

モロッコ王国

ウジュダ州地下水／農村開発計画実施調査

最終報告書

主報告書

昭和61年9月

国際協力事業団

モロッコ王国

ウジユダ州地下水／農村開発計画実施調査

最終報告書

主報告書

JICA LIBRARY



1029547[5]

昭和61年9月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'86.11.15	411
登録 No.	15680	80.7
		AFT

マイクロ
フィルム作成

序 文

モロッコ王国政府は、旱魃で疲弊したウジュダ州の農業を復興させるため、日本国政府に対し、昭和60年1月、同国ウジュダ州に於ける地下水による農村開発計画のフィジビリティ・スタディの実施について要請してきた。

この要請をうけ、わが国政府は同調査を実施することとし、国際協力事業団は昭和60年12月事前調査団を派遣した。引き続き、昭和61年1月から2ヶ月間、中央開発部鈴木隆文氏を団長とする実施調査団を派遣し、現地調査を実施した。

本報告書は、実施調査団の現地調査の結果をもとに、帰国後、多岐にわたる解析及び検討を加え、さらに、モロッコ王国政府との協議を経て、フィジビリティ・スタディの結果として取りまとめたものである。

本報告書が、ウジュダ州地域の農業復興に寄与するとともに、日・モ両国間の友好関係の一層の緊密化に資することを願うものである。

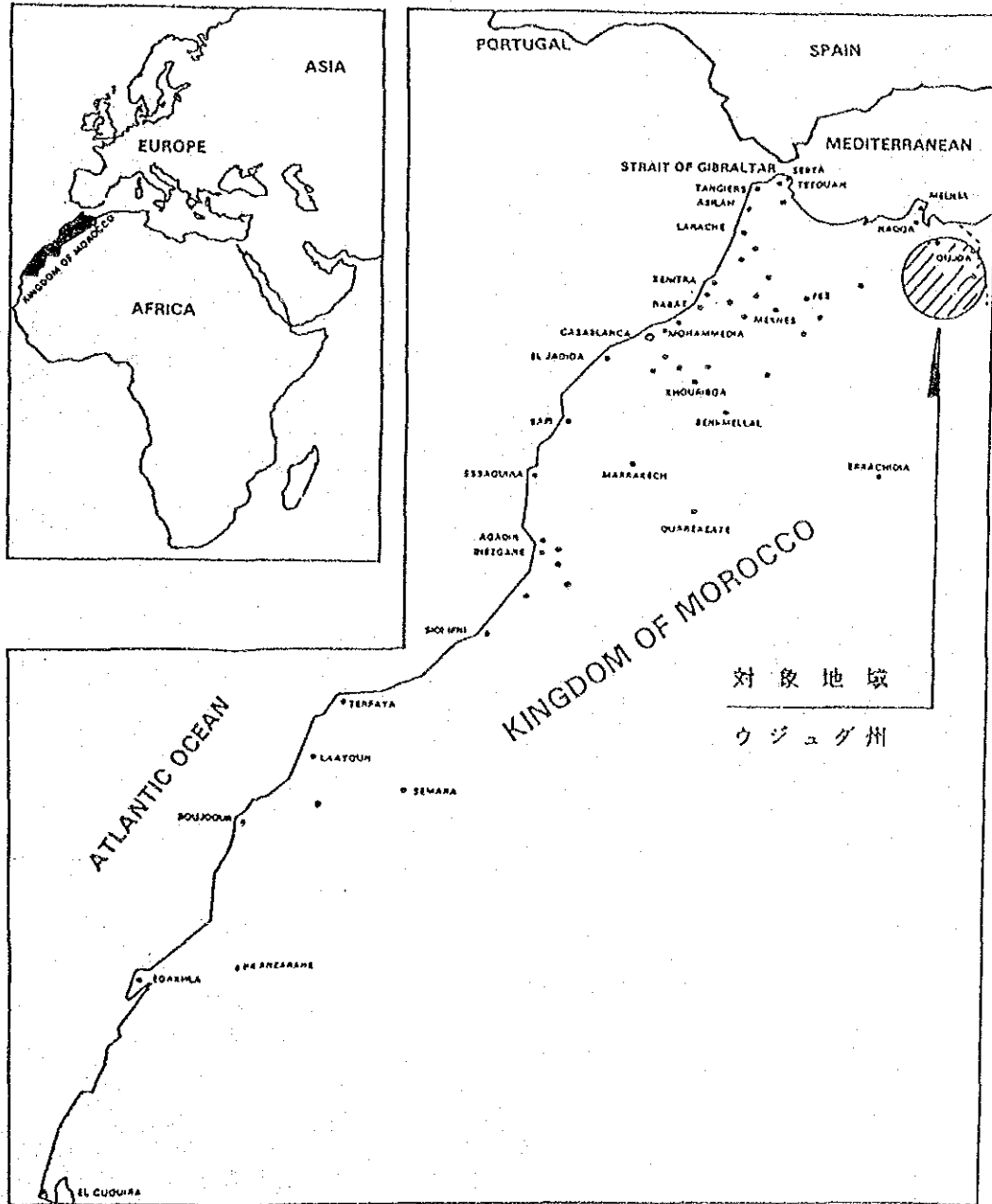
最後に、本調査の実施に際し、積極的なご支援とご協力を賜ったモロッコ王国政府、在モロッコ日本国大使館、外務省、農林水産省の関係者各位に対し、深甚なる謝意を表す次第である。

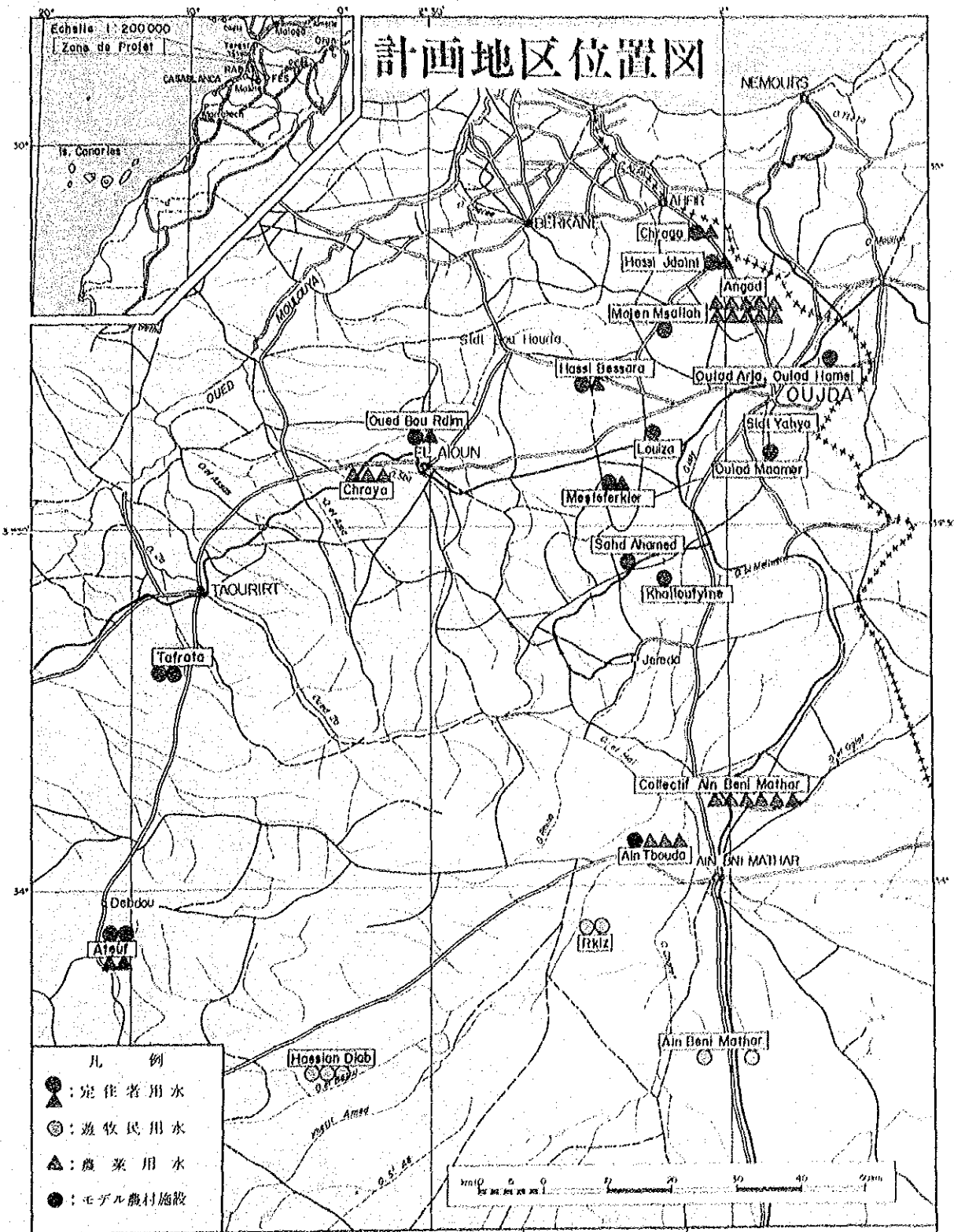
昭和61年9月

国際協力事業団

総 裁 石 田 圭 輔

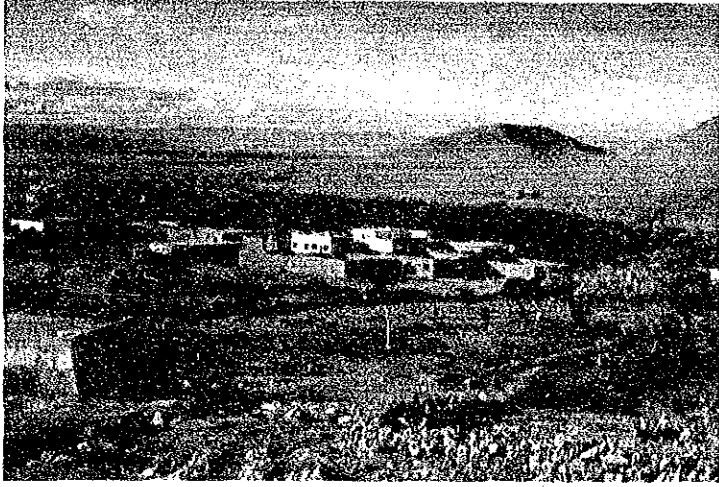
対象地域位置図





- 凡 例
- : 定住者用水
 - ◎ : 遊牧民用水
 - ▲ : 農業用水
 - : モデル農村施設

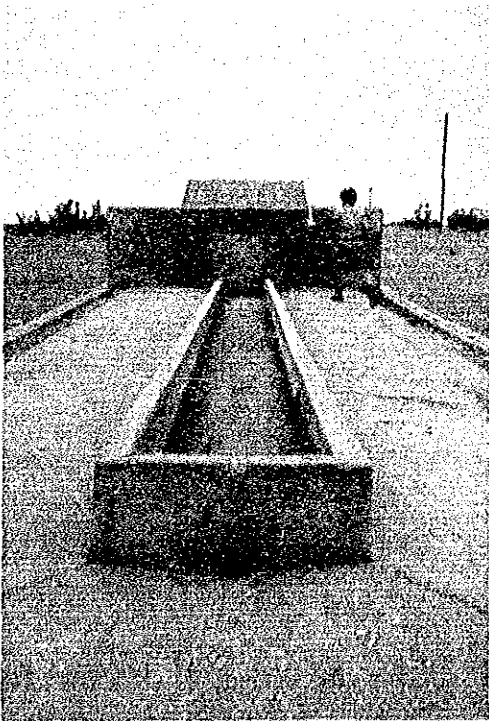
地下水 / 農村開発計画	一次、二次計画 (緊急) ○	三次、四次計画 △	被 益 現 像 (人口) (家畜数)
定住者用水 (家畜用水含む)	15ヶ所	7ヶ所	28840人 (50765頭)
遊牧民用水 (家畜用水含む)	7ヶ所		13776人 (118000頭)
農 業 用 水 (1,378 ha)		22ヶ所	3,100人
モデル農村施設 (65 ha)	1ヶ所		



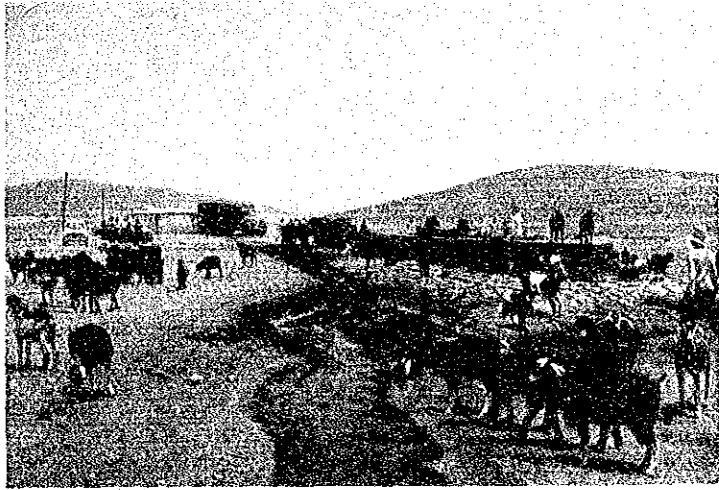
水源涸渇により給水中止井の
Mest eferkier 村
(人口約 3,000 人)



種を蒔いても早魃被害により
収穫のできない小麦畑
(Tafrata 平野)



早魃のため水源が涸渇し、放
棄された給水施設
(Tafrata 村)



適切な給水距離は最大 5 kmと
されているが、現状は 20 km
以上と厳しく、乏しい水場の周辺
から沙漠化が進行している。
(Tafrata 村)



泉の涸渇、浅層地下水位の低
下により、既存給水施設の多
くが使用不能となり、住民は
残った給水施設に集中してい
る。
(Tafrata 村)



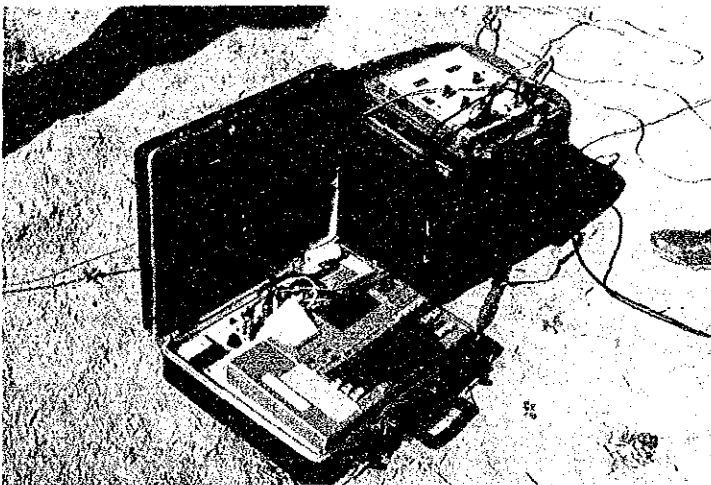
既存給水施設も老朽化が著し
い。
(Tafrata 村)



ジュラ紀の石灰岩層からの自然湧水。これを生活用水として利用している。
(Debdou 村)



深層地下水調査のための電気
探査測定器
可探深度 1,000 m Max



深層地下水調査のための地磁気
地電流測定器
(E L F - M T)
可探深度約 3 ~ 5 km Max

要約及び提言

要 約 及 び 提 言

01 調査概要

(1) 社会経済的背景

世界最大の燐鉱床を有するモロッコ王国は、豊かな農業生産、水産、牧畜等を併せた輸出により、1970年代まで順調な発展を遂げ、1980年の1人当たりのGDPは900米ドルを記録するに到った。しかし、1981年には30年来と言われる大旱魃が発生し、これが以来5年間継続した事から、農業生産が急速に減退、農村部を著しく疲弊させているが、これに燐鉱石の国際価格低迷が加わり、近年の1人当たりGDPは760米ドル前後(1983年)と急速に下落している。

このため、日本国政府は1981～83年にかけて鉱業、輸送力増強等に対する円借款による協力の手を差し伸べた。しかし、モロッコ王国の外貨事情は急速に悪化し、1983年以來対外債務返還の繰り延べを実施しているため、その後の日本からの協力は専門家、協力隊の派遣、単発的な水産無償等が継続されているのみであり、日本からの本格的な協力が強く望まれていた。

このような情勢のもとで、モロッコ王国政府は国家経済を建て直すには農業・農村の振興が肝要であるとの観点から、天候に左右され易い農業を水利施設整備により改善すること、ならびに疲弊した農村の活性化を計ることを最優先開発課題として、長期的な取り組みを開始すると共に、1985年1月、日本国政府に対し、モロッコ王国で最大の旱魃被害を受けたウジュダ州における地下水/農村開発計画の早急な実現について協力を要請した。

(2) 調査の経緯

この要請に基づき、日本国政府は国際協力事業団を通し、1985年7月、コンタクトミッション(団長:山口保身氏)を、同年12月、事前調査団(団長:相場瑞夫

氏)を同国に派遣し、フィジビリティ・スタディに関する実施調査協議書を取りまとめた。

上記実施調査協議書に基づき同事業団は1986年1月28日から3月25日までの約2ヶ月間、本格調査団をモロッコ王国に派遣し、フィジビリティ・スタディのための現地調査を行った。この現地調査期間中、同調査団はインセプションレポートならびに中間報告書を作成し、モロッコ側関係者と協議した上で4月1日から6月20日までの国内作業においてこれら協議結果を反映した本報告書を作成した。

(3) 計画の概要

この計画の概要は、早魃と急速な沙漠化により最も著しい被害にさらされているウジュダ州(東北地方のアルジェリア国境沿い)の牧畜農業地域22地区(約12万ha)を対象に200~300mの深井戸を52ヶ所建設し、涸渇した生活用水の機能回復ならびに牧畜用水と灌漑用水の開発を目標としている。本計画対象地域は農業と牧畜振興地域であることから、上記用水は定住農民、遊牧民、家畜の飲料水等の供給と天候に左右されない農産物の確保を目的としており、本件が実現されるならば、疲弊した農村の活性化に加え、牧草の再生産と水場の確保に伴う沙漠化の防止のためのモロッコ側の計画実現に対するモデルプロジェクトとしても高い事業効果が期待される。

さらに、生活水準面でも最も底辺にある遊牧農民の過去5ヶ年急速に減少した収入の回復、離農民の都市集中化、失業対策等、民生安定にとって大きな効果の期待される極めて高い緊急性を有する計画である。

0 2 計画の背景

2.1 国家の社会経済的背景

(1) 国情一般概況

モロッコ王国の政治経済体制は、王制のもとで穏健かつ、安定した政治情況にあり、行政機構も整備され、テクノクラートの下での行政処理能力が優れた自由経済体制を維持する国家である。

気候は比較的温和で、広大且つ肥沃な農・放牧地を有し、大西洋から地中海にかけての好漁場、世界最大の燐鉱床等の天然資源に恵まれている。

道路、通信、港湾等の産業インフラストラクチャーは比較的良く整備されており、国民は隣接するEC諸国との関係が強く、かつ勤勉である。識字率は年々向上し、1982年に35%に達している。

以上の点から、モロッコ王国は、着実に発展する素地を有していると言える。

(2) 社会経済

モロッコ王国は、その国土面積の約半分が山岳及び沙漠の不毛地帯であるが、国の北西部を中心として、約12% (約8百万ha) が耕地として利用されており、更に乾燥土漠地帯では牧畜が盛んで、この面積約21百万haを加えた農用地は全国の約42% (約29百万ha) に達する農業大国である。

総人口は2,042万人で、1971年から82年にいたる11年間の人口増加率は年平均2.6%であった。農村人口は約57%の1,169万人である。

一方、一人当たり国民総生産は1980年に900米ドルを記録したが、その後人口増、旱魃の影響等により、83年には760ドルと急速に減少している。

(3) 国際収支

輸入品目は最大のものが原油（約25%）、次いで小麦（6～10%）、一方、輸出品目は最大が磷鉱石・同加工品（約45%）、次いで農水産物（22～25%）となっており、農業振興の重要性を示している。

対外累積債務は1980年に74億ドルであったが、早魃に伴う農作物被害、磷鉱石の国際価格下落等により、1984年には124億ドルに急増した。このため1983年以来、債務のリスケジュールの合意を取りつけ、厳しい緊縮型予算を組み経済立て直し政策をとっている。

1986年は北西部が降雨に恵まれ、久し振りの豊作となったが、今後とも当分の間は債務の繰り延べを必要とし、経済立て直しの見通しは予断を許さない状況にある。

(4) 経済開発計画

1981年にスタートした第4次5ヶ年計画では、平均6.6%の成長率を目標に掲げたが、30年来と言われる早魃により、計画は初年度からつまづき、平均成長率は約2%に止まった。しかし、農業生産が対前年比42%増及び14%増を記録した1982年及び85年の成長率がそれぞれ、6.8%、4.8%を達成している事はこの国の経済にとって、農業が重要な位置を占めている事を示している。

0 3 計画地区の現況

3.1 計画地区

調査対象地域はウジュダ州の3郡 Oujda、Jerada、Taourirtであり、モロッコ王国政府はこの中から、計画地区として定住者用水14地区、遊牧民用水3地区、灌漑用水5地区計22地区を選定した。これらの各地区はウジュダ市街から車でアクセスが可能である。

調査の対象地域の人口は1982年センサスによると3郡合計で309千人、このうち農村人口は191千人(62%)である。22の計画地区における人口については45,000人と推定され、予定受益者の殆んどは、定住民の農民(牧畜を含む)と遊牧民(農業も営む)である。

3.2 自然条件

対象地域はウジュダ市を中心とする標高450mの盆地、Ain Beni Mathar市を中心とする標高950mの高原、及びこれらの地域の境を東西に走る標高約1,500mの山脈からなる地形変化に富んだ地域である。

主な気象資料は以下のとおりである。

	Oujda (Angad)	Ain Beni Mathar
月平均最高気温	24.6℃	26.2℃
“ 最低 ”	9.6℃	5.4℃
年平均降水量	333 mm	200 mm
同 (1981~84平均)	199 mm	124 mm

過去4年間の降雨はそれ以前の年平均の6割に激減しており、著しい旱魃を物語っている。

3.3 水文地質現況

(1) 水源

対象地域には第四紀の河床堆積物や玄武岩質熔岩類を帯水層とする不圧地下水とジュラ紀の石灰岩類を帯水層とする被圧地下水という2つの性格の異なった地下水が存在している。

不圧地下水は、一般に深さ30m未満の手掘井戸により、あるいは、山脈の麓に存在する自然湧水の形で古くから住民に利用されてきており、その普及度も高い

(私設の手掘井戸はウジュダ州全体で2,000箇所を越えると推定されている)。一方、被圧地下水は、一般に深さ200~350mの深井戸を掘る必要があるため、主として設備省、農業省、水道公社などが主体となって開発を行なってきた。ウジュダ市南東部の山麓部及び対象地域南部のAin Beni Mathar市一帯で利用されてきた。

ところが、近年、特に1960年代以降、ポンプ揚水による水利用が普及し、大量の地下水汲み上げが行なわれるようになってきたため、1970年代の初頭から次第に地下水位が低下しはじめ、自然湧水地帯の地下水湧出量も減少する傾向がみられるようになった。

このような状況に加えて、1981年以降続いている大旱魃に見舞われ、不圧地下水を利用している浅井戸の中には年間1mを越す水位低下のため、空井戸になるものが現れるとともに、山麓地帯の自然湧水が涸渇し、地域住民の生活に大きな影響を与えている。

(2) 地下水位変動

ウジュダ州では、1968年以来今日まで、Sidi Bou Houria、Oulad Arja、Oulad Hamel、Sidi Yahya-Jebel Hamra、Ain Beni Mathar等の各地区における特定の井戸を対象に地下水位の観測を行なってきた。その資料に基づいて解析を行なった結果、不圧地下水の水位変動様式には、一般に3つの特徴的な周期があることがわか

った。第1番目の変動様式は、約7年を周期とする長期変動であり、変動量が約7mに達する地区 (Sidi Bou Houria)もある。また、この長期変動は降雨量の増減に対して約1年半～2年半程度の時間遅れをもって対応しているので、現在の早魃状態が終わったとしても既に低下してしまっている浅井戸の水位は約1年半～2年後でなければ元の水位レベルまで回復しないことが推定される。

第2番目の変動様式は、12ヶ月(1年)を周期とする中期変動であり、雨の比較的多いシーズンと乾期とを反映した年変化を表わしている。変動量は約2m前後であり、降雨に対して約1～3ヶ月程度の時間的遅れをもって変化している。

第3番目の変動様式は、降雨に即対応して変化する短期変動であるが、規則性は、上記の2様式に比べて不明瞭である。変動量は約1m未満である。

各地区別に水位変動を解析した結果、Sidi Bou Houria 地区及びSidi Yahya-Jebel Hamra 地区において、ポンプによる過剰揚水が原因とみられる異常な水位低下が生じていることがわかった。Sidi Yahya-Jebel Hamra地区は主としてウジュダ市の上水道に給水するための重要な水源(深井戸)が設置されているところであり、これ以上の水位低下は既存施設の改修のみならず、揚水量の低下も避けられぬ事態を引き起こすことが明らかであるので、両地区において灌漑を目的とするような大規模な新規地下水開発は行なうべきでないとの結論に到った。

ウジュダ市の北部に位置する Oulad Arja、Oulad Hamel の地区は目立った水位低下は生じておらず限定された小規模の揚水であれば問題はない。Angad 地区では、1975年以来ほぼ一定の割合(約0.7m/年)で水位が低下しており、1975年の水位レベルより約7m下がっている(現在水位約33m)。このまま水位低下が続くようであれば、手掘りの浅井戸では揚水不可能となる場所も出てくる恐れがあるので、今後の監視がきわめて重要である。

Ain Beni Mathar 地区では、自噴井戸の水圧が下がり、噴出量も年々低下している傾向はあるが、観測井における水位低下は、現在のところ収まっている。しかしながら、近い将来、自噴井戸からの自然湧出が完全に止まることが予想されるので、

地下水位の監視を注意深く続ける一方で、ポンプ揚水への切り換えのための対策を今のうちから講じておくことが必要である。

(3) 地下水涵養量

水収支、地下水涵養量等の算定には系統的に確立された観測網の下で長期に亘って蓄積された観測データが不可欠であるが、一般にこのようなデータが整備されている地域は少ない。本地域においても同様であり、気象データ、水文地質データ、揚水量データのいずれについても十分な観測データが得られていない。そこで、いくつかの仮定ないし推定値を設けながら、本地域の水収支の大略を検討した結果、降雨による直接的な地下水涵養量は Oujda盆地では降雨量の7%~13.5% (24~48 mm/年、 $69\sim 138 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$)、Hauts Plateaux地域では2.2% (4.5mm/年、 $81 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$)と見積もられた。

3.4 農村の現況

モロッコ王国政府の要請にある地下水開発の用途に基づき、対象地域の定住者用水、遊牧民用水、農業用水について述べる。

(1) 定住者用水

用途は定住型牧畜農民の生活用水と家畜飲料水であり、従来水源としていた浅井戸及び自然湧泉の涸渇により、この機能回復が緊急の課題である。

対象となる地区は14地区であり、被益農民は約28,840人、家畜数は50,765頭である。

(2) 遊牧民用水

用途は遊牧民の生活用水と家畜飲料水である。水場と共に牧草の量が急速に減少しており、沙漠化が進んでいる。適切な水場の配置と牧草地の管理が緊急の課題となっている。対象となる地区は3地区であり、被益遊牧民は13,776人、家畜は118,000頭である。

(3) 農業用水

モロッコ王国政府の要請は5地区1,800ha（本調査結果では1,878ha）の地下水開発による灌漑を計画していた。しかし、現地調査の結果、ウジュダ市近郊からSidi Yahya地区500haは既に都市計画地域に指定され、農地の改廃が著しく進んでいる事が明らかとなった。更に、地下水解析の結果、この地域の地下水は過剰揚水による急速な地下水位低下を来している事が明らかとなったため、将来のウジュダ市上水道水源への影響を考慮して計画から除外した。この結果、4地区の合計面積は1,378haとなった。

これらの地区の土壌は一般に石礫に富む、シルトクレイないしはシルトであり、部分的には砂質土も含まれている。土層は40cm以上ある弱～中塩基性の土壌で、一般的な作物栽培に支障はない。傾斜は1/100以上の土地も一部にあるが、大部分は1/500以内で耕作の支障はない。

全面積1,378ha中、既存の栽培面積は470haのみである。そのうち450haは既存の灌漑施設を有するAngad地区にある。

以上述べた計画地区22地区の現況を調査結果にもとづいてまとめると、下表のとおりである。

定 住 者 用 水

郡・村名	地 区 名	人口、家畜数		水源状況 (送水)
Oujda				
Sidi Yahya	Oulad Arja } Oulad Hamel }	3,550人	2,520頭	浅井戸 涸渴 (なし)
Naima	Oulad Maamer	690	310	" " (なし)
	Louisa	360	340	泉 " (管路)
Mesteferki	Mesteferki	3,080	1,240	" " (")
Beni Drar	Hassi Jdaini	1,478	11,600	浅井戸 " (")
	Chraga	2,768	9,325	" " (")
Ain Sfa	Majen Msallah	1,818	—	泉 " (")
	M. Hassi Bessara	3,032	5,110	浅井戸 " (")
Jerada				
El Aouinat	Khalloufyine	1,230	3,320	泉 " (")
	sahb Ahmed	391	7,000	" " (")
Taourirt				
M. Hommadi	Oued Bou Rdim	2,396	—	浅井戸 " (")
Gouttitir	Tafrata	1,727	10,000	泉 " (")
El Ateuf	El Ateuf	6,320	—	" " (")
小 計		28,840	50,765	—————

遊 牧 民 用 水

郡・村名	地 区 名	人口、家畜数		既存水源 (ℓ/s)
Jerada				
Merija	Rkiz	2,720人	19,000 頭	深井戸 1ヶ所 (3.0)
	Hassian Diab	4,295	30,000	なし
A. B. Mathar	A. B. Mathar	6,751	69,000	深井戸 3ヶ所 (20.0)
小 計		13,776	118,000	—————

農 業 用 水

郡・村名	地区名	面 積 (ha)		既存灌漑施設 (ℓ / s)
		(Gross)	(Net)	
Oujda Sidi Yahya	Angad	505	400	浅井戸約20ヶ所(200ℓ/s) 深井戸 1ヶ所(80ℓ/s)
	Sidi Yahya	500	—	
Jerada A. B. Mathar	Ain Tbouda (モデル)	270 (80)	215 * (65)	浅井戸4ヶ所涸渇 (なし)
	Collectif A. B. Mathar	545	435	なし
Taourirt El Aioun	Chrayaa	58	46 **	なし
小	計	1.878	1.096	—————

* Ain Tboudaにモデル農村を設定する。

** 地下水賦存量の制約から、最終的な灌漑面積は20haとなった。

04 開発計画の基本構想

過去 5ヶ年間続いた長期早魃に伴う、ウジュダ州 3郡の農村部の疲弊は、現地調査の結果、当初の予想を超える極めて深刻な状況にあることが明らかとなった。特にこの地域の主たる生活基盤は、表流水と浅層地下水に頼って従来営まれていた牧畜と農業であり、早魃による水源の涸渇に伴い、農村住民はその生活基盤を急速に縮小或いは失わざるを得ない実情に到っている。

今回、対象とされる 22地区は、全国で最も早魃による影響が多であった州のひとつであるウジュダ州において選定された地区である。従って、これらの地域において安定した水源を確保し、疲弊した農村の機能回復を計る事はウジュダ州の農村部の活性化を目指す上で緊急且つ不可欠と判断される。

このためモロッコ王国政府は設備省が中心となり、地下水調査を行ない、安定した地下水の発掘に努めて来た。しかし、国の直面する困難な経済情勢に加え、対象地域の地下水源は深く、開発には多大な費用が必要であり、これらが開発に対する大きな阻害要因となっている。

このような情勢のもとで、ウジュダ州における限られた地下水資源を活用して、緊急性の高い定住者用水、遊牧民用水、農業用水を主構成要素とする農村開発計画を策定することは、第 4次 5ヶ年計画におけるセクター別最優先開発目標に合致すると共に、対象地域に類似する気象・土地条件下の周辺地域に対するモデル事業として大きな波及効果を期待することができる。

なお、対象地域における将来の農村開発についても、上記 3用途を主構成要素とする地下水開発が主体となるものと予想される。従って本件計画により、深井戸が開発されるならば、これら深井戸によって得られるデータが、この地域の将来の地下水解析に対し、貴重な情報を与えることになろう。

以下、この逼迫する水需要を中心として疲弊した農村部の開発に緊急必要な対応策に関する基本的な構想を以下に述べる。

(1) 定住者用水（家畜用水を含む）

モロッコ王国における農村部の生活用水は、一般に水運びによる給水が主体であり、家族の中で就学年令に達していない幼児を含む子供達が主にこの作業に従事している。早魃被害の著しいウジュダ州では、この水運搬距離が10kmに達することもあり、子供達から教育の機会を奪い、低い識字率（35%）の一因ともなっていると考えられる。更に近年の早魃により多くの浅井戸が涸渇した事から、農村部の衛生、生活水準等は急速に悪化した。このため安定した水源による生活飲料水の確保の早急な実現が望まれる。本件では対象14ヶ村に対し、22ヶ所の深井戸が必要であるが、このうち15ヶ所の緊急度が高い。上記22ヶ所とはモロッコ王国における計画基準年（2002年）の必要水量を満足させ得る必要井戸数であり、一方このうち6ヶ村では井戸1ヶ所当たりの揚水可能量に限界があることから、これらの地区においては最低限、現在必要水量は大略満足させる事を条件として決定した井戸数は15ヶ所となる。

なお大部分の地区の必要水量は、家畜飲料水を含んでいる。早魃により、この地域の農耕用荷役家畜数は、1982年から84年の3年間で54%に激減した。畜力に頼る農耕が大部分である当地域における役畜の減少は、早魃が終了しても農業生産の回復が遅れる事を意味しており、この家畜の飲料水の手当ても緊急を要する。

(2) 遊牧民用水（家畜用水を含む）

近年、降雨量の減少等により、対象地域では沙漠化が急速に進行して来た。更に、過去5年間続いた早魃により、家畜の頭数が59%に激減し、遊牧民の生活は深刻である。

このため、家畜の水飲場を適切に設置し、水場を中心とした牧草地域管理の実現が緊急な課題となっている。この目的達成には、少なくとも7ヶ所の深井戸建設が必要であり、開発優先度は上記定住者用水地区同様に高い。その理由は牧畜用水と共に遊牧民の生活用水も含んでいるので、本計画の推進は遊牧民の定着化にも貢献することが期待されているからである。

(3) 農業用水

対象地区は、天水に頼る不安定な農業が大部分であることから旱魃により農民が受けた被害は甚大である。特に1983/84収穫年における収穫面積は作付面積のわずか3.3%に過ぎず、このような情勢の下での離農と人口の都市集中は大きな社会問題となっている。

このため、本計画ではSidi Yahyaを除く4地区 1,378haを選定し、井戸灌漑による穀類、野菜、牧草等の増収を目指している。このために必要な井戸数は23ヶ所である。

(4) モデル農村の建設

高い生産性を有する農場を生産基盤とし、健全な生産環境を整備し、定住化促進のモデルたり得る農村の形成に資するため、上記4ヶ所の農業用水地区の中から1地区を選定し、そこに約65ha程度のモデル農場を建設する。地区選定に当たってモロッコ王国政府農業省は旱魃による離農が最も著しい Ain Tbounda を選定し、ここにおいて生産力増強ならびに婦農を目指すモデルプランの策定を強く要請している。本地区は共同入会地であることから、用地取得上の問題もない。更に入会地の耕作権を有する農民は計画推進への陳情書を関係当局へ提出したこともあり、これら農民の耕作意欲も極めて高い。

本計画では、ここに灌漑施設、牧畜用水、農村生活用水施設を設置すると共に、灌漑方式としては在来工法であるベイスン灌漑と節水型灌漑であるスプリンクラー方式を一部導入し、テンシオメーターを設置して節水効果を測定する等、対象地区内における今後の地下水/農村開発計画の一モデルとしての事業効果が期待される。

05 地下水開発計画

(1) 水源開発

ウジュダ州では、不圧地下水を利用している水源の多くが、最近の連続的な早魃の影響をまともに受けて現在使用不能もしくは、水量減の状態に陥っている。特に山麓部に自然湧出していた泉や、深度20m未滿の浅井戸は涸渇したものが多い。

従って、豊水期には、従来の浅井戸を最大限に活用すると共に、上記のような事態を再び生ずることのない様、本件の水源計画策定にあたっては、伝統的な手掘井戸のみに頼る地区の解消と安定的な地下水の供給を第一と考えた。

対象地区内の既設水源の取水能力を回復するためには、手掘井戸の場合、現在よりも10m以上深く増掘を行ない、より深部の帯水層からの取水を行なう必要がある。現地の既存手掘井戸は20mから最大40m位までの深さで、浅いものについては増掘が可能であるが、従来、人力で掘削することから、深い井戸の増掘については自から制限がある。また、早魃という気象変動の影響を直接的に受けることの少ないより安定的な水源を確保するという観点からは、被圧地下水を利用する深井戸の新設が必要であると考えられる。

従って、本計画では、原則として、深井戸を新設することを前提として、全体計画を立てることとした。しかし、現在でも十分な水量が得られている地区での不圧地下水の開発とその最大限の利用をはかることはもちろんである。

(2) 開発可能量

次頁の表は、各計画地点の周辺に現存する深井戸の揚水量、深度及び水文地質状況等を参考として推定された井戸1ヶ所当りの揚水可能量を示したものである。表中で(*)印を付した2地区については、その周辺に参考とすべき深井戸が存在しないことと、水文地質上、裂隙水が対象となること等から、開発水量の予測が立て難いことを示している。

開 発 可 能 量

(1) 定住者用水

郡名	村名	地区名	可能揚水量 (ℓ/s)	井戸深度 (m)	地下水位 (m)
Oujda	Sidi Yahya	Oulad Arja	10~20	200~250	100~120
		Oulad Hamel	10~20	200~250	100~120
	Naïma	Oulad Haamel	5	200~250	30~60
		Louiza	5	200~250	30~60
	Mesteferki	Misteferki	5	200~250	100~120
	Beni Drar	Hassi Jdaine	5	200~250	30~50
		Chraga	5	200~250	30~50
	Ain Sfa	Hajen Msallah	5	150~200	130
		Mojen Hassi Bessara	5	150~200	130
Jerada	El Aouinat	Khalloufyine	2~5*	150~200	80
		Sahb Ahmed	2~5*	150~200	80
Taourirt	MéhraâHommadi	Oued Bou Rdim	5	250~300	50
		Gouttitir	5	150~200	50
		El Ateuf	3~5	200~350	100~150
Total		14 Cercles et Douars	2~20	150~350	30~150

(2) 遊牧民用水

郡名	村名	地区名	可能揚水量 (ℓ/s)	井戸深度 (m)	地下水位 (m)
Jerada	Mérija	Rkiz	5~10	350~400	100~150
		Hassian Diab	5	350~400	100~150
	Aïn Beni Mathar	Aïn Beni Mathar	5~10	300~350	50~100
Total		3 périmètres pastoraux	5~10	300~400	50~150

(3) 農業用水

郡名	村名	地区名	可能揚水量 (ℓ/s)	井戸深度 (m)	地下水位 (m)
Oujda	Sidi Yahya	Angad	10~20	200~250	80~120
Jerada	Aïn Beni Mathar	Aïn Tbouda	50~80	300~350	50~100
		Collectif Aïn Beni Mathar	50~80	300~350	30~90
Taourirt	Elioun	Chrayaâ	5	250~300	50~100
Total		5 périmètres	5~80	200~350	30~120

Sidi Bou Houria 地区の不圧地下水及び Sidi Yahya 地区の被圧地下水は、既に述べた通り、既存の井戸によって過剰揚水されている傾向がうかがえるので、これ以上の大規模な新規開発、特に灌漑を目的とするような大量揚水は差控えるべきである。

Angad 地区においては、現在20ヶ所に浅井戸が設置され、不圧地下水を揚水している。毎年約 0.7m の水位低下がみられるが、旱魃の影響が加わっていることを考慮すれば、井戸1ヶ所当たり10ℓ/秒程度の現在の水準は、10m 程度の井戸の掘下げとポンプ能力の増強によって維持できるものと考えられる。従って、計画されている400ha の灌漑を行なうためには、浅井戸でカバーできない100ℓ/秒の水量を深井戸10本によってまかなう必要がある。

Chrayaa 地区は小規模な不圧地下水盆地に位置しており、集水域の中でも最上流に当たるので、浅井戸によっては十分な水が得られないと考えられる。従って、被圧地下水を対象とする深井戸によって対応せざるを得ないが、井戸相互の干渉を考慮するとこの地区では井戸3ヶ所（5ℓ/ヶ所）程度が限界であろうと思われる。

06 地下水／農村開発緊急計画

(1) 緊急に必要な施設

前項で述べた基本構想に基づき、計画に必要なとなる深井戸及び農村施設を整理すると以下のとおりである。

用 途	要 請	全体計画	緊急計画
定住者用水 (家畜用水含む)	14	22	15
遊牧民用水 (家畜用水含む)	4	7	7
農業用水 (1,378ha)	30	22	—
モデル農村用水 (65ha)	0	1	1
計	48	52	23

ここで緊急計画は、定住者と遊牧民の生活用水ならびに家畜の飲料水に対し、緊急に手当ての必要な地区を最優先とし、併せて将来の農村開発計画を推進するためにモデル計画地区1ヶ所を建設することとした。なお、計画に必要な施設は以下のとおりである。但し、既存施設で利用可能な施設は今後とも利用することとし、下表から除いてある。

必 要 施 設	定住者用水	遊牧民用水	モデル農村用水	計
深井戸	15	7	1	23
ポンプ建屋	15	7	1	23
貯水タンク	10	7	1	18
共同水栓、家畜用水槽	11	9	1	21

(2) 井戸掘削機械

国の大部分が半乾燥土漠地域であるモロッコ王国において、農村開発を推進するためには地下水開発が不可欠である。しかしモロッコ王国における井戸建設は全て業者の請け負い方式であり、業者の数が限られていることによる寡占と、機械の台数・性能上の制限等が大きな阻害要因となっており、特に深井戸開発は困難な要素が多い。因に、現地での深井戸掘削のメートル当たりの単価は、約20万円であり、日本における同種の掘削単価の2倍に近い単価となっている。

土漠地帯の多くは、その有望な帯水層が地下100～500mに賦存しているが、モロッコ王国にはこのクラスの掘削機がなく、この種の機械を設備省が保有して、安価な井戸開発を実現する事は長年の希望であった。

このため、本計画では掘削能力約500mの井戸掘り機械の供与に対する強い希望があり、これを利用して本件の井戸建設を行ないつつ、現地設備省職員の訓練を行なう事を目指している。

なお、100m以内の掘削能力の機械については、ユニセフ（UNICEF）からの供与が検討されている。本件計画では、工事の施工期間、故障、更にモロッコ王国では初めての機械である事等を総合的に勘案し、機械は最低複数台が好ましい事などから、必要台数を2台とした。また、パーツの互換性を考慮して、これら2台は同一仕様とする。

07 事業実施計画

7.1 事業実施計画案

F/S調査の結果は以下のとおりである。

規 模	概算事業費 (億円)	工 程 (月)
全体計画用水施設52ヶ所 (モデル農村 1ヶ所含む)	34	46
うち、 緊急23ヶ所 (" ")	17	22

本計画に必要な深井戸掘削機は、その製作に約5ヶ月を必要とする。更に海上輸送、通関、内陸輸送を加えると発注後、現地で井戸掘削を開始するには約8ヶ月を要する。その後、緊急に必要とされる定住者用水および遊牧民用水(いずれも家畜用水を含む)を22ヶ所及びモデル農村施設に必要な井戸、給水施設、灌漑施設(約65ha)1ヶ所を建設するに必要となる期間は約12ヶ月である。

緊急23ヶ所及び全体52ヶ所の農村用水施設建設に必要な工程は後述6.3事業の実施工程に示すとおりである

7.2 施設・機械の運営管理体制

モロッコ王国における官庁組織は行政改革等、困難な国家経済の影響を受けつつも、十分に整備されている。

本計画の運営管理については、主として、農業省農村整備局が中心となり、プロジェクト全体の責任及び調整の任にあたる。井戸開発及び水利施設の整備実施は、設備省水利局

及びムールヤ河水系開発地方公社が管轄することになっている。

また、設備の拡充とその管理は、農業省、設備省の支局及び内務省、ウジュダ州事務所がそれぞれ責任分担して行なうが、各官庁の援助の下に受益住民の積極的な参画も計られている。

08 事業評価

8.1 生活用水及び家畜用水

旱魃による疲弊した対象地域の農村の活性化を目指す上で、用水施設の整備は最も緊急な社会インフラのひとつであり、本計画が実現するならば、次のような事業効果が期待される。

(1) 生活水準及び衛生面での地域間格差の是正は健全な農村社会の発展と民生の安定面から緊急・不可欠であり、速やかに用水施設を整備し、住み易い農村環境を整える事は、ウジュダ州における人口の都市への集中を防ぐ点からも大きな効果が期待できる。

(2) 従来、生活用水の給水作業は多くを就学年齢にある幼少年が担ってきており、水源の涸渇に伴う運搬距離の増加は、これら幼少年から教育機会を減少させる要因となっている。

用水施設の整備による運搬距離の減少は将来の農村開発における担い手の育成にとって極めて重要と判断される。

(3) 家畜飲料水の整備は、牧畜による住民の生活維持ならびに家畜に頼る農耕畜力の確保の面から不可欠であり、緊急な対応策が望まれる。

一方、対象地域の南部は近年降雨量の減少等により沙漠化が急速に進んでいる。適切な家畜飲料水の水場の配置は、これに連動した強力な牧草地管理の実現を可能にする唯一の手段として大きな期待が寄せられている。

(4) 対象地域の農村の大部分は遊牧民と散居型式の農村であり、電気、道路等の公共

施設整備の遅れの原因となっている。用水施設を整備し、水場を中心とした遊牧民の定住化と集居型の農村づくりを実現するならば、公共施設への投資は効率的なものとなり、将来の農村生活環境の整備が大きく加速される事が期待される。

- (5) ウジュグ州の農村開発にとって地下水の開発は不可欠と言える。この開発が遅れている原因に有望な帯水層が深い事とこの井戸掘削に必要な機械、資金、技術の不足が挙げられる。

従って早急な掘削機械の確保と、地下水及び観測器材の充実が必要であり、これが実現すれば、この地域の有限な地下水の適切な開発による農村の活性化に大きく貢献する事が期待される。

8.2 農業用水

1986年の春は、モロッコの穀倉地帯の多くで降雨に恵まれた。しかし、ウジュダ州は降雨が乏しく、厳しい旱魃は6年目に入っている。このため、灌漑施設を整備し、安定した農家収入を実現する事は地域の雇用機会の増大、拡大し続ける地域間格差の是正、疲弊した農村部の活性化等の面で多大な効果が期待される。

本地域は、アルジェリアとの国境にも接しており、民生の安定上、事業の実現は重要な意味を有している。特に、Ain Tbouda (150ha、ただしモデル農村地区65haを除く)、Collectif Ain Beni Mathar (435ha)、Angad(400ha)の3地区、計985haについては国家経済及び農家経済の両面で健全であり、地下水の賦存量からも無理のない計画である。

このため、本計画ではAin Tboudaに65haの灌漑農場及び農民生活用水、家畜用水の各施設から成るモデル農村の計画を策定した。この計画は緊急計画と位置づけたが、生産効果、節水農業等の面から、地域の地下水農村開発を推進するためのモデルとしての効果が期待される。

なお、Chyrayaaについては地下水可能量がほぼ限界に達していることから、経済的には不利な結論となった。

- (1) 対象地域での地下水は、あくまでも有限の資源であり、その監視と今後の保全対策を考えておくことが絶対に必要である。

農業省、設備省共に、地下水位の監視には従来から力を入れており、Oujda 盆地内には多くの観測井が設置されている。しかし、Taourirt, Tafrata, El Ateuf, Chrayaa, Hassian Diab 等、対象地域内のほとんどの地区においては観測井がなく、揚水管理を的確に行うことができない状況にある。今後の地下水開発にとってこれらの地区での観測井の整備が是非とも必要と考えられる。

地下水保全及び効果的な地下水開発をはかるという観点からも、地道に地下水位のモニタリングを継続してゆくことが重要である。

- (2) 新規の井戸の掘削に関しては、実質的に野放しの状態であり、掘削場所、揚水量、掘削深度等に関する規制あるいは既設井戸所有者の井戸使用状況についての報告義務等は定められていないのが現状である。従ってこれらの規則について、現在、不完全な井戸台帳の整備と合わせて十分な検討を行うことが必要と考えられる。

- (3) 地下水開発、地下水管理を行う上で不可欠である気象観測網が対象地域においては、未整備である。特に、Ain Beni Mathar 北部及び南部, Tafrata, El Ateuf の4地点は、気象観測上の要所にありながら、十分な施設を有しておらず、早急に整備することが望まれる。

- (4) 過剰揚水が行われている恐れのある Sidi Yahya, Oulad Maamer 及び Sidi Bou Houriaの各地区では、地下水位の監視を強化すると共に、大規模な開発は差し控えることが望ましい。

(5) これまでに地下水開発があまり行なわれていなかった地区、特に El Ateuf 等の地区では、詳細な水文データが得られていないので、開発に先立って試験井の掘削を行なう等の予備調査を行なうことが望ましい。

(6) 対象地域の地下水資源は、不圧地下水については、ほぼ 7年周期で少雨年時に低下した地下水位が、多雨年時に回復できる状態が見受けられ、循環可能な地下水資源として今後とも貴重な水資源として利用されるべきであると考えられる。

一方、被圧地下水は、漏水涵養の程度が著しく弱く、涸渇の傾向がみうけられるので、地下水採取量の増加に伴って地下水位（頭）の低下は進行すると考えられる。従って、被圧地下水の開発に当たっては、各地域において地下水を汲み上げることによって生ずる経済的利益と地下水位の低下によって蒙る社会的・経済的不利益を比較しつつ、地域全体の採取量を決めていく必要がある。

このため、本計画は当面、地下水汲み上げによる利益が相当大きいと考えられることから、本計画中及び完了後に現われるであろう地下水位低下の状態をよく観察し、再検討を行なうことを前提として計画を推進する必要がある。

目 次

第1章 プロジェクトの概要	1
1.1 経緯	1
1.2 調査の目的	2
1.3 調査対象地域	2
1.4 調査の範囲	2
1.5 モロッコ王国政府の要請内容	3
1.6 調査の工程	3
第2章 計画の背景	4
2.1 国家の社会経済的背景	4
2.1.1 国情一般概況	4
2.1.2 社会経済	5
2.1.3 国際収支	5
2.1.4 経済開発計画	6
2.2 農業及び農村の概要	7
2.2.1 農業生産	7
2.2.2 食糧需給	8
2.2.3 牧畜業	9
2.2.4 土地利用等	9
2.2.5 水資源利用量	10
2.2.6 国家灌漑計画	11
2.2.7 農村開発計画	12
2.2.8 農業助成制度	13

2.3	ウジュダ州の概況	15
2.3.1	行政区分及び社会・経済	15
2.3.2	農業概況	16
第3章	計画地区の現況	19
3.1	計画地区	19
3.2	自然条件	20
3.2.1	地形	20
3.2.2	気象・水文	20
3.2.3	土壌	27
3.3	水文地質現況	28
3.3.1	水文地質	28
3.3.2	水源現況	42
3.3.3	地下水位変動	45
3.3.4	水収支	59
3.3.5	電気探査による地質構造解析	66
3.4	農業の現況	80
3.5	用水現況	83
3.5.1	定住者用水	83
3.5.2	遊牧民用水	87
3.5.3	農業用水	89
第4章	開発計画	99
4.1	地下水/農村開発計画	99
4.1.1	計画の必要性	99
4.1.2	開発計画コンポーネント	100
4.1.3	モデル地区の選定	100

4.2	地下水開発計画	102
4.2.1	水源計画	102
4.2.2	開発可能量	102
4.2.3	地下水資源の保全	104
4.2.4	地下水位低下量	106
4.3	農業開発計画	112
4.3.1	作付計画	112
4.3.2	栽培計画	116
4.3.3	農業資材計画	118
4.3.4	労働需給計画	120
4.3.5	農業機械化計画	121
4.3.6	農業生産計画	122
4.3.7	家畜生産計画	125
4.3.8	農業支援計画	128
4.3.9	モデル計画	128
4.4	用水計画	132
4.4.1	定住者用水計画	132
4.4.2	遊牧民用水計画	134
4.4.3	農業用水計画	138
4.5	必要井戸数と開発優先順位	152
4.5.1	必要井戸数の検討	152
4.5.2	開発優先順位の決定基準	154
4.5.3	開発優先順位の決定	156

第5章 施設計画	157
5.1 井戸施設計画	157
5.1.1 深井戸	157
5.1.2 揚水ポンプ	160
5.2 定住者用水施設計画	161
5.2.1 定住者用水施設設計の基本事項	161
5.2.2 配水槽	167
5.2.3 水栓及びアプロバー	167
5.3 遊牧民用水施設計画	168
5.3.1 遊牧民用水供給の方法	168
5.3.2 施設計画	169
5.4 灌漑排水施設計画	177
5.4.1 区画計画	177
5.4.2 灌漑用水路	179
5.4.3 道路	181
5.4.4 フェームポンド	181
5.4.5 排水施設	181
5.4.6 灌漑排水施設諸元	182
5.5 モデル農村開発計画	183
5.5.1 施設内容及び規模	183
5.5.2 モデル農村施設の配置	183
5.5.3 農場施設計画	185
5.5.4 住民区域施設計画	188
5.5.5 牧畜区域施設計画	189
5.5.6 水源及び送排水施設	190
5.5.7 圃場整備	193

5.6	資機材計画	195
5.7	事業費	197
5.7.1	概要	197
5.7.2	事業費	198
第6章	事業実施計画	199
6.1	事業実施体制	199
6.2	工事範囲	199
6.3	事業の実施工程	200
6.4	維持管理体制	202
6.4.1	施設の維持管理体制	202
6.4.2	資機材の維持管理体制	203
6.4.3	維持管理費	204
第7章	事業評価	207
7.1	事業の便益	207
7.1.1	便益の評価基準	207
7.1.2	農業用水整備による便益	207
7.2	事業の経済性	209
7.2.1	灌漑事業の経済的コスト	209
7.2.2	経済分析	210
7.3	事業の財務評価	211
7.3.1	財務分析の考え方	211
7.3.2	標準農家経済	212

7.4 事業評価	212
7.4.1 定住者・遊牧民用水の供給	212
7.4.2 灌漑事業の効果	214

図 面 集

巻末

A N N E X E

別冊

第 1 章 プロジェクトの概要

第1章 プロジェクトの概要

1.1 経緯

農業生産が国の重要な位置を占めるモロッコ王国では、1981年以来5年間に亘る厳しい旱魃が、国家経済ならびに農村地域に深刻な影響を与えた。特に同国東部のウジュダ州は、農業、畜産の振興地域として位置づけられているが、旱魃の影響による被害が著しく、天水、地下水に依存している農村部では、農村生活用水の供給も困難となり、農村の疲弊が極めて深刻な問題となっている。

このような背景から、1985年1月、モロッコ王国政府はウジュダ州における飲料水、牧畜用水、農業用水の水源を地下水により確保して、農村部の活性化を図ること、更には、地下水の有効利用によるモデル的農村開発計画の策定についての協力を日本国政府に要請した。

この要請に基づき、日本国政府は国際協力事業団を通し、1985年7月、コンタクトミッション（団長：山口保身氏）を、同年12月、事前調査団（団長：相場瑞夫氏）を同国に派遣し、フィジビリティ・スタディに関する実施調査協議書を取りまとめた。

上記実施調査協議書に基づき同事業団は1986年1月28日から3月25日までの約2ヶ月間、本格調査団（団長以下9名）をモロッコ王国に派遣し、フィジビリティ・スタディのための現地調査を行った。この現地調査期間中、調査団はインセプションレポートならびに中間報告書を作成し、モロッコ側関係者と協議した上で双方合意した結果をミニッツとして残した。（ANNEX B 1.1～1.4 参照）

本報告書は、上記各報告書に対してモロッコ側政府関係者並びに事業団委嘱の作業監理委員会から示された意見、勧告に基づいて、これまでの調査の成果を取りまとめたものである。

1.2 調査の目的

モロッコ王国政府から要請のあったウジュダ州3郡 (Oujda, Jerada, Taourirt)における既存の地下水開発補完調査及び地下水有効利用を軸としたモデル的農村開発計画の策定。

1.3 調査対象地域

モロッコ王国政府から要請のあった同国東部のウジュダ州3郡における地下水開発22地区 (約48ヶ所の既存及び新規井戸) 及びその周辺の農村。(但し、必要井戸数は調査の結果、52本と評価された。)

1.4 調査の範囲

1) 地下水開発

22地区の井戸開発地点における農村開発のための必要水量を考慮しつつ、開発可能量等を含む技術的・社会的・経済的妥当性調査。特にこの中で、既存井戸の取水量増加の為の補完計画を技術的・経済的両側面から検討し、モロッコ側と協議しつつ実施優先順位を明らかにする。

2) モデル的農村開発計画

上記井戸地点の内から1～2ヶ所 (モロッコ側との協議による) を選定し、既存1個所又は新規1個所の農村において地下水の有効利用を軸とした、モデル的農村開発計画の策定を行う。

1.5 モロッコ王国政府の要請内容

1985年にモロッコ王国政府が日本国政府に要請した計画内容の要約を以下に示す。

	郡	対象地区数	井戸本数
定住者用水	3郡	14	14
遊牧民用水	1郡	3	4 (118,000ha)
農業用水	3郡	5	30 (1,800ha)
計	3郡	22	48

48本の井戸は浅井戸28本、深井戸20本からなっておりこの詳細を APPENDIX-5 に示す。しかし、1986年1月、インセプション・レポートの協議において、モロッコ側からは、上記井戸本数は概略を提示したものであることから、22の対象地区を調査した上で、必要な水量、井戸本数等を決定するよう要請がなされた。なお、対象地域の地下水については、その賦存量、開発可能量等についても、できる限り、検討して欲しいとの要請が併せてなされた。(ANNEXE 1. 1~1.4)

1.6 調査の工程

本格調査は以下に区分される。

- ・ Phase I 現地作業 1986年1月28日から同年3月25日
- ・ Phase II 国内作業 1986年4月1日から 2.7ヶ月間
- ・ 最終報告書草案 現地説明 1986年7月1日から2週間

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 国家の社会経済的背景

2.1.1 国情一般概況

1) 政治経済体制

モロッコ王国の政治経済体制は、王制のもとで穏健かつ、安定した政治が行われるとともに、行政機構も整備され、テクノクラートの下での行政処理能力の優れた自由経済体制を維持する国家である。

2) 主要産業立地条件

気候は比較的穏和で、広大且つ肥沃な農・放牧地を有し、大西洋から地中海にかけての好漁場、世界最大の燐鉱石等の天然資源に恵まれている。

3) 産業インフラストラクチャー

道路、通信、港湾等の産業インフラストラクチャーは比較的良く整備されている。

4) その他

国民性は隣接するECとの関係が強く、かつ勤勉である。識字率は年々向上し、1982年に35%に達している。

以上の点から、モロッコ王国は、着実に発展する素地を有していると言える。

2.1.2 社会経済

モロッコ王国の国土面積は西サハラ約26万km²を含む約70万km²で、その約半分が山岳及び砂漠の不毛地帯である。国の北西部を中心として、約12%（約8百万ha）が耕地として利用されており、更に半乾燥土漠地帯では牧畜が盛んで、この面積約21百万haを加えた農用地は全国の約42%（約29百万ha）に達する農業国である。

総人口は2,042万人（1982年センサス）で、人口密度は28.7人/km²、1971年から82年にいたる11年間の人口増加率は年平均2.6%であった。農村人口は約57%の1,169万人であるが、このうち統計上の労働人口は、600万人（失業者約9.5%を含む）で、農業労働人口は40.3%の338万人となっている。

モロッコ王国における、国内総生産（GDP）の成長率は、1981年のマイナス1.3%以来、82年6.8%、83～84年2.5%と推移しているが、この成長率に最も大きな影響を与えているのは農業である。1985年の成長率は4.8%と回復のきざしを見せたが、鉱工業が停滞している中で、農業生産の対前年比14%増が目立っている。

一方、一人当たり国民総生産は1980年に900米ドルを記録したが、その後人口増、旱魃、国内通貨DH（ディルハム）の対ドルレート下落等の影響を受け、81年860ドル、82年870ドル、83年760ドルと急速に減少し、84年、85年は更に若干下回ったものと推定されている。

2.1.3 国際収支

モロッコ王国における貿易収支は1980年以降、33～38億ドルの輸入に対し、輸出はその48～58%の20～24億ドルと赤字がつづいている。この赤字は外国への出稼ぎ労働者からの送金、資本収支により賄われているが、不足分は1.2～4.8億ドルのIMF融資により賄っている。

輸入品目は最大のものが原油（約25%）、次いで小麦（6～10%）、一方、輸出品目は最大が磷鉱石・同加工品（約45%）、次いで農水産物（22～25%）となっており、農業の振興の重要性を示している。

対外累積債務は1980年に74億ドルであったが、早魃に伴う農業被害、燐鉱石の国際価格の下落等により、1984年には124億ドルに急増した。このため1983年10月のパリクラブにおいて、83年9月から84年12月までに期日の来る債務のリスケジュールの合意を取りつけ、84年は厳しい緊縮型予算を組み経済立て直し政策をとった。しかし、上述した早魃、国際価格は回復せず、85年2月には再度、2年間のリスケジュールを行なった。

85年のGDPの成長率は、4.8%と回復基調を示したが、今後とも当分の間は債務の繰り延べを必要とし、経済立て直しの見通しは予断を許さない状況にある。

2.1.4 経済開発計画

モロッコ王国における経済開発は独立直後の1960年を開始年とする第1次5ヶ年計画により本格的にスタートしたが、途中2回にわたる暫定3ヶ年計画を経て昨年(1985年)、第4次経済社会開発5ヶ年計画を終了した。

この間、国内総生産は第2次5ヶ年計画(1968~72年)において5.6%、第3次5ヶ年計画(73~77年)6.8%と着実な成長率を示したが、石油ショック、世界経済不況のおおりに受け、1978~80年の暫定3ヶ年計画では平均4.1%の成長率に停った。1981年にスタートした第4次5ヶ年計画では、平均6.6%の成長率を目標に掲げたが、30年来と言われる早魃により、計画は初年度からつまづき、平均成長率は約2%に止まった。しかし、農業生産が対前年比42%増及び14%増を記録した1982年及び85年の成長率はそれぞれ、6.8%、4.8%に達しており、これはこの国の経済にとって、農業が重要な位置を占めている事を示している。

なお本年1986年は来年に開始が予定される第5次5ヶ年計画の策定準備期間であり、目標達成を大きく下廻った第4次計画の反省に立って、計画策定作業が進められている。開発優先順位の第一位は農業、水利開発、農村開発である。この優先順位は第5次計画において、更に強調される事が既に政府より発表されている。

2.2 農業及び農村の概要

2.2.1 農業生産

農業部門のGDPに占めるシェアは1978年では21.8%であったが、年々漸減し、1981年の大旱魃では16.3%に激減し、1983年には19.5%にまで回復している。

主要穀類の作付面積及び収量は下表の通り作付面積の年々の増減は少ないが、収量の増減は降水量の多少に大きく影響されている。1978/79年を100とすると1980/81年は53.5%、1981/82年は123.8%にまで回復したが、1982/83年は87.9%と下り、1983年/84年はかなり回復して92.0%になっている。

食料の輸入量も国内生産量の影響を受け、1978年を100とすると、1981年は222.6%にまで上昇している。その後漸減傾向にあるが、1983年は依然として181.4%である。これは天候によるばかりでなく、人口の自然増にも起因している。

主要穀類の作付面積及び収量 (面積 1,000ha 収量 1,000t)

	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84
硬質小麦						
面積	1,167	1,269	1,166	1,107	1,286	1,126
収量	1,307	1,331	610	1,406	1,239	1,171
軟質小麦						
面積	490	445	481	579	690	733
収量	490	480	282	772	732	818
大 麦						
面積	2,117	2,150	2,228	2,047	2,151	2,126
収量	1,886	2,210	1,039	2,334	1,228	1,405
トウモロコシ						
面積	416	411	362	400	435	384
収量	312	333	90	247	256	264

出典 Les Donnees Agricoles: Royaume du Maroc
Ministere de l'Agriculture et de la Reforme Agraire 1985

2.2.2 食糧需給

第4次5ヶ年計画における1985年の食糧自給予想は以下のとおりとなっている。

生産物	生産量 1,000t	需 要		充 足 率	
		低 1,000t	高 1,000t	低 %	高 %
穀 類 { 大麦、小麦 燕麦、ソルガム トウモロコシ }	5,205	6,880	7,520	75.7	71.0
砂 糖	614	698	815	87.9	75.3
食用油	61	241	260	25.3	23.5
肉	450	412	473	109.2	95.0
牛 乳	120(百万ℓ)	183	193	65.6	61.5

この内穀類の自給率の推移は以下のとおりである。

	生産量 10,000t	輸 入 量 10,000t	計 10,000t	充 足 率 %
1960~64平均	354	29	383	92
69	401	49	450	89
74	451	65	516	87
79	419	142	561	75
80	451	178	629	72
81	212	266	478	44
82	490	191	681	72
83	357	194	551	65

しかし、1983/84年の生産量は85年目標（5,205千トン）の52.4%（2,726千トン）であり、目標達成はかなり難しいといえる。

このため、灌漑施設整備による、安定した食糧の供給を図ることが急務となっている。

2.2.3 牧畜業

この国の土地利用現況をみると、全国土69百万haの30.3%に当る20百万9千haが放牧地として利用され、羊、山羊、牛等の家畜が飼養されている。又、近年飼料作物の栽培も増加傾向を示して来たが、1982年/83年以後旱魃により激減している。農作物同様天候による飼養頭数の増減はかなり激しいものが見受けられる。しかしながら肉の生産は旱魃年を除けば一応満足すべき状態にあると見られている。現在の1人当り年間供給量は50kgである。1970年当時は17.8kgであった。

主要家畜の最近4ヶ年の飼養頭数は下表のとおりである。

	(単位百万頭)			
	1981	1982	1983	1984
牛	3,248	2,537	2,431	2,363
羊	15,675	10,155	12,611	11,493
山羊	5,462	4,091	4,911	4,222

出典 Les Donnees Agricoles, Royaume du Maroc.
Ministere de l'Agriculture et de la Reforme Agraire 1985

2.2.4 土地利用等

この国の土地利用の概要は以下のとおりである。

	百万ha	%
農耕地	8.0	11.6
森林	4.8	7.0
アルファ草地	2.6	3.7
牧草地	20.9	30.3
不毛地帯	32.7	47.4
計	69.0	100.0

但し、農耕地には現在約 2.3百万haの休耕地を含んでいる。農耕地の土地所有形態は以下の通りである。

	単位 100ha
私有地	5,373
入会地 (コレクティブ)	1,010
軍有地	319
寺社領	84
その他	445
計	7,231

一方、一戸当り農地面積は、0～5ha規模の農家が最も多く、全戸数の56% 1,089千戸を占めているが、合計面積では1,820千haで全農地面積の24.5%を占めるに過ぎない。5～50ha規模の農家は戸数で19.6%、面積で58.4を占めている。

なお、21百万haの牧草地はその約半分がコレクティブである。

出典 Les Donnees Agricoles, Royaume du Maroc,
Ministere de l'Agriculture et de la Reforme Agraire 1985

2.2.5 水資源利用量

モロッコ王国全体の年間降雨量と蒸発量はそれぞれ 1,500、1,200 億 m^3 と推定されている。一方、河川水と地下水の賦存量、開発可能量及び現況利用量は次表の通りである。

この結果、利用率は河川水が50%、地下水は60%に達している。なお、このうち、河川水利用の灌漑用大ダムは18ヶ所建設され、総貯水量は87億 m^3 に達し、現況河川利用量を超えている。一方、飲料水、工業用水用ダムは上記の一部を含み全国で27ヶ所あり、年間利用量は11.3百万 m^3 となっている。

単位：10⁶m³

	河川水	地下水
地中海沿岸地方	2,650	100
大西洋岸地方	15,950	5,500
東部地方(内ムールヤ流域)	1,500(1,300)	1,000(700)
南アトラス地方	1,460	300
アンティアトラス地方	800	500
西サハラ地域	—	100
陸水計	22,500	7,500
開発可能量	16,000	5,000
現況利用量	8,000	3,000

・詳細はANNEXE 2.1~2.3 に示す。

2.2.6 国家灌漑計画

モロッコ王国における灌漑方式は通年灌漑、季節灌漑、洪水期灌漑の3方式に大別され、その内訳は次表のとおりである。

	1982年現在の 灌漑面積 (1,000ha)	区画整理目標達成後 ※ の灌漑面積 (1,000ha)
通年灌漑	815	1,210
季節灌漑	265	170
洪水期灌漑	165	165
計	1,245	1,543

※ 農業省が2000年を目標に策定している区画整理計画
農業省の「農業資料」より
・詳細は ANNEXE 2.4 に示す

従って現在の灌漑面積（1,200万ヘクタール）は全農耕地（800万ヘクタール）の約15%に過ぎない。このため、政府は2000年までに全可耕地の20%まで灌漑施設を整備する目標を立て、高い開発プライオリティーを与えている。

なお、大規模灌漑施設の多くは全国9大水系を管轄する地方農業開発事務所（ORMVA）が実施し、中小灌漑計画及び地下水灌漑等の多くは、全国各州の農業事務所（DPA）が実施している。

灌漑対象作物は主として輸出品目であるトマト、柑橘類が多いが、東部地区では穀類、アルファルファ等牧草にも灌漑がなされている。

2.2.7 農村開発計画

第4次5ヶ年計画（1981～85）ではセクター別開発優先度の項において最大の緊急性を食糧生産と輸出の促進に置き、このフレームの中で、開発優先第1位を農業及び農村社会の活性化に置いている。この目的の主なもの以下のとおりである。

- (1) 食糧自給と貿易収支の改善による外貨の確保。
- (2) 農家収入の改善、生活水準の向上による需要促進と、農村経済の活性化
- (3) このため、地方別格差、所得層間格差の是正

等を挙げている。上記(2)については農村人口が全人口の約57%を占めることに着目したものであり、一方、(3)については、格差是正の手段として以下を提案している。

地方別格差是正 …… 牧畜と中小水利の開発、乾燥地作物の研究等

低所得層格差是正 …… 土地配分と農産物の価格調整、農村生活基盤の整備

このうち、農村生活基盤整備としては400ヶ村に対し80億DHの資金により農村飲雑用水施設、住宅、電気、モスク、教育・健康・スポーツ施設、商業センター、コミュニティセンター、高校、職業訓練センター、裁判所等を建設する計画を策定した。

第4次計画の5ヶ年は、早魃の影響を受け厳しい経済環境ではあったが、中小ダム建設等により、1985年はGDPが4.8%を達成するなど政府のこれまでの農業、

農村開発への努力が実を結んだと評価されており、1987年に開始が予定される5ヶ年計画では、更に、これら、未達成な農業、農村開発が優先的に採択され強力で推進される事が予定されている。

なお、農村生活基盤整備第1順位の飲料水については、1人当り日消費水量が都市部平均 150ℓ に対し、農村部平均15ℓ との報告が1980年になされている。都市部においては過去5ヶ年で強力で整備が進められたが、農村部では旱魃による浅井戸、泉の水源涸渇が多く発生し、依然として給水事情は厳しい。

政府は農村部の飲雑用水目標を2000年までに1人当り50ℓ /日の達成を目指しており、設備資機材は農業省が担当、施設管理は村 (Commune Rurale) が実施し、資金は内務省の担当と業務を分担している。

2.2.8 農業助成制度

農業に対する政府の助成は手厚く、西暦2000年までの農民に対する無税措置を初めとし、生産物の価格、農地の区画整理、畜産等の多岐にわたっている。

政府によって支持価格が決められている農産物価格の主なものは次のとおりである。

	D H / 100kg
シュガービート	19
サトウキビ	14
ヒマワリ	370
大豆、なたね	332
ペニ花	270
硬質小麦	180
軟質小麦	180
大 麦	150
トウモロコシ	160
米 (円粒)	230

(長粒)	275
落花生	430

この他、種子価格、播種、農薬、区画整理、果樹、畜産等に対する助成措置もあるが、詳細はANNEX B 2.5に示す。

2.3 ウジュダ州の概況

2.3.1 行政区分および社会・経済

ウジュダ州はその北側を地中海、東側をアルジェリア国境に接する面積約18千km²である。西側のナドール州、南側のフィギグ州及びムールヤ河流域関係各州の一部を加え、全国7地域の中の東部地域を構成する。

ウジュダ州は2市、4郡、28ヶ村からなっており、国王の任命する州知事以下、内務省任命の郡長、および村長により行政が行われている。別に州民選挙による州、村議会等も運営されている。

一方、農業省、設備省等の各省庁は、州事務所を有しており、本省の直接管理の下、各郡にも事務所を置き開発事業等を実施している。

ウジュダ州の人口は781千人（1982センサス）であり、その内訳は以下のとおりである。

	1971年	1982年	82/71(倍)
都市部	295,347	478,919	1.62
農村部	291,842	301,843	1.03
計	587,189	780,762	1.33

(ANNEXE 2.6参照)

州全体の年平均人口増加率は全国平均の2.6%と同じであるが、過去11年間で農村部が1.03倍であったのに比し、都市部は、1.62倍となっており、人口の都市集中の著しい事を示している。

ウジュダ州はウジュダ市、ベルカン市の他に Oujda、Berkane、Jerada、Taourirtの4郡から成っており、Berkane市とBerkane郡の合計の人口は約212千人で州全体の1/4を超える。

州の主な産業は農業と牧畜であり、北部はBerkane郡を中心として農業、南部はJerada郡を中心として牧畜が主体となっており、Oujda郡及びTaourirt郡はそ

の混合である。

州全体の交通、通信等の社会インフラは幹線は良く整備されているが、農村部は道路、通信ともに完備されておらず、無灯火地域が多い。なお、農村は散居形式をとっており、生活用水源は水の出易い所に浅井戸を設置し、家畜用水を兼ねている。

首都ラバトから州庁所在地のウジュダへは、車利用で国道1号線を東へ540km（直線距離で450km）、約8時間を要する。一方国内便空路では約1時間、汽車では約9時間で到着する。

2.3.2 農業概況

ウジュダ州の全面積は1,815,780haである。この内、農地面積は18.0%に当たる326,000haである。この外、入会地放牧地は920,536ha(51%)ならびにアルファ草原171,164ha(9%)が家畜の有力な飼料源となっている。土地所有は個人所有が19.5%の347,812ha、コレクティブは61.4%の1,114,688ha、公有地等が19.1%の353,280haとなっている。

ANNEXE 2.7参照

アルファ草面積の出典 Presentation de la Province Agricole
Contribution D. P. A. d'OUJDA a l'Etablissement de la Province, 1984.

土地利用密度では集約利用は23,566haの1.3%に過ぎない。半集約利用は74,880ha 4.1%で、残りの1,717,334haは粗放利用である。

農家戸数は34,354戸であり、農家人口は216,981人で農家1戸当り人数は6.3人である。

営農規模は0～5haの農家が42.4%を占めているが、農地面積では12.1%・39,485haに過ぎない。このうち、灌漑施設のある農地は4,341haで1戸当りでは平均0.33haであり、農家所得は低い。

栽培作物は穀類が最も多く、全体の58.4%であり、果樹が2.5%、飼料作物

1.9%等となっている。

灌漑施設のある農地は全農地の 5.6%に当る18,524haに過ぎない。

しかしながら、この他にベルカン地方にはモハメッド5世ダムによる灌漑計画(55,398ヘクタール)が、実施されている。このうち、ウジュダ州における灌漑計画は39,600ヘクタールで近年中に工事完成の予定となっている。

この灌漑施設の中には、スプリンクラー灌漑面積 860ha、ドリップ灌漑300haが含まれ、すでに実施中である。

栽培作物は果樹、工芸作物、穀類・野菜及び牧草である。なお、グリーンハウスによる冬期間のトマト栽培も行われ、輸出もされている。ウジュダ州の主作物は大麦、硬質小麦、軟質小麦及び燕麦等である。これらの生産物の合計は 67,897tに及んでいる。(1981/82~83/84の3年平均)

しかしながら主要穀類の作付面積の全国シェアは3.24%であるのに、生産量のシェアは 2.0%と少ない。これは近年の早魃の影響と思われる。

1975/76~1984/85の作付面積と収穫面積をみると、1975/76を 100とした場合、1982年/83の収穫面積は3.3%、1983/84は29.4%、1984/85は50.1%となっている。(ANNEXE 2.8~2.10参照)

ウジュダ州の畜産は農産物に継ぐ主要産物であり、1981年における羊の飼養頭数は 685千頭で全国の 4.4%を占めていた。しかしながら近年の早魃によって1984年には 408千頭(59%)に激減し、全国シェアも 3.6%に落ちた。山羊及び牛も減少し、1984年には各々、103千頭、27千頭である。(ANNEXE 2.11参照)

ウジュダ州は以上のように農業を主産業としており、農業に対する補助金を、1970年以来、農民に支給している、これらの主なものは次の通りである。

1) 農業用機械機具(1970 ~1985)	1,818,228 D H
2) 種子 (1981 ~1985)	1,725,176 D H
3) 果樹 (1981 ~1985)	467,732 D H
4) 土地改良 (1981 ~1985)	307,961 D H
計	4,319,097 D H (ANNEXE 2.12~2.14参照)

農民への支援は農業開発事業所 (S. M. V. A) がウジュダ州全体の農業の指導・実施を行っている。

この事業所のもとで、農作物の試験研究は農業試験場 (ウジュダ市内) が行ない、農業の指導及び普及については農業センター (ウジュダ州内に 4ヶ所) が行っている。

農業普及員は 565~ 961戸に 1人の割合で各農業センターに配置されている。

(ANNEXE 2.15 参照)

第3章 計画地区の現況

第3章 計画地区の現況

3.1 計画地区

1) 位置

調査対象地域は“Scope of Work”に示されているとおり、ウジュダ州の3郡 Oujda、Jerada、Taourirtであり、この中からモロッコ王国政府と協議し、計画地区として定住者用水14地区、遊牧民用水3地区、農業用水5地区計22地区を選定した。これらの各地区は北緯33°30′から34°45′、東経1°45′から3°05′の地域にあり、標高は約400mから1,500mである。これら全ての地区は、Oujda市街から車でアクセスが可能である。

2) 人口

調査対象地域の人口は、1982年センサスによると3郡合計で309千人、このうち農村人口は191千人(62%)となる。22の計画地区における人口については統計資料、アンケート調査等により、以下のとおり推定した。

	推定人口	推定家畜数
定住者用水 (14地区)	28,840	50,765
遊牧民用水 (3地区)	13,776	118,000
農業用水 (5地区)	3,100	—
計 22地区	45,716人	168,765頭

3.2 自然条件

3.2.1 地形

対象地域は図 3.2.1の地勢概要図に示すとおり、盆地、山脈、高原という地形変化に富んだ地域である。標高は、州都のOujda で約550m、Ain Beni Matharで約950m、南西方のEl Ateufでは約1,500mとなっており、その比高は1,000mを超える。

この地域の地形を形づくった最も大きな要因は地質構造であり、大規模な断層系によって分断された地質ブロックの相対的な隆起と沈降とによって、それぞれ山脈あるいは盆地を形成している場合がほとんどである。

州都のウジュダ市からその西方のタウリルト市にかけての谷沿いの一帯は“Couloir Taourirt-Oujda”(タウリルト・ウジュダ回廊、本報告書では中央地溝帯と表す)と呼ばれ、地質構造的には、地溝帯 (graben) を成している。その北側及び南側に平行して走る山脈は、地壘 (horst)であり、特に南側の山脈は“Chaîne des horsts”と名付けられている。

調査地域南部のAin Beni Mathar 地域はオー・プラトー (Hauts Plateaux) と呼ばれる高原地帯であるが、北側を“Chaîne des Horsts” 西側をRekkame 高原、南側を“Haut Atlas”山脈によって囲まれる広大な盆地となっている。

3.2.2 気象・水文

調査地域の気象は Jerada 山脈 (標高 1,500m)を境とする南北2つのゾーンに概ね分けることができる。この2つのゾーンを代表するウジュダ市及び Ain Beni Matharの標高は、それぞれ 545m、910mである。

Ain Beni Mathar を含む南部のゾーンは、ウジュダ市を含む北部のゾーンに比べて、降水量が約80mm少なく、寒暖の差も大きくなっている。現地調査によって、収集した気象資料の観測所を図3.2.2、表3.2.1、表3.2.2 に示す。

また各地域の月別観測値はANNEXE 3.1~3.11に示した。

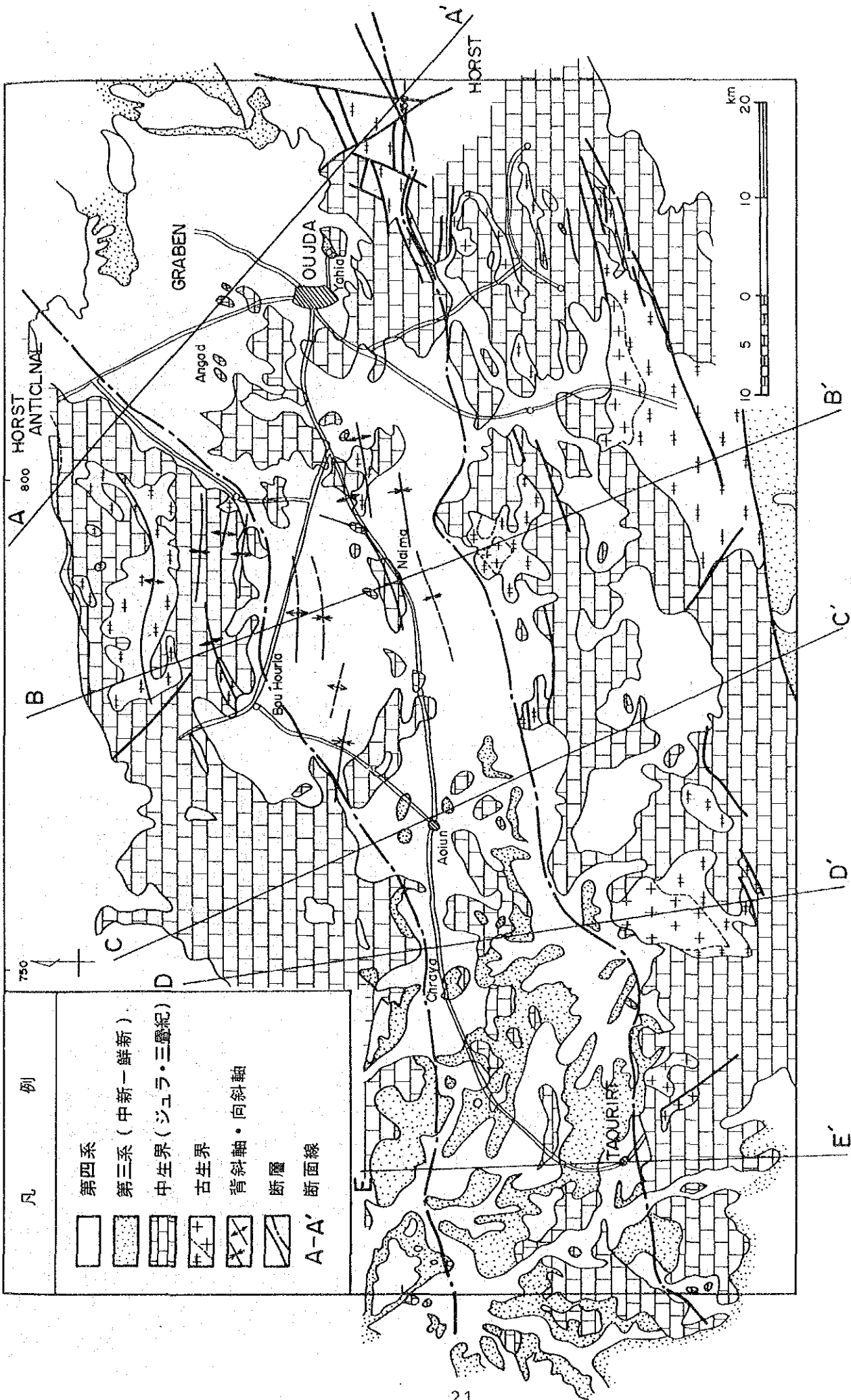


図 3・3・1 TAOURIRT-OUJDA 地質図

凡 例

- 第四系
- 第三系 (中新-鮮新)
- 中生界 (ジュラ・三疊紀)
- 古生界
- 背斜軸・向斜軸
- 断層
- A-A' 断面線

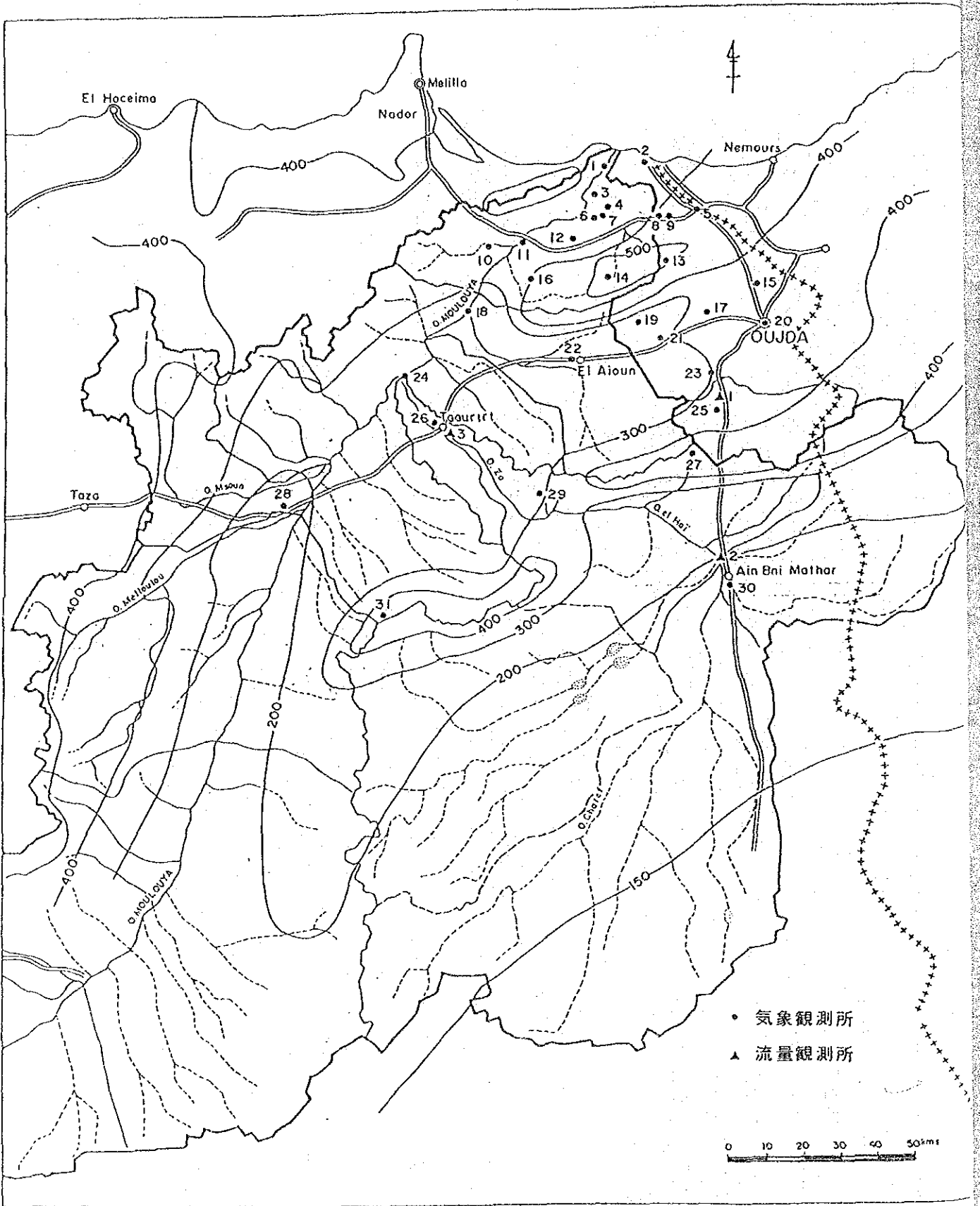


図3・2・2 気象・流量観測所位置図

表 3-2-1 氣象觀測所一覽

No.	Station	Organisme concernee	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Pluviometrie	Temperature (°C)			Evaporation	Vitesse	Humidite
							Maximum	Minimum	Moyenne			
1	BARDA		776,600	502,400		55 1961-1982						
2	SAIDIA DO KISS PEPINIERE		790,600	501,500		5 1934-1951						
3	AIX ZEGRA HACHER PERAY		772,300	494,300		55 1965-1971						
4	MADAGH CMV	M.A.R.A.	777,400	494,000		76 1935-1984						
5	AHAFIR DOKS SILOS	D.R.P.E.	801,500	488,800		250 1933-1983						
6	SLIHANIA CMV		776,400	487,800		102 1959-1983						
7	SLIHANIA SEHA		776,400	487,800		100 1964-1983						
8	AIX REGADA	P.R.I.V.	789,100	485,300		200 1930-1979						
9	BERKANE DRE		780,900	485,000		160 1950-1983						
10	ZEBRA ZAIO	M.A.R.A.	744,400	484,200		120 1961-1983	1961-1983	1961-1983	1961-1983			1961-1983
11	MECHRA SAF SAF		753,700	482,800		60 1961-1983						
12	BOUGRIBA SEHA	M.A.R.A.	766,000	482,500		85 1954-1981						
13	AIX ALHOU E.F.	E.F.	792,300	476,100		1,380 1932-1983						
14	TAFORALT E.F.	E.F.	773,200	476,000		1,300 1947-1984						
15	OUJDA ANGAD	S.M.N.	817,000	470,200		458 1930-1985	1972-1983					
16	TANHEZART E.F.	E.F.	759,600	469,800		412 1950-1984						
17	OUJDA HARRI PG E.F.	E.F.	818,500	462,500		520 1967-1982						
18	MECHRA HONADI BARRAGE	D.R.P.E.	737,800	462,500		230 1950-1985			1974-1985			
19	BESSARA CT	S.M.N.	717,400	460,000		615 1959-1984						
20	OUJDA VILLE ONE		819,600	459,700		545 1956-1969						
21	RAIMA E.F.	E.F.	791,200	450,200		660 1954-1985						
22	EL AIOUH	E.F.	779,400	445,900		610 1935-1983						
23	SIDI HOUSSA	M.A.R.A.	806,200	445,300		700 1956-1981						
24	MELK EL OUIDANE	D.R.P.E.	747,400	442,000		430 1954-1985						
25	GUENFOUDA	D.R.P.E.	806,750	439,600		770 1966-1985	1970-1984	1970-1984	1981-1984			
26	TAOURIRT E.F.	E.F.	732,000	425,000		390 1965-1983						
27	EL ROUNET E.F.	E.F.	709,400	420,000		1,160 1949-1983						
28	DAR EL CAIO GUERCIF		691,300	406,600		350 1956-1984						
29	EL RHORRE (LAGHRASSE)		755,500	403,650		640 1975-1983						
30	AIX BENI MATHAR	D.R.P.E.	808,800	388,700		910 1969-1985	1969-1985	1969-1985	1971-1984	1971-1985		
31	AIX EL KEBIRA		718,200	376,700		450 1916-1984						

表 3-2-2 流量觀測所一覽

No.	Station	Oued	Surface de bassin versant
1	GUENFOUDA	ISLY	728 Km
2	AIX BENI MATHAR	ZA	10044 Km
3	TAOURIRT	ZA	18026 Km

(注:資料は月資料)

1) 降雨

年平均降雨量は、地中海側で約 400～ 500mm、Oujda 周辺で約 250～ 300mm、Ain Beni Mathar で 200mmである。また、Oujda 北の山地では 550～ 600mm、Jerada山脈 400～ 500mmである。

地区内の主要観測所の月別平均降雨量から、10月～ 5月には降雨量が多いが、6月～ 9月には降雨量が少なく、特に7月、8月にはほとんど降雨量がないことがわかる。

下表によると、1981年～1984年の4年間の年平均降雨量は、全年平均降雨量より 100mm～ 200mm下回っている。

主な観測所の年平均降雨量を下表に示す。

主要観測所の年平均降雨量

観測所	標高 (m)	緯度座標	年平均雨量 (mm)	近年平均雨量 (1981-1984) (mm)
Berkane	160	485.000	411 (1950-1983)	191 (1981-1983)
Taforalt E. F.	1.300	476.000	567 (1947-1984)	279
Oujda Angad	458	470.200	333 (1930-1985)	199
El Aouinet E. F.	1.160	420.000	403 (1935-1983)	220 (1982-1983)
Ain Beni Mathar	910	388.700	200 (1969-1985)	124

また、前表の各観測所の月別降雨量の相関係数を求めると次表のとおりである。

表より、地中海側と Oujda周辺とでは、月別降雨量の相関性はあるが、Ain Beni Matharはどの観測所とも相関性のないことがわかる。(ANNEXE 3.1.3.2参照)

月別降雨量の相関係数

観測所	Barkane	Taforalt E. F.	Oujda Angad (mm)	El Aouinet	Ain Beni Mathar
Barkane		0.859	0.876	0.741	0.659
Taforalt E. F.	0.859		0.822	0.763	0.603
Oujda Angad	0.876	0.822		0.831	0.677
El Aouinet E. F.	0.741	0.763	0.831		0.698
Ain Beni Mathar	0.659	0.603	0.677	0.698	

2) 気温

Oujda の年平均気温は16.3℃で、月平均気温の最高は7月、8月の24.6℃、最低は1月の9.6℃である。

一方、Ain Beni Mathar の年平均気温は14.9℃で、月平均気温の最高は7月の26.2℃、最低は1月の5.4℃である。

月平均気温 (℃)

9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	年平均
Oujda Angad (1972-1983) (注)												
21.2	16.8	12.6	13.3	9.6	11.1	11.9	12.9	16.5	20.3	24.6	24.6	16.3
Ain Beni Mathar (1971-1985)												
20.3	15.1	9.7	6.4	5.4	7.5	10.9	12.7	16.4	21.6	26.2	25.7	14.9

(注) 月別最高、最低気温の平均

(ANNEXE 3.3~3.5)

3) 風

Ain Beni Mathar の月別平均風速は 2.5m /s、月平均最高風速は1月の12.8m /s である。

月平均風速、月平均最高、最低風速はANNEXE 3.6~3.8 に示した。

4) 蒸発量

蒸発計蒸発量資料によれば、年間平均蒸発量は 1,700mm~2,700mm である。夏期（7月~9月）の月平均蒸発量は 250mm~ 500mmである。（ANNEXE 3.9）

5) 相対湿度

ゼブラザイオ (Zebra Zaio)での年平均相対湿度は67.7%である。
月別にみると、1月が最も高く72.3%、7月が最も低く59.9%である。（ANNEXE 3.10）

6) 河川流出量

調査地区内を流れる主要河川であるイスリ川 (Oued Isly) 及びザ川 (Oued Za) の河川流量は下表のとおりである。各河川の月別流出量はANNEXE 3.11、3.12に示した。

観測所	河川	流域面積 (km ²)	年平均流量 (m ³ / s)	年間流出量 (×10 ³ m ³)	年間流出高 (mm)
Guenfouda	Isly	728	0.310	9.776	13.4
Ain Beni Mathar	Za	10.044	1.734	54.683	3.0
Taourirt	Za	18.026	3.429	108.137	10.8

3.2.3 土壤

本地域は次の2地区に大別されよう。

—— 平野地帯： Angad, Majen Hassi Bessara, Tafrata

—— 高原地帯： Hauts Plateaux

平野部の土壤は石灰質母材の沖積によって生成されたものである。*土壤分類基準をまとめると、Oujda-Taourirt地区の土壤は農業面からみてⅢ～Ⅴ級地に分級され、とくにⅣ級地がその主体となっている。この土壤は有機物を含んでおり、微生物の活動が十分である。またこれら土壤の磷とカリの供給力は中程度である。

C/N比は9未満と低い。また、弱～中塩基性である。従って、この地域の土壤は、栽培に適していると言える。

高原部の土壤は、弱～中程度に水成的(hydromorphic)生成作用を受けている。表層の深さは所によってまちまちである。この多様性は丘陵と緩傾斜地が交互に連なるためである。傾斜地の中ごろから砂と泥土の蓄積等がみられる。しかしながら気候が不安定なことが農業生産を制約しており、栽培作物の種類を限定している。

計画地区の土壤は泥質石灰岩、泥岩ならびに片岩を母岩としている。土性は粘土質土壤および植質壤土が主でA層の発達が悪く、B～C層である。全般的にややアルカリ性土壤で礫を含み、腐植土は少ない。

この地域の土壤分布は概略以下の通りである。

—— 粘土質土壤	:	10%
—— 粘土石灰質土壤	:	45%
—— 粘土泥質土壤	:	25%
—— 粘土砂質土壤	:	15%
—— 砂の多い土壤	:	4%

土壤分類表については、ANNEXE 3.13を参照のこと

* Aubert-Duchauffour (AUBERT 1965)

3.3 水文地質現況

3.3.1 水文地質

(1) 地質及び地質構造

本地域の地質は古生界、中生界及び新生界からなる。

古生界はJerada山脈、Beni Snassen山脈など本地域の Horst地形を形成する山岳部の背陵部にそってボタン穴状に点在し、中生界とは断層及び不整合で接する。構成岩石は砂岩・片岩・珪岩などデボン期から二畳期までの堆積岩類とこれを貫く花崗岩類からなり、堆積岩類の一部は片麻岩状を示す。

中生界は本地域の山岳部の大部分と平原部の小隆起部などに広範囲に分布する。下部の三畳系は緑色玄武岩熔岩と赤色頁岩層からなり、古生界の地層を不整合に覆って小規模に分布する。ジュラ系は下部から下部統 (Lias), 中部統 (Dogger), 上部統 (Superiore) の三統に分帯される。下部統は下位から上位に向かってドロマイト質石灰岩～泥灰質石灰岩、黒色石灰岩、泥灰質石灰岩からなり、中部統は片岩質泥灰岩～ドロマイト質石灰岩から、最上位の上部統は下位から砂岩、頁岩、泥灰質石灰岩、砂岩卓越層及びドロマイト質石灰岩からなる。

新生界は第三系と第四系とからなる。第三系はEl AiounからTaourirtにかけての西部地区、Oujda北東地区及び南部のHauts Plateaux地区に分布する。主として中新統～鮮新統の比較的緩傾斜の地層からなり、下位の白色～緑色泥灰岩互層と上位の砂岩層とからなる。第四系は本地域中央部 OujdaからTaourirtにかけて東西に延びる標高 500 m 前後の地溝状低地、Jerada山脈中央部の東西走向の標高 700 m～1000 m の地溝状凹地及びHauts PlateauxのZa川流域などに分布する。構成岩石は下位から湖成石灰岩、含砂礫頁岩、白色～赤色シルト岩及び石灰質皮殻状表層からなるが、東域では、第四紀玄武岩火砕流が厚く累積している。いずれも周辺の上記岩石から供給された碎屑物を取り込んでいる。(図3.3.1, 図3.3.2)

本地域の地質構造は東北東-西南西走向の幾つかの平行断層の存在とこれによって分割される地塊の隆起・沈降によって生じた東西方向に延びる地塁及び地溝構造によって特徴づけられている。北部のBeni Snassen山脈の地塁は標高 800 m ~1000 m の隆起地形を作る。主としてジュラ系からなるがその背陵部には古生界がボタン穴状に露出し、全体として複合背斜構造を形成する。この地塁の南縁は東西走向の断層によって中央地溝帯と接し、その落差は1000 m 前後と考えられている。南部のJerada山脈を作る地塁はChaine de Horst と呼ばれ標高1000 m ~1500 m の急峻な山岳地形をなす。本地塁の北縁(Sidi Yahya-Taourirt) は連鎖断層によって中央地溝帯と接し、その落差は1500 m 以上に達する。南縁はJerada村の近くを通る断層によって南側の中新世の地層からなるHauts Plateaux (標高1000 ~1200 m) と接し、その落差は 500 m 以上と考えられる。なお、本地塁中では上記の断層に併走する平行断層や斜交断層が発達し、古生代の地層がジュラ系に挟み込まれて東西方向に点在する。一方、本地塁の中央部には標高 800 m ~1000 m、幅約10kmの凹地が東西に連続しており、この凹地を埋めて周辺岩石の碎屑物からなる第四紀層が薄く分布している。このことは本 Horst中の東西系の平行断層によって小規模な地溝が形成されたことを示している。この小地溝は「マブラ平原」と呼ばれている。

Oujdaから Taourirt 間に広がる、幅30~40km、延長約 130kmに達する中央地溝帯は前記の両地塁に挟有された形で存在する。本地溝帯では全域に亘って第四紀層が広く分布するが、各所に数10 m ~ 100 m 前後のジュラ紀層や中新世の地層からなる島嶼状の隆起地形が認められる。これらの隆起地形は東西方向、北西-南東方向などその配列に規則性があり、この地溝帯が東西系、北西-南東系などの断層によってさらに細かい地塊化を受け、沈降運動の際これらの各地塊がそれぞれ異なった量の沈降を行ったことを暗示している。東西系の隆起部としては Naima 山からMagerz山にかけての地区、北西-南東系隆起としてはMagrez山から Oujda西方を通る地区、El Aioun北東地区、 Takahount山地区などが挙げられる。

とくにEl Aioun北東地区の北西-南東系の隆起地形は、この地溝帯内での分水嶺をなしている。これらの小隆起地形はこの地溝帯内の盆状構造を細分化する働きをしており、Oujda 地方の Angad盆状構造、同東方のYahya 盆状構造、Sidi Bou Houria南方のBou Houria盆状構造、Naima 山南方のNaima 盆状構造、El Aioun付近のEl Aioun盆状構造、同西方のCharia盆状構造、Taourirt周辺のTaourirt盆状構造などを形成している。なお、Bou Houria盆状構造における第四系の層厚は70~120mである。(図3.3.3)

Jerada 山脈の南方域、JeradaからAin Beni Mathar の南方にかけては標高1000m~1200mのHauts Plateauxと呼ばれる広大な高原が広がっている。本高原の西側のRekkama山地(標高1500m)や東方のSidi El Abid山地(標高1500m±)などにはジュラ系以前の地層が認められるが、大部分を占める平原部は第三系及び第四紀の地層で広く覆われている。この地域の第三系は、下位のジュラ紀層の盛り上がり部では薄く、谷部では深くなる傾向があり、その層厚は数10mから300m±まで変化する。第四系は河川沿いを主体として第三系を覆って分布し、その層厚は数mから20数mを示す。第三系に覆われている平原部のジュラ系及び三畳紀の地層は一部でその層厚が確認されているが、全域にわたるこれらの分布の構造ならびにその層厚については今後解明すべき事項として残されている。

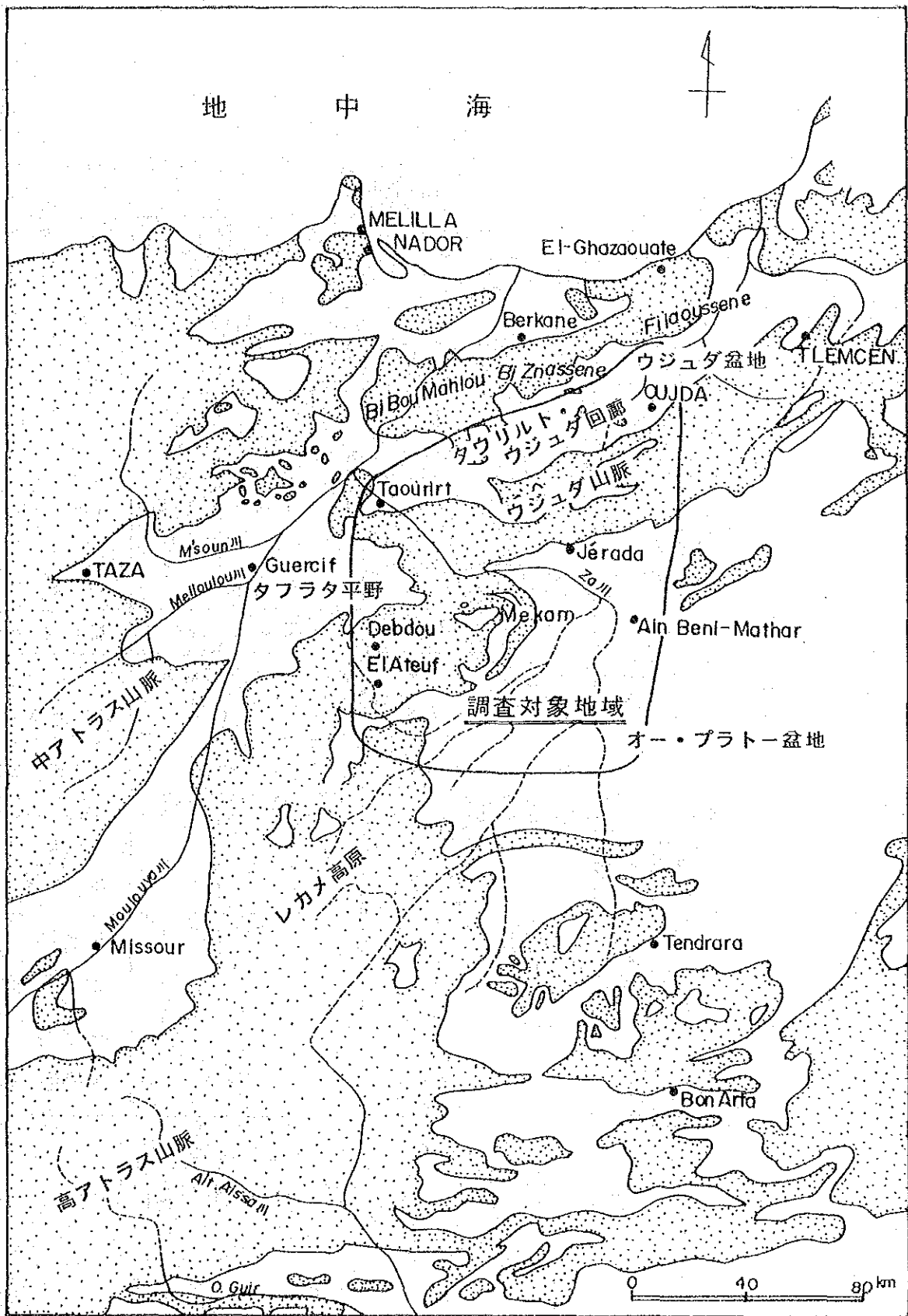


図3・2・1 調査対象地域及びその周辺の地勢概要図

		地 質	岩 質		
			北 部 Beni Snassen	東 部 J. Megrez	南 部 J. Jerada.
第四紀	完新世		石灰質表層		
	更新世		赤色・白色泥土 礫入り頁岩 湖成石灰岩		
第三紀	中新-鮮新世		砂岩 白色～綠色泥灰岩互層		
中生代	ジュラ紀		上部	ドロマイト質石灰岩	泥灰岩入り石灰岩 ドロマイト質石灰岩
		石灰質砂岩		泥灰岩及砂岩	砂質岩層
		頁岩・砂岩	泥灰岩・石灰岩	泥灰岩・石灰岩	
		ドガー統	片岩質泥灰岩	ドロマイト質石灰岩	—
	リアス統	泥灰岩質石灰岩 塊状石灰岩 石灰岩 玄武岩	泥灰岩質石灰岩 黒色石灰岩 泥灰岩質石灰岩 ドロマイト質石灰岩	泥灰岩質石灰岩 黒色石灰岩 泥灰岩質石灰岩 ドロマイト質石灰岩	
	三疊紀		赤色頁岩 綠色玄武岩	—	赤色頁岩 綠色玄武岩
古生代	二疊紀		片岩		
	石炭紀		硅岩		
	デボン紀		片麻岩 花崗岩		

図3・3・2 地質柱状図

(NW)

(SE)

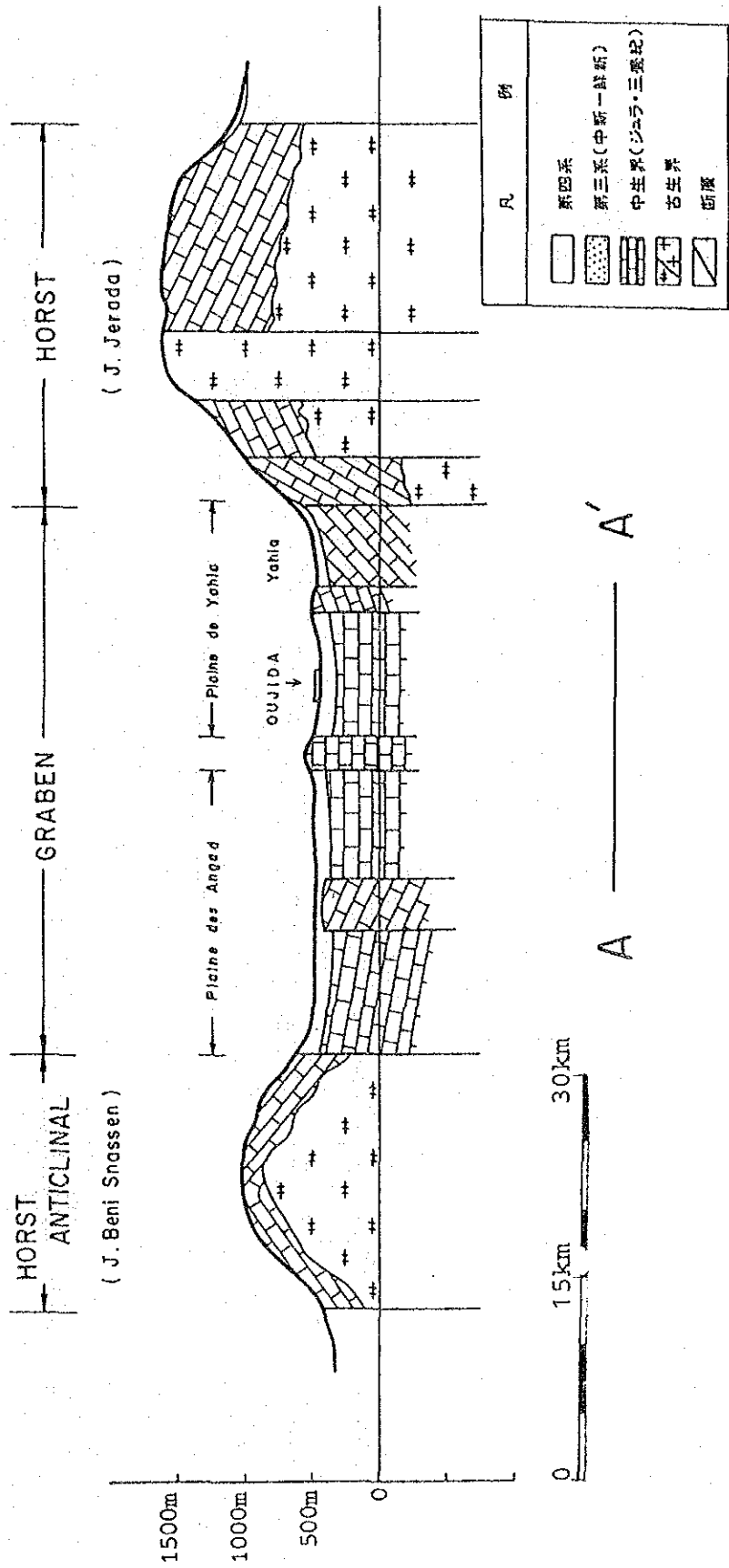


図3・3・3(1) Taourirt-Oujda地質構造断面図(A-A')

(NWN)

(SES)

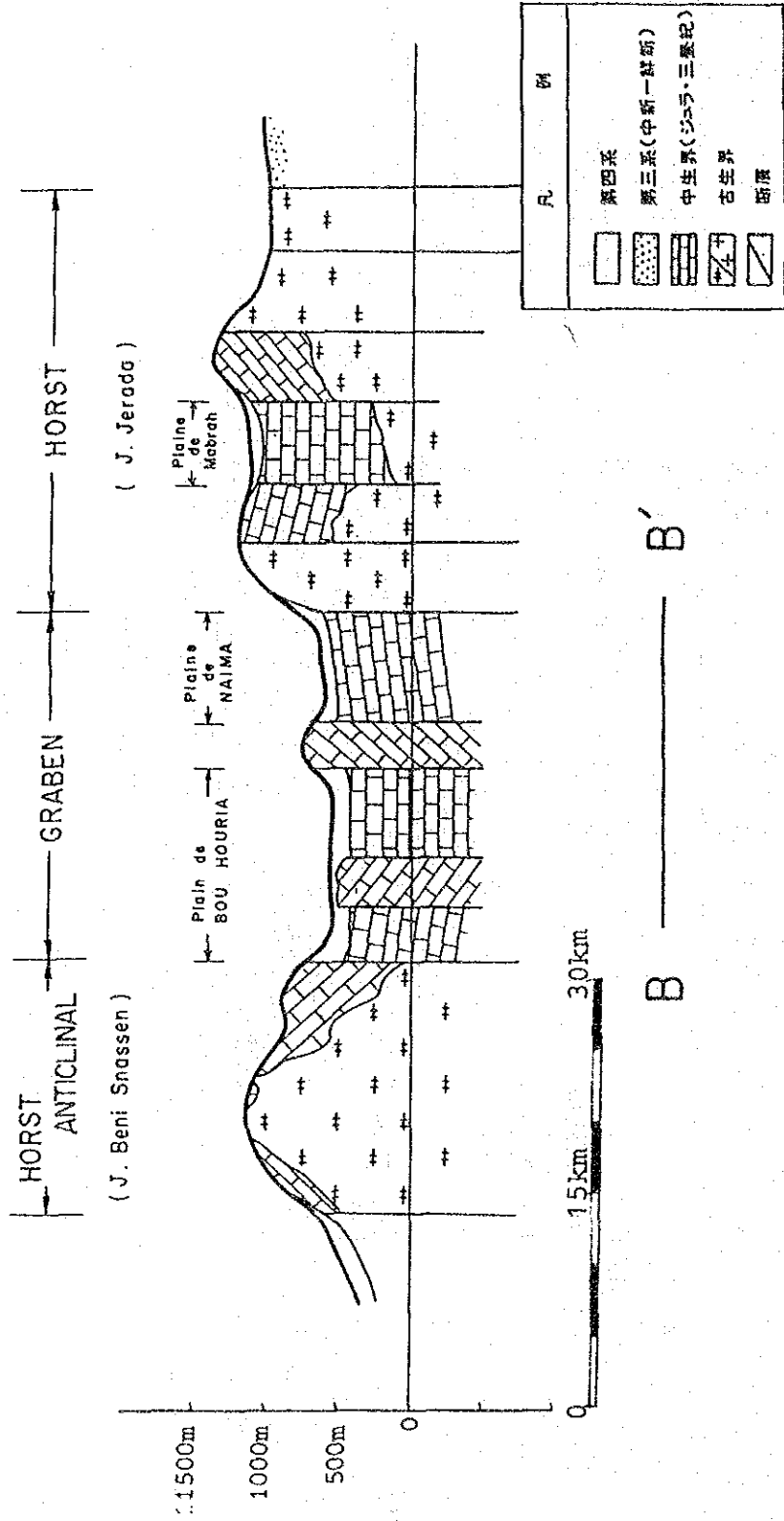


图 3·3·3(2) Taourirt-Oujda 地质构造断面图 (B-B')

(NWN)

(SES)

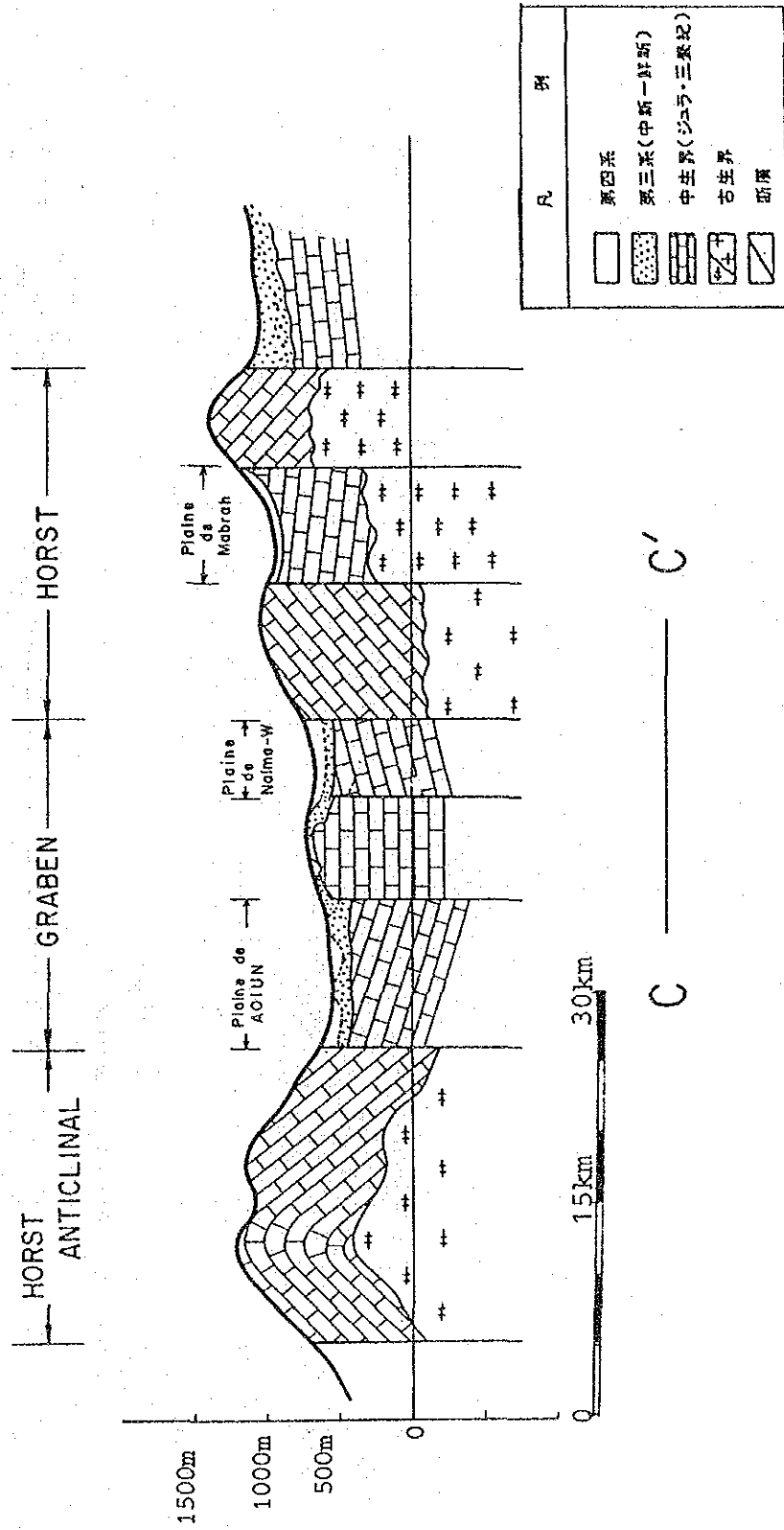


图 3·3·3(3) Taourirt—Oujda 地質構造断面图 (C—C')

(S)

(N)

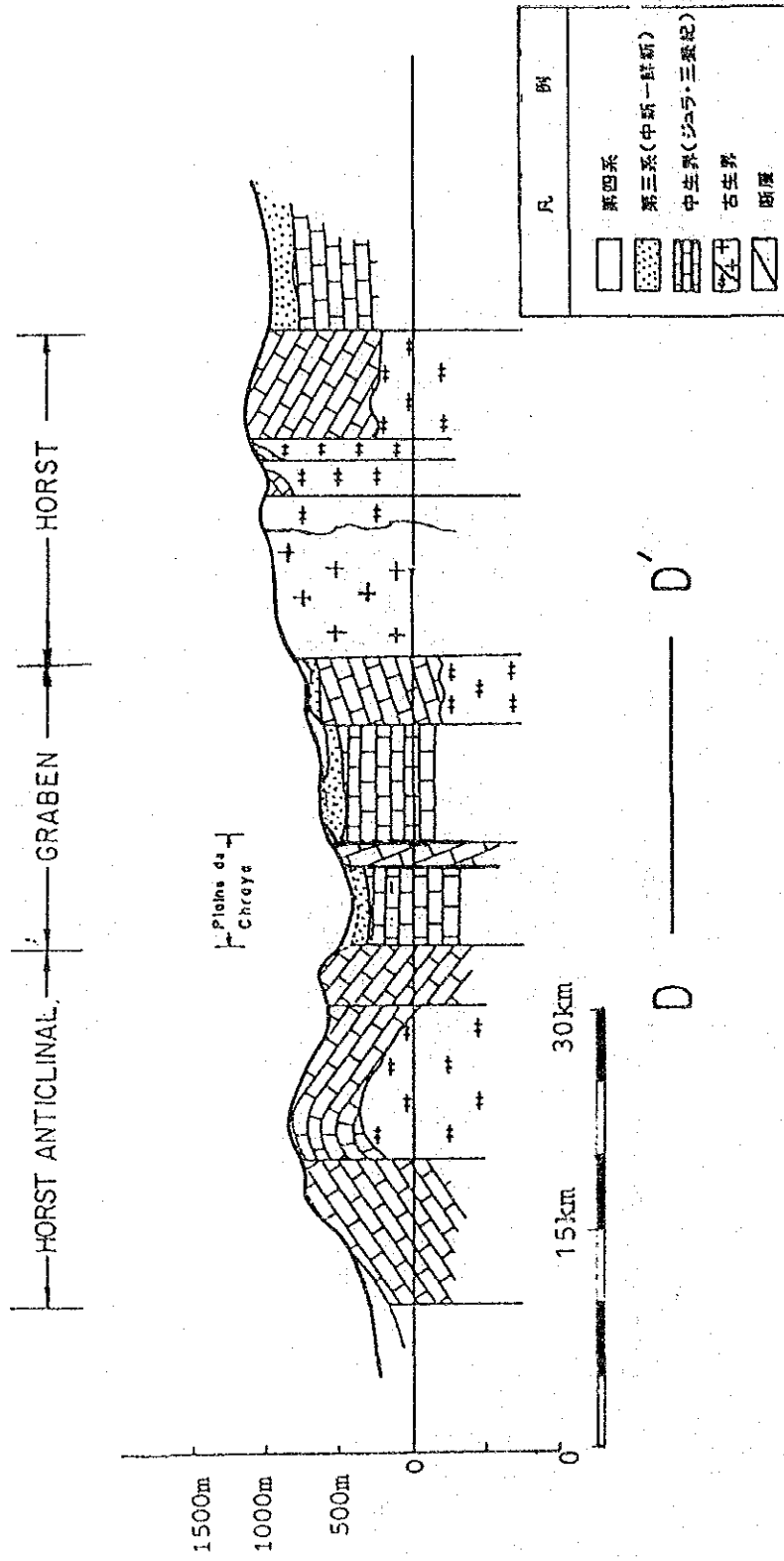
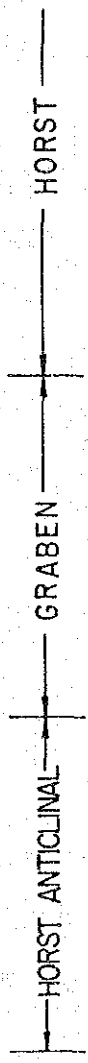


图 3·3·3(4) Taourirt—Oujda 地質構造断面图 (D-D')

(S)



(N)

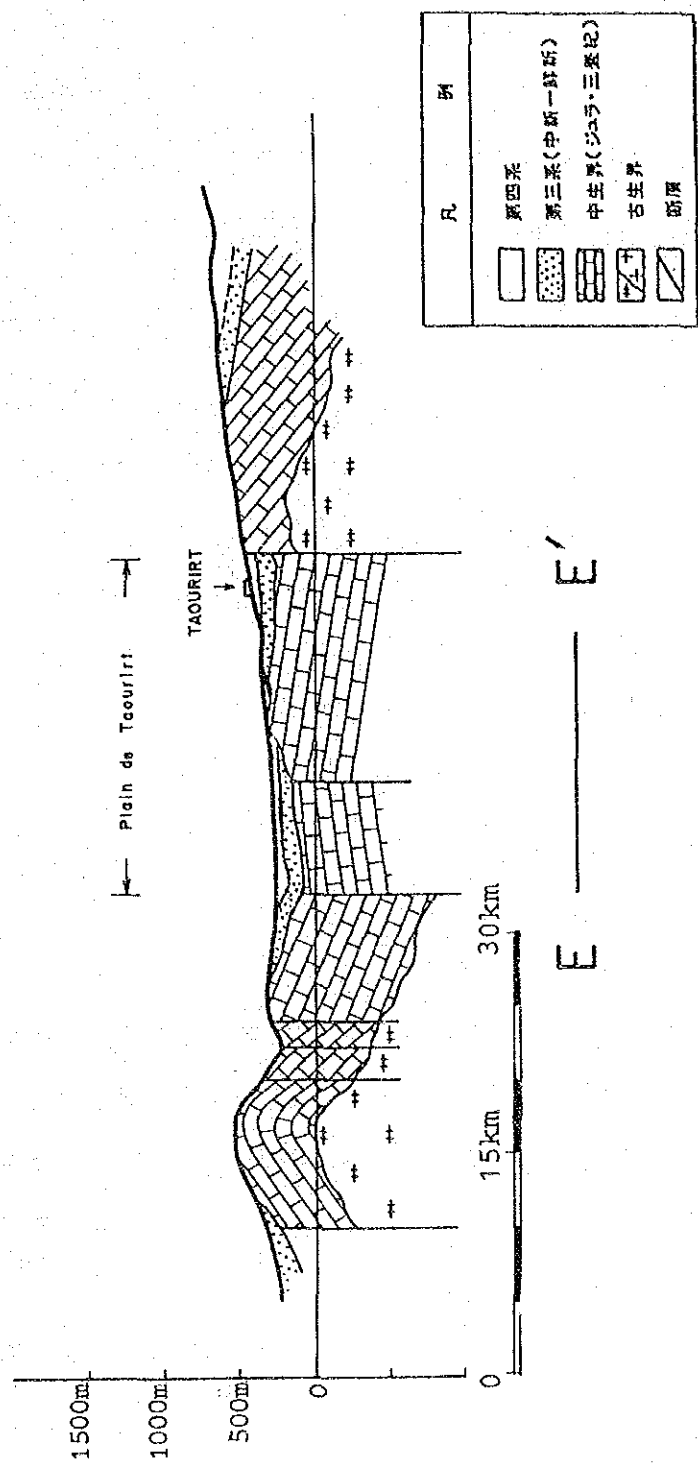


图 3·3·3(5) Taourirt - Oujda 地质构造断面图 (E-E')

(2) 帯水層と不透水層

この地域の主要な帯水層は、大別して、ジュラ紀の砂岩～石灰岩層、第三紀の砂岩、白色～緑色泥灰岩層および第四紀の玄武岩～砂礫層に大別されるが、水文地質的には大部分が難透水性の地層である。

ジュラ紀石灰岩は、Hauts Plateaux、Oujda 盆地、Taourirt盆地では、断層で分断されて地下数十m から数百m の深さに分布するようになり、有能な被圧帯水層になっている。Hauts Plateauxの西部に位置する Rekkame高原やChebka Remila 台地、あるいはCouloir Taourirt-Oujdaの北側及び南側の山脈では、ジュラ紀石灰岩が広く露出しており、地下水の重要な涵養域となっている。

第四紀玄武岩は、Oujda 盆地からアルジェリアにかけて広く分布し、裂罅性の不圧地下水を胚胎している。厚さはOujda 盆地で 100～150m程度になっている。

現世の河床堆積物は現河床に沿って数m～30mの厚さで分布し、浅井戸の帯水層となっている。

対象地域およびその周辺の地下水の賦存形態をまとめたものを図3.3.4(次頁)に示す。

(3) 地下水の涵養様式

対象地域には第四紀の河床堆積物や玄武岩質熔岩類を帯水層とする不圧地下水～不完全被圧地下水とジュラ紀の石灰岩類を帯水層とする被圧地下水という2つの性格の異なった地下水が存在する。両者は、単に賦存形態が異なるだけでなく、地下水の涵養様式および涵養域についても、非常に異なっている。

A) 不圧地下水の涵養様式及び涵養域

不圧地下水（浅層地下水）への涵養様式としては、主に、次の3つが考えられる。

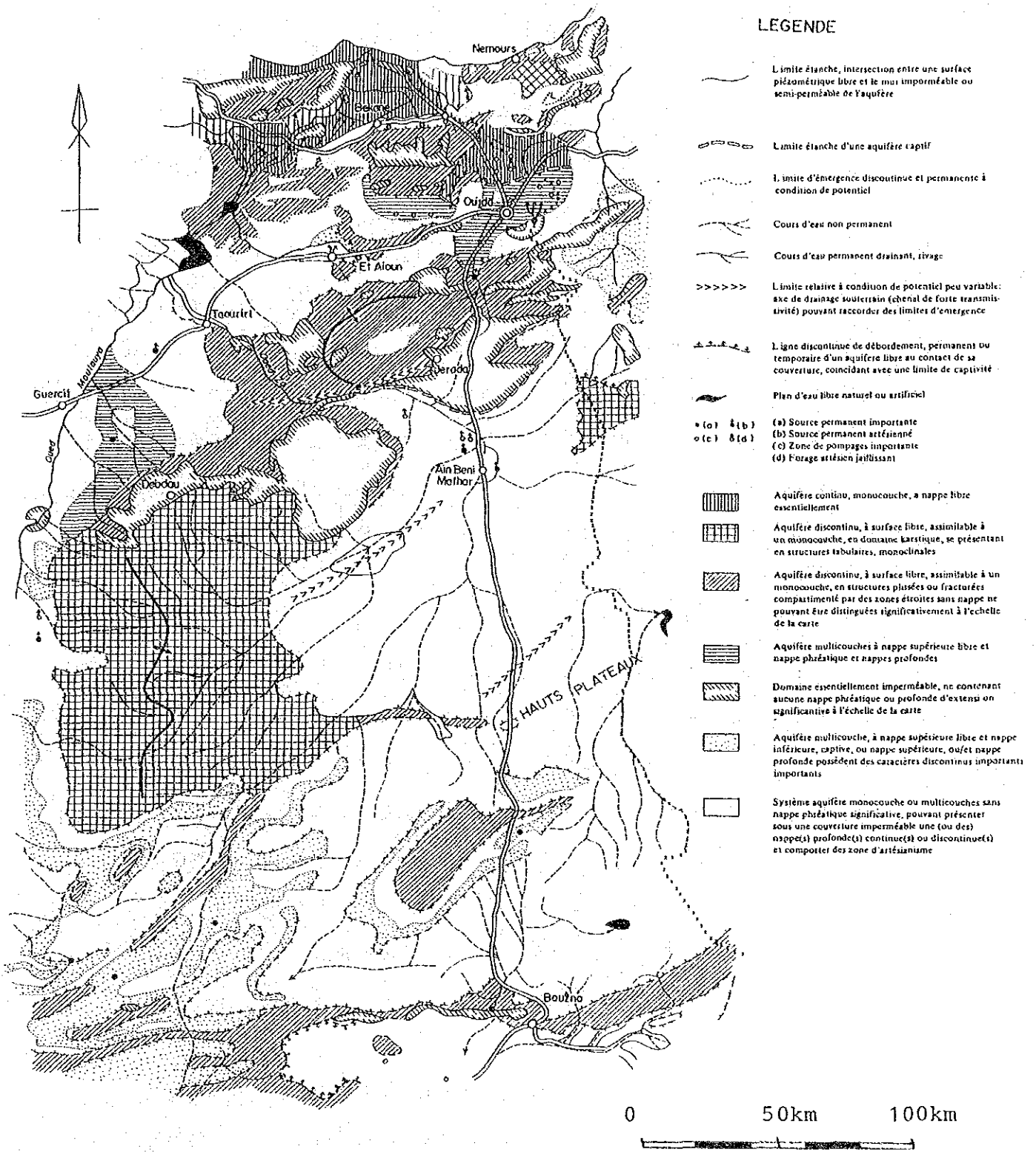


图3·3·4 地下水賦存形態图

- ① 雨水の直接的な地下浸透によるもの。
- ② 河川水の地下浸透によるもの。
- ③ ジュラ紀石灰岩等の露頭部裂罅から地下浸透した水が地下浅部の帯水層へ浸透移動することによるもの。

このうち、②の涵養様式は、澗谷の多い本地域の場合、ほとんどが降雨時のみにみられる現象であり、逆にZa川下流でみられるように地下水が河川へ常時流出する例もみられる。③の涵養様式はOujda盆地からEl Aioun、Taourirt、Tafraataの地域において、主要な役割を果たしていると考えられる。

本章3.3.3 地下水位変動において述べる通り、当地域の不圧地下水の涵養様式は、実際には、①、②、③の複合されたものとなっており、涵養水は浸透経路の違いによってそれぞれある一定の時間差をもって帯水層へ到達している。














B) 被圧地下水の涵養様式及び涵養域

被圧地下水（深層地下水）への涵養様式は、本地域においては、主として、ジュラ紀石灰岩類の露出する山間部において、石灰岩類の裂罅に雨水もしくは沢水が浸透することによるものと考えられる。その涵養域は、Chaine des Horstsで代表される山岳部、Rekkame高原、Haut Atlas山脈等であろうと考えられる。

図 3.3.5 (次頁) は、Ain Beni Mathar からその南西にある Rekkame高原を経てMoyen Atlas に至るまでの地質断面と、深層地下水の圧力水頭を模式的に示したものであるが、Hauts Plateaux地域の被圧地下水の涵養域として従来から考えられていた Moyen Atlas地域を考慮に入れなくても、Rekkame高原を涵養域とすることで十分に説明がつく。

Hauts Plateaux 地域では、東北東 - 西南西のトレンドをもつ褶曲構造が発達しており、Ain Beni Mathar の南30~40kmの地点では、透水性の悪い三疊紀赤色頁岩、泥灰岩層が背斜構造により地下浅部に盛り上がっていることが、過去に行なわれた物理探査の結果から推定されている。このため、Haut Atlas方面からの地

凡 例

- | | | | | | |
|---|---------------------------|---|----------------|---|-----------|
|  | 第四紀 (沖積層) |  | ジュラ紀リアス統 (石灰岩) |  | 泉 |
|  | 中新世 (石灰岩, 泥灰岩, 礫岩) |  | 三疊紀 (赤色頁岩) |  | 深井戸 (自噴) |
|  | 白亜紀 (泥灰岩, 泥石灰岩) |  | 二疊紀 (片岩) |  | 深井戸 (非自噴) |
|  | ジュラ紀ドガ一統 (砂岩, 石灰岩, ドロマイト) |  | 断層 |  | 深層地下水位 |
| | |  | 地下水の分水界 | | |

西南西

東北東

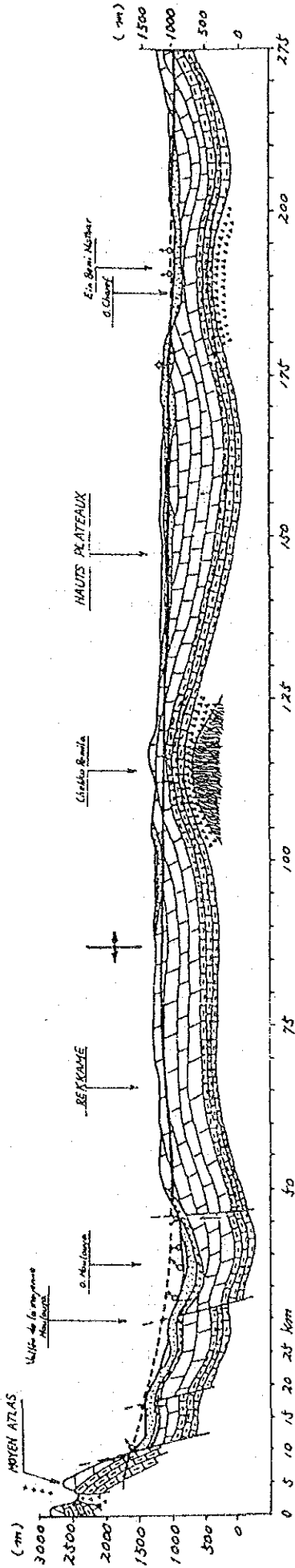


図 3・3・5 水文地質断面図

“LES HAUTS-PLATEAUX ET LE BASSIN DE AIN-BENI-MATHAR (EX-BERGUENT)”の一部引用とPhilippe CARLIERによって修正されたもの

下水は、この構造に沿って、大半がアルジェリア方面へ流出している可能性がある。その場合には、Ain Beni Mathar を含む地下水は面積が約 5,000km²程度の閉じた系の中に胚胎されていると仮定することができる。一方、Hauts Plateaux地域に存在する地下水は、これ迄のボーリング調査の結果から明らかな通り、地下水位レベルが標高の約 920m ~ 940m という狭い範囲に限られており、動水勾配は極めて小さい。従って実際には、ほとんど水平移動を生じていないか、あるいは水平移動があったとしても 1 年に数メートル以下の非常にゆっくりとした移動速度であろうと考えられる。

過去に行なわれた ¹⁴C による地下水の年代測定によれば、約 2 万年前という結果が得られているとのことであり、年代の古さという点では化石水と言ってよい。

これらのことから、Ain Beni Mathar 一帯の被圧地下水系は、ほぼ閉じた系を形成しているものとして取り扱うことが現実的であると考えられる。

3.3.2 水源現況

(1) 水利用の現況

対象地域における水源は、古くから①Jerada山脈の麓に存在する湧水、②深さ数m から 30m程度で、口径 2m 前後の手掘りの浅井戸 (Puit又はOglat)、③雨期の地表水や雨を貯水する小規模な水溜 (Rdir)、及び④ Ain Beni Matharの自噴地帯における掘抜き井戸、の 4 種類の形態があって、生活用水、牧畜用水、あるいは農業用水として利用されてきた。

ところが、近年、特に1960年代以降、第 5 番目の形態として深井戸 (Forage) からのポンプ揚水による水利用が普及するようになって、大量の地下水汲み上げが行なわれるようになってきた。このため、1970年代の初頭から、次第に地下水位が低下しはじめ、自噴地帯の湧出量も減少する傾向がみられるようになった。

このような状況に加えて、1981年から84年にかけて大旱魃に連続して見舞われ、

浅井戸は、年間1mを越す水位低下のため、空井戸になるものが現れるとともに、山麓地帯の自然湧水が涸渇し、地域住民の生活に大きな影響を与えている。

(2) 地下水開発の現状

モロッコ王国政府による地下水開発は、一般に設備省がその調査、開発規模の決定、鑿井業者の選定、掘削工事の管理を行なっている。完成した井戸は農業省、水道公社(ONEP)等、それぞれの所管官庁に引き渡され、各官庁がポンプ据付けを含む配水施設整備を担当している。

ONEPは都市水道の整備と維持管理を担当し、ウジュダ州ではウジュダ市、Ain Beni Mathar市、Taourirt市、El-Aioun市等に井戸による上水道施設を所有している。ONEPが所管する対象地域内の水源は、深井戸10本、浅井戸2本、自然湧水源1ヶ所であり、1986年1月の統計によれば合計931,000m³の飲料水を生産している。その内訳は次表のとおりである。

ウジュダ州3郡のONEP所管井戸数及び水源量

地 区	水 源	月間生産量 (m ³)	開 発 流 量 (ℓ/s)	井戸番号
O u j d a	6 Forages	790,934	295	2363、2430 2364、2431 2390、2432
N a i m a	1 Forage	5,963	2	2404/12
E l A i o u n	1 Forage	33,460	12.5	850/11
	1 Puit	—	—	624/11
T a o u r i r t	1 Forage	37,843	14	231/11
	1 Puit	29,193	11	4/11
D e b d o u	1 Source	10,178	3.8	12/11
Ain Beni Mathar	1 Forage	23,433	9	3/11
T o t a l	10 Forages 2 Puits 1 Source	931,004	347.3	—

一方、農業省が所管する井戸は、灌漑用、牧畜用、および農村水道用で、現在、ウジュダ州3郡で、深井戸27本、浅井戸65本、自然湧水源62ヶ所を所管しており、その内訳は、次表のとおりである。

ウジュダ州3郡の農業省所管井戸数及び水源量

郡	深井戸			浅井戸			泉	
	数	深さ	流量	数	深さ	流量	数	流量
Oujda	6	66 m 500	1 ℓ/s 4	19	4 m 65	1 ℓ/s 6	28	1 ℓ/s 5
Jerada	18	60 400	1.5 30	19	4.6 55	1 4	2	2 3
Taurirt	3	42 150	3 12	27	4 55	0.5 6	32	0.5 20
Total	27	42 m 500	1 ℓ/s 30	65	4 m 65	0.5 ℓ/s 6	62	0.5 ℓ/s 20

揚水量はAin Beni Mathar の8本の深井戸において、年間 10,831,734 m³ (1985年) と記録されているが、他の井戸については流量計測が行なわれていないため、不明となっている。

なお、農村部は、灌漑用や飲料用に約 2,000箇所を越えるとみられる個人所有の手掘り浅井戸が掘られており、ウジュダ州全体の手掘り浅井戸の9割程度はこの種の私設浅井戸で占められていると推定される。これらの私設浅井戸は、この度の連続旱魃で被害を受け、そのほとんどが現在使用不能な状態になっている。(調査地域の各井戸の詳細データはANNEXE 3.14~3.18に示す。また、既存井戸位置図をANNEXE巻末に添付する。)

3.3.3 地下水位変動

本地域の地下水の涵養様式を明らかにするために、長期に亘って地下水位の観測記録が得られているOujda盆地（Sidi Bou Houria地区、Angad地区、Oulad Arja地区、Oulad Hamel地区、Sidi Yahya-Jebel Hamra地区）とHaut Atlas盆地（Ain Beni Mathar地区）を対象として、そこでの地下水位変動の特徴（周期性、変動幅等）を調べた。（図 3.3.6参照）

地下水位変動の長期観測記録から、その周期性について議論する場合、その時系列データをフーリエ級数に展開し、その係数を調べる等の統計解析的な方法もあるが、ここでは、最も簡単でかつ注目する周期についてフィルター効果をもたせることのできる移動平均差法を採用した。（ANNEXE 3.19）

ウジュダ盆地地域は、以前年間平均降雨量が約 300mmであった。1981年以降5年間に亘って早魃が続き、現在では、年間平均降雨量は 200mmにも満たなくなっている。このため地域内に設けられている多くの井戸（一般に深さ 50m未満）の水位が徐々に低下し、現在では井戸として使えないものも現われるようになってしまった。

一方、同地域では、1960年代以降、井戸からのポンプ揚水が普及し、大量の地下水が汲上げられており、地下水位低下の原因になっているのではないかという疑いもあった。早魃が原因であるのなら、時期を待てば再び地下水位が自然回復する可能性もあるが、過剰な揚水が原因であるとしたら、これ以上の地下水開発は厳に慎まなければならないことになる。

(1) Sidi Bou Houria地区

図 3.3.7は、Sidi Bou Houria地区の5ヶ所の観測井（IRE 266、337、1100、1274、1367）における不圧地下水の水位変動（1968年9月～1985年8月）を示している。観測井の深さはいずれも50m未満であり、帯水層を主として第四紀砂礫層から成っている。

図 3.3.7 に示されている通り、地下水位は、場所によって約 35～50m と異なっているが、水位変動のパターンはいずれの観測井においてもほぼ同一の傾向を示しているので、解析にあたっては、観測井 IRE 266 のデータを代表例として取扱った。

図 3.3.8 は、IRE 266 地点における地下水位変動と降雨量との関係を示したものである。同図によれば、地下水位の変動様式に 3 つの特徴的な周期があることがうかがえる。

第 1 番目の変動様式は、長期的な気象変動に対応して現われるとみられる振幅の大きな変動（長期変動）である。第 2 番目の変動様式は、12ヶ月（1年）を周期として増減する中期変動である。これは、雨の比較的多いシーズンと乾期とを反映しているものと考えられ、規則的な年変化がみられる。第 3 番目の様式は、毎月の降雨量変化に対応して増減する短期変動であり、規則性は長期変動や中期変動に較べてやや不明瞭である。

これらの変動様式を明らかにするために、まず、12ヶ月（12観測点）を周期とする移動平均を行なった。その結果が、図 3.3.8 に示した曲線②である。この曲線は、約 7 年を周期とし最大振幅を約 3.5m とする長期変動を表わしている。この長期変動は、この地域の地下水位を支配的に決定づけているものであり、重要である。特に注目すべき点は、降雨量曲線の極大、極小に対して、約 1 年半～2 年程度の時間遅れをもっていることであり、早魃などにより、一旦、水位低下が生ずると、降雨量が元に回復しても約 1 年半～2 年の後でなければ地下水位は元のレベルまで回復しないことが推定される。極めて大雑把ではあるが、時間のズレを考慮すれば、長期変動によって年間 100mm の降雨量変化が起きたとすると、約 1 年半～2 年後には約 2 m の地下水位変化として現われてくるであろうことが、この図から読みとれる。

先に述べたとおり、この地域では、1981 年以降の早魃のために、以前よりも年間平均降雨量が約 100mm 程少なくなっているわけであるから、約 2 m 程度までの地下水位低下はこの早魃によって生じたものとして解釈できそうである。しかしながら、実際にはピーク時に較べて約 7 m もの水位低下を生じており、期待できる最低水位

レベルよりも更に5 m余計に低下しているので、旱魃の影響だけではどうしても説明できない。旱魃以外の別の要因が働いているはずであり、恐らくは、過度のポンプ揚水に原因があるものと考えられる。

次に図 3.3.8の観測記録から12ヶ月移動平均値②を差引いた曲線を同図の③に示した。この操作によって、ほぼ正確に1年を周期とする地下水位変動が抽出され、降雨量変化に対して約1～3ヶ月程度の時間遅れを示すことがわかった。変動の幅は、約-1m～+1mの約2mであり、年間降雨量の大小に左右されずほぼ一定である。毎年3月～5月頃に極大となり、8～9月頃に極小となっている。この規則的な水位変動も1981年以降は異常な変化を示すようになり、極めて不安定になっている。その原因は、第一に急激な水位低下に関係していると考えられるが、もし過剰な揚水が原因しているとするれば、盆地内に100ヶ所以上あるポンプ揚水井におけるポンプの運転・停止が脈動の原因となっていることも考えられる。

最後に、毎月の降雨量変化に対して、地下水位の変動がどのように追隨しているかを調べるために、図 3.3.8の中期変動曲線③に対して3ヶ月幅（3観測点）で移動平均を行ない、更にその結果を曲線③の値から差引いたもの（短期変動）と降雨量に対して3ヶ月幅の移動平均を行なった結果との比較を行なった。

その結果を図 3.3.9に示す。この操作は、中期変動曲線の微係数を求めることと等価であり、相対的な増加、減少傾向を抽出したことになる。これによると、地下水位の変動は降雨と極めて強い相関がみられ、降雨とほぼ同時期（1ヶ月以内）に地下水位も変動していることがわかる。この短期的な水位変動は振幅が小さく、約±10～20cm程度のものが多い。これは、降雨が直接的に大地へ浸透することによって生じた地下水位変動であると考えられる。

(2) Angad地区

図3.3.10のNo.616、790、1218は、Angad地区に置かれた3本の観測井における不圧地下水の水位変動を表わしている。

井戸の深さは、それぞれ23.2m、40.6m、17.0mであり、いずれも第四紀砂礫層を主な帯水層としている。

ここでの地下水位変動は、Sidi Bou Houria の場合と異なり、1年を周期とする中期変動が存在せず、また、約7年周期の長期変動も最大振幅が1.9m以下と小さくなっているのが特徴である。

地下水位低下量は、最も値の大きいIRE790地点の場合、(図3.3.11) 1968年から1985年までの16年間で約10m(平均約0.6m/年)であるが、他の2地点では、ほとんど横ばい状態である。従って、ポンプ揚水による際立った影響は現われていない。

(3) Oulad Arja-Oulad Hamel 地区

図3.3.10のNo.1202、1204、1208は同地区内の3本の観測井における不圧地下水の水位変動を表わしている。

井戸の深さはそれぞれ26.0m、18.8m、21.4mであり、やはり、第四紀砂礫層を主な帯水層としている。

地下水位変動は、Sidi Bou Houria の場合と非常に類似した傾向を示しており、同様の地下水の涵養機構を考えることができる。

地下水位低下量は、最も値の大きいIRE 1208地点の場合でも(図3.3.12) 1968年から1985年までの16年間で約10m(平均約0.6m/年)となっており、Angad 平野での水位低下量とほぼ同じである。ここでもポンプ揚水の影響は現われていない。

(4) Sidi Yahya-Jebel Hamra 地区

図3.3.10のNo.1126はJebel Hamraの観測井IRE 1126における被圧地下水の水位変動を示している。井戸の深さは不明であるが、約150m程度であろうと推定される。この地域の井戸は全く、ジュラ紀石灰岩層を帯水層としている。地下水位は最も浅いIRE 2926(Sidi Yahya)地点で13.7m、最も深いIRE 2948地点で111.6mと

なっている。

図3.3.10によれば、IRE 1126地点での地下水位は1969年から1982年半ばまでは、平均して約0.4m/年の割合で低下していたが、それ以降水位低下が著しく1982年半ばの約26mから1985年半場の約40mまで一気に14m(約4.7m/年)も低下している。この原因はポンプによる過剰揚水によるものと考えられるが、詳しいデータが得られていないので、揚水量との相関については明らかでない。

(5) Ain Beni Mathar地区

図3.3.13は、Ain Beni Mathar地区の観測井IRE 46における被圧地下水の水位変動を示している。井戸の深さは記録がなく不明であるが、約250m程度であると推定される。

この地域の地下水は第三紀泥質岩を賦圧層とし、ジュラ紀石灰岩層を帯水層とする被圧地下水であり、Ain Beni Mathar ~ Ain Tbouada地区では自噴井もみられる。放射性炭素(^{14}C)法による年代測定の結果によれば、この地下水は約2~2.5万年という古い年代を示しており、化石水と言ってもよいであろう。

図3.3.13によれば、IRE 46地点での地下水位変動には、降雨量変化の直接的な影響が全く現われておらず、規則的な変動傾向もみられない。

地下水中のトリチウムの分析結果においても、Ain Beni Matharの西方約100kmのところにあるDehdou地区では、1962年以降の核実験の影響を受けて、20UT以上のトリチウムが検出されているが、Ain Beni Mathar地区においてはわずか 4.5 ± 1.8 UTの濃度しか検出されずほとんどその値が増加してないと報告されている。このことから、Ain Beni Mathar地区への地下水の移動あるいは供給がほとんど行われていないことが推定できる。即ち、揚水による地下水消費によって初めて、しかもある時間遅れをもって、地下水涵養が成されるという典型的な被圧地下水系を形成していることがわかる。

図3.3.13によれば、IRE-46における地下水位は、1970年から1972年の3年間に約

1 m (0.3m/年) の水位低下を生じたのち、1981年までの9年間は、ほとんど横這状態であり、わずかに 0.7m(0.1m/年) の低下を示したにすぎない。しかしながら1981年から1985年までの3年間には、一気に 0.9m(0.3m/年) 低下している。現在はその急激な低下がおさまっているようであるが、今後の監視が必要である。

同地区では、1981年に約80ℓ/秒を揚水するIRE 170 井がAin Tbounda地区に新しく建設され、Jerada炭鉱とそれに隣接する発電所への水供給が增強された（それ以前の送水量は、224ℓ/s）、事実があり、その影響を受けて水位低下が加速されたと考えることもできるが、詳しいデータが得られていないので現段階では断定できない。

一方、自噴井 IRE 37 井における湧出量も、年を追って減少する傾向を示しており、1950年に 100ℓ/秒であったものが、1959年では68ℓ/秒、1969年は41ℓ/秒、1980年には26ℓ/秒となっている。減少割合は小さくなってきてはいるものの近い将来、完全に自噴が止まり、ポンプ揚水の必要が出てくることは避けられないと考えられる。

(図 3.3.7~3.3.11の観測値および計算値は ANNEXE 3.20~3.25に示す)

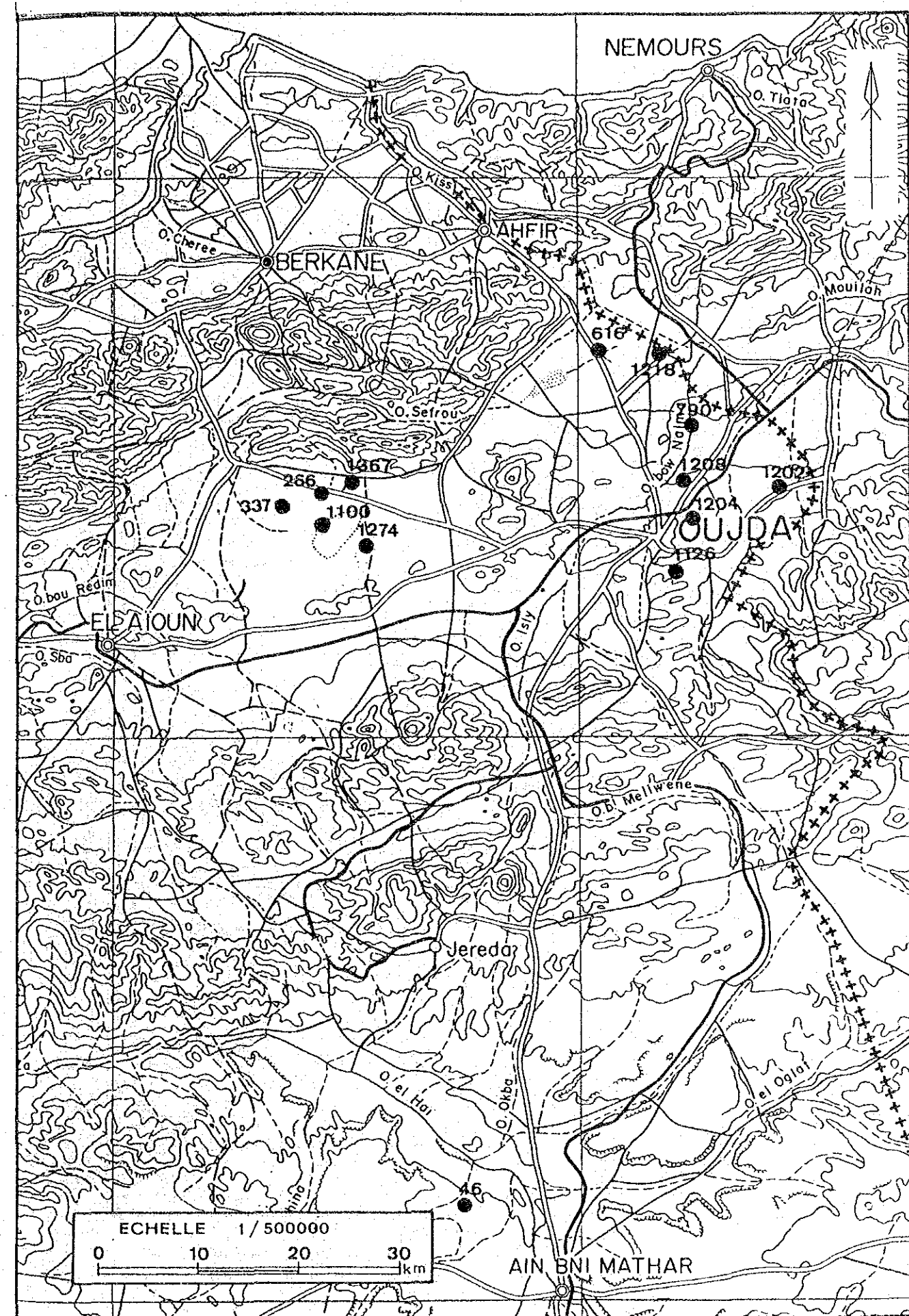


图3·3·6 地下水位观测井位置图

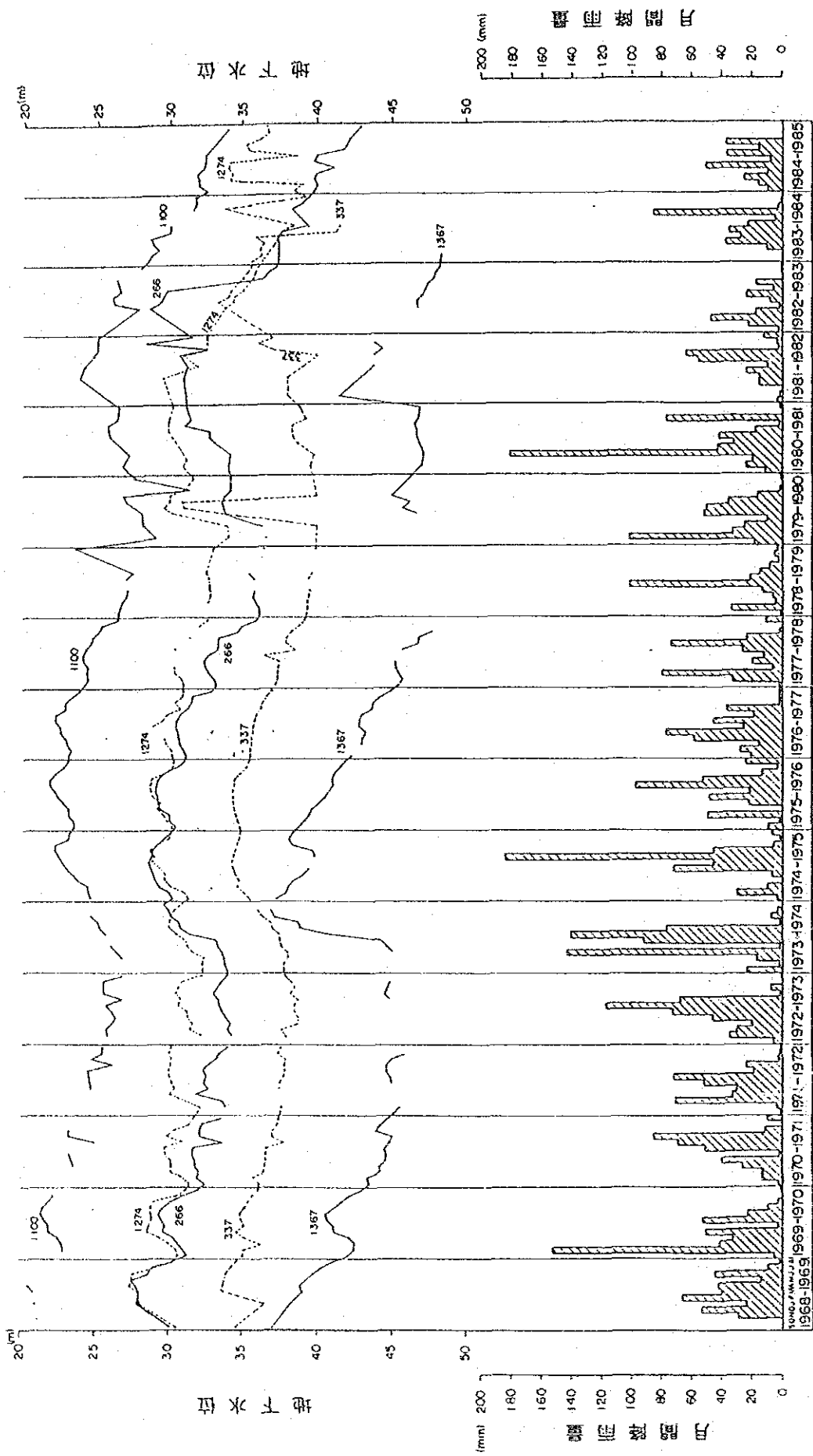


図3・3・7 地下水の水位変動と降雨量 (OUJDA: Sidi Bou Houria)

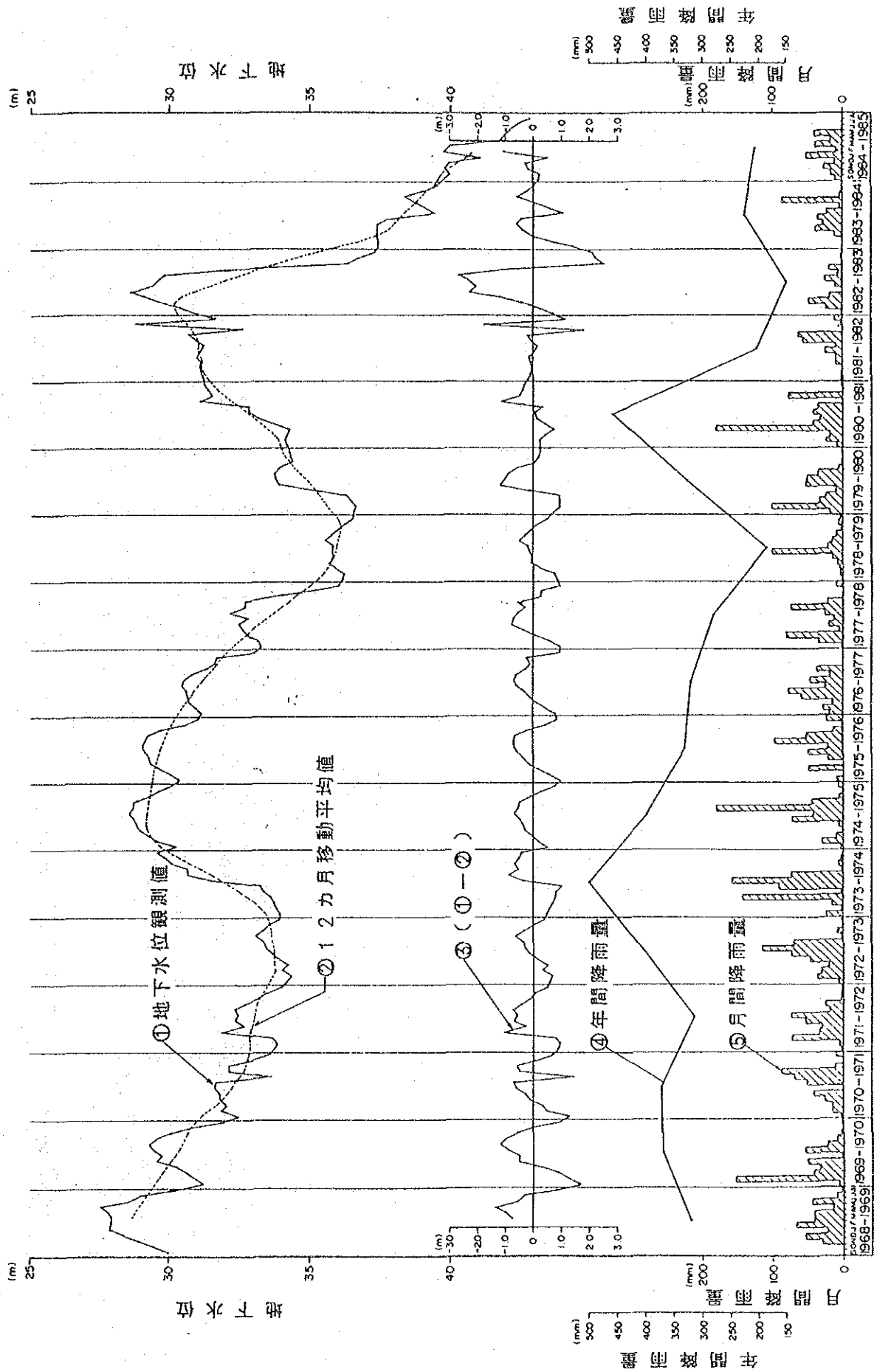


図 3・3・8 地下水の水位変動と降水量の周期性

(観測井 IRE 266, OUJDA: Sidi Bou Houria)

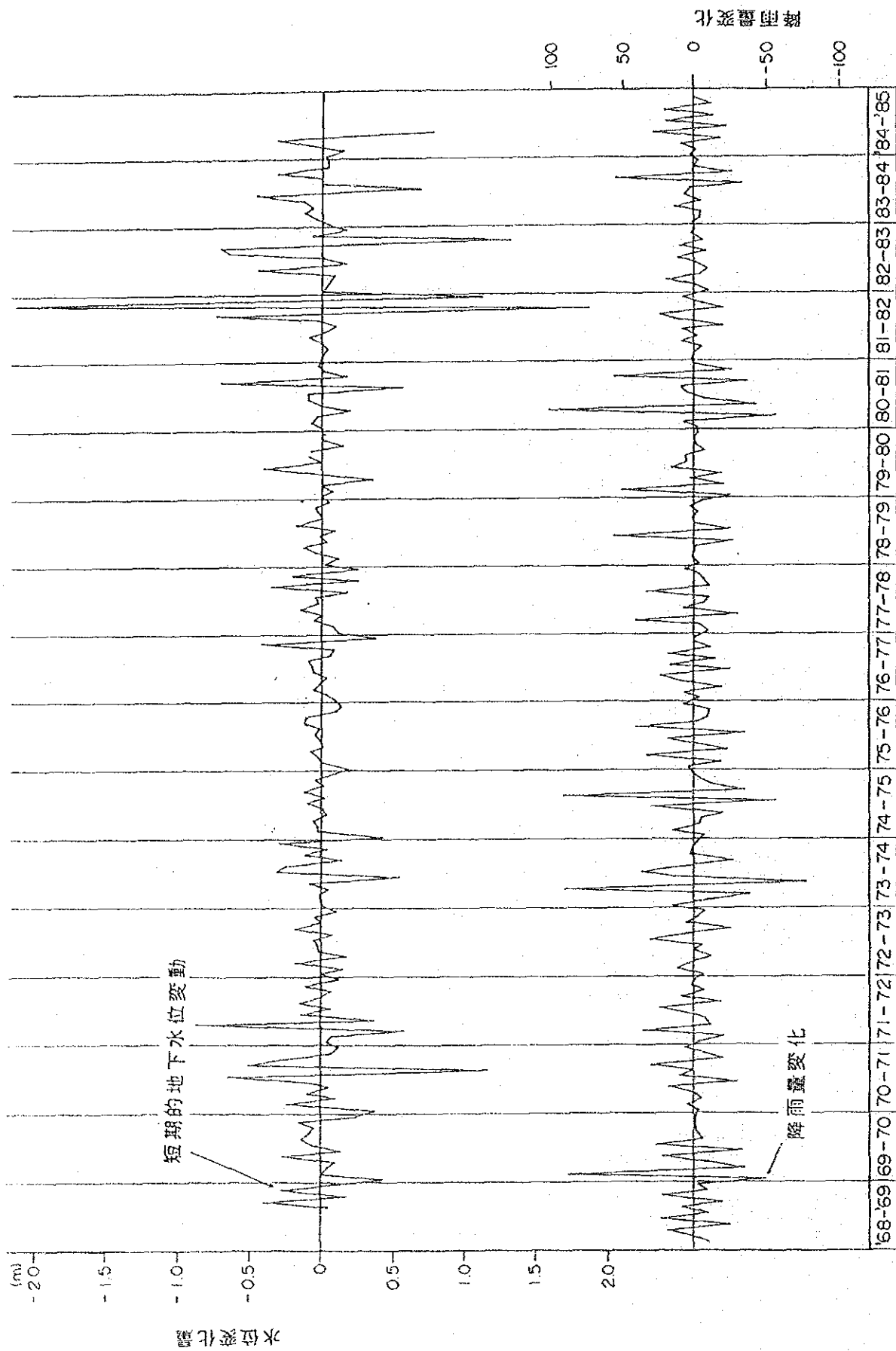


図3.3.9 短期的な地下水位変動と降雨の対応

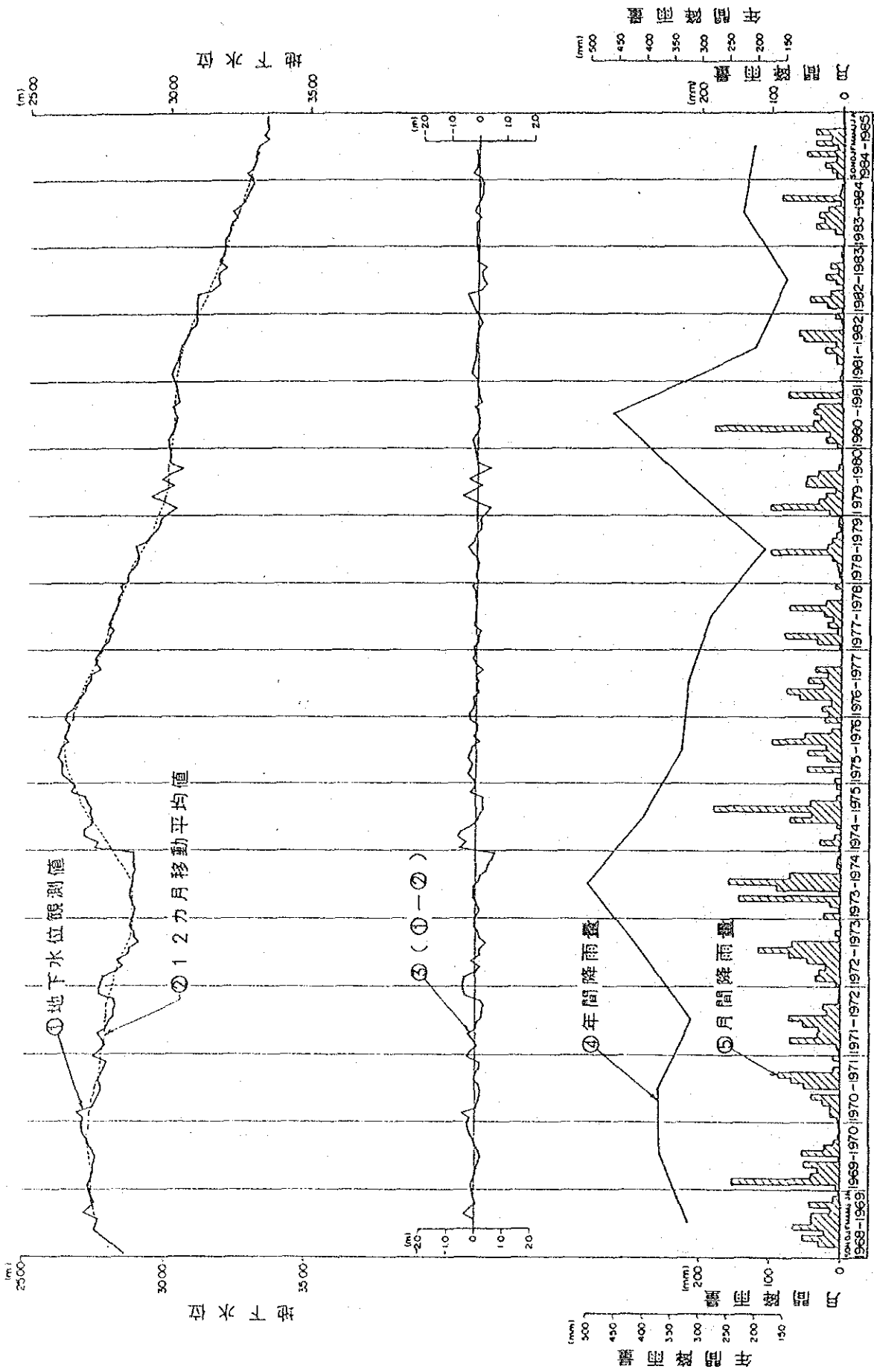


図3・3・11 地下水の水位変動と降雨量の周期性
 (観測井 IRE 790,OUJDA:Angad)

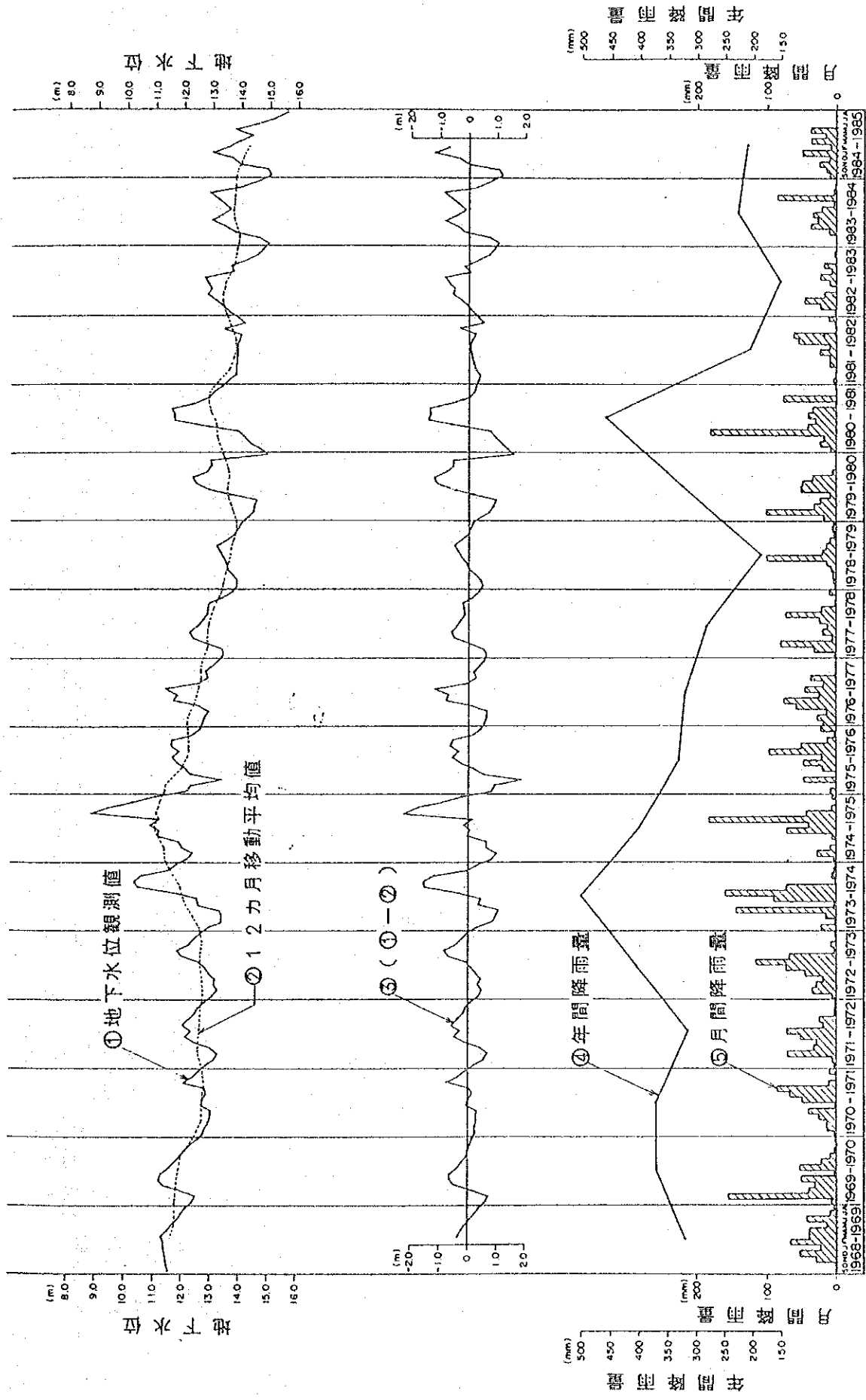


図 3・3・1 2 地下水の水位変動と降雨量の周期性

(観測井 IRE 1208,OUJDA:Oulad-Arja,Oulad-Hamel)

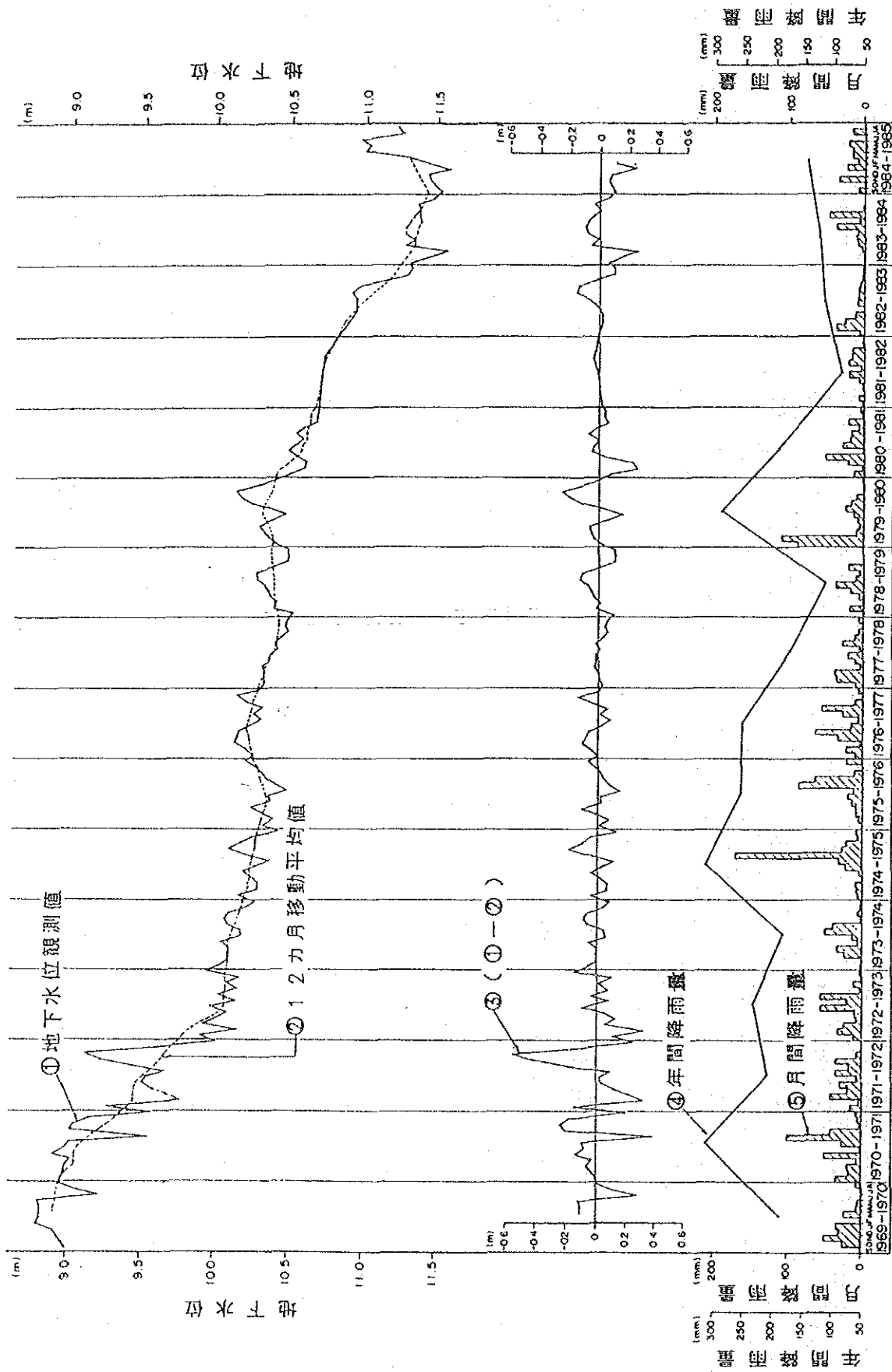


図3.3.13 地下水の水位変動と降雨量の周期性
(観測井 IRE 46, Ain Beni Mather)