

ARY



JICA LIBRARY



1080021(7)

20553



パキスタン国  
マリル川流域農業開発計画  
事前調査報告書

平成元年11月

国際協力事業団



## 序 文

本報告書は、パキスタン政府の要請に基づき、平成元年1月30日から同年2月12日までの間、(株)土地改良技術情報センター専務理事 内山則夫氏を団長として派遣されたマリル川流域農業開発計画調査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は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パキスタン政府関係機関、シンド州政府関係機関並びに我国関係機関の各位に対し謝意を表する次第である。

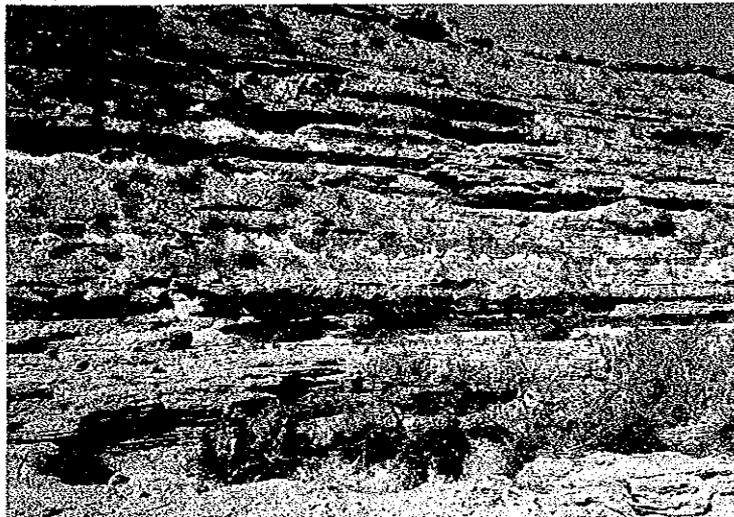
1989年11月

国際協力事業団  
理事 田口俊郎

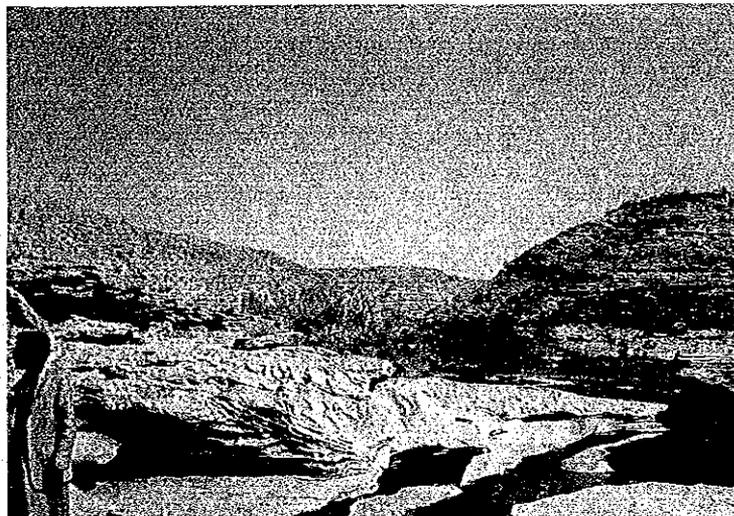




ph-1 カデジダムサイト（上流側）  
両岸は第3紀中新世の石灰岩類（Gaj層）からなる。河床部は沖積世の固結砂礫岩からなる。（図4・5参照）

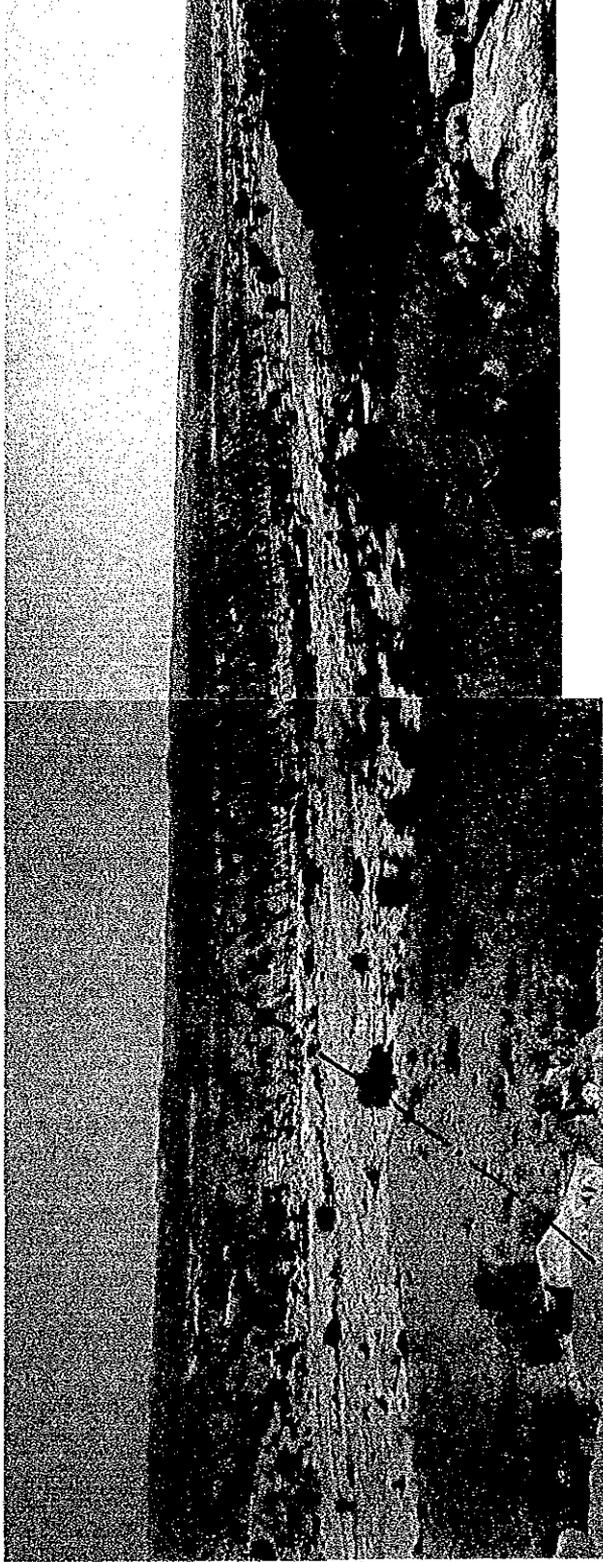


ph-2 カデジダムサイト（下流側）  
地質状況はph-1と同様、なお河床部には固結砂礫岩が広く、厚く分布している。



ph-3 カデジダムサイト（右岸側）  
石灰岩、砂質石灰岩、砂岩、泥岩などの互層からなる。ほとんど水平に堆積している。

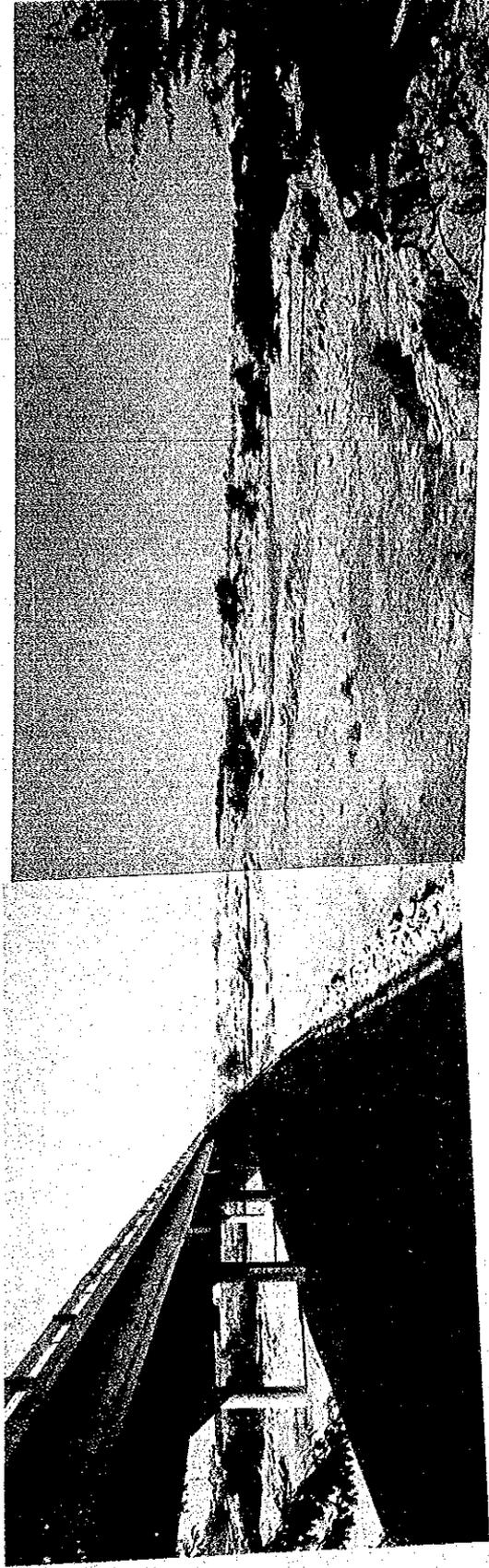




ph-4 モルダムサイト（右岸側から左岸を望む）  
カデジダムサイトと同様、第3紀中新世の石灰岩類（Gal層）からなる。  
河床部には沖積世の未固結の砂礫層と固結砂礫岩が分布する。  
図7・8参照



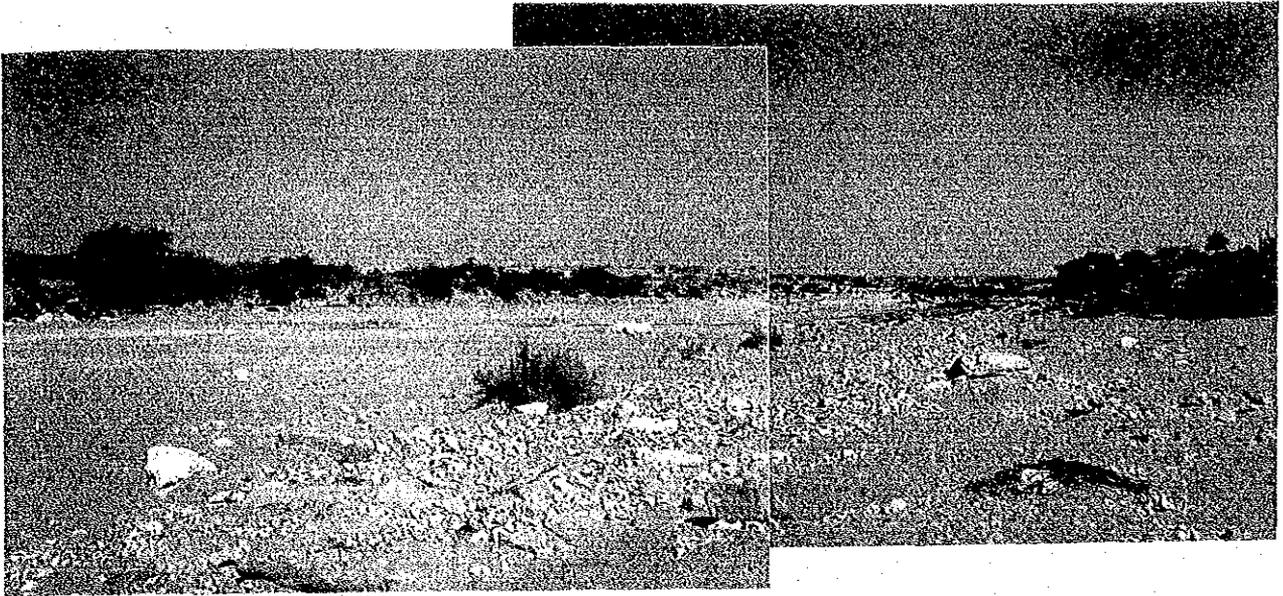
(モル、カデジ川合流地点の河床状況)



ph-5 兩岸は沖・洪積世の固結砂岩からなり河床部は沖積世の未固結砂層からなる。踏査時点(平成元年2月)においては差流水はみられない。なお橋脚部には量水標が設置されており、出水時には流量観測が行われている。



(マリル川 中流部の河床状況)



ph-6 沖積世の未固結砂礫層が分布しており、表流水が浸透しやすい。



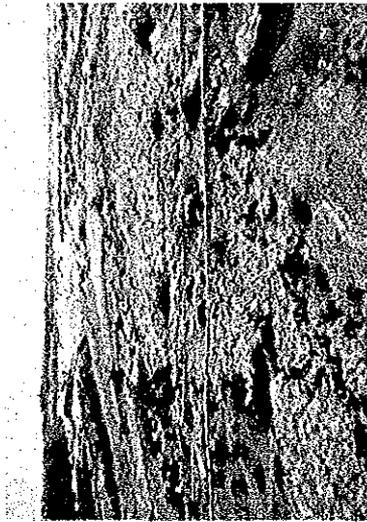
ph-7 マリル川中流部の河床堆積物  
砂礫層の表面はやや固結しているが、内部はルーズである。



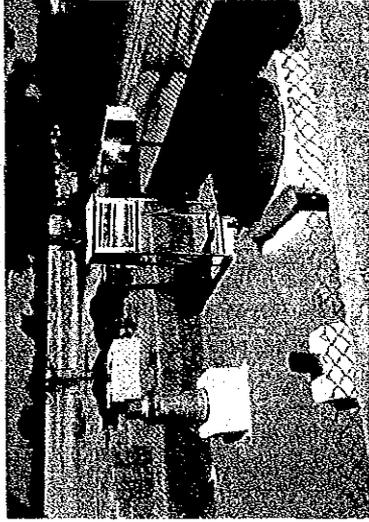
(シンド州政府かんがい局水文観測所の状況)



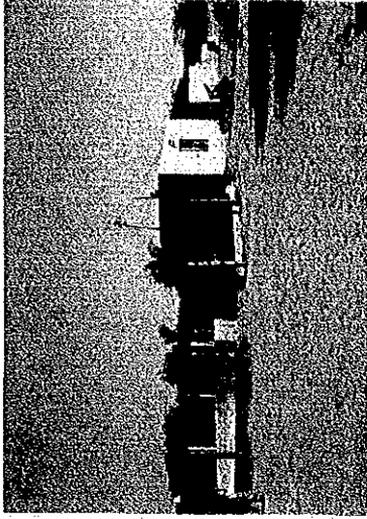
ph-8 マリル川中流部の河床部に発達する固結砂礫岩である。表流水の浸透がかならずしも容易ではないと思われる。



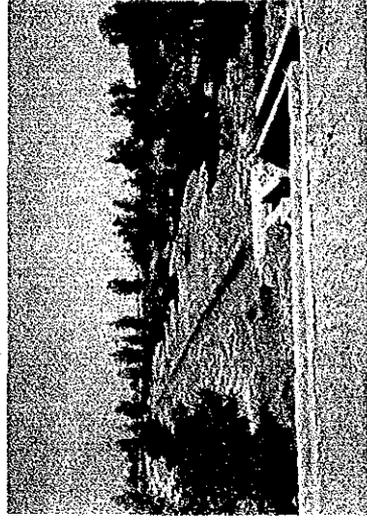
ph-9 マリル川下流部（パキスタン鉄道付近）の河床部に発達する固結砂礫岩などからなり、表流水の浸透はあまり容易ではないと思われる。



ph-11 カデジ川とモル川の合流点付近に設置されている。

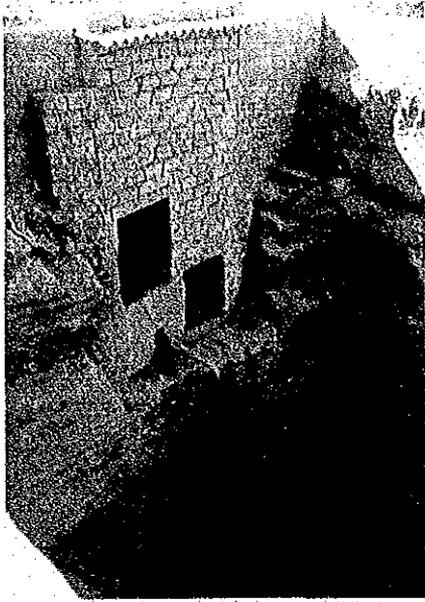


ph-12 地下水汲上げポンプ場の一例  
ポンプ小屋の隣地に、深度135m、口径200mmの深井戸があり、深度8m、口径10mのタンクに貯水している。



ph-13 畦間かんがいの状況（果樹園）  
上記の水源から揚水された地下水は水路で運搬され15m間隔程度のうねま覆被用水として利用されている。受益面積は約40haで、主として果樹が対象となっている。





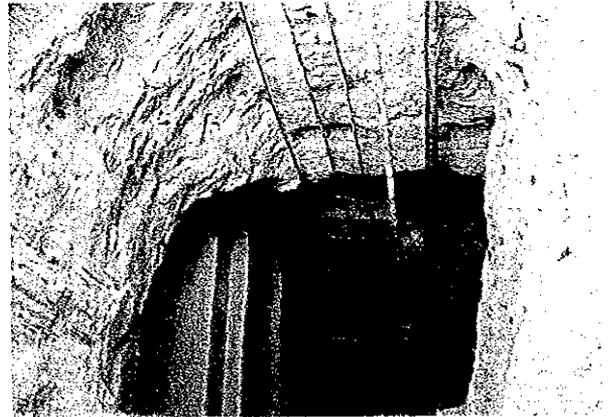
ph-14 (オープンウエルの例)

川沿いにあるオープンウェルでありポンプ小屋付近を除き素掘りである。乾期で水位が低下している。

上記オープンウェルの川側は取水口のある井壁となっており、川の水位が上昇してオープンウェル内に流れ込むようになると地下水と一緒に揚水される。



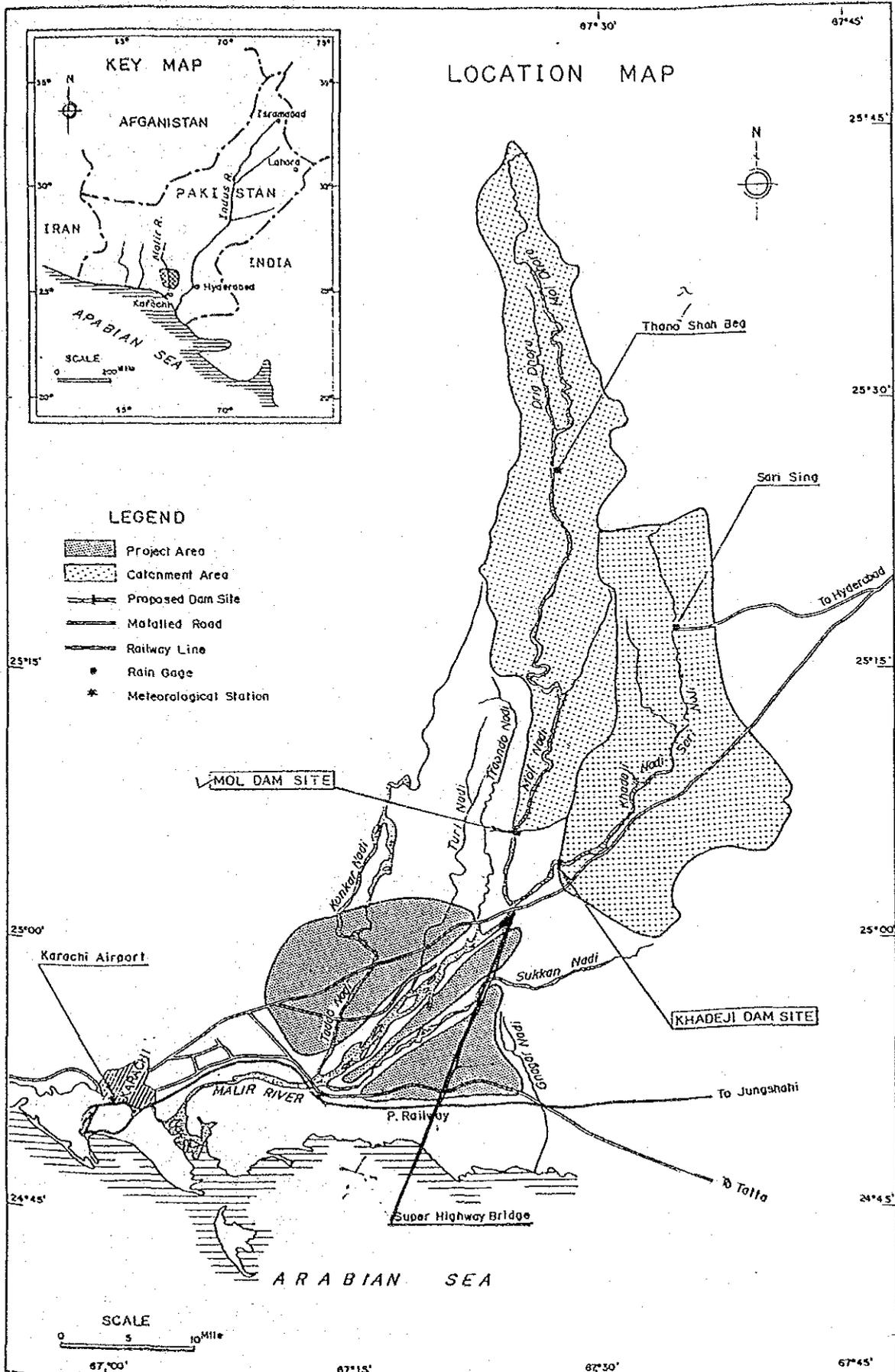
ph-15 深度24m、口径4mのオープン・ウェルである。地下水面より上部はレンガによりライニングされている。地下水面下は素掘りである。



個人経営の畑地かんがい試験地用のオープン・ウェルである。深度13m、径3×3m、水深3m、揚水可能量360m<sup>3</sup>/日のものである。ポンプ付近を除き素掘りである。農業用と飲料用のポンプが設置されている。



位置图





パキスタンの概要

1) 面積	796千km <sup>2</sup> (日本の約2.2倍)
2) 人口 (1986年央)	総人口 98,858千人
3) 政体 元首	連邦共和制 大統領: グーラム・イスハク・カーン 大統領代行
4) 人種構成	パンジャブ人、シンド人、バターン人、バルーチ人の他、インド各地よりの回教徒およびその子孫(ムハージル)、その他
5) 言語	公用語: ウルドゥ語(地方語としてパンジャブ語、シンド語、パシュトゥ語、パロチ語、クジェラート[インド]語)
6) 宗教	国教はイスラム教徒96%、キリスト教徒3%、その他1%
7) 教育	義務教育は、制度はなし。 就学率(標準就学年齢に対する総就学者の比率) 初等教育(1985年): 47% 中等教育(1985年): 17% 高等教育(1985年): 5%
8) 通貨 (1987年12月現在)	ルピー (1米ドル=17.5548ルピー)
9) 貿易 (1986年)	貿易額(輸出入総額): 8,761百万米ドル 輸出額(FOB): 3,384百万米ドル 主要相手国: 米国、日本、サウディ・アラビア、西ドイツ、英国  輸入額(CIF): 5,377百万米ドル 主要相手国: 日本、米国、サウディ・アラビア、西ドイツ
10) 外貨準備高 (1986年)	1,465百万米ドル
11) 対外公的債務残高 (1986年)	11,764百万米ドル
12) 債務返済比率 (1986年)	対GNP比: 3.2% 対輸出比: 26.8%
13) G N P (1986年)	34,920百万米ドル 一人当たり380米ドル
14) インフレ率	7.5% (1980~86年平均)
15) 会計年度	7/1~6/30

<p>16) 援助要請のための 国内手続き</p>	<p>小規模案件 承認: 事業実施官庁のみ 大規模案件 勧告: 大蔵・経済省 承認: 中央開発作業部会(Central Development Working Party) あるいは国家経済評議会執行委員会(Executive Committee of the National Economic Council)</p>
<p>17) 略 史</p>	<p>パキスタンは、1947年8月、英領インドからの分離独立を達成したが、その後東パ動乱、印パ戦争を経て、1971年12月、東パキスタンがバングラデシュとして独立した。</p> <p>1977年7月クーデターによりブット政権に代わり、ハック政権が成立した。1985年2月には総選挙が実施され、同年4月に第1次ジュネジョ内閣が成立し、さらに同年12月には戒厳令が撤廃され、8年半ぶりに民政移管が達成された。</p> <p>ジュネジョ首相は5項目開発計画に基づく政策を推進してきたが、国内治安問題、アフガニスタン問題、対インド関係などの問題を抱え、1988年5月にハック大統領により解任された。</p> <p>1988年8月17日、ハック大統領は搭乗機の墜落で死亡し、即日、グーラム・イスバク・カーン上院議長が大統領代行に就任した。</p>

[注] アジア地域に含まれる地域: バングラデシュ、ブータン、ビルマ、カンボディア、中国、インド、インドネシア、大韓民国、ラオス、マレーシア、モルディブ、モンゴル、ネパール、パキスタン、フィリピン、シンガポール、スリランカ、タイ、ヴェトナム、ブルネイ、香港、日本  
出典: 世銀および国連資料

# 目 次

序 文  
写 真  
位 置 図  
主要指標

## 第1章 調査団とその目的

1-1 調査の目的 .....	1
1-2 調査団の構成 .....	2
1-3 調査日程 .....	2
1-4 面会者リスト .....	3

## 第2章 調査結果の要約及び提言

2-1 要 約 .....	5
2-2 調査要約と結論 .....	5

## 第3章 プロジェクト概要と現況

3-1 プロジェクト人の背景 .....	7
3-2 計画地区での概要 .....	7
3-2-1 計画地区の位置及び概定 .....	7
3-2-2 地 形 .....	13
3-2-3 一般地質 .....	13
3-2-4 グムサイトの地質 .....	17
3-2-5 水 文 .....	30
3-2-6 地 下 水 .....	30
3-2-7 河床堆積物 .....	34
3-2-8 灌漑・排水 .....	34
3-2-9 洪水調節 .....	34
3-3 地域農業の概要 .....	35
3-3-1 計画地域 .....	35

3-3-2	農業環境	35
3-3-3	農業生産の状況	35
3-3-4	土地利用と農場の概要	37
3-3-5	農業の機械化	38
3-3-6	農業用水	38
3-3-7	農業普及	39
3-3-8	農村インフラ	40
3-3-9	農業概要	40
第4章 既定計画と今後の課題		
4-1	地下水涵養量	42
4-1-1	ダム放流による涵養	42
4-1-2	降水による涵養	42
4-1-3	Deep Protection による地下水利用量の増大	43
4-2	地下水涵養範囲と涵養効果	44
4-3	地下水	44
4-3-1	地下水水文地質の把握	44
4-3-2	地下水シュミレーション	45
4-4	ダムサイトの地質調査	45
4-5	築堤材料調査	46
4-6	池敷地質調査	47
第5章 協議の概要		
5-1	協議の概要	48
5-2	調査実施に係る確認事項	48
第6章 本格調査実施上の留意点		
6-1	地下水調査	49
6-2	地下水解析	50
6-3	ダムサイト地質調査	50
6-4	築堤材料	50

6-5	池敷地質	.....	51
6-6	ダム設計	.....	51
6-7	農業計画	.....	51

付属資料

S/W

M/M



## 第一章 調査団とその目的

### 調査の目的

シンド州都カラチ市の後背地マリル川流域に広がる土地約30,000haはカラチ市への生鮮野菜・果物の供給地として重要な役割を担ってきた。

もともと表流水の得にくい同地区において、農業用水の確保を地下水に依存していたところ、近年のカラチ市の人口の急激な増加に伴い農業生産の拡大が行われた結果、地下水のくみ上げが増大し、地下水位が大巾に低下した。そのため揚水量の激減、地下水への海水の混入等の問題が発生し、農地の荒廃がおきている。

シンド州政府はマリル川水資源の有効利用による上記諸問題の解決を目的として、1967年以来地下水涵養を主目的としたダム建設計画の策定を進めてきたが、その早期実現及び農業開発計画を含めた水資源開発計画の必要性から、我国に対し本計画の再検討を要請越した。

日本政府は、これを受けて国際協力事業団を通じ、(株)土地改良技術情報センター内山内則夫専務理事を団長とする事前調査団を、平成元年1月30日から同年2月12日まで14日間パキスタン国へ派遣した。

同調査団は、シンド州政府関係者と協議を重ね、現地調査を実施し、本格調査の実施細則（S/W）をシンド州政府計画開発局、アプロ部長との間で署名交換した。

1-2 調査団構成

内山 則夫	総括	(株)土地改良技術情報センター専務理事
岩井 孝道	灌漑排水	農林水産省構造改善局整備課課長補佐
猿山 光男	地質	農林水産省九州農政局計画部資源課地質官
古川 辰馬	農業	農林水産省九州農政局生産流通部普及課課長補佐
日野 卓人	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

1-3 調査日程

1	1月30日(月)	東京→イスラマバード	(PK703)
2	31日(火)	JICAパキスタン事務所 在パキスタン日本大使館	①事前調査打ち合わせ ②パキスタン中央政府経済局表敬 ③シンド州計画開発局MR. ABRO
3	1日(水)	イスラマバード→カラチ	シンド州政府、計画開発局、農業局、 かんがい局、現地踏査打合わせ S/W協議のための打合わせ
4	2日(木)	現地調査	マリル河床、ガデジダムサイト、モル ダムサト、農場(農地、井戸、作物)
5	3日(金)	資料整理・検討	調査団内合わせ
6	4日(土)	現地調査	マリル河床、農家、WAPDA
7	5日(日)	シンド州政府	農業局、灌漑局
8	6日(月)	シンド州政府	S/W協議、署名
9	7日(火)	現地追加調査	ハブダム調査
10	8日(水)	カラチ→イスラマバード	シンド州政府資料収集
11	9日(木)	JICAパキスタン事務所 在パキスタン日本大使館	報告書類作成 パキスタン中央政府報告
12	10日(金)	イスラマバード→カラチ	(PK361)
13	11日(土)	→カラチ バンコック	(PK762)
14	12日(日)	バンコック→東京	(TG640)

1-4 面会者リスト

(1) Government of Pakistan

• Mr. AKHITAR IQBAL

Deputy Secretary Economic Affairs Department  
Government of Pakistan.

(2) Government of Sind

• Mr. GHULAM MUSTAFA ABRO

Chief, Water and Power, Planning and Development  
Department, Government of Sind.

• Mr. MUHAMMAD OMAR KAZI

Chief, Foreign Aid, Planning and Development  
Department, Government of Sind.

• Mr. M. IDRIS RAJPUT

Additional Secretary, Irrigation and Power  
Department, Government of Sind.

• Mr. RAO ABDUL JABBAR KHAN

Deputy Secretary, Agriculture Department  
Government of Sind.

• Mr. SH. ALI. MOHAMMAD

Agriculture Engineer, Hyderabad Division  
Government of Sind.

• Mr. MOHAMMAD IZHAR KHAN

Executive Engineer, Research Division  
Government of Sind.

• Mr. HASSAN ALI DIN MOHAMMAD

Planning Officer, Foreign Aid, Planning and  
Development Department, Government of Sind.

• Mr. MAZHER ALI SOOMRO

Research Officer, Foreign Aid, Planning and  
Development Department, Government of Sind.

• Mr. KAMALUDDIN QURESHI

Secretary, Agricultural Department, Government  
of Sind.

• Mr. SYED AZIZUDDIN

Chief Economist, Water and Power, Planning  
Department, Government of Sind.

• Mr. NASIM BUKHALI

Assistant Chief, Water and Power, Planning and  
Development Department, Government of Sind.

(3) WAPDA

• Mr. MEMON NAZIR AHMAD

Executive Engineer, WAPDA, KARACHI

• Mr. MOBENUDDIN KAZMI

Junior Engineer, WAPDA, KARACHI

(4) 在パキスタン日本大使館

小林大使

狩俣一等書記官

(5) JICAパキスタン事務所

谷川所長

戸川所員

## 第二章 要約及び勧告

### 2-1 要 約

マリル川流域農業開発計画調査団は、本件についての先方政府の意向把握と現地調査を行い実施細則（S/W）を締結することを任務として、1989年1月30日から2月12日までパキスタン国を訪れた。本件の要請機関はシンド州政府であることから、協議はシンド州計画開発局を主体として行い、要請書では明らかにされていなかった調査のT/Rを確認することに重点が置かれた。

協議の結果、日本より持参したS/W案に必要な修正を加え署名を行った。

具体的な調査結果の要約は、次のとおりである。

### 2-2 調査要約と結論

(1) 当事前調査団の調査結果としては、別添1989年2月6日付で、パキスタン国政府経済援助省及びシンド州政府計画開発局と、とり交わした実施細則（S/W）に示されているように、本計画について、可能性調査（F/S）を行う価値のある地区であると総合的に判断されるので、出来るだけすみやかに（1989年7月からでも）F/S調査団を派遣すべきであるとする。（注「S/W」及び「Minutes of Meeting」参照）

(2) マリル川流域に展開する約30,000haの土地のうち、地下水利用（井戸水汲上げ方式）をしているかんがい農耕地は約5,600haであり、当該地域は、シンド州都カラチ市（人口約520万人）への生鮮野菜・果物の供給基地として重要な役割を果たしている。

しかし、近年、地区内の地下水位低下に伴う揚水量の減少や、海水の透水層への侵入等無計画な地下水利用に起因する問題が発生してきた。また、マリル川の流出が、7、8、9月のモンスーン期に集中し、その多くが洪水流出の形をとっていることから、マリル川河口に近いカラチ市と、その周辺地区の洪水被害も大きな問題となっている。

(3) パキスタン・シンド州政府は、上記諸問題の解決を図るため、1967年以来、マリル川開発計画の策定作業を進めてきており、1982年パキスタン・かんがい電力公社（WAPDA）の作成した「MALIR BASIN WATER RESOURCES DEVELOPMENT PROJECT」のFeasibility studyレポートにより、すでに計画の骨子を明らかにしている。シンド州政府は、現在、当該開発計画の重要性に鑑み、その早期実現を切望しており、このWAPDAの作成したレポートの見直しを含めたFeasibility Studyの早期実施を強く望んでいる。

(4) 本計画の骨子は、マリル川の水資源を最大限活用することであり、このため、マリル川の2大支川、カデジ川及びモル川にそれぞれ多目的ダムを1ヶ所づつ築造し、（カデジダムおよびモルダム）雨期の洪水を貯留し、これを主として乾期に河川に放流し、河床部から地下に浸透させ（地下水涵養方式）、かんがい用の地下水の確保を図るとともに、上水道用水の確保と洪水調節

を行う構想であり、基本計画は妥当である。なお、貯留計画及び放流計画は更に水文データを吟味して検討し、決定されることが望まれる。

(5) ダム建設の技術的可能性については、ダムサイトの地形、地質、築堤材料、水文データ等から、カデジダムはコンクリート重力式、モルダムはアースフィルタイプダムが選定されているが、現地踏査及び各種データから総合的に判断して、おおむね適切であると思料される。

(6) かんがい方式として、当計画では水路導水方式ではなく、ダムから放流した水を河道流下させ、この間、河床及び河川の両岸から浸透することによる地下水涵養を行い、これを井戸（オープンウェルもしくはチューブウェル）により汲み上げ、うね間かんがいを行う方式となっている。これは、過去の調査で判明している地下水ポテンシャル線からすれば、マリル河道から浸透した水が雨水とともに地下水涵養源になっているという事実、さらに現況マリル河道について、中下流部を調査した結果から判断しても妥当であると考ええる。

(7) しかし、このような地下水涵養方式によるかんがい用水の確保、利用については、ダム放流水が河道から浸透して、どの範囲まで効果が期待出来るのか、といった問題があるので、地下水涵養の量的把握、そのメカニズムの解明が必要である。このため、特に水理地質面に重点をおいた各種の観測、探査、試験等の調査を行うことが重要であると考ええる。

(8) いずれにしても、当地域は、カラチ市近郊の地下水かんがい方式による一大農業地帯であり、水源の確保が不可欠である。この計画の実施により、既かんがい地域への水補給の強化による農業生産の増大、農村の活性化の可能性はもとより、地下水涵養効果が新しく及ぶ地域については、井戸の新設により、新しい農耕地の創出、村づくりの可能性もあるので、本マリル川水資源開発計画は、当地域にとって、緊要なプロジェクトであると認識した。

## 第三章 プロジェクトの概要と現況

### 3-1 プロジェクトの背景

カラチ市の後背地マリル川流域約30,000haは、1-1にて述べたように、カラチ市への生鮮野菜・果物の重要な供給地として位置づけられていたが、地下水の過剰なくみ上げにより、地下水位の低下を起し、揚水量の減少、地下水への海水混入等により農業生産の減少、農地の荒廃等の問題が発生している。

これらの問題解決のためシンド州政府は1967年マリル川水資源開発を目的として、独自に調査を行った。その後、パキスタン電力・水資源開発公社(WAPDA)により1979年にF/S調査がなされた。

1982年、WAPDAは同調査について補足調査を行い改訂し、1984年、ナショナル・エンジニアリング社(NESPAC)により「マリル川流域水資源開発計画」として取りまとめられた。

シンド州政府は、同計画の早期事業化を望んでいるが、そのためには、さらなる改訂が必要とされ、また流域の農業生産拡大のためにも本計画の見直しが求められている。

### 3-2 計画地区の概要

#### 3-2-1 計画地区の位置及び概定

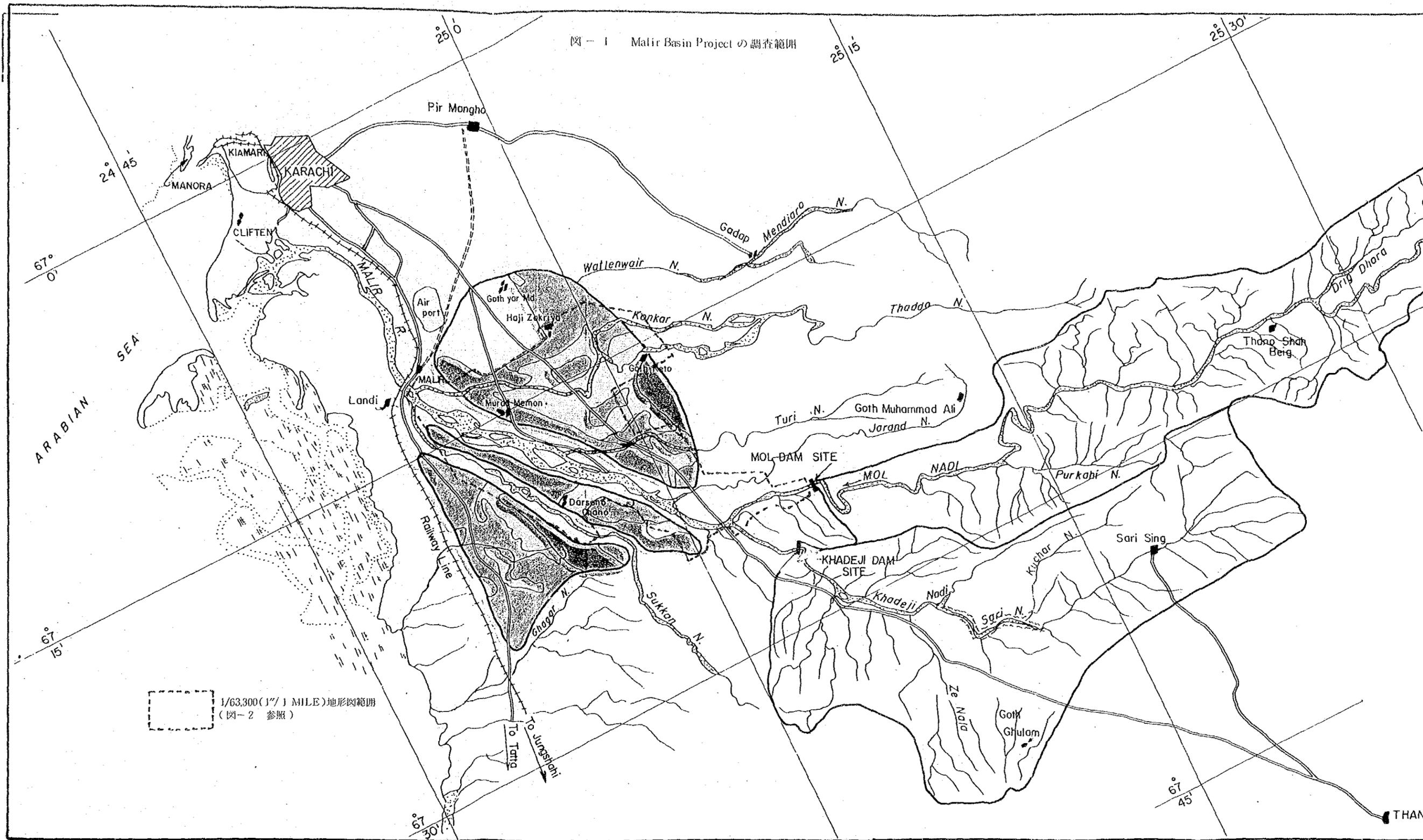
WAPDA(1979)がMalir Basin Projectとして調査の対象にした範囲を図-1に示した。この調査対象面積は28,900haである。

この調査対象地域の中央部を流下するマリル川の河口は、カラチ市街中央部から約10km東南方向にはなれた地点に位置している。河口から約40km北東方向にさかのぼるとカデジ川とモル川の合流点がある。カデジ川は、北東ないし北方向に約50km、モル川は、北方に約80kmそれぞれのびている。

カデジダムサイトは、合流点から約5.5km上流側に、モルダムサイトは約7km上流側に位置し、それぞれ561km<sup>2</sup>の流域面積を有している。前述(2-2)されているように両ダムからの放流水は、河床部から浸透させ、沿線の地下水を涵養する計画となっている。これらの地下水を水源とする受益予定面積は、WAPDAによってすでに5,600haと試算されているので、調査対象地域の約1/5だけがかんがい可能となり、受益地となり得る訳である。基本的には、ダムからの放流水が浸透する範囲であって、かつ、土地条件の良いところが候補地となろう。後述するように、マリル川に平行して流下する地下水谷が知られており(図-2)、かつ、マリル川沿線の土地条件が良い(図-1)ことから、マリル川沿線部の地下水による灌漑地を中心に受益地と予定されることになろう。

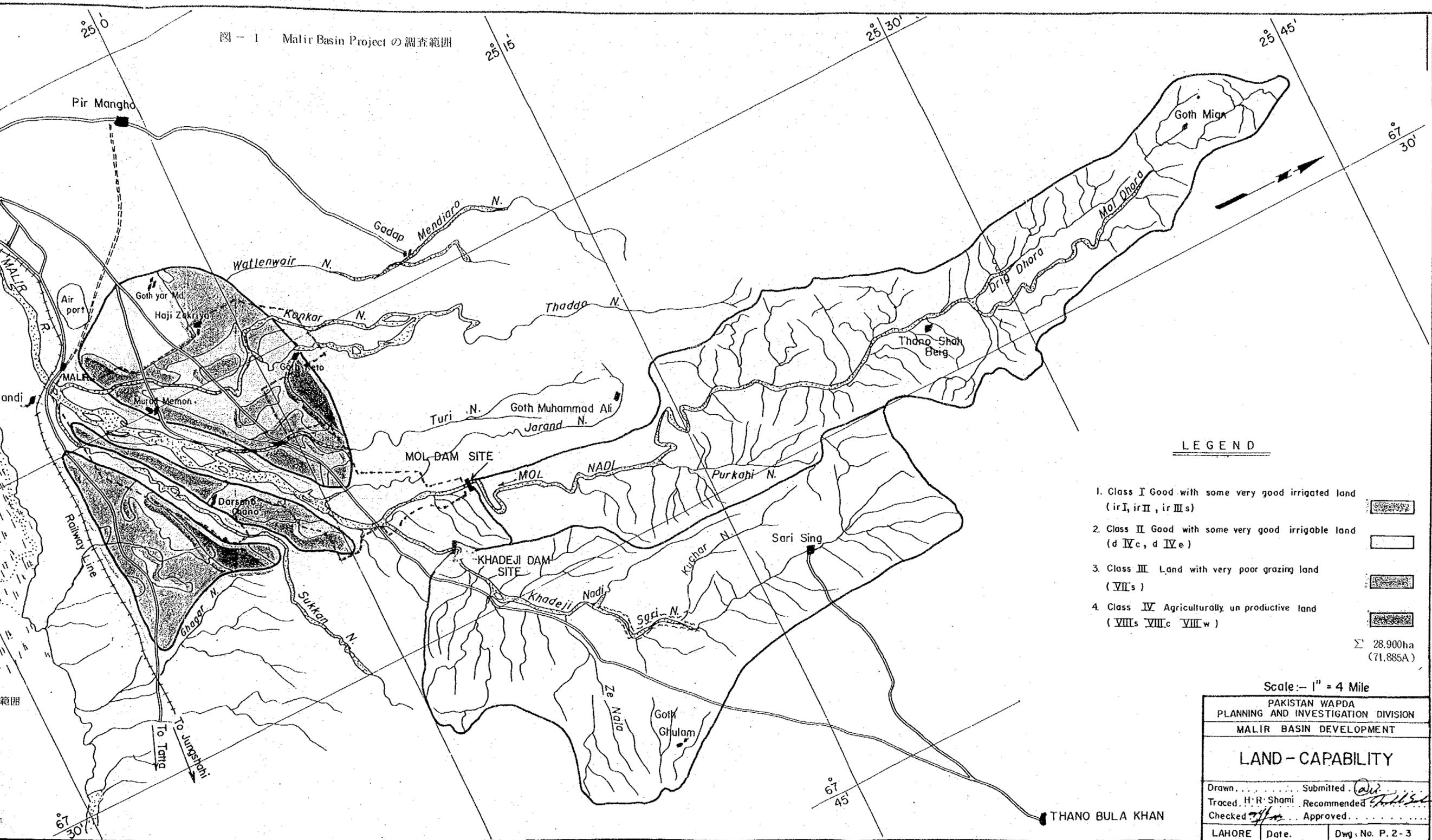
事実、WAPDAの報告書には1/63,300(1"/1 MILE)のマリル川沿線部の地形図が作成されて

図-1 Malir Basin Project の調査範囲



1/63,300 (1" = 1 MILE) 地形図範圍  
(図-2 参照)

図-1 Malir Basin Project の調査範囲



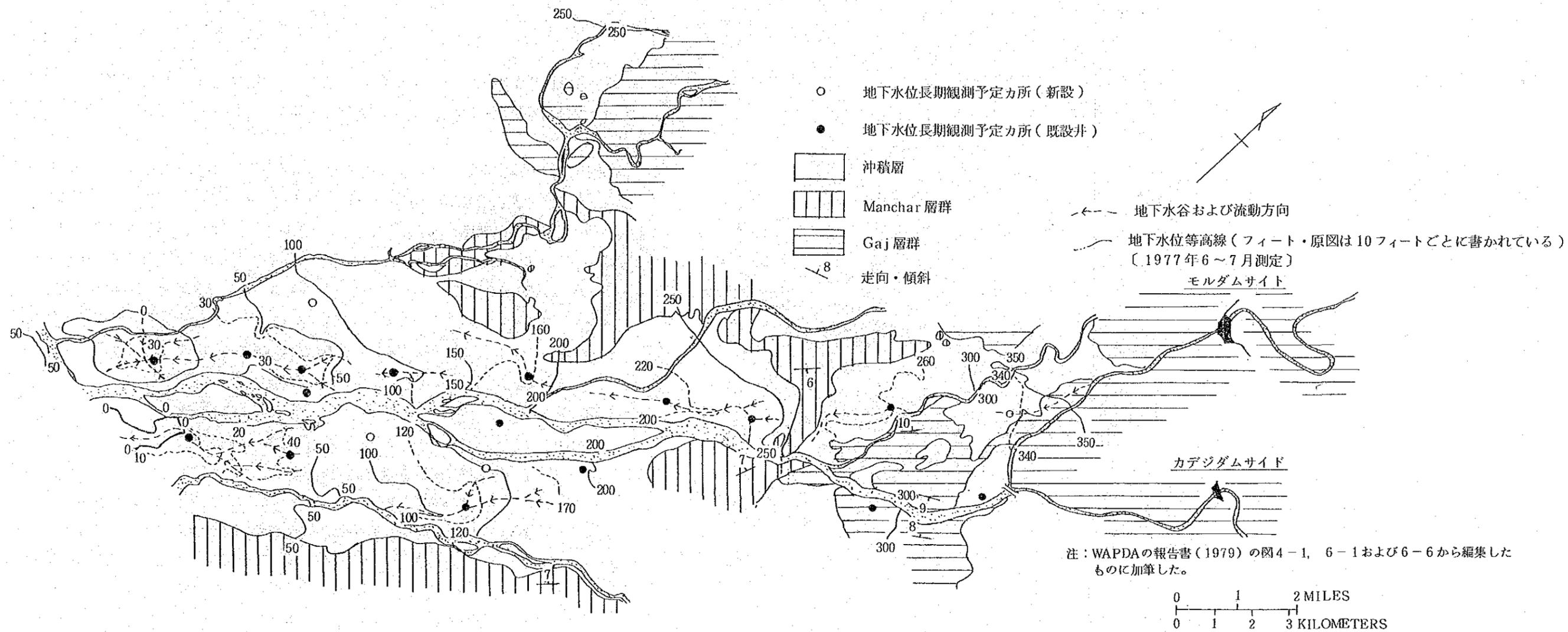
LEGEND

- 1. Class I Good with some very good irrigated land (ir I, ir II, ir III's)
  - 2. Class II Good with some very good irrigable land (d IVc, d IVe)
  - 3. Class III Land with very poor grazing land (VII's)
  - 4. Class IV Agriculturally unproductive land (VIII's VIIIc VIIIw)
- Σ 28,900ha (71,885A)

Scale: - 1" = 4 Mile

PAKISTAN WAPDA PLANNING AND INVESTIGATION DIVISION MALIR BASIN DEVELOPMENT	
<b>LAND - CAPABILITY</b>	
Drawn . . . . .	Submitted <i>[Signature]</i>
Traced H. R. Shami	Recommended <i>[Signature]</i>
Checked <i>[Signature]</i>	Approved . . . . .
LAHORE	Date. . . . . Dwg. No. P. 2-3

図 - 2 マリル川沿線の地下水面図および地質略図





おり、この地域の内において地下水調査を主とする各種調査が行われており（図-2）、受益予定地をこのなかに設定していることがうかがえる。

すなわち、本フィジビリティ調査のダムを除く主要な調査対象範囲の上流側は、合流点付近であり、下流側は、合流点から約27km地点にあるパキスタン鉄道路線付近までとする。調査対象とする幅は、概ねマリル川を中心として約5kmとする。したがって、ダム関係を除く調査対象範囲は、約135km<sup>2</sup>(13,500ha)となり、この中から受益地が選定されることになる。

### 3-2-2 地 形

カデジ川およびモル川流域の上・中流部には、標高670mから330mの丘陵性山地が散在している。カデジダムサイトおよびモルダムサイト付近から合流点付近にかけては、標高200mから110mの丘陵地になっている。

調査対象地域（図-2）は、合流点から約27km下流にあるパキスタン鉄道路線付近までである。合流点から約8km付近までは、マリル川の両岸にある緩傾斜の丘陵中を流下している。この8km付近から下流は、更新世から完新世にかけて堆積したマリル川の扇状地性堆積物および河川はん乱原堆積物が広く分布している。マリル川の左岸部は、サッカ（Sullan）川が平行して流下しており、両河川の供給した堆積物によって形成されている。マリル川の右岸には、ジャランド（Jarando）川、ランゲージー（Lange-Jec）川およびサド（Thado）などの支流がある。これら支流も、それぞれの両岸部に分布する丘陵地を浸蝕して流下してきており、丘陵地の山麓から扇状地性堆積物、河川はん乱原堆積物および河床堆積物などをマリル川にかけて供給した。マリル川の右岸部は左岸部に比してやや急傾斜をなすがマリル川に近づく、一連の沖積堆積面を形成している。なお、丘陵地に近い堆積面は、更新世に形成されたものもある。

第3紀層からなる丘陵地は、一般に表土が非常にうすいか、あるいは礫質堆積物に覆われているため、very poor grazing land（図-1）となっている。また、第3紀層でもあるから地下水の取水も容易ではない。扇状地性堆積物や河川はん乱原堆積物の発達している沖積面は、地形的にもより平坦で、堆積層も厚く、かつ、地下水も取水しやすいことから、受益予定地として選ばれることになる。これらの受益予定地は、標高120mから20mにかけて分布する。

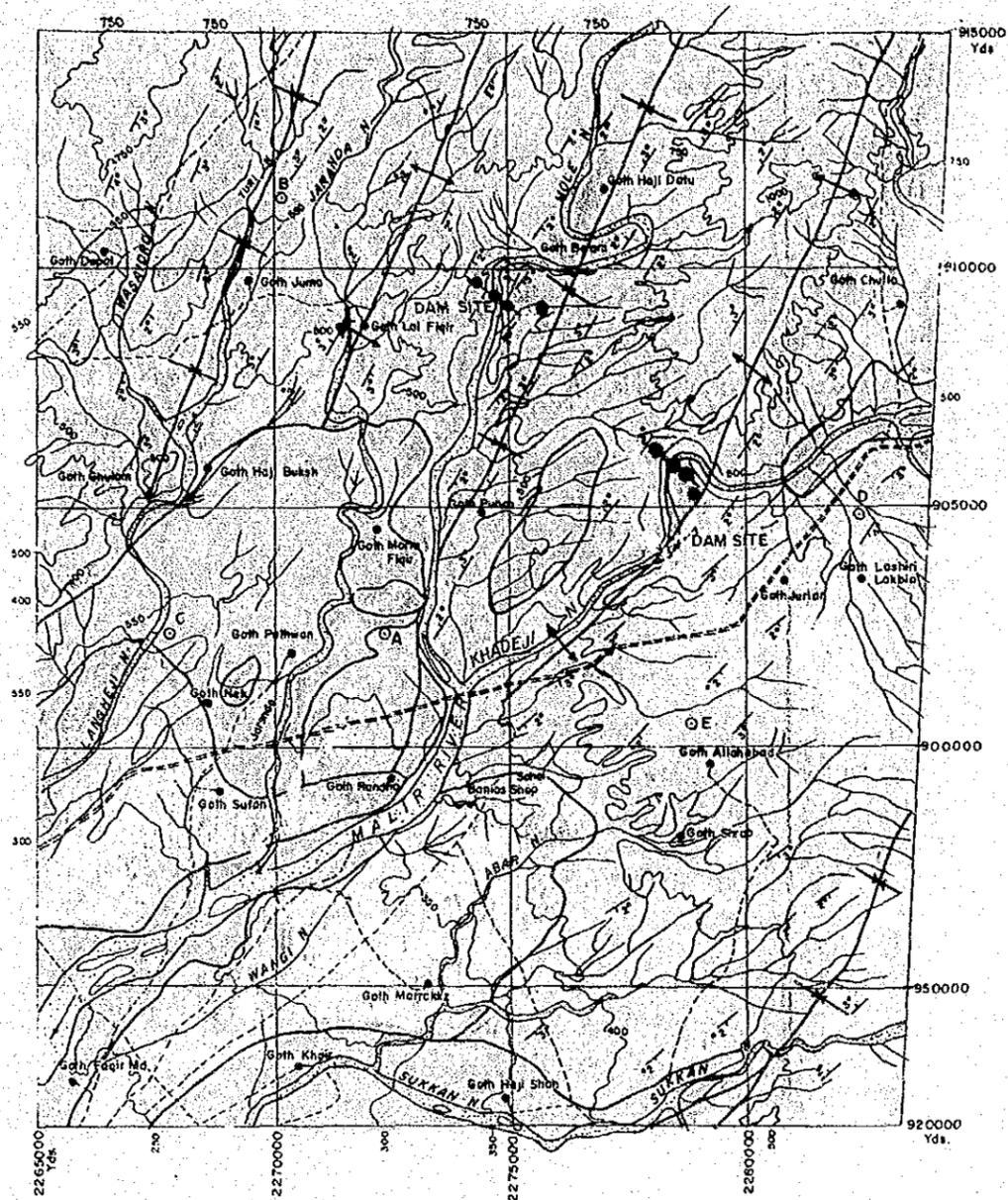
マリル川およびその支流の河床部は、合流点から下流において1～5m程度沖積面より下刻して流下している。河床勾配は、1/260と一般にゆるい。

なお、カデジダムサイトの河床部標高は、128mであり、モルダムサイトのそれは131mである。

### 3-2-3 一般地質

合流点付近から上流側の流域一帯は、丘陵ないし丘陵性山地からなる。これらの流域の地質は、第3紀中新世の中期に堆積したGaj層からなる（図-2・3）。Gaj層は、石灰岩や石灰質砂岩からなり、礫岩や頁岩の薄層をはさんでいる。この層群には、北北東-南南西方向に伸びる褶曲構造が2.5kmから4km間隔に発達している。褶曲による地層の傾斜は、2～3°とゆる。カデジダ

図 - 3 ダムサイトおよび受益予定地上流部付近の地質図



**LEGEND**

Proposed Dam Site Location  
Borehole Location

**RECENT DEPOSITS**

**MANCHAR FORMATION**

Association of conglomerates of grey & red  
S.St. pebbles of gaj and Nummulitic L. St. are  
also present (up-Miocene)

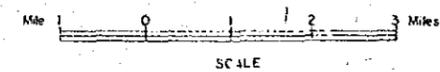
**GAJ FORMATION**

Limestone yellow to light brown in colour with  
intercalation of claystone & sandstone (L. Miocene)

注：WAPDAの報告書(図4-1)による。ただし、凡例の  
塗色のうち、誤りと思われるものは修正した。  
(模様)

**NOTE:-**

Traced from G.T Sheet  
No. 35  $\frac{0}{8}$ , 35  $\frac{P}{5}$





ムサイトは、脊斜軸付近に、モルダムサイトは、向斜軸に近いところに位置している（図-3）。

合流点から約6km下流のマリル川両岸から散見できる丘陵（図-2）は、第3紀中新世の後期\*に堆積したManchar層からなる。主として、砂岩を頁岩からなり、礫岩をはさむことがある。

WAPDAの報告書（図6-1）によれば、下位の層とほぼ同様の褶曲構造を有しているようである。

#### 3-2-4 ダムサイトの地質

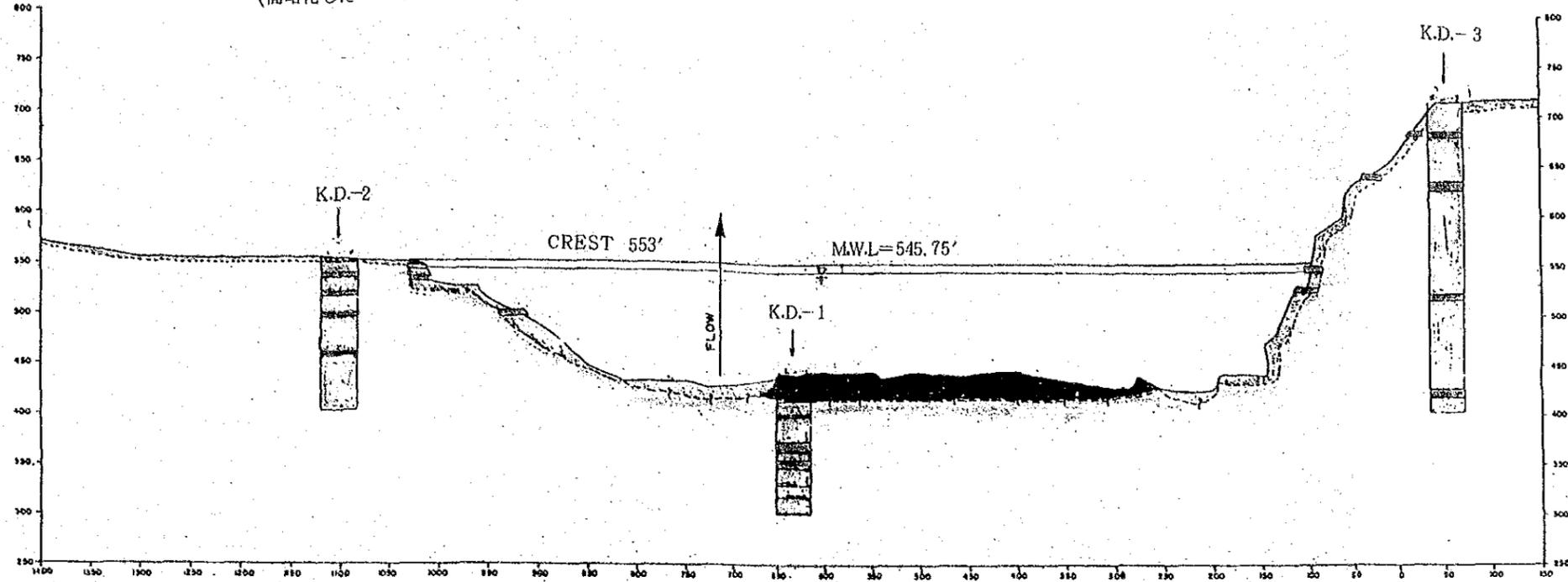
西ダムサイトにおける地質踏査およびボーリング4本（ダム軸上3本、洪水吐1本）などの結果は、WAPDAの報告書（1979）の第4章GeoLogyにまとめられており、ダムサイト地質平面図1/8,268、ダム軸地質縦断図1/590、ボーリング柱状図および記載がなされている。なお、ここでは、両ダムサイトの概要と問題点のみを述べることにする（図4・5・6）。

##### 1) カデジダムサイト

- (1) 河床部は129.6mの、右岸アバット部は168.9mの、左岸アバット部は219.5mの標高となっている。このため、ダム天端最大標高は168.6mとされている。この時の堤高は39.0、堤長は381.1mで、総貯水量は61,880千 $m^3$ である。
- (2) ダムサイトの地質は、Gal層からなる。主な地層は、硬質の石灰岩であるが、層厚0.3から3mの砂岩や泥岩を若干はさむことがある。
- (3) 泥岩や化石を含む石灰岩にはあまり硬質でなく掘進中に流失してしまうものや、砕けてしまうものがある。
- (4) 石灰岩層中には、溶蝕孔（solution cavity/solution channel）が発達することがある。しかし、地中においては、二次鉱物によって充填されており、あまり透水性は大きくないようである。しかし、この溶蝕孔の生成や地中における正確な分布状況は不明であり、止水処理を要することになるかもしれない。
- (5) 左岸地山中に脊斜軸が、右岸地山中に向斜軸がある。このため、地層は左岸側から右岸側にかけて2~14°傾斜している。
- (6) 今までの調査によると、断層、破碎帯および開口亀裂は確認されていない。
- (7) 河床部に実施されたボーリング（K.D.-1）は、深度45mで孔底標高は87m、地下水位はなし（NIL）と記載されている。なお、今回の踏査時（2月2日時点）においては、河床部に若干の表流水がみられた。他の2本のボーリングの孔底標高は120mであるが、地下水位の有無については述べられていない。
- (8) ボーリング孔を利用したwater testが行われているが、透水性は小さいとされている。ルジオン値ないし透水係数に換算しなおして、チェックする必要がある。
- (9) 河床部には、層厚約8mの固結砂礫層が分布している。石灰岩礫が石灰質物質によって固結されており、かなり硬質でしまっている。

\*中新世後期から鮮新世にかけて堆積したとも記述されている。

図 - 4 カデジダム地質縦断図  
 (WAPDAの報告書の図4-5を)  
 簡略化した



LEGEND

単位：フィート

- 
**LIMESTONE (SCREE)**  
 Consists of angular to sub-rounded fragments of variable size of limestone rock.
- 
**CEMENTED SAND GRAVELS**  
 Consists of cemented mass of sub-angular to sub-rounded gravels with coarse sand. It is hard & compact. Cementing material is calcareous in nature. Most of the gravels are derivative of L.st.rock present in the area.
- 
**SAND GRAVELS BOULDERS**  
 Consists of loose medium to coarse sand with gravels & boulders. Gravel & boulders are of L.st.rock available in the area. Boulders are of variable size is (1'- 4') approximately.
- 
**SANDSTONE**  
 Light-dark green, medium-coarse grained, moderately hard, slightly-moderately weathered, slightly fractured. At places it is hard when calcareous in nature.
- 
**LIMESTONE**  
 Light, yellow, greenish grey to pinkish brown in colour, fine grained in general, medium grained where arenaceous in nature, slightly to moderately weathered in general but highly weathered at few places in left abutment side where solution cavities are present. Generally L.st. is moderately hard to hard, at places appears to be soft in nature & if get washed during drilling, slightly jointed, L.st. is interciated with layers of clayey & sandy material & it becomes argilloceous & arenaceous in composition, solution cavities are present in L.st. mostly on the upper part of left abutment of dam axis.  
 The size of solution cavities is variable i.e. from few inches to few feet in dimension. Solution cavities are filled up with secondary material mostly argillaceous in nature. L.st. is fossiliferous & contains belemnites & echinoides.
- 
**SHALE**  
 Light greyish green, fine grained, slightly to moderately weathered, generally soft but at places slightly hard, claystone & siltstone interciation at few places
- 
**CLAYSTONE/SILTSTONE**  
 Light-greenish grey, fine grained, slightly to moderately hard, slightly weathered.
- 
**SOLUTION CAVITIES ZONE IN LIMESTONE**



図-5 カデジダム平面図

〔WAPDAの報告書(1979)の図9-8を引用〕

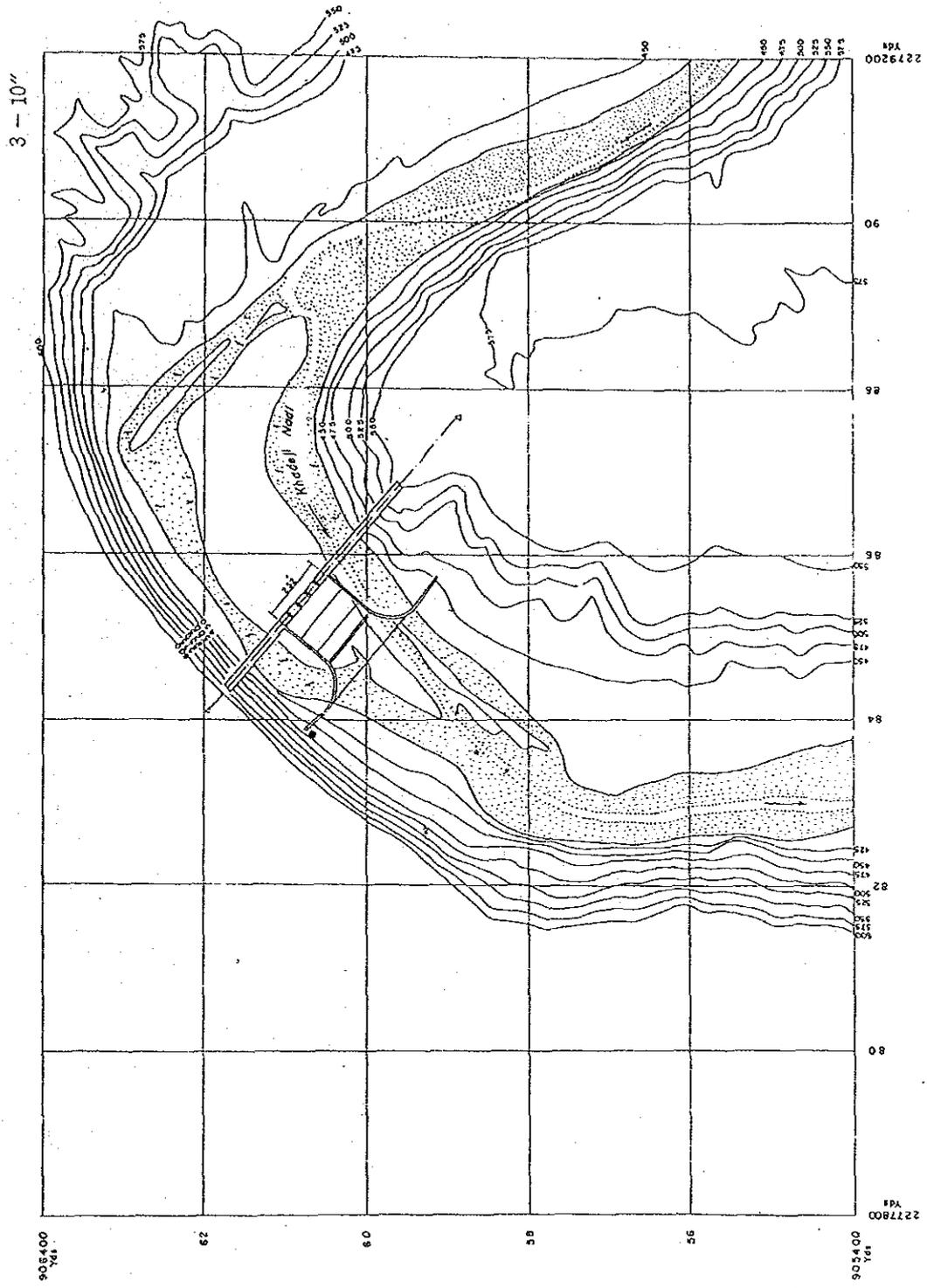
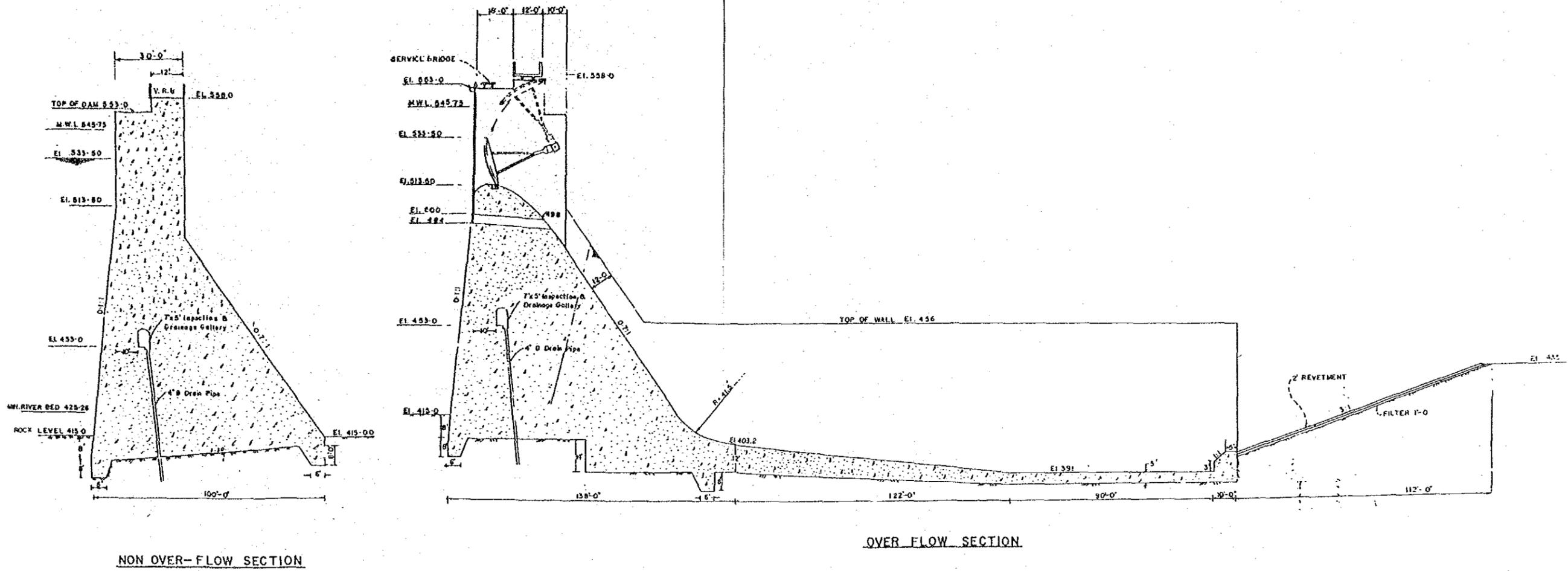


図 - 6 カデジダム横断面図 (WAPDAの報告書(1979)の図9-7を引用)



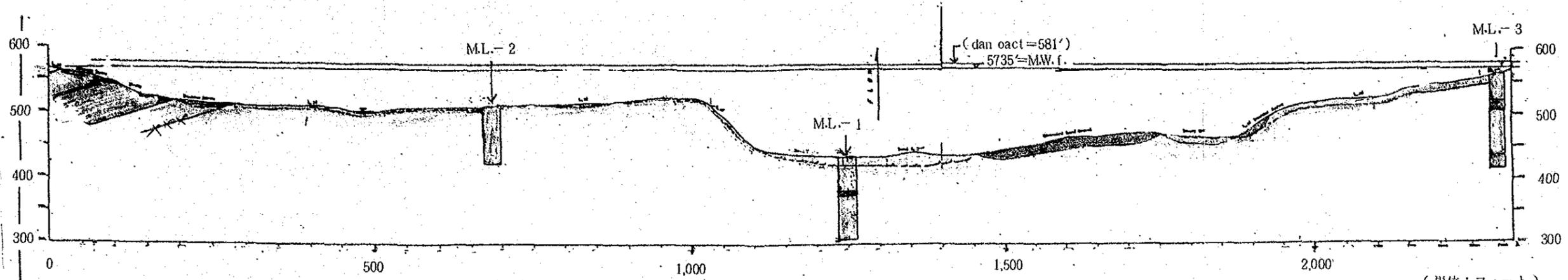


- (10) 全体的にみれば、本ダムサイト上にフィルタイプないし低重力式ダムの建設は可能と思われる。
- (11) ただし、溶蝕孔の発達状況（特に、右岸アバット部）や皮質の頁岩の分布状況によっては、掘削ラインや基礎的処理を必要とすることになる。
- (12) このため、water testをともなう追加ボーリングや調査横坑等の掘削が望まれる。
- (13) 池敷については1/27,300の地質図が作成されている。池敷の地質条件は、ダム軸と同じであり、したがって水密性にかかわる溶蝕孔については、詳細に調査する必要がある。
- (14) ダムサイトの地形・地質および築堤材料などの調査結果をもとに、重力式コンクリートダムが提案されている（図-5・6）。しかし、せん断に対する安全率が低い、ということでキイが堤軸下と堤趾部に計画されている。ダムサイトの地質を精査するとともに、石灰岩類のせん断強度を測定する必要がある。

## 2) モルダムサイト

- (1) 河床部は132.9mの、兩岸アバット部は152mの標高となっている。天端標高を150mにすれば、堤長は288m程度となる。しかし、貯水量を増加させるため、ダム天端標高を177.1mとしており、その時の堤高は44.1m、堤長は2,347m、総貯水量は58,710千 $\text{m}^3$ として計画されている。
- (2) 本ダムサイトの地質は、カデジダムサイトのそれと同じである。しかし、頁岩や泥岩のはさみ層の数は少ないが、層厚は1.5m～6m+と厚くなっている（図-7）。
- (3) 泥岩は、あまり硬質でなく、ボーリング中に流失してしまうものがある。
- (4) 石灰岩中には、溶蝕孔がほとんどみられないようである。
- (5) 左岸地山中に向斜軸が、右岸地山中に脊斜軸がある。このため、地層は右岸から左岸にかけて5～20°傾斜している。
- (6) 今までの調査によると、断層、破碎帯および開口節理は識られていない。
- (7) 河床部に実施されたボーリングの深度は39mで、孔底標高は93m、兩岸部のボーリング孔底標高は126mである。いずれについても、地下水位の有無は記載されていない。なお、今回踏査時（2月2日）には、河床部に流水はみられなかった。
- (8) 逸水は殆どなく、コア採集率も80%以上も良好である。
- (9) 河床部には4.5m～9mの固結砂礫層が堆積している。かなり硬質であり、掘削は容易でない。
- (10) 全体的にみれば、本ダム軸にフィルタイプダムが適していると思われる。特に、洪水吐を左岸側に計画しやすい（図-8）。
- (11) 河床部には、固結砂礫層が分布している。フィルタイプダムの基礎として残存させるか、掘削するかの判断のため、追加ボーリングが必要とされよう。
- (12) 池敷について1/16,200の地形図があるが、地質図は作成されていない。踏査の結果では、浸

図 - 7 モルダム本堤分地質縦断図



注：WAPDAの報告書の図4-8を簡略化した

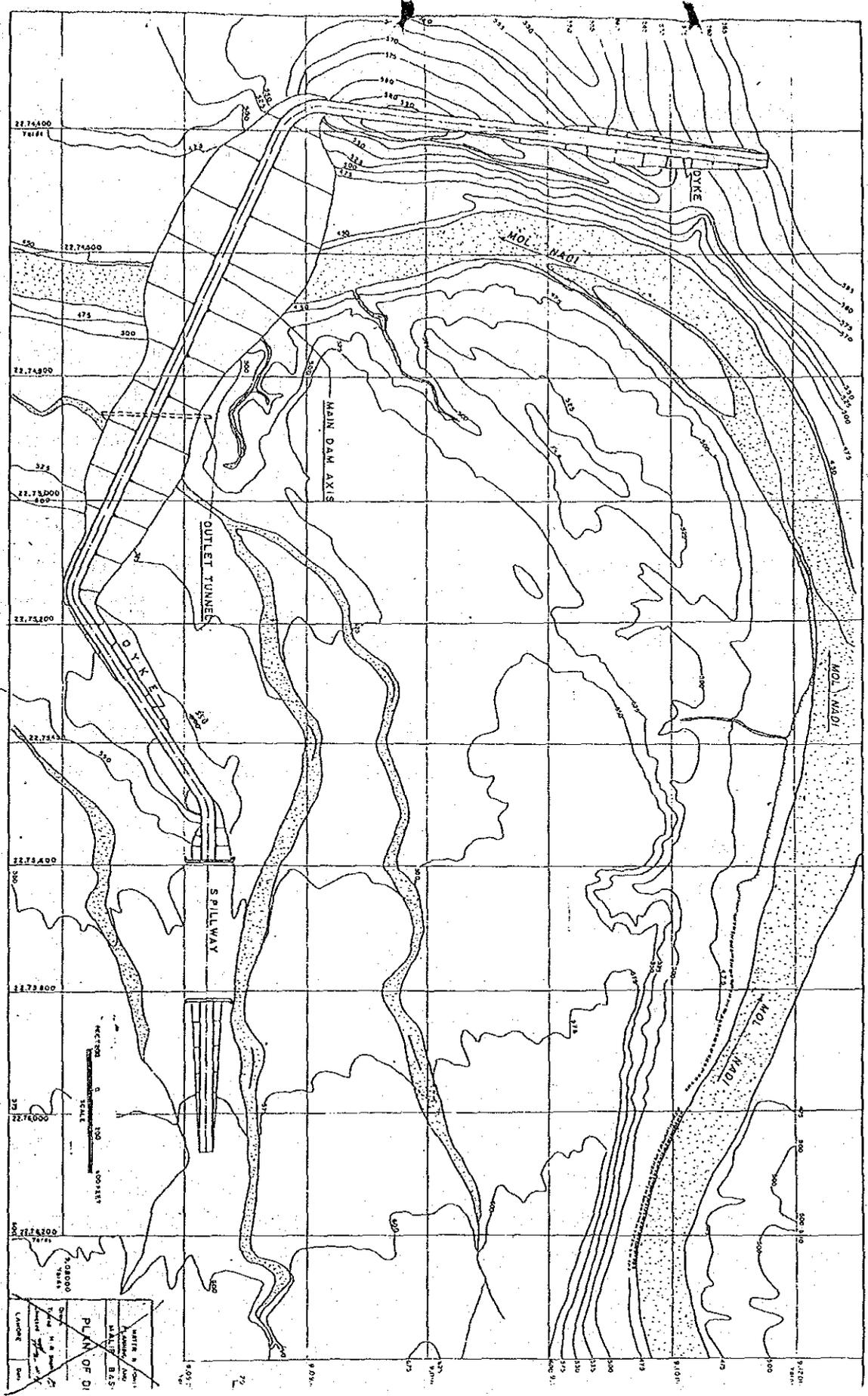
(単位：フィート)

**LEGEND**

- LIMESTONE (SCREE)**  
 Consists of angular to sub-rounded fragments of variable size of limestone rock.
- CEMENTED SAND GRAVELS**  
 Consists of cemented mass of sub-angular to sub-rounded gravels with coarse sand. It is hard & compact. Cementing material is calcareous in nature. Most of the gravels are derivative of L.st.rock present in the area.
- SAND GRAVELS BOULDERS**  
 Consists of loose medium to coarse sand with gravels & boulders. Gravel & boulders are of L.st.rock available in the area. Boulders are of variable size is (1'- 4') approximately.
- SANDSTONE**  
 Light-dark green, medium-coarse grained, moderately hard, slightly-moderately weathered, slightly fractured. At places it is hard when calcareous in nature.
- LIMESTONE**  
 Light, yellow, greenish grey to pinkish brown in colour, fine grained in general, medium grained where arenaceous in nature, slightly to moderately weathered in general but highly weathered at few places in left abutment side where solution cavities are present. Generally L.st. is moderately hard to hard, at places appears to be soft in nature & if get washed during drilling, slightly jointed, L.st. is interciated with layers of clayey & sandy material & it becomes argilloceous & arenaceous in composition, solution cavities are present in L.st mostly on the upper part of left abutment of dam axis.  
 The size of solution cavities is variable i.e. from few inches to few feet in dimension. Solution cavities are filled up with secondary material mostly argillaceous in nature. L.st. is fossiliferous & contains belemnites & echinoides.
- SHALE**  
 Light greyish green, fine grained, slightly to moderately weathered, generally soft but at places slightly hard, claystone & siltstone interciation at few places
- CLAYSTONE/SILTSTONE**  
 Light-greenish grey, fine grained, slightly to moderately hard, slightly weathered.
- SOLUTION CAVITIES ZONE IN LIMESTONE**



図 8 モルダム平面図 ( WAPDA の報告書 ( 1979 ) の図 9 - 24 を引用 )



透が問題になるような地層はみあたらないとされている。しかし、精査を行なって、確認をしておく必要があるものと思われる。

- (13) ダムサイトの地形・地質および築堤材料などの調査結果をもとに、フィルタイプダムが提案されている(図8・9)。その場合、河床部に堆積している固結砂礫層の取扱いが最も重要となるもので、追加ボーリングを行うことが望ましい。

### 3-2-5 水 文

ダムの容量や洪水吐等のダム諸元の決定のためには、水文資料が極めて重要である。調査対象地区内の観測所は3ヶ所であり、1975年からのデータが利用可能である。

モル川上流のThana Shah Begとカデジ川上流のSari Sing に自記雨量計がある。又、モル川とカデジ川が合流し、マリル川が始まる地点とスーパーハイウェイとの合流点では、雨量、最高最低気温、湿度、蒸発量その他、橋脚に取り付けた量水標等により洪水量の推定も可能である。(図参照)

これらの観測所は、1975年にWAPDA(表流水調査部カラチ市内にある)によって設置され、観測されてきたが、1988年にシンド州灌漑局に移管されている。なお、WAPDAからの聴き取りの結果、スーパーハイウェイ地点では出水時に流量観測チームにより、流量の時間変化を測定している等、比較的精度の高い観測資料が得られているものと思われる。

#### 洪水吐容量

流量の精度は比較的高いものの、観測年数が短いことと、河川の出水自体の頻度が小さいことから、特にフィルダムとして計画されるモルダムの洪水吐が過小とにならないよう留意する必要がある。

### 3-2-6 地 下 水

WAPDAの報告書(1979)および今回の踏査結果をもとに、地下水について記述する。

本受益地内には、1979年時点において406本のwellが分布しているとされている。また、今回収集した資料(シンド州農業省提供)によると379本のtube wellの存在が確認されている。これらのtube wellの掘削費に対して、農業省は50%の補助をしており、したがって、井戸台帳もあるようであり、tube wellの本数がはっきりしている。

一方、人力によって掘削されたopen wellは、各集落用や個人用としてかなりの本数が分布するものと思われるが、その実態は、不明である。いずれにしろ、これらのtube wellやopen wellは、灌漑用、家畜用および飲雑用などに使用されており、貴重な水資源として活用されている。

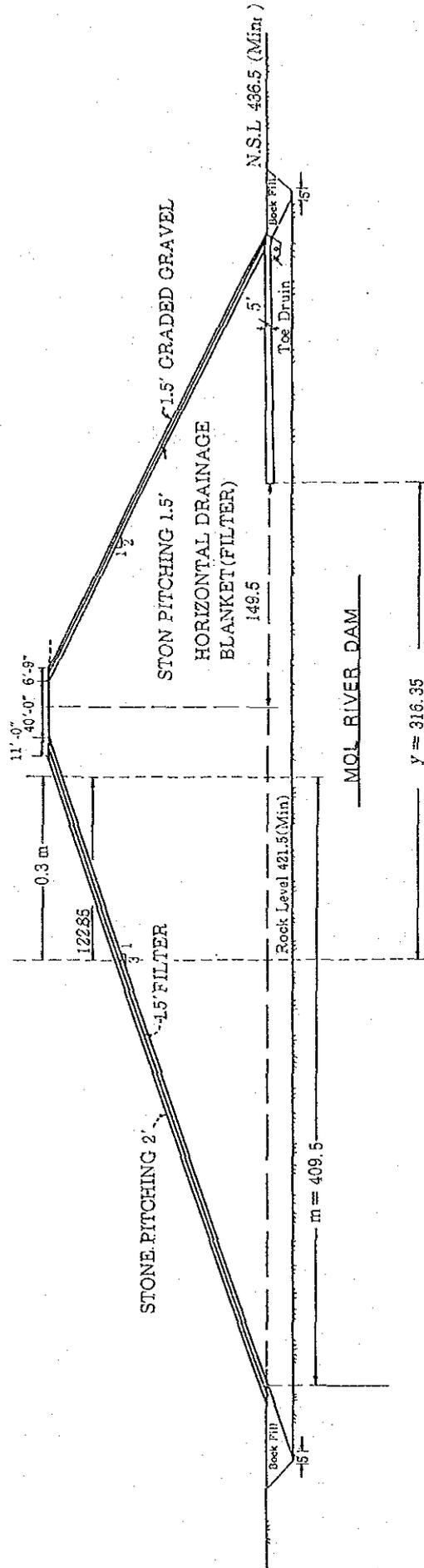
tube wellおよびopen wellの分布は、殆んどのが、扇状地や河川はらん原を形成する沖積層中に掘削されている。\* 見聞したtube wellは、個人農園用のものであるが、深度135m、仕上り口径200mm、掘削口径300mmのもので、50mmの送水管をつないだ水中ポンプがセットされていたし

\* 今回の踏査中に、モルダムサイト下流右岸約3kmの地点でトラック搭載ボーリングマシン(三協、SM-450M)により、第3紀層中を90m掘削している現場を見学した。地下水位は16m(比較的浅いが、0.007m<sup>3</sup>/sec)の揚水により30mの地下水位低下を生ずる。掘削口径は300mm、ケーシングは200mm、ストレーナーは48mで、にわとり用のものである。

図 9 モルダム標準断面図

(WAPDAの報告書(1979)の図9-12を引用)

(単位: フィート)



水中ポンプの緒元は不明)。自然水位は、約9mとのことである。このtube well から揚水した地下水は、いったん、タンク（直径約10m、深さ8m）に貯水された後、約40haの樹園地に送水されていた。灌漑方式は15m間隔程度のうね間灌漑である。

open well は大口径4~6m、深度20~30mの人力によって掘削されたものである。地表に近い部分や地下水面の上位の崩れやすい部分には、レンガによるライニングが行なわれているが、その他の部分は素掘りである。なお、井底から深度20mのtube well が掘削されているものもみられた。河川沿いに掘削されたopen well の自然水位は10~20mであり、年間の水位変動は2~3m程度である。揚水可能量は日当りで200~500m<sup>3</sup>程度である。

つぎにWAPDAの報告書から地下水に関する調査結果を要約して下記に示す。

- 1) 受益予定地5,600haを含む平野部33,000haの地下に分布する帯水層の層厚は、3.6mから15.2mで、平均7.9mである。
- 2) この帯水層は、ルーズな中ないし粗粒砂からなり、0.6から1.5mのうすいレンズ状粘土をはさむ。なお、受益予定地の中央部においては、深度20mから30mにかけて固結砂や固結礫層が分布することがある。
- 3) 地下水面の深さは、河川付近で3.6mと浅いが、離れるにしたがって最大40mと深くなる。
- 4) 受益予定地内に分布する帯水層は、河川水・降水・河川の洪水および周辺丘陵を形成する固結層（=第3紀層）からの浸透水などによってかん養されている。なお、河川の流水は常時見られるものではない。
- 5) 現況における降水による地下水涵養量は、27,600千m<sup>3</sup>/年(22,357A.F.)と試算されている。一方、農業用地下水揚水量は、62,000千m<sup>3</sup>/年であり、この15%(9,300千m<sup>3</sup>)はdeep percolationとして地下水涵養となる。したがって、地下水総涵養量は、36,900千m<sup>3</sup>/年とされている。

#### Recharge Computation Through Precipitation

<u>Description</u>	<u>Hilly Region</u>	<u>Plain</u>
i. Area(in acres)	291200	82944
ii. Estimated average precipitation		
a) In inches	8.33	8.33
b) In acre ft.	202141	57576
iii. Assumed percentage of recharge.	5-10	10-15
iv. Approximate total annual recharge.		
a) In acre ft.	10107-20214	5757.6-8636
b) In cusec	13.95-27.9	7.92-11.9
v. Approximate total annual recharge from precipitation to the area within		

water divide.

a) In acre ft.	1.....	15, 865	22, 357
b) In cusec	2.....	22. 02-39. 9	30. 92

- 6) 406本のtube wellによる地下水年間揚水量は66, 700千m<sup>3</sup>/年と試算されている。この試算には、5本の井戸の揚水実態調査からポンプ効率等を求め、これらの値を用いて求めたものである。
- 7) 上記4)の地下水総涵養量と5)の地下水年間揚水量の差29, 800千m<sup>3</sup>/年は、地下水の過剰揚水量である。
- 8) このため、受益予定地の下流部では、地下水面が標高0 mより低いところがあり、海水の侵入が進行しているとされている(図-2)。
- 9) 井戸406本を揚水能力別に分類すると、1/2cusecs以下のもの148本(37%)、1/2~1 cusecsのもの203本(50%)、1~1.5cusecsのもの37本(9%)、1.5cusecs以上のもの18本(4%)となっている。なお、年間揚水日数を200日と推定すると平均日揚水量は454m<sup>3</sup>/本である。
- 10) 地下水位の長期観測は、1976年3月から8月にかけて実施したが精度が低く、利用可能な観測資料は得られなかった。しかし、同年7月から8月にかけての地下水位上昇量は、受益予定地の上流部で2.7mから7.4を、下流部では0.6m~17.7mをしめている。一方、若干地下水位が低下したものや殆んど変化をしめさなかった井戸もある。
- 11) open wellから採集したかく乱試料4コについて土質試験を行い、間隙率38.25%、比産出率25.11%が求められた。かく乱試料による土質試験や揚水試験が実施されていないので今後における実施が望まれる。
- 12) 上記1)および9)の値から平野33, 000ha(82, 944acre)における地下水賦存量は1, 017, 000千m<sup>3</sup>、(824878acres/ft)、地下水産出量は668, 000千m<sup>3</sup>(541, 508acres/ft)と求められる。

$$\text{Total yield} = \text{Area} \times \text{saturated thickness} \times \frac{\text{Sp. yield}}{100}$$

$$\text{Total storage} = \text{Area} \times \text{saturated thickness} \times \frac{\text{Porosity}}{100}$$

Storage and specific yield computation has been made on the basis of Laboratory Test Results and Preliminary Field Data.

Total area in acre	Aquifer thickness in ft. (average)	Sp. Yield in %	Porosity in %	Total Storage in acres/ft.	Total yield in acres/feet.
82944	26	25. 11	38. 25	824878	541508

(注: WAPDA (1979) のP 6-25から引用した)

- 13) 水質分析(電気伝導測定80#、化学成分分析7試料)結果によると、溶存固形物総量(T. D. S.)

が1,000ppmをこす地域がみられる。これら地域のうち、一部は海水の侵入によるものであり〔7〕、その他は硬質層（≒第3紀層など）中を流下してくることにともなう地化学的性質の変化による。

### 3-2-7 河床堆積物

マリル川およびその支流の現河床は、さまざまな堆積物からなっている。

カデジダムサイトにあつては、河床中央部に流水面より3～5m高いマウンドがあり、この部分が固結砂礫岩になっており、層厚7.8mを有している。モルダムサイトにあつては、河床の右岸側が数m高くなつていて固結砂礫岩となっている。しかし、下流側では砂質シルトにかわつてゐる。なお、河床部で一番低く表流水が流れる部分は、未固結の砂や礫からなっている。

この固結砂礫岩は、マリル川河床のところどころに見られ、受益予定地床端部付近のパキスタン鉄道路線付近にも分布している。勿論、ダムサイトと同様、未固結の砂や礫によって覆われているところもある。

しかし、この未固結の砂礫は、カラチ市内の建築物用骨材(Bujriと呼ばれている)としてかなり採取されてしまつてゐる。現在は、地下水涵養を保全するため合流点付近から下流においては未固結の砂礫の採取を禁止している。

ともあれ、ダム放流水が計画通り浸透(涵養)するかどうかは、河床堆積物の種類、透水性・層厚および地下水位などに関連してくる。したがつて、マリル川全線にわたつて河床堆積物の実態を把握する必要がある。

### 3-2-8 灌漑排水

調査対象となつてゐる28,900haのうち、5,600haで地下水を利用した灌漑農業が営まれてゐる。この土地利用の状況は、すき間なく農地が連なつてゐるわけではなく、むしろ井戸の周囲だけに農地が張りつてゐるといった点在状態となつてゐる。このことは、井戸の密度が高くないためと考えられるが、現在のままでも地下水位の低下傾向が認められるため、何の手当もせず井戸の密度を高め、耕地面積を増大させることは困難な状況である。

従つて、既耕地における灌漑用水を安定的なものにすると同時に未利用の可耕地における灌漑農業の普及を図るためには、何らかの手段により地下水のかん養を行う必要がある。

なお、調査対象地域内の排水については、マリル川河口付近(カラチ市内)の洪水地域を除けば、特に農地が存在する地域では、農業上も、農家の生活上も問題となることはないと考えられる。

### 3-2-9 洪水調節

本計画は、地下水かん養による灌漑用水の確保を第一目的とするものであるが、同時に飲用水が確保され、洪水常襲地での被害が軽減される。特に、洪水調節については、カラチ市当局(Karachi Authority)が建設中の河川堤防と併せて、相当の効果が見込まれる。F/S実施段階では、このような付随的効用についても調査し、効果として算定することも必要と考えられ

る。

### 3-3 地域農業の概要

#### 3-3-1 計画地域

(1) 計画地域(全体面積28,900ha)はカラチ市に隣接する平坦地で井戸水を利用したかんがい農地(約5,600ha)では有利な立地条件を生かして野菜、果樹を中心とする都市近郊農業が行われている。

#### 3-3-2 農業環境

① カラチの人口(1985年510万人)は年々増加傾向にあり野菜、果樹等青果物の需要が今後も増加すると見込まれること。

② 交通網は整備されており、地域内をスーパーハイウェイが通るなど農産物の輸送体制は整っていること。

③ 当地域内には、かんがい可能となった場合、畑かん営農が可能な開発可能地が9,500ha近くも賦存していること。

など当地域の農業を更に振興するための条件は揃っている。

(1) 一方、当地域の気候条件についてみると

① 降雨量は年間220mm程度で日本の1/10程度と少なく、しかも、このうち80%程度は7~8月の雨期に集中するため農業用水として完全に利用し難い状況にあり地域の農業用水は大部分が地下水に頼っているが、近年地下水位が低下し、水不足の問題が生じているといわれていること。

② 更に当地域の人口(1984年84,200人)は増加傾向にあり今後も増加が見込まれているが、カラチ市への労働力の移動に伴い農業労働力はむしろ減少傾向にあるといわれていること。などの問題もみられる。

(4) しかし、当地域の経済は相当部分が農業に依存しており、今後農業用水の確保による畑地かんがい農業の拡大、農業機械の導入による生産性向上、生産の安定が地域農業の振興を図る上での大きな課題であるとみられている。

#### 3-3-3 農業生産の状況

(1) 当地域で栽培される作物は都市近郊という立地条件を生かし、野菜、果樹、畜産(飼料)が中心となっており、作付面積は表-1のとおりである。

なお、これら作物の延作物面積は5,920ha(果樹は年1作で計算)で耕地面積に対する割合は106%となっている。

(2) 野菜、飼料作物は夏作期(Karif 7~10月)、冬作期(Rabi 10/11~4月)の2期に分けて栽培されており、(夏)野菜/(冬)野菜(20%)、(夏)野菜/(冬)飼料作物(10%)、(夏)飼料/(冬)飼料(10%)の体系となっている。なお、永年作物である果樹は園の一部

で野菜、飼料の間作が行われている。

- (3) 各作物の単収は温暖な気候、排水の良い土壌、農家の意欲の強さ等により他地域と比べるとやや高いと見込まれる。

表-1 農作物の作付面積及び単収

区 分	作 付 面 積	耕地面積に 対する割合	単 収
(夏作物)	ha	%	kg/10a
1. 飼 料	590	10.5	2,330
2. 野 菜	1,900	33.9	—
トマト	360	6.4	1,960
なす	330	5.9	1,870
Tori	320	5.7	1,680
唐がらし	280	5.0	610
他の野菜	610	10.9	1,770
3. 果 樹	1,360	24.3	—
4. そ の 他	180	3.2	—
小 計	4,030	71.9	—
(冬作物)			—
1. 飼 料	390	7.0	3,260
2. 野 菜	1,340	23.9	—
ハウレンソウ	280	5.0	1,350
二十日かぶ	480	8.6	1,870
ばれいしょ	130	2.3	1,300
他の野菜	450	8.0	1,770
3. 果 樹	1,360	24.3	—
4. そ の 他	180	3.2	—
小 計	3,270	58.4	
合 計	7,300	130.3	

資料WAPDA (1982)

- (4) 栽培技術は、なお、解決すべき課題が多い。作物の種子は自家産の種子が主体で、種子の保管技術がまずいため病害虫による汚染種子が多いといわれており農業生産に与える影響は小さくないと思われる。

また、大部分の農家で化学肥料が使われているが、その施用量は概して少ないようである。なお、ほとんどの農家は牛糞を肥料として施用しているため結果的には地力の維持に役立っているようである。

更に、当地域は海岸線に近く湿度も高いため病害虫の種類も多く農作物の被害も大きいようである。なお、防除は動力散布機背負式防除機で行われているが、その台数は十分ではないといわれている。

### 3-3-4 土地利用と農場の概要

- (1) 調査地域の土地利用区分は表-2のとおりで、既にかんがいが行われている耕地は総土地面積の21%と少ない。これは、年間の雨量が200~300mm程度と少なく、現状では農業用水の確保に限度があるためとみられる。しかし、既耕地の周辺部等には、水さえあれば耕地として利用可能な土地もかなり賦存しており、総土地面積の1/3にも達するものと見られている。長期的には、水の確保とともにこれら農地の開発が課題と思われる。

表-2 土地利用区分別面積

区 分	面 積	割合	備 考
1. 既かんがい耕地	6,140ha	21.3%	
2. 開発可能地	9,460	32.8	
3. 低地力の牧草地程度が可能な土地	11,060	38.3	
4. 農業生産が不可能な土地	2,210	7.6	荒地、砂礫地、山地等
計	28,870	100.0	

資料：WAPDA(1982)

- (2) WAPDAの調査によると、上記かんがい耕地に存在する農場数は831で、その総面積は5600haとなっている。農場の広さの範囲は3ha~21haにわたり平均6.7haとなっている。

また、これらの農場を規模別にみると、最も規模の小さい5ha未満の農場が全体の6割を占め、20ha以上層は1割程度と少ないのに対し、面積では逆に20ha以上層が4割を占めるなど農場間の隔差が大きくなっている。

- (3) 更に、これを土地の所有形態別にみると小作が農場数で全体の5割、面積で4割を占めているのに対し自作農場数は全体のほぼ1/3程度となっており、小作の割合が高くなっている。

規模別・土地所有形態別農場数

	農 場 数				農 場 面 積 (ha)			
	計	自 作	自小作	小 作	計	自 作	自小作	小 作
5 ha未満	449	115	70	3124	1340	250	220	970
5～10ha	224	56	60	108	1960	550	530	880
20ha以上	108	56	34	18	2300	1200	710	390
計	831	227	164	440	5600	2000	1460	2140
比 率	100	27	20	100	100	0	26	38

資料：WADPA (1982)

3-3-5 農業の機械化

- (1) 地域内の農業機械の台数は、農場の7割以上が小作又は一部小作で農家にトラクターを買う余裕がないため非常に少ないと見られる。WADPA調査による1982年の地域内のトラクター台数は26台（うち国有のトラクター5台）と極端に少ない。

このため、所有者は自分が使ったあと賃貸し利用を行うとか生産物の出荷に使うなど濃密な利用が行われているようである。

- (2) しかし、地域内には修理のための施設はなく、カラチ市まで修理に出かけなければならないという問題もみられる。

3-3-6 農業用水

- (1) シンド州政府農業省の調査によると、当地域内には379のtube well(管井戸)が存在している。また、このほか地域にはopen well(人力掘削井)がかなり見受けられた。これらの井戸はマリル川やその支流川に沿って分布する地下帯水層から取水しているが、河川の表流水が枯渇する期間が長いことから利水及び農業用水の大部分はこの井戸から汲み上げられる地下水に依存している。

- (2) 一方、WADPAの報告書によると、これら地下水は過剰な汲み上げにより地下水位は徐々に低下しており、同報告書では、これが農業に及ぼす影響について次のように述べている。

「近年、マリル川流域のグリーンベルトにおける農業は地下水位の低下のために生ずる井戸の老朽化の状態が進行しており、農業の進展に重大な支障をきたしている。すなわち、①水を多量に必要とする作物のいくつかは水不足のため作付けできなくなっており、この状態が続けば他の多くの作物への影響も懸念される。②農家では現在の井戸をもう少し深く掘るなどして対応しているが、その効果は小さく、水不足の著しい地域における農業は作物の選択、作付け地形、土壌、気候に大きく制限され不安定な農業生産を強いられている。」

- (3) ところが、このような地下水位の低下の要因を明確に判断できるデータが今のところなく今

後の詳細な調査に待たなければならないが、現地では地下水位の低下がこれ以上進んだ場合地下水に海水が侵入することが心配されており、もし、そのような事態が生じた場合、野菜、果樹が中心の当地域の農業に大きな影響を与えることが考えられる。当面、海岸線に近い地域の井戸水の塩分濃度を把握することが重要と思われる。

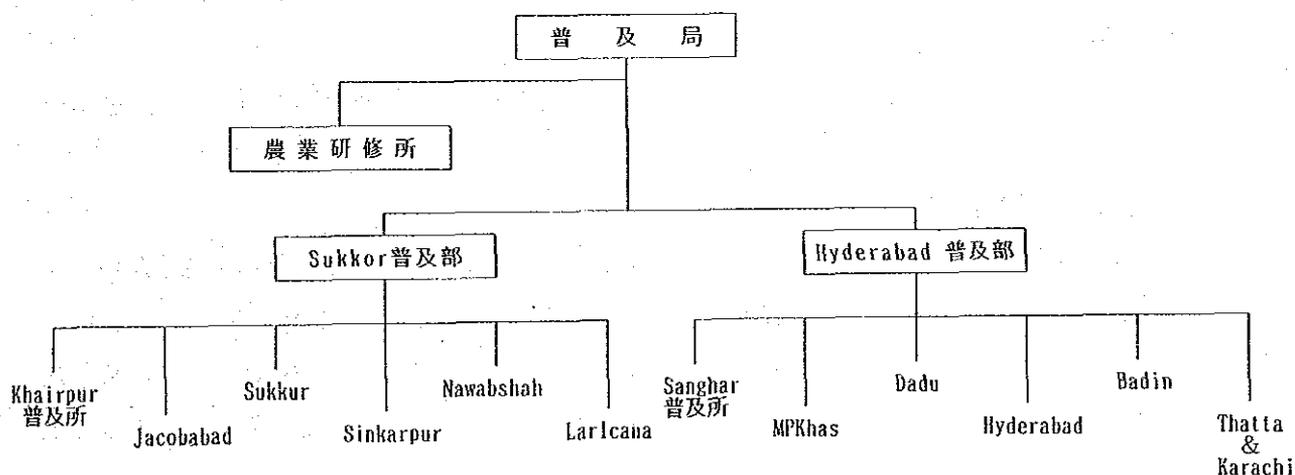
- (4) なお、畑作物の耐塩性は作物の種類、品種、生育ステージ、栽培方法、気象条件、土壌条件等により異なるが、一般畑作物、果樹等を露地栽培する場合は、畑かん用水の塩分許容限界濃度を500ppmとすれば無難といわれている。

### 3-3-7 農業普及

- (1) 農業生産の増大を図るためには農業用水の確保と併せ、農業技術普及サービスの充実が不可欠である。

シンド州政府の普及体制は図-1のとおりで、シンド州政府農業省の中に普及局が設置されている。この中の普及部はサカールとハイデラバードに設置されており、この下に地区単位で普及所が設置されている。

図-1 シンド州における普及体制



- (2) 普及所には普及員と普及員補が設置されており、現地を巡回して農民に接し技術の普及を図るといふ方法で農民の指導に当たっているようである。

- (3) また、これら普及員は一定の資格を必要とし、普及員の場合、州の農業研修所で5年のコースを、また普及員補は2年のコースを修得しなければならない。

(4) 一方、地域の普及体制についてみると、

- ① 普及スタッフの絶対数が不足している（WAPDAの調査によると当地域（5,600ha）の普及スタッフは普及員が1名、普及員補が4名となっている。）
- ② 普及所には農家指導のために必要な機動力、機材等が不足している等の問題が指摘されている。

(5) しかし、当地域の主力作物は、野菜、果樹で、特に新品種の導入では集中的な技術普及のサービスが求められら作目であり、普及指導体制の強化は、今後の地域農業振興を図る上で特に重要な課題と考えられる。

### 3-3-8 農村インフラ（飲雑用水）

ほとんどすべての河川がモンスーン期およびその直後を除いて流水がみられない。今回の踏査ではモルダムサイトにおいて見られただけである。この流水とても流下にともなって浸透してしまっている\*。

一方、降水量も約200mm/年と少なく、しかも7月から9月にかけて集中していることから降水の利用も困難である。

このため、飲雑用水は、すべて地下水に依存していると考えられる。各集落には open well があり、飲雑用水は勿論、家畜用水や灌漑用に使用されている。裕福な農園主は自分の敷地（農地と宅地）内に open well ないし tube well を有しておりポンプにより揚水して、飲雑用水および灌漑用水に供している。

なお、ロバにより水を運搬している風景もみられたことから、かなり遠路離からの水運搬を余儀なくされている人達もあるものと思われる。

### 3-3-9 農業概要

1 カラチの都市化の進展に伴い、青果物に対する需要は更に高まるものと見込まれるため、計画地域における農業振興の方向は野菜、果樹等商品性の高い作物の一層の生産拡大、生産性向上を図ることであろう。また、いちご、メロン等高級な果実的野菜も試験的に栽培が始められており、新品目の導入、周年出血体制の確立により将来はカラチの台所をまかなう一大野菜山地として発展する可能性を持っている。

2 しかし、当地域では農業用水としての地下水かん養が十分でないための水不足が懸念されており、長期的な農業振興の方向に即した水資源の確保が緊要な課題であると考えられる。

この意味で本マリル川水資源開発計画については、地下水かん養についてはもちろん、かんがい水路設置まで含めた幅広い検討が必要であると思われる。

3 なお、農業用水確保という課題に加え、農業生産の増大に直接結びつく課題として優良農地の造成、農業生産技術の向上、農業生産性の向上等解決すべき課題は多いがこれら解決の基本

\*この流水の機構、範囲およびその水量の変化率は、ダム建設との関係で実施調査において詳細に調査されるべきものと思われる。

となる。農業技術者及サービスの体制整備を併行して進めることが地域農業振興の早期実現につながるものと思われる。