

テュニジア国
南部オアシス地域灌漑施設整備計画
事前調査 (S/W協議)
報告書

平成7年7月

JICA LIBRARY



J 1125901 [7]

国際協力事業団

農 調 農

JR

95-44

テュニジア国
南部オアシス地域灌漑施設整備計画
事前調査 (S/W協議)
報告書

平成7年7月

国際協力事業団



1125901 (7)

序 文

チュニジア共和国政府より1993年11月日本国政府に対し、チュニジア共和国南部地域に点在するオアシスの灌漑用水節約に関する技術協力の要請がなされました。

本要請はフィジビリティ調査から詳細設計調査に至る広範な内容となっていたこと、また、日本国政府はチュニジア共和国において農業協力の実績がなかったことから、要請の背景、具体的調査内容、調査対象地域及び実施機関等を把握することを目的、平成6年4月9日から4月23日までの15日間調査を事前調査団（予備）を派遣しました。

この結果を踏まえ、国際協力事業団は平成6年10月16日から10月28日までの13日間、中国四国農政局建設部次長茨木教晶氏を団長とする調査団をS/Wの協議及び署名を目的に派遣したものです。

同調査団はチュニジア共和国政府関係者との協議並びに現地調査を行い、S/Wに署名したところです。

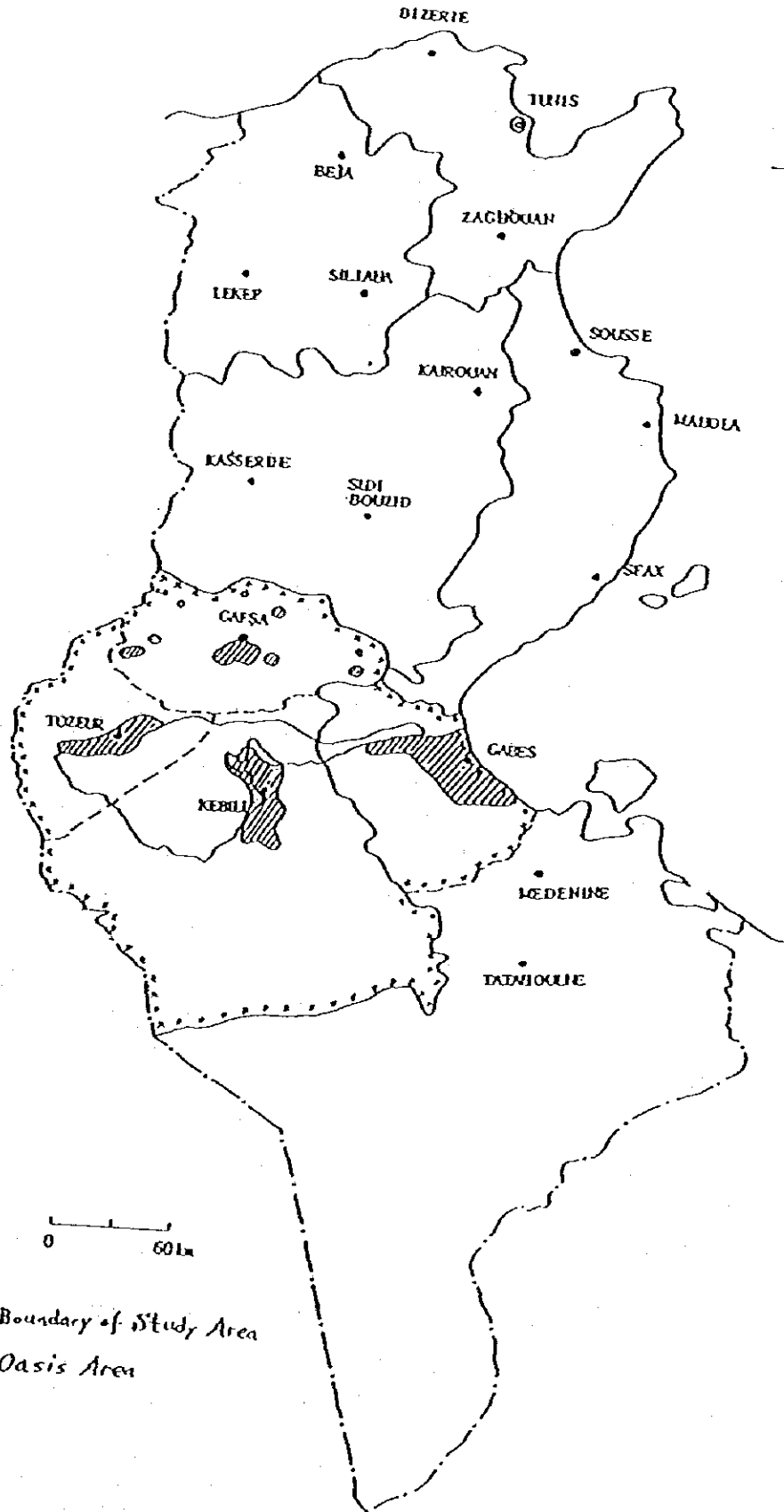
本報告書は本格調査実施に向け、参考資料として広く関係者に活用されることを願い、取りまとめたものです。

終わりに、本調査にご協力とご支援をいただいた本調査団及び関係各位に対し心より感謝申し上げます。

平成7年7月

国際協力事業団
理事 川口 俊郎

CARTE DES OASIS DU SUD

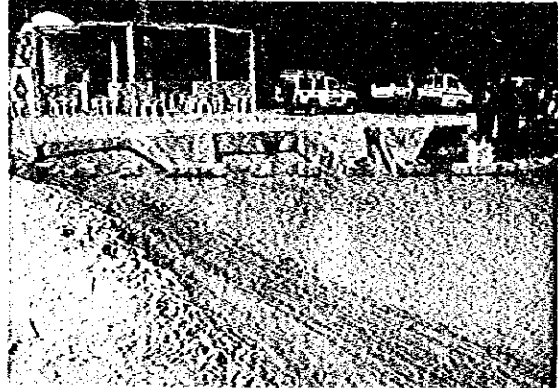


--- : Boundary of Study Area
▨ : Oasis Area

水源施設 (伝統的 : Tozeur県)

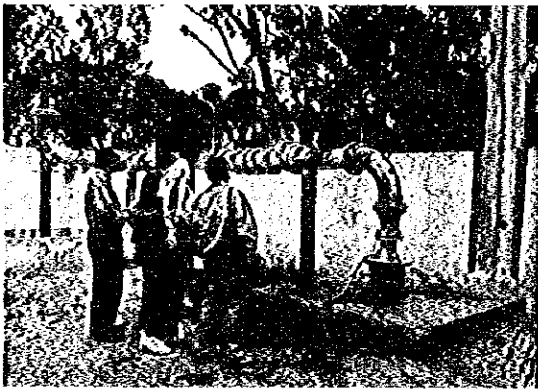


旧オアシスへの注入状況

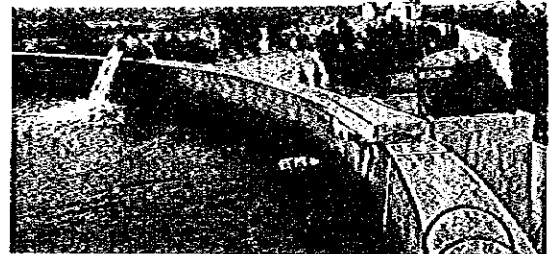


分水工

水源施設 (近代的 : Gafsa県)

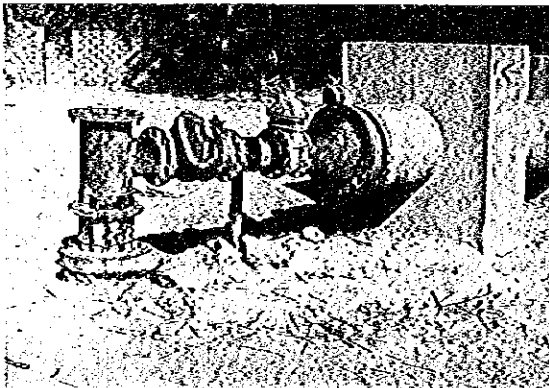


井戸及びポンプ ($\phi=700\text{mm}$) 施設

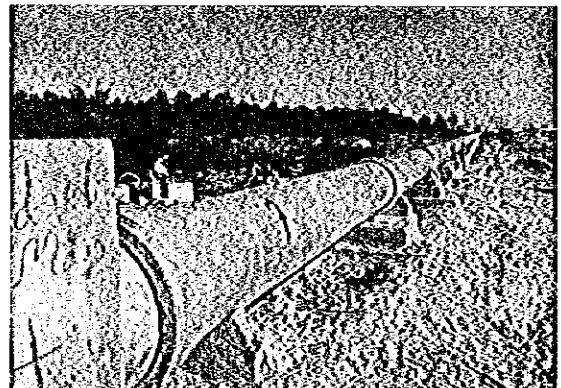


吐出水槽 ($V=2,000\text{m}^3$)

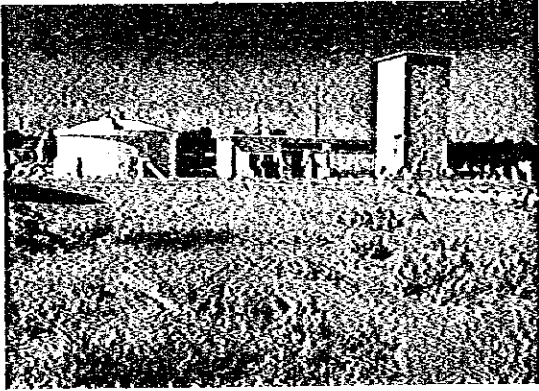
幹線水路



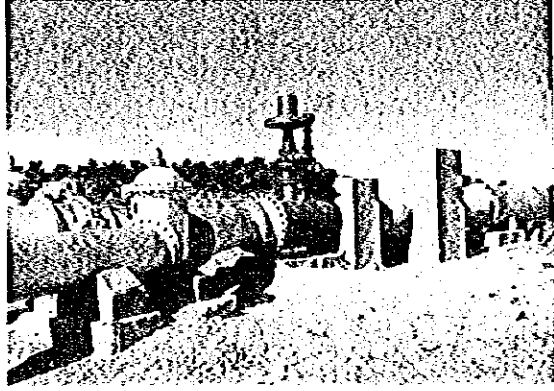
自噴井戸



導水路 ($\phi=600\text{mm}$)



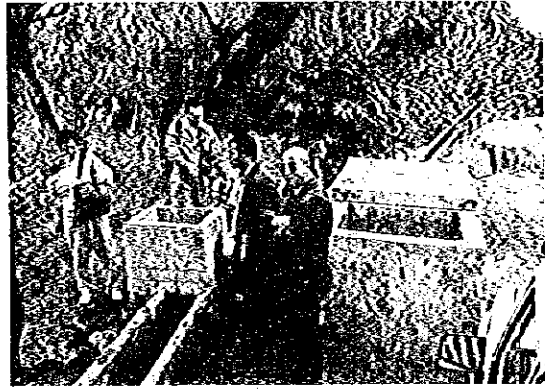
ポンプステーションと吐出水槽



エア-抜き



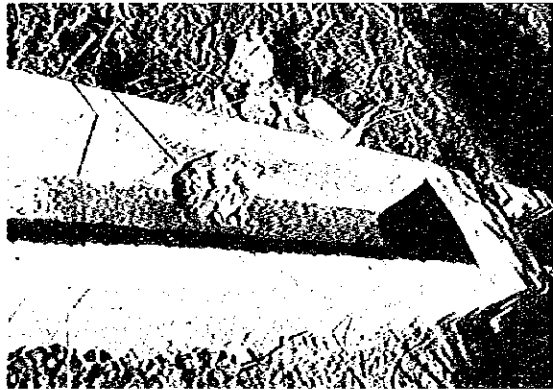
幹線水路



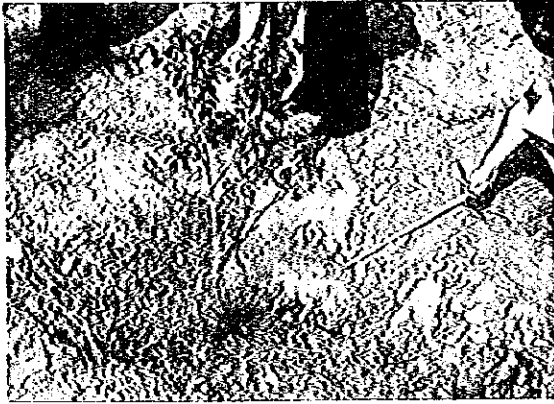
幹線水路（管水路）から
支線水路 第1次支線水路（開水路）への分水工



第1次支線水路（開水路）から



第2次支線水路（既成ブロックによる水路）

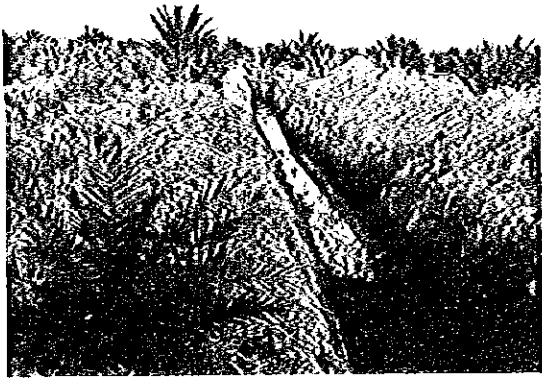


第2次支線水路（土水路）

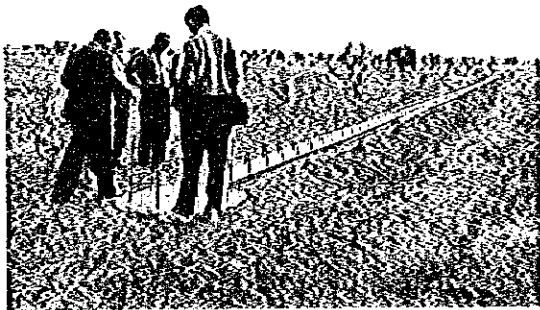


第2次支線水路（土水路）灌溉状況

排水路



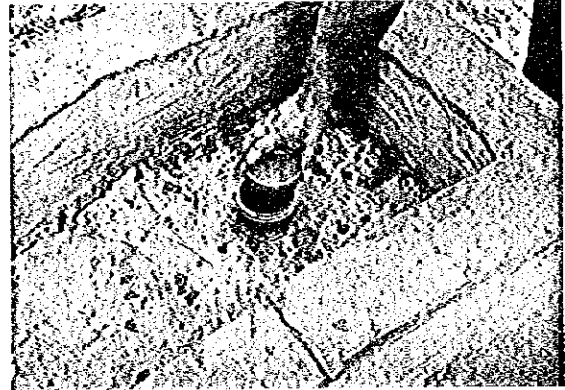
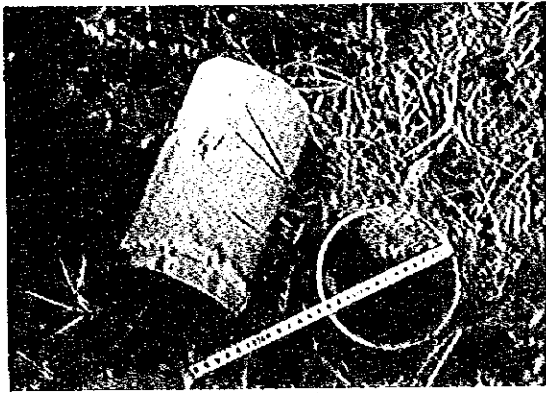
節水灌漑技術



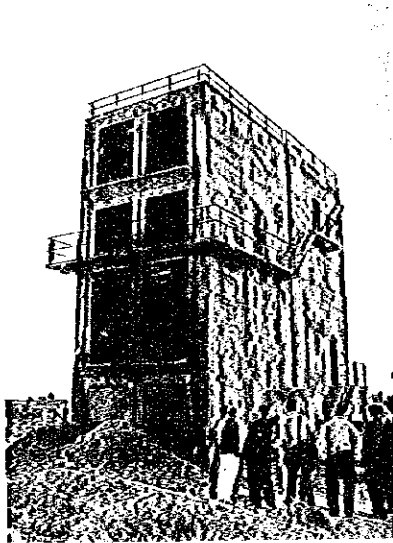
第2次支線水路（施工中）



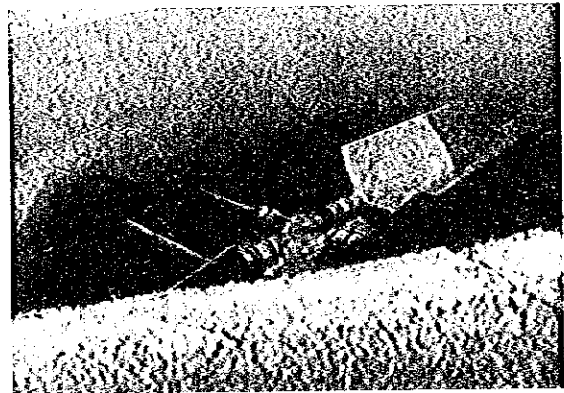
第2次支線水路（パイプライン）



第2次支線水路（パイプライン用取水栓）
熱水冷却施設（タワー式）



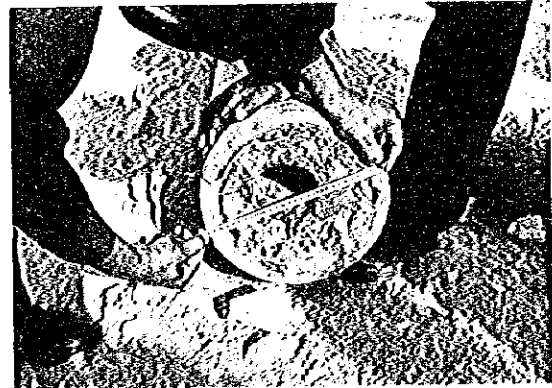
全景



排気用ファン

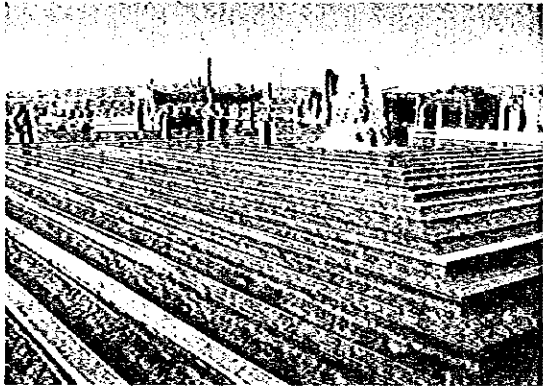


配管（井戸→冷却施設）



スケール（導水路）

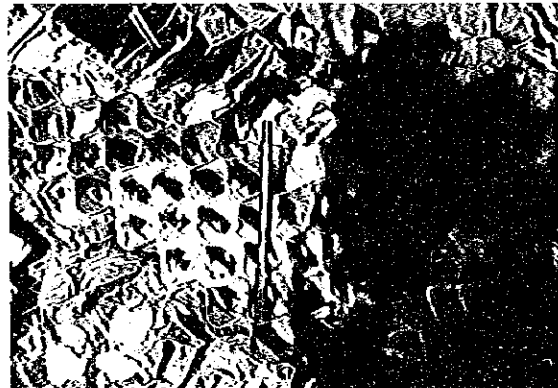
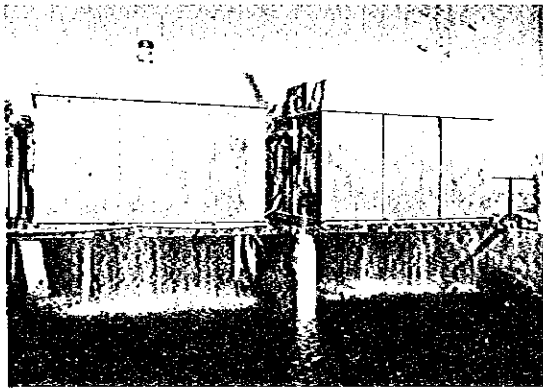
熱水冷却施設（循環式）



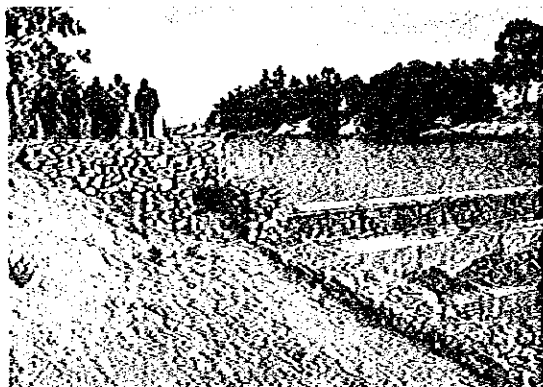
熱水冷却施設（溜め池式）



熱水冷却施設（貯留槽式）



現地聞き取り調査状況

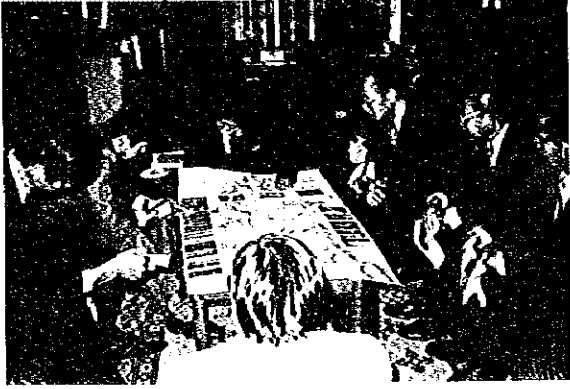


Gafsa県

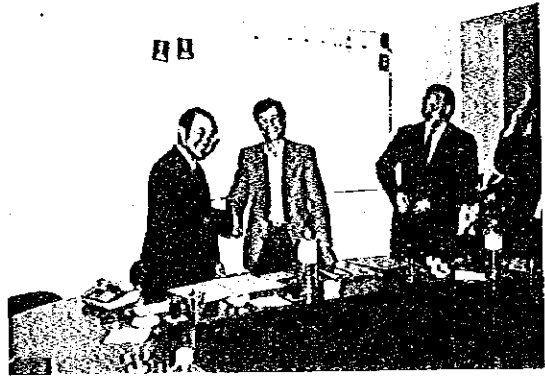
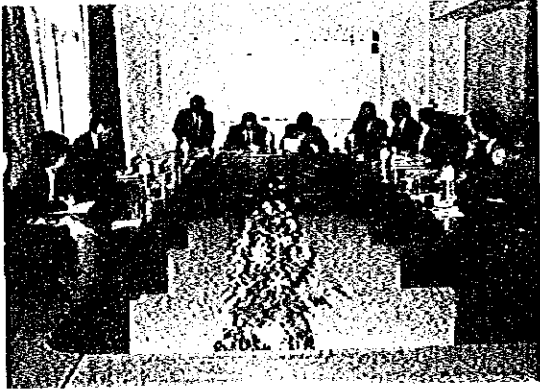


Kebili県

大使館表敬



S/W署名



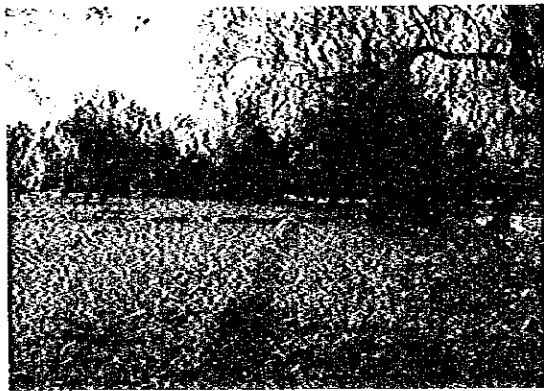
オアシス農業の現状



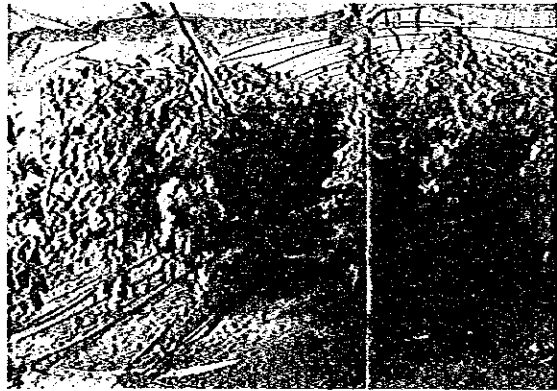
階層式農業（ナツメヤシ）



ナツメヤシの収穫作業



階層式農業（オリーブ）



ビニールハウス（キュウリ栽培）



水盤灌漑



圃場内の灌漑状況

目 次

序 文

調査対象地域図

写 真

第1章 事前調査の概要	1
1-1 調査の背景と目的	1
1-2 調査団の構成	2
1-3 調査日程	3
1-4 面会者リスト	3
第2章 調査対象地域の現況	7
2-1 社会経済	7
2-2 自然条件	8
2-3 農業	8
2-4 水質	9
2-5 灌漑・排水	10
2-6 節水灌漑技術の現状	14
2-7 水管理システム	18
2-8 熱水冷却施設	18
第3章 実施細則(S/W)協議の内容	23
3-1 協議の概要	23
3-2 主な協議事項	24
第4章 本格調査実施上の考え方と留意事項	29
4-1 南部オアシス灌漑地域整備計画調査の意義	29
4-2 南部オアシス灌漑地域の問題点と改善方向	30
4-2-1 灌漑・排水路網	31
4-2-2 水管理システム	32
4-2-3 熱水冷却施設	33
4-2-4 節水灌漑技術	33

4-3	環境	34
4-4	南部オアシス灌漑地域整備計画調査の手順の検討	36
4-4-1	項目毎の作業内容の検討	36
4-4-2	南部オアシス灌漑地域整備計画調査の手順(案)	42
4-4-3	調査実施体制の提案	45
4-5	開発調査実施上の留意事項	45
	付属資料	51
1.	要請書(T/R)	53
2.	実施細則(S/W)	69
3.	協議議事録(M/M)	87
4.	農業土木総局長からのサイドレター	95
5.	事前調査(予備)協議議事録(M/M)	99
6.	農業土木総局長からのS/W(案)に対するコメント	113
7.	収集資料リスト	117

第1章 事前調査（予備）の概要

1-1 調査の背景と目的

チュニジア国の産業は、繊維（皮革等）、食品加工を2本柱とする製造業、観光業及び農業が中心であり、各産業がバランス良く発展している。しかし、製造業は首都テュニスのある北部地域に集中的に立地しており、南部地域は農業が主要な産業であり、南部地域における地域経済は農業なくしては存続し得ない状況にある。

チュニジア国における農業はGNPの16%、就労人口の26%を占め、産業として重要な位置を占めている。また、チュニジア国の農業を地域的に見ると、北部地域は年間降水量が400mm以上と比較的恵まれていることから、オリーブ等果実、麦類の生産が行われている。一方、調査対象地域である南部地域は100~200mmと少ないことからステップ地帯となっており、オアシスではナツメヤシ、野菜、飼料作物等の栽培が行われている。この南部地域の気象条件のもとでの営農には、灌漑は不可欠である。このため、南部地域における灌漑施設の整備は極めて重要な課題である。

調査対象地域である南部地域においては、殆ど地下水が用水源であり、オアシスが一つの灌漑ブロックとなっている。灌漑施設は、導水路、幹線水路、第1次支線水路及び第2次支線水路より構成されており、第1次支線水路までの基幹的水利施設は、諸外国の援助を受けて整備が完了している。

しかしながら、第2次支線水路の大部分は土水路であることから、灌漑用水の漏水が多く灌漑効率が悪い状況にある。このため、第2次支線水路の整備、節水灌漑の導入、農民に対する啓蒙普及を進めてきたが、第2次支線水路の整備は農民に委ねられており、その整備が遅々として進んでいない状況にある。また、灌漑用水確保のため、地下水の過剰揚水が行われ、各井戸の地下水位が年々低下する現象にある。オアシスは、極めて緩慢な循環システムの中で涵養、流動及び湧出の微妙なバランスを保ちながら存続してきた背景があるが、過剰揚水はこれを崩す危険がある。現状のままでは、灌漑効率が悪いため、農民は必要以上の灌漑を行い、これが土壌中の塩分集積を加速させ、営農上大きな課題となっている。このため、土壌への塩分集積を防ぐため、地下水位の上昇防止等を目的とした配水路網を併せて考えなければならない。限りある水資源である地下水の有効利用を図る上で節水灌漑を本地域で定着させるための節水灌漑技術の検討も重要な課題となっている。さらに、第3層地下水は33~72℃の熱水であり、熱水冷却技術とスケールの問題についても併せて対処しなければならない課題である。

このため、有限である地下水の有効利用を図ることにより、地下水の保全、土壌内への塩分集積対策を図る観点から、チュニジア国にとって、第2次支線水路の改築を中心としたオ

アシスの灌漑排水網、節水灌漑技術、熱水冷却技術、水管理システムの確立は緊急の課題となっている。

このような状況に鑑み、チュニジア国政府は、1993年11月我が国に対し、オアシスの節水を目的とした灌漑施設整備計画策定に係る技術協力を要請してきた。

1994年4月事前調査団（予備）を派遣し、本件調査の内容について協議した結果、本案件を以下の内容とする灌漑施設整備にかかるF/S調査とすることでチュニジア国政府と合意に達し内容をM/Mに記し署名した。

(1) 調査対象地域はGAFSA, TOZEUR, KEBILI及びGABESの4県に位置する151オアシス、約23,000haとする。

(2) F/Sの作業範囲

① オアシス農業の現状と評価。

i) オアシスでの灌漑農業の現状、灌漑用水の需給、地下水の取水実態及び灌漑施設の整備状況等オアシス農業の現状等の把握及び評価。

ii) 現在、チュニジア国が実施中の灌漑用水節約技術に関する技術的、経済的評価。

iii) 圃場レベルにおける水管理及びAICが管理している農業水利施設の水管理システムの技術的、経済的評価。

iv) 灌漑用水源の熱水冷却に関する技術的、経済的評価。

② 整備計画の検討。

i) 灌漑水路網の機能改良案の提案（漏水防止、用水配分、灌漑効率、維持管理）及び水管理システムの改良案の提案。

ii) 農民に対する水管理に関する普及及びAICに対する水管理技術の提案。

iii) 高温地下水の冷却手法の改良案。

③ 検討された整備計画は、技術的可能性、経済性及び社会経済的妥当性につき評価する。

今回は事前調査団（予備）において確認した事項に基づき、実施調査の内容等について説明・協議するために事前調査(S/W協議)を実施した。

1-2 調査団の構成

総括	茨木 教晶	農林水産省 中国四国農政局 建設部次長
調査企画	小賀 正樹	国際協力事業団 農林水産開発調査部 農業開発調査課
灌漑排水/地下水	米山 元紹	農林水産省 構造改善局 建設部設計課 課長補佐
通訳	安土 和夫	(財)日本国際協力センター研修監理員

1-3 調査日程

日程	月日	曜日	調査日程	調査内容
1	10/16	日	移動(パリ)	東京12:25-JL405→16:45パリ
2	17	月	移動(チュニス)	パリ14:30-AF8854→16:50チュニス
3	18	火	関係機関 表敬及び挨拶	JICA事務所挨拶、大使館表敬、農業省 農業土木総局打合せ
4	19	水	S/W, M/M協議、 現地調査 (ガフサ)	S/W, M/M協議、質問事項確認及び移動
5	20	木	現地調査 (トゥズール)	現地調査(ガフサ県、トゥズール県)、ガフサ県知事表敬
6	21	金	現地調査 (ドゥーズ)	現地調査(ケビリ県)、ケビリ県知事表敬
7	22	土	現地調査 (スース)	現地調査(ガベス県)
8	23	日	団内打ち合せ (チュニス)	移動、団内打ち合せ、資料作成
9	24	月	S/W, M/M協議	S/W, M/M協議
10	25	火	S/W, M/M 協議、署名 報告等	S/W, M/M署名及び質問に係る回答の聞き取り
11	26	水	移動(パリ)	大使館・JICA事務所報告 チュニス15:40-SR239→ 19:30チャーリッヒ
12	27	木	移動	チャーリッヒ16:25-JL412→
13	28	金		JL412→14:35成田

1-4 面会者リスト

(1) 農業省 ; Ministere de l'Agriculture

M. HAMDANE Abdelkader	Director General du Genie Rural
M. MALLEK Abdallah	Director General du Financement et des Encouragements
Mme. BOUTITI Raqya	Directeur, -do.-
Mme. GHARBI Najet	Chef Service, -do.-
M. LASSOUED Mohamed	Cooperation Internationale
M. BENJOUIDJI Jamila	-do.-
M. MARUUKI Rafea	Sous-Directeur de Suivi-Evaluation des project- DG/FE

- | | | |
|-----|--|--|
| | M. MAMOU Ahmed | Directeur des Eaux Souterraines |
| | M. BENHASSINE Mohamed | Engineer of DGGR |
| (2) | 外務省 ; Ministère des Affaires Etrangères | |
| | M. GOUIA Faycal | Directeur-Adjoint d'Asie |
| (3) | 国際協力・海外投資省 ; Ministère de la Coopération Internationale et de l'Investissement Extérieur | |
| | M. TRIFA Lotifi | Sous-Directeur de Coopération bilatérale |
| (4) | 農業省 地方農業開発部 ; CRDA, Commissariat Régionaux au Développement Agricole | |
| | M. ZNAZEN Salah | CRDA-Gafsa |
| | M. HABOULA Abdelhafidh | -do. |
| | M. MEKKI Hamza | CRDA-Tozeur |
| | M. BRAHIN Abidi | -do. |
| | M. MOHAMED Kliba | -do. |
| | M. RIDHA Abdallah | CRDA-Kebili |
| | M. ABDELAZIZ Bouallegue | do. |
| | M. Abdenalew B. Saïd | -do. |
| | M. LAMINE BEN Toumia | CRDA-Gabes |
| | M. ABDELLAH Omrani | -do. |
| | M. ADEL Saïad | -do. |
| | M. HAJALI Abdellatij | -do. |
| | M. LAZHAIR | -do. |
| (5) | Gafsa - 県 | |
| | M. Mahmoud Lajnef | Gouverneur |
| (6) | Kebili - 県 | |
| | M. Abkellaziz Bouallegue | Gouverneur |
| (7) | A. I. C, Associations d'Interet Collectif | |
| | M. ZOBEIR Griur | President-Lala |
| | M. ABDALLARI Arbi | President-Zaouer EL ANES |
| (8) | COOP'S-Kebili | |
| | M. MAHMOUD Ben Yahia | President |
| (9) | 日本国大使館 | |
| | 原島秀毅 | 大使 |

伊藤賢穂

三等書記官

高島佳之

三等書記官 (技術協力担当)

(10) 国際協力事業団チュニジア事務所

朝日紀樹

所長

岩本園子

職員

第2章 調査対象地域の現況

2-1 社会経済

チュニジア国の人口は1984年の国勢調査では6,966千人であったが、1992年の人口は約8,400千人と推定されている。今年（1994年）には国勢調査の実施が予定されている。人口の分布状況は北高南低で、首都テュニスでは2,800人/km²と非常に高い。また北部の人口密度は300~400人/km²と高く、南部のそれは3~35人/km²程度となっている。

調査対象地域（ガフサ、トゥズール、ケビリ及びガベスの南部4県）の人口は1989年の資料によれば約726千人で全国の総人口の9%を占めていることからみると、1992年では約75万人と推定される。人口増加率は1982~1991年の全国平均は2.2%である。

チュニジア国は地中海の交通の要衝に位置しているため、古くから発達し、多くの王朝の栄枯盛衰があり、また、人種の移動もあった。現在の人種構成は南部に有史以前からの先住民族であるベルベル系移民が残っているものの、1%とわずかであり、アラブ人が98%を占め、残りはヨーロッパ系の人種である。イスラム教が国教となっており国民の98%はイスラム教徒でアラビア語を使用している。

チュニジア国は天然資源としては世界的に有名な燐鉱石を産出するほか、石油、鉄鉱石、鉛、亜鉛なども産出するが、燐鉱石以外は資源に恵まれたというほどのことはなく、また、それに伴う産業も発達していない。産業の主体は繊維（皮革等）、食品加工を2本柱とする製造業、観光及び農業である。

調査対象地域の4県の中ではガフサ県で、燐鉱石を産出してはいるものの、オアシス地帯全域での基幹産業は農業である。

表2-1 社会経済指標

	1973	1980	1988	1989	1990
GDP比 (%)					
ネット間接税	13.6	13.5	21.7	11.4	11.6
農業	19.7	14.1	11.8	12.3	14.5
鉱工業	21.3	31.1	28.3	29.0	28.2
製造業	9.3	11.8	14.0	14.5	14.9
サービス	45.3	41.3	47.2	47.3	45.7
輸出	26.1	40.2	42.2	44.6	42.6
輸入	28.5	45.6	41.8	48.7	49.3
債務額 (百万米ドル)					
長期債務		3,391	6,117	6,214	6,903
公的債務		1,961	4,244	4,533	5,339
民間債務		1,249	1,638	1,456	1,376
民間無担保債		180	235	225	188
社会指標					
一人当りGNP (90年)	: US \$ 1,488				
人口 (89年)	: 790万人				
人口増加率	: 2.6 (1973-80)		2.4 (1980-90)		

資料：国際協力協会 テュニジアの経済社会の現状（世界銀行）

2-2 自然条件

チュニジア国の国土面積は163,000km²で、南部地方（ガフサ、トゥズール、ケビリ、ガベス、メデゥニン及びタクウィンの6県）は、その約60%を占めている。南部6県のうち、本案件の調査対象地域4県（ガフサ、トゥズール、ケビリ及びガベス）の面積は44,000km²である。本地域は、サハラ砂漠の北部に位置し、広大な砂漠とジェリド塩湖等が大部分を占めており、人間が生活できる面積は、オアシスに限られると言っても過言ではない地域である。

大小様々な規模を有するオアシスで、社会経済活動が営まれているが、それらが存在できる唯一の条件は地下水の存在である。従って、地下水の利用できる地域がオアシスであり、砂漠の中にこれらオアシスが海の中に浮かぶ島のように点在している。

チュニジア国は、地中海に面した国であり、北部は地中海性気候帯、南部が砂漠気候帯に属し、その中間がステップ気候帯となっている。北部では年間400mm以上の降水量があり、南部の砂漠地帯では50mm以下で、ステップ地帯は100~200mmとなっている。

今回の調査対象地域4県の年降水量の平均でみると（1979~1989年間）ガフサ174mm、トゥズール87mm、ケビリ73mm、ガベス213mmとなっている。

このような自然条件下にあるため、北部地域ではダム建設等により表流水の開発利用が進められているが、南部地域はこのような方法での水資源開発ができないため、水源を地下水に求めざるを得ない状況にある。

2-3 農業

チュニジア農業は、北部は降雨に比較的恵まれていることもあり、オリーブ等の果樹が栽培されている。特に北西部は700mm以上と適度な降雨があることから、麦類を中心とした穀類の生産も盛んである。また中央部は降雨量が200mm前後の草原地帯であり、牛や羊が多く飼われている。

調査対象地域である南部地域は、階層式農法と呼ばれるオアシス農業が営まれている。本地域は、降雨量が少ないことから、オアシス農業の立地には灌漑が不可欠である。オアシスにおける主な作物はナツメヤシであり、その林床には、野菜、飼料作物等が作付され、また、ナツメヤシ林床の間を利用したイチジク、ザクロ等の中低木の果樹栽培が行われる階層式オアシス農業が行われている。また、熱水である地下水の温度を利用したビニールハウス栽培も行われている。主に端境期に、観光地であるジェルバ島及び地域内市場を対象としたキュウリ等の野菜が栽培されている。

チュニジア国の農業人口は1980年でみると全労働人口の35%、1990年では25%とそのシェアは低下しているものの農業は同国にとって重要な基幹産業である。特に、南部地域についてみると、ガフサ県で焼鉛石関連の採掘産業とある程度のサービス産業が発達しているもの

の、トゥズール、ケビリ県では就労人口の60%を農業が占め、工業は殆ど展開していない状況にある。このようなことから、南部地域は農業及びその関連産業なくして存在し得ないと言っても過言ではない地域であると言える。

チュニジア国全体でみると農家の経営規模は比較的大きく、2 ha以上の農家が80%を占める。しかし、調査対象地域におけるオアシス農家の経営規模は0.3~0.5haと小さいことから、階層式農法を行い土地利用を効果的に行うことにより所得増大を図ることが重要となる。また、オアシスにおける灌漑方法は水盤灌漑であることから、限られた水資源である地下水の有効利用が当面する極めて重要な課題となっている。

2-4 水質

南部地域の用水源は一部（ガフサ県La Laja堰による表流水利用）を除いて全て地下水である。地下水は、浅層地下水層 (La Nappe Phreatique)、中層地下水層 (La Nappe du Complex Terminal)、深層地下水層 (La Nappe du Continental Intercalaire)の三つの帯水層に依存している。(表2-2)

表2-2 各帯水層の特徴

帯水層	深さ及び分布	地質	塩分濃度	温度	自噴圧力※	井戸能力※
浅層地下水層 La Nappe phreatique	50m以浅	第四系 砂、礫	1.0g/l	20℃	-	-
中層地下水層 La Nappe du Complex Terminal	100~300m 350,000ka	第三紀 ~白亜紀 砂岩	0.5~3.5 g/l	20~28℃	1~2kg/cm ²	10~600 ℓ/s
深層地下水層 La Nappe du Continental Intercalaire	1,000m以深 600,000ka	白亜紀 砂岩、石灰 岩	0.2~5.0 g/l	33~72℃	24~27kg/cm ²	100~400 ℓ/s

※ UNESCO REPORTより抜粋

これらの地下水を灌漑用水として使用する上で、農作物への影響を与えない程度の水質であることが必要である。南部地域の現状から、水質についてみればいくつかの課題がある。

(1) 水温

深層地下水の利用割合が近年高まっているが、水温が33~72℃と高温であり、このまま、灌漑用水として用いることはできない。この熱水のエネルギー及び灌漑用水として利用したビニールハウス栽培が一部行われているもののわずかであり（南部4県で40ha程度）、殆どは強制的に冷却しなければならない。このため種々の冷却施設が建設されている。

(2) スケール（湯アカ）

深層地下水には多くの種類の物質が含まれており、地表に到達した後、冷却過程におい

スケールが冷却施設、送水施設のパイプ等に蓄積し、通水断面の縮小等により灌漑用水の送水に支障を来している。また、冷却施設内に蓄積したスケールの除去、送水パイプの交換等の補修・修繕も必要となり、維持管理費の増大につながっている。含有物質の種類、量については、全ての井戸について、井戸掘削時に分析されている。(入手資料リスト参照) なお、供用開始後においては塩分濃度は年2回、全ての井戸について分析されているが、他の項目の分析はなされていない。

(3) 塩分濃度

南部地域の灌漑水源である地下水の塩分濃度は高い。特に深層地下水層では一般値として0.2~5.0g/ℓとされており、また、各井戸の年々の実測データもこれに近い値が計測されている。作物栽培との関連では、表2-3に示す通りである。

表2-3 灌漑水の塩分濃度と栽培上の注意事項

塩分濃度 (TDS mg/ℓ)	電気伝導率 (ECmmhos/cm)	注 意 事 項
<500	<0.75	作物に有害な影響を及ぼさない。
500~1000	0.75~1.50	塩分に弱い作物には、有害な影響を及ぼす。
1000~2000	1.50~3.00	多くの作物に悪い影響を及ぼす。注意深い管理が必要である。
2000~5000	3.00~7.50	透水性のよい土壌のもとで、注意深く管理を行えば、耐塩性の作物は栽培可能である。

資料：農林水産省 農業工学研究所 北村レポート

高濃度の塩分を含む地下水を灌漑することにより、圃場レベルにおける問題として、土壌中への塩分の集積がある。(事前調査(予備)報告書参照) このため、農民は塩分の洗浄を図るため除塩用水を過剰に灌漑することとなるが、これが節水にとってマイナス要因となっている。従って、排水路の整備により、地下水位の上昇を防ぎ、土壌中への塩分集積を防ぐとともに、灌漑用水の節約を図ろうとする試みがなされている。

2-5 灌漑・排水

チュニジア国は灌漑面積拡大のため第8次開発計画(1992~1996)、各地域毎の水資源マスタープランに基づき、農業水利施設の整備を計画的に進めてきている。ダム建設、井戸の掘削、ポンプ場等の建設を進め、1972年に120千ha(整備率3%)であったものが、1992年には328千ha(整備率8%)となり、国全体としては、灌漑面積は拡大してきた。以下に、南部地域の灌漑の現状について述べる。

(1) 水源

チュニジア国南部地域オアシスの水源は既に述べた通り地下水である。これら地下水を

井戸によって取水する方法がとられている。この水源施設の整備状況についてみると、近代的オアシスでは、井戸、ポンプ、調整池がパイプラインによって結ばれている。各ポンプの運転は調整池からの配水量をA.I.C.の要望を受け決定した。ポンプの運転台数、運転時間を決定する方法で管理されている。(図2-1参照)

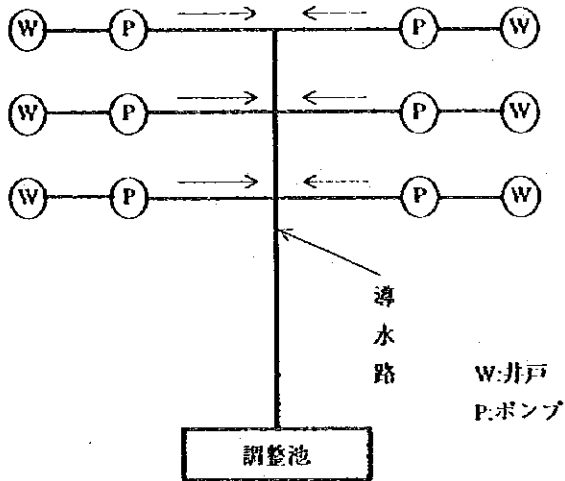


図2-1 近代的オアシスの水源施設

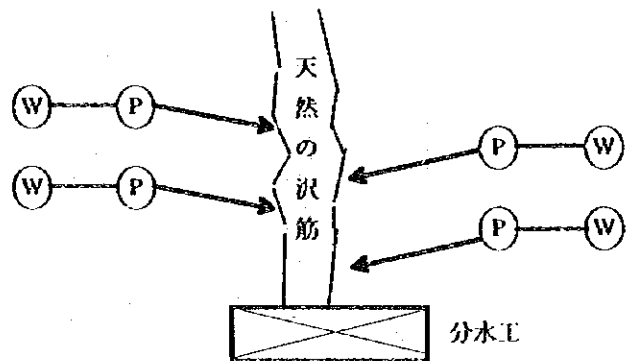


図2-2 伝統的オアシス

また、伝統的オアシスでは、オアシス内に古来より存在する天然の沢筋に、各井戸から注水し、灌漑水路網に接続する方法がとられている。この場合明らかなように、圃場レベルにおける必要水量と供給量の調整を図ることが難しく、また、導水路からの漏水等によるロスが大きい。(図2-2参照)

深層地下水層利用オアシスの水源施設は、井戸と熱水冷却施設より構成される。井戸は自噴井であるが、熱水冷却施設より発生するスケールの処理が必要である。(図2-3参照)

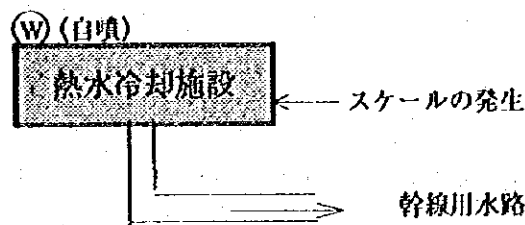


図2-3 深層地下水利用オアシスの水源施設

(2) 幹線水路、第1次支線用水路

水源施設より用水は幹線水路、第1次支線用水路を経て、第2次支線水路に接する圃場内へ導水される。水路構造は大部分がRCの開水路であるが部分的に管水路構造となっている。(図2-4参照)

なお、調査対象地域である南部地域のオアシスの水源施設、幹線水路、第1次支線用水路は1980年以降、世界銀行、アブダビ資金、サウジアラビア資金やドイツの援助を受け整備を行い、ほぼ完了している。

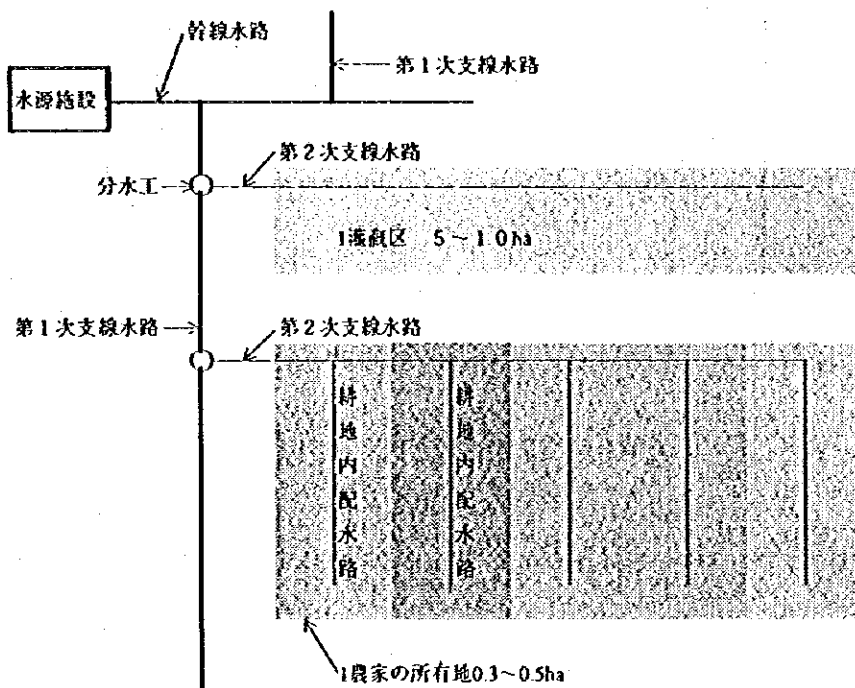


図2-4 オアシス灌漑システム

(3) 第2次支線水路

第1次支線水路より分水工を通して、第2次支線水路へ分水される。第2次支線水路は各圃場へ直接に隣接し、1枚の圃場毎に灌漑日と灌漑時間が定められており、これに従って、各農家は第2次支線水路より圃場へ用水を引水する。(図2-4参照)

この第2次支線水路は土水路構造であるものが多いことから、漏水が大きく、この対策が用水の節約のためには重要な課題となっている。第2次支線水路の整備は、原則として農民自身が整備することとなっており、このためチュニジア国政府は、25%の補助金を支出し、第2次支線水路の整備の支援を行っているが、農民の節水に対する意識の問題等もあり、改善の進行が遅れている。

(4) 排水

南部地域の降雨量は既に述べた通り、年間100～200mmと少なく、また、月降水量データを見ても月最大（平均）40mm前後である。このことから、排水の問題は、モンスーン地帯のような直接降雨の排水対策というよりは、

- ① 土壌への塩分集積を防ぐための地下水位上昇を防止するための地下水位低下対策
- ② 土壌洗浄用水の効率的排除
- ③ オアシス下流地域における灌漑残水の排除
- ④ 降雨時の余剰地表水の排除

を目的として現場では実施されており、この排水の問題は、オアシスの灌漑用水の節約と密接不可分であり、一体的に検討、実施されるべき性格のものであると考えられる。

図2-5は、塩分集積が進行した圃場において、排水路が施工されていた事例の概念図であり、地下水位の上昇を防ぐとともに、農民が洗浄のために水盤に引水した洗浄用水をすみやかに排除するとともに降雨排水も考えたものである。

また、図2-6は、どちらかといえばオアシスの低位部（下流側）で見られた事例であり、各圃場から集まった灌漑用水の残水の対策の問題である。

基本的には、地下水位と塩分集積の問題であるが、この事例は、この残水の再利用と排水路の水位の設定が課題となっており、オアシス全体の用水路、排水路の配置を、灌漑用水の節約、土壌の塩分集積対策のための地下水位低下及び残水の再利用といった問題を含めて一体的に検討しなければならない課題である。

なお、オアシス下流部の排水路を流下する水の塩分濃度は灌漑用水（井戸の出口）より高くなっているとの説明がC.R.D.A.担当官よりあったが、どの程度なのかは不明であるため、再利用計画の検討に当たっては、排水路の塩分濃度の調査が必要と思われる。

なお、用水源については井戸掘削後、各井戸毎に年2回塩分濃度の調査を継続して実施していることは既に述べた通りである。

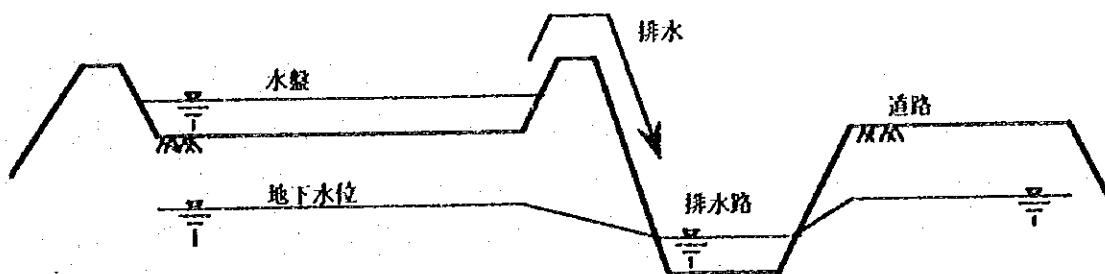


図2-5 塩分集積圃場と排水路

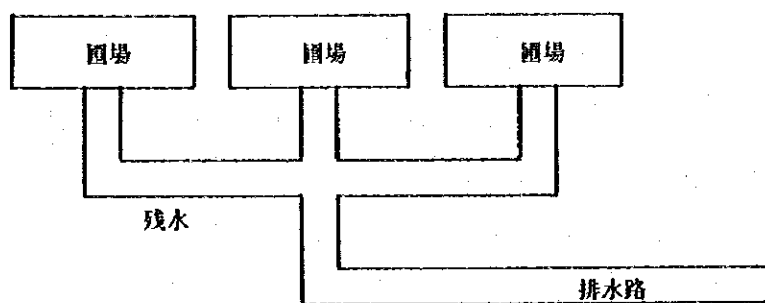


図2-6 オアシス下流部での排水対策

2-6 節水灌漑技術の現状

節水灌漑の概念としては、降雨を最大限利用して灌漑用水量を節約する少量灌漑や作物の根元のみ部分的に灌漑するなどの標準的な水量より少ない水量で灌漑する方法などがある。

南部地域オアシスは、ナツメヤシ、果樹、野菜等の階層式農法であり、また、灌漑方法としては、水盤灌漑である。ナツメヤシは、約20mの地下茎を有し、数千年の灌漑の歴史及び実績があり、このナツメヤシの必要水量は経験的に各オアシス毎に知られている。これは、灌漑水量と時間及び灌漑のローテーションとして、各オアシスの用水管理のルールとなっている。(事前調査(予備)報告書を参照)

この地域の灌漑用水の絶対量を節約を検討する場合、このナツメヤシ(果樹、野菜類を含む)の必要水量を土壌、収量等との関係において明らかにし、現行の灌漑方法、灌漑水量(流量と時間)との実績値の対比において改善の方向付けを行うことが必要となると考えられる。しかしながら、上述の通り、約20mの根群域及びナツメヤシの栽培技術等営農上の問題もあり、この課題については、短期間に結論がでるものではない。この、圃場レベルにおける必要水量に関する課題については、I. R. A (Institut des Regions Arides 乾燥地帯研究所 Medenine市)、G. I. D (Groupement Interprofessionnel de dattes)において研究しているとのことであった。

なお、節水灌漑に関する技術的、経済的評価については、作物栽培技術と関連した節水については含まないこととして、この問題の議論の中で確認されている。従って、節水灌漑(water saving irrigation technique)の検討は、各圃場までいかにロスを少なくして、圃場(水盤)へ引水するかという問題を扱うことになる。圃場における必要水量は、用水量、時間、ローテーションの実績値をベースとして考えることとなる。以下に、現場において実施されている節水灌漑技術の事例について述べる。(図2-7及び事前調査(予備)報告書参照)

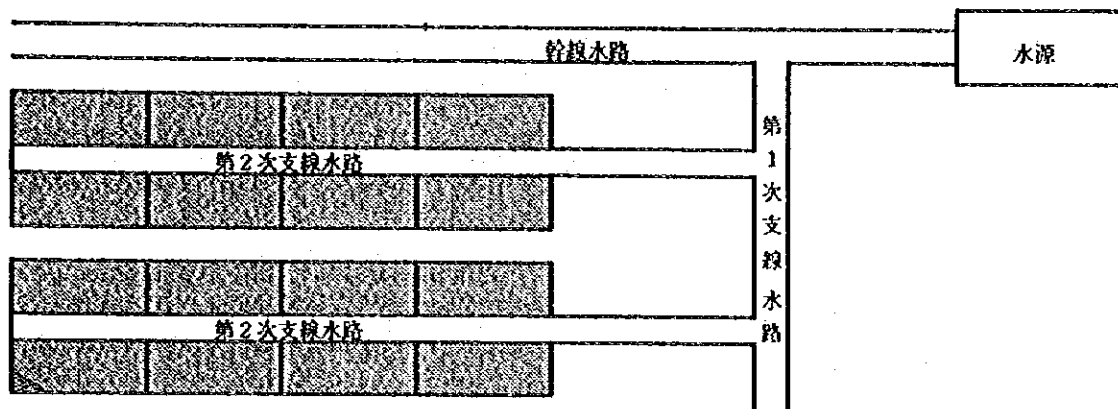


図2-7 節水灌漑検討範囲の概念図

(1) 第2次支線水路のコンクリート水路化

第2次支線水路は土水路構造が多く、第1次支線水路の分水工からの延長は200~300mに達する。このため第2次支線水路自体からの無効放流、漏水（浸透）、取水管理等のロスを防ぐためにコンクリート水路に整備する。この方法は、南部地域で広く採用されているが、水路構造、第1次支線よりの分水工、各圃場への取り入れ口、第2次支線水路末端からの無効放流等いくつかの課題がある。

また、伝統的オアシスでは、第2次支線水路が迷路のように張りめぐらされていることから、コンクリート水路化に当たって、圃場の整備と一体的に考えなければならない事例も少なくない。このケースについて、現地のC.R.D.A.より、対応事例がないこと、農民及び土地所有者の調整が必要なこと等の説明があったが、第2次支線水路の整備が全体として進まない原因の一つもこのあたりにある可能性もある。なお、これらは各オアシスの灌漑施設の技術的、経済的評価及び改善の中で取り扱わなければならない課題といえる。

(2) 塩ビ管によるパイプライン化

第1次支線水路より圧力を引き継ぎ、コンクリート管を分水工装置として用い、各圃場内に塩ビ管を用いた簡単な管網配管を行い、連通管の原理を応用した第2次支線水路の整備を行っている事例である。(図2-8参照)

図2-9、図2-10のように第2次支線水路よりの分水工キャップをはずすと、第2次支線水路（塩ビ管）へ用水が流れ、各圃場内へ立ち上げてある塩ビ管のキャップをはずせば、圃場内へ用水が流入する仕組みである。

操作バルブは塩ビ管を組み合わせた簡単なものであり、キャップ用の塩ビ管は、内側にコンクリートを詰め、水圧以上の重さとしたものである。農民にも原理が容易に理解できるようであり、また、補修といっても、別の塩ビ管に生コンクリートを詰めるだけである

ことから、維持補修も簡単である。なお、この事例は、ドゥーズオアシス（ケドリ県）の事例であり、農民全体であるA.I.C.が指導し、実施したものである。

C.R.D.A.担当者よりは、この事例のように、農民が十分理解でき、操作、管理が容易な構造のうち、節水にとって最も望ましい手法は何かについて検討を十分お願いしたいとの意見があった。

(3) 圃場内小水路付帯型簡易パイプライン化

(2)の塩ビ管によるパイプライン化までは基本的に同じであるが、取水栓と圃場内に小水路を設置した事例である。

図2-11の様に、第2次支線水路を塩ビ管によりパイプライン化し、さらに圃場内にナツメヤシの周囲を囲むような圃場内小用水路をつくり、その中に用水を入れることを考えたものである。この事例は、ナツメヤシが比較的若いものであることから、水盤全体に用水をかけることが必要でないと考えたものかどうかは不明である。

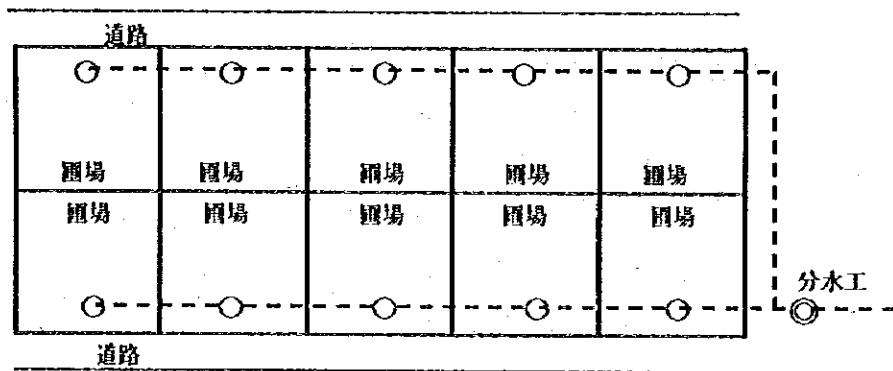


図2-8 簡易なパイプライン化 (平面)

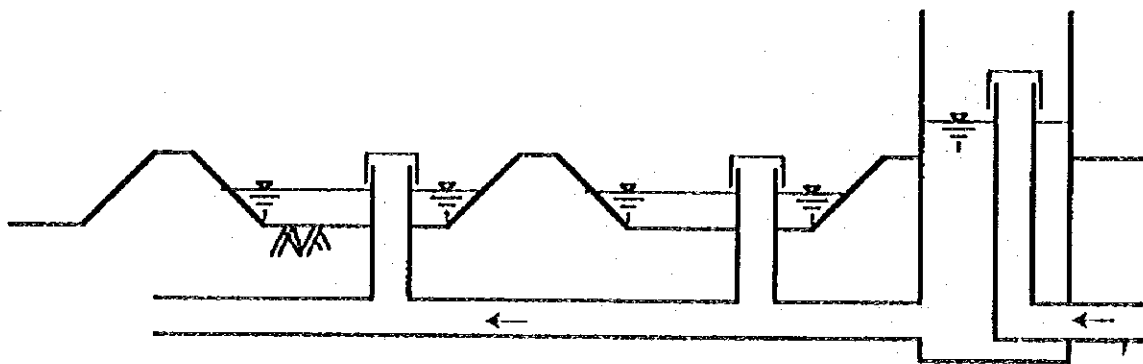


図2-9 断面図

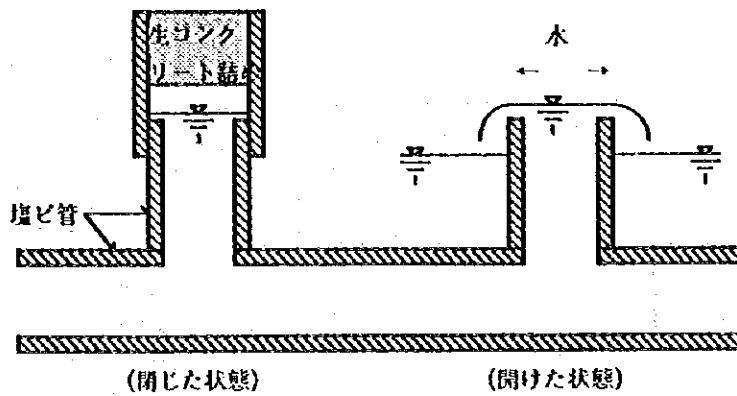


図2-10 取水バルブ概念図

(4) ビニールハウス内の多孔管灌漑

南部オアシスにおけるナツメヤシを主とする階層式農法とは異なるが、ビニールハウス内では多孔管灌漑が行われている。図2-12に示すように、深層地下水をビニールハウス内に導水し、その熱を利用してハウス栽培を行い、外にある冷却水槽で一晩冷却した後、灌漑に利用するシステムを採用している。灌漑方法は、多孔管式が用いられていた。また、既に述べたが野菜を中心とした作物が栽培されている。なお、ビニールハウス式内の灌漑方法自体は、節水灌漑方法であるが、地域全体に占める割合は少なく(40ha規模)、野菜栽培であるため、節水灌漑技術の検討の中では中心課題ではないと考えるのが適切である。

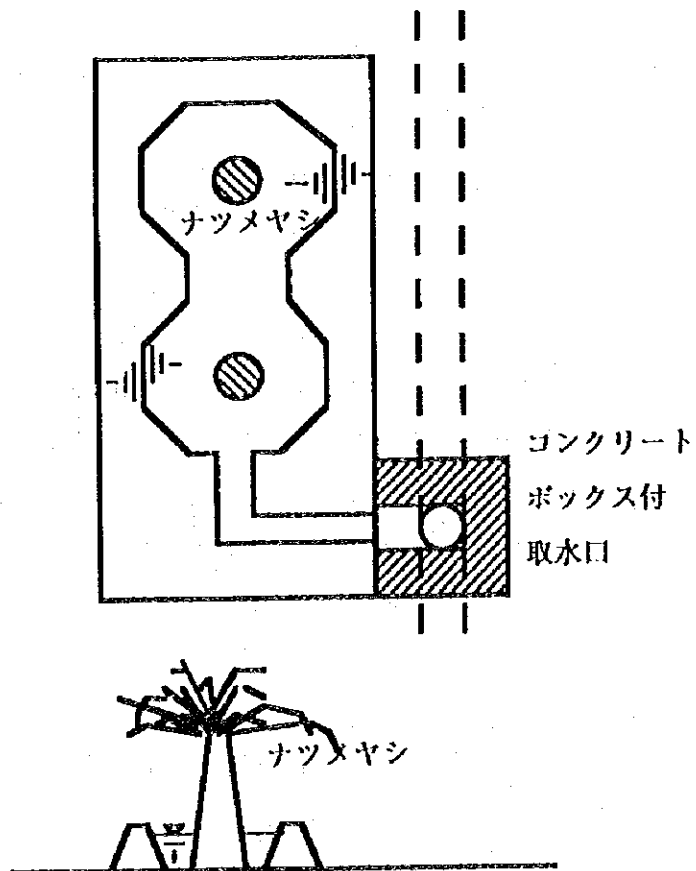


図2-11 圃場内小水路付帯型

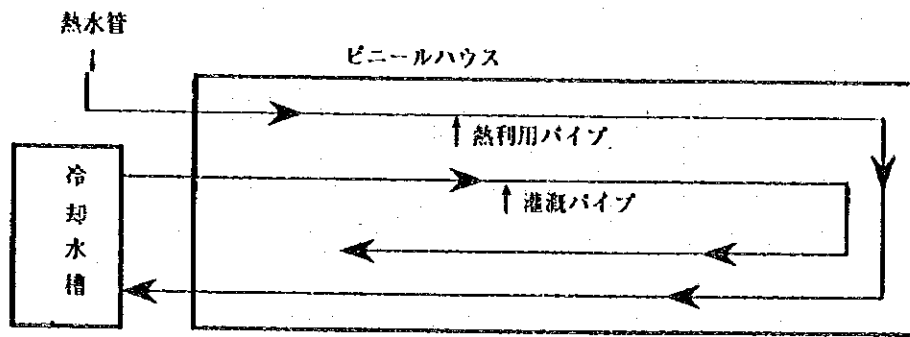


図2-12 ビニールハウスの熱利用と灌漑利用

2-7 水管理システム

用水施設の管理は、C.R.D.A.、A.I.C.及び農民が管理している。

灌漑施設について、図2-4のオアシスの灌漑システムを参考としてみた場合、管理区分は、水源施設、幹線水路、第1次支線水路はC.R.D.A.であり、第2次支線水路はA.I.C.、圃場レベルの水管理は農民となっている。

チュニジア国政府の方針として、A.I.C.組織の整備強化について力を入れており、A.I.C.の成長とともに現在C.R.D.A.が管理している施設についてもA.I.C.に引き継いでいくことを考えている。このためにも、農民の代表であるA.I.C.が十分な管理が可能な水路網の整備とする必要があり、また、節水に対する動機付けなり、啓発普及が図られる管理体系とすることが求められる。

今回調査したところでは、ガフサ県では、農民の用水使用料（維持管理費）を、定額制と使用量割合制の併用方式に踏みきったところ、用水使用の絶対量が減少したとの説明があった。しかしながら、南部のトゥズール、ケビリ、ガベスの3県は用水使用料が一定額であるため、水をいくらでも使ってしまうとのことである。この問題は、前述した通り、第2次支線水路の漏水の問題、土壌の塩害の問題もあり、この側面のみでは、安易に判断できないものの、管理のソフト対策として組み込むことが必要な要素と思われる。

排水路については、A.I.C.にまだ十分な力が備わっていないこともあり、C.R.D.A.が建設、管理を担当しているとのことであるが、基本的な考え方は、灌漑水路網と同じである。なお、ガベス県で現地調査した排水路は、C.R.D.A.とA.I.C.の共同施工、管理はC.R.D.A.であった。

2-8 熱水冷却施設

用水源である地下水のうち、第3層といわれる深層地下水は、33~72℃と高温である。上述の通り、この熱を利用したビニールハウス栽培が行われているが、極一部であり、他はこ

の用水を利用することになる。このため、熱水の冷却が農業用水として利用する場合必要であり、いくつかのタイプの熱水冷却手法が用いられている。以下そのタイプ毎に、現地で調査した事例を用いて述べる。

(1) タワー方式冷却施設

図2-13に示すように、第3層は被圧水であるため、井戸より噴出する地下水をコンクリート製のタワー上部に設置した吐出水槽へ移送する。この水槽から、タワー内に落下させ、空気と接触させることにより冷却する手法である。タワー内を直接熱水が落下する割合を減ずるため、障害物が置かれ、これにぶつかって飛散することにより効率を上げようとするものである。タワー内の温度が上昇し冷却効果が落ちるのを防ぐため、上部に換気ファンが設置されている。

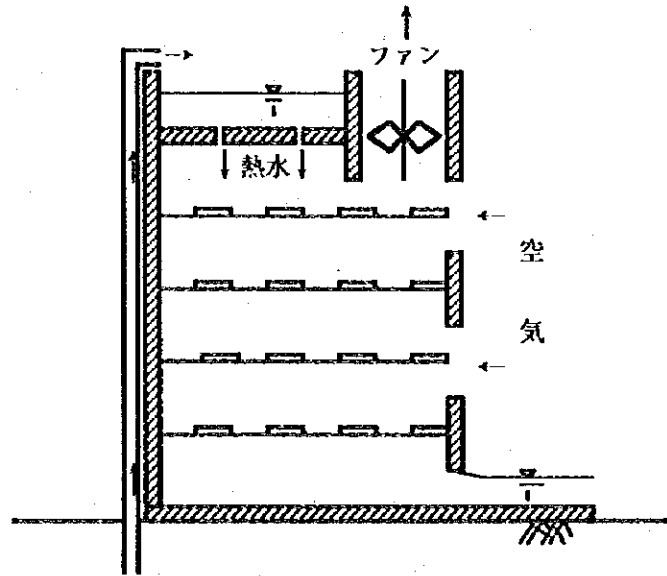


図2-13 タワー式冷却施設

このタワー式冷却施設の問題点として、

- ① コンクリート構造物であり、また、地上数10mにもなることから建設コストが高いこと。
 - ② 換気用ファンの電気料金等管理費がかさむこと。
 - ③ 障害物（木材等を利用）及びタワー式冷却施設の出口からの水路にスケールが発生し、その除去作業が必要なこと。さらに、管路を用いているところでは管内にスケールが成長し、取り替えが必要となり、維持管理作業及びその経費が多くなること。
- 等が指摘されている。

なお、ガベスC.R.D.A.の聞き取りによれば、このタワー式冷却施設が生まれてきた経緯は次の通りである。ソネド（水道会社）が、工業用水、飲料水として利用するため第3層を利用することとしたが、熱水の冷却が必要となり、国際入札を行いフランスのコンサルタント会社が提案したこのタワー式冷却施設が採用された。現在最も多く使われているタイプの冷却施設である。

(2) 循環式冷却施設

平面的に配置された循環水路の中心部に第3層より噴出する地下水を移送し、循環水路を流下する間に冷却する手法である。(図2-14参照)

ガベスで調査したこの冷却施設は、1989年に建設されたものであり、吐出量は35ℓ/s、吐出水温51℃、出口41℃であり、また、ある時期に調査した蒸発によるロス率は10%であったとの説明を受けた。

この冷却施設は、兼摂費、維持管理費が比較的安価にすむと思われるが、蒸発によるロス及び冷却効果についての検討が必要と思われる。

なお、この循環式冷却手法においては、スケールの発生がみられないとのことである。今回の現地調査から判断するに、地下水温と水質(含有物質)、及び空気との接触割合との関係がある様に考えられる。いずれにしても、スケールの問題は、メカニズム、対策を含めて検討すべき問題である。

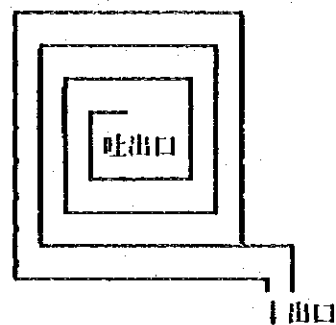


図2-14 循環式冷却施設

(3) 貯水槽式冷却施設

図2-15のように第3層地下水を貯水槽上部に設置された落下施設へ移送する。落下施設より、ビニール製の空洞のある接触材を通して水槽へ向け落下させることにより冷却する手法である。

ガベスで調査した事例では、1986年に建設された施設であり、揚水量100ℓ/s、貯水槽容量300㎡、地下水温51℃、出口で30℃となっている。ビニール製の接触材を熱水が通過する間にスケールが成長し、接触材は毎年度交換する必要がある。

(4) ため池式冷却施設

第3層地下水を地表に設置したため池に注水し、ため池内で自然冷却し、取水口よりオアシス内の用水路へ引水する方式である。(図2-16参照) この方法は、A.I.C.が行っており、(他の方法はC.R.D.A.が実施) 掘込みのため池であり、蒸発、浸透等ロスが大きいと思われる。

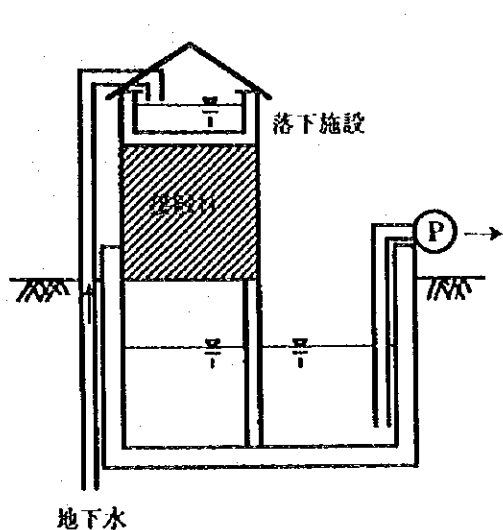


図2-15 貯水槽式冷却施設

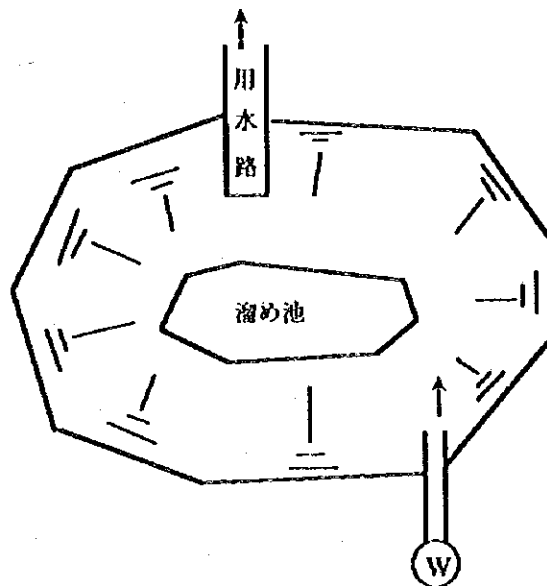


図2-16 溜池式冷却施設

今回、これら4タイプの熱水冷却施設について調査した。このことからして、熱水冷却手法について考える場合、建設費、維持管理費は勿論のこと、熱水冷却効率、蒸発等による地下水のロス、スケールの発生とその除去方法及び作業の容易性及び施設の補修、修繕等の項目について検討することが必要になると考えられる。

なお、本検討に当っては、温泉工学的な特殊分野であるので、現地調査以前に国内におけるこの分野の専門的機関等で調査、分析手法、現状の技術等について、十分把握した上で調査に臨む必要がある。

第3章 実施細則(S/W)協議の内容

3-1 協議の概要

チュニジア国政府における農業開発プロジェクトは、農業省農業土木総局農業水利局が企画立案し、実施方針の決定等具体的案件に関する意志決定は農業省関係者で構成される検討会の場で協議され決定されるシステムとなっている。従って、今回の案件については、南部オアシスを対象とした調査の企画、立案の段階にあることから、農業土木総局農業水利局が対応し、また、各々の協議の直接の窓口となってS/W協議が進められた。また、農業土木総局長が責任者として協議がなされた。

今回の事前調査におけるS/W協議は、現地調査前の第1回協議、現地調査後の第2回協議及び署名直前まで行われた協議と3回にわたって行われ、これら協議の結果合意された内容を踏まえ、S/W及びM/Mが作成され、チュニジア国農業省農業土木総局長、融資・奨励総局長とJICA事前調査団団長との間で署名が交わされた。本年4月に事前調査団（予備）が派遣され、チュニジア国より要請のあったTRの背景等、現地の事業把握等の調査はなされていたとはいえ、オアシス農業の特性に由来する個別課題の具体的事項について協議を行いつつ、技術的な判断のもと、調査項目を決定する協議は時間的制約に加え、南部オアシスの現場における課題に対する共通認識が必要なことから、極めて厳しいものであった。

本事業調査に先立ち、対処方針会議において提案されたS/W案を先方に事前に送付がなされており、これを基本として農業省、大使館及びJICAチュニジア事務所との間で予備協議を進めることとしたが、協議を行う前に農業省農業土木総局長よりS/W案に対し文書にて意見が提出された。これは、調査項目に関するものと便宜供与に関するものの2ページからなり、基本的な考え方は、事前調査団（予備）のM/M及び当時のサイドレターの内容を包含するものとなっていた。また、作業の具体的内容が不明なものについては、第1回協議の場においてチュニジア国側より補足意見が出された。

事前調査団としては、特に排水の問題についてはサイドレターで述べられていたものの、具体的内容について把握できておらず、判断ができないことあり、現地踏査を十分行ったうえで技術的判断を行い、その対応を決定することとした。このことが、結果として調査名を決定する一つの大きな要因となった。また、オアシスの調査手法については、各C.R.D. A.を主体に、A.I.C.及びCOOP等関係機関の支援体制とセットで討議することが重要と考え、事前調査（予備）でできなかった灌漑水路網、排水路網についての系統的な現地踏査を行い、技術的課題等を明確にしつつ、大まかな枠組みを設定し、合意しておくことが本調査を成功させるためには重要と判断した。

このような事情のもと、当初のS/W（案）の基本的な考え方を変更するものではなく、

調査手法の大枠としての進め方及び支援体制等を明確にする方針で現地調査後、S/W協議を行った。

南部オアシスが有する技術的課題について、それに対処するため既に先方が実施し有している技術情報等について各々討議しながら、一つ一つの作業項目について協議、確認がなされた。また、これらの作業項目の実施方法等について詳細な議論がなされ、第1段階～第3段階に区分して作業することが最も効果的かつ効率的であると双方合意に達した。これら内容をS/W及びM/Mとして作成し、署名交換をした。

主な協議事項は以下に述べる通りである。

なお、地下水の広域シュミレーション解析の実施要請について、今回の農業土木総局長からの意見書に述べられていたが、本件は事前調査（予備）の協議においても井戸の地下水位の変化から簡易な予測は行うことができるが、広域シュミレーション解析については本件調査とは別の調査作業として行うことで合意されていたが、今回も再度要請がなされ、改めて別の案件として要請されるよう説明し了承された。

3-2 主な協議事項

(1) 調査名について

(JICA案)

THE FEASIBILITY STUDY ON THE IRRIGATION PROJECT IN OASIS
IN THE SOUTH OF THE REPUBLIC OF TUNISIA

(合意名)

THE FEASIBILITY STUDY ON THE IRRIGATED AREA IMPROVEMENT
IN OASIS IN THE SOUTH OF THE REPUBLIC OF TUNISIA
L'ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET D'AMELIORATION DES
PERIMENTES IRRIGUES DANS LES OASIS DU SUD

- ① 当初のJICA案は、灌漑施設の整備として、水源施設、幹線水路、第1次、第2次支線水路の整備計画と、灌漑施設整備の一環として検討が必要な熱水冷却施設、節水灌漑技術及び水管理システムについて総合的な整備計画を念頭においたものである。
- ② しかしながら、灌漑用水が土壤中に蓄積した塩分の洗浄の目的も有し、また、水盤灌漑法であることから地下水位の低下を図ることが塩分の蓄積を防ぐために必要であり、このためには、水路網の整備、特に第2次支線水路の整備計画とあわせて一体的に排水路網について検討することが必要不可欠であると判断された。
- ③ また、水源施設、幹線水路、第1次支線水路はほぼ整備されており、水路網とし

ての評価、改善作業が主たるものである。

事前調査団としては、上述のような内容について、調査の基本方針、枠組み及び作業量が大幅に変わるものではなく、逆に、本調査の目的達成には必要と判断されたこともあり、チュニジア国南部地域オアシスを対象とした調査内容として適切な調査名について協議し、“THE FEASIBILITY STUDY ON THE IRRIGATED AREA IMPROVEMENT IN OASIS IN THE SOUTH OF REPUBLIC OF TUNISIA”とすることで合意された。

(2) 調査範囲について

調査対象地域は南部4県に位置する151オアシス、約22,800haとすることは、事前調査(予備)におけるM/M、及び本調査団対処方針においてもされていたところであるが、各オアシスの技術的、経済的評価及び改善案の提案についてどのような調査手法を用いて行うかが討議の中心的議題であった。

この件に関し、チュニジア国側も、日本側チームが全ての現地作業を行うことができないことを十分認識しており、既知の技術情報の活用、C.R.D.R.、A.I.C.等の組織の支援、及び地元コンサルタントの技術力等を勘案し、十分事前調査団と討議しておくことが必要と判断し、各作業項目毎に、細かく作業内容、技術的課題等について討議が進められた。

事前調査団としては、

- ① 各オアシスの地形図(1/2,000)、用水系統図、排水系統図、水理縦断図等の図面、設計書類、井戸のデータ(場所、揚水量等)、水質分析データ、施設の維持管理データ等作業に必要な技術的、経済的情報は揃っており、また、整理がなされていること。
- ② 南部4県のオアシス農業はナツメヤシ、果樹、野菜、飼料作物の階層式農法が全域行われており、灌漑方法も水盤灌漑が全域で行われるという同じパターンであること。
- ③ 水源が同じ地下水層であり、水路システムの基本は同じである。さらに、水源施設、情報、現地の情報が整備されていること。
- ④ 調査地域は、A.I.C.により組織化されており、C.R.D.A.-A.I.C.のラインで情報が得られること。
- ⑤ また、地元コンサルタントも技術力、技術者等、十分であること。

等現地の実情及び作業項目、内容から考えて、3段階に区分して作業を進めるのが適切と判断した。この場合、前提となるのは、4県にまたがるため、各県毎に調査支援体制を確立することであり、両者を含めてチュニジア国側と討議し、各県毎にカウンターパート、支援体制をつくることを合意したものである。(表3-1参照)

表3-1 調査の範囲について

JICA 案	合 意
<p>1. the Study Area The Study covers about 22,800ha(Command Area) of the 151 Oases in the South of the Republic of Tunisia (Gafsa, Tofsa, Gabes and Kebili).</p> <p>2. Scope of the Study</p> <p>1) Collection and Review of Data and Information</p> <ul style="list-style-type: none"> -Natural Condition -Socio-economic Condition -Agriculture -Agricultural-economy -Agricultural Infrastructures in Rural Area -Agricultural Supporting System -Others <p>2) Review of Existing Plan, Survey and related Projects</p> <ul style="list-style-type: none"> -National Development Plan -Report of Other Donor Agency -Others <p>3) Inventory of Oasis</p> <p>4) Field Survey</p> <ul style="list-style-type: none"> -Meteorology・Hydrology -Water Quality -Groundwater -Soil -Geology -Environmental Aspect -Farmer Household Economy -Agricultural Supporting System -Others <p>5) Evaluation of the Farming in Oasis</p> <ul style="list-style-type: none"> 5-1-1) Situation of Irrigated Farming 5-1-2) Supply and Demand of Irrigation Water 5-1-3) Intake of Well 5-1-4) Irrigation Facilities 5-2) Technical and Economic Evaluation of Irrigation Technique in Oasis. 5-3) Technical and Economic Evaluation of Irrigation Management System <ul style="list-style-type: none"> -Water Management -Operation and Maintenance 5-4) Technical and Economic Evaluation of Cooling System of Hot Groundwater 	<p>1. Study Area The Study covers about 22,800ha(Command Area)of 151 oases in the South of the Republic of Tunisia(Gafsa,Tozeur,Gabes and Kebili) as shown in the location map attached as Annex I and the Study area as Annex II).</p> <p>2. Scope of the Study</p> <p>(1) Collection of Data and Information</p> <p>1) Natural condition</p> <ul style="list-style-type: none"> -Topography -Hydrology・Meteorology -Groundwater -Hydro-geology <p>2) Agricultural condition</p> <ul style="list-style-type: none"> -Socio-economic condition -Agriculture in oasis -Agricultural-economy -Agricultural infrastructures in rural area -Institutional support -Land holding -Others <p>3) Existing plan,survey and related projects</p> <ul style="list-style-type: none"> -National development plan -Report of other donor agency <p>(2) Initial Environmental Examination</p> <p>(3) Inventory of oasis</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) Outline of irrigation area 2) Soil 3) Water quality 4) Irrigation facilities 5) Supply and demand of irrigation water 6) Intake of well 7) Operation and maintenance 8) Others <p>(4) Technical and Economical Evaluation and Improvement</p> <p>1) Facilities for irrigation and drainage This study is carried out on Irrigation resources facility, main canal, branch canal and drainage and is consisted of 3 stages.</p> <p>a. Stage1:This is pilot stage carried out by the Study team on 8 oases in cooperation with Tunisian side.</p>

JICA 案	合 意
6) Classification of the Study Area 7) Topographical Survey for Selected Area 8) Framework of Irrigation Plan 8-1) Improvement of Irrigation Canal Network 8-2) Improvement of Irrigation Management System -Water Management -Operation and Maintenance 8-3) Improvement of Cooling System for Hot Groundwater 9) Preparation of Preliminary Design of the Seconddary Canal 10) Preparation of an Operation and Maintenance plan of the Irrigation Facility 11) Preparation of the Project Implementation Schedule 12) Estimation of the Project Cost and Benefit 13) Evaluation of the Project 14) Recommendation	b. Stage2: This stage is carried out on other oases according to Staget. c. Stage3: This is general evaluation for oases. 2) Water saving irrigation technique in oasis. 3) Irrigation management system including proposition of water saving irrigation 4) Cooling system of hot groundwater Note: Studies mentioned above are principally consisted of following items; a. Preparation of preliminary design b. Preparation of preration and maintenance plans of irrigation facilities c. Preparation of the project implementation schedule d. Estimation of the project cost and benefit e. Evaluation of the project (5) Recommendation

(3) 調査工程について

調査の技術的問題にかかわる具体的内容について、調査項目の討議の過程及び相手側より提出された意見書等において、極めて詳細な事項について述べられている。これらは、本格調査において対応すべき性格のものも含まれていること、また、現場において農業水利施設について水圧、摩擦等具体的な調査をもとに判断、評価が必要であること等について相手側に説明し理解が得られている。

しかしながら、チュニジア国側より示された技術的課題も含めて十分な討議が必要であることは言うまでもなく、これを明確にする意味合いも含めて第1段階で行う8カ所のオアシスの灌漑排水施設の調査を終えた後、第2段階へ移るまでにチュニジア国側と協議することで了承した。このことは、議事録(M/M)として記載している。

各C.R.D.A.は、水源施設、幹線水路の維持を直接行っており、特に夏期は施設の稼働率が100%近くになることもあり、C.R.D.A.職員の現地対応が難しいこと、また、現地の気象条件、休暇等の事情から、本格調査は6月末までに行われることが効率的にF/Sを進める上で必要であるとの意見があった。なお、1995年、2月2日～3月日頃がラマダンの時期になる模様である。

(4) テュニジア国側便宜供与について

現地における調査には、各C.R.D.A.毎の調査支援体制の確立もさることながら、現地

調査期間中、現場の実情に詳しい灌漑排水技術者が専任体制で担当することが必要なこと、また、土壌、農業、農業経済等、本調査実施に必要となる他の専門分野の技術者の応援が必要となることについてチュニジア国側に伝えた。

これに対し、チュニジア国より、小さな政府を指向していることもあり、C.R.D.A.の職員数に限りがあることから、現場における直接的な作業は、JICA実施調査団より地元コンサルタンツへ委託して行うことについての要請があった。このような事情から、JICA実施調査団が第1段階で得られた情報をベースに、第2段階で行う全体調査は、調査手法をマニュアル化し、チュニジア国側の調査支援組織と協力して、地元コンサルタンツを活用して指導、助言をしながら行うことが想定される旨伝えた。なお、地元コンサルタンツへの委託等、委託の有無も含めて具体的事項については、JICA実施調査団の業務範囲になる旨を伝えた。先方より、農業省関連業務に実績の多い4社を含むコンサルタンツリストが提出された。

これらの討議を踏まえ、チュニジア国側は各C.R.D.A.毎に関係機関を含めた調査支援体制の整備及び現地調査期間通じて専属の灌漑排水技術者の配置及び必要に応じて、土壌、農業、農業経済等の専門技術者の支援を約束した。(M/M記載)

第4章 本格調査実施上の考え方と留意事項

4-1 南部オアシス灌漑地域整備計画調査の意義

(1) 第8次開発5カ年計画と農業開発の位置付け

チュニジア国は、1962年～1964年の第1次開発計画から始まって現在は第8次開発5カ年計画（1992～1996）を実施中である。これらの諸計画は、国際収支の均衡、失業の軽減、栄養改善、生産増強、生活水準の向上などに力点をおいてきた。この結果、全般的な成果を上げるとともに、一人あたり実質GNPも1990年で1440米ドルとアフリカ諸國中上位を占めるにいたっている。

第8次開発計画においては、製造業を中心とする工業部門、観光業を中心とするサービス部門が牽引力として期待されているが、農業部門は食糧の安定供給及び土地・水資源の有効利用を図る観点からも重要視されている。この意味において、農業部門は、製造業、観光と並んで最大の投資部門である。このことから、水資源、土地資源を最大限活用するためには、灌漑施設や栽培技術の改善及び近代化を進めることとしており、特に、水資源の新規開発、整備が重要な課題となっている。第8次開発計画は、これらの活動を通じて農業生産を増大し、国の食糧の安定的確保を図ることを目的としている。

今回の調査対象地域である南部地域は、チュニジア国の中でも特に降雨が少ない（年間100～200mm）地域であることから、本地域農業にとって灌漑は不可欠である。即ち、灌漑可能地域がオアシスそのものである。この灌漑用水源は化石水と呼ばれる地下水であり、限られた水資源をいかに有効に利用するかが、本地域にとって極めて重要な課題である。

また、南部地域の産業は、農業に特化し、それに関連する産業構造となっていることから、農業の存亡は地域経済の崩壊、ひいては農村の貧困、北部都市への流出、都市におけるスラムの形成等へとつながりかねないことから、同国政府は、本地域について特に農業重視の政策を進めている。

従って、本案件は、チュニジア国南部地域の経済の基礎である農業の振興、とりわけ農業立地に必要な灌漑に関する技術協力であり、その経済社会的意義は極めて大きい。

(2) オアシスにおける灌漑地域整備計画調査の意義

国家開発計画の目的を達成するための具体的な計画として、全国を4地域（最北部、北部、中部及び南部）に区分し、各地域毎に水資源、土地資源活用のためのマスタープランが策定された。

南部水資源マスタープラン（1976年2月策定）は、これら4マスタープランの内の一つであり、南部6県を対象とした計画である。

この南部水資源マスタープランに基づき、水源施設、幹線水路等の基本的な施設の整備は順次なされ、一応の整備が完了している。

しかしながら、限られた地下水を水源としていることから、近年、過剰取水等により各井戸の地下水位の低下、取水可能の井戸、過剰灌漑による塩害等の現象が生じ、灌漑用水の有効利用のため、水路網の整備改良、節水灌漑技術の導入、農民への水管理の啓発普及等多くの対応がチュニジア国政府やA.I.C.によって進められてきたところであるが、必ずしも十分な成果が得られているとは言い難い。

このようなことから、チュニジア国南部地域における灌漑用水の節約に関連する一連の課題は、国家レベルにおける問題として取り上げられており、「地下水の有効利用のための手法の検討」は、極めて重要な戦略的課題であり、本調査は、チュニジア国政府の政策に沿ったものであり、意義の高いものと判断される。

なお、今回の調査の枠組みは、水利用面の改善、改良についてアプローチすることとなっているが（但し、各井戸毎のデータを用いた簡易な検討は含まれる）供給側、即ち広域的地下水の賦存量、供給能力、水収支等の地下水のシュミレーションを行い、地域のマクロ水収支を合わせてなされるべき性格のものであるが、上述した通り、種々の理由により、先方より要請はなされてはいたが、今回の調査には含まれていないことを付記しておく。

4-2 オアシス灌漑地域の問題点と改善方向

チュニジア国南部オアシスにおける問題点と改善方向について考える場合、本地域の現状を十分理解した上で考えることが重要と思われるので、全体的な流れと、その個々の部分の課題に分けて以下に述べる。（図4-1参照）

用水源は第1層～第3層に区分され、既に述べたように各地下水層は、水質、自噴圧力等が異なるため、その利用地下水層によって問題の所在が異なることに注意を要する。例えば、熱水冷却、スケール問題は第3層地下水利用オアシスに発生している課題である。

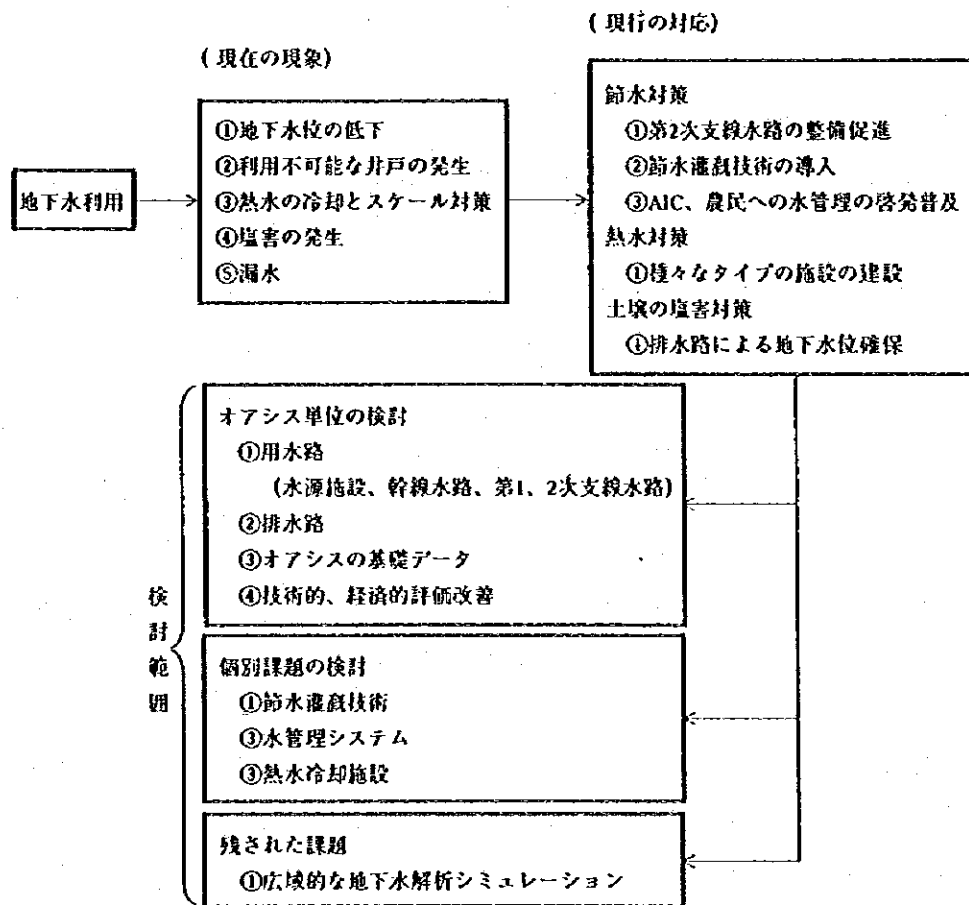


図4-1 検討の概念図

4-2-1 灌漑・排水路網

(1) 水源施設、幹線水路、第1次支線水路

- ① 伝統的オアシスにおいては、既設の湧出経路を導水路として用いていることから蒸発、浸透を含めた水源部分でのロスが大きいため、この対応が必要である。
- ② 複数の井戸・ポンプと調整池をパイプラインで整備された水源施設では、稼働率が極めて高いことから、適正な運転、トラブル等の対応のための管理面も含めた技術的な改善の検討が必要である。
- ③ 不法に掘削された井戸（基礎データはある）、あるいは粗放的な管理が行われている水源について、その対策が必要である。
- ④ 水源施設と幹線水路系との間に調整池が設置されているが、送配水のバランスについてA.I.C.の水需要量の要望と用水管理方法も含めた検討が必要である。
- ⑤ 幹線から第1次支線、第1次支線から第2次支線尾の分水工の機能、構造の検討が必要である。

⑥ 幹線系の送水中のロス（蒸発等含めて）を把握し、改善の余地について検討が必要である。

(2) 第2次支線水路

① 大部分が土水路であり、この第2次支線水路からのロスが大きいことから、コンクリート水路化・パイプライン化等によるロス対策が必要である。

② 伝統的オアシスの第2次支線水路は、モザイク状であるため水路整備費、分水機能等考えた場合、面整備と合わせた整備あるいは地上権の問題の解決を前提としたパイプライン化等を検討する必要がある。

③ 第2次支線水路の終末処理と排水路計画と一体的に考えた整備計画を検討することが必要である。

(3) 排水路

① 塩害対策としての地下水位の低下を考えるに当たって、調査の初期の段階で塩害発生メカニズムについて、これまでの調査資料等を参考として明らかにし、これらの対策を検討する必要がある。

② 排水の再利用の可能性の検討には、施設計画のみならず、特に塩分濃度が高いため、これらのデータを見て、可能な案を検討する必要がある。

なお、この(1)~(3)についての更なる詳細な問題点と技術レベルの判断及び対応可能な(案)を作成し、マニュアル化することを想定している。この作業は、第1段階の8オアシスの調査時に行うことになるため、上述の課題が全てカバーされるオアシスを各C.R.D.A.、A.I.C.と協議調整し決定することが重要なポイントである。また、本格調査に必要とされる技術領域は、地下水、井戸、ポンプ、水管理制御、電気・通信、熱水処理、パイプライン、圃場整備、土壌、水質等、幅が広く、現にある現象、施設に対する技術判断が求められることから、必要とされる作業内容を十分理解した上で、必要な技術知識を事前に十分準備しておくことが重要である。

更に、調査に当たってはデータ数が膨大となるので、各オアシスのカルテ的なデータベースを構築して調査分析を行うことが必要である。

4-2-2 水管理システム

① C.R.D.A.、A.I.C.、農民のラインで水管理を行っており、将来的にはA.I.C.、農民を考えている。このため4-2-1の灌漑施設の問題点、改善方向と合わせて、水管理組織について検討することが必要である。

② 水使用料（維持管理費）に従量制を導入したところ、農民の節水水管理への動機付けになったとの事例もあることから、これらの点も踏まえて、ソフト対策を検討する

ことが必要である。なお、このような点も含めた内容について、農民を対象としたアンケート調査がなされている。

- ③ 農民が主体となって管理をする方向であるため、構造、管理方法、管理体制等は、機能、目的を達成する範囲内で単純なものを考えることが必要である。

4-2-3 熱水冷却施設

- ① 熱水冷却施設として種々のタイプ（タワー式、循環式、貯水槽式、ため池式）が用いられているが、各手法、冷却効果、建設費、維持管理作業等を含めた評価改善についての検討が必要である。
- ② スケールと呼ばれる湯アカが発生し、維持管理作業、維持管理費（補修、修繕費）を押し上げていることから、対策等の検討が必要である。

また、これらの検討作業の中から新たな熱水冷却施設あるいは追加施設の提案が必要となることが十分考えられる。

4-2-4 節水灌漑技術

圃場レベルにおいて、灌漑用水を節水するために

- ① 第2次支線水路のコンクリート水路化
- ② 塩ビ管によるパイプライン化
- ③ 圃場内小水路付帯型パイプライン化
- ④ ビニールハウス内での多孔管灌漑

が行われている。①の第2次支線水路のコンクリート水路化は、漏水防止対策として一般的に用いられている工法であるが、②③はまだ試験的な段階であり、数は少ない。また、④はビニールハウス内での灌漑方法であり、今回対象とするナツメヤシを主体とするオアシスの階層式農法には現時点では栽培技術上の問題もあり、同一レベルの灌漑方法として扱うことはできないので、ビニールハウス栽培に限定して考えるのが適切であると判断される。

従って、第1次支線水路の分水工と第2次支線水路を考え、ロスが最小限となるような灌漑方法を各オアシスの条件に合わせて検討することが必要となる。

なお、今回の調査では上記4タイプ of 節水灌漑方法について調査したが、これ以外の灌漑方法の事例の有無について確認し、これらに加えて新たな改善（案）を含めて、圃場レベルにおける節水灌漑方法について検討することが必要となる。

4-3 環境

1. 事前調査（予備）における環境調査の概要

事前調査（予備）において1. 環境行政、法制度、2. 調査対象地域周辺の国立公園及び自然保護地区及び3. 調査対象地域周辺における環境問題を調査し、もって、4. スクリーニング、スコーピングを実施しており、概要は以下のとおりである。

(1) 行政機関及び法制度

チュニジア国における環境行政は環境・国土保全省(ORGANIGRAMME DU MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE)が所轄している。

また、チュニジア国においては、開発プロジェクトに対し環境予測を義務付けているが、この調査は国家環境保護公社(L'Agence Nationale de Protection de l'Environnement、以下「ANPE」という。)が所轄しており、本格調査に当ってはANPEの協力を得て調査を実施することとなる。

(2) 国際条約等

チュニジア国は環境に関する主な国際条約として、ワシントン条約、ラムサール条約、世界遺産条約、生物多様性保護条約及び気候変動枠組条約を批准している。

スクリーニング及びスコーピングの結果、調査対象地域に条約に関する指定地及び指定動植物等は関連なく、条約は本調査に影響を与えない。

(3) 国立公園及び自然保護区

調査対象地域の位置する南部4県(Gafsa、Tozeur、Gabes、Kebili)にはBou Ramli、Jbil及びGghoumesの3自然保護区が位置し、南部4県の周辺にはBou Hadma国立公園及びKhcham el Kelb自然保護区が位置する。

スクリーニング及びスコーピングの結果、これらは調査対象地域であるオアシス地域から遠く離れており、本調査が事業化した際の影響は想定されない。

(4) スクリーニング及びスコーピング

スクリーニング及びスコーピングにおいて、以下の点を不明な点としている。

- ① 地下水への影響
- ② 塩害
- ③ 既存制度・慣習への影響

2. 調査に当たっての留意事項

事前調査（予備）及び本調査の結果から環境分野における本格調査に当っては以下の点を考慮する必要がある。

(1) 地下水への影響調査

水文地質図及び各井戸の地下水位の変化から取水量の妥当性を評価する。このことに係る資料の内、各井戸の地下水位の変化及び揚水量については、各井戸の管理者(C.R.D.A.又はA.I.C.)から収集できる。

次に、本調査における協議から地下水シミュレーション調査については別調査とすること。及び、無許可の井戸については調査対象から外すことでチュニジア国側と合意に達している。

なお、本調査における、節水による地下水への影響評価についてチュニジア国側の意向を確認したところ、D.G.G.R.は「灌漑用水節水による浅層地下水層へのかん養水の減少を危惧する。」旨の回答があった。しかしながら、C.R.D.A.は「浅層地下水層へのかん養水の減少の影響は小さいため、節水をより優先する。」旨の回答がありチュニジア国においても意向に相違を見ている。このことについては、灌漑用水節水による浅層地下水層へのかん養の影響は極めて小さいものと想定されるが、集水域、降水量、蒸発散量及び想定される浅層地下水層へのかん養量から影響を評価すべきと考える。

(2) 塩害

圃場レベルにおける営農上の問題として土壌の塩害がある。このため、農民が洗浄のため用水を利用しているが、これが結果として石膏層(難透水層)を形成し、地下水位を上昇させ、土壌中の塩分集積を助長する結果となっている。

理論的には塩分濃度の高い地下水を上昇させない排水施設の整備と適正な灌漑水量が設定できれば塩害問題の解決は可能であり、排水施設の整備については今後の課題はあるが、一部取組みが行われている。灌漑方法としてはナツメヤシを主体とする階層式農法に対し、水盤灌漑が数千年に渡り伝統的に行われてきた実績もあり、適正灌漑水量の設定を地下水位の上昇との関係で明らかにすることも重要な課題と考えられ、これらの研究をチュニジア国の研究機関(IRA等)が検討しているとのことである。

圃場レベルにおいては、農民は土壌塩分の洗浄用水を含めた灌漑水量を過剰に引水している可能性もあり、用水の節約には灌漑水路網と合わせて排水路網についても一体的に考えなければならない実状にある。

現地における各C.R.D.A.担当者から得た回答の内容から、チュニジア国は塩害の存在を認知しているが、塩害を重要視していない模様である。灌漑の状況から見て塩害は今後重要な問題となることが想定されるので、啓発の意味も含め調査をお願いしたい。

なお、チュニジア国において塩害の調査は既になされている。あわせて、各井戸の塩分濃度については毎年2回継続的に塩分濃度の測定がなされており、本件調査には

役立つものと考えられる。

(3) 既存制度・慣習の影響

本調査の事業化により既存制度・慣習（特に土地利用権、水利権）に影響を与えることが想定される。現状を調査し、本調査の事業化による影響を評価するものとする。

(4) 環境影響評価（以下「EIA」という。）

本調査におけるM/Mにおいて、初期環境調査（以下「IEE」という。）の結果によりEIAを行うことの是非を決定すること。あわせて、IEEは本格調査団が実施するが、チュニジア国側からEIAの実施については日本側で行って欲しい旨の要請があったことを記している。

チュニジア国側からの要請については、ANPEへの発注となるため、農業省において新たな予算要求が必要となること。また、チュニジア国の予算年度が1月1日から12月31日までであること。合わせて、予算要求が5月であることから、新たに予算を要求し（1995年5月）、予算が施行できるのは1996年1月1日以降となること。更に、この時期は1995年2月に本格調査を開始した場合、ドラフトファイナルレポートの提出時期となり、（EIAが必要な場合、）EIAを提出する時期としては明らかに遅い。よって、上記の要請となった経緯がある。

4-4 南部オアシス灌漑地域整備計画調査の手順の検討

4-4-1 項目毎の作業内容の検討

南部オアシス灌漑地域整備計画調査は、大きく区分すると次の通り。

事 項	説 明
<p>I 現況</p> <p>1. 自然状況</p> <p>① 地形</p> <p>② 水文・気象</p> <p>③ 地下水</p> <p>④ 水文地質</p> <p>2. 農業状況</p> <p>① 経済状況</p> <p>② オアシス農業</p> <p>③ 農業経済</p> <p>④ 農業基盤整備状況</p> <p>⑤ 農業支援体制</p> <p>⑥ 土地所有</p> <p>⑦ その他</p>	<p>1. 本案件は、新規水源開発（地下水開発を含めて）を行うものではなく、既存の水源の有効利用のための種々の整備手法等の検討を行うものである。従って、自然状況調査は地域の現況を把握することを目的として行うことになる。このことから、灌漑用水節約のための基礎的なデータを、地下水源の特徴からして地域的な広がりを考えて、資料収集、現地踏査を行って整理することが必要である。</p> <p>2. オアシス農業の基本構造（ナツメヤシ、果樹、野菜、飼料作の階層式農法）の枠組みの中で、圃場レベルにおける灌漑について検討するため必要な資料を収集整理し、いくつかの検討課題の基礎とする。調査結果は、オアシス台帳の灌漑地域の概要の項目になる。従って、農業状況調査は、オアシス単位に行うことが必要な項目もあるので注意を要する。また、既存の地形図を用いて図面表示を行う。</p>

事 項	説 明
<p>II. 現行計画の調査及び既実施事業</p> <p>① 国家開発計画</p> <p>② 他援助機関の報告書</p>	<p>1. 本調査地域は、南部水資源マスタープランに基づき、基幹水利施設の整備が他国援助機関の協力のもと進められた。これらの計画書、設計書、図面等は農業省、各C.R.D.A.に保管されている。従って、水利施設の調査検討の基礎となるため、また、その設計思想の理解をするために必要な作業である。</p> <p>2. また、チュニジア国政府独自の整備事業、A.I.C.、農民が進めている整備事業もあるため、これらの全体像の把握が必要である。</p>
<p>III. 初期環境影響調査</p>	<p>チュニジア国においては全ての開発プロジェクトに環境評価を義務付けている。</p> <p>よって、IEBの結果を基にEIAの実施の是非を判断するものとする。</p> <p>事前調査（予備）の調査結果から、本プロジェクトが国立公園、自然保護区及びサムラール条約等の環境に関連する国際条約に影響をか与えないものと想定されるが、(1)地下水への影響調査、(2)塩害及び(3)既存制度・慣習については調査を行う必要があると考える。</p> <p>(1) 地下水への影響調査</p> <p>本調査は、水文地質図及び各井戸の管理者(C.R.D.A.又はA.I.C.)が保存している各井戸の取水量及び地下水位の経年変化から取水量の妥当性を評価する。</p> <p>あわせて、節水による浅層地下水層へのかん養の影響については集水域、降水量、蒸発散量及び想定される浅層地下水層へのかん養量から評価するものとする。</p> <p>(2) 塩害</p> <p>チュニジア国の調査を基に塩害の状況を把握する。合わせて、チュニジア国の実施した塩害対策の評価を行う。その結果を基に塩害対策を策定する。</p> <p>(3) 既存制度・慣習</p> <p>本調査の検討結果として、既存の慣習、権利に触れるものも含まれている。</p> <p>よって、本調査の結果に影響を与える既存の慣習、権利（特に土地利用権、水利権）を調査し、事業の実施がこれらの既存の慣習、権利に与える影響を考察し、提言するものとする。</p> <p>なお、本調査は既存の灌漑施設の整備であるので、環境への影響は小さいものと想定されるが、灌漑用水路が観光に用いられている例もあり、必要な場合は景観へも配慮する。</p>

事 項	説 明
<p>IV. オアシス台帳の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 灌漑地域の概要 ② 土壌 ③ 水質 ④ 灌漑施設 ⑤ 灌漑用水の需給 ⑥ 取水量 (井戸) ⑦ 維持管理 ⑧ その他 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各オアシスの種々の情報をオアシス単位で作成する。1オアシスの平均面積は約150ha (22,800ha÷151オアシス) であるが、個別データでみると1オアシスが900haのものもあるため、場合によっては整理分類して、オアシス内の細分化した整理等、調査の初期の段階から工夫しておくことが必要と考えられる。 2. 灌漑地域の概要については、1, 2の農業状況調査と関連づけて整理する。例えば、面積、農家数、作物、作付面積、収量、単価等が考えられる。また、A.I.C.組織の賦課金、収支等についても情報として必要である。なお、これらの情報の内容等の基本的事項については、事前調査 (予備) 報告書に述べられている。 3. オアシス台帳は、南部地域農業の基本単位であるオアシス毎に作成し、本調査中は勿論のこと、その成果を活用するチュニジア国にとって重要な情報であることから、調査作業の効率化、情報の有効活用のためにも、データベース化を前提として作業することが妥当と判断される。
<p>V. 技術的、経済的評価及び改良 (案) の提案</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 灌漑排水施設 <ul style="list-style-type: none"> ① 第1段階 パイロット調査 ② 第2段階 本格調査 ③ 第3段階 総合評価 	<p>この項目は、大きく4つの検討項目から構成されている。しかしながら、作業内容、方法もさることながら、評価手法、改良案を提案するためのアプローチの手法についても各項目毎に異なるため、各々の検討項目が有する技術的課題、技術レベル、当該オアシスが置かれている実情等を十分理解した上で、適切な作業計画を立案し、実行することが極めて重要である。</p> <p>従って、施設概略設計、施設維持管理計画、事業実施計画、事業費積算及び便益算定、事業評価について、原則的に含むとしたものであり、検討項目の中には、この通りの作業の枠組みに入りにくいものもあると考えている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 灌漑排水施設 <p>オアシスにおける灌漑施設は、現況にも述べている通り、技術的課題の明確化、水管理、節水等のソフト対策を考えると、水源施設、幹線水路、第1次支線水路、第2次支線水路に区分して検討する必要がある。</p> <p>また、排水路は灌漑施設、特に第2次支線水路と密接な関係があり、上記と合わせて、大きく4つの分類項目に着目して検討する。なお、各々には、井戸なり、ポンプ場といった個別の施設が含まれることはいうまでもない。</p>

事 項	説 明
	<p>灌漑排水施設については、全オアシスの施設を対象として実施する。</p> <p>① 第1段階-パイロット調査</p> <p>灌漑排水施設にかかわるいくつかの課題については、既調査の結果として指摘しているが、個々の細部にいたる部分については、当然のこととして明確になっていないため、このパイロット調査を行う。</p> <p>調査対象地域内には4県あり、同様のオアシスといえども技術的課題を検討するレベルにおいて見れば、少しずつ条件が異なるため、各県毎に調査する必要がある。また、チュニジア国の地方組織であるC.R.D.A.も県単位となっているため、技術移転、第2段階の全オアシス調査を考えた場合、この方法が必要である。また、技術的問題、節水に対する問題等、明確にピックアップするためには、伝統的オアシスと整備されたオアシスを対象とすることが必要となる。</p> <p>この段階において、主に技術的観点から各路線を詳細にチェックし、技術的課題、内容、難解度、改善方向、改善手段等について、具体的に明らかにすることが必要である。これが、第2段階の作業をスムーズに進めるためには重要なポイントとなることから、十分な技術的判断能力を有する技術者の対応が不可欠である。</p> <p>第2段階の作業を、チュニジア国側と協議して組織する予定の各C.R.D.A.毎の調査支援体制と、地元コンサルタントの有効活用を図るためには、調査手法のマニュアル化が必要と判断される。</p> <p>このような手法の導入が適切と判断される基本的考え方は以下の通り。</p> <p>a) 南部4県のオアシス農業は、ナツメヤシ、果樹、野菜、飼料作の階層式農法であり、灌漑方法も水盤灌漑が全域で行われ同じパターンであること。</p> <p>b) 水源が同じ地下水盆であることから、水路システムは殆どといってよいほど同じパターンであり、さらに水源施設、幹線水路、第1次支線水路はC.R.D.A.が建設、管理し、必要な情報が整備されていることから、適切なフォーマット(様式)を作成すれば、ルーチン化作業が可能と判断されること。</p> <p>c) 調査対象地域はA.I.C.により組織化されており、C.R.D.A.-A.I.C.ラインが確立していること。</p> <p>d) また、第2次支線の整備についても、コンクリート水路、簡易パイプライン水路等で既に試みられており、ある程度整備手法が基礎的に理解されて</p>

事 項	説 明
	<p>いることもあり、構造的、応用的整備手法についても理解が早いと考えられること。</p> <p>② 第2段階-本格調査 調査マニュアルに従って、143オアシス(151-8)の本格調査を行う。なお、第1段階で対象とした8オアシスのデータと調査マニュアルが必要とするデータをチェックし、不足があれば8オアシスの補足調査が必要となる場合も想定される。C.R.D.A.、A.I.C.等で構成する支援体制と地元コンサルタントが調査マニュアルに従って、共同して調査を進める。JICA、コンサルタントは、基本的考え方、技術的チェックポイント、調査マニュアルの内容等について十分説明した上で、本調査の実施の指導をすることになると考えられ、調査時における適切な情報入手、判断、指導を行う巡回型調査になると考えられる。</p> <p>なお、C.R.D.A.の職員には限りがあること、A.I.C.は農民組織であること、現地調査ではアラビア語も必要となること等から、地元コンサルタントの活用が作業上重要な役割を担うことになると判断される。</p> <p>③ 第3段階-総合評価 第1段階、第2段階を通して、全てのオアシスの情報が得られるので、評価項目毎に、現状、課題、改善(案)についてまとめる作業を行う。</p> <p>上述の通り、オアシス毎の、また、水源施設、幹線水路、第1次支線水路、第2次支線水路及び排水路毎に検討がなされ、結果の整理のイメージは次の通り。</p>

オアシス名	施 設	評価事項	現 状	課 題	改善(案)
〇〇〇	水源施設	井戸			
		導水路			
〇〇〇	幹線水路	ポンプ場			

事 項	説 明
<p>VI. オアシスにおける節水灌漑技術</p>	<p>評価事項については、第1段階のパイロット調査において明確にされ、その事項毎に現状の判断基準の作成、各々に対する課題区分、改善（案）までを含めたマニュアルを作成することになる。なお、改善（案）は、技術的経済的に可能な内容でなければならないことは言うまでもない。</p> <p>また、各々の改善（案）については、その内容、レベルにおいて異なることから、一律的な対応は困難であるが、施設概略設計～評価について検討することが当然のこととして必要となろう。</p> <p>以上のことから、上表の逆の改善（案）を念頭においた技術的な面から見た改善の重要度の判断が可能となり、その全体事業量的なものも把握できる。また、その項目毎に概略設計～評価がなされることから、各オアシスの改善点とその概略設計内容を参照すれば、具知的改善点の考え方、内容が理解できることになる。</p> <p>オアシスにおける節水灌漑手法として、既に述べている通り、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 第2次支線水路のコンクリート水路化 ② 塩ビ管による簡易なパイプライン化 ③ 圃場内水路付帯型簡易パイプライン化 <p>が現地で一部実施されている。</p> <p>この他、ビニールハウス内での多孔管灌漑の事例が見られる。</p> <p>現地に適用可能な新たな節水灌漑方法の提案も含め、各々の節水灌漑技術について、技術的、経済的評価を行う。現行の節水灌漑技術については、改善点の提案という意味あいとなり、新たな提案は改良案の提案という意味あいがある。</p> <p>なお、オアシス農業の特性、水利システムの特徴、水管理等を含めた適用に関する条件等の考察が必要となる。これらの節水灌漑方法の検討は、具体的地区事例で行うのがチュニジア国にとって理解が早いため望ましい。</p> <p>従って、各手法毎に施設概略設計～事業評価を行うことが必要である。</p>
<p>VII. 節水灌漑を含む水管理システム</p>	<p>用水施設のうち、水源施設、幹線水路、第1次支線水路はC.R.D.A.が、第2次支線水路はA.I.C.が管理している。また、排水路は、A.I.C.に余裕がないことからC.R.D.A.対応となっている。しかしながら、C.R.D.A.はA.I.C.を育てることが地域として重要との認識から、その方面での政策を進めており、A.I.C.の成長度合いを見て、これら施設の管理をC.R.D.A.からA.I.C.へ移す方向で進んでいることを理解した上で、水管理シス</p>

事 項	説 明
<p>Ⅷ. 熱水冷却システム</p>	<p>テムを検討することが重要と考えられる。</p> <p>水管理のうちハード的な内容は、灌漑排水施設調査である程度の考え方の整理ができるので、ここでは、ソフト的な事項を扱うことになる。</p> <p>具体的には、農民が節水に対する動機付けとなるような用水管理費の負担システム、(C.R.D.A.～A.I.C.～農民間の管理の連携、施設の設計思想と運転操作との関係等であり、いくつかのパターンが想定され、上記のオアシス毎の調査と関連付けて作業することになろう。特に、Ⅳオアシス台帳の⑦維持管理と関係し、評価事項を明確にした上でその現状評価、改善(案)について、Ⅴ.Ⅰの灌漑排水施設の調査に含めて、オアシス毎に明らかにするのが適当と考えられる。</p> <p>熱水冷却手法としては、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① タワー式冷却施設 ② 循環式冷却施設 ③ 貯水槽式冷却施設 ④ ため池式冷却施設 <p>が現地で用いられている。④のため池式冷却施設は、農民が行っている原始的な手法である。</p> <p>この他にも現地では採用されている手法がある可能性もあるが、新たな熱水冷却手法の提案も含めて、各々の熱水冷却手法について技術的、経済的評価及び改良(案)の提案を行うことになり、作業の思想としては、Ⅵ.のオアシスにおける節水灌漑技術に近い。</p> <p>しかしながら、熱水冷却システムの検討にあたっては、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 第3層は、La Nappe du Continental Intercalaireと同じ地下水であるが、オアシス毎に水質(温度、含有物質等)が異なることが現地調査で確認されているため、冷却する熱水の性質も要素として考慮する必要があると考えられること ② 熱水の冷却過程で発生するスケールの問題をあわせて扱う必要があること <p>また、風等の気象要素も含めて検討することが必要と考えられる。</p> <p>なお、施設灌漑設計～事業評価に対する考え方は、Ⅵ.オアシスにおける節水灌漑技術と同様である。</p>

4-4-2 南部オアシス灌漑地域整備計画調査の手順(案)

4-4-1において述べた、南部オアシス灌漑地域整備計画調査の内容及び作業環境等の検討からして、最も効果的な作業とするための、灌漑排水施設の調査の手順を提案すれば次の通りである。

なお、第1～第3段階に区分して調査作業を進めることは、S/Wにおいて決められている事項であり、また、以下に述べる第1段階の作業⑤はM/Mで合意している事項であるので、注意を要することを付記する。

第1段階（パイロット調査）

<前提条件>

- ① パイロットオアシスを選定するために、オアシス台帳のうち、基礎条件の整備を行う。既にいくつかの情報が入手されている。
- ② 問題点を事前に明確にし、必要な技術力、技術者と調査手法の概念を構築する。

<作業>

- ① C.R.D.A.と十分な技術的な協議を行い、第2、第3段階の調査の展開を考えた上で、パイロット調査オアシスを選定する。(JICA実施調査団及びC.R.D.A.)
- ② 調査手法の基本的なフレームをDGGR及び各C.R.D.A.に示し、C.R.D.A.支援体制の確立、及び地元コンサルタンツとの役割分担を明確にする。(JICA実施調査団)
- ③ 第2段階の調査マニュアル(案)を事前に準備し、選定された8オアシスの詳細調査をJICA実施調査団が実施する。この場合、C.R.D.A.支援体制、地元コンサルと行動を共にし、第2段階の準備を行う。(JICA実施調査団)
- ④ パイロット調査をベースとして、評価項目、技術判断基準、改善の考え方、方向、概略(案)を含んだ調査マニュアル(案)を作成し、C.R.D.A.ローカルコンサルタンツに説明し、討議する。(JICA実施調査団)
- ⑤ 現場段階で十分技術討議された調査マニュアル(案)をチュニジア国農業省と協議する。(JICA実施調査団とチュニジア国農業省)

第2段階

<前提条件>

- ① 調査マニュアルが完成し、第3段階の総合評価の手法、ゴールイメージについて、各C.R.D.A.、地元コンサルタンツに説明できる状況になっていることが必要である。
- ② 調査マニュアルの内容を十分理解するための準備を終えており、また、各々の技術者の役割分担が明確になっていなければならない。このための作業体制、作業フロー、技術指導、判断等を適宜に行うことが必要である。
- ③ 情報整備を図るためのデータベース化の考え方と調整が図られている。

<作業>

- ① 調査マニュアルに基づき、C.R.D.A.支援組織及び地元コンサルタンツが調査を実施する。(C.R.D.A.及び地元コンサルタンツ)
- ② JICA実施調査団は、常に調査実施班と連携を取り、技術的な課題を有する地点に

つき内容を把握すると共に、調査実施班に対し、指導及び技術判断を行う。(JICA実施調査団)

- ③ 調査マニュアルが予定していなかった技術的課題が生じた場合、個別対応事項か一般的対応事項かの判断を行い、調査内容の再検討を行う。(JICA実施調査団)
- ④ 総合評価を行うにあたって、改良案の提案事項及び概略設計～事業評価に関するゴールイメージを明確にするため、考え方をチュニジア国農業省に説明する。なお、第2段階の前提条件①にも述べている通り、第1段階作業⑤で事前に説明しておくことが必要。(JICA実施調査団及びチュニジア国農業省)

第3段階

- ① オアシスごとの調査結果に基づき、オアシス台帳と結果させたデータベースを完成させる。(JICA実施調査団及び地元コンサルタント)
- ② 技術的検討課題毎に再整理し、総合評価を行うにあたって、重要度とその効果等を踏まえ、優先順位を考慮しつつ、総合評価を行う。(JICA実施調査団)
- ③ 灌漑排水施設のうち、②のなかで、特にポイントとなる点を中心に概略設計～事業評価の結果を参考とし、南部オアシス灌漑排水施設整備計画設計指針を作成する。
(JICA実施調査団)

上記で提案した調査手順は、

- ① 地形図、用排水系統図等の既知情報が多くあり、オアシス内を車で移動できること
- ② 水源施設～第1次支線水路まではほぼ整備が済んでいること
- ③ C.R.D.A.-A.I.C.のラインが確立しており、また、A.I.C.が各オアシスに組織されており、現地の実情に精通していること
- ④ 現地調査ではアラビア語が必要となると判断され、地元コンサルタント技術者の活用が重要なポイントとなること

等の現地実情を最大限考え、各組織の能力を最大限に生かすメリットがあると判断される。

また、この作業を行う手段として、

- ① オアシス情報のデータベース
 - ② 南部オアシス灌漑排水施設整備計画設計指針
- の構築もしくは作成の提案をしているが、この調査手法は調査作業を効率化・合理化する上でも有効である。またその結果得られるデータベースと指針は、それ自体調査の成果であると共に、本調査以後も南部オアシス地域の状況把握や更なる改善に当たっても十分役立つことから、調査手法として採用することをチュニジア側と共通の認識としておく必要がある。

4-4-3 調査実施体制の提案

本案件のS/W及び、M/MIにおいては、オアシスの灌漑排水施設調査は3段階に区分して行うこと、及び、特にこの第2段階の作業を円滑に進めるためにDGGR、各C.R.D.A.に
関係機関を含めた支援体制を整備することとなっている。

具体的な事項については、JICA実施調査団が協議調整し、決定することとなるが、ここでは、その体制について一試案として提案する。(図4-2参照)

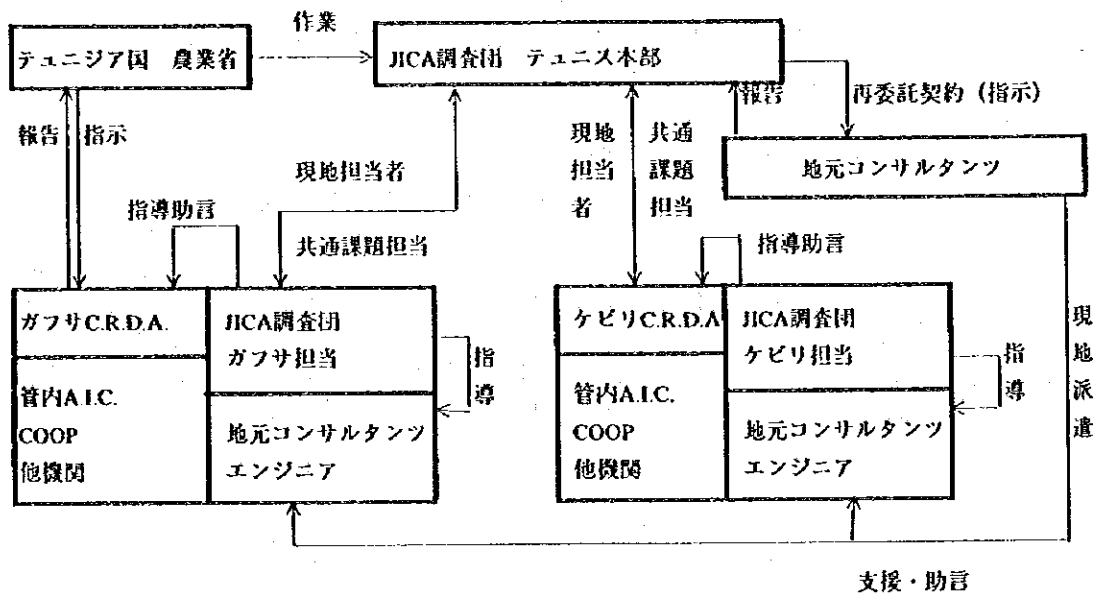


図4-2 調査実施体制(案)

(注) ①トゥズール、ガベス、C.R.D.A.は、略しているが基本は同じ。

②JICA実施調査団の表現を現地担当者と共通課題担当者に区分しているのは、作業内容の検討の項でも述べているように、各県オアシスの調査を担当するエンジニアと4県にまたがって技術的課題を検討するエンジニアには、

- ①検討作業のアプローチの手法が異なること
- ②求められる技術領域が異なること

から、JICA調査団自体の体制も区分しているためである。

4-5 開発調査実施上の留意事項

(1) 地図情報

南部オアシスの現地調査を行うためには、地形図が必要となるが、1/2,000の縮尺の地形図が既に作成されており、用排水路等の位置関係、標高が明示されている。各圃場

境界も表示されており、圃場の状況についても地形図から読みとれ、概略の把握は可能と考えられる。また、用水系統図、排水系統図（吐出水槽、ポンプステーション等の水路構造物の位置、構造、容量等が示されており、地形図と用排水系統図及び水利縦断面を照合することにより、水路系を机上で検討することができる。

現地での聞き取りでは、農業土木総局、各C.R.D.A.で保管しているとのことである。

(2) 土壌、水質、井戸等の基礎データ

- ① 土壌中の塩分濃度については各C.R.D.A.で調査がなされており、ほぼ全域をカバーしているとのことであり、これらのデータの収集と整理が必要となろう。土壌塩分集積メカニズムの検討のためには、計測が必要となる場合も考えられる。
- ② 各揚水井戸については、新規掘削時にpH, Ca, Mg, Na, K等の水質分析がなされている。また、塩分濃度については、使用開始後においても、年2回の追跡調査が継続して行われているので、このデータを収集することにより、水質についての解析は可能である。

しかしながら、含有物質については、新規井戸掘削時のみであり、経年変化が把握できないことと、スケールの問題を考えあわせ、また、含有物質のうちの分析項目のチェック（対比）を行うという意味において、今回、調査の初期のうちに分析を実施しておくのが妥当と判断される。

なお、水質分析機関としては、近くにSFAX工科大学があり、高度な分析技術と機器（日本の技術援助）を有しているので十分可能である。

③ 井戸

全ての井戸の場所、構造、取水実績、地下水位等、必要な基礎情報は台帳方式で整備されている。

(3) 調査報告書

南部地域における水に関する技術的課題に対するレポートが多く作成されているので、無駄な調査をさけるためにも技術的課題に対する議論と過去の検討経過、資料について十分把握することが肝要である。

なお、チュニジア国は仏語圏であるので、文書類（レポート、図書、資料、地図等）は殆ど全て仏語である。

例えば、今回、調査で入手した資料のうち、「ドゥーズ灌漑地域節水プロジェクト」では、気象、水需要構造、農業構造、農民の教育水準、土地利用等の基礎的問題から、ロス・灌漑水量・浸透量の実測、圃場内のレベル調査等を行い、灌漑用水節水技術の検討、提案が扱われており、また、「冷却施設・送水管路内のスケール問題」のレポートで調査検討作業を行うことが必要である。

(4) 水路系の搬送ロスの把握

灌漑用水の節水効果を高める為の現状把握として、水路系全体のロスの構造について把握しておくことが必要である。特に、第2次支線水路の土水路が特筆されているが、水源から第1次支線水路の間については、必ずしも明確ではない。ガフサ県の例では、幹線水路のロス対策の効果が大きいとの資料もある。(事前調査(予備)報告書)

このため、水路系全体のロス構造を、既存調査データ、実測データを含めて検討しなければならないと判断される。

(5) 現地における調査実施環境と対応

① 地元コンサルタンの活用

チュニジア国政府は小さな政府を指向しており、農業省、C.R.D.A.とも職員には限りがあることから、従来よりコンサルタンを積極的に活用して業務を実施してきており、今回の調査に当たって、実施調査団は現地コンサルタンの活用が必要となろう。今回の調査は日程、人員の関係から現地コンサルタンツとの直接ディスカッションはできなかったが、農業省よりコンサルタンスリストを入手しているので参考となる。なお、農業省農業土木総局の業務実績の多いのは4コンサルタンスとのことであり、チュニジア国政府より、雇用確保の側面もあり、現地コンサルタンスの活用要望が出されている。

また、現地オアシス調査に当たっては、A.I.C.の協力が必要となるが、農民の代表組織であることもあり、アラビア語を使用せざるを得ないことから、C/P、現地コンサルタンスを活用し、現地の状況を十分理解した上で合理的な作業方法を進める必要があると考えられる。

表4-1 南部4県C.R.D.A.技術職員調査

技術職名	ガフサ	トゥズール	ゲビリ	ガベス	計
主任技師	2	2	4	6	14
工事担当技師	4	5	5	-	14
副技師	21	5	9	11	46
技師補	8	8	9	12	37
人夫	55	69	0	19	143
計	90	89	27	48	254

(注) 上表技術職員は、C.R.D.A.の農業水利設備課の農業土木係、水資源係、灌漑地域開発係に所属している。

② 基礎資料の収集

F/S調査実施に必要な基礎的な情報(地形図、用排水系統図、井戸台帳、取水実

績、維持管理費等)は殆どといって良い程整備されているので、行政組織を十分理解して手配すれば入手できるので効率よく作業が進められるようチュニジア国側と調整することが鍵となる。

③ 必要とされる技術領域

今回のF/S調査に必要とされる技術領域は地下水、井戸、ポンプ、水管理制御、電気、通信、熱水処理、パイプライン、圃場整備、水質及び土壌等幅が広い。このため、必要とされる作業内容を十分理解した上で必要な技術力を有するF/S調査(実施調査団)のメンバーとすることが本調査を成功させるためには極めて重要である。

即ち、調査内容には、調査密度が濃いわけではないが、水循環ポンプ群の電気通信制御から圃場レベル2次水路までの、ハイテク技術に相当する技術から我が国の圃場整備の実務的現場技術まで農業土木技術として広範な範囲を含むだけでなく、熱水冷却技術、スケール問題等温泉科学的分野の様な多様な技術分野を含んでいる。このため、現地での臨機応変な技術力が要求される他、日本国内からの技術情報の収集、支援体制が必要である。よって、作業監理委員会の設置が適当である。

なお、熱水冷却スケール発生の問題については、深層地下水に含まれる含有物質が原因であることから、両者は不可分の課題として検討する必要があるが、この分野については我が国の温泉水を利用したハウス栽培や地熱発電、一般の温泉施設等で研究が進められており、国内での十分な情報収集を行って対応することが必要である。

④ 調査体制の確立

調査対象地域が南部4県に跨るが、各々の県に出先機関であるC.R.D.A.組織がある。今回のF/S調査を実施するに当たって、各C.R.D.A.毎にA.I.C.、農協等本調査に関係する機関で構成する調査体制をもって行うことを合意している。従って、F/S調査の早い段階でのこの調査体制の立ち上げ、かつ、十分機能させるため作業分担、内容等を明確にして進めることが重要である。なお、各機関に関する資料は予備調査等で入手しているので、各組織の役割を十分理解しておくことも肝要である。

(6) 相互理解

① チュニジア国農業省にとっては、日本の技術協力は初めてのことであり、また南部地域のオアシスの節水問題は国家的課題でもあることから今回のF/S調査にける期待は極めて大きい。

このため、F/S調査時においてチュニジア国側に欧米、国際機関のシステムとの違いから来る誤解を生じないように日本の技術協力についてはもちろんのこと、経済協力基金(OECFローン)についても、そのシステムについて正確に、十分チュニジア国政府関係者によく説明し、理解を得ることが重要である。

② 調査対象地域は欧州（特にフランス）や産油国の資金により、水源施設、幹線水路、第1次支線水路はほぼ整備されている。それらの整備に当たって作成された地形図、路線図等の資料も、上述の通り、極めて効率的に整備されており、またカウンターパートの技術レベルも比較的高い。このため、調査に当たっては一般の途上国のように測量等の基本的なレベルからの調査ではなく、既に調査、検討、蓄積された技術情報をチュニジア国側との協力により十分把握の上、調査を行う姿勢が必要である。

また、農業省、C.R.D.A.、A.I.C.等の技術者たちは、今回の調査地域に関する技術的課題について、調査、解析、現地への適用等多くの試みがなされ、各種データの収集、報告書の作成等がなされていることは既に述べた通りであり、F/S調査に当たっては、課題毎の論点を明確にし、事前に十分な技術情報を蓄積し、チュニジア国政府側スタッフと議論する体制で望まなければ、チュニジア国政府側の期待が大きい故に誤解を招きかねないので、十分留意することが必要である。

(7) 調査工程等について

- ① 1995年2月2日～3月2日がラマダンの時期になる。
- ② 各C.R.D.A.は水源施設、幹線水路を直接維持管理していることから、夏期には現地対応が難しいこと、また、現地の気象条件、休暇等の事情から本格調査は6月末までに行われることが効率的にF/S調査を進める上で必要であるとの意見があった。
- ③ チュニジア国は、全国にわたり道路網が整備されており、調査対象となるオアシスには道路が通じていることから、4WD車にて通行可能である。

