

世界各國海軍水師總長會議
調查報告書

國際協力事業團

RY

JICA LIBRARY



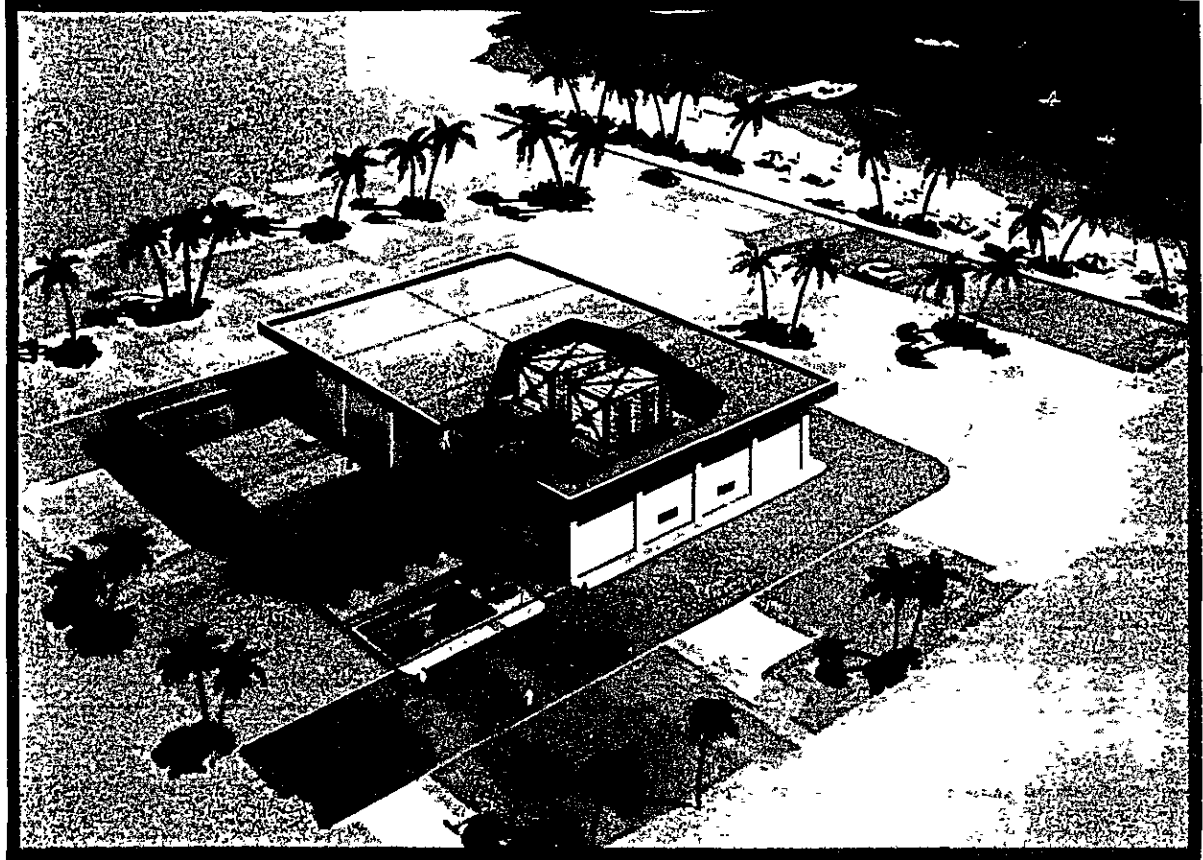
1031769[1]

コロンビア共和国海水淡水化計画
調査報告書

昭和 58 年 2 月

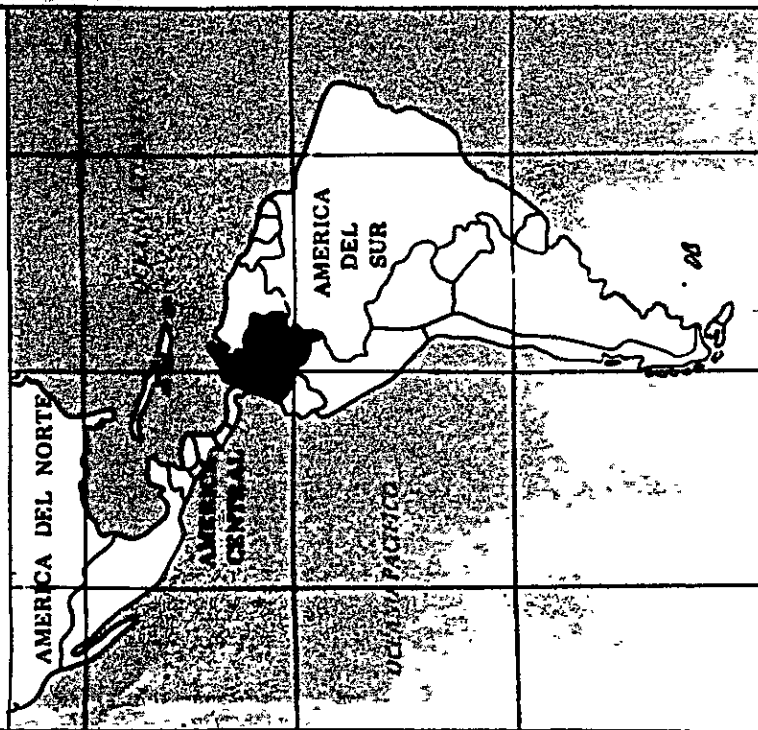
国際協力事業団

國際協力事業団			
入 期	54.8.22 12	705	
登録No.		113485	658
			MPI

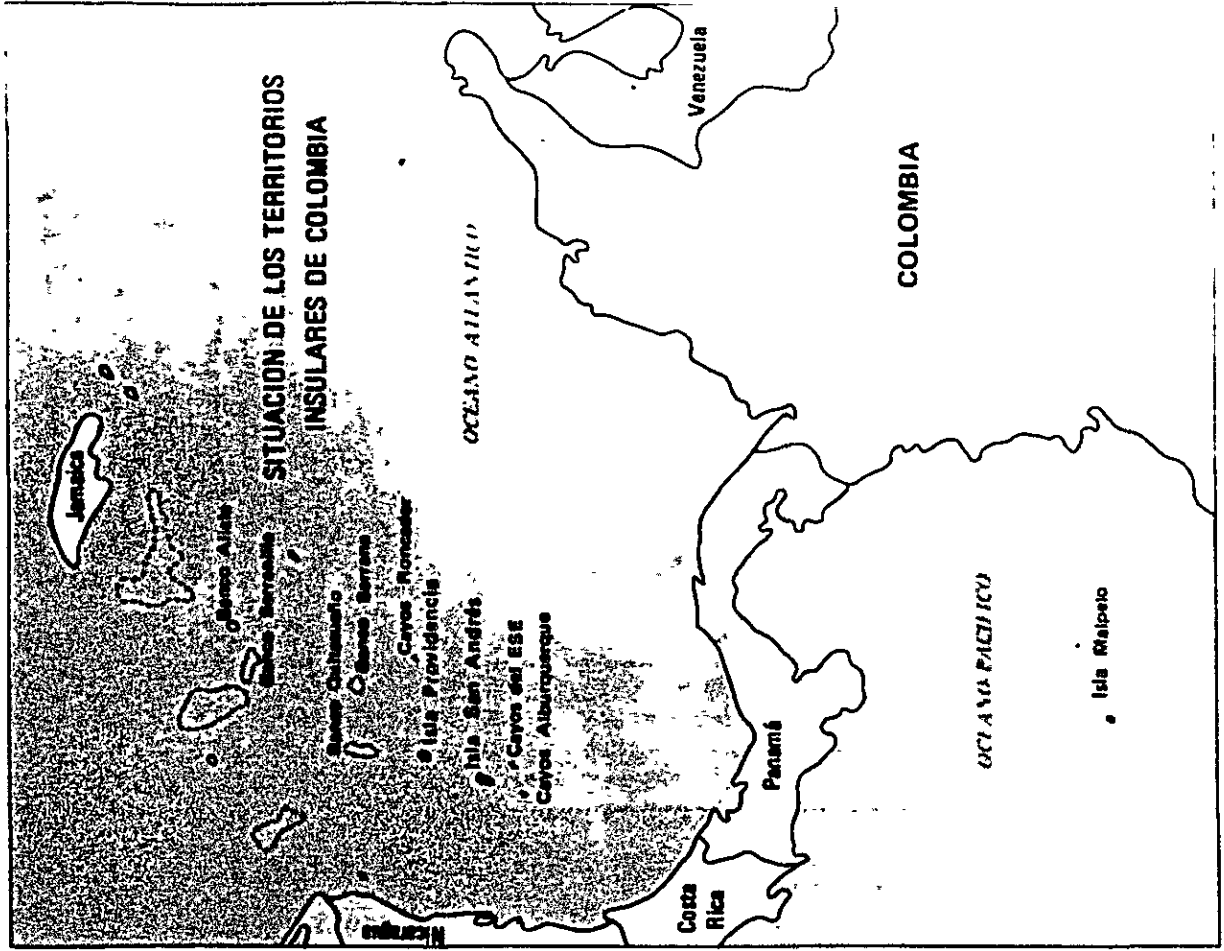


海水淡水化プラント完成予想図

LOCALIZACION DE COLOMBIA EN AMERICA



**SITUACION DE LOS TERRITORIOS
INSULARES DE COLOMBIA**



目 次

	頁
は し が き	
緒 論	6
1. 調 査 の 経 緯	6
2. 調 査 の 目 的	6
3. 調 査 団 の 編 成	7
VOLOME I サンアンドレス島	1
要 約	9
第1章 サンアンドレス島の概況	19
1.1 位 置	19
1.2 地 形 及 び 地 質	19
1.3 気 象 及 び 海 象	23
1.4 水 資 源	24
1.5 社 会 環 境 条 件	24
第2章 サンアンドレス島の水道事業の現状と需給予測	30
2.1 水 道 事 業 の 現 状	30
2.2 需 給 予 測	36
第3章 海水淡水化設備計画	37
3.1 淡 水 化 プ ラ ン ト の 能 力	37
3.2 生 産 水 の 水 質	37
3.3 原 海 水 の 水 質	39
3.4 原 海 水 の 取 水 方 法	39
3.5 排 水 方 法	40
3.6 用 役 及 び 薬 品	41

3.7 環境対策	42
第4章 プロセスの選定	43
4.1 海水淡水化技術	43
4.2 蒸発法の概要	43
4.3 逆浸透法の概要	46
4.4 電気透析法の概要	50
4.5 プロセス比較	53
4.6 最適プロセスの選定	55
第5章 プラントサイトの選定	57
5.1 候補地の概要	57
5.2 候補地の比較検討	61
5.3 候補地の総合評価及び選定	62
第6章 建設されるプラントの概要	63
6.1 概要	63
6.2 プロセスの概要	71
6.3 主要設備の概要	72
6.4 設備計画上の特記事項	76
6.5 電力及び薬品消費量	81
6.6 プラントの運営組織及び要員計画	81
6.7 プラント建設の実施工程	83
第7章 所要総資本と運転費用	85
7.1 所要総資本	85
7.2 運転費用	88
第8章 財務分析	92
8.1 総論	92

8.2	主要前提条件	92
8.3	財務分析の方法	96
8.4	財務分析結果の評価	106
第9章	地域経済への効果	131
9.1	総論	131
9.2	経済的内部収益率(EIRR)の算定	131
9.3	プロジェクトの実施による計測できない便益	133
9.4	総合評価	133
第10章	勸告	134
VOLUME II	プロビデンスシア島	135
要約		139
第1章	プロビデンスシア島の概況	143
1.1	位置	143
1.2	自然条件	143
1.3	社会環境条件	143
第2章	プロビデンスシア島の水道事業の現状と需給予測	148
2.1	水道事業の現状	148
2.2	需給予測	148
第3章	海水淡水化設備計画	149
3.1	淡水化プラントの能力	149
3.2	生産水の水質	150
3.3	原海水の水質	150
3.4	原海水の取水方法	150
3.5	排水方法	150
3.6	用役及び薬品	150

第4章 プロセスの選定	152
4.1 海水淡水化技術	152
4.2 プロセス比較と最適プロセスの選定	152
第5章 プラントサイトの選定	153
5.1 候補地の概要	153
5.2 候補地の選定	153
第6章 建設されるプラントの概要	154
6.1 設計条件の設定	154
6.2 プロセスの概要	154
6.3 主要設備の概要	154
第7章 建設費用、運転費用及び生産コスト	163
7.1 建設費用	163
7.2 運転費用	163
7.3 生産コスト	164
付 録	165
中間報告書 (INTERIN REPORT)	
但し APPENDICES を除く	

は し が き

日本国政府は、コロンビア共和国政府の要請に基づき、カリブ海に位置する同国サンアンドレス及びプロビデンスシア直轄区における海水淡水化計画のフェージビリティ調査を行うこととし、その実施を当国際協力事業団に委託した。

事業団は、橋本尚人氏（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、1982年7月3日より27日間にわたる現地調査を行った。

調査団はコロンビア共和国政府及び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、そのうち同現地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。本報告書がコロンビア共和国サンアンドレス及びプロビデンスシア直轄区の生活向上と経済発展に貢献できれば幸いである。

終りに、本調査の任に当たられた団員の労を多くするとともに、調査に際し多大の協力をいただいたコロンビア共和国政府、在コロンビア共和国日本国大使館、外務省及び通商産業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。

1983年2月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

緒 論

1. 調査の経緯

1981年10月コロンビア共和国政府は日本国政府に対して、同国サンアンドレス及びプロビデンス直轄区サンアンドレス島に於ける海水淡水化設備建設計画に関するフィージビリティスタディにつき技術協力を要請してきた。この要請は1981年6月に派遣された日本国海水淡水化技術調査団と同国政府の協議に基づきなされたものである。

国際協力事業団はこの要請にこたえ、1982年2月本調査の内容等基本的条件を決定するため事前調査団を派遣した。

この事前調査団と同国政府との合意に従って、同国サンアンドレス島における海水淡水化設備建設の可能性とそれにかかわる諸問題を調査するため橋本尚人ほか5名から成る「コロンビア共和国海水淡水化計画調査団」を編成し、1982年7月3日から7月29日までコロンビア共和国に派遣した。

一方、1982年2月の事前調査団に対し、同国政府からプロビデンス島についても海水淡水化計画に関する概略フィージビリティスタディの要請があり、同年7月本件に関し別途派遣された事前調査団と同国政府においてサンアンドレス島における計画調査とともに調査することで合意がなされ、SCOPE OF WORK の追加修正を行った。

コロンビア共和国サンアンドレス島およびプロビデンス島は、カリブ海に浮かぶ孤島で両島は水源として表流水はなく、雨水の浸透による地下水のみに頼っている。近年人口増ならびに旅行者の増加による水道用水需要の急激な増加に地下水のみでは対応できないため、これを補う手段として海水淡水化設備の設置が検討課題となっていた。このような事情が背景となってコロンビア共和国政府の技術協力要請となったものと考えられる。

本調査団は、このような経緯をふまえ、現地で情報、資料を収集し、日本に帰国後の作業を通じ、1985年頃を目途にサンアンドレス島ならびにプロビデンス島に海水淡水化設備を建設することは可能であるとの結論に達し、その具体化の方途についても考察を加えた。その結果をとりまとめた最終報告書素案は、調査団長及び団員2名を現地に派遣して1982年12月にコロンビア政府に提示し、内容を説明して諒承を得た。

2. 調査の目的

本調査の主目的は次の2点におかれた。

- (1) 将来の水道用水の需要増に対応するための海水淡水化設備計画を、水道用水供給必要量、最適サイトの選定、海水淡水化技術面から検討・立案し、この計画が島の上水道事業に与える影響及び上水道事業の収益性の面から妥当であるか否かを考察する。
- (2) 併せてコロンビア共和国政府がこの計画を実施するに際して参考となりうる経済的、技術的情報を提供する。ただし、プロビデンスシア島に関しては、概略フイーシビリテイスタディとなっている。

3. 調査団の編成

調査団の編成は下記の通りであった。

(1) 現地調査

はしもと なおと 橋 本 尙 人	財団法人 造水促進センター
おおたか やすお 大 高 易 男	日揮株式会社
なが の はるとし 永 野 晴 敏	同 上
たかはし しんたろう 高 橋 進太郎	財団法人 造水促進センター
あわもと まさあき 粟 本 雅 昭	同 上
つじ のりお 辻 哲 夫	財団法人 造水促進センター

(2) 報告書説明、討議

はしもと なおと 橋 本 尙 人	財団法人 造水促進センター
なが の はるとし 永 野 晴 敏	日揮株式会社
たかはし しんたろう 高 橋 進太郎	財団法人 造水促進センター

(3) 現地調査

現地調査団は、まず首都ボコタで在コロンビア日本大使館及び国際協力事業団ボコタ事務所を訪問し、本調査の目的、内容を説明した。

このあと、団は同大使館員および国際協力事業団ボコタ駐在員同行のもとにコロンビア共和国企画庁を訪問し、調査の意図、内容、方法を説明し、了承を得た後各種官庁

及び公共機関を訪問して情報、資料の収集を行った。

サンアンドレス島では、サンアンドレス直轄区政庁およびサンアンドレス衛生公社を訪問し、調査目的を説明した。サンアンドレス衛生公社職員の協力を得て、サンアンドレス島の水道事業の現況調査ならびに設置候補地3ヶ所を視察し、実地調査を行った。なお、プロビデンスシア島にも同様の実地調査を行った。

現地調査の実施状況および主な知見の概要を記述し、調査団の帰国に先だって「コロンビア共和国」政府に提出した「中間報告書」は、本最終報告書の付録として添付してある。

現地調査の日程の概要は次に掲げる通りであった。

Step	Date	Day	Stayed at	Time	Place Visited or Surveyed
1	July 3rd	Sat.	Travelling	10:00 A.M.	Departure from Tokyo
2	4th	San.	Travelling	2:45 P.M.	Arrival at Bogota
3	5th	Mon.	Bogota	9:30 A.M.	Japanese Embassy and JICA - Mr. Nagasaki Hiroshi, Ambassador - Mr. Tateyama Michisuke, Counselor - Mr. Ogasawara Kenichi, 2nd Secretary - Mr. Takahashi Fusakazu, 2nd Secretary - Mr. Ishii Kazuo, Resident Representative, JICA-Bogota
				2:30 P.M.	Department Nacional de Planeacion-DNP - Dra. Nohra Bateman D., Gerente, Division Tecnica de Cooperacion Internacional - Dr. Luis Mario Barrera H., Gerente, Division de Ingenieria Sanitaria - Dra. Ligia Rodriguez, Division Tecnica de Cooperacion
4	6th	Tue.	Bogota	10:30 A.M.	Instituto Colombiano de Hidrologia, Meteorologia y Adecuacion de Tierras - Dr. Eufrasio Bernal Duffo, Subdirector
				2:00 P.M.	Instituto Nacional de Fomento Municipal-INSFOPAL - Dr. Luis Alberto Leal F., Subdirector Técnico
5	7th	Wed.	Bogota	9:00 A.M.	Divisions Maritima y Porturia de la Armada Nacional - Captain Efrain Angel
			Travelling	3:45 P.M. 6:35 P.M.	Departure from Bogota Arrival at San Andres
6	8th	Thu.	San Andres	9:00 A.M.	Empresa De Obras Sanitarias De San Andres y Providencia Ltda, - EMPOISLAS - Dr. Carlos Jose Villate S., Engineer - Dr. Rodrigo I. Andrade S., Engineer - Miss Carogeen Watson A., Secretary

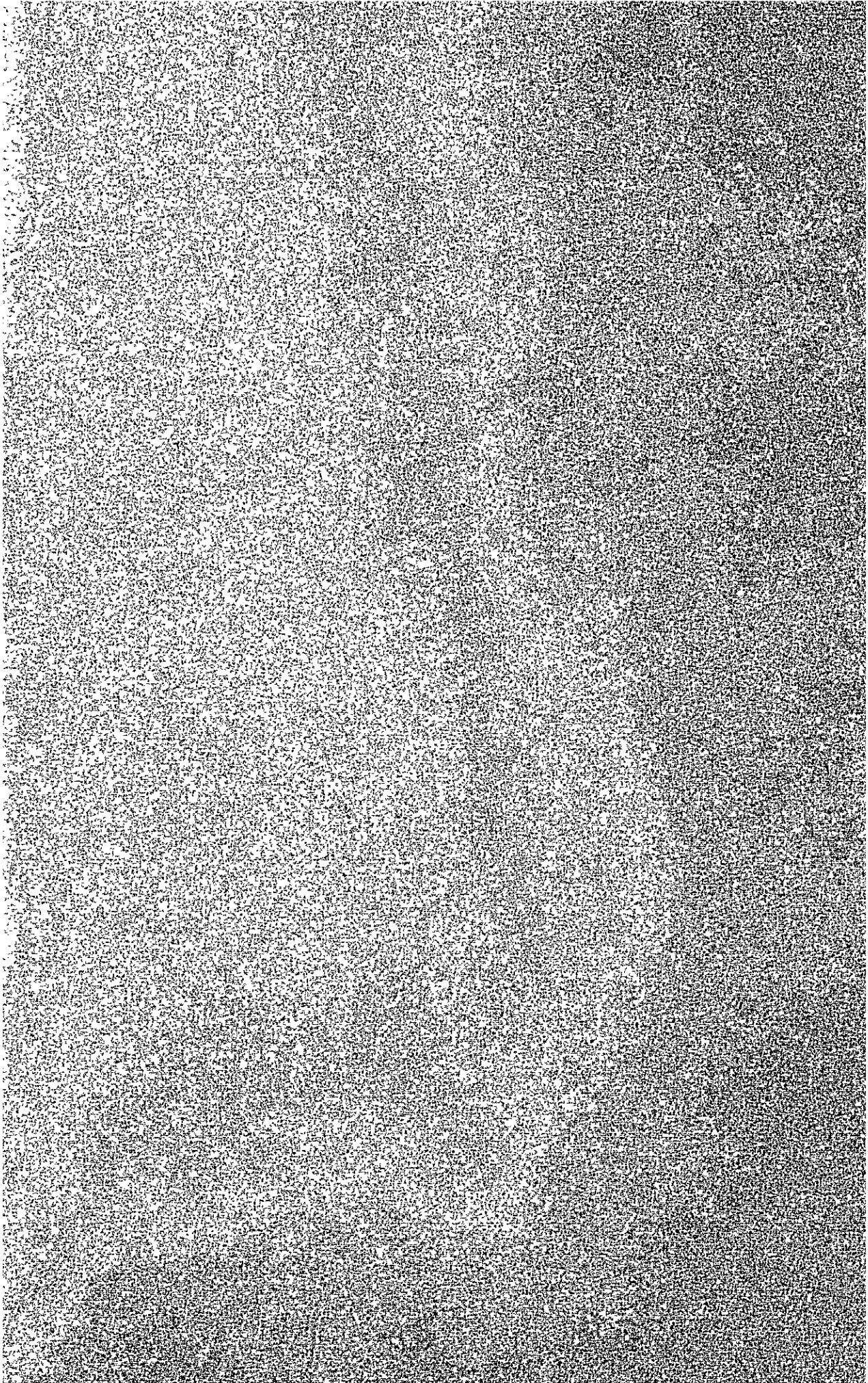
Step	Date	Day	Stayed at	Time	Place Visited or Surveyed
7	July 9th	Fri.	San Andres	9:00 A.M.	EMPOISLAS - Dr. Alvaro Forbes J., Manager - Dr. Carlos Jose Villate S. - Dr. Rodrigo I. Andrade S. - Miss Carogeen Watson A.
				4:00 P.M.	Plant Sites - Taller, Plaza de Mercado and Campamento - Dr. Carlos Jose Villate S. - Dr. Marco Quimbay C., Engineer - Miss Carogeen Watson A.
8	10th	Sat.	San Andres	10:00 A.M.	Water Supply Facilities Same Members as 9th
9	11th	Sun.	San Andres		Holiday
10	12th	Mon.	San Andres	9:00 A.M.	EMPOISLAS Same Members as 9th
				2:30 P.M.	Sewage Facilities Same Members as A.M.
11	13th	Tue.	San Andres	9:00 A.M.	EMPOISLAS - Dr. Alvaro Forbes J.
				2:30 P.M.	ELECTROSAN - Dr. Antonio Manuel Stephens, Manager, and other staffs.
12	14th	Wed.	San Andres	9:30 A.M.	Constructors in the Island - Systemas Hidraulicos y Sanitarios, and Pyne Corpus & CIA. Ltda.
				3:00 P.M.	INTENDENCIA - Dra. Berardo Howard N., Secretary - Dr. Guillermo Luna F., Chief of Urban Development Division
				4:00 P.M.	Transporters in the Island - Agencia Maritima and Importaciones Ramirez
13	15th	Thu.	San Andres	Fore-noon	Review of Materials
				2:00 P.M.	EMPOISLAS - Dr. Carlos Jose Villate S. - Miss Carogeen Watson A.

Step	Date	Day	Stayed at	Time	Place Visited or Surveyed
14	July 16th	Fri.	San Andres	Forenoon	Review of Materials
				3:00 P.M.	EMPOISLAS - Dr. Alvaro Forbes J. - Dr. Carlos Jose Villate S. - Miss Carogeen Watson A.
15	17th	Sat.	Travelling	10:00 A.M.	Departure from San Andres
				10:30 A.M.	Arrival at Providencia
			San Andres	Forenoon	Review of Materials
			Travelling	5:50 P.M.	Departure from San Andres
				7:50 P.M.	Arrival at Bogota
16	18th	Sun.	Providencia	9:00 A.M.	Site Survey - Dr. Alvaro Forbes J. - Dr. Carlos Jose Villate S. - Dr. Marco Quimbay C. - Miss Carogeen Watson A. - Dr. Efrain Rojas I., Administrator at Providencia
				4:00 P.M.	ELECTROSAN at Providencia - Dr. Edburn Newball, Manager at Providencia
			Bogota		Holiday
17	19th	Mon.	Providencia	9:00 A.M.	EMPOISLAS at Providencia Same Member as Yesterday
				Afternoon	Review of Materials
			Bogota	9:00 A.M.	DNP - Dra. Ligia Rodriguez
				Afternoon	Preparing Interim Report
18	20th	Tue.	Travelling	11:00 A.M.	Departure from Providencia
				11:30 A.M.	Arrival at San Andres
			San Andres	Afternoon	Review of Materials
			Bogota		Preparing Interim Report

Step	Date	Day	Stayed at	Time	Place Visited or Surveyed
19	July 21st	Wed.	San Andres	9:30 A.M.	EMPOISLAS - Dr. Carlos Jose Villate S. - Miss Carogeen Watson A.
			Bogota	10:00 A.M. After-noon	DNP - Dra. Nohra Bateman D. - Dra. Ligia Rodrigues Preparing Interim Report
20	22nd	Thu.	San Andres	10:00 A.M.	EMPOISLAS - Dr. Alvaro Forbes J. - Dr. Carlos Jose Villate S. - Miss Carogeen Watson A.
			Travelling	5:50 P.M. 7:50 P.M.	Departure from San Andres Arrival at Bogota
			Bogota		Preparing Interim Report
21	23rd	Fri.	Bogota	Fore-noon	Preparing Interim Report
				2:30 P.M.	DNP - Dra. Nohra Bateman D. - Dr. Luis Mario Barrera H. - Dra. Ligia Rodriguez
22	24th	Sat.	Bogota		Preparing Interim Report
23	25th	Sun.	Bogota		Holiday
24	26th	Mon.	Bogota	11:00 A.M.	DNP - Dra. Nohra Bateman D. - Dr. Luis Mario Barrera H. - Dra. Ligia Rodriguez
				After-noon	Preparation for Home-Coming
25	27th	Tue.	Travelling	10:30 A.M.	Departure from Bogota
27	29th	Thu.	Travelling	5:15 P.M.	Arrival at Tokyo

VOLUME I

サンアンドレス島



List of Tables

No.	Title	
Table 1 . 1	Stratification of San Andres Island	24
1 . 2	Pupulation of San Andres Island	25
1 . 3	Cultivated Acreage in the Island	25
1 . 4	Output of Manufacturing Industries	26
1 . 5	No. of Rooms of Hotels	27
1 . 6	Aspect of Electro-Diesel Generators	28
1 . 7	Revenue of Intendencia	29
2 . 1	Present Status of Water Supply	30
2 . 2	Tariff of Water Supply	31
2 . 3	Quality of Well Water	35
2 . 4	Quality of Supplied Water	35
2 . 5	Water Supply Plan of Waterworks	36
3 . 1	Required Capacity of Proposed Sea Water Desalination Plant	37
3 . 2	Standard for Potable Water	38
3 . 3	Result of Sea Water Analysis	38
3 . 4	Characteristics of Sea Water as Design Basis	39
3 . 5	Relative Features of Sea Water Intake Method	40
3 . 6	Condition of Electric Power Supply	41
3 . 7	Unite Price of Fuel and Chemicals	42

List of Tables

No.	Title	
Table 4 . 1	Comparison of Plant Construction Cost	53
4 . 2	Comparison of Energy Consumption	54
4 . 3	Comparison of Operation Cost	55
4 . 4	Comparison and Evaluation of Studied Processes	55
5 . 1	Area of Each Site	57
5 . 2	Comparison of Piping/Wiring Length and Investment Cost for Waste Discharge, Product Transfer and Power Supply	61
5 . 3	Comparison and Evaluation of Candidate Plant Sites	62
6 . 1	Major Equipment List	73
6 . 2	Consumption of Electricity and Chemicals	81
7.1	Summary of Total Capital Requirements	85
7.2	Plant Construction Cost	86
7.3	Preoperation Expenses	87
7.4	Expenditure Schedule	88
7.5	Variable Operating Cost	89
7.6	Fixed Operating Cost	89
7.7	Unit Consumption and Cost of Utility and Chemicals	90
7.8	Operation Labor Cost	90
8.1	Summary of Operating Cost	96
8.2	Summary of Financial Analyses	99

List of Table

No.	Title	
Table 8.3	Production Cost	100
8.4	Major Financial Index (IRROE)	103
8.5	Total Capital Requirements (Sensitivity Case)	104
8.6	Operating Cost (Sensitivity Case)	104
8.7	Summary of Sensitivity Analyses (No.1)	105
8.8	Summary of Sensitivity Analysis (No.2)	106
8.9	Interest Rate of Long Term Debt v.s. IRROE	107
8.10	Variable Operating Cost v.s. Sales Price	109
8.11	Effect of Exchange Rate	109
8.12	Colombia Sea Water Desalination Project, Base Case (IRROI 15%)	111
8.13	Colombia Sea Water Desalination Project, Base Case (IRROE)	121
9.1	Economic Internal Rate of Return	132

List of Figures

No.	Title	
Fig. 1 . 1	A Map of San Andres Island	21
2 . 1	Flow Diagram of Water Intake and Conveying System	33
2 . 2	Organization of EMPOISLAS	34
2 . 3	Organization for Waterworks in San Andres Island	34
4 . 1	Clasification of Seawater Desalination Processes	44
4 . 2	Principle of Multi-Effect Evaporation	44
4 . 3	Schematic Flow Diagram of Multi-Effect Evaporation Process	45
4 . 4	Principle of Reverse Osmosis	47
4 . 5	Schematic Flow Diagram of Reverse Osmosis Process	49
4 . 6	Principle of Electrodialysis	51
4 . 7	Schematic Flow Diagram of Electrodialysis Process	52
5 . 1	Location of Candidate Plant Sites and Existent Service Reservoir	59
6 . 1	Flow Sheet	65
6 . 2	Layout Plot Plan and Building Plan	67
6 . 3	Water Balance	69
6 . 4	Route of Power Wiring/Piping for Waste Discharge and Product Discharge and Product Water Transfer	79
6 . 5	Project Schedule	84

List of Figures

No.	Title	
Fig. 8.1	Production Cost Break Down (IRROE Case)	101
8.2	IRROI v.s. Sales Price	108
8.3	Plant Cost v.s. Sales Price	108

要 約
(サンアンドレス島海水淡水化計画)

提案するプロジェクトの概要

プロジェクト名称:	海水淡水化設備		
淡水生産能力:	3,000 m^3 /日		
適用プロセス:	逆浸透法		
建設地:	サンアンドレス島カンバメント地区		
予想運転開始時期:	1985年初頭		
主要工程:	海水取水ユニット	取水井 3系列	
		取水ポンプ 3.2 m^3 /分×3基	
	前処理ユニット	複層濾過器 3基	
	逆浸透ユニット	ホローファイバー型モジュール	
		膜材質 トリ酢酸セルローズ	
	生産水送水ユニット	送水ポンプ 2.5 m^3 /分×2基	
	排水排出ユニット	排水ポンプ 0.6 m^3 /分×2基	
	生産水水質:	塩素イオン (Cl)	250 mg/l 以下
		カルシウム (Ca)	75 mg/l 以下
		マグネシウム (Mg)	125 mg/l 以下
蒸発残留物		500 mg/l 以下	
pH		6.5~8.5	
水バランス:	取水量	9,000 m^3 /日	
	造水量	3,000 m^3 /日	
	排水量	6,000 m^3 /日	
用役使用量:	電力	21,200 kWh/日	
薬品使用量:	塩化第二鉄	27.3 Kg/日	
	硫酸 (98%)	441.0 Kg/日	
	苛性ソーダ (フレーク)	28.8 Kg/日	

要 員 :	管理者クラス	1名
	運 転 要 員	7名
	計	8名
建 設 費 :	脱 塩 設 備	US\$ 4,888,000
	付 帯 設 備	US\$ 1,979,000
	計	US\$ 6,867,000
建 設 所 要 時 間 :	18ヶ月	
(試運転完了まで)		
プロジェクト実施期間:	1985～2000年(16年)	
収益性の基準:	IRR O I 15%	
生産水販売価格:	1.85 US\$ / m ³	
資本回収期間:	6.0年	

第1章 サンアンドレス島の概況

自然環境

サンアンドレス島は、カリブ海西方に位置する面積27km²のさんご礁からなる島である。さんご礁に由来する石灰質地質のため、利用しうる水源は雨水浸透による地下水のみで表流水はない。年間平均気温27℃、平均降水量1,933mm(ちなみに東京は1,503mm)である。

社会環境

サンアンドレス島の人口は41,882人(1981年)であり、その80%近くが都市部に住んでいる。島は自由貿易港となっていることから、コロンビア本土からの買物旅行者が多く、観光業が最大の産業となっている。ホテル数は27で総室数は約1,900室であり、旅行者は年間300,000人来島し、1日当りの平均滞在人数は3,000人と推定されている。

島の公共サービスとして上下水道のほかに総合病院1ヶ所がある。また、教育機関として初等及び中等教育機関が60あり、約7,600人が通学している。一方発電能力は16,100kWとなっている。

第2章 サンアンドレス島の水道事業の現状と需給予測

給水事業

1980年において給水戸数2,644戸(給水人口15,864人)で、給水量は1日当たり2,776m³(32ℓ/秒)である。

水源及び水道施設

水源である井戸は島の中央部El Cove地区にあり、現存15ヶ所のうち12ヶ所で取水している。取水用水中ポンプの容量合計は54ℓ/秒(4,700m³/日)である。配水は主として島北部のサンアンドレス市街地区を対象として行なわれ、このためEl Coveのポンプ場から一度El Oliff(標高60m)にある配水槽(容量1,200m³)へ送られ、ここから市街地へは自然流下により、地下埋設管を通して各家庭へ配水されている。

将来計画

1985年に於ける計画給水人口42,300人、給水量7,600 m^3 /日と想定している。

第3章 海水淡水化設備計画

淡水化プラントの能力

1985年での給水量7,600 m^3 /日に対し、地下水の供給能力は現状の2,800 m^3 /日に開発計画量2,000 m^3 /日を加えた4,800 m^3 /日であり、この差2,800 m^3 /日を淡水化で補うものとして、海水淡水化プラントの能力を3,000 m^3 /日と決定した。

取水及び排水

サンアンドレス島の地域条件を考慮して次の方式を採用することとした。

原海水取水： 井戸取水方式

排水： 海流及び波による拡散効果の大きな島西北端のPunta Norteに放流

第4章 プロセスの選定

本海水淡水化設備に適用するプロセスを決定するに際し、3,000 m^3 /日という比較的小規模な容量を考慮して次の3プロセスを比較評価した。

逆浸透法

多重効用蒸発法

電気透析法

各プロセスを技術的、経済的に比較検討の結果、逆浸透法が下記理由から最適との結論に達した。

(1) エネルギー消費量が最小

エネルギー原単位(生産水 m^3 あたり)を次に示す。

	逆浸透法	多重効用蒸発法	電気透析法
電力(kWH)	7.0	4.3	10.0
燃料油(Kg)	0	9.1	0

- (2) 設備建設費が安い
- (3) 運転が容易である。

起動及び停止が容易であり、緊急停電により運転中断があっても何ら障害はない。

第5章 プラントサイトの選定

プラントサイトの選定に際し、サンアンドレス島北部の互いに近接している次の3ヶ所の候補地を比較検討した。

Taller

Plaza de Mercado

Campamento

検討の結果、次の利点を持つCampamentoをプラントサイトとして選定した。

利 点

- (1) 敷地が広く、且海に近い。
- (2) 敷地周囲に民家がない。
- (3) 排水放流、生産水送水ならびに電力受給に係わる設備費合計が一番安く経済的である。

第6章 建設されるプラントの概要

設備概要

サンアンドレス島に建設される逆浸透法海水淡水化プラントは、5つの主要ユニット——海水取水、前処理、逆浸透、生産水送水および排水——で構成される。

各ユニットの役割および性能は次の通り。

(1) 海水取水ユニット

深井戸（深さ60m）3本を設置しポンプ揚水により海水を汲み上げる。揚水された海水に次亜塩素酸ソーダを添加し、海水中の微生物および藻類の発生を抑制する。

主要機器は次の通り。

井 戸： 深さ60m、井戸径300mm×3本

取水ポンプ： 3.2 m³/分 × 5.5 kW × 3 基

電解塩素発生装置： 海水電解法 0.73 Kg/時 × 7.7 kW × 1 基

(2) 前処理ユニット

原海水は塩化第二鉄が添加され、浮遊固形物は複層濾過器により凝集濾過される。硫酸添加により pH 調整された前処理済海水は、逆浸透ユニットへ送られる。

主要機器は次の通り。

複層濾過器： 直径 3,250 mm、高さ 3,000 mm

(3) 逆浸透ユニット

本海水淡水化プラントの心臓部に当たる逆浸透ユニットはホロファイバー型モジュールで構成されている。逆浸透モジュールにより生産された淡水は、苛性ソーダ添加によって pH 調整され、次工程の生産水送水ユニットに送られる。

主要機器は次の通り。

ホロファイバー型： 膜材質 トリ酢酸セルローズモジュール

高圧ポンプ： 多段タービン型 500 kW × 3 基

動力回収タービン： 多段タービン型 111 kW × 3 基

(4) 生産水送水ユニット

逆浸透ユニットにより生産された淡水をを El Cliff にある既設配水槽へ送る。

主要機器は次の通り。

生産水送水ポンプ： 2.5 m³/分 × 7.5 kW × 2 基

生産水貯槽： 50 m³ × 1 基

(5) 排水ユニット

逆浸透モジュールからの濃縮海水は自圧で、その他の排水はポンプ昇圧され、合流して地下埋設管により Punta Norte の排出口へ送られる。

主要機器は次の通り。

雑排水昇圧ポンプ： 遠心型 0.6 m³/分 × 1.1 kW × 2 台

地下埋設費： 材質 FRP、長さ 1,600 m

要員計画

本海水淡水化プラントの運転のため、管理者クラス1名および運転要員7名が必要とされる。

建設工程

プロジェクト実施決定後コントラクター決定まで5ヶ月、さらにコントラクター決定後試運転完了まで18ヶ月、計23ヶ月が予想工期である。

第7章 所要総資本と運転費用

所要総資本

本海水淡水化プラントが商業運転を開始するまでに投下される資本の総計は下記の通りである。

単位 1,000 U.S.\$

費用	外貨	内貨	合計
設備建設費	4,678	2,189	6,867
操業前費用	71	175	246
初期運転資金	—	272	272
建設期間中金利	33	—	33
総計	4,782	2,636	7,418

運転費用

運転費用には、変動費である用役薬品費と、固定費である人件費、保全費および管理費が含まれる。

単位 1,000 U.S.\$

費目	年間費用
用役薬品費	782
人件費	62
保全費	206
管理費	38
合計	1,088

備考) 変動費は100%稼働時の値

各項の算出に用いた前提は下記の通りである。

用役としては電力のみが必要であり、その購入単価は5.66ペソ/kWHである。

保全費は、設備建設費の3%/年と想定した。

第8章 財 務 分 析

電子計算機を用い、次の財務諸表を作成した。

損益計算書

現金流入分析表

貸借対照表

分析に用いた前提条件

海水淡水化プラントは、1985年1月に営業運転を開始するものとする。

プロジェクト期間は営業開始後16年間とする。

操業率は初年度から100%とする。

所要総資本の30%は国家よりの補助金で充当するものとし、残りは下記条件の長期借入金でまかなうものとする。

利 率： 年7.5%

元金返済： 営業運転開始の翌年（1986年）から5年間5回の均等返済

営業運転開始後、資金不足が生じた場合は、下記条件の短期借入金で賄うものとする。

利 率： 年18.0%

元金返済： 借入翌年度に全額返済

本プロジェクトのIRRROIは15%とする。

分析結果

財務分析の結果を下記に表示する。

単位 1,000 U.S.\$

項 目	I R R O I	I R R O E
生産水販売価格 (US\$/m ³)	1.85	1.85
年間販売収入	1,942	1,942
運 転 費 (年平均)	1,088	1,088
生産コスト (年平均)	1,469	1,677
単位生産コスト (US\$/m ³)	1.40	1.60
純 所 得 (年平均)	473	265
現金流入 (年平均)	612	265
I R R (%)	15 (設定値)	8.08
資本回収期間 (年)	6.0	12.5

本財務分析においては、本プロジェクトの特徴を考慮してその内部収益率 (I R R) は下記を前提とした。

- (1) I R R O I の試算においては、補助金を収入とみなして取扱う。
- (2) プロジェクトの財務状況を把握するため、参考ケースとして補助金を自己資本とみなして I R R O E を計算する。

本プロジェクトでは、上記 I R R O I が 15 % を満足する時の生産水販売価格は 1.85 US\$/m³ と計算される。

財務分析の評価

I R R O I 15 % に対し I R R O E 8.08 % と、その収益率に大きな差が認められるのは、プロジェクト前半期の長期借入金の元本返済の為の資金不足から、金利の高い短期借入金の導入が必要となるためである。

このため I R R O E ケースの資本回収期間は 12.5 年となり、本プロジェクトは財務的にはかなり苦しい状態が予想される。

しかしながら、本プロジェクトの遂行は可能であり、生産水販売価格 1.85 US\$/m³ は現在のサンアンドレス島の水道事情を考慮すると受入可能な価格と考えられる。

本プロジェクトに対する補助金の増額、あるいは長期借入金の元本返済期間の延長は、プロジェクトの財務状況の改善に大きな効果を与え、生産水販売価格の引き下げを可能にする。

第9章 地域経済への効果

経済的内部収益率 (EIRR)

海水淡水化プロジェクトの費用と便益とを次のように定義して、EIRR を計算した。

費用は、海水淡水化プラントの総投資額と、運転費用の合計から保険費用分を差し引いた金額とする。

便益は生産水販売収入に等しいとする。

計算結果は次の通りとなった。

E I R R (%) 9.08

計測できない便益

本プロジェクトの実施により、サンアンドレス島における飲料水不足が解消するため同島に於ける最大産業である観光業の基盤が強化され、観光客の来島増加により、島の収入が増加し、島民の生活水準向上が期待できる。

総合評価

本プロジェクトの早期実施は、社会的観点から必要不可欠なものであり、それによってもたらされる地域社会への波及効果は非常に大きい。

公共施設関連プロジェクトの収益性は一般に低いのが通例であり、本プロジェクトも財務的にはそれ程楽ではないが実行は十分可能であり、その計測できない経済効果面を考慮すると早急に実施されるべきものであると判断される。

第1章 サンアンドレス島の概況

1.1 位置

サンアンドレス島は、カリブ海の西方、西経78°から82度、北緯12°から16°のあいだに位置するサンアンドレス(San Andres)及びプロビデンスシア(Providencia)諸島最大の島(面積27Km²)である。

コロンビア共和国本土カルタヘナ(Cartagena)の北西760Km、中米ニカラグア国海岸の東200Kmの距離にある。

行政的にはサンアンドレス・プロビデンスシア直轄区とされ、その政庁はサンアンドレス島のサンアンドレスに置かれている。

1.2 地形および地質

1.2.1 地形

サンアンドレス島は Fig 1.1 に示すように、南北の長さ12.8Km、東西の巾3.2から4.8Kmのさんご礁からなる島である。

島の北部と南部は平坦な地形を示すが、中央部には石灰石地帯特有のカルスト台地が存在している。

この台地は周辺の平坦地からなだらかな傾斜で島の中央部へ発達しており、カルスト地形によく見られる多様な丘とドリーネと呼ばれる凹地が存在している。

島の周辺の平坦地は海拔2mであり、最高海拔は、Cima Pussy(San Wrightの丘)の90mである。

このカルスト台地に存在する凹地は、地下水脈への涵養地域となっている。

1.2.2 地表地質

サンアンドレス島は、中新世(Miocene)初期及び中期から第4紀の最近の年代までのさんご虫を起源とする石灰岩質堆積物から構成されている。

岩石は多孔質であり、多く存在する亀裂に浸透する水の溶解作用により多くの凹地が形成されている。

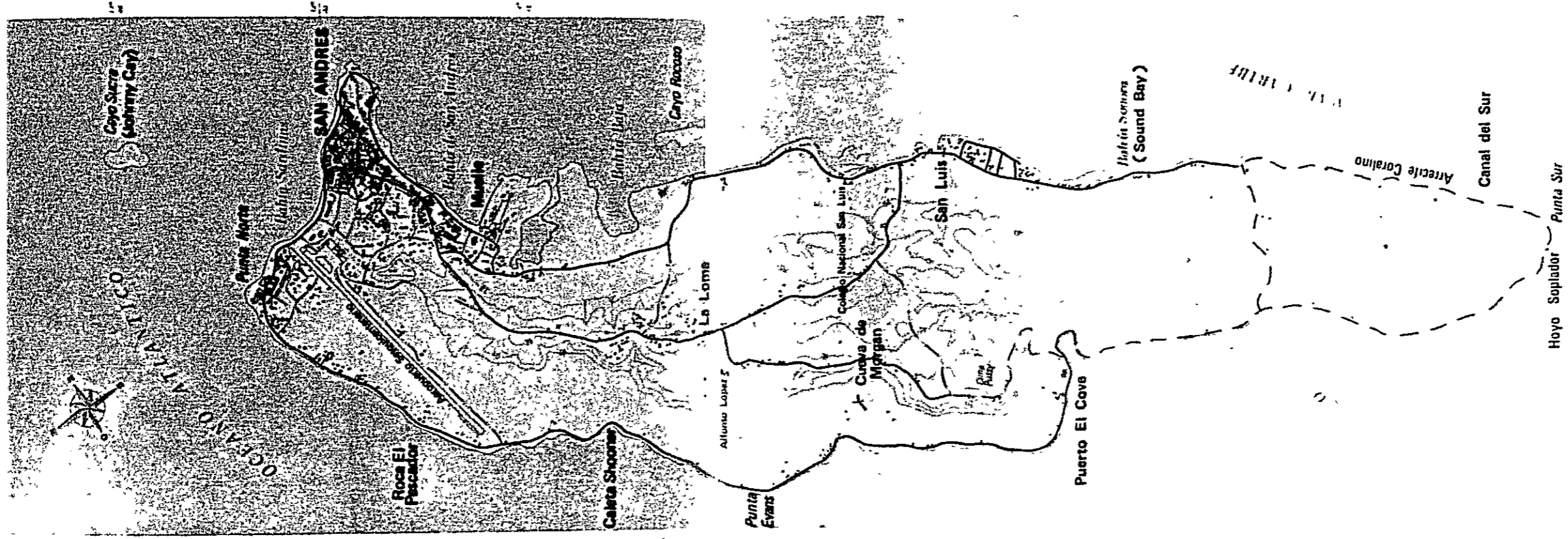


Fig. 1. 1. SAN ANDRES ISLAND

1.3 気象及び海象

1.3.1 気象

島の北部に存在するサンアンドレス空港でのデータ概要は次の通りである。

年間平均気温	27℃
年間降水量	1,933 mm (1961~1975年平均)
平均湿度	80%
風速(月間平均)	6.0 m/秒
最大風速	20.6 m/秒(20年間)

なお水資源検討に必要な月間平均降水量(1961~1975年平均)は次の通りである。

1月	110.2 mm
2月	42.0 "
3月	23.7 "
4月	32.6 "
5月	110.4 "
6月	214.6 "
7月	195.3 "
8月	181.1 "
9月	208.2 "
10月	277.2 "
11月	341.3 "
12月	196.5 "

1.3.2 海象

波、潮流及び海流に関しては、島北部のサルディナス湾及びサンアンドレス湾では堡礁に遮えぎられて緩やかである。

島の東南部は風の影響を直接受けて強い。

島の西岸はさんご礁が存在しないので風向きにより影響を受ける。

干満差は0.25 mで、最大0.30 mである。

主要海流は東から西方向で、平均速度は1ノットである。

1.4 水資源

サンアンドレス島には表流水は存在せず、水の供給は地下水源に頼っている。

現在利用中の地下水源は、島中央部 El Cove 地区の El Cove 河谷に存在するサンアンドレス地下水盆である。

1.4.1 サンアンドレス地下水盆の概要

1) 地質構造

サンアンドレス島の地質構造は、Table 1.1 に示されるが、帯水層は、第3紀、中新世のサンアンドレス地層に存在している。

Table 1.1 Stratification of San Andres Island

Period		Stratum	Rock Facies	Thickness
Quaternary	Alluvial Epoch	Alluvium	Clay	
	Diluvium Epoch	Diluvium	Blocks & Pebbles of Sand	
	Peistocene Epoch		Gray Wacke	
Tertiary	Pliocene	San Luis	Fractured Limestone	~ 4m
	Miocene	San Andres	Clay	6 ~ 19m
			Breccia	
Sandstone				

即ち、前出の表中サンアンドレス地表中の角礫岩相及び砂岩相が帯水層を形成し、上層の粘土相により被圧水（くみ上げ地下水）が閉じこめられている。

2) 地下水盆の規模

サンアンドレス地下水盆の広がり、 14.9 km^2 でその貯水能力は厚さ 100 m とされている。

1.5 社会環境条件

1.5.1 人口

この島の人口は、1981年において41,882人であり、人口密度は943人/ km^2 となっている。

人口の大部分は、島の北部のサンアンドレス地区（市街地）に集中しており、残りが

島の中央部から南部にかけて分散している。その分布の状況は次の通りである。

	市街地	郊外地	合計
人口	31,830	10,052	41,882
割合%	76.0	24.0	100

人口増加率を見ると、最近10年間の平均増加率は年率4.4%、最近3年間の増加率は5.6%に達している。この急激な人口の増加は、1954年にこの島が自由港に指定され、コロンビア本土から多数の買物客が来島するようになったことにより、もたらされたものと考えられる。

この島の人口の推移を Table 1.2 に示す。

Table 1.2 Population of San Andres Island

Year	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Population	26,219	27,138	28,088	29,071	30,230	31,440
Year	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Population	32,540	33,678	35,565	37,558	39,661	41,882

1.5.2 一次産業

1) 農業

この島の農業は極めて貧弱である。主要な作物はやしの実のみで、ほかにはごく少量のさつまいも、いもの木(Yuca)、バナナ、西瓜、砂糖きび等があるに過ぎない。

Table 1.3 に作物別の耕地面積を示す。

Table 1.3 Cultivated Acreage in the Island

(Unit: Hectare)

Crops Year	Coco	Sweet Potato	Yuca	Banana	Water- melon	Sugar- cane	Total
1974	2,200	20	40	10	10	40	2,320
1977	2,200	26	44	15	13	48	2,346
1978	2,200	28.6	48.4	16.5	14.3	52.8	2,360.6

2) 畜産

この島には、畜産と言えるような産業は存在しない。家畜として少数の豚、にわとり等がいるに過ぎない。

3) 漁業

島の北岸に漁港はあるが、漁業としては零細である。

1.5.3 工業及び商業

1) 工業

この島の工業としては、島内の需要を対象としたごく少規模なものしか存在しない。おもな業種としては、食料品、清涼飲料、土石関係で、全部で10企業を数えるのみである。

Table 1.4に工業品の生産高を示す。

Table 1.4 Output of Manufacturing Industries

Group \ Items	No. of Enterprises	Production 1,000 Pesos	
		1977	1978
Foods	3	6,018	20,607
Beverages	2	7,117	10,600
Minerals	5	19,554	14,047
Total	10	32,689	45,254

2) 商業

この島の商業は、主としてコロンビア本土から来島する旅行者を対象とした免税品の販売と、サービス業(ホテル、レストラン等)から成り立っている。

1.5.4 観光業

1) 概要

この島の経済は、観光・レジャーと免税品の買入れのために来島する旅行者により成り立っている。旅行者の主力は高地のコロンビア本土から来る国内旅行者であり、一部が中米地域を主体とした海外旅行者である。

これらの旅行者が利用するホテルは27あり、部屋数は、合計1,898、ベット数

は約 6,000 と推定される。

Table 1.5 にホテル名と部屋数を示す。

Table 1.5 No. of Rooms of Hotels

Hotel Name	Rooms	Hotel Name	Rooms	Hotel Name	Rooms
Antillas	30	Casablanca	80	Gran Hotel Internacional	200
Aquarium	200	Caliseo	30	Kingston Nuevo	30
Aurora	50	Dann International	200	Mediterraneo	40
Bahia Marina	30	Eden	30	Morgan	40
Casique Tone	150	El Dorado	70	Royal Abacoa	80
Capri	50	El Isleño	50	Tiuna	200
Calypso Beach	90	Europa	50	5 Other Hotels	98
Caribbean	70	Galaxia	30	Total	1,898

2) 旅行者数

旅行者の総数については統計がないが、ベッド数などより推計すると、年間約 100 万泊、平均宿泊日数は 3 日前後であり、人数は年間 300,000 人、一日当り、3,000 人が島に滞在しているものと思われる。この内、統計のある海外からの旅行者は、年間 3,000 人程度であり、大部分がコロンビア国内からの旅行者と推定される。

1.5.5 社会サービス

1) 教育

教育機関（学校）の数は、幼児教育が 27、初級教育が 26、中級教育が 7、合計 60 となっており、その大部分は公立であるが、少数の私立も含まれている。

これらの教育機関で教育を受けている児童・生徒の数は、約 7,600 人であり、教育普及率は約 66% であるが、この値は、現在ではさらに上昇しているものと考えられる。

2) 保健

この島には、1 個所の公立総合病院（Hospital Santander）と、3 個所の保健詰所があり、病院の有するベッド数は 52 であるが、現在拡張工事中である。なお、医師数は 31 名である。ただしこの中には、プロビデンス島に常駐する 2 名の医師が含まれている。

1.5.6 公共サービス

1) 水道

この島の水道事業は、清掃事業、下水道事業などと共に、サンアンドレス衛生公社 (EMPOISLAS) により運営されている。この公社は、コロンビア政府、サンアンドレス・プロビデンス直轄区政庁 (INTENDENCIA) 並びに都市開発庁 (INSFOPAL) の出資によって成り立っている純然たる公共機関である。

水道事業の詳細は、2.1項で述べるが、その概略は次の通りである。

給水人口 15,864 給水口数 2,644 供給率 40%

供給水量 約 2,800 m³/日 1人当たり給水量 175 l/日

水源 12個の井戸

2) 下水道

この島には現在下水道はなく、排水は各自が自家処理を行っている。EMPOISLAS が目下下水道を建設中であり、1982年9月からその一部が稼働しはじめる予定である。当面は終末処理施設はなく、排水管のみであるが、1983年1月頃には終末処理施設であるラグーンが完成して稼働し始める予定である。

3) 電力

この島の電力事業は、政府が90%を出資している公営企業ELECTROSANKにより運営されている。島の北東部に発電所を持ち、ディーゼル発電機により電力を供給している。発電設備の内容は、Table 1.6 に示す通りである。

Table 1.6 Aspect of Electro-Diesel Generators

No.	Capacity kW	Current Capacity kW	Status for Service
1	1,500	—	Out of service
2	1,500	1,000	Regular
3	3,200	3,200	Good
4	3,200	3,200	Good
5	2,100	1,500	Regular
6	2,100	—	Out of service
7	2,500	2,500	Good
Total	16,100	11,400	

この表に示す通り、発電能力としては全部で16,100 kWを有しているが、実際に発電可能なのは約11,000 kWであり、しかもその内の1,500 kW 1基、2,100 kW 1基、2,500 kW 1基は、機械の状態があまりよくないので、目下新しい発電機(3,200 kW×3基)を発注している。

供給戸数は約4,500で需要戸数の90%以上をカバーしている。

4) 電話

コロンビア本土と同じく TELECOM の経営であり、加入者数は約1,600である。

1.5.7 サンアンドレス直轄区政庁の収入

この島の行政の状態と規模を示す一つの指標として、政庁 (INTENDENCIA) の収入を Table 1.7 に示す。

Table 1.7 Revenue of Intendencia

Year Items	1978		1979		1980		1985		1990	
	Thous. pesos	%	Thous. pesos	%	Thous. pesos	%	Thous. pesos	%	Thous. pesos	%
I. Tax Revenue	127,552	95.9	158,314	96.4	356,741	98.2	1,516,642	99.1	7,737,516	89.5
Direct Tax	5,749	4.3	7,805	4.8	11,101	3.1	74,693	4.9	564,406	7.3
Indirect Tax	121,803	91.6	150,509	91.6	345,640	95.1	1,441,949	92.2	7,171,110	82.2
II. Non-Tax Revenue	5,468	4.1	5,927	3.6	6,256	1.8	13,421	0.9	39,991	0.5
Total	133,020	100.0	164,241	100.0	363,267	100.0	1,530,063	100.0	7,777,507	100.0

この表からわかるように、この島の財政はほとんどが間接税にたよっており、その大部分は、旅行者が免税品を島外に持ち出す際に徴収する10%及び15%の税金(全収入の80%以上)である。この事実からみても、この島が自由港制度に支えられた旅行者によって成り立っていることがわかる。

第2章 サンアンドレス島の水道事業の現状と需給予測

2.1 水道事業の現状

2.1.1 給水状況

1980年に於いて、本島の水道事業は Table 2.1 に示すごとく給水戸数 2,644 戸（人口 15,864 人）で、給水量は 1 日当たり 2,776 m^3 （32 l /秒）である。

Table 2.1 Present Status of Water Supply

Items		Year	
		1979	1980
Population		37,558	39,661
No. of Houses		6,260	6,610
Coverage of Water Supply %		40	40
Population Served Water Supply		15,023	15,864
Present Subscribers		2,504	2,644
Classification of Subscribers	Residential	2,253	2,374
	Industrial	25	26
	Business	175	185
	Official & Others	51	54
Actual Water Supply	l /pop. day	174	175
	l /sec.	30.3	32.1
	m^3 /day	2,614	2,776

なお、水道水の供給を受けているのは島の人口の 40% である。一方、受水人口 1 人当たりの供給量は 1 日 175 l であるが、乾期（1月～5月）には水量が不足しがちである。

そのため時間給水が行われることも珍しくなく、2 個所の主要ホテルでは造水単価が極めて高価であるにもかかわらず、専用の海水淡水化設備を設置しており、また他のホテルでは高価なタンク車による給水を受け入れている。その価格は一車 3 m^3 あたり 800 ペソである。

2.1.2 水道料金

水道事業を經營する EMPOISLAS は、独立した企業体ではあるが、水道料金は公共的立場からコロンビア政府が決定している。

料金体系は用途別になっており、さらに各用途内においては、規模の大きな需要者、地価の高い所に立地する需要者には高い料金を課して、負担能力のある所にはより高い負担を要求する方法になっている。現行の料金表は、1981年6月に施行されたもので、内容を Table 2.2 に示す。なお、この料金は1982年1月以降25%の範囲内で値上げすることが認められているが、しかしこれはまだ実行されていない。

Table 2.2 Tariff of Water Supply

Classification of Subscribers	Categories		Fixed Charge Peso/Month	Extra Consumption Peso/m ³	Fixed Charge without Metering Peso/Month
Officials & Special Services	1st. Category		130	20	770
	2nd Category		500	24	2,150
Residents	Land Evaluation Peso	0.01 ~ 150,000	170	9	400
		150,000.01 ~ 350,000	350	20	730
		350,000.01 Up	600	31	1,440
Businesses	Trade Subscribers		500	30	—
Hotels	No. of Rooms	1 ~ 20	800	35	2,200
		21 ~ 50	2,000	40	4,700
		51 ~ 100	3,000	42	5,750
		101 Up	3,200	43	5,900
Mixed Services	Areas Containing Residential Housings & Industrial or Trading Buildings		20% up of Corresponding Residential Tariff		

1981年における給水の平均単価（水道事業収入／全供給水量）は、約18ペソ/m³（約0.3 U.S.\$ / m³）になっている。ただし、前述のようにこの年の6月に料金の改訂が行われているので、現在の平均単価はさらに上昇しているものと思われる。

2.1.3 水道施設

1) 水源及び取水施設

水源である井戸は島の中央部の EI Cove 地域にあり、全部で15掘られているが現在使用されているのは12である。取水は水中ポンプで行われ、12の井戸の合計容量は、4,700 m³/日（約54 l/秒）である。

井戸から取水された水は、井戸群のほぼ中央にある受水槽に集められ、この中で塩素（晒粉）による殺菌操作を受けた後、配水槽に送られる。

2) 送水施設

受水槽で滅菌された水は、送水ポンプにより配水槽に送られる。送水ポンプは3台あり、常時2台が稼働している。ポンプの能力は各々20ℓ/秒で、3台合計して60ℓ/秒、(約5,200 m^3 /日)である。

配水槽は、最も大きなものが、El Cliffに、小型のものが、La Lomaにある。そのほかに、受水槽を経由しないで井戸から直接送水を受ける小型の配水槽が、San LuisとEl Coveにある。

これらの流れを Fig 2.1 に示す。

3) 配水施設

配水管は各配水槽からおおのこの給水区域に配管されている。配管は地下に埋設され、すべて自然流下によって配水される。給水区域の最大のもは、El Cliffの配水槽から配水される San Andres 地区(市街地区)であり、少数の需要者が他の郊外地区(La Loma, San Luis等)に存在する。

2.1.4 運営及び管理

1) 組織及び人員

水道事業は前述したとおり EMPOISLA が実施しており、その組織及び人員配置を Fig 2.2 及び Fig 2.3 に示す。

水道施設の運転及び維持管理は、Fig 2.3 に示す通り比較的小人数で行われている。

2) 維持管理

水道施設(井戸、ポンプ、配水槽等)の点検・保守は年一回実施している。配管(送水管、配水管等)は、時期を限定しないで適宜保守を行っている。

水量及び水質は、各井戸について毎日一回取水量、地下水位、塩化物イオン濃度を測定することにより管理している。

2.1.5 水質

1) 水源の水質

水源となる井戸水の水質を Table 2.3 に示す。やや測定年次がふるいが、現在でも大巾な変化はないものと考えられる。

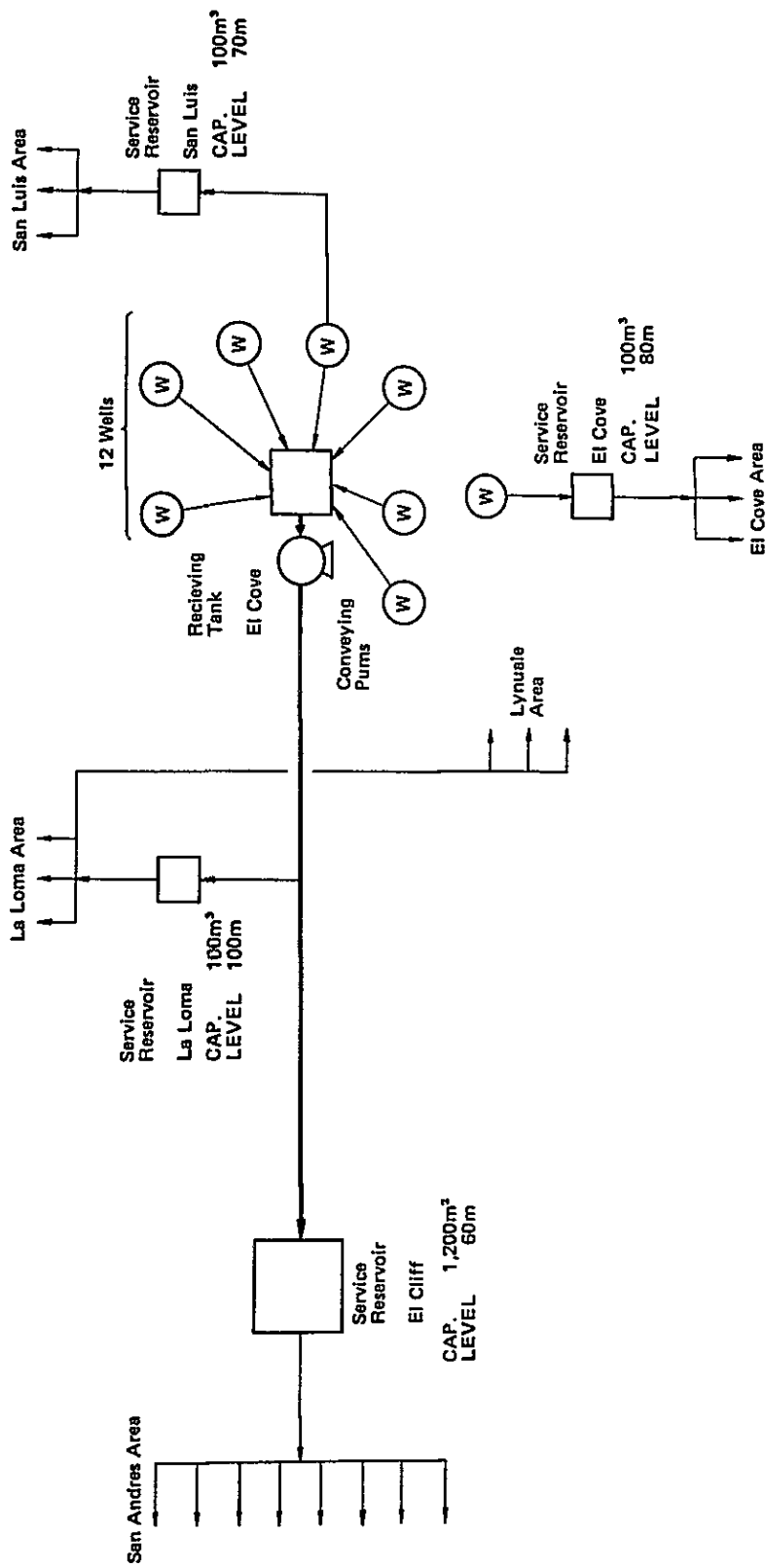


Fig. 2.1 Flow Diagram of Water Intake and Conveying System

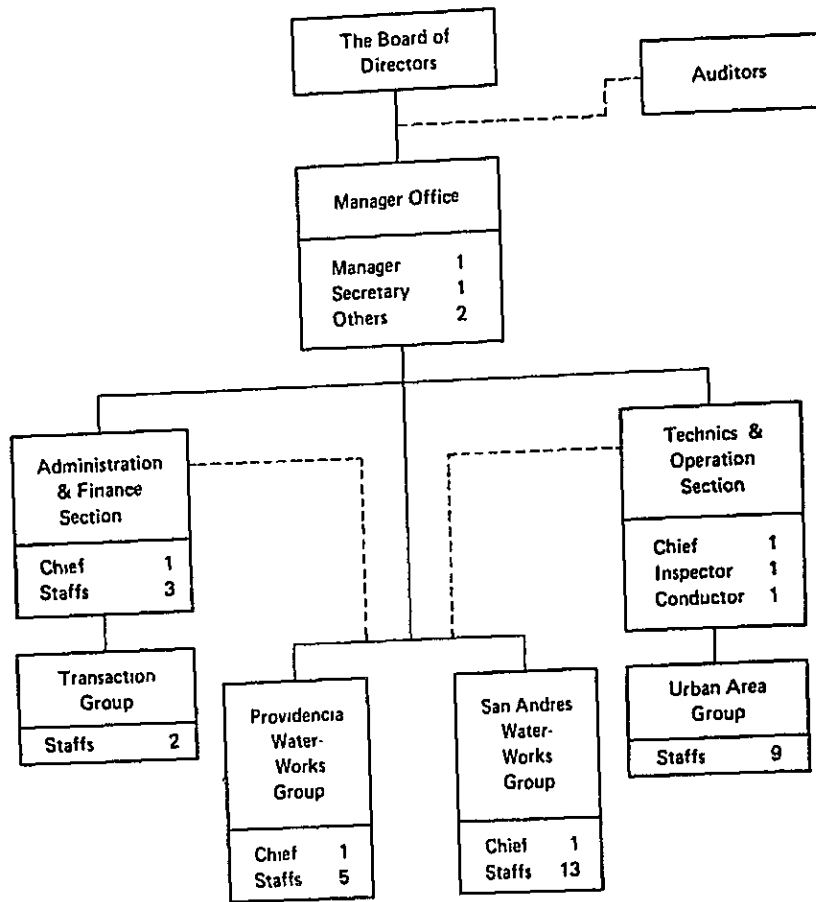


Fig. 2.2 Organization of EMPOISLAS

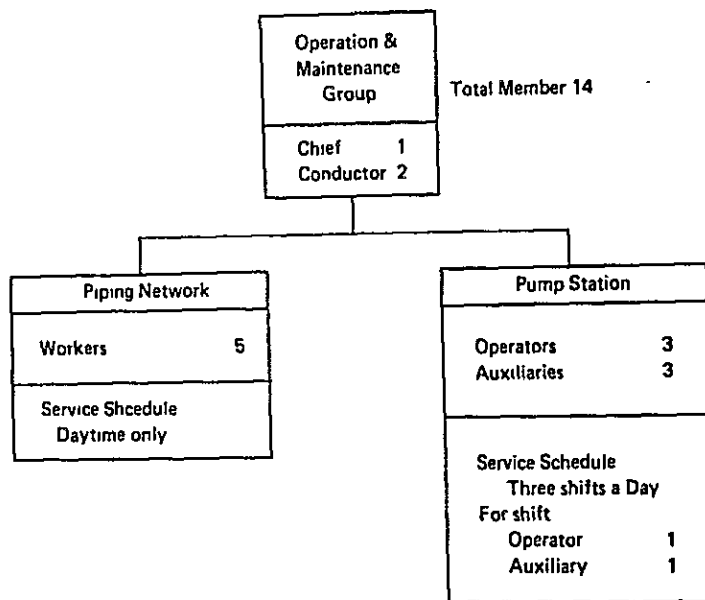


Fig. 2.3 Organization for Waterworks in San Andres Island

Table 2.3 Quality of Well Water

Items of Quality	Well No.	2	3	6	8	9	10	12
	Date of Analysis	Oct. 10, 1965	Dec. 10, 1965	Sep. 1, 1966	Jan. 25, 1967	Jan. 24, 1967	Mar. 2, 1967	Apr. 20, 1968
Turbidity	ppm	60	1.5	29	2.5	3.5	15	3.5
Color	ppm	10	4.0	14	10	8.0	13	6.0
PH		7.3	7.4	7.3	7.3	6.7	7.3	6.6
Total Hardness	ppm CaCO ₃	230	260	260	300	300	300	340
Alkailinity	ppm CaCO ₃	225	220	325	300	320	310	305
Chloride Ion	ppm Cl ⁻	63.90	39.05	47.21	42.60	39	46.15	37.27
Sulfate Ion	ppm SO ₄ ⁻⁻	7.7	8.34	—	12.82	13.14	9.30	—
Iron	ppm Fe	0.085	0.060	0.54	0.070	0.060	0.070	0.050

2) 供給水の水質

受水槽から送水ポンプで送水されている水の水質を Table 2.4 に示す。参考のためこの表には、コロンビア共和国の飲料水水質基準の対応値を記入したが、分析された水質に関してはすべて合格している。

Table 2.4 Quality of Supplied Water

Items of Quality	Date of Analysis	July, 10 1982	cf: Standard for Potable water
PH		7.4	6.5 ~ 8.5
Electroconductivity	μS/cm	715	—
Alkalinity	mg/l CaCO ₃	277	—
Calcium Hardness	mg/l CaCO ₃	270	Ca 75.0 mg/l
Magnesium Hardness	mg/l CaCO ₃	24.1	Mg 125.0 mg/l
Total Dissolved Solid	mg/l	445	1,000
Chloride Ion	mg/l Cl ⁻	44.1	250.0
Nitrogen as NH ₄	mg/l N	< 0.15	—
Sulfate Ion	mg/l SO ₄ ⁻	18.6	250.0
Total SiO ₂	mg/l	11.1	—
Sodium Ion	mg/l Na	26.5	—

2.2 需給予測

2.2.1 コロンビア都市開発庁の需給予測

INSFOPALは、サンアンドレス島の人口増加並びにこれに伴う水道用水需要を下記の如く予測している。

年	人口	水道水需要 (m ³ /日)
1981	41,882	7,404
1985	52,876	9,539
1990	66,592	12,320

2.2.2 将来の給水拡大計画

INSFOPALの予測値に基づいて、EMPOISLASは給水を次の如く拡大する計画をたてている。

年	給水人口	水道水計画給水量 (m ³ /日)
現状(1980)	15,864	2,776
1985	42,301	7,614
1990	53,273	9,908

Table 2.5に、その詳細を示す。

Table 2.5 Water Supply Plan of Waterworks

Items		Year								
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1990
Population		41,882	44,839	47,372	50,047	52,876	55,224	58,455	61,050	66,592
No. of Houses		6,980	7,473	7,895	8,341	8,813	9,204	9,743	10,175	11,099
Coverage of Water Supply %		45	55	70	80	80	80	80	80	80
Population Served Water Supply		18,847	24,661	33,160	40,038	42,301	44,179	46,764	48,810	53,273
Re-quired Water Supply	ℓ/pop day	176	177	178	179	180	181	182	183	186
	ℓ/sec.	38.4	50.3	68.3	8.30	88.1	92.6	98.5	103.4	114.7
	m ³ /day	3,317	4,365	5,902	7,166	7,614	7,996	8,511	8,938	9,909
Subscribers		3,141	4,165	5,526	6,673	7,050	7,363	7,794	8,140	8,879
Classification of Subscribers	Residential	2,827	3,748	4,973	6,005	6,345	6,627	7,015	7,326	7,991
	Industrial	27	28	29	30	31	32	33	34	36
	Business	232	333	467	580	615	644	685	718	788
	Official & others	55	56	57	58	59	60	61	62	64

第3章 海水淡水化設備計画

3.1 淡水化プラントの能力

海水淡水化プラントの所要能力は、次式により決定される。

$$(\text{淡水化プラント能力}) = (\text{計画給水量}) - (\text{地下水による供給可能量})$$

ここでどの時点の需要量をカバーするかが問題となってくる。一方EMPOISLASは現状の32ℓ/秒(約2,810m³/日)に開発可能量23ℓ/秒(約2,000m³/日)を加えた約4,800m³/日が1985年時点での地下水からの供給能力としている。これから淡水化プラントの所要能力はTable 3.1の通りである。

Table 3.1 Required Capacity of Proposed Sea Water Desalination Plant

(in m³/day)

Year \ Items	Total Planned Water Supply	Avail. Total Ground Water	Desal. Water Supply
1985	7,600	4,800	2,800
1990	9,900	4,800	5,100

以上の検討から1985年の水道水需要を満たすには3,000m³/日、1990年を目標とすれば5,000m³/日の能力が必要となることがわかる。

一方現地調査時、EMPOISLASは3,000m³/日の能力が望ましいことを示唆した。Table 3.1にみるごとく、5,000m³/日で計画した場合稼働率100%のフル運転になるのは稼働開始後7年目の1991年と見込まれ、それまでの低稼働による生産水コストの上昇は無視できるものではない。一方3,000m³/日で計画した場合は運転初年度よりほぼ100%の稼働率が見込まれ、良好な経済性を維持できる。

1985年以降の需要の伸びによる不足量は将来増設を考慮することとして設備能力は3,000m³/日とする。

3.2 生産水の水質

本プラントにより生産される水の水質は、Table 3.2に示したコロンビア共和国の飲料水基準に適合する。

Table 3.2 Standard for Potable Water

Item	Maximum Acceptable Concentration
Coliforme	MPN 10/100 mℓ, Average in 90 samples
Turbidity	10 Units (Turbidimetric)
Color	20 Units (Platinum-Cobalt)
Taste & Odor	Not Objectionable
Lead (Pb)	0.05 mg/ℓ
Fluoride (F) ¹⁾	0.6 ~ 1.7 mg/ℓ
Arsenic (As)	0.05 mg/ℓ
Selenium (Se)	0.01 mg/ℓ
Chrome (Cr ⁶⁺)	0.05 mg/ℓ
Cadmium (Cd)	0.01 mg/ℓ
Iron (Fe)	0.3 mg/ℓ
Manganese (Mn)	0.05 mg/ℓ
Zinc (Zn)	5.0 mg/ℓ
Calcium (Ca)	75.0 mg/ℓ
Magnesium (Mg) ²⁾	125.0 mg/ℓ
Chloride (Cl)	250.0 mg/ℓ
Sulfate (SO ₄) ²⁾	250.0 mg/ℓ
Nitrate (NO ₃)	45.0 mg/ℓ
Phenol	0.001 mg/ℓ
Total Dissolved Solids	1,000 mg/ℓ
PH	6.5 ~ 8.5

Notes

- 1) Maximum permissible concentration of fluoride varies inversely with the annual average temperature.
- 2) When sulfate contents is 250 mg/ℓ, it is recommended that Mg content is not over 30 mg/ℓ.

Table 3.2において蒸発残留物 (T.D.S)は 1,000 mg/ℓ以下となっており、世界保健機構 (W.H.O) 基準に示されている 500 mg/ℓより高くなっているが、塩素イオン濃度は 250 mg/ℓとなっていることから本プラントの生産水の蒸発残留物 (T.D.S)は 500 mg/ℓ以下として計画することとする。

3.3 原海水の水質

サンアンドレス島北部のリーフ内において海岸近くと沖合の2ヶ所において海水を採水し分析を行った。この結果を Table 3.3 に示す。

Table 3.3 の結果に基づき、本プラントの計画の条件としての原海水水質を Table 3.4 に示す。

Table 3.3 Results of Sea Water Analysis

Item	Unit	North Shore	North Off Shore
PH	—	8.2	8.2
Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	36,200	36,300
Chloride (Cl)	mg/l	20,080	20,100
Electric-conductivity	μS/cm	57,000	57,000

Table 3.4 Characteristics of Sea Water as Design Basis

Item	Unit	Design Basis
PH	—	8.2
Total Dissolved Slids (TDS)	mg/l	37,000
Chloride (Cl)	mg/l	21,000
Electric-conductivity	μS/cm	57,000
Temperature	°C	
Max.		40
Min.		25

また Table 3.4 における水温は、島内数ヶ所で測定した海水温度が 26～28℃であったことから、最低水温を 25℃とし最高水温は取水海水の貯留による温度上昇を考慮し 40℃に設定する。

3.4 原海水の取水方法

一般に海水取水方法としては、下記の三種類が採用されており、それぞれ Table 3.5 に示す特長をもっている。

- 1) 管路取水方式
- 2) 開渠取水方式

3) 井戸取水方式

Table 3.5 Relative Features of Sea Water Intake Methods

Methods	Features
(1) Pipe Method Intake by piping installed on the bottom of sea	<ul style="list-style-type: none"> • Most prevailing method. • Requiring moderate sea depth at the intake point. (More than six meters of depth is preferable) • Requiring the construction in the sea with difficulty • Requiring rather long pipeline between the site and the intake point.
(2) Open Pit Method Intake from open pit at a coast	<ul style="list-style-type: none"> • Suitable for rather large sea water intake facility. (more than 100,000 m³/day). • Preferring a rock beach and moderate sea depth. • Requiring mechanical equipment (pump & screens) at the sea side.
(3) Well Method Intake from wells at/near the site.	<ul style="list-style-type: none"> • Suitable for relatively small seawater intake facility. • Requiring well survey to acquire the well characteristics. • Requiring reserved wells to provide against decreases of well capacity.

本プラントのごとく比較的小規模のプラントでは開渠取水方式は適当でなく、また最も一般的と考えられる管路取水方式は、島の北東部には海岸の近くで適当な水深があり、しかも海上工事が容易に行なえる潮流及び波の緩やかな場所が見当たらないので採用は難しい。

また井戸取水方式は、井戸の試掘等の予備調査を充分行なった上で施行することが必要であるが、島内には既に多くの淡水井があり、施工機械が常備されており特になじみのある方式である。また島の観光地としての景観を保つ意味でも有利な方法である。

以上の様なことを考慮して井戸取水方式を採用することとする。

3.5 排水方法

プラントの候補地はすべて海水浴場に隣接しており、排水を直接海水浴場に放流することは好ましくない。従って、海水浴場等の観光資源に影響を与えず、しかも取水点に逆流しないような場所を選定して放流せねばならない。

Punta Norteは、北東から南西への潮流があるので排水の拡散が早く行われ、生態系

への影響は無視できるものと思われる。また近くに人家が少なく、しかも各候補地から比較的近いことから、放流点として適切であると考えられる。

以上の検討から、すべての排水は Punta Norteまでポンプで圧送して放流することにする。

3.6 用役及び薬品

3.6.1 電力

島の電力供給を担当している ELECTROSAN の現在の総発電能力は、前述第1章 1.5 項 Table 1.6 に示すごとく 16,100 kW である。また、実発電能力は、11,400 kW であり、現状の需要電力 9,600 kW は充分満足しているが、さらに 3,200 kW 3 基合計 9,600 kW の増設が計画されている。従って、本プラントへの給電に支障はないと考えられる。また、島北部に集中するプラント候補地へ発電所から送電する主ケーブルは容量不足となっており、本プラント用の電力は単独ケーブルを布設し受電する必要がある。受電仕様及び電力料金は、Table 3.6 に示す。

Table 3.6 Condition of Electric Power Supply

Item	Specification of Condition
Voltage	13.2 kV
Frequency	60 HZ
Phase	3 ϕ
Tariff	5.66 Peso/KWH

3.6.2 燃料及び薬品

燃料価格は現在 ELECTROSAN が購入している燃料単価を適用し、また、必要な薬品単価は現地調査をもとに設定することとする。

以上の結果を Table 3.7 にまとめて示す。

Table 3.7 Unit Price of Fuel and Chemicals

Items	Specification	Form	Price
Fuel Oil	—	Liquid	80 Peso/gal
Ferric Chloride	98 %	Powder	57 Peso/kg
Sulfuric Acid	98 %	Aqueous Solution	25 Peso/kg
Caustic Soda	99 %	Flake	80 Peso/kg
Sodium Hypochloride	13 %	Aqueous Solution	16.6 Peso/kg
Sodium Bisulfate	100 %	Powder	120 Peso/kg
Citric Acid	100 %	Powder	156 Peso/kg
Aqueous Ammonia	25 %	Aqueous Solution	102 Peso/kg

3.7 環境対策

本プラントの運転によって、サンアンドレス島の環境に影響する因子としては、排水と騒音が考えられる。

排水は本質的には海水が濃縮されたものであり、3.5項に述べたように Punte Norte に放流することにより環境への影響は少ないものと思われる。

また、本プラント操業時のおもな騒音源は、ポンプ及びモーターであるが、これらを建屋内に設置することにより、周辺に対する影響は少ないものと思われる。

第4章 プロセスの選定

4.1 海水淡水化技術

海水はこの地球の表面に140京トン存在する。この無限とも言える海水は塩分3.5～4.5%を含んでいる。海水淡水化とはこの塩分を除くことであり、その方法はFig 4.1のように分類される。この内、冷凍法はLPGなど冷熱源がある場合を除き、一般的な用途に不向であるため、本計画調査では蒸発法、逆浸透法、電気透析法の三つのプロセスについて比較検討を行ない、採用プロセスを決定する。

4.2 蒸発法の概要

4.2.1 原理

海水を加熱蒸発させ、その発生蒸気を凝縮することにより淡水を得る方法である。この方法では海水の沸点が圧力により変るとい原理を利用して発生する蒸気の熱を有効利用しており、この利用方法によって多段フラッシュ法、多重効用法、蒸気圧縮法がある。

本調査では、この三種類の方法のうち、本プロジェクトの規模に適した多重効用法を採用する。なお多段フラッシュ法はより大規模なプラントに適し、蒸気圧縮法はより小規模のプラントに適する。

多重効用法とは、多数の蒸発缶を設け各缶の圧力を段階的に減少させ、より圧力の高い缶より発生した蒸気を次の缶の熱源として利用するものである。

4.2.2 設備概要

多重効用法の作動原理をFig 4.2に示す。給水ポンプにより送られた原料水が予熱器を順次通過して温度上昇した後第1効用蒸発缶の伝熱管の外側に散布され、その伝熱管内面に供給される加熱蒸気によって蒸発を起す。第1効用缶で残った原料水は、第2効用缶伝熱管外面に散布され、その第2効用缶の伝熱管内面には、第1効用缶で原料水から発生した蒸気が供給され、その蒸気によって原料水の一部が蒸発を起す。最終効用缶の伝熱管外面で蒸発した蒸気は、コンデンサーで凝縮され、一連の作動が終る。各缶内は、抽気エゼクターによって下方の効用缶ほど高度の真空に保たれ、従って蒸気温度も低くなっている。多重効用設備には、上述のほかスケール防止の為に酸注入および熱源供給用ボイラーユニットが含まれる。

設備のフローをFig 4.3に示す。

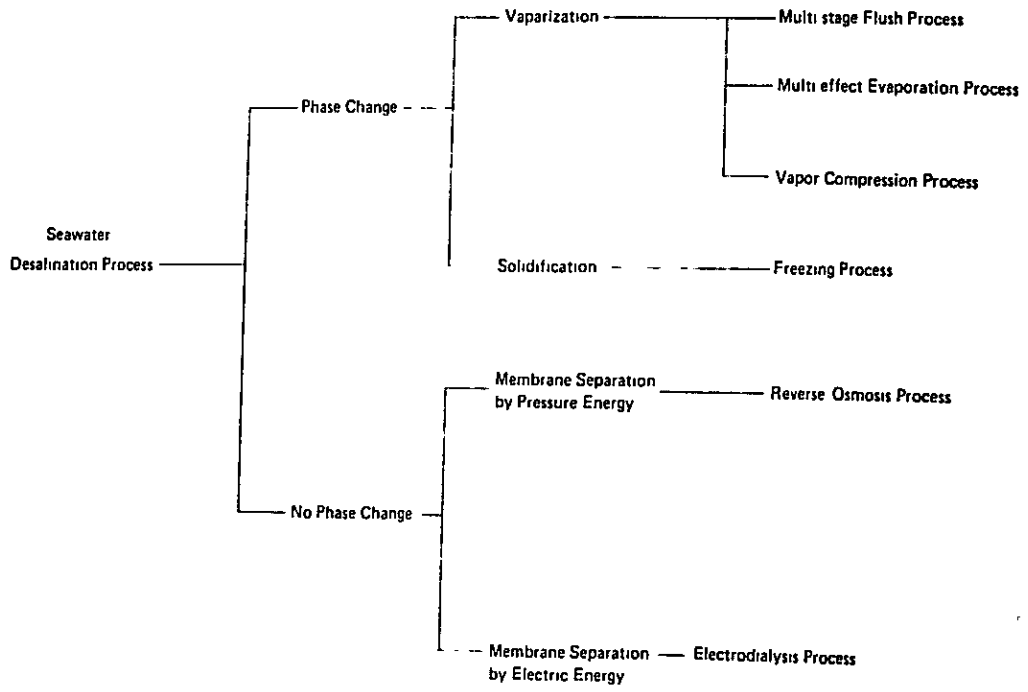


Fig. 4.1 Classification of Seawater Desalination Processes

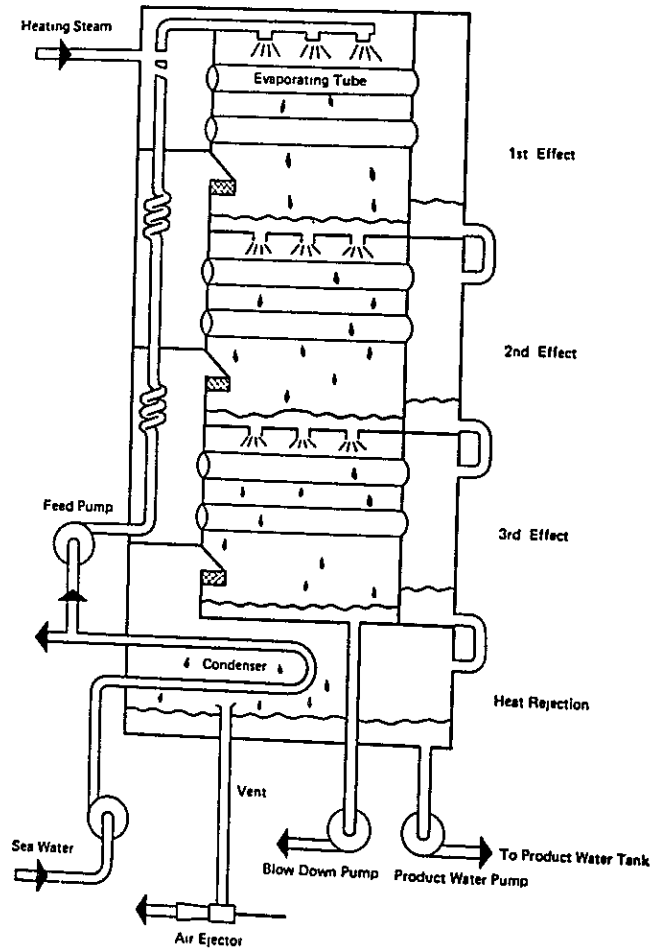


Fig. 4.2 Principle of Multi Effect Evaporation

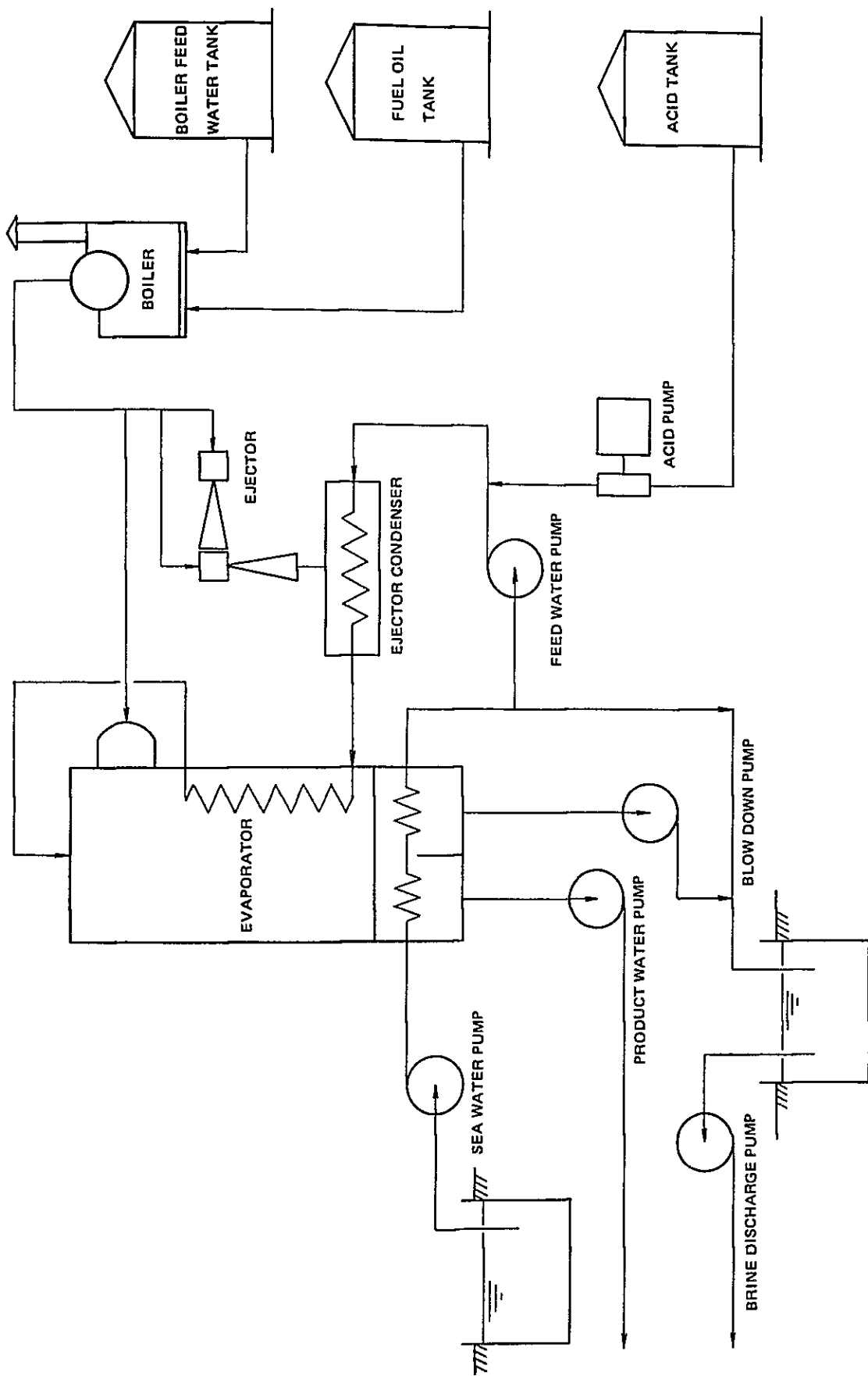


Fig. 4.3 Schematic Flow Diagram of Multi-Effect Evaporation Process

また設備の概略仕様は次の通りである。

- | | |
|--------------|---------------------------|
| 1) 取水海水量 | 27,000 m^3 /日 |
| 2) 排水量 | 24,000 m^3 /日 |
| 3) 主要設備 | |
| 多重効用蒸発缶 | 2 基 |
| スチームボイラー | 1 基 |
| エジェクター | 2 基 |
| エジェクターコンデンサー | 1 基 |
| タンク | 3 基 |
| ポンプ | 14 基 |
| 貯留ピット | 2 槽 |
| 滅菌設備 | 一式 |
| 4) 敷地面積 | 約 750 m^2 (25 m × 30 m) |
| 建家面積 | 約 160 m^2 |
| 5) 用 役 | |
| エネルギー | 燃料油 27,400 Kg/日 |
| | 電 力 13,000 kWh/日 |
| 6) 主な化学薬品 | 硫 酸 |
| | 次亜塩素酸ソーダ |

4.3 逆浸透法の概要

4.3.1 原 理

水は透過するが水に溶解したイオンや分子は透過しない性質を有する半透膜が存在する。その半透膜で仕切られた槽の一方に真水を、他方に塩類の水溶液を入れると、その濃度差を解消しようとする力が働き半透膜を通して水が水溶液側へ流れる（浸透）。この流れは、2つの水の塩分濃度差に対応した圧力差が生じるまでつづく。この圧力差を浸透圧とよぶ。この様な系において水溶液側に浸透圧以上の圧力をかけると浸透とは逆に水が水溶液側から真水の方へ流れる。この現象が逆浸透である。これらの原理を図示すると Fig 4.4 に示すとおりである。

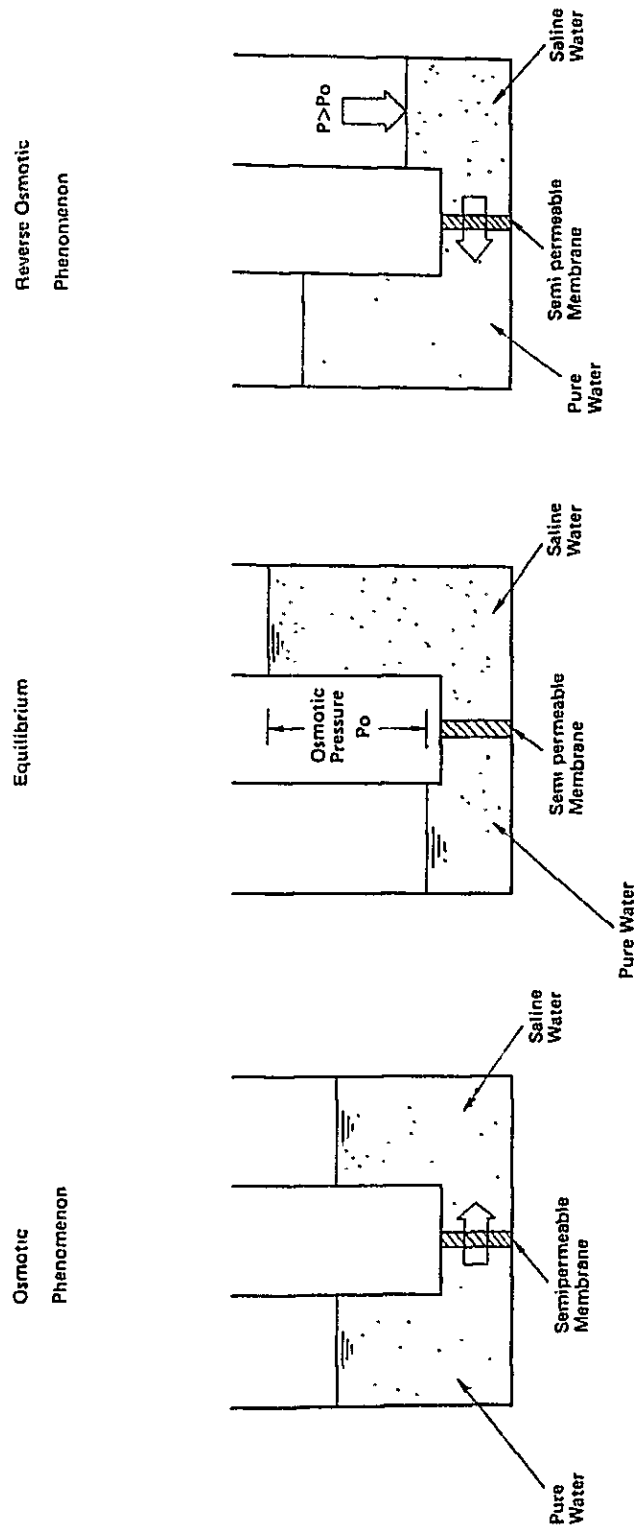


Fig. 4.4 Principle of Reverse Osmosis

4.3.2 設備概要

逆浸透法によるプラントは前処理ユニットと逆浸透ユニットよりなる。前処理ユニットでは、原海水を減菌後複層濾過器によって凝集濾過し、濁質を除去する。逆浸透ユニットでは逆浸透モジュールのほか、動力回収タービン、生産水のpH調整用アルカリ注入ユニット、逆浸透モジュールクリーニングユニットなどがある。

Fig 4.5 に設備のフローを示す。

また、設備の概略仕様は次の通りである。

- 1) 取水海水量 9,000 m^3 /日
- 2) 排水量 6,000 m^3 /日
- 3) 主要設備
 - a. 前処理ユニット

複層濾過器	3基
カートリッジフィルター	3基
次亜塩素発生装置	1基
タンク	4基
ポンプ	17基
フロア	2基
貯留ピット	2槽
 - b. 逆浸透ユニット

逆浸透モジュール	2ユニット
動力回収タービン付高圧ポンプ	3基
ポンプ	3基
タンク	1基
逆浸透モジュール・クリーニングユニット	1式
貯留ピット	2
- 4) 敷地面積 約800 m^2 (25 m × 32 m)
 建家面積 約500 m^2
- 5) 用 役

エネルギー	電力	約21,200 kWh/日
-------	----	---------------
- 6) 主な化学薬品 塩化第2鉄、硫酸、苛性ソーダ

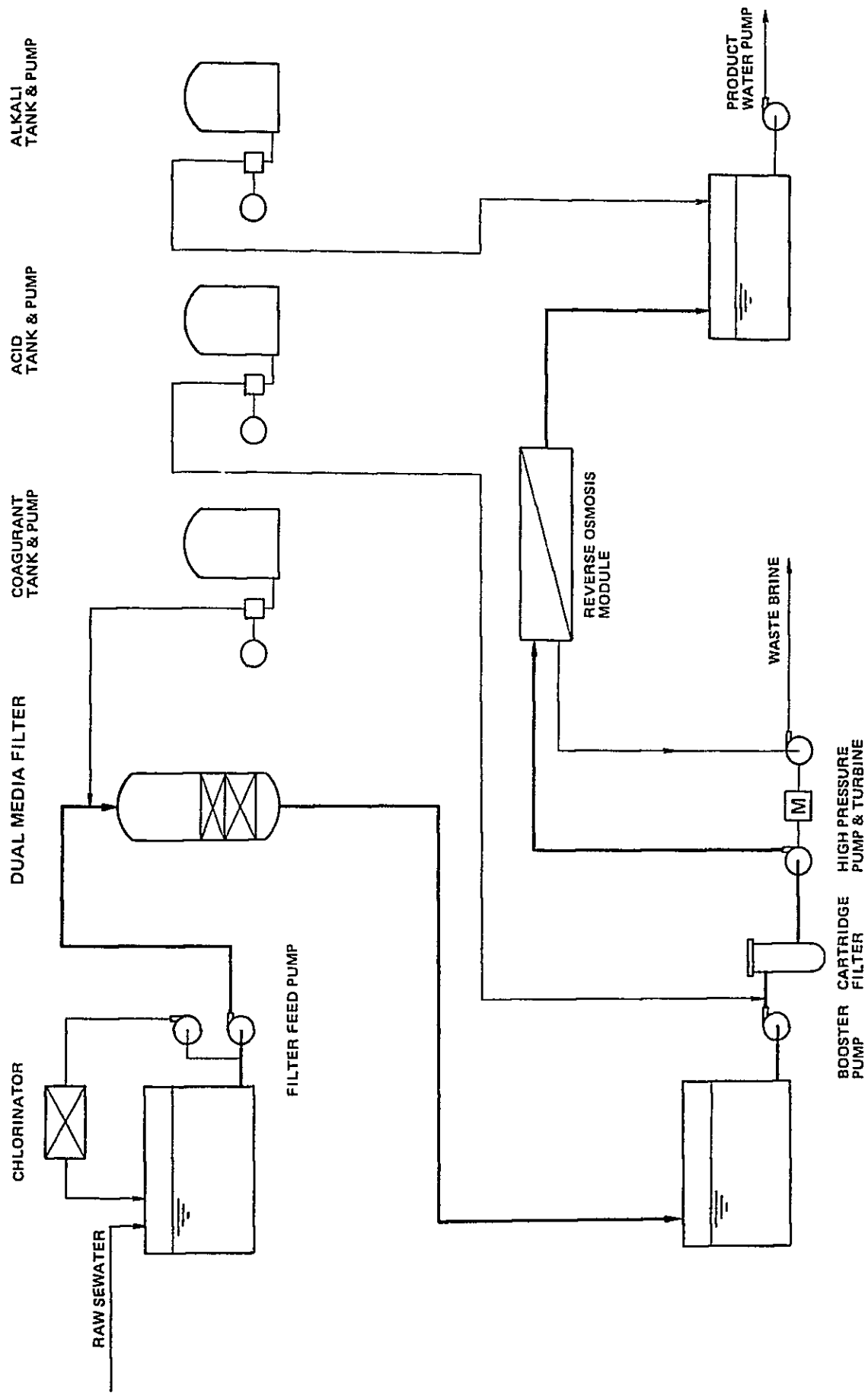


Fig. 4.5 Schematic Flow Diagram of Reverse Osmosis Process

4.4 電気透析法の概要

4.4.1 原理

電気透析法の原理概要はFig 4.6に示すとおりである。すなわち、陽イオンのみ透過させる陽イオン交換膜と、その反対の性質を持つ陰イオン交換膜を交互に並べ、その膜間の室に海水など多量のイオンを含む水を入れる。さらに並んだ膜の両端に電極を置き直流を流す。膜にはさまれた室内の水に含まれるイオンは、陽イオンが電流の方向へ、陰イオンがその反対方向へ輸送される。そして膜面において膜の種類によりイオンは選択的に透過する。その結果室内の水は交互に脱塩された水と濃縮された水になり、淡水が得られる。

4.4.2 設備概要

電気透析法によるプラントは前処理ユニットと電気透析ユニットよりなる。前処理ユニットでは、砂ろ過器により原海水の濁質を除去する。電気透析ユニットでは、電気透析槽のほか陽極室で発生する苛性ソーダを中和する酸注入設備、陰極室で発生する塩素を還元する薬注設備がある。

Fig 4.7に設備の概略フローを示す。

また設備の概略仕様は次の通りである。

1) 取水海水量 6,400 m^3 /日

2) 排水量 3,400 m^3 /日

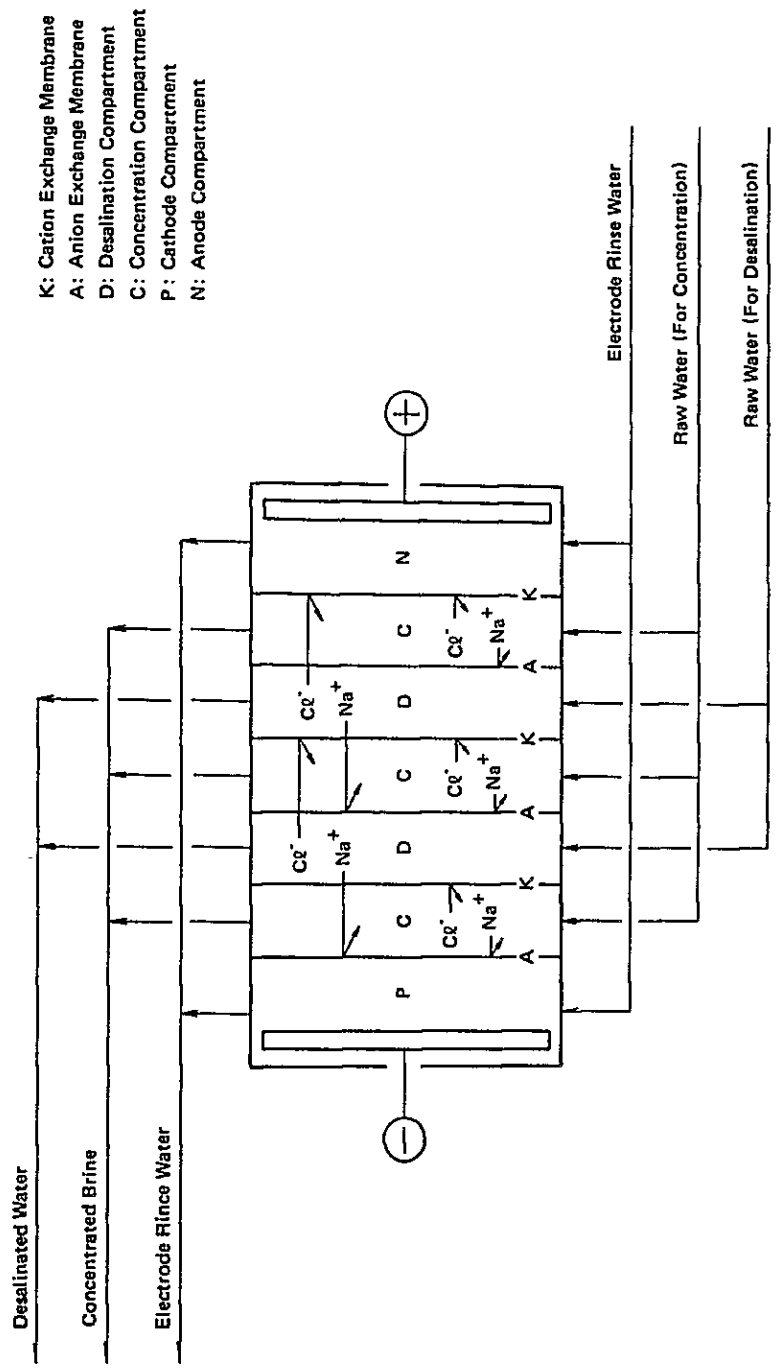
3) 主要設備

a. 前処理ユニット

砂ろ過器	2基
カートリッジフィルター	6基
ポンプ	16基
貯留ピット	2槽

b. 電気透析ユニット

電気透析槽	10基
整流器	10基
タンク	3基
ポンプ	10基
貯留ピット	2槽



K: Cation Exchange Membrane
 A: Anion Exchange Membrane
 D: Desalination Compartment
 C: Concentration Compartment
 P: Cathode Compartment
 N: Anode Compartment

Fig. 4.6 Principle of Electrodialysis

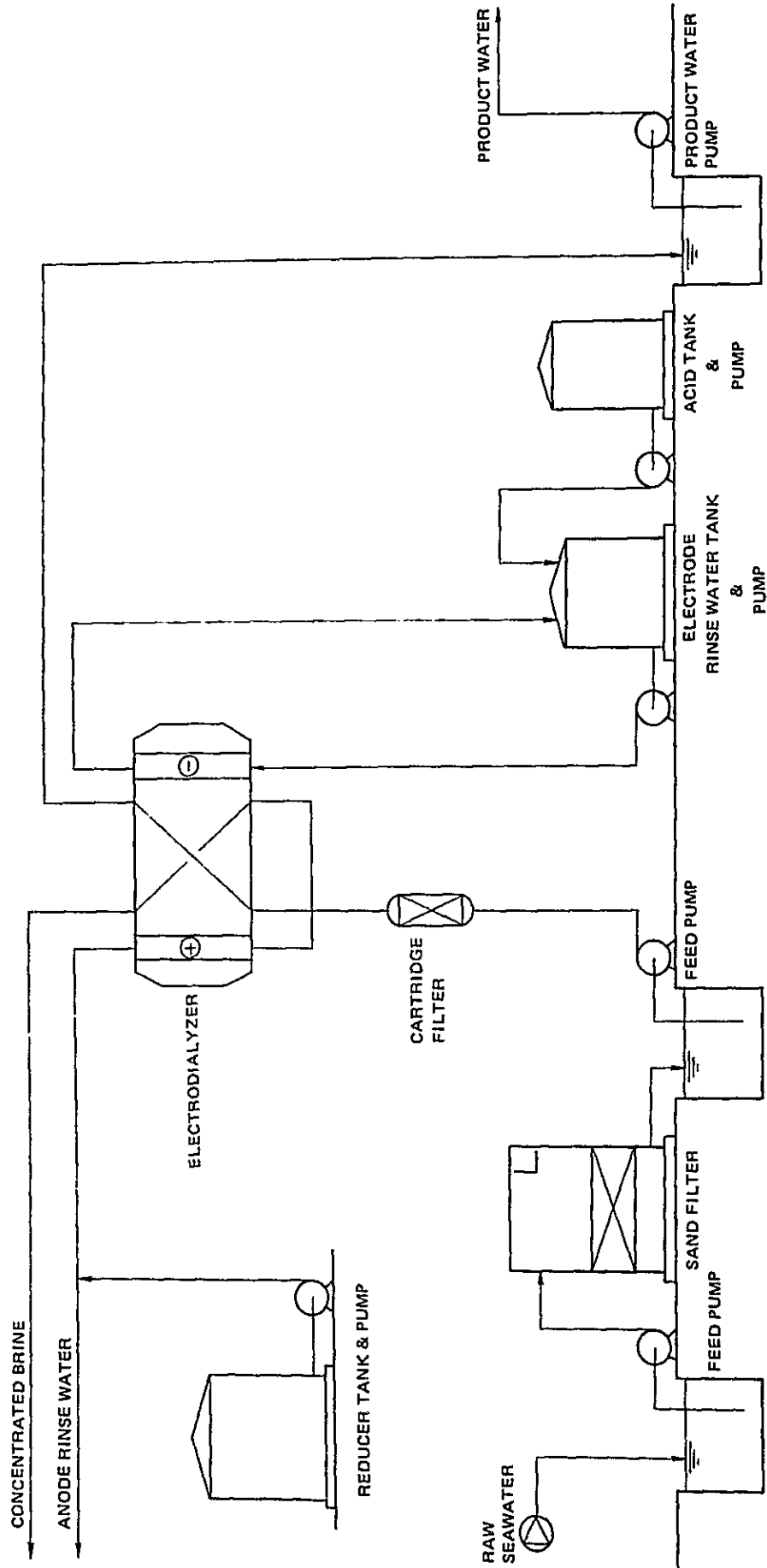


Fig. 4.7 Schematic Flow Diagram for Electrolysis Process

	滅菌設備	1式
4) 必要敷地面積		約 2,000 m ² (50 m × 40 m)
	建家面積	約 1,100 m ²
5) 用 役		
	エネルギー	電 力 約 30,000 kWh/日
6) 主な化学薬品		次亜塩素酸ソーダ
		硫 酸
		重亜硫酸ソーダ

4.5 プロセス比較

4.5.1 建設費

建設費の総計は逆浸透プロセスがもっとも安い。

このプラントの建設費は、脱塩設備の費用とその他の付帯設備の費用とにわけることができるが、各設備ごとの比較は次の通りである。

1) 脱塩設備

土木建築を含んだ脱塩設備の建設費は、逆浸透法と蒸発法が同じであり、電気透析法は前2者に比べて135%程度である。

2) 付帯設備

取水、排水などの付帯設備の建設費を比較すると電気透析法は逆浸透法の85%、蒸発法は145%となる。

電気透析法が安いのは、取水量が少なく、その設備費が小さいためである。一方蒸発法は、冷却用海水を大量に必要とするため、取水と排水設備費が高いことによる。

Table 4.1 に3つのプロセスの建設費比較とその建設費に占める設備の割合を示す。

Table 4.1 Comparison of Plant Construction Cost

Process	Reverse Osmosis	Evaporation	Electrodialysis
Item			
Plant Cost Index	100	114	121
Desalination Facility	(70)	(70)	(95)
Auxiliary Facility	(30)	(44)	(26)

4.5.2 運 転 費

運転費の総計は逆浸透法が最も安い。

このプラントの運転費は、運転労務費、用役費、薬品費及び保全費に分けることができる。このうち、運転労務費については、各プロセスとも運転員は1直2名程度を必要とするので、まったく同一である。

他の項目についての比較は次の通りである。

1) 用役費

蒸発法は燃料油と電力、他のプロセスは電力のみを用役として使用する。Table 4.2に各プロセスの生産水1 m^3 あたりの用役の使用量(原単位)を示す。

Table 4.2 Comparison of Energy Consumption

Process \ Energy	Reverse Osmosis	Evaporation	Electrodialysis
Electricity (KWH/ m^3 Product Water)	7.0	4.3	10.0
Fuel Oil (Kg/ m^3 Product Water)	0	9.1	0

本プロジェクトにおける蒸発法の電力原単位が、通常の場合に比べて多いが、これはプラントサイトが内陸にあり、取水・排水に多くの電力を必要とするためである。

なお、用役費として比べると蒸発法は逆浸透法の5.6倍、電気透析法は1.4倍となっている。

2) 薬 品 費

電気透析法の薬品費が、3つのプロセスの中では最も高く、逆浸透法の3.9倍になっている。これは使用される重亜硫酸ソーダの入手がやや困難で、価格が高いことに起因している。一方蒸発法では必要な薬品の種類が少なく、薬品費が一番安くなっているが、逆浸透法とは大差ない。

なお、薬品費は用役費に比べると僅少であり、用役費に対する薬品費の比率の最も高い逆浸透法においても、用役費の15%程度に過ぎない。

3) 保 全 費

逆浸透法と電気透析法は、通常の保全費のほかに毎年膜の交換が必要であり、そ

のため蒸発法に比べて保全費は高くなっている。

逆浸透法に比べると蒸発法の保全費は60%であり、電気透析法のそれは135%である。Table 4.3に、3つのプロセスについて、用役費、薬品費及び保全費を含めた運転費の比較と、その運転費に占める各項目の割合を示す。

Table 4.3 Comparison of Operation Cost

Process Items	Reverse Osmosis	Evaporation	Electrodialysis
Operation Cost Index	100	413	170
Utility Cost	(70)	(390)	(100)
Chemicals Cost	(10)	(10)	(39)
Maintenance Cost	(20)	(13)	(31)

4.5.3 運転性

どのプロセスも定常時の運転操作の難易性に大きな差はない。しかし、停電など非常停止後の運転復帰には、逆浸透法が運転操作が最も容易であり、しかも短時間内に定常運転に復帰することが可能である。これは、逆浸透法によるプラントがポンプによる流体の加圧操作により運転されることに起因している。

4.6 最適プロセスの選定

以上の検討結果をTable 4.4に示す。

Table 4.4 Comparison and Evaluation of Studied Processes

Process Item	Reverse Osmosis	Evaporation	Electrodialysis
Initial Cost Index	100	114	121
Operation Cost Index	100	412	164
Operability	Easy	Fairly Easy	Fairly Easy
Overall Evaluation	Most Suitable	-	-

本プロジェクトでは、建設費、運転費が共に最も安く、運転性も最も容易な逆浸透法を採用する。

なお、蒸発法によるプラントは、容量数万 m^3 /日程度の大規模のプラントにおいて、発電所との組合せにより熱効率が高くできて有効であるが、本プロジェクトの規模ではその優位性は発揮されない。

また、電気透析法は、塩分の薄いカン水に対しては実績を有し優位性を発揮するが、海水の淡水化においては電力原単位が高く、経済的でない。

第5章 プラントサイトの選択

5.1 候補地の概要

海水淡水化プラントの建設候補地として、サンアンドレス島北部市街地の次の三ヶ所があげられている。

サイトA：Taller

サイトB：Plaza de Mercado

サイトC：Campamento

これらサイトは互いに近接し、それぞれサンアンドレス海岸より百mないし数百mの内陸に位置している。また、水道水をサンアンドレス地域向に供給する El Cliff の配水槽まで数百m離れている。Fig 5.1 に各候補地及び配水槽の位置を示す。

次に各候補地の概要を述べる。

1) サイトA：Taller

三つの候補地の内、一番内陸に位置しているのがこのサイトである。敷地の周囲には民家が少なくプラントサイトとして十分な広さがある。本敷地は EMPOISLAS と INTENDENCIA の共有地である。

2) サイトB：Plaza de Mercado

市街密集地の中に有り、また敷地面積も狭い。

所有者は EMPOISLAS である。

3) サイトC：Campamento

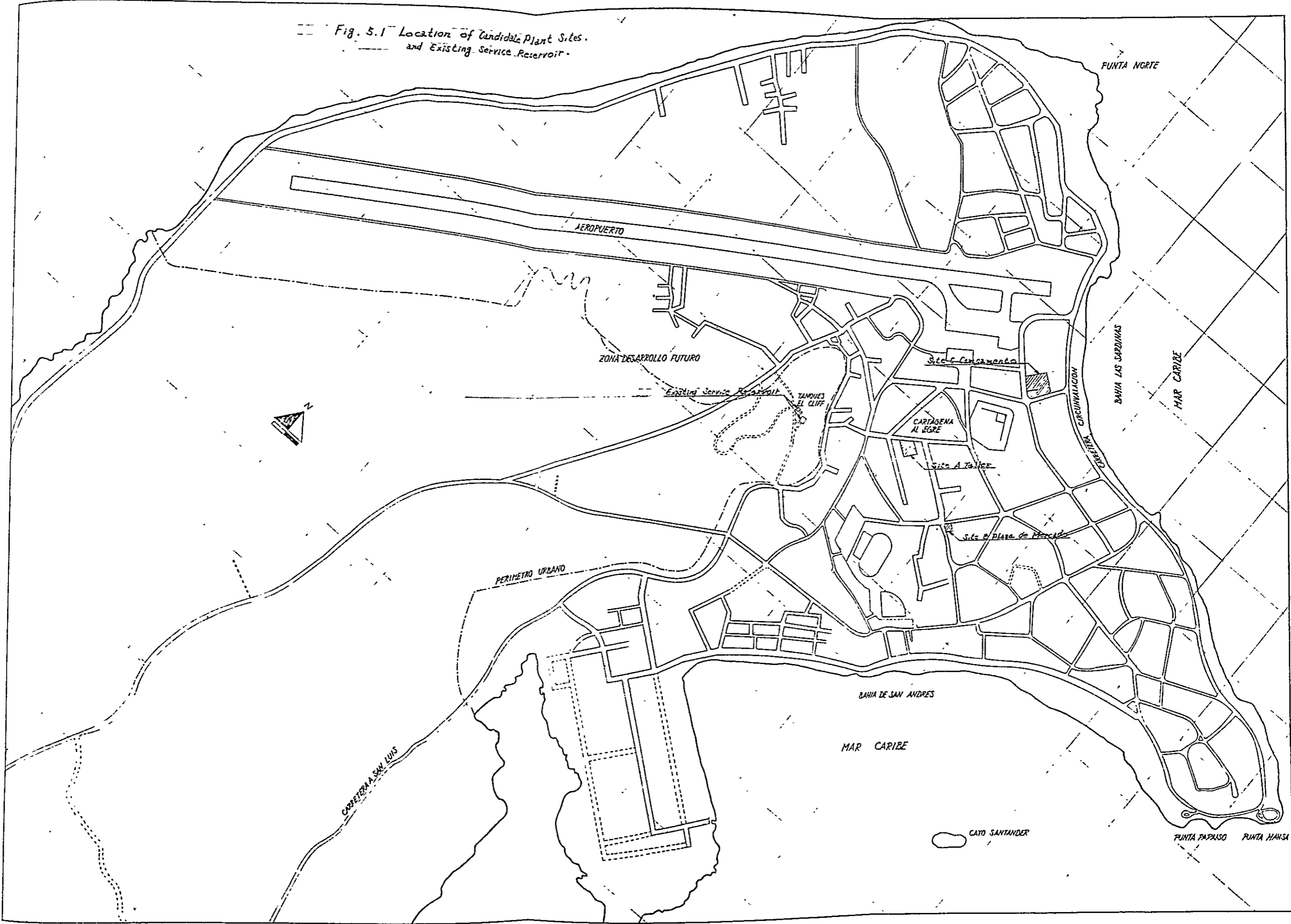
敷地は候補地の中で一番海に近く、敷地周囲には民家がなく、敷地はもっとも広い。本敷地は INTENDENCIA と観光公社の共有地であるが、現在敷地内に EMPOISLAS の工事事務所がある。(専有面積約 1,300 m²)

Table 5.1 に各サイトの敷地面積を示す。

Table 5.1 Area of Each Site

Site	A Taller	B Plaza de Mercado	C Campamento
Area m ²	1,400	500	7,500

Fig. 5.1 Location of Candidate Plant Sites and Existing Service Reservoir.



5.2 候補地の比較検討

プラントサイト決定の為に比較検討した項目は、次の通りである。

1) 敷地面積

サイトBは、プラントサイトとしては狭い。プラントを階層化する事により敷地内に建設する事も不可能ではないが、建設費が高くなって不利である。

サイトAは将来の増設を考慮すると若干手狭である。

サイトCは将来の増設を考慮しても充分の広さま有している。

2) 敷地取得の容易さ

敷地所有の状況からすれば優位性は、サイトB、サイトA、サイトCの順であるがEMPOISLAによれば本項はサイト決定の重要な因子ではなく、いずれのサイトも取得可能である。

3) 海水取水

サイトBは民家がサイトに近接し、海水取水井をサイト近傍に設けることがむずかしい。

サイトA及びCはサイト周囲に空地が多く容易に井戸の設置場所が得られる。但しサイトAは内陸に位置するため、サイトCより井戸が深くなる可能性がある。

4) 排水、生産水送水及び電力供給の経済性比較

排水の排出及び生産水の送水の配管の布設費並びに電力供給のケーブルの布設費は、その距離により大きく影響される。

Table 5.2 に各サイトにおけるこれらの配管及びケーブル布設の距離と、これらの総合的な経済比較を示すが、各サイトが近接して立地しているため、経済性に大きな差は生じない。ただサイトCが若干有利である。

Table 5.2 Comparison of Piping/Wiring Length and Investment Cost for Waste Discharge, Product Transfer and Power Supply.

Item \ Site	A Taller	B Plaza de Mercado	C Campamento
Piping Length for Waste Discharge m	1,800	1,900	1,200
Piping Length for Product Transfer m	1,000	1,100	1,600
Wiring Length for Power Supply m	1,700	1,800	2,300
Comparison of Total Investment Cost for 3 Items Mentioned above	105	105	100

5) 建設及び維持管理の時のアクセスビリティ

建設および維持管理などのために機材をサイトに搬入する必要がある。

サイトAは、周囲に障害物はない。しかし、アクセスの道路状況が若干悪い。

サイトBは、民家の密集する四っ角に位置し、道路も少し狭い。

サイトCは、周囲に障害物はなく、アクセス道路も良く、さらに主要道路にも近い。

5.3 候補地の総合評価及び選定

サイトCは、生産水の送水管及び電力受給ケーブルの布設距離が他のサイトよりやや長いですが、下記の利点からプラントサイトとしては最も適していると判断される。

- 1) 敷地が十分に広い。
- 2) 海水の取水が容易である。
- 3) 濃縮海水の排水管の布設距離が短い。
- 4) サイトへのアクセスが容易である。

以上の比較検討をTable 5.3に要約して示す。

Table 5.3 Comparison and Evaluation of Candidate Plant Sites

Item \ Site	A Taller	B Plaza de Mercado	C Campamento
Area Size of Site	Enough	Critically small	Enough
Availability of Site	B	A	C
Seawater Intake	B	C	A
Comparison of Cost for Waste Discharge, Product Water Transfer and Power Supply	105	105	100
Accessability for Construction and Maintenance	Rather easy	Rather difficult	Easy
Overall Evaluation	Appropriate	Inappropriate	Most appropriate