

4. 4 地下水資源評価

今回の調査結果ならびに既存の調査結果にもとづき次の3種の地域的地下水賦存モデルを考えた。

- a) 孤立した被圧帯水層モデル
- b) 涵養のない残存水頭勾配地下水流動モデル
- c) 涵養のある残存水頭勾配地下水流動モデル

各モデルの地下水資源に対する制約は上記の順序で減少する。

4.4.1 孤立した被圧帯水層モデル

このモデルは地下水資源量推定の場合、最も慎重な立場から利用可能資源量の最低値を与える。

このモデルでは地下に孤立した流動のない水塊があるとする。ネジド中央部ではPAWRの放射性炭素による地下水年代の分布がほぼ一様である点や、地下水の地域的水頭勾配が小さく、なおかつEC等値線が長円形に近いことなどから、このモデルが成立している可能性もないとはいえない。

計算に際しては長円形の領域をEC 1,500～2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 等値線に沿って設定した。

この長円の長径は160kmでSW-NE方向にのび、短径は90kmでSE-NWである。また全面積は11,000km²となった。

この長円内の代表地点としてプロジェクト・サイトを選んだ。プロジェクト・サイトは長円内のほぼ中心に位置するばかりでなく、被圧水頭が丁度地表に到達するからである。帯水層の水理定数は、プロジェクト・サイトでの揚水試験によるものを用いた。

水資源推定値として、特定の水頭低下(Δh)に到る揚水年限(t)を用いたが、 t は次の式によって求められる。

$$t = \frac{1}{Q} \cdot A \cdot b \cdot n \cdot k \cdot \frac{\Delta h}{10} = \frac{v}{Q}$$

ここで、

- v : 利用可能水量 (m³)
- Q : 年間揚水量 (m³/yr)
- A : 孤立被圧帯水帯分布面積 (m²)
- b : 帯水層厚 (m)
- n : 帯水層間隙率
- k : 水の圧縮率 (kg f⁻¹・cm³)
- △h : 水頭低下 (m)

計算には次の値を用いた。

$$A = 1.1 \times 10^{10} \text{ m}^2$$

$$b = 60 \text{ m}$$

$$n = 0.2$$

$$k = 0.44 \times 10^{-4} \text{ (kg f}^{-1} \cdot \text{cm}^3\text{)}$$

帯水層厚 b は N J D - 1 の試錐の際に 400m 深付近にもカルスト帯が認められたため、その分も考慮した。帯水層間隙率 n は、被圧地下水が完全に孤立しているとして次の式によって推定できる。

$$n = \frac{10S}{kb}$$

ここで S は貯留係数である。

S を今回の揚水試験の平均値 4.6×10^{-5} とし、b を 40~60m として計算すると、

$$n = 0.15 \sim 0.26$$

となる。便宜上 $n = 0.2$ とした。なお Q は、調査地の環境下で推定される 50ha の農地でのかんがい揚水量 68 l/sec を基礎水量として用いた。

計算結果は表 4.4.1 のようになる。

表 4.4.1 孤立した被圧帯水層モデルによる
地下水資源利用可能年数 t

水頭低下 Δh (m)	利用可能 水量 V (MCM)	開発農地 面積 B (ha)	50	100	300	1000
		年間用水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	42
10	5.8		2.8	1.4	0.5	0.2
50	29	利用可能 年数 t (年)	14	7	2.2	0.7
100	58		28	14	4.5	1.4
200	115		55	28	9.2	2.8
300	169		77	40	13	4

実際上の水頭低下の限界としては、揚水ポンプの性能や現地の地形から 100～200 m が設定できるが、この限界内で 50ha の農地を開いた場合 30～60 年の営農が最低限可能であることが分る。

開発と水資源調査を平行させれば、今後の開発拡大を保障する調査結果が次第に蓄積されて行くことであろう。

4.4.2 地下水涵養のない残存水頭勾配モデル

4.1.2 および 4.1.3 で論じたようにネジド地方では地下水の流れがいくつかのゾーンに分かれている可能性がある。

このような視点からプロジェクト・サイトを南西から北東に貫く地下水ゾーンを考察した (図 4.4.1)。既存の地質図や水文地質の情報をこのゾーンに関連して概観すると、このゾーンの南西端には南イエメンの Mahrat 山脈に U E R 層の大きな露頭があり、このゾーンの北東端には Rub' Al-Khali 大砂漠のほずれに Umm Al-Samim という大サブカ (塩湿地) がある。Mahrat 山脈は現在衛星画像の解析によって南アラビアの降水帯からはずれていると考えられるが、降水さえあれば明らかに地下水涵養が行われる地域である。

一方、Umm Al-Samim は南東アラビア最大の内陸流出域として知られこの地域の地表水及び地下水が大量に蒸散しているとされている。

このゾーンの縦断面の概略を図 4.4.2 に示した。

この縦断面によるとプロジェクト・サイトから地下水の流下先である Umm Al-Samim までの地表勾配は 5.4×10^{-4} と計算されるが、この値は地域的下位 U E R 地下水の水頭勾配 9.0×10^{-4} とプロジェクト・サイトの局地的水頭勾配 2.3×10^{-4} のほぼ平均である。

プロジェクト・サイトでは地下水の被圧水頭は丁度地表に達しているので、地下水はUmm Al-Samimを流出点とした流動態勢にあると想定することもできる。

すなわちMahrat山脈で涵養された地下水はプロジェクト・サイトを経てUmm Al-Samimへ流れ、そこで地質構造的に地表に流出し蒸散するというモデルが想定できる。

現在の水頭面を上流側に延長すると、水頭面は下位UER層をその露頭帯の北東部で切っている。これを現在の自由地下水面と考えると、現在の自由地下水面は洪積世アラビア多雨期に涵養された地下水が、その後の気候の乾燥化によって涵養を断たれ、漸時水位を低下させて現在に到ったと説明される。

なお、南アラビアでは6,000–36,000年B.P.に2～3回の多雨期があったとされており（McClure, 1976）、調査地域の地下水の放射性炭素年代も15,000–24,000年を示している。

このような地質時代に遡る地下水流動の現象は、化石地下水の残存水頭勾配流動という概念で北アフリカやアラビア半島の地下水について論じられている（Burdon, 1977及びBakiewicz 他、1982）。

この節では残存水頭勾配モデルを次の2段階に分けて取り扱うことにする。

- 1) 下位UER帯水層が多雨期には露頭地帯に自由地下水面があり、その後現在の推定位置まで残存水頭勾配による地下水流出によって水位低下をきたしたとして、地域的透水量係数Tを推定する。
- 2) この透水量係数Tを用いて、今後の地下水資源開発に伴う水位低下を推定する。

(1) 多雨期後の水位低下の仮定によって決定される地域的透水量係数

透水量係数推定の計算には次の基本条件を取り入れた。

既存の地質図（オマーン石油鉱物省50万分の1地質図、1968）ではMahrat山脈のUER露頭部を上位と下位に分けていないので、UER層の一般的傾向である全層厚の3分の2を下位UER層とした。この結果層界は標高1,000mに設定された。

また露頭から現在の自由地下水面のある位置までの下位UER層の地層勾配を北東に 5.9×10^{-3} とした。これはプロジェクト・サイト周辺の地域的地層勾配 2.4×10^{-3} よりは急峻であるが、海岸部の造山運動によると考えることができる。

計算のための座標及び幾何学的設定は図4.4.3に示した。

帯水層内にQの流れがある場合には、次の数式が成立する。

地下水流動については、

$$Q = T D \cdot \frac{y}{x} = -n D W \cdot \frac{dy}{dt} \quad \dots\dots (1)$$

帯水層の幾何学的配置により

$$y = C (x - a_2) + h_2 \quad \dots\dots (2)$$

ここで、

T : 透水量計数

n : 帯水層の間隙率

$$n = 0.2$$

D : 帯水層の横断巾

$$D = 60 \times 10^3 \text{ m}$$

W : 自由地下水面の縦断巾

$$W = 10 \times 10^3 \text{ m}$$

C : 帯水層の勾配

$$C = 5.9 \times 10^{-3}$$

a₂ : Umm Al-Samimから現在の自由地下水面までの距離

$$a_2 = 556 \times 10^3 \text{ m}$$

h₂ : 現在の自由地下水面のUmm Al-Samimからの比高

$$h_2 = 363 \text{ m}$$

この連立方程式の解は次のようになる。

$$T = n W \cdot \frac{1}{t} \left[\frac{1}{C} (h_{20} - h_2) + \left(a_2 - \frac{h_2}{C} \right) \ln \left(\frac{h_{20}}{h_2} \right) \right]$$

ここで、h₂₀は帯水層底の露頭標高で、帯水層の層厚bを60mとした時、h₂₀ = 937mとなる。

いくつかの多雨期終了の時期を現在からt年以前としてTを計算した。結果は次表のようになった。

t (年)	5,000	10,000	15,000	20,000
T (m ² /day)	620	310	210	150

得られた透水量係数Tはこれまでネジド地方で下位U E R帯水層について測定された値の範囲に含まれるが、少し小さめにでている(表4.4.2)。

もしも帯水層の横断巾がネジド地方と露頭地帯で異なる場合はTはその横断巾の比だけ大きくなるので、最もあり得る場合として露頭地帯では横断巾が2倍であるとする、Tは $1,240\text{m}^3/\text{day}$ となる。

以下に続く計算ではTを $1,240\text{m}^3/\text{day}$ から $210\text{m}^3/\text{day}$ の範囲で扱うことにする。

(2) 特定水位低下量に対する地下水揚水の可能継続年数

涵養のない残存水頭勾配モデルでは、地下水水頭は非定常で遞減する。この傾向は調査地域の長期地下水位観測でも観測されている(4.1.3 参照)。

地下水揚水が開始されると、水位低下は加速される。

揚水がプロジェクト・サイト付近で帯水層巾にわたって一様に行われるとして、図4.4.4 に示すようなモデルのもとで計算式をたてた。

ここで、

n	: 帯水層の間隙率	$n = 0.2$
D	: 帯水層の横断巾	$D = 60 \times 10^3 \text{ m}$
W	: 帯水層の水平縦断巾	$W = 25.4 \times 10^3 \text{ m}$
e	: 帯水層の勾配の逆数 $1/C$	$e = 422.8$
a	: Umm Al-Saniimからプロジェクト・サイトまでの距離	$a = 413 \times 10^3 \text{ m}$
h_0	: プロジェクト・サイトの帯水層頂部標高に対する Umm Al-Saniimの比高	$h_0 = 34.5 \text{ m}$
h_{20}	: プロジェクト・サイトの帯水層頂部標高に対する 帯水層自由地下水面の現在の比高	$h_{20} = 338.4 \text{ m}$
h_1	: プロジェクト・サイトの帯水層頂部からのある時期の水頭高	
h_2	: プロジェクト・サイトの帯水層頂部標高に対するある時期の 自由地下水面の比高	
Q	: 揚水量 50haにつき68 l/secとした	
T	: 透水量係数	

以上の条件下で次の各式が成り立つ。

地下水流と自由地下水面の低下については、

$$-n \cdot DW \cdot \frac{dh_2}{dt} = TD \cdot (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{eh_2} \dots\dots (1)$$

揚水による地下水量連続の条件として、

$$TD \left[\frac{(h_2 - h_1)}{eh_2} - \frac{(h_1 - h_0)}{a} \right] = Q \dots\dots (2)$$

この連立方程式の解は、

$$t = \frac{e \cdot n \cdot W}{T} \left[(h_{20} - h_2) + \left\{ \frac{a}{e} \left(1 - \frac{eQ}{TD} \right) + h_0 \right\} \right. \\ \left. \times \ln \left(\frac{\frac{Qa}{TD} - h_0 + h_{20}}{\frac{Qa}{TD} - h_0 + h_2} \right) \right] \\ h_2 = \frac{ah_1}{a + eh_0 - \frac{Q \cdot e \cdot a}{TD} - eh_1}$$

特定の水位低下に対する各揚水量継続稼働年数の計算結果は表4.4.3 に示しておりである。

水位低下は2段階で進行する。初期水位低下は主として被圧水頭の損失によって起こるが、長期の水位低下は自由地下水面の低下によって進行する。計算結果によると次の2点が特徴としてあげられる。

- a) 利用可能年数は一般にかなり大きく数千年の単位である。
- b) 揚水量すなわち農地面積の規模は初期水位低下によって規制される。
1,000ha の農地規模ではたちまち揚水不能水位に低下する可能性が高い。

表 4. 4. 2

表 4. 4. 2 ネジド地方帯水層の水理定数

Well No.	Total Depth (m)	Depth to Water (m)	Transmissivity (m^2/d)	Specific Capacity ($m^3/d/m$)	Aquifer Zone
BG117784AA	95	32 (7/2/86)	22,000	4,700~8,700	Rus
YV892605AA	132	Flowing	10~20,000	640~840	Upper UER
ZV099779AA	300	25 (22/7/85) 25.86 (22/11/87)	40~150	110~180	"
8F263460AA	400	Flowing	400~1,000	250~280	Lower UER
ZA035301AA	300	"	—	—	"
YA715978AA	250	"	110~610	290~470	"
8F298464AA	400	"	—	—	"
8F410641AA	287	30.01 (19/8/85) 35.05 (21/11/87)	1,700	820~3,120	"
YV760834AA	412	32.9 (13/10/84)	26	18~65	"
YV847043AA	492	69.48 (23/12/84)	60~120	170~330	"
YV826118AA	250	112 (13/10/84)	50~200	76~170	"
AF920700AA	275	48.75 (24/2/85) 44.26 (22/11/87)	1.5	7~11	UER ?
AF808848AA	288	44.43 (15/3/85) 44.41 (26/10/87)	11,000	390	"
AE872525AA	257	79.11 (14/2/85) 81.55 (26/10/87)	1,000	230~320	"

(Supplemented with PAWR, 1986)

表 4.4.3 涵養のない残存水頭勾配地下水モデルによる
地下水資源利用可能年数

1) $T = 1,240 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42
初期水位低下 Δh (m)	8.3	17	51	84	170
初期水位低下に要する 時間 t (年)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	1450	1070	—	—	—
	100	3380	2790	1330	400	—
	150	5740	4770	2680	1600	—
	200	9180	7300	4080	2750	930

2) $T = 620 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42
初期水位低下 Δh (m)	17	33	100	170	>200
初期水位低下に要する 時間 t (年)	3.8	3.8	3.8	3.8	—

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	2140	944	—	—	—
	100	5580	3880	—	—	—
	150	9530	6990	2380	—	—
	200	14600	10500	4600	1860	—

3) $T = 310 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42
初期水位低下 Δh (m)	33	67	7200	—	—
初期水位低下に要する時間 t (年)	7.6	7.9	—	—	—

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	1890	1070	—	—	—
	100	7760	3350	—	—	—
	150	14000	8300	—	—	—
	200	21000	13200	—	—	—

4) $T = 210 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42
初期水位低下 Δh (m)	50	99	7200	—	—
初期水位低下に要する時間 t (年)	12	12	—	—	—

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	104	—	—	—	—
	100	7990	80	—	—	—
	150	16000	7240	—	—	—
	200	24400	13800	—	—	—

図 4.4.1 下位UER帯水層のゾファール地方
における流動モデル

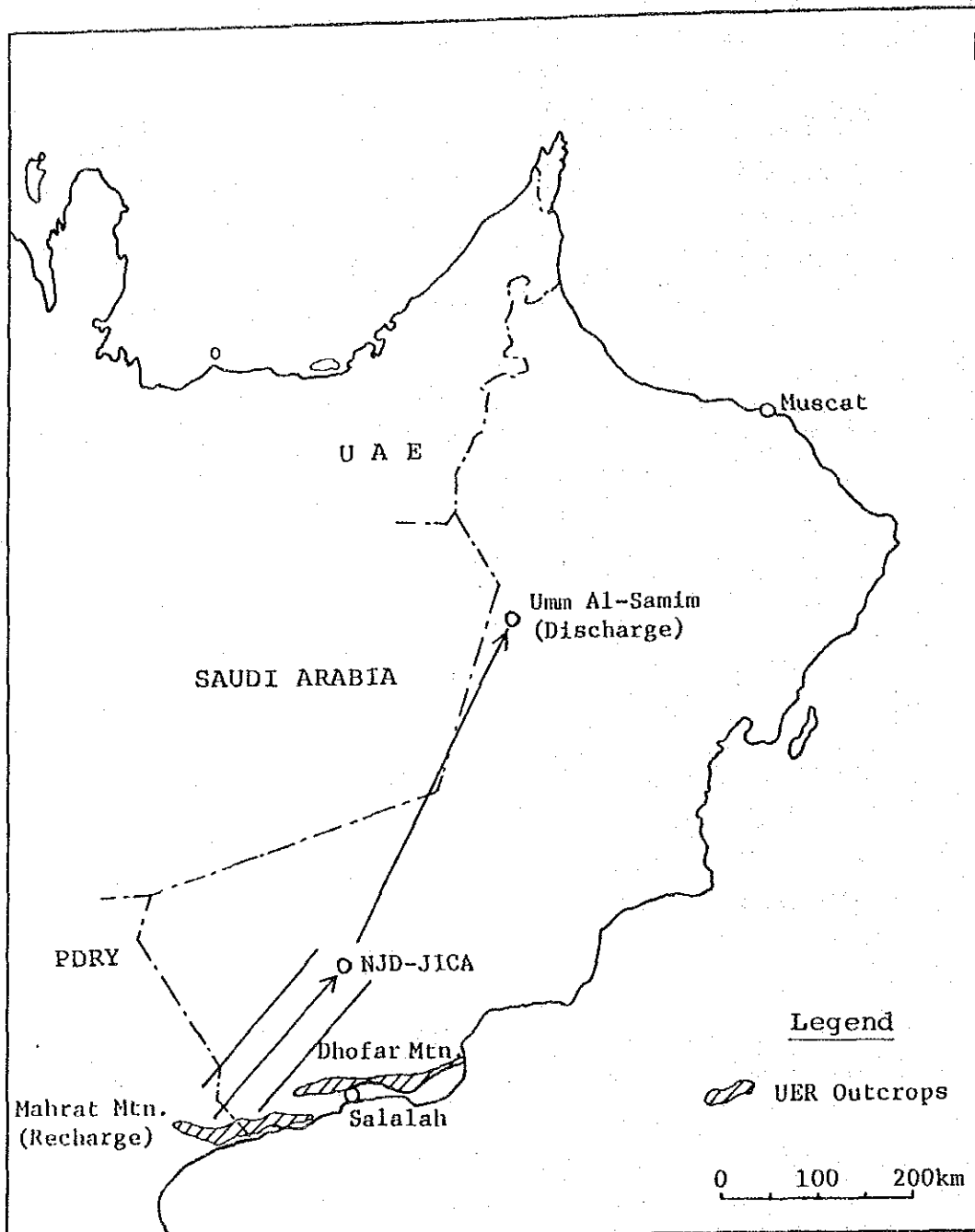


図 4.4.2 下位UER帯水層流動モデルの縦断面図

図 4.4.2

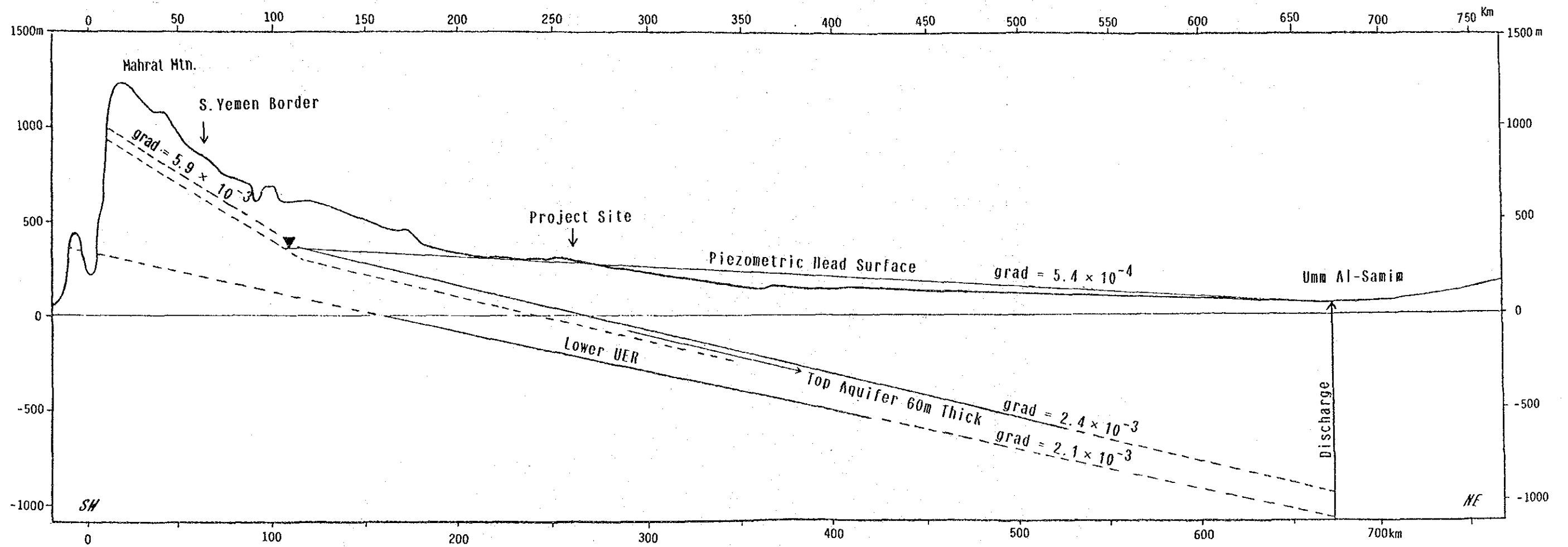


図 4.4.3 残存水頭勾配モデルによる
多雨期後の水位低下計算模式図

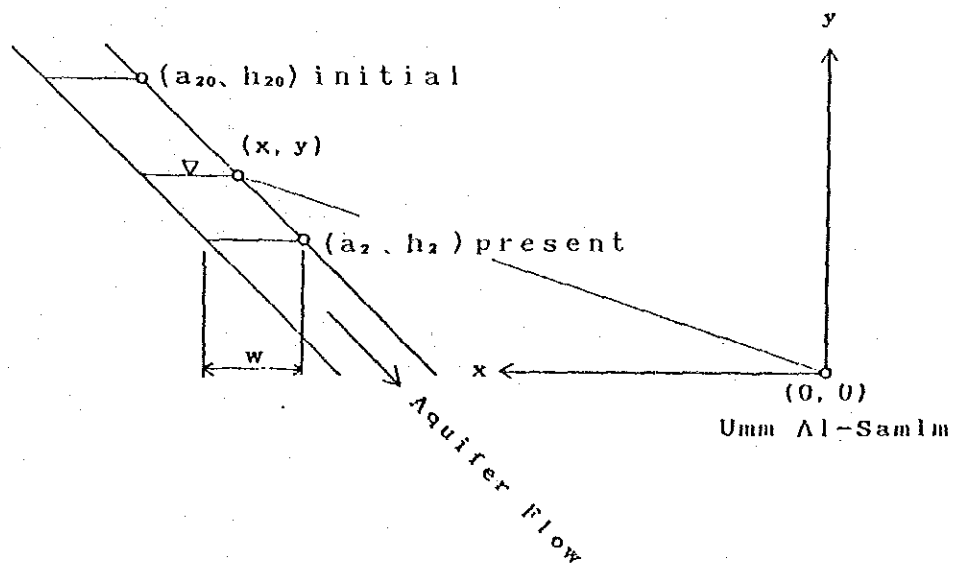
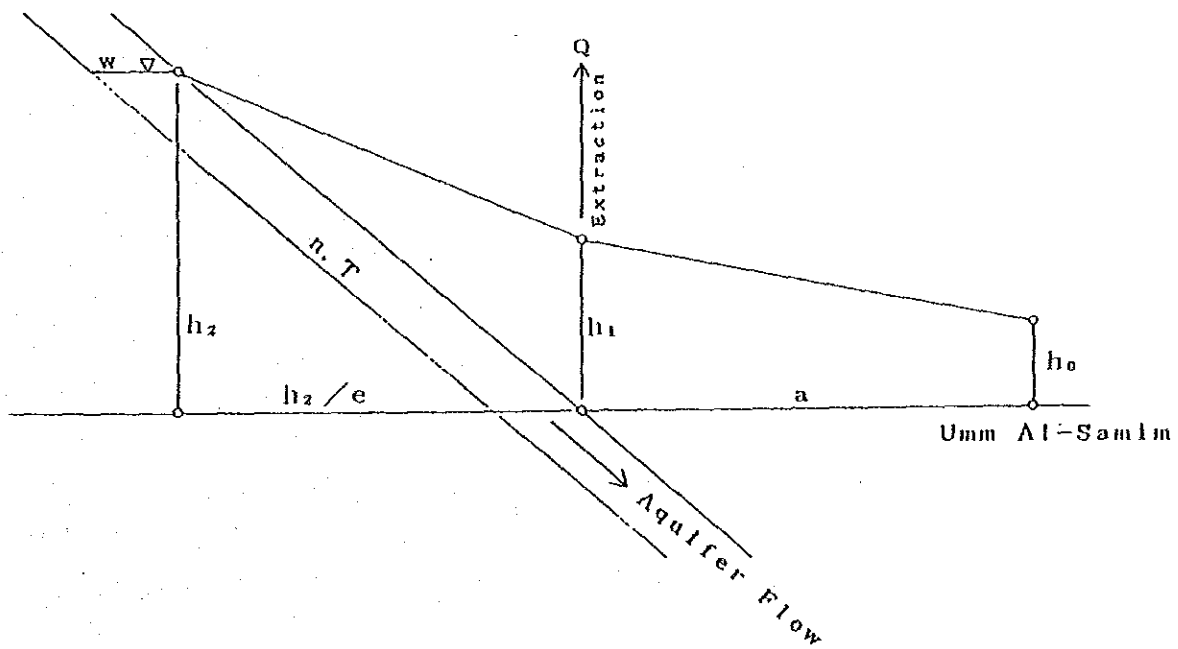


図 4.4.4 揚水の影響下にある残存水頭勾配モデルの
水位低下計算模式図



4.4.3 地下水涵養のある残存水頭勾配モデル

このモデルは前節のモデルに準ずるが、地下水定常流を仮定する。すなわち地下水は涵養 P により定常流となっているとする。これにより、次の各式が成立する。

地下水流と自由地下水面の低下については、

$$-n \cdot DW \frac{dh_2}{dt} = -P + TD(h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{e h_2} \dots\dots (1)$$

揚水による地下水流量連続の条件として、

$$TD \left[\frac{(h_2 - h_1)}{e h_2} - \frac{(h_1 - h_0)}{a} \right] = Q \dots\dots (2)$$

この連立方程式の解は次のようになる。

$$\begin{aligned} P &= TD(h_{10} - h_0) \cdot \frac{1}{a} \\ t &= \frac{e}{\left[1 - \frac{e}{a}(h_{10} - h_0)\right]^2} \cdot \frac{CW}{T} \left[\left\{1 - \frac{e}{a}(h_{10} - h_0)\right\} (h_{20} - h_2) \right. \\ &\quad \left. + \left\{\frac{a}{e} - \frac{aQ}{TD} + h_0\right\} \ln \frac{\frac{a}{TD}Q}{\frac{a}{TD}Q - h_{10} - \left\{\frac{e}{a}(h_{10} - h_0) - 1\right\} h_2} \right] \\ h_2 &= \frac{a h_1}{\left(a + e h_0 - \frac{Q e a}{TD} - e h_1\right)} \end{aligned}$$

ここで、

h_{10} : プロジェクト・サイトの帯水層頂部からの現在の
水頭高 $h_{10} = 260.4\text{m}$

特定の水位低下に対する各種揚水量の継続稼働年数は上式によって表4.4.4 のように計算された。

水位低下が2段階で進行するのは前節と同様である。初期水位低下に要する時間も前節と同じである。

ただしこのモデルでは揚水量によっては水位は平衡水位になる。

もし平衡水位に達するならば揚水は水位変化することなく無限につづけられる。

しかしここでも初期水位低下による制限が、揚水量すなわち農地面積を大きく支配する。

1,000ha の農地開拓では揚水不能水位がたちまち到来する可能性が高い。

表 4.4.4 涵養のある残存水頭勾配地下水モデルによる
地下水資源利用可能年数

1) $T = 1240 \text{ m}^3/\text{day}$

$P = 40500 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	∞	9400	—	—	—
	100	∞	∞	3800	800	—
	150	∞	∞	9600	3200	—
	200	∞	∞	∞	6200	1400
平衡水位 Δh (m)		32	65	196	>200	>200

2) $T = 620 \text{ m}^3/\text{day}$

$P = 20300 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)	50	100	300	500	1000
年間揚水量 Q (MCM)	2.1	4.2	13	22	42

		水位低下に要する年数 t (年)				
長期水位低下 Δh (m)	50	18800	3200	—	—	—
	100	∞	19000	—	—	—
	150	∞	∞	4400	—	—
	200	∞	∞	8900	2700	—
平衡水位 Δh (m)		65	130	>200	>200	>200

3) $T = 310 \text{ m}^3/\text{day}$

$P = 10130 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)		50	100	300	500	1000
水位低下に要する年数 t (年)						
長期水位低下 Δh (m)	50	6600	—	—	—	—
	100	38000	7600	—	—	—
	150	∞	20800	—	—	—
	200	∞	38900	—	—	—
平衡水位 Δh (m)		130	>200	>200	>200	>200

4) $T = 210 \text{ m}^3/\text{day}$

$P = 6860 \text{ m}^3/\text{day}$

農地面積 B (ha)		50	100	300	500	1000
水位低下に要する年数 t (年)						
長期水位低下 Δh (m)	50	300	—	—	—	—
	100	23400	140	—	—	—
	150	59100	13500	—	—	—
	200	∞	27100	—	—	—
平衡水位 Δh (m)		193	>200	>200	>200	>200

4.4.4 地下水資源評価のまとめ

以上のように試算した3つのモデルのどれがネジド地方の地下水モデルとして適切であるかについては、今後の地下水観測や新たな地下水探査によって検証されなければならない。

しかし現時点では4.4.2で扱った涵養のない残存水頭勾配地下水流動モデルが比較的現実的であるように思われる。

4.4.1で扱った孤立した被圧帯水層モデルは、実際の地下水データに完全にこのモデルを実証するものがないのでおそらく地下水資源評価の極限条件としての意味しかない。

一方4.4.3で扱った涵養のある残存水頭勾配地下水流動モデルもその涵養量が現在の降水量と整合しない。すなわち地下水涵養地帯として想定しているイエメンのMahrati山地に幅1 km、長さ60～120 kmの浸透域があるとして帯水層の透水量係数 $T = 1240 \text{ m}^3/\text{day}$ について計算すると、年間涵養水深 p としては120～250 mmが試算される。この涵養量を支えるにはその6～10倍の実際降水量、すなわち1000～2000 mmの降水がなければならないが、そのような降水は現在の乾燥した環境下にはない。

4. 5 地下水揚水による影響圏および局地水位低下の推定

4.5.1 地下水揚水による影響圏

隣接する揚水井間の干渉をできるだけ小さくするためには揚水井をお互いの影響圏外に設置する必要がある。

揚水による水位低下は非平衡過程現象なので影響圏を24時間の揚水によって、1、10、100mmの水位低下が起る範囲と定義して扱うこととする。

影響圏の試算は無限に広がる被圧帯水層のもとで井戸関数 $W(u)$ により行った。

すなわち、

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \quad \dots\dots (1)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4 t T} \quad \dots\dots (2)$$

(2) 式から

$$r = \sqrt{\frac{4 T u}{S}} \times \sqrt{t} = K \sqrt{t}$$

ここで、

s : 揚水井から r 地点での水位低下

r : 揚水井からの距離

Q : 揚水量

T : 透水量係数

S : 貯留係数

t : 揚水時間

揚水は24時間であるから

$$t = 1 \text{ (day)}$$

であり、したがって影響圏 r は

$$r = K$$

である。

他の水理定数には、プロジェクトサイトの概数値および前節のモデル計算で用いた数値をとりいれた。

$$T = 4000, 1240, 620 \text{ m}^2/\text{day}$$

$$S = 4 \times 10^{-5}$$

また、揚水量にはプロジェクト・サイトの環境下で推定される50haの農地のかんがい要水量を用いた。

$$Q = 68 \text{ l/sec} = 5.900 \text{ m}^3/\text{day}$$

計算結果は表4.5.1 に示す。

表 4.5.1 単井揚水による影響圏

1) $s = 1 \text{ mm}$

T (m ² /day)	4000	1240	620
W (u)	0.00852	0.00264	0.00132
u	3.34	4.28	4.88
r = K (km)	37	23	17

2) $s = 10 \text{ mm}$

T (m ² /day)	4000	1240	620
W (u)	0.0852	0.0264	0.0132
u	1.61	2.46	2.99
r = K (km)	25	17	14

3) $s = 100 \text{ mm}$

T (m ² /day)	4000	1240	620
W (u)	0.852	0.264	0.132
u	0.323	0.892	1.32
r = K (km)	11	11	9

50haの農地で24時間に5900m³の揚水を行なった場合には、1mmから100mmの水位低下が発生する範囲は半径10kmから40kmである。プロジェクト・サイトでは、4.1.3で述べたように帯水層境界の影響があるために長時間の揚水の際には、見かけのTは小さくなり、Sは大きくなるから、rは小さくなる傾向がある。従って影響圏は10kmほどにとってもよいかもしれない。一層正確妥当な数値は今後の組織的恒久的地下水調査によって検証する必要がある。

4.5.2 局地的水位低下

地域的な水位低下は4.4で述べた地下水モデルによって推定できるが、実際の揚水の際には各井戸孔内の水位低下が発生する。プロジェクト・サイトの帯水層はカルスト的であるから、通常の理論式では正しい水位低下の計算はできない。しかし一応の目安を得るために今回掘削した井戸の孔径 8 1/2" を用い、今回生産井を予定して掘削した2本の井戸の配置で各井戸から34 l/sec 連続揚水した場合の水位低下量を計算した。局地的な水位低下は4.4で述べた地下水残存水頭勾配モデルの初期水位低下の間に井戸函数による無限大の帯水層モデルで発生する低下量をとることにした。

帯水層の条件は4.4のモデルに準じたが、水理定数には次のような数値を用いた。

$$T = 4000, 1240, 620 \text{ m}^2/\text{day}$$

$$S = 4 \times 10^{-5}$$

なお、井戸間距離Rと孔内孔径rは

$$R = 1190 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} \left(8 \frac{1}{2}'' \right) = 0.11 \text{ m}$$

とした。

なお、孔内低下量sは以下ようになる。

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} \{ W(R) + W(r) \}$$

$$= \frac{2.30 Q}{4 \pi T} \log \left[\left(\frac{2.25 T t}{S} \right)^2 \cdot \frac{1}{r^2 R^2} \right]$$

初期水位低下に要する時間を 1.9年と 3.8年にとった時の孔内水位低下量は次表のようになる。

表 4.5.2 孔内水位予測低下量

T (m ³ /day)	4000	1240	620
s (t = 1.9yr) (m)	2.5	4.8	9.9
s (t = 3.8yr) (m)	2.5	7.7	15

孔内では表4.5.2 にみられるようにおおよそ10mの局地的水位低下を見込むことができる。この水位低下量は、地域的水位低下に重なって、プロジェクト・サイトの井戸に起ると考えられる。

4. 6 今後の地下水資源の開発と保全の指針

本調査によってネジド地方の下部U E R層地下水について以下の特徴が推定された。

- a) 下部U E R層の地下水は化石地下水でありおそらく現在涵養されていない。
- b) 地下水流動はS W - N E方向で、いくつかのゾーンをなして流れている。
- c) 地下水の流動は残存水頭勾配によって支配されており、水位の自然通減の徴候がみられる。

以上の特徴から次の諸点が今後の資源保全にとって必要であると考えられる。

4.6.1 揚水井の配置の適正化

今後の開発の進展にともない多数の生産井が掘削されとことになるが、その際には各井戸の相互干渉をできるだけ少なくする努力が必要である。

帯水層水理定数の地域的分布や、帯水層の構造の広域な特徴などが不明な現時点では、明確な井戸配置をきめることはできないが、暫定的には、各揚水拠点で50 ℓ / sec の総揚水量があるとして、拠点間の距離を10~20kmとすることが望ましい。また今回の調査ではS W - N E方向に帯水層のゾーン構造が展開していると推定され、その構造は局所的にも存在すると考えられるので、揚水拠点間の距離はS W - N E方向では、S E - N W方向より大きくとる必要があるかもしれない。この問題は将来の調査によって開発と平行させつつ明らかにされねばならない。ネジド地方の地下水開発と管理は地下水の国有財産宣言を行なった1988年の勅令に沿って実施されることになるが、未解明の問題が山積し、秩序正しい開発が必須であるネジド地方にとっては、これは非常に望ましい事態である。今後の展開が期待される。

4.6.2 開発の速度および下部U E R層以外の地下水資源の探査

ネジド地方における地下水開発の速度をどのようなものにすべきかについては、1986/87年に暫定的指針がPAWRやMAF, PCDESRなど国内関係機関によって合意されている。それによると約50ℓ/secを1単位として段階的に開発すべきであるというものであった。本調査の結論も基本的にはこれと同趣旨であるが、以下の条件を追加する。

- 1) 開発に際しては必ず地下水観測の施設を設置し、観測体制を組織面、人材面ともに整備強化する。次の開発までに最低2年の調査機関をおく。
- 2) 次の段階の開発規模はこの間の調査によって査定されるが、必ずしも50ℓ/secに制限される必要はない。当初は50ℓ/secを上回る規模となる可能性が高い。

下部U E R層以外の地下水開発については本調査では肯定的な方針を打出せるデータはない。プロジェクト・サイトではダンマーム層の地下水はなく、ラス層は水量も少なく水質は $5,000\mu\text{S}/\text{cm}$ を越すほど悪い。上部U E R層は、ある程度の水量は見込まれるが、水質は、 $2,000\sim 4,000\mu\text{S}/\text{cm}$ で良くない。この帯水層の静水位は深度40mほどであり被圧の恩恵もない。しかしながらこれらの地層中の地下水は水質、水量とも地域的な変動が知られているので、今後の探査によって良い水脈が発見される可能性がある。その際の手法として、E L F - M T電磁探査法が推奨される。この手法では使用電磁波の周波数によって探査深度が異なるから、いくつかの周波数を用いれば浅層、深層の帯水層地域分布をかなり簡便に推定できる可能性がある。

4.6.3 地下水資源の管理保全体制

ネジド地方の地下水管理と保全をはかるためには適切な行政体制を整備することが必要である。この体制下では、地下水資源のモニタリング、地下水資源の恒常的探査、地下水資源の開発と管理等を実施する。

(1) 地下水資源のモニタリング

地下水資源のモニタリングを広大なネジド地方で行う際の見通しとして、オマーン北部で運用されている状況を参考にすることができる。

北部ではすでに多数の観測井が継続して観測されている。その配置密度は50kmに1井程度であるが、ネジド地方のように農業による水利用がまだ初期的で、比較的地質的に単純な地方では、観測井密度はこれより小さくしてもよい。北部では月毎の観測や維持管理のために1,000km、20井について1人の割合で要員が配置されている。ネジド地方は最大40,000kmの観測対象面積が見込まれ、観測点密度を北部の10分の1としても、80点ほどの観測点が必要とされる。このような調査地帯面積と調査地点数から最少で4人、最大で80人の人材確保が必要となる。少なくとも当初4人の専従要員の確保が必要であろう。

(2) 地下水資源の恒常的探査および将来実施が望ましい水理試験

地下水資源の探査は、地下水資源のモニタリングと新規の探査／観測井の掘削の組合せで進行する。新規の探査／観測井は独自のプロジェクトによる掘削だけでなく、新たな地下水開発計画の中に含めて実施されることが望ましい。

帯水層の水理定数を広域にわたって決定するために、長期的な連続揚水試験を実施することが望ましい。期間としては2週間以上、場合によっては2ヶ月もしくはそれ以上が望まれる。こうした長期揚水試験は試験農場もしくはパイロットファームのような実際の農業開発事業の中の一部としてとり行う方がよい。実際の開発事業によって揚水された水は無駄なく灌漑用水として使われることになるからである。

この報告書ですでに論じたように、井戸掘削が原因で孔壁沿いの地層間の漏水が起らないようにすることも大切である。今後新たな井戸の掘削を実施する場合は、その井戸が目標とする帯水層の上位の帯水層にピエゾメータを掘削することが望ましい。このピエゾメータによって漏水の解析はより完全なものになるだろう。

(3) 地下水資源の開発と管理

ネジド地方における地下水資源開発においては当然のことながら行政側の強い関与が必要である。行政側の関与は開発計画の立案だけでなく、事業の実施の際の監督も含むものでなければならない。特に開発地点の制限、井戸掘削の手法の限定と経験豊かな専門家による施工の管理、井戸構造の規定などが重要である。開発地点の制限では、資源の分布にもとづき、既存の開発点への影響が生じないよ

うに、強力な権限を行使する。井戸の掘削や施工には、不適切な井戸工事による地下水資源の悪化が十分あり得るので、施工業者の技術レベルを査定して認可する制度を導入しなければならない。施工法と井戸構造については、4.3.3に具体的な提言がある。総じて強力な行政力の確立と行使がネジド地方の地下水開発と管理には必要であるが、これは1988年の水資源に関する勅令の趣旨に正確に沿うものである。この勅令の趣旨を一層徹底させる最も重要な点は、すぐれた自国人スタッフの確保に努力し、水資源行政における外国人依存を漸時低減させることである。水資源開発は脱石油時代へ向けてのオマーン戦略の要であるから、自国スタッフの主導権の確立を達成する必要がある。外国人への依存は自国人の代替ではなく自国人スタッフの養成に主眼を置いたものに重点を移してゆかねばならない。

第5章 ネジド地方農業開発ガイドライン

第 5 章 ネジド地方農業開発ガイドライン

石油偏重のオマーン国経済の中で、農業部門の伸展がもたらす役割は非常に大きい。即ちその役割として、次世代の基幹産業の育成、主要農産物の自給率の向上および雇用機会の拡大等が挙げられる。こうしたオマーン国の社会・経済的背景の中、地下水資源、土地資源を持つネジド地方の農業開発事業への期待は大きい。しかし、本事業の推進には、調査すべき事項や解決すべき多くの問題点が多岐に渡って立ちはだかっている。例えば、地下水資源賦存状況、気象・土壌条件の詳細調査、開発事業構想にもとづいた開発像の確立、開発と保全の制度上の調整等である。

本章は既存調査および本調査を通して解明された諸条件を踏まえ、当該地でどのように地下水を利用した農業開発事業を進めるべきかを「ガイドライン」としてまとめたものである。

本章は以下の項目から成立っている。

- | | |
|---------------------|---|
| 5-1. ネジド地方農業開発の位置付け | — 本開発事業の意義を再確認する。 |
| 5-2. 開発可能性 | } — 本調査で把握した農業開発の可能性と
その問題点をまとめる。 |
| 5-3. 開発上の問題点 | |
| 5-4. 農業開発戦略 | — 事業推進に際し遵守すべき点を開発戦略として提案し、基本方針を設定する。 |
| 5-5. 農業開発計画 | — 戦略を踏まえ関連分野の方針を具体化し、開発計画立案のための諸設定を行なう。 |

以上の流れを通し、「農業開発ガイドライン」が理解され、同地域での計画策定への手引きになれば幸いである。

5. 1 ネジド地方農業開発の位置付け

ネジド地方農業開発計画が持つ意義とその位置付けを以下に述べる。

(1) 国策としての農業振興

脱石油経済の確立を国家の最重要課題に掲げるオマーン国にとり、農業開発は、食糧安定供給、産業基盤の整備、雇用機会の拡大等の課題を解決しうる最優先政策である。オマーン国は、具体的振興政策として、農業への強力な助成と農業関連水資源開発事業に最優先順位を付与し農地面積の倍增政策等を第2次、第3次5ヶ年計画を通して行なってきた。さらにカブース国王は、第18回建国記念日（1988年11月）の演説で、農業振興政策を第4次5ヶ年計画の重要項目として取り上げ今後10年以上に渡り国家重要政策とする事を宣言した。

(2) 南部地域内での開発規模の拡大

南部地域の中心であるサララ平野は、近年都市化に伴い人口の増加が著しい。このため、土地・水資源の競合が大きくなり、農業の開発余力が限界に近づいている。

このような背景の中で、水資源を確保する事により実現が可能となるネジド地方の農業開発は、南部地域内の農業開発の拡大に大きく寄与する事が期待される。

(3) 開発促進気運の高まり

ネジド地方の農業は、その厳しい自然環境、インフラ基盤の未整備、深井戸掘削のモラトリウム等により、その発展が妨げられてきた。しかしながら、地下水資源の存在が確認されて以来、その農業利用を前提とした水資源、土地資源に関する幾つかの調査が実施され、農業開発の可能性が確認されつつある。

以上の状況を踏まえ、第3次5ヶ年計画の中で、ネジド地方の農業開発の振興が緊急政策として取り入れられ、実験農場および大規模農場の設置が提案されている。さらに、農漁業省はネジド地方における合計1,000haまでの農業開発適地選定のための調査を計画中である。また、カブース国王の要請により1985年に設置されたPDO試験農場において、現在ネジド地方における作物の栽培技術が確立されつつある。さらに近年、地元住民による作物栽培が小規模ながら試み始められている。

以上のように、ネジド地方の農業開発の可能性と気運は高く、また、その開発はオマーン国の政策にも呼応するものである。

5. 2 開発可能性

ネジド地方における農業開発の可能性として、以下の点を挙げる。

(1) 土地資源

ネジド地方の地形および土壌条件を分析した結果、比較的容易に農地開拓が可能である土地分級でS 2（第2級開発適地）以上の土地面積が約19,000ha確認された。これはオマーンの全農地面積（83,000ha）の23%、南部地域の耕地面積（3,000ha）の6倍にあたり、ネジド地方には非常に広い農業開発適地が存在することを意味している。

(2) 地下水資源

地下水調査により良質な水質を包蔵する帯水層として、下位U E R層頂部が農業開発に適する事が判明した。この帯水層はほぼ調査地域の1万haに広がり、約800億m³の被圧地下水を貯留していると推定される。

地下水資源は循環資源の枠内で開発することが望ましいが、ネジド地方の循環地下水資源量はごく少ないと推定される。従って地下水資源の開発可能量は石油資源と同様に有限な資源として考える必要がある。

(3) 幹線道路

当該地は、首都マスカットから約1,000km、ゾファール州州都のサラールから約150kmの遠隔地である。これらの消費地を結ぶマスカット～サラール幹線国道が当該地を縦貫し、マスカットへ10時間、サラールへ2時間の移動を可能にしている。この国道の存在は、事業の建設、生産物の出荷に大きく貢献する。

5. 3 開発上の問題点

ネジド地方での農業開発事業を推進するためには、解決すべき多くの問題点が社会・経済条件と自然条件の両面に渡り存在する。特に開発を進める上で大きなウェイトを占める地下水資源は化石水で、石油と同じ有限な資源である。地下水開発に際しては、真にオマーン国の発展に寄与する利用方法を確立しなければならない。

以下に開発上の問題点を社会・経済条件と自然条件に分け、説明する。

(1) 社会・経済上の問題点

1) 地下水保全政策と地下水開発政策の未調整

既存資源を利用する事業を進める上では、既存資源を「開発」と「保全」の両面から考える必要がある。ネジド地方の地下水資源については、今まで「保全」の傾向が強く、「開発」との調整はほとんどなされていなかった。しかし、新しくネジド地方の農業開発計画を策定するにあたり、地下水資源を「開発」と「保全」の面からとらえ、関係者が十分協議した上で合意点を見出すべきである。そのためには政策担当者が事前に十分話し合い、「開発」と「保全」を両立させる制度を確立することが重要である。

2) 地域単位および国家単位の生産分担政策の未成立

農業生産計画は、開発対象域単独で決められるものでなく、各既存生産地との生産に関する役割の分担として決めるべきである。国家単位ならば、南北間の各々の位置付け、南部地域内ならば、サラール平野、山岳地帯およびネジド地方の各々の生産の役割を明確にしてはじめて、将来の農業開発戦略の方向が定まる。

(2) 自然条件上の問題点

1) 水資源賦存状況の未確認

既存地下水調査および今回の調査により、ネジド地方の地下水資源賦存状況とその開発可能水量について調査が進められてきた。しかし、その広域的水資源循環状況、局地的賦存状況およびそれらにもとづく開発可能水量については、未だ意見の統一に至っていない。ネジド地方の農業開発事業を推進し、確実に開発効果を挙げるためにも、広域的かつ詳細な水資源調査を系統的かつ継続的に行なう必要がある。

2) 気象条件の未確認

パイロット・ファーム予定地近くの気象観測所は、約80km離れたサムリートにあるのみで、本調査開始まで当該地での気象観測は行なわれていなかった。新規作物を導入し安定的作物生産条件を確立するためには、当該地での継続的気象観測による気象条件の把握は欠く事の出来ない項目である。

3) 土壌条件の未確認

本調査を通して、土壌の詳細調査がパイロット・ファーム予定地で実施された。しかし、他の開発予定地については、これまでの既存調査により概括的土壌調査がなされたのみで、土壌条件の把握、分布については未確認の状態である。今後、開発可能性を検討する上でも、詳細な土壌調査の実施が望まれる。

5. 4 農業開発戦略

以下に農業開発戦略としての提案を行ない、開発の基本方針を設定する。

5.4.1 段階的農業開発

ネジド地方の農業開発で確実な成果を得るため、農業開発事業を取り巻く制約条件の現状を踏まえ、段階的開発事業の展開を提案する。

ネジド地方の農業開発を実施するためには、解決すべき多くの問題点、課題が存在する。水資源調査の不確実さ、作物栽培適正技術の未確立等の主要制約条件に加え、入植計画、支援制度、農業技術普及制度、流通制度等も開発事業の進行に伴い、漸次確立していく必要がある。

段階的開発事業を、次のような3段階に分けて提案する。

- a) 開発第1段階 : パイロット・ファームの設立
(基礎的データの収集と実証試験)
- b) 開発第2段階 : 計 500ha程度の開発
(入植農場の設立)
- c) 開発第3段階 : 開発規模の拡大

各段階の開発内容を以下に説明する。

(1) 第1段階：パイロット・ファームの設立

当該地区では、農業開発事業を推進するための基礎データが広い分野に渡る上に、絶対量が不足している。不足データの主なものは導入作物、適正栽培技術、営農適正規模、地下水賦存状況の把握等であり、開発の制約条件となっている。これらの制約条件を現地で系統的に解明するためにパイロット・ファームを設立する。パイロット・ファームは本調査で建設した試験井2本を水源とし、以下の4項目をその活動内容とする。

- a) 作物栽培試験
- b) 営農技術の実証・展示・研修
- c) 農業技術普及活動
- d) 地下水、気象、土壌の継続観測

これらの成果をネジド地方の農業開発の推進に生かしていく。

開発地域では、地下水資源を含む自然条件の観測・評価の結果とパイロット・ファームでの技術実証、評価を通して、段階的に開発を進めていく。開発される農地は、当初土壌改良を主目的に牧草地を造成し、その後牧草と各種作物を組合せた農地利用へと発展させていく。

牧草地造成はその後の農地基盤の整備と、地下水資源の可能性を検討する段階のものである。

2) 次開発段階へ移行するための総合評価

開発第1段階であるパイロット・ファーム事業から、開発第2段階へ移行するには、以下に示す諸項目が調査により明らかになっているかを総合的に評価する必要がある。

- a) 地下水揚水に伴う地下水位降下が予想範囲内である事
- b) 地下水揚水に伴い、地下水水質が悪化しない事
- c) 牧草栽培技術に関し、支障が出現しない事
- d) 牧草の市場性が低下していない事
- e) 商業ベースの農場経営を推進するための支援制度が明確になっている事
- f) 地下水の系統的管理体制が設立されている事
- g) 土地資源の詳細な把握がなされている事
- h) トレーニング活動による入植者への教育体制が確立されている事

(2) 第2段階：計 500ha程度の開発

1) 暫定的開発事業規模と開発速度

ネジド地方農業開発はパイロット・ファームの建設により、その組織的な事業を開始することになる。しかし、農業がネジド地方の産業として定着するまでには、さらにいくつかの過渡的開発段階を経なければならない。その過渡的段階においては、次の2点が主要な事業目標になる。

- a) 事業拡大速度（適正開発速度）の模索
- b) 事業規模限度（最大開発限度）の模索

段階的開発第2段階の初期においては、これらの目標を追求するための暫定的事業規模を設定し、その妥当性を検証する形の実施形態をとる。暫定的事業達成規模としては、4.4 地下水資源評価で試算した 500haを採用する。

2) パイロット・ファーム周辺地区の開発拡大

- 第1段階の結果が良好の場合、パイロット・ファーム周辺地区に段階的に農場を設置し農場面積を拡大していく。
- 入植農場の設立
- 地下水観測および地下水評価の継続
- 作物栽培試験および実証試験の継続
- 経済的に自立可能な農業経営方法の確立

3) 地元住民による既存農場の改良

- 既存農場での給水機構の改善
- パイロット・ファームでの試験の成果にもとづくかんがい栽培技術の改良

4) 次開発段階へ移行するための総合評価

開発第2段階では、暫定的事業規模を地下水調査結果から現段階では 500haとしている。但し、この暫定的事業規模と事業拡大速度は開発事業の推進と平行して確認されるべきものである。このため、開発事業は、地下水賦存状況を確認しつつ段階的に拡大される。500ha程度の開発規模からさらに事業の拡大へ移行するまでに、以下の諸項目がパイロット・ファームおよび関係する省庁により明らかになっていなければならない。

- a) 広域地下水調査の実施による賦存状況の解明
- b) a)を踏まえた事業規模限度と事業拡大適正速度の確認
- c) 弾力的営農を形成するための牧草以外の導入作物の確認
- d) c)に対応した流通体制の確立

パイロット・ファームは開発第2段階が開始しても、事業推進と並行して運営される。そこでは、開発第1段階で解明すべき諸項目に加え、以下の内容を継続して検討する。

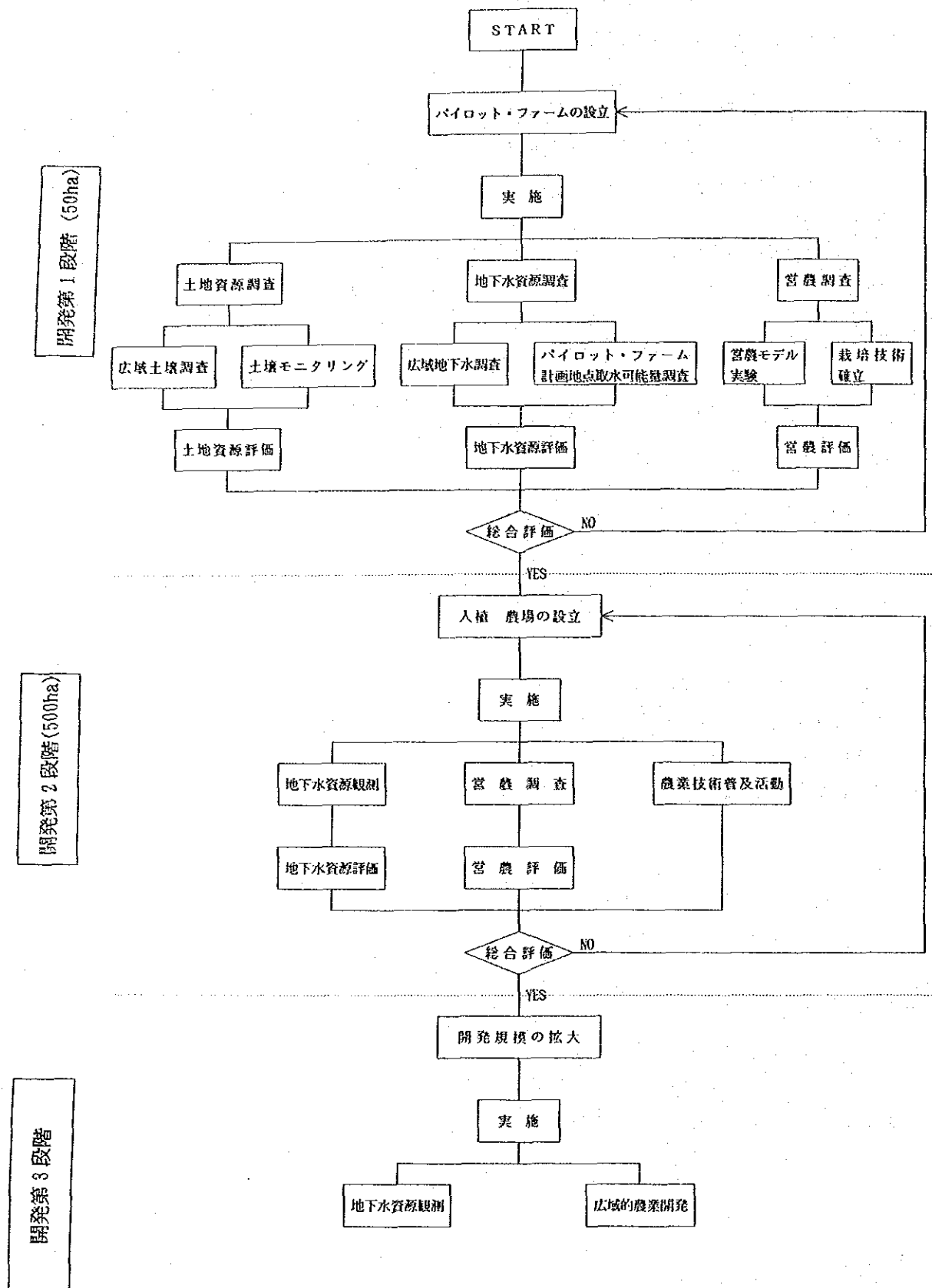
1. 適正導入作物の選定とその栽培技術の確立
2. 導入作物の栽培コストの把握

(3) 第3段階：開発規模の拡大

- ー 第2段階までの調査、試験結果にもとづいた現実的な規模の農業開発のフィジビリティ調査および開発規模の拡大
- ー 地下水観測井の増設及び観測の継続

段階的農業開発をダイヤグラムにまとめ、図5.4.1に示す。

図 5.4.1 段階的農業開発の概念図



5.4.2 開発規模の限界

(1) 事業で立脚する地下水モデル

本調査では、「無涵養残存水頭勾配地下水流動モデル」を地下水条件設定の根拠として採用する。

本調査では、調査地域の地下水賦存量を把握するために以下の3モデルを挙げ解析を行った。

- a) 孤立被圧帯水層モデル
- b) 無涵養残存水頭勾配地下水流動モデル
- c) 涵養残存水頭勾配地下水流動モデル

「孤立被圧帯水層モデル」は、50ha規模のパイロット・ファーム運営開始可能性を吟味する観点から構築したものであり、これにより、10年程度はパイロット・ファームが十分に機能し得る事が確認された。

「無涵養残存水頭勾配地下水流動モデル」は、涵養がないとの前提で成り立っている。

「涵養残存水頭勾配地下水流動モデル」は、上記のモデルの類型に定常的な涵養を加えたものである。地下水涵養の有無は、今後の広域的地下水調査の中で検討されねばならないが、現段階では涵養のあるモデルを背景に計画を進めるには無理がある。

(2) 暫定的事業の達成規模

本調査では、これ迄の地下水調査結果から得られた地下水賦存状況を踏まえ、暫定的に開発出来る規模を500haとし、その可能性をさぐることにする。

無涵養残存水頭勾配地下水流動モデルによれば、 $T = 1.240\text{m}^2/\text{日}$ の時、長期的かつ安定的に水位が100m低下するのに、400年程度の期間を要すると推定される。500ha以上の開発規模の拡大は、今後事業の推進と並行して行なわれる広域的かつ詳細な地下水調査による開発可能水量の更新の結果を待って検討する。

5.4.3 農業開発の基本方針

農業開発上の問題点を踏まえ、段階的農業開発事業を推進する際の基本方針を以下にまとめる。

(1) 社会・経済上の基本方針

1) 地下水利用についての政策の確立

ネジド地方の地下水資源を有限とした上での利用方法については、利水関連セクター間での議論が未だ十分にされていない。ネジド地方の開発計画は、農業関係を含む利水関連セクターが地下水資源の利用について十分検討し、国家政策としての水資源開発と分配政策を確立した上で策定する。

2) 水資源の開発および保全制度の確立

地下水資源を国家財産とする勅令が1988年11月に発令された。この措置に従い、地下水を利用する農業開発は、開発と保全の調和を図る政府長期政策にもとづいた制度を確立した上で実施する。

3) 上位計画との整合、調整

ネジド地方は、遠隔地にあって人口も少なく、インフラ基盤もまだ整備されていない。将来の農業開発をより実効性のあるものにするため、上位計画である南部地域全体の地域開発計画との整合、調整を行う。

4) 調和のとれた開発方針の策定と推進機構の設立

ネジド地方の農業開発事業は関係する行政省庁が多岐に及んでいるから、開発方針はこれら関係省庁間の十分な議論の中で、調和のとれた内容として確立する。

各セクター間に介在する競合の解消や、開発目標に沿った計画の実施・指導を行なうための推進機構を設立する。推進機構の主な対応項目は以下のとおりである。

- a) 地下水資源の開発・評価と保全の指導
- b) 利水セクター間の調整
- c) 教育・支援政策による開発推進環境の整備
- d) 開発事業の評価と新規計画の立案
- e) 事業管理体制の成立

5) 農業生産の地域的役割分担の体系化

地域別の特徴を踏まえて将来の南部地域における地域別農業の役割を以下のように提案する。

- a) サラール平野：野菜、果樹生産等の都市近郊型農業
現在サラール平野に約 1,000haの牧草栽培地があるが、これを野菜、果樹栽培地に転換する。その自然環境および立地条件から都市部への生鮮食糧を供給する都市近郊型農業に転換する。
- b) 山岳地帯：畜産
その自然環境および地元農民の現況の農業技術を生かし、畜産生産地とする。
- c) ネジド地域：飼料生産
畜産生産地である山岳地帯と隣接していること、さらにその自然条件、立地条件、現況の農業技術を生かし、飼料生産地として畜産地域に飼料を供給する。

6) 適正栽培技術の確立と普及

当該地域では、ローズグラスを中心に多種類の作物が栽培されている。しかし、作物栽培は開始されて日が浅く、栽培技術は殆んど確立されていない。今後は、適正栽培技術の確立とその普及を行ない、さらに営農モデル実証試験を通して個々の農場の経済的最適規模を確立する。

主な対応項目は以下のとおりである。

- a) 土壌・気象条件および農産物市場を踏まえた導入作物選定と栽培技術の確立
- b) 適正栽培技術の普及体制の確立
- c) 営農体系および適正営農規模の実証

(2) 自然環境把握の基本方針

これまで当該地域では、体系的自然環境の把握がなされていないので、今後の開発事業の推進と並行して当該地域での体系的自然環境の把握を行なう。調査・観測項目は以下のとおりである。

- a) 既設井戸の継続水位観測
- b) 広域的水文地質状況の把握
- c) 気象の継続観測
- d) 土壌詳細調査
- e) 地下水・土壌のモニタリング調査

5. 5 農業開発計画

5.5.1 開発地区選定計画

(1) 開発地区の選定条件

開発地区の選定をするに当たり、これを規制する制約条件は、自然・社会両面に及ぶ。これらを総合的に判断して、当初の成果が得られるよう慎重に地区の選定を行なう。以下に主要な制約条件を挙げ、開発地区選定に際し、考慮すべき点を説明する。

1) 自然条件

a) 土壌条件

開発地区は土地分級「S2」クラスを対象にし、他の諸条件を勘案して決定する。

土壌調査により、調査地域内の農業に適した土地分級については、本文3章に示すような結果を得た。土地分級「S2」以下の地区の開発には、土壌改良等に経費を要するため、開発地区は「S2」以上の18,900haを対象とする。

b) 地下水静水位

地下水静水位が開発対象地区標高より高い地区を優先的に選定し、他の諸条件と勘案して、開発地区を決定する。

10,000㎥に及ぶ調査地区内には、地下水静水位が地盤標高より高い所、同等の所、そして低い所が分布する。静水位が地盤より高ければ、動力無しで取水・送水が可能であり、初期投資額および維持運営費が廉価となる。さらに、利水可能期間が他の条件より長くなる。

2) 社会条件

a) 交通

既存道路に沿った地区から開発を推進し、事業の啓蒙や投資の有効性を確保する。

調査地区中央を南北に縦貫する国道は、サラールへ2時間、マスカットへ10時間の移動を可能にしている。さらに点在する集落を結ぶ地方道が国道を中心に東西両側に展開し、今後の農業開発の重要な礎となっている。

交通網の存在は、生産物の集出荷、事業広報の啓蒙、施設の維持管理に大きな影響を与える。

段階的に開発を推進する中、当初既存道に沿って開発地区を選定し、計画拡大の可能性が確認された後、漸次、道路建設を含む地区を取り込む順序とする。

b) 既存集落

開発地の選定に当たっては、既存集落および開発地の周辺を重点的に選定し、開発計画の恩恵を周辺農民にも広め、確実な農業の定着を図る。

近年、調査地区内では、地元住民による農場の開発が進んでおり、農業開発の気運が高まっている。彼らは現在模索しながら栽培を行っており、本計画に直接、間接に関係する事で、農業への定着強化が期待できる。

このため、開発地区の選定に当たっては、付近の住民が容易に立寄れる場所を優先的に選定する。

以上の自然・社会条件をオーバーレイした内容を、図5.5.1に示す。

この図によれば、農業開発適地である「S2」の地区はほぼまとまって分布している事がわかる。

特に、地下水自噴域内は、4地区にまとめられる。さらに高速で移動できる国道には、ナガー（Naghah）地区（パイロット・ファーム周辺）とドーカ地区（既存自噴井周辺）が隣接している。

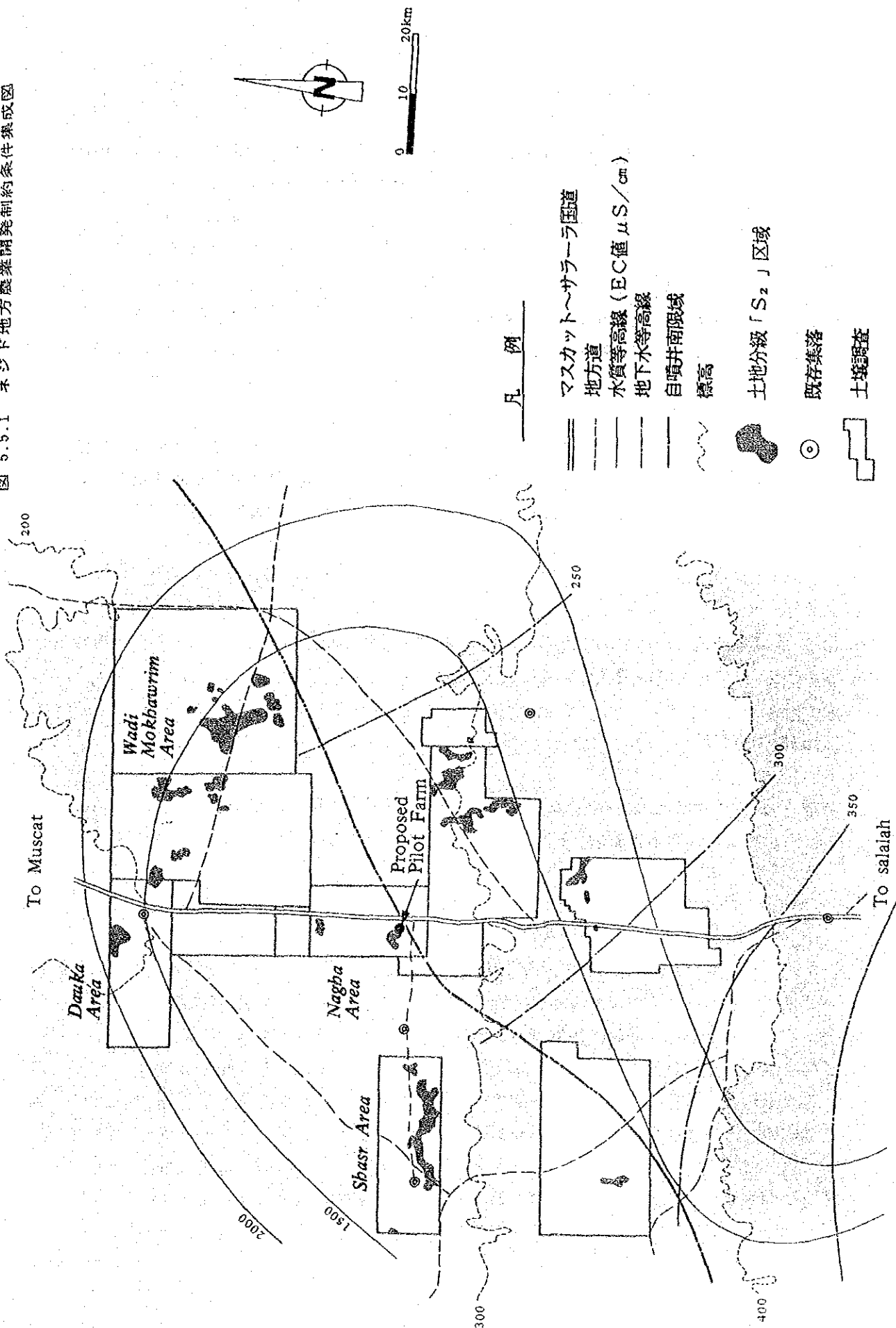
(2) 開発対象地区の選定

本調査地域の自然・社会条件をオーバーレイすることにより、開発対象地区は、概ね以下の4地区に限定される。

- a) ナガー地区 : 国道に隣接し、既存開発域のほぼ中心に位置する。
- b) ドーカ地区 : 国道に隣接し、高被圧水が期待できる。
- c) シャスル地区 : 地方道に隣接しドーカに次ぐ被圧水が期待できる。
さらに、先駆的農家が営農を開始している。
- d) ワジ・モハウリム地区 : 地方道に隣接し、まとまったS2域が期待できる。
現在、入植者は無い。

これら4地区を開発対象地区として選定し、段階的農業開発を行なう。

図 5.5.1 ネジド地方農業開発制約条件集成図



5.5.2 パイロット・ファーム建設計画

ネジド農業開発事業の第1段階に位置付けられるパイロット・ファーム計画は、第6章で詳細を説明する。本節ではその概要について説明する。

(1) 位 置

パイロット・ファーム計画地は、マスカット～サラール幹線国道のサラールの北150km、国道の西側約1.2kmに位置する。位置選定理由の主なものは以下の通りである。

1. 普及・宣伝効果が大きいよう誰もが容易に立寄れる交通の便の良い位置
2. 事業効果を周辺既開発地に広く及ぼすため、既開発地の重心的位置
3. ポンプ揚水経費を削減するため、被圧度の高い自噴帯の地区

(2) 事業規模

本調査で掘削した井戸の適正揚水量および地下水賦存状況から安定的取水量に対応できる50ha圃場とする。

(3) 業務内容

パイロット・ファームの主な業務内容は以下の4項目に集約される。

- a) 作物栽培試験
- b) 営農技術の実証・展示・研修
- c) 農業技術普及活動
- d) 地下水と気象および土壌の継続観測

5.5.3 水資源開発計画

ネジド地方のように極度に乾燥した地域の農業開発計画の立案に際しては、利用できる地下水の技術的、経済的な性格が大きく影響する。

今回の地下水調査によると、開発地点の地下水は著しく被圧された深層地下水でほとんど停滞した化石水である。しかし、一旦開発が始まると地下水の被圧度は必ず低下し早晚不圧状態になると考えられることから、農業開発に利用できる地下水開発可能量と実行期間を考えて計画する必要がある。すなわち、高い被圧状態を前提とした高水頭地下水の開発は、ポンプ揚水経費削減により低水価が期待できるが、利用できる期間には限度がある。

一方、不圧状態となった低水頭地下水量は膨大であり、利用可能期間は長期にわたる。しかし、農業用として深層約 300m からポンプ揚水する事は、経営的に非現実的である。一般的な農業用揚水ポンプの揚程は 100m 以内であるため、ネジド地方における農業開発もポンプ揚水 100m 以内の地下水を開発の対象とする。

(1) 水源開発の対象帯水層

調査地域の地層分布は帯水層の存在する第三紀も含め概して単調である。この中で下位 U E R 層頂部が最も良質な地下水を包蔵している。さらに、今回の調査で得られた下位 U E R 層頂部の地下水水質の水平分布によれば、良質の地下水 ($1,500 \mu S/cm \sim 2,000 \mu S/cm$) が開発対象地域を概ね被っている事が判明した。

多くの開発制約条件が介在する本事業を、出来る限り円滑に推進するため、塩害発生の可能性が低い良質水を包蔵する下位 U E R 層頂部を水源開発対象帯水層とする。

(2) 取水地点間隔（影響圏の過程）

本調査では地下水揚水による井戸の影響圏を 10km と提案する。第 4 章で説明した地下水揚水による影響圏は、50ha の農地で 24 時間に $5,900 m^3$ の揚水を行なった場合に、1mm から 100mm の水位低下が発生する範囲として半径 10km から 40km を得た。しかし、本計画では、生産活動が事業の主眼となるため、「お互いの揚水により水量が一時的に減少しても不経済にならない程度の最小限の間隔」と、影響圏を定義する。

開発が進行し、生産井の本数が増加する時、井戸相互の位置関係は基本的に正三角形を基本とした形となる。即ち開発地区を井戸群の中心に置けば井戸群は全体

で6角形を成し、中心に位置する生産井へは周りの6本の井戸の影響が集中する事になる。

井戸が干渉し合い水位が低下し揚程が1m程増大しても、ポンプの運転状況には変化をきたさない。本調査では安全をとって、水位低下量を10cmと仮定する。この場合の影響圏は10kmと推定される。

(3) 生産井の構造

ネジド地方の既存井の中には、石油探査のために掘られ放置されたものが多く見られる。これらには、水資源保全の観点から構造上の不備、掘削手法の不適切さが見られる。一般的に以下に示す諸問題が指摘されている。

- a) 良質地下水が悪い水質の地下水により汚濁されている。
- b) 開発対象帯水層の良質の地下水が他の層へ流去する。
- c) 利用されないまま、地下水が地上に流出し放置されている。

水資源の開発に当り、このような問題を生じさせる事のない掘削手法と井戸構造を採用し、保全効果が十分に得られるようにする。

5.5.4 農場配置計画

(1) 配置形態

土壌条件および地下水条件から農場配置の形態は、以下の2形態が考えられる。

- a) 分散型：影響圏を考慮した井戸の分布に従い、開発拡大単位ごとの農場を分散的に配置する形態
- b) 集中型：水源のみ分散して、開発拡大単位の農場は集中して配置する形態

開発事業は、これら2形態のどちらか一方、または組合せになる事が想定される。以下に各々の特徴を説明する。

(2) 分散型

生産井を中心に農場を配置するため、送水施設の規模は小さくて済む。しかし、農場間は少なくとも井戸の影響圏の間隔は離さなければならない。このため、建設後の運営は農場単位で行なう事になる。さらに、農場間を結ぶ道路網を整備する必要がある。

(3) 集中型

生産井は、地下水の条件に従って分散配置となり、農場は集中させる形態である。生産井と農場を結ぶ送水施設の規模は大きなものとなる。この形態は、開発事業の拡大に伴い、同一地区に集落が形成される。このため、施設農業機械の共有が容易になり、水管理も集中的に行なえる利点がある。

表5.5.1 は、これら2形態の特徴を整理したものである。

(4) 採用形態

本調査では、農場の配置形態として「集中型」を提案する。主な採用理由を以下に示す。

- a) 「集中型」はコミュニティーの形成、農業技術の指導、水源管理等を組織的に行なうことができる。また、組織の力により開発制約条件を克服できる。
- b) 栽培作業に使用する農業機械を維持、共有できる。
- c) 道路、電気等の社会インフラ投資を効率的に行なえる。

表 5.5.1 農場の集中配置と分散配置の比較

開発方式	開 発 概 要	長 所	短 所
集 中 型	<p>① 開発選定地区に核となる50ha規模の農場と生産井を建設する。</p> <p>② 運営と並行して、地下水のモニタリングを継続する。</p> <p>③ 地下水賦存状況の安定性を確認後、①の農場に隣近して50ha規模の拡大をする。</p> <p>④ 150～200ha規模まで①～③を繰返す。</p> <p>⑤ 別の地区を選定し、①～④を繰返す。</p>	<p>① 経年的に農場が拡大され同一地区に集落が形成される。</p> <p>② 農業機械共同使用及び施設の共有が容易である。</p> <p>③ 水管理が集中的に行なえる。</p> <p>④ 道路建設の効果が大きい。</p>	<p>① 水源が農地の拡大と共に分散配置となるため、長延長を送水する必要がある。</p>
分 散 型	<p>① 50ha規模の農場とそれを賄う生産井を建設する。</p> <p>② 運営と並行して地下水のモニタリングを継続する。</p> <p>③ 賦存状況の安定性を確認後、所定の距離を保ち、新規の50ha規模農場を建設する。</p> <p>④ ①～③の繰返し。</p>	<p>① 水源近くに農園が建設されるため、送水施設の規模が小さくて済む。</p>	<p>① 各農場に付随する集落は、他の農場と分離されるため、まとまった集落の形成が困難である。</p> <p>② 農業機械、施設の共有が困難である。</p> <p>③ 水管理が個々に行なわれる。</p> <p>④ 道路建設の比重が大きくなる。</p> <p>⑤ まとまって分布する農業適正土域を有効に使用できなくなる。</p>

5.5.5 作物導入計画

(1) 作物導入の基本方針

ネジド地方の栽培作物として牧草を基幹作物とする。さらに、開発の進行に合わせて農産物市場等の農業環境を踏まえ、野菜等の商品作物を適宜追加導入する事を基本方針とする。

この作物導入の基本方針の主な理由を以下に示す。

- a) 作物栽培に関する基礎データが極めて少ないため、早期に野菜等の商品作物を導入した商業的栽培を展開するのは無理である。パイロット・ファームおよびP D O試験農場の栽培試験の成果を踏まえて作物種目を追加して行く。
- b) 未開拓地の砂漠土壌は有機物含量が極めて低く、土壌構造の発達が悪いため、土壌改良に有効な作物の栽培が必要である。このためにローズグラスが最も適する事がP D O試験農場で実証されている。
この準備段階は土壌改良のみならず、農業開発を推進するための育成期間として位置付ける。
- c) 農業開発が推進されると生産物は種類数量とも増大する。しかし現在は、それに対応できる流通体制や市場整備は未整備である。これらの問題は新規栽培作物の導入と平行して漸次解決してゆく。

(2) 作物種別の導入に関する環境

1) 牧 草

- a) ローズグラスは耐乾性・耐塩性が高く乾燥他の処女地の開墾作物として適切である。
- b) ネジド地方は乾燥地気候であるため、高品質の牧草が年間を通して栽培可能である。
- c) 機械化農作業によって労働力が省力化できる。また、市場出荷のための特別な集出荷、加工、施設を必要としない。
- d) 既にネジド地方の既存農家およびP D O農場でローズグラスを主とした牧草の栽培・出荷が行なわれており、その栽培・流通の実績がある。

- e) 山岳地帯の畜産は、自然草地での過放牧により、自然草地の補完飼料として濃厚飼料や牧草に依存している。そのため牧草の需要は高く、ローズグラスの市場価格は 100R.O./ton (260\$/ton) と高価格である。

自然草地の保全および濃厚飼料への過度の依存を減らすため、山岳地帯の牛が将来家畜削減プログラムにより半減されたとしても、健全な畜産のためには安定した牧草が不可欠であるとされ、需要の急減はないと予想される。

- f) 将来の南部地域における農業生産は、南部地域別の特徴を踏まえた資源利用の最適化を図るため、サララ平野、山岳地帯およびネジド地方から成る3地域の土地利用区分による域内生産分業が考えられる。

このことによりネジド地方の農業生産は、サララ平野および山岳地帯の畜産基地に飼料を供給するための牧草生産地として提案される。

これらの環境の下、牧草栽培による入植者の利点は以下ようになる。

1. 栽培技術が確立されているため、特別な施設、機械を必要とせず入植農民は確実に収穫実績が挙げられる。
2. 山岳地帯の牧草の高需要を背景に、入植者は安定した営農に従事できる。
3. 以上の事で、入植農民は、農業環境に慣れる事ができ、牧草以外の作物導入に対し余裕をもって対処できる。

2) 野菜

- a) ネジド地方の既存農場では多種類にわたって小規模栽培を行っているが、栽培方法に統一性がなく、その確立を模索している段階である。

- b) P D O 試験農場の活動は、確実な成果を上げつつあるが、作期試験が行われている品種はまだ僅かである。

作付体系を確立するためには、パイロット・ファームおよび P D O 試験農場での栽培試験が必要である。

- c) 野菜の商業的栽培には、貯蔵・集出荷の流通体制・施設が必要となる。

- d) 野菜はその大半を輸入に依存しているので、サララ平野の人口が将来増加するに従い、需要の増大が期待できる。

3) 果 樹

- a) デーツ、ライム等は既に既存農場で小規模ながら栽培・収穫されており、導入に関する制約要因は少ない。
- b) デーツは果実生産だけでなく、樹下に栽培される野菜等の作物に対し日陰樹としての効果も期待できる。

4) 穀 類

- a) ネジド地方近傍での穀類栽培実績はP D O試験農場の試験的栽培のみで、商業的栽培方法は確立されてない。
- b) オマーン国の穀類の自給率は極めて低いため、大規模栽培の可能性があるネジド地方への導入は、農産物増産の国家施策に合致する。
しかし、牧草のヘクタール当りの粗収益 (R.O. 100/ton×40ton/ha) と比べた場合、穀類の国際価格による粗収益 (R.O.70/ton× 5ton/ha) は低いため、貴重な地下水を利用するには国家施策と合わせて検討する必要がある。

(3) 導入作物計画

主要作物について、主な栽培条件をまとめ表5.5.2 に示す。これらの中から将来開発事業に導入する作物を現段階で選定するのは、困難である。

これらの主要作物が開発事業に導入されるには、今後、パイロット・ファームやP D O農場での栽培試験が必要である。

作物選定は多くの要因から成るが、主要項目は以下の通りである。

1. 自然条件
2. 生産額
3. 適正栽培技術
4. 市場性

適正作物選定試験は上記主要項目を十分反映したものでなければならない。

1) 自然条件

自然条件としては、土壌、かんがい水および気象が挙げられる。開発対象地区は「S2 クラス」の土壌で、塩害の発生は少ないと見込まれる。しかし、水資源は非常に限られており、さらに気温は非常に高温である。このため、作物の選定に際し、自然条件で考慮すべき内容は、耐旱性に優れている作物を選定する。

2) 生産額

農業は、収入の面で十分見合うべきであり、導入される作物は十分に生産性の高いものでなければならない。表5.5.2 の中では、トマトが全作物の中で最も生産額が高い。他にカボチャ、ニンジン、キャベツ、カリフラワー、およびキュウリ等も牧草よりは、若干高い生産額を示す。しかし、作物を選定する場合、単純に生産額のみでは規定できず、利益－生産費率も各作物で検討すべきである。現段階では、この値を議論できる程の十分な資料は無い。このため、パイロット・ファームの試験段階で、各作物についての利益－生産費率を十分調査し、導入作物選定に反映させる必要がある。

3) 適正栽培技術

本地域に十分なじむ適正栽培技術を確立する必要がある。例えば、現段階で野菜や果実を選定すれば高温条件下の同地域では、貯蔵・集出荷のための施設および技術が必要となる。さらに、導入による生産量に見合うだけの市場の確保も必要である。

現在、計画対象地域ではこれらの条件を満たして商業生産できる現況に無い。このため、最低限、開拓期間には、野菜や果実の商業的導入は困難である。開発事業準備期間とも位置付けられる開拓期間を通し、必要な技術が検証され、諸施設が建設され、野菜も漸次導入される。

パイロット・ファームが適正技術の確立の任を負う。

4) 市場性

作物導入にあたっては、需要の高い市場性のある作物を選定する必要がある。例えば、現段階では、ローズグラスが計画地周辺および山岳地帯で高い需要がある。

仮に野菜や穀類が導入されれば、サラールが主な市場になるが、出荷に際し、前項で述べた諸施設が必要となる。

サラールで消費される野菜は現在主に外国や北部オマーンから輸入、移入されている。このため、サラールまたはネジド地方で野菜が栽培されれば、十分な市場を見込むことができる。さらに、輸入、移入に伴う外資節減、輸送費の節減に大きな効果を発揮する。

5) 導入対象作物

1)から4)に前述した作物選定主要項目を踏まえると、最も優先順位の高い作物は、土壌改良を行なうための作物である。需要の高い資料作物の中で、出荷が容易で収量の多いローズグラスが最も適する。さらにローズグラスは永年性で播種から5年程は収量が十分維持される。飼料需要が十分高ければ、この期間はローズグラスを栽培し、これに並行してパイロット・ファームで次期導入作物の栽培試験を行なう。対象となる導入作物は、トマト、カボチャ、ニンジン、キャベツ、カリフラワーおよびキュウリ等である。これらの作物の適正栽培技術と収益性の検討を行なう。パイロット・ファームがこれら試験栽培の成果を周辺農家に普及させると同時に開発評価委員会が必要施設の計画・建設を行なう必要がある。

表 5.5.2 栽培作物の特性

作物	耐塩性 1)	耐乾性	地域生産性 Max. ton/ha 2)	地域市場価格 R.O. / kg 3)	備考
ローズグラス	A	B	45.00	.100	
アルファルファ	B	A	17.00	—	.100 R.O. 推定
コムギ	B	B	4.84 (Hay)	—	.070 R.O. 推定
オオムギ	B	C	6.19 (Hay)	—	.070 R.O. 推定
トマト	B	B	129.94	.210	PDO 概評 : 50-125 ton/ha
カボチャ	B	A	40.30	.180	" : 25- 40 ton/ha
キャベツ	C	C	32.33	.170	" : 15- 32 ton/ha
キュウリ	—	C	18.83	.220	" : 8- 19 ton/ha
スイカ	—	C	23.9	.110	
トウモロコシ	—	C	5.73	.150	" : 4- 6 ton/ha
ジャガイモ	C	C	—	.180	
カリフラワー	—	C	21.96	.240	" : 7- 22 ton/ha
ニンジン	B	C	15.65	.190	
レタス	B	C	22.6	.270	
ナス	C	C	13.1	.110	
カブ	—	C	10.65	.150	
ダイコン	—	B	1.08	.060	
オクラ	—	C	3.3	.270	
タマネギ	B	B	—	.120	
ナツメヤシ	A	A	5.0	.320	
オレンジ	C	A	—	.160	
ライム	—	B	—	.260	

凡 例 A ; 高 B ; 中 C ; 低

出 典 1) USA Salinity Laboratory, FAO 灌漑排水シリーズ Paper No.24

2) 農民への聞き取り、及び

PDO, A Report on Project Development March 1988

4) PAMAP (サララ)、平均購入価格、1987

5.5.6 開発推進機構

パイロット・ファームの設立から始まるネジド地方農業開発では、生産の段階的拡大に伴い、農民に対する技術の普及指導、生産資材の調達、生産物販売の斡旋、営農資金の融資等、農民支援政策の充実が必要となる。さらに、生産と平行して、新規開発を推進するため、開発初期から全体を総括して推進する機関が必要である。例えば「農業開発推進機構」というようなものを組織することを提案する。農業開発推進機構は、関係省庁が参画する「開発・推進評価委員会」を、開発の総括機関とし、その下に試験・指導を行なう「パイロット・ファーム」と、円滑な開発、支援および保全を行なう「開発事務局」を配置する。各々の下には、さらに実施機関を設置し、開発推進機構の一例として、図5.5.2 に組織図を示し、以下に各々の説明をする。

(1) 開発・推進評価委員会

農業開発にあたり、開発方針の立案決定と、開発事業の評価を行うため「開発・推進評価委員会」を設置する。

同委員会は、農漁業省他の関係機関の代表者から構成され、パイロット・ファーム建設事業開始前に設立される。開発・保全の両面から開発事業を検討し、開発事業の中長期的方向を定める。

開発事業の進展に伴い、入植、流通、金融、支援制度等の具体的政策の策定も、同委員会の活動項目として加える。

同委員会を構成する関係省庁は、以下のとおりである。

- a) 農漁業省 (MAF)
- b) 環境水資源省 (MEWR)
- c) 石油鉱物省 (MPM)
- d) 水資源庁 (PAWR)
- e) ドファール州政府 (MSWD)
- f) 南部開発環境計画委員会 (PCDESR)
- g) 農産物流通庁 (PAMAP)
- h) オマーン農漁業銀行 (OBAF)

(2) パイロット・ファーム

パイロット・ファームは、農業技術の試験・研修を行ないその成果を入植者に定着させる普及活動を通じ、農業上の問題点を抽出し解決するための農業普及センターの役割を担う。パイロット・ファームが統括・管理する機能は以下の内容である。

- a) トレーニングセッション : 入植前の農民のトレーニングを主体に行なう。
- b) 農業研究セッション : 導入作物の試験・研究を行なう。
- c) 農業普及セッション : 農業技術指導、技術情報の伝達、生産資材の調達・配布を行なう。
- d) 調査セッション : 気象・地下水の継続観測を行なう。
- e) 機械セッション : 農地造成・整備、作業委託、機械の貸出しを行なう。

(3) 開発事務局

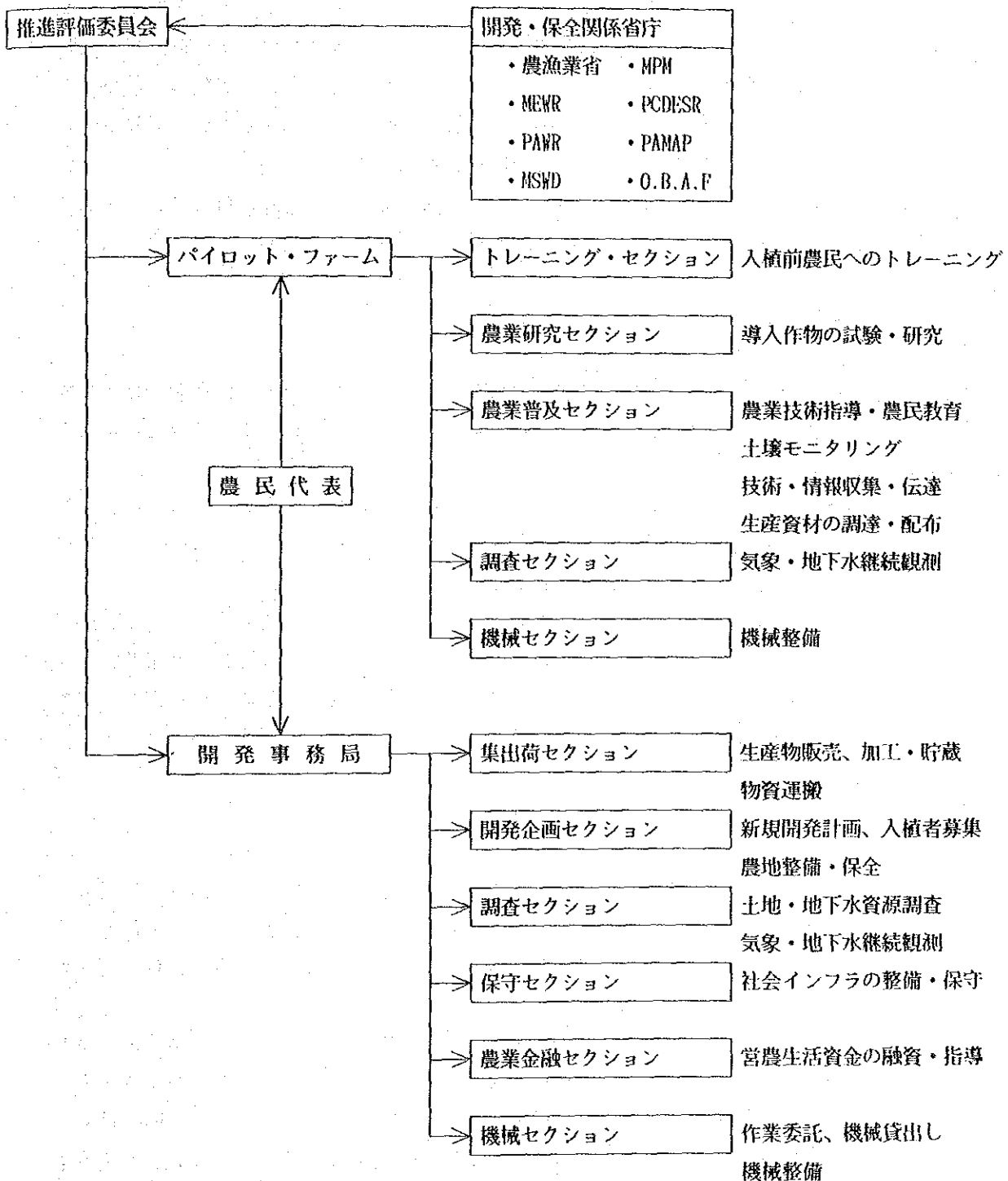
「開発事務局」は「開発・推進評価委員会」で決定される開発方針・評価に必要な事項を検討する他、委員会の決定事項を各関係機関で円滑に実施するために設置する。

同事務局は、農漁業省南部地域農漁業総局が中心となり、「委員会」を構成した各関係機関よりの実務担当者により構成される。

「同事務局」は、開発事業の拡大に伴い、必要となる生産物の集出荷、土地資源、地下水資源の調査・観測、社会インフラの整備、営農資金の融資を統括・管理する。想定される機能は以下のものである。

- a) 集出荷セッション : 生産物の販売、加工・貯蔵、物資運搬を行なう。
- b) 開発・企画セッション : 開発地区選定、入植者募集、環境整備、保全を行なう。
- c) 調査セッション : 土地資源・地下水資源の調査および継続観測を実施する。
- d) 保守セッション : 社会インフラの整備を行なう。
- e) 農業金融セッション : 営農・生活資金の融資・指導を行なう。
- f) 機械セッション : 機械貸出し、作業受請、機械整備を行なう。

図 5.5.2 農業開発推進機構組織図



5.5.7 入植計画

(1) 入植規模・土地配分

開発事業の展開は地下水賦存状況の解明により左右されるが、現段階では、毎年50ha程度の開発速度を設定する。このため、新規に建設される農場は、50haを一つの農場規模の目安とする。この農場に複数家族を入植させるか、企業体を入植させるかは、今後十分に討論すべき問題である。

土地所有形態、配分面積、施設・資機材所有形態は、「開発推進評価委員会」で決定される。

(2) 入植対象者

入植者はネジド地方の地元住民を主な対象とし、直接、間接に農業開発推進に参加させる。この事によって、地元住民の雇用機会を創出し、また遊牧民の定着も期待できる。

一つの地区に複数家族が入植する場合、入植者がお互いに協調しつつ農業経営を行うために入植者の組織化が必要である。このため同じ部族出身者による入植形態が最もまとまり易いと考えられる。

また、ネジド地方農業開発を「農業を次世代のオマーン国基幹産業として育成する一環である」と位置付ければ、開発に参加する人達は「次世代の国家基幹産業を育成し推進する人達」である。そのための入植計画は、基幹産業を担う人達の「人造り」計画として検討していく。

(3) 入植者の選定

ネジド地方の農業開発を成功に導くために入植者の選定は重要である。農業で自活できる営農技術を身につけ、意欲ある企業精神を持ち、また、ネジド地方の農業生産は貴重な資源である地下水を利用するため、かんがい用水を有効利用できる農業技術を持った入植者が望ましい。

そのため、入植者の選定に当っては、資格審査が必要であり、入植資格の不足している希望者に対しては農業技術を獲得させるためのトレーニングを実施する。入植者の募集・選定は、「開発推進評価委員会」の下で実施される。同委員会では応募者の中から営農意欲・栽培技術・経験などを基準に審査を行ない、選定する。

(4) 入植者組合の設立

開発事業は国家の関連省庁が総合的に取組む事で円滑に推進される。一方、事業を現場で担う農民も、日々の運営を組織的に行なう事で成果を挙げやすくなる。農場単位、または地区単位で入植者組合の設立を指導する。同組合は、国家政策、農業技術の伝達組織として活用されるとともに、現場で発現する諸問題を、「開発推進評価委員会」に提起する役割を持つ。

第6章 パイロット・ファーム事業計画

第 6 章 パイロット・ファーム事業計画

6. 1 事業の目的と構成

6.1.1 事業目的

パイロット・ファームの主要事業目的は次の 4 項目である。

1. 作物栽培試験
2. 営農技術の実証・展示・研修
3. 農業技術普及活動
4. 地下水・気象・土壌の継続観測

これら 4 つの主要目的について、以下に説明する。

(1) 作物栽培試験

ネジド地方の農業開発促進のために適した技術と作物を導入する。導入に際しては、現地の技術レベルと経済レベルに適合し、さらに地下水資源の有効利用がはかれる技術と作物を選択する。

(2) 営農技術の実証・展示・研修

栽培試験により有望と認められた技術と作物について実証試験を行う。また実証試験の中で新しい営農技術の展示と各階層を対象とした研修の機会も設ける。

(3) 農業技術普及活動

パイロット・ファームで確立した営農技術を、周辺の既存入植農家に広め、農業技術普及活動を行なう。また、この技術普及活動を通して発現する栽培・営農上の諸問題を、パイロット・ファームに持ち帰りパイロット・ファームの研究課題として、解決に向け検討する。

上記の活動を通し、砂漠農業開発に関するデータ・技術を蓄積する。蓄積されたデータ・技術は、ネジド地方の農業開発のみならず、同様の内陸砂漠農業のマスタープラン調査や、事業化調査にも活用される。

(4) 地下水資源開発余力の評価および気象・土壌条件の継続観測

地下水位変動や水質変化などを長期的に観測することにより、パイロット・ファームでの地下水揚水量が地域の地下水資源に及ぼす影響を調べる。この長期継続観測をネジド地方の広域地下水観測に連携させて、地下水開発余力を逐次評価する際の材料とする。

また、開発事業推進に欠くことのできない気象・土壌条件の継続観測を行なう。

6.1.2 事業構成

パイロット・ファームに次の三形態の圃場を設置する。

- 1) 試験栽培研究圃場
 - － 現地適正技術の導入
 - － 現地適正技術の展示・普及・研修
- 2) 地元住民を対象にした小型実証圃場
 - － 現地適正技術の実証試験
 - － モデル農場としての展示・普及・研修
- 3) 組織経営を対象にした大型実証圃場
 - － 現地適正技術の実証試験
 - － モデル農場としての展示・普及・研修

上記の圃場構成を骨格として次の諸計画にもとづき付帯設備を整備する。

- a) 水源計画 : パイロット・ファームの水源をまかなう生産井の建設
- b) かんがい排水計画 : 送配水路、排水路の建設
- c) 圃場計画 : 農道を含む圃場の建設
- d) 防風施設計画 : 防風林、防風ネットの建設
- e) 付帯施設計画 : 上下水道、発電施設、施設建築等の建設

6. 2 パイロット・ファーム運営計画

パイロット・ファームの運営計画はその事業目的に沿って以下の4計画に集約できる。

- a) 試験栽培計画
- b) トレーニング計画
- c) 農業技術普及計画
- d) 地下水および気象の継続観測計画

以下にこれらの運営計画について説明する。

6.2.1 試験栽培計画

パイロット・ファーム開設当初は、圃場の土壌は周辺の砂漠と同じ未熟土壌であるから、まず作物栽培に必要な地力の向上をはからなければならない。地力向上の確認後、長期的な作物試験栽培に入る。このため、試験栽培計画は初期段階とこれに続く試験栽培段階に分けて策定する。

- a) 初期栽培段階 : パイロット・ファーム全域に牧草等を栽培し、地力を向上させる。
- b) 試験栽培段階 : 地力向上後、作物栽培試験、土壌肥料試験、かんがい試験等の課題を設定して現地適正技術の導入および実証試験を行なう。

試験栽培段階で想定される課題は以下のような内容である。

- a. 作物栽培試験
 - 作物導入試験
 - 作付様式試験
 - 病虫害防除試験
- b. 土壌肥料試験
 - 耕作土壌の化学性・物理性のモニタリング
 - 施肥試験
 - かんがい方式と塩類集積の軽減試験

c. かんがい試験

- 作物別かんがい必要水量の検討
- かんがい水の節約方法の追求
- かんがい方式別の栽培上の問題把握
- かんがい方式別の作業合理化の研究

d. 農業機械試験

- 導入適正試験
- 耕作機械の単位コスト研究

6.2.2 トレーニング計画

全くの処女地で農業を成り立たせるためには、多くの技術と知識が必要であり、既設農園の農民、および新規入植者に対し、常に技術指導、知識の啓蒙をする必要がある。また、次世代の農業を担う農学生に実際の農業を経験させる場を提供することによりパイロット・ファームはさらに重要な意義を持つ。このためパイロット・ファームはトレーニング活動の任を負う。トレーニング活動の内容として以下のものを計画する。

- a) 農業技術指導者の育成
- b) 農業機械運転技能者の養成
- c) 地域営農を担う中核農民の育成
- d) 一般農民に対する技術向上のための研修
- e) 農学生のための農業実習

(1) 農業技術指導者の育成

農業技術指導者は、主として、将来、農業普及センター等の機関に属し、農民の指導、技術情報の伝達を行なう。

農業技術指導者育成のための主たる研修項目は以下のとおりである。

- | | |
|----------------|-------------|
| a) 土壌管理および施肥技術 | d) かんがい技術 |
| b) 作物栽培技術 | e) 技術普及指導方法 |
| c) 農作業技術 | f) 病虫害防除技術 |

研修者は各技術を、パイロット・ファームが行なう試験研究、実証、展示活動を通じて研修・習得する。

(2) 農業機械運転技能者の養成

農業機械運転技能者の養成は、将来、政府関係機関の技能者として働く者および自ら農業を行なう者を対象とする。養成のための主な研修項目は、以下のとおりである。

- a) 農業機械の構造の把握
- b) 運転技術の習得
- c) 機械の点検・整備・保守技術の習得

これらの技術の習得は、正規の農業機械運転技能者の指導の下で、パイロット・ファームの作業を通して行なう。

(3) 地域営農を担う中核農民の育成

中核農民は、将来、自ら農業を行なう者を対象とする。

中核農民育成のための主な研修内容は以下のとおりである。

- a) 栽培実習
- b) 作業実習
- c) かんがい実習

ネジド地方への入植農家の数戸に1戸はこの中核農民育成コース修了者を割り当てることが望ましい。

(4) 一般農民に対する技術向上のための研修

一般農民に対して技術向上のための短期研修を行なう。研修項目は、播種、育苗、施肥、病虫害防除、収穫物の取扱い、採種等の諸栽培作業である。

(5) 農学生のための農業実習

パイロット・ファームは農業教育関係機関と連携して、農業実習の場を提供する。農業実習生は、栽培作付計画に沿い一定期間パイロット・ファームに寄宿し、実際の農作業を通して、農業技術の習得、知識の確認をはかる。

また、ネジド地方の住民の子弟を国内にある農業高等教育期間（ニズワ農業高等学校、スルタンカブス大学農学部）に送り、パイロット・ファームの運営に参加させることを提案する。

6.2.3 農業技術普及計画

ネジド地方農業開発事業の初期段階において、パイロット・ファームは既設農場の農民および新規入植者に対し、体系的な農業普及指導を行なう。また、この普及活動中で摘出される農業上の問題点を、パイロット・ファームで検討する。さらに前項で述べたトレーニング活動に参画する農業技術指導者、中核農民、農学生もこの活動に加わる。

なお、この農業普及活動は将来農業普及センターが設立された場合は、発展的に移行・解消される。

(1) 活動内容

農業普及活動は指導業務、広報業務、調査・情報収集業務からなる。表6.2.1はこれらの業務をまとめたものである。

a) 指導業務

指導担当者が中心となり、農民を対象に技術指導を行なう。実際には、巡回、展示、実習、伝達、見学等の各種の指導を組合わせて行なう。

b) 広報業務

広報業務は技術情報ニュースの発行、技術マニュアルの作成、映画パネルの作成、各種の展示会の開催等を行なう。

c) 調査・情報収集業務

調査・情報収集業務は生産上の問題点の摘出、農業実態把握のための諸調査、新しい技術・情報の収集等を行ない、指導、広報業務により効果的な素材を提供する。

これらの業務を各々単独にではなく、相互に関連させ組織的に行なう。また、これらの業務を通し、周辺農場の持つ問題点を把握し、パイロット・ファームの活動に反映させる。

(2) 活動体制

活動体制の中核はパイロット・ファームの指導担当者である。実際の活動はパイロット・ファームへトレーニングのため集まる農業技術指導者、中核農民および農学生が行なう。

表 6.2.1 農業技術普及活動業務内容

業 務	業 務 項 目	活 動 内 容
指 導	1. 巡回指導 2. 展示指導 3. 実習指導 4. 伝達指導 5. 見学指導	1. 地区内を定期的に巡回し、現場で直接指導する。 2. 地区内の中核農家を拠点としたデモンストレーションフィールドを設け展示指導する。 3. 主としてパイロット・ファーム内で作物栽培、機械操作等の実技を指導する。 4. 講習会、講演会を計画し指導する。 5. 優良農場、試験場、流通市場等の視察を計画し、見聞を広めさせる。
広 報	1. 技術情報配布 2. 技術マニュアルの作成 3. 映画の作成 4. パネルの作成 5. 展示会の開催	1. 定期的に技術情報ニュースを発行する。 2. 課題別に技術マニュアルを作成する。 3. 農業技術を体系的に説明するPR映画を作成する。 4. 例えば病虫害害、生育障害、土壌断面等の標本を写真パネルとし、指導教材を作る。 5. 機械、装置、施設、資材等を展示し、新技術を紹介する。
調査・情報収集	1. 生産上の問題点摘出 2. 諸統計類の整理・分析 3. 情報収集	1. 土壌診断、生育診断、病虫害被害調査等の調査・診断を行なう。 2. 土地、戸数、人口、労働力、農業機械、作物面積、収量、生産費、生活費等農業生産上の諸統計を整理し、実態を把握する。 3. 文献、指導参考書類を収集、閲覧させる。

6.2.4 地下水および気象の継続観測計画

(1) 地下水継続観測計画

水資源については、その賦存量を水位測定により推測しながら、安全圏内で開発を進め、将来の段階的开发に際しても、観測井の設置を条件付けている。パイロット・ファームでは、生産井、観測井各々2本、計4本の設置を計画している。これらによりネジドで初めて、揚水量と地下水位変動の関係が定点で継続的に観測されることになる。計量された利水量に対する地下水位変動をパイロット・ファーム内および周辺の観測井群で観測する事は、局所的ではあるが、地下水賦存状況の解明に有益である。

観測の実施にあたっては、水資源庁（PAWR）と緊密な連携をはかり、また、技術的な支援をおおぐ。

(2) 気象継続観測

パイロット・ファームの活動項目の一環に、気象継続観測を組み込む。特にサムリート以北のネジド地方の気象観測は、本調査により開始されたものであるから、パイロット・ファーム内の気象観測施設の内容を拡充し、継続的観測を実施する事は、ネジド地方の農業開発事業を進める上で大きな助けとなる。

(3) 土地資源

モニタリング活動の一環として既存農場の土壌モニタリングを行なう。各農場の土壌変化をモニタリングし、問題点を把握し、パイロット・ファームで対応策を検討する。この成果は、今後ネジドのみならず、他地方での農場開発事業を行なう上で国家の貴重な財産となる。

6.2.5 パイロット・ファーム運営機構

パイロット・ファームの設立は、ネジド農業開発の第一歩であり、活動の成果は開発事業に直接反映される。また、開発の進展に従い、パイロット・ファームの果たすべき役割は増加し、その位置付けは重要なものとなってくる。このため、パイロット・ファームの運営は、地域農業開発の一環としてとらえる必要がある。開発事業に関係する行政分野は多岐に及ぶので、事業推進を確実にするため関係機関が参画する運営機構を組織する。

この運営機構は本報告書の5章で述べたように、「開発・推進評価委員会」の下で「開発事務局」と連携し、パイロット・ファームの運営を行なう。パイロット・ファームの維持・管理・運営のための人員構成を本章6.5に示す。

6. 3 計画の策定

6.3.1 計画位置と規模

(1) 事業計画位置

パイロット・ファーム計画地は、調査対象地域の 5 地区の中で農業開発有望地区であるドーカ地区内に選定した。

農業開発有望地区は、水文地質調査、電気探査解析、土壌調査の解析結果と、社会経済条件を総合的に評価して決定した。

パイロット・ファーム計画地は、マスカット～サラール幹線国道のサラールの北 150km、国道の西側約 1.2kmに位置する地点である。

計画地周辺の既存農場として、ハイラト・アル・ラーカ、ドーカ、シャスル、キトビートが存在している。

地形はワジ河道部で、標高は約 280m、植生としてはアカシヤ類やイネ科草本が極く僅かに育成している。

土壌はワジ部に発達した沖積土壌で、農業開発適地（土地分級 S2）は東西方向に広がり、面積は 432haである。

パイロット・ファームの位置を図6.3.1 に示す。

(2) 事業計画規模

本事業の規模（圃場面積規模）は、本調査で掘削建設した 2 本の試験井の適正揚水量、およびパイロット・ファーム運営形態内容から50haとする。

作物要水量から推定した50haの圃場の水源依存量は、18時間の揚水運転の場合、最大で3.54m³/分/台、平均で2.74m³/分/台となる。調査段階で建設した揚水井内径は所定流量を揚水する水中モーターポンプに充分対応がとれる。但し、地下水調査結果によれば、当該地の地下水は化石水と判断され長期間の揚水で被圧水頭が失なわれ、水面が漸時低下していくと予想される。そのため、常に地下水位のモニタリングを実施し、注意深く揚水量と地下水位の関係を把握する必要がある。

パイロット・ファーム 3 種類の圃場配分を次のように計画した。

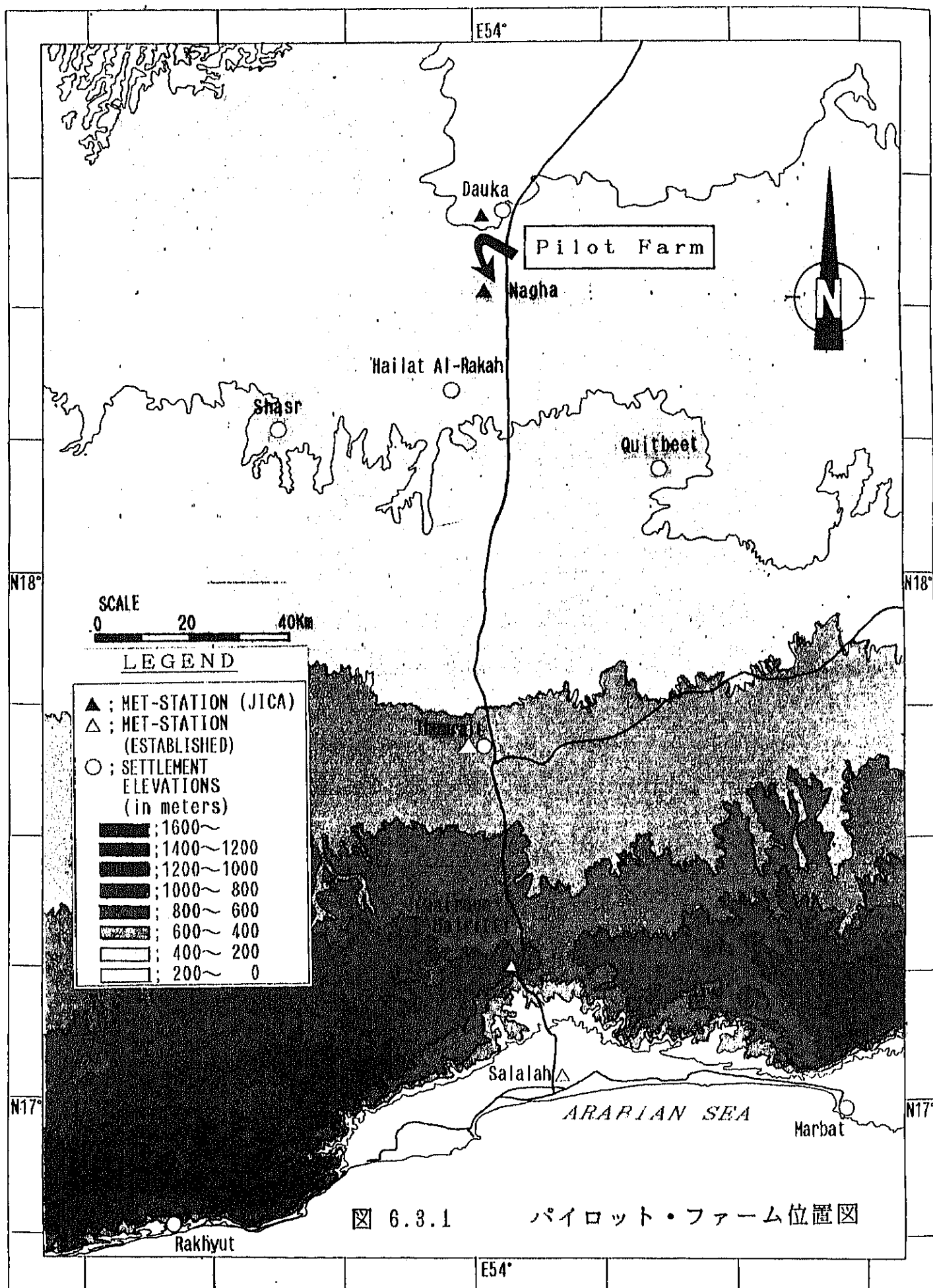


図 6.3.1 パイロット・ファーム位置図

試験栽培研究圃場	:	5ha	×	1区画	=	5ha
小型実証圃場	:	6ha	×	1区画	=	6ha
同上	:	9ha	×	1区画	=	9ha
大型実証圃場	:	30ha	×	1区画	=	30ha
計						50ha

1) 試験栽培研究圃場

試験栽培計画にもとづき、作物の試験栽培を行なう。
この目的のために、約 5 haの圃場を準備する。

2) 小型実証圃場

地元住民が所有し耕作すると予想される規模の圃場をパイロット・ファーム内に設置する。これを小型実証圃場と位置付け、栽培上・かんがい上の問題および運営コスト等を把握するための実証試験を行なう。また、試験栽培研究圃場での成果を導入し、さらに地元住民へのデモンストレーションのためにも利用する。小規模農場の管理・監督はパイロット・ファームによって行なわれるが、実際の運営には一部に地元住民の入植を認めたり地元住民の伝習圃場としての利用も検討する。この目的のため、約 6 haと 9 haの圃場を計 2 区画準備する。

3) 大型実証圃場

政府主導、または民間企業による組織的大規模経営農場を想定した大型実証圃場をパイロット・ファーム内に設置する。栽培手法、水管理、導入資機材について課題を設定し実証試験を行う。さらに各投入材、機材の運転コスト等、経営上の調査も活動の一環に加える。この目的のため、約30haの独立圃場を準備する。

6.3.2 かんがい計画

(1) 作物消費水量

既存気象資料から関係作物蒸発散量を求めた。算定は Blaney-Criddle, Radiation および Penman 法により行ない、それらの平均値を採用した。
作物消費水量は、関係作物蒸発散量と作物固有の作物係数の積として求められる。計画に用いる作物係数の決定要因である導入作物名、作付時期はパイロット・ファームの性格上単純に規定できない。但し、作物係数は、概ね 0.4～ 1.1の領域で変動する事が知られている。そのため、作物係数を0.85と仮定した（Appendix 参照）。

表 6.3.1 月別最大作物消費水量

単位：mm/日

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
5.4	6.7	8.2	8.9	9.5	10.5	9.7	9.5	8.6	7.6	6.0	5.3	8.0

(2) かんがい方法

大型実証圃場ではセンターピボット、小型実証圃場および試験圃場ではレインガン、サイドホイール等、現在周辺既存農場で採用されているかんがい方法を導入する。さらに、試験圃場では一部ドリップかんがい方式を採用する。

(3) かんがい効率

1) 圃場適用効率

圃場適用効率は、導入するかんがい方法によりほぼ決定される。本計画では節水型かんがい方式を採用する事を踏まえて、圃場適用効率を 0.8 とする。これにより、将来パイロット・ファームで導入する大半のかんがい方式に対応がとれる。

2) 搬送効率

パイロット・ファームでの水源から各圃場までの送配水は、搬送ロスを抑制するためバイブライン方式を採用する。このため、搬送効率を 0.9 で計画する。

3) かんがい効率

1)、2)での各効率の設定により、本計画で使用するかんがい効率は以下に示すように0.72である。

$$\begin{aligned}
 \text{かんがい効率} &= \text{圃場適用効率} \times \text{搬送効率} \\
 &= 0.8 \times 0.9 \\
 &= 0.72
 \end{aligned}$$

(4) 単位用水量

作物消費水量とかんがい効率から単位用水量を求めると、表6.3.2 のようにまとめられる。同表は単位用水量の最大および最小、平均についてまとめたものである。なお、本計画では有効雨量は見込まない。

表 6.3.2 単 位 用 水 量

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	最大月
ET crop (mm/日)	5.4	6.7	8.2	8.9	9.5	10.5	9.7	9.5	8.6	7.6	6.0	5.3	10.6
かんがい効率	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	~
単位用水量 (mm/日)	7.5	9.3	11.4	12.4	13.2	14.6	13.5	13.2	11.9	10.6	8.3	7.4	14.6
単位用水量 (mm/月)	232.5	260.4	353.4	372.0	409.2	438.0	418.5	409.2	357.0	328.6	249.0	229.4	438.0
単位揚水量 50ha (m ³ /日)	3.750	4.650	5.700	6.200	6.600	7.300	6.750	6.600	5.950	5.300	4.150	3.700	7.300

(5) リーチング水量

パイロット・ファーム計画地区の土壌は、作物栽培上の観点からすれば未熟であるが、物理性、化学性とも概ね良好な状況である。その中において土壌中の炭酸カルシウムの含有量が14~43%であり、かんがい初期に耕作表土にクラストの発生が懸念される。クラスト発生の対策としては、耕起を最小限に抑制し、かんがいを頻繁に行なう事とする。

耕作開始後は、土壌塩分をコントロールするため管理リーチングが必要である。本事業地の水源水質は塩類濃度が $1.500 \mu S/cm$ 程度である。この水質の下での管理リーチング必要水量は散水かんがいおよびドリップかんがいの場合、作物消費水量の6~10%の水量となる。この程度の水量は圃場内の損失水量でまかなうことができる。もし、圃場内の損失水量以上のリーチング水量が必要な場合、リーチングはかんがい必要水量の多い夏期を避けて行なう計画とする。

(6) 防風林かんがい水量

パイロット・ファームに植栽する防風林の本数は11,682本に達する。防風林1本当りのかんがい水量を300 /日とすれば、一日当りの必要水量は、パイロット・ファーム全体で 350.5m³になる。

(7) 計画取水量

揚水ポンプの規模を決めるため、計画取水量を算定する（下表参照）。

表 6.3.3 50haパイロット・ファームの全用水量集計表

単位: $\text{m}^3/\text{日}$

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
単位用水量	3.750	4.650	5.700	6.200	6.600	7.300	6.750	6.600	5.950	5.300	4.150	3.700
防 風 林	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351
計	4.101	5.001	6.051	6.551	6.951	7.651	7.101	6.951	6.301	5.651	4.501	4.051

先に求めたかんがい用水量では6月に最大値 $14.6\text{mm}/\text{日}$ 、12月に最小値 $7.4\text{mm}/\text{日}$ が発生することが分かる。圃場面積を50haとすると、一日当りの総用水量は6月に $7.651\text{m}^3/\text{日}$ （最大値）、12月に $4.051\text{m}^3/\text{日}$ （最小値）となる。年総用水量は $2.16\text{MCM}/\text{年}$ となる。

計画取水量（最大、最小および平均）は、ポンプ運転時間により以下のようになる。

表 6.3.4 計 画 取 水 量

	最 大	最 少	平 均
18時間運転	$7.08\text{m}^3/\text{分}$ ($118.07\text{Q}/\text{秒}$)	$3.75\text{m}^3/\text{分}$ ($62.52\text{Q}/\text{秒}$)	$5.48\text{m}^3/\text{分}$ ($91.32\text{Q}/\text{秒}$)
24時間運転	$5.31\text{m}^3/\text{分}$ ($88.65\text{Q}/\text{秒}$)	$2.81\text{m}^3/\text{分}$ ($46.89\text{Q}/\text{秒}$)	$4.11\text{m}^3/\text{分}$ ($68.49\text{Q}/\text{秒}$)

本計画では、ポンプ稼動時間を18時間とし、ポンプ規模を決める計画取水量を $118.07\text{Q}/\text{秒}$ 、1台当りのポンプ能力を $59.04\text{Q}/\text{秒}/\text{台}$ （2本の生産井による取水）とする。

6.3.3 施設計画

パイロット・ファーム内の諸施設についての概要を以下にまとめる。

(1) 取水施設

1) 生産井

パイロット・ファームの水源は本調査で掘削した2本の試験井を生産井に転換する事で確保する。取水のため各井戸には、水中ポンプを設置する。2本の生産井（NJD-2, 4）の諸元は表6.3.5のとおりである。

表 6.3.5 生産井の諸元

項 目	値	備 考
掘 削 深 度	350m	
掘 削 口 径	φ 216～φ 610mm	
ケーシング径	φ 245～φ 340mm	
主帯水層深度	GL - 280m～-310 m	
計画取水量 ¹⁾	Max 7.08 m ³ /分	但し、18時間運転
ポンプ据付位置	GL - 50m	
ポンプ能力	3.54 m ³ /分/台	但し、18時間運転

¹⁾ 計画取水量は表 6.3.4参照

2) ポンプ据付位置

建設後の井戸を用いて、揚水試験を行なった結果、 $Q = 50 \sim 60$ lit/秒、72時間運転で5～8mの水位低下となった。パイロット・ファーム建設後、同規模の揚水を18時間ポンプ稼動で行なうとすれば4～7m程度の水位低下が発生すると予想されるが、回復する静水位は総揚水量に合せ、経年的に漸次低下していく（第4章参照）。実際的な水位低下は、今後行なう長期揚水試験（例えば1ヶ月連続揚水試験）とパイロット・ファームの運営と平行して行なう地下水位モニタリングで確認・把握して行く。そのため、ポンプ据付位置は安全をとりGL-50mとして、長期運用の安全を見込む。

3) 生産井小屋

試験井はフェンスで囲われているのみだが、生産井への転換では飛砂、直射日光からの保護のため小屋を設置する。小屋中央にはポンプを固定する据付台を設け、上部には水中モーターポンプ保守のため梁を渡す。操作盤は小屋内に設置する。小屋の規模は約 4.0m × 4.0m 程度とする。

(2) 配水施設

1) ファーム・ポンド

ポンプ稼動時間および圃場でのかんがい作業時間のずれを調整するため、パイロット・ファーム内にファーム・ポンドを計画する。ポンプ稼動時間を18時間、かんがい作業時間を12時間とすれば、ファーム・ポンドの必要容量は、 $2,585\text{m}^3$ となる ($= 3.59\text{m}^3/\text{分} \times 2\text{台} \times 6\text{時間} \times 60\text{分}$)。このため、1基のファーム・ポンドを設置し、2基の生産井と結ぶ。ファーム・ポンドの規模は約 $35.0\text{m}^L \times 35.0\text{m}^B \times 2.5\text{m}^H$ とし、表面をセメントモルタルで被う構造とする。

2) 配水ポンプ場

一担、ファーム・ポンドに貯えられたかんがい水は、配水ポンプにより各圃場のかんがい施設に配水される。現在の計画では、圃場の面積配分が以下になるため、予備を入れ計5台のポンプを準備する。

かんがい面積	かんがい方式	必要水圧	送水量 (Max)	ポンプ能力 (揚程)
1. 30.0 ha	センターピット	5.5 kg / cm^2	4.0 m^3 / 分	60m
2. 5.0 ha	ドリフ&レインガン	5.5 kg / cm^2	0.7 m^3 / 分	60m
3. 6.0 ha	サイドスロー	5.5 kg / cm^2	0.8 m^3 / 分	60m
4. 9.0 ha	レインガン	5.5 kg / cm^2	1.2 m^3 / 分	60m
5. 予 備	————	5.5 kg / cm^2	4.0 m^3 / 分	60m

これらのポンプを収容するため、送配水ポンプ場を建設する。同ポンプ場はポンプ操作盤を考慮して、およそ $120\text{m}^2 = 15\text{m} \times 8\text{m}$ 程度のクレーンを装備した施設とする。

3) 送配水路

パイロット・ファーム内のかんがい用送配水は、搬送ロスを抑制するためにパイプラインで計画する。配水用パイプラインは圃場内でのかんがい作業の容易性を確保するため、管網配管方式とする。使用するパイプの種類は鋼管とする。各圃場端には各種かんがい方式に対応がとれるように給水栓を設置する。

(3) 排水施設

パイロット・ファーム建設予定地の土壌調査によれば、表層下 5 m の範囲までは不透水層や地下水面は認められなかった。更に土壌および水質も概ね良質であり（土壌；EC $\pm 0.12 \text{ mmho/cm}$ 、pH ± 8.50 、水質 $1.600 \mu\text{S/cm}$ ）かんがい使用水量も導入予定のかんがい方式を考慮すれば過剰灌水になる事はない。以上の理由から、栽培に大きな支障をきたす塩害は発生しないと判断する。

このため、農道沿いに布設する開渠の排水路以外、特別な排水施設は計画しない。但し、将来において塩害の発生が認められるときは排水パイプを布設し、これに対応するよう提言する。

なお、試験圃場のうち 1 ha 分には暗渠を布設し、試験栽培の中で使用できるよう配慮する。

(4) かんがい施設

1) センターピボット

大規模実証圃場の 30 ha のかんがいに、サラールを含む南部地域で広く採用されている回転移動式かんがいシステムのセンターピボットを導入する。

2) サイドホールスプリンクラーシステム

小規模実証試験圃場の一部 6 ha のかんがいに、平行移動式かんがいシステムのサイドホールスプリンクラーシステムを導入する。

3) レインガンシステム

小型実証試験圃場の9haと試験栽培圃場の4haは、既存農場で多用されている大型散水器レインガンシステムを導入する。

4) ドリップシステム

試験栽培圃場の1haには、点滴かんがいのドリップシステムを導入し、試験栽培に用いる。

6.3.4 付帯施設

パイロット・ファームの運営を円滑に行なうため、以下の付帯施設を計画する。

(1) 道 路

パイロット・ファーム内に幹線道路、支線道路および耕作道路を各々の目的に合せ配置する。

1) 幹線道路

幹線道路は近傍を南北に走る国道とパイロット・ファームの連絡およびパイロット・ファーム内の支線・耕作道路との連絡のため設置する。

幹線道路は有効幅員6mの砂利舗装とし、全幅員は両側の路肩を入れ10mとする。全対象延長は5.1km程度となる。

2) 支線道路

支線道路は幹線道路と耕作道路を結ぶ役割を持ち、有効幅員を4.0m、全幅員を7.0mに設定する。舗装は砂利舗装を施す。全延長は3.3kmになる。

3) 耕作道路

圃場作業を容易にし、支線道路から圃場へのアクセスをするため耕作道路を計画する。片側に沿わせる防風林帯を含め7m幅となり、延長は2.3kmを予定する。

(2) 防風施設

建設予定地近くの気象資料によれば、平均風速は 6.0m/秒程度であり風向は南または南西風が80%とほぼ一定している。平均風速が、6.0m/秒であることから、瞬間風速は、12.0m/秒程度と推定され、作物および諸施設への被害が懸念される。そのため育成した土壌の風食を抑制し、作物への害を軽減するため防風施設を設置する。また、風速の軽減により蒸発散量の抑制が期待できる。

防風施設として、長期的対策には防風林を、建設当初から防風林の成長迄の短期的対策には防風ネットを設置する。

1) 防風林

防風林全体の樹高を 5 m とすると減風域は樹高の10~15倍になるため、約50mの範囲に効果を期待できる。

パイロット・ファーム内の農道・耕作道に沿って風向を遮断する東西方向に配し、4 m 幅に 3 列を植える。中央は、樹枝が強固な *Conocarpis* sp. とし両脇を *Tamarisk* sp. や *Prosopis* sp. 等で被う。配置は 2.5m おきの千鳥配置とする。

2) 防風ネット

防風林が成長するまでの短期的対策としてパイロット・ファーム回りに 5 m 高の防風ネットを設置する。パイロット・ファーム計画地は、現在、放牧しているラクダの朝夕の通過点になっており、圃場への侵入に対する防御柵としての効果も期待できる。

(3) 発電施設

建設予定地点近くには電力送配線がないため、ポンプ用電力と事務所・宿泊施設の電力供給のため発電施設を設置する。

発電施設の容量は約 500 KVA となり、5 台の 100 KVA 発電機を設置する。これらを収容する発電機棟の広さは約 100m² となる。

(4) 建 築

パイロット・ファーム内に設置する建築に関する諸施設は以下の通り。

・事務棟	100 m ²	・倉庫	100 m ²
・訓練、教育棟	100 m ²	・ガレージ	120 m ²
・調査棟	100 m ²	・要員宿泊棟	850 m ²
・実験棟	50 m ²		

(5) 農業気象観測施設

観測井NJD-3に隣接し、既に本調査で設置した気象観測施設が稼動しているが、観測項目の充実をはかるため、クラスAパン蒸発計と気象観測ロボットを設置する。

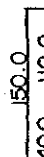
観測項目は以下のようになる。

・気 温	・地中温度
・降 水 量	・蒸 発 量
・湿 度	・日照時間
・風（風速、風向）	・日 射 量

(6) 農業関係資機材

パイロット・ファームでの耕作、栽培と地元住民への農業機械訓練のため以下の資機材を導入する。

・乗用トラクター（80ps）	2 台
・ディスクプラウ（14" × 3）	1 台
・ディスクハロウ（15" × 24）	1 台
・ツースハロウ（30 × 4 連）	1 台
・マニアスプレダ（縦軸型 2.3 t）	1 台
・フロントローダ	1 台
・ブロードキャスト（ 660Q ）	1 台
・パッカーシーダー（ 2.4m ）	1 台
・ロータリーモア（ 2.0m ）	1 台
・テクター（4ローター）	1 台
・レーキ（シリンダ型）	1 台
・タイドベラー（40 × 40 × 50cm）	1 台
・キューブマシーン（ 120ps ）	1 台
・トラック（ 2 ton ）	2 台



6. 4 パイロット・ファーム建設事業計画

6.4.1 事業実施機関

事業実施に必要な設計、施工計画、建設工事および建設後の維持運営管理等の作業は、一つの機関で統括する事が望ましい。

当事業においては、農漁業省南部地域農漁業総局（D G A F S）が事業実施機関として適している。

また、建設後の維持・運営の中で地下水モニタリングについては、水資源庁（P A W R）の技術的な支援が望まれる。

6.4.2 事業実施と施工計画

(1) 実施方法

建設工事形式は基本的に請負工事方式で実施する。工事業者は競争入札で決定後、請負契約にもとづいて工事を実施する。

(2) 工 期

当事業の工期は、図6.4.1 に示すように約1年間を予定する。この工期には詳細設計、入札等の期間を含む。

(3) コンサルタントの技術供与

コンサルタント技術供与は、事業の進捗に伴い以下のような4段階に分けられる。

1. 詳細設計
2. 入札書類の作成および入札手続の準備
3. 建設期間の施工管理
4. 建設後の施設の維持管理

コンサルタントは計画、設計、施設、水文地質、土木、農業等の分野ですぐれた技術力と経験を有する技術者ならびに専門家より構成され、事業実施機関および工事業者と綿密な連絡を持ち、円滑かつ良質の工事が実施されるようにする。また、コンサルタントは、業務を通じて事業実施機関の政府職員に技術移転を行う。

図 6.4.1 事業実施計画工程表

項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
コンサルタント業務												
コンサルタント契約												
現地測量／詳細設計												
入札業務												
施工監理												
業者業務												
業者契約												
準備工事												
土地造成・道路工事												
圃場工事												
試験圃場整備												
大型実証圃場整備												
小型実証圃場整備												
取水施設工事												
フェーム・ボンド工事												
送水管布設工事												
配水管布設工事												
建設工事												
防風施設工事												
送水施設工事												
かんがい施設設置												
通水試験												

6.4.3 事業費

事業費は建設工事費、資機材費、工事施設費、一般管理費、コンサルティング・サービス費、予備費から成る。

(1) 事業費算定条件

事業費は以下の算定条件にもとづいて積算した。

1) 基礎価格

資材費、機材費、人件費等の基礎価格は、1989年1月の市場価格とした。

2) 単 価

土木工事の単価は、積上げ方式によって求めた。事業費の算定に用いられる労務資材価格は、サララ市内およびマスカット市内で調査・収集した資料にもとづいて決定した。

3) 間接費

建設工事の間接費は、事業主体の諸経費、営業利益等であり、直接費の25%とした。

4) 外貨交換レート

1989年1月の実勢レート $US\$ 1 = R.O. 0.384 = ¥ 130$ とした。

5) 工事施設費

現地工事事務所、宿舎等の設置費用とした。

6) 一般管理費

事業実施機関の工事に関する職員の工事期間中の給与、事務雑費、光熱その他の経費とした。

7) コンサルティング・サービス費

詳細設計および建設期間中の監督に対するコンサルタントの技術供与費とした。

8) 予備費

予備費は設計時に想定することの出来なかった数量変更分に対する費用として、土木工事費の10%相当を見込んだ。

(2) パイロット・ファーム事業費

パイロット・ファーム事業費は、総額R.O. 1,698.5千 (4,423千ドル) となる。
建設・資機材費はR.O. 1,343.0千 (3,497.4千ドル) であり、工事施設費、一般管理費、コンサルティング・サービス費および予備費等の総額はR.O. 355.5千 (925.8千ドル) となる。

1) 建設・資機材費

建設・資機材費の内訳は以下のようになる。

施設建設総額	R.O. 1,193.951 (3,109.250ドル)
資機材購入費	R.O. 149.040 (388.150ドル)
計	R.O. 1,342.991 (3,497.400ドル)

資機材購入費の内訳は以下のようになる。

農作業用機械購入費	R.O. 96.410
農業気象観測機器購入費	R.O. 4.080
保守・管理用車輛購入費	R.O. 36.050
事務用機械購入費	R.O. 12.500
計	R.O. 149.040

2) 事業費

前述の建設工事費、資機材購入費に、工事施設費、予備費等を含めた総事業費は以下の表に示すとおりである。

表 6.4.1 パイロット・ファーム事業費集計表

単位：10³ R.O.

項 目	金 額
1 建設工事費	1,194.0
2 資機材購入費	149.0
小 計	1,343.0
3 工事施設費	9.4
4 一般管理費	5.7
5 コンサルティング・サービス費	186.0
6 物的予備費	154.4
7 総 合 計	1,698.5

6. 5 パイロット・ファーム維持管理計画

6.5.1 維持管理体制

管理事務所及び試験圃場の諸施設の維持・管理にあたるのは、「パイロット・ファーム事業現地事務所」である。このチームは所長以下20名の職員から成る。担当分野には、農業栽培試験、かんがい施設の専門家がいる他、農業普及、農業機械オペレーター、修理工も常駐する。さらに地下水と土壌のモニタリングおよび気象観測機器維持のため、観測員を加える。パイロット・ファームの活動が軌道に乗り、外部からの研修も受入れる事になれば短期的に専門家の招聘をする。

項 目	人数	業 務 内 容
1 Team Leader	1名	チームリーダー、運営総括
2 Agronomist	1名	試験実証栽培、普及・研修の指導
3 Irrigation Engineer	2名	かんがい担当、普及・研修の指導
4 Extension Worker	2名	農業技術巡回指導
5 Observation Worker	4名	地下水観測、気象観測 土壌モニタリング、資料整理
6 Mechanics	2名	農業作業機械、車輛の修理
7 Machine Operator	2名	農業作業機械の運転
8 Administrator	1名	事務、会計
9 Office Worker	1名	庶務、タイプ
10 Laborer	3名	圃場作業
11 Cook	1名	料理
20名		

6.5.2 維持管理費

本計画の諸施設の管理運営に要する費用は年間R.O. 175千（455千ドル）と見積られる。内訳は以下の通り。

1. 管理事務所	
人件費	R.O. 18,000
車輛燃料費	R.O. 2,803
施設・機械修理費	R.O. 6,375
計	R.O. 27,178
2. 試験実証圃場	
雇人費	R.O. 75,120
取水施設維持費	R.O. 601
かんがい施設維持費	R.O. 7,533
排水施設維持費	R.O. 14
道路修理費	R.O. 79
防風施設維持費	R.O. 2,035
上水道施設維持費	R.O. 56
建築物維持費	R.O. 219
発電機維持費	R.O. 50,372
農作業用機械維持費	R.O. 11,457
気象観測施設維持費	R.O. 112
計	R.O. 147,608

6.5.3 パイロット・ファームの採算性

パイロット・ファームは本来非営利教育・試験機関なので採算性の議論はなじまない。しかし、45haの実証圃場で栽培される作物の大半は近くの市場へ出荷が可能である。仮にローズグラスを栽培し市場へ出荷する場合のパイロット・ファームの採算性を試算すると以下ようになる。

パイロット・ファーム建設費総額は約 170万R.O.（1989年1月価格）で、これは農漁業省（MAF）の平均開発予算額の約50%に当たる。（1988年度MAF開発予算総額R.O. 352万）。年間維持管理支出費は、R.O. 82,000（減価償却費を含まず）、要員給与支出総額はR.O. 93,000である。生産されたローズグラスを市場に売却した歳入は、R.O. 180,000になるので運営に関してはほぼ採算がとれている、と言えよう。

1/ R.O.17.6百万／5年。The 3rd 5-year Development Plan '86-'90

2/ $R.O.100/ton \times 40ton/ha \times 90\% \times 50ha = R.O.180,000$

3/ 栽培面積 45ha

6. 6 ネジド地方農業開発事業案

6.6.1 事業計画の背景・目的

ネジド地方の農業開発を組織的に実施するには、パイロット・ファーム建設を開発事業のスタートとするいくつかの過渡的開発段階を経なければならない。

パイロット・ファーム建設に続く開発事業を進めていくに当たっては、農場開発の事業拡大速度および事業規模限度の評価が主要課題となる。

ここでは、これらの目標を追究しながら推進される開発第2段階として、事業実施の際に考慮すべき問題点を把握するため、ガイドラインに従って想定される1つの事業の姿を描く。主な検討項目は以下のとおりである。

1. 投資規模の概算
2. 事業の評価
3. 必要となる国家支援政策

6.6.2 事業計画の前提条件

これまで述べてきた農業開発ガイドラインに従い、計画の前提条件を以下のよう
に設定する。

- | | |
|---------------|---|
| a) 暫定的事業の達成規模 | 地下水調査結果から得た地下水賦存状況を踏まえ、暫定的達成規模を500haとする。 |
| b) 段階的開発 | パイロット・ファームでの調査・試験を踏まえ、開発面積を段階的に拡大して行く。 |
| c) 栽培作物 | ローズガラスとする。 |
| d) 事業開始時期 | パイロット・ファームで2年間運営・モニタリングを行ない、開発可能性が確認された後に事業を開始する。 |

6.6.3 建設計画

(1) 開発優先地区の選定

本調査から得られた自然・社会条件をオーバーレイすることにより、開発対象地区は、概ね以下の4地区に限定される。

1. ナガー地区（パイロット・ファーム周辺）

：国道に隣接し、既存開発域のほぼ重心に位置する。

2. ドーカ地区

：国道に隣接し、高被圧水が期待できる。

3. シャスル地区

：地方道に隣接しドーカに次ぐ被圧水が期待できる。

4. ワジ・モハウリム地区：地方道に隣接し、まとまったS2域が期待できる。

以上の4地区の中から、2地区を選定することで、開発地区により異なる事業費のうち平均的な事業費を推定する。

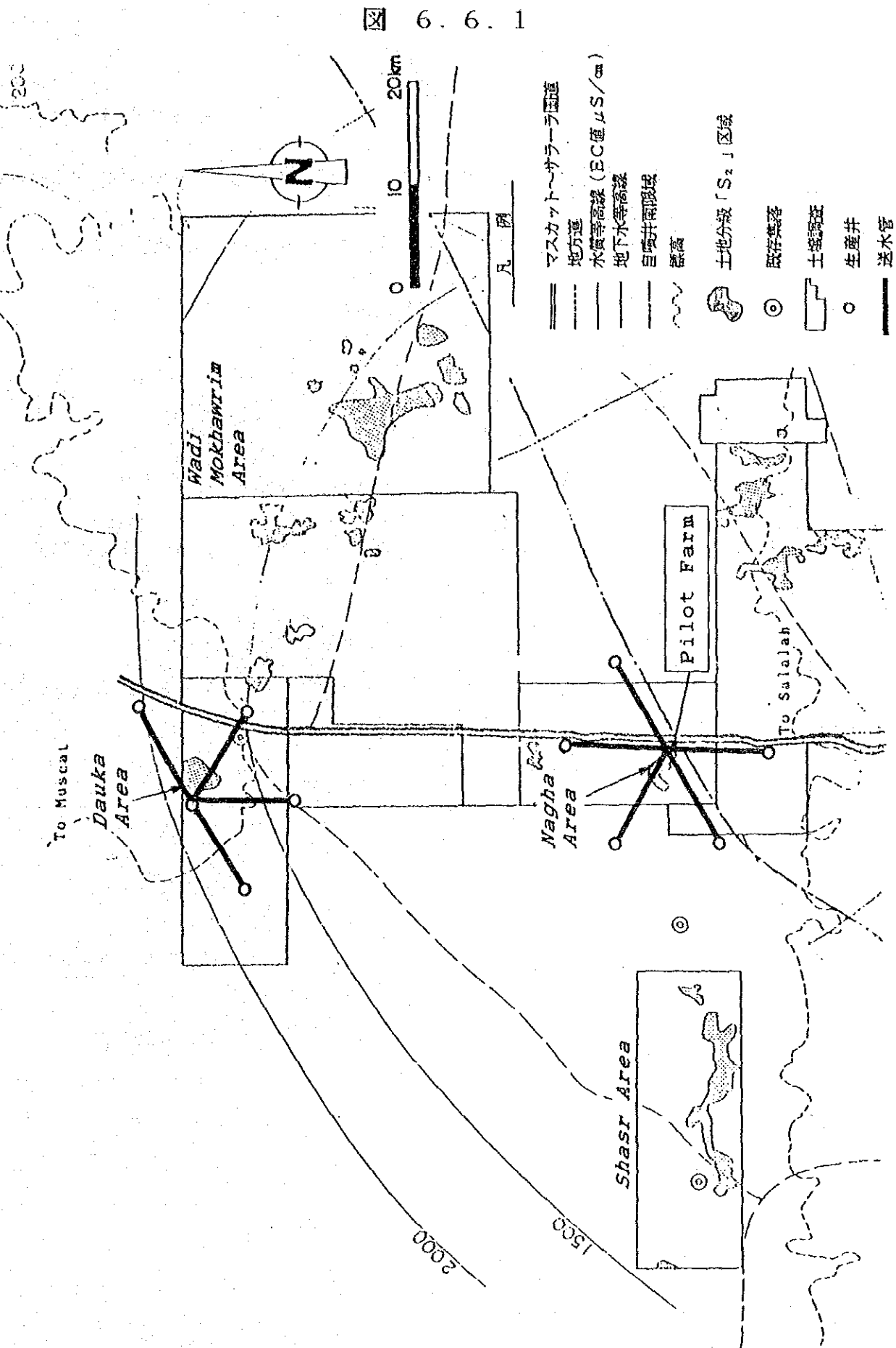
本案で対象とする開発地区は、ナガー地区（パイロット・ファーム地区）およびドーカ地区（放棄自噴井周域）とする（図 6.6.1参照）。理由は以下に示す。

- a) 国道に隣接し新たな道路建設は不要であり、生産物の集出荷に容易である。
- b) 既存集落および地域からのアプローチが容易であり、啓蒙効果が大い。
- c) ナガー地区はパイロット・ファームに隣接し、技術指導が容易である。
- d) ドーカ地区は高被圧地下水が期待できる
- e) まとまった適正土壌域がある
- f) 他の2地区は地方道に隣接するものの地方道の整備状況は悪く、野菜等の生産物を出荷するには大規模な道路再整備が必要である。

(2) 建設順序

パイロット・ファームで2年間運営・モニタリングを行ない、開発の可能性が確認された後、農場の開発建設を開始する。開発建設は、50haの農場を拡大の開発単位としてナガー地区とドーカ地区に交互に建設して行き、50haの開発単位の農場を計10ヶ所設置し 500haまで開発すると仮定する。

図 6. 6. 1 ネジド地方農業開発事業案の開発地区



(3) 施設計画

農場開発の開発単位である50ha農場ごとに建設・配置される主な施設および機材を以下に示す。

これらがナガーとドーカの2地区に5ヶ所ずつ設置されると仮定する。

表 6.6.1 50ha農場開発単位別建設計画

工 種	示 様 ・ そ の 他
1. 圃場造成	50haを拡大開発の単位とし、一基のセンターピボットでかんがいする。
2. かんがい配水管	パイロット・ファーム計画の内容に準ずる。
3. 防風林	同 上
4. 農道	50haの圃場に、幹線道2571m、耕道 406mを建設する。
5. ファーム・ポンド	50haの規模毎に1ヶ所設置する。
6. 配水ポンプ	65KWのブースターポンプ2台を配置する。
7. かんがい施設	50ha規模のセンターピボットを導入する。
8. 生産井	ナガー地区：330m、ドーカ地区 430mと仮定して計画する。
9. モニタリング井	同 上
10. 揚水ポンプ	ナガー地区にのみ揚水ポンプを計画する。45KW
11. 送水管	生産井ごとに送水管を布設し、ファームポンドまで送水する計画とする。
12. 発電施設	揚水ポンプ、配水ポンプ毎に発電施設を計画する。
13. 連絡道路	国道と開発域を結ぶ連絡道を計画する。
14. 保守・管理道路	生産井と送水管を保守する管理道路を計画する。
15. 農業機械	牧草生産に必要な農業機械を導入する。
16. 車 輦	農場の運営・保守のための車輦を導入する。
17. 宿舎・建物	入植者用宿泊施設

(4) 農作業機導入計画

1) 造成・播種作業機械

造成・播種作業機械として、表6.6.2の各作業機を導入する。事業開始当初5年間は、これらの構成が1組で済み、6年目に更新と新規購入により2組の導入が必要となる。

2) 管理・収穫作業機械

管理・収穫作業機械として、表6.6.2の各作業機を導入する。表中に示す構成は、50ha当りのものである。耐用年数が5年と予想されるため、購入後6年目に更新が必要となる。

他に、農場内での作業を円滑にするため、四輪駆動車およびオートバイを導入する。

表 6.6.2 農 作 業 機 導 入 計 画

作 業 名	機 械 名	規 格	台数
造成・播種作業	コンポスト・散布	マニアスプレダ フロントローダ	縦軸型2.3ton —
	耕 起	ボトムブラウ	14' × 3
	砕 土	ディスクハロー	20' × 24
	整 地	ツースハロー	30 × 4連
	施 肥	ブロードキャスタ	660Q
	播 種	パッカーシーダー	2.4m
	鎮 圧	パッカーシーダー	同上
	けん引	乗用トラクター	60 P.S
	計		8
管理・収穫作業	追 肥	ブロードキャスタ	660Q
	刈 取	ロータリモア	2.0m
	反 転	テッター	4 ローター
	集 草	レーキ	シリンダー型
	梱 包	タイトベアラ	40 × 40 × 50cm
	積 込	フロントローダ	—
		トラック	4 ton
	けん引	乗用トラクター	60 P.S
	計		16
運営、保守・管理作業 (50ha農場当り)		乗用車	4 WD
		オートバイ	

6.6.4 事業費

事業費は農場の開発単位である50haの事業費について算定する。全計画500haの総事業費は50haの事業費の10倍となる。

50haの事業費は、建設工事費、資機材費、工事施設費、一般管理費、コンサルティング・サービス費、物的予備費から成る。

(1) 事業費算定条件

事業費の算定条件は、パイロット・ファームの事業費算定条件と同じである。

(2) 事業費

1) 建設工事費

総建設工事費は、R.O. 1,296.5千 (3,376.3千ドル) であり、直接費、間接費は各々R.O. 972.4千 (2,532千ドル) とR.O. 324千 (844千ドル) である。

2) 資機材購入費

資機材購入費はR.O. 84,534 (220.1千ドル) であり、内訳は以下のとおりである。

造成・播種用機械	=	R.O. 4,084	(10.6千ドル)
管理・収穫用機械	=	R.O. 73,100	(190.4千ドル)
小 計	=	R.O. 77,184	(201.0千ドル)
車 輦	=	R.O. 7,350	(19.1千ドル)
合 計	=	R.O. 84,534	(220.1千ドル)

3) 事業費

農場の開発単位である50haの事業費は以下のとおりである。全計画500haの総事業費は50haの事業費の10倍となる。

表 6.6.3 事業費集計表

単位：10³ R.O.

項 目	開発単位50ha農場平均値
1. 建設工事費	1,296.5
2. 資機材費	84.5
小 計	1,381.0
3. 工事施設費	7.4
4. 一般管理費	5.7
5. コンサルティング・サービス費	110.7
6. 物的予備費	150.5
総 計	1,655.3

6.6.5 維持管理費

(1) 年間維持管理費

維持管理費の構成は減価償却費、修理費および消費燃料費である。

50haの開発単位の年間維持管理費は開発地区の水源状況により異なるが、平均 R.O. 128,500 (334.6千ドル) となる。全維持管理費の中で大きな役割を占めるのは、以下の 3 項目である。

取水施設維持管理費	28 %
圃場施設維持管理費	48 %
農業機械維持管理費	23 %
連絡道路維持管理費	1 %

以下に主要な項目の維持管理費について説明する。

1) 取水施設維持管理費

水源施設は生産井から送水管出口までの諸施設を指す。

ナガー地区と、ドーカ地区とでは地下水の被圧状況が異なる。そのためナガー地区のみ揚水ポンプおよび発電施設を設置する計画となっている。

これらの維持管理費を取水総量で除すると、水価が得られ、約R.O. 0.021/m³ (0.055ドル/m³)となる。

2) 圃場施設維持管理費

圃場施設は、ファーム・ポンドからセンターピボットまでの配水施設、かんがい施設、農道、防風施設を指す。ナガー地区、ドーカ地区ともに同じ内容である。

これらの維持管理費は 50ha 圃場規模で年間約R.O. 59,100 (154 千ドル)になる。

3) 農業機械維持管理費

50ha圃場で使用する造成・播種および管理・収穫用機械の年間総維持費用は約R.O.30,000 (78.1千ドル)と見積もられる。

(2) 施設資機材更新費

施設資機材更新費として、農業機械更新費用を挙げる。農業機械の耐用年数は、5年であり5年毎に農業機械の更新費用が発生する。50ha規模毎の内訳は、以下のとおりである。

造成・播種用機械 = R.O.20,420 (53千ドル)

管理・収穫用機械 = R.O.73,100 (190千ドル)