

オマーン国

オマーン国バチナコスト地区

水文観測計画調査

ファイナルレポート

昭和61年3月

国際協力事業団

開 二

CR(3)

86-048

JICA LIBRARY



1029250[6]

オマーン国

オマーン国バチナコスト地区

水文観測計画調査

ファイナルレポート

昭和61年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 5. 30	310
登録No. 12718	61.7
	SDS

序 文

日本国政府は、オマーン国政府の要請に基づき、同国バートナ・コースト地区における水文観測計画調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

当事業団は昭和56年12月に締結された Scope of Work に基づき、昭和57年 3月から昭和61年 3月までの間に株式会社バシフィック・コンサルタンツ・インターナショナル取締役田中全人を団長とする調査団を現地に派遣した。

同調査団はバートナ・コースト地区の5ワジ流域(約6,000 Km²)に将来の水資源開発に資する水文観測網を設置し水文観測調査を実施した。又、調査を通じてオマーン側の観測体制の確立を念頭に観測継続に必要な技術移転を行った。

本報告書は観測調査の結果を基に、オマーン国政府関係者との協議を踏まえてとりまとめたものである。

本報告書が、今後バートナ・コースト地区の水資源の開発に寄与するとともに、ひいては日本・オマーン両国の友好親善を深める一助となるならば、これにまさる喜びはない。

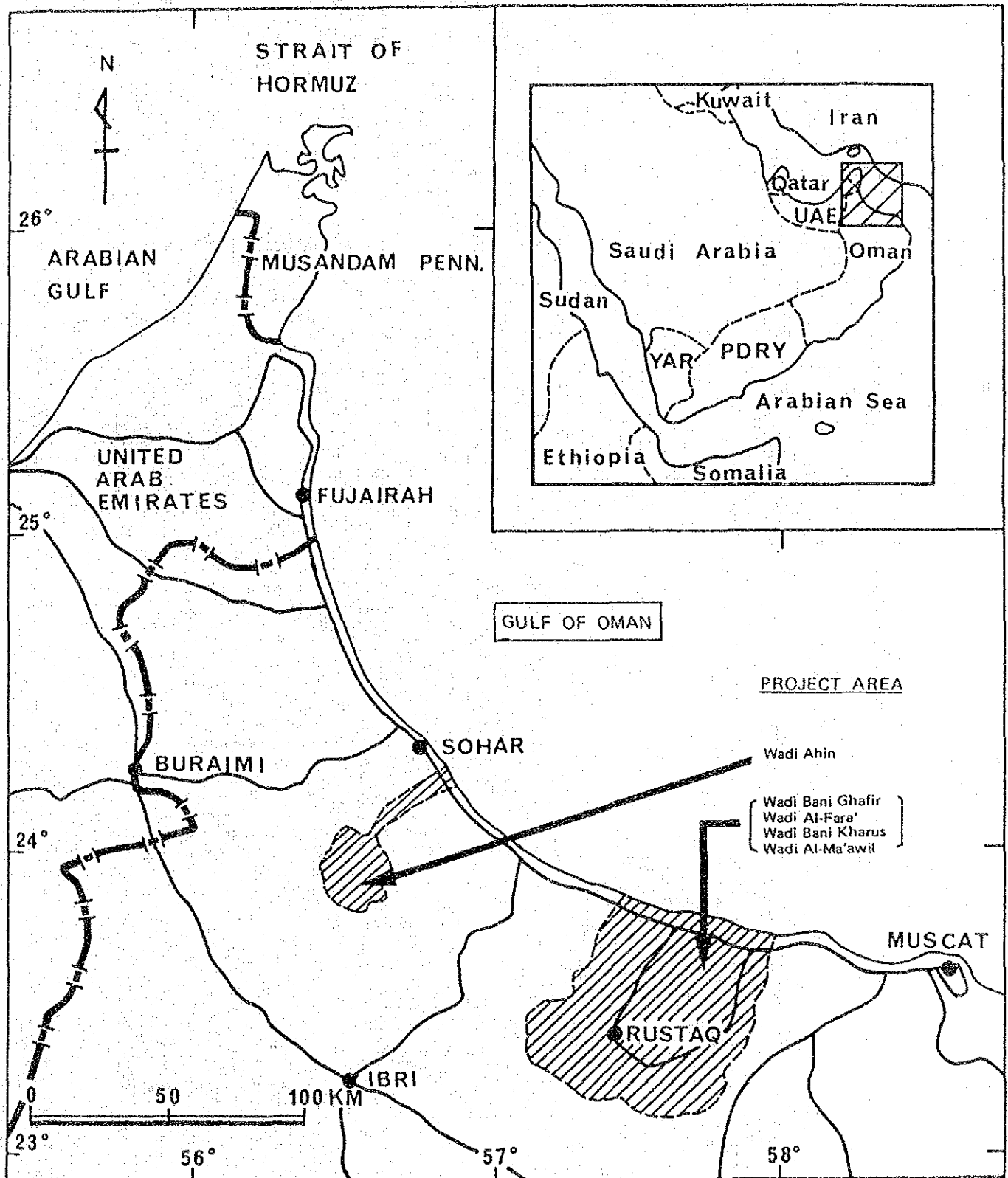
最後に本調査の実施に際し積極的なご支援とご協力を賜ったオマーン国政府、在オマーン日本国大使館、外務省、建設省、農林水産省の関係各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

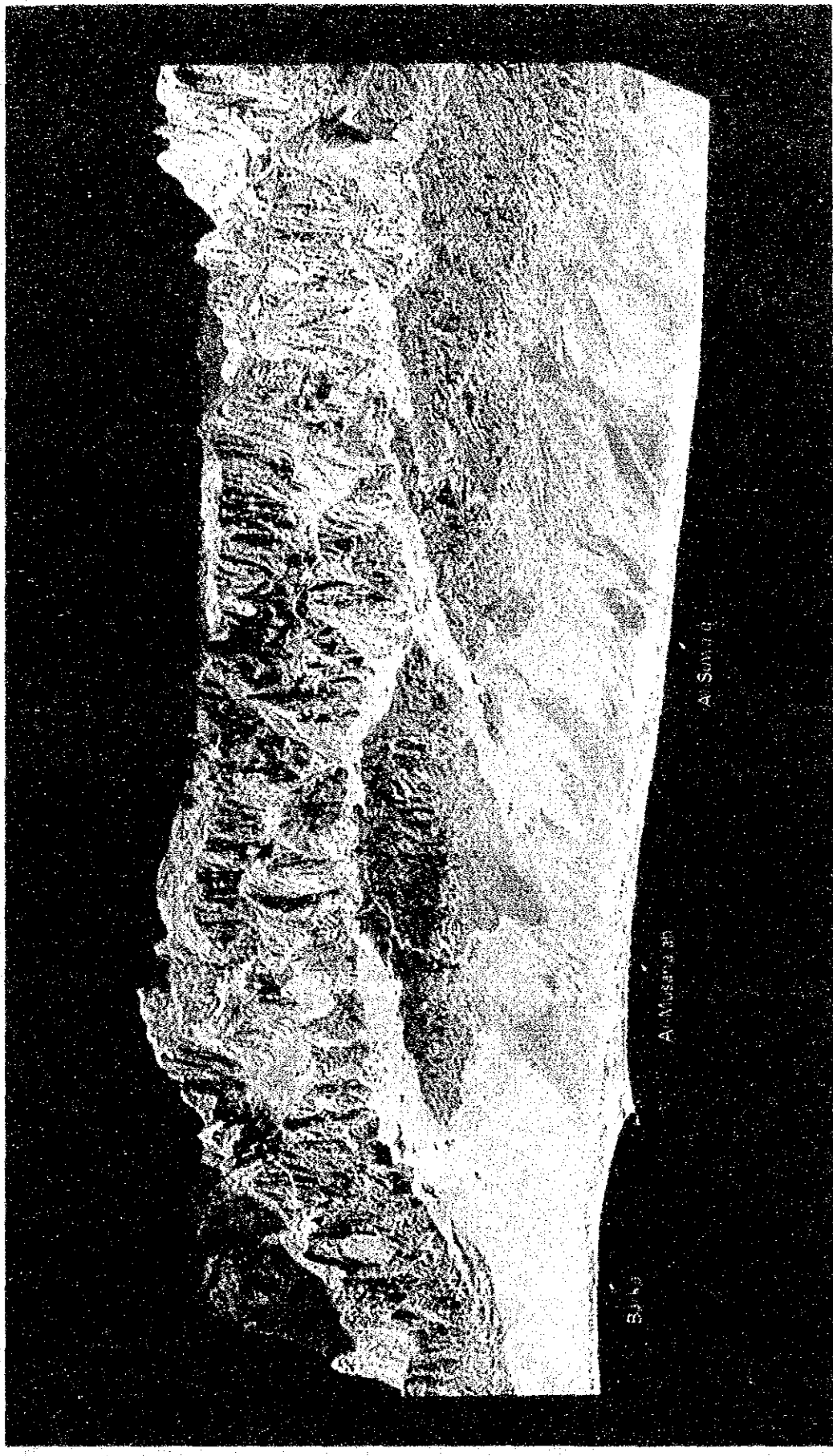
昭和61年3月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔

計画調査地区位置図





LANDSAT Three-Dimensional Display Image; Facing South, Bird-eye View Angle = 45 Deg. Z Scale = 5 Norte, October 2, 1981

要 約

要 約

1. 概 要

オマーン国は、第1次5ヶ年計画（1976年－1980年）以来、国家経済の脱石油化と食糧の自給自足を旨として、農業の振興と水資源の開発に重点をおいている。

バートナ・コーストはオマーンの人口の1/3、農耕地の1/2を占め、最も重要な地域である。しかし海岸部の農業地帯は一部で地下水の塩水化が問題となっている。

調査地域の既耕地は空中写真（農漁業省：MAF、1981年）から10,005 ha（海岸部：7,580 ha、山間部：2,425 ha）と推定されたが、その後、海岸部の国道沿いに無秩序な新規農地の開発が進められている。住宅省（MOH）作成の資料によると、国は1981年－1984年の4年間に海岸部の10,070ha（2,400件）の農地開発を許可していることが明らかになった。この開発が実施され、現在の単位用水量が維持された場合、海岸部の水使用量は、285.8百万立米（MCM）/年（現在の用水量の約2.5倍）必要となり、供給可能量を大幅に越えることになる。

海岸部の農業は地下水に依存しているが、調査地域の南の4ワジ流域の海岸部の地下水貯留量はMAF及び今回の調査で得られた9年間（1976年－1984年）の地下水位の記録から推定すると、減少している。又海岸部の地下水の水質は、1976年（GIBB）及び1983年（MAF）に測定された電気伝導度（EC値）の分布を比較すると、EC値が1000～6000 μ S/cm増加（水質の悪化）している地域がAbu AbaliとAl-Suwadiに認められ、現状の水利用の継続、無秩序な農地開発は地下水の塩水化、既存農業の破壊を招く結果となろう。

このような水質悪化傾向を抑止するには取水の規制と新規水資源の開発が必要となる。

山間部の農業は湧水とファラジに依存しているが、ファラジの取水量は変動が激しく

(1983/84: 169.5 MCM/年, 1984/85: 73.9MCM/年), 1983年8月-1985年8月の渇水では調査した60ヶ所のファラジのうち24ヶ所が涸れており, 渇水期でも最少限の用水を確保できるように何らかの対策が必要である。

新規水資源の開発の手法としては洪水時に海へ流出する表流水を地下水涵養ダム等の施設により地下に浸透させ, 地下水源の増加を計ることになる。

表流水の開発は極めて重要であるが, 降水量の少ない地域なのでその開発量として多くを望むことはできない。従って水利用の合理化と現農地の節水を進めることが不可欠である。

バートナ・コーストの水資源開発上の障害としては, 長期間にわたる正確な水文データが不足していることがあげられる。水文データの整備は水供給の増加を目的とする地下水涵養施設の計画策定を進める上で不可欠であり, その整備と充実のために今後一層の努力を, 費す必要がある。

当調査ではバートナ・コーストの将来の水資源開発を念頭に, 水文観測網を整備し, 水資源の基礎となる水文・水理地質調査を行い, 水・土地利用の現況を調査し, 水収支及び水資源開発のポテンシャルを検討した。同時に水文観測の長期継続を目指し, 観測調査を通じて, オマーン国に技術移転をはかった。

この要約書はバートナ・コーストの5流域(約 6,000 km²)で実施した水文観測計画調査の結果とりまとめたものである。

報告書は次の5部作になっている:

- ・主報告書
- ・補助報告書
 - A 表層地質及び河川地形
 - B 気象及び表流水
 - C 水理地質
 - D 地下水

E 土地／水利用

F リモート・センシング

G 水収支

H その他

・観測マニュアル

・観測施設台帳及びルートマップ

・水文・気象年表（1984年）

2. 調査の背景

当調査はオマーン政府による日本国政府に対する技術協力の要請によってはじめた。日本国政府は、その要請にもとづき実施期間である国際協力事業団（JICA）による当業務の実施に合意し、1981年12月に「Scope of Work」を締結した。

当初調査期間は1983年3月から1985年3月までの予定であったが、1983年11月のオマーン側の要請により1986年3月まで1年間延長された。

3. 調査の概要

3.1 目的

当調査はバートナ・コーストの水資源開発を念頭に次の業務を実施した。

1. 水文観測網の設置
2. 水文・水理地質調査及び観測
3. これら調査にもとづく調査地区の水収支の推定と現状の水資源の評価
4. 観測・調査業務の技術移転

3.2 調査地域

調査地域はバートナ・コーストの下記の5ワジ流域(約6,000 km²)である。

ワジ名と流域面積		
ワジ名		流域面積 (km ²)
1. ワジ・アーヒン	(WADI AHIN)	1,127.5
2. ワジ・バニ・ガーフィル	(WADI BANI GHAFIR)	951.5
3. ワジ・アル・ファラア	(WADI AL-FARA')	1,546.8
4. ワジ・バニ・ハルース	(WADI BANI KHARUS)	1,292.3
5. ワジ・アル・マアウィル	(WADI AL-MA' AWIL)	1,029.8
計		5,948.3

調査地域は地形・地質の特徴から下記の4地域に区分される。

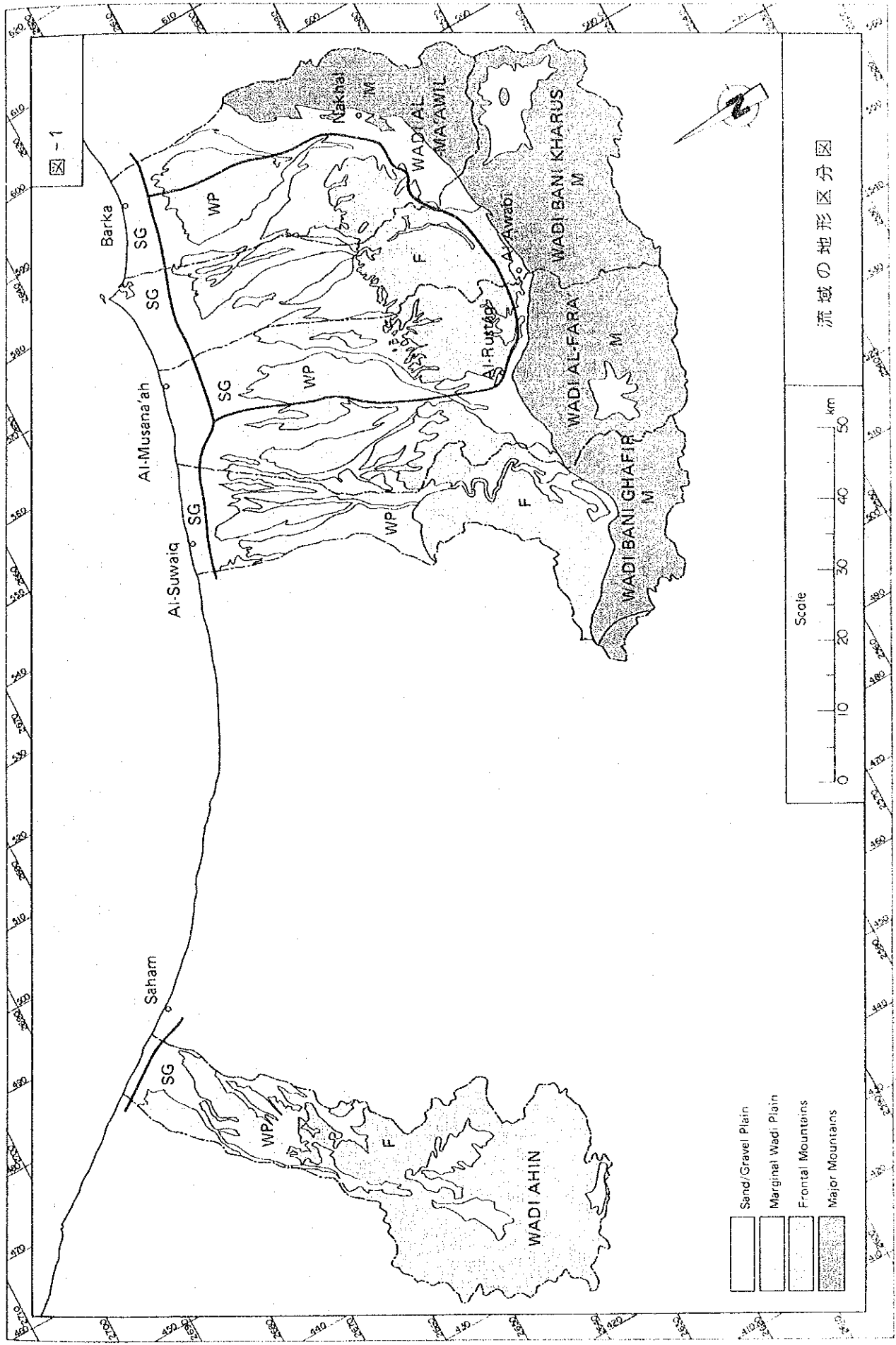
地形区	地質構成層
1. 主山地	先二疊期 基盤岩, 古生/中生代及びハジャール累層群
2. 前衛山地	古生/中生代 セマーイル・オフィオライト
3. 周縁ワジ平原	第三紀石灰岩・碎屑物堆積層
4. 砂礫原及び海岸地域	更・完新世碎屑物堆積層

調査地域の地形・地質及び土地利用はそれぞれ図-1, 2, 各ワジの流域概要は表-1に示す。

表-1 ヲジ流域概要

	ヲジ アーヒン	ヲジ・バニ ガーフィル	ヲジ ファアラ	ヲジ・バニ ハルース	ヲジ マアウィル	合 計
流域面積 (全体) (km ²)	1,127.5	951.9	1,546.8	1,292.3	1,029.8	5,948.3
流域面積 (山間部) (km ²)	768.3	591.1	698.2	750.6	319.1	3,127.3
流域面積 (砂礫原部) (km ²)	359.2	360.8	848.6	541.7	710.7	2,821.0
年平均降雨量 mm/年 (流域全体) MCM/年	106.3 (118.9)	132.0 (123.0)	121.0 (183.8)	141.0 (175.8)	102.6 (102.5)	121.1 (704.0)
年平均降雨量 mm/年 (山間部) MCM/年	118.4 (90.5)	151.9 (98.7)	151.3 (127.3)	164.4 (138.5)	121.5 (51.8)	143.8 (506.8)
年平均降雨量 mm/年 (砂礫原部) MCM/年	80.1 (28.3)	86.3 (24.3)	83.4 (56.5)	92.6 (37.3)	88.5 (50.8)	86.1 (197.2)
海への表流水流出量 (ホーンによる) MCM/年	5.5	4.5	4.1	5.4	0.4	19.9
海への地下水流出量 MCM/年	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
地下水貯留変化量 MCM/年	+1.07	-0.23	-1.05	-0.41	-0.03	-0.65
現況耕地面積 (流域全体) (ha)	613	2,128	2,764	1,709	2,791	10,005
現況耕地面積 (山間部) (ha)	73	298	1,084	269	701	2,425
現況耕地面積 (海岸部) (ha)	540	1,830	1,680	1,440	2,090	7,580
推定現況水利用量mm/年 (流域全体) MCM/年	9.1 (10.3)	38.4 (36.6)	37.9 (58.7)	23.2 (30.0)	51.9 (53.4)	31.8 (189.1)
推定現況水利用量mm/年 (山間部) MCM/年	1.9 (2.1)	9.2 (8.8)	21.5 (33.2)	6.3 (8.1)	21.0 (21.6)	12.4 (73.9)
推定現況水利用量mm/年 (海岸部) MCM/年	7.2 (8.2)	29.2 (27.8)	16.4 (25.5)	16.9 (21.9)	30.9 (31.8)	19.4 (115.2)
山間部の主な かんがい水源	ファアラジ	ファアラジ	ファアラジ	ファアラジ	ファアラジ	—
海岸部の主な かんがい水源	地下水揚水	地下水揚水	地下水揚水	地下水揚水	地下水揚水	—
新規農地許可面積 (ha) *	1,240	1,540	2,970	1,700	2,620	10,070
新規農地の推定水需要 MCM/年	(21.0)	(26.1)	(50.3)	(28.8)	(44.4)	(170.6)
将来の推定水需要 mm/年	27.8	65.9	70.5	45.5	95.0	60.5
将来の推定水需要 MCM/年	(31.3)	(62.7)	(109)	58.8	(97.8)	(359.7)

注： *単位用水量：2258mm/年，耕作率：75%



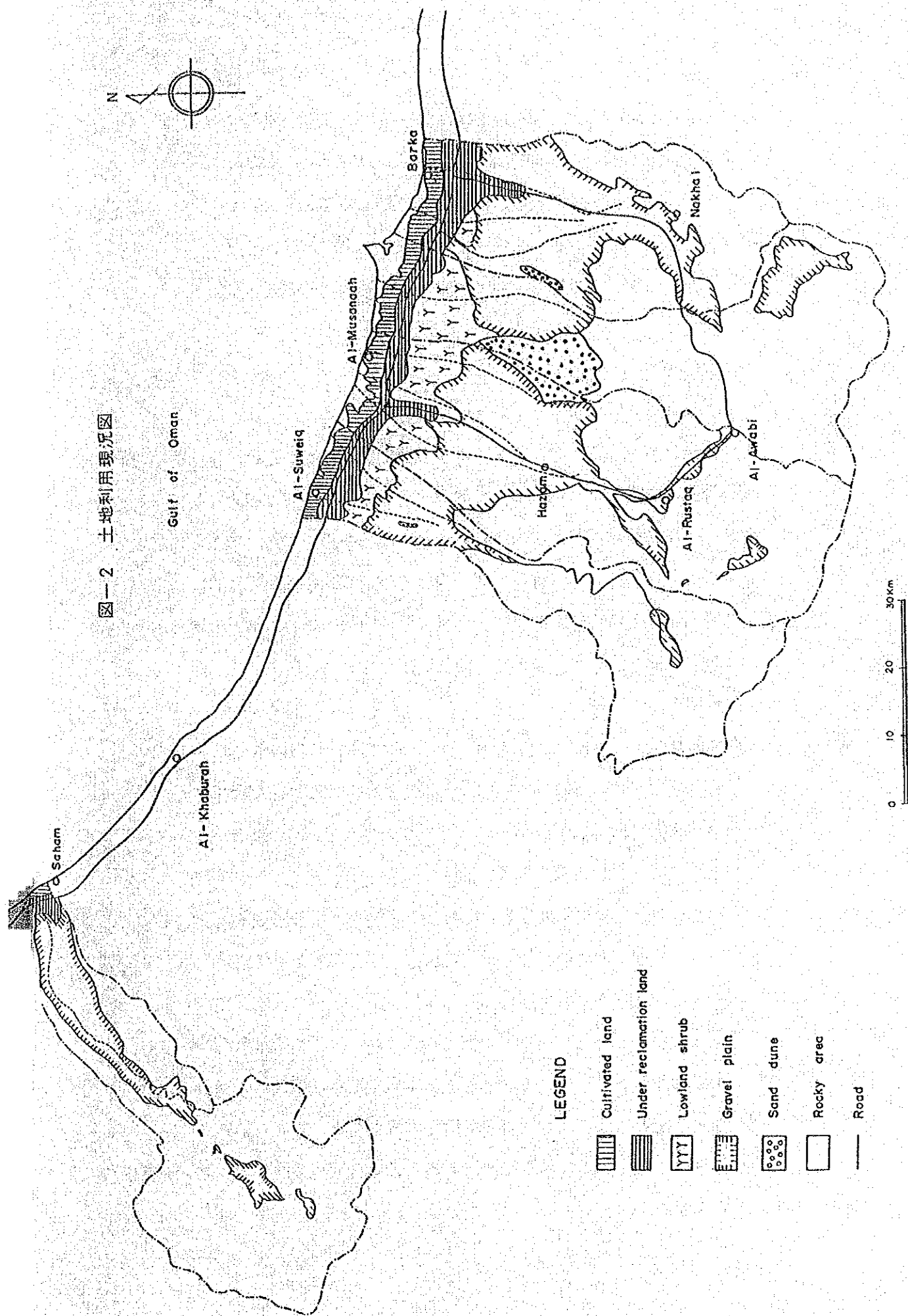


图-2 土地利用现状图

3.3 調査経過

当調査は 1982 年 3 月に開始されたが、同年は主に観測施設配置計画、観測計画、観測施設設置の準備及び観測機器の準備についやされた。観測施設設置工事は 1982 年 12 月に着手され、観測は 1983 年 5 月から部分的に開始され、1984 年 3 月からは全面的観測に入った。

観測に併行して、水文・水理地質及び水／土地利用調査を実施した。

3.4 観測調査の内容

(1) 水文観測網の設置

当調査は、バートナ・コーストの水資源開発の推進を念頭に総合的な水文観測網の設置を目指した。観測網として降雨及び表流水の観測網の整備に重点をおいたが、総合的な観測施設として農業気象観測所を設置した。地下水に関しては、MAF の既存観測網を基礎に、部分的に補修、補強をはかった。

調査地域の水使用量を推定するために、山間部のファラジと海岸部のかんがい用井戸の一部を観測網を加えた。設置した水文観測網は表-2、図-3、及び図-4 に示す。

(2) 気象観測網：

農業気象観測所を新設（1ヶ所）し、既設観測所の強化をはかった。

農業気象観測所は海岸部のアル・ムラッダに新設し、山間部のアル・ルスターク観測所（MAF）は観測機器を補強した。

観測機器は一般水文気象の定常的観測と同時に、蒸発散量の推定に必要となる気象要素（風速、放射収支量、地中熱流量、上下 2 層での気温・湿度）を測定することをめざして選定した。

(3) 降雨観測網

自記雨量計を 28ヶ所に設置した。調査開始時点に既設の雨量計は調査地域内外に 12ヶ所あったが、その分布は海岸部にかたよっていた。

調査地域全体の降雨の特徴を把握するために自記雨量計を主山地／前衛山地に 17ヶ所、砂礫／海岸部に 11ヶ所設置した。

(4) 表流水観測網

ワジ水位計を16ヶ所、電波表面流速計を3ヶ所に新設した。

水位計はMAFの水資源開発調査(1974年-1976年)の際に、調査地域にGibb, ILACOにより9ヶ所設置され、調査後、MAFに移管されていたが、維持保守の不足、洪水の被害等によって、1981年頃には全て観測機能は失っていた。

当調査では、降雨-流出の関係及び洪水量の把握を目指して各水系の地形の特徴を考慮した上で、自記水位計、自記流速計を下記の位置に設置した。

位 置	設 置 数	
	水位計	流速計
一主山地の内陸盆地からの出口となる狭さく部	4ヶ所	—
一中流部の前衛山地から砂礫原への出口となる狭さく部	5ヶ所	3ヶ所
一海への出口の直上流部	7ヶ所	—

(5) 地下水観測網

地下水観測井は、Gibb, ILACOが設置したものが、MAFに引き継がれていた。当調査では現地確認後、既設観測井から41ヶ所の井戸を選定、そのうち12ヶ所について回復工事を実施、新たに8ヶ所に計12井をさく井、当調査の地下水観井は49ヶ所となった。

自記水位計は14ヶ所新設、既設の6ヶ所を加えると全体で20ヶ所となる。

(6) 水利用観測網

山間部のファラジ取水量の測定のために、調査地域内のファラジ6ヶ所を選定し、取水地点に水位標を設置した。

海岸部のかんがい用水量の測定のために、16ヶ所の農場を選定し、それぞれの農場の井戸(計20ヶ所)に積算流量計を設置した。

3.5 観測調査

前記観測網の観測と合せて、調査地域の水理地質構造と地下水涵養機構の把握を

目的として、地形・地質調査、電気探査、表流水・地下水の化学分析（8種のイオン、重水素（D）、重酸素（ ^{18}O ）、三重水素（T））を行った。更に、水利用量推定の目的で土地利用調査を実施した。

調査地域が 6,000 km²と広範囲にわたる上、道路網が未発達で調査期間も限定されていたため、調査資料として空中写真（MAF 1981）を用い、更に地表被覆状態と降水分布推定する資料として衛星データ（LANDSAT, NOAA）を解析し調査に活用した。

3.6 技術移転

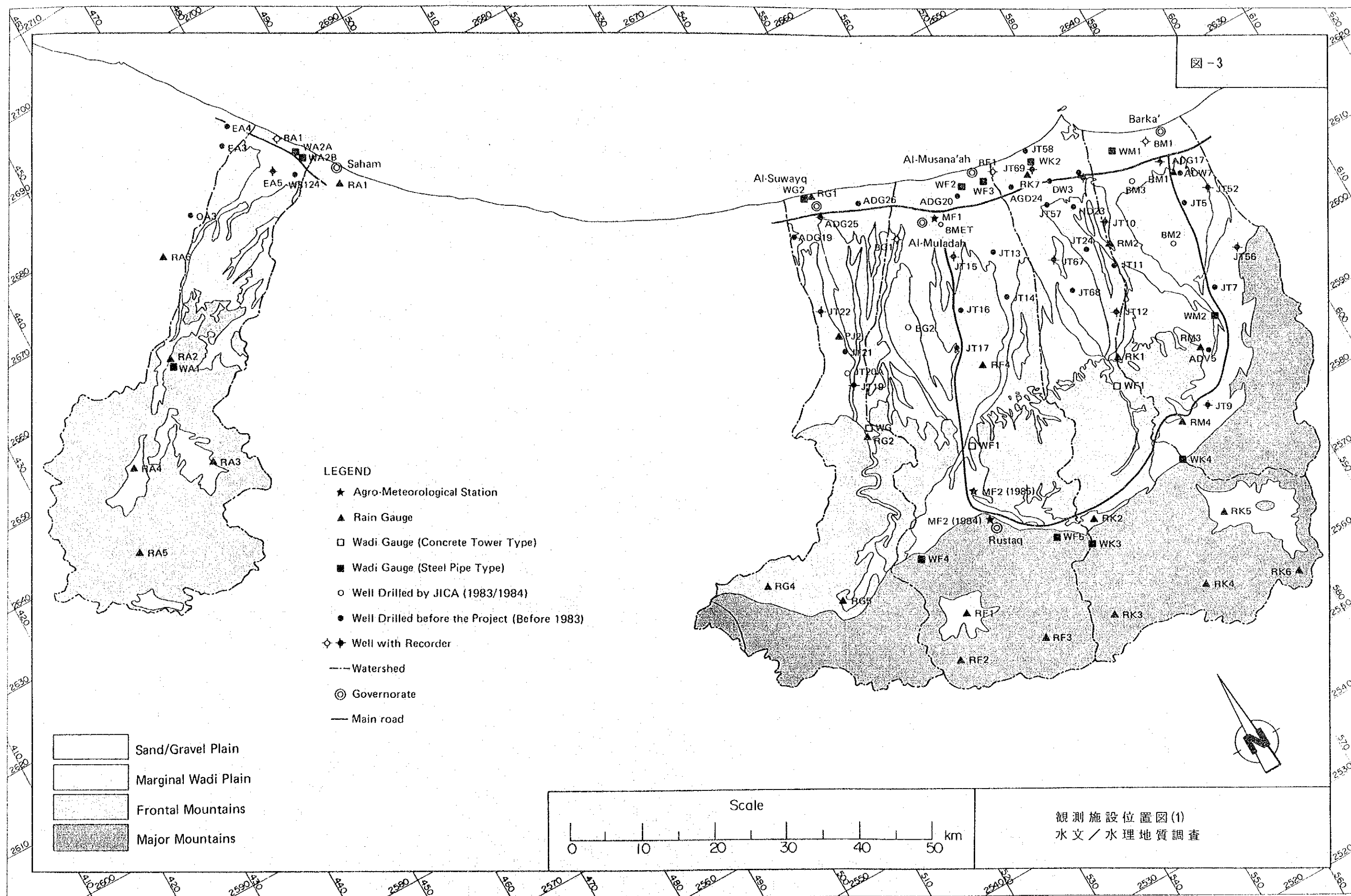
オマーン国の水文観測の基礎を確立するために、観測業務を通じオマーン国側カウンターパートに技術移転をはかった。当調査業務完了後も適正な観測及び機器の維持・保守がつづけられるように「観測施設台帳」及び「観測マニュアル」を編集した。また、適正な観測データの定期刊行の実例として 1984 年の観測データを「水文・気象年表-1984」として編集した。

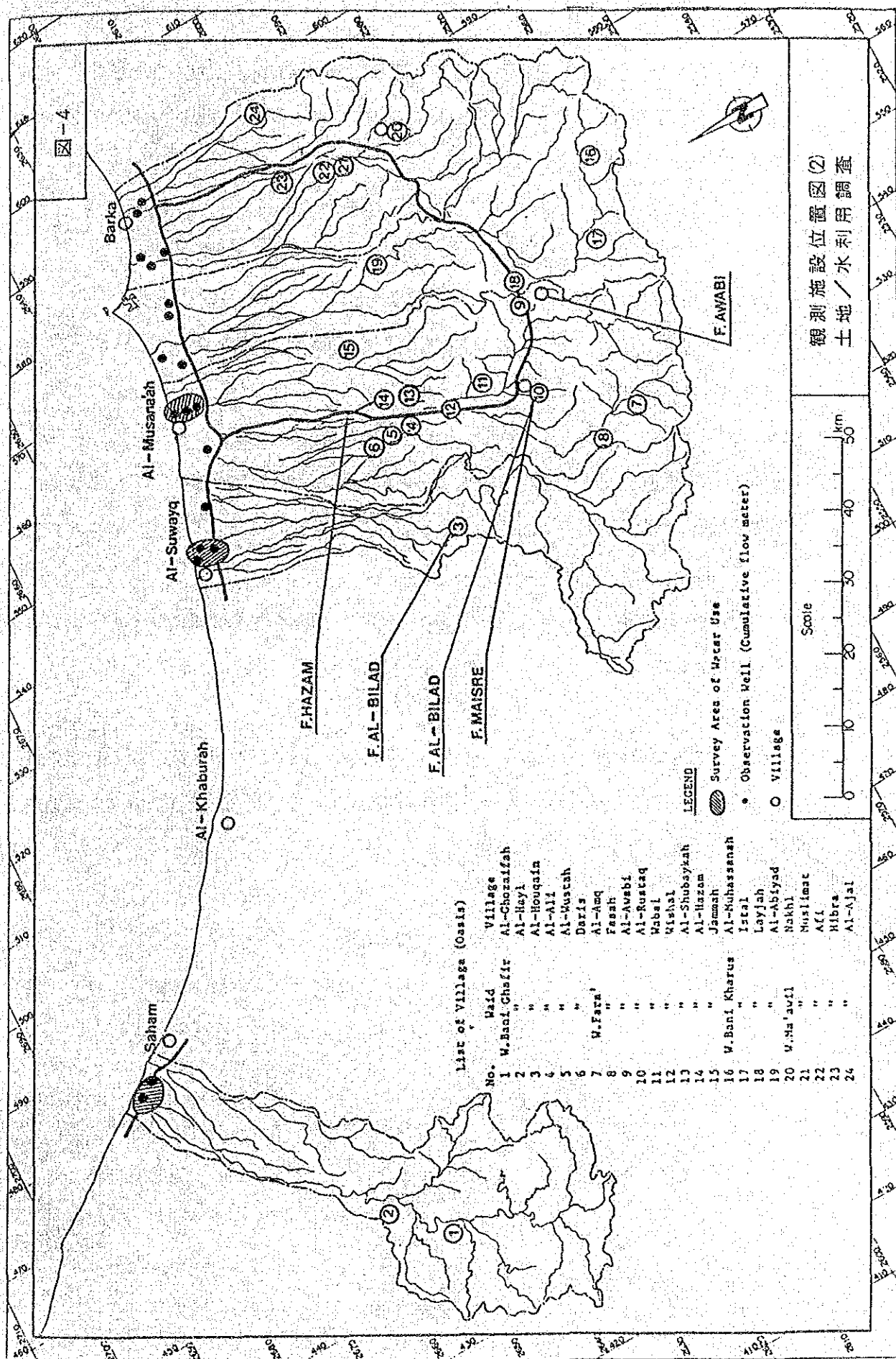
表-2 観測施設一覧表

観測網	個所数			設置年度 (JICA)			備考
	合計	MAF	JICA	1982/83	1983/84	1984/85	
・ムラッタ 農業気象観測所	1	-	1	1	-	-	観測棟 (96m ²) / 観測機器一式設置
・ルスタック 農業気象観測所	1	1	-	1	-	-	観測機器の補強、整備
・雨量観測所	* 28	** (12)	28	25	-	3	自記雨量計設置、 フェンス他建設
・表流水水位 観測所 (ワジ・ゲージ)	16	-	16	2	14	-	水位観測所建設、自記水 位計設置、電波式流速計 設置 (3カ所)
・地下水観測井 - 水位観測井 - 塩水観測井	46 3	41 -	5 3	- -	4 3	1 -	JICA 削井 12井 クリーニング 12井 水位計設置 14井
・用水量調査観 測点 - 揚水量観測 点 - ファラジ流 量観測点	20 6	- -	20 6	20 6	- -	- -	海岸部 積算流量計設置 山間部 ファラジ水位標 設置

注 * アルムラッタ気象観測所を含めた。

** 本調査の雨量計には含まれない。





4. 調査結果

- (1) 調査地域の水利用は山間部ではファラジに、海岸部では地下水ポンプ揚水に依存している。2年間の観測データをもとに調査地域のファラジ取水量及び海岸部の揚水量を推定すると次のようになる。

年間ファラジ取水量及び海岸農耕地の揚水量

地 域	1983/84年	1984/85年
山 間 部	169.5 MCM/年	73.9 MCM/年
海 岸 部	108.2	115.2

- (2) 調査地域の農耕地面積は空中写真 (MAF, 1981年) により 10,005 ha (山間部: 2,425 ha, 海岸部: 7,580 ha) と推定したが、その後農耕地は国道沿に開発が進行している (図-2 参照)。

住宅省での資料によると、当地域では 1981 - 1984年の4年間に 10,070 ha (2,400件) が開発許可を受けていることが明らかとなった。

- (3) 地下水貯留量の変化は調査地域南部の4ワジについての地下水位データが得られた。9年間 (1976 - 1984年) の地下水位の変動から、地下水貯留量は減少していることが推定された。

地下水貯留量の変化

ワ ジ 名	平均変化量 (MCM)	期 間
ワジ・アーヒン (W. Ahin)	* 1.07	1984
ワジ・バニ・ガーフィル (W. B. Ghafir)	-0.23	1976-1984
ワジ・アル・ファラア (W. Al-Fara')	-1.05	1976-1984
ワジ・バニ・ハルース (W. B. Kharus)	-0.41	1976-1984
ワジ・アル・マアウイル (W. Al-Wa'awil)	-0.33	1976-1984

注: * 年間変化量

地下水水質の長期変化は、地下水の塩水化について Gibb (1976 年) 及び MAF (1983年) が調査した電気伝導度 (EC 値) の分布から比較した。その結果、Abu Abali, Al-Suwadi の一部地域で EC 値の増加が認められる (図-5 参照)。

- (4) 山間部のファラジの取水量は通常では、山間部の必要用水量をかなり超過していることが推定された。

1984年の春頃、ファラジの管理者が水不足を訴え始めた頃を山間部の最少必要用水量として仮定すると、年間約 73.9 MCM と推定される。

- (5) 調査地域海岸部の年間総用水量は調査期間内の年平均で 112 MCM/年と推定されるが、全体に過剰取水の傾向がある。サンプル調査 (16ヶ所の農場) によると、約半数の農場で、必要用水量の 2～3 倍の過剰取水が認められた。

- (6) 水管理の地域的特徴としては、山間部では伝統的なファラジ・システムによって共同管理されているが、海岸部ではかんがい用ポンプによる個人管理にまかされている。

- (7) 山間部・海岸部ともに多くの放棄農地が認められている。海岸部での質問調査によると、放棄理由として労働力の不足、低農業生産性、揚水施設老朽化への再投資金の不足などをあげる例が多かった。しかし地下水塩水化もその主な理由のひとつと考えられる。

山間部では質問調査を実施していないが、放棄理由としては用水不足や都市への人口流出にともなう労働力不足等が推察される。

- (8) 調査地域の降雨は季節、年、地域により変動が大きい。年間降雨は夏季 (6月～9月) と冬季 (10月～5月) とに区分される。年間降雨量は標高が高い程多く、夏季の降雨は標高の高い所 (標高170 M以上) に限定されるようである。

調査地域の年間降雨量は表-3、図-6に示す。観測期間中の降雨量は図-7に示す。年間降雨量は標準偏差が大きく降雨量の年ごとの変動が大きいことを示している。

主な降雨の発生機構として次のような気象機構が推定された：

1) 総観規模のじょう乱による降雨

主に冬季に発生する降雨である。熱帯低気圧がのびた前線によりもたらされ降雨域は広く、山地から海岸部まで全域で発生する。

2) 海風循環による降雨

海風がオマーン湾から湿った空気を山間部に運び、そこで上昇し、積雲または積乱雲が形成され、降雨となる。

主に夏季に発生し、降雨域は狭く、降雨は山地に限定される。

3) 熱帯低気圧による降雨

降雨域は広いが、バートナ・コーストに近づくことは極めて希とされている。

Renardet Sauti ICE によれば、マスカットに10 mm以上の降雨をもたらす熱帯低気圧は50年に1回の割合と報告されている。

調査地域の年平均降雨量は下表に示す。

調査地域の年平均降雨量

(1977~1984)

(単位：mm/年)

期 間	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	平均
降雨量	174	82	101	59	95	888	140	88	121

注： 補助報告書B、4参照

今回の観測期間は、ここ9年間で最も雨の少ない時期にあたり、降雨-流出の関係を示すデータは観測されなかった。

洪水は観測期間中(1983~1985年8月)に山間部で8回観測されたが、いずれも小規模で、ワジ河道で消失、海へ流出する洪水は観測されなかった。

海岸部の洪水は過去の記録からみると、降雨域が広域にわたることが多い。冬の降雨により主として発生していることが推定される。

洪水の海への流出量については、過去に Gibb(1976年)、ILACO(1975年)、Horn(1979年)等の調査報告があるが、つずれもわずかなデータをもとに推定したものである(表-4)。

(9) 調査地域の主要な帯水層は砂礫原に形成されている。

地下水涵養は地理的に下記の二つの地帯でおこると考えられる。

1. 砂礫原の上端もしくは山間部
2. 砂礫原の海岸に極く近い沖積地帯

(10) 地下水のトリチウムの測定結果は、山間部から山麓部の高濃度ゾーン、砂礫原中部の零濃度ゾーン、海岸部の零濃度・高濃度混合ゾーンの3つのゾーンを示している

このことから、海岸部の地下水は30年以上以前に涵養されたものが主であり、新しい地下水は特定のワジ流路に沿って部分的に分布していることが分った。

電気伝導度（EC値）は地下水のイオン組成や濃度や温度によって決定されるものであるが、おたがいによく似たイオン組成や環境にある地下水の場合は、イオン濃度あるいは塩分濃度の目安として用いることが出来る。

図-8で注目されるのは、地下水EC値が単に内陸から海岸に向かって増加しないことである。EC値の最低値は砂礫原の中央部に現われ、その極小域は水温の分布に似て2ヶ所存在する。

砂礫原中央部は地下水の塩分濃度のめんからみても特異的な地域であることが分る。

(11) 水 収 支

調査地域の水収支は実測値及び計算値（降雨量、地下水変動量、海への地下水流出量、水利用量）が得られた範囲で整理し、表-5に示した。

主要な水資源である地下水は以下のようにまとめられる。

- 1) 南部4ワジ（ワジ・バニ・ガーフィル、ワジ・アル・ファラア、ワジ・バニ・ハルース、ワジ・アル・マアウィル）の9年間（1976～1984年）の地下水貯留量はマイナスを示し、海への地下水流出量はゼロと推定された。
- 2) 北部のワジ・アーヒンは経年的水位データが得られないので、地下水貯留量の変化については明らかでない。海への地下水流出量は5.1 MCM/年と推定された。
- 3) 調査地域の表流水の海への流出量は過去の調査資料によると降雨量の1～3%程度と推定される。

表-3 農漁業省による降雨観測データ(1974-1984年)

(単位: mm)

地点	標高	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年計
Saham	5	7.3 (11.5)	22.2 (27.8)	22.2 (38.9)	1.3 (3.6)	4.3 (14.4)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.1 (0.2)	0.1 (0.3)	2.7 (8.9)	0.9 (2.9)	14.6 (30.2)	69.7 (51.2)
Sohar	20	9.3 (20.5)	44.7 (48.3)	14.7 (22.3)	13.3 (19.3)	1.8 (4.1)	0.0 (-)	0.3 (1.1)	0.6 (1.9)	0.4 (1.5)	4.3 (11.0)	3.2 (6.8)	8.8 (17.5)	101.4 (82.6)
Al-Ghozaifah	480	5.9 (9.5)	32.9 (36.2)	14.6 (26.8)	13.5 (24.9)	5.7 (8.1)	2.4 (7.5)	1.8 (3.2)	11.6 (16.0)	4.8 (12.1)	5.4 (8.6)	2.0 (5.6)	2.9 (6.3)	103.5 (73.5)
Al-Qufais	600	9.1 (12.7)	33.5 (40.5)	28.6 (59.9)	11.9 (25.0)	5.2 (9.1)	5.9 (10.4)	6.4 (10.5)	10.5 (16.0)	8.7 (16.0)	1.8 (5.0)	1.0 (3.2)	2.9 (8.8)	121.2 (102.8)
Haibi	570	8.3 (16.6)	44.2 (51.0)	19.3 (30.0)	10.5 (19.6)	6.7 (9.3)	6.7 (13.7)	10.1 (14.3)	11.2 (22.5)	9.1 (12.3)	13.9 (18.1)	2.2 (4.8)	0.9 (2.6)	134.9 (88.7)
Al-Houqain	225	12.2 (18.8)	30.0 (41.8)	12.6 (18.3)	14.6 (28.2)	7.5 (19.4)	0.9 (3.0)	2.9 (6.5)	2.1 (4.0)	1.4 (4.5)	16.7 (29.3)	13.9 (30.8)	19.9 (26.1)	132.4 (101.7)
Al-Rustaq	350	11.5 (15.4)	25.9 (35.5)	25.0 (37.9)	16.8 (18.9)	5.7 (10.3)	4.8 (14.2)	6.5 (11.9)	13.4 (25.7)	4.4 (5.9)	31.3 (30.3)	10.9 (16.2)	7.9 (13.9)	158.5 (105.2)
Afi	170	13.1 (14.2)	41.8 (50.7)	19.1 (24.5)	10.8 (16.5)	3.3 (9.9)	3.8 (10.3)	3.3 (6.7)	1.8 (3.4)	1.9 (4.4)	7.6 (16.8)	5.2 (13.0)	8.4 (12.3)	118.7 (88.0)
Al-Rumais	15	4.4 (9.4)	27.7 (31.0)	11.0 (20.5)	9.7 (16.6)	5.1 (16.9)	1.2 (3.6)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	1.7 (4.5)	3.4 (8.0)	9.1 (17.1)	73.0 (66.0)
Saiq	2000	19.4 (23.1)	53.2 (77.6)	44.3 (49.1)	43.1 (63.8)	27.1 (31.1)	17.7 (14.4)	40.3 (43.0)	55.1 (42.2)	14.7 (11.2)	7.1 (8.9)	2.6 (3.9)	8.5 (17.1)	333.1 (146.9)

上列: 月平均降雨量

下列: (標準偏差)

表-4 既存調査における海への推定流出量

(単位=MCM/年)

Reorters	ワジ アーヒン	ワジ バニガーフィル	ワジ ファラア	ワジ バニハルース	ワジ アルマアウィル	合 計
ILACO 1/	2.58	-	-	-	-	2.58
GIBB 2/	-	21.2	13.9	27.7	7.0	69.8
HORN 3/	5.5	4.5	4.1	5.4	0.4	19.9
CARDEW 4/4.8		3.8	3.6	10.9	0.3	23.4

出典： 1/ ILACO JUL. 1975

"WATER RESOURCES DEVELOPMENT PROJECT NORTHERN OMAN"

2/ SIR ALEXANDER GIBB AND PARTINERS JUNE 1976

"WATER RESOURCES SURVEY OF NORTHERN OMAN"

3/ P.M. HORN-F.A.O. FEB. 1979

"WATER RESOURCES OF THE BATINAH"

4/ PRECCE CARDEW AND RIDER/SIR M MACDONALD AND PARTNERS SEP. 1980

"POWER AND URBAN WATER SUPPLY STUDY:
PHASE II, WATER DEVELOPMENT PROGRAME"

表-5 調査地域の水収支結果

単位：上段；MCM/年
下段；(%)

項 目 \ 流 域	ワジ アーヒン	ワジ バニ ガーフィル	ワジ ファラア	ワジ バニ ハルース	ワジ マアウィル	計
降 雨 量 P	118.9 (100.0)	123.0 (100.0)	183.8 (100.0)	175.8 (100.0)	102.5 (100.0)	704.0 (100.0)
水利用量 W	10.0 (8.4)	37.9 (30.8)	56.3 (30.6)	29.8 (17.0)	50.5 (49.3)	184.5 (26.2)
地下水貯留変化 ΔG	+ 1.07 (0.9)	- 0.23 (- 0.2)	- 1.05 (- 0.6)	- 0.41 (- 0.2)	- 0.03 (- 0.03)	- 0.65 (- 0.09)
海への表流水流出量 D	5.5 (4.6)	4.5 (3.7)	4.1 (2.2)	5.4 (3.1)	0.4 (0.4)	19.9 (2.8)
海への地下水流出量 I	5.1 (4.2)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
剰 余 項	97.23 (81.8)	80.83 (65.7)	124.45 (67.7)	141.01 (80.2)	51.63 (50.4)	495.15 (70.3)

注：剰余項には多くの収支項が含まれている。例えばワジ流域からの蒸発散量，地下水
の他流域との交換量，海水の地下水への浸入量等。

—水収支項による模式図—

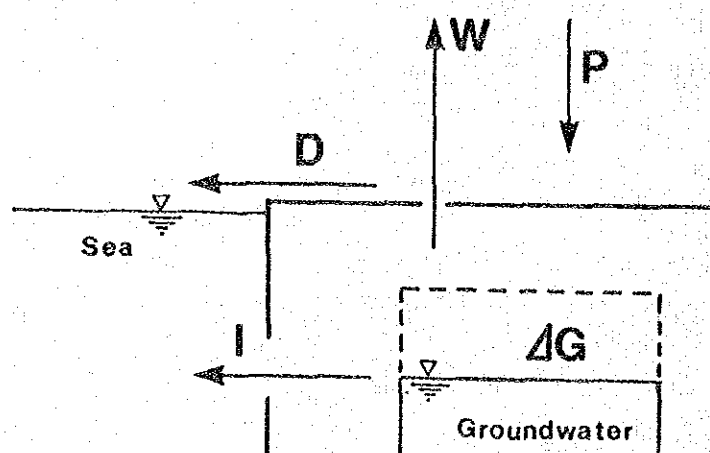


図-5 海岸部浅井戸によるEC値長期変動図(ΔL=L1983-L1975)

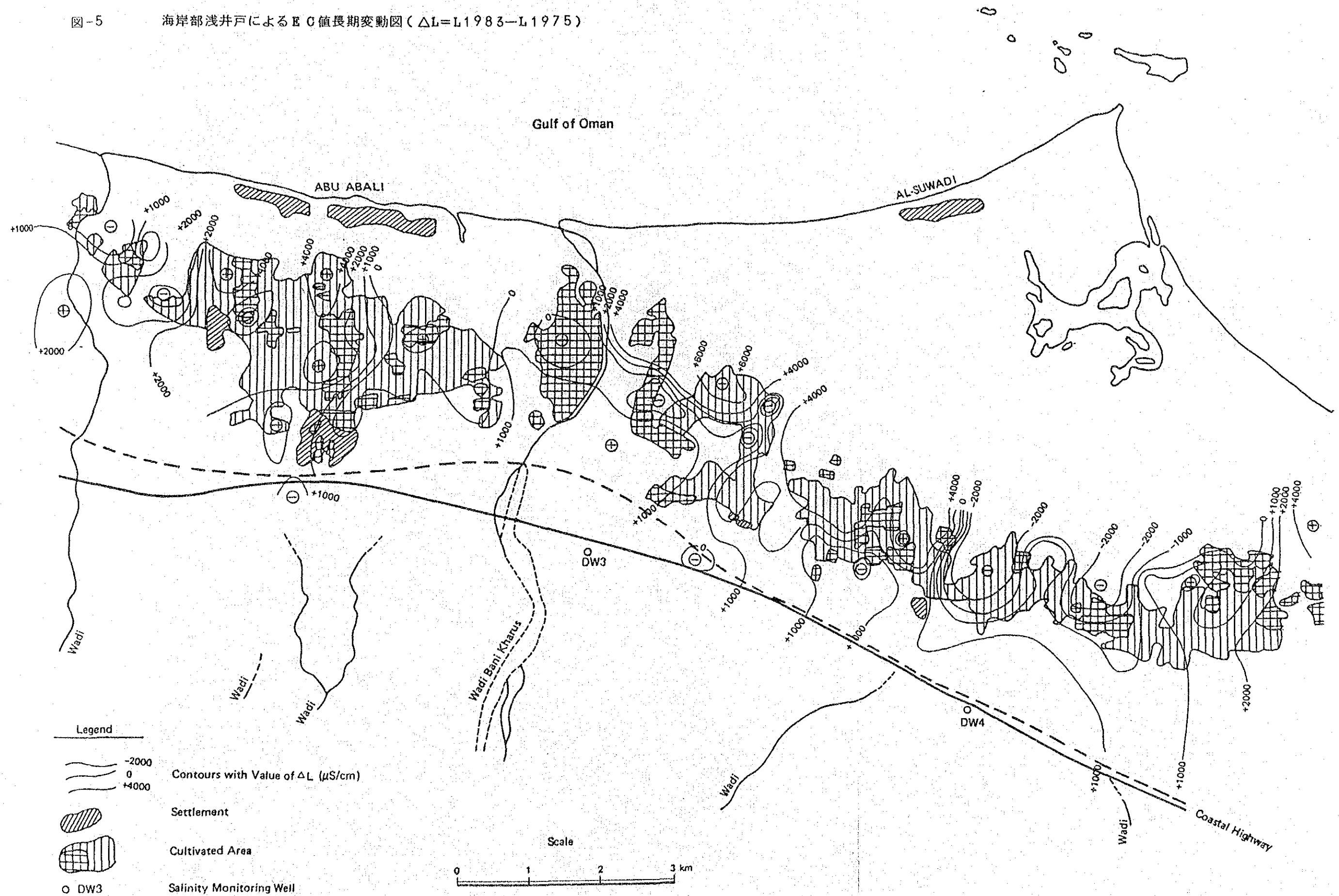
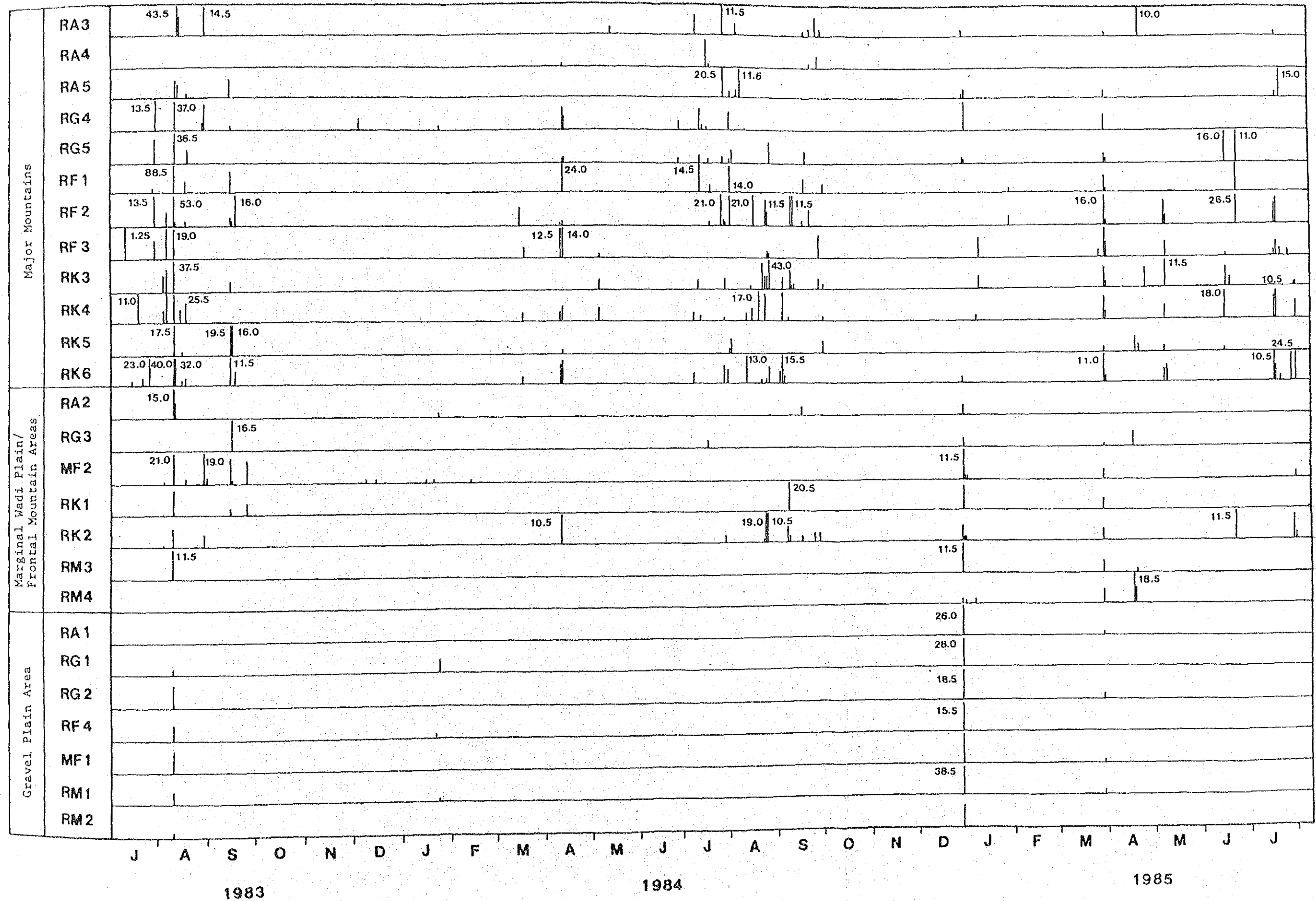
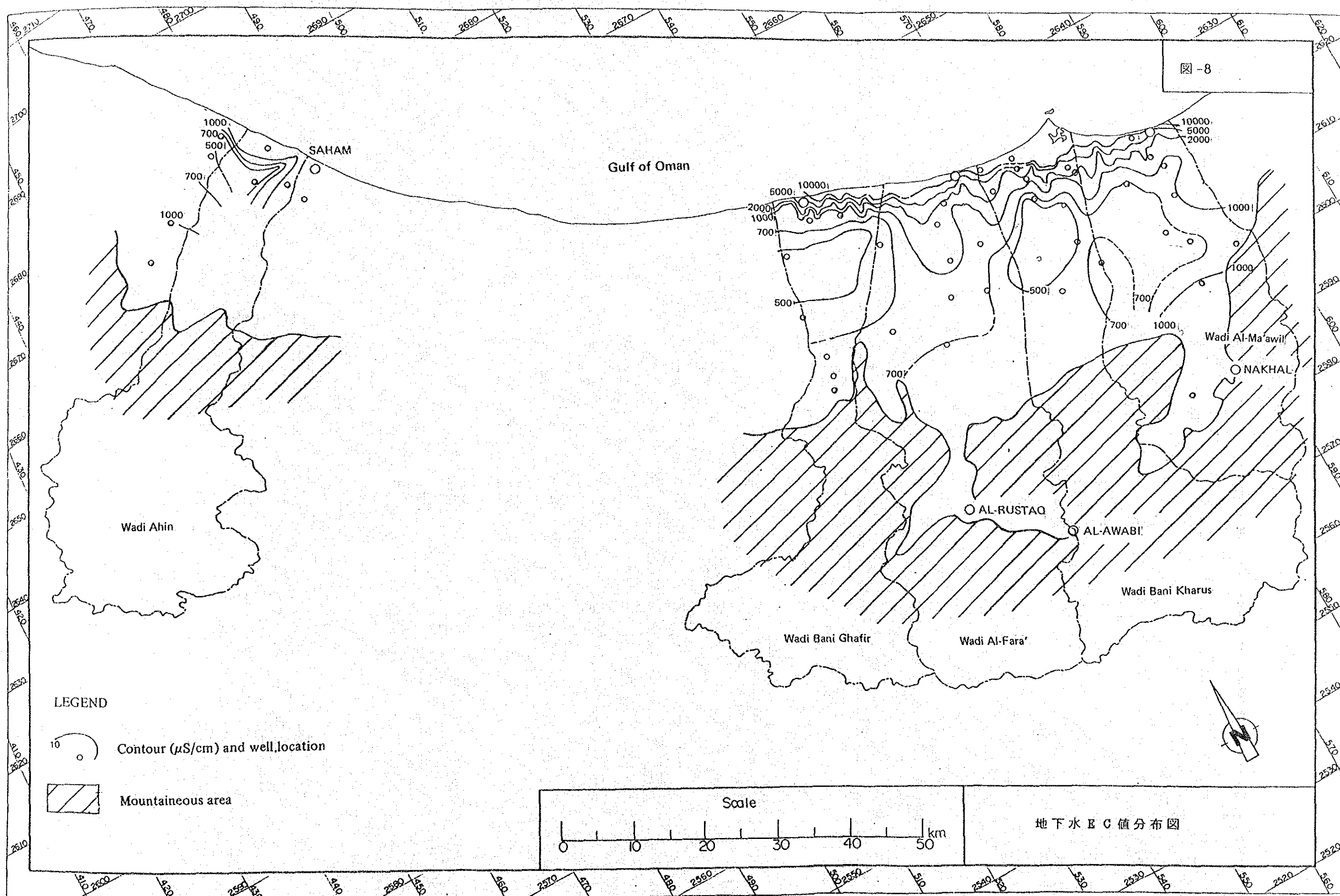




図-7 降雨量の時系列変化図





5. 結論及び勧告

5.1 結 論

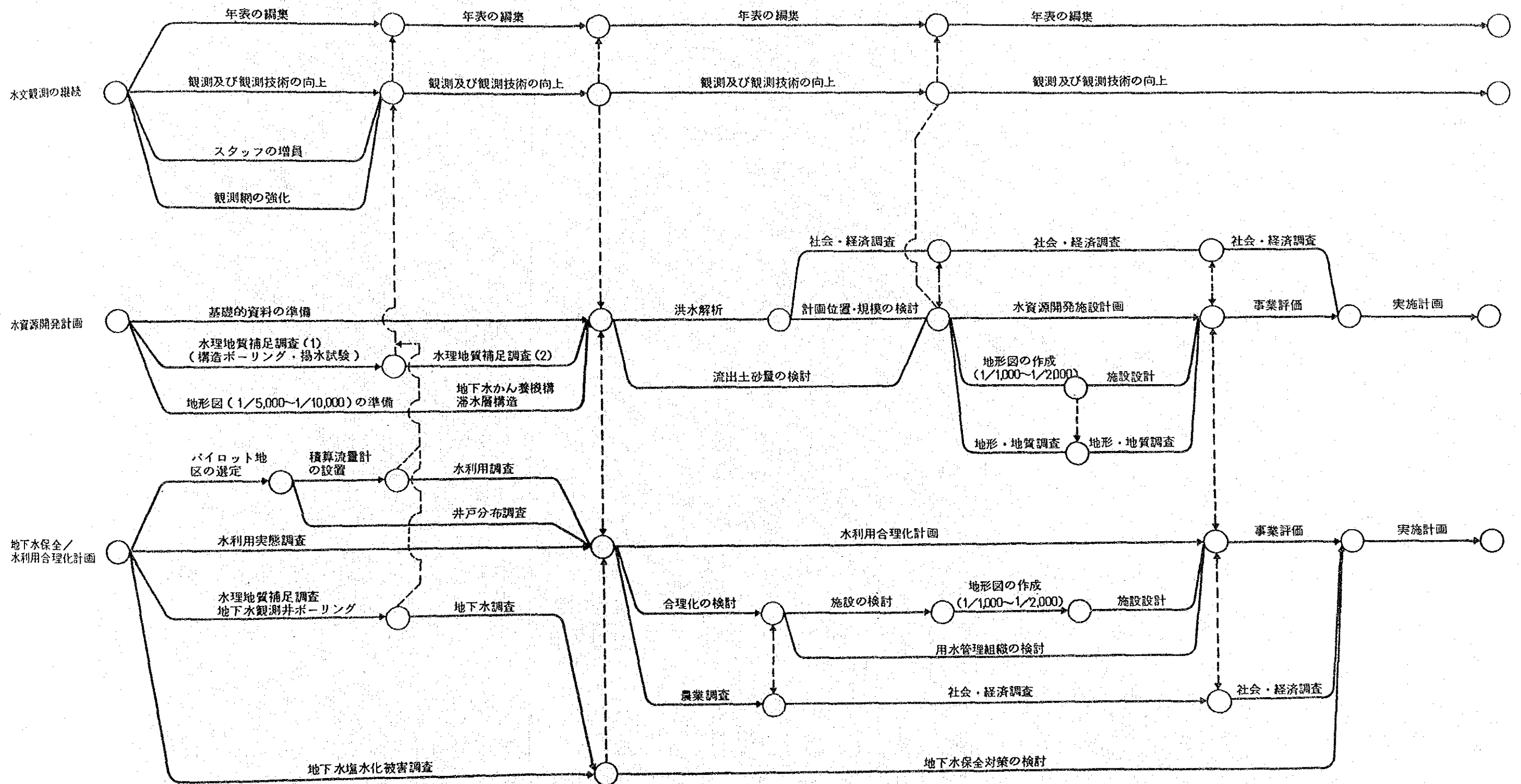
- (1) パートナ・コーストは新しい農地の開発が進んでいるが、現在の水利用の継続は海岸部の地下水の塩水化を招く結果となろう。
- (2) 南の4ワジ流域（ワジ・バニ・ガーフィル、ワジ・アル・ファラア、ワジ・バニ・ハルース、ワジ・アル・マアウィル）は9年間（1976～1984年）の地下水貯留量の減少、海岸部の一部地域の地下水のEC値の上昇傾向から判断して、すでに地下水の開発余力はないものと推定される。
- (3) パートナ・コーストの水資源の増加をはかるには、海へ流出する洪水を地下水涵養ダム等の施設により地下に浸透させ、地下水源を増加することが必要である。
- (4) 地下水涵養施設の計画は、今後の洪水流出解析と水理地質調査との結果をもとに決定すべきであり、信頼度の高い計画策定には水文観測の継続が不可欠である。
- (5) 地域の水資源の不足、地下水の塩水化の対策としては、洪水の地下水涵養による水資源の開発と平行して、現農地の節水が不可欠である。
- (6) 開発計画の実施にあたっては、事前に計画の技術的、経済的妥当性について十分に検討することが必要である。そのためには計画策定及び評価の基礎となる水文観測の継続と同時に、新しい農業統計等の基礎的統計資料を整備することが必要である。

5.2 勧 告

調査の結果及び以上の結論にもとづき、オマーン国政府に下記の実施を勧告する：

1. 水文観測の継続と観測網の強化

図-9 調査計画フロー



2. 水資源開発計画の策定

3. 地下水保全及び水利用合理化の推進

調査内容及び調査の流れは図-9のフローに示す。

5.2.1 水文観測の継続と観測網の強化

今後の水資源開発と地下水保全をはかるには、水文観測の恒久化は不可欠である。当地域の水文条件は地域、年による変動が大きいので、信頼性のある水資源開発計画を策定するには少なくとも10年間程度の観測資料が必要とされている。適正な観測を継続するために以下の実施を勧告する：

- (1) 水文観測網の観測と維持のために、必要な観測員と技術者の増員と組織の強化をはかる。
- (2) 観測マニュアル順守を励行する。
- (3) 水文観測に必要な観測技術の向上と科学知識の拡大をはかるため、現地専門家による観測員と技術者の on-the-job-trainingを継続する。
- (4) 観測資料の保管、観測結果を広い分野で活用するため、水文年表を編集し定期的に刊行する。
- (5) 海岸部の地下水保全及び水利用の合理化を進めるために計画策定に必要な観測網を補強する。

5.2.2 水資源開発計画の策定・実施

水資源開発計画の実施には、事前に多数の洪水を含む長期的の水文資料、水理地質補足調査（構造ボーリング、揚水試験）及び地形図（1/5,000～1/10,000）等の基礎的資料を準備することが必要である。

水資源開発計画を促進するために、以下の実施を勧告する：

- (1) 海へ流出する洪水の水文解析と、計画位置・規模の検討
- (2) 洪水時の流出土砂量の検討

地形・地表の状況から、洪水時には大量の土砂流出が予想されるので、洪水時の各ワジの流出土砂量について検討する。

(3) 水資源開発計画の策定

1. 涵養施設の基本計画
2. 事業評価
3. 事業実施計画

5.2.3 地下水保全及び水利用合理化の推進

かんがい用水の需要の増加及び海岸部の塩水化対策として、既存の水資源の有効利用をはかることは緊急課題である。

地下水の塩水化の防止、現農地の節水をはかるには、水利用の合理化を実施することが必要である。水利用合理化計画策定にあたり、パイロット地区を設定し、実際の運営の指導的役割を持たせることが必要だろう。地下水保全及び水利用の合理化計画を進めるために、以下の実施について勧告する：

(1) 水利用実態調査の実施

- 1) パイロット地区の選定と観測網を補強する。
- 2) 井戸分布図（1/5,000～1/10,000）を作成する。
- 3) 水利用調査（かんがい面積、用水量及び水質）を実施する。
- 4) 海岸地域の塩水化被害の現状について質問調査を実施する。

(2) 水利用合理化計画の策定

1) かんがい効率向上に関する調査の実施

水利用の合理化をはかるには、現農地の送水損失を最少にするか、効率の高いかんがい方法の導入が必要だろう。点滴かんがい等新しいかんがい方法の導入については技術的及び社会経済的妥当性について検討する。

2) 水利用の合理化に必要なかんがい用水管理組織の検討

海岸部での井戸の管理は所有者個人に属しているが、山間部のファラジは一般に集団（集落又は集落内の集団）により管理されている。

水利用の合理化に伴い必要となるかんがい用水の管理組織として、集団管理の導入について検討する。

3) 水利用の合理化に関する計画の策定

- 1 かんがい施設の計画
- 2 事業評価
- 3 実施計画

(3) 地下水保全対策の検討

海岸地域では、地下水の塩水化が広範囲にわたり問題となっており、かんがい用水の無秩序な揚水が原因といわれている。地域の地下水の保全をはかるためには、総合的な水管理が必要となるので、その対策について検討する。

1) 地下水モデルの検討

2) 地下水保全管理のための管理体制及び組織の検討

目 次

序 文

計画調査地区位置図

パートナ・コースト地区鳥瞰図

要 約

目 次

付表・付図リスト

補助報告書目次

用語および略称

第1章	序 論	1 - 1
1.1	調査の背景	1 - 1
1.2	調査の目的	1 - 2
1.3	調査の範囲	1 - 2
1.4	報告書の構成	1 - 3
第2章	背 景	2 - 1
2.1	自然条件	2 - 1
2.1.1	地 理	2 - 1
2.1.2	気 候	2 - 1
2.2	社会・経済	2 - 2
2.2.1	人 口	2 - 2
2.2.2	経 済	2 - 2
2.3	水資源に関する行政	2 - 4
2.3.1	政府機構	2 - 4
2.3.2	水資源セクターに対する第2次5ヶ年計画	2 - 5
2.4	水資源に関する調査・開発	2 - 7

第3章	パートナ・コーストの水文観測網の整備	3 - 1
3.1	観測網の計画と設置	3 - 1
3.1.1	概 要	3 - 1
3.1.2	気象観測網	3 - 4
3.1.3	雨量観測網	3 - 4
3.1.4	表流水観測網	3 - 4
3.1.5	地下水観測網	3 - 5
3.2	観測体制の強化	3 - 8
3.2.1	農漁業省の観測体制の現状	3 - 8
3.2.2	観測及び技術移転	3 - 10
3.2.3	観測体制の整備	3 - 13
第4章	観測調査の結果	4 - 1
4.1	地形・地質	4 - 1
4.1.1	地形・地質の概要	4 - 1
4.1.2	地形・地質の特徴	4 - 1
4.2	気象・水文	4 - 15
4.2.1	気象の特徴	4 - 15
4.2.2	降雨の特徴	4 - 21
4.2.3	表流水	4 - 34
4.2.4	海への洪水流出量	4 - 40
4.3	水理地質	4 - 44
4.3.1	水理地質の概要	4 - 44
4.3.2	帯水層	4 - 47
4.3.3	地下水の挙動	4 - 55
4.4	地下水	4 - 75
4.4.1	地下水の概要	4 - 75

4.4.2	地下水温	4 - 76
4.4.3	地下水電気伝導度 (EC)	4 - 80
4.4.4	地下水のイオン組成	4 - 80
4.4.5	バートナ天然水の安定同位体組成	4 - 82
4.4.6	バートナ天然水の三重水素含有量	4 - 88
4.4.7	温泉ガス組成	4 - 91
4.5	土地利用	4 - 93
4.5.1	土地利用現況	4 - 93
4.5.2	土地利用の評価	4 - 97
4.6	水利用	4 - 110
4.6.1	バートナ・コーストの水利用	4 - 110
4.6.2	バートナ・コーストにおける水源	4 - 110
4.6.3	水利用の特徴	4 - 114
4.6.4	バートナ・コーストにおける水利用量	4 - 122
第5章	水収支及び水資源開発ポテンシャル	5 - 1
5.1	調査地域の水収支	5 - 1
5.1.1	水収支の概念と本調査	5 - 1
5.1.2	水収支項とその算出背景	5 - 5
5.1.3	調査地域の水収支	5 - 13
5.2	水資源開発ポテンシャル	5 - 15
5.2.1	利用可能な資源量	5 - 15
5.2.2	有効利用	5 - 16
5.2.3	開発順位	5 - 17
第6章	結論と勧告	6 - 1
6.1	結 論	6 - 1
6.2	勧 告	6 - 1

付 録

1. 計画調査関係者名簿	A - 1
(作業監理委員会, 調査団, オマーン国カウンターパート, オマーン関係機関)	
2. 参考資料リスト	B - 1
3. 水文観測施設リスト	C - 1
4. 調査の活動経過	D - 1
5. Scope of Work	E - 1
6. パートナ・コースト水理地質図	F - 1

表 一 覧 表

表 3-1-1	観測施設一覧表	3 - 1
表 3-2-1	農漁業省水資源かんがい総局組織図	3 - 9
表 3-2-2	カウンターパート研修期間	3 - 12
表 4-1-1	地形区とその地質構成	4 - 3
表 4-1-2	周縁ワジ平原の地質構成と層序	4 - 5
表 4-1-3	地形・地質区の占有面積	4 - 7
表 4-2-1	ムラッダ農業気象観測所の月別気象データ	4 - 17
表 4-2-2	蒸発散位と基準蒸発散量	4 - 17
表 4-2-3	農漁業省による降雨観測データ (1974~1984年)	4 - 24
表 4-2-4	最大降雨強度	4 - 25
表 4-2-5	観測期間中の表流水の流出観測事例	4 - 34
表 4-2-6	既存調査で観測された流出量の推定	4 - 41
表 4-2-7	既存調査及び本調査期間中のマスカットの降雨量	4 - 41
表 4-2-8	既存調査における海への推定流出量	4 - 42
表 4-3-1	主要帯層区分要約	4 - 51
表 4-3-2	主要帯水層水理定数の暫定分布域	4 - 51
表 4-3-3	帯水層係数一覧表	4 - 52
表 4-3-4	海岸平野部における帯水層区分ごとの推定層厚	4 - 54
表 4-3-5	海岸部地下水縦断面データ	4 - 58
表 4-3-6	井戸ハイドログラフの分類	4 - 62
表 4-4-1	温泉ガスの分析結果	4 - 92
表 4-5-1	地形区分による土地利用分類	4 - 101
表 4-5-2	砂礫原、扇状地及び山地における土地利用の現況	4 - 102
表 4-5-3	サンプル・ファームの作付面積比	4 - 103
表 4-5-4	農地面積別の農家戸数	4 - 104
表 4-5-5	ワジ・アル・ファラア下流部の農地の耕作放棄地	4 - 105

表 4 - 6 - 1	海岸部の平均月間水利用量	4 - 115
表 4 - 6 - 2	山間部の平均月間水利用量	4 - 120
表 5 - 1 - 1	水収支に関する諸項	5 - 2
表 5 - 1 - 2	流域別降雨量経年変化推定表	5 - 7
表 5 - 1 - 3	推定単位消費水量と耕作率	5 - 8
表 5 - 1 - 4	流域別耕作面積推定値	5 - 9
表 5 - 1 - 5	各流域での推定水利用量	5 - 10
表 5 - 1 - 6	地下水貯留変化量推定値	5 - 11
表 5 - 1 - 7	海への地下水流去量推定値	5 - 12
表 5 - 1 - 8	調査地域の水収支結果	5 - 14
表 5 - 2 - 1	ワジ流域概要	5 - 18

図 一 覧 表

図2-2-1	農漁業省組織図	2-9
図3-1-1	観測施設位置図(1), 水文・水理地質調査	3-2
図3-1-2	観測施設位置図(2), 土地・水利用調査	3-3
図3-1-3	JICA調査前の水文観測網位置図	3-7
図4-1-1	流域の地形区分図	4-8
図4-1-2	流域の地質構造と層序	4-9
図4-1-3 (1)	地形, 地質図 (ワジ・アーヒン)	4-10
図4-1-3 (2)	地形, 地質図凡例 (ワジ・アーヒン)	4-11
図4-1-4 (1)	地形, 地質図 (4ワジ流域)	4-12
図4-1-4 (2)	地形, 地質図凡例 (4ワジ流域)	4-13
図4-1-5	地質断面図 (ワジ・アル・ファラア)	4-14
図4-2-1	農業気象観測所と雨量観測所の位置図	4-18
図4-2-2	ムラッダ農業気象観測所における気象時系列変化	4-19
図4-2-3	風配図及び平均風速の日変化 (ムラッダ)	4-20
図4-2-4	季節, 年降雨量と標高の関係 (1979~1984年)	4-26
図4-2-5	年平均降雨量分布図 (1976~1984年)	4-27
図4-2-6	年間降雨量の再現期間	4-28
図4-2-7	降雨量の時系列変化図	4-29
図4-2-8	総観規模のじょう乱による降雨量分布 (1984年12月28日~1985年1月1日)	4-30
図4-2-9	海風循環による降雨量分布 (1984年8月25日)	4-31
図4-2-10	バートナ・コーストの海風循環	4-32
図4-2-11	熱帯低気圧による降雨分布 (1983年8月10, 11日)	4-33
図4-2-12	ワジ・ゲージ位置図	4-35
図4-2-13 (1)	観測期間中の流出ハイドログラフ (1/2)	4-36
図4-2-13 (2)	観測期間中の流出ハイドログラフ (2/2)	4-37
図4-2-14	ワジ・ゲージサイトの縦横断面図	4-38

図 4-2-15	既存調査における海への流出ハイドログラフ	4 - 43
図 4-3-1	バートナ・コーストの水理地質模式断面図	4 - 46
図 4-3-2	LANDSAT画像による主要なリニアメント分布図	4 - 48
図 4-3-3	海岸部の帯水層とその水理定数	4 - 53
図 4-3-4	海岸部の地下水位分布図	4 - 56
図 4-3-5	海岸部の地下水位断面図	4 - 57
図 4-3-6	大きな変動をとまなう井戸ハイドログラフ	4 - 60
図 4-3-7	年間地下水位増減分布図	4 - 61
図 4-3-8 (1)	自記ハイドログラフの代表的なパターン	4 - 64
図 4-3-8 (2)	ADG 17 と ADG 23 のハイドログラフ	4 - 65
図 4-3-9	ファラジ水量とその変化図	4 - 67
図 4-3-10 (1)	海岸部浅井戸による $5000 \mu\text{s}/\text{cm}$ EC 等値線長期変動図 (1975, 1983 年)	4 - 69
図 4-3-10 (2)	海岸部浅井戸による EC 値長期変動図 ($\Delta L = L_{1983} - L_{1975}$)	4 - 70
図 4-3-11	DW 3, DW 4 の EC 垂直分布経時比較図	4 - 71
図 4-3-12 (1)	塩水化観測井の定期測定結果 (BA 1)	4 - 72
図 4-3-12 (2)	塩水化観測井の定期測定結果 (BF 1)	4 - 73
図 4-3-12 (3)	塩水化観測井の定期測定結果 (BM 1)	4 - 74
図 4-4-1	地下水面深度分布図	4 - 77
図 4-4-2	地下水温分布図	4 - 78
図 4-4-3	地下水温・地下水面深度相関図	4 - 79
図 4-4-4	地下水 EC 値分布図	4 - 81
図 4-4-5 (1)	バートナ天然水のキーマイアグラム	4 - 83
図 4-4-5 (2)	バートナ天然水のキーマイアグラム説明図	4 - 84
図 4-4-6	バートナ天然水の $\delta^{18}\text{O}$ VS. δD 図	4 - 86
図 4-4-7	バートナ地下水の $\frac{(\text{Ca}^{++}) + (\text{Mg}^{++})}{(\text{Na}^{+}) + (\text{K}^{+})}$ VS. δD 図	4 - 87
図 4-4-8	バートナ天然水のトリチウム濃度分布図	4 - 89

図4-4-9	海岸部地下水のトリチウム濃度 VS. δD 図	4 - 90
図4-5-1	土地／水利用調査位置図	4 - 106
図4-5-2	土地利用現況図	4 - 107
図4-5-3	サンプル地区の土地利用現況図	4 - 108
図4-5-4	空中写真判読によるワジ・アル・ファラア下流部の 新・旧の水利施設と耕作地帯	4 - 109
図4-6-1	ファラジの流量曲線	4 - 113
図4-6-2 (1)	平均月間水利用量 (1／2)	4 - 116
図4-6-2 (2)	平均月間水利用量 (2／2)	4 - 117
図4-6-3	ファラジの月間水利用量	4 - 119
図4-6-4	ファラジの平均月間水利用量	4 - 121
図5-1-1	水循環概念図	5 - 3
図5-1-2	水収支推算の地区分割図	5 - 4
図5-1-3	平均降雨量算出のティーセン分割図	5 - 6
図6-2-1	調査計画フロー	6 - 7

補 助 報 告 書 目 次

補 助 報 告 書 A

表層地質及び河川地形

第 1 章	地形地質	A - 1
第 2 章	河川地形	A - 6
第 3 章	ワジ流域の表層地質	A - 20

補 助 報 告 書 B

気象及び表流水

第 1 章	観測施設網	B - 1
第 2 章	既存調査	B - 33
第 3 章	気象条件の解析	B - 58
第 4 章	降雨量の解析	B - 81
第 5 章	浸透能力及び蒸発散量の解析	B - 112
第 6 章	表面流出	B - 139

補 助 報 告 書 C

水 理 地 質

第 1 章	既存調査概要	C - 1
第 2 章	地質調査結果	C - 2
第 3 章	地下水位観測井ハイドログラフ	C - 53

補 助 報 告 書 D

地 下 水

第 1 章	地下水の化学分析に関する既存調査概要	D - 1
第 2 章	地下水の地球化学的分析結果概要	D - 2

補 助 報 告 書 E

土地／水利用調査

第 1 章	土地利用調査	E - 1
第 2 章	水利用調査	E - 38

補 助 報 告 書 F

リモートセンシング

第 1 章	ランドサットの画像解析	F - 1
第 2 章	ノアによる降雨分布解析	F - 28
第 3 章	土壌水分に関するノアの画像解析	F - 43
第 4 章	結 論	F - 63

補 助 報 告 書 G

水 収 支

第 1 章	水収支項とその算出背景	G - 1
第 2 章	水収支の推定	G - 30

補 助 報 告 書 H

そ の 他

1	団員の現地調査実施経過	H - 1
2	観測施設建設経過	H - 2
3	本調査による建設／設置施設一覧表	H - 3
4	観測資機材一覧表	H - 6
5	1986年2月1日の降雨／流出に関する観測データ	H - 20

用語および略称

用 語

アイン Ain	湧 泉
アフラージ Aflaj	ファラジの複数形
アサル Athar	ファラジの給水時間単位, 約30分間
ファラジ Falaj	オマーン特有の伝統的用水施設の総称・その構成は暗渠, 開渠, 小ダム, 配水水路網等多様である
ジャバル Jabal	山
カナート Qanat	縦井戸と暗渠の組合せによる地下水採水システム
サブハ Sabkha	塩湿低地
ワジ Wadi	涸 河
ワリ Wali	代 官
ウィラーヤ Wilayah	代官統治地区
ウィラヤート Wilayat	ウィラーヤの複数形

尺 度

距 離: mm, cm, m, km

面 積: cm^2 あるいは $\text{sq} \cdot \text{cm}$, m^2 あるいは $\text{sq} \cdot \text{m}$

km^2 あるいは $\text{sq} \cdot \text{km}$, ha, fd (feddan= 0.42ha)

msm (100万平方メートル)

体 積: l, m^3 あるいは $\text{cu} \cdot \text{m}$, MCM (100万立方メートル)

bal (barrel=36 gallon英国), gal (gallon= 4.546 l英国)

重 量: mg, g, kg, ton

その他: S (siemens=mho), El (海拔)

sec(秒), min(分), hr(時間)

Min(最低), Max(最高), $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$,

% (パーセント), FY (予算年度)

a (annum 年), mon (月)

GDP (Gross Domestic Product 国内総生産)

通貨: R.O. (オマーン・リアル, 1 R.O. = 2.90米ドル)

U.S.\$ (米ドル, 1 U.S. \$ = 0.345 R.O.)

組織機関名略称

MAF	Ministrt of Agriculture and Fisheries, Oman オマーン農漁業省
DGWI	Directorate General of Water Resources and Irrigation オマーン農漁業省水資源かんがい総局
DGA	Directorate General of Agriculture オマーン農漁業省農業総局
DGF	Directorate General of Fisheries オマーン農漁業省漁業総局
MCI	Ministry of Commerce and Industry, Oman オマーン商工業省
MC	Ministry of Communications, Oman オマーン交通省
DGCA	Directorate General of Civil Aviation オマーン交通省民間航空総局
DGM	Directorate General of Meteorology オマーン交通省気象総局
MD	Ministry of Defense, Oman オマーン国防省
GSA	Government Survey Agency オマーン国防省測地部
MDA	Ministry of Diwan Affairs, Oman オマーン王室問題省
MEY	Ministry of Education and Youth Affairs, Oman オマーン教育青少年問題省
MEW	Ministry of Electricity and Water, Oman オマーン電力水道省
DGW	Directoate General of Water オマーン電力水道省水道総局
DRW	Directorate of Rural Water Supply オマーン電力水道省農村水道総局
MFA	Ministry of Foreign Affairs, Oman オマーン外務省

MH	Ministry of Health, Oman オマーン保健省
MINF	Ministry of Information, Oman オマーン情報省
MI	Ministry of Interior, Oman オマーン内務省
DTA	Directorate of Tribal Affairs オマーン内務省部族問題局
MJI	Ministry of Justice and AL-AWQAF & Islamic Affairs, Oman オマーン法務イスラム問題省
MOH	Ministry of Housing オマーン住宅省
MNC	Ministry of National Heritage and Culture, Oman オマーン伝統文化省
MPM	Ministry of Petroleum and Minerals, Oman オマーン石油鉱業省
MPT	Ministry of Posts, Telegraphs and Telephones, Oman オマーン郵政電信電話省
MSL	Ministry of Social Affairs and Labour, Oman オマーン社会福祉労働省
DC	Development Council, Oman オマーン開発評議会
DGNS	Directorate General of National Statistics オマーン国家統計総局
PDO	Petroleum Development, Oman オマーン石油開発公社
PAWR	Public Authority for Water Resources, Oman オマーン水資源庁
WRC	Water Resources Council, Oman オマーン水資源評議会
MFAJ	日本国外務省
MCJ	日本国建設省
MAFJ	日本国農林水産省
JICA	国際協力事業団
FAO	Food and Agriculture Organization, United Nations 国連食糧農業機構

WMO	World Meteorological Organization, United Nations 国連世界気象機構
WHO	World Health Organization, United Nations 国連世界保健機構
BKS	BKS Survey Limited B K S 測量社
GIBB	Sir Alexander Gibb & Partners Consulting Engineers アレグザンダー・ギブ卿コンサルティングエンジニア社

第 1 章 序 論

第 1 章 序 論

1. 1 調査の背景

オマーン国は、アラビア半島の東南端に位置し、公称人口150万人、国土面積約30万km²（日本の約4/5）の中東産油国の一つである。同国は1960年代初頭に石油が発見され、1967年に輸出を開始した。

オマーン国の経済開発は現国王が即位した1970年に開始されたが、石油収入の増大にともない開発は急速に進展した。1975年には開発評議会が設置され、第1次5カ年計画が施行された。同国は石油への依存度を軽減することを目標として第1次（1975～1980）及び第2次（1981～1985）5カ年計画をすでに終了しているが、依然として国家経済の石油収入への依存度は高い。1984年度の国家収入15億6100万R.O.^{*}（94.9百億円）のうち、11億R.O.（70%）は石油収入である。

現在、同国の食料の大半は輸入に依存している。オマーンの農業は主食の自給自足達成のために、また外貨獲得の上で重要な位置をしめており、農業の振興と、その基本となる水資源開発には国家政策の最重点がおかれている。

本計画の調査対象地域は、首都圏に近い、恵まれた農業地帯である。また同国の全耕地面積は現在約40,000 haといわれるが、調査地域はその約1/4を占め、同国の農業開発の重要拠点となっている。

本地域の水需要は、既に自然の収支を上回っているといわれているが、農耕地の拡大にともない、農業用水の主要な水源である地下水の塩水化の進行が社会問題としてクローズアップされてきている。水資源の開発に関する調査は、1974年以来実施されてきているが、長期的かつ精度の高い水文資料の不足により、水資源開発事業は調査の段階で止まっているのが現状である。

このような背景から、オマーン国政府は、バートナ・コーストの総合的水資源開発計画策定の基礎となる水文資料の整備を目的とした水文観測網の整備についての技術協力を日本国政府に要請した。

この要請をうけて、日本国政府は国際協力事業団（JICA）による調査に合意し、JICA事前調査団を現地に派遣した。JICA事前調査団は昭和56年12月に「Scope

of Work (1981~1984年度)」を締結し、昭和57年3月に当調査団を派遣した。
その後オマーン国政府の調査期間延長要請にもとづき、調査期間は昭和61年3月
末迄1カ年延長となった。

注: *U.S. \$ 1.0 = 0.345 RO = ¥ 210

1. 2 調査の目的

この調査は、バートナ・コーストの総合的水資源開発に資する水文観測網の整備、
基礎データの蓄積、観測体制の定着を目的に、次の業務を実施した。

- 1 調査地区に最適な水文観測網の設置
- 2 水文・水理地質の調査・観測の実施
- 3 これらの調査にもとづく調査地区の水収支の推定
- 4 調査・観測活動を通じ、カウンターパートへの技術移転

調査地域はバートナ・コースト内の下記の5ワジ流域(約6,000 km²)である。

1	ワジ・アーヒン	1,127.5 km ²
2	ワジ・バニ・ガーフィル	951.9
3	ワジ・アル・ファラア	1,546.8
4	ワジ・バニ・ハルース	1,292.3
5	ワジ・アル・マアウィル	1,029.8
	計	5,948.3

1. 3 調査の範囲

この調査は1982年3月に着手され、1986年3月に完了する。

調査は次の3段階で構成されている。

(1) 基本調査:

現地調査(1982年3月から同年6月)をもとに本格調査の内容および基本的手
法を決定する。

(2) 本格調査：

水文観測網の設置と観測の実施。又、同時に物理探査、揚水試験、水質化学分析などの一連の水理地質調査及び水・土地利用調査の実施。

(3) データ処理及び解析：

調査期間中に観測収集した各種観測データの処理・解析。調査地区の水収支及び水資源開発ポテンシャルの推定。

なお、調査地域全般の地表被覆状態等の把握の補足資料として衛星リモート・センシングデータ（LANDSAT, NOAA）を活用する。

1. 4 報告書の構成

調査の結果は「オマーン国バチナコスト地区水文観測計画調査報告書」としてとりまとめ、次の主報告書及び補助報告書（資料）で構成される。

Volume 1 - 主報告書

Volume 2 - 補助報告書 I

A：表層地質及び河川地形

B：気象及び表流水

Volume 3 - 補助報告書 II

C：水理地質

D：地下水

E：土地／水利用調査

Volume 4 - 補助報告書 III

F：リモート・センシング

G：水収支

H：その他

その他 観測及び観測機器維持管理マニュアル

観測施設台帳及びルートマップ

水文・気象年表（1984年）

第2章 背 景

第 2 章 背 景

2. 1 自然条件

2. 1.1 地 理

オマーン国はアラビア半島の東南端に位置し、オマーン湾及びアラビア海に面して約1,600 kmの海岸線と約30万km²の国土面積を有している。同国の国境は、南をイエメン人民民主共和国と、西をサウジアラビア及びアラブ首長国連邦と接し、北緯16°37'から26°30'、東経51°50'から59°40'の間に位置している。

北部地域は北西のムサンダム半島から南のラッスルハッド (Ras Al Hadd:ハッド岬) にかけて700kmのハジャー山脈 (オマーン山脈) が脊梁を形成している。この山脈は海岸より数10km離れて海岸に並列して連なり、北部地域を海岸部と内陸部に分けている。山脈の中央部アフダル山地には、オマーンの最高峰ジャバルシャムス (標高約 2,980m) がある。

バートナ・コーストは首都マスカットから北西のムサンダム半島まではほぼ270kmにわたり広がる弧状の海岸地帯 (幅10km~60km) の総称である。地形は①主山地、②前衛山地、③周縁ワジ平原及び④砂礫原・海岸地域の4地形区に区分される。バートナ・コースト南部の当調査地域の4ワジ流域では、主山地が前面の前衛山地の背後を包囲する形となっており、周縁ワジ平原及び砂礫原は主として山間部から流出するワジが形成した複合扇状地である。海岸部には砂丘および一部でサブハ (塩湿低地) が分布する。

居住地および農耕地は、海岸部の幅約5kmの地下水の浅い地帯、および山麓部で地下水や泉水または稀に表流水の利用が可能な地域にある。

2. 1.2 気 候

調査地の気候は、半乾燥地帯に属している。主山地は、オマーンにわずかながらも降水をもたらす重要な地形的要因である。

調査地域の季節は、夏季 (6月~9月) と、冬季 (10月~5月) に区分され

る。降雨量は季節を問わず標高が高いほど多く、夏には標高の低い所（標高 170 m以下）ではほとんどない。

降雨の特徴は以下の通りである。：

1. 冬季の降雨は総観規模のじょう乱が原因で、降雨域が広く海岸から山岳地帯全域に降る。
2. 夏季の降雨は主に海風循環が原因で、山岳地帯に限られ雨域も狭い。
3. その他に熱帯低気圧による降雨があるが、調査地区のパートナ・コーストに降雨をもたらすことは極めて稀である。

調査地域の年間降雨量は山間部と海岸部で、それぞれ 150～400mm、100mm 以下であり、1977～1984年の流域平均年間降雨量は 121mmとなっている。

降雨量の年変動は激しく、豪雨は、極めて稀である。マスカットにおける過去100年の降雨記録によると、降雨量は年間10mm程度から300mm程度まで年によって著しい相違がある。

2. 2 社会・経済

2. 2.1 人 口

オマーン国政府は、諸計画、立案の基礎として人口を150万人と推定している。国連の推計では人口950,000人、人口増加率3.15%（1982）とされている。そして全人口の1/3は首都圏及びパートナ・コーストに居ると見積られている。

オマーンの人口で特徴的なのは多数の外国人の存在である。オマーン国政府の報告によれば1982年末時点の政府雇用の外国人は20,639人のぼり、全体51,402人のうち40%を占める。民間雇用の外国人は186,821人で、外国人は総数で207,460人の多数にのぼる。

2. 2.2 経 済

オマーンの急速な経済発展は、現国王、カブース・ビン・サイドの即位（1970）に始まった。1970年以前のオマーンの経済は前近代的な農業・漁業に依存しており、社会資本は事実上ゼロに近い状況であった。

1970年以來の近代化の流れは以下の通りである。

(1) 1970-1975

この期間は近代化の準備期間といえる。国は港・空港・道路・発電所などの基盤施設の整備に重点をおいた。

国内総生産 (GDP, 名目) は、1971年から1975年の間に125.1 百万 R.O から724.2 百万 R.O と年率5.5%の増加を示している。

(2) 1976-1980 : 第1次5カ年計画

前期の経験にもとづき、1975年にスルタンは開発評議会を設け、同評議会は各省庁の計画に基づき、第1次5カ年計画 (1976-1980) を決定した。

この計画は次の点に重点をおいた。

1. 石油依存の経済を農業・漁業・工業を基礎にした産業と製造業に依存した経済に転換する。
2. 公共投資から民間投資への移行。
3. 人口集中地域の開発による雇用機会の創出。

農業開発に関しては、包括的な開発プログラムの着手に努力したが、成果はあまり大きくなかった。

この期間のGDP は年率23.6%である。これは主に石油価格の上昇にともなう急速な石油収入の増加による。

しかしながら1980年時点でも、国内総生産 (GDP) 18.2 億 R.O. の68%を石油セクターが占め、輸出収入の95%が石油によるものであり、石油への依存度はひきつづき高くなっている。

(3) 1981-1985 : 第2次5カ年計画

第1次5カ年計画の成果をうけて、政府は1981年に第2次5カ年計画に着手した。その基本的目標として、農漁業および鉱工業の成長率を前計画よりさらに引き上げること、そして経済基盤、教育、保健、福祉設備を一層充実させることを決定した。

第2次5カ年計画の重点目標は次のとおりである。

1. 健全財政の維持

2. 石油収入の1%を財源とする国家一般備蓄基金の設立
3. 物価騰貴潜在力の抑制
4. 人的資源力を超えない範囲での経済成長速度の加速
5. 原油生産を日産33万バーレルに増加し、計画期間中この水準を維持すること。
6. 総資本形成率5カ年平均でGDP比23.8%に到達させること。
7. 農業・漁業・工業・鉱業・手工業等の民間の生産部門への強力な助成
8. 低価格住宅建設計画の拡大
9. 職業訓練センター網の拡大
10. 特にかんがいおよび農業用水に重点を置いた水資源プロジェクトに対する最優先順位の付与
11. GDP年平均成長率13.1%の達成

農業に関しては、オマーンの農業は雇用機会、食料生産および外貨節約の上で重要な役割を持つとみなされ、第2次5カ年計画中に農業がこれらの期待にこたえて、速やかに成果を生みだすことができるかを評価されることになっている。

2.3 水資源に関する行政

2.3.1 政府機構

オマーン国政府の水資源行政を実施する政府機関には次のものがある。

1. 環境水資源省
2. 農漁業省
3. 電力水道省
4. ドファール地方省
5. ムサンダム開発委員会

水資源セクターの政策および目標はカブース国王を議長とする水資源評議会により決定される。

同評議會は以下のメンバーで構成されている。

1. 議長 : カブース国王
2. 副議長 : 環境水資源大臣
3. 副議長補佐 : 交通大臣
4. 委員 : 農漁業大臣
5. " : 電力水道大臣
6. " : 内務大臣
7. " : 保健大臣
8. " : 住宅大臣
9. " : 商工業大臣
10. " : 石油鉱業大臣
11. " : 地方自治省
12. " : ドファール地方大臣
13. " : 王室問題担当省
14. " : 水資源庁事務総長

水資源庁は国王令に基づいて、電力水道大臣を長官として設置された。

2. 3.2 水資源セクターに対する第2次5カ年計画

(1) 農漁業省

農漁業省はかんがい用の水資源の開発と管理を所管している。北部地域は水資源かんがい総局が、南部地域はサラール農漁業総局が担当している。

農漁業省の組織図は図 2-2 -1 に示す。

農漁業省の第2次5カ年計画(1981~1985)の重点目標は以下の通りである。

1. 既存農業地域の維持に十分な用水を供給する。

- ・ファラジ・システムの維持
- ・既存かんがい井戸の維持
- ・水源の開発

2. 国の上位計画に対する用水の供給。

- ・水資源調査
 - ・水資源開発
 - ・水配分と水管理
 - ・将来に向けての水資源開発の推進
3. 新規農業開発地域に対する用水の供給。
- ・2000年迄に200,000 ha
4. 水管理の改善。
- ・現在水管理が問題の地域の改善
 - ・管理システムの導入
5. 短期（5カ年）および長期目標の水資源開発を推進するのに必要な調査の実施。
6. 下記地域の水資源関連プロジェクト。
- ・バートナ・コースト
 - ・南部地域
 - ・遠隔地
 - ・山間部の集落

(2) 電力水道省

1. 首都圏における淡水化プラントの増設
2. 首都圏におけるポンプ場、貯水槽、給水管網の増設
3. 首都圏給水用のワジ・ダイカ大規模ダムの建設
4. 主要都市の上水道網の拡大
5. その他

(3) ドファール地方省

1. 2つの水資源プロジェクトの実施
2. サラーラ市給水網の拡大
3. 主要都市の上水道網の拡大
4. 3つの地下水涵養ダムの建設

5. その他

(4) ムサングム開発委員会

1. 3つの水資源プロジェクトの実施
2. 探査井戸の掘削
3. 洪水調節ダムの建設

(5) 水資源庁

水資源庁による水資源開発計画は、水資源の基本評価を完成し、その開発方法の研究を目標としている。この目標を達成するために、同庁は次の4計画を実施中である。

1. データ収集と解析
2. 地域別掘削計画
3. 集中特定地域掘削調査
4. 地下水涵養強化プログラム

2. 4 水資源に関する調査・開発

オマーン国においては、第1次5カ年計画（1976-1980）に先立ち、1973年から1975年にかけて南部地域、北部地域の水資源の基本調査を実施している。

(南部地域) : Sir William Halcrow (イギリス)

(北部地域) : ILACO (オランダ)

Sir Alexander Gibb and Partners (イギリス)

Renardet-Sauti ICE (スイス)

これらの調査はその後実施される調査の基礎的役割を果たしている。その後バートナ・コーストについては、1979年に米国政府の協力により米国工兵隊がバートナ・コースト地域の水資源開発について調査し、Wadi Semail をはじめ8ワジに対して優先順位をつけている。

しかしながら、水文情報に関する長期的かつ精度の高い基礎資料が不足しており、大規模な水資源開発計画の実施を進めるには精度上問題が認められる。

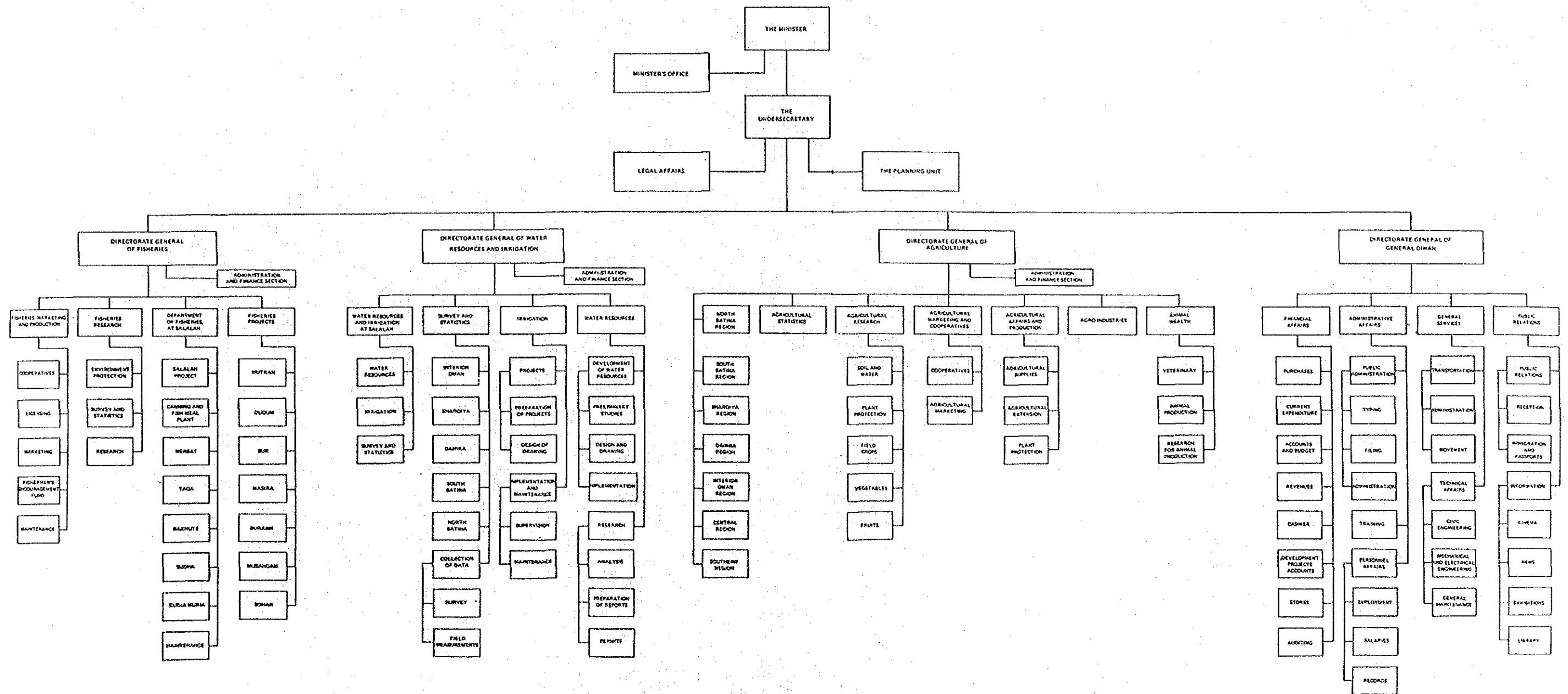
現在農漁業省は水資源開発事業としてファラジの改修および地下水涵養ダムの

パイロット事業を進めている。

推定1万を超えるオマーンのファラジのうち農漁業省が確認しているファラジは7,000、そのうち4,000については何らかの調査が行われている。農漁業省はファラジと井戸の修理と維持管理に力を注いでいる。

地下水涵養ダムについては、第2次5カ年計画中に4カ所（Wadi Al-Khaud, Khor Al-Rusagh, Sohar Recharge Scheme, Wadi Quriyat）について着手・完成している。農漁業省は第2次5カ年計画中に、全国の水資源開発について、主に既存調査結果を基礎とした基本計画（案）を「Catchment Water Conservation and Recharge Schemes for Irrigation」（Hydroconsult, 1985）としてとりまとめている。

圖2-2-1 農 漁 業 省 組 織 圖



第3章 バートナ・コーストの 水文観測網の整備

第3章 バートナ・コーストの 水文観測網の整備

3. 1 観測網の計画と設置

3. 1.1 概要

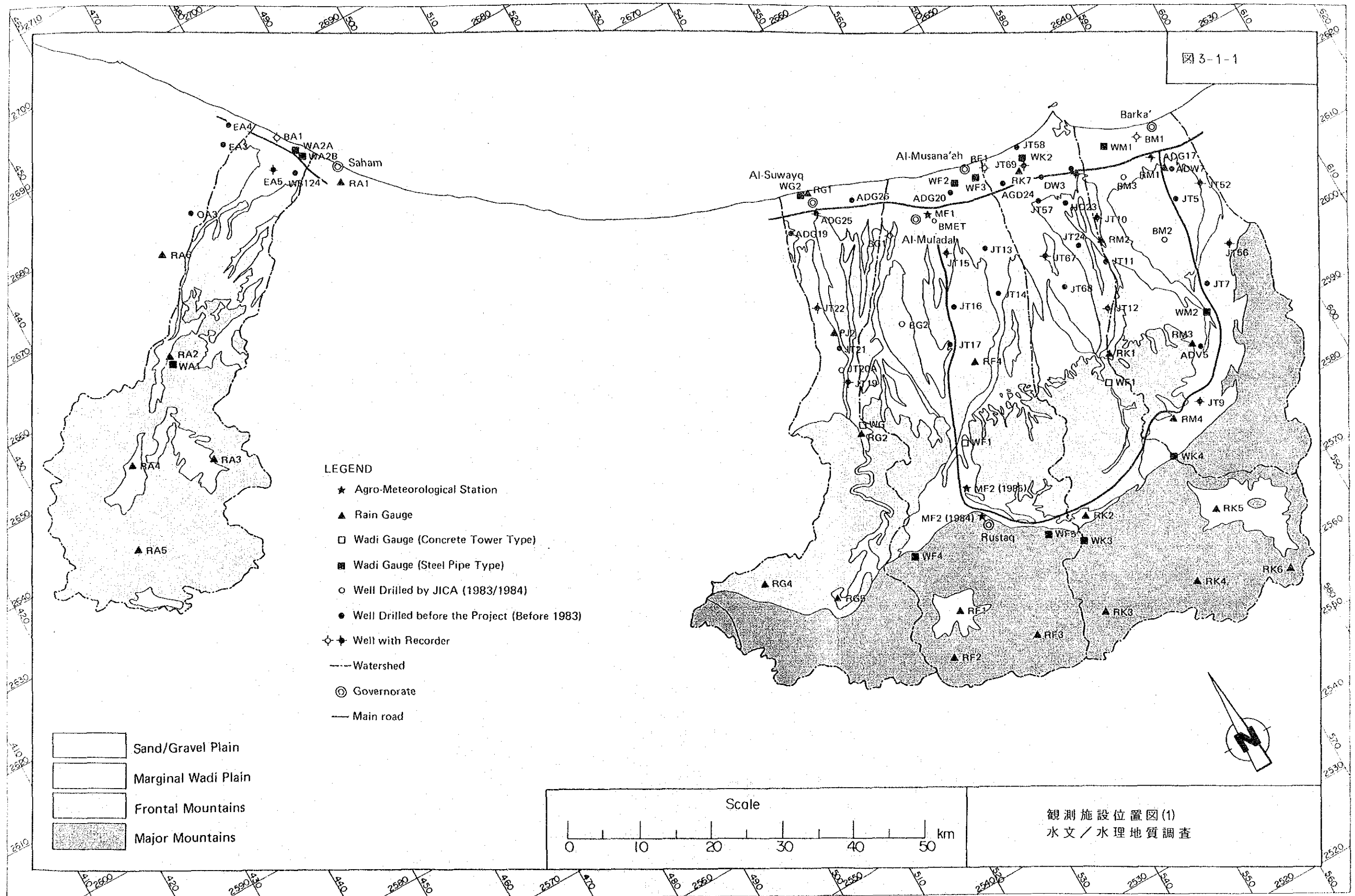
調査対象地域に気象、降雨、表流水、地下水及び水利用の把握を目的とした水文観測網を当調査で整備した。観測網を構成する観測施設及び位置はそれぞれ表3-1-1、図3-1-1、3-1-2に示す。観測網及び観測体制については、以下にのべる。

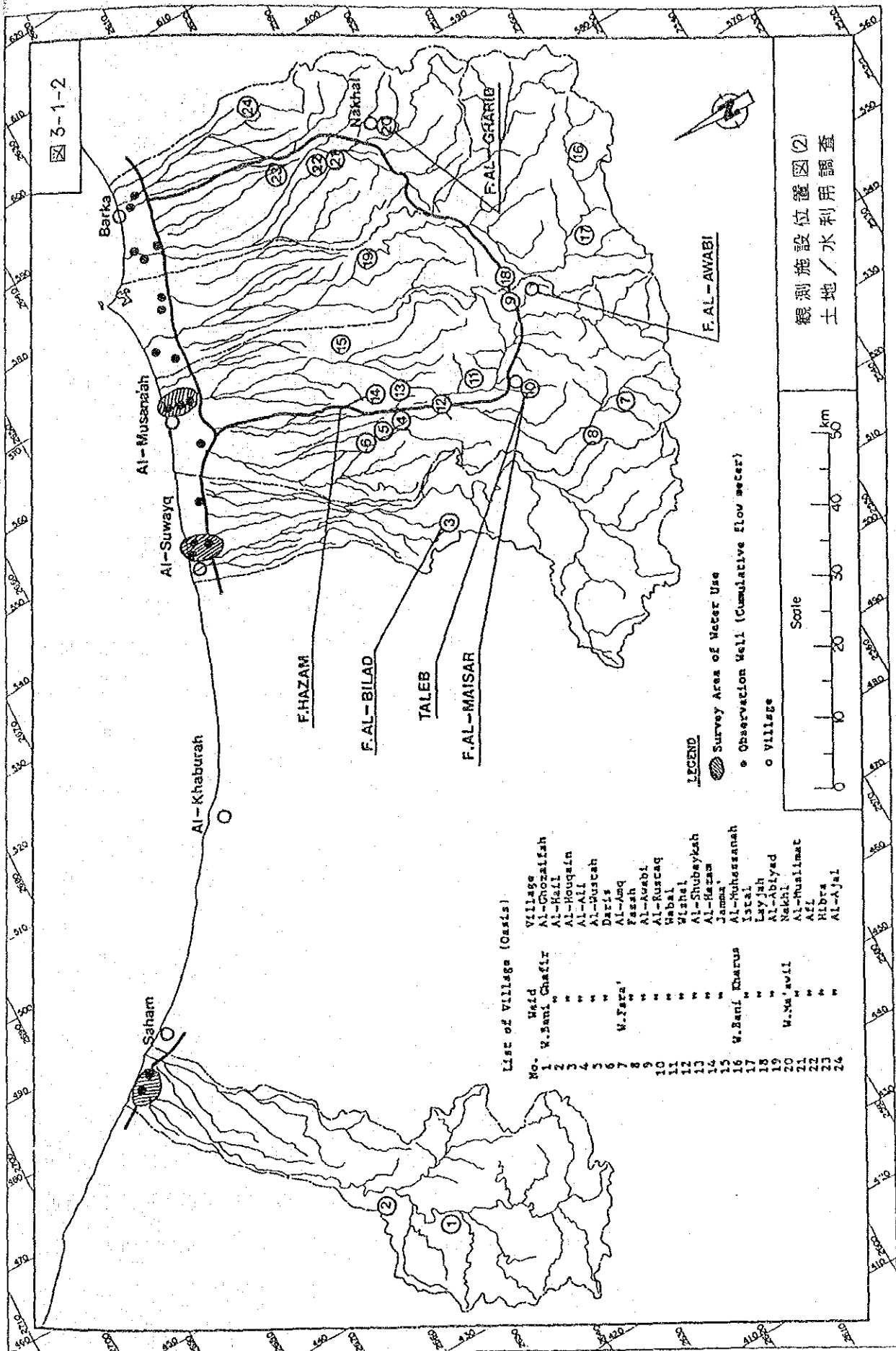
表3-1-1 観 測 施 設 一 覧 表

観 測 網	個 所 数			設 置 年 度 (JICA)			備 考
	合 計	MAF	JICA	1982/83	1983/84	1984/85	
・ムラッダ 農業気象観測所	1	—	1	1	—	—	観測棟 (96m ²) / 観測機器一式設置
・ルスタック 農業気象観測所	1	1	—	1	—	—	観測機器の補強、整備
・雨量観測所	* 28	** (12)	28	25	—	3	自記雨量計設置、 フェンス他建設
・表流水水位 観測所 (ワジ・ゲージ)	16	—	16	2	14	—	水位観測所建設、自記水 位計設置、電波式流速計 設置 (3カ所)
・地下水観測井 — 水位観測井 — 塩水観測井	46 3	41 —	5 3	— —	4 3	1 —	JICA 削 井 12井 クリーニング 12井 水位計設置 14井
・用水量調査観 測点 — 揚水量観測 点 — ファラジ流 量観測点	20 6	— —	20 6	20 6	— —	— —	海岸部 積算流量計設置 山間部 ファラジ水位標 設置

注 * アルムラッダ気象観測所を含めた。

** 本調査の雨量計には含まれない。





3. 1.2 気象観測網

当調査開始時の調査地域周辺の気象観測所は、ソハール及びルスタークの2ヶ所であった。これらの観測所では測器の定期点検がされていなかったり、観測所の露場に問題があったりして、データの精度及び測定項目が科学的には不十分であった。

当調査では、地表からの蒸発量の推定に必要となる気象要素（風速、放射収支量、地中熱流量、2層での気温、湿度）及び一般水文・気象状態の定常的観測を目的に、海岸部のムラッダに農業気象観測所を新設、山間部のルスターク農業気象観測所に測器の補強をおこなった。

3. 1.3 雨量観測網

当調査開始以前に設置されていた農漁業省の雨量観測所の位置を図3-1-3に示す。これらの雨量観測所は12ヶ所（ワジ・アーヒン流域：5ヶ所、4ワジ流域：7ヶ所）、このうち4ワジ流域の2ヶ所（ハトム、アワビ）は日降雨量を観測していない。観測所の分布は前衛山地と砂礫原との境界部及び砂礫原及び海岸地域にかたより、主山地は1ヶ所（セイク）のみであった。

観測網の配置は、調査地域全体の降雨量観測密度を高め、広域の降水量観測が可能となるように、特に降雨の多い山地での観測密度を高めるように自記雨量計を28ヶ所新設した（図3-1-1）。その結果配置密度は $200\text{ km}^2 / 1\text{ ヶ所}$ となった。

表面流出が降雨強度に強く支配されるので、最小15分単位の読みとりが可能な自記雨量計を設置した。

3. 1.4 表流水観測網

調査対象地域での表流水の水位観測所は、1973～1974年にかけてILACO とGibb が「オマーン水資源調査」を目的としたワジ・ゲージを9地点に設置、調査完了後（1975年以降）農漁業省に引き継いだが、そのワジ・ゲージはその後の出水により破損したり、損傷を受け、1981年頃までには全てその機能を停止していた。

ILACO と Gibb が本調査地域に設置したワジ・ゲージの位置を図3-1-3に示す。

調査対象地域の地表流出の水位観測所は流量及び水収支を評価する目的で、各ワジ流域の次の地形的特性を有する地点に設置した。

- －主山地の内陸盆地からの出口となる狭窄部（4地点）
- －中流部の前衛山地から砂礫原への出口となる狭窄部（5地点）
- －海への出口の直上流部（7地点）

これらのワジ・ゲージ地点は、山間部から平原部への流入量と海へ直接流出される量の差から平原部への地下水涵養量を推定する目的で選定された。

設置したワジ・ゲージ16ヶ所（図3-1-1）のうち5ヶ所は旧観測所とほぼ同一地点となった。過去に設置されたワジ・ゲージの大半が洪水により破損したことを考慮し、ワジ・ゲージの構造は強固なものとし、3ヶ所はコンクリートタワータイプ、13ヶ所はスチールパイプタイプの補強型とした。

観測計器は旧観測所と同一のフロート式自記水位計を全ワジ・ゲージに設置した。又、洪水時の表面流速の測定を目的に極短波式流速計をコンクリートタワータイプのワジ・ゲージ（3ヶ所）に設置した。

なおワジ・ゲージの構造等の詳細については補助報告書Bに示す。

3. 1.5 地下水観測網

バートナ地方の主要な地下水帯水層は海岸平野に存在する。

この主要な帯水層の挙動を調査追跡するため、当調査計画域内の海岸平野部（約 2,700 km²）に地下水位観測網を設定した。

海岸平野部には ILACO (1975) や Gibb (1976) 等の調査によって多くの観測井がすでに設置されていた。しかし当調査計画が開始された1982年の段階ではそのうちの多くは荒廃していて、科学的な観測に耐えるような状態ではなかった。その主な原因は井戸に囲いもなく蓋すらもされていなかったために、土地の人々によって様々の物体が中に投棄されたためである。

観測網設置に先立ち既設井の現状を確認し、41本の井戸を選定した。このう

ち12本は当計画調査による回復工事を実施した。

新規総掘削井数は12本で総掘削深度803 mである。これらも加えて新旧49ヶ所の観測井によって地下水観測網を構成した。新井戸による観測支配面積は350 km²である。

ティーセン法による観測井の平均支配面積は44 km²であり、観測井の密度はまだ相当に粗いといわざるを得ない。

自記水位計は1ヶ月巻きのものを14ヶ所に新設した。これに既設の6ヶ所を加えると全体で20ヶ所になる。地下水帯の相互の相関を明らかにするために概して地下水の流れに沿うように測線を選び水位計を設置したが、観測網の目が荒いため所期の目的を達するにはかなり観測井の追加が必要となる。

地下水位は毎月1回定期観測を行っている。

なお海岸に近接した3ヶ所の新井戸(100 m 深)は全深度スクリーン付の地下水塩水化観測井である。ここでも毎月1回の地下水電気伝導度(EC)及び水温の垂直分布を測定している。また感潮の影響を補正するために自記水位計を設置してある。図3-1-1の観測井位置図には観測井の位置ならびにその新旧の別と水位計の有無を示してある。この図からも分るとおり、観測網には依然として偏りがあり、特に海岸平野上手に観測点の不足が認められる。

今回掘削した観測井の構造上の特徴として、前面的に塩化ビニールケーシングを用いたことが挙げられる。既設の井戸は全部鋼鉄ケーシングのため内部の錆がひどく、水質調査にさしさわりがあるばかりでなく、観測井としての耐用年限にも問題がある。塩化ビニールケーシングの採用によってこの面で大幅な改善が行われた。また水位計を設置しない場合には井戸頂部にカンヌキ付の蓋を工作してある。これらの井戸に囲棚が建設された場合は施設としてはほぼ完璧となる。現在オマーン農漁業省はすべての観測井に囲棚を設ける方針を行っている。

現在農漁業省が管理している観測井は調査地域内に66本ある。しかし、総数66本のうち19本は極度に井戸の状態が悪いか、観測井として立地に問題がある。しかし観測網を構成する井戸でも新しい井戸を除くとほとんどが当初の掘削深度を維持していない。当面の水位観測には問題はないが将来適当な時期に改修

工事を実施することが必要であろう。

海岸平野の地下水位観測と並んで山間部の湧水やファラジの流量観測が水利用調査の目的で行われてきたが、これらは山間部の地下水の現況を把握するために非常に有効である。これらの観測はひきつづき行われることになっている。

3. 2 観測体制の強化

3. 2.1 農漁業省の観測体制の現状

農漁業省における水文観測体制は北部地域及び南部地域にわかれ、北部地域は農漁業省水資源かんがい総局の水資源局が、南部地域はサラール地区農漁業総局が観測業務を実施してきている。

水資源局の観測業務には今後 JICA 調査団が設置した観測網と最近完成した地下水涵養ダム（4ヶ所）で計画しているモニタリング観測井の観測業務が加わるようになる。

水資源局の現在の観測体制は、本省のリサーチ・セクション10名（外人エキスパート4名を含む）と、ソハール支所3名及びシャルキア支所1名で構成され、バートナ・コースト一帯、シャルキア地方、及び内陸部の農漁業省所属の全水文観測施設の維持と記録収集・整理を地域ごとに分担して行っている。

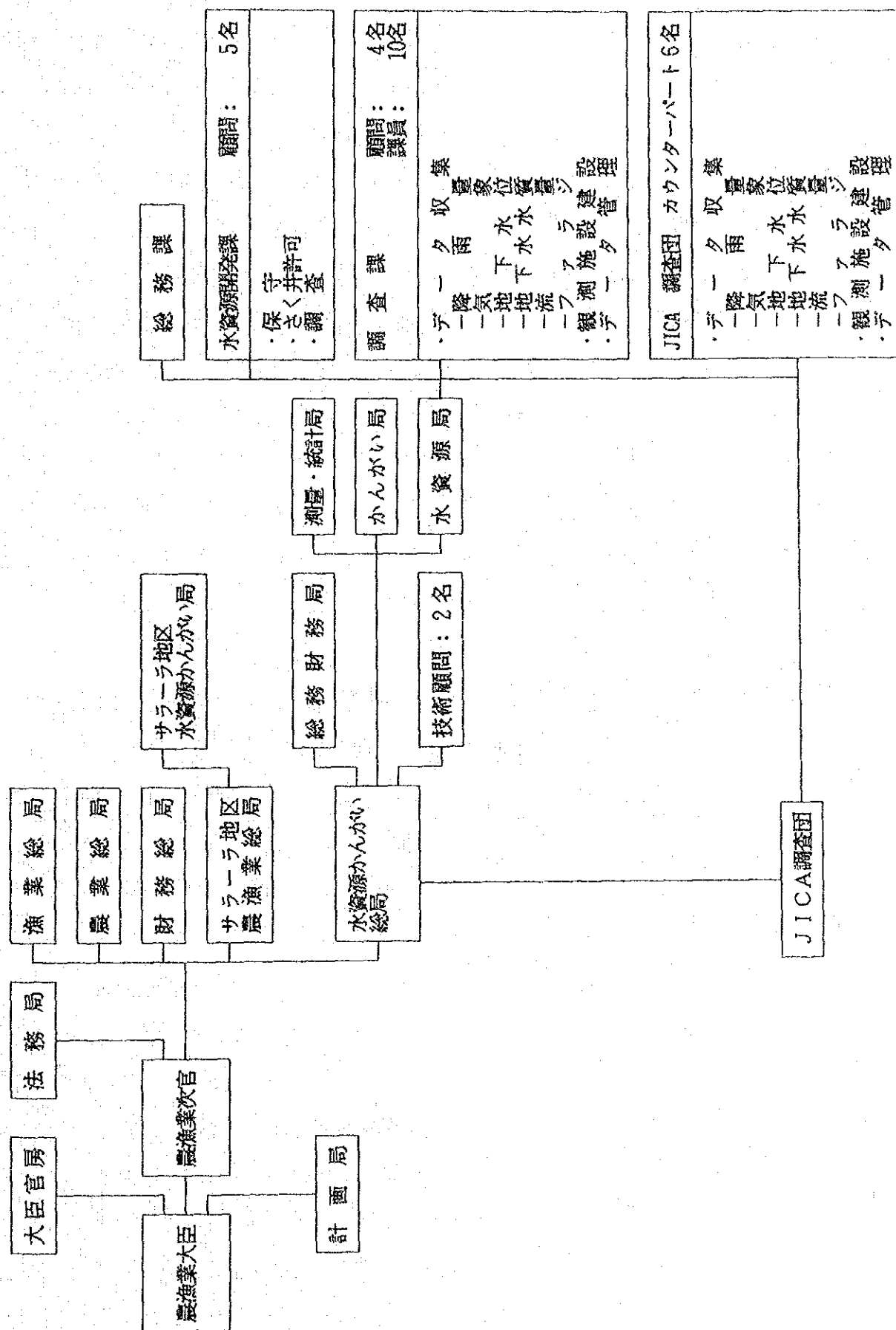
なお当調査団でトレーニング中のカウンターパート6名は、当調査終了後にリサーチ・セクションへ編入されることになっている。

農漁業省の水資源かんがい総局における現在の組織体制は表3-2-1にまとめられている。

水資源局の観測施設は、現在、気象観測所（5ヶ所）、雨量観測所（64ヶ所）地下水観測井（機械掘井戸185本、手掘井戸214本）で、1973年以降、ILACO, Gibb, Renardet Sauti ICE の外国コンサルタントによる水資源開発調査によって設置され、その後農漁業省に引き継がれたものである。

水資源局により収集された観測記録は観測施設設置以来のデータが水資源局のキャビネットに保存されている。降雨量に関しては、月間降雨量の集計がなされ

表3-2-1 農漁業省水資源かんがい総局組織図



ている。井戸水位計の自記紙の読取りは JICA 調査団によって実施された。

水資源局の現在の組織、人材の現状をみると、水資源開発に従事する必要なスタッフの員数が不十分である。現在の観測員の大半はフィールドの観測業務に忙殺されており、事務所での観測資料の整理、保存業務に携わるには能力的のみならず、時間的にも困難になっている。水資源局のスタッフとして、フィールド観測業務のための観測員のみならず事務所での技術、管理スタッフ両者の増員が必要である。将来の水資源開発に寄与するために、今後水資源局は水文観測の定着に必要な観測員及び観測施設より収集されたデータの整理、編集、解析作業に従事するスタッフの養成をはかり、観測体制を強化する必要がある。

3. 2.2 観測及び技術移転

(1) 観測

調査期間に実施した観測活動は、以下のようにまとめられる。

1) 気象観測

気象観測は JICA が設置したムラッダ農業気象観測所と観測機器を補強したルスターク農業気象観測所の2ヶ所で 1983 年7月26日より実施した。ムラッダ農業気象観測所では、蒸発計蒸発量を除く全データが連続的に記録紙とカセットテープに記録されている。観測所の保守点検は半月毎に実施し、観測データはパーソナルコンピューターで処理し、日表に整理している。

2) 降雨量観測

降雨量観測は JICA が設置した調査地域内28ヶ所の降雨量観測所で 1983 年6月より実施した。雨量計は3ヶ月間自動記録できる転倒ます式である。取得したデータは、1時間ごとに集計し、パーソナルコンピューターを使用して月表にまとめている。記録紙、電池の交換等の保守点検業務は3ヶ月に1度、定期的に実施している。定期点検に必要な期間は正味7日間である。

3) 表流水観測

山間部及び海岸部に JICA が設置した16ヶ所のワジ・ゲージで 1983 年9月より表流水観測を実施した。水位計は50日間自動記録できるフロート式で

ある。水位記録は水位変化点の日時と水位を読取りデータシートにまとめている。定期点検は4日間必要で、50日間ごとに実施している。

4) 地下水観測

地下水位の定期観測は、手ばかり測定と自動水位記録計により実施されている。調査地域内の手ばかり測定は1976年から農漁業省が続けていて、1984年3月にJICA調査団が引き継いできた。自動水位記録計による観測は当調査前に設置されていた6観測井とJICAが1984年1月迄に設置した14観測井の合計20観測井で実施した。自動水位記録計は1ヶ月間自動記録できるフロート式である。

定期観測は手ばかり測定、自動水位記録計ともそれぞれ3～4日間必要で、1ヶ月ごとに実施している。

5) 水利用調査

調査地域内の農業用水の利用状況を調査するため、山間部でファラジの6ヶ所にスタッフゲージを設置し、一方海岸部では農園にある井戸の20個の揚水機に積算流量計を設置してかんがい水量を計測している。定期観測は1ヶ月に2回実施している。山間部のファラジの取水量はスタッフゲージによる水位と流速計による流速を計測し、海岸部の揚水機によるかんがい水量は、吐出管に取付けた積算流量計により計測を実施している。

(2) 技術移転

当調査では、観測調査開始以来、調査、観測活動を通じて、観測員の質の向上及び観測体制の確立を念頭に、カウンターパートへの技術移転を実施してきた。

当調査のカウンターパート・スケジュールを表3-2-2に示す。シニアカウンターパートは、プロジェクト・オフィサーを担当し、工業高校を出て、当調査開始以前より農漁業省水資源局に数年勤務して、データ収集や整理も体験していた。ジュニアカウンターパートは、当調査団のカウンターパートとして農漁業省が新規に採用した中学もしくは職業訓練校を終了したレベルのものである。

開国15年のオマーン国では、教育制度の充実に力を入れているが、まだ水文

及び科学技術に関する基礎的知識・訓練の不足が目立ち、本プロジェクトのレベルに相当するカウンターパートの確保は難しい問題であった。また通常の調査や観測の場を利用した訓練だけでは、彼等の科学分野の基礎知識や技術面での向上は満足のいくものではなかった。農漁業省の水資源局が、過去10年近くやってきたことは単にエキスパートが指示してきた作業を忠実に繰り返してきただけで、それに対する自らの理解というものに欠けていた。

技術移転は、観測網の移管後オマーン国側が観測業務を正確に継続できることを目標に、下記の点に重点を置いて実施してきた。

1. 水文観測網を中心とした観測、維持管理及び観測機器の保守
2. 観測データの整理、編集
3. 水文観測、水資源開発に関する基礎知識の向上



なお観測業務の定着をより確かなものとするため、技術移転と併せて観測業務維持に必要な下記の資料を作成した。

1. 観測及び観測機器維持管理マニュアル
2. 観測施設台帳及びルートマップ
3. 水文・気象年表(1984年)
4. 水文観測基礎テキスト

また、技術移転の一貫として、4回に分け延べ7人のオマーン人(カウンターパート及び農漁業省関係者)を日本に派遣し JICA 短期研修を実施した。

表 3-2-2 カウンターパート研修期間

要 員	1982/1983		1983/1984		1984/1985		1985/1986	
	4月	3月	4月	3月	4月	3月	4月	3月
シニアカウンターパート								
"								
ジュニアカウンターパート								
"								
"								
"								
"								
"								

注:  JICA国内研修
 研修期間

3. 2.3 観測体制の整備

(1) 人材の確保・養成

オマーン国側の組織、人材の現状において、観測網の維持及び観測を長期的かつ正確に継続するためには、人材を確保し観測体制を整備する事が不可欠である。

観測業務の継続に、観測員、技術者、管理者の増員、強化を「要員計画」に沿って早急に進めることが必要である。

また、長期的に観測の定着をはかるには、水文分野の人材を養成する必要がある。当面は必要スタッフを諸外国から求めることになると思われるが、人材の養成には長期間を要するので、大学卒の人材を確保する等、その養成について早急に着手することが必要である。

観測員をはじめ構成員の技術・管理レベルの向上を図るためにはエキスパート(又は経験者)によるオン・ザ・ジョブ・トレーニングと同時に研修の実施が有益である。

(2) 定期観測の実施

観測計画の作成及び観測機器維持管理マニュアルによる観測業務のルーティン化した観測管理体制の確立が必要である。

1) 観測計画は、毎月ごとに、各観測作業スケジュールを考慮して月間予定表を作成し、これに基づき更に毎週末に次週の予定を確認し週間予定表を作成した当調査団の方式を考慮する必要がある。また月間予定表作成の過程では、各観測作業項目とそれに必要な作業量を入・日で評価するマンパワー分析表を作成して観測員の人数と作業量のバランスを確認する必要がある。

2) 各観測施設の諸元、位置そして観測網の全体を確認し把握するために、当調査団が作成した「観測施設台帳」は観測体制の円滑化を進めるために利用していく必要がある。また観測施設の諸元に変更があった場合はその都度、改訂していかねばならない。

3) 観測業務の実施にあたっては、当調査団が作成した「観測及び観測機器維持管理マニュアル」に基づいて、観測機器の保守・点検作業を実施するとともに、観測作業及び観測データの整理・保管についても以下の諸点に留意してマニュアル

の記載事項を順守する必要がある。観測作業にあたり、作業の正確化、安全化をはかるために、観測作業の過程で「観測作業チェック・リスト」の確認事項を順次記載しながら作業を進める必要がある。また各観測施設のデータ収集及び稼働記録として「観測データ記載カード」を作成する必要がある。これは各観測施設の観測・保守の予定と実績を記載して、いつ、どこで保守をしたか、次回はいつ行なう必要があるかをまとめておくものである。各観測施設から収集された観測データは、マニュアルに記載された所定の様式に従って読取り整理された後、各観測データごとに定められたキャビネットにファイリングされ保管される。

(3) 観測用スベアパーツの在庫管理

観測網を維持し、観測を正確に継続するためには、観測用チャートやスベアパーツ等の在庫管理を徹底する必要がある。

スベアパーツは、観測網がオマーン国側に移管されて後、一年後までの必要数量が、オマーン国側の要請により当調査団によって準備されている。

観測資機材の在庫管理のために、観測機材リストとスベアパーツリストが当調査団により作成されている。観測機材リストは観測網に設置された観測機材が記載されており、スベアパーツリストには観測用チャート等の観測機材の消耗品及び予備部品が記載されている。これらのリストに観測資機材の入出庫数を正確に記入して在庫数量を確認する在庫管理担当者をあらかじめ定めて、責任ある在庫管理体制を確立する必要がある。

また、スベアパーツリストには観測網の維持に必要な消耗品と予備部品の年間必要数量及びその算出方法が添付されている。これに基づいて、観測網の維持費を算出し、観測維持管理費が、水資源局の予算として準備される必要がある。

4) 観測データの管理及び年表の編集

将来の水資源開発及びオマーン国が実施する各種事業に寄与するためには、観測データの整理・保管を徹底し、観測データの年表を編集して行くことが重要である。

観測データの整理・保管を円滑、正確に実施するため、あらかじめ作業責任者を定めておく必要がある。さらに、観測データは水資源局の定められたキャビネットの中に保管すると同時に、これらの受け渡しについての確実な方法を定めておく必

要がある。

水文・気象年表（1984年）がオマーン国で初めて、当調査団により編集された。

年表の編集は、観測業務の中の重要な成果品であり、今後も水資源局により毎年、年表が編集される必要がある。

