

第3章 調査地域

3.1. 自然環境

3.1.1. 地理及び地形

前章で示した地形区では、調査地域を含む「ア首連」の北東部は「東部山地地区」にあたり、オマーン山地及びその山腹から広がる丘陵地、南西部の砂漠地域までのバハダ平原より構成される。これらを代表的な地形要素より区分すると、①構造地形、②河川地形及び③風成地形の3地区に区分できる。

(1) 構造地形

オマーン山地やジャバル・ファイヤ山列にあたるもので、山地の褶曲構造、更新世以降の気候変動や海水準変動の痕跡が随所に認められる。標高400m以上の山地であり、高角度に傾斜した地層、褶曲軸に沿う山稜列、差別浸食によるワチの狭窄部、開口部または山間の盆地などの地形が卓越する。またワチに沿っては旧海水準時に形成された段丘群が発達し、その基部には固結礫層の発達も認められる。また石灰岩の分布域では、溶結した亀裂及びカルストがワチ基部に見いだせる。

(2) 河川地形

氾濫原堆積物により覆われ、ワチの河道部、バハダ平原とブラヤ平原などからなる。ワチはいずれもオマーン山地より排出され、山脚部の丘陵や段丘で複数の水路に分岐またはその方向を大きく変化させる。下流のバハダ平原で網状の水路となり、ジャバル・ファイヤ、ジャバル・ミレイハなどの孤立した丘陵や西方から伸びる砂丘列などの制約を受けながら、最終的にアラビア湾に注ぐ。下流の風成砂地帯にあっては、砂丘間で舌状のシルト層が形成される。

バハダ平原はその後背地の起源から大きく2種に分類できる。主要なタイプはオマーン山地から流下するワチによって初期更新世から現世にかけての形成したものである。また別のタイプは地域的な起源を持つものであり、ジャバルファイヤなどの石灰岩の丘陵から流出するワチに由来する。更新世のバハダ平原は現在の扇状地より広い範囲に分布していたと考えられ、北部のラスアルハイマでは現在の海底下までバハダ平原は伸びる。

(3) 風成地形

風成地形はバハダ平原から西部に広がるもので、北東-南西方向に平行に並ぶバルハン砂丘列が特徴的となる。比高は北西に向かい高くなり最大50mに達する。これ

は北西ほど山地からの洪水による浸食が少なく、また砂が十分に供給されることに由来する。一部の砂丘列では、列がみだれ砂丘が交差し星状砂丘となることもあり、またワチに沿っては削剥が進む。砂丘間には山地より供給される氾濫原堆積物が帯状に認められる。海岸の近くでは砂丘はしだいに海成の平原に移り変わり生物起源の破片や石英砂が卓越するようになる。ラスアルハイマの海岸線では、潮汐に起因する水路やサバハ、砂嘴、ラグーンなどの発達が認められる。またこれらは数回にわたる海退の期間に形成したと考えられている。

3.1.2. 気象及び水文

(1) 気象

調査地域は乾燥気候と砂漠気候が混在している。調査地域の東部には同国で唯一の、半乾燥地から半湿潤気候を示す地域が、南北に細長く分布している。マスフットから西方にかけて植生密度は明白に半湿潤気候の変化とともに減少している。月平均気象変化を図3.1.1.に示す。

a) 気象観測所及び降雨観測所

図3.1.2.に示すように、調査地域には農漁省が運営する気象観測所がファラジアルムアラ、(1978年設置)ミレイハ、(1978年設置)ダイード(1992年設置)にある。ファラジアルムアラとミレイハではほとんどの観測データがそろっており、ダイード観測所では1992年以降の降雨資料が利用可能である。調査地域及び流入するワチ流域には6ヶ所の降雨観測所がある(ファラジアルムアラ、ミレイハ、ダイード、ジェベルシャマス、マサフィ、シジ、フィリ、マサバット)。

b) 降雨

ファラジアルムアラとミレイハ気象観測所のデータをもとに調査地域の年平均降雨量を算定するとファラジアルムアラでは127.2mm、ミレイハでは133.6mmである。年降雨の大部分(60% - 75%)の降雨は1月から3月の冬と春の短時間のスコール性のもので地域的である。

c) 気温

調査地域の気温は年間を通じて高温である。ファラジアルムアラにおける年平均気温は27.0°Cで、過去最高気温は49.0°C、平均最高気温35.3°C、過去最低気温18.6°C、平均最低気温は24.0°Cである。

d) 湿度

ファラジアルムアラとミレイハ観測所における平均湿度は51%、平均最高湿度はミレイハ90%、ミレイハ85%、平均最低湿度はファラジアルムアラ16%、ミレイハ23%である。

e) 風速

平均風速はファラジアルムアラ観測所で 76.7km/時、ミレイハ観測所で 92.6km/時である。10月から1月にかけては比較的穏やかな風となる。

f) 蒸発量

ファラジアルムアラ観測所の平均パン蒸発量は 9.4mm/日、年間 3,442mm で、ミレイハ観測所では平均パン蒸発量 10.3mm/日、年間 3,759mm である。

(2) 水 文

a) 調査地域の排水状況

調査地域では図 3.1.2. に示すように、東部から西部に流れるゲール、ラマハ、トリキェバの3つのワチ流域で分割されている。

i) ワチ・ゲール流域

ワチ・ゲール流域は調査地域の最東部に位置し、その流域面積は 79.4km² である。この流域はワチ・ビー流域に含まれ、洪水が生じた場合には北西部へ流下しアラビア湾に注ぐ。

ii) ワチ・ラマハ流域

調査地域のほとんどがこのワチ・ラマハ流域に含まれる。この流域は北部ダイード、南部ダイード、シジ、カドラ、ショウカ、ハマダの6流域に分かれている。これらの流域は分水嶺であるオマーン山脈からバハダ平原を北西に流下し、ミレイハとファラジアルムアラの間で幹線河川であるワチ・ラマハと合流する。この流域では、ワチの流向は、調査地域内で北西方向から北方向へと急激に変化する。ラスアルハイマからアラビア湾への河口部までは一様な方向で流下する。

iii) ワチ・トリキェバ流域

調査地域の南部はワチ・トリキェバ流域に含まれる。この流域面積は 324km² のワチ・ゴホール支川流域の一部である。

b) 流量観測所

調査地域には、1978 年以來、下表に示す 6ヶ所の流量観測所が農漁省によって設置されている。観測所は分水嶺付近とバハダの間にある(図 3.1.2. 参照)。

ワチ流域名	ワチ支川流域名	番号	観測所名	集水域 (km ²)
ラマハ	Lamaha	WL-1	ファラジアルムアラ	1,484.0
	Siji	WL-2	シジ	86.6
		WL-4	シフニ下流部	215.6
	Khadrah	WL-3	シフニ上流部	137.9
		WL-5	アシュワニ	46.0
クール (西)	Thiqebah	WG-2	ジュベールファヤ	

c) 観測流量

各主要流域の流量観測所の概要と年間の流出状況を以下に示す。

水位観測所名	集水面積 (km ²)	平均勾配 (%)	主川延長 (km)	到達時間 (分)	平均洪水量 (m ³ /sec)
シジ	86.6	6.0	11.6	95	113
アシュワニ	46.0	2.2	13.3	145	103
シフニ上流	137.9	4.5	17.5	123	123
シフニ下流	215.6	3.3	20.0	183	138

調査地域における流域別、出水規模別の流出率は0.2から28%の間である。

3.1.3. 地質

調査地域を含む「ア首連」の北東部は、前章で述べた地質区分では「東部山地地区」に含まれる。これらの地区は異地性岩体と現地性岩体が分布し、これは造構運動に伴う移動で生成したことは前述した通りである。異地性岩体にはハワシナ層やシメール・オフィオライト層が含まれ、現地性岩体にはラス・アル・ジバルの石灰岩層がある。これらの岩体はデバ帯、ワチ・ハム構造線及びワチ・ハッタ帯の3つの構造線により明瞭に分割される(図 3.1.3.参照)。各々の構造線、構造体は以下の特徴を有する。

デバ帯: デバから南部に連続するものであり、南西方向の断層群が卓越し、オマーン山地にあっては低標高の構造性凹地を形成する。衝上断層に伴う石灰岩、ハワシナ層などの衝上体、外座層、石灰岩、超塩基性岩、変成岩などの外来岩片が分布し、またラス・アル・ジバルをつくる堆積岩もシメール・オフィオライトの構成岩とともに認められる。

ワチ・ハム構造線: ワチ・ハムに沿う構造線であり、北北西の方向でフジャイラの西方に分布する。この構造線にそって山地のオフィオライトは二分され、北方は超塩基性岩、南方は斑れい岩が主体となる。また断層に沿い珪質変成岩がオフィオライトの下部に認められる。

ワチ・ハッタ帯: ワチ・ハッタに沿う地区であり西北西の方向を有する。これはオフィオライトからなるオマーン山地を2分し、これに付随する岩石はデバ帯と同様の構成を示す。

これらの3つ構造線に制約され、「ア首連」北東域におけるオマーン山地は北方から①ラス・アル・ジュバル構造地塊、②ハワシナ層群、変成岩類及び③シメール・オフィオライト岩類と連なり、また山脚部からバハダ平原には④上部白亜系の石灰岩が分布する。各々の地質区の特徴は以下の通り要約できる。

(1) ラス・アル・ジュバル構造地塊

デバ構造体の北に広がる断層地塊であり、石灰岩及び砕屑岩からなる。北または北北東の軸を持った褶曲軸により特徴づけられ、ムサンダム層群、エルフィンストーン層群及びラス・アル・ジュバル層群、ラマック累層の主要な4つの岩相により構成される(図 3.1.3.参照)。衝上断層が地塊の西側で発達し、これらは褶曲軸に並行かつ東に傾斜した断層面を持つ。また地区内にはフェンスターも認められ、このなかには石灰岩のほかシメール・オフィオライト及びハワシナ累層を含む異地性岩体との接触が観察される。一方ラス・アル・ジュバル構造地塊とデバ構造体の間にも衝上断層による接触も予想される。石灰岩の孤立ブロックがハワシナ層のうえに重なること、及びラマック累層の層準に含まれる外来ブロックがラス・アル・ジュバル層群やエルフィンストーン層群との類似性を持つことなどからこれらの関係は想定される。またラマック累層は準現地性岩体と考えられている。

(2) ハワシナ層群、変成岩類

デバ構造体の南からマサフィ間に分布し、岩相は堆積岩類(チャート、石灰岩)、変成岩及び火山岩類からなる。堆積岩類はデバ構造体に沿う地域、変成岩類はこれより南方のシメール・オフィオライト岩類と堆積岩類との間に分布する。マサフィでは変成岩からなる衝上体がシメール・オフィオライト岩類中に認められ、また断層及び背斜軸に沿うフェンスター中にも変成岩の分布が認められる。また堆積岩類との接触面は著しく葉片状を呈し、一般に破碎頁岩、結晶片岩が観察される。これら変成岩類とハワシナ層群では変成度は大きくことなり、変成作用は衝上体の移動以前から生じたと想定される。

(3) シメール・オフィオライト岩類

デバ帯から南では、オフィオライトのメンバーとして層状塩基性岩、超塩基性岩の分布が認められる。またこれら分布域の西南では、超塩基性岩及び蛇紋岩が分布し、これが東方に向かい斑れい岩と塩基性岩の複合体に変化する。シメール・オフィオライトの上位層は火山岩と輝緑岩であり、コールカルバの南南西に分布する。またワチ・ハムの北方域と南方で浸食のレベルに相違が認められ、これは北方地区が過去に上昇運動を被ったことに由来すると考えられている。オフィオライトの蛇文岩化作用の程度は様々であるが、一般には断層系、変成岩の認められる西部域で蛇紋岩化が著しい。またこのシメール・オフィオライト岩類の中には花崗岩や閃緑岩の存在も知られている。

(4) 上部白亜系の石灰岩

オマーン山地の山脚部からバハダ平原にかけては、石灰岩を主体とする山列が認められ、これらは上部白亜紀のマーストリヒト階から下部第三系に対比される。代表的なものとしてはジャバル・ファイヤがあり、その翼部でマーストリヒト石灰岩、中心部でオフィオライトの露出が認められる。バハダ平原の中央部では岩体は第四紀から古第三紀までの堆積層に覆われる。地表部で観察される被覆層はほとんどが第四紀層であり、第三紀層は西部の風成砂層中に蒸発岩として一部露出するのみである。また第四紀層はバハダ平原では砂礫からなる洪水堆積物、西部に向かい新旧の風成砂層に覆われる。この風成砂は半団結した砂丘列として海岸線まで平行に連なるもので、ジャバル・ファイヤの南では、半円状の砂丘が南方向に並んでいる。

この上部白亜系以降の地層については、これまでの調査研究では、地表部での露出が少ないことから多くは言及されていない。これらについては次章の本調査結果で記述する。

3.1.4. 土壌・植生及び土地利用

(1) 土 壌

a) 既往の土壌調査

・1967年の調査

調査地域において今まで実施された主要な土壌調査は、“Survey of Soils and Agricultural Potential in the Trucial State” [ディラハム大学(UK) 1967] である。この調査は山岳地帯の西側の礫平原を中心に行われ、山岳部と東海岸地域のいくつかの地区についても調査された。礫平原地域については、土壌図と地力分級図が作成された。この調査結果は以下のように要約される。

礫平原の土壌は、山から流出しワチによって吐き出された堆積物からなる。土性は、山麓からの距離が遠くなるほど砂及びシルトの量が多くなる。西部から移入した砂土は大部分細粒でわずかに見られるのみである。礫平原の土壌は、母材がデバ構造線北部で見られるような石灰岩であることから、炭酸塩を多く含む。この地区の土壌はこれらの母材に大きく影響され土壌構造の発達していない未成熟な土壌である。窒素、カリウム、リン酸の含量は少なく、微量元素欠乏障害が特に樹木作物で観測される。

主な土壌として、「チェルノーゼム」、「非塩類アルカリ土」、「塩類アルカリ土」に分類された。更にこれらの土壌は、土性と炭酸含有量により細分された。地表より50cm以内に礫分がある場合は、分類記号の最後に“g”を付けて分類された。土壌中の礫の含有量が、その土壌の地力分類に大きく影響する。

・1982年の調査

調査地域の土壌調査は、“Dams and Recharge Facilities in the UAE” [Halcrow, 1982]においてなされた。この調査では、上述の調査の分類に加え、「塩類非アルカリ土壌」及び「ワチ砂礫土壌」が追加された。

・“Atlas of the UAE”

ア首連大学によって、ランドサット画像と現場土壌調査資料をもとに土壌図が作成された。調査地域の土壌は、河成堆積物と砂の堆積したものであり、この分類に従うと、「トリプリュウベンツ及びトリオッセンツ露頭」、「トリプサメンツ」及び「カリシロサイツ」、「岩の露頭、トリサメンツ及びカルシソル」に分類されている。

b) 土壌型

・「チェルノーゼム」

通常、チェルノーゼムは降水量が 400mm 以下の地区において見られ、層位分化の進んでいない土壌である。土壌構造としては、角塊状構造の上部に弱い板状構造を持っている。表層土壌の有機物含有量は 0.5%以下であり、炭酸塩もしくは石灰の集積が地表下 30cm 以下の所で見受けられる。一般的に土性は、粗めであるが深くなると粘土分よりシルト分が多くなる。表層土の色は、暗褐色(10YR-3/4, 4/4)である。飽和抽出土壌水の pH は 7.8 から 9 であり電気伝導度は 700 μ S/cm である。

・「非塩類アルカリ土壌」

非塩類アルカリ土壌は調査地域では見られない。この土壌は、交換性ナトリウムを多量に含み交換性ナトリウム比率(ESP)は 15 以上であるが電気伝導度は 4,000 μ S/cm を越えない。これらの土壌は植物に有害であり、しばしば全く植生を見ない。

・「塩類非アルカリ土壌」

土層中で可溶性中性塩の集積が進行している土壌である。電気伝導度は 3,000 μ S/cm を越し ESP は 15 以下であり pH は 8.5 以下である。これらの土壌は、高塩分濃度の地下水による非制御の灌漑法の使用と関連づけられる。

・「塩類アルカリ土壌」

この土壌は、高濃度の中性塩の集積があり、4,000 μ S/cm 以上の電導度と高濃度のナトリウムイオンにより ESP は 15 を超える。

・「ワチ砂礫土壌」

この土壌は、調査地域で最も一般的な土壌である。この土壌は、流出堆積物である玉石・砂礫とチェルノーゼム土壌との過渡的特徴を表す。それらは厚さ最大 14cm の砂質の黄褐色から暗黄褐色の多くの場合小砂利と混合した表土に特徴づけられる。この下の土層は堆積層であり、場所により変化するが細粒分の非常に少ない砂礫と玉石から成る。表土の有機物含有量は 0.2%以下であり、pH は 7.5 から 8.5 で、電気伝導度は 800 μ S/cm 以下である。

(2) 植 生

調査地域は乾燥気候を示すが、半湿潤気候の要素もあるため植生密度は他の地域よりも比較的高い。植生の特徴としては、*Ornulaca leucacantha*、*Hammada elegans*、*Leptadenia protechnica*、*Orchradenus aucherri* などが散在する灌木地帯であり、*Acacia tortilis* や *Prosopis* の様な樹木も分布する。アカシアの平均樹高は 3m から 5m であり、それらは不安定な降雨と山岳部からの流出水のもとで成長する。

(3) 土地利用

1993 年刊行の The National Atlas of UAE にダイード地域の土地利用が記載されている。そのカテゴリーごとの面積を測定した結果は、地域内の 3,392 ha が農地であり、そのうち放棄農場は、374 ha で 11% を占める。またデーツは農地面積の 20% を占める。このデータの時期は明確でないが、放棄農場は、現在大幅に増大していると推測される。

3.2. 社会経済

3.2.1. 行政区域

調査地域はシャルジャ、ウムアルクアイン、ラスアルハイマ、アジマン、フジャイラの 5 つの首長国にまたがっており、そのうちシャルジャ領が最大面積を占める (図 3.2.1 参照)。

調査地域には以下に示すように 12 の主要町村があるが、各々の町村は砂漠の中に点在している。

首長国	町村名
ウムアルクアイン	ファラジアルムアラ
アジマン	ナシム
シャルジャ	スヘラア、ダイード、ウシャ、ハムダア、クデラア、ミレイハ、イクデル、バハイス、フィリ
ラスアルハイマ	カドラ

注：下線の町には、町役場もしくはそれらの出張所がある。

主要な町村はダイード、ミレイハ (シャルジャ首長国) 及びファラジアルムアラ (ウムアルクアイン首長国) の 3 つである。フジャイラ首長国は調査地域の北東部の一部に砂漠地帯が含まれるものの、町村は含まれない。経済的にはダイードが最も重要な町である。

3.2.2. 住民及び人口

調査地域のミレイハ地区には、古代ギリシャの影響を強く受けている紀元前約 300 年頃の集落跡があり、ローデス島で作られた陶器などが発見されている。調査地域にはそのほかにも砦や遺跡が多数みられ、古代から人々が居住していた痕跡が多数ある。調査地域周辺の主要な町村の人口の推移は以下の通りである。

町村	人口(人)			増加率(%、1975=100)		
	1975	1980	1985	1975	1980	1985
ダイード	5,000	8,160	15,780	100	163	316
ファラジアルムアラ	630	1,680	2,850	100	267	452
マナマア	1,430	900	1,980	100	63	138

(注) マナマア (アジマン首長国) は調査地域外

ダイードとファラジアルムアラの 2 町は、1975 年と比較して 1985 年とともに 3 倍以上と著しい人口の増加を示している。マナマアでは 1980 年には一時的に人口が減少しているものの、1985 年には回復している。

計画省によると、調査地域の男女別人口構成比率は、全国の男女別人口構成比率と同様、女性人口より男性人口がかなり多いと考えられる。年齢別には 20 歳から 35 歳の層に人口が集中している。

3.2.3. 経 済

(1) 一 般

調査地域の約 65%を占めるシャルジャ首長国の経済的地位は、連邦を構成する 7 首長国の中ではアブダビ、ドバイに次いで 3 番目に位置する。シャルジャ首長国の 1992 年度の工業生産高は Dh.2,728 百万で、そのうち化学部門が最大で約 24%を占める。工業及び商業部門の事業所の多くは、交通の利便性及び販売面の理由で海岸沿いの都市部に集中して立地している [シャルジャ首長国政府、1994 年統計年鑑]。

(2) 農 業

調査地域における主要な経済活動は、地下水を灌漑用水として行っている農業である。

シャルジャ首長国の 1992/93 年度の農業生産高は Dh.517 百万であり、デーツ及びアルファルファで全体の 63%を占める。全耕地面積は 7,848ha あるが、そのうち 5,493ha が調査地域にある。すなわち、シャルジャ首長国の約 70%にあたる耕地が調査地域に集中している [シャルジャ首長国政府、1994 年統計年鑑、農漁省統計局]。

(3) 他の産業

農業以外には畜産、養蜂、小売業、砂利採取業、建設資材製造業などがみられる。建設資材製造業の多くは、コンクリート・ブロック製造である。また、調査地域のワチ沿いにかなり多くの砂利採取場がある。これら現在の経済活動では、熟練労働者が調査地域で職を得ることは難しい。また、衣服製造工場も調査地域に何棟かある。

現在、ダイードにはシャルジャ商工会議所の会員が経営する店舗・事業所等が479ある。このうち100店舗・事業所が農業関連の活動を行っており、全体の21%を占める。ファラジアルムアラ町当局によると、同町には150軒以上の店舗・事業所があり、ミレイハには22軒の店舗がある。そのほかの町村は全て10軒以下の店舗しかなく、買い物をするために住民はダイードやシャルジャ等の大きな町に行かなくてはならない。

衣服製造業が、その生産額、雇用労働者数ならびにその給与支払額の面で調査地域の最も重要な産業である。それらの製品は、ほとんど調査地域外に販売され一部は輸出される。2番目には、製パン業であり、調査地域内のみならず近隣地区に販売されている。3番目に重要な産業としては、コンクリート製品製造業である。増大する建設資材の需要に対応するため、骨材採取を含むコンクリート製品の製造が活発に行われている。しかしながら、幹線道路近傍での採石場・工場で発生する粉塵のため、それらの一部は町当局から、車両交通の安全性の確保ならびに環境の面から営業中止命令が出されている。次に、ビニールハウスなどの農業関連施設建設に関連した鉄工所・木工所の活動が、小規模に行われている。

調査地域の食料品店は地場産品を主に販売しているが、夏期の間、農業生産が下落する間は輸入品が減少分を補っている。小麦などの穀類はほとんど輸入品に依存している。

(4) 公共事業

連邦政府も各首長国政府も調査地域で幾つか公共事業を行っている。現在、アブダビ首長国政府の援助のもと、低コスト住宅がミレイハ、カドラなどで建設中のほか、シャルジャ首長国政府によってダイード・ミレイハ間で舗装道路の増幅工事が実施中である。

3.2.4. 社会基盤

(1) 上水道

調査地域に居住する住民の大部分は、水電力省から上水道の供給を受けているが、ファラジアルムアラでは町当局が住民に上水道を供給している。上水道の主水源はどちらの場合も各町郊外の砂漠に設置した独自の井戸から高架水槽に揚水され各戸に

重力で供給される。一部の地区では、地下水位の低下のため時間給水制限が実施されている。

1,000 ガロンあたりの水道料金は、ファラジアルムアラでは、ア首連国民、外国人及び企業の3段階料金であり、それぞれ Dh.7.5、Dh.15、Dh.30 であり、その他の地区は、一律 Dh.15、Dh.30 である。上水供給は、農場には行われず、農場での生活用水は、灌漑用井戸に頼っている。飲料水として、ビン詰めのミネラル水が販売されている。

(2) 下水道

各戸に個別の浄化槽があり、町当局によるバキューム車による収集と砂漠地区への散布処理が行われている。塵芥についても町当局による収集と処理場における焼却が行われる。これらのサービスは、農場には及んでいない。

(3) 電力

調査地域の住民及び農場は水電力省からの電力供給を受けている。調査地域には発電所が3カ所あり、もっとも大きい発電所はダイードにある。増大する電力需要に対応するため、発電能力の増強が計画されている。

KWhあたりの電力料金は、農場及びア首連国民には Dh.0.075、政府機関には Dh.0.10、外国人及び企業には Dh.0.15 である。

電力供給は、ダイード及びファラジアルムアラ地区で、各々6,800ならびに1,500戸に供給されており、そのうち約2,000戸(29%)は農業用である。

(4) 教育

教育省によると、調査地域及びその周辺には公立幼稚園及び公立小学校が16校(1989/90年)、公立中学校及び公立高等学校はそれぞれ11校及び6校ある。それらの多くは、ダイードに集中している。成人初等教育機関も設置されており、約330人が教育を受けている。それらの2/3は女性である。

(5) 医療

医療施設は61人の職員を抱える公立病院がダイードに、ファラジアルムアラ、ミレイハ、マダム(バハイスの南)の3町村に診療所がある。

(6) 通信

郵便サービスは調査地域では一般的ではないが、通信手段として電話、電報、ファックスが普及している。ダイードには、首長国通信公社(ETISALAT)の中継局がある。

(7) 公共交通手段

調査地域の中央を東西に走る国道は、ほとんどの区間が片側 2 車線の舗装道路であり、状態は比較的良い。また、調査地域を南北に走る道路も舗装されており、ダイード・ミレイハ間は現在 2 車線化にむけて工事中である。

公共交通機関は通学児童生徒に対してのみ通学用バスが提供されている。調査地域には公共交通サービスはないため住民は通常自家用車もしくはタクシーを使用している。

3.3. 農業及び灌漑

3.3.1. 中央地域農業局

農業は調査地域の主要な産業である。調査地域をカバーする中央農業地域は、アブダビ、北部地域に次ぎ第 3 番目に重要な農業地域である。中央農業地域の位置と境界線を図 3.3.1. 示す。農漁省中央地域農業局の機構図を図 3.3.2. に示す。図 3.3.1. にみられるように、調査地域の東北隅は北部農業地域に属し、また調査地域の東部境界付近は東部農業地域に属するが、これらの地帯は砂漠で、農耕地や村落もないので、調査地域は実質的には中央地域農業局管内にある。

3.3.2. 農地及び農場

調査地域は、シャルジャ、ウムアルクアイン、ラスアルハイマ、フジャイラ及びアジマンの 5 つの首長国にまたがり、中央地域農業局管下のアルダイード、アルミレイハ、カドラア及びファラジアルムアラの 4 つの普及区に属する 2 町 14 村を含む。

調査地域の町村別農場数及び栽培面積を表 3.3.1. に示す。その農場数及び栽培面積は、農漁省の町村別データによると、1994 年における農場数は 2,018、栽培面積は 6,181 ha、平均 1 農家当たりの栽培面積は 3.1 ha と推定される (表 3.3.1)。

3.3.3. 農業生産

農業生産に関する農漁省統計資料が普及区単位でしかないため、調査地域の農業生産実態を以下の要領で推定した。

- [1] 各普及区における調査地域の占める割合を、町村毎のデータのある農場数と耕地面積について求める (表 3.3.2)。
- [2] [1] で求めた割合を普及区別の農業生産集計値に乘じ、調査地域の農業生産とした (表 3.3.3)。

(1) 関係する4つの普及区における調査地域のシェア

調査地域に関係する4つの普及区(ダイード・1とダイード・2を1つの普及区として考える)のデータから調査地域の農業実態を推定するために、それぞれの普及区の中に占める調査地域の農場数と栽培面積のシェアを明らかにした。調査地域の農場数は1994年において、4つの普及区の農場数の62%(ダイードで87%、ミレイハで41%、カドラで16%、ファラジアルムアラで43%)を占め、栽培面積の68%(ダイードで92%、ミレイハで36%、カドラで31%、ファラジムアラで46%)を占める(表3.3.2)。

(2) 栽培面積、作物、生産量及び生産額

中央地域農業局の1994年の統計資料で示される、5つの関係普及区の作物の栽培面積と生産量をもとに、調査地域の栽培面積と生産量を各普及区での調査地域の占める割合を用いて、表3.3.3のように推定した。

a) 栽培面積

1994年における調査地域の栽培面積は4,584 haで、このうち野菜が1,158 ha(25.3%)、果樹が1,825 ha(39.8%)、畑作物が1,601 ha(34.9%)と推定される。

b) 栽培作物

1994年に調査地域で栽培された主要野菜(栽培面積50 ha以上)はカボチャ(全栽培面積の5.3%)、トマト(同5.0%)、タマネギ(同2.4%)、ピーマン(同1.8%)、パセリー(同1.7%)、ナス(同1.4%)である。

主要果樹(栽培面積50 ha以上)はデーツ(全栽培面積の23.9%)で、レモン(同5.9%)、マンゴー(同2.6%)、柑橘類(同2.3%)、グアバ(同1.4%)である。

主要畑作物はアルファルファ(21.2%)及びローデスグラス(Rhodes grass)や現地名でムセプロ(missiblo)と呼ばれるエレファントグラスの一種の青刈り飼料作物(13.6%)である。

c) 作物生産

調査地域の最大の作物生産量はアルファルファで、生草重量で91,708トン(全作物生産量の46%)を生産し、次いで青刈り飼料作物(同25%)、デーツ(同11%)、カボチャ(同4%)、トマト(同3%)、レモン(同2%)がこれに次ぐ。

d) 生産額

アルファルファは調査地域における最大の生産額を占める。すなわち、1994年に全作物生産額の40%に当たるDh.128百万を生産した。次いでデーツ(24%)、青刈り飼料作物(17%)、カボチャ(3.9%)、トマト(3.3%)及びレモン(3.2%)の生産額が多い。

単位面積当たりの生産額はアルファルファが最高(Dh.127,203/ha)で、キュウリ(Dh.95,873/ha)、青刈り飼料作物(Dh.84,667/ha)、デーツ(Dh.67,293/ha)、カウビー(Dh.61,848/ha)、ピーン(Dh.56,541/ha)、バレイシヨ(Dh.50,758/ha)、

カボチャ (Dh. 48,697/ha) がこれに次ぐ。アルファルファ及び青刈り飼料作物の収穫量は、生草でha当たりそれぞれ90.9トンと77.0トンである。

3.3.4. 栽培方法

(1) 作付けパターン

中央地域農業局管内では、一般に年1回作付けするトマト、タマネギ(貯蔵用、葉タマネギとも)、トウガラシ、キャベツ、カリフラワー、ナス、バレイショ、ピーンズ、レタスは9月から10月に播種され、12月下旬から3月下旬にかけて収穫され、スイカ、メロン、カボチャ、キュウリ、オクラは年に2回作付けされる(図3.3.3.)。主要畑作物のアルファルファ及び青刈り飼料作物は、4-5年栽培した後更新される。

(2) グリーンハウス栽培

作付け時期のコントロール、節水、安定高収益、高品質等の理由から、グリーンハウス栽培が調査地域に広がりつつある。1994年の栽培面積は関係4普及区で、冬期が3.81ha、夏期が7.51haである。栽培作物は冬期がキュウリ(3.00ha)、カボチャ(0.30ha)、バレイショ(0.30ha)、トマト(0.203ha)、ピーマン(0.005ha)及びメロン(0.003ha)で、夏期がキュウリ(4.30ha)、カボチャ(1.40ha)、メロン(1.40ha)及びスイカ(0.40ha)である。栽培はグイード普及区が最も活発で、ファラジアルムアラ普及区、ミレイハ普及区がこれに次ぐが、カドラ普及区には現在導入されていない。4普及区におけるグリーンハウスの面積は、過去3年間に10%ほど増加した。

3.3.5. 農業普及サービス

1993年現在、農漁省中央農業局には2,911の農場を担当する11人の普及員がいる。このことは1人の普及員が1年間に平均265農場を訪問することになる。同年の普及員の訪問回数は合計で3,104回である。訪問内容は野菜、畑作物、果樹、病害虫防除、土壌と灌漑及び肥料に関する技術普及サービスである。

3.3.6. 灌漑

(1) 水源

中央地域農業局管内では、1993年に843の枯渇した井戸と8,187の生産井があるとされている。アブダビ農業地域を除き中央地域農業局管内の枯渇した井戸の本数が既存井戸本数との割合において9%と高い(北部地域農業局管内では6%である)。こ

の割合は、1995年時点では、調査地域を中心とした著しい地下水位の低下により更に増大しているものと推定される。

中央地域農業局管内には、ア首連で2番目に多く発電機(6,585)とポンプ(3,956)を保有している。

調査地域の農家は農場内に平均6本の井戸を持っている。ダイード北部地区では、しばしば農場内の井戸の枯渇のため、2km以上の距離をパイプで送水している農場も見られる。それができない農家は農場を放棄している。

調査地域には、ファラジアルムアラ、ダイード、フィリに3つのファラージがあるが、現地調査期間中には、全く流量が見られなかった。

(2) 灌漑システム

調査地域において農漁省ならびに各農家は、農業普及並びに補助金の給付を通じて、近代的灌漑法の導入による灌漑水の節約に努力している。

農漁省の1993年の資料によれば、調査地域の約60%の農家が1つもしくはそれ以上の近代的灌漑法を導入している。近代的灌漑法としては、スプリンクラーが33%、バブラーが35%、点滴灌漑法が32%を占めている。

表 3.3.1. 調査対象地域関連町村の農家戸数と耕地面積、1994 年

Emirate	Agricultural Region	District*	Town / Village	Number of Farm Holdings	Cultivated Area (ha)	Cultivated Area per Holding (ha)
Ajman	Central Region	Dhaid-1	Al Nasim	22	73	3.3
Sharjah			Suhelah	20	46	2.3
			Dhaid	570	1,601	2.8
		Dhaid-2	Dhaid	292	1,148	3.9
			Wishah	577	1,728	3.0
			Hamdah	4	15	3.8
		Meleiha	Meleiha	91	321	3.5
			Bahayis	141	427	3.0
			Ikhedir	17	35	2.1
			Al Ghili	53	99	1.9
		Ras Al Khaimah	Khadrah	Melaiha Al Saqeera	38	92
Khadrah				14	20	1.4
Khudera				15	25	1.7
Umm Al Quwain		Falaj Al Mualla	Rashidiah	41	92	2.2
			Falaj Al Mualla	77	267	3.5
			Al Zarqa	25	104	4.2
			Al Nabkha	21	88	4.2
Total / Average				2,018	6,181	3.1

Source: Statistics Section, MAF

Note : * same as Extension Unit of MAF

表 3.3.2. 調査対象地域と関連 4 普及区の農家戸数と耕地面積、1994 年

District*	Number of Farm Holders			Cultivated area (ha)		
	District Total	the Study Area Total	Share of the Study Area	District Total	Study Area Total	Share of the Study Area
Dhaid**	1,700	1,485	87%	5,024	4,611	92%
Meleiha	730	302	41%	2,456	882	36%
Khadrah	426	67	16%	440	137	31%
Falaj Al Mualla	378	164	43%	1,209	551	46%
Total	3,234	2,018	62%	9,129	6,181	68%

Source: Statistics Section, MAF

Notes : * same as Extension Unit of MAF

** including Dhaid-1 & Dhaid-2

表 3.3.3. 調査対象地域の作物別推定作付け面積、収量および生産額、1994年

Crops	Area Cultivated		Yield (ton/ha)	Production		Value of Products		
	(ha)	Share in Total		(ton)	Share in Total	(Dh. X 10 ⁶)	Share in Total	Value/ha (Dh.)
[Vegetables]								
Squash	245.1	5.3%	28.6	7,248	3.7%	12,322	3.9%	48,697
Tomato	230.3	5.0%	27.0	6,353	3.2%	10,482	3.3%	44,617
Onion	108.1	2.4%	7.9	797	0.4%	917	0.3%	9,088
Sweet Pepper	82.9	1.8%	1.5	115	0.1%	219	0.1%	2,923
Parsley	76.4	1.7%	1.8	124	0.1%	185	0.1%	2,703
Eggplant	65.6	1.4%	38.0	2,492	1.3%	2,741	0.9%	41,770
Sweet melon	42.1	0.9%	20.6	900	0.5%	1,889	0.6%	43,250
Cabbage	32.8	0.7%	26.4	874	0.4%	962	0.3%	29,035
Okra	31.7	0.7%	10.6	331	0.2%	1,026	0.3%	32,842
Cauliflower	30.5	0.7%	22.2	701	0.4%	946	0.3%	30,000
Water melon	27.9	0.6%	21.2	572	0.3%	801	0.3%	29,677
Cucumber	22.2	0.5%	28.6	642	0.3%	2,150	0.7%	95,873
Bean	18.3	0.4%	15.1	292	0.1%	1,097	0.3%	56,541
Cowpea	14.0	0.3%	22.1	313	0.2%	877	0.3%	61,848
Radish	10.1	0.2%	19.6	208	0.1%	125	0.0%	11,764
Pepper	7.9	0.2%	10.4	95	0.0%	189	0.1%	20,583
Potato	6.7	0.1%	23.6	172	0.1%	371	0.1%	50,758
Jews mallow	4.9	0.1%	27.1	138	0.1%	234	0.1%	46,066
Carrot	4.6	0.1%	25.1	117	0.1%	164	0.1%	35,092
Turnip(Laft)	4.0	0.1%	30.4	123	0.1%	178	0.1%	44,144
Lettuce	3.7	0.1%	18.7	55	0.0%	82	0.0%	28,089
Other	87.9	1.9%	37.6	3,529	1.8%	-	-	-
Sub-total	1,157.8	25.3%	22.4	26,201	13.2%	37,957	11.9%	-
[Fruit Trees]								
Date Palm	1,095.4	23.9%	19.2	22,031	11.1%	77,109	24.1%	67,293
Lemon	270.5	5.9%	15.7	4,612	2.3%	10,146	3.2%	34,554
Mango	120.3	2.6%	6.4	794	0.4%	3,730	1.2%	30,104
Other Citrus	105.7	2.3%	11.8	1,318	0.7%	3,295	1.0%	29,558
Guava	62.9	1.4%	11.9	802	0.4%	2,445	0.8%	36,172
Fig	39.0	0.9%	4.8	196	0.1%	324	0.1%	7,881
Lime	23.1	0.5%	12.7	341	0.2%	852	0.3%	31,872
Grape fruit	14.3	0.3%	11.6	167	0.1%	366	0.1%	25,568
Pomegranate	12.7	0.3%	20.9	305	0.2%	1,160	0.4%	79,469
Grapes	9.0	0.2%	2.5	23	0.0%	93	0.0%	10,117
Almond	7.1	0.2%	3.0	20	0.0%	16	0.0%	2,357
Banana	3.6	0.1%	3.3	13	0.0%	29	0.0%	7,657
Other	61.7	1.3%	10.9	689	0.3%	-	-	-
Sub-total	1,825.3	39.8%	16.7	31,311	15.8%	99,567	31.1%	-
[Field Crops]								
Alfalfa	972.5	21.2%	90.9	91,708	46.3%	128,391	40.2%	127,203
Green fodder	625.7	13.6%	77.0	48,897	24.7%	53,787	16.8%	84,667
Tobacco	1.9	0.0%	8.7	24	0.0%	43	0.0%	15,661
Other	0.9	0.0%	20.0	18	0.0%	-	-	-
Sub-total	1,601.1	34.9%	85.4	140,647	71.0%	182,221	57.0%	-
Total	4,584.2	100.0%	44.2	198,159	100.0%	319,745	100.0%	-

Source: Statistics Section, MAF

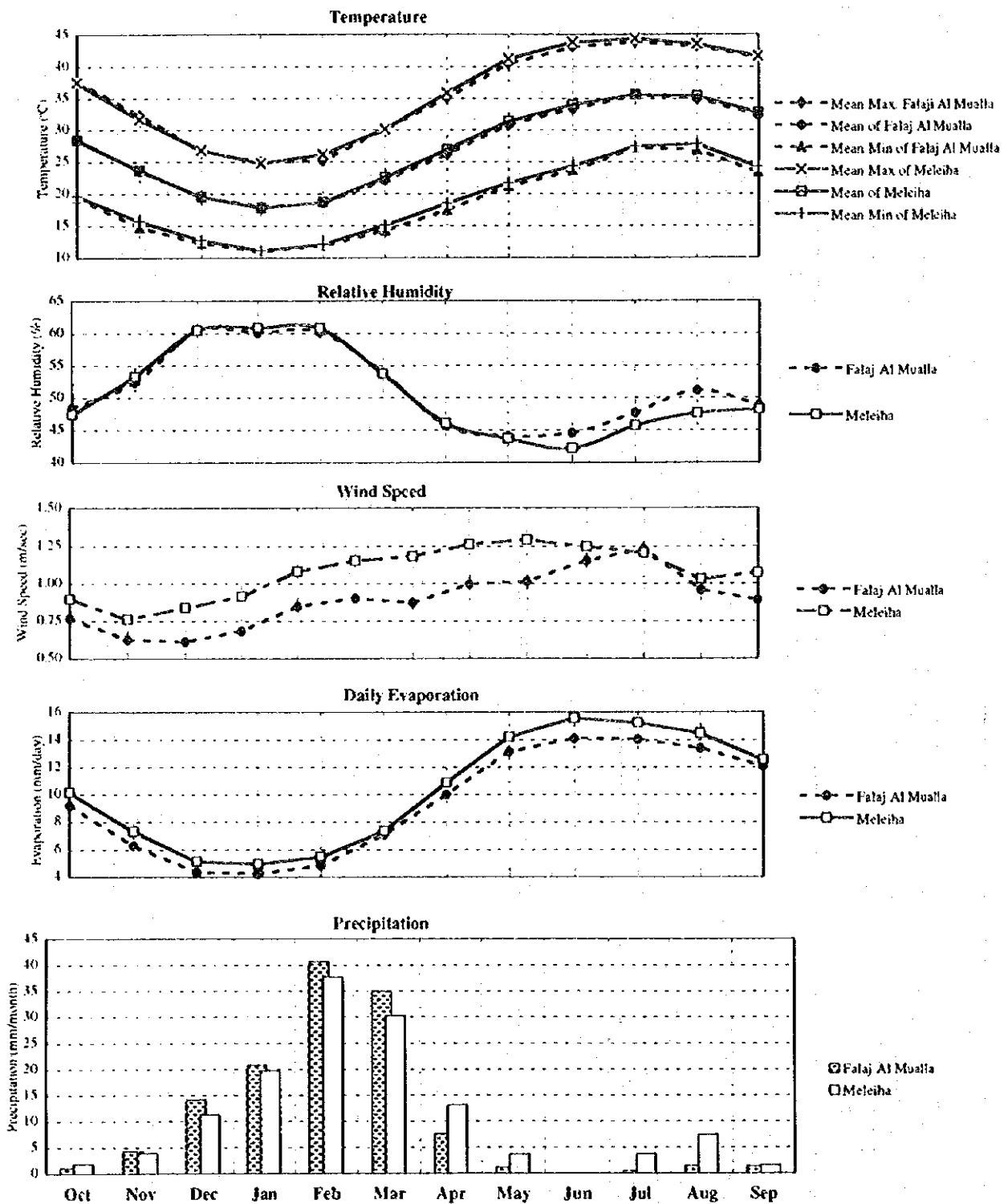


図 3.1.1. 調査対象地域の気象月別平均値

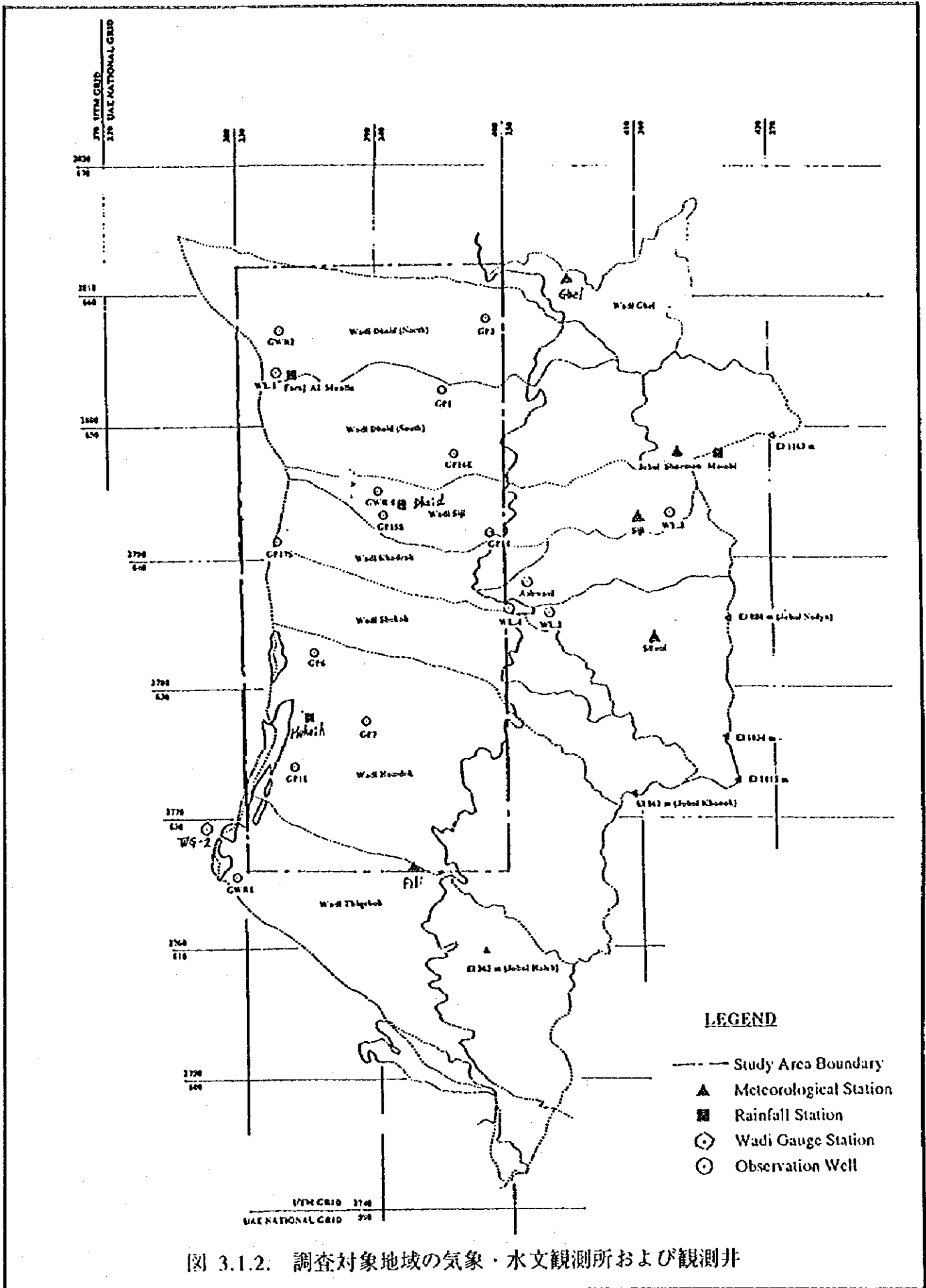
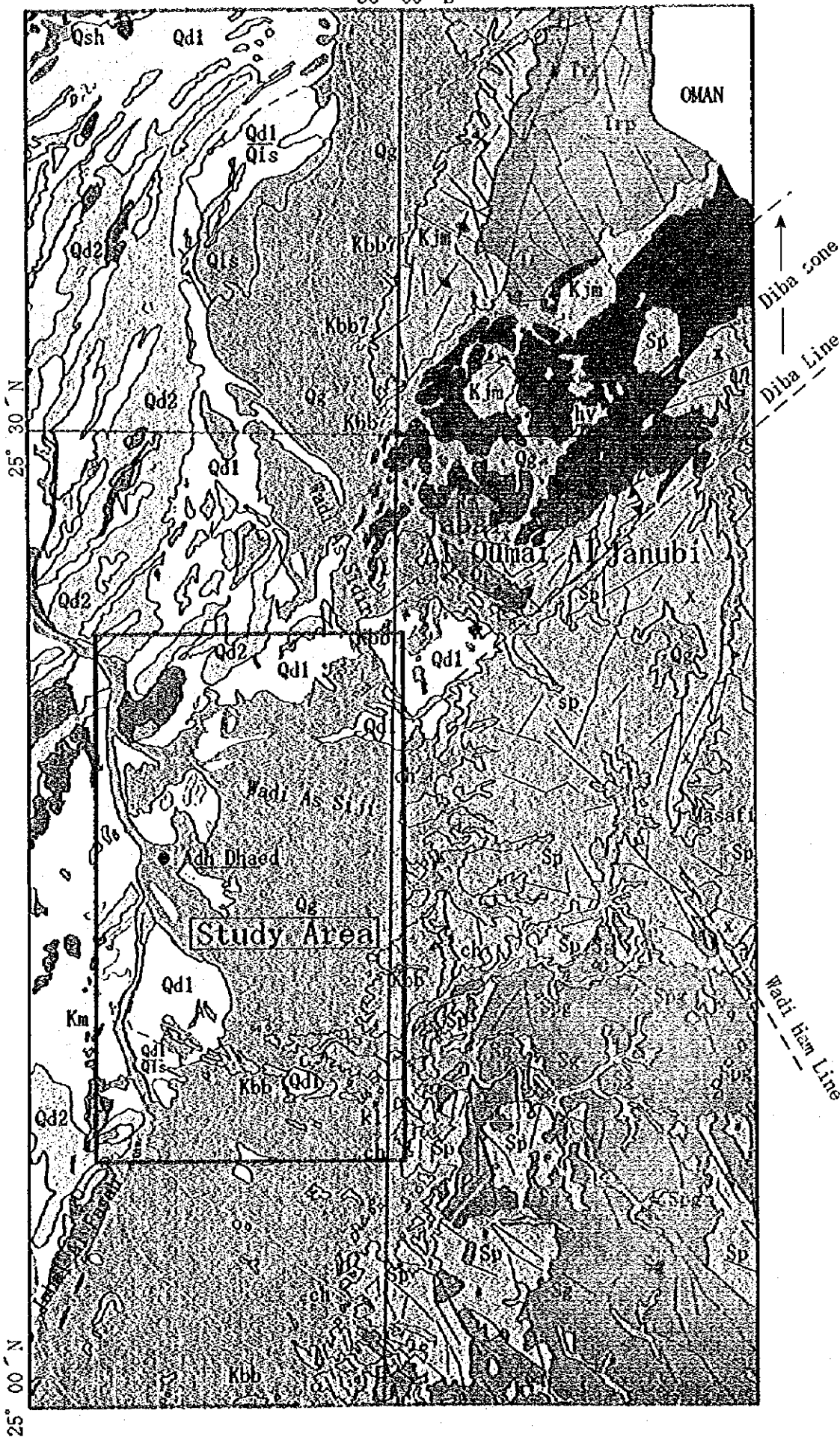


図 3.1.2. 調査対象地域の気象・水文観測所および観測井

56° 00' E



OMAN

Diba cone

Diba Line

Al Quma Al Janubi

Study Area

Wadi As Sijil

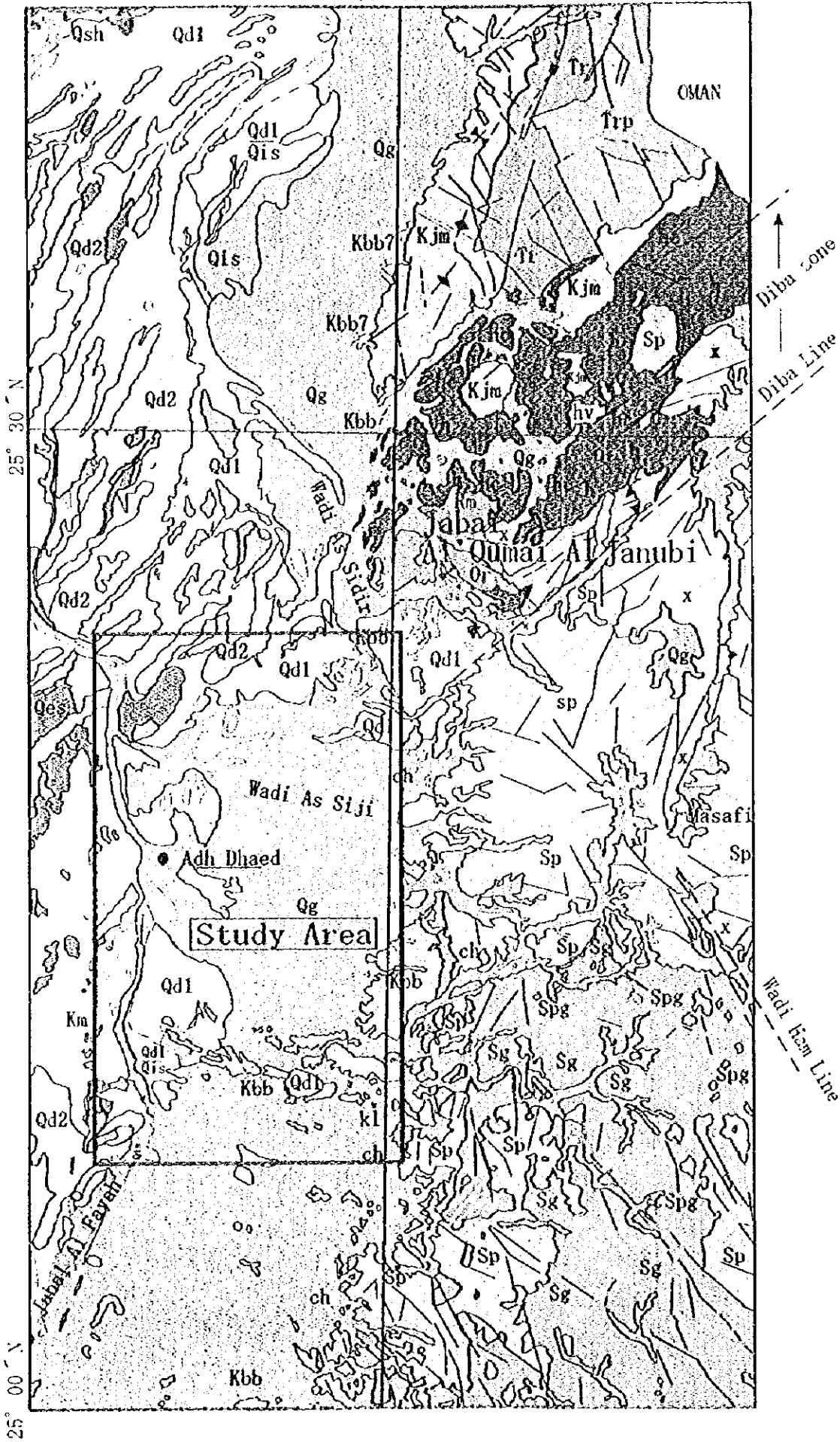
Adh Dhaad

Wadi ham Line

25° 30' N

25° 00' N

56° 00' E



25° 30' N

25° 00' N

Diba zone

Diba Line

Wadi Ham Line

Study Area

Wadi As Siji

Adh Dhaed

OMAN

Jabal Qumai Al Janubi

Masafi

Jabal Al Fayah

us and Par-Autochthonous units

Fluviatile deposits	Soulders gravel, sand and silt in drainage Channels and minor undifferentiated terrace deposits. Terrace and piedmont gravel beds, scree and outwash fans. Boulder to gravel size debris in a fine grained matrix, in places well cemented, local sand and silt interbeds	Holocene	QUATERNARY	
Coastal sabkha	Calcareous silt, muddy sand with considerable salt content, salt crusts, flooded by storm and spring tides	Pleistocene and Holocene		
Inland sabkha	Silt and muddy sand, flooded by wadi or rising ground water			
Desert plain deposits	Lag gravels, locally sand or silt, from low-lying flat or gently undulating surface with isolated dunes. May include areas of thin eolian sand cover, sabkha			
Eolian sand	Low dunes		JURASSIC to CRETACEOUS	
Eolian sand	High dunes			
Boulder beds	Pebbles, cobbles and boulders, principally of brown chert, gabbroic and ultrabasic rocks in a siliceous limestone matrix	?		
Limestone	White to buff, fine grained, porous, nodular weathering, contains fragments of chert, basic and ultrabasic rocks	Upper Cretaceous		
Maastrichtian Limestone	Brown, purplish, grey and white fossiliferous limestone, locally with nodular varieties, limestone conglomerate and reef deposits. Occasional chert bands and nodules. Minor interbeds of marl, mudstone and shale. Local thick basal conglomerate in Jebel Al Fayah area			
Musandam Group	Grey, massive to well bedded limestones, locally calcitic, fossiliferous, dolomitic with chert nodules			
Elphinstone Group	Limestone, dolomitic limestone, dolomite, shale, marl, siltstone, sandstone, local chert and conglomerate (fr)	Lower Jurassic to Lower Cretaceous		PERMO-TRIASSIC
Ru'us Al Jibal Group	Dolomite, dolomitic and argillaceous limestone and occasional shale (Trp)	Mid-Permian to Triassic		
Raxaq Formation	Limestone, dolomite, sandstone, marl and local shales outcropping in Jebel Al Qamar Al Janabi (Ra)	Ordovician		ORDOVICIAN
Rasa quartzite formation	Quartzitic sandstone and shale	Upper Cretaceous to Pre-Permian		
us units				
Gabbros	Coarse grained leucocratic and melanocratic varieties, commonly layered and with minor serpentinite zones; breccias, microgabbroic and pegmatitic types occur locally			
Gabbros and ultrabasics	Complex zones of gabbro with intermixed ultrabasic rocks			
Ultrabasics	Peridotite, serpentized peridotite and serpentinite, locally banded. Magnesite and thin chrysotile veins widespread. Serpentinite generally highly fractured, Silicified alteration products (ch) hatched			
eries				
Metamorphics	Quartzite, quartz schist, quartz mica schist, chloritic schist, bands of brown, buff and white crystalline marble. Local calc silicate rocks include amphibolite and epidote schist			
Chert/limestone facies	Maroon and greenish grey chert commonly well bedded, grey brown and white limestone, occasional green/grey and maroon shale, local volcanics (h) Larger areas of chert (hc)			
Volcanics	Mainly dark green intermediate and basic lavas, vesicular, locally porphyritic and in places with pillow structures, agglomerate and ? tuff beds			

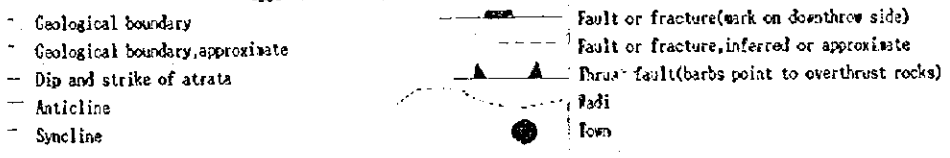


図 3.1.3. 調査地周辺の地質図

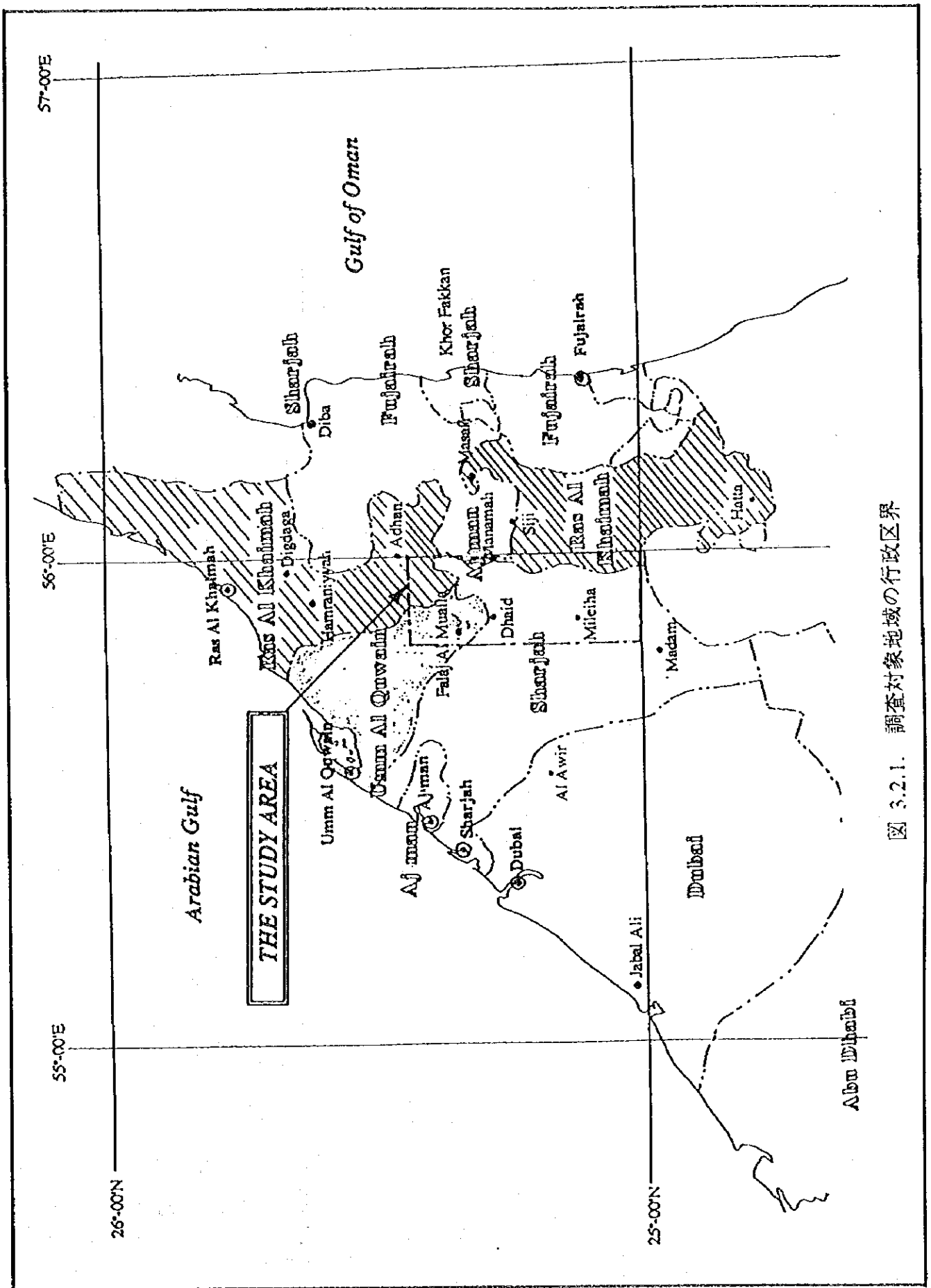


図 3.2.1. 調査対象地域の行政区界

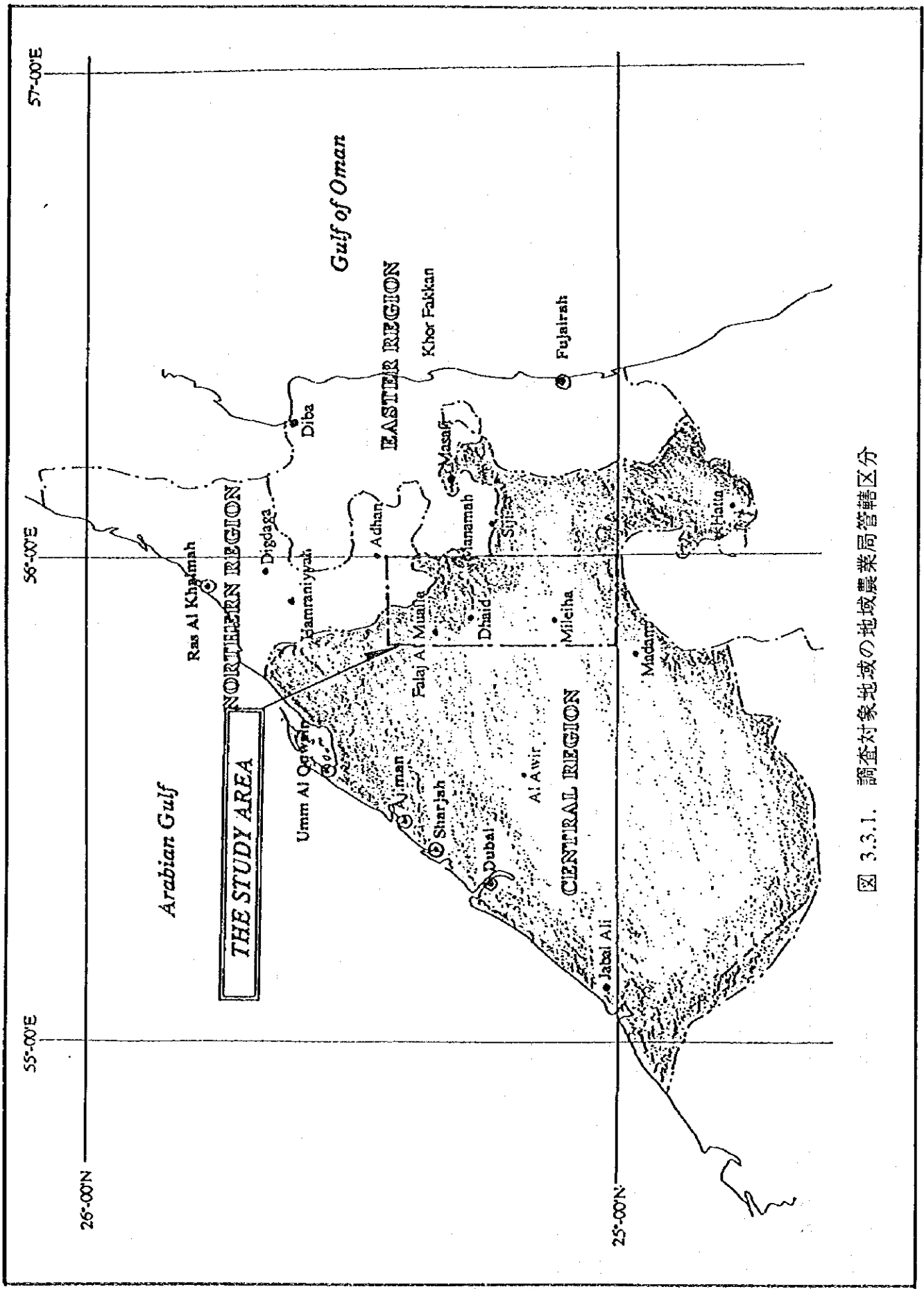


図 3.3.1. 調査対象地域の地域農業局管轄区分

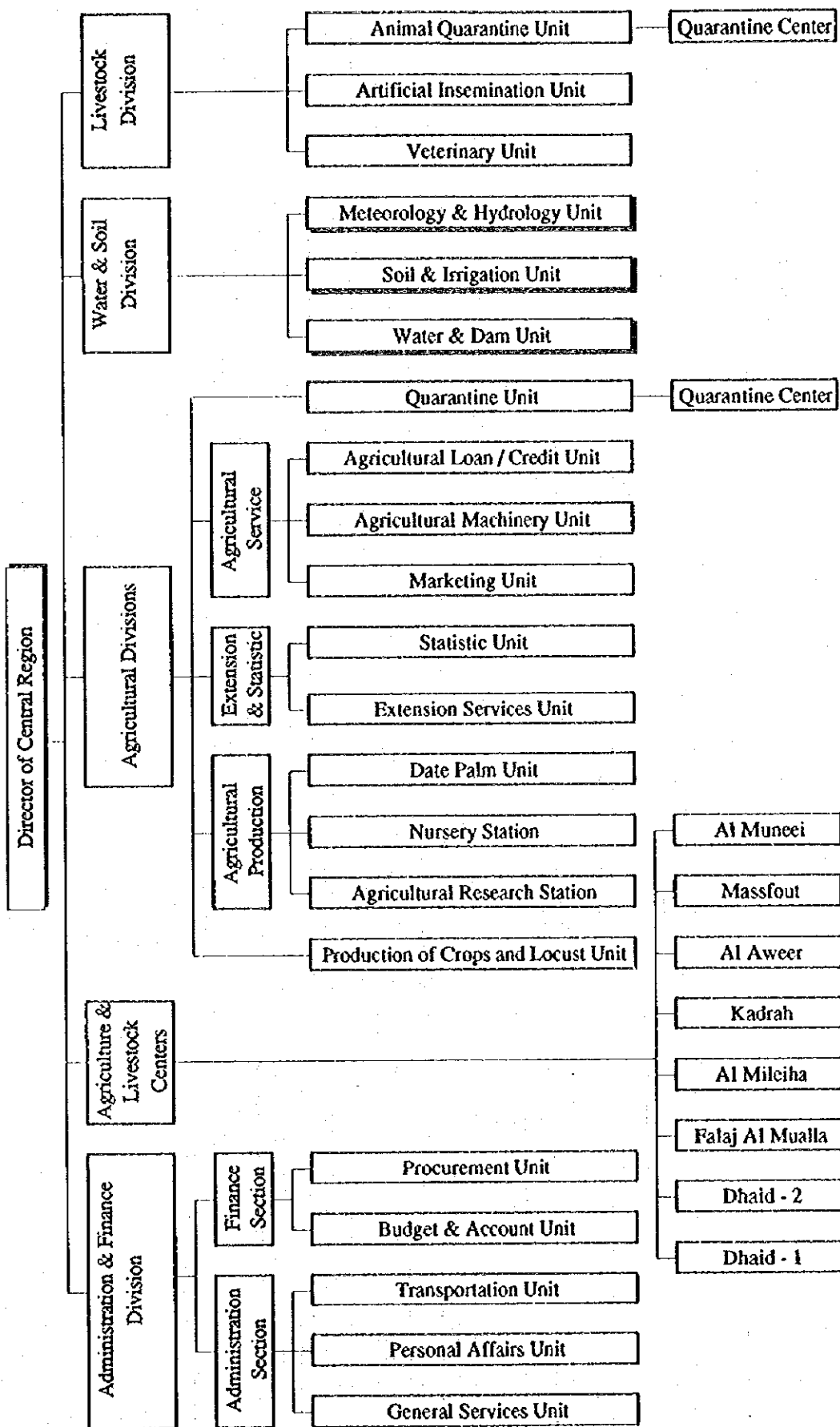
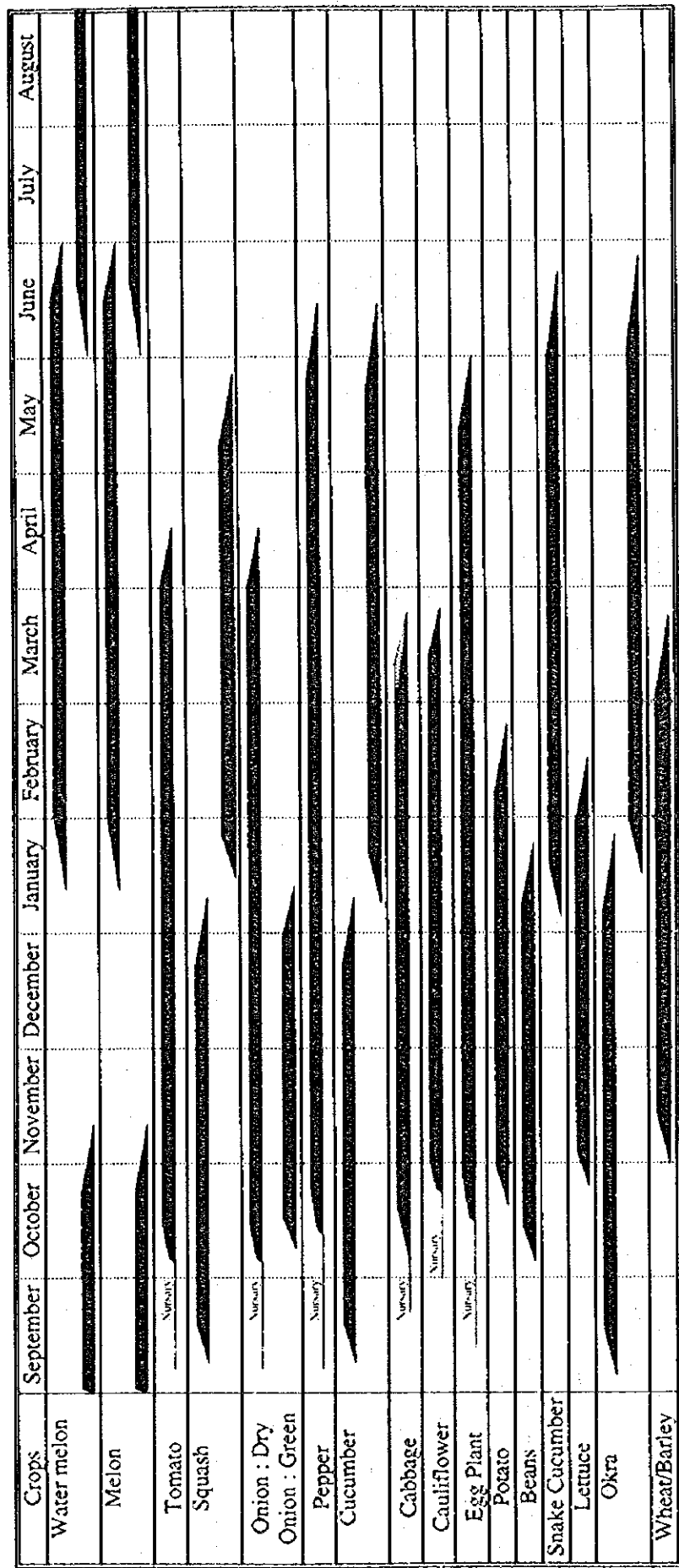


圖 3.3.2. 農漁省中央地域農業局組織圖



Source : FAO Technical Report 3. Cropping Pattern and Irrigation Requirements Central Region. UAE. May 1978

図 3.3.3. 中央地域農業局管内の主要作物作付け体系

第4章 調査と解析

4.1. 概要

調査は全体として、準備作業、現地調査(I)、国内解析(I)、現地調査(II)、国内解析(II)を含む5段階より構成された。

社会経済の現況を把握するため、多くの有効な資料が各機関及び農家インベントリー調査により収集された。農業と灌漑調査では、土壌調査及びインテイクレイト試験とともに、農民に農地及び現在使用している灌漑方法に関する聞き取り調査を実施した。また地下水開発の現状を把握し本地域における地下水開発後の予想される地下水位及び地下水ポテンシャルを明らかにするため以下の作業が実施された。

(1) 地形図作成

- 空中写真撮影によるオーソフォトマップ(1/10,000)の作成(再委託)

(2) 農業実態調査

- 農家インベントリー調査(再委託)
- 追補農家調査(調査団)

(3) 土壌灌漑調査

- 農家インベントリー調査(再委託)
- 空中写真判読(調査団)
- 土壌調査及びサンプル採取(調査団)
- 土壌室内分析(再委託)
- インテイクレイト試験(調査団)

(4) 社会経済調査

- 農家インベントリー調査(再委託)
- 不在農場所所有者調査(調査団)
- 追補農家調査(調査団)

(5) 地下水調査

- 農家・既存井戸インベントリー調査(再委託)
- 追補井戸地下水調査及び地下水サンプリング(調査団)
- 水質分析(農漁省)

(6) 水文地質地下水調査

- 地質踏査(調査団)
- 物理探査(調査団)
- 試掘及び電気検層(再委託)
- 空中写真判読(調査団)
- 試掘及び揚水試験(再委託)

- 浸透能試験（再委託）
- (7)環境調査（調査団）

以下の各節に調査結果を述べる。

4.2. 農家経済・既存井戸調査

4.2.1. 概要

(1) 実施体制

調査地域の農場の一般情報、作物生産、農薬肥料等使用、家畜飼養、農家経済、水利用、井戸情報等の収集を目的として、インタビュー形式による農家経済・既存井戸調査（以下「インベントリー調査」と呼ぶ）を、現地コンサルタント会社に再委託し実施した。この再委託調査の検証及び補足を目的として、調査団による農家、井戸、地下水利用調査も実施された。

インベントリー調査は、アラビア語及びウルドゥー語の話せる調査員を含む2名編成の2チームで実施された。調査は、平日の勤務時間内に実施され、チームの調査員の内1名は農民への聞き取りを実施し、他の1名は農場面積・栽培面積・井戸の記録を行う体制とした。調査は、現地の夏期休暇の期間と重なったが、7月末にほぼ現地作業は終了した。

(2) 調査農家の選定

中央地域農業局の統計資料によると、調査地域には、約2千の農家が存在するため、全農家の実態調査を限られた期間内に実施することは困難である。そのため普及員を含めた中央地域農業局スタッフとともに調査団は200のサンプル農家の選定を行った（推定総農家数の10%に相当する）。中央農業地域の普及区に準拠して、調査地域をファラジアルムアラ、カドラ、ダイード・1、ダイード・2、ミレイハの5地区に分割し、各々の調査農家数を設定した。前2地区では合計40農家、後の3地区には合計160農家を配分した。各地区においては、中央地域農地局の基準に従い、下表に示すように耕作面積の大中小の農場規模別に案分した。

調査農家の位置を図4.2.1.に示す。

調査区 (普及区)	推定合計 農家数	サンプル農家数				合計
		大規模	中規模	小規模	無回答	
ダイード *	1,485	58	41	0	1	100
ミレイハ	302	42	17	0	1	60
カドラ	67	6	5	3	1	15
ファラジアルムアラ	164	16	7	1	1	25
合計	2,018	122	70	4	4	200

注 *ダイードは、ダイード1、ダイード2を含む。

(3) 質問票

調査団は、農家調査に係る予備質問票を作成し、先ず20農家を対象とした試験調査を実施した。この試験調査の結果、質問票は現地の状況に即するように最終的に調整され本調査に使用した。調査は、中央地域農業局の担当普及員・請負業者の調査チームとともに実施した。最終質問票の調査項目としては以下のような項目を含む（質問票は、「第3巻：付属資料、5.2.3」参照）。

- 回答者の詳細（農場主もしくは被雇用者等）
- 農場主の詳細（氏名、部族・専業もしくは兼業など）
- 農場位置及び住所
- 農場主の家族構成（性別・年齢別・総家族数・農業専従者の数）及び被雇用者の員数、国籍など
- 農場関連（創業年・農場総面積・耕作面積等）
- 栽培関連（作物別作付面積・作付け及び収穫時期・生産量・販売量・販売単価・自家消費量等）
- 販売関連（仲買人・小売業者・組合・政府の買い取り機関等の生産物の販売経）
- 肥料・農薬・除草剤・労働力などの生産のための投入量額
- 畜産関連（飼育頭数・生産量・自家消費量・販売単価・生産費用）
- 農家経済関連（年間収入及び支出）
- 意向調査（農業に対する執着心・地下水及び灌漑に関する要望事項）
- 水利用状況（灌漑施設・灌漑時期・灌漑経費など）
- 井戸調査関連（井戸ポンプの詳細・使用目的・問題点・水質調査等）

4.2.2. 農家インベントリー

(1) 農場主及び家族構成（表4.2.1参照）

事前にインタビューの予定を連絡したにもかかわらず、農場主と面談できたのは、8.9%（17人）に過ぎなかった。

農場主の居住地の首長国別分布は、シャルジャ(35%)、アブダビ(22%)、ドバイ(18%)、

その他(30%)となる。

農場主家族の平均成人世帯員数は 5.94 人、平均子供(14 歳以下)世帯員数は 2.82 人、合計 8.76 人である。成人世帯員数に対して子供世帯員数がかなり少なくなっているが、カドラ周辺では、子供世帯員が 5.64 人いる反面、ダイード・2 周辺では、子供世帯員は 1.44 人であり、カドラ地区のわずか 1/4 となっている。成人世帯員数についてみてみると、5 地区の平均値は 5.13 人から 6.90 人の間にあり、子供世帯員数に比較してその変動幅は小さい。子供世帯員数の変動幅がかなりみられた結果の背景として、調査に対して農場主が回答者となることはほとんどなく、回答者の多くが農場労働者であったため、農場から遠く離れて住んでいる農場主の家族構成、特に幼児や乳児などを含む子供の数まで知らない回答者が大多数を占めたためと推測される。

(2) 農場労働者

農場あたりの雇用労働者数は、地域全体で平均 3.46 人となっている。地区別にみるとファラジアルムアラ地区では 4.39 人に対し、ダイード・2 地区では 3.17 人であり、一人以上の差が生じているが、各農場の広さや作付け作物の種類、作付け面積等とも関連していると考えられることから、それらのデータを含めた検討も必要である。

労働者の国籍をみると、5 地区の合計ではパキスタン人が最も多く全体の約 5 割(46.7%)を占め、次いでバングラデシュ人が 26.4%となり、2 カ国で全体の 3/4 を占めている。以下、インド人 11.5%、エジプト人 8.9%の順となっている。地区別にこれらのデータをみると、カドラ、ダイード・1、ダイード・2、ミレイハの 4 地区はパキスタン人が最も多いが、ファラジアルムアラ地区ではインド人が最も多くなっている。

農場労働者の平均月給は、地域平均で Dh.814(US\$ 223)となっているが、最も多いダイード・2 地区の Dh.882 に対して、ダイード・1 地区では Dh.783.72 となり、約 Dh.100 の差がある。また、ダイード・2 地区では地区の最高及び最低月給の両方がみられ、おのおの Dh.1,600、Dh.400 と 4 倍の格差がある。

一日あたり労働時間は 5 地区平均で 9.60 時間/日となっているが、最も少ないダイード・2 地区と最も多いミレイハ地区では 2.49 時間/日もの差がある。労働時間の多いミレイハ地区の給料は、5 地区の中では 2 番目に少なく、労働時間と給料の多寡には明確な関係はないようである。また、ミレイハ地区では 18 時間に及ぶ労働もみられるが、農場に住み込んで働いている条件下では、労働そのものの定義も難しく、回答者の捉え方にも左右されると考えられる。

(3) 農場面積

農場当たりの平均栽培面積は 4.1 ha で、これは政府統計値 (3.1 ha) より大きい (表 4.2.1.)。政府統計値は調査地域に含まれるカドラ、ダイード・1、ダイード・2、ファラジアルムアラ、ミレイハの 5 つの中央地域農業局普及事務所が、管轄下の全農場について毎年収集する農業データで、政府農業統計の基礎データとなる。この結果からすると、インベントリー調査対象の農場は、調査地域の平均規模よりやや大きい農場が選ばれたものと考えられる。

(4) 作物生産

インベントリー調査による調査地域の 1994 年の作物別栽培面積は、野菜が全栽培面積 (519 ha) の 10% を占め、果樹が 60% を、畑作物が 30% を占める (表 4.2.2.)。作物別の栽培面積はデーツが全面積の 37% を占め最大で、アルファルファ (16%)、ローデスグラス (9%) がこれに次ぐ。

栽培面積よりみた主要野菜は、西洋カボチャとトマトで、ナス、スイートメロン、カリフラワーとなる。主要果樹はデーツで、レモン、マンゴーがこれに次いだ。畑作物は牧草で、アルファルファが最も多く、ローデスグラス、メサブレオン (現地名: ミシプロ) がこれに次ぐ。

(5) 家畜生産

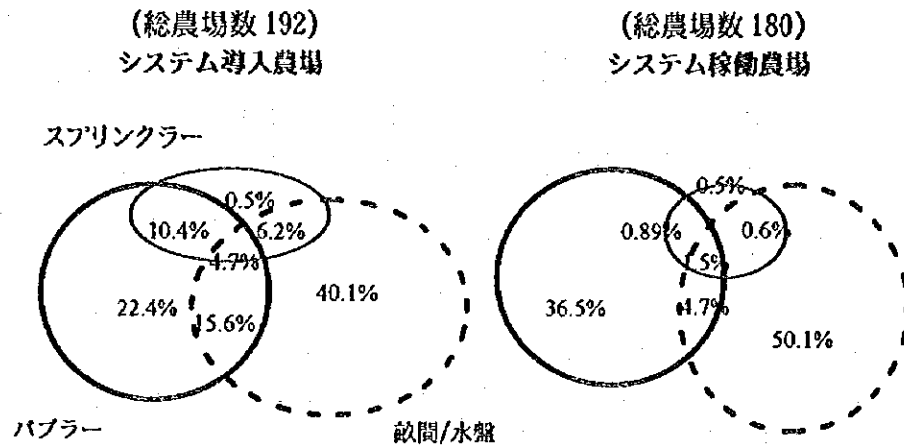
調査した 184 の農場で 1994 年に飼育された主要家畜は、山羊、羊、牛、鶏、ラクダで、それぞれ 54%、45%、35%、20%、18% の農場で飼育されていた。飼育農場の平均飼育頭数は山羊が 67 頭、羊が 69 頭、牛が 19 頭、鶏が 58 頭、ラクダが 23 頭であった (表 4.2.3)。飼育目的はほとんどが自家消費で、1 飼育農場当たりの年間自家消費量は、山羊が 22 頭、羊が 34 頭、牛が 4.3 頭、鶏が 16 頭、ラクダが 1.5 頭であった。

(6) 灌漑調査

灌漑調査及びインベントリー調査結果において明確になった点は、以下のとおりである。

- a) 調査地域における農場は、ほとんど深井戸を水源として、浅井戸はあっても使用していないか水位の低下等のため使用不可能である。ファラージは、灌漑水源として利用されていない。調査対象の農場は、平均 6 本の深井戸を持ち、その内 55% が使用されている。浅井戸はミレイハ地区を中心に合計 22 本存在するが、使用されているのはその 32% にしかない。
- b) 下記に示すように、果樹栽培用にバブラー 50%、その他の作物のため 20% のスプリンクラー及び点滴灌漑など近代的灌漑法を調査対象農場は導入している。

普及率は、ダイード地区で高い。しかしながらそれらのフィルター、注入装置、排砂装置などの必要な付帯装置を完備している農場は少ない。



- c) 調査対象農場のほとんどは灌漑水不足を感じており、ダイード地区以外では灌漑水による塩害をも被っている。
- d) 第一次現地調査期間は、夏季であり、飼料作物及び果樹作物の灌漑のみが主に実施されていた。それらの灌漑実態は、灌漑効率を上げるためほとんどの農家で日中の高温時間帯では灌漑されていないが、一部の農場ではこの高温時にもスプリンクラー灌漑が行われていた。

FAO の計算法に基づき計算した 196 農場の総消費灌漑水量は約 650 万 m³ で、ha 当たり約 12,600m³ と推定された。作物別には野菜が 2%、果樹が 62%、畑作物が 36% を占めた (表 4.2.2.)。消費水量はデーツ (43%) が最大で、アルファルファ (21%)、ローデスグラス (11%)、レモン (7%)、メサブレオン (5%) がこれに次いだ。

(7) 農家経済

純収益は野菜が全体の 7.3% を、果樹が 14.1% を、畑作物が 78.6% を占めた (表 4.2.2.)。196 農場の純収益は Dh.6.8 百万 (US\$ 1.9 百万) で、1 農場当たり約 Dh.35,000 (US\$9,600) であった。作物別純収益はアルファルファ (63%) が最大で、メサブレオン (8%)、ローデスグラス (8%)、デーツ (8%)、トマト (7%) がこれに続く。

(8) 農業実態補足調査

a) 施設栽培調査

節水高収益農業として施設栽培の実態を明らかにするために、調査地域及びアラインの先進農家のキュウリ、スイートメロン、モロヘイヤの栽培実態を調査した。その結果、ha 当たりの純収益 (出荷費及び市場使用費を除く) はモロヘイヤが

Dh.22,465、キュウリが Dh.122,691 (ダイード) 及び Dh.225,185 (アライン)、スイートメロンが Dh.103,056 で、消費水量 1m³ 当たりの純収益もそれぞれ Dh.11.89、Dh.64.57、Dh.47.02 及び Dh.28.10 で、施設栽培は露地栽培に比べ、純収益が大きく、かつ節水できることが明らかになった。

b) アルファルファの生産実態

アルファルファは調査地域における最大の収益作物で、その収量も著しく高いので、その実態を確認するために、カドラのアルファルファ生産2農場を訪問し、聞き取りと作柄実測調査を実施した。その結果は以下の通りである。

A農場の総作付面積は 3.9 ha、畦畔・農道・水路面積を除いた実作付面積は 2.6 ha (総面積の 68.6%) であった。年間 13.6 回刈り取り、年間生草収量は、実面積当たり 171 ton/ha で、総面積当たりでは 117 ton/ha であった。また実面積あたりの年間粗収益は Dh.89,321/ha、総面積当たりでは Dh.61,251/ha であった。

一方、B農場の総作付面積は総計 3.7 ha で、畦畔・農道・水路面積を除いた実面積は 2.3 ha (総面積の 62.8%) であった。年間 13.6 回刈り取り、実面積当たりの年間生草収量は、167 ton/ha で、総面積当たりでは 105 ton/ha であった。また実面積当たりの年間粗収益は Dh.69,088/ha、総面積当たりでは Dh.43,366/ha であった。ha 当たりの収量は両農場とも統計値に比べて高かったが、ha 当たりの粗収益は単価の違いから (A農家 : Dh.0.50/kg, B農家 : Dh.0.38/kg, 統計値 : Dh.1.40/kg) 両農場とも統計値の約 1/4 と低かった。このように極端な単価の差は、売り渡し方法の違いによるものである。すなわち、両農場とも、その販売方法は作付け前の契約栽培で、作柄の出来、不出来は仲買人のリスクとなっている。

4.2.3. 井戸インベントリー

井戸インベントリーに係る調査項目は、農家調査と重複するものを除くと以下のとおりとなる。

- ・井戸位置 (集落、座標)
- ・建設時期、使用期間
- ・井戸深度、ケーシング、スクリーンの仕様
- ・揚水ポンプの位置、形式
- ・湧出量、水質、地下水頭
- ・使用目的、他

これら調査の数量は下表のとおり要約できる。

調査区 (普及区)	井戸数 農家数	井戸数	農家井戸数 (min-max, m)	農家井戸数 (平均, m)	井戸深度 (min-max, m)	井戸深度 (平均, m)
ダイド	100	496	1-18	4	30-609	250
ミレイハ	60	306	1-24	4	24-350	80
カドラ	15	140	1-8	3	9-200	50
ファラジアルムアラ	25	192	1-17	6	30-365	130
合計 (平均)	200	1134	-	(4)	-	(130)

井戸建設は1960年代から行われるが、多くは1980~1990年に集中する。建設後の稼働期間は閉鎖された井戸の平均でみると7年程度となる。また井戸の多くはケーシングのない裸孔でありスクリーンを併設しているものは少ない。揚水ポンプは井戸の最下部に設置しているものが多く平均的に130m程度の深度となる。ポンプの形式は水中モータポンプがほとんどであり、湧出量は0.5~5 lit/sec (吐出径1~3インチ)と算定されるが、特にダイドで少なく0.5~2 lit/sec (吐出径1~1.5インチ)となる。水質は500~10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と幅広い範囲で認められ、特にミレイハ、ファラジアルムアラでは塩化が報告される。また水頭及びこれに伴う水量の減少に関する懸念も回答中に多く認められた。

4.3. 水文地質調査

4.3.1. 物理探査

本調査の第一の目的は、調査地域の地層の構成及び断層或いは破砕帯を検知することであった。また第二の目的は、これらの情報から帯水層の構成を明らかにし、地下水盆の不透水基盤のマッピングを行うことにあった。探査法はこの目的から、過渡現象電磁法 (TEM 法垂直探査) 及び自然ガンマ線探査を採用した。物理探査測点は、地域全体をカバーできかつ既存の調査の成果 (IWACO, 1986) を探査結果の解析に利用できる地点とし、TEM 法垂直探査で131点、また自然ガンマ線探査で805点の探査を実施した。

TEM 法の測定点は調査地域を横切る5本の測線上にほぼ1 km 間隔で配置し、4 測線は調査地域を西北西から東南東に、また5 番目の測線は調査地域の中央を通る南北に伸びる測線とした。また自然ガンマ線探査の測点は TEM 法探査の予備的な解析結果に基づいて設定し、5本の自然ガンマ線探査を TEM 法探査測線に沿って20 m 毎に設けた。

TEM法の測定結果はまず1次元インバージョンによって解析を行った。これは水平多層構造を仮定し、地表から地表下600mまでを深度とともに層厚が対数的に増える19の層と仮定したモデルであり、測定結果を最も良く説明するモデルの比抵抗値を最終解析値とした。これらのインバージョン解析の結果は比抵抗断面図及び比抵抗平面図として描画し、これにより水平4層構造インバージョンの初期モデルの検討を行った。最終的には、全測点を3～5層構造モデルで解析して比抵抗層区分図を作成し、地質ボーリング、試験井戸掘削の結果との対比を行った。

自然ガンマ線探査は、各測定点において ^{40}K 、 ^{232}Th 及び全ガンマ線計数値を記録し、各ガンマ線計数値と2つの計数値比の統計処理から異常帯の検出を行った。

TEM法垂直探査の結果は、調査地域のほとんどの測定点で高比抵抗・低比抵抗・高比抵抗と変化する比抵抗層を観測し、多くの測点で4層構造で解析可能となった。これらは、それぞれ第1及び第2比抵抗層が上部帯水層、第3比抵抗層が粘土層(加圧層)、また第4比抵抗層は下部帯水層に対比できる結果となった。自然ガンマ線の結果は50箇所で見いだされ、これらの内数カ所は比抵抗分布から想定される垂直構造の地点と一致した。

4.3.2. 試掘

調査の一環としてコア・ボーリング及び試験井戸の掘削を行った。コア・ボーリングは調査地域の地質層序の探査と構成岩の物理的性質及び透水性状を把握する目的で行った。試験井戸掘削は、帯水層の広がりや規模の確認、水理的な性質の探査を目的とした。コア・ボーリング孔の位置は、上記の目的に従い①限られた掘削地点で最も効果的に調査地域の全層の地質構造を探査できること、②過去の地質調査との対比が可能であり、既存データが利用可能であること、③事前に実施した物理探査との対比が可能な地点であること等を考慮して決定した。これらの要件に最もあてはまる箇所として、調査地域の中央部を東西の横断する物理探査測線(C測線)上の2地点を選定した。

一方、試験井戸の地点の選択は、①物理探査また過去の地下水調査から豊富な地下水が湧出する地点であること、②既存の観測井が周辺になく、将来のモニタリング網(観測井網)の要素となりうる地点であること、③将来開発が期待される下部地下水層に到達できる地点であることを考慮して選定した。下表に本調査で掘削したコアボーリング孔及び試験井戸の諸元を要約する。

ボーリング 孔井戸	掘削タイプ	掘削地点	UTM (N)	UTM (E)	掘削深度 (m)	掘削地点の標高 (m)
B1	コアボーリング	イデル	2778548	393803	200	180
B2	//	ミレハ	2780638	389518	300	154
PW1	揚水井	ダイト	2793594	397342	600	182.60
PW2	//	ケデラ	2785600	394300	150	177.86
OW2	観測井	ケデラ	2785600	394300	70	177.96
PW3	揚水井	ミレハ	2782369	391000	300	162.52
OW3	観測井	ミレハ	2782369	391000	250	162.32
OW4	//	ファラジアルムラ	2805856	386558	300	110
PW4	揚水井	ママ	2802981	391257	350	131.55
PW5	//	アハ	2771060	387299	300	178.10

掘削の結果から、調査地域の層序は次の4層に区分できる。表層から20 m程度まではルーズな砂礫層(第1層)が認められ、この下部には固結した砂礫層が100 m程度連続する(第2層)。これの下部層は泥灰岩、粘土、頁岩、粘土層を挟在する石灰岩が数10 mから100 m以上の厚さで認められる(第3層)。また最下層は、礫岩層の混入する石灰岩または苦灰岩層及びオフィオライトで構成される(第4層)。

また、各層の透水性はコアボーリング孔のルジオン試験及び試験井戸における揚水試験で把握を試みた。ルジオン試験の値は、試験中の孔崩壊で試験のできなかったB2孔最下部及び砂礫層からなるB2の最上部をのぞき、概ね1ルジオン以下を示す。これらは透水係数でほぼ $k = 1 \times 10^{-3} \sim 10^{-1}$ cm/sec にあたり、これは後述する加圧層または帯水層中の難透水層の透水性に匹敵する。

また、揚水試験で求めた透水性量係数、は難透水に近いもの(OW4)から290 m³/day(PW4b)までの値が観測された。貯留率は、 $2 \sim 3 \times 10^{-3}$ の値が得られた。表4.3.1にこれらの揚水試験の結果を既存井戸の値と一緒に示す。

コアボーリング孔及び試験井戸の両方で物理検層を実施した。地層検層(ヤウ検層、ガンバ検層、速度検層、密度検層、中性子検層)と地下水検層(温度、電気伝導度、溶存酸素濃度、酸化還元電位)の2種を行い、前者は地層の判定及び物理探査との対比に利用し、後者は地下水層の性状把握及び水質の判定に用いた。また物理検層の結果から推定される地層の間隙率は5~40%を示す。

4.3.3. 水質

調査地域の水質は電気伝導度(Ec)の分布からその概要が理解できる(図4.3.1.)

参照)。電気伝導度 (Ec) は 1,000~10,000 μ S/cm と広い範囲で分布するが、その値は、東側山地部で小さく西方の風成砂丘部で大きくなる。この山地部の低伝導度域はワチ流路に沿った張り出しとして認められ、上部の帯水層では南部のワチ・ハムダア~ワチ・ティクバアに沿う地区で広く分布する。また下部の帯水層 (深度 100 m 以下) では、ワチ・カドラ~ワチ・シジ~ワチ・ダイードに沿う地域で同様の低伝導度域が観測される。

水質の垂直方向の変化はコア・ボーリングまたは試験井戸で行われた地下水検層で観察される。深度方向に明瞭な水質の変化が認められ、概して下部に向かい伝導度は高く、また溶存酸素イオン濃度及び酸化還元電位は小さくなる。

調査地域の地下水の地球化学的性質を知るために、主成分分析の結果をパイバーダイアグラムとステッフダイアグラムに表示した (図 4.3.2 及び 4.3.3 参照)。本地区の地下水はその大部分が「アルカリ非炭酸塩」の領域に区分されるが、一部に「アルカリ土類炭酸塩」の領域が認められた。パイバーダイアグラムに示される成分比をみると、以下の 2 種の組成が識別できる。

Aグループ (アルカリ土類炭酸塩領域; Carbonate hardness 領域) : 山地流域からバハダ平原上流部に分布するもので、オフィオライト岩類に滞留する地下水である。

Bグループ (アルカリ非炭酸塩; Non-carbonate alkali 領域) : バハダ平原を流下するの地表水から直接涵養を受けたもので、バハダ平原の全域に分布している。本地区の地下水の大部分はこのタイプにあたる。

ダイアグラム上の分布をみると A 領域または B 領域の各々から塩水への移行が認められ、両領域の間にはこれらの中間的組成 (A-B タイプ、図 4.3.2 参照) も認められる。

試験井戸から採取した 5 試料について飲料水項目で試験を実施したが、中~南部域 (PW2, 3, 5 の 3 井) の試料の幾つかの項目に WHO のガイドラインを越しているものが認められる。特にクデラ (PW2 井)、ミレイハ東部 (PW3 井) では、フッ素の濃度が高く最大 14 mg/lit. が検出される。フッ素に対する各国の基準が 1.0 mg/lit. であることを考えると、かなり大きな濃度と言わざるを得ない。六価クロムはクデラ (PW2 井) で、鉛は南部域 (PW5 井) で検出されるが、いずれの地点もオマーン山地に近く、検出された重金属類はオフィオライト中に滞留する地下水に普遍的に含まれていることが考えられる。これらに地域では、バックグラウンドとして六価クロム及び鉛を含むと判断できる。一方、調査地域の北部、つまりダイードより北部の地域 (試験井戸 PW1, 4 の試料) から得られた試料は飲料用として安全な水質を維持している。

4.3.4. まとめ

(1) 地 形

空中写真判読図(図4.3.4参照)に示したとおり、山地にはオフィオライト、山地前縁からバハダ平原にかけては石灰質岩(石灰岩、チョーク、苦灰岩、泥灰岩、泥灰岩質礫岩)、またバハダ平原には砂礫からなる洪水堆積物が分布する。

バハダ平原は単調な起伏の少ない地形を示し、現ワチ河床、旧扇状地、段丘及び砂丘などの地形区に細分される。現ワチ河床は洪水時に流水の認められる地域であり、表層は非常に淘汰の悪い砂礫に覆われる。一方、旧扇状地及び段丘はこれの周囲により高い比高で認められ、その地形的な広がり分布の特徴から旧扇状地または段丘に区分される。しかしながら、旧扇状地または段丘とも成因は同じと考えられ、いずれも更新世の高海水準かつ多雨期に形成されたもので現在の扇状地よりはるかに大きな規模を持つ。また調査地域の西部～北西部の流水のおよばない地区は、一様に砂丘に覆われる。

調査地域内の主要ワチは6流域が認められる。南から、それぞれワチ・ティクバア、ワチ・ハムダア、ワチ・シヨウカ、ワチ・カドラ、ワチ・シジ、ワチ・ダイード、ワチ・ゲイルと呼ばれる。これら全てのワチは、山地からバハダ平原にでる数 km の間で流路を著しく減じ、網状の流路と変化する。この地形的特徴は、調査地域の地下水の涵養がこの狭い区間に集中的に起きていることに由来すると思われる。調査地域の地下水涵養はこのワチ流路幅が急激に減じる山地からバハダ平原にかけての地区に集中的に生じ、中でも流域面積の大きいワチ・カドラ、ワチ・シジの流路は調査地域で最も有力な涵養地区とみられる。これらの涵養域はいずれもダイードの南東に位置し、ここで涵養した地下水がダイード地区の灌漑農業の水源となっている。

またこれ以外の段丘、旧扇状地、砂丘などではほとんど地下水涵養は生じない。砂丘に降る雨はそのほとんどが砂丘下部の難～不透水層の上部で保持され、乾期に蒸発散によって失われる。

(2) 地 質

物理探査、コア・ボーリング、試験井戸掘削及び既存井戸の成果を総合すると、調査地域の地層、岩相は以下の層序に対比できる。

地質時代	層序区分・地層名	主構成層	比抵抗層
完新世	表層堆積物	礫層、砂礫層、砂・	第1比抵抗層 (平均 100 ohm-m)
	現世沖積層、	粘土混り砂礫層	
	崖スイ堆積物	(一部固結)	
更新世-新第三紀	ファム累層、	固結粘土層、石灰岩層、	第2比抵抗層 (平均 50 ohm-m)
	上部ファム累層、	泥灰岩層、石灰岩質礫	
	ガッラ累層	及び石灰質砂層	
古第三紀	カムラトマ累層	頁岩、石灰岩層、	第3比抵抗層 (平均 <10 ohm-m)
	カラア累層、	泥灰岩層、砂岩層、	
	ファム累層、	苦灰岩、砂礫層	
	同上 (始新世頁岩卓越層)		
上部白亜紀、 (マストリヒト階～ミオセネ階)	アラ層群 (ジュエツラ累層他)	マツゲ層または 蛇紋岩層含む石灰質岩層、 礫岩質層、泥灰岩質及び 頁岩質層、苦灰岩質層	第4比抵抗層 (平均 20 ohm-m)
白亜紀 (マストリヒト階) ～先二畳紀	シール・ワラバ岩類	ワラバ、塩基性岩類、 超塩基岩類	第4比抵抗層 (平均 20 ohm-m)

TEM 探査における層構造の解析結果 (比抵抗層区分) は、ダイード付近を除き上表に示した地層の構成にほぼ一致する。比抵抗層区分と試掘 (コアボーリング、試験井戸) 結果の対比を行い調査地域の地質断面図及び地下地質図を作成した (図 4.3.5 及び 4.3.6 参照)。これらの層序対比で区分した地質単元は、以下に述べる特徴を持つ。

最上部の沖積層 (第1比抵抗層) :

広く調査地域を覆い、層厚は平均 20 m 程度であり、ダイード、ミレイハ東部の旧ワチ流路に従って深度を増す。

更新世～第三紀層 (第2比抵抗層) :

本層の基盤は調査地域の中央部の基盤隆起部で分断される。それぞれ北部域 (ダイード地区) と南部域 (ミレイハ地区) に分かれ、最大 200 m の層厚を有する。第1比抵抗層と第2比抵抗層の2層が上部帯水層に対比される。

古第三紀層 (第3比抵抗層) :

本層の堆積盆は調査地域の北西に向い、またオマーン山地とジャバル・ミレイハに挟まれる中部～南部で薄くなる。特に、北西端のファラジアルムアラで急激に深度を増し、層厚 300 m 以上に達する。この古第三紀層が加圧層となる。

先白亜紀層（第4比抵抗層）：

アムラ層群またはシメール・オフィオライト岩類に対比される。TEM 探査の結果でみるかぎり垂直構造が卓越し、試掘の結果においても各掘削地点での岩層の変化は著しい。アムラ層群は浅海性の粗粒堆積物（このうち礫岩層が「ジュエイザ層」に対比される）からなる現地性の堆積物から主として構成され、またオフィオライト岩類からなるメランジェ層（異地性岩体）も多く含まれる。各岩相の一般的な構造は北北東—南南西方向に伸張し、南北性及び北東—南西方向の断層で分断される特徴を有する。

既往の調査では本調査地域の主要帯水層は、「ジュエイザ層」であるとされていた。しかしながら、これら帯水層の構成メンバーは明確には記載されず、層序的な位置付けも十分になされていなかった。これは調査地域にはジュエイザ層は、地表に露出せず、井戸掘削のカッテング試料の中のみ見いだされていたことに起因する。本調査では、コア・ボーリングでこれら各層の層相とともに、物理探査と試験井戸掘削の成果から地域的な広がりを確認した。この確認結果を、地下地質図及び地質断面図に岩相の分布として示した（図4.3.5及び4.3.6参照）。

(3) 水文地質及び地下水

調査地域の帯水層は、沖積層～更新世の砂礫層及び砂層からなる上部帯水層と白亜紀の礫岩・石灰岩からなる下部帯水層の2層に区分できる。またこれらの帯水層間には古第三紀の頁岩を主体とする加圧層が挟まれる。

上部帯水層：

その上部の層準（沖積統）では不圧帯水層の特徴を有するが、下部に向い石灰質及び苦灰質物質でセメンティングされることが多くなり、また粘土層も多く挟在する。本層下部は、これらの難透水層に由来して局所的な半被圧層となる。透水性及び貯留率は、下部帯水層と比べ大きく、透水量係数は平均 $85 \text{ m}^2/\text{day}$ を貯留率は平均 0.004 を示す。

加圧層：

調査地域の全域にわたり不透水性の頁岩層を含むことで特徴づけられる。通常は頁岩・石灰岩、苦灰岩などからなる互層を呈することが多く、透水係数は $1 \times 10^{-5} \sim 10^{-1} \text{ cm/sec}$ の範囲にある。一方、古第三紀の堆積盆深部に位置するファラジアルムアラ地区では厚い頁岩層が観察される。後述する下部帯水層は、この地区の試掘で観察されない。

下部帯水層：

下部帯水層のうち最も優勢な透水層は礫岩層である。これは石灰岩及び苦灰岩層の間に挟在するものであり、淘汰のよい細礫～小礫から構成される。しかしながら、この礫層の層厚は他の石灰岩層に比較して薄く、単層の厚さは数m～10数mを示すに過ぎ

ない。この礫岩層の厚さにより帯水層の能力は著しく異なるが、透水量係数は平均 51 m³/day、貯留率は平均 0.0028 である。

上記の帯水層の平面的広がり及び形状を明らかにするため、各帯水層間の構造等高線図を作成した。図 4.3.7. に上部帯水層下面の構造等高線図を示す。また、帯水層別の地下水頭等高線図及び地下水頭変化量等高線図を図 4.3.8 及び 4.3.9 に示す。

これらの層状水の存在とは別に、断層または構造線に沿う「烈か水」の存在も確認される。他の帯水層(層状水)に比べ非常に大きい湧出量で特徴づけられ、透水量係数 776 m³/day、貯留率 0.024 と上記の上部及び下部帯水層と比べて大きな値を示す。しかし調査地域での分布域は限られジャバル・ミレイハ周辺の断層群、ディバ構造線の延長線及びオマーン山地縁辺部の断層群の周辺に偏在するのみである。

表 4.3.1. に調査地域の帯水層定数を示す。

4.4. 浸透実験

4.4.1. 現場実験

(1) 試験孔位置

バハダ平原のワチ河床部における浸透能を実測するために現場実験を行った。実験は、山地ワチが礫平原に流入する地区、すなわち、調査地域の東端部のワチ・シジ(DW-1 地点)、ワチ・カドラ(DW-2 地点)、ワチ・ショウカ(DW-3 地点)の河床部で実施した(図 4.4.1 参照)。実験現場の地下水位は地表下 15~35m と比較的高く、最も地下水涵養が期待される地域である。しかしながら、ワジ河床には洪水により礫・砂・シルト層が交互に堆積し、鉛直方向の浸透を妨げている。

(2) 試験方法

a) 水源

実験現場には水源がないので、近隣の農場の井戸水をタンクローリーで運搬した。総容量 22m³ の 2 連タンクを設置し、待機させたタンクローリーの水と併せて 30m³ を実験用に準備した。浸透実験中に試験孔の水位を一定に保持するため、最大流量 1.13m³/min. の渦巻ポンプでタンクの水をビットに供給した。また、タンクからの供給量はタンク水位計の変動から算出する。

b) 試験孔位置

試験孔(テストビット)は、縦 1.5m×横 1.5m の正方形とした。各地点毎に、1.5m、3.0m、及び 6.0m の 3 深度のビットを掘削した。掘削後粒径 3/4 インチ以上の砂礫で埋め戻した。さらに、ビット中央に給水孔を、側壁近くに水位観測孔を掘削した。

現場付近のワチ河床の土質に比して、埋設砂礫は透水性が非常に高く、給水時にはピット内の水位はほぼ一様とみなす。

c) 計測方法

実験開始とともに給水を開始し、ピット内水位とタンク水位計の変動を記録する。水位がある程度上昇した後は、ポンプ水量を調節してピット内水位を一定に保持する。

4.4.2. 浸透能

(1) 結果と解析

実験の結果を下表に示す。定常流量とは、浸透流量をy軸とし、時間平方根の逆数をx軸としたグラフの無限大時間の流量、すなわち、 $x=0$ のときのy値とする。

定水頭実験の結果
—浸透流量と定常水位—

試験孔名	ピット深さ(m)	定常浸透流量 (m ³ /sec.)	実験浸透流量 (m ³ /sec.)	水位(m)
DW1-1	1.5	0.0089	0.0100	1.15
DW1-2	3.0	0.0183	0.0175	1.67
DW1-3	6.0	0.0259	0.0270	4.20
DW2-1	1.5	0.0017	0.0017	1.09
DW2-2	3.0	0.0040	0.0040	1.43
DW2-3	6.0	0.0029	0.0029	2.22
DW3-1	1.5	0.0005	0.0015	1.07
DW3-2a	3.0	0.0031	0.0031	1.20
DW3-2b	3.0	0.0023	0.0110	2.47
DW3-3	6.0	0.0165	0.0165	3.49

例外はあるものの (DW2-2 の値)、定常浸透流量、実験浸透流量の両数値とも、ピット内水位の上昇に従って増加している。浸透流量はワチ・シジ河床である DW1 現場が大きく、DW3、DW2 の順で小さくなる。実験を実施したワチ河床には、度重なる洪水により堆積した複数のシルト層がみられ、浸透は異方性を有すると予測される。しかしながら、まず実験現場の土質が等方性を有する仮定し、透水係数 (k) を算出した。算出結果を下表に示す。(土質調査法 p.335 (8.24) 式より)

等方性と仮定した場合の透水係数 $k(m/sec)$

ワチ名/ビット深さ		1.5m	3.0m	3.0m*	6.0m
ワチ・ジジ	DW-1	0.00004487	0.00014497		0.00018623
ワチ・カドラ	DW-2	0.00000536	0.00002050		0.00001858
ワチ・ショウカ	DW-3	0.00000346	0.00003118	0.00003029	0.00022442

*DW3地点の深度3.0mの実験は、ポンプ容量を変えて2度実施したので双方とも記載する。

上表に示されるように、ビット内の水深によって k 値が異なることは、透水性に異方性があることを示している。上記実験の結果からは垂直及び水平方向の透水性を解析することはできない。しかしながら、垂直方向の浸透はビットの底から、水平方向のそれは側壁からと仮定すると両方向の透水性は下表のように算出することができる。6.0Mビットでは水平方向の浸透量は垂直方向のその2ないし5倍となることが明らかである。

鉛直・水平方向浸透流量比較

試験孔名	鉛直方向 透水流量 Q_v (m^3/sec)	水平方向 透水流量 Q_h (m^3/sec)	鉛直/水平 Q_v/Q_h (%)	1.5mビットの 流量との比較 鉛直方向(%)	1.5mビットの 流量との比較 水平方向(%)
DW1-1	0.00010590	0.00879410	1.20%	100%	100%
DW1-2	0.00010863	0.01819137	0.60%	103%	207%
DW1-3	0.00012328	0.02577672	0.48%	116%	293%
DW2-1	0.00001245	0.00168755	0.74%	100%	100%
DW2-2	0.00001259	0.00398741	0.32%	101%	236%
DW2-3	0.00001298	0.00288702	0.45%	104%	171%
DW3-1	0.00000840	0.00049160	1.71%	68%	29%
DW3-2(T1)	0.00000857	0.00309143	0.28%	100%	100%
DW3-2(T2)	0.00000939	0.00229061	0.41%	110%	74%
DW3-3	0.00001081	0.01648919	0.07%	126%	533%

4.4.3. 涵養能の評価

幅1.5m、深さ6.0m、延長1,000mのトレンチ（涵養トレンチ）の実験を行った各ワチ河床の上下流方向に設けた場合の浸透能を算出すると下表のようになる。

涵養トレンチ 1,000m 当たりの浸透流量

涵養現場 (ワチ名)	透水係数k	1,000mトレンチ			浸透流量	
		幅 B (m)	深さ H (m)	長 L (m)	Q (m ³ /sec)	Q (m ³ /day)
シジ	0.00018623	1.5	6.0	1000	2.5141	217,219
カトラ	0.00001858	1.5	6.0	1000	0.2508	21,672
ショウカ	0.00022442	1.5	6.0	1000	3.0297	261,763

また、1977年から1995年までの各ワチの洪水流出量に対して各トレンチの地下水涵養効果を試算すると下表のようになる。3ワチ合計で年平均7,654千m³の涵養効果があることになる。

洪水流出時の年別涵養トレンチ効果

年	浸透流量 (m ³ /year)		
	DW1(シジ)	DW2(カトラ)	DW3(ショウカ)
1977	188,600	0	122,700
1978	42,700	0	27,800
1979	195,600	0	133,100
1980	0	0	0
1981	0	0	0
1982	2,012,800	210,200	2,034,600
1983	84,000	0	55,500
1984	0	0	0
1985	0	0	0
1986	0	0	0
1987	523,800	0	354,600
1988	1,116,100	229,300	1,015,300
1989	476,200	0	381,000
1990	979,700	130,000	927,900
1991	0	0	0
1992	0	0	0
1993	1,190,200	108,400	1,101,100
1994	0	0	0
1995	527,900	0	371,400
平均	386,189	35,679	343,421

4.5. 地下水強化案の検討

4.5.1 概要

バハダ平原（砂礫原）への直接降雨は、表層保留及び蒸発散による損失分が多く、地下水涵養にそれほど貢献しないとみられる。これに対し、山地ワチで発生した洪水は、砂礫原におけるワチ河道を集中的に流下し地下水を涵養する。しかしながら、ワジ河道の浸透能を越える様な流量を持つ顕著な洪水の場合には主要なワチを通じて地域外に流出してしまう。

農漁省が観測した洪水記録によると、調査地域内の主要な山地ワチ（シジ及びカドラ）の洪水流出（1975/76～1989/90、15年平均）は1.5～2.1 MCM/年（地域外流出は0.5 MCM/年）である。観測値より推定した比流量（0.01065 MCM/km²/年）と山地流域面積（計983km²）から、また水文取支解析の結果から調査地域における洪水量はおよそ11～12MCM/年と評価できる。これらの洪水を山麓部で強制的に地下浸透させることによって地域の地下水を（数MCM/年程度）強化できる可能性がある。

このような地下水強化の方法としては以下のようなものが考えられる。

「涵養（洪水滞留）ダム」

洪水の主要部分をダムに一時貯留し、ダム下流のワチの浸透能に見合った放流を行うことによって、洪水の地域外流出を防ぎ、涵養を強化するものである。現に「ア首連」及びオマーンに多くの涵養ダムが建設されている。

「涵養トレンチ」

ワチ河床及び砂礫原における堆積層の水平方向の浸透性は垂直方向のものよりはるかに大きいと見られる。また、トレンチにより地下水の浸透に必要な水深をとることが可能となる。従って、ワチ河床にある深さ及び長さのトレンチを設けることによってワチ河床全体の浸透性を増大できる可能性がある。本調査地域の山麓部の適所にこのようなトレンチを設ければ大きな効果が期待できる。言うまでもなくこのようなトレンチはフィルター材料で埋め戻し、多少のワチ河状整理が必要となる。

「地下ダム」

貯水目的の地上ダムは、貯水面からの蒸発損失と貯水池底への滞砂を避ける訳にはいかない。乾燥地帯においては上記の現象が激甚であるため、貯水ダムの建設は妥当ではない場合が多い。これに対して、適当な条件が整っている場合には地下ダムを建設できる。地下ダムの場合には、蒸発損失、滞砂ともに起こらないし、涵養された地下水を上流部浅所で補足及び貯留し、下流部への散逸を防ぐとともに、地下水資源の管理及び利用の一元化を図ることを可能とする。調査地域内には建設可能なサイトがある。

4.5.2. 涵養ダム

本調査では、ワチ・シジ、ワチ・カドラ、ワチ・シヨウカに涵養ダムを計画し、それらの諸元、建設費、効果について検討する。第2章及び第3章で述べたように3ワチは調査地域東方の山地に集水域を持ち、洪水時には調査地域東部の礫平原を南東から北西に向けて横切り、中央農業地帯を通過して、地域外へ流下する。本調査の涵養ダムは、調査地域の東端の礫平原ワチ上あるいは東方の山地ワチ中流域に建設し、ワチの洪水流出の涵養に資する計画である。以下に各ワチの候補地と規模について述べる。

(1) 涵養ダム候補地

涵養ダムの候補地は図4.5.1のとおりである。ワチ・シジのダム候補地は山地中流域の流量観測点付近である。ワチ・カドラの候補地はカドラ村落西方、ワチ・シヨウカの候補地は礫平原入り口の土取り場付近である。

各ダムの流域面積は表4.5.1に示す通りである。ワチ・カドラ候補地は比較的大きな貯水量を確保できるが、洪水時には既存農園が浸水する可能性がある。これに対し、ワチ・シジの候補地及びワチ・シヨウカの候補地は、貯水規模は小さいが農業地域と離れており、農民への直接の被害は将来的にも皆無である。

(2) 洪水流出量

農漁省は1977年以降、ワチ・シジ、ワチ・カドラ、カドラ支流のワチ・アシュワニ及びワチ・シフニに流量観測点を設置して洪水流出データを収集してきた。また、調査地域及び山地流域内に9点の雨量観測所があり、降雨データを蓄積している。第3章で述べたように、これらのデータの分析から、月間あるいは年間降雨量と洪水流出量の相関が確認されている。

しかしながら、a)山地降雨が局所的であり、ティーセン・ポリゴン法を適用するには既存降雨観測点網が粗であること、b)流量観測所設置後の19年間分の洪水流出データではダム容量を決定する統計処理には十分でないことを考慮すると、既存水文データから日降雨と日洪水流出の関係を定量的に把握することは困難である。そこで、農漁省土壤水資源局発行の「水文年鑑」に記載されている洪水流量を適用して、貯水容量及び余水吐能力を決定する。尚、これらの数値は同局の調査と合理式で決めた確率洪水年に基づいて算出されている。

本調査では、調査地域における類似業務の既存報告書等で一般に適用されている洪水確率周期25年及び10,000年を、貯水容量及び余水吐能力算定に採択する。各ダム候補地及び流量観測点(ワチ・ゲージ)での集水面積、25年確率洪水の総流出

量（すなわちダム容量）、貯水池水面積及び常時満水位をまとめると、表 4.5.1 に示す通りである。各ダム地点での 25 年確率洪水の総流出量は流域面積比で補正した。また、堆砂量に関しては、先述の農漁省土壤水資源局発行の「水文年鑑」で与えられる各ワチの年平均堆砂量を用いて算出した。

余水吐能力、すなわち 10,000 年確率の洪水流出量を表 4.5.2 に示す。余水吐の最大通水能力は、ワチ・シジ候補地及びワチ・ショウカ候補地では毎秒約 500 トン、ワチ・カドラ候補地では毎秒約 700 トンとなる。越流水深を 1.5m、余裕高を 2.5m として計算した時の洪水位、堤頂高、余水吐幅、堰上部長さ等を表 4.5.2 に示す。ただし、余水吐は、コンクリート広頂堰とし、流量係数は「水理公式集：台形せきの流量係数のグラフ（本間の式）」より 1.81 と設定した。尚、洪水時貯水池の水面積はワチ・カドラ候補地では 1.2km² 程度、ワチ・シジ候補地及びワチ・ショウカ候補地では 1 km² 前後である。

(3) 涵養効果

山地から礫平原への流出量（1977 年～1995 年の既存データ）が、涵養ダムによって平滑化されると仮定し、地下水シミュレーションを行なった。その結果は、涵養ダムの効果がほとんど見られず、流出日数が増すことで蒸発散が促進し、年によっては涵養ダムがない方が涵養量が多いこともあった。尚、放流量は、設計貯水容量を 10 日間で流下させるものを設定した。

(4) 概算建設費

涵養ダムはフィルダム・タイプで、洪水吐及び放流工はコンクリート工とする。図 4.5.2. に標準断面図を示す。各ダムの築堤量は堤頂高に比例するとして、建設費用を概算する。尚、積算に用いた単価は、ア首連の市場価格から推定した。

各ダム毎の積算結果を表 4.5.3. に示す。「シジダム」は、もともと費用が高く、「ショウカ・ダム」、「カドラ・ダム」の順に建設費用が安くなる。費用対貯留量は「カドラ・ダム」が高く、「ショウカ・ダム」、「シジ・ダム」の順である。ワチ・シジ涵養ダムの建設費用が高いのは、余水吐建設に伴う掘削量が多大なためである。

4.5.3. 涵養トレンチ

前節(4.4.3)の結果に基づき、涵養トレンチをワチ・シジ、ワチ・カドラ、ワチ・ショウカ河道上に建設する場合の諸元及び建設費概算結果を以下に述べる。

(1) 涵養トレンチ諸元

涵養トレンチ位置は、図 4.5.1 のとおりである。トレンチは幅 1.5m、深さ 6m、延長 1,000m でトレンチ本体だけでなく河床整備とふとん籠(50cm×100cm×200cm)による護岸工事を含む。これらの付帯工事は、ワチ流路を安定させ、洪水時にトレンチを満流状態に保つために必要である。

また、洪水流出は濁流であり、ワチ流速が小さくなる洪水後半のシルチングによるトレンチ目詰まりが懸念されている。しかしながら、図 4.5.1 に示すトレンチ建設候補地は、1/200 の勾配を有しており、自然の河床上に施工する 1km のトレンチは区間により緩・急の勾配を有し、緩勾配区間にシルチングが集中し、急勾配区間の目詰まりは軽減され全体が一度に目詰まりすることはない。さらに、トレンチ候補地は 3カ所とも農業地帯から離れており、トレンチ建設による農場移転はなく建設適地といえる。

(2) 概算建設費

先述の諸元に基づき涵養トレンチを建設した場合の費用は、各々 Dh.5.22 百万 (US\$ 1.43 百万) である。積算内訳は表 4.5.4. のとおりで、各地区の建設費概算は同じである。

19年間の流出データを用いて解析すると、各トレンチの平均浸透量は、シジ、カドラ、シヨウカで、それぞれ、39 万、4 万、34 万 m³/年である。これらの浸透量を外部条件として地下水シミュレーションを行うと、全体で 30 万 t/年の涵養増が認められ、この値が新規開発水量と言える。

4.5.4. 地下ダム

(1) 地下ダム候補地

調査地域の地下ダム候補地を図 4.5.1 に示す。本地区は、カドラ村の西南で、東西方向に走る 2つの丘陵地に挟まれた地域である。

地下ダムは丘陵西端に位置し、地下ダム位置から山地西端までの区間 (約 18km²) には 70m 内外の帯水層があると推定される。帯水層の貯留率を 2% とすれば、約 900 万トンの貯留量の地下ダムとなる。地下ダム候補地直上流の流量観測点で、ワチ・カドラの 25 年確率洪水は 330 万 m³、平均流出量が 100 万 m³/年程度なので、洪水を 100% 涵養すると仮定しても、地下ダムは十分な貯留容量を有している。しかしながら、涵養ダム及び涵養トレンチの項で述べたように、本調査地域では山地ワチ流出が地下水として涵養される量に限度があり、本地下ダムの貯留機能が 100% 発揮する可能性は極めて低い。

(2) 建設費用積算

地下ダム建設費は Dh. 511 百万 (US\$ 140 百万) であり、地下ダム自体の維持管理コストはないので、耐久年数を 50 年とすると原水価格は Dh. 51/m³ (US\$ 14/m³) となる。実際の利用には、取水井戸施設及び送配水システムが必要であり、水価はさらに高額になる。また、維持管理・運営面から、水分配のための利用者組合の創設と円滑な運営が必要となる。

4.5.5. 考察

地下ダムと他の 2 施設 (涵養ダム、涵養トレンチ) とではその目的、機能は全く異なる。地下ダムはあくまでも地下水の貯留の効果を期待するもので、①安定化された水源の確保、②水運用の利便などを図るものである。一方、涵養ダム及び涵養トレンチは、地下水涵養を促進することにあり、地表流出、蒸発散による損失の軽減を図ることが目的となる。

調査地域への地下ダムの適用は、水収支からみると多少無理があるように思われる。調査地域の水収支は恒常的な需要過多の状態にあり、その利用量は涵養量の 3 倍近くに達する。また、豊水年では涵養量は利用量を上回り余剰も発生するが、水量は僅かであり、翌年には余剰の全量が利用のため消費される。つまり調査地域の水収支をみる限り、地下ダムへ貯留分として配水できる水源は乏しく、本来の地下ダム機能である「水源の安定化」を目的とする運用は不可能と思われる。本地下ダムに関する新しい展望として、代替水源 (淡水化海水) の「地下貯留池」としての運用に活路を見出せるかもしれない。

涵養ダムは、山地部で洪水を遅延することで地下水の涵養を促進し、洪水の無効放流を防止しようとするものであるが、本調査地域での効果には多分に問題が残される。山地からの洪水は既にそのほとんどが下流の涵養地帯で浸透していると思われる。新たに涵養ダムを造っても新規の開発量は期待できない。観測記録からは流域外への無効放流量は年間 50 万 m³ 程度と推定されるが、これら洪水は山地の降雨パターンと一致せず、バハダ平原に降った雨に依存する。このような条件下で涵養ダムの持つ直接の機能、つまり洪水の遅延が地下水涵養の増強に結びつくという保証はない。おそらく涵養ダムは山地の洪水が海、砂漠などに流失する地域でのみ機能を発揮すると思われる。

一方、涵養トレンチはこれらの 2 施設と比べると、その機能が直接地下水涵養の促進に結びつくという点で有利となる。確実に①トレンチをとおり地表水が速やかに地下に浸透し、蒸発損失を軽減し、②また浸透後は地表付近からの蒸発散の軽減も期待できる。涵養トレンチの本質は浸透能そのものより、速やかに浸透させることにより、蒸発散による損失を防止するという点にあり、蒸発量 3,700mm/年 に及ぶ

本地域では大きな効果が期待される。しかしながら、施設が機能を発揮するためには、①地表部の浸透能が十分であること、②流域の洪水に応じた施設の配置が可能な場所があること、③洪水の浸透後のシルチング及び目詰まりの防止ができ、④施設管理法が確立されることなどの問題を解決する必要が生ずる。これらの問題の検討、解決策については前節で述べたとおりである。

以上の検討から、本調査における地下水涵養施設は、①涵養トレンチ単独案、②涵養トレンチ+涵養ダム案の2案を後述の地下水シミュレーションにおける代替案とする。この2案を原案とし開発水量及び水価の検討を加え、調査地域の水源計画を策定するものとする。

シジ、カドラ、シヨウカの3ワチ河床に涵養トレンチを建設した場合の涵養増加量、すなわち新規開発水量は既に述べたように30万 m^3 /年である。建設費はDh. 15.7百万(US\$4.29百万)なので、水価は、Dh. 7.48/ m^3 (US\$2.05/ m^3)となる。これに対し、シジ、カドラ、シヨウカの3ワチに②トレンチ+涵養ダム施設を建設した場合の開発水量は、197万 m^3 /年となる。

これは、涵養ダムのバッファ機能によりトレンチ満流期間が増加し、浸透量が増大したためである。過去19年間の洪水ではダムを併設する場合のトレンチ浸透量が単独の場合の4~10倍に増量しており、ダム併設時の平均的浸透量はシジ、カドラ、シヨウカでそれぞれ158万、40万、128万 m^3 /年となっている。

この場合、水価は、Dh. 10.47/ m^3 (US\$2.87/ m^3)であり、トレンチ単独の場合の1.4倍となる。しかしながら、開発水量はトレンチ単独の場合の6.6倍であり、先述のオプション・1計画に必要な水量を供給できる。

4.6. 水文収支及び地下水資源

4.6.1. 概要

本地域の地下水開発を策定するにあたり、

- (1) 現況の地下水利用レベルは妥当か、またこれの持続的な利用は可能か、
- (2) 経済的な地下水利用はなされているか、
- (3) 地下水の水質は利用目的に適合するか、

という基本要件のほかに、より広域かつ長期的視野で

- (4) 将来計画において地下水頭の著しい低下が起きないか、
- (5) 将来計画において地下水資源が将来枯渇しないか、
- (6) 地下水の水質は保全されるか、

の要件からの検討が必要である。

上記項目の(1)項は、「地下水の資源量」に係るもので、これには帯水層の構成、分布、規模、湧水能、貯留率などの「帯水層の水理学的性質」及び流域の「水文学的性質」の検討が必要となる。

(2)項は、「地下水利用の経済性」に係るもので、井戸、ポンプなど取水施設の建設及びその運用維持管理のコストを、利用によって生ずる便益と比較して評価されるものであるが、多分に上記の「帯水層の水理学的性質」と関係する。

(3)項は、「地下水の化学性」に係る項目である。もし水質が利用目的に合致せず処理が必要な場合には経済性に関わってくることになる。

(4)項及び(5)項は、「地下水の資源量」に係るものである。地下水は、水文循環の枠内で回復可能な資源であり、揚水量が地下水涵養ポテンシャル以内である限り持続的開発が可能となる。従って、この地下水涵養量が「地下水資源量」と同義となり、この評価には多分に「地下水の水文学的挙動」の理解が不可欠である。この理解は、「地下水資源の管理」計画の策定とともに「環境影響評価」にも重要となる。

(6)項は開発対象流域に隣接する塩水体の浸入などにより起こる。上記の④項及び⑤項に関連するが、著しい水頭低下や地下水資源の消耗により副次的に起こる場合も多い。

上記の(4)項～(6)項のいずれの場合でも「環境に対する影響」に関わることになる。この場合の環境影響は、生態系或いは土壤汚染など自然環境のみならず既得水利権など社会経済環境への影響も含まれる。

以上の項目(1)項～(2)項の検討には、現況のシミュレーションモデルの構築、また(4)項～(5)項の検討には現況モデルを利用した予測解析が必要となる。またシミュレーション・モデルは、将来の「地下水資源の保全」管理にも使用できるものとする。これらの検討を簡潔に行うため、調査地域の地下水収支を総合的に表現できる「総合貯留モデル」を地下水開発計画の策定に利用した。

4.6.2. 水文記録

調査地域の地下水資源を評価し適切な開発ポテンシャルを明らかにするために、地表系及び地下水系を総合した現況の水文収支モデルを構築し予測解析を行った。本節では、このシミュレーションの入力値パラメータ、検証パラメータとなる水文記録について述べる。

(1) 入力パラメータ

モデルに入力する水文パラメータは、雨量、蒸発散量及び揚水量である。雨量は、地域内のマサフィ観測所の日雨量記録(1977～1995、19年間)を適用した。また調

調査地域の雨量は山地部とバハダ平原では著しくことなることから、副流域別に雨量係数を設定し（雨量係数0.83~1.11）、これをマサフィ観測所の雨量記録に乗ずることで地区別の雨量の差を表現した。雨量係数の設定は、調査地域内の観測所（8観測所）からテーセンポリゴン法でワチ流域別に算出した流域雨量を根拠とし、調査地域全域で流域雨量155mm/年となるよう各副流域の雨量係数を設定した。

蒸発散ポテンシャルは、ミレイハ観測所の計器蒸発量の月別平均値を流用した。3,760mm/年を蒸発散ポテンシャルとした。

また現況の揚水量は、水道用水、井戸インベントリ調査及び航空写真の解析等から集計した値を入力値とした。1995年時点での揚水量は、調査地域全域で上層帯水層から約3,300万 m^3 /年、下層帯水層から1,200万 m^3 /年、合計5,400万 m^3 /年となる。

(2) 検証パラメーター

モデルを検証するパラメータは、地下水系は各帯水層における地下水頭時系列観測記録、また地表系は河川の流量時系列観測記録である。何れの記録も農漁省土壤水資源局が長年観測した貴重なものである。

地下水頭観測値は本調査で原チャートより読みとった日記録で行った。既存井戸の12井の記録のうち、読みとりに不確実さ残るもの、互いに隣接するもの、明らかに裂カ水の記録でモデルで表現できないものを除き計6井戸の記録を検証値とした。6井戸のうち4井戸は上層帯水層また残りの2井戸は下層帯水層の水頭変化の記録であり、検証の期間は全観測記録の整う1986年から1995年の約10年間分とした。

河川流量に関しては、ワチ・シジ、ワチ・シフニ、ワチ・アシュワニ、ファラジアルムアラの合計4観測所の記録を検証値とした。これら観測地点とモデル副流域とでは流域面積が異なるため、観測記録から比流量を計算し、各副流域の流域面積に応じ値を修正した。またワチ・シフニ観測所とワチ・アシュワニ観測所はワチ・カドラ流域として1つの検証データとし、検証を行った地点は山地流域のワチ・シジ流域及びワチ・カドラ流域、また地下水盆の流域では、最下流のファラジアルムアラ地区の3副流域であった。また検証の期間は1977年~1995年の19年間とした。

4.6.3. シミュレーション・モデル

(1) 概要

前述の入力パラメータの内挿、また検証パラメータ（洪水量、地下水頭の変動など）の外挿を行い現況モデルを構築した。現況モデルに揚水、施設などの条件を組み込み予測解析を行った。予測解析は基本的に現況モデルとの比較行うもので、組

み込んだ条件で水文循環にどのような相対的变化が現れるかに注目した。以下にモデルの概要、同定したパラメータについて記述する。

(2) 総合貯留モデル

総合貯留モデルとは、地表系及び地下水系の水文収支シミュレーションを簡便かつ実用的に取り扱う目的で(株)三祐コンサルタンツにより開発されたものである。

このモデルは純粋に数学的なもので、地下水盆単位での地表系及び地下水系を同時に、また非定常準3次元の構造で解析することができる。地下水系に関しては、地表系と関連した不圧帯水層のみならず、加圧層を介在した被圧多層構造での解析が可能である。このようなことから、本モデルは多層密度流、地下ダム、あるいは地盤沈下等の諸現象の解析に応用されている。以下に、本モデルの概略を説明する。

解析対象の地下水盆はその地形・地表水系・水文地質・水利用・土地利用などの条件に応じて任意の四辺形の副流域に細分される。それぞれの副流域の上流関係、隣接関係は事前に系統づけされる。地下水系に関しては、帯水層、加圧層ともその水理特性・連続性・揚水等の条件から幾つかのグループに纏めてモデル化される。これら帯水層及び加圧層グループも、事前にその上下・左右の連結関係を定義しておく。

地表系の収支構造は、直列に連なる指数関数型の減衰モデルにより表現する。このモデルは、オリフィス型の流出孔を持った容器(タンク)への水の流入・貯留・流出という概念で説明することができ、「直列貯留モデル」として広く知られている。このタンクのうち、最下段タンクの下底流出孔は地下水涵養を受け持つ。

地下水は、最上部の不圧帯水層と漏水性の加圧層によって区分された複数の被圧帯水層に貯留される。有限要素法あるいは有限差分法などの水理解析の場合には、最初に水頭が定義され、貯留量はその結果算出される。一方本モデルでは、各帯水層の水収支の結果としての貯留量の増減が計算され、水頭は二次的に定義される。これが本モデルの特徴であり、その名称の由来でもある。

各帯水層の収支は、「地表系からの涵養」、「加圧層を通す漏水性涵養」、「隣接する流域の同層準の帯水層間の流入及び流出」、そして「揚水」である。このうち涵養及び揚水を除く収支は、ダルシー則に従い、各帯水層あるいは加圧層の透水係数、透水面積、水頭勾配の積として算出する。

モデルの同定は、地表系においては地表流出量を、地下水系においては帯水層毎の水頭の時系列観測値を検証値として試算を繰り返して行う。この過程において、各帯水層からの揚水量が完全に把握されていなければならないことは言うまでもない。調査地域におけるモデルの概念図を図4.6.1に、流域区分図を図4.6.2.にそれぞれ示す。

(3) パラメータの同定

前述したモデルの出入力に係るパラメータ（入力パラメータ、検証パラメータ）のほか、モデルを定義するパラメータが決定される必要がある。これには流域全体及び個々の副流域に係るものの2種類があり、モデル全体を定義するパラメータには、副流域数、シミュレーション年数、計算開始年月、及び降雨係数、揚水係数などが含まれる。

また副流域パラメータには、各副流域毎に各流域の面積、上流からの累加面積、地表連結、地下系連結、地表タンク構造、降雨、蒸発、揚水に関する係数、地下水系の構造などを含んでおり、モデルの同定は各パラメータを副流域毎、タンク毎、帯水層毎に1つ1つ修正し、計算結果が各検証値とほぼ一致するまで繰り返される。検証値の無い副流域の場合には、隣接するもしくは性格の似通った流域のパラメータを流用する。

4.6.4. 水文収支

現況の水文収支を1977年から1995年の19箇年にわたり再現し現況モデルを構築した。再現した19年間のうち、1977年から1985年の9年間は洪水量のみで、1986年から1995年の10年間は洪水量及び地下水頭変動の両者で同定したものである。以下にこれの同定結果及び現況の水文収支を記述する。

(1) 現況モデルの同定

現況モデルの精度は、モデル計算値と観測値（検証値）との比較で評価される。洪水量及び地下水頭変化の検証結果（図4.6.3.及び図4.6.4.参照）にみるように計算値と観測値は概ねよく一致する。洪水量では各年あたりの値ではわずかに相違が認められるが、観測の精度を考慮すると計算の結果は現実の洪水を良好に再現していると言える。また、地下水水頭の変化においても一時期の観測値の急激な日変動は計算値では追従できない。しかし、入力雨量と副流域における雨量パターンの違い、また、観測値にみられる揚水の影響を除外すれば計算値は観測値と概ね等しいといえる。

(2) 現況の水文収支

現況の水文収支を表4.6.1.、また、1977年から1995年の平均収支を図4.6.5.に示す。

上記の収支を、既往の解析（IWACO, 1986）と比較してまとめると下表のようになる。

水文収支のまとめ

調査担当	JICA			IWACO		
解析期間 (年)	1977-1995 の平均			1985		
対象面積 (km ²)	1,826			4,290		
	水深 (mm)	水量 (MCM)	(%)	水深 (mm)	水量 (MCM)	(%)
降雨	155.1	288.3	100.0	112.6	483.0	100.0
蒸発散	143.3	261.6	92.4	104.9	449.1	93.2
地表流出	0.2	0.4	0.1	2.8	12.0	2.5
地下水涵養	11.9	21.7	7.7	5.3	22.7	4.7
地下水流出	10.4	19.0	6.7	1.7	7.2	1.5
地下水利用	14.8	26.9	9.5	55.6	238.7	49.4
収支	-13.5	-24.7	-8.7	-57.7	-246.7	-51.2

a) 地表系収支

地下水系の水文収支計算に先立って、まず地表系モデルが同定され、19年間の水文収支を再現した。19年間の平均では、調査地域の流域雨量は155mm(283MCM)であり、このうち143mm(262MCM, 92.4%)が蒸発散で失われる。残りの12mm(22MCM, 7.6%)が地表流出0.2mm(0.4MCM, 0.1%)、地下水涵養12mm(22MCM, 7.7%)及び地表系の収支差-0.3mm(-0.5MCM, -0.1%)である。年別の変動も大きく平均雨量以下の渇水年では地表流出及び地下水涵養はほとんど発生せず、また豊水年の次の渇水年には雨量以上の蒸発散が生起することがある。豊水年のみに注目すると地下水涵養は雨量の10%以上となる。

b) 地下水系の水文収支

19年間の平均では地下水涵養量は12mm(22MCM)であるが、これに対して地下水利用量15mm(27MCM)、地下水流出10mm(19MCM)が生ずる。収入に対し支出は2倍以上に達し、この負の収支を地下貯留量の減少で補っている。また、この10年で地下水揚水量は急激に増大したことから、著しい地下水貯留量の減少が生起している。この19年間に地下水貯留量は年間22MCMの率で412MCM減少した。1990年以降の収支をとりまとめると、年平均で収入は地下水涵養16mm(29MCM)であるのに対し、支出は地下水利用27mm(49MCM)及び地下水流出6mm(11MCM)の計33mm(60MCM)に達する。豊水年が続き地下水涵養が増えたにもかかわらず、地下水利用が2倍近くに増加したため、地下水流出及び貯留の減少が続いている。

c) 既存の地下水収支との比較

調査地の地下水収支は IWACO (1986) が行っている。本調査の収支と最も異なる項目は地下水揚水量であり、IWACO は 1985 年時点で 147MCM/a を採っているのに対し本調査では 1995 年時点で 54MCM と少ない。この差は農業用揚水量の算定法の違いによるもので IWACO は灌漑の必要水量からの推定であるのに対し、本調査では揚水量の実態調査から算定した。一方地下水涵養量は、IWACO は 22.7MCM/a、本調査は 21.7MCM/a と大きな差はない。地下水流出量は両者とも小さいことから、両者の揚水量の差は収支上全て地下貯留の減少量の差となって表われる。

4.6.5. 地下水資源

(1) シミュレーション条件

地下水資源を評価する目的で、構築したモデルを適用して以下に示す 4 つのケースでシミュレーションを実施した。

ケース	揚水量及び揚水パターン	限界管理水位	地下水涵養強化施設
ケース 1	①現況 (1995 年) の地下水利用を維持 ②現況揚水パターン	①ポンプ揚水の経済的限界深度 深度-300m を設定	考慮せず
ケース 2	①限界管理水位における最大取水量 ②最大揚水量を得る揚水パターン	①現況 (1995 年) の動的地下水位 深度-100m を設定	同上
ケース 3	同上	同上	地下水涵養トレンチ
ケース 4	同上	同上	地下水涵養ダムと地下水涵養トレンチ

揚水対象帯水層は、上層及び下層の両帯水層とした。シミュレーションにおいては限界管理水位に達したら揚水を自動的に停止し、これを上回った時点でまた揚水を開始することとした。限界管理水位はポンプ揚水における実用的かつ経済的制約で決定した。「ケース 1」の限界管理水位-300m はポンプ揚水が実用的に可能な限界である。揚水に係る水価の試算では、7.9 Dhs/m³ となる。また「ケース 2」の限界管理水位-100m の場合の水価は 2.0 Dhs/m³ となり、調査地域の水道料金 (水源は井戸) 1.7~6.7 Dhs/m³ と同様なレベルである。この限界管理水位の範囲で揚水をするかぎり、ポンプ揚水に係る経済性は確保される。

(2) 地下水資源の評価

「ケース1」は調査地域の地下水資源の枯渇の時期の予測及び枯渇性揚水量の検討を目的としたものである。「ケース2」は地下水盆の持続性揚水量を評価するために実施した。また「ケース3、4」は、地下水強化施設の効果の評価を目的とした。以下に各ケースの結果を述べる。

a) 「ケース1」

1996年から100年間で予測を行った。現況規模の揚水(54MCM)を継続した場合であり、管理水位を通常の深井戸用ポンプで揚水が実用的に可能な限界深度(-300 m)としてシミュレーションを実施した。また、入力値となる雨量、蒸発散ポテンシャルは、1977年から1995年の実測値を繰り返し使用した。結果を図4.6.6.に示す。上層帯水層では枯渇が早く、2003年から一部の流域で乾期に発生が認められる。また、これが全上層帯水層に及ぶのは2010年である。深層帯水層の地下水水頭が深度-300mに達するのは、2023年であり、これがほぼ全域の下部帯水層に広がるのは、2040年前後となる。この時点での揚水量は22 MCM/aであり、地下水涵養量(21.7MCM/a)とほぼ等しくなる。現況の揚水量の削減を行わない限り約45年で調査地域の地下水資源は実用的に枯渇することが明らかである。

b) 「ケース2」

1996年から38年間で現況規模の揚水を次第に減少させた場合の予測ケースである。また管理水位を経済的な取水水位である深度-100 mとしてシミュレーションを実施した。適用した揚水量の減少率は管理水位以内の揚水を最大限に行える値とした。これを越える揚水を行うと副流域のいずれかで管理水位を越える水位低下が生ずることとなる。また入力値となる雨量、蒸発散ポテンシャルは、1977年から1995年の実測値を繰り返し使用した。結果を図4.6.7.に示す。

管理水位を深度-100mにした場合、揚水量は徐々に下がり2015年以降で一定となる。これ以降の地下水収支も安定し、地下水涵養21.7 MCM/a、に対し、地域外への地下水流出2.2 MCM/a、また揚水量19.5 MCM/aとなる(2015年~2033年の平均)。この時点の揚水量(19.5 MCM/a)が調査地域における「持続性揚水量」となる。また持続性揚水量への移行が最大20年(1996年~2015年)で終了しないと、管理水位(深度-100m)を下回る水位の低下が生起することになる。

c) 「ケース3」

地下水強化施設の効果の検討のため実施したケースである。現況モデルに「涵養トレンチ」に相当する条件(4.5.3節参照)を組み込み施設の効果を評価した。「ケース3」

の地下水涵養量を現況モデルの場合と比較することで施設に係る地下水涵養量を計算した。施設規模はワチ・シジ、ワチ・カドラ、ワチ・ショウカの3箇所（延長1km × 3箇所 = 計3km）であり、雨量、蒸発散ポテンシャルは、1977年から1995年の実測値を使用した。結果を図4.6.8.に示す。

「ケース3」での調査地域全体の地下水涵養量は平均22.01 MCM/aとなった。施設のない現況ケースでは21.67 MCM/aであることから、その差0.3 MCM/aあまりが涵養トレンチの効果といえる。

d) 「ケース4」

「ケース3」と同様、地下水強化施設の効果の検討のため実施したケースである。現況モデルに「涵養ダム」と「涵養トレンチ」を組み合わせた条件で施設の効果の判定をした。涵養ダムの容量はワチ・シジが2.46 MCM、ワチ・カドラが3.28 MCM、ワチ・ショウカ2.46 MCMであり、ダム容量の1/10が1日あたり放流されるものとし計算した。また、涵養トレンチの規模は「ケース3」と同様とした。雨量、蒸発散ポテンシャルも同様に、1977年～1995年の実測値を使用した。結果を図4.6.9.に示す。

調査地域全体の地下水涵養量は平均23.64 MCM/aであり、現況ケースとの差1.97 MCM/aあまりがこの施設の効果といえる。

e) まとめ

調査地域の地下水涵養量は平均21.67 MCM/aであり、また持続性揚水量は19.5 MCM/aとなる。現況揚水量（54 MCM/a）を継続した場合、本地域の地下水資源の枯渇の時期は45年後の2040年となる。また涵養トレンチ（延長1km × 3箇所 = 計3km）を主要3ワチに建設すると、0.3 MCM/aの涵養効果が認められ、涵養ダム（主要ワチ3箇所）と涵養トレンチ（延長1km × 3箇所 = 計3km）を組み合わせる計画した場合、1.97 MCM/aの地下水涵養の増加が見込める。従って、本地域における地下水資源の持続的開発可能量は21.5 MCM/aであると評価される。

4.7. 土壌及び土地利用

4.7.1. 土壌調査

(1) 調査手法

本調査における土壌調査は、調査地域内の現存農場の土壌状況の把握と、将来の農業開発ポテンシャルの確認のために実施された。調査地点は、現存農場のみならず農業開発可能と思われる未開発地についても選定された。将来の農業開発不可能な基岩の露頭部・採石場・移動している砂丘部は、調査対象外とした。土壌試験実施地点の位置は図4.7.1.に示す。

第一次調査においては、現場土壌調査・室内分析資料の採取及びその室内分析を実施した。前二者は調査団が行い、室内分析は現地コンサルタントに委託して実施した。

調査地域の土壌調査は、オーガーならびにテストビットによる「土壌概査」とテストビットによる室内試験用資料の採取を含む「詳細調査」の2段階に分けて実施された。

上記の土壌調査の結果をまとめて、土壌図(1:10,000)を作成した。

(2) 土壌概査

既存調査結果ならびに航空写真・地形図等の関連資料の収集解析の後、65点における土壌概査を実施した。当初計画のハンドオーガーによる概査は、ハンドオーガーの貫入が困難なため、オープンビットによる概査とした。概査の主な調査項目としては、土層分布・各層の厚さ・土性・土色・礫含有量・礫の大きさ・水分分布・硬度・根群域の観察である。

土壌概査の結果判明した調査地域の土壌特性は、以下のようにまとめられる。

- 調査地域は、その地勢学上西部の移動中もしくはかなり安定した砂丘砂漠地区と東部を中心とした基岩の露頭部、それに挟まれた礫平原部の3地区に分けることが出来る。
- 礫平原の土壌は、それらの細砂と礫成分の割合により分類される。
- 礫平原の土壌は、その石灰質基盤岩が浅いところでは、地表下浅いところで風化した基岩の固結したパンを形成している。その上層部に粗砂もしくは礫層がある場合、降雨ならびに灌漑による塩分の集積が見られる。
- 砂丘部近くの礫平原の土壌以外は、過去のワチの氾濫活動により表層の厚さは薄く、70cm以上で礫層が現れる。
- 礫平原での耕作：通常耕作地として適さないと判断される礫平原においても、多くの果樹栽培が行われている。農地造成工により表面の玉石は除去され、そ

- れらは洪水対策を兼ねた外周堤として積み上げられ、礫質土の上に砂丘の砂などの細粒土を客土し栽培可能としている。この客土層が自然のものかどうかの判断は、なかなか難しい。このような農場は、しばしばワチ高水敷に見られる。
- 粗砂もしくは礫層中における塩分の集積：調査地域内のアンナシーム及びスヘイラ村地区の飼料作物及び柑橘類栽培圃場で、高塩分濃度の地下水の過剰灌漑によると思われる塩分の集積が、粗砂もしくは礫層中に見られた。調査地域の南東部のジャハル・ファヤ山麓平原部の未耕地部においても粗砂、もしくは礫層中に集積した塩分の結晶が見られた。ほとんどの集積塩は、カルシウム塩であり、その結晶サイズは、2 cmにも及ぶ。地下水の電気伝導度が $8,000\mu\text{S}/\text{cm}^2$ を示すダイードの南部に位置するウィシャ地区の礫層部においては、塩化ナトリウム塩の集積も見られた。

(3) テストピット及び試料採取

土壤の概査結果に基づき、66地点での詳細調査と室内分析用資料の採取を実施した。テストピット地点の選定は、土壤概査結果に基づく以下の4分類地区から選定した。

- 調査地域の北東部に分布する内陸サバハを含む砂丘砂漠の中で比較的安定した地区に点在する農場地区
- 調査地域内にもっとも広く分布する砂丘砂で覆われたワチ堆積層地区
- 調査地域内の石灰質岩露頭部近くの石灰岩の風化した層を持つ礫平原地区
- 細砂及びシルトで覆われた礫平原地区

このほか土壤概査により見出された塩分集積の見られる地域の分布状況を把握するため、その近傍の地域についてもテストピット調査を実施した。

テストピットの位置は、図4.7.1.に示す通りである。

4.7.2. 土壤分析

(1) 採取試料の室内分析

調査地域内の土壤の理化学的特性を把握するため、採取した土壤サンプルを現地委託し、イギリスで分析した。分析項目は以下の通り。

- 物理特性：仮比重・真比重・粒径分布・含水比・pF-水分特性・粘土鉱物特性（X線解析）
- 化学特性：pH・電気伝導度・置換性陽イオン濃度・陽イオン置換容量・炭素・全燐酸及び窒素量・溶解陰イオン濃度・微量元素

(2) 分析結果

土壌粒径割合では 87%が砂分で、粘土分は 4.2%と僅かでありその構成鉱物としてはバルゴルスカイト・イライトである。pH は 7.6 から 9.3、電気伝導度は平均で 650 μ S/cm、塩分の集積のあるところでは 4,400 μ S/cm を示す。置換性カルシウム濃度が高く有機炭素の量は 0.3%と非常に低い。

4.7.3. 土地利用

調査地域の現況土地利用を、本調査における航空写真測量に基づく地図（オーソフォトマップ）をもとに、地上確認調査を加え、農耕地・住宅地・公共施設などの計測を行った。その結果は、以下に示すとうりである。

用途	面積 (ha)	割合 (%)
耕作農地	5,800	6.6
休耕地	2,300	2.6
住宅及び公共施設	600	0.7
採石場	6,200	7.1
砂漠（砂丘）地	65,600	75.0
岩露頭部	5,800	6.6
その他道路など	1,200	1.4
合計	87,500	100.0

4.8. 農業

4.8.1. 概要

調査地域の農業の現況を 200 農場に対する農家インベントリー調査と、1994 年の農漁省統計資料から明らかにした。農家インベントリー調査の結果については 4.2.2. 節で述べた。この統計には、調査地域内の 5 つの普及区（カドラ、ダイード-1 及び 2、ファラジアルムアラ、ミレイハ）の全農場を含んでいる。一方、現況農業を把握するための統計資料として、調査地域に含まれるカドラ、ダイード-1、ダイード-2、ファラジアルムアラ、ミレイハの 5 つの中央地域農業局普及事務所が、管轄下の全農場について調査した政府農業統計(1994 年)を用いた。

農漁省統計資料に基づく調査地域の農業の現況を表 4.8.1. に示す。また、農家インベントリー調査と農漁省統計資料の結果の比較を表 4.8.2. に要約した。

4.8.2. 農業の現況

(1) 農場数と農場規模

農漁省統計資料から推定した 1994 年の調査地域に含まれる農場数は 2,018、栽培面積は 4,584 ha、平均 1 農場当たりの栽培面積は 3.1 ha である（表 4.8.2.）。農家インベントリー調査から推定した 1 農場当たりの平均栽培面積は 4.1ha であるので、農家インベントリー調査対象の農場は、営農規模の大きい農場に偏ったと考えられる。

(2) 主要作物

栽培面積よりみた主要作物は果樹で、農漁省統計資料では果樹は全栽培面積の 40%を占め、次いで畑作物（35%）、野菜（25%）の順である。農家インベントリー調査では果樹が 60%を、畑作物が 30%を、野菜が 10%を占めた。これらの結果より調査地域の主要作物は果樹と畑作物で、主要果樹はデーツ、主要畑作物はアルファルファである（表 4.8.2.）。

(3) 施設園芸

北部地域農業局農業試験場が、「ア首連」にグリーン・ハウスを導入し、調査地域にも点滴灌漑法を用いたグリーン・ハウスが設置されている。一部では、ファン・アンド・パッド方式の冷房施設を持っているものもある。このグリーン・ハウスの効果としては以下のような点が上げられる。

- 閉ざされた限定スペース中での栽培による灌漑・施肥・農業の効率化

- 集中栽培による栽培労働力の効率化
- ハウス内の水分の消失量の減少による節水効果

「ア首連」大学の JICA 派遣専門家によるファン・アンド・パッド方式の冷房装置つきグリーン・ハウス内の観測によると、冬季の気温低下効果は 2℃、夏季には 15℃ に及ぶとしている [Dr. Miyoshi, 1995, unpublished]。

通常グリーン・ハウス設置費は、幅 8m 長さ 36m から 40m 迄のプラスチックのシートでおおわれたタイプで Dh. 3,000 から Dh. 8,500 とされている。冷房装置付きの場合は、Dh. 23,000 から Dh.45,000 とされている。

(4) 作物生産 (純収益)

農漁省の統計 (1994) によると、調査地域の作物生産における純収益は総額 Dh.224 百万 (ha 当り Dh.48,800、農家インベントリー調査では Dh.13,200) である (表 4.8.2 参照)。

このうち畑作物が総額でも ha 当りでも最大で、Dh.177 百万 (Dh.110,400/ha)、79% (インベントリー調査では 91%) を占める。

次いで、果樹が Dh.24.9 百万、11% (同 14%) であるか、ha 当り収益は最低で Dh.13,600/ha でしかない。野菜は、Dh.22.2 百万 (Dh.19,200/ha)、10% (同 9%) である。

(5) 消費水量

灌漑水の消費水量を FAO の算定手法に基づき計算した。この結果によると、調査地域の全消費水量は 51.4 百万 m³ で、その 48% を畑作物が、46% を果樹が、6% を野菜が消費した。一方、農家インベントリー調査では、ha 当り 12,590m³ を使用し果樹が 62% を、畑作物が 36% を、野菜が 2% を消費した (表 4.8.2.)。同様に 1982 年から 1983 年にかけて UNDP/FAO により実施された野菜の露地及びグリーンハウスでの栽培試験結果は、平均 4,723m³/ha 及び 4,547m³/ha であった (表 4.8.3 及び 4.8.4)。

(6) 消費水量当たりの純収益 (NI/WC: Net Income Per Water Consumption)

節水高収益営農の指標として、消費水量当たりの純収益を算定し、これを比較した。統計資料より推定した NI/WC は畑作物が最も大きく、7.2 Dhs/m³ (農家インベントリー調査では 2.6 Dhs/m³) で、次いで野菜 (7.2 Dhs/m³、農家インベントリー調査では 4.4 Dhs/m³)、果樹 (1.1 Dhs/m³、農家インベントリー調査では 0.1 Dhs/m³) 以下の順となった (表 4.8.2.)。

(7) 畜産

調査地域の主要な家畜は、山羊、羊、らくだ、牛、鶏、鳩、アンテロープなどで

ある。

農家インベントリ調査の結果から、調査地域の主要家畜の経済性を検討した(表4.8.5.)。1994年に生産された家畜とミルク及び卵の総額から、飼育した家畜の飼育費(飼料費、健康管理費、労働費)を差し引いたものを純益とした。ただし、自給飼料費は含まれていない。この結果からすると、家畜飼育の経済性は、鶏とアンテロープを除き認められなかった。調査地域の家畜の飼育は、蓄財と自給を目的としたものといえる。

4.8.3. まとめ

以上の結果からすると、調査地域では、図4.8.1.に示すように、用水消費量の大きい果樹と牧草を中心とした灌漑による自給農業で、経済性が低く、水消費の大きい農業が展開されているといえる。多くの農場が、生計を農業に依存しない不在農場主が外国人労働者を雇用して粗放的に経営されているという背景がある。そこでは収益性の高い作物よりも、農場主不在でもある程度営農が可能な永年作物(果樹)と、永年作物に近い牧草が主要作物となっている。しかし、近年における深刻な灌漑水の不足は、このような営農を許さない状況にある。最近一部の先進農家の間には、灌漑法の改善や、収益性の高い施設栽培及び野菜栽培の導入が芽生えつつある。

4.9. 灌 漑

4.9.1. 現況の灌漑水

(1) 地下水質と灌漑水分級

調査地域の農業は、地下水灌漑に依存している。近年の過度の農地それに伴う地下水開発のため、地下水位の低下と水質の劣化が進んでいる。

農漁省の1977年から1980年の調査[Water and Soil Yearbook No. 2, 1977-1981]によると、地域の灌漑水は図4.9.1.及び以下に示すように灌漑水分級では、中から高度の塩分含有量であり、低から中度のナトリウム吸着比を示す(灌漑水質分級ではC2-S1, C3-S1, C3-S2に分級される)。

地区	電気伝導度(μ S/cm)	ナトリウム吸着比(SAR)
ダイード	700	3.0
ハムラヤニ	840 - 2,000	1.4 - 7.2
フィリ	600	1.2 - 2.0

本調査においては、農家インベントリー調査とともに実施された既存井戸調査における地下水の採水と現場測定を実施した。また調査団が独自に温度・電気伝導度とpHの測定を行うとともにサンプリングを行い、農漁省の中央試験室での100サンプルにつき化学分析を行った。

既存井戸調査による1250井戸の現地水質測定では、表4.9.1.に示すように高塩度の塩分含有量を示す。ダイード-2地区では200から37,700 μ S/cmの電気伝導度を示し、塩類蓄積度の大きなばらつきがみられる。

農漁省の中央試験室での化学分析結果は、灌漑水質としてはC3-S2からC4-S3に分級され、1977-1980年の調査結果から比べると水質低下が進行しているといえる(図4.9.1参照)。

以上の結果から、栽培計画における作物選定に当たっては、耐干ばつ性のみならず耐塩性の作物の選定の必要がある。灌漑計画においても、塩分の集積の少ない灌漑方法を採用するとともに、リーチングの方法についての検討が必要となる。

(2) 灌漑用地下水揚水量

UNDP/FAOの1977年の農家での年間地下水揚水量調査では、平均49千 m^3 /ha/年の揚水がなされていた(表4.9.2.)。この調査において点滴灌漑栽培を行っている農場では21千 m^3 /ha/年、管路導水路を採用している農場では34千 m^3 /ha/年とかなりの節水効果がみられていた。

調査団による1995年夏の揚水量調査結果を表4.9.3.に示す。これによれば耕作

面積当たりの平均揚水量は 129m³/ha/日であり、農場面積当たりでは 61m³/ha/日となる。

政府統計資料 (1994) によると調査地域の 2,018 農場 (実灌漑面積 4,584ha) の水消費量は合計 51.4MCM/a (11,200m³/ha/年) であり野菜に 3.1MCM/a (6%)、果樹に 23.6MCM/a (46%)、畑作物に 24.7MCM/a (48%) であった。

この結果、調査地域における 1995 年時点の農業用地下水揚水量を 52MCM/a とする。

4.9.2. 現況の灌漑方法及び施設

(1) 灌漑施設

調査地域内の典型的農場の配置を図 4.9.2.及び図 4.9.3.に示す。農場Aでは、農場の 3/4 がバブラー灌漑が、1/4 では水盤法による灌漑が行われている。農場Bでは、ほとんどの農地がスプリンクラー灌漑されており約 10%が水盤法により灌漑されている。給水槽からの送水には、直径 25 から 110mm の PVC もしくはガスパイプが用いられている。取り付けタイプのエミッターのドリップチューブが、市場に多く出回っており一般的である。多くの製作会社の高低圧タイプのスプリンクラーが入手可能で普及している。深井戸を含む灌漑施設の単位面積当たり建設費は、約 Dh. 122,000/ha から 148,000/ha であり、その 75%は深井戸掘削費である。

(2) 灌漑法

農漁省の近代的灌漑法の導入に係る補助政策のもとで、調査地域では多くの近代的灌漑施設が普及している。

野菜については、ほとんどの農場で点滴灌漑法が導入されているが、それらの周辺装置の整備は農家の財政的問題もあり不十分である。導入されているエミッターのほとんどが 4 lit/hr.級であり、午前と午後 15 分ずつ灌漑されている。一部では、エミッター侵出部に塩分の結晶がみられる。グリーンハウス内での灌漑は、この点滴法が用いられている。

牧草の栽培は、水盤法が主に用いられている。ローデスグラスでは、畝間法も用いられている。圃場までの導水路は、ほとんどコンクリートライニングなされているが、一部では、土水路がいまだに用いられており、それらの水路堤防からの滲出水による塩分の地表結晶が見受けられる。一部では、導水損失を少なくするために、圃場まで地下埋設の塩ビ管による導水が行われ、水盤内の管端部吐出部を空き瓶などを利用した栓で開閉する方法が用いられている。アルファルファ栽培では、固定式のスプリンクラー灌漑が採用されている。

果樹特にデーツの栽培は、バブラーによる樹下水盤への灌漑が近代的灌漑法として導入されている。それらのバブラー及びスパイクは、しばしば撤去されて単にホ

ース管のみが水盤内に設置されている場合が多い。しかし、導水路（しばしば土水路である）の切り替えによる水盤への灌漑を行う伝統的灌漑法が残っている。灌漑は、水盤に約 5cm の水深の灌漑を 3 日から 7 日間隔で実施されている。

(3) 蒸発散量

農漁省の水文年鑑 No. 3 [1992]によると、多くの方法で蒸発散量の算定がなされている。パン蒸発計法は冬季に最も高い蒸発散能を示し、ソーンズウエイト法が夏季に最も大きな蒸発散能を示し、ペンマン法が平均的な蒸発散能を通年にわたり示す。UNDP/FAO の灌漑農業調査[1984]ならびに世界の多くの試験結果は、ペンマン法による蒸発散量の算定が最も信頼性が高いとされ FAO でもこの推定法を推奨している。

ペンマン法によってファラージムアラの観測地の算定結果から、蒸発散能は、7 月に最高値の 8.7 mm/日に達し、12 月及び 1 月に最低値の 3.0 mm/日となる。この計算結果とアルファルファ及びデーツの作物係数を 0.95 及び 0.9 として計算すると年間必要純灌漑水量は 2,076mm 及び 1,967mm となる。

(4) 灌漑効率と灌漑用水量

表 4.9.3. に示すように、本調査で実施した揚水調査結果から牧草及びデーツの灌漑効率を推定した。栽培面積当たりの地下水揚水量が 12 から 314m³/ha/day とばらつきが大きく、平均値に近いミレイハ東部ならびにミレイハでの灌漑効率は、47 から 63%と推定された。

現況の栽培作物・作付け面積をもとに、調査地域内の灌漑用水量の算定を以下の仮定の下で行うと、平均単位耕作面積当たりの地下水揚水量は、12 千 m³/ha/年と推定される。

作物	粗耕作面積 (ha)	純灌漑面積率 (ha)	純灌漑面積 (ha)	消費水量 (m ³)	灌漑必要量 (x10 ³ m ³)	灌漑効率 (%)	粗灌漑水量 (m ³)
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)	(4)	(5)=(4)/0.8	(6)	(7)=(2)x(5)/(6)
野菜	1,157.8	0.4	463	3,099,918	3,875	0.75	2,067
果樹	1,825.3	0.3	548	23,622,695	29,528	0.60	14,764
牧草	1,601.1	0.7	1,121	24,675,322	30,844	0.60	35,985
合計	4,584.2		2,132	51,397,936	64,247		52,816

4.9.3. インテークレート調査

灌漑強度の算定の資料とするため、円筒法による現場インテークレートの測定を調査地域内の土壌条件の異なる 19 の地点で実施した。

各地点のベーシック・インテイクレート算定結果は、4.4 から 211.5 mm/時の範囲に分散している。礫平原部でのベーシック・インテイクレートは、15A 及び 15B 地点での観測結果に見られるように表層土厚に大きく作用される。8 地点での測定結果が示すように表層が礫層であってもその空隙がシルトなどの細粒分で充填されていると非常に低いベーシック・インテイクレートを示す。

4.10. 環境及び女性

4.10.1. 環境

(1) 自然環境

a) 土壌、地質

調査地域は地質的にはバハダと呼ばれるダイード沖積礫平野と中央砂漠に分けることができる。

沖積平野は断続した流れの沖積土砂で構成され、レキ、砂、シルトからなるワチの堆積物で覆われている。調査地域の土壌は主にトリフリューヴェンツで、その性質は、土層が深く、やや塩類がかっている。

中央砂漠は砂丘及びその他の砂質堆積物により構成されている。主な土壌はトリブサメンツで、塩類土壌で、石灰を含み、ある地域は壤土により構成されている。

b) 野性生物

アラビア半島は熱帯アフリカ、オリエント、旧北亜区の世界の主な三つの動物地理上の接触地域であり、モロッコから中国西部にかかる Eremic 砂漠地域の中央部に位置しているため、「ア首連」は動植物の種が多様である。特に、爬虫類は乾燥気候が体温の維持、小食、低い代謝率等の生態に適した環境であるため多くの種類が生息している。

しかしながら、近年過放牧、狩猟等の人間活動により動植物相は大きな変化をもたらしている。さらに、地下水位の低下も生物に大きなダメージを与えている。

調査地域に生息している主な動植物の種類を表 4.10.1. 及び 4.10.2. に示した。

(2) 環境関連組織

1993 年以前には、環境行政は保健省内に設置されていた高等環境委員会が「ア首連」全体の環境を管理していた。1993 年にこの組織を母体に連邦法第 7 条に基づいて連邦環境庁が設立された。この組織は予算的にも行政的にも独立した組織で、内閣に属している。本部はアブダビに設置されている。

環境庁は保健大臣が議長を務める評議委員会により管理されることが法律で規定されている。この評議会は 9 名の政府の環境関連組織のメンバーから構成されている。評議委員メンバーは保健大臣により指名され、内閣の議決により任命される。環境庁設立の目的は次の通りである。

- 連邦における環境の保護と開発、
- 健康、作物、野性生物、海洋生物、その他の自然資源に影響を与える行為に

対して必要な計画及び政策の立案、

- 立案された計画及び政策の実施、
- 環境悪化に対する全ての適切な対策及び活動の実施、
- 全ての環境汚染に対しての闘争
- 現在及び次世代に対し汚染の影響を最小限にする。

1995年現在、環境庁は6名の職員で構成され、環境法を作成している。ドバイに所在する保健省の中に環境部が置かれている。環境庁の予定されている組織図を図4.10.1.に示した、上部組織はほぼ決定しているが、下部組織は未定である。

(3) 環境関連法規

「ア首連」には現在まで環境に関する法規は制定されていない。しかしながら、連邦環境法は現在環境庁により最高評議会に上程され審議中である。

他省庁にも環境関連法規が制定されている。その中で本調査に関連した法規は農漁省の毒性及び残留性の高い農薬の使用及び輸入を禁止したものである。禁止されている農薬を表4.10.3.に示した。

(4) 国際条約

「ア首連」はワシントン条約を批准し、生物多様性条約に署名している。調査地域に生息している動物のなかで、*Uromastyx spp* (トゲオオアガマ) がワシントン条約のなかで保護動物に指定されているが、生物多様性条約に指定されている動物は調査地域には生息していない。

「ア首連」には保護区、遺産条約登録地等は存在しない。

4.10.2. WID

調査地域内の農場における農業労働のほとんどは外国人労働者が行い、現地の婦人はこれに従事することはない。今後もこのような状況は変化しないものと考えられる。

これとは対照的に、近年他の分野で女性の進出はめざましい。「ア首連」大学においては、1977年には185人の女子が入学し、そのほとんどが教育学を専攻した。近年は表4.10.4.に示すように、女子学生数の増加は著しく、男子学生より多くなり、その専攻も多様化してきた。

女性の社会参加の歴史はシャルジャにおいて1964年に2人の女性が教員として雇われたことが最初である。1994年には2,357人の女性が教師として教育省に雇用され、そのうち8.4パーセントに相当する199人が「ア首連」人であった。しかし

ながら、当時は保健省、教育省、労働社会省以外の省では女性職員は少数であった。その後、政府が女性の社会参加を推進する政策を打ち出すと、女性スタッフの数が増加し、表4.10.5.に示したように、教育省内において女性職員数の増加は著しく、女性が高い地位を占めるケースも多くなっている。