

### 第3章 調査対象地域の現況

#### 3.1 自然状況

##### 3.1.1 位置及び地形

調査対象地域は、首都テュニスの南250kmから390kmの間に位置し、南北方向ではガフサ市-Bs Eabria市にまたがる140kmの間に、東西方向ではガベス湾からアルジェリア国境に至る260kmの間に広がっている。また、南部4県ガフサ(7,360km<sup>2</sup>)、トゥズール(6,159km<sup>2</sup>)、ケビリ(22,454km<sup>2</sup>)及びガベス(7,505km<sup>2</sup>)総面積43,478km<sup>2</sup>の一部にあたる。正確な位置は、北緯33°20' - 34°40'の間、東経7°40' - 10°30'の間にある。交通の便は良く、テュニスと調査対象地域は国道1号線、2号線、3号線で結ばれている。また、地域内は国道1号線、3号線、15号線、16号線で結ばれており、主要都市であるガフサ市、トゥズール市、ケビリ市、ガベス市はこれら国道沿いに位置する。

北から南に延びるテュニジアの国土は形態学上、大きく3つのゾーンに分けられる。北からアトラステュニジア、東部テュニジア及びサハラ台地である。4県にまたがる調査対象地域はサハラ台地の北限沿いに位置している。

ガフサ県の調査地区は、やや起伏に富んだ盆地になっており、標高は220mから400mである。すなわち北部はシ・アイク山(標高1,029m)、エス・スイニア山(標高679m)等、東部はピアダ山(標高1,163m)等、南部はエル・アスケル山(標高608m)、モラ山(標高510m)等に囲まれており南西方向に位置するエル・ガルサ塩湖に向け緩傾斜している。いくつかのワジは、これら山間地に水源を発生して南及び西に流下し、エル・メラワディに合流した後、標高海面下マイナス17mのガルサ塩湖に流入する。調査地域を流下する主なワジは、エル・ケビリ、シ・アイク、エル・メラ等である。

ガフサ県南部郡及びクサール郡に位置する4オアシスは、ガフサ盆地の中央部の最も低位部に位置しており、前者はバイク川の西部に位置し、その標高は250mから260mの間にある。後者はバイク川の東部にあり、標高250mから270mである。ギターール郡にあるオアシスはガフサ市街から約14kmの東部にあり丘陵地と北部にあるエル・ギターール塩湖に囲まれ、その標高は220mから270mに変化し南に向かって傾斜している。メツロイ郡の2オアシスはガフサ市街の約30~60km西部にあり、丘陵地の南部に位置している。本地域はやや傾斜を持っており、その標高は、230mから280mの間にある。ロデエフ郡のオアシスはガフサ盆地の外側のアルジェリアの国境近くであり、その標高は約100mである。

トゥズール県の調査地区は、国道3号線沿いに北東から南西に延びており標高は10mから150mである。すなわち北部にはモラ山があり、東部と南部はエル・ジェリド塩湖、西部はエル・ガルサ塩湖及びアルジェリア国境に囲まれている。当地区の地形は、東と西に傾きやや急傾斜で上記の2大塩湖に面している。ほとんどの地下水源は2大塩湖とアルジェリア国境線付近に集中している。

トゥズール郡の10オアシスは、トゥズール市街の東部及び南部に位置し、ジェリッド塩湖の方向に広がり、標高40mから80mを持ちながら、東部及び南部に向かって傾斜している。ネフタ郡の5オア

シスはネフタ市街の南部でジェリッド塩湖の北部に位置し、標高30mから80mを持って、南部に傾斜している。デガシエ郡の7オアシスは、デガシエ市街を囲むように北東部及び南東部に分かれて位置している。前者のオアシスは、10mから50mの標高を持ちガルサ塩湖に向かい傾斜し、後者のオアシスは20mから50mの標高を持ちながらジェリッド塩湖に向かって傾斜している。ハザウア郡のオアシスやタメルザ郡の4オアシスは、アルジェリアの国境近くに位置し、標高20m程度の平坦な地形を有している。

ケビリ県の調査地区は、北部はエル・ファジャジ塩湖、東部はデバガ山(標高496m)、南部はサハラ砂丘、西部はエル・ジェリド塩湖の複雑な湖岸線に囲まれている。標高は40mから80mで極めて平坦な地形である。当県の大多数のオアシスは、国道16号線、103号線、206号線、210号線沿いに位置している。デバガ山に源を発する多数のワジは、それぞれ北と南に流下し流れを西に変えた後エル・ジェリド湖に流入する。

ソク・ラハッド郡の14オアシスは、ジェリッド塩湖に突き出す形で位置し、国道16号線で二分されている。道路の北側に位置するオアシスは、北側に傾斜し、南側に位置するオアシスは、南側に傾斜している。これらオアシスの標高は30mから50mの間にある。ケビリ・ノード郡にある12オアシスは、ケビリ塩湖(ジェリッド塩湖の東端)の北部に集中して位置し、30mから50mの標高で南方向に傾斜している。ドーズ郡の13オアシスは、国道202号に沿って位置する。その地形は、わずかな起伏を有するがほとんど平坦で、その標高は30mから50mである。フォワール郡の10オアシスはジェリッド塩湖の湖岸に沿って散在する。標高は30mから50mを有し、地形は多少の起伏を有するがほとんど平坦である。

ガベス県の調査地区は、北部はエス・スタ山(標高318m)、エル・ハイドイディ山(標高259m)、ゼムレット・エル・ベイダ山(標高160m)等、東はガベス湾、南はパドウン・クラドル山(標高370m)等、西はエル・フェジャジ湖に囲まれている。当地区の地形的特徴は、起伏に富み、標高も10mから150mとなっている。大多数のオアシスは、国道1号線、15号線、16号線、107号線沿線に位置している。南北方向、すなわちゼムレット・エル・ベイダ山-ハママ市-ソイクラ山が分水嶺をなしているため当地区は、地形的に2分され、東部は海、西部はEl Fajaj塩湖の影響を受けている。

ガベス県の分水嶺は、ゼムレット・エル・ベイダ山-ハママ市街-ソイクラ山による南北の方向に形成されている。ガベス東部郡に5オアシス、ガベス西部郡に5オアシス、ガノウチ郡に5オアシス、メトイア郡に3オアシス、マレス郡に17オアシスがある。これら35オアシスは、ガベス湾に向かって傾斜している。その標高は、10mから100mのあいだにあって、ガベス湾に向かう傾斜はわずかの起伏を持つものの極めて緩やかである。他方、ハママ郡の11オアシス、マツマタ郡の2オアシスの合計13オアシスはフェジャジ塩湖に面しており、標高は40mから120mに変化しやや起伏に富む地形を形成している。フェジャジ塩湖がある西部に向かって傾斜している。

### 3.1.2 気象 及び水文

テュニジア国は、地形及び降水量により北部、中央部及び南部の3つの水文気象地域に分けられる。

国土面積の25%を占める北部テュニジアは、地中海の影響を受け、年間400mm～1,000mmの降雨がある。同じく25%を占める中央テュニジアは、北部山脈地域と北緯30°30'の間にあり年間降水量は200mmから400mmである。国土面積の60%を占める南部地域は、いわゆる半乾燥地域で年間降水量は200mm以下である。

調査対象地域は、南部地域に属し、半乾燥地域である。調査地域内の気象は4観測所（ガフサ、トゥズール、ケベリ及びガベス）の記録（表3.1.2参照）で代表できる。地形的に見ると、ガフサ県は上記の中央部テュニジアに近いこと、トゥズールとケベリ県は内陸部に位置すること、ガベス県は海岸沿いに位置しているため、それぞれ気象的差異が認められる。

年平均気温は、トゥズール及びケベリ県は20℃を越えているがガフサ及びガベス県では20℃以下になっている。この現象は、前者が内陸性気候のため特に7、8月に高温が続くこと、後者は例えばガフサは中央テュニジアに近く、ガベス県は海岸に位置することに起因している。平均相対湿度はトゥズール及びケベリが低く、逆にガフサ及びガベスの方が高い。この現象も上述した事実起因している。同様に降水パターンに顕著な差が認められる。トゥズール及びケベリ県の気象観測所では、年間降水量がそれぞれ86.9mm及び73.6mmが記録されているのに対しガフサ及びガベス県では2倍以上の降水量、すなわち前者で174.3mm、後方で212.8mmが記録されている。このような気象特性は、年平均蒸発量にも反映されておりトゥズール及びケベリ県で7.2mm/日及び8.4mm/日と極めて高いのに対し、ガフサ及びガベス県で、それぞれ6.6mm/日及び5.5mm/日と比較的低い。

この結果、調査対象地域は、気象的に南部地域に分類されているが、2地区に分けることが出来る。トゥズール及びケベリの2県は暑く乾燥した内陸性気候であり、ガフサ及びガベス県は温帯性で比較的湿度が高くある程度の降水が期待できる。

水文学的には、降水量と地形で判断すると、表流水が期待できるのは北部テュニジアであり、次いで中央テュニジアであるが、規模は小さい。中央及び南部テュニジアの内陸部では海側への流出が不可能なところがあり、前者では小規模な塩湖を形成し、後者では広大なエル・ジェリド湖のような大塩湖を形成している。調査対象地域で通年して表流水が見られるのはエル・メラワジのみである。

### 3.1.3 地質

#### (1) 地形

テュニジア国は、地中海に面した長いアフリカ北部海岸線のほぼ中央に位置している。南北に長いテュニジアの国土は、大まかに以下に示す三つの地形区に区分される。

##### 1) サハラ台地 (The Saharan Platform)

ジェリド或いはガルサ等の巨大な塩湖を北縁とし、その南部に広がる広大な台地で、その大部分は砂漠に覆われている。

## 2) アトラス・チュニジア (The Atlas Tunisia)

チュニジア北部から北西部に広がる山岳～丘陵地帯で、更に東西の方向性が卓越した南部山地、南北の方向性が卓越した東部山地、及び南西～北東の方向性が卓越したチュニジア背骨山地とに細工分されている。

## 3) 東部チュニジア (The Eastern Tunisia)

ケロアン平野、スファックス平野等に代表される、チュニジア東部の大平原地帯で、アトラス・チュニジアの東縁からチュニジア東部海岸に向けて極緩く傾斜している。

ガフサ、トゥズール、ケピリ、及びガベスの4県から成る調査対象地域は、同区分の内「サハラ台地」に包有されるが、その北縁に位置する。この地域はジェリド塩湖を囲み、ガベス湾に向けて開けた、チュニジア国内では最も低い平野部である。

## (2) 地質概要

チュニジア国は、主に花崗岩類 (Granites) 或いは変成岩類 (Metamorphic Rocks) から成るプレ・カンブリア紀層 (Pre-Cambrian) を基盤 (geological basement) としている。これらはしかし地上には露頭せず、サハラ台地での幾つかの深井戸でチェックされているだけである。実質的な基盤は古生層 (Paleozoics) で、地表に露頭する最も古い地層は、テバガ山地を形成する二畳系 (Permian) である。こうした基盤岩を覆って、ほぼ全ての地質層序 (geological sequence) がチュニジア国には分布するとされている。図 3.1.3.1 に、チュニジア国の標準地質層序 (standard stratigraphy) を主たる層名 (formations) と共に示す。

基盤地質 (basic geology) 及び地質構造区 (structural unit) も、前節で述べた地形区分とほぼ同様に区分されている。

### 1) サハラ台地

先カンブリア紀層を基盤とし、厚い古生系に覆われている。殆ど褶曲 (fold) を受けておらず、そのほぼ中央部が穏やかに隆起 (uplift) している。ただし、サハラ遷移帯 (Saharan transition zone) と呼ばれるその北縁部では、古生系は幾つかの断層 (fault) によって階段状に区切られている。

### 2) アトラス・チュニジア

この地域は、その地形が示すように極めて複雑な地質構造を呈しており、延々2,000km も続いてきた大アトラス造山帯 (Atlas Movement) の東縁にあたり、中生代から新生代にかかる基盤岩は著しく擾乱されている。

### 3) 東部チュニジア

極めて平坦な地形が示唆するように、基盤地質も非常にシンプルである。新生系堆積岩（主に古第三系 (Paleogene) から成る）を実質的な基盤とし、第四系に覆われるかあるいはこれらが直接露頭している。

### (3) 調査対象地域の地質

調査対象地域は、「サハラ台地」の北縁（或いは若干「チュニジア・アトラス」に懸かった地区）に広がっている。この地域は前述したように、ちょうどサハラ遷移帯と一致しており、チュニジア国に於ける最も低平地として特徴づけられている。この地形的特徴は、造構造運動 (geo-tectonic movement) によってもたらしたもので、この動きは現在も続いている。

当地域の大部分は、中生層 (Mesozoic) を実質的基盤とし、河成 (fluvial) 或いは風成 (eolian) の第四紀層 (Quaternary) に直接覆われている。基盤岩は、下部白亜系 (Early Permian) から第三系 (Tertiary) に至る堆積岩類 (sedimentary rocks) で、これらは、マール (marl)、シルト岩 (siltstone)、粘土 (clay) 或いは蒸発岩類 (evaporites) と言った軟質の岩と、石灰岩 (limestone) 或いはドロマイト (dolomite) と言った硬質岩類との互層から成り、ステップ状の断層と相まって随所に壮大なケスタ地形 (cuesta) を形成している。

フェジャジ塩湖の兩岸、ガフサ市の近辺、そしてガベス市南方等に分布する低山地は、上述した基盤岩の直接露頭である。ただ、ジェリド塩湖の南部及び東部のみは、中生系を覆った新生系 (Cenozoic) が直接露頭している。

### (4) ジブサム土壌

ジブサム土壌は、世界的に見て幾つかの砂漠地帯に分布するが、特にチュニジア国は極めて広範にそれが分布する。ジブサムとは、化学的には2分子の水が付いた硫酸カルシウム ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) で、他に天然に存在する硫酸カルシウムとしては、2種類：アンヒドライト ( $\text{CaSO}_4$ ) とヘミヒドライト ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ )、とがある。

最も一般的な硫酸カルシウムの産状は、塩湖が蒸発する際にジブサムとして晶出するものか、或いは既に基盤岩の中にジブサム層またはアンヒドライト層として挟在されるものである (Delano, 1983)。後者は、当地域の幾つかの塩湖を取り巻く山地にごく一般的に見られる。そして、前者も当調査対象地域の巨大塩湖底で一般的にみられ、一部は「砂漠のバラ」として観光みやげになっている。

### (5) ジブサム調査

チュニジア国の南部と中央の一部、特にジェリド塩湖からガベス湾にかけての低平地には、いわゆるジブサム土壌がかなり一般的に見られる。153の対象オアシスの内およそ90のオアシスに、その程度に差はあれ、ジブサム土壌は分布している。4県11オアシスに於いて、ハンド・オーガーを用いたジブサム調査を実施した（次表参照）。

ジブサム調査、ハンド・オーガー実施数量表

対象県	対象オアシス	本数	延長 (m)
ガフサ	スード・ウエスト	6	10.8
	オウエド・シリ	6	16.5
トゥズール	トゥズール	10	40.1
	ドラ・スード	7	20.8
ケビリ	ラス・エル・アイン	8	39.3
	ゲタイア	7	29.6
	マズラ・ネジ	7	26.8
	レジム・マトウーグ2	6	14.5
ガベス	オアシス・ドウ・ガベス	7	29.1
	メトウィア	7	30.7
	アオイネット	7	15.8
合計	11オアシス	78	274.0

各オアシスにおけるハンド・オーガー掘削結果は、Annex-Bに全て示した。図3.1.3.2にその一部を示す。この調査の結果以下に示す事柄が明らかになった。

- 1) 本調査対象地域を含むテュニジア南部には、十分な供給源があるため、随所でジブサム土壌が観察される。
- 2) これらの主たる供給源は、当地域一帯に分布する山地を構成するジブサム・アンヒドライト層である。
- 3) マイナーな供給源としては、塩湖底で生成した蒸発岩類が挙げられる。
- 4) ジブサムは、一般的には二次堆積の「ジブサム砂」として分布するが、これが完全に乾燥した場合には固結した「ジブサム・クラスト」となる。
- 5) 通常ジブサム層は2層対になって分布する。もし地表が堅いジブサム・クラストに覆われている場合、その下部の浅いところに次のジブサム・クラストが分布する。
- 6) 局所的ではあるが、現在も硫酸カルシウム・リッチな地下水に飽和した粘性土の中でジブサムは晶出を続けている（結晶ジブサム）。
- 7) ジブサム害、つまりまだ堅いジブサム・クラストに覆われているのは、殆どが新規に開発したオアシスである。
- 8) 硬質なジブサム・クラストによる物理的な害を除くと、旧来言われてきたようなジブサム土壌による害は、実際には殆どない。植生に害を及ぼしているのは、ジブサム砂の更に下に分布する粘性土で、これが灌漑用水の排水を或いは雨水の浸透を妨げ、地下水位を上げ、また停滞させている。

- 9) ジブサム・クラストは、機械的に排除することができるし、また灌漑によって容易にリーチング可能である。しかし、ジブサム砂下部の粘土は恐らくは、湖底堆積の本体であり、これを取り除くことは不可能である。つまり、浅い所にこうした湖成粘土を有するオアシスは、これを改良することは困難である。

なお、現地調査及び収集資料をもとに作成した、各オアシスのジブサム分布状況は、Annex のオアシス水源台帳にその1項目として示した。

#### (6) 現位置透水試験

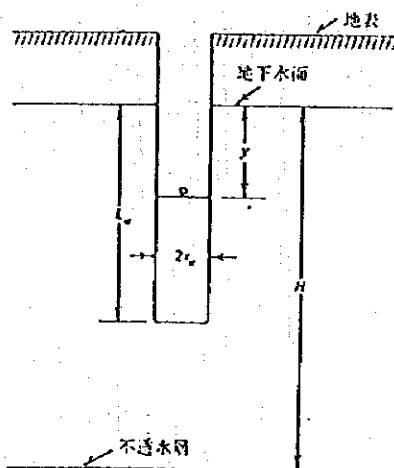
上述ジブサム調査と並行し、同オーガー孔を利用しての「オーガー孔試験」と呼ばれる原位置透水試験を実施した。

オーガー孔試験とは、ライニングされていない、シリンダー状の孔からある量の水(孔内水)を急速に汲み出し、その水位の回復状況を測定する方法である。土質が緩い場合には、スクリーンで孔壁を保護することもある。この方法は、極めてシンプルであり、地下水が浅い場合には最も有用な方法である。ただし、この方法で得られたKは、その孔近傍の水平方向の透水係数である。

次の図は試験孔の概要と計算に必要な各ディメンジョンを示している。同図に示した各ディメンジョンと測定結果から透水係数Kは以下の式で与えられる。

$$K = (C/864) \cdot (dy/dt)$$

オーガー孔試験概要図



ここに、 $dy/dt$  は測定した水位回復率 (cm/sec) であり、また、係数 864 はKの値を m/day に変換するものである。もし、透水係数を cm/sec で求めるのならば、この 864 で割る必要はない。定数Cは試験孔回りの各ディメンジョンをもとに表から与えられる。

測定結果の詳細は、ANNEX-B に詳しく述べられている。こうして求められた原位置透水試験の結果を、次表にまとめて示す。

原位置透水試験の結果一覧表

$r_w=5.2 \text{ cm}$

県	オアシス名	オーガー孔	Lw (cm)	H (cm)	y (cm)	C	dy/dt (cm/sec)	K (cm/sec)	土質
ガフサ	O. Shili	OS-1	150	210	122	2.73	0.180	4.9E-1	砂
		OS-2	210	210	140	1.99	0.160	3.2E-1	砂
トゥズール	Tozeur	TZ-1	260	350	125	1.48	0.045	6.7E-2	粘土質砂
		TZ-2	220	220	164	1.99	0.053	1.1E-1	砂
	Draa S.	DS-1	220	800	120	2.04	0.030	6.1E-2	粘土質砂
		DS-2	250	500	209	1.12	0.005	5.6E-3	粘土質砂
		DS-5	230	230	165	1.67	0.070	1.1E-1	砂
ケビリ	Ras E.A.	REA-1	210	330	107	2.08	0.060	1.2E-1	砂質砂
	R.M.2	RM-1	270	800	166	1.26	0.075	9.5E-2	砂質粘土
ガバス	Gabes	GB-6	330	330	130	1.31	0.155	2.0E-1	砂
	Aouinett	AO-6	250	800	200	1.12	0.130	1.4E-1	砂

### 3.1.4 水理地質

#### (1) 水理地質区

降雨量分布及び地形・地質の状況を基に、チュニジア国は三つの水理地質区に大区分されている、すなわち、「北部」・「中部」・「南部」である。そして、それらの水理地質区は、更にそれぞれ二つの副水理区に再区分されている。こうした水理地質区分を、関連した県名を含めて以下に示す。

##### 1) 北部地域

- a) 北西チュニジア
- b) 北東チュニジア

##### 2) 中部地域

- a) ケロアン・サヘル
- b) チュニジア中部

##### 3) 南部地域

- a) 南西部 - ガフサ県  
 - トゥズール県  
 - ケビリ県
- b) 南東部 - ガバス県  
 - メデニン県  
 - タタウイン県



## (2) 地下水

現在チュニジア国には、計 109,163 本の浅井戸と 2,117 本の深井戸とが公式に存在している (piezometrique de Tunisie, 1994)。そして、特に南部チュニジアでは、更に 800 本を越える違法な深井戸が存在すると言われている。

同国では、地下水を浅・深二つに大別している。浅層地下水 (shallow groundwater) は、その水位が 50m 以浅のもの、深層地下水 (deep groundwater) はそれ以深のものである。一方滞水層そのものは、自由水滞水層 (phreatic aquifer) と深滞水層 (deep aquifer) とに大別されている。自由水滞水層は不圧地下水 (unconfined groundwater) を含有する滞水層であり、深滞水層は被圧地下水 (confined groundwater) を包有する滞水層を言う。北部或いは中部チュニジアの主たる滞水層は 100 ~ 400m の深度に分布するが、南部ではこれが 1,000m を越える。

北部或いは中部チュニジア水理区の滞水層は一般に循環 (circulating) 地下水を包有する、つまり、地下水は降雨によって涵養され、年々更新されていく。この地方での主たる滞水層は、i) 沖積平野、ii) 石灰質、そして iii) 中新世砂岩滞水層である。一方南部チュニジアでは、更新されない、或いは極僅かしか涵養されない、いわゆる「化石水 (fossil water)」と呼ばれる地下水が分布している。この地方での主要な滞水層は、i) コンプレックス・ターミナル (C.T.)、及び ii) コンチネンタル・インターカール (C.I.) であり、共に化石水の範疇に含まれる。

## (3) 滞水層

各滞水層の概要を以下に述べる。

### 1) 沖積平野滞水層 (Alluvial plain aquifer)

チュニジア国内全域で、一般的に見られる滞水層である。この区分には沖積層のみならず、洪積層滞水層 (diluvial plain aquifer) も含まれる。

### 2) 石灰質滞水層 (Calcareous aquifer)

第三紀石灰岩 (特に始新世 (Eocene) が一般的) から成る滞水層で、これは南部ではコンプレックス・ターミナルの一部に含まれるものである。

### 3) 中新世砂岩滞水層 (Miocene sandstone aquifer)

これはコンチネンタル・ターミナルと呼ばれ、後述する C.I. と共にアフリカ大陸で最も優勢な滞水層の一つであるが、南部チュニジアではコンプレックス・ターミナルの一部に含まれてしまう。

### 4) コンプレックス・ターミナル

これは上述したように、幾つかの地質年代に跨った複合滞水層であるが、中でも特に主たる滞水層は後期白亜から始新世にかけての石灰岩層と、中新世～鮮新世の砂岩層である。

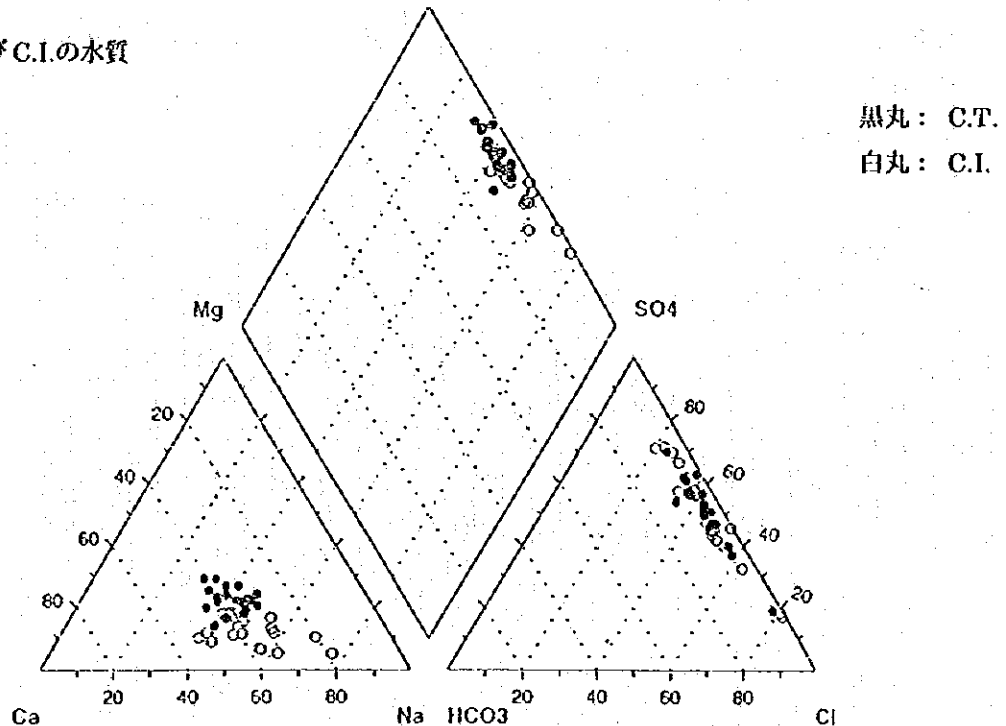
#### 5) コンチネンタル・インターカレール

これも上部石炭系から下部白亜系まで含んだ複合滞水層であるが、中でも最も優勢なのは下部白亜系である。この滞水層に包有される地下水は一般的に被圧しており、また加熱されて熱水化している。

#### (4) 水質

調査対象地区の南部テュニジアでは、殆ど深層地下水それも C.T. 或いは C.I. に含まれる地下水のみが灌漑用に用いられている。その結果、当地区の地下水は極めて塩類に富み、殆どの場合「タイプ・III」、いわゆる硫酸カルシウム/塩化カルシウム型に分類される。これはいわゆる「化石水」の典型的な水質である。下図は当地区の C.T. 及び C.I. の水質を三成分分類図(Trilinear Diagram) に現したものである。

C.T. 及び C.I. の水質



調査対象地域4県の内、ガフサではまだ C.I. の開発はされておらず、自山水地下水及び C.T. をその水源としている。他の3県はいずれも C.T. 及び C.I. を水源としている。

#### (5) 調査地域の水理地質

調査対象地域では、降雨量が少ないことから、水源としての地下水は特別な意味と重要性を持っている。当地区の殆ど全てのオアシスでは、地下水が唯一利用可能な灌漑用水水源である。こうした環

境の基で、計画対象地区の南部テュニジアでは、「フォツガラ」<sup>1</sup> 或いは「ジェッソウラ」<sup>2</sup> といった伝統的な地下水利用法が、古い時代から発達してきた。

近年、南部地域では上述した2つの深滞水層、C.T.、C.I.が極めて重要なものとなってきた。これらの滞水層はまだ開発されて間もなく、優勢なばかりでなく、強く被圧しており多くの場合自噴する、また何よりも既に存在している無数の浅井戸に殆ど影響を与えること無く開発が可能であった。しかしながら、これらは同時に、水源として深い、塩分濃度が高い、C.I.の場合熱水である、等の不利な点もあり、また最も深刻な問題として、これらの開発が石油と同様全くの消費型の開発である事が指摘されている。

#### (6) 地下水管理及び評価

地下水の管理・制御の為には、またこれを評価するには、地下水の状況を四次元的に（すなわち、平面的な広がり、垂直分布、そしてタイム・シリーズ的に）捉えることが重要である。テュニジア国の関係当局は、この重要性を古くから認識しており、70年代の半ばから地下水監視体制をスタートさせている。やがて深部の、複雑な、そして国際的な滞水層の開発に着手して以来、全国規模の地下水モニター体制を確立する事が更に重要となった。こうして80年代の後半に、テュニジア全土を網羅した地下水モニタリング・システムが確立され、1991年からは、「地下水位年鑑 (annuaire piezometrique de Tunisie)」が水資源総局 (DGRB) から発行されるまでになった。

地下水の重要性、特に南部におけるその重要性から、これまでも地下水資源を評価する試みは幾つか試されている。例えば、ユネスコによる「サハラ北部水源調査」(ERESS, 1972)、或いは B.Baccar, Poncet, Mamou 等水資源局スタッフによるスタディ(1987)等がある。そして、現在も英国地質調査所が中心となり、アルジェリア及びテュニジア両国の協力の基に、サハラ北縁部（グラント・エルグ・オリエンタル盆地）での地下水涵養機構の国際的調査が進行中であるが、同国に於ける深部滞水層のポテンシャルを評価することは、現在のところ難しい。それらは i) 極めて深く、ii) 極めて厚く、iii) 国境を越えて広がり、iv) 上下方向に互いに連絡し、v) 時に浅層地下水にまで連結するといった極めて複雑な様相を示し、そして vi) 肝心のモニタリング・システムは未だ完全なものとはなっていないからである。

上記各プロジェクト及びその他の研究成果をレビューし、また入手した水理地質或いは地下水関連の各種データ・情報を総合的に考察した結果、当地域の地下水及びその開発ポテンシャルに関し、以下のような事柄が明らかになった。

- 1) テュニジア南部の水源としては、地下水が唯一確実かつ安定した水源である。しかし、その

<sup>1</sup> 中近東に於けるカナートと同様な、人工的湧泉技術。

<sup>2</sup> いわゆる「地下ダム」の原型。

内自由水地下水は、既にその開発可能水量をはるかに越えた、過剰揚水に陥っており、開発の可能性は無いばかりか、早急に何らかの対応策をとる必要がある。

- 2) 当地域の深層地下水は、著しく涵養率の低い、いわゆる「化石水」に分類される。しかし、その巨大さにまた極めて大きな開発ポテンシャルを秘めている。
- 3) 深層地下水の開発は、この10年で正規・非正規を含めて著しく進んだ。そして、少なくともC.T.に関する限り、その開発は既に限界に達しているか、あるいは一部で既に過剰揚水に陥っている（ケビリ県）。
- 4) C.I.に関しては、その深度が極めて深く、また著しく被圧している等の理由で、いまだその限界開発量には至っていないとされている（開発率約73%）。しかし、C.I.とC.T.とは共に一つの漏水複合滞水層を形成しており、これを開発すれば即C.T.に影響し、またC.T.の開発が更に進めば、これを全くいじらなくてもその開発余力は速やかに失われる。こうした意味から、C.I.の開発も既に限界だと言って良いだろう。
- 5) 水質に関しては、いずれも「タイプ-III」、 $\text{CaSO}_4$ または $\text{CaCl}_2$ 型に分類され、良好な水質とは言いがたいが、農業用に不可という程でもない。
- 6) 既にその全体揚水量が滞水層の開発限界にきているため、深層地下水、特にC.T.の被圧水頭の減少傾向は最近とみに加速されている。現在4県の平均で約35%のC.T.井戸が自噴している（ケビリ県のみでは70%以上）が、図3.1.4.1に象徴的に示されるよう、このままの揚水が続いた場合、10年も経ずに全てのC.T.井戸は地表上の被圧水頭を失い、ポンプアップが必要となるであろう。

#### (7) オアシス水理地質

水理地質的、或いは地質地形的観点から、チュニジア南部の伝統的なオアシスは以下に挙げる7つの類型に分類することが出来る。

##### オアシス分類

- ・ 類型-a : 山間盆地のオアシス
- ・ 類型-b1 : 塩湖回りの湖岸段丘オアシス
- ・ 類型-b2 : 海岸段丘オアシス
- ・ 類型-b3 : 山麓緩斜面オアシス
- ・ 類型-c : 扇状地・氾濫原型オアシス
- ・ 類型-d : 塩湖回りの孤島型オアシス
- ・ 類型-e : その他

以下に、各類型の概要を示す。なお、これらの類型区分は、後述するオアシス水源台根にその1項目として記載されている。

#### 類型-a

これは、湧泉によって、あるいは湧泉起源の地表水によって自然に灌漑されるオアシスで、いわばオアシスの原型とも言うべきものである。この場合地表水も湧泉も共に山地に降った雨によって涵養され、また谷地堆積は自然に耕作に適した地形及び土質を提供する。タメルザ地区のオアシス群がこの類型に含まれる。

#### 類型-b1

いわゆるトゥズール回廊、或いはテバガ山脈のジェリド塩湖への延長部等は、緩い丘陵を成している。しかし、いかになだらかであっても、山腹斜面は通常その内部に包有される自由地下水の上面、つまり地下水面の勾配よりは急である。そして、もしこの地下水面が山腹斜面と交差すると、ここに地下水は湧泉として地表に現れ、それよりも下部にある地域を潤すことになる。こうして自然に発生したオアシスが類型-b である。

この類型は、この湧泉下部に広がるオアシスが塩湖周辺に発達した湖岸段丘であった場合で、当調査地域ではこのケースが最も多い。一般的に段丘上面は、平坦かつ緩く下流側へ傾斜し、またその土質は砂礫を主体とし水はけも良く、天然の地形としては、最も農耕に適したものと言える。この類型を代表するのはトゥズール・オアシスを含むトゥズール回廊両岸のオアシス群である。

#### 類型-b2

この類型は、上述した類型-b1と同様な湧泉機構（段丘間の高度差による湧泉も含む）を水源として発達したオアシスであるが、ただ、オアシスの立地条件が湖岸段丘ではなく、ガベス湾に向けて開けた海岸段丘である。ガベス県の多くのオアシスがこの範疇に含まれ、ガベス・オアシスがその代表的オアシスであろう。

#### 類型-b3

これも b 類型で、水源機構は上記2タイプと同様である。しかし、この類型はオアシスの立地が、湖岸或いは海岸段丘といった二次的堆積地形ではなく、原地形である、つまり山麓の単に極めて緩い傾斜地に発達したオアシスである。前述トゥズール回廊或いはモッラ山麓のオアシスがこの類型に含まれる。

#### 類型-c

ガフサオアシスを形成する三つのオアシス群は、シディ・アイシ及びエル・ケビール両ワジによって形成した巨大な沖積扇状地の上に広がっている。広大なシディ・アイシ盆地はガフサ市の直上流で、西から延びるベイ・ヨウン山脈と東から延びるオルパタ山脈とによってくびられている。両山脈間の狭い開口部は、その直下に巨大な扇状地を形成すると共に、あたかも天然の地下ダムのごとくその上流側盆地の地下水位を堰上げ、その下流部に扇状地堆積を通して地下水を供給した。こうして、この扇状地には自然にオアシスが発達していった。これが類型-c である。しかし、これは調査対象地域の中では、ガフサ市近辺に特有なものである。

#### 類型-d

ジェリド塩湖の東岸には、低いながらも独立した丘陵が数多く分布し、あたかも周辺の低平地に浮かんだ群島のような景観を呈している。しかも、多くの場合それらは椰子に覆われ、あるいはかつて覆われていた。当地区の塩湖は、C.T.からの地下水の流出地域となっているが、これは塩湖底に流出した場合、そこに累積した塩類によって容易に汚染されてしまう。しかし、原地盤のみを通ってきた場合は、新鮮なまま地表に湧出し植物及び動物を潤す事が出来る。そして、これらの丘陵は削剥を免れて現地に残った第三紀層、つまりオリジナルな地盤である。こうして、これらの島状の丘陵では C.T.からの湧水を水源として農耕が始まりオアシスとして発達していった。ジェリド塩湖東岸の多くの小さいオアシスは、その殆どがこの範疇に含まれる。

#### 類型-e

最後に、この類型-e は新規に人工的に開発したオアシスで、深井戸を通して地下水をその水源としている。

#### (8) オアシス水源台帳

全ての調査対象オアシスは、主に第1次現地調査期間に直接調査され、その水源の種類・数量、利用法、水源の平均的な水質等が明らかにした。更にこれらのデータに、上述したオアシスの水理地質類型区分、或いはジブサムの分布状況等の資料を付け加えて、Annex に「オアシス水源台帳」としてまとめた。

### 3.1.5 土壌

調査対象地域内の土壌を代表的な 20 のオアシスについて現地調査および室内分析の結果をもとに UNESCO-FAO の土壌分類法をもとに分類するとともに、20 のオアシス土壌の物理、化学的性質を明らかにした。土壌の性質は以下のように要約される。(詳細は、表 3.1.5.1 および表 3.1.5.2 に記す)

#### (1) 土壌単位

ほとんどのオアシスの土壌は、風化した赤褐色の粗粒ないしやや粗粒質の土壌であり、それが表層 1-2 m まであり、深度が深くなるにつれて Calcic sandlime, Calcic sandy-loam, Calcic loam, Calcic clay と変化している。石灰質が現れる深さは場所により大きく異なる。当地域の土壌は Xerosols に属し石灰質に富む Calcic Xerosol と Gypsic Xerosol が混在しており、その他の土壌はほとんどみられない。

#### (2) 土性

ほとんどのオアシスは粗粒質ないしやや粗粒質で、土性は砂土 (S) ないし砂質壤土 (SL) でわずか 3 オアシスが壤土 (Si) である。とくにガフサとトゥズールは粗粒質であり、ケビリと ガベスはそれに比しやや粒径が小さい。したがって土壌の透水性は非常によい。しかし局部的に石層が比較的浅い部位に見られこともあり、排水の必要などころも見られる。いずれのオアシスでも粘土含量が極端に低く、土性はシルトの含量によって決まる。土壌の深度は一般に深い。一部に Hydromorphic soil がみられる。

### (3) 土壌酸度

土壌の pH は 8.0 から 9.3 の間にありほとんどのオアシスの土壌はアルカリ性であり、わずかに一つのオアシス (Tamerza) が強アルカリ性であった。

### (4) 塩類濃度

土壌の電気伝導度は、15 から 520 mS/m の間にあり、オアシス間の差は大きい。ほとんどのオアシスの土壌の電気伝導度は 400 mS/m 以下であり、塩分濃度が問題になることはない。わずかに 2 オアシスで 400mS/m をわずかに越すが作物栽培に支障をきたすほどのものではない。灌漑水の塩分濃度はほとんどのオアシスでそれほど高いとは見られず、わずか 3 オアシスの灌漑水の電気伝導度が 400 mS/m をこしているにすぎない。灌漑水の電気伝導度が 400 mS/m を越すような場合、あるいは一時的に排水不良となるオアシスでは、土壌表面に塩類が集積するのを防ぐために十分な排水が必要である。現時点では灌漑排水が正常に行なわれる限り土壌の塩類化の心配はない。

### (5) ソディシティ (Sodicity)

土壌の ESP (exchangeable sodium percentage) は、2.9 と 12.2 の間にあり、大部分のオアシスは Non-sodic あるいは Slightly sodic である。灌漑水の塩分濃度はほとんどのオアシスでそれほど高いとは見られず、陽イオン交換容量がひくく、土壌中の交換性カルシウムの含量が高いことより今後灌漑農業を継続しても土壌が Sodic soil になる心配はほとんどない。

### (6) 陽イオン交換容量 (CEC)

陽イオン交換容量は、0.1-2.2 me/100g で非常に低くオアシス間に差はない。このような土壌は、肥料の保持力は非常に低いので無機質肥料の施肥には十分な注意が必要であり、無機質肥料に比し有機質肥料の効率は高い。

### (7) 全窒素および全有機物含量

全窒素の含量は、極少より 0.16% の間にあり一般に低く、また C/N 比は高く 30 前後である。したがって、窒素含量の比較的高い場合でも土壌よりの窒素の供給はあまり期待できない。しかし、ANNEX-D Table D3 に示すように灌漑水に含まれる硝酸態窒素が高いことよりかなり多量の窒素が灌漑水により供給されているオアシスが多い。有機物含量は、0.60-6.62 の間にある。伝統的オアシスでは有機物含量に大差がみられるのに対し、新規開発オアシスでは有機物含量に差がほとんどなくいずれも有機物含量は低い。農業的に見れば新規開発オアシスでは有機物含量を増加させ、土壌肥沃度を増加させることが重要である。

### (8) 土壌管理上の注意

当地域の土壌の特徴は交換性陽イオンが高いこと、CEC が低いこと、有機物含量の低い土壌が多い

ことである。夏季の気温が高く蒸気発散量が大きいので、土壤中に多量の水分が長期間存在するときは土壤中の陽イオンを溶かし、それが蒸発するとき地表面に塩類を集積し、作物の収量を低下させる。排水路が不十分な所では十分な排水を行うために排水路の整備が必要である。土壤中の有機物の含有が低い土壌では、養分及び水分の保持力が弱いので土壤中の有機物を増大させる様な栽培法、とくに有機物の施用及び荳科の飼料作物の栽培がのぞまれる。ほとんどの土壌はCECが低いので有機肥料の施用がより効果的である。

### 3.2 社会経済状況

#### 3.2.1 行政区分

チュニジア国に於ける1994年時点での行政区分は、全国を23県(Governorate)に分け、その下に254の郡(Delegation) 2,044の村(Imada)がある。調査対象地域には4県、30郡、222村があり、153オアシスは、22郡、174村に分散している(1994年3月現在)。県別の郡と村の数は、以下の通りである。

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガバス県	合計	全国
郡の数	11 (5)	5 (5)	5 (5)	9 (7)	30 (22)	254
村の数	74 (38)	36 (36)	40 (40)	72 (60)	222 (174)	2,044

資料：統計年報、1994年5月 ( ) ; 153オアシス地域

#### 3.2.2 人口

調査対象地域内の4県に於ける1994年での人口は、840,200人で国全体の総人口の9.6%となっている。世帯数は、148,700世帯で、一世帯当たりの家族数は、5.6人である。調査対象地域の人口密度は、国平均の57人/km<sup>2</sup>に比べ少なく、最も少ないのはケビリ県の6人/km<sup>2</sup>である。調査対象地域と153オアシス地域の県別人口、世帯数、家族数、人口密度は以下の通りである。(詳細は、表3.2.2.1と3.2.2.2に示した)

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガバス県	合計
<b>調査対象地域</b>					
人口(1994年)	307,513	89,055	131,914	311,713	840,195
世帯数(戸)	54,330	16,590	21,316	56,431	148,667
家族数(人/戸)	5.7	5.4	6.2	5.5	5.6
総面積(km <sup>2</sup> )	7,360	6,159	22,454	7,505	43,478
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	41.8	14.5	5.9	41.5	19.3
年人口増加率(%)	2.7	2.7	3.3	2.6	2.8
<b>153オアシス地域</b>					
人口(1994)	194,697	89,055	131,914	282,896	698,562
世帯数(戸)	35,189	16,590	21,316	51,318	124,413
家族数(人/戸)	5.53	5.37	6.19	5.51	5.61

資料：統計年報、1994年5月



調査対象地域の農家人口についての統計資料が無い場合、各県の地方農業開発事務所（CRDA）で聴取調査を行った。オアシス以外の天水畑の農民や小作人と季節的な農業労働者が多く存在しているため土地所有の資料から推定した結果では、153 オアシスの灌漑受益対象農家は、総世帯数の約 32%に当たる約 39,600 戸、農家人口 約 22.3 万人と推定される。

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	合計
農家数	5,620	7,060	9,020	17,900	39,600
農業人口	31,000	37,900	55,800	98,600	223,300

### 3.2.3 農村インフラストラクチャー

#### (1) 道路

調査対象地域においては、県庁所在地であるガフサ、トゥズール、ケビリ及びガベスは2車線の舗装道路によって結ばれ、4辺形のネットワークを構成している。その他の主要な町もこのネットワークと舗装道路によって結ばれている。伝統的オアシス及び町・村集落は舗装道路に近隣しているが、新規開発オアシスは未舗装の道路で結ばれている。農民はオアシスへの農業投入資材や農業生産物の運搬にロバあるいは馬に引かせる荷車を使用している。調査対象地域の道路の整備状況はかなり良好である。

#### (2) 農村電化

「全国人口職業調査」(Enquete National Population Emploi) によると調査対象地域の4県の農村電化の達成率は次に示すとおりである。

ガフサ	51%
トゥズール	90%
ケビリ	95%
ガベス	70%

4県の農村電化率は全国平均の39%よりいずれも高い。特にケビリの95%及びトゥズールの90%は県別でそれぞれ全国1位と2位であり、きわだっている。

ケビリとトゥズール県はオアシスとサハラ観光で有名なところであり、大勢のヨーロッパ人が観光に訪れ、農村地帯のホテルに滞在する。従って観光のためのインフラ整備のため、配電網の拡張が行われた。この地域での農村電化の達成率が高いのは観光に負う所が大きいと考えられる。

#### (3) 村落給水

「全国人口職業調査」のデータによると、戸別の水源がある世帯と共同の水源へ水汲みに行く世帯は次のとおりである。

(単位：%)

県	各戸水栓	共同水栓	
		近距離 (1km未満)	中・遠距離 (1km以上)
ガフサ	44	12	44
トゥズール	61	15	24
ケビリ	41	35	24
ガベス	70	6	24

上表によるとガベスの農村地帯の70%以上は戸別水源 (各戸給水や個人井戸等) を有している。この点ケビリは41%と4県で最も低い。ケビリでは共同水道栓が発達しており、遠距離の水汲みは行われていない。しかしトゥズール、ケビリ、ガベスの3県でも20%以上、ガフサにおいては40%以上の世帯が生活用水を得るのに不便な状態にある。

### 3.3 農業

#### 3.3.1 土地利用

調査対象地域を含む4県の土地利用の概略については、2.3.1に述べたとおりである。調査対象地域であるオアシスは、土地利用の分類ではすべて耕地に分類される。しかし、オアシスのなかには用排水路、農道、井戸および建物の敷地などがあり、全部が耕作されているとは限らない。純耕作地は、全体の83%から96%の間にあり、平均値は89%である。

#### 3.3.2 農業生産

##### (I) 主要作物の栽培面積

調査対象地域にある153のオアシスの面積は23,435 haであり、作物栽培面積は34,680 haで作付率は1.48である。主要作物のオアシス別の栽培面積は、下表のように要約される(表3.3.3.1参照)。

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	全体
土地面積 (ha)	3,467	5,622	7,213	7,133	23,435
- 樹木作物	3,432	5,622	7,213	7,133	23,400
- 蔬菜類	1,041	568	2,067	1,485	5,161
- 飼料作物	886	311	2,850	1,620	5,667
- 工業作物	0	0	0	452	452
栽培面積 (ha)	<u>5,359</u>	<u>6,501</u>	<u>12,130</u>	<u>10,690</u>	<u>34,680</u>
作付率	1.55	1.16	1.68	1.50	1.48

各県ともに樹木作物の栽培面積は、耕地面積とほぼ等しく、その他の作物は、樹木作物の下で栽培されている。作付率は、トゥズール県をのぞき1.5前後であり、トゥズール県のみが1.16とひくい。すなわち、トゥズール県では、他の3県に比し蔬菜類および飼料作物栽培面積の比率が低い。樹木作物についてみれば、トゥズール県およびケビリ県では、ナツメヤシが主要作物であり、その他の樹木作物は少ない。ガフサ県の古くからのオアシスでは、オリーブが主作物であり、新規開発オアシスでは、ナツメヤシが主作物である。ガベス県では、果樹が主作物となっている。

オアシスは新規開発のもの（Newoasis）と伝統的なもの（Traditionaloasis）があり、その作物栽培様式が異なっている。詳細は、ANNEX E 3.5 に記されている。両オアシスともに樹木作物が主流であることにはかわりはない。主な差異は、樹木作物の種類、樹木作物の栽植様式と作付率である。新規開発オアシスでは、樹木作物が規則性をもって植えられ、栽植密度も低いが、伝統的オアシスでは、樹木作物が不規則に、しかもかなり高い栽植密度で植えられている。また、ガフサ県をのぞき、新規開発オアシスでは、ナツメヤシの全樹木作物に対する比率が小さい。ガフサ県の新規開発オアシスは、トゥズール県に近いところにあるため、ナツメヤシの全樹木作物に対する比率が高い。作付率は、ケビリ県をのぞき、伝統的オアシスで高い傾向がある。

作付体系の点から見れば、各県の農業様式は4つに大別できる。一つはガフサ県の新規開発オアシス、トゥズール県およびケビリ県でナツメヤシ主体の農業であり、第二はオリーブを主体とするガフサ県で、第三は果樹を主体とするガベス県で、第四としてガベス県の一部に見られる畑作物主体のオアシスである。さらに、樹木作物の栽植密度、木の種類、蔬菜類、飼料作物および工芸作物の栽培面積を考慮に入れてオアシスを13のタイプに分類した。オアシスの分類の基準は、ANNEX E 3.5 に記されており、各オアシスの農業様式は、表 3.3.2.2 に示す。オアシスの分類の概略を以下に示す。

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	合計
O-2:	3			2	5
D-1:	2 (1)	6	1		9 (1)
D-2:		8			8
D-3:			36 (3)		36 (3)
D-4:	1 (1)	1	19 (5)		21 (6)
F-1:				7	7
F-2:				13	13
DF-1:		12 (6)			12 (6)
DF-2:	2	3	10 (2)	5	20 (2)
FD-1:				5 (4)	5 (4)
FD-2:			1	12 (1)	13 (1)
A:				4 (1)	4 (1)
合計	8 (2)	30 (6)	67 (10)	48 (6)	153 (24)

註 : カッコの中の数字は、新規開発オアシスを示す。

出典 : JICA 調査団の算定

ガブサ県のオアシスは、3種類の型に属する。3オアシスは、オリーブ優先型 (Q-2) に、3オアシスはナツメヤシ優先型 (D) に、2オアシスは、果樹-ナツメヤシ型 (果樹優先 DF) に属する。トゥズール県のオアシスの大部分は、ナツメヤシ優先型 (D1,D2) で畑作物の少ない型に属する。ケビリ県のオアシスの大部分は、ナツメヤシ優先型で畑作物の比較的多い型 (D3,D4) に属する。ガベス県のオアシスにはナツメヤシ優先型 (A) はなく、果樹優先型 (F,FD) が大部分を占め、オリーブ優先型は2オアシス、畑作物優先型 (A) が4オアシスである。畑作物優先型オアシスは、ガベス県にのみみられる。

## (2) 栽培法

調査対象地域には、種々の作物が灌漑農法のもとに栽培されている。灌漑方式は、いわゆる水盤灌漑によっている。灌漑水の効率的利用のために混作方式によっている。この混作方式は、アグロフォオレストリ等で使用されている方式で階層栽培と呼んでいる国もある。典型的なものは最上層にナツメヤシ、中層に果樹、最下層に畑作物を栽培する。今後ナツメヤシの植え替えが進むに連れて典型的な階層栽培は少なくなっていく。これは、ナツメヤシの品種改良により長幹の品種が少なくなることによる。

前述したように、樹木作物とくにナツメヤシの栽培法は、新規開発オアシスと伝統的オアシスとで大きく異なる。新規開発オアシスでは、規則正しく (10m x 10m) 栽植されているのに対し、伝統的オアシスでは無秩序しかも高い栽植密度 (180 - 300 本/100m<sup>2</sup>) で植えられている。新品種の導入も進んでおり、トゥズール県の新規開発オアシスでは、94%が新品種 (Delglat Ennour) で占められ、伝統的オアシスでも46%が新品種である。ケビリ県でもナツメヤシの新品種への置き換えが進んでいる。果樹としてはザクロ、アンズ、イチジクの面積が多く、そのほかにリンゴ、ナシ、モモ、アーモンド等が栽培されている。

冬野菜はタマネギ、ニンジン、カブおよびソラマメの栽培面積が多く、インゲン豆、カンランその他の作物であり、その栽培期間は9-11月より12-4月までで適作期の幅はかなり広い。夏野菜としては、トマトおよびトウガラシが全地域に分布し一部の地域にメロン、タマネギ、スイカ、アーティチョーク、テンサイ等があり、その栽培期間は3-5月から7-9月までで適作期の幅は広い。これらの蔬菜類はほとんど改良品種を使用しているが、F1雑種を使用しているのは温室栽培に限られている。これらの蔬菜類は栽培面積の少ないこともあり、集約度はかなり高い。適作期の幅が広いことより栽培時期をずらすことは容易であり、同一野菜の収穫期間も比較的長い。飼料作物の主力はルーサンであり、降雨の前に播種し2-3年栽培する。刈り取り回数は、年2-4回で3回が多い。そのほかにエンバクおよびオオムギがある。これらは、10-11月播種5月収穫である。

灌漑間隔は、オアシスおよび作物によって異なり、樹木作物では20から30日間隔、畑作物では7から14日である。灌漑の達成率は、20-70%であり、非常に低くそれが作物生産の制限因子となっているものとみられる。

農作業は、すべて人力に頼っており、機械力の導入は見られない。これは混作と圃場面積が極度に小さいことによるもので、とくに耕耘整地、除草水管理および収穫への労働力の投入量が大きい。農

業資機材の投入量は、ANNEX-E Table E 3.6.1 に示されている。

土壌のCECが低く、土壌の肥料保持力が弱いので無機質肥料に比し有機質肥料がより有効であり、その投入量も多い。施肥量には問題はない。混作のため除草剤の利用は極めて少ない。また混作と乾燥地のため病虫害も比較的少ないので薬剤散布は病虫害が発生したときのみ行なわれる。ただ、ナツメヤシの収穫期前の果実に雨があたりカビ病が発生するのでその防除のための殺菌剤の散布、あるいは果房をプラスチックで被覆することが広く行なわれている。

### (3) 作物収量および生産量

各作物の収量は、表 3.3.2.3 参照に示されており以下のように要約される。

(単位：トン/ha)

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガバス県	全体
ナツメヤシ:	7.3	5.8	5.7	5.9	5.9
オリーブ:	8.0	2.7	4.6	4.0	6.1
果樹:	11.0	2.7	2.8	11.8	8.8
冬野菜:	23.5	12.5	12.8	28.1	19.1
夏野菜:	18.0	9.6	10.1	15.2	13.4
飼料作物:	59.3	79.7	50.1	59.4	54.9
工芸作物:				1.5	1.5

ナツメヤシの収量には、大差は見られないが、ガフサ県の収量がやや高い。その他の作物の収量は、オアシス間および県間に差が見られる。オリーブの収量もガフサ県に高くガバス県がこれに次いでいる。トゥズール県およびケビリ県の収量は非常に低い。果樹、蔬菜類ともにトゥズール県およびケビリ県の収量は非常に低い。この原因は、トゥズール県およびケビリ県では果樹、蔬菜類ともにナツメヤシの下で栽培されていることとナツメヤシの栽植密度が高いために、日照条件がガフサ県およびガバス県に比し極端に悪いことにある。

各作物の生産量は、以下のように要約される (表 3.3.2.4 参照)。

(単位：トン)

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガバス県	全体
ナツメヤシ:	5,960	29,330	37,310	18,470	91,050
オリーブ:	17,850	480	900	6,880	26,110
果樹:	4,590	1,010	1,290	24,410	31,300
冬野菜:	11,760	3,830	16,080	24,260	55,700
夏野菜:	9,780	2,520	8,120	9,430	29,950
飼料作物:	47,530	24,140	142,940	96,200	310,810
工芸作物:	0	0	0	660	660

ナツメヤシの生産は、ケビリ県が最大でトゥズール県およびガベス県がこれに次ぎガフサ県がもっとも少ない。オリーブの主産地は、ガフサ県でトゥズール県およびケビリ県の生産量は極端に少ない。果実の生産は、ガベス県が全生産量の80%を占めている。蔬菜の生産量は、ガフサ県、ケビリ県およびガベス県がほぼ同量でトゥズール県の生産量が少ない。飼料作物の生産は、ケビリ県、ガベス県およびガフサ県の順であり、トゥズール県の生産量が極端に少ない。

### 3.3.3 畜産

畜産の生産量は、農業生産に比し微々たるものであるがオアシス農業にとって欠かせないものの一つである。当地域の家畜の種類は、ヒツジ・ヤギが主でその他に少数のラクダ、ウシおよびウマ科の家畜がいる。オアシス別の家畜の頭数の概略を下表に示す。(詳細は ANNEX-E Table E3.8.1 に示す)

項目	(単位:頭)				
	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	全体
ウシ:	1,870	780	100	3,670	6,420
ヒツジ:	84,000	34,170	60,600	18,030	196,800
ヤギ:	14,500	25,800	50,050	32,060	122,410
ラクダ:	740	500	7,600	0	8,840
ウマ:	2,950	10	10	15	2,985

調査対象地域の畜産はヒツジがもっとも多く、ヤギがこれに次いでいる。その他の家畜の数は非常に限られている。これらの家畜はウマを除き、いずれも反芻動物であるので多量の粗飼料を必要とする。牧野の牧養力は低く、とくに夏期の牧養力の低下が著しいので多量の飼料作物が必要となる。

### 3.3.4 農作物の市場と価格

調査対象地域には、卸売り市場がガベス県に1所あるが、他の3県には無い。農産物の市場・流通としては、仲買人や業者が農家より買付け、他県の市場へ搬出している。このほかの農産物は、農民が直接に近隣の町にある常設市場や各小売店に持ち込み、そこで販売されている。近年、農業協同組合の活動が強化されており、ガフサ県やガベス県の組合では、農産物の共同集荷・販売と農業資機材の購入・販売が行なわれている。

調査対象地域で生産した農産物は、樹木作物(ナツメヤシ、オリーブ)、果樹の大部分は仲買人や流通業者を通じて卸売り市場や県外の市場に搬出されている。ナツメヤシは、生鮮果樹として市場や観光用に販売されるほか、トゥズール県のデーツ販売業者組合(GID)事務所と各県の出張所を通じて集荷されている。この組合は、購入価格の決定、品質管理、輸出版売用梱包、貯蔵等の作業を行っている。オリーブは、漬物用の他、オリーブオイルにするため仲買人や製油業者により直接農家から購入し集荷されている。

冬・夏野菜(ニンジン、カブ、トウガラシ、トマト、豆類)と飼料作物(ルーサン)、工芸作物(ハンナ)等は、農家での自家消費を除いてほとんどが常設の定期市場(週に2-3日に開催される)で販

売されている。主食となる穀類、苜類は、オアシスではほとんど生産していないためこれらの農家では市場から購入している。

果物や野菜の市場価格は、季節的変動が大きく、収穫の初めと終わりには高値で販売されているが、集荷量が増える時期には半値に下がっている。調査対象地域の4県での1994/95年の農産物と農業資機材の平均市場価格と農家庭先価格は、表3.3.4.1、表3.3.4.2に示した。主な、農産物の市場と農家庭先価格は、以下の通りである。

(単位：ディナール)

作物名	ガフサ県		トゥズール県		ケビリ県		ガバス県		全体平均	
	市場	庭先	市場	庭先	市場	庭先	市場	庭先	市場	庭先
<b>果 樹 :</b>										
ナツメヤシ	1.400	1.200	1.200	0.900	1.250	0.900	1.246	1.100	1.274	1.025
オリーブ	0.450	0.400	0.500	0.400	0.400	0.350	0.500	0.450	0.463	0.400
ザクロ	0.250	0.200	0.338	0.250	0.400	0.300	0.380	0.350	0.342	0.287
アンズ	0.300	0.250	0.567	0.500	0.825	0.750	0.656	0.600	0.587	0.493
イチジク	0.150	0.130	0.550	0.500	0.460	0.400	0.671	0.600	0.458	0.385
<b>冬 野 菜 :</b>										
ニンジン	0.200	0.180	0.111	0.100	0.091	0.080	0.110	0.090	0.128	0.109
カブ	0.100	0.090	0.307	0.250	0.279	0.250	0.258	0.200	0.236	0.201
タマネギ	0.100	0.090	0.315	0.250	0.222	0.200	0.235	0.200	0.218	0.186
ソラマメ	0.150	0.130	0.485	0.400	0.711	0.650	0.392	0.350	0.435	0.370
<b>夏 野 菜 :</b>										
トウガラシ	1.300	1.200	0.943	0.750	0.901	0.800	0.960	0.850	1.026	0.874
トマト	0.400	0.350	0.369	0.300	0.396	0.300	0.291	0.250	0.364	0.310
<b>飼料作物 :</b>										
ルーサン	0.030	0.025	0.057	0.050	0.080	0.070	0.080	0.070	0.062	0.053
<b>工芸作物 :</b>										
ハンナ							2.160	1.900	2.160	1.900

出典 : 各県の農業統計事務所、農家経済調査

### 3.3.5 主要作物の純生産額

調査対象地域の153オアシスでの総生産額と生産費を差し引いた純生産額を概算すると下記の通りである(詳細は、表3.3.5.1、3.3.5.2、3.3.5.3に示す)。

作物名	生産額			生産費	
	生産量 (ト)	総生産額 (千ディナール)	生産費 (ディナール/ha)	総生産費 (千ディナール)	純生産額 (千ディナール)
果樹 :		113,990		22,060	91,930
ナツメヤシ	91,050	93,320	974	15,120	78,200
オリーブ	26,110	10,450	778	3,360	7,090
ザクロ	23,150	6,640	1,031	2,310	4,330
アズキ	4,100	2,020	1,144	400	1,620
イチジク	4,050	1,560	905	870	690
冬野菜 :		11,830		4,810	7,020
カブ/ニンジン	23,760	4,780	1,594	1,820	2,960
タマネギ	26,440	4,920	1,769	2,190	2,730
ソラマメ	5,760	2,130	1,455	800	1,330
夏野菜 :		16,880		4,170	12,710
トウガラシ	13,540	11,830	1,971	2,880	8,950
トマト	16,310	5,050	1,675	1,290	3,760
飼料作物 :					
ルーサン	310,810	16,470	1,038	5,880	10,590
工芸作物 :					
ハンナ	660	1,220	1,257	570	650
合計		160,390		37,490	122,900

### 3.3.6 農民組織

農民組織としての農業協同組合は、各県の地方農業開発部事務所 (CRDA) の指導により組織化されており、農業資機材の供給、農産物の販売事業を行っている。しかしながら、これらの農業協同組合は、組織の運営能力が弱く資金不足のため政府の指導・助成が必要不可欠な状況にあり、十分な活動が行われていない。このため、国で協同組合綱領を作成し、農業省の監督下で、協同組合活動の強化を目的とした農業協同組合 (CSA) の設立が行われている。

調査対象地域内の4県には、17の農業協同組合が設立されており、総組合員数は、約3,730名である。県別の組合数と組合員数は、以下の通りである。

項目	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	合計
農業協同組合数	11	0	4	12	17
組合員数	257	0	1,125	2,347	3,729

出典 : CRDA Gafsa, Tozeur, Kebili and Gabes



### 3.3.7 農業支援組織

テュニジアでは、農業普及活動を促進するための農業普及事業が実施されている。中央政府では、農業省直轄機関の一つとして農業普及局 (AVPA) が設立されている。これと並行して、各県の地方農業開発部事務所 (CRDA) の中に農業生産普及課 (DVPPA) が設置されており、研究機関による新規開発技術の適性試験や普及活動のための訓練・指導を行っている。郡レベルの普及センター (CTV) は、普及員のための普及プログラムの準備、普及技術訓練等の活動拠点になっており、村 (Imada) レベルにある普及事務所 (CRA) の普及員が先進農民に対し圃場レベルで農業情報の伝達や訓練を行っている。

153 オアシス地域内の普及活動は、16 普及センター (CTV) と 60 の農業普及事務所と普及員で行なわれている。しかしながら、ガベス県の 3 オアシス (アインズリグ、ズリグダカラニア、リマオウア 1&2) には普及事務所がなく普及員も配属されていない。調査対象地域と 153 オアシス地域の農業普及所、普及員の数は、以下の通りである。

担当者	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	合計
<u>調査対象地域:</u>					
普及センター (数)	7	3	5	5	20
- センター所長	6	3	5	5	19
普及所 (数)	32	17	21	34	104
- 普及員数	25	18	21	14	78
<u>153 オアシス地域:</u>					
普及センター (数)	3	3	5	5	16
- センター所長	3	3	5	5	16
普及所 (数)	7	17	21	15	60
- 普及員数	7	18	21	14	60

出典: Annuaire des Vulgarisateurs, Mars 1994

### 3.3.8 農家経済

153 オアシスの農地所有面積は、最小が 0.11 ha/農家で最大が 5.13 ha/農家となっており、平均は 0.38 ha/農家である。新規開発オアシスでは、0.5 ha/農家から 2.0 ha/農家で均等に配分されている。153 オアシス毎の農地所有面積状況は以下の通りである。

オアシス 項目	数	総面積 (ha)	0.5 ha 以下	0.6 - 1.0 ha	1.0 - 3.0 ha	3.0 ha 以上	総農家 数	平均農地 所有面積 (ha/農家)
ガフサ県 :								
-新規開発オアシス	2	273	141	80	110	187	518	0.53
-伝統的オアシス	6	3,194	1,673	2,510	604	311	5,098	0.63
小計	8	3,467	1,814 (32%)	2,590 (46%)	714 (13%)	498 (9%)	5,616	0.62
トゥズール県 :								
-新規開発オアシス	6	1,163	0	7	728	0	735	1.58
-伝統的オアシス	24	4,459	3,598	1,013	1,508	206	6,325	0.70
小計	30	5,622	3,598 (51%)	1,020 (14%)	2,236 (32%)	206 (3%)	7,060	0.80
ケビリ県 :								
-新規開発オアシス	10	809	106	816	124	0	1,046	0.77
-伝統的オアシス	57	6,404	27,542	2,225	426	16	30,209	0.21
小計	67	7,213	27,648 (88%)	3,041 (10%)	550 (2%)	16	31,255	0.23
ガベス県 :								
-新規開発オアシス	6	428	86	94	150	22	352	1.22
-伝統的オアシス	42	6,705	14,279	2,308	861	109	17,557	0.38
小計	48	7,133	14,365 (80%)	2,402 (13%)	1,011 (6%)	131 (1%)	17,909	0.40
153 オアシス地域 :								
-新規開発オアシス	24	2,673	333	997	1,112	209	2,651	0.99
-伝統的オアシス	129	20,762	47,092	8,056	3,399	642	59,189	0.24
合計	153	23,435	47,425 (77%)	9,053 (15%)	4,511 (7%)	851 (1%)	61,840	0.38

出典 : Annuaire des Vulgarisateurs, Mars 1994

上記のオアシスでは、主としてナツメヤシ、オリーブとザクロ、アンズ、イチジク、ブドウ等の果樹類が植えられており、野菜、飼料作物、豆類等の間作栽培が行なわれている。これらの農家の主要な農業収入としては、ナツメヤシ、オリーブ、果樹等の販売によるものであるが、補助的に野菜と飼料作物の販売による収入がある。畜産は、自家消費の範囲で行なわれており、市場も制限されているので販売による収入はほとんどない。

調査対象地域の農業経営状況を把握するために、8パイロットオアシスの中で、ランダムサンプリング法により選んだ18農家に対する農家経済調査を行った。農業経営の分析結果では、生計費の中で食料費の占める割合がもっとも高い。一農家当たりの年間生計費は、郡の平均家族数を用いて算定した。

8オアシスでの平均的農家の経営収支は、表3.3.8.1及び3.3.8.2に示す。要約は下記の通りである。

オアシス名/ 項目	カスバ	オウエド シリ	トゥズール	ドラ スト	マン ソール	アテイ レット	オアシス ガベス	リマオウラ 1 & 2
農業経営面積 (ha) : 1.06		3.11	1.38	1.98	0.25	0.75	0.29	1.25
総収入 (デナール) :								
- 農業収入	7,848	13,410	9,471	9,421	1,640	4,652	1,991	7,453
- 農業外収入	0	0	0	0	2,500	1,000	2,000	0
合計	7,848	13,410	9,471	9,421	4,140	5,652	3,991	7,453
家族数 (人) : 5.33		5.47	5.27	5.27	5.65	6.17	5.48	5.48
総支出 (デナール) :								
- 生産費	1,834	2,393	1,757	2,297	410	1,648	473	2,286
- 生計費	3,059	3,140	3,024	3,024	3,244	3,542	3,145	3,145
合計	4,893	5,533	4,781	5,321	3,654	5,190	3,618	5,431
収支 (デナール) :								
	2,955	7,877	4,690	4,100	486	462	373	2,022

出典 : JICA 調査団による農家経済調査、9 - 10月、1995

農地所有規模が 1.0 ha 以上の農家では、農外収入が無くても余剰金が生じている。新規開発オアシスの農家は、1.0 ha の規模で土地配分が行なわれており、入植後、7 - 10 年が経過し、樹木作物や果樹が目標収量に達成していれば、専業農家として生計が行なわれることと推定される。一方、伝統的オアシスの農家は、土地面積が 1.0 ha 以下が多く農業以外の収入を得ている。これらの農家は、大部分が町や部落の近郊にあり、農外収入として観光サービス関連の仕事や、季節労働の機会に恵まれており、農業での収入不足を補っている。

### 3.4 灌漑排水

#### 3.4.1 灌漑排水の概要

調査対象地域における灌漑には、いわゆるオアシス灌漑、乳業公社 (STIL、Société Tunisienne des Industries Laitières) 灌漑、私企業や農民個人による灌漑形態がある。

オアシスの灌漑施設には、浅井戸、深井戸等の水源施設や送水施設があり、これらは、各県にある CRDA により改善または改修されている。これらの施設は AIC に移管され、AIC が維持管理及び水管理を担っている。大部分の農地では水盤灌漑を採用し、灌漑効率を高めようとしている。オアシスの水源は地下水で、電動機またはディーゼルエンジンを用いたポンプにより揚水されている。水源として、自噴井による水を利用しているオアシスや、ララ、タメルザ及びセビカオアシスのように自然湧水を使っているところもある。また灌漑水補給のため、オアシス内に浅井戸を設置しているところもある。

トゥズール、ケビリ及びガベス県では、STIL によって灌漑されている農地があり、これら農地の灌漑施設の建設は STIL 自身で行っている。この組織の役割は、農業生産性の向上を目指すだけでなく、各種農業技術の研究も実施している。ここでも、大部分の農地は水盤灌漑を用いることにより高い灌

灌漑効率を達成することを図っている。水源として、浅井戸及び深井戸の水を利用している。

企業型灌漑では、温水施設を備えたハウスで、高い商品価値をもつ野菜（果菜類）が栽培されている。ここでは、ドリップ灌漑が採用されている。冬期間のハウスの温度を保つため深井戸を水源とする温水が利用されている。

農民個人で営む灌漑では野菜栽培が主である。蒸発散量を少なくするためにビニールトンネルあるいはビニールマルチ栽培が行われている。ここでは、水盤灌漑と畦間灌漑が主流であり、補給水として、灌漑水がタンクローリーで運びこまれる事もある。

排水は、オアシスやSTILの農地で主として除塩の目的で必要とされている。特に、表層地下水位が高いトゥズール、ケビリ及びガベス県で排水路が必要とされている。一部実施されている排水路形式としては、開渠排水路が一般的で、古い用水路が排水路として利用されている場合もある。又、新規開発オアシスでは、暗渠排水路も見受けられる。ただし、3.4.7 排水施設 に示すようにガフサ市周辺にある5つのオアシスについては地下水位が低く、排水状況は良好であるので排水路は必要としない。しかし、同じガフサ県にあるオアシスでもトゥズール県境にあるオアシスでは地下水位が高いため排水路は必要である。

### 3.4.2 送水施設及び調整施設

調整池を含む送水施設は、1991年までに改修が完了している。ガフサ県の施設改修はドイツ政府の資金援助により、トゥズール県の施設改修は、アラブ資金により、ケビリ県の施設改修は、サウジ開発資金により、またカベス県の施設改修は世界銀行の資金援助により、それぞれ実施された。

しかしながら、トゥズールオアシスの一部においては、灌漑は伝統的なワジと土水路により行われている。DGGR は、この様な観光目的のワジや土水路を除く、他のすべての貯水池と土水路を改修するために、土水路をプースターポンプ付きのパイプラインと分水槽に置き換える事業を策定しており、事業は世銀の資金援助を得て進められている。全オアシスについて、分水槽とパイプラインの路線を示した1/2,000の計画平面図が収集され、各オアシスにおける事業計画及び事業評価はこれらの図面を参考にして実施した。

### 3.4.3 熱水処理施設

トゥズール、ケビリ、ガベスの3県では、C.I.熱水の冷却のための施設として主に冷却塔型が用いられており、この他の階段型、螺旋型および格子型は冷却効率が低く数も少ない。

#### (1) 冷却塔型

このタイプの冷却施設は、ガベス県のベチマに建設中の1基を含めて全部で18基が存在する。これらの基本的構造は、ほとんど同じである。

C.I.熱水は、生産井からパイプと通して地上約13mの高さの冷却塔上部のプラットフォームまで搬送される。生産井の坑口圧力は約2MPaと高いため、熱水はその圧力で自然に流れる。熱水は、プラットフォームに多数明けられた小孔から冷却塔内部に落下し、冷却塔内部で木製の障害物によって熱水の蒸発冷却が促進される。また、冷却塔上部には排気のためのファンを動かす20~30kWのモーターが設置されている。

冷却後の熱水は、冷却塔下部のプールからパイプまたは開放型導水路によって流出し、その平均的流量は約50 Q/秒、ベチマオアシス(ガベス県)の大型冷却塔で100 Q/秒である。

今回の現地調査期間(1995年9月26日~10月5日)では、冷却ファンは僅かにケビリ県のステフティミとメンチアの2カ所の冷却塔で稼働していた。トゥズール県のエルハンマオアシスでは、熱水の圧力が低いために、冷却塔上部のプラットフォームまで輸送できず、直接冷却塔下部のプールに流れ込んでいた。ケビリ県のオウムエルファルトとドゥーズオアシスの冷却塔は、稼働していなかった。結局11カ所の冷却塔では、自然通風によって熱水が冷却されていたことになる。ファンによる強制排気によって冷却効率を高めることができ、ケビリ県のステフティミとメンチアオアシスでは約70℃の熱水が35℃以下に冷却されていた。ファンが稼働しない場合の冷却後熱水の温度は、51℃から44℃であった。

冷却塔の電力コストを下げるために、冷却ファンは必ずしも連続的に稼働させるわけではなく、ガベス県の1例では夏期に限定して稼働させている。また、ケビリ県のボウブダラオアシスのように、冷却塔で冷却したC.I.熱水をさらに浅部の低温地下水と混合させるようになっているために、冷却塔で大幅な冷却が必要でない場合がある。

冷却塔におけるもう一つの問題は、冷却塔や冷却水の輸送パイプに多量のスケールが付着することである。スケールの除去には、労働力、時間、費用が必要なばかりでなく、特に冷却塔内部での作業は高所作業でもあり危険である。現地での塩酸によるチェック結果によれば、スケールの大部分は炭酸塩である。炭酸塩スケールは、もともと2MPa程度の高圧のC.I.熱水が生産により大気圧まで減圧されることによって溶けていたCO<sub>2</sub>ガスが逸散する結果生じるものである。したがって、圧力がかかっている生産井から冷却塔までのパイプにはスケールは生じない。

スケール除去の間隔は、オアシス毎に異なっているものの、通常冷却塔内部の木製障害物は、6ヵ月毎、パイプ内部のスケール除去またはパイプの交換は1~3年毎に行われる。パイプ内部のスケール除去は、高圧水の噴射によって行っている。高圧水ジェットによるスケール除去装置の価格は約30,000ディナールであり、ケビリ県のCRDAが所有している。これは車で牽引できるようになっており、トゥズールやガベスの冷却施設でもこれを借りて使用している。スケールの除去効率は、スケールの状態(硬さや厚さ)によって異なるが、通常ケビリ県では200m/日、トゥズール県では50m/日、ガベス県では500-600m/日となっている。一方、ケビリ県のジェムナオアシスやガベス県のベンギロウクオアシス等いくつかのオアシスでは冷却後の水を開放型の導水路で導いており、これはパイプに比べてスケール除去が容易な構造である。

## (2) 階段型

このタイプの冷却施設は、ケペリ県の4カ所に存在するが、この内ドゥースのものは未完成である。ラスエルアインの冷却施設は4つのテラスから構成されており、ケーシングが破損した生産井から漏れてきている低圧の熱水を64℃から52℃に冷却している。冷却後の水は、灌漑地区内を蛇行する水路で下流の池にまで導かれており、池での水温は46℃である。

マンソウラとサイダネオアシスの冷却施設はお互い非常に良く似ており3段のテラスと水槽から構成されている。なお、マンソウラオアシスでは、処理量を大きくするために3つのユニットを並列にしている。一つのユニットの処理量は20ℓ/秒である。マンソウラオアシスでは、通常60℃程度の熱水が50℃程度に冷却され、さらに浅部の低温地下水と混合した後に灌漑地に導かれる。

サイダネの冷却施設は、一つのユニットでできており、52℃の熱水が44℃まで冷却されている。熱水は、多くの小孔(φ2cm)を開けた外径10cmの鉄管で冷却施設の最上段に導き入れられている。

階段型冷却施設の周辺に見られるスケールは、全て炭酸塩であり、マンソウラオアシスでは、使用開始から8ヵ月後に最初のスケール除去を行っている。この作業には、5~6人で約10日間を要した。サイダネでは、冷却後の熱水輸送パイプ(内径15cm)が3年で閉塞している。

## (3) 螺旋型

このタイプは、ガベス県のチェンチョウオアシスに存在するのみである。熱水は、螺旋状の開放型導水路の中央に鉄管(φ15cm)で導入され、45ℓ/秒の流量で54℃から40℃に冷却される。なお、スケール付着は顕著でない。

## (4) 格子型

このタイプは既に旧式となっているが、ガベス県のケバヤットオアシスの2基が稼働しており、この他に稼働してはいないが、ガベス県のグリブドカネオアシスにも1基ある。熱水は、約3mの高さからコンクリート製の格子に落とされて65℃から50℃に冷却される。格子表面には、多量のスケールが付着している。

## (5) 材料腐蝕

C.I.熱水は、塩分を含んでいるため、冷却施設に使用されている鉄製材料は容易に腐蝕される。冷却塔では、鉄管、扉、階段、モーター等多くの鉄製品が腐蝕しているのが見られた。

モーターは冷却塔で最も重要な部品であり、ほとんどの場合、排気筒の外側に設置されている。しかしながら、ベンギロウクオアシスの2基とグリブドカネオアシスでは、排気筒の内側に設置されている。防食の観点からは、モーターは排気筒の外側に設置するのが望ましい。

ケペリ県のオウムエルファルトオアシスでは、生産井の地殻の埋設したパイプの一部が腐食しており、熱水の流量を上げると熱水が漏れ出した。これらの現象は、鋼管の地下埋設が防蝕上不利であり地上に設置する方が良いことを示している。熱水の輸送には、鋼管よりコンクリート管の方が良い。鋼管の場合は、丁寧な塗装やパイプ表面に傷をつけないような注意深い敷設工事をする必要がある。

#### 3.4.4 配水施設

井戸から汲み上げられた灌漑用水は、送配水システムを通じて分水槽に送配水される。システムは井戸水を送配水するために調整池、一次水路、二次水路及び三次水路より構成されている。四次水路は末端農地に灌漑するように設置されている。

灌漑地区は最初カーシルに分割される。更に灌漑地区は、カーシルはセクツールに、セクツールはカティールに各々再分割される。これらの灌漑地区は各々一次水路、二次水路及び三次水路によって連絡される。ローテーション灌漑は、セクツール内で行われる。これら水路と灌漑地区の関係は図 3.4.4 に示している。

調査対象地域の基幹施設は、水源施設と送配水システムにより構成されており、これらの大部分は南部水資源開発マスタープランに基づいて1980年から1991年にかけて実施した事業において改修されている。調査対象地域では、438の井戸が利用されており、大部分はモーターを原動機とするポンプにより汲み上げられた用水である。これらの井戸水には塩分が含まれており、水温もかなり高い。その化学的成分も調査対象地域の農作物に対して必ずしも好ましいものとは言えない。

この送配水システムの大部分は、コンクリート管、石綿及び塩ビ管から構成されており、管口径は600mm から 80mm まであり、管路の総延長は 1,355km に及んでいる。各システムの分水調整は、制水弁の開度調整により行い、1~2の流量計により監視されている。

配水施設との連結点にある分水槽はバルブ槽と調圧槽から成っており、これらのバルブはバルブキーパーにより灌漑スケジュールに従い管理されている。単位面積当たりの給水時間及びカティールの灌漑面積は県により大きく異なっている。給水時間については、ガフサやトゥズール県では3~4時間/ha、ガベス県では7時間/ha、ケペリ県では12時間/haとなっている。カティールの灌漑面積については、トゥズール、ケペリ及びガベス県では3~4ha/カティールであるのに対し、ガフサ県では8.5ha/カティールとなっている。

各分水槽のシステム容量を評価するために、分水槽の直下流で、流量測定を行った。システム容量と実測流量の比較表を次に示す。

県名	オアシス名	システム容量 (ℓ/s)	実測値 (ℓ/s)	効率 (%)
ガフサ	カスバ	30	26.6	89
	クサール	30	28.2	94
トゥズール	トゥズール	30	31.6	(105)
	ガールジャヤ	27	22.6	84
ケビリ	ラプタ	32	29.9	93
	アティレット	30	16.9	(56)
ガベス	リマウア	35	31.1	89
	テボウルボウ	35	28.9	83
平均 (トゥズールとアティレットを除く)				89

従って上記の表から、水源から分水槽までの送水効率は約90%であると言える。

### 3.4.5 灌漑方法

末端施設は灌漑用の四次水路と小用水路、及び支線排水路と小排水路により構成される。水路密度は四次水路が200~300m/haで支線排水路(2次~4次)は50m/haとなっている。四次水路の大部分は土水路であるところから、分水槽から配水された水の透水損失はかなり大きい。公的融資のつく農民による節水のための四次水路整備事業がCRDAにより促進されているが、政府資金の調達が遅れがちであることから、事業は予定通りに進んでいない。既存の支線排水路の大部分は明渠である。このため、排水路の断面が雑草や飛砂で詰まっているところも一部あるが、全体的にはよく維持管理されている。

事業地区で最も広く用いられている灌漑方法は水盤灌漑である。水盤区画の大きさは一定ではなく、オアシスのタイプ(伝統的オアシス及び新規開発オアシス)、栽培作物及び地域性によって変化しており、下表に示す通り、伝統的オアシスの区画が新規開発オアシスのそれより大きいのが一般である。

オアシス	県	オアシスのタイプ	栽培作物	水盤のサイズ
イブン・シャバット3	トゥズール	新規開発	ナツメヤシ	4 m × 4 m
ドラ・スット	トゥズール	新規開発	ナツメヤシ	3 m × 3 m
マンソーラ	ケビリ	伝統的	ナツメヤシ	6 m × 6 m
アチレット	ケビリ	新規開発	ナツメヤシ	2 m × 6 m
オアシス・デ・ガベス	ガベス	伝統的	果樹	5 m × 20 m
リモア	ガベス	新規開発	単年性作物	2.5m × 15 m

灌漑計画は農民水利組合(AIC)が地方農業開発局(CRDA)の協力を得て決定している。県別の平均的な



灌漑計画は、表3.4.5(1)に示す通りである。本表で明らかなように、県により間断日数に大きな差異がある。ガフサやトゥズールでは7日間であるが、ケビリやガバスでのそれは非常に長く、各々、20日及び16日である。又、調査団が推定した末端圃場での水路損失を含まないピーク用水量は6.4~7.9mmであるのに対して、AICが定めているピーク用水量は推定値の29%~37%にあたる2.0mm ~ 3.1mm / 日である。この事は、灌漑地区の大部分は、夏場において、慢性的な水不足にあると言える。

現場踏査及び現地聞き取りより得られた灌漑方法の問題点は以下の通りである。

- a) 末端圃場の水路が未整備であり、これが大きな灌漑損失の原因となっている。
- b) 間断日数や給水量が適切でなく、農作物に本来期待される単収が得られていない。
- c) 受益者の水利費は面積当たりで課金されているので、灌漑用水が節水されていない。

### 3.4.6 末端水路の水損失量の測定

水損失測定調査のため、CRDAと協議してガフサ、トゥズール、ケビリ及びガバスの4県で8オアシス（新規オアシス3、伝統的オアシス5）を選定した。測定は、湛水法及び流去法の2方法で実施した。調査は1995年の9月18日から1ヶ月をかけて行い、前半は湛水法、後半は流去法による測定を実施した。

水損失の測定法として、上下流で堰により測定された水量の差により浸透量を得る流去法を採用することが一般である。これは、流去法が灌漑水の搬送と全く同じ状況で行われことから、観測値は最も信頼出来るものと考えられるからである。しかしながら、水損失量は時間（移行期、定常期）によって変わるので時間によって変化する水量を推定するため、湛水法を補助的に実施した。

測定結果から、水損失は100m当たり新規オアシスで30%、伝統的オアシスで25%と推定した。

漏水率は未整備水路長（土水路）長に比例するものではないが、概ね次表のような数値になる。

長さ オアシス	12.5m (%)	25m (%)	50m (%)	75m (%)	100m (%)	125m (%)	150m (%)	175m (%)	200m (%)
伝統的	3.25	6.5	13	19	25	30	35	39.5	44
新規開発	4	8	16	23	30	35.5	41	46	51

### 3.4.7 排水施設

排水状況の評価をするためには、基本的に地下水の除塩、灌漑ロス、浸透及び降水量と自然排水能力とを比較検討する必要がある。そこで、灌漑地区は、それらの特徴から以下の3地区（カテゴリー）に分類される。

- (1) 自然排水が良好で、現在まで人工的排水を必要としていない地区。
- (2) 自然排水はおおむね良好であるが、排水機能が不十分なため、部分的に人工的排水を必要としている地区。

(3) 自然排水が不良で、広範囲な人工的排水を必要としている地区。

ガフサ市の周辺に位置するオアシスの大半はカテゴリー (1) に分類される。第 3 章で述べられている様に、広大なシディ・アイチ盆地はガフサ市の直上流で、ベイ・ヨウン及びオルバタ両山脈によってくびられている。この両山脈の間の狭い開口部は、直下流で広大な扇状地を形成し、また、あたかも天然の地下ダムのように、その上流部の地下水を堰上げている。それ故、扇状地下の地下水面は地表から 20m も低く、また、それ故に自然排水が良好である。

ガフサ県のオアシスでトゥズール県境に位置するいくつかのオアシスについては、地下水位が灌漑ロスや降雨によって変化するのでカテゴリー (2) に分類される。

トゥズール、ケピリそしてガベスの 3 県に位置するすべてのオアシスはカテゴリー (3) に分類される。これらのオアシスは比較的平坦な地形を持ち、ゴルサ塩湖、ジェリト塩湖、ファジャジ塩湖及びガベス湾の影響により、自然排水が不十分で地下水位が高く、また、これらのオアシスでは石膏層及び粘土層が地表下 3~5m 付近にあり、これが地下水を上げる原因となっており、これらは比較的広範囲に連続して存在している。

いくつかの新規開発オアシスでは、深さ 2.5m のオープンタイプの排水路か、または深さ 2.0m 内径 58mm の有孔 PVC パイプによる暗渠排水が整備されている。しかしながら、伝統的オアシスではシステムティックな圃場排水は行われていない。これらのオアシスでは排水路の深さと水路密度が不十分で、所によっては古い灌漑用水路が代用されている。新規開発オアシスでは圃場排水路の間隔は 100m となっているが、伝統的オアシスでは定まっていない。幹線及び二次の排水路はすべてオープンタイプである。いくつかの改良した排水路は深さ 2.5m まで掘削されているものもあるが一定ではない。これらの排水路の維持管理費は砂で閉塞した PVC パイプの洗浄、浸食したオープンタイプの排水路の整形及び雑草除去のため比較的高くなっている。

末端水路の整備状況については、オアシス全体の 5.9% に及ぶ詳細なサンプル調査を実施して把握した。各オアシスの四次水路施設状況は第 6 章で詳述し、第 7 章では、これに基づいて実施計画及び事業費積算を行った。

## 3.5 水管理

### 3.5.1 水利施設の維持管理

#### (1) 維持管理実施機関と作業の分担範囲

水利施設の維持管理は地方農業開発部(CRDA)と農民水利組合(AIC)により実施されている。水利施設の維持管理責任範囲は県により多少の違いはあるが、灌漑施設の運転管理とオアシス内の排水路の維持管理は AIC、その他の管理は CRDA が行うのが一般である (表 3.5.1.1 参照)。

灌漑施設の運転は、原則的に AIC が実施している。但し、複数のオアシスに灌漑水を供給するラグーバー井戸水源管路網（ガフサ県）やケビリ離島地区管路網（ケビリ県）のような長大管路システムは、その維持管理には高度の管理技術を要するため、CRDA により維持管理されている。又、灌漑施設の補修点検については、レベルの高い点検技術と維持管理費用を必要とする深井戸及びポンプについては CRDA が維持管理し、その他の送配水路は AIC が実施している。

排水施設については、幹線排水路及び二次排水路は CRDA が、オアシス内の三次排水路（集水路）及び四次排水路（圃場内排水路）は AIC が維持管理している。

## (2) 地方農業開発部(CRDA)及び農民水利組合(AIC)の組織構成と活動内容

### 1) 地方農業開発部

農業に係わる水利施設の整備に関する行政は農業省の下部機関である農業土木総局と地方農業開発部が担っている。前者は全国ベースの行政を後者は県ベースの行政サービスを提供している（図 3.5.1.1 参照）。

地方農業開発部は 1989 年 3 月に創設され、以下に示す 5 部により構成されている。

- a) 農業生産振興普及部(AEPD)
- b) 農業水利施設部(HRID)
- c) 植林及び土壌保全部(RSCD)
- d) 農業調査・開発部(ASDD)
- e) 総務部(AFD)

地方農業開発部の職員規模をケビリ県の場合で示すと図 3.5.1.2 のようになり、総職員数は 298 名である。このうち、農業用水利施設の建設、水源施設の整備及び水利施設の維持管理業務を担当する農業水利施設部の人員は 89 名である。灌漑地区維持管理課員数は 52 名でこれは農業水利施設部職員の 60%を占めている。

地方農業開発部の組織の中で、節水に関連する主たる課・室及びその役割は以下の通りである。

- a) 農業水利施設部の灌漑地区維持管理課(PI)  
既灌漑事業実施地区の水利施設の維持管理計画の立案とその実施、灌漑計画の改善、農民への灌漑技術・節水技術の普及、農民への定期的な灌漑技術セミナーの実施等の業務
- b) 農業生産振興普及部の郡レベルの普及センター(CTV)及び村レベルの普及事務所(CRA)  
灌漑技術を含む農業全般に関する技術の農民への普及業務
- c) AIC 対策室  
AIC の役割を農民に認識させ、AIC を支援するための広報活動、AIC の管理業務全般に関する情報の提供と業務処理技術の普及、DGGR の AIC 課と連携して AIC の活動の監理と評価

上記の組織の内 PI は維持管理班、節水技術班及び冷却施設班に分かれており、これらの技術職員数は下表の通りで、後述する AIC 数に比し技術職員数が少ない。末端整備事業の推進は節水技術班が行っているが、専従職員数はゼロか1名のみである。PIにおける職員数の不足がオアシス水利施設の円滑な維持管理業務の実施と末端整備事業の促進を阻害する一つの要因となっている。このため、CRDA は農業省に対しては節水技術班の増員を要請するとともに、AIC との協議の効率化を図るための郡単位の連合化を呼びかけている。

県	維持管理面積 (ha)	AIC	課長 (人)	維持管理 班 (人)	節水技術 班 (人)	冷却施設 班 (人)	合計 (人)
ガフサ	3,467	8	1	6	1	0	8
トゥズール	5,045	44	1	7	(3)*	0	8
ケビリ	7,213	69	1	5	1	1	8
ガバス	7,133	48	1	13	(3)	(1)	14
合 計	23,435	169	4	31	2	1	38

註) ( )数は維持管理班の職員が兼任

## 2) 農民水利組合(AIC)

農民水利組合は1987年7月6日に立法化された法令第87-35号に基づき創設されたものであり、その組織開発はCRDAが中心になって進められている。農民水利組合の活動目的はCRDAにより移管された水利施設を良好に維持管理することであり、主として以下の活動を行っている。

- －水利施設の運転管理・維持修理業務
- －組織の事務管理業務

AICの組織形態として、1オアシスに1AICがあるのが一般ではあるが、複数のAICをもつオアシスもある。現在、153オアシスのうち146オアシスにAICが組織されており、1995年10月現在のAICの総数は次表に示す通り169である。AICをもたないオアシスは、自然湧水を利用している3伝統的オアシスと末端施設整備中の4新規オアシス(いずれもトリズール県にある)の7オアシスのみである。前者のオアシスでAICが設立されていない理由は、水源が自然湧水で水利施設の維持管理が容易なため、受益者間に水利用に関する協議を必要としないからである。しかし、後者のオアシスの農民は、末端施設の整備が完了しだいAIC組織を設立することを目指している。このように、オアシスに土地を持つ農家のほとんどはAICの役割を充分認識しAICの活動に参加しており、AICは水利施設の運転管理・維持修理業務と事務管理業務を実施する管理団体として十分その役割を担っていると判断される。

県	灌漑面積 (ha)	水利組合の数	会員数	役員数	管理人数
ガフサ	3,467	8	6,105	6,464	36
トゥズール	5,622	44	7,356	253	50
ケビリ	7,213	69	30,464	369	220
ガベス	7,133	48	17,777	204	176
合計	23,435	169	61,702	890	482

AICの組合員はすべて農民であり、農民の中から役員が選ばれる。その役員構成は、組合長1名、会計1名、相談役4名からなり、役員は2年毎に組合員により改選されることになっている。AICは配水管理のため、1～2名のポンプ管理人と少数のバルブ管理人を雇用している。

各AICは組合事務所、組合員による年度末に定例会議を開催し、当該年度の決算を承認するとともに、次年度の維持管理計画に基づき予算を決定する。また、組合員からの水注文の受け付け、水管理人への水配分の指示、水利費の受け取り等の日常業務を行っている。

水利施設の維持管理のうち、消耗部品交換等の小修理はAIC自身が実施するが、年1回行うポンプ場の補修点検は、CRDAの工事監理のもとで、民間業者に委託して実施している。

### 3.5.2 水管理の現況

原則的に灌漑水の水管理はAICが行っており、灌漑水の配分はAICと農業水利施設部灌漑地区維持管理課と協力して作成した灌漑スケジュール表に基づいて行われている。配水管理はAICの指示によりポンプ管理人及びバルブ管理人により行われる。一日の灌漑時間は20時間で、夜11時に開始し、翌日の夕方7時に終了する。水源施設、送配水施設及び末端施設での水管理の実態は以下の通りである。

#### (1) 水源施設での水管理

オアシスの用水源として深井戸、浅井戸及び自噴泉の3種があるが、大部分は深井戸に依存している。このため、多くのオアシスでポンプ場が設置されている。ポンプ場はAICのポンプ管理人により操作され、揚水量及び運転時間、運転状況等は日報に記録されている。但し、ポンプ場の量水計には、機能していないものもあり、改善することが必要である。

熱水冷却処理が必要な場合は冷却施設が設置されており、これらはCRDAによって運転管理されている。冷却施設出口での水温は45℃程度以下となるように管理されている。

#### (2) 送配水施設での水管理

水源施設からの送配水施設は、一般的に管路であり、管路形式は大部分がクローズドタイプで、高架水槽をもつセミクローズドタイプもいくつか見受けられる。流量を調整する調整池はCRDAが管理

する長大管路網に設置されているだけで、AICが管理する灌漑管路には見受けられない。管路網における分水管理や制御は、流量計や予め開度調整されたバルブにより行われている。

### (3) 末端施設での水管理

末端水路への分水量制御は分水槽の支配面積に応じて分水槽バルブを開閉することにより行われている。これらバルブの開閉操作はAICのバルブ管理人が行っている。灌漑を受ける農民は予めAICより灌漑日及び時間について通知を受けており、灌漑開始時間までに各々の圃場に待機し、灌漑水の到着を待ち受けている。しかしながら、最末端の圃場に灌漑スケジュール通りの時間に灌漑水が到着する事は希で、灌漑スケジュールの遅れが随所のオアシスで見受けられる。この遅れの理由として、オアシスの土性が浸透性の高い砂質土で構成されており、現況の末端水路（四次水路）の殆どが土水路であるため、水路からの漏水が多く水足が遅いこと、受水する水盤のサイズが大きすぎて水が水盤内にいきわたるのに時間がかかること等があげられる。

分水槽の直下流にある末端水路の上流における水利用者は過剰灌漑の傾向にある。これは、水利費の課金方法が面積当たりとなっており、取水に有利な上流側水利用者は、必然的に過剰な取水を行ってしまう。このため、下流側農地の常時的な水不足や輪番灌漑のスケジュールの混乱を招いている。

末端圃場での灌漑用水の節水を図る手法として次に示す3つの方向が考えられている。

- a) 四次水路の整備による節水化
- b) 近年に開発された灌漑手法（例えばドリップ式）による節水化
- c) 水管理手法の改善による節水化

四次水路の整備事業の重要性、必要性について、政府及びオアシス農民は充分認識している。このため、政府は1992年以来、四次水路の整備事業として農民への事業資金貸付制度をもった地域開発計画(PRD)や農業開発事業(FOSDA)を進めている。調査対象地域の末端用水路の整備方法には以下に示すものが見受けられる。

- a) 現場打コンクリート水路による水路整備（トリズール県 ドラ・スッド・オアシス）
- b) 石綿フリューム水路による水路整備（ケビリ県 アチレット・オアシス）
- c) 塩ビパイプによる水路整備（トリズール県 イブン・シャバット・オアシス）
- d) ハウス内における有孔管による水路整備（ガベス県 エル・ハンマ・オアシス）

しかしながら、本整備事業の進捗度はきわめて遅い。この原因は主として政府調達資金量が十分でないため、政府は資金調達の一方法として国際機関等からの資金援助を計画している。

調査対象地域の灌漑方式は、水盤灌漑がほとんどで、節水灌漑に有効なドリップ灌漑を採用している農家は非常に少ない。この原因はドリップ灌漑が野菜や果物の栽培に適しているけれども、施設整備費が高いためである。

水管理技術の改善による末端圃場の節水化運動は、CRDA が中心となって進められている。しかしながら、灌漑技術、節水技術に関する技術サービスを農民に供給している CRDA の人員と機動力が不足しているため、節水化技術の普及活動に支障をきたしている。

### 3.5.3 維持管理費及び水利費の現況

#### (1) 維持管理費とその分担区分

オアシスの水利施設の単位面積当たりの維持管理費は、各々のオアシスの立地条件により異なり、1ヘクタール当たり 168～327 円/年であり、CRDA と AIC の負担比率は 3:7 である。農民水利組合は水利費として 1ヘクタール当たり 125～232 円/年を支払っている。

農民水利組合が支出している維持管理費の内、その主たる支出項目は水利施設管理人（ポンプ管理人、バルブ管理人、冷却施設管理人等）を雇用するための人件費、井戸揚水汲み上げのための電気料金及びポンプとその周辺機器の消耗部品交換費である。人件費は全体の 20%、電気料金は 62% を占めている。（表 3.5.2.1 参照）。

#### (2) 水利費

農民水利組合は、組合員から上記の維持管理費に組合管理費を加えた額に相当する水利費（組合費）を徴収している。しかし、組合費の総額である AIC の予算は必ずしも必要とする維持管理費総額に達していない。169 の農民水利組合の内、42 組合は、赤字決算となっている。赤字の程度を必要とする維持管理費に対する割合で見ると、18AIC が 15% 以下の不足、17AIC が 100% の不足を示している（表 3.5.2.2 参照）。この差額は、次年度に 6 カ月の猶予期間のなかで AIC により支払われるか、AIC で支払い不可能の場合は、予算の認可権を持っている県により支出される事になっている。しかし、維持管理費の相当額は受益者により負担される事が原則であるので、赤字がでている AIC では水利費の値上げが今後必要となろう。なお、AIC の ha 当たりの平均維持管理費は 160 円/ha であり、末端水路の整備により、工事費返済金額を除く純余剰額は最小でも 900 円/ha (9.5 財務評価参照) は確保できるところから、水利費の値上げは十分可能であると推定される。

水利費の徴収単位には、下表に示す通り、県により AIC により異なり、年間単位面積当たり、年間時間当たり、単位時間当たり、単位水量当たりの 4 種類がある。

県	単位面積当たり (ha/年)	年間時間当たり (hr/year)	単位時間当たり (hr)	単位水量当たり (m <sup>3</sup> )
ガフサ	—	—	—	○
トッズール	○	○	○	○
ケビリ	○	—	—	—
ガバス	○	○	○	—

AICは円滑な維持管理業務を実施するためには、AIC財源の安定化を図ることの必要性を十分認識するとともに、有限な地下水資源の節水的水利用及び水利費負担金支払いの公平性を高めるためにも、徴収単位は単位面積当たりから単位時間または単位水量当りに移行する必要性を理解している。従来末端水路が上水路である事や分水槽に量水計が設置されていないため量水制の導入は困難であったが、末端水路の整備状況が良いオアシスには量水制がしだいに取り入れられてきている。このような背景の中で、水利費の徴収単位は、単位時間当りに移行しつつある。

水利費の徴収方法は、県により異なる。ガフサ及びケビリ県では受水前に徴収、トリズール及びガベス県では受水後の年末に徴収する。前者の場合の徴収率は当然100%となるが、後者の場合でも、80%以上である。このようにAICの組員は水利費を支払う必要性を十分認識しており、末端整備が進むとこの徴収率は更に伸びるものと考えられる。

### (3) 維持管理費

水利施設の維持管理費の主要なものは次の通りである。

#### 1) 水源施設の改修

近年において、地下水位は年間0.5~1.0mの割合で低下している。このため、従来より深い位置にある地下水層からの取水を余儀なくされている。このため井戸の追い掘りや更新あるいはポンプの据え換えが行われており、維持管理費を増大させている。

#### 2) 冷却施設の運転及び維持管理費

地下深度700mを越える滞水層から揚水される地下水の水温は70℃を越えている。農作物のための灌漑用水の限界水温は35℃以下とする必要があるところから、冷却施設出口で40℃以下となるように要求される。冷却塔のファン利用による電気代や冷却施設及び接続管路のスケールの除去のための費用が嵩んでいる。

#### 3) ポンプ運転費

農民水利組合の維持管理費の62%はポンプ運転のための電気料金で占められている。ポンプの吸込揚程が大きい事と地下水位の低下による揚程の増加により、ポンプ運転に大量の電力の使用を余儀なくされており、ポンプ運転費の高騰を招いている。

#### 4) 排水路の維持管理

排水路では、砂で閉息したPVCパイプの洗浄、風によって埋まってしまった明渠排水路の掘削あるいは浸食された明渠排水路の整形及び雑草除去に維持管理費が必要である。



## 3.6 環境及びWID

### 3.6.1 環境

#### (1) 生活条件

本調査地域のオアシスは、生活条件から以下の3つのタイプに分類できる。

- 1) 「伝統的オアシス (ancienne oasis)」と呼ばれ、昔からオアシスとして存在し、区画整理されずにナツメヤシや果樹が比較的密集して植えられている。現在は観光名所としての役割も果たし、特にトゥズールでは伝統的オアシスの周辺に高級ホテルが次々と建設され、国内だけでなく外国からの観光客を集めている。これに伴って経済活動が促進され、雇用が拡大され、町の活性化につながっている。
- 2) 町に隣接し、区画整理されている新規開発オアシスで、オアシスの中に住居がある農家が多い。
- 3) 政府によって町から離れた砂漠に新規開発したオアシスで、区画整理されている。農民は町から通い、オアシスと住居が離れている形態が多い。

農民のオアシスへの交通は荷車をつけたロバか馬が多い。すべてのオアシスに共通した問題は灌漑用水の不足で、雨の少ない年はナツメヤシの収穫が1/4に減少するという農家もある。灌漑用水の供給はAICが管理し、農家は水利費を支払っているが、土水路から地中に浸透する水量が多く、水のロスが大きい。

#### (2) 自然環境

オアシスで行われている塩害対策は水盤灌漑によるリーチングであるが、リーチングのための十分な水がなく、排水路がない地域もある。現在は深刻な塩害の影響が出ている農地はないが、38件の農家調査では、現在塩害があると回答した農家が6件あった。ガフサのオウエド・シリ、スード・ウエストオアシス、ケビリのオウム・エル・フェチ、ガベスのチェンチオウオアシス等は灌漑用水のECが300 mS/m以上であり、特にケビリのオウム・エル・フェチは土壌のECが460 mS/mである。ECが400 mS/m以上の土壌は、塩害に対する注意が必要である。

テュニジア南部は、水害や風害による浸食をうけており、しばしば微砂を含んだ強風に見舞われる。特に、1995年4月29日には50年ぶりという風速80 km/hの砂嵐が吹き荒れ、ハウスの全壊、病虫害の発生等、農作物への被害が大きかった。道路も砂に埋もれたため、その整備にも費用がかかっている。このような自然環境の中において、オアシスは経済活動の場としてのみでなく防風の役割も果たし、南部地域への砂の侵出を抑える効果を上げている。従って、オアシスを保護することが地域の自然環境保全上、重要な課題となっている。

農業省は南部地域において、防風・防砂対策及び水資源の確保のために以下の事業を行っており、

1990年から2000年まで調査対象地域においては、32,650,000 ディナールの予算を割り当てている。

- 石垣 (ouvrages des cordons)  
山の斜面の雨水をせき止めて地中に浸透させるために斜面に沿って作られる石垣
- 防風用の柵 (ouvrages des brises-vent)  
砂漠の砂の移動を止めるためにオアシスの周辺及び道路沿いに作られるナツメヤシの葉の柵
- 植林 (plantation)  
石垣、防風用の柵の片側及び塩湖の周辺へのユーカリ、タマリスク等の植林
- 堰 (ouvrages de pondage)  
傾斜地の雨水を集め、農地に供給するための堰

### 3.6.2 WID

#### (1) 女性の現状

チュニジア国の農村における女性の非識字率は、1989年の統計によると66.1%となっている。しかし10才から14才の農村部女子の非識字率は26%と少なく、女性の社会環境はめざましく改善されつつある。さらに、1993年の小学校への女子就学率は93.8%であり、卒業率は93.2%である。中学・高校に占める女子生徒の割合は42.7%となっており、男女間における大きな違いはなくなっている。また、医療機関に占める女性の割合も多く、女性が医療施設を利用しやすい体制ができていると考えられる。

#### (2) 調査対象地域における女性の活動

男女の労働の役割分担、慣習等に関する情報を収集するために、調査対象地域の農家から聞き取り調査を行った。どの地域でも、家に水道や井戸がない農家では、水くみは主に男性が行っており、買い物も基本的に男性の仕事となっている。調査地域4県では、それぞれ異なる農業形態になっており、それに伴い男女の役割分担も異なっている。ジェンダー分析の結果をANNEX-Jに示す。

ガフサ県のオアシスはオリーブを中心とした果樹の生産が多く、女性も除草や収穫等の農作業に従事し、共同で作業をしている。CRDAの職員が代表となっている農家女性連盟(FNA)の活動が活発で、年に2~3回テュニスで行われる地方特産物展示即売会に参加している。他の3県に比べて女性が買物等で外出する機会も多いようである。

トゥズール県のオアシスではナツメヤシが主体であり、アクションネール (actionnaire) と呼ばれる小作人が農地を管理し、灌漑用水の農地への引き込みや農作業を行っているところが多い。アクションネールは、ナツメヤシの収穫の1/5及びナツメヤシと混植されている果樹、野菜すべてに権利がある。また、女性は外に出ない習慣が残っており、農家の女性は家で絨毯等の織物をしている。トゥズールの農家は、伝統工芸品の販売、公衆電話の売り上げ、雑貨屋、喫茶店経営等による観光収入も多いが、それらに携わっているのは男性である。

ケビリ県のオアシスはサハラに最も近い地域で水が極端に少ないため、ナツメヤシ以外の作物は自家用以外ほとんど栽培していない。樹上の作業を要するナツメヤシの管理は女性には難しいため、女性の農作業の割合も少ない。

ガベス県のオアシスでは、ザクロ、リンゴ等の果樹が中心であるが、ヘンナ（結婚式等に女性が手足に模様を描くための顔料となる植物）とタバコ等、他の3県に比べて多様な換金作物を栽培している。品質の良いヘンナ及びザクロの特産地として知られている。しかし農作業に従事する女性は少なく、家でナツメヤシの葉の帽子等、工芸品を作る女性が多い。

水路の整備によって労働力が増加する部分はなく、水管理のための労働力が多少減少すると思われる。従って、女性の農作業への負担が特に大きくなることはなく、水不足のために生育の悪かった作物の品質が向上することによって食生活にプラスになる面が大きいと思われる。

ガフサ県のFNAのようにNGOの活動が積極的に行われるようになれば、これらの地域の女性の社会活動も徐々に広がっていくと思われる。また、チュニジア国の大都市では女性の活動が活発であり、将来はその効果が農村へも波及することが期待されている。



## 第4章 開発基本構想

### 4.1 国家政策

水源開発を進める一方で、灌漑用水の有効利用が遅れており、土壌中の塩分濃度の増加を招いている現状を鑑みて、国家政策として灌漑用水の適正な利用の方法を計画し、政策を実行に移すことが重要である。この政策は節水のための灌漑施設と技術を確立し、新たな水料金体制を導入することにより、農民自身が圃場内の施設を整備して、灌漑水の損失を少なくする努力を期待するものである。

圃場内の灌漑施設を整備するために、国は既に農民に対して補助金を交付して施設整備を奨励しているが、節水には次の事項も重要である。

- (1) 種々の作物の消費水量を研究し、その情報を提供するシステムをつくること。
- (2) 気象条件や社会経済状況に適合した技術を開発するための研究所を設立する。
- (3) 農業開発特別基金 (FOSDA) 及びその他の枠組みの中で圃場への投資に十分な資金を割当てる。

水利費の徴収制度は限られた水資源を最適に使用するための有効な手段である。水利費は水の希少性を反映したものである必要があり、農業省は維持管理費と長期的には投資額を消却する様な料金体系を設定し、数年前より運用してきている。

これを完全に実施するために、各県は1992年より1995年までの間に水利費を年率で実質9% (名目で15%) の値上げをする必要があるとしている。その上、灌漑水の供給と料金体系の一般条件と様式を定めた法令2-12-91によって公にされた技術指針によれば、利用可能量を最大限に農民に利用させるために、限られた地域では二重価格制度も導入されるとしている。同時に水管理に商業的な経理方法が1992年～1993年に全CRDAに導入され、灌漑組織のサービスの質を向上させるため、権利と活動を規定している。

また、農民による節水活動とともに、技術担当部局は、AIC 発展のための支援を与え、適正な計画管理を行う必要がある。AIC は灌漑水の配分管理の責務を負う農民組織であるが、1987年以来その管理の範囲を大幅に広げてきた。これらの AIC は節水灌漑を推進してきたばかりではなく、一部の AIC は地域社会活動のイニシアティブを取り、女性問題や生活改善に取り組み、村落道路の建設にも貢献している。

第8次国家開発5カ年計画中に新規に700のAICが組織されることになっており、促進計画も既に始まっている。ここで特に重要な事項は次のとおりである。

- (1) AIC に移管された施設の維持管理
- (2) 技術的な支援研修及び再教育による AIC の強化

### (3) CRDA 内の AIC 担当職員の強化

これらの節水灌漑の方法と活動は水資源が不足していることが認識されたため、急速にその対応がなされてきたものである。この新しい考え方は水資源を資産と考え、その経済費用として取り扱うものであるが、同時に水利用をする個々人が、水資源は世代を越えて受け継いでゆく財産との考えに基づくものである。水は一言でいえば国家的な相続資産であると同時に経済資産でもあるという認識が必要である。

## 4.2 開発上の問題点

開発構想の策定にあたって留意した現況の問題点は以下の通りである。

- (1) 灌漑用水の不足が農業生産の向上を阻害しており、灌漑用水の確保が課題となっている。
- (2) 水源はすべて水文循環のない化石地下水であり、近年水位低下が顕著になっているため、新規の水源地開発はこれ以上不可能な状況にある。
- (3) 水源が熱水の場合には、スケールによる施設の閉塞が発生しており、このスケール除去のために一般運営費及び維持管理費が高騰している。
- (4) 末端圃場の入口までの送配水施設は南部水資源開発マスタープランに基づいて、1980年から1991年にかけて改修工事が実施されたばかりで、漏水ロスは少ない。
- (5) 四次水路および圃場内水路が土水路であり、多量の灌漑水が浸透により失われるとともに同一圃場内で灌漑水の配分にむらがある。
- (6) 一部のオアシスでは、地表面の凹凸が大きく、標高が比較的高い場所あるいは給水栓より遠い場所には灌漑水がとどかないことが多々見られる。これに加えて、排水施設が不備のため一部では地表面に塩類の集積が見られ、極端な場合には荒地となっている。
- (7) 一部のオアシスでは、間断日数の間隔が長いために蔬菜類の栽培が困難となっている。

## 4.3 基本構想

以上のような問題点を考慮して、事業構想は以下の通りとした。

- (1) 調査対象地域のオアシスは、全てポンプあるいは被圧自噴した地下水によって灌漑されている。井戸から各給水栓までの送水システムは管路であり、コンクリート管、石綿管及び鋼管が用いられており送水ロスは非常に小さいと考えられる。これに比べて圃場内末端水路の整備は遅れており、一部でコンクリート水路あるいはPVCパイプを使用しているものの、全体的には土水路が主流で灌漑水のロスが大きい。従って、節水を目的とした本事業では圃場内末端水路（四次水路）の改修を対象とし、井戸から給水槽までの送水システムの改修は事業に含めないものとした。

- (2) 当地域のオアシスの灌漑水の電気伝導度は概ね400mS/m以下であり、現在のところ圃場での浸透ロスが大きいため塩害は発生していないが、将来圃場内末端水路の改修が進むとともに浸透ロスが減少し、表層地下水の塩濃度が上昇することが懸念されるため、排水路を設置する計画とする。ただし、ガフサ市周辺の地下水位の非常に低いオアシスでは排水路の必要はないので計画しない。
- (3) 灌漑水路の改修及び排水路の整備により、各作物の収量増大が見込まれるので、各作物栽培のための農業資材の投入量を増大させるとともに栽培方法の改良もある程度行う。
- (4) コンチネンタルインターカレールを水源とする熱水の処理については、その維持管理費の低減につながる冷却方法の提言を行うものの事業には含めない。

#### 4.4 事業対象オアシスの評価

事業計画の策定にあたって、各オアシスの1) 現況の灌漑効率（すなわち、末端水路整備水準）、2) 現在の排水状況（すなわち、自然排水及び排水路整備水準）、3) 観光資源としての利用状況及び、4) 経済評価、の4つの観点から総合的に評価した。評価の結果は表4.4.3.1に示すとおりである。

現況の灌漑効率（水路整備水準）は、3段階に分類される。第5.2.4節で述べるように水路整備長が経済的に最も効果的なのは末端から50mまでで、この設計基準に達している場合に灌漑効率は伝統的オアシスで70%、新規開発オアシスで67%となり◎印で示した。同様に灌漑効率が55%を超えるものは、工事費の増加に比し節水量の増加が期待できないため、ほぼ設計基準に達しているものとして○印にした。灌漑効率が55%に至らないものは基本的には末端水路の改良（整備）が必要と考えられるため×印とした。

現況の排水状況についてもその整備水準に基づき3段階に分類した。第5.2.1節で述べるように、水理地質学的に地下水位が低く、自然排水が期待できる場所（ガフサ市付近）及び第5.2.4節で述べるように、今回暫定的に設けた圃場排水路整備基準（深さ2.0m、間隔100m）を満たしているものは、現状の改良は必要ないものとして◎印で示した。また基準には達しないものの、おおむね所期の条件を満たしていると判断されるものについては○印で、基準を満たしていないものは基本的には排水路の設置が必要と考えられるため×印とした。

第1及び第2段階の評価は、上記の灌漑・排水の現況をもとに行った。灌漑・排水施設共に設計基準を満たしているオアシスはエルゴウラオアシス（KB-46）のみであるが灌漑施設が基準に達し、排水施設がそれに準ずるものとしてイブンシャバット3（TZ-10）、イブンシャバット1（TZ-13）、イブンシャバット2（TZ-14）、エルゴウラ（KB-47）、グランド（KB-48）、サッコウマ（KB-54）、タルファヤ（KB-55）、デルジン（KB-63）、マドシアオアシス（GB-40）があり、また逆に排水施設が基準に達し、灌漑施設がそれに準ずるものとしてドラストド（TZ-15）、ザフラネ（KB-51）が挙げられる。

第3段階の評価は、観光資源としての重要性に基づいて行った。当地域のオアシスは多かれ少なかれ観光事業の柱の1つである。特に水源が自然の湧水で末端まで古代オアシスの原型を留めているもの

で観光に大きく貢献しているものは◎印で示した。また、部分的に利用されているものは○印で、ほとんど利用されていないものは×印とした。尚、末端施設の改修により観光的景観を損ねると考えられるタメルザ (TZ-26)、シェビカ (TZ-27)、フォウムエルカンガ (TZ-28)、ミデス (TZ-29)、アインエルカルマ (TZ-30) の5つのオアシスについては、コンクリート水路による整備ではなく、景観に配慮した親水型水路で整備を行う必要がある。

第4段階の評価は、経済内部収益率 (EIRR) に基づいて行った。その結果、上記の17オアシスの他にガンドゥリ (GB-46)、ラーラッド1 (GB-47)、ラーラッド3 (GB-48) の3オアシスについてはEIRRが5.2%以下と低く、事業費に比べ、所定の経済効果が期待できないと判断される。

最終的な評価は、開発の可能性を各オアシスについて、上記に示した施設整備状況、観光及び経済効果面から総合的に評価して、下記の4階級に分類した。

ランクA：農業開発のポテンシャルが非常に高い

ランクB：農業開発のポテンシャルが高い

ランクC：農業開発のポテンシャルが普通

ランクD：農業開発のポテンシャルがやや低い



各県におけるオアシスの数及びランキングの総括は下表のように要約される。(詳細は表4.4.3.2及び表4.4.3.3参照)

事業対象オアシス数と面積及び総合評価

県	郡	オアシス		ランキング分類			
		数	面積 (ha)	A	B	C	D
1.ガフサ	Gafsa Sud	2	1,401	0		0	0
	Guetar	1	450	0	1	0	0
	Ksar	2	1,278	0	2	0	0
	Métalaoui	2	121	0	1	1	0
	Redeyef	1	217	1	0	0	0
小計		(8)	(3,467)	1	6	1	0
2.トゥズール	Tozeur	10	1,860	1	3	5	1
	Nefta	5	1,602	1	0	1	3
	Hazoua	4	436	2	0	2	0
	Degache	6	1,519	1	2	3	0
	Tamerza	5	205	0	0	0	5
小計		(30)	(5,622)	5	5	11	9
3.ケビリ	Souk Lahad	14	1,824	4	7	3	0
	Kebili Nord	12	1,306	1	7	4	0
	Kebili Sud	18	1,987	8	2	8	0
	Douz	13	1,265	1	2	4	6
	Faoaur	10	831		5	4	1
小計		(67)	(7,213)	14	23	23	7
4.ガベス	Gabes est	5	750	0	2	3	0
	Gabes ouest	5	1,096	2	2	1	0
	Ghannouch	5	1,085	1	3	1	0
	Metouia	3	763	1	1	1	0
	El Hamma	11	1,555	1	5	5	0
	Mareth	17	1,794	0	5	10	2
	Matmata	2	90	0	0	0	4
小計		(48)	(7,133)	5	18	21	20
合計		153	23,435	25	52	56	20



## 第5章 事業計画

### 5.1 農業開発計画

#### (1) 作物の選定および作付体系

現在、ほとんどのオアシスの樹木作物は、生産の最盛期にあるか、まもなく最盛期に達する状態にあり、新品種の導入も植え替え時に行われており、最適な栽培法がとられている。農民の意向及び普及当局の意向からも樹木作物については現状のままとする。畑作物についても当地に適した作物が栽培されており、現時点では新作物の導入の必要性は見当たらない。

樹木作物としては、ナツメヤシ、オリーブ及び果樹類（ザクロ、アンズ、イチジク等）を、蔬菜類は冬野菜（ニンジン、タマネギ、ソラマメ等）と夏野菜（トマト、トウガラシ等）を、飼料作物としてルーサンを、工芸作物としてヘンナを主力とする。本計画は末端水路の整備のみを行うので、栽培面積の増加は期待できない。新作物の導入もなく栽培面積の変化もないことより、作付体系の変化もない。各主要作物の栽培面積を下表に示す（事業を実施した場合と事業を実施しない場合の各作物の栽培面積は同じ）。詳細についてはANNEX-E Table E.5.2.1 に示されている。

項目	ガフサ県	トズール県	ケビリ県	ガベス県	全体
オアシスの数：	8	30	67	48	153
土地面積：(ha)	3,467	5,622	7,213	7,133	21,435
- 樹木作物	3,432	5,622	7,213	7,133	23,400
ナツメヤシ	812	5,032	6,567	3,114	15,525
オリーブ	2,221	179	192	1,728	4,320
果樹類	399	411	454	2,291	3,555
- 蔬菜類	1,041	568	2,084	1,489	5,182
冬野菜	499	306	1,273	866	2,944
ニンジン	166	125	462	393	1,146
タマネギ	166	123	545	409	1,243
ソラマメ	167	58	266	64	555
夏野菜	542	262	811	623	2,238
トウガラシ	319	168	561	413	1,461
トマト	223	94	250	210	777
- 飼料作物	886	311	2,888	1,622	5,707
- 工芸作物	0	0	0	452	452
栽培面積：(ha)	5,359	6,501	12,185	10,696	34,741
作付率：	1.55	1.17	1.69	1.50	1.48

#### (2) 栽培法および農業資機材投入

作物の収量の増加により、肥料の要求量が増加するので、肥料の投入量は、各作物とも20%前後増加させる。収穫作業、管理作業の労働量は増加するが、水路の整備によって水管理に要する労働

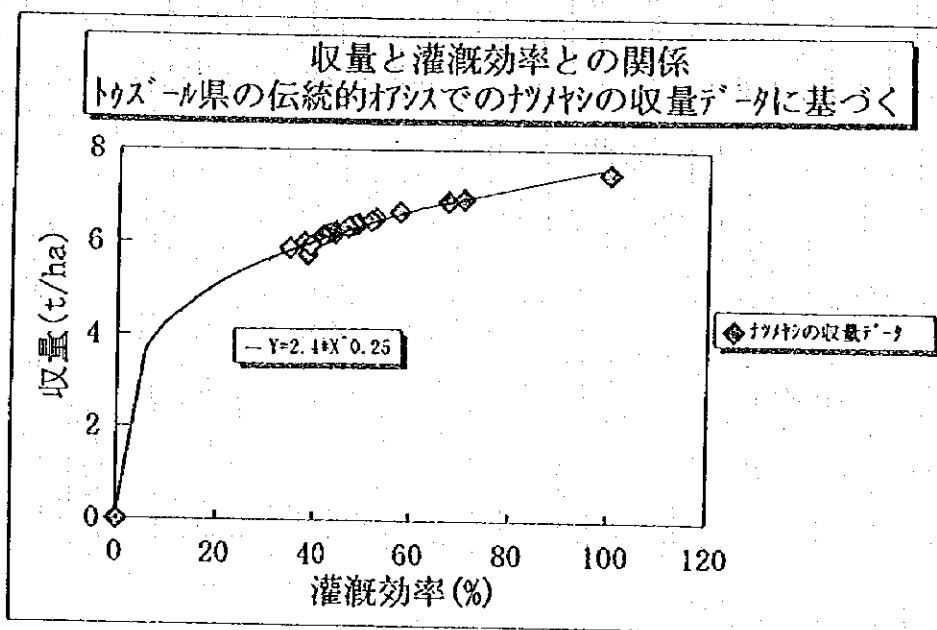
力が減少するため、全体の労働力には変化はほとんどない。(詳細は ANNEXE Table E.5.3.1 参照)

冬作物の栽培は、9月初旬より11月初旬に始まり、1月初旬より3月初旬に終わる。夏作物の栽培は、3月初旬より5月初旬に始まり、7月初旬より9月初旬に終わる。ルーサンは、9月初旬より11月初旬に播種し、2-3年間継続して栽培する。農作業の機械化は、非常に難しいのですべての作業は人力で行なう。

### (3) 目標収量と生産量

本計画は末端灌漑施設の整備改善を行うことであり、収量の制限因子である灌漑水の作物への供給の増加と塩類集積の減少により、収量の増加をはかるものである。現在の作物の収量は、灌漑水供給量が作物の水分要求量に比し少ないため、低収量となっている。末端施設の整備により、灌漑効率が增大すれば当然収量も増大する。灌漑効率と収量との関係は、作物に必要な日照量、肥料等の他の要素との関係と同様に、一般に指数関数あるいは2次関数として表される(ANNEX E.3.7 参照)。灌漑効率が增大するにつれて作物の収量はそれに応じて増大する。

本地域において、この関係を調べるために栽培法及び土壌、気象条件が同一で灌漑効率の異なるデータとして、トゥズール県の伝統的オアシスにおけるナツメヤシの収量データが利用可能である。このデータを用いて灌漑効率と収量との関係を調べると、下図のように明確な関係があり、収量は  $Y = 0.24 X^{0.25}$  で示された。(Y: 収量, X: 灌漑効率)



いずれの作物でも灌漑効率と収量の関係は前述のように  $Y = aX^b$  で算定した。b は灌漑効率の収量に対する貢献度を示し、a は各作物の収量水準を示す。b の値は作物間に差がほとんどなく 0.25 にごく近い値を示す。一方 a は作物により大きく異なる。各作物ごとの灌漑効率と収量の関係式は以下の通りである (図 5.1.1)。

$$Y = 22.2 X^{0.25} \text{ (ルーサン)}$$

$$Y = 7.6 X^{0.25} \text{ (冬野菜)}$$

$$Y = 4.4 X^{0.25} \text{ (果樹)}$$

$$Y = 2.4 X^{0.25} \text{ (ナツメヤシ)}$$

たとえば灌漑効率が 47% (現在の全体の平均) より 67% (大部分のオアシスの計画終了時の値) まで上昇したときの各作物の収量は下表のようになる。

(単位: トン/ha)

作物	灌漑効率 (47%)	灌漑効率 (67%)	増収量
ナツメヤシ	5.9	6.5	0.6
果樹	10.8	12.0	1.2
冬野菜	19.1	21.4	2.3
飼料作物	54.9	61.2	6.3

事業を実施しない場合には、排水不良のため年と共に土壌表面への塩類の集積が進み収量が低下する。塩類集積程度は立地条件、排水路の有無などにより異なる。オアシスにおける排水不良による塩類集積過程について明確に記したものはない。そこで、圃場の観察及び文献を参考にして塩類集積の程度を推定した。塩類集積の指標として土壌溶液の電気伝導度を用いた。将来事業を実施しない場合、塩類集積の可能性の高いオアシスでは土壌溶液の電気伝導度は現在のその 2.0~2.5 倍、塩類集積の可能性のやや高いオアシスでは現在の 1.5~2.0 倍、塩類集積のやや低いオアシスでは現在の 1.2 倍~1.5 倍、塩類集積の可能性の低いオアシスでは現在の 1.2 倍程度と推定した。塩類集積の見られる土壌では一般に土壌溶液の電気伝導度の高いほど作物の収量が低下する。事業を実施しない場合の作物収量は現況収量と比べ減少するものとし、塩類集積の高いオアシスでは 15% 減、塩類集積の可能性のやや高いオアシスでは 10% 減、塩類集積の可能性のやや低いオアシスでは 5% 減、塩類集積の可能性の低いオアシスでは 2.5% 減と推定した。

上記に基づき、将来事業を実施した場合と実施しない場合の 153 オアシスの各作物の収量を算出し、表 5.1.2.1 及び表 5.1.2.2 に示し、以下にその概略を記した。

(単位: トン/ha)

項目	ガフサ県		トズール県		ケビリ県		ガバス県		全体	
	WO/P	W/P	WO/P	W/P	WO/P	W/P	WO/P	W/P	WO/P	W/P
ナツメヤシ:	7.2	8.3	5.7	6.4	5.5	6.2	5.8	6.6	5.7	6.5
オリーブ:	8.5	8.9	2.6	3.1	4.5	5.1	3.8	4.4	6.0	6.7
果樹類										
ザクロ	8.2	19.0	2.2	2.6	3.1	3.5	11.3	13.2	10.0	11.5
アンズ	19.1	20.7	2.6	2.9	2.5	2.7	11.4	13.2	11.6	12.9
イチジク他	7.7	8.4	2.5	2.8	2.6	2.9	4.8	5.5	4.1	4.6
冬野菜										
ニンジン	29.6	32.7	12.9	14.5	13.2	14.7	27.4	31.4	20.4	23.2
タマネギ	26.5	29.3	14.3	16.1	14.5	16.4	28.8	33.1	20.8	23.6
ソラマメ	14.6	16.2	6.7	7.5	6.8	7.6	16.4	18.7	10.3	11.5
夏野菜										
トウガラシ	10.0	11.0	6.7	7.5	6.8	7.6	12.5	14.3	9.1	10.2
トマト	29.6	32.4	14.3	16.1	16.6	18.6	19.2	22.0	20.8	22.2
ルーサン:	59.1	65.0	76.0	86.0	48.8	54.5	58.0	65.9	54.5	61.2
ヘンナ:							1.4	1.7	1.4	1.7

註: WO/P ; 事業を実施しない場合、 W/P; 事業を実施した場合

事業を実施した場合に各作物の生産量は増加する。各作物の栽培面積は変化しないので、生産量の増加は収量の増加によるものである。153 オアシスの事業を実施した場合と実施しない場合の各作物の生産量は ANNEX の E5.4.3 表及び E5.4.4 表に示されている。また、オアシス別の各作物の生産量の増加は表 5.1.2.3 に示され、その概略を下表に示す。

(単位: トン)

項目	ガフサ県	トズール県	ケビリ県	ガバス県	全体
ナツメヤシ:	870	3,700	4,540	2,530	11,640
オリーブ:	1,800	70	110	1,000	2,980
果樹:	410	140	240	3,830	4,620
ザクロ	120	50	160	3,340	3,670
アンズ	200	20	10	220	450
イチジク他	90	70	70	270	500
冬野菜:	1,220	480	1,960	3,440	7,100
ニンジン	500	210	720	1,570	3,000
タマネギ	460	220	1,020	1,720	3,420
ソラマメ	260	50	220	150	680
夏野菜:	950	310	960	1,330	3,550
トウガラシ	310	140	460	750	1,660
トマト	640	170	500	580	1,890
ルーサン:	5,190	3,100	16,400	12,880	37,570
ヘンナ:	0	0	0	130	130

## 5.2 灌漑排水計画

### 5.2.1 水源

事業計画の対象となる153オアシスの内、146オアシスが地下水を灌漑用水の水源としており、合計359本の深井戸が稼働中である。残る7オアシスの内、5カ所のオアシスは湧泉或いは湧泉起源の表流水で灌漑されている。その他の2オアシスは独自の水源を有せず、他のオアシスからパイプラインで給水を受けている。つまりは、対象たる全てのオアシスが、直接・間接の差はあれ、地下水を唯一の水源としている。

タメルザ地区の5オアシス及びガフサ・オアシスを除いて、全てのオアシスが深滞水層の地下水を利用しており、またその大部分がコンプレックスターミナルもしくはコンチネンタルインターカレール（或いはその両方）の地下水を汲んでいる。タメルザ地区の水源となっている滞水層は「タメルザ滞水層」と呼ばれているもので、テュニジア南部では殆どの自由水滞水層が既に過剰揚水状態になっている中で、極めて希な涵養・流出のバランスを未だ保っている滞水層である。

深滞水層、特にコンプレックスターミナル、コンチネンタルインターカレールといった巨大滞水層は、その巨大さ故に、今のところかろうじて揚水量と産水能力とのバランスは保っていると言われている。しかし、コンプレックスターミナルからの揚水量は既に限界に達しており、幾つもの巨大な塩湖をかかえた当地域の厳しい環境から、一旦そのバランスが崩れれば、その水質の悪化は急速かつ著しいものと懸念されている。かくして、全ての地下水に関する情報、あるいは地下水を取り巻く状況は、当地区で今後更に地下水を開発する事には完全に否定的である。つまりは、現在各オアシスに供給されている地下水の総量は、少なくとも現状を維持しなければならないし、出来得れば更に少なくした方がよい。

結論として、本事業に関しては、新規に地下水を開発することは控えるべきである。現況の水源井戸をあるがままに利用することになる。しかし、水位観測井戸 (piezometric wells) を建設する事を推奨する。各滞水層の被圧水頭を常に把握し、時系列的にモニタリングする事は、地下水を管理する上でも、また将来できるだけ正確な滞水層評価を行う為にも、極めて重要である。また、既存の深井戸に関しては、その揚水量を正確に把握する為に、精度の良い流量測定機器を取り付ける事が望まれる。

### 5.2.2 熱水処理施設

#### (1) スケール付着

冷却施設で最も重大な問題の一つは、灌漑用パイプラインがスケールで閉塞することである。スケールは主に炭酸塩であり、コンチネンタルインターカレール熱水が通過する際に生成する。

炭酸塩スケールは、木製障害物表面に生成し、成長するとその自重で壊れてしまう。灌漑用パイプは、スケールで閉塞してしまう。したがって、定期的な木製障害物やパイプの交換が行われ、これが冷却施設の保守のための費用をおし上げている。

冷却施設で冷却された熱水は、方解石 ( $\text{CaCO}_3$ ) について過飽和であり、日本のある地熱発電所で実施されているような化学処理を施さない限りは、熱水の炭酸塩生成は避けられない。

コンチネンタルインターカレール熱水と浅部の冷地下水の直接混合は、混合水を炭酸塩について不飽和にできるので、スケール防止に有効である。この方法は、いくつかのオアシスで実施されている。

スケール除去作業の単純化はコストの低減につながり、これに関するいくつかの案を以下に示す。

- 冷却塔内部から木製障害物を取り除く。
- パイプラインの代わりに開放型の導水路にする。
- スケール沈殿槽を設ける。
- 開放型の導水路やスケール沈殿槽に障害物を設置する。

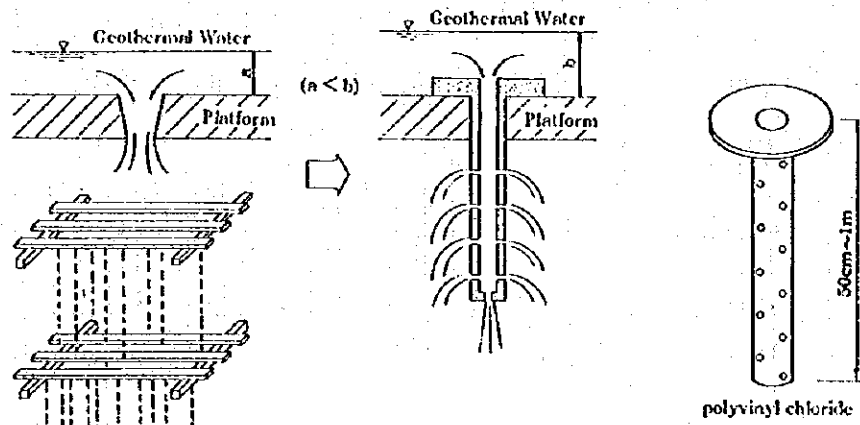
上記の案についての詳細を以下に述べる。

#### 1) 冷却塔内部から木製障害物を取り除く

木製障害物は、元来冷却塔内部での水滴と空気の接触時間を長くするために設けられたものである。もし、水滴をより細かくすることができれば、木製障害物がなくても十分な冷却効果が得られる。

コンチネンタルインターカレール熱水の生産井の坑口圧力は約2MPaと高圧であり、熱水の導入部として冷却塔内部の天井部分にスプリンクラーを設けることが可能である。スプリンクラーから出る熱水は細かい水滴となる。

細かい水滴を作るもう一つの単純な方法は、たくさんの小孔を明けたパイプを使うことである。このパイプを冷却塔上部のプラットフォーム上の穴に差し込むことによって細かい水滴を作ることができる。





## 2) パイプラインの代わりに開放型の導水路にする

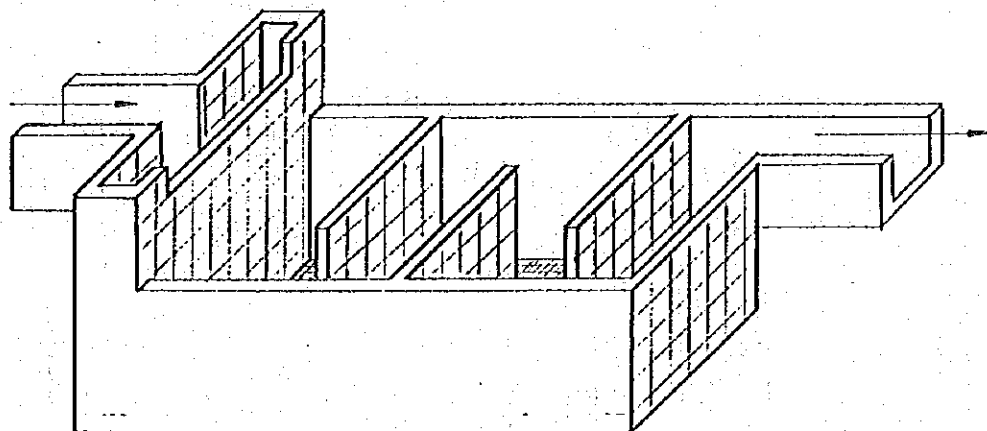
開放型の導水路でのスケール除去は、パイプに比べて容易であるので急傾斜部分を除いて開放型の導水路を用いるのが望ましい。仮に急傾斜部分にパイプを用いても、その後の緩傾斜部分に開放型の導水路を用いれば、スケール沈殿を促進でき、下流部のスケール生成量を低減できる。

開放型の導水路と階段型の組み合わせは、急傾斜部分に応用でき、これはスケール生成の促進に効果的である。

## 3) スケール沈殿槽を設ける

コンチネンタルインターカレール熱水生産井は高圧であるため、ほとんどの冷却施設は高台に建設されている。それ故、冷却施設と灌漑用導水路との間に、スケールを沈殿させるための滞留槽を追加しても冷却後の熱水の輸送にはポンプは不要である。

冷却塔から来る冷却後熱水は、スケール沈殿槽に流れ落ち、さらに冷却とCO<sub>2</sub>の逸散が促進される。このシステムは、基本的に冷却塔型、階段型および水槽の複合システムである。



## 4) 開放型の導水路やスケール沈殿槽に障害物を設置する

方解石に関して過飽和の冷却後熱水の通路に障害物を設けて、その表面へのスケール生成を促進させる。定期的に障害物を交換することによってスケール除去作業を単純化する。ナツメヤシの葉脈で粗い網を作って障害物とすることができる。

## (2) 効果的冷却に関する現施設に対する改良

効果的冷却という視点で現施設を見た際の改良すべき点を以下に述べる。

- 1) たくさんの小孔を明けたパイプを冷却塔上部のプラットフォーム上の穴を通して冷却塔内部に挿入する。この方法は、前述(1)スケール付着と同じであり、細かい水滴を作ることによって冷却効率を向上させる。

- 2) プラットフォーム上にある現状の熱水入口ノズルはシングルホールだが、これを多孔ノズルまたはスリットに変える。この変更に加えて、熱水入口ノズルまたはスリットの位置をより高くするのも冷却効果を高める。
- 3) 冷却塔上流部の熱水輸送鋼管に放熱用の羽根をつける。ただし、鋼管の長さがあまり長くない場合は、効果が期待できない。

### (3) その他の改良案

#### 1) 方解石スケール付着防止システム

コンチネンタルインターカレール熱水は、もともと地下で方解石に関して飽和しており、冷却施設でのCO<sub>2</sub>ガスの逸散によって過飽和になる。したがって、地熱発電所で行われているような化学処理をしなければ、必然的に冷却後の熱水からスケールが生じる。

日本の森地熱発電所では、熱水中濃度として10 - 15ppmのポリアクリル酸ナトリウム溶液 ( $[-CH_2-CH(CO_2ONa)]_n$ ) 注入で方解石スケールの付着防止に効果を上げている。この化学処理は、灌漑用冷却施設に応用が可能である。ただし、現地試験を行うことによって稼働コストを予め見積もることが必要である。なお、ポリアクリル酸ナトリウムは、人畜に無害であることが確認されているものの、植物に対する影響を確認する必要もある。ポリアクリル酸のような高分子有機化合物の生産には、ある程度有機化学工業が発達しているような産業基盤が必要であろう。もし、50 l/秒の流量のコンチネンタルインターカレール熱水に5ppm(森地熱発電所の約半分の濃度)になるようにポリアクリル酸ナトリウムを添加するとすれば、年間の薬品代は約60,000TDとなる。地熱発電を除けば、このような高コストは新たな問題となる。

ポリリン酸ナトリウム( $Na_{n+1}P_nO_{3n+1}$ )は、200°C以上の高温での不安定性から、地熱発電所では使用されていないものの、室内実験では炭酸カルシウムスケールの抑制効果の可能性が確かめられている。もし、ポリリン酸ナトリウムのスケール抑制効果が現地試験で確認されるならば、リン工業が発達しているチュニジアでは、ポリアクリル酸ナトリウムより安価で供給できる可能性が高いポリリン酸ナトリウムの使用を推奨する。

#### 2) 電力を使用しない冷却施設(自然通風型冷却塔)

各オアシスにある冷却塔は、排気ファンを稼働させて冷却効率を上げるように設計されている。しかしながら、電力料金が高いため、多くの冷却塔では電力コスト低減のために排気ファンを稼働させていなかった。

自然通風型冷却塔は、電力なしでコンチネンタルインターカレール熱水を冷却することができる。日本の松川地熱発電所の場合、この型の冷却塔(高さ44.6m、基礎の直径46.7m)が、5,000 m<sup>3</sup>/hの温水を48°Cから25°Cに冷却するのに使用されている。コンチネンタルインターカレール熱水は、自分の圧力で散水することができる。冷却塔のコンチネンタルインターカレール熱水の流量

実績は、50~100 Q/秒(180~360 m<sup>3</sup>/h)であり、オアシスに適用すべき自然通風型冷却塔は、松川地熱発電所ほど大規模である必要はないと考えられる。

### 5.2.3 送水施設及び調整施設

送水施設の基幹施設は水源施設、貯水施設と送水施設により構成されており、これらの大部分は南部水資源開発マスタープランに基づいて1980年から1991年にかけて実施された事業において改修されている。

分水槽におけるシステム容量を評価するために、分水槽の直下流で、流去法による漏水調査を行う際に、流量測定を実施した結果、実流量はシステム容量の約90%であることが判明した。その原因としては地下水位低下、貯水池からの蒸発、送水路からの漏水等が考えられる。しかし、これらの施設からの漏水ロスは少なく、これ以上ロスを少なくすることは事業効果の面から難しく、当事業の対象から除外する。

### 5.2.4 末端施設

#### (1) 灌漑計画

本計画において用水量を求めるには気象データによって予測による方法を適用する。気象条件や農耕条件が異なる条件の下で用水量を算定するに当たっては、1977年国連食料農業機関により作成されたガイドラインに基づいた。なお、1992年には同機関よりこのガイドラインのコンピュータ化による解法に関するマニュアルが発行されている。

作物用水量に及ぼす気象の影響は蒸発散能で表し、本計画では20年間の平均気象データを用い、4つの方法、すなわちブラネイ・クリドル法、ベンマン法、エスピナル法、パン蒸発法につき検討した。ここに、本ガイドラインは修正ベンマン法が、発生誤差が少なく、最も良好とし、この方法を推奨している。

以下に、上記4つの手法の数式とパラメーターを説明する。

#### ・ブラネイ・クリドル (Blaney - Criddle) 法

$$ET_o = C \cdot P (0.46T + 8.0)$$

C: ブラネイ・クリドル係数

P: 理論的可能日照時間数に対する実日照時間の割合 (%)

T: 日平均気温 (°C)

・修正ペンマン (Modified Penman) 法

$$ET_o = C \cdot [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot F(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

- W: 温度に関する重みつき係数  
R<sub>n</sub>: 蒸発量で表す純放射量 (mm/day)  
F(u): 風速に関する関数  
(e<sub>a</sub> - e<sub>d</sub>): 平均気温の飽和蒸気圧と空気の平均実蒸気圧の差 (パール)  
C: 昼間と夜間の天気の影響を修正する調整係数

・エスピナル (Espinar) 法

$$ET_o = (T_{min} + T_{max} + 36) / 3218 \cdot DJ \cdot (DJ - 5) \cdot \sqrt[3]{EP}$$

- T<sub>min</sub>: 月平均最低気温 (°C)  
T<sub>max</sub>: 月平均最高気温 (°C)  
DJ: 月平均理論的可能日照時間 (mm/月)  
EP: ビッチ法による蒸発量 (mm/月)

・パン蒸発計 (Pan Evaporation) 法

$$ET_o = K_p \cdot E_{pan}$$

- E<sub>pan</sub>: Panの蒸発量 (mm/日)  
K<sub>p</sub>: Panの係数

ガフサ、トウズール、ケビリ、ガベスの4県につき、上記4つの方法で蒸発散能を計算した結果は、どの4県においてもパン蒸発法で求めた年蒸発散能が最高で、エスピナルのそれが最低値を示しており、パン蒸発法とエスピナル法は大きな差異があるのに対して、ブラネイ・クリドル法とペンマン方では近い値が得られている。なお、ガイドラインによればブラネイ・クリドル法は1ヵ月程度の期間に適用すべきもので、多湿強風の冬季の中緯度地域のみとしている。したがって、本調査地域の蒸発散能の算定にはペンマン法が望ましい。

現況の作物体系は下記に示すように、13類型化される。

- 1) O-1 : オリーブのみ。
- 2) O-2 : オリーブが主体で果樹及び1年生作物の混作。
- 3) D-1 : ナツメヤシのみ
- 4) D-2 : ナツメヤシが主体で果樹の混作。
- 5) D-3 : ナツメヤシが主体で1年生作物の混作。
- 6) D-4 : ナツメヤシが主体で果樹及び1年生作物の混作。
- 7) DF-1 : ナツメヤシ及び果樹の混作。
- 8) DF-2 : ナツメヤシ、果樹及び1年生作物の混作。
- 9) F-1 : 果樹及びオリーブの混作。
- 10) F-2 : 果樹、オリーブ及び1年生作物の混作。

- 11) FD-1: 果樹及びナツメヤシの混作。
- 12) FD-2: 果樹、ナツメヤシ及び1年生作物の混作。
- 13) A : 1年生作物が主体で樹木作物の混作。

前節で述べた4つの計算式はいずれも気象データから関係作物蒸発散量を求めるものであるが、本計画では、個々の作物蒸発散量は、原則的にはFAOのガイドラインを参照して、それぞれの作物係数を決めたが、この地域で普遍的に使用されている数値及び実験値も採用した。これらの数値に大きな差異はない。

調査対象地域のオリーブ作物係数は、スドウエストパイロットオアシスの開発計画書<sup>(\*)1)</sup>、果樹の作物係数はザクロで代表させ、ガベス開発計画書<sup>(\*)2)</sup>、ナツメヤシの作物係数はイラクのザファラニア試験農場の実測値<sup>(\*)3)</sup>、また1年生作物はルーサンで代表させた<sup>(\*)2)</sup>。

4県の蒸発散能、それぞれの作物の作物係数、現況の作付体系及び作付率、各作物体系の作物係数の加重平均及び作物体系の類型別作物蒸発散量はそれぞれANNEX-Fの表F.1.2.1, F.1.3.1, F.1.3.2, F.1.3.3, F.1.3.4に示した。

灌漑水の水深とは、根群域に貯蔵される水量を水深で表したもので、いわゆる圃場容水量と、一定の作物、土壌、気象条件下で消費可能な土壌水分との中間水深である。作物の容易有効土壌水の水深は $p \cdot Sa$ で表される。ここに $Sa$  全有効土壌水、 $p$  全有効土壌水の一部で、蒸発散と成育に関係なく作物に吸収されるもので、主として作物の種類と蒸発所要量で変化する。調査対象地区の $Sa$ はCRDAの調査及びフェーズ1での土壌分析結果から80mm/mから120mm/mの範囲にあると推定される。 $p$ の値は、FAOのガイドラインによれば0.45から0.65である。

最乾期(7~8月)における灌漑間断日数の計算結果によれば間断日数は土性によって、オリーブで11日から18日、ナツメヤシで8日から14日、1年生作物で4日から7日となる。(ANNEX-Fの表F.1.4.1)

有効降雨量はアメリカ農務省、土壌保全局の開発した蒸発散量/降雨量比法に基づいた。この方法は、月平均有効雨量と月平均降雨量の関係を月間作物の蒸発散量( $ET_{crop}$ )に基づき表にしたものである。この表によれば、降雨量が少なく、一方で植物の葉が土壌を覆い降雨をさえぎり、かつ $ET_{crop}$ が高いところでは100%有効としている。調査地区では $ET_{crop}$ は月降雨量に比べて非常に多いので、有効雨量は100%と考えられる。(ANNEX-Fの表F.1.5.1に示す)したがって、純灌漑用水量の計算値は表F.1.5.2に示すとおりである。この表によれば、純灌漑用水量はナツメヤシ主体のものが最も多く次いでオリーブ、1年生作物の順になる。用水量は果樹主体の作付体系のものが最少となる。純灌漑用水量を県別にみれば、蒸発散量が多く降雨の少ないトゥズール及びケベリ県が、ガフサ及びガベス県よ

\*1) 調査対象地区のオリーブ作物係数は、スドウエストパイロットオアシスの開発計画書

\*2) 果樹の作物係数は、ザクロで代表させた。ガベス開発計画書

\*3) ナツメヤシの作物係数は、イラクのザファラニア試験農場の実測値

り多い。

8パイロット調査オアシスで土水路の漏水量調査を行った。その結果、伝統的オアシスでの漏水量は100m 当たり 25%であり、新規開発オアシスでは30%であった。(ANNEX-Gに示す)

粗用水量を算出するに当たっては、導水から灌水に至る水の損失の見積り、すなわち効率のファクターの検討が必要である。効率は一般に3段階に分けられる。それぞれの効率はその状況により影響される。

導水効率 (Ec) は送配水システム (深井戸から分水槽まで) の効率と定義される。末端水路効率 (Eb) は分水槽の水量と圃場ブロックの入口 (水盤灌漑の場合は水盤まで) の水量の比と定義される。適用効率 (Ea) は作物に直接利用される水量と圃場で取り入れられた水量の比と定義される。従って、計画全体の効率 (Ep) は作物に直接利用される水量と深井戸にて汲み出される水量の比率、すなわち  $Ep = Ea \cdot Eb \cdot Ec$  と定義される。

前節3.4.4で述べたように、導水効率 (Ec) は0.9と見積もられる。末端水路効率 (Eb) は圃場での土水路と整備サンプル調査の結果に基づき未整備水路 (土水路) の平均長によって求められる。例えば、伝統的オアシスにおいて未整備水路平均延長が100mであれば、前述したように水量損失は25%、すなわち末端水路効率 (Eb) は0.75となり、仮に100mの内50mがコンクリート水路またはパイプラインによって整備されたとすれば、水量損失は13%となり末端水路効率 (Eb) は0.87となる。灌漑効率について言えば、新規開発オアシスでは水盤を小さく整備して灌水するため伝統的オアシスより効率が低いと考えられる。伝統的オアシスでは灌水水盤整備の必要がある。従って適用効率 (Ea) は伝統的オアシスで0.80、新規開発オアシスで0.85と見積もった。オアシス全体の事業実施前及び後の灌漑効率は0.46及び0.68である。

8パイロットオアシスにおける水路効率を(1)現状、(2)水路整備を50m残して実施したもの(平均未整備水路長25m)、(3)水路整備を25m残して実施したもの(平均未整備水路長12.5m)の3ケースについて示した(ANNEX-Fの表F.1.8.1)。ケース(1)における水路効率 (Eb) は1/2,000の平面図を用いてサンプル調査した図面に基づき求められる。ケース(2)では未整備水路の平均長は25mとなるため伝統的オアシスでは効率は0.935(1.0-0.065)であり、新規開発オアシスでは0.92(1.0-0.08)となる。同様に、ケース(3)では伝統的、新規開発オアシスの効率はそれぞれ0.968(1.0-0.032)及び0.96(1.0-0.04)となる。

実際に灌水された水量と理論的に求めた粗用水量の比較を行った(ANNEX-Fの表F.1.8.2)。1994年の灌漑達成率「事業を実施しない場合」は34%から57%であることがわかる。「事業を実施した場合」の状態実際に灌水された水量と理論的に求めた粗用水量の比較を行った(表F.1.8.3及び表F.1.8.4)。ケース(2)では灌漑達成率は57%から76%であり、またケース(3)では59%から79%になる。ケース(2)及びケース(3)について灌漑達成率の増加分を要約した(表F.1.8.5)。

水路の適正整備水準を検討する第1段階として、2.25ha(150m×150m)の標準化した圃場において、

以下4ケースの水路整備 / パイプライン化に伴う工事費の積算のため設計を行った。すなわちケース(1) 水路整備100mを残すまで、ケース(2) 水路整備75mを残すまで、ケース(3) 水路整備50mを残すまで、ケース(4) 水路整備25mを残すまでの4ケースにつき設計を行った。ANNEX-Fの表F.1.8.6は節水量と整備費を比較したものである。ケース(1)、(2)、(3)までは節水量と工事費の比は大差ないが、ケース(4)ではその比が急激に小さくなる。言い換えれば、ケース(1)、(2)、(3)では節水量は工事費に比例するがケース(4)では便益の増分は工事費の場合に比べて小さくなる。すなわち、投資効率は他のケースに比べて小さい。このように見てくると、経済的に最も効果的な水路整備長は末端から50mまで(50mは整備しないで残す)となる。事業地区の選定については第4章で検討したとおりである。

## (2) 排水計画

土壌の塩分濃度は水質、灌漑方法と灌漑の運用、土壌条件及び降雨の影響を受けることが多く、時間の経過につれて増加するのが普通である。溶脱は、土壌中の塩類集積が作物の耐塩性を越えないように給水状況を勘案して作付中またはその前後に実施する。水質不良である程度の収穫をあげるには、灌漑をたびたび実施するとともに、多量の溶脱水が必要である。ガイドラインでは水質を示す数値は平年並みの取量高に応ずるもので、電気伝導度で示されている。

8パイロットオアシス調査における水質試験の結果に基づき、ナツメヤシ、オリーブ、果樹、アルファルファ、トマトの溶脱水量を算定した(ANNEX-Fの表F.2.1.1)。表から溶脱水量は11%から39%の間にあることがわかる。ガイドラインによれば、灌漑用水量にこの溶脱水量を加えて粗灌漑用水量を求めるのが望ましいとしている。

前節では、作物に直接利用されない水路の浸透量及び降雨を含む灌漑水は損失としてきた。しかし、浸透水は溶脱に有効であるため、全て損失とみる必要はない。確かにこのような浸透水は圃場に均等に配分されないが、灌漑ブロックを移動したり、水盤の大きさを変える等、灌漑技術を再検討することにより、年単位では不均等性の問題は解決されよう。

上記を検証するため、損失水量と純灌漑用水量の比を求めた。末端50mまでの水路整備を行ったときでは損失水量は23%から34%になる。1オアシスを除き、7つのオアシスで圃場内の損失水量が溶脱水量を上回ることがわかる。従って、適切に人工的排水が行われれば、正常な浸透損失で溶脱に十分であろう。

地下水は時によって根群域の酸素の欠乏を起こすことがあり、蒸発散と毛管現象により表層に塩の集積が起こる等作物の成育を妨げるため、その水位は重要な要件となる。従って、空気の供給及び根の発育の観点から作物を土壌性質に応じて、地下水位を適切な範囲にとどめることが重要である。このため、1カティール当たり2~3カ所ピエゾメーターを設置して地下水位をモニターすべきである。

一般に、灌漑損失が排水の主たるものである。前節で述べたように水路の浸潤、浸透及び降雨で心土に達したものが損失となる。調査地区での検討結果、灌漑頻度の最大の7月及び8月の夏期に大きな浸透量があり、灌漑頻度の少ない1月から3月にかけての冬期に減少する。単位排水量は7月又は8月

における灌漑条件下での表層の水収支計算により求められる。灌水量と、自然排水量の差で示される必要排水量は、降雨量及び粗灌漑用水量の和から蒸発散量（純用水量）の差として求められる。

地下水の最高位は、空気の供給の必要性及び土壌中の塩集積の限度から決定されるべきものである。砂質土から砂質ロームにおける樹木の場合、一般に80cm～120cm以下の水位が必要とされている。夏における極めて高い蒸発散量からみて、湛水による負の影響は少ない。従って、当事業の地下水の設計水位は100cmとする。

地下排水の設計及びレイアウトを行うに当たって、土壌の透水性の調査は不可欠であるため、深い排水路が必要と考えられる地区について透水試験を行った。位置及び手法についてはANNEX-Bに示した。測定値は354cm/dayから8,640cm/dayであった（ANNEX-B参照）。

圃場排水路の設計、すなわち深さ及び間隔の計算に当たってはテュニジア国で一般的に利用されている Hooghoudts のノモグラフによる解法を採用した。排水路の間隔は、ナツメヤシの根群域が地表から約2.0mであることを考慮して、排水管が地表より2.0m下に敷設されているという仮定のもとに計算した。その結果、排水管の間隔は107mから590mになる。透水試験が全オアシスで行われていないため、本計画では暫定的に安全側である100m間隔で積算を行った。従って、施工に当たっては各オアシスにおいて排水条件が異なるので、各オアシス毎に現況の排水系統の確認及び透水試験を実施し、適切な排水方式を採用すべきである。

### 5.3 水管理維持計画

#### 5.3.1 水管理計画

分水槽より下流の水管理は分水槽が支配する面積に応じた分水槽バルブの開閉によることを原則としている。しかし、末端施設が未整備であるところから灌漑スケジュールに応じた水配分が行われていない。末端水路の整備により以下に事項を考慮した水管理計画とする。

##### (1) 間断日数の改善

土水路による初期損失が少なくなるので、作物に応じた間断日数による灌漑を行う。作物別間断日数は次の通りとする。

オリーブ	: 11～17日	果樹	: 8～12日
ナツメヤシ	: 8～14日	一年生作物	: 4～7日

##### (2) 灌漑水配分の均等化

灌漑スケジュールを遵守し、分水槽支配農地への灌漑水の均等配分を図る。

##### (3) ポンプ運転時間

計画における灌漑達成度は必ずしも満足できるものでないが、地下水賦存量の減少傾向を考慮して、ポンプ運転時間は現状のままとし、ポンプの増強は行わない。



#### (4) 分水槽の適正化

末端農地への分水を確実なものにするため、各分水槽毎に積算型流量計を設置し各農家の使用水量を測定できるようにする。このことにより面積当たりとなっている水利費の徴収が使用水量ベースとなり、結果として節水効果が期待できる。

#### (5) 水盤サイズの適正化

末端の灌漑適用効率を高めるため、水盤サイズを小型化し、水盤の均平化を図る。

### 5.3.2 維持管理計画

本調査地区オアシスの水利施設の水管理及び施設の維持管理はCRDA及びAICの連携により実施されてきている。このため、本事業施設の維持管理は、既存の両組織を強化することで十分対応できると判断されるので、特別な維持管理組織は設けない。両組織の機能強化及び連携強化のため、以下に示す維持管理計画を提案する。

#### (1) 灌漑計画に関するAICとCRDAの連携強化

年度ごとの灌漑計画は、水源施設の揚水可能量及び作付計画に基づいて作成されるべきであり、このためには水源施設を維持するCRDAと作付計画を立案し水路システムを管理するAICとの連携が必要である。適正な収穫を得るためには作付作物に応じた間断日数に基づく灌漑スケジュールの立案が必要となり、このため、AICとCRDAの連携を強化する。

#### (2) 農民の灌漑技術及び維持管理技術の普及強化

水利施設の維持管理技術及び灌漑技術に関する知識をAIC職員及び農民に普及するために、CRDAによる講習会を定期的実施する。訓練内容は、以下の通りとする。

- 深井戸及びポンプの日常点検項目、点検方法及び運転状況記録方法
- 管路及び弁類の点検項目、点検方法
- ローテーションによる灌漑方法
- 水源機場、送配水路及び末端圃場における水管理方法
- 末端圃場サイズの適正規模

なお、圃場サイズの適正化、均平化は農民自身で実施する。

#### (3) 量水制の採用

従来、水利費の徴収単位、時期はAICにより異なっている。しかしながら、水資源の有効利用という観点からは、量水制に切り替えることが必要である。本事業を実施することにより、末端圃場における適正な水配分が技術的に可能となる。従って、本計画における水利費の徴収単位はを水量当たりとし、徴収時期は給水前とする。又、水利費の徴収率の向上により、AIC財源の強化が可能

となり、一層の維持管理強化が図られる。

#### (4) AIC 連合化の促進

施設維持管理の効率化のために、CRDA 灌漑地区維持管理課が中心となって、郡単位での AIC の連合化を促進する。連合化の実現には長い時間を必要とするが、連合化の実現により、AIC 相互間の意見の交換や意志の統一が可能となる。AIC 連合化の目的は以下の通りである。

- 広域的な観点から維持管理上の問題点を抽出し協議する。この結果を踏まえて、長・短期の維持補修実施計画を立案する。
- AIC と CRDA との協議を効率化する。

#### (5) 灌漑地区維持管理課の組織及び機動力の強化

灌漑計画に関する AIC との協議の強化、農民の灌漑技術及び維持管理技術の強化、量水制の採用の促進を可能とするために、灌漑地区管理課節水技術班の人員及び車両の数量を増やす。人員配置数は、県別の灌漑面積の大きさ、郡及び地方農業開発支所の数を考慮して決定する。なお、本事業で計画した末端施設の維持管理は AIC で実施するが、この維持管理費用の支出は PI で管理する。

### 5.3.3 資機材計画

灌漑地区維持管理課の機能強化及び職員配置数の増加に伴い、職員を現場に送る車輛（四輪駆動車、オートバイ等）が必要になる。現在、同課の節水技術班に所属している車輛はない。節水技術班の機能を十分発揮するため、同課の車両数を増やす。

必要とする増加職員数及び車両数は下表に示す通り、各々32人及び15台である。

	単位	ガフサ	トゥズール	ケピリ	ガベス	計
灌漑面積	ha	3,467	5,622	7,213	7,133	23,435
郡		5	5	5	7	22
支所		5	2	3	4	14
1. 職員						
技師	人	1 (1)	1	1	1	4
技術員	人	1 (1)	3	4 (1)	5	13 (2)
運転手	人	2	3	5	5	15
合計		4 (1)	7	10 (1)	11	32 (2)
2. 車輛	台	2	3	5	5	15

注：( ) は現況職員数を示す。

## 第6章 施設計画

### 6.1 概要

本事業の基本構想は、以下の点に留意し立てられた。すなわち、(1) 既存の灌漑施設、構造物、コンクリートライニング水路及びパイプラインとその品質等に関する現状を評価することによって、節水のために末端施設の整備、改善計画基準を策定すること。(2) 塩害の現状、表層地下水位、灌漑用水及び排水の塩分濃度を分析することによって、塩害防止のための排水施設整備計画を策定すること。(3) 灌漑が行われている現状を評価することによって、節水のための最適な灌漑方式、水管理システム、維持管理方法を策定すること。

上記事項を実施するために、全体で23,435haにのぼる153のオアシス全ての5%以上をカバーする詳細なサンプル調査を実施した。サンプル調査では、1/2,000の地図上に、現状の灌漑水路及び排水路網、構造物、道路、その他既存施設を実測し記入した。

サンプル調査はローカルコンサルタントにより、1/2,000の計画平面図を利用して実施した。サンプル調査のサンプル数と面積は次の通りである。

県名	オアシス面積(ha)	オアシス数	サンプル数	調査面積(ha)	調査率(%)
ガフサ	3,467	8	19	248	7.2
トゥズール	5,622	30	47	239	4.2
ケペリ	7,213	67	86	438	6.1
ガベス	7,133	48	81	448	6.3
合計	23,435	153	233	1,373	5.9

またサンプル調査の結果、PVCパイプまたはコンクリート水路で改修された延長は、4県の平均でヘクタール当たり40mに過ぎず、まだヘクタール当たり190mの上水路が未改修のままになっていることが判明した。なお、各オアシスにおける末端水路の整備状況は、Volume III DRAWINGSに示した。

調査結果は、末端施設整備改善計画基準を策定するための分析評価に利用し、また、同様に水管理システム、維持管理方法を策定するためにも利用した。

### 6.2 灌漑施設

灌漑用水の節水を図るためには、幹支線水路よりも末端圃場における四次水路整備が必要である。従って事業計画としては、末端圃場の灌漑施設である四次水路の改修整備計画を行うものとする。

改修施設のタイプは経済性及び施工性を考慮して、従来から行われてきたコンクリート水路またはPVCパイプを採用する(比較表参照)。これらのタイプは現地において施工例が多く、経済性及び施

工性の面からも問題はなく最良のタイプと判断される。コンクリート水路タイプについては、一部現地でレンガを利用した無鉄筋のものや石綿を利用した2次製品タイプのもが見られるが、これらについては、安価であるが耐用年数に問題があるので、本事業では鉄筋コンクリートの水路を計画した(比較表参照)。またPVCパイプについては、分水工以降の末端水路であるので水圧は2~3m程度であるため、低圧用のPVCパイプを採用した。

コンクリート水路タイプかPVCパイプタイプのどちらを採用するかは、全く整備されていない所またはすでにPVCパイプで整備が行われている所は用地の問題がなく維持管理が容易なPVCパイプとし、一方すでにコンクリート水路で整備が行われている所は同じコンクリート水路によって継続して整備するものとした。ただし、熱水利用オアシスではパイプ内でのスケールの堆積が心配されるので、コンクリート水路タイプを採用した。またトゥズール県の5つの観光オアシス(タメルザ、セビカ、フオウムエルカンガ、アインエルカルマ)については景観に配慮した親水型オープン水路を採用した。

以下に経済、維持管理及び景観面を検討した比較表を示す。

(1) 経済性を考慮した比較(システム容量Q=30 l/sの場合)

工種	単価(DT/m)	耐用年数(年)	年工事費(DT/年)	比率	順位
φ 160(VU管)	6.72	30	0.462	1.0	1
φ 160(石綿管)	15.00	30	1.032	2.2	4
250x250(鉄筋コンクリート)	11.70	30	0.805	1.7	2
200x200x180(石綿製既製水路)	6.00	5	1.405	3.0	5
親水型水路(練石積)	12.00	30	0.826	1.8	3

(2) 維持管理を考慮した比較

工種	維持管理上の問題点
φ 160(VU管)	砂嵐による砂の堆積の心配はないが、管路内に堆積した沈殿物の除去は難しい。
φ 160(石綿管)	同上
250x250(鉄筋コンクリート)	砂嵐による砂の堆積の心配がある。
200x200x180(石綿製既製水路)	同上。また耐用年数が短い。
親水型水路(練石積)	砂嵐による砂の堆積の心配がある。(施工に時間がかかる)

### (3) 景観を考慮した比較

工 種	景観上の問題点
φ 160(VU管)	水が見えないのでオアシスの景観が変わる。
φ 160(石綿管)	同上
250x250(鉄筋コンクリート)	今まで土水路として景観を創ってきたもの対し、人工的なコンクリート水路がオアシスの景観に違和感を与える。
200x200x180(石綿製既製水路)	同上
親水型水路(練石積)	上記の問題を解決するために、景観に配慮した水路を近傍の自然石を使ってつくるので問題は少ない。

### (4) 総合評価

工 種	採用の可否
φ 160(VU管)	優先順位1位で採用する。(ただし熱水利用オアシスでは不採用)
φ 160(石綿管)	高価なので不採用
250x250(鉄筋コンクリート)	従来コンクリート水路で整備された地区及び熱水利用オアシスで採用する。
200x200x180(石綿製既製水路)	耐用年数が短いので不採用
親水型水路(練石積)	トウズール県にある5ヶ所の観光オアシスにおいて採用する。

整備水準については、5.2.4で示したようにモデルを使って経済性の面から検討したところ、末端50mの土水路を残して分水槽から以降の四次水路において最後の50mまでの土水路を整備することが費用と便益の関係から最適であるという結論が得られたので、この基準により施設計画を行った。

このような水路改修整備において改修すべきPVCパイプの口径とコンクリート水路の諸元はシステム容量に関係する。システム容量とパイプ口径との関係を示す。システム容量が40ℓ/sの場合はφ200mmのパイプを選定した。同様に、30ℓ/sはφ160mm、20ℓ/sの場合はφ140mmのパイプを選定した(図6.2.1参照)。

システム容量とコンクリート水路諸元との関係を図6.2.1に示した。システム容量が40ℓ/sの場合は水路幅と高さが300mm×250mmが選定され、同様に30ℓ/sは250mm×250mm、26ℓ/sの場合は250mm×200mm、20ℓ/sの場合は200mm×200mmのコンクリート水路が選定される。PVCパイプの標準断面及び分土工についてはそれぞれ図6.2.1と図6.2.2に、またコンクリート水路の標準断面及び分土工についてはそれぞれ図6.2.1と図6.2.2に示した。

各オアシスの工事量は表6.3.1.1に、パイロットオアシスの計画平面図は図6.2.4～図6.2.11にそれぞれ示した。

### 6.3 排水施設

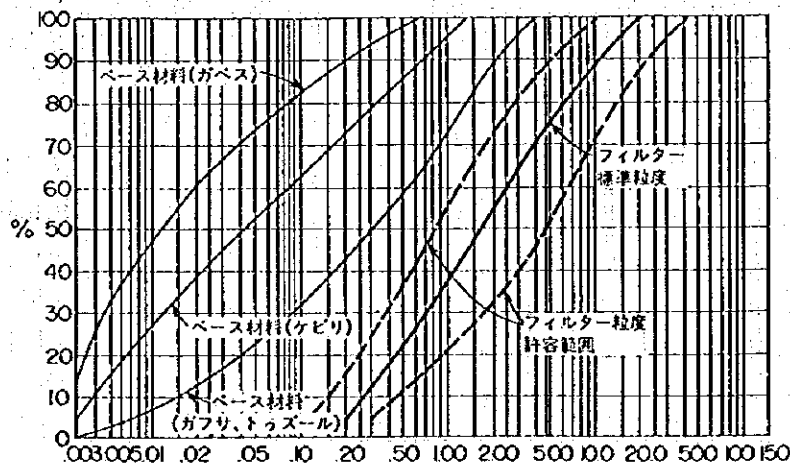
塩害の可能性が予想されるので、排水路が設置されていないオアシスにおいては適切な除塩を行うための排水路整備が必要である。排水路のタイプは、経済性及び施工性を考慮して圃場内においては耕作に支障を来さない暗渠タイプを採用し、集水路は維持管理が容易な開渠タイプを採用した。

地下水の最高位は、空気の供給の必要性及び土壌中の塩集積の限度から決定されるべきものである。砂質土から砂質ロームにおける樹木の場合、一般に80cm~120cm以下の水位が必要とされている。夏における極めて高い蒸発散量からみて、洪水による負の影響は少ない。従って、当事業の地下水の設計水位は100cmとする。

地下排水の設計及びレイアウトを行うに当たって、土壌の透水性の調査は不可欠であるため、パイロットオアシス地区について透水試験を行った。位置及び手法についてはAnnex-Bに示した。測定値は350cm/dayから8,600cm/dayであった。

圃場排水路の設計、すなわち深さ及び間隔の計算に当たってはテュニジア国で一般的に利用されているHooghoudtsのノモグラフによる解法を採用した。排水管の深さについては対象となるナツメヤシの根群域が地表から2.0mであることを考慮して、地表より2.0m下に敷設されているという仮定のもとに排水管の間隔を計算した結果、排水管の間隔は107mから590mとなった。圃場の区画は原則として100m x 100mであるため、排水路の間隔は暫定的に安全側である100mで計画した。

パイロットオアシスにおける土壌試験結果よりオアシスの土壌の粒度は0.002~2.0mmの範囲にあることが判明した。この範囲にある土壌における暗渠の設計では、フィルター材料を適切に選定して土粒子の流出を防ぎ、地下水のみを安全に透過させる必要がある。フィルター材料としては自然産の砂、砂利のような球形に近いものがよく、その粒度分布は下記に示す通りである。



砂礫フィルター粒度分布図

現況の圃場排水路の深さ及び間隔についての評価は、前述したサンプル調査に基づいて行った。一部の新規開発オアシスについては、設計基準を満たしているが、大半のオアシス、特に伝統的オアシスでの圃場排水路は深さ、間隔ともに設計基準に達していないことが判明した。

従って、現況の施設断面がサンプル調査結果、上記の基準を満たしていないと判断された場合は基準に見合う排水路を計画した。ただし、ガフサ県におけるガフサ市周辺の5つのオアシスについては、3.4.7に示したように地下水位が低く排水状況が良好であるため排水路は計画しなかった。しかし、同じガフサ県でもトゥズール県境に近いオアシスは、他県と同様に排水路を計画した。

ただし、施工にあたっては各オアシスにおいて排水条件が異なるので、まず排水システムを確認し、ポンプ排水の必要性の検討及び透水試験による間隔の検討をすべきである。また、圃場内排水路の施工にあたっては、オアシス内における植生の密度が問題になるので、まず透水試験によって排水路の間隔が決定し、現地でナツメヤシ等の植生状況をチェックし、間隔及びルートを再調整する必要がある。また、植生の密度が高いオアシスにおける施工機械については、作業性を考慮して超小型トレンチャーを採用する必要がある。しかし、超小型トレンチャーでも作業が困難の場合は排水ルートの変更及び人力掘削作業も部分的に採用する必要がある。

工事量は表6.3.1.1に、また標準断面図は図6.2.3に示した。





## 第7章 事業実施計画及び事業費積算

### 7.1 事業実施計画

#### 7.1.1 事業量

第6章施設計画に述べられているように、本事業は153 オアシスについて、分水槽以降の末端圃場における灌漑施設と圃場内排水路の整備を行うものである。灌漑水路タイプとしてはパイプラインとオープン水路を採用しているが、トゥズール県の5カ所のオアシスについては観光資源としてのオアシスを考慮し、景観に配慮した親水型水路とした。各県における事業量は下表に示すとおりである。灌漑水路の平均改修密度(m/ha)は、それぞれガフサ県では139m、トゥズール県では134m、ケビリ県では150mそしてガバス県では145mである。また、排水路タイプとしては圃場内は暗渠タイプとし、集水渠はオープンタイプとした。排水路の平均整備密度(m/ha)はそれぞれ、133m、67m、83m、92mとなっている。ガフサ県のガフサ市近郊のオアシスでは地下水位が低く、排水が良好で排水路を必要としないオアシスが6カ所存在する。(詳細は表6.3.1.1参照)

						(単位:m)
	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガバス県	合計	備考
面積	(3,467ha)	(5,622ha)	(7,213ha)	(7,133ha)	(23,435ha)	
<b>改修対象施設</b>						
<b>コンクリート水路</b>						
20x20	26,842	2,567	48,414	248,336	283,271	灌漑用
25x20		163,979	259,447	457,602	642,913	
25x25	359,615	157,319	3,618	82,344	520,050	
30x25	79,526	170,352		36,749	181,536	
小計	465,983	494,217	311,479	825,031	2,096,710	
<b>PVC パイプ</b>						
φ 140		7,325	237,622	110,731	355,678	
φ 160	8,970	211,892	531,582	81,466	833,910	
φ 200	8,379	17,594		15,960	41,933	
小計	17,349	236,811	769,204	208,157	1,231,521	
<b>親水型水路</b>						
合計	483,332	753,654	1,080,683	1,033,188	3,350,857	
<b>圃場内排水路</b>						
圃場内排水路	27,299	256,612	462,445	516,124	1,262,480	排水
<b>集水用排水路</b>						
集水用排水路	10,166	95,888	111,337	133,557	350,948	
合計	37,465	352,500	573,782	649,681	1,613,428	

#### 7.1.2 工事計画

工事期間は、一般には稼働日数、労働者数、一日の労働時間及び仮設プラントの能力を考慮して決定される。本事業での主要工事は、小規模かつ簡単な土木工事であること及び降雨による工期延長の心配が少ないことから、工事の進捗は他の一般的な土木工事に比べスムーズにいくと考え、工

事期間として、オアシスの面積が 100ha 以下の場合は 1 年間、100～300ha の場合は 2 年間、300～400ha の場合は 3 年間、400～700ha の場合は 4 年間、また 700ha 以上の場合は 5 年間とした。従って、すべてのオアシスの末端圃場における灌漑排水施設の整備工事は、それぞれの面積に応じて、設定された工事期間内に完了するように各年の事業実施割合を設定する。なお設定された各年の事業実施割合は下表に示すとおりである。

オアシス面積	(単位：%)				
	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
100ha 未満	100				
100～300ha	50	50			
300～400ha	30	40	30		
400～700ha	20	30	30	20	
700ha 以上	20	20	20	20	20

また事業実施計画においては、オアシス間における施工の緊急性は同じと考える。ただし、事業の展示効果及び工事のやり易さを考慮して各 CRDA がある県の中心地に近いオアシスより工事を始め、各年の事業量が概ね等しくなるように考慮した。

上記の条件を全オアシスに適用し、各県毎に調整したものを表 7.1.2.1 及び表 7.1.2.2 に示す。

## 7.2 事業費

### 7.2.1 前提条件

- (1) 工事単価は 1995 年 9 月の平均価格を基に算定する。
- (2) 交換レートは次の値を用いる。  

$$\text{US\$}1.00 = \text{TD}0.944 = \text{JP¥}101.00$$
- (3) すべての工事価格は契約ベースで算定する。請負いは国内競争入札によって選ばれ、すべての建設機械及び機材は請負い者によって提供される。
- (4) 施設計画においては、維持管理の容易さ及び耐用年数を考慮して、設計及び材料の選定を行う。
- (5) 測量及び設計を含む工事期間は、適切な品質管理、工程管理、維持管理の容易さ及び建設費を最小にすることを考慮して 6 年間とする。
- (6) 予備費は詳細設計費、建設費、維持管理機器費、一般管理費及びエンジニアリング費の合計の 10% とし、事業費に含まれる。
- (7) 物価上昇率は年率 4% とする。

## 7.2.2 事業費

事業費は次の項目から構成される。

### (1) 建設費

建設費は直接工事費、仮設費、準備費及び請負者費用から成る。工事単価は Annex-H に示される。

### (2) 用地補償費

分水槽より下流の末端水路は農民の財産である。従って、圃場内における用排水路の整備については土地収用は必要ないが、新設する幹線排水路の取付の一部については用地補償費を計上する。

### (3) 一般管理費

詳細設計及び工事は、コンサルタントの支援を得て政府職員によって進められる。一般管理費は詳細設計及び工事監理にかかわる政府職員の必要数に基づいて見積られる。

### (4) エンジニアリングサービス費

詳細設計及び工事監理費はエンジニアリングサービス費に含まれる。コンサルタントは政府職員に対して詳細設計及び工事監理期間中に援助及び助言を行う。

### (5) 予備費

予備費として上記(1)～(4)項目の合計金額の 10%を計上する。

### (6) 物価上昇

物価上昇率として年率 4%を考慮する。

事業費は約 92,666 千 ディナールと見積られる。事業費の内訳は下表に示される通りである。(詳細は表 7.2.2.1 参照)

(単位: 千 ディナール)	
1) 建設費 (灌漑施設 38,750、排水施設 26,268) :	65,018
2) 用地及び補償費 :	1,254
3) 一般管理費 :	975
4) エンジニアリングサービス費 :	5,871
5) 予備費 :	7,309
6) 物価上昇費 :	12,239
合 計	92,666

### 7.2.3 維持管理費

第5章 5.3に示した基本方針に従い、全オアシスの年間維持管理費を算定した。算定結果は下表に示す通りで、総額80万 円 となった。維持管理費の末端圃場での用排水路建設事業費に対する割合は、1.2パーセントである。算定された維持管理費は、施設の維持管理費、増加職員の人件費、車両購入費及び運転資材費から構成されており、維持管理費の72パーセントは、施設の維持管理費が占めている。

(単位：千 円)

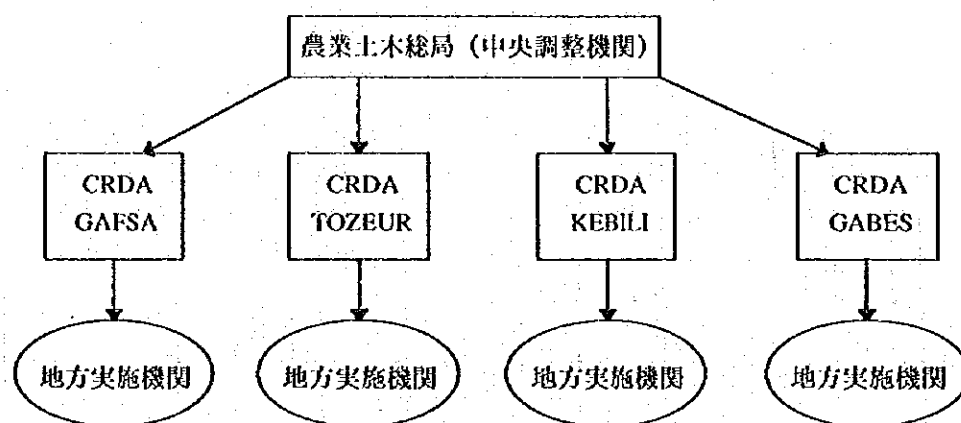
OM 費内訳	ガフサ県	トゥズール県	ケビリ県	ガベス県	合計
(1) 建設費	6,575	15,473	21,376	21,594	65,018
(2) OM 費					
A) 施設維持費	58.4	137.6	190.0	191.9	577.9
B) 職員維持費	16.8	30.8	36.6	40.8	125.0
C) 資機材費	12.3	20.6	30.9	30.9	94.7
合計	87.6	188.9	257.5	263.6	797.6
(3) OM 費/ 建設費 (%)	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

## 第8章 事業実施及び維持管理計画

### 8.1 事業実施機関

本事業は農業省農業土木総局（DGGR）の監督のもとに実施され、DGGRは事業に必要な計画、調整及び技術援助にかかわる活動を行う。また4地方農業開発部（CRDA）は各々の管轄範囲内で、各オアシスの計画立案、コンサルティング手続き及び工事管理を担当する。事業実施におけるDGGRとCRDAとの関係及び業務分担は以下に示すとおりである。なお、基幹施設が実施された時と同様にDGGRとCRDAは既存の組織でコンサルタント及び建設請負業者を活用しながら事業を実施するものとする。

DGGRとCRDAはこの地域において1980年～1990年までに、世界銀行（ガベス県）、アラブ資金（トゥズール県）、サウジアラビア資金（ケビリ県）及びドイツ政府資金（ガフサ県）の援助を受け、水源施設、幹線水路及び第1次支線水路までの基幹灌漑施設の整備事業を完了させているが、その時も現組織のもとで事業を実施した実績を持っており、本事業実施の能力は十分あると考えられる。



#### (1) DGGR（中央プロジェクト調整機関）の業務分担

- ・各CRDAと協力し、計画の調整及び年間計画策定
- ・技術援助（コンサルタントの雇用、資機材の調達及び灌漑・排水工事実施に関する仕様書の策定）
- ・各CRDAの様々な計画の進捗に関する監督
- ・プロジェクトの財政的な監督

#### (2) 各CRDA（地方プロジェクト実施機関）の業務分担

- ・年間計画策定及び予算化
- ・コンサルタントの募集（入札募集手続き・契約の締結・調査）

- ・工事実施（工事入札募集書類作成・入札募集手続き・契約の締結・工事の監視及び管理）
- ・AICの指導（構造物の保守点検、水管理改善活動及び広報）
- ・契約業務の財政的な管理（契約の監督、明細書の作成、支払い業務）

## 8.2 事業実施方法

プロジェクトはコンサルタント業務、必要品の調達及び工事実施に関して、原則として国内競争入札の枠内で実施される。

## 8.3 事業実施計画

事業承認後、直ちに詳細設計並びに入札書類、仕様書など工事承認及び実施に必要な書類、図面の作成のために、コンサルタントの選定作業に入る。コンサルタントの選定は技術プロポーザルで行い、選定の承認を得て、役務条件を取り決める。請負工事は詳細設計完了及び工事図面の承認を受け入札を行い、工事に着手する。また工事開始前までに全ての用地買収が完了するようにする。こうした工事前の業務には、約1年を要すると見積られる。また全体的な事業実施計画はAnnex-IIに示される。

## 8.4 維持管理計画

維持管理の対象となるのは末端圃場における四次水路及び排水路であり、農民水利組合が作業班により維持管理作業を実施する。作業内容は、整備した四次水路及び排水路の点検・補修を月1回程度行う。これら施設の維持管理については、CRDAの節水技術班と定期的に協議を行い、適切な指導を受け実施する。なお、改修していない四次水路の末端部分の維持管理は、それらを利用する受益者により行うこととする。

## 第 9 章 事業評価

### 9.1 経済評価の基本条件

チュニジア南部地域オアシス灌漑施設整備計画の目的は、灌漑・排水施設を整備することにより農産物の増産を行うものである。本事業では、既存の 153 オアシス、総面積 23,435 ha を対象として灌漑・排水効果、社会及び経済効果等を検討し農業開発計画を策定した。

本事業の妥当性は、経済的、財務的及び地域経済的観点から検討し評価した。経済的な妥当性を明らかにするための評価は、経済内部収益率 (EIRR)、便益・費用比率 (B/C) 及び純便益 (B-C) の分析手法を用いて行い、また便益と費用の変化に対する内部経済収益率の感度分析を行った。財務評価については、受益農民の農家経済収支分析を基にして、工事費用に対する支払い能力を明らかにすると共に、事業実施機関の資金繰り表を作成し、財務的な面から事業実施の可能性を明らかにした。さらに、本事業の実施にともない地域社会に与える間接便益と波及効果についても検討を加えた。事業評価の基本前提条件は以下の通りである。

- (1) 経済年数 : 経済評価に於ける事業の経済的有効期間は、2021 年まで、即ち 25 年とした。
- (2) 積算時点 : 経済評価に用いた費用 (工事費) と便益は、1995 年 9 月のチュニジアでの価格を基に算定した。交換レートは、US\$ 1.00 = D. 0.944 = ¥ 101 を使用した。
- (3) 換算比率 : 1990 年のガフサ県農業開発計画書を参照し、財務費用から経済費用への変換には、標準変換係数 (SCF) 0.8 を、建設費用 (内貨) の経済費用への変換には変換係数 (CSCF) 0.9 を使用した。すべての国内調達分の便益と建設費の算定は、国内市場価格に標準変換係数 (SCF) を乗じて算定した。
- (4) 経済価格 : 農業投入資機材 (硝酸アンモニウム、三重過リン酸、硫酸カリ) の経済価格は、世界銀行による国際市場価格の長期予想に基づき、1995 年価格を基準とした 2005 年予想価格を用い算定した。貿易農産物であるナツメヤシやオリーブの経済価格については、チュニスの輸出価格 (FOB) により算定した。その他の非貿易農産物 (イチジク、ザクロ、野菜、飼料作物等) と農業資機材 (種子、苗木、堆肥等) は、国内市場価格と同じとする。国際経済の観点から契約に係わる税金、補助金、利子等の移転項目は、直接生産を伴わない国内通過の移動として考えられるため、事業費から差し引くものとした。

農産物及び農業投入資機材の財務及び経済価格は、表 9.1.1 に示した。

### 9.2 経済便益

事業便益は、オアシス内の灌漑用水の有効利用のための灌漑・排水施設改善と水利組合の組織化、農民による耕種法の改善等による作物の増産を灌漑便益として算定した。畜産による便益は、飼料作

物の増産として算定した。

灌漑された条件下での単位面積当たり経済作物収益は、現況と将来の作物収量、農産物と農業資機材の投入量、農家庭先での経済価格を基に、将来における「事業を実施しない場合」と「事業を実施した場合」について算定した。(表9.2.1を参照)

(単位：ディナール/ha)

項目	事業を実施しない場合			事業を実施した場合			増減		灌漑 便益
	生産額	生産費	純収益	生産額	生産費	純収益	生産額	生産費	
<b>果樹：</b>									
- ナツメヤシ	5,367	894	4,473	6,108	1,061	5,047	741	167	574
- オリーブ	2,990	697	2,293	3,333	742	2,591	343	45	298
- ザクロ	2,328	845	1,483	2,720	895	1,825	392	50	342
- アズ	4,987	958	4,029	5,543	1,022	4,521	556	64	492
- イチジク	1,326	769	557	1,484	895	589	158	126	32
<b>野菜：</b>									
- カブ/ニンジン	4,160	1,409	2,751	4,680	1,534	3,146	520	125	395
- タマネギ	4,032	1,568	2,464	4,570	1,647	2,923	538	79	459
- ソラマメ	3,983	1,235	2,748	4,481	1,424	3,057	498	189	309
- トウガラシ	8,317	2,163	6,154	9,311	2,271	7,040	994	108	886
- トマト	6,709	1,723	4,986	7,511	1,838	5,673	803	115	688
<b>飼料作物：</b>									
- ルーサン	2,992	921	2,071	3,592	1,081	2,511	600	160	440
<b>工芸作物：</b>									
- ハンナ	2,666	1,144	1,522	3,237	1,294	1,943	571	150	421

将来に於ける「事業を実施しない場合」と「事業を実施した場合」の総便益は、上記のヘクタール当たり作物収益と栽培面積に基づき算定した。年間灌漑便益は、「事業を実施しない場合」と「事業を実施した場合」の作物収益差であり、事業完成時のものとして算定した。灌漑便益の算定は、4県別と153オアシス全体について行い、その結果は以下の通りである。(表9.2.2を参照)

(単位：千ディナール)

県名	計画を実施しない場合			計画を実施した場合			灌漑便益	
	生産額	生産費	収益	生産額	生産費	収益	総便益	単位便益
ガフサ県	30,750	5,210	25,540	34,120	5,740	28,380	2,840	820
トゥズール県	38,100	6,180	31,920	43,030	7,170	35,860	3,940	700
ケビリ県	59,630	12,450	47,180	67,020	14,250	52,770	5,590	700
ガベス県	50,050	10,440	39,610	57,390	11,690	45,700	6,090	850
合計 / 平均	178,530	34,280	144,250	201,560	38,850	162,710	18,460	790



作物の増産による灌漑便益は、工事の完了後、徐々に増加し一定期間の後に目標便益に到達する。本計画の評価では、6年間で目標の便益が達成されると予想し、年毎の増加率を1年目 20%、2年目 40%、3年目 60%、4年目 80%、5年目 100% とする。

### 9.3 経済事業費

事業費の財務費用は、外貨分と内貨分において積算した。内貨分には、移転項目費用、非熟練工、現地調達可能な材料費、労務費等がある。各工事項目の加重平均にて算出する工事標準換算係数 (CCFs) は、下記の条件によるものとした。

- (1) 外貨分財務費用は、経済費用に等しいものとした。
- (2) 内貨分の移転費用は、財務価格から 10% を差し引いたものとした。
- (3) 財務費用の残り 90% は、非熟練工と他の費用に分割した。
- (4) 非熟練工の費用算定には、変換率 0.8 を用いた。
- (5) その他の費用算定には、標準換算率 0.9 を用いた。
- (6) 工事に関する標準換算係数は、財務費用に上記の換算率を乗じた経済費用の合計により算定した。

維持管理費 (O/M) も上記の算定手法を用いて積算した。153 オアシスの県別と全体の経済事業費及び維持管理費は、下記の通りである。(表 9.3.1 を参照)

県名	オアシス数	総面積 (ha)	総事業費 (D., '000)	単位事業費 (D./ha)	O/M 費 (D., '000)	O/M 費 (D./ha)
ガフサ県	8	3,467	8,272	2,390	87.7	25
トゥズール県	30	5,622	18,759	3,340	189.0	34
ケビリ県	67	7,213	25,761	3,570	257.4	36
ガベス県	48	7,133	25,976	3,640	264.0	37
合計	153	23,435	78,768	3,360	798.1	34

### 9.4 経済評価

上記で算定した経済便益と経済事業費を基に公定歩合 7.5% として内部経済収益率 (EIRR)、便益・費用比率 (B/C) 及び純便益 (B-C) を分析した結果は、以下の通りである。(表 9.4.1、9.4.2、9.4.3 を参照)

県名	内部収益率 (%)	便益・費用比率	純便益 (D., '000)
ガフサ県	22.0	2.66	11,232
トゥズール県	13.9	1.64	10,200
ケビリ県	14.5	1.71	16,256
ガベス県	15.9	1.85	18,814
153オアシス全体	15.7	1.84	56,760

本事業の実施時期、建設費用及び便益の変動を考慮して感度分析を下記の条件で行った。

- (1) 建設費用が 20% 増額したケース
- (2) 便益が 20% 減額したケース
- (3) (1) と (2) のケースが同時に発生したケース

県名	(%)			
	計画ケース	ケース1	ケース2	ケース3
ガフサ県	22.0	18.8	18.1	15.2
トゥズール県	13.9	11.4	10.9	8.6
ケビリ県	14.5	11.9	11.4	9.1
ガベス県	15.9	13.2	12.6	10.1
153オアシス全体	15.7	13.0	12.4	10.0

上記の結果、経済内部収益率は、15.7%であり、工事費が 20% が上昇し、便益が 20% 減少した場合でも 10%であるため、本事業の評価は、経済的に妥当であると判断される。

## 9.5 財務評価

計画の妥当性を農家経済の側面から評価するため、各4県の新規開発オアシスと伝統的オアシスから選んだ標準的経営面積の灌漑受益農家について、「事業を実施した場合」の農家経営収支を算定した。本事業評価では、工事費の全額を受益者負担とし、各農民より徴収する工事費の返却条件は、年利率10%で5年据置で返済期間を20年とした。受益農家の工事費支払い能力の分析は、農業経営の収支、即ち、農業総収入から生産費と生計費を差し引いた純余剰金額が、工事費返済金額に充当できるかどうかで判定した。この結果、各農家収支の純余剰金額に占める利息を含めた工事費の年間返済額の割合は、最大で33%、最小5%、平均15%であった。この結果は、灌漑・配水施設の改善による作物の増産から得られる収益により工事費の返済が十分できるものと判断できる。

オアシス名/ 項目	カスバ	オウエド シリ	トズール	ハゾウア マン 3	マン ソール	アテイ レット	オアシス ガベス	リマオウラ 1&2
農業経営面積 (ha) :	1.06	3.11	1.38	1.00	0.25	0.75	0.29	1.25
総収入 (デナール) :								
- 農業収入	8,923	16,281	10,419	5,510	2,043	5,326	2,250	8,591
- 農業外収入	0	0	0	500	2,500	1,000	2,000	0
合計	<u>8,923</u>	<u>16,281</u>	<u>10,419</u>	<u>6,010</u>	<u>4,543</u>	<u>6,326</u>	<u>4,250</u>	<u>8,591</u>
家族数 (人) :	5.33	5.47	5.27	5.27	5.65	6.17	5.48	5.48
総支出 (デナール)								
- 生産費	1,238	1,853	1,351	845	326	1,151	356	1,591
- 生計費	3,059	3,140	3,024	3,770	3,244	3,542	3,145	3,145
合計	<u>4,297</u>	<u>4,993</u>	<u>4,375</u>	<u>4,615</u>	<u>3,570</u>	<u>4,693</u>	<u>3,501</u>	<u>4,736</u>
純余剰額 (デナール) :	<u>4,626</u>	<u>11,288</u>	<u>6,044</u>	<u>1,395</u>	<u>973</u>	<u>1,633</u>	<u>749</u>	<u>3,855</u>
工事費返済金額 (デナール/年間) :								
	223	1,068	497	452	166	344	86	614
	(4.8%)	(9.5%)	(8.2%)	(32.4%)	(17.1%)	(21.1%)	(11.5%)	(15.9%)

## 9.6 環境評価

チュニジア国の環境省は、1991年に農業省から独立したばかりであり、まだ環境ガイドラインは整備されていない。従って、チュニジア国にも適用可能なJICAの環境ガイドラインに従い、環境項目の定義に基づいて初期環境影響調査(IEE)を行った。その結果はANNEXに示す。

国立公園はチュニジア国に4ヶ所(イル・ゼムブラ国立公園、ゼムプレッタ国立公園イシュ・ケイユ国立公園、ボウ・コルニン国立公園)、チュニジア中部にシャムビ国立公園、ガフサ中心部から東へ85kmの位置にブヘドゥマ国立公園およびケビリ中心部から南へ90kmの位置にジュビル国立公園がある。国立公園内には、国際条約の保護対象種となっているシマハイエナ、フェネックギツネ、バーバリアシカ、ガゼル等が生息しているが、いずれも調査地域から離れているため影響はないと思われる。

本事業の排水路の末端は、ガベスではガベス湾であり、ガフサ、トズール及びケビリでは塩湖である。末端への排水量は少ないので、重大な環境問題は生じないと考えられる。

水路の漏水が減少し、農地へ供給される灌漑揚水量が増加することにより、環境へのプラスの影響として、以下の点が考えられる。

- (1) 農作物の収量が上がり、農家の食生活の改善、所得の増加につながる。
- (2) 農作物の生育が向上することにより、チュニジア国の観光資源であるオアシスの景観にプラスになるとともに、オアシスの防風効果が高まり、地域の砂漠化防止の効果が上がる。
- (3) 今回の排水路の整備により、将来において塩害の可能性のある農地の塩類集積を防ぐ。

- (4) 農地に到達する灌漑用水と支払う水代が一致しないために生じたAICと農家の間のトラブルがなくなる。

また、環境に重大な影響を与えるほどではないが、環境に対するマイナスの影響及びその対策として以下の点が考えられる。

- (1) ANNEXのTable K2.2.1は、プロジェクト実施後、オリーブとイチジクの農薬使用量が増加することを予測している。野菜や工芸作物も、生産量の増加に伴い農薬の使用量が増加する可能性があるため、CRDAは農家に対して農薬の使用方法及び危険性に関する適切な指導を行うことが望ましい。
- (2) 現在は灌漑用水が極めて不足している状況であり、末端水路の改修によって節約される水はすべて農地に使用されると考えられる。その結果、作物の栽培密度が増加した場合、浅層地下水層へ浸透する水量は作物の蒸発散量の増加に伴って減少すると思われる。従って、山の斜面の石垣や植林等、水資源確保のための事業を充実させ、雨水の浸透を促進させることが望ましい。

なお、本調査は末端水路の整備であるので、農作物の種類、品種、栽培方法、流通組織等に重大な影響を及ぼすものではない。また、水利組合(AIC)の組織や水利権、土地所有権に変更を要するものではなく、既存の慣習、権利に重大な影響を与えることはない。

その他の環境項目に関しても、環境に関わる重大な影響があると評価された項目はなく、全体としてはプラスの効果が大きいと考えられる。世銀の評価法によれば、環境に重大な影響がなさそうな場合は通常EIAは不要としており、本計画においても環境影響調査(EIA)の必要はなく、水資源の節約のために早急に事業化する必要があると思われる。

## 9.7 技術面からの評価

本事業は、オアシスの末端灌漑水路と排水路の新設及び改修を行うもので、工事内容は、コンクリート水路または、PVCパイプを使った土木工事である。この工事は、すでに一部のオアシスで地方農業開発部事務所(CRDA)の指導の下に農民やローカルコントラクターにより実施されている。末端排水路では、大型の建設機械(バックホー)が必要となるものの、ほとんどが人力作業により可能であり、高度な技術が必要とされない。また、完成後の維持・管理作業においても現状の農民の技術レベルで十分に対応できるものである。

## 9.8 社会面からの評価

土地所有の面から見れば、農家保有耕作面積は約92%が1ha以下で極めて小規模・零細である。従って限られた土地で高度な土地利用を図らなければ、農業収益及び農民の生活水準の向上を図ることが出来ない状況にある。本事業実施によって得られる末端水路の改修効果は、漏水を減らすことにより灌漑用水を増加させるものである。例えば純用水量が1,600mmの場合灌漑効率が23%増加(現況平均0.46、事業実施後0.69)すると、368mmの灌漑用水が増加したことと同等である。この灌漑水の増加

により農産物の生産量の増加が見込まれるが、その便益は大農家が存在しないので各農家に公平に分配される。また本事業実施期間中は建設工事現場において就業機会の増加が期待される。従って本事業実施によって生じる社会・経済面の弊害についてはその心配はなくむしろプラス面に働くと思われる。また建設工事は現状で行われている一般的な工事方法を踏襲して行われるため、社会的に急激な変化が起こることは予想されず、今まで培われた南部地域の伝統及び価値観は損なわれるものではないと言える。さらに本事業は農村地域を主体とする南部地域における定住条件の基礎となっている農村の振興に寄与するものでその社会的、経済的意義は大きい。

## 9.9 制度面からの評価

各オアシスには、末端施設の維持管理及び圃場での水管理を行っている農民水利組合(AIC)が結成されている。本組合は、地方農業開発部事務所の監督・指導のもとに水利費の徴収、末端施設の維持管理費用の管理を行っている。一方、今までの灌漑・配水施設の整備事業に対する資金としては、政府の補助金の他に農業開発特別基金(FOSDA)や銀行からの借入制度があり、本組合を通じて農民に融資されている。従って、本事業資金については、今までの政府補助金制度(現在3割となっているが6割にする計画がある)や銀行からの融資による支援が期待される。これらの制度面での支援は、地方農業開発部と農業水利組合を通じて本事業対象のオアシス農民に対しても十分に普及している。

農業普及については、農業地方農業開発部事務所(普及課)、各郡の普及センター、村単位の普及所があり、普及員が節水灌漑技術、最新農業技術などの普及に当たっている。すでに本事業で行われている灌漑施設整備についてもパンフレットを使って農民への指導・普及が行われている。従って、本事業実施が行われる場合には、農業水利組合が中心となって、農民に対して技術面と資金面で政府の支援制度が活用されることが期待される。



## 結論と勧告

### 結 論

- (1) 南部地域における農業の主体はオアシスにあり、その振興はテュニジア国の経済開発の中で重要な位置付けがなされている。しかし、近年の水資源開発により地下水の減衰傾向が見受けられる。この為、地下水の節水的利用を図るため、末端施設の整備が必要とされている。本調査では、節水を目的とした灌漑排水施設の改善計画を、南部オアシス地域（ガフサ県、トゥズール県、ケビリ県及びガベス県）に位置する153全オアシス、面積計約23,435 haについて策定した。
- (2) 各オアシス毎に、事業費の積算、事業実施計画を策定し、経済評価を行った。オアシス全体で経済評価を行った結果、内部収益率は15.7%となり、工事費が20%上昇し便益が20%減少した場合でも、内部収益率が10%という結論が得られた。また、各県別に行った経済評価では、ガフサ県で22%、トゥズール県で13.9%、ケビリ県で14.5%、ガベス県で15.9%という結論が得られた。従って、本事業は経済性の面からも健全な事業であると言える。
- (3) 本計画調査レポートでは、熱水の化学成分を勘案して、スケールによって施設が閉塞することがないように方法を提案した。特に灌漑施設整備では、PVCパイプは閉塞の心配があるので、維持管理が容易なオープン水路を採用した。ただし、冷却装置については維持管理費を低減する方法を提案したが、事業には含めていない。従って、近い将来、別個の案件として取り上げるよう推奨する。
- (4) トゥズール県に位置する5観光オアシスについては、灌漑施設の改修によって景観が損なわれないように、自然石を利用した親水型水路で整備する計画とした。
- (5) 作付体系に基づいて消費水量の検討を行った結果、県別の灌漑達成率は40~50%と極めて低いことが判明した。これは、施設の設計時に灌漑効率が正しく見積もられなかったと推定される。従って灌漑達成率を向上させるには、ポンプの運転時間は延長することが必要であるが、事業計画では末端水路整備による節水により灌漑達成率の向上を図り、現況の運転時間は変更しないものとした。
- (6) 深層地下水の被圧水頭の減少傾向は最近とみに加速されている。現在4県の平均で約35%のコンプレックスターミナル井戸が自噴しているが、10年程度で被圧水頭を失うと推定されている。従って、これ以上のコンプレックスターミナルを対象とした井戸の開発は推奨できない。
- (7) 本計画は末端圃場における灌漑排水施設の改修を事業内容とするものであるが、これらの施設は本事業地区農民が長年にわたって渴望してきたものである。本事業内容である灌漑排水施設の改善は農産物の増産につながり、その結果として個々の農家の所得向上が期待できるものである。また事業実施は地域住民に対して就業機会を与え、収入の道を開くものである。

(8) テュニジア国は「地域格差の是正」を政治課題として掲げており、特に南部オアシス地域における農業振興は最重要課題となっている。従って、本事業は南部におけるオアシスの整備を行い農家所得の向上と生活の安定を目指すもので、まさに国家政策に沿ったものと言える。

## 勸告

以下のことに留意して事業の早期実現化を勧告する。

- (1) この事業の早期着工のために事業実施体制の構築が望まれる。
- (2) 本事業は広範囲かつ工事量が多いため、事業を直営で行うことは難しい。従って事業を予定通りに完了させるために、コンサルタントと建設請負業者を広く活用すべきである。
- (3) 本事業実施のための資金の調達方法を、自国はもちろん2国間あるいは国際機関を含め検討し、早期に決定することが重要である。もし2国間あるいは国際機関のローンを受け入れる場合にも、テュニジア国側は世銀及びドイツ国資金で施行した実績があり、十分その返済能力があると考えられる。またさらに、事業が実施されやすいように、農民への補助及び融資の額と方法についても十分検討すべきである。