

パキスタン回教共和国
シンド州政府

マリル川流域農業開発計画実施調査

主報告書

平成2年11月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1090384(7)

27328

パキスタン回教共和国
シンド州政府

マリル川流域農業開発計画実施調査

主報告書

平成2年11月

国際協力事業団

報告書のリスト

EXECUTIVE SUMMARY

VOLUME I MAIN REPORT

VOLUME II ANNEXES

- ANNEX - A BACKGROUND OF THE COUNTRY AND STUDY AREA
- ANNEX - B METEOROLOGY AND HYDROLOGY
- ANNEX - C GEOLOGY AND CONSTRUCTION MATERIALS
- ANNEX - D HYDROGEOLOGY AND GROUNDWATER
- ANNEX - E SOIL AND AGRICULTURE
- ANNEX - F AGRICULTURAL ECONOMY
- ANNEX - G IRRIGATION
- ANNEX - H DAM AND RESERVOIR
- ANNEX - I CONSTRUCTION PLAN AND COST ESTIMATE
- ANNEX - J PROJECT EVALUATION

VOLUME III DRAWINGS

国際協力事業団

22328

序 文

日本国政府は、パキスタン回教共和国政府の要請に基づき、同国のマリル川流域農業開発計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年8月から1990年8月までの間に、日本工営株式会社 入江邦男氏を団長とし、同社及び日本技研株式会社から構成される調査団を3回にわたって現地に派遣した。

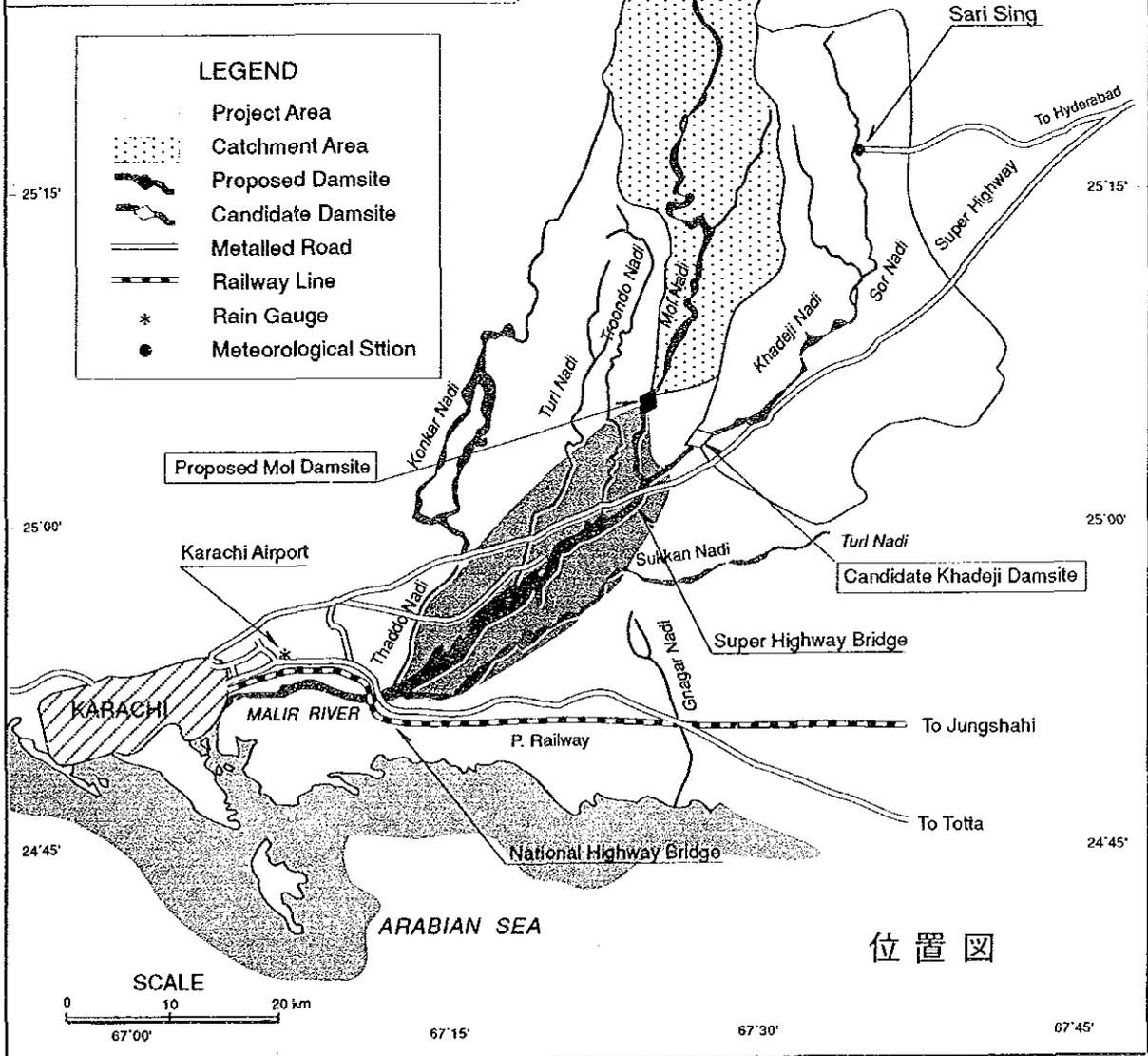
調査団は、パキスタン国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心から感謝の意を表するものである。

1990年11月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介



要約及び勧告

1. 序論

0 1. 本報告書は、1989年2月に、日本国・国際協力事業団（JICA）とパキスタン国シンド州政府（GOS）との間で合意された「マリル川流域農業開発実施調査（以下、本調査と略す）」に係わる業務実施協定書（S/W）に基づいて、作成されたものである。本調査の目的は、マリル川の支流であるカデジ川及びモル川に多目的ダムを築造し、地下水涵養により灌漑用水を確保し、加えて上水道水の確保、洪水調整を図るため、マリル川流域の水資源開発計画及び農業開発計画の策定を行うことにある。

0 2. マリル流域は、過剰揚水のため、地下水位が年々低下し、その結果灌漑用水・飲料水の不足及び地区内帯水層への海水の侵入が促進された。1967年マリル川流域の水資源開発に関する予備調査が実施され、現地踏査レポートが作成された。1979年、水資源電力庁（WAPDA）により当地域の水資源開発のためのフィージビリティ調査、1982年その追加調査が実施された。1984年にはNational Engineering Services Limited, Pakistan (NESPAK)がWAPDA作成の報告書をもとに、新たに前調査の要約及び提案を述べた調査報告書を作成した。

0 3. シンド州政府は長年にわたり、マリル川流域の水資源開発実施に力を注いできた。1988年、シンド州政府は、日本国政府に流域の農業開発を含んだマリル川流域の水資源開発計画のフィージビリティ調査の実施を要請した。シンド州政府の要請に応じて、日本国政府はJICAの予備調査団を1989年の1月に派遣し、業務実施協定書(S/W)と協議議事録は1989年2月6日に合意の上調印された。

2. 計画の背景

0 4. パキスタンは、北緯23～37度・東経61～76度に位置し、総国土面積は、7,960万ha、その内不可耕地4,470万ha、森林320万ha、荒廃地1,110万ha、農耕地は総国土面積の約26%にあたる2,060万haとなっている。灌漑面積は、農耕地の76%にあたる1,580万haとなっている。シンド州の総面積は、1,410万haであり、その内560万haが農耕地として使用され、インダス川とその支流に沿ったシンド平原に広がっている。

0 5. パキスタンの総人口は8,400万人（1981年人口調査）となっている。年平均人口増加率3.1%（1976～79）により算定した1988年の人口は10,540万人となっている。この高い人口増加が続けば、2000年には、約15,000万人に達する。1988/89年度における実質国内総生産額は、1980/81年価格表示で、4,041億ルピーに達している。その内農業部門の占める割合は約26%に当たる1,051億ルピーである。国内

総生産額の年増加率は5.1%、国民一人当りの所得は3,910ルピーとなっている。

06. 第7次5ヶ年計画(1988~93)によると、パキスタンの経済は、農業を基盤とした経済をなし、農業部門の開発目標としては、国内総生産額に占める割合として約23%、就業者率として約50%となっている。農業生産年増加率(1988/89)は約6%となっている。年増加率は、主要作物7.8%、その他作物3.2%、畜産5.9%、林業3.9%、漁業0.5%となっている。主要作物、その他の作物、畜産及び漁業の年増加率は目標値以下であったが、林業のみが目標値を達成している。第6次5ヶ年計画(1983~88)の実績でみると、農業生産は、目標増加率4.9%より低い3.8%となったが、主要穀物による自給は、ほぼ達成されたとされている。各作物別では、米、小麦は目標の生産量が達成されていない。米の生産量が低い原因としては、田植時の水不足、少降雨量、病害虫の被害、高収量品種の種子の不足等が挙げられ、小麦の場合は1986年から1988年の天候不順が主な原因とされている。

3. 調査地区

07. 調査地区は、シンド州カラチ市北東約30~60kmのマリル川流域に位置している。モル支川、カデジ支川はスーパー・ハイウェイ地点でマリル川に合流し、この合流地点で1,205km²の流域面積を持ち、マリル川は南西に約48km流れ、カラチ市近くでアラビア海にそそいでいる。調査地区は、モル・カデジ川合流地点より上流約7.2kmに位置するモルダムサイトとナショナル・ハイウェイ間のマリル川兩岸に広がり、その総調査面積は24,230haである。

08. 年平均降雨量は、調査地区隣接のカラチ空港で219mm(1929~1988)で、その約78%はモンスーン期(7月~9月)の3ヶ月間に集中する。極暑の月は5月で、カラチ空港で平均日最高気温は32.5℃、平均日最低気温は25.8℃である。最も寒い月は1月で、平均日最高・最低気温はそれぞれ25.7℃、10.1℃である。平均相対湿度は夏の79%から1月の51%の範囲にある。スーパー・ハイウェイの観測所で日平均蒸発量の最大月は5月で14.7mm/日、年平均蒸発量は10.4mm/日である。カラチ空港の日平均風速は4.7m/秒(6月)~1.4m/秒(12月)である。

09. 調査地区の人口は、1961年の30,100人より1981年の65,600人と倍増している。1989年における人口は、東カラチ郡の1972年から1981年の人口増加率5.3%に基づき、90,400人と推定した。総人口における男女の比率は、53%と47%である。人口密度は373人/km²で、シンド州の平均人口密度135人/km²の3倍、東カラチ郡の783人/km²の半分となっている。総世帯数は16,270戸で、一戸当りの家族数は5.6人である。

10. WAPDA調査地区での土壌分級は、草地、森林を含む一般的な農業に対する適応性の可否について分類された。調査地区の土地分級は土壌の生産力可能性が

ら下記の4等級に区分されている。

等級	土地分級	面積 (ha)	割合 (%)
I	灌漑農業に適する土地	6,140	21
II	灌漑農業が可能な土地	9,460	32
III	低地力の牧草栽培が可能な土地	11,060	38
IV	農業生産が不可能な土地	2,550	9
合計		29,210	100

出典：WAPDA報告書、1979

1.1. 調査地区内の未固結層の分布は、透水層、やや難透水層、難透水層の3つに大きく分けられる。調査地区内の主要な帯水層は、第四紀層からなる不圧の帯水層であり、マリル川沿いに分布するシルト質砂及び砂礫層から構成される沖積層よりなる。マリル川沿いの沖積層の分布は以下のものである。

区間	幅 (km)	層厚 (m)
上流域	3 (2.5)	20 (10)
中流域	7 (5.5)	30 (10)
下流域	6 (2.5)	40 (40)

注：() 内の数値は砂礫層のみの分布を示す。

1.2. 地下水位は、1977年から1989年の12年間に過剰揚水により低下している。平均海面より低い地下水面の凹地は1977年にすでに認められ、1989年にはそれが拡大しているのが確認された。1977年から1988年の純地下水消費量は、年平均8.0 MCMと算定され、WAPDAの当初の予想より大きく (0.15m)、年平均0.43mの割で地下水位は低下している。1977年及び1989年の不圧帯水層中の地下水賦存量は以下の通りである。

区間	帯水層の 分布面積 (km ²)	地下水賦存量		揚水量 (1977~1989) (MCM)
		1977 (MCM)	1989 (MCM)	
上流	54	57.9	24.7	33.2
中流	55	96.3	56.8	39.5
下流	76	62.8	39.4	23.4
合計	185	217.0	120.9	96.1
年平均揚水量				8.0MCM
年平均水位降下量				0.43m

13. 1960年代に井戸の建設が加速され1970/80年代においてもその傾向は続いている。又、過剰揚水のために地下水位は10年間毎に5~7mの割合で低下していて、それに伴い井戸の深度も年々増加している。タノ、ランディ地区において地下水の低下は著しく、計画加圧内の放棄井戸数は顕著に増加している。調査地区内の水理地質条件及び地下水涵養機構から選定された計画地区には、466本の生産井がある。生産井の概要は以下の通りである。

ポンプ吐出 口径 mm (イフ)	計画地区 総数	生産井本数			
		上流域	中流域	下流域	
		タノ地区	ランディ地区	ランディ地区	タノ地区
50 (2.0)	92	—	76	11	5
75 (3.0)	246	44	97	89	16
100 (4.0)	121	52	28	16	25
125 (5.0)	7	6	—	—	1
合計	466	102	201	116	47

14. 計画地区は現在、466本の生産井により2,600haの耕地が灌漑されている。1987/88年の農業電力消費量の資料(KESC)によると、生産井からのポンプ揚水量は、約35.5MCMと算定され、灌漑用水量(44.3MCM)に対して約80%にとどまっている。これは、計画地区内の作物は、過去20年間にわたる旱魃のために常に灌漑用水の不足に直面していたことを示している。

項目	単位	流域			計画地区	必要灌漑 用水量
		上流	中流	下流		
1. 生産井数	本数	102	201	163	466	-
2. 揚水量	MCM	11.5	15.2	8.8	35.5	44.3
3. 生産井当りの揚水量	1,000m ³	113	76	54	76	-

4. 水資源開発ポテンシャル

15. タンクモデルをもとに算定した帯水層への自然状態での涵養量は、1929年から1988年の水文資料をもとに算定すると年平均46.5MCM、1977年から1988年の資料をもとに算定すると年平均38.8MCMとなる。1977~1988年の地下水盆の総合的水収支は、下表に示されるように検証され、帯水層からの純消費水量は年平均8.0MCMとほぼ同じ値を示している。

シミュレーション期間：1977～1989			
A. 涵養量		B. 消費量	
1. 自然涵養	38.3	1. 灌漑用水	48.7
2. 深部浸透（灌漑）	7.3	2. カラチへの飲料水	2.7
3. 〃（雑用水）	0.3	3. 計画地区内雑用水	1.9
4. 涵養量(A)の合計	46.4	4. 海への地下水の流出	1.3
		5. 消費量(B)の合計	54.6
C. 水収支	-8.2		
D. 帯水層から揚水量	-8.0		

16. 調査地区内でいくつかの重要なプロジェクトが実施されたため、特にカデジダムの建設計画に影響を及ぼした。WAPDA作成のカデジダム計画諸元に基づく、カラチから北部へ伸びたスーパー・ハイウェイの既設の2車線及び建設中の2車線の一部が水没することになり結果的にハイウェイの移転経費が増加することとなる。加えて、ダム軸付近に新しく建設されたパキスタン国防省に所属するパキスタン航空（PIA）の精密工場（PEC）が建設され、その工場敷地の最低標高（標高169m）とWAPDA計画のサーチャージ水位（標高166.3m）との差は2.7mと、その差は小さい。それ故、移転経費を最小限にするためにはスーパー・ハイウェイの水没を避け、工場の敷地と貯水池水面との差を十分にとるように考えて、GOSと協議のうえ、カデジダムのサーチャージ水位は、標高163mと決定した。モルダムの最大許容サーチャージ水位はWAPDAの調査結果と同様に地形的条件より標高175mとした。次表に許容最大規模のダム諸元を示す。

項目	単位	カデジダム	モルダム
1. 最大許容サーチャージ水位	EL.m	163.0	175.2
2. サーチャージ水深	m	3.9	3.4
3. 通常満水位(NFWL)	EL.m	159.1	171.8
4. 最大総貯水量	MCM	45.7	54.5
5. 無効貯水容量	MCM	10.2	10.7
6. 最低水位	EL.m	149.0	156.5
7. 最大有効貯水容量	MCM	35.5	43.8

17. 帯水層は、河川の上下流の別なく均等に涵養されるように計画すべきで、もし、ダムからの放流量が小さい場合、殆んど放流水は上流においてのみ地下水に涵養されよう。一方、ダムからの放流が川床から帯水層への許容涵養量以上であれば、その余剰水は利用されることなく海へ無効放流されることとなる。それ故、許容放流量はダム・オペレーションにとって重要で、許容放流量は $8\text{m}^3/\text{秒}$ (21MCM/月) と算定した。

18. ダム・オペレーションは、ダムサイト計画地点とナショナル・ハイウェイ・ブリッジ間の残流域からの放出量が前項で決定した許容放流量 $8\text{m}^3/\text{秒}$ 以上の場合はダムからの放流はなく、流出量がそれ以下の場合にのみその差分のみを放流するよう設定し、涵養量を算定した。各ケース毎の総涵養量は、残流域・ダム余水吐放流量からの自然涵養量とダムによる人工涵養量との総計で表わされ、以下に示すように算定された。

単位：MCM

ダムの組合せ	JICA調査							WAPDA調査			
	貯'ジ+モル		モルのみ		貯'ジのみ		貯'ジ+モル				
	ケ-11	ケ-12	ケ-13	ケ-14	ケ-15	ケ-16	ケ-17				
有効貯水容量	35.5	43.8	35.5	35.0	43.8	35.0	30.0	35.5	30.0	54.6	50.9
- 残流域及び余水吐放流からの自然涵養量	26.1	26.9	39.6	41.1	41.6	43.1	43.7	26.8			
- ダムによる人工涵養量	44.5	42.4	25.8	23.6	22.3	19.6	18.3	46.6			
- 総涵養量	70.6	69.3	65.4	64.7	63.9	62.7	62.0	73.4			

19. ダム建設後の地下水を利用した灌漑可能面積は、ダムの有効貯水量とその組合せによって、以下のように4,100~4,860haと算定している。代替案の7ケースについて、経済内部収益率 (EIRR)、費用・便益比率 (B/C)、そして純現在価値 (B-C) をもとに比較を行った。結果は以下に示す。

ケース番号 ダムの組合せ	ケ-11 貯'ジ +モル	ケ-12 貯'ジ +モル	ケ-13 モル のみ	ケ-14 モル のみ	ケ-15 モル のみ	ケ-16 貯'ジ のみ	ケ-17 貯'ジ のみ
有効貯水容量							
貯'ジ+ダム	35.5	35.5	—	—	—	35.5	30.0
モル+ダム	43.8	35.0	43.8	35.0	30.0	—	—
1. 灌漑面積(ha)	4,860	4,790	4,420	4,350	4,270	4,160	4,100
2. 経済事業費($\times 10^6$ ルピー)	1,451	1,426	659	633	621	793	784
3. 純経済便益	104.7	102.5	95.2	93.7	91.3	89.6	88.3
4. EIRR(%)	51.8	51.5	10.40	10.60	10.53	8.40	8.37
5. B/C ^{*)}	0.67	0.66	1.33	1.36	1.35	1.05	1.05
6. B-C ^{*)} ($\times 10^6$ ルピー)	-412	-408	188	196	187	36	33

注：*) 割引率8%を採用

前表の比較結果より、ケース4の有効貯水容量35.0MCMのモルダムのみを建設する案が代替7案の中で最も経済的である。最適案におけるモルダムの諸元は以下の通りである。

項目	単位	モルダム
1. ダムタイプ		ロックフィル (ゾーンタイプ)
2. 堤頂標高	EL.m	175.3
3. 最高水位	EL.m	173.0
4. 通常満水位	EL.m	169.6
5. 最低水位	EL.m	156.5
6. ダム高	m	48.8
7. 総貯水量	MCM	45.7
8. 無効貯水量	MCM	10.7
9. 有効貯水量	MCM	35.0
10. ダム堤体積	10 ³ m ³	1,730

5. 開発計画

20. 開発計画は、土地及び水資源の効率的利用を通して、農業便益を最大限産み出すよう策定された。開発の基本構想は以下の通りである。

- ダム建設による帯水層への涵養量の増加
- 地下水の人工涵養による灌漑面積の増加 (回復)
- 地下水管理保全体制導入による地下水資源の持続的利用
- カラチ市への生鮮野菜・果樹の供給量の増加
- 集約農業の導入による作物単位収量の増加
- 計画地域の社会・経済の向上と雇用機会の増加
- カラチ市郊外における緑地地帯の維持
- 上記開発目標を達成するための組織の強化・改善

21. 調査地区24,200haの内、地下水の人工涵養により便益を受ける計画対象地域は、帯水層の範囲によって限定される。マリル川流域の帯水層は、ナショナル・ハイウェイとモルダム・サイトの間のマリル川兩岸に広がっている。開発計画の経済比較に基づき、灌漑可能面積を4,350haと決定した。1989年及び将来の計画地区での土地利用は下記の通りとなる。

単位：ha

土地利用 区 分	調査地区 1989年	計画地区		
		1989年	計画を実施 しない場合	計画を実施 した場合
農耕地	3,220	2,700	2,500	4,450
果樹園	1,200	1,180	1,000	1,000
灌溉畑	1,540	1,420	1,400	3,350
天水畑	480	100	100	100
休耕地	2,920	2,800	3,000	1,050
未耕地 (村落、丘陵地、川、道路他)	18,090	8,400	8,400	8,400
合 計	24,230	13,900	13,900	13,900

22. 計画地区の気候は、夏期と冬期に分かれているが一年を通じて温暖で乾燥しており、日照も充分にあり特に作物栽培上の阻害要因とはならない。現在、農民によって行われている通年栽培条件下でも、主要作物に対する単位収量での大きな変動は見られない。各作物の耕うん作業や作付は、夏期で6~9月、冬期2~3月の降雨に合わせて行われている。尚、野菜栽培では、連作障害を防ぐことから、輪作栽培体系を取り入れ、作付計画については、作物の収益性、作物のピーク灌漑用水量、労働力等を考慮した上で策定した。将来事業を実施する場合と事業を実施しない場合の各作物の栽培面積は以下の通りである。

単位：ha

作物名	WAPDA作付面積		JICA作付面積		
	1977年	事業実施 した場合	現況	事業実施 しない場合	事業実施 した場合
<u>夏 期</u>					
飼料作物	590	700	150	150	150
野 菜	2,100	2,280	1,270	1,250	3,200
果 樹	1,380	1,380	1,180	1,000	1,000
小 計	4,070	4,360	2,600	2,400	4,350
<u>冬 期</u>					
飼料作物	370	450	50	40	50
野 菜	1,520	1,740	310	290	2,100
小 計	1,890	2,190	360	330	2,150
合 計	5,960	6,550	2,960	2,730	6,500
作付率	(1.46)	(1.50)	(1.14)	(1.14)	(1.50)

23. 作付計画に基づき、事業を実施しない場合と事業を実施した場合の作物生産量は下表の通りである。

単位：トン

項目	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	増加量
生産量			
飼料作物	2,340	4,400	2,060
野菜	6,960	46,650	39,690
果樹	4,760	7,250	2,490
計	14,060	58,300	44,240

24. 作物生産の純便益は、下表のように事業を実施をしない場合18.4百万ルピー、事業を実施した場合112.0百万ルピーとなり、増加額は93.6百万ルピーが見込まれる。

単位：千ルピー

項目	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	増加額
純便益			
飼料作物	282	754	472
野菜	9,810	96,375	86,565
果樹	8,351	14,895	6,544
計	18,443	112,024	93,581

25. モルダムは、中心コア・ゾーン型ロックフィルダムにて計画されている。ダム天端高さは、2.3mの余裕高を含め基礎から48.8m、クレスト標高はEL.175.3m、又ダム天端幅は10mとして計画している。ダム幅は、主ダム848m、副ダム1,499m、合計2,347mとし、堤体のり勾配は上流側1:2.5、下流側は1:2.0とする。又ダムの総盛土量は約 $1,730 \times 10^3 \text{ m}^3$ である。

26. パイロット・デモンストレーション農場は、本計画の目標を達成するために先進の灌漑営農技術の試験・展示を行う。この農場は、計画地区南部のランドエイ・ユニオン・コンセルのサレ・モハメ・ゴースにある連邦政府所属の植物導入センター内に建設する。現在、当センターの農地10haのうち2.4haが果樹園の実験圃場として利用され、残り7.6haは灌漑用水不足のため休耕地となっている。又、シンド州政府の農業・畜産・水産局による農業支援サービスの一環である普及所の支所もある。従って当センターにデモンストレーション農場を創設する最適条件下にある。

27. 事業実施期間は、1991年から1995年までの4年間とする。1年目の1991年は、詳細設計及び建設のための準備にあてられ、実際の工事は、1992年から開始し、1995年3月に完了する工程とする。総事業費は次表に示す通り、外貨分531百万ルピー、内貨分115百万ルピー、総額686百万ルピー($\text{US}\$31.9 \times 10^6$)と積算される。

(単位：百万ルピー)

項目	外貨	内貨	計
1. 準備工	27.0	5.9	32.9
2. モル・ダム	362.6	76.8	439.4
3. 潜函橋	2.4	3.8	6.2
4. パイロット・デモン ストレーション農場	10.4	2.9	13.3
5. 管理事務所	0.4	0.8	1.2
6. 維持・管理機械	10.3	0.0	10.3
7. 数量予備費	58.2	12.8	71.0
8. 管理運営費	0.0	6.7	6.7
9. エンジニアリング・ サービス	59.6	16.4	76.0
10. 物価高騰予備費	0.0	28.6	28.6
総計	530.9	154.7	685.6

6. 組織と運営

28. 本事業の実施機関は、シンド州政府の灌漑電力局 (IPD) である。灌漑電力局は、本事業実施のためモルダムに隣接してマリル工事事務所を開設する。本事務所は、建設方法・工程の承認、設計変更作業、工事進捗管理、契約事項の調整、出来形・品質管理、支払い承認、並びに地下水のモニタリング、受益農民による地下水管理組織の設立等を実施する。

29. 建設工事完成后、マリル工事事務所は、維持管理事務所に再編し、灌漑電力局管轄のもとダムの維持管理を実施し、更に地下水管理組織と共同して地下水のモニタリングを行う。維持管理事務所は、ダム維持管理セクション及び地下水管理セクションからなる。ダム維持管理セクションは、最大限地下水を涵養するようダムの操作を行うとともに、ダム及び河川の補修・維持を実施する。地下水管理セクションは、地下水位の維持及び持続的な地下水の開発・利用を行えるよう地下水管理を包括的に実施する。

30. 地下水位を持続的に維持するため、地下水の揚水は、管理・制御されなければならない。このためには前述したように地下水管理システム及び地下水管理組合を確立する必要がある。マリル事務所の水管理セクションは、地下水の揚水管理を統括し、地下水の持続的な利用を確保するためのものである。モニタリングは灌漑電力局管轄下のマリル事務所から受益者による地下水管理組合へ徐々に移管され、最終的に地下水管理業務全般は組合が管理する。

31. パイロット・デモンストレーション農場は、改良された栽培方法の紹介と新しい灌漑技術の紹介・展示の目的のために建設される。改良された栽培方法によって増収できるとわかれば、農民は新しい技術を導入し、又、スプリンクラー及びドリップ灌漑などの節水灌漑技術を導入すれば、灌漑面積の拡大も期待できる。

7. 事業評価

32. 開発計画の評価は経済・財務及び社会経済性について行い、計画の妥当性評価を行った。本事業の経済評価は、下記に示す条件にて行った。

- 1) 事業実施期間は、1年間の詳細設計及び建設準備を含めて4年とする。
- 2) 評価分析の対象期間は、工事完成後50年間とする。
- 3) 全ての価格は1990年の不変価格とする。
- 4) 換算レートは、1米ドル=21.5ルピー=150円とする。

経済農業便益は、93.7百万ルピー、事業の経済費用は、632.8百万ルピーとなる。その他の費用（運営維持管理費、更新費）及び便益（井戸掘削費、電気消費量の節減）も考慮して、経済内部収益率（EIRR）、便益/費用（B/C）比及び純現在価値（NPV）を算定した結果は下記の通りである。

経済内部収益率	:	10.6%	
B/C値	:	1.36	(8%の割引率を適用)
純現在価値	:	196.4百万ルピー	(8%の割引率を適用)

33. 事業の財務評価は、標準的な農家経済の解析に基づき行われた。本事業を実施すれば、農家収入は土地所有形態に係わらず、実施しない場合の3~4倍増大する。事業を実施する場合と実施しない場合の増加収入は、小作農で4,920ルピー、自作農で16,600ルピーとなる。一人当たりの年間平均支出額5,300ルピーが、目標収入額と仮定すると、事業を実施した場合、全受益者（自作農、小作農）の50%に当たる約400戸が、目標の収入に達することとなる。従って、本事業は財務的に妥当と言える。

34. 事業実施により期待できる社会・経済効果は、以下に示す通りである。

- (1) 安定した灌漑用水の供給
- (2) 雇用機会の増大
- (3) 作物生産量の増大及びカラチ市への安定供給
- (4) 農家収入の増大
- (5) 水質改善
- (6) 洪水調整効果
- (7) 肥料及び農薬の使用
- (8) パイロット・デモンストレーション農場の効果

8. 勧告

3.5. 計画の早期実施

マリル川流域は、長期にわたってカラチ市場に果樹・生鮮野菜等の農産物及び飲料水を供給する重要な役割を担ってきた。しかし、農産物の需要はカラチ市の急速な人口成長に伴って増加しているにもかかわらず、計画地区内の耕地は、主に流域帯水層からの地下水過剰揚水のため年々減少している。もし帯水層への涵養量を増大したり厳しい地下水管理等、適切な対策をとらなければ、この傾向は更に加速するだろう。従って、本計画を早期に実施するため、必要諸手続きを早急にとるよう推奨する。

3.6. パイロット・デモンストレーション農場の創設

計画地区内の果樹及び野菜の単位収量は、シンド州内の単位収量に比べて極めて低く、又国家平均に比べてもかなり下回っている。本計画を実施し、水の安定的な供給が回復すれば、より集約的な果樹・野菜の生産システムを確立することが可能になる。施設を建設して、帯水層への涵養量を増大させることのみによっては、計画地区内の作物生産量の増大は限られてしまう。従って、パイロット・デモンストレーション農場を建設して、改良耕種法・灌漑技術の紹介・展示により、目標単位収量の増加を達成する。

3.7. 地下水管理

本事業の実施にあわせて、地下水の過剰揚水及び水質低下を防ぎ、地下水の持続的利用を計るために適切な地下水管理が必要不可欠である。さもなければ、現在計画地区内で見られるように、たとえ本計画の実施により帯水層への涵養量が増大したとしても、将来再び地下水資源の減少がおこる可能性がある。現在、州又は計画地区には、地下水資源開発のための法体制は整っていない。従って、地下水開発に必要な規準の制定、帯水層のモニタリング及び保持のみならず、地下水資源の持続的な利用を確立するため、受益者にて組織する地下水管理組合と協力して、地区内帯水層の管理・保全を実施する目的とした部局をIPDに創設することを強く提案する。

パキスタン回教共和国
シンド州政府
マリル川流域農業開発計画実施調査
主報告書

目 次

	頁
序文	
計画位置図	
要約及び勧告	
第1章 序 論	1
1.1 はじめに	1
1.2 計画の背景	1
1.3 調査業務	2
1.4 謝 辞	2
第2章 背 景	3
2.1 土地及び人口	3
2.2 国家経済	4
2.3 農 業	5
第3章 計画地区	6
3.1 既往調査	6
3.2 位 置	6
3.3 地 形	7
3.4 人 口	7
3.5 地域経済	7
3.6 気象・水文	8
3.7 地質及び水理地質	10
3.8 土壌と土地分級	13
3.9 土地利用と農業	14
3.10 農業支援組織	17
3.11 既存の井戸	19
3.12 灌 漑	20
第4章 水資源開発ポテンシャル	23
4.1 水収支	23

4.2	ダムによる人工涵養	24
4.3	地下水モデルシミュレーション	27
4.4	農業開発の可能性	29
4.5	ダムの最適規模	30
第5章	開発計画	31
5.1	開発基本構想	31
5.2	農業開発計画	31
5.3	灌漑用水量	38
5.4	施設計画	39
5.5	事業実施計画	43
5.6	事業費積算	44
第6章	組織と運営	47
6.1	事業実施組織	47
6.2	維持管理組織	47
6.3	地下水管理組合	47
6.4	農業支援サービスの改善	49
6.5	パイロット・デモンストレーション農場	49
第7章	事業評価	50
7.1	概要	50
7.2	経済評価	50
7.3	財務評価	52
7.4	間接便益および社会経済的効果	53
7.5	環境への影響	54
第8章	勧告	56
8.1	事業計画の早期実施	56
8.2	パイロット・デモンストレーション農場の創設	56
8.3	地下水管理	56
	参考資料	58

附 表

		頁
表.1	作業監理委員・調査団・パキスタン国カウンターパート名簿	59
表.2	WAPDA計画におけるカデジ及びモルダム諸元	60
表.3	調査地区における現況作物生産量	61
表.4	計画地区における現況土地利用	62
表.5	計画地区における生産井数	63
表.6	既存地下水涵養堰の諸元	63
表.7	自然涵養量及びダムによる人工涵養量	64
表.8	可能単位作物収量及び目標単位作物収量	65
表.9	事業実施による作物増産量	66
表.10	作物別単位面積あたり純収入額	67
表.11	事業実施による純収入増加額	68
表.12	灌漑用水量概要	69
表.13	計画作付体系に基づく灌漑用水量 (1/3-3/3)	70
表.14	モルダムの計画諸元	73
表.15	事業費概要	74
表.16	事業者詳細	75
表.17	年次別事業費	76
表.18	財務経済指標	77
表.19	経済費用及び便益のフロー	78
表.20	自作農及び小作農の農家収支	79

附 図

	頁
図-1 気候特性	81
図-2 気象・水文観測所位置図	82
図-3 主要地点の年流出量	83
図-4 流出パターン及びマスカーブ (カデジ及びモルダム地点)	84
図-5 水理地質調査地点	85
図-6 水理地質断面図 (1/2 - 2/2)	86
図-7 1977・1989年の地下水位等高線図	88
図-8 生産井密度	89
図-9 地区別井戸建設数の推移	90
図-10 地区別生産井平均深度	91
図-11 水収支図 (自然状態)	92
図-12 流出量及び自然涵養量との関係	92
図-13 事業実施後水収支図 (モルダム：35MCM)	93
図-14 地下水涵養量マスカーブ (モルダム：35MCM)	94
図-15 人工涵養量 (モルダム：35MCM)	95
図-16 現況地下水モデル	96
図-17 事業実施後予想地下水モデル	97
図-18 調査地区現況土地利用図	98
図-19 計画地区境界及び土地利用図	99
図-20 現況作付体系	100
図-21 計画作付体系	101
図-22 モルダムサイト地質図	102
図-23 モルダム軸地質断面図	103
図-24 モルダム平面図	104
図-25 モルダム標準断面図	105
図-26 パイロット試験圃場一般図	106
図-27 事業実施計画	107
図-28 事業実施組織図	108
図-29 維持管理組織図	109

附属資料

附属資料-1	マリル川流域農業開発実施調査業務実施協定書 (S/W)
附属資料-2	ドラフト・ファイナル・レポートに関する合意書

略 語

AFLFD	Agriculture, Food, Livestock and Fisheries Department, GOS
FAO	Food and Agriculture Organization, United Nations
GDP	Gross Domestic Product
GNP	Gross National Product
GOJ	Government of Japan
GOP	Federal Government of Pakistan
GOS	Government of Sindh, GOP
IPD	Irrigation and Power Department, GOS
JICA	Japan International Cooperation Agency
KESC	Karachi Electric Supply Corporation
UNDP	United Nation Development Programme
WAPDA	Water and Power Development Authority
DA	General Director of Agriculture
ADA	Assistant Director of Agriculture
EADA	Extra Assistant Director of Agriculture
APPO	Assistant Plant Protection Officer
AO	Agricultural Officer
FA	Field Assistant

單位

Length

cm	=	Centimeter
m	=	Meter
km	=	Kilometer
ft	=	Foot
yd	=	Yard

Area

cm ²	=	sq.cm	=	Square centimeter
m ²	=	sq.m	=	Square meter
ha	=	Hectare		
km ²	=	sq.km	=	Square kilometer

Volume

cm ³	=	cu.cm	=	Cubic centimeter
l	=	lit	=	liter
kl	=	Kiloliter		
m ³	=	cu.m	=	Cubic meter
gal.	=	Gallon		
MCM	=	Million Cubic Meters		

Weight

mg	=	Milligram
g	=	Gram
kg	=	Kilogram
ton	=	Metric ton
lb	=	Pound

Time

sec	=	s = Second
min	=	Minute
hr	=	Hour
d	=	Day
yr	=	Year

Electrical Measures

V	=	Volt
A	=	Ampere
Hz	=	Hertz (cycle)
W	=	Watt
kW	=	Kilowatt
MW	=	Megawatt
GW	=	Gigawatt

Other Measures

%	=	Percent
PS	=	Horsepower
°	=	Degree
'	=	Minute
"	=	Second
°C	=	Degree centigrade
10 ³	=	Thousand
10 ⁶	=	Million
10 ⁹	=	Billion (milliard)

Derived Measures

m ³ /s	=	m ³ /sec = Cubic meter per second
cusec	=	Cubic feet per second
mgd	=	Million gallon per day
kWh	=	Kilowatt hour
MWh	=	Megawatt hour
kWh/yr	=	Kilowatt hour per year
kVA	=	Kilovolt ampere
BTU	=	British thermal unit

Money

Rs.	=	Pakistan Rupees
US\$	=	US dollar
Yen	=	Japanese Yen

交 換 率

	<u>From Metric System</u>		<u>To Metric System</u>
Length	1 cm = 0.394 inch	1 inch = 2.54 cm	
	1 m = 3.28 ft = 1.094 yd	1 ft = 30.48 cm	
	1 km = 0.621 mile	1 yd = 91.44 cm	
		1 mile = 1.609 km	
Area	1 cm ² = 0.155 sq.in	1 sq.ft = 0.0929 m ²	
	1 m ² = 10.76 sq.ft.	1 sq.yd = 0.835 m ²	
	1 ha = 2.471 acres	1 acre = 0.4047 ha	
	1 km ² = 0.386 sq.mile	1 sq.mile = 2.59 km ²	
Volume	1 cm ³ = 0.0610 cu.in	1 cu.ft = 28.32 lit	
	1 lit = 0.220 gal. (imp.)	1 cu.yd = 0.765 m ³	
	1 kl = 6.29 barrels	1 gal. (imp.) = 4.55 lit	
	1 m ³ = 35.3 cu.ft	1 gal. (US) = 3.79 lit	
	106 m ³ = 811 acre-ft	1 acre-ft = 1,233.5 m ³	
Energy	1 kWh = 3,413 BTU	1 BTU = 0.293 Wh	
Temperature	°C = (°F-32) 5/9	°F = 1.8°C + 32	
Derived Measures			
	1 m ³ /s = 35.3 cusec	1 cusec = 0.0283 m ³ /s	
	1 kg/cm ² = 14.2 psi	1 psi = 0.703 kg/cm ²	
	1 ton/ha = 891 lb/acre	1 lb/acre = 1.12 kg/ha	
	106 m ³ = 810.7 acre-ft	1 acre-ft = 1,233.5 m ³	
	1 m ³ /s = 19.0 mgd	1 mgd = 0.0526 m ³ /s	

EXCHANGE RATE

US\$1.0 = Rs. 21.5 = J. Yen 150.0

第1章 序 論

1.1 はじめに

本報告書は、1989年2月に、日本国・国際協力事業団（JICA）とパキスタン国シンド州政府（GOS）との間で合意された「マリル川流域農業開発実施調査（以下、本調査と略す）」に係わる業務実施協定書（S/W）に基づいて、作成されたものである。

本調査の目的は、マリル川の支流であるカデジ川及びモル川に多目的ダムを築造し、地下水涵養により灌漑用水を確保し、加えて上水道用水の確保、洪水調整を図るため、マリル川流域の水資源開発計画及び農業開発計画の策定を行うことにある。

本報告書は調査地区の現況、開発構想と計画、主要施設の概要、事業の便益と費用、事業の評価を取りまとめたフィージビリティ調査の成果を記述したものである。本調査は主として1982年に水資源電力庁（WAPDA）で行った既往調査の見直しを行い、新たに収集したデータの解析に基づき水資源開発計画及び農業開発計画の策定を実施した。

1.2 計画の背景

マリル川流域は、流域面積2,240km²を有し、長い間カラチ市への農産物や生活用水の供給源としての役割を担ってきた。特に、1960年代カラチ市の急激な発展に伴って農産物の需要が高まり、地区内の農用地及び地下水開発が促進された。地下水の揚水規制もないためにポンプによる地下水揚水量も急激に増加した。

この過剰揚水のため、地下水位は年々低下し、その結果灌漑用水、飲料水の不足及び地区内帯水層への海水の侵入が促進された。地区内の帯水層を涵養することにより海水侵入の抑制及び灌漑用水・飲料水の確保をはかるためのマリル川流域の水資源開発が急務となってきた。

1967年マリル川流域の水資源開発に関する予備調査が西パキスタン灌漑電力省によって実施され、現地踏査レポートが作成された。約10年後の1979年、WAPDAによりマリル川流域の水資源開発のためのフィージビリティ調査、1982年その追加調査が実施された。

1984年にはNational Engineering Services Limited, Pakistan (NESPAK)がWAPDA作成の報告書をもとに、新たに前調査の要約及び提案を述べた調査報告書を作成した。

シンド州政府は長年にわたり、マリル川流域の水資源開発実施に力を注いできた。

1988年、シンド州政府は、日本国政府に流域の農業開発を含んだマリル川流域の水資源開発計画のフィージビリティ調査の実施を要請した。シンド州政府の要請に応じて、日本国政府マリル川流域農業開発調査を行うことを決定し、JICAがこの調査を実施した。JICAは予備調査団を1989年の1月に派遣し、業務実施協定書(S/W)と議事録は1989年2月6日に合意の上調印された。

1.3 調査業務

本調査は、1989年8月27日にJICA調査団とシンド州政府との間で合意された調査スケジュールに基づいて、シンド州灌漑電力局、シンド大学、メラン大学からの協力を得て各分野ごとの専門家によって実施された。業務実施協定書(S/W)は附属書(ATTACHMENT)に添付し、本調査に参画したJICA派遣の作業監理委員、調査団員及びパキスタン国カウンターパートの氏名は表.1の通りである。

本調査は、第一次調査と第二次調査に分けて行われた。1989年9月から12月の3ヶ月間の第一次現地調査では、主に基礎資料、気象・水文データ、水理地質調査、電気探査、地質及び土質調査、土壌・土地利用調査、農業現況調査、井戸台帳作成調査、灌漑・排水調査及びダム計画の資料収集を実施した。1989年12月に、調査の進捗と現地調査結果をとりまとめたプロGRESS・レポートが、JICA調査団より提出された。

日本での国内作業は1989年12月から1990年1月の約1ヶ月間に実施され、主に第一次現地調査で収集した資料や情報の解析を行った。まず、地下水の流動及び涵養機構を解析し、水資源開発の可能性についてその概略を把握することにあつた。第一次調査の結果を、中間報告書にとりまとめ、1990年1月にシンド州政府に提出した。

1990年1月から3月の2ヶ月間に行われた第二次現地調査では、主にデータの補足収集、農業経済調査、建設材料費・建設費の調査、開発基本構想の策定等を実施し、その結果は、フィールド・ノートにとりまとめ提出した。

本報告書は、上述の現地調査、国内解析結果全てをとりまとめたものである。

1.4 謝 辞

現地調査において、調査団は、カラチ及びラホールの政府関係者から多大なる支援と協力をうけた。ここに、政府関係者各位に心から感謝の意を表し、相互の努力と協力の成果が計画の早期実施、究極的には地区の社会・経済開発に貢献することを心から念願する。

第2章 背景

2.1 土地及び人口

パキスタンは、北緯23～37度・東経61～76度に位置し、国土の総面積は、7,960万ha、その内不可耕地4,470万ha、森林320万ha、荒廃1,110万ha、農耕地2,060万haとなっている。農耕地は、総国土面積の約26%にあたり、その内灌漑面積は、農耕地の76%にあたる1,580万haとなっている。

シンド州の総面積は、1,410万haであり、その内560万haが農耕地として使用され、インダス川とその支流に沿った平坦な河川氾濫原で、沖積土壌が分布するシンド平原に広がっている。この土壌の土性は、やや粗く未発達な性質であるが、種々の農業生産には適している。パキスタン及びシンド州の土地利用状況は下記の通りである。

土地分類	(100万ha)			
	パキスタン		シンド州	
総面積	79.6	100%	14.1	100%
不可耕地	44.7	56%	5.3	37%
森林	3.2	4%	0.7	5%
荒廃地	11.1	14%	2.5	18%
農耕地	20.6	26%	5.6	40%
・灌漑面積	15.8	(76%)	3.3	(59%)

出典：パキスタン統計年報、1989

1989年の統計資料によれば、パキスタンの総人口は8,400万人（1981年人口調査）となっている。年平均人口増加率3.1%（1972～1981）により算定した1988年の人口は10,540万人となっている。この高い人口増加が続けば、2000年には、約15,000万人に達する。総人口の約28%が都市、残り約72%が農村地域に居住している。パキスタン及びシンド州の1981年人口国勢調査による人口統計は、次の通りである。

項目	単位	パキスタン	シンド州
総面積	(万km ²)	79.6	14.1
総人口 (1981年)	(万人)	8,430	1,900
男性	(万人)	4,420 (52%)	1,000 (53%)
女性	(万人)	4,010 (48%)	900 (47%)
人口密度	(人/km ²)	106	135
世帯数	(万戸)	1,259	272
一戸当り家族数	(人)	6.7	7.0
年平均人口増加率 (1972～1981)	(%)	3.05	5.56

出典：パキスタン統計年報、1989

1981年の総就業者数は、総人口の26%に当たる2,192万人となっており、その内男性が2,115万人、女性が77万人となっている。10才以上の経済活動人口との割合では、男性の約70%、女性の3%が職業に従事している。女性の90%以上は家業に従事している。職業別では、パキスタンにおいては農業が大きな労働吸収力を持ち、約53%が農業従事者となっている。パキスタンにおける労働人口の職業別構成は、次の通りである。

(万人)

項目	合計	男性	女性
経済活動人口 (10才以上)	5,634	3,008	2,626
総就業者人口	2,192	2,115	77
農業、漁業、林業	1,156	1,126	30
製造業	201	189	12
小売業、飲食業	206	201	5
サービス卸業	300	277	23
その他	329	322	70
失業者	70	64	6
家事従事者	2,406	—	2,406
学生	451	315	136
その他	515	514	1

出典：パキスタン統計年報、1989

2.2 国家経済

1989年の統計年報によれば、1988/89年度における実質国内総生産額は、1980/81年価格表示で、4,041億ルピーに達している。その内農業部門の占める割合は約26%に当たる1,051億ルピーである。国内総生産額の年増加率は5.1%、国民一人当りの所得は3,900ルピーとなっている。国内総生産額の内訳は次の通りである。

(100万ルピー)

項目	1987/88		1988/89		増加率
農業	99,060	26%	105,140	26%	6.1%
主要作物	48,330		52,100		7.8%
他作物	16,820		17,360		3.2%
畜産	28,910		30,610		5.9%
漁業	3,780		3,800		0.5%
林業	1,220		1,270		3.9%
製造業	67,620	18%	69,700	17%	3.1%
卸小売業	63,930	17%	67,160	17%	5.1%
その他	153,800	39%	162,140	40%	5.4%
国内総生産	384,410	100%	404,140	100%	5.1%
人口 (100万人)	105		107		
一人当たり所得	3,870	ルピー	3,910	ルピー	

出典：パキスタン統計年報、1989

2.3 農 業

第7次5ヶ年計画（1988～93）によると、パキスタンの経済は、農業を基盤とした経済をなし、農業部門の開発目標としては、国内総生産額に占める割合として約23%、就業者率として約50%となっている。

農業生産年増加率（1988/89）は約6%となっている。年増加率は、主要作物7.8%、その他作物3.2%、畜産5.9%、林業3.9%、漁業0.5%となっている。主要作物、その他の作物、畜産及び漁業の年増加率は目標値以下であったが、林業のみが目標値を達成している。第6次5ヶ年計画（1983～88）の実績でみると、農業生産は、目標増加率4.9%より低い3.8%となったが、主要穀物による自給は、ほぼ達成されたとされている。各作物別では、米、小麦の目標生産量が達成されていない。米の生産量が低い原因としては、田植時の水不足、少降雨量、病害虫の被害、高収量品種の種子の不足等が挙げられ、小麦の場合は1986年から1988年の天候不順が主な原因とされている。

主要農産物の栽培面積、生産量、単位収量（1986/87年と1987/88年の平均）は次の通りである。

作物名	パキスタン ^{*1}			シンド州 ^{*2}		
	栽培面積 (万ha)	生産量 (万ト)	単位収量 (ト/ha)	栽培面積 (万ha)	生産量 (万ト)	単位収量 (ト/ha)
小 麦	751	1,278	1.7	103	220	2.1
米	201	336	1.6	72	154	2.1
綿	254	139	0.5	66	134	2.0
サトウキビ	80	3,147	39.2	19	874	44.9
メイズ	84	112	1.3	2	1	0.5
ミレット	40	18	0.5	13	5	0.4
ソルガム	36	21	0.6	10	6	0.6
豆 類	122	61	0.5	11	8	0.7

出典： *1) パキスタン統計年報、1989

*2) シンド州農業統計、1989

第3章 計画地区

3.1 既往調査

1977年～79年に実施された、マリル川流域水資源開発計画のフィージビリティースタディの概要は下記の通りである。

井戸の総数は514本となっており、その内406本の生産井が地域内の灌漑及び飲料水用として利用され、残りの108本の井戸は廃棄されていた。又、これら井戸によって約4,070haの農耕地が灌漑されていた。地下水の過剰揚水によって、年平均約0.15mずつ地下水位が低下し、それによって灌漑及び飲料水に利用される生産井能力が著しく減少し、用水不足はすでに開発された既存灌漑地区に多大な影響を与えていた。

上記の問題を解決するために水資源開発調査が実施され、次に示す4つのダム建設比較案が検討された。

- (1) マリル川に一連の調整ダムの建設
- (2) モルとカデジ川合流点の直上流にダムを建設
- (3) モル、カデジ川合流点下流約3.2kmにダムを建設
- (4) モルダムとカデジダムの建設

上記4案の予備調査及び経済比較の結果、経済的、技術的にモルダムとカデジダム建設案が最も実現性の高い案であると決定され、カデジ、モルサイトの2つのダム建設のためのフィージビリティ調査が実施された。

既往調査において、マリル川支川のモル川とカデジ川に2つのダムを建設し、地下水涵養による灌漑面積4,360ha（年間作付面積6,550ha）を対象とした農業開発計画が提案された。モルダムとカデジダムの諸元は表. 2 に示す。この調査では、モルダムとカデジダムの建設を実施した場合の便益は経済内部収益率で12%となり、本事業は、経済的、技術的に実現可能であるとされている。

3.2 位置

調査地区は、シンド州カラチ市北東約30～60kmのマリル川流域に位置している。モル支川、カデジ支川はスーパー・ハイウェイ地点でマリル川に合流し、この合流地点で1,205km²の流域面積を持ち、マリル川は南西に約48km流れ、カラチ市近くでアラビア海にそそいでいる。

調査地区は、モル・カデジ川合流地点より上流約7.2kmに位置するモルダムサイ

トとナショナル・ハイウェイ間のマリル川兩岸に広がり、その総地域面積は24,230haである（付図18を参照）。

3.3 地 形

調査地区は、シンド州の州都、カラチ市の北東 30～60km に位置し、上流支川のカデジ川とモル川を有する北東方向にのびるのマリル川沿いに広がっている。計画対象地区はマリル川下流域の標高 20～100m に位置し、わずかに残丘が分布するが、ほとんど平坦な氾濫原で、北東より南西への地形勾配は 0.15%～0.5%（平均約 0.3%）である。カデジ川とモル川の合流点より上流は標高100m以上を示し下流と比較して急峻な地形である。

3.4 人 口

調査地区の人口は、1961年の30,100人より1981年の65,600人と倍増している。東カラチ郡の1972年から1981年の人口増加率5.3%に基づき、1989年の地区内人口は90,400人と推定した。総人口における男女の比率は、53%と47%である。人口密度は373人/km²で、シンド州の平均人口密度135人/km²の3倍、東カラチ郡の783人/km²の半分となっている。総世帯数は16,270戸で、一戸当りの家族数は5.6人である。調査地区内の各ユニオン・コンセル(Union Council)別の詳細は下記の通りである。

ユニオン コンセル	面 積 (km ²)	人 口 (人)	人口密度 (人/km ²)	世帯数 (戸)	家族数 (人/戸)
ダルサノ・チャノ	105.8	12,629	119	2,468	5.1
コンカー	94.4	40,154	425	7,282	5.5
ランディ	35.5	26,198	738	4,415	5.9
タノ	6.6	11,391	1,726	2,109	5.4
計	242.3	90,372	373	16,274	5.6

3.5 地域経済

調査地区経済の現状は、完全に地下水に依存した農業が中心となっている。カラチ市場への供給地として収益性の高い野菜、果物、飼料等の農業生産が行われている。しかしカラチ市に近い有利性を持った果物や野菜の生産にもかかわらず、この10～20年間、農業生産量は減少傾向にある。一方、人口はこの間約2倍に増加している。農業生産を安定させ、かつ増大させるための阻害要因としては、地下水の減少による灌漑面積と農業人口の減少が考えられる。この原因は、ポンプによる過剰な地下水の汲み上げの結果、帯水層の枯渇である。作付面積、生産量、農業収入、雇用数は、1978年から1988年で大幅に減少している。豊かな緑地と農地であった調査地区は、今や生き延びるかどうかの問題を抱えている。

国内での畜産は、増え続ける畜産製品（乳、鶏卵等）の需要を十分に満たせない状況にある。近年、計画地区周辺でカラチ市場向けの小・中規模の養鶏場が建設されている。これらの養鶏場では、飲料水が不足しており、外部からの水タンカーによる供給を受けている。本計画の実施による農業開発が行われることにより、畜産開発とその製品の増産にも好影響を与えるものと考えられる。

カラチ市は、工業及び商業の中心都市であり、労働者が近郊のみならず、国内各地からカラチ市内や工業地へ流入し続けている。この結果、カラチ市は高い人口増加傾向を示し、各統計でも都市部における人口は、増加傾向を示している。このような状況下では、カラチ市における食料品、特に生鮮野菜や果物等の農産物の需要も増加傾向にある。従って、農産物の市場性における問題は、全くないと言える。一方、調査地区内の農産物搬出に必要な基盤整備、特に道路、運搬施設については、十分に整った状況にある。

3.6 気象・水文

年平均降雨量は、調査地区南西に隣接するカラチ空港で219mm(1929~1988)であり、その約78%はモンスーン期（7月~9月）の3ヶ月間に集中する。極暑の月は5月で、カラチ空港で平均日最高気温は32.5℃、平均日最低気温は25.8℃である。最も寒い月は1月で、平均日最高・最低気温はそれぞれ25.7℃、10.1℃である。平均相対湿度は夏の79%から1月の51%の範囲にある。スーパー・ハイウェイ・ブリッジの観測所で平均蒸発量の最大月は5月で14.7mm/日、年平均蒸発量は10.3mm/日であるが、この値はカラチ空港の値に比較し、かなり大きな値を示している。カラチ空港の日平均風速は4.7m/秒（6月）~1.4m/秒（12月）である。気温、相対湿度、日照時間、風速、蒸発量当の気象概要は、図-1に示されている。

調査地区内及びその周辺には図-2に示す2ヶ所の気象観測所、5ヶ所の降雨量観測所及び5ヶ所の流量観測所がある。地区内の観測所の流出率は以下の通りである（詳細はANNEX-B参照）。

流量観測所	流域面積 (km ²)	観測期間 (年)	流出率(%)		
			7-9月 (モンスーン期)	10-6月 (冬・春期)	年間
1. ナジ川 スーパー・ハイウェイ	575	1976-1987	23.6	13.9	21.5
2. マリル スーパー・ハイウェイ	1,205	1976-1987	24.5	7.4	20.7
3. マリル ナショナル・ハイウェイ	1,985	1978-1984	15.0	0.0	11.9

長期間の流出解析の目的は、既存の流量資料と流出モデルによって、流出量資料がない期間の流出量を推定することにある。数多くの流出解析手法はあるが、その

中から長期の流出解析に適用するタンクモデル法を選定した。タンクモデルは、月雨量をもとに月流出量を推定する手法であり、タンク常数は、推定流量と実測流量が近似するまで試算し決定した。

それぞれの降雨観測所間の月降雨量の相関関係が高いため、カラチ空港と各観測所間の関係を用いて計画地区内の長期の月雨量を算定した。この長期間の月雨量を用いて、上記解析方法によって、ダム計画地点及び流量観測地点の流出量を計算し、その結果を図-3に示す。前回のWAPDA調査では、ダム計画地点の流出量はモンスーン期30%、冬・春期9%で算定されている。今回の流出解析では、前回調査の流出量に比べ少し大きい流出率となっている。ダム計画地点及び主要地点の流出量は以下に示す通りである。

ダムサイト 及び コントロール地点	流域面積 (km ²)	年平均 流域雨量 (mm)	年平均 流出率 (%)	年平均 流出量 (MCM)	年平均流出量 WAPDAレポート (MCM)
1. モルダムサイト	596	231	32.6	44.8	33.3
2. カデジダムサイト	567	215	27.8	33.9	30.3
3. マリススーパーハイウェイ	1,205	224	27.4	74.1	—
4. マリナシヨナハイウェイ	1,985	225	13.4	60.0	—

モルダム及びカデジダム地点での流量パターン及びマスカーブは図-4に示す通りである。主要地点での月平均流出量は以下の通りである。

単位(MCM)

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
モルダムサイト	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	23.8	11.6	5.5	0.7	0.4	0.4	44.8
カデジダムサイト	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	18.1	8.5	4.1	0.6	0.3	0.3	33.9
スーパーハイウェイ	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.7	39.6	21.0	9.9	0.9	0.3	0.3	74.1
シヨナハイウェイ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	33.1	18.4	8.1	0.3	0.0	0.0	60.0

計画ダム地点での最大可能洪水量(PMF)は、最大可能降雨量(PMP)に基づき算定した。PMPは、1913年7月19日から22日かけての暴風雨と単位図を使って算定した。PMF及び可能洪水量の概略は以下に示す通りである。

項目	単位	カデジダムサイト	モルダムサイト
1. 流域面積	km ²	567	596
2. 最大流量			
— PMF	m ³ /sec	5,120	4,280
— 再現期間	1/1,000	m ³ /sec	3,870
	1/100	m ³ /sec	2,240
	1/50	m ³ /sec	1,820
	1/20	m ³ /sec	1,300
	1/5	m ³ /sec	600

浮遊土砂の観測は、1976年から1988年にかけてWAPDAにより実施された（参考文献04を参照）。カデジ及びモルダム地点での1平方km当たり浮遊土砂460m³及び掃流土砂110m³からなる年間堆砂量を570m³と算定した。

3.7 地質及び水理地質

(1) 地質概要

調査地区の地質は、第四紀層、マンチャール層及びガジ層よりなる。第四紀層は灌漑地や河川沿いの平地に分布する。マンチャール層は砂岩及び礫岩よりなり、走向N60°～80°Wで5°～15°で南傾斜である。ガジ層は砂岩及び石灰岩よりなり走向はN50°～60°Eであり、5°～45°で北北西へ傾斜している。

調査地区の基盤岩は中新世のガジ層及び鮮新世のマンチャール層よりなる。ガジ層はモル、カデジの2つのダムサイトにおいて露頭している。マンチャール層は調査地区の南部において丘陵を形成している。

第四紀層は、転石混りの砂礫層より構成され、それらの一部はセメンチングにより固結している。第四紀層は現川床に沿って分布していて上流域では層厚10～30m、下流域では層厚50mである。

調査地区の層序は以下のようである。

年代	地層	地質
現世～更新世	第四紀堆積物	粘土、細粒～粗粒砂、礫及び転石混り砂
鮮新世	マンチャール層	砂岩、頁岩、礫岩
中新世	ガジ層	石灰岩、砂岩、頁岩

(2) 水理地質

調査地区において、未固結層の分布は主に電気探査によって調査され（図-5参照）、地層の比抵抗値により透水層、やや難透水の層、難透水層の3つに大きく分けられる。

比抵抗値が100Ω・m以上の場合は粗砂もしくは礫層、20～100Ω・mの場合は砂質シルトもしくは細～中砂、20Ω・m以下の場合は粒土もしくは基盤岩である頁岩、砂岩、礫岩であると判断した。その要約は以下に示す。

区 分	電気抵抗値($\Omega \cdot m$)	地 質
透水層	100以上	礫、粗粒砂
やや難透水の層	20~100	砂質シルト、細~中粒砂
難透水層	20以下	頁岩、砂岩、礫岩

調査地区における主要な帯水層は、第四紀層からなる不圧の帯水層である。この帯水層は、マリル川沿いに分布するシルト質砂及び砂礫層から構成される沖積層よりなる。調査地区の水理地質断面図は、図-6に示す。マリル川沿いの沖積層の分布は以下のようなものである。

区 間	幅 (km)	層 厚 (m)
上流域	3 (2.5)	20 (10)
中流域	7 (5.5)	30 (10)
下流域	6 (2.5)	40 (40)

注：（ ）内の数値は砂礫層のみの分布を示す。

調査地区の地形は沖積平野、2段の沖積段丘、段丘、山麓面及び丘陵の6つに区分される。地下水開発の可能性は水理地質調査の結果や地形区分に基づいて次のようになる。

区 分	開発可能性	地 形	地 質
現世堆積物 (未固結)	良い	沖積氾濫原	第四紀堆積物
旧段丘堆積物 (未固結)	やや良い	沖積段丘 (低位、高位)	第四紀堆積物
基盤岩もしくは 第四紀堆積物 (固結)	悪い	沖積段丘 山麓面 丘陵地	第四紀堆積物 マンチャール層、ガジ層

揚水試験の結果、井戸の透水量係数は4,100~166,000m²/日であった。透水量係数4,100~5,900m²/日は調査地区南部のマリル川下流域で、45,000~60,000m²/日は調査地区北部のマリル川上流域で各々記録された。

調査地区の帯水層は自由地下水（不圧）の状態であるから、貯留係数は有効空隙率に等しい。電気探査において測定された比抵抗値によって帯水層の水理地質状況を考察すると、平均の貯留係数は0.03~0.20と判断される。

(3) 地下水位と地下水賦存量

1977年と1989年に実施された地下水位測定の結果は、図-7に示す。地下水位は、1977年から1989年の12年間に過剰揚水により低下している。平均海面より低い地下水面の凹地は1977年にすでに認められ、1989年にはそれが拡大しているのが確認された。1977年から1988年の純地下水消費水量は、年平均8.0MCMと算定され、地区内の年平均地下水位降下量は、WAPDAの当初の予想(0.15m)より大きく、年平均0.43mを示している。1977年及び1989年の不圧帯水層中の地下水賦存量は以下の通りである。

区 間	帯水層の 分布面積 (km ²)	地下水賦存量		揚水量 (1977~1989) (MCM)
		1977 (MCM)	1989 (MCM)	
上 流	54	57.9	24.7	33.2
中 流	55	96.3	56.8	39.5
下 流	76	62.8	39.4	23.4
合 計	185	217.0	120.9	96.1
年平均揚水量				8.0MCM
年平均水位降下量				0.43m

1977年~1989年の13年間における調査地区の帯水層からの消費水量は96MCMであり、1989年現在帯水層中には121MCMの地下水が賦存していると推定される。

(4) 水質と海水の侵入

マリル川の表流水の水質は良好で、米国農業省(USDA)の水質区分によると、C₂S₁(塩分：普通、アルカリ度：低)に区分される。雨季(夏)のT.D.S.、電気伝導度(EC)、SAR(ナトリウム吸着率)は冬期・春期のそれに較べ低い値を示す。当該調査地区において、良質な表流水は不圧帯水層の主要な涵養源となっている。

1989年もしくは1990年に測定された地下水のpHは1977年の値とほとんど変化はなく、7.6~8.3の値を示す。調査地区のECの分布はマリル川沿いで1,000 μ S/cmであり、川から離れるに従ってECの値も大きくなっている。マリル川下流域に位置する井戸において、1989年に測定されたECは、1977年のそれに較べ全般的に高い値を示す。

調査地区の地下水の水質は、タノ、ランディ地区に形成された地下水面の凹地を除き、USDAの水質区分ではC₂S₁もしくはC₃S₁に区分される。これは灌漑用水として普通もしくはやや高めの塩分濃度であり、又低アルカリ度(ナトリウム吸着率)を示している。一方、地下水面の凹地の地下水はC₄S₂に区分され、塩分濃度は高く、アルカリ度は普通である。調査地区の地下水のSARは、全般的に低く1.1~6.18で

ある。これらの結果を考慮すると、ホウ素及び他の化学物質の含有量は、前述した地下水面の凹地の南側の地下水を除き、灌漑用水として許容できる。

1985年に石油・天然資源省（Ministry of Petroleum and Natural Resources）が作成した「地下水賦存量調査」によると、マンチャール層及びガジ層に含有される地下水は一般に塩分濃度が高いと言われる。調査地区南端のマリル川下流に形成された地下水面の凹地においては、その凹地のために基盤岩内の水が帯水層中へ絞り出されている可能性がある。そのため、地下水の塩分化の原因は海水の侵入によるばかりでなく、一部海水の化学的成分と類似した基盤岩中の水が帯水層へ流入したためとも考えられる。

既往調査によると調査地区下流域では海水の侵入があると報告されているが、今回実施した調査及び水質分析の結果からも海水侵入の可能性は大きいと判断される。調査地区下流域に形成された地下水面の凹地への塩水侵入により、下流域地下水の電気伝導度は、1977年の平均約2,000 μ S/cmであった電気伝導度が、塩水化によって1988年には3,000 μ S/cmと上昇したことを示している。

3.8 土壌と土地分級

WAPDA報告書のパキスタン土壌調査によれば、調査地区は、マリル川の沖積平野とその周辺の丘陵地を含む29,210haに広がっている。土壌の分布と、地形区分とは、良く合致し、調査地区は4地形に分けられ、下記の7の土壌に分類されている。

地 形	地質年代	土壌統	面積 (ha)
沖積平野	第四紀	メラブ土壌	6,460
古山麓平野	更新世・後期	イドウ土壌、マウリプル土壌、ミンダリ土壌	11,560
古山麓部	更新世・後期	ランディ土壌 ピプリ土壌	8,580
古山麓段丘	更新世・中期	モンゼ土壌	2,610
計			29,210

既存の農耕地は、沖積氾濫原上にあり、マリル川沿いの両岸に分布している。地形は、ほとんど平坦地である。これらの農耕地の土壌は、メラブ土壌であり、砂壤土、又はシルト質壤土である。この土壌は、約1m以上の深さに礫を含む砂質土の上部に存在している。電気伝導度は0.8～8.0mmho/cmを示し、塩基性の強い土壌である。表土に強い塩基性を示す土壌の場合では、下層土は弱い塩基性となっている。pH値は7.8～8.4を示し弱アルカリとなっている。これらの土性は、塩基性が高いが、特定の野菜を除いてアルカリによる害はない。

WAPDA調査地区での土壌分級は、草地、森林を含む一般的な農業に対する適性の可否について分類され、調査地区の土地分級は土壌の生産力から下記の4等級に区分されている。

等級	土地分級	面積 (ha)	割合 (%)
I	灌漑農業に適する土地	6,210	21
II	灌漑農業が可能な土地	9,570	33
III	低地力の牧草栽培が可能な土地	11,190	38
IV	農業生産が不可能な土地	2,240	8
合計		29,210	100

出典：WAPDA報告書、1979

WAPDA調査地区内における農耕可能地は約15,800haある。現況の耕作地2,700haからみても、将来の地下水資源開発による農耕地の開発のための農耕可能地は十分に存在する。メラブ土壤の大部分が、等級Iに分級されており、灌漑農業や近代的な作物栽培技術の導入を行っても、高い生産性が見込まれる。

3.9 土地利用と農業

(1) 土地利用

調査地区内の現況土地利用は、地形、土壌、灌漑用水の利用可能量と密接な関連を保ちながら発達している。土地利用は、(1)果樹園、(2)灌漑畑、(3)天水畑、(4)休耕地、及び(5)未耕地その他の5つに分類される。

果樹園及び灌漑畑は、土壌条件が良好な沖積氾濫原上の地下水が容易に揚水できる地域に発達、天水畑は、地下水が得られない丘陵地域に分散している。村落は、灌漑畑に隣接した沖積氾濫原に分布している。未耕地としては、道路、河川その他、丘陵地帯の未利用地となっている。養鶏及び畜産に丘陵地が利用されている。

灌漑畑は、マリル川流域内の地下水を最大限利用して広く発達してきた。しかし、近年になり、これらの灌漑畑は、地下水の減少に伴う灌漑用水の減少により面積も減少してきている。又、灌漑用水の不足により多くのマンゴ樹が枯死しており、その結果、休耕地が増加している。

土地利用の詳細は、表. 3 に示す。農耕地は、1978年から1987/88年の期間で約20%が減少した。1978年と現況の土地利用は下記の通りである。

土地利用区分	WAPDA調査		JICA調査	
	1978		1988/89	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
農耕地	4,070	13.9	3,220	13.3
果樹園	1,380	(4.7)	1,200	(5.0)
灌漑畑	2,690	(9.2)	1,540	(6.3)
天水畑	(一)		480	(2.0)
休耕地	1,590	5.4	2,920	12.1
未耕地 (村落、道路、川、丘陵地)	23,550	80.7	18,090	74.6
計	29,210	100	24,230	100

(2) 農地所有規模と土地所有形態

農地所有と土地所有形態については、1978年WAPDAが東カラチ郡税務署が土地税徴収のために集めた資料に基づいて再検討した。WAPDA調査によれば、総農地面積は5,660ha、土地所有農家と小作農家の総計は831戸、その平均農地所有規模は6.8haとなっている。

東カラチ郡税務署の1988年資料によれば、農地の登録面積は、6,140haに増加している。しかし、農家数は700戸に減少しこの結果、一農家当り平均農地所有規模は8.8haに増大している。

項目	5ha以下		5～20ha		20ha以上		合計	
	1978	1988	1978	1988	1978	1988	1978	1988
土地所有者数 (戸)	499	352	224	283	108	63	831	698
(%)	60	50	27	41	13	9	100	100
面積 (ha)	1,360	847	1,982	2,836	2,323	2,457	5,665	6,140
(%)	24	14	35	46	41	40	100	100
平均土地 所有規模 (ha/戸)	2.7	2.4	8.9	10.0	21.5	39.0	6.8	8.8

上記の表によれば、1978年、1988年とも20ha以上の土地所有面積の合計は全体の41%、40%を占め、土地所有者は13%と9%で、大規模土地所有者が全農地を占有する割合が高いことを示している。20ha以上での平均所有規模でみると、1978年では108戸で21.5ha/戸、又1988年では63戸で39.0ha/戸と、一戸当りの所有規模が増大している。所有者数では、5ha以下の所有者が全体の60% (1978年)、50% (1988年)と過半数を占めている。これらの平均土地所有規模は、2.7ha (1978年)、2.4ha (1988年)である。1988年の調査では、0.6haの小規模土地所有者が全体の10%となっている。5～20haの中規模土地所有者は、224戸 (1978年)、283戸 (1988年)と

なり、全体の35%と46%を占めている。これらの平均土地所有面積は8.9ha/戸（1978年）と10.0ha（1988年）である。

現況の土地所有形態は、WAPDA調査（1979年）が行った東カラチ郡税務署での調査結果に基づいて算定した。1978年に、小作人は地主との収穫物配分方式による耕作契約を行っており、全農家数の約53%を占めている。小作人による耕作面積は、全体の38%、一戸当り6.1haである。自作農家は、全農家の27%で、全耕作面積の36%、平均耕作面積は12.1haとなっている。小作兼自作農家は20%、全耕作面積では27%を占め、その平均耕作面積は11.5haと自作農家の平均に近い面積となっている。

過半数を占める小作農家は、平均耕作面積では、自作農家、小作兼自作農家の約半分となっている。又、小作農家は生産物の半分を小作料として支払うため、実収入が非常に少なくなっている。

小作農家は、一般に生産物の約50～60%を小作料として地主へ支払っており、種子、肥料、農薬等の農業投入資材費については地主と半分ずつ負担している。又、人夫賃については、小作農家が負担し、井戸の運転・管理費は地主が負担している。

(3) 農業生産

調査地区における農作物の平均単位収量は、カラチ県の1986/87年及び1987/88年の2ヶ年平均により算定した。本調査地区の作物収量のほとんどは、(イ)土地の肥沃度が低い、(ロ)灌漑用水の不足、(ハ)農業投入資材量の不足、(ニ)栽培技術が低い等の原因で、シンド州平均収量より低いものとなっている。主な作物の平均単位収量は、以下の通りである。

(単位：トン/ha)

作物名	シンド州 平均	カラチ県 平均	作物名	シンド州 平均	カラチ県 平均
<u>野菜</u>			<u>飼料作物</u>		
トマト	5.0	3.3	ソルガム	—	11.5
ナス	6.8	4.9	メイズ	—	10.6
トゥガラシ	3.5	1.0	アルファルファ	—	13.9
ヘチマ	6.4	3.1	<u>果樹</u>		
ユウガオ	5.4	4.7	マンゴー	7.7	6.1
カリフラワー	5.8	13.3	グワバ	6.0	3.8
ホウレン草	4.2	2.6	ココナッツ	—	2.7
ニンジン	9.9	5.4	チコー	—	2.3
ダイコン	7.8	4.0	パパイヤ	—	7.3
豆類	4.1	2.6			

上記のカラチ県平均単位収量により、算定した調査地区の作物生産量は、以下の通りである。

作物名	作付面積 (ha)	生産量 (ト)	平均収量 (ト/ha)
飼料作物	570	6,910	12.1
野菜	1,960	8,610	4.4
果樹	1,200	5,980	5.0
合計	3,730	21,500	-

1989年の計画地区内の家畜頭数は、牛4,800頭、水牛15,650頭、やぎ9,490頭、その他(馬、ロバ等)1,130頭である。家畜は耕うん作業に使われていたが、現在はトラクターに置き換えられている。主にロバは地区内の農業投入材及び農産物の運搬に利用され、又、牛、水牛は酪農製品の生産を目的に飼育されており、飼料作物が地区内で栽培されている。やぎは各農家でも飼育しており、自家消費用の肉、ミルクとして利用されている。

各農家では、1~2頭の牛や水牛を飼育しており、ミルクを自給している。カラチ都市近郊の調査地区境界地区での家畜のほとんどは搾乳用であり、カラチ市への供給源として大きな役割を担っている。ミルク生産については、地区内農家の農業経営に占める割合は比較的低い状況である。一方、調査地区内には、いくつかの大規模養鶏場があるが、飼料はカラチより購入しており、鶏卵、肉はカラチへ販売されている。これらの養鶏場の雇用人は地区内に住んでいるが、経営者のほとんどはカラチ市内に居住している。

3.10 農業支援組織

(1) 農業普及

シンド州の農業普及局長の管理下には、ハイデラバッド支局及びトスキャン支局があり、2人の支局長(DA)により農業普及活動を管理している。支局では、総務担当副支局長(ADA)及び経済・流通担当副支局長(ADA)の各専門技術官が配属されている。

各支局長の下には、園芸と作物保護の専門技術官及び各県毎に地区普及所が置かれ、地区普及所長(EADA)により農業普及活動を行っている。地区普及所には、約200名の地区農業官(AO)と、約700名の地区専門技術員(FA)が普及活動に従事している。この他に、作物保護専任の専門技術補佐官(APPO)が地区普及所に配属されており、地区普及所長の補佐を行っている。各地区普及所長(経済・流通担当)が本局への活動報告を担当している。

地区専門技術員 (FA) の普及対象農家数は、1,000戸を超えている。多くの地区専門技術員は、普及活動の効果を挙げるため、中核農家の役割を持つ大地主の農場に活動の場を置いている。又、1~2名の地元在住の技術補助員が、地区農業委員会により雇用され、地区専門技術員 (FA) の普及活動補佐を起こっている。これらの地区専門技術員と補助員は、特に綿や果樹栽培農家を対象として、農薬の販売や散布の指導を行っている。

1978年5月以来、州農業省は、世界銀行の技術指導のもとに、T&V (訓練と訪問) 方式を取り入れ、普及活動を行っている。この結果、各普及員の作業内容が明確化されるとともに、毎日の作業計画が作成され日常活動が行われている。

カラチ地区普及所の管轄下にマリル農業支所があり、作物保護専門技術官 (APPO) 1名、地区農業官 (AO) 5名、地区専門技術員 (FA) 9名が配属されている。本計画地区内の4ユニオン・コンセル (UC) の32村には、4名の地区農業官 (AO) と7名の地区専門技術員 (FA) が活動している。

(2) 農業研究

シンド州には、下記の6研究所がある。

研究所名	場 所	所轄省庁
1. 農業研究所	タンド・ジャム	州農業省
2. 稲作研究所	ドクリ	州農業省
3. 園芸研究所	ミルブルカス	州農業省
4. 州農業大学	タンド・ジャム	州農業省
5. 綿研究所	サクランド	連邦政府
6. 原子力農業研究所	タンド・ジャム	連邦政府

各研究所の装備については、特に問題はないが、財政不足、圃場作業の不適合、普及活動との関係不足などのために、その研究の効果は十分に発揮されていない。特に、各地区に適合した農業研究成果を実証するための試験圃場の整備は、ほとんど行われていない。試験圃場の効果的運営に必要な資金不足のため、試験圃場の本来の業務範囲を極端に減少させている。

各研究機関での成果は、シンド州農業普及局を通じて、農民に普及されることになっている。この連絡の場としてシンド州協議会があり、研究成果の発表、新技術の導入、農民からの要望等を、月ごとに検討しており、活動計画や方針を決定している。

3) シンド州種子供給公社

シンド州種子供給公社は、法律上、運営上、かつ財政上、州政府より独立した機

関として設立されている。対象作物として、メイズ、稲、綿があり、新品種の導入、増殖、種子検定、保管、販売等の活動を行っている。メイズ、稲、綿の優良原種は、農業研究所、稲研究所、綿研究所から調達を行っている。

各地の政府農場で生産された、種子は、品質管理のための技術指導のもとに選別された先進農家によって増殖されている。改良種子の卸売値及び末端価格は公社にて決定し、改良種子は、各地の代理店の販売網を通じて販売されている。しかし、野菜、果樹、飼料作物の種子に対する改善や販売は行っておらず、本計画地区に販売店がない。

(4) シンド州農業資材供給連合会

シンド州内での農民への肥料販売は、全国にて製品を取り扱う民間のダハキ社、エクソン化学社のほか、国家肥料公社（NFC）と、輸入製品を取り扱うシンド州農業資材供給連合会（SASO）等が、行っている。農業資材供給連合会は、遠隔地区に末端組織として販売店を運営している。カラチ地区では、本計画地区内のメモン・ゴースに販売出張所があり、主として肥料の供給を行っている。

(5) 農民金融

パキスタン農業開発銀行（ADBP）は、1979年以降“管理金融貸付計画”を実施している。この計画は、本銀行内の移動金融貸付担当職員の技術指導により、貸付農民の拡大を行っている。本計画地区には、支店が1987年に1ヶ所設置され、移動金融貸付担当職員2名が配属されている。1989年末で貸付実績は、そのほとんどが養鶏農家への開発資金として貸し出され、230件、10,600万ルピーとなっている。種子、肥料購入のための農業生産資金としての貸付は、わずか1件で、小農家への貸付が一般に普及していない。

3.11 既存の井戸

1977年WAPDAによって実施された井戸台帳調査によると、514本の井戸のうち、108本は放棄され、406本が生産井として灌漑用水、飲料水に利用されていた。1980年以來、井戸の掘削は増加して過去10年間に新しく52本掘削されている。

井戸調査の詳細な資料が入手できなかったため、1989年に井戸台帳作成調査が実施された。調査の結果、調査地区内には筒井及び管井の総計626本のうち110本は放棄され、516本が生産井として使用されている。

ダム建設によって地下水涵養量の増加を計画している調査地区の帯水層はマリル川沿いに分布し、その規模は概略長さ30km、幅5km、深さ30mである。図-6に示すように、帯水層の主要な涵養源はマリル川であり、ほとんどの生産井はマリル川沿

いに位置している。生産井の分布密度は図-8で示すよう、下流域において密である。その下流域のコンカー、タノ地区では1km²当り10本以上の井戸が分布しており、それらの井戸は過剰揚水によってお互いに干渉している。

図-9に示すように、1960年代に井戸の建設が加速され1970/80年代においてもその傾向は続いている。又、図-10で示すように、過剰揚水のために地下水位は10年間毎に5~7mの割合で低下してきて、それに伴い井戸の深度も年々増加している。特に図-10に示すようにタノ、ランディ地区において地下水の低下は著しく、放棄井戸の数は顕著に増加している。下表は各10年毎の井戸の平均深度を示す。

年 代	平均深度		10年毎の井戸 深度の平均増加 (m/10年)
	掘削時の深度 (m)	現在の深度 (1989) (m)	
1940年代	8.5	36.7	6.3
1950年代	13.3	33.7	5.8
1960年代	15.2	30.3	6.0
1970年代	19.7	29.4	6.5
1980年代	20.0	24.0	8.0
12年間 (1977~1989) の水位低下量			7.0~7.5 (m/12年)

本計画による受益地は、水理地質的条件及び地下水涵養機構に基づいて決定され、計画地区には図面集に示すように466本の生産井がある。各地区毎の井戸分布は表5に、生産井の概要は以下に示す。

ポンプ吐出 口径 mm (イナ)	計画地区 総数	生産井本数			
		上流域	中流域	下流域	
		タノ地区	コンカー地区	ランディ地区	タノ地区
50 (2.0)	92	—	76	11	5
75 (3.0)	246	44	97	89	16
100 (4.0)	121	52	28	16	25
125 (5.0)	7	6	—	—	1
合計	466	102	201	116	47

3.12 灌 漑

(1) 灌漑面積

1977年、地下水の利用により約4,070haの灌漑が実施されていた。しかし、WAPDA調査で明らかのように、地下水位は、過剰揚水のため年々低下してきてお

り、この現象は、1970年代初めからの長期にわたる早魃のため加速された。この結果、1988年現在計画区内の灌漑面積は、466本の生産井により、2,600haとなっていた。1977年から1988年にかけて、地下水による灌漑作付面積は、下表に示すように夏季36%、冬季59%、平均44%減少し、この12年間で半減している。

作物名	1978年 WAPDA調査(1)	1989/90年 JICA調査(2)	比率(%) (2)/(1)
夏季	4,070	2,600	64
- 飼料作物	530	170	
- 野菜	1,920	1,250	
- 果樹	1,380	1,180	
冬季	3,760	1,540	41
- 飼料作物	370	50	
- 野菜	1,510	310	
- 果樹	1,380	1,180	
合計	7,340	4,140	56

計画地区の土壌は、砂質ロームに分類され、実測浸透能（インテークレート）は40mm-60mm/hrに達し、非常に高い値を示す。高浸透能、生産井能力に制限があることから、非常に小規模の水盤灌漑（20m×20m程度）が一般的に普及している。ただし、スイカ、その他つる性野菜、タマネギ栽培には、灌漑用水量節約のために根群域のみへの畦間灌漑法が適用されている。農民は、灌漑用水量の不足のため集約的な水管理を実施している。

(2) 1987/88年揚水実績

計画地区は現在、466本の生産井により2,600haの耕地が灌漑されている。1987/88年の農業電力消費量の資料(KESC)によると、生産井からのポンプ揚水量は、下表に示すように約35.5MCMと算定され、必要灌漑用水量(44.3MCM)に対して約80%にとどまっている。これは、計画地区内の作物は、過去20年間にわたる早魃のために常に灌漑水の不足に直面していたことを示している。

	単位	河川区間			計画地区 合計	灌漑 用水量
		上流域	中流域	下流域		
1. ポンプ台数	台	102	201	163	466	-
2. ポンプ揚水量	MCM	11.5	15.2	8.8	35.5	44.3
3. 単位ポンプ揚水量	千m ³	113	76	54	76	-

注：ANNEX-G参照

各生産井の灌漑面積は、生産井能力及びポンプの吐出口径により異なる。1987/88年における単位ポンプ揚水量に基づき算定したポンプ吐出口径別の灌漑面積、年間

生産井能力を下表に示す。

ポンプ 吐出口径 mm (インチ)	生産井数 (本)	灌漑面積 (ha)	生産井当り 平均灌漑面積 (ha/生産井)	平均揚水量 1987/88実績 (1,000m ³ /年)
50 (2)	92	200	2.3	31
75 (3)	246	1,200	4.9	67
100 (4)	121	1,100	9.1	124
125 (5)	7	100	14.3	195
計/平均	466	2,600	5.7	76

(3) 既存地下水涵養堰

計画地区内3ヶ所に地下水涵養を目的とした堰が建設されている。その諸元は表6に示す通りである。これは、モンスーン期（カリフ）の洪水流を河川に貯留することにより、帯水層に地下水を涵養することを目的としている。3ヶ所の位置は下表の通りである。

河川	エオン・カウセル	位置
No.1 マリル川	タノ	ナショナルハイウェイ橋約4km上流地点
No.2 マリル川	コンカー	ナショナルハイウェイ橋約6.4km上流地点
No.3 スッカ川	ラウンディ	マリル川合流点より7.5km上流地点

第4章 水資源開発ポテンシャル

4.1 水収支

帯水層への地下水涵養量は、一般に地表流出量算定に用いられるいわゆるタンクモデルにより算定される。タンクモデルにおいて、各々のタンクはその底及び側面に出口がある。側面の出口からの流出は河川流出量もしくは自然状態での地下水流出量を示し、最後のタンクの出口からの流出は地下水への涵養量を示す。今回の調査においては、定点での実測の流出量によって検証されたモデルを用いて地下水への涵養量を算定した。

(1) 自然状態での涵養量

マリル川流域は、水理地質条件や河川流量測定地点及び計画施設地点などの定点等を考慮して6つの流域に区分される。前述したタンクモデルをもとに算出した帯水層への自然状態での涵養量は、1929年から1988年の水文資料をもとに算定すると年平均46.5MCM、1977年から1988年の資料をもとに算定すると年平均38.8MCMとなる。それらの結果は図-11に、その概要を下表に示す。又、1929年から1988年の60年間の帯水層への自然状態での涵養量のマスカープを図-14に示す。

区 間	平均涵養量 (MCM)	
	1929-1988	1977-1988
1. ダムサイト～スーパーハイウェイ	6.6	3.2
2. スーパーハイウェイ～ナショナルハイウェイ	39.9	35.6
3. 帯水層への総涵養量	46.5	38.8

調査地区内へ流入する表流水の量と涵養率（算出された地下水涵養量と表流水の割合）との関係を図-12に示す。それによると、表流水に対する涵養率は、表流水の量が増加する程、低下する傾向が明瞭である。つまり、表流水が10MCM/月（ $4\text{m}^3/\text{sec}$ ）のときは涵養率は100%であり、表流水が20MCM/月（ $8\text{m}^3/\text{sec}$ ）のとき涵養率は約75%へと低下する。

(2) 帯水層の水収支（1977～1989）

帯水層の水収支は、帯水層への流入量と流出量をもとに算定された。流入量の主なものは降雨及び灌漑用水を含む地表水の浸透による自然涵養である。又、流出量の主なものは井戸からの揚水と他の帯水層もしくは海への流出である。

調査地区の不圧帯水層全体の水収支を解析するためには、1977年と1989年の地下水水位記録がある。調査地区内の帯水層の地下水賦存量は3.7節(3)項に記述してある

ように、水理地質調査結果に基づいて1977年には217MCM、1989年には121MCMであると算定される。又、1977年と1989年の地下水利用量は3.12(2)節に、又1977年から1988年の12年間の自然状態での涵養量は4.1(1)前節に記述してある。

上記解析結果に基づき、地下水盆の総合的水収支が次表に示されるように検証された。1977～1988年の帯水層からの3.7(3)節にて算定された実測純消費水量は年平均8.0MCMとほぼ同じ値を示している。

単位：MCM/年

シミュレーション期間：1977～1989		
A. 涵養量		
1. 自然涵養	38.8	4.1節(1)項参照
2. 深部浸透（灌漑）	7.3	B.1の15%
3. ♪（雑用水）	0.3	B.3の15%
4. 涵養量(A)の合計	46.4	
B. 消費量		
1. 灌漑用水	48.7	(62.0+35.5)/2（ANNEX-G参照）
2. カラチへの飲料水	2.7	(4.7+0.7)/2（ANNEX-D参照）
3. 計画地区内雑用水	1.9	(1.5+2.3)/2（ANNEX-D参照）
4. 海への地下水の流出	1.3	
5. 消費量(B)の合計	54.6	
C. 水収支	-8.2	(A.4)-(B.5)
D. 帯水層から揚水量	-8.0	3.7節(3)項参照

注： *帯水層から海への流出は以下の式により求めた。

$$Q=K \times i \times A=6,200(\text{m}/\text{年}) \times 0.002 \times 0.106(\text{km}^2)$$

$$=1.3\text{MCM}/\text{年}$$

4.2 ダムによる人工涵養

(1) 可能最大貯水容量

WAPDAは3.1節で説明したように、必要貯水容量の検討を行った結果、最終的に洪水防御及び地形的条件を考慮してカレジダムの有効貯水量を54.7MCM（堤高標高168.6m）、モルダムの有効貯水量を50.9MCM（堤高標高177.1m）と計画した（参考資料01を参照）。

このWAPDAの調査結果が報告されて10年経ち、この間に他のいくつかの重要なプロジェクトが調査地区内で実施されたため、特にカレジダムの建設計画に影響を及ぼした。前回のカレジダム計画諸元に基づくと、カラチから北部へ伸びたスーパー・ハイウェイの既設の2車線及び建設中の2車線の一部が水没することになり結果的にハイウェイの移転費用が増加することとなる。加えて、ダム軸付近に新しく建設されたパキスタン国防省に所属するパキスタン航空（PIA）の精密工場（PEC）が建設され、その工場敷地の最低標高（標高169m）とWAPDA計画のサーチャー

ジ水位（標高166.3m）との差は2.7mと、その差は小さい。それ故、移転経費を最小限にするためにはスーパー・ハイウェイの水没を避け、工作場の敷地と貯水池水面との差を十分に確保するように考慮し、GOSと協議のうえ、カデジダムの最大許容サーチャージ水位は、標高163mと決定した。

モルダムの最大許容サーチャージ水位はWAPDAの調査結果と同様に地形的条件より標高175mとした。

これらの条件と新しく作成した標高-貯水容量（H-V）曲線をもとに、洪水時サーチャージ水深を考慮して、最大総貯水容量はそれぞれカデジダム45.7MCM、モルダム54.5MCMと計画した。両ダムサイトの設計堆砂量は、浮遊土砂の測定容積に基づき、川床掃流土砂、補捉率等の要素を補正して360m³/km²/年と算定された。これは前回の調査結果として推定された260m³/km²/年より少し大きな値となった。前回の調査において採用されたダム耐用年数50年を採用し、無効貯水容量はカデジダムで10.2MCM、モルダムでは10.7MCMと算定される。以下両ダムの許容計画諸元概要を示す。

項目	単位	カデジダム	モルダム
1. 最大許容サーチャージ水位	EL.m	163.0	175.2
2. サーチャージ水深	m	3.9	3.4
3. 通常満水位(NFWL)	EL.m	159.1	171.8
4. 最大総貯水量	MCM	45.7	54.5
5. 無効貯水容量	MCM	10.2	10.7
6. 最低水位	EL.m	149.0	156.5
7. 最大有効貯水容量	MCM	35.5	43.8

注：サーチャージ水深はANNEX-Hに記述した洪水追跡法にて算定した。

(2) 代替計画案

現在、河床の許容涵養量以上の水は、海への無効放流となっているが、調査地区での涵養量を増加させるため、涵養域の上流にダムを建設し、この無効放流水を貯水し、地下水涵養量の増加を計る。マリル河川沿いにある既存堰は河川表流水の地下浸透を増加させるのに有効に働いていると言える。

地下水の涵養量は、流出パターン、有効貯水容量、ダムの組合せそしてダムのオペレーション等によって決定される。計画されるダムの最大有効貯水容量は地形、その他の条件によりカデジダムは35.5MCM、モルダムは43.8MCMと決定された。そして次の7代替案を想定し、涵養量を次表に述べるダムオペレーション計画に基づいて算定した。

ダムの組合せ	ケース1 カデジ +モル	ケース2 カデジ +モル	ケース3 モルのみ	ケース4 モルのみ	ケース5 モルのみ	ケース6 カデジ のみ	ケース7 カデジ のみ
有効貯水容量：							
カデジ	35.5	35.5	—	—	—	35.5	30.0
モル	43.8	35.0	43.8	35.0	30.0	—	—

(3) ダムオペレーション

計画されたダムサイトにおける流出量及び計画地区での水需要がダムの貯水容量を決定する一般的な要素である。しかし、当計画地区では水の需要は多いが、その流域での雨量は少なく、大きな地下水盆があるのみである。貯水池からの放流は一般に下流域の水需要に左右されるが、計画地区には300MCM以上の容量をもつ不圧帯水層があるので、かならずしも下流域の水需要に対応する放流をする必要はなく、その帯水層を涵養する目的での放流が可能である。

その場合、河川の上下流均等に帯水層が涵養されるように計画すべきで、もし、ダムからの放流量が小さい場合、殆んどの水は上流においてのみ地下水に涵養されよう。一方、ダムからの放流が川床から帯水層への許容涵養量以上であれば、その余剰水は利用されることなく海へ無効流出されることとなる。それ故、許容放流量はダムオペレーションにとって重要である。

許容放流量は 1) 流出解析結果、2) 現場透水試験結果、3) 水平方向への地下水流動量の算定結果に基づき以下に示すように8m³/秒 (21MCM/月) と算定された。

検討方法	許容放流量 (m ³ /秒)
1. 流出解析	4-9
2. 現場透水試験	9
3. 水平方向への地下水流動量	7-9
許容放流量	8m ³ /秒 (21MCM/月)

ダムからの許容放流量8m³/秒が、ダムオペレーションの基本として採用した。しかしマリル川にはナショナル・ハイウェイ上流約4kmと6.4kmに既存地下水涵養堰があるので、ダム建設後の管理・維持期間中に、この既存涵養堰を利用してこの許容放流量の検証が必要である。

(4) ダムによる人工涵養

4.1節において述べた手法によって、ダムからの放流による帯水層への涵養量を算定するシミュレーションモデルを策定した。ダムオペレーションとしては、ダムサイト計画地点とナショナル・ハイウェイ・ブリッジ間からの残流域からの流出量と前項で決めた許容放流量 $8\text{m}^3/\text{秒}$ を考慮してダムからの放流量を決定することとした。つまり、残流域からの河川流出量が $8\text{m}^3/\text{秒}$ 以上の場合はダムからの放流はなく、流出量がそれ以下の場合にのみその差分のみを放流することとした。

各ケース毎の人工涵養量の算定結果を表.7、及びその代表例を図-14及び16に示す(ANNEX-D参照)。残流域・ダム余水吐放流量からの自然涵養量と人工涵養量との総涵養量は以下に示すようになる。

単位：MCM

ダムの組合せ	JICA調査							WAPDA調査			
	カデジ+モル		モルのみ			カデジのみ		カデジ+モル			
	ケ-11	ケ-12	ケ-13	ケ-14	ケ-15	ケ-16	ケ-17				
有効貯水容量	35.5	43.8	35.5	35.0	43.8	35.0	30.0	35.5	30.0	54.6	50.9
- 残流域及び洪水放流からの自然涵養	26.1	26.9	39.6	41.1	41.6	43.1	43.7	26.8			
- ダムによる人工涵養	44.5	42.4	25.8	23.6	22.3	19.6	18.3	46.6			
- 総涵養量	70.6	69.3	65.4	64.7	63.9	62.7	62.0	73.4			

上表に示すように、モルとカデジの2つのダムを建設した場合は、1つのダムを建設した場合と較べ残流域からの流出による自然涵養量は大きく減少する。計画地区におけるマリル川の流域面積は、スーパー・ハイウェイ・ブリッジで $1,205\text{km}^2$ 、マリル川とタド川、スukkan川との合流地点で $1,520\text{km}^2$ である。2つのダムが建設された場合流域の約80%の流出は調整されるが、流出量が $20\text{MCM}/\text{月}$ 以上の場合は帯水層への涵養量は急激に低下する。

1つのダム建設では、全流域からの流出量の60%及びそのダムからの洪水吐放流量が帯水層への自然涵養量として期待でき、2つのダム建設の場合と較べ自然涵養量が増加する。モルダムとカデジダムの河川流出パターンとマスカーブは図-4に示す。図-15は自然涵養量及びモルダムの有効貯水量 35MCM のときの涵養量のマスカーブを示す。

4.3 地下水モデルシミュレーション

(1) 概論

4.1節において述べたように、調査地区における地下水位測定記録は1977年と

1989年の2回分のみで、継続的な地下水位観測記録は存在しない。又、灌漑面積、揚水ポンプの電気消費量の記録など地下水揚水に関する継続した観測記録もないが、1984年～1988年の年平均自然涵養量は表.7に示すように36.4MCM/年、1987年・1988年の2年間の平均灌漑用水の需要は35.5MCM/年である。

このように自然涵養量と灌漑水量は近似している。地下水位は過去13年間急激に低下しているが、過去5年間に限れば帯水層への平均涵養量とそれからの取水量及び流出量は拮抗して地下水位はほぼ一定であると考えられる。これらの限られた記録をもとに、調査地区における地下水の流動機構を定常状態としてシミュレーションを実施した。

(2) シミュレーション・モデルの構築

帯水層モデルは、電子計算機を用いた数値解析法による水収支計算により構築される。当調査地区においては準三次元帯水層モデルによってシミュレーションを実施した。そのモデルにおいては不圧及び被圧帯水層中の水平2次元方向の地下水流動は透水量係数、貯留係数をもとに、垂直方向は地下水位をもとにシミュレーションを実施した。これは結果として準三次元の地下水シミュレーションに準ずるものといえる。この調査においては、水理地質的条件を考慮して帯水層は不圧のもののみ対象とした。

モデルは主に、地形、帯水層の分布、帯水層の特性、帯水層への涵養と帯水層からの揚水及び流出を考慮して構築された。地下水シミュレーションは有限要素法によって実施され、そのグリッドは四辺形もしくは三角形よりなり、調査地を含む390km²をカバーしている。グリッドの大きさは、データの豊富なところや水位勾配の大きいところは小さく設定され、ノードの間隔は約1～2kmを基準とした。

3.7節において述べたように調査によって得られた地質的、水理地質的データをもとに帯水層定数は決定された。帯水層は均一な地層から構成させるものではなく、砂礫層及び粘土や固結した礫層を挟在する微細粒から中粒の砂層との互層からなる。帯水層の平均的透水係数は基盤岩の 5×10^5 cm/secから砂礫層の 5×10^3 cm/secのオーダーである。

(3) モデル検証

本解析には境界条件や透水係数を表現した二次元定常流を想定し、それをもとにモデル化を行った。モデルの検証は帯水層の地下水流動状況を説明するシミュレーションモデルを決定するために行う。いくつかの帯水層の条件が想定され、モニタリングされたデータによって適切なパラメーター等を決定する。モデルのキャリブレーションは1989年の地下水位等高線図から読まれた水位と計算によって求められた地下水位を比較することによって行った。その結果は図-16に示す。計算結果は

観測された地下水位に比較的一致している。

(4) モデルによる将来予測

4.2節において述べたように、モル、カデジダムの建設によって地下水の帯水層への涵養量は増加する。4.5節で述べたように代替案のうち35MCMの有効貯水量をもつモルダムだけを建設することが最も経済性が高く、実施可能性が高いと判断された。

35MCMの貯水量をもつモルダムを建設した場合の帯水層への年平均総涵養量は64.7MCMである。この時に帯水層の水位がどのようになるかシミュレーションを実施した。その結果は図-17に示す。この図に示すように、上流域では全般的に地下水位は上昇し、下流域にある地下水位の凹地はその水位を低下させる傾向がみられる。この解析結果を評価するためには地下水位の継続したモニタリングが必要であり、又地下水の持続的利用を可能にするためには地下水管理が必要かつ重要となる。

4.4 農業開発の可能性

4.2節において検討したように、計画地区における地下水への年間涵養量はダムの有効貯水量やその組み合わせによって62.1～70.6MCMとなる。地下水は主に計画地区における灌漑用水や地区内の雑用水及びカラチへの飲用水のために揚水されている。加えて、下流域では海への流出は避けられない。ダム建設後の地下水を利用した灌漑可能面積は、ダムの有効貯水量とその組み合わせによって、以下のように4,100～4,860haと算定している。

単位：MCM

項 目	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7
	カデジ +モル	カデジ +モル	モル のみ	モル のみ	モル のみ	カデジ のみ	カデジ のみ
有効貯水量							
カデジダム	35.5	35.5	—	—	—	35.5	30.0
モルダム	43.8	35.0	43.8	35.0	30.0	—	—
1. 降雨による涵養、河川流出、 ダム越流量	26.1	26.9	39.6	41.1	41.6	43.1	43.8
2. ダムによる涵養量	44.5	42.4	25.8	23.6	22.3	19.6	18.3
3. 帯水層への総涵養量	70.6	69.3	65.4	64.7	63.9	62.7	62.1
4. カラチへの水供給、 地区内生活用水	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5. 海への流出量	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
6. 海への流出量	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
7. 灌漑用地下水利用可能性	66.0	64.7	60.8	60.1	59.3	58.1	52.5
7. 1,000当りの純灌漑用水量	----- 13.4-13.9 (作付率=1.5) -----						
8. 灌漑可能面積(ha)	4,860	4,790	4,420	4,350	4,270	4,160	4,100

注：*純単位灌漑用揚水量=灌漑用水量-深部浸透量

ANNEX-G参照

4.5 ダムの最適規模

代替案の7ケースについて、経済内部収益率（EIRR）、費用・便益比率（B/C）、そして純現在価値（B-C）をもとに比較を行った。結果は次表に示す。

ケース番号 ダムの組合わせ	ケース1 好ジ +モル	ケース2 好ジ +モル	ケース3 モル のみ	ケース4 モル のみ	ケース5 モル のみ	ケース6 好ジ のみ	ケース7 好ジ のみ
有効貯水量							
好ジダ	35.5	35.5	—	—	—	35.5	30.0
モルダ	43.8	35.0	43.8	35.0	30.0	—	—
1. 灌漑面積(ha)	4,860	4,790	4,420	4,350	4,270	4,160	4,100
2. 経済事業費(x10 ⁶ 円)	1,451	1,426	659	633	621	793	784
3. 純経済便益	104.7	102.5	95.2	93.7	91.3	89.6	88.3
4. EIRR(%)	51.8	51.5	10.40	<u>10.60</u>	10.53	8.40	8.37
5. B/C ¹	0.67	0.66	1.33	<u>1.36</u>	1.35	1.05	1.05
6. B-C ¹	-412	-408	188	<u>196</u>	187	36	33

注：*1割引率8%を適用

上記の比較により、ケース4の有効貯水容量35.0MCMのモルダムを建設するという案が7案の中で最も経済的である（詳細はANNEX-H参照）。最適案におけるモルダムの諸元は以下の通りである。

項目	単位	モルダム
1. ダムタイプ		ロックフィル（ゾーンタイプ）
2. 堤頂標高	EL.m	175.3
3. 最高水位	EL.m	173.0
4. 通常満水位	EL.m	169.6
5. 最低水位	EL.m	156.5
6. ダム高	m	48.8
7. 総貯水量	MCM	45.7
8. 無効貯水量	MCM	10.7
9. 有効貯水量	MCM	35.0
10. ダム堤体積	10 ³ m ³	1,720

第5章 開発計画

5.1 開発基本構想

第3章に述べたように計画地区内の現況調査結果より下記3点の問題が明らかになっている。

- 1) 無秩序な地下水の開発・利用により、地下水位が低下し、灌漑耕作面積が減少している。しかもマリル川流域南部においては塩水の侵入も発生している。
- 2) 少量・低質な農業投入資材による低収穫という伝統的な農業。
- 3) 計画地区内の社会・経済状況の劣化。

計画地区は、パキスタン国最大のマーケットであるカラチ市に大変近いシンド州南部に位置しており、果樹や野菜の供給地として地理的に極めて有利である。近隣に位置することにより、輸送費も低く、市場の変化に迅速に対応可能であり、又、他の供給地に比べ温暖な気候であるため、作物の栽培期間も長く取れる等の利点がある。

これらの地理的優位性を最大限活用し、将来多大な収入及び雇用機会をもたらす果樹・生鮮野菜の生産を確立することを目的として、マリル川流域の水資源開発及び農業開発の基本構想を以下のように策定する。

- ダム建設による帯水層への涵養量の増加
- 地下水の人工涵養による灌漑面積の増加（回復）
- 地下水管理保全体制の導入による地下水資源の持続的利用
- カラチ市への生鮮野菜・果樹の供給量の増加
- 集約農業の導入による作物単位収量の増加
- 計画地域の社会・経済の向上と雇用機会の増加
- カラチ市郊外における緑地地帯の維持
- 上記開発目標を達成するための組織の強化・改善

5.2 農業開発計画

(1) 土地利用

調査地区24,200haの内、地下水の人工涵養により便益を受ける計画対象地域は、帯水層の範囲によって限定される。マリル川流域の帯水層は、図-19に示すようにナショナル・ハイウェイとモルダム・サイトの間のマリル川両岸に広がっている。開発計画の経済比較に基づき、灌漑可能面積を4,350haと決定した。さらに、地下

水の水位低下傾向と灌漑面積の検討の結果、将来の灌漑面積は2,400haとなると予想される(ANNEX-G参照)。1989年及び将来の計画地区での土地利用は下記の通りとなる。

単位：ha

土地利用 区分	調査地区 1989年	計画地区		
		1989年	計画を実施 しない場合	計画を実施 した場合
農耕地	3,220	2,700	2,500	4,450
果樹園	1,200	1,180	1,000	1,000
灌漑畑	1,540	1,420	1,400	3,350
天水畑	480	100	100	100
休耕地	2,920	2,800	3,000	1,050
未耕地 (村落、丘陵地、川、道路他)	18,090	8,400	8,400	8,400
合計	24,230	13,900	13,900	13,900

(2) 計画作付体系

将来の作付体系の策定に当っては、下記の点に配慮して、導入作物及び作付計画を決定した。

- 1) 導入作物と作付計画は、農民及び国家にとって、最大の利益を生み出すものとする。
- 2) 導入作物と作付計画は、本事業によって供給される灌漑用水を最大限利用できるものとする。
- 3) 導入作物と作付計画は、現実的かつ農民に受け入れられるものとする。

本計画においては、飼料作物、野菜、果樹を主作物とした作付計画を検討した。野菜、果樹は現状の経済面から見て他の作物（飼料作物、穀物等）よりも高い収益性がある。計画地区内では、図-20で示すように、多種多様の作物が栽培されている。飼料作物、野菜、果樹は、長年にわたり栽培され、農民にとっても灌漑効果の便益が期待出来るものである。尚、栽培作物の作付面積についての割合は、現状とほぼ同じ割合となるものとした。

計画地区の気候は、夏期と冬期に分かれているが一年を通じて温暖で乾燥しており、日照も充分にあり特に作物栽培上の阻害要因とはならない。現在、農民によって行われている通年栽培条件下でも、主要作物に対する単位収量での大きいな変動は見られない。各作物の耕うん作業や作付は、夏期で6～9月、冬期2～3月の降雨に合わせて行われている。尚、野菜栽培では、連作障害を防ぐことから、輪作栽培体系を取り入れた。

作付計画については、作物の収益性、作物の灌漑用水量、労働力等を考慮した上、WAPDA調査及び現況の作付体系等(図-20参照)も検討し、図-21のように策定した。将来事業を実施した場合と事業を実施しなかった場合の各作物の栽培面積は以下の通りである。

単位：ha

作物名	WAPDA作付面積		JICA作付面積		
	1977年	事業実施した場合	現況	事業実施しない場合	事業実施した場合
夏期					
飼料作物	590	700	150	150	150
野菜	2,100	2,280	1,270	1,250	3,200
果樹	1,380	1,380	1,180	1,000	1,000
小計	<u>4,070</u>	<u>4,360</u>	<u>2,600</u>	<u>2,400</u>	<u>4,350</u>
冬期					
飼料作物	370	450	50	40	50
野菜	1,520	1,740	310	290	2,100
小計	<u>1,890</u>	<u>2,190</u>	<u>360</u>	<u>330</u>	<u>2,150</u>
合計	<u>5,960</u>	<u>6,550</u>	<u>2,960</u>	<u>2,730</u>	<u>6,500</u>
作付率	(1.46)	(1.50)	(1.14)	(1.14)	(1.50)

(3) 耕種法

耕うん作業は、前作物の収穫後直ちにプラウ耕を行う。堆肥は、作付の約1ヶ月前に圃場全面に散布する。作付の7～10日前に再度プラウ耕、均平作業を実施する。この際、種子の発芽生育を促進するため、予備灌漑や、耕うん作業を十分に行うことが重要である。飼料作物の耕うん作業でも、縦・横方向に2回行うことが望ましい。又、2～3年毎にチゼル・プラウや深耕用プラウを使用しての深耕や天地返し作業を推奨する。

各作物の収量の増加については、改良品種で品質の良い種子を導入することが必要で、主な作物の推奨品種は以下の通りである。

作物名	品種名
トマト	T-10, SR-II, ボナ
ナス	ラウンド・ブラック、ブラック・ビューティ
トウガラシ	クルスター、ロンギ、ゴトキ
カリフラワー	ミルプルカス・モティ、チーン・カ・モティ
大根	MPS、ジャバニイ
カブ	レッド・プルプル・ホワイト、デシ
豆類	ブルー・バンタン、アーリー・ドワアルフ、ケルベ
メイズ	アクバル・ニーラン
マンゴ	シンドリ・ランゴラ・コレクター

出典：園芸試験場、ミルクルカス

施肥量については、ANNEX-Eに詳しく述べているが、概略は以下の通りである。

作物名	尿素 (kg/ha)	リン酸肥料 (kg/ha)	堆肥 (t/ha)
飼料作物	125	—	5
野菜	75-150	125	5-10
果樹	250	150	10

施肥法は、根菜類の場合、プラウ耕のあとに散布し、果菜類、葉菜類では、雑草や堆肥と混合させ、うね間に施肥することが望ましい。飼料作物や根菜類については、直播法、果菜類や一部の葉菜類は移植栽培法を行う。

灌漑法は、移植栽培では、うね間灌漑、その他の野菜では、水盤灌漑が望ましい。果樹の場合は、将来、うね間灌漑やドリップ灌漑等の節水灌漑法の導入が望まれる。播種/移植後は、直ちに第一回目の灌漑を行い発芽や苗立ちを良くし、第二回目からは間断灌漑を実施する。

病虫害に対する防除は、現況では充分に行われていず、農民の多くは、病虫害に強い性質を持ったローカル品種を栽培している。しかし、高収量品種を導入する場合は、農薬を使った防除作業が必要である。

雑草防除は、作物の生育を良くするために必要不可欠な作業であるが、除草剤の使用については、農薬被害、畜産や環境汚染を考慮し、本計画では、導入しないこととし、手作業による除草作業とする。

(5) 単位作物収量と生産量

事業を実施しない場合の将来の単位収量については、今後も水不足や、現状の栽培法、農業支援活動の不足の状況が継続するため、現状と同じ水準とし、カラチ県の2ヶ年（1986/87と1987/88）の平均作物収量とした。

現状では、比較的高い単位収量であるカリフラワー、ココナッツ、パパイヤ等については、灌漑用水が十分になり、シンド州農業普及所が推奨している耕種法を導入することにより、又、他の作物の単位収量については、ハイデラバッド県での現在の収量値より多少高めを目標作物収量とした。各作物の現状と将来の単位収量は以下の通りである。

作物名	現在及び 事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	作物名	現在及び 事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合
飼料作物			野菜		
ルーサン	13.9	26.0	トマト	3.3	7.0
メイズ	10.6	18.0	ナス	4.9	9.0
果樹			トウガラシ	1.0	2.5
マンゴー	6.1	9.0	ユウガオ	3.1	11.0
グァバ	3.8	7.0	ヘチマ	4.7	8.0
チコー	2.3	3.0	カリフラワー	13.3	16.0
ココナッツ	2.7	4.0	ホウレン草	2.6	6.0
パパイヤ	7.3	8.5	人参	5.4	11.0
			大根	4.0	13.0
			カブ	6.6	15.0
			豆類	2.6	5.0

事業を実施しない場合と事業を実施した場合の作付面積と作物生産量は表.9に示し、その概要を次表に示す。

項目	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	増加量
1. 作付面積(ha)			
飼料作物	190	200	10
野菜	1,540	5,300	3,760
果樹	1,000	1,000	-
計	<u>2,730</u>	<u>6,500</u>	<u>3,770</u>
2. 生産量(トン)			
飼料作物	2,340	4,400	2,060
野菜	6,960	46,650	39,690
果樹	4,760	7,250	2,490
計	<u>14,060</u>	<u>58,300</u>	<u>44,240</u>

本事業を実施した場合の作物生産量は、58,300トンとなり、その増加量は、44,240トンとなる。

(6) マーケット及び農作物価格予測

調査地区内での1988年の総農産物生産量は、飼料作物6,900トン、野菜8,600トン、及び果物6,000トンで、これら全農産物は、實際上、カラチ市場に輸送され、販売された。カラチ市場規模は、計画地区内栽培作物品種のみの主要野菜で約82,600トン、主要果物26,000トンとなっており、計画地区作物生産量は野菜需要の約10%、果物は23%の供給率となっている。

事業実施による計画地区内からの飼料作物、野菜及び果物増産量は、既存のカラ

チの大市場にて十分な需要が存在する。過去の実績より、野菜及び果物の販売価格及び農家庭先価格は、事業実施後の近い将来にも実質的には何ら変化なく、一定と見なし、この仮定を事業評価に採用している(ANNEX-F参照)。

(7) 灌漑便益

将来の野菜、果物等の農産物価格は、過去の需要・供給や価格の分析結果では、大幅な変動がないものと評価されるため、本計画の将来の生産額、生産費については、現在の市場価格を用い、下記の通り算定した。

項目	事業を実施しない場合	事業を実施した場合	増加額
総生産額(千円)			
飼料作物	889	1,668	779
野菜	19,495	139,432	119,937
果樹	13,269	20,788	7,519
計	<u>33,653</u>	<u>161,188</u>	<u>128,235</u>
総生産費(千円)			
飼料作物	607	914	307
野菜	9,685	43,057	33,372
果樹	4,918	5,893	975
計	<u>15,210</u>	<u>49,864</u>	<u>34,654</u>
純便益(千円)			
飼料作物	282	754	472
野菜	9,810	96,375	86,565
果樹	8,351	14,895	6,544
計	<u>18,443</u>	<u>112,024</u>	<u>93,581</u>

作物生産の純利益は事業を実施しない場合18.4百万ルピー、事業を実施した場合112百万ルピーとなり、増加額は93.6百万ルピーが見込まれる。

(8) 農家所得

将来の一農家当たりの平均作付面積は、計画を実施することにより、自作及び自作兼小作の場合で、6.7haから16.5ha、又小作農家の場合3.4haから8.3haに増大する。農業生産における純便益は、各作物（飼料作物、野菜、果樹）グループの加重平均値の生産額、生産費を用いて下記の通り算定した。

項目	単位	自作農家			小作農家		
		W.O.P.	W.P.	差異	W.O.P.	W.P.	増加
1. 農地所有面積	(ha)	12.1	12.1	—	6.1	6.1	—
2. 年間作付面積	(ha)	6.7	16.5	9.8	3.4	8.3	4.9
3. 作物生産量	(ト)	34.6	148.2	113.6	17.5	74.7	57.3
4. 総生産額	(千円)	82.9	412.1	329.2	42.0	208.0	166.0
5. 総生産費	(千円)	37.0	126.2	89.2	13.6	46.3	32.7
6. 小作料	(千円)	—	—	—	21.0	104.0	83.0
7. 純利益	(千円)	45.9	285.9	240.0	7.4	57.7	50.3
8. 家族労働収入	(千円)	—	—	—	8.5	28.9	20.4
9. 農業総収入	(千円)	45.9	285.9	240.0	15.9	86.6	70.7
10. 投入労働量	(人・日)	334	1,146	813	169	579	410

注) WOP: 事業を実施しない場合
WP: 事業を実施した場合

自作農家の場合、年間農業総収入は、事業を実施することにより45,900ルピーから285,900ルピーに増加する。これらの収入増額は、各作物の作付面積と単位収量の増加によるものであり、増加額は240,000ルピーとなる。一方、小作農家の場合の農業純利益は計画を実施することにより、7,400ルピーから57,700ルピーとなり、年間50,300ルピーの増加額、家族労働収入も含む農業総収入は、15,900ルピーから86,600ルピーとなり、その年間70,700ルピーの増加額が見込まれる。

(9) 作物生産雇用者数

各作物の生産に必要な労働従事者を算定した結果、本事業を実施することによる増加量は以下の通りである。

作物名	事業を実施しない場合		事業を実施した場合		差異 (千人・日)
	作付面積 (ha)	従事者数 (千人・日)	作付面積 (ha)	従事者数 (千人・日)	
飼料作物	190	4.9	200	8.6	3.7
野菜	1,540	93.3	5,300	395.3	302.0
果樹	1,000	37.4	1,000	46.4	9.0
計	2,730	135.6	6,500	450.3	314.7

本計画を実施することにより増加する農業従事者数は、315千人・日となり、この雇用機会の増大による労働賃金増加額は、1人当たり50ルピーとした場合、総額15.7百万ルピーと見込まれる。

5.3 灌漑用水量

(1) 灌漑用水量

灌漑用水量は、計画作付体系に基づいて、1929年から1988年までの60年間について月単位で算定している。作物要水量は、成育時期毎に蒸発散能 (ET_o) 及び作物係数 (K_c) により算定される。有効雨量は、米国農業局 (USDA) が提案している標準的な方法により算定している。

蒸発散能(ET_o)は、カラチ空港の気象資料及び修正ペンマン法によって下記のように算定している。

単位:mm/月

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
110	125	192	224	253	233	193	176	179	166	123	101	2,075

計画地区内の、既存生産井の平均灌漑面積は、20ha以下である。そのため、灌漑用水量を算定するに当って圃場適用効率のみを全灌漑効率とみなす。下表はFAOレポートに述べられている灌漑効率及び本計画において採用した灌漑効率である。

灌漑方法	FAO 圃場適用効率	JICA 全灌漑効率
畑作：畦間又は水盤法	60-70%	60%
：スプリンクラー	70-80%	70%
：ドリップ	80-90%	80%

灌漑用水量は、電子計算機を用いて1929年から1989年まで種々の条件により算定された。各ケースの灌漑用水量及び計画作付体系に基づいた年間の灌漑用水量はそれぞれ表.12、13に示す通りである（詳細はANNEX-G参照）。下表にその概要を示す。

作付体系	灌漑面積 (ha)	作付率	灌漑用水量 (MCM/yr)		
			表面	スラースhower	ドリップ
1. 1977年時作付体系 ¹⁾	4,070	1.46	65.3	—	—
2. 1989年現況作付体系	2,600	1.14	42.0	36.0	31.5
3. 計画作付体系	4,350	1.50	70.1	60.1	52.6

注：参考資料01

(2) 深部浸透

灌漑時には、灌漑適用損失、管理損失、浸透損失はさげられない。これらの灌漑

損失量の一部は、深部浸透として地下に涵養される。水収支計算においては深部浸透量は、利用不可能な水源として考えられるが、実測資料がないため、1982年のWAPDA報告書と同様に灌漑用水量の15%が帯水層に涵養されるものとする。計画作付体系に対する深部浸透量は、表.13に示す通りである。

5.4 施設計画

(1) モルダム及び貯水池

モル貯水ダムは、モル川とカデジ川の合流点(スーパー・ハイウェイ橋)直上流約8.3km地点の比較的幅広な谷に位置する。川幅はダム軸部で約100mとなり、川床最低標高は、約133m、ただし両アバットメントの最高標高は約175mである。

4.5節の最適ダム規模の検討結果に基づき、モルダム及び貯水池の諸元は決定され、その諸元は表.14に示す通りである。

1) 貯水池

計画常時満水位は標高・貯水量 (H-V) 及び貯水池面積 (H-A) 曲線、及び4.5節に述べた最適ダム規模に基づき決定された。最高水位は常時満水位に計画洪水量に対するサーチャージ深を加えたものである。死水容量は、WAPDA調査と同様に50年の貯水池堆砂量としている。

2) ダム地点の地質

図-22と図面集に示すように第四紀層はガジ層を被覆して分布している。第四紀層は固結度の低い砂礫層や石灰分で固結した砂礫層より成る。ガジ層は主に硅質化や泥質化した石灰岩を伴った砂質石灰岩よりなる。

ダムサイトでの走向傾斜は一連の褶曲が発達していることを示し、背斜、向斜構造は明瞭であり傾斜は一般的にゆるやかである。過去の調査によれば、右岸のボーリング (Mol-3) においてはコア採取率は約80%であって透水試験では逸水は無視できる量で難透水性である。

ダム両岸の標高は殆んど同じである。左岸で採取されたコアは右岸でのそれと近似していて、硬質で緻密であり、溶食による空洞は殆んど認められない。コア採取率は約80%でボーリングの逸水は殆んど認められなかった (Mol-2)。

川床谷の中は約100mで、その川床にはルーズなものから石灰によって固結したものまで固結度のちがう“転石混り礫層”の累層からなる川床堆積物

が層厚約5mで分布している。基盤岩の傾斜は5~20度でダム軸は向斜の一部をなす。谷部のボーリングではコア採取率は良く、十分良好な基礎岩盤であると判断される。

地表踏査結果でみる限り、溶食による空洞は右岸アバットメントに見られるのみで概してまれである。又、大きな開口亀裂、テンション・クラックや大規模な空洞は認められなかった。一般に、(1)ガジ層の生成年代は新第三紀中新世で、中生代ジュラ紀より新しいこと、(2)多雨地帯でないこと、(3)ダム地点、貯水池及びその周辺にドリーネやラピエなどのカルスト地形は認められないこと、(4)ガジ層には、クラック、断層、褶曲軸は少なく、これらに沿った古い溶食跡は認められないことから、大きな地下空洞は存在しないものと判断される。

採取されたコアの一部圧縮強度を求めるためにWAPDAに依って室内試験が実施されている。試験結果によると石灰岩は堅硬で、計画されている構造物の荷重に対しては十分な強度を有している。

3) ダムタイプ

計画ダム地点は、比較的幅広な谷に位置しているため地形的には、フィルダムに適している。更に洪水吐についても図-24に示すように左岸部に適地が認められる。WAPDAの報告書によれば、盛土材の入手可能性、施工性の点から均一型フィルダムを計画・設計している。

しかしながら、WAPDAにより実施された室内試験及び本調査で実施した追加試験の結果によれば、計画土取場の粒土分布も良く、コア材の不透水性も施工時の適切な水分監理を行えば、保てることを示している。更に洪水吐地点でランダム材、その他掘削土を利用できること、ダム本体の安定性又、経済性からゾーン型ロックフィルタイプを選定した。

4) 標準提体断面

モルダムは、中心コア、ゾーン型ロックフィルダムにて計画され、その一般図、地質断面図、標準断面図は図-22~25に示されている。

ダム天端高さは、2.3mの余裕高を含め基礎から48.8m、クレスト標高はEL.175.3m、又ダム天端幅は10mとしている。ダム幅は、主ダム848m、副ダム1,499m、合計2,347mとし、提体のり勾配は上流側1:2.5、下流側は1:2.0とする。又ダムの盛土量は約 $1,730 \times 10^3 \text{m}^3$ となり、洪水吐で掘削土及び岩やダムサイト近辺で採取可能である。

不透水コア層は、最大厚24mでその盛土量は $324 \times 10^3 \text{m}^3$ である。コア材として使用する材料は、右岸下流約2.5kmに位置する土取場から採取する(ANNEX-C及びH参照)。コア材は含水比の管理や品質の均一化のため一時的なストップパイルが必要となろう。

ダム本体及び基礎部からの浸潤はコアゾーンと下流側トランジションゾーンとの間のフィルターゾーンにより防止される。上流側フィルターゾーンは、内部静水圧の減少及び貯水位の急激な変化に対して安定性を確保する。フィルター材は、ダム地点の上・下流の川床から採取する。

上・下流フィルターゾーンの外側部はトランジションゾーンとなる。トランジションゾーンの材料は、ダム洪水吐地点及びその上流側地点の掘削土を使用する。トランジションゾーンの総盛土量は $566 \times 10^3 \text{m}^3$ である。

ロックゾーンはトランジションゾーンの外側部になる。ロック材はダム洪水吐の掘削岩及びその上流側に予定している採石場から採取する。すべりに対するダムの安定解析は、円形滑り面法及び表層滑り面法に基づき行った。その結果は下表に示す通りである(参照ANNEX-H)。

解析法	ケース	貯水池水位	部 分	地震係数	安全率
円形滑り面法	1	最高水位 173.0	上流	0.00	2.08
			下流	0.00	1.67
	2	常時満水位 169.6	上流	0.10	1.25
			下流	0.10	1.32
3	最低貯水位 156.5	上流	0.10	1.24	
4	常時満水位 169.6 無効貯水位 156.5 (急激な水位低下)	上流	0.05	1.21	
表層滑り面法			上流	0.10	1.26
			下流	0.10	1.33

5) 基礎処理

ダム基礎及びアバットメントにはカーテングラウトを実施し、ダム軸掘削時に生じる割れ目、剪断、節理及びひび割れを塞ぎパイピングを防止する。カーテングラウトの最大深は主ダム提体のコアトレンチ部で15m、アバットメントで10mとする。カーテングラウトに加えてコンソリデーショングラウトを主ダム提体基礎部に4列にわたり実施する。

6) ダム洪水吐

洪水吐は、無ゲートタイプのオーバーフロータイプとし、その位置は自然

鞍及び自然流路のある左岸部とする。クレストの標高は169.6mその長さは320mとする。又、設計洪水量は $4,100\text{m}^3/\text{秒}$ 及びサーチャージ水深は3.6mである。

7) 取水放流施設

取水施設の設計流量は緊急放流を考慮して常時満水位と最低水位の間水位(EL.163m)時に $40.5\text{m}^3/\text{秒}$ とする。取水はドロップ・インレット型式とし左岸アバットメントに配置する。放流導水パイプの径は2.4mとし、流量調整は径2,100mmの高圧ゲート及び中間流量調整用の高圧ゲート径1,100mmにより行う。

8) 転流工

転流工は、半川縮切方式を採用し、その設計洪水量は20年確率 $1,090\text{m}^3/\text{sec}$ とする。仮排水路の幅は約30m、その高さは8m、表面保護を施す(詳細はANNEX-H参照)。

(2) 潜函橋 (コーズウェイ)

現在、スーパー・ハイウェイ及びナショナル・ハイウェイの2つの橋以外、マリル川を横断する構造物はない。本事業実施後はダムから2~3ヶ月にわたって $8\text{m}^3/\text{sec}$ の水が放流されるため計画地区内の交通の便を確保するためマリル川に4ヶ所の潜函橋の建設を計画する。位置と構造図は図面集に示す。

(3) パイロット・デモンストレーション農場

デモンストレーション農場は、本計画の目標を達成するために先進の灌漑・営農技術の試験・展示を行う。このデモンストレーション農場の主たる目的は(1)先進の灌漑技術(スプリンクラー及びドリップ方式)を紹介し、灌漑水の節約に寄与する及び(2)先進の営農技術の紹介導入にある。

デモンストレーション農場はランディ・ユニオン・コンセルのサレ・モハメッド・ゴーにある植物導入センターに建設する。当センターは当初はシンド州政府により園芸研究センターとして創設されたが、その研究所はインダス川流域にある他のセンターに移されたため、現在当センターはパキスタン連邦政府により植物導入センターとして運営されている。10haのうち2.4haが果樹実験圃場として利用され、残り7.6haは灌漑水不足のため休閑地となっている。更に、シンド州政府の農業・畜産・水産局による農業支援サービスの一環である普及所の支所もある。従って当センターにデモンストレーション農場を創設する最適条件下にある。

基本的に既存の試験区画の配置をそのまま利用し、3種類の灌漑方法即ち、水盤法(計画地区内で普及している方法)、スプリンクラー灌漑及びドリップ灌漑を導入する。ドリップ灌漑は既存の果樹園及びその他作物(4区画)に、水盤法及びスプリンクラー灌漑は、果樹以外のその他作物に適用する。デモンストレーション農場のレイアウトは図-26に示す通りである。

既存の筒井及び新規建設深井戸から、パイプラインにて貯水容量約400m³の貯水池に送水する。水撃防止及び自動制御を可能とする圧力タンクを据え付けた加圧ポンプ場を貯水池横に建設する。高圧及び低圧のパイプラインは、センター内の既設道路沿いに敷設される。

5.5 事業実施計画

(1) モルダム建設

本事業の主要な建設工事は、モルダムの建設であり、本工事は、多量の土量をあつかうため、重建設機械により実施する。土工事は、一般に降雨に左右されるが、本計画における月間作業日数は過去の日雨量記録をもとに、モンスーン季においても25日としている。年間を通じて非常に乾燥条件下であるため、不透水性コア材料中の水分含有量は、工事期間中を通じて常に管理を行い、必要に応じて土取場、盛土地点にて散水を実施する。

土質及び地質調査結果からダムの提体盛土材は、下記地点より採取する。

ゾーン	盛土量 (千m ³)	場 所
ゾーン1 (コアゾーン)	324	土取場(約2.5km下流)
ゾーン2 (ランダムゾーン)	566	碎石場-1、洪水吐、ダム掘削
ゾーン3 (ロックゾーン)	571	碎石場-1、洪水吐、ダム掘削
ロックフェイスング	87	碎石場-1
フィルター	181	川床堆積物

ダム基礎の掘削は、取水工及び導水パイプのコンクリート工事が提体盛土工事開始前に完了しなければならない点から、左岸アバットメントより開始する。ダム洪水吐の掘削は、掘削土をダム本体に直接運搬するため、提体盛土工事と平行して実施する。コンクリート骨材生産用のクラッシングプラント及びバッチングプラントは洪水吐の近くに配置する。建設計画はANNEX-Iに詳述している。

(2) 工事計画

主要建設機械は、下表に示す工事数量、工事工程、工法及び現場事情に基づき算定される。土工事用には重建設機械が使用される(ANNEX-Iに詳述)。

(単位：千m³)

工種		数量
掘削	普通土	233
	風化岩	405
盛土	岩	325
	ゾーン1	324
	ゾーン2	566
	ゾーン3	571
	ロックフェイスング	87
コンクリート	フィルター	181
		31.3

(3) 実施計画

事業実施期間は図-27に示すように1991年から1995年までの4年とする。1年目の1991年は、詳細設計及び建設のための準備にあてられ、実際の工事は、1992年から開始する。掘削、基礎処理、盛土、付帯構造物等からなるダム工事には3年の工事期間が必要である。堤体盛土工事は、1993年に開始し、1995年3月に完了する工程である。

パイロット・デモンストレーション農場は、1992年後半より開始し、1993年モンスーン季前に完工する予定である。試験・研究は、1993年のモンスーン季より開始可能である。

5.6 事業費積算

(1) 積算基準

事業費の内訳は、直接工事費、用地収用費、施設補償費、管理費、技術管理費、及び予備費である。事業費は施設計画の概略設計に基づき、下記条件にて積算している。

- 1) 1990年2月の価格を基準にして、下記交換レートを使用している。
1.0米ドル=21.5ルピー=150.0円
- 2) 建設業者は国際競争入札にて選定されるものとする。
- 3) 工事単価は、労務費、建設資機材費、施工機械の減価償却費・運転経費及び間接工事費から成る。
- 4) 建設資材・機械及びプラントは免税とする。

- 5) 補償費は、土地・建設その他私有物に対する政府の収用賠償基準に基づき、積算する。
- 6) 工事費は、外貨及び内貨より成る。内貨は、1990年2月時点のカラチ価格を、外貨は、カラチでのCIF価格より積算する。
- 7) 数量に対する予備費は直接工事費の15%とする。
- 8) 物価上昇に対する予備費は、現地貨についてのみ年率7.0%とする。

(2) 事業費

事業費は仮設経費、直接工事費、維持・管理機械の調整費、プロジェクト管理費、エンジニアリング・サービスの経費、数量予備費及び価格予備費からなる。総事業費は外貨分530.9百万ルピー、内貨分154.6百万ルピー、総額685.6百万ルピー(US\$31.9×10⁶)と積算され、事業費の内訳は表.15に示す。

(単位：百万ルピー)

項 目	外貨	内貨	計
1. 準備工	27.0	5.9	32.9
2. モル・ダム	362.6	76.8	439.4
3. 潜函橋	2.4	3.8	6.2
4. パイロット・デモン ストレーション農場	10.4	2.9	13.3
5. 管理事務所	0.4	0.8	1.2
6. 維持・管理機械	10.3	0.0	10.3
7. 数量予備費	58.2	12.8	71.0
8. 管理運営費	0.0	6.7	6.7
9. エンジニアリング・ サービス	59.6	16.4	76.0
10. 物価高騰予備費	0.0	28.6	28.6
総 計	530.9	154.7	685.6

(3) 年次別事業費

年次別事業費は、建設工事工程計画をもとに算定し、算定結果は表.16に示し、その概略は下表の通りである。

(単位：百万ルピー)

年 次	合 計	外貨分	内貨分
1991	15.1	10.6	4.5
1992	171.1	130.4	40.7
1993	269.5	210.5	59.0
1994	192.1	149.1	43.0
1995	37.8	30.3	7.5
合 計	685.6	530.9	154.7

(4) 運営維持管理費

運営維持管理費は、職員の給料、施設の修理・保守のための材料・労務費及び、維持管理用機械の補修費からなる。本事業の年間維持管理費は、5.1百万ルピーである。

(5) 施設更新費

本事業の施設の一部は、土木関連施設より耐用年数が短く、耐用年数毎に更新しなければならない。ゲート及び維持管理用機械の更新費及び耐用年数は下記に示す通りである。

項 目	耐用年数	更新費
ゲート	25年	10.3百万ルピー
維持管理用機器	10年	25.5百万ルピー

第6章 組織と運営

6.1 事業実施組織

本事業の実施機関は、シンド州政府の灌漑電力局（IPD）である。灌漑電力局は、本事業実施のためモルダムに隣接してマリル工事事務所を開設する。本事務所は、建設方法・工程の承認、設計変更作業、工事進捗管理、契約事項の調整、出来形・品質管理、支払い承認、並びに地下水のモニタリング、受益農民による地下水管理組合の設立等を実施する。

灌漑電力局は、マリル工事事務所長を補佐するコンサルタントを雇用し、コンサルタントは施工工事のエンジニアの役割を受け持つ。しかし、図-27に示すように地下水モニタリング・システム設立については、コンサルタントの補佐のもとに後述する地下水管理組合とともに灌漑電力局の責任において建設工事が完了する前に確立する。建設工事中の組織は図-28に示す通りである。

6.2 維持管理組織

建設工事完成後、マリル工事事務所は図-29に示すように維持管理事務所に再編し、灌漑電力局管轄のもとダムの維持管理を実施し、更に地下水管理組合と共同して地下水のモニタリングを行う。

維持管理事務所は、ダム維持管理セクション及び地下水管理セクションからなる。ダム維持管理セクションは、最大限地下水を涵養するようダムの操作を行うとともに、ダム及び河川の補修・維持を実施する。地下水管理セクションについては、地下水位の維持及び継続的な地下水の開発利用を行う。一般的に農民は、地下水管理についてよく理解していないため、維持管理事務所は地下水管理組合と協力して、モニタリングを通じて技術指導を実施する必要がある。

しかし、地下水管理セクションの機能は、最終的に地下水管理組合に移管され、この地下水管理組合が地下水管理及びモニタリングを責任をもって実施することとする。

6.3 地下水管理組合

地下水位を適切に維持するため、地下水の揚水は、管理・制御されなければならない。このためには前述したように水管理システムが確立されなければならない。最終的には揚水管理は受益農民自身によってなされるべきものであるが、現状では農民にそのような自己管理は不可能である。まず、揚水できる地下水量を、農民たちに認識させるよう研修する必要がある。この研修はユニオン・コンセル(UC)や

デ(Deh)の首長などの影響力を持つ人たちを通じて、灌漑電力局の技術者が行う。

6.1 節に示したように、マリル事務所の水管理セクションは建設開始時に、灌漑電力局 (IPD) 管轄下に組織され、地下水の揚水管理を統括し、開発計画の継続、地下水の持続的な利用を確保するためのものである。水管理セクションの役割は、計画地区内の定期的な地下水位と揚水記録の把握、各井戸の揚水量基準の作成である。

水管理セクションは図-29に示すように、ダム建設完了以前に設立される。一連のモニタリングは灌漑電力局の強力な指導のもとに、ユニオン・コンセル(UC)やデ(Deh)の首長の指導により、受益農民が実施する。この作業を通じて農民は、モニタリングの重要性を認識できるようになる。この作業期間中、マリル事務所の水管理セクションは以下の作業を行う。

- 1) 受益農民による地下水管理組合の設立
- 2) 地下水揚水量の決定
- 3) 地下水揚水計画の策定

農民は灌漑電力局の指導の下、ユニオン・コンセル(UC)またはデ(Deh)別により組織され、モニタリングを実施し、地下水位を適切に保持する。地下水管理組合は灌漑電力局の指導に従い、下記項目を記載した地下水管理組合同規約を作成する。

- 1) 名前、所在地及び組織の目的
- 2) 会 員
- 3) 会員の権利と義務
- 4) 会員権の失効と停止
- 5) 入会金と会費
- 6) 会 合
- 7) 理事会、委員会
- 8) 組織事務所
- 9) 教育訓練委員会
- 10) 会計・開発委員会
- 11) モニター委員会
- 12) 解 散
- 13) その他の規定
- 14) 改訂及び細則

ダム完成後、地下水揚水計画は、地下水涵養量増加を考慮し、マリル事務所の地下水管理セクションの指導によって修正される。モニタリングは灌漑電力局管轄下のマリル事務所から受益者による地下管理組合へ徐々に移管され、最終的に地下水管理業務全般は組合が管理する。

6.4 農業支援サービスの改善

現在、優良種子、肥料及び農薬の供給、農業金融融資等の農業支援サービスは、機能的に運営されていない。計画地区には、肥料・農薬の取扱いは1業者存在するのみで、またパキスタン農業開発銀行（ADB）による貸付は、今のところ小規模農家には普及していない。

肥料及び農薬の利用増加が予想されることから、農業投入資材の供給サービスは、奨励される。又、農業金融も、小規模農家が投入資材を利用できるよう、農業開発銀行の金融システムの導入を通じて増やしてゆく必要がある。

6.5 パイロット・デモンストレーション農場

パイロット・デモンストレーション農場は、改良された栽培方法の紹介と新しい灌漑技術の導入の目的のために建設される。改良された栽培方法によって増収できるとわかれば、農民は新しい技術を導入しようとする。又、スプリンクラー及びドリップ灌漑などの節水灌漑技術を導入すれば、作付面積の拡大も期待できる。

パイロット・デモンストレーション農場は、ランディ近くにある既存の植物導入センターに建設を予定している。本農場は、(1)生産課及び(2)灌漑課から構成される。

生産課では、基本的にミルプカスにある園芸研究センターにより確立された新しい栽培技術を導入する。新技術は、研究者及び普及員が農民や研修生に紹介するものとする。又、本課は、支援サービス担当者とも密接に連絡をとりあう必要がある。

灌漑課では、スプリンクラー及びドリップ灌漑方法を紹介、試験を生産課と協力して実施する。本課は、灌漑電力局の下マリル事務所に属する灌漑技術者に運営される。

第7章 事業評価

7.1 概要

第4章で述べたように最適ダム規模を検討するために7つの比較代替案を策定し、それぞれに予備的な経済評価を実施した。経済効率、灌漑可能面積、社会経済効果等の観点から検討した結果、堤高 48.8m、有効貯水量 35MCM 規模のモルダムが最優位となり、灌漑面積は 4,350ha と算定された。

本章では、開発計画の評価を経済・財務及び社会経済性について、計画の妥当性評価を通して行った。経済評価は、経済内部収益率 (EIRR)、便益/費用(B/C)率及び純現在価値 (NPV) について行った。

財務評価は、農家経済に関する事業の効果に基づき行っている。事業実施による間接便益及び社会・経済効果も検討している。

7.2 経済評価

(1) 基本前提条件

本事業の経済評価は、下記に示す条件にて行った。

- 1) 事業実施期間は、1年間の詳細設計及び建設準備を含めて4年とする。
- 2) 評価分析の対象期間は、工事完成後50年間とする。
- 3) 全ての価格は1990年の不変価格とする。
- 4) 換算レートは、1米ドル = 21.5ルピー = 150円とする。

(2) 経済指標の評価

経済価格費用の算定のため、下記基準を準拠する。

- 1) 標準変換係数 (Standard Conversion Factor ; SCF) は 0.85 とする。
- 2) 移行項目は財務価格より差し引く。
- 3) 農業投入資材及び収穫の経済価格は、国際価格及び SCF により算定する。
- 4) 農家労働者及び未熟練労働者の経済的機会費用は、35ルピー/人・日とする。
- 5) ポンプ運転の経済的費用は、単位 m^3 当たり 0.14ルピーとする。

(3) 経済便益

灌漑による便益は、灌漑水が安定して供給されることを原則として作物生産量増加分により算定される。この便益は、本事業を「実施する」場合と「実施しない」場合の便益の差として見積る。

純作物生産便益は、粗作物生産額及び作物生産費との差額から求められる。本事業を「実施する」場合と「実施しない」場合の純作物生産便益は下表の通りである。

	単 位	実施しない場合	実施する場合	純経済便益
-粗生産額	10 ³ ルピー			
飼 料		889	1,668	799
野 菜		19,495	139,432	119,937
果 実		13,269	20,788	7,519
合 計		33,653	161,888	128,235
-総生産費用	10 ³ ルピー			
飼 料		711	983	272
野 菜		9,557	42,850	33,293
果 実		6,460	7,417	957
合 計		16,728	51,250	34,552
-純経済便益	10 ³ ルピー			
飼 料		178	685	507
野 菜		9,938	96,583	86,644
果 実		6,809	13,370	6,562
合 計		16,925	110,638	93,713

事業実施完了後の灌漑による便益は、第1年目から次第に増加し5年目に目標純経済便益（93.7百万ルピー）に到達する。

もし本計画を「実施しない」場合は、必要な揚水量を確保するために更に井戸を深くしなければならぬ。もしこのまま井戸を深くすれば、ポンプ運転のため消費電力も増加する。このような費用は、本計画を実施すれば節約できるという点から便益と考える。その結果、1996年から2000年までは2.5百万ルピー、2001年から2005年までは4.5百万ルピー、そして2006年以降は1.2百万ルピーの便益となる。

(4) 経済費用

1) 経済建設費用

事業費は、1)準備工費、2)直接工事費、3)土地収用費、4)移転補償費、5)管理費、6)維持管理用機械購入費、7)技術管理費、8)数量予備費、9)物価高騰予備費からなる。

経済費用は、7.2節(2)項で述べているように、主項目に関して建設に係

る変換率を適用して、経済費用より算定している（表.17 参照）。パイロット・デモンストレーション農場を含めて総経済費用は、632.8百万ルピーである。これは事業実施計画によれば4年間で支出される。

2) 運営維持管理費

運営維持管理費は、管理費、維持管理用機械の運転費用、及び事務所運営経費から成り、総額は年間4.3百万ルピーと算定している。

3) 更新費

維持管理用機械及びゲートの耐用年数、更新費は、それぞれ10年間で10.3百万ルピー、25年間で25.5百万ルピーとなる。

(5) 経済内部収益率 (EIRR)、便益/費用 (B/C) 率及び純現在価値 (NPV)

経済内部収益率 (EIRR)、便益/費用比 (B/C) 及び純現在価値 (NPV) は、上述した経済便益及び費用より算定している。結果は下記の通りである。

経済内部収益率 (EIRR) :	10.6%	
B/C値 (B/C) :	1.36	(8%の割引率を適用)
純現在価値 (NPV) :	196.4百万ルピー	(8%の割引率を適用)

7.3 財務評価

事業実施に伴い計画地区受益農民に十分なインセンティブが、又農家経済に十分な収入増があるか否かの評価のため、事業の財務評価は、標準的な農家経済の解析に基づき行う。解析・評価のため標準的な自作農家及び小作家農を選定し、農家経済の結果は、農業規模毎に表.19に示す通りである。自作農家は、事業を実施しない場合の5倍以上に当たる約2万ルピーの農業収入をあげ、小作農家も同様に、5倍以上に当たる約1万ルピーの農業収入をあげる。従って、事業を実施した場合は、実施しない場合より明らかに農家経済は改善される。

パキスタン国内一人当たりの年間平均支出額 5,300 ルピーが、一人当たりの年間平均収入額と同額とし、かつこの金額が受益者の目標収入額と仮定する。計画地区の一農家当たりの平均家族数は 5.6人 で、一農家当たりの収入は約 30,000 ルピーとなる。もし事業が実施されれば、目標の収入に達する農家数は、実施しない場合の約 165 戸に比べ約 420 戸となる（次表参照）。下表解析結果から、受益者の観点からも、本事業は財務的に妥当と言える。

	自作農	自作農/小作農	小作農
土地所有面積			
事業を実施しない場合	6ha	11ha	30ha
事業を実施する場合	2ha	3ha	6ha
農家戸数			
事業を実施しない場合	約100戸	約60戸	約5戸
事業を実施する場合	約150戸	約120戸	約150戸

7.4 間接便益及び社会経済的効果

(1) 安定した灌漑用水の供給

ダムを建設することにより地下水涵養量は増大し、安定した灌漑用水を確保することにより、果樹と年2回の耕作が可能となり、飲料水も現状以上に供給される。

(2) 雇用機会の増大

モルダムの建設に必要な未熟練労働者数は、合計で27万人・日となり、労務費24.3百万ルピーに相当する。これらの労働者は、建設現場付近又は計画地区内より雇用され、地域経済の改善に貢献すると期待できる。加えて、事業完成時には、集約的土地利用をもたらし、灌漑面積も増大するために、農作業量も増加し、年間約315千人・日の農業労働需要が新たにもたらされる。

(3) 作物生産量の増大及びカラチ市への安定供給

本事業実施後には、野菜、果実、飼料作物等の農産物の生産量は増大し、計画地区に多大な利益をもたらす。飼料作物以外の農作物は、カラチの市場に出荷可能であり、カラチ市民は、本計画地区から安定供給される生鮮野菜を享受できる。

(4) 農家収入の増大

前節で述べたように、農家収入は、作物生産量の増大に伴い、相当に改善できるものと期待できる。収入は現況の約4~5倍にもなり、農民の生活レベルの向上意欲にもつながる。

(5) 水質改善

地下水の水質は、現在計画地区の下流部で徐々に悪化している。これは、地下水の過剰揚水のため海面下に地下水位が下がったために海水が浸入してきてためと

考えられる。計画地区内の下流部の地下水凹部では、地下水の電気伝導度が 3,000 $\mu\text{s/cm}$ と報告されている。このように地下水の水質が低下すれば、いずれ飲料水として利用できなくなると推測できる。本事業が実施されれば、地下水への涵養量が増大し、長期にわたるであろうが水質は徐々に改善されると期待できる。

(6) 洪水調整効果

モンスーン季（カリフ季）に時々発生する洪水は、ダム貯水池の貯留効果により調整される。ダム建設によるピークカット効果は、貯水池の初期水位によるが3～6%ほど可能である。計画地区下流に洪水防御堤が都市と工業地区を洪水から保護するため建設されたが、モルダム建設によっても、計画地区内及び下流域にピークカットの効果をもたらす。

(7) 肥料及び農薬の使用

集約的栽培技術の導入により、作物生産量は増大する。肥料及び農薬の投入量は飛躍的に増加し、商取引も増加するであろう。ただし、肥料及び農薬は本地区ではあまり使用されていないので、農業支援組織の指導を通じて実践・拡大されなければならない。農薬に関しては、パキスタン国内では依然メチル・パラチオン・ベンゼン・ヘキサ・ワロライド（BHC）、DDT、ダイエルドリンのような有毒物質を使用している。計画地区では、人々の飲料水源となる地下水は容易にこれらの化学物質にて汚染され易いので、低毒質な農薬に切り換えるとともに、化学肥料の使用も最小限におさえることが必要である。

(8) パイロット・デモンストレーション農場の効果

本事業の一環として計画しているパイロット・デモンストレーション農場は、近代的かつ集約的農法を農民に示すという点で重要な役割を担っている。農民は、新しい耕種技術により作物生産量が増大することがわかれば新技術を、又、栽培品種の新種又は改良種を導入するよう努力するだろう。

7.5 環境への影響

一般にダム建設事業は、膨大な社会投資を伴う。本事業の主要な施設はダムであり、このダム建設により帯水層への地下水涵養量の増加による計画地区内の灌漑用水及びカラチ市への飲料水の安定給水、及び地区下流域での洪水防御を目的として計画されている。モルダム及び貯水池は、その性質上、貯水し、ダム上流の貯水池内は水没を免れず、現存する環境に変化を生じる。さらに、下流域においても影響が及び、河川の流水の水質、水量、流出の時期、その利用等に変化を生じる。この節では、ダム建設事業に関連した環境への影響の概要を考察する。

モルダム の総貯水容量は45.7MCMで、水没面積は約550haと算定される。貯水池内は、非常に限定されたところにブッシュが散在するのみで、ほとんど裸地である。水没地区内には、居住者はなく、ダム建設による住民の再定住の問題は全くない。さらに水没地区内には、いかなる社会基盤施設は存在せず、物理的、社会的周辺からの環境への悪影響は存在しない。

反対に、すでに記述したように、灌漑・雑用水の増加、地下水の水質改善、洪水防御効果等の環境への良好な影響が期待されよう。計画地区内への灌漑面積は、帯水層からの地下水の過剰揚水により、この10年間に年々減少し、事実地区下流域では灌漑用水の不足から荒廃化が促進した。現存の荒廃したそのような地区は、モルダムからの放流水による人工地下水涵養により、再び生産性の高い土地によみがえる。

帯水層への涵養量増加は、カラチ市場への生鮮野菜、果物を生産する緑地帯を拡大しながら、カラチ市近郊の現状の乾燥地帯の改善に寄与する。さらに、地区内帯水層への良質な涵養水が供給されなければ、塩水侵入が促進される下流地区での地下水の水質改善効果も期待される。モルダムの建設によって、マリル川沖口に促進する工業地帯への洪水被害も軽減されよう。

第8章 勸告

8.1 計画の早期実施

マリル川流域は、長期にわたってカラチ市場に果樹・野菜等の農産物及び飲料水を供給することに重要な役割を担ってきた。しかし、このような農産物の需要はカラチ市の急速な人口成長に伴って増加しているにもかかわらず、計画地区内の耕地は、主に流域帯水層からの地下水過剰揚水のため年々減少している。この傾向は、もし帯水層への涵養量を増大したり厳しい地下水管理等、適切な対策をとらなければ、更に加速するだろう。

マリル川流域の水資源開発計画は、財政的のみならず技術的、経済的にも実行可能と実証されている。従って、本計画を早期に実施するため、必要な手続きをできるだけ早くとるよう推奨する。

8.2 パイロット・デモンストレーション農場の創設

計画地区内の果樹及び野菜の収穫量は、シンド州内の収穫量に比べて極めて低く、又国家平均に比べてもかなり下回っている。本計画を実施し、水の安定的な供給が回復すれば、計画地区内により集約的な果樹・野菜の生産システムを確立することが可能になる。

施設を建設して、帯水層への涵養量を増大させることのみによっては、計画地区内の作物生産量の強化増大は制限されてしまう。従って、パイロット・デモンストレーション農場を建設し、農民の要望に応じて、作物包装試験、灌漑技術及び管理方法等の代替技術のための改良研究を実施し、作物の増収及び増益を達成する。パイロット・デモンストレーション農場は本計画の一部として実施することを提案する。

8.3 地下水管理

本事業の実施にあわせて、地下水の過剰揚水及び水質低下を防ぎ、持続的な地下水利用を推進するために適切な地下水管理が必要不可欠である。さもなければ、たとえ本計画の実施により帯水層への涵養量が増大したとしても、現在計画地区内で見られるように、将来再び地下水源の減少がおこる可能性が大きい。

地下水位、揚水量及び水質の測定等のモニタリングが地下水管理には必要である。本調査実施中に、地下水位自記記録計2台が設置された。しかし、計画地区内に少なくとも3台の自記記録計、10本の観測井を加え、15本の生産井で、地下水位、EC及びpHも長期にわたって測定することが望ましい。更に、揚水量も、地下水管

理組合に通じて監視する必要がある。

現在、州又は計画地区には、地下水源開発のための法体制は整っていない。従って、地下水源開発に必要な規準の制定を含めて、地下水の適切な管理を実施する組織を灌漑電力省（IPD）の部局として創設することを強く提案する。この組織は、計画地区の受益者にて組織される地下水管理組合と協力して地下水資源の持続的な利用を確立するため、帯水層のモニタリング及び保持を実施する。

参 考 资 料

- 01 Water Resources Development in Malir Basin, Feasibility Study, WAPDA, 1979 (updated in 1982)
- 02 Karachi Flood Control Plan, Feasibility Report, WAPDA, 1985
- 03 Water Resources Development in Malir Basin, Project Document, National Engineering Services (Pakistan) Ltd., 1984
- 04 River and Climatological Data of Malir and Layari River Basins, WAPDA, 1989
- 05 Water Sector Investment Planning Study (Draft), Provincial Plan Sindh, Nov. 1989, UNDP, WB
- 06 Crop Water Requirement, Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, 1977

附表

表.1 作業監理委員・調査団・パキスタン国カウンターパート名簿

Name	Position
A. Advisory Committee	
1. Dr. M. Wada	Chairman of Advisory Committee (MAFF)
2. Dr. T. Sugawara	Member, Geology (MAFF)
3. Mr. T. Tachibana	Member, Irrigation and Drainage (MAFF)
4. Mr. M. Tabata	Member, Agriculture (MAFF)
5. Mr. K. Sawada	Member, Agriculture (MAFF)
B. Study Team	
1. Mr. K. Irie	Team Leader
2. Mr. S. Muramoto	Irrigation and Drainage Engineer (Deputy Team Leader)
3. Mr. K. Kotoo	Hydrogeologist/(Groundwater Engineer)
4. Mr. M. Okamoto	Groundwater Engineer
5. Mr. T. Murakami	Hydrologist
6. Mr. M. Taki	Dam Engineer
7. Mr. K. Kameyama	Engineering Geologist
8. Mr. F. Nagao	Agronomist
9. Mr. John D. Pell	Agro-economist
10. Mr. K. Kyoizumi	Structural Design Engineer
11. Mr. T. Kimijima	Project Economist
C. Counterpart Personnel	
1. Mr. Syed I. A. Shah	Advisor, Chief Engineer, Irrigation and Power Dept.
2. Mr. Seth A. Fazal	Team Leader, Director of Design, Irrigation and Power Dept.
3. Mr. Muhammad I. Khan	Deputy Team Leader, Executive Eng., Irrigation and Power Dept.
4. Mr. Muhammad A. Shaikh	Civil Eng. Assistant Executive Engineer, Irrigation and Power Dept.
5. Mr. Noor A. Memon	Design Eng. Assistant Executive Engineer, Irrigation and Power Dept
6. Mr. Chandio S. Nawaz	Groundwater Specialist, Professor, Mehran University
7. Mr. Ali M. Jokyo	Geologist, Assistant Professor, University of Sindh
8. Dr. Muhammad Y. Memon	Agro-economist, Assistant Professor, Sindh Agriculture University
9. Mr. Shamsudin Mangi	Agronomist, Assistant Professor, Sindh Agriculture University
10. Mr. Muhammad I. Panhwer	Project Economist, Assistant Professor, University of Sindh

表.2 WAPDA計画におけるカデジ及びモルダム諸元

	Unit	Khadeji Dam	Mol Dam
a) General			
Location		7.2 km upstream of Super Highway Bridge at a distance of about 50 km from Karachi.	8.3 km upstream of Super Highway Bridge.
River		Khadeji tributary of Maril River	Mol tributary of Maril River
Type of dam		Concrete Gravity	Earthfill (Homogenous)
Purpose		Groundwater recharge (Irrigation +Flood+ Drinking Water Supply)	Groundwater recharge (Irrigation +Flood+ Drinking Water Supply)
b) Hydrology			
Catchment area	km ²	567	611
Mean annual rainfall	mm	217	217
Mean annual runoff	MCM	31.2	33.7
c) Reservoir			
Live storage	MCM	32.3	33.2
Flood control storage	MCM	22.4	17.8
Dead storage	MCM	7.2	7.7
Gross storage	MCM	61.9	58.7
Maximum reservoir area	km ²	14.2	6.3
d) Dam			
Type		Concrete Gravity	Earthfill (Homogenous)
Maximum height	m	39.0	44.2
Length of crest	m	381	2,347
Top width	m	9.1	12.2
Top elevation of dam	EL. m	168.6	177.1
Normal full water level	EL. m	162.6	170.7
Maximum water level	EL. m	166.3	174.7
Slope: Upstream		1 : 0.1	1 : 3.0
Downstream		1 : 0.7	1 : 2.0
e) Spillway			
Type		Overflow (gated)	Submerged weir (ungated)
Gates	No. x m x m	5 x 12.2 x 6.1	-
Capacity	m ³ /sec	3,830	3,720
Reservoir absorption	MCM	48.6	23.2
Surcharge for design flood	m	3.7	4.0
Crest elevation	EL. m	156.5	170.7
Energy dissipation		Stilling Basin (energy dissipation by hydraulic jump)	No Stilling Basin
f) Off-take Structure			
		1.8 m dia circular conduit with 1.8 m x 1.8 m control gate at inlet end through middle of overflow section discharge directly into main stilling basin.	1.8 m dia tunnel with control gate at outlet end and emergency control gate at inlet end with stilling basin on downstream end.
Outfall Channel		-	6.5 ft. wide channel with 1-1/2 : 1 side slope discharging into natural Nullah.
g) Irrigation System			
		Recharging aquifer by controlled releases from Khadeji & Mol Dams	
h) Cropping Area			
Drinking Water Supply	ha	5,670	
	MCM	13.4	

Source : Ref. 01

表.3 調査地区における現況作物生産量

Crops	Summer Season			Winter Season			Annual Production (tons)
	Area (ha)	Unit Yield (t/ha)	Production (tons)	Area (ha)	Unit Yield (t/ha)	Production (tons)	
A. Fodder Crops							
Sorghum	210	11.5	2,415				2,415
Lucerne	150	13.9	2,085				2,085
Maize	50	10.6	530	50	10.6	530	1,060
Others	80	12.3	981	30	12.3	369	1,350
All Fodder	<u>490</u>	(12.3)	<u>6,011</u>	<u>80</u>	(11.2)	<u>899</u>	<u>6,910</u>
B. Vegetables							
Solanaceous							
Tomato	480	3.3	1,584				1,584
Eggplant	110	4.9	539	50	4.9	245	784
Chilli	10	1.0	10	40	1.0	40	50
Cucurbits							
Sponge Gourd	130	3.1	403	70	3.1	217	620
Bottle Gourd	100	4.7	470	50	4.7	235	705
Bitter Gourd	30	4.0	120	5	4.0	20	140
Cucumber	20	2.0	40				40
Water Melon	30	3.0	90				90
Musk Melon	10	2.9	29				29
Cole Crops, Green, Herbs							
Cauliflower	120	13.3	1,596				1,596
Spinach	60	2.6	156	60	2.6	156	312
Root Crops							
Carrot	100	5.4	540	50	5.4	270	810
Radish	60	4.0	240	45	4.0	180	420
Turnip	50	6.6	330	15	6.6	99	429
Legumes, others							
Peas	100	2.6	260	5	2.6	13	273
Others	110	4.5	521	30	4.5	155	676
All Vegetables	<u>1,520</u>	(4.6)	<u>6,928</u>	<u>420</u>	(3.9)	<u>1,630</u>	<u>8,558</u>
C. Fruits							
Guava	280	3.8	1,064				1,064
Mango	570	6.1	3,477				3,477
Chikoo	80	2.3	184				184
Coconut Palm	90	2.7	243				243
Papaya	50	7.3	365				365
Dates Palm	40	2.8	112				112
Custard Apple	10	3.0	30				30
Banana	10	8.2	82				82
Others	70	4.9	424				424
All Fruit	<u>1,200</u>	(5.0)	<u>5,981</u>				<u>5,981</u>
D. Other Crops							
Sesame Seed	5						
Rose Flower	5						
Others				10			
All Others	<u>10</u>	2.5	<u>25</u>	<u>10</u>	2.5	<u>25</u>	<u>50</u>
Total	3,220		18,945	510		2,554	21,499

Remarks: Refer to ANNEX-E.

表.4 計画地区における現況土地利用

Name of Deh / Union Concil	Total Area	Agricultural Land				Fallow Area	Total	Non- Agricultural Land
		Irrigated Field		Rainfed Upland	Total			
		Orchard	Upland					
DARSANO CAHANO								
1) Bail	* 120	5	5	0	0	10	110	
2) Kathore	* 1,200	170	165	15	410	760	440	
3) Amilano	1,150	60	65	10	135	270	880	
4) Khadeji	* 220	0	5	0	5	10	210	
5) Chuhar	* 650	20	20	20	55	115	535	
6) Koteru	* 330	30	45	5	75	155	175	
Sub-total	<u>3,670</u>	<u>285</u>	<u>305</u>	<u>50</u>	<u>680</u>	<u>1,320</u>	<u>2,350</u>	
KANKAR								
1) Bazar	2,200	200	200	35	415	850	1,350	
2) Darsano Channo	* 1,480	70	255	0	295	620	860	
3) Kharkharo	* 1,170	80	85	0	135	300	870	
4) Malh	1,590	220	105	0	330	655	935	
Sub-total	<u>6,440</u>	<u>570</u>	<u>645</u>	<u>35</u>	<u>1,175</u>	<u>2,425</u>	<u>4,015</u>	
LANDHI								
1) Kharkhar	990	50	115	15	200	380	610	
2) Sanhro	1,010	50	160	0	275	485	525	
3) Landhi	* 880	115	100	0	240	455	425	
4) Khanto	* 250	25	30	0	65	120	130	
Sub-total	<u>3,130</u>	<u>240</u>	<u>405</u>	<u>15</u>	<u>780</u>	<u>1,440</u>	<u>1,690</u>	
THANO								
1) Thano	660	85	65	0	165	315	345	
Sub-total	<u>660</u>	<u>85</u>	<u>65</u>	<u>0</u>	<u>165</u>	<u>315</u>	<u>345</u>	
Total	13,900	1,180	1,420	100	2,800	5,500	8,400	
Percentage		(8.5%)	(10.2%)	(0.7%)	(20.1%)	39.6%	60.4%	

Remarks: Refer to ANNEX-E.

表.5 計画地区における生産井数

Union No.	Council	Deh	No. of Wells shown on Map			Well Nos. in Project Area for Simulation	Agri. Electric. Consumer's Record (KESC)	Study Area					
			Production Wells	Abandon. Wells	Total			Well Inventory in Oct. 1989					
							Total	-1940's	1950's	1960's	1970's	1980's	
1	Darsano Chano	Amilano	21	1	22	27	31	27	3	3	10	7	4
		Chuhar	4	1	5	13	12	13	1		7	2	3
		Kothore	45	8	53	34	4	34		4	17	10	3
		Kotiraro	2	12	14	28	24	28	7	6	6	5	4
		Sub-total	72	22	94	102	71	102	11	13	40	24	14
2	Konkar	Bazar	58	4	62	29	24	29		7	14	4	4
		Darsano Chano	59	7	66	51	60	51	8	5	18	10	10
		Khar Kharo	24	3	27	35	34	35	10	4	13	2	6
		Konkar	12	3	15	0		50	11	1	8	8	22
		Malh	115	4	119	70	133 *	70	24	15	20	10	1
		Thado	1	1	2	9	9	9		1	4		4
		Tore	2		2	7		7					7
		Sub-total	271	22	293	201	260	251	53	33	77	34	54
3	Laundhi	Khakhar	2	2	4	29	30	29	8	4	2	9	6
		Khanto			0	0	7						
		Laundhi	39		39	47	55	47	16	5	11	7	8
		Sanhro	53		53	40	41	40	7	6	19	6	2
		Sub-total	94	2	96	116	133	116	31	15	32	22	16
4	Thano	Thano	27		27	47	47	47	31	7	5	3	1
			464	46	510	466	511	516	126	68	154	83	85
			{ 406 }	{ 108 }	{ 514 }								

Remarks: * including wells in Konkar and Tore Union Councils.
 { } shows well numbers estimated by WAPDA in 1977.
 Refer to ANNEX-G.

表.6 既存地下水涵養堰の諸元

	Location	River	Crest		Flood Water Level	
			Height EL. m	Length m	Upstream EL. m	Downstream EL. m
1. Upper *	Menon G.	Malir	45.1	470	47.2	46.3
2. Lower	Thano	Malir	25.9	152	28.7	n.a
3. Sukkan	Jam Kanda	Sukkan	n.a.	98	n.a	n.a

Remarks: * Under construction and to be completed in the late 1990.
 n.a. Data are not available.
 Refer to ANNEX-G.

表. 7 自然涵養量及びダムによる人工涵養量

		Unit: MCM						
		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-6	Case-7
Mol :	Natural	43.8 MCM	35.0 MCM	43.8 MCM	35.0 MCM	30.0 MCM	-	-
Khadeji :	Recharge	35.5 MCM	35.5 MCM	-	-	-	35.5 MCM	30.0 MCM
(Year)								
1929	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
1930	137.9	184.7	180.8	170.8	166.4	164.1	165.6	163.3
1931	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
1932	111.0	159.2	155.4	145.7	141.4	139.1	140.6	138.4
1933	152.2	232.8	235.6	225.3	220.9	218.5	215.1	212.8
1934	55.0	104.1	97.3	79.8	79.8	77.5	72.1	72.1
1935	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
1936	20.4	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7
1937	70.1	108.6	105.2	107.9	110.5	111.9	109.9	111.5
1938	23.2	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1
1939	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
1940	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
1941	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
1942	96.3	134.1	130.4	120.5	116.5	114.1	115.9	113.3
1943	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
1944	203.8	292.6	296.9	297.7	293.7	291.3	282.7	280.3
1945	32.6	68.2	60.2	51.3	51.3	51.3	44.6	44.6
1946	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
1947	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
1948	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
1949	80.0	132.6	134.6	128.4	130.1	131.3	122.3	124.3
1950	21.0	29.5	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
1951	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
1952	40.5	81.2	81.2	65.0	65.0	64.8	57.0	57.0
1953	72.4	107.5	108.2	113.1	115.8	91.9	115.1	90.9
1954	47.9	87.3	84.0	71.3	71.3	71.3	62.9	62.9
1955	22.1	35.7	35.7	36.4	36.4	36.4	35.9	35.9
1956	58.8	109.1	109.1	95.7	95.7	95.7	86.6	86.7
1957	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
1958	26.9	55.1	55.1	47.8	47.8	47.8	42.1	42.1
1959	201.6	250.6	261.4	257.8	253.7	251.5	249.6	247.3
1960	20.6	46.3	38.3	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
1961	123.6	224.8	211.9	214.1	210.0	207.6	204.2	202.0
1962	66.1	134.4	126.3	95.6	96.6	96.6	88.0	88.0
1963	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
1964	29.0	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
1965	21.0	39.6	39.6	40.3	40.3	40.3	33.6	33.6
1966	17.6	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
1967	168.7	260.0	262.6	252.7	248.2	245.8	246.3	243.8
1968	14.4	21.2	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
1969	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
1970	83.6	146.4	148.9	144.6	141.1	139.8	116.1	115.5
1971	16.3	33.6	25.5	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
1972	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
1973	56.5	107.6	96.8	84.0	82.2	82.0	81.0	81.4
1974	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
1975	16.9	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
1976	31.8	55.0	55.0	55.9	55.9	55.9	55.3	55.3
1977	72.5	115.0	115.0	112.6	112.6	112.6	109.8	110.3
1978	112.8	163.4	163.4	152.2	151.1	151.2	147.0	148.3
1979	22.1	32.5	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7
1980	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
1981	28.0	49.6	49.6	37.8	37.8	37.8	50.1	50.1
1982	11.3	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
1983	22.4	40.4	40.4	35.7	35.7	35.7	41.0	41.0
1984	107.6	144.8	145.6	135.6	131.5	129.0	130.6	128.3
1985	22.2	29.0	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3
1986	20.4	31.8	31.8	32.3	32.3	32.3	32.0	32.0
1987	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
1988	28.5	41.9	41.9	42.1	42.1	42.1	41.9	41.9
Average	46.5	70.6	69.3	65.4	64.7	63.9	62.7	62.1

Remarks: Refer to ANNEX-D.

表.8 可能单位作物収量及び目標单位作物収量

Crops	Potential Yield			Anticipated Yield		
	Crop Guide (1) (t/ha)	HRI (2) Mirpurkhas (t/ha)	Hyderabad District (3) (t/ha)	Present (t/ha)	Without Project (t/ha)	With Project (t/ha)
A. Fodder Crops						
Lucerne	20 - 30	-	25.4	13.9	13.9	26.0
Maize	18 - 23	-	16.4	10.6	10.6	18.0
B. Vegetables						
Solanaeous						
Tomato	5 - 10	23.2	6.0	3.3	3.3	7.0
Eggplant	5 - 10	19.1	7.8	4.9	4.9	9.0
Chilli	5 - 10	7.2	2.3	1.0	1.0	2.5
Cucurbits						
Sponge Gourd	10 - 15	-	9.8	3.1	3.1	11.0
Bottle Gourd	8 - 15	22.2	5.9	4.7	4.7	8.0
Cole Crops, Green, Herbs						
Cauliflower	13 - 18	23.1	9.7	13.3	13.3	16.0
Spinach	10 - 13	-	4.9	2.6	2.6	6.0
Root Crops						
Carrot	10 - 13	14.2	10.1	5.4	5.4	11.0
Radish	18 - 20	16.8	11.0	4.0	4.0	13.0
Turnip	13 - 20	12.2	13.8	6.6	6.6	15.0
Legunes, others						
Peas	8 - 10	6.2	3.9	2.6	2.6	5.0
C. Fruits						
Guava	-	-	6.3	3.8	3.8	7.0
Mango	-	-	8.5	6.1	6.1	9.0
Chikoo	-	-	2.7	2.3	2.3	3.0
Coconut	-	-	-	2.7	2.7	4.0
Papaya	-	-	6.9	7.3	7.3	8.5

Sources : 1) Crop Guide ; Agricultural Extension Department, Government of Sindh
 2) HRI ; Vegetable Reseach Station, Horticulture Research Institute, Mirpurkhas
 3) Hyderabad District , 1987/88 ; Bureau of Statistics, Planning and Development Department, Government of Sindh

Remarks : Refer to ANNEX-E

表. 9 事業実施による作物増産量

Crops	Without Project			With Project			Incremental Production (tons)
	Cropped Area (ha)	Unit Yield (t/ha)	Production (tons)	Cropped Area (ha)	Unit Yield (t/ha)	Production (tons)	
A. Fodder Crops							
Lucerne	100	13.9	1,390	100	26.0	2,600	1,210
Maize, others	90	10.6	954	100	18.0	1,800	846
All Fodder	<u>190</u>	(12.3) *	<u>2,344</u>	<u>200</u>	(22.0) *	<u>4,400</u>	<u>2,056</u>
B. Vegetables							
Tomato	400	3.3	1,320	1,000	7.0	7,000	5,680
Eggplant	140	4.9	686	500	9.0	4,500	3,814
Chilli	20	1.0	20	350	2.5	875	855
Sponge Gourd	160	3.1	496	1,000	11.0	11,000	10,504
Bottle Gourd	120	4.7	564	400	8.0	3,200	2,636
Cauliflower	100	13.3	1,330	300	16.0	4,800	3,470
Spinach	110	2.6	286	300	6.0	1,800	1,514
Carrot	120	5.4	648	200	11.0	2,200	1,552
Radish	70	4.0	280	150	13.0	1,950	1,670
Turnip	50	6.6	330	150	15.0	2,250	1,920
Peas	80	2.6	208	200	5.0	1,000	792
Others	170	4.5	788	750	8.9	6,071	5,283
All Vegetables	<u>1,540</u>	(4.5) *	<u>6,956</u>	<u>5,300</u>	(8.8) *	<u>46,646</u>	<u>39,690</u>
C. Fruits							
Guava	280	3.8	1,064	280	7.0	1,960	896
Mango	390	6.1	2,379	390	9.0	3,510	1,131
Chikoo	80	2.3	184	80	3.0	240	56
Coconut	90	2.7	243	90	4.0	360	117
Papaya	50	7.3	365	50	8.5	425	60
Others	110	4.8	523	110	6.9	761	238
All Fruit	<u>1,000</u>	(4.8) *	<u>4,758</u>	<u>1,000</u>	(7.3) *	<u>7,256</u>	<u>2,498</u>
Total	2,730		14,058	6,500		58,302	44,244

Remarks : (*) ; weighted average.
Refer to ANNEX-E

表. 10 作物別単位面積あたり純収入額

Crops	Without Project				With Project			
	Unit Yield (tons/ha)	Gross Income (Rs./ha)	Product. Cost (Rs./ha)	Net Income (Rs./ha)	Unit Yield (tons/ha)	Gross Income (Rs./ha)	Product. Cost (Rs./ha)	Net Income (Rs./ha)
A. Fodder Crops								
Lucerne	13.9	5,838	3,785	2,053	26.0	10,920	5,539	5,381
Maize, others	10.6	3,392	2,546	846	18.0	5,760	3,596	2,164
B. Vegetables								
Tomato	3.3	11,418	7,471	3,947	7.0	24,220	9,440	14,780
Eggplant	4.9	12,005	6,447	5,558	9.0	22,050	9,033	13,017
Chilli	1.0	7,660	5,759	1,901	2.5	19,150	8,560	10,590
Sponge Gourd	3.1	10,261	5,258	5,003	11.0	36,410	6,770	29,640
Bottle Gourd	4.7	13,536	5,841	7,695	8.0	23,040	7,190	15,850
Cauliflower	13.3	40,698	6,843	33,855	16.0	48,960	8,681	40,279
Spinach	2.6	4,498	4,274	224	6.0	10,380	6,145	4,235
Carrot	5.4	8,424	5,822	2,602	11.0	17,160	8,744	8,416
Raddish	4.0	7,800	6,200	1,600	13.0	25,350	8,807	16,543
Tunip	6.6	14,652	6,400	8,252	15.0	33,300	8,954	24,346
Peas	2.6	9,568	5,754	3,814	5.0	18,400	7,526	10,874
Others	4.5	12,991	6,289	6,702	8.8	24,196	8,124	16,072
C. Fruit								
Mango (2)	6.1	8,982	4,650	4,332	9.0	25,263	6,019	19,244
Guava (2)	3.8	8,071	4,954	3,117	7.0	19,824	6,299	13,525
Chikoo (2)	2.3	4,830	3,878	952	3.0	9,100	4,577	4,523
Coconut (2)	2.7	5,940	4,531	1,409	4.0	19,338	4,932	14,406
Papaya	7.3	15,257	10,159	5,098	8.5	12,584	6,471	6,113
Others	4.8	8,360	4,974	3,387	1.9	20,788	5,893	14,894

Remarks: Refer to ANNEX-F.