

No.

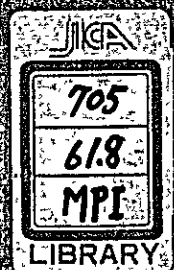
コロンビア共和国

海水淡水化計画事前調査

報告書

1982年8月

国際協力事業団



コロンビア共和国
海水淡水化計画事前調査
報告書

JICA LIBRARY



1031736[0]

1982年8月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4.-6	705
登録No. 03080	61.8
	MPI

目 次

I	事前調査の概要	1
1.	要請の背景及び経緯	1
2.	調査の目的	1
3.	調査団の構成	1
4.	調査日程	2
5.	訪問機関及び面会者リスト	4
II	サン・アンドレス島の概要	5
1.	自然と住民	5
2.	歴史	5
3.	社会と文化	5
4.	政府機構	8
5.	経済	10
III	事前調査の結果	15
1.	上水道事業の現状	15
2.	将来人口及び需要量予測	15
3.	プラント予定地の視察結果	15
4.	用役及びインフラストラクチャーの現状	18
5.	従業員の確保と訓練	20
6.	給水計画	21
IV	Minutes of Meetings 及び Scope of Work	22
V	現状の問題点と今後の課題	35
1.	水需要及びプラント能力	35
2.	プラントサイト	35
3.	従業員の確保と訓練	36
4.	給水計画	36
参考資料	1. 配水管網計算	
	2. 送水管概算工事費	
	3. サンプル水の分析結果	

I 事前調査の概要

1. 要請の背景及び経緯

- (1) カリブ海に位置するコロンビア共和国サン・アンドレス島（直轄区）では、地下水の涵濁と塩水化により、水道用水源の確保が大きな問題となっており、海水淡水化による対応が必要となってきた。このような背景の下、同国政府は、海水淡水化に関する計画を具体的に進めるにあたり、56年4月、我が国に対し技術協力を要請越した。
- (2) これを受け、同年6月事業団は専門家を派遣し、同国のニーズ等の概況把握及び技術指導を行ったが、同年10月同国政府はさらにより詳細な調査を要請越した。

2. 調査の目的

本事前調査は、コロンビア政府の要請の背景、経緯及び内容を明確、詳細に把握するとともに、次回 F/S の基本的前提条件の確認及び技術協力の可能な範囲を明らかにするものである。なお事前調査の具体的調査事項は次のとおりである。

- (1) 要請の背景・内容等の具体的把握
- (2) 関連情報の収集
- (3) 関連サイトの実情把握
- (4) SCOPE OF WORKS (S/W) の協議

3. 調査団の構成

(氏名)	(担当)	(所属)
小泉 純 作	(総括・団長)	国際協力事業団 鉦工業計画調査部 工業調査課長
斎 数	協(造水行政)	通商産業省 立地公害局 工業用水課
長谷川 恒 夫	(用役・給水計画)	(株)ジェー・イー・シー 取締役社長
安 藤 充 彰	(立地条件・プロセス)	東洋紡績(株) Ro 事業開発部長
武 部	昇(地域経済・需要予測)	(財)国際開発センター 主任研究員
生 井 年 緒	(業務調整)	国際協力事業団 鉦工業計画調査部 工業調査課

4. 調査日程

月日	曜日	宿泊地	訪問先等
2/15	月	メキシコ・シティ	東京 → メキシコ・シティ (移動日)
16	火	ボゴタ	メキシコ・シティ → ボゴタ (移動日)
17	水	ボゴタ	(午前) 日本大使館訪問 - 表敬 調査打合せ (午後) 企画庁 - 表敬・日程打合せ及び S/W案 提示・説明等
18	木	サン・アンドレス	(午前) 日本大使館, JICA事務所 - 長崎大使表敬 他 (午後) ボゴタ → サン・アンドレス (移動)
19	金	サン・アンドレス	(午前) EMPOISLAS (サン・アンドレス, プロ ビデンシア衛生事業公社) との打合せ - 調査内容打合せ, S/W案の提示・説明 等 (午後) 送水ポンプ場 (下水道), ため池 (酸化 槽予定地), 送水ポンプ場 (上水道), サン・アンドレス発電所, プラント・サ イト予定地 2カ所 (Plaza de Mer - cado, Campamento) 視察 サン・アンドレス及びプロビデンシア州 知事表敬
20	土	サン・アンドレス	(午前) 取水井 (Rock Fall Well), プラン ト・サイト予定地 (Taller), 配水タ ンク (North Cliff) 港湾施設視察
21	日	サン・アンドレス	資料整理
22	月	サン・アンドレス	(午前) 自家消費用海水淡水化プラント視察 1. Hotel Cacique Tone の RO ユニット (109m ³ /d) 2. Hotel Aquarium の 蒸発法ユニ ット (191m ³ /d) Pepsi Bottling 工場視察

月日	曜日	宿泊地	訪問先等
2/22	月	サン・アンドレス	(午後) EMPOISLASとの打合せ
23	火	ボゴタ	(午前) EMPOISLASとの打合せ (午後) " (夜) サン・アンドレス→ボゴタ(移動)
24	水	ボゴタ	(午後) 企画庁との打合せ - 調査結果報告等
25	木	ボゴタ	(午前) Minutes案の作成 (午後) 企画庁との打合せ - Minutes案の提示・説明及び協議
26	金	ボゴタ	(午前) Minutesの作成 ジェトロ事務所訪問 (昼) 調査団主催昼食会 - Minutesの署名交換
27	土	ロス・アンジェルス	ボゴタ→ロス・アンジェルス(移動)
28	日	機中泊	ロス・アンジェルス
3/1	月		東京(帰国)

5. 訪問機関及び面会者リスト

(1) Departamento Nacional de Planacion (DNP) [企画庁]

Nohra Bateman Chief, Technical Cooperation Division

Luis Mario Barrera H. Chief, Sanitary Engineering Division

(2) Empresa de Obras Sanitarias de San Andres y Providencia Ltda.

(EMPOISLAS) [サン・アンドレス, プロビデンスア衛生事業公社]

Alvaro Forbes James Manager

Carlos Rubiano Civil Engineer

Vicente Robinson Civil Engineer

Rodrigo Andrade Sossa Civil Engineer

Alberto Maclean Davis Administrator

Pablo Bermudez Administrator

Carlos Jose Villate Civil Engineer

Alberto Escobar Juridical Assistant

(3) Instituto Nacional de Fomento Municipal (INSFOPAL) [国家都市開発公社]

Luis Alberto Leal Ferro Civil and Sanitary Engineer

(4) Intendencia de San Andres y Providencia [サン・アンドレス, プロビデンスア州政府]

Dilia Robinson de Saavedra Governor

(5) 日本大使館

長 崎 弘 特命全権大使

四 宮 史 幸 二等書記官

高 橋 房 和 二等書記官

(6) JICA ボゴタ事務所

鳥 井 雅 晴 所 長

II サンアンドレス島の概要

1. 自然と住民

サンアンドレス島は、プロビデンス島及び群小諸島とともにコロンビア共和国の「インテンデンシヤ^{※1)}」と呼ばれる行政区分を形成する。

同島は南米大陸北部のコロンビア本土からさらに北方のカリブ海中に位置し、カルタヘナ市より760 km、ニカラグアより200 km、ジャマイカより720 kmの地点（西経82°，北緯12°30'）にある。同島はコロンビアにとってカリブ海、中米地域に開かれた窓であり、種々な戦略的重要性を持っている。（図II-1）

サンアンドレス島は南北12.8 km、東西3.2~4.8 km、タツノオトシゴの形をした南北に長い島であり、全島さんご礁より形成されている。島の中央部から南部にかけてゆるやかな起伏を有するが、最高地点で標高90 m、総じて平坦な島と言える。（図II-2）

熱帯に属するため平均気温は27℃であるが、常に微風（平均6.0 m/s）があり、すごしやすい。日照時間は年間2,437時間、雨量は年間2,212 mm（過去15年間平均）である。カリブ海に発生するハリケーンが10年間に一回程度の割合で来襲しているが、過去20年間における最高風速は20 m/sであった。

原住民は黒人であるが、1960年以降コロンビア本土からの移民が増大している。人口は1989年のセンサス時ではわずか220人であり、その後約160年後の1938年で4,261人、1951年で3,705人と大きな増加は見られなかったが、1964年、1973年に行なわれたセンサスではそれぞれ14,413人、20,362人と急増している。人口増加傾向はその後も継続し、1981年には約35,000人に達したと見られる。

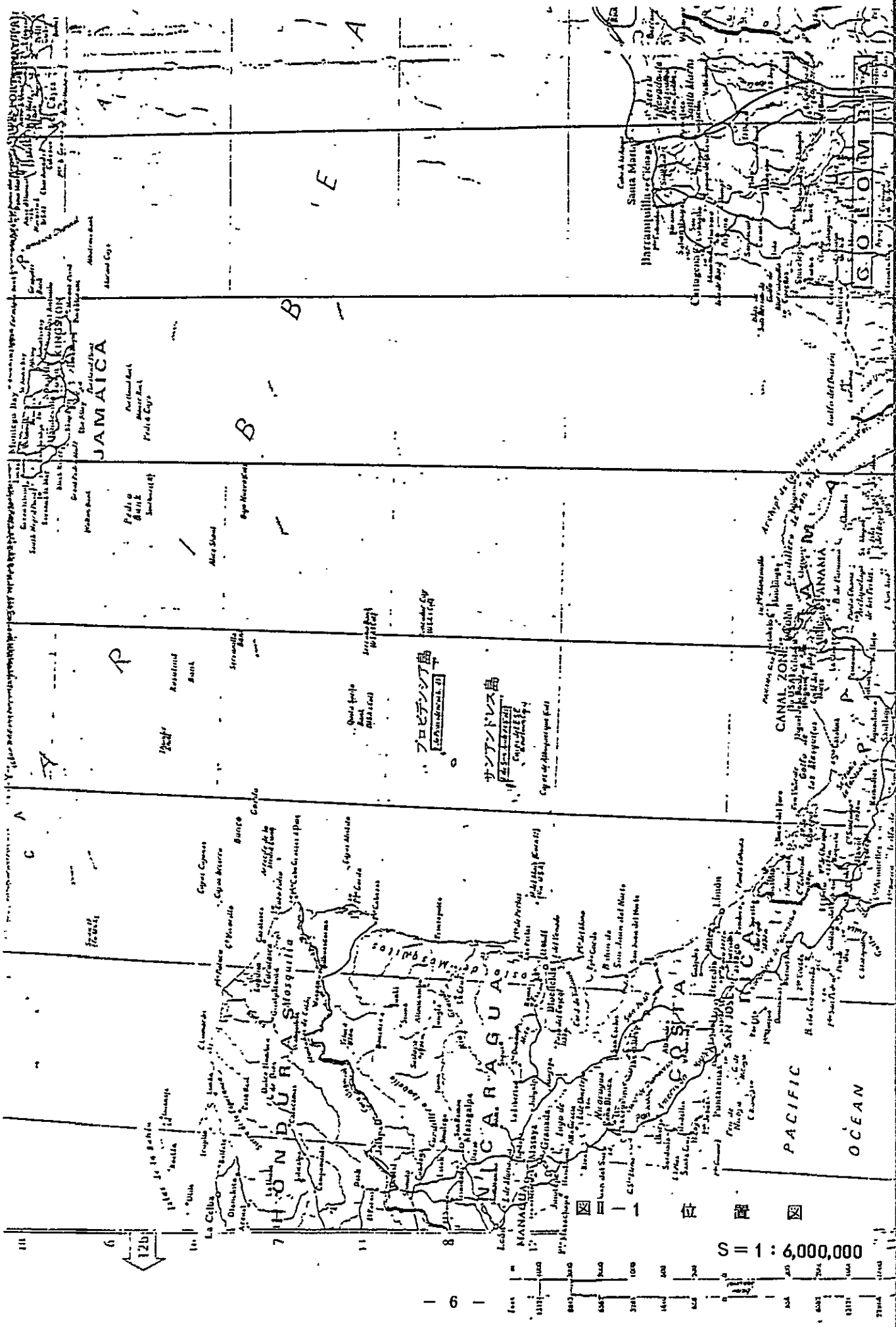
2. 歴史

サンアンドレス島はコロンブスにより発見され、1595年までスペインの統治下にあった。その後英国、フランス、オランダの海賊の根拠地とされていたが、1912年に至り「サンアンドレス・プロビデンス直轄領」としてコロンビア共和国に編入され、1954年には自由貿易地域に指定された、またこの地域の領有権をめぐるコロンビア、ニカラグア間に緊張があり、コロンビア政府はサンアンドレス島に海空軍を常駐させている。

3. 社会と文化

公用語はスペイン語である。現住民である黒人は英語を話し、スペイン語は就学後習得してい

※1) 以下「インテンデンシヤ」の用語はサンアンドレス、プロビデンス南島を含むものとして使用する。



JAMAICA

B

E

A

プロビデンス島
PROVIDENCIA ISLAND

サンアントニオ島
SAN ANTONIO ISLAND

PACIFIC

OCEAN

S = 1 : 6,000,000

111

125

6

1000

800

600

400

200

0

200

400

600

800

C

P

B

B

E

A

6

1000

800

600

400

200

0

200

400

600

800

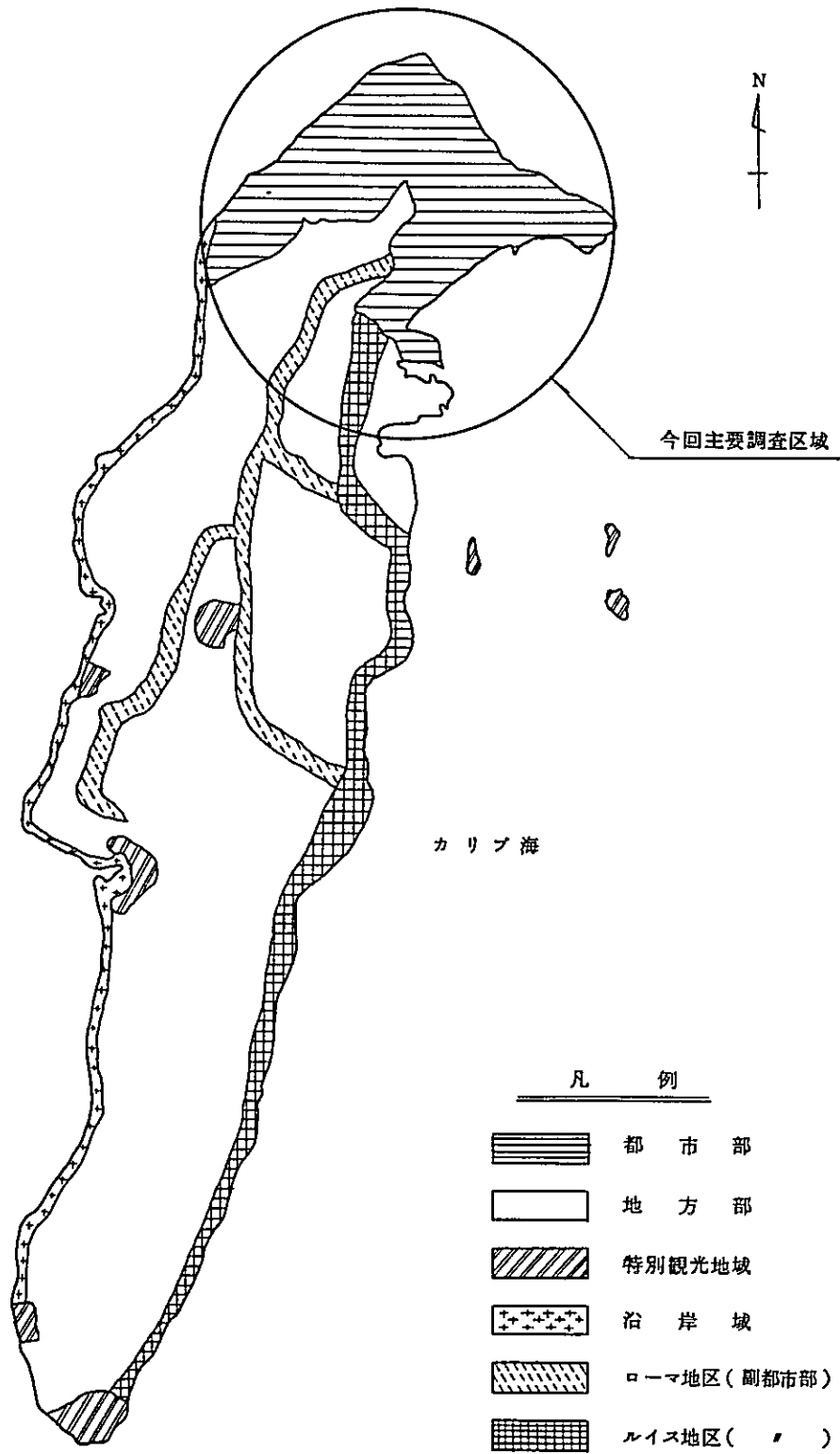


図 II-2 サンアンドレス島の概況図

S = 1 : 50,000

る。本土から移住した住民はスペイン語のみを使用する者が多い。

宗教はカトリックが大部分を占めるが、プロテスタントも一部存在する。住民の気性は一般的に解放的、陽気、親切であるが、時間にはルーズである。本土（ボコダ等）のコロンビア人の地味で静かな気性とくらべて異質のものがある。

住民の74%が北部のエル・セントロと呼ばれる地域に集中している。この地域の人口増が急激であったので社会・経済活動を支えるインフラ部門が立遅れている。上下水道部門もその一つであり、用水の供給、下排水の処理が緊急の課題となっている。

教育については小学校は公立が30校、私立が1校、中学校は公立が6校ある。生徒数は前者が7,508人、後者が2,471人である。高等学校、大学は存在しない。

4. 政府機構

(1) 中央政府レベル

(a) 企画庁 (Departamento Nacional de Planeacion - DNP)

コロンビア共和国政府の対外技術協力はすべて企画庁の技術協力部 (Division de Cooperacion Tecnica) が担当し、接衝に当る。今回の調査に関しても技術協力部がコロンビア政府の窓口であり、さらに専門分野の担当として保健エンジニアリング部 (Division de Ingenieria Sanitaria) が調査国に接触した。

(b) 直轄領監督庁 (Departamento Administrativo de Intendencias y Comisarias - DAINCO)

1975年に設立され、その役割は直轄領に対する投資計画の作成、一部プロジェクトの実施を担当しており、現時点での活動状況は不明である。

(c) 国家都市開発公社 (Instituto Nacional de Fomento Municipal - INSFOPAL)

1975年の政令2804号により、保健省の環境衛局の監督下の組織として設立された。その役割は公共サービスの分散化のために各種の保健事業公社を設立し、その事業への融資、調整、監督等を実施することである。EMPOISLAS (後述) もこの保健事業公社の一つである。

(2) 地方レベル

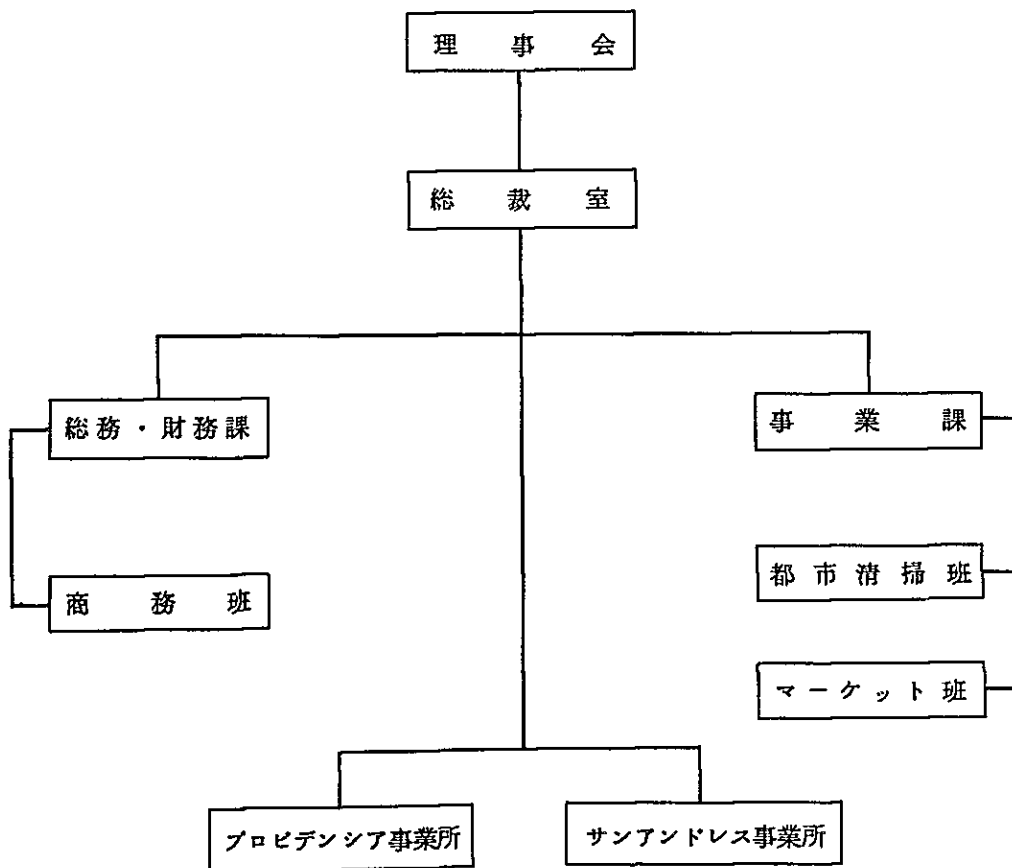
(a) サンアンドレス・プロビデンス直轄領政府 (Intendencia Especial de San Andres y Providencia - INTENDENCIA)

サンアンドレス、プロビデンス両島を統治する政府であり、その長 (Intendente Especial) はコロンビア共和国大統領により任命される。直轄領の開発計画、投資計画については上位計画である国家統合計画 (Plan de Integrecion Nacional - PIN) と整合する実施計画が企画庁により作成され、実施されている。同政府庁はまたEMOISLASの監

督の役割ももっている。

(b) サンアンドレス、プロビデンスシア衛生事業公社 (Empresa de Obras Sanitarias de San Andres y Providencia Ltda - EMPOISLAS)

サンアンドレス、プロビデンスシア両島の保健事業の実施を担当する機関であり、本調査の現地における受入機関である。独立の法人格を有し、資本は中央政府、インテンデンスシア、INSFOPALにより出資されている。最高決定機関は理事会 (Consejo Directivo) であり、インテンデンスシアの長が主宰し、月一回開催されている。EMPOISLAS の組織は次の通りである。



出所：EMPOISLAS, 1981

図 II - 3 EMPOISLAS 組織図

5. 経 済

(1) 概 況

19世紀末まで綿花の単一栽培を行っていたサンアンドレス島の産業は、奴隷制度の廃止に伴ないココナツの栽培に転換した。その後ココナツの輸出が主要産業であったが、1954年に自由貿易地域の指定を受けてから免税品を求めてコロンビア本土、コスタリカ、ニカラグア等からの観光買物客が急増し、現在では観光が主要な産業となっている。今後さらに増大すると予想される観光客の受入れ体制を整備するための計画が進められている。

(2) 製 造 業

製造業部門はきわめて未発達であり、現在のところ食品、飲料、非金属の分野で10企業が存在する程度である。

10企業の業種別内訳は製パン、ココナツ油製造(2)、製氷、ソフトドリンク製造、レンガ製造、舗装用石材製造、建設資材製造である。

(3) 農 牧 畜 業

サンアンドレス島の農業生産は自給にほど遠く、バナナ、マンジョカ、トマト、蔬菜、フリホル豆、とうもろこしなど食料品をコロンビア本土、近隣諸国、プロビンシア島から輸入している。

主要作物の作付面積の推移は表Ⅱ-1の通りである。ココナツの栽培面積が最大であり、さらにこれらココナツを新種に転換するプロジェクトが実施中である。

表Ⅱ-1 主要作物の作付面積の推移

品 目	作 付 面 積 (ha)		
	1974年	1977年	1978年
ココナツ	2,200	2,200	2,200
ジャガイモ	20	26	29
マンジョカ	40	44	48
バナナ	10	15	16
西 瓜	10	13	14
さとうきび	40	48	53

出所：DNP, Plan de Integracion Nacional Para San Andres y Providencia

牧畜業については18haの土地に牛が175頭(1978年)いるのみである。牧草の質も悪く水も少ないため肉質はあまり良いものではなく、価格も高い。

表Ⅱ-2 サンアンドレス島 入込外国人観光客数

	1971年	1973年	1975年	1977年
欧 州	351	981	1,226	2,144
北 米	1,105	5,202	6,289	4,554
中 米	3,617	12,307	16,574	20,987
カリブ諸島	24	53	82	67
南 米	378	563	963	1,429
そ の 他	88	274	231	419
計	5,539	19,380	25,505	29,600

出所 CNT, Boletines de Estadistica Turistica

表Ⅱ-3 サンアンドレス島 月別入込

月	外人観光客数 (1978)	
	人 数	%
1	3,398	13.4
2	2,680	10.5
3	2,409	9.5
4	2,203	8.6
5	1,549	6.1
6	2,094	8.2
7	2,709	10.6
8	1,890	7.4
9	1,957	7.7
10	1,365	5.3
11	1,358	5.3
12	1,864	7.3
計	25,476	100.0

出所： CNT, Boletines de Estadistica Turistica

漁業については1978年で90隻の漁船を有するが、これらは合計で71トンの小型船である。漁業振興は政府により重視されており、サンアンドレス島にミニ造船所の建設プロジェクトがある。

(4) 観 光

サンアンドレス島を訪れる外国人観光客数は1970年代に入って急増し、1971年に5,539人であったのがわずか5年後の1975年には5倍の25,505人に達した。その後は漸増し1979年には29,600人に達している。地域別に見ると中米からの観光客が多く、その目的は免税品の購入が主となっている(表Ⅱ-2)

これら外国人観光客の月別入込数を見ると1月、2月、7月が多く、この月がピークであることがわかる(表Ⅱ-3)。その平均宿泊数は2.7~3.3泊である。

サンアンドレス島を訪れる本土の同国人の数は統計が存在せず不明であるが、1979年の総宿泊数は15万泊に達したと見られる。その月別割合は表Ⅱ-4に示してあり、ピーク月は1月、7月、8月、10月で外国入観光客の場合と類似している。

同島の宿泊施設については、1978年で施設数42部屋数1,600であり、ホテルはAクラス(コロンビア全上基準)は存在しない(表Ⅱ-5)。現在新規ホテルの建設プロジェクトが3件あり、これが完成すると700部屋が追加されることになる。

表Ⅱ-4 サンアンドレス島におけるコロンビア人
宿泊者数の月別割合

月	%
1	13.2
2	5.8
3	6.7
4	4.8
5	7.8
6	7.1
7	10.5
8	10.9
9	7.2
10	10.0
11	6.9
12	9.1
計	100.0

出所：CNT, Boletines de Estadística Turística

表Ⅱ-5 サンアンドレス島の宿泊施設
(1978年)

種別	数	部屋数	%
ホテル(Bクラス)	5	347	21.7
ホテル(Cクラス)	9	520	32.5
アパート式ホテル	1	45	2.8
コテージ他	27	688	43.0
計	42	1,600	100.0

出所：DNP, Plan de Acción para San Andrés y Providencia

表Ⅳ-1 サンアンドレス島の需要量予測

項 目	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1990	摘 要
	実 績 値		推 計 値									
行政区域内人口(人)	34,650	35,718	36,519	38,050	39,337	40,658	42,025	43,437	44,896	46,405	49,575	
戸 数(戸)	6,602	6,774	6,950	7,137	7,329	7,526	7,729	7,937	8,150	8,367	8,595	
普 及 率(%)	40	40	45	55	70	80	80	80	80	80	80	
給 水 人 口(人)	1,3860	14,287	16,569	20,932	27,536	32,526	33,620	34,750	35,917	37,124	39,666	
給 水 栓 数	1,509	1,581	1,640	3,925	5,130	6,021	6,138	6,350	6,520	6,695	6,876	給水栓1栓から複数の利用者がある。
内 訳	1,233	1,308	1,367	3,569	4,672	5,461	5,526	5,686	5,804	5,927	6,056	
一 般 住 宅	59	54	54	15	16	17	18	19	20	21	22	
工 業 用	217	219	219	300	400	500	550	600	650	700	750	
商 業 用	—	—	—	41	42	43	44	45	46	47	48	
オ フ ィ ス 用	—	—	—	30	50	60	70	70	80	80	80	
下 水 道 普 及 率(%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
水 洗 化 人、口(人)	—	—	—	11,417	19,669	24,395	29,417	30,406	35,917	37,124	39,660	
水 洗 化 戸 数(戸)	—	—	—	2,141	3,665	4,516	5,410	5,556	6,520	6,695	6,876	
有 収 率(%)	60	56	50	60	70	70	75	80	85	90	90	
メ ー タ 一 設 置 数(個)	902	890	835	620	3,591	4,215	4,604	5,080	5,542	6,026	6,188	
定 額 栓 数(個)	607	691	805	3,305	1,539	1,806	1,534	1,270	978	669	688	
異 動 メ ー タ 一 数(個)	541	498	418	372	2,514	2,951	3,453	4,064	4,711	5,423	5,569	
1人1日平均給水量(L/人・日)	195	196	197	199	200	201	202	203	204	205	207	
年 間 給 水 量(千m ³ /年)	—	2,555	2,626	2,764	2,872	2,983	3,099	3,218	3,343	3,472	3,746	
揚 水 量(L/sec)	—	3241	3778	4821	6374	7587	7860	8165	8480	8808	9502	
#	—	1,022	1,191	1,520	2,010	2,386	2,479	2,575	2,674	2,778	2,997	
有 収 水 量(千m ³ /年)	—	920	908	1,064	1,508	1,790	1,859	1,931	2,005	2,084	2,248	
漏 水 率(%)	48	10	23.8	30	25	25	25	25	25	25	25	
有 収 水 量(L/人・日)	—	176	150	139	150	151	151	152	153	154	155	
供 給 能 力(千m ³ /年)	—	1,324	1,324	1,577	1,577	3,153	3,153	3,153	3,153	3,153	3,784	

Ⅲ 事前調査の結果

1. 上水道事業の現状

上水道事業の経営と管理は、タンク車での給水を含め EMPOISLAS により行なわれている（組織図は図Ⅱ-3 参照）。主要水源は、同島中央部のラ・ローマ地区の耶子林の中に位置する井戸群である。この井戸群から $32.2\ell/\text{sec}$ の揚水量で 1 日 16~18 時間の揚水が行なわれている。

送水ポンプにより途中の効外地区にも少量の分水を行ないつつ、島の北部に位置する市街地を見下す標高 + 60 m の高台の主配水池に至り、これより配水を行なっている。他にも少量ではあるが、市街地の中心部に、浅井戸による補助水源が有り、タンク車による給水を行なっている。現在の供給量は約 $1,800\text{m}^3/\text{日}$ 前後で、給水人口は 14,000 人 前後とのことである。しかし共用栓などによる不計測水量も多い。又、既設の配水管系統の漏水率も高く（30% 以上ともいわれている。）今後、造水コストの高い海水の淡水と混ぜて給水を行なうためには、水量管理の徹底を計らなければならない。

また島内で最も大きな水使用先である一流ホテルのうち、自家用淡水化装置により用水の一切を補っている例もある。

島内の用水事情は高級ホテルにおいても、シャワー浴が普通であり、一般家庭は水洗便所と浄化槽のタイプが標準とのことで、マクロ的な 1 人 1 日使用量は $\frac{1,800\text{m}^3/\text{日} \times 0.7}{14,000\text{人}} \approx 90\ell/\text{日}/\text{人}$ であることから非常に窮屈な状態である。

なお、現行の水道料金は従量制と、定額制を併用している他、受水者の収入に応じて料金に格差をもたせている。

2. 将来人口及び需要量予測

EMPOISLAS の資料によると 1980 年現在の本島の行政区域内人口は 35,718 人であり、1990 年までの人口の増加率は年 3.4 % と予想されるため、1990 年の人口は 49,575 人 日最大需要量は約 $12,300\text{m}^3$ （1 人 1 日最大需要量は約 260ℓ ）と推定される。（表Ⅲ-1 参照）

一方、1990 年の既存水源の日最大供給量は $9,850\text{m}^3$ と想定されるため、 $2,500\text{m}^3/\text{日}$ 前後の供給不足量が見込まれる。

3. プラント予定地の視察結果

(1) プラント候補地

EMPOISLAS の提示したのは下記の 3 ケ所である。（図Ⅲ-1 参照）

地 名	面 積	備 考
① Taller	1,331 m ²	EMPOISLAS の土地
② Plaza de Mercado	~ 500 m ²	"
③ Campamento	1,640 m ²	観光公社の土地

EMPOISLAS が示した順位は用地取得の難易度を考慮したものである。② Plaza de Mercado については、無理に押し込めない事はないにしても若干手狭であろう。特に建設工事の際、機材置場のスペースや既設の使用している物への影響があると思われる。海岸よりの距離は、③ Campamento が最も近い。ここは、インテンデンシア(政庁)の近くでもあり、PR 効果は大きいであろう。取水、排水、電気関係については上記候補地のどれも大差はないと考えられるが、② Plaza de Mercado については現在の井戸に対する設備の影響を考慮する必要があるであろう。

地耐力に関してはいづれの候補地も比較的良いと思われる。現に海岸にホテルが建設されその強さは実証済みであるが、プラント設置においては高圧ポンプ等特に回転振動の発生する機器の基礎に留意すれば良いであろう。

(2) 原水, 取水, 排水

(a) 原水についてはサンプル4点(2点は海岸, 1点は100m沖, 1点は200m沖)を採取した。現在、重点項目分析中である。TDSは、36,000~40,000 ppm 程度と予想している。水温も年間の変化は少なく汚度も低い。水質は安定している。

台風は10年間に1回程度である。降雨量は年間2,200mm 前後である。集中豪雨時の海水の汚れは判らないが、排水溝の位置と取水場所を離す必要はあろう。又、汚れの状況を把握しておく事も必要である。

水深はあまり深くなく、サンゴ礁中では最大5mである。水深6mの場所迄取水地点を延ばすと配管が長くなる可能性がある。従って、取水の場所としては海水浴場を外した岩礁部分にピットを掘り、海草類や魚、貝を取除く自動フィルターを設置した開渠方式が良いのではないかと考えられる。これは F/S 調査で一層の検討が必要である。

波高、潮についてはサンゴ礁の内でもあり、いづれも低い状況と見られるが、最も極端な状況迄考慮しておく必要がある。

(b) 排 水

海水淡水化の場合、どのプロセスを採用しても濃縮排水は出てくるが、生産水量日量3,000 m³/日のプラントの排水量は環境に影響する程多くはないし、海水の拡散が早く行なわれるため問題は殆んど無いと考えられる。しかしながら取水口に濃縮水が入らぬ様に、潮の流れ

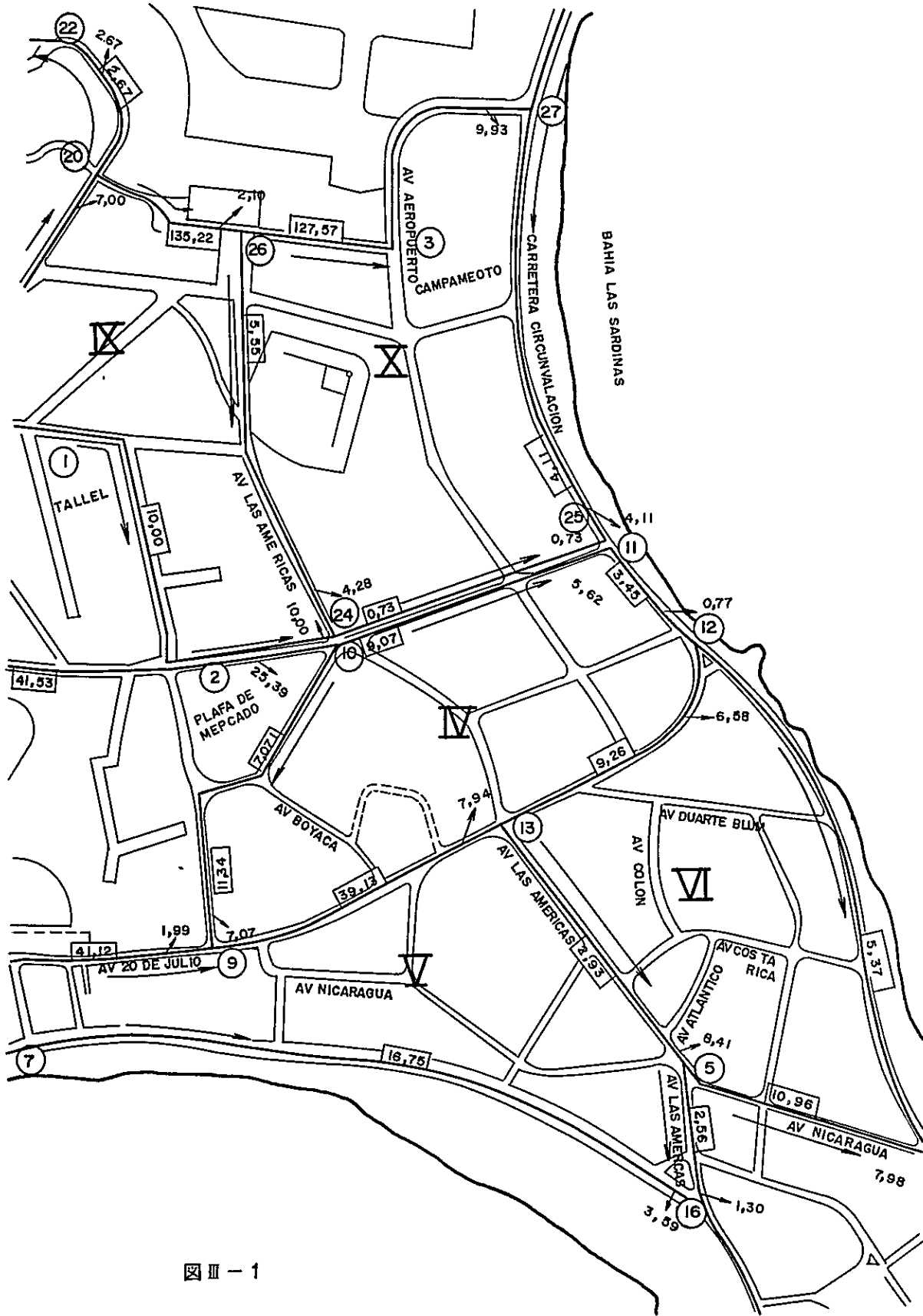


Fig II - 1

を考慮し排水口の位置を設定する事は必要である。

4. 用役及びインフラストラクチャーの現状

(1) 電 力

(a) 既存の発電設備は次のとおりである。

発電能力	メーカー	備 考
1,500kW/基×2	Sulzer 製	Diesel 発電
3,200kW/基×2	"	"
2,100kW/基×2	G.M.C. 製	" トレーラーマウント型

合計で13600kWとなるが、メンテナンス時には稼動していないため、ピークとして8,300kWが実績である。ピーク時間は12時及び19時である。

(b) 増設計画

3,200kW/基×3 (SULZER) を計画中で1982年12月に1基、2年以内に残りを増設する予定である。将来の予想についてはホテルなど、民需の見通しが不明であり、また淡水化プラントの予定も未確定である。3,000m³/日 の海水淡水化であれば1,000kW程度以下の容量と思われるが、一般の電力需要の伸びが年率12~13%増と予想されているので、現在の増設のスケジュールとの関係をつめる必要がある。増設計画に関して、より情報を得るためにはCORELCA (CORPORACION ELECTRICA DE LA COSTA ATLANTICA) からのヒアリングが必要である。

(c) 電力料については民需・工業・商業・公用の4種に分かれている。より詳細については、CORELCA からヒアリングが必要である。前の資料では平均44.1ペソ/kWh≒約20円/kWhである。燃料についてはケロシン (軽油) 16) ディーゼル用供給はエコベトロール (コロンビア石油公社) よりその支部を通して受けている。価格は40ペソ/gal≒47.5円/ℓ である。

(d) 供給電圧は発電端が132kVであり、それを需要者が直受し、トランスは各自持つようになっている。一般には220v/110v 60 ϕ と440vである。

(e) 停 電

1981年は発電機部品の納入の問題で停電が多かったが、今年になって安定化して来ている。但し、海水淡水化プラントの設計としては月1~2回の停電対策を考慮した方が望ましいであろう。又運転者のトレーニングについても、停止、起動のノウハウを取り入れる事が必要であろう。停電対策としてプラント自身が自家発電を持つ必要はないと判断する。

(2) 用 水

対象はプラント従業員の生活用水と設備廻りの一般雑用水に対する給水である。プラント候

補地がすべて市街地に位置しており、現在の上水道のサービス範囲内であるので上水道からの受水が容易であり、この点については問題はないと思われる。

(3) 排水

対象はプラントから生ずる高濃度塩水と上記用水の排水である。後者については、プラントサイトが下水道サービス区域内にあるので、一般下水排水と共に将来は下水処理場において処理されよう。前者は附近海面に排水される。ただし、海水浴場の砂浜はさけるべきである。

(4) 給排水施設の視察結果

(a) 排水処理ポンプステーション建設現場の見学

ここは商業地域（主にホテル等）の排水を集め、将来はOxidation処理を行なう予定である。Oxidationは1982～'83年に建設が予定されている。見学したのは、排水ポンプアップ用のピット及びポンプステーションである。地下に海水があるため、フローティング工法を採用していた。排水管は直径800mm程度の土管であり、地下3m、幅1m程度の開渠を掘り、施工していた。

商業地域内で排水系の総合的なものは見当たらず、各ホテルがどの程度の処理設備を持っているのかは不明であるが、一般的にタレ流しに近い状態であると想像される。町の中で道路上に排水不良の所が何ヶ所も見られた。これは2月19日午後に10～20分位の雨が降り、時間は短い、この時にたまったものと思われる。排水配管用の開渠は、サンゴ礁の土質であり掘るには固く工事のやりにくさはあるが、逆に地崩れに対しては強く、側壁のサポートは不要である。一般的に言って島の地盤は良い様に見受けられる。

この附近の地下水は殆んど海水であるが、ピットの横に井戸があり、良質の水が出ていた。これは地下水層の別の深さが異なる部分より取り出しているとの説明があった。Oxidationの場所は次項に述べるように、ポンプステーションから数km離れており、建設時期も一致しないので、ある期間は直接海に放流する様に思われる。海への放流は緊急時のみであるとの説明があった。

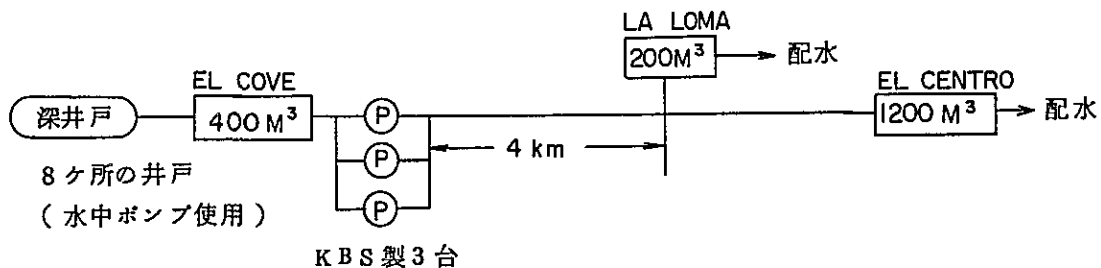
(b) Oxidation予定地の見学

島の中央より少し南に行ったところに下草の生えた椰子林を丸くきり開いた場所があり、現在浅いタマリ水がある。建設時期は少し先であり、処理水は農業用の予定である。処理水を農業用に使う考え方はまず妥当であろう。再利用水の飲料用は無理であろうとの見方である。

(c) 井戸及び集水送水用貯槽、ポンプ設備

島の中央部の丘陵部に井戸及び送水設備がある。井戸は15カ所あるが現在8カ所を使用中である。それ以外のものは使用不可能、もしくはテスト中である。井戸の能力は1カ所3～10ℓ/sで合計40ℓ/sであるが、実際は30～32ℓ/sで運転は16～18hrs/日、Cl⁻100

4m以下で管理しており、これで押えないと塩水化が起こると言われる。揚水された水を貯槽(400m³)に集め、ポンプ2台で送水している。ポンプは予備1台を含めると計3台がある。ポンプメーカーは西独のKBS社である。(22.5ℓ/s × 100m × 30kW)。



なお、EMPOISLAS によれば現状の30ℓ/sに対し井戸を強化して50ℓ/sとし、さらに将来的には90ℓ/s迄持って行く計画であるが、井戸を増強しても地下水の限度があるため、この数字は十分な確認が必要であろう。一応計算ベースとしてこれを使用しているが、確度についてはなおチェックが必要である。

(5) 港湾道路等

(a) 港 湾

市街地の北側に岸壁を有し水深は15m程度あるので、6万tクラスの船舶の接岸が可能であり荷揚げの心配はないようである。ただ、環礁の入口付近の浚渫が最近行なわれていないので、幾分浅くなっているとの事である。島の南部、コーベ湾は水深があり、大型船が入港でき、沖取を条件として荷揚げが可能である。

(b) 道 路

予定されるプラント・サイト付近は市街地内で道路は幅員2車線で舗装されており、機械の搬入に支障はない。

(c) そ の 他

島内の下水道工事の現場を視ると、サンゴ礁基岸の掘削はさく岩機による垂直カットがされており、地耐力は大きく、プラントに特別な基礎工事は不要であろう。また地表面から2~3mで海水の湧出があるので構築物は地表面に載せる形式を採用すべきであろう。

5. 従業員の確保と訓練

(1) 現 状

現在、EMPOISLAS の職員の業務は、シビルエンジニアリング、工事等の監督、上下水道工事が主体と見られる。彼らは給水設備の運転管理、塵埃処理等を行なっている。

設備の運転管理、保守管理は井戸、給水場の運転のみであるが、日本で行なわれているよう

なチェック機構は殆んど見られない。例えばポンプの運転記録として使用される圧力，流量，塩濃度，添加塩素量等の定期チェックもなされておらず、必要なゲージ，流量計，或いは記録計等我々が常識としている程度の最低所要の機器も備わっていない。また給水場の予備電源であるディーゼル発電機も一見して保安全管理が十分であるとは言えず、EMPOISLAS の従業員は淡水化プラントを管理する知識を持っているとは思われない。そのため彼等のトレーニングを行ない、かつそのトレーニングを受けた人間が引続きその仕事に従事することを確保することが必要であろう。

(2) 将来

島の若干層も流出する傾向にあり、彼等が定着する産業は現在のところ観光面しか無いようである。高等学校はなく、全般的に教育程度が低い。EMPOISLAS の従業員を含めて技術面の教育を具体的にどう行なうかは大きな課題である。特にプラントの運転保守管理を十分に行なうためには、長期的なプランを作り、基本の所から教える必要がある。プラント完成後は安定した運転が彼等自身で出来るようになる迄、日本側からもかなりの長期間、監督・指導していくことが望ましいと考えられる。

6. 給水計画

(1) 水供給方法


プラントにより造水した淡水を塩素滅菌して、送水ポンプにより専用の送水管を新設して配水池に揚水し、既存の配水管網により市街地の配水を行なう。次に特に重要な事は、せっかくの高価な造水が無為，無収に漏水せしめないよう、既設配水管の漏水防止，無収水量の減少を徹底することである。

(2) 滅菌について

次に水道水の滅菌について述べると、たとえ水源の井水が清澄であっても、現在の浄化槽排水，雑排水が浸透性のよいサンゴ礁基岸においては地下浸透を行っており、地下に埋設されている水道管の修理時，断水時の汚水の浸透が考えられるので、改めて塩素滅菌の設備強化を行なうべきであると考えられる。

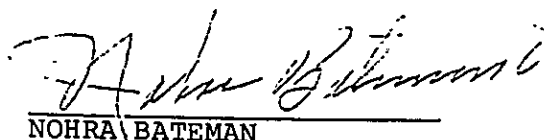
IV Minutes of Meeting 及び Scope of Work

MINUTES OF MEETINGS
ON
THE FEASIBILITY STUDY
ON
THE SEA-WATER DESALINATION PROJECT
IN
THE REPUBLIC OF COLOMBIA
FEBRUARY 26th, 1982 BOGOTA



JUNSAKU KOIZUMI

Leader,
Preliminary Survey Team
Japan International
Cooperation Agency



NOHRA BATEMAN

Leader,
Colombian Counterparts
Chief,
Technical Cooperation
Division
National Department
of Planning

MINUTES OF MEETINGS
(February 17-26, 1982)

The preliminary survey team sent by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and the Colombian counterparts have discussed the study of the Sea-Water Desalination Project at the San Andres Island in the Republic of Colombia.

Member lists of both sides are attached in Annex I. Both sides agreed on the scope of work attached in Annex II and in that connection the followings are the main subjects discussed and agreed mutually during the meetings.

1. According to the EMPOISLAS production capacity of the plant is projected 3,000 m³ per day. However, this capacity shall be studied further by the feasibility study team.
2. The site of the plant shall be selected out of the following three candidate sites:
 - (1) Taller
 - (2) Plaza de Mercado
 - (3) Campamento

These sites shall be generally studied at the first stage from the technical and economic point of views and one site out of the three mentioned above shall be studied in detail by the feasibility study team.

3. All of the reports shall be prepared in English. However, the summaries of Draft Final Report and Final

Report shall be in Spanish.

4. The total costs by items, and the manpower planning shall be informally noticed to the EMPOISLAS through the National Department of Planning by the middle of November, 1982.
5. The Colombian counterparts, and the Governor of San Andres and Providencia strongly requested the study on the establishment of the sea-water desalination plant at the Providencia Island adding to that in the San Andres Island.

In that connection the Japanese side declined the study at the Providencia Island because it would be a new request. However, the Japanese team told that the Colombian new request would be conveyed to the authorities concerned of the Government of Japan after its return to Japan.

2. MEMBER LIST OF THE COLOMBIAN COUNTERPARTS

1) Leader

Nohra Bateman

Chief,
Technical Cooperation
Division,
National Department of
Planning (DNP)

2) Luis Mario Barrera H.

Chief,
Sanitary Engineering
Division,
National Department of
Planning (DNP)

3) Luis Alberto Leal Ferro

Civil and Sanitary
Engineer,
INSFOPAL

4) Alvaro Forbes James

Manager,
EMPOISLAS

5) Carlos Rubiano

Civil Engineer,
EMPOISLAS

6) Vicente Robinson

Civil Engineer,
EMPOISLAS

7) Rodrigo Andrade Sossa

Civil Engineer,
EMPOISLAS

8) Alberto Maclean Davis

Administrator,
EMPOISLAS

- 9) Pablo Bermudez Administrator,
EMPOISLAS
- 10) Carlos Jose Villate Civil Engineer,
EMPOISLAS
- 11) Alberto Escobar Juridical Assistant,
EMPOISLAS

SCOPE OF WORK
OF
THE TECHNICAL COOPERATION
BETWEEN
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
AND
THE NATIONAL DEPARTMENT OF PLANNING
ON
THE FEASIBILITY STUDY
ON
THE SEA-WATER DESALINATION PROJECT
IN
THE REPUBLIC OF COLOMBIA

I. Background

In response to the request of the Republic of Colombia, the Government of Japan dispatched a preliminary survey team headed by Mr. Junsaku Koizumi from 15th February to 1st March, 1982 through the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation of the Government of Japan, to carry out the preliminary survey for the feasibility study on the Sea-Water Desalination Project (hereinafter referred to as "the Study") and to discuss the scope of work of the Study with the National Department of Planning.

II. Objective of the Study

The objective of the Study is to examine the technical and economic feasibility of establishing a sea-water desalination plant at the San Andres Island, the Republic of Colombia.

III. Basic Study Conception

Water produced at the sea-water desalination plant will be supplied by using the existing water supply facilities.

IV. Scope of Work

In order to achieve the above objective, the Study will cover the following items:

1. Outline of the San Andres Island
 - 1) Location
 - 2) Natural Conditions
 - i. Topography
 - ii. Geology
 - iii. Meteorology
 - iv. Marine Meteorology
 - 3) Social Environmental Conditions
 - i. Population Distribution
 - ii. Land Development (Housing, Industry, etc.)
 - iii. Sewerage
 - 4) Land Development Plan
2. Present Situation of the Water Supply Services and Demand Forecast
 - 1) Water Supply Services
 - i. Administration and Institution (laws, Regulations, etc.)
 - ii. Management (including Water Charges)
 - iii. Existing Facilities, Operation and Maintenance
 - iv. Service Population, Supply Amount, Analysis of Service water
 - 2) Demand Forecast
 - i. Service Population Increase
 - ii. Supply Amount Increase
3. Production Capacity
4. Comparative Study of the Processes (Flash Evaporating, Electrodialysis and Reverse Osmosis)

5. Selection of the Preferable Process
6. Raw Water (Sea-Water)
 - 1) Temperature
 - 2) Water Quality
 - 3) Others
7. Auxiliary Materials
8. Site
 - 1) Site Conditions
 - i. Topography, Soil
 - ii. Intake and Discharge of Sea-Water
 - iii. Utilities
 - iv. Equipment and Materials
 - v. Existing Water Supply Facilities
 - vi. Environmental Impact
 - 2) Site Selection
9. Utilities and Infrastructure
 - 1) Electric Power
 - 2) Fuel
 - 3) Supplied Water
 - 4) Waste Water
 - 5) Port, Roads, etc.
10. Conceptual Design of the Plant
 - 1) Design Standard
 - 2) Production Process
 - 3) Production Facilities

- 4) Utility Facilities
 - 5) Transmission and Storage Facilities
 - 6) Other Auxiliary Facilities
 - 7) Plant Layout
11. Construction Plant
 12. Organization, Operation and Manpower Planning
 13. Capital Requirements and Financing Plan
 14. Financial Analysis
 - 1) Cost Calculation
 - 2) Internal Financial Rate of Return
 15. Economic Evaluation
 - 1) Economic Benefits of the Project
 - 2) Internal Economic Rate of Return
 16. Conclusions and Recommendations
- V. Study Schedule
1. The Government of Japan will dispatch a feasibility study team (hereinafter referred to as "the Team") through JICA within four (4) months after the preliminary survey.
 2. The Government of Japan will dispatch a few members of the Team for the Draft Final Report presentation.

3. The Team will prepare and submit the following reports including all related maps and plans, in English, within the time period indicated, to EMPOISLAS.
 - 1) Interim Report at the end of study in Colombia (10 copies).
 - 2) Draft Final Report within four (4) months after the return of the Team to Japan (20 copies).
 - 3) Final Report by the end of February, 1983 on the receipt of comments on the Draft Final Report (30 copies).

VI. Roles of the Government of the Republic of Colombia

1. To designate a sufficient number of full-time counterparts accompanying the Team.
2. To arrange the Team's visits to relevant authorities concerned and to ensure that the Team have access to all relevant information required for the execution of the Study.
3. To provide suitable office with necessary office supplies and equipment.
4. To provide requisite information and data available to the Team.
5. To exempt the Team from taxes, duties and charges in Colombia on materials, equipment and personal effects brought into for the purpose of the Study.

6. To make the best efforts to ensure the security of the members of the Team during their stay in Colombia.

VII. Roles of the Government of Japan

1. To dispatch the Team to Colombia to undertake the Study.
2. To extend the technical cooperation to transfer the technology related to Project for the Colombian counterparts through their participation in the Study.

V 現状の問題点と今後の課題

1. 水需給及びプラント能力

(1) 水需給の将来予測について

先方の資料に基づき、現在から1990年までの水需給について検討したが、最も基本的な要素の一つである人口について見ると、人口の伸び率は1983年から1990年までほぼ34%程度の一定した伸びとなっているが、この根拠は明確ではない。

又、観光を主な産業とする本島では定住人口のほか、観光客数及びその宿泊数も水需要を検討するうえで大きなファクターになるものと思われるが、これについての経年的な統計は無いようである。又EMPOISLASから、さらに1990年以降の水需給についても検討してもらいたい旨の要請があったが、F/S調査においては人口についての先方のデータのチェック並びに人口統計の手法についての指導も必要かと思われる。

需要水量についても、(給水人口×原単位)のマクロ的算出のみならず、因子分析による積上方式の水量算出も検討する必要があるが、このために必要なデータが先方で用意できるかどうか問題となる。又、今回、最大給水量(日量)は年平均の20%としたが1日の使用水量のパターンから、時間最大給水量の把握も必要と思われる。

(2) 水源井について

サンゴ礁基岩の水源井は基岩の裂け目、空洞などの位置によって様々特性を示すので適正揚水量の判断は容易ではない。EMPOISLASの資料によると、1990年の地下水揚水量は95 l/secと見積られているが、これは現在の3倍程の揚水量であり、過大に見積られている恐れもあるので、過去の水源井の水量、水質等のデータによる検討が必要であるものと思われる。

(3) プラント能力

プラント能力については、1983~1990年までの供給不足量が2,400m³/日~2,800m³/日と予測されていることから、それを補うものとして3,000m³/日の能力で合意に達したが、ベースとなる人口、地下水揚水量等に不安があるためF/Sの段階ではさらに詳しく検討する必要がある。又、前述のとおり、1990年以降の需給予測についてもEMPOISLASから要請があったので、プラント増設計画等も併せてコメントする必要がある。

2. プラントサイト

EMPOISLASから提示された3ヶ所のプラント予定地は土地所有の関係から選出されたものであり、技術的、経済的な検討を経て選定されたものではないが、技術的にはいずれも設置可能と予想される。しかし、いずれも、海水の取水、ラインの排水、生産増水の送水のために、市街地での新たな配管の布設が必要となる。このため配管の布設及び取排水並びに生産淡水の送水

に要する動力に係るコスト評価が課題となる。

3. 従業員の確保と訓練

海水淡水化プラントの管理運営について、現在の EMPOISLAS の人員では人数的にはともかく能力的に見てかなり困難なものと思われるが、適切な研修・訓練の機会を設けることによって、EMPOISLAS によるプラントの管理運営が可能となるものと思われる。

F/S の段階で EMPOISLAS 側の人員能力等から、今後の研修・訓練等をどのように実施すべきか、詳しく検討する必要がある。

4. 給水計画

海水淡水化プラントから生産される淡水は、新設される送水管によって既設配水池へ送られ、既設及び計画の中の上水道配管によって市街地へ給水されることになっている。しかし、既設上水道の現状を見ると漏水率が高く、海水淡水化プラントによる高コストの水を配水することは、経済的に問題がある。このため、水道施設の維持管理を徹底し漏水等の無収水量の防止に万全を期すよう Recommend する必要がある。

また、現在の水道料金体系が、受水者の収入に応じて格差を持たせたものとなっているが、海水淡水化の水は従来水源に比して高コストであることを考慮し、ホテル、銀行、商店等、それに見合う料金の支払い能力を有する者にのみ、別途給水するケースについても検討に値するものと思われる。

参 考 資 料

1. 配水管網計算
2. 送水管概算工事費
3. サンプル水の分析結果

1. 配水管網計算

参考までにEMPOISLAS(エンポイスラス)より提出された計画配水管網にて管網計算を行なった。

(1) 計算条件

- a) 目標年 1990年
- b) 計画給水量 $30,936.0 m^3/日$ (時間最大)
- c) 配水池 H.W.L + 66.0m
L.W.L + 69.0m
- d) 流速係数 110
- e) 節点引出水量及び地盤高は表1に示すとおりである。地盤高は1:25,000地形図(信頼性に欠ける)より概略求めた。
- f) 管略の口径, 延長は表2に示すとおりである。

(2) 計算結果

配水管網計算結果(動水頭)は表3に示すとおりである。

表 1 節点引出水量及び地盤高

節点 番号	引出水量 (m^3 /日)	地盤高 (m)	摘 要	節点 番号	引出水量 (m^3 /日)	地盤高 (m)	摘 要
1	0.0	6 2.0	配水池	21	1,7 6 2.0	3.0	
2	0.0	2 8.0		22	4 1 8.0	3.0	
3	0.0	2 5.0		23	1,6 6 1.0	1 7.0	
4	1 1 7.0	2 0.0		24	0.0	1 5.0	
5	1 6 2.0	1 8.0		25	0.0	2 1.0	
6	7 7.0	3.0		26	0.0	1 8.0	
7	1,0 4 0.0	3.0		27	6 0 5.0	1 6.0	
8	1,7 5 3.0	1 0.0		28	1 8 1.0	6.0	
9	5 5 6.0	8.0		29	8 5 8.0	3.0	
10	4 1 6.0	3.0		30	8 3 9.0	7.0	
11	7 8 3.0	5.0		31	0.0	1 8.0	
12	0.0	1 0.0		32	1,0 0 9.0	7.0	
13	2,1 9 4.0	1 0.0		33	1,5 6 6.0	6.0	
14	1,2 7 9.0	1 0.0		34	0.0	3.0	
15	6 8 6.0	1 0.0		35	0.0	5.0	
16	4 8 6.0	3.0		36	3,1 8 2.0	6.0	
17	6 3 5.0	3.0		37	0.0	5.0	
18	7 2 7.0	1 0.0		38	0.0	4.0	
19	4 2 2.0	5.0		39	6,6 2 7.0	3.0	
20	8 9 5.0	3.0		計	30,93 6.0 m^3 /日 \div 35 8.0 5 l /sec		

表2 管路データ

管 路	口 径 (φ)	延 長 (m)	管 路	口 径 (φ)	延 長 (m)
① ~ ②	φ150	160	⑳ ~ ㉑	φ100	645
~ ⑩	φ350	100	㉒ ~ ㉓	"	155
② ~ ③	φ100	119	~ ㉔	"	292
③ ~ ④	φ200	160	㉕ ~ ㉖	"	514
~ ⑧	φ150	792	㉗ ~ ㉘	"	354
④ ~ ⑤	φ100	140	㉙ ~ ㉚	"	524
~ ⑬	φ200	598	㉛ ~ ㉜	φ150	115
⑤ ~ ⑥	φ100	412	~ ㉝	φ300	208
~ ⑨	"	406	~ ㉞	φ250	174
⑥ ~ ⑦	"	316	㉟ ~ ㊱	φ350	378
~ ⑩	"	588	㊲ ~ ㊳	φ200	83
⑦ ~ ⑧	"	264	㊴ ~ ㊵	φ250	185
⑨ ~ ⑩	"	96	~ ㊶	φ100	253
~ ⑪	"	263	㊷ ~ ㊸	φ250	419
⑩ ~ ⑬	"	813	㊹ ~ ㊺	"	168
⑪ ~ ⑫	"	415	㊻ ~ ㊼	φ100	734
~ ⑮	φ150	365	㊽ ~ ㊾	φ200	467
⑫ ~ ⑬	"	105	㊿ ~ ㋀	φ150	130
~ ⑯	φ100	318	㋁ ~ ㋂	φ250	239
⑭ ~ ⑰	"	318	~ ㋃	φ200	711
~ ㉔	"	525	㋄ ~ ㋅	"	230
~ ㉘	"	450	㋆ ~ ㋇	φ200	380
⑮ ~ ⑰	"	342	㋈ ~ ㋉	φ150	242
~ ⑱	"	360	㋊ ~ ㋋	"	180
⑯ ~ ⑰	"	125			

表3 管網計算結果

節点番号	動水頭 (m)	節点番号	動水頭 (m)
① (配水池)	+6 2.0	⑳	-6 1 0.0
②	-4 9.3	㉑	+1 4.1
③	-4 9 3.0	㉒	+3 4.1
④	-4 9 9.8	㉓	+3 5.3
⑤	-5 3 0.7	㉔	+3 5.1
⑥	-5 2 6.6	㉕	+2 6.5
⑦	-5 2 3.9	㉖	+1 9.0
⑧	-5 1 1.5	㉗	+2 2.6
⑨	-5 6 2.2	㉘	+1 2.9
⑩	-5 5 7.6	㉙	+2 8.0
⑪	-5 6 6.7	㉚	+4 2.4
⑫	-5 1 9.1	㉛	+4 8.1
⑬	-5 1 1.8	㉜	+4 6.1
⑭	+1 1.9	㉝	+8.4
⑮	-5 7 8.9	㉞	+3.8
⑯	-5 6 0.0	㉟	-4.5
㉀	-5 7 1.9	㊱	-6.4
㉁	-6 0 3.2	㊲	-2.7
㉂	-5 9 8.3	㊳	-1 2.0
㉃	-6 0 0.4		

(3) 考案と検討

計画配水管網の特徴は配水池から西部の住宅街、空港地域と東部の市街化地域の2系統に分かれて配水され、相互連絡されていないということである。

管網計算結果からわかるように、西部配水系統も東部配水系統も末端部の残水頭が+15.0m以下となっている。

特に東部配水系統では節点㉔で-610.0mと考えられないような低い値となったのをはじめ、全節点で負の動水頭となり、計画管網では水が流れない事がわかった。

とりわけ損失水頭の大きな管路は①～②、②～③、③～④、③～⑧、④～⑤、④～⑬、⑤～⑨、⑥～⑩、⑦～⑧、⑨～⑪、⑩～⑰、⑪～⑫、⑫～⑬、⑫～⑯、⑭～⑳、⑮～⑱、⑯～⑰、⑰～㉑、㉒～㉓、㉓～㉔、㉔～㉕、㉕～㉖、㉖～㉗、㉗～㉘、㉘～㉙、㉙～㉚、㉚～㉛、㉛～㉜、㉜～㉝、㉝～㉞、㉞～㉟、㉟～㊱、㊱～㊲、㊲～㊳、㊳～㊴、㊴～㊵、㊵～㊶、㊶～㊷、㊷～㊸、㊸～㊹、㊹～㊺、㊺～㊻、㊻～㊼、㊼～㊽、㊽～㊾、㊾～㊿、㊿～㊿で、これらの管路は2ランク程度口径を大きくする必要があると思われる。

また圧力均等な配水をするため配水本管をループ状に設け、さらに西部配水系統と東部配水系統を連絡することにより震災等、不慮の事故による断水時にも相互融通できるような管網を計画することが必要であろう。

管網流量計算凡例

記 号	説 明
I, J	節 点 番 号
C	流 速 係 数
D(MM)	管 口 径 (mm)
L(M)	管 延 長 (m)
$Q(M \times 3/D)$	流 量 ($m^3/日$)
$Q(L/s)$	流 量 (l/sec)
I(‰)	動 水 勾 配 (‰)
V(M/S)	流 速 (m/sec)
HD(M)	動 水 頭 (m)
HS(M)	静 水 頭 (m)
HP(M)	地 盤 高 (m)
$P(M \times 3/D)$	引 き 抜 き 水 量 ($m^3/日$)
SIGMAQ-P	閉 合 誤 差 (l/s)

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KANMOHKEISAN(HEIJOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIMES 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	O(M**3/D)	O(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)
2	1	110.	150.	160.	-12675.3	-14670	-520.93	-8.30
2	3	110.	100.	119.	12675.4	14671	3753.32	18.68
<u>HD(M)=-49.3</u>		HS(M)= 38.0	HP(M)= 28.0	P(M**3/D)= 0.0	SIGMA Q-P= 0.00			
3	2	110.	100.	119.	-12675.4	-14671		-18.68
3	4	110.	200.	160.	9412.5	10894	73.95	3.47
3	8	110.	150.	792.	3267.0	3781	42.30	2.14
<u>HD(M)=-493.0</u>		HS(M)= 41.0	HP(M)= 25.0	P(M**3/D)= 0.0	SIGMA Q-P= 0.05			
4	3	110.	200.	160.	-9412.5	-10894	-73.95	-3.47
4	5	110.	100.	140.	2839.9	3287	235.16	4.19
4	13	110.	200.	598.	6457.4	7474	36.80	2.38
<u>HD(M)=-499.8</u>		HS(M)= 46.0	HP(M)= 20.0	P(M**3/D)= 117.0	SIGMA Q-P= 0.02			
5	4	110.	100.	140.	-2839.9	-3287	-235.16	-4.19
5	6	110.	100.	412.	869.5	1006	26.27	1.28
5	9	110.	100.	406.	1809.1	2094	1020.2	2.67
<u>HD(M)=-530.7</u>		HS(M)= 48.0	HP(M)= 18.0	P(M**3/D)= 162.0	SIGMA Q-P= 0.01			
6	5	110.	100.	412.	-869.5	-1006	-26.27	-1.28

***** KANMO KEISAN *****
 SAN ANDRES TOH KANMOKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIMES 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)
6	7	110.	100.	316.	-474.4	-5.49	-8.55	-0.70
6	10	110.	100.	588.	1267.9	14.67	52.82	1.87
<u>HD(M) = -526.6</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 77.0		SIGMA Q-P = 0.01		
7	6	110.	100.	316.	474.4	5.49	8.55	0.70
7	8	110.	100.	264.	-1514.0	-17.52	-73.36	-2.23
<u>HD(M) = -523.9</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 1040.0		SIGMA Q-P = 0.00		
8	3	110.	150.	792.	-3267.0	-37.81	-42.30	-2.14
8	7	110.	100.	264.	1514.0	17.52	73.36	2.23
<u>HD(M) = -511.5</u>		HS(M) = 56.0	HP(M) = 1.00	P(M**3/D) = 1753.0		SIGMA Q-P = 0.00		
9	5	110.	100.	406.	-1809.1	-20.94	-102.02	-2.67
9	10	110.	100.	96.	346.1	4.01	4.77	0.51
9	11	110.	100.	263.	911.7	10.55	28.68	1.34
<u>HD(M) = -562.2</u>		HS(M) = 58.0	HP(M) = 8.0	P(M**3/D) = 556.0		SIGMA Q-P = 0.05		
10	6	110.	100.	588.	-1267.9	-14.67	-52.82	-1.87
10	9	110.	100.	96.	-346.1	-4.01	-4.77	-0.51
10	19	110.	100.	813.	1198.2	13.87	47.57	1.77
<u>HD(M) = -557.6</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 416.0		SIGMA Q-P = 0.00		

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KANMOHKEISAN(HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIMES 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(0/00)	V(M/S)
11	9	110.	100.	263.	-911.7	-10.55	-28.68	-1.34
11	12	110.	100.	415.	-2034.1	-23.54	-126.76	-3.00
11	15	110.	150.	365.	2164.6	25.05	19.74	1.42
<u>HD(M) = -566.7</u>		HS(M) = 61.0		HP(M) = 5.0	P(M**3/D) = 783.0		SIGMA Q-P =	0.02
12	11	110.	100.	415.	2034.1	23.54	126.76	3.00
12	13	110.	150.	105.	-4263.4	-49.35	-69.26	-2.79
12	16	110.	100.	318.	2232.3	25.84	150.57	3.29
<u>HD(M) = -519.1</u>		HS(M) = 56.0		HP(M) = 10.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =	0.04
13	4	110.	200.	598.	-6457.4	-74.74	-36.80	-2.38
13	12	110.	150.	105.	4263.4	49.35	69.26	2.79
<u>HD(M) = -511.8</u>		HS(M) = 56.0		HP(M) = 10.0	P(M**3/D) = 2194.0		SIGMA Q-P =	0.00
14	22	110.	100.	318.	645.5	7.74	15.13	0.95
14	24	110.	100.	525.	-1284.7	-14.87	-54.12	-1.89
14	28	110.	100.	450.	-639.8	-7.41	-14.89	-0.94
<u>HD(M) = 11.9</u>		HS(M) = 56.0		HP(M) = 10.0	P(M**3/D) = 1279.0		SIGMA Q-P =	-0.00
15	11	110.	150.	365.	-2164.6	-25.05	-19.74	-1.42

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KAMOHKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIMES 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)
15	17	110.	100.	342.	38.6	0.45	0.08	0.06
15	18	110.	100.	360.	1447.7	16.76	67.52	2.13
HD(M) = -578.9		HS(M) = 56.0	HP(M) = 10.0	P(M**3/D) = 686.0		SIGMA Q-P = 0.09		
16	12	110.	100.	318.	-2232.3	-25.84	-150.57	-3.29
16	17	110.	100.	125.	1747.1	20.22	95.64	2.75
HD(M) = -560.0		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 486.0		SIGMA Q-P = 0.01		
17	15	110.	100.	342.	-38.6	-0.45	-0.08	-0.06
17	16	110.	100.	125.	-1747.1	-20.22	-95.64	-2.57
17	20	110.	100.	645.	1151.0	13.32	44.15	1.70
HD(M) = -571.9		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 635.0		SIGMA Q-P = 0.00		
18	15	110.	100.	360.	-1447.7	-16.76	-67.52	-2.13
18	19	110.	100.	155.	100.8	1.17	0.49	0.15
18	20	110.	100.	292.	628.2	7.27	14.39	0.93
HD(M) = -403.2		HS(M) = 56.0	HP(M) = 10.0	P(M**3/D) = 727.0		SIGMA Q-P = 0.10		
19	10	110.	100.	813.	-1198.2	-13.87	-47.57	-1.77
19	18	110.	100.	155.	-100.8	-1.17	-0.49	-0.15

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KAMOHKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIMES 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)
19	21	110.	100	514.	877.3	10.15	2671	1.29
<u>HD(M) = -598.3</u>		HS(M) = 61.0	HP(M) = 5.0	P(M**3/D) = 422.0		SIGMA Q-P =		0.00
20	17	110.	100	645.	-1151.0	-133.2	-4415	-1.70
20	18	110.	100	292.	-628.2	-7.27	-1439	-0.93
20	21	110.	100	354.	884.7	10.24	2712	1.30
<u>HD(M) = -600.4</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 895.0		SIGMA Q-P =		0.01
21	19	110.	100	514.	-877.3	-10.15	-2671	-1.29
21	20	110.	100	354.	-884.7	-10.24	-2712	-1.30
<u>HD(M) = -610.0</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 1762.0		SIGMA Q-P =		0.00
22	14	110.	100	318.	-645.5	-7.47	-1513	-0.95
22	29	110.	100	524.	227.5	2.63	219	0.34
<u>HD(M) = 14.1</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 418.0		SIGMA Q-P =		0.00
23	24	110.	150	115.	1284.7	14.87	751	0.84
23	25	110.	300	208.	-14835.2	-171.70	-2383	-2.43
23	26	110.	250	174.	11889.5	137.61	3844	2.80
<u>HD(M) = 34.1</u>		HS(M) = 49.0	HP(M) = 17.0	P(M**3/D) = 1661.0		SIGMA Q-P =		0.00

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KAMOHKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIME 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/00)	V(M/S)
24	14	110.	100.	525.	1284.7	148.7	54.12	1.89
24	23	110.	150.	115.	-1284.7	-148.7	-7.51	-0.84
<u>HD(M) = 35.3</u>		HS(M) = 51.0	HP(M) = 15.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =		0.00
25	23	110.	300.	208.	14835.2	171.70	238.3	2.43
25	31	110.	350.	378.	-14835.2	-171.70	-11.25	-1.78
<u>HD(M) = 35.1</u>		HS(M) = 45.0	HP(M) = 21.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =		0.00
26	23	110.	250.	174.	-11889.5	-137.61	-38.44	-2.80
26	27	110.	200.	83.	11889.5	137.61	113.97	4.38
<u>HD(M) = 26.5</u>		HS(M) = 48.0	HP(M) = 18.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =		0.00
27	26	110.	200.	83.	-11889.5	-137.61	-113.97	-4.38
27	28	110.	250.	185.	11260.3	130.33	34.76	2.66
27	30	110.	100.	253.	242	0.28	0.03	0.04
<u>HD(M) = 19.0</u>		HS(M) = 50.0	HP(M) = 16.0	P(M**3/D) = 60.50		SIGMA Q-P =		-0.00
28	14	110.	100.	450.	639.8	74.1	148.9	0.94
28	27	110.	250.	185.	-11260.3	-130.33	-34.76	-2.66
28	29	110.	250.	419.	10439.5	1208.3	30.21	2.46
<u>HD(M) = 22.6</u>		HS(M) = 60.0	HP(M) = 6.0	P(M**3/D) = 181.0		SIGMA Q-P =		0.00

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KANMOKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIME 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/00)	V(M/S)
29	22	110.	100.	524.	-227.5	-2.63	-2.19	-0.34
29	28	110.	250.	419.	-10439.5	-12.083	-30.21	-2.46
29	34	110.	250.	168.	9809.0	113.53	26.92	2.31
<u>HD(M) = 12.9</u>		HS(M) = 63.0		HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 858.0		SIGMA Q-P =	0.00
30	27	110.	100.	253.	-24.2	-0.28	-0.03	-0.04
30	33	110.	100.	734.	-814.8	-9.43	-23.29	-1.20
<u>HD(M) = 28.0</u>		HS(M) = 59.0		HP(M) = 7.0	P(M**3/D) = 839.0		SIGMA Q-P =	0.00
31	1	110.	350.	100.	-18225.0	-210.94	-16.47	-2.19
31	25	110.	350.	378.	14835.2	171.70	11.25	1.78
31	32	110.	200.	467.	3389.8	39.23	11.16	1.25
<u>HD(M) = 42.4</u>		HS(M) = 48.0		HP(M) = 18.0	P(M**3/D) = 0.00		SIGMA Q-P =	0.00
32	31	110.	200.	467.	-3389.8	-39.23	-11.16	-1.25
32	33	110.	150.	130.	2380.8	27.56	23.55	1.56
<u>HD(M) = 48.1</u>		HS(M) = 59.0		HP(M) = 7.0	P(M**3/D) = 1009.0		SIGMA Q-P =	0.00
33	30	110.	100.	734.	814.8	9.43	23.29	1.20
33	32	110.	150.	130.	-2380.8	-27.56	-23.55	-1.56
<u>HD(M) = 46.1</u>		HS(M) = 60.0		HP(M) = 6.0	P(M**3/D) = 1566.0		SIGMA Q-P =	0.00

***** KANMO KEISAN *****

SAN ANDRES TOH KANMOKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

CORRECTION TIME 28

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)
34	29	110.	250.	168.	-98090	-11353	-2692	-2.31
34	35	110.	250.	239.	59592	6897	1070	1.41
34	38	110.	200.	711.	38498	4456	1412	1.42
<u>HD(M) = 8.4</u>		HS(M) = 63.0		HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =	0.00
35	34	110.	250.	239.	-59592	-6897	-1070	-1.41
35	36	110.	200.	230.	59592	6897	3172	2.20
<u>HD(M) = 3.8</u>		HS(M) = 61.0		HP(M) = 5.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =	0.00
36	35	110.	200.	230.	-59592	-6897	-3172	-2.20
36	37	110.	200.	380.	27772	3214	771	1.02
<u>HD(M) = -4.5</u>		HS(M) = 60.0		HP(M) = 6.0	P(M**3/D) = 31.820		SIGMA Q-P =	0.00
37	36	110.	200.	380.	-27772	-3214	-771	-1.02
37	39	110.	150.	242.	27772	3214	3131	1.82
<u>HD(M) = -6.4</u>		HS(M) = 61.0		HP(M) = 4.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =	0.00
38	34	110.	200.	711.	-38498	-4456	-1412	-1.42
38	39	110.	150.	180.	38498	4456	5733	2.52
<u>HD(M) = -2.7</u>		HS(M) = 62.0		HP(M) = 4.0	P(M**3/D) = 0.0		SIGMA Q-P =	0.00

***** KANMO KEISAN *****
 SAN ANDRES TOH KANMOKEISAN (HEIJYOJI) 管網計算結果

I	J	C	D(MM)	L(M)	Q(M**3/D)	Q(L/S)	I(O/OO)	V(M/S)	CORRECTION TIME 28
39	37	110.	150.	242.	-2777.2	-32.14	-31.31	-1.82	
39	38	110.	150.	180.	-3849.8	-445.6	-57.33	-2.52	
<u>HD(M) = -1.20</u>		HS(M) = 63.0	HP(M) = 3.0	P(M**3/D) = 6627.0		SIGMA Q-P = 0.00			

2. 送水管の概算工事費

海水淡水化プラントの建設候補地として $\#1$ ～ $\#3$ までの3地点が考えられているが、参考までに、この3地点から配水池までの送水管の概算工事費を算出する。

なお、工事費算出にあたり、管材は水道用鋼管を用い現地調達とし、掘削は素掘とし舗装復旧まで含むと考えた。

表 4 概算工事費算出表

項 目	ケース1 ($\#1$ 候補地 ～配水池)	ケース2 ($\#2$ 候補地 ～配水池)	ケース3 ($\#3$ 候補地 ～配水池)
口 径 (mm)	$\phi 200$	$\phi 200$	$\phi 200$
延 長 (m)	810	940	1,120
単 価 (円) (材 工 共)	36,000	36,000	36,000
小 計	29,160,000	33,840,000	40,320,000
諸 経 費 (円) (上記小計の30%)	8,748,000	10,152,000	12,096,000
計	37,908,000	43,992,000	52,416,000

3. サンプル水の分析結果

項 目 サンプル $\#$	電 気 伝 導 度 ($\mu S/cm, 25^{\circ}C$)	TDS (ppm)
1	1,180	680
2	5,540	4,070
3	5,540	4,000
4	5,480	3,980
5	5,500	3,970

サンプル名

- $\#1$ 井戸水
- $\#2$ サンアンドレス島沖合 100 m Feb.21 11⁰⁰
- $\#3$ サンアンドレス島沖合 200 m Feb.21 11⁰⁰
- $\#4$ サンアンドレス島海岸
- $\#5$ ザンアンドレス島海岸

注 電気伝導度の値に比較して、TDSの値が高い。現在各イオン濃度を分析中である。

JICA