社会開発協力部報告書

No. 009

アラブ首長国連邦
水資源開発調査
事前調査報告書

昭和55年3月

国際協力事業団

開業
[redacted]
80 − 75

JICA LIBRARY
1051130[1]

国際協力事業団

受入月日 '84. 4. 21	315
登録No. 03633	60
	SDS

はしがき

日本政府は、アラブ首長国連邦政府の要請に応え、同国に対する水資源開発調査を行うことを決定し、その調査は国際協力事業団が実施することとなった。

事業団は、昭和５４年５月に建設省関東地方建設局利根川上流工事務所長、狩野昇氏を団長とする５名の予備調査団を現地へ派遣し、同国東北部に位置するワジ・シマール流域における水資源開発のための本格調査実施を確認し、同国の社会経済状況、自然状況、ワジ・シマール流域概要、今後の調査方針等を「アラブ首長国連邦水資源開発調査予備調査報告書、昭和５４年６月国際協力事業団」に纒めた。

今回、本格調査の実施に当り、Scope of Work締結を目的として前回の予備調査に引続き、狩野氏を団長とし、予備調査の際、先方政府から派遣要請のあった農業専門家２名を含む７名の事前調査団を昭和５５年１２月１１日から同年１２月２５日までの１５日間派遣し、先の予備調査で実施した水資源開発のための水文、水理、地質概査の補足調査をすると共に、先方政府の強い要望である農業開発の可能性につき現地の状況調査を行った。これらの調査に基づき、本格調査実施のためのScope of Workを相手国政府と協議し、合意を得た。

本報告書が先の予備調査報告書と共に、アラブ首長国連邦の期待に応え、本格調査の実施に資すれば幸である。

おわりに、今回事前調査の実施にあたり、多大な御協力をいただいたアラブ首長国連邦政府、在アラブ首長国連邦日本大使館、ならびに関係機関各位に対し、深甚なる感謝の意を表するものである。

昭和５５年３月

国際協力事業団
社会開発協力部
廣田孝夫

目　　次

第Ⅰ章　序　　論 …… 1
1.1　経　　緯 …… 1
1.2　調査の目的 …… 1
1.3　調査団の構成 …… 1
1.4　調査日程 …… 1

第Ⅱ章　本　　論 …… 3
2.1　水文関係補論 …… 3
2.2　ワジシマールにおける地下水の概況 …… 5
2.3　地質構成からみたワジシマール流域 …… 13
2.4　土壌肥料関係 …… 25
2.5　ワジシマール農業開発に対する農業土木技術からの考察 …… 31

第Ⅲ章　結　　論 …… 43
3.1　今後の調査方針について …… 43
3.2　Scope of Work …… 45

第Ⅰ章 序　　論

1.1 経　　緯

アラブ首長国連邦政府は、昭和５４年１月日本に対して、水資源開発調査の協力要請を行なった。これを受けて、日本政府は、水理、水文、地質などの専門家から成るコンタクトミッションを昭和５４年５月に派遣し、社会経済状況、自然状況、水利用実態、水開発プロジェクトの現状、ワジシマール流域概要、今後の調査方針等について現地調査および関係機関との打合せを行なった。（アラブ首長国連邦水資源開発調査予備調査報告書・昭和５４年６月国際協力事業団）、この調査団は次の雨期に水文水理を主体とした調査を開始することを約した。また、農漁業省から、農業専門家を次回ミッションに加えてほしい旨の要請があった。今回これを受けて、農業専門家を含む官ベース調査団を派遣し、同時にＪＩＣＡの雇用した民間コンサルタントチームを派遣するに至ったものである。

1.2 調査の目的

今回の事前調査団の目的は、農業開発を含包したScope of Workの協議と農業専門家によるワジシマール流域農業開発の予備調査および民間コンサルタントチームに対する現地作業の指導である。

1.3 調査団の構成

狩野　昇	（団　長）	建設省関東地方建設局利根川上流工事事務所長
寺沢四郎	（土　壌）	農林水産省農業技術研究所土壌物理研究室長
木村隆重	（かんがい）	〃　構造改善局設計課農業土木専門官
黒田和男	（地　質）	通商産業省地質調査所環境地質部水資源課長
町田　脩	（水　理）	建設省計画局国際課海外協力官
北川　明	（水　文）	〃　土木研究所水文研究室
大島勝彦	（業務調整）	国際協力事業団社会開発協力部

1.4 調査日程

月　日	曜日	行　程	調査内容
１２月１１日	火	東京発　ドバイ着	
１２月１２日	水		農漁業省打合せ
１２月１３日	木		農漁業省打合せ

月　日	曜日	行　程	調査内容
12月14日	金	ドバイ→ダイド→マサフィ→ディバ→コールファカン→フジャイラ	現地調査
12月15日	土	フジャイラ→ワジハムダムサイト→ビトナ→マサフィ→タイバ→ウヤイナ→ワム→ディバ→フジャイラ	現地調査
12月16日	日	フジャイラ→農漁業省フジャイラ事務所→ディバ→ドバイ	現地調査
12月17日	月		農漁業省打合せ
12月18日	火	ドバイ→マスフート→ドバイ	現地調査
12月19日	水	ドバイ→ラッセルハイマ→ドバイ	現地調査
12月20日	木		Scope of Work 調印
12月21日	金	（農業チーム）ドバイ→アライン→ドバイ	現地調査
		（水文・地質チーム）ドバイ→ディバ→ドバイ	現地調査
12月22日	土	ドバイ→アブダビ	農漁業省打合せ（午前中）
12月23日	日	アブダビ→ドバイ、ドバイ発	日本大使館打合せ
12月24日	月	バンコク経由	
12月25日	火	東京着	

第Ⅱ章　本　論

2.1 水　文

コンタクトミッションレポート（アラブ首長国連邦水資源開発調査予備調査報告書 昭和54年6月　国際協力事業団）に、気象、水開発の現状等について記載しており、今回、現地調査で新たに判明したことについて述べる。

洪水流量観測

イギリスのコンサルタントHalcrowが、水資源の調査期間（1965～1969）中にUAEの主なワジであるWadi Bih, Wadi Siji, Wadi Ham, Wadi Lamah など6ワジに計7ケ所の水位計を設置し、Halcrowの調査終了後も農漁業省のスタッフにより、観測は継続されている。なお、Wadi Shimal には水位計は設置されていない。

洪水の継続時間は小洪水で1～2時間、大洪水では50～80時間という記録がある。

雨量観測

Wadi Shimal の流域内の雨象観測は、Dibba 気象観測所（農漁業省）と1年前に設置されたばかりのWadi Sinnah の雨量計で行なわれているのみである。近傍のものとしては、Masafi 気象観測所がある。Water Resources Survey Year Book No.1 Sep.1977によると、1972年10月から1976年9月までの4水文年の記録は下記のとうりである。

観測所	観測年	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	1水文年
Dibba	1972/73	2.0	0	0	91.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	93.7
	1973/74	0	0	0	11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	11.9
	1974/75	0	0	0	9.4	33.0	0	0	0	0	0	30.0	0	72.4
	1975/76	0	0	0	1.0	92.6	27.7	74.1	0	0	0	0	0	195.4
Masafi	1972/73	0.8	2.2	0	80.2	0	0	0	0	0	0	0	0	83.2
	1973/74	0	0	0	29.0	0	0	0	0	0	0	0	12.0	41.0
	1974/75	21.0	0	0	95.0	129.5	0	0	0	0	0	80.0	0	325.5
	1975/76	0	0	3.8	23.8	130.8	58.8	61.4	0	0	0	78.5	0	357.1

（単位：mm）

雨量観測計は、イタリー製の丈夫なものを使用している。

Dibbaの観測所は海岸近くの平地に位置し、一方Masafi 観測所は標高約450 m の山地に位置し、両者は約35㎞離れている。又、この地域の降雨は、地域変動が一般的に大きい。このためこの二地点の雨量はほとんど相関を有していない。

この4水文年の他、Halcrowの観測による記録が、1965／66、1966／67、1967

／68についてとりまとめられている。1968／69から1971／72の4ケ年については、農漁業省の気象担当者の話では、精度が悪く、とりまとめられていないようである。

農漁業省は、Wadi Shimal流域を水文観測のパイロット地域としたい意向を持っており、また水資源開発調査の立場からも流域内の降雨分布をできるだけ正確に把握する必要があり、Wadi Shimalの流域面積260㎢に対し約10ケ所ていどの雨量観測所を設置し、密な観測を行なうのが望ましい。

表面流出率

Halcrowのレポート（Report on Water Resources of the Tracial States Feb.1969）によると、Total Surface FlowはWadi Bihで19％、Wadi Siji で12％、Wadi Hamで11％（いずれも1966／68）という数字をあげている。

蒸　　発

Dibbaにおける年間蒸発量は、約3,000㎜である。

1971／72	3,114㎜	
1972／73	3,421㎜	
1973／74	2,974㎜	（Water Resoarces Survey Year Book No.1 Sep.1977による。）
1974／75	2,443㎜	
1975／76	2,993㎜	

調査団の現地調査中（12月16日）に、Dibba地区で、5㎜の降雨をみた。この降雨により、地表面下約7㎝ていどまで湿っているのが確認された。またこの5日後、再度降雨をみた際には、Wadi Shimalの河原の各所に水たまりができていた。

水　　質

現地調査中測定した水質は下記のとうり。

地域	採水	電気伝導度 micromho／㎝	水温	塩分濃度	pH
Dhaid	Dhaid（ファラージ）	1,320	32.5℃	約 200 ppm	7.0
Wadi Shimal	Taibah（溜水）	1,080	23 ℃	—	7.0+
	Vyainah（流水）	1,200	27.2℃	約 140 ppm	7.0
	Dibba（海岸際浅井戸）	3,700	28.8℃	約 1,200 ppm	7.0+
	Dibba（FAO農場チューブウェル）	650	31.9℃	約 100 ppm	7.0+
	Dibba（海岸際浅井戸）	4,400	30.3℃	約 1,000 ppm	—
Masfut	Wadi Quimah（表流水）	710	20.3℃	約 80 ppm	—
	Wadi Hadf（表流水）	710	23.2℃	—	—
	Wadi Agik（表流水）	670	21.2℃	—	—

ファラージ

ファラージはイランのカナートと同様の導水施設で、ＵＡＥの山岳地域を主として、見受けられる。

山岳地域：Siji，Masfut，Masafiなど著名なもの約１６

平　　地：Dhaid，Al-Mu'alla

東　海　岸：Awaina，Ghayl

アライン地域：Alayn，Daudi，Mu'toradなど著名なもの約１０

2.2　ワジシマールの地下水の概況

1.　ワジシマールの地下水域の概要

ワジシマールは 260 ㎢の流域面積を有する細長い流域で、中央の谷部は両側及び上流運ばれてきた砂礫によって埋没され、地下帯水層を形成している。上流の地形勾配が急では、埋没部は細く、下流に行くに従って、支流が合流し徐々に広くなる。海岸から上㎞地点が現在ダムサイト候補となっていて、この付近から、左岸側の大きな支線が合流ともあって、幅も大きくなり、開発の対象となる地下水域を形成しているものと考える。埋没部をはさむ両側の山地は急峻で、右岸側からは、小さな支線がいくつもほぼ直合流している。左岸側では、流域面積の大きな支線が、本線と並ぶように合流し、右岸対照的である。また、左右岸地質的にも異なっており、地形特性と相まって、下流の地域の地下水の賦存状況、流動状況にかなりの影響を与えるものと想像される。

この地下水域の地下構造は資料が充分でなく、今後の調査が待たれるが、海岸から上㎞のＦＡＯの実験農場での深さ６０ｍのボーリング資料と海岸近くの３０ｍのボーリン資料によれば、前者においては基盤まで達してないにもかかわらず、後者では基盤の蛇にまで達しており、下流で基盤が盛り上った状況を予想させる。今後、詳細な調査が望る。

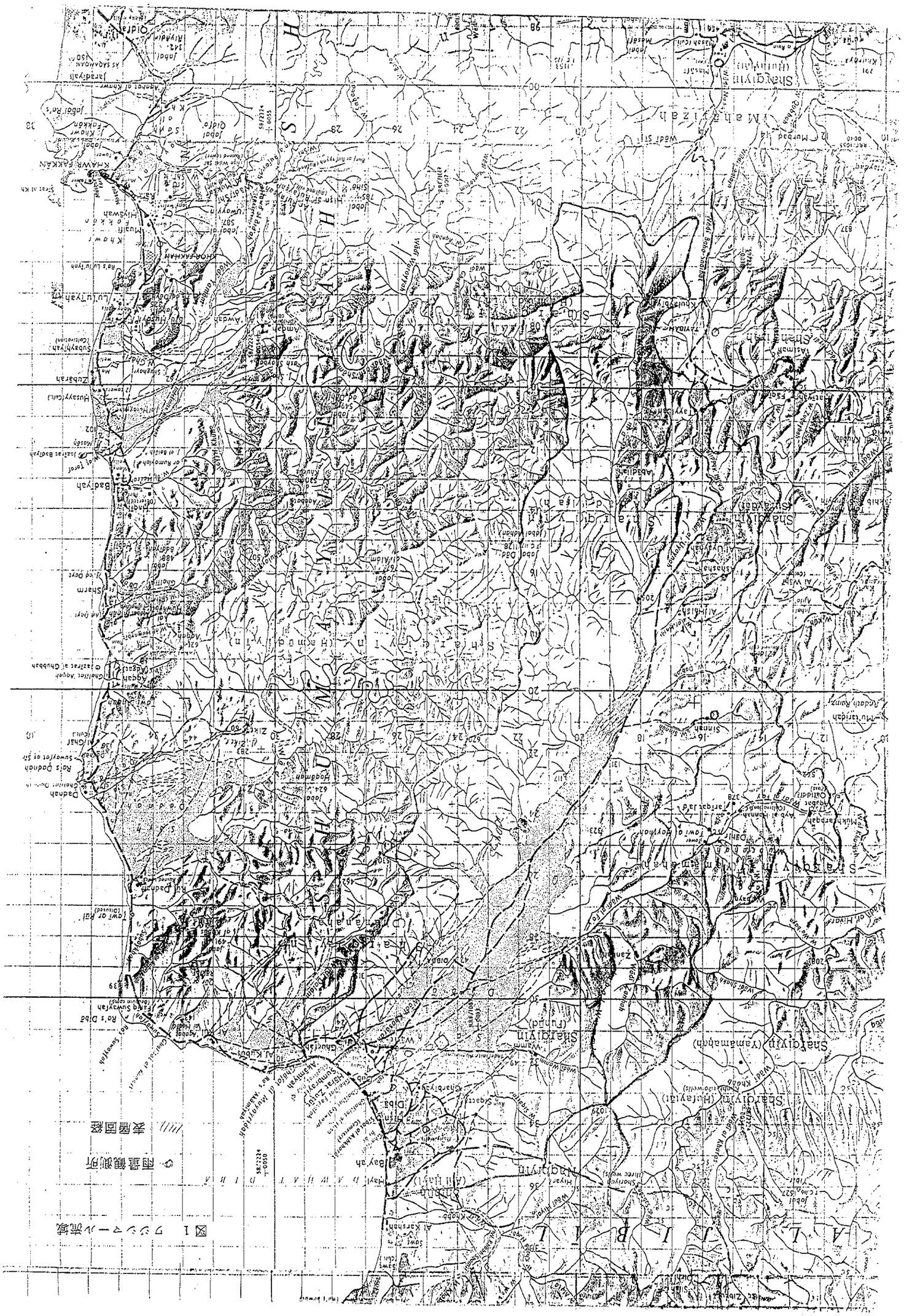
2.　ワジシマールの水循環の概況

ＵＡＥにおける水文観測の歴史は新しく、シャルジアを除いて、十数年前から開始されがほとんどで、最近になって、さらに、水資源の開発・管理の重要性から新しい雨量観の設置が行なわれているようである。ワジシマール流域の水文観測所もデイバ地区に６代中ばに設置され、６８年以降のデータは利用可能となっているようである。昨年、左一支流のワジシナーに新しく雨量観測所が設置されている。また、流域外であるが、タにおいても、雨量の観測が可能となっており、マサフィでの観測と合せて、４ケ所の雨料によって、不充分ながらもワジシマールの降雨量、その分布が推定できる状況となる。

デイバ地区での１９６８～１９７６年の平均年雨量は 102 ㎜、マサフィでの平均値は 174 ㎜となっている。乾燥地域における降雨の特性は、総雨量は小さいものの、降雨強度が大きく、年数回の降雨によってほとんどの雨量がもたらされることと、年雨量の変動が大きく、さらに日本のように正規分布することはなく、かなりひずんだ分布を有するということである。降雨量が多く、土壌が常に湿潤状態にある我国での陸地における水循環の主体は表流水であるが、パン蒸発量が 3,000 ㎜／年以上もある乾燥国における陸部での水循環の担い手は地下水であることはいうまでもない。このような状況においては、総雨量より、むしろ、降雨強度あるいは降雨分布といった水文量が、水循環に対する強い影響を有することになるのである。

さらに、降雨特性の他に、表層地質の水循環に与える影響は小さくないと思われる。表面流出の流出率は、表層地質によってかなり異なってくるからである。ワジシマール支流の谷部は、山地部で生成した砂礫が堆積しており、河道はこれを深く浸食している。この砂礫は細かなシルトとともに団結していて、透水性は非常に小さいようである。このような表層砂礫の固結は、本川とウヤイナ支流が合流した下流部においても見られ、強い降雨強度と相まって、上流域においては表面流出が発生しやすい状況となっている。ダム候補地点では、表層砂礫の固結は見られず、浸透性が大きいことが確認された。上流においても、河床ではシルト分のほとんどない砂礫で大きな浸透性を有している。河床の縁に所々ナツメヤシの自生が見られ、上流部の河道は地下水流の流路となっているものと推定される。山地に降った雨の一部は岩盤に浸透し、湧水となってわき出る。ウヤイナはこの流域の中でも規模の大きい湧水の一つと思われ、灌漑用水として利用されている。このような山地からの基底流が、下流への地下水供給量を形成し、河道を伏流するものと考えられる。右岸側に比べ、左岸側からの地下水としての基底流が豊富であることが推定される。ワジシナー、ワジフェイ、ワジハムといった左岸側の支流にはオアシスが形成されるとともに、ダム候補地点下流で灌木が密生しているのが見られるからである。このような上流および支流からの地下水供給は下流全地下水域での許容揚水量を規定するとともに、地下水位低下に伴なう塩水浸入に対しても大きく影響を与えるものである。上流及び支流からの地下水供給量の把握は地下水流動解析の基本であり、地下水位勾配、水理地質から、あるいは、ウヤイナ等で見られる湧水の観測から明らかにされなければならない。

もう一つの地下水の供給は地表からである。乾燥地域での地下水の自然涵養機構は二つ考えられる。一つは雨水が直接浸透して、地下水面まで到る場合で、もう一つは表面流出が発生し、それが凹地及び河道から浸透する場合である。早朝５㎜の雨量が観測され、５時間後表層７㎝が湿潤していたのが観察された。デイバ観測所付近での地下水面表は地表下約１０ｍにあり、雨水が直接地下水面まで到達するにはかなりの降雨量が必要となる。降雨後の土


Shaqiyin (Yamamahan)
Shaqiyin (Hunud)
Shaqiyin (Hilaiyat)
Shaqiyin (Hamudiyin)
Shaqiyin
Shaqiyin
Shaqiyin

壌水分はいづれ蒸発してしまうものと考えられる。よって、自然涵養は上流域で発生した表面流出水の浸透によるものと推定される。４流域の上流は浸透性に乏しいため、表面流出が発生しやすく、表面流出が下流の浸透性の高い地下水域まで到達し、一部蒸発する以外は、地下水へ涵養されるものと思われる。降雨強度が高く、総降雨量も多くなると表面流出は海域にまで達することになる。写真は、１９７９年１２月１日に生起した降雨によってもたらされた表面流出水が凹地に貯留された状況を示している。表層からの地下水涵養は表面流出の発生と深く関係することになり、表面流出の発生を左右する降雨強度、総降雨量、降雨分布の観測、表層地質調査から流出機構を明らかにし、河道での伏没調査、下流地下水域での凹地の浸透能調査から、地下水涵養量の推定が不可欠となるであろう。

ＦＡＯの実験農場の新設井資料およびデイバの観測井の地下水位の測定から、下流域の地下水面勾配はおよそ 1／1000 であり、地形勾配と比較するとかなりゆるやかである。海岸線の長さは約９㎞あり、支流からの地下水供給量の違いおよび地下水揚水量の分布の非一様性等によって、地下水域全体にわたって一様な地下水勾配を有していることはないと思われるが、とりあえず海域への地下水流出量を一次推定する場合の基礎資料にはなるであろう。より正確な地下水の流出量の推定には面的な地下水位の観測と水理地質調査がなされなければならない。

以上述べてきたことをまとめて、ワジシマール流域での水循環の概況を図示すると図２のようになる。

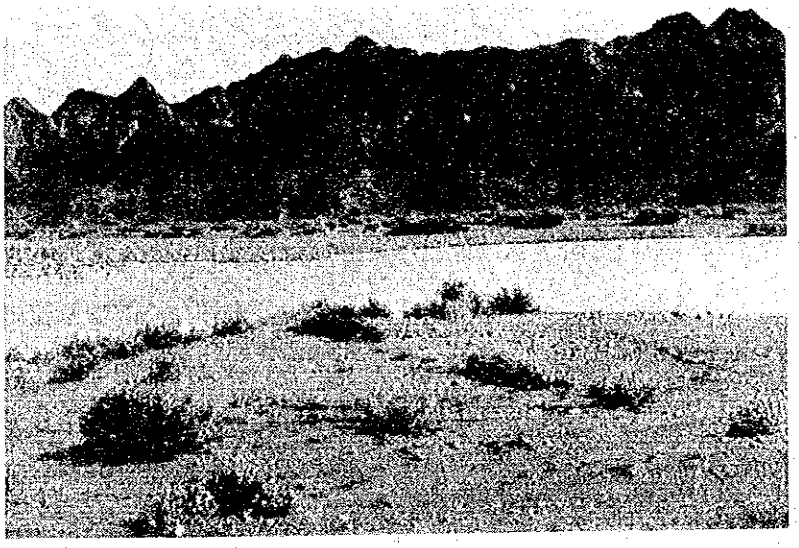


写真１　　凹地に溜った表流水

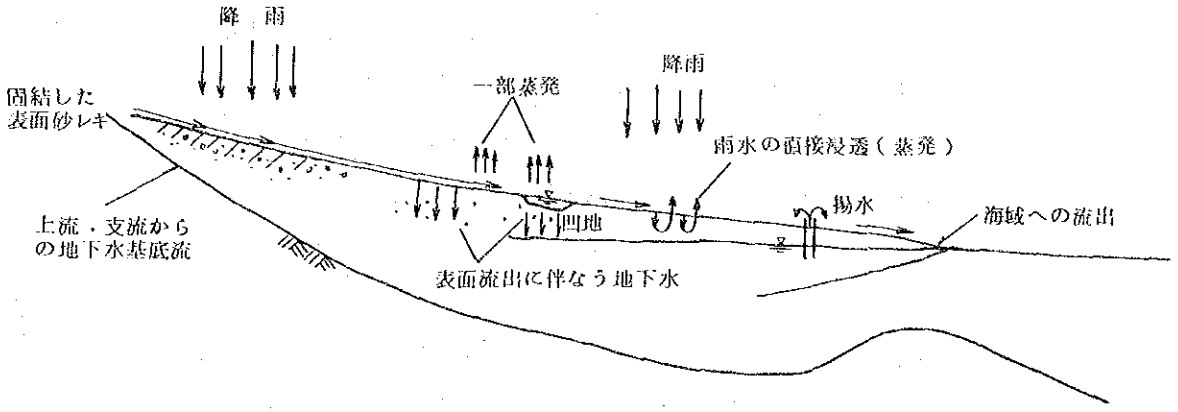


図２　ワジシマールの水循環概況図

3.　ワジシマールにおける地下水の利用

ワジシマールにおける地下水の利用目的は生活用水と農業用水である。量的には農業用にかなり利用されているものと思われる。農園内のあちこちに径約１ｍの手ぼり井戸が見られる。ほとんどの井戸に、政府の補助を受けてディーゼルエンジンとポンプが設置されている。ポンプの能力は、地下水位地表下４ｍで 100 ～ 200 ℓ／sec 程度である。灌漑方式は最もロスの多い溝式灌漑である。井戸の新設は政府に申請して許可を得なければならないが、揚水量に対する規制はなされていないようである。灌漑に必要な水量以上が多分に揚水されているものと考えられる。これは農業技術がつたなく、経験のみにたよった農耕が行なわれているからであり、近代的な農業技術を導入し、地下水揚水量を削減することも必要かと思われる。

生活用水に関しては、近年特に、近代的な住宅建造が進行しており、上水道の普及、水利用機器の近代化に伴なう水利用量の増加も今後懸念されるところである。

図３は、１９６８年ハルクロによって調査されたデイバ地区における地下水の電気伝導度の分布を示している。図中に書き添えた数字は、１９７６年１１月に計測された電気伝導である。値が大きくなっている所もあれば、小さくなっている所も見られ、塩水の浸入状況が深刻化しているかどうかは明確でない。図４は図３中の観測井での静水位の変化を示す。概して、地下水は低下傾向にある。

前回のミッション報告にもあったように、海岸近くで、地下水を集中して揚水すれば、塩水の浸入が極地的に進行することもあり、地下水域の地下水流動を把握し適切な取水施設の配置と適切な地下水管理が望まれるところである。

4.　ま　と　め

今後、この流域における水資源の開発調査において、地下水に関する調査は大きな比重を占ると思われるが、先に述べたように、この地下水域での定量的な水循環機構を明らかにするとともに、下流地下水域においては、揚水量増加に伴なう塩水障害予測及び監視のために、

面的な地下水観測、水理地質構造、塩水の浸入状況等のきめの細かい調査が必要となるであろう。

参 考 文 献

(1) W. HALCROW & PARTNERS THE REPORT ON WATER RESOURCES OF THE TRUCLAL STATE

(2) WATER RESOURCES YEAR BOOK

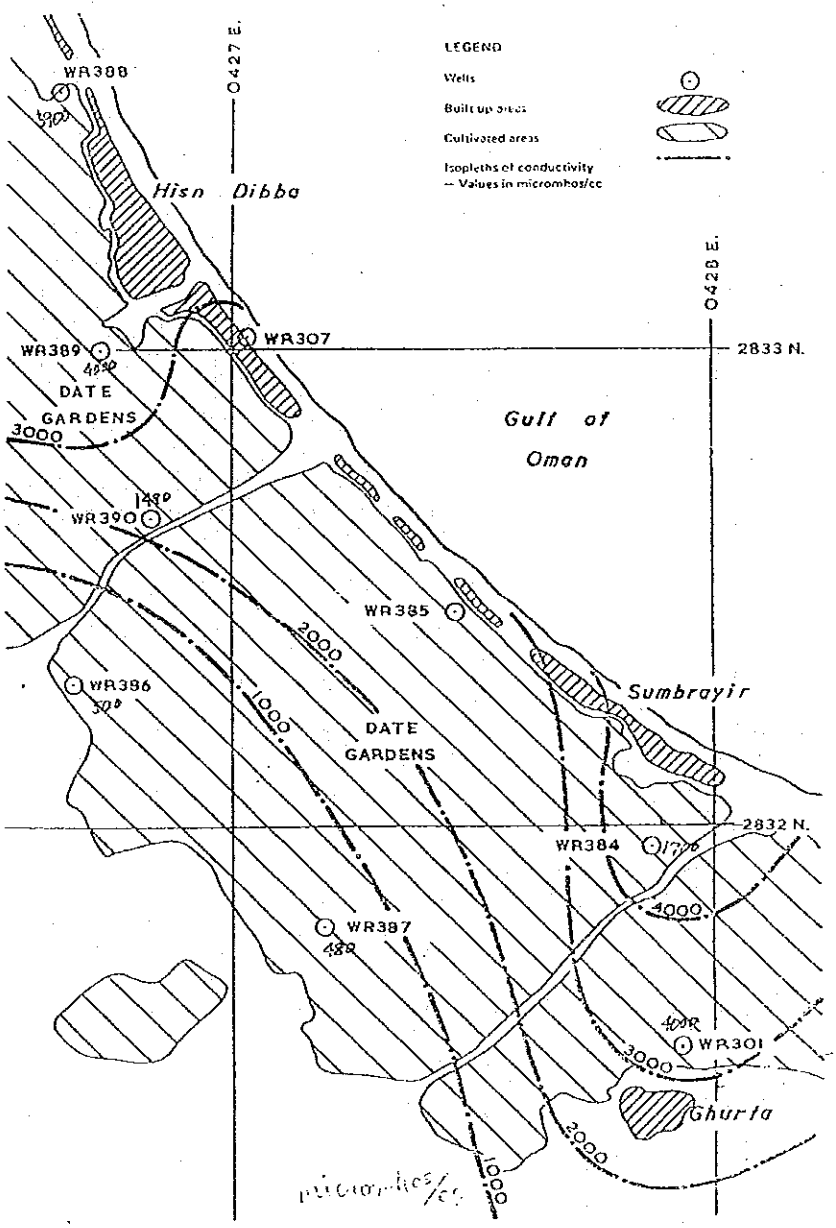


図3 ELECTRICAL CONDUCTIVITY-DIBBA

—Scale 1 in 10,000—

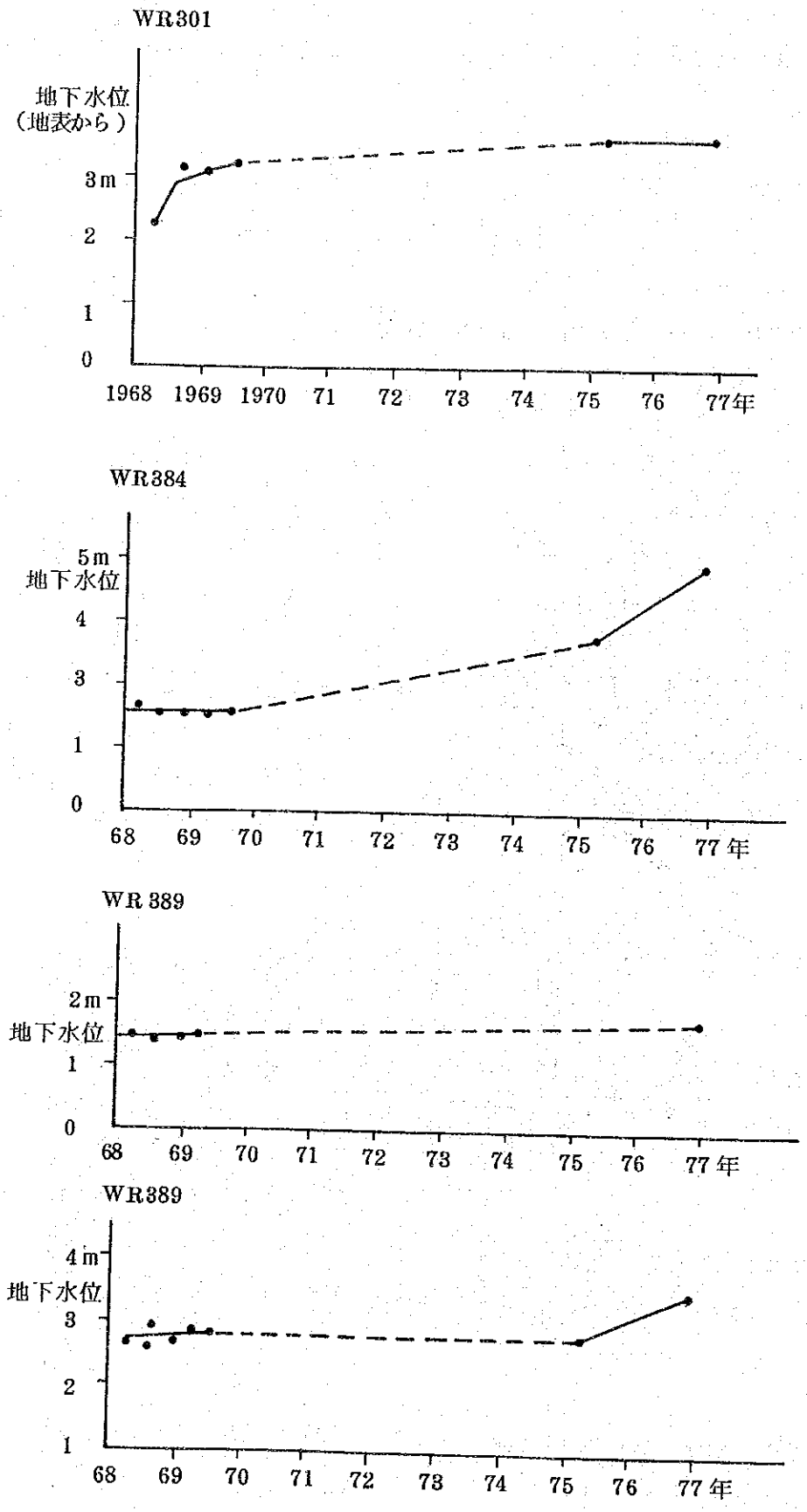

WR301
地下水位
(地表から)
3m
2
1
0
1968
1969
1970
71
72
73
74
75
76
77年
WR384
5m
地下水位
4
3
1
0
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77年
WR 389
2m
地下水位
1
0
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77年
WR389
4m
地下水位
3
2
1
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77年

図 4

2.3 地質構成からみた Wadi Shimal 流域の地下水

地質調査所　黒　田　和　男

インド洋の北西部は、アラビア半島とイラン高原とに挟まれた湾入を形成しているが、その湾入は、ひとつの半島によって西側のアラビア湾と東側のオーマン湾とに分けられている。半島は、アラビア半島南東海岸寄りを、北東－南西の方向に延びているオーマン山脈の北東端に当り、海抜2,000 mに達する山脈がそこに展開しているが、Wadi Shimalは、その山地に源を発し、オーマン湾に流路を求めているWadiの1つである。（図－1参照）

1. 地質の概要

Wadi Shimal流域を含む一帯の地質は、古生代二畳紀又はそれ以前から中生代白亜紀にわたる一連の海成堆積岩、火山性堆積岩およびこれに由来する変成岩類（古期岩類と称する）と、古期岩類を著しい傾斜不整合で被覆する新第三紀末から第四紀にわたる砕屑物とから成っている。

古期岩類は、Geological Map of UAE（1976年版）によれば、次のとおりに区分される。（図－2参照）

1）中期二畳紀から後期白亜紀にわたる主として炭酸塩岩からなる一連の堆積物で、主として、半島の先端部Al Jibal山脈を構成している。全体として良く成層し構造的に榎乱を受けた所では垂直方向の節理が発達する。

2）前期二畳紀から後期白亜紀にわたる海底火山噴出物および関連する火成岩類で、Semail Ophiolito Suile（Semail岩類）と呼ばれている。

今回調査した地域では、Semail岩類は、大部分が蛇紋岩であったが、転石の中には、緑色チャート、赤色チャート、はんれい岩、微はんれい岩も多数混在しており、多種類の岩石が入り組んだひとつの複合体となっていることは明らかである。岩体は全体として亀裂に富んでいるが、この亀裂が造構造運動により生じたものか、後の地質時代の風化作用によって生じたものか、現在のところは明らかでない。

3）前期二畳紀から後期白亜紀にわたる珪質岩、炭酸塩岩および海底火山噴出物に由来する変成岩体で、Hawasina Series（Hawasina統）と呼ばれている。今回調査した、Wadi Shimal流域内では、チャート又はチャートと大理石との互層からなる部分と、珪質の結晶からなる部分とに分けられ、全体として亀裂に富んでいるが、これも造構造運動により生じたものか、風化作用によるものかは明らかでない。

以上の3つの岩体を原岩に復元して考えた場合、同時異相の関係にあり、同時期に一方では、海底火山活動を含む火成活動の著しい海域、静かで炭酸塩の沈澱しやすい海域および両者の中間にあって火山活動の影響を受けた海域の3つにそれぞれ形成された地層が、白亜紀末期から第三紀始の変動によって、現在観察される岩体となったものであると考えられる。

1）2）の岩体は、Wadi Shimal南東側の山地、すなわち、オーマン山脈プロパーを構成している。現在の1）2）3）の岩体は、相互に断層を介して接触しているものとされているが、今回の調査では確認出来なかった。

ただ、Wadi Shimalについて言えば、河口付近では左岸側は1）ないし2）の岩体、右岸側は3）の岩体が露出しており、上側に進むにしたがって右岸側は依然として蛇紋岩に富む岩体が露出するのに対し、左岸側は2）の岩体が顕著であって、Wadi Shimalは、断層線谷であることには間違いはない。Geological Map of UAE（1976年版）でも、Diba帯と呼ばれる構造体がDibaから南西に延びているとされており、Wadi Shimalの下流部は、この構造帯中におさまっていると考えてよい。

Diba帯を形成させた断層線が現在も活動しているかは明らかでない。空中写真から図化された1：25,000地形図では、北東－南西方向に数本の顕著な地形上のリニアメントが読取れるが、この地形上のリニアメントは、Diba帯の形成に伴われる断層に規制されたものであろう。

○ 新期の砂層堆積物は、次の3つに区分される。

1） Wadi Shimalの源流部からその南方Masafi盆地にかけて、海抜400 m～450m付近に平坦面（おそらく堆積面）をもつ半固結堆積物は径5㎝程度の角へ亜角礫と泥質の基質からなり、細かい成層単位をもちほぼ水平の層理をもっている事から、背後地に砕屑物の生産の著しい、島の多い内陸湖に堆積した地層と考えられる。下部に行くほど礫の径は大きくなり、基底面の起伏はかなり著しいものであろう。Wadi Shimalの源流部は、この堆積物を下刻し、さらに基盤をなしている岩石をも下刻して流路を形成している。

2） 現在のはんらん原に連続する地形面を構成している一連の堆積物

これには、現在の河谷を埋積している渓間堆積物、Wadi Shimalの右岸側の山地、山麓部に達する扇状地ないし崖錐堆積物、およびDibaの集落をのせているはんらん原を構成している堆積物がこれに相当する。

3） 海浜堆積物

本調査地域についていえば、DibaからFujairahにかけての海浜を構成している堆積物である。

但し、2）3）の区分は、むしろ地形による分類であって、堆積物の内容についてはボーリング柱状にたよらねばならない。

Diba地区を含むオーマン湾沿岸地域の海岸地形の特長は、Diba以南では海岸平野の発達が著しいのに対して、Diba以北Al Jibal山脈の山脚はほとんど海に没していて、平野の発達に乏しいことである。南側の海岸でも、DibaからKhor Fakken迄は、扇状

地の末端が海に没しているのに対し、Khor Fakken 以南は、扇状地の末端は海に到達せず、Wadi の流路は定まっている模様であり、海岸には Sakbha が発達する。この事は、山地全体が北に向かって傾動しており、傾動の平衡点は Khor Fakken 付近にあること、さらに Diba 付近には新らしい地殻運動の型態が変化し、急速に沈降していくのが Diba の北方であることを示していると考えられる。すなわち、Diba 帯の北縁に位置する断層線には、新らしい地質時代（完新世まで続くとみられる）の傾動運動の変化する線が存在することが予想される。ちなみに、Wadi Al Fa'y は、この断層線に規制された河谷であろう。（図－3参照）

- Wadi Shimal の谷を埋める堆積物は、上記の考えにもとづいて推定すると、次のとおりである。

右岸側の蛇紋岩を主とする Semail 岩類から構成される山地は、扇状地ないし崖錐が発達して、広い膠結斜面を形成している。地表面は、蛇紋岩およびチャートの円礫が散在しているが、基質は暗褐色、泥質であり、細礫から粗砂に至る粒子がこの泥質の基質によって膠結されている。この堆積物はおそらく地下深くまで続いているものと推定される。

左岸側の Al Jibal 山脈から派出する谷の出口には、Wadi Fa'y の氾濫原を除いて、扇状地ないし崖錐の発達に乏しい。堆積物は石灰岩の円礫のほかは、赤色チャートなどに由来する泥質の基質で膠結された砂礫であるが、土石の排出ないし移動が烈しいために礫の含有量が著しい。

Wadi Denhah, Wadi Al Hayah, Wadi Al Uyayanah など、Wadi Shimal の左岸側支流は、Hawasina 統からなる山地から派出しており、河谷中の堆積物は、珪質の扁平な礫および砂が多く、泥質の基質に乏しい。しかし、Diba のはんらん原に入るところでは、通称ダムサイト予定地点の狭さく部にさえぎられ、堆積物の組成に影響を与えるものではない。

今回の調査で、たまたま5本の井戸地質柱状図が得られたが、その地質柱状には Gravel, Sandy gravel, Gravel with clay の3通りの記載があり、礫の種類についての記載は無い。また、井戸の位置も確かでないが、3通りの記載をあえて、

1）右岸側の山麓緩斜面を構成する堆積物

2）左岸側の Hawasina 統および Al Jibal 山脈を構成する岩石に由来する堆積物

に区分すると、2）は Gravel および Sandy gravel, 1）が Gravel with clay に対応するかも知れない。

さらに大幅な推定を行なうと、Diba のはんらん原は、ひとつの入江であるが、その入江の中には Würm 氷期に形成された河谷がはんらん原の北西寄りに伏在しており、その埋没谷の基底付近は、砂礫層または礫層など、旧河谷の底を埋めた比較的粗粒の堆積物が発

達している。そうして、その河谷は、Diba帯の北縁付近に、地形上のリニアメントに沿っていると考えてみたい。基底部の深さは、日本と比較するのは著しく困難であるが、Würm氷期後の海水準の変動を考慮して40m以上はあろう。

但し、Dibaはんらん原の海岸寄りに掘さくされた浅井戸の周囲には、造礁珊瑚が見出されているため、この珊瑚が海抜何mのところから出て来たものであるかを知ることが、海水準の変動、ひいてはいわゆる沖積層（Würm極相期の谷を埋めた堆積物）の基底の深さを知る鍵となる。

なお、Wadi Shimal流域では、河岸段丘の発達に乏しい、Wadi Al Uyaynah に沿っては、Ashasah，Al Uyaynahの集落は明らかに河岸段丘上にあり、その高さは現河床より10m前後で、表面には砂礫層がのっているが、基盤の岩石は谷壁に露出している。Wadi Al Uyaynah合流点より上流のWadi Shimal (Wadi Al Abadilah)にも沖積段丘のような形で河岸段丘が発達している所がある。

2. 水露頭の観察

今回観測した水露頭は、Wadi Shimal関係で、山地内の湧水、湧泉3カ所及び、Dibaはんらん原中の井戸3カ所、そのほかmasafiの鉱泉水源井のきき取り、その他参考としてBithnahの湧水、Masfutの湧水等であった。(図－5参照)以下、測定諸元を表－1に示す。

1) Tayyibahの湧井

Wadi Shimalの支流、Wadi Al Uyanahの源流にあり、湧井はWadiの中に掘さくされている。Hawasina統の結晶片岩（緑泥片岩）の風化部中に井戸が設けられているが井戸水はあふれ出ることなく、再び風化岩中に没している。しかし、岩盤の直上には海抜480m付近に堆積面をもつ湖成堆積物の基底がある事から、この井戸水は岩盤内の水よりはむしろ湖成堆積物の基底部にたまった地下水が流路を求めて地表付近に現われたものであろう。なおこの湖成堆積物はMasafiの堆積盆からは独立した別個の堆積盆をなしており、大部分の地下水は西方に排出口を求めてWadi Asmahとなり、排出口付近にはAsmahの集落が形成されている。

2) Wadi Al Yemah合流点の岩盤湧水

Tayyibahから約4km下流、Wadi Al Yemahの合流点では、石灰岩を挾在する珪質片岩中の割れ目から、100ℓ/min位の湧水があり、この付近の椰子園の水源となっている。この水は明らかに岩盤中の割れ目から湧出しており、周囲の地質構成からみてカルスト水の可能性がある。また、Wadi Al Yemah流域には小規模ながら、湖成堆積物の存在と思われる海抜440mの平坦面が、北東－南西方向に延びる地形上のリニアメントを伴って発達しており、西方に流路を求めているWadi Al Mayiaの源流部の地下水は、カルスト性の水となってこの湧水になっている可能性が大きい。湧水は比較的安定しており、

山地の水収支解析にはこの湧水の観測が重要な役割を果すものと思われる。湧水は数100mの間岩盤上を流れ、やがてWadiの中に没してしまう。

なお、Al Uyayna, Ashasah, Al Walah, Danhahの集落、椰子園も同様の湧水により涵養されていると思われるが、石灰石ないし珪質の結晶片岩中の水の供給源は、西側の地形上は別の水系となるWadi Sidrの源流部の地下水が出口を求めているものであろう。ちなみにWadi Sidrの源流部も北東－南西方向の地形上のリニアメントに乗っており、セン断破砕帯および新しい地質時代の地盤運動の境界線がここに想定されると共に、海抜500mの堆積面をもつ堆積物の存在が推定される。

3) Dibaはんらん原の地下水

今回観察した限りでは、Dibaはんらん原の海岸寄りでは、地下水面はほとんど水平で海岸に向かって約1／1,000の勾配をなしている様子であった。しかし、地下水面の海抜高度が明らかでないため、背後地からの地下水の供給が僅かであることはわかっても、その量を把握することは出来なかった。

電気伝導度の測定結果からは、次のような考察が可能である。すなわち、1)のTayyibahの湧井、2)の岩盤湧水ともに、電気伝導度は1,150程度であって、湧水の背後地の地質構成からみても、ほぼ同一の組成内容をもっていると考えられる。海岸の地下水には、FAO実験農場の井戸のように570MS／cmの電気伝導度を示すものと、海岸地帯浅井戸のように3,000MS／cm以上を示すものがあり、後者は塩水の影響を受けていると考えてよい。

FAO農場井戸の水は、岩盤湧水の電気伝導度の1／2の値をもっており、単純にその供給源を山地からの水に求めることは出来ない。電気伝導度が小さいことは、溶存成分量の少ない水としては、天水に求める以外に考えられないことから、おそらく、岩盤湧水はかなりの量の天水が加わって地下に水溜りが形成されているか、地下水の中に躍層が形成されているかのどちらかである。岩盤湧水と天水による供給の比率は、天水がまず50％以上であることは間違いない。水中の溶存イオン量を全分析してみると、どの程度が天水の直接涵養、

表－1　電気伝導度測定結果

番　　号	水　　温	電気伝導度 25℃換算	摘　　要
1	23.0 ℃	1,160MS/cm	Tayyibahの湧井（山頂平坦面直下）
2	27.2	1,140	Wadi Al Yemah岩盤湧水（山東各部）
3 － 1	31.9	575	FAO農場井戸（Dibaはんらん原中央部）
3 － 2	28.8	3,420	Diba浅井戸（海岸沿いの低地）
3 － 3	30.3	3,940	Diba浅井戸（海岸沿いの低地）
4	32.5	1,160	Dhaydの湧井（山脈東側の扇状地末端）

すなわちDibaはんらん原に降った天水が垂直浸透して地下水に転化しているかを知ることが可能であろう。

3. 水文地質の概要

Wadi Shimal流域において、地下水流を規制する地質がまだ推定の域を出ないので、これから記述することは前項で考えた地質の構成から予想したものである。

流域内の地下水流は、山地とDibaはんらん原の2つに分けて考えることが出来、1つは岩盤内の亀裂水、他は未～半固結堆積物中の層状水である。

Wadi Shimal南東側のSemail岩類からなる山地は、岩盤自体に亀裂が多く、全体に保水性に乏しいとみられる。亀裂が風化作用にもとづくものであっても、造構造運動にもとづくものであっても、山地全体が低いので、両者の区別は保水性には、ほとんど関係が無いであろう。地域全体に集落も椰子園にも乏しく、僅かに河岸段丘との接点付近に若干の椰子園があるだけで、保水性に乏しいことが逆に証明される。

Hawasina統は、珪質岩で亀裂が多いという特性から、同様に保水性に乏しいと思われる。しかし、泥質岩や炭酸塩岩に規制された地下水の経路に加えて、高位の湖成堆積物から供給されていると思われる水が認められる。

河岸段丘の接触部や扇状地の肩頂部付近に集落や椰子園があり、地下水の保水性は、湖成堆積物の存在を含めてSemail岩類からなる地域よりもやや大きいとみられる。

Al Jibal山脈の山麓にも、扇状地の肩頂部付近に集落や椰子園があり、地下水の存在が予想される。しかし、岩盤は亀裂に富んでおり、保水性に乏しいため、谷が深い割には水流に乏しいとみられる。

はんらん原の内部にある堆積物は、Semail岩類からなる山地からもたらされる泥質の基質に富む堆積物は当然透水性に乏しく、Hawasina統からもたらされる砂質の堆積物が発達する部分は当然透水性は良好である。ことに透水性が良好で、動水を多く賦存すると思われるのは、Würm極相期の谷を埋めたいわゆる沖積層の基底礫層であろう。ただDibaのはんらん原には、沖積粘土層はなく、すべて砂礫層から構成されているのが特長である。

まだ未解決であるが、沖積層の分布範囲逆にいえばWurm極相期の谷の形を求めるのが、後に述べる地下水賦存量および揚水可能量の決定の鍵になるようである。

4. 地下水の賦存状態の考察

地下水の賦存状態は、未固結～半固結堆積物地帯と硬岩盤地帯の2つに分けて考えたい。なおここに地下水と呼ぶものは狭義の動水である。

Dibaはんらん原の地下水は、堆積物の中に被圧層となる難透水性の地層を挟んでいない事から、自由地下水の型態をなしているものと考えてよい。しかし、すでに地質、水文地質の項で述べたように"沖積層"の基底礫層のように透水性の良好な部分、あるいはSemail

岩類から排出された崖錐－扇状地堆積物のように透水性の若干劣る部分もある。この差は、静水頭の分布に関しては問題にならないが、地下水の揚水による動水頭の分布を考察する際には、かなりの影響があるであろう。

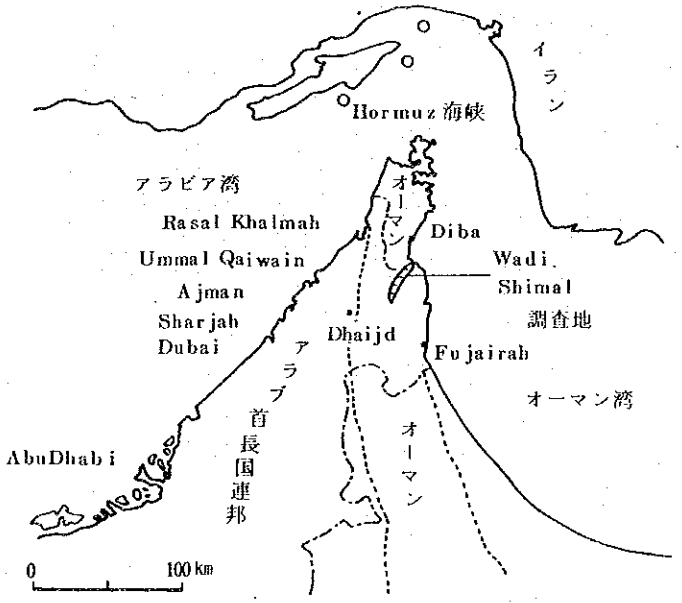
はんらん原下の地下水の供給は、降雨が直接浸透するもの、周囲の山地から流入するものの２つに区分される。調査当時は地下水面等高線図を描くだけの資料を得ることが出来なかったので、水頭分布の状況、すなわち地下水の供給源を知ることは出来なかった。

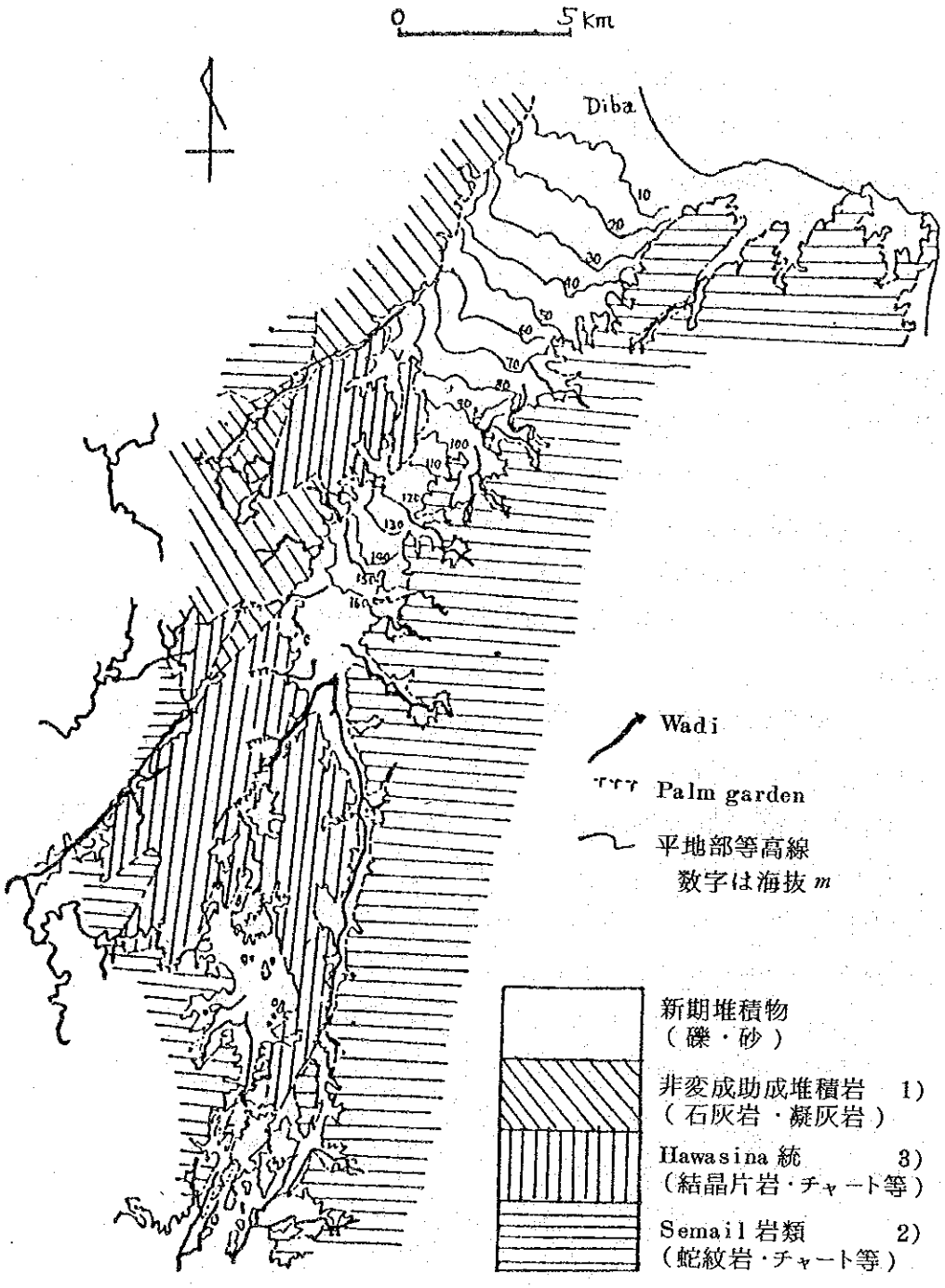
Dibaはんらん原の海岸付近では、南東部の海岸線沿いに井戸水の電気伝導度が著しく大きい所があったが、これが、過剰揚水による塩水侵入の結果によるものか、もともと供給源に乏しい地下水区が局地的に存在し、塩分濃度が相対的に高いところであったものか、今後、地球化学的調査結果に待たれる。

硬岩盤地帯の地下水も、調査当時に観察されたものは、巨視的にみた自由地下水であろう。しかし、Semail岩類、Hawasina統では、岩盤内の裂かの性状が異なり、後者が間隙に豊んでいるために、降雨時における水の挙動には差があるものと考えられる。すなわち、Semail岩類では、湿しゅん前線の下降速度がHawasina統、とくに珪質の結晶井岩よりもかなり遅く、この差は山地の流出率に影響を与え、逆にいえば地下水に移る水の量に差があることを反映している。

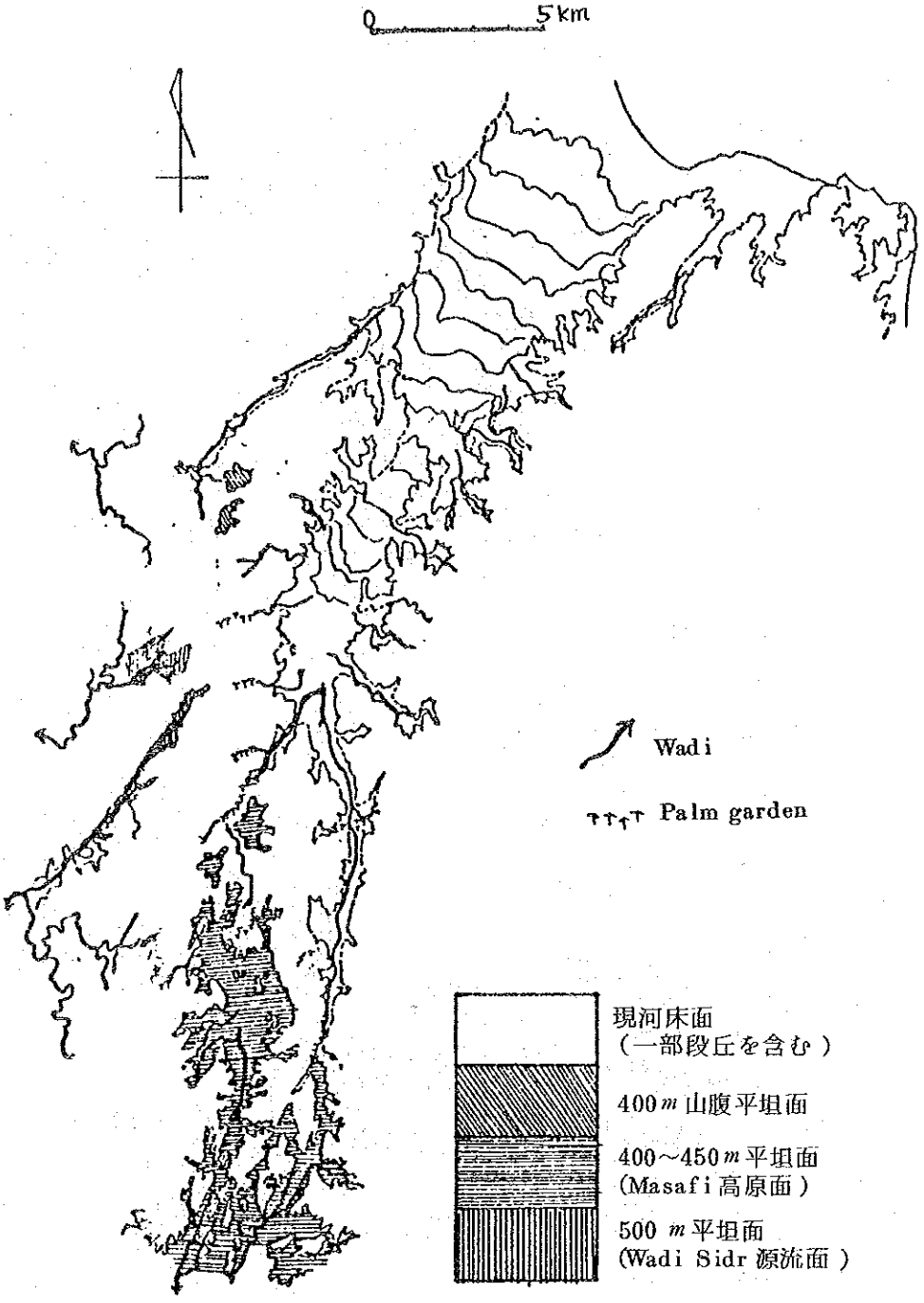
しかし、この差を検証するには、精密な水文観測のほか、岩盤湧水を含む地下水の地球化学的測定によらねばならない。

山地内の多くの水露頭にみられるように、硬岩盤と谷を埋積する堆積物の基底部との境界（不整合面上）を、僅かに自由地下水が流動しているとみられる。時には不整合面下の風化岩盤中を流下しているかも知れない。このような水一伏流水の流動速度や流量の実測は著しく困難であろう。

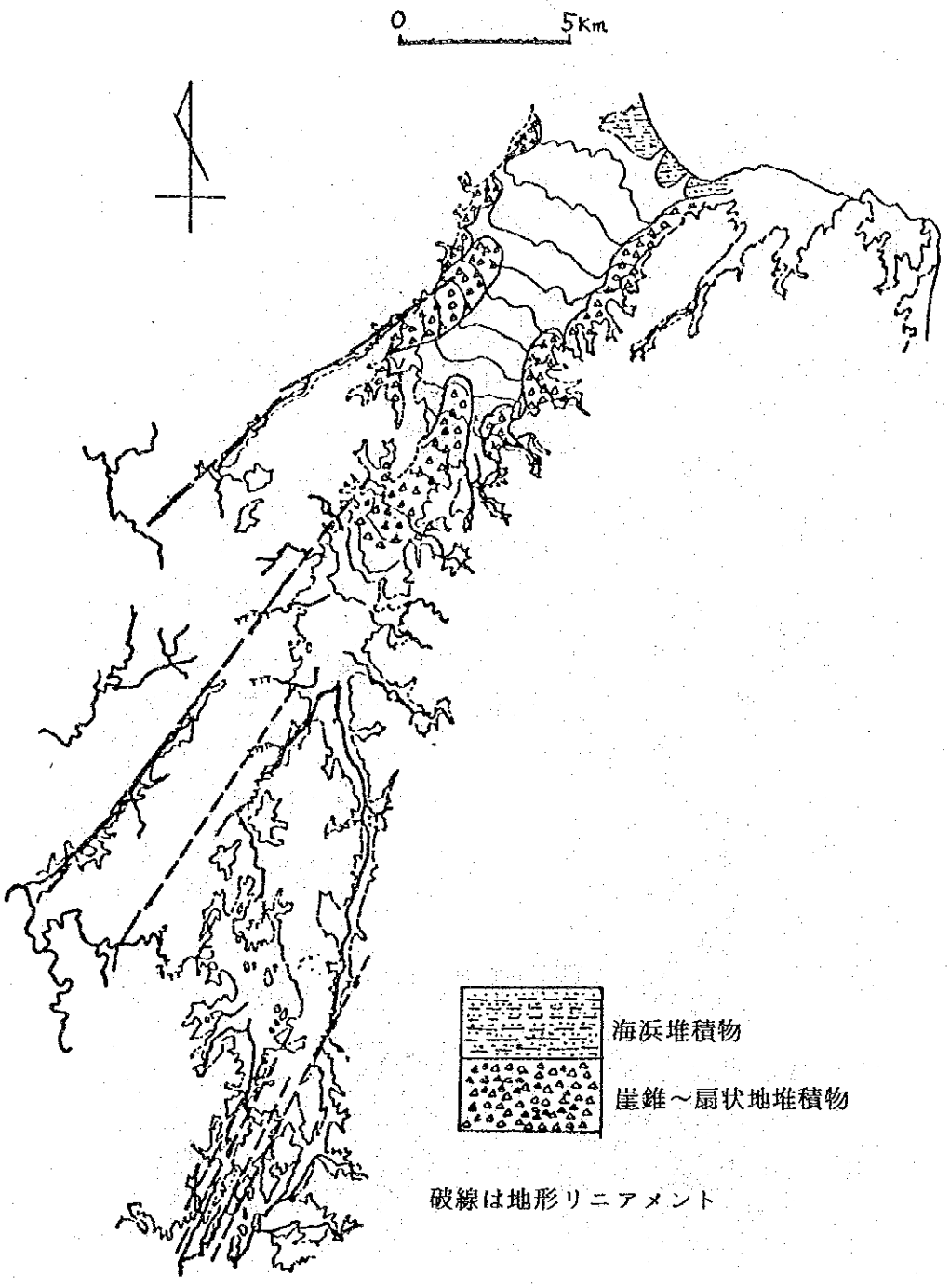




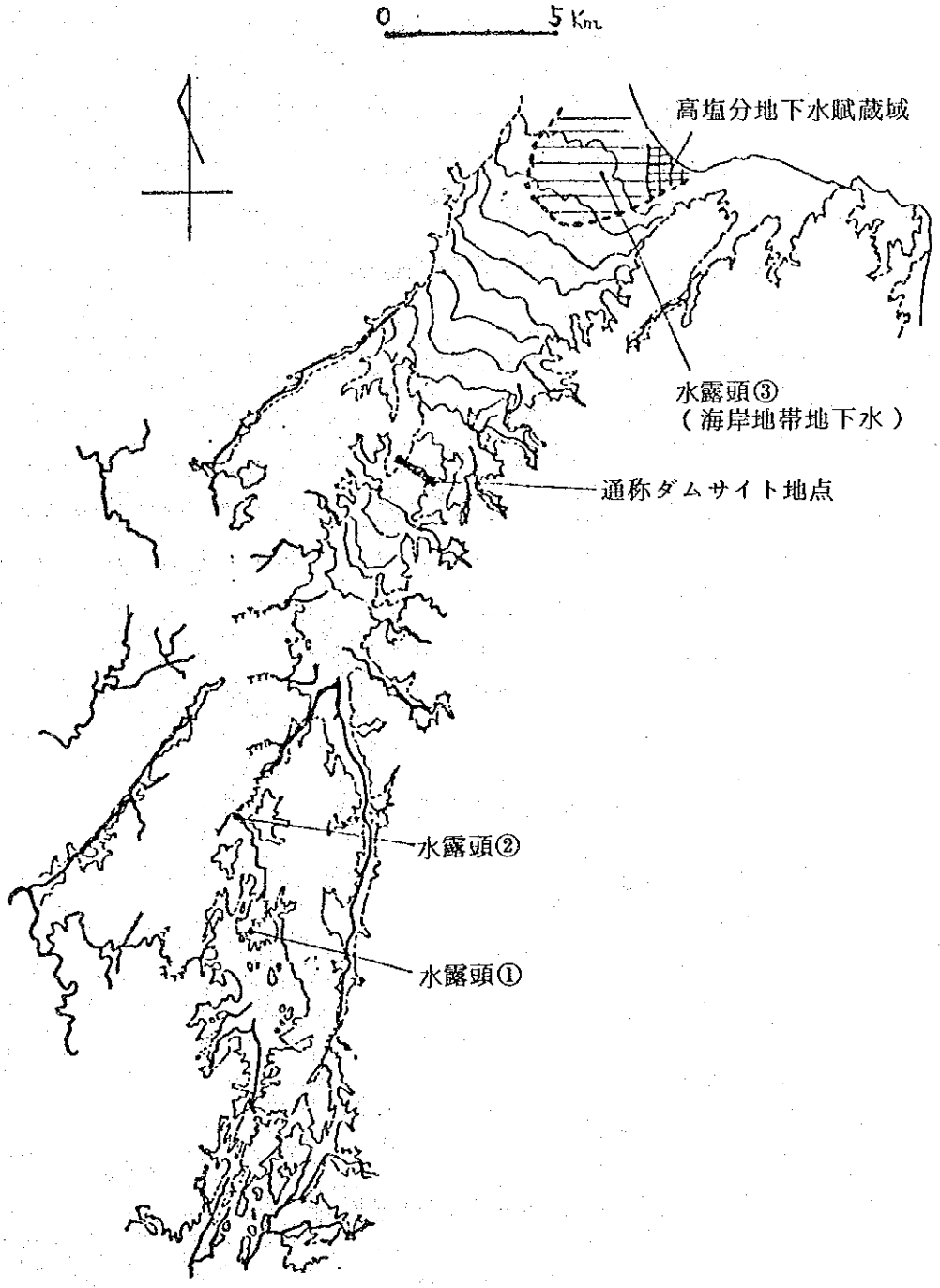
図－2　Wadi Shimal 周辺地質概要図



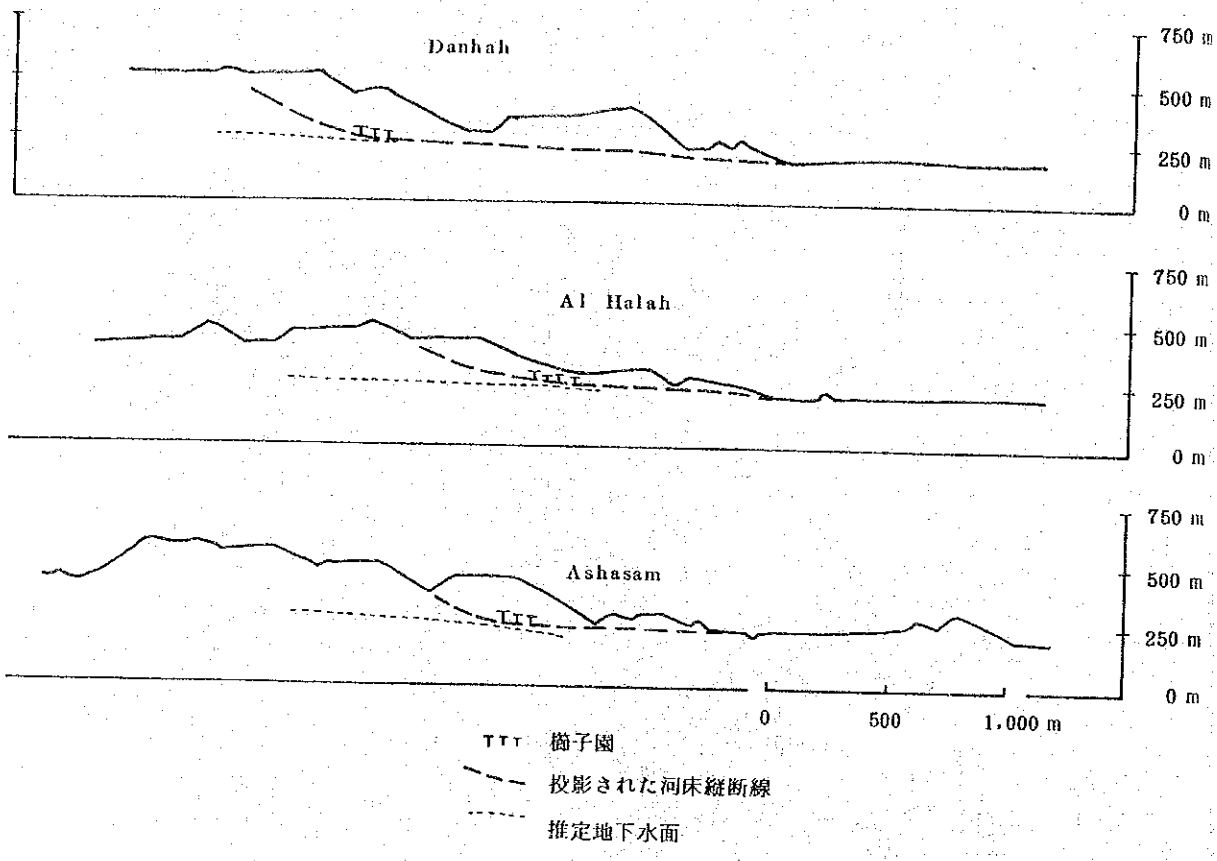
図－3　Wadi Shimal 周辺地形面区分図



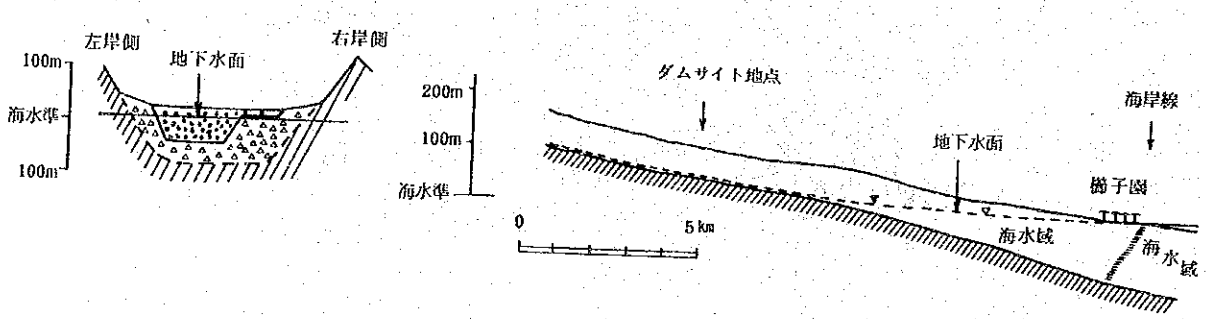
図－4　Diba 氾濫原地形区分図



図－5　水露頭位置図



図－6　地形横断面図



図－7　地下水賦存推定図

2.4　土壌肥料関係

寺　沢　四　郎

1.　アラブ首長国連邦の土壌概観

この国全体の土壌図は、まだ作図できる段階に至っていないが、各地に点在する農業試験研究機関などでそれぞれの地域の土壌の特性が報告されているので、近い将来、国全体の土壌の分布状態が明らかになるものと期待される。すでに出されているマクロな世界土壌図には、ＵＡＥの土壌は砂漠土に塗りつぶされ細かい土壌型の種類や分布状態などは全くわからない現状である。以下に述べることは、今回のミッションで現地調査した地域の簡単な土壌調査を中心に、既往のレポートを参考にしながら、その概要にふれてみる。現在の土壌分類方式は、世界で統一されたものはないので、ここではＦＡＯ方式に準ずることとし、参考としてＵＳＤＡの７次案を付記する。ＵＡＥに分布する主要な壌型をＦＡＯの名称で示すと、Ｙｅｒｍｏｓｏｌｓ（砂漠土）、Ｒｅｇｏｓｏｌｓ（砂礫土）、Ｌｉｔｈｏｓｏｌｓ（岩屑土）、Ｆｌｕｖｉｓｏｌｓ（沖積土）などである。この国で農業に関係深い土壌を概観するのに、次の３つの地域に区分してみることができる。

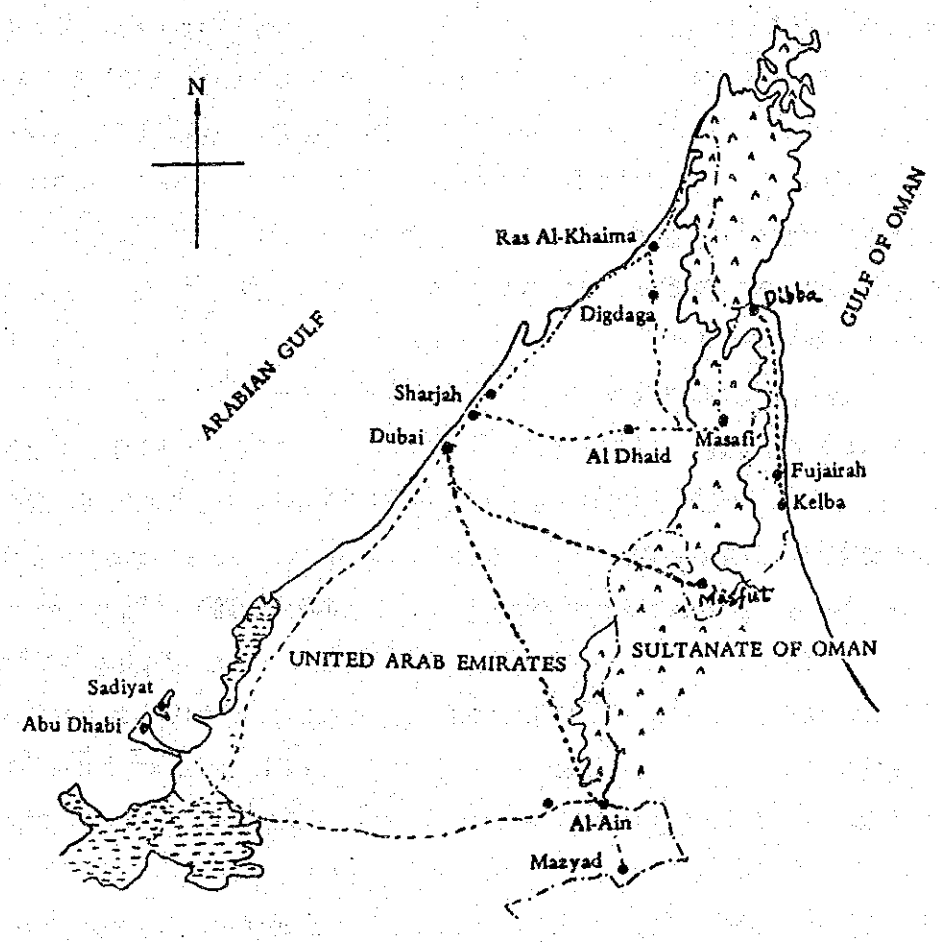


図１　アラブ首長国連邦の北部地域

(1) アラビア湾沿岸の土壌

アラビア湾内の小さな島は、珊瑚礁に由来する海成堆積物で、サデイヤット島のものは99%以上が炭酸カルシウムからなるといわれる。アブダビ－ドバイ－ラセルハイマを結ぶ海岸線上の低地には、灰白色の粗砂質Regosolsがつらなり、USDA 7次案のCalcic Torri-Psammentに属する炭酸塩集積の砂漠土が分布している。さらに局所的に地表に塩類が集積したSalicなTorri-Psammentがみられ海水の影響をうけていることがわかる。

このような沿岸土壌には、植生はまばらで所々に耐塩性のサルソウ、ハロキシロンなどの野生植物が散見され、野生の灌木はほとんどみられない。しかし、アブダビ近郊の道路ぞいには、ユーカリ、プロソピース、カゾリナ、タマリックスなどが植林され、緑化計画が大規模に進められている。

(2) オマン湾沿岸の土壌

フジャイラからデイバにかけての沿岸地帯は、背後にバジャル山地の山麓がま近かに張出し、狭い帯状の海岸線上にオアシスの集落が点在してナツメヤシとソ菜のMixed farmingが営まれている。この海岸べりの土壌は、砂壌土質のYermosolsで、USDAの7次案では、Torriorthentに属し、比較的粘土分の多い土壌が分布している。

海岸から山麓側に向うと岩塊や大礫が表層に露出し、わずかのシルトを含むLithojolsが分布しており、7次案のTorriorthentの土壌となる。農地の利用には、除礫が不可欠であり、礫間をうめる細土には粘土が多く肥沃度は高いようである。

この地帯には、野生の灌木としてアカシアトータリスだけが点在し、地表にはハロキシロンなどが散見される。

(3) オマン山系西側（第四紀層）の土壌

UAE内陸部の土壌は、アラビア湾からオマン山系の間に広く分布する赤褐色の砂丘砂漠と、オマン山系の西側山麓に分布する第四紀層の土層がある。この第四紀層の土壌は、ワジの影響をうけて古くからオアシス農業が営まれてきた。これらの土壌を北側から順次南側に向って、代表的な農耕地土壌を挙げてみると次の4地域となる。

① Digdaga地域の土壌：この地域は東側に石灰岩質のハジャルム山脈があり、地下水には比較的恵まれ、土壌も肥沃で農耕地も多い。FAOの実験農場のあるHamraniyahの土壌はYermosolsで、7次案では、Typic Torriorthentに属する。土性は、砂壌土か壌質砂土で比較的細粒質の土壌である。表1には、作土の一般理化学性を示してあるが、土壌の性質は比較的良好である。

土壌肥沃度の試験では、ソ菜に対してチッソとリン酸肥料の効果が大きいが、カリ肥料の効果は低い。砂漠土壌は一般に土壌中に有効態カリ含量が高いために、施肥効果が

現われにくいわけで、カリ含量の少ない粗粒質の土壌ではカリの効果がでてくるものと思われる。

Table 1. Soil Analyses, Hamraniyah and Dhaid Stations
(0 − 30 cm depth) (Digdaga area)

	Hamraniyah station	Dhaid station
Saturation percentage	33	28
Texture	Sandy loam	Coarse sand
$CaCO_3$, %	20	26
Ec, mmhos/cm, 25 ℃	0.4	0.3
pH	8.2	8.2
NO_3-N, ppm	9	2
Available P, ppm	20	6
Available K, ppm	190	70
CEC, me/100 gm	8	4.2

② Daydh 地域の土壌：この地域の東側には標高の低い中央山系があり、岩種は結晶片岩と蛇紋岩よりなるといわれる。この山系の西側山麓には第四紀の洪積台地が広がり、ワジが発達している。土壌の母材がDigdagaの場合と異なり硅質で砂礫を多く含むLithosolsが主体であり、7次案では Torriorthent に入る。この地域にあるFAOのAl-Dhaid実験農場のほ場は、容積30%以上からなる石礫が深さ70cmにわたって分布しているといわれ、農地造成には除礫が大きな問題となっている。表1にみられるように、土壌の肥沃度は比較的低いようである。

③ Masfute 地域の土壌：この地域はオマン山系の山岳内の低平地に分布する土壌である。山麓側は石礫からなるLithosolsであるが、峡谷の下流地域には二次堆積と思われる粘土に富むFluvisolsがみられる。現在の農地は、主にこのFluvisols の地域に分布し、Lithosolsの地域は放任されたままである。

この地域の野生灌木には、アカシアトータリスが多くみられ、草木にはハロキシロンが散見される。

④ Al-Ain 地域の土壌：この地域の土壌はYermosolsで、これらの土壌の母材は東側のオマン山系に由来する石灰岩と泥灰岩の風化物からなるものと思われる。7次案によると、Torriorthent に属し、Al-Ain市内の植林地帯や農地を散見した範囲でも、シルトや粘土分に富む細粒質の土壌と思われる。地下20～30cmから100cm位のとこ

ろに炭酸カルシウムの固結層が現われるといわれる。フランスの石油会社が創立した実験農業センターのほ場では、深さ３ｍにわたって黄橙色の砂壌土が分布しているといわれる。

一方、Al-Saidにある日本砂漠協会の実験農場一帯は、にぶい橙色ないし明赤褐色の砂丘Regosolsで、７次案ではTorri-Psammentに属する土壌である。表土のpHは8.4、砂の組成は８０％が石英で、炭酸カルシウムは１０％以下と少ない。表２は、これらアライン地区の土壌の現化学性を示したものである。

表２の土壌のpH、EC、ESPの値からYermosolsの砂漠土壌は非塩類土灌であるが、ワジの土壌はナトリウム障害の指標となるＳＡＲ値が高く塩類アルカリ土壌に分類され、農地への利用には除塩が大きな問題となることがわかる。

Table 2 Classification of soil samples (Al-Ain area)

Soil	pH	EC (mmhos/cm)	Exch Na (me/100g)	CEC (me/100g)	ESP (%)	Classification	Texture
Agriculture Research Station, Sulymat	8.14	0.78	0.10	1.81	5.4	Non-saline soil	LS
Afforest station	7.60	2.14	0.06	2.67	2.3	Non-saline soil	S
Wadi in Al Ain	8.20	11.70	1.17	5.24	22.4	Saline-sodic soil	FSL

2. ワジシマール流域の土壌

今回の水資源開発調査の対象であるワジシマールは、フジャイラ首長国を南北に走るオーマン山系のワジから流出する堆積物によって形成された扇状地である。この周辺の地質は、Dibba断層線より北側は石灰岩で、南側は結晶片岩と蛇紋岩を主体とする変成岩からなるといわれる。したがって、ワジシマール流域の土壌は、母材の異なる北側の山地と南側では化学的組成や粒度などに違いが生ずるものと思われる。また、山麓側の堆積物の風化の度合や土色などにも相違がみられ、南側には岩塊が多くみられる。

ワジシマール扇状地の表層には、石畳を敷いたような砂漠舗石（desert pavement）が形成されており、自動車が走行できる硬さになっている。すでに、ＵＡＥ政府で行われたテストボーリングの結果では、かなり深い岩床まで砂礫層が続いていることがしられており、通常の方法では土壌調査のための深さ１ｍの試坑を堀ることができなかった。そこで、深さ２０～３０cm程度の小さな試坑を扇状地の上流のダム予定地、中流、下流の三地点に堀り、簡単な試坑調査を行い次のような結果を得た。

ダム予定地の表層０～１３cmは、石礫の間に砂壌土が沈積した土層で、その下の13～29cmは石礫だけの層がみられ、２９cm以下は石礫に砂土が混在した土層が堆積していた。表層

の石礫を除いた砂壌土のpHは意外に高く、9.4の高いアルカリ反応を示した。

中流地点での表層の砂礫の状態は、上流に比べてやや細粒化する程度である。この地点のpHは9.4で高いアルカリ反応を示す。

下流地点は、海岸線より1,200 m内陸に面したＦＡＯ実験農場と等高線上に位置する。この地点の表層は砂礫層で、下層には石礫に富む砂層が深層まで続いているようである。ＦＡＯの実験農場から採土した表土のpHは9.2とかなり高いアルカリ反応を示す。

以上述べたように、ワジシマール流域の土壌は、石礫に富むFluvisolsで、ごく表層にシルトが沈積したアルカリ性の強い土壌である。

この付近一帯には、アカシアトータリスの灌木だけが生育し、地表には、ハロキシロンが点在し、放牧羊がこれらを餌にしている。

ワジシマール流域の土地分級を、上記の簡単な土壌調査から推定すると、ＵＳＢＲの基準で大方Class 6の農地不適地の階級に含まれるものと思われる。すなわち、土質が石礫に富み有効土層がほとんど存在しないこと、土壌反応が強アルカリであること、侵水性が低く地下水位がきわめて深いことなどが主要な制限因子となっている。

しかし、ワジシマール下流域に設立されたＦＡＯの実験農場（１９７８）の例にみられるように、除礫を十分行い、適正な土層改良とかんがい施設を施せば、ある程度農業のできる可耕地が下流域に分布していることを付記する。

3. デバ市の既耕地土壌

デバの既耕地は、ナツメヤシの大木で一大オアシスの景観を呈しているが、このナツメヤシの木蔭を利用した小区画ほ場でソ菜栽培が行われている。この方式をMixed farmingといい、乾燥地農業の１つの栽培様式をとり入れている。この地域の土壌は、砂壌土から壌土質の比較的透水のよい肥沃な土壌が多くみうけられる。地下水が豊富でかんがい水を十分使用し脱塩をしているため、土壌の塩分化はさほど障害になっていないようである。今回は、この地域の農業の実態を十分把握できなかったので、土地生産性を高めるための技術指針を提言することは時期尚早であると思われる。しかし、現在のMixed farming の栽培法をみるかぎり、あまりにも粗放栽培にすぎるとの印象を強くしている。すなわち、ひんぱんなかんがいをし、手のこんだ集約栽培をしている以上、土壌の肥培管理を積極的に取り入れた土地生産性の高い営農形態を指向した農業技術の振興が望まれる。現在、ＵＡＥ政府は、農業振興のために肥料、農薬、農機具などの補助政策をとっているので、これらの政策が活用できるよう農民への技術指導の強化が望まれる。

4. 乾燥地における土壌改良

乾燥地農業の成否は、水をいかに効率よく利用するかにかかっているので、かんがい技術と平行して土壌の保水力を高める政策を確立する必要がある。とくに、沙漠の土壌は、粘土

分の少ない砂質の土壌なので、保水力と保肥力が著しく低い。かんがいした水が、地下に無駄に排出されないために、多孔質の改良資材による土壌改良がきわめて有効である。

とくに、高温の沙漠では、水を土壌孔隙中に保留するだけでなく、地表面からの蒸発で土層内部の水が毛管上昇で地表に移動しないような貯水孔隙があれば、きわめて好都合である。この種の無機質の改良資材には、多孔質のパーライトおよび鉱さいスラッグなどがある。前者は、軽鬆で風に飛ばされ易く、やや保水性が低い難点がある。鉱さいスラッグの場合は、鉱物内部の空隙に通じる細孔隙が表面に分布しているので、一たん空隙内部に保留された水は、蒸発されにくい状態にあるし、表面の孔隙は作物根が浸入できる孔隙なので、根の吸水にはそれほど支障はないようである。この種の改良剤を、根圏土層に適度に混合してやれば、養分溶脱を防ぎながら貯留水の増大を計りながら節水栽培が可能となる。

一方、乾燥地の土壌は有機物が欠乏しているので、有機質改良資材の施用にも留意が必要である。有機質資材の場合は、保水力の改善の外に養分供給と塩類の Buffer Action の効果などが期待される。

沙漠では、有機物の分解が早いため、しばしば有機資材を補給しなければならないが、無機質改良資材の場合には比較的長期にわたりその効果を接続できる。

5. アラブ首長国連邦における農業技術上の諸課題

この国の乾燥地農業は古い伝統をもち、その障害を克服するために新しい農業技術の開発が積極的に行われている。今後の主要な農業技術上の問題を列挙すると次のようになろう。(1)節水農業の手法の開発と応用　(2)水資源開発のための技術開発　(3)安定な土地生産を計るための土壌改良と肥培管理の確立　(4)農地造成法の検討　(5)適正作物の選定と改良　(6)適正な営農方式の確立

参　考　文　献

1. Markou.P, Abu-Kibash.H : Field Studies on Soil Fertility, 1977 − 1978, FAO, Technical Report, U.A.E, Mimistry of Agr, & Fisheries (1978)
2. Puh, Y.S., Abu-Kibash.H, Nassar A. Mouti.S. : Responses of Vegetable crops to fertilijers in Northern Uuited Arab Emirates, FAO, Technical Report, U.A.E., Ministry of Agr., & Fisleries (1979)
3. 松田敬一郎ら：アブダビ（ＵＡＥ）アライン土壌の理化学性について（予報）、砂丘研究第２５号第１号、１～７（ 1979 ）
4. 農業土木学会：乾燥地農業開発に関する基礎調査（第２次）報告書、（ 1977 ）
5. 国際協力事業団：乾燥地域農業基礎調査団報告書、（農林）51 − 15 （ 1976 ）
6. 国際協力事業団：アラブ首長国連邦水資源開発調査予備調査報告書（№ 14 ）（ 1979 ）

2.5 Wadi Shimal 地区農業開発に対する農業土木技術からの考察

木 村 隆 重

今回の農業土木および土壌専門家のＵＡＥ水資源開発調査団への参加は、前回予備調査（54年６月）において農業関係専門家が含まれていなかったため不十分であった水資源の開発にともなう農業開発の可能性を診断することにあった。しかし、一方において、今回の調査団はあらかじめ日本において用意されたＳ／Ｗ Draft について、先方ＵＡＥ農業水産省と協議して、合意する使命を帯びていた。また、このＳ／Ｗについては前回予備調査がＵＡＥ側の意向を受けて、わが国協力対象として、Wadi Shimal を選び Feasibility Study を実施する方針を決めて出発した。

政府ベース調査団としては、かなり先を急いだ変則的な調査団であったが、ＵＡＥ側の熱心なわが国への協力要請と最近の中東情勢を考慮し、わが国農水省としても前向きに取り組むことで合意した。しかし、通常、農業開発を目的とした事前調査は広い視野からの判断に立ち、しかも、適確にプロジェクトとしての成功の可能性を診断しなければならず、このためには水文・土壌等についての基礎資料、判断材料を必要とする。

しかし、ＵＡＥ Wadi Shimal 地区については、これらの資料が極端に不足していた。したがって、今回の調査については、対象地区の観察にとどまり、事前調査として必ずしも納得のゆく内容ではなかった。

しかし、ＵＡＥ側の厚意により、全国の代表的な農業振興地域を視察する機会を得、今後の全国に対するわが国農業開発協力の発展について貴重な示唆を得ることができた。

逆に言えば、このことがかえってWadi Shimal 地区の開発だけに焦点をあて、埋没し非観的な判断に始終することから救ってくれたともいえよう。

第１節 U.A.Eの社会経済の背景

U.A.Eの社会・経済的側面はアジアの諸国と較べ、かなりの特異性をもっている。プロジェクトを展開しようとする場合、この特異性をよく理解しておくことは極めて大切である。特に、農業開発プロジェクトのように地域社会と結び付きの深いプロジェクトにおいては、Socio-Economic に対する正しい洞察がなくては成功しない。

調査期間中、現在において大勢の人と接触し、多くの人から貴重なオリエンティションを受けたが、その中から強い印象で受けとめた特異性を次の５つに整理してみた。

1. Emiratesの国

U.A.Eは西欧流民主主義でない。彼等はアラブ流公平主義を国是としているが、民主主義国とはいえない。U.A.Eは７人の Emirate（土候国王）により支配されている国であり、それぞれの Emirates は行政府の長としての大臣を兼務している。Wadi Shimal 地区のある Fujairah 州の Emirate は農業水産大臣である。このことは、わが国への Wadi

Shimal地区に対する協力要請と無関係ではない。大臣の直轄する省内局長はEmirateには忠誠を誓う部下であり、直接大臣により任命される。ＵＡＥ農水省の場合、局長に配属する部課長の大部分はＵＡＥ国籍をもたない人達であり、彼等の出身地はアラビア語圏の他のアラブ諸国又は回教徒国である。

このような人間関係の理解はＵＡＥで仕事を円滑に運ぶ上で非常に重要なことである。

2. 産油国の優等生

原油の産出は、１９７０年代においてこの国の様相を著しく変えた。砂漠の貧しい土喉国を世界一GNP Per Capitaの高い国へともち上げた原動力は石油の販売によりこの国へ流入してくる豊かな資金である。一たん、金が流れ込むと利にさとい欧米資本（日本を含め）が黙って見のがすはずはない。数年にしてAbu Dhabi, Dubaiに超近代的ビルが建ちならび、石油コンビナート、超大ドック、各種プラントが建設された。しかし、多くの試行錯誤があり、ＵＡＥが熱い湯を飲まされるような経験も味わった。この結果、投資についてはかなり慎重性を増してきており、経済性の追求についても近年目ざめてきている。

3. 近代化への模索

豊かな財政投資力を背景に短期間で近代化を図ろうという意欲は強い。このため、沢山のお傭い外人を受け入れている。計画から実施まであらゆる部門に外人を採用し、責任ある仕事をさづけている。しかし、行政の根底にあるものは保守的なアラブ思想であり、必ずしも欧米日流への近代化とは軌を異にする。

施設と手段の近代化を急激に進めているが現在の処、国民の側からこれに対する抵抗は生じていない。近代化と非常に遅れている部分が対象的に目立ち、まだ近代化は模索段階にある印象を受けた。必要なものは何んでも手に入れ近代化への道を急ぐアラブ流合理主義を本当に理解し、彼等と協調してゆくためには、先進国側もこの国の近代化への手順を真剣に考えて対応しなくてはならない。

4. 人口の急激な膨張

１９６８年には僅か180,000人だったＵＡＥの人口は、海外からの人口流入により、１９７８年には862,000人にふくれ上った。

この間、地方から都市部の人口流入により農民の数は減っている。人口の増加により食糧の輸入は急増し、自国農業開発の重要性があらためて見直された。

5. 潜在する矛盾

急激な変化はさまざまな矛盾を発生させる。加えて、最近のアラブ国際情勢の動きは小国U.A.Eにその都度影をおとす。石油資源だけに頼る国の自然条件は相変らずきびしい。

まだ、国家としての行政力が完備しておらず、地方は封建色が強い。他のアラブ諸国に

較べ国内の治安は良いが、決して不安材料がない訳ではない。

特に、国境を接するオーマン国との関係は微妙である。U.A.Eの農業既耕地域（オアシスのある処）、開発計画地域はオーマンと国境を接する処が多い。ＵＡＥ側はオーマンとの関係に非常に気を配っている。

第２節　Ｕ.Ａ.Ｅ. の農業開発とその理解

これについても、５つの視点から整理してみた。

1. 農業振興政策

U.A.Eは国家近代化の目標の大きな柱として農業の振興を掲げている。つまり、きびしい自然環境（アラブ諸国の中でも年間降雨量が最も少ない完全な乾燥地 250 ㎜以下）にありながら農業をすてていない。工業化の指向はあるがより重点施策として農業の近代化を考えていることは評価してよいと思う。

2. 農政の展開

農民が農業へのインセンティブを強めるためにはどのような農政の展開が効果的であるか？　この課題を中心において種々の政策がすすめられている。まづ、特徴的な政策として、種子、肥料、農薬等の配分を政府がおこない、これに対し半額以上国費で分担する高額補助制が敷かれている。トラクター、揚水ポンプの購入についても国費により補助される。次に、末端事業を重視し、“ on Farm Development ”に力を入れている。耕地が少ないことからIntensive Farming型の耕作をしているが、既耕地についてはカンガイ施設の近代化、畑地の圃場整備により用水の節水に努めている。

3. 農業立地条件

次のようにまことにきびしい自然条件に支配され、農業振興の阻害要因は大きい。

(イ) 砂礫地帯 ― 砂丘、涸川河原（ワジ）、塩分の多い海岸線の砂ローム、山岳から構成されるこの国で辛じて農業が成立するのは砂、砂ローム、礫土地帯であり、一般に透水性が大きく、保水性のない土を対象している。

(ロ) 雨量は年間 250 ㎜以下であるが、この降雨も年により偏る。１０年間に１～２年は年間５０㎜以下の年もあるが、数１０年に１～２年は年間 500 ㎜を越える場合もある。12月～１月には異常に強い雨量強度をもたらすことがあり、ワジに洪水が走ることもある。

(ハ) 夏期（５月～９月）は高温４０～４５℃に達するが、表土は太陽の輻射を受けて７０～８０℃まで焼かれ、乾燥する。

(ニ) 粘土分の形成がない ― このことは(イ)と関連するが肥料を引きつける土粘土が存在しないため、施肥しても流亡する。

(ホ) 農民 ― 農業をおこなう農民の農業への意欲と歴史的過程を経て集積された技術は決して低いものではない。しかし、積極的に新しい農業技術を開発して自立経営に取り組

んでゆこうとする農民層がごく僅かであることも事実である。

4. 農地開発適地の選定

U.A.Eの既耕地は約 15,000 ha であると言う説明を担当から受けた。しかし、ＦＡＯの資料によると 8,000 ～ 10,000 ha である。この解釈は現地調査により理解された。つまり、椰子園を耕地面積に入れて算定するか、否かにより大きく変る。U.A.Eの場合、椰子を庇蔭樹として、樹の下で蔬菜類を栽培しているので、椰子園面積と畑地を切り離して面積を算定することが難しい。いづれにしても、既耕地面積は国の大きさに較べ非常に小さい。それだけに耕地は貴重であり、農地開発の意義は大きい。

新規開発面積が 150 ha であっても、全体の１％に相当する。したがって、開発適地の団地構成が 100 ha 程度まとまれば、U.A.E農水省の直轄として事業採択される。

U.A.Eの場合、一応水資源があるとされている地域はオーマンと国境を接する。これは国が独立する際、オーマンとの話し合いによりオアシスの帰属を折半した経緯によるものと思われる。したがって、オアシス地帯の再開発はU.A.E単独で実施することが困難であり、現U.A.Eはオーマンとの紛争を回避する方針でこのような地帯での新規プロジェクトは積極的でない。

5. 協力の受け入れ

U.A.Eに対する諸外国の協力は積極的であり、U.A.E側もこれらの協力を歓迎している。西欧諸国は距離的にも近く、既に多くの協力実績をもち、政府行政機関にもU.A.E政府お傭い職員として入り込んでいる。英国、フランス等の国は技術協力行政協定を結んで相互に協力がし易い方法をとっている。アメリカは開拓局（ＵＳＢＲ）がWadi の農業開発に取り組んでおり、U.A.E側もその成果に期待をよせている。日本は Abu Dhabi州政府との話し合いでAl Ainに日本砂漠開発協会の農場を１９７４年から協力している。国際機関では、ＦＡＯが農業試験所をRasal Khaimahにつくり、主に砂地のカンガイ農業を研究テーマに実績を積み重ねており、高い評価を受けている。

世界銀行は借款対象除外国なので進出していない。また、ソ連圏諸国の協力もない。

第３節　Wadi Shimal 地区の開発

今回の調査の協力対象地区であるWadi Shimal の最下流部にある部落 Dibba はオーマンと地区を折半する古くから拓けた処である。

現地調査により、海岸線部の国境標示は明らかになったが、Wadi 部は国境標示がないので図上で推定する以外に方法がなかった。

このことは、水資源開発の抜本的対象を樹立するためにも、大きな障害になっている。

そもそも、Wadi Shimal 開発に関する提案は国際開発センター安芸皎一ミッションによってU.A.E側になされた。これを受けて、U.A.Eは日本大使館を通じ、わが国へ協力要請し

た。前回、予備調査は政府ミッションとして、ＩＤＣ提案の再度の見直しをおこなったが、結果的にはWadi Shimalの水資源開発の可能性を調査することになった。

1. Wadiの水資源開発

U.A.Eの農業開発を将来にわたり展望した場合、Wadi の開発は今後取り組むべき課題であり、この方向づけは正しい。

Wadiの基底部に地下水が伏流していることは事実であり、海岸線に近いWadi では、この伏流水が未利用のまま、海岸線から海へ流入していることも事実である。冬期の強い降雨時には、表流水がWadi を走り、海へ流入する場合もある。

これらの未利用水を有効に利用し、農業開発に資することができれば、さらに農地の拡大もできよう。

したがって、まづWadi部の水資源開発の可能性を確めることが先決である。

Wadiが形成されるためには、地形、地質、地下構造、気象、水文等多くの因子が作用する。Wadi を伏流する地下水のメカニズムは学術的にも究明されていない部分が多く、必ずしも同じパータンではない。それぞれ、Wadi により特異性があると推定される。

しかし、水資源開発の手法は土木的な工事技術から比較的整理し易い。水源は流域に降った雨であるが利用面から、表流水利用と地下水利用に大別される。

表流水利用；

1. Wadi 上流の支流にダムを作り、表流水を貯溜する方法

カンガイ

イ　直接用水利用 ― パイプ、ライニング水路

ロ　間接的に利用 ― 除々に放流、伏流させる。

2. Wadi 部に降雨期表流する水をダムにより堰止めて、地下に滲透させる方法

カンガイ

イ　下流部で地下水をポンプ揚水

ロ　溜池に導水して利用

地下水利用；

3. 地下ダムをWadi 中下流部に築造

カンガイ

イ　地下貯溜水をポンプで揚水し、パイプラインで下流農地へ送配する。

ロ　上と同じ。但し、開渠で農地へ送配する。

4. 海岸線近くで地下水の海への流入をシートパイル等を用いて止める。

イ　井戸を掘りポンプで汲み上げる。

ロ　地下水の上昇による湿潤カンガイ。

Wadi Shimalの場合、年間水資源開発量は流域面積、降雨量、地勢および地質等から概ね500万トン程度と推定される。このうち、現在利用されているのは、既耕地カンガイ、上水道用水等にせいぜい100万トン程度と思われるので、約400万トンは上記のうち、いづれかの方法を採れば開発される見込みはあると思料される。しかし、現実にはこの地区にかぎり、オーマンとの国境問題がありＵＡＥ側の一存では解決できない。

2. Wadi Shimalの農業開発

既耕地は海岸線から５０～1,000 mの間に拓かれている。Fujairah 農水省地方事務所で聴き取りした資料によるとDibba 既耕地面積は426haとのことであった。しかし、現地を踏査した感じでは200ha程度しかないように思われた。この既耕地は浅井戸カンガイによりMixed farmingがおこなわれているが、椰子を庇蔭樹とした純畑地面積は、100ha程度であり、ＵＡＥ側の資料とはかなりの相異が感じられた。既耕地は干ばつ気味の夏期においても、現在の用水施設で用水に不足をきたすことはないと現地農民から事情聴取した。

Mixed farmingの技術は集約農業であるが、技術協力により現収量の２倍程度の増収は可能であろう。

Wadi Shimal全体の面積は約2,700haであるが、うち、ＵＡＥ側の面積は約2,000haと推定する。国境線が定かでないので正確な面積は判らなかった。大部分は石礫河原で辛じて農業開発可能性ありと思われる地域は現FAO Experimental Farmのある附近から下流部既耕地までの地積であり、住宅建設予定地を除外すると５０～６０ha であろう。これも、透水性の大きい礫土であるため、土壌改良をおこない保水性を高めなくては作土にならない処である。この程度の面積では、大規模な水源開発工事をおこない新らたな地下水開発をおこなわなくても現況においてTube wellにより取水可能とも思われる。このように、新規農用地開発についてはその開発可能面積の絶対量が少ない。

若し、新規農用地開発をするとすれば、海岸線から1.2㎞以内であろう。これから上流部は高額の投資を要するばかりでなく、気象変化が大きく、蔬菜栽培と言えども露地では困難であろう。カンガイ法はDrip Irrigation以外は考えられないが、連続撒水の要があり、使用量は案外大きいと推量される。

3. 現地調査により判明したこと

今回の調査も、日数の制約を受け必ずしも十分でなかったが、次のような事が判った。

イ）オーマンとの国境線はかなりあいまいで住民に国境の意識があまりない。

ロ）しかし、国境は存在し、抜本的な水資源開発のための工事は難しい。前記１－３、１－４、の地下水開発工事は事実上困難であろう。但し、提案・検討の余地はある。

ハ）ＵＡＥ側はオーマン政府と話し合い、積極的にアロケーション等により問題解決に乗

り出す意志はなさそうに見受けられた。

ニ) Wadi Shimalの農業開発にはFujairahのEmirateである農水大臣の意向が強く反映しているようである。

ホ) 現況Dibbaの海岸線既耕地は用水に不足していない。

ヘ) Dibbaの市街に供給する上水施設は出来ており、また、現況・具体的な工業用水使用計画もない。工場を誘置する条件としては港湾をもつKhor Fakkanの方が適地であろう。

ト) 1978年に設立されたFAO実験農場において栽培上の種々試験がおこなわれるであろうことから、類似した試験農場を計画しても余り意味がない。

チ) FAO農場地点の礫土は岩盤まで深さ約70m、礫層が続いており、地下水面は地表から約17mの処に存在する。したがって、Wadi下流部の地下水動水勾配は極めて小さいと推定される。

リ) 礫土の保水性は全くないことから、カンガイ用水量が大きいばかりでなく、施肥も流亡する可能性が大きい。若し、50～60haといえども、浄水場取水地点上流に農用地を開発すれば将来飲料水、公害問題が発生しないとも限らない。

ヌ) Wadiの中下流部に表流水が走ることは雨期といえども稀であり、上流流域に20㎜／日程度の降雨があっても、中流部より上流（海岸線より5㎞）で河原に伏流してしまう。

ル) Wadiに自生しているアカシアトータリスは主根を垂直に樹丈の4～6倍も地下に延ばし、僅かな水分でも吸収する特性をもっている。

現在、JICAとの契約でコンサルタントチームが現地に入り細部調査を行なっており、55年8月までには、水資源の開発についての具体的な提案と農業開発の可能的についてもいくつかの提案がなされる見込みである。この提案を受けて、UAEと協議して最終計画が採択されることになるが、通常のFeasibility Studyの判断基準を適応しては仲々プロジェクトの成立は難しかろう。

第4節　Fruits Garden 120haの造成要請

本調査団は現地において、UAE農水省からWadi Shimal地区において120haのFruit Garden造成を日本の協力において実施して欲い旨、要請を受けた。

本調査団は日本出発前にこのことについて何らの指示を受けておらず、団員に果樹園芸専門家がいないので当惑したが、UAE農水省の意向を日本政府に伝達することで合意し、とりあえず、現地踏査において土壌・カンガイの両面からその可能性を検討してみることにした。

この結果は、前節で述べたようにWadi Shimalの自然環境、土地条件はきわめてきびし

いものであり、通常の方法では成功しないと思われた。Fruits Gardenの造成は必ずしも不可能でないが、果実を経済的採算で収穫する熟園まで育成することは並大抵な努力ではできない。特に、ＵＡＥ農水省が要望するようにWadi Shimal地区に限定して開発するとすれば圃地として120haの形成は極めて困難であると判断された。

現地踏査において感じたこれらの感触をＵＡＥ農水省担当者に報告し、協議した。担当官は彼自身の現地調査もほぼ同じような結果を得ていたようで、ＵＡＥ側の当初の意向を若干修正し、次のように変更してきた。

イ　120haの団地構成をしなくてもよい。

ロ　1単位の団地構成を10ha程度にする。

ハ　用地は必ずしもWadi Shimal地区内でなくてもよい。但し、Fujairah州の中からFruits Gasden用地120haを選んでほしい。

ニ　120haは予算要求した農水省原案であり、このための経費として5×10^6ドル相当が計上されているが、120haの造成が困難であれば、面積は減っても仕方がない。しかし、農水省はこの実施については決定しているので、是非その具現化に協力して欲しい。

Fruits Garden適地をFujairah州の中で選定するとすれば、透水性の極めて大きいWadi地区内を選ぶより、海岸線沿いのシルト砂分の多い処の方が有利である。このような土地はWadi ShimalとWadi Hamの間に点在する小さなWadiの海岸沿いに見受けられた。しかし、本調査団において、本件の適地選定は難しいので、十分ＵＡＥ側の意向を日本政府に伝えることで先方の諒解を得た。

なお、本件については、ＵＡＥとフランスとの技術協力協定に基づき、５４年１０月専門家４名から構成するミッションがフランス政府から派遣され、Wadi Shimal地区のFruits Garden造成は困難であると具申して帰国した経緯がある。

第５節　農用地の開発 ― 保水性についての考察

1. 砂漠国の農業開発は古く苦難の歴史をもつ。

日本において乾燥地域農業の研究が本格的に一部識者、研究者の間で始まったのは、１９７５年以降であり、今日でも研究業績の蓄積は少ない。

砂漠国と一口に言っても、国によりまた地域により自然環境が著しく異なり、農業開発の手法は著しく異なる。

砂漠と言えば砂丘（Sand Dune）を連想するが、砂漠国の農業開発はこのような処ばかりを開発の対象にするのではない。

むしろ、砂丘の農業開発は最後に残された課題であり、当面開発の対象になる地域は経済的投資の範囲で開発される可能性のある土地であろう。砂漠国でも山岳部の地域は季節的に偏るとはいえ降雨が250㎜以上ある処も存在し、少量とはいえ周年流量（perennial

flows)がある場合もある。しかし、このような地域は国全体の中で極く限られた面積であり、ここに降る水資源は貴重なものとして大切に利用されている。

低地に湧くオアシス、山岳部から導水する地下水路(フィラーヂ，カナート)、海岸線沿いの浅井戸により地下水利用など比較的利用し易い水資源については砂漠の民の知恵により長い歴史を通じ開発が進められて来た。

2. このような歴史を通じ、砂漠の民は水資源の有難味、開発の難しさを良く知っている。それだけにこの水を使って展開される農業については、いかにして有効利用を図るかさまざまな工夫をほどこしている。これらの技術を総括すれば農業集約型の技術体系に入るが、日本型の集約農業とはいささか趣きを異にする。共通するのは労働投下量が多いと言うことであるが、湿潤地帯＞1,000～1,500㎜以上ある日本型集約農業はどちらかといえば、「土つくり」に課題をおいて展開されて来た。これに対し、半乾燥地(Semi-Arid Regions)250～500㎜、乾燥地(Arid Regions)＜250㎜の集約農業は「水の上手な使い方」つまりいかに効率よくカンガイして、作物を育てるかが課題であった。

砂漠国に点在するオアシスにゆけば、必ずナツメ椰子を見ることができ、その緑は砂丘に疲れた眼をいやし、精神的にも安緒感を与える。ナツメ椰子はナツメ果実をとるために栽培していることも事実であるが、それ以上の効用は庇蔭樹として耕地を太陽の直射から守る役目を遂している。作物が生育する必須の条件として、土壌中に適量の水分が保たれていなければならない。カンガイするのもこの目的のためである。しかし、乾燥地帯の蒸発量は年間3,000㎜にも達する。つまり年間降雨量の約10倍も蒸発してしまう処では、そのままの状態では作物は育たない。若し、そのままの状態でカンガイし作物に良好な生育を期待するには、

年間蒸発量＋作物の生育に必要な用水量

の水が必要になる。水資源の絶対量が不足している乾燥地帯でこのようなカンガイ用水の使用は許されない。また、耕地を裸地にしておけば夏期は太陽の副射熱により耕地表面は70～85℃に焼かれてしまう。このような環境で作物が育たないのは当然である。砂漠に住む農民の英智は地中に深く根を張り、僅かな水分でも吸収し、蒸発散量の少なくてたくましく生成するナツメ椰子の性質を見いだし、この樹を庇蔭樹とすることで蔬菜類の栽培に成功した。庇蔭樹により太陽の直射をさけ土壌中水分の発散が防げることの効果は大きい。このように考えてみると、乾燥地帯の農業開発の決め手はいかにして土壌中に水分を保たせるかにあると言ってもよい。逆な言い方をすれば、この決め手に手がかりが得られなければ砂漠の国の農業開発は成功しないといっても過言ではあるまい。

3. 砂漠の国の農業開発の条件はさらに厳しい。限られた地域において水資源の開発が可能であっても、ただちにその地域の農業開発とは結びつかない。用水不足だけが阻害要因に

なっている地域では水資源の開発が即、農業開発そして発展へと進転してゆくケースもあろう。しかし、砂漠の国の農業開発は用水だけで解決できない面をもっている。即ち、

(1) 砂礫地帯が大部分である ― 保水力がなく、滲透が大きい

(2) 地下水層が深い ― 透水量が大きい

(3) 夏期（４０℃～５０℃）の高温で表層が焼かれる ―露地栽培の困難性

(4) 有機質がない、あるいは極めて乏しい ― 地味がやせている。

(5) 突風、砂あらしの発生がある ― 防風施設が必要

など、農業開発を著しく阻害する因子が沢山ある。

カンガイについていえば、上記(1)と(2)はカンガイ用水の透水性と結びつく。アラブ首長国Masfutの実験農場での調査によると、２０cm／時＝2.8ｍ／日の滲透が圃場内である。同国Wadi Shimalにあるｆａｏ実験農場附近では地下水層が地表から17ｍの処にあり、母岩までの砂礫の深さは約７０ｍあり、Masfutと較べシルト分も少ないことから滲透深は３ｍ／日を上廻ると予想された。また、上流部に植生のないことから、有機質は殆んどなく土粒子は単位構造である。したがって、土層の保水性は極めて悪く Furrows Irrigation, Basin Irrigationの適用は限られた水資源にたよるこの地域では経済的にみて引き合わない。若し、適用すればDrip Irrigationであろうが、砂礫で保水性がないので間断なくカンガイをしなくては作物の収穫を上げることは困難であろう。

以上の考察から判るように、「用水」の確保は絶対の条件であるが、水があっても「用土」が農業に向かなければ産業開発は成功しない。用水と用土が作物の生育にはどちらも同じように大切であるということができる。また、この２つのうちいづれか一方がダメであっても砂漠の国の農業開発は成立しない。

4. 砂漠の国の農業開発において、水資源の開発と結び付けて考えた場合、ワヂ（ Wadi, 涸れ河原）の開発がある。ワヂは雨量強度の強い降雨のあった場合のみ表流水の流下する河原であり、上流山岳から流れ出した砂・礫・玉石により構成されている。

一般にワヂの下には地下水が伏流していることから、この地下水をポンプで汲み上げれば用水を得ることができる。もっとも、沢山汲み上げれば下流の地下水に影響を与えるが利用可能な地下水量がワヂに存在していることは確かである。

ワヂをどのようにして農業開発するかは砂漠国に共通する新しい課題である。この場合、農業開発にもっとも関り合いをもつのがワヂを構成する砂礫の物理性である。砂礫ワヂは礫土とよんでいいだろう。

一般に、土壌分類で「礫土」とは原土の中に直径２㎜以上の粒子が５０％以上含まれている土をいう。残りの５０％は更に大きい玉石又は２㎜以下の粒であってもよい。

礫土はその物理的性格から隙間が大きく、保水性は全くないから干ばつにかかり易い。

また、粒子が大きく肥料分を吸いつける力がないから施した肥料は洗い流される。透水性は甚大である。また通気性がよいことから有機物の分解が早く極端なやせ土である。石や礫は耕転に支障することから原則的には除去する必要がある。

礫土の農業開発は以上のように欠陥をもっているが、この中で最大の阻害要因は保水性がないということである。したがって、作土に保水性を持たせることができればワヂの開発にも可能性を見い出すことができる。

5. ワヂの農業開発についても人類は古い歴史をもっている。その代表的な工法は古くから中国で開発されたものである。即ち、ワヂの石や礫を除去せず、地表の６５％に相当する広さに直径７㎝以上の石礫を敷き詰め、水分の蒸発を防ぎ土の保水性を高め、同時に太陽の副射熱をさえぎり作物の根部を保護する方法であり、雑草防止にも役立つ。この方法は温帯、亜熱帯のワヂ開発には一考の値があると思うが、絶対降雨量が250㎜内外の高温乾燥地帯の農業開発に有効であるとは考えられない。

客土も有効な手段であるが、砂漠の国には客土材料としての粘土が形成されていない処が多い。砂漠の国と言ってエヂプトのようにナイル河でできた沖積粘土があれば客土は費用の問題だけで解決できるがアラブ首長国連邦のように粘土の形成をみない国もある。

したがって、このような国でワヂの開発を目論むとすれば抜本的な工夫がなくては解決できない。

6. 作土に相当する部分の保水性を増すことが出来れば作土から下層は透水性の大きい砂礫であっても排水条件はかえって良好であり、ワヂはこの点問題がない。作土の保水性を増大させる土壌改良のもっともオーソドックスな方法は、有機質を混入し土壌粒子を団粒構造化することである。

しかし、ワヂでは植生のないことから有機質、腐埴土を大量に求めることは事実上困難である。

地表から５０～７５㎝程度の深さに不透水性層を人為的につくり、作土に保水性をもたせることも一案であるが、石礫であるためアスファルトで薄い膜をつくることは砂地と異なり著しく困難である。日本砂漠協会が開発し、U.A.E Al Ain の農場で実験したトラクターではワヂでの作業は出力の点からだけでも困難である。若し、出力の点を解決したにせよAl Ainの砂地で約７０㎝の深さに３㎜のアスファルトを敷いて耐用は４～５年であったことから、ワヂに施工するとすれば、地中の礫、小石により被膜は凸凹になることからアスファルトの厚さは６㎜以上必要になり、３年に１度は破損し漏水ケ処の補修工事をともなうであろう。このような考察からこの方法はワヂの開発には余り適切でないと思われる。

様々な思考の結果たどりついた案は作土に物理的保水性を増加させるための土壌改良材

を使用する方法である。この方法は決して目新らしい方法ではない。寺沢四郎博士の報告[*]にあるようにクエートではパーライト（真珠貝を砕いたもの）を改良材として使用している。しかし、パーライトは比重が軽いので表層に露出した粒子は風で飛散し易く、保水性はあるもののそう大きくはないため、必ずしも成功したとは言い難い結果に終ったそうである。

保水性を恒久的に大ならしめる改良材の発見は多年の懸案であったが仲々見つけることができなかった。そもそも、保水性を増す材料としては次の条件を充すものでなければならない。

(1) 確実に礫土の保水性を増大できるもの（その材料と工法）

(2) 作土と分離して流失したり、飛んだりしてはならない

(3) 作物の生育を生理的に阻害してはならない

(4) 改良のための工費が出来るだけ安いこと

(5) 容易に比較的安価に入手できるもの

(6) 高熱に晒されても変質したり、化学変化をおこさないもの

今回、これらの条件を充す改良材として製鉄に際し溶鉱炉から出る鉱滓（スラッグ）に着目した。従来スラッグは埋立地等に廃棄処分されて来たが近年その活用が検討され、道路基盤材、園芸用床土などに使用の道が拓かれてきている。

しかし、年間製鉄1億3,000万屯の約3割すなわち4,000万屯もの大量のスラッグが産品するわが国ではまだ研究は緒についたばかりである。従来スラッグの物理性については内部摩擦角が大きいことから柔弱地盤の基礎安定材、通気性の大きいことから排水改良又は園芸用床づくり等には着目されて来た。通気性のよいことは透水性のよいことであるが、私（木村）はスラッグ粒子の拡大顕微鏡写真を観察したことがヒントになり、スラッグの保水性に着目した。透水性がよいことと保水性がよいことは正反対な現象として考えられるが両性質がある条件下では共存しても決して不可思議ではない。

7. 現地調査期間中、日本より持参したスラッグサンプルで簡単な試験を試みてみたが、これを現地礫・砂土に混合することで保水性が改善されることが明らかになった。

帰国後、さらに土壌物理性を調べ、この適用の可能性を探るため寺沢博士（団員）と共同研究をすすめている。

この研究は今後の砂漠国の農業開発に1つの指針を与えるものとして着目されてよいと思う。

第Ⅲ章　結　　論

3.1　今後の調査方針について

1.　は　じ　め　に

前回の第一回調査団に続いて、今回農業専門家（かんがい排水、土壌）を含む第二回の調査団による現地調査、ならびにU.A.E政府当局との協議により別紙のとおり、調査の目的、調査対象地域、及び調査計画（以下S.W.と記す）について合意が成立し、今後これに基づいて調査が進められることとなった。又今回の調査団より1週間后に到着したＪＩＣＡの雇用した民間コンサルタントチームは、このS.W.に基づいて、早速、資料収集、雨量計の設置等の現地作業に取りかかっている。

2.　S.Wの基本方針について

(1)　ワジシマール流域住民の生活向上のための具体の地域開発をふまえた総合的水資源開発計画を目的とすること。ワジシマール流域は260 km²の流域面積を持つU.A.Eの東部山地地域における第3番目の大流域であり、U.A.E政府としては、この地域の水資源開発及びはんらん原の農業開発を主とした地域開発について、大規模プロジェクトして早期の実施に強い期待をもっている。

(2)　S.Wの実施期間について、前半の1年間（1977－12月―1980－12月）と後半の1年間、計2年間とし、前半の調査終了時点で開発の基本的な方向をU.A.E側と協議決定し、後半はこの基本的な方向に基づいて開発計画をとりまとめることとしたこと。

これは、現状における水文、地質及び農業等に関する資料が極めて乏しいこと、それにもかかわらずU.A.E当局が可能な限り早期の開発計画の策定を希望していること等を考慮した結果である。即ち、前半における現地調査（雨季、乾季）とその結果の解析により得られた開発計画の基本的方向について各種の試案の中からU.A.E政府と協議し実施案を選択することとしたものである。この考え方は、前回調査団のレポート（アラブ首長国連邦水資源開発調査予備調査報告書）に水資源開発計画試案の作成（P. 56 参照）として提案されている。

3.　今後の調査方針について

(1)　水資源開発計画

水資源は適正な開発が行われれば、量的には有限であるが、殆んど永久ともいえる長期間にわたり利用可能な貴重な天然資源である。したがって、その開発計画の作成については、現況に立脚しながらも遠い将来もふまえた長期的な視野にたったマスタープランについて、先ず十分な検討が必要である。そのうえにたって、当面、優先実施すべき箇別のプロジェクトについて、地域開発計画と十分整合を図りつつ選択することとなろう。

ワジシマール流域についても、その開発可能水量は年間降雨量の５％～１０％程度と想定されるが、長期的かつ広範な視野に立った、マスタープランの検討が先づ必要である。

ワジシマール流域における水資源開発の手法は、現在海に無効流出している洪水時の表面流出の貯留、及び海岸よりの塩分侵入を生ぜしめない限度の地下水管理計画による揚水量の増大の２つに大別されることは前回の報告書に述べたとおりである。

(イ) 洪水時の表流水の貯留

年間降雨量の極めて小さく（年平均150 ㎜～ 100 ㎜）、年毎の変動が極めて大きい（最大 200 ㎜～最小１２㎜）ことに加えて、年間蒸発量 3,000 ㎜に達するこの流域については、洪水時の表流水の貯留は、地下貯留若しくは地下水涵養量の増大の形でのみ可能であり、経年的に安定した取水量の増大が期待される。

このため、今後検討すべき手法としては次のとおりであろう。

i　下流シマール本川における大規模地下水貯留ダム（完全貯留若くは一部貯留）

ii　各支川における複数の小規模貯留ダム

iii　下流シマール本川における一箇所若しくは階段坂数ケ所の地下水涵養ダム（洪水遅滞ダム）

iv　各支川における複数の小規模地下水涵養ダム

v　i～ivの各案の組合せ方式

いずれの案についても洪水の低減、土砂流出のコントロールによる下流はんらん域の国土保全効果についても十分配慮すべき事は当然である。

又、iii、ivについては次に述べる地下水管理計画と密接不可分の関係にあることも明らかであろう。

(ロ) 地下水管理計画による揚水量の増加

定量的な地下水循環機構の解明が最重要課題である。このためには面的な揚水量の計測、地下水位観測と共に、ワジシマール流域の地質構成の解明、これによる周辺山地からの地下水浸透量、及び降雨時の地表からの直接浸透量の把握が必要である。

現況の地下水の流動機構が解明され、適正な地下水管理計画により、揚水量の増大を図る手法として検討すべき事項は次のとおりである。

i）デイバ海岸線沿いに塩分の侵入を防止する地中止水壁の設置（止水壁の上流部は地下貯留ダムとなる。）

ii）塩分浸入の予測及び監視

iii）揚水量のコントロール

iv）面的な井戸の配置計画と地下水位の観測網

v）地下水涵養量の増大

いずれにしても海岸部における地下水は一度塩分の浸入を招くと、回復は極めて困難であるので、きめの細かい調査と、ち密な対策が必要である。

(2) 農業開発計画

作物の生育には水と土の両者が絶対必要の条件である。しかるに今回の現地調査の結果によると、ワジシマール下流Dibba地区のはんらん原（開発予定地域）の土壌は沖積粘土の殆んど含まれていない砂礫土から構成されており、このままでは大部分の地域は農地として不適地として判定された。このため、この地区の農業開発には十分な除礫と客土等による適正な土層改良が必須の条件と考えられる。土壌改良の手法としては、(イ)客土による方法、(ロ)多孔質パーライト等による人工物による改良の２つが考えられる。(イ)としては、シルト層の分布調査、(ロ)としては鉱さいスラグ等による保水性の増大等が今後の検討課題である。

3.2 あとがき

５４年５月に行った前回の現地調査の際、次の雨季の開始時期（５４年１１月）迄に次回の調査団の派遣と水文調査の開始をU.A.E当局と約束した私（狩野）としては、若干の遅れはあったにせよ今回の調査により、本格的な雨季の前に約束を果し、このプロジェクトに対するU.A.E政府、特に農漁業省オベイド局長の期待に応えることができて肩の荷が下りた気持である。今回はU.A.E政府の要請により農業専門家２名（木村、寺沢）が始めて参加したが、農業開発計画の検討も含めた調査計画のS.Wがまとまり U.A.E当局との間に調印が出来たことは、まことに喜ばしいことであり、今後の技術協力を通して日本とU.A.Eの関係の緊密化に大きな役割を果すことと考えられる。

しかし、このプロジェクトは、日本と極めて自然環境の異なる乾燥高温の砂漠の国におけるものであり、水資源開発量も多くは期待できず、又農業開発の面からは礫土の土壌の改良が極めて重要かつ困難な課題である。このようなプロジェクトのFeasibilityは、通常の意味での投資効果の考え方からは極めて成立困難である。

しかし、一方において、石油収入による豊かな国家財政、他方における石油に依存しない地域開発の緊急性を考慮すれば、もっと長期間をみつめた巾の広い考え方が必要ではなかろうか。もちろん我々としては技術的な最大限の経済性の検討は当然行なわなければならない。

おわりに、今回の現地調査に当り御協力いただいた現地日本大使館の村田大使以下館員の方々、又U.A.E農漁業省のハマド次官、オベイド局長以下関係者の皆様に謝意を表すると共に本プロジェクトの今後の順調な進展を期待するものである。

MINUTES OF AGREEMENT

The Government of Japan dispatched a preliminary survey team to the United Arab Emirates (UAE) in order to concrete the Scope of Works on the Feasibility Study for Wadi Shimal Water Resources Development Project.

During their stay in the UAE from 12th December to 22nd December, 1979, the Japanese Preliminary Survey Team held meetings with the representatives of the Ministry of Agriculture and Fisheries, UAE, on the scope of works and desirable measures to be undertaken by the both Governments for the successful execution in the forthcoming stage.

Thereby, the Team and the Government of UAE have agreed on the matters as referred in the attached Scope of Works hereto.

Hamad Al Mutawwa
Acting Deputy Minister
Ministry of Agriculture
and Fisheries

Mr. Noboru Kano
Leader of Japanese
Preliminary Survey Team

SCOPE OF WORK
ON
FEASIBILITY STUDY
FOR
WADI SHIMAL WATER RESOURCES DEVELOPMENT PROJECT
IN THE
UNITED ARAB EMIRATES

I. INTRODUCTION

In response to a request made by the Government of the United Arab Emirates (U.A.E.) for technical cooperation in carrying out the Wadi Shimal Water Resources Development Project (the Project), the Japan International Co-operation Agency (JICA), responsible for implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will perform the feasibility study on the Project.

The Government of Japan dispatched a contact mission to the UAE in May 1979 and confirmed a necessary survey of the Project.

This paper covers the proposed scope of work for survey to be performed on the basis of information of above contact mission and a result of the preliminary survey concerned.

II. OBJECTIVES OF THE STUDY

The purpose of study is to make an optimum water resources integrated development scheme for rural development for regional inhabitants in the Wadi Shimal basin. Survey is conducted on water resources potentiality for surface water, groundwater recharge and flood control as well as possibility of agricultural development playing a main

role in the basin.

III. PROJECT AREA

The Project area is proposed to cover the Wadi Shimal Basin in the UAE.

IV. SCOPE OF WORK

The study and project planning to be undertaken in the feasibility study are divided into two stages of services as:

Phase I : Preliminary survey and study concerning water resources development and basic data collection for the regional development.

Phase II : Continuing survey for preparation of the project formulation such as preliminary design, construction schedule and economic evaluation.

The contents of Phase II services will be re-arranged depending on the result of Phase I works.

A - 1. SURVEY OF PHASE I

The Phase I survey will be carried out from December 1979 through August 1980, as follows:

1. Collection of Existing Data and Information

   (1) Topographical maps and aerial photos
   (2) Meteorological records
   (3) Hydrological records
   (4) Groundwater and tidal records
   (5) Water quality and geological records
   (6) Sociological data
   (7) Regional economy

2. Basic Survey for Water Resources Development

   (1) Preparation of Topographical Maps

      a. Supplementary works on existing topographical maps (1:25,000) covering the wadi basin and the beneficial area.
      b. Topographical survey for the Wadi Shimal
      c. Survey for longitudinal and cross sections on the Wadi Shimal
      d. Survey for cross section at proposed dam site

   (2) Meteorological Survey

      a. Collection of observation records at Dibba station (Rainfall, Temperature, Evaporation, Humidity, Wind Velocity and Direction)
      b. Data collection on the other basins with similar characteristic features to the Project area.
      c. Measuring rainfall

(3) Run-off Measurement

a. Data collection on other wadi basins
b. Run-off observation by water level gauges
c. Observation on flood discharges of the wadi concerned
d. Run-off analysis

(4) Estimation of alluvial yield and its transportation

a. Survey on wadi bed materials
b. Alluvial yield and estimation of transported alluvial materials

(5) Groundwater Survey

a. Survey on existing wells and fluctuations of their water tables and yields
b. Selection of observation well sites for proposed groundwater survey (Location, Depth and Diameter)
c. Pumping test
d. Groundwater flow analysis

(6) Observation of Tidal Fluctuation

a. Data collection on existing records available on tidal fluctuations
b. Tidal fluctuation measurement by water level guages

(7) Survey on Water Quality

a. Water sample test for surface water and groundwater
b. Observation for sea-water intrusion
c. Measuring suspended particles in run-off

(8) Geological Survey

a. Preparation of geological map
b. Subsurface geological classification
c. Test pit survey for recharge

d. Geophysical exploration for groundwater analysis
e. Drilling

(9) Soil Survey

a. Soil classification
b. Water retentivity
c. Soil permeability
d. Soil salinity

(10) Domestic Water Use Survey

a. Distribution of inhabitants in the region concerned
b. Water use inhabitants (Water demand and facilities available)
c. Water requirement for livestock breeding

3. Agricultural Development Survey

(1) Land classification based on U.S.B.R. standard

(2) Existing Agriculture in Dibba area

a. Cropping pattern and yield
b. Irrigation methods and water requirement
c. Evaluation of present farming technology
d. Marketting

(3) Potentiality for New Agricultural Land Development

a. Investigation of proposed area
b. Proposed method of soil improvement and farm land preparation
c. Proposed irrigation system and water requirement

4. Alternative Plans for Water Resources Development

5. Alternative Agricultural Development Plans

A - 2. SURVEY OF PHASE II

After Phase I, survey will be followed by Phase II for preparation of feasibility study.

1. Topographical Survey
   (1) Topographical survey including proposed damsite (1:1,000)

2. Hydrological Observation

3. Water Quality Observation

4. Groundwater Observation

5. Run-off Study
   (1) Run-off mechanism analysis and study on water balance in the basin
   (2) Analysis of groundwater recharge mechanism
   (3) Water balance analysis on water course

6. Social Environment Survey
   (1) Survey of necessary items in following the Phase I survey
   (2) Study on labour, construction materials and equipment for construction cost estimation

7. Proposed Development Plan
   (1) Formulation of water resources development plan
   (2) Formulation of agricultural development plan
   (3) Preliminary design for facilities for water resources development and utilization
   (4) Preliminary construction cost estimation and preparation of construction plan
   (5) Operation and maintenance
   (6) Social and economic evaluation of the Project

3. Study on Water Resources Management Plan in Future

V. REPORTS

1. Inception Report

The JICA will prepare and submit to the Government of U.A.E. 15 copies of Inception Report five months after the starting date.

2. Progress Report

The JICA will prepare and submit to the Government of U.A.E. 15 copies of Progress Report approximately within twelve (12) months after the starting date.

3. Draft Final Report

The JICA will prepare and submit to the Government of U.A.E. 30 copies of the Draft Final Report approximately within twenty (20) months.

The Government of U.A.E. will provide the JICA with its comments within one (1) month after the receipt of the Draft Final Report.

4. Final Report

The JICA will prepare and submit to the Government of U.A.E. 30 copies of the Final Report within two (2) months after receipt of the comments of the Draft Final Report.

VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF THE UNITED ARAB EMIRATES

For the smooth execution of the study and survey, the Government of U.A.E. will agree in:

1. Exempting the Survey team from taxes and duties for equipment, materials and personal effects brought into the UAE for the purpose of carrying out this survey.

2. Providing available data and information for the study and survey.

3. Providing available maps and aerial photographs.

4. Carrying out works such as measuring of rainfall and run-off.

5. Assigning counterpart personnel and necessary assistant personnel to the Survey Team during the surveying period.

6. Providing suitable office space with furniture in Dibba and Dubai

7. Providing suitable furnished accommodation in Dibba.

8. Providing necessary number of vehicles and drivers, fuel, including maintenance services, and helicopter, if necessary.

9. Issuing permission for taking maps and survey data, including selected contact prints of aerial photographs out of the UAE to Japan by the Survey Team, subject to approval of the UAE Government.

10. Assisting the Survey Team in visiting relevant Government agencies.

11. Providing other necessary facilities for study and survey.

12. Installation works and management for measuring equipment.

13. Providing necessary services for drilling, coring, logging, etc.

* Documents on the necessary number of those items will be submitted beforehand by the Survey Team to the Ministry of Agriculture and Fisheries.

VII. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF JAPAN

The Government of Japan will agree in:

1. Dispatching the Japanese Survey Team to conduct the survey.

2. Bearing the necessary expenses for the survey other than those mentioned in section VI.

3. Bringing in some of the necessary equipment for the survey works.

4. Transferring the knowledge to counterpart personnel during the period of the survey.

TENTATIVE SURVEY SCHEDULE

DESCRIPTION	1979			1980												1981													
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
SURVEY TEAM																													
Preliminary mission			xx																										
Study of phase I				xxxxxxxx				xxxxxxxxxx																					
II															xxxxxxxxxx														
REPORTS																													
1. Inception Report								xx																					
2. Progress Report															xx														
3. Draft Final Report																						xx							
4. Final Report																									xx				

JICA