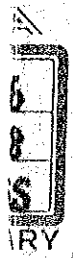


イエメン人民民主共和国  
アデン市下水道施設改善計画調査  
最終報告書

(和文要約)

平成 2 年 1 月

国際協力事業団





イエメン人民民主共和国  
アデン市下水道施設改善計画調査  
最終報告書

(和文要約)

JICA LIBRARY



1083467191

21328

平成2年1月

国際協力事業団

国際協力事業団

21328

## 序 文

日本国政府は、イエメン人民民主共和国政府の要請に基づき、同国アデン市下水道施設改善計画に係る開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1988年12月より1989年3月まで、及び1989年6月より同年9月まで、(株)東京設計事務所 牧野平老郎氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、イエメン人民民主共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年1月

国際協力事業団  
総裁 柳谷謙介

イエメン人民民主共和国

アデン市下水道施設改善計画調査

最終報告書と文要約

目 次

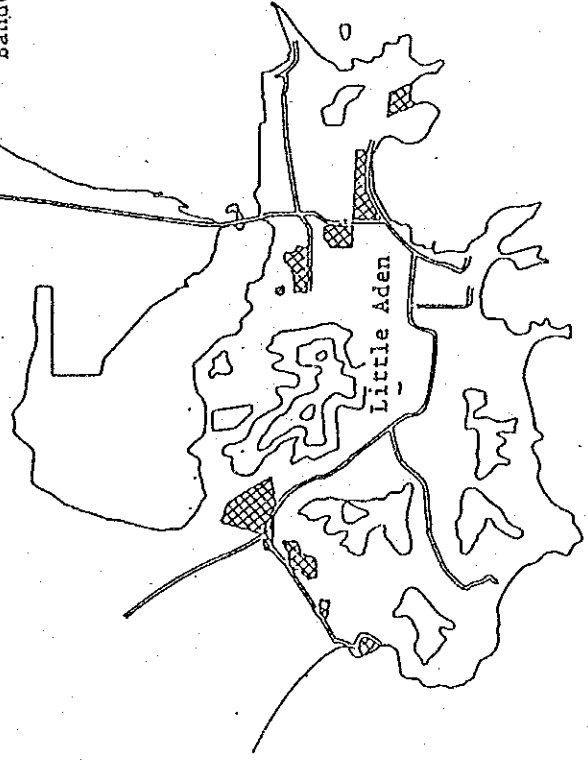
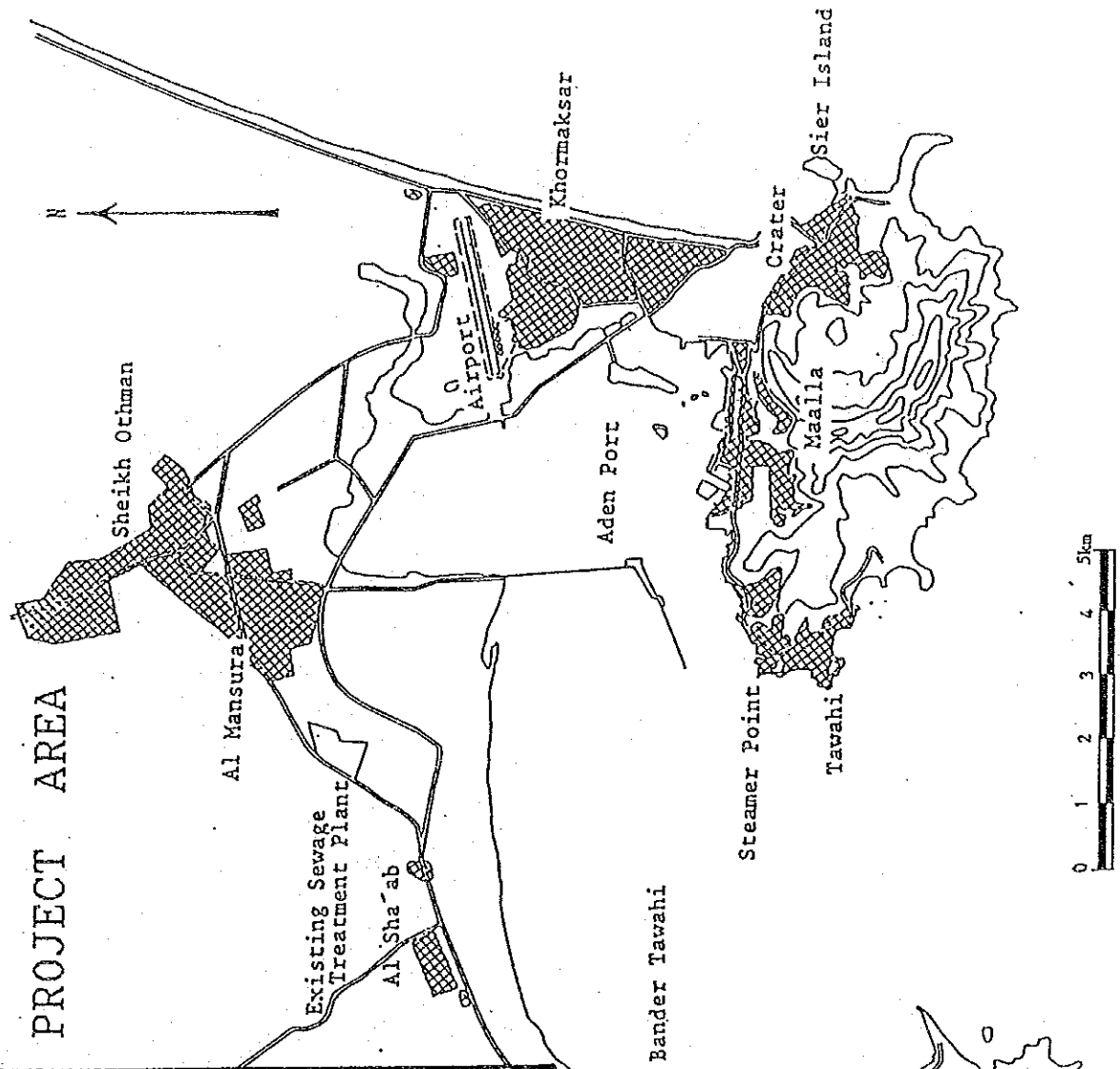
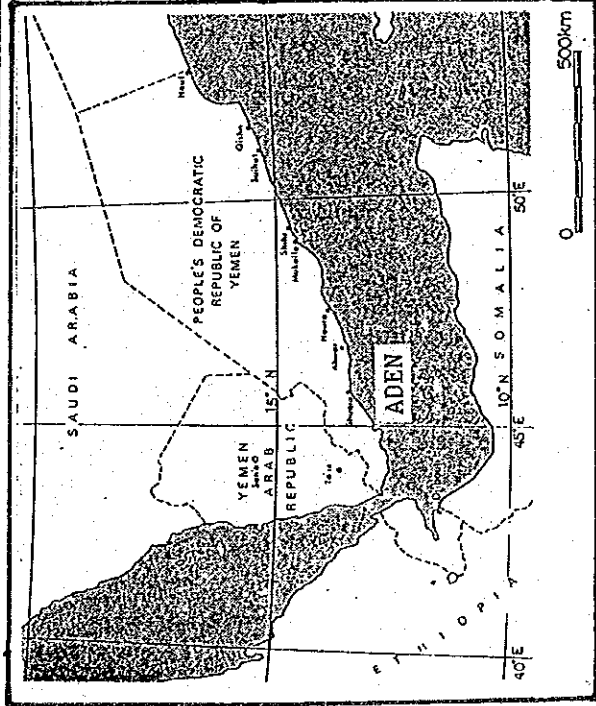
	頁
1. 序 論 .....	1
1.1 プロジェクトの背景 .....	1
1.2 調査の内容 .....	1
1.3 調査の範囲 .....	1
1.4 本調査の実施 .....	1
1.5 提出報告書 .....	2
2. 調査区域の現況 .....	3
2.1 自然条件 .....	3
2.2 社会・経済状況 .....	3
2.3 人口、土地利用 .....	6
2.4 公衆衛生 .....	7
2.5 上水道 .....	7
2.6 下水道施設と下水処分 .....	7
3. 計画の基本 .....	10
3.1 調査区域 .....	10
3.2 人口予測 .....	10
3.3 計画下水量と計画水質 .....	11
3.4 施設計画の技術的検討 .....	12
4. 長期計画 .....	13
4.1 代替案 .....	13
4.2 ポンプおよび圧送管 .....	15
4.3 長期計画で整備すべき施設 .....	17
4.4 事業費 .....	19
4.5 実施計画 .....	20

5. 第 1 期 事 業 .....	2 2
5.1 現 地 調 査 .....	2 2
5.2 建 設 工 法 お よ び 建 設 資 材 .....	2 2
5.3 実 施 計 画 .....	2 2
5.4 事 業 費 .....	2 2
6. 制 度 の 整 備 .....	2 5
6.1 組 織 .....	2 5
6.2 要 員 計 画 .....	2 5
7. 事 業 の 評 価 .....	2 7
7.1 財 務 分 析 .....	2 7
7.2 経 済 分 析 .....	2 8



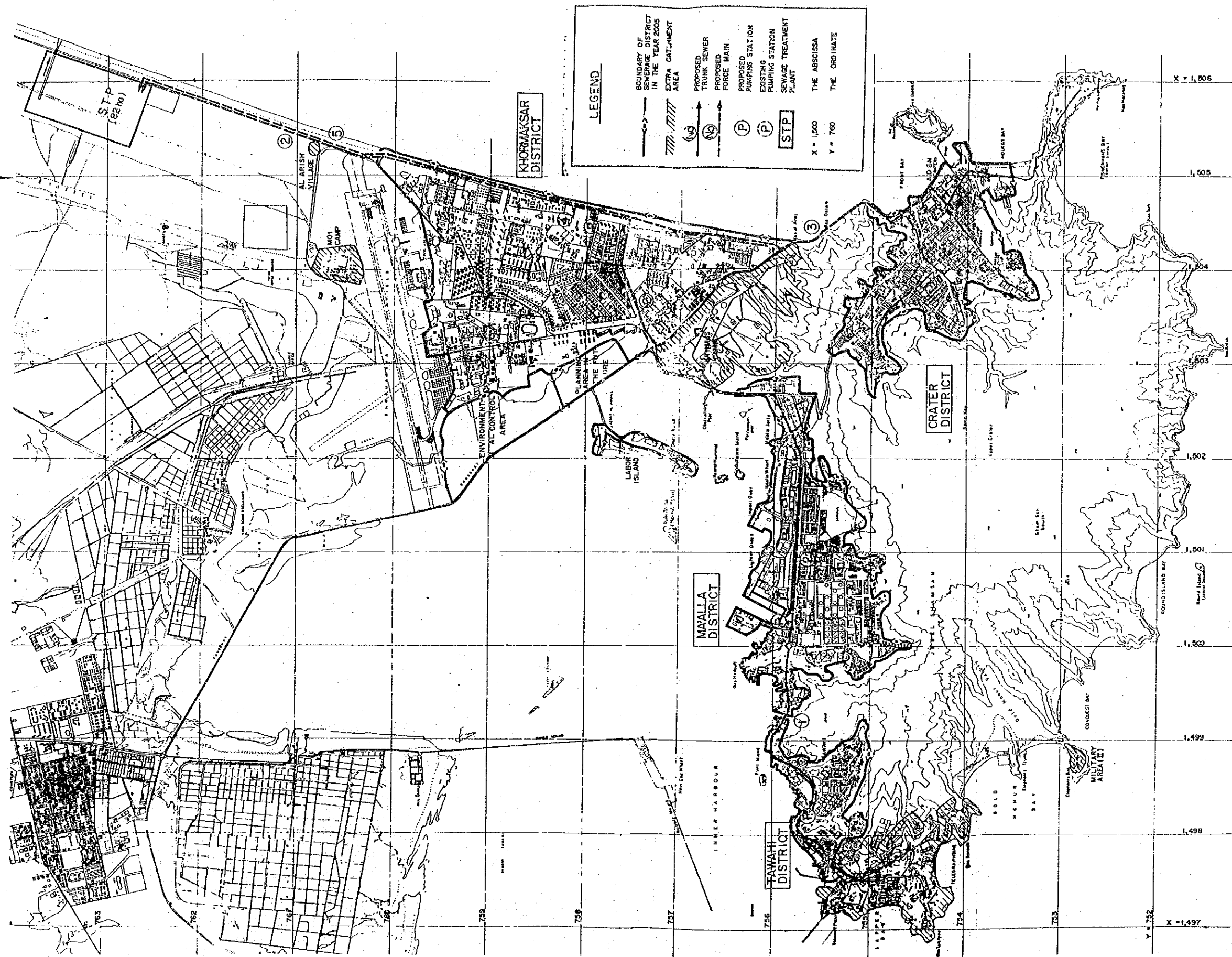
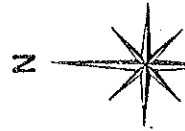


# PROJECT AREA









**LEGEND**

- BOUNDARY OF SEWERAGE DISTRICT IN THE YEAR 2005
- EXTRA CATCHMENT AREA
- PROPOSED TRUNK SEWER
- PROPOSED FORCE MAIN
- ⊕ PROPOSED PUMPING STATION
- ⊕ EXISTING PUMPING STATION
- STP SEWERAGE TREATMENT PLANT
- X = 1,500 THE ABSCISSA
- Y = 760 THE ORDINATE

<b>FEASIBILITY STUDY ON THE IMPROVEMENT OF MA'ALLA AND TAWAHI SEWERAGE SYSTEM</b>  <b>SEWERAGE GENERAL PLAN</b>	DATE	JICA
	JAN. 1990	DRAWING NO.
	SCALE	1
	1 : 20,000	

## 1. 序 論

### 1.1 プロジェクトの背景

1988年、イエメン人民民主共和国（南イエメン）政府は日本政府に対し、アデン市のマールラ地区、タワヒ地区の下水道施設の改善に関する調査（本調査）を要請してきた。

南イエメン政府の公式要請に応じて、日本国政府は本調査の実施を決定し、日本国政府の技術協力プログラムの実施機関である国際協力事業団（JICA）が1988年7月17日付で調印されたスコープ オブ ワークに従って南イエメン政府関係機関との緊密な協力の下に本調査を実施した。

自治総局はJICAによって組織された日本側調査団に対する対応機関として活動すると共に本調査の円滑な実施を計るため他の関係機関との連絡調整の役を果たすこととなった。

### 1.2 調査の内容

本調査の目的はアデンにおけるマールラ、タワヒ、クレーター、コールマクサル（注）の4地区の下水道施設基本計画を策定し、マールラ、タワヒ両地区の下水道施設改善に関するフィージビリティ調査を実施することである。

### 1.3 調査の範囲

本調査の実施に当り、調査の範囲は以下の通りである。

- (1) 調査区域：本調査は4地区、マールラ、タワヒ、クレーター、コールマクサルを対象とする。
- (2) 目標年次：長期計画の目標年次は2010年、第1期事業のそれは2000年とする。
- (3) 調査内容：本調査は南イエメン国内における野外測量、資料収集と日本と南イエメン国内における分析作業より成立っている。特記内容としてi) 資料収集と分析、ii) 基本構想の策定、iii) 測量、iv) フィージビリティ調査を含む。

### 1.4 本調査の実施

日本国政府はJICAを通じて調査期間中に南イエメン国に調査団を派遣し、南イエメン側のカウンターパートに有効な技術移転を行うための必要な措置を講じた。

調査団は1988年11月22日に作業を開始し、12月の始めから1989年3月中旬までアデンにおいて測量、南イエメン国関係当局との討議、野外調査と収集資料の分析を実施した。調査活動の成果は1989年6月に自治総局に提出されたインテリム・レポートに記されている。

第2回現地調査は1989年6月から9月にかけて実施された。全ての調査項目を含むドラフト・ファイナル・レポートは同年11月自治総局に提出され、同報告に関する討議は同年12月にアデンで開催された。最終報告書は討議の結論を踏まえて1990年1月に完成した。

### 1.5 提出報告書

多数の報告が調査期間中に原稿あるいは中間報告書の形で自治総局に提出された。全ての報告書は次の4分冊からなる最終報告書にまとめられた。

- (1) 第1冊 概要報告書
- (2) 第2冊 主報告書
- (3) 第3冊 付録
- (4) 第4冊 図面

## 2. 調査区域の現況

### 2.1 自然条件

- (1) アデン市はアデン州の本土部分でアラビア半島の西南部に位置する。紅海の南部であるバブアルマンダブ海峡を挟んでアフリカ大陸を望む。アデン市のコールマクサール地点で東経45° 02分、北緯12° 50分である。
- (2) アデン市の地形を特徴づけるものは、タワヒ湾である。アデン市の北部および北東部の大部分は平坦な砂丘となっている。西部および南部には山地がある。マーラ、タワヒ、クレーター、コールマクサールから成る調査区域はアデン市の東部及び南部を占める。クレーター地区は最も古い地域で火口の残骸である岩石地帯に形成されている。マーラ、タワヒ両地区は海拔10.3mから4.5mの沿岸道路沿いに発展してきた。これら3地区では開発可能な土地はほとんど市街化されている。コールマクサールは昔の島と本土を結ぶ砂州の上に形成され、標高は海拔2.7～3.7mである。
- (3) アデン岩石帯は紅海、アビシニアン地溝に属する広範囲な火山帯の一部である。東アフリカ地溝帯の一部である西アラビア（紅海）およびレバンテン地溝帯での火山の存在はよく知られているところである。南イエメンの地質は大きく3つの区域に区分され、アデン市は西南部のアデン岩石帯の火山成岩盤に覆われた低地帯に位置している。
- (4) アデン市は北半球熱帯地方のアジア-アフリカ海岸性気候区域に属している。アデン市の気候の特徴は以下ようになる。
  - a. 年間を通じて高温であり、気温の変化が少ない。月別の平均気温の最高は6月の36.4℃で、最低は11月の22.8℃。
  - b. 高湿度。月別の平均湿度の最低は7月の66%、最高は4月の75%。
  - c. 少雨。年平均降雨量は68mm。
  - d. 比較的安定している季節風。卓越風は冬季が東ないし北東、夏季が南ないし西で転換期が10/11月と4/5月。

### 2.2 社会・経済状況

- (1) 南イエメンは最貧国（LLDC）の一つであり、1986年の1人当り国民所得は480ドルであった。南イエメンの経済は二重構造で、アデン市を中心とする精油、港湾、工業の近代的セクターと海岸地帯に位置する漁業、農業の伝統的セクターから成っている。

最近5年間の国内総生産（GDP）は表2.1の通り。

表2.1 国内総生産

(単位:百万YD)

	1983	1984	1985	1986	1987
GDP (要素価格ベース)	289.6	320.9	320.3	291.6	308.1
成長率 (%)	10.5	10.8	-0.2	-9.0	5.7
GDP (1985価格)	308.5	316.2	313.0	282.5	290.2
成長率 (%)	3.5	2.5	-1.0	-9.7	2.7

注) 1 YD=380円 (1988、12月)

(2) 南イエメンの開発計画は1971年4月から1974年3月までの3ヶ年計画を嚆矢とする。その後引続き5ヶ年計画が、1974年4月~1978年12月、1981~85年、1986~1990年と実施された。第2次及び第3次5ヶ年計画では農業、漁業および工業等の生産セクターが優先された。表2.2に部門別実質ベースの開発支出を示す。

表2.2 部門別開発支出

(単位:百万YD)

	1974 ~ 80		1981 ~ 85	
	実数	%	実数	%
農業	72.7	23.0	84.4	12.4
漁業	35.9	11.3	37.4	5.5
工業	24.3	7.6	20.6	3.0
電力	13.0	4.1	102.0	15.0
石油/鉱物	15.7	5.0	63.1	9.2
建設	11.0	3.5	13.2	1.9
運輸/通信	76.0	24.0	152.4	22.3
商業	3.5	1.1	33.6	4.9
水道	2.2	0.7	28.5	4.2
社会サービス	62.0	19.7	147.5	21.6
合計	316.6	100.0	682.7	100.0

(3) 現在実施中の第3次5ヶ年計画では外貨獲得のため鉱物資源調査、とりわけ石油探査部門に重点が置かれている。現在の5ヶ年計画のセクター別配分を表2.3に示す。



表2.3 第3次5ヶ年計画 1986~90  
(単位:百万YD)

	1986	1987	1988	1989	1990
農業 / 漁業	19.5	19.7	18.8	16.4	15.5
工業 / 電力 / 精油	42.3	43.1	35.3	24.5	19.0
鉱物	14.4	20.1	22.9	21.3	24.3
商業 / 建設	34.0	33.1	26.7	23.9	20.3
社会サービス	36.8	31.8	19.3	17.5	11.8
合計	147.0	147.8	123.0	103.6	90.9

- (4) 国内資金が少ないため、南イエメンの開発は外国の資金に頼らざるを得ない。表2.4に示すように1983年から87年にかけて全体の開発資金の半分近くは外国資金であった。多額の借款により長期借入れ残高は1983年の945百万米ドルから1988年央には1,658百万米ドルへと増加した。長期借款の70%は2国間の借款であり、主な援助国はソ連(対外負債の50%以上)と中国(同8%)、その他は世銀、アラブ経済社会開発基金等の国際金融機関である。1987年の対外債務返済比率は15.8%であった。イエメン銀行によると、対外借款の平均利率は2%に過ぎず債務返済はまだ管理可能な状態にあるとのことである。

表2.4 開発資金源 1983~1987  
(単位:YD 1,000)

	1983	1984	1985	1986	1987
開発資合計	149,400	158,800	131,900	102,900	114,900
国内	79,900	92,200	70,600	45,300	45,500
政府資金	60,900	64,500	48,300	38,400	38,400
銀行	8,600	19,400	17,000	3,200	2,600
自己資金	10,400	8,300	5,300	3,700	4,400
外国	69,500	66,600	61,300	57,600	69,500
(%)	(46.5)	(41.9)	(46.5)	(56.0)	(60.5)

- (5) 1986会計年度の開発支出は102.8百万YDで1985年度の132.1百万YDから減少した。1987年度には僅かに回復し114.9百万YDであった。1987年度の部門別の開発支出は、電力が最高で全体の20%を占め、以下鉱物調査(17%)、社会サービス(15.2%)、運輸(14.8%)、農業(13.0%)となっている。過去3年間鉱物調査と電力は急速に支出が拡大し、一方運輸/通信、下水道が含まれる社会サービスは顕著に減少した。部門別の開発支出を表2.5に示す。

表2.5 投資支出  
(単位: YD 1,000)

	1985	1986	1987
農業	14,000	11,300	14,900
漁業	2,000	2,300	5,800
工業	2,600	2,300	3,600
鉱物調査	12,600	11,300	19,500
電力	23,500	33,100	27,100
水道	6,500	4,900	7,600
精油	10,400	600	0
建設	2,400	200	100
商業/ホテル	4,600	1,400	1,800
運輸/通信	24,800	14,200	17,000
社会サービス	28,700	21,200	17,500
合計	132,100	102,800	114,900

### 2.3 人口、土地利用

(1) 最新の国勢調査は1988年に行われた。これは前回1973年から15年後である。表2.6にマアラ、タウヒ、クレーター、コールマクサルスの過去2回の国勢調査による人口をアデン州、南イエメン全国の人口とともに示す。アデン州の人口は1973年の291,376人から1988年には418,755人へと増加した。一方、4地区の人口は1973年の132,517人から1988年には151,602人に増加した。人口増加率でみるとアデン州は過去15年間の平均で年率2.4%であるのに対し4地区は0.9%であった。人口増加率が低かったことにより、同じ期間で4地区の全州人口に対する比率は45%から36%へと減少した。

表2.6 国勢調査による人口

地域	人口(人)		年間増加率 (%)
	1973	1988	
マアラ	47,044	53,404	0.85
タウヒ	16,444	18,815	0.90
クレーター	54,261	59,725	0.64
コールマクサル	14,768	19,658	1.93
4地区計	132,517	151,602	0.90
アデン市	240,370	—	—
アデン州	291,376	418,755	2.4
南イエメン	1,590,275	2,345,266	2.6

(2) アデン市の面積は49,088haであり、そのうち1980年の市街地は5,032ha全体の10.2%であった。市街地以外の土地はそのほとんどが砂丘、山地等で占められる。農地、いろいろな軍施設も市街地以外の土地に含まれる。建設省で作成された2010年目標の開発基本計画(DPS2010)によると、4地区は既に開発が終わり、主に地形的な制約から今後の開発余地は残されていない。したがって、コールマクサールの一部の埋め立てを除けば、4地区の空間的な拡大は考えられない。

#### 2.4 公衆衛生

アデン市における伝染病の発生件数は依然高い水準にあり、この地域の衛生施設が不満足な状況にあることを示している。人口1,000人当りの水系伝染病の発生率は以下の通りである。

赤痢	479
チフス、パラチフス	2
伝染性肝炎	25
腸炎その他下痢	23
住血吸虫	13

#### 2.5 上水道

(1) アデン市における上水道は長い歴史を有しており、十分に発達している。過去に個別に発達したいくつかの上水道が互いに連結し統合され、一つのアデン市上水道を形成している。現在ではアデン市の上水道普及率は100%である。上水道施設は水道公社(PWC)により十分な維持管理が施されている。

(2) アデン市の上水道の水源はワジ(涸れ川)の地下水に限られる。供給可能な地下水源が限られた僅かなものであることが将来の最も深刻な問題である。英国のコンサルタントによって作成された最新の上水道計画によると1978年、1984年のアデン市全体の水使用量は1人当りにしてそれぞれ125ℓ/日、132ℓ/日であり、4地区については1984年で163ℓ/日であった。

(3) 上水道基本計画では1995年と2010年の水需要量を1人当りにして、それぞれ267ℓ/日、281ℓ/日と予測している。需要量の推計に基づき、新規の地下水源の開発、海水の淡水化が提案されている。送水管、給配水管網および関連施設の整備についても提案されている。現在、1995年を目標とした第2期事業が実施中である。

#### 2.6 下水道施設と下水処分

(1) 南イエメンにおける下水道事業の国レベルでの主轄官庁は内閣の一員であり首相の直轄機関である自治総局である。自治総局の5つの部の一つ市担当部が下水道と公衆衛生事業を担当する。南イエメンの主要都市部の下水道事業は計画、建設とも自治総局が直接実施している。

南イエメンの6つの州にはそれぞれ地方人民評議会が設立されている。地方人民評議会はその執行機関、すなわち州政府を通じ地方行政を行う。アデン市役所は州政府の下にある3つの機関の一つであり、アデン市の下水道施設の維持管理を担当している。

- (2) アデンでは独立前の1955年に制定された下水道条例が現在も有効である。この条例の性格には英軍がその植民地統治の間に下水道を完成させなければならなかった事実が反映されている。しかし、この条例は下水道事業を実施するために必要な全ての条文を網羅している。下水道料金徴収もこの条例に規定されている。

現在、この条例を見直し新たな下水道法を制定すべきとの共通の認識が関連機関の間では広く行き渡っている。新下水道法の案が1982年に作成され、現在も議論が続いている。新下水道法では、地方自治体が下水道の建設、維持管理を管轄することが提案されている。下水道料金についても検討すべきこととなっている。自治総局では現在、組織、法制の改善についての社会、経済的な調査を行っている。この間、閣議決定59/81では地方人民評議会に対し、州政府に上下水道担当部局を設立する旨の決議がなされた。しかし、この決議は未だに完全には実施されていない。

- (3) アデン市は下水道が整備されており、これは1988年ムカラ市に下水道が完成するまで、南イエメンでは唯一の近代的下水道であった。最も古い施設は1940年代クレーター地区に建設されたものである。1957年にはマーラ、タワヒ地区の施設が建設された。1963年クレーター地区の施設の大規模な改善とコールマクサル地区の新規施設の建設が行われた。4地区の下水道は1960年代に現在の形を整えるに至った。現在ごく一部の未整備地区の住民を除き4地区のほとんどの住民が整備地区に住んでいる。しかし、マーラ、タワヒの下水道整備地区の一部にはスーパーパッセージと呼ばれる建物から汚水を開渠で集める施設が残っており、生活環境の悪化の一因となっている。4地区の下水道施設の概要を表2.7に示す。

表2.7 既設下水道施設の概要

地 区	計画区域 (ha)	管 渠			ポンプ場 ヶ所	スーパーパッセージ		海 中 放流管
		口径(mm)	延長(m)	材 質		ヶ所	ヶ所延長(m)	
マ ー ラ	279	150~400	19,780	ACP, CIP, VCP, CP	4	53	2,704	1
タ ワ ヒ	87	150~225	6,998	ACP, CIP, VCP	7	78	2,511	5
クレーター	235	100~750	6,770	ACP	2	--	--	1
コールマクサル	418	100~400	17,822	ACP	17	--	--	1

(4) アデン市および調査団の現地調査による4地区の1人当りの下水量とその水質は以下の通りである。

1人当り下水量	118 ℓ/人/日
BOD	324 mg/ℓ
BOD負荷量	38.2 g/人/日
SS	263 mg/ℓ

上記の1人当り下水量に基づき4地区の下水量を求めると日平均で17,900m<sup>3</sup>/日となる。

(5) 収集された下水は無処理で海中放流されており、放流水域の水質汚濁を引き起こしている。タワヒ湾の内港にはマーラ、タワヒ地区の下水が放流されており汚濁が著しい。下水道施設の欠陥によってもたらされた汚染に対して港湾当局を始め多くの機関から観光、貿易の発展を阻害し外貨獲得の機会を失うとの非難がおこっている。

(6) 4地区の既存のポンプ場の多くは機械設備や構造物の老朽化により非常に悪い状態である。これらのポンプ場はリハビリが必要である。これに加え高温、沈殿物の多い下水、その他の条件から現地では硫化水素ガスが発生しやすくコンクリートや鋼製の構造物に腐食による損害を与えている。硫化水素の発生しやすい場所では管やマンホールがひどく傷んでいる。これらについても布設替えが必要である。陶管は硫化水素に対し耐久性があり、現在アデン市当局による布設替えにも使用されている。

### 3. 計画の基本

#### 3.1 調査区域

本調査のスコープ・オブ・ワークで定められたように2010年を目標年次とする長期計画の調査区域はアデン市の4地区、マール、タワヒ、クレーター、コールマクサールである。フィージビリティスタディの調査区域は当初マール地区とタワヒ地区に限られていたが、調査途中においてスコープ・オブ・ワークの修正により新たにコールマクサール地区が追加された。

2010年における下水道計画区域は建設省都市計画課で策定された2010年開発基本計画(DSP2010)の市街化区域と基本的には同一である。調査区域の将来市街化区域のほとんどは既に市街化されている。コールマクサール地区の堤防道路の東側に位置する現在海浜となっているかなり広い区域が住居用地と環境保全地区に予定されている。住居用地は今後埋め立てられ開発が進むものと考えられるため下水道整備区域に含める。環境保全区域は2010年までには開発されない。

下水道計画区域外で下水が計画区域に流入する区域を区域外流入区域とする。区域外流入区域の下水道施設の計画は本調査の範囲外であるが、流入下水は施設設計に考慮する。4地区の下水道計画区域は1,105haであり、そのうち86haはコールマクサール地区の開発予定区域であり、軍事基地等の区域外流入区域面積は421haである。表3.1に調査区域面積を示す。

表3.1 調査区域

(単位: ha)

地 区	下水道施設計画	開発予定区域	区域外流入区域
マール	279	—	—
タワヒ	87	—	119
クレーター	235	—	—
コールマクサール	418	86	302
計	1,019	86	421

#### 3.2 人口予測

下水道計画区域の人口予測はDPS2010を基礎とした。将来人口はこれにDPS2010策定後承認された住宅開発による人口を加えている。

土地利用計画によると調査区域には — 特にコールマクサール地区で — 公共機関がかなり広く分布することとなっている。これら公共用機関からの汚水量を算定するために人口当量を採用した。人口予測の結果を表3.2に示す。

表3.2 人口予測

(単位：人)

地区	2000年			2010年		
	居住人口		人口当量	居住人口		人口当量
	DPS2010	新開発		DPS2010	新開発	
マ ー ラ	57,300	6,000	6,700	58,000	10,000	6,800
タ ワ ヒ	19,700	—	13,200	20,000	—	13,400
クレーター	73,100	—	4,200	77,000	—	4,300
コールマクサール	20,000	—	20,600	21,000	—	20,800
計	170,100	6,000	44,700	176,000	10,000	45,300

## 3.3 計画下水量と計画水質

上水道基本計画と水道公社からの最新情報に基づき計画下水量を算定した。下水の発生源を生活排水、公共機関、その他の3つに区分した。生活排水は家庭と学校、商店その他の地域施設からの汚水である。公共機関からの排水は人口当量を基に別途算定した。その他は区域外流入区域からの汚水である。以上に加え、地下水浸透量を地下水位を勘案し下水道整備区域の一部で見込んだ。4地区の下水量は表3.3の通り。

表3.3 計画下水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

地区	項目	第1期計画			長期計画		
		日平均	日最大	時間最大	日平均	日最大	時間最大
マ ー ラ	生活排水	9,495	10,445	18,990	12,240	13,464	24,480
	公共機関	1,005	1,106	2,010	1,224	1,346	2,448
	その他	—	—	—	—	—	—
	地下水	—	—	—	—	—	—
	計	10,500	11,551	21,000	13,464	14,810	26,928
タ ワ ヒ	生活排水	2,955	3,251	5,910	3,600	3,960	7,200
	公共機関	1,980	2,178	3,960	2,412	2,653	4,824
	その他	900	990	1,800	900	990	1,800
	地下水	—	—	—	—	—	—
	計	5,835	6,419	11,670	6,912	7,603	13,824
クレーター	生活排水	10,965	12,062	21,930	13,860	15,246	27,720
	公共機関	630	693	1,260	774	851	1,548
	その他	—	—	—	—	—	—
	地下水	—	—	—	—	—	—
	計	11,595	12,755	23,190	14,634	16,097	29,268
コールマクサール	生活排水	3,000	3,300	6,000	3,780	4,158	7,560
	公共機関	3,090	3,399	6,180	3,744	4,118	7,488
	その他	3,090	3,399	6,180	3,090	3,399	6,180
	地下水	3,145	3,145	3,145	3,145	3,145	3,145
	計	12,325	13,243	21,505	13,759	14,820	24,373
計	生活排水	26,415	29,058	52,830	33,480	36,828	66,960
	公共機関	6,705	7,376	13,410	8,154	8,968	16,308
	その他	3,990	4,389	7,980	3,990	4,389	7,980
	地下水	3,145	3,145	3,145	3,145	3,145	3,145
	計	40,255	43,968	77,365	48,769	53,330	94,393

下水の水質については調査団による実測とWHOの勧告を基に定めた。1人当りの汚水量と汚濁負荷量の増加を見込んだ結果、計画下水水質は以下のようになった。

表3.4 計画下水水質

(単位：mg/ℓ)

BOD	COD <sub>cr</sub>	COD <sub>mn</sub>	SS	NH <sub>4</sub> -N	T-P
250	550	110	200	46	10

### 3.4 施設計画の技術的検討

標準的な自然流下式を始め、圧力式、真空式、小口径下水道の適応性を検討した結果、自然流下式が適当と考えられた。自然流下式はこれまでアデン市で約30年間重大な問題を起こすことなしに維持管理されている。

現在の下水道管を合流式下水道として使用することを検討した。降雨回数が少なく、また降雨強度も小さいが、既存の管は流出雨水量に対して十分な容量を持っていないことが判明した。既存の管は現状通り分流式の污水管として使用し、雨水に対しては別途対策を講じるべきである。

マアラ、タワヒ地区の生下水の無処理放流による内港の水質汚濁の現状とこれに対する政府機関の反対表明を考慮し、下水処理を強く提言する。下水処理によって生じる便益に処理下水のグリーンベルト造成への再利用がある。水資源の逼迫したアデンにおいては処理水の再利用は水資源の保全に多いに貢献するものと思われる。

下水処理方式としては、好適な気候条件、機械電気設備が最小であること、運転動力が最少であることから安定化池を提案する。



## 4. 長期計画

### 4.1 代替案

4地区の最適下水道施設案を選定するため4つの代替案を検討した(図4.1参照)。各案の特徴は次のようである。

代替案1A：マアラ地区の汚水をタワヒ地区に圧送合流して未処理のままステーマーポイントからアデン外湾に放流し、クレーター地区の汚水はコールマクサール地区に圧送合流してアビアン道路沿い空港の北側に予定する処理場に導き安定化池で処理する。

代替案1B：タワヒ地区の汚水をマアラ地区に圧送し、現在のヘジャフポンプ場の先の埋立て地に建設を予定するオキデーションディッチによる処理場で処理してタワヒ内湾に放流する。クレーター、コールマクサール地区の下水システムは1Aと同じ。

代替案2：タワヒ、マアラ地区の汚水を堤防道路を経て既設アルシャープ処理場に圧送して安定化池により処理する。クレーター、コールマクサール地区は1A、1Bと同じ。

代替案3：タワヒ、マアラ、クレーター、コールマクサール地区の汚水を1Aと同地点の処理場まで北上圧送し、安定化池により処理する。

建設費の比較結果は次のようである。

代替案	1A	1B	2	3	備考
費用	11,059	13,626	12,881	9,769	単位：YD1,000

費用比較の結果、環境保全に果たす効果、処理水の再利用等を勘案して3案を最適案とした。処理場予定地はDSP2010による開発予定地区に位置しているが、グリーンベルト造成が近くに予定されており、処理水の再利用については好都合である。

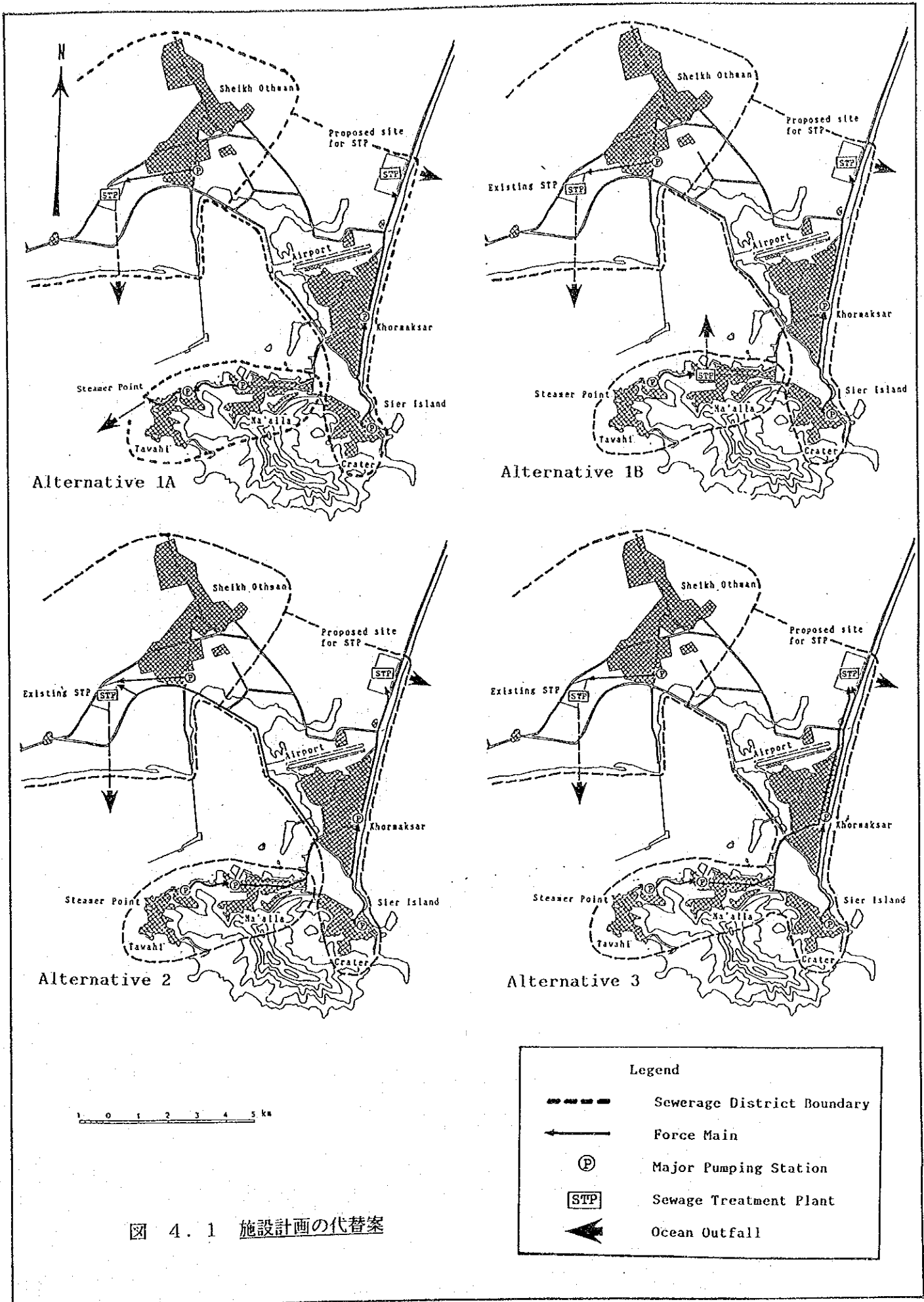


図 4. 1 施設計画の代替案

#### 4.2 ポンプおよび圧送管

ポンプ場と圧送管システムについて1条管2条管方式、中継ポンプ方式と多重圧送方式について4つの代替案を比較検討した(図4.2参照)。

ケース1 多重圧送1条管

ケース2 中継ポンプ1条管

ケース3 多重圧送2条管

ケース4 中継ポンプ2条管

4ケースの建設費の比較は以下の通り。

4 ケースの建設費  
(単位：YD 1,000)

ケース	1	2	3	4
長期計画	6,349	6,075	6,817	7,387
第1期計画	4,354	5,276	3,721	3,954

第1期計画の費用を考慮し、ケース3あるいはケース4のいずれかとし、どちらを選択するかは次の段階の課題とする。費用の積算はケース3に基づいている。

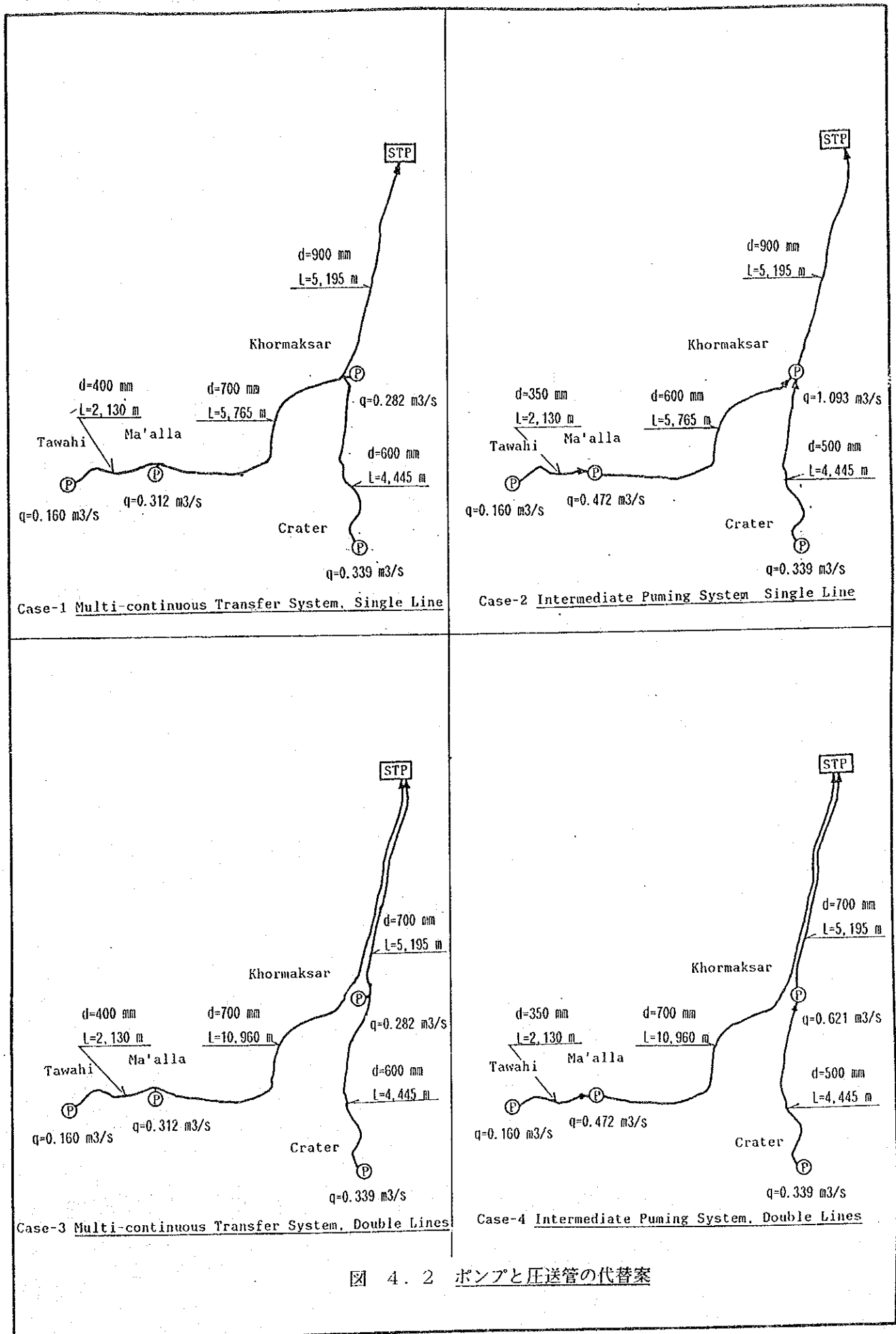


図 4.2 ポンプと圧送管の代替案

#### 4.3 長期計画で整備すべき施設

下水道現況と選ばれた代替案に基づき2010年目標の長期計画で整備すべき下水道施設を選定した(図4.3参照)。下水道施設は基幹施設と面整備施設に大別される。基幹施設は4地区の汚水を処理場に圧送する中継ポンプ場、圧送管、処理施設である。ポンプ場は各地区に各々1ヶ所、圧送管は各ポンプ場より処理場までである。面整備施設は各地区内の施設であり、自然流下水管の取り替えおよび新設、既存ポンプ場のリハビリとスイーパーパッセージの改良である。

##### (1) 基幹施設

###### a. 下水処理場

処理方式：安定化池法(3系列)、1系列当り、嫌気性池1池、通性池1池、2段熟性池

容量：48,800 m<sup>3</sup>/日

敷地面積：816,000 m<sup>2</sup>

###### b. ポンプ場

名称	設計流量 (m <sup>3</sup> /分)	台数	総揚程 (m)	口径 (mm)	モーター出力 (kw)
タワヒ	9.6	3	52	200	90
マーラ	18.7	3	40	250	120
クレーター	20.3	3	43	250	140
コールマクサール	16.9	3	33	250	90

ポンプ型式：うず巻型スクリーポンプ  
ポンプ台数は各々予備1台を含んでいる。

###### c. 圧送管幹線

区間	口径 (mm)	延長 (m)	材質
タワヒP/S ~ マーラP/S	400	2,130	DCIP
マーラP/S ~ 処理場	700	10,960	DCIP
クレーターP/S ~ コールマクサール コールマクサールP/S	600	4,445	DCIP
吐出管	450	105	DCIP
コールマクサール ~ 処理場	700	5,195	DCIP
計		22,835	

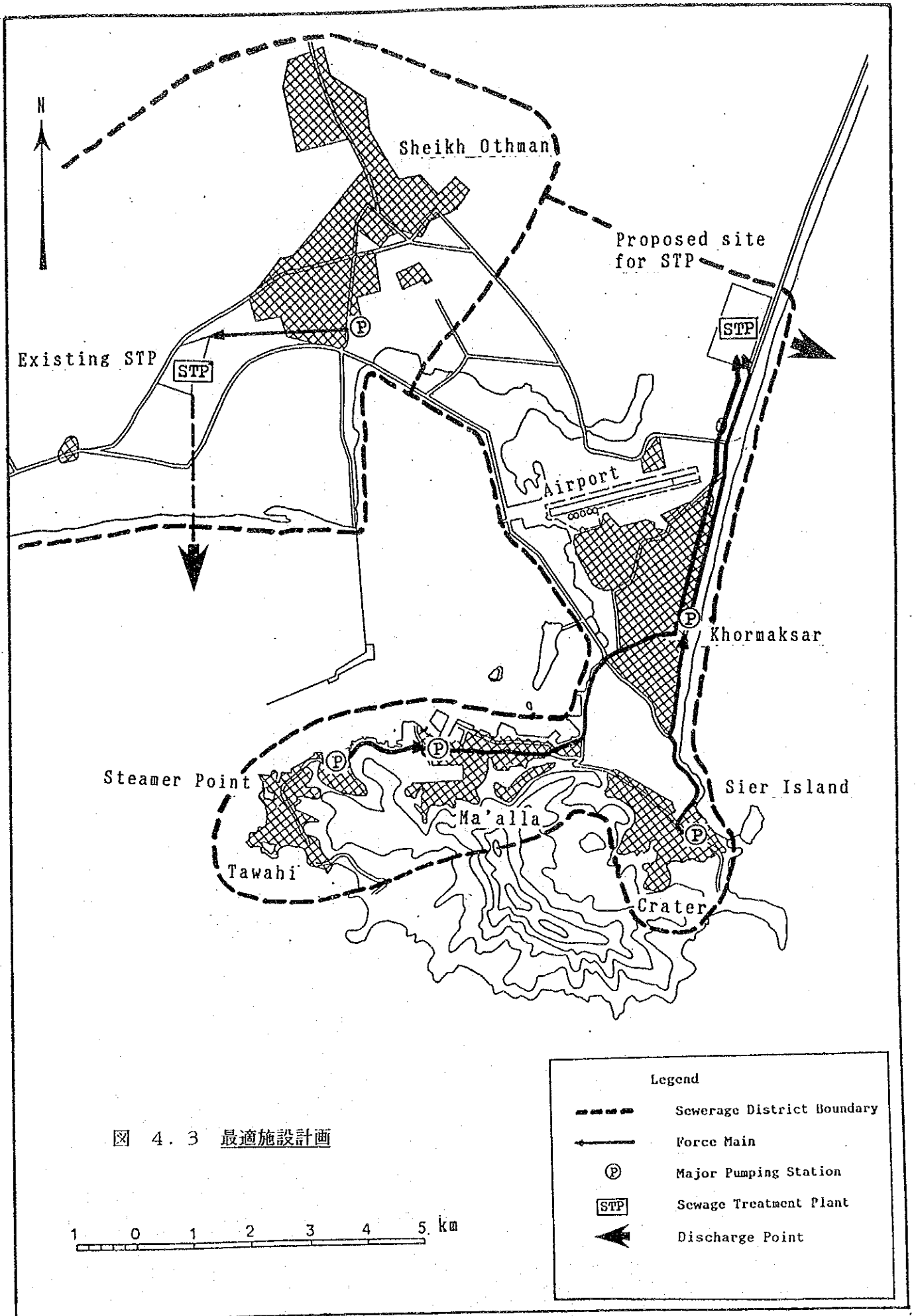


图 4.3 最適施設計画

(2) 面整備施設

	マーラ	タワヒ	クレーター	コルマカサル
自然流下管				
総延長 (m)	1,497	1,255	—	5,470
口径 (mm)	200-600	200-400	—	200-250
材質	VCP	VCP	—	VCP
ポンプ場リハビリ				
箇所	3	1	1	15
スィーパーパッセージ改良				
箇所	53	78	—	—
総延長 (m)	2,704	2,511	—	—

4.4 事業費

長期計画で整備すべき施設の建設費を現地の実情を考慮して算定した。

建設費は現地における資機材とサービスの調達可能性により内貨と外貨に仕分けた。

2010年を目標とする長期計画の全事業費は1988年12月時点の価格で約23.7百万YDである。

内訳は次のようである。

表4.1 長期計画事業費

(単位: YD 1,000)

項 目	費 用			備 考
	外 貨	内 貨	計	
直接工事費				1 YD = 380円
1. 下水処理場	1,951	1,531	3,482	1 YD = 2.92USドル
2. 基幹ポンプ場	2,059	40	2,099	1 YD = 3.91マルク
3. 圧送管	4,461	256	4,717	
4. 自然流下管	1,747	327	2,074	
5. ポンプ場の修復	719	25	744	
6. スィーパーパッセージの改良	518	51	569	
7. 直接工事費計	11,455	2,230	13,685	
間接工事費				
8. 共通仮設、現場管理、 一般管理費	6,457	636	7,093	
9. 請負工事費計	17,912	2,866	20,778	
10. 予備費 9の5%	896	143	1,039	
11. 小計	18,808	3,009	21,817	
12. 設計管理費 11の9%	1,634	262	1,896	
13. 事業費	21,337	3,271	23,713	

全施設の建設が完了した後の年間維持管理費は約0.4百万YD必要となる。施設別の維持管理費の内訳は次表のようである。

表4.2 維持管理費内訳

施設	運転維持費 (YD 1,000/年)			
	人件費	電力費	修繕費	計
下水管路	80	—	20	100
ポンプ場	94	125	30	249
処理場	26	11	20	57
計	200	136	70	406

#### 4.5 実施計画

2010年までの全体事業を事業の緊急性と全体事業費を勘案し、第1期と第2期に分ける。各工期別事業内容は以下のとおりである。

第1期事業は1990年を初年度とし、第2期事業は2001年を初年度とする。第2期事業について資金の手当てが可能ならば開始を早めることが望ましい。図4.4に事業実施計画を年毎に示す。

##### (1) 第1期事業計画

###### 基幹施設工事

- タワヒP/SからマーラP/Sまで、マーラから新処理場までの圧送管の建設
- タワヒP/SとマーラP/Sの建設
- 下水処理場の建設：3系列中の第1系列、流入施設、放流水路、管理棟と付帯施設

###### 面整備工事

マーラ地区とタワヒ地区における以下の工事

- 自然流下管の建設と布設替え
- スーパーパッセージの改良
- 既設ポンプ場のリハビリ

##### (2) 第2期事業計画

###### 基幹施設工事

- クレーターP/Sからコールマクサール合流点まで、コールマクサールP/Sから合流点まで、合流点から新処理場までの圧送管の建設
- クレーターP/SとコールマクサールP/Sの建設
- 下水処理場の建設：3系列中の残りの2系列

###### 面整備工事

- コールマクサール地区の破損管の布設替え
- 既設ポンプ場のリハビリ



図4.4 事業実施計画

工事内容	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
I. 第1期事業																					
1. 設計、工事監理	(14)		(31)																		
2. 準備工		(21)																			
3. 基幹施設工事																					
- 圧送幹線			(20)																		
- ポンプ場			(16)																		
- 下水処理場			(16)																		
4. 面整備工事																					
- 自然流下管			(10)																		
- スイーパーボットの改良			(15)																		
- ポンプ場の修復			(14)																		
II. 第2期事業																					
1. 設計、工事監理												(14)	(14)	(51)							
2. 準備工													(22)								
3. 基幹施設工事																					
- 圧送幹線														(27)							
- ポンプ場														(16)							
- 下水処理場														(27)							
4. 面整備工事																					
- 自然流下管														(27)							
- ポンプ場の修復														(19)							

注：( )内は月数

## 5. 第1期事業

### 5.1 現地調査

第1期事業で建設する施設の予備設計を行うため、現地で以下のような調査を行った。

- a. 圧送管ルート、既設管とマンホール、ポンプ場予定地、処理場予定地の水準あるいは地形測量
- b. 地下埋設物に関する資料収集
- c. 築堤材料選定のための土質調査

### 5.2 建設工法および建設資材

現在アデン市では下水道建設工事に必要な建設資材、機械・電気設備はほとんど入手不可能で外国から輸入しなければならない。熟練工、半熟練工も不足している。また、自然条件も下水道建設にとって不都合である。高温と水中の有機成分が多いことにより構造物の腐食を生じる硫化水素ガスが発生し易い。

以上の事を考慮し、工法、資材についていくつかの代替案を考慮し、調査区域において最も経済的かつ耐久性のあるものを選定した。

### 5.3 実施計画

長期計画の枠組のなかで第1期事業についてより詳細な実施計画を策定した。第1期事業は図5.1に示すように、1990年を初年度とし1994年完了を予定する。

### 5.4 事業費

実施計画に基づき各年度の支出計画を策定し、第1期事業の事業費を算定した。価格上昇については外貨は年率5%、内貨は年率2%として計算した。事業費を表5.1に示すように全体で約13.6百万YD、そのうち外貨分12.0百万YD(88%)内貨分1.6百万YD(12%)である。第1期事業で完成する施設に係る維持管理費は表5.2に示すように年間約0.2百万YDとなる。

図 5.1 第1期事業実施スケジュール

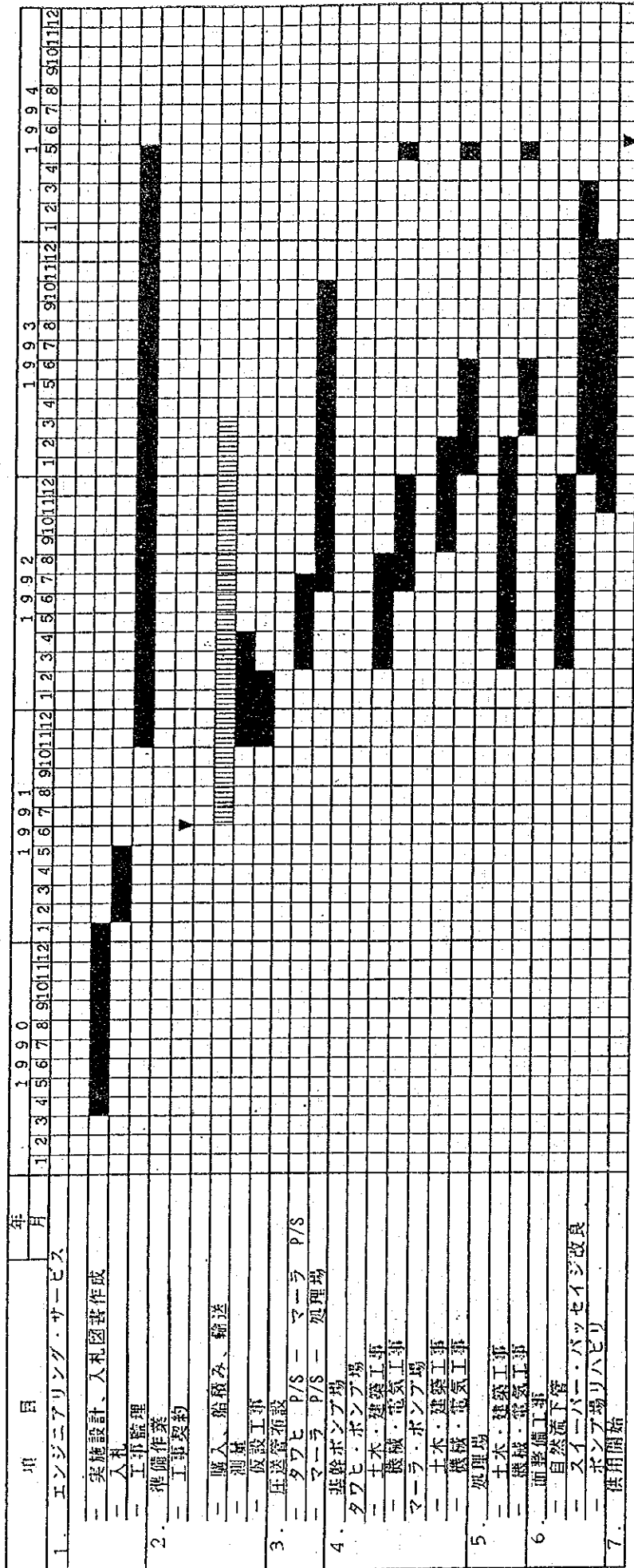


表5.1 第1期事業費

(単位: YD 1,000)

項 目	外 貨	内 貨	計
直接工事費			
1. 下水処理場	843	621	1,464
2. 基幹ポンプ場	1,015	20	1,035
3. 圧送管	2,741	164	2,905
4. 自然流下管	557	76	633
5. ポンプ場のリハビリ	198	7	205
6. スイッチボックスの改良	518	51	569
7. 直接工事費計	5,872	939	6,811
間接工事費			
8. 諸経費	3,158	370	3,528
9. 工事費計(7+8)	9,030	1,309	10,339
10. 予備費(9の5%)	452	65	517
11. 技術費	813	114	927
12. 小計(9+10+11)	10,295	1,488	11,783
13. 価格上昇分	1,746	104	1,850
14. 全事業費	12,041	1,592	13,633

注) 1. 工事費1988年12月価格で算定  
2. 技術費には価格上昇分を含まない。

表5.2 第1期事業の維持管理費

(単位: YD 1,000)

施 設	維持管理費			
	人件費	電力費	修繕費	計
下水管	40	—	10	50
ポンプ場	47	53	10	110
下水処理場	13	11	10	34
計	100	64	30	194

## 6. 制度の整備

### 6.1 組織

現在、南イエメンの法制、組織は多少混乱している。調査団はまず第一に国レベルでの法律の整備がなされるべきであると考え。ここではアデン市の下水道事業に限り、長期計画実施のための組織について2つの代替案を検討した。

代替案1 アデン市が現在の維持管理だけでなく下水道事業実施の全ての責任を負う。

代替案2 下水道事業を管轄する公社の設立。

以上の2つのケースのいずれにおいても自治総局は国レベルで下水道事業に関する政策決定、企画、予算措置、訓練等の責任を負う。

2ケースについてアデン市の実情に鑑み、それぞれの長所、短所を比較検討した結果、長期的には代替案1が適当と考えられた。

第1期事業の実施にあたっては事業の緊急性と現在の体制を急に変えることが困難であることを考慮し、より現実的な提案を行った。その要点は以下の通りである。

- a. 自治総局が事業の実施主体となり、計画、建設を行う。
- b. 自治総局が予算措置をする。国内、国外からの資金獲得のため政府関係機関との調整、外国政府等との折衝を行う。
- c. 技術的な面では最大限にコンサルタントの活用を図る。
- d. アデン市と技術面での協力体制を整える。自治総局、アデン市、その他の関係機関の代表で構成される技術委員会を設立する。
- e. 事業の実施期間中、自治総局、アデン市の職員に対しオン・ザ・ジョブ・トレーニングの機会を最大限に与える。

### 6.2 要員計画

前記の提案に基づき職務のレベルごとに必要な人員を算定し、現状の人員と比較した。その結果、表6.1に示すように技師、熟練工等で人員不足があることが判明した。特に処理場関係については必要人員を供用開始までに雇用するか、他の部署から移転して補充する必要がある。

表6.1 長期計画、維持管理に必要な人員

職 務 区 分	必 要 数				現況人員	過不足
	管 渠	貯水場	処理場	計		
技 師	3	1	2	<u>6</u>	<u>4</u>	<u>-2</u>
技師補	1	1	-	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>-2</u>
監督者	2	2	2	<u>6</u>	<u>17</u>	<u>+11</u>
熟練工	4	8	2	<u>14</u>	<u>13</u>	<u>-1</u>
半熟練操作員、熟練工補佐	-	14	2	<u>16</u>	<u>28</u>	<u>+12</u>
運 転 手	2	8	1	<u>11</u>	<u>9</u>	<u>-2</u>
技術事務	-	-	1	<u>1</u>	<u>-</u>	<u>-1</u>
労務者	40	13	4	<u>57</u>	<u>121</u>	<u>+64</u>
計	52	47	14	113	192	+79

## 7. 事業の評価

### 7.1 財務分析

アデン市の下水道事業に対する最近の財政支出額は次のようである。

表7.1 下水道部門支出額 アデン市

(単位：YD)

	1987	1988	1989
維持費			
水管渠	12,960	17,549	19,935
ポンプ場	19,995	17,505	19,008
設備、施設費	—	—	—
計	32,955	35,054	38,943

上表より明らかなようにポンプ設備やその他の設備購入のための新規設備投資は0であり、他方管渠とポンプ場の維持費は年平均9%の割合で増加した。限られた予算の下で環境衛生局は既設老朽下水道施設の適切な維持が出来なくなってきている。したがって、現状の下水道財政状況はアデン市下水道施設の必要な維持管理と修繕工事を行うのに適切でないことが銘記されるべきである。

第1期事業の年度別投資額は次のようである。

表7.2 第1期事業年度別投資計画

(単位：YD 1,000)

項目	1990	1991	1992	1993	1994	計
事業費 F/C	231	2,258	4,211	2,535	1,066	10,295
L/C	32	237	564	440	215	1,488
計	263	2,495	4,775	2,975	1,275	11,783
価格上昇分 F/C	12	231	664	546	293	1,746
F/C:5%年 L/C	1	10	35	36	22	104
L/C:2%年 計	13	241	699	582	315	1,850
総計 F/C	243	2,489	4,875	3,081	1,353	12,041
L/C	33	247	599	476	237	1,592
計	276	2,736	5,474	3,557	1,590	13,633

自治総局とアデン市は下水道事業を強化し、財務的に健全化させるためには段階的に企業や一般市民に下水道使用料金制度を導入することが必要であると認めている。中央統計局によると政府職員の平均月額家計収入額は82.4YDと見積もられている。また水道料金は1家族当たり平均月額1.6YDと見積もられ、家計収入額の1.9%に相当する。下水道使用料金は上水道使用料金の付加料金制度にすることが望ましい。2つの料金の賦課と徴収は水道使用量のメーター検収に基づき併せて実施されることになる。

平均家計収入額が年率2.5%で上昇するとすれば1995年と2000年における収入額は月額各々90.4YDと101.8YDとなる。下水道使用料金が水道料金の30%とすると水道、下水道料金合計の月額平均家計収入額に占める比率は1995年と2000年で下記のようなる。

表7.3 家計収入に占める平均水道・下水道料金の比率

年次	家計収入	水道料金	下水道料金	合計料金	平均収入額に対する比率(%)
1988	76	1.6	0.48 (0.32)	2.08 (1.92)	2.7 (2.5)
1995	90.4	3.4	1.02 (0.68)	4.42 (4.08)	4.8 (2.5)
2000	101.8	3.8	1.14 (0.76)	4.94 (4.54)	4.9 (4.5)

1988年価格 ( )は水道料金の20%の場合を示す。

水道料と下水道料の合計金額の全家計収入に占める許容限度として国際的に3.0~5.0%が妥当されている。上記の計算比率は国際的標準よりみて、市民にとって支払い可能限度内であることを示している。

財務内部収益率(FIRR)の算出を付加料率10%から50%のケースにわたって行ったが、結果はネガティブであった。そこで、事業実施に当たっては多国間あるいは二国間の無償援助等による外国の財政資金援助をうける努力が強く必要とされている。下水道使用料金制度が導入されない場合にはこの事業はその維持管理を賄うに必要な資金に不足をきたすことになる。

## 7.2 経済分析

一般に、下水道事業を含む社会部門の経済分析において、特に経済便益の定量化は困難とされる。これまで下水プロジェクトの経済便益として考えられているものに次のものがある。

- a. 土地価格の上昇分
- b. 公共衛生支出の減少分
- c. 消費者の下水サービス費用の節約分
- d. 工業生産への波及効果
- e. 観光産業への波及効果



しかしながら、こうした指標は今回のプロジェクトには十分当てはまるとは言えない。特に下水道事業との直接因果関係、定量化を考えるとその経済的便益の算出はきわめて困難と言える。このように従来の便益に対する定量化は、本件について必ずしも適切とは言えず、むしろ恣意的な定量化は、結論を誤らせる結果となることに留意しなければならない。

#### (1) 平均増分原価 (A I C) 法

そこで従来の手法にかわって最近世界銀行等国際機関によって採用されている「平均増分原価」(A I C) 法による分析を行った。

A I C法は、プロジェクトコストの現在価値を汚水発生量の現在価値により除した汚水単位 (m<sup>3</sup>) 当りのプロジェクトコストにより表し、既存の下水料金レベルの妥当性を判定する方法である。また、経済分析に当たってはプロジェクトコストの経済コストへの変換を行う必要があるが、本件のプロジェクトコストの構成は、骨材費用を除きほとんど輸入コストにより占められ、労働者についても大部分を外国人労働者に依存することになり、コストは原則として*c. i. f.*表示となっている。また骨材等現地価格による費用については、南イエメン政府の物価政策により低く抑えられており、およそ国際価格水準と言える。以上から標準変換係数 (S C F) は1.0と推計した。A I C手法により算定された本プロジェクトのA I Cは次の通りである。

表7.4 平均増分原価 (A I C)

割 引 率	3 %	5 %	10 %
加計外コスト 現在価値 (1,000YD)	17,648	15,281	11,685
汚水量 現在価値 (1,000m <sup>3</sup> )	108,728	75,543	34,538
A I C (YD/m <sup>3</sup> )	0.159	0.198	0.338

一方、下水料金については現行の水道料金の付加量率を30%から80%にわたり仮定し、計算した結果を示すと次の通りである。

表7.5 下水料金の設定

付 加 料 率	30 %	40 %	60 %	80 %
一般家庭用 (YD/m <sup>3</sup> )	0.037	0.049	0.074	0.098
商業用 (YD/m <sup>3</sup> )	0.105	0.140	0.210	0.280
工業用 (YD/m <sup>3</sup> )	0.069	0.092	0.139	0.185

以上により各割引率のA I Cと各付加料率による下水料金の設定額を比較する。付加料率30%の場合では一般家庭用の料金はA I Cよりはるかに安く設定されていることが分かり、これは商業用、工業用についても言える。

こうした結果、経済分析上、プロジェクトコストの平均増分原価（A I C）は現行の水道料金の付加料率により設定された下水料金と比し低いことが判明し、経済的に正当化されたと見えよう。

## (2) 事業評価

この事業は以下の点で社会・経済的便益を与えられ、定性的評価として十分正当化されたと見えよう。

### a. 都市環境に対する効果

本事業は老朽化した下水管網の修復を行い、特に残されたスーパー・パッセージ（開渠下水）の改良はアデン市の都市環境の改善に貢献するものである。さらに本事業による新下水処理場の建設は、家庭・工場からの汚水をそのまま放流している現状に対し処理して放流することとなり、アデン内湾の一部ですでに発生している水質汚濁を改善するとともに、将来の水質汚染の拡散を未然に防止し、国際貿易港としての地位の向上とアデン市の自然環境の向上の上に多いに資することができる。

### b. 最小費用による費用効果

本事業に対し4つの代替案（特に下水処理施設の導入を含めた）の検討を経て選定された本事業は、費用・効果の両面からアデン市民に便益を与えると同時にアデン内港の汚濁制御ならびに同国の総合的環境保全の上で長期的にも費用最小の選択肢であると言えよう。

### c. 裨益人口

本事業は現在のアデン市民が裨益するに止まらず、将来の市民生活に便益をもたらすものと言えよう。本事業計画区域内に居住する152,000人の一般家庭と下水管網に接続している公共施設・商店・工場は、本事業の結果、衛生環境の改善並びに経済コスト的にも恩恵を受ける。特にスーパー・パッセージ沿いの住民は、不快な状況と非衛生の環境の下に置かれてきた。そこで、こうした下水道管網の修復と下水処理による改良は将来2010年のアデン市の推定人口66.1万人が裨益するものと言えよう。

### d. 組織の強化

実施機関である自治総局とアデン市は、本事業により大規模下水事業の経験と技術の導入の機会に恵まれるとともに、下水事業サービスに対する費用回収（独立採算）の原則を確立するため下水道料金制度を導入し、財政の健全化を図る第一歩を踏み出すことが期待されている。料金徴収の歳入は市当局の逼迫する財源を補い、

今後急増する維持管理支出を賄う上で大きく資するものと言える。

e. 処理水の再利用

水資源の乏しい同国にとって利用可能な水資源の開発は緊急課題の一つであり、今後ますます高い開発優先順位が与えられよう。本事業、特に処理場の建設により、新しい水源に乏しいアデン市およびその周辺地域にとって処理された下水の再利用が可能となり、現在計画中のアデン市の緑化計画（グリーン・ベルト・プロジェクト 第一期：180ha、第二期：300ha、第二期：300ha）の推進および近郊農業開発の農業用水供給として補完的水資源となり、同国の希少な水資源に対し大きな貢献をすることとなるであろう。







JICA

J  
3  
6  
6

LIBR