

イエメン・アラブ共和国
地方水道整備計画
基本設計調査報告書

JICA LIBRARY



1029345[4]

昭和62年3月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	37. 6. 11	316
登録 No.	16329	61.8
		GRF

序 文

日本国政府は、イエメン・アラブ共和国政府の要請に基づき、同国の地方水道整備計画にかかる基本設計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、昭和61年10月24日より12月22日まで、外務省経済協力局無償資金協力課佐合純造氏を団長とする基本設計調査団を現地派遣した。

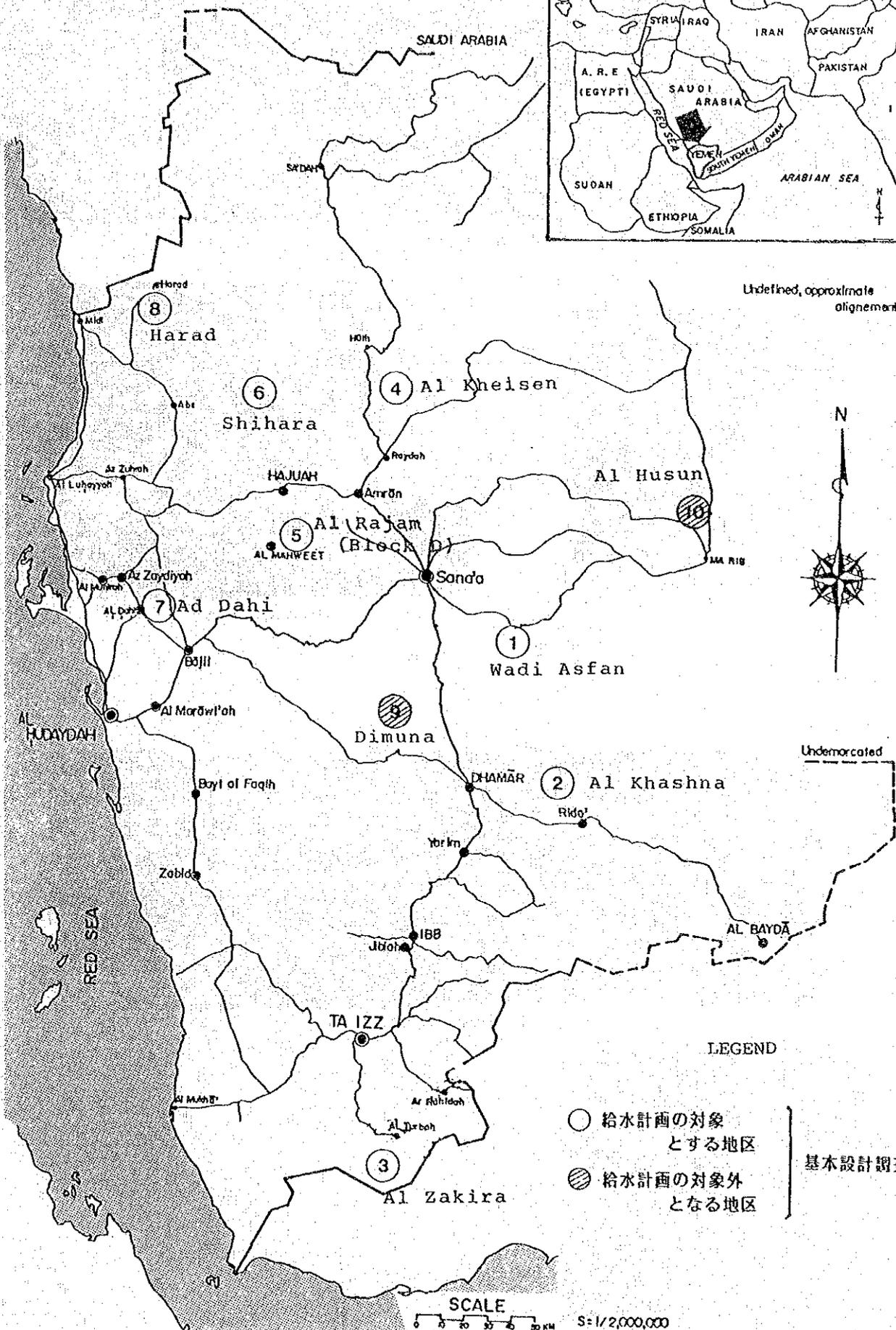
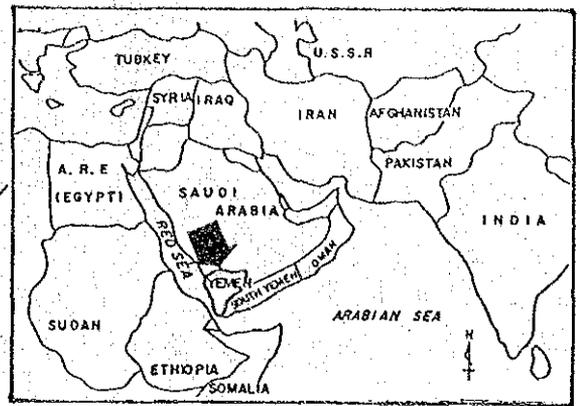
調査団は、イエメン・アラブ共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともにイエメン・アラブ共和国の給水事情の改善に成果をもたらし、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。

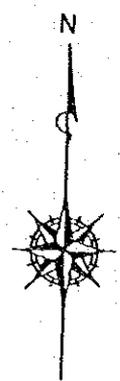
終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和62年3月

国際協力事業団
総裁 有田圭輔



Undefined, approximate alignment



Undemarcated

LEGEND

- 給水計画の対象とする地区
- ◐ 給水計画の対象外となる地区

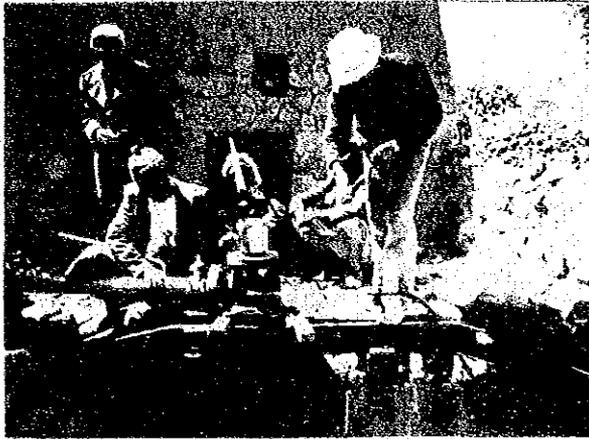
基本設計調査地区

SCALE 0 10 20 30 40 KM S=1/2,000,000

位置図



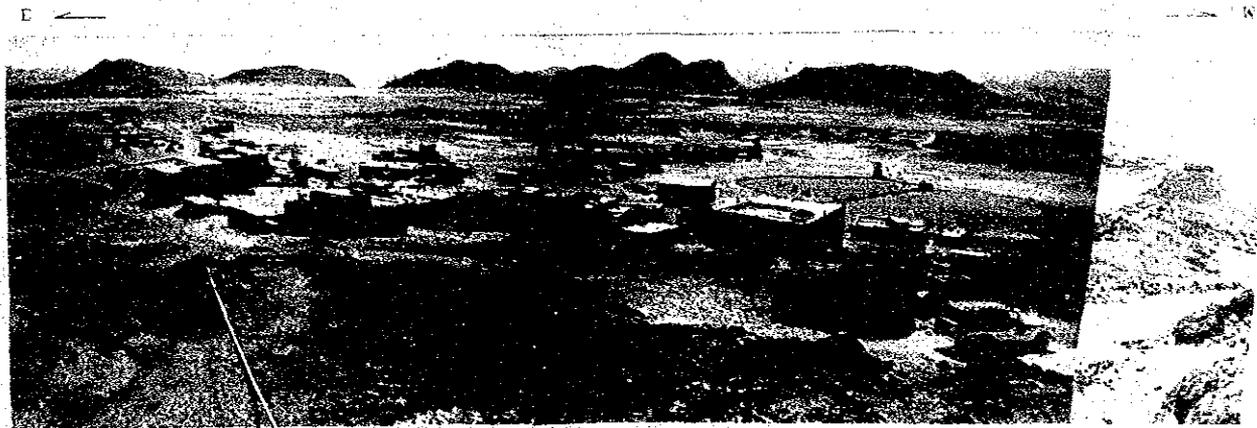
Hagi Asfan地区全図



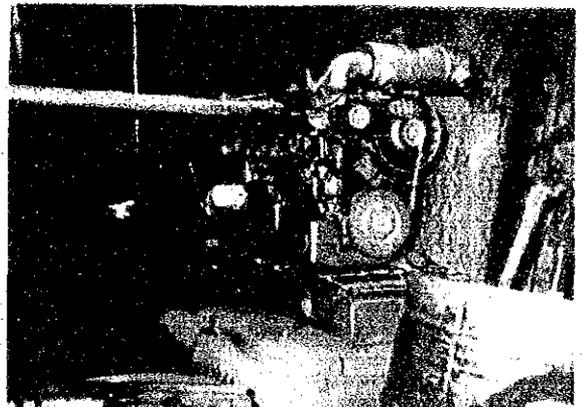
個人所有井戸の状況



手掘浅井戸からの取水状況



Al Khashna地区全図



個人所有井戸の取水状況
(ボアホ ルポンプ、エンジン)



鉄製タンクとロバによる水の運搬



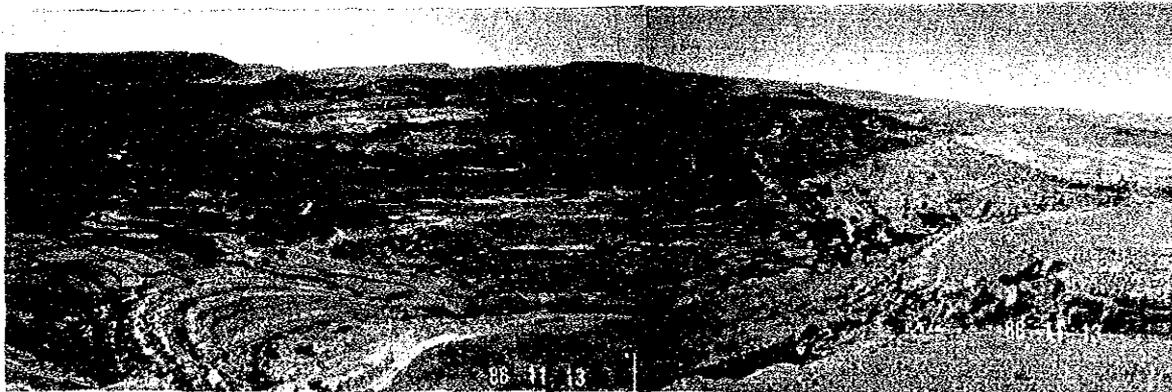
Al Khashnaから北方の水源地付近を望む。



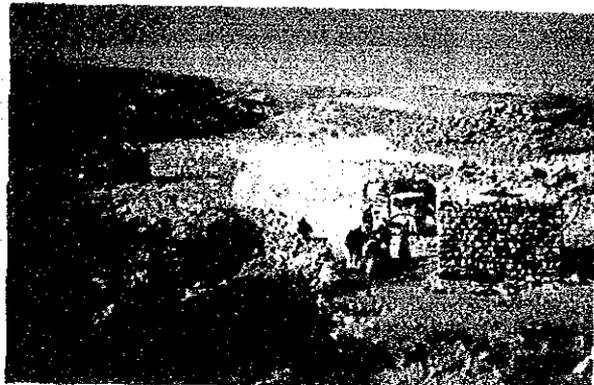
配水予定地へのアクセス道路



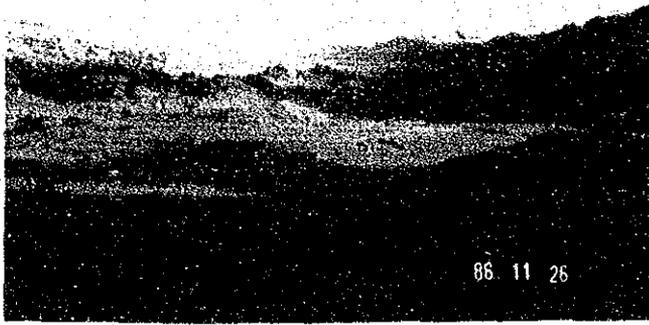
Al Zakira 地区, Gore地区より北方のAl Kadra地区を望む。



Al Kheisen地区全景

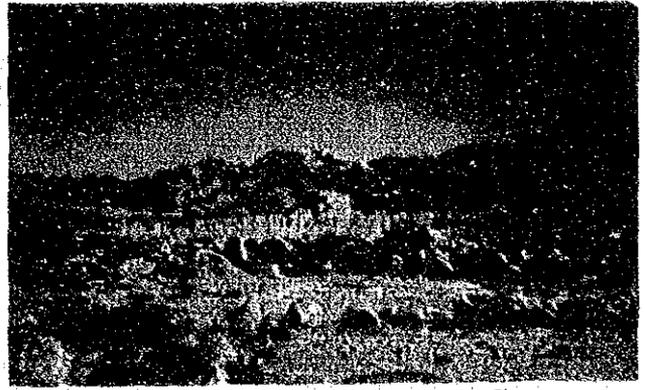


Al Kheisen地区の既存取水施設



86. 11. 26

水源地付近の全景



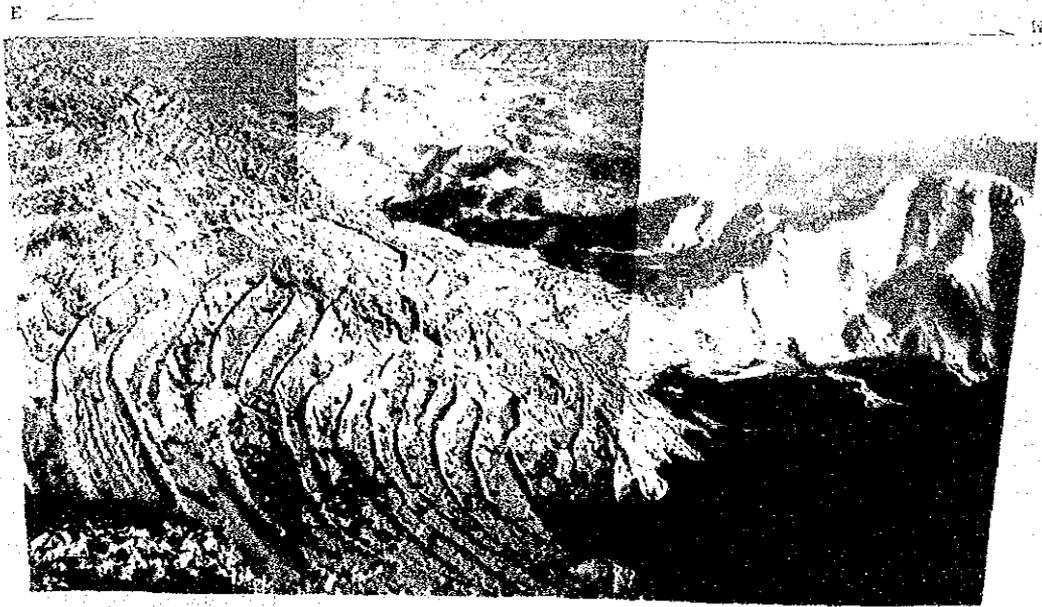
水源地付近から北方の対象地区をのぞむ。

Al Rajah地区 (Block D)



86. 11. 27

集落の状況



Shihara 地区全景 (山頂のShihara から水源方向を望む。)



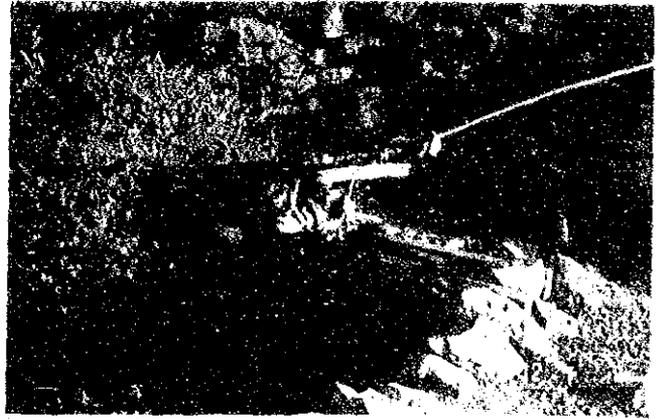
山頂Shihara 中央のシスターン



山頂までの計画配管路線の状況



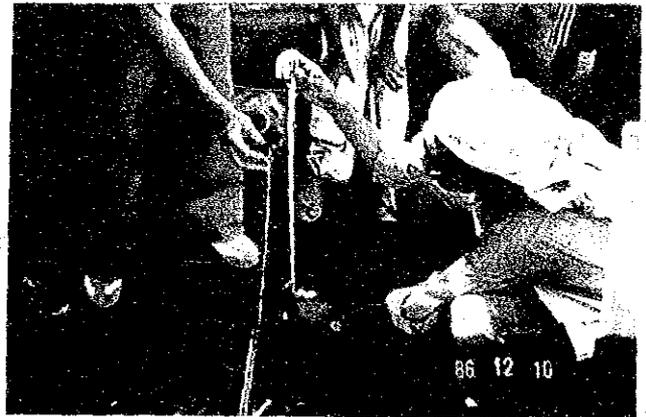
Shihara 地区、水源予定地の表流水。



Shihara 地区水源予定地の手掘浅井戸



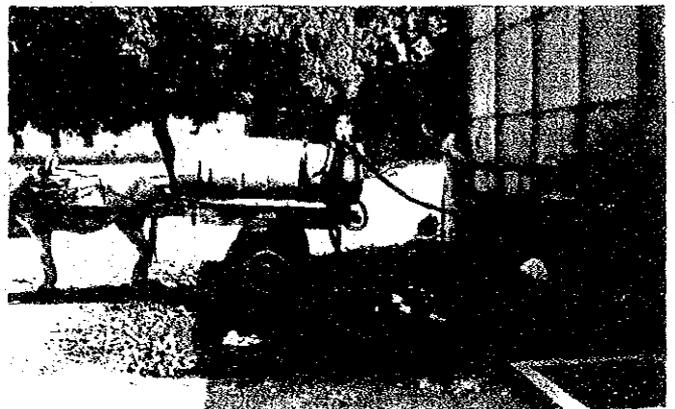
Ad Dahi 地区の市街状況。



Ad Dahi 地区、既存各戸給水末端での水圧。(約50cm)



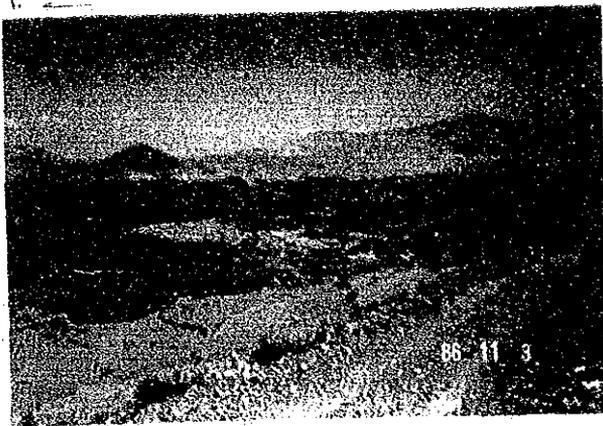
Ad Dahi 地区、既存高架タンク
(漏水のため使用不可。)



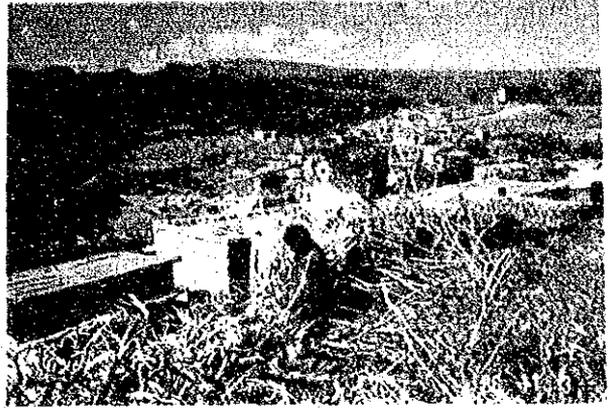
Harad 地区の水利用状況。



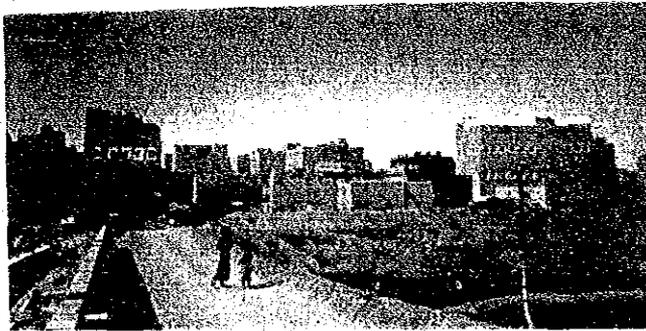
Harad 地区の既存取水施設。



Dimuna地区全景

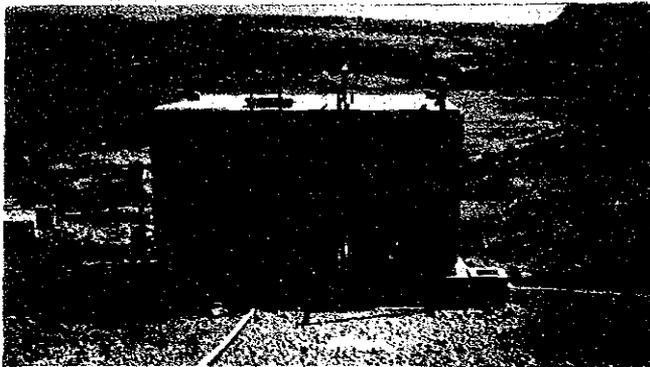


Dimuna地区の集落

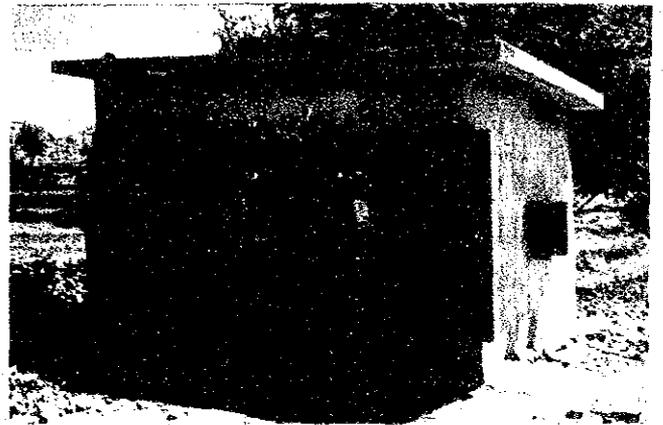


Al Husun地区の市街状況。

日本国無償資金協力による既存施設



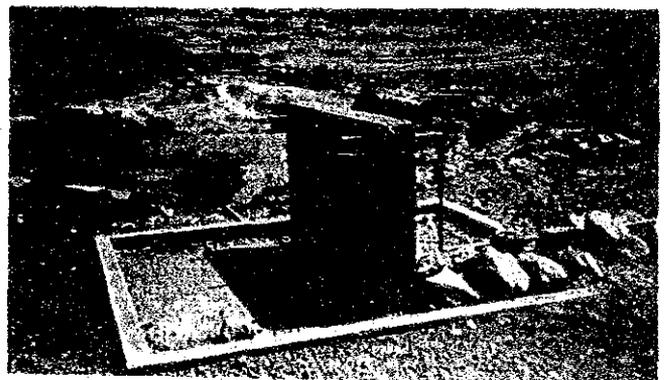
配水タンク(第2期 Al Zakira)



取水施設(第2期 Al Zakira)



取水施設及び水塔(第1期 Harad)



公共水栓(第2期 Al Zakira)

要 約

イエメン・アラブ共和国は、アラビア半島西南に位置し、国土面積約20万km²（日本の約1/2）、人口約930万人（1986年）を有する。標高2,000mを越える高原地帯及び山岳地帯が国土の大部分を占め、全般に土漠、岩石砂漠の景観を展開している。しかし、アラビア半島の中では比較的豊富な降雨量に助けられ、従事者が全国民の8割以上を占める農業に経済基盤を置いている。

上記の自然条件の下に、当国民は伝統的によく適応した水利用を行なってきた。しかし、当国は全体的に乾燥地帯に属するため、生活用水の安定供給には窮した状況にあり、とくに国民の大部分を占める農村居住者は、いまだ多大な取水労役を強いられている。

当国は、このような給水事情を改善するため、1972年地方水道局を公共事業省内に設立し、全国的な給水施設整備に着手した。とくに、1976年に始まった2回の開発5少年計画を経て、水道施設は急速に充実してきている。しかし、整備の中心は都市部であり、1985年現在の地方水道給水率は22.1%にとどまっている。このような理由で、依然、生活用水に不自由している残りの地方住民に対する早急な給水改善が求められている。

これに対し、地方水道局は精力的な地方水道整備事業を展開している。しかし、財政的には年間実績の約30%を外国援助に頼らざるを得ない状況にあり、日本をはじめ各国に協力要請を行っている。

当国の地方水道に対する我が国の協力は1976年のOECDによる計画調査がその端緒であった。以来、1979/80年のJICA社会開発調査とこれに基づく無償資金協力が3期（1982年、1983年、1984年）にわたり実施されている。

イエメン・アラブ共和国政府は、地方水道整備に対するこれら日本の資金協力実績と、当国の給水事情を踏まえて、とくに緊急性が高く早急な改善が求められる地区について無償資金協力による給水施設整備を1986年日本国政府に要請してきた。

日本国政府は、この要請に応え、無償資金協力のための基本設計調査を行うことを決定した。

この決定に基づき、国際協力事業団は、昭和61年10月24日～12月22日まで基本設計調査団を当国に派遣し、同国関係者との協議、給水施設計画立案のための給水事情、及び地下水についての情報収集、送水管路等の地形測量、既設井戸の揚水試験、給水区域及び給水人口の調査、井戸等建設資機材調査等の現地調査を実施した。

調査結果に基づいて作成された事業計画は次のとおりである。

1) 計画対象地は調査対象10サイトから選定された下記8サイトとする。

山岳集落	✓Wadi Asfan	平野部準都市	✓Ad Dahi
…	✓Al Khashna	…	✓Harad
	✓Al Zakira		
	✓Al Kheisen		
	✓Al Rajam(Block-D)		
	✓Shihara		

ii) 基本項目

項目	山岳集落	平野部準都市
計画目標年	2007年	2007年（配水槽容量：1997年）
給水人口	現在人口を基に 1.7%/年の人口増加率を見込む。	現在人口を基に、過去 5年間の人口増加率を見込む。
給水原単位	40ℓ/人/日	70ℓ/人/日
計画給水量	計画：人口×原単位+公共使用水量（病院等）により算出。 日最大給水量=計画給水量×1.5 とする。	
給水圧 給水施設	末端給水施設で 5m, 配水管動水圧で10m以上を確保する。 高所の配水槽まで送水し、これを周辺集落に配水する給水システム（改良型給水システム）を計画し、基本的に、200人/1栓の割合で各集落に 1ヶ所以上の公共水栓を設置する。	

iii) 計画内容

対象地の給水システムは全面的に新設しなければならないものから拡張整備のものまで、計画規模に多様性がある。概要は以下のようにまとめられる。

地区	計画給水人口 (人)	計画給水量 m ³ /日	計画施設	規模及び数量
Wadi Asfan	990	39.6	深井戸 取水施設 配水槽 導/配水管路 公共水栓	深度200m, φ8"~20" ×1本 1基 50m ³ ×1槽 φ80mm~40mm : 3,475m 6栓
Al Khashna	490	19.6	取水施設 配水槽 導/配水管路 公共水栓	1基 30m ³ ×1槽 φ65mm~32mm : 1,464m 1栓
Al Zakira	820	32.8	配水槽 送/配水管路 公共水栓	50m ³ ×1槽 φ50mm~40mm : 3,270m 3栓
Al Kheison	1,170	46.8	送水施設 配水槽 送/配水管路 公共水栓	1基 20m ³ ×1, 30m ³ ×1, 50m ³ ×1槽 φ80mm~40mm : 5,077m 5栓

地区	計画 給水人口 (人)	計画 給水量 m ³ /日	計画施設	規模及び数量
Al Rajam (Block-D)	6,070	242.8	深井戸 取水施設 送水施設 送/配水槽 送/配水管路 公共水栓 電気計装設備	深度200m, φ8"×2本 2基 2基 50m ³ ×2, 150m ³ ×1槽 φ100mm~40mm: 14,178m 11栓 1式
Shihara	8,440	337.6	深井戸 取水施設 送/配水槽 送水施設 送/配水管路 公共水栓 電気計装設備	深度200m, φ8"~20"×1本 1基 30m ³ ×1, 50m ³ ×4, 60m ³ ×1, 100m ³ ×1槽 5基 φ150mm~50mm: 14,871m 8栓 1式
Ad Dahi	9,030	634	取水施設 高架水槽 送/配水管路 公共水栓	2基 100m ³ ×15m(H)×2槽 φ150mm~40mm: 7,200m 10栓
Harad	6,920	488	取水施設 高架水槽 送/配水管路 公共水栓	1基 100m ³ ×15m(H)×1槽 φ100mm~40mm: 6,595m 6栓

本事業は、施工スケジュール及び計画規模等から3期に分割して下表の工程で実施する計画とする。事業の全実施期間は現地建設工事に23ヶ月、第1期のE/N後については、35ヶ月を要することになる。

期	地区
第1期	Al Khashna Al Zakira Al Kheisen
第2期	Wadi Asfan Rajam (I) Shihara (I) Ad Dahi Harad
第3期	Al Rajam (II) Shihara (II)

以上の計画実施に要する総事業費は約23.6億円と見積もられ、その内訳は日本国政府負担分約22.0億円、イエメン・アラブ共和国政府負担分約 1.6億円（仮設道路整備、カウンターパート経費など）となる。

本事業の実施機関は公共事業省地方水道局で、直接的には同局外国プロジェクト部が担当する。同省は、事業実施にあたってコンサルタント及び建設業者に協力する専属のカウンターパートを 4～ 7名任命する必要がある。

本基本設計の実施による効果としては、まず、安定的な生活用水の確保及び水質、衛生環境の改善をあげることができる。衛生環境の改善は、水系疾病及び消化器系疾病の発生率低下に効果があり、地区住民の健康増進に対する多大な貢献が期待できる。次に、給水施設の完成は、給水地と水源との距離短縮を意味し、水汲み労力の生産面への活用が期待される。各地区における生産力の増大と生活の安定は、地区の振興とこれに伴う基盤整備の推進を促すものである。

なお、本事業が、完全実施されると現在人口で21,470人（給水量：1,130 m³/日）、20年後の計画人口で33,930人（給水量：1,835 m³/日）に給水を行うことができるとともに、建設工事に付随して、イエメン・アラブ共和国の自主開発技術に多大な貢献が期待される。

以上の観点より、本計画は日本国政府の無償資金協力の対象として取り上げるに十分な妥当性を有すると判断される。

目 次

はじめに	.....
要 約	.....
1. 緒 論	.....	1- 1
2. 背 景	.....	2- 1
2.1 自然の概要	.....	2- 1
2.1.1 地形・地質概要	.....	2- 1
2.1.2 水文・気象	.....	2- 5
2.1.3 土地利用・植生	.....	2- 8
2.2 社会概況	.....	2- 9
2.2.1 概 要	.....	2- 9
2.2.2 行政組織	.....	2- 9
2.2.3 社会・経済の概況	.....	2-10
2.3 開発計画概要	.....	2-11
2.4 水利用の現況	.....	2-14
2.4.1 給水状況	.....	2-14
2.4.2 水道事業	.....	2-15
2.4.3 水資源開発の現状	.....	2-20
2.5 地方水道建設の必要性	.....	2-21
2.6 日本の援助による先行事業	.....	2-22
2.7 要請内容	.....	2-24
3. プロジェクト対象地区の現況	.....	3- 1
3.1 一般概要	.....	3- 1
3.1.1 位 置	.....	3- 1
3.1.2 社会事情	.....	3- 3
3.1.3 人 口	.....	3- 4
3.2 利水状況	.....	3- 6
3.3 水理地質学的考察	.....	3- 7

3.3.1	概 要	3- 7
3.3.2	水理特性	3- 9
3.4	水 質	3-10
3.5	地区別の現況	3-12
3.5.1	Wadi Asfan地区	3-12
3.5.2	Al Khashna地区	3-14
3.5.3	Al Zakira 地区	3-15
3.5.4	Al Kheisen地区	3-16
3.5.5	Al Rajam地区 (Block D)	3-17
3.5.6	Shihara 地区	3-18
3.5.7	Ad Dahi 地区	3-21
3.5.8	Harad 地区	3-22
3.5.9	Dimuna地区	3-24
3.5.10	Al Husun地区	3-25
3.6	水利権及び用地問題	3-26
3.6.1	概 要	3-26
3.6.2	本事業に対する検討	3-26
4.	計画の内容	4- 1
4.1	計画の目的	4- 1
4.2	要請内容の検討	4- 1
4.3	計画の概要	4- 4
4.3.1	計画施設概要	4- 4
4.3.2	実施体制	4- 9
4.3.3	維持管理	4- 9
4.3.4	供与機材の概要	4- 9
4.4	基本事項の検討	4-11
4.4.1	基本方針	4-11
4.4.2	先行事業との関係	4-12
4.4.3	給水計画諸元の比較	4-14
4.4.4	水源の検討	4-16
4.4.5	計画目標年度	4-18

4.4.6	計画給水区域	4-20
4.4.7	給水人口	4-21
4.4.8	給水原単位	4-21
4.4.9	計画給水量	4-22
4.4.10	給水時間	4-25
4.4.11	配水槽容量	4-25
4.4.12	給水圧	4-26
4.5	給水システム	4-27
4.6	既存施設との関連性と評価	4-28
4.7	将来計画との関連性	4-29
4.8	本施設設計の特長	4-30
5.	基本設計	5- 1
5.1	水源施設	5- 1
5.1.1	揚水量	5- 1
5.1.2	井戸の本数	5- 2
5.1.3	新設水源の検討	5- 2
5.2	揚水施設	5- 7
5.2.1	設 備	5- 7
5.2.2	運転時間	5- 7
5.3	送水ポンプ施設	5- 8
5.3.1	送水ポンプ	5- 8
5.3.2	コントロール設備	5- 9
5.4	管 路	5- 9
5.4.1	管路の種類	5- 9
5.4.2	管 種	5- 9
5.4.3	管 径	5-10
5.4.4	管路付帯設備	5-10
5.5	配 水 槽	5-11
5.5.1	配水槽の材質	5-11
5.5.2	配水槽容量	5-11
5.6	公共水栓	5-12

5.7	地区別の給水施設	5-13
5.7.1	Wadi Asfan地区	5-13
5.7.2	Al Khashna地区	5-14
5.7.3	Al Zakira 地区	5-14
5.7.4	Al Kheisen地区	5-17
5.7.5	Al Rajam地区	5-18
5.7.6	Shihara 地区	5-20
5.7.7	Ad Dahi 地区	5-23
5.7.8	Harad 地区	5-25
5.8	概算事業費	5-27
6.	事業実施計画	6- 1
6.1	実施体制	6- 1
6.2	施工計画	6- 1
6.2.1	建設事情	6- 1
6.2.2	工種及び内容	6- 5
6.3	資機材調達計画	6- 5
6.4	工事の範囲	6- 7
6.5	実施スケジュール	6- 8
6.6	実施設計及び施工監理計画	6- 8
7.	維持管理計画	7- 1
7.1	現行の維持管理システム	7- 1
7.1.1	概 説	7- 1
7.1.2	通常の維持管理	7- 1
7.1.3	トラブル発生時の処理	7- 2
7.1.4	RWSDのトレーニング・システム	7- 2
7.1.5	現行の水道料金及び特長	7- 3
7.2	維持管理体制	7- 4
7.3	維持管理計画	7- 6
7.3.1	要員計画	7- 6
7.3.2	資機材計画	7- 7

7.3.3 運営内容	7- 8
7.4 維持管理費	7- 9
8. 事業評価	8- 1
9. 結論と提言	9- 1

図 表

位置 図

図 1	イエメン・アラブ共和国の地形区分	2- 2
図 2	イエメン・アラブ共和国の模式地質柱状図	2- 3
図 3	一般水理地質図	2- 4
図 4	等雨量線図	2- 6
図 5	行政組織	2- 9
図 6	関係省庁の行政組織	2-16
図 7	模式柱状図 (Wadi Asfan)	3-13
図 8	模式柱状図 (Al Rajam)	3-18
図 9	模式柱状図 (Shihara)	3-20
図10	システム概要図	4- 5
図11	給水システム模式図	4-13
図12	給水対象人口一時間最大比	4-23
図13	1日の水消費パターン	4-25
図14	基本給水システム	4-27
図15	計画井戸構造	5- 6
図16	実施体制	6- 2
図17	維持管理体制	7- 5
表 1	各地の年降水量	2- 7
表 2	水文地理学的区分	2- 7
表 3	5ヶ年計画 (1982-1986) 投資計画	2-13
表 4	給水人口の推移	2-14
表 5	地方公共水道事業実績	2-17
表 6	水源開発計画 (1982-1986)	2-19
表 7	地方水道整備外国援助プロジェクト一覧	2-19
表 8	先行無償資金協力事業	2-22
表 9	要請地区及び要請内容	2-25
表10	Sana'aから各プロジェクト地区までの距離	3- 1

表11	プロジェクト対象地区の社会施設概要	3- 2
表12	インタビューによる各地区の主要な疾病	3- 3
表13	州都以外の人口増加率	3- 4
表14	人口増加率	3- 5
表15	プロジェクト対象地区の購入水の価格(1986)	3- 7
表16	水理特性	3- 9
表17	調査地区の水質	3-11
表18	計画施設概要	4- 4
表19	供与機材概要	4- 9
表20	設計諸元の比較	4-15
表21	水源及び開発可能量	4-17
表22	既存水源概要	4-18
表23	施設の計画年次一覧	4-18
表24	構成部落数	4-20
表25	計画給水人口	4-21
表26	給水原単位基準	4-22
表27	配水槽容量の基準	4-26
表28	揚水量に関する検討	5- 1
表29	限界流速	5- 3
表30	計画運転時間	5- 8
表31	弁類	5-10
表32	水槽容量	5-12
表33	YAR 国政府負担分	5-27
表34	維持管理費	7-10
表35	事業評価の概要	8- 3

APPENDICES

- A - 1 現地調査の実施経過
 - a 調査団の構成
 - b 現地調査の日程
 - c Minutes of Meeting
 - d 面会者リスト
- A - 2 現 況
 - e 一般社会経済状況
 - f 日本援助による既完給水事業一覧
 - g 人 口
 - h 地区概要図
 - i 水 質
 - j 水利権及び用地問題の検討
 - k 既存施設一覧
- A - 3 水 源
 - l 水源状況
 - m 電気探査
 - n 水源開発可能性の検討
- A - 4 給水施設
 - o 消毒施設
 - p 管路に関する検討
 - q 配水槽に関する検討
 - r ポンプ施設の検討
 - s Al Husun地区給水計画
 - t 既完の大規模給水プロジェクト概要
- A - 5 維持管理
 - u 維持管理費内訳
 - v 供与機材の仕様
- A - 6 そ の 他
 - w 地方水道局施設設計基準
 - x 収集資料リスト

ABBREVIATIONS

YAR	=	Yemen Arab Republic
CPO	=	Central Planning Organization
CYDA	=	Confederation of Yemen Development Association
LDA	=	Local Development Association
MPW	=	Ministry of Public Works
MEWS	=	Ministry of Electricity, Water and Sewage
OECF	=	Oversea Economic Cooperation Fund of Japan
RWSD	=	Rural Water Supply Department
TDA	=	Tihama Development Authority
IBRD	=	International Bank for Reconstruction and Development
IDA	=	International Development Association
UNDP	=	United Nations Development Programme
USAID	=	United State Agency for International Development
WHO	=	World Health Organization
JICA	=	Japan International Cooperation Agency
JIS	=	Japan Industrial Standard
GNP	=	Gross National Product
GDP	=	Gross Domestic Product
ℓ	=	liter
YR	=	Yemen Riyal (YR1.0=¥)
¥	=	Japanese Yen (¥1.0=)
m. s. l	=	Mean Sea Level
μS/cm	=	Micro Siemens per Centimetre
ppm	=	Part per Million

1 . 結 論

1. 緒 論

イエメン・アラブ共和国 (YAR) は、1962年の革命以来、農業、道路交通、電力、地方水道等、社会基盤の整備に多大の努力を払ってきた。とくに、国民の約90%が農業に従事し、地方に分散して居住しているうえ、全国的に乾燥気候下にあるYARでは生活用水の供給に窮しており、地方水道整備は急を要するものといえる。

イエメン・アラブ共和国の水道事業は、都市に関しては、水電気省の所管であるが、地方水道に関しては、現在のところ公共事業省の地方水道局の所管となっている。

地方水道局は1972年に設立され、USAID から5台のさく井機械の供与を得て、地方水道の水源井戸建設からその業務が開始された。その後、井戸建設の需要も高まり、民間さく井業者も多くなったが、人口の約9割を占める地方人口の給水整備に要する業務と費用は膨大なものであり、地方水道局はその対応に苦慮している現状である。

このような背景で、地方水道局は局内組織の整備を行なうと伴に、WHOの技術協力を得て、自国予算による独自の地方水道整備事業を展開している。同時に、外国の援助も受け、近年では年間事業実績の30%程度を外国援助に依存している。これら外国援助はUSAID、日本、西ドイツ、オランダ、サウジアラビア、アラブファンド、ユニセフ等からであり、地方水道整備が何らかの外国援助により実施されたサイト数は約400カ所に及んでいる。

この中の日本援助による実施サイトについては Appendix A-2-f にとりまとめた。これによると、昭和53年には日本国政府から当国に対するOECFの有償援助による「第一次地方水道整備事業」が実施され、42サイトにわたる地方水道施設の建設が行なわれた。次いで、JICAにより昭和54年、「第二次地方水道整備計画」のF/S調査が緊急に給水整備を要する26サイトにつき行なわれた。この調査に基づき、無償資金協力による9サイトの地方水道整備事業が3期に渡って実施されている。

これらの地方水道整備事業を含めて、YARにおいては、1976~1986年の2回の開発5カ年計画期間中に1,273本の地方水道水源井が建設された。しかし、給水率は依然20%強と言われており、今後さらに新たな水源確保が残り約8割に相当する人口への給水整備として必要であるとされている。

このような背景で、イエメン・アラブ共和国政府から日本国政府に対して「第2次地方水道整備計画」で調査され、未だ給水施設が完成していない残りの5サイトと、YAR政府により調査立案された10サイトにおける給水施設整備事業につき、今回の無償資金協力の要請がなされた。このうち、とくに早急な改善が必要とされ、日本の無償資金協力に適合す

ると判断された10サイトについて、本基本設計調査の実施が決定され、調査団が1986年10月24日～12月22日まで現地に派遣された。この10サイトは「第2次地方水道整備計画」に含まれていた5サイトとYAR政府独自で計画された10サイトのうちの5サイトである。なお、今回の基本設計により「第2次地方水道整備計画」で調査されたサイトは、すべて給水システムが完成したか、または計画中の状態となる。

本調査は、イエメン・アラブ共和国政府から要請された地方水道整備計画の基本設計調査を行ない、計画推進の妥当性を調査・検討すると共に、事業実施に必要な施設の基本設計、施設、資機材の仕様作成、事業費の算定、維持管理計画について事業計画を策定し、日本国政府の無償資金協力事業の実施に必要な最適案を作成することを目的としている。

現地調査の結果、調査団は調査地区10ヶ所のうちより、本基本設計対象地として8ヶ所を選定し、これについてイエメン・アラブ共和国、公共事業省との協議を行ない、関係者の基本的了解を得た。

現地調査及び協議内容に関する資料については巻末の Appendix A-1 にまとめて添付する。

2. 背 景

2. 背 景

2.1 自然の概要

2.1.1 地形・地質概要

1). 地 形

イエメン・アラブ共和国はアラビア半島の南西端に位置し、東経42° 30' から46° 10'、北緯13° 00' から17° 30' の間にある。北はサウジアラビア、南は南イエメン（イエメン民主主義人民共和国）と国境を接し、西側に紅海を望み、東側はアル・ルブ・アルハリ大砂漠へと続いている。国土は、紅海岸の平野部、国土の大半を占める中央部の高原地帯（平均標高2,400m）及び、東部の砂漠地帯（平均標高1,000m）に大別され、国土総面積は約19.5万km²である。総人口は約930万人（1986年統計）で、首都は中央高原地帯に位置するSana'a市である。

地形は標高、地貌上から図1に示すように、西側からテイハマ低地帯、中央高原地帯、高地帯、アル・ルブ・アルハリ大砂漠地帯と東西に配列する4帯に大区分される。

標高3,000m級の山々がならぶ中央高地帯とテイハマ低地帯とは比高差2,000mにも及ぶ急崖で接するのに対し、中央高地帯の東側は徐々に台地砂漠に漸移する。したがって、当国の地形は大局的に非対称の地形を呈している。

河川は中央高地帯を分水嶺として、東流するものと西流するものが明瞭に分離されている。紅海に注ぐ西流河川は急流で流路が短いのにに対して、東流するものは緩勾配で流路が長いのが特徴である。水系はWadiと呼ばれ、西流河川の一部を除いて年間の一時期を除いて流水をもたない。

2). 地 質

イエメン・アラブ共和国の基盤をなす先カンブリア系の地層（片麻岩、結晶片岩、花崗岩類）の上位には古生代（オルドビス紀）、中生代（ジュラ紀、白亜紀）などカンブリア系以降の地層が累積している。しかし、当国で地質学的に最も特徴的なことは、第三紀以降の造構運動に伴って大量に噴出した火山岩類である。これら火山岩類はTrap SeriesあるいはYemen Volcanicsと総称され、イエメン・アラブ共和国の中央、西部、南部山地に広く分布している。また、Sana'a, Dhamar, Taizz 周辺の一部に

(Swiss Technicorl Co-operation (1978)による。)

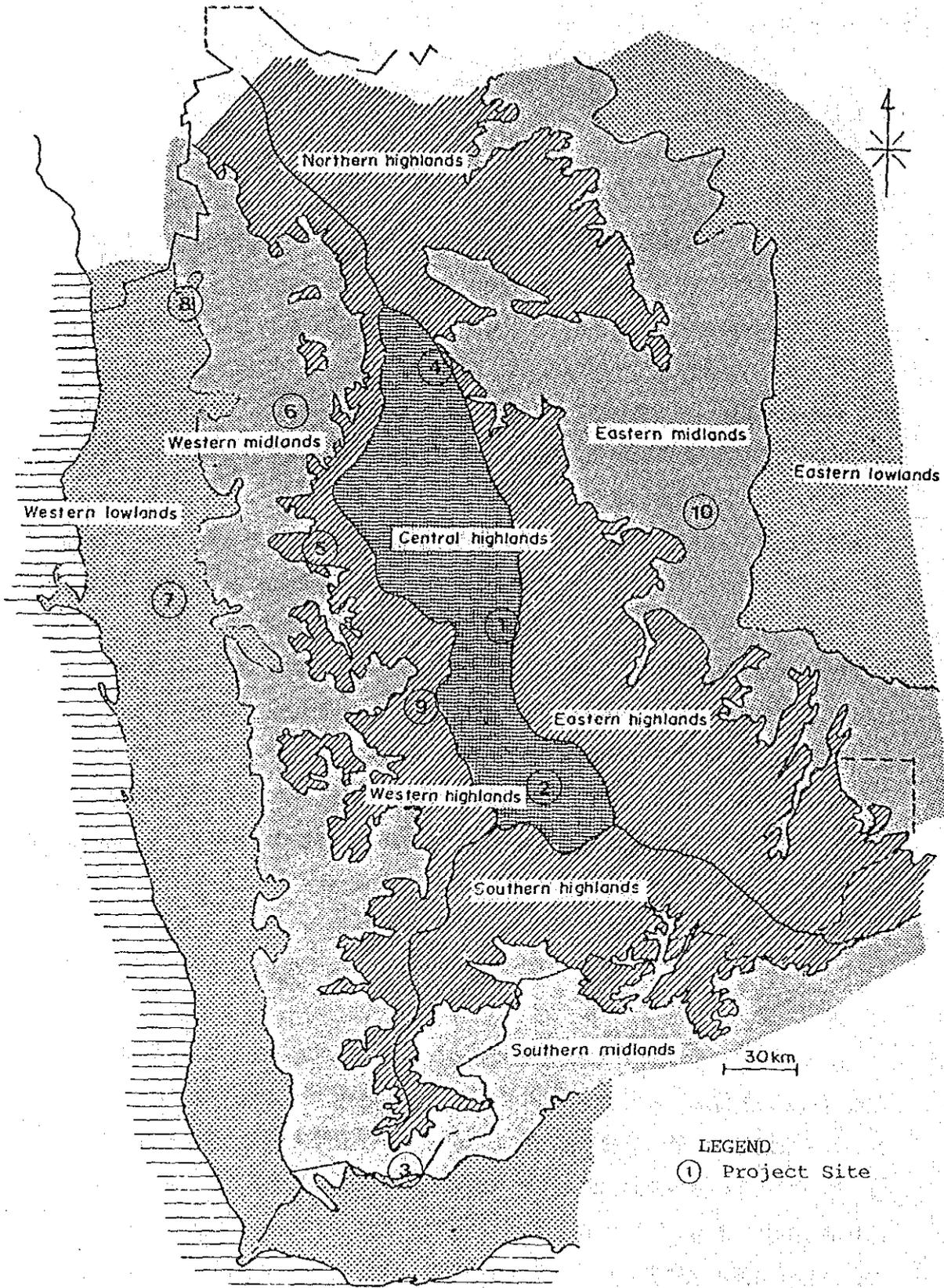


図 1 イエメン・アラブ共和国の地形区分

は第四紀の玄武岩熔岩が台地を形成して分布している。沖積層はwadi沿いの低平地、あるいは盆地で被覆層として認められるほか砂漠地帯及び紅海沿いのテイハマ低地帯では風成砂として広く分布している。

上記、第三紀以降の構造運動はアラビア半島全域に及ぶ造構運動に関連したもので、当国の山脈形式、ブロック化を促進したものである。この造構運動は落差1,000m以上の断層あるいは褶曲を伴っており、現在認められる山間陥没盆地、断層崖等はおもにこの時期に形成されたものである。

イエメン・アラブ共和国の模式柱状図と水理地質図をそれぞれ図 2及び図 3に示す。

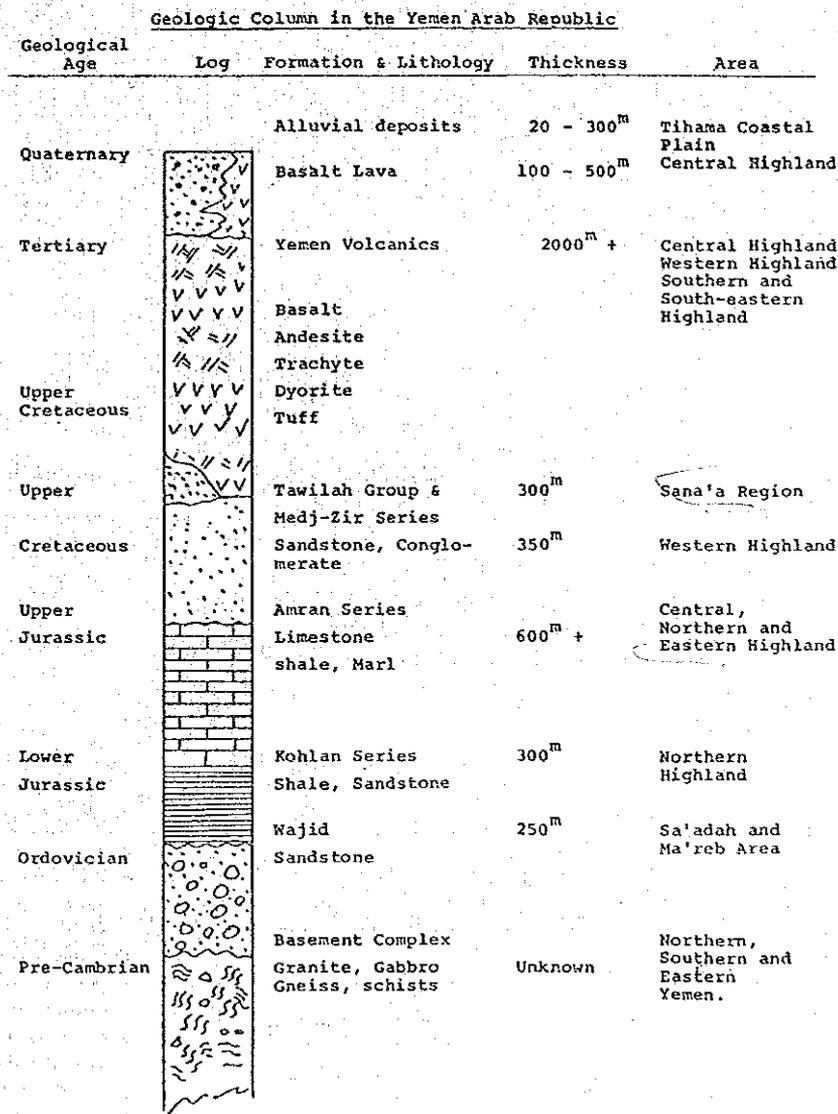
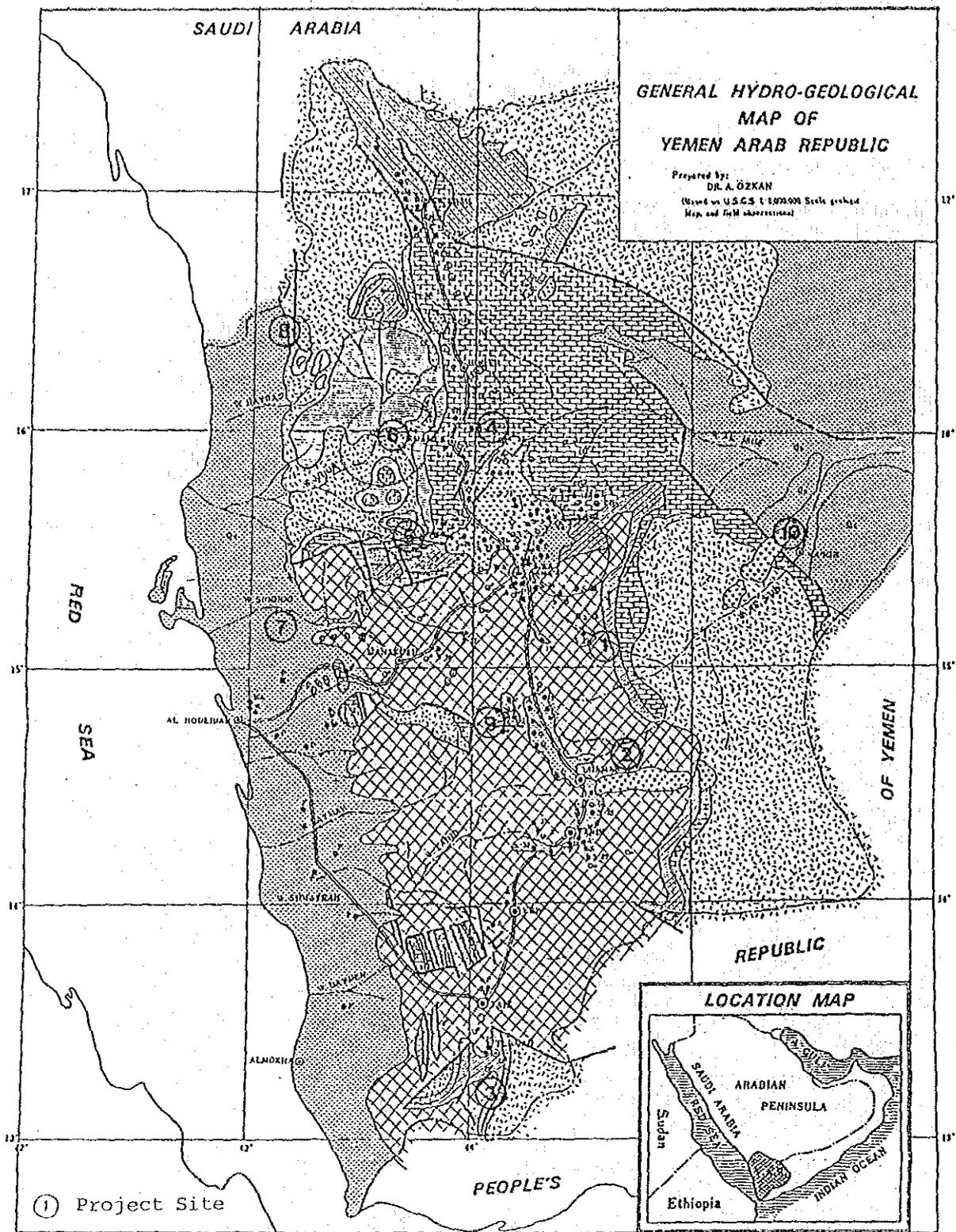


図 2 イエメン・アラブ共和国の模式地質柱状図



[Pattern]	QUATERNARY	WATER MARK
[Pattern]	PLEISTOCENE	
[Pattern]	PLIOCENE	TERTIARY
[Pattern]	MIOCENE	
[Pattern]	OLIGOCENE	
[Pattern]	Eocene	
[Pattern]	PALAEOCENE	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	QUATERNARY
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	QUATERNARY
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	QUATERNARY
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	
[Pattern]	U. ERSTACIN'S	QUATERNARY

EXPLANATION:

- | | | | |
|-----------|---|-----------|--|
| [Pattern] | EGYPTIAN ALLUVIAL AND TERRACE DEPOSITS | [Pattern] | ADRIAN SERIES
Limestone, Marls, Terraces, Marls and Shales. |
| [Pattern] | QUATERNARY BASALTS
Lava Flows and Pyroclastics. | [Pattern] | ADRIAN SERIES
Sandstone, Marls and Conglomerates. |
| [Pattern] | TERTIARY INTRUSIVES
Granite, Diorite, Gabbro, Basalt, etc. | [Pattern] | RAJID SANDSTONE
Cretaceous, Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Quaternary. |
| [Pattern] | RAJID FORMATION
Sandstone, Shale, Limestone and Conglomerates. | [Pattern] | BASEMENT COMPLEX
Gneiss, Quartzite, Schist, etc. |
| [Pattern] | YEMEN VOLCANICS
Basalt, Andesite, Diorite, Granite, etc. | [Symbol] | FAULT |
| [Pattern] | TAWILAH GROUP AND OTHER STRATA
Sandstone, Shale, etc. | [Symbol] | FAULT, APPROXIMATE |
| | | [Symbol] | UNCONFORMITY |
| | | [Symbol] | STRIKE AND DIP |

- DRILLED WELL, PRODUCTIVE
- DRILLED WELL, UNPRODUCTIVE
- ◇ DRILLED WELL, DRY
- ◇ SPRING
- WELLS, DRILLED BY:
 - KINGDOM OF SAUDI ARABIA
 - IN W.A.R.
 - US AID W.A.R.
 - ITALCONSULT W.A.R.
 - GEORGE STON & CO. W.A.R.
 - IRAQI GOVERNMENT W.A.R.
 - PEOPLES REPUBLIC OF CHINA W.A.R.
 - WATER AUTHORITY OF Y.A.R. W.A.R.
 - LOCAL DRILLING CONTRACTORS.

图 3 一般水理地質圖

2.1.2 水文、気象

イエメン・アラブ共和国 (YAR) は気候学的に高山気候と砂漠気候に大別される。全般に降水は少ないが、他のアラビア半島の国々に較べると恵まれている。これは紅海からの湿った風が中央山岳地帯 (Central mountain zone) の西側斜面を上昇中に水蒸気が凝結して霧、雨となったり、夏期にインド洋からの季節風が中央高山地帯にぶつかり南部高地にスコールをもたらすためである。南部の Ibb では降雨量が 1,000mm 以上に達する。しかし分水嶺を境として東側山地ではフェーン現象となって降水は少なくなり中低地では砂漠気候となる (図 4 等雨量線図参照)。

紅海沿いのテイハマ低気圧地帯 (Tihama lower pressure zone) は高温多湿である。Hudaydah では年間を通した月間最高気温が 30℃ 以下となることはまれで、6～8 月には 40℃ 近くになる。月最低気温は 19～35℃ で、11～2 月には 19℃ まで下がることもある。月間相対湿度は年間を通してほぼ等しく、平均は 72% 前後で、月間最低相対湿度は 48% である。月間最高相対湿度は 100% を記録しており、特に夏期間の 6～8 月は多湿の傾向にある。しかし、降水は少なく無降水年も多い。

中央山岳地帯は、大部分が標高 2,000m を超す高地にあたるため、低緯度の割りには涼しくしのぎやすい。Sana'a の年間を通した月平均気温は 13℃～23℃ である。夏期間の 6～8 月には最高気温が 29～33℃ となるが、冬期間の 12～1 月には最低気温が -1～7℃ に下がる。年間を通し日較差は 15℃～20℃ であり明瞭な高山気候を示す。月平均相対湿度は 30%～77% であり、3～4 月にピークがみられる。盆地では日中高温になるため上昇気流が発生し小竜巻が多発する。降水は平年 300mm 程度あるが表に示すように年によって差が大きく、雨期 (4～9 月) に降雨のない年には干ばつが起る。また冬期の降水はひょうとなることもある。

砂漠地帯 (Desert zone) は高温低湿で月間平均気温は 18℃～36℃、月間平均相対湿度は 12%～52% である。とくに 4 月～9 月の暑さは厳しく月間最高気温は 32℃～39℃ となる。降雨はほとんどない。

高地地帯 (Highland zone) の気候は中央山岳地帯と砂漠地帯の中間的特性を示すが、高山気候に大別される。

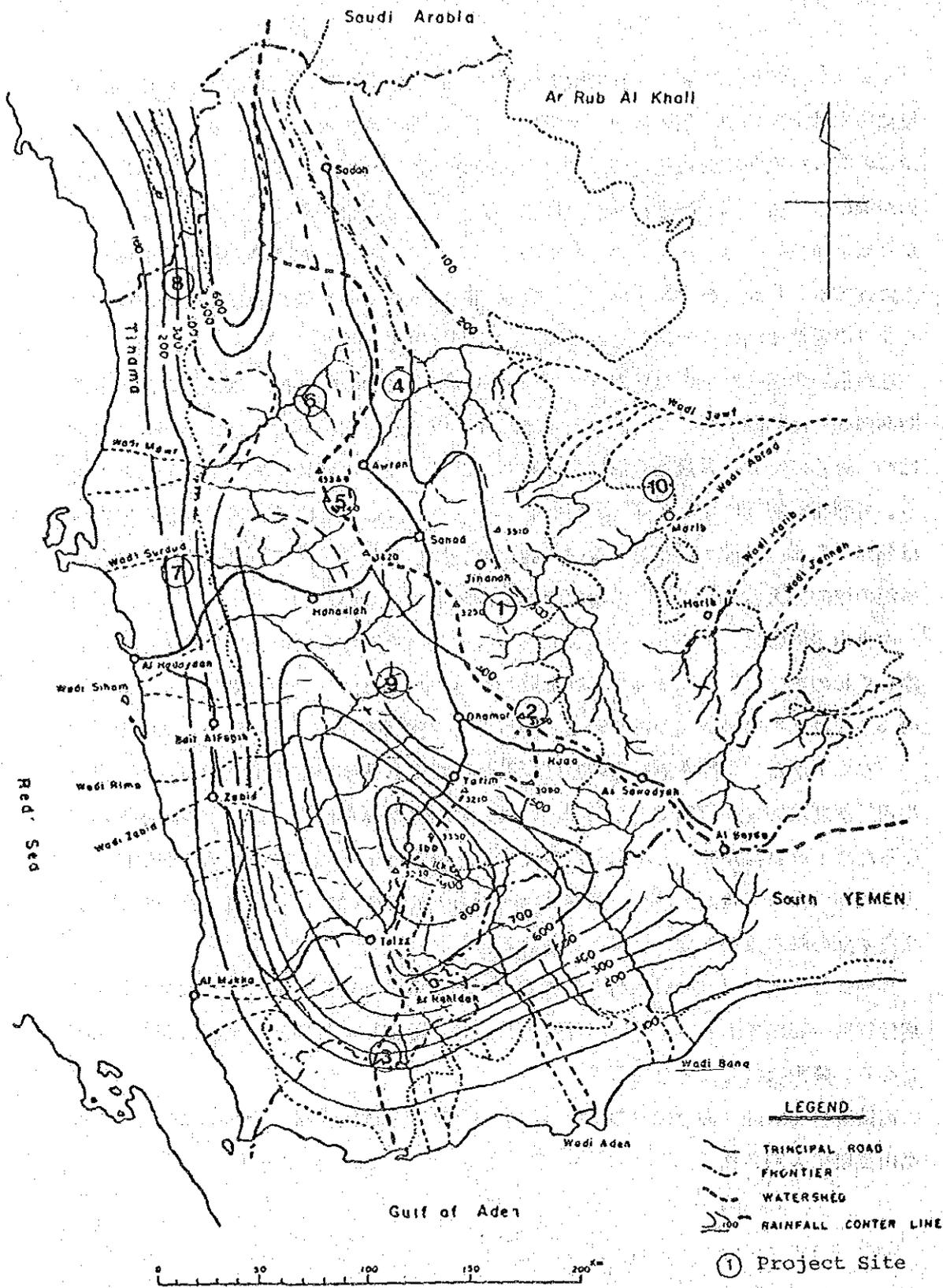


图4 等雨量线图

表 1. 各地の年降水量

単位：mm

観測所	1974	1975	1976	1977	1978	1981	1982	1983
SANA'A	215.4	350.6	154.2	335.6	167.1	166.8	263.8	50.1
TAIZZ	—	—	357.6	—	—	269.8	320.3	235.9
HUDAYDAH	—	—	16.3	78.5	78.0	0.0	0.0	41.2
MARIB	—	—	—	—	—	—	0.0	2.0

以上の結果をまとめ、標高、気候、気温及び降水量を指標として、イエメン・アラブ共和国を水文地理学的に区分すると、下表のよう整理することができる。

表 2 水文地理学的区分

The major climatic zones of Yemen with the mean monthly temperature and the average annual rainfall

A TROPICAL TIHĀMAH ZONE	ALTITUDE	CLIMATE CHARACTER.	MEAN MONTHLY TEMP. °C	AVERAGE ANNUAL RAINFALL
Coastal Tihāmah plain with high atmospheric humidity and irregular low precipitation	0-50m	tropical	25-35	0-80 mm
Central Tihāmah plain with low atmospheric humidity and irregular, low precipitation	50-300m	tropical	24-32	0-150 mm
Eastern mountain near Tihāmah plain with low to medium precipitation	300-500m	tropical	22-32	0-300 mm
B TROPICAL TO SUBTROPICAL ZONE OF THE LOWER WESTERN ESCARPMENT ZONE				
Lower mountain slopes, frost-free zone with low precipitation	500-1,400m	tropical	22-26	200-400 mm
Upper mountain slopes with medium rainfall	1,400-2,100m	sub-tropical	16-24	300-600 mm
C TEMPERATE HIGHLAND ZONE				
Western, mountainous Highlands, with medium to abundant rainfall	2,100-3,700m	tempe- rate	10-18	600-1,800 mm
Central Highlands, with medium rainfall	1,800-2,400m	tempe- rate	12-18	200-1,000 mm
D SUBTROPICAL ZONE OF THE EASTERN ESCARPMENT				
Eastern mountain slopes with low, periodical rainfall	1,800-1,200m	sub-tropical	16-24	100-400 mm
Eastern desert zones	1,200-800m	sub-tropical	22-28	0-200 mm

2.1.3 土地利用・植生

中央山岳地帯及び高山地帯の沖積地は非常に少なく、Wadi沿いの狭い範囲に分布するだけである。したがって、農業は、山腹斜面に造られた広範な段々畑か、せまい谷底の平坦地で行われている。人口分布、集落分布もその農地分布とよく対応している。なお、Wadi沿いの農地では一部で簡易なかんがい農業が営まれている。

主要農産物は、ソルガム、ミレット、とうもろこし、小麦、ジャガイモ、ぶどう、コメ、綿花、タバコ等で、この他にカーブが広く栽培されている。

自然植生としては亜熱帯砂漠性の有刺灌木が広く分布している。この他有刺植物のサボテンの小群生が各処にまた、高山植物が高地に認められる。水に恵まれたWadi周辺には常緑広葉樹などが分布している。

2.2 社会概況

2.2.1 概 要

国民の大多数がイエメン人で、一部紅海沿岸にはソマリアやエチオピアからの移住者の子孫が定住している。言語はアラビア語が唯一のものであり、イスラム教を奉ずる。政体としては大統領を元首とする共和制で、現在のアリ・アブトラ・サーレ大統領は 3 代目である。

2.2.2 行政組織

イエメン・アラブ共和国の地方行政組織は下図のとおりである。

地方の行政組織としては知事を首長とする11の州 (Governorate of Sana'a, aizz, Ibb, Al Hudaydah, Sa'dah, Hajjah, Al Mahweet, Marib, Dhamar, Al Baydah, Al Jawf) がまず存在し、さらに郡 (Nahiya) が区分される。

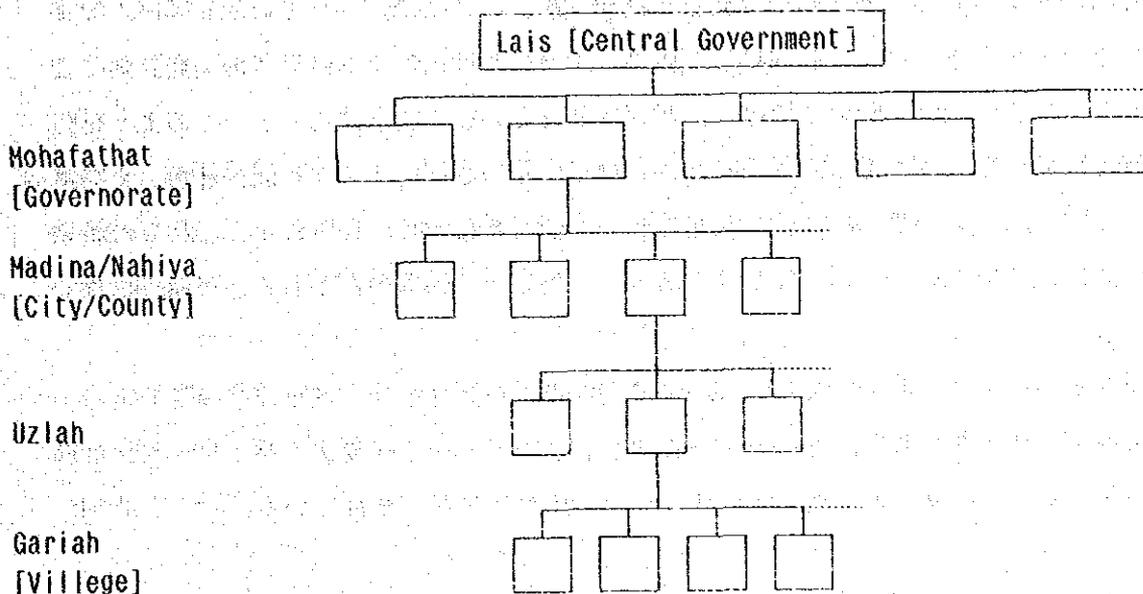


図 5 行政組織

行政機構は首相の下に各省庁がある形をとっている。各国援助の受け入れに関しては、開発企画機関で、かつ各省庁の開発計画の調整機関である中央企画庁（CPO）が重要な役割りを果たしている。

地方行政組織はMadina/Nahiya までは大統領によって任命されたGovernorによって統轄されるが、それ以下は慣習的にShaykhと呼ばれる部族長が多くの行政権限を持っている。

2.2.3 社会・経済の概況

イエメン・アラブ共和国における近年のインフラストラクチャーの進展は目ざましい。主要都市間は、ほとんど舗装道路で連絡され、電気・水道・通信は地方においては整備中であるが、当国の主要都市である首都Sana'a市（人口約40万人）、紅海の貿易港Hudayda市（人口約16万人）及び南部の旧都Taizz市（人口約18万人）ではほぼ完備した。

イエメン・アラブ共和国の経済は、第二・三次産業が未発達なため、農業を主体とした第一次産業と出稼ぎが中心となっており、その経済規模は小さい。YARの1人当りのGDPは550USドル（1984年度）と推定され、LLDCに指定されている。国民の80%以上が天水に頼った農業に依存しており、工業など近代的産業は近年の開発計画によるセメント産業等を除いてはほとんど育成されていない状況にある。このような経済の後進性を改善するために、1973/1974年に開始された「3ヶ年開発計画」を端緒として「第一次、第二次5ヶ年開発計画」が企画され実行に移された。これらの開発計画はようやく緒についたばかりであって、将来その効果のあがることが期待されている。

なお、近年Maribを中心とする地域で石油資源が発見され、試験採掘段階を経て、開発が本格化される段取となっている。現在、Maribから紅海までパイプラインが建設されており、今後の生産拡大に伴う経済への好影響が望まれている。

2.3 開発計画概要

イエメン・アラブ共和国の近年（1973～1984）における年平均実質経済成長率は 8.1 %で、1984年のGDP は 2,940百万USドルとなっている。成長の原動力は、国外からの出稼ぎ送金及び諸外国からの経済援助に基づく総固定資本形成で、これは対GDP 比40%強に達している。

しかし最近、外貨繰りの悪化及び出稼ぎ収入の減少が顕著で、これまでの経済成長にかげりが出ている。

イエメン・アラブ共和国は第一次 5ヶ年計画（1977～1981）の成果、問題点を受けて、第二次 5ヶ年計画（対象期間1982～1986年度）を策定している。内容は、総額28,100百万YRの投資計画（表 3）による①所得の向上や地方の開発等による国民生活の全般的な向上と、②生産部門を中心とした経済成長等による自律的な経済の建設を主目標としている。なお目標実現のための戦略として、極めて網羅的な以下の13項目を挙げている。

- 1). 利用可能資源の最適活用……国内原材料を活用する産業の育成、観光資源の開発、農業生産の向上、工事請負業の育成、及び将来の輸出を考えての鉱工業の強化、を行う。
- 2). 教育、保健衛生、社会サービスの強化……職業技術訓練に重点を置いて、教育訓練制度の近代化と改善を行う。また国民生活の質改善のため、保健、社会、文化に関する基礎的なサービスの提供を行う。
- 3). 農業部門の開発……調和のとれた地方開発、農家のための協同組合の設立、及び農業信用制度の充実、農業普及活動の強化等各種農業サービスの強化により、農業生産の向上に努める。
- 4). ダム建設と水資源の有効利用……スプリンクラー等近代的な灌漑方法の導入、ダム建設、及び地下水資源の開発等により農業部門の水需要増大に対処する他、全国へ飲料水の供給を行うようにする。
- 5). 調査と開発……経済開発のためには、近代的で科学的な手法が不可欠であるとの認識に基づき、Sana'a 大学を科学と技術の中心として育成し、地方にも試験研究センタ

ーを設置する。また企業の行う資源の調査・開発を助成する。

- 6). 作物の収穫高増大と農産物加工工業化……農産物加工工業がYAR に適しているとの考えに基づき、作物収穫高の増大を図り、民間部門による農産物加工工業化を進める。
- 7). 生産の向上と貯蓄の奨励……財政政策を中心とした各種経済政策により、生産の向上を促すと共に、消費支出の抑制により貯蓄を向上させ、国内貯蓄を有効利用するための体制を確立して生産的分野への投資を増加させる。
- 8). 地域格差の是正……都市集中化による弊害を避ける観点から、地方への公的投資拡大、及び民間部門の地方投資奨励等を行い、全国的な経済活動水準の向上と生産部門における雇用機会の増加に努める。
- 9). 鉱物資源の探査……調査研究の実施とYAR 人専門家の育成を推進する。
- 10). 環境保護……土砂の崩壊防止、山間部等での植林、水利用に関する基準の設定等を推進する。
- 11). 経済的自立性の向上……エネルギーの対外依存度の引下げ、工業製品等の輸入依存度の引下げ、及び国外出稼ぎ労働者がYAR 国内の生産的プロジェクトに投資を行うような新しい機会の提供、等を推進する。
- 12). アラブ諸国との経済協力と統合……アラブ諸国との経済統合、資本移動の促進、教育カリキュラムの統一化を努める。
- 13). 経済開発への国民の参加等……マスメディアにより経済開発の必要性を国民に知らせると共に、各種組合活動等を利用して、経済開発に国民を参加させる。

表 3 5ヶ年計画(1982-1986) 投資計画

Volume and Distribution of Gross Planned Fixed Capital Formation for the
Five-Year Plan 1982-86
(at 1981 Constant Prices)

Economic Activities	(in million rials)							
	Public & Private & Cooperative Sector		Total	Distribution of Gross Fixed Capital Formation			Structural Formation of Investments on the basis of the Sector of Ownership	
	(1)	(2)		Public & Private & Cooperative Sector	Total	Public & Private & Cooperative Sector	(7)%	(8)%
	(1)	(2)	(3)	(4)%	(5)%	(6)%	(7)%	(8)%
Agriculture, Forestry and Fisheries	2,470	1,355	3,825	8.8	4.8	13.6	13.4	14.0
Mining & Quarrying	0,677	0,228	0,905	2.4	0.8	3.2	3.7	2.4
Manufacturing	2,185	1,105	3,290	7.8	3.9	11.7	11.9	11.4
Electricity and Water	2,293	0,470	2,340	8.2	0.2	8.4	12.4	0.5
Construction	0,450	0,400	0,850	1.6	1.4	3.0	2.4	4.1
Trade, Restaurants and Hotels	0,864	2,006	2,970	3.1	7.1	10.2	4.7	20.8
Transport and Communications	3,949	0,691	4,640	14.0	2.5	16.5	21.4	7.1
Financial Institutions	0,120	0,080	0,200	0.4	0.3	0.7	0.7	0.8
Housing and Real Estate Services	0,260	3,485	3,745	0.9	12.4	13.3	1.4	36.1
Government Services	5,165	—	5,165	18.2	—	18.4	28.0	—
Other Services	—	0,270	0,270	—	1.0	1.0	—	2.8
Total	18,433	9,667	28,100	65.6	34.4	100.0	100.0	100.0

本プロジェクトに関連する水道事業に関しては、Sana'a, Taizz などの都市給水に重点がおかれているものの、地方水道に関しても早急な全国的整備が強く勧告されている。なお、地方水道に関する年間予算は約 3億YR弱となっている。

1987年に始まる第 3次開発 5ヶ年計画は、現在CPO において調整、策定中で1986年12月現在、まだ公表されていない。しかし、地方水道局関係者によると、地方水道整備事業については第 2次開発 5ヶ年計画における水源開発と集落給水施設の整備を重点とする施策を基本的に踏襲するとのことである。

2.4 水利用の現況

2.4.1 給水状況

主な水源形態は湧水（泉）、手掘り浅井戸、シスターン（天水貯水池）で、イエメン・アラブ共和国における国民の大多数は近年まで不安定かつ不衛生な水源に依存する生活を営んできた。

共和国政府は1972年公共事業省内に地方水道局を設立し、国民の9割近くを占める地方住民を対象に、安定水源の開発と近代的な給水施設の建設を受益者との共同負担で実施する政策を打ち出した。以来、自助努力及び国際機関、諸外国の援助によって着々と事業が進展し、1985年12月現在地方住民の22.1%が水道の恩恵を得ている（表5参照）。しかしながら、現在でも約75%の地方住民が依然生活用水に不自由な生活を送っており、その解消が急務となっている。

最近の統計による給水人口は表4の通りで、大都市の給水施設はかなり整備され1986年の給水率は82%となっている。しかしながら、近年の著しい都市人口増加により将来とも新たな既存水源施設の改修及び新規水源の設置が必要とされている。

表4 給水人口の推移

都市給水			農村給水		
年次	人口 百万人	給水率 %	年次	人口 百万人	給水率 %
1970	0.3	45	1970	4.9	2
1976	0.5	76	1976	5.7	2
1986	1.1	82	1986	8.2	28

通常、YARにおける水道の水源は地下水である。農村では堀抜井戸、湧水による地下水利用が主流であるが、地下水の得られない所では雨水の表面流出水を貯溜したシスターンがよく利用されている。いずれの場合も、水質の悪化、給水量不足は全国で一般的にみられる状況である。

現在の給水状況より、今回の調査対象地区を分類すると下記のように分類することができる。

- ・ 十分な水源がない地区。 Dimuna, Shihara, Al Rajam, Wadi Asfan
- ・ 水源はあるがポイントソースであり給水のためには施設建設を要する地区。 Al Khashna, Al Kheisen, Al Husun
- ・ 給水施設の拡張または改善を要する地区 Ad Dahi, Al Zakira, Harad

2.4.2 水道事業

1). 概要及び行政組織

イエメン・アラブ共和国の総合水資源開発は1982年に発足したCPOを幹事とするWater Councilにより検討、調整されることになっている。しかし、現実には各省庁間での調整は皆無で、Water Councilは実質的に機能していない。このため、全国的に無計画な水資源開発が行われている。

Water Councilの関係省庁は次のとおりである。

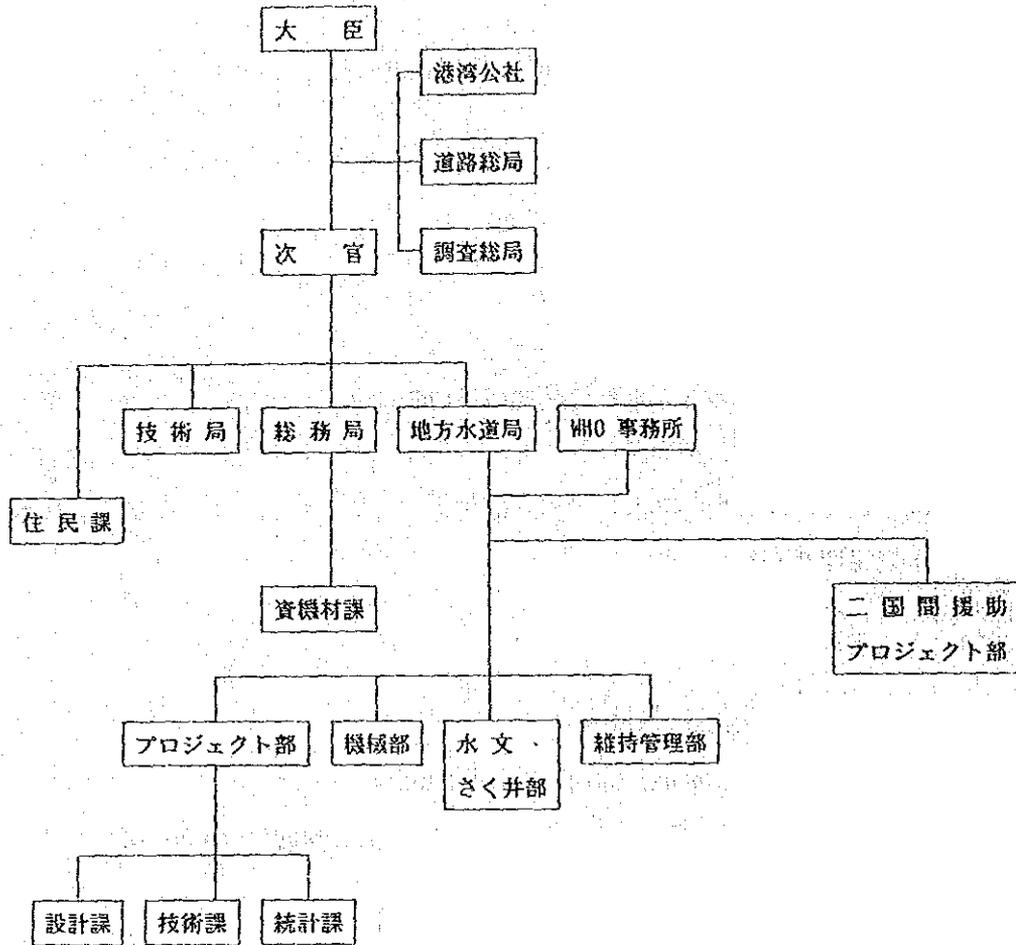
- ・ Central Planning Organization
- ・ Ministry of Public Works, Rural Water Supply Department
- ・ Ministry of Agriculture and Fisheries, Regional Development Office.
- ・ Ministry of Electricity, Water and Sewage
- ・ Ministry of Health

イエメン・アラブ共和国の水道事業は、都市に関して水電気省 (Ministry of Electricity, Water and Sewage)の所轄である。しかし、地方水道の計画、工事の実施は公共事業省地方水道局 (Ministry of Public Works, Rural Water Supply Department)の所轄となっている。

公共事業省及び水電気省の行政組織は次図に示す通りである。

地方水道局は1972年に設立され、USAID からさく井機械の供与を得て、地方水道の水源となる井戸建設にあたってきた。しかし、その後の井戸建設需要高騰に比例して民間のさく井業者も多くなり、これにつれて地方水道局の主たる業務は、計画、工事監理に移行しており、ほとんどの工事施工を民間業者に発注している。

公共事業省組織図



水電気省組織図

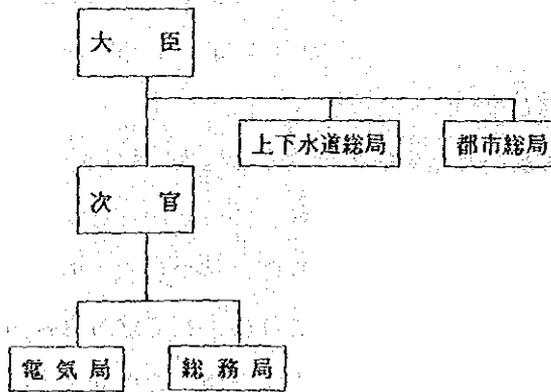


図6 関係省庁の行政組織

この地方水道局による水道事業は、次表の「地方公共水道事業実績」にまとめたように、第一次 5ヶ年計画期間中は既存水源を利用した給水施設事業が主流であったが、第二次 5ヶ年計画期間は、新規水源の建設に重点が注がれている。

今後の地方給水事業においても同様に新規の水源開発が必要とされ、第二次 5ヶ年計画の方針が基本的に踏襲されることになる。

表 5 地方公共水道事業実績

年	竣工事業数	深井戸 竣工数	ポンプ 台数	受益者数	対地方総人口 比延(%)	投資金額 (百万Y.R.)
76/77	38	20	38	158,096	7.0	19.0
77/78	55	30	61	102,160	8.35	23.5
78/79	114	77	94	151,810	10.42	71.4
79/80	156	47	28	154,640	12.50	41.6
80/81	453	303	290	208,870	15.35	131.3
第 1次 5ヶ 年計画期間	816	477	511	1,157,039	15.35	286.8
81/82	50	129	117	120,440	16.29	83.0
82/83	48	141	117	177,640	17.30	112.5
83/84	40	141	362	83,000	18.24	90.0
84/85	32	244	86	52,715	18.81	60.0
85.7月 ~12月	17	96	69	42,200	19.50	11.0
第 2次 5ヶ 年計画期間	187	751	751	1,815,680	19.50	356.5
外国援助 (76~'85)	143	45	50	243,892	2.60	124.4
合計	1,146	1,273	1,312	2,059,572	22.10	767.7

しかしながら、全人口の約 9割を対象とする地方水道事業は、現在の地方水道局のみで対処出来る規模をはるかに超えている。従って同局の対応を待たずに他機関が独自に計画を進めることも頻繁に行なわれている。これらは開発協同組合組織である

CYDA (Confederation of Yemeni Development Association)や厚生省の保健衛生プロジェクト、農水省の農林開発プロジェクトによるもの等である。

2). 運営状況

運営の詳細については、「7. 維持管理計画」で述べる。地方水道局により完成された水道施設は基本的に地方開発局 (LOA)の部落組織である共同体の共有財産となり、この共同体の責任の基に運営されている。

共同体の水道運営経費としては、施設の運転要員の給料と施設の維持管理コストがあり、これは一般に受益者負担として料金回収が行われている。通常、料金として徴収される金額は一世帯あたり50～100YR /日というところで、地区によっては水道メーターによる料金査定も実施されている。

なお、運転管理者は、地方水道局が行う給水施設管理のトレーニングに参加することが義務づけられている。

3). 給水計画

第一次 5ヶ年計画では、水道事業への投資が優先的であった。その投資成長率は20.4%/年に達し、この間に都市給水を含む全水道事業について 1,334本の井戸、27.4百万 m^3 の水源が確保された。

第二次 5ヶ年計画における給水事業計画の骨子は以下の 3点に要約される。

1. 表流水および地下水の賦存量を確認して適正な水利用を図る。
2. 限られた水資源の賦存量を考慮して、家庭用飲用水の開発を最優先とする。
3. 全国的に均等な給水事業を実施するべく長期的事業実施計画を立案する。

なお、本計画を完成されるためには、都市給水に対してさらに 146百万トンの、また地方水道に関しては95百万 m^3 の飲用水の水源が必要とされている。

地方給水の第二次 5ヶ年計画の内訳は表6 のとおりである。

表 6 水源開発計画(1982-1986)

Existing Production Capacity and Targeted Expansion During the Years of the Plan								
Product Unit	Base Year 1981		Production Volume During the Five Years					Expansion Rate
	Present Production Capacity	Production to Capacity Ratio	1982	1983	1984	1985	1986	
Water cubic	7,200,000	100%	20,419,200	27,216,000	30,528,000	30,528,000	37,065,600	415%

4). 地方水道整備事業における外国援助

地方水道局は近年までWHOの技術協力のもとに水道普及活動を続けてきたが、現在は不十分なながらも局内組織を整え、自国予算により、独自の活動を展開している。それでも同局による、年間実績の約3割が外国援助によるものであって、USAID、日本、西ドイツ、オランダ、サウジアラビア、アラブファンド、ユニセフ等がその主たる援助元となっている。

表 7 地方水道整備外国援助プロジェクト一覧

(地方水道局所管)

援助機関(国名)	実施年	実施サイト数	援助金額
USAID	1984-89	150	\$ 1,250万(無償)
オランダ	1983	13	DF 890万(〃)
ユニセフ	-	100	\$ 450万(〃)
西ドイツ	1984	ダマール地方一帯	DM 500万(〃)
サウジアラビア	1983	50	SR 10,000万(〃)
アラブファンド	1984	4	KD 70万(〃)
日本	1978-83	42	¥ 388,000万(有償)
	1982-84	12	¥ 160,000万 (第一次~三次無償)

2.4.3 水資源開発の現状

1). 地下水開発の現状

イエメン・アラブ共和国は、年降水量が 200~600mm の乾燥~準乾燥地帯に属し、また降雨も 4月~ 9月に限られている。このように限られた期間に限られた降雨しかないため、一般に地表水には乏しい。したがって、住民の大部分が居住する山岳地帯では、湧水及び浅井戸に給水を依存している。

このような制約の下では、深井戸による深層地下水開発が不可欠で、農業用水、生活用水事業のほとんどは、都市部を含めて深井戸による地下水に給水を依存している。

全国レベルの必要水源は、関連省庁間の調整が悪いこと及び、各省庁内でも明確に把握していないことのために、きわめて不明瞭である。

2). 地下水開発の可能性

前述のように、当国において給水事業を実施するためには地下水開発が不可欠である。現時点においては、プロジェクトが地方集落を対象とする小規模地下水開発であるため、水源選定に注意を払えば賦存量等についてとくに問題はないと考えられる。

しかし、地質によって帯水層の地下水賦存形態が著しく異なるので、その地区に適した地下水開発を計画することが肝要である。とくに、断層などに沿って存在する地下水は、地表からその賦存状態を推定することがむずかしいので、注意深い水源検討と共に、有効な地下水利用計画を立案する必要がある。

なお、最近の大規模農業開発ではダムによる表流水の貯留を計画しており、Hadi SujudのMarib ダムの完成はその初の例となった。また、Sana'aでは都市下水の処理水のかんがい用水への転用が検討されている。しかし、給水用水源の枯渇をまねかぬようにするには、総合的水資源開発計画により地下水盆の水収支を検討し、安全揚水量を算定して揚水を規制する必要がある。

2.5 地方水道建設の必要性

1974年現在の地方水道による給水率 4.7%は、2回の開発5ヶ年計画期間を経て1985年現在で22.1%まで上昇した。しかし、現在進行中のプロジェクトを考慮に入れても、いまだ約70%の地方住民が給水サービスを受けられない状態にある。

通常、給水施設の整備されていない地区では、生活用水はシスターン、浅い手堀井戸に依存している。これらの水はいわゆる留水であったり、汚濁水が流入したりするので、量的な問題ばかりではなく健康衛生上も問題となる点が多い。このような理由から現在、住民は飲料水に関してはクリーンウォーターを購入する傾向にある。飲用水の水価は、一般に 1m^3 当り50YR以上で 300~500YR に及ぶ場合も少なくない。この価格は家計上きわめて大きな出費と云える。

以上の現状を考慮すると、地方水道建設は、i)衛生上安全でかつ安定した水供給をもたらし、健康、医療、厚生面での改善が計られること、ii)家庭経済上の利益となることなどに関して効果大であると考えられるとともに、水不足の地区においてきわめて必要性の高いものであると判断される。

2.6 日本の援助による先行事業

YAR 国地方水道事業への日本国政府の援助協力は、1976年のOECDによる計画調査に始まる。以来、1979/80年のJICA F/S調査とこれに基づく無償資金協力が 3期にわたって実施されている。今回の基本設計調査はこの第 4期目に相当するもので、YAR 国政府からの要請にも「F/S 調査」の調査対象地が 5サイト含まれている。

なお、「F/S 調査」時点の設計では、水源開発に主眼がおかれていたが、その後住民の強い要望により、高所に配水槽を設けて各集落に配水する、いわゆる改良型システムが主流となっている。このため、日本の無償資金協力の 9サイトを含め、「F/S 調査」の対象地の給水施設は、ほとんどがNPW、サウジプロジェクト等により改良型システムに変更されるか、計画案が作成されている状況にある。

このうち本基本設計で対象とする 5サイトは、上述の条件に対して給水施設が未完成な状態にある「F/S 調査」対象サイトの残りのサイトで、今回の計画実施により「F/S 調査」の対象地26地区のうち、開発可能地区すべてに対して、給水事業が実施されることとなる。また、OECDの有償プロジェクトは、総額約39億円で、1981～1983年に42サイトを対象として実施され、すべて改良型システムが採用されている。

1979/80 のF/S 調査対象地と完成給水施設の概要は下表のようにとりまとめられる。

表 8 先行無償資金協力事業 (その 1)

	県名	地区名	記 事
1	HAJJA	AL MADAN & 8 villages	サウジ、プロジェクトによる水源完成。 改良型システム計画中。
2		ELMAN & 4 villages	同上
③		SHIHARA	本期計画。 既存施設なし。
4		THARI	サウジプロジェクトによる水源完成。 改良型システム計画中。
⑤		HARAD	無償第 1期：井戸元給水型施設。 本期にて改良型システム計画。
6	AL MAHWEET	AL MAHWEET CITY	地方水道局により改良型完成。
7		HUFACH	サウジプロジェクト、状況は 1に同じ。
⑧		AL RAJAH	無償 2/3 期：3区画にて 水源+送水+ 1部配水施設完成。 本期：残る 1区画に改良型計画。

	県名	地区名	記 事
9	AL MAHWEET	AL KHABET	サウジプロジェクト、1に同じ。
10	SANA'A	BANY SHAKBR & BAIT	無償 3期：改良型完成。
		ABO SABA'A	
11		BAIT - ABO HASHEM	無償 1期：改良型完成。
12		AL SHEAB & AL-ASWAD	局により改良型完成。
13		BANY FARHAN & BANY SARIA' A	無償 1期にて取り上げたが水源開発不成功のためキャンセル。
14	HUDEYDAH	GHULAYFAGA	水源が塩水汚染のため取上不可。
⑩		AD DAHI	本期にて改良型計画。 (15年前の小規模老朽施設あり)
16		AL MOUNIRAH	局により改良型完成。
17	TAIZZ	AL MASHJAB	無償 1期にて井戸元給水型完成。 (3地区共用)
18		AL MANARA & AL DUKUM	
19		HADAD, QAHFA	局により改良型完成。
20		AL KUDAH, AL HAGL	同 上
21		SHOHAT, AL KADASH	同 上
⑪		AL ZAKIRA	無償 2期：一部地区改良型完成。 今期増設計画。
23		BAB AL MANDAB	局により改良型完成。
24		YAHKHTOL	同 上
25		MAKBANA	同 上
26		AL MAYDAN, AL JUBAIL, SHGHZD HANUD	無償 3期：改良型完成。

注) ○印は今回の対象サイト

なお、1～3期の無償資金協力の実施サイトの概要は、下表の通りとなる。

	第 1 期	第 2 期	第 3 期
E/N締結	1982年度	1983年度	1984年度
援助額	5億円	5億円	6億円
実施サイト	5サイト	2サイト	5サイト

(実施サイトは重複がある為実質的には合計 9サイトとなる。)

2.7 要請内容

以上のような社会・経済状況、給水現況を踏えて、イエメン・アラブ共和国の地方集落における生活基盤整備の一つとして、地方水道整備事業が押し進められている。

しかし、年間実績の約30%については自国の財務措置ができない状況にあり、これを外国援助に頼っている。今回の事業は、この地方水道整備の援助協力の一つとして、とくに緊急性が高く早急な改善が必要と判断されたサイトについて、イエメン・アラブ共和国より日本国政府に無償資金協力として要請がなされたものである。

YAR 国政府からの要請サイトは、JICAにより実施された「第2次開発計画調査」のうち給水施設が未定の残り5サイト、独自に調査立案された9サイト、及びOECDの計画調査により計画された1サイトの計15サイトである。

調査実施に先立って、要請の無償資金協力としての妥当性、優先順位等が検討され、当基本設計調査で10サイトが対象として取り上げられた。

対象の10サイトは、YAR 国政府から優先順位1位として要請されたJICAのF/S 調査サイト、OECDの調査サイトの計6サイト（Shihara, Harad, Al Rajam, Al Dahi, Al Zakira -以上JICA, Al Khashna-OECD）とYAR 側優先順位2位のうちから選定された4サイト（Wadi Asfan, Al Kheisen, Dimuna, Al Husun）である。

対象外の5サイトは、水源が表流水のため施設規模が大きくなる、あるいは対象地の規模がきわめて大きい（現在人口5,000人～2,500人）等の理由により日本の無償資金協力の範囲を越えると判断されたサイトである。

要請内容はプロジェクトの対象となった各地区別に、下表のようにまとめられるが、その概要は、既存水源あるいは地下水、表流水を利用した新設水源による、地区の給水施設整備である。

表9 要請地区および要請内容

地域名	行政区	要請内容概要	摘 要
基本設計 実施 サイト 対 象 地 区 外 ト	1. Wadi Asfan	既水源利用の給水施設計画	公共事業省による調査サイト 第1次地方水道整備計画調査サイト 無償資金協力第2期工事の拡張 公共事業省による調査サイト(部分施工) 無償資金協力第2期、第3期の隣接地区 第2次地方水道整備計画調査サイト 同 上 (部分施工) 無償資金協力第1期工事サイト(部分施工)
	2. Al Khashna	”(公共事業省による部分施工)	
	3. Al Zakira	既給水施設の拡張計画	
	4. Al Kheisen	既水源利用の給水施設計画	
	5. Al Rajam	地下水開発及び給水施設計画	
	6. Shihara	”	
	7. Ad Bahi	既水源利用の給水施設計画	
	8. Harad	”	
	9. Dimuna	”	
	10. Al Husun	”	
調 査 対 象 外 区	Rohan	泉と地下水開発に基づく給水施設計画	公共事業省による計画サイト：人口が5,000人以上の山岳集落で施設が大規模となるので対象外。 同 上：表流水利用となるため対象外。 同 上：人口が10,000～40,000人となり施設が大規模となるので対象外。 同 上：人口が10,000～40,000人となり施設が大規模となるので対象外。
	Wadi Ashaar	河川水利用による給水施設計画	
	Ayal Ail	”	
	An NashaMah	地下水開発及び給水施設計画	
	Hadan Mashaarah	”	

3. プロジェクト対象地区の現況

3. プロジェクト対象地区の現況

3.1 一般概要

今回、基本設計調査の対象となった10地区は位置図に示すように7州の行政区に分散している。また、対象地区の規模も人口350人の小集落から人口6,000人の山岳複合部
落あるいは準都市と多彩である。したがって、ここではまず全プロジェクト対象地域の
概要として一般状況を取りまとめる。

なお、自然状況、水源状況及び給水現況については各サイト毎に詳細を述べる。

3.1.1 位 置

各地区の位置は位置図に示したとおりである。なお、各サイトの調査範囲、プロジ
ェクト対象範囲については、3.5「地区別の現況」に述べる。

Sana'a市から各サイトへのアクセスは、現況調査の結果表10に示すようにまとめら
れる。

表10. Sana'aから各プロジェクト地区までの距離

地区名	州	距 離 (km)		
		舗装部	未舗装部	合 計
・ Wadi Asfan	Sana'a	39	2	41
・ Al Khashna	Dhamar	163	4	167
・ Al Zakira	Taizz	291	16	307
・ Al Kheisen	Sana'a	122	19	141
・ Al Rajam	Al Mahweet	57	60	117
・ Shihara	Hajjah	154	38	192
・ Ad Dahi	Al Hudaydah	297	3	300
・ Harad	Hajjah	443	0	443
・ Dimuna	Dhamar	115	14	129
・ Al Husun	Marib	225	2	227

表11 プロジェクト対象地区の社会施設概要

	Hadi Asfan	Dimuna	Al Khashna	Al Zakira	Al Kheisen	Al Husun	Al Rajam (Block D)	Shihara	Ad Dahi	Harad
行政区	Khowlan, Jihanah, Sanaa	Dawran, Dhamar	Anse, Al Safama, Dhamar	Hojaria, Turbat Ash- Shama Itayan, Taizz	Thefen, Khamer, Sanaa	Al Husun, Marib	Al Rajam, Al Mahwit	Al Markez/ Al Sharkey, Shihara, Hajjah	Addahi, Al Hodaydah	Harad, Hajjah
病院	-	-	-	-	-	H.1	-	C.1	C.1	C.1
学校 (生徒数)	P.1 (200)	-	P.1 (100)	P.1 (400)	P.1 (50)	P.1 (-)	P.2,S.1 (2,500)	P.10 (3,000)	P.2,S.1 (1,110)	P.3,S.1,I.1 (2,000)
郵便局	-	-	-	-	-	1	-	yes	yes	yes
車	60	5	15	16	10		40	100	150	500
電話	-	-	-	-	-		-	yes	yes	yes
電気	LG 1	-	PG 1	PG 1	-	PG, LG	PG 5	PG (in evry villages)	LG	Electric Company
店数	4	2	1	10	2		40	150	300	300

Note: H ; Hospital, C ; Clinic, P ; Primary school, S ; Secondary school, I ; Institute

LG ; Local generator, PG ; Private generator

3.1.2 社会事情

海岸平野に位置するAd Dahi, Harad地区を除く他の山間集落は農業を主産業としている。しかし、いずれの集落も出稼ぎ送金が主要な収入源で、その労働者数は対住民比で5~15%に達している。

Ad Dahi, Haradは主要国道沿いに位置し、店舗数300以上の都市的形態を呈している。Shihara, Ad Dahi, Haradは郡庁(Nahiya)所在地である。

インタビュー及び現況調査を基本とした各サイトの社会施設概要については、行政区を併記して表11にまとめた。社会状況は地区毎に多様で、中小集落では、社会施設の未整備なところが多い。

各サイトの衛生環境については、以上の社会状況から概略を推定できるが、全般に良好な水準にあるとは云い難い。インタビュー結果に基づく、各地区の疾病については、表12に示すように水系汚染との関連もつ寄生虫疾患が主な疾病としてあげられている。

表12. インタビューによる各地区の主要な疾病

Diseases Site	Schistosomiasis (Bilharaiasis)	Malaria	Others	Relation To Drinking Water
Wadi Asfan	no	no		no
Al Khashna	no	no		no
Al Zakira	no	no		no
Al Kheisen	yes	no		yes
Al Rajam	yes	no		yes
Shihara	yes	no	*	yes
Ad Dahi	no	yes	Helminthiasis	yes
Harad	no	yes		no
Dimuna	yes	no		yes
Al Husun	—	—	—	—

* The disease occurred in 1985 and spreaded because of broken pipeline, closing to sewage water.

3.1.3 人 口

給水事業の計画及び現状把握には信頼できる住民の人口統計が必要である。しかし、イエメン・アラブ共和国においては適切な人口調査データが少ないので、地区毎に適宜、検討を行う必要がある。

各地区の人口統計資料としては、1981年センサス (CPO)、インタビュー結果、MPW の調査資料、現況調査結果及び、空中写真等がある。人口の推定については、これらの資料をそれぞれ、比較検討し妥当なものを用いる。

なお、現在人口の推定及び将来人口の推定にあたっては、「人口速報」(1986) を利用し、1981年から1986年の5年間の人口動向を検討して用いる。

YAR の全人口は、649万人 (1975)、854万人 (1981)、927万人 (1986) で、1981年から1986年の5年間に年 1.7% で増加している。また、各資料に見るように、YAR でも都市部における人口増が、顕著で郡部での人口増をはかるに上廻っている傾向にある。人口の推定にあたっては、以上の項目について配慮するものとする。

最新の人口資料は、1986年の「人口速報」(CPO) でAppendix A-2-gにまとめたとおりとなる。

表 13 州都以外の人口増加率

州 名	州都の人口を除いた州の人口 (人)		増加率 (%) (1年)
	1981	1986	
SANA'A	1,529,594	1,429,691	-1.342
IAIZZ	1,465,831	1,465,858	0.000
HODEIDA	989,503	1,139,249	2.859
DHAMAR	756,741	765,237	0.224
HAJJAH	867,728	881,936	0.325
MAHWIT	287,470	317,060	1.979
計	5,896,867	5,999,031	0.344

(CPO, 1986)

今回の調査地区は、小都市部 2ヶ所を含むが、郡部の村落を中心とするので、州都の人口を除いた州人口を対象として、その動向を考察する方が、より現実的と云える。そこで、本計画表13のように、州都以外の人口についてまとめ、これを利用し、現在人口を推定する。また、将来人口についても同様にこの増加率を見込むものとするが、YAR 全体の人口増加率 1.7%/年を下廻るものについては、表14のように計画上 1.7%年の増加率を採用する。

表14. 人口増加率 (1981-1986)

地 区	増 加 率	計 画 増 加 率
Wadi Asfan (SANA'A)	0.0%/year	1.7%/year
Al Kheisen		
Al Zakira (TAIZ)	0.0%/year	1.7%/year
Dimuna (DHAMAR)	0.2%/year	1.7%/year
Al Khashna		
Al Rajam (MAHWEET)	2.0%/year	2.0%/year
Shihara (HAJJAH)	0.3%/year	1.7%/year
Ad Dahi (HUDAYDAH)	2.9%/year	2.9%/year
Harad		

5.7「地区別の給水施設」に、各地区の現在人口、計画給水人口等をまとめる。集落別の詳細な人口分布は、Appendix A-2-gにまとめた。

3.2 利水状況

以下に現況調査結果を基本にして全サイトの水利用現況を概観する。

深井戸による給水施設が全く存在しない調査対象地区においては、シスターンと湧水及び手掘り浅井戸が主要な水源形態である。各水源で十分な水量が得られない場合はこれら 3種の水源が組み合わされ利用されている。

湧水利用の場合は、湧水部に簡易な貯水槽を設置している場合が多く、生活用水はここからバケツ等で手汲みされ、家庭に運ばれている。

手掘り浅井戸は直径2m~3mで、深さは帯水層に応じて 10m~ 25mの範囲のものが多
い。揚水は、人力による場合もあるが、小型エンジンと小型ポンプを組合せたもの、
あるいはボアホールポンプにベルト掛のエンジンを動力としたものが普及している。

シスターンは一種の貯水槽で、降雨時における表流水を集める構造になっている。
とくに、高地に位置するShihara 地区では家庭用水をまかなう上で多くのシスターン
が重要な役割を果たしている。しかし、シスターンは、地形的に集水しやすい地点に
設置されているため、雨水以外に汚水も流入し易く、したがって、他の水源形態に比
較し、飲用水源としては問題が多い。

公共事業省、CYDA、あるいは個人により深井戸が設置されている地区ではこれが水
源として利用されている場合が多い。ただし、給水施設がなく、井戸が遠い場合には、
給水施設が未整備の地区と同様の水利用状況となっている。

なお、上述の水源で水量が不足する場合、生活用水は近接地域からの購入により賄
われている。とくに、飲料水については、いづれのサイトでも購入している場合が多い。
購入する水の価格は表15に示したとおりで地区により $5 \sim 500 \text{YR} / \text{m}^3$ の範囲で著し
く異っている。

この他、飲料水としてポリエチレンボトル容器 (1~ 1.5ℓ) のミネラルウォーター
が 1本 4~7YR (60~ 100円) で市販され全国的に普及している。

表15. プロジェクト対象地区の購入水の価格 (1986)

Site	Water Price(YR/m ³)
Wadi Asfan	40
Dimuna	115
Al Khashna	5
Al Zakira	free
Al Kheisen	500
Al Husun	—
Al Rajam	150
Shihara	375
Ad Dahi	15~60
Harad	100

3.3 水理地質学的考察

3.3.1 概 要

YAR 国の年間降水量は一般に 600mm/年以下と少なく、水系は通年的に、水の無い Wadi として存在することが多い。このため表流水を水源として利用することが不可能に近い状況にあるため小規模な水道計画では、地下水を水源とすることが最適である。

本計画で対象とする水源は、基本的に地下水となるので、まず YAR における水理地質学的概観を把握しておく必要がある。以下に今回の調査サイトを水文地質学的区分と比較させて YAR の水理地質学的概要をまとめる。

一般水理地質図 (図 3) よりイエメン・アラブ共和国の地質を水文地質的に区分すると次のように 5 区分することが可能である。

i) 沖積層が広く分布する地域 (Tihama 海岸平野、Rub Al Khali 砂漠)

沖積平原に加えて、沖積層は山岳地帯の盆地、Wadi 沿いに分布している。一般に沖積層が支配的な部分では浅い地下水に恵まれていると考えてよい。

今回のプロジェクト対象地区ではAl Husun, Ad Dahi, Harad地区が本地域に相当する。また山間地の沖積層分布地に水源を求めているものとしては、Al Zakira, Shihara 地区を挙げることができる。

ii) 火山岩類が広く分布する地域（中央～南部山間地、Sana'a市北部盆地）

火山岩類が支配的な地域での地下水は、主として裂か水の形態をとっている。また、火山砕屑岩や多孔質な燧岩の部分では地層水も賦存しており通常、地形条件、地質条件を考慮すれば、地下水開発の可能性のある地域である。

本調査地区では、Wadi Asfan, Dimuna, Al Khashna 地区がこれに相当する。

iii) 堆積岩類が広く分布する地域（北西部山岳地帯）

透水性の高い部分では、地下水に恵まれていると云えるが、通常、地形、地質条件が地下水賦存状態と強く関係している。したがって、水源開発に対しては細かな検討を必要とする地域である。

今回の調査地では、大局的にAl Rajam, Shihara 地区がここに相当する。

iv) 石灰岩（Amran Series）が広く分布する地域（中央～北部山間地及び、その東側山麓地帯）

地下水の賦存状況が裂か、石灰洞などの局所的構造に支配される地域で、地下水取水が一般に困難な地域。地下水開発には十分な地質学的検討が必要である。

当調査地区では、Al Kheisen地区がここにあたる。

v) 基盤岩類の分布する地域（北東端、北西端及び南東山間地）

風化帯や断層などの裂か水のみが主要な地下水形態で、一般に湧出量も少ないと考える方がよい。地下水開発には十分かつ詳細な地形・地質学的調査が必要である。

本地域には今回のプロジェクト対象地は存在しない。

3.3.2 水 理 特 性

既存資料及び現場揚水試験から水理特性を把握した。基本設計を行う各サイト毎の概要は下表のとおりで、詳細は Appendix A-3 に解析図、検討書として添付した。

表16. 水 理 特 性

Site	Aquifer	Transmissibility m ² /min	Permeability cm/sec	Note
Wadi Asfan	Yemen Volcanics	2.02×10^{-3}	1.87×10^{-4}	Jihana site
Al Khashna	do	2.63×10^{-3}	1.46×10^{-4}	Sanaban site
Al Zakira	do	2.14×10^{-3}	1.2×10^{-4}	Existing data
		$\sim 1.37 \times 10^{-3}$	$\sim 9.8 \times 10^{-5}$	
Al Kheisen	Amran Limestone	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-3}	
		$\sim 2.7 \times 10^{-3}$	$\sim 2.5 \times 10^{-4}$	Sandstone
		(5.0×10^{-3})		
Al Rajam	Tamilah Sandstone	3.0×10^{-1}	1.6×10^{-2}	Sandstone
		$\sim 2.7 \times 10^{-3}$	$\sim 2.5 \times 10^{-4}$	
		(1.0×10^{-2})		
Shihara	Alluvium/ Sandstone	2.2×10^{-1}	4.1×10^{-2}	Field test
Ad Dahi	Alluvium	2.4×10^{-1}	3.02×10^{-2}	Alluvium
		$\sim 3.36 \times 10^{-2}$	$\sim 3.54 \times 10^{-3}$	
Harad	do	2.64×10^{-1}	1.62×10^{-2}	Field test
		$\sim 3.36 \times 10^{-2}$	$\sim 1.87 \times 10^{-3}$	& data