

3.7 栽培試験

3.7.1 ローズグラスの栽培試験

この試験は、ローズグラス栽培に関する情報を得ることと、オマーンのカウンターパートへの試験研究についての研修を目的としている。この試験は、1996年12月の収穫をもって終了し、以後は、来年からの本格的な試験研究を行うための均一栽培を行う。

(1) 栽培試験-1；ローズグラスの施肥・灌漑試験

1) 試験目的

灌水量と尿素有の施肥量を変えて、それらのローズグラスの生育・収量に与える効果を明らかにし、灌水量と尿素施用量の基準を作成する。

2) 試験設計

下表のとおりである。

Factors Season	Level 1 (High level)		Level 2 (Low level)	
	Irrigation	Urea*	Irrigation	Urea*
Mar. ~ May	12mm/day	1.0 ton/15 ha	8mm/day	0.7 ton/15 ha
Jun. ~ Aug.	15mm/day	1.2 ton/15 ha	10mm/day	0.8 ton/15 ha
Sep.** ~ Nov.	12mm/day	1.0 ton/15 ha	8mm/day	0.7 ton/15 ha
Dec. ~ Feb.	9mm/day	0.9 ton/15 ha	6mm/day	0.6 ton/15 ha

Note: *Amount of urea shows ton per 15ha every 2 weeks.

**The level in June to August was applied until September because of delayed harvest in

灌水量と尿素施用量の季節毎の変更については、実際は計画の時期に近い収穫の後にそれぞれ変更したので、厳密に上表のような変更月通りではない(Appendix A-7.1)。

3) 試験期間 1996年3月から12月まで

4) 試験方法

イリゲーターは、最初に水準1の速度で15 haを散水し、そこで水準2の速度に変更して後の15 haを散水する。それぞれの灌水速度はProgress Report IのAppendix IIに示してある。尿素はインジェクション・システムを用いて施用した。尿素施用量の水準1と水準2は灌水量に比例して自動的に施用できるようにした。

5) 試験結果

- a. 両水準の灌水量を、おおむね計画通りに灌水することができた。ただし、水不足のための間断灌漑期間を除く (Appendix A-2.5)。一方、尿素の施用量は、間断灌漑期間を除いては、計画量の約 40~50% しか施用できなかった (表 A-2.4.4)。
- b. 水不足の被害を受ける前の5月の収量をみると、低水準の区の収量は高水準の区の68%であった。
- c. 5月末から8月5日までの水不足による間断灌漑によって、ローズグラスの生育は大きな障害を受けた。その中でも低水準の区の生育は劣り、再び毎日灌漑にかえた1ヶ月後でも両処理区の差は歴然としていた (表 A-2.6.2)。直接、被害を受けた7月の収量は、低水準区は高水準区の 37% しかなかった。再び毎日灌漑に復して46日目の9月末の収量は、低水準区は高水準区の50%であった (表 3.7.1)。

6) 結論

- a. Section 3.2で述べたとおり、夏の70日間、12 mm/日の灌水を3日に1回灌水すると、ローズグラスの収量は減少するが、株は枯死せず成長は毎日灌漑に戻した後、急速に回復した。一方、8 mm/日の間断灌漑では、収量は著しい減少を示し、株の枯死もみられ、十分な回復までには約3ヶ月は要すると思われた。これらのことは、今後、夏の節水栽培を行う上で、示唆に富んだ情報であると考えられる。

表 3.7.1 ローズグラス栽培条件の収量への効果 (1996)

Treatment			Items	Dry matter yield (ton/ha)			
Irrigation and urea	Potassium	Manure		Location	May	July	September
High level	Applied	-	B-1			3.69	
High level	Applied	Applied	B-2			2.77	
			Average			3.23	
High level	-	-	C-1			2.60	
High level	-	Applied	C-2			1.79	
			Average			2.19	
			Average	5.77	1.84	2.71	
Low level	Applied	-	A-1			1.95	
Low level	Applied	Applied	A-2			1.38	
			Average			1.67	
Low level	-	-	D-1			1.59	
Low level	-	Applied	D-2			0.52	
			Average			1.05	
			Average	3.91	0.68	1.36	

- b. 灌漑水量および尿素施用量は、低水準区は高水準区の約 60%、収量は 50~70%であった。夏においては、各刈り取り毎の成長率とN施用量との関係は、年間のN施用量が1 ton/haまでは直線的であると考えられることは、すでに節3.2で述べたとおりである (図 3.2.1)。

(2) 栽培試験-2； 心土破碎耕のローズグラス生育に及ぼす効果

現在までNARSに農業機械が導入されなかったため、試験できなかった。

(3) 栽培試験-3； 厩肥のローズグラス生育に及ぼす効果

1) 試験目的

ローズグラスの生育に及ぼす厩肥の施用効果を明らかにする。

2) 試験設計

センターピヴォット圃場の一部 (2.4 ha)を用いて、乾草牛糞15 ton/haを施用する。

3) 試験期間 1996年の7月30日から12月まで

4) 試験方法 7月30日に手で散布。

5) 試験結果

9月の収穫では、厩肥の効果は統計的に認められなかった。さらに精密な、反復試験が必要である。

(4) 栽培試験-4； カリのローズグラス生育に及ぼす効果

1) 試験目的

ローズグラスの生育に及ぼすカリの施用効果を明らかにする。

2) 試験設計

センターピヴォット圃場を2分し、カリ施用区15 haと無施用区15 haを割り付けた。カリは、硫酸カリとして30 kg / haを収穫毎に施用した

3) 試験期間 1996年の8月13日から12月まで

4) 試験方法

7月の収穫後、450 kg of K_2SO_4 /15 ha を手で散布し、また、同量を8月19日に再度、ブロードキャスターで散布した。9月の収穫後10日目に同量をブロードキャスターで散布した。

5) 試験結果

9月の収穫では、カリの効果は認められたが、統計的には有意差がなかった。さらに精密な、反復試験が必要である。

(5) 栽培試験-5； 微量養素欠乏の診断と施肥試験

1) 試験目的

ローズグラスの生育に対する微量養素の施用効果を明らかにする。

2) 試験設計

センターピヴォット圃場の一部を用いて、試験区 (3 m x 3 m) の2反復で試験した。試験区の構成は下表の通りである。

微量養素欠乏の施肥試験

Microelements	Treatment	Amount of application	
		per 9m ² (per plot)	per ha
Cu	Applied	70g of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (0.2% solution)	50kg
	Not applied	-	-
Zn	Applied	49g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (0.2% solution)	30kg
	Not applied	-	-

3) 試験期間 1996年の10月から12月まで

4) 試験方法

各微量養素の0.2%液を散布した。

5) 試験結果

12月の収量、植物体・地上部のCuとZnの分析結果は目下、整理中である。

3.7.2 圃場作業管理に関する試験

(1) 試験方法

30 haのローズグラスの収穫を効率的に行う方法、つまり経済的な農業機械と労働力の組み合わせの方法、収穫期間中の灌漑の中断を可能な限り減らす方法等を明らかにする。現在はコントラクターの作業法の観察と作業法の提示・指導によって試験するが、農業機械の導入後は、試行錯誤によって行われることになる。

(2) NARSにおける作業の観察

コントラクターの収穫作業は、極めて効率的に行われているが、多少の問題もある。観察結果は以下の通りである。

作業は、3台のトラクタ、モータ、レーキ、2台のベレー、2台のトレーラー、3人のオペレータ、6人の圃場労働者によって行われた。作業は、午前中が3.5時間、午後は3時間、1日の実労働時間は6.5時間であった。

収穫中の灌漑の中断を少なくするため、30 haを4分し、各区分毎の収穫作業が完了してから次の区分に移動し、完了した区分には灌水を開始するように指導した。その結果、収穫中の灌漑中断期間は4日までに減少した。

センターピヴォット圃場の4分の1(約8 ha)の刈り取り、攪拌、梱包、搬出に要する日数は夏で4日間、30 ha全体で約14日であった。

故障はベレーの梱包作業で最も多かった。したがって、コントラクターは、予備のベレーを常時待機させていた。ベレーの故障は、ウインドローの草量が多すぎて起こる場合が最も多かった。観察結果の詳細は、Appendix 7.3に記載した。

3.7.3 ライシメーター試験

(1) 試験目的

灌水量、排水量、土壌に保持された水分量、蒸発散量を明らかにし、ローズグラス栽培における水収支を測定するのが本来の目的である。その他、排水の水質調査による土壌塩類の集積程度から、排水管理についての情報を得る目的もある。

直接の目的は、ローズグラスの要水量を計測し、圃場のデータと比較することである。

(2) 試験設計

ライシメーターは3 m平方(9 m²) 枠を8個有する。試験は下表のように4処理2反復で行った。

Plot NO.	Organic manure	Irrigation	Fertilizer	
			Urea (g/plot/week)	TSP (g/plot/2 months)
1	Applied	Control	35	108
2	Applied	Low	35	108
3	None	Control	35	108
4	None	Low	35	108
5	Applied	Control	35	108
6	Applied	Low	35	108
7	None	Control	35	108
8	None	Low	35	108

気象データをもとにローズガラスの要水量を計算し、その量を灌水対象区の灌水量とした。灌水減区は、下表のとおり対象区の灌水量の3分の2とした。

Month	Control		Low	
	Irrigation in depth (mm/day)	Irrigation amount (liter)	Irrigation in depth (mm/day)	Irrigation amount (liter)
July	15	135	10	90
August	15	135	10	90
September	15	135	10	90
October	12	108	8	72

灌水は人力で行い、灌水量は灌漑パイプに設置した流量計で測定した。

(3) 試験期間 1996年6月26日から8月20日まで

(4) 測定項目

テンシヨメーターによる深さ20 cm と50 cmの水分保持力の日観測、週毎の0~20 cm, 20~50 cm, 50~80 cmの土壤水分測定、排水量の日観測、週毎の排水の水質調査およびローズガラスの生育調査。

(5) 試験結果

1) 土壤水分

灌水減区は、対象区にくらべ低い土壤水分で経過した。厩肥施用の効果は、栽培の後期の土壤水分保持力において僅かながら認められた。このことについては、さら

に試験を継続する必要がある(表 A-7.4.1)。

2) 排水量

ライシメーターからの余剰水の排出が観測され、その量は試験中に減少していった。特に、灌水減区では、8月11日から排水は観測されず、このことは灌水対象区と明らかに異なっていた。

3) 排水の水質

pH値は、どの区も増加傾向にあった。一方EC値は、灌水対象区では試験期間中変わらず、灌水減区では増加した。このことは、灌水減区の灌水量では土壤中の塩分を十分に溶脱できないことを示している。さらに試験を継続する必要がある(表 A-7.4.2)。

4) ローズグラスの生育

試験期間中の3回の収穫結果と、8月20日の50 cm平方のコドラートを用いた観察結果を表 A-7.4.3に示した。いずれの観測結果も有為差は認められなかった。

今後、試験は節水法に焦点を置き、たとえば灌水対象区、対象区の80%、65%、50%の水量区など、きめ細かな試験を継続する必要がある。

3.8 結 論

NARSでのモニタリング調査の結果は、以下のように概括することができる。

(1) ローズグラスの生産

年間を通じたローズグラスの収量は高気温の時期に収量が増え、低気温の時期に収量は低減する。1995年5月から1996年4月までの1年間での乾草収量は613 kg・N/ha/年の割合で窒素肥料を施して33.7 ton/ha/年となった。1995年5月に作成したローズグラス栽培指針によれば、窒素肥料を1,000 kg/ha/年で投入し、40 ton/ha/年の収量を予定していた。

夏季における乾草生産と窒素施肥量との間には、年間施肥量1 ton/haを上限としてほぼ線形的関係がみられる。

1996年の夏季に行った3日ごと12mm/日の灌水では、収量が低減したものの枯死にはならず、以降の毎日灌水により著しく回復した。この事象は、夏季の(モンズ

ーン期と重なり、山岳地帯での牧草需要が低減する時期であり、生産を控えることで) 節水が可能であることを示唆している。

なお、現在NARSで導入されているパイオニアは古い品種でNへの反応が低く、一方、カタンボラはNへの反応も良く耐乾性にも優れている。ゆえに、カタンボラの導入により水消費の抑制と収量増の可能性があり、今後この点の実証試験も意義があるだろう。

(2) 土壌改良

土壌変化のモニタリングを開始した時点で、土壌に含まれる有機質は非常に少ない状態であったが、約2年間に及ぶ栽培でその含有率は約1%までに増加した。一般に作物栽培を行っている土壌では1~5%の有機質の含有が根群域に認められる。この有機質により、土壌の物理性、化学性および微生物の活動が改善される。

一般に土壌中の有機質が増加すると、土壌の物理・化学特性と(微)生物の活動などの面で大きな改善効果が現れてくる。土壌中の有機質は窒素分の保持機能を持ち、窒素と硫黄成分の大半を賄う働きがある。また固結している土壌をほぐすことで、換気と水分移動の状態を改善する。

しかし土壌の成熟化の面で見れば、NARSの土壌は未だ未成熟な状態であり、土層の発達や土壌構造の進化が低く、今後とも継続栽培による改良が必要な状態である。土壌の化学分析では、塩基置換容量と栄養性は低い。窒素、リンなどの多量栄養素や微量栄養素も低い状態にある。このような問題はあるものの、適度な灌漑と施肥の実施でローズグラスやデーツのほかタマネギ、ニンジン、オクラのような野菜、その他スイカのような作物の栽培が十分可能である。

(3) 地下水位の線形的低減

1994年10月から1996年10月までの2年間におけるNARSでの地下水位はほぼ線形的な低減状態を示す結果となっている。水理地質学の一般的な理論によれば、継続揚水の開始以降最初の1年の間に50から70%の水位低下が発生すると予想されているが、揚水開始後2年を経過した現在でもNARSでの地下水水位の線形的低減は続いている。この現象は単にNARSの揚水に依るものだけではなく、周辺での揚水活動の複合的現象と見られる。将来の農業開発を行うには、NARSのみでなく、周辺での揚水量の把握も含めた継続モニタリングをDauka、Shasr、Hanfeet、QuitbeetおよびWadi Mokhawrimなどを含む広域で実施することが必要である。

(4) 気象観測と水利用

'95年から'96年にかけて行ったNARSでの気象観測結果によれば、Salalahでの蒸発量はNARSの約2/3であり、一方Thumraitの蒸発量はNARSの1.35倍に及ぶことが判明した。これはThumraitでの風が大きな要因となっており、ペンマン法による可能蒸発散量の推計値は、現地で測定した蒸発量の約75%となっている。このことは2つの新たな可能性を示唆している。一つは、蒸発計蒸発量の75%がその日の可能蒸発散量の値と見なされそうであり、容易に適的な灌水量を知ることができることである。2つめは、現在NARSで使用している灌水量がThumraitの気象記録を基に推定されていたが、今後はNARSでの気象観測結果を踏まえることで、可能蒸発散量の見直しを行い、適用水量を減少させることが可能であることである。

一方、灌水量は季節により変動させたが、1収穫サイクルの中において牧草の成長に合わせた灌水量の調節を行わずその季節の平均値をこれまでは灌水していた。しかし、作物必要水量は作物の成長段階に応じて変化してゆくため、作物の生育段階に応じた灌水を順次行うことで、一様に行っていた状態と比べて約10%の節水が可能となる。

さらに節水の可能性は継続的な圃場内での蒸発散量の把握と土壤水分の変化の測定および収量調査との比較の中で確認出来るものである。具体的には、クラスーAパンの一つをセンターピヴォット圃場のピヴォット地点に設置し、気象観測所地点での蒸発量との比較を行う。また、間断灌漑を試行しつつ土壤水分の変化を継続的に測定することで解明される。

(5) 灌漑必要水量と間断灌漑の可能性

ネジドでの作物栽培は化石地下水に依存するため、より有効にかつ節水を行うことが肝要である。最近急増している民間のセンターピヴォットによる灌水はほぼ全施設で毎日灌漑を行っている。毎日の灌水では蒸発と浸透により灌漑水の損失が発生しているものと懸念される。

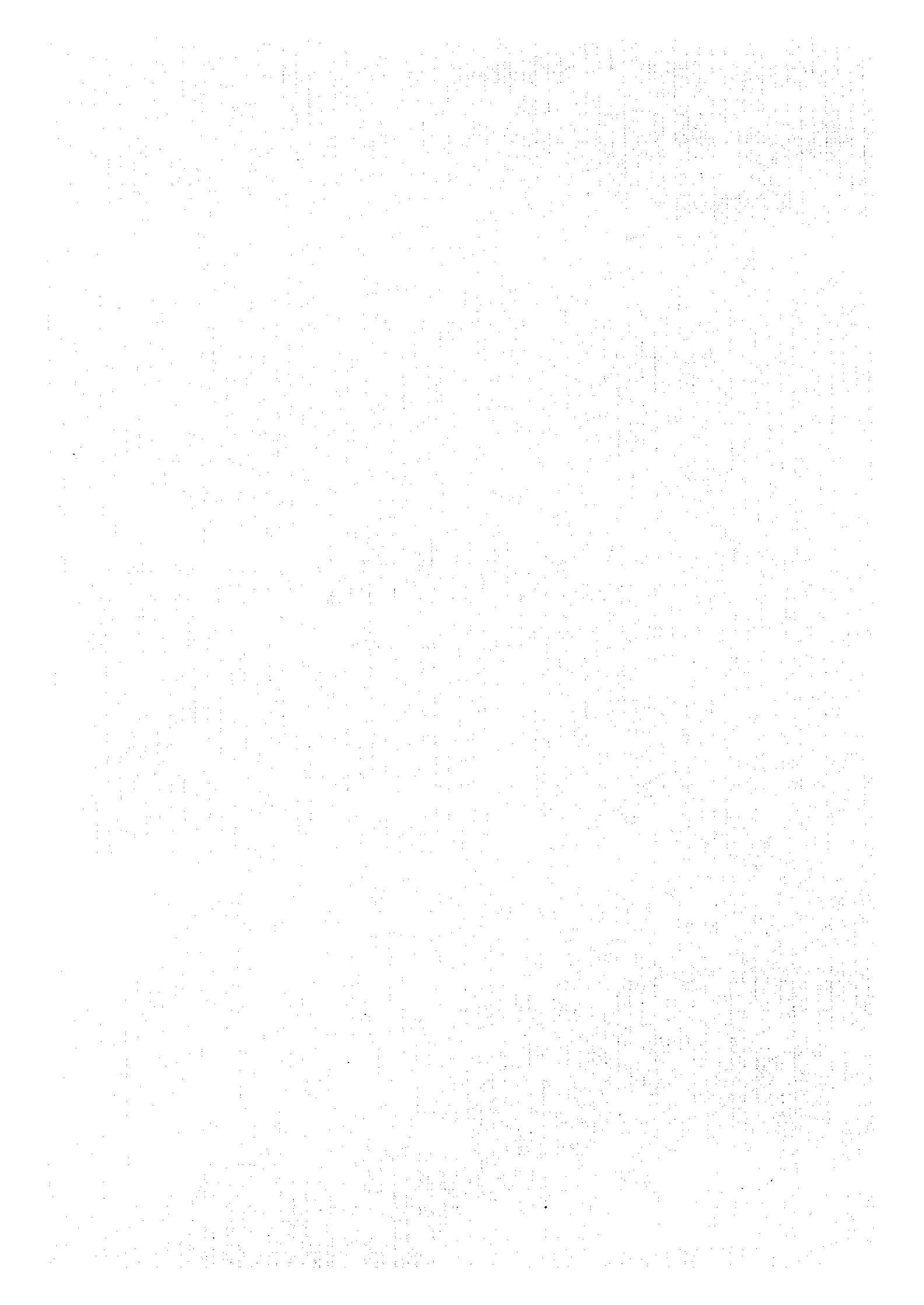
本章の3.3節で述べたように、今回の調査の結果として土壤の保水能力と土壤水分の測定結果から、現在行われている毎日灌水に代わって間断灌漑の実施の可能性が判明してきた。NARSの土壤の保水能力は112 mm/mと見られ、その内利用可能水分が2/3とすれば75 mmに相当する。この条件で仮に最大作物必要水量が15 mm/日とすれば、5日間の必要水量が土壤に含まれていることになる。

例えば、牧草の収穫時には概ね4日から1週間灌漑を停止するが、この無灌水期を経ても牧草は順調に再生を始めていることからこの間断灌漑の可能性は認められる。また、このことは、土壤中の水分が潤沢であれば、灌水停止による被害も無視できる範囲に入ることが言える。

このように土壌と灌漑の観点から間断灌漑の可能性が示唆されるが、この可能性の実証はNARSで継続して行わなければならない。また、作物収量と間断灌漑との間の関係も試験栽培を通して見極める必要がある。特に、灌水量と収量の関係として継続測定する。なお、節水の促進に伴う塩類溶脱機能の低下で塩類集積が懸念されるため、これまで以上に土壌の定期調査を確実に実施する必要がある。これらの実証を行った上で、その成果を周辺の農場へ技術普及することが可能となる。

第 4 章

調査地域のフィールド調査結果



第 4 章 調査地域でのフィールド調査結果

4.1 調査地域の現状

4.1.1 農業

(1) 農場

1) 農作集落の位置

調査地域内には現在 6 つの農作集落（農場が集中している地域）がある。それらは、Dauka, Hilat Al-Rakah, Hilat Al-Rakah North, Hanfeet, Shasr および Quitbeet である。下表は'88/'89 年当時（フェーズ I 調査時点）と現在の状況を比較してまとめたものである。

調査地域内集落の変遷

位 置	従前の状況（'88/'89）	現 状
Dauka	C層の地下水を利用した企業農園がこのセンターピヴォットで耕作していた。 また、放棄された自噴井を水源に、所の小規模農園が開かれていた。	2基のセンターピヴォットが稼働この間に新設された3基は水量により撤去されている。 1ヶ所の農園のみが残り、栽培面1/8ha程度に縮小されている。理由源であった自噴井が枯れたことに
Hilat Al-Rakah Nort	小規模な農園が放棄井戸を水源とし数カ所開設されていた。（A層地下	8基のC.P.が稼働中である。これ設置台数は12基になっていたが、水足で稼働を中止し、撤去された。業と2個人がC.P.を所有。
Hilat Al-Rakah	約20の小規模農園が開設されていた独自にブルドーザで掘削した浅井戸水源としていた。	左記の約半数が農園を閉め、自給として外国労務者が耕作を継続し
Hanfeet	国道東西側で各2ヶ所ずつ小規模農園開設した。	国道東側に2基、西側に6基、計のC.P.が稼働中で、4企業が所有急激な水位低下が発生している。
Shasr	浅層地下水を取水し、2ha程度の農耕作していた。入植は国境警備隊と定着促進がされ、部落周辺に小規模園の開設を始めた。	2haの農園は維持されているが、に開設されていた農園は閉鎖になる。近傍でC層水源のC.P.が2基された。村落は住居群が整備され代化された。
Quitbeet	遊牧民が簡易な灌漑で定着を始めた	既存の定着地から新設部落へ移動デーツ栽培を始めている。

Note : C.P. ; センターピヴォット

2) 農園の規模

調査地域内での農園は明確に2つの形態に分離することができる。一つは小規模な農園で0.2 haから10 ha程度の耕地面積であり、伝統的な灌漑と耕作を外国人労務者が行っている。一方は、企業が所有・管理する25 haから50 ha規模のセンターピヴォットで栽培を行い、5から10名程度の外国人労務者が栽培作業に従事しているものである。

小規模な伝統的栽培を行っている農園は、大半がフェーズI調査時点に既に開設されたもので、10年近く維持されており、水源は手掘りの井戸からの地下水に依存している。(一部の農園では、放棄された深井戸を水源としているものもある。)この形態の農園は主にHilat Al-Rhakah, Dauka, ShasrおよびQuitbeetに見られる。Daukaでは1農園が現存するのみで、他は放棄・閉鎖となっている。ShasrはWadi Ghadunの伏流水を洞窟から取水してこのような農園と飲料水の水源としている。これらの農園での耕作形態はフェーズII調査('89、JICA)に報告されている内容と同じであるが、農園数は閉鎖・放棄された農園があり、全体として減少している。農園所有者であるオマーン人は、大半の場合農園に居住しておらず、農園での労働は外国人労務者が行っている。栽培している作物種は野菜、果樹ともに多いが、生産した作物が市場に出されるのは希で、現在自家消費が主体である。

調査地域内でフェーズI調査時点と大きく異なる状況は、センターピヴォット灌漑システムの数が極端に増加したことである。今回のフィールド調査によれば近年特に急増し、現在稼動している数は24基となっている。民間企業が所有し、ローズグラスの栽培・販売を行っている。各企業は複数のセンターピヴォットを調査地域内のいろいろな地区に設置し、独自の農業機械と外国人労働力を持ち、収穫時期ごとにそれらを移動させている。

(2) 農業生産

1) 栽培品種

調査地域内で栽培されている作物品種は概ね15品種に及ぶ。トマト、スイカ、ジャガイモ、キュウリ、カンタロープ、オクラなどが主要品種であり、デーツやライム、ザクロなどの果樹が狭い野菜圃場を取り囲む形で植えられている。これらの栽培は小規模な農園で主に行われている。

一方、ローズグラスの栽培は急増する大型農場が集中して行っている。センターピヴォット圃場の周縁や隣接する場所で主に労務者の自家消費のために野菜を栽培しているが、彼らの商品作物はあくまで牧草である。

2) 作物生産

農業統計によれば、単位面積当たりの収量は概ね全国レベルではあるが、生産量は極く限られたものである。小規模農園主への聞き取り調査によれば、生産に関して以下のような要望を持っている。

- a. 市場への出荷を意図して農園を開設し、数年間生産と出荷を行っていた。
- b. しかし市場への出荷費用が高く、これが農園を維持する上で大きな障害となっている。
- c. 出荷に関し、政府からの支援があれば新たに作物出荷を再開したい。
- d. また、政府による適正な栽培技術の普及・指導も期待している。

一方、企業農園では栽培技術の弱さを認識しており、政府による適性栽培技術の指導を望んでいる。企業農場での牧草生育状態は貧弱であり、施肥技術・管理が適性ではない。また、灌漑管理が粗放であり、消費水量の抑制、引いては運転経費の抑制の余地があると判断される。

(3) 栽培方法

1) 作付け体系

大半の作物は年1回の植え付けと収穫を行っており、播種および苗の移植は夏季の終わりに行い、収穫は1月から次の年の夏季の前までになっている。スイカのみが年2回の植え付けと収穫を行っている。主な栽培品種はトマト、ナス、タマネギ、ニンニク、キュウリ、ニンジン、スイカ、オクラであり、企業農場ではローズグラスを年6~7回収穫している。

現在の主要な作物生産地帯である Salalah と調査地域との気候条件の違いが作付け体系を異なるものとしている。一般に、調査地域での播種・移植から収穫までの期間は Salalah より短く、例えば、トマトは Salalah でモンスーンを利用した6月から10月の間に播種から収穫までを行うが、調査地域では9月に播種を行い冬季に収穫となる。スイカは Salalah での収穫が終了した後に調査地域での収穫となる。

2) 栽培方法

小規模な農園では小さな区画で水盤法を行い、前述の作物を栽培している。圃場の管理と耕作は1名か2名の外国人労務者が行っており、全てが手作業である。

一方、企業農場ではセンターピヴォットによる灌漑を行い、独自の農業機械を所有している。同一企業が所有する各地区に散らばるセンターピヴォットでの収穫期に併せて農業機械と労務者を移動させて、圃場作業に当てている。

(4) 農業普及

現在、政府による農業普及は小規模農園および企業農園とも行われてなく、両形態とも政府による適性栽培技術の指導を望んでいる。

4.1.2 土 壌

フェーズI調査以前に行われた調査地域での土壌調査は、フェーズI調査で集約されており、今回の調査結果と併せて集約した。土壌分類図と土地分級図は Appendix A-3.10 にまとめたとおりである。

JICAによるフェーズI調査以降、1,000 ha 規模の農業開発可能地を探査するため、1992年にMMI社による詳細土壌調査が地域内と周辺地域で行われた。また、1995年にはMMI社の調査と同じ視点から、GRM社によりDaukaの北側のWadi Bani Khawater (1,300 ha) と Dameet (800 ha) を中心に行われた。1996年にはMAFがHanfeetで2,000 haの地域を限定し、土壌資源から見た開発可能地選定のための詳細調査を行っている。これらの調査で調査地域内の土壌についての貴重な情報が得られている。これらの調査結果については Appendix A-3.10 に集約した。

本調査の土壌調査の目的は、NARSでの土壌変化のモニタリングと調査地域での土壌資源の概括的調査である。

(1) センターピヴォット農場

NARS外の土壌資源の概括的調査を既存のセンターピヴォット農場、小規模農園およびその他の地区で行った。表 4.1.3 に示すように、pH (1:2.5) 値は8.0から9.5の領域にあり、アルカリ性の区分では“high”から“very high”に該当する。また、一部の調査結果を除くと、EC (1:5) 値は一般に1.0 mS/cmより低く、若干塩分が高い土壌と言える傾向にある。以降、Hilat Al-Rhakah、Hanfeet、Shasr、DaukaおよびQuitbeetの各地区についてその詳細を述べる。

Hanfeet地区にあるセンターピヴォット農場でのpH値は8.0から8.5であり、EC値は0.50 mS/cmであった。一方、DaukaとWadi Bani KhawaterではEC値が1.5 mS/cmであり、これらの農場では不透水性土層が地表面下2 mに認められた。このため、この地域では塩類集積が認められる。しかし、耕作開始以前には低いEC値であったものが、灌漑の開始で塩類集積の進んだ農場も認められる。Daukaの農場のように、圃場内に多くの湛水区がある圃場も認められる。このようなところでは、蒸発により塩類が地表面に白く残っている。

Hilat Al-Rhakah や Hanfeet のように、灌漑と並行して塩類溶脱の必要な農場もある。Hilat Al-Rhakah では EC 値が高く、閉鎖になった農場もある。これらの農場の水源

はA層地下水であり、C層よりも水質は悪く、水量も少ないと一般に理解されている。そのため、水質の悪い地下水をかつ少ない量で灌水したために、塩類の集積が促進されたものと判断される。一方、Hanfeet 地区と Hilat Al-Rhakah の地区には塩類集積の低い農場も認められた。

(2) 小規模農園

小規模農園の pH は 8.0 から 8.5 であり、「穏やかなアルカリ性」に分類される。Hilat Al-Rhakah の 2 農園以外と Dauka の農園での EC 値は 0.5 mS/cm であり、塩類集積がそれほど進んではいない。前述のように、Dauka では塩類集積が発生しやすい状態であり、同じ傾向が小規模農園でも認められた。Hilat Al-Rhakah にある小規模農園では水源の制約から水質の悪い水で少量灌水を行っているため、将来塩類化が促進されると判断された。

(3) その他の地区

その他の地区で調査した結果では、pH 値は 8.5 から 9.5 となっており、明確なアルカリ性状態を示している。高アルカリ性を示す土壌では微量栄養素（塩素、ホウ素、モリブデンを除く）の分解が阻害されるため、特に鉄や亜鉛、銅、マンガンなどが吸収しにくくなる。同様にリンも吸収が困難になる。

Wadi Quitbeet と Hanfeet での EC 値は低いが、Hilat Al-Rhakah の一部では高い値となっているところもある。以上の調査地点の近傍には MWR が管理する観測井があり、一部ではいまだに自噴している井戸もある。自噴により井戸周辺では湛水面が生じ、蒸発した後は塩類の集積域が覆っている。Wadi Bani Khawater での土壌も近傍のセンターピヴォット農場での結果と同様に、高い EC 値を示している。

(4) 結 論

以上の調査地域内での土壌調査結果をまとめると以下のようなようになる。

- 1) 原生土の初期 pH は高く、8.5 から 9.5 を示し、一般的な乾燥地土壌の特性でカルシウム分が高い。しかし、耕作を開始して一定期間が過ぎると pH 値は低下する。
- 2) 原生土の初期 EC 値は低く、0.1 から 0.2 mS/cm であり、ECe は EC 値 (1:5) の約 5 から 10 倍の値の領域となるため、耕作開始前での ECe は 1 から 2 mS/cm を示す。この領域の土壌は塩類化は無視できる状態である。しかし、ECe が 10 mS/cm を超える状態になると、作物の品種にもよるが収量低下の要因となってくる。定期的な塩類溶脱を行わないと、このような乾燥地では水源水自体に含まれる塩分が灌水により土壌面に供給され、いずれは集積して塩類化の問題が

顕著になってくる。地下水の EC 値は平均的に 1.6 mS/cm であり、USDA と FAO の基準によれば、0.75 から 3.0 mS/cm の EC 値の領域にある灌漑水によって起こる塩類化は穏やかなものであるとされている。そのため、定期的な塩類溶脱が必要である。

- 3) Wadi Quitbeet の一部ではアルカリ性で塩類化の非常に低い状態にある。pH 値が 9 以上の土壤に生息する植物は、一般的にその成長が阻害されている。このような土壤では置換性ナトリウムを調べ、仮にナトリウム吸収率 (SAS) が 13 か ESP が 15 以上の場合、土壤の改良が必要である。落葉性果樹は 5% 程度の置換性ナトリウムで生育障害を起し、ミカンにはナトリウムの影響を受けやすいとされている。また、ブドウは耐ナトリウム性が極めてあり、飼料作物や野菜などはあまりその影響を受けない。
- 4) 調査地域内の Dauka や Wadi Bani Khawater など地域北部の土壤は塩類化を起しやすい。そのため新しい農場開設の場合は、慎重な土壤面からの調査が必要である。仮に地表面下 2 m 程度の深さで不透水性土層がある場合は、十分な排水が必要である。
- 5) Hanfeet や Hilat Al-Rhakah 地区の土壤は塩類化とアルカリ性の問題がそれ程顕著にはなく、適性な灌漑と塩類溶脱を行えば塩類集積は発生しない。

以上のまとめは本調査で行った概括的な調査の結果である。今後新たな農場の開設を行うには土層断面調査や土壤の物理性、化学性の詳細な分析を伴う調査を行う必要がある。

4.1.3 灌 漑

(1) 灌漑方法

調査地域内の小規模農園での灌漑方法は総じて水盤灌漑が主流であり、その他の方法は以下のように得意な事例としてあった。Shasr の村落のすぐ南側には政府が建設をし、地元民へ助成したスプリンクラー灌漑施設 (固定式) が最近設けられた (面積約 1/4 ha、牧草栽培)。同部落の周辺でフェーズ I 調査時点にゲーツ栽培用のバブラー灌漑施設を建設したが、現在では撤去されている。Hilat Al-Rhakah の企業農場ではセンターピヴォット圃場の脇にスイカとメロンを栽培するためのドリップ灌漑施設を設けている (面積約 1ha 程度)。

全ての企業農場で使用する灌漑は牧草栽培のためのセンターピヴォット方式であり、これらの灌漑施設は外国人労務者が運転を行っている。大量の利水であるが、揚水記録は無く、また政府による揚水量のモニタリングの制度も現在は無い。

(2) 水 源

調査地域内の農場は全て水源を地下水に依存している。現在までに認められている滞水層（A、B、C、D層）の何れを対象としているかの情報はMWRが管理する登録井戸台帳と井戸位置図によってのみしか知ることはできない。MWRによる定期地下水モニタリングは観測井の一部を用いた月間の水位測定に限られている。

MWRの井戸位置図によれば、C層から取水している生産井は極めて限られていることになっており、多くはA層かB層の地下水を取水しているとされている。

Shasr部落の状況は他の状態とは異なり、洞窟から伏流水を取水して水源としている。同様にDaukaの国道に面している農場は放棄された自噴深井戸からの地下水を各々の農場へ引いて最近まで農場を維持してきた。Hilat Al-Rhakahにある小規模農園はブルドーザと手掘りによる独自の浅井戸を設けて水源としている。

(3) 灌 水

小規模農園では一般に揚水した地下水を一旦貯水槽に貯えたあと、重力で各圃場区へ配水し、灌漑を行っている。共通していることは、灌漑圃場は狭い圃場に区切られ（3m x 3m程度が1圃区）幾つかの圃区を灌水ブロックとし、約30分程度ごとに灌水ブロックへの配水を変えて灌漑している。一日の灌漑作業は主に夕方行っており、灌水量は約7から8mm/日程度である。

全ての企業農場は独自の井戸を所有しており、一般に1基のセンターピヴォットに1本の生産井を当てている。これらの井戸の建設時の層序についての記録は得られていない。本調査期間中に主な企業での灌水量の記録を依頼したが、協力を得られたのは1ヶ所のみで、'96年7月から記録を開始した。聞き取りと揚水記録をもとにすると、これら大型農場での灌水量は年間を通して10から12mm/日である。この灌水量はほとどの農場でも同じである（企業ごとに技術指導者がおり、彼らが各地区に分散する農場での圃場作業を管理しているため）。大型農場での使用水量を推定すると下表のようになる。

大規模農場での消費水量の推定

Location	No. of C.P. (No.)	Irrigated Area (ha)	Water Use (MCM/year)
Hanfeet East	2	60	2.42
Hanfeet West	7	248	9.51
Dauka	2	93	3.56
Hifat Al-Rhakah North	11	395	15.99
Shasr	2	102	4.76
Total	24	898	36.24

Note : C.P. ; センターピヴォット

MWR の井戸位置図によれば、これら企業農場で使用している井戸の大半はA層からの揚水とされている (Hanfeet West と Hanfeet East はC層)。一般にA層の水質はC層に比べると水質が悪いとされているが、調査結果ではA層の水質でも 2 mS/cm 程度であり、一部に 10 mS/cm の水質も見られた。

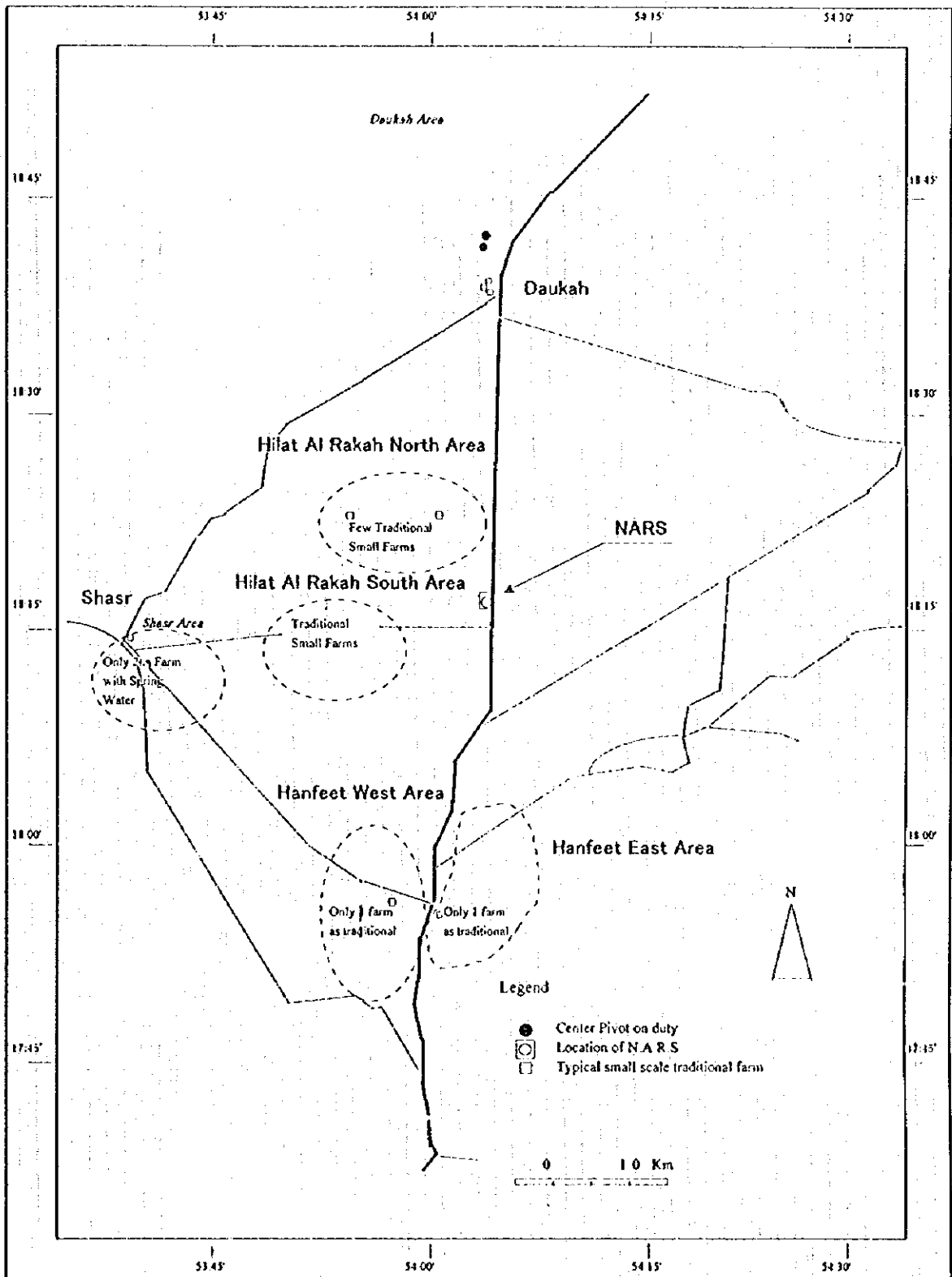


図 4.1.1 調査地域内での初期開発状況 (1988、1989年時点)

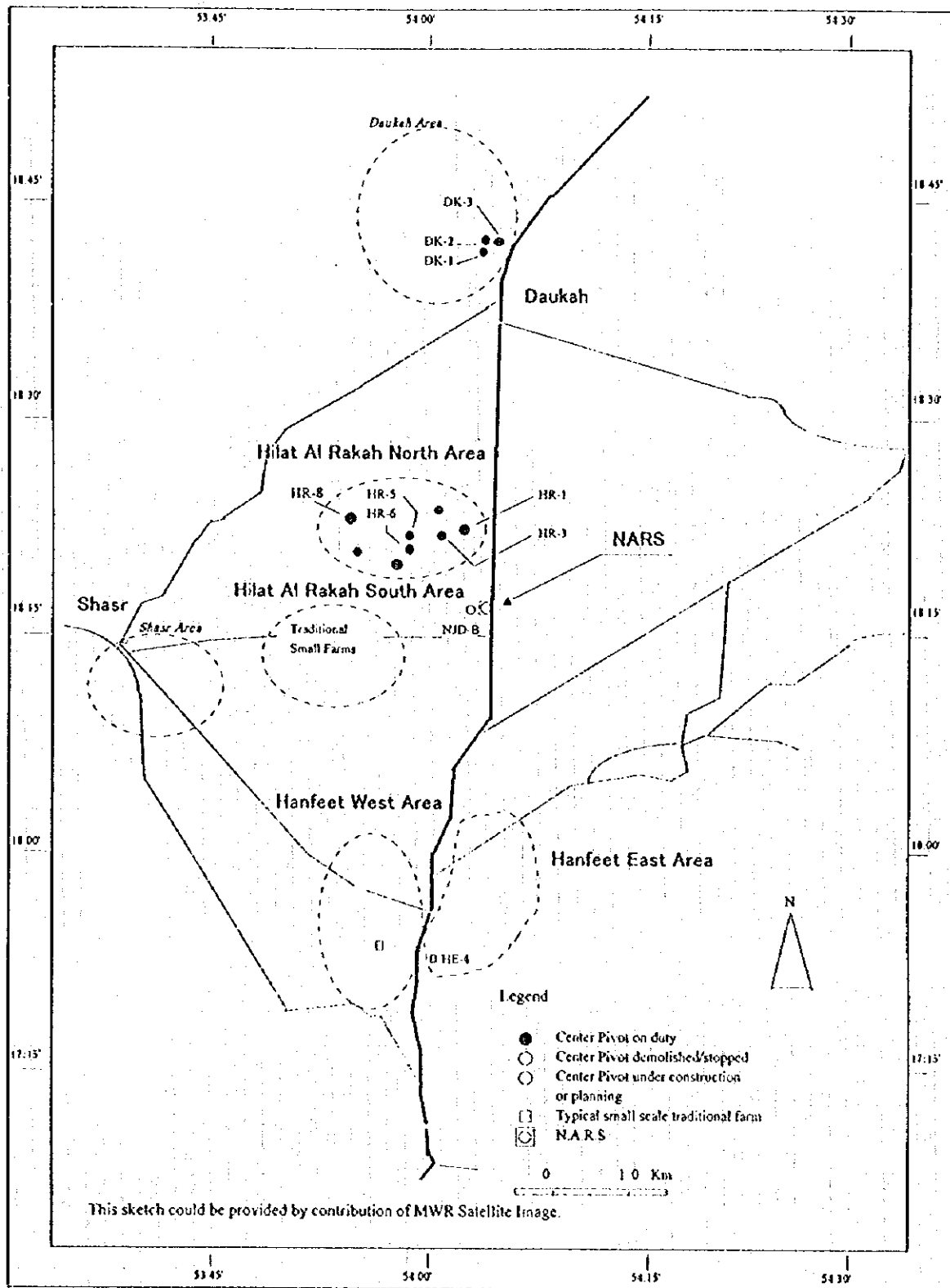


図 4.1.2 調査地域内での開発中間段階状況 (1994年1月時点)

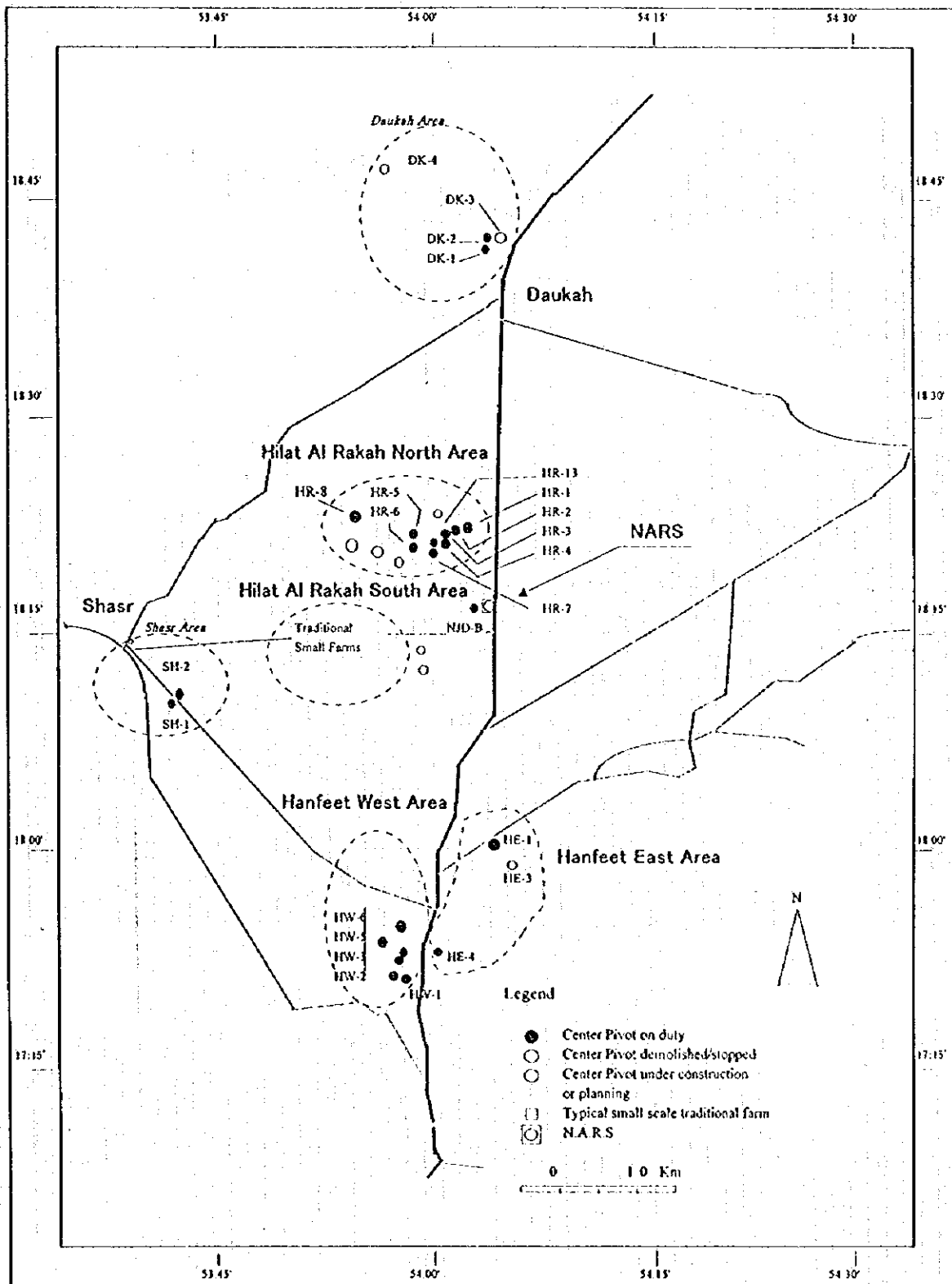


図 4.1.3 調査地域内での開発現況 (1996年10月時点)

51 ha Shast
 51 Shast
 30 New Haiilat Arrakah
 51 New Haiilat Arrakah
 46 New Haiilat Arrakah
 30 Hanfeet East
 30 New Haiilat Arrakah
 29 Hanfeet West
 41 Hanfeet West
 40 Hanfeet West
 29 Hanfeet West
 30 Hanfeet East
 18 Hanfeet West
 30 Hanfeet West
 67 New Haiilat Arrakah
 20 New Haiilat Arrakah
 50 Hanfeet West
 29 Hanfeet West
 20 New Haiilat Arrakah
 20 New Haiilat Arrakah
 30 New Haiilat Arrakah
 51 New Haiilat Arrakah
 20 New Haiilat Arrakah
 20 New Haiilat Arrakah
 30 New Haiilat Arrakah
 30 Dawkah
 40 Dawkah
 53 Dawkah

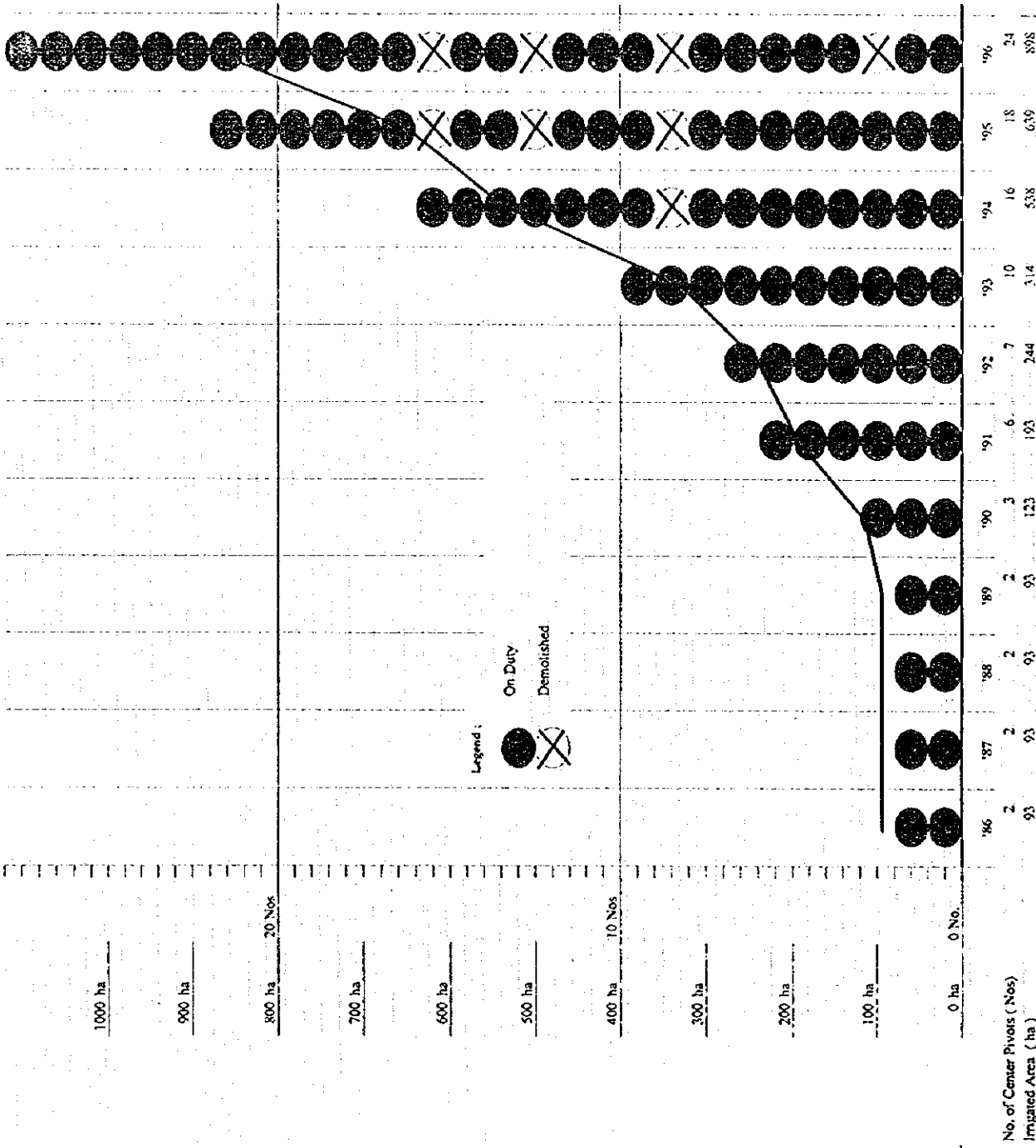


図 4.1.4 調査地域内のセンターピボット設置経緯

4.2 地下水

4.2.1 MWR地下水モニタリングネットワーク

3.4 に述べたとおり、NARS の灌漑はネジド地域に賦存するC帯水層から汲み上げられた地下水を利用している。そのためC帯水層のモニタリングは、水資源の管理とNARSの適切な運営にとって欠くことができない。

MWR は、ネジドにおいて地下水モニタリングネットワークの設立を計画しているが、現在のところ中断されている。図 4.2.1 は、調査地域内の既存の観測井の位置を示している。約 20,000 km² にわたる地域の、26 のサイトに約 40 のモニタリング井戸がある。MWR (Salalah) のスタッフはこれらの井戸について水位や EC のデータを収集している。

1996 年 10 月、地域の観測井の水位測定が MWR (Salalah) の協力により調査団によって行われた。また、調査団のために、MWR によって編集された、この地域の基本的な井戸データと水位データが提供された。

4.2.2 水位変化

MWR と調査団によって収集された地下水位記録を図 4.2.2 および図 4.2.3 にまとめた。図 4.2.2 は 1988 年以來の水位変動を示し、図 4.2.3 は、1993 年からの Hanfeet と NARS 周辺の地下水位変動を示している。観測井で、観測対象とされている帯水層は、図上に記入されている。

1988 年から 1993 年の中頃にかけて地下水位は数メートルの範囲内で変動している。YV760834AA (Wadi Rana)、ZV099779BA (Hanfeet) の C 帯水層の水位は、1991 年の終わりから 1992 年に、短期的に減少し、回復している。BE094486AA (Wadi Ribkut) で観測されている D 帯水層の水位は、1991 年の終わり以來わずかずつ低下している。

1993 年半ば、Hanfeet の近くに位置している幾つかの井戸の水位が、一時的に減少し、その後数ヶ月でやや回復した。この現象は、Hanfeet 地域の周辺のみが生じており、地域の人為的な要因が引き起こしたものかもしれない。

ZV099779BA、ZV193045AA および、ZV182823AA の地下水位は、1994 年 9 月から 1995 年 5 月にかけてゆるやかに減少していたが、突然、1995 年 6 月から急激な低下をはじめた。それ以來、地下水位は連続的かつ直線的にほぼ 30 m 低下した。これらの井戸は、NARS から 30~40 km 南の Hanfeet 周辺に位置している (図 4.2.1)。これらの井戸と NARS 観測井の、この一年間の地下水位低下をまとめたのが表 4.3.2 である。

しかしながら、同じように Hanfeet に位置する ZV182823BA と ZV19035AA は、最近、水位を変えていない。実際のところ、それらの井戸ではこの 2 年 (表 4.2.2) の間に水位は回復している。これらの井戸は B 帯水層を観測しているとして報告されている。

表 4.2.1 C 層滞水層地下水の水深変化 (Hanfeet 近傍)

		ZV099779BA/ C aquifer	ZV193045AA/ C aquifer	ZV182823AA/ C aquifer	AF828801AA/ C (NJD1)	AF828801CA/ C (NJD3)
Oct/11/94		29.27	31.98	39.56	---	---
Oct/21/95	(m)	38.85	47.05	54.65	14.42	14.73
Oct/13/96		52.38	62.10	69.73	22.00	22.00
Drawdown	(m)	23.11	30.12	30.17	---	---
Decreasing	(cm/day)	3.78	4.20	4.21	2.12	2.03
rate for this one year	(m/year)	13.79	15.34	15.37	7.73	7.41

表 4.2.2 B 層滞水層地下水の水深変化 (Hanfeet 近傍)

		ZV193035AA/B aquifer	ZV182823BA/B aquifer
Oct/26/94		56.98	60.56
Oct/21/95	(m)	56.90	60.43
Oct/13/96		56.66	60.45
Drawdown	(m)	(0.32)	(0.11)
Decreasing	(cm/day)	(0.04)	(0.02)
Rate	(m/year)	(0.16)	(0.06)

A 図 示す括弧内は ; Recovery

AF828801AA、BA(NARS の NJD1, 3)の水位は NARS が稼働を始めて以来、3.4 で述べたように減少している。

また、NARS の北東約 20 km に位置した BF040020AA の記録も、C 帯水層の地下水水位低下を示している。水位は、この 4 ヶ月間に約 2.6 m、すなわち 2 cm/day (7.3 m/year)の割合で降下している。この井戸は、1993 年当時には自噴していた。現在の水位は地表面下 5.07 m である。

最近生じているこれらの水位変化は、あきらかに人為的要因による影響を受けているものと考えられる。地域の水利用の状態は、次の項で述べる。

C 帯水層を観測しているその他の井戸では、水位は急激な変化を示してはいない。NARS の南西約 95 km に位置する YV760834AA の記録は、観測開始以来の 8 年間

に、25.2 m から 27.7 m へと 1.5 m のゆるやかな降下を示している。NARS の東 95 km の BF840101AA では水位の低下を示してはいないようである。NARS の 30 km 南東かつ Hanfeet の 25 km 北東、Wadi Ribukut に位置する BF000000AA の水位はおよそ 3 年間で 3.5 m 低下している。

B+C 帯水層を観測している BF410641AA は、NARS の西 54 km かつ Hanfeet の北東 65 km の Wadi Quitbeet South に位置している。この井戸の水位は観測が開始された 1988 年以來およそ 1 m 低下している。

— 季節的な変動

水位の長期的変化とは別に、Hanfeet 地域には季節的な変動があるように見える。図 4.3.2 の水位変動図は、1995 年と 1996 年の終わり頃にややゆるやかな傾斜を示す。この変化をもたらした要因は今のところはっきりしない。この変化は、C 帯水層への季節的な地下水補給がある事を示している可能性もある。しかしまた、1994 年以前にはこの傾向が明瞭ではない点、他の井戸ではこの傾向ははっきりしていないことなどは、これが揚水量の季節変動のような人為的な要因によるものであることを示唆しているともいえる。要因を明らかにするためには、地域の揚水量と水位の長期的なモニタリングと詳細な調査が必要となろう。

4.2.3 地下水利用

調査団によって実施された別の現地調査によれば、調査地域には現在、24 ヶ所のセンターピヴォットがあり、これらに伴い 20 本のケーシング仕上げを施された井戸がある。これらのセンターピヴォットは、全体で 828 ha の面積を灌漑している。そして、NARS を除いた揚水量の概算合計は、33.5 MCM/year である。(詳細は 4.1)

1990 年以前は、Dauka の 3 ヶ所の農園を除いては、センターピヴォットを利用して農園はなかった。1991 年から 1993 年の間に、Hilat Al-Rhakah North においてセンターピヴォットを利用した 7 つの新規農園が建設された。1994 年には、Hilat Al-Rhakah North にさらに 2 つの農園、Hanfeet West にも 2 つの農園が建設された。NARS も 1994 年に稼働を開始した。1995 年には、Hanfeet West にさらに 4 ヶ所、Hanfeet East には 1 ヶ所の新規農園が稼働を開始した。加えて、1996 年には、Hilat Al-Rhakah North に 4 ヶ所、Hanfeet East に一ヶ所、Shasr に 2 ヶ所の農園が建設されている。現在、幾つかは既に廃棄されたものの 20 以上のセンターピヴォットを使った農園が稼働中である。

Hilat Al-Rhakah North では、ほとんどすべてのセンターピヴォットが、A 帯水層からの揚水を利用しており、その他の地域のセンターピヴォットはおそらく C 帯水層から揚水していると報告されている。Hilat Al-Rhakah での水利用量の概算合計は、14.37 MCM/year である。それゆえ、C 帯水層から揚水されている地下水の概算合

計は、NARS で使われている 0.91 MCM/year を含め、20 MCM/year と見積もられる。そのうちの約 54% (10.8 MCM/year) が Hanfeet 地域で利用されており、現在 8 本の井戸により、およそ 278 ha が灌漑されている。

Hanfeet の農園の幾つかが、前項に記した地下水位が急激な降下を示しはじめた 1995 年の半ば頃に建設されている。あきらかに、これらの農園の生産井からの揚水が、C 帯水層に影響を及ぼしていると考えられる。

1990 年以前に建設された 2 つの農園が Dauka で稼動している。灌漑面積の合計と、水使用料の合計は、それぞれ 93 ha と 3.56 MCM/year と概算されている。

4.2.4 水位等高線図

現地調査と MWR からのデータにもとづいて、2 つの C 帯水層の水位 (被圧水頭) 等高線図が作成された。図 4.2.4 は 1994 年以前の水位等高、図 4.2.5 が 1996 年の水位等高を示している。

1994 年以前、その周辺地域よりも水位が低下していたように思われる Dauka 周辺を除き、被圧水頭は南西から北東へかけて傾斜していた。

1996 年には、それぞれの等高線は南西方向へ動いている。それは、とりわけ Dauka - Hanfeet - Shasr に囲まれた地域において顕著である。これは、この 2 年間に C 帯水層の被圧水頭が、この地域で低下した事を意味している。地域の概念断面図 (図 4.2.6) は、Hanfeet から NARS へかけての地域で、被圧水頭が最も低下している事を示している。

最近 2 年間の被圧水頭の減少を図 4.2.7 に示した。あきらかに被圧水頭の減少は広い地域で生じている。被圧水頭が 5 メートル以上減少している地域は、東西 60 km、北東南西方向に 100 km の範囲で広がっている。図 4.2.7 は既存の観測井のデータだけによって作成されている。Hanfeet のすべての農園は、農園内に観測井を設置していない。水位が地表面下 100 m に達したため、ある農園が最近灌漑を停止しなければならなかったという報告がある。C 帯水層の被圧水頭の危機的な低下が、Hanfeet 周辺で生じている可能性があるのかもしれない。

地域の地下水は何十億立方メートルという単位で賦存するという報告がある。しかしながら、加速的な水位降下は揚水コストの深刻な増加をもたらすことを忘れてはならない。揚水のための経済的な地下水深度は、地表面下 100 m 程度と考えられる。

4.2.5 結論

1996年10月の現地調査により、C帯水層の被圧水頭の減少は地域的にも広がりが見られ、まだ安定していない事が明らかとなった。おそらく、水頭圧減少の進行は近年建設された農場の灌漑のための揚水によって引き起こされている可能性が高い。

帯水層内の流れを示す簡単な式がある。

$$(\text{帯水層への地下水補給}) - (\text{帯水層からの放出}) = (\text{地下水貯留の変化})$$

これから、流出量が流入量を超えれば、帯水層に貯留された地下水の減少があり、地下水位の低下が生じる事となる。Mott MacDonald (1994)により、地下水補給量が、地域の地下水の流動量として、おおよそ 400~450 liters/sec (12.6-14.2 MCM/year)と、見積もられている。この値は、ダルシーの法則と以下の仮定を基にして得られている。

$$Q = TDi$$

Q;	帯水層の流動量	
T;	透水量係数	= 325-375 m ² /day
D;	帯水層幅	= 50,000 m
i;	動水勾配	= 0.0022

図 4.2.4 によれば、わずかの農園しか稼動していなかった 1994 年以前、調査地域の動水勾配は、0.001 程度であった。さらに、ここ数年の連続的で直線的な水位低下は、広い地域を対象とした長期間の予測には、より小さな透水量係数値が使われるべき事を示しているのかもしれない。結局のところ、帯水層幅を多少は多く見積られるとしても、Q の値は先に得られたものよりさらに低い値となる可能性がある。

(C帯水層は、複雑な裂隙型帯水層であるため、放射状・層状の地下水流を仮定した従来の帯水層試験解析方法は適用出来ず、信頼しうる帯水層定数は未だに得られていない。)

既に記したように、調査地域内の 278 ha の灌漑のために 20 MCM/year の量が、C帯水層から消費されていると見積られている。この量は、あきらかに算定された流入量を超えている。帯水層に貯留された水の量は、今後も減少し、水位は低下し続けるだろう。しかし、標準的な水文地質モデルは、水位の減退がある時期には安定してくることを示している。問題は、いつ水位が安定するか、いかにそれを経済的な位置に保てるか、であろう。現時点では、その予測を行うためにはわずかな情報しかない。

Mott MacDonaldによる地下水モデルシミュレーションは、Hanfectで起っている連続的・直線的な地下水位の低下を予測してはいない。このモデルは、井戸群稼働後の最初の1年間で、長期に生じる水位低下量の85%以上になるとしている。

モデルは最近の結果に基づいて修正されるか、新たなモデルが作られるべきであろう。それには、この地域の水利用についての詳細な調査と、さらに長期のモニタリングが必要とされる。

C帯水層の挙動についてはまだ不確実な点が多い。現在のところ、いつ地下水位が安定し、どの程度の揚水量が持続的なものであるのかについて言う事は出来ない。この水資源に関するデータを取得しながら段階的に注意深く開発を進める必要がある。その際、新規の生産井の掘削地点は、水位低下量図(図4.2.7)を参考に決定されるべきである。当然、被圧水頭の低下が他地域よりも少ない地域が、新規サイトとして選定されるべきであり、それは、Dauka - Hanfect - Shasrによって囲まれた地域の外側である。

ネジドでの地下水利用を最適に行い、農業開発を進めるためには、適切な地下水監視が必要であり、地下水位のモニタリングは、そのために不可欠である。地域の継続的な農業開発は、効果的な地下水管理に依存しており、それは、帯水層の挙動の理解にもとづいて作られる。

4.2.6 地下水資源の保全と開発に関する指針

(1) 地下水資源解明上の問題点

今後、調査対象地域の地下水の適切な利用を進めるには、確実な管理保全体制が不可欠である。そして、その管理保全体制はネジド地域の滞水層についての信頼しうる評価に基づいたものでなければならない。しかし、地域の滞水層評価については現状で以下のような未解明の点がある。

- a. ネジド地域の地下水滞水層の大きな構造は明らかにされている。しかし、主滞水層は石灰岩岩盤内に発達した裂隙型であり、その構造の特性、水理定数の分布等は、地域により大きな変化がある。それらについてはほとんど明らかにされていない。
- b. 滞水層の涵養量、涵養域について、水理地質学的結論が得られていない。
- c. 滞水層からの取水量について、信頼できる資料が無い。
- d. 各生産井の水使用量が不明であるため、現在、一部地域で局所的な地下水位の低下が観測されているにもかかわらず、地下水利用量と水位変化の相関が

かにできない。

これらの点を明らかにするためには、継続的・広域的な地下水モニタリングと、実際の地下水利用状況の把握、さらに詳細な水理地質的調査が必要となる。

(2) 技術的課題

このうち、水理地質調査、地下水モニタリングは、これまでのところ主に MWR によって行われてきた。これらは、今後も MWR によって継続実施されるべきであるし、現在中断している観測井網設置計画の進展も望まれる。それらの調査により、ネジド地域の地下水賦存の詳細が明らかにされる。望まれる調査課題は以下のように集約される。

- a. 新規観測井建設計画の再開
- b. 広域的な水理地質構造の解明
(滞水層厚、分布、透水量係数、湧出量、涵養量など)
- c. 広域地下水モデルの構築

(3) 制度的課題

しかし、その最終的な結果を得るまでにはまだ相当の時間を要するであろう。したがって、当面の農業開発計画は、それらの調査を補佐し得るような地下水管理・開発の形態である必要がある。具体的には、小規模・分散型で、地下水の利用状況とそれに伴う地域の地下水位の変化を正確に把握できるものでなければならない。加えて、現在、ネジド地域で農業開発のために利用されている地下水量の把握とその継続調査を実施できる体制をも整えるべきである。MAF 所有の井戸については、継続的水位観測をも行うことが薦められる。それにより、農業開発に伴う地下水の利用と水位低下の相関について、より詳細な資料を得ることができる。MAF によって得られたこれらの資料と、MWR による調査結果を統合することにより、ネジド地域の現実的な管理体制を築いてゆかなくてはならない。管理体制は以下の内容を主要な事項として含むべきである。

- a. 民間による新規地下水開発の一時停止を伴う開発規制
- b. 利水活動に対する計測と報告の義務を含むモニタリング体制の設立
- c. リモートセンシング利用の広域利水監視体制の設立
- d. 広域的地下水モニタリング体制の設立

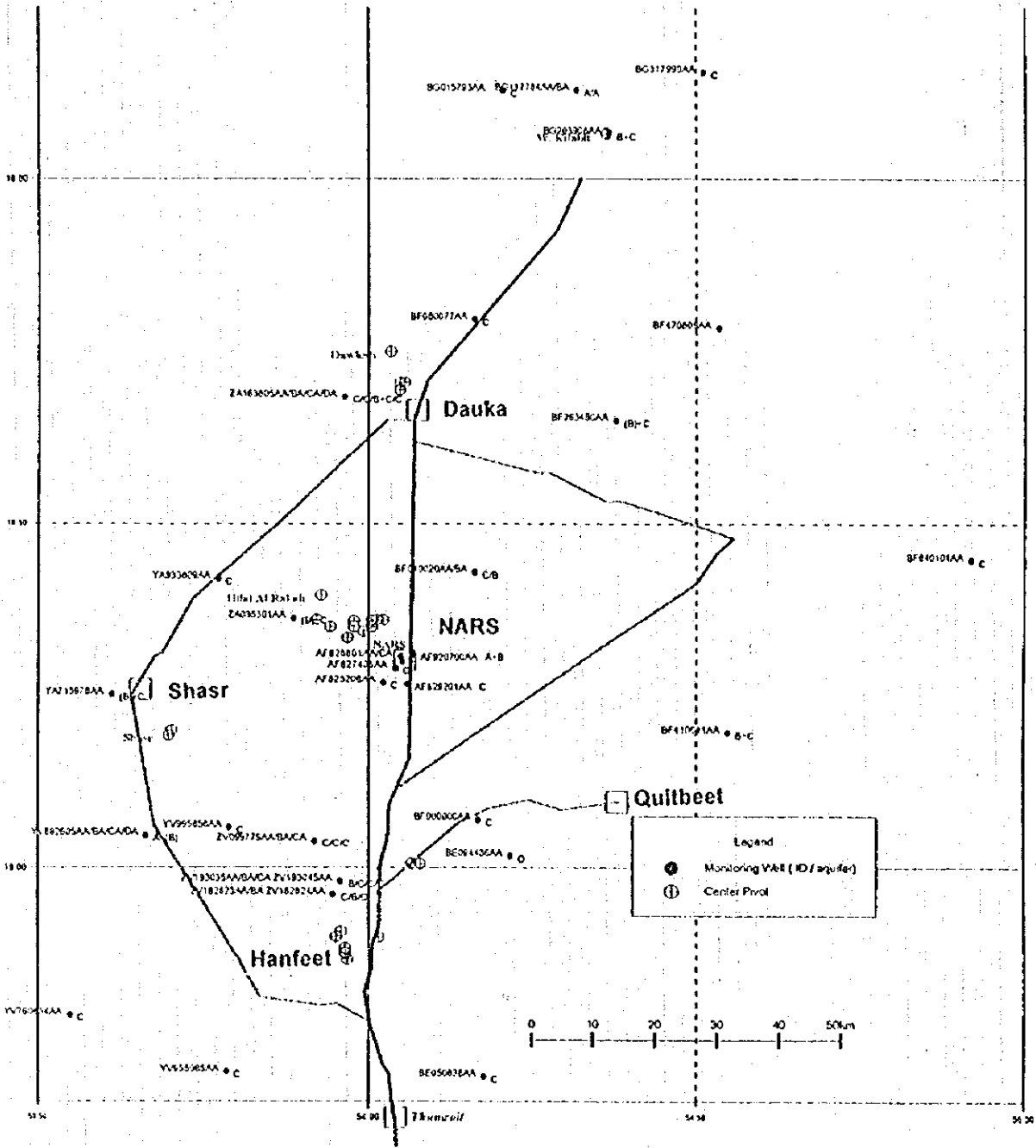


図 4.2.1 水資源省管理の観測井位置

図 4.2.2 地下水水位経年変化 (1988年～1996年、海拔標高)

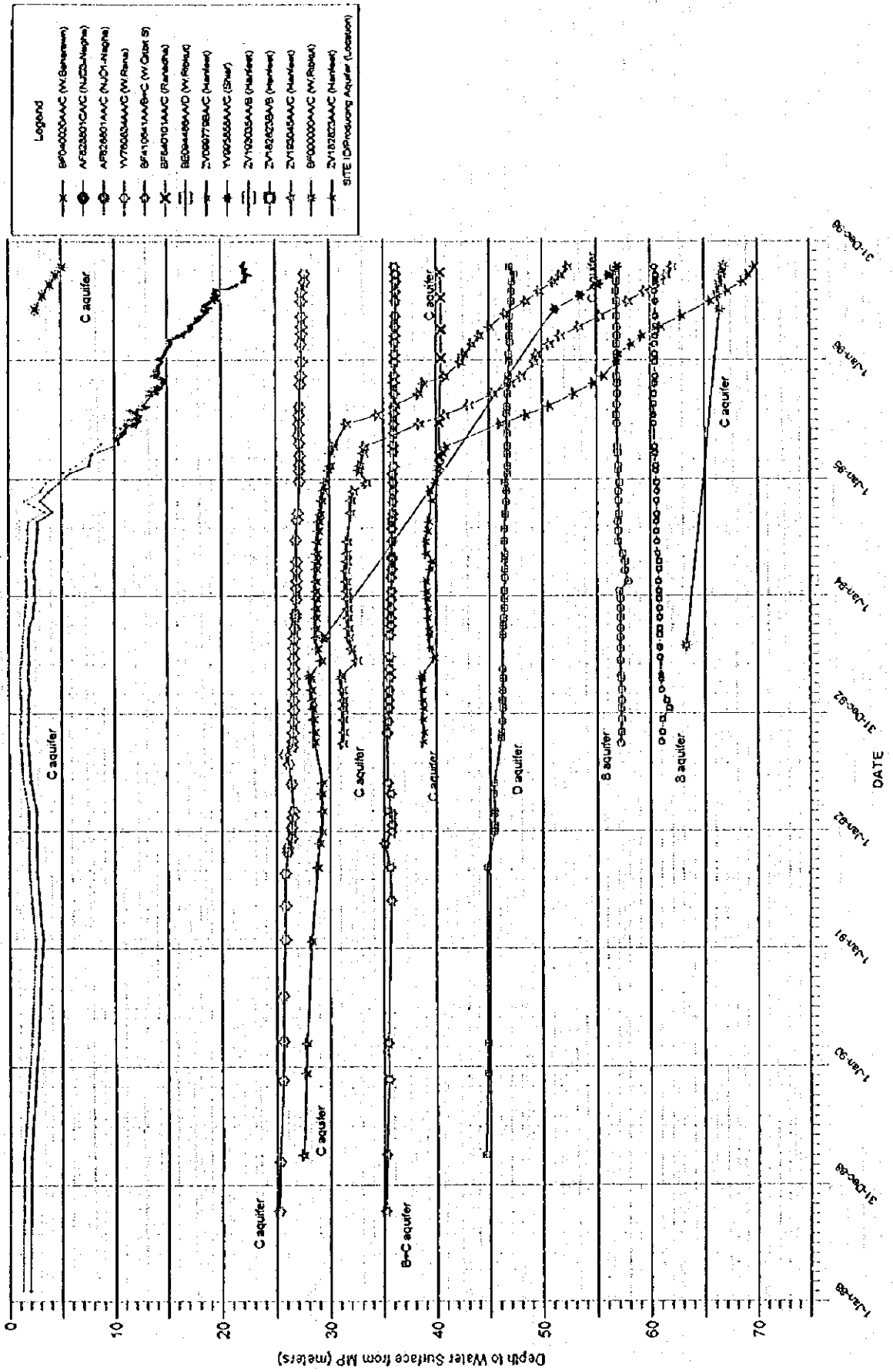
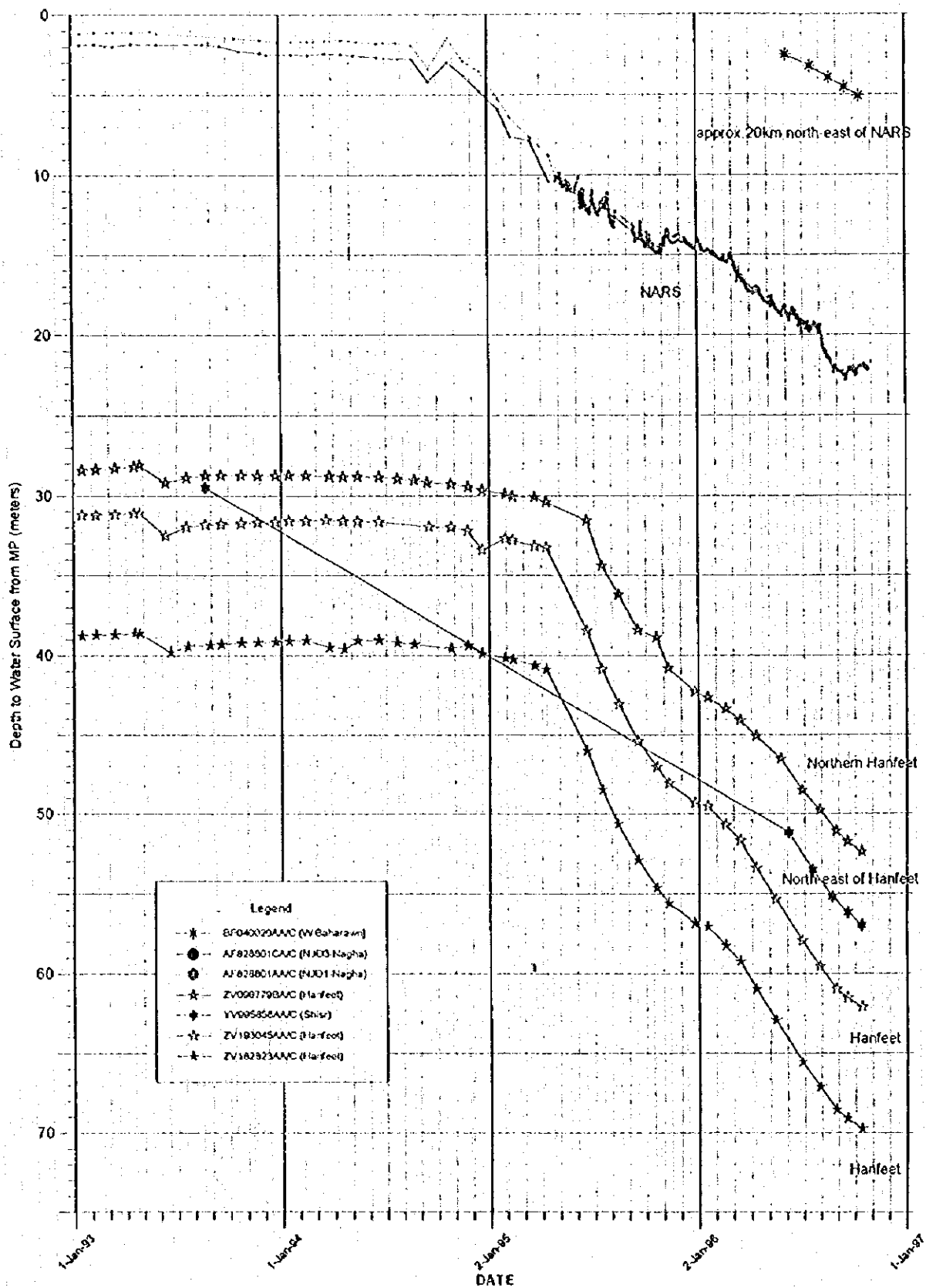


図 4.2.3 地下水位経年変化 (NARS と Hanfeet 地点 1993 年～1996 年、海拔標高)



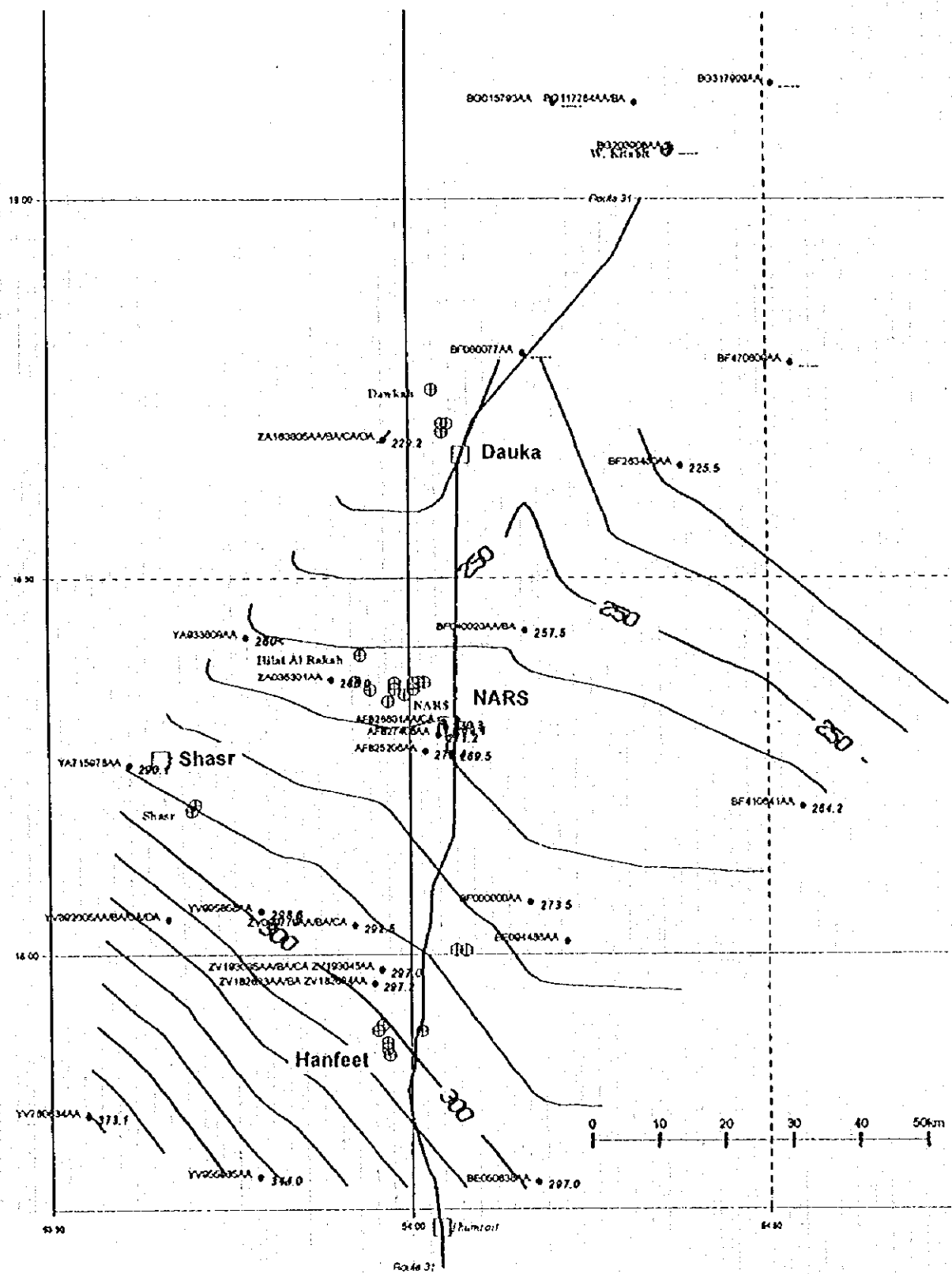


図 4.2.4 1994 年以前の地下水位等高線分布 (C層、海拔標高)

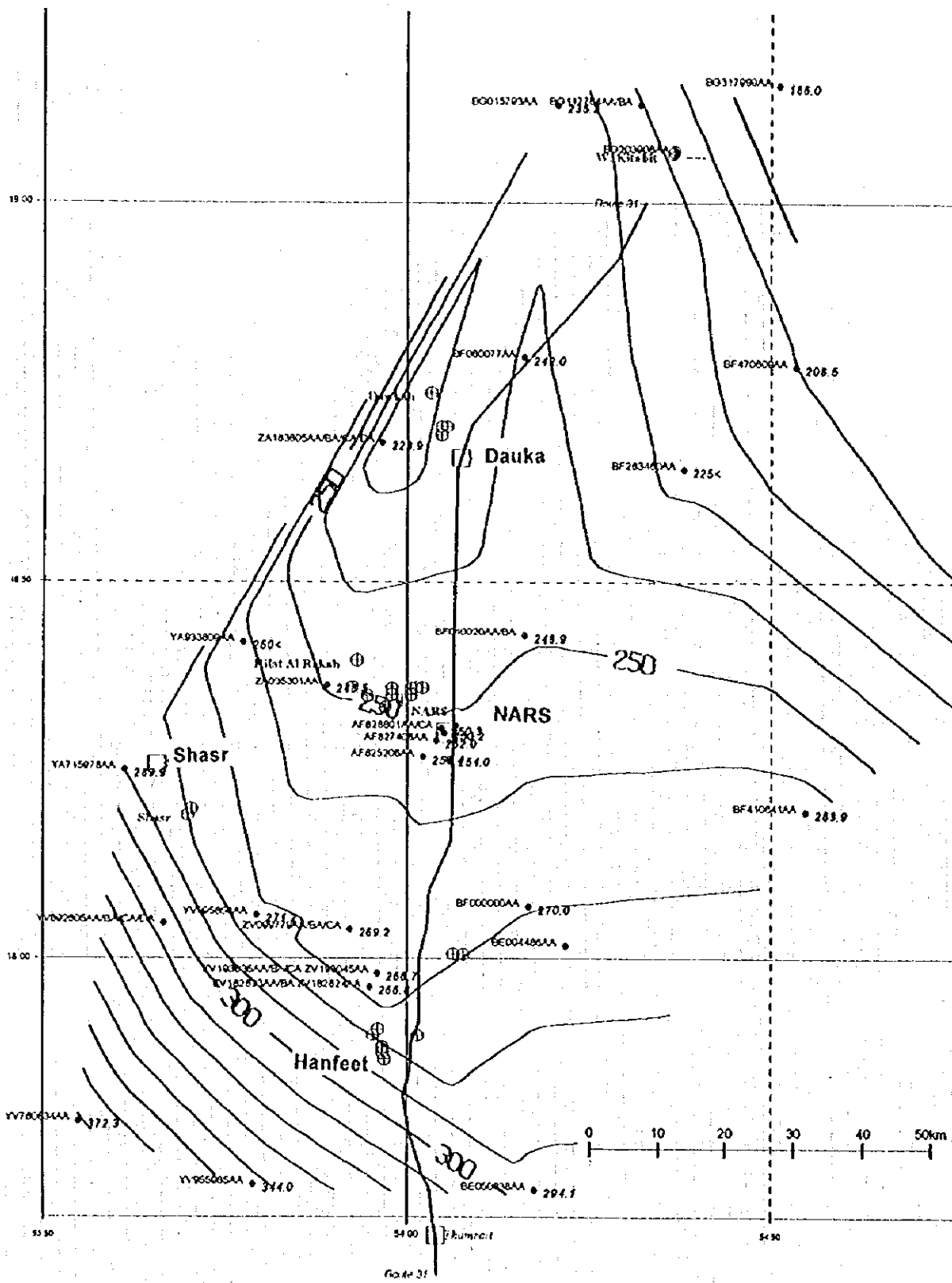
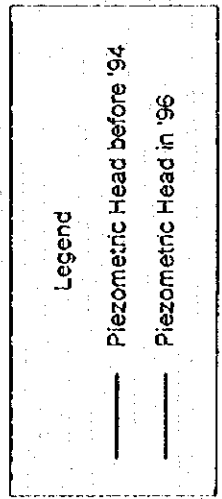
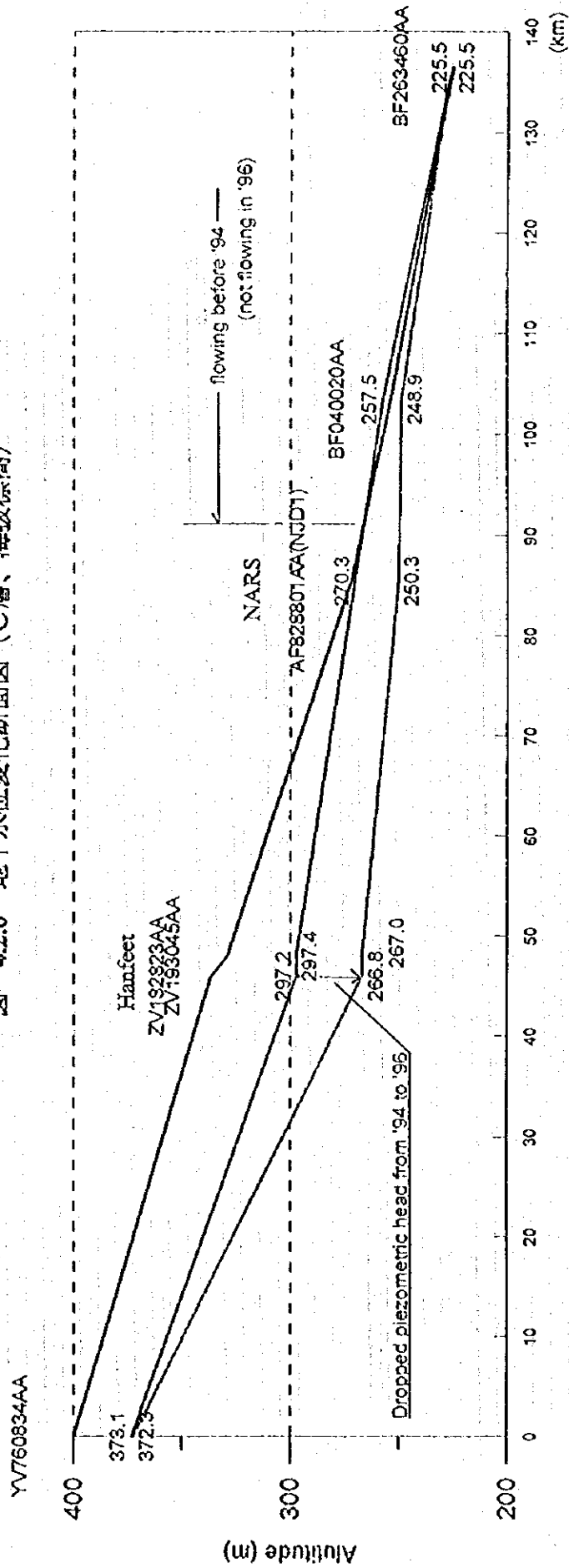


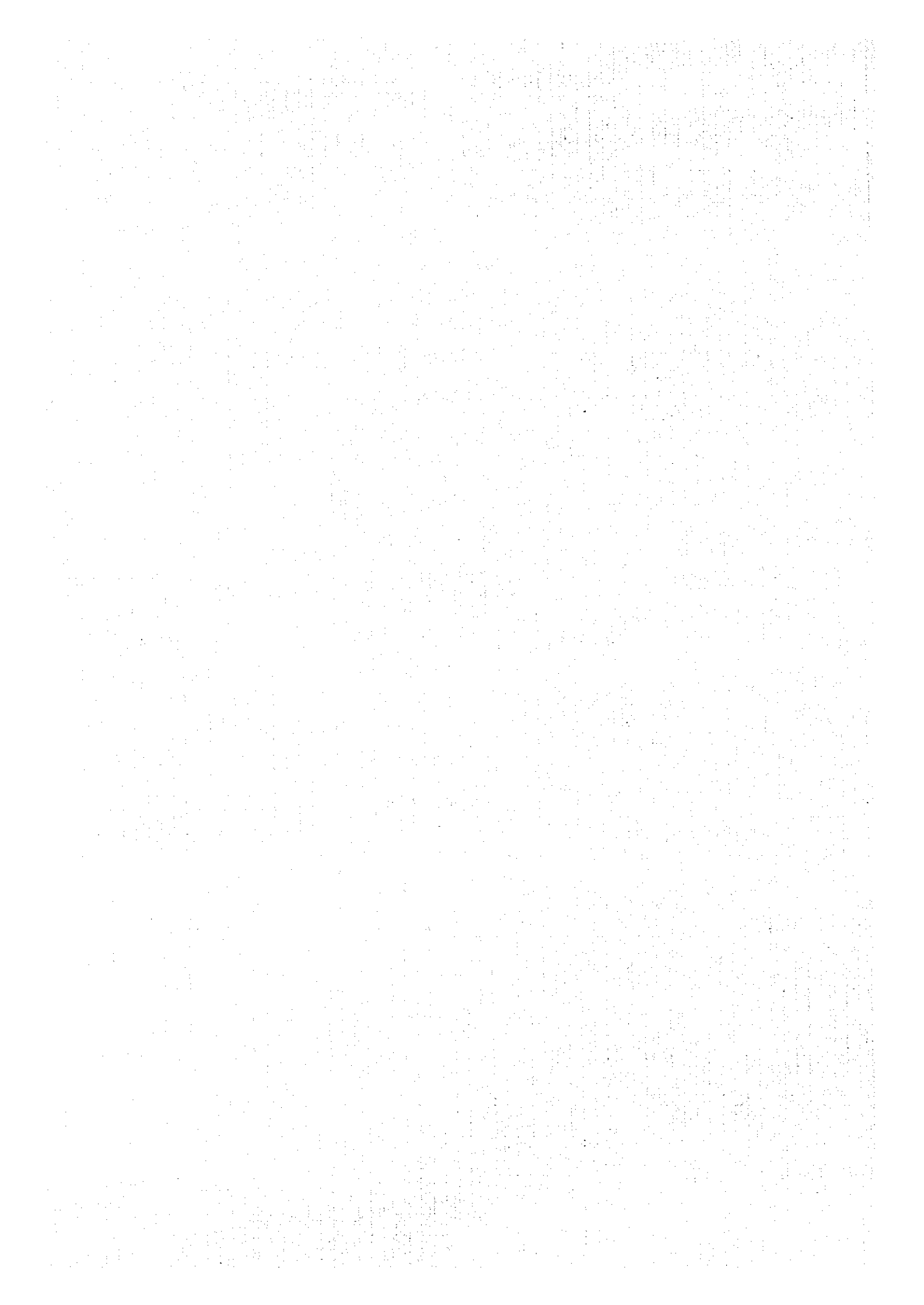
図 4.2.5 1996年の地下水位等高線分布 (C層、海拔標高)

图 4.2.6 地下水变化断面图 (C层、海拔标高)



第 5 章

農業開発計画



第 5 章 農業開発計画

5.1 開発戦略

5.1.1 農業開発政策

農業部門におけるオマーン国政府の主要な開発政策は、次のとおりである。

1. 持続的な農業開発
2. 国内生産の増大
3. 輸入代替を目指す食料自給の達成
4. 雇用機会の創出
5. 天然資源および環境の保全

ネジド地域農業開発計画の固有の開発目標は、政府の開発政策および調査地域の物理的、社会経済的状況に基づいて、次のように認識される。

1. 適切な水資源開発による、自給を目指す農業生産地区の拡大
2. 地域オマーン人の新たな雇用機会の創出および農業労働力の改善
3. 農業試験および普及活動に対する、公的サービスの強化および近代化

5.1.2 ネジド地域の農業開発の現状

(1) ネジド農業試験場 (NARS)

ネジド農業試験場 (NARS)は、ネジド地域において適切で持続的な農学的条件を探求するために農業試験を実施し、継続的な観測による地下水の開発潜在力を予測するために、フェーズ I 調査においてパイロットファームとして提案され設立された。NARS は本来パイロットファームとして計画されたが、後に現在の名称に変更され、パイロットファームでの試験から科学的な研究にその重要性が向けられ、本来のパイロットファーム構想の目標は、一部変更される結果となった。現在、砂漠農業に関する調査研究センターとして NARS の役割が期待されている。

(2) 農業開発

前章で述べたように、調査地域のセンターピヴォットの数および灌漑による耕作面積は、この 2~3 年の間に急激に増加している。農業生産のための地下水による開発面積は既に 800 ha 以上になっており、建設中、計画中の面積を加えると、開発総面積は 1,000 ha 以上と算定される。また、地下水位の劇的な低下が観測されており、一部の生産井は既に放棄されている。農業開発の可能性に関する既存の開発調査に

よると、現状以上の開発可能な面積は多くはないと推測され、大規模な開発構想は持続的な開発の観点から非現実的であるといえる。

一方、調査団のネジド地域の農業開発に関する質問に対する MWR の回答によると、最近の観測データおよびモデル分析は、狭い地区での集中的な揚水は地下水の大きな低下を招くことを予測している。また、ネジド地域全域での分散的な開発戦略は、地下水の低下を減少させ、将来の水資源開発の方向性を提示している。1本または2本の井戸がそれぞれ500~1,000 m離れた地点での、30~50 haの面積はセンターピヴォットの経済的規模として許容される。適切な開発速度は、年間2~3ヶ所の農場であると述べている (MWR, 1996年6月)。

(3) 水資源

ネジド地下水観測概要報告書 (ドラフト、MWR, 1996年2月) の結論によると、滞水層から地下水の最大量を取水するためには、ネジド地域において揚水場所を集中させず、分散させて揚水する方が良いことを、簡易モデル分析によって明示している。また、ネジドC滞水層に関する MWR の説明 (1996年6月) によると、著しい地下水の低下が過去2年間以上にわたって発生している。最大の低下はセンターピヴォット使用の灌漑が近年劇的に拡大した Hanfeet で発生している。一方、低下の85%以上が運用初年度に発生し、農場開発の1~3年度ではわずかな低下しかないといわれていた (MMI, 1994)。しかし、ネジド地域での現況の井戸の現象は非常に異なっている。従って、将来の開発のためにネジド地域において、広範囲かつ継続的な地下水調査が求められている。

5.1.3 開発制限要因および潜在力

一般的に、農業開発計画を策定するためには、土地資源、水資源、気象条件、生物的適応等の自然条件、経済、人的資源、環境への影響、国家の利益等の社会条件等が計画の重要要素として考慮されねばならない。しかし、本ネジド地域農業開発計画においては、水資源が農業開発における最大の制限要因であり、開発の速度および規模は地下水の潜在力によって決定されることは、フェーズ I 調査の結果およびフェーズ II 調査の現地調査で明確である。

MWR の“水資源開発政策”に対する見解 (1996年8月) によれば、ネジド地域の水文地質学は未知であり、滞水層の特性のより詳細な理解および持続的な利用量の検討のためには、更なる評価が必要であることは明確であると述べている。MWR の政策では、この目標を達成するために、初期段階の水資源の利用に注意を払いかつ限定することになっている。そのため、MWR は初期段階では小規模な農業開発を実施し、最初の3~5年は滞水層の特徴を継続に評価することを提案している。評価の結果は、滞水層の特徴を理解し、ネジド地域における長期の開発戦略を策定することを支援することになると述べている。

5.1.4 開発基本構想

開発計画の第1段階の終了時における全体評価において、NARSでの2年間の観測活動により、土地資源調査および農業調査は一部を除き、ほぼそれらの目的が達成されたと認められる。しかし、調査地域では地下水の顕著な低下が発生しており、この現象は開発段階を進展させるための評価項目と考えられた、適正な範囲内とは認められない。また、現在なお地下水調査に関連する多くの不確実なことが存在する。

従って、フェーズI調査で提案された、500 haの開発を意図する開発計画の第2段階に移行する前に、開発基本構想に関してフィードバックが必要であると判断される。さらに、近年の農業開発の現況を考慮すると、フェーズI調査で提案された、ネジド地域における将来の農業開発計画の開発基本構想を再考することが不可欠である。主に、農業開発の次段階のために、ネジド地域農業開発計画の基本構想として次の3項目が提案される。

(1) 農業開発構想および持続的な開発

フェーズI調査において、農業開発構想として段階的農業開発が提案され、開発の速度および開発の規模が考慮された。しかし、この2~3年の農業開発の状況は、これらの考慮を超越する現象となっている。特に、開発の速度は劇的であった。また、水資源開発の観点から、この現象は全開発可能面積に到達しつつあるように判断される。さらに、開発は偏在し集中する特徴があり、無秩序な展開であった。

これらの現況は、開発過度と評価される。最近の開発の傾向を考えると、農業開発構想の再考が必要であると判断される。特に、限りある水資源の有効活用に基づく持続的な開発の観点から、本構想に対する注意深い配慮が必要である。さらに、現時点では将来の大規模な農業開発は、再考される必要があると判断できる。限りある水資源の長期的な有効活用のために、農業開発構想は再度熟考されるべきである。さもないと、ネジド地域およびオマーン国の次世代の前途は制限されることになる。

(2) ニューパイロットファームの設立

パイロットファーム計画は、段階的農業開発構想に基づいて進展した。しかし、パイロットファーム構想の当初の目的の一部は達成されておらず、現在も残存したままである。例えば、第1段階の全体評価における1) 地下水の系統的管理体系の構築、2) 研修および普及体系の構築、3) 商業基盤に基づく営農管理に対する支援体系の明確化等は、それらの目的を達成していない。さらに、地下水に関連する多くの不確実なことが存在する。従って、ニューパイロットファーム設立の主要な目標

は、これらの目的を達成することである。ニューパイロットファームの主要な役割は次のとおりである。

1. 開発次段階のためのネジド地域の地下水の潜在力の評価。
2. 開発次段階のためのネジド地域の砂漠における営農管理の達成。

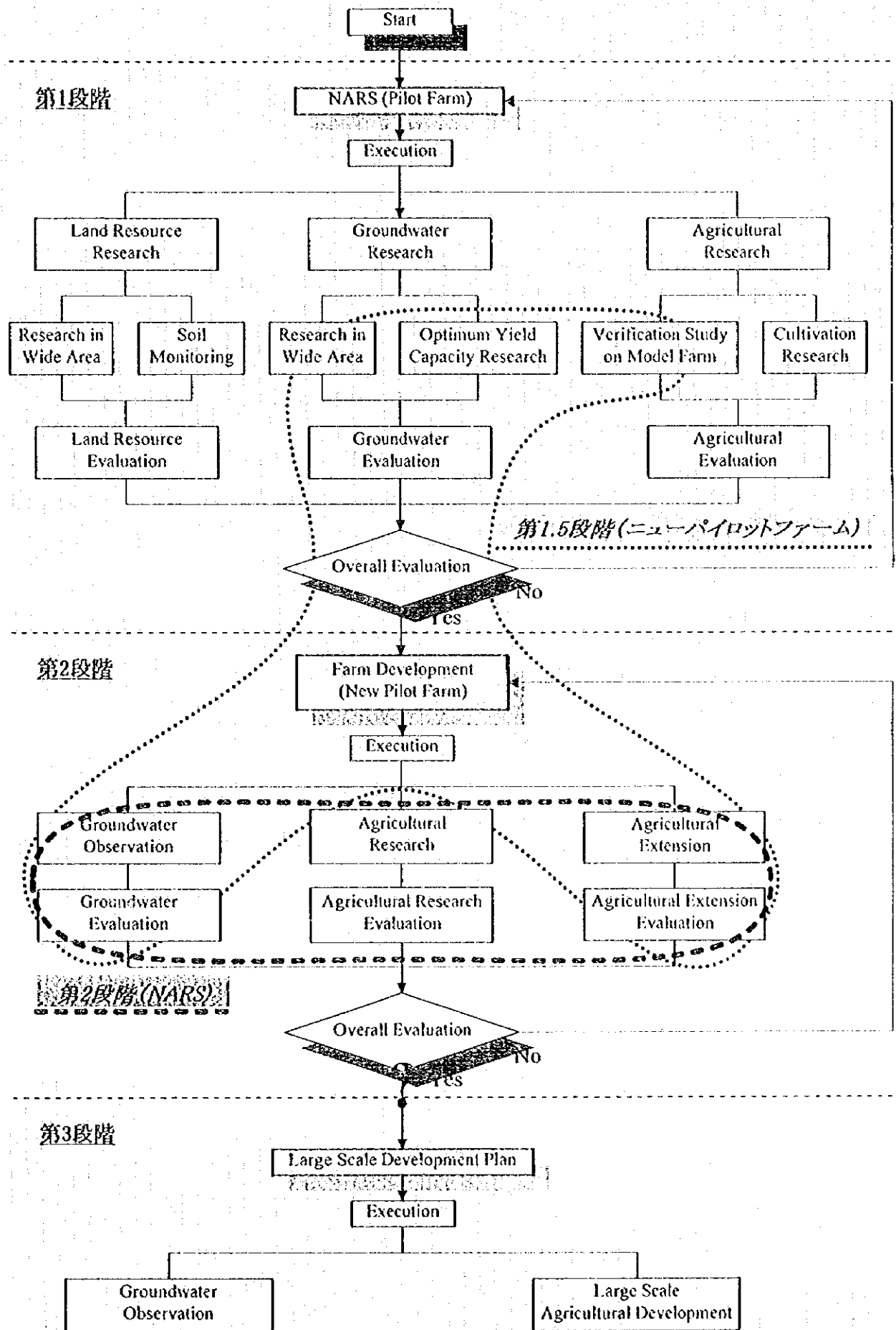
ネジド地域における農業開発において、最も重要な要素は地下水の状況である。限りある資源の乱開発による次世代の苦痛を回避し、ネジド地域において今後の永続的な資源開発を保障するためには、持続的な開発が必要である。本計画は、入植、営農管理、技術普及等、段階的農業開発構想における、開発計画の第2段階の目的の一部を含んでおり、ニューパイロットファーム構想は、開発計画の第1.5段階と位置付けられる。

(3) 営農技術および技術移転

ネジド地域において、将来の農業開発を進展させるためには、砂漠農業に関する調査研究等の基礎科学をより重視する必要がある。そのため、NARSをネジド地域だけではなく、オマーン国全体の砂漠農業に関連した、より基礎的、専門的および科学的な活動の方向に強化する必要がある。また、NARSは管理センターとして、ニューパイロットファーム計画の実施および運営の責任を負う必要がある。この事は、NARSの役割が農業試験場から農業研究センターおよびニューパイロットファームの管理センターに発展することを意味する。すなわち、将来のNARSの主要な役割は、研究、観測、研修と普及の3体系であると考えられる。

1. 砂漠農業に関する調査研究センターおよび土壌、水、作物等の分析実験センター。
2. ネジド地域への新規導入作物の試験栽培および適性栽培技術の創出。
3. 地域農家への新規作物と技術の展示および自前の圃場とニューパイロットファームを利用した訓練および技術移転センターとしての機能。
4. ニューパイロットファームの管理事務所。
5. 砂漠農業に関する技術情報の収集および出版。

将来のNARS計画は、段階的農業開発構想における開発計画の第2段階と位置付けられるが、ニューパイロットファーム計画と同時並行的に実施される。



段階的農業開発構想および新構想

5.2 ニューパイロットファーム計画

5.2.1 目 標

ネジド地域では、将来の農業開発を計画し実施するために必要な多くの情報が、現在もなお不十分である。特に、持続的な農業開発の計画と実施に不可欠な、地下水の潜在力、気象の変化、適切な栽培技術、営農管理等に関するデータが不足している。そのため、ニューパイロットファーム計画の実施が提案される。ニューパイロットファームの主要な目標は次のように要約される。

1. 地下水の継続的、体系的観測による地下水の潜在力の評価。
2. 普及サービスによる適切な営農技術を移転するサブセンター。
3. 将来の農民や学生が現況の営農技術を学習し体験できる訓練圃場。
4. ネジド地域における営農管理を試みるモデル農場。

5.2.2 規 模

農場の規模は、灌漑計画、生産計画、作物体系等を考慮して決定される。ニューパイロットファームの灌漑作付け面積は、一つのセンターピヴォット、一つの生産井および一つの観測井で構成され、約 30 ha が提案される。また、短期の開発期間は最初の 4 年間、長期の開発期間は 5 年度以降と考えられる。提案される農場の数は、ニューパイロットファームの目標を考慮し、3ヶ所程度となる。

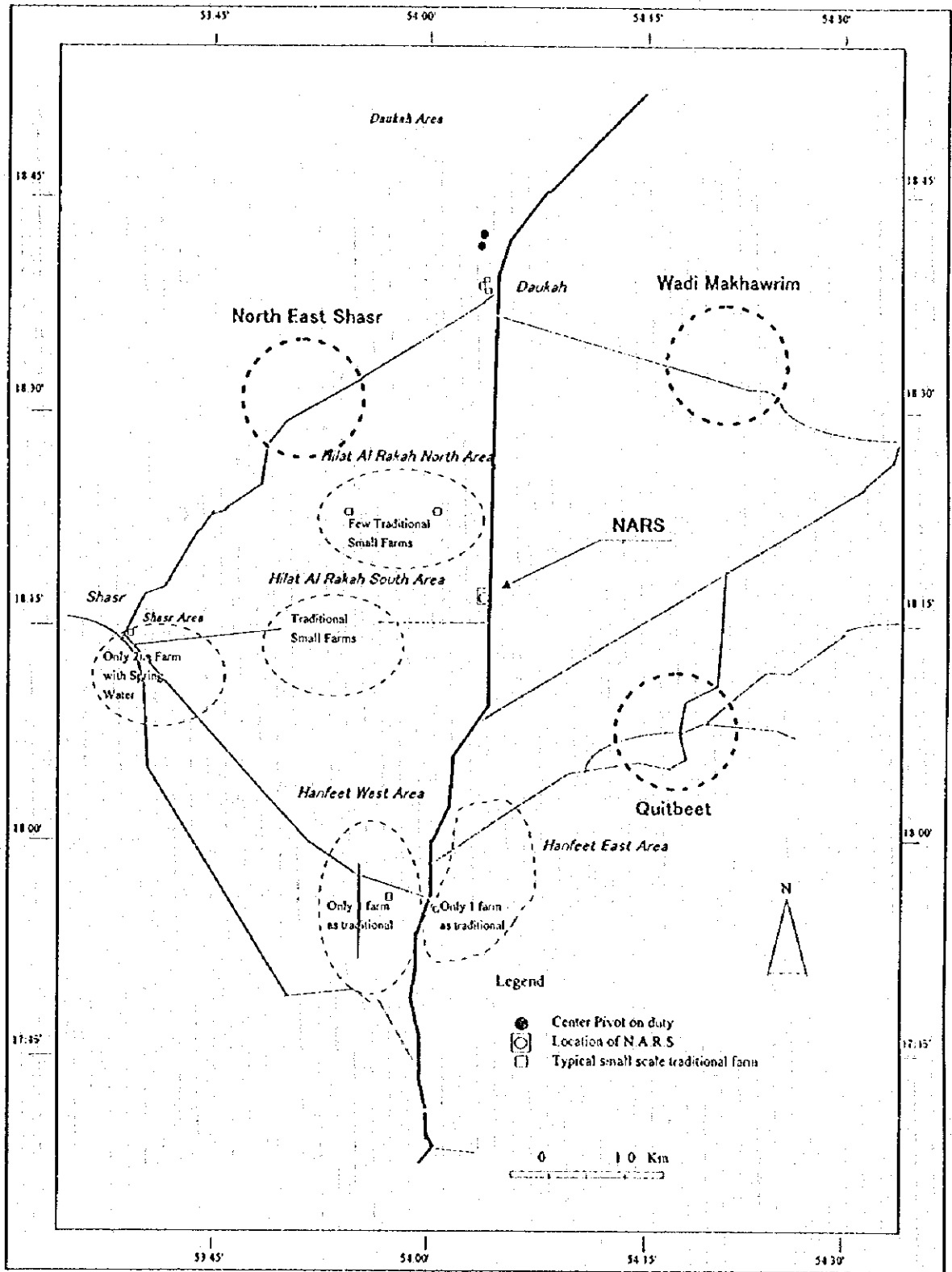
5.2.3 場所選定

ニューパイロットファームの設置としては、既存の道路に沿った、次の場所が提案される。

1. Quitbeet 村北部
2. Shasr 村北東部
3. Mokhawrim リジ

5.2.4 農 民

ネジド地域の農業開発の主要な目標の一つは、“オマーン化”による雇用機会の創出である。これは、革新的なオマーン人のグループが、農場の全ての管理に全面的に責任を持ち、彼らがネジド地域の将来の農業を担うであろう次世代に対して、先駆者として振る舞うことを意味する。



ニューパイロットファーム位置図

そのため、Shasr 村、Quitbeet 村、Dauka 村、Thumrait 町等の、ニューパイロットファームの周辺集落に居住する地域住民が、この任のために選定されるべきである。新農民のグループは、営農に従事する前に、NARS において十分な訓練を受け、ニューパイロットファーム開設後は、オンザジョブトレーニングにより、NARS から技術移転がなされるべきである。農民はニューパイロットファーム内に永続的には居住せず、おのおのの農場は 15 人の農民を受け入れる。

5.2.5 営農

(1) 営農の特徴

ネジド地域において、社会および環境との調和の取れた、経済的に実現可能な現実
に即した開発を具現化することが必要である。そのため、新農民に対する技術移転
の目的のために、先ず自給農業を達成し、余剰が発生した場合は、村落および地域
の市場に供給する。営農管理の技術は、ネジド地域のモデル農場として、当初のパ
イロットファーム構想より詳細に調査される。初期段階で技術移転が完了した後、
ニューパイロットファームは農民に移譲され、小規模農家として、NARS からの技
術的支援を受けながら、彼ら自身によって運営管理される。

(2) 作物選定

牧草栽培、特にネジド地域においては、ローズグラスが農学的に最適であると推薦
される。ローズグラスの利点は、収益性が高く、同時に土壌改良期間の終了時に、
多様な作物が良好に生育できる土壌構造に改善できることである。現在、ネジド地
域においては、農場規模に関わらずほとんど全ての農場で、これが栽培されている。

農業多様化については、自給用の野菜等の作物が考慮される。将来、農業開発の進
展に伴い、農場の自立が達成された後には、NARS の試験栽培に基づいて、より多
くの野菜や果樹等の高品質作物の導入が可能となる。

(3) 輪作および作付け体系

節水体系による栽培は、特に夏期間において作物体系が熟考されなければならない。
そのため、提案される作付け体系は、4 年間の土壌改良期間においては全作付け面
積 30 ha でローズグラスの永年作が実施され、続く改良後の限定された多様化では、
タマネギ、ニンジン、キャベツ等の冬期野菜が、作付け面積の半分に導入される。
ローズグラスと野菜の栽培地は、5 年毎に入れ替えられる。さらに、各野菜の作付
け地は、連作障害を回避し十分な収穫を上げるために、毎年他の野菜作付け地と置
換される。

ニューパイロットファームが農民に移譲された後は、各農民は1 haのローズグラス栽培と1 haの野菜栽培の計2 haの作付け地を独自に管理する。しかし、ローズグラス栽培地の計15 haは、農民組織による共同農作業により耕作され、将来は、メロン等の夏作物も導入される。

5.3 ニューパイロットファーム施設計画

5.3.1 施設配置

(1) 農場内の施設配置概要

農場内の施設配置の概要は図 5.3.1 に示すとおりであり、これらの配置は以下の事項を考慮したものである。

- 1) ニューパイロットファームは地域の農業開発を担うものであり、初期投資額と維持管理費を出来る限り低く抑える。
- 2) 同農場は地下水のモニタリングを行う機能を持つものである。
- 3) 農場開設当初は、NARS による栽培技術の指導と普及活動がなされる。

以上の事項を踏まえると、農場の規模は以下のようなものとなる。

ニューパイロットファームの規模（1ヶ所当たり）

圃場敷地規模		防風林帯／北側	
敷地幅	730.0 m	帯幅	25.0 m
敷地延長	730.0 m	帯延長	1,000.0 m
敷地面積	53.3 ha	面積	2.5 ha
センターピット圃場		防風林帯／南側	
半径	317.0 m	帯幅	25.0 m
総面積	31.6 ha	帯延長	1,000.0 m
中心作業区画	0.8 ha	面積	2.5 ha
栽培面積	30.0 ha		
圃場内道路面積	0.8 ha		

5.3.2 水利用計画

(1) 牧草の必要水量

計画に用いる作物必要水量は次表にまとめたが、その詳細は第3章で既に報告した内容である。施設容量の規模を左右する最大作物必要水量は牧草が収穫可能な状態まで成長した段階であり、13 mm/日 (3,900 m³/日) となる (8月での Final Stage が

該当)。同農場での作物栽培計画では、農場開設から4年間は土壌改良の段階として牧草を栽培し、以降にセンターピヴォット圃場の半分を野菜などの新規導入作物に当てることとしている。上記の13 mm/日の施設容量が確保できれば、この計画にも十分対応がとれる。

(2) 樹木の必要水量

農場区画は正方形の区画となり、南北には防風林帯を幅25mで植林する。全面積は約5haになり、植林本数は1,750本となる。また、東西側の区画にはアメニティーのための植林を計画すると、防風林の本数と併せて合計1,835本の樹木が植栽される。NARSでの経験から60 lit/本/日を灌水するとすれば、日必要水量は110 m³/日となる。

月別作物必要水量の推定

Unit: mm/day

Descriptions	Jan.	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
ETo	4.9	5.4	7.6	8.1	10.3	10.1	10.1	10.4	8.7	7.1	5.1	4.2	2794.0 100%
ETcrop Kc													
生育初期 0.50	2.5	2.7	3.8	4.1	5.2	5.1	5.1	5.2	4.4	3.6	2.6	2.1	
生育中期 0.80	3.9	4.3	6.1	6.5	8.2	8.1	8.1	8.3	7.0	5.7	4.1	3.4	
生育後期 1.00	4.9	5.4	7.6	8.1	10.3	10.1	10.1	10.4	8.7	7.1	5.1	4.2	
同上平均 0.85	4.2	4.6	6.5	6.9	8.8	8.6	8.6	8.8	7.4	6.0	4.3	3.6	2383.2 85%
Net water requirement (Irrigation efficiency 0.80)													
生育初期	3.1	3.4	4.8	5.1	6.4	6.3	6.3	6.5	5.4	4.4	3.2	2.6	
生育中期	4.9	5.4	7.6	8.1	10.3	10.1	10.1	10.4	8.7	7.1	5.1	4.2	
生育後期	6.1	6.8	9.5	10.1	12.9	12.6	12.6	13.0	10.9	8.9	6.4	5.3	
同上平均	5.2	5.7	8.1	8.6	10.9	10.7	10.7	11.1	9.2	7.5	5.4	4.5	2979.0 107%

Note: * 生育初期、中期、後期とは作物の生育段階を指し、生育段階に応じた作物必要水量が同表から参照出来る。

(3) その他の利水量

前2項目で使用される水量のほか、農場では生活水が必要となる。その内訳は居住者用に4.0 m³/日を予定し、その他の予備として将来に導入の可能性のある家畜用飲料水を1.5 m³/日を加える。

以上の各水量をまとめると以下のような取水施設の取水規模となる。

a. 牧草栽培必要水量	3,900.0 m ³ /日
b. 樹木灌水必要水量	110.0 m ³ /日
c. 生活用必要水量	4.0 m ³ /日
d. 家畜用必要水量	1.5 m ³ /日
合計	4,015.5 m ³ /日

5.3.3 施設計画

(1) 井戸

取水を対象とする滞水層はC層とし、建設する井戸は全てMWRが定めている井戸の構造を充当する。生産井および観測井とも農場の敷地内に建設する。

生産井は前項で決定した揚水ポンプの最大径が十分に設置できるケーシング内径を地盤面下100mの位置まで確保できる構造とし、井戸周りには仕切り弁、量水計、水位測定口、スクリーンおよび分水装置などを含めた内容とする。生産井はセンターピヴォットのピヴォット地点に建設する。

観測井は生産井での揚水による水位変動をモニタリングするために、水位測定装置を備えたものを建設する。

(2) 取水ポンプ

取水ポンプの1日当たりの稼動時間を最大で18時間とし(62 lit/秒)、地盤面下50mを設置位置とし、灌漑施設への必要水圧を確保するために全揚程を100mとする。

(3) 灌漑施設

センターピヴォットを主作物栽培用の灌漑施設として導入する。同施設の付帯装置として、自動運転装置、施肥装置を含むものとする。

バブラー灌漑装置を防風林用の灌水装置として導入し、同施設には自動運転装置および施肥混入装置を付帯施設として含める。

(4) 建物施設

農場事務所や宿舎として建物施設を建設する。また、肥料の仮置きや発電機などの覆いとしての施設も含める。主な建物施設は農場事務所(48 m²、1ヶ所)、農民用宿舎(50 m²、3ヶ所)、運転手用宿舎(50 m²、1ヶ所)、労務者用宿舎(50 m²、3ヶ所)、肥料仮置場(144 m²、1ヶ所)等である。

(5) 発電施設

農場の灌漑施設や宿舎用の電源供給用として発電施設を導入する。発電施設は需要側の必要容量を考慮して以下の2施設とする。

- a. 第1発電施設：215 KVA（揚水ポンプと灌漑装置用）
- b. 第2発電施設：25 KVA（宿舎と農場事務所用）

第2発電施設には25 KVA規模の発電機を2台準備し、交互に運転を行うこととする。

(6) 飲料水装置

飲料水製造用として逆浸透膜を備えた6 m³/日規模の飲料水製造装置を設置する。

(7) 付帯施設

付帯施設として、宿舎の下水処理用の浸透枮と農場内の街路灯を設置する。

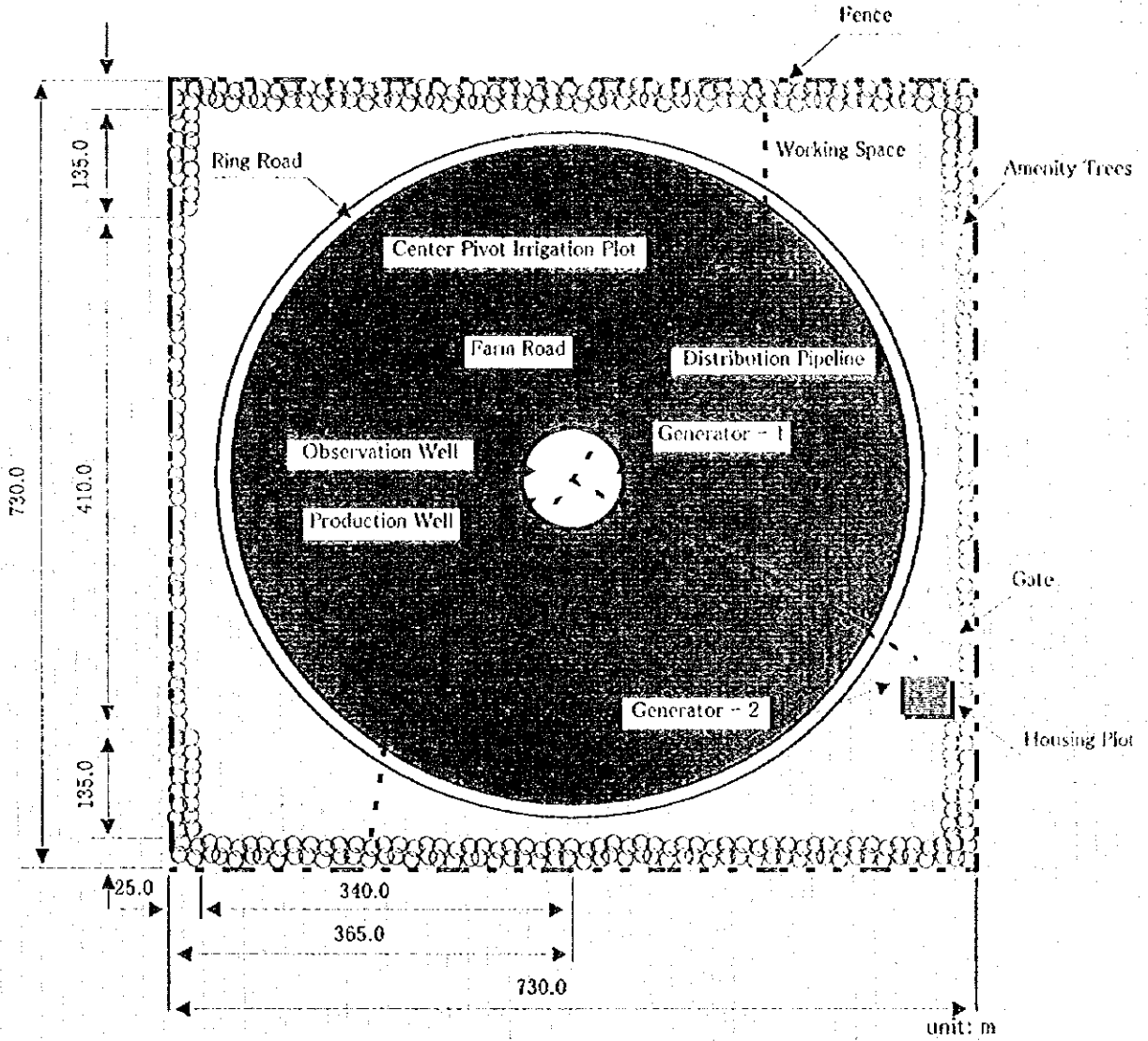
5.3.4 農業機械

各新パイロットファームが独自に保有する農業機械として以下の内容を購入、配置する。



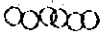

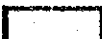
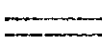



購入予定の車輛および農業機械

Descriptions	Quantity	Remarks
<i>Vehicle</i>		
Pick-up, 4WD	1 No.	For transportation of staffs and goods
Truck, 2ton.	1 No.	For transportation of goods
<i>Farm Machinery</i>		
Tractor, 80pc, 40WD	2 No.	For traction
Chisel cultivator	1 No.	
Leveling harrow	1 No.	
Fertilizer spreader	1 No.	For fertilization
Mower	1 No.	For reaping
Side rake / cylinder	1 No.	For grass gathering
Finger wheel rake	1 No.	For sub-soiling
Tight baler	1 No.	For baling
Auto bale carrier	1 No.	For loading balers
Weighing scale	1 No.	For measuring produced hay

ニューパイロットファームのレイアウト



Legend:

-  Center Pivot Irrigation Plot
-  Windbreaks
-  Amenity Trees
-  Fence
-  Central Working Space
-  Ring Road
-  Farm Road
-  Distribution Pipeline
-  Housing Plot



5.4 費用算定

5.4.1 算定の前提

(1) 事業費の項目

事業費は以下の諸項目から成る。

- a. 施設の建設費
- b. 機械および資機材の購入費
- c. コンサルティングサービス費
- d. 予備費

(2) 積算条件

事業費積算は以下の条件で行う。

基礎価格 工事費算定の基礎価格となる資材費、機械費、人件費などの基礎価格はオマーン国で実施されている最近の類似工事の実勢価格を考慮して決定する。

単価 : 建設工事の単価は積み上げ方式とし、資機材購入の算定に用いる資材、機械の価格はサララ市内とマスカット市内で収集した市場価格とした(1996年10月)。

5.4.2 事業費

(1) 建設工事費

建設工事費は以下の各項目から成る。

1) 準備工

準備工は53.3 haの農場敷地の整備およびセンターピヴォット圃場の外周農道、同圃場内の作業道路、農場敷地の外周フェンスと門扉、近傍地方道と農場を結ぶ連絡道などの建設・整備を含む

2) 観測工

観測工は観測井の建設と水位観測装置の購入・設置を含む。

3) 取水工

取水工はネジド地方のC滞水層からの取水を目的とする MWR が作成した井戸建設仕様に則り建設する。本項目にはその建設費用、水理地質学的ロギング、揚水試験、井戸周りの配管、分水装置、運転装置、量水計などに必要な価格を含む。

4) 灌漑工

灌漑工は以下の4つの工事費を含む。

- 1) 30 ha 用のセンターピヴォット灌漑システム
- 2) 防風林灌水用バブラー灌漑装置
- 3) その他各水需要地点への配管
- 4) 防風林およびアメニティー樹木の植林

センターピヴォット灌漑施設の価格には、同灌漑施設の購入、運搬、設置費用など以下の諸項目についての価格を含む。

- a. 30 ha 用センターピヴォット灌漑装置の購入、運搬、設置費用
- b. ピヴォット台座の建設費用
- c. 運転装置の購入、設置費用
- d. 送水管、配電線の設置費用
- e. 肥料・薬品投入装置の購入・設置費用

防風林用灌水施設であるバブラー灌漑装置の価格には、以下の項目に関する価格を含む。

- a. 防風林とアメニティー樹木への灌水装置一式の購入と設置費用
- b. 灌水ブロック変換を含む運転装置
- c. 肥料・薬品投入装置の購入・設置費用

各水需要地点への配管は上記2施設と飲料水製造装置への送水管とその付帯施設を含む価格を考慮している。

防風林とアメニティー樹木の項目は、農場敷地の南北端および東西端に植栽する樹木の購入と植林費用を含む。

5) 発電工

発電工は215 KVA の発電容量を持つ発電機を取水ポンプと灌漑装置用電力供給として設け、25 KVA 容量の発電機を宿舎での小規模需要として別個設置する。価格の主な内容は以下のものである。

- a. 上述の発電装置の購入と設置費用
- b. 送電施設の購入・設置費用
- c. 燃料貯蔵タンクの建設費用

6) 水道工

水道工は日量 6 m³/日の製造能力をもつ逆浸透膜装置の購入、運搬、設置費用のほか、以下の費用を含む。

- a. 生産井から送水される水量を一旦貯蔵する地下貯水槽
- b. 製造された飲料水を送水する揚水ポンプと高架水槽
- c. 高架水槽から各需要地点への送水管

7) 建土工

建土工は農場事務所、労務者用宿舎、農民用宿舎のほか、発電機や肥料の仮置き用のスペースとしての覆いの建設を含む。

8) 付帯工

宿舎や事務所からの下水を処理する浸透柵と農場敷地内に夜間作業を安全に行うための街路灯を付帯工の価格に含める。

以上の諸工種についての建設工事費用として、RO.203,615 を必要とする。

(2) 農業機械およびその他機器の購入

前述した農業機械と車輛および必要家具類の購入費用として RO.120,416 を見積もる。

(3) 予備費

予備費には想定した工事量の相違、設計時点で想定困難な事項による工事数量の変更分に対する費用として、建設工事費用と農業機械などの購入費用の合計値の 10% を予備費として計上する。RO.32,404 と見積もられる。

(4) コンサルティングサービス

本項目に関する費用は施設の実施設計作業（積算、入札書類作成を含む）と工事期間中の工事監理業務から成る。実施設計業務費用として RO.17,700（3 農場の合計、1 農場当たり RO.5,900 となる）と工事監理業務費用として RO.10,000（1 農場当た

り)の費用が見積もられる。

(5) 事業費

前項目までの各積算額を合計して事業費とする。3農場を建設するための事業費はRO.1,116,999(1ヶ所あたりはRO.372,333)と見積もられる。

5.4.3 維持運営費用

(1) 年間維持運営費用

年間に必要となる施設の維持・運営費用は、以下の5項目から成る。

- a. 給与：農場で働く農業機械の運転手と労務者の給与およびその他の諸費用。
- b. 施設維持費：施設や建物を適性な状態に維持するための費用。
- c. 機械・資材維持費：農場で使用する農業機械や車輛および家具などの修繕・保守に必要な費用で、農業機械と車輛が消費する燃料代も含む。
- d. 発電用燃料費：農場で使用する発電装置に用いる燃料と潤滑油の代金。
- e. 農場管理費用：主にNARSとの通信連絡費用。

以上の諸項目に関する費用は以下のようにまとめられる(1農場当たり)。

a. 給与	:	RO.10,258
b. 施設維持費	:	RO. 4,150
c. 機械・資材維持費	:	RO. 3,831
d. 発電用燃料費	:	RO.18,679
e. 農場管理費用	:	RO. 500
合 計	:	RO.37,418

ゆえに、3農場にかかる年間維持管理費は、RO.112,254と見積もられる

(2) 資機材の更新

施設および資機材は各耐用年数があり、耐用年数に応じて施設および資機材の更新を行う必要がある。各項目に関する耐用年数は価格積算集計表に記載してある。

5.5 ニューパイロットファーム計画事業評価

5.5.1 評価方針

(1) 評価手法

農業開発計画の実施の妥当性を査定する事業評価の方法としては、経済評価、財務評価および社会経済評価（効果）とがある。一般的に農業開発においては、地域の公益性が高い比重を占めていることを考慮し、経済評価が重要視される。しかし、本ニューパイロットファーム計画の主要目的は経済活動ではなく、経済評価および財務評価等の一般的な事業評価は馴染まないといえる。

しかしながら、将来の農業開発計画の事例研究として、農業開発を支援する政府補助金の割合を確認するために、財務評価を実施する。また、フェーズI調査報告書で述べられているように、不利な自然環境の砂漠地域に膨大な資金を投じて、安い国際価格の農産物を生産する農業開発は、経済的に妥当でないことは明確である。そのため、経済評価は実施せず、財務評価でも不確定要素が多いため、感度分析は行なわない。

(2) 評価基準

事業評価に適用する評価基準は次のとおりである。

1. 計画のプロジェクトライフは、主要施設の耐用年数を考慮し、詳細設計および建設工事期間を含め、開始から30年とする。
2. 算定に使用する通貨単位はオマーン通貨(RO)とする。
3. 外貨交換レートは、1996年10月時点のオマーン国立銀行の外貨為替レートの月平均 $US\$1.00 = RO.0.385$ ($RO.1.000 = US\$2.60$)を使用する。
4. 農産物価格は農家庭先価格であり、作物生産の投入材価格および建設工事の資機材価格は、現場渡し価格とする。
5. 評価に用いる農業部門の資本の機会費用である割引率は、市中銀行の利子率である6.5%を適用する。
6. 便益および費用は主要項目だけを算定する。

5.5.2 便益および費用の算定

事業評価は一つのニューパイロットファームについて行なう。

(1) 便益算定

事業便益は、計画を実施した場合と実施しなかった場合の、全プロジェクトライフ

を通じて期待される純益の差である。本計画では計画を実施しなかった場合とは、開発以前の状態であり、純益は発生せず、計画を実施した場合の純益が事業便益となる。この事業便益には、直接計量可能な農業生産の増加および計量不可能な雇用機会の増大、地域住民の生活水準の向上、食料の安定供給等とがある。計量可能な便益は財務評価の対象とし、計量不可能な便益は社会経済効果として総括的に評価する。

(2) 農業生産便益

ニューパイロットファームの農業生産は、農場に付帯する牧畜を伴うまたは伴わない、牧草および野菜等の冬期作物の栽培に基づいている。プロジェクトライフの最初の4年間は、牧草用のローズグラス100%の作付け体系であり、以降は全作付け面積の半分に冬期作物の野菜を導入し多様化する。初年度のローズグラスの収穫は、6ヶ月間の詳細設計と建設工事期間および4ヶ月間の一回目の播種と生長期間後に開始される。従って、初年度の収穫は2年度以降と比較して2/12の収量となる。

ローズグラスは少し乾燥され、12~16 kg 平均 14 kg の大きさに梱包される。1梱包の価格は季節およびモンスーンの状況により、ネジド地域の庭先価格で多くが RO.0.7~1.3 平均 RO.1.0 であり、トン当たり RO.71 となる。1 ha 当たりの収量は約 40 ton あり、粗生産額は RO.2,857/ha となる。圃場の維持管理費を含まないローズグラスの生産費は RO.587 であり、純生産額は RO.2,270 となる。

野菜の価格は、ネジド地域の農家で野菜が出荷される月を予測し、Salalah における1991年から1995年までのPAMAPの平均買い取り価格を参考に決定している。プロジェクトライフの5年度からのタマネギ、ニンジン、キャベツ等の野菜の純生産額は、ヘクタール当たり RO.1,983~2,525 である。従って、冬期作物の平均純生産額は RO.2,258 と想定される。ヤギの放牧等の畜産は評価算定には含まない。

作物生産便益

作物	価格 a) (RO/t)	収量 b) (Year)	粗生産額 (RO/ha)	生産費 c) (RO/ha)	純生産額 (RO/ha)
ローズグラス	71	40	2,857	587	2,270
タマネギ	73	35	2,538	555	1,983
ニンジン	99	30	2,955	430	2,525
キャベツ	53	55	2,901	635	2,266
野菜平均			2,798	540	2,258

出典： a) ネジド地域の平均庭先価格。
b) MMI, 1994.
c) MMI, 1994. 生産費には維持管理費は含まれない。

30 ha のニューパイロットファームの年純生産額は、2年度から4年度までは RO.68,100、5年度からは RO.67,920 である。

(3) 費用算定

評価の対象とする事業費用は、初期（資本）費用、維持管理費用および主要施設の更新費用で構成されている。初期費用には詳細設計費、物的予備費を含む建設工事費および資機材調達費が含まれる。維持管理費用には灌漑施設と農業機械の維持管理費、電力費および農業労働者の固定費が含まれる。6ヶ月間の詳細設計および建設工事期間に投資される初期費用は RO.372,333 である。建設工事費には道路、観測井、取水施設、灌漑施設、電力施設等が含まれる。用地費は、国有地であり灌漑施設なしでは市場価値が無いため零と算定する。

建設工事終了後の全ての施設の年間維持管理費用は RO.37,418 である。主要施設および資機材は耐用年数終了時に更新される。施設および資機材の更新費用は、8年ごとに RO.100,915、10年ごとに RO.113,927、12年ごとに RO.2,500、15年ごとに RO.6,510 と算定される。プロジェクトライフ終了時の施設および資機材の残存価値は計上しない。

5.5.3 財務評価

(1) 評価基準

評価の指標は、財務純現在価値 (FNPV)、財務便益費用比率 (F.B/C) および財務内部収益率 (FIRR) の 3 種類である。プロジェクトライフを通して、実施計画に基づいて算定された、年々の事業便益と費用を資本の機会費用で割り引く。累積便益と累積費用の差が FNPV であり、それらの比が F.B/C である。累積便益と累積費用が等しくなる割引率が FIRR である。

計画の実施が財務的に妥当である基準は、FNPV が正、もしくは F.B/C が 1 以上、もしくは FIRR が資本の機会費用を上回っていることである。資本の機会費用（割引率）は、計画に投入される資本の限界生産性であり、割引率は 6.5% を適用する。

(2) 財務内部収益率、財務純現在価値、財務便益・費用比率

初期費用、更新費用および維持管理費用と全事業便益との流れを表 A-9.6.1 に示す。計画の FIRR は -0.70%、割引率 6.5% での FNPV は 1996 年 10 月価格で RO.-190,492 であり、同割引率での F.B/C は 0.81 である (表 A-9.6.2)。評価の結果、FIRR は資本の機会費用である割引率 6.5% を大きく下回り、FNPV は負、F.B/C は 1 以下である。従って、計画の実施は財務的には妥当でないと判断される。

(3) 政府補助金

前述のように、計画の財務内部収益率は資本の機会費用を下回り、財務的観点からだけでは計画の実施は不適切と判断される。政府の計画に対する補助金は、計画としては収益金となる。そのため、ケーススタディとして政府の補助金の割合による計画の妥当性を評価する (表 A-9.6.3~A-9.6.5)。

全初期費用の約55%を政府補助金で負担する第4ケースで、財務内部収益率は6.5%の割引率を超過する。財務内部収益率の算定結果から、オマーン国政府はニューパイロットファーム計画の実施のために、財務的観点から一定量の補助金を支出する必要があると判断される。

政府補助金と財務内部収益率のケーススタディ

政府補助金	補助金の割合(%)	財務内部収益率(%)
1. 補助金なし	0.0	-0.70
2. 詳細設計費、コンサルティングサービス費、施工管理費、道路建設費、観測井建設費。	14.9	0.41
3. 詳細設計費、コンサルティングサービス費、施工管理費、道路建設費、観測井建設費。および取水施設建設費、灌漑施設建設費、電力施設建設費の50%。	32.6	2.26
4. 詳細設計費、コンサルティングサービス費、施工管理費、道路建設費、観測井建設費。および取水施設建設費、灌漑施設建設費、電力施設建設費、残りの土木工事費、家屋施設費、資機材調達費の50%。	54.9	6.63

5.5.4 社会経済評価

本計画の実施効果は、前項で述べた計量可能な直接的な便益のほかに、計量不可能な二次的または間接的な便益も発生し、これらは計画実施の妥当性を検討する上で重要である。

(1) 持続的な開発構想

ニューパイロットファーム計画は、地下水および営農管理の状況を確認するとともに、フェーズ1調査で提案された、将来の農業開発計画の開発基本構想を再考するために実施される。従って、ネジド地域において、限りある水資源の有効活用に基づ

づく、持続的な農業開発を具現化することが可能となる。

(2) 人的資源の開発

地域住民は、農業の背景を多くは持っていない。NARS およびニューパイロットファームにおける訓練と普及活動は、砂漠農業における農業労働の改善という意識を発展させる。この発展はネジド地域における“農民”という新しい価値ある資源を創造する。

(3) 雇用機会の創出

ニューパイロットファーム計画の実施は、地域住民に新しい雇用機会を創出し、ネジド地域の失業を低減させる。これは“オマーン化”構想を具現化することであり、新しい雇用機会は、遊牧民の定住を助長する。

(4) 生活水準の向上

ニューパイロットファーム計画の実施により、農業生産は増大し、地域農民の生活水準は改善され、その結果、ネジド地域の生活安定に貢献する。収入の改善は、将来の地域住民の購買力を増大させ、地域の経済活動を活発にする。すなわち、計画の実施はネジド地域に大きな波及効果をもたらす。

(5) 公的サービスの強化と近代化

農業研究、試験および普及活動は、NARS およびニューパイロットファームを活用するそれぞれの計画によって改善される。NARS の将来の主要な役割は研究、観測、研修と普及の3体系と考えられる。さらに、ニューパイロットファームはネジド地域のモデル農場として設立される。そのため、計画の実施は公的サービスの強化と近代化を助長することになる。

5.5.5 総合評価

計量可能な便益の算定による財務評価の結果、本ネジド地域農業開発計画の実施のためには一定量の政府補助金が必要であると考察される。一方、計量不可能な社会経済効果は十分に期待できるものと判断される。また、計画の実施による大きな負の影響は予測されず、計画は限りある水資源の有効活用を考慮した、持続的な開発構想と評価される。さらに、本計画の実施は技術的および組織運営面でも実現可能である。従って、本計画の早期実施を推奨する。

第 6 章

ネジド農業試験場将来計画

第 6 章 ネジド農業試験場将来計画

6.1 計画に当たって

計画対象地域の自然および社会・経済的制約条件とそれらを踏まえた農業開発の方向性については、前章までに論じた。ネジド農業試験場 (NARS)はこの開発の方向性に則り、かつ技術的事項を主体として同地域の開発を牽引する役割を担う立場にある。このため、以下の事項を将来計画立案の前提条件として認識しておく必要がある。

- (1) 政府は同地域で行われている大型農場による乱開発への規制により、無秩序な地下水取水を回避する一方、詳細な水利用実態の把握を行う必要がある。効果的な規制と監視がなされなければ、開発は今後不可能となる。
- (2) NARSを開発の適正な方向性の上でその成果を発揮できるようにするには、ドファール州政府、水資源省、住宅省および農漁業省など関連省庁が持つ資料と情報が一元的に管理され、評価されることが必要であり、政府はこの調整機能を設ける必要がある。

6.2 NARSの目的と働き

NARSの目的は、モニタリング調査と試験活動を通じて、農業の持続性拡大のための科学的基本事項の確認、適正農業技術の確立およびそれらの成果を農民へ普及させることにある。この目的を達成するために、1)研究機能、2)モニタリング機能および3)研修・普及機能がNARSに求められる。

(1) 研究機能

NARSの研究者は新パイロットファームや既存の農場で確認された諸問題を解決する任務を持つ。これらの問題解決にはMAF本省管理下のルメイス農業試験場やスルタンカブス大学との緊密な協力体制を活かすことが肝要である。

(2) モニタリング機能

NARSは恒常的にNARS内と調査地域内でモニタリング活動を継続し、その結果の収集と評価を行う。モニタリングの対象事項は、地下水位変動、水質、気象、作物の病気や害虫被害、作物生産、水消費量などがある。これらの活動は当然ながら、新パイロットファームが民間に移譲された後でも、継続されることになる。

(3) 農民支援サービス

NARSは農民への研修や普及活動を主体とする農民支援サービスの課題も担うことになる。

6.3 組織と機能

6.3.1 組織と課題

(1) 部署と任務

NARSが行う活動内容は、以下のようにまとめられる。

機能-1：日常業務および関係機関との調整を行う上での意志決定

機能-2：上記の意志決定機能と日常業務を行う上での管理支援

機能-3：専門的経験と知識による研究への支援

機能-4：モニタリング業務の継続実施

機能-5：農業機械・機具の管理

機能-6：圃場作業と施設の維持・管理

以上の事項がNARSが与えられた課題と目的に沿って活動して行く上で必要な基本的機能である。これらの機能がそのまま組織を形成するNARSの部署となる。

NARSの組織

Sections	Duties by section
Director of NARS	Responsible for activities of NARS, management of personnel, property and administration, and liaison and coordination to superstructure
Administration Section	Assisting Director on administration works of general affairs, personnel, welfare and management of facilities, and accounting on budget, revenue and paying, procurement, cashier and auditing
Research and development Section	Planning and implementing agronomic practices and experimental researches
Monitoring Section	Planning and implementing monitoring works at NARS and pilot farms in Nejd
Operation and maintenance Section	Operation and maintenance of farm machinery and farm facilities
Training and extension Section	Training for farmers, governmental staffs and students and extension services for farmers in Nejd

(2) 要員計画

農牧漁業総局は既にNARSへの要員計画を作成し、これまでその実現に努力を傾注して来た。主要な要員とその任務について記述すると、以下のようになる。

- 1) 試験・研究部の農業専門家、灌漑技術者、病虫害研究者は各人の専門分野の業務のほかに、牧草の生育や収量、土壌・水の分析、地下水位、気象、病虫害に係るモニタリング業務をも担当する。
- 2) 農業専門家は牧草を含む試験導入作物の栽培試験を担当する。
- 3) 病虫害研究者は野菜や果樹に関する研究を行っていく上で必要不可欠である。
- 4) 化学分析者とその補助員は持ち込まれる土壌、水および作物サンプルの分析を迅速かつ安価に行う。
- 5) 畜産専門家、その補助員および獣医は試験・研究活動の一環として家畜飼育研究を担い、かつ周辺畜産農家への普及活動を行う。
- 6) モニタリング部の灌漑担当要員は、NARSとパイロットファームの気象観測結果の収集と整理を行い、試験・研究部門の灌漑技術者にその結果を報告する。また、一方、NARS内外での土壌と水のサンプル収集を行い、試験・研究部の担当技術者に渡す業務を行う。
- 7) モニタリング部の農業担当要員は、パイロットファームと既存農場での作物成長、収量、病虫害被害などのモニタリング結果を収集・整理して試験・研究部の農業専門家、病虫害専門家に報告する。
- 8) 各パイロットファームを担当する農業要員は、以下の業務を行う。
 - a. 各新パイロットファームでの営農管理および監督業務への支援
 - b. 地下水、気象、作物栽培に関するモニタリングと記録業務
 - c. 農業機械・機具の管理支援

以上の主要な要員ごとの課題が十分に機能するためには、彼らへの技術研修が必要であり、同国での先駆的機関であるルメイス農業試験場や最高学府であるスルタンカブス大学などとの連携が求められる。また、篤農家視察も有効である。

6.3.2 NARS外での活動に関する組織と機能

(1) NARS外でのモニタリング活動

モニタリング部の技術要員はNARSの農業技術要員との連携でNARS周辺でのモニタリング業務を行う。彼らは、新パイロットファームおよび既存農家でのモニタリング活動を行い、NARSの分野別専門家にその結果を報告する。各分野の専門家は報告を受けたモニタリング結果を分析する。

(2) 周辺農民への研修と技術普及活動

研修・技術普及部が周辺農民、学生、政府職員への研修と技術普及活動を行う。この対象には、新パイロットファームへの入植農民への技術指導も含まれる。

6.3.3 NARSを支援する外部組織

(1) NARS委員会

NARSは同地域の農業振興に関連する研究、普及活動を主な業務とし、それに専念することになる。そのため可能な限り総務関連業務で研究者の時間が割かれるのを回避することが望まれる。NARS委員会はこのような面での支援を行うため、DGAAF局長を長とするDGAAF管轄下の関連部署の責任者を委員として、予算、資機材調達などを支援する。

(2) 開発調整委員会

NARSは同地域での農業関連の科学・技術事項を試験・研究することを基本的業務とする。NARSのみが同地域の農業開発の責務を負うものではなく、関連する省庁間での検討と調整の結果として、開発事業はその効果を発揮する。

仮に、NARSが開発関連情報の集約機関としての機能を持てたとしても、これら開発への調整がNARS本来の業務ではないため、NARSとは別に開発調整を行う委員会が必要である。関連する省庁としては、MAF、MWR、開発省、住宅省、ドファール州政府およびその他が挙げられる。

6.4 活動計画

6.4.1 圃場活用計画

(1) センターピヴォット圃場

30 haのセンターピヴォット圃場は灌漑試験、ローズグラスやその他の作物の栽培、機械化作業、輪作、土壌管理、施肥、放牧などを行うほか、モニタリングや訓練実習の場として利用する。

(2) リニアムーブメント圃場

NARSは開設からこれまでの間に研究者、その補助要員および労務者数など労働力に関する整備が漸次なされて来ている。このため、未だ整備されていない農業機械が搬入されれば、同圃場での試験再開は可能である。

当面はセンターピヴォット圃場と同様に、牧草を中心とした試験栽培が中心となろうが、漸次作物の多様化を進める圃場として使用できる。特に、野菜や果樹の試験圃場として使用するには、同圃場の一部をバブラー灌漑方式へ改変することも可能である。

(3) ライシメーター

ライシメーターは作物品種別必要水量を季節別、生育段階別に観察するほか、土壌管理、施肥効果の試験圃場としても使用する。

6.4.2 作物試験栽培計画

NARSでの将来の試験課題については以下にまとめたとおりである(Appendix A-7.5 参照)。

(1) 灌 漑

- a. 牧草栽培における節水技術試験
- b. 野菜栽培におけるセンターピヴォット、リニアムーブ、ドリップ、バブラーなどの灌漑方式との灌漑比較
- c. 灌漑・排水による塩類集積回避の試験
- d. 作物品種別適正灌水量試験

(2) 作物栽培

- a. 野菜の適正品種の選定試験
- b. 冬季の適正飼料作物の選定試験
- c. 作物別栽培適期判定試験
- d. 作物栽培に関する施肥、灌水の合理化技術試験
- e. 野菜のポット試験
- f. 雑草、病虫害の防除法
- g. 多量、微量養素の欠乏・過剰の診断と対策試験

(3) 機械化

- a. 圃場作業の機械化による土壌圧密改善のための心土破碎試験
- b. ローゼグラス跡地の作物別、耕起、均平、播種方法の試験
- c. 作物栽培の機械化による効果的作業方法

(4) 輪作 : 作付け規模別作付けパターン試験

6.4.3 放牧試験計画

飼料作物栽培圃場での家畜の放牧試験を夏季、冬季を通じて行う。作物の栄養成分を分析する一方、家畜の体重、衛生状態を指標として適正飼育方法の判定を行う。

6.4.4 モニタリング計画

地下水位観測結果はMWRのサララ地方事務所との定期協議の場を設け、彼らの専門的立場による診断を受ける。これらを継続する過程の中で、同地域での次段階開発の検討をMWRと行う。モニタリング項目は以下のとおりである。

- (1) 地下水位記録および取水量記録
- (2) 土壌の有機質、多量、微量養素分析結果
- (3) 灌漑水水質分析結果
- (4) 気象観測結果
- (5) 病害、虫害、雑草の被害
- (6) 作物生産と作物成分分析結果
 - a. 収穫期ごと収量記録
 - b. 作物栄養成分、ミネラル含有分析結果
- (7) 灌水量記録

6.4.5 研修・普及活動計画

(1) 研 修

NARSでの研修活動の主目的は、農民、政府技術者、農業普及員、農業機械オペレーターその他、学生などへの技術移転である。

研修の主な内容は、適正作物栽培技術、土壌管理技術、圃場作業管理、作物保護技術、灌水技術および農業機械の運転技術などである。

以上の事項はNARSの研修・普及部が年間活動計画を策定し、講師、研修資材、研修者の輸送などの準備・調整を行う。

(2) 普 及

普及活動の主な内容は以下のとおりである。

- a. 技術助言と訪問による技術指導
- b. 種子、無機肥料、病虫害薬品などの政府補助価格による配布
- c. 政府補助価格に則った農業機械による耕起作業や薬剤散布作業

以上の事項はNARSの研修・普及部が農業普及活動の一環として行う。

研修・普及計画

Items	Programs	Description of programs
Guidance	Circulation guidance	Periodical circulation in the region and direct guidance at the farm
	Exhibition guidance	Exhibition and guidance at the demonstration fields.
	Practical guidance	Practical guidance of cultivation, farm works with machinery, etc. at the fields.
	Transmission	Lectures and discussion
	Observation guidance	Guiding by visiting advanced farmers, market, etc.
Publicity	Technical information	Publication of periodicals regarding technical information
	Preparing of technical manuals	Preparing of technical manuals for each subject
	Films	Producing of films explaining the appropriate farming
	Panels and drawing	Photographic panels and drawing as lecture-aid
Exhibition		Opening exhibition of machinery, equipment, new technology, etc.
Investigation and collecting information	Investigation on present problems	Investigating the farming problems caused by soil, water, fertilization, insects and diseases, marketing, etc.
	Arrangement and analysis of data	Collecting, arranging and analyzing various statistical data on actual conditions in Nejd, such as agricultural production, population, manpower, machinery, production costs, etc.
	Collecting information	Collecting relating documents and guidance books

6.5 施設、農業機械および農機具整備計画

6.5.1 施設、農業機械およびその他

(1) 実験室の整備

実験室ではその使用目的に沿った整備を行う。蒸留水を含む水の供給、電気、ガス、洗い場、空調、土壌や作物体の分解のためのドラフトなどが挙げられる。実験室の使用内容に沿った部屋割りが求められる。その内容は以下のようなものである。

- | | |
|-------------|------------|
| a 作物実験室 | f 病理実験室 |
| b 作物生理実験室 | g 害虫実究室 |
| c 灌漑実験室 | h 分析・試験準備室 |
| d 化学分析室 | i 資機材保管 |
| e 作物必要水量実験室 | j 倉庫 |

一方、畜産棟では、家畜衛生実験室、診察室、手術室、畜産実験室などの整備が必要となる。

(2) 試験用機器

前項に挙げた各実験室では、実験目的に沿った機器が必要となる。各実験室の主な実験内容は下表に示す。

各実験室の主要活動内容

NO.	Laboratory (room)	Main Activities in each Laboratory
1	Crop Laboratory	Seed storage system (simple seed bank unit), field trial facilities, nursery materials, observation of growth environmental conditions, observation of plant growth and yield
2	Physiological Laboratory	Basic biotechnology analysis, observation of growth environmental conditions, pre-treatment of samples for nutrients analysis, observation of plant transpiration
3	Soil and Water Laboratory	Soil survey and soil sampling, pre-treatment for samples for soil chemical analysis, soil physical analysis (mechanical and soil moisture analysis)
4	Chemical Analysis Laboratory	Chemical analysis of soil, water and plant tissues including organic matter, macro- and micro-elements and nutrients of fodder crops
5	Water Requirement Laboratory	Water intake analysis, soil moisture and temperature analysis, long term and short term observation of meteorology
6	Pathology Laboratory	Identification of diseases, incubation of samples and sample storage
7	Entomology Laboratory	Field sampling, identification of insects and sample storage
8	Preparation Room	Preparation of samples for analysis
9	Equipment Room	Store of spare implements, chemical reagents and others
10	Laboratory Store	Store of samples and others

6.5.2 農業機械

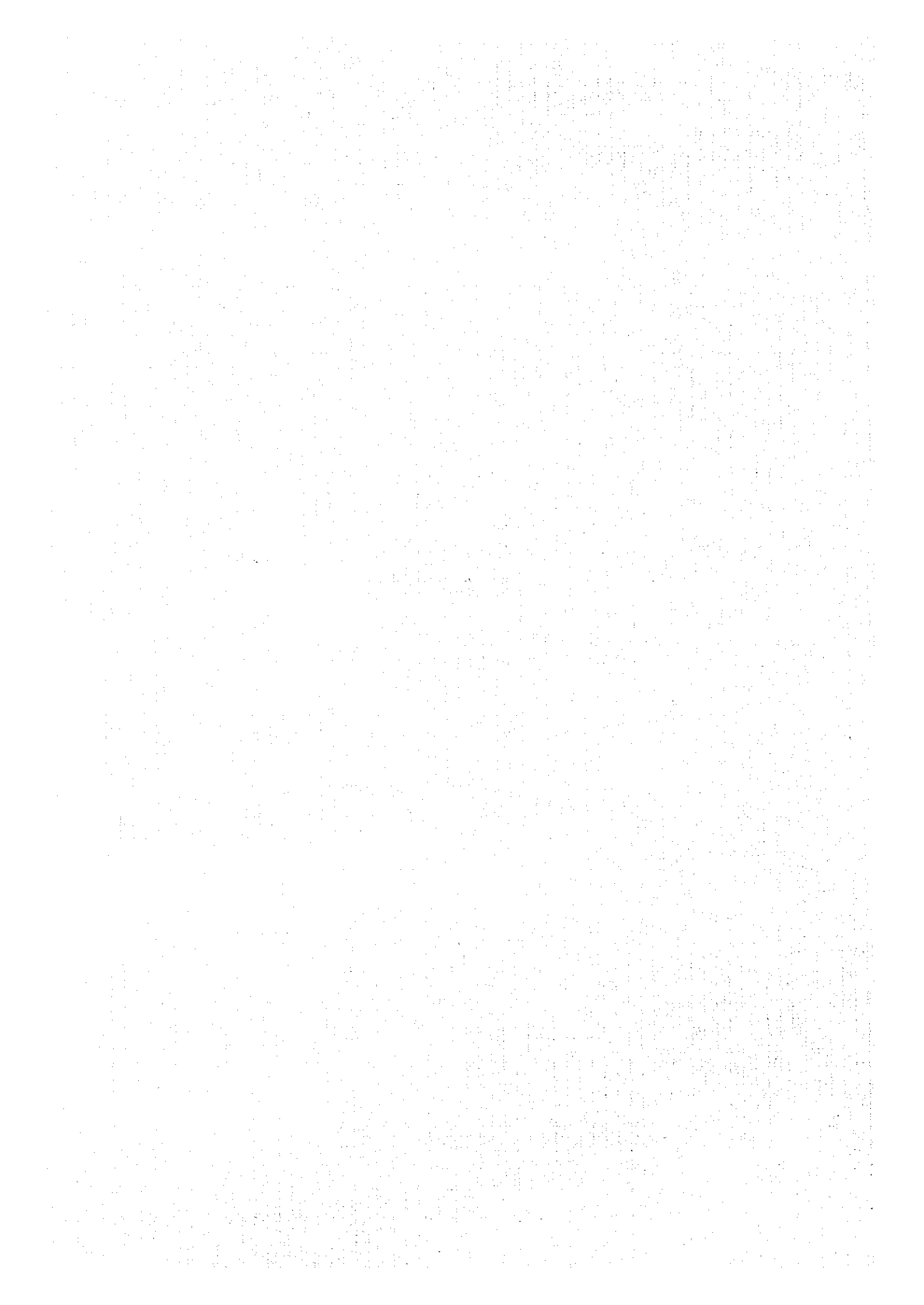
NARSでの活動を効果あるものとするには、農業機械の導入が欠かせない。現在、NARSが必要とする農業機械は表 6.5.2の内容である。

将来のNARSの必要農業機械

NO.	Description	NARS	Extension Center
		Qty	in NARS
1	Tractor 4WD, 80 PS	3	2
2	Chisel Cultivator	1	1
3	Subsoiler (Shakerator)	1	-
4	Plough	1	-
5	Leveling Harrow	1	-
6	Fertilizer Spreader	1	1
7	Rotary Cultivator	1	1
8	Mower	1	-
9	Side Rake	1	-
10	Finger Wheel Rake	1	-
11	Tight baler	2	-
12	Auto Bale Carrier / Tipping Trailer	1	-
13	Weighing Scale Kit (portable/0-13.6 tons)	1	-
14	Crop Sprayer	1	1
15	Seed Drill	1	1
16	Rear Blade	1	-
	(For small size experiments)		
17	Power Tiller with Rotary (12 HP)	1	-
18	Reversible Plough for Power Tiller	1	-
19	Ridger for Power Tiller	1	-
20	Power Sprayer (5 HP, with barrow type)	1	-
21	Reaper (5 HP)	1	-
22	Trailer for Power Tiller (Loading capacity 500kg)	1	-

第 7 章

結論と提言



第7章 結論と提言

7.1 結論

7.1.1 ネジド農業試験場(NARS)でのモニタリング調査

NARSでのモニタリング調査の結果は、以下のように概括することができる。

(1) ローズグラスの生産

1995年5月から1996年4月までの1年間での乾草収量は $613\text{kg}\cdot\text{N}/\text{ha}/\text{年}$ の割合で窒素肥料を施して $33.7\text{ton}/\text{ha}/\text{年}$ となった。夏季における乾草生産と窒素施肥量との間には、年間施肥量 $1\text{ ton}/\text{ha}$ を上限としてほぼ線形的関係を確認することができた。

(2) 土壌改良

一般に土壌中の有機質が増加すると、土壌の物理・化学特性と(微)生物の活動などの面で大きな改善効果が現れてくる。土壌中の有機質は窒素分の保持機能を持ち、窒素と硫黄成分の大半を賄う働きがある。また固結している土壌をほぐすことで、換気と水分移動の状態を改善する。

土壌変化のモニタリングを開始した時点で、土壌に含まれる有機質は非常に少ない状態であったが、約2年間に及ぶ栽培でその含有率は約1%までに増加した。一般に作物栽培を行っている土壌では1~5%の有機質の含有が根群域に認められる。この有機質により、土壌の物理性、化学性および微生物の活動が改善される。

しかし土壌の成熟化の面で見れば、NARSの土壌は未だ未成熟な状態であり、土層の発達や土壌構造の進化が低く、今後とも継続栽培による改良が必要な状態である。土壌の化学分析では、塩基置換容量と栄養性は低い。窒素、リンなどの多量栄養素や微量栄養素も低い状態にある。このような問題はあるものの、適性の灌漑と施肥の実施でローズグラスやデーツのほかタマネギ、ニンジン、オクラのような野菜、その他スイカのような作物の栽培が十分可能である。

(3) 地下水位水位の線形的低減

水理地質学の一般的な理論によれば、継続揚水の開始以降最初の1年の間に50%から70%の水位低下が発生すると予想されているが、揚水開始後2年を経

過した現在でも NARS での地下水水位の線形的低減は続いている。この現象は単に NARS の揚水に依るものだけではなく、周辺での揚水活動の複合的現象と見られる。将来の農業開発を行うには、NARS のみでなく、周辺での揚水量の把握も含めた継続モニタリングを Dauka, Shasr, Hanfeet, Quitbeet および Wadi Mokhawrim などを含む広域で実施することが必要である。

(4) 気象観測と水利用

'95 年から '96 年にかけての気象観測結果を踏まえた可能蒸発散量の推計値は、年間を通じて現地で測定した蒸発計蒸発量の約 75% となっている。このことは 2 つの新たな可能性を示唆している。一つは、蒸発計蒸発量の 75% がその日の可能蒸発散量の値と見なされそうであり、容易に適性な灌水量を知ることができることである。2 つめは、現在 NARS で使用している灌水量が Thumrait の気象記録を基に推定されていたが、今後は NARS での気象観測結果を踏まえることで、可能蒸発散量の見直しを行い、適用水量を減少させる可能性がある。

(5) 灌漑必要水量と間断灌漑の可能性

今回の調査の結果として土壌の保水能力と土壌水分の測定結果から、現在行われている毎日灌水に代わって間断灌漑の実施の可能性が判明してきた。NARS の土壌の保水能力は 112mm/m と見られ、その内利用可能水分が 2/3 とすれば 75mm に相当する。この条件で仮に最大作物必要水量が 15mm/日とすれば、5 日間の必要水量が土壌に含まれていることになる。例えば、牧草の収穫時には概ね 4 日から 1 週間灌漑を停止するが、この無灌水期を経ても牧草は順調に再生を始めていることからこの間断灌漑の可能性は認められる。

7.1.2 農業開発計画

オマーン国政府の農業部門における主要な開発政策は、1) 持続的な農業開発、2) 国内生産の増大、3) 輸入代替を目指す食料自給の達成、4) 雇用機会の創出および 5) 天然資源および環境の保全である。これら政府の開発政策と調査地域の物理的、社会経済的状況に基づいて、ネジド地域農業開発計画の固有の開発目標を次のように認識することができる。

1. 適切な水資源開発による、自給を目指す農業生産地区の拡大
2. 地域オマーン人の新たな雇用機会の創出および農業労働力の改善
3. 農業試験および普及活動に対する、公的サービスの強化および近代化

ネジド地域において適切で持続的な農業を確立するために農業試験を実施し、継続的な観測による地下水の開発潜在力を予測する目的で、フェーズ I 調査においてパ

パイロットファームが提案され設立された。このパイロットファームは後にネジド農業試験場 (NARS) と名称を変更され、科学的な研究にその重要性が向けられ、本来のパイロットファーム構想の目標は一部変更される結果となった。開発計画の第1段階の終了時における全体評価において、NARSでの2年間の観測活動により、土地・水資源などに関するモニタリング調査および農業調査はそれらの目的が達成された。

一方、調査地域のセンターピボットの数および灌漑による耕作面積は、この2~3年の間に急激に増加している。開発面積は既に800ヘクタール以上になっており、建設中、計画中の面積を加えると、開発総面積は1,000ヘクタール以上と算定される状況となっている。

調査地域の地下水資源は近年の急激な揚水量の増加により局地的な水位低下が発生している。最大の低下はセンターピボット使用の灌漑が近年劇的に拡大したHanfeetで発生している。水位低下量の85%以上が運用初年度に発生し、揚水開始後1~3年度ではわずかな低下しかないといわれていた。しかし、ネジド地域での現況の井戸の現象は非常に異なっている。従って、将来の開発のためにネジド地域において、広範囲かつ継続的な地下水調査が求められている。

本ネジド地域農業開発計画においては、水資源が農業開発における最大の制限要因であり、開発の速度および規模は地下水の潜在力によって決定されることは、フェーズI調査の結果およびフェーズII調査の現地調査で明確である。

広大なネジド地域の水文地質学は未知であり、滞水層の特性のより詳細な理解および持続的な利用量の検討のためには、更なる評価が必要である。水資源省の政策ではこの目標を達成するために、初期段階の水資源の利用に注意を払いかつ利用を限定することになっている。そのため、水資源省は初期段階で小規模な農業開発を実施し、最初の3~5年は滞水層の特徴を継続に評価し、その評価を基にネジド地域における長期の開発戦略策定に支援を行うことを提案している。

調査地域での地下水の顕著な低下は、開発段階を進展させるための評価項目と考えられた、適正な範囲内とは認められない。また、現在なお地下水調査に関連する多くの不確実なことが存在する。従って、フェーズI調査で提案された、500ヘクタールの開発を意図する開発計画の第2段階に移行する前に、開発基本構想に関してフィードバックが必要であると判断される。さらに、近年の農業開発の現況を考慮すると、フェーズI調査で提案された、ネジド地域における将来の農業開発計画の開発基本構想を再考することが不可欠である。主に、農業開発の次段階のために、ネジド地域農業開発計画の基本構想として次の3項目が提案される。

- 1) 農業開発構想の再考および持続的な開発
- 2) ニューパイロットファームの設立

3) 営農技術および技術移転

パイロットファーム計画は、段階的農業開発構想に基づいて進展した。しかし、パイロットファーム構想の当初の目的の一部は達成されておらず、現在も残存したままである。例えば、第1段階の全体評価における1) 地下水の系統的管理体系の構築、2) 訓練および普及体系の構築、3) 商業基盤に基づく営農管理に対する支援体系の明確化等は、それらの目的を達成していない。さらに、地下水に関連する多くの不確実なことが存在する。従って、ニューパイロットファーム設立の主要な目標は、これらの目的を達成することである。ニューパイロットファームの主要な役割は次のとおりである。

- 1) 開発次段階のための地下水開発可能性の評価
- 2) 開発次段階のための営農管理の達成

ニューパイロットファームに参加する新農民のグループは、営農に従事する前に、NARSにおいて十分な訓練を受け、ニューパイロットファーム開設後は、実地訓練により、NARSから技術移転がなされるべきである。

ニューパイロットファームの灌漑作付け面積は、30haのセンターピボット1基、生産井と観測井各1本で構成される。また、短期の開発期間は最初の4年間、長期の開発期間は5年度以降と考えられる。提案される農場の数は、ニューパイロットファームの目標を考慮し、Quitbeet村北部、Shasr村北東部およびWadi Mokhawrimの3ヶ所である。

提案される作付け体系は、4年間の土壌改良期間においてはローズグラスを栽培し、続く改良後は冬期野菜が作付け面積の半分に導入される。ローズグラスと野菜の栽培地は、5年毎に入れ替えられる。さらに、各野菜を栽培するようにする。

不利な自然環境の砂漠地域に膨大な資金を投じて、安い国際価格の農産物を生産する農業開発は、経済的に妥当でないことは明確である。全初期費用の約55%を政府補助金で負担する場合で、財務内部収益率は6.5%の割引率を超過する。財務内部収益率の算定結果から、オマーン国政府はニューパイロットファーム計画の実施のために、財務的観点から一定量の補助金を支出する必要がある。

本計画の実施効果は計量可能な直接的な便益のほかに、1) 持続的な開発、2) 人的資源の開発、3) 雇用機会の創出、4) 生活水準の向上および5) 公的サービスの強化と近代化など計量不可能な二次的または間接的な便益も認識される。

7.2 提言

7.2.1 ネジド農業試験場に関する提言

- 1) 将来の開発を担う人的資源の開発は農漁業省下のルメイス農業試験場やスルタンカブス大学との協力の下で行う。
- 2) NARS の基本的方向は、節水灌漑技術の確認と適正導入作物の多様化の検討により将来のネジド農業を育むことにある。加えるに、これらの課題に関連する試験と技術の普及を行う。
- 3) 開発対象地域の現状把握をより詳細に行うべきであり、その一環としての気象観測は継続すべきである。
- 4) NARS が独自に土壌や作物の詳細分析ができる必要機材の導入が求められる。
- 5) 将来のネジド農業開発が調和を持って進めるように、NARS は関連する情報の更新と国家開発方針などの上位計画との調整を担うことが望まれる。
- 6) NARS は今後とも試験、研修および普及の課題を担うことが求められる。

7.2.2 ネジド農業開発計画に関する提言

ネジド農業開発に係る多くの制約条件を考慮し、以下の提言を行う。

- 1) 近年の急激な水位低下の原因と見られる無規制な地下水取水に対し、民間による新規開発を当面規制する。
- 2) 開発現況の把握に努力する一方、開発状況モニタリング体制の設立と地下水資源の評価体制を強化する。
- 3) 広域モニタリング体制の一環および政府主導による適正開発の具現として必要な施設と機器を備えたニューパイロットファーム事業の実施をする。このニューパイロットファームはNARSの管理下に置く。
- 4) ネジド農業開発を適正に進める観点からも、NARS は今後とも試験、研修および普及の課題を担うことが求められる。
- 5) 将来の開発のために必要な情報を交換し、省庁間の共通構想を樹立するために、ドファール州政府、水資源省、住宅省およびその他の関係機関を含む開発調整委員会を設立する。
- 6) NARS が担う研究、研修および普及とは別に、政府による農民への補助および作物出荷への助成を強化する。

アネックス

1 JICA調査団員名簿

Mr. Seishiro Suzuki	Team leader
Dr. Hiroshi Ikeda	Cultivation, Experimental Trials
Mr. Yutaka Nozaki	Agriculture development planning
Dr. Chellasamy Murugaboopathi	Soil
Mr. Yoshihisa Zaitso	Crop
Mr. Yusuke Oshika	Groundwater

2 カウンターパート名簿

Directorate General of Agriculture, Animal wealth and Fisheries (DGAAF) Dhofar Governorate, Ministry of Agriculture and Fisheries

Sayyid Hilal bin Mussallam Al-Busaidi	Director General
Mr. Mohamed bin Ahmed bin Mahfooz Al Sheikh	Deputy Director General (Administration and Finance)
Mr. Ahmed bin Alwi Al-Deeb	Deputy Director General (Technical affairs)
Mr. Salem Abdullah Mohammed Al Shanfari	Director of Financial and Administrative Affairs
Mr. Naji Bakhit Mohammed Al-Mesheik	
Mr. Ahmed bin Mohammed Al-Ghafri	

Nejd Agricultural Research Station (NARS)

Mr. Ahamed Shanfari	Director, Nejd Agricultural Research Station (NARS)
Mr. Bakhit Said Al-Shahry	Engineer, Soil and Water, NARS
Mr. Badar Nasser Abdulrah Al-Yafai	Engineer, Crop Production, NARS
Mr. Naeem Said Shogaib	Engineer, Soil and Water, NARS
Mr. Mohammed Firah Masan	Technician, NARS
Mr. Gahzey A. Bahjaj	Technician, NARS
Mr. Abdullah Ahmed Said Ali-Jadad	Technician, NARS
Mr. Said Suheil Salem Gadad	Technician, NARS
Mr. Mohammed Suhail Jadad	Technician, NARS
Mr. Salem Mohamed Tamach Al-Mashani	Technician, NARS
Mr. Salim Mohammed Al-Shashai	Technician, NARS

Salalah Agricultural Research Station (SARS), DGAAF

Mr. Mohamed bin Shamas	Director of SARS, DGAAF
Mr. Abood Mubarik Al-Shashai	Engineer, Soil & Water, SART, DGAAF
Mr. Awadh Abdullah Al-Seegh	Entomologist
Dr. Mohamed S. Abbas	Soil and Water
Dr. Ibrahim Barakat El-Bakhiet	Entomologist

Department of Irrigation, DGAAF

Mr. Ahmed Sulaiman Ba-Omar	Director of Irrigation, DGAAF
Mr. Salem Tabook	Engineer
Mr. ER.L.K.Khanna	Expert, Irrigation Department, DGAAF
Mr. Mohammed F. Al-Baloshi	Engineer
Mr. Hamid Abdullah Ba--Omar	Technician
Mr. Salim Said Al-Shahari	Technician

Department of Agriculture

Mr. Abdullah F. Abdoon	Director of Agriculture
Mr. Shafi Al-Bossy	Statistic Division, Department of Agriculture

JICA