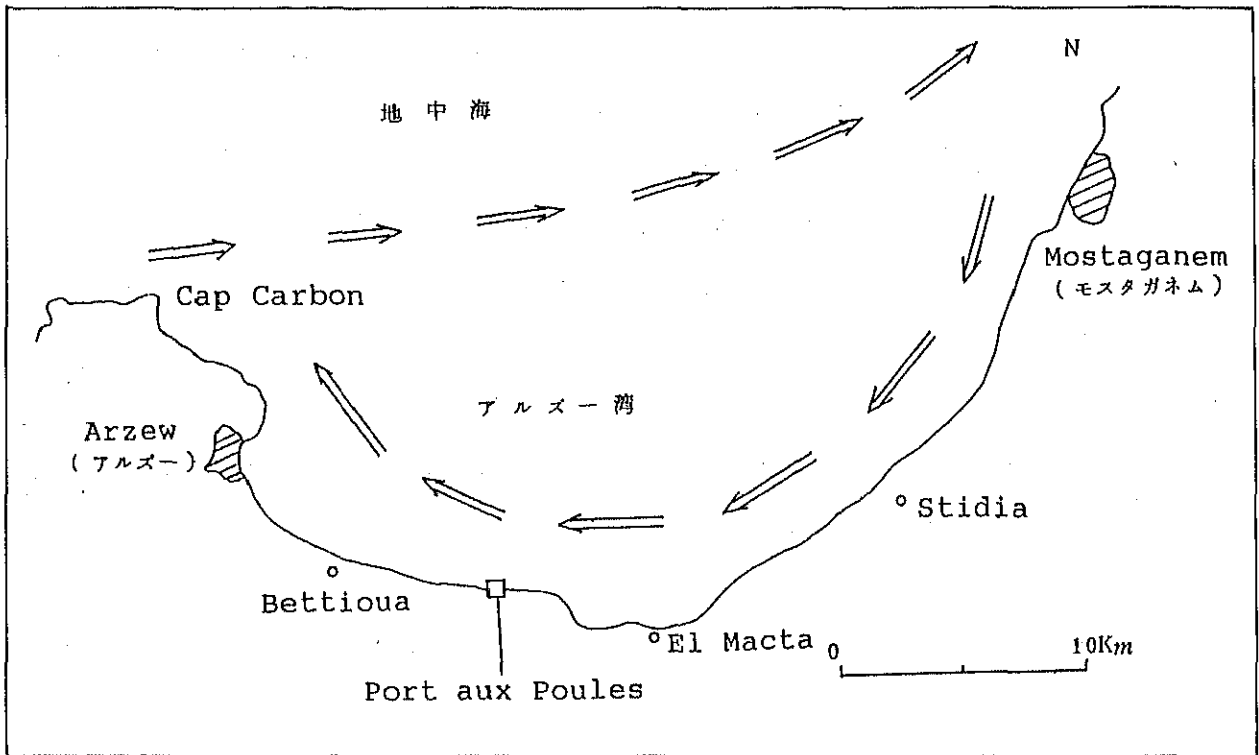


図 4.5 アルズー湾およびその付近の予想海流



## (3) 海水の水温

海水淡水化の計画において海水温度は重要な条件であり年間を通じて十分な調査が必要である。現地調査時における実測値は表4.3の通りである。

本調査では、所要のデータが十分得られなかったが、“大アルジェ圏 F/S”のデータによれば、最低が1~2月の13~14℃、最高は6月および10月の22~23℃となっており、本調査海域でも、ほぼ、同様な水温変化があるものと思われる。

表4.3 海水温度

測 点	S T . A	S T . B
調査日時	1984年2月23日 12:00	1984年2月25日 16:00
測定位置	プラントサイト沖合1100m の海面表層	プラントサイト汀線部の 海面表層
水温(℃)	15.3	14.1

## (4) 海底の状況

海底の地盤に関する資料は入手できなかったが、現地で目視観察した結果と海図(注-2)をもとに推察すると、汀線部および沖合とも岩盤であることが予想される。

水深は、海図からみると、取水設備の設置に適する水深10mが得られる地点は海岸から約400m程度沖合である。潮位は、大潮時に、約60cmの潮位差がある。

(注-1) 和達清夫監修「海洋の辞典」東京堂出版1960

(注-2) London, Published at the Admiralty, New Edition 1973

## 4.3.3 気象

気象庁気象調査開発センターでは同庁の事情により気象観測データを入手できなかったが、世界気象機関(World Meteorological Organization)が集計したオランにおける気圧、気温、湿度および降水量を表4.3に示す。

なおオラン県は、エル・アスナム地区での地震からみても、建築物に耐震設計を考慮しなければならない地域であり、REGLES PARASISMQUES ALGERIENNES 1981のZONE IIに該当する。

表4.4 オランの気象

月	気圧(mbar)	気温(°C)	湿度(%)	降水量(mm)
1	1019.0	10.2	82	70
2	1018.5	11.0	80	54
3	1015.8	13.3	78	35
4	1015.1	15.4	76	33
5	1015.2	18.3	72	19
6	1015.6	21.8	72	7
7	1014.8	24.5	74	1
8	1014.0	25.1	72	3
9	1015.8	22.9	75	16
10	1017.0	18.4	78	43
11	1017.5	14.2	81	46
12	1018.4	11.1	82	67

注 1: 世界気象機関(World Meteorological Organization) の集計による。

注 2: 観測位置: 北緯35° 38'、西経 0° 37'、標高99m

注 3: 気圧: 日平均海面気圧から算出した月の値の累年平均値

気温: 日平均気温から算出した月の値の累年平均値

湿度: 相対湿度

降水量: 月と年の降水量の累年平均値

## 第 5 章 プラントの計画条件



## 第5章 プラントの計画条件

本F/S では多段フラッシュ蒸発法と逆浸透法の二つのプロセスについて概念設計を行う。その範囲は次の通りである。

- (1) 海水の取水および排水設備
- (2) 海水淡水化プラント
- (3) 既設配水池への送水および接続設備（第 8章参照）

プラントを計画するに当たって基本となる条件を以下に述べる。なお、必要な電力、燃料ガスなどのユーティリティは本プラントサイトまで供給されるものとし、これらの供給配線および配管は本F/S の範囲外とする。

### 5.1 プラント能力

第 3章で検討した通りプラント規模は日量150,000 m<sup>3</sup>の能力を有するものとする。なお、プラントは一定容量をもったユニット数系列により構成されるが、その容量の決定は建設コストおよび運転コストの低減、工期の短縮、運転管理の容易さ、稼働実績などを考慮し、多段フラッシュ蒸発法は30,000m<sup>3</sup>/日、逆浸透法は15,000m<sup>3</sup>/日とする。

### 5.2 プラントサイト

アルズー市東方の Port aux Poulesをプラントサイトとする。

サイトの概要は第 4章に記述した通りであるが、建設コストに大きな影響を与える地盤条件に関する定量的なデータは得ることができなかった。従って本F/S においては下記の仮定を設けることにした。

#### 陸側

- (1) 現在の地表面より深さ1m（平均）までは砂質土、それ以深は砂岩層あるいは石灰岩層になるものとする。Port aux Poules からオラン市までの送水ルートのうち、総延長の 20%はこれと同様とし、残りの 80%は送水管底部まで砂質土とする。

- (2) 基礎の許容支持力は $10\text{ t/m}^2$ とする。ただし基礎が砂岩層あるいは石灰岩層内もしくは層面上におかれた場合は $20\text{ t/m}^2$ とする。
- (3) 砂岩および石灰岩は硬岩とし、岩の掘削には特殊な建機および火薬等を使用する必要があるものとする。

#### 海側

- (1) 海底地盤は砂岩層あるいは石灰岩層とし、これらの岩層が海底面に露出しているものとする。
- (2) 砂岩および石灰岩は硬岩とし、岩の掘削には特殊な砕岩船および火薬等を使用する必要があるものとする。
- (3) 大潮差(Spring range)は $60\text{ cm}$ とし、最大波の波高(H 1/10)は $5\text{ m}$ とする。

### 5.3 生産水水質

アルジェリアでは水道水の水質基準についての立法化が進められており、近々公布されることになっている。その基準値は表5.1 に示す通りである。但し、現在は WHO基準を水質目標としている。そのため本F/S では WHO基準を採用する。なお WHO飲料水水質基準は、1982年1 ~1983年に改正が行われ、WHO 飲料水水質ガイドラインとして公表されている。そのガイドラインの値を表5.2 に示す。また、生産水のおもな水質を表5.3 に示す。

表 5.1 アルジェリア飲料水水質暫定基準（公布予定）

項 目	単 位	基 準 値	
		推 奨 値	許容最大値
物理的基準			
味および臭気		不快でないこと	
色		白金コバルト法で20単位以下	
濁 度		濁度計 30度以下	
温 度		25°C 未満	
p H		6.5 - 8.5	
総α放射線	PCI/l	00	3 (0.1Bq/l)
総β放射線	"	00	30 (1 Bq/l)
化学的基準			
残留塩素	mg/l	正常時蛇口部で 0.1 以上	伝染病発生時または 災害時蛇口部で 0.5 以下
T D S	mg/l	500	2000
カルシウム	"	75	200
マグネシウム	"	50	150
カルシウム+マグネシウム	"	100 (as CaCO <sub>3</sub> )	500
ナトリウム	"	20	100
カリウム	"	10	12
鉄	"	0.05	0.5
マンガン	"	0.01	0.2
硫酸塩	"	200	400

(表 5.1 つづき)

項 目	単 位	基 準 値	
		推 奨 値	最大許容値
アンモニア	mg/l	0	0.05
全窒素 (有機性)	"	0.05	0.5
亜硝酸塩	"	0	0.1
硝酸塩	"	10	45
塩化物	"	200	600
りん酸塩	"	0	1
過マンガン酸カリ消費量	"	0	2
(アルカリ性加温)			
ふっ化物	"	0.7	1.2
硫化物	"	0	0.02
亜 塩	"	0.1	5
銅	"	0.05	1.5
アルミニウム	"	0.05	0.2
(重金属)			
ひ 素	"	0	0.05
鉛	"	0	0.1
六価クロム	"	0	0.05
全クロム	"	0	0.1
水 銀	"	0	0.001
カドミウム	"	0	0.005
銀	"	0.01	0.05
セレン	"	0.01	0.01
シアン化物	"	0	0.05
炭化水素	"	0	0.001
フェノール	"	0.001	0.002
油 分	"	0	0.01
陰イオン界面活性剤	"	0.2	1
(農 薬)			
Lindane	"	0	0.004



(表5.1 つづき)

項 目	単 位	基 準 値	
		推 奨 値	最大許容値
DDT	"	0	0.004
Methoxychlor	"	0	0.01
Parathion	"	0	0.001
Methyl parathion	"	0	0.005
Malathion	"	0	0.01
Dieldrine	"	0	0.001
Carbaryl	"	0	0.05
Astrasine	"	0	0.01
2, 4 - D	"	0	0.02
2, 4, 5 - TP	"	0	0.01
2, 4, 5 - T	"	0	0.01
		基 準 値	
生物的基準		含まないこと	
寄生虫および病原生物	個/100ml	(a) 3	
全腸内細菌		(b) 100ml の 2本の連続サンプルから腸内細菌が検出されないこと。	
		(c) 腸内細菌が認められるサンプルの割合は 1年間で 5% を越えない。	
大腸菌	個/100ml	0	
ふん便連鎖球菌	"	0	

表5.2 1982/83 WHO 飲料水水質ガイドライン

項 目	WHOガイドライン	アルジェリア暫定基準 最大許容値
バクテリア類	個/100ml	個/100ml
ふん便性大腸菌	0	0
大腸菌	0	0
生物類	-	-
原生動物（病原菌）	ガイドライン値なし	含まないこと
寄生虫（病原菌）	〃	〃
プランクトン（藻類他）	〃	ガイドライン値なし
健康に関する無機物の規制	mg/l	mg/l
ひ素	0.05	0.05
カドミウム	0.005	0.005
クロム	0.05	-
		全クロム 0.1
		六価クロム 0.05
シアン化物	0.1	0.05
ふっ化物	1.5	1.2
鉛	0.05	0.1
水銀	0.001	0.001
硝酸性窒素	10	45
亜硝酸性窒素	ガイドライン値なし	0.1
セレン	0.01	0.01
銀	ガイドライン値なし	0.05
ナトリウム	〃	100
健康に関する有機物の規制	μg/l	μg/l
ベンゼン	10	-
四塩化炭素	3 (*T)	-
1,2-ジクロロエタン	10	-
1,1-ジクロロエチレン	0.3	-

注：\*T Tentative guideline value

(表5.2 つづき)

項 目	WHOガイドライン	アルジェリア暫定基準 最大許容値
テトラクロロエチレン	10 (*T)	-
トリクロロエチレン	30 (*T)	-
フェノール	ガイドライン値なし	2
ペンタクロロフェノール	10	-
2,4,6-トリクロロフェノール	10	-
	(臭気識域濃度 0.1)	-
ベンゾ(α)ピレン	0.01	-
クロロフォルム	30	-
Aldrin/Dieldrin	0.03	0.001
Chlordane	0.3	-
2,4-D	100	20
DDT	1	4
Heptachlor and Heptachlor Epoxide		-
ヘキサクロロベンゼン		-
Lindane	0.1	4
Methoxychlor	0.01	10
	3	
	30	
放射線	Bq/l	PCI/l
総α放射線	0.1	3 (0.1Bq/l)
総β放射線	1	30 (1 Bq/l)
一般項目	mg/l	mg/l
アルミニウム	0.2	0.2
塩化物	250	600
銅	1.0	1.5
硬度 (as Ca CO <sub>3</sub> )	500	500
鉄	0.3	0.5
マンガン	0.1	0.2
ナトリウム	200	100
硫酸塩	400	400
TDS	1000	2000
亜鉛	5.0	5
色度	15 TCU	20 度以下 (白金・コバルト法)
味および臭気	不快のないこと	不快のないこと
温度	ガイドライン値なし	25°C
濁度	5度以下 1度以下 が望ましい	30単位以下
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5

表 5.3 生産水水質

項 目	蒸 発 法 生 産 水	逆浸透法 生 産 水	W H O ガイドライン
p H	7~8.5	7~8.5	6.5~8.5
全硬度 (mg/l) (as CaCO <sub>3</sub> )	60以下	56以下	500
塩素イオン (mg/l)	30以下	250以下	250
硫酸イオン (mg/l)	5以下	28以下	400
T D S (mg/l)	100以下	500以下	1000
温度 (°C)	32以下	18~26	
カルシウム イオン (mg/l)	28以下	23以下	
マグネシウム イオン (mg/l)	2以下	17以下	

## 5.4 原海水水質

プラントサイト候補地であるPort aux Poules 沖合において海水を採水し、分析を行った結果をAnnex I-1およびI-2に示す。以上のデータから、本プラントの計画条件として原海水水質を表5.4 に示す通りとする。

表.5.4 原海水水質

項 目	単 位	測 点		平 均
		A	B	
Ca	mg/l	401	301	351
Mg	mg/l	2032	1402	1717
Na	mg/l	11845	12190	12018
K	mg/l	58	550	304
Cl	mg/l	21868	20618	21243
SO <sub>4</sub>	mg/l	2760	1920	2340
CO <sub>3</sub>	mg/l	168	160	164
NO <sub>3</sub>	mg/l	1	1	1
NO <sub>2</sub>	mg/l	0	0	0
NH <sub>4</sub>	mg/l	0.20	3.15	1.68
T-P	mg/l	0.075	0.200	0.138
電気伝導率	μS/cm	52.5	50.1	51.3
溶解性物質 at 110°C	mg/l	41920	38800	35310
pH	mg/l	7.9	8.3	8.1
溶存酸素	mg/l	6.2	6.2	6.2
COD	mg/l	5.0	5.0	5.0
水温 (推定)	°C	最低13	最高25	20

## 5.5 用役および薬品類

## 5.5.1 電 力

電力は SONEGAS の電力網より供給される。その受電条件および電力料金を表5.5に示す。

表 5.5 受電条件および料金

項 目	条件および料金
電 圧	60 kV
周 波 数	50 Hz
相	3 相
料 金	16.5 サンチーム / kWh

## 5.5.2 燃料ガス

燃料ガスは SONELGAZ の都市ガス管網より供給される。その供給条件および料金を表5.6 に示す。

表 5.6 燃料ガスの供給条件および料金

項 目	条 件
発 熱 量	9,400kcal/N m <sup>3</sup>
組 成	He 0.19 ± 0.02
	N <sub>2</sub> 5.80 ± 0.20
	CO <sub>2</sub> 0.21 ± 0.03
	C <sub>1</sub> 83.00 ± 0.30
	C <sub>2</sub> 7.10 ± 0.15
	C <sub>3</sub> 2.25 ± 0.10
	i C <sub>4</sub> 0.40 ± 0.07
	n C <sub>4</sub> 0.60 ± 0.08
	i C <sub>5</sub> 0.12 ± 0.03
	n C <sub>5</sub> 0.15 ± 0.04
	C <sub>6</sub> <sup>+</sup> 0.18 ± 0.05
	比重 (空気1.0) 0.660 ± 0.003
	H <sub>2</sub> S : 0.750mg/ m <sup>3</sup>
	イオウ : 30 mg/ m <sup>3</sup>
元 圧	40Bar
供給圧力	4Bar
料 金	1.22サンチーム / 1000kcal

## 5.5.3 薬品

多段フラッシュ蒸発法および逆浸透法プラントに必要な薬品の仕様および単価を表5.7に示す。

表 5.7 薬品の仕様および単価

## (1) 多段フラッシュ蒸発法プロセス

薬品名	仕様	単価
スケール抑制剤	100%濃度	3.913 USドル/kg
消泡剤	—	4.343 USドル/kg
石灰石	100%固形	240 DA/トン
ソーダ灰	100%粉末	318 USドル/トン

## (2) 逆浸透法プロセス

薬品名	仕様	単価
塩化第二鉄	40%濃度	318 USドル/トン
硫酸	98%濃度	410 DA/トン
消石灰	100%粉末	392.5 DA/トン
凝集剤	100%粉末	19.57 USドル/kg
クエン酸	100%粉末	5.670 DA/トン
アンモニア	25%濃度	478 USドル/トン

## 5.6 環境保全対策

本プラントの運転によって周囲の環境に影響を与える可能性のある因子としては、排水、排ガスおよび騒音が考えられる。これら因子に関しては、以下に述べる規制値を満足するような対策を講ずるものとする。

## 5.6.1 排水

周囲水域の汚染を防止するため、アルジェリアで定められた排水の水質基準を採用する。その規制値を表5.8に示す。

表 5.8 アルジェリアの排水水質基準

項 目	許 容 限 度
p H	5.5 ~9.0
C O D	120 mg/l (濾過清澄 2 時間後)
懸濁物質	100 mg/l (2 時間平均)
全油分	20 mg/l
揮発性フェノール類	5 mg/l

なお、海水淡水化プラントからは、若干濃縮された大量の海水が排出される。濃縮海水の規制はないが、環境に影響を及ぼさないように海水との混合が充分行われるよう計画する。

#### 5.6.2 排ガス

大気中の有害物質については、各国で環境上の条件につき維持することが望ましい基準として環境基準が定められている。表5.9にもっとも規制の進んでいる米国および日本の環境基準を示す。

この環境基準を保つために各物質ごとに排出源からの排出量を規制する必要がある。排出基準は地域の特性（社会条件および自然条件）、施設の種類を考慮して決定している。

一方、本プラントで使用する燃料は表5.6に示される燃料ガスであり、このガスの燃焼によって発生する排ガスに関してはイオウ酸化物、一酸化炭素および浮遊粒子状物質の濃度は低く、排出基準を超えるものではない。それゆえ窒素酸化物のみ基準値を設定するものとし、その値は下記に示す日本の規制値を採用する。

##### 窒素酸化物排出基準値

ガスを専燃させるボイラで、排出ガス量が100,000Nm<sup>3</sup>/時以上のものの窒素酸化物の量は排出ガス1Nm<sup>3</sup>中に100cm<sup>3</sup>以下とする。



表 5.9 大気汚染に係る環境基準

物 質	日 本	米 国
二酸化イオウ	1時間値の1日平均値0.04ppm以下 かつ、1時間値 0.1 ppm以下	1時間値の1日平均値0.03ppm以下 かつ、1時間値 0.14ppm以下
一酸化炭素	1時間値の1日平均値10ppm以下 かつ、1時間値の8時間平均値 20ppm以下	1時間値の1日平均値9ppm以下 かつ、1時間値の8時間平均値 35ppm以下
浮遊粒子状 物質	1時間値の1日平均値0.10ppm以下 かつ、1時間値 0.20ppm以下	1時間値の1日平均値0.075ppm以下 かつ、1時間値 0.26 ppm以下
二酸化窒素	1時間値の1日平均値0.04~0.06 ppm	1時間値の1日平均値0.05ppm

### 5.6.3 騒 音

騒音の規制は周囲の社会活動の形態によってその規制値を変えていることが多い。本プラントサイトはアルズー工業地域に隣接しており、サイト境界には住宅が接していない。それゆえ本プラントの稼働による騒音（おもにポンプ、モーターおよびボイラ）により周囲に迷惑を及ぼすことは少ないが、プラントの配置計画にあたっては騒音源をできるだけ敷地境界より離す、あるいは建家内に収納するなどの考慮を払うものとする。

### 5.7 その他プラント計画において配慮すべき事項

運転を容易にし、ひいては稼働率を高く保つため、次のような配慮を払うものとする。

- (1) 運転開始および停止時を除いて全自動制御とする。
- (2) 常時稼働ないし重要な回転機器については最低1基の予備を設ける。
- (3) 運転予備品は2年分を保有するものとする。



## 第6章 蒸発法海水淡水化プラントの概念設計



## 第6章 蒸発法海水淡水化プラントの概念設計

多段フラッシュ蒸発法による海水淡水化プラントの概念設計を行うに当たり、考慮すべき要点はいくつか考えられるが、本F/Sにおいては、本プロジェクトの置かれている種々の要件を満足し、経済的・技術的観点から、次の一般仕様を決定した。本仕様を決定するに当たっての基本的考え方は6.1.4項の通りである。

### 6.1 一般仕様

#### 6.1.1 プラント仕様

方式	長管式多段フラッシュ蒸発法	
淡水生産能力	150,000 m <sup>3</sup> /日	
ユニット数	30,000 m <sup>3</sup> /日×5ユニット	
作動方式	ブライン再循環式	
スケール制御方式	高温用スケール抑制剤注入およびポールクリーニング方式	
蒸発器段数	熱回収部	30段
	熱放出部	3段
	合計	33段
生産水水質	WHOの水質ガイドラインを満足する。	
水バランス	海水取水量	1,248,000 m <sup>3</sup> /日
	排水量	1,098,000 m <sup>3</sup> /日

#### おもな運転条件

造水比	8.0
循環ブライン最高温度	110℃
排出ブライン温度(最高)	34℃
生産水温度(最高)	32℃
循環ブライン濃縮比	1.82

## 6.1.2 プラント構成

## 造水設備

蒸発器

ブラインヒーター

抽気装置

脱気器

ボールクリーニング装置

## 薬注設備

## 取排水設備

## 蒸気発生設備

## 生産水後処理設備

## 生産水送水設備（浄水池および送水ポンプ）

## 受変電設備

## 6.1.3 ユーティリティおよび薬品

燃料ガス		58,500	Nm <sup>3</sup> /時
電力		2,250	kW
薬品	スケール抑制剤	72.9	kg/時
	消泡剤	1.215	kg/時
	石灰石	375	kg/時
	ソーダ灰	9.4	kg/時

## 6.1.4 設計方針

本プラントを計画するに当たり、基本的な考え方を以下に述べる。

## (1) 単一目的または二重目的プラント

多段フラッシュ蒸発法の海水淡水化プラントには、専用のボイラーを設置し造水のみを目的とした単一目的プラントと、発電したあとの蒸気を造水に用い発電、造水の二つの目的を持つ二重目的プラントがある。オラン地区は電力の供給力が十分あり、エネルギー価格が安いいため二重目的プラントとする必要性がそれ程大きくなり、一方、二重目的プラントとした場合には、建設工期が長くなり、広大な用地を必要とするので、水のみを緊急に必要とする本F/Sにおいては、単一目的プラントとして計画した。

## (2) ユニット数およびユニット規模

一般に、プラント全体の造水能力が同じでも、1基当たりのユニット規模を大きくすれば、スケールメリットが生じて建設費用が安価になり、運転、維持管理の経費も節減できるほか、建設工期も短くて済むが、一方、プラントの定期点検あるいは故障等による休止の際には生産量の減少が大きくなる。従って、プラントの1基当たりのユニット規模およびプラント基数の選定は適切に行う必要がある。

本F/Sでは下記理由により30,000m<sup>3</sup>/日×5基とした。

- 1) アルジェリア当局の要請により、従来の実績（最大単基容量36,000m<sup>3</sup>/日）を重要視し、従来技術で対応できる容量とする。
- 2) 実績、経済性および全体容量（150,000m<sup>3</sup>/日）を考慮し、30,000m<sup>3</sup>/日×5基とした。

## (3) 長管式

短管式とは各段にそれぞれ独立した復水器（復水管、管板、水室よりなる）を有するもので、長管式とは連続した段を共通の復水器が貫通する方式である。大容量装置では装置コストを低減するため長管式が多く採用されている。

今回の計画でも大容量装置のため長管式を採用した。

## (4) スケール制御方式

硫酸注入pHコントロール法であると、まずスケール付着の問題はないが、循環ラインのpHコントロールあるいはプラント停止後の保守が適切でないと、使用材料の腐食の問題が生ずるため、運転管理が簡単で中東地域で実績の多いスケール抑制剤注入方式を採用し、かつオンロードクリーニングが可能なボールクリーニング方式を併用した。

スケール抑制剤は最も技術的に進歩している高温用の抑制剤を用い、コストの低減を図った。

## (5) 造水比

多段フラッシュ蒸発法による海水淡水化プラントの設計においては、造水比をいくらにするかということが最も基本的なことである。

エネルギーコストが高い場合には、造水比をできるだけ高くした方が経済的であり、反対にエネルギーコストが安い場合には、むやみに造水比を上げることはプ

ラント建設コストが高くなり、必ずしも経済的とはいえない。従って、エネルギーコストが高い国では造水比を12程度と高くし、エネルギーコストが安い産油国では造水比 8程度のもが多く実用化されている。

今回の計画においては、当国のエネルギー（燃料ガス）価格から経済性の最適化を検討した結果、造水比を 8とすることとした。

#### (6) タービン駆動

海水供給ポンプ、ブライン循環ポンプ、ボイラ給水ポンプ、ボイラ用空気ファンおよび送水ポンプの駆動機は蒸気タービンとした。

ポンプは一般に電力によってモーター駆動とすることが多いが、汽力発電の発電効率を考慮すれば、所要条件の蒸気を得られる場合はむしろ蒸気によって直接駆動する方が低コストとなる。さらにタービン排気はその潜熱を有効に利用するため、ブライン加熱用に使用し、省エネルギー化を図った。

#### (7) 濃縮比

スケール抑制剤の使用基準によると、循環ブラインの濃度は70,000~75,000 mg/lまで濃縮可能であるが、ここでは安全を見て67,300mg/lとし、濃縮比は1.82 (=67,300/37,000)とした。

#### (8) 循環ブライン最高温度

スケール抑制剤の使用基準によると、循環ブライン温度は 116~ 118℃まで昇温可能であるが、ここでは安全を見て 110℃で計画した。

#### (9) 蒸発器段数

造水比 8で最適な段数を設計し、熱回収部30段、熱放出部 3段の計33段とした。

#### (10) 環境保全

##### 1) 海域環境

蒸発法海水淡水化プラントからは、排水温度34℃、塩分濃度42,100mg/l、排水量 1,098,000m<sup>3</sup>/日の微濃縮温排水が排出される。この排水の水質は、排水環境基準値以下のため問題ない。

また、この排水は、周囲の海水に比べて密度が小さいため、海表面に 2~3mの厚さをもって、拡散すると思われる。従って排水の再循環がないようにするため、取水口は、取水流速を20cm/秒以下に抑え、海表面の排水を取水しないような設備とした。



なお、温排水の拡散による温度上昇が $1^{\circ}\text{C}$ 以下になれば、環境への影響はないといえる。

## 2) 大気汚染

海水淡水化プラントの熱源である蒸気を供給するため、専用のボイラを設けるが、このボイラは一般の工場で使用されている小型のボイラであり、実用化の実績が多く、また燃料に天然ガスを使用しているため硫黄酸化物、ばい煙等の問題がない。窒素酸化物については日本の排出基準 $100\text{cc}/\text{Nm}^3$ 以下に抑えることは可能である。

## 3) 騒音

海水淡水化プラントで最も騒音レベルの高いものはエゼクターや蒸気の減温減圧装置で、どちらも高圧蒸気の摩擦音である。これらの騒音に対しては敷地内におけるプラント配置に配慮するとともに、必要に応じて防音装置を設けることにより対処した。

## 6.2 プロセスの概要

### 6.2.1 プロセスフロー

プロセスのフローは図6.1 および図6.2 に示す。

海水は海岸線より400m沖合の水深10mの地点に設置された取水口から海底配管によって、海岸付近に設けられた取水槽に自然導入され、そこから海水供給ポンプ(P-101)で蒸発器熱放出部へ冷却海水として送られる。供給海水の一部は蒸留器内の不凝縮ガスを除去すると同時に真空度を保つために設けられる抽気装置のコンデンサー(E-103)(E-104)に通された後、先の冷却海水熱放出部出口ラインにもどされる。なお、この抽気装置は2連3段の蒸気エゼクター(J-101)とベントコンデンサー(E-103)、エゼクターコンデンサー(E-104)とからなっている。

熱放出部を出た海水は大部分が排水溝に導かれるが、一部は脱気装置(V-101)を経て系内のラインに補給水として混入される。なお、この補給水にはスケール抑制剤とラインの蒸発室での泡立ちを防止するための消泡剤が定量ポンプ(P-107、P-108)により注入される。

蒸発器最終段に至ったブラインの一部は補給水が混入される前にブライン排出ポンプ(P-105)により系外に排出されるが、その大部分はタービン駆動によるブライン循環ポンプ(P-102)によって蒸発器熱回収部(E-101)の最低温段の伝熱管内に導かれる。伝熱管内に導かれたブラインは熱回収部各段で発生した蒸気を凝縮させてその潜熱を回収し、温度上昇しながら熱回収部第1段に向かって流れる。

蒸発器熱放出部は1モジュールで構成されているが、熱回収部は伝熱管の長さに制限されて3個のモジュールからなる。

第1段伝熱管を出たブラインはブラインヒーター(E-102)に送られてさらに加熱される。ブラインヒーターを出たブラインは熱回収部第1段蒸発室に送られ、第1段から熱放出部の最終段まで順次フラッシュ蒸発を起こしながら、各段の圧力差によって流れていく。

ブラインヒーターから第1段蒸発室へのラインにはボール捕集器(S-101)が設けられており、伝熱管内洗浄用のボールはそこからボール循環ポンプ(P-106)、ボール回収器(X-101)を経てブライン循環ポンプの吐出ラインに導かれて、熱回収部およびブラインヒーターの伝熱管内を循環する。

蒸気発生設備からの高圧蒸気はブライン循環ポンプ、海水供給ポンプなどの駆動タービンへ送られ、中圧蒸気は抽気装置のエゼクターに、低圧蒸気はブラインヒーターにそれぞれ送られる。なお、ポンプ駆動用タービンの排気はその潜熱を有効利用するため、これもブラインヒーターに送られる。ブラインヒーターで凝縮したコンデンセートはコンデンセートポンプ(P-104)により蒸気発生設備に送り返される。

蒸発器各段で生成した蒸留水(淡水)はブラインと同様に第1段から最終段まで、圧力の低下に伴い順次フラッシュ蒸発を繰返し上部の伝熱管で凝縮しながら流れ、最終段から蒸留水ポンプ(P-103)によって引き出され、後処理設備に送られる。

排出された濃縮ブラインおよび冷却に使用された海水は排水設備を経て放流される。

このプロセスのヒート・マスバランスを図6.3に、ユニット配置図を図6.4に示す。

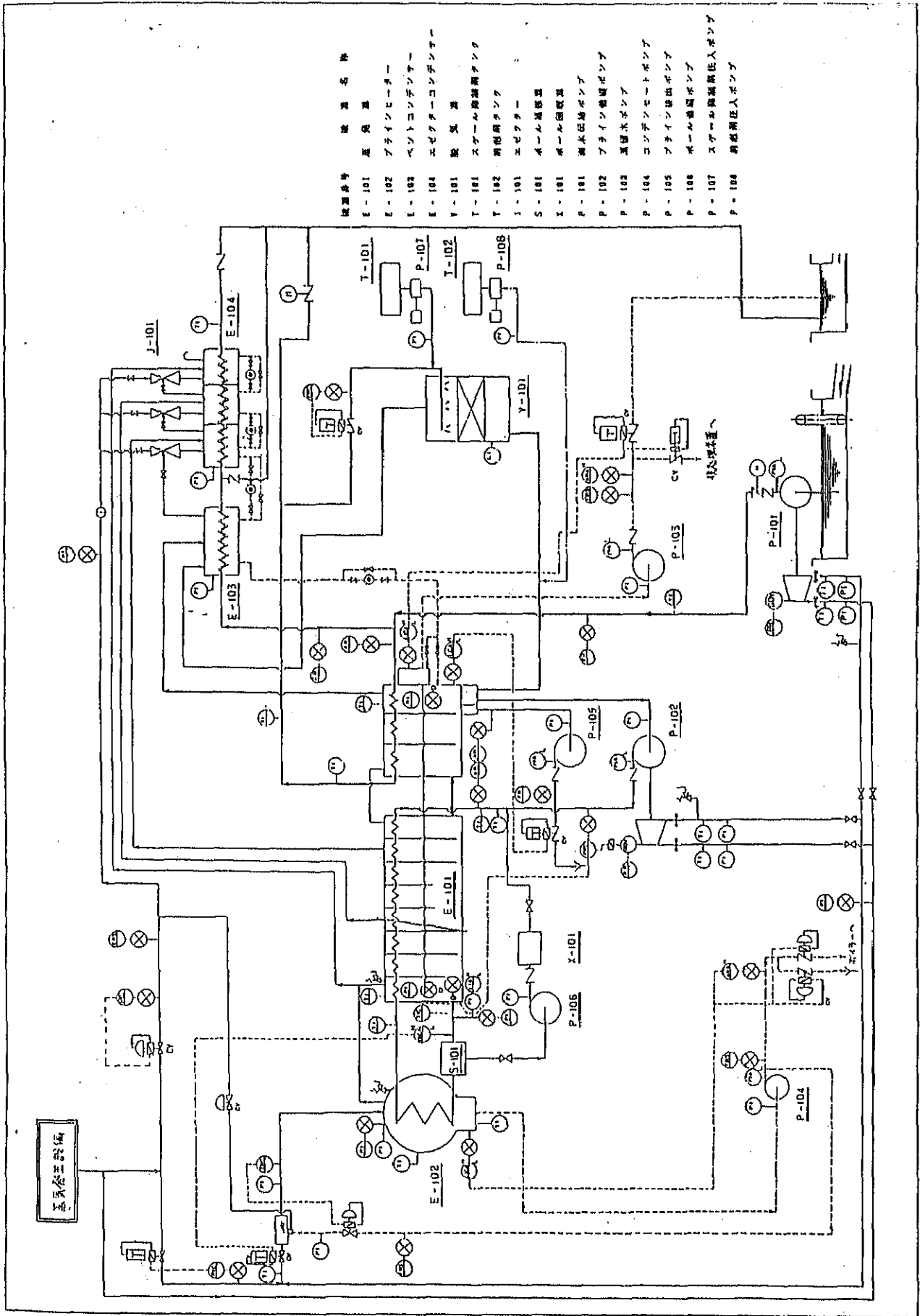


図 6.1 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラントプロセスフローシート (30,000m<sup>3</sup>/日)

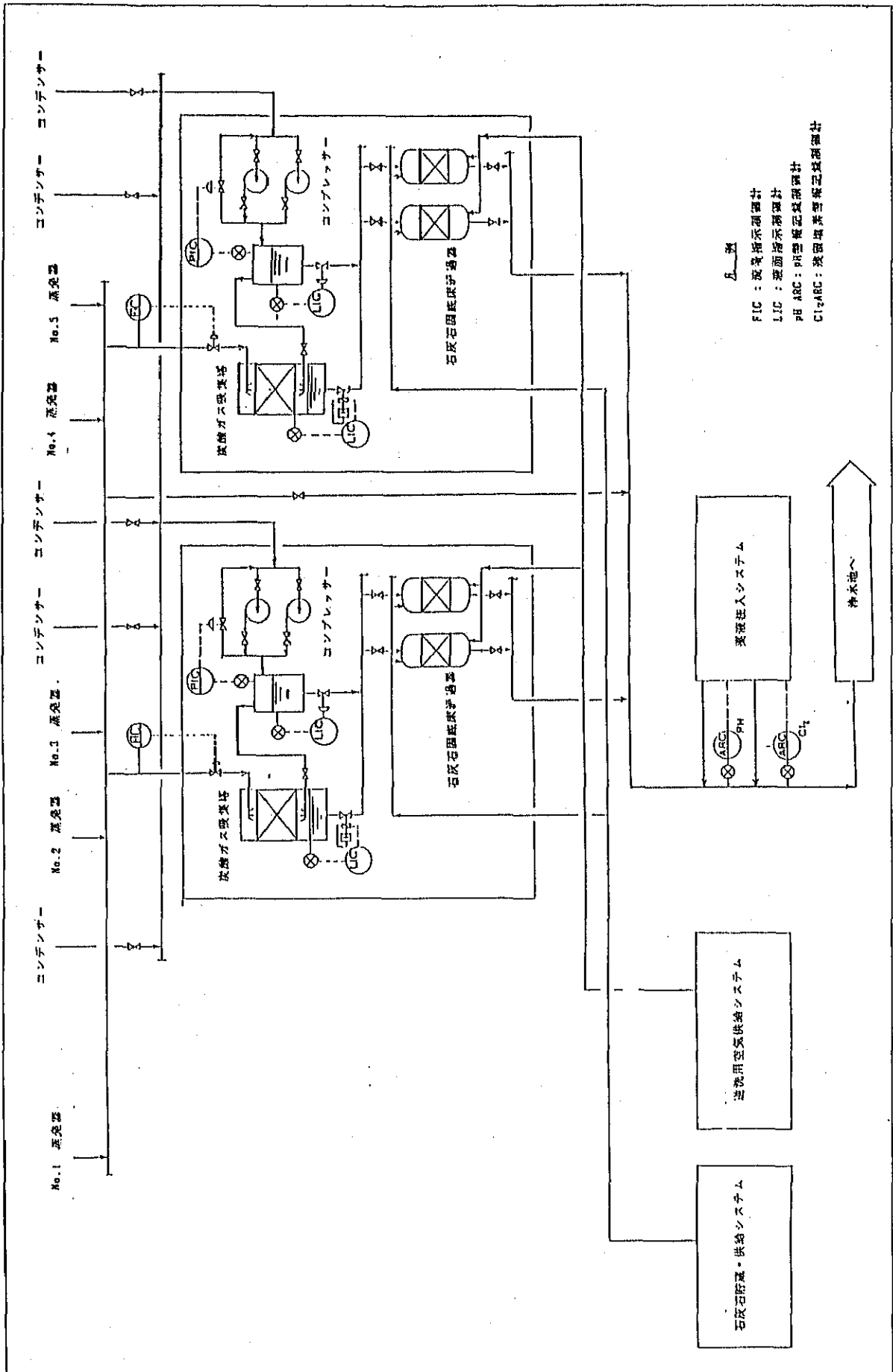
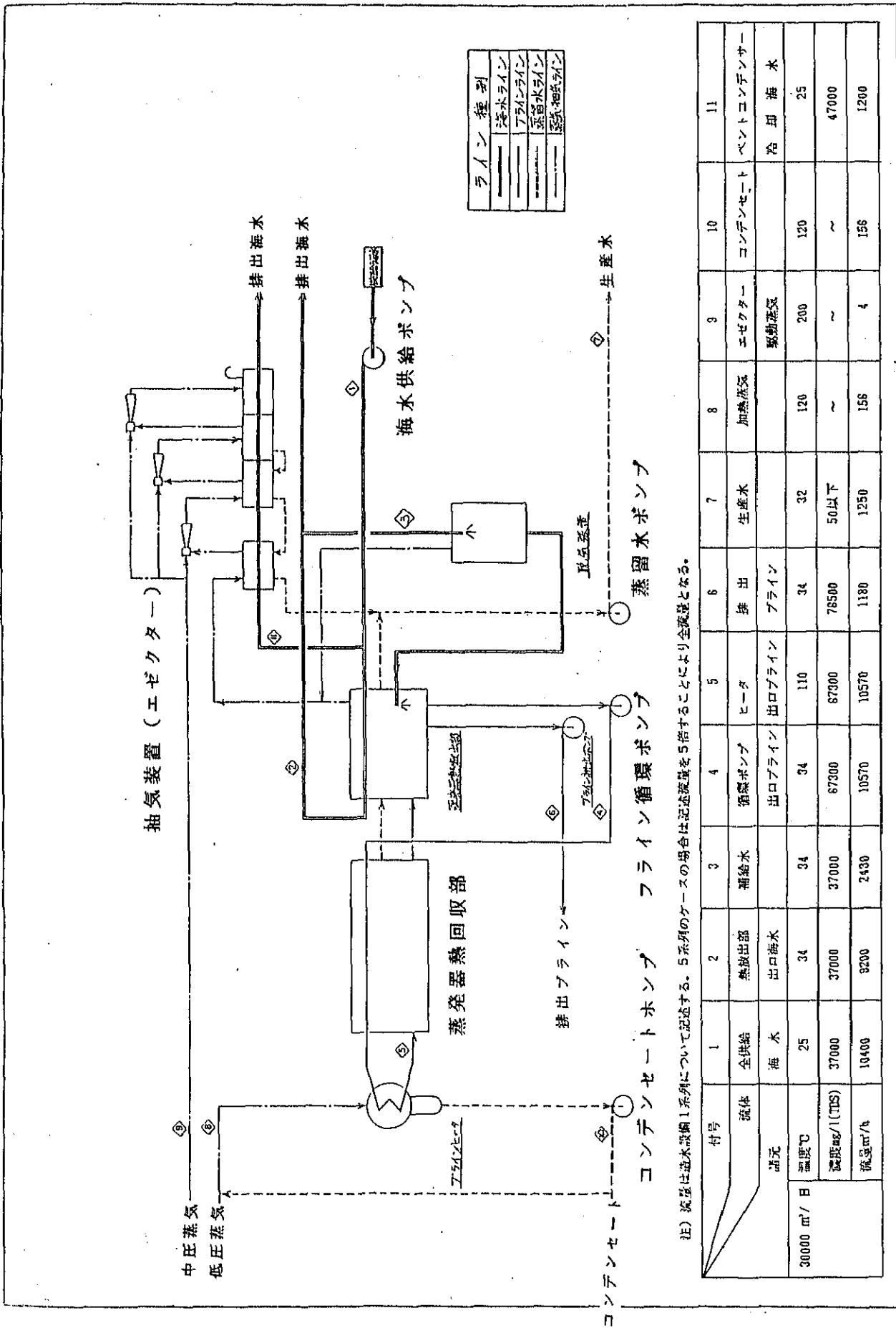


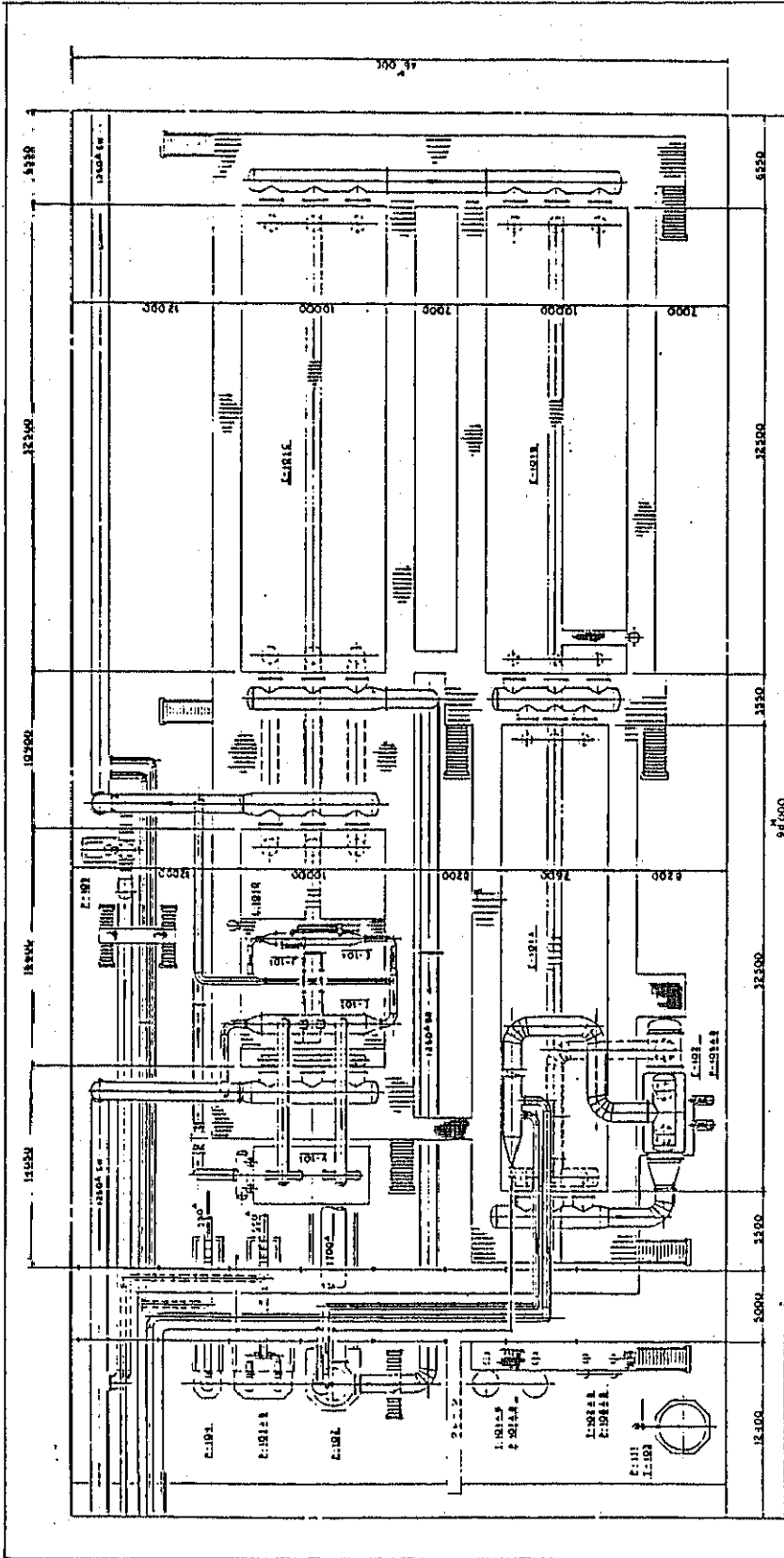
図 6.2 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント後処理プロセスフローシート (30,000m<sup>3</sup>/日)



注) 流量は造水設備1系列について記述する。5系列のケースの場合は記述流量を5倍することにより全流量となる。

付号	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
	流体	全供給	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部	熱放出部
諸元	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水	海水
温度℃	25	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
濃度mg/(TDS)	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000
流量m <sup>3</sup> /h	10400	9200	2430	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570	10570
蒸気																						
加熱蒸気																						
エゼクター																						
コンデンサート																						
蒸留水																						
冷却海水																						
温度℃																						
濃度mg/(TDS)																						
流量m <sup>3</sup> /h																						

図 6.3 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラントヒートマスバランス (30,000m<sup>3</sup>/日)



機器番号	機器名称	数量	機器番号	機器名称	数量
E-101A~C	蒸発器(熱回収部)	3	P-102	プライム循環ポンプ	1
E-101D	蒸発器(熱放出口)	1	P-103A, B	蒸留水ポンプ	2
E-102	ブラインヒーター	1	P-104	ブライン排出ポンプ	1
E-103	ベントコンデンサー	1	P-105A, B	コンデンセートポンプ	2
E-104	エゼクターコンデンサー	1	P-107A, B	ケミカル注入ポンプ	2
V-101	脱気器	1	P-108A, B	消泡剤注入ポンプ	2
T-101A, B	ケミカルタンク	2	P-109	海水循環ポンプ	1
T-102A, B	消泡剤タンク	2	P-111	塩酸ポンプ	2/5 ユニット
T-103	塩酸タンク	2/5 ユニット	J-101	エゼクター	1 式

図 6.4 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラントユニット配置図 (30,000m<sup>2</sup>/日)

### 6.2.2 プロセス制御

海水淡水化プラントは年間を通じて連続運転することになると思われるので、起動停止の頻度も少ないものと考えられる。従って、このプラントでは、起動停止は運転要員の操作により行うが、そのほかは自動運転が行われ、必要に応じて製造水量（負荷）の設定操作を行う自動制御システム方式を採用した。

運転操作は起動停止を含めてすべて中央制御室から行うことができ、また運転状態のモニタリングも同様に中央制御室で行える集中管理システムとしてある。危険防止ならびに機械破損防止の観点から所要のインターロック機構を装備し、また、万一のケースに備えてプラントの自動停止機構をも設けている。また、海水淡水化プラントが安定した長期連続運転を維持しうる制御系を採用しており、それを図8.1 および図8.2 プロセスフローシートに示す。以下各ライン別の制御方式について述べる。

#### (1) 加熱蒸気ライン

ブラインヒーターへの加熱蒸気は蒸気発生設備からの高圧蒸気を減圧した低圧蒸気とポンプ駆動用蒸気タービン排気が混合されたものであり、その蒸気圧力を設定するため調整弁を設ける。また、ブラインヒーター出口循環ブライン温度を  $10^{\circ}\text{C}$  に保つためにブラインヒーター前に流量調整弁を設ける。

ブラインヒーター伝熱管内にスケールが析出するのを防止するため、ブラインヒーター前の加熱蒸気温度を測定し、コンデンセートポンプからの減温水ラインおよびアトマイズ蒸気ラインに調整弁を設け、過熱状態の加熱蒸気を飽和にし、加熱蒸気の温度調節を行う。

#### (2) ブライン循環ライン

ブライン循環量はポンプ駆動用タービンのガバナーにより回転数を制御して調節され、ガバナーへの制御信号は流量調節記録計から発信され、一定流量に保持される。なお、プラントの低負荷運転はブライン最高温度を下げるるとともにブライン循環量を少なくすることにより行う。

#### (3) ブライン排出ライン

系内のブライン深度を一定に保つため、最終段ブラインレベルの信号によりブライン排出ラインに設けられた調節弁を作動することにより流量を制御する。

## (4) 淡水ライン

系内で製造された淡水は最終段に集められるが、集められた淡水レベルの信号により、淡水ラインに設けられた調節弁を作動することにより流量を制御する。

なお、淡水ラインには濃度計とその信号により作動するブロー弁が設けられており、淡水純度が悪化した場合は淡水は浄水池へ送水されず、排水槽へ放流される。

## (5) 補給水ライン

循環ラインの濃度を一定に保つため、補給水量を制御する。補給水量は流量を測定しながら自己制御を行う。補給海水には循環ラインに混合する前に、スケール防止のためスケール抑制剤を注入し、腐食防止のため脱気装置によって海水中の溶存酸素を除き、さらに、蒸発器内のフラッシュ蒸発をおだやかにして、海水飛沫のキャリーオーバーによる淡水純度の悪化を防止するため消泡剤を一定量注入する。

## (6) コンデンセートライン

ラインヒーターでラインを加熱した蒸気はドレンとなり、ラインヒーター下部のウェルにたまる。このレベルを制御信号とし、コンデンセートラインに設けられた調節弁によりコンデンセート流量の制御を行う。減温水ラインについては (1) に述べた通りである。

コンデンセートの大部分はボイラー給水として再利用するために純度を測定し、不良時には系外に排出されると同時に、ラインヒーターの事故を知らせる役目も果たす。

## 6.2.3 取排水設備

海水の取水方式は、取水管式深層取水方式とする。海水は、海岸から400m沖合に設置した取水口と海底に敷設した取水管を通して取水井へ自然導入される。取水井には、バースクリーンおよびトラベリングスクリーンが設けられ粗大固形物が除去される。取水管などへの海生生物の付着を防止するため、取水口には海水を電気分解して得られる塩素水が注入され、海水の滅菌を行う。また、取水管には、防食対策のため、流電陽極方式による電気防食を設置する。

ラインおよび冷却水の排水は開渠により海岸から自然流下により放流する。

海水取水設備の概要を図6.5 に示す。



なお、取水設備の保守、管理事項としては、取水口、取水管の異常の有無および海生生物の付着状況を潜水土により確認すること、電気防食の効果を電位測定により確認すること、塩素注入効果を残留塩素測定により確認することなどがある。

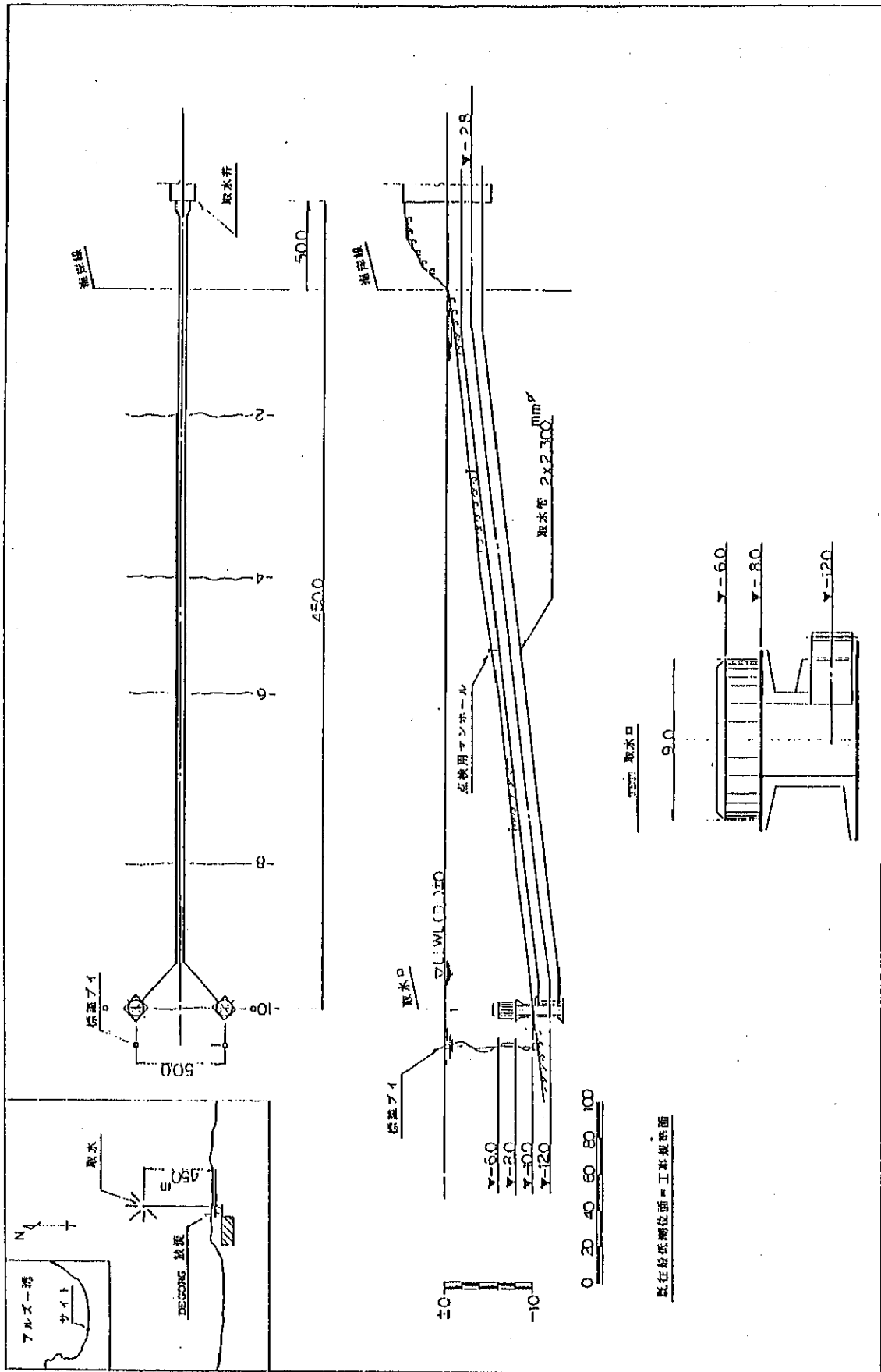


図 6.5 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント海水取水設備図

#### 6.2.4 生産水後処理設備

後処理設備は浄水池および送水設備の防食を目的としたもので、主要装置は炭酸ガス吸収塔と石灰石固定床濾過器である。

海水淡水化プラントの各ユニットの生産水は、蒸留水ポンプにより炭酸ガス吸収塔へ送られる。炭酸ガスは各ユニットの脱気および抽気の排ガス（炭酸ガスを含む）を利用する。すなわち、エゼクターコンデンサーからの排ガスをコンプレッサーで圧縮し、炭酸ガス吸収塔へ送り、生産水と接触させる。

次に炭酸ガスを吸収した生産水は石灰石固定床濾過器に送られる。ここで生産水中の炭酸成分と石灰石（炭酸カルシウム）が反応してカルシウムイオンと重炭酸イオンが生成し、これによって生産水の硬度が調整される。

さらに、滅菌用に電解塩素水溶液を注入し、最後に、ソーダ灰水溶液を添加してpHを調整する。

後処理した生産水の水質は、全硬度 $80\text{mg/l}(\text{as CaCO}_3)$ とし、ランゲリア指数  $0 \sim +0.5$ に保ち、pHは  $7.0 \sim 8.5$  に調整する。このため、生産水は腐食性がなく、また、飲料水のWHOガイドラインの水質も満足するものとなる。

#### 6.2.5 生産水貯水設備

生産水は、石灰石固定床濾過を行って水質調整した後に、浄水池に貯水される。浄水池での滞留時間は1時間である。

### 6.3 機器の仕様

#### 6.3.1 造水設備（1ユニット当たり）

##### (1) 蒸発器本体

##### 1) 熱回収部

型式	長管式長方箱型
段数	30段
モジュール数	3モジュール（各10段）

## 主要寸法

## 蒸発室（1段当たり）

第1 モジュール 3.3mL×7.2mW×4mH

第2,3 モジュール 3.3mL×9.6mW×4mH

## 伝熱管（1モジュール当たり）

19.0mmφ×1.0mmt×33mL

## 主要部材質

## 胴板および隔壁

第1 モジュール 鋼板+316Lステンレスクラッド

第2,3 モジュール 鋼板+エポキシコーティング

蒸留器管板 90/10 キュプロニッケル

伝熱管 アルミプラス管

## 蒸留器水室

鋼板+90/10 キュプロニッケルクラッド

## 構造

蒸発室10段を1モジュールとし計三つのモジュールより構成される。

各モジュールのそれぞれの蒸発室は隔壁で分けられており、蒸発室の内部には蒸留水トレイおよび伝熱管群を有している。伝熱管群は3個の同一断面形状を有する伝熱管束に分かれており、それぞれに蒸留水トレイが付けられ、それらは同一間隔で各モジュールの長手方向に組み込まれている。また、伝熱管は両端部において拡管によって管板に固定される。

各蒸発室の外板には、各蒸発室ごとに検査用のマンホール、内部の作動状態を観察するための覗窓、ブラインおよび蒸留水液面計を設置し、外板には熱損失を防止するために保温を施す。

## 2) 熱放出部

型式 長管式長方箱型

段数 3段

モジュール数 1モジュール

## 主要寸法

蒸発室（1段当たり）	5.7mL×9.6W×4mH
伝熱管	16.0mmφ×0.4mmt×17.1mL

## 主要部材質

胴板および隔壁	鋼板+エポキシコーティング
蒸留器管板	90/10 キュプロニッケル
伝熱管	チタン管
蒸留器水室	鋼板+90/10 キュプロニッケルクラッド

## 構造

蒸発室3段で1モジュールとし構造は熱回収部と同じである。

## (2) プラインヒーター

型式	横型シェルアンドチューブ式熱交換器
数量	1基

## 主要寸法

本体	胴径2.8m×10.7mL
伝熱管	19.0mmφ×1.0mmt

## 主要部材質

胴板	鋼板
伝熱管	90/10 キュプロニッケル管
管板	90/10 キュプロニッケル板
水室	鋼板+90/10 キュプロニッケルクラッド

## (3) 脱気装置

型式	真空式充填塔方式
数量	1基
脱気性能	溶存酸素量20ppb以下
主要寸法	断面4m×8m×6.7mH

## 主要部材質

胴板	鋼板+ネオプレンゴムライニング
スプレーノズル	316L ステンレス鋼
充填物	ポリプロピレン

## (4) 抽気装置

## 1) 蒸気エゼクター

型式 2連3段式

## 2) ベントコンデンサー

型式 横型シェルアンドチューブ式熱交換器

数量 1基

主要寸法 胴径約1.3m×9mL

## 3) エゼクターコンデンサー

型式 横型シェルアンドチューブ式熱交換器

数量 1基

主要寸法 胴径約0.8m×7mL

## (5) ボールクリーニング装置

1) ボール捕集器 1基

2) ボール回収器 1基

3) 付 属 品 ボール、ポンプ、モーター

## (6) 主要ポンプ

## 1) 海水取水ポンプ

型式 立軸斜流ポンプ

数量 1基

容量 11,440m<sup>3</sup>/時

全揚程 25m

駆動機 蒸気タービン

予備機は電動機

## 主要部材質

ケーシング ニレジスト鑄鉄

羽根車 316Lステンレス鑄物

主軸 316Lステンレス鋼

## 2) ブライン循環ポンプ

型式	立軸斜流ポンプピットバレル型
数量	1基
容量	11,750m <sup>3</sup> /時
全揚程	50m
駆動機	蒸気タービン

## 主要部材質

ケーシング	316Lステンレス鋳物
羽根車	316Lステンレス鋳物
主軸	316Lステンレス鋼
バレル	鋼板+ネオプレンゴムライニング

## 3) ブライン排出ポンプ

型式	立軸斜流ポンプピットバレル型
数量	1基
容量	1,416m <sup>3</sup> /時
全揚程	20m
駆動機	電動機

## 主要部材質

ケーシング	316Lステンレス鋳物
羽根車	316Lステンレス鋳物
主軸	316Lステンレス鋼
バレル	鋼板+ネオプレンゴムライニング

## 4) 蒸留水ポンプ

型式	立軸斜流ポンプピットバレル型
数量	2基
容量	1,500m <sup>3</sup> /時
全揚程	20m
駆動機	電動機

## 主要部材質

ケーシング	316Lステンレス鋳物
羽根車	316Lステンレス鋳物
主軸	316Lステンレス鋼
バレル	鋼板+ネオプレンゴムライニング

## 5)送水ポンプ

型式	両吸込渦巻ポンプ	
数量	常用	5台
	予備	1台
容量	28.83m <sup>3</sup> /分	
全揚程	350 m	
駆動機	常用	蒸気タービン(5台)
	予備	駆動機(1台) 1,600kl

## 6)コンデンセートポンプ

型式	横軸片吸込渦巻ポンプ
数量	2基
容量	188m <sup>3</sup> /時
全揚程	35 m
駆動機	電動機

## 主要部材質

ケーシング	304 ステンレス鋳物
羽根車	304 ステンレス鋳物
主軸	304 ステンレス鋼

## (7) 配管

配管は基本的に地上配管とし、道路横断部は埋設（海水配管）およびラック施工とする。

流体名	使用温度	材 料
海水および低温ライン	34℃以下	鋼管+モルタルライニングまたは ゴムライニング
高温ライン	80℃以上	鋼管+ 90/10 キュプロニッケルクラッド
低温ライン	80℃以下	鋼管+ネオプレンゴムライニング
淡水およびコンデンセート	32℃,120℃	304ステンレス鋼管
蒸気	120~ 300℃	鋼管



## 6.3.2 取排水設備

## (1) 海水取水口

方式	深層取水方式
取水口	9,000mmφ×2基
材質	鋼材+内外面タールエポキシコーティング
付属品	電気防蝕

## (2) 海水取水管

方式	深層取水方式
取水管	2,300mmφ×400mL×2系列
材質	鋼管+内面タールエポキシコーティング 外面タールエナメルガラスクロス二重巻
付属品	電気防蝕

## (3) 取水井

型式	コンクリート製地中槽
導水路	20mL×15mW×10mD
本体	滞留時間 5分、4,000m <sup>3</sup>
付属品	
角落し	3mW×10mH×4ライン×2列
バースクリーン	3mW×10mH×4基
トラベリングスクリーン	3mW×10mH×4基
	洗淨ポンプ付
電解塩素発生装置 Cl <sub>2</sub>	110 kg/時

## (4) 排水ピット

型式	コンクリート製地中槽
滞留時間および有効容量	3分、2,900m <sup>3</sup>

## 6.3.3 生産水後処理設備

形 式	蒸発缶体からの排ガス利用による石灰石溶解方式
処理量	150,000 m <sup>3</sup> /日 (生産水の半量を後処理後、さらに生産水の半量と混合する)
処理水全硬度	60 ± 10 ppm(as CaCO <sub>3</sub> )
主要機器	
炭酸ガス吸収塔	4 基
石灰石固定床濾過器	6 + 1台
コンプレッサー	2 + 2台
pH調節システム	1 式
石灰石貯蔵・供給システム	1 式
石灰石洗浄システム	1 式

## 6.3.4 浄水池

型 式	鋼板製コーンルーフ型タンク
滞留時間および有効容量	1 時間、3,500m <sup>3</sup> ×2 槽
寸 法	20mφ×12mH

## 6.3.5 蒸気発生設備

数量	5 基
型式	水管式屋外用
蒸発量	168,000kg/時/基
蒸気圧力	40barG
蒸気温度	300℃
使用燃料	天然ガス
主要寸法	27.5mL×16mW×20mH

(煙突、脱気器、ガスエアヒーター等含み共有付帯設備を除く)

構成品	ボイラ本体	5 台
	自動燃焼装置	5 式
	自動制御装置	5 式
	給水ポンプ、タービンおよびモーター	5 + (5)台
	空気押込ファン、タービンおよびモーター	5 台
	煙突、ダクト	5 式

### 6.3.6 受変電設備

#### (1) 高圧受電設備

##### 高圧受電盤

数量	1 台
型式	屋内用メタルクラッド
定格電圧	60kV

#### (2) 変電設備

プラントの重要度を考慮し、1回線が故障その他で受電不能となってもプラントの運転に支障のないよう、2回線受電とし、変圧器は100%予備の計2台とした。

##### 1) 変圧器 A

数量	2台
型式	油入風冷屋外用
容量	4,000kVA
一次電圧	60kV
二次電圧	5.5kV

##### 2) 変圧器 B

数量	2台
型式	乾式自冷屋外用
一次電圧	5.5kV
二次電圧	380V

## 3) 変圧器 C

数量	2台
型式	乾式自冷屋外用
一次電圧	5.5kV
二次電圧	220V

## (3) 開閉設備

## 1) 高圧補機用開閉器

数量	22面
型式	屋内用メタルクラッド
定格電圧	5.5kV

## 2) 低圧補機用開閉器

数量	一式
型式	屋内コントロールセンター形配電盤
定格電圧	380/220V

## (4) 電動機

型式	屋外全閉外扇籠形	
電圧	110kW 以上	5,500V
	110kW 未満	380V
絶縁	5,500V ----- B種	
	380V ----- E種	

## 6.3.7 建家

本工場内に建設されるおもな建家は次の通りである。

## (1) 事務棟

概略寸法	24mL × 18mW × 9.5mH
延床面積	864m <sup>2</sup>
構造	鉄筋コンクリート 2階建

## (2) 電気、計器室

概略寸法	25mL × 50mW × 9.5mH
延床面積	2,500m <sup>2</sup>
構造	鉄筋コンクリート 2階建

## (3) 倉庫兼ワークショップ

概略寸法	30mL × 50mW × 8mH
延床面積	1,500m <sup>2</sup>
構造	鉄骨コンクリート平屋建

## (4) 石灰石貯蔵棟

概略寸法	20mL × 20mW × 4mH
延床面積	400m <sup>2</sup>
構造	鉄骨コンクリート平屋建

## (5) 計装用コンプレッサー棟

概略寸法	30mL × 10mW × 4mH
延床面積	300m <sup>2</sup>
構造	鉄骨コンクリート平屋建

## (6) 塩素発生棟

概略寸法	20mL × 10mW × 4mH
延床面積	200m <sup>2</sup>

## 6.4 プラント配置

本プラントの所要面積は 105,800m<sup>2</sup> (約400m×250m+100m×100m) である。プラントの全体配置を図6.6 に示す。

## 6.4.1 蒸発器

蒸発器は熱回収部30段を10段ずつ 3モジュールに分け、熱放出部 3段を 1モジュール、計 4モジュールに分割されている。

この 4モジュールを図6.4 ユニット配置図に示したようにコの字型に配置し、プラントの保守点検を容易にした。

また、現地伝熱管引き抜き挿入作業を考慮した敷地を確保している。

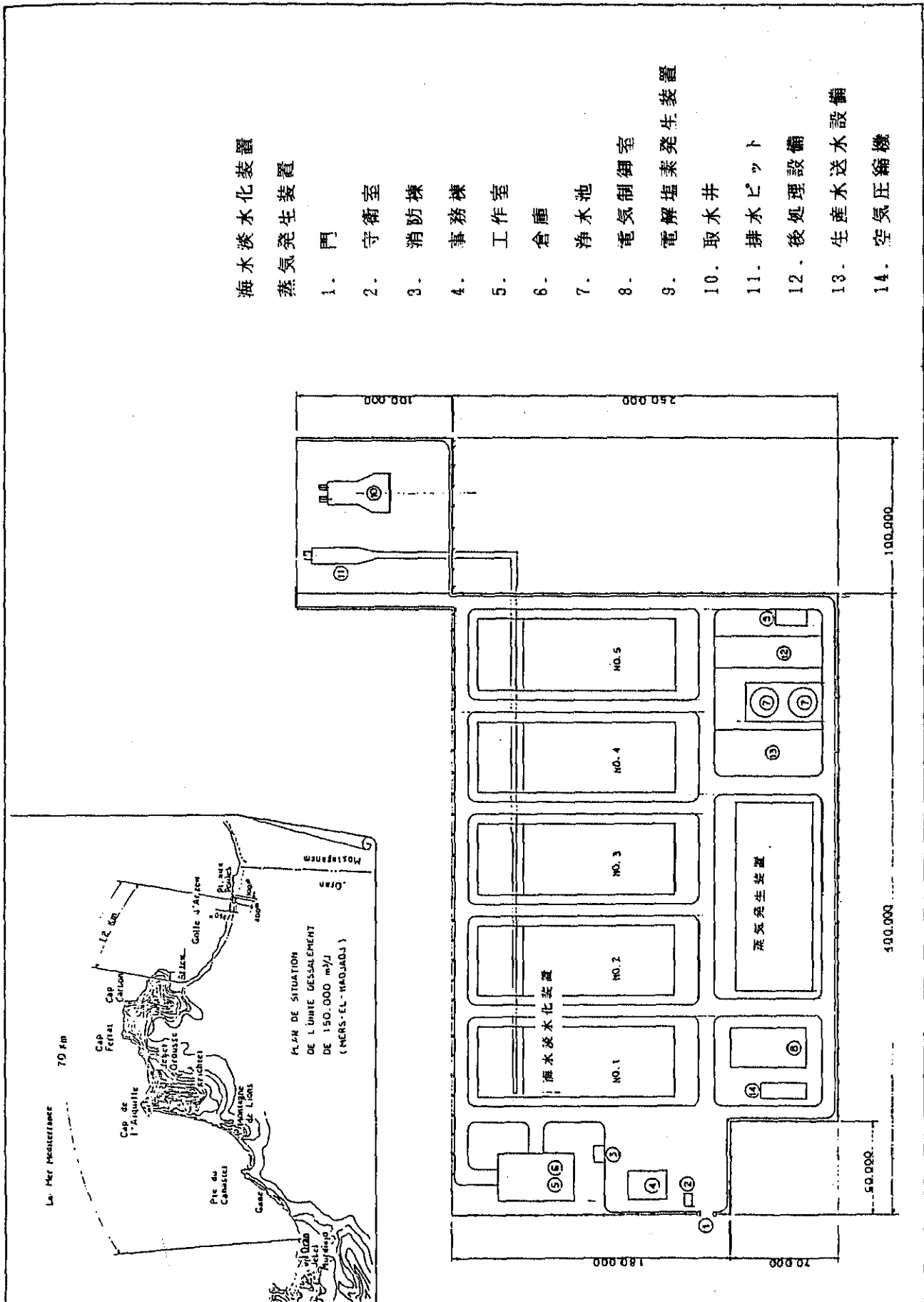
#### 6.4.2 ポンプおよび薬注設備

大型ポンプ（ブライン循環ポンプ、蒸留水ポンプ、ブライン排水ポンプ）および薬注設備は一列に並べ、門型クレーンを設置することによりメンテナンスを容易とした。大型ポンプについては、予備ポンプにすぐに取り換えることができ、薬注設備は薬剤の補給作業が容易となるように配慮した。

#### 6.4.3 全体配置

メインコントロールセンターを海水淡水化装置 5ユニット、蒸気発生設備のほぼ中央に設置し、その建屋内に制御室、受変電設備等を設けることにより、この部分で全プラントの集中管理を行う。総合管理事務所は正面入口に別途設けることとした。

本プラントの所要面積は、主要施設95,800㎡、取水設備10,000㎡の合計 105,800㎡であり、6m幅道路、緑化地帯、駐車場などを含んでいる。なお、プラント全体の配置図は図6.6 に示す。



- 海水淡水化装置  
 蒸気発生装置
1. 門
  2. 守衛室
  3. 消防棟
  4. 事務棟
  5. 工作室
  6. 倉庫
  7. 浄水池
  8. 電気制御室
  9. 電解塩素発生装置
  10. 取水井
  11. 排水ピット
  12. 後処理設備
  13. 生産水送水設備
  14. 空気圧縮機

図 6.6 多段フラッシュ蒸気法海水淡水化プラント全体配置図

## 6.5 建設工程

1985年1月から設計業務を始め、1987年10月から営業運転を開始する工程表を図6.7に示す。この工程表によれば、1987年4月からNo.1ユニット（造水能力30,000m<sup>3</sup>/日）が運転開始され、同年5月中旬No.2ユニットと順次運転開始し10月にはNo.5ユニットが完成してフル稼働に入ることになる。ただし、このためには、1985年初頭にはコントラクターとの契約を終えている必要がある。

本F/S後、プラント完成までの概略手順は次の通りである。

- (1) 仕様の決定、引合書の作成
- (2) 引合、入札およびその評価
- (3) コントラクターの選定および契約
- (4) 設計
- (5) 機器の製作および材料の調達
- (6) 現地工事
- (7) コミッシュニング、試運転および性能確認試験
- (8) 商業運転

なお、この作業とともに土地の入手、工場労働者の雇用と訓練、用役および薬品類の手配などの作業も必要である。

### 6.5.1 コントラクターの選定および契約まで

コントラクターの選定および契約までは、プロジェクト実施者が作業を主体的に進めなければならない。また以後の工程を勘案すると、円滑かつ短期間に行う必要がある。

すなわち、プロジェクト実施者は随時、迅速な意志決定をしなければならない。このような迅速さを保つためには、有効かつ適切な各種情報および助言をあたえてくれる専門コンサルタントを起用することも必要である。

また、大規模なプラントを短期間に建設しなければならない本プラントのコントラクターには、専門技術に優れているとともに、建設地の事情を熟知し、かつ組織だった作業を行えるプロジェクト・エンジニアリング・システムの整備された企業を選定すべきである。



### 6.5.2 プラントの建設

一たんコントラクターと契約が行われると、それ以降は実施主体者の指示のもとに、おもにコントラクターが工程確保の責任を負うことになる。しかし、本工程は非常にタイトであるので、コントラクターの作業を容易にするために、実施主体者が本プロジェクトに関する大幅な権限と責任を持ち、必要な承認行為を迅速に行うとともに、法規で規定された各種許認可事項等の官庁折衝などについて、強力な支援を行うことが必要である。

以下に工程上支配的な項目について述べる。

#### (1) 設計

プラントの設計には、フローおよびヒート・マスバランスの確立、全体配置の決定などプロセス仕様を決める基本設計と、それらに基づく機器、配管、電気計装、土木、建築などの詳細設計がある。設計期間は、基本設計の開始後ほぼすべての製作図、工事図の作成終了までに12ヵ月を要するものと推定される。

#### (2) 機器の製作および材料の調達

蒸発器が最も長い製作期間を必要とする。

近年の蒸発器建設工法は完成品を陸上輸送用超大型トレーラーとともにバージで輸送して、プラントサイト近傍の棧橋から荷上げを行う方法が一般的である。しかし、本プロジェクトにおいては、プラントサイトの海岸が遠浅であり、仮設棧橋の建設は工期およびコストの点で得策ではない。そのため、本プロジェクトでは半完成品を工場製作のうえ、現地で組み立てるプレハブ工法を採用した。工期は1ユニット当たり輸送を含めて10ヵ月を要する。

#### (3) 現地工事

##### 1) 土木建築工事

本工事はサイトの造成から始まり、機械基礎、建家建築、道路舗装、緑化等多岐にわたるとともに、その他の工事に先行する必要があるため、土木建築工事を早期に着工することが全体工程を計画通りに進めるための重要な因子となる。工期は20ヵ月程度であるが、これはサイトの地質条件によって影響を受ける可能性がある。それゆえに、早期着工の実現および計画工期実現のためには、できるだけ早い時期に地質調査を行う必要がある。

## 2)取排水設備

ほとんどすべて海中作業となるため、最も長い工期（20ヵ月）となる。本設備はNo.1蒸発器ユニットのコミッショニング前に完成する必要がある、実質的に全体工程を支配することになる。上述工期は1)項以上に海底地質の条件によって影響を受けるため、事前に十分な地質調査が必要となる。

## 3)送水設備およびパイプライン

工期19ヵ月程度で完成できるものと推定され、特に問題とならないが、パイプラインルート決定に際する諸官庁との折衝は迅速に行われる必要がある。

## 4)造水設備

造水設備は五つのユニットに分割されており、それぞれ1.5ヵ月ずつずれて完成される。各ユニットの工期は10ヵ月であるが、最後の2ヵ月はコミッショニングと平行して保温塗装作業が行われることになる。

## 5)コミッショニング、テスト運転および性能運転

コミッショニングおよびテスト運転に2ヵ月、性能運転に1ヵ月を予定した。

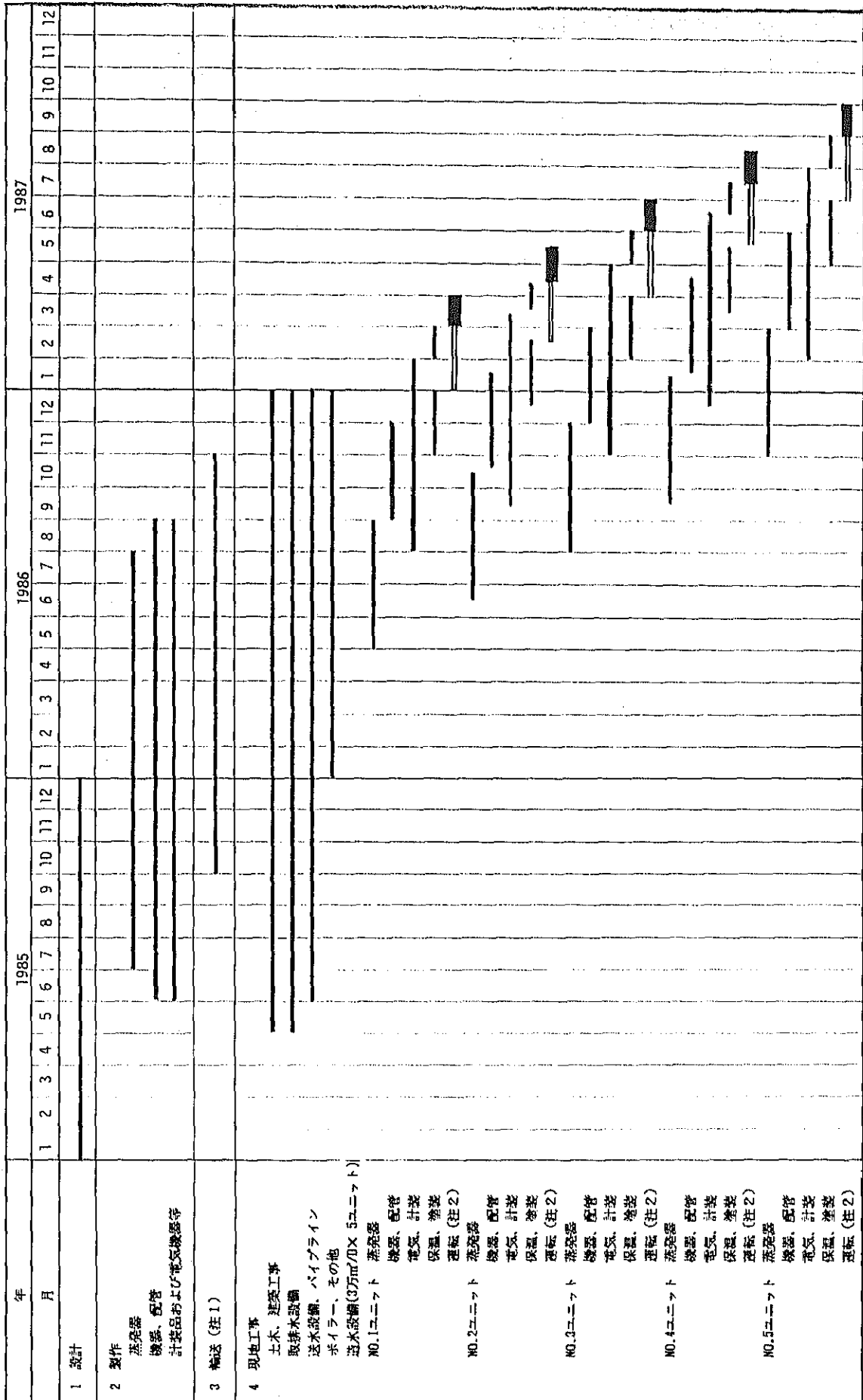


図 6.7 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント建設工程表

注1：海外で製作されたものは、適時船積みされてアジュリア国に運ばれる。

注2：□ コミッショニングおよびテスト運転 ■ 性能試験運転

## 6.6 運営組織および要員計画

### 6.6.1 運営組織

プラントは、過去における大型プラント運営の実績に照らし、その主要構成員73名によって運営されるものとした。すなわち、本海水淡水化プラントは工場長を最高責任者とし、その下に組織上、管理部門、運転部門および保守部門を設け、各部門にはそれぞれ1名の責任者を置き、各部門の運営はこれら責任者の直接指揮の下に行われる。各部門の人員構成は以下の通りである。

#### (1) 管理部門 (11名)

管理責任者 1名、事務職員 6名、守衛 4名

#### (2) 運転部門 (47名)

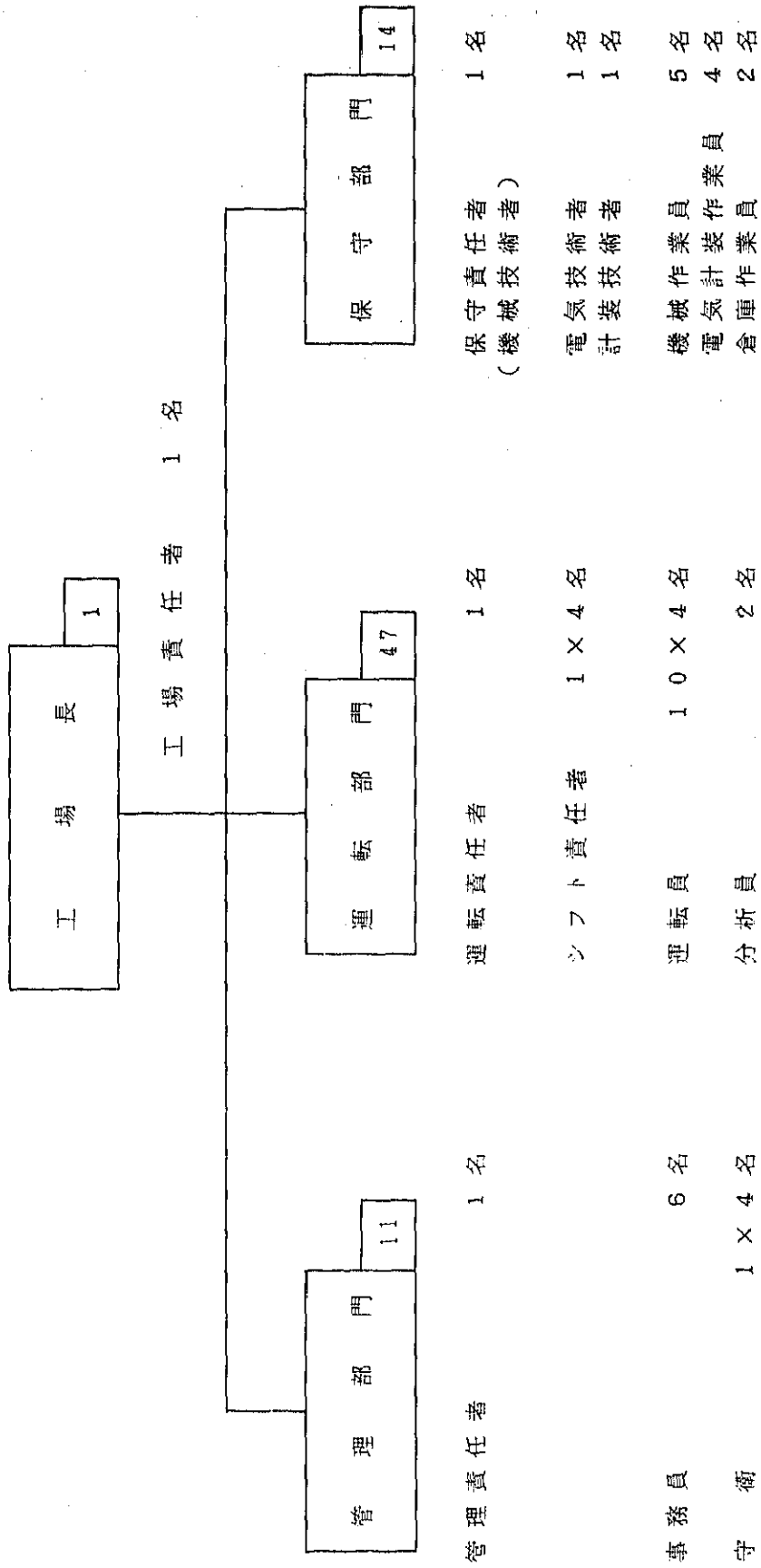
海水淡水化プラントの運転は、運転部門の要員47名と保守部門の要員14名の計61名によって行われる。運転要員47名の内訳は、運転責任者 1名、11名の4交替要員（シフト責任者 1名、運転員10名）および分析要員 2名である。従って、通常は11名の運転員により本海水淡水化プラントは運転されるが、そのうち、各シフト責任者 1名が、海水淡水化プラントについて、ある程度の技術を身につけていればよく、他の10名は運転の監視をするだけでよい。

#### (3) 保守部門 (14名)

14名の保守要員は機械、電気、計装の責任者各 1名および実務担当者11名により構成されており、海水淡水化プラントに特有な、高度な技術といったものは必要なく、通常のプラントと同程度の保守、管理技術を備えていれば十分である。

なお、上記人員は本工場運営のための中核となる人員であり、日々の雑役に従事する人員、運転手などの特殊業務に従事する人員ならびに定期修理時における人員は含まれていない。表6.1 に本工場の運営組織を示す。

表 6.1 多段フラッシュ蒸発法海水淡水化プラント運営組織表



合計 73名

### 6.6.2 要員計画

本海水淡水化プラントの要員計画は、本プロジェクトの契約が1985年初頭に調印され、1985年初からプロジェクトが遂行され、1987年10月からプラントのフル操業に入ることを前提としている。

契約調印に至る期間における引合、応札結果の評価、契約ネゴ等は水資源省の担当者および外部コンサルタントを起用して行われるものと仮定している。これら担当員には、将来、本プラント運営の中核となる人材が含まれることが望ましい。契約調印後、実際のプロジェクトが開始される1985年初までには、プラントの設計、建設、運転およびプラント管理の中核となる工場長以下、各部門長クラス 4名および事務主任者、事務担当員各 1名ずつがプロジェクトの創始業務に参加し、1985年 7月までには、フォアマンクラス 7名を加えた計13名の参加を要するものと思われる。各部門における上記要員以外の要員は順次リクルートし、1986年 7月までにはその半数30名の採用を行い、残り30名はNo.1ユニット運転開始の 2ヵ月前、1986年10月末までには採用を完了する必要がある。各部門における要員の資格条件は表6.2 に示す通りである。

表 8.2 要員の資格条件

	構 成	資 格		作 業 内 容
		学 歴	経 験	
管 理 部 門	管理責任者	高 卒	管理実務経験 5 年以上	工場全体の管理業務
	事務員	高 卒	～	管理業務の事務的作業
運 転 部 門	運転責任者	大 卒	プラント運転経験 3 年以上	運転管理業務
	ソフト責任者	高 卒	プラント運転経験 3 年以上	各ソフトの運転責任者
	運転員	高 卒	プラント運転経験 1 年以上	運転作業
	分析員	高 卒	化学分析経験 1 年以上	運転管理のための化学分析作業
保 守 部 門	機械、電気、計装技術者	大 卒	担当部門保守経験 1 年以上	保守の責任者
	機械、電気、計装作業員	高 卒	担当部門作業経験 6 ヶ月以上	保守作業
	倉庫作業員		～	倉庫内作業

本海水淡水化プラントの運営に従事する技術者、フォアマン、オペレーターおよびその他の要員に対し、操業開始前に海外および国内におけるトレーニングを実施し、本プラント運営に必要な知識の修得および実証プラントによるオペレーションの実地訓練が図られる。海外における要員訓練は技術者、オペレーター、フォアマンの半数が参加し、約 2ヵ月間実施され、遅くとも1986年 7月までには終了するものとする。訓練のカリキュラム概要は次の通りである。

- (1) オリエンテーション
- (2) 基礎技術講義
- (3) 海水淡水化技術一般講義
- (4) 海水淡水化プラントの各設備、システムの講義
- (5) 工場実習
- (6) 運転保守方法講義
- (7) シミュレーターによる訓練

これら海外トレーニングを受けた要員は、その後リクルートされる残りの半数のオペレーター要員の指導者ないしはカウンターパートとして機能し、現場工事にも参画し、各種の実務を修得することになる。さらに、本プラントがフル稼働に入る半年以前に、プラント運営に従事する全員がプラント運転を熟知することを目的として、国内における訓練を約 2ヵ月受けるものとする。

1987年初頭からNo.1ユニットのコミッションングが開始されるが、これに先立って、各種機器、計器の取り扱い方法、運転マニュアルなどについての訓練を受けると同時に、実際のプラント運転を通じて、各人の担当業務に習熟して行くことになる。以上の訓練、運転指導のため、ベンダーから専門家が派遣され、その指導に当たることになる。以後No.2~No.5ユニットの稼働に伴い、さらに、プラント運転の技術、ノウハウを蓄積し、1987年10月からのプラントのフル操業時には、これらオペレーターにより、その後のプラント運営が可能となるよう、要員の訓練を行うものとする。

なお、フル操業に入ってから、1年間はプラントオペレーションのスーパーバイザーとして 1名の専門家が滞在し、運転指導に当たることになる。ただし、このスーパーバイザーは、別途、スーパーバイザー派遣契約を行うものとする。



## 第7章 逆浸透法海水淡水化プラントの概念設計



## 第7章 逆浸透法海水淡水化

## プラントの概念設計

## 7.1 一般仕様

## 7.1.1 プラント仕様

方 式	逆浸透法による一段脱塩
淡水生産能力	150,000m <sup>3</sup> /日
ユニット数	逆浸透設備 15,000m <sup>3</sup> /日×10 ユニット 前処理設備 107,000 m <sup>3</sup> /日×4 ユニット
生産水水質	WHO 水質ガイドラインを満足する。
水バランス	海水取水量 461,000m <sup>3</sup> /日 ROモジュール供給水量 429,000m <sup>3</sup> /日 生産水量 150,000m <sup>3</sup> /日 濃縮水（他排水を含む） 311,000m <sup>3</sup> /日
逆浸透モジュール	海水一段脱塩用モジュール
モジュール運転条件	圧 力 60~65kg/cm <sup>2</sup> 回収率 35% 給水FI 4以下  (FIとはFouling Index の略で、逆浸透法において、モジュールへの供給水の微量な濁質を数値化した指標)
	供給水pH 6.0 ~6.5 供給水Cl <sub>2</sub> 1.0 mg/l 以下 供給水温度 15~25℃

## 7.1.2 プラント構成

前処理設備

逆浸透設備

逆浸透モジュール

高圧ポンプ

動力回収タービン

取排水設備

生産水送水設備

膜洗浄設備

排水処理設備

薬注設備

受変電設備

### 7.1.3 ユーティリティおよび薬品

電力 37.845kW（動力回収後の所要電力）

薬品

おもな使用薬品は98%硫酸、40%塩化第二鉄、消石灰であり、詳細は7.2.2

(7) に示す。なお、薬品は1ヵ月使用分を保有できるタンクに貯蔵する。

### 7.1.4 設計方針

プラントの概念設計に当たっての基本的考え方は次の通りである。

#### (1) ユニット数およびユニット規模

本プラントは全体で150,000 m<sup>3</sup>/日の淡水生産能力を有し、前処理部は4系列、逆浸透本体は10系列に分割されており、それぞれは独立して運転できるようになっている。

逆浸透設備の各ユニットに1台の高圧ポンプおよびエネルギー回収装置が設置される。これらのポンプは大容量になるほど、効率が高くなり、所要段数が減少して建設費が割安となる。反面ポンプ製作上の限界もあり、本F/Sでは流量30m<sup>3</sup>/分、揚程670mAqのポンプを用いることにした。この程度の規模のポンプはボイラ・フィード・ポンプ、石油採掘用海水注入ポンプなど他の分野では既に用いられている。

この容量のポンプから、回収率35%において15,000m<sup>3</sup>/日の生産水が得られる。従って、1ユニットの規模を15,000m<sup>3</sup>/日として10ユニットから構成することにした。稼動ユニット数を調節することにより、1日当たり造水量を最大150,000m<sup>3</sup>/日から負荷率10%刻みで水需要に合わせて変えることができる。

## (2) 前処理の方式

立地点近くの海水分析によれば、濁度  $0.5\sim 1.5\text{mg/l}$  と比較的清澄であり、前処理はIn-line 凝集法とする。

前処理される海水の量は約  $460,000\text{m}^3/\text{日}$  と多量であるので、ろ過器は浄水施設（ダム等からの原水を浄化して水道用水を得る）などで広く使用されているコンクリート製重力式ろ過池を採用するのが経済的であり、運転管理も容易である。鋼板製圧力式ろ過器も、より規模の小さい装置にはよく使われているが、1基当たりの処理能力は約  $7,000\text{m}^3/\text{日}$  が最大であるため、本プラントには75基以上のろ過器が必要となり、適切ではない。

重力式ろ過池ではポンプ動力を必要とせず、コンクリート製のため装置の耐久性が長く、耐用年数も長い。

## (3) エネルギー回収装置

最近建設された大部分の海水淡水化プラントにはエネルギー回収装置が取り付けられており、消費電力量が節減されている。これは逆浸透モジュールからのラインを動力回収タービンに導き、ラインの持つ圧力エネルギーを回転エネルギーに変え、高圧ポンプ駆動に必要な動力の一部として使用される。動力回収タービンの型式として、フランシス水車、ペルトン水車、ポンプ・タービン一体型などがあるが、本プロジェクトのような大型プラントにはフランシス水車が向いており、前述（1）のようにタービン効率が極めて高く回収動力も大きくなる。

## (4) 逆浸透設備の運転条件

## 1) 回収率

回収率が高いほどモジュール供給水量が少なく電力消費量は低下する。

反面、ライン濃度が上昇してスケール発生の心配があり、また浸透圧の上昇により、運転圧力を高くするかモジュール本数をふやさなければならない。電力単価が比較的安く、かつ、エネルギー回収効率が高くなる大型プラントの場合には、回収率はある程度低く抑えた方が得策である。また、本F/Sにおける海水のTDSは $37,000\text{mg/l}$ と標準海水に比べてやや高い。以上の点を考慮し、回収率を35%と設定した。

## 2) 運転圧力

運転圧力が高いほど電力消費量は増加するが、反面、モジュール本数が少なくなり、建設費および膜交換費（補修費に含まれる）は安くなる。また、運転圧力が高くなるほど膜の塩排除率が大きくなり水質は向上するが、膜の圧密化が促進され水量の低下が起こりやすい。

電力単価の低い国では、回収率を抑えるのと同時に運転圧力を高くして、使用モジュール本数を少なくする方が賢明であり、本F/Sの場合には、運転圧力は80kg/ から85kg/ まで変更可能とし、やや高目に設定している。

## (5) 自動化

逆浸透プラントは比較的自動化が容易であり、運転人員も少なく済む。たとえば、水需要に合わせてプラントの起動、停止は全自動で行われている例もある。

プラント起動時において、高圧ポンプの起動から動力回収タービンへの切り換えまで、やや複雑なステップを踏むが、マイクロプロセッサの使用によって、スイッチボタンを押せば自動的に所定の運転条件にセットされるように設計されている。逆浸透モジュールの水量、圧力などの制御、指示記録はコントロールルーム内の操作盤で遠隔操作される。

## (6) 環境保全

## 1) 濃縮海水の拡散

逆浸透モジュールから排水される濃縮海水は塩分濃度56,900mg/l、密度1.045(20℃)と周辺海域の海水に比べて塩分濃度、密度とも大きく、これをそのまま海域へ放流すると、海底に沈降滞留し、海底に沿って拡散する。

従って、排水の取水への再循環がないようにするため、取水口での取水流速を20cm/秒以下に抑え、海底の排水を取水しないような設備とした。排水中の塩分濃度については現時点では環境規制を行っている例はないが、本設計では、排水口から半径400m、海底から2mの地点で、周囲海水より2,000mg/l以内の濃度上昇にとどめるようにした。潮汐、海流等海水の流れがある場合はこの濃度の範囲はさらに数分の一に縮小する。

なお、海水中の塩分濃度は、河川水の流入量変化、降雨、日照による蒸発、深さ、海岸からの距離などによってかなりの幅を持っているのが一般的である。そのため、周囲海水との濃度差が  $2,000\text{mg/l}$  程度以下であれば自然の変動の範囲内にあり、環境への影響は全くないといえる。

## 2) 逆洗排水の放流

7.2.2 の(6) で述べるように、前処理設備の滷過池からの逆洗排水は凝集沈殿槽および濃縮槽で濃縮され、さらに脱水機で含水率約85%のケーキにされる。

このケーキは場外へトラックで搬出され（1日15トン）、埋立処分される。ケーキの主成分は水酸化鉄であり、環境への影響はない。

凝集沈殿槽および濃縮槽からの上澄水は、SS  $1\text{mg/l}$  以下と環境規制値内に抑えることができる。

## 3) 騒音防止

逆浸透プラントの最大の騒音源は高圧ポンプおよび周辺の機器（ポンプ、タービン、モーターなど）である。エネルギー回収タービンの設置は高圧の濃縮海水を減圧する時に発生する高周波音をやわらげる効果を持っている。

2,550kW の大型モーターが使われているが、回転数は3,000rpmであるので、高圧ポンプ囲りでの騒音は 120デシベル程度と予想される。逆浸透棟内の高圧ポンプ室は、コンクリートブロックによって遮音を完全にするとともに、逆浸透棟を施設の中心に位置させて境界線（フェンス）までの距離を充分にとるよう配置上考慮した。このような処置によって境界線での騒音は50デシベル以下に抑えることができ、周囲への影響はない。

なお、その他の取水ポンプ、ブースターポンプなどは容量的にも小さく、ポンプ室内に設置されるため特に問題はない。

プロセスのフロー図を図7.1 に示す。また、マスバランス（水収支）を図7.2 に示す。

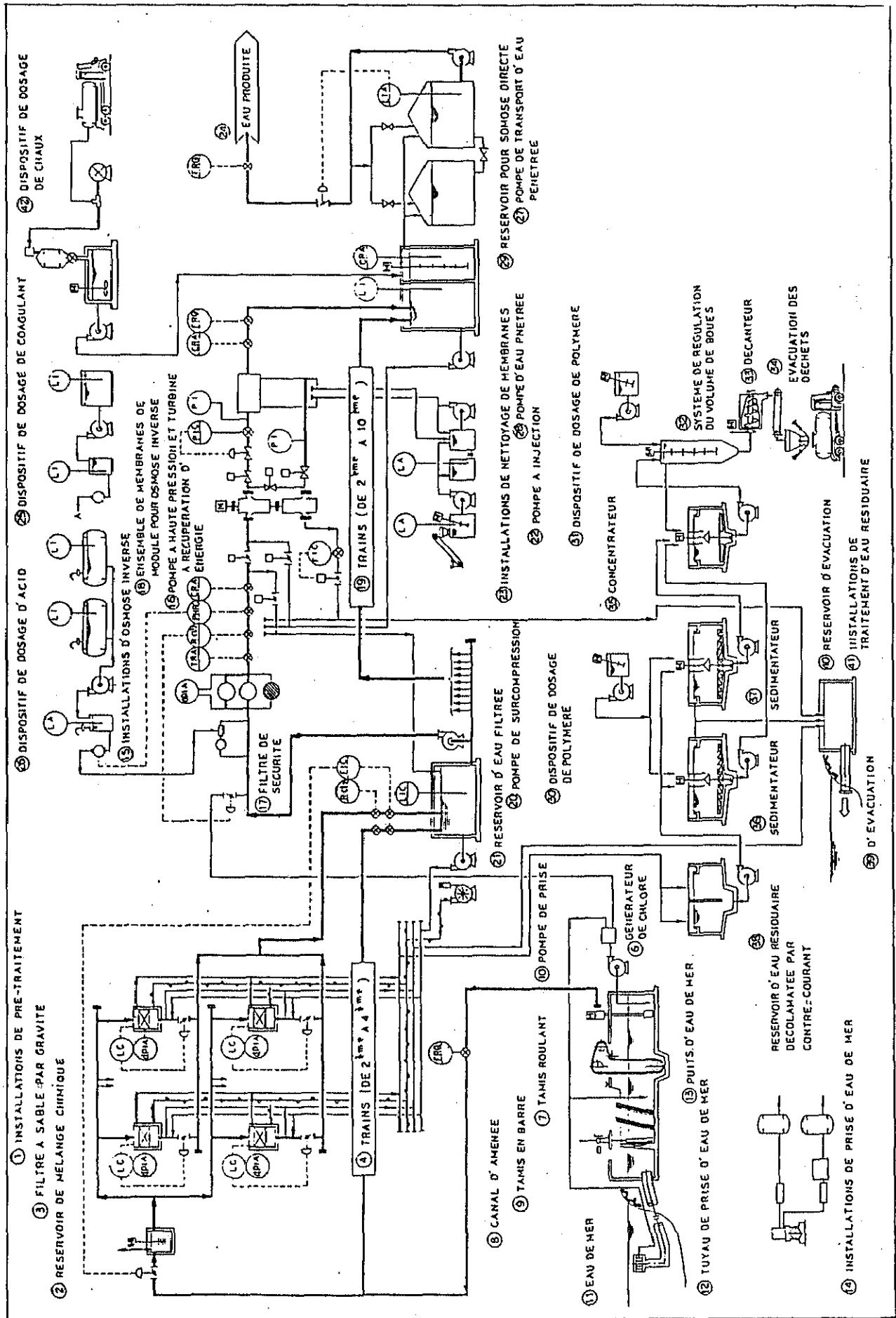


図 7.1 逆浸透法海水淡水化プラントプロセスフローシート

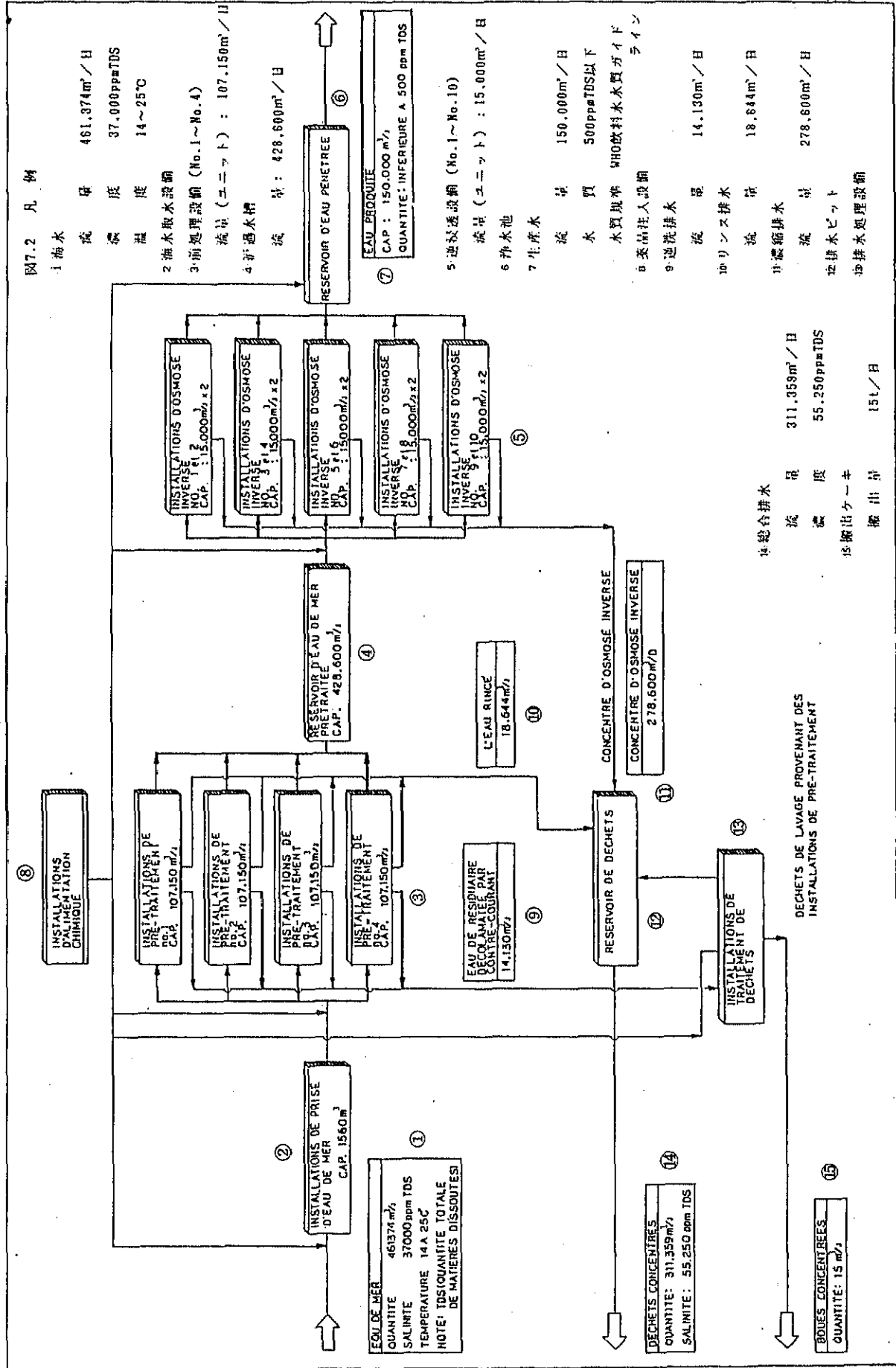


図 7.1の機器名称表

- 1 前処理設備
- 2 混和池
- 3 重力式滷過池
- 4 系列
- 5 逆洗ポンプ、逆洗ブロー
- 6 塩素発生器
- 7 トラベリングスクリーン
- 8 海水取水管
- 9 パースクリーン
- 10 海水取水ポンプ
- 11 海水
- 12 海水取水口
- 13 取水井
- 14 海水取水設備
- 15 逆浸透設備
- 16 高圧ポンプ、動力回収タービン
- 17 保安フィルター
- 18 逆浸透モジュール
- 19 系列
- 20 ブースターポンプ
- 21 滷過水槽
- 22 薬注ポンプ
- 23 膜洗浄設備
- 24 生産水
- 25 凝集剤注入装置
- 26 酸洗入装置
- 27 生産水送水ポンプ
- 28 生産水ポンプ
- 29 サックバックタンク
- 30 ポリマー注入装置
- 31 ポリマー注入装置
- 32 スラッジ供給槽
- 33 脱水機
- 34 ケーキ排出
- 35 濃縮槽
- 36 凝集沈澱槽
- 37 凝集沈澱槽
- 38 逆洗排水槽
- 39 排水管
- 40 排水ピット
- 41 排水処理設備
- 42 消石灰注入装置

図7.2 凡例

- 1 海水  
流量 461,374m<sup>3</sup>/日  
濃度 37,000ppmTDS  
温度 14~25°C
- 2 海水取水設備
- 3 前処理設備 (No.1~No.4)  
流量 (ユニット) : 107,150m<sup>3</sup>/日
- 4 貯水水槽  
流量 : 428,600m<sup>3</sup>/日



①  
EAU DE MER  
QUANTITE 461374 m<sup>3</sup>/j  
SALINITE 37000 ppm TDS  
TEMPERATURE 14 A 25°C  
NOTE: TDS (QUANTITE TOTALE DE MATIERES DISSOUTES)

⑧  
INSTALLATIONS D'INSTALLATION CHIMIQUE

③  
INSTALLATIONS DE PRE-TRAITEMENT  
CAP. 107,150 m<sup>3</sup>/j  
INSTALLATIONS DE PRE-TRAITEMENT  
CAP. 107,150 m<sup>3</sup>/j  
INSTALLATIONS DE PRE-TRAITEMENT  
CAP. 107,150 m<sup>3</sup>/j  
INSTALLATIONS DE PRE-TRAITEMENT  
CAP. 107,150 m<sup>3</sup>/j

④  
RESERVOIR D'EAU DE MER PRE-TRAITEE  
CAP. 428,600 m<sup>3</sup>/j

⑤  
INSTALLATIONS D'OSMOSE INVERSE  
NO. 1 : 15,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 2 : 15,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 3 : 15,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 4 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 5 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 6 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 7 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 8 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 9 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2  
NO. 10 : 18,000 m<sup>3</sup>/j x 2

⑩  
L'EAU RINCE  
18,644 m<sup>3</sup>/j

⑤  
EAU PRODUITE  
CAP : 150,000 m<sup>3</sup>/j  
QUANTITE: INFERIEURE A 500 ppm TDS

⑤  
5 逆浸透設備 (No.1~No.10)  
流量 (ユニット) : 15,000m<sup>3</sup>/日

⑥  
6 排水池

⑦  
7 生産水  
流量 150,000m<sup>3</sup>/日  
水質 500ppmTDS以下  
水質規準 WHO飲料水水質ガイドライン

⑧  
8 薬品注入設備  
9 逆洗排水  
流量 14,130m<sup>3</sup>/日

⑩  
10 リンス排水  
流量 18,644m<sup>3</sup>/日

⑪  
11 濃縮排水  
流量 278,600m<sup>3</sup>/日

⑫  
12 逆洗排水  
流量 15t/日

⑬  
13 逆洗排水  
流量 15t/日

⑭  
14 濃縮水  
流量 311,359m<sup>3</sup>/日  
濃度 55,250ppmTDS  
⑮  
15 濃縮水  
流量 15t/日

DECHETS DE LAVAGE PROVENANT DES INSTALLATIONS DE PRE-TRAITEMENT

⑫  
RESERVOIR DE DECHETS

⑪  
CONCENTRE D'OSMOSE INVERSE  
278,600 m<sup>3</sup>/j

⑭  
DECHETS CONCENTRES  
QUANTITE: 311,359 m<sup>3</sup>/j  
SALINITE: 55,250 ppm TDS

⑮  
BOUES CONCENTREES  
QUANTITE: 15 m<sup>3</sup>/j

図 7.2 逆浸透法海水淡水化プラント水収支

## 7.2 プロセスの概要

### (1) 前処理設備

逆浸透膜に悪影響を及ぼす物質を予め海水から除去するために、前処理設備が設置される。その内容は次の通りである。

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| 1) 膜汚染物質の除去    | 凝集濾過               |
| 2) 膜の化学的劣化の防止  | pH調整および有害物質除去等水質調整 |
| 3) 膜面への析出物質の除去 | pH調整               |
| 4) スライム付着の防止   | 塩素消毒               |

これらの操作によって、逆浸透膜へ供給される海水の水質はFI 4以下、pH6.0 ~ 6.5 および残留塩素0.2 ~ 1.0mg/lに調節される。

前処理は4系列からなり、それぞれの能力は112,500 m<sup>3</sup>/日であり、単独でも運転可能である。

取水井で塩素滅菌された海水は取水ポンプ4台によって所定の流量(450,000m<sup>3</sup>/日)で薬品混和池へ送られる。ここで約1.5mg/l (Feとして)の塩化鉄が注入され、フロックを生成させる。

次に、海水は重力によって混和池から重力式濾過池へ流れこむ。濾過池は全部で32池(4系列×8ライン)からなっている。

濾過池は、砂とアンフラサイトの2層からなり、濾過速度(LV)は200m/日である。濾過の経過とともに濾層の差圧が上昇し、濾過水量が減少してくるため、各濾過池は24時間ごとに定期的に、自動的に逆洗工程に入る。従って、1系列8池の濾過池は3時間ごとに順次逆洗される。

逆洗工程は水抜き→空気逆洗→濾過水による逆洗→通水洗浄の順で、所要時間は約1時間である。逆洗排水は逆洗排水槽へ、通水洗浄排水は排水ピットへ送られる。濾過水による逆洗は720m/日(LV)の速度で8~10分間行われる。

濾過水は約30分の滞留時間を持つ濾過水槽へ送られる。逆洗直後の濾過水の水質はあまり良くないが、濾過水槽で洗浄をしない他の濾過池からの良質な濾過水とブレンドされて、常にFI 4以下の前処理水を逆浸透モジュールへ供給することができる。

前処理設備の概要を図7.3に示す。

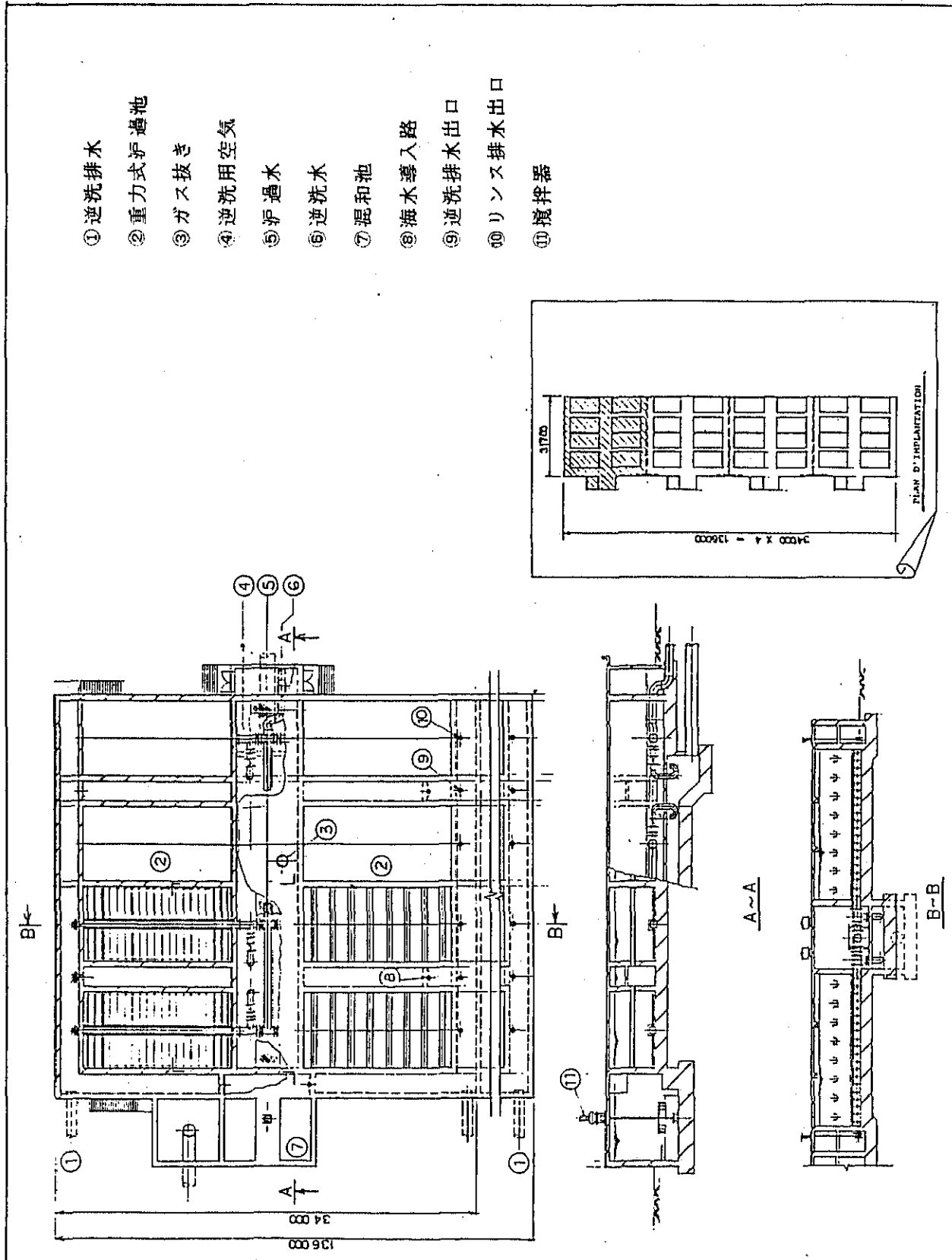


図 7.3 逆浸透法海水淡水プラント前処理設備図

## (2) 逆浸透設備

滷過水槽からの前処理水はブースターポンプによって昇圧され、保安フィルターを通ったのち高圧ポンプへ送られ、 $67\text{kg}/\text{cm}^2$ に加圧されて逆浸透モジュールに供給される。ブースターポンプ出口で硫酸が注入され、海水はpH 6.0~6.5 に調整される。

逆浸透モジュールからフィード量の35%が生産水として得られ、残りの65%は濃縮ブラインとして排出され動力回収タービンへ送られる。

なお、逆浸透モジュールの圧力、流量はそれぞれコントロールバルブによって調整される。

カートリッジフィルター、高圧ポンプ、逆浸透モジュールは同一の建屋内に納められる。また、同棟内のコントロールルームに監視制御盤が設置され、各種計器類の監視、制御および起動、停止ができるようになっている。

逆浸透設備の概要を図7.4 に示す。

### 1) ブースターポンプ

滷過水槽から高圧ポンプまで海水を送るために、ブースターポンプが使われる。この途中に保安フィルターが設置されるため、 $20\text{m}^2$ 以上の吐出圧力を持つポンプが必要である。ポンプは滷過水槽隣のポンプ室内に納められる。

### 2) 保安フィルター

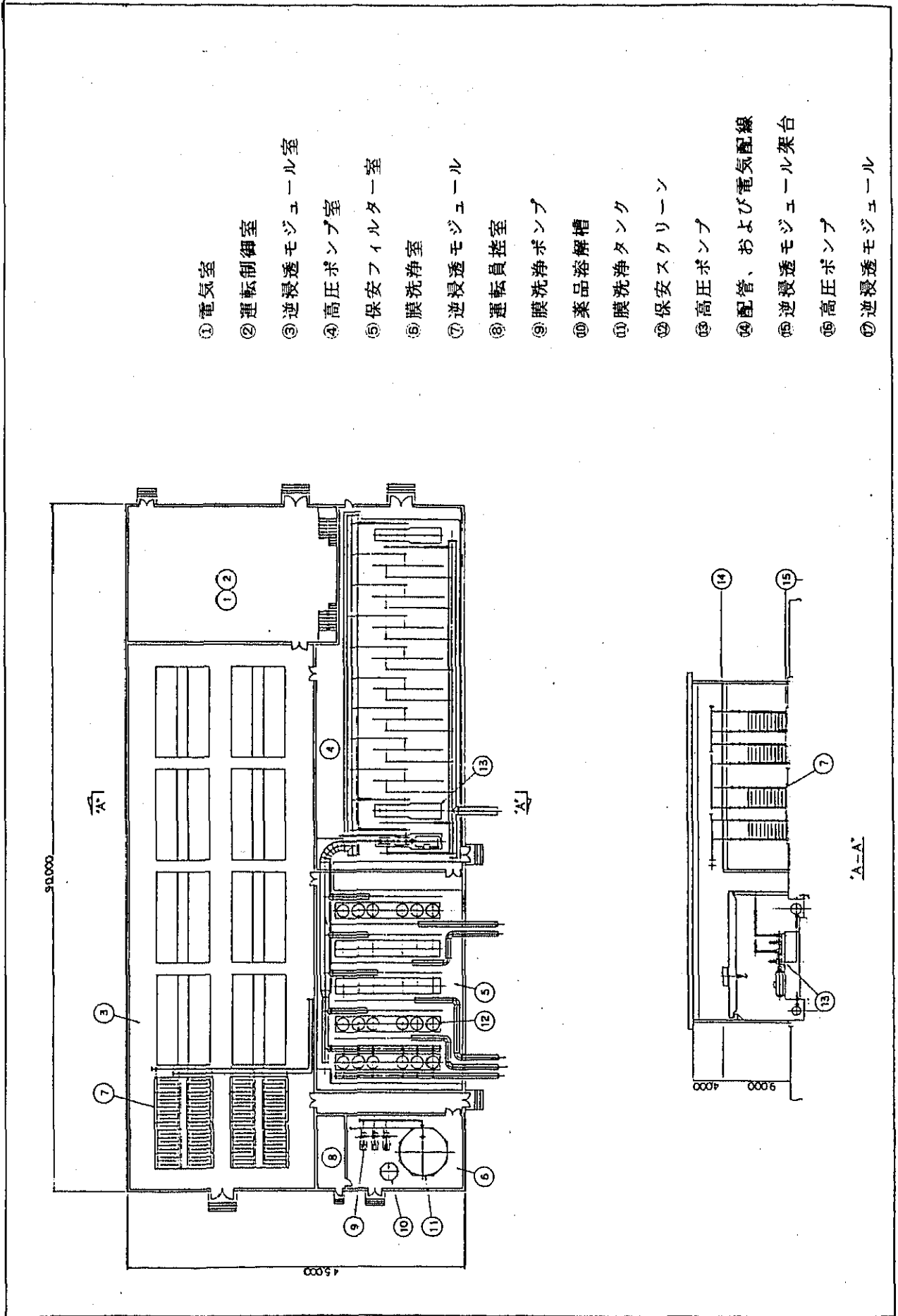
前処理された海水は極めて清澄であり、SSはほぼ完全に除去されているが、滷過池からリークした鉄分、水槽へ混入した異物などが高圧ポンプ、逆浸透モジュールへ行かないように給水ラインに保安フィルターが設置される。

保安フィルターは洗浄再生可能なものを使用し、内部エレメントのメッシュサイズは10ミクロンとし、ステンレス製ハウジングに納められる。

各逆浸透ユニットごとに3基のフィルターを設置し、2基のフィルターを用いて滷過を行い、所定の差圧まで上昇した時点でそのうちの1基を残りの1基に切り換える。目詰まりしたフィルターは空気および水で洗浄再生されるが、これらの操作は自動的に行われる。

### 3) 高圧ポンプおよび動力回収タービン

海水は高圧ポンプによって $67\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力に加圧されて、逆浸透モジュールへ送られる。



- ① 電気室
- ② 運転制御室
- ③ 逆浸透モジュール室
- ④ 高圧ポンプ室
- ⑤ 保安フィルター室
- ⑥ 膜洗浄室
- ⑦ 逆浸透モジュール
- ⑧ 運転員控室
- ⑨ 膜洗浄ポンプ
- ⑩ 薬品溶槽
- ⑪ 膜洗浄タンク
- ⑫ 保安スクリーン
- ⑬ 高圧ポンプ
- ⑭ 配管、および電気配線
- ⑮ 逆浸透モジュール架台
- ⑯ 高圧ポンプ
- ⑰ 逆浸透モジュール

図 7.4 逆浸透法海水淡水化プラント逆浸透設備図 (150,000m<sup>2</sup>/日)

逆浸透モジュールからの濃縮ブラインは動力回収タービンへ導かれ、その回収動力は高圧ポンプ駆動の補助動力として使われる。なお、本設備は一つのコモンベース上に高圧ポンプ、動力回収タービン、モーターの順に設置され、同一シャフトで連結されている。高圧ポンプおよびタービンは二段の渦巻型であり、それぞれの効率は最適条件で85%以上である。ポンプ、タービンの接液部材質はSUS316あるいは特殊ステンレスが使われる。

プラント起動後定常運転条件に到達するまで、バルブの切り換えなどがやや複雑であるが、すべて自動的に行われる。また、ろ過水槽レベルの低下、pHの異常などのエマージェンシー時には自動的にシャットダウンする。

#### 4) 逆浸透モジュール

いくつかの海水一段脱塩用モジュールが商品化されているが、型式別には中空糸型とスパイラル型に、膜材質的には酢酸セルロースと非酢酸セルロースとに大別される。

これらのモジュールはそれぞれパフォーマンスが異なり、また、使用条件、取り扱い方法なども異なるため、そのモジュールに応じたプラント設計が必要となる。

1ユニット（15,000m<sup>3</sup>/日）は二つのモジュールスタック（ブロック）からなり、1ブロックには317本のモジュールが横25列、縦13段に積まれている。

逆浸透膜の特性として、造水能力は水温の上昇とともに増加し、また運転の経過とともに減少する傾向がある。しかし、実用的には生産水量および回収率が一定の運転が好ましく、これは使用モジュール本数および運転圧力を適宜調節することによって行われる。

各ブロックの膜性能変化は、コントロール室で記録されている生産水の水量および水質をチェックすることによって判断することができる。水量に関しては、温度、モジュール本数、圧力など標準条件での換算が必要である。水質に関しては、各ブロックに水質計が設置されており、異常が発見されれば、その水質計の属するモジュールを1本ずつ水質検査して膜交換などの対策がとられる。

各ブロックごとの生産水の水量および水質あるいはモジュール差圧が所定値以上に達したら、モジュールの酸洗浄を実施する。

膜交換は、特に性能低下したモジュールのみに絞って、年に 1 回定期的に行われる。膜交換は現地において上下移動式の足場を使うことによって比較的簡単に行える。

### (3) 取排水設備

海水の取水方式は、取水管式深層取水方式とする。海水は、海岸から400m沖合に設置した取水口と海底に敷設した取水管を通して取水井へ自然導入される。取水井には、バースクリーンおよびトラベリングスクリーンが設けられ粗大固形物が除去される。取水管などへの海生生物の付着を防止するため、取水口には海水を電気分解して得られる塩素水が注入され、海水の滅菌を行う。

逆浸透モジュールからの濃縮海水は、一たん排水ピットに貯留され、汚過池の逆洗排水処理水など他の排水と一緒に、開渠により海岸から自然放流される。

海水取水設備の概要を図7.5 に示す。

なお、取水設備の保守・管理は、取水口、取水管の異常の有無および海生生物の付着状況を潜水士により確認すること、また、電気防食の効果を電位測定により確認すること、塩素注入効果を残留塩素測定により確認することなどがある。

### (4) 生産水貯水設備

生産水の貯水設備はサックバックタンクと浄水池である。

逆浸透モジュールからの生産水はサックバックタンクへ入り、消石灰によりpH調整された後さらにオーバーフローして滞留時間 1時間の浄水池に貯水される。サックバックタンク内の水は逆浸透設備停止時に起きる浸透流れによる逆流水および純水フラッシングのために使われる。

生産水は0.2 ~0.5mg/lの残留塩素を含んでおり、バクテリア繁殖の心配はない。さらに、浄水池および送水設備の防食を目的とし、ランゲリア指数を 0~+0.5 とするために生産水のpHは 7.0~8.5 に調整される。また、生産水は飲料水の WHOガイドラインの水質を満足する。



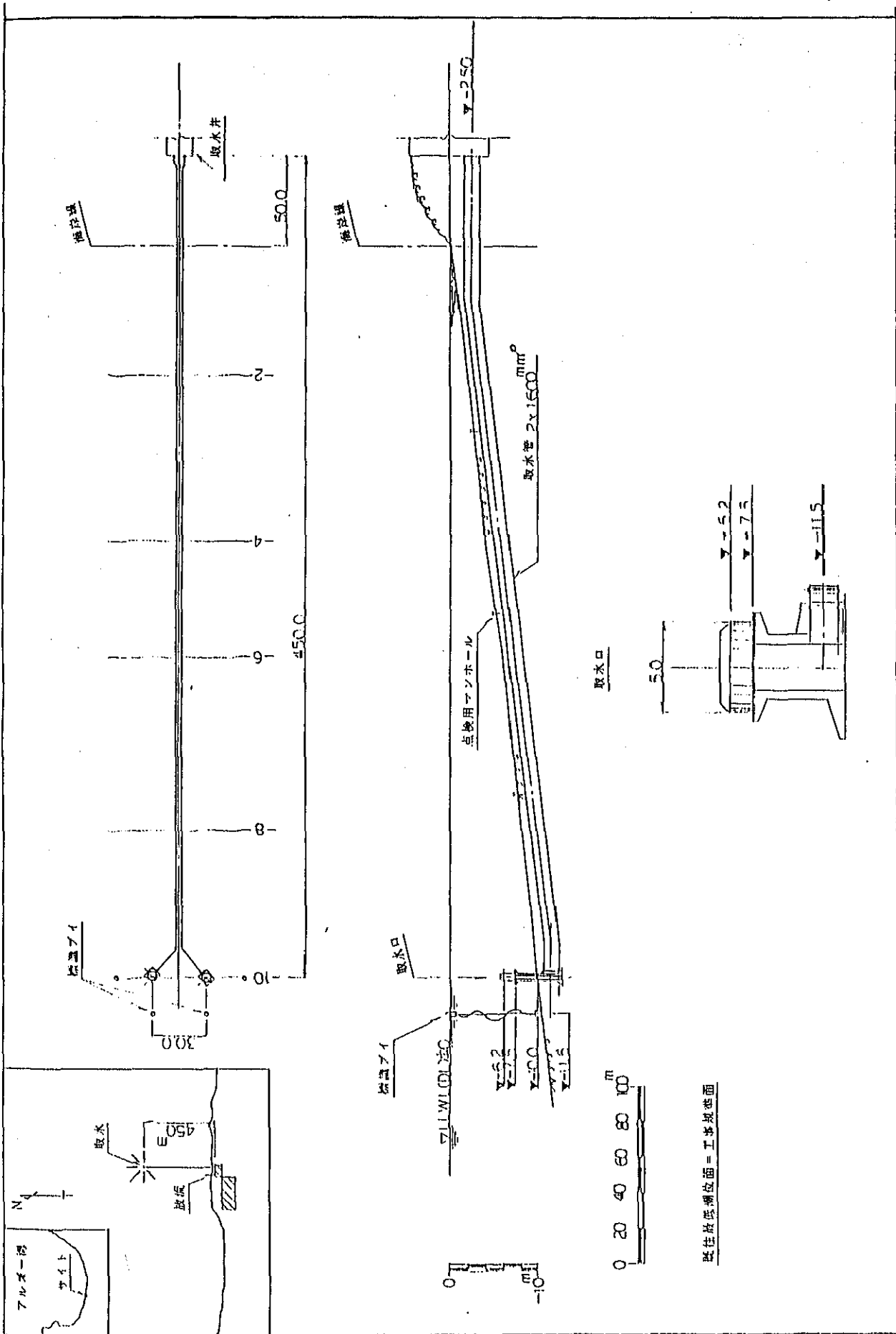


図 7.5 逆浸透法海水淡水化プラント取水設備図

## (5) 膜洗浄設備

逆浸透モジュールの差圧上昇、パフォーマンス（生産水の水量および水質）の低下が生じた場合には、膜を酸洗浄することによって差圧、パフォーマンスを回復することができる。モジュールの膜面では鉄分の析出が最も起こりやすく、これを除去するためにクエン酸洗浄が行われる。

各ユニットごとにモジュール洗浄ができるように膜洗浄設備が設けられる。洗浄の周期は場合によって異なるが、1年に1~2回程度である。膜洗浄設備は逆浸透棟内部の一画に設置される。

洗浄の手順は、(a) モジュールの水置換、(b) 薬品調合槽でのクエン酸（粉末）溶解、(c) 洗浄液タンクでのクエン酸濃度の調整およびアンモニア水注入によるpH調整、(d) 洗浄液タンクと逆浸透モジュール間の循環洗浄である。

洗浄後の洗浄液タンク内のクエン酸溶液は次回の洗浄でも使用可能であり、廃棄処分することなく保管しておかれる。

なお、運転停止直後は浸透流れが生じ、サックバックタンクから生産水が逆浸透設備内に逆流する。さらに逆浸透設備内を純水で置換する必要があるため、そのためのフラッシングポンプが設置される。

## (6) 浄水池洗浄排水処理設備

本プラントからの排水はろ過池の逆洗排水および後で述べる通水洗浄排水の2種類である。

前処理設備のろ過池からの逆洗排水は約1,000mg/l程度のSSを含み、そのままでは海域へ放流できないため排水処理設備へ送られる。ろ過池は合計32池からなり、1.5時間ごとに2池ずつ逆洗するとすれば、1回の逆洗で860m<sup>3</sup>の排水が排出され、1日では16回の逆洗で13,760m<sup>3</sup>の排水量となる。

このろ過池逆洗排水は900m<sup>3</sup>の逆洗排水槽に貯水され、下部へスラッジが沈降しないように攪拌される。次に排水ポンプによって凝集沈殿槽へ送られ、高分子凝集剤が注入されスラッジを沈降させる。スラッジはスラリーポンプによって濃縮槽へ送られ、凝集沈殿槽および濃縮槽からの上澄水は排水ピットへ送られる。

濃縮槽からの濃縮スラッジはスラリーポンプによって脱水機へ送られ、含水率85%程度のケーキとして取り出される。このケーキの量は1日15トン程度であり、場外で埋立処分される。

濾過池の逆洗後に通水洗浄が約30分行われ、この1日の総排水量は約18,000m<sup>3</sup>である。洗浄排水のSSは1mg/l以下であり、そのまま排水ピットを経由して放流される。

#### (7) 薬品注入設備

本プラントで使用される主薬品は塩化第二鉄溶液(40%) 硫酸(98%) および消石灰(100%) であり、塩化第二鉄は前処理で凝集剤として、硫酸および消石灰はそれぞれ逆浸透給水および生産水のpH調節用に注入される。また、逆洗排水の処理用にアニオン系ポリマーが凝集剤として、カチオン系ポリマーが脱水助剤として使われる。さらに、年に1~2回モジュールの洗浄用にクエン酸およびアンモニア水が使われる。

これらの薬品は1ヵ月分の使用量を保管できる薬品タンクにストックされ、一たんサービス槽へ移送された後定量ポンプによって定量注入される。

これら薬品の注入率、一日使用量を下記に示す。

	注入率	使用量
40 % 塩化第二鉄	1.5 mg / l as Fe	5,000 kg / 日
98 % 硫 酸	60 mg / l	26,000 kg / 日
100 % 消 石 灰	26 mg / l	3,900 kg / 日

#### 汚泥処理用凝集剤

アニオン系	2 mg / l (対排水)	28 kg / 日
カチオン系	150 mg / l (対スラッジ)	12 kg / 日

#### モジュール洗浄液

クエン酸	(1回/年)	60,000 kg / 年
アンモニア	(1回/年)	18,000 kg / 年