

国際協力事業団  
オマーン国農漁業省

オマーン国

ネジド地方農業開発計画調査

(フェーズⅡ、ワークⅢ)

ファイナル・レポート

主報告書

平成9年5月

JICA LIBRARY



J1136928(7)

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル

農 綱 農

J.R

97-22

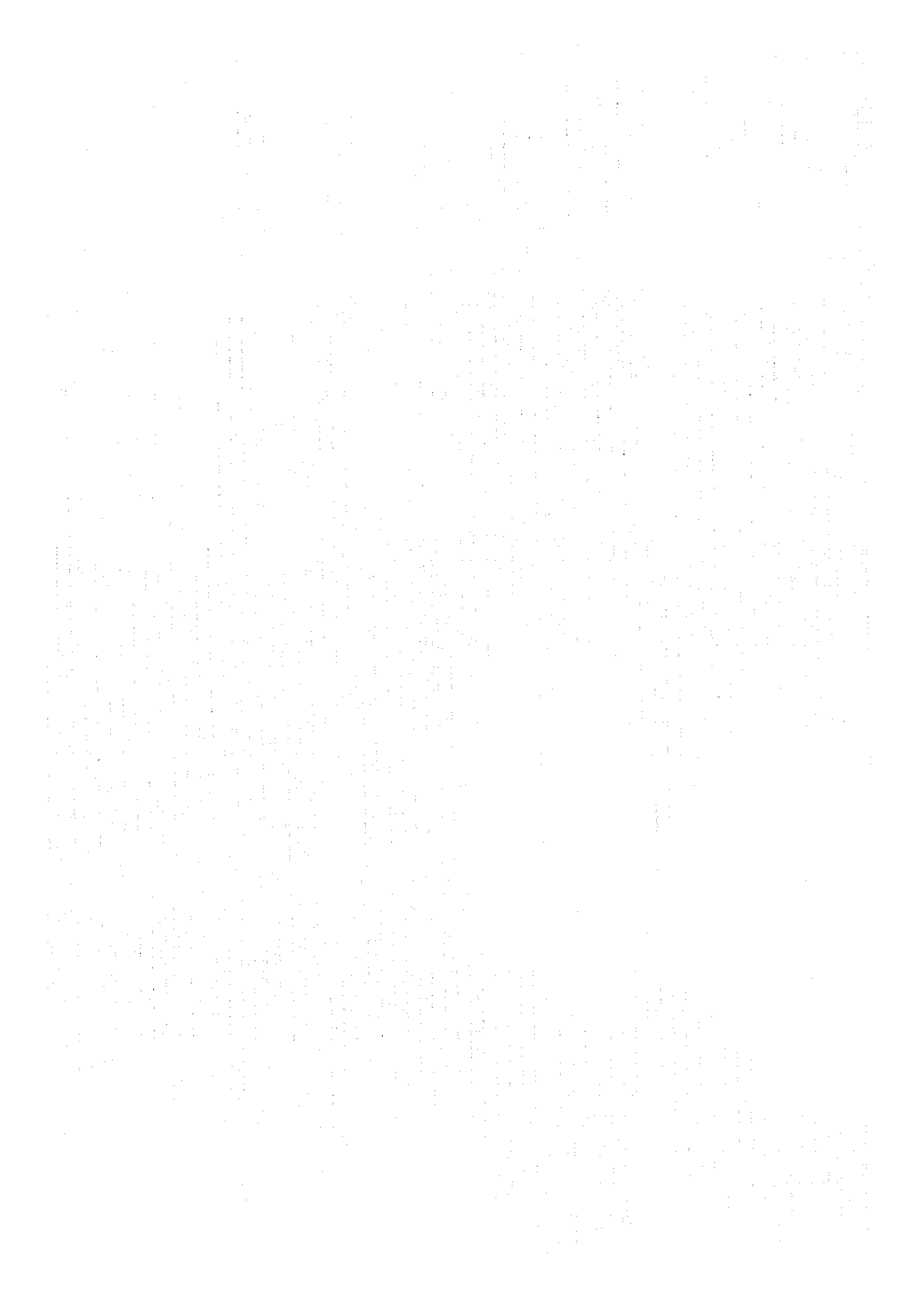
国際協力事業団 オマーン国 ネジド地方農業開発計画調査(フェーズⅡ、ワークⅢ) ファイナル・レポート 主報告書

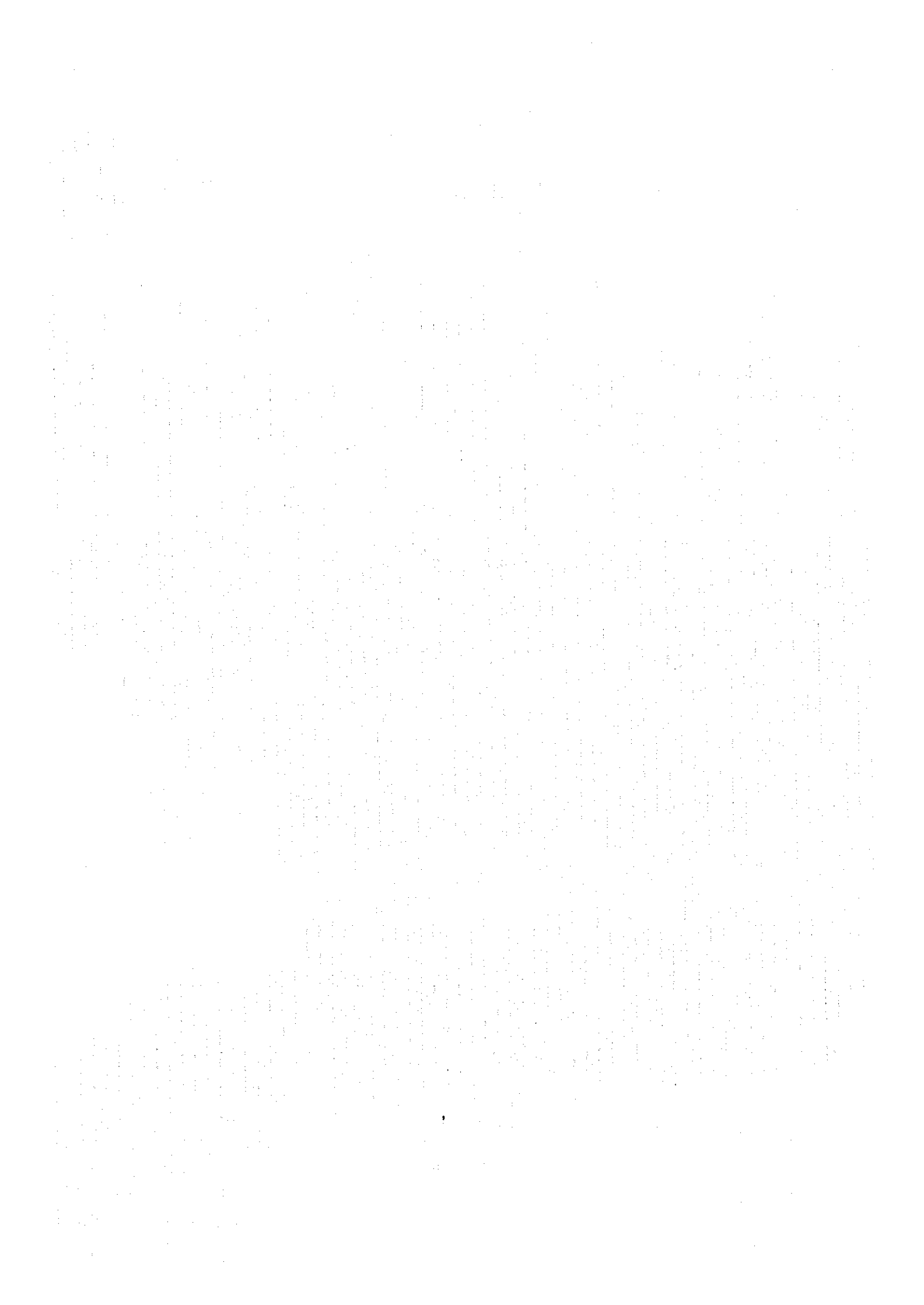
平成9年5月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ

310  
807  
AFA







国際協力事業団  
オマーン国農漁業省

オマーン国

ネジド地方農業開発計画調査

(フェーズⅡ、ワークⅢ)

ファイナル・レポート

主 報 告 書

平成9年5月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル



1136928 [7]

通貨換算率  
(1996年10月末日)

1.00 米ドル = R.O. 0.385  
R.O. 1.00 = 2.60 米ドル

R.O. : リアルオマーニ

## 序 文

日本国政府は、オマーン国政府の要請に基づき、同国の「ネジド地方農業開発計画調査(フェーズII)」に係る開発調査の再開を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は平成7年4月から平成8年11月までの間、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの鈴木清四郎氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団はオマーン国政府関係者と協議を行うとともに、ネジド農業試験場と計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好並びに親善の一層の発展に役立つことを願うものであります。

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

平成9年5月

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎 殿

## 伝 達 状

今般、オマーン国における「ネジド地方農業開発計画調査（フェーズⅡ、ワークⅢ）」が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

この報告書は、日本国政府関係各省庁や貴事業団の計画策定に関する助言や提言、ならびにオマーン国内で行われたオマーン国政府関係省庁との会議でのコメントなどを反映して、調査対象地域の地下水および農業開発計画の基本方針を取りまとめたものです。

調査の結果により、現況の地下水利用が調査対象地域の地下水の持続的開発可能量を上回ると予測され、現況の地下水利用を継続すれば現在の地下水位の低下は急激に増大することは明らかです。

調査地域での農業開発の今後の方向性は、ネジド農業試験場での試験研究、研修および普及活動の強化を行う一方、より詳細な地下水賦存状況を把握するために、フェーズⅠ調査で提案していた段階的開発構想へのフィードバックが必要であるとの結論に達しました。ニューパイロットファーム計画は調査地域の現状と段階的開発構想へのフィードバックの具現化の一案であります。

本報告書は、第Ⅰ巻；主報告書と第Ⅱ巻；付属資料集のⅡ巻から構成されています。

最後に、本調査の実施に際し、積極的な御支援と御協力を賜った貴事業団、外務省および農林水産省、ならびにオマーン国政府の農漁業省および関係省庁の担当諸官に対してここに深甚な謝意を表する次第であります。

平成9年5月

オマーン国ネジド地方  
農業開発計画調査（フェーズⅡ、ワークⅢ）  
調査団長 鈴木 靖四郎



E53°

E54°

# 調査位置図

## LEGEND



Study Area



Existing Farm



National Road



Secondary Road



Trail



N19°

N19°

N18°

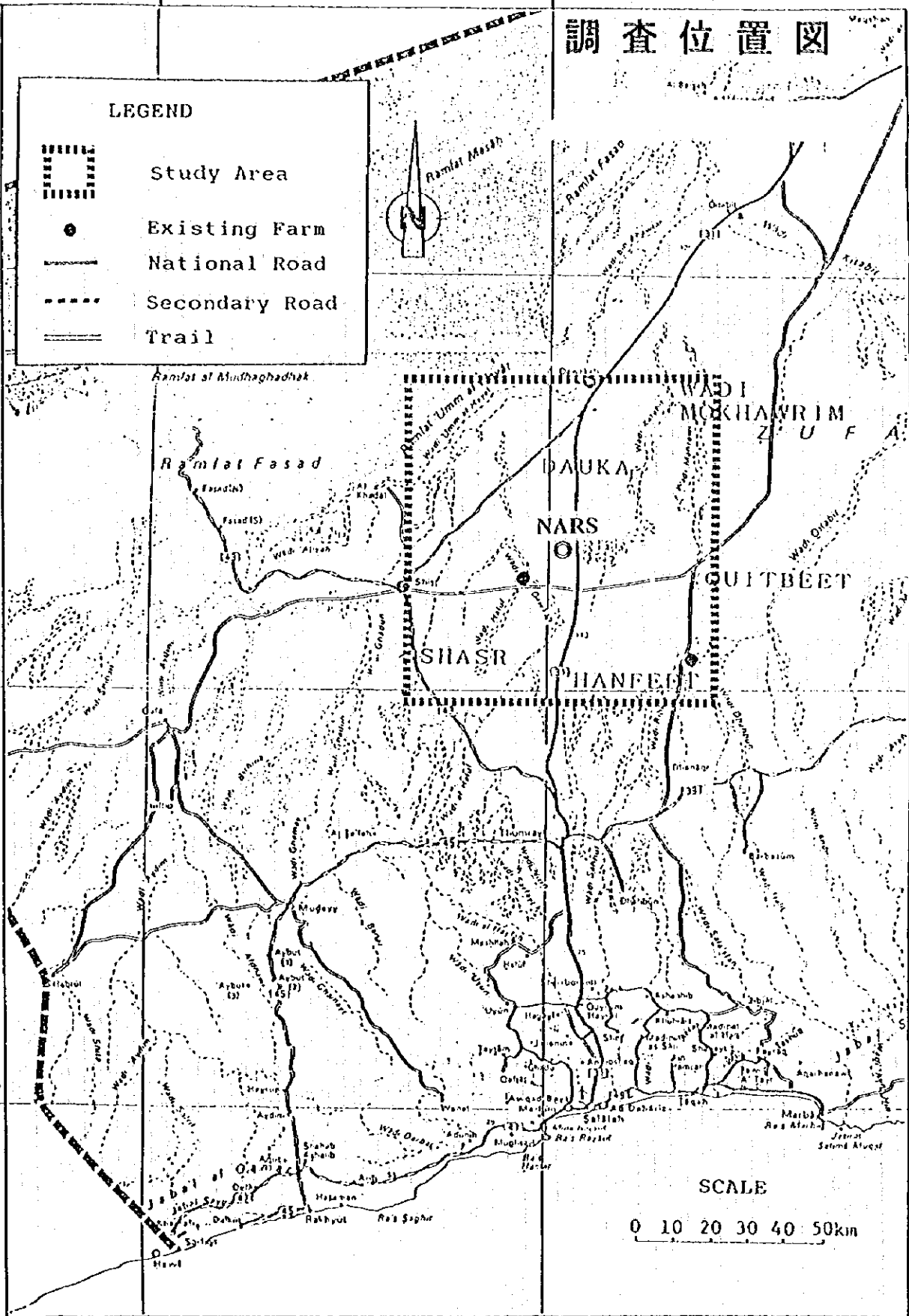
N18°

N17°

N17°

E53°

E54°



## SCALE

0 10 20 30 40 50km



オマーン国  
「ネジド地方農業開発計画調査（フェーズⅡ、ワークⅢ）」  
ファイナル・レポート  
要 約

## 結論および提言

### 結 論

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

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

ネジド地域において適切で持続的な農業を確立するために農業試験を実施し、継続的な観測による地下水の開発潜在力を予測する目的で、フェーズⅠ調査においてパイロットファームが提案され設立された。このパイロットファームは後にネジド農業試験場（NARS）と名称を変更され、科学的な研究にその重要性が向けられ、本来のパイロットファーム構想の目標は一部変更される結果となった。開発計画の第Ⅰ段階の終了時における全体評価において、NARSでの2年間の観測活動により、土地・水資源などに関するモニタリング調査および農業調査はそれらの目的が達成された。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 提 言

限られた資源とみなされるネジド地方の地下水資源を利用した農業を今後より長い期間利用するには、行政的、法的施策による地域農業開発の方針の確立とネジド農業試験場(NARS)での技術的探求の継続が必要である。

必要な具体的な行政・法的施策としては、以下のようなものが挙げられる。

- 1) 新規開発への規制：水資源賦存状況の解明まで新規開発を規制する。

- 2) 水資源評価の強化：MWR を中心に専門的立場から水資源を評価する。
- 3) ニューパイロットファームの設立：地下水観測網を改善する。
- 4) NARS の強化：研究および適正な農業技術、観測、普及活動を強化する。
- 5) 開発委員会の設置：関連省庁により開発を恒常的に監督する。
- 6) 農業支援体制強化：開発方針の啓蒙と適正営農技術の普及、支援を行う。

一方、ネジド農業試験場は、将来の農業開発を担う人的資源の開発と技術的制約条件を必要な施設と試験機器を整備しつつ同試験場の運営を行う必要がある。

## 1. 序 論

ネジド地方農業開発計画調査（フェーズII調査）は、1)パイロットファームでの長期モニタリング調査への技術協力と 2)ネジド地域での農業開発計画の見直しを目的としており、調査内容の構成は以下のようにになっている。

- 1) パイロットファームの詳細設計（ワーク I）
- 2) 地下水開発可能性の検討（ワーク II）
- 3) パイロットファームでの長期モニタリング調査への協力（ワーク III）
- 4) 農業開発の方向性の検討と提示（ワーク III）
- 5) オマーン側カウンターパートへの技術移転

上記の5つの調査内容事項のうち、項目-1)はワーク Iとして終了し、地下水資源の調査に関する項目-2)は、オマーン国の水資源行政機構の改変により調査スコープからは除かれた（1992年7月）。このような経緯を踏まえ、本調査「オマーン国ネジド地方農業開発計画調査（フェーズII、ワーク III）」はパイロットファーム施設建設の完了を待ち、1995年3月よりオマーン側の要請を受けて開始した。調査対象地域はネジド地方の一部である 8,100 km<sup>2</sup>であり、NARSはこの調査地域の中心に位置している。

## 2. 調査の背景

### 2.1 オマーンの農業とオマナイゼーション

オマーン国は1970年の石油資源発見までは、伝統的な農業と漁業を主要産業として国家を維持してきた。その後経済の中心は石油資源関連産業に移行しているが、現在でも国民の大半は地方域に居住し、農漁業に携わり農作物としてはデーツ、ライム、スイカ、マメ類、キャベツおよび畜産などの生産に従事している。

近年掲げられている“オマナイゼーション”は同国の経済を述べる上で重要な事項である。これまで雇用してきた外国人労働力に代えて、オマーン国民を積極的に生産の場へ投入しようとするこの政策は、開国以来の国民教育の充実の成果と高い人口増加率および国家経済を維持してきた石油資源生産の限界を背景とする。

## 2.2 国家開発計画

国家開発は 1976 年から 1980 年を第 1 次 5 ヶ年計画として開始し、以降現 5 次 5 ヶ年計画 (1996 年～2000 年) まで継続して行っている。社会基盤の整備と産業基盤の育成に努力を注ぎ、第 3 次 5 ヶ年計画 ('86 年～'90 年) では計画開始年に発生した石油価格の急落が起こっている。地方域での社会基盤の改善、農漁業振興および石油価格急落を考慮した中小産業の振興を開発の目標とした。

農業部門の開発は、天然資源と自然環境を保全しつつ、経済の多様化と農産物の国内生産向上および自給率の向上を可能とする持続的農業の創造をその目的としている。同国は、1994 年に農産物の自給率を 50%までに達成したが、今世紀内で家禽肉、鶏卵およびミルクの自給率を 100%、家畜肉の自給率を 48%までに向上させることを目標としている。

## 2.3 調査地域の現状

ネジド地方は南部オマーンにあり、その全体面積は約 4 万 km<sup>2</sup> (UAE の国土の 1/2、日本の東京都の約 2 倍) であり、Thumrait が行政・経済の中心である。地形は、海浜に沿って東西に走るドファール山脈の北縁から北方になだらかに傾斜する土漠である。同地方の南限であるドファール山脈は 7 月から 9 月にかけて南西より来襲するモンスーンを遮るほか、流域界を隔てる分水嶺となり、海浜平野とは気象状態を大きく異なるものとしている。調査地域の土壌は石灰岩と石灰質泥岩または浸食と堆積が繰り返される中で生成された堆積物を起源としている。

ネジドでの農業開発は手掘りの井戸と放棄された井戸からの被圧流出による地下水を水源とする農園の開設が 1980 年代に Hilat Al-Rhakah や Shasr および Dauka で始まったのが起源である。一方最近になり、企業による大型農園が Hanfeet や Hilat Al-Rhakah の北域で急速に広がっている。1994 年に MAF が行った調査によれば、ネジド地域の農園の数は 155 件とされ、うち 28 件が牧草の栽培でありその他が野菜と果樹の栽培とされている。全栽培面積は 1,337 ha で、牧草栽培が 608ha、野菜・果樹栽培が残りの 729 ha である。生活水供給や電力供給などの社会基盤は一部の部落単位でなされるほかは、調査地域内では未整備である。



### 3. ネジド農業試験場 (NARS)でのモニタリング調査結果

#### 3.1 NARS の組織

NARS (Nejd Agricultural Research Station、ネジド農業試験場) は当初ネジドにおける地下水の継続モニタリングと作物試験栽培の場としてのパイロットファームとして計画された。本調査は 1994 年 11 月のパイロットファーム開設に引き続き、インセプションレポートに示すように、技術的事項への支援を中心課題とし、カウンターパート機関を農漁業省南部総局として開始した。

#### 3.2 作物栽培モニタリング

作物生産のモニタリングは、日常の生育観察記録、収穫前の 10 日間の成長解析、乾草の水分変化、乾草の質と量、収穫ロス、乾草の養分とミネラルの分析等を含む収量調査、および樹木の生長観察を内容としている。

1995 年の 6 月から 1996 年の 5 月までの 1 年間の収量の経過は、夏に高い収量、冬に低い収量という牧草一般の収量経過を辿った。30 ha のセンターピヴォット圃場での乾草生産は、7 月から 11 月までは各刈り取りごとに 10,000 ~ 12,000 ベール (5.4 ~ 6.0 ton/ha)、1 月は 6,100 ベール (2.1 ton/ha) であった。1995 年 5 月から 1 年間の乾草生産量は 33.7 ton/ha で、これを生産するために施用した窒素肥料の量は 613 kg/ha であった。

#### 3.3 土 壤

作物栽培による土壌変化について、1995 年 4 月よりモニタリング調査を行った。主な項目は 1) pH、EC および有機質の測定、2) 目視による土層変化、3) 土壌の化学特性および 4) 土壌の物理特性である。

##### (1) pH、EC および有機質

調査期間中の pH 値 (1:2.5) に大きな変化はなく、7.5 から 8.5 の範囲であった。この測定結果は通常の値より若干高いが、その原因はリンなどの栄養分の減少が要因となっていると見られる。土壌の EC 値 (1:5) は概ね 0.25 から 0.75 mS/cm の領域であり、平均で 0.50 mS/cm であると言える。一般に乾燥地域での Ece (Electrical Conductivity for Saturation Extract) は EC 値の約 5 から 10 倍の値になるとの報告があり、同地点での Ece も 2.5 から 5.0 mS/cm になると推定される。有機質含有の測定は 3 ヶ月ごとに行った。調査開始時点での土壌中の有機質の含有は非常に低く皆無に等しい状態であったが、1996 年 10 月時点でのセンターピ

ヴォット圃場での有機質含有量は約1%にまで増加している。

## (2) 土壌断面調査と目視観察

NARSの土壌はTypic Calcorthids(US Soil Taxonomy分類)またはCalcic Yermosols (FAO分類)に分類される。灌漑適性分類では、Coarse texture(粗粒砂)やlow fertility(貧栄養性)であることから、作物栽培に関しては幾分制限があるとされる“S2”に分類される。ここでの土壌は土壌として未成熟であり、土壌層位と土壌構造も明確な成熟を示していない。今後の作物栽培の継続で漸次土壌としての成熟化が期待される。また、適性な灌漑管理により導入作物種への制限はないと判断される。

## (3) 化学・物理特性

塩基置換容量は一般的に土壌の栄養性と施肥効果の指標として用いられる。CECは調査開始当時3~9 me/100gの領域にあり平均で5me/100gの状態にあった。最近の測定値は5~10 me/100gの領域で、平均6.5 me/100gへと若干上昇している。全有効態窒素は極端に低く、0.01%以下であり、有効態リンは3.5 ppmとなっている。置換性カリウムは1995年時点で0.4~0.6 me/100gであったが、1996年には0.2~0.3 me/100gへと低下を示している。一方、置換性ナトリウム値は低く、1 me/100g程度である。このように、同所の土壌が原生土であるため、微量養素の有効性は低い。炭酸カルシウムの含有は約50%と非常に高く、このような高炭酸カルシウム含有の土壌は乾燥地に極めて共通に見られる。

物理特性は乱さないサンプルを採取して測定した。容積重(Bulk density)は湿潤で1.65から1.75 g/cm<sup>3</sup>の範囲にあり、乾燥状態で1.55から1.65 g/cm<sup>3</sup>の領域にある。土壌は粗粒砂であり、sandy loamに分類される。センターピヴォット圃場での浸透能(Infiltration Rate)は非常に高く40 mm/hrになり、一部では200 mm/hr以上の場所もある。飽和透水係数(K)は全域でほぼ等しく、 $0.3 \times 10^{-3}$  から  $0.5 \times 10^{-3}$  cm/sec (0.26~4.32m/day)の測定結果であった。

土壌水分の水分張力はテンシオメーターにより測定した。計測期間中、収穫時期を除いて毎日灌水を実施しているため、土壌水分は水分測定時間に左右される。pFの範囲は1.50 (3.2 kPa) から2.35 (22.2 kPa)であった。

土壌水分はサンプル採取深の全てで概ね等しい値を示している。これは土壌の浸透能が高く灌水した水が早く降下し、かつ毎日灌水することでどの層位でも圃場容水量レベルまで湿潤しているためである。いくら灌水しても下層への水分移動で土壌水分はこの圃場容水量レベルに落ち着くことになる。平均圃場容

水量は約 12~15%であり、この結果は実験室での分析結果と一致する。この土壌保水能と土壌水分測定結果を踏まえて、現在行っている毎日の灌漑を間断灌漑へと換え得る可能性を見出した。

### 3.4 地下水

NARS の灌漑に利用されている水資源は、ネジドに広く分布しているC帯水層の地下水である。調査地域には第三紀堆積岩層に発達した 4 つの帯水層がある事が知られている。ダンマーム層またはラス層に発達したA帯水層、上位ウムエルラドゥーマ(UER)層に発達したB帯水層、下位UER層の上部に発達したC帯水層、下位UER層の下部に発達したD帯水層である。とりわけC帯水層が、農業開発に適した水資源として期待されている。フェーズI調査において、C帯水層を対象として2本の試験井と2本の観測井が、パイロットファーム適地として選定された個所に掘削された。その後、そこにNARSが建設され、現在、2本の試験井(NJD-2とNJD-4)はNARSでの灌漑のための生産井として使われている。他の2本(NJD-1とNJD-3)は観測井として利用されている。

NARS稼動開始後2年が経過し、その間、被圧水頭は地表面下約2mから約20mへと低下し続けている。この水位低下はNARSでの取水のみに依るのではなく、周辺での地下水取水が影響していると見られる。地下水賦存状況と地下水水理特性の把握は、NARSでのモニタリング調査のみでなく、周辺を含めた広域での調査が今後とも必要である。地下水モニタリング調査は定期的な水質分析も行っているが、pH、ECは各々7.4、1,600 mS/cm 近辺を示し大きな変化は無い。

### 3.5 気象

#### (1) 気温と湿度

NARSでの月平均気温は2月が最も低く(22.7°C)であり、8月に最高平均気温(32.0°C)で月平均気温による年較差は概ね10°Cとなる。各月ごとの日較差は酷暑期で約15°C、冬季で10°C程度であった。日較差は夏季で約20°C、冬季で約15°Cの較差が記録されている。相対湿度の月別変動は30%から60%の領域であるが、45%を平均として10%程度の変動が年間認められる。一日の変動は、夜明けとともに7時頃から4時間ほどでほぼ直線的に相対湿度は低減し、14.00頃から漸増に転じる。

#### (2) 風

NARSの風は以下のような特長が判明した。すなわち、1) NARSの平均風速は

Thumraitよりは低く、Salalahよりは高い。2)モンスーンの風速への影響はThumraitを経る間に弱まる。3)月平均風速は冬季の2.0 m/sからモンスーン季の6.5 m/sの間の変動を示す。4)卓越風向は南である。5)一日の中では海陸風の影響から、夜間に北からの風へと風向が変化する。

### (3) 日 射

日射量は季節のほか主に雲量による遮断で規定される。NARSでの日射量は4月に21.43 MJ/m<sup>2</sup>・dayで最高値を示し、最低値は14.66 MJ/m<sup>2</sup>・dayで12月に発生する。日照時間は冬季で10.7時間/日、夏季で12.3時間/日の間での変動を示す。

### (4) 蒸 発 量

NARSでの観測は1995年10月から開始し、約1年間の変動を継続して観測することができた。年蒸発量は約3,900 mm/年であった。長期的なNARSでの年蒸発量は4,200 mm程度になると推定できる。

### (5) 降 雨

本調査期間の中で降雨は1回のみ認められ、1996年6月11日と12日に南部オマーンから北部オマーンへ移動するモンスーンの通過時の降雨で計53 mmが記録された。

## 3.6 水 利 用

### (1) 利 水 記 録

#### 1) 牧草への灌水

フェーズI調査で検討した作物必要水量を指標として、季節に応じて6 mm/日から11.1 mm/日の灌水を行い、順調な生育を達成した。これらの灌水量は日単位で計測し、今後の節水灌漑試験の参考資料となるものである。

#### 2) 樹木への灌水

樹木への灌水は60 lit/日を計画値とし、防風林を含む約3,600本の果樹へ灌水を行った。灌水実績は88 lit/日から211 lit/日と変動しているが、樹木は順調に成長しており、今後は節水限界の検討が必要である。

## (2) 作物必要水量の推定

### 1) 可能蒸発散量の推定

NARS での気象観測結果によれば、現在の灌水量の指標としている Thumrait 地点の気象と NARS 地点の気象には明確な差異が判明しつつある。この差異を踏まえた NARS 地点での可能蒸発散量の推定では、最小で 4.2 mm/日、最大で 10.4 mm/日となり、年間で約 2,800 mm/年となる。

### 2) 作物必要水量の推定

作物必要水量は前項の可能蒸発散量に作物係数を乗じて算定する。この作物係数は作物の生育段階で変化し、牧草では収穫直後の 0.4 程度から収穫直前の 1.0~1.1 程度へと漸増する。この係数の平均的な値として 0.85 を充当すると、年間の牧草栽培に用いる作物必要水量は約 3,310 mm/年となり、現在使用している指標より約 25%低減することになる。

## 3.7 栽培試験

### (1) ローズグラスの栽培試験

この試験は、ローズグラス栽培に関する情報を得ることと、オマーンのカウンターパートへの試験研究についての研修を目的とし、下記の課題を挙げた。

- Trial 1.   ローズグラスの施肥・灌漑試験
- Trial 2.   厩肥のローズグラス生育に及ぼす効果
- Trial 3.   カリのローズグラス生育に及ぼす効果
- Trial 4.   微量養素欠乏の診断と施肥試験

Trial 1 の結果として、1996 年の夏季に行った 3 日ごと 12 mm/日の灌水では、収量が低減したものの枯死にはならず、以降の毎日灌水により著しく快復した。この事象は、夏季の（山岳地帯での牧草需要が低減する時期）節水が可能であることを示唆している。また、夏季の乾草生産と窒素施肥量との間には、年間施肥量 1 ton/ha を上限としてほぼ線形的関係が見られた。

その他の Trial 2 から Trial 4 に関連する試験は、実施期間が短く季節的変動を検討し得るだけの情報が集まっていない。今後の継続試験が望まれる。

## (2) 農場運営

30 ha のローズグラスの収穫を効率的に行う方法、つまり経済的な農業機械と労働力の組み合わせの方法、収穫期間中の灌漑の中断を可能な限り減らす方法等を明らかにすることを目的とする。収穫中の灌漑の中断を少なくするため、30 ha を 4 分し、各区分毎の収穫作業が完了してから次の区分に移動し、完了した区分には灌水を開始するように指導した。その結果、収穫中の灌漑中断期間は 4 日までに減少した。センターピヴォット圃場の 4 分の 1 (約 8 ha) の刈り取り、攪拌、梱包、搬出に要する日数は夏で 4 日間、30 ha 全体で約 14 日であった。

## (3) ライシメーター試験

灌水量、排水量、土壌に保持された水分量、蒸発散量を明らかにし、牧草栽培における水収支を測定するのが本来の目的である。その他、排水の水質調査による土壌塩類の集積程度から、排水管理についての情報を得る目的もある。ライシメーターは 3 m 平方(9m<sup>2</sup>) 枠を 8 区画有する。試験は 4 処理 2 反復で行った。

灌水減区は、対象区にくらべ低い土壌水分で経過した。厩肥施用の効果は、栽培の後期の土壌水分保持力において僅かながら認められた。また、ライシメーターからの余剰水の排出が観測され、その量は試験中に減少していった。特に、灌水減区では、8 月 11 日から排水は観測されず、このことは灌水対象区と明らかに異なっていた。PH 値は、どの区も増加傾向にあった。一方 EC 値は、灌水対象区では試験期間中変わらず、灌水減区では増加した。このことは、灌水減区の灌水量では土壌中の塩分を十分に溶脱できないことを示している。さらに試験を継続する必要がある。

## 4. 調査地域の現地踏査結果

### 4.1 調査地域の現状

#### (1) 農業

調査地域内には、Dauka, Hilat Al-Rakah, Hilat Al-Rakah North, Hanfeet, Shasr および Quitbeet の6つの農作集落（農場が集中している地域）がある。調査地域内での農園は明確に2つの形態に分離することができる。一つは小規模な農園で0.2 ha から10 ha 程度の耕地面積であり、伝統的な灌漑と耕作を外国人労働者が行っている。一方は、企業が所有・管理する25 ha から50 ha 規模のセンターピヴォットで栽培を行い、5 から10 名程度の外国人労働者が栽培作業に従事しているものである。

調査地域内で栽培されている作物品種は概ね15 品種に及ぶ。トマト、スイカ、ジャガイモ、キュウリ、カンタローブ、オクラなどが主要品種であり、デーツやライム、ザクロなどの果樹が狭い野菜圃場を取り囲む形で植えられている。これらの栽培は小規模な農園で主に行われている。一方、ローズグラスの栽培は急増する大型農場が集中して行っている。

#### (2) 土 壌

JICA によるフェーズ I 調査以降、1,000 ha 規模の農業開発可能地を探索するため、詳細な土壌調査が地域内と周辺地域で行われ、調査地域内の土壌についての貴重な情報が得られている。調査地域内での土壌調査結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 原生土の初期 pH は高く、8.5 から 9.5 を示し、カルシウム分が高い。しかし、耕作を開始して一定期間が過ぎると pH 値は低下する。
- 2) 原生土の初期 EC 値は低く、0.1 から 0.2 mS/cm である。
- 3) Wadi Quitbeet の一部ではアルカリ性で塩類化の非常に低い状態にある。
- 4) Dauka や Wadi Bani Khawater など地域北部の土壌は塩類化を起しやすい。そのため新しい農場開設の場合は、慎重な土壌面からの調査が必要である。
- 5) Hanfeet や Hilat Al-Rhakah 地区の土壌は塩類化とアルカリ性の問題がそれ程顕著にはなく、適性な灌漑と塩類溶脱を行えば塩類集積は発生しない。

### (3) 灌 漑

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

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

### (4) 地 下 水

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

ネジドでの地下水利用を最適に行い、農業開発を進めるためには、適切な地下水監理が必要であり、地下水位のモニタリングは、そのために不可欠である。地域の継続的な農業開発は、効果的な地下水管理に依存しており、それは、帯水層の挙動の理解にもとづいて作られる。管理体制は以下の内容を主要な事項として含むべきである。

- a. 民間による新規地下水開発の一時停止を伴う開発規制
- b. 利水活動に対する計測と報告の義務を含むモニタリング体制の設立
- c. リモートセンシング利用の広域利水監視体制の設立
- d. 既存農場での節水灌漑指導による水消費量の抑制
- e. 広域的地下水モニタリング体制の設立



## 5. 農業開発計画

### 5.1 開発戦略

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

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

#### (1) ネジド地域の農業開発の現状

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

さらに調査地域のセンターピボットの数および灌漑による耕作面積は、この 2~3 年の間に急激に増加している。農業生産のための地下水による開発面積は既に 800 ha 以上になっており、建設中、計画中の面積を加えると、開発総面積は 1,000 ha 以上と算定される。また、地下水位の劇的な低下が観測されており、一部の生産井は既に放棄されている。農業開発の可能性に関する既存の開発調査によると、現状以上の開発可能な面積は多くはないと推測され、大規模な開発構想は持続的な開発の観点から非現実的であるといえる。

1 本または 2 本の井戸がそれぞれ 500~1,000 m 離れた地点での、30~50 ha の面積はセンターピボットの経済的規模として許容される。適切な開発速度は、年間 2~3 ヶ所の農場であるとの認識を MWR は持っている。

#### (2) 水資源

ネジド地下水観測概要報告書 (ドラフト、MWR, 1996 年 2 月) の結論によると、滞水層から地下水の最大量を取水するためには、ネジド地域において揚水場所を集中させず、分散させて揚水する方が良いことを、簡易モデル分析によって

明示している。また、ネジドC滞水層に関するMWRの説明（1996年6月）によると、著しい地下水の低下が過去2年間以上にわたって発生している。最大の低下はセンターピボット使用の灌漑が近年劇的に拡大したHanfeetで発生している。一方、低下の85%以上が運用初年度に発生し、農場開発の1~3年度ではわずかな低下しかないといわれていた（MMI, 1994）。しかし、ネジド地域での現況の井戸の現象は非常に異なっている。従って、将来の開発のためにネジド地域において、広範囲かつ継続的な地下水調査が求められている。

### (3) 開発制限要因および潜在力

本ネジド地域農業開発計画においては、水資源が農業開発における最大の制限要因であり、開発の速度および規模は地下水の潜在力によって決定されることは、フェーズI調査の結果およびフェーズII調査の現地調査で明確である。このため、初期段階では小規模な農業開発を実施し、最初の3~5年は滞水層の特徴を継続に評価することが肝要であり、評価の結果は滞水層の特徴を理解し、ネジド地域における長期の開発戦略を策定することを支援することになる。

### (4) 開発基本構想

農業開発の次段階のために、ネジド地域農業開発計画の基本構想として次の3項目が提案される。

- 1) 農業開発構想および持続的な開発
- 2) ニューパイロットファームの設立
- 3) 営農技術および技術移転

## 5.2 ニューパイロットファーム計画

### (1) 目標

ニューパイロットファームの主要な目標は次のように要約される。

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

農場の規模は、灌漑計画、生産計画、作物体系等を考慮して決定される。短期の開発期間は最初の4年間、長期の開発期間は5年度以降と考えられる。提案

される農場の数は、ニューパイロットファームの目標を考慮し、Quitbeet 村北部、Shasr 村北東部そして Wadi Mokhawrim の3ヶ所となる。

この事業を担う対象者はそれら集落の周辺に居住する地域住民であり、NARS において十分な訓練を受け、ニューパイロットファーム開設後は、オンザジョブトレーニングにより、NARS から技術移転がなされるべきである。農民はニューパイロットファーム内に永続的には居住せず、おのおのの農場は15人の農民を受け入れる。

## (2) 作物選定

4年間の土壌改良期間においては全作付け面積30haでローズグラスを栽培し、続く改良後はタマネギ、ニンジン、キャベツ等の冬期野菜が、作付け面積の半分に導入される。ローズグラスと野菜の栽培地は、5年毎に入れ替えられる。さらに、各野菜の作付け地は、連作障害を回避し十分な収穫を上げるために、毎年他の野菜に換えるようにする。

## 5.3 ニューパイロットファーム施設計画

### (1) 施設配置と水利用

各ニューパイロットファームは730mを一辺とする西方形の敷地に、30haのセンターピヴォットを置き、敷地の南北端に防風林帯を設ける。同敷地内には生産井および観測井を各1本建設し、取水と並行して地下水モニタリングが可能なものとする。その他、宿舍、発電施設、肥料仮置き場などを導入する。水利用量は4,015 m<sup>3</sup>/日の規模になる。

### (2) 施設と導入機械

ニューパイロットファームの施設は以下の内容を計画する。

- 1) C層対象の生産井と観測井をMWRの井戸構造で農場敷地内に建設する。
- 2) 62 lit/秒、全揚程100mの取水ポンプを地盤面下50mに設置する。
- 3) センターピヴォットを主作物用、バブラー灌漑を防風林用として導入する。
- 4) 建物施設として農場事務所、宿舍、肥料の仮置きなどの覆いを建設する。
- 5) 発電施設は揚水ポンプと灌漑装置用(215 KVA)と生活用(25 KVA)を導入する。
- 6) 生活用水を確保するため6 m<sup>3</sup>/日規模の飲料水製造装置を設置する。
- 7) 付帯施設として、宿舍の下水処理用の浸透樹と農場内の街路灯を設置する。

また、導入する車輛・農業機械は、トラクターのほか牧草栽培用作業機械などを予定する。

## 5.4 費用算定

### (1) 事業費

事業費は、施設建設費、資機材購入費、予備費およびコンサルティング費を含む。

3農場を建設するための事業費は RO.1,116,999（1ヶ所あたりは RO.372,333）と見積もられる。

### (2) 維持運営費用

維持運営費は労務者給与、施設維持費、機械・資材維持費、発電燃料費と農場管理費用からなる。3農場にかかる年間維持管理費は、RO.112,254 と見積もられる。

## 5.5 ニューパイロットファーム計画事業評価

### (1) 評価手法

一般的に農業開発においては、地域の公益性が高い比重を占めていることを考慮し、経済評価が重要視される。しかし、本ニューパイロットファーム計画の主要目的は経済活動ではなく、経済評価および財務評価等の一般的な事業評価は馴染まないといえる。このため財務評価は、将来の農業開発計画の事例研究として、農業開発を支援する政府補助金の割合を確認するために実施する。またフェーズ1調査報告書で述べられているように、不利な自然環境の砂漠地域に膨大な資金を投じて、安い国際価格の農産物を生産する農業開発は、経済的に妥当でないことは明確である。そのため、経済評価は実施せず、財務評価でも不確定要素が多いため、感度分析は行なわない。

### (2) 評価基準

事業評価に適用する評価基準は次のとおりである。

1. 計画のプロジェクトライフは、詳細設計と建設工事期間を含め30年とする。
2. 算定に使用する通貨単位はオマーン通貨(RO)とする。

3. 外貨交換レートは、1996年10月時点のオマーン国立銀行の外貨為替レートの月平均 US\$ 1.00 = RO 0.385 (RO 1.000 = US\$ 2.60)を使用する。
4. 農産物価格は農家庭先価格であり、作物生産の投入材価格および建設工事の資機材価格は、現場渡し価格とする。
5. 評価に用いる農業部門の資本の機会費用である割引率は、市中銀行の利率である 6.5%を適用する。
6. 便益および費用は主要項目だけを算定する。

### (3) 財務評価

計画の財務内部収益率(FIRR)は-0.70%、割引率 6.5%での財務純現在価値(FNPV)は 1996年10月価格で RO -190,492 であり、同割引率での財務便益費用比率(F.B/C)は 0.81 である。評価の結果、財務内部収益率(FIRR)は資本の機会費用である割引率 6.5%を大きく下回り、財務純現在価値(FNPV)は負、財務便益費用比率(F.B/C)は 1 以下である。従って、計画の実施は財務的には妥当でないと判断される。

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

### (4) 社会経済評価

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

### (5) 総合評価

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

## 6. ネジド農業試験場将来計画

ネジド農業試験場（NARS）はこの開発の方向性に則り、かつ技術的事項を主体として同地域の開発を牽引する役割を担う立場にあるが、以下の事項を将来計画立案の前提条件として認識しておく必要がある。

- (1) 政府は同地域の大型農場による乱開発への規制により、無秩序な地下水取水を回避する一方、詳細な水利用実態の把握を行う必要がある。
- (2) NARS を開発の適正な方向性の上でその成果を得るには、ドファール州政府、水資源省、住宅省および農漁業省など関連省庁が持つ資料と情報が一元的に管理され、評価されることが必要であり、政府はこの調整機能を設ける必要がある。

### 6.1 NARS の目的と働き

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

- 1) 研究機能：  
ニューパイロットファームや既存の農場で確認された諸問題をルメイス農業試験場やスルタンカブース大学との緊密な協力体制の下で解決する任務を持つ。
- 2) モニタリング機能：  
モニタリングの対象事項は、地下水位変動、水質、気象、作物の病気や害虫被害、作物生産、水消費量などがある。
- 3) 農民支援サービス：  
農民への研修や普及活動を主体とする農民支援サービスを担う。

### 6.2 組織と機能

#### (1) 部署と任務

NARS の組織は担う課題を考慮して下記の構成とする

NARS 場長：日常業務および関係機関との調整を行う上の意志決定  
総務部：意志決定機能と日常業務を行う上での管理支援  
試験研究部：専門的経験と知識による研究

モニタリング部：モニタリング業務の継続実施  
維持保守部：農業機械・機具の管理  
研修普及部：営農技術の研修と普及

## (2) 要員計画

前項の組織を維持する上で必要な主要要員は、試験・研究部の農業専門家、灌漑技術者、病虫害研究者、農業専門家、病虫害研究者、化学分析者とその補助員、畜産専門家、その補助員および獣医、灌漑モニタリング担当要員および農業モニタリング担当要員などである。

## (3) NARS を支援する外部組織

NARS の活動とネジド開発を円滑に行うために、下記の外部組織を設ける。

NARS 委員会： DGAAF 管轄下関連部署の責任者を委員として、NARS の予算、資機材調達などを支援する。

開発調整委員会： 関連する省庁であるMAF、MWR、開発省、住宅省、ドファール州政府およびその他で構成され、開発計画に関する情報の一元化と開発に関する省庁間の調整を行う。

## 6.3 活動計画

### (1) 圃場活用計画

#### 1) センターピヴォット圃場：

灌漑試験、ローズグラスやその他の作物の栽培、機械化作業、輪作、土壌管理、施肥、放牧などを行うほか、モニタリングや訓練実習の場として利用する。

#### 2) リニアームメント圃場：

予定の農業機械が搬入された後、牧草を中心とした試験栽培を中心に漸次作物の多様化を進める圃場として使用できる。特に、野菜や果樹の試験圃場として使用するには、同圃場の一部をバブラー灌漑方式へ改変することも可能である。

#### 3) ライシメーター：

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

## (2) 作物試験栽培計画

将来の試験課題として適性節水灌漑試験、適性導入作物と栽培方法試験、機械化試験、作付けパターン試験のほか放牧試験などを行い、技術的制約条件の解決を図る。

## (3) モニタリング計画

モニタリングとして下記項目を継続して調査する。

- a. 地下水位記録および取水量記録
- b. 土壌の有機質、多量、微量養素分析結果
- c. 灌漑水水質分析結果
- d. 気象観測結果
- e. 病害、虫害、雑草の被害
- f. 作物生産と作物成分分析結果
- g. 灌水量記録

## (4) 研修・普及活動計画

### 1) 研 修

農民、政府技術者、農業普及員、農業機械オペレーターその他、学生などを対象に研修を行う。研修の主な内容は、適正作物栽培技術、土壌管理技術、圃場作業管理、作物保護技術、灌水技術および農業機械の運転技術などである。これらの事項はNARSの研修・普及部が年間活動計画を策定し、講師、研修資材、研修者の輸送などの準備・調整しを行う。

### 2) 普 及

普及活動の主な内容は、技術助言と訪問による技術指導、種子、無機肥料、病虫害薬品などの政府補助価格による配布および政府補助価格に則った農業機械による耕起作業や薬剤散布作業である。

## (5) 施設および農業機械

実験室ではその使用目的に沿った整備を行い、蒸留水を含む水の供給、電気、ガス、洗い場、空調、土壌や作物体の分解のためのドラフトなどの基本的設備を設ける。実験室の部屋割りは以下のようなものである。



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

一方、NARS での活動を効果あるものとするには、22 機種の農業機械の導入が欠かせない。



# オマーン国

## ネジド地方農業開発計画調査 (フェーズII, ワークIII)

### ファイナル・レポート

#### 目 次

|            |  |
|------------|--|
| 序 文        |  |
| 伝 達 状      |  |
| 調査位置図      |  |
| 要 約        |  |
| 主報告書目次     |  |
| アペンディックス目次 |  |
| 表 目 次      |  |
| 図 目 次      |  |
| 略記および略語    |  |

#### 第 1 章 序 論

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 1.1 | 調査の背景.....    | 1-1 |
| 1.2 | 調査の範囲と目的..... | 1-2 |
| 1.3 | 調査地域.....     | 1-2 |
| 1.4 | 調査実施の経緯.....  | 1-3 |

#### 第 2 章 調査背景

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 2.1   | 国 家.....          | 2-1 |
| 2.2   | オマーンの世界・経済状況..... | 2-1 |
| 2.2.1 | 経済状況.....         | 2-1 |
| 2.2.2 | 農 業.....          | 2-2 |

|       |                             |      |
|-------|-----------------------------|------|
| 2.3   | 開発計画 .....                  | 2-3  |
| 2.3.1 | 国家開発計画.....                 | 2-3  |
| 2.3.2 | 農業部門の開発計画.....              | 2-3  |
| 2.4   | 調査地域の現状.....                | 2-4  |
| 2.4.1 | 概 要 .....                   | 2-4  |
| 2.4.2 | 自然環境 .....                  | 2-4  |
| 2.4.3 | 人 口 .....                   | 2-5  |
| 2.4.4 | 土地利用 .....                  | 2-5  |
| 2.4.5 | 農業と牧畜.....                  | 2-5  |
| 2.4.6 | 社会基盤 .....                  | 2-6  |
|       |                             |      |
| 第 3 章 | ネジド農業試験場 (NARS)でのモニタリング調査結果 |      |
| 3.1   | ネジド農業試験場 (NARS)の設立.....     | 3-1  |
| 3.1.1 | NARSの組織.....                | 3-1  |
| 3.1.2 | 圃場、農業機械、試験機器 .....          | 3-2  |
| 3.2   | 作物生産 .....                  | 3-5  |
| 3.2.1 | 栽培管理 .....                  | 3-5  |
| 3.2.2 | ローズグラスの乾草生産.....            | 3-8  |
| 3.3   | 土 壌 .....                   | 3-10 |
| 3.3.1 | pH、EC および有機質の測定.....        | 3-11 |
| 3.3.2 | 土壌断面調査と目視観察.....            | 3-12 |
| 3.3.3 | 化学特性の分析.....                | 3-12 |
| 3.3.4 | 物理特性 .....                  | 3-14 |
| 3.4   | 地 下 水.....                  | 3-15 |
| 3.4.1 | 地下水モニタリング .....             | 3-15 |
| 3.4.2 | NARSでの地下水位変化.....           | 3-16 |
| 3.4.3 | 地下水位変化と揚水量 .....            | 3-17 |
| 3.4.4 | 地下水位の今後の動向 .....            | 3-18 |
| 3.4.5 | 結論.....                     | 3-18 |
| 3.5   | 気 象 .....                   | 3-21 |
| 3.5.1 | 一般.....                     | 3-21 |
| 3.5.2 | 気象環境 .....                  | 3-22 |

|       |                   |      |
|-------|-------------------|------|
| 3.6   | 水 利 用.....        | 3-24 |
| 3.6.1 | NARSでの水利用系統.....  | 3-24 |
| 3.6.2 | 利 水 記 録.....      | 3-26 |
| 3.6.3 | 作物必要水量の推定.....    | 3-27 |
| 3.7   | 栽培試験 .....        | 3-29 |
| 3.7.1 | ローズガラスの栽培試験 ..... | 3-29 |
| 3.7.2 | 圃場作業管理に関する試験..... | 3-33 |
| 3.7.3 | ライシメーター試験.....    | 3-33 |
| 3.8   | 結 論.....          | 3-35 |

#### 第 4 章 調査地域でのフィールド調査結果

|       |                          |      |
|-------|--------------------------|------|
| 4.1   | 調査地域の現状.....             | 4-1  |
| 4.1.1 | 農 業.....                 | 4-1  |
| 4.1.2 | 土 壌.....                 | 4-4  |
| 4.1.3 | 灌 漑.....                 | 4-6  |
| 4.2   | 地 下 水 .....              | 4-13 |
| 4.2.1 | MWR地下水モニタリングネットワーク ..... | 4-13 |
| 4.2.2 | 水位変化 .....               | 4-13 |
| 4.2.3 | 地下水利用.....               | 4-15 |
| 4.2.4 | 水位等高線図.....              | 4-16 |
| 4.2.5 | 結 論.....                 | 4-17 |
| 4.2.6 | 地下水資源の保全と開発に関する指針.....   | 4-18 |

#### 第 5 章 農業開発計画

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 5.1   | 開発戦略 .....          | 5-1 |
| 5.1.1 | 農業開発政策.....         | 5-1 |
| 5.1.2 | ネジド地域の農業開発の現状.....  | 5-1 |
| 5.1.3 | 開発制限要因および潜在力.....   | 5-2 |
| 5.1.4 | 開発基本構想.....         | 5-3 |
| 5.2   | ニューパイロットファーム計画..... | 5-6 |
| 5.2.1 | 目 標 .....           | 5-6 |
| 5.2.2 | 規 模 .....           | 5-6 |
| 5.2.3 | 場所選定 .....          | 5-6 |
| 5.2.4 | 農 民 .....           | 5-4 |

|       |                    |      |
|-------|--------------------|------|
| 5.2.5 | 営農                 | 5-8  |
| 5.3   | ニューパイロットファーム施設計画   | 5-9  |
| 5.3.1 | 施設配置               | 5-9  |
| 5.3.2 | 水利用計画              | 5-9  |
| 5.3.3 | 施設計画               | 5-11 |
| 5.3.4 | 農業機械               | 5-12 |
| 5.4   | 費用算定               | 5-14 |
| 5.4.1 | 算定の前提              | 5-14 |
| 5.4.2 | 事業費                | 5-14 |
| 5.4.3 | 維持運営費用             | 5-17 |
| 5.5   | ニューパイロットファーム計画事業評価 | 5-19 |
| 5.5.1 | 評価方針               | 5-19 |
| 5.5.2 | 便益および費用の算定         | 5-19 |
| 5.5.3 | 財務評価               | 5-21 |
| 5.5.4 | 社会経済評価             | 5-22 |
| 5.5.5 | 総合評価               | 5-23 |

## 第6章 ネジド農業試験場将来計画

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 6.1   | 計画に当たって            | 6-1 |
| 6.2   | NARSの目的と働き         | 6-1 |
| 6.3   | 組織と機能              | 6-2 |
| 6.3.1 | 組織と課題              | 6-2 |
| 6.3.2 | NARS外での活動に関する組織と機能 | 6-4 |
| 6.3.3 | NARSを支援する外部組織      | 6-4 |
| 6.4   | 活動計画               | 6-5 |
| 6.4.1 | 圃場活用計画             | 6-5 |
| 6.4.2 | 作物試験栽培計画           | 6-5 |
| 6.4.3 | 放牧試験計画             | 6-6 |
| 6.4.4 | モニタリング計画           | 6-6 |
| 6.4.5 | 研修・普及活動計画          | 6-7 |

|       |                         |      |
|-------|-------------------------|------|
| 6.5   | 施設、農業機械および農機具整備計画 ..... | 6-8  |
| 6.5.1 | 施設、農業機械およびその他 .....     | 6-8  |
| 6.5.2 | 農業機械 .....              | 6-10 |

## 第 7 章 結論と提言

|       |                       |     |
|-------|-----------------------|-----|
| 7.1   | 結 論 .....             | 7-1 |
| 7.1.1 | 概 要 .....             | 7-1 |
| 7.1.2 | ニューパイロットファーム事業 .....  | 7-2 |
| 7.2   | 提 言 .....             | 7-5 |
| 7.2.1 | ネジド農業試験場に関する提言 .....  | 7-5 |
| 7.2.2 | ネジド農業開発計画に関する提言 ..... | 7-5 |

## アネックス

JICA 調査団員名簿  
 カウンターパート名簿

## アペンディックス目次

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| Appendix 1  | General                               |
| Appendix 2  | Crop Production                       |
| Appendix 3  | Soil                                  |
| Appendix 4  | Groundwater                           |
| Appendix 5  | Meteorology                           |
| Appendix 6  | Water Use                             |
| Appendix 7  | Experimental Trials                   |
| Appendix 8  | Questionnaire Surveys                 |
| Appendix 9  | Agricultural Development Plan         |
| Appendix 10 | Bibliography                          |
| Appendix 11 | Scope of Work and Minutes of Meetings |



## 表 目 次

|         |                                 |      |
|---------|---------------------------------|------|
| 表 3.1.1 | NARSの建物一覧 .....                 | 3-3  |
| 表 3.1.2 | 購入予定の農業機械および車輛一覧 .....          | 3-3  |
| 表 3.2.1 | 灌水および施肥方法 .....                 | 3-6  |
| 表 3.2.2 | センターピヴォット圃場での乾草生産記録 .....       | 3-9  |
| 表 3.4.1 | 揚水量と水位低下 .....                  | 3-21 |
| 表 3.7.1 | ローズグラス栽培条件の収量への効果 (1996年) ..... | 3-30 |
| 表 4.2.1 | C層滞水層地下水の水深変化(Hanfeet近傍) .....  | 4-14 |
| 表 4.2.2 | B層滞水層地下水の水深変化(Hanfeet近傍) .....  | 4-14 |

## 図 目 次

|         |   |      |
|---------|---|------|
| 図 1.1   | フェーズII調査の実施経緯 .....                                 | 1-4  |
| 図 3.1.1 | NARS敷地内の施設配置概要 .....                                | 3-4  |
| 図 3.2.1 | ローズグラス生育への窒素肥料施肥効果 .....                            | 3-10 |
| 図 3.4.1 | NARSの地下水水位変動 (Oct'93 - Oct'96) .....                | 3-20 |
| 図 3.4.2 | 揚水量と水位低下 (Jun. 1995 - Oct. 1996) .....              | 3-21 |
| 図 4.1.1 | 調査地域内での初期開発状況 (1988年、1989年時点) .....                 | 4-9  |
| 図 4.1.2 | 調査地域内での開発中間段階状況 (1994年1月時点) .....                   | 4-10 |
| 図 4.1.3 | 調査地域内での開發現況 (1996年10月時点) .....                      | 4-11 |
| 図 4.1.4 | 調査地域内のセンターピヴォット設置経緯 .....                           | 4-12 |
| 図 4.2.1 | 水資源省管理の観測井位置 .....                                  | 4-20 |
| 図 4.2.2 | 地下水位経年変化 (1988年～1996年、海拔標高) .....                   | 4-21 |
| 図 4.2.3 | 地下水位経年変化<br>(NARSとHanfeet地点、1993年～1996年、海拔標高) ..... | 4-22 |
| 図 4.2.4 | 1994年以前の地下水位等高線分布 (C層、海拔標高) .....                   | 4-23 |
| 図 4.2.5 | 1996年の地下水位等高線分布 (C層、海拔標高) .....                     | 4-24 |
| 図 4.2.6 | 地下水位変化断面図 (C層、海拔標高) .....                           | 4-25 |
| 図 4.2.7 | 地下水位低下分布図 ('94年以前と'96年との比較) .....                   | 4-26 |

## 略記および略語

### Arabic Glossary

|          |  |
|----------|--|
| Ain      | Spring   |
| Afalaj   | Plural of Falaj  |
| Athar    | Time share on a falaj, approximately half-an-hour.                                   |
| Bedu     | Beduin, nomadic Arab of the desert   |
| Falaj    | Water distribution system under or above ground                                      |
| Jabal    | Mountain   |
| Jabali   | Habitats in Jabal  |
| Jerbceeb | Plain at Jabal foot area.  |
| Khareef  | Light monsoon weather conditions experienced between June and September              |
| Qanat    | A horizontal well transporting water from an aquifer by means of a tunnelled-gallery |
| Qayd     | Dry season from April to June  |
| Sabkha   | Salt-flat  |
| Souq     | Local market   |
| Wadi     | Watercourse dry expected in the rainy season   |
| Wali     | Local Governor   |
| Wilayah  | Local Governorate  |
| Wilayat  | Plural of Wilayah  |

### Abbreviation for Units and Terms

#### Measurement

##### Length

|    |            |
|----|------------|
| mm | Millimeter |
| cm | Centimeter |
| m  | Meter      |
| km | Kilometer  |

##### Area

|       |                      |
|-------|----------------------|
| sq.cm | Square Centimeter    |
| sq.m  | Square Meter         |
| sq.km | Square Kilometer     |
| ha    | Hectare              |
| fd    | Feddan = 0.42 ha     |
| MSM   | Million Square Meter |

##### Volume

|      |  |
|------|--|
| lit. | Liter                                    |
| cum  | Cubic Meter                              |
| MCM  | Million Cubic Meter                      |
| bal  | barrel=31.5 gallon(US)=36 gallon (UK)    |
| gal. | gallon=3.785 liter (US)=4.546 liter (UK) |

##### Weight

|      |            |
|------|------------|
| mg   | Milligram  |
| g    | Gram       |
| kg   | Kilogram   |
| ton. | Metric Ton |

##### Others

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| EC  | Electrical Conductivity            |
| pH  | Potential Hydrogen                 |
| ESP | Exchangeable Sodium Percentage     |
| S   | Siemens=nmho                       |
| El  | Elevation above the mean sea level |
| sec | Second                             |
| min | Minute                             |
| hr  | Hour                               |
| yr  | Year                               |

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| Min | Minimum                    |
| Max | Maximum                    |
| °C  | Degree Centigrade          |
| %   | Percent                    |
| FY  | Fiscal Year                |
| a.  | Annum=Year                 |
| mon | month                      |
| GDP | Gross Domestic Product     |
| UER | Umm Er Rhaduma ( aquifer ) |

#### Currency Conversion ( October 1996 )

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| R.O. ( Rial Omani ) | 1 R.O. = 2.60 US\$  |
| US.\$ ( US Dollar ) | 1 US\$ = 0.385 R.O. |

#### Abbreviation of Organization Names

|         |   |
|---------|---|
| MAF     | Ministry of Agriculture and Fisheries, Oman   |
| DGA     | Directorate General of Agriculture  |
| DGF     | Directorate General of Fisheries  |
| DGI     | Directorate General of Irrigation   |
| DGAAF   | Directorate General of Agriculture, Animal wealth and Fisheries, Dhofar Governorate |
| NARS    | Nejd Agricultural Research Station  |
| SARS    | Salalah Agricultural Research Station   |
| MCI     | Ministry of Commerce and Industry, Oman   |
| MC      | Ministry of Communications, Oman  |
| MEW     | Ministry of Electricity and Water, Oman   |
| MOH     | Ministry of Housing, Oman   |
| MPM     | Ministry of Petroleum and Minerals, Oman  |
| PDO     | Petroleum Development, Oman   |
| PAWR    | Public Authority for Water Resources  |
| PAMAP   | Public Authority for the Marketing of Agricultural Products                         |
| PCDESR  | Planning Committee for Development and Environment in the Southern Region           |
| MFAJ    | Ministry of Foreign Affairs, Japan  |
| JICA    | Japan International Cooperation Agency  |
| FAO     | Food and Agriculture Organization, United Nations                                   |
| WMO     | World Meteorological Organization, United Nations                                   |
| WHO     | World Health Organization, United Nations   |
| USDA    | United States Department of Agriculture   |
| UAE     | The United Arab Emirates  |
| GCC     | The Gulf Cooperation Council  |
| MMI     | Motto MacDonald International   |
| Gibb    | Sir Alexander Gibb and Partners   |
| Halcrow | Sir William Halcrow and Partners  |
| Harza   | The Harza Engineering Company Limited   |
| GDC     | Groundwater Development Consultants   |
| GRM     | G.R.M. International Pty.Limited  |

#### Project Evaluation

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| FNPV     | Financial Net Present Value       |
| F.B/C    | Financial Benefit-Cost Ratio      |
| FIRR     | Financial Internal Rate of Return |
| D/D      | Detailed Design                   |
| O/M Cost | Operation and Maintenance Cost    |

# 第 1 章

## 序 論

## 第 1 章 序 論

### 1.1 調査の背景

オマーン国は社会・経済発展を念頭に5ヶ年国家開発計画を実施してきた。現在は第5次5ヶ年計画の途上であり（1996～2000年）、産業の民営化とオマーン化を標榜する“オマナイゼーション”を掲げ、急増する国家人口の圧力（年増加率約4%）を雇用機会の拡大で吸収し、国家開発の恩恵を広く国民へ行きわたるよう努力をしている。

上記の国家開発目標に近づく上で、農業開発は一つの有効な手段であるとの認識がある。なぜなら石油資源が発見される25年前まで、同国の主要産業は農業であり、過酷な自然条件と調和しつつ国民の大半が農業部門で生計を立てていた。このため、国民の中における農業は同国の文化を形成する基盤としてあり、現在でもこの気風は生活と文化の中に営々として活かしている。

このような社会・経済的環境を背景とするなか、化石資源探査の過程で南部オマーンの大半を被うネジド地方の地下に膨大な量の地下水の存在が判明した。同国政府はこの地下水を利用した農業開発の可能性を検討することとし、日本国政府にその足掛かりとなる調査協力を要請した。この要請を受け、日本国政府は1988/89年から同89/90年に渡り、「ネジド地方農業開発計画調査」として協力調査を実施した。広大な調査対象地域は自然条件の解明や社会インフラストラクチャーの整備もない状況であり、水文地質学的情報が圧倒的に少ないため、同調査はこれら未解明の諸事項を確認しつつ政府の強力な規制の下で開発を進めるよう「段階的開発」を結論とし終了した。その具体的第1段階として、政府によるパイロットファームの建設計画を案として取り込んでいる。

オマーン国政府は同調査の結果を踏まえ、第1段階開発としてのパイロットファームの建設を決定する一方、関係各省庁との共同で開発計画立案に必要な関連情報を調査・収集することとし、我が国へは同ファームの組織設立、モニタリング調査への技術協力を継続して行うよう要請をした。1990年8月に同要請に対する事前調査団が派遣され、前調査と同様にオマーン国農漁業省をカウンターパート機関とする調査の実施が決定した（前調査と対比して、この新たな調査を「フェーズII調査」と呼称する）。

フェーズII調査は、1)パイロットファームでの長期モニタリング調査への技術協力と2)ネジド地域での農業開発計画の見直しを目的としており、調査内容の構成は以下のようになっている。

- (1) パイロットファームの詳細設計 (ワークI)
- (2) 地下水開発可能性の検討 (ワークII)
- (3) パイロットファームでの長期モニタリング調査への協力 (ワークIII)
- (4) 農業開発の方向性の検討と提示 (ワークIII)

その後上記の項目の中で(2)は、オマーン国の水資源行政機構の改変により新設された水資源省が行い、農漁業省を通じてその結果を調査団に報告することと改められ、調査スコープからは除かれた。

## 1.2 調査の範囲と目的

本調査は業務内容によって、下記の各調査段階に分けられている (インセプションレポート 1995年参照)。

- a. パート-1: 調査準備作業
- b. パート-2: 観測調査 (試験栽培と長期観測・管理指導)
- c. パート-3: 次期農業開発基本方針の提案

現調査の目的はオマーン政府が建設したパイロットファームでのモニタリング調査の結果と新たな情報を加え、ネジド地方の農業開発に向けたガイドラインを作成することにある。

## 1.3 調査地域

調査対象地域は東西方向および南北方向ともに約90 kmのほぼ正方形を成す、8,100 km<sup>2</sup>の範囲であり、NARSはこの調査地域のほぼ中心に位置する。この地域内には従来から小規模な部落が点在する一方、近年新たな農場が加わってきている。部落および農場は、調査地域の北限にDauka、NARSの西方10 kmにHilat Al-Rakah Northが新しい農場群として開かれている。調査地域の西端には古来からShasrの部落があり、このShasrと国道31号線を結ぶ東西に走る道路途上にHilat Al-Rakahがある。これら両部落は主に小規模な伝統的農法による農園がある。国道31号線を南下した調査地域南端にはHanfeetがあり、近年開かれた農場群がある。Quitbeetは主に遊牧民が定着した部落で、調査地域が山際と合う場所に開かれたいる。

これらの部落と農場群の具体的な位置は調査地域位置図に示すとおりである。

## 1.4 調査実施の経緯

本調査は'88年から'89年にかけて行われた調査と区別して、フェーズII調査と呼ばれ、以降に記載するように3つのワークステージに別れている。これらの各ステージと経緯は図1.1に示す。

### (1) ワークI：パイロットファームの実施設計案作成

パイロットファームのコンセプトと概要はフェーズI調査の結果を踏まえ、ドファール州農牧漁業総局(DGAAF)との討議を経て作成された。前調査結果と異なる機能、すなわち農民普及、畜産関連施設および新規導入作物の検討については、DGAAFが独自に行う内容として組み入れられたものである。

パイロットファーム詳細設計案は1991年12月に、設計報告書、設計図面、入札書類などとともに相手国政府に提出され、ワークIとして終了した。

同ファーム施設の建設および必要資機材の調達は、オマーン政府により実施された。この実施には農牧漁業総局、同灌漑課が工事監理を担当している。

### (2) ワークII：地下水開発可能性の評価

この作業は調査地域の詳細な水文地質学的情報の収集と将来の地下水開発可能性の検討を目的としている。調査開始途上の1992年、オマーン国の水資源行政に関する全てが新設の水資源省に移行される行政改変があり、本調査のカウンターパート機関である農漁業省として対応が出来なくなった。これによりこのワークIIに関する事項は調査スコープから除かれることとなった。

このスコープの改変により、本調査で必要とする開発可能性の検討は水資源省が行い、その結果を農漁業省を通じて調査団側へ報告することと決められた。

### (3) ワークIII：パイロットファーム設立への支援と農業開発の方向性の検討

約2年間のパイロットファーム建設期間を経て、1994年8月に同施設の完了予定の通知と調査再開の要請がオマーン側より日本政府にされた。日本政府はこの要請に応え、施設建設の進捗を確認する調査団を派遣し、1995年3月からの調査再開を決定した。パイロットファームは1994年11月より灌漑を開始し、11月7日にMAF大臣により開所式を終え、その時点でパイロットファームからネジド農業試験場(Nejd Agricultural Research Station, NARS)へとその名称が変更された。

同ワークIII調査は、1年目がNARSの組織および機能の設立への協力・支援となり、2年目以降がネジド地方の農業開発の方向性を検討する配分となっている。

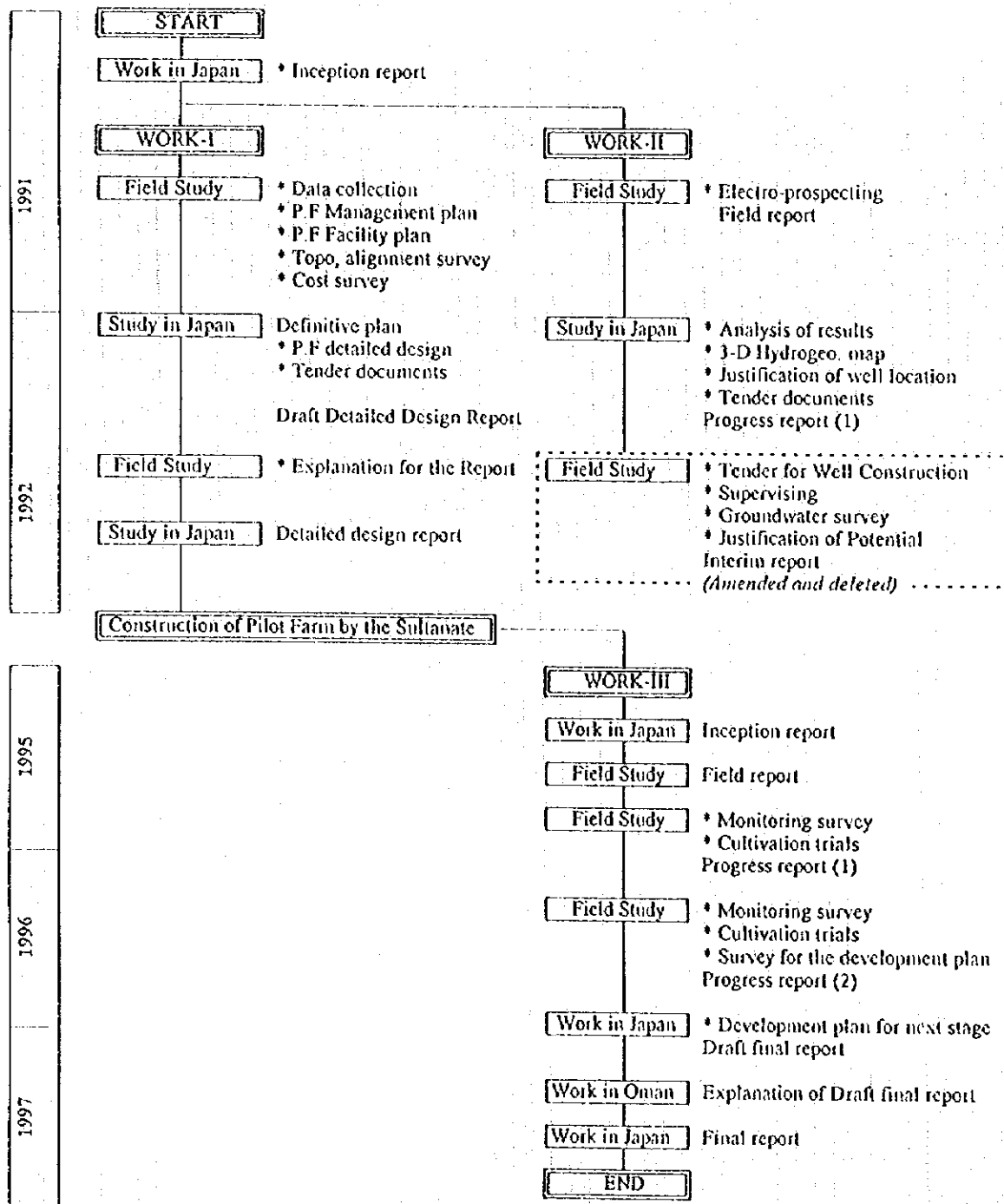
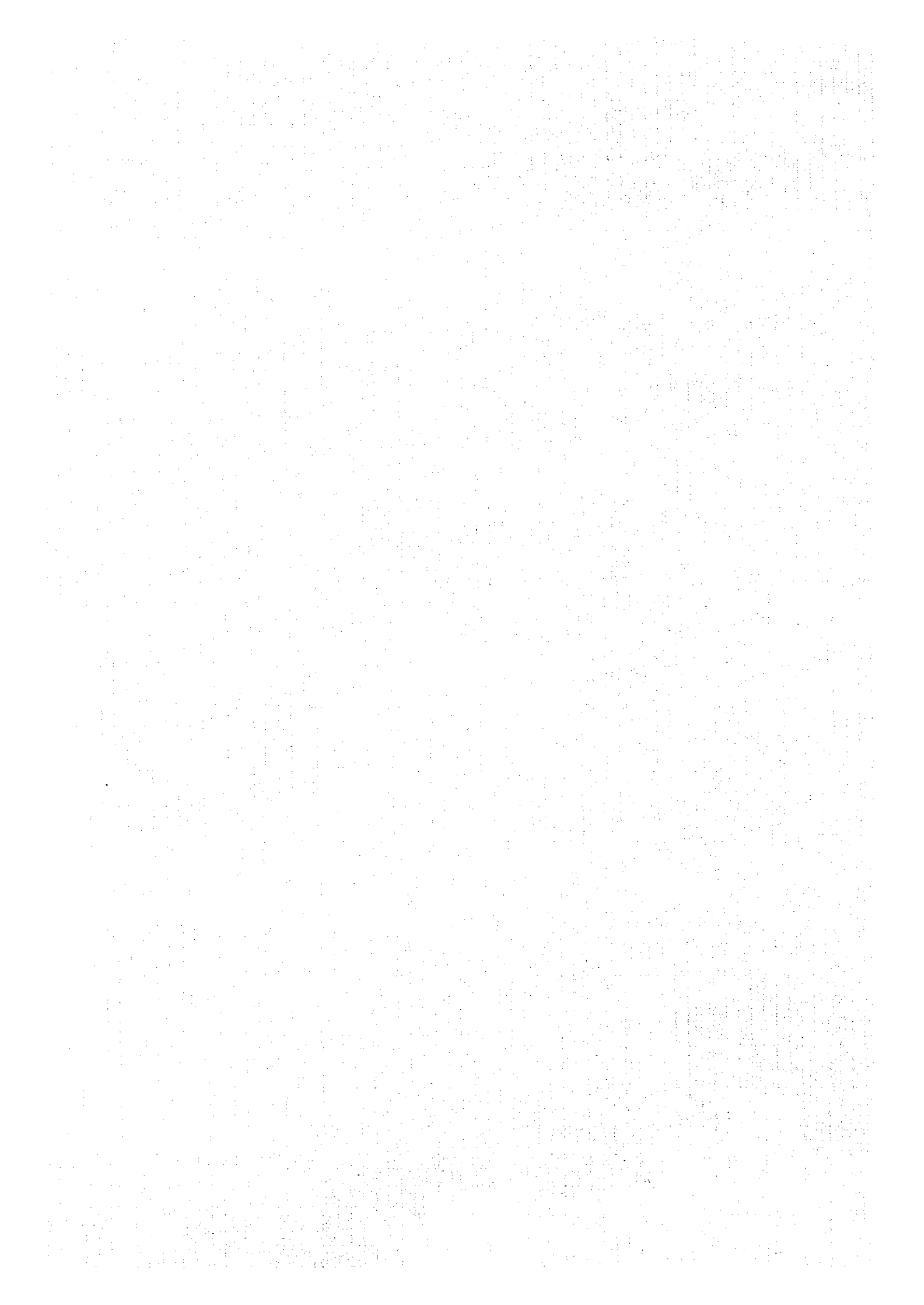


図 1.1 フェーズII調査の実施経緯



## 第 2 章 調查背景



## 第 2 章 調査背景

### 2.1 国 家

従来、オマーン国は伝統的な農業と漁業を主要産業として国家を維持してきた。1970年、石油資源の発見と現国王の即位を機会にそれまでの鎖国政策を捨て、近代世界へ扉を開いて以降、国家の形成と社会基盤の整備を中心に5ヶ年国家開発計画を今日まで実施してきた。

オマーン国はアラビア半島の東端にあり、北側をアラブ首長国連邦、西側をサウジアラビア王国、南西端をイエメンと国境を接し、東側および南側を各々アラビア海とインド洋に面している300,000 km<sup>2</sup>の国土を有している。首都を擁する北部オマーンと調査地域のある南部オマーンとを隔てる広大な砂漠は、両地域を文化的環境と自然環境をも異なったものとしている。

首都のマスカットは北部オマーンの中心に位置し、行政機構の本部が置かれ、農業生産の大半を占める民間農場も多くがこの北部オマーンにある。

一方、南部オマーンはドファール地方と呼ばれ、行政的には同国の地方行政機構の一部であるドファール州政府が管理している。州都のサラールと首都とは1,000km隔たり、古来よりイエメンを含むハドラマウト文化圏を基盤とした固有の歴史と文化に支えられている。

### 2.2 オマーンの社会・経済状況

#### 2.2.1 経済状況

同国は1967年の石油生産開始より今日まで、その国家収入の大半を国家の近代化に注いできた。基本的社会基盤の充実を主体とする初期の国家建設が軌道に乗って以降、石油経済にのみ依存する国家経済を産業の多様化へと変革するべく継続する5ヶ年国家開発計画を実施しつつ努力してきた。

国内総生産の伸びは高く、80年代で約9%を維持し、90年代には低下したものの5%以上を保っている。この間、国民一人当たりの国内総生産の伸びは9%になっている。このような国家経済の成長と経済の近代化が高進する一方、国家の経済政策の努力によりインフレーションは低く抑えられている。

近年掲げられている“オマナイゼーション”は同国の経済を述べる上で重要な事項である。これまで雇用してきた外国人労働力に代えて、オマーン国民を積極的に生

産の場へ投入しようとするこの政策は、開国以来の国民教育の充実の成果と高い人口増加率および国家経済を維持してきた石油資源生産の限界を背景としてゐる。

## 2.2.2 農 業

### (1) 概 要

1970年の石油開発開始以前の同国では、デーツ、ライムおよび家畜皮革などを貿易資源とする農漁業が国家の主要な産業であった。石油資源の発見以降、石油経済に大きく依存してはいるが、現在でも国民の多くはこの農漁業に携わり、国民の半数が地方域に居住している。

### (2) 生 産

全国耕作面積は55,000haとされ（'95年）、その半数以上は北部オマーンのバチナコースト地域に集中している。ここでの農民の大半は1haに満たない小規模な農園を維持し、その生産性も低い。約79万人がこのような農場を持ち、農業従事人口は約19万人と推定される。生産される作物はデーツ、ライム、スイカ、豆類、オクラ、キャベツなどである。

このような状況の農漁業であるが、生産額は1970年のRO.170万から1994年でRO.1,560万へと拡大している。1994年の生産量は約80万tonに達し、その内2.3万tonは畜産関連、約11.4万tonは漁業関連の生産となっている。同国は現在湾岸諸国の中でも有数な畜産関連の生産を誇る国となっており、1994年時点の推計による国内の家畜頭数は、18.3万頭のヒツジ、85.4万頭のヤギおよび9.9万頭のラクダであり、前年比で6%の増加にあった。現在非石油産業部門による輸出の中で、約70%がこのような農漁業部門の生産によっている。

しかし、農業部門の生産は輸入農産物との競争の壁に当たっている。輸入農産物の価格は、国内農産物の価格と比べて非常に安く、たちうちが困難である。加えて、この格差を埋めるべく生産性をあげるための近代的農法を導入する政府補助の財源確保と、農業従事労働力の確保および市場管理・調整の課題が山積している。

## 2.3 開発計画

### 2.3.1 国家開発計画

#### (1) 従来为国家開発計画の概要

国家開発を担う5ヶ年国家開発計画は1976年から1980年を第1次5ヶ年計画として開始した。第1次5ヶ年計画では、社会基盤の整備と産業基盤の育成に努力を注いでいる。第2次5ヶ年計画（'81年～'85年）は、前計画に引き続き社会基盤の改善と産業の導入に力点を置いている。第3次5ヶ年計画（'86年～'90年）では計画開始年に発生した石油価格の急落が起こっている。地方域での社会基盤の改善、農漁業振興および石油価格急落を考慮した中小産業の振興を開発の目標としている。

第4次5ヶ年計画は産業の多様化を目指すために、自由市場経済への移行を基本戦略に置き、移行を阻害する諸制約の除去を中心にその内容を編成している（'91年～'95年）。

#### (2) 第5次5ヶ年計画

現在実施されている第5次5ヶ年計画は1996年に開始したが、開発に向けた計画の骨子は以下のような内容となっている。

- a. 人的資源の開発
- b. 民間部門育成のための経済環境の整備
- c. 民間部門育成のための支援策の実施
- d. 経済の多様化を促す環境の整備と自然資源の有効的活用
- e. 国民の生活環境の整備と地域間格差および職業間の収入格差の解消
- f. 既存開発事業結果の保持と改善

### 2.3.2 農業部門の開発計画

農業部門の開発は、天然資源と自然環境を保全しつつ、経済の多様化と農産物の国内生産向上および自給率の向上を可能とする持続的農業の創造をその目的としている。

同国は、1994年に農産物の自給率を50%までに達成したが、今世紀内で家禽肉、鶏卵およびミルクの自給率を100%、家畜肉の自給率を48%までに向上させることを目標としている。

## 2.4 調査地域の現状

### 2.4.1 概要

ネジド地方は南部オマーンの中で、西のイエメンから連なる海浜山岳（Al-QaraとAl-Qamar）を南限とし、西および北側を広大な砂漠である Rub Al-Khali で囲まれており、ドファール州政府が管轄している。その全体面積は約4万km<sup>2</sup>（UAEの国土の1/2、日本の東京都の約2倍）であり、Thumrait が行政・経済の中心である。

本調査が対象とする地域はこの地方の中の8,100 km<sup>2</sup>で、南北および東西方向おのこの約90 kmのほぼ西方形を成し、国道31号線がその中心を南北に走り調査地域を東西に2分する形となっている。位置は同国道に沿ってドファール州の州都から北に120 kmから210 kmの距離にある。同地域は概ね Dauka、Shasr、Hanfeet および Quitbeet の4区画に分割されるが、各々の名称は各区画を代表する集落の名前である。これらのうち、Shasr は古来よりオアシスとして知られ、Quitbeet は遊牧民が定着した部落である。

### 2.4.2 自然環境

ネジドの地形は、海浜に沿って東西に走るドファール山脈の北縁から北方になだらかに傾斜する土漠である。同地方の南限であるドファール山脈は7月から9月にかけて南西より来襲するモンスーンを遮るほか、流域界を隔てる分水嶺となり、海浜平野とは気象状態を大きく異なるものとしている。一方ネジドの北限はアラビア半島を広く被う Rub Al-Khali 砂漠がその境となっている。

ネジドは年間を通して気温が高く、湿度の低い状態にあり、主に南西側から来襲するモンスーンが降雨を希にもたらす。Thumrait での気象観測記録によれば、年平均気温は26℃で日較差は年間を通してほぼ一定に20℃になる。酷暑期は5月から9月にかけての時期でありこの時期の平均最高気温は一般に40℃を超える。一方、寒期は12月から1月であり最低気温が2から6℃になることもある。

7月から9月にかけてのモンスーンは降雨をもたらすものの、その範囲はインド洋に面する海浜平野とドファール山脈の南斜面のみで、ネジドまで雨域が及ぶことは希である。このため、乾燥状態は北方の内陸へ入るほど強くなる。年間降水量は0から150 mmと激しく、通常はほぼ降雨が期待できない。降雨をもたらす要因は数年に一度の割合で発生するサイクロンであるが、雷雨を伴い降雨時間は短く局地的な場合が多い。

調査地域の土壌は石灰岩と石灰質泥岩または浸食と堆積が繰り返される中で生成された堆積物を起源としている。

### 2.4.3 人口

ネジド地域の人口密度は極めて低く、1993年のセンサスによればドファール州全体の人口が189,000人の中、同地域の人口は7,439人のみである。さらに、オマーン国籍を有するのはこの内55% (約4,100人) で912家族 (約4.5人/戸) とされている。大半は遊牧民であり、一定した住居を持たず、季節による人口動態の変動がある。しかし、近年に入り Thumrait や Shasr および Quitbeet などの集落に定着を始めている。このようなことから、ネジドは今伝統的な遊牧の生活様式から、定着化・都市化へ移行している時期であると見ることができる。

### 2.4.4 土地利用

調査地域の大半は、人口、植生とも希薄で、起伏に乏しいワジ河床で覆われている。村落 Shasr は Wadi Ghadun からの浅層地下水を水源とした農園が数ヶ所維持され、Quitbeet では細々としたデーツの栽培がなされている。Hilat Al-Rakhah には手掘りによる井戸を水源とする小規模な農園が集中している。近年、センターピヴォットを用いた大型の農場が Dauka、Hilat Al-Rakah および Hanfeet で開設されている。以上が農場を主体とした土地利用の現状であるが、一般的にラクダとヤギの放牧として利用され、特に Shasr と Quitbeet 周辺に集中している。この放牧による畜産が現在までの調査地域での主要な経済活動である。

### 2.4.5 農業と牧畜

ネジドでの農業開発は手掘りの井戸と放棄された井戸からの被圧流出による地下水を水源とする農園の開設が1980年代に Hilat Al-Rhakah や Shasr および Dauka で始まったのが起源である。一方最近になり、企業による大型農園が Hanfeet や Hilat Al-Rhakah の北域で急速に広がっている。

1995年にDGAAFの農業普及課が行った調査によれば、ネジド地域の農園の保有は155件とされ、うち28件が牧草の栽培でありその他が野菜と果樹の栽培とされている。全栽培面積は1,337haで、牧草栽培が608ha、野菜・果樹栽培が残りの729haである。

大規模な農場で栽培されている牧草は大半がローズグラス (*Chloris gayana*) である。ローズグラスは土壌の改良の面で優れた効果を持ちかつ耐乾、耐塩性に強い作物とされている。一部の大型農園ではアルファルファや小麦、さらに野菜の栽培も試験的に行われている。

農漁業省の統計では、ネジドの家畜頭数は、ヤギが16,919頭、ラクダが15,149頭、ヒツジが1,558頭およびウシが38頭となっている (1994年、MAF調査)。この家畜種の比率、ウシが0.1%でヤギとラクダが各々50%と45%、は海浜山脈での飼育比率

と大きく異なる。

#### 2.4.6 社会基盤

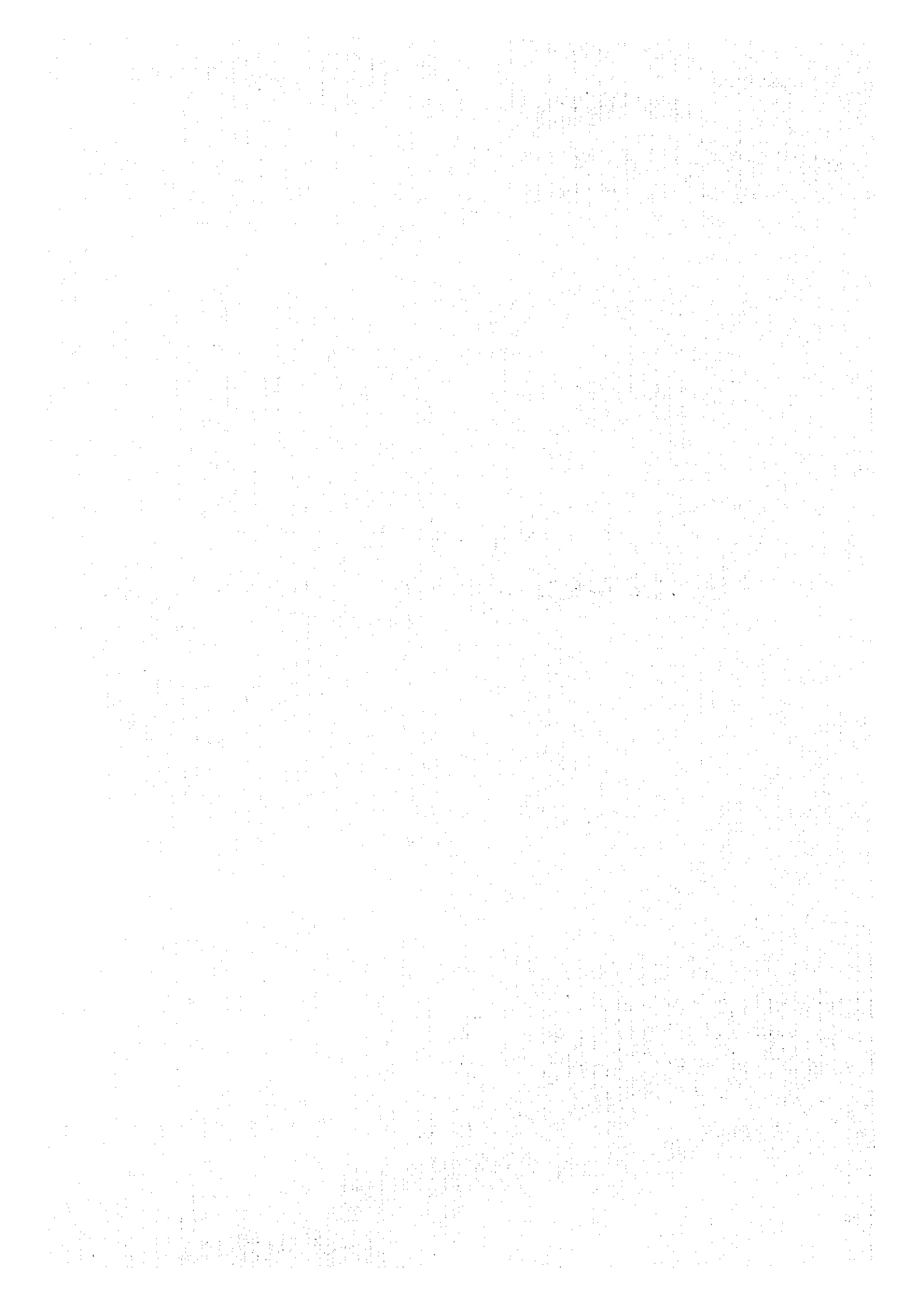
首都マスカットと州都サララを結ぶ国道31号線が調査地域を東西に2分する形で南北に縦貫している。同国道は片道2車線の完全舗装道路で、ネジドの行政と経済の中心となっている Thumrait を通過している。Thumrait からは東・西および北西に向かって3本の地方道が延びており、各々東へ向う39号線は Marmul を、西へ向う45号線は Rakhyut を結び、43号線は Shasr に至る交通網を成している。この内、Shasr 以外は本調査の対象地域外である。また、Shasr と Dauka 間は別の地方道で結ばれている。以上の国道および地方幹線道以外は平坦な土漠を縦横に走る車輛の轍があり、域内交通の通路となっている。

その他の生活水供給や電力供給などの社会基盤は一部の部落単位でなされるほかは、調査地域内では未整備である。



## 第 3 章

### ネジド農業試験場(NARS)でのモニタリング調査結果



## 第 3 章 ネジド農業試験場 (NARS)でのモニタリング調査結果

### 3.1 ネジド農業試験場 (NARS)の設立

#### 3.1.1 NARSの組織

##### (1) 設立の経緯

NARSは当初ネジドにおける地下水の継続モニタリングと作物試験栽培の場としてのパイロットファームとして計画された。このパイロットファームは農場開設の1994年9月の時点でMAFにより現在の名称であるNARS (Nejd Agricultural Research Station、ネジド農業試験場) に改称された。

日本政府は原スコープに則り、MAF側が示したNARSへの人員と活動に必要な諸機器の配置計画を踏まえ、1995年3月からの調査再開を決めた。このオマーン側が調査再開に当たって示した整備計画は現地での調査再開以後、何回となく延期された。延期により調査の計画はその都度改変され、変更を余儀なくされた。農業機械と試験室用試験機具は現在でも整備されていない。

NARS要員の正式任命は1995年8月とされていたが、遅れによりDGAAF (Directorate General of Agriculture, Animal Wealth and Fisheries, 農牧漁業総局)の各関連部署からの要員が臨時にNARSの業務も兼務することとなった。また、DGAAFの組織の中でNARSの位置付けが明確でなく、DGAAF総局長事務室管理とし、各関連部署の責任者から成る運営委員会を設けた。

本調査はインセプションレポートに示すように、技術的事項への支援を中心課題とし、カウンターパート機関をDGAAFとして調査に入った。

##### (2) 要 員

正式な要員任命は1996年3月になされたが、それまでの間は前述のようにDGAAF管理下の各関連部署からの要員を一時的なNARS要員として調査を進めた。これら要員はサララでの従来からの業務をも兼務するため、NARSの管理に無理が生じ、正式任命までの間は十分な参加が得られてない。

この正式任命による要員の大半は調査団からの提言もあり、それまでの間に調査団とともに活動した人達が入っている (Annex参照)。研究要員 (大卒レベル) はNARS場長を入れて4名であり、モニタリング活動や調査作業に従事する技術要員は7名が配置されている。

その他の機械オペレーター、修理工、運転手などの要員の任命も終わってはいるが、農業機械の購入が未完了であるため、サララでの待機となっている。また、農場労務者はこの正式任命を機会にそれまでの4名のみから20名になった。

NARSの発電機器および灌漑機器の運転は企業への委託業務としてなされている。現在2名の運転管理者がNARSに常駐してこれらの機器の運転・管理を行っている。

### 3.1.2 圃場、農業機械、試験機器

#### (1) 圃場

NARSの諸施設の配置は図3.1.1に示すとおりである。その中で圃場は以下のように大きく4つに分けることができる。

- 1) センターピヴォット : 30.0 ha
- 2) リニアムーブメント : 18.0 ha
- 3) 果 樹 : 2.0 ha (約 7,422本)
- 4) 防 風 林 : 4.8 ha (約 2,700本)

#### (2) 建 物

詳細設計案に基づきオマーン側が最終的に決定し、建設を行った建物関連施設の詳細は表3.1.1にまとめたとおりである。必要な家具や調度品は現在までも漸次搬入・据え付けが行われている。

#### (3) 農業機械および試験機器

農業機械と試験機器の調達・搬入は当初計画が幾度となく延期され続け、現在でも（'96年10月時点）現地へ搬入されるには至っていない。このため、牧草試験栽培のための収穫作業は近傍の民間農場から機械を借用して行われているのが現状である。民間農場の収穫や圃場での作業は概ねNARSと同じ時期と重なるため、彼らの作業が終了するまで待たなければならず、適性の収穫時期を逃してしまうことになる。このため収穫後の再成長が遅れる結果となっている（フィールドレポート、プログレスレポートIとIIで指摘）。

最新の報告では（'96年10月）、DGAAFはMAF本省での決済を待つ間、Salalahにある関連部署が所有する農業機械をNARSへ搬入し、使用することを決定したとされている。農業機械の購入決定の裁量は現在DGAAFを離れ、MAF大臣決裁となっている。

NARSでのモニタリング調査で使用する試験機器は、JICA調査団の携行機材を使用している。試験・分析作業に必要な機器の購入は次年度の予算でなされる計画となっている。

表 3.1.1 NARSの建物施設一覧

| Descriptions                | No. | Dimension    | Area (sqm) |
|-----------------------------|-----|--------------|------------|
| 1 Main office               | 1   | 37.0 x 12.8m | 473.60     |
| 2 Extension centre          | 1   | 27.4 x 17.0m | 465.80     |
| 3 Workshop                  | 1   | 20.0 x 12.4m | 248.00     |
| 4 Booster pump station      | 1   | 20.0 x 12.0m | 240.00     |
| 5 Warehouse                 | 1   | 32.0 x 5.9m  | 188.80     |
| 6 Power station             | 1   | 20.5 x 11.1m | 227.55     |
| 7 Accomodation              | 1   | 31.2 x 12.6m | 393.12     |
| 8 Staff Accomodation        | 1   | 36.4 x 12.6m | 458.64     |
| 9 Dining hall               | 1   | 12.6 x 15.0m | 189.00     |
| 10 Family accomodation      | 2   | 8.5 x 18.0m  | 306.00     |
| 11 Machinery shed I         | 1   | 5.5 x 28.0m  | 154.00     |
| 12 Machinery shed II        | 1   | 5.5 x 14.0m  | 77.00      |
| 13 Car parking shed (4 nos) | 4   | 5.0 x 18.0m  | 90.00      |
| 14 Fertilizer shed          | 1   | 28.0 x 11.6m | 324.80     |
| 15 Cashier's hut            | 1   | 4.2 x 7.2m   | 30.24      |
| 16 Labour quarter           | 1   | 8.2 x 20.4m  | 167.28     |
| 17 Laboratory               | 1   | 20.2 x 24.2m | 488.84     |
| 18 Stores ( 3 Nos )         | 1   | 5.0 x 15.0m  | 75.00      |
| 19 Veterinary clinic        | 1   | 10.6 x 18.8m | 199.28     |
| 20 Guard huts               | 2   | 4.2 x 7.2 m  | 60.48      |

表 3.1.2 購入予定の農業機械および車輛一覧

| Item     | Description                    | Unit | Qty. | Item      | Description                          | Unit | Qty. |
|----------|--------------------------------|------|------|-----------|--------------------------------------|------|------|
| <b>A</b> | <b>Agricultural Machinery</b>  |      |      | <b>B.</b> | <b>Vehicle</b>                       |      |      |
| A-1      | Tractor - 4WD, 80ps            | Nos. | 3    | B-1       | Station Wagon 4WD                    | Nos. | 5    |
| A-2      | Row crop tires for above       | Set  | 1    | B-2       | Pick-up 4WD                          | Nos. | 2    |
| A-3      | Rear Blade - 2m                | No.  | 1    | B-3       | Micro Bus                            | No.  | 1    |
| A-4      | Chisel Cultivator 3m           | No.  | 1    | B-4       | Truck 3ton                           | No.  | 1    |
| A-5      | Leveling harrow - 4m           | No.  | 1    | B-5       | Fork lift 2ton                       | No.  | 1    |
| A-6      | Pneumatic fertilizer spreader  | No.  | 1    | B-6       | Motor cycle                          | Nos. | 3    |
| A-7      | Chain harrow 3.6m              | No.  | 1    |           |                                      |      |      |
| A-8      | Crop sprayer 10m               | No.  | 1    | <b>C</b>  | <b>Workshop equipment</b>            |      |      |
| A-9      | Mower conditioner 2.5m         | No.  | 1    | <b>D</b>  | <b>Office equipment</b>              |      |      |
| A-10     | Hay tedder 6 rows, 7m          | No.  | 1    | <b>E</b>  | <b>Office and Building Furniture</b> |      |      |
| A-11     | Side rake - 4.1m               | No.  | 1    |           |                                      |      |      |
| A-12     | Round baler                    | No.  | 1    |           |                                      |      |      |
| A-13     | Auto-pickup round bale trailer | No.  | 1    |           |                                      |      |      |
| A-14     | Front end loader               | No.  | 1    |           |                                      |      |      |
| A-15     | Weighing bridge unit           | No.  | 1    |           |                                      |      |      |

Note : Above information as on March 1995

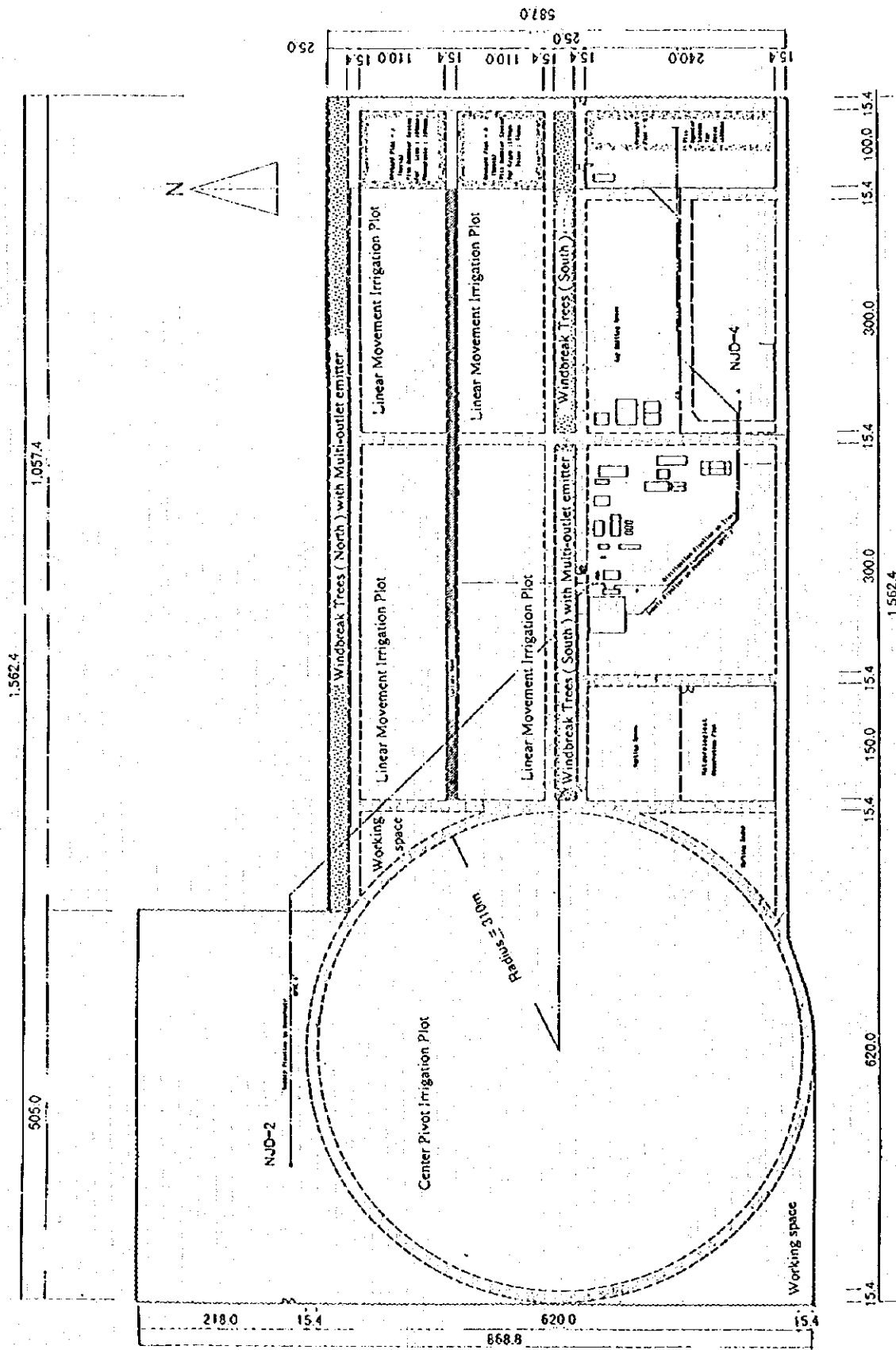


図 3.1.1 NARS敷地内の施設配置概要

## 3.2 作物生産

作物生産のモニタリングは、日常の生育観察記録、収穫前の10日間の成長解析、乾草の水分変化、乾草の質と量、収穫ロス、乾草の養分とミネラルの分析等を含む収量調査、および樹木の生長観察を内容としている。モニタリングの項目と方法は Appendix A-2.1 に記載してある。

### 3.2.1 栽培管理

#### (1) ローズグラス

##### 1) 1995年5月以前の栽培法と生育

ローズグラスの栽培は1994年9月に開始され、1995年4月までコントラクターによって管理された (Appendix A-2.2)。

1995年4月時点におけるローズグラスの被度は、センターピヴォット圃場では80%、リニア・ムーブ圃場では65%であった。それまでの生育は不良で、不均一であり、収穫後の再生もきわめて不良であったし、乾草の品質も低かった。このような生育不良と不均一な生育は、主として品種の選択の誤り、施肥量不足と施肥法の誤り、灌漑水量の不足、刈り遅れなどによるものであった。

##### 2) 1995年6月以降の栽培法と生育

カウンターパートとの協議の上、1995年5月にローズグラスの栽培指針を作成した (Appendix A-2.3)。

この栽培指針に従って栽培改善を行った結果、1995年7月からの牧草の生育は、5月時点では想像もできないほど良好となり、均一な生育を示した。この生育は、施肥の遅れ、刈り遅れ、灌漑水量の不足等の場合を除き、現在まで続いている。

#### -1. 灌漑と施肥の計画

後述するように、灌漑と尿素施用に関する試験を1996年3月から11月まで行った。この試験は、日灌水量と尿素施用量について2水準で実施したもので、両者の要因の高水準区はセンターピヴォット圃場の西半分 (15 ha)、低水準区は東半分に割り付けた。高水準区の灌水量と尿素施肥量は、1995年の施用水準と同じであり、低水準区は高水準区の約60%とした (表 3.2.1)。

## -2. 尿素とTSPの施用実績

1995年の5月から1996年の4月までの1年間の尿素的施用実績は、センターピヴォット圃場30 haに対し38.72 tonで、これは613 kg N/ha/yearに相当する。一方、TSPについてはそれぞれ24.3 ton、332 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/yearであった。施肥計画では、尿素については1,000 kg N/ha/year、TSPについては400 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/yearであり、それぞれ計画の61%、83%しか施用しなかったことになる (Appendix A-2.4.1)。

表 3.2.1 灌水および施肥方法

| Season      | Amount of irrigation |              |             | Amount of urea<br>in every two weeks/ha |              |             | Amount of TSP<br>in<br>every three months |      |
|-------------|----------------------|--------------|-------------|---|--------------|-------------|---|------|
|             | 1995                 | Mar., 1996 ~ |             | 1995                                    | Mar., 1996 ~ |             | 1995                                      | 1996 |
|             |                      | Level 1 (H)  | Level 2 (L) |   | Level 1 (H)  | Level 2 (L) |   |      |
| Mar. ~ May  | 12 mm/da             | 12           | 8           | 80 kg/ha                                | 67           | 47          | 270 kg/ha                                 | 270  |
| Jun. ~ Aug. | 15 mm/da             | 15           | 10          | 80 kg/ha                                | 80           | 53          | 270 kg/ha                                 | 270  |
| Sep. ~ Nov. | 12 mm/da             | 12           | 8           | 80 kg/ha                                | 67           | 47          | 270 kg/ha                                 | 270  |
| Dec. ~ Feb. | 9 mm/day             | 9            | 6           | 80 kg/ha                                | 60           | 40          | 270 kg/ha                                 | 270  |

一方、1996年の夏の施肥実績は、施肥計画から大きくかけ離れ、少なくなっている。これは、尿素的施用が灌漑施設によって行われており、夏の水不足によって3日に1回しか灌水しなかったことによる (表 A-2.4.2, A-2.4.3, A-2.4.4)。

## -3. 灌水実績

灌水はほぼ計画通り行われた。ただし、1996年5月下旬から8月5日までの約70日間、地下水位の低下によってポンプアップが不可能となり、毎日灌水から3日に1回灌水に変更を余儀なくされた。この間断灌水はローズグラスの生育・収量に大きく影響した (表 A-2.5)。

## -4. 害虫防除

センターピヴォット圃場では、バッタとコオロギの発生があった。発生が多い時期には、殺虫剤 (Durban 24; 1 lit./ha ULV using one Micronair AU 8110) を散布した。特に発生が多かったのは、1995年の5月から6月までと8月、1996年の4月から6月までであった。

## -5. 収穫の機械化

ローズグラスは、トラクタ、モータ、レーキ、タイト・ベラー、トレーラーの機械を用いて収穫を行った。NARSにはこれらの機械が未だ購入されていないので、コントラクターに収穫を委託した。



## -6. 刈り取り間隔

夏は30日から40日、冬は60日から70日を指導したが、実際は、1995年の夏が40日から60日、冬が60日、1996年の夏が60日となった(表 3.2.2)。

### 3) ローズグラスの生育

各収穫前の成長解析によると、収穫直前の草丈は60 cmから 110 cm、茎数は1,500 ~2,200/m<sup>2</sup>、出穂率は27% から 29%であった。栽培指針によると、ローズグラスは草丈60 cmあるいは60 cm以上でも、それに近い草丈で刈ること、出穂率が10%以下で収穫することとしている。しかし実際は、これよりもかなり刈り遅れとなっている。その理由は、コントラクターの都合によって収穫が引き延ばされたことによる。

また、地表面から10 cm以上の地上部(乾草となる部分)、地表面から10 cmまでの地上部(株)、20 cmの深さまでの根の3つの部位ごとの乾物重の比率は、約 18%~27%、18%~41%、23%~68%であった(表 A-2.6.1)。ローズグラスの刈り高さは10 cmであるから、地表面から10 cmまでの地上部(株)と根の2つの部位は圃場に残されることになり、土壌中の有機物の材料となるべき部分である。この2つの部位の合計乾物重と乾草となる部位の乾物重は、ほぼ同じであることが明らかになった。

1996年夏の約2ヶ月間の水不足が、生育に与えた影響については、3日に1回 8 mm/dayの灌水を行った場合は大きな被害を受け、部分的に株が枯死していた。一方、3日に1回 12 mm/dayの灌水を行った場合は比較的被害は軽く、株の枯死が少なかった。毎日灌水に戻した後の回復も後者の場合は早く、前者は回復が遅かった。

このことは、ローズグラス栽培における夏の節水方法を示唆している(表 A-2.6.1)。

### 4) 栽培管理上の問題点

刈り取りの遅れになる場合が多い。収穫の遅れは牧草の再生に影響し、収量低下の原因となる。この遅れは、コントラクターによって収穫される限り避けられないであろう。

また、施肥が計画通りに実施されない場合が多い。計画通りの施肥を行うには、農場運営の責任者または農場監督者を任命することが必要である。

## (2) 防風林

樹木の生育は現在まで順調である。1995年末で、6種類の樹木は高さ2 m ~4 mに達し、広がりも縦・横それぞれ3 m ~4 mに達した。これ以上伸張すると枝が裂けた

り倒伏の恐れがあるため、現在、剪定を行っている (Appendix A-2.7)。

### 3.2.2 ローズグラスの乾草生産

#### (1) 乾草生産

##### 1) 圃場における牧草の乾燥経過

乾草として安定する水分含量は、生体重の12~15%である。圃場で刈り取られた草の経時的な水分変化は Appendix A-2.8に示したとおりである。

NARSにおける気温の日変化は年間を通して午後2時頃に最高となり、日の出の頃に最低となる。日較差は年間を通してほぼ15~20℃である。湿度は、午後2時頃に最低となり(20%)、日の出の頃に最高(80%~90%)となる。

刈り取った草の圃場での乾燥には、草の生産量、ウインドロウの量、気温や湿度など多くの要因が関与する。15%の水分にするには、夏で1日、冬では毎日反転作業を行った上で3~4日かかる。

##### 2) ローズグラスの収量

1995年の6月から1996年の5月までの1年間の収量の経過は、夏に高い収量、冬に低い収量という牧草一般の収量経過を辿った。

センターピヴォット圃場の30 haの乾草生産は、7月から11月までは各刈り取りごとに10,000~12,000 ベール (ha当たり5.4~6.0 ton)、1月は6,100ベール (ha当たり2.1 ton)であった。

1995年5月から1年間の乾草生産量は33.7 ton/haで、これを生産するために施用したNの量は613 kg N/haであった。栽培指針では、1 ton・N/ha/年の施用で乾草40 ton/ha/年を生産する計画であった。

1996年の5月末から約70日間の水不足で、3日に1回の灌水を余儀なくされたが、その直接的な影響を受けた7月の収量は前年の同時期の収量の36%であった。再び毎日の灌水に復帰してから46日目の9月下旬の収量は、昨年の収量の52%までに回復した。

表 3.2.2 センターピヴォット圃場での乾草生産記録

| Harvest NO. | Date of harvest     | Cutting interval | Treatment (Trial 1) | N kg/ha applied from last cutting | Hay production ton/ha | Harvesting loss ton/ha | Net hay production ton/ha | Dry matter production ton/ha |
|-------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1<br>1995   | 6-Jan.~<br>11-Jan.  | 90               | -                   | 100                               | 0.49                  | -                      | -                         | -                            |
| 2           | 7-Apr.~<br>24-Apr.  | 92               | -                   | 552                               | 1.21                  | -                      | -                         | -                            |
| 3           | 6-Jun.~<br>12-Jun.  | 60               | -                   | 71                                | 2.72                  | 0.38                   | 3.10                      | 2.79                         |
| 4           | 17-Jul.~<br>2-Aug.  | 41               | -                   | 107                               | 5.41                  | 0.27                   | 5.68                      | 5.11                         |
| 5           | 4-Sep.~<br>13-Sep.  | 49               | -                   | 86                                | 5.53                  | 0.22                   | 5.75                      | 5.25                         |
| 6           | 3-Nov.~<br>16-Nov.  | 60               | -                   | 71                                | 6.01                  | 0.59                   | 6.61                      | 4.88                         |
| 7<br>1996   | 1-Jan.~<br>7-Jan.   | 59               | -                   | 107                               | 2.09                  | 0.29                   | 2.39                      | 2.06                         |
| 8           | 27-Feb.~<br>12-Mar. | 58               | -                   | 107                               | 3.53                  | 0.08                   | 3.61                      | 3.07                         |
| 9           | 4-May~<br>14-5      | 67               | High level          | 64                                | 6.34                  | 0.22                   | 6.56                      | 5.77                         |
|             |                     |                  | Low level           | 45                                | 4.23                  | 0.22                   | 4.45                      | 3.91                         |
| 10          | 20-Jul.~<br>28-Jul. | 77               | High level          | 93                                | 1.97                  | 0.12                   | 2.10                      | 1.84                         |
|             |                     |                  | Low level           | 61                                | 0.48                  | 0.29                   | 0.77                      | 0.68                         |
| 11          | 20-Sep.~<br>1-Oct.  | 62               | High level          | 77                                | 3.44                  | 0.12                   | 3.56                      | 2.71                         |
|             |                     |                  | Low level           | 51                                | 1.50                  | 0.05                   | 1.55                      | 1.36                         |

### 3) 乾草生産における成長率

成長率（乾草のha当たり平均乾物増加率）と、刈り取り後次の刈り取りまでに施用したha当たりNの量との関係を図3.2.1に示した。この図から、Nの施用量とローズグラスの乾物成長率との関係を次のように結論することができる。

- 1. ローズグラスの成長率 (DM kg/ha/日)は夏と冬では異なる。3月から10月までの夏では高く、11月から2月までの冬には低い。
- 2. 夏においては、各刈り取り毎の成長率とN施用量との関係は、年間のN施用量が1 ton/haまでは直線的である。
- 3. 水不足による生産への影響とその回復過程を、この図から知ることができる。完全に回復していないので、今後、注意深く観察することが必要である。

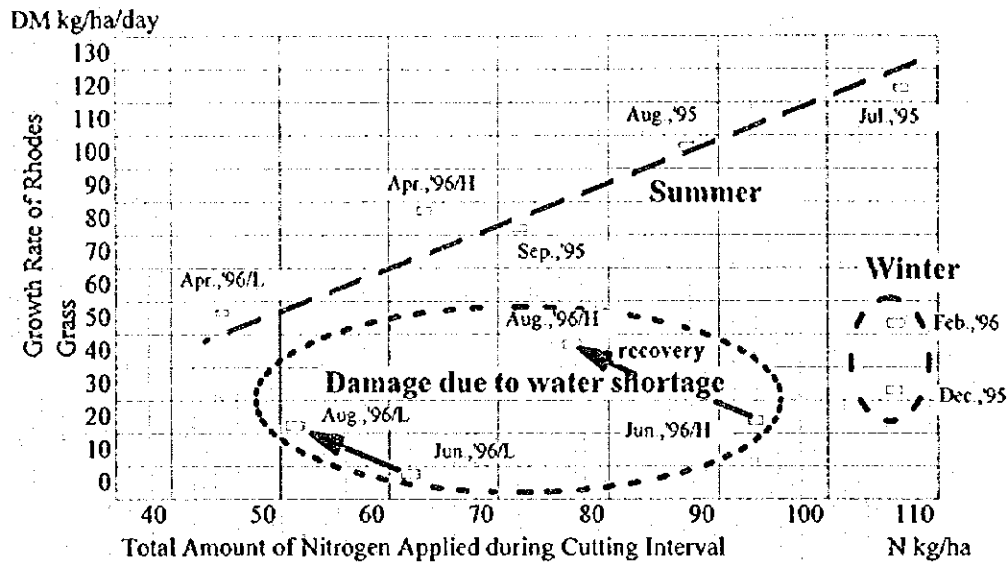


図 3.2.1 ローズグラス生育への窒素肥料施肥効果

(2) 養分およびミネラル含量

1995年6月のNARSの乾草と5年以上の牧草栽培を経験しているネジドの農家の乾草について、養分の比較を行うと、NARSの乾草は磷酸含量と粗蛋白含量が少ない。これは栽培改善の効果が未だ現れない時期の分析であるからである (Appendix A-2.9)。

1996年3月の時点では、NARSの乾草の磷酸含量と粗蛋白含量は向上している。

微量養素の含量はいずれも低い。これは土壤中および灌水中の微量養素含量が極めて低いことによる。そのため、目下、NARSにおいて微量養素試験を実施中である。

3.3 土 壤

作物栽培による土壌変化について、1995年4月よりモニタリング調査を行った。主な項目は以下のとおりである。

- 1) pH、ECおよび有機質の測定
- 2) 目視による土層変化
- 3) 土壌の化学特性
- 4) 土壌の物理特性

### 3.3.1 pH、ECおよび有機質の測定

標記の項目中、pHとECについての測定は、センターピヴォット圃場、防風林帯、果樹圃場に於いて月ごとの定期測定を実施した。有機質成分については3ヶ月単位の測定としてある（結果の詳細は表 A-3.1 参照）。

#### (1) pH

モニタリング期間中でのpH値（1:2.5）に大きな変化はなく、7.5から8.5の範囲であった。この測定結果は通常の値より若干高いが、その原因はリンなどの栄養分の減少が要因となっていると見られる。pH値の上昇は銅、鉄、マンガン、亜鉛などの微量栄養素の可溶性を抑える効果を持つ。高いpH値による微量栄養素減少の問題は水溶性キレート化合物を施肥することで解決される。またpH値が高くなると土壤中のバクテリアの活動を阻害するため、有機質から栄養素への変換が低下する。

#### (2) EC

NARSの土壤のEC値（1:5）は概ね0.25から0.75 mS/cmの領域であり、平均で0.50 mS/cmであると言える。一般に乾燥地域でのEce (Electrical Conductivity for Saturation Extra) はEC値の約5から10倍の値になるとの報告があり、同地点でのECeも2.5から5.0 mS/cmになると推定される。一般に、この領域の土壤は若干塩類化になっているとされている。ローズグラスは耐塩性作物であり、この塩類化による収量への影響は少ないが、ECe値が10.0 mS/cm以上になれば、収量の減収が約10%になると推定される。

塩類化は調査地域のような乾燥地土壤での灌漑を行う上で考慮すべき重要な事項である。作物栽培には灌漑が必要であり、塩類溶脱を定期的に行わないと灌漑水に含まれる塩分で塩類化が進む。NARSで用いている灌漑水のEC値は約1.6 mS/cmの値を示し、USDAおよびFAOの分類で示されている“穏やかな塩類化”が起こるとされる0.75から3.0 mS/cmの範囲に入る。このため定期的なリーチングを行い、塩類集積を抑制する必要がある。これまで18ヶ月間での灌漑では十分な塩類溶脱がなされており、EC値は0.25から0.75 mS/cmの領域で変化はない。

#### (3) 有機質の含有

有機質含有の測定は3ヶ月ごとに行った。調査開始時点での土壤中の有機質の含有は非常に低く皆無に等しい状態であったが、1996年10月時点でのセンターピヴォット圃場での有機質含有量は約%にまで増加している（Appendix 表A-3.1）。

一般に作物栽培を行っている土壤の根群域中での有機質含有は1から5%であり、土壤の物理特性や化学特性および(微)生物の活動などの改善に大きな効果をもたら

す。土壌中の有機質は窒素分の保持の機能を持ち、窒素および硫黄成分の大半を賄う働きがある。また固まっている土壌をほぐすことで、換気と水分移動の状態を改善する。

### 3.3.2 土壌断面調査と目視観察

センターピヴォット圃場で観測ピットを掘削し、土壌断面の変化を調査し、土壌の物理特性と化学特性の調査のための土壌サンプルを採取した(土壌断面の詳細はAppendix A-3.2を参照)。

NARSの土壌はTypic Calcorthids (US Soil Taxonomy分類) またはCalcic Yermosols (FAO分類)に分類される。灌漑適性分類では、Coarse texture (粗粒砂) やlow fertility (貧栄養性) であることから、作物栽培に関しては幾分制限があるとされる“S2”に分類される。

ここでの土壌は土壌として未成熟であり、土壌層位と土壌構造も明確な成熟を示していない。今後の作物栽培の継続で漸次土壌としての成熟化が期待される。また、適的な灌漑管理により導入作物種への制限はないと判断される。

### 3.3.3 化学特性の分析

#### (1) 塩基置換容量 (CEC)

塩基置換容量は一般的に土壌の栄養性と施肥効果の指標として用いられる。CECは調査開始当時 3~9me/100gの領域にあり平均で5 me/100gの状態にあった。最近の測定値は5~10 me/100gの領域で、平均6.5 me/100gへと若干上昇している(1996年9月)。FAOは土壌の表面30 cm深までのこのCEC値が8~10 me/100gの場合、灌漑による作物栽培で適的な生産がなされる最低の領域であるとしている。また、4 me/100g以下の場合、貧栄養状態であるとしている。このことから、NARSの土壌は細粒砂を多く含む sandy loamからsandy clay loamの領域にあり、CEC値も低く、非常に低い栄養性である。

#### (2) 全窒素 (Total Nitrogen)

窒素は土壌中にいろいろな形態で存在している。有機質混合物、硝酸または亜硝酸陰イオン、アンモニアイオンなどは置換性塩基として存在し、亜硝酸は植物体で使われる窒素の代表的な形態である。窒素肥料の施肥とは別に、土中での主な窒素の供給源は有機土壌の分解である。土中の全有効態窒素は極端に低く、0.01%以下である。一般にケルダール法による測定では、0.1%以下の場合を“低位 low”とし、0.2から0.5%の領域を“中位 medium”としている。NARSでの土壌は原生土壌であり、窒素肥料を用いてもその大半は作物により消費される。さらに、有効態有機質

成分も低く、土中の全有効態窒素は非常に低い状態にある。

### (3) 有効態リン (Available Phosphorus)

リンは土中に於いて有機質成分と非有機質成分の2形態で存在し、後者の非有機質成分の形態が作物への栄養素として最も重要である。8 ppm以上の有効態リンは牧草生育にとって適性であり、4 ppm以下は不足状態であるとされている。NARSの土壌ではこの有効態リンが非常に低い。最新の測定でNARSの土壌の有効態リンは3.5 ppmとなっている。このように有効態リンの含有が低いために、リン酸肥料を使用するとその効果が非常に直接的に収量に反映されている。

### (4) カリウム

このタイプの土壌では明確なカリウム使用の必要性は認められず、十分な量は灌漑水に含まれている。一般に有効態カリウムが土壌中に0.4 me/100g以上の場合、肥料としてのカリウムは必要ではない。1995年時点での測定では置換性カリウムは0.4-0.6 me/100gであったが、1996年には0.2-0.3 me/100gへと低下を示している。一方、PDO農場では試験栽培と施肥効果のモニタリングを10年近く行っているが、彼らはカリウムを定期的を使用している。カリウム肥料の使用による効果を検討するために、NARSでの試験を行った。詳細は3.8に報告する。

### (5) 置換性ナトリウム

この使用の有無がそのまま植物体の栄養素として一般には影響しない。しかし、ナトリウムは他の陽イオンと比べると非常に多く存在し、その多さが土壌の物理性に悪影響を及ぼし、結果として一部の作物の生育を阻害することになる。NARSでの置換性ナトリウム値は低く、1 me/100 g程度である。NARS内の土壌のSARは観測開始時で約3、観測終了時で5程度であり、この領域はアルカリ性土壌とされる13より低いため、現在の状態はアルカリ性土壌には至ってないと判断される。

### (6) 微量養素

微量養素は植物の生育に非常に重要なものであり、銅、鉄、マンガン、亜鉛、モリブデン、およびホウ素などが挙げられる。微量養素の有効性は土壌や環境などに影響される。特に、銅、鉄、マンガン、亜鉛は土壌の酸化還元電位により影響されるため、有効性は日々変化する。

NARSでの土壌の微量養素の有効性についての詳細はAppendix 表 A-3.3に示す。同所の土壌が極く僅かな微量養素しかない原生土壌であるために、その有効性は低い。鉄、マンガン、銅、亜鉛などはpH値の上昇で減少するが、このような栄養分の減少は石灰質土壌と高pH値を示す土壌では共通する現象である。この確認のた

めに、微量養素の効果試験を行った。詳細は3.8に記載する。

### (7) 炭酸カルシウムと石膏

炭酸カルシウムの含有は約50%と非常に高く、このような高炭酸カルシウム含有の土壌は乾燥地に極めて共通に見られる。石膏が集中して見られるのはセンターピヴォット圃場の南西域であり、その他の圃場では極めて少量の石膏が分散的に広がっている。石膏の高含有土壌は固結した土層を形成し、植物の根の成長を阻害する。石膏含有が2%以下の場合には根の成長も正常であり、2から25%では若干の影響が認められ、25%以上になると収量減となってくる。NARSの土壌の場合には、石膏が分散しており、且つ部分々々の量も少ないことから、その影響は無視できる範囲にある。

#### 3.3.4 物理特性

土壌の物理特性は乱さないサンプルを採取して測定した。容積重 (Bulk density) は湿潤で1.65から1.75 g/cm<sup>3</sup>の範囲にあり、乾燥状態で1.55から1.65の領域にある。土壌は粗粒砂であり、sandy loamに分類される。センターピヴォット圃場での浸透能 (Infiltration Rate)は二重管試験で測定した (Appendix A-3.4)。同所での浸透能は非常に高く40 mm/hrになり、一部では200 mm/hr以上の場所もある。このような高い浸透能では、地表灌漑には不向きであり、現在NARSで使用しているスプリンクラー灌漑やドリップ灌漑が妥当である。

飽和透水係数(K)は全域でほぼ等しく、 $0.3 \times 10^{-3}$  から $0.5 \times 10^{-3}$  cm/sec (0.26~4.32 m/day)の測定結果であった。この領域の浸潤能を示す土壌は、“moderately rapid”として分類され、sandy loam、loamy sand、fine sandなどがこの領域に分類される。

土壌水分特性としての有効保水性 (Available water holding capacity、AWC) が112 mm/mを示し、分類上は中位となる。このAWCは間断灌漑の指標となるものである。

センターピヴォット圃場に設置したテンシオメーターによる土壌水分の水分張力を測定した。計測期間中、収穫時期を除いて毎日灌水を実施しているため、土壌水分は水分測定時間に左右される。pFの範囲は1.50 (3.2 kPa) から2.35 (22.2 kPa)であった。測定期間中、灌水は夜間に実施されているため、pF値は蒸発と浸透により18:00時々点で2.35へと上昇する。そして、夜間の灌漑の後ではpF値は低いレベルまで低減する。

土壌水分の測定は定期的に行い、土壌サンプルの採取は0~30cm、30~60cm、60~90cmおよび90 cm以深の4層で行った (結果はAppendix 表 A-3.8参照)。土壌水分はサンプル採取深の全てで概ね等しい値を示している。これは土壌の浸透能が高く灌水した水が早く降下し、かつ毎日灌水することでどの層位でも圃場容水量レベルまで湿



潤しているためである。いくら灌水しても下層への水分移動で土壌水分はこの圃場容水量レベルに落ち着くことになる。この圃場容水量を決めるために、圃場での試験を行った。平均圃場容水量は約12~15%であり、この結果は実験室での分析結果と一致する。浸透量と蒸発量による損失を抑制するには、今後、間断灌漑の試験をNARSで行う必要がある。

この土壌保水能と土壌水分測定結果を踏まえて、現在行っている毎日の灌漑を間断灌漑へと換え得る可能性を見出した。前述したように土壌保水能は112 mm/mであり、仮に利用可能水分が保水能の2/3であるとすれば、75 mm/mとなる。作物必要水量の最大値が15 mm/日とすれば、これだけで5日分の必要水量が賄える事になる。この仮定はNARSでの年間を通じた試験栽培により今後確認する必要があるが、確認後は周辺農家へ普及させることも可能である。

### 3.4 地下水

#### 3.4.1 地下水モニタリング

NARSの灌漑に利用されている水資源は、ネジドに広く分布しているC帯水層の地下水である。調査地域には第三紀の炭酸塩堆積岩層に発達した4つの帯水層がある事が知られている。ダンマーム層またはラス層に発達したA帯水層、上位ウムエルラドゥーマ(UER)層に発達したB帯水層、下位UER層の上部に発達したC帯水層、下位UER層の下部に発達したD帯水層である。とりわけC帯水層が、農業開発に適した水資源として期待されている。(地域の水分地質の概要はAppendix参照)。

1988年、フェーズI調査において、C帯水層を対象として2本の試験井と2本の観測井が、パイロットファーム適地として選定された個所に掘削された。その後、そこにNARSが建設され、現在、2本の試験井(NJD-2とNJD-4)はNARSでの灌漑のための生産井として使われている。他の2本(NJD-1とNJD-3)は観測井として利用されている。

地下水位の変化には、人為的要因と、自然的要因がある。自然的要因は、季節的変化や日変化を示す降雨量、蒸発散量や気圧の変化などがある。この地域での最も影響ある人為的要因は、周辺地域での揚水であると考えられる。帯水層からの無計画な揚水は地下水位の急激な降下をもたらす、その結果、水位降下による揚水量の減少をもたらす可能性がある。その為、地下水位のモニタリングはNARS運営の際の重要な目的の一つといえる。

定期的な地下水質検査も、モニタリングされており、毎月のpHおよびEC調査結果によれば、これらはpHが+/-7.4、ECが1.6 mS/cm前後、で安定している。95年7月、96年6月および9月に行われた水質試験結果においても、特に大きな変化は出ていない。

### 3.4.2 NARSでの地下水位変化

NARSでの灌漑のための揚水は1994年9月15日から開始された。観測井による地下水位は1993年の10月より連続的に記録されている。自記記録計の記録紙はSalalahのDGAAF管理下の灌漑課要員により交換・収集されている。

一日のうちの最高水位を讀取った結果を図にまとめたものが図3.4.1である。図3.4.1は、1993年10月から1996年10月までの、NARSで観測されたC帯水層の水位(被圧水頭)変動を表しており、以下にそれをまとめた。

#### (1) NARS運営開始以前(1993年10月から1994年9月)

地域の、水文および水文地質状況の影響によるとみられる何年かにわたる上昇傾向に続き、水位の長期的な降下傾向が見られる。水位は、地表面下1.5 m(NJD-1)、2.5 m(NJD-3)前後を変動していた。

#### (2) 1994年9月から1995年4月

NARSが稼働をはじめた1994年9月から、調査団が記録紙をセットしなおした翌95年5月にかけて、記録紙上の水位は奇妙な動きを示している。記録計の設定が不適切で、実際の水位変動が表されていない可能性がある。いずれにしても、1994年9月に2~3 mであった地下水面深度が、その後のNARSでの揚水の結果として、1995年4月の終わりまでには10mとなっている。この間の水位降下率は、3.3 cm/day (12 m/year)であった。

#### (3) 1995年5月から1996年2月

この期間は、さらに2つの時期に分ける事が出来る。1995年の5月から10月までと、11月から1996年の2月までである。最初の期間に、水位は約10.2 mから約14.7 mへと降下し、この期間の降下率は2.5 cm/dayであった。11月の初めに、揚水量の減少に伴いやや水位が回復し、その後の水位降下率は1.5 cm/dayと下がり、11月中旬から翌96年2月にかけては13.5 mから15.2 mへと水位は下がっている。

#### (4) 1996年3月から10月

上記の水位降下率の減少は、一時的なものであった。1996年の3月から10月にかけて水位は15.2 mから22.2 mへと降下を続け、この間の降下率は2.86 cm/day (10.4 m/year)であった。しかし、この間にも降下率は一定ではない。

— 3月

揚水を止めた3月中旬を除き、水位は全体的に降下を続けている。この一ヶ月間で水位15 mから17 mへと、おおよそ約2 m降下し、降下率は6.6 cm/dayであった。

— 4月、5月

4月前半は安定した水位を示すが、後半には約0.6 m (5cm/day)の降下を示す。4月中の揚水は通常通り続けられていた。5月の第一週は再び水位が安定し、その後月末まで約3.0 cm/dayの割合で降下を続ける。5月初めの水位安定は揚水量の減少に伴うものと考えられる。

— 6月、7月

5月の終わりに、生産井の稼働状態が変わり、水位の変動は、揚水ポンプの稼働状況を大きく反映したものとなった。この期間の揚水量合計は、通常の半分以下になっているが、地下水位降下の全体的な傾向は7月中旬まで続いた。降下率は3.0 cm/dayであった。7月後半は、揚水ポンプの稼働を反映し水位は全体に安定している。

— 8月

8月の初めに、揚水ポンプの稼働が通常の状態に戻ると、水位は急激に降下した。8月中の降下率は8.0 cm/day以上となり、水位は19.5 mから22.1 mへと降下した。

— 9月、10月

9月の初め以来、地下水位は比較的安定している。水位は、およそ22 m前後を変動している。8月5日から9月19日までの平均揚水量は、3,599 m<sup>3</sup>/dayであり、9月20日から10月15日までの平均揚水量は、2,614 m<sup>3</sup>/dayであった。

1994年9月から1996年10月まで、NARSの地下水位は、地表面下約2 mから22 mへと降下し、その間の日平均揚水量は約2,600 m<sup>3</sup>/dayであった。

### 3.4.3 地下水位変化と揚水量

記録にあらわれた地下水位の上昇の大部分は、揚水ポンプの停止か揚水量の減少で説明する事が出来る。図 3.4.1は揚水量が2,000 m<sup>3</sup>/day以下となると地下水位の一時的な回復が見られる事を示している。しかしながら、1996年の6月、7月は、この期間中の日平均揚水量が約3,000 m<sup>3</sup>/dayであるにもかかわらず、全体的な傾向として、水位降下は続いている。NARSの揚水ポンプの稼働状況だけでは説明出来ない水位の上昇や安定傾向がみられる。

表 3.4.1と図 3.4.2は、1995年6月から1996年10月までの日平均揚水量と、月平均水位の変化量で表された水位降下量を示したものである。平均揚水量は、図 3.4.2の上部から下へ向けての棒グラフで表されている。図 3.4.2で前月からの降下量を示している線は、全体としては、揚水量に応じて変化している。しかしながら、実際揚

水された量と、水位降下量の値との間には、相関は見られないようである。さらに、1995年8月から10月にかけてと、1995年12月から翌1月にかけての期間には水位降下量と揚水量との関係の逆転も見られる。1995年の10月から11月、1996年の9月から10月には、揚水は続けられていたものの、水位の回復も観測されている。このような現象は、C帯水層への季節的な地下水補給の存在や、C帯水層の被圧水頭が周辺地域の人工的要因に影響されている可能性を示唆しているものかもしれない。このような点については、今後の長期的な観測が明らかにして行くだろう。

#### 3.4.4 地下水位の今後の動向

通常の水文地質的理論では、揚水開始後の1年間で、長期の揚水に伴い生じる水位降下量の50~70%に到達する、とされている。NARS稼動開始以来すでに2年が経過しているが、図3.4.1に示されているとおり、水位は直線的に低下を続けている。

JICAやMott MacDonaldによって示された既存のモデルでは、図3.4.1に表れた直線的な低下は説明されない。おそらく、NARSでの水位降下現象は、より複雑な要因を持ったものであろう。現在まで、既存の揚水試験解析方法ではC帯水層の信頼出来る帯水層定数を得られていない。その為、地下水位の将来の動向を予測する事は、今のところ難しい。しかしながら、これまでの変動の傾向が単純に続くとすれば、1999から2000年の中頃に、地下水位面は地表面下50 mに到達することとなる。

#### 3.4.5 結 論

NARS稼動開始後2年が経過した。その間、被圧水頭は地表面下約2 mから約20 mへと、およそ20 m低下した。降下率の季節的な変動は見られるものの、これまでのところ水位の低下は全体として続いている。

降下率の季節的な変動は、いくつかの人為的要因・自然的要因によって生じていると考えられる。最も大きな人為的要因はNARSおよび周辺域での揚水状況であろう。現在のところ、C帯水層への地下水補給が存在し、水位変動に影響を与えているのかどうかは、はっきりとしない。

地域の複雑な現象である地下水位変動の将来動向を予測する事は難しい。しかし、仮に現在の直線的な水位低下がそのまま続くとすれば、1999年の中頃には地表面下50 mに達する。

地下水の挙動を明らかにし、水資源の管理を進めるために、地下水位の連続的なモニタリングが今後も重要である。

図 3.4.4 NARSの地下水水位変動 (Oct'93 - Oct'96)

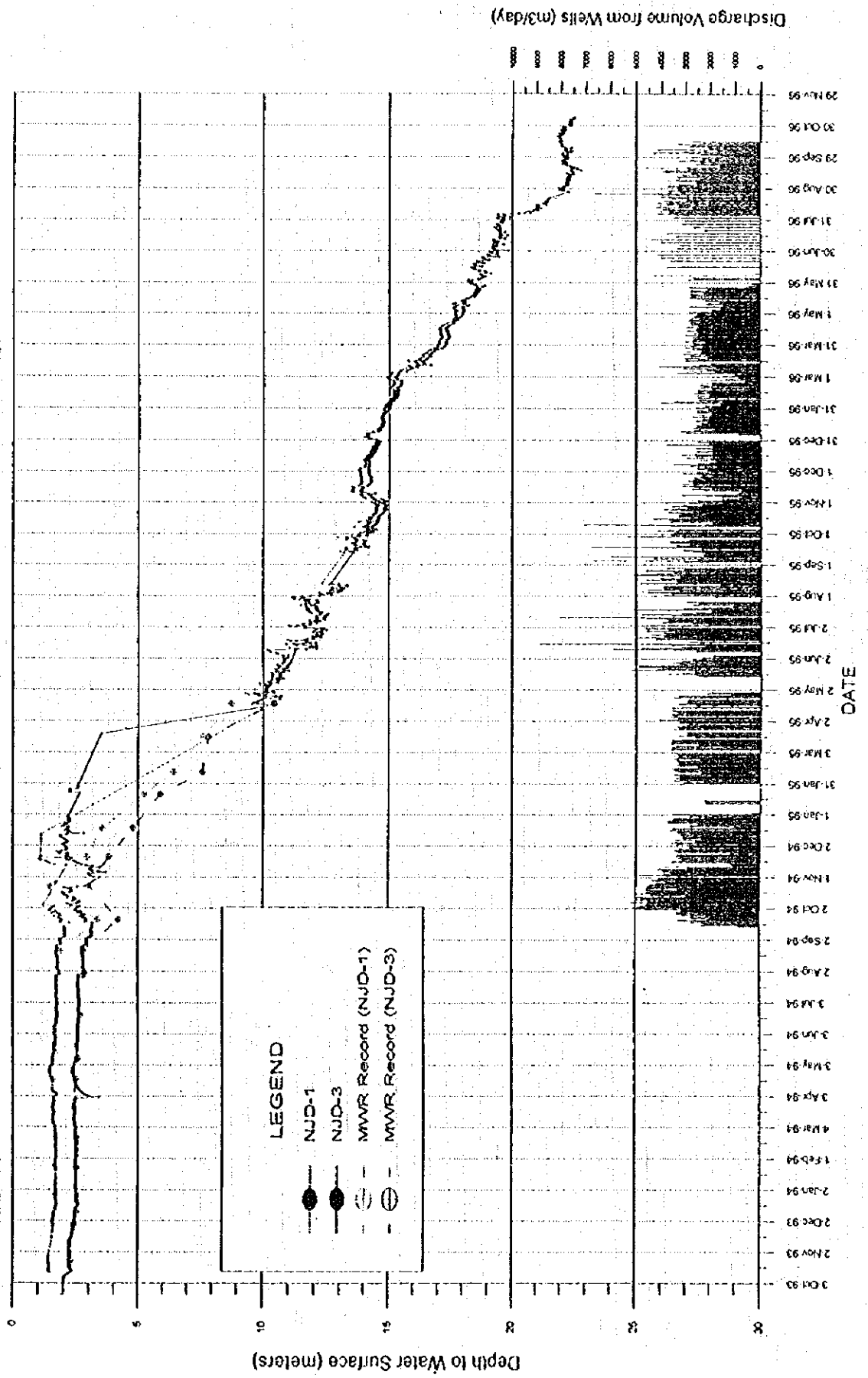
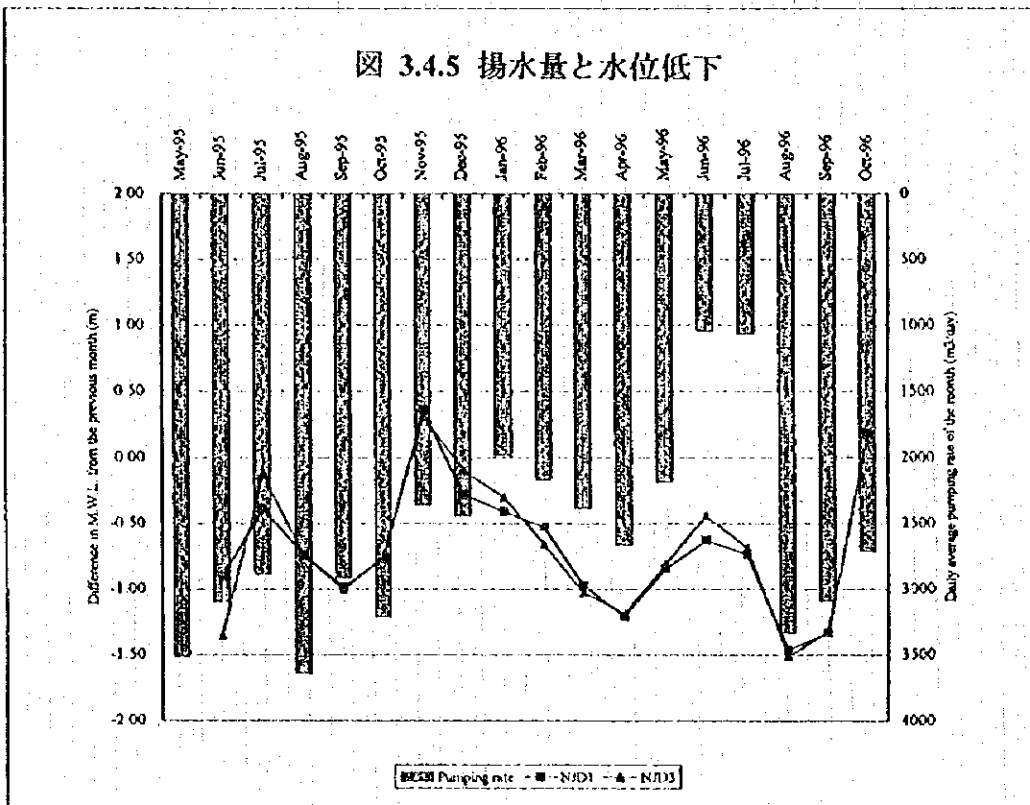


表 3.4.2 揚水量と水位低下

|      |   | 1995  | Jan.  | Feb.  | Mar.  | Apr.  | May   | Jun.  | Jul.  | Aug.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dec.  |
|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N/D1 | Pumping rate<br>(Daily average)<br>(m <sup>3</sup> /day)  |       |       |       |       |       | 3520  | 3098  | 2893  | 3641  | 2916  | 3214  | 2364  | 2440  |
|      | Difference in M.W.L.<br>from the previous<br>month<br>(m) |       |       |       |       |       |       | -0.91 | -0.39 | 0.14  | -0.98 | -0.77 | 0.35  | -0.28 |
|      | Mean W.L.<br>of the month<br>(m)                          |       |       |       |       |       | 10.43 | 11.34 | 11.73 | 12.47 | 13.43 | 14.22 | 13.87 | 14.15 |
| N/D3 | Difference in M.W.L.<br>from the previous<br>month<br>(m) |       |       |       |       |       |       | -1.35 | -0.12 | -0.75 | -1.01 | -0.74 | 0.31  | -0.10 |
|      | Mean W.L.<br>of the month<br>(m)                          |       |       |       |       |       | 10.58 | 11.93 | 12.65 | 12.80 | 13.80 | 14.55 | 14.23 | 14.33 |
|      |   | 1996  | Jan.  | Feb.  | Mar.  | Apr.  | May   | Jun.  | Jul.  | Aug.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dec.  |
| N/D1 | Pumping rate<br>(Daily average)<br>(m <sup>3</sup> /day)  | 1985  | 2177  | 2388  | 2668  | 2191  | 1050  | 1075  | 3337  | 3095  | 2715  |       |       |       |
|      | Difference in M.W.L.<br>from the previous<br>month<br>(m) |       | -0.41 | -0.53 | -0.97 | -1.21 | -0.84 | -0.63 | -0.74 | -1.46 | -1.33 | 0.18  |       |       |
|      | Mean W.L.<br>of the month<br>(m)                          | 14.56 | 15.69 | 16.06 | 17.26 | 18.11 | 18.74 | 19.47 | 20.94 | 22.27 | 22.09 |       |       |       |
| N/D3 | Difference in M.W.L.<br>from the previous<br>month<br>(m) |       | 0.30  | -0.66 | -1.03 | -1.18 | -0.81 | -0.44 | -0.69 | -1.51 | -1.33 | 0.19  |       |       |
|      | Mean W.L.<br>of the month<br>(m)                          | 14.64 | 15.30 | 16.32 | 17.51 | 18.32 | 18.76 | 19.45 | 20.96 | 22.29 | 22.10 |       |       |       |

図 3.4.5 揚水量と水位低下



## 3.5 気象

### 3.5.1 一般

農業気象では、その地域の位置（緯度、経度）、地理そのほか海からの距離などが要因となるマクロ気象と主に風、地形などで規制される局地気象の2面が相互に重なって構成されている。調査地域の気象特性を把握するために、1987年にJICAが設置した2ヶ所の観測所が稼動している。1ヶ所はダウカ [標高: 213.70m; 北緯18°40'N; 東経54°04'E] であり、もう1ヶ所がNARS [標高: 283.10m; 北緯 18°19'N; 東経 54°03'E] である。

気象観測は実質的に1995年4月の本調査再開まで停止していた。このため観測態勢の再構築が必要であり、調査期間中は正常な観測が出来るように新たな要員への技術移転に努力の多くが傾注された。

一方、調査地域近傍では運輸省が管轄する気象観測所が現在2ヶ所稼動している。1ヶ所はサララ空港 [標高: 21.78m; 北緯 17°03'N; 東経 54°08'E] であり、他方はサムリット空軍飛行場 [標高: 448.0m; 北緯 17°40'N; 東経 54°02'E] である。

#### (1) NARSでのモニタリングとその維持・管理

1995年4月の現地調査再開からNARSでの気象観測が再開された。DGAAFの灌漑課とNARSの要員が維持・管理を担当している。これまでのモニタリング期間の中で維持・管理要員は観測装置の基本的な管理については修練したものの、今後とも記録紙からのデータの読み取りや管理作業の予定に従った維持・管理の実践が必要である。

#### (2) 気象データ

現地で収集できた観測記録の期間は、調査地域の気象特性として論述するには十分ではないが、収集した記録をもとに近傍の既存観測所の記録と比較しつつ、調査地域の気象特性を以下にまとめる。

観測・収集した気象データはフェーズ I 調査でJICA調査団が設置した観測装置と、本調査で新たに加えた観測項目（NARSでの気温、湿度および蒸発量）から成る。観測項目の詳細はAppendix-5に記載する。

### 3.5.2 気象環境

#### (1) 気温と湿度

SalalahとThumraitでの長期記録との比較によれば、観測期間の年平均気温はほぼ平均的な状況であったと言える。両地点とも年平均気温は約26°Cであるが、年較差はSalalahが6°Cであるのに対し、Thumraitは14°Cと大きくThumraitの気温が内陸性の較差の大きさを示している。特に酷暑期と呼ばれる5月から9月にかけてのThumraitでは(絶対)最高気温が35°Cを超える。これは同時期がモンスーン期になり、海浜部のSalalahが厚い雲に閉ざされた冷涼な時期である一方、フェーン現象によりThumraitの気温が高くなることによる。この内陸性の傾向は北上するほどに強まると見られる。

NARSでの気温と湿度の観測は本調査で新たに加えた観測項目で、機器の調整と維持・管理の訓練を行った後、1995年7月より週間巻き自記温湿度計を用いて観測を開始した。今回の観測期間内の月平均気温は2月が最も低く(22.7°C)であり、8月に最高平均気温(32.0°C)で月平均気温による年較差は概ね10°Cとなる。各月ごとの較差は酷暑期で約15°C、冬季で10°C程度であった。時間単位での記録による日較差によれば、早朝の5時頃が最も低く14時頃が最高温度を示し、夏季で約20°C、冬季で約15°Cの較差が記録されている。NARSより40km北上したDaukaは、NARSよりも年平均気温で数度高く、SalalahとThumrait間の比較で示唆された内陸性気候の特長である較差の大きさがより顕著になっている。

相対湿度は気温の観測とともに開始し、概ね1年間の変動が得られた。年平均値をもとにNARSと他の観測地点とを比較してみると、海浜のSalalahから内陸に向って漸次乾燥状態が進むことが分かる。NARS以北のDaukaとは40kmのみの距離であるが、NARSより乾燥状態が高い。NARSでの月別変動は、30%から60%の領域であるが、45%を平均として10%程度の変動が年間認められる。観測期間が短いこともあり、明確な季節的特性は言えない。時間単位の記録結果によれば、一日の変動は、夜明けとともに7時頃から4時間ほどでほぼ直線的に相対湿度は低減し、14:00頃から漸増に転じる。同地域での灌水作業が一般に夕方から夜間に行われているのは、この傾向を理解しているためである。

#### (2) 風

風は風速と風向を観測項目としている。NARS地点での風も7月から9月に南西から来襲するモンスーンがその特長を決める大きな要因となっている。NARSの月平均風速は12月に最低を示し(1.9 m/s)、7月に最高値(6.4 m/s)となっている。調査地点で強風の時期はこの7月をはさみ、モンスーンの時期(7月から9月)と一致する。非モンスーン季は一般に風速が弱まる。NARSでの年平均風速は4.0 m/sで、Salalah (3.0 m/s)とThumrait (6.0 m/s)との比較では、各地点の地理的特長が現れている。海浜に



あり背後を山岳で覆われたSalalahは、山岳の反対側内陸への入り口であるThumraitと比べると風速が低く、一年を通して穏やかである。一方、Thumraitは風が強く、特にモンスーン季に顕著になる（月平均風速）。年平均風速をもとに3地点を比較すると、NARSの年平均風速はSalalahより30%高く、Thumraitより30%低い関係にあることが分かる。この関係は月別の瞬間最大風速でも同様な結果となっている。月平均風速と月別瞬間最大風速との関係はNARSで月別瞬間最大風速が月平均風速の約4倍を示し、Salalahでは2.7倍、Thumraitでは3.5倍となっている。

風向は北から時計周りに22.5°ごとに N、NNE、NE、ENE、Eなどのように分割して整理した。NARSでの卓越する風向はSで、SalalahのS、SSEやThumraitのSSEとほぼ同じく南側からの風で占められる。しかし、冬季（10月から2月）は東からの風が卓越するようになる。以上の結果から、NARSの風は以下のような特長があることが言える。

- a. NARSの平均風速はThumraitよりは低く、Salalahよりは高い。
- b. モンスーンの風速への影響はThumraitを経る間に弱まる。
- c. 月平均風速は冬季の2.0 m/sからモンスーン季の6.5 m/sの間の変動を示す。
- d. 卓越風向は南である。
- e. 一日の中では海陸風の影響から、夜間に北からの風へと風向が変化する。

### (3) 日 射

日射量観測結果は表 3.5.6にまとめた。日射量は季節のほか主に雲量による遮断で規定される。NARSでの日射量は4月に21.43 MJ/m<sup>2</sup>·dayで最高値を示し、最低値は14.66 MJ/m<sup>2</sup>·dayで12月に発生する。日射量記録の中でモンスーン季は概して高い値を示すものの、同時期は山岳域からの雲の進入と飛砂が影響するため最高値にはなっていない。日照時間は冬季で10.7時間/日、夏季で12.3時間/日の間での変動を示す。

### (4) 蒸 発 量

SalalahとThumraitの既設気象観測所での記録によれば、Salalahはモンスーン季に蒸発量が2 mm/日と低いものの、冬季には10 mm/日へ上昇する。一方、Thumraitではこの季節変動が逆転し、冬季に10 mm/日であったものがモンスーン季には20 mm/日までに増加する。これら2地点での年間蒸発量はSalalahが約2,500 mm/年である一方、Thumraitは5,300 mm/年とSalalahの2倍以上となる。

NARSでの観測は1995年10月から開始し、約1年間の変動を継続して観測することができた。年蒸発量は約3,900 mm/年であった。この値がNARSでの年蒸発量と結論するには、観測期間が短い。これを補うためにThumraitでの長期観測結果とこの観測期間と同じ期間の年蒸発量との比率を、NARSの観測結果に用いると、長期的なNARSでの年蒸発量は4,200 mm程度になると推定できる。

蒸発量は作物必要水量の推定の上で非常に重要な指標であり、今後もNARSでの継続観測を続ける必要がある。

### (5) 降 雨

本調査期間の中で降雨は1回のみ認められた。1996年6月11日と12日に南部オマーンから北部オマーンへ移動するモンスーンの通過時の降雨で下表のような状況であった。このような降雨は数年に1回の頻度で発生する。

NARSでの降雨記録

| Date        | Time  |       | Rainfall | Remarks           |
|-------------|-------|-------|----------|-------------------|
| June 11 '96 | 5:30  | 9:30  | 13 mm    |                   |
|             | 12:00 | 17:30 | 20 mm    |                   |
|             | 20:30 | 21:30 | 6 mm     |                   |
|             | 23:00 | 23:30 | 4 mm     | Daily total 43 mm |
| June 12 '96 | 11:00 | 13:00 | 10 mm    | Daily total 10 mm |
| Total       |       |       | 53 mm    |                   |

## 3.6 水 利 用

本節はNARSでの水利用、特に灌漑水のモニタリング結果をまとめたものである。

### 3.6.1 NARSでの水利用系統

NARSでは現在灌漑施設としてセンターピヴォットシステム (30ha)、リニアムーブメントシステム (18 ha)、バブラー灌漑システム (防風林と果樹用)、およびドリップ灌漑システム (野菜用) がある。ドリップ灌漑システムを除いてこれら灌漑施設での利水量がモニタリング活動の一環として観測、記録されている。

#### (1) 生 産 井

NJD-2とNJD-4と呼ばれる2本の生産井がNARSの水源としてある。両生産井ともC-滞水層から揚水しており、両井戸とも概ね地盤面より350 mの深さに達している。これらの生産井はフェーズI調査('86~'89)の中で試験井として建設されたもので、現在生産井として転用されている。揚水された地下水は、一旦、2,000 m<sup>3</sup>の貯水槽に貯えられる。

## (2) 送水系統

貯水槽から各水需要へは4基の送水ポンプで送水される。1号機から3号機はセンターピヴォットシステムとリニアムーブメントシステムへの送水に当てられ、4号機はバブラー灌漑システムに送水する。

## (3) 利水の計測

量水は以下の方法に依っている。すなわち、

- a. 両生産井の送水口にある量水メーターにより、毎日の揚水量が記録される。
- b. 送水ポンプの送水口にある量水メーターにより、各需要での消費水量が記録される。

## (4) 揚水ポンプの移動

本調査期間中での最も大きな事項は、生産井内の水位低下により取水不可となったため、揚水ポンプをより深い位置に移動したことである。NARSでの揚水開始時以来、両生産井での水位低下が続き、揚水ポンプの移設を提言していたが、実施は'96年8月の3、4日に行われた。取水不能が明らかになった5月末から同工事実施までの期間は、この工事の実施を早期に行う手立ての準備、勧告で多くの時間が費やされた。同時にこの間の灌水は井戸内の水位回復を待つて揚水しなければならないため、概ね3日に一回の間断灌漑としなければならなかった。

揚水ポンプ移設工事結果

| Descriptions            | NJD-2          | NJD-4          |
|-------------------------|----------------|----------------|
| Well structure          |                |                |
| Total depth             | 350.00 m       | 350.00 mm      |
| Ground level            | 282.00 amsl    | 284.00 amsl    |
| Top of 9 5/8" casing    | 54.55 m        | 33.64 m        |
| Casing 9 5/8" upto      | 269.53 m       | 271.29 m       |
| Previous condition      |                |                |
| Pump installation depth | 25.00 m        | 25.00 m        |
| Cut-off level           | 23.00 m        | 23.00 m        |
| Pump Dia.               | 196 mm (7.7")  | 196 mm (7.7")  |
| Total pump length       | 2,028 mm       | 2,028 mm       |
| Revised condition       |                |                |
| Pump installation depth | 50.00 m        | 31.00 m        |
| Cut-off level           | 43.00 m        | 25.00 m        |
| Pump capa.              | 60 lps. @40 mH | 60 lps. @40 mH |

### 3.6.2 利水記録

各灌漑施設による灌水消費記録は施設運転・管理者が行い、月ごとにNARSへ運転記録として提出している。

#### (1) 牧草栽培への灌水

センターピヴォットシステムとリニアムーブメントシステムによる牧草栽培での消費水量が記録されている(ただし、リニアムーブメントシステムによる灌水は'95年5月時点で水位降下が急激であり、また十分な作業要員が準備されてなかったため、停止した)。

月別牧草灌水量記録

unit: mm/day

|                      | Jan | Feb | Mar | Apr | May  | Jun  | Jul | Aug  | Sep  | Oct  | Nov | Dec |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| Recorded consumption |     |     |     |     |      |      |     |      |      |      |     |     |
| '94                  |     |     |     |     |      |      |     |      | 6.6  | 10.9 | 7.9 | 7.1 |
| '95                  | 6.5 | 7.0 | 7.0 | 6.2 | 10.4 | 10.0 | 9.2 | 10.9 | 8.5  | 9.9  | 6.9 | 7.8 |
| '96                  | 6.3 | 7.1 | 7.7 | 8.8 | 7.0  | 3.7  | 3.6 | 11.1 | 10.7 | 8.8  |     |     |

調査再開時の牧草生育状況は非常に貧弱であり、特に水不足によるストレスが主要因と判断されたため、'96年3月までの概ね1年間は生育快復のために十分な灌水を行った。

圃場内の牧草生育状況が健康で概ね一様になった'96年3月から、センターピヴォット圃場を使用した試験栽培を開始した。詳細は3.2に記してあるが、同全体圃場を4分割し、灌水量の多寡による生育状況への影響を調べた。

栽培試験で施用した灌水量記録

unit: mm/day

|                           | Jan | Feb | Mar | Apr  | May | Jun | Jul | Aug  | Sep  | Oct  | Nov | Dec |
|---------------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
| Recorded consumption      |     |     |     |      |     |     |     |      |      |      |     |     |
| '96 monthly average       | 6.3 | 7.1 | 7.7 | 8.8  | 7.0 | 3.7 | 3.6 | 11.1 | 10.7 | 8.8  |     |     |
| Application for Block-B&C |     |     | 9.1 | 10.4 | 8.2 | 4.4 | 4.2 | 13.1 | 12.6 | 10.4 |     |     |
| Application for Block-A&D |     |     | 6.3 | 7.2  | 5.8 | 3.0 | 3.0 | 9.1  | 8.8  | 7.2  |     |     |

## (2) 樹木への灌水

NARSでの防風林および果樹の総数は3,618本であり、内訳は防風林が2,798本、果樹が742本であり、デーツが78本である。'95年のこれら樹木への灌水記録では、灌水量が平均21 lit./日となっている。これは、その後の調査で樹木配水系統の中で貯水槽への還流分があることが判明したため、その後この還流量の計測を加え、記録を継続した。以上の調整後の計測結果からは以下のことが言える。

- a. '96年1月から同4月までの間は、当初計画の60 lit./日に近い十分な灌水がされている。
- b. ポンプ移設を待機している6、7月では灌水量が低下し、
- c. 移設工事が終了した8月から、毎日灌水を再開した。

### 月別樹木灌漑記録

unit: lit./No./day

|     | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec. | Ave.  |
|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| '95 |      |      |      |      | 141.5 | 211.3 | 158.2 | 159.3 | 164.2 | 177.7 | 133.6 | 88.4 | 154.3 |
| '96 | 66.0 | 64.0 | 45.2 | 51.9 | 47.6  | 28.3  | 26.2  | 56.9  | 81.1  | 53.5  |       |      | 52.1  |

## (3) 間断灌漑

生産井内の水位低下による取水不能が判明した'96年5月28日以降、ポンプ工事完了までの間は、井戸内水位の回復を待って取水するため、間断灌漑としなければならなかった。これにより牧草の生育は著しく悪化し、生産量も低下した。

### 3.6.3 作物必要水量の推定

#### (1) 可能蒸発散量の推定

NARSでの気象観測結果によれば、現在の灌水量の指標としているThumrait地点の気象とNARS地点の気象には明確な差異が判明しつつある。詳細は気象の節で述べているが、特にNARSでの風速はThumraitに比べると概ね25%程度穏やかな状態となる。

この差異を踏まえたNARS地点での可能蒸発散量の推定では、最小で4.2 mm/日、最大で10.4 mm/日となり、年間で約2,800 mm/年となる。

可能蒸発量推定値と蒸発量記録

Unit: mm/day

|                                    | Jan | Feb | Mar | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Oct | Sep  | Nov | Dec | Mean | Max. | Min. | Amount  |
|------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|---------|
| Eto at NARS with latest data       |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |         |
| ETo                                | 4.9 | 5.4 | 7.6 | 8.1  | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.4 | 8.7 | 7.1  | 5.1 | 4.2 | 7.7  | 10.4 | 4.2  | 2,794.0 |
| Ratio-I                            | 1.2 | 1.3 | 1.8 | 1.9  | 2.5  | 2.4  | 2.4  | 2.5  | 2.1 | 1.7  | 1.2 | 1.0 |      |      |      |         |
| Pan Evaporation record at the site |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |         |
|                                    | 6.4 | 7   | 10  | 13.6 | 14.1 | 12.3 | 13.1 | 14.2 | 13  | 10.5 | 6.9 | 5.4 | 10.5 | 14.2 | 5.4  | 3,847.7 |

(2) 作物必要水量の推定

作物必要水量は前項の可能蒸発散量に作物係数を乗じて算定する。この作物係数は作物の生育段階で変化し、牧草では収穫直後の0.4程度から収穫直前の1.0~1.1程度へと漸増する。この係数の平均的な値として0.85を充当すると、年間の牧草栽培に用いる作物必要水量は約3,310 mm/年となり、現在使用している指標より約25%低減することになる。

以上の試算はあくまで今回の調査で得られた短い期間の気象観測データをもとにしており、今後少なくとも数年の観測を継続して検討を進めなければならない。なお、作物生育段階に応じた灌水管理による節水効果についての考察はAppendix 6.1.5に記載してある。

可能蒸発散量推定値と作物必要推量

unit: mm/day

| Descriptions        | Jan | Feb | Mar | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct | Nov | Dec | Annual  |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|---------|
| Eto                 | 4.9 | 5.4 | 7.6 | 8.1  | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.4 | 8.7  | 7.1 | 5.1 | 4.2 | 2,794.0 |
| ETo Kc 0.85         | 4.2 | 4.6 | 6.5 | 6.9  | 8.8  | 8.6  | 8.6  | 8.8  | 7.4  | 6.0 | 4.3 | 3.6 | 2,383.2 |
| N.W.R. (up-dated)*  | 5.8 | 6.4 | 9.0 | 9.6  | 12.2 | 11.9 | 11.9 | 12.3 | 10.3 | 8.4 | 6.0 | 5.0 | 3,310.0 |
| Present application | 5.2 | 7.2 | 9.1 | 10.7 | 12.0 | 12.4 | 11.4 | 11.2 | 10.4 | 7.2 | 6.2 | 5.0 | 4,429.7 |

Note: Irrigation efficiency = 0.72