

RY



オマーン国  
ネジド地方農業開発計画フェーズII  
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1091009(9)

22722

平成2年11月

国際協力事業団

国際協力事業団

22422

## 序 文

本報告書は、オマーン国政府の要請に基づき、国際協力事業団が平成2年10月11日から同年10月24日まで、農林水産省東北農政局土地改良技術事務所所長 後藤光弘氏を団長として派遣したネジド地方農業開発計画フェーズⅡ事前調査団の調査結果をとりまとめたものである。

本格調査実施にあたり、参考資料として広く関係者に活用されることを願うものである。

本件事前調査実施に際し、御協力を賜ったオマーン国政府関係者並びに我国関係者の各位に対し深甚なる謝意を表するものである。

1990年11月

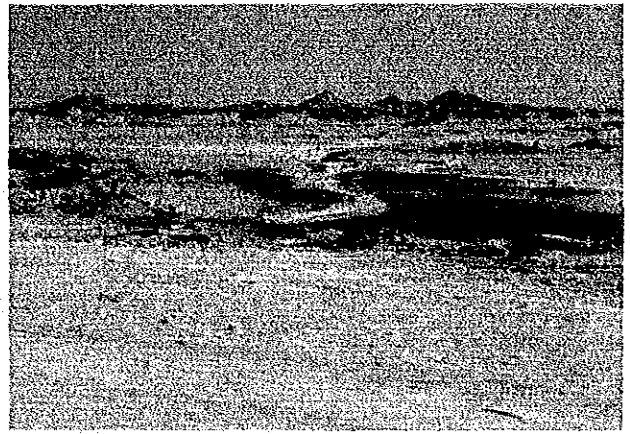
国際協力事業団

理事 田口俊郎

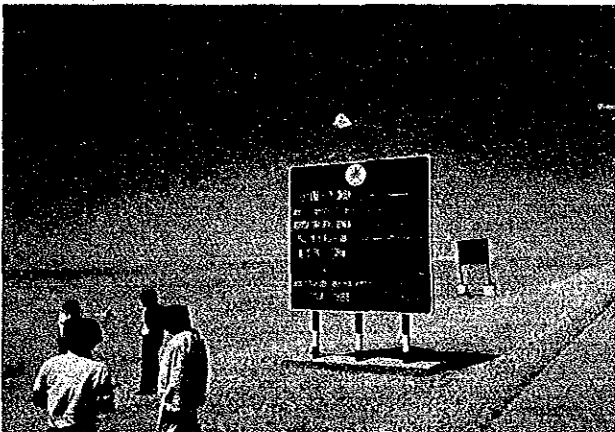




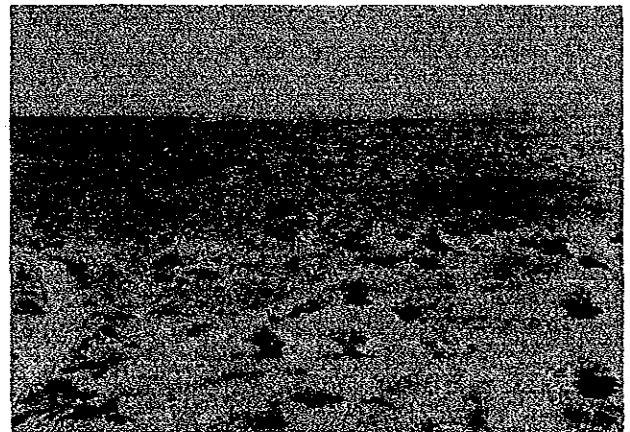
ゾフェール山脈



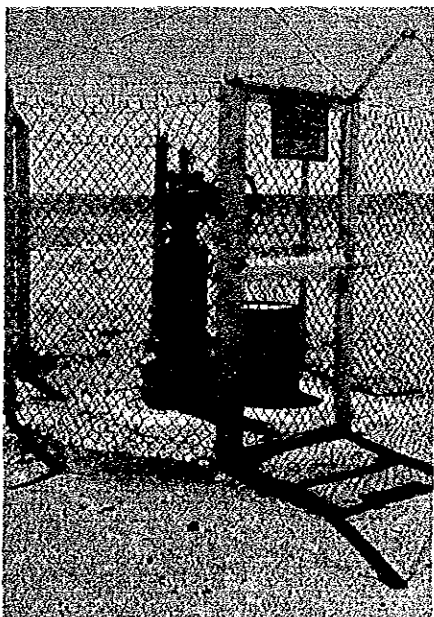
ネジド地方への入口



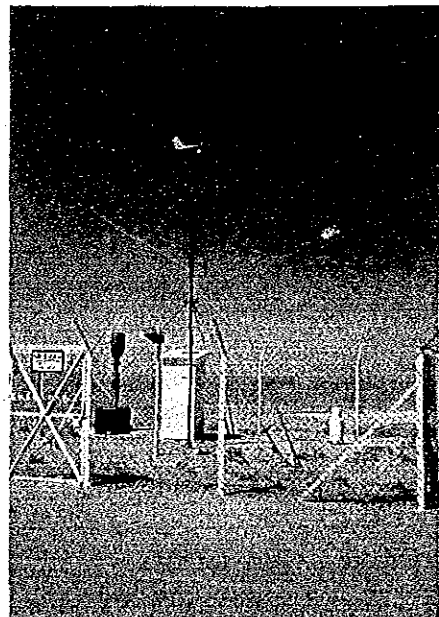
パイロットファームへの進入口



パイロットファーム予定地点



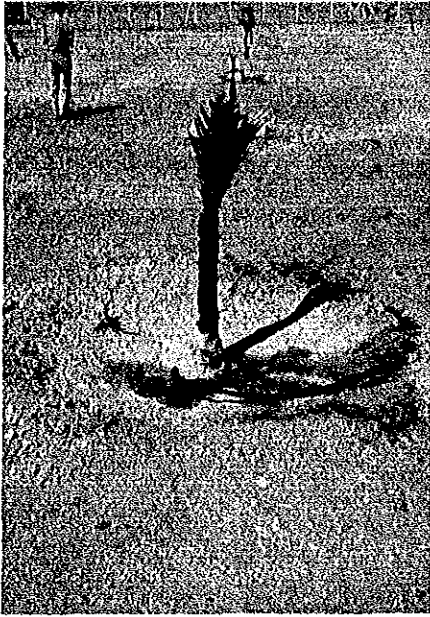
生産井



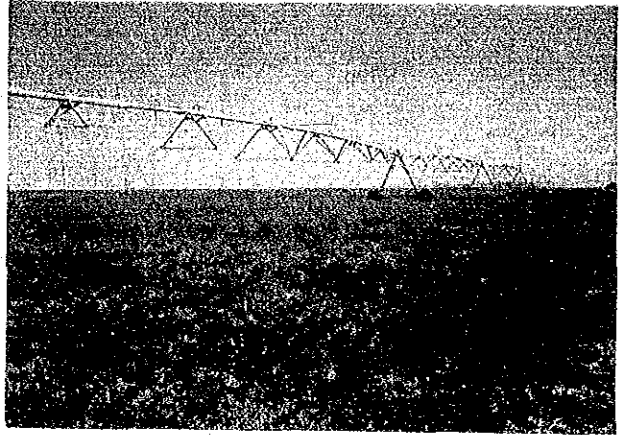
気象観測施設







デーツ栽培試験  
(農漁業省、パイロットファームの隣接地)



ドーカ センターピボット牧草栽培



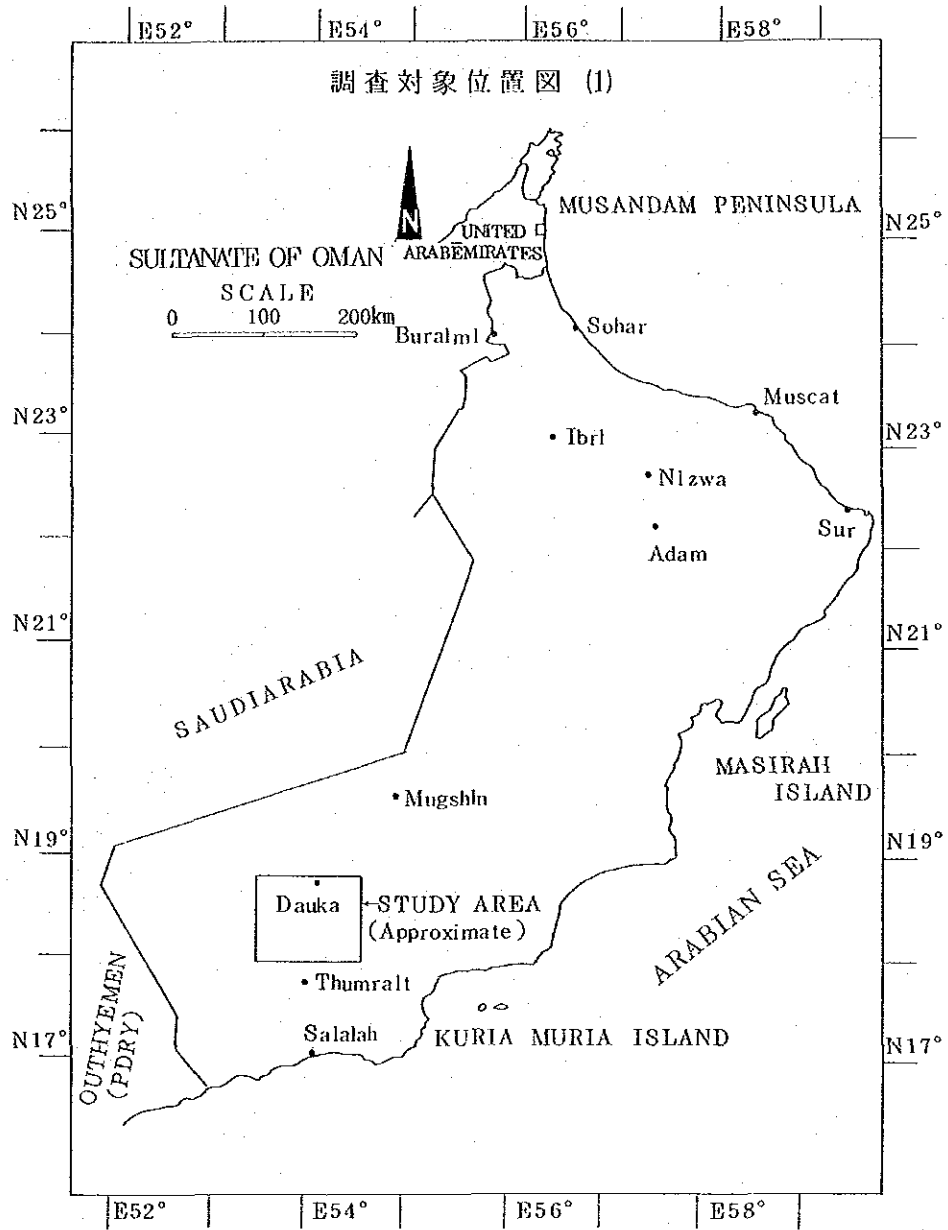
シャスルの農場



S/W 署名

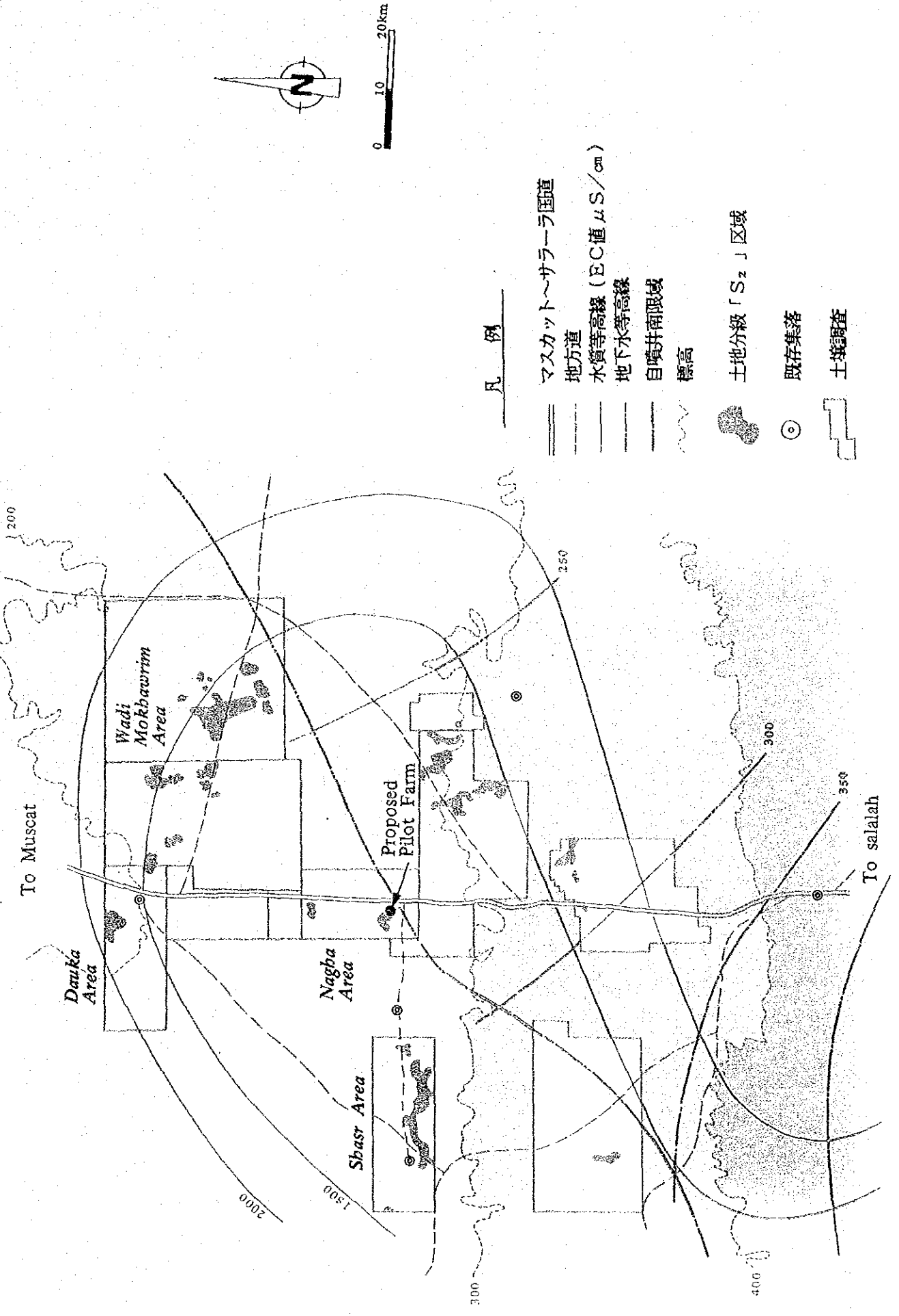


# 調査対象プロジェクト位置図





ネジド地方農業開発制約条件集成図



凡例

- ≡≡≡ マスカットへサララララ国道
- ≡≡≡ 地方道
- 水質等高線 (EC値  $\mu S/cm$ )
- 地下水等高線
- 自噴井南限域
- 〰 標高
- 土地分級「S<sub>2</sub>」区域
- ⊙ 既存集落
- 土壌調査



# 目 次

序 文  
写 真  
位 置 図

第一章 調査団とその目的	1
1. 要請の背景	1
2. 調査の目的	1
3. 調査日程	3
4. 調査団の構成	4
5. 調査団の訪門先及び面会者	4
第二章 調査結果の要約、既存資料の概要及び提言	7
1. 調査結果の要約	9
2. 主な協議経過及びその内容	10
3. 先方政府の意向	13
4. 調査実施上の留意事項	13
5. 調査対象地区の概要	15
6. 既存資料の整備状況及びその概要	16
6-1. 自然条件	16
6-2. 水文地質	25
6-3. 農 業	41
7. 本格調査に対する提言	42
第三章 計画地域の現状	45
1. 社会状況	47
2. 地下水	54
3. 農 業	85
第四章 調査の基本方針及び内容	89
1. 調査の考え方	89
2. パイロットファーム実施計画	96
3. パイロットファーム運営計画	98
4. 地下水調査計画	114
5. パイロットファーム長期観測計画・地下水保全計画	116
6. 本格調査の留意点	121
付属資料	125





## 第1章 調査団とその目的



## 第一章 調査団とその目的

### 1. 要請の背景

オマーン国政府は、1985年12月、日本政府に、ネジド地方における地下水を利用したかんがい農業開発計画策定のための技術協力を要請、JICAは86年12月にS/Wを締結した。JICAはこのS/Wに基づき87年から89年に亘りM/P調査を実施し89年10月にパイロットファームの設立計画及び段階的農業開発計画を内容とする最終報告書をオマーン側に提出した。

更にオマーン国政府は、上記調査中の89年2月にパイロットファームの設計・入札書類の作成及びネジド地方周辺の地下水調査の実施を要請してきた。

### 2. 調査の目的

#### (1) 調査の目的

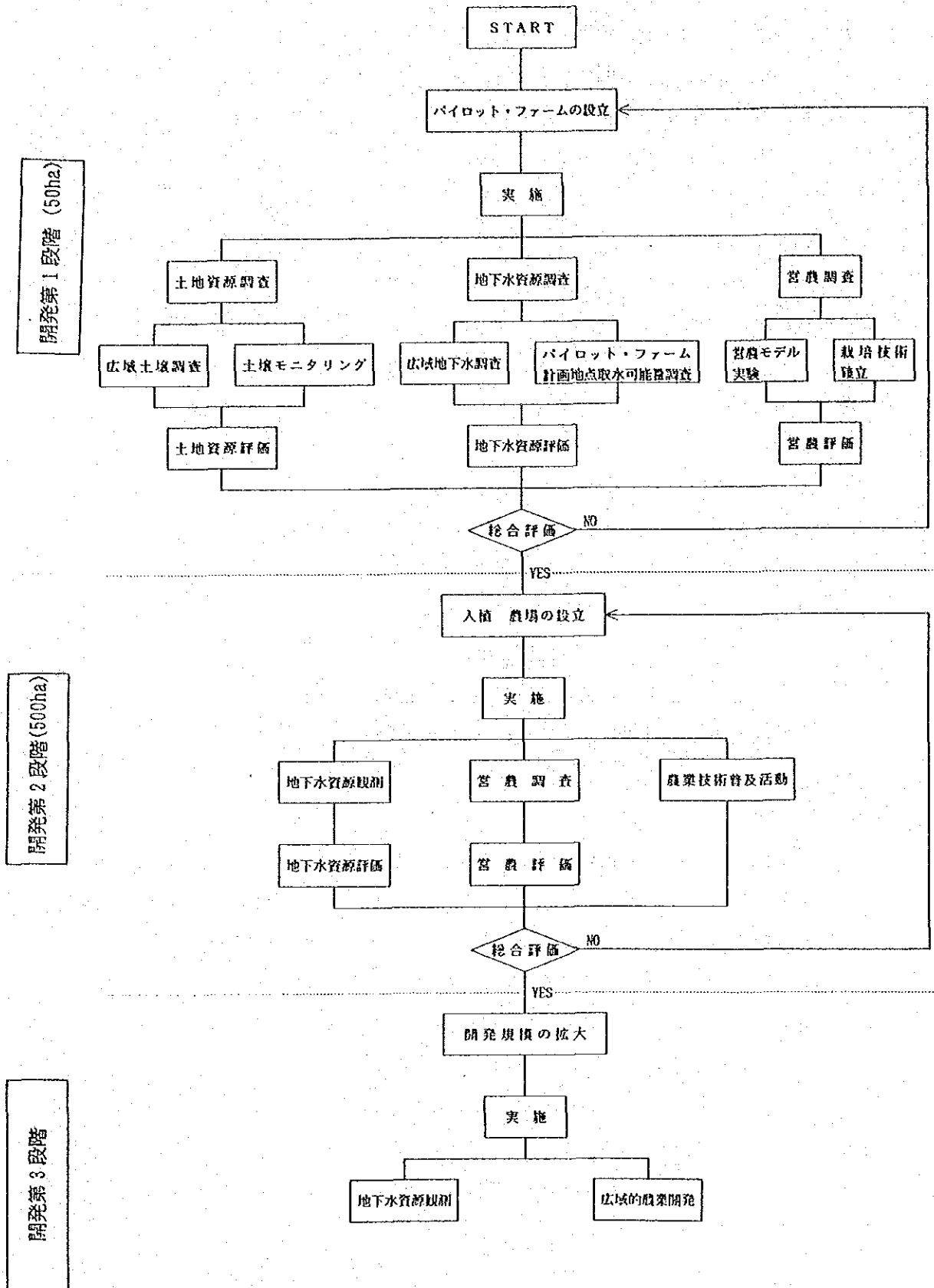
- 1) 要請の背景・目的・内容・先方政府の意向・関係省庁の業務分担等の確認
- 2) 現地踏査によるパイロットファーム予定地点の現状把握
- 3) 現地踏査によるネジド地方の農業及び地下水開発・利用の現状把握
- 4) 先に提案された段階的農業開発計画の検討
- 5) 2)、3)、4)に基づく調査内容検討
- 6) 本格調査に必要な関連資料並びに情報の確認及び入手
- 7) 本格調査実施のためのS/W協議及びその締結
- 8) 本格調査実施上の留意点把握

#### (2) 段階的農業開発

ネジド地方の農業開発を実施するには、水資源の不確実性、作物栽培適正技術の未確立等の主要制約条件を克服していくことに加え、入植計画、支援制度、農業技術普及制度、流通制度等も開発事業の進行に伴い、漸次確立して行く段階的開発が適している。このため、農業開発事業を取り巻く制約条件の現状を踏まえ、確実な開発事業の成果を得るため、先のM/P調査において下記の、段階的開発が提案された。

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

# 段階的農業開発の概念図



### 3. 調査日程

日順	月日	曜日	調査日程	宿泊地	調査内容
1	10/11	木	移動	マスカット	成田→バンコク→マスカット
2	10/12	金		"	マスカット周辺乾燥地農業視察
3	10/13	土		"	大使館打合せ 9:00~ 大使館表敬 10:00~ 局長(灌漑局長、計画局長)表敬 11:00~ 水資源省表敬 13:00~
4	10/14	日		"	農漁業省打合せ 10:00~ 要請内容確認 調査方針説明
5	10/15	月		"	農漁業省次官表敬打合せ 9:30~ 水資源省打合せ 12:00~ (水資源省)
6	10/16	火		サララ	農漁業省打合せ マスカット→サララ
7	10/17	水		"	資料、情報収集 南部農業局打合せ及び現地踏査
8	10/18	木		マスカット	現地踏査(地質・地下水利用) サララ→マスカット
9	10/19	金		"	資料、情報収集 団内打合せ リチャージダム視察
10	10/20	土		"	打合せ 9:00~ S/W協議 10:00 (農漁業省・水資源省) 農漁業省打合せ 12:30 水資源省打合せ 13:30 大使館主催パーティー 19:30
11	10/21	日		"	打合せ 9:00~ (農漁業省) Joint 10:00 S/W作成 12:00~ Finalize 14:00 M/W作成 18:00
12	10/22	月		"	打合せ 7:00 S/W署名 8:00~ 大使館 10:00~ 11:00~ (大使←→大臣) 大使 11:45 JICA主催パーティー 19:30~
13	10/23	火	移動	機中	帰国報告 MAF主催パーティー マスカット
14	10/24	水	移動		→バンコク→成田

#### 4. 調査団の構成

後藤光弘	総括	農林水産省東北農政局土地改良技術事務所長
小松二郎	協力政策	外務省経済協力局開発協力課
長江亮二	地質・地下水	農林水産省東北農政局計画部資源課地質官
寛一男	営農・栽培	農林水産省北陸農政局計画部資源課係長
塚元重光	調査企画	国際協力事業団農林水産計画調査部農林水産技術課

#### 5. 調査団の訪問先及び面会者

##### MAF

Musallam bin Salem bin Mahad bin Qatan	Undersecretary - M.A.F.
Saud bin Salim Al-Harthy	Director-General - Irrigation Affairs
Omar bin Saeed Al Marhoon	Director-General - Planning Unit
Zakariya bin Yahya bin Abdalla Riyami	Director - Directorate of Dams
Paul Barriere	Adviser, Hydrogeologist
Bernard Blasco	Hydrogeologist - Directorate of Dams
Shawgi Ibrahim Asaad	Hydrologist - Directorate of Dams
Shah Virendrakumar K.	Chief Engineer, Planning Unit
M. Vazir Hassan	Agriculture Expert, Planning Unit
Hassan Shehata Hassan	Economic Expert, Planning Unit
Hassan Wahbi	Irrigation Unit
Mohd. Ghaliib Al-Kushary	Irrigation Unit
Abdel Sattar Kota	Directorate of Agriculture
Ahmed Suhail Al-Hadry	Director - Agricultural Research, Southern Region

MWR

Sayed Bargash bin Galeb Al Said

Director-General  
Water Resources Assessment

Saleh Issa Al Mazrui

Acting D.G. - Water Resources  
Management

John Kay

Water Resources Assessment

MAF(南部農業局)

Saleh M. Alshahfan

Director MAF

Mohd A. Mahfoodh

Abdullah Foyag Abdoon

Ahmed Suhail Al-Hadari

Shamsudin Borhamy

Soil Chemist Agri. Res. Dept.

Hadeed Saleem Hadeed

Salem Salam Al-Mawali

Mustafa Ahmed Medani

Dept. of Irrigation Affairs

Salim Abdullah Al Shanfari

Dept. of Finance

Munib Al-Rawas

"

Masoud Salem

Counterpart of Range Management, EXP

Hamid Al-Hanas

Acc. Administration & Finance

Ahmed S. BA-Omar

Civil Engineer

日本大使館

小原大使

田中參事官

八幡書記官

水資源省

水津專門家





## 第2章 調査結果の要約・既存資料の概要及び提言



## 第2章 調査結果の要約・既存の概要及び提言

### 1. 調査結果の要約

(1) 現地調査及び先方との協議結果より、ネジド地方の農業開発を進めるため、先のM/Pでの提案された段階的農業開発計画に従い、慎重に段階を踏み開発を策定することが妥当と判断された。

(2) 上記判断に基づき、今後5年間で第二段階の農業開発(500ha程度を目途)に向けた下記調査を行う事とし10月22日、農漁省次官との間にS/Wを署名した。

① パイロットファーム運営計画立案

② " 実施計画

③ 長期観測調査

㊦ 電気・電磁波調査

㊧ 観測井の建設

㊨ 地下水長期観測調査

㊩ 土壌変化観測調査

㊪ パイロットファームの運営指導

㊫ 牧草栽培指導

㊬ 作物(野菜・果樹)導入試験指導(ただしこれについては調査の実施は約束してない)

㊭ 上記調査結果のモニタリング及び解析

㊮ ネジドに関する水資源省の広域の地下水調査結果、農漁業省の1,000haまでの農業開発計画、及びその他の関連資料の収集及び解析

④ 第二段階農業開発計画の策定

(地下水を中心とする開発規模、開発速度、今後必要となる調査内容等を計画の中心とする)

(3) 今回の2年間のモニタリング結果からだけで、農場の運営・普及という面からの50haから500haの開発計画を提案することは困難な面もあり、引き続きオマーン側で調査を継続する事が必要であり2年間の調査期間中に運営・普及のための指導体制づくりに留意する必要がある。

又、500haの開発を行うにあたって、パイロットファームが開発の中心として機能する必要があるため、作物栽培試験、普及・トレーニングに係る指導等継続した調査協力が必要であろう。(本件調査後の新たな協力)

(4) パイロットファームの総合評価

今回の2年間の長期調査より開発第1段階から開発第2段階へ移行するための総合評価に必要な調査結果については、

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. 地下水揚水に伴う地下水位降下が予想範囲以下である事        | ○ |
| 2. 地下水揚水に伴い、地下水水質が悪化しない事            | ○ |
| 3. 牧草栽培技術に関し、支障が出現しない事              | ○ |
| 4. 牧草の市場性が低下していない事                  | ○ |
| 5. 商業ベースの農場経営を推進するための支援制度が明確になっている事 | △ |
| 6. 地下水の系統的管理体制が設立されている事             | △ |
| 7. 土地資源の詳細な把握がなされている事(オマーン側で実施中)    | ○ |
| 8. トレーニング活動による入植者への教育体制が確立されている事    | × |

と考えられる。

このため、5、6、8の調査については、今後オマーン側で継続して調査することが必要である。

2. 主な協議経過及び内容

(1) 農漁業省(MAF) (10月14日)

パイロットファームのD/Dの実施及びパイロットファームのモニタリングの実施について歓迎する。

しかし、水資源の評価については水資源省の所管であり水資源省との間の摩擦を懸念する旨の意見が出された。

(農漁業省が水質源の評価を行うことは難しい問題である)

これに対し日本側はネジドの農業開発のために必要な地下水の調査であり、オマーン国にとって必要な調査であり農漁業省が窓口として関係機関(水資源省)との調整を行なうことを要請とする。

(この日は、水資源省が会議に出席しなかったため、この問題に対する打合は行わず、主に技術的及びS/Wに対する意見が農漁業省より出された)

主なものは、下記の通り。

- 1) パイロットファームの栽培作物として牧草以外に果樹・野菜も考えて欲しい。

調査団としては、現状では、フェーズ1の結果に基づいており、土作りとしてのみの牧草栽培である旨説明。

- 2) 調査団はどれだけ派遣するのか。予算措置をそれに合わせて行なうため、(91年予算承認)S/Wに正確な調査団の人数を記入して欲しい。

調査団としては、現段階では、何も答えられない事、調査結果を受けて国内で検討して決定される旨説明し、このため、S/Wにのせる事は不可能である旨説明する。

しかし、農漁業省側が概数でもということで、口答で予定人数を説明する。

(最終的にはM/Mに、正確な人数は別途決定次第連絡する旨記入)

3) パイロットファームの建設資金については、予算措置が予定されておりD/D実施後、オマーン側により、スケジュール通り実施される事を確認する。

4) MAFのundertakingについても詳細に記入して欲しい。

詳細はS/WあるいはM/Mに記入する事とした。

① C/Pの人数については、多すぎるという事でM/Mに

② 車5台(2台は電話つき)、サララ、現地、マスカット(維持費含める)

③ オフィス・スペース(現地(パイロットファーム完成後)サララ、マスカット、電話、家具、コピーマシンつき)

④ 電探用の無線及び団員の安全のため電話使用の許可

前回調査の時、使用許可に困難が生じたが、今回はそのような事にはならない(許可が簡単にとれる)との確認を得た。

⑤ 調査用機材 M/Mに

5) S/WのGovernment Undertakingについて

6、7、については関係機関の許可があるため、その事をS/Wに書き足したい。

これについては、21日の会議、S/Wを変更することとした。

(2) 農漁業省次官 (10月15日)

水資源省との調整に関しては、パイロットファームを実施し、更にこの規模を拡大して行く事は、農漁業省の仕事であり、今回の調査もこのための必要な地下水調査であり、農漁業省が水資源省との調整を責任をもって行うとの発言があった。

ネジドの農業開発は、農漁業省の最も重要な仕事である。

(3) 水資源省(10月15日)

バルガッソ局長に当方S/W(案)を説明、基本的に問題ないとの解答を得た。

しかし、この後、水資源省内の専門家を含めた会議を行ない水資源に係る調査(特に、水資源の評価、電探、面積)であり、大きな問題として農漁業省に再考の要請があった。

翌日(16日)、農漁業省の地質、地下水の専門家と水資源省は何を問題としているかを打合せ、下記の点を確認した。

① リーディング

② 水資源評価(パイロットファームの中だけなら問題なし)

③ ボーリング

④ 電探

(4) 南部農業局(サララ) (10月17日)

- ① 牧草以外の作物(果樹、野菜)を是非2年間のモニタリングの中に入れて欲しい。
- ② 技術移転、特にD/D、ファーミングシステム、イリゲーション等、調査を通じて留意して欲しい。  
又、日本でのトレーニングも合わせてお願いしたい。
- ③ 技術移転のため、セミナーの実施(調査結果)をお願いしたい。
- ④ 今回の調査はすべて、ネジドの農業開発のための調査であり、農漁業省がすべての調査を行うべきである。

(5) 農漁業省、水資源省合同会議 (10月20日)

水資源省が作成したS/W案の提出があった。

事前調査団としては電探削除(地下水評価)、調査地域(パイロットファーム及びその近隣)、ボーリング地点の範囲につき異論を述べるとともに、今回調査が水資源の全体的な評価でなく、農業開発に必要な調査である事を説明した。これに対し水資源省は、

- ① 電探(8,100㎥)が、地下水に係る広域調査であり水資源省の調査である。
- ② ボーリングはよいが、場所はパイロットファームの近くとする。

事前調査団より、影響圏を調べるためには、40km~50km離れたところに掘る必要があることを説明する。

これに対し水資源省は、前回調査井は、漏水を起こしており、影響圏は広域とならず、10km程度であると答えた。

(6) 水資源省 (2回目)

ネジドの地下水に係る調査はすべて水資源省の仕事であるとのワヘビビ大臣の意見を強調し、水資源の調査をやるのであればS/Wを完全に2つに分け、実施設計・パイロットファームのモニタリングは農漁業省と、地下水調査は、水資源省とS/Wの署名をすることを主張する。

調査団としては、S/Wを2つに分けることは困難であることを説明し、S/Wの変更を考えざるをえない状況となる。

農漁業省側はこの後ヒナイ農漁業大臣に経過説明。

これに対し、ヒナイ農漁業大臣は、本件は農漁業省の仕事であり、JICAの当初S/W(案)でサインする事を指示。

(7) 農漁業省 (10月21日)

当初(案)でS/Wを署名する方向で行ないたいとの発言があり、それに基づき最終のS/W協議を行う。

JICAとしては、当初S/W(案)の一部(水資源評価の表現)を変更し、水資源省との調整は、今後農漁業省で実施する事とし、S/Wの最終調整を行い、最終S/Wを作成。

(8) 農漁業省 (10月22日)

農漁業省ムサラム次官との間でS/W署名

その後ワヘビビ水資源省大臣が本件に関し、大使に面会を依頼した。

会見の結果については次のとおりである。

ア) 水資源省大臣より；①パイロットファームの設置とこれに伴う地下水利用については問題ない。②パイロットファーム外での井戸の掘削、観測、地下水の評価は、当省の専管事項である。③水資源省において、ネジド全体の地下水調査を計画しておりこれと重複する。④今回の調査団と会い何をしたいのか聞きたい。

イ) 小原大使より；①今回のS/Wで提示している電気探査、観測井の掘削及び観測は、パイロットファーム及びネジドの農業開発のための限られた目的であり、ネジド全域を対象にしたものではない。今回の調査団はパイロットファームの設計とこれに係わる地下水の観測に対するS/W調査団である。ネジド全体に係わる地下水観測の話となれば別途の調査団の派遣が必要であり、その要請も可能である。

ウ) 以上より、水資源省大臣は今回のS/Wの内容について理解した模様。

3. 先方政府の意向(要望)

農漁業省は本件調査実施にあたり、下記の点を要望している。

- 1) パイロットファームの運営に当たっては、技術移転が十分可能となる専門家の張り付けを要望する。
- 2) パイロットファームは experimental farm として牧草のみでなく野菜、果樹等他の適切な作物も導入したい。
- 3) 調査を通じての技術移転
- 4) パイロットファームモニタリングに必要な観測用機材の提供
- 5) 日本でのC/Pのトレーニング
- 6) 調査終了時のセミナーの実施

4. 調査実施上の留意事項

- (1) パイロットファームに伴う「上物」設計については現地の気象条件、生活習慣を配慮することはもちろん、農場運営に係わる維持管理費抑制の観点からも詳細設計を取り纏めること。

(2) 「地下水」に係わる行為及び調査については、農漁業省が水資源省にたいして必要な調整、許可を得ることとしているが、必ずしも円滑な進行が期待できぬことも予想されるため、農漁業省が積極的に行動できる環境醸成に努め、作業が計画的に実施出来るよう留意されたい。

(3) 日本人には、砂漠での調査は不慣れであり、過酷と思われるため調査時期（調査に支障のない範囲での現地調査時期の選定）、調査環境（電話、宿泊施設等）等に留意する。

(4) ①パイロットファームの建設はオマーン側で実施する。（建設資金も含む）。②また、工事に伴うD/D上の責任はとわない。（瑕疵担保免責）。

以上2点については、口上書により確認されている。

（なお、上記2点は調査実施上の必要条件であり、先方との間にこの点で問題が生じた場合は調査団マターでの判断はさけ、外務省、JICAに判断をあおぐこととする。）

(5) オマーン側は、フェーズI調査によるパイロットファームの建設費用が高いとの意見を持っており、D/D実施時には、上記(4)の問題もあるため、単価等オマーン側と十分打合せを行い、費用について合意されるよう努める。

(6) 前回JICA調査における「ネジド地方農業開発計画調査ドラフト・ファイナルレポート1989年10月」に関して、水資源省側から、いくつかの訂正の要請があった。それは、井戸のケーシングの外側を通じての上部帯水層への漏水の影響により種々の地下水資源の評価（地下水貯留量、帯水層定数、地下水利用可能量等）がまちがっているというものである。

これらについては、水資源省の指導、助言のもとで、今回調査の中で確認してゆく必要がある。

## (7) 農業

① ネジド地方で調査を実施する上で必要となる、農業分野の統計資料（耕地面積・作物別作面積・単収及び生産コスト等）については、ある程度の資料整備の実態は判明するが、南部地域農漁業局、農業試験場普及センター等から聞き取り及び現地調査から資料整備を行なう。

② 地下水利用による農業は、高いコストの水利用になることから、営農としては単収の向上、きめ細かな栽培管理、品質の向上等により高収益性を目標にする必要がある。そのためには、農業の技術指導や各種の助成措置等を十分に活用する。

③ ネジド地方で今後大規模に農業開発が進み農産物の生産量が増加する事に備え、市場価格の動向や自給の実態等を調査し、農産物の流通・販売計画を検討する。

④ ネジド地方に置ける全体の地下水量については未確認であり、収益性だけを追及し地下水を浪費するような方法は不適當である。また、井戸の掘削費用も高く農産物の生産



コスト・収益性等からみて、それ程大規模に開発が行なえるものでないことを十分確認する。

## 5. 調査対象地区の概要

### (1) 立地条件

ネジド地方は南部地域の内陸にあって、面積は約4,000km<sup>2</sup>である。

調査地区は、東西100km、南北100kmの範囲の中にあり、ドーカ、ワジ・モハウリム、ジャスル、ハンフィート、キトビートの5地区からなる。

調査地区の社会インフラ基盤は、マスカット、サララ間1,000kmを結ぶ幹線国道を除いては未整備な状況にある。

ネジド地方の人口は全域で約7,300人であり、内訳は調査地区の主要集落であるサムリートで外国人も含め約2,100人、サムリート以外で約5,200人と推定されている。

人口の大半は遊牧民であり、一部の集落定着者を除いて定住地はなく、そのため人口分布は季節的に変動する。

### 自然条件

ネジド地方の地形は南縁に山岳部をひかえた北向のゆるい傾斜地である。南縁の山岳部はモンスーン性降雨の北限であると同時に、インド洋沿岸部とネジド地方の分水界となっている。分水界からネジド地方北縁のルブ・アルハリ砂漠までは、約190kmの距離があって、地形は海岸側の山岳部から内陸に向って、次第に平坦になる。

気象は乾燥地気候に分類されるが、夏の南西季節風と冬の北西季節風に強く支配されている。乾燥度は海岸部から内陸部に向い増加し、ほぼ海岸に平行して気候帯が分布する。

気温の日較差が非常に大きく、一年を通して20℃程度である。年最高気温は43～45℃(6月)、年最低気温は2～6℃(1月)である。

年降水量は年により0mmから15.0mmまで大きく変動する。主要な降水はサイクロンの接近通過によってもたらされることが多く、大きなサイクロンは5年に一度の頻度で到来するといわれる。

### (2) 土 壌

調査地区の大部分の土壌については、Harza(1985)およびCDC(1986)によって作成された縮尺1/6万の土壌図と土地分級図及び前回調査によるパイロット・ファーム周辺で新たに土壌評価を行なった土壌図および土地分級図(計418,100ha)がある。

土壌は第三紀の石灰岩や泥灰岩を基岩とし、それらの風化堆積物からなる土壌が大半を占めている。全般に、上層の薄い(30cm内外)土壌が大半を占め、土層の厚い(1m以

上) 土壌はワジ、扇状地、丘陵地沿いの先端斜面の一部に僅かにみられるのみで面積的には少ない。

調査地区周辺の農場の中には、土壌条件を考慮せずに設置されているものが多くみられる。土層の薄い地区に設置された農場では、排水不良および塩類集積が発生している。

パイロット・ファーム予定地の不透水層は深さ4～5mのところであり、自然排水能力は大であると考えられる。

### (3) 農 業

ネジド地方の農業は地元住民によって浅井戸や自噴井を利用した農場の開発が始められた1980年代初頭にさかのぼる。近年は農場面積は小規模だが、急速に農業開発が進んでいる。

このうち、農地として土地登録されているのは20農場の128haである。また、いくつかの農場では共同経営が行われている。

全般に、既存農場は土壌条件を考慮せずに設置されている場合が多いため、塩害の発生している農場が見られるなど耕作不適地に設置された農場がおおく見られる。

しかし、ほとんどの農場がまだ開発途上にあるため、実際の栽培面積は95haである。農場の立地については、本報告書に提案する農業開発ガイドラインに沿った見直しが必要である。

作物別の栽培比率は、牧草が52.1%と多く、その他は果樹25.0%、野菜21.3%である。

牧草は、ネジド地方に隣接する山岳地帯の家畜が過放牧のため、自然草地の補完飼料として、濃厚飼料とともに大きな需要がある。また、山岳地帯の家畜削減計画により将来牛の頭数が半減されたとしても、山岳地帯の健全な畜産のためには安定した牧草の供給が不可欠であるとされている。

ネジド地方で作付されている牧草の多くはローズグラスで開墾作物として最適であり、砂漠農業に必要な耐乾性、耐塩性もあり、特別な集出荷施設を必要としないため、多くの農場で広く栽培されている。

## 6. 既存資料の整備状況及びその概要

### 6-1 自然条件

#### (1) 地 形

調査地区にはイギリス国防省作成の10万分の1地形図(1986年)および25万分の1地形図(1982年)がある。また、農漁業省はオマーン国全土を対象に25万分の1衛星画像集成写真ならびにその判読図を作成し(1982年)、国防省は南部地

域を対象に6万分の1の空中写真を撮影した(1983年)。これに加えて農漁業省は調査地区の一部約350 km<sup>2</sup>を対象に2万分の1の空中写真も撮影した。

ネジドの地形は南縁に山岳部をひかえた北向のゆるい傾斜地である。南縁の山岳部はモンスーンの降水の北限であると同時に、沿岸部とネジド地方の分水界となっている。分水界からネジド地方北縁のルブ・アルハリ砂漠までは約190 kmの距離がある。

地形は海岸側から内陸に向って大きく3ゾーンに分かれる。

a) 南の分水界から北斜面扇状地までの、ワジによる深い開析が認められる地域。地表の平均傾斜約1/100。

b) 扇状地扇端からネジド中央部までの段丘地形の展開する地域。段丘は高位、中位、低位の3段が認められる。

表の平均傾斜は約1/300。

c) ネジド中央部からルブ・アルハリ砂丘群の南縁までのネジド主要部。平坦地が展開し、平均傾斜は1/500。

これらのゾーンは、ほぼa : b : c = 1 : 2 : 4の面積比で分布している。地表被覆物は一般に山側から内陸に向って細粒化、円滑化する。しかし乾燥地帯の通例として、古い地形面上や露岩帯には風化角礫が広く分布することが多い。

段丘はそれぞれの比高で区分できるほか、段丘面上の風化礫、特にチャート礫の砂漠ワニス(Desert Varnish)の濃淡によっても新旧の区分ができる。

## (2) 気象・水文

### 1) 気 候

調査地域は、気候的に乾燥地帯に分類されるが、夏の南西季節風(モンスーン)と冬の北西季節風に強く支配されている。乾燥度は海岸部から内陸部に向かい増加し、ほぼ海岸に平行して気候帯が分布する。

サムリートの観測記録によると、調査地域は気温の日較差が非常に大きく、一年を通して20℃程度である。年最高気温は43~45℃で6月に観測され、1月に年最低気温が2~6℃となる。

年降水量は年により0 mm から150 mm まで大きく変動する。1980年代の平均値は、32.0 mm である。主要な降水はサイクロンの接近通過によってもたらされることが多く、大きなサイクロンは5年に1度の頻度でネジドに到来するといわれる。また、雨期は特定できない。南西モンスーンは6~9月に集中するが、ネジド地方の南縁には標高1,000 m級の山岳部が東西に伸びているため、南西モンスーンによる降水はこの山岳部以南と海岸部に限られる。海岸部から山岳部にかけての年降水量は300~500 mm で、沿岸から内陸約30 kmまでの狭い範囲内に限定される。

## 2) 気象観測網

調査地区内には気象観測点は無く、近くには3箇所の気象観測所(含降雨観測)がある。それらはオマーン国交通省(MC)により管理・観測されている。各観測所のリストおよび観測期間を表2.3.1.1に示し、それらの位置を図2.3.1.1に示した。これらの観測所の中でカイルーンハイリティは観測期間が短く、資料の整備状況も不完全であり、サララに近いため採用を控えた。本調査を通じてドーカとパイロット・ファーム建設予定地点の2箇所に気象観測所を新設した。今後の継続観測により調査地の気象状況の把握に役立つ。これらの地点に設置する観測機材は以下のとおりである。

ドーカ観測点(1987年11月19日 13時00分観測開始)

- a) ロビンソン式風杯風速計 : 積算風程による週間平均風速
- b) ルサフォード式最高最低温度計 : 週間最高最低気温
- c) 乾湿球温度計 : 相対湿度
- d) 自記温湿計 : 週巻自記チャートによる温度、湿度の変化
- e) 20cm口径雨量計 : 雨量

NJD-3附設気象観測点(1988年10月21日 16時00分 観測開始)

- a) KDD-300型 コーシンペーン自記風向風速計
- b) MS-42型 ネオ日射計
- c) SKI-3型 自記雨量計

## 3) 降 水

収集可能期間内ではサララとサムリートとも1983年に最大年間降雨量が発生し、各々359.8mmと144.6mmであった。最小年はサララが1981年に53.4mm、サムリートが1982年に7.0mmであり年降水量が大きく変化する。年間降水の平均は、海岸部のサララが120.7mm、カラ山脈北側のサムリートが36.3mmであり、カラ山脈の存在が山脈の南北南側に大きな影響を与える事を示唆している。

## 4) 気 温

サララの年平均気温はおよそ26℃であり、年較差は最大、平均、最低とも5℃内外、日較差は約10℃である。一方サムリートの年平均気温はサララと同じ約26℃である。しかし最高、平均、最低とも年較差は約15℃と大きく、日較差は年間を通じてほぼ20℃と一定である。

## 5) 相対湿度

サララの相対湿度は、7月、8月に約90%と最大になり、12月、1月の約

50%に向かい漸減する。サムリートではピークが12月、1月と7、8月の2回あり各々55%、60%近辺の値を示す。他の期間は40%程度の値となる。これは気温の日較差が大きい事による。

#### 6) 風

サラアラは一年を通してほぼ3.5 m/sec 前後で年較差も小さい。風向は年間を通して南風が卓越するが1月、2月に北風、7月に西風が見られる。サムリートは年平均風速こそ5 m/sec 前後であるが、年較差は大きく8月に9 m/sec 前後、冬期に3.5 m/sec となる。総じて前半期に6.0 m/sec の風が吹く。風向は年間を通して南風が卓越する。冬期は北/北西の強風が吹く。Shimali と呼ばれ、大規模な砂嵐を引き起こす。

#### 7) 蒸発量

サラアラ、サムリートともPiche 式簡易蒸発計を設置している。サラアラは年平均6.4 ml/day、冬期に1.0 ml/day、夏期に2 ml/day で年較差4.0 ml/day 程度と比較的変動は小さい。サムリートは年平均15.5 ml/day で夏期に多く蒸発量する。冬期は逆となり年変動はSalalah と異なる。

#### 8) 日照時間

日照時間の観測はサラアラのみである。7、8月の夏期には極端に小さくなり2時間程度であるが、他の季節は9~10時間の日照がある。

気象関係の表を表-1、2に、図を図-1、2、3に示す。

表-1 近傍氣象觀測所觀測項目一覽表

Item	Station Name	Satallah Airport	Satallah OAIROON HAIRIII	Thumratt	JICA station Dauka	JICA station Nagha (Pilot farm)
Location (N) or (LAT) (E) or (EON)		17° 02' N 54° 05' E	17° 15' 17.6" N 54° 05' 06.7" E	17° 40' 22.8" N 54° 01' 35.7" E	18° 40' N 54° 04' E	18° 19' N 54° 03' E
Altitude (m-ASL)		21.78m a.s.l	878.30m a.s.l	466.86m a.s.l	213.70m a.s.l	283.10m a.s.l
Operation Agency		MOC	MOC	MOC	JICA	JICA
Data Collection term		Jan. '80 - Oct. '87	Jan. '85 - Dec. '86	Jan. '85 - Oct. '87	Nov. '87 - Now	Oct. '88 - Now
Pressure		Daily & Monthly (Daily Mean) hPa	nil	Daily-Mean, max, min hPa	nil	nil
Air Temperature (°C)		Daily & Monthly Daily, Max, Min, Mean	Daily & Monthly Daily, Max, Min, Mean	Daily & Monthly Daily, Max, Min, Mean	Weekly, Max, Min Hourly	nil
Vapour Pressure (hPa)		nil	nil	Daily & Monthly Daily, Max, Min, Mean	nil	nil
Relative Humidity		Daily & Monthly (Daily Mean) %	nil	Daily & Monthly Daily, Max, Min, Mean	Hourly	nil
Wind PREV-D		Daily & Monthly (Daily Mean) deg	nil	Daily & Monthly (Daily Mean) deg	Weekly	Daily & Hourly
H-SPEED		Monthly Mean kt	nil	Daily & Monthly (Daily Mean) kt	nil	Daily & Hourly
Max-Gust		Daily & Monthly Daily Mean, kt	nil	Daily & Monthly Daily Mean, kt	nil	Daily & Monthly
Evaporation		Daily & Monthly PICH, ml	nil	Daily & Monthly PICH, mm	nil	nil
Duration of Bright Sunshine		Daily & Monthly (hours)	nil	Monthly (hr) Mean, Max, Min	nil	nil
Radiation per Day		Monthly (mWh/cm²) Mean, Max, Min	nil	Monthly (mWh/cm²) Mean, Max, Min	nil	Monthly (mWh/cm²) Mean, Max, Min
Precipitation		Daily & Monthly (mm)	Daily & Monthly (mm)	Daily total, 10min, 1hr-max Monthly	Accumulate	Hourly, Daily, Monthly

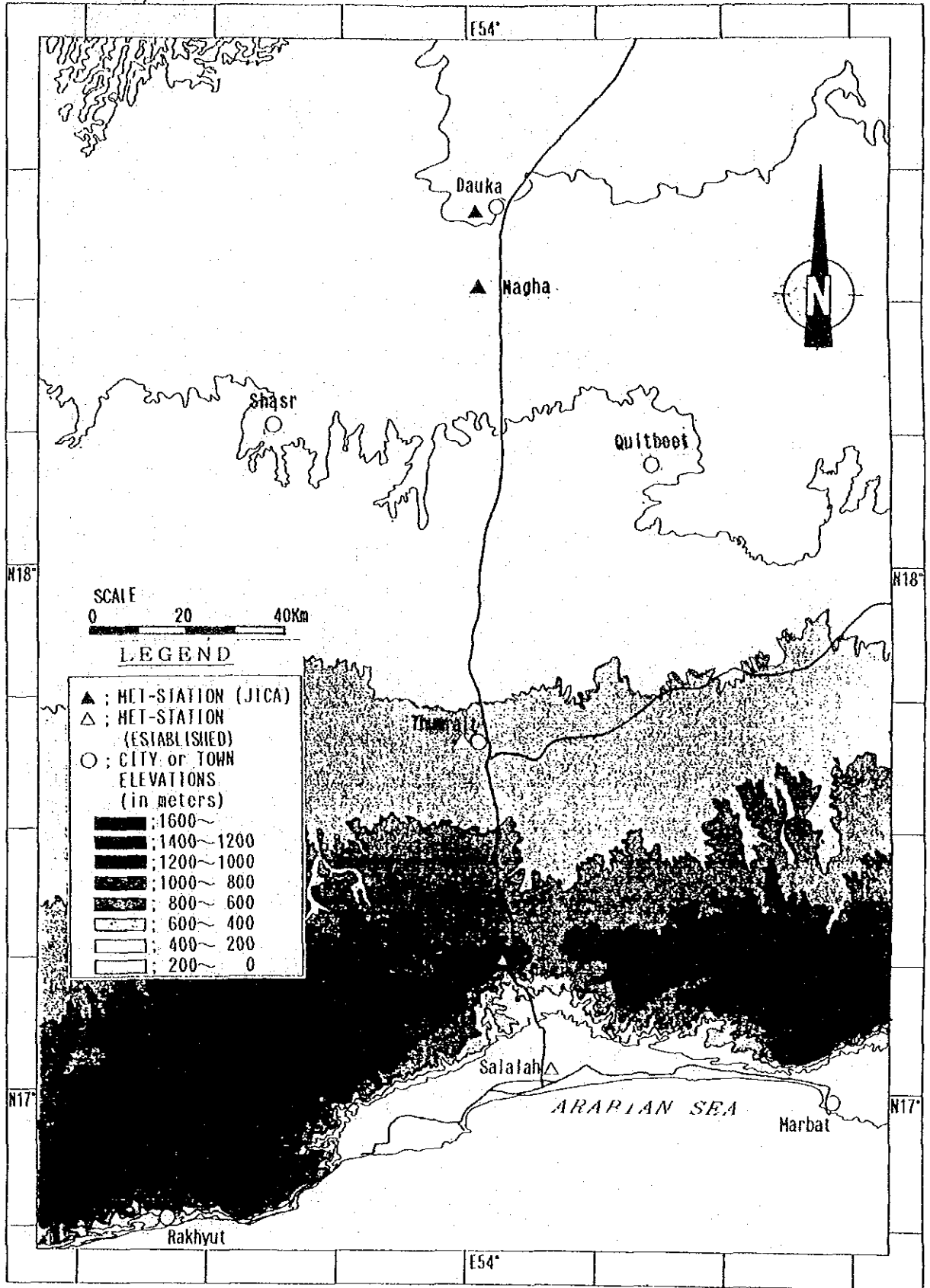


图-1 气象观测点位置图

表一 2 調査地区近傍の気象(月平均値)

Salalah Airport (24.38 m-A.S.L.)														
Items	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL	Mean
1. Precipitation (mm)	3.5	17.3	3.9	18.9	5.7	5.6	24.9	26.0	4.8	2.5	0.5	0.0	120.7	10.1
2. Max temperature(°C)	27.6	27.9	30.0	32.0	32.4	32.2	29.0	27.5	29.2	30.7	30.8	28.7	-	29.9
3. Min temperature(°C)	17.7	18.2	21.3	23.5	25.7	26.8	24.3	22.8	23.3	21.6	20.4	18.6	-	22.0
4. Mean temperature (°C)	22.9	23.7	25.9	27.5	29.2	29.3	26.3	24.8	26.4	26.6	25.8	23.9	-	26.1
5. Relative humidity(%)	50.7	56.6	62.6	69.3	75.6	80.4	88.3	89.6	80.3	66.8	55.9	50.6	-	69.9
6. Mean wind speed(m/sec)	3.5	3.5	3.2	3.5	3.8	4.7	3.5	3.3	3.6	3.2	2.6	3.4	-	3.5
7. Bright sunshine(hr)	9.2	10.2	9.1	9.7	9.1	6.9	1.9	1.4	6.7	9.6	10.1	9.7	93.6	7.7
8. Evaporation(mi/day)	10.9	9.4	7.7	6.6	6.1	4.6	2.4	1.8	4.0	6.2	8.4	10.9	2397.5	6.3

Source : Climate Summary / National Meteorological Service / Sultanate of Oman

Mean Monthly Climatological Data

Thumrait (466.9m a.s.l)														
Items	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL	MEAN
1. Precipitation (mm)	0.6	13.4	6.9	8.5	0.0	0.5	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.2	36.3	3.0
2. Max temperature(°C)	25.4	27.5	32.3	35.7	38.9	40.6	37.4	38.0	35.9	34.6	30.0	26.0	-	33.9
3. Min temperature(°C)	10.4	13.3	17.8	19.3	22.5	23.5	23.7	22.9	21.5	18.4	14.6	11.5	-	18.6
4. Mean temperature (°C)	18.5	20.5	24.8	28.0	31.0	32.6	29.5	29.3	28.8	26.6	23.1	19.3	-	26.2
5. Relative humidity(%)	54.0	53.3	47.1	41.9	44.1	45.1	62.3	58.3	51.1	40.4	48.8	55.5	-	50.1
6. Mean wind speed(m/sec)	3.7	5.2	6.6	6.0	6.7	7.0	10.8	9.0	6.3	4.5	3.2	4.0	-	5.8
7. Bright sunshine(hr)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Evaporation(mi/day)	9.2	11.0	15.7	18.2	20.6	20.0	16.6	17.0	16.4	16.9	11.9	9.2	5564.2	15.5

Source : Climate Summary / National Meteorological Service / Sultanate of Oman



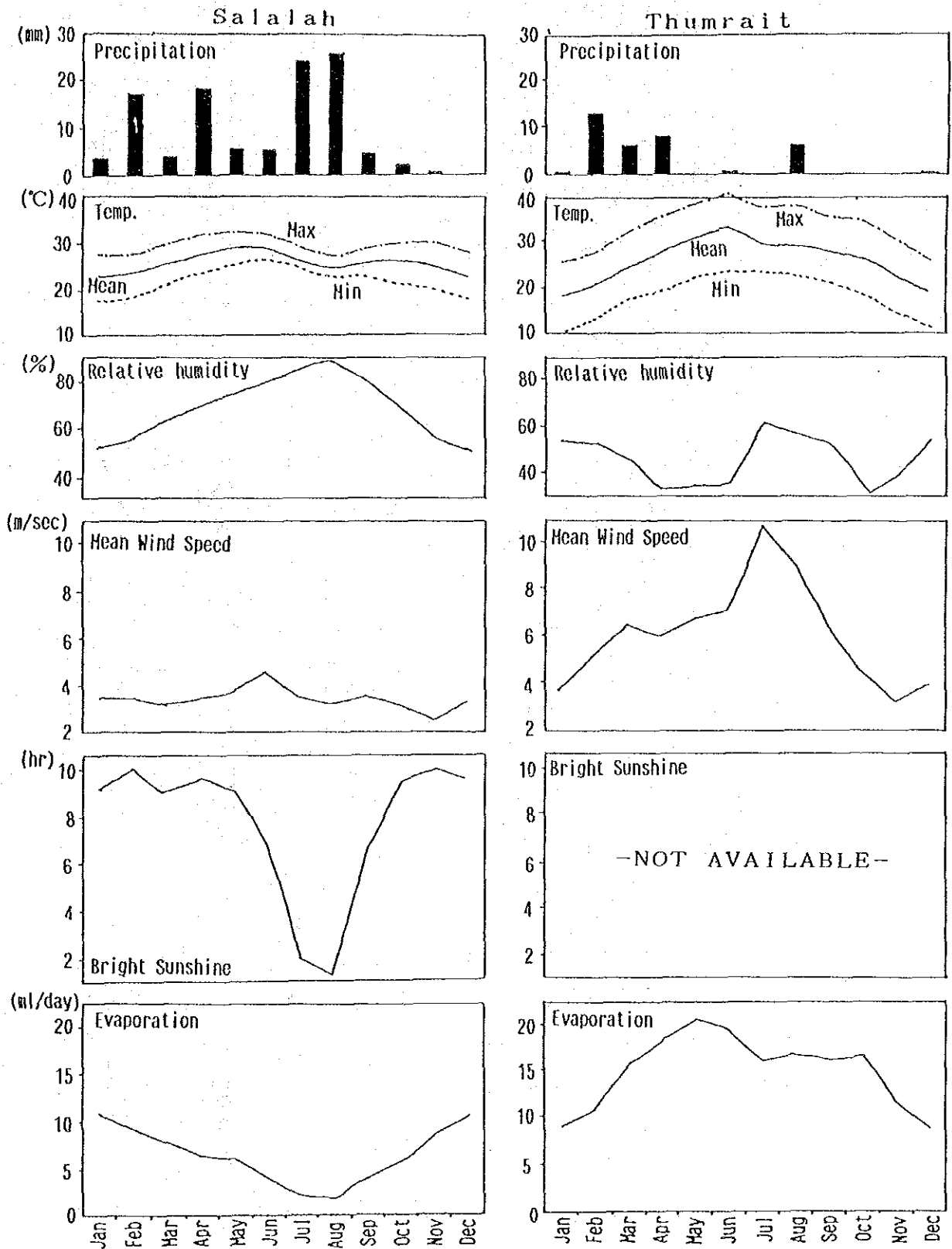


図-2 調査地区近傍の気象(月平均値)

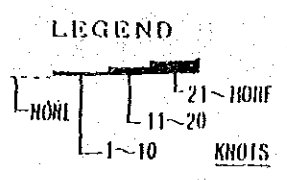
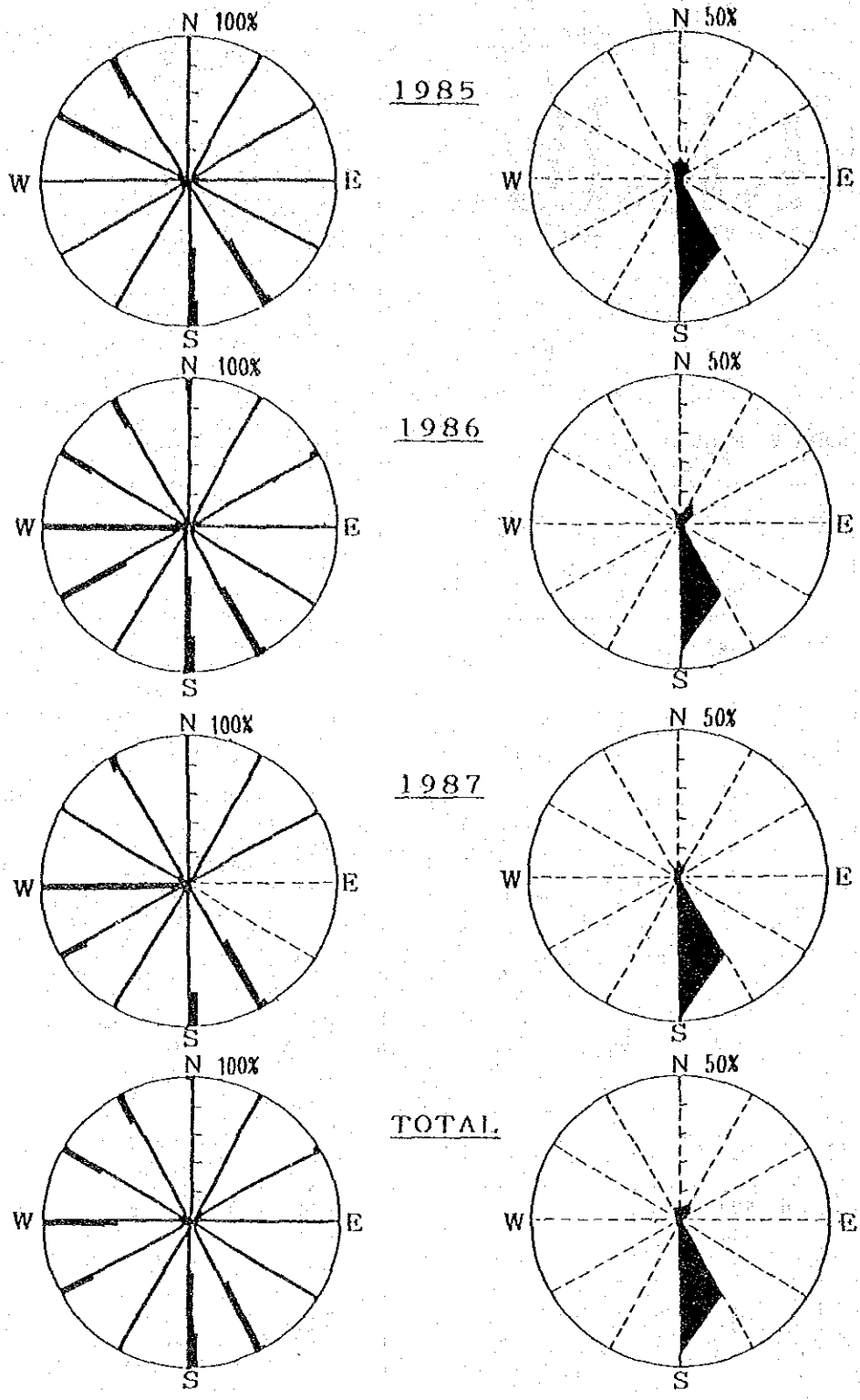


図-3 サムリートにおける風の特徴

## 6-2 水文地質

前回JICAプロジェクトにおける地下水調査は図-4のフローチャートに示す手順で行われた。各段階における成果はそれぞれの段階で報告書にまとめられている。本項ではそれらの結果を概観する。

### (1) 前回のJICAプロジェクトの地下水調査

オマーン国土の約3分の1を占めるネジド地方は、石油の開発や陸上交通路の整備などの近代的な産業活動がはじまってまだ間がないため、地下水調査は初期の段階にある。

ネジドの地方の初歩的局地的地下水調査はいくつかあるが(Sir. W. Halcrow and Partners (1976)、Sir A. Gibb and Partners (1984) およびHarza (1985)これらに続いて本格的な調査が2件行なわれている。

そのうちの1件はPDO(Petroleum Development Oman)によるもので、オマーン国内の自社鉱区内について行なっている。その内容はそれまで進めてきた石油探査に付随して行なってきた地下水調査の集大成であるが、その一部にネジド地方を含んでいる。(D. H. Parker, 1985, The Hydrogeology of the Cainozoic Aquifers in the PDO Concession Area, Sultanate of Oman, PDO Report.) この調査の範囲には本件の調査地域の東側が含まれているが、ネジド地方中央部および西部は含まれていない。しかしながらネジド地方の地下水は域外におよぶ大きなシステムを形成しているため、その全体像を把握するために非常に重要な内容となっている。特に先の報告書で論じられた地下水流動体制では、その流出域はネジド域外北東部であるため、このPDOレポートの主要部が関連している。

PDOのレポートが扱っている調査の項目は、地下水理や水文地質から水質化学/環境同位体分析に及ぶほぼ完璧なものであるが、掘削された井戸は大部分が実用をめざした給水井であるため、地下水観測の密度は時間的空間的に十分とはいえない。特にネジド地域帯水層の各層毎の特定観測井の数という点では全く不十分である。また、設置された観測井が井戸構造の面で完全であるか否かについては、明らかにされていない。

PDOの調査では、ネジド地方東北部からオマーン中央部にかけての地下水システムの概要が明らかにされているが、ネジド地方の特定の地点で地下水開発を行う際にその水資源評価をするための内容は出されていない。

PAWR(Public Authority for Water Resources)は、1984~1986年にネジド中央部の本件調査の地域とほぼ重なる地域で、13地点において地下水探査井を掘削している。この探査の結果は井戸毎の探査報告としてまとめられている。

探査の対象は第三系の帯水層で、深度は最大492mに達しており、掘削後は観測井として維持されている。純粋な探査井が約1万5千km<sup>2</sup>の地域の13地点に掘削された

ことはネジド地方としては画期的なことであり、本件調査はPAWRの調査を補間し高度化することを目指した。PAWRの調査では特定の帯水層の水位観測が可能なように井戸の仕上げが行なわれているばかりでなく、対象外の帯水層に井戸掘削の影響が及ばぬよう最大限の努力がなされている。観測井の地域密度は広大な観測処女地としてはまだ十分ではないが、これらの科学的な配置のおかげで今後の追加観測井や調査井の掘削位置が設定しやすくなっている。また新たな井戸のデータが全体にかかわる意義も大きくなっている。

PAWRの井戸掘削と期を同じくして、環境同位体に焦点を合わせた地下水調査がネジド地域で行なわれた。その結果は全国規模の報告書の一部としてまとめられている。(PAWR、1986、Origin and Age of Groundwater in Oman - Study of Environmental Isotopes、PAWR Report PAWR 86-7)

この調査によってネジド地方の地下水の重要な特徴が明らかにされ、水資源開発に対する制約が明確になった。本件調査が主要な開発対象とした下位UER層の地下水は、調査地域の全域で放射性炭素の含有量が少なく、ほぼ1万年を超える地下水年令であることが知られた。また、それまで涵養域とされてきたゾファール山脈の現在の降水や地下水とは酸素と水素の含有同位体比が大きく異なるために、下位UER層の地下水は現在の水循環からは切り離されていると考えられている。涵養がない地下水であるという条件により、この帯水層の地下水資源は有限であるという考えが有力である。

PAWRのこの調査によって、今後新たな調査井の掘削が試みられる際には環境同位体の分析も行い、さらにデータを増やして地下水の賦存の状態とそれらの相互の関連が追求される路線が確立されたといえる。

先の調査では、以上のような既存の調査成果を考慮して環境同位体の分析を積極的にとり入れることとした。作業は図-4で示すフローにより行なわれた。

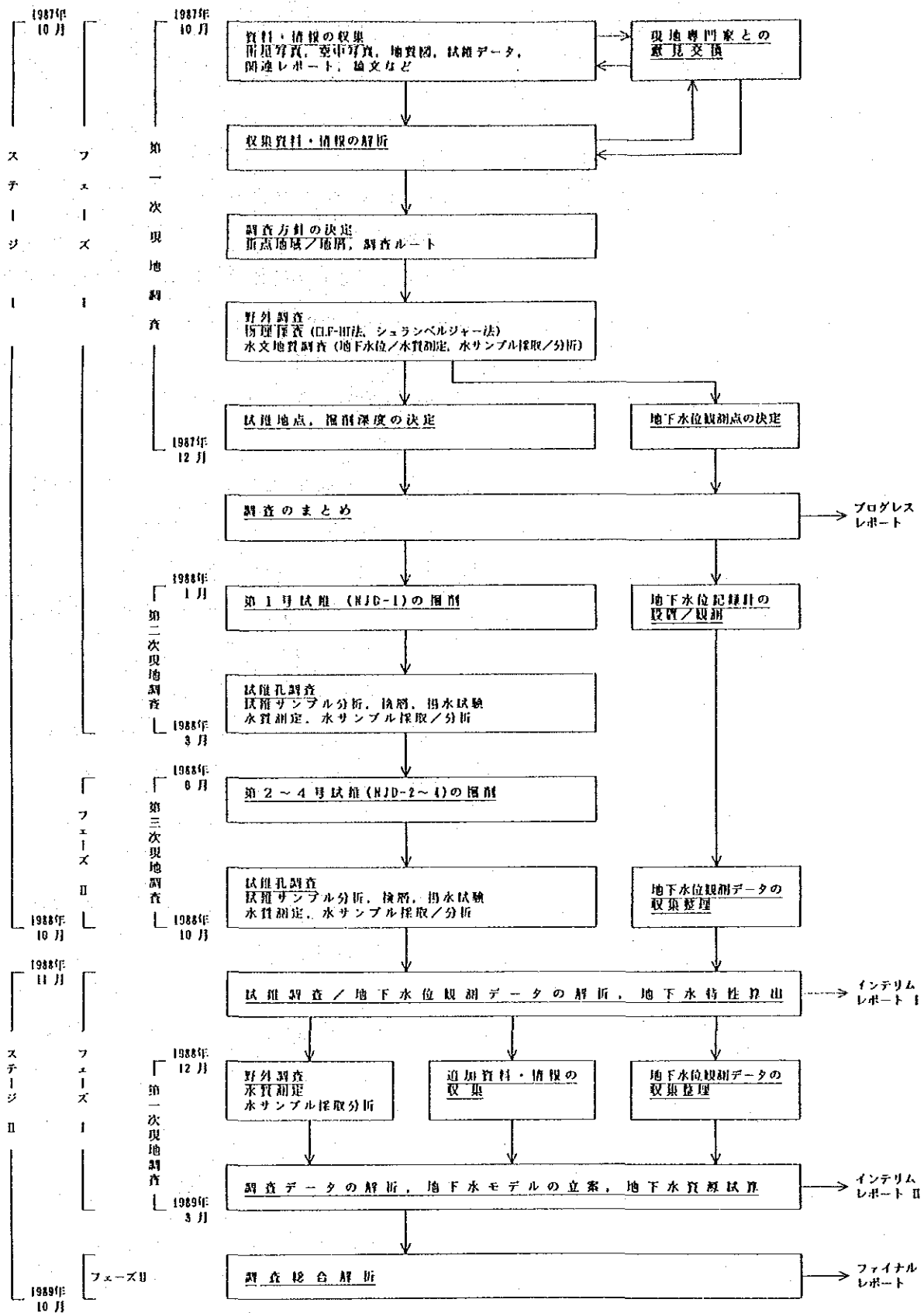


図-4 地下水資源調査作業フローチャート

## (2) 水文地質

オマーン石油鉱物省南部地区石油鉱物総局の協力によって調査地域の25万分の1水文地質図の作成を行った。

表2.3.2.1には、オマーン石油鉱物省でまとめた最新の地質区分を、ネジド地方の主要帯水層の存在する第三系に関連する分だけ示した。

ネジド地方の基盤は先カンブリア界であるが、地表の露頭はほとんど第三系で特に暁新統から始新統のハド라마ウト (Hadhramaut) 層群の堆積岩類である。地下水水理の面では、中生界以深の地層は帯水層として良好でないとされている。

第三系の地層は下位から上位へ以下の四地層に区分される。

### a) ウム・エル・ラドゥーマ (Umm Er Rudhuma・UER) 層

#### a-1) 下位UER層

暁新統から始新統初期にかけての海進期の浅海海成層で、頁岩をともなり石灰岩である。

層底はシャンマル (Shammar) 頁岩の名で知られた不透水層からなり、中生界と分離されている。帯水層はこの地層の頂部の溶洞発達部に最も有望な層があるとされている。

#### a-2) 上位UER層

始新統の海進期の浅海海成層で、チャート団塊やシリカジオードを含む石灰岩からなる。帯水層は水質、水量とも下位UER層に劣る。頂部に溶洞裂罅が発達し帯水層をなすことが多い。

### b) ラス (Rus) 層

始新統の海退期の浅海海成層で泥灰岩、苦灰岩からなり、石膏などの蒸発残留成分を含み、化石に乏しい。帯水層は貧弱で水質も悪い。

### c) ダンマーム (Dammam) 層

始新統の海進期の浅海海成層で大型化石を含む石灰岩からなる。一般に帯水層は貧弱であるが、ネジド北部の露頭地帯には浅層地下水の有望な帯水層が小規模ながら知られている。

### d) エイディム (Aydin) 層

ネジド地方の始新統最上部をなす地層で、ゾファール山地西翼のカムル (Qamr) 山脈と中央部のカラ (Qara) 山脈頂部にのみ露頭している。

大型化石を含む浅海性の堆積物で、石灰岩および泥灰岩からなる。

帯水層は主として炭酸塩岩体のカルストに発達しているため、その発達の条件としてある種の断裂構造の存在が想定される。断裂構造の要因として断層、向斜構造など

が考えられる。これらの構造は地表に何らかの線状地形（リニアメント）を展開させると考えられる。調査地のリニアメントとしては、ゆるやかな撓曲構造による地表の緩急斜面の分布、断層にもなうワジの河道パターンの特異性などが挙げられる。

ネジド地方の帯水層は、内部構造を示唆する上記のような地表の形態を伴いながら、北向に緩かに傾斜する単斜構造のもとに広がっている。

現地フィールド調査に入る前に、1982年作成の25万分の1衛星画像集成写真ならびにその判読図（MAF、Earth Satellite Corporation、1982）、1983年撮影の6万分の1空中写真（MD、1983）、10万分の1地形図（イギリス国防省、1985）、25万分の1地形図（イギリス国防省、1975）、50万分の1地質図（MPM、Shell、1968）によって調査地の地形、地質の概査を行った。

これらの概査によって、ネジド地方にはSW-NEおよびSSE-NNWに向いたリニアメントが存在しており、調査地域ではSW-NEのリニアメントが優勢であることを認めた（水文地質図参照）。

SW-NE方位のリニアメントが既存の地質調査結果とどの程度符合するかについて、石油鉱物省（MPM）の地質エキスパートと数度にわたる意見の交換を行うとともに、各種の資料の提供を受けた。

既存の資料の示すところではSW-NEの方位を示す構造は、基盤の先カンブリア界およびその上位をなす中生界のGhudun-Butabul High、ならびにMurbat-Kuria Muria Highという大構造として存在する（図-4、図-5-1）。

調査地域はGhudun-Butabul Highの真上に位置し、リニアメントはこのHighの北縁をなすKhasfah Flankの断層帯と位置的に非常に近い。しかし既存の地震探査図で第三系までこの断層が達していることを確証できるものはなかった。MPMの地質エキスパートならびにPDOの地質エキスパートによれば、何らかのNeotectonismがKhasfah Flank/Ghudun-Butabul Highに沿って起ったことを否定する根拠もないとのことである。

更に、オマーン石油鉱物省南部地区石油鉱物総局から得た他の資料と照合すると、ゾファールの地質構造は、図-5-2のような広域な地質状況下に展開していることが分った。まず、SW-NEリニアメントの方向は海底地質ではアデン湾のAlula Partak 破碎帯の走向上によく一致し、その線上には南西部にUERの大きな露頭が存在する。

また、UER層の層底分布と地下水の流れの関係をみるために、この地域の第三系の層厚分布と比べてみた。この地域は第三系の露頭地帯であり、地形が非常に平坦で

あるために、層厚分布は近似的にU B R層の層底分布になっているからである。この比較によるとS W - N E方向は、ほぼ層底の峰の方向と一致するばかりでなく、その峰の北側に存在することがうかがわれる層底の谷の位置に一致している。また、ゾファール山地からほぼ東に向うもう一本の層底の谷が存在する。



表一五 ネジド地方第三系区分

地質年代		地層		岩質	
古	始	Priabonian期	Haluf 員層	大型軟体動物および棘皮類化石を含むマイクライト石灰岩、生物石灰砂岩をともなう緑色ないし黄色泥灰岩。	
		Bartonian期	Aydim 類層 Tagut 員層 Mosak 員層 Meiron 員層	黄色生物石灰砂岩、地層頂部に多量のサンゴ化石、基部に大型軟体動物化石、緑色粘土および泥灰岩をともなう生物石灰砂岩およびマイクライト石灰岩。	
第	新	Bartonian初期	Uyun 員層	灰色ないしはピンクの薄い層状石灰岩もしくはノジュール、生砕石灰岩、大型軟体動物化石を含むがサンゴ化石は少い。	
		Lutetian中期	Dammam 類層 Qara 員層 Andhur 員層	厚い層状石灰岩、ノジュール、生砕石灰岩、大型軟体動物化石を含む。 白色ないしは黄色生砕石灰岩、緑色泥灰岩、基部にはカキ化石を含むコキノイド石灰岩の互層からなる黄色頁岩。	
三	世	Lutetian初期	Gahit 員層	部分的に再結晶した稜理のあるチョーク質苦灰岩、崩壊角礫岩、地層頂部に泥灰岩、生砕石灰岩をともなう層状チャート。層状チャート、生物石灰砂岩の互層をともなう石膏ラミナ層。	
		Ilerdian後期	Aybut 員層	再結晶の進んだ崩壊角礫岩、および層状チャートをともなうチョーク質苦灰岩。	
紀	晩	Ilerdian中期	Mudavy 員層	層状ノジュールチャート、シリカジオード、小型棘皮類化石をともなう薄い層状の白色ないしは黄色のマイクライト石灰岩。	
		Thanetian後期	Hasik 員層 Atayr 員層	頂部では頁岩およびその薄い互層をともなう種々の厚さの層状石灰岩、および灰色から白色の生砕石灰岩、ノジュール石灰岩。層底ではオーム貝化石を含む泥灰岩。	

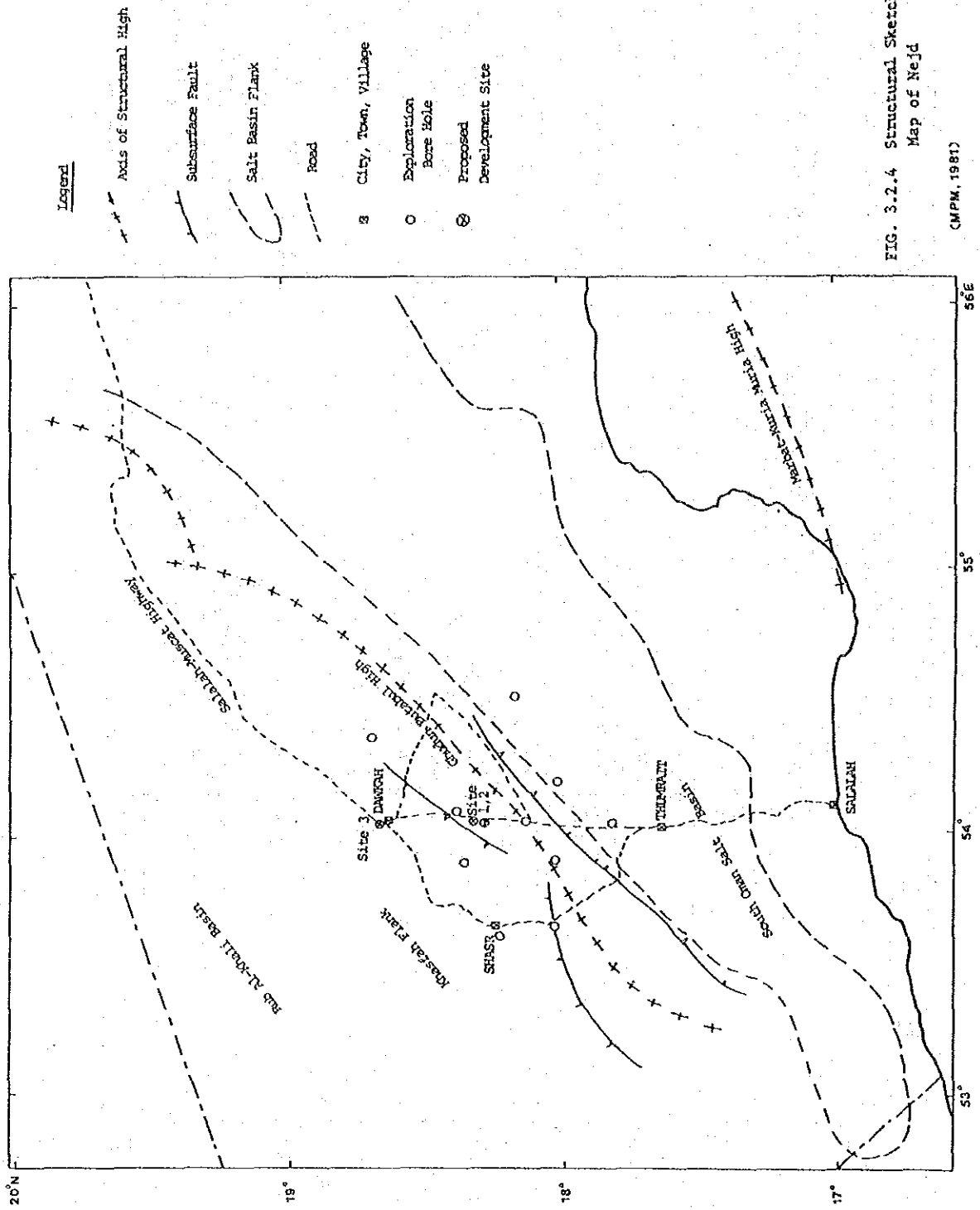


FIG. 3.2.4 Structural Sketch Map of Nejd

CMPM, 1981

図-4 ネジド地方の構造地質概念図

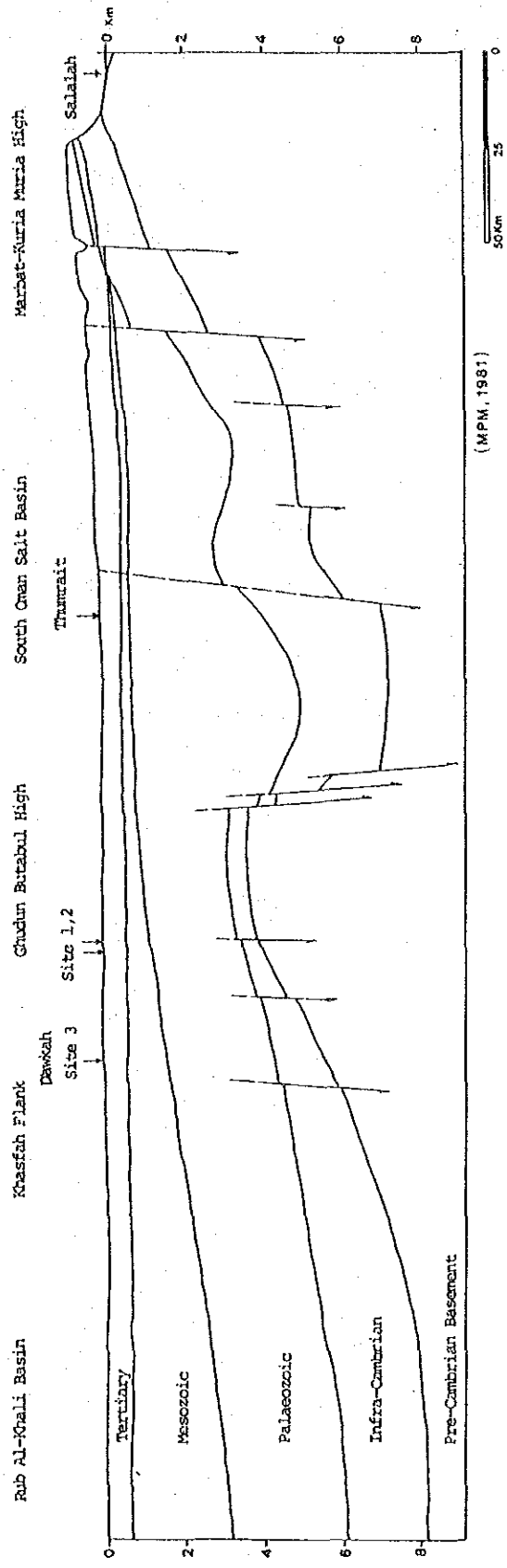


図-5-1(1) ネジド地方の地質構造断面概念図

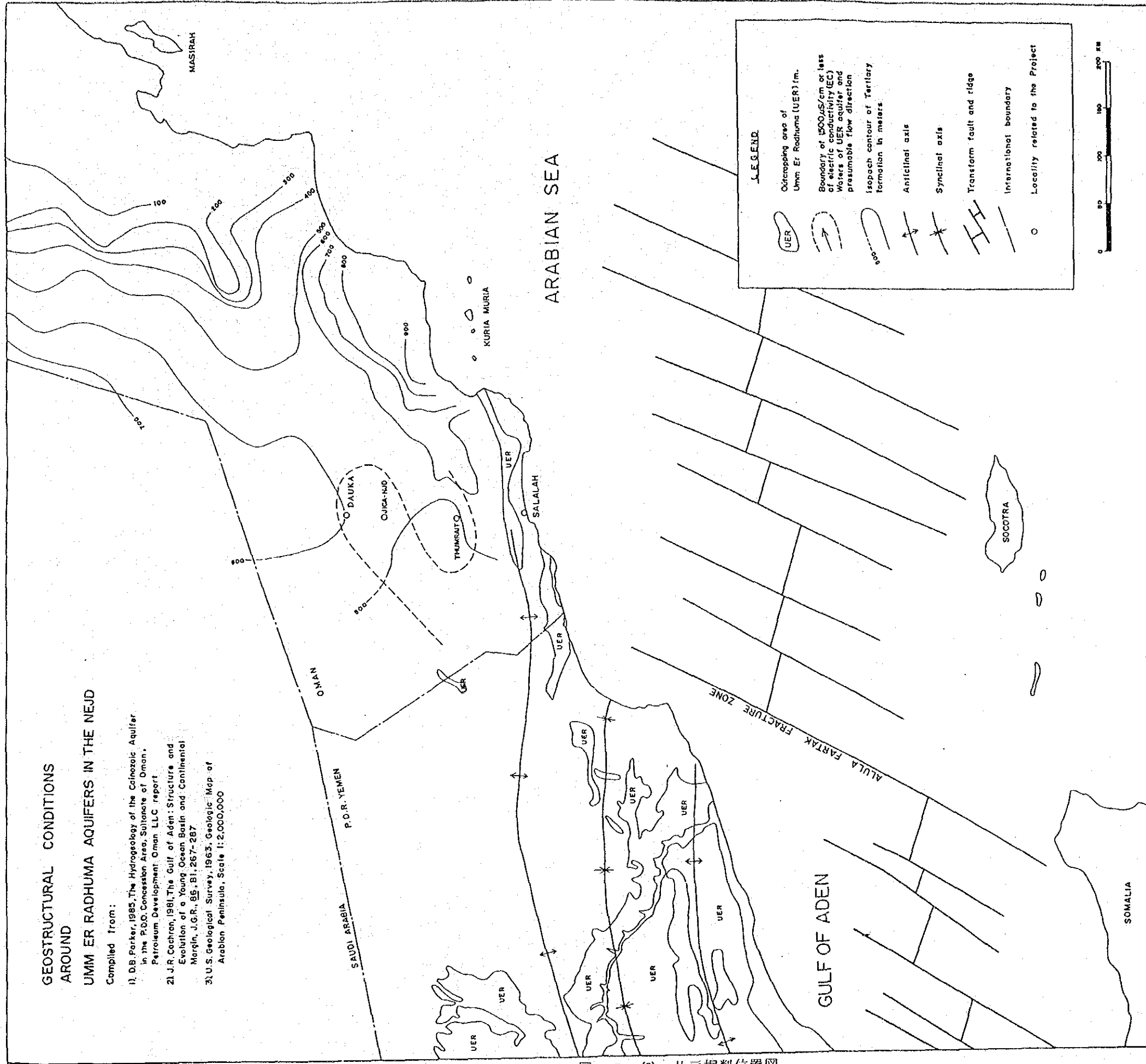


图-5-(2) 井戸掘削位置图



### (3) 地下水水理

パイロット・ファーム予定地での帯水層は、PAWRと本調査による4本の試錐結果により、次のように4区分される。

A層： ダンマーム層とラス層（0～140m）

水質は一般に良好で、電気伝導度（EC）は $2,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下のことが多いが、ラス層では $10,000\mu\text{S}/\text{cm}$ を越すことが多い。全体に資源量は貧弱であり一部被圧されている。

B層： 上位ウムエルラドォーム（UER）層の上層（140～270m）

良好な地下水もあるが、泥灰岩層からのものは水質が悪く $2,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上に達する。透水量係数は大きく、全般的に被圧されている。

C層： 下位UER層頂部（270～310m）

ネジド全体に広がる大地下水帯である。

水質は良好で、EC  $1,500\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後である。

全般的に被圧度が高く北部では地表に流出する。

D層： 下位UER層（310(?)m～）

C層より水質、水量ともに貧弱である。

水質は $2,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後である。

PAWRと本調査の観測井によるC層の地下水の水頭分布および電気伝導度分布の結果から、調査地域ではSW-NE方向の地下水流動が優勢であることが判明した。

また、水質分析により、ネジド地方の地下水はゾーンをなして流れていて、調査地域の地下水はサララ平野の地下水と異なっており、ゾフェール山脈からは涵養されていないと推定される。

### (4) 電磁波・電気探査

本調査地区の地下水探査では、電気探査を2段階に分けて実施した。第1段階として、広域的比抵抗分布の概要を知る目的で簡易な測定が可能なELF-MT法を用いて、水平探査を実施した。第2段階として、第1段階で抽出された比抵抗異常地区においてシュランベルジャー法を採用し垂直方向の解析を行った。

### (5) ボーリング調査工事

ネジド地方の地下水調査とパイロット・ファーム計画の水源確保のため、パイロット・ファーム予定地でボーリング調査工事を2年度にわたって下表のように計画、実施した。

調査年次	井戸名	種別	深度(m)	掘削口径(mm)	ケーシング径(mm)
第1年次調査 (昭和62年度)	NJD-1	観測井	400	φ 152~444	φ 178~245
第2年次調査 (昭和63年度)	NJD-2	試験井	350	φ 216~610	φ 245~340
	NJD-3	観測井	350	φ 152~444	φ 178~245
	NJD-4	試験井	350	φ 216~660	φ 245~340

試錐調査によると、帯水層は下位UER層以外は水位も低く水質もよくない。下位UER帯水層はほぼ地表まで水位があり、約30気圧の被圧状態にある。また水質も乾燥地域の地下水としては良好な部類に属する。

また、各井戸の揚水試験による帯水層特性としては、透水量係数は $4,000\text{ m}^2/\text{day}$ 程度、貯留係数は $4 \times 10^{-5}$ 程度と推定される。

#### (6) 地下水資源評価

本調査および既存の調査結果にもとづき次の3種の地域的地下水賦存モデルを考えた。

1. 孤立した被圧帯水層モデル
2. 涵養のない残存水頭勾配地下水流動モデル
3. 涵養のある残存水頭勾配地下水流動モデル

各モデルについて水資源解析を行ない、それぞれの賦存量の計算を行なった。

現時点では涵養のない残存水頭勾配地下水流動モデルが比較的現実的であると考えられる。

このモデルによる水位低下は、初期および長期の2段階で進行する。

初期水位低下は主として被圧水頭の損失によって起こるが、長期の水位低下は帯水層上流域の自由地下水面の低下によって進行する。

計算結果によると次の2点が特徴としてあげられる。

1. 開発農地面積が300~500haの場合、水資源の利用可能年数は一般にかなり大きく数千年の単位である。
2. 揚水量すなわち農地面積の規模は初期水位低下によって規制される。

1,000haの農地規模ではたちまち揚水不能水位に低下する可能性が高い。

#### (7) 地下水資源の開発と保全

ネジド地方の農業開発の主要な水資源は下位UER層の地下水である。この帯水層の特徴を踏まえて地下水の開発と保全には次のような方針で望むこととする。

- 1) 揚水地点の配置の適正化をはかる。

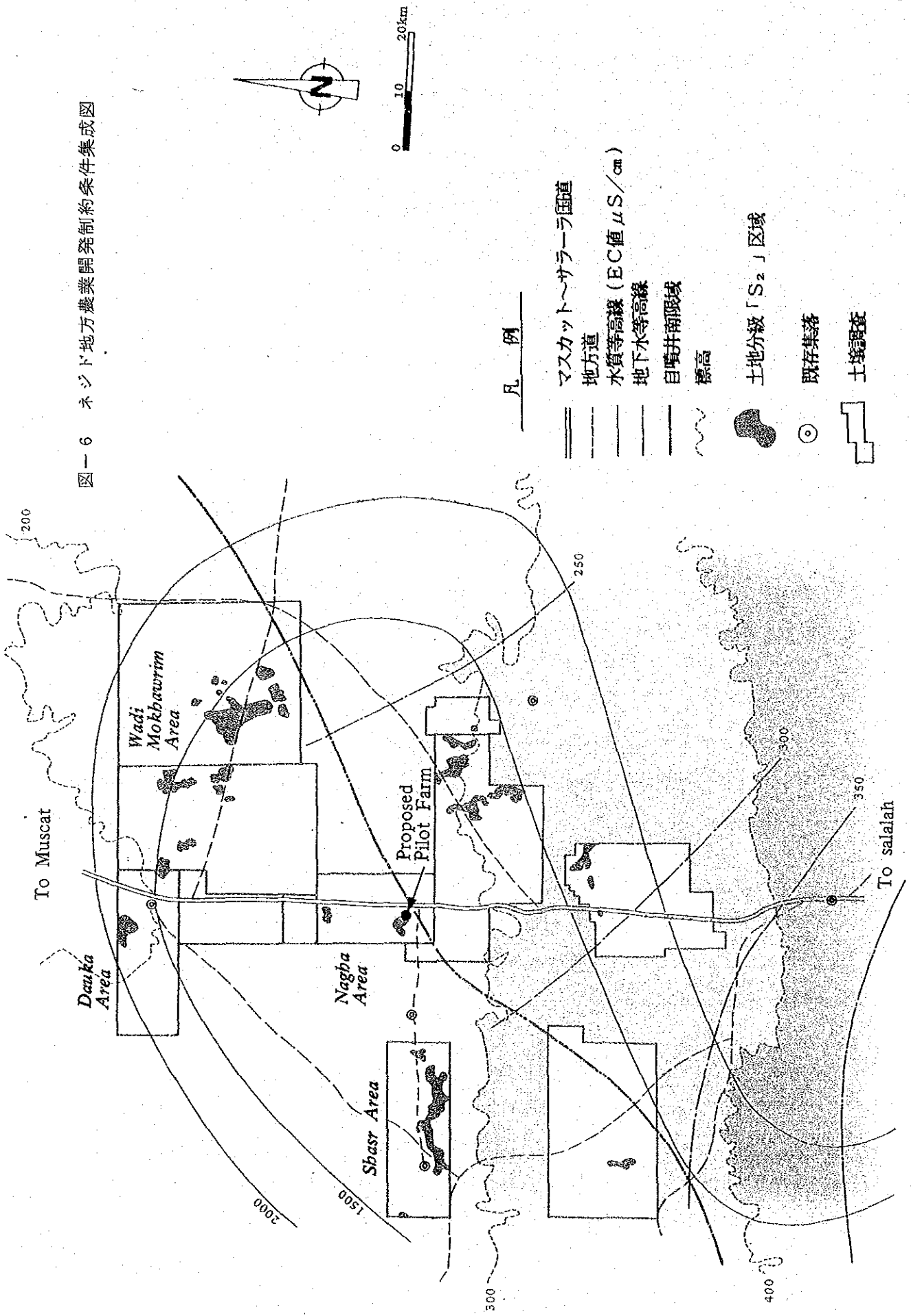
2) 組織的継続的な地下水観測にもとづき、開発速度の調整を行う。

3) 地下水資源の管理保全体制を整え発展させる。この体制のもとでは恒常的な地下水資源の監視と管理を続けていくだけでなく、下位U E R層以外の地下水探査も行う。また観測網の拡充もはかる。

なお、全体をまとめた「ネジド地方農業開発制約条件集成図」を図-6に示す。



図一6 ネット地方農業開発制約条件集成図



凡 例

- ≡≡≡ マスカット〜サララーラ国道
- 地方道
- 水質等高線 (EC値  $\mu S/cm$ )
- 地下水等高線
- 自噴井南限域
- ~~~~ 標高
- 土地分級「S<sub>2</sub>」区域
- ⊙ 既存集落
- 土壌調査

## 6-3 農 業

### 1. 現地調査概要

ネジド地方農業開発計画におけるパイロット・ファーム建設予定地は、首都マスカットから約1,000 kmゾファール州州都のサララから約150 kmの遠隔地である。マスカット～サララ幹線国道が当該地を縦貫し、マスカットへ10時間、サララへ2時間の移動を可能にしている。

ネジド地方の自然環境は非常にきびしいものがあり、年最高気温は45℃近くになり、また最低気温も2℃近くになる。降水量においても年平均降水量は40 mm程度と非常に少ない状態であり、冬期間は北～北西の強風が吹き大規模な砂嵐を引き起している。

しかし、この様な自然環境条件下においても、浅井戸や自噴井を利用した農場が小規模ながら見受けられた。

#### (1) ドーカ農場概要

センターピポットによる牧草栽培（ローズグラス）が行なわれており、かんがい用水の水源は石油探査で掘削された自噴井を利用している。農業機械は、トラクター及び播種機・ツースリター・ブロードキャスター・モアー・ヘーベラ等が完備されていた。

また、近くの農場においては、野菜栽培を中心に行なわれており、サツマイモ・ナス等が見られ農場の外側をマメ科の低木が防風・防砂のため植えられていた。しかし農場内の土壌は土層が薄く畦間かんがいが行なわれており、排水が悪く作物の生育状況もあまり良くない。

#### (2) ハル・アル・ラーカ農場概要

この農場においては、牧草（ローズグラス）栽培を中心に野菜・果樹の栽培が行なわれている。また家畜（牛）の飼養を行い牛糞を肥料として還元している。

牧草のかんがいは、スプリンクラー及びサイドホイールスプリンクラーによりかんがいされている。また、野菜はスイカ・ナス・かぼちゃ等が栽培され、デーツを縁陰作物として利用している。農業機械はトラクター・ハロー等により外国人が農作業及び農場管理を行っている。しかし、牧草以外の作物は商品生産としての栽培としては粗放的であり栽培技術の普及が必要である。

今後パイロット・ファームにおいて地下水資源を利用した農業生産を行うに当たっては、苛酷な自然環境条件下においても小規模ながら野菜・牧草の生産が行われており、牧草を基幹作物として栽培しながら土壌改良及び地力の向上を最優先に栽培技術の確立を進め優良な土壌に近づけることが急務と思われる。また、牧草栽培を一定期間栽培した圃場において、牧草栽培と同時並行的に野菜の栽培試験を実施し、ネジド地方に十分

栽培可能な適正栽培技術を確立する必要がある。しかし、栽培技術を確立するには短期間では困難であり、2年間の調査期間では導入作物の営農適比、適正栽培技術及び収益性の試験検討を行うことが可能である。

## 7. 本格調査に対する提言

- 1) ネジド地方の農業開発事業を推進するには、自然条件と社会・経済条件の両面にわたり解決すべき問題点が多い。特に開発事業の成否を大きく左右する地下水資源は化石水と想定されており貴重な資源である。地下水開発に際しては、オマーン国自身に寄与できる利用方法を確立するため、ネジド地域の広域的地下水賦存状況、地下水資源の「開発」と「保全」の両立など、オ国関係者との十分な連携のもと、計画策定に努める必要がある。
- 2) 当地域の農業開発の基本構想に対しては、関係する関係省庁が多岐に及んでいることから、これ等各省庁間の十分な議論を踏まえ、調和の取れた内容となるよう努める必要がある。
- 3) 工程計画・調査内容については、オマーン側によるパイロットファームの建設時期、運営計画の内容等、未確定な部分が多く又5年間（実施設計調査及び地下水調査（2年）、実施設計調査結果によるオマーン側の建設（1年）、2年間のパイロットファームのモニタリング）という長期調査であるため、契約等について柔軟な対応が必要である。（特に2年間のモニタリング内容については現段階での決定に無理があり運営計画策定後に決定する必要がある。）
- 4) 効果的な技術移転のためにも、先方より要請のあった調査用機材について、前向きに検討すること。
- 5) 効果的な技術移転のため、先方より要請のあったセミナーの実施について検討する。
- 6) プロジェクトの評価にあたっては、水、土地、自然、人的資源等の問題より、財務上では、かなり低いものとなる。しかし、このような条件でも、オマーン側では、プロジェクトの実施を強調している。このため、経済評価により、プロジェクト実施の判断材料を提供する。

又、財務評価では、政府の補助との関係をあきらかにする。

- 7) オマーン側はパイロットファームにおいて運営初年度より、牧草以外の作物（野菜・果樹等）の導入を強く要望している。パイロットファーム周辺の同様な土壌条件でも、作物栽培が実施されており水さえあれば、現土壌でも充分栽培試験可能との印象をうけた。（防風ネット、ポット栽培、土壌改良、肥料等は必要）。作物栽培試験についてはパイロットファームの運営計画立案時に導入方を検討し、2年間のモニタリング時に導入試験を実施することを提案する。

又、この場合、先方は長期の専門家の張りつけを希望しており、可能な範囲で検討する。  
(官ベースでの短期専門家等の派遣が可能であれば、これが最良である。)



### 第3章 計画地域の現状



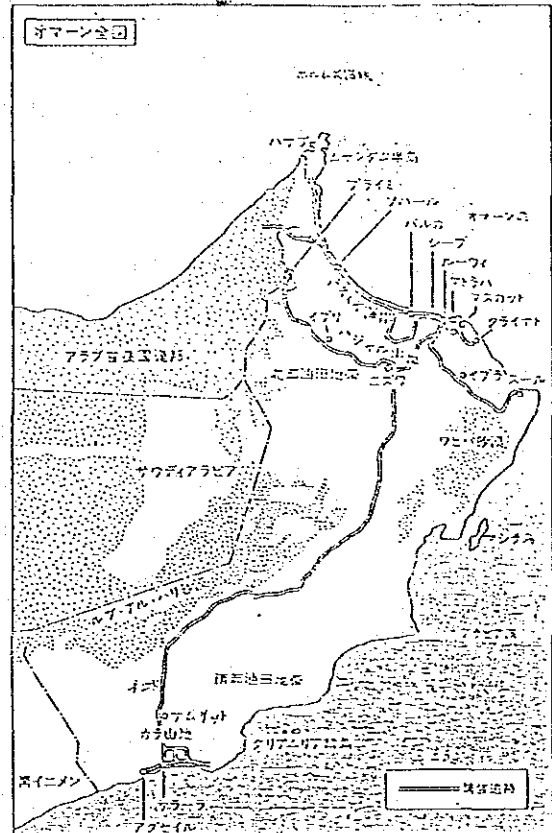
### 第3章 計画地域の現状

#### 1. 社会状況

##### (1) 位置及び面積

オマーンはアラビア半島の東端、北緯16度25分、東経52度56分に位置し、面積は31万平方キロメートルと日本の約4分の3であり、半島ではサウジアラビアに次ぐ第2の国土を有してアラビア湾の入口ホルムズ海峡のムサンダム半島に飛び地がある。東側はすべてオマーン湾、インド洋に面し、西側はアラブ首長国連邦、サウジアラビア、また南部ドファール地方は南イエメンと国境を接している。

ネジド地方はゾファール山脈の北側山脈から、ルブアルハリ砂漠南端に狭まれる約40,000平方キロメートルに展開する砂漠及び土漠からなる。計画地区に接する交通手段は、サララとマスカット間の1,000 kmを結ぶ幹線国道があるのみである。この地方は、ドーカ、ワジ・モハウリム、ジャスル、ハンフィート、キトビートの5地区に区分される。パイロット・ファーム予定地は、幹線国道をサララから約150 kmの地点に位置する土漠地帯である。



##### (2) 地勢

地勢的に見ると、オマーンは北都バチナ地方、南都ドファール地方、ムサンダム半島とマツラ島をはじめとする島、そして国土の80%以上を占める砂漠、土漠に分けられる。

北部のバチナ地方はオマーン湾に沿って走る標高3,000メートル級の山々を持つハジャー山系と、海に狭まれた幅30 km長さ300 kmの平野で、ハジャー山系から地下水（ファラジと呼ばれている）やワディ（涸れ谷）によって古くから耕作地として開けている。首都マスカットもこの地域にあり、政治・経済の中心となっている。南部ドファール地方はカラ山系に囲まれ、サララ市を中心としたインド洋に面するオマーン唯一の緑の肥沃地帯である。しかし、ムサンダム半島及びマツラ島などの島々はすべて岩だらけの土地であり、また、バチナ及びドファール地方を除く国土の中央部の大半は、サウジアラビアか



ら続くルプアルハリ砂漠をはじめ海岸線に至るまでの砂漠・土漠地帯となっている。

### (3) 気 候

国土の大半は不毛の砂漠及び土漠で、酷暑と乾燥が一年中続くいわゆる砂漠型気候であるが、海岸線沿いの地帯は山に取り囲まれた地理的条件やモンスーンの影響を受けるなど気候型も異なっている。北部バチナ地方やムサンダム半島は、年間降水量は少ないが、比較的湿度は高く（60%程度）気温も6-9月には日中40-50度と酷暑が続く。冬季は11-2月頃と言われるが、最低気温も10度を下回ることもなく快適である。年に数回（特に冬季）雨が降り、ハジャー山系にしみこんだ水がワディに流れだし、道路が遮断されることがある。南部ゾファール地方は、インド洋からのモンスーンの影響を直接受ける亜熱帯性気候で、高温多湿であり降雨量も年間500mm程度となっている。

計画地域は、気候的に乾燥地帯に分類されるが、夏の南西季節風（モンスーン）と冬の北西季節風に強く支配されている。サムリートの観測記録によると、計画地域は気温の日格差が非常に大きく、一年を通して20度程度である。年最高気温は45度前後で6月に観測され、1月に年最低気温が4度前後となる。

年降水量は年により0mm~150mmまで大きく変動し、1980年代の平均値は32mmである。主要な降水はサイクロンの接近通過によってもたらされることが多く、大きなサイクロンは、5年に一度の頻度でネジド地方に到来するといわれる。また、雨季は特定できないが、南西モンスーンは6~9月に集中する。ネジド地方の南縁には標高1,000m級の山岳部が東西に伸びており、南西モンスーンによる降水はこの山岳部以南と海岸部に限られる。海岸部から山岳部にかけての年降水量は300mm~500mmで、海岸から内陸約30km間での狭い範囲に限られる。

### (4) 地方制度

国土管理を容易にするため、首都マスカットの他に地方をウイラーヤ（州）と呼ばれる40の小行政区に区分し、各行政区は国王によって任命されるワリ（知事）によって運営される。首都知事は首都圏の行政管理を主要業務とする他に入札委員会の議長職も努める。これら地方行政は、首都を除いてすべて内務省の管轄下に置かれている。

ネジド地方が属する南部地方は、一つのウイラーヤであるゾファール州に含まれている。ゾファール州はワリを兼ねる国務大臣によって所管されている。パイロット・ファーム予定地周辺の主な集落は、州都サララより北方へ約80kmにあるサムリートである。サムリートはゾファール州の地方出張所に副地方行政官が居り、ネジド地方の行政と商業の中心となっている。

### (5) 人 口

人口の公式統計は無く1974年のオマーン政府発表では150万人となっているが、78

年の国際復興開発銀行（世銀）の推定値では86万人とされている。全人口の3分の1はバチナ・コーストに居住し、半数は内陸部に散在する小集落に居住している。ゾファール州には約10万人、ムサングム地方には約5,000人が居住している。

ネジド地方の人口密度は非常に低く、サムリートの人口は外国人を含め約2,100人でオマーン人約1,400人、外国人約700人と推定されている。また、サムリートを除いたネジド地方の人口はオマーン人約5,100人、外国人約100人と推定されている。人口の大半は遊牧民であり、集落に定着した一部のものを除いて居住地はなく、そのため人口も季節的に変動する。

#### (6) 労働

技術部門に置いては外国人労働依存型の労働形態であるため、1988年の年頭教書のなかでカブース国王はオマーン人青年層の雇用拡大について述べている。1973年に制定された労働法では、労働者間の平等、公平の原則を称えとともに、外国人労働につき特別条項を設けており、社会福祉労働省より事前に許可を受けなければ、外国人は働くことが出来ないことになっている。

また、オマーンの人材開発については、教育・職業訓練評議会が統括しており、オマーン経済の各部門での熟練者に対する需要を、省庁・国有企業・民間の間で調整することにより満たすことが目的である。

#### (7) 教育

現在オマーンには696の教育機関が存在し、その就学者数は272千人にのぼる。カブース国王は、オマーン人の労働人口拡大を図るため、教育に力を入れており石油の国際価格が下落し、国家予算の削減を行った際には、教育部門がこれにより影響を受けないように配慮を行っている。

しかし、オマーンのエグジュケーションの歴史は浅く、教育基準・教科書・教育施設・学校等は未整備の状況であった。教師は、エジプト・スーダン・ヨルダンから呼び寄せ、歴史の教科書はオマーンについてのものがなく、英国の歴史を学ぶものであった。

1986年には、サルタン・カブース大学が設立され、教育・イスラム教・科学・農業・工業・医学・芸術の7つの学部が開設されている。また、現在6つの教師養成学校が存在し、1995年までに全教師数の70%をオマーン化する目標を立てている。その他成人教育にも力を入れており、現在約11千人（内9千人は女性）が文字の教育を受けている。この様に、オマーンのエグジュケーションは年々充実しつつあり、この問題は国内にとどまらず湾岸諸国との教育分野の協力にも拡大している。

#### (8) 経済概況

オマーン国は、大規模とはいえないが石油の産出国のひとつである。この国に置ける石

油は、国内総生産・国際収支・国家財政などに深く関わっており、オマーン国の経済は石油の産出により担われているといえる。

a) 国内総生産 (GDP)

1986年のGDPは、約28億オマーンリアルとなっており、円に換算すると約1兆円程度である。GDPの産業別構成比を見ると石油・工業が占める比率は1985年では47.6%となっている。それに比べて就労人口で高い割合を占める農漁業の比率は2.8%と非常に小さいものである。

1985年と1986年のGDPを比較すると、1986年は前年より19%の減を見ている。これは石油価格の下落によるもので、GDP産業別構成比率の高い石油の産出量と価格がオマーン国経済を左右している状況がみられる。

b) 国際収支

オマーン国の国際収支を見ると輸出総額の大部分を石油が占めている。輸出状況は、石油の他、銅、水産物及び一部の果物・野菜、動物等を輸出しているが全体に占める比重は小さなものである。輸入総額は輸出総額の約2/3になっており輸出超過になっている。輸入は機械製品に次いで水産物を除いた食料品が輸入の主なものとなっている。食料品については、輸入額の大きい順に見ると果物・野菜、穀物、食肉、酪農製品となっている。このうち米麦等の穀物は、すべて輸入に頼っている。

前述したように現在のGDPに占める農業の比率は、非常に小さいものであるが、食料品の輸入総額に占める比率は、1987年では全体の約1/5となっている。このことは石油資源への依存が近い将来困難になった場合に備え、外貨節約のためにも、食料の自給率を高めたいとするこの国の政策課題の根拠となっているものと考えられる。

c) 国家予算

国家予算は、1987年では歳入合計が15億オマーンリアル(約5千5百億円)となっており、その大半は、石油収入により賄われている。1982年から歳入欠損が出ている。このため贈与・借款あるいは、積み立て基金から歳入不足を補填している年も多く、今後の国家財政の収支は楽観を許さない状況下にある。国家予算とGDPの関係は国家予算の約2倍がGDPになっており、このことは、石油の産出とその収入に大きく依存する国家予算の投資がGDPに大きく寄与していることを示すものである。

農漁業省の年間開発予算は、1986年では約1千7百万オマーンリアル(約64億円)、1987年では約8百万オマーンリアル(約30億円)程度であり、国家開発予算全体の3~4%を占めている。

国内総生産（要素費用による）

	（百万リアル）	対前年比成長率（%）
1979	1,289.9	36.2
1980	2,063.5	60.0
1981	2,490.5	20.7
1982	2,613.6	4.9
1983	2,739.9	4.8
1984	3,046.9	11.2
1985	3,456.6	13.4
1986	2,797.7	-19.0

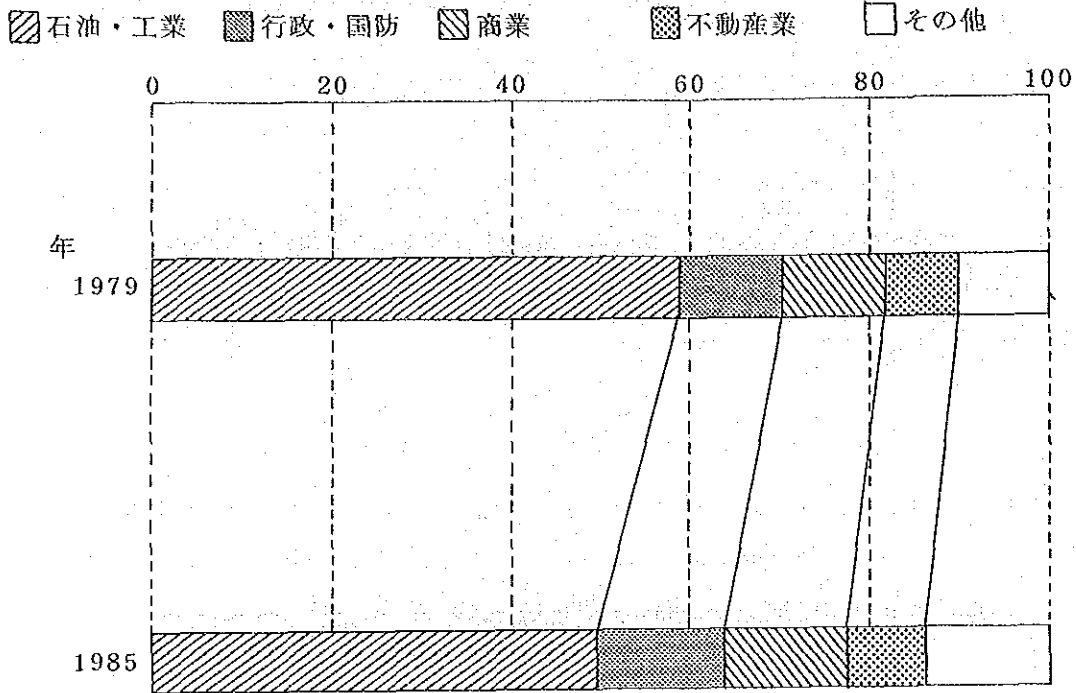
国内総生産（GDP）の産業別構成比（%）

	1979年	1985年
石油・工業	55.8	47.6
行政・国防	10.7	13.7
商業	10.6	12.8
不動産業	7.8	8.3
建設業	6.7	6.9
製造業	—	3.2
農業・漁業	3.1	2.8

（注） 就労人口の約80%を占める農漁業の生産性が低い。

また、製造業が伸び、85年農漁業を追い抜いた。

国内総生産（GDP）の産業別構成比



国際収支

(単位：百万リアル)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987見込	1988	1989
経常収支	293	425	159	124	37	38	-383	327		
貿易収支	616	780	537	564	514	555	113	707		
輸出総額	1294	1622	1528	1470	1627	1717	1093	1463		
石油	1244	1526	1410	1347	1401	1597	981	1339		
非石油	5	7	8	11	17	23	27	39		
再輸出	45	80	110	112	100	97	85	85		
輸入総額	678	833	991	906	1010	1162	980	756		
税関通過	615	790	927	861	940	1080	917	701		
税関非通過	63	43	64	45	64	73	63	55		
貿易外収支	323	364	378	440	477	517	496	380		
長期資本収支	52	111	101	257	253	144	323	-43		
基礎収支	345	536	260	381	291	182	-60	284		
総合収支	325	484	269	213	126	-1	-235	72		
金融勘定	-325	-484	-260	-213	-126	1	295	-72		
中央銀行	-110	-108	-75	-41	-72	-35	136	-92		
政府	-175	-328	-172	-79	-25	-37	93	18		
商業銀行	-40	-48	-28	-93	-29	73	66	-28		

石油以外の品目別輸出額

(単位：千リアル、%)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988(1-9)	1989
銅	- ( - )	- ( - )	1947.8 ( 18.2)	5711.0 ( 33.3)	6360.3 ( 28.7)	9147.4 ( 34.4)	9569.1 ( 24.5)	13261.2 ( )	
小麦粉	833.6 ( 12.7)	850.0 ( 11.0)	664.3 ( 6.2)	561.5 ( 3.3)	1210.1 ( 5.3)	645.8 ( 2.4)	24.4 ( 0.1)		
動物	67.0 ( 1.0)	356.3 ( 4.6)	1120.5 ( 10.5)	73.4 ( 0.4)	1296.9 ( 5.7)	2249.2 ( 8.5)	4975.1 ( 12.7)	4285.5	
食用肉	58.2 ( 0.0)	7.4 ( 0.1)	1.0 ( - )	17.5 ( 0.1)	744.1 ( 3.3)	1640.5 ( 6.2)	1059.5 ( 10.4)		
羊	2.0 ( - )	347.9 ( 4.5)	1110.4 ( 10.5)	44.2 ( 0.3)	536.0 ( 2.8)	535.1 ( 2.0)	879.1 ( 2.3)		
牛	- ( - )	- ( - )	- ( - )	8.5 ( - )	13.4 ( 0.1)	81.8 ( 0.8)	31.2 ( 0.1)		
水産物	2619.2 ( 39.8)	3746.7 ( 48.1)	4288.1 ( 41.0)	6289.5 ( 36.5)	8763.6 ( 38.1)	9720.6 ( 36.5)	11804.2 ( 30.2)	10898.9	
鮮魚	1004.3 ( 15.3)	1093.4 ( 14.1)	968.9 ( 9.1)	1711.6 ( 9.9)	1719.5 ( 7.5)	200.5 ( 0.3)	1348.0 ( 3.5)		
冷凍魚	1599.9 ( 24.3)	2632.7 ( 34.0)	3345.3 ( 31.2)	4155.8 ( 24.1)	3966.1 ( 17.4)	7134.0 ( 26.8)	6250.0 ( 16.0)		
ロブスター	4.6 ( 0.7)	9.4 ( 0.1)	68.3 ( 0.6)	409.7 ( 2.1)	3055.0 ( 13.4)	2371.2 ( 8.9)	4053.7 ( 10.4)	3483.4	
果物野菜	2850.6 ( 43.3)	2270.0 ( 29.3)	1888.9 ( 17.6)	3191.4 ( 18.5)	3679.3 ( 16.1)	3960.7 ( 11.9)	2254.7 ( 5.8)		
トマト	104.4 ( 1.6)	186.3 ( 2.4)	139.0 ( 1.3)	317.6 ( 1.8)	201.2 ( 0.9)	234.6 ( 0.9)	414.5 ( 1.1)		
ライム	2251.2 ( 34.2)	1565.6 ( 20.2)	1293.5 ( 12.1)	1887.1 ( 11.0)	2190.6 ( 9.6)	2535.5 ( 9.5)	999.7 ( 2.6)		
メロン	118.2 ( 1.8)	112.3 ( 1.5)	43.8 ( 0.4)	146.3 ( 0.8)	358.4 ( 1.6)	363.2 ( 1.4)	290.0 ( 0.7)		
生デイツ	151.0 ( 2.8)	115.2 ( 1.5)	154.2 ( 1.4)	218.1 ( 1.2)	328.7 ( 1.4)	289.6 ( 0.9)	242.1 ( 0.5)		
乾デイツ	130.1 ( 2.0)	218.6 ( 3.2)	161.0 ( 1.5)	516.2 ( 3.0)	180.2 ( 2.1)	471.9 ( 1.8)	226.1 ( 0.6)		
干し草	48.5 ( 0.7)	132.6 ( 1.7)	8.5 ( 0.1)	41.1 ( 0.2)	177.1 ( 0.8)	180.2 ( 0.7)	522.1 ( 1.3)	309.9	
葉タバコ	18.5 ( 0.8)	322.5 ( 4.2)	196.2 ( 1.8)	377.8 ( 2.2)	880.0 ( 1.7)	354.7 ( 1.4)	335.2 ( 1.0)	421.9	
その他	146.4 ( 2.2)	66.1 ( 0.8)	491.6 ( 4.5)	950.2 ( 5.5)	766.1 ( 0.8)	320.5 ( 1.2)	9501.9 ( 21.3)		
計	6588.8 ( 100.0)	7738.5 ( 100.0)	10705.1 ( 100.0)	17226.1 ( 100.0)	22886.7 ( 100.0)	26599.1 ( 100.0)	39090.0 ( 100.0)	12674.7 ( 100.0)	

オマーン国決算及び予算

(単位：百万リアル)

	1980 (実績)	1981 (実績)	1982 (実績)	1983 (実績)	1984 (実績)	1985 (実績)	1986 (実績)	1987 (実績)	1988 (見込)	1988 (前年比)	1988 (予算)	1989 (予算)
歳入合計	1,187.0	1,478.1	1,383.8	1,423.8	1,513.2	1,770.2	1,220.8	1,512.1	1,230.5	-18.6	1,350.3	1,210.0
石油収入	1,095.5	1,341.3	1,215.7	1,277.5	1,304.6	1,510.0	928.9	1,194.9	992.3	-17.0	1,065.3	904.4
ガス収入	14.0	18.1	18.9	20.2	34.4	36.7	37.9	39.0	39.0	0.0	43.0	48.5
関税	8.6	11.3	14.7	21.7	31.6	41.1	37.0	26.9	26.4	-1.9	37.4	31.6
法人税	6.5	10.5	11.4	18.7	20.4	26.4	25.6	21.2	23.4	10.4		
利息収入	19.8	38.6	14.2	9.2	21.0	19.6	25.1	30.5	7.6	-75.1		
その他	48.5	58.3	58.9	76.5	101.2	142.4	166.3	199.6	141.8	-29.0	204.6	225.5
歳出合計	949.8	1,223.8	1,412.9	1,546.9	1,760.3	1,928.3	1,886.8	1,609.1	1,468.2	-8.8	1,602.3	1,617.6
国防費	406.8	521.9	581.3	670.7	728.2	744.9	665.4	583.6	561.8	-3.7	532.6	523.1
経常支出	271.2	335.1	388.9	440.6	507.2	599.0	648.2	648.5	635.5	-2.0	687.0	709.1
開発支出	246.7	317.4	395.2	377.1	464.7	533.7	532.4	328.8	255.3	-22.4	337.3	363.1
政府投資	25.1	49.4	47.5	58.5	60.2	50.7	40.8	48.2	15.6	-67.6	45.4	22.3
歳入欠損	238.1	254.3	-79.1	-123.1	-247.1	-152.1	-666.0	-97.0	-237.7		-252.0	-407.6
贈与・借款	36.2	100.5	55.7	213.5	223.5	64.6	215.6	-49.5	38.8		58.0	71.6
積立基金	-274.3	-215.9	-98.4	-89.0	-27.5	96.8	192.1	146.5	77.3		0.0	120.0
政府収支	0.0	138.9	-121.8	0.5	-51.1	9.3	42.0	0.0	-124.6		-191.0	-216.0

(出所：開発評議会 STATISTICAL YEAR BOOK 1987)

## 2. 地下水

前回JICAプロジェクトから計画地域の地下水に関する現状を記す。

### (1) 地下水水理

本調査では開発有望地であるパイロット・ファーム予定地に4本の試錐(NJD-1、2、3、4)が行われている。それらの相互位置は図-7に示す。

また、これらの試錐によってもっとも水質源として有望な帯水層の揚水試験を実施し、帯水層特性を計算するとともに、孔内検層、微化石分析用掘削サンプルおよび水質分析用水サンプルの採取とともに同時に調査地域内の既存井を含む6ヶ所に地下水水位自記記録計を設置し、井戸水位の挙動を長期追跡できるよう準備されている。

#### ① 帯水層の区分

前述のPDOおよびMWRの地下水調査とM/P調査の結果を総合しながら以下にその区分を述べる。

PAWRと今回の地下水調査によれば、本調査地周辺のネジドの地下水は次の4帯水層に区分される。

A層：ダンマーム層とラス層 0～140 m

水質は一般に良好で、電気伝導度(EC)は、2,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下のことが多い。ただし、ラス層の地下水の中には、10,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ を越すものがあるほか、全体に資源量は貧弱である。浅層の若い地下水からなるが一部被圧されている。

B層：上位ウムエルラドゥーマ(UER)層の上層 140～270 m

良好な地下水もあるが、泥灰岩層からのものは水質が悪く2,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上に達する。透水量係数は大きい。全般的に被圧されている。

C層：下位UER層頂部 270～310(?) m

ネジド全体に広がる大地下水帯である。

水質は良好で、EC 1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後である。

還元状態にあり、 $\text{H}_2\text{S}$ が溶存している。

全般的に被圧度が高く、北部では地表に流出する(水文地質図参照)

D層：下位UER層 310(?) m～

C層より水質、水量とも貧弱である。

水質は、2,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ レベルのものが多く、深度とともに増加する傾向がある。

ネジト地方中央部北寄りに位置する本調査地の状況を、既存のMWR試錐のデータおよびJICA事前調査団収集の試錐柱状図および今回の結果を用いて模式的に示すと図-8のようになる。

図-9は下位UER層の試錐柱状図ならびに各種検層結果である。

これらのうち今回は小型テレビカメラによる孔内状況の観察を試みた。この手法をTV検層と仮称することにする。

TV検層によると下位UER層にはかなり広範にカストが発達しており、その溶洞には洞径1mを超えるものがあることが分った。孔内の分布は試錐掘削率、孔径検層、自然ガンマ線検層、電気検層、中性子検層やガンマ-ガンマ検層による地層密度や空隙率の分布ともよく一致していることが分る。

なお、試錐地点では、帯水層は試錐掘削時の出水状況から以下の各深度に認められた

ラス層	45-55 m	水質	2,000~5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上
上位UER層	140-170 m	"	2,000~4,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
下位UER層	280-310 m	"	1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	370-	"	-

## ② 地下水流動と水質

MWRの観測井とM/P調査の観測井によってC層の地下水の水頭分布および電気伝導度分布が得られている。その結果は、水文地質図に示す、これらの値から調査地域ではSW-N E方向の地下水流動が有勢であることが分った。

この結果は、MWRのネジド地下水の放射性炭素年代の分布や、PDOの広域地下水流分布などとよく合致している。またMWRの年代分布にもとづいて区分した4つの地下水流系ゾーンとも整合し(図-10)、前節で述べた地質構造の分布とも合致する。

水質分布のうち主要化学成分についてゾーンIの値をPiperダイアグラムに記入すると、図-11のようになる。ゾーンIでは地下水流の上流から下流に向う水質の変化が追跡できるが、下流に向うほど $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 値が増大する傾向が認められる。これは帯水層を構成するドロマイト( $\text{Ca} \cdot \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ )からのイオン溶出によるものと解釈される。

図-12は、ゾーンII、III、IVの水質も加えたゾーンIの水質との比較図である。ネジド地方では地下水は流下するに従い一般に非炭酸カルシウム型に変化するが、ゾーンII、IIIでは、硫酸イオンの割合がより少なくなるのに対し、ゾーンIVでは増大する傾向が顕著である。これらの特徴によってもネジドの地下水がゾーンをなして流れていることが推定できる。

一方、安定同位体比 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ およびD/Hの分析によると、ゾーンI、II、IVは相互に近接した水質をもっているが、ゾーンIIIはかなり離れた水質であることが分る(図-13)。天然水の安定同位体比は、その水の存在した気候環境を示すと考えられるので、ゾーンIIIは時間的にも空間的にもI、II、IVとは異なる涵養域からの地下水であることが



推定される。しかし、これらの地下水はサララ平原の地下水とは異っており、明らかにサララ平原の地下水の涵養域であるソファール山地からは涵養されていないようである。

なお、どのゾーンの地下水もトリチウム濃度は低く、明らかに現在の水の混入はない。また本調査の試錐点 NJD-4 における放射性炭素濃度は 7.82 pmC に非常に近く、ほぼ同じ年代 (18 - 24 千年) に属するものと考えられる。

水質分析の結果は関連する他の既存データとともに Appendix に掲載した。

### ③ 帯水層特性

NJD-1、2、3、4 の揚水試験による C 層の帯水層特性を表 3.2.1.1 にまとめている。

NJD-1、2、3 の揚水試験ではお互いに似通った特性がまとまったが、NJD-4 による揚水試験によるものはあまり整合していない。その理由は後述するが、試錐点での帯水層特性としては、透水量係数は 4,000 m<sup>2</sup>/day 程度、貯留係数は 4 × 10<sup>-5</sup> 程度と推定される。貯留係数は被圧帯水層の数値範囲に入っている。今回の揚水試験では連続揚水試験の際の水位低下特性に帯水層境界の影響が強く現われている (図 - 14 - (1)、(2))。これらの図で用いた Cooper - Jacob の直線解析法では、帯水層の水平分布に境界がある場合には水位降下線が折線状になることが知られている。図 - 14 - (1) にはその顕著な効果が現われている。帯水層境界が存在すると、帯水層境界によって揚水井の鏡像が現われるが、観測井と揚水井の距離を r<sub>0</sub>、揚水開始後観測井のある一定の水井降下 ΔS までに要する時間を t<sub>0</sub> とし、同様に観測井と鏡像との距離を r<sub>1</sub>、鏡像による水位降下 ΔS までに要する時間を t<sub>1</sub> とすると、これらの間には次の関係が成立する。

$$r_1 = r_0 \sqrt{\frac{t_1}{t_0}}$$

この式によって、いくつかの観測井のデータから鏡像の位置を決定すれば、その位置と揚水井の位置から、鏡面すなわち帯水層境界が決定できる。図 - 14 - (2) では観測井の位置の関係で帯水層境界の影響は複雑にはたらくており、簡単には分析できない。

4 本の井戸の組合せで比較的分析が可能なものから試錐点周辺の帯水層境界を決定した。その結果は図 - 15 に示した。ここで求められた境界の位置と方向は、物理探査や地質構造の特徴とよく一致しており C 層の分布がゾーン状であることを示唆している。

### ④ 地下水水位

調査地域内の既存井 11 井と本件調査の井戸 4 井を用いて C 層の地下水水位分布とその変動を調べた。まず広域の地下水分布特性としては、SW - NE 方向の地下水流動がありその勾配は 9 × 10<sup>-4</sup> と計算された (水文地質図参照)。また開発予定地内でも広域の流

動方向と一致する水位分布がもたらしたが、その勾配は  $2.3 \times 10^{-4}$  であった（図 3. 2. 1. 9）。一方、地下水位の時間変動としては、1987～1989年の比較的長期にわたるものからは  $-15 \sim -30$  cm/年の遡減現象が広範に認められ、設置した6基の自記水位計の連続記録からは強い地球潮汐現象が観測された。地球潮汐による地下水位変化の振幅は約5 cmに及ぶので、静水位観測に当っては注意が必要である。

地下水水位の観測によって得られたこれらの知見は、C層の地下水がゾーンをなす流系下による化石地下水であるとする視点を支持するものである。すなわち、C層は地球潮汐の影響が強くなるほどに広大な被圧地下水層をなし、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ の水頭勾配で地域的な地質構造に沿ってゆるやかに北東の流出域に流れているが、現在は涵養がないために、水頭は遡減中である。このような地質時代的な時間で水位変動をする水頭勾配を残存水頭勾配と呼ぶことにする。

表-6 プロジェクト・サイトの帯水層水理定数

揚水井	観測井	透水量係数 (m <sup>3</sup> /day)				貯留係数 (×10 <sup>-5</sup> )		
		直線法	標準 曲線法	回復法	平均	直線法	標準 曲線法	平均
NJD-1	NJD-1	—	—	3360	3360	—	—	—
					3.4×10 <sup>3</sup>			—
NJD-2	NJD-2	—	—	3130	3130	—	—	—
	NJD-1	3790	3900	3860	3850	4.47	3.65	4.06
	NJD-3	4690	3900	4930	4510	4.17	5.97	5.07
					3.8×10 <sup>3</sup>			4.6
NJD-3	NJD-3	—	—	3950	3950	—	—	—
	NJD-1	4940	4090	4650	4560	4.54	5.64	5.09
	NJD-2	4940	3440	4400	4260	3.71	5.27	4.49
					4.3×10 <sup>3</sup>			4.8
NJD-4	NJD-4	—	—	4370	4370	—	—	—
	NJD-1	4370	4620	4750	4580	2.04	2.78	2.41
	NJD-2	4750	5860	3640	4750	2.41	3.82	3.12
	NJD-3	5570	6630	4840	5680	6.82	7.87	7.35
					4.8×10 <sup>3</sup>			4.3
地域平均					4.1×10 <sup>3</sup>			4.6

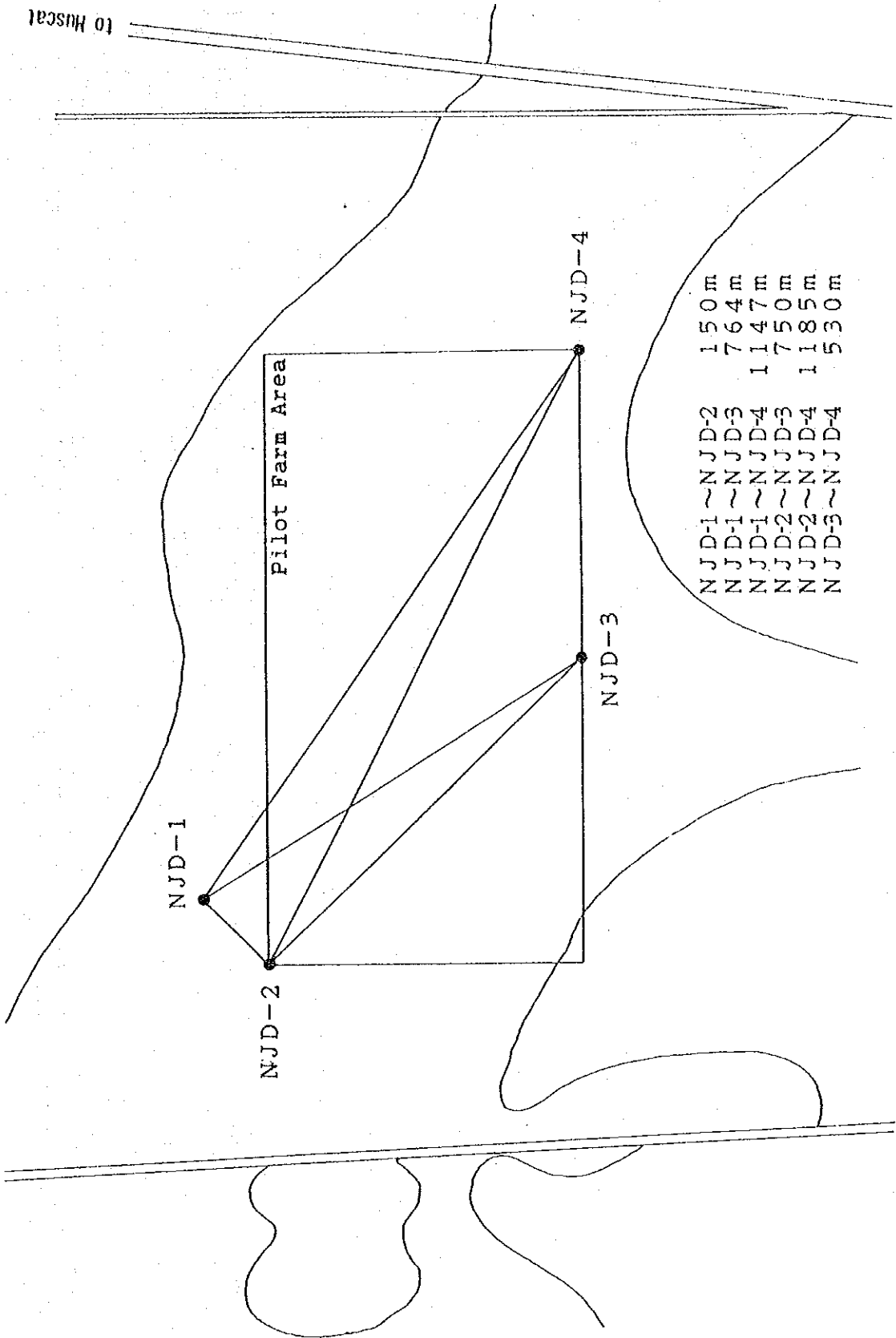


图-7 井戸掘削位置图

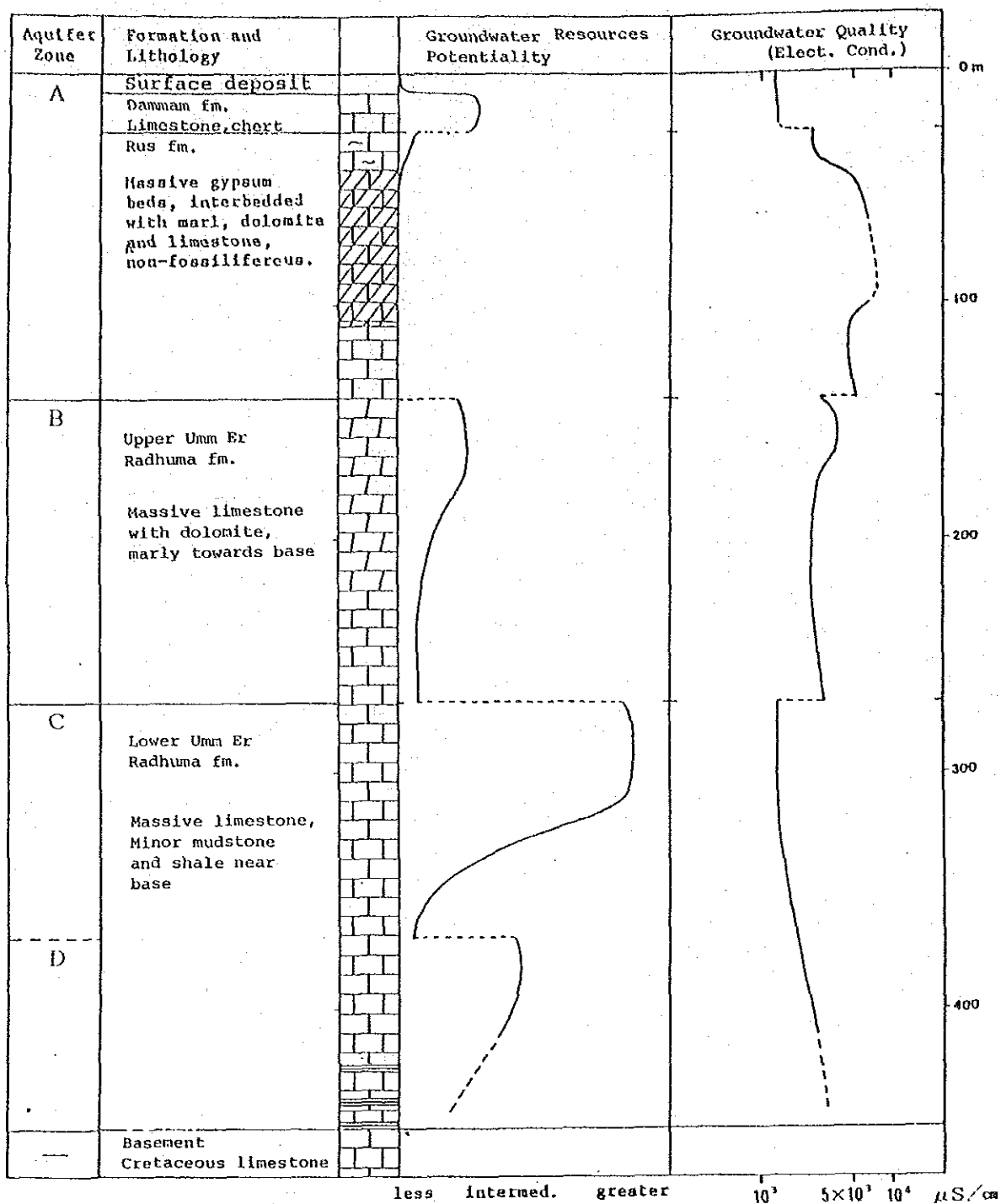


图-8 调查地域第三系带水层概念图

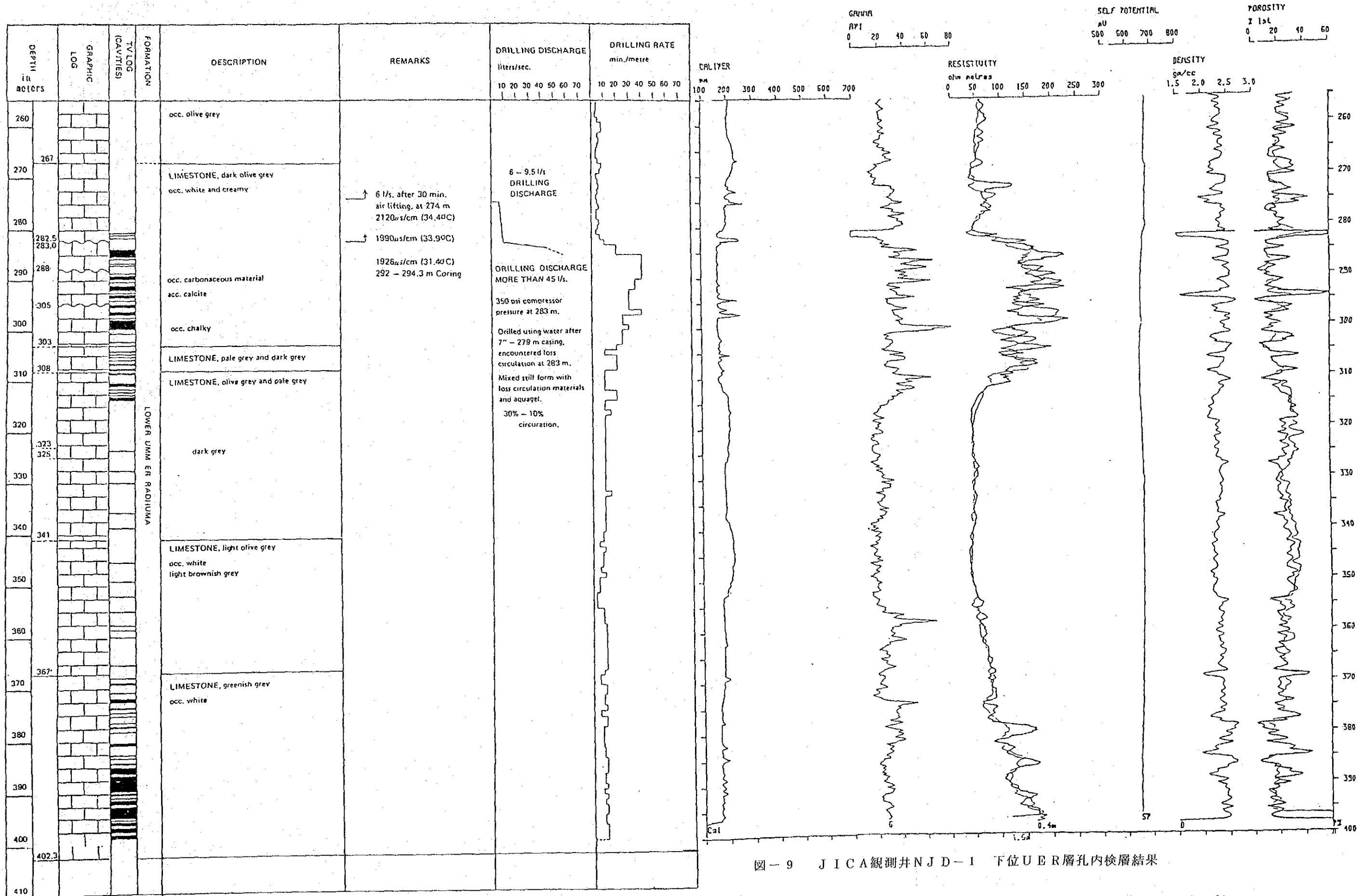
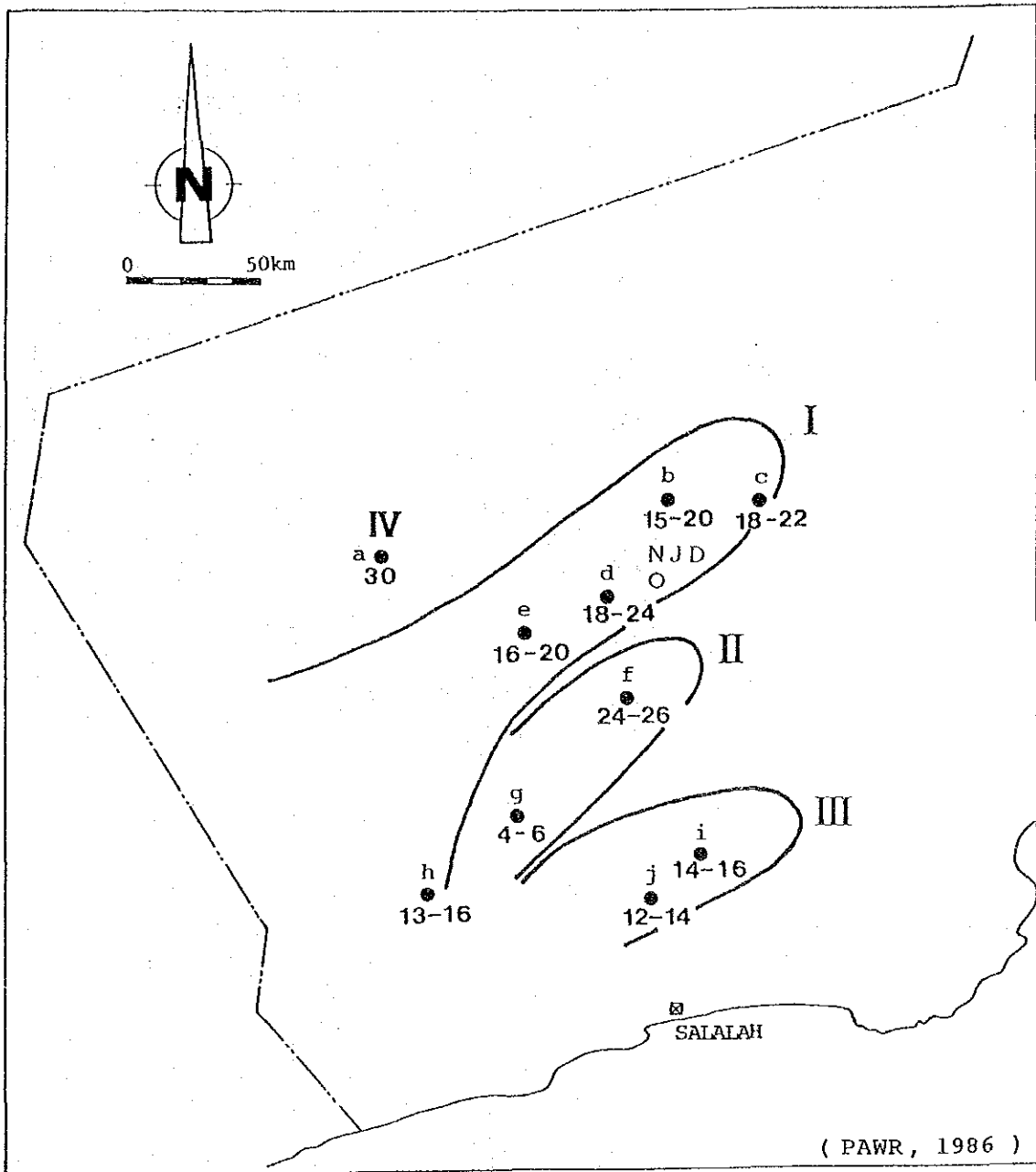


圖-9 JICA觀測井NJD-1 下位UER層孔內檢層結果





Bore Hole Identification

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| a. YA243224AA | d. ZA035301AA | g. YV752600AA |
| b. AF961640AA | e. YA715978AA | h. YV424419AA |
| c. BF263460AA | f. ZV099779AA | i. BE045200AA |
|               |               | j. AE827602AA |

図-10 ネジド地方の地下水放射性炭素年代(単位:千年)  
分布と推定流動分布



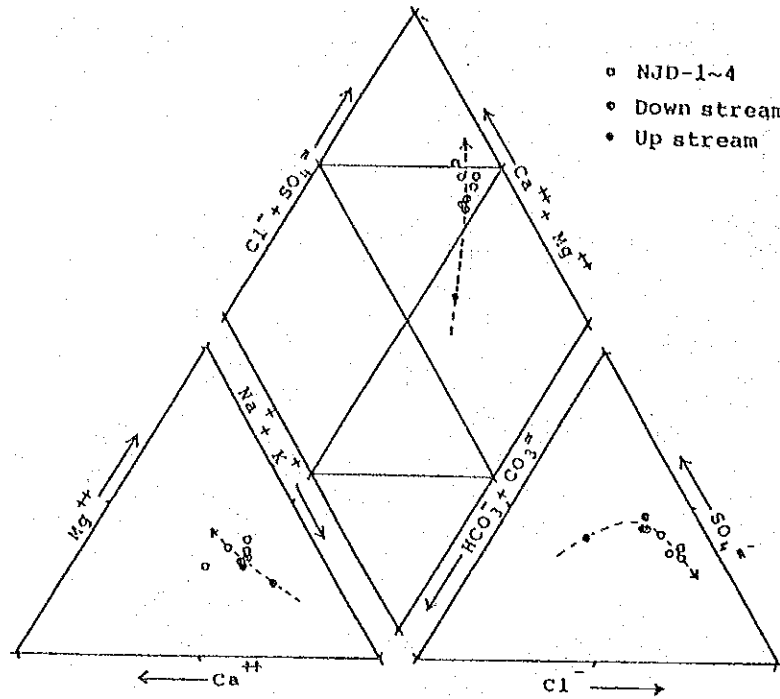


図-11 ゾーンI地下水の水質図

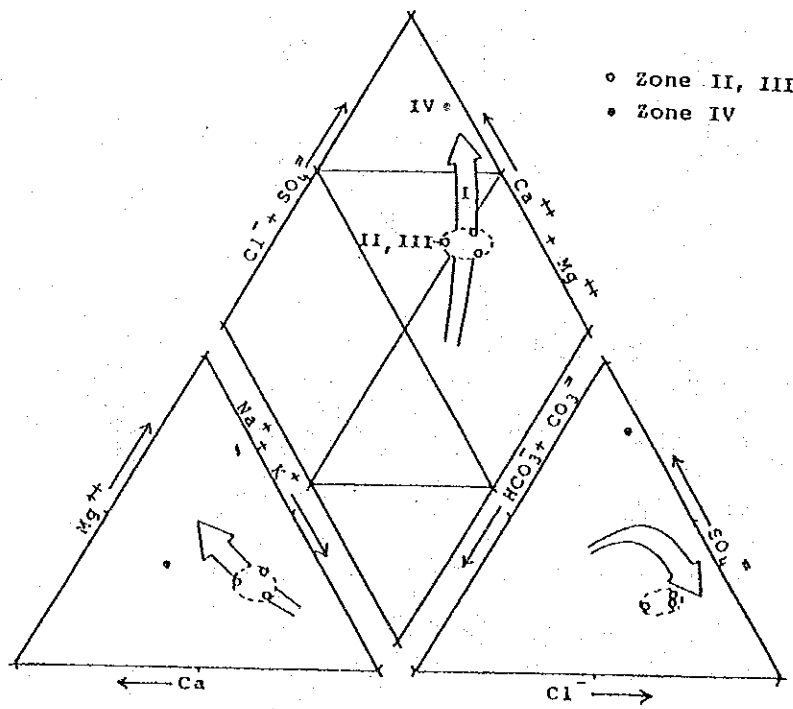


図-12 ゾーンII、III、IV地下水の水質図

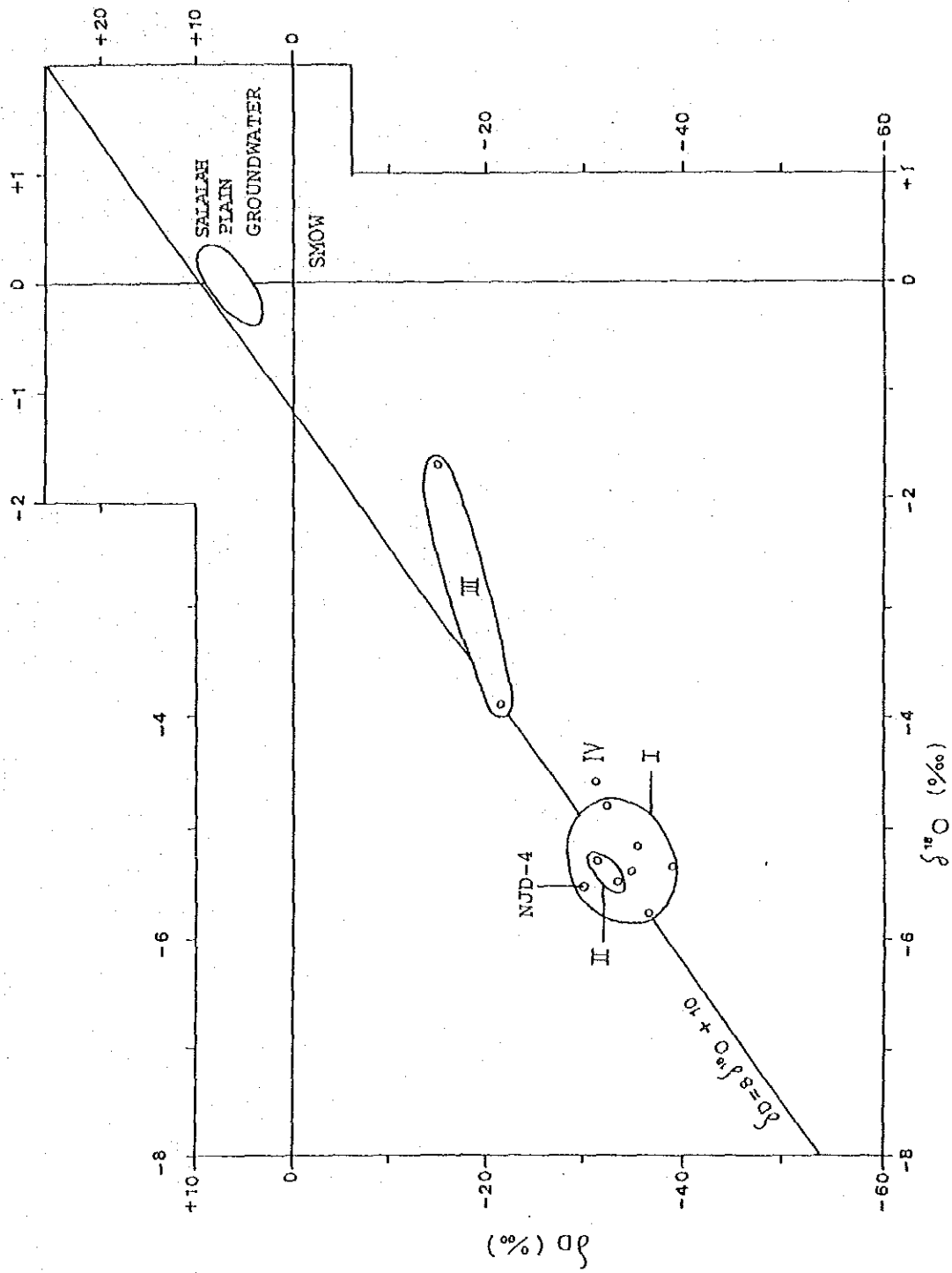


図-13 ネジド地方のC層地下水の流動ゾーン別 $\delta^{18}O$ 、 $\delta D$ 分布

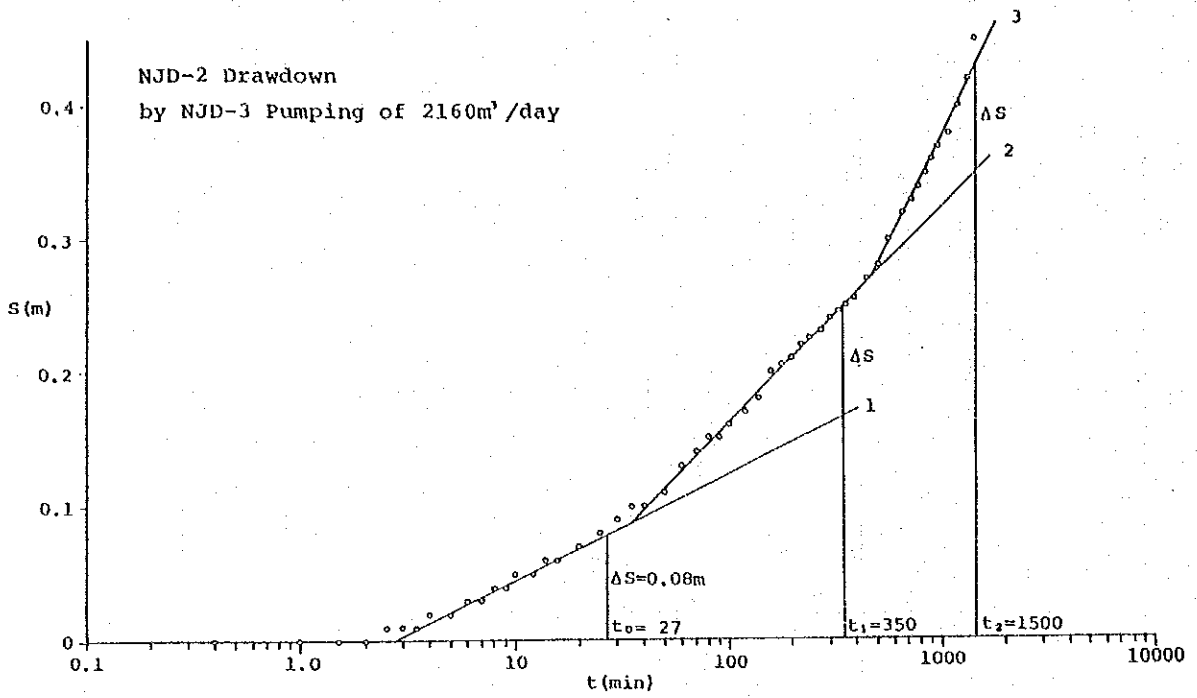


図-14-(1) プロジェクト・サイトでのNJD-3連続揚水試験  $s-t$  図

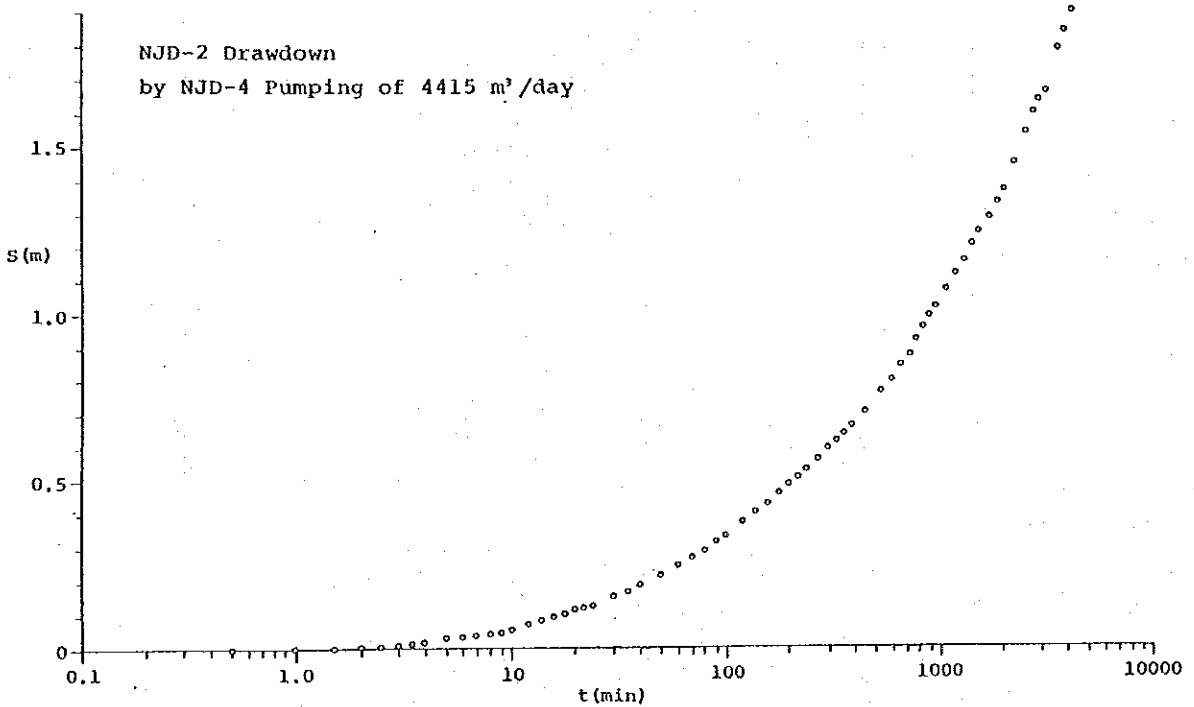


図-14-(2) プロジェクト・サイトでのNJD-4連続揚水試験  $s-t$  図

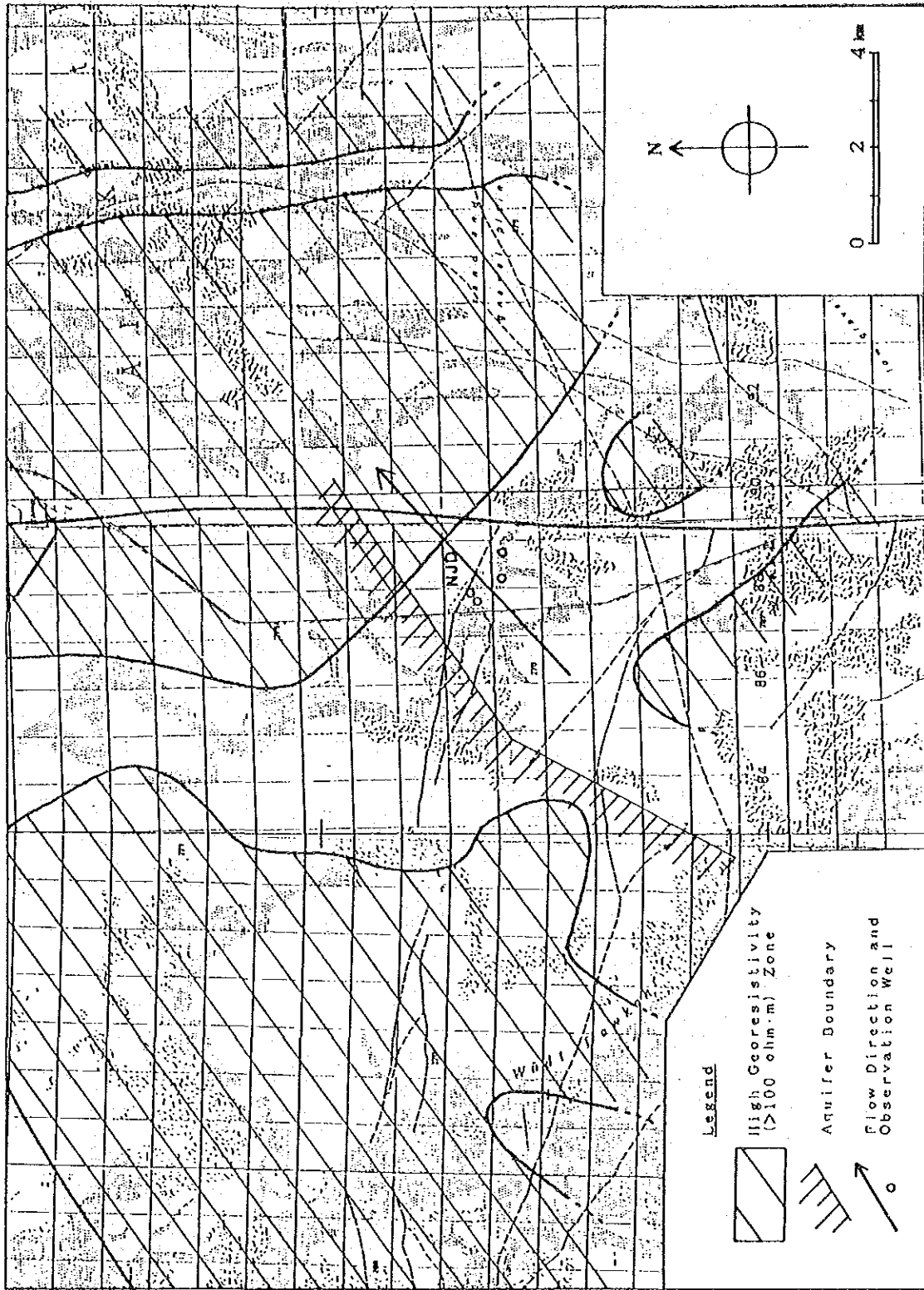


図-15 プロジェクト・サイトの地下水水平境界

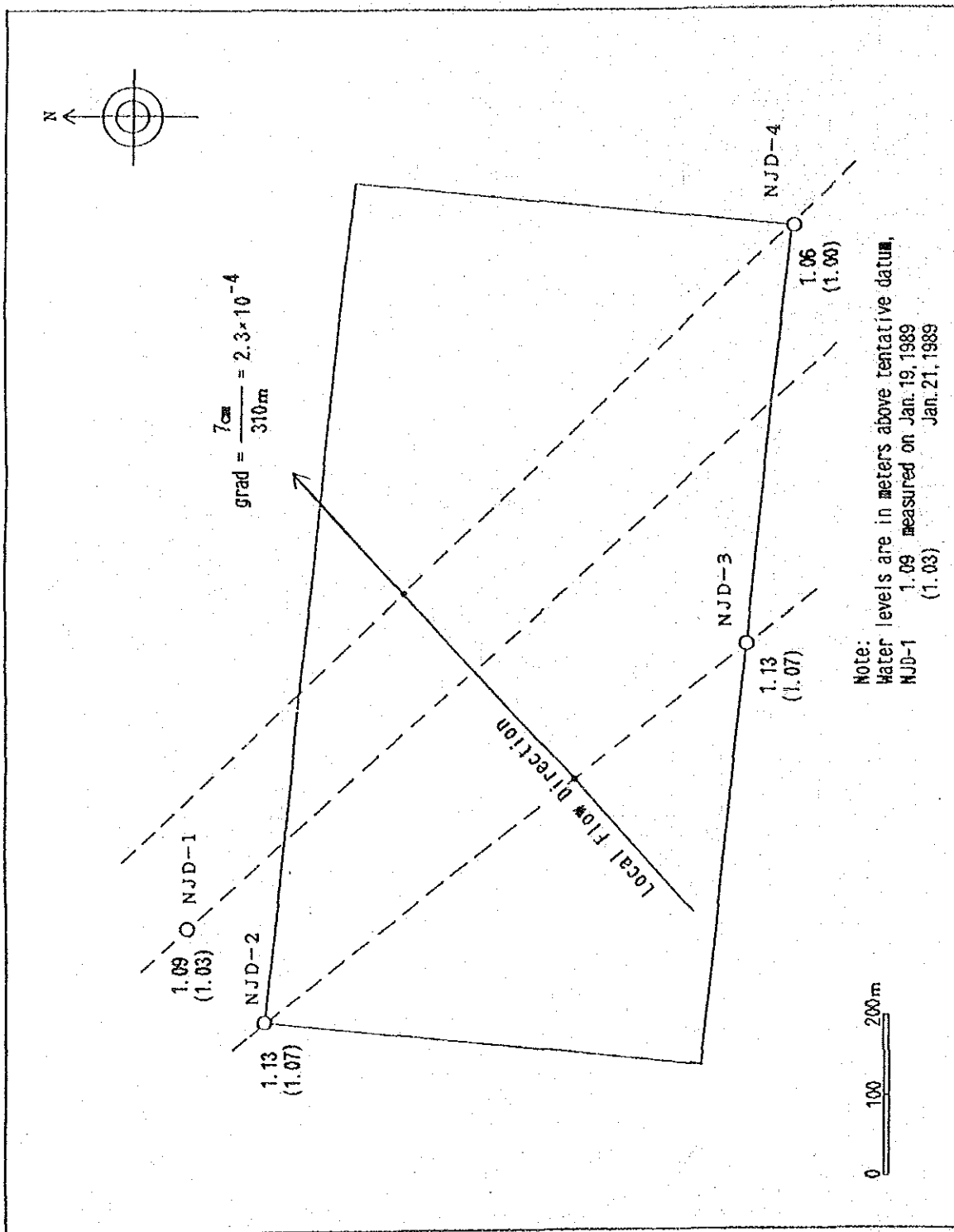


図-16 プロジェクト・サイトでの地下水水頭分布

## (2) 電磁探査および電気探査

前回 JICA プロジェクトからその結果を示す。

### ① E L F - M T 法調査結果

測定の結果得られた見かけ比抵抗分布を図-17に示す。

測定測線数は10測線以上である。

調査面積は、およそ東西90 km、南北90 kmにわたる。

このうち、ドーカ、ワジ・モハウリム、シャスル、キトビート、ハンフィートの5地区の他、調査地中央のドーカ南部およびハイラト・アル・ラーカについて測定を行った。

見かけ比抵抗は最高3,000  $\Omega \cdot m$  から10  $\Omega \cdot m$  まで分布する。

説明の便宜上100  $\Omega \cdot m$  を高見かけ比抵抗と低見かけ比抵抗の区切りとする。

- a) いずれの調査地域に於いても、高見かけ比抵抗の区切りとする。
- b) 見かけ比抵抗の全般的傾向として礫丘では高く、ワジでは低い。
- c) 調査地中央のドーカ南部：国道からハイラト・アル・ラーカへの入口付近に、高見かけ比抵抗の中にこれを切る様な形状で、低見かけ比抵抗が捕捉された。この低見かけ比抵抗帯の中央部は、S-N系の方向、南部ではSE-NW系の方向を示す。
- d) この低見かけ比抵抗帯の北側は、SW-NE方向を示す巾広い低見かけ比抵抗帯に連なる。この巾広い低見かけ比抵抗帯と高見かけ比抵抗帯との境界部付近には、ランドサット写真から抽出されたSW-NE方向のリニアメントが位置する。
- e) これらの見かけ比抵抗分布は、本地域の地質構造の主トレンドであるSW-NE方向を示しており、広域的地質構造を反映していることを示唆する。即ち、ワジ・モハウリムで捕捉された低見かけ比抵抗帯は、上記リニアメントの位置と一致し、ドーカ南部にある巾広い低見かけ比抵抗帯に繋がり、更にシャスルにある低見かけ比抵抗帯へと繋がって、SW-NE系の大きな低見かけ比抵抗帯を形成している可能性を示す。

又、同様にハンフィート、キトビートで捕捉された低見かけ比抵抗帯は、互いに繋がってSW-NE系を示す可能性がある。同時にハンフィート、キトビートで捕捉された高見かけ比抵抗は、互いに繋がり、ドーカ南部の高見かけ比抵抗帯に繋がって、SW-NE系の大きな高見かけ比抵抗帯を形成している可能性を示す。

### ② シュランベルジャー法調査結果

E L F - M T 方法によって捕捉された見かけ比抵抗異常地区の垂直方向の比抵抗分布を解析する為に、シュランベルジャー法を実施した。

全測点数は14点である。

測点位置は、図-17に、解析結果は断面図として図-18-(1)、(2)に示す。

V E S ( Vertical Electric Sounding ) 曲線各点の結果例はAppendixに掲載した。解析

断面図には既存掘削井の地質柱状図も併記している。本地域の第三紀層の地質構造は変化が少ないと思われるので、坑井間を直線で結んで表現した。

(1) 既知地下水データとの対比

a) 既存井戸W5 (ZA035301AA) と測点 $\#$ 10 との対比

この井戸は、ハイラト・アル・ラーカの北方約7kmに位置し、上位UER層と下位UER層との境界部(以下U/L境界と称す)240m付近から14.8 $\ell$ /sの地下水が自噴している。その他1 $\ell$ /sの帯水層が166m付近にある。

測点 $\#$ 10は井戸W5から約100m東方にある。

上位UER層は低比抵抗および高比抵抗に二分されて解析された。上記二つの帯水層は高比抵抗層に解析された。

b) 既存井戸WA3 (AF920800AA) と測点 $\#$ 11 との対比

本坑井は国道建設時に掘削され、Rus層相当箇所(48m付近)および上位UER層相当部の154m付近に帯水層がある。

この二つの帯水層は一つの低比抵抗層として解析された。

また、その下部は坑井W5の例と同じで、高比抵抗層となっている。

c) ハイラト・アル・ラーカに於ける浅井戸と測点 $\#$ 9 との対比

ハイラト・アル・ラーカには浅井戸(深15m深)が多数開削され、揚水によるかんがい農業が営まれている。

測点は農場と農場の間で1つの井戸から約300m離れている。

解析結果地表浅部並びにU/L境界付近を含む深部に低抵抗層が解析された。この測点のVES (Vertical Electric Sounding) 曲線は、電流電極(AB/2)を増加しても見掛け比抵抗 $\rho$ があまり増加しなかった。この結果下位UER層相当部においても高比抵抗とならず、中比抵抗に解析された。

(2) パイロット・ファーム計画候補地の調査

a) Site 1 : 測点 $\#$ 2、13 及び $\#$ 8

ドーカ南部において、ELF-MT法により捕捉された低見かけ比抵抗帯南部のワジ中に土壌の堆積が発達している箇所である。

測点 $\#$ 13がほぼ候補地の中央部にあり、 $\#$ 2は南東のはずれ、 $\#$ 8は約4km離れた南西方向にある。

これらの測点では、U/L境界部付近を含めた深部に低比抵抗層が解析されている。

また、測点 $\#$ 2、13では地表から中深部まで中比抵抗層であり、低比抵抗層は解析されていない。

b) Site 2 : 測点 № 3、14

Site 2 は、Site 1 が含まれる低見かけ比抵抗帯の北端付近に位置する。測点 № 3、14 はこの候補地の中にある。

Rus 層に相当する地表浅部に低比抵抗の薄層が解析された他は、中比抵抗および高比抵抗となっている。

測点 № 3 では下位 U E R 層も高比抵抗を示さず低比抵抗化している。

c) 測点 № 5、6 及び 2

これらの測点は、Site 2 の周辺にある。測点 № 5 は、Site 2 の北東約 4 km、測点 № 6 は西方約 3 km、測点 № 12 は北方約 8 km に位置する。

測点 № 6 は № 3 と似た解析結果となっており、U/L 境界付近まで中比抵抗となっている。測点 № 12 の測定結果および解析結果は測点 № 11 に類似する。

d) Site 3 : 測点 № 4、7

この地点は E L F - M T 法によって捕捉されたドーカ付近の低見かけ比抵抗帯の中に位置する、測点 № 7 はこの Site 3 のほぼ中央に位置し、№ 4 は № 7 の東南東 5 km に位置する。

測点 № 4、7 とも Rus 層相当層が低抵抗化している。

測点 № 4 では上位 U E R 層下部に低比抵抗が解析されている。測点 № 7 は深部まで中比抵抗となっている。

(3) その他測点 ( № 1 )

ハンフィート東方に位置する。

ダンマーム層相当箇所が中比抵抗となっている。

また、上位 U E R 層は低比抵抗であり、U/L 境界付近がさらに低比抵抗となっている他、下位 U E R 層も中比抵抗に解析されている。

(4) 解 釈

大地の比抵抗は、岩石または地層全体の孔隙率とそこに含有される水質に大きく依存する。ネジド地方の水質としては、2,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  程度の電気伝導度である。従って、もし含水層が賦存深度に対比して十分な層厚を持てば、それは低比抵抗層として検出される。例えば、水井戸 WA 3 では、上位 U E R 層中にある二つの帯水層に対応する箇所は低比抵抗層に解析されている。また、ハイラト・アル・ラーカの浅井戸に対しても同様低比抵抗層が解析されている。

一方、PAWR の掘削井 W 5 の自噴帯は特に比抵抗異常として検出されなかったがこれは帯水層の層厚が厚くないことによると解釈出来る。

Site 1 の測点 № 8 および № 13 では、地表付近は中～高比抵抗であり、低比抵抗は解析されていない。これは、この付近で掘削された浅井戸が、地下水を得られなかつ



た事実と整合的である。

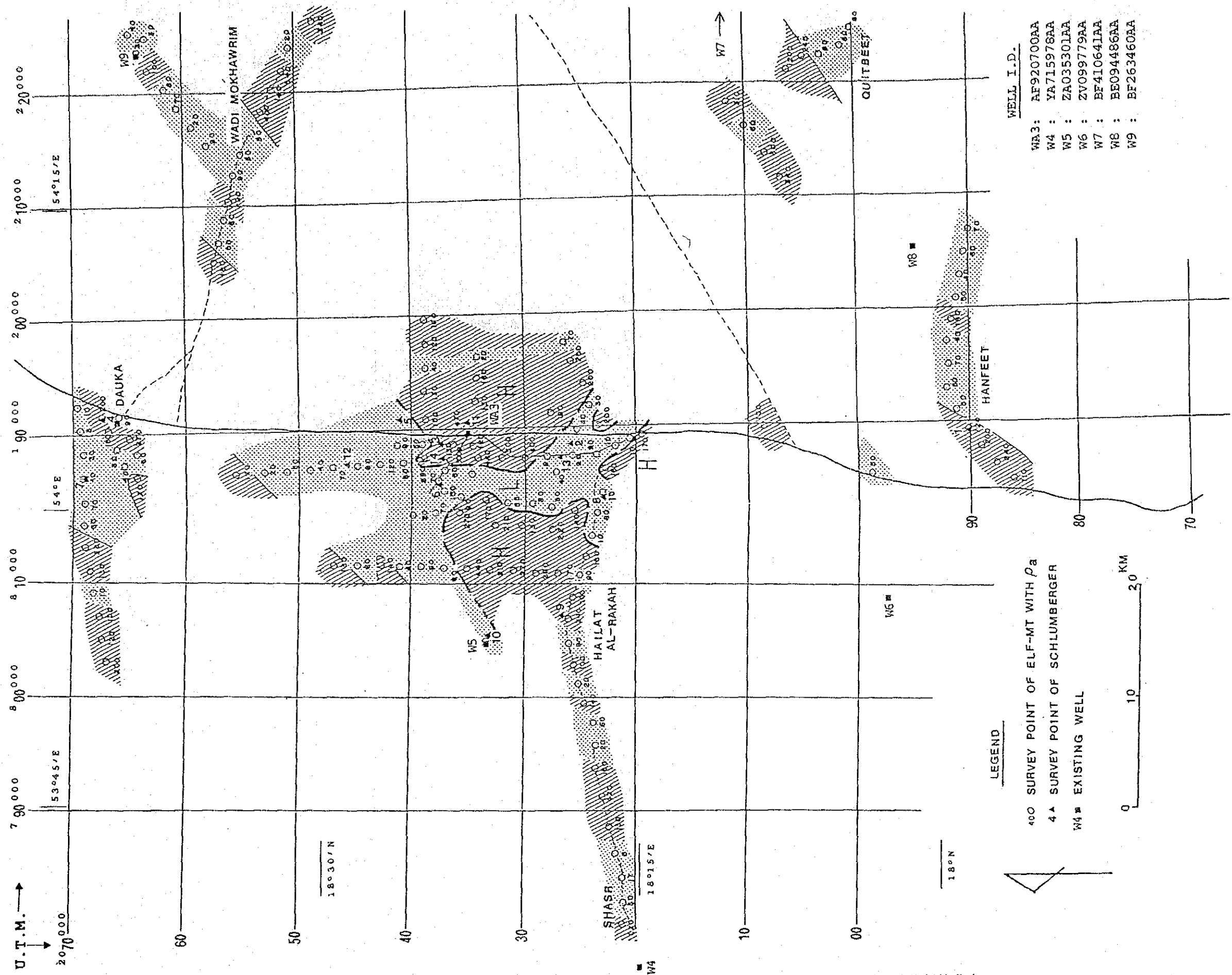
今回の調査では、多くの測点で、上位U E R層相当箇所は低比抵抗層と高比抵抗層に分かた、下位U E R層は高比抵抗層に解析された。

これは上位U E R層中にはいくつかの帯水層が存在し、下位U E R層中に帯水層が乏しいとの報告と整合的する。また、その帯水層についても、上位U E R層の方が溶蝕洞がより発達していると解釈出来る。

U/L境界部は良好な帯水層となっている。この意味で、この境界付近に低比抵抗層が解析された場合および下位U E R層中に低比抵抗が解析された場合、含水帯としての層厚が厚いこと、即ち溶蝕洞が発達している場所と考えられる。

以上の意味において、Site1、Site 2、Site 3共、U/Lの境界部付近、または下位U E R層自体に低比抵抗層が解析されているので、地下水採取の成功率が高いと考えられる。





- WELL I.D.
- W3: AF920700AA
  - W4: YA715978AA
  - W5: ZA035301AA
  - W6: ZV099779AA
  - W7: BF410641AA
  - W8: BE094486AA
  - W9: BF263460AA

LEGEND

- SURVEY POINT OF ELF-MT WITH  $\rho_a$
- ▲ SURVEY POINT OF SCHLUMBERGER
- EXISTING WELL

0 10 20 KM

図-17 ELF-MT電磁探査法(8 Hz)による調査地域の見かけ比抵抗分布

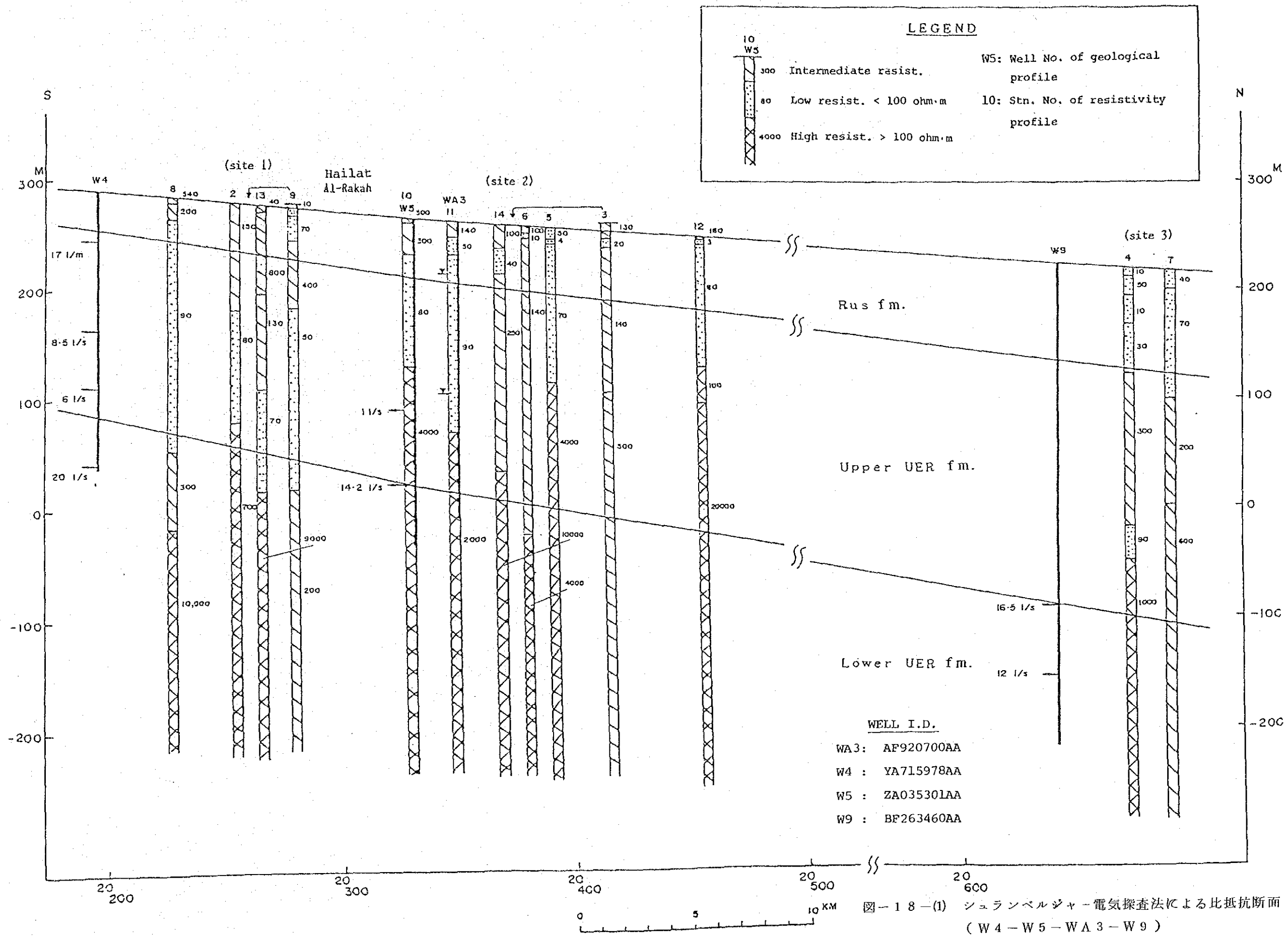


図-18-(1) シュランベルジャー電気探査法による比抵抗断面 (W4-W5-WA3-W9)



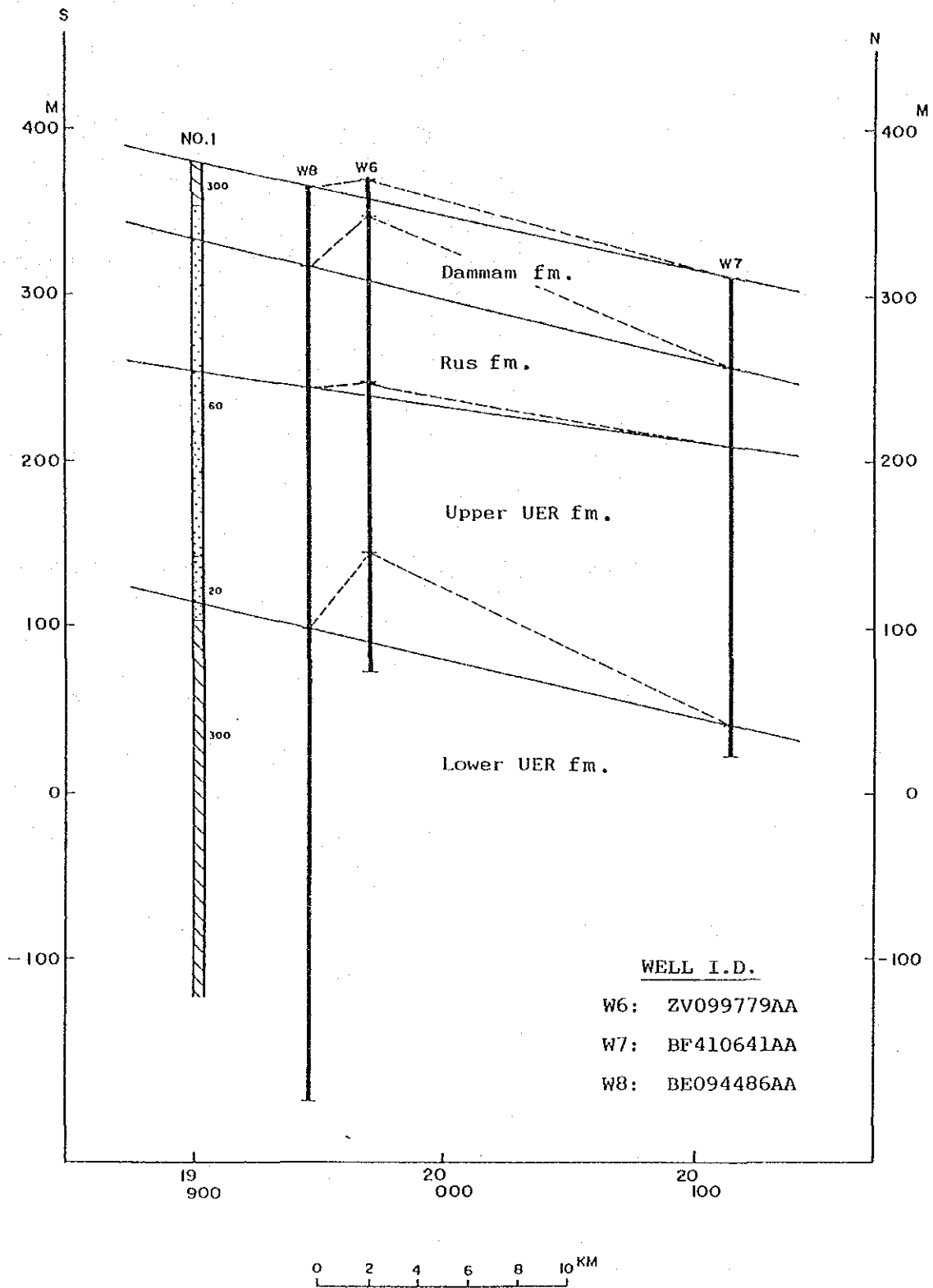


図-18-(2) シュランベルジャー電気探査法による比抵抗断面  
( W 8 - W 6 - W 7 )

### (3) 作井調査

パイロットファーム予定地で4本の作井のためのボーリング結果より明らかになったことを示す。

#### ① 観測井及び生産井

##### (1) 孔井地質

掘削中のカッティングサンプル観察、流出水の状況などを地質柱状図としてまとめ地質サンプルおよび孔内検層結果などの対比によれば、掘削した4井ともほぼ同様の地質状況である。しかし、NJD-4では、他の3井で見られた140m付近の裂隙・溶洞が現われなかった。地層は、おおむね次のように区分できる。

0～30m	ダンマーム層
30～140m	ラス層
140～270m	上位UER層
270～400m(NJD-1孔底)	下位UER層

##### (2) 孔内検層結果

検層結果は、それぞれ非常に良く対応を示しており、既設の井戸資料(PAWR観測井)との比較からもいくつかの特徴点が見られる。

##### (3) 揚水試験結果

各井戸の段階揚水試験においては、各段階120分で5段階を原則として実施した。揚水量は、井戸孔径とそれに設置可能な水中モーターポンプに応じて決められた。その結果は表-7にまとめてある。

水位降下量 $s$ と揚水量 $Q$ の関係を示す $s \sim Q$ 線図は、すべての井戸でほぼ同じ傾きを示す直線状となっている。

一方、連続揚水試験においては、試験井の場合は72時間、観測井の場合はNJD-1では12時間、NJD-3では24時間の揚水を行なった。結果のまとめは表-6に示した。NJD-4の試験結果が一様でないことが注目される。

\* 120 minutes discharge for one step

WELL No.	Q		s (m)	Q / s (m <sup>3</sup> /day)
	(liter/sec)	(m <sup>3</sup> /day)		
N J D - 1	4	346	0.17	2035
	6	518	0.38	1363
	8	691	0.69	1001
	10	864	1.08	800
N J D - 2	11.4	985	0.27	3648
	23.2	2005	1.22	1643
	34.8	3002	2.20	1365
	43.8	3780	3.17	1192
	62.3	5384	5.92	909
N J D - 3	5	432	0.09	4800
	10	864	0.42	2057
	15	1296	0.96	1350
	20	1728	1.64	1054
	25	2160	2.31	935
N J D - 4	10.1	873	0.11	7936
	20.1	1737	0.645	2693
	30.0	2592	1.42	1825
	39.9	3447	2.315	1489
	58.1	5020	4.22	1190

表-7 段階揚水試験結果表



## ② 井戸掘削の問題点

### (1) 従来の問題と孔井地質

従来、ネジド地方の井戸掘削では、以下のような問題が生じていることが指摘されていた。(PAWR、1986)

- a) 被圧状態の違いによる帯水層から帯水層への地下水の流出入。
- b) その結果生じる水資源の消耗や、良質地下水の悪化。
- c) ラス層にみられる石膏等の蒸発堆積物の溶出による水質の悪化。
- d) ラス層の泥灰質や粘土質の層で生じる掘削中の崩壊と、それによる掘削径拡大、ボーリング工事の難航。

今回の観測井・試験井掘削工事においてもこれらの問題が発生することが予想された。そのため、既述のようなケーシングプログラムを検討・実施し、下部UER層頂部の優良な帯水層だけを目標とした仕上げとした。工事は当初の目的を達し、期待された結果を得ることができた。

今回の掘削工事の中で、上記の問題点に関係する次のような孔井地質状況が明らかとなった。

#### 1) ラス層の泥灰質層

上記d)に示した掘削中に崩壊をもたらす層である。今回の掘削では、カッティングサンプル、孔内検層結果(孔径;孔径の拡大、自然ガンマ線;前後の層に比べ高値を示す等)によると、いずれの井戸も深度80 m前後にこの層が認められる。また掘削中の流出水は、この深度でやや増量し、電気伝導度は $2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ から $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上へと悪化している。

#### 2) ラス層の石膏・蒸発堆積物層

a)の下部に、比抵抗検層により高比抵抗帯として現われる石膏・蒸発堆積物層が続く。これは既存の井戸検層結果も同様の傾向を示している。この層を掘削中に測定した流出水の電気伝導度は引きつづき高い値を示している。

#### 3) ラス層下部の帯水層

今回の掘削では、NJD-1、NJD-2、NJD-3においてみられ、NJD-4では現われなかった。既存の井戸資料によっても現われている井戸とそうでないものがある。上部の帯水層との間に地下水の移動が起っている可能性がある。電気伝導度は、 $4,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ と高く水質は悪い。

#### 4) 上位UER層頂部の帯水層

深度170 m前後に現われた。帯水層として貧弱であるが、孔内流速検層によればいわゆる“Thief Zone”のひとつであり、より圧力の高い帯水層からの流入を

引き起している。電気伝導度は、2,000～4,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ である。

#### 5) 下位U E R層頂部の帯水層

今回目標とした主帯小層である。被圧されており掘削地点によっては自噴状態となる。しかし、掘削中に突然噴出を始めるわけではない。ある深度から徐々に掘削中の流出量が増し、5～10 m掘進後、流出量が増加している。この傾向は、既存の井戸資料(P A W R観測井)にも現われている水質は1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度で、水量も多い。

上記の諸点を、既存井の資料をも参考にし、検層結果等とともに模式図としてまとめたものが図-19である。

この図には、今後の井戸掘削工事において勧められるケーシングプログラム図も併記した。

### (2) 井戸仕上げの留意点

従来発生している問題の解決は、結局、掘削中の状況を的確にとらえ、ケーシングおよびセメンチングによる遮水を実実に施工するしかない。

ネジド地域での井戸開発におけるケーシング挿入作業のため、上記の諸点を考慮し、留意すべき点を以下にまとめた。

#### 1) ラス層の遮水

水質の悪化と崩壊層(泥灰質・粘土質層)の発達は、ラス層内で起る。ラス層内には石膏・蒸発堆積物層の発達もあり、先ずこの層を下部層と確実に遮断する仕上げとすることが必要である。

掘削中の流出水の量および電気伝導度測定、カッピングサンプルの観察が必要である。ラス層と上位U E R層の境界には大きな裂隙帯水層が存在する可能性がある。この層に遭遇する前に掘削を停止し、ケーシング挿入、セメンチング作業を実施する。その際、自然ガンマ線・比抵抗・孔径および水温・電気伝導度・流速等の孔内検層を実施し孔井地質・孔内状況を確認する。またケーシング、セメンチング作業はセメンチングカラーシューを使用し、ケーシング管と孔壁との間隙を充填するのに十分な量のセメントミルクを注入しなければならない。注入したセメントミルクの地表への回掃が確認出来ない場合は、地表からケーシング管と孔壁の間隙にセメントミルクを圧入する必要がある。いずれにしてもラス層部分の管と孔壁の間隙はセメントミルクによって満たされなければならない。

#### 2) 上位U E R層の遮水

ラス層の遮水を完全に行なった後、計画する仕上がり径よりも一回り小さな径により上部U E R層の掘削に入る。これは万一予期しない深度で高圧の被圧帯水層に

ぶつかった場合の影響を、できるかぎり小さくするために必要である。(PAWR、1986)

上位U E R層の上部に弱い圧力の耐水層がある。これは、ネジド地域の自然ガンマ線検層に特徴的に現われる5つのピークの最初の一つのさらに上部20～30mに現われている。この5つのピークが現われる層では、掘削中の流出量に影響を与えらるほどではないが、やや水質の悪い地下水が浸出していることが比抵抗検層の結果から推察される。下部U E R層の頂部に到達すると掘削中の流出量が増加する。この深度に達する前に掘削を停止する。孔内検層の実施により地質・孔内状況を確認した後、塞ぐべき深度まで拡張ケーシング挿入、セメンチング作業を行なう。拡張によるカッティングの堆積によって孔底からの流出を減少させる効果があり、セメンチングがより確実になる。

### (3) 推奨すべき掘削作業手順のまとめ

#### 1) 掘削開始～第1段サーフィスケイシング挿入

表層部の崩壊防止のため、ケーシング管を挿入する。

#### 2) ダンマーム層～ラス層～上位U E R層の掘削

掘削中は、カッティングサンプルの観察、掘削流出水の量・電気伝導度の測定等を行ない、泥灰質層、石膏・蒸発堆積物層、割れ目等の存在を推察する参考とする。

掘削はラス層と上位U E R層の境界の裂罅に到達する前に停止する。

#### 3) 孔内検層

掘削停止後、孔内検層を実施し、泥灰質層、石膏・蒸発堆積物層、裂罅帯等の確認と、地下水の移動等の孔内状況の確認を行なう。

#### 4) 第2ケーシング挿入およびセメンチング

検層による孔内状況の確認後、ケーシングを挿入し、セメンチングを実施する。セメンチング作業により、ケーシング管と孔壁の間隙をセメントミルクによって完全に充填する。

#### 5) 上位U E R層～下部U E R層の掘削

第2ケーシングにより上部層を完全に遮水した後、小孔径ビットにより掘削を再開する。カッティングサンプルの観察、流出水の量・電気伝導度の測定等により孔内状況の変化に常に注意している必要がある。掘削は下部U E Rの裂力帯に達する前に停止する。

#### 6) 孔内検層

孔内検層を実施し、地質、孔内状況を確認した後、拡張深度を決定する。

- 7) 掘 削  
決定された深度まで掘削する。
- 8) 第3ケーシング挿入およびセメンチング  
ケーシングを挿入し、セメンチングを実施する。ケーシングの先端には管端をセメントプラグした穴明管とセメンチングカラーチューブを取り付け、下部の遮水を完全にするようにする。
- 9) 下位U E R層の掘削  
主帯水層と考えられる下位U E R層を掘削する。
- 10) 孔内検層  
地層・孔内状況の確認のため検層を実施し、工事完了とする。

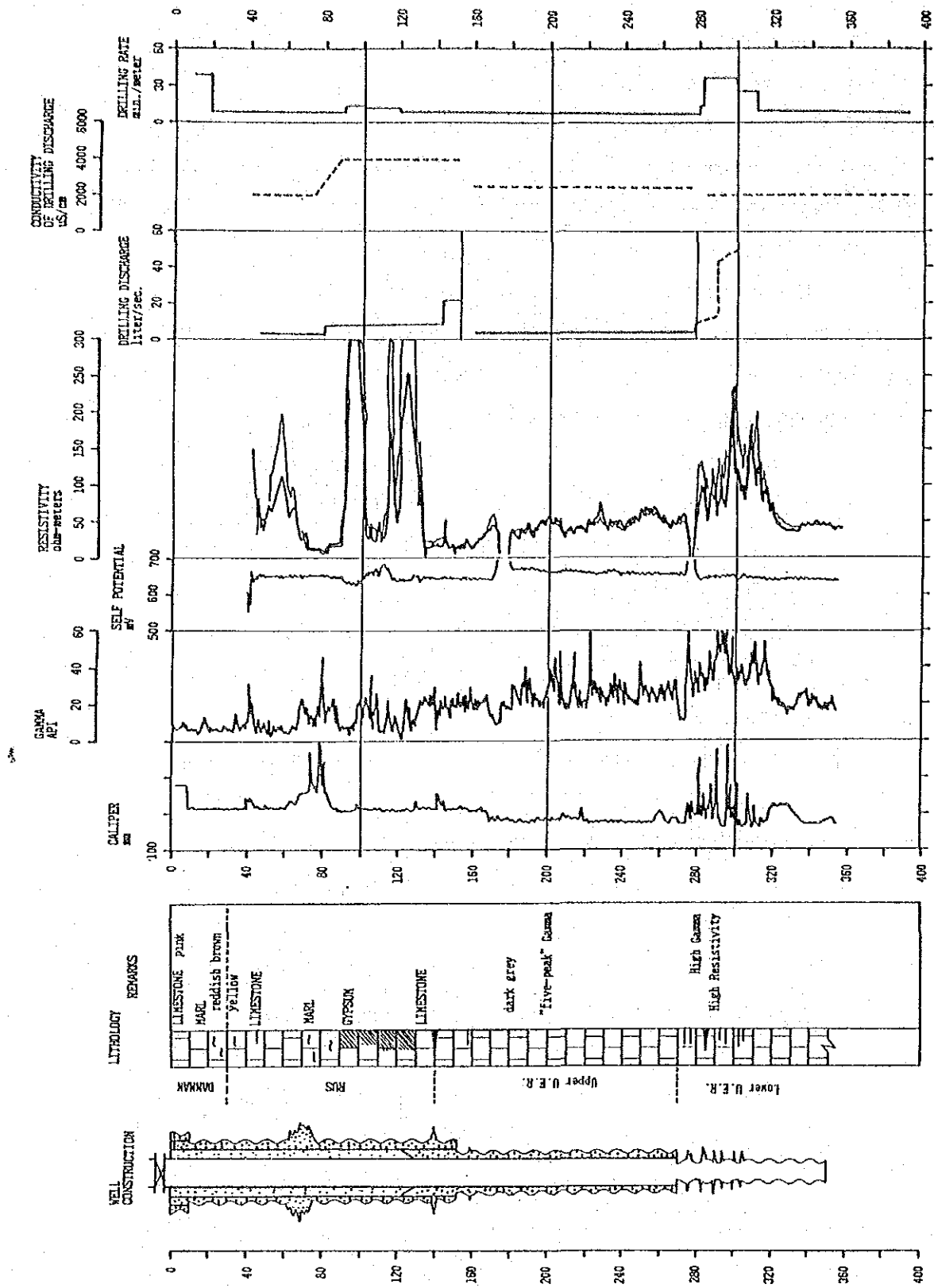


図-19 プロジェクト・サイトの孔井地質と井戸構造