

オマーン国

# ワジ・ジジ農業開発計画

(調査報告書)

昭和 58 年 1 月

国際協力事業団



農計技
CR (5)
82-75



JICA LIBRARY



1029266[2]



各 位

本報告書は、当事業団の規程<sup>※</sup>により、「取扱注意報告書」の取扱い区分に指定されておりますので、その取扱いに当たっては、十分にご留意願います。

昭和58年1月

国際協力事業団  
総務部情報管理課長

※ 昭和53年6月6日付規程第9号（国際協力事業団報告書の作成及び管理に関する規程）



オマーン国

# ワジ・ジジ農業開発計画

(調査報告書)

昭和 58 年 1 月

国際協力事業団

農計技

CR (5)

82-75

國際協力事業団	
社 田 58.2.28	310
登録No. 153506	416 AFT



## あ い さ つ

オマーン国政府は、同国北部バチナ地方ソハール地区に位置するワジ・ジジ流域を対象とする農業開発計画のフィージビリティスタディの実施に関する協力を我が国に要請してきた。

この要請に基づき、日本国政府は国際協力事業団を通じ、昭和56年3月から5月までの約2ヶ月間および昭和56年11月から昭和57年3月までの約4ヶ月間の2度にわたり、オマーン国に調査団を派遣し、現地調査を実施した。

本報告書は、現地で集収した資料、調査結果及びオマーン国政府関係者の意見を踏まえ、フィージビリティスタディ報告書としてとりまとめたものである。この報告書がワジ・ジジ農業開発計画の実現はもとより、本地域の開発に寄与し、さらに日本及びオマーン両国の友好に貢献することを願うものである。

最後に、この調査に関し積極的な御支援と御協力を賜ったオマーン国政府、在オマーン日本国大使館、外務省、農林水産省及び作業監理委員会の関係各位に対し、深甚の謝意を表する次第である。

昭和58年 1 月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔



# 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔 殿

今般、オマーン国、ワジ・ジジ農業開発計画に関するフィージビリティー最終報告書を提出するに至ったことを喜びとするものであります。

本調査は、北部バチナ地方のワジ・ジジ流域を対象とした、水資源と農業開発をコンポーネントとする開発計画のフィージビリティー調査であります。

本フィージビリティー報告書は次の3分冊よりなっています。

Volume I 本文－結論、勧告及び事業概要

Volume II,III 資料編－詳細技術検討資料

この農業開発計画は、オマーン国における今後の社会、経済発展に大きく寄与し、かつまた、近傍地域への開発に対する好例となり、注目をあびるものと確信します。

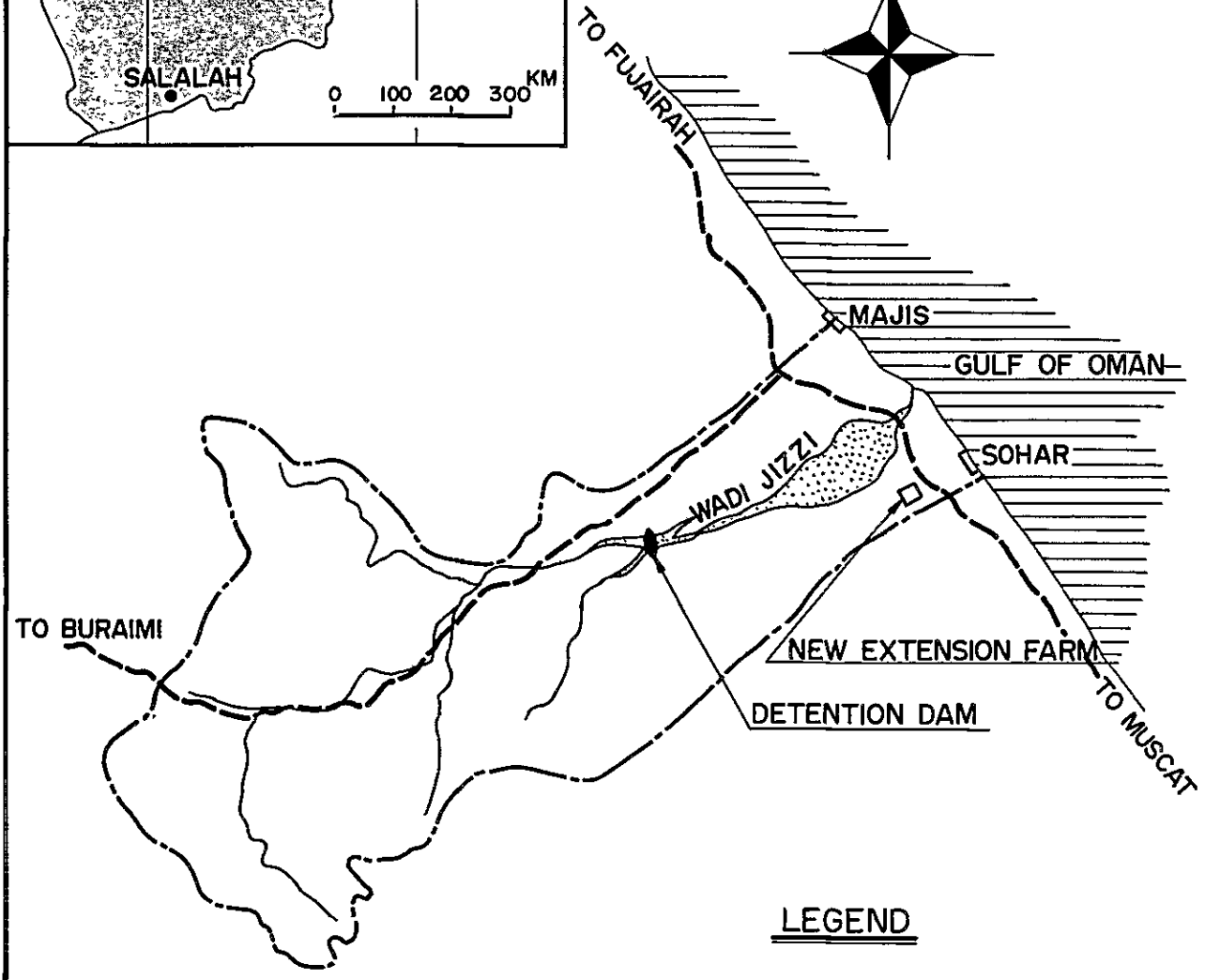
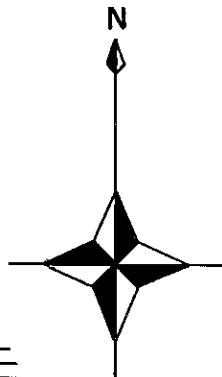
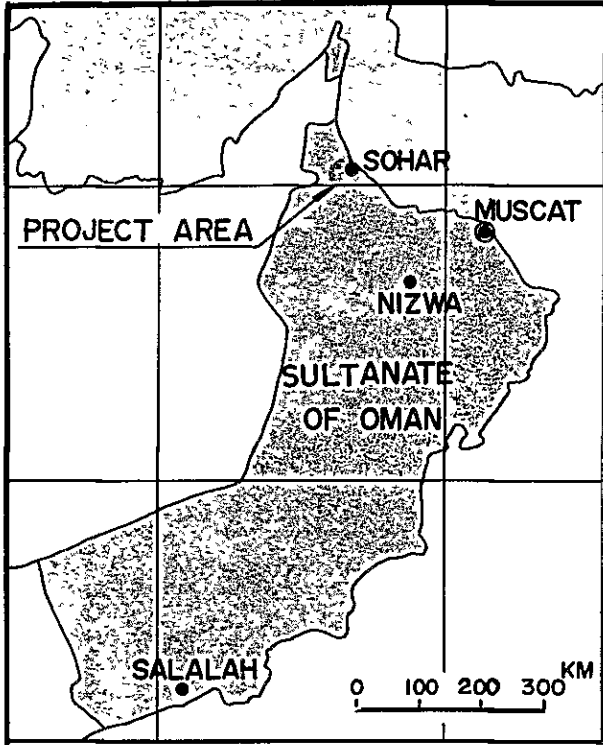
この報告書の作成にあたって、オマーン国農漁業省、日本国外務省、農林水産省、国際協力事業団、在オマーン日本国大使館及び作業監理委員会から随時適切なるご協力、ご助言をいただいたことに対し、深甚の謝意を表わすものであります。

昭和58年1月

ワジ・ジジ農業開発計画

調査団長 渡 辺 滋 勝

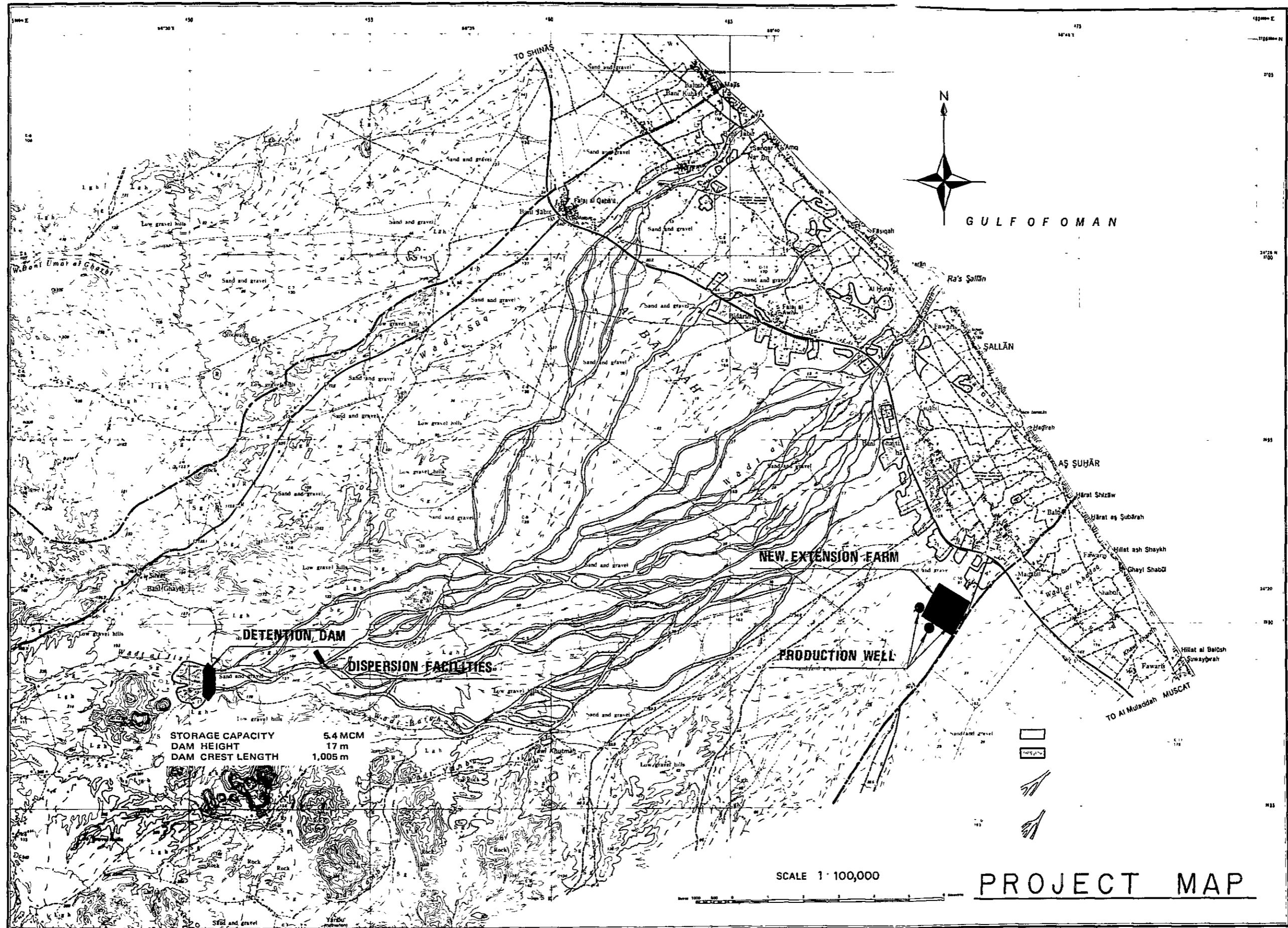




LEGEND

- WATERSHED BOUNDARY
- WADI COURSE
- HIGHWAY

**PROJECT LOCATION**

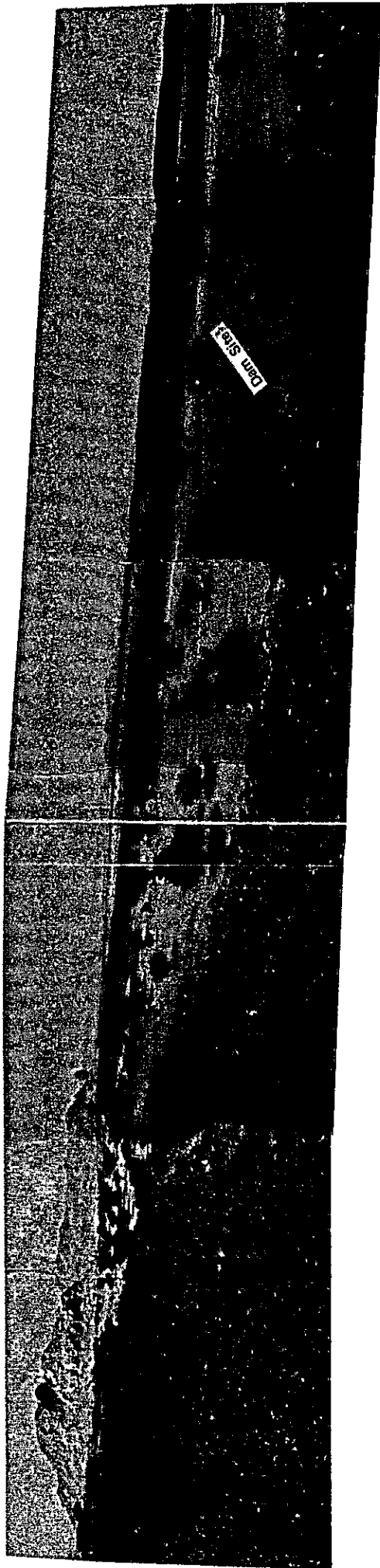


STORAGE CAPACITY 5.4 MCM  
 DAM HEIGHT 17 m  
 DAM CREST LENGTH 1,005 m

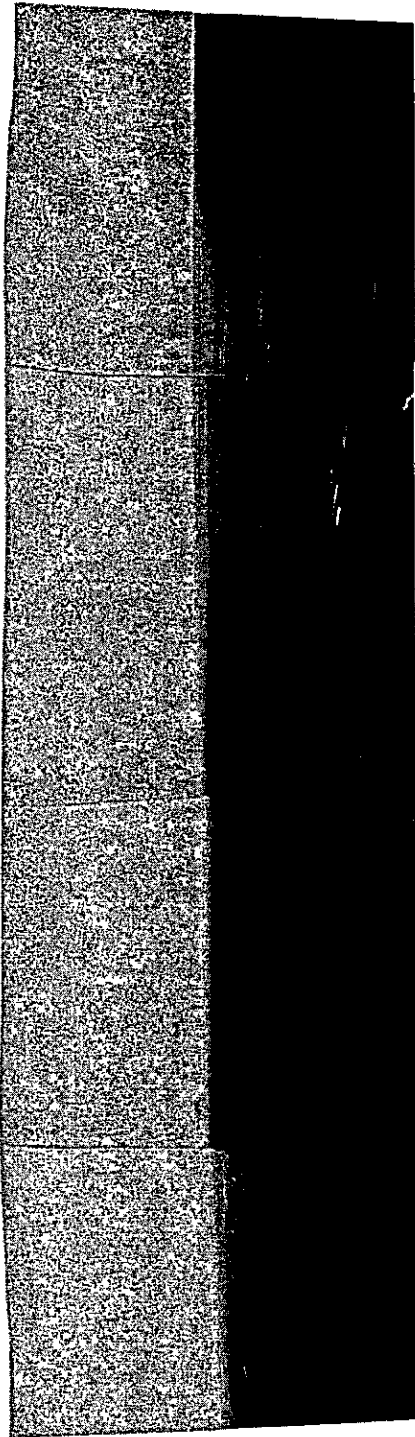
SCALE 1:100,000

PROJECT MAP





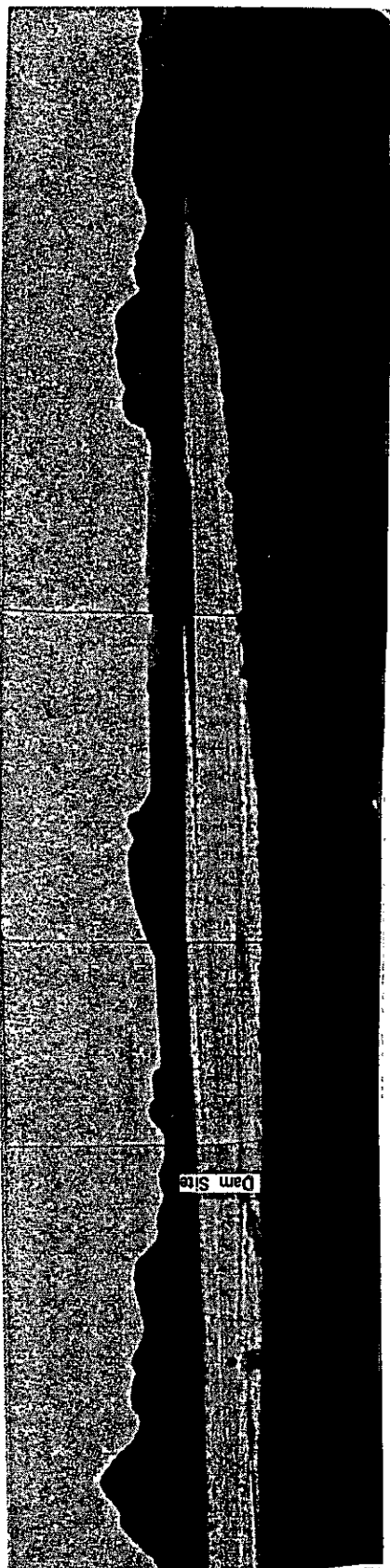
Upstream View of Wadi Jizzi from Proposed Detention Dam Site



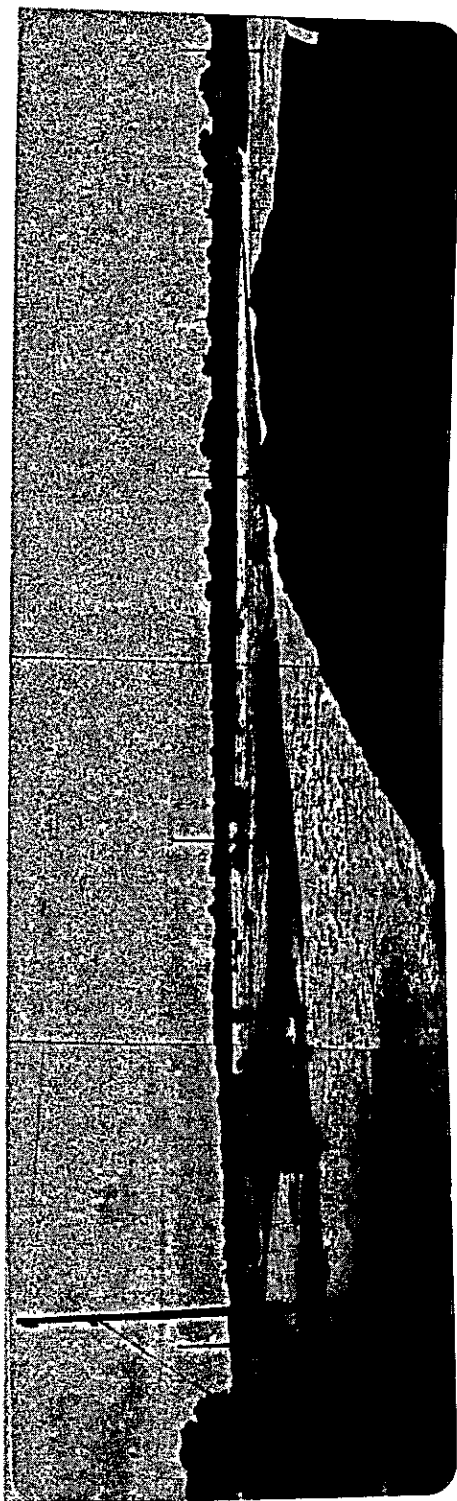
General View of Downstream Wadi Jizzi Plain





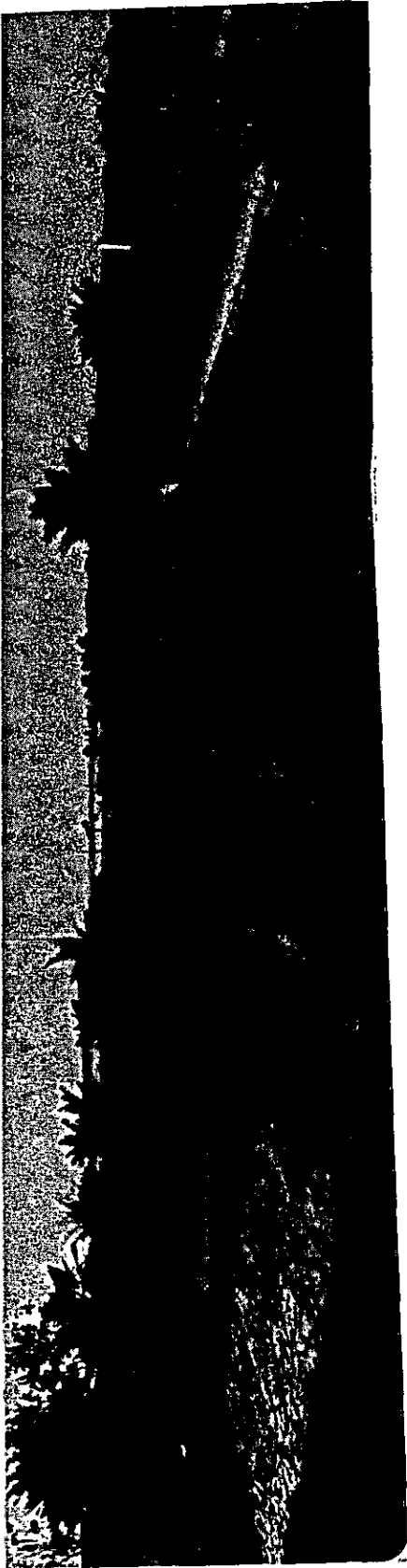


Flood Discharge at Proposed Detention Dam Site ( 14, February 1982 )

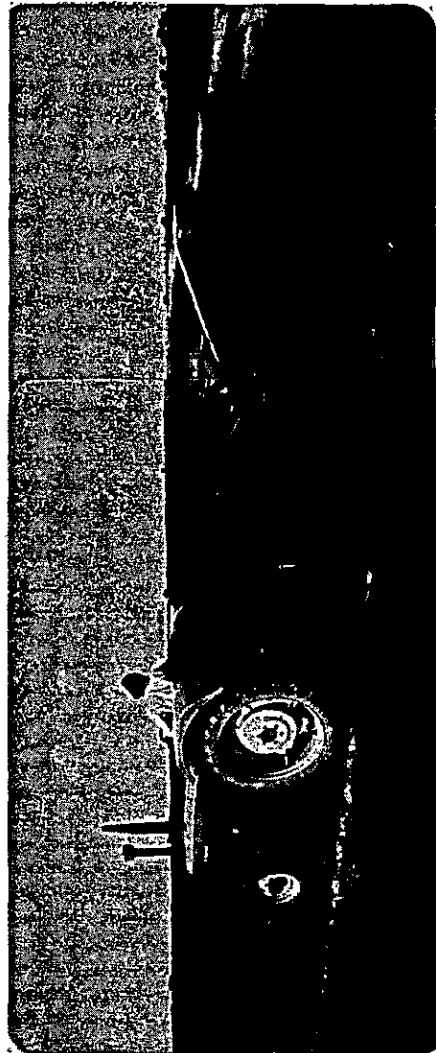


Flood Discharge at Wadi Sallian ( 14, February 1982 )





Present Cultivated Area Irrigated by Border-strip and Furrow Irrigation Methods



Harvesting of Fodder Crops in Oman Sun Farm

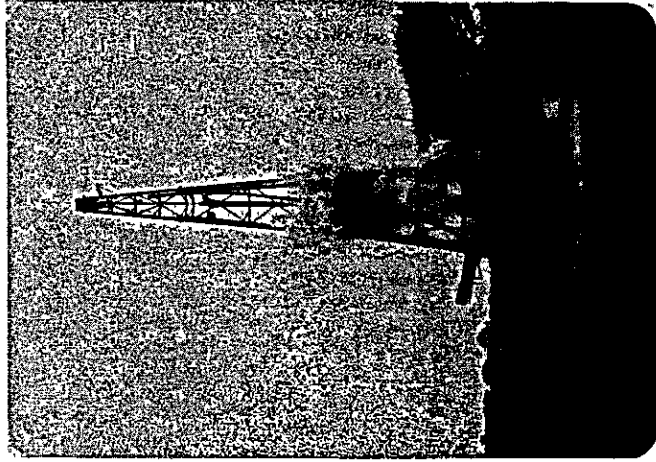


Marketing of Agricultural Products in Sohar





Installation of Water Level Gauge



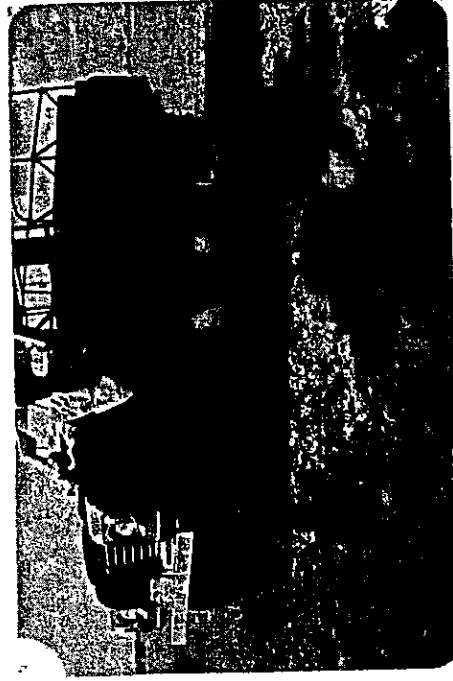
Construction of Observation Well ( Cleaning of Constructed Well )



Bore Hole Logging at Constructed Well ( JA-3 )

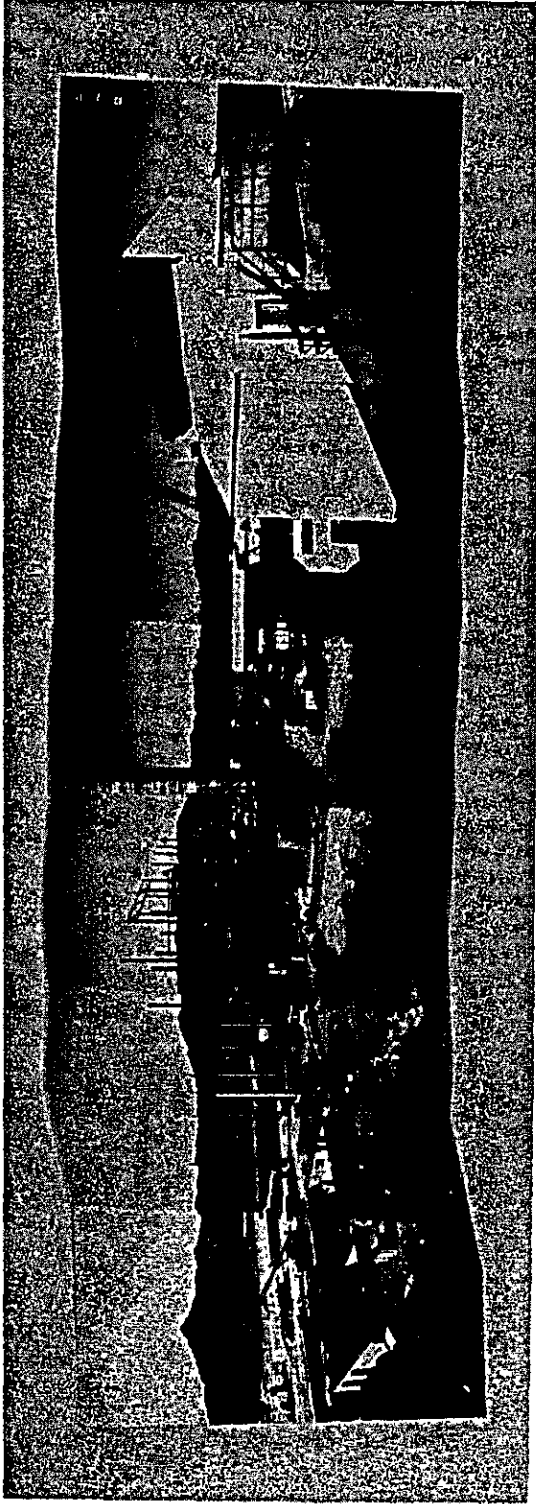


Geo-Electric Survey at Lower Wadi Jizzi Plain



Intake Rate Test at Proposed New Extension Farm

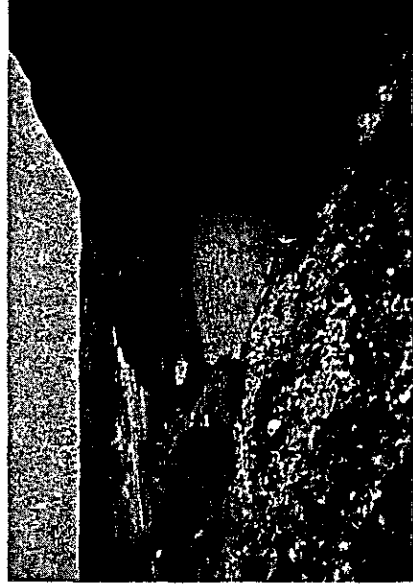




Oman Copper Mining Process Plant (under Construction )



Entrance of Lassal Mining



Disposal Pond for Wasted Water from the Mine





# 目 次

	頁
あ い さ つ	
伝 達 状	
計 画 一 般 図	
目 次	1
省略記号および換算率	11
事業の概要および結論	14
勸 告	26
第 1 章 序 言	29
1-1 調査の背景	29
1-2 調査の目的	29
1-3 調査の経緯	30
第 2 章 事業の背景	34
2-1 国家および地域経済	34
2-1-1 位置および地勢	34
2-1-2 国家人口	34
2-1-3 国家経済(1970~1974)	34
2-1-4 長期的国家目標と政策及び第一次5ヶ年計画	35
2-1-5 国家経済(1976~1980)	35
2-1-6 第二次5ヶ年計画	36
2-2 農業および水資源開発投資	38
2-2-1 水資源部門の開発	38
2-2-2 水資源部門の重要なプロジェクト	38
第 3 章 計画地区の現況	39
3-1 位置および地域の概況	39
3-1-1 地勢および道路状況	39
3-1-2 社会環境	39

	頁
3-2 立地状況 .....	40
3-2-1 ワジ・ジジおよびその地形 .....	40
3-2-2 気象および水文 .....	41
3-2-3 地質 .....	47
3-3 水資源 .....	51
3-3-1 地表水 .....	51
3-3-2 地下水 .....	52
3-4 土地資源 .....	71
3-4-1 土壌調査概要 .....	71
3-4-2 土壌調査 .....	74
3-4-3 土壌分類 .....	77
3-4-4 土地適性分級 .....	78
3-4-5 問題点と勧告 .....	90
3-5 人的資源 .....	96
3-6 現況農業 .....	97
3-6-1 土地利用 .....	97
3-6-2 水利用 .....	97
3-6-3 農家と人口 .....	101
3-6-4 農業生産 .....	101
3-6-5 畜産 .....	105
3-6-6 農産物及び投入資材の市場 .....	105
3-6-7 農家経済 .....	110
3-6-8 農業支援事業 .....	111
3-7 新規開発農場地区の状況 .....	113
3-7-1 開発可能適地 .....	113
3-7-2 社会・経済状況 .....	113
3-8 プロジェクトとの関連事業 .....	114
3-8-1 オマーン・サン・ファーム .....	114
3-8-2 ソハール銅鉱業開発計画 .....	114

	頁
3-8-3 ソハール都市開発計画	116
3-8-4 ソハール都市用水供給計画	116
3-8-5 ソハール・ガス供給計画	116
3-9 ワジ・ジジ流域の年間水需要量	117
<b>第 4 章 事業計画</b>	<b>119</b>
4-1 事業の目的とコンポーネント	119
4-1-1 事業の目的	119
4-1-2 事業のコンポーネント	119
4-2 水資源開発計画	120
4-2-1 水資源開発方式の比較検討	120
4-2-2 開発計画	130
4-2-3 水源配分計画	137
4-3 地下水取水計画	137
4-3-1 取水施設の位置	137
4-3-2 地下水取水方式	140
4-3-3 生産井戸の設計揚水量	141
4-4 農場開発計画	141
4-4-1 農場開発可能面積	141
4-4-2 農場位置の選定	142
4-5 農業開発計画	144
4-5-1 農場組織の比較検討	144
4-5-2 農業生産	145
4-5-3 かんがい計画	151
4-5-4 農場管理計画	162
4-5-5 農家経済	164
4-5-6 農業支援計画	167
4-6 施設の予備設計	169
4-6-1 涵養施設	169
4-6-2 取水施設	174

	頁
4-6-3 かんがいおよび農場施設	176
4-6-4 農場関連施設	182
4-7 事業費の積算	185
第5章 事業実施計画	190
5-1 事業実施組織	190
5-1-1 事業実施主体	190
5-1-2 工事実施事業所	190
5-2 事業の実施と施工計画	190
5-2-1 実施方式	190
5-2-2 工期	190
5-3 維持管理計画	193
5-3-1 維持管理組織	193
5-3-2 維持管理費	195
5-4 コンサルタントの技術供与	195
第6章 事業評価	199
6-1 概要	199
6-2 経済評価	199
6-2-1 経済評価の方法	199
6-2-2 生産物および労働価格の評価	199
6-2-3 便益の評価	203
6-2-4 事業費の評価	207
6-2-5 内部経済収益率	209
6-3 感度分析	209
6-4 社会・経済に及ぼす効果	209
第7章 潜在鉱害	211
7-1 調査	211
7-1-1 調査内容	212
7-1-2 1982年2月の状況	213

	頁
7-1-3 試料採取	215
7-1-4 分析内容	215
7-1-5 分析結果	217
7-2 鉱害の種類	225
7-2-1 坑内廃水	226
7-2-2 選鉱廃水	227
7-2-3 精錬排煙	228
7-2-4 スラッグ生成工程の廃水	229
7-2-5 ラサイル鉱山採掘終了後の鉱害の可能性	229
7-2-6 プロセスプラント廃止後の鉱害の可能性	231
7-2-7 鉱害発生過程のまとめ	231
7-3 農作物と鉱害	232
7-3-1 土壌汚染	232
7-3-2 大気汚染	234
7-4 鉱害防止対策	234
7-4-1 基本的事項	234
7-4-2 廃水対策	235
7-4-3 排煙対策	236
7-5 鉱害監視	236
7-5-1 基本的事項	236
7-5-2 モニタリング	237
7-6 今後の課題	240
7-6-1 廃水の水質、性状のチェックと水質モニタリングシステム	240
7-6-2 ワジ・ジジ本流 D <sub>2</sub> サイトより下流地域の地下水流路調査	240
7-6-3 気象調査	241
7-6-4 モニタリングと警告基準の作成	241

## 表 の 目 次

		頁
表 3-1	ソハール観測所における気象資料の要約	45
表 3-2	地 質 層 序 表	49
表 3-3	ダムサイトにおける洪水流出量	54
表 3-4	ワジ・ジジ河口における洪水流出量	55
表 3-5	ワジ・ジジ流域における既存井戸一覧表	59
表 3-6	現況水収支計算結果(1974~1981)	67
表 3-7	井戸OA-2における1974年から1982年までの電導度の変化	70
表 3-8	地下水水質分析結果	72
表 3-9	土壌分析結果一覧表	76
表 3-10	計画地区の土壌型	79
表 3-11	各土壌型の特性と土壌分類	80
表 3-12	土壌分級制限因子の評価基準	84
表 3-13	各土壌型の制限因子と土地分級の評価	85
表 3-14	土壌の等級別面積、土地改良および適性作物一覧表	87
表 3-15	新規開発可能面積	93
表 3-16	オマーンにおける作物栽培規準	103
表 3-17	現況農業機械利用状況	104
表 3-18	現 況 の 畜 産	106
表 4-1	年間洪水取水量とかんがい可能面積	124
表 4-2	水資源開発方法の比較検討結果	132
表 4-3	ワジ・ジジ礫平原における水収支計算結果	135
表 4-4	農 業 生 産 資 材	149
表 4-5	農 業 生 産 資 材	150
表 4-6	農 業 生 産 量	152
表 4-7	単位面積当りの作物別必要水量	156
表 4-8	単位面積当りの年間必要水量	157
表 4-9	単位面積当りの月別必要水量	158

	頁
表 4 - 10 各農家別必要労働力の算定 .....	165
表 4 - 11 農場全体の必要労働力の算定 .....	166
表 4 - 12 入植農家 1 戸当りの農家経済 .....	168
表 4 - 13 ポンプ揚程の計算 .....	177
表 4 - 14 計画用水系統の比較検討 .....	178
表 4 - 15 事業費の積算 .....	186
表 4 - 16 水資源開発計画の事業費 .....	187
表 6 - 1 純生産額の算定 .....	203
表 6 - 2 年 便 益 .....	206
表 6 - 3 経済的事業費 .....	208
表 7 - 1 採 取 試 料 .....	216
表 7 - 2 採取した試料と分析の種類 .....	218
表 7 - 3 定量化学分析表（鉱石、岩石、砂礫、坑内廃水） .....	220
表 7 - 4 定量化学分析表（溶出試験液、砂礫、坑内廃水の濾過液） .....	221
表 7 - 5 定量化学分析表（岩石、水） .....	222
表 7 - 6 DP - 2 および DP - 2（池）の分析結果 .....	224
表 7 - 7 水MS-3-100 および水DP-2の分析結果 .....	224



## 図 の 目 次

		頁
図 3 - 1	ソハール観測所における月別雨量および気温	42
図 3 - 2	観測計器位置図およびティーセン図	43
図 3 - 3	ワジ・ジジ流域の地質図	48
図 3 - 4	Mulayyinah地点における基底流量と平均降雨量(1977~1981)...	53
図 3 - 5	1洪水当りの洪水量の確率頻度曲線図	56
図 3 - 6	ワジ・ジジぞいの地下水盆概念図	61
図 3 - 7	水文地質図	62
図 3 - 8	電気伝導度検層比較図	69
図 3 - 9	地下水水質分析結果図	73
図 3 - 10	土壌および水質調査位置図	75
図 3 - 11	ワジ・ジジ下流部の土性および堆積状態模式図	81
図 3 - 12	土壌型分布図	82
図 3 - 13	土壌分級図	86
図 3 - 14	かんがいに対する土地適性分級	88
図 3 - 15	農業開発適地位置図	89
図 3 - 16	利用可能地の等級別分布図	91
図 3 - 17	新規農場造成位置およびその周辺の土壌型分布図	92
図 3 - 18	土壌塩分分布図	95
図 3 - 19	現況土地利用図	98
図 4 - 1	抑留ダム放流計算結果(容量)	122
図 4 - 2	抑留ダム放流計算結果(水位)	123
図 4 - 3	事業実施工程表	131
図 4 - 4	抑留ダムおよび拡散施設による流路分布図	138
図 4 - 5	農場開発適地位置図	143
図 4 - 6	計画作付体系	147
図 4 - 7	かんがいユニットおよび末端かんがい施設のレイアウト	160
図 4 - 8	用水施設の管理模式図	163

	頁
図 4 - 9 かんがい管水路の計画用水系統図 .....	181
図 5 - 1 事業実施組織図 .....	191
図 5 - 2 事業実施工程表 .....	192
図 5 - 3 維持管理組織図 .....	194
図 5 - 4 コンサルタンツ技術供与予定表 .....	197
図 7 - 1 鉱山、選鉱、精錬場とワジ・ジジ流域との位置関係 .....	214
図 7 - 2 ソハール銅プロジェクトの農作物に対する影響の経路 .....	225
図 7 - 3 水質モニターリングのための観測井戸候補位置図 .....	238

## 資料編の目次

Appendix A	Meteorology and Hydrology (気象および水文)
Appendix B	Surface Water (地表水)
Appendix C	Groundwater (地下水)
Appendix D	Geology (地質)
Appendix E	Soil (土壌)
Appendix F	Alternative Study (水源開発の比較検討)
Appendix G	Irrigation (かんがい)
Appendix H	Agriculture (農業)
Appendix I	Structures and Facilities (構造物および施設)
Appendix J	Cost Estimate (事業費の積算)
Appendix K	Project Implementation (事業事実計画)
Appendix L	Agro-Economy (農業経済)
Appendix M	Environment Assessment (潜在鉱害)

## 省略記号および換算率

### 単 位

#### 長 さ

mm	Millimeter
cm	Centimeter
m	Meter
km	Kilometer

#### 面 積

sq.cm, cm <sup>2</sup>	Square centimeter
sq.m, m <sup>2</sup>	Square meter
sq.km, km <sup>2</sup>	Square kilometer
ha	Hectare
MSM, 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Million square meter

#### 容 積

l, lit	Liter
cu.m, m <sup>3</sup>	Cubic meter
MCM, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Million cubic meter
barrel	31.5 gallon (U.S.) = 36 gallon (U.K.)
gallon	3.785 l (U.S.) = 4.546 l (U.K.)

#### 重 量

g	Gram
Kg	Kilogram
ton, m.t	Metric ton

その他

EL	Elevation above mean sea level
FWL	Full water level
HWL	High water level
mamsl	Meter above mean sea level
mbmsl	Meter below mean sea level
mbgs	Meter below ground surface
sec	Second
min	Minute
hr	Hour
min	Minimum
max	Maximum
°C	Degree Centigrade
°F	Degree Fahrenheit
EC	Electric Conductivity
mho	Reciprocal ohm
mmho	Millimho
µmho	Micromho
mg/lit	milligram of solute per liter of solution
ppm	Parts per million
%	Percent
FY	Fiscal Year

換算率

R.O.	Omani Rial, R.O. = 2.924 USD. = 1,000 Baiza
U.S.D.	Dollar, USD. = 0.342 R.O.
Feddan	Oman unit of area measurement = 0.42 ha

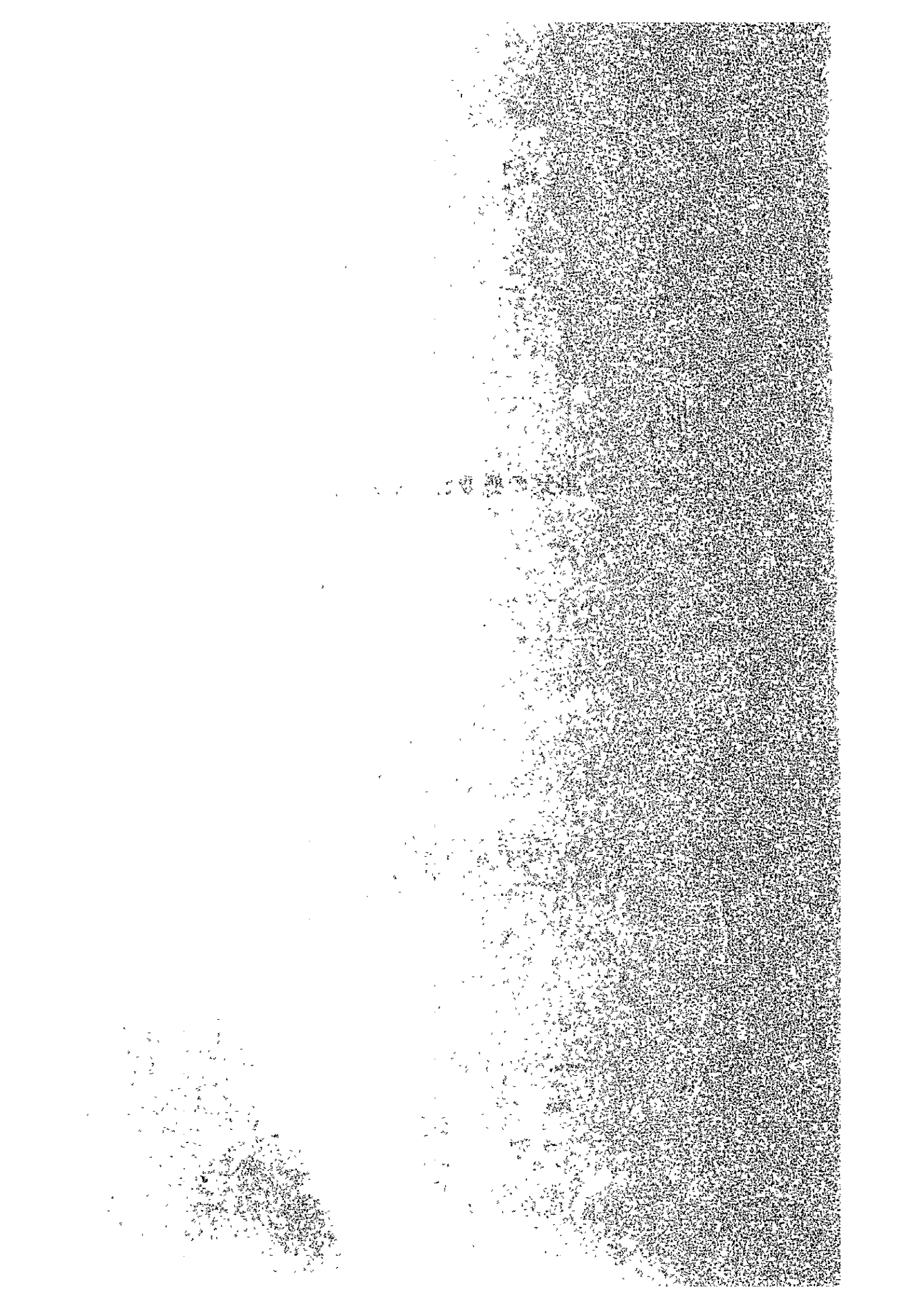
## 省 略 記 号

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
FAO	Food and Agricultural Organization	食糧農業機構
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MAF	Ministry of Agriculture and Fisheries	農 漁 業 省
MEW	Ministry of Electricity and Water	電 力 水 省
MLAM	Ministry of Land Affairs and Municipalities	土地事務村落省
MPM	Ministry of Petroleum and Minerals	石 油 鉱 業 省
MPW	Ministry of Public Works	公 共 事 業 省
Ain	Spring	泉、井戸
Aflaj	Plural form of Falaj	ファラージの複数
Falaj	Water distribution system under or above ground	地下又は地表の 導水組織
Wadi	Dry river valley	ワジ(間けつ河川)
Wali	Local Governor of an area	地方行政区長
Wilaya	Local Governorate	地方行政区
Wilayat	Plural form of Wilaya	ウイラヤの複数
Project Area	Existing cultivated area in the alluvial plain extending from Majis to Wadi Khadaq	マジスからワジ・ カダクに拡がる沖 積平野の現耕作地区
New Extension Farm Land	Area to be developed by the recharged water resources in the Project	涵養地下水にもとづ く開発地区



## 事業の概要および結論





## 事業の概要および結論

### 調査と報告書

1. この報告書はワジ・ジジ (Wadi Jizzi) 農業開発計画のフィージビリティースタディの成果をとりまとめたものである。この報告書作成に際して、水資源開発計画の2つの代案、すなわち洪水貯水方式及び地下水涵養方式、について比較検討し、最終的に最適案と考えられる地下水涵養方式を計画案として選定した。
2. フィージビリティ・スタディーの結果、本事業計画は技術的経済的に十分な妥当性を有し、オマーン (Oman) 国の国家開発政策と合致する。

この計画は、オマーン国における農業生産の拡大を図る最初の水資源開発計画であり高い優先度が与えられ、さらに、ワジ・ジジ海岸平野における地下水の過剰くみあげによる塩害の発生に対して早急な対応が必要とされる地下水涵養への役割を果たす。

### 経済的背景

3. オマーン国はアラビア半島の南東の主要地点を占め、その面積は約300,000 km<sup>2</sup>である。本計画の対象流域であるワジ・ジジ流域は北部バチナ (Batinah) 地方のWilaya ソハール (Sohar) に位置し、オマーン国における人口集中地域の1つである。オマーン国の国勢調査は未だ行なわれていないので、開発計画の立案に当り人口を150万人と推定した。
4. 1970年7月以来、オマーン国は社会-経済機構の改革を進めており、それ以来急速な経済発展を遂げて来た。1970年から1975年の5ケ年間に近代国家としての基本的な条件を整え、1975年2月、オマーン国の経済発展戦略が開発評議会において採択された。
5. 第一次5ケ年計画は1976年から1980年の5年間にわたり成功のうちに実施され、その期間内における国内総生産量 (GDP) の平均年成長率は20.3%に達した。この第一次5ケ年計画に引続き、第2次5ケ年計画 (1981~1985) が1981年実施に移された。この期間内の平均年成長率は18.1%を目標としている。
6. オマーン総就業者の約60%は農漁業部門に従事しており、オマーン住民大半の主要収

入源となっている。しかし国内総生産への寄与度は非常に低い。農業の抱える主要な問題は、かんがい用水資源の不足、不十分な普及サービスや農業金融制度の欠如である。このような事情からみて、ワジ・ジジ農業開発計画はオマーン国における農業開発計画を含む最初の水資源開発計画の1つとしてとりあげられた。

#### 計画地区

7. スタディーチームが、水資源開発計画調査を実施したワジ・ジジ流域は、オマーン国の首都、マスカットから約180 kmはなれた北部バチナに位置し、ワジ・ジジ河口における流域面積は約1,300平方kmである。ワジ・ジジの流路長は約75 kmで、東北方に向かって流れ、オマーン湾に注いでいる。ワジの河床勾配はかなりきつく、上流1/100、下流では1/150に達する。計画ダムサイトにおける年平均流出量は、年平均降雨量130 mmで1,130万 $m^3$ と見積られる。
8. 計画地区は、ワジ・ジジ流域の下流に位置し、マジス(Majis)からワジ・カダク(Wadi Khadaq)まで長さ17 km、幅9.5 kmで海岸に平行する海岸線と内陸部の間にはさまれた約3,840  $km^2$ のほぼ長方形の地域である。
9. 計画地区内でオマーンサンファーム(Oman Sun Farm)に隣接する100  $km^2$ が新規開発農場とされた。この農場の選定にあたり、i)ワジ・ジジ平原に涵養される地下水量、ii)作付計画に基づく必要かんがい水量、iii)土壌条件、iv)社会経済条件、に対する詳細な検討が行われた。

#### 土地状況

10. 約13,800  $km^2$ の海岸及び沖積平野において実施された土壌調査によると、地域の土壌は組成と塩分含有量に基づき、10タイプに分類される。土壌調査に基づく適地区分によると、農業開発にとって最も有望な地域はアムク(Amq)とオマーン、サンファーム近傍の2グループである。これらは約1,300  $km^2$ あり細粒質土壌で塩分および礫の含有は少ない。このうち、前述したように、オマーン、サンファームに隣接する100  $km^2$ の土地が本プロジェクトの新規開発農用地として選定された。

## 水利用状況

11. 流域における利用可能な水資源は、地表水と地下水に二分される。洪水流出による地表水は、主として11月から3月の冬期に集中し、短時間にワジを流下して海へ流出するため現状では有効利用が困難である。他方、地下水はこの地域におけるかんがい用水、家庭及び工業用水に対する主要水源である。地下水の年消費量は総量 2,240 万 $m^3$ であり、その内訳はかんがい用 2,110 万 $m^3$ 、家庭用 100 万 $m^3$ 、工業用 30 万 $m^3$ である。
12. 地下水解析の対象となったワジ・ジジ流域は、不透水性地層、段丘堆積層、沖積堆積層からなっている。沖積堆積層は、主として海岸平野に発達し深さ 100 m 以上、幅約 8 km の有力な非圧滞水層を形成している。滞水層は、海岸線の細長い地域に沿って北はマジスから南はワジ・ヒルティ (Wadi Hilti) にかけて分布している。
13. 地下水はワジ・ジジ流路に沿って、動水勾配 2000 分の 1 で海へ向って流下し、最高地下水標高は海水準上 5 m である。
14. 海岸平野における過去 8 ケ年の地下水水収支計算結果によると、年間 60 万 $m^3$ の地下水不足が生じている。海水侵入の徴候は海岸附近の井戸 OA-2 の電気伝導度計測によって観察され、それによると真水と海水の境界層は 1974 年当時と比べ約 5 m (海水準下 16 m) 上昇している。更に地下水滞水層の電気伝導度をみると過去 8 ケ年間に、18,000 マイクロ mho/cm から 50,000 マイクロ mho/cm に増大している。

## 農業状況

15. 計画地区 3,830  $ha$  の現況土地利用は、概略樹園地 2,340  $ha$ 、畑地 300  $ha$ 、非農地 1,190  $ha$ からなっている。
16. Wilaya ソハールの農家戸数は約 3,500 戸で、標準的な 1 戸当りの家族数及び農地規模はそれぞれ 7.1 人及び 1.8  $ha$  である。
17. ほとんどの作物は井戸よりの地下水により栽培され、計画地区の主要作物はデーツでありその他の果樹として、ライム、バナナ、マンゴ等が栽培されている。主要畑作物は野菜と飼料作物で、玉ネギ、ガーリック、トマト等の野菜はデーツの間作として栽培されている。Wilaya ソハールの家畜生産は、国内で重要な位置を占めている。

18. 計画地区内の作物に対するかんがいはポンプによって揚水された地下水に依存している。一般的なかんがい方法は、i) 湛水かんがい、ii) 溝畔かんがい、iii) うね間かんがいである。2,640 haに対する年かんがい所要量は前述した通り 2,110 万 m<sup>3</sup> である。
19. 近年種々な目的を対象とし、海岸平野において地下水を過剰揚水するため、海岸線沿いの滞水層に海水が侵入し、既耕地の一部で高い塩分濃度のかんがい用水による損害をうけている。このような状況のもとで、地下水涵養による水資源の開発は当地域において重要かつ緊急なものである。
20. 農産物の市場への供給は農家、国営農場及び輸入業者によって行われる。オマーン国には組織的な流通制度がなく、これが農業停滞の原因となっている。ソハールには農産物の小売市場があり、計画地区内の農家は自分の車で農産物を搬入している。
21. Wilaya ソハール地方の農業は専業農家の減少、不十分な市場組織、低い作付率の問題を有している。耕地 1,240 ha の平均規模の農家における年間粗収入は 1,860 R.O. で、農業所得は 1,070 R.O. である。

#### 事業目的と構成

22. 事業の直接目的は、i) 地下水涵養による水資源開発、ii) 新規農場の造成による農業開発であり、間接的には、iii) 洪水調節と海岸地帯への海水の侵入防御に基づく既耕地の農業生産と生活環境改良、iv) 家庭飲料水と工業用水の安定供給である。
23. 事業の構成は、i) 地下水涵養のための洪水抑留ダムの建設に基づくワジ・ジシ流域内の水資源の開発、ii) 揚水施設、かんがい組織、道路等を有する新規農場の建設及び農業普及サービスの強化ならびに既耕地の塩害防御に基づく農業開発である。

#### 水資源開発計画案の検討

24. 開発計画を策定するに際し、前述の通り 2 つの水資源開発計画（洪水貯水方式、地下水涵養方式）が作成され、技術的、経済的見地から総合的比較検討を実施した。
25. 洪水貯水方式における水資源開発は次に述べる地表水貯留段階と地下水涵養段階の 2 段階に分けて行われる。

o 地表水貯留段階

抑留ダムで貯留された洪水の一部は、新規農場の全周に沿って建設された貯水池に導水される。従って、抑留ダムと貯水池を連絡する導水施設が必要となる。貯水池は新規農場における年間かんがい必要水量に見合う十分な容量をもたせる。

o 地下水涵養段階

前述の抑留ダムは洪水流出量を抑留するとともに、地表水貯留段階において地下水を涵養する機能を持っている。ワジ流域内の地下水の賦存と産出については、地表水貯留段階において入念な検討が行われた。その結果によると、生産井戸とポンプからなる取水施設により、抑留ダムによって涵養される地下水を利用して新規開発農場をかんがいすることが出来る。

26. 地下水涵養方式においても、抑留涵養ダムは建設され、このダムによって抑留された水は下流の流域における地下水涵養能力にあわせて放流される。この様にして涵養された地下水は新規農場に対し生産井戸により揚水される。

27. 必要な施設の主要諸元は次の通りである。

<u>事 項</u>	<u>洪水貯水方式</u>	<u>地下水涵養方式</u>
a) 計画構造物		
o ダム		
機能	抑 留 ダ ム	抑 留 ダ ム
総貯水量	5.4 百万 m <sup>3</sup>	5.4 百万 m <sup>3</sup>
e 水供給施設		
ステージ 1	導 水 施 設 L = 21.1 km、Q = 3.0 m <sup>3</sup> /sec 貯水池 V = 1.1 百万 m <sup>3</sup>	井戸及ポンプ 3 ケ所 ファームポンド V = 4,700 m <sup>3</sup>
ステージ 2	井戸及ポンプ 3 ケ所	
o 農場及び関連施設	新規開発農場 100 ha (耕地 85 ha)	新規開発農場 100 ha (耕地 85 ha)

b) 事業計画

o 技術評価	平均かんがい可能面積：46ha	かんがい可能面積：85ha
	乾燥年に洪水を取水出来る保証がない。	地下水を確実に取水できる。
o 事業費と経済評価		
事業費	27.7百万R.O.(277%)	10.0百万R.O.(100%)
内部収益率	2.9%	11.5%

上の表から明らかのように、地下水涵養方式が技術的、経済的見地から妥当である。従って、この方式を本計画の水資源開発の方法として採用した。

水資源開発計画(地表水)

28. 激しい降雨により年に1~2回の洪水が発生する。しかし洪水は短時間のうちにワジを流下し、現在のところ限られた洪水量だけが滞水層に浸透している。従って、地下への浸透を促進するため抑留ダムの建設を計画した。ダムサイトはワジ・ジジの中流に位置し、この貯水池は地下水涵養のために洪水のピーク流出量をカットし、一時的に貯留する機能を果す。貯水池容量は5.4百万m<sup>3</sup>であり、超過確率20%の洪水を対象に決定した。

29. 超過確率20%以上の洪水に対しても、その水源を有効的に利用するため、抑留ダムの約3.3km下流に拡散施設の建設を計画した。

30. 抑留ダムと拡散施設によって開発される水資源は、次の通りである。

最大単一洪水調節容量	5.4 百万m <sup>3</sup>
最大放流量	14 m <sup>3</sup> /sec
年調節洪水容量	5.73 百万m <sup>3</sup>
開発水量	3.6 百万m <sup>3</sup>

水資源開発計画(地下水)

31. 抑留ダムおよび拡散施設による地下水の涵養が計画された。ワジ・ジジ礫平原の浸透能は、洪水時の実際の流量測定にもとづき、15 m<sup>3</sup>/secと観測された。なお、拡散施設による涵養量は7 m<sup>3</sup>/secと算定した。

32. 現在海に流出している無効流出量は、このプロジェクトの開発可能水資源として転換できる。開発される水量は、水収支計算によると年間3.6百万m<sup>3</sup>と見込まれる。抑留ダムから、下流礫平源の浸透量に見合って放流されるなら、地下水の涵養は有効に促進される。

33. 本事業計画によって開発される地下水の利用配分は以下のように計画した。

○ 開発水量	<u>3.60 百万m<sup>3</sup></u>
現在の水収支における不足	0.10 百万m <sup>3</sup>
容量の補充	
都市用水と鉱業用水	1.26 百万m <sup>3</sup>
新規開発農場	1.34 百万m <sup>3</sup>
水収支余剰	0.90 百万m <sup>3</sup>
○ 利用水量(計)	<u>3.60 百万m<sup>3</sup></u>

#### 農業開発計画

34. 新規開発農場における農業開発計画立案の第一段階として、ⅰ) 経営方式、ⅱ) 農場規模、ⅲ) 入植者選考方針、ⅳ) 出荷タイプ、ⅴ) 農地と関係施設のレイアウト、の5項目に対し検討を行った。

35. 新規開発農場の規模100haは、プロジェクトにより涵養される地下水からの取水可能量を考慮して決定した。100haのうち、純かんがい面積は85haである。残りの15haは、住宅地、道路、農協の事務室を含む集出荷センター、防風林、ファームポンド等である。農場内のかんがい組織はパイプライン方式とし、管網と樹枝状形態の2つの案について広範囲な比較検討を行い、管網形態を採用した。

36. 必要な施設を建設後、20戸の農家が入植する。1戸当たり土地配分面積は5ha(耕地4.25ha)と決定した。耕地4.25haは、果樹園地2.5ha、普通畑0.75ha、飼料作物畑1.0haよりなる。

37. 計画作物は、果樹作物としてデーツ、ライム、バナナ、野菜作物としてキャベツ、スイカ、ナス、レッドペッパーおよび飼料作物のアルファルファである。野菜作においては、5ヶ年輪作を導入した。作付率は120%である。かんがい方式として、果樹作と野菜作



にはドリップかんがい、飼料作物にはスプリンクラーかんがい方式を採用した。

### 農業経営と農家経済

38. 入植農家は、北部バチナ農業局事務所の協力のもとに1986年から新規開発農場において営農を開始する計画である。これらの農家は、ソハール事務所の農業普及員によって作物栽培や、かんがい方法に対する私企業としての農業経営の指導をうける。ファームポンドに付属した揚水機や、パイプラインの維持管理と水利費の徴収は、各農家の共同化を必要としよう。20戸の入植農家の生産物の出荷は、農産物流通庁によって監督される。これらの業務をスムーズに運営するため入植者は訓練と教育をうける必要がある。
39. 耕耘作業は、農業局事務所の所有するトラクターとディスクプラウによって行われる。トラクター1台、スプレー5台は新規農家のために上記事務所が新に購入し、ティラー、リッチャー、カルチベーターのような農業機械は各農家が購入する。
40. 各農家は、営農の初期段階に、農場用地、建物、かんがい施設、農場施設等の固定資本を投資しなければならない。これらの資本は農水産業銀行によって融資されることを勧告する。
41. 農家経済は、財政的価格を使って評価した。1986年、2,140 R.O.の純農業所得は、1995年には16,420 R.O.が見込まれる。

### 施設計画

42. プロジェクトにおいて建設される施設は、抑留ダム、拡散施設、生産井戸とポンプを含む取水施設及び農場施設である。
43. 下記に抑留ダムと拡散施設の主要諸元を示す。

#### ○抑留ダム

流域	812 km <sup>2</sup>
ダム容量	5.40 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
基準滞砂量	100 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年
満水面水位 ( F. W. S. )	E.L. 163.90 m

満水位貯水面積	$1.25 \times 10^6 \text{ m}^2$
設計洪水量	$1,890 \text{ m}^3/\text{sec}$
設計洪水時水位	EL. 167.20 m

○ 拡散施設

位 置	抑留ダムの下流 3.3 km
構 造	蛇かご堤
堤 長	112 m
堤 高	2.0 m (最大)

44. 取水施設は揚水ポンプを設備する既存の3本の井戸および井戸と農場内のファームポンプを結ぶ送水パイプからなっている。以下にこれらの施設について説明する。

生産井戸

3本の生産井戸は、農漁業省によりソハール拡大農場 (Sohar Expansion Farm) 用として設けられ、ワジ・ジジ礫平原の東境界近くに位置している。新規開発農場のかんがいに対して、これら生産井戸から揚水される地下水は、計画ダムの抑留効果のために十分な量があると見込まれる。これら3本の井戸からの新規開発農場におけるかんがい用水必要量に見合う地下水の生産量は、最高毎秒  $70.1 \text{ l}/\text{sec}$  である。地下水揚水に伴う地下水位の低下は、非平衡式によって計算すると 0.3 m 前後となり、これは海水準 2.1 m に相当する。3本の生産井戸の主要諸元は次表の通りである。

<u>井 戸</u>	<u>生 産 量</u> ( $\text{m}^3/\text{hr}$ )	<u>井戸の直径</u> (mm)	<u>井戸の深さ</u> (m)
SE-1	134.0	260	56
SE-2	47.0	260	50
SE-3	106.0	260	55
計	287.0		

45. 揚水ポンプと導水パイプの諸元は次の通りである。

○ 揚水ポンプ

	<u>No 1</u>	<u>No 2</u>	<u>No 3</u>
ピーク揚水量 ( $\text{m}^3/\text{分}$ )	2.21	0.77	1.49

全揚程 (m)	29.9	22.9	22.1
モーター容量 (kW)	18.5	7.5	7.5
ポンプタイプ	パーティカルタービンポンプ		

○導水パイプ

<u>導水パイプ</u>				
<u>井戸</u>	<u>ポンプ</u>	<u>口径</u>	<u>長さ</u>	<u>管種</u>
		(mm)	(m)	
SE-1	No.1	φ200	730	VP
SE-2	No.2	φ150	240	VP
SE-3	No.3	φ200	120	VP

(注) VP: 硬質塩化ビニールパイプ

46. 新規開発農場は、次のような農場施設とかんがい施設からなる。

○農場施設

農場面積 : 100 ha (耕地: 85 ha)  
 入植住宅 : 20戸  
 集出荷センター : 1棟

○かんがい施設

ファームポンド : 2ヶ所 ( $V_1 = 3,100\text{m}^3$ 、 $V_2 = 1,600\text{m}^3$ )  
 送水ポンプ : 2台 ( $Q = 5.72 \times 2 = 11.44\text{m}^3/\text{sec}$ )  
 配水パイプ : 管網水路 (延長  $L = 3,470\text{m}$ 、口径  $D = 75 - 300\text{mm}$ 、VP)  
 末端かんがい施設 : ドリップ及びスプリンクラー

事業費

47. 予備費と価格上昇を含む総事業費は、1982年1月時点の単価をもとに、10.0百万R.O. (US\$29.2百万)と積算した。外貨と内貨の割合は次のとおりである。

外貨部分 : 8.5百万R.O.  
 内貨部分 : 1.5百万R.O.  
 計 10.0百万R.O.

48. 本事業計画は、水資源開発と農業開発を含んでいる。しかし代替案として、農業開発を除いた水資源開発計画のみを実施するとすれば、この場合の事業費は7.6百万R.O.(US \$ 22.2百万)である。(表4-16参照)

#### 事業の実施

49. 水資源かんがい局は、オマーン国の主要な水資源かんがいプロジェクトの計画、プログラミング及び実施の所管庁であるため、本事業計画施行の実施機関となろう。これに関係する他の政府機関は、この事業実施期間中援助並びに協力をすることになる。
50. 本事業計画の工事実施期間は、1983年の約1ケ年における実施設計期間を含んで1983年から1985年までの3ケ年と計画した。従って、農場の運営は1986年より開始される。

#### 経済評価

51. 事業完成後、直接及び間接便益が見込まれる。計測可能な直接便益は、新規開発農場の耕地85haから得られる作物増産便益、洪水被害防止便益、デーツの塩害防止便益、ソハール及び銅精錬場への飲料水、工業用水便益が考えられる。
52. 内部経済収益率は11.5%である。これはオマーン国の商業銀行の金利に相当する。
53. 直接便益の他に間接便益が見込まれ、農家経済及び地域、国家経済両面への社会経済的インパクトが与えられる。

#### 鉱業発展による環境汚染

54. ラサイル鉱山の鉱石、岩石、砂礫あるいは坑内廃水等の試料を分析した結果をもとにして、廃水や排煙の性質、性状を予想し、鉱害を発生する経過を仮定して汚染の形態等を検討した。その結果、鉱害因子は、酸性水、酸性水に含まれる重金属類、アルカリ性水、尾鉱中の各種鉱物、塩あるいは排煙中のガスとフェームである。
55. 農作物へ影響を与える可能性がある重金属の種類は、Cu, Pb, Znであり、尾鉱中の主な金属鉱物の種類は、FeSO<sub>4</sub>, CuFeS<sub>2</sub>, ZnSとPbSである。廃ガス中のSO<sub>2</sub>

濃度は、鉍石成分からみて10%以上と推定され廃ガス環境汚染の主要因子と考えられる。

56. 環境汚染防止対策は、i) 廃水や排煙を化学的・物理的に処理すること、およびii) 処理方法やその結果をモニタリングする組織の確立である。

## 勸 告

### 調査及び観測

1. 実施設計に先立って、次のような調査及び観測を実施すべきである。

o ダム及び構造物

a) 調 査

抑留ダム：

地形測量 250 ㏎ (縮尺；1/2000)

縦断測量 L = 2,700 m

横断測量 L = 5,390 m

拡散施設：

縦断測量 L = 11,300 m

横断測量 L = 400 m

b) 地質調査

ボーリング L = 230 m (7 孔)

貫入試験 50 回

透水試験 16 回

築堤材料試験 3 試料

o 新規開発農場

地形測量 200 ㏎ (縮尺；1/1000)

### 土 壌 管 理

2. 土壌の塩分問題は既耕地の大部分が分布している海岸平野に発生している。したがって適切な水量によるかんがい、または除塩による土壌改良の対策を緊急に取られねばならない。さもないと、内陸部への農場の移転が必要となるだろう。生理的見地から、酸性肥料や堆肥のような有機質肥料の施用が勧告される。まめ科やいね科のような深根性作物をたびたび栽培することも、この目的に対して有効である。

## 水 管 理

3. ワジ・ジジ流域の地下水は、現在行われている様に、かんがい、生活用水及び工（鉱）業用水のような色々な目的に利用されるだろう。したがって農漁業省、電力水省、石油鉱業省等のような政府機関が関連してくる。流域の水利用を有効且つ能率的に進めるために、流域の水利用行政を担当する委員会をつくることを勧告する。この委員会はとりあえず、“水利用委員会”と呼ばれ、この委員会のメンバーは上述の政府機関から選任されよう。

4. 上述の各部門の年水需要量は、次のように22.4百万m<sup>3</sup>と計画した。

<u>部 門</u>	<u>水需要量</u>
農業（かんがい）	21.1百万m <sup>3</sup>
上水（生活用水）	1.0
工（鉱）業用水	0.3
合 計	<u>22.4</u>

上水（生活用水）の需要量は、次のような仮定に基づき算定された。Ⅰ）ソハール都市計画地域の人口年平均成長率は3%とみなす。Ⅱ）送水施設の建設が終った5年（1987年）以内に上水専用の施設の建設を含めた水源開発計画を進める。

## モニタリングシステム

5. 事業施行と並行して土壌、地下水及び環境汚染のモニタリングシステムが流域の地下水管理は勿論のこと、事業施設の適切な維持管理のために設置されるべきである。

6. 土壌については必要に応じてその塩分とアルカリ度に対し、地下水のくみあげをコントロールすることによって、限界濃度以下に維持しなければならない。

7. 地下水についてのモニタリングシステムは、Ⅰ）地下水涵養効果の評価、Ⅱ）各生産井戸の地下水水質コントロールを目的としている。これらを実施するための業務内容はおよそ次の通りである。

a) 地下水涵養効果の評価

建設された観測井戸及び既存の生産井戸の地下水位の観測によって得られた地下水の

ハイドログラフを解析し、プロジェクトによってもたらされる地下水涵養効果を評価する。また必要に応じて地下水の揚水量をコントロールする。

- モニタリング井戸 …… JA-1, JA-2, JA-3, JA-4, JA-5, EA-1, EA-2, OA-1, OA-2, SP-0, ソハール, エクспанション, フェームの観測井戸№1 (SE-1), WSI-26
- 観測間隔 …… 乾期では1ヶ月に1回、雨期では10日に1回
- モニタリング開始時期 …… 1983年1月

b) 生産井戸の地下水水質のコントロール

地下水層への海水浸入を防止し、銅鉱山による地下水の化学的汚染を防止する。

○ 電気伝導度検層用井戸

JA-1, JA-2, JA-3, JA-4, JA-5, EA-1, EA-2, SE-0, SP-0, OA-1, OA-2, AE-62, AE-91, AE-93, AE-101, AE-142

○ 化学分析用井戸

JA-1, JA-2, JA-3, JA-4, JA-5, SE-0, SP-0, OA-1, OA-2, AE-49, AE-93, AE-101, AE-159

○ モニタリング間隔

電気伝導度検層は、乾期、雨期を通じ年に2回、化学分析は年に1回

○ 分析項目

農業目的 : PH, EC, TDS,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $CO_3^{=}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{=}$

通常解析 : Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd

特別解析 : Mg, Cr, Hg

- 開始時期 …… 1982年末(地下水水質に関する基礎データを得るため)





## 第1章 序論



# 第 1 章 序 言

## 1-1 調査の背景

オマーン国は1976年第1次5ヶ年計画開始以来、着実な経済発展をとげている。すなわち、1975年の粗生産額（GDP）724百万オマーン・リアル（R.O.）が、1980年には1,828百万オマーン・リアルとなり、この間の平均年成長率は20.3%である。この増加分のうち、754百万オマーン・リアルはオイル部門が占め、残り345百万オマーン・リアルは他の部門となっている。

一方、人口の60%はオマーン人の主要収入源である農業および漁業部門に就業しているが、この部門のGDPにおける割合は小さい。その理由として、かんがい水源の不足、農業普及指導の不備および農業金融の欠如が考えられる。これらの原因のうち、特に政府が最も重点を置いているのは、水資源の開発とその利用である。

このような状況の下で、オマーン政府は昭和55年2月日本政府に対して、水資源開発の技術的問題を検討し、農業開発計画を樹立することを要請してきた。それ以来、日本政府は予備調査団を現地に派遣し、提示されたプロジェクトを調査し、かつ積極的なその取組み方法について、オマーン政府と協議を重ねた。その結果オマーン北部バチナ地方（North Batinah）にあるワジ・ジジ流域をとりあげることが同意され、ワジ・ジジ農業開発計画のフィージビリティ・スタディーの業務範囲（Scope of Works）が取り決められた。

日本政府の技術協力実施機関である国際協力事業団（JICA）はオマーン政府の農漁業省と密接に関連をとり合い、この農業開発計画を進めて来た。フィージビリティ・スタディーの現地調査は、昭和56年3月から5月の間に実施された第一次調査と昭和56年11月から昭和57年3月までの間に実施された第二次調査の2回にわたって行われた。

## 1-2 調査の目的

調査の目的は下記の通りである。

- i) 北部バチナ地方のソハール（Sohar）近隣にあるワジ・ジジ流域における水資源開発を行い、農業開発計画を樹立すること及び事業の妥当性を立証する。
- ii) 調査期間を通じて、農漁業省政府職員に対して業務に関する訓練を実施する。

### 1-3 調査の経緯

調査の経緯は下記の通りである。

#### a) 事前調査(昭和55年4月、6月)

オマーン国の要請に応じて、日本国は事前調査団をオマーン国へ派遣した。調査団とオマーン国の関係当局者は、今後の調査についての基本方針について討議し、関係資料を収集した。

#### b) 第一次調査(昭和56年3月16日～5月14日)

日本国政府は昭和56年3月16日から5月14日までの60日間10名の団員からなる第一次調査団をオマーン国に送った。調査団は主として、関係資料の収集、観測等の基礎調査に専念した。またこの期間にワジ・ジジ流域をカバーする縮尺1:50,000の航空測量を行い、地形図を作成した。

#### c) 第二次調査(昭和56年11月20日～昭和57年3月31日)

16名から成る第二次調査団が昭和56年11月20日から昭和57年3月31日の132日間オマーン国へ送られた。第二次調査団の主な業務は次のように要約できる。

- i) 関係資料の補完をし、分析・評価を行う。
- ii) 抑留ダムサイトの比較検討を行い、最適位置を選定する。
- iii) 計画抑留ダムサイトおよび農場建設予定地点の地形測量を行う。
- iv) 以下の項目について地質調査を行う。

ダムサイトにおけるボーリング調査

ダムサイトおよび海岸沿いの平地における電気探査調査

- v) 6本の地下水観測井戸(最大深60m)の掘削と揚水テストを行う。
- vi) 5台の自記雨量計、4台の洪水用自記水位計および6台の地下水位観測用の自記水位計の設置を行う。
- vii) 上記の調査、収集資料に基づき農業開発基本計画を策定する。
- viii) 現地調査終了時に調査、検討結果をとりまとめた中間報告書を作成し、オマーン政府へ提出する。

この業務に従事した作業監理委員、調査団員及びカウンターパートは次の表に示す通

りである。

作業監理委員

1. 委員長（総括） 那須理三郎  
(1981, 3, 15 ~ 1981, 5, 19) 元農林水産省北陸農政局建設部次長  
(1981, 11, 6 ~ 1982, 3, 31)
2. 委員長（総括） 井上武司  
(1982, 4, 1 ~ 1982, 10, 10) 農林水産省近畿農政局建設部次長
3. 委員（土壌） 寺沢四郎  
農林水産省農業技術研究所  
化学部土壌物理研究室長
4. 委員（かんがい） 大和田貫也  
農林水産省構造改善局防災課防災第二係長

調査団員

○第一次調査；

	<u>氏名</u>	<u>現地調査期間</u>
1. 団長（第一次）	宮崎 泰	1981, 3, 15 ~ 1981, 5, 13
2. 水文	安藤 久男	1981, 3, 15 ~ 1981, 5, 19
3. 地質	中村 晴彦	1981, 3, 15 ~ 1981, 4, 30
4. 土壌	滝島 康夫	1981, 3, 15 ~ 1981, 4, 29
5. かんがい	牟田 一樹	1981, 3, 15 ~ 1981, 5, 15
6. 栽培	武蔵野 良治	1981, 3, 15 ~ 1981, 5, 15
7. 地形測量	芳川 晃	1981, 3, 16 ~ 1981, 4, 27
8. 地形測量	落合 道三	1981, 3, 16 ~ 1981, 4, 27
9. 地形測量	中田 豊	1981, 3, 16 ~ 1981, 4, 27
10. 地形測量	市川 茂	1981, 3, 16 ~ 1981, 4, 27

○第二次調査；

	<u>氏 名</u>	<u>現 地 調 査 期 間</u>
1. 団 長	渡 辺 滋 勝	1981, 11, 20 ~ 1981, 12, 4 1982, 2, 25 ~ 1982, 3, 11
2. 水 文(1)	中 野 敏 信	1981, 11, 20 ~ 1982, 3, 31
3. 水 文(2)	高 橋 宏 徳	1981, 11, 20 ~ 1982, 3, 31
4. 地 質	中 村 晴 彦	1981, 12, 2 ~ 1982, 3, 31
5. 地 下 水	安 藤 久 男	1981, 11, 20 ~ 1981, 12, 17 1982, 2, 1 ~ 1982, 3, 31
6. かんがい、ほ場計画	竹 内 清 二	1981, 12, 12 ~ 1982, 3, 11
7. 農 業	高 力 寛 三	1982, 2, 1 ~ 1982, 2, 28
8. ダ ム	西 田 武 三	1982, 1, 11 ~ 1982, 3, 11
9. 施工計画	久 米 孝 雄	1982, 1, 11 ~ 1982, 3, 11
10. 農業経済	山 田 昭 治	1982, 1, 11 ~ 1982, 3, 11
11. 環境評価	内 田 二 郎	1982, 2, 1 ~ 1982, 2, 28
12. 調査工事仕様書	牟 田 一 樹	1981, 11, 20 ~ 1981, 12, 17
13. 電 探	加 藤 泉	1981, 12, 2 ~ 1982, 1, 30
14. 電 探	魚 谷 誠	1981, 12, 2 ~ 1982, 1, 30
15. 地形測量	芳 川 晃	1982, 1, 11 ~ 1982, 3, 11
16. 地形測量	中 川 純 一	1982, 1, 11 ~ 1982, 3, 11

プロジェクトにアサインされたカウンターパート

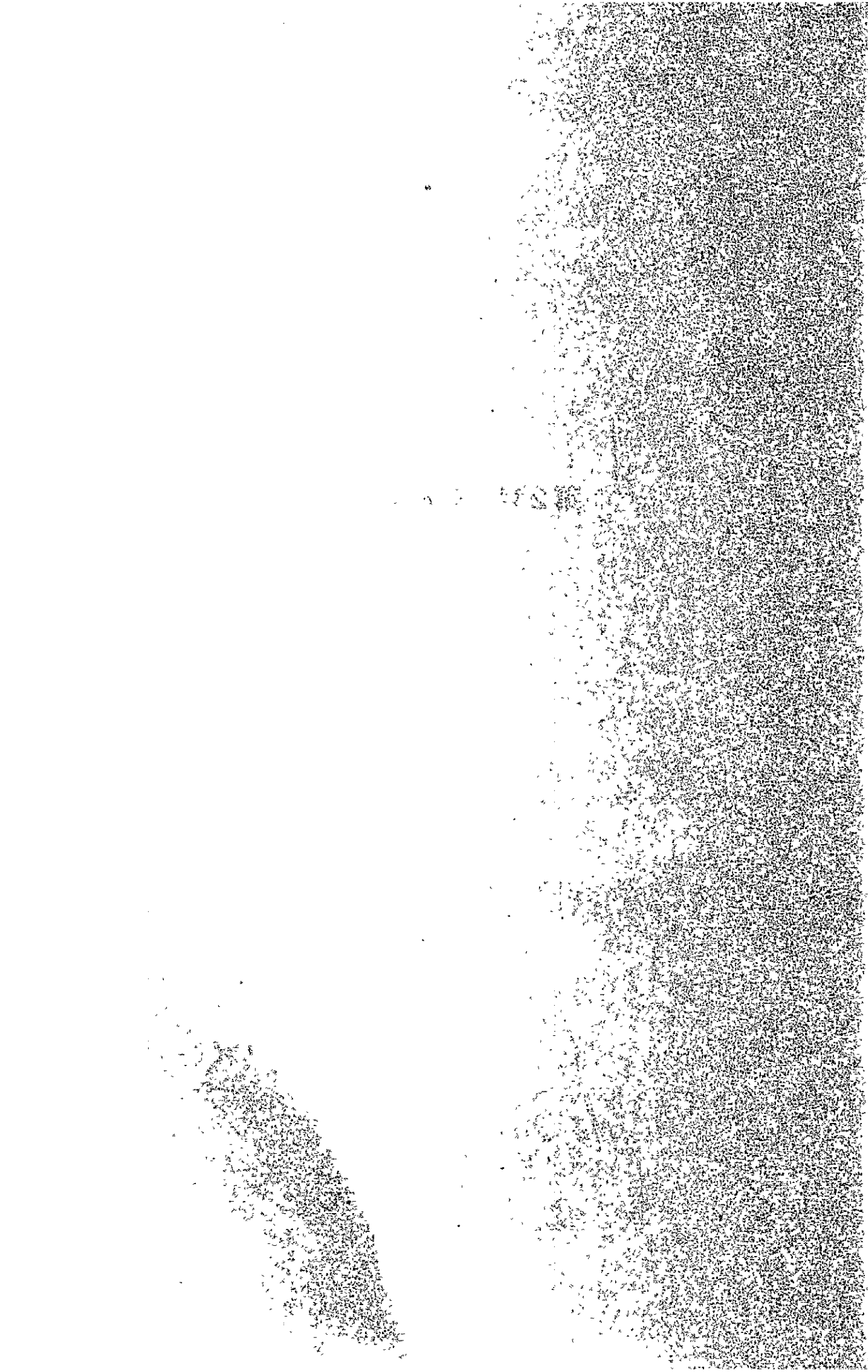
1. Mr. Mohamed Nasser Musabbah      Technical Assistant, Water Resources Branch in Sohar, Ministry of Agriculture and Fisheries, (MAF)
2. Mr. Hussain A. Rahim              Technical Assistant, Water Resources Branch in Sohar, MAF
3. Mr. Majid Bilarab Al-Batashi      Technical Assistant (incharge), Department of Water Resources and Irrigation, MAF
4. Mr. Hilal Malik Muhamed Al-Batashi      Technical Assistant, Department of Water Resources and Irrigation, MAF

5. Mr. Abdulla Saud Al-Hosni      Soil Engineer, Rumais Agricultural  
Research Station
6. Mr. Abdulla Nasir Al-Khaduri      Agronomist, Sur Agricultural  
Research Station





## 第2章 事業の背景



## 第 2 章 事 業 の 背 景

### 2-1 国家および地域経済

#### 2-1-1 位置及び地勢

オマーン国は、アラビア半島の東南角の大部分を占め面積は 30 万 km<sup>2</sup>である。海岸線は、北のホルムズ海峡から南のイエーメン人民共和国の国境までほぼ 1,700 kmにわたっている。国土 30 万 km<sup>2</sup>はドファー (Dhofar) 10 万 km<sup>2</sup>、ムサンダム (Musandam) 2 千 km<sup>2</sup>、その他 19.8 万 km<sup>2</sup>からなっている。地勢は海拔 450 m 以上の山岳地帯 45 千 km<sup>2</sup>、海岸地帯 9 千 km<sup>2</sup>、海拔 450 m 以下のワジ及び砂漠地帯 246 千 km<sup>2</sup>に区分される。

計画地区は、パチナ地域の Wilaya ソハールに位置している。パチナ平野は、アラブ首長国連邦の国境からマスカットまで 270 km にわたって南東方向に伸び、その幅は海岸線から西ハジャー (Hajar) まで 10~30 km の範囲で変化する。パチナ地方は、オマーン国における人口の多い地域の一つで、主要都市としてバルカ (Barka)、マスナ (Masnaa)、スワイク (Suwaiq)、カブラ (Khabura)、サハーム (Saham)、ソハール、リワ (Liwa) 及びシナス (Shinas) がある。

#### 2-1-2 国家人口

統計年鑑によると、オマーン国の人口センサスはまだ実施されていないので正確な人口は把握できない。1974 年政府は人口 150 万人と見込んだ。このうち、マスカット、ムトラ (Mutrah) 及びルイ (Ruwi) の首都圏に 8 万人、ニズワ (Nizwa) 及びサララ (Sallalah) に夫々 1 万人が居住している。残りは大部分が海岸に沿って散在する小集落や町と内陸部に居住している。

#### 2-1-3 1970 年~1974 年の国家経済

1976 年石油の商業的開発以前のオマーン経済は農・漁業に完全に依存していた。1970 年 7 月以来オマーン国は構造的な社会経済の改革を実施した。開発は非常に早い速度で進められ、1970 年から 1974 年迄の 5 年間に、近代国家にふさわしい必要条件が整えられた。市場価格基準国内総生産は 1970 年の 104.7 百万リアルから 1974 年には 568.5 百万リアルまで増加し、443% の伸びをしめた。最大の増加要因は、1974 年の石油価格の高騰であった。

#### 2-1-4 長期的国家目標と政策及び第一次5ヶ年計画

開発委員会は1975年2月9日、オマーン国の経済発展戦略を明確にする決議を採択した。これは継続的5ヶ年開発計画で実施される幅広い長期的な目標と政策の概要を示している。この戦略内容は、第1次5ヶ年計画書に公表され、概要は次の通りである。

- i) 石油収入を補い、最終的に代替可能な新しい収入源を開発する。
- ii) 特に、工業、鉱業、農業及び漁業部門のような所得を生み出すプロジェクトへの投資比率を増やす。
- iii) 地域間の所得分配を改善し、主要都市部への人口移動率を減らすため、広範な地理的投資分配を行う。
- iv) 主導的役割を果たしている私的部門の自由市場経済について基礎的必要条件を満たす。
- v) 経済開発にとって致命的に重要な水資源の開発に、より以上の注意を払う。
- vi) 地方の人的資源を開発し、国家経済においてより積極的な役割を果たすよう配慮する。
- vii) 基礎的インフラストラクチャーの開発を続ける。
- viii) 政府の行政能率を改良する。

#### 2-1-5 1976～1980年の国家経済

1976-1980年の第1次5ヶ年計画は、次のように成功裡に実行された。

- o 時価基準の国内総生産は、1975年の724百万リアルから1980年には1,823百万リアルまで、1,099百万リアル増加した。(増加率15.1%) この間に於ける年平均成長率は20.3%である。
- o 国内総生産の伸び総額のうち、68.6%をしめる754百万リアルは石油部門から得られた。
- o 非石油部門は毎年成長を続け、年平均成長率は時価で19.7%に達した。
- o 第1次5ヶ年計画中の投資額は、1,670百万リアルに達し、計画を23.3%上廻った。これは、総資本形成率として国内総生産の29.8%をしめる。
- o 財政事情もこの5ヶ年間に改善された。
- o 雇用は本質的に伸びた。政府公務への雇用者の数は1975年の19,000人から、1980年には38,359人まで101.9%伸びた。私的部門での雇用も又増加し、外国人労務者は1975年の65,000人から1980年には130,000人まで100%伸びた。

2-1-6 第2次5ヶ年計画

第1次5ヶ年計画が成功裡に達成された結果、国家経済及び民間経済の規模は増大した。次表はその結果を示している。

基幹部門の量的発展					
事 項	単 位	1970	1975	1980	
石油生産	千バレル/日	332	341	282	
首都圏における電力生産	百万kWH	8	122	642	
首都圏における水生産	百万ガロン	14	359	2,459	
アスファルト道路	km	10	708	2,173	
一般道路	km	1,817	5,495	14,703	
電話回線	本	557	3,701	15,044	
学 校	ヶ所	3	176	363	
学 生	人	909	49,229	94,823	
病院ベッド	床	12	1,000	1,772	
カブース空港の積下し貨物	千トン	71	1,038	1,623	

(資料) Oman Facts and Figures, 1980

開発委員会・技術官房局国家統計課 1981. 8

第1次5ヶ年計画の達成を基礎として、第2次5ヶ年計画においては、特に次の目標達成をねらっている。

- 健全なる財政状態の維持を続ける。
- 国家総積立基金 (State General Reserve Fund) の設置。
- 潜在的インフレーション圧力を抑制する。
- 労働力事情が過度に緊張しない程度に経済成長率を高める。
- 原油生産を日量33,000ポンドまで増産し、5ヶ年を通じてこの生産水準を維持する。
- 国内総生産に対する総資本形成率を5ヶ年間に平均で23.8%とする。そのうち、約65%は政府により残り35%は民間部門により実施する。
- 農業、漁業、工業、鉱業及び手工業の生産活動に従事している民間部門に強力な刺激的推進力を与える。
- 低コストの住宅計画を進める。

- 保養センターのネットワークを進める。
- かんがい及び農業用水資源プロジェクトを優先的に進める。
- 年率 13.1%の国内総生産を達成する。

次表に、国内総生産における関係諸部門の相対的重要度を示す。

国内総生産部門の相対的重要度

(単位：%)

事 項	1980	1985	平均年成長率 (1980~1985)
農業及漁業	2.0	2.2	15.6
石 油	67.2	65.8	12.6
天 然 ガ ス	0.9	1.8	31.2
鋳 業	—	0.1	—
製 造 業	0.9	2.3	34.2
建 設 業	6.1	5.6	11.0
運 輸 通 信	2.2	2.1	12.0
電 気	0.5	0.7	22.0
水 道	0.2	0.3	21.5
貿 易	5.5	5.2	12.0
銀 行	1.4	1.5	15.0
住家所有権	1.8	2.2	18.0
国 家 行 政	10.3	9.4	11.0
そ の 他	1.0	0.8	9.0
<u>国内総生産額</u>	<u>100.0</u>	<u>100.0</u>	<u>13.1</u>
(時 価)	1,823百万R.O.	3,375百万R.O.	

(資料)第2次5ヶ年計画

## 2-2 農業および水資源開発投資

### 2-2-1 水資源部門の開発

水資源はオマーン国の経済発展のため必須要件であるが、年平均100 mmから200 mmの降雨量によって相対的に制約されている。オマーン国の農業は直接降雨に依らず、むしろ地下水かんがい依存している。この目的のためフェラージシステムが数百年前に開発された。近年、農家数が増加するにつれてポンプ付きの深井戸が使用されるようになり、このため地下水位の許容範囲を超えた過剰揚水の傾向がみられるようになった。

国の急速な発展と生活水準の劇的な改善にともない、水消費量は非常に増加した。この膨大な水消費量の増加に対し、首都圏において大規模な海水淡水化プラントの建設が必要となった。

政府は過去にいくつかの水資源調査を実施した。しかし天然の水資源を開発する最良手段の決定と水利用の国家管理をはかるため、より以上の調査と絶えざるモニタリングが必要である。上述のスタディーは、海に流出している水量の一部を農業活動の発展に利用できることを示唆している。小規模な涵養かつ洪水制御ダムがこのような問題に対する最も適切な技術的解決手段として提案されている。

### 2-2-2 水資源部門の重要なプロジェクト

かんがいに関する水資源部門は農漁業省の管轄である。

第2次5ヶ年計画には、農漁業省の管轄となる次のようなプロジェクトが含まれている。

- 私有のフェラージ、井戸及び水路の維持補修を支援する計画。
- ダンク ( Dank )、イブリ ( Ibri )、プレイミィ ( Buraimi )、ワジ・クリアート ( Wadi Quarariat )、アルーカメル ( Al-Kamel )、アルーワヒイ ( Al-Wahi )、シナス ( Shinas )、ニズワ ( Nizwa ) その他の地域のかんがいプロジェクト。
- 耕地を開発できるような特別な地域における水資源開発の可能性についての調査・研究の計画。
- いろいろな地域での小規模洪水制御ダムの建設。
- いろいろな地域での小規模涵養ダムの建設。





### 第3章 計画地区の現況



## 第 3 章 計画地区の現況

### 3-1 位置および地域の概況

#### 3-1-1 地勢および道路状況

本事業計画における水資源開発計画の対象河川であるワジ・ジジ流域は北部バチナ地方 (North Batinah) に位置し、流域面積約 1,300km<sup>2</sup>をもち、1つの大きな扇状地を形成している。ソハール (Sohar) はバチナ地区にある 9つの Wilayat (行政単位) の 1つでソハールの街は北部オマーンのバチナ海岸線に沿って発達するこの地域の主要集落で、首都のマスカット (Muscat) の北西約 180 km の位置にある。

計画地区に接近する交通手段はマスカットよりバチナ海岸線沿いにムサンダム (Musandam) に伸びた道路が唯一の方法で、道路幅員はアスファルト舗装の二車線から現在四車線道路に拡幅工事を進めている。この基幹道路から分岐した主要道路としてカバイループライミ (Qabail-Buraimi) 道路がワジ・ジジ礫平源の左岸沿いに建設されており、アラブ首長国連邦 (UAE) の国境につながれている。

#### 3-1-2 社会環境

10世紀頃ソハールは世界の商業の中心地と呼ばれていた。<sup>1/</sup> 当時のソハールの都市規模は現在の約4倍であったので、10世紀頃の農地面積も現在の4倍の広さがあったと思われる。

現在、ソハールはさほど重要でない魚港にすぎないが、海岸沿いの人口の多い農業地域の行政的中心地として、又 Wilaya ソハールの行政本部として重要な位置にあるので、ソハールと背後地の間で多くの相互関係にある。

Wilaya ソハールの行政区域はマジス (Majis) からカダック (Khadaq) まで海岸線に沿って約 35 km、内陸部へ幅約 50 km にわたった広がりをもっている。Wilaya ソハールの産業は農業、漁業、製造業、鉱業及び商業である。

海岸に沿って 2~4 km の幅で開発されているグリーンベルトは、アラビア半島では数少ない景観であり基幹産業としての農業の重要性を象徴している。

---

<sup>1/</sup> 出典 ; Integrated Development of Sohar Urban Region,

Consulting Engineering Services, India, July, 1975

ソハールには大きな製造業はなく、大工の仕事場、金属製品製造工、自動車修理工に限られている。小売商店、銀行及び事務所は限られてはいるが商業の発展に寄与している。

ソハール銅精錬所のナショナルプロジェクトは、ワジ・ジジとワジ・スーク(Wadi Suq)の流域内に建設中であり、1982年6月から操業を開始する。Wilayaソハールには、3つの鉱山がある。

ソハールの街は、海岸に沿って長さ7km、幅400mの狭い区画内にある。警察本部、病院、学校、発電所のような政府機関はこの区画の東南部に集中している。

ソハールには、上水道施設がない。家庭需要はほとんど個人用及び部落用の井戸やアルーアウヒ(Al-Awhi)とアルーカバイル(Al-Qabail)のファラージ(Falaj)システムによって、また限られた範囲には、給水車によって供給されている。飲料用、料理用、洗濯用の消費量は、1日1人当たり10～15リットルと推定される。しかし生活水準の向上に伴って消費量は徐々に増加する傾向にある。

ソハール都市開発総合計画地域は、西をワジ・ジジ、東をワジ・アルーカダッグ(Wadi Al-Khadaq)で挟まれており、土地事務・村落省によって2000年を対象として計画が樹立されている。

## 3-2 立地状況

### 3-2-1 ワジ・ジジおよびその地形

計画地区は北部バチナ地域のワジ・ジジ流域であり、面積は約1,300km<sup>2</sup>で北緯24°03'～24°27'、東経56°06'～56°45'にわたっている。ワジ・ジジは南西部の山地にその源を發しソハール付近の広大な扇状地を縦走しオマーン湾に注ぐ。

計画地区は地形的には大きく山地地帯と沖積平野の2つに分類される。山地地帯は、計画地区の南西部に標高800m程度の分水嶺および南東部と北西部に標高1,400～1,600mの分水嶺として連なる。沖積平野はワジ・ジジ下流部扇状地とバチナ海岸部に広がる。

ワジ・ジジはアルーハジャル(Al-Hajar)、アルーガルビ(Al-Gharbi)に源を發し、北東に流れオマーン湾に注ぐ流路延長75km、流域面積1,300km<sup>2</sup>のワジである。河床コウ配はかなり急で上流部で1/100、下流部で1/150程度である。(資料編A-1、図A-1)

### 3-2-2 気象および水文

#### a) 気 象

本計画地区は乾燥地帯に位置し、2つの季節がみられる。すなわち、冬期（11月～3月）と夏期であり、4月と10月は季節の移行期である。降雨のほとんどは冬期に集中している。（図3-1参照）

#### 降 雨

ワジ・ジジ流域内に6ヶ所の雨量観測所があり（図3-2参照）、1974年より観測を行っている。また、主都マスカットにおいては1893年から観測されている。マスカットとソハールの年降雨の相関は0.78である。マスカットにおける年降雨の移動平均をとってみると、渇水年と豊水年が5～6年周期で現われ1981年において、渇水年に向いつつある（資料編A-3、図A-4参照）。各観測所における年降雨量は次の通りである。

#### 山間部、平野部、主都における年降雨量

（単位：mm）

<u>地 点 名</u>	<u>年平均</u>	<u>範 囲</u>	<u>備 考</u>
ダム地点	130	47～421	面積雨量
ソハール	95	37～253	
マスカット	101	4～266	

#### 気 温

水資源局ソハール支所で観測された年平均気温は25.5℃である。6月が月平均の最高で32.2℃であり、1月が最低で17.7℃である。

#### 相対湿度

ソハールにおける年平均相対湿度は72.2%である。期別変化は冬期が最低で58.0%、夏期が最高で78.6%である。

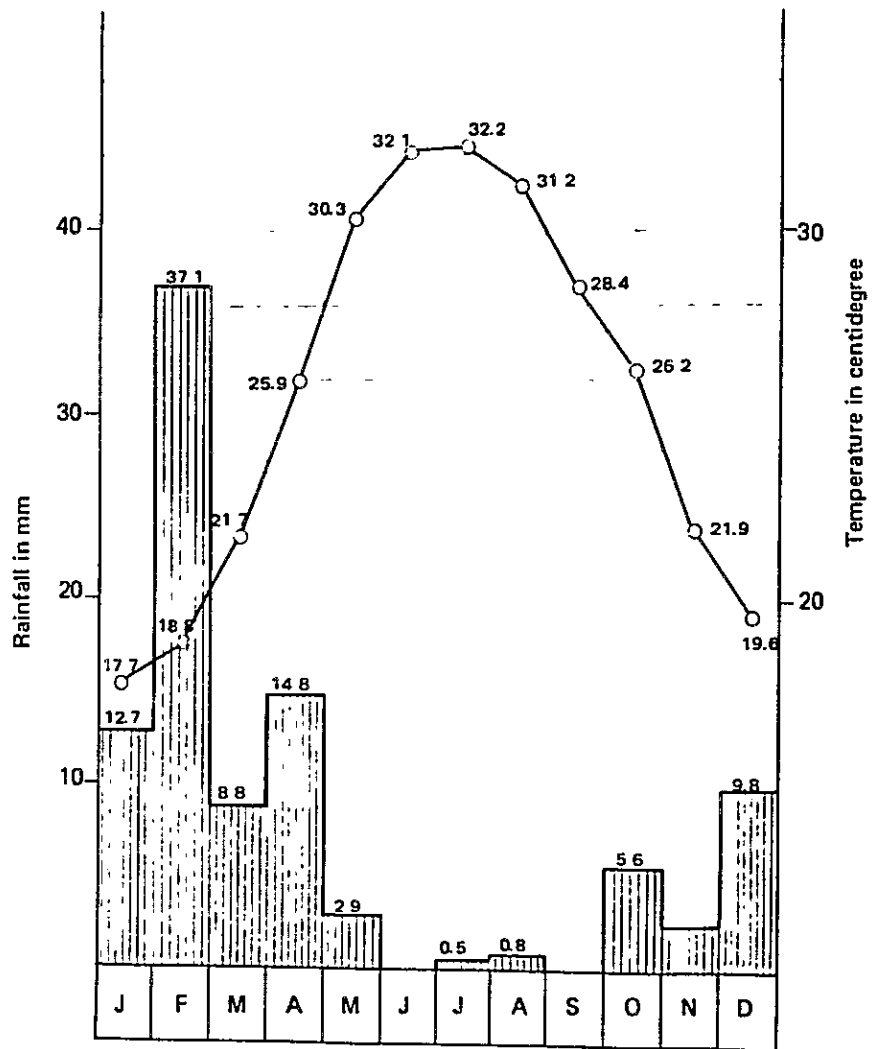
#### 風

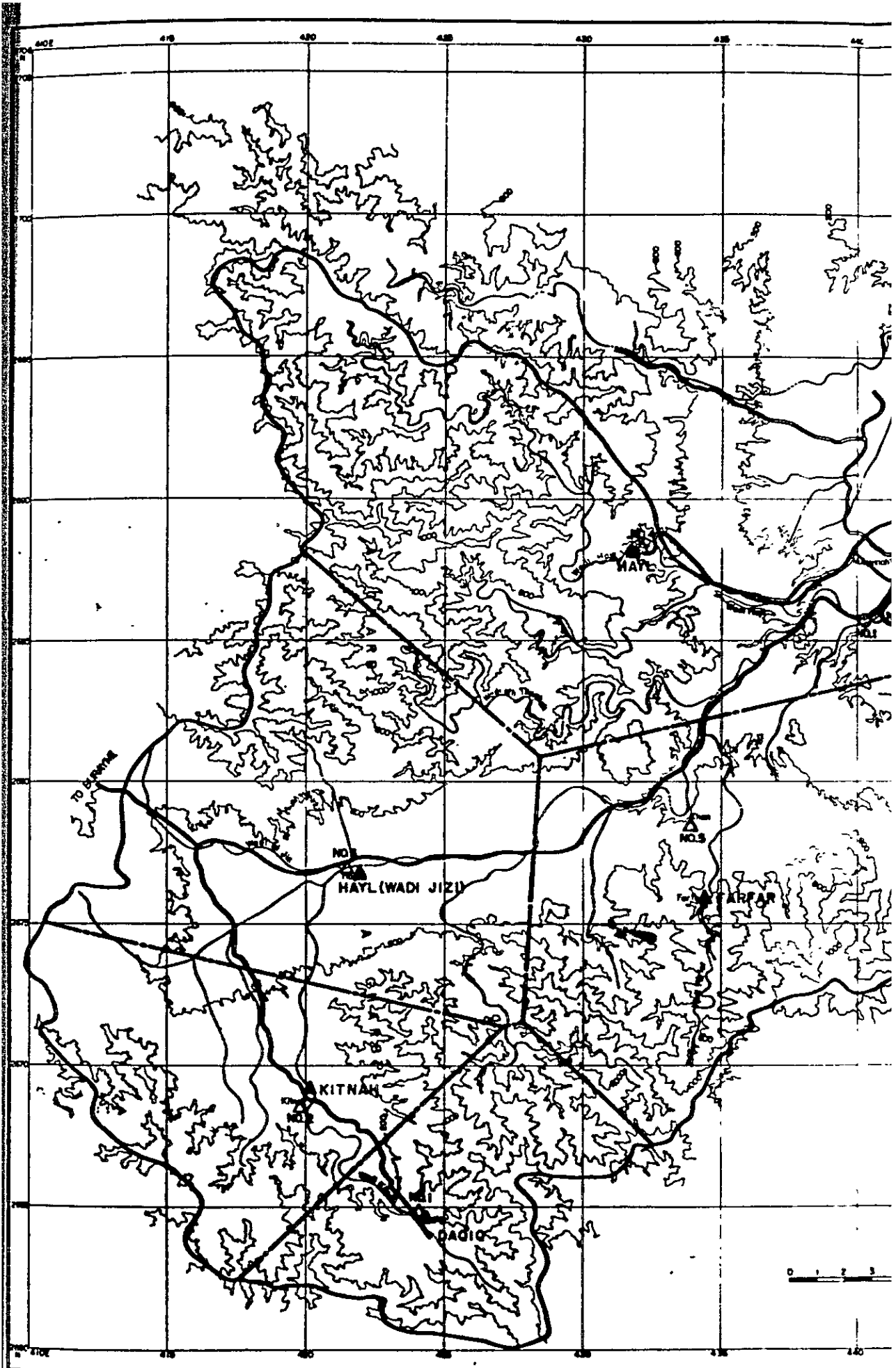
冬期には北西方向、夏期には南西方向の風が吹く。月平均の風速は45.8 km/日から90.1 km/日である。

#### 蒸 発

年間平均蒸発量（Class A Pan）は約2,060 mmである。最大月平均は5月で273

図3-1 ソハール観測所における月別雨量および気温







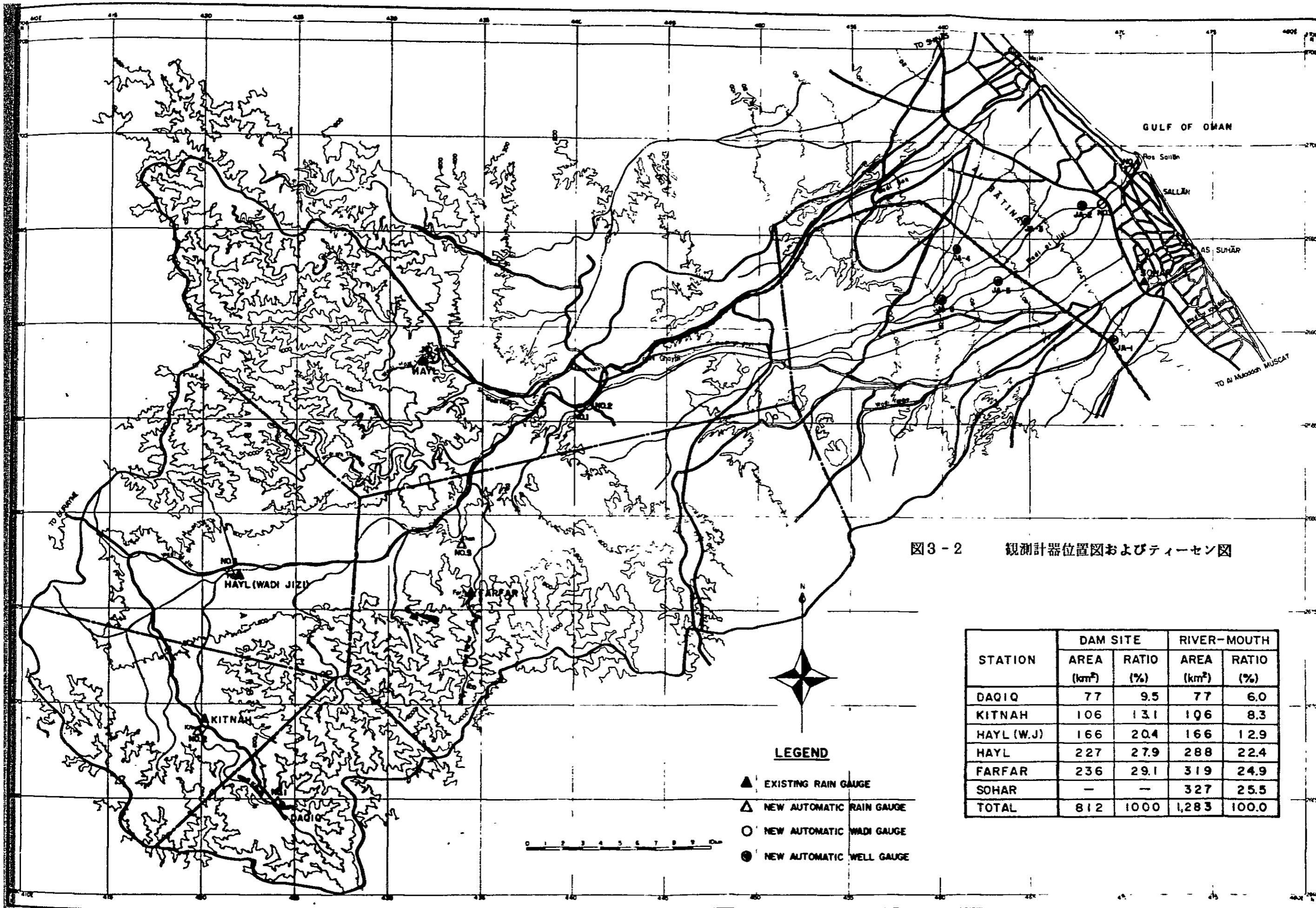


図3-2 観測計器位置図およびティーン図

STATION	DAM SITE		RIVER-MOUTH	
	AREA (km <sup>2</sup> )	RATIO (%)	AREA (km <sup>2</sup> )	RATIO (%)
DAQIQ	77	9.5	77	6.0
KITNAH	106	13.1	106	8.3
HAYL (W.J)	166	20.4	166	12.9
HAYL	227	27.9	288	22.4
FARFAR	236	29.1	319	24.9
SOHAR	—	—	327	25.5
TOTAL	812	100.0	1,283	100.0



mm ( 8.8 mm/日)、最小月平均は12月で93mm ( 3.0 mm/日) である。また貯水池からの蒸発量としては、計器蒸発量の75%を採用した。

日照時間

年間平均日照時間は8.63 hr/日である。月の変化は1月が最小で7.17 hr/日、5月が最大で10.28 hr/日である。

表3-1は以上述べた気象状況の概要を示す。

b) 地表水水文

河床堆積物が浅く岩が河床に出ているような上流部および支流では恒常的な流れが見られる。豪雨による洪水は、年に数回発生する。洪水は平野部の出口に達し扇状地上で徐々に浸透して地下水帯水層に達する。

小規模な洪水は海岸の国道に達するまでに浸透して消失してしまう。大規模な洪水のみ国道まで達しかなりの水量が海へ無効に流出している。

ワジ・ジジの河川流量観測はムライナ (Mulayyinah) 地点 (CA=654km<sup>2</sup>) で1977年より水資源かんがい局の管轄のもとで、月1回の観測が行われている。また政府によって1977年自記水位計が設置されたが、信頼出来る資料の入手は困難である。(3-3-1 地表水参照)

ダムサイト (CA=812km<sup>2</sup>) における面積降雨量はテイセン法により計算した。ダムサイトとソハールにおける確率年次別降雨量は次の通りである。

位 置	年 降 雨 の 確 率 雨 量			平 均
	8 0 %	5 0 %	2 0 %	
ダムサイト	58	90	167	129
ソハール	31	72	150	95

( 単位 : mm )

滯砂量に関する実測資料はオマーンにはない。FAOのField Document No7 <sup>1/</sup>

<sup>1/</sup> : Mr. P. M. Horn and J. B. Nielson 'Run-off Measurement in Oman'  
FAO.

表3-1 ソハール観測所における気象資料の要約

	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Annual</u>
Air Temperature (C°)	17.7	18.8	21.7	25.9	30.3	32.1	32.2	31.2	28.4	26.2	21.9	19.6	25.5
Relative Humidity (%)	74.3	75.0	73.4	67.3	58.0	71.1	75.1	78.6	77.2	70.0	75.0	78.8	72.8
Evaporation (mm/day)	3.3	3.9	5.1	7.4	8.8	7.9	7.3	6.8	6.1	5.2	3.7	3.0	5.72
Sunshine hours (Hrs/day)	7.17	7.68	8.07	8.68	10.28	9.91	8.73	8.54	9.34	9.14	8.43	7.60	8.63
Wind Velocity (Km/day)	57.0	61.8	67.8	72.1	76.5	78.8	90.1	88.8	75.6	60.1	51.3	45.8	68.8

Source: Sohar Meteorological Station

Air temperature : 1973 - 1980  
 Relative humidity : 1973 - 1980  
 Evaporation : 1976 - 1980  
 Sunshine hour : 1973 - 1979  
 Wind velocity : 1973 - 1980 (observed at 2 meter height)

によると、 $5 \text{ m}^3/\text{sec}$  以下の流量では水は澄んでおり、大洪水時には濁っているが、急速に地下浸透すると報告されている。調査期間中の1982年2月14日の北部バチナ地方における大洪水時でも、この事は確められた。

定性的に見ても、ワジ・ジジにおける搬送シルト量は、他の乾燥地における同様河川に比べて大差ないと考えられる。従って、本計画ではアメリカの乾燥地で用いられている値 $50\sim 150 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ を参考にし、 $100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ を採用した。将来、ダム完成後滞砂を除去する過程で、この値は検討されるべきである。

#### c) 地下水水文

調査地の水文系は、地表水水文系と地下水水文系の2つに大きく区分することができる。地表水水文系は、主として流域内において、洪水時を除き基底流として発達し、地下水水文系は、主としてワジ・ジジ下流域の礫平原と海岸平野部に発達している。

地表水水文系は、年に1～2回発生する偶発的な豪雨に基づく洪水流出に代表されている。恒常的な基底流流出は、不透水性基盤がワジ河床近くに分布する場所で見ることができる。

礫平原に発達する地下水水文系は、その流況により地下水流動系と地下水貯留系に区分することができる。流動系は、礫平原の西部段丘堆積層内に約8 kmの幅をもって発達し、地下水位勾配は $1/100$ である。地下水位は、山地出口で地表下約10 m、流域末端部で地表下20 m程度である。

この地下水は山地から流出する基底流により涵養され、地下水貯留系に流れ込んでいる。その流出量は最近7年間の平均で6.7 MCM/年である。また、洪水時には10.9 MCMが年間増加量として基底流量に追加される。

地下水貯留系は、海岸平野の新ワジ堆積層内に幅8 km、厚さ80 mで発達し、その地下水位勾配は $1/2,000$ とゆるい。この地下水系は、 $1/2,000$ の動水勾配をもって海に向かって年間7.7 MCM程度の割合で流出している。

#### d) 新規観測器機の設置

次の観測器機が調査団によってワジ・ジジ流域内に設置された。(図3-2参照)

##### 雨量計

ワジ・ジジ流域内の山地部には5ヶ所の観測所がある。しかし、時間雨量のデータは

ない。今回の調査で既設の5ヶ所の地点に自記雨量の設置を試みた。しかしファーファー(Farfar)観測地点については、維持管理の観点からカーン(Khan)地点に変更した。

#### 水位計

ワジ・ジジ流域においては、ムライナ(Mulayyinah)地点が流量観測において地形的に最適な場所である。ムライナ地点No.1, No.2水位計は精度の高い流量測定を行う目的で設置し、観測地点のNo.3, No.4は海への無効放流量を把握する目的で設置した。

#### 地下水位計

流域内に6ヶ所の観測井戸が設けられ、各井戸に自記地下水位計が設置された。

### 3-2-3 地 質

#### a) 一般地質

ワジ・ジジ流域とその周辺は、次のような地層から構成されている。即ち、石灰岩とチャートからなるハワシナ(Hawasina)層群、アルプス造山期のセマイル(Semail)・オフィオライト、ハワシナ・メランジェ、砕屑性泥岩及び礫岩よりなる新第三紀層、洪積世の河岸段丘、沖積世の現河床、扇状地、崖錐及び海岸堆積物ならびに、これらの層準に近接して、時代未詳の角閃岩からなる岩体である。

以下これらについて説明する。調査地域の地質図は、図3-3に、層序は表3-2に示した。

#### i) 変成岩

アルーワシット(Al-Wasit)北方に小規模に分布する角閃岩よりなり、断層部分にはかんらん岩を伴っているが、地史的形跡は確認されなかった。

#### ii) ハワシナ層群

ハワシナ層群はワジ・ジジ中流域に南北に、上流域のワジ・ジジ沿いに東西に、いずれも帯状の小起伏山地、残丘を形成しながら分布する。主要な走向はN~NW、傾斜は20°~45°Eを示している。ハワシナ層群は赤色及び緑色チャート、珪質な石灰岩から構成され、チャートは層理が良く発達しており、石灰岩は、きれつが多い。これらの岩は予定ダムサイトの基盤岩を形成し、上位には不整合に河岸段丘堆積物を乗せている。

図3-3 ワジ・ジジ流域地質図

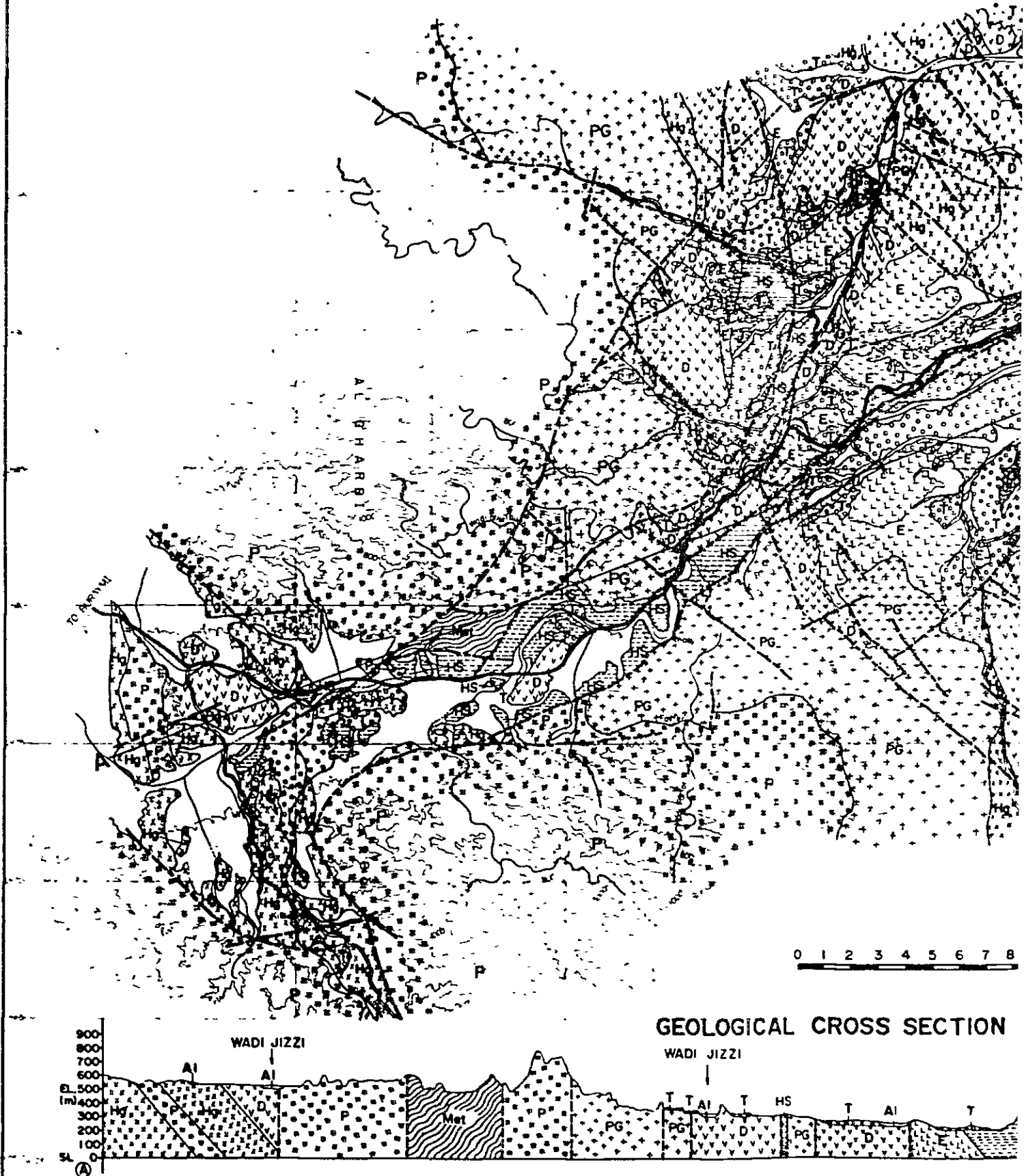


図3-3 ワジ・ジジ流域地質図

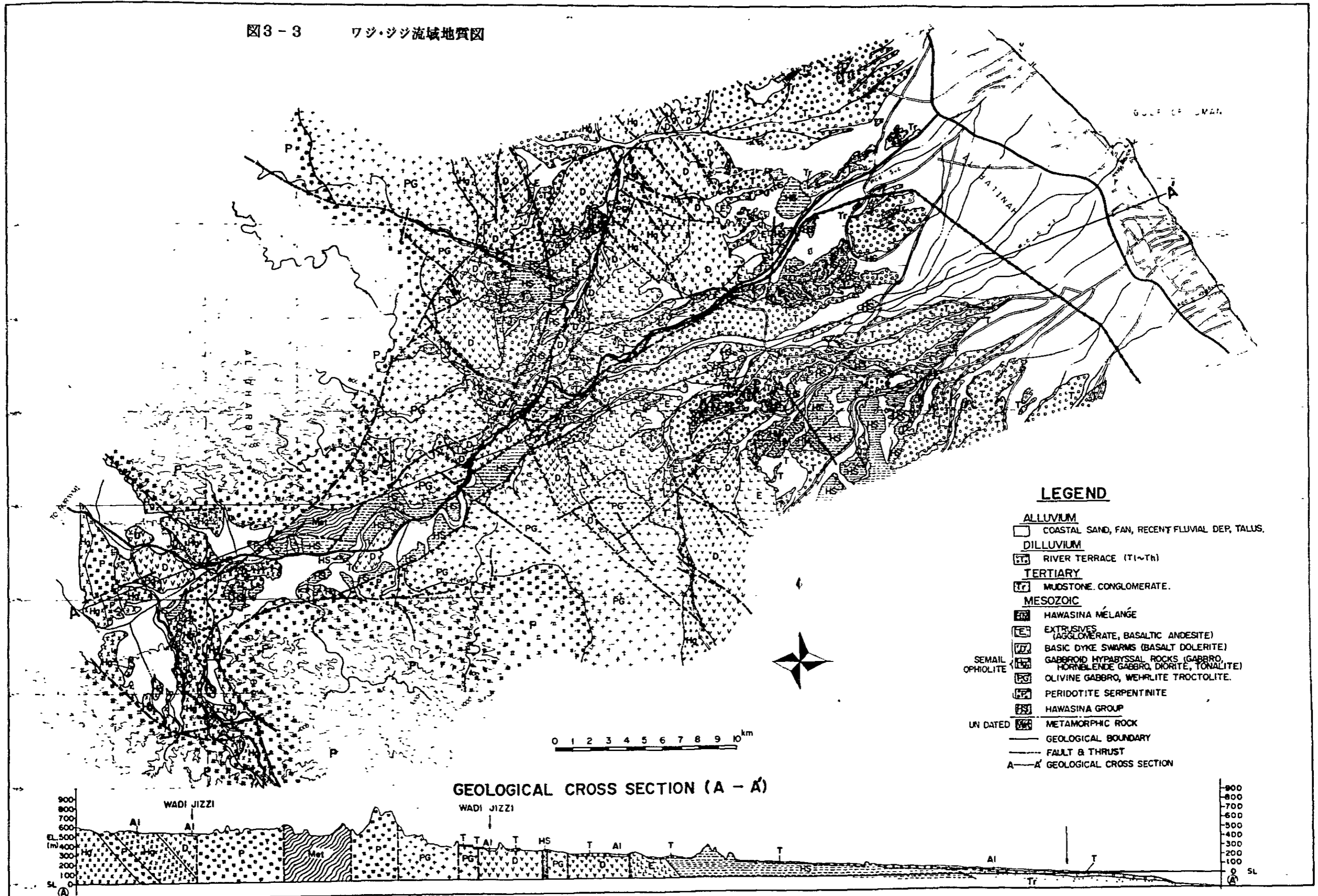






表 3-2 地 質 層 序 表

地質時代		層 序	主 要 岩 相	概 要
第 四 紀	沖積世	沖積層 砂丘 三角洲性扇状地 扇状地 現ワジ 崖錐の各堆積物	粘土、シルト、砂、 礫	未固結層、下流域の大半と現ワジ 沿いに広く分布する。
	洪積世	洪積層 河岸段丘堆積物	砂、礫	下流域、上流の盆地、現ワジ沿い に広く分布する。 比高により4段に分類でき、最下 位のものを除き、固結している。
新第三紀 中新世		新第三紀層	泥岩、礫岩	下流域の段丘の下位に小規模に分 布する。
中 世 代		ハワシナ・メランジェ	石灰岩、チャート 溶岩、片岩	中流域に残丘として分布する。 堆積岩、火山岩が混在している。
		セマイル オフィオライト	玄武岩熔岩 溶岩角礫岩 塩基性岩脈 はんれい岩質半深成岩 はんれい岩 かんらん岩	中・上流域に広く分布する。 かんらん岩体はこのうち最も広く 分布し、オフィオライトの基盤を なしている。各層はほぼ南北の帯 状配列をなす。
		ハワシナ層群	石灰岩、チャート	中・上流域に帯状に分布する。珪 質できれつが多い。ダムサイトの 基盤岩となっている。
時代末詳		変 成 岩	角 閃 岩	アル・ワシット附近に小規模に分 布する。

### iii) セマイル・オフィオライト

セマイル・オフィオライトは中流域の中小起伏山地、上流域の大起伏山地を構成している。分布状況と構成岩層は次の通りである。

- オフィオライトの最上位層を形成している噴出岩層。この層は、枕状溶岩、凝灰角礫岩、集塊岩及び玄武岩質溶岩の種々な岩層を呈し、中流域の低い丘陵を形成している。
- 玄武岩、粗粒玄武岩及び輝緑岩からなる塩基性岩脈群。噴出岩層の下位層に位置しており、ワジ・ジジ中流域で南北方向に露頭し、また、ワジ・ジジに沿って点在する。小起伏山地や丘陵を形成している。
- 塩基性半深成岩群。塩基性岩脈群の下部から漸移し、ワジ・ジジ上流の盆地や中流の主に中起伏山地を構成しているはんれい岩質半深成岩層で、はんれい岩、閃緑岩、等からなる。
- 塩基性及び超塩基性岩群。下位層のかんらん岩体の東縁に、幅5～8 kmで分布し、大起伏山地を形成している。この岩群は、かんらん岩、はんれい岩、トロクトライト、ウエーレライト等からなる。
- かんらん岩。ワジ・ジジ中、上流域に南北方向で広く分布し、大起伏山地を形成しており、部分的に蛇紋岩化している。

### iv) ハワシナ・メランジェ

ハワシナ・メランジェはワジ・ジジ中流域のハワシナ層群に沿って、狭い範囲で分布し、低く特異な残丘を形成している。ハワシナ層群の石灰岩・チャート、玄武岩のブロック、セマイル・オフィオライトに属する黒雲母片岩、蛇紋岩などが混在して分布する。

### v) 新第三紀層

新第三紀層は下流域に、河岸段丘に被覆されて小規模に分布する。大半は黄褐色で円礫を混入する軟質泥岩であるが、ワジ・ヤンプ(Wadi-Yambu)では下位層のチャートとの境界に堅硬な礫岩が分布する。

### vi) 洪積層

洪積層は流域に広く分布し、特に上流の盆地と、下流部で顕著な河岸段丘堆積物である。この河岸段丘群は主に、その河川比高から四段に分類することができる。即ち

比高0～3 mの低位段丘、5～15 mの中位段丘、20 m前後の高位段丘、30 m以上の最高位段丘である。このうち比高20 m前後の高位段丘が最も広い分布を示し、ダムサイトの左岸・右岸の取付部もこの段丘堆積物よりなる。

岩相は、砂及び礫よりなり、低位段丘堆積物を除く各段丘堆積物共、石灰質の基質を持ち、固結して礫岩様である。この固結化は下部へ行くほど著しい。

#### vii) 沖積層

沖積層は砂丘堆積物、扇状地堆積物、現河床堆積物、崖錐堆積物よりなり、下流域の大半を占めて分布する。このうち、最も広い分布を示すのは現ワジによって形成された扇状地堆積物で、下流域の広大な礫平原となっている。この扇状地堆積物は砂礫が卓越しているが、一部で細粒なシルト・粘土も分布する。

#### b) 応用地質

セマール・オフィオライトの分布する地域に、この地方では最も重要な金属資源である硫化銅鉱床が存在する。この鉱床は先に述べた噴出岩層の下部に胚胎しており、キプロスタイプの鉱床と考えられる。調査した地域ではラサイル(Lasail)、アルヂヤ(Aarja)、バヤダア(Bayda)の3ヶ所の鉱山がある。このうちラサイルが最大で、採掘が開始されようとしている。

この他、小規模なクロム鉄鉱床がオフィオライトの超塩基性岩体中に存在する。扇状地堆積物の礫が、ことに道路建設用の材料としてさかんに採取されている。又扇状地に堆積する粘土を利用したレンガも製作されている。

### 3-3 水資源

#### 3-3-1 地表水

流域に降った降雨の一部は直接流出し、ある部分は土壌や岩石の割目を通して浸透し重力によって流下してワジに達する基底流となる。直接流出途中あるいは浸透の途中で降水の一部は蒸発散で失われる。

直接流出(以後洪水という)の大きさや継続時間および基底流量には多くの要素が関連しているが、1981年までは時間降雨およびハイドログラフは観測されていない。今回の現地調査において1982年2月12, 13, 14日に時間降雨およびムライナ(Mulayyinah)地点と河口におけるハイドログラフが得られた。このときのデータをもとに重回帰モデルを

適用し降雨-流出関係を求めた。洪水量の計算は洪水記録の資料数を考慮して日降雨データにもとづき推定した。

#### a) 基底流出

カレントメーターによる表流水の測定がムライナ地点 ( $A=654\text{km}^2$ ) において1977年より実施されている。観測値及びこれより推定した基底流量を図3-4に示す。平均基底流量は  $67.2\text{ l/sec}$  であり、比流量としては  $0.10\text{ l/sec/km}^2$  となる。

全基底流量を把握するため、流域内の集落でフェラージかんがいを使用されている流量を評価する必要がある。かんがい面積およびフェラージの推定流量を資料編B-1、表B-1に示す。流域内フェラージの平均流量は  $78\text{ l/sec}$  であり、比流量で  $0.22\text{ l/sec/km}^2$  となる。従って全基底流量は比流量で  $0.22\text{ l/sec/km}^2$ 、年間平均総基底流出高で  $6.9\text{ mm}$  となり年平均総降雨の  $5.3\%$  となる。

#### b) 洪水

自記水位計はムライナ地点と海岸道路地点に1974, 1975年に政府によって設置され、数回の洪水を記録したが、いずれの時にも水位計は正常に作動しなかった。

前述のように今回の調査で設置した降雨計と水位計によって1982年2月14日の洪水が記録された。重回帰モデルによる流出解析を行い降雨と流出高の関係を求めた。ムライナ地点および河口における降雨-流出高の関係を資料編B-2に示す。ダムサイトおよび河口における流出量を表3-3、表3-4に示す。ダムサイトおよび河口における年間総流出量はそれぞれ  $5.73\text{ MCM}$  および  $2.51\text{ MCM}$  である。ダムサイトにおける年間流出高は  $7.1\text{ mm}$  であり、これは年平均降雨量の  $5.4\%$  に相当する。従って年間の全地表流出は年平均降雨量の  $10.7\%$  となる。

重回帰モデルによって求められた1洪水当りの洪水量の確率頻度曲線を図3-5に示す。

### 3-3-2 地下水

#### a) 水文地質単元

調査地区は、次の3つの水文地質単元すなわち不透水性基盤岩類、段丘堆積層及び沖積堆積層により構成されている。

図3-4 ムライナ地質における基底流量と平均降雨量 (1977-1981)

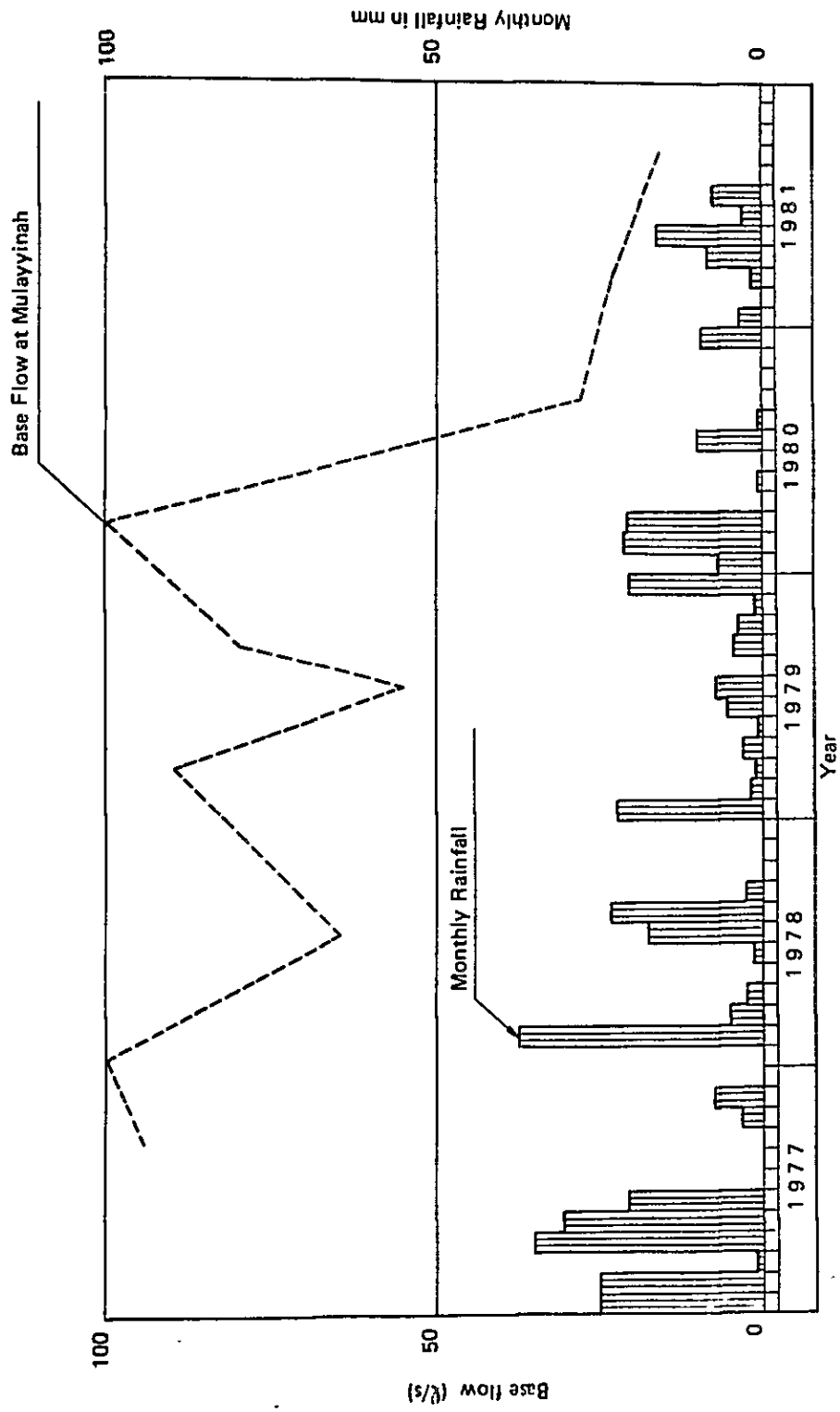


表3-3 ダムサイトにおける洪水流出量（流域面積812K㎡）

(Unit: MCM)

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1974	-	1.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.91
		(0.28)											
		(4.14)											
1975	-	4.42	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-	4.58
		(2.72)											
		(2.07)											
		(6.98)											
		(0.85)											
		(2.35)											
		(8.00)											
		(3.25)											
		(0.12)											
1976	1.06	11.77	11.20	3.37	-	-	-	0.48	-	-	0.28	-	28.16
		(0.16)											
		(0.12)											
1977	0.61	0.89	-	2.68	2.07	0.28	-	-	-	-	0.04	-	6.57
1978	-	2.35	-	-	-	-	-	0.28	-	-	-	-	2.63
1979	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.40
1980	-	0.16	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90
1981	-	-	-	-	0.53	-	0.12	-	-	-	-	-	0.65
<u>'Year</u>													<u>5.73</u>

Note: The figures in parenthesis are single flood discharge.

表3-4 ワシ・シジ河口における洪水流出量（流域面積1,288K<sup>2</sup>）

(Unit: MCM)

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1974	-	1.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.46
1975	-	1.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.74
1976	0.30	5.48	4.31	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	11.68
1977	0.66	0.56	-	1.41	0.79	-	-	-	-	-	-	-	3.42
1978	-	1.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.16
1979	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	0.31
1980	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14
1981	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	0.14
<u>Mean</u>													<u>2.51</u>



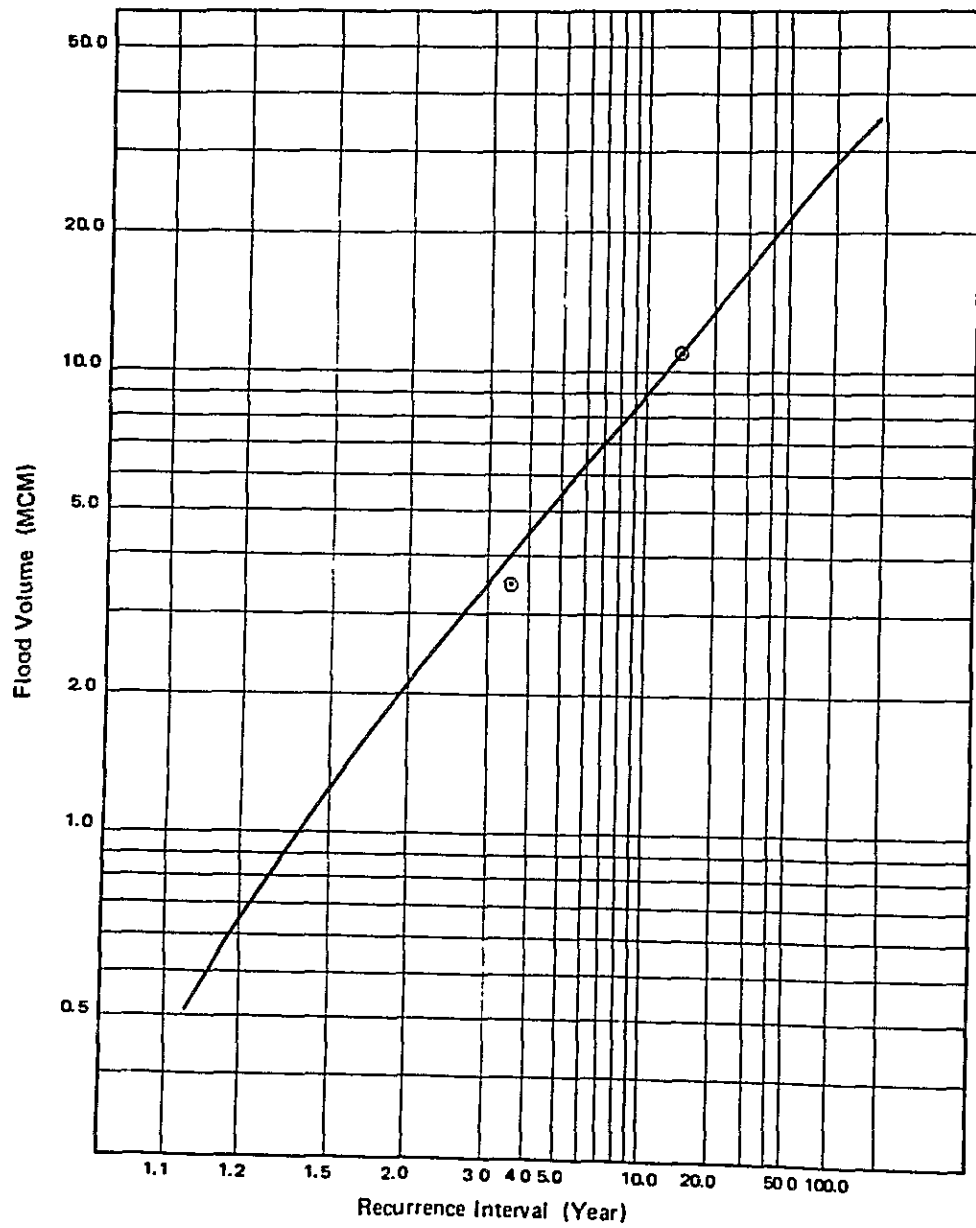


図3 - 5 一洪水当りの洪水量の確定頻度曲線図

## 1) 不透水性基盤岩類

不透水性基盤岩類は、ハワシナ層群、塩基性火山岩類および流域中央部とワジ・ジジ上流部の一部を形成する第三紀堆積岩層からなっている。ハワシナ層群は、ワジ・ジジ上流地域の山地を構成する地層で、珪化をうけた石灰岩、泥岩、チャート等からなり10 m単位の厚さでよく層理が発達している。塩基性岩類は、いわゆるオマーンオフィオライトを主要構成岩類としてワジ・ジジ中流域山地の大部分を形成している。

第三紀堆積岩層は、泥岩、石灰岩等からなり、礫平原西部の低い丘陵や段丘堆積層の基盤を形成している。第三紀堆積岩層は固結度が低く礫平原の地下40~50 mに分布し、本調査の試掘井でもその存在が確認されている。第三紀堆積岩層の深度はガスパイプ附近に掘削されたJA-5では地表下34 m（海水準 $\oplus$ 16 m）、既設井TS-8では地表下44 m（海水準 $\ominus$ 6 m附近）が確認されている。

沿岸部での詳しい地質の情報はないが、ソハールエクспанションファームの試掘ボーリング（SE-0）の深度118.7 m以深に厚さ100 m以上にわたって分布する粘土層は第三紀の泥岩に対比される。沖積堆積物層基底層を海水準以下100 mとすることは、この地方のウルム氷河期の海水準低下が100 m以上あったという意見（H. Felber, 1978）と矛盾しない。

## 2) 段丘堆積層

段丘堆積層はワジ・ジジ上流域では小規模に発達し、中流や礫平原の西部では大規模な分布を示している。これらの段丘堆積層は、その分布する高さにより四段に区分することができる。ワジ・ジジ流域では8つの段丘堆積層が分布し、もっとも低い段丘堆積層はワジ・パニ、ウマールの扇状地上流部に分布している。

これらの堆積層は、種々な大きさの塩基性火山岩と堆積岩の砂礫からなる氾らん原堆積物で、部分的に砂礫はセメントされている。この堆積層は不透水層と見なされるが、時々この堆積物に含まれる薄い砂や小礫の層でセメントされていない部分は透水性である。このため水文地質的には帯水層の一部とみることができる。それぞれ段丘堆積層の厚さと推定できる旧河口付近での高さを現海水準と比較すると次のようになる。

段丘堆積層区分	当時の河口での高さ (現海水準基準)	層厚
段丘堆積層 I	⊕ 110 m	5 m ±
段丘堆積層 II	⊕ 60 m	15 m ±
段丘堆積層 III	⊕ 40 m	35 m ±

最も低い段丘堆積層Ⅲは、礫平原では現河床との比高5 m程度で、現ワジ・ジジ右岸側に分布しているが、左岸側は侵蝕され、かつ現ワジ堆積物により埋積されている。この段丘堆積層Ⅲは、ワジ・ジジ礫平原の縁で標高40 m以上に分布する。

### 3) 沖積堆積層

沖積堆積層は、ワジ・ジジ流域内のワジ河床に沿って小規模に、一方、沿岸平原には大規模に分布している。この地層は、部分的にセメントされた沖積堆積物の砂礫からなっている。この地層の厚さは流域のワジ河床部では数 m であるが、礫平原の上流部では10 m、海岸近くでは80 m以上となっており、礫平原での非圧地下水の有力な帯水層である。

#### b) 帯水層の性質

調査地に分布する帯水層は、段丘堆積層と沖積堆積層に限定される。海岸近くの礫平原下に分布する沖積堆積層における帯水層の性質は、1973年以降の揚水試験により求められるが、段丘堆積層の帯水層の性質は、ほとんど把握されていない。既設の井戸を含む井戸に関する資料を表3-5に示す。

この表から判ることは、礫平原東部の沖積層における帯水層の比湧出量及び透水量係数はそれぞれ30~60 m<sup>3</sup>/r/m及び4,000~50,000 m<sup>3</sup>/dayの範囲内にある。この地層の貯留係数は1978年、ソハール・エクспанション・ファームの生産井No1での揚水試験により平均0.05が得られ、この値は沿岸地帯の非圧帯水層の貯留係数としては適当な値と考えられる。

#### c) 水文地質構造

段丘堆積層及び沖積堆積層からなる地下水盆は、礫平原下の不透水性基盤岩の深さと一致している。不透水性基盤岩類により形成される地下水盆の深さは、北部と西部で40 m以下であり、東部の沿岸部では100 m以上となる。地下水盆端部のカバイル及びマデス附近では、不透水性基盤岩類が海面近くへ上昇している。地下水盆の南端は、不

表3-5 Wジ・シジ流域における既存井戸一覧表

Well No.	Location UTM	Altitude of Site (mamsl)	Depth (m)	Casing Dia. (mm)	Screen		S.W.L (mbsgs)	Tested Yield (m <sup>3</sup> /hrs)	Draw-Down (m)	Specific Capacity (m <sup>3</sup> /hr/m)	T (m <sup>2</sup> /day)	S	Well Efficiency (%/m <sup>3</sup> /d)
					Type	Depth (m - m)							
JA-1	4696,26896	24.04	82	250	Slot	33-79	20.5	45.7	0.75	60.9	16,900	-	86/2,000
JA-2	4679,26967	11.00	40	250	Slot	12-34	6.5	56.9	1.71	33.1	4,300	-	77/2,000
JA-3	4641,26957	30.00	45	250	Slot	22-39	24.4	15.1	7.25	2.1	150	-	-
JA-4	4611,26952	50.00	55	250	Slot	10-33	24.1	28.8	2.12	13.7	3,200	-	-
JA-5	4647,26922	42.00	55	250	Slot	32-55	36.1	4.7	2.28	2.1	60	-	-
WST-26	4691,26928	13.68	60	370	Slot	42-55	12.0	49.0	0.45	108.9	-	-	-
JT-64	4746,26888	-	35	240	Slot	23-34	11.8	28.5	3.00	9.5	85	-	-
JT-65	4741,26889	-	35	240	Slot	24-35	13.1	28.5	4.40	6.5	110	-	-
WD-78	4672,26928	25.63	73	200	Slot	33-69	20.0	79.1	1.16	68.2	1,800	-	-
WD-79	4670,26929	27.17	70	255	Johnson	24-60	21.1	82.6	1.64	50.4	1,440	-	-
SE-1	4708,26898	20.00	56	273	Johnson	44-56	15.6	220.0	3.28	67.1	47,000	0.05	72/4,000
SE-2	4704,26904	18.60	50	273	Johnson	41-50	14.3	215.0	8.56	25.1	18,700	-	75/4,000
SE-3	4715,26900	18.40	55	273	Johnson	43-46	14.4	217.0	3.84	56.5	34,000	-	75/4,000
SE-4	4712,26959	17.50	56	273	Johnson	47-56	13.6	215.0	7.06	30.5	28,000	-	82/4,000
SD-5	4743,26887	15.70	35	244	Slot	23-35	12.3	82.8	11.54	7.2	11,000	-	57/2,000
SD-6	4749,26885	14.40	35	244	Slot	23-34	11.1	91.4	7.75	11.8	13,000	-	74/2,000
SD-7	4742,26881	17.20	44	273	Slot	30-44	13.2	93.7	3.70	25.3	6,400	-	63/2,000
SD-8	4745,26879	17.10	36	273	Johnson	27-36	13.1	68.5	11.97	5.7	7,200	-	63/2,000
SD-9	4748,26877	16.80	44	273	Slot	30-44	12.4	95.3	3.15	30.3	7,500	-	78/2,000
SD-10	4745,26879	17.10	55	324	Johnson	46-55	-	215.0	4.08	52.7	21,000	-	90/4,000
EA-1	4665,26930	30.00	200	240	Slot	50-75	23.46	31.5	0.89	35.4	15,050	-	-
EA-2	4708,26875	27.40	130	240	Slot	42-104	21.15	31.5	0.56	56.3	4,800	-	-

Remarks : JA-Well: Tested by JICA  
 WS1-Well: Tested by ILACO  
 JT-Well: Tested by Gibbs

SD, SE-Well: Tested by IRI  
 EA-Well: Tested by ILACO  
 WD-Well: Tested by Macdonald

透水性基盤岩類が海面近くへ上昇するワジ・アヒンの南側と考えられる。

主としてワジ・ジジ下流域に発達する地下水盆の全域は、長さ約 20 km、幅約 8 km で海岸沿いに発達している。地下水盆の深さは、この地下水盆西端で 50~60 m と考えられ、海に向かって深さを増し海岸では 100 m 以上となっている。地下水盆の深さ、特に西端における深さは本試掘井 J A - 5, 6 及び銅鉦山井戸 T S - 6, 7, 8, 9 や電気探査の E S - V 1 と E S - V 4 側線から判断することが可能である。

礫平原の西端における小地下水盆は、段丘堆積層の帯水層である。その厚さは最大 40 m、山地出口では 20 m 以下となり山地のワジ現河床に連続し、かつ帯水層の厚さは薄くなる。この小地下水盆下の不透水性基盤岩類は、先ウルム水河期の海退に基づく 1~2 段の平坦面を形成している。ワジ・ジジぞいの地下水盆の概念図を図 3-6 に示した。この図は今回の調査削孔資料及び既存の調査資料に基づき作成された。

#### d) 地下水の流動状況

調査地に分布する地下水は、基本的に降雨により涵養される。しかしながらその涵養方法は、流域内における地下水の分布位置により異なる。ワジ河床の地下水は、伏流水としておよそ河床勾配に等しい動水勾配をもって流動している。この伏流水は、基盤岩類が河床に隆起する場合には地表水となる。礫平原の西端における小地下水盆の地下水は、緩い勾配で流下する沿岸部主要地下水盆の地下水に比較して急勾配で流動する。そしてこの地下水は水河期海退期の下刻による流路を埋めた新しい堆積層を帯水層として流下している。

O A - 1, J A - 5 井戸などの水位から算出された渇水期における礫平原西端の地下水動水勾配は 1 : 100 程度である。沿岸部における主要地下水盆の地下水は 1 : 2,000 の動水勾配で流動は緩慢である。地下水盆における流下断面の規模が大きいため、地下水の流出量は伏流水にくらべて数倍の値をもっている。沿岸部の不透水性基盤岩の等高線及び地下水位等高線を図 3-7 水文地質図に示した。

この図から判る沿岸部での地下水の流動状況をまとめると次のようになる。

渇水期の地下水流動 (1981年12月末)

- o 地下水盆の西端における海水準標高 5 m の地下水面は、海岸方向へ  $1/2,000$  の勾配で傾斜している。
- o 地下水の流線は、ワジ・サラン (Wadi-Sallan) 河口 (ワジ・ジジの下流での名

図3-6 ワジ・ツジ沿いの地下水盆概念図

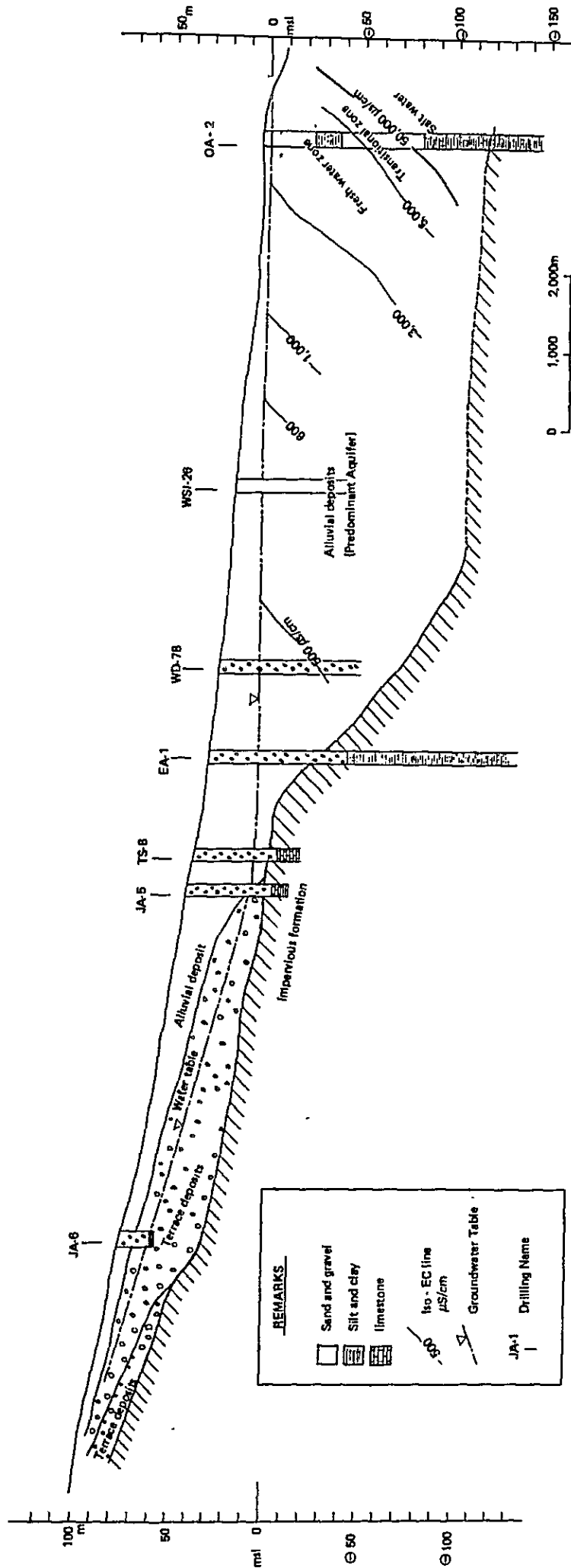
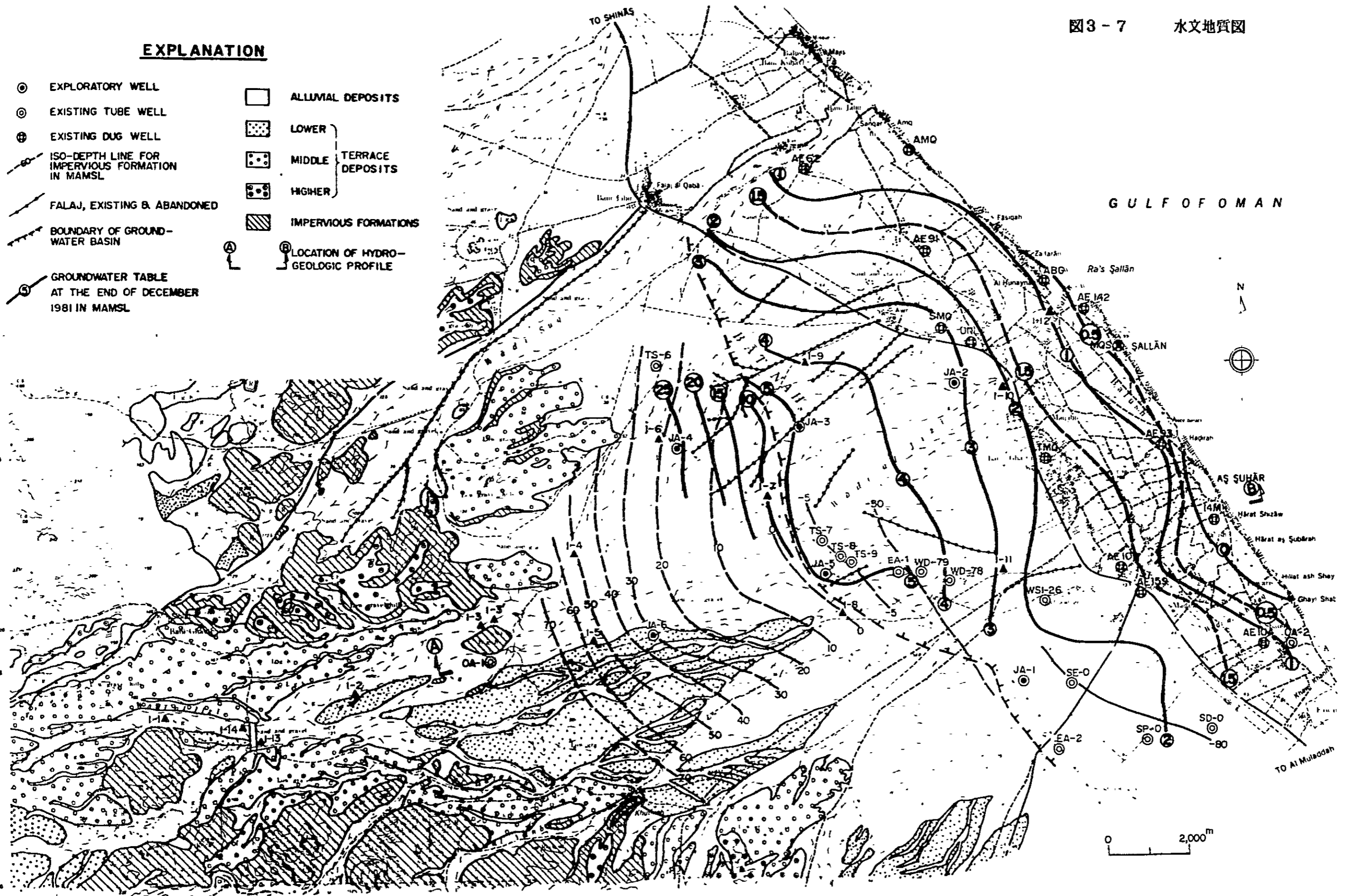


图3-7 水文地质图

**EXPLANATION**

- ⊙ EXPLORATORY WELL
- ⊕ EXISTING TUBE WELL
- ⊕ EXISTING DUG WELL
- ISO-DEPTH LINE FOR IMPERVIOUS FORMATION IN MAMSL
- FALAJ, EXISTING & ABANDONED
- BOUNDARY OF GROUND-WATER BASIN
- GROUNDWATER TABLE AT THE END OF DECEMBER 1981 IN MAMSL
- ALLUVIAL DEPOSITS
- ▨ LOWER
- ▩ MIDDLE
- ▧ HIGHER
- ▨ IMPERVIOUS FORMATIONS
- Ⓐ LOCATION OF HYDRO-GEOLOGIC PROFILE







称)からソハール市街地への海岸線にほとんど直交する。

- o 地下水盆の北縁はJA-4, TS-6とマヂスを結ぶ線付近である。
- o 地下水位の海水準零等高線は、アムク及びソハール市街の南方で海岸線から約1km入り込んでいる。
- o 豊水期においてワジ・ヒルティの地下水盆への明確な境界を示す地下水位の谷がソハールからWSI-26とJA-1に向って増大する。地下水位の谷の位置は、等電気伝導度線の谷と矛盾しない。(資料編C参照)

#### e) 地下水の涵養と流出

沿岸部の地下水盆は、ワジ・ジジ、ワジ・ヒルティの下流域に発達しており、その大きさは幅8km、長さ20km、深さ100m以上である。この地下水盆の北部はワジ・ジジ地下水への地下水盆をなし、アムクからワジ・ハダクへ長さ13kmで広がっている。

この地下水盆内の地下水貯留量は、次のように推定される。

$$\begin{aligned} \text{全地下水盆地下水貯留量} &= 8 \text{ km} \times 20 \text{ km} \times 80 \text{ m} \times 0.05 \text{ (貯留係数)} \\ &= 640 \text{ MCM} \end{aligned}$$

ワジ・ジジ地下水盆地下水貯留量

$$\begin{aligned} &= 8 \text{ km} \times 13 \text{ km} \times 80 \text{ m} \times 0.05 \\ &= 416 \text{ MCM} \end{aligned}$$

礫平原での地下水涵養源は、流域からの地下水流入に依存している。地下水流入は、継続して流入する伏流水又は基底流と洪水の流入である。地表流出は1977年以来、流域面積654km<sup>2</sup>を占めるムライナ地点においてカレントメーターにより観測されてきた。観測された基底流出は平均67.2ℓ/secであり、比流量で0.1ℓ/sec/km<sup>2</sup>に相当する。ムライナでの単一の洪水流出率は降雨量により異なる。資料編B, 図B-5で述べた通り、この流出率は83mm降雨で16%、33.2mmで7.4%の範囲にある。洪水の地下水への涵養率は、1982年2月14日の洪水に基づき解析された。地下水涵養率は雨の量によって異なるが平均76%である(資料編C参照)。地下水流出を知るための水収支計算は沿岸部において、EA-1, AE-104, AE-142, OA-2 井戸の地下水位を採用して行った。適用した水収支計算式は次の通りである。

$$P = (R_o - R_i) + E + (G_o - G_i) \pm \Delta H$$

P : 平野の降雨量                      Go : 地下水流出  
 Ro : 地表水流出                        Gi : 地下水流入  
 Ri : 地表水流入                        ΔH : 地下水貯留量の変化  
 E : 蒸発散

上記の各収支項で採用した変数値は次の通りである。

P : ソハールの降雨量 (1974~1981)

Ro : 流域からの洪水量 (FO) に平野部での雨によりもたらされた地表流出 (SG) を加えたもの。

FO 及び SG は次の式から計算された。

$$FO = RI - RF$$

$$RI = (F - 29) \times 0.26 \times AR \quad F \geq 50$$

$$RI = (F - 8) \times 0.19 \times AR \quad F < 50$$

$$AR = A1 / A2$$

$$RF = RI \times PR$$

$$SG = (P - 13) \times 0.04 / PR$$

ここで、

RI : 山地流域からの洪水流出量

F : 連続降雨量で、13 mm 以上に達した雨、山地の面積降雨を基礎とする。

この雨は、洪水流出をもたらす雨と考えている。

A1 : 山地の流域面積 (893 km<sup>2</sup>)

A2 : 水収支対象の井戸の支配面積

$$EA-1 (56.6 \text{ km}^2)$$

$$AE-104, 142, OA-2 (317 \text{ km}^2)$$

RF : 洪水により涵養された地下水

PR : 洪水が地下に涵養される割合 (76%)

Ri : EA-1 井戸については、山地からの洪水流出量 (FO)

AE-104, 142, OA-2井戸では(FO)に、平野で発生した地表流出(SG)を加えたもの。

Go : 海岸平野では、その量は未知数である。

EA-1では、 $Go = P - (Ro - Ri) + Gi - E \pm dH$  の式から算出できる。

Gi : EA-1では、山地から流出した基底流々出(RB)に洪水による涵養(RF)を加えた量

海岸平野の井戸では、(RB)と(RF)に、EA-1井戸支配流域で発生した平野部の降雨による地下涵養(RG)を加えた量

(RB), (RF), (RG)の算出式は

$$RB = (ES \times R2) - RZ$$

$$R2 = AR \times DR$$

$$RF = RI \times PR \text{ ( 前述 )}$$

$$RG = SG \times PR - LO$$

$$LO = D \times EV$$

ここで、

ES : ワジ・ジジ流域の5つの雨量観測所の記録から作られた面積雨量

DR : 基底流量の流出率 ( 5.7 % )

RZ : 山地流域内での水消費量 ( 2.5 MCM / 年 )

LO : 土壌保留が原因の損失雨量

D : 洪水を引き起す雨 ( F ) の継続日数

EV : 可能蒸発散日量

EA-1で計算された " Go " は、海岸平野の井戸AE-104, 142, OA-2の " Gi " に代入される。

E : 平野の雨  $P < 1.3 \text{ mm}$  の場合は、PはEに代入される。

$P > 1.3 \text{ mm}$  の場合は、 $E = P - (SG + RG + LO) + LO$ , 蒸発散は修正ペンマンと修正プラネティックリドル法により計算された。

dH：井戸の地下水変動量に貯留係数（0.05）を掛けた量

1974年から1981年の7水文年間の平均値をとりまとめて表3-6に示した。これによると礫平原へ流入する地下水は、基底流6.7MCM、洪水に基づくもの10.9MCMを含めて17.6MCMである。

これに対して沿岸部での地下水流出量は、沿岸部での消費と海への流出を含んで17.5MCMである。平野部の雨による直接涵養は、計算に取り入れたが零に近かった。海への必要な最少地下水流出量の推定は、後章で述べられているように8.0MCM/年である。平野部での作物の水消費量は21.1MCM/年と推定されている（資料編C参照）。耕作々物の必要とする有効降雨量の平均は同じく44mm/年と推定されており、これは海岸部の井戸支配面積に換算すると14MCMとなる。計算された海岸平野での損失降雨の大部分は土壌保留によると考えられる。

これらのことから、作物の水消費に割り当てられる地下水揚水量は、計算された地下水流出量（Go）から、海への必要な地下水流出量及び地下水貯留量変化を差し引いた量となる。海岸平野での地表流出量は4.6MCM/年と計算されているが、平野で発生した地表流出の大部分は、その地形的条件から考察してワジ流路に合流することはない。山地の洪水流出に起因する地表流出量のみが、海への無効流出量として算出することができる。

すなわち、海への無効流出量は、水文解析により得られた量2.5MCM/年にくらべて、水収支計算では3.6MCMと推定されている。

#### f) 沿岸部における水収支

沿岸部における水収支は、井戸水位の時系列観測記録に基づき計算することが出来る。ある期間の地下水水位の変化は、地下水涵養量と地下水流出量との差として表現される。前述のとおり1974年から1981年間での沿岸部における地下水水位の平均変化は12mmの水位低下となり、量にして0.1MCMの損失となる。沿岸部における地下水の減少は、総貯留量に比べて少量であるが、海水の地下水への浸入を防ぐため、地下水水位は最少海水準以上1mに保つ必要がある。沿岸部における海水浸入概念にもとづく地下水水位の許容降下量は、AE-104, AE-142及びOA-2井戸における最近8年間の平均水位が海水準上それぞれ1.1, 1.1, 1.5mとなっていることから小さいものと思われる。地

表 3 - 6 現況水収支計算結果 (1974-1981)

(Unit: MCM/ANN)

<u>Name of Well</u>	<u>EA-I</u>	<u>AE-104</u>	<u>AE-142</u>	<u>DA-2</u>	<u>Average</u>
<b>Catchment</b>					
Area (sq.km)		893			
Areal Rainfall (mm)		130			
Input		116			
<b>Discharge</b>					
Base Flow		9.2			
Flood		14.3			
<u>Total</u>		<u>23.5</u>			
<b>Plan</b>					
Area (sq.km)	56.6	317			
Rainfall (mm)	98	98			
Input	5.6	31.1			
<b>Recharge</b>					
Baseflow	6.7				
Flood	10.9				
<u>Total</u>	<u>17.6</u>	<u>17.4</u>	<u>17.4</u>	<u>17.4</u>	<u>17.4</u>
<b>Surface Inflow</b>					
<u>Total</u>	<u>3.4</u>	<u>3.6</u>	<u>3.6</u>	<u>3.6</u>	<u>3.6</u>
<b>Surface Outflow</b>					
Flood	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6
Rain	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0
<u>Total</u>	<u>3.6</u>	<u>4.6</u>	<u>4.6</u>	<u>4.6</u>	<u>4.6</u>
<b>Evapotranspiration</b>					
Evaporation		16.0	16.0	16.0	16.0
Losses		14.1	14.1	14.1	14.1
<u>Total</u>	<u>5.4</u>	<u>30.1</u>	<u>30.1</u>	<u>30.1</u>	<u>30.1</u>
<u>Change Groundwater</u>	<u>+0.3</u>	<u>-0.5</u>	<u>+0.4</u>	<u>-0.2</u>	<u>-0.1</u>
<u>Groundwater Runoff</u>	<u>17.3</u>	<u>17.9</u>	<u>17.0</u>	<u>17.6</u>	<u>17.5</u>
<b>Consumptive Use</b>					
<u>Groundwater</u>		10.4	8.6	9.8	9.6
Rain (Loss)		10.7	12.5	11.5	11.5
<u>Total</u>		<u>21.1</u>	<u>21.1</u>	<u>21.1</u>	<u>21.1</u>
<u>Essential G.W Flow</u>		<u>8.0</u>	<u>8.0</u>	<u>8.0</u>	<u>8.0</u>
<u>Coastal G.W. Balance</u>		<u>-0.5</u>	<u>+0.4</u>	<u>-0.2</u>	<u>-0.1</u>

下水位の変動量は12mmと小さいけれども、この値を過少評価してはならない。実際の海への地下水流出量は、水文的手法により検討されねばならない。この計算において次の事が考慮された。

年間地下水位の変動が海水準で零を示す時における地下水の流出量が実際の海への流出量と推定され、同時に、渇水期の沿岸部における井戸の水位低下曲線からも実際の海への流出量が推定される。上記の方法に基づく実際の海への年間流出量は、平均で約8.0MCMとなる。

#### g) 海水浸入

沿岸部地下水の水質評価は、ILACOの電気伝導度検層と対比して行われる。比較の結果、国道西側のWSI-26において電気伝導度は1974年以来変化はなく、地表面下60mにおいて、ほとんど一定した600~700マイクロmho/cmを表わしている。沿岸から600mしか離れていないOA-2での1982年における電気伝導度検層では、深度24m(海水準下16m)で表層の900マイクロmho/cmと第二層の5,500マイクロmho/cmの間の境界層が見出され、さらに深度42m(海水準下34m)で第三層の50,000マイクロmho/cmへの漸移帯が認められる。図3-8に示した通り、前者の境界層は1974年に比較して約5m上方へ移動し、第三層は同一深度で18,000マイクロmho/cmから50,000へ変っている。

沿岸から7km以上離れた磯平原の井戸EA-1, EA-2の電気伝導度検層では、深度80mまで500~600マイクロmho/cmのほとんど一定した値を示している。各深度における電気伝導度の変化を要約して表3-7に示した。

この表から淡水と漸移帯の境界面は約5m上昇し、電気伝導度は著しく増加している。淡水と海水の境界面の深度と淡水面までの高さの関係は、海水及び淡水の密度をそれぞれ1.0, 1.025とするならば、次に示すガイベン-ヘルツベルグ(Ghyben-Herzberg)の式により求められる。

$$Z \div 40h$$

Z: 淡水と海水境界面までの海水準よりの深さ

h: 淡水面までの海水準よりの高さ

上式から5mの境界面上昇による地下水位の低下は13cmと推定される。しかしな

図3-8 電気伝導度検層比較図

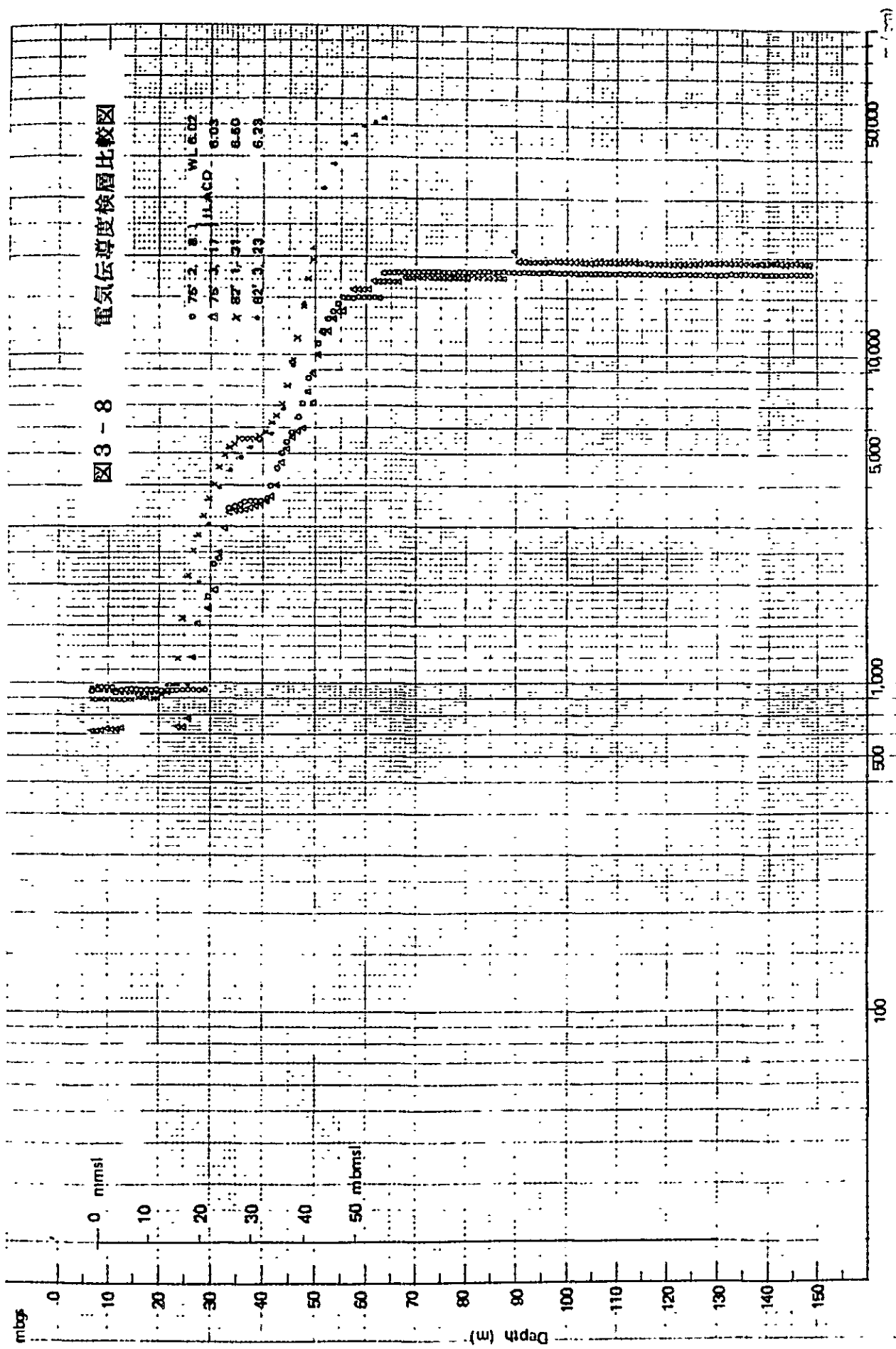


表3-7 井戸0A-2における1974~1982年までの電気伝導度の変化

	Feb. 74		Mar. 82		Differences	
	Depth (mbsl)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	Depth (mbsl)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	Top of layer (m)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )
1st layer	~ 21	880	~ 16	900		+ 180
Transitional layer	21 - 26	880 - 3,300	16 - 28	900 - 5,500	up + 6	
2nd layer	26 - 34	3,500	28 - 34	5,500	up + 2	+ 2,000
Transitional Layer	34 - 55	3,500 - 17,000	34 - 55	5,500 - 32,000	down - 1	
3rd layer	55 - 141+	18,000	55	50,000+	+ 0	+ 32,000



がら計算値の13 cmにかかわらず1982年における実際の地下水位は、1974年の地下水位より約20 cm低い。したがって境界面の移動よりも電気伝導度の増加に注目すべきである。

#### h) 電気伝導度コンターからみた地下水流動

ワジ・ジジ河道及び代表断面における地下水表層部の電気伝導度の分布を資料編Cに示した。等電気伝導度のコンターラインは地下水位等高線と相似性をもっている。この図からワジ上流部において25°Cで470マイクロmho/cmを有する地下水は、塩類物質を溶解しながら流下していることが判る。同様に、地下水流出量の大きい場所では、電気伝導度の増加は少ない。

#### i) 地下水の水質

本調査地区内における地下水の水質分析結果を表3-8に示し、これを図3-9キーダイアグラムにプロットした。この図からカチオン相のすべてのJA-井戸はCalcium-Sodium型に属している。しかしアニオン相では、JA-1, JA-3の井戸がChloride-Sulfate-Bicarbonate型に属し、JA-2, JA-4及びJA-5井戸はBicarbonate-Chloride-Sulfate型に属している。

一般にChloride-Sulfate-Bicarbonate型の地下水は海水による汚染もしくは化石水の水質特徴を有する。JA-1井戸の深層地下水は、海水汚染の兆候を有するものと考えられる。

### 3-4 土地資源

#### 3-4-1 土壌調査概要

未利用地を開発してかんがいにより農業生産を増大することは、国の食糧確保に寄与するための緊要事である。調査は海岸より沖積平原のマシスからワジ・カダクにかけて広がる比較的平坦な地帯に限られた。調査目的は次の通りである。

i) 土壌断面調査および現地における土壌試料分析

ii) 土壌の分類と分布

iii) 土壌適性分級による開発適地の決定

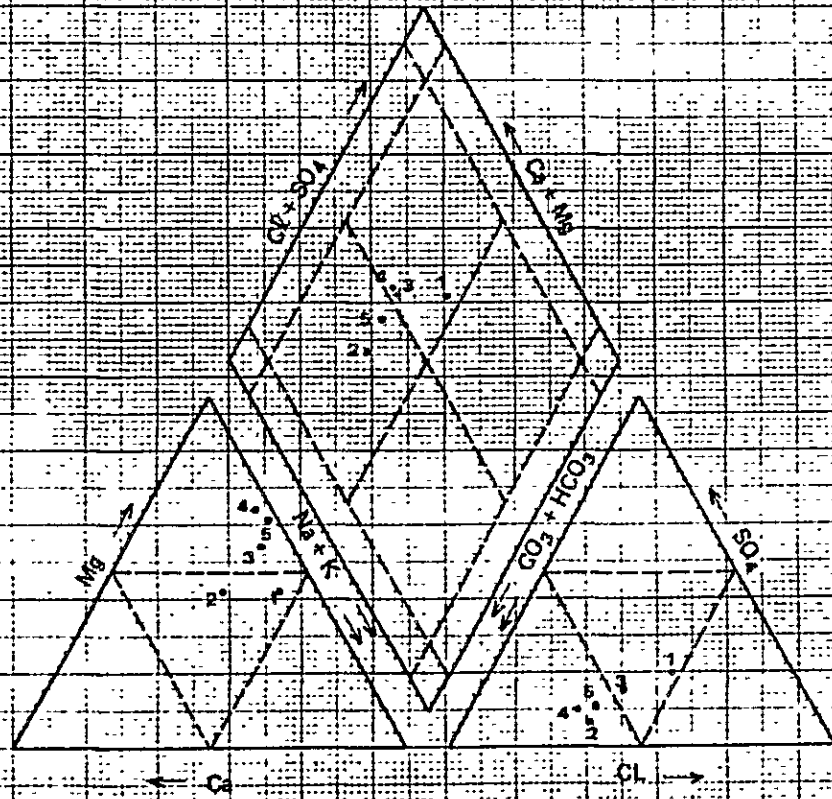
オマーン国の北部バチナにおける系統的な土壌調査は、1973年オランダのILACOコ

表 3 - 8 地下水水質分析結果

Sample No.	Name of Well	Date, Analyzed	pH	EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ at 25°C)	T.S.S (p.p.m)	Cations (me/L)				Anions (me/L)						
						Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	Total	Total	
JA 1		24/3/1982	7.0	1,005.96	643.80	4.350	0.113	1.10	4.10	9.66	2.70	0.6	2.80	4.25	1.66	9.31
JA 2		24/3/1982	7.4	367.04	234.91	1.174	0.061	trace	2.50	3.74	1.05	0.6	1.45	1.10	0.16	3.31
JA 3		21/1/1982	7.6	518.00	331.50	1.552	0.074	0.40	2.80	4.83	1.23	trace	2.30	1.80	0.66	4.76
JA 4		24/3/1982	7.7	489.38	313.20	1.304	0.066	0.20	3.45	5.02	0.97	0.6	2.30	1.30	0.42	4.62
JA 5		24/3/1982	7.45	413.26	264.49	1.304	0.074	0.20	2.90	4.48	1.05	0.4	1.85	1.25	0.42	3.92

Note: Analyzed by Rumais Agricultural Research Station.

圖3-9 地下水水質分析結果圖



ンサルタントが、オマーン国の山岳部、内陸部の開発計画に引き続いて行ったバチナ海岸地帯の水資源開発計画で実施したのが最初である。

### 3-4-2 土壌調査

#### a) 調査方法

ワジ・ジジ開発地域の土壌調査に対し、地形図（10万分の1）および航空写真（1万分の1）がオマーン政府から提供された。ただし、航空写真は開発地域北端のアンク（Amq）付近は含まれていない。土壌試坑は概査レベルとし、巾1.0m、深さ0.8～1.2mで400haに1点の割合で行った。試穿は一般的なハンドオーガー（post-holeタイプ）により、土壌型の境界検査および試坑の下層調査に用いた。現地で実施した調査は次の通りである。

i) 土壌硬度（山中式硬度計による）

ii) 試薬テスト（炭酸塩－IN HCl 溶液；活性Mn－Benzidin 1% 醋酸溶液；  
 $Fe^{++}$ －Dipyridyl 液）

iii) 礫含量（2mmおよび5mm以上）と仮比重

iv) pHおよびEC（1：5抽出液、掲帯用メーターによる）

#### b) 調査結果

##### 1) 試坑調査

現地調査は、オマーン・サンファームをベースキャンプとして1981年4月1日から15日の間に実施した。土壌調査は、調査期間を考慮しソハール周辺を中心に行った。

##### 2) 調査地域と調査地点

調査地域は、かんがいには不適な地形、岩又は礫平原及びワジ河道は除外した海岸線沿いの延長17km（マデスからワジ・カダック）と内陸部へ幅約9.5kmの方形の地域を対象とし、その面積は13,850haであった。土壌調査を実施した32試坑の位置及び井戸からの地下水採取地点を図3-10に示した。調査地区内の試坑密度は予備調査レベルとして220haに1点とした。

##### 3) 土壌断面調査と現地分析

調査および分析結果を表3-9に要約した。（詳細は資料編Eを参照）



表 3 - 9 土壤分析結果一覽表

Pit No. (Elevation) (m)	Location and Land Use	Soil Type No.	Texture	Bulk Density	Gravel content		pH (1:5)	EC (1:5) (mahos)	EC of Well Water (mahos)
					2-5 mm	> 5 mm			
1 (4.0)	Fasiqah, Farm (fallow)	1	SIL-SIL	1.4-1.2	trace-trace	0-0	9.6-9.6	6.7-1.8	1.8-1.3
2 (6.0)	Amq, Farm	1	SIL-SIL	1.0-0.9	8.9-trace	0-0	10.2-10.2	1.3-0.8	0.7-0.6
3 (13.5)	Amq, Unused	1	SCL-SL (SCL)	1.3-1.2	trace-trace	0-0	9.1-8.5	0.6-2.0	-
4 (5.0)	Al-Hushbah, few date palms	7	LS-S	1.8-1.7	trace-trace	0-0	8.3-8.6	0.1-0.1	1.7-4.6
5 (11.0)	Ibid, Farm (fallow)	2	SL-SL (SCL)	1.6-1.6	trace-3.3	0-7.2	8.8-9.0	0.1-0.6	0.7
6 (15.0)	Bidarín, fenced Land	2	SL-SIL	1.7-1.6	trace=0	0-0	8.7-9.0	0.1-0.1	0.4
7 (22.0)	Near Bidarín, Unused	7	SL-S	1.9-1.6	2.5-8.2	0.6-19.2	7.8-7.7	0.1-0.1	0.5
8 (23.0)	Bani Jabir, Unused	10	LS-S (G)	1.9-1.7	8.3-1.9	42-3.8	8.6-	0.1-	-
9 (21.0)	Wadi bed, Unused	10	S-S (G)-(G)	-	15-15	40-45	-	-	0.6
10 (19.0)	Bahi Ghayth, Unused	10	S-S (G) (G)	2.0-1.5	14-6.2	57-6.9	-8.6	-0.1	1.2
11 (14.0)	Ibid, Unused	5	LS-SL	1.3-1.5	trace-trace	trace-0	8.6-8.6	0.2-0.1	0.6-0.7
12 (18.0)	Al-Obi, Unused	9	LS-S (G)	1.6-2.0	trace-7.8	40-48	8.5-	0.1-	-
13 (26.0)	Al-Mowaleh, Unused	10	LS-S (G) (G)	-	> 50	> 50	-	-	-
14 (16.0)	Al-Wagabeh, Unused	2	SL-SIL (SIL)	1.3-1.2	0-0	0-0	9.0-8.2	0.2-1.1	0.9
15 (10.5)	Near Maqabil, Unused	9	LS-S (G)	1.8-2.3	5.2-15.9	10.8-32	7.7-	0.1-	0.4
16 (21.0)	Ali Humod, Unused	4	SIL-SL	1.1-1.5	0-1.4	trace-1.2	8.7-8.9	0.2-0.1	0.8
17 (24.5)	Hibi Gravel Road, Unused	7	S-S (SIL,G) (SIL)	-	5-10	40-10	-	-	-
18 (22.5)	Butha Swahreh, Unused	7	S-S (SIL) (SL,G)	-	10-5	10-15	-	-	-
19 (16.5)	Al-Himbar, Unused	4	SIL-SL	1.3-1.5	0-0	0-0	8.8-	0.1-	0.8-1.1
20 (3.0)	Sohar Town, Unused	8	SL-S	1.5-1.7	0-0	0-0	8.9-9.5	2.5-0.3	2.1
21 (9.0)	Al-Himbar, Unused	1	SIL-SIL	1.2-1.0	0-0	0-0	9.4-10.1	2.2-3.1	0.9
22 (10.5)	Ibid, Farm (date)	1	SIL-SIL	1.0-1.0	0-0	0-0	9.0-9.3	3.7-4.2	1.6
23 (3.5)	Ibid, Farm (date)	2	SL-SIL (SIL) (SL)	1.2-1.1	0-0	0-0	8.6-9.3	0.8-1.6	2.9
24 (7.0)	Trafe, Farm (mixed)	5	SL-SL	1.5-1.4	0-0	0-0	8.8-8.9	0.1-0.1	1.1
25 (5.0)	Al-Mohmoodi, Farm (mixed)	2	SL-SIL	1.1-1.2	0-0	0-0	8.9-	0.5-	1.6
26 (6.0)	Al-Traif, Unused	2	SL-SIL (LS)	1.6-1.2	0-0	0-0	8.9-9.8	0.1-0.4	0.7
27 (5.0)	Near Wadi Sallam, Unused	4	SIL-SL	1.6-1.5	0-0	0-0	9.5-9.0	0.9-0.1	0.8
28 (5.0)	Ibid; Unused	2	LS-S (SIL) (SIL)	1.6-1.5	0-0.9	0-0	8.9-8.9	2.0-0.6	-
29 (11.0)	Al-Qabail, Unused	3	SL-ECL (G)	1.5-1.2	1.6-10.9	0-0	7.8-8.6	1.7-2.8	0.6
30 (16.0)	Near Wadi Suq, Unused	3	S-SIL (G) (L)	1.7-1.4	20-trace	33-0	8.0-9.3	0.1-0.5	-
31 (15.0)	Near Bidarín, Unused	6	LS-SL (G) (S)	1.5-1.2	9.7-0	9.7-0	8.3-8.8	0.2-0.2	-
32 (9.0)	South of Amq, Unused	2	LS-SIL (SIL) (SL)	1.6-1.1	0-0	1.6-0	8.2-8.8	0.2-0.3	-

Note: Value range shows dominant figure of upper 0-50 cm layers to lower 50-100 cm layers, but for EC of well water means two places nearby. Refer to Table 3-16 for Soil Types.