

パキスタン・イスラム共和国  
ミタワン地区流域保全施設建設機材整備計画  
基本設計調査報告書

平成9年12月

JICA LIBRARY



J 1142448 (8)

国際協力事業団  
日本技研株式会社  
株式会社建設技術研究所

調無一
CR (1)
97-236







パキスタン・イスラム共和国  
ミタワン地区流域保全施設建設機材整備計画  
基本設計調査報告書

平成9年12月

国際協力事業団  
日本技研株式会社  
株式会社建設技術研究所



1142448(8)

## 序 文

日本国政府は、パキスタン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のミタワン地区流域保全施設建設機材整備計画にかかる基本設計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いたしました。

当事業団は、平成9年10月13日から10月29日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、パキスタン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

終りに、調査にご協力とご支援を頂いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成9年12月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

## 伝 達 状

今般、パキスタン・イスラム共和国におけるミタワシ地区流域保全施設建設機材整備計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が平成9年10月から平成9年12月までの3ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、パキスタン国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成9年12月

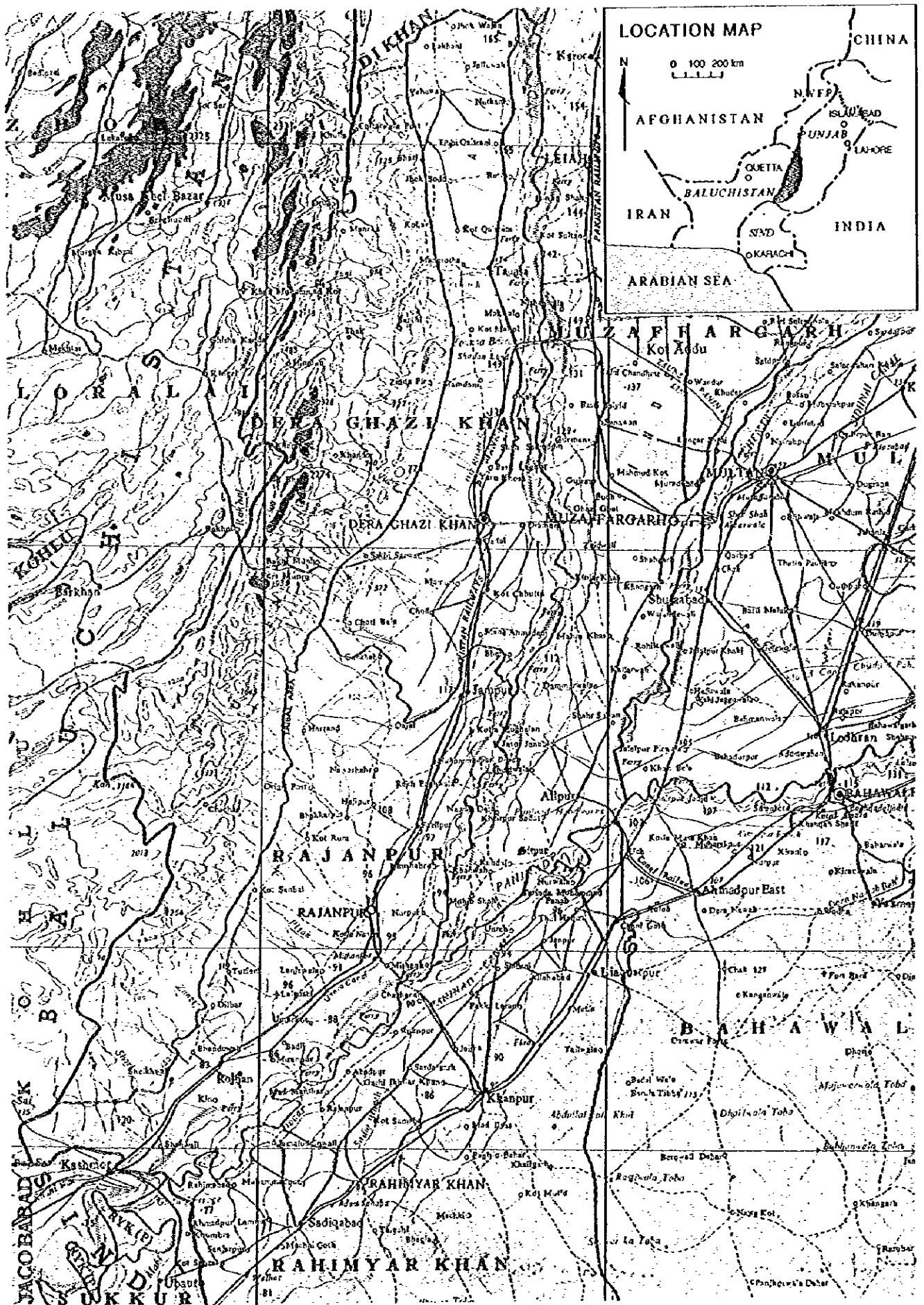
日本技研株式会社・株式会社建設技術研究所共同企業体

パキスタン・イスラム共和国

ミタワシ地区流域保全施設建設機材整備計画基本設計調査団

業務主任 岸 洋一

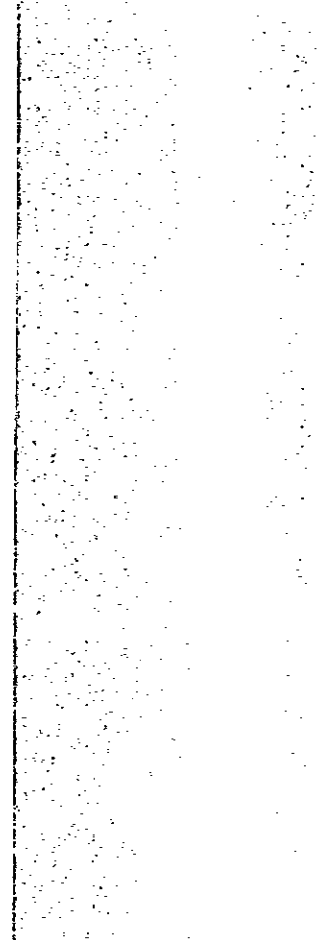




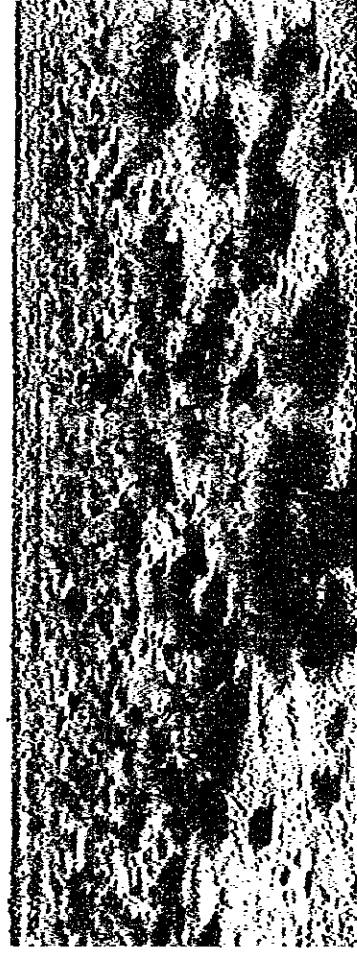
調査対象位置図



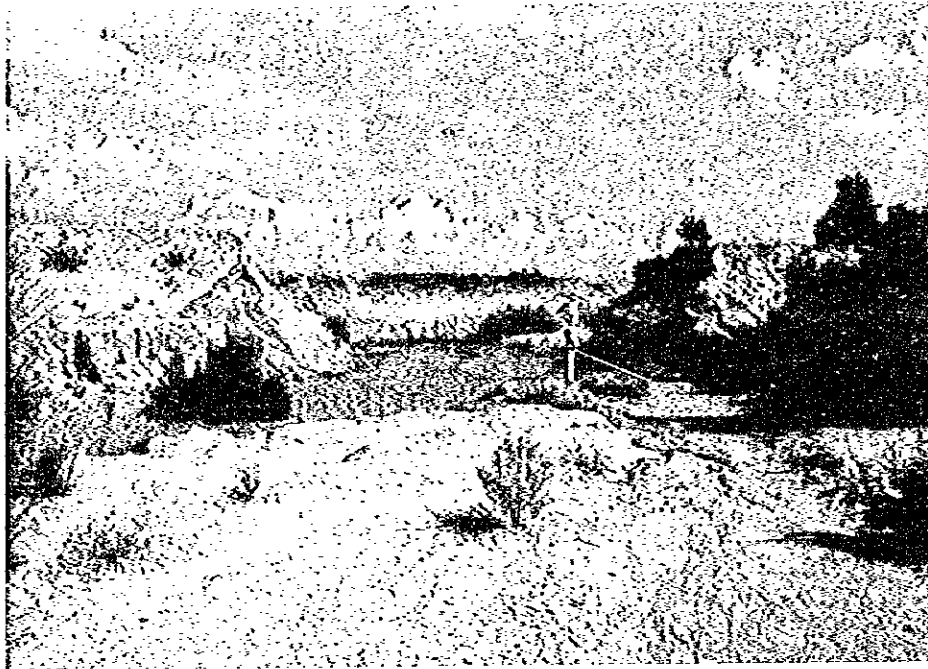
ミタワンパチャド（扇状地） 扇頂部より4km、チョティバラ〜チョティゼリン間の道路より南側（右側）へ2.5km地域の状態



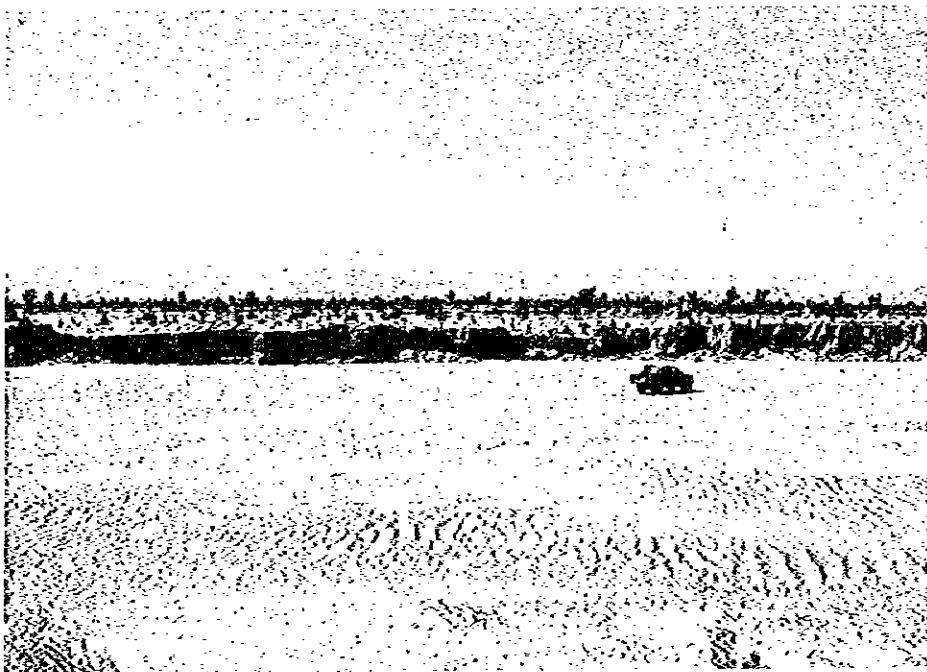
扇端部に近い農地



扇端部シャルティワー下流



シャルティワール支流のバンド 高さ5.5m  
締固められていないため、1回の洪水で流去した  
破堤によって河床は約1.5m低下した



タルハワールの河床低下 約3.5m 幅110m



## 経 緯

パキスタンイスラム共和国は、国土の大部分が乾燥地帯に位置する農業国であり、農業生産には灌漑が不可欠である。しかし、水資源が限られているため、灌漑用水の確保は国家の大きな課題である。パキスタン政府は、第8次5ヵ年計画（1993～1998年）において、水資源開発の目標を農業生産の増強におき、灌漑システムの整備拡充、農民参加による維持管理の推進、水資源の効率的利用とともに、天水農業地域における洪水の有効利用を進めることとしている。

本計画の対象地域であるミタワン地区を含むパンジャブ州 D.G.カーン地域には、後背山地から流出してくるヒルトレントと呼ばれる一時河川により形成された扇状地（パチャドと呼ばれる）がインダス川西岸の南北 300 km にわたり分布する。そこではヒルトレントの出水を利用する洪水灌漑が行われてきた。一方、1960年代には、パチャド下流一帯インダス川に沿った 40 万ヘクタールを灌漑する D.G.カーン水路が建設されたが、しばしば起きるヒルトレント洪水により、この水路および灌漑地は甚大な被害を受けてきた。

パキスタン政府は、この D.G.カーン水路による灌漑農地が受けるヒルトレントによる洪水被害を解消するため、D.G.カーンヒルトレント洪水対策計画調査を1984年に実施した。調査の結果、洪水被害を低減するため、扇状地における洪水灌漑の範囲を拡張することとし、ミタワン地区をパイロット事業地区と位置づけた。1992年9月、パキスタン国政府はこのミタワンパイロットプロジェクトについて、無償資金協力を我が国に対して要請した。

この要請に基づき、国際協力事業団は「ミタワン地区流域保全灌漑開発計画」として、1993年に事前調査および基本設計調査を実施し、流域保全、およびチョティナラ洪水分流施設の建設が日本国の無償資金協力によって1996年3月に完成した。しかし、これら上流域における対策ではヒルトレント洪水の調節効果が発現されるまでに長期間を要するため、パキスタン政府は洪水灌漑地域の拡大と洪水防御に即効的効果をあらわす洪水分流施設を建設する「ミタワン堰建設計画」を日本政府に要請した。

日本国政府は「ミタワン堰建設計画」基本設計調査を1995年10月から開始し、社会調査を含む3回の現地調査、および2度の水理模型実験を実施して本計画の妥当性、要請された施設の基本計画、概算事業費および維持管理計画等を検討した。この結果、洪水分流施設は建設費が高むうえに洪水被害を受けたとき完全に補修しなければ施設の寿命は極めて短くなり、この維持補修経費が便益を上回ることが明らかになり、パキスタン側より要請のあったミタワン分流施設の建設を無償資金協力として実施することは妥当ではないとの結論に至った。

日本側は、この結論をパキスタン側に伝え、地域開発の換わるべき方策として流域保全を推進することが望ましいことを説明し、パキスタン側の理解を得た。しかし、パキスタン側は、流域保全は効果の発現までに長時間を要することから即効性のある鉄線蛇籠の分流堰の建設を主張し、流域保全の推進および鉄線蛇籠分流堰の建設に対する日本の協力を要請した。日本側は、鉄線蛇籠分流

堰は建設費は少ないが、耐久性、信頼性、安定性を欠き、永久構造物の建設を前提とする日本の無償資金協力では建設できないため、鉄線蛇籠分流堰の設計、建設およびその後の維持管理がパキスタン側の責任において実施されるならば、そのための機材の調達を行うこと、また流域保全推進のため調査団を派遣することを日本政府に伝達する旨を表明した。

パキスタン政府は、1997年8月、ミタワンヒルトレント扇状地扇頂部に鉄線蛇籠分流堰を建設することを計画し、この建設に対しての協力を日本国政府に要請した。その要請内容は施設建設に使用するブルドーザー、バックホーなどの重機械類および鉄線蛇籠製造機と鉄線などの資材である。日本国政府はこの要請に対して基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団(JICA)が1997年10月13日より10月29日まで調査団を現地に派遣した。

## 調査結果

### 基本構想

D.G.カーンヒルトレント地帯の扇状地においては、ヒルトレントの出水を利用する洪水灌漑農業が行われている。その一つであるミタワン扇状地は形成過程にあり、扇頂部においては流路は首振りにより移動を繰り返す、扇面では流路の変化に伴う地形の変化が著しい。ヒルトレント洪水が集中する流路は深く洗掘され灌漑に利用することが困難となり、さらに洗掘された土砂は下流の農地を覆って二次扇状地を形成している。

ミタワン扇状地扇頂部における洪水分流施設建設に関して、1995年に日本政府は「ミタワン堰建設計画」基本設計調査を実施し、水理模型実験を行った。その結果、扇頂に洪水分流施設を建設しても下流の河床低下が発生する限り、大洪水時には激しい洗掘が起これば施設は破壊される可能性の高いことが示された。一方、ミタワン扇状地は形成過程にあることから、扇面における局所的な地形変化を防ぎ、地形変化が扇状地全体として均衡を保つように制御しなければ、扇状地の利用が持続的となり得ないことも同基本設計調査の中で確認された。

本「ミタワン地区流域保全施設建設機材整備計画」基本設計調査において、分流施設の破壊を避けるためには、洪水分流施設下流の河床低下を防止し、洪水が特定の流路に集中しないように扇面を平坦に保つ必要があるという見解がパキスタン側から示された。その方法として、扇面を横断する等高線築堤を扇状地の下流から順に数列作り、土砂濃度の高いヒルトレント洪水を扇状地に広く分散貯留し、土砂を扇面に均等に堆積させ、扇状地下流から扇面を平坦とし、低下した河床を上昇させるものである。このような築堤を扇状地の扇端から扇頂へと順次建設することにより、洪水分流施設の破壊に結びつく河床低下を防ぐことが可能となる。

パキスタン側の設計によると、等高線築堤の位置の決定には、現在の土地利用、灌漑および道路事情を考慮し、等高線築堤の天端は道路としても利用できるようにする。その位置は扇頂より7 km、10 km、16 km 地点であり、総延長は50 km、築堤の平均高さは4 mである。

扇状地を横断する等高線築堤は貯水効果があり、その貯水量は約6,000万m<sup>3</sup>となり、築堤下流農地への灌漑が可能となる。このため、現在のように時間を争う取水に比べて、時間に余裕が出来るため、より広範囲に効率的な灌漑が可能となる。

本計画では、パキスタン政府が計画している洪水分流施設、等高線築堤、床止工など扇状地管理に必要な施設のうち、最優先すべき施設である等高線築堤を建設するために必要な資機材を調達するものとした。調達機材の種類、台数は、工事量とパキスタン側の人材、予算など工事実施能力、機材の維持管理能力も考慮して決定した。また、それらの機材は将来、ミタワン扇状地の洪水分流施設、床止工、D.G.カーンヒルトレント地域の他の扇状地開発、およびミタワンヒルトレント上流域の流域保全施設の建設にも使用が可能である。

### 工事内容

調達する機材を使用する工事は、扇面の3本の等高線築堤である、この工事の工種、数量は以下の通りである。

工種	工種と施工数量			合計
	等高線築堤	等高線築堤	等高線築堤	
	No.1 延長9km	No.2 延長13km	No.3 延長22km	
盛土 (m <sup>3</sup> )	432,000	720,000	1,248,000	2,400,000
掘削 (m <sup>3</sup> )	73,000	93,000	126,000	292,000
コンクリート (m <sup>3</sup> )	6,129	6,129	2,043	14,301
鉄線蛇籠 (m <sup>3</sup> )	29,400	29,400	9,800	68,600
張り石工 (m <sup>3</sup> )	7,509	7,509	2,503	17,521
吸出し防止材 (m)	10,080	10,080	3,360	23,520

### 必要な資機材

パキスタン側の計画では、2年ですべての工事を完了する。1年目は、No.3 等高線築堤の施工を行い、2年目は No.1、No.2 等高線築堤の施工を行うこととなっている。この施工数量に必要な資機材の種類と数量は次のようになる。

必要資機材と数量			
機材名	規格	台数	工種
ブルドーザー	24トン	4	掘削、盛土、転圧
ブルドーザー (リッパ)	27トン	1	石材採集
ホイローダ	1.2 m <sup>3</sup>	1	石材積み込み
トラックトレーラ	積載重量30トン	1	重機運搬用
小型トラック	4輪駆動、二人乗り	2	部品、工具運搬
トラクターローリ	78HP, 4.7m <sup>3</sup> 、油圧ダンプ	10	石材運搬
水タンク (トラクター牽引)	48HP、5,000リットル	3	コンクリート、盛土工事
コンクリートミキサ	移動式 0.45 m <sup>3</sup>	4	コンクリート工事
棒状バイブレータ	D=60mm、発電機付き	3	コンクリート工事
ベルトコンベア	15m×0.45 m	3	コンクリート工事
資材名	仕様	数量	
鉄線蛇籠	亜鉛メッキ鋼線、開目10cm	38,900 個	
吸出し防止材	透水性	23,520 m <sup>2</sup>	

## 概算事業費

前述の資機材の調達に要する概算事業費は、以下のとおりである。

### 事業費総括表

基本設計概算事業費：(451,524千円)

項目	総額 (千円)
総計	451,524
機材費	423,145
1. 機材費	380,603
2. 据え付け工事	158
3. 技術者派遣	1,474
4. 輸送梱包費	29,443
5. 一般管理費	11,467
設計監理費	28,379
1. 実施設計	19,078
2. 施工監理	9,301

## 維持・管理計画

本プロジェクトにより調達される重機械は、ミタワンヒルトレントにおける工事のほか、この地域の他のヒルトレントプロジェクトにも使用することが予定されている。このため、重機械の保管、運営、維持管理は D.G.カーン 灌漑事務所において行われる。

D.G.カーン灌漑事務所、SCARP サークル、NTWD (NORTHERN TUBEWELL DIVISION) には重機械の整備、修理をするワークショップが所属している。ワークショップは D.G.カーンから約 80 km 離れたムルタンにある。このワークショップの土工機械の整備、修理部門の人員は 20 人であり、重機械の定期整備、故障時の修理を行うには十分な能力を有すると判断できる。さらに、D. G. カーンには資機材保管場所 (1.4ha)、および駐機場 (1.4ha) があり、資材の保管、機械の日常点検、駐機は可能である。

等高線築堤の建設期間における日本から調達される資機材の運転および維持管理経費は 9,606 千ルピー(3,103 万円)であり、事業費から NTWD ワークショップに配付されることになる。

工事完了後は、維持補修期間を 1 ヶ月、調達機材すべてを動員するとして、511 千ルピー(165 万円)が施設の補修費として毎年必要である。維持補修期間以外は、機材は他のプロジェクトに使用し、そのプロジェクトが費用負担する。

なお、D.G.カーン灌漑事務所の運営経費は、1996-97 予算年度には 3 億 5700 万ルピーであった。工事完了後の維持管理費のうち、人件費および建物維持管理費は、現在も事務所運営経費に含まれている。



## プロジェクトの効果

本プロジェクトは洪水被害の低減を目的として洪水灌漑地域を拡張するものであり、その効果は、農業生産の増加と洪水被害の低減にある。

等高線築堤の建設により、1/10年確率洪水量以下の洪水が制御されることが期待できる。農業生産は、等高線築堤の貯水効果によって灌漑可能面積が従来より拡がり、現在の平均年農業生産額 912 万ルピー（2,946 万円）から、1,125 万ルピー（3,634 万円）へと増大する。また、ミタワンヒルトレント下流の水路灌漑地域 32,000 ha における洪水被害が軽減される。年平均洪水被害軽減額は 1,699 万ルピー（5,488 万円）と推測される。

等高線築堤建設による 25 年間の総便益は 478 百万ルピー（1,544 百万円）に対して、日本側が調達する資機材費を含む建設費と 25 年間の維持管理費の総計は 159 百万ルピー（514 百万円）である。また、施設建設後の維持管理費は年間 511 千ルピー（165 万円）、これに対して年間便益 1,912 万ルピー（6,176 万円）であり、プロジェクトは費用対便益の点において効果がある。

なお、裨益人口はミタワン扇状地地域の約 14,000 人が洪水灌漑による直接の受益者であり、洪水被害の軽減の恩恵を受ける人口は、約 40,000 人と推定される。

## プロジェクトの評価

上流域からの多量の土砂供給により形成されつつあるミタワン扇状地では、流路の移動、河床低下などの激しい地形変化により、一般に低い洪水灌漑農業の生産はさらに低下し、地域住民は貧困にあえいでいる。営々と努力を重ねて維持されてきた扇状地の洪水灌漑農業は、現在、流路の河床低下により重大な危機にあり、このまま放置すれば地域住民の生活と生産の環境は激変し、脅威にさらされることになる。

この扇状地を農業生産の場として維持するためには、扇面全体の均衡を保つように保全する必要がある。これを実現するためには、洪水を扇面に分散させ、特定の流路への洪水の集中を防ぎ、扇面の局部的地形変化を少なくする洪水分流施設の建設が求められる。しかし、この洪水分流施設の建設に先立って、分流施設下流の河床低下を防止する等高線築堤の建設が必要であり、最初に等高線築堤を行うことにより、破滅的な方向に向かっている現在の洪水灌漑の状況を改善する第一歩となり、扇面の利用は持続的となる。

このような扇面安定の施設建設によって扇面が安定し、扇状地における洪水灌漑農業は改善され、D.G.カーン水路とその灌漑地域に対する洪水被害は低減されることは、地域住民の生活と生産の環境の改善に寄与するものである。また、完成後の施設の維持、運営は費用、技術のいずれの面からも問題は少なく、住民組織の技術と資金によって運営・維持が可能と判断される。これより、本計画が実施されることの意義は大きく、この施設の建設を援助することは妥当性があると判断される。

さらに、扇面の安定化を計り洪水灌漑を改善する手法はパキスタン国のみならず、他の中央アジア、中国西部、インド、中近東などの乾燥地域にも適用が可能であり、将来の乾燥地における水資源確保の技術の一手法として、このような地域の人口扶養能力の改善に貢献するものである。



# ミタワン地区流域保全施設建設機材整備計画基本設計調査

## 調査報告書目次

伝達状  
序文  
位置図  
要約

第1章	要請の背景	1-1
第2章	プロジェクトの周辺状況	
2-1	当該セクターの開発計画	2-1
2-1-1	上位計画	2-1
2-1-2	財政事情	2-1
2-2	他の援助国、国際機関等によるプロジェクトとの関係	2-3
2-3	我が国の援助実施計画	2-5
2-4	プロジェクトサイトの条件	2-5
2-4-1	自然状況	2-5
2-4-2	社会基盤	2-11
2-4-3	既存施設・機材の現状	2-18
2-5	環境への影響	2-20
第3章	プロジェクトの内容	
3-1	プロジェクトの目的	3-1
3-2	プロジェクトの基本構想	3-1
3-2-1	過去のミタワンヒルトレント開発調査	3-1
3-2-2	これまでの対策	3-2
3-2-3	ミタワンヒルトレント扇状地開発計画の基本構想	3-2
3-2-4	施設計画の基本構想	3-4
3-3	資機材の基本設計	3-12
3-3-1	設計方針	3-12
3-3-2	基本計画	3-12
3-4	プロジェクトの実施体制	3-20
3-4-1	組織	3-20
3-4-2	予算	3-23
3-4-3	要員・技術レベル	3-23

## 第4章 事業計画

4-1	資機材調達計画	4-1
4-1-1	調達方針	4-1
4-1-2	調達上の留意事項	4-1
4-1-3	調達区分	4-1
4-1-4	調達監理計画	4-2
4-1-5	調達計画	4-3
4-1-6	実施工程	4-4
4-1-7	相手国負担事項	4-8
4-2	概算事業費	4-9
4-2-1	概算事業費	4-9
4-2-2	維持・管理計画	4-10

## 第5章 プロジェクトの評価と提言

5-1	妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果	5-1
5-1-1	プロジェクトの効果	5-1
5-1-2	プロジェクトの妥当性	5-5
5-2	技術協力・他ドナーとの連携	5-5
5-3	課題	5-6

## 資料集

- 1 調査団員氏名
- 2 調査日程
- 3 相手国関係者リスト
- 4 討議議事録
- 5 技術資料

---

---

## 図一覧表

---

---

- 図 - 2.1 D.G.カーンヒルトレントベルト
- 図 - 2.2 ミタワンヒルトレント
- 図 - 2.3 ミタワン流域の地質
- 図 - 2.4 ミタワン扇状地土地利用図
- 図 - 2.5 洪水灌漑システム略図
- 図 - 3.1 堰下流の洗掘（ミタワン堰建設計画基本設計調査水理模型実験による）
- 図 - 3.2 洪水分流堰平面図
- 図 - 3.3 洪水分流堰
- 図 - 3.4 等高線築堤位置図
- 図 - 3.5 等高線築堤標準断面図
- 図 - 3.6 等高線築堤水通し部
- 図 - 3.7 バンジャブ州灌漑省組織図
- 図 - 3.8 D.G.カーン灌漑事務所組織図

---

---

## 表 一 覧 表

---

---

表-2.1	ミタワン・ヒルトレント近傍の月平均降水量 (mm)
表-2.2	ミタワン・ヒルトレント出水状況 (要請書より)
表-2.3	確率洪水量
表-2.4	推定洪水被害
表-3.1	1994年洪水によるタルハリーの浸食量
表-3.2	等高線築堤基本数量
表-3.3	工種と施工数量
表-3.4	必要機材と工種
表-3.5	1年目に施工する土工量
表-3.6	2年目に施工する土工量
表-3.7	1年目に施工する石工量
表-3.8	2年目に施工する石工量
表-3.9	必要資機材と数量
表-3.10	マルチンワークショップ構成
表-4.1	計画資機材一覧表
表-4.2	ブルドーザーの仕様
表-4.3	ホイローローダーの仕様
表-4.4	トラクターの仕様
表-4.5	トラックトレーラーの仕様
表-4.6	小型トラックの仕様
表-4.7	パキスタン国側が負担すべき等高線築堤建設費
表-4.8	実施設計工程表
表-4.9	施工監理工程表
表-4.10	事業費総括表
表-4.11	機材の時間当たり運転経費
表-4.12	供与予定機材の運転経費
表-4.13	機械運転経費
表-4.14	機械運転及び維持管理費
表-4.15	維持補修運転経費
表-5.1	プロジェクト完成後の灌漑可能面積
表-5.2	プロジェクト完成後の作物別農業生産額
表-5.3	年平均農業生産額期待値
表-5.4	1992年～1994年の農業生産額
表-5.5	近傍地域の洪水被害額
表-5.6	確率洪水被害額
表-5.7	年平均洪水被害軽減額

---

---

## 用語

---

---

- ヒルトレント(Hill Torrent) ; 乾燥地の一時河川であり、強雨の直後には突如奔流となって流れる。流水は、流域の状況にもよるが一年のうち降雨の直後の数日しかない。
- ロド・コヒ(Rod Kohi) ; ヒルトレントのパキスタンの名称。
- ナラ(Nallah) ; ヒルトレントによって形成された河床、通常は流水はない。
- ダラー(Darrah) ; 山地から河川が平坦部に流れ出る谷出口、その下流には扇状地がひろがる。
- パチャド(Pachad) ; 西側のこと；D.G.カーンヒルトレント地域ではインダス川の西側の山麓までの扇状地を呼ぶ。
- サロババイナ(Saropa Paina) ; 水利上の上流側が下流に対して優先するということが定めた規定。サロバは上流を、バイナは下流を意味する。
- ハクーク(Haqooq) ; ヒルトレント洪水に対する水利権を有する地域。
- ノン・ハクーク(Non-Haqooq) ; ヒルトレント洪水に対する水利権を持たない地域。
- カマラ(Kamara) ; 1905年に制度化された「Minor Canal Act」による配分率に従って洪水の分配をおこなっている各ワーごとに付随する農民達の自助水利組合
- メルフ(Merh) ; 各カマラのマカダムが集まりカマラ間の紛争を解決するシステム、マルカ (Marka) とも言う。
- 北ブランチ ; ミタワン扇状地でハクークの北側を流れる主流路。
- 南ブランチ ; ミタワン扇状地でハクークの南側を流れる主流路。
- エスケープ(Escape) ; ミタワン扇状地でノン・ハクークを流下する水路。
- シャク(Shakh) ; ヒルトレントの幹川から取水する自然水路。
- ワー(Wah) ; シャク(Shakh)及び支川から取水する自然水路。
- ワヒ(Wahi) ; ワー(Wah)から取水する自然水路。
- バンド(Bund) ; 高畦に囲まれた畑；水制、導流堤などの土で築堤されている構造物。
- ガンダ(Gandah) ; 洪水を分水するために本川及びその主流に築堤された構造物。
- ワクラ(Wakra) ; 洪水灌漑用の水を畑に取水するためワー(Wah)、あるいはワヒ(Wahi)に築いた土堰堤およびその他の構造物
- サライ(Sallai) ; 横断構造物より上流方向に出ている導流堤。
- カリフ(Kharif) ; 夏期（4月～9月）
- ラビ(Rabi) ; 冬期（10月～3月）
- パロチ(Balochi) ; パキスタンでは主にインダス川より西のパロチスタンに居住する民族。パキスタンの人口の約3%を占める。言語はパロチ語。スレイマン山

脈のヒルトレント地域に居住するバロチ族は、マザリ(Mazari)、ルンド(Lund)、ドゥリシャク(Drishak)、ゴルチャニ(Gorchani)、レガリ(Leghari)、コサ(Khosa)、ブズダール(Buzdar)、カイサラニ(Kaisarani)の8大部族である。

- サルダール(Sardar) ; 部族の長。トゥマンダール(Tumandar)とも言う。
- ジルガ(Jirga) ; 首長をトゥマンダール(Tumandar)とするモカダム(Mocadam)によって構成される行政機関で部族の重要事項を決定する。
- モカダム(Mocadam) ; 支部族の長であり、ジルガの構成員。
- トゥマンダリ (Tumandari) ; トゥマンダール(Tumandar)を長とする、階級社会制度。
- バステイ(Basti) ; 支部族や、血族が形成する集落。ミタワンパチャド地域には主要なバステイとしてタルプール (Talpur)、ジョギアニ (Jogiani)、ハスナニ (Hasanani)、ビルマニ (Bimani)、ブズダール (Buzdar)、チャンディア (Chandia)、マルガニ (Malghni)、ミルジアニ (Mirziani) がある。
  
- サラキ語 (Saraki language) ; インダス河沿いのパンジャブ族が用いる言語
- バロチ語 (Balochi language) ; バロチ族が用いる言語
  
- ハドワリバンド(Hudwari Bund) ; ミタワンダラ下流2km右岸から突き出ている既設の水制
- チトリバンド(Chitri Bund) ; シャルティワー入口にある既設の締め切り堤
- シャルティワー(Sharti Bund) ; ハクークを流れる水路の一つで、現在河床低下をおこし、入口はチトリバンド(Chitri Bund)で締め切られている。
- ラケワラバンド (Rakhewala Bund) ; エスケープのハドワリバンドより下流5kmにある既設の導流堤



---

---

## 略 語

---

---

GOJ	; Government of Japan	日本政府
GOP	; Government of Pakistan	パキスタン政府
JICA	; International Development Agency	国際事業団
MAFF	; Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan	農林水産省
MC	; Ministry of Construction, Japan	建設省
FFC	; Federal Flood Commission	国家利水治水対策委員会
PID	; Irrigation and Power Department	灌漑電力省
RKD	; Rod Kohi Department,	ヒルトレント管轄部
SCD	; Soil Conservation Department	土壌保全局
ABAD	; Authority for Barani Area Development	天水地域開発庁
DC	; Deputy Commissioner	
CE	; Chief Engineer	チーフエンジニア
SE	; Superintending Engineer	スーパーインテンドエンジニア
XEN	; Exexecutive Engineer	エグゼクティブエンジニア
SDO	; Sub-Divisional Officer	サブディビジョナルエンジニア
PC-1	; パキスタン国のプロジェクトコンセプトペーパー	
O&M	; Operation and Maintenance	維持管理

## 度 量 衡

單位	記号	換算值
Inches	in.	25.4 mm, 2.54 cm
Foot	ft.	0.3048 m
Miles	mil.	1.60934 km
Reduced distance	RD	1000.0 feet, 304.8 m
Square feet	sq. ft	0.092903 sq.meters
Square miles	sq. miles	2.58999 km <sup>2</sup>
Acre	A	0.404686 ha, 43,560.0 sq. ft
Cubic feet	cu.ft	0.028317 m <sup>3</sup> , 28.317 lit
Acre feet		1233.48 m <sup>3</sup> , 0.001233 MCM
Pounds	lb	0.45359 kg
Cumec	cum/s,m <sup>3</sup> /s	35.310 cusec (cfs,cu ft/sec)
Cusec	cfs,cu ft/sec	0.028317 cumec(cum/s,m <sup>3</sup> /s)

## 第1章 要請の背景

パキスタンイスラム共和国は農業生産が GDP の 25 % を占め、雇用労働力の半数が農業に依存する農業国である。しかし、国土の大部分は乾燥地帯にあり、農業生産の中心であるパンジャブ州の大部分、およびシンド州の全域を含む国土の約 60 % では年間降水量が 250 mm 以下である。このため、農業生産には灌漑が不可欠であり、国土面積 79.6 万 km<sup>2</sup> の 20 %、耕地面積の 76 % にあたる約 1,600 万ヘクタールが灌漑される世界でも有数の灌漑普及国の一つである。しかし、国土全域の降水量が少なく水資源に限度があるため、灌漑用水の確保を目的とした水資源の有効利用は国家の大きな課題である。

パキスタン政府は、第 8 次 5 年計画（1993 ～ 1998 年）において水資源開発の目標を国家経済を担う農業部門の生産量増強におき、灌漑システムの整備拡充、農民参加による灌漑システムの維持管理の推進、地下水利用の促進、湛水防御と塩分除去など水資源の効率的利用を推進するとともに、開発の遅れた天水農業地域においては水資源を有効に利用するため、経済的に成り立つ範囲で洪水灌漑<sup>\*)</sup>、河川氾濫原における高水の利用促進など洪水を灌漑に利用することを進めることとしている。

本計画の対象であるミタワン地区を含むパンジャブ州西端の D.G.カーン地域ヒルトレントベルトと呼ばれる地域は、インダス川西岸の氾濫原とその西方のスレイマン山地山麓の間に位置し、13 の大規模なヒルトレントと 200 を越える小規模ヒルトレントがある。山地から流出してくる奔流ヒルトレントにより形成されたバチャドと呼ばれるスレイマン山地山麓東側に位置する扇状地では、古くからこの出水に依存した洪水灌漑による農業生産が行われてきた。このバチャド下流のインダス川氾濫原 40 万ヘクタールを灌漑する D.G.カーン水路は 1960 年代に建設されたが、しばしば起きるヒルトレント洪水により、この水路の破壊や水路灌漑地数万ヘクタールの湛水被害を受けてきた。

この D.G.カーン水路灌漑農地が受けるヒルトレント洪水による被害を解消するとともに、バチャド地域の農業生産力を向上することを目的として、パキスタン国政府連邦洪水委員会及びパンジャブ州灌漑電力局は、D.G.カーンヒルトレント洪水対策計画調査を 1984 年に実施し、ミタワン地区における事業をパイロットプロジェクトと位置づけた。その後、パキスタン国政府は D.G.カーンヒルトレントベルト全域の灌漑開発計画について、日本国政府に調査を要請し、国際協力事業団（JICA）によって 1991 ～ 1992 年に開発調査が実施された。

1992 年 9 月、パキスタン国政府は 1984 年に実施した F/S 調査に基づき、ミタワン地区灌漑開発計画をヒルトレント地域開発の先駆事業として、我が国に対して以下の内容の無償資金協力を要請した。

- (a) ミタワン・ヒルトレント本流洪水分流施設
- (b) パティワラ導流堤

- (c) チョテイナラ洪水分散施設
- (d) ナンガールナラ灌漑施設
- (e) 流域保全施設：ドーリ地区
- (f) 道路建設；既存道路改修工事

この要請に基づき国際協力事業団は 1993 年に事前調査、および基本設計調査を実施した。その結果、(c)、(d)、(e)、(f) を「ミタワン地区流域保全灌漑開発計画」に取り入れて検討し、(c)、(e)、(f) が 1994 年 9 月から 1996 年 3 月にかけて日本国の無償資金協力によって実施された。

パキスタン政府は、国家計画においてうたわれているヒルトレントを含む天水地帯の開発の推進とともに、パキスタン全土にまたがり数多く分布するヒルトレントの先駆的開発事業としてミタワンヒルトレント開発プロジェクトの実現に大きな期待をかけた。しかし、既に実施された上記「ミタワン地区流域保全灌漑開発計画」では、ミタワンヒルトレント扇状地における洪水灌漑に直接寄与する洪水分流施設は建設されなかったため、ヒルトレント洪水をより広い範囲に分散して扇状地における洪水灌漑地域を拡大し、洪水防御に即効的効果をあらわすミタワン本流洪水分散施設建設の建設を主としたミタワン堰建設計画の実現を強く日本政府に要請した。

パキスタン国においては、ヒルトレント洪水を灌漑に利用すると同時に、洪水被害低減を実現するための種々の提案や試行がなされてきたが、それらは短期間に機能を失っていることから、日本側はこの要望についての対応を慎重に検討した。この結果、日本国政府は 95 年 5 月から計画内容、構造物の規模の再確認、不足する自然条件に関するデータの収集を目的とした事前調査を実施した。

この事前調査結果に基づき「ミタワン堰建設計画」基本設計調査が 1995 年 10 月から開始された。この基本設計調査は、1997 年 3 月まで実施され、この間社会調査を含む 3 回の現地調査、2 回の水理模型実験を実施した。この調査の結果、ミタワン洪水分流施設は建設費が高価なうえに、洪水被害を受けたとき完全に補修しなければ施設の寿命は極めて短くなるため、非常に経費がかかる維持補修が将来の運営に不可欠であることが明らかになった。これより、パキスタン側より要請のあったミタワン分流施設の建設を無償資金協力として実施することは妥当ではないとの結論に至った。

1997 年 6 月、この結論を示すミタワン堰建設計画調査結果概要説明調査団がパキスタン国に派遣された。日本側は、分流堰の建設は妥当ではないこと、しかしながら地域の開発には代わるべき方策として流域保全を推進することが望ましいことを説明し、パキスタン側の理解を得た。パキスタン側は、流域保全は効果が現われるまで長期間を要することを述べ、鉄線蛇籠により分流堰を建設することを主張し、さらに流域保全の推進および鉄線蛇籠分流堰の建設に対する日本側の協力を要請した。

パキスタン政府は、1997 年 8 月、ミタワンヒルトレント扇状地扇頂部に鉄線蛇籠分流堰を建設することを計画し、この建設に対しての協力を日本国政府に要請した。その要請内容は施設建設に使用するブルドーザー、バックホー、ダンプトラックなどの重機械類および鉄線蛇籠製造機

と鉄線などの資材である。日本国政府はこの要請に対して基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団 (JICA) が 1997 年 10 月 13 日より 10 月 29 日まで調査団を現地に派遣した。

調査団の現地調査期間にパキスタン側と技術的討議を行った中で、扇頂に作る鉄線蛇籠分流堰はその下流の河床低下によって、激しい局部洗掘が発生し、破壊に至る可能性が高いこと、それを防止するためには等高線築堤、床止工によって扇面流路の河床低下、流路移動などの局所的な地形変化を避けることが必要であることから、パキスタン側は等高線築堤の建設を提案し、その建設に必要な機材の調達にかかる無償資金協力を日本国政府に要請した。

\*<sup>(b)</sup> : Flood Irrigation は洪水灌漑と日本語で示したが、この洪水は、通常、日本において理解される洪水、普段の水位、流量に比べて、特に高い水位、大流量を意味しているわけではない。すなわち、この地域の河川は一時河川であり、普段は流路に水はない。ある程度以上の降雨があれば出水するが、ただか1, 2日で水は引く。洪水灌漑と呼ばれるこの地域におけるFlood Irrigation は、この稀にある出水を利用する灌漑のことである。



## 第2章 周辺状況

### 2-1 当該セクターの開発計画

#### 2-1-1 上位計画

パキスタン政府は第8次5カ年計画（1993～1998年）において、農業部門を国家経済の発展の礎と位置づけ、食糧自給を確立し輸出利益を創出するため、人口増加率を上回る農業部門の成長率を達成することとしている。他方、水資源部門の目標として経済的に成り立つ範囲で洪水を水資源として有効利用することとし、その方法の一つとしてヒルトレント開発に関する研究を推進し、天水農業地域における水資源有効利用のため、洪水を灌漑に利用し農業生産を増強するとしている。

本プロジェクトは天水地域の開発と農業振興の一環として、ヒルトレント地帯の限られた水資源であるヒルトレント洪水の灌漑利用を進めると共に下流域の洪水被害を低減するため、洪水分流堰や扇状地における等高線築堤、流域におけるチェックダムなどの建設に寄与する資機材を調達する計画であり、農業、防災両面から重要なプロジェクトである。

#### 2-1-2 財政事情

##### (1) 経済・社会状況

###### 一 行政区分

パキスタン国はパンジャブ州、シンド州、北西辺境州及びバルチスタン州の4州、FATA：連邦管理少数民族地域（アフガニスタン国境沿い少数民族諸地域と北部地域ギルギット庁管轄）及びFCA：イスラマバード連邦首都圏からなっている。パキスタンの各州は自治権を有する行政単位であり、各州毎に州議会を有し、議会は州法を立法し施行する権限を付与されている。行政管理上各州はさらに多くの行政管区（ディビジョン、division）に分けられ、行政管区は県（ディストリクト、district）に、さらに下部単位である郡（テシル、tehsil）に分けられる。

###### 一 人口・民族・言語・宗教

パキスタン国では1981年以来人口センサスは実施されず、これ以降は推定人口が政府から発表されている。1996年には人口は世界第7位の1億3,800万人を有し、人口増加率は年率2.7%と推定されている。

パキスタンは、様々な民族集団からなる多民族国家である。主要民族としては、パンジャブ61%、シンダイ14%、バシュトー12%、パロチ3.5%などがあげられる。言語としては、パンジャブ語、シンド語、バシュトー語、パロチ語、ウルドゥー語などが用いられている。また、宗教は全人口の94%がイスラム教徒であり、キリスト教は1.4%、ヒンドゥー教が1.5%である。

## 一 教育

パキスタンの教育制度は初等教育5年、中等教育7年（中学、高校、大学予科）、高等教育（カレッジ、大学）となっており、義務教育期間は初等教育の5年間である。しかし、1990年における初等学校への入学者の割合は同年令児数に対して男子は54%、女子は30%と低いうえに、初等教育を完了する者は入学者の48%にすぎない。また、初等教育における先生一人あたりの生徒数は43人である。教育予算は1990年にはGNPの3.4%であり、1960年の1.1%に比べると伸びている。また、1992年の調査によると国民の識字率は男性は49%、女性は22%であった。

また、学校の不足を補うため初等教育はモスクでも行われており、農村部における効果が期待されている。

## 一 経済

パキスタンの1995年度の国内総生産（GDP）は総額2兆1735億ルピー（8兆4千億円）で、前年度に比べ6.1%の成長率であった。GDPの産業別シェアは農業部門24.8%、工業部門26.5%、サービス部門48.7%となっている。部門別の成長率は農業部門6.7%、工業部門6.1%、サービス部門5.8%であった。

また、1995年度の家計予算は歳入3865億ルピー（1兆5千億円）、歳出4949億ルピー（1兆9千億円）であった。財政赤字は1085億ルピー（4千2百億円）にのぼり、予算額の21.9%に相当する。国際機関、諸外国からの中長期公的債務残高は1995年度末に231億ドル（3兆円）となり、そのGDP比は35.7%であった。1995年度の債務支払は21億ドル（2,700億円）となっており、GDPの3.2%を占める。

1995年度の輸出額は92億ドル（360億円）で、前年度の79億ドル（310億円）に比べて16.8%増加した。また、主な輸出品目は綿関連品目（全体の62.2%のシェア）、皮革関連品目（6.8%）、米（5.4%）である。一方、輸入額は109億ドル（425億円）で、前年度の101億ドル（394億円）に比べて7.9%の伸びを示した。主な輸入品目は、機械（20.8%）、化学製品（18.4%）、石油製品（12.2%）、食用油（7.7%）である。貿易赤字の対GDP比は、92年度に6.32%を記録した後は、1993年、1994年、1995年にかけて、3.84%、3.73%、3.06%と近年減少傾向にある。一方、1990年以降のインフレ率は下表に示すように10%を越えて推移している。

年次	1990-91	1991-92	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97
インフレ率(%)	12.7	10.6	9.8	11.3	13.0	10.8	11.8

## 一 雇用状況

1995年度の総人口1億3千万人のうち、全労働人口は3,670万人である。雇用労働者数は3,490万人で、このうち都市部が1,000万人で、農村部が2,490万人であった。産業部門別に見れば、1995年は農業が全労働人口の50.0%を占め第一位である。次いで商業が12.8%と多く、次いで鉱工業10.1%、建設6.5%、運輸5.0%の順になっている。

## 一 農業

農業は作物生産と畜産を主とし、パキスタン経済においてGDPの24%を占め、人口の約50



%を扶養するパキスタン経済を支える基盤産業である。主要作物は小麦と米の生産で、主要換金作物は、綿花、サトウキビである。

パキスタンの農業生産地域の大部分は乾燥気候に位置するため、灌漑なしでは作物栽培が困難である。このため総農地面積約2,000万haのうち約1,700万haが灌漑されている。

## 2-2 他の援助国、国際機関等によるプロジェクト

ミタワンヒルトレントを含むD.G.カーンヒルトレントベルトにおける実施済み及び実施中のプロジェクトは以下の通りである。図-2.1にそれらの場所を示す。

### 一 カハ・ヒルトレント洪水制御プロジェクト

カハ・ヒルトレントプロジェクトは、ADBの融資により実施された。

カハ・ヒルトレントはミタワン・ヒルトレントの南側に位置し、流域面積5,500平方kmを有する。このプロジェクトでは、扇頂部から扇状地下流までの13個所に順次分流施設を設置し、扇状地の洪水灌漑農地に洪水を分流すると同時に下流の洪水被害を防止するものである。

工事は1993年10月より開始された。1994年9月工事途中、カハヒルトレントのそれまでの記録を越える大洪水により大きな被害を受け、その後修復されたが、1995年4月にも再び被災した。1996年1月現在で約60%の進捗状況であった。最近、下流部では農民は不安定な洪水灌漑を嫌い、灌漑用のチューブウェル（管井戸）が著しく増加してきており、利用される見込のない下流部の施設は修復もされずに放置されたままで工事は中断している。

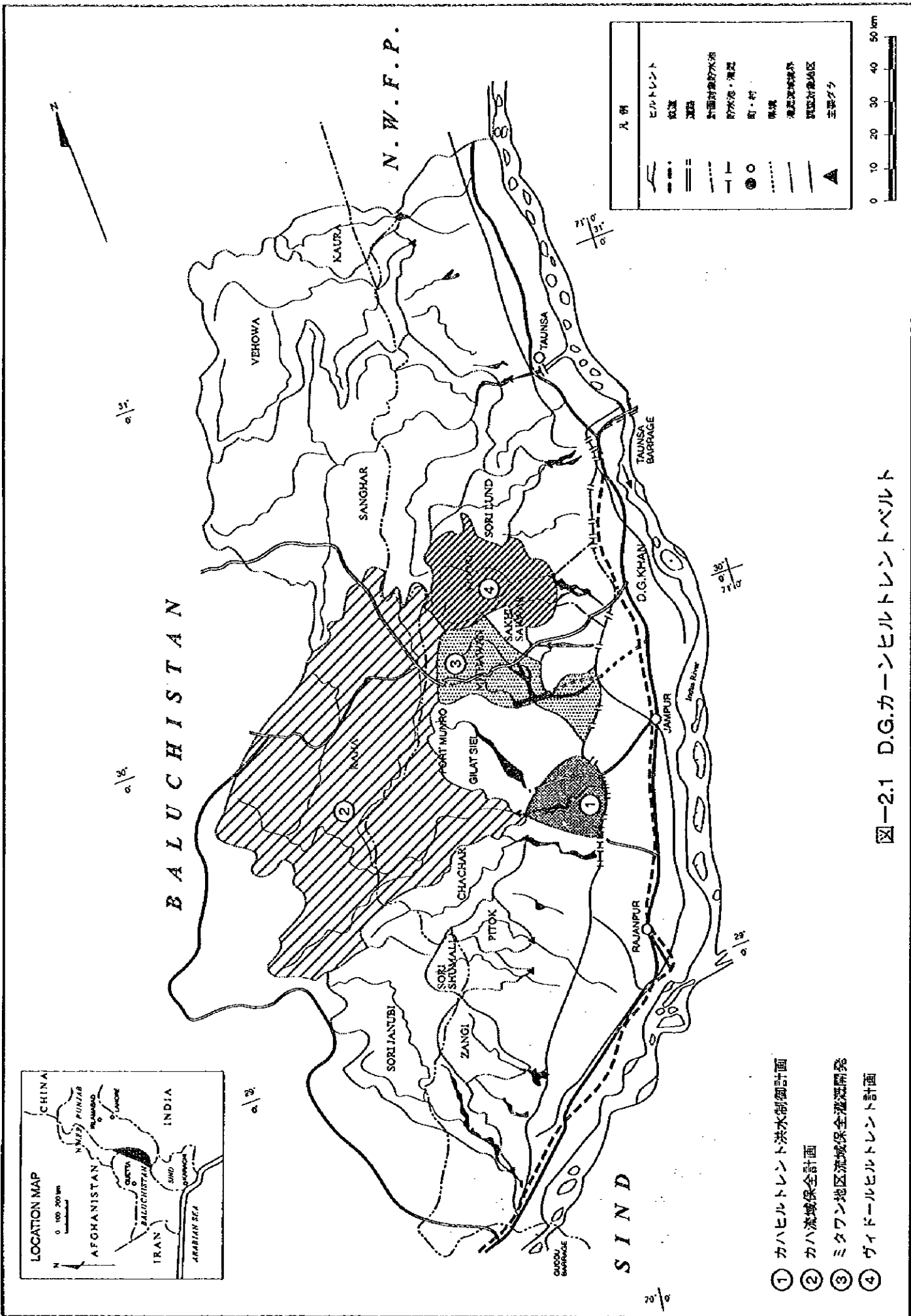
### 一 カハ上流域流域保全計画

スウェーデン政府による無償協力事業としてパロチスタン政府の下で実施されている流域保全計画である。ヒルトレント上流域の社会経済開発のための流域保全を行い、前述のカハヒルトレント洪水制御プロジェクトと一体として、下流の扇状地、水路灌漑地域の農地、道路、鉄道、水路、橋梁などの水害を軽減する。水土保全、植生回復による生態系回復と流域保全をはかるため、牧畜、灌漑農業の推進（洪水灌漑、地下水灌漑）、山地放牧地開発、林地造成を行っている。

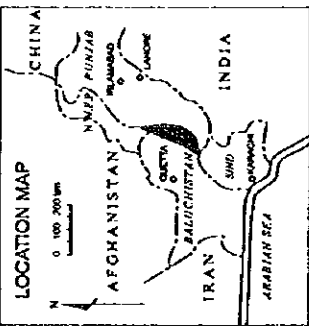
### 一 ミタワン地区流域保全灌漑開発計画

この計画は、流域保全および洪水灌漑のための施設建設工事、および住民参加型流域保全推進事業を実施する日本の無償資金協力とFAOによる共同事業である。

日本の無償資金協力によって、ミタワンヒルトレントに合流する支川の一つであるチョティナラ谷出口のチェックダム、その下流約1.2km地点の洪水分流堰、およびモデル流域保全地区ドーリにおける流域保全施設が建設された。FAOは日本の資金を用いてモデル流域保全地区ドーリにおいて1995年4月から5ヶ年を第一段階として住民参加による流域保全プロジェクトを進めている。このプロジェクトは、将来住民が流域の保全を考慮した地域開発を自身の手によって行うように、住民を組織し、住民参加による村落開発を推進している。



凡例	
	ヘルムント
	街道
	鉄道
	計画対象貯水池
	貯水池・ダム
	町・村
	渠
	氾濫危険地区
	計画対象地区
	主要幹路



- ① カハヘルメント洪水制御計画
- ② カハ流域保全計画
- ③ ミクワン地区流域保全灌漑開発
- ④ ヴィドールヘルメント計画

図-2.1 D.G.カーンヘルメントベルト

## — ヴィドール・ヒルトレントプロジェクト

ミタワンヒルトレントの北側に位置し、流域を接するヴィドールヒルトレントでは、世界銀行の融資により扇頂部に分流施設が設置された。計画では施設は2箇所に分流施設を作ることになっているが、予算の制約から現在1箇所が完成している。分流施設は本堤と上下流のコンクリート製床固工、鉄線蛇籠による導流堤からなる。

### 2-3 我が国の援助実施状況

ヒルトレント洪水被害の解消とパチャド地域の農業生産力向上を目的として、パキスタン国によるヒルトレント洪水対策計画調査が1984年に実施された。その後、パキスタン国政府はD.G.カーンヒルトレントベルト全域の灌漑開発計画について、日本国政府に調査を要請し、国際協力事業団(JICA)によって1991、92年には「D.G.カーン灌漑開発計画調査」が実施された。また、1993年からは無償資金援助によって「ミタワン地区流域保全灌漑開発計画」の基本設計調査が、1994年からは工事が開始され、1996年には完了した。

また、パンジャブ州農業省には1985年から1990年までに食料増産援助(2KR)によって440台のブルドーザー及び10台の井戸掘削機械が調達された。さらに1992年にはパンジャブ州農地開発計画基本設計が実施され、113台のブルドーザーがパンジャブ州農業省に対して調達された。また、1996年にはパンジャブ州地下水開発計画基本設計調査が実施され、9台の井戸掘削機材の調達が計画されている。

### 2-4 プロジェクト・サイトの状況

#### 2-4-1 自然条件

##### (1) 地形

ミタワン・ヒルトレントは図-2.1に示すように、パンジャブ州西端のインダス河とスライマン山脈に挟まれたD.G.カーン・ヒルトレントベルトのほぼ中央に位置し、南はシンド州、西はバロチスタン州、北は北西辺境州に接している。ミタワン・ヒルトレント流域は北はビドールヒルトレント流域、南と西はカハヒルトレント流域、東はD.G.カーン水路灌漑地域にそれぞれ接し、北緯29°47'から30°06'、東経69°58'から70°17'の間に位置する。

調査対象地域を図-2.2に示す。その中心ともいべき街はチョティバラであり、D.G.カーンの市街地から西南西約46kmに位置する。チョティバラは、その東約24kmのチョティゼリンと舗装道路で連絡され、北約20kmのサキサルワールとは砂利道で連絡されている。集水域を南北にはほぼ二分してパンジャブ州からバロチスタン州を結ぶ国道が通過している。

本計画で調達される資機材の一部が利用されるミタワン分流堰の建設予定地は、図-2.4に示すチョティバラより下流約4km、ヒルトレントの谷出口下流約1kmにあるハドワリバンド地点である。

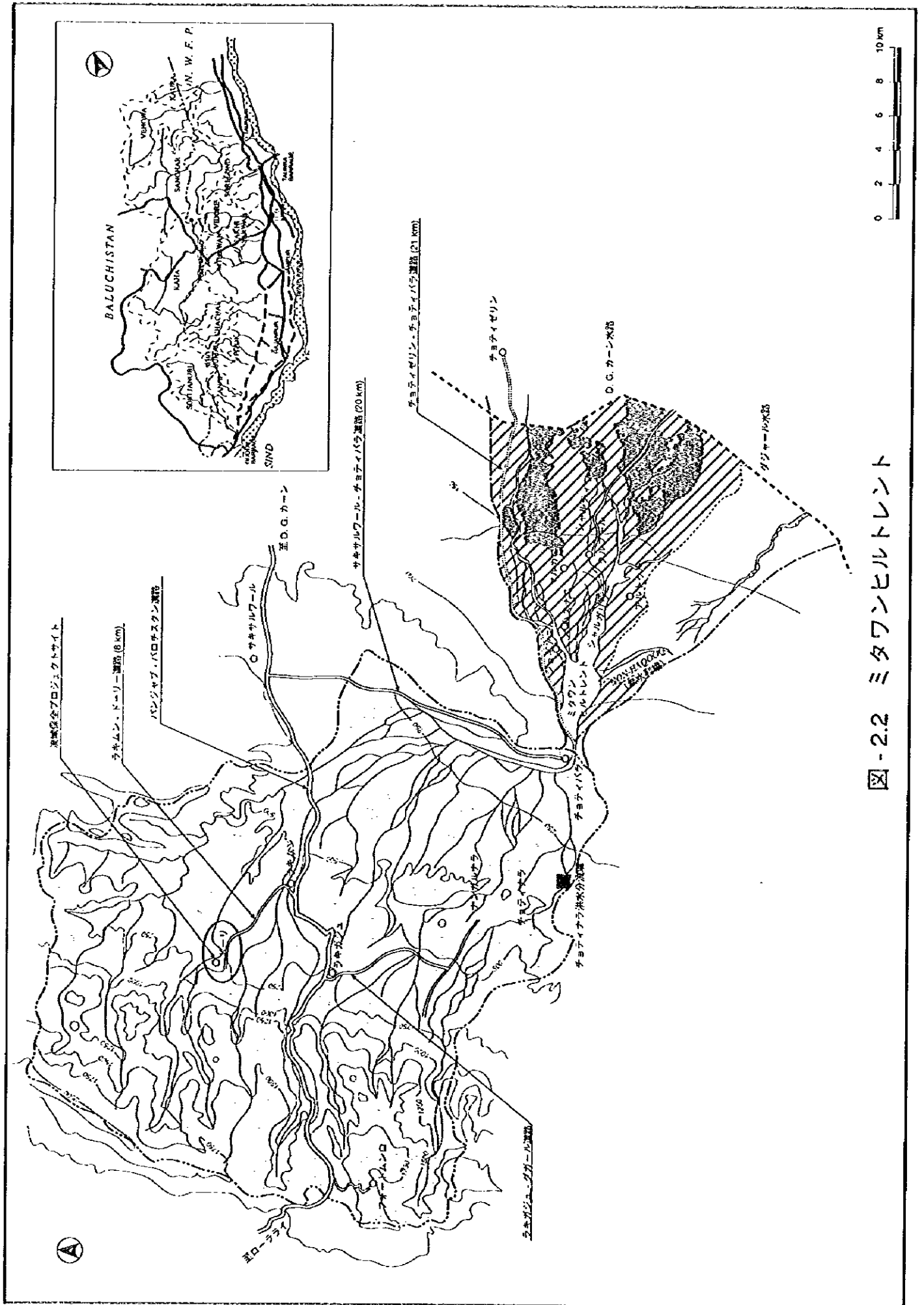


図-2.2 ミタワシルトレント

ミタワン・ヒルトレントは源流を標高 1,500 m 以上の高地とするミタワン、シリ、ラキ、ナンガール、チョティの各支流が北側から順次合流し、パチャドと呼ばれる扇状地へと流下する。なお、1996 年に完成したチョティナラ分流堰によって最下流の支流チョティナラは流域変更された。流域はヒルトレントの谷出口より上流の集水域と、谷出口から下流、D. G. カーン水路までの扇状地に区分される。集水域の地形は南北方向の褶曲活動により形成された山稜と溪谷により特徴づけられる。その面積は、チョティナラを除く集水域が 640 km<sup>2</sup>、扇状地地域が 264 km<sup>2</sup> である。

扇状地は、現在も形成途上にある扇状地で扇面の変化が著しい。この扇状地は扇頂から扇端まで約 20 km、扇端で南北約 22 km、その面積は 264 km<sup>2</sup> である。標高は 120 から 200 m、地表勾配は 1/200 ~ 1/300 である。扇状地は、ほぼ全面に人手が入っており、扇状地北部では扇頂から下流 15 km 付近まで、中央部、南部では 10 km 付近まで洪水灌漑農地がある。この扇状地の扇端近くには D. G. カーン水路があり、その下流には灌漑農地が広がる。

ミタワン分流堰の建設予定地であるハドワリバンドから下流のミタワンヒルトレントは、3本の流路に分かれる。河道縦断は扇頂部を境界として上流の勾配が下流の勾配に比べて小さい。分岐後の河道のうちエスケープの河床高が一番低い。また、北側水路（タルハワー）は現在河床低下しつつある。流路の横断形状をみると河床は全般的に非常に平坦である。扇状地に入ってから 2, 3 km までの河岸高は 60 cm 程度である。一方、洪水流が集中した河道の一部は、河床低下し、河岸高が 3 ~ 4 m に達する。また、河床は扇頂上流 4 ~ 5 km より砂床となり、縦断方向にはほとんど変化がなく、微細砂、中砂から構成される。扇状地の河床材料は全域で微細砂 ~ 細砂である。河床の砂層厚は扇頂部付近では砂層厚は 35 m 位、扇頂下流約 5 km 地点の井戸掘削によると 80 m 以上である。

## (2) 地質

ミタワン流域は褶曲軸がほぼ南北方向に走るスレイマン褶曲帯に位置している。これらの地質構造の形成は、現在も続いている造山運動に由来するものであり、大部分、鮮新世 ~ 更新世のヒマラヤ造山活動の最も活発な時機に形成されたものである。

スライマン山地の中央部をほぼ南北にフォートムンロ背斜軸が走っており、ミタワン流域北部のサキサールワール流域との境界はバガルチュール向斜が走っている。本流域の地質は図-2.3 に示すように白亜紀から現世までの堆積岩からなる。

扇状地は砂、シルト、粘土を主体とする扇状地堆積物である。

## (3) 気象

### 1) 降水量

D. G. カーン・ヒルトレント地域の降水量は北部で多く、南部で少ない。また、高位標高部で多く低位標高部で少ない。その範囲は 390 mm から 180 mm であり、このうち 60 % は 7 月から 9 月のモンスーン期に集中する。この地域一帯の降雨の多くは午後から夜間にかけて降る。その時間強度分布としては、6 月から 9 月のモンスーン期の降雨は継続時間が短く雨量強度が大きい。また、2 月から 4 月の降雨は雨量強度が低く、長時間にわたる。近傍の降水量を表-2.1 に示す。

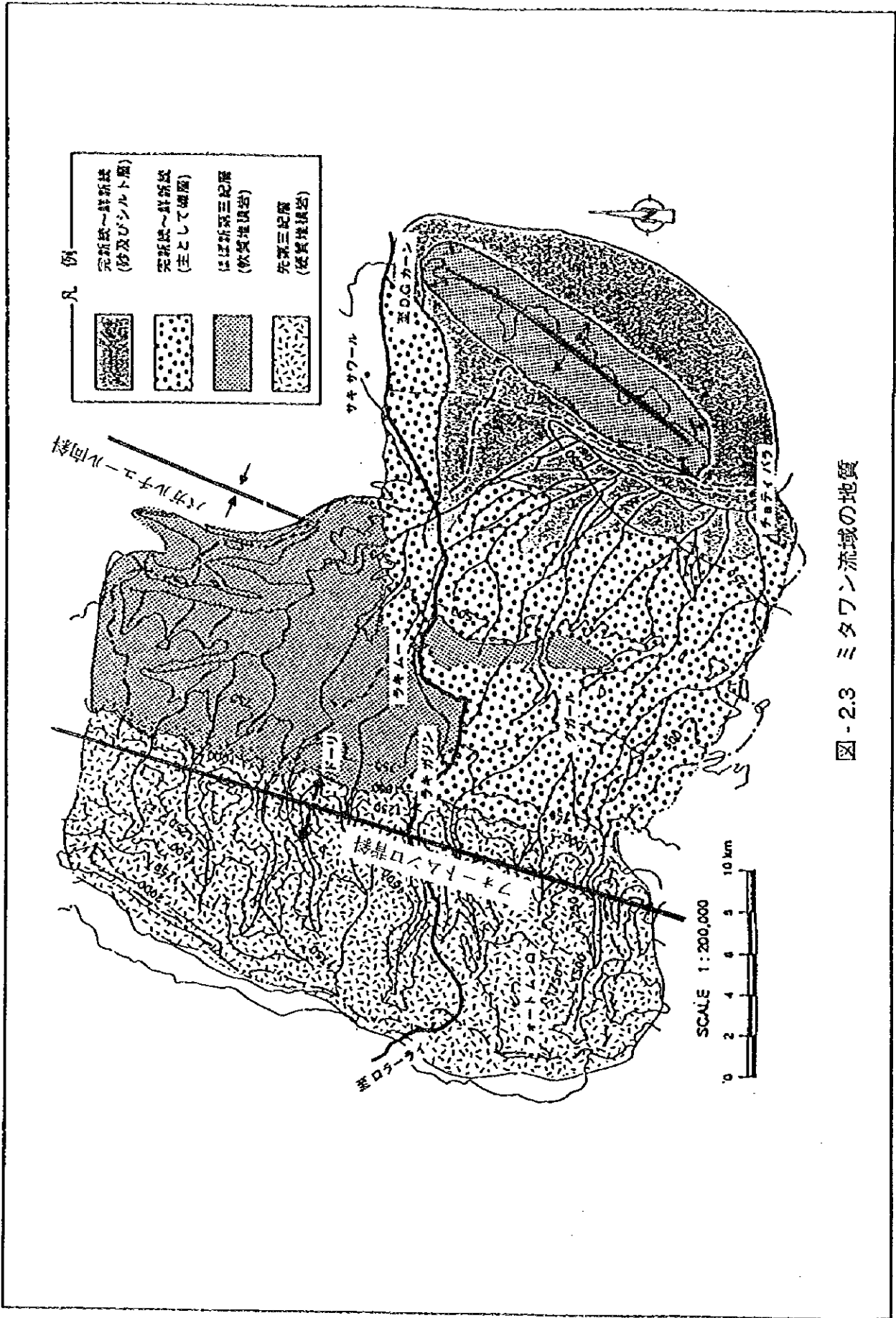


図-2.3 ミタ川流域の地質

表-2.1 ミタワン・ヒルトレント近傍の月平均降水量 (mm)

観測地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
バルカン	17.3	12.1	22.6	31.4	22.3	47.8	104.0	75.7	34.5	7.7	7.9	6.3	389.5
マルブン	7.0	5.1	24.7	24.0	19.4	18.1	80.8	73.9	42.6	2.2	0.5	3.8	302.1
ジラト・ラヌ	6.5	5.8	12.1	31.8	29.7	39.4	70.2	45.0	24.2	0.6	0.4	0.8	266.7
フォート・ム	7.5	14.6	19.6	19.8	11.9	20.7	69.4	60.9	32.7	4.0	3.2	3.6	267.9

2) 気温

近傍地点 (バルカン) の観測値によれば、山地部の年平均気温は 21.4℃、月平均気温の最高は 6 月の 31.0℃、最低は 1 月の 9.3℃である。湿度は年平均 45%、最高は 8 月の 63%、最低は 5 月の 33%である。一方、平地部 (ムザファルガー) では年平均気温 24.9℃である。ミタワン地域における気温は 1995、96 年の観測によると 4、5 月には気温は 50 度を越える。

(4) 水文

ヒルトレントの出水は一年に数回から 10 回程度、モンスーン期と早春に発生する。しかし、被害をもたらす規模の洪水は数年に一度モンスーン期の豪雨により発生する。流域の大部分は植生が失われ地表は裸地であるため、ヒルトレント洪水は土砂を大量に含み、ピーク流量が高く、継続時間は短い。

雨量などの計画の基本となるべき水文データが不足している中で、ミタワンヒルトレントの洪水ピーク流量が 1958 年から 1964 年、1975 から 1987 年および 1989 年にミタワンヒルトレント谷出口で観測されている。これを表-2.2 に示す。また、1994 年 9 月洪水のミタワンヒルトレントの最大洪水量は痕跡から推定すると 2,070 m<sup>3</sup>/sec であった。これらのデータ群から異常データを棄却し、さらにチョティ・ナラの流域変更を考慮すると、再起確率 25 年流量は 2,500 m<sup>3</sup>/sec となる。

表-2.2 ミタワン・ヒルトレント出水状況 (要請書より)

年度	最大ピーク流量 (m <sup>3</sup> /sec)	年度	最大ピーク流量 (m <sup>3</sup> /sec)	年度	最大ピーク流量 (m <sup>3</sup> /sec)
1958	2,193	1975	1,695	1982	518
1959	502	1976	1,637	1983	299
1960	1,631	1977	518	1984	232
1961	1,270	1978	2,264	1985	730
1962	1,674	1979	729	1986	1,446
1963	968	1980	2,251	1987	65
1964	611	1981	110	1989	1,392

パキスタン国ではヒルトレントの構造物の設計に用いる洪水流量の再起確率を25年としており、本調査で対象とする分流構造物の設計にあたっては、この25年流量、2,500 m<sup>3</sup>/secを設計流量とする。一方、総流出量は計画ハイドログラフによると約6千万 m<sup>3</sup>となる。

表-2.3 確率洪水量

確率年	洪水量(m <sup>3</sup> /sec)	確率年	洪水量(m <sup>3</sup> /sec)
2	792	20	2,350
3	1,086	25	2,487
5	1,432	30	2,626
10	1,686	50	2,980

(5) 流域の侵食

ミタワン流域は地殻構造運動が激しいため、潜在的に侵食可能性が高い。流域の地表地質は古第三紀層以前、新第三紀層、洪積世および沖積世の礫層より構成される。新第三紀の頁岩、泥岩、砂岩などの一部は極めて固結度が低く、容易に侵食される。標高約1,000mより高い山地の大部分は表土がなく古第三紀層以前の地層が露出し侵食は少ない。また山麓の多くの部分は洪積世及び沖積世の礫層に覆われているため、侵食は多くはない。新第三紀層で傾斜の強い部分には崩壊地が所々にある。また、流路沿いでは基盤岩が流水によって侵食され洪積礫層が崩落し、これが下流への土砂供給、特に円礫の供給源となっている。

これに加えて、流域全体で無制限な放牧が行われ過放牧状態にあるうえに、半乾燥地帯に位置するため植生の回復が遅く、流域の大部分では植被はほとんど見られない。このため、モンスーン期には侵食を受けやすい。流域の侵食量は2,000～2,500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年と推定される。

(6) 土壌・植生

ミタワン・ヒルトレント集水域のうち、標高が約1,000m以上の区域では露岩あるいは礫に覆われ、河川沿いにごく狭い農地が点在する。農地土壌は礫質土である。高位標高部と扇状地の間は主としてスレイマン山地の堆積岩に由来する沖積扇状地からなり、土性は礫から埴土にわたっている。下流扇状地は細砂、埴土、壤土が支配的である。本地域全般に塩類土壌はなく、強いアルカリ土壌も存在しない。灌漑されない地域の土壌はほとんど一年中乾燥している。

山地部は河道に沿って残された若干の植生を除いては、一般に裸地である。山麓部にはまばらな草類や低木が見られ、また河川沿いの平地はやや土壌水分に富んでいるため、種々の草本や灌木が見られる。扇状地では耕作、過放牧、伐採、あるいは導入種への置換により自然植生の多くは除去されている。



## 2-4-2 社会基盤

### (1) 地域社会

#### — 地域

本計画の対象とするミタワンヒルトレントは、位置図に示すように D.G.カーンヒルトレントベルトの中央部に位置する。D.G.カーンヒルトレントベルトは、パンジャブ州西端のインダス川西岸にあり、その範囲は南北約 300 km、東西に約 95 km である。北部で標高 2,500 m、南部で標高 1,000 m に達するスレイマン山地からは、主要なヒルトレント 13 を含む総数約 200 のヒルトレントがダラと呼ばれる狭い谷出口を通過してインダス川西岸のパチャドと呼ばれる標高 120 ~ 200 m の扇状地に流出してくる。ダラより上流の集水面積の合計は 13,600 km<sup>2</sup>、パチャドの総面積は 1,590 km<sup>2</sup> である。

ヒルトレントベルトを含む D.G.カーンディヴィジョン（行政管区）は 4 ディストリクト（県）よりなり、インダス河西岸には D.G.カーン及びラジャンプール・ディストリクトがある。なお、ヒルトレントのダラより上流の集水域は部族地域とされており、行政上、他のディストリクトとは区別される。

調査対象のミタワン・ヒルトレント地域は D.G.カーンディストリクトの南端に位置し、パロチ族に属するレガリ部族の支配地である。ミタワンヒルトレント地域の中心はチョティゼリンであり、現在は D.G.カーン水路灌漑地域に含まれている。一方、ヒルトレント集水域と扇状地の境界に近い地域の地理的中心には人口約 6,000 人のチョティバラがある。また、部族地域と扇状地には人口が数十人から数千人の集落が数十ある。

#### — 人口

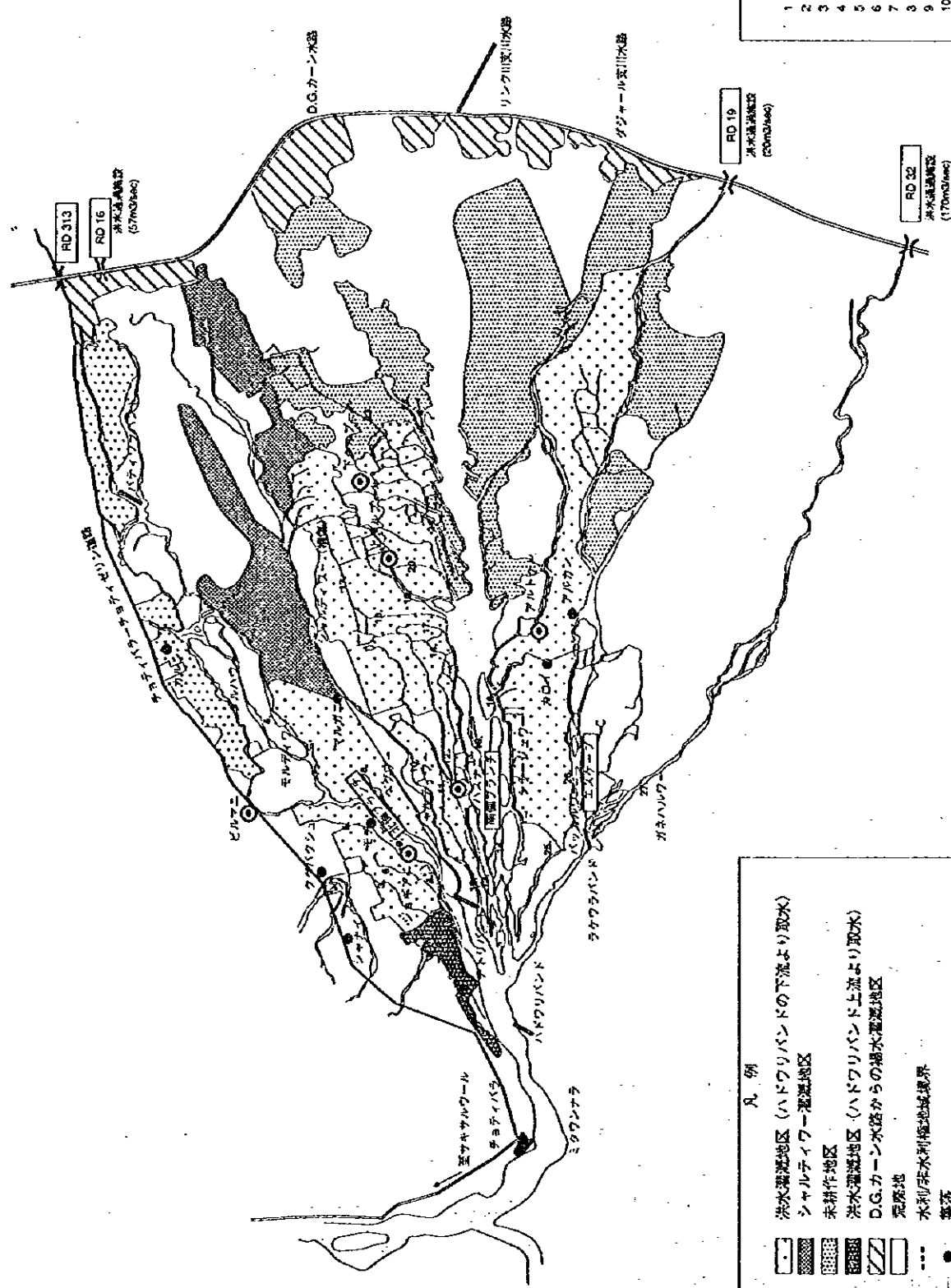
1990 年の部族地域を含む D.G.カーン及びラジャンプール・ディストリクトの推定人口はそれぞれ 138 万人と 93 万人であった。このうち部族地域人口は 17 万人程度と推定されている。パチャドにおける総人口は 1981 年センサスでは 39 万人であった。

1995 年に実施したミタワンパチャド（扇状地）上流のジョギアニ村における各戸調査では、全家族数 127、全人口 1,892 人、一家族当たりの人数は 14.9 人であった。ミタワンパチャド地域には、図-2.4 に示すようにジョギアニ集落ほどの規模の村が 6 箇所、小さな村落が 10 数箇所ある。これより人口はチョティバラを含めて約 20,000 人前後と推定される。一方、政府に登録されたミタワン・ヒルトレント地区の農家数（土地所有者数）は 25,172 であり、扇状地の可耕面積は 30,252 ha である。

#### — 土地利用

ヒルトレントがつくる扇状地（パチャド）は農地及び放牧地として利用されている。扇状地の土壌は肥沃度が高く、保水力にも優れた沖積土壌であるが、用水が不足し農耕には限度がある。土地利用形態は利用可能水量、地形、土壌、道路状況により異なる。

パチャドの洪水灌漑地では作付け面積は出水量に応じて年々変動し、すべての農地が耕作される年はない。ミタワンパチャドにおける水さえあれば耕作が可能となる可耕面積は政府の資料（1900 年頃に調査）では、30,252 ha となっている。



主要水路

1	ジュタイニワ	15	カンダウ
2	トウストニワ	16	ルンダウ
3	ジキク	17	ハルマニワ
4	ザリバク	18	シャルグワ
5	シャルグワ	19	アルワル
6	タルハク	20	フニアタク
7	ベク	21	モク
8	モルジク	22	カカール
9	ラクニク	23	ノク
10	シャルグワ	24	バリク
11	クダリク	25	ブンガル
12	シャルグワ	26	ハクセル
13	ダヌク	27	ガネハク
14	シラジュク		

凡例

- 洪水灌漑地区 (ハドワリバンドの下流より取水)
- シャルグワ灌漑地区
- 未耕作地区
- 洪水灌漑地区 (ハドワリバンド上流より取水)
- D.G.カーン水塔からの洪水灌漑地区
- 荒地
- 水利/非水利極地域境界
- 集落
- 主要な集落



図 - 2.4 ミタワン扇状地土地利用図

可耕地のうち農民が出水に備えて耕作の準備をした面積は 92 年 10,880 ha、93 年 11,960 ha、94 年 13,600 ha であった。これに対して、洪水が貯留され収穫のあった農地面積は、92 年には耕作準備面積の 20 % (2,129 ha)、93 年には 16 % (1,954 ha)、94 年には 44 % (5,979 ha) であった。

1992 年 5 月撮影の衛星写真によると D.G.カーン水路より上流のミタワン扇状地の面積は約 24,000 ha であり、そのうち 6,600 ha は洪水灌漑の準備がされている。一方、流路の移動、農地の埋没などによって近年農地として利用できなくなった面積が 5,800 ha あるが、このうち耕作地として利用可能になる面積は約 4,000 ha と推定される (図-2.4 参照)。

一方、ミタワン扇状地において 1 家族が所有する土地面積は、政府資料によると平均 1.3 ha にすぎない。百年前にはパチャドで最低 4.5ha の農地が標準家族の生活に必要なとされていたこと、及び実際の洪水灌漑農地の生産量を考慮すれば、1.3ha の農地面積は家族が生活できる面積ではない。パロチ族は土地を息子に平等に相続するため、このような実態に至った。しかし、扇状地上流のジョギアニ村での全数調査によると 1 家族当たり農耕面積は 6.3 ha であった。これは土地の不足を補うため、離村者の土地を請負耕作しているものと推測される。

#### 一 パチャドの産業

ミタワン・ヒルトレント流域における産業は、牧畜と穀類を主とする農業である。

農業はミタワン・ヒルトレントが形成したパチャド (扇状地)、上流域山麓に主要支流が形成した扇状地、および上流域支流沿いの通年流水のある場所で行なわれている。

灌漑農業の形態は水源別に、(1) パチャドの大部分および支流扇状地におけるヒルトレント洪水を水源とする洪水灌漑、(2) パチャド下流端 D.G.カーン水路沿い地域の揚水灌漑、(3) パチャド中下流の一部における地下水灌漑、(4) 上流域支流沿いの通年流水を水源とする小規模水路灌漑である。

パチャドを主とする洪水灌漑地の主要作物は夏作のカリフ期にはソルガム、ミレット、出水が 10 月以降にあれば冬作のラビ期に小麦、グラム (ヒヨコマメ)、油料作物が作られる。揚水灌漑地および地下水灌漑地ではカリフ期には綿花、ラビ期には油料作物、小麦などが栽培される。

洪水灌漑地の収穫量は洪水出水量によって変動し、洪水量の少ない下流ほど平均収穫量は低い。最近では中下流域において地下水灌漑が導入されつつあり、不安定な洪水灌漑から地下水灌漑へと切り替え、収益の高い換金作物の綿が栽培されている。

羊と山羊を主とした家畜の飼育は、本地域では伝統的なものである。しかし、過放牧によって飼料が不足しているうえに、家畜の品質が低いため、その生産性は低い。過去には畜力として価値のあった役牛にかわり、現在は肉牛が飼育されているが、飼育頭数は山羊、羊の 1/10 程度の頭数であり、また、飼料の不足から品質は低い。また、頭数は少ないが運搬手段として、ラクダ及びロバが全域で飼育されている。

#### (2) ミタワンおよび近傍のヒルトレント地域の社会基盤整備状況

##### 一 洪水灌漑施設

現在、ミタワン扇状地には図-2.4に示すように洪水流を制御し洪水灌漑を維持するため、盛土構造物であるハドワリバンド、チトリバンド、ラケワラバンド、パティワラバンドが建設されて

いる。また扇状地より上流のミタワンナラ支流チョティナラには洪水分流堰が建設されている（図-2.2参照）。近傍のカハヒルトレント、ヴィドールヒルトレントでも洪水分流堰が建設されている（図-2.1参照）。

#### — 流域保全

モデル流域保全地区ドーリにおいて流域保全を目的とした小構造物が日本の無償援助によって建設された。引き続き、住民参加による流域保全プロジェクトが1995年4月から52ヵ月を第一段階として、日本の資金援助により、FAOによって進められている。流域保全プロジェクトは、住民の手で流域の保全を考慮した持続的な地域開発を行うことが目的である。

#### — 輸送交通

ミタワン・ヒルトレント地区内の道路路線は図-2.2に示した。幹線道路はD. G. カーンからクエッタ（バルチスタン州）に至る国道が計画地域内中央を東西に通過する。また、チョティゼリンからチョティバラ間は延長約24 kmの舗装道路で連絡され、チョティバラから東北約20 kmのサキサルワールの間は砂利道で連絡されている。またそれぞれの間は、バスが運行されている。ラクムンからドーリ、ラキガジュからダガールの道路は計画的に作られたものである。その他の集落間の通行路は小径のみである。

#### — 教育及び厚生施設

医療施設はバチャドおよび部族地域ではチョティバラに診療所が1箇所あるのみである。教育施設として、大集落にはほとんど小学校があり、またチョティバラには中学校1校がある。これらはすべて男子のみが対象である。大部分の小学校では教員が不足し、全く教員のいない学校もある。このような教育環境のため、識字率は極めて低く男性は5%以下、女性は皆無である。

#### — その他

1995年にバチャドの一部の集落に送電線が布設され、チョティバラには無線電話が設置された。

### (3) 洪水灌漑

バチャド農地の大部分ではヒルトレント出水を唯一の水源とする。このヒルトレント出水による灌漑は洪水灌漑と呼ばれ、慣習にもとづく規則、水利権が定められている。

D.G.カーンヒルトレント地域において行われている洪水灌漑は次のようなものである。農民は共同組織カマラの下で毎年河道にヒルトレント出水を取水するために土堰堤を造成する。土堰堤は各支線水路、各圃場毎に作られる。モンスーン期に出水があると上流から順に取水する。ある圃場で取水が完了するとその圃場の所有者は土堰堤を壊して、下流に水を流す。このような土堰堤と高畔で囲まれた圃場はバンドと呼ばれる。また、水路はワーと呼ばれる。各土堰堤の設置位置とその許容強度は水利権台帳に記録されている。これらを模式的に示したものが図-2.5である。

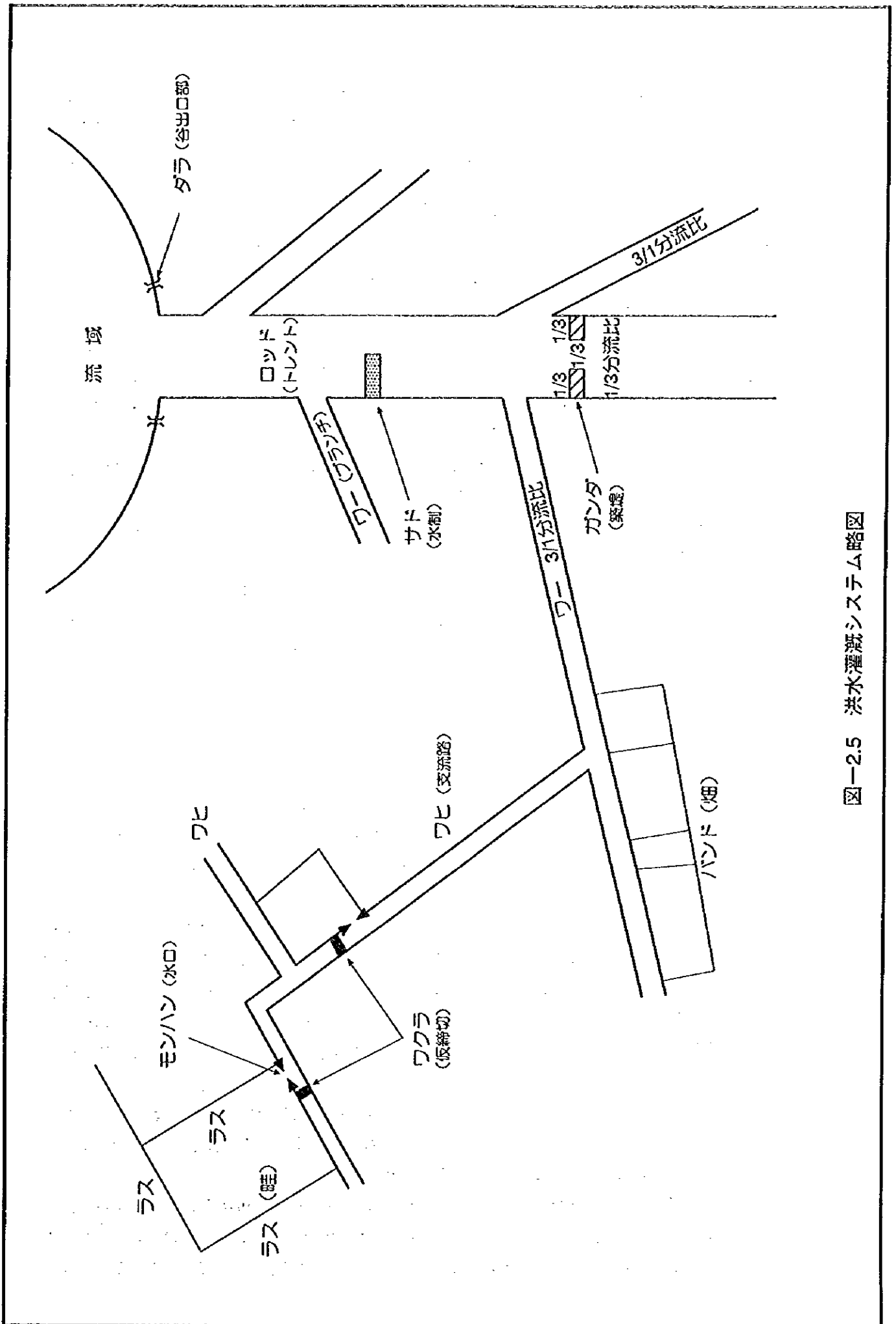


図-2.5 洪水灌漑システム略図

現在の水利権は、古来からのサロバパイナの原則、すなわち上流（サロバ）は下流（パイナ）に対して常に優先権を有するという原則に基づいて1906年に定められた。ミタワン扇状地は、水利権のある扇面北半部のハーク地域と、水利権のない扇面南半部のノンハーク地域に分けられる。ノンハーク地域では、ハーク地域で水の余剰があったときにのみ取水できる。

現在ではサロバパイナが設定された時代とはバチャドの状況は大きく異なり、扇状地流路の変化に加えて、農地面積の拡大やサルダール制の停止、D.G.カーン水路の完成に伴う人口移動など社会環境にも大きな変化があった。しかし、水利権は変更されていないため、実際の水配分は水利権で決められたものと相当異なってきた。

ミタワン地域には農民が共同で運営する水利組合カマラがある。ガンダ、ワクラ、ワー、ワヒなどの水路や取水施設を利用する土地所有者はそれぞれのカマラに加入しなければならない。各人は、圃場の面積に関わらず所有する圃場の数に応じて、カマラの取水に関する作業を負担する。また、複数のカマラが共同で利用する施設は関係するカマラが協力して修復、建設作業を行う。

カマラメンバーは稀な出水を確実に取水するため、水路や取水施設を点検し、取水に悪影響を及ぼす兆候があれば、直ちに必要な処置をする。

洪水時の対処方法は過去の経験から大洪水と小洪水で異なる。カマラは大洪水は制御できないが、小洪水は完全にコントロールできる。

ミタワン扇状地の洪水灌漑とヒルトレント洪水被害の軽減のためには扇状地全体の管理、特に地形変化を制御する管理が求められる。このためには地域のカマラ全体を調整する指導力が必要である。現在のカマラはそれぞれの単位では健在であるが、全体としてのカマラの協力と調整はうまくいっていない。

#### (4) 洪水被害

バチャドでは古くからヒルトレント洪水による灌漑が行われてきている。しかし、扇状地の流路は扇頂部で首降りと呼ばれる平面移動を繰り返す。ミタワン扇状地でも大洪水の時には、流路が変化して、洪水が水利権のないエスケープに流れ去り、水利権のある農耕地で取水できなくなる。これに対してカマラが協力して扇頂部にハドワリバンドを作り流路を制御してきた（図-2.4参照）。

バチャドにおける洪水被害をあげると、シャルティワー、タルハワーに見られるような河床低下および流路の拡大と移動により取水が不可能になること、またそれに伴う農地の流失、流路端部における二次扇状地の形成による農地の埋没、また短期的には取水施設の破壊、取水の失敗による耕作不能、発芽した作物の浸水と流失被害などである。これらのうち、バチャドにおける最大の洪水被害は、シャルティワーに見られるような河床低下により取水が不可能となり洪水灌漑を放棄せざるを得なくなる事態である。

ミタワンヒルトレントは、D.G.カーン水路が計画された頃には主に北ブランチおよびエスケープへと流れていたと推測される。南ブランチ下流のD.G.カーン水路には洪水通過施設が存在せず、南ブランチには大洪水は流れていなかったと思われる。

1950年代から洪水が集中しやすくなっていたシャルティワーは、1976年の洪水によって両岸の農地より3～5m河床が低下した。このため、その後1979年までの3年間は、ヒルトレント洪水の全量がシャルティワーに流入し、ミタワンバチャドでは洪水灌漑ができなかった。これに

対して1979年にチトリバンドがシャルティワー上流端に建設され、シャルティワーへの洪水の流入が止められた。同時にチトリバンド下流約5km地点にシャルティバンドが建設され、河床に土砂を堆積させて河床上昇が計られた。しかし、洪水はシャルティワーに流入しなくなったため、河床は現在も周辺農地より3,4mも低いままである。

1980年に水利権のないエスケープへの洪水の流去を止めるためにハドワリバンドが完成し、洪水は主に北ブランチに流れるようになった。このほか、1980年代始めにはエスケープのハドワリバンド下流3kmにラケワラバンド、また、ハドワリバンドより約15km下流のタルハワー末端にパティワラバンドが建設された。

現在、洪水は北ブランチのタルハワーに集中し、ここでは河床低下が進行しつつある。1994年の洪水はタルハワーに集中し、タルハワー沿いの集落では未曾有の洪水となった。しかし、南ブランチ、エスケープ沿いでは通常の小規模な洪水程度であった。洪水は扇状地を1日で通過したが、タルハワーは約11km下流まで河床が2~4m低下し、河床幅は拡大した。このように、タルハワーでは流路の変化が進行しつつあり、地元農民の手でこれを制御することは、費用、労力の面で困難である。なお、1994年洪水によってハドワリバンドは先端部の張石が洪水流によって壊された。

一方、D.G.カーン水路建設により水路灌漑農地となったミタワンヒルトレント扇状地下流一帯は、ヒルトレント洪水によって灌漑水路の築堤が破壊されたり、低平な灌漑農地が湛水するなど被害が生ずるようになり、灌漑農地の深刻な問題として取り上げられるようになった。

D.G.カーン水路灌漑農地の被害の多くはミタワンパチャド下流域で起きる。D.G.カーン水路右岸のパチャド側には、ヒルトレント洪水を防御する築堤があるが、これは設計上、捨土とされているため、維持補修はされず築堤の侵食が著しい。このため、築堤は越流や浸透によって壊されやすく、洪水時にはヒルトレント洪水は容易に水路に流入する。洪水の流入によって水路水位は上昇し、水路左岸灌漑地側の築堤は越流によって破壊され、灌漑地には洪水が湛水する。水路灌漑地区は地表勾配が1/5,000から1/10,000と緩く排水不良で、湛水は数日から数ヶ月にもおよぶことがあり、農地はもちろん家や道路も水没する。1994年洪水では水路灌漑地区のチョティゼリン一帯は約1週間湛水した。

パキスタン側が実施したミタワン地区F/S調査によると、水路灌漑地域の洪水量と被害面積、被害額は表-2.4のようになっている。なお、被害額は1991年時点の価格による。

表-2.4 推定洪水被害

年	流量 ft <sup>3</sup> /sec((m <sup>3</sup> /sec)	確率年	湛水面積 エーカー(ha)	被害額 百万ルピー
1974	40,000(1,135)	1.85	0	0
1975	59,877(1,700)	5.00	40,400(16,350)	198.2
1976	57,861(1,640)	4.50	28,330(11,465)	139.0
1978	80,000(2,270)	18.00	70,400(28,490)	345.3

## 2-4-3 既存施設の現状

### (I) ミタワン扇状地の施設

これら施設の位置は図-2.4に示した。

#### 1) ハドワリバンド

このバンドはヒルトレント洪水を水利権のあるハクーク地域により多く導き、水利権のないエスケープに流下する洪水量を少なくすることを目的として1980年頃に設置された。設置位置はミタワンヒルトレント谷出口より下流約1.5km右岸である。

構造は張石盛土構造であり、盛土材は主として河床の砂、一部はシルトである。築堤上流側および先端部は[張石+碎石層(フィルター)+細砂/シルト]、先端部は鉄線蛇籠により保護されている。高さは4~5m、長さは400m、天端幅4m、上下流とも法面勾配は1:2である。

右岸のハドワリバンド起点から上流に向かって高さ約3m、延長約1,300mの築堤が作られ、洪水が右岸堤内地に流入すること、すなわちハドワリバンドより右岸側に流路が移動することを防いでいる。しかし、現在は所々破堤している。

ハドワリバンド完成後の大きな洪水は、1980年代に2~3回、1990年代に1回発生した。1994年までは築堤に損傷はなかったが、1994年洪水によって先端部上流側約15mの張石が流れ内部の砂盛土が侵食された。なお、築堤に直接接触していた鉄線蛇籠は鉄線は錆びていたものの沈下、変形などは見られなかった。

細砂、シルトなど粘着性のない細粒材料から構成された河道に、強度の高い構造物を設置し、流路を一方向に固定したため、洪水流は北ブランチのタルハワーに集中しタルハワーの河床低下が起きている。このように流路をある方向に固定してしまう構造物は、流路の首振りを止めるが、扇状地を均等に成長させる必要のある形成過程の扇状地における構造物としてはそぐわない。

#### 2) チトリバンド

このバンドは1980年頃に著しく河床低下したシャルティワーへの洪水の流入を防ぐことを目的として設置された。設置位置はミタワンヒルトレント谷出口より下流約4km、シャルティワー入口である。

構造は張石盛土構造であり、盛土材は主として河床の砂、一部はシルトである。築堤上流側および先端部は[張石+碎石層(フィルター)+細砂/シルト]、先端部は鉄線蛇籠により保護されている。高さは4~5m、長さは400m、天端幅4m、上下流とも法面勾配は1:2である。

チトリバンドはシャルティワーへの洪水の流入を完全に止めているため、河床上昇に必要な土砂が供給されなくなった。このため、シャルティワーは現在も周辺農地より3~5m低いまま置かれ、取水できない。

#### 3) ラケワラバンド

このバンドはハドワリバンドの下流約4km地点のエスケープに設置されており、エスケープに入った洪水が河床低下したガネハルワーに流入しすぎることを制限するために設置された。

構造は張石盛土構造であり、盛土材は主として河床の砂、一部はシルトである。パッカルワー



への導流堤とガネハルワーへの導流堤の二本の築堤から構成されている。

バックカルワーへの導流堤は延長 319 m、天端幅 6.6 m、堤高は約 4 m である。また、ガネハルワーへの導流堤は延長が 80 m、天端幅 5.4 m、堤高は約 4 m である。ガネハルワーへの流量は制限され、洪水の大部分をバックカルワーへ導流している。

#### 4) バティワラバンド

バティワラバンドは 1984 年に築堤されたものである。その位置は D.G.カーン水路から 4.5 km 離れたパチャド内のタルハワー下流である。洪水を道路北側の畑に導き、タルハワーの直接下流にある揚水灌漑農地、および D.G.カーン水路の洪水被害を避ける目的で設置された。高さ約 4 m、延長約 2 km で扇面を横断する方向に置かれている。このバンドは 1990 年頃以降ほとんど手入れがされず大半が崩壊していたが、現在は上流側を石張りとして復旧された。

### (2) 近傍扇状地の施設

これらの位置は図-2.1に示した。

#### 1) カハヒルトレント洪水制御施設

カハヒルトレントはスレイマン山地の標高 2,050m を源流とし、ミタワンパチャドの南側に流出する。流域面積は 5,500 km<sup>2</sup>、スレイマン山地を源流とするヒルトレントのうち最大のヒルトレントである。カハヒルトレントの最大洪水量は 2,662 m<sup>3</sup>/sec である。カハ上流域流域保全計画プロジェクトが完成すれば、上流域のパロチスタン州内で 556 m<sup>3</sup>/sec が利用されることになり、2,096 m<sup>3</sup>/sec がカハ扇状地へ流出することになる。このうち、1,777 m<sup>3</sup>/sec がカハ扇状地の灌漑に利用され、319 m<sup>3</sup>/sec はダジャール支線水路のヒルトレント通過施設を通して水路灌漑地域に流す。この事業では、扇頂より末端まで 41 km の流路に計 13 カ所の構造物が作られた。

カハプロジェクトは、工事途中の 1994 年 9 月の大洪水によって、多くの構造物が被災した。その後、補修されたものの翌 95 年 4 月に再び下流では大きな被害が発生した。

洪水被害は、設計、施工いずれにも原因がある。設計の点では設計洪水量が小さいこと、および施設位置が不適当であることが原因である。設計洪水量 2,096 m<sup>3</sup>/sec に対して、1994 年 9 月の洪水流量は扇頂部において約 2,900 m<sup>3</sup>/sec であった。設計洪水量は、扇頂における流出量 2,662 m<sup>3</sup>/sec から、将来上流で実施されるプロジェクトによる取水量 556 m<sup>3</sup>/sec を差し引いた 2,096 m<sup>3</sup>/sec とされているが、着手していない上流プロジェクトの効果が見込まれていた。また、施設位置に関しては最上流部の 3 個所の施設は、カハヒルトレントと支流ヒルトレントが合流する流路の不安定な個所に設置されたことに問題がある。

施工の点では、施工計画に問題があった。設計では上流から順次取水することになっており、下流に行くにしたがって構造物の計画洪水量は少なくなる。したがって、施工中の事故を防ぐためには、上流から順次完了すべきである。しかし、工事はこれを無視して途中が着工されていないにもかかわらず、下流域の構造物が早く完了したため、最下流の 2 個所の構造物は完成間近の '94 年 9 月に被災した。その後修復されたものの '95 年 4 月洪水では再び被災した。現在、下流部では管井戸が普及したため、施設は利用される見込みがなく、修復されずに放置されている。

## 2) チョティナラ洪水分流堰

ミタワンヒルトレントに合流する支川の一つであるチョティナラのダラ（谷出口）にチェックダム、その下流約 1.2 km の地点にチョティナラ洪水分流堰が日本の無償資金協力によって建設された。これら施設は、チョティナラをミタワン流域から独立の流域へと分離し、チョティナラ下流約 400 ha のハーク地域と約 2,000 ha のノンハークの地域を灌漑する。これにより、ミタワンヒルトレントへ流入する洪水量はピーク時に 280 m<sup>3</sup>/sec 減少する。

95 年 4 月に完成したチョティナラ洪水分流堰上流のチェックダムの堆砂池は越流部天端まで土砂が堆積しているが、元の河床勾配に見合う堆砂勾配になるまで、今後もしばらくの間堆砂池への堆積が続くものと思われる。洪水分流堰は堆砂によって分流機能が低下する恐れがあり、適切な管理が必要である。

この洪水分流施設の完成により、今まで洪水があまり流下しなかったチョティナラ下流流路への洪水量が多くなり地元からは喜ばれている。しかし、施設の維持管理に関する理解がないため、今後カマラを通じて施設の運営体制の強化を図ることが望まれる。

## 3) ヴイドールヒルトレント

ミタワンヒルトレントの北側に位置し、流域を接するヴィドールヒルトレントでは、世界銀行の融資により扇頂部に分流施設が設置された。分流施設は本堤と上下流のコンクリート製床固工、鉄線蛇籠による導流堤からなる。計画では 2 箇所に分流施設を作ることになっているが、予算の制約から現在 1 箇所が完成しただけである。

施設完成後、洪水が 1 回発生したが破損は見られない。しかし、床固工上流に砂州が発達していること、右岸側水路の下流河床が堰天端より高いことのため、分流は不十分と思われる。

## 2-5 環境への影響

ミタワン扇状地の上流域においては、過放牧が原因となり、著しく植生が少なく、下流扇状地へ流出する洪水は短い流出時間と高いピーク流量、大量の土砂流出を伴う。これにより、ミタワン扇状地は、河道の移動、河床低下、二次扇状地の形成など激しい地形変化を伴う形成過程にある。このような扇状地を自然のままに放置すると、人為により長年月をかけて作り上げてきた農業生産基盤が破壊されるため、扇状地の保全是、生産維持のために欠かせないものである。

本プロジェクトにより計画される扇面安定施設は、洪水を広範囲に分散し、洪水流の集中を防ぐ。これにより、形成過程にある扇状地の変化が全域でバランスのとれたものとなり、扇面で広く行われている洪水灌漑はより確実になる。その結果、扇状地下流の水路灌漑地域の洪水被害は軽減される。また、洪水の分散により扇状地の水分状態は改善され、扇面における土地利用を確実なものにする。

このように、本プロジェクトは扇状地の自然環境の激変を緩和し、扇面における生産基盤を保護し、地域住民の生活の場を安定させ、地域の社会環境を保全するものである。

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの目的

ミタワン扇状地の洪水灌漑農地を拡大することは、扇状地における農業生産を安定化し、水路灌漑地域の洪水被害を軽減する。この実現に向け、扇頂にヒルトレント洪水の分流施設を建設し、洪水の有効利用を進める計画が数度にわたり提案されてきた。初期の計画では上流に貯水池を作ることが提案されたが、貯水池への大量の土砂堆積が予想されることから実現には至らなかった。

1984年、パキスタン政府は F/S 調査を実施し、ミタワン扇状地のより広い範囲で洪水灌漑を行うため、扇頂に洪水分流施設を設置することを提案した。この提案に基づく洪水分流施設建設のため、日本政府は 1995 年から「ミタワン堰建設計画」基本設計調査を実施し、水理模型実験が行われた。その結果、扇頂に洪水分流施設を建設しても、大洪水時には下流は河床低下を起こし、施設は激しい洗掘によって破壊される可能性が高いことが示された。さらに、ミタワン扇状地は形成過程にあるため、扇面流路の河床低下を防ぎ、扇状地全体として地形変化の均衡を保つように制御しなければ、扇状地は持続的に利用できないことも基本設計調査の中で確認された。

扇状地の利用を持続的にし、洪水分流施設の破壊を避ける扇面の地形変化の制御は、扇状地を横断する等高線築堤の建設により実現できる。等高線築堤は土砂濃度の高いヒルトレント洪水を扇状地に広く分散貯留し、洪水に含まれる土砂は扇面に堆積する。この結果、扇面は下流から平坦となり、低下した河床は上昇する。また、洪水流の集中はなくなり、流路の河床低下は防がれる。このような等高線築堤を扇状地の扇端から扇頂へと順次建設することにより、扇面の地形変化は制御され、扇状地の持続的利用が実現される。

本プロジェクトは、扇状地の地形変化を制御する等高線築堤の建設に必要な資機材を調達し、パキスタン側がそれらの資機材を用い築堤を行い、より確実に洪水灌漑が行われることを可能にし、農業生産を安定化し洪水被害を低減することを目的とする。

### 3-2 プロジェクトの基本構想

#### 3-2-1 過去のミタワンヒルトレント開発調査

ミタワンヒルトレント洪水を利用するために 1945 年以来、インド、あるいはパキスタン政府によりダム、流出遅延堤を建設する計画が 4 回提案されてきた。しかし、いずれも予想される貯水池における大量の土砂の堆積に対応できないことが理由となって実現されなかった。

1984 年、パキスタン政府によってミタワンパイロットプロジェクトの F/S 調査が実施され、洪水防御の観点からいくつかの案が検討された。その結果、山麓及びパチャドにおいて洪水を灌

漕に利用するための洪水分流施設を建設することによって洪水を制御する案が最適とされた。

このパキスタン側の F/S 調査では洪水分流施設の設計に先立ち、所要の分流比が得られる通水部分の幅と敷高を検討するため水理模型実験が実施された。実験によると、堰上流において砂洲が発生し、上流から供給される大量の土砂の堆積によって、将来施設機能に障害が起きる可能性が示唆されていた。

これに引き続き、日本国の無償資金協力により洪水分流施設を建設する「ミタワン堰建設計画基本設計調査」が実施された。この調査の中でパキスタン側の F/S 調査水理模型実験結果がレビューされ、パキスタン側の設計では施設の通水部分が狭いため下流の砂河床の洗掘を早め、構造物を不安定にする懸念があること、水利権のないノン・ハーク地域への洪水の供給制限は、持続的な扇状地の利用の点から好ましくないことが指摘された。また、この基本設計の結果は施設建設費と効果、完成後の施設の維持管理などに問題があり、日本の無償資金協力事業として妥当ではないと結論された。

### 3-2-2 これまでの対策

ミタワン扇状地においては、第2章 2.4.3 既存施設の現状に示したように4箇所に大きなバンドが建設されてきた。その多くは扇頂部に設置されている。構造物は維持補修に労力のかからない耐久性のある張石構造の施設である。流路の首振りを防ぐハドワリバンド、河床低下した水路への洪水の流入を阻止するチトリバンドなどが1980年代始めに建設された。しかし、ハドワリバンドの建設によって北ブランチへ洪水が集中するようになり、タルハワーでは河床低下を引き起こし、チトリバンドはシャルティワーの河床上昇を阻止し、灌漑水路としての機能回復を不可能としている。このようにこれまでに採られてきた対策は、効果的であるとはいえない。

### 3-2-3 ミタワンヒルトレント扇状地開発計画の基本構想

形成過程にあるミタワン扇状地では、洪水灌漑のための取水を行い、二次扇状地の形成を抑制し農地の埋没を防ぐことが、扇状地の持続的利用に有効である。このためには、扇頂においてヒルトレント洪水を分流し、扇面全体へと洪水流を拡散させる必要がある。洪水流の拡散によって、特定の流路への洪水流の集中が防止され、洪水流の集中によって起きる河床低下と侵食土砂の堆積による二次扇状地の形成が避けられる。

しかし、図-3.1に示す「ミタワン堰建設計画基本設計調査」の中で実施した水理模型実験結果から明らかなように、扇頂における洪水分流施設はその下流の河道が河床低下すれば、堰の直下流に著しい局所洗掘が起り堰の安定が確保できない。堰の安定を保つためには、現在低下している或いは低下しつつある河床を、灌漑用水の取水も容易にできるように、流路沿いの扇面の高さ近くにまで河床上昇させることが必要である。

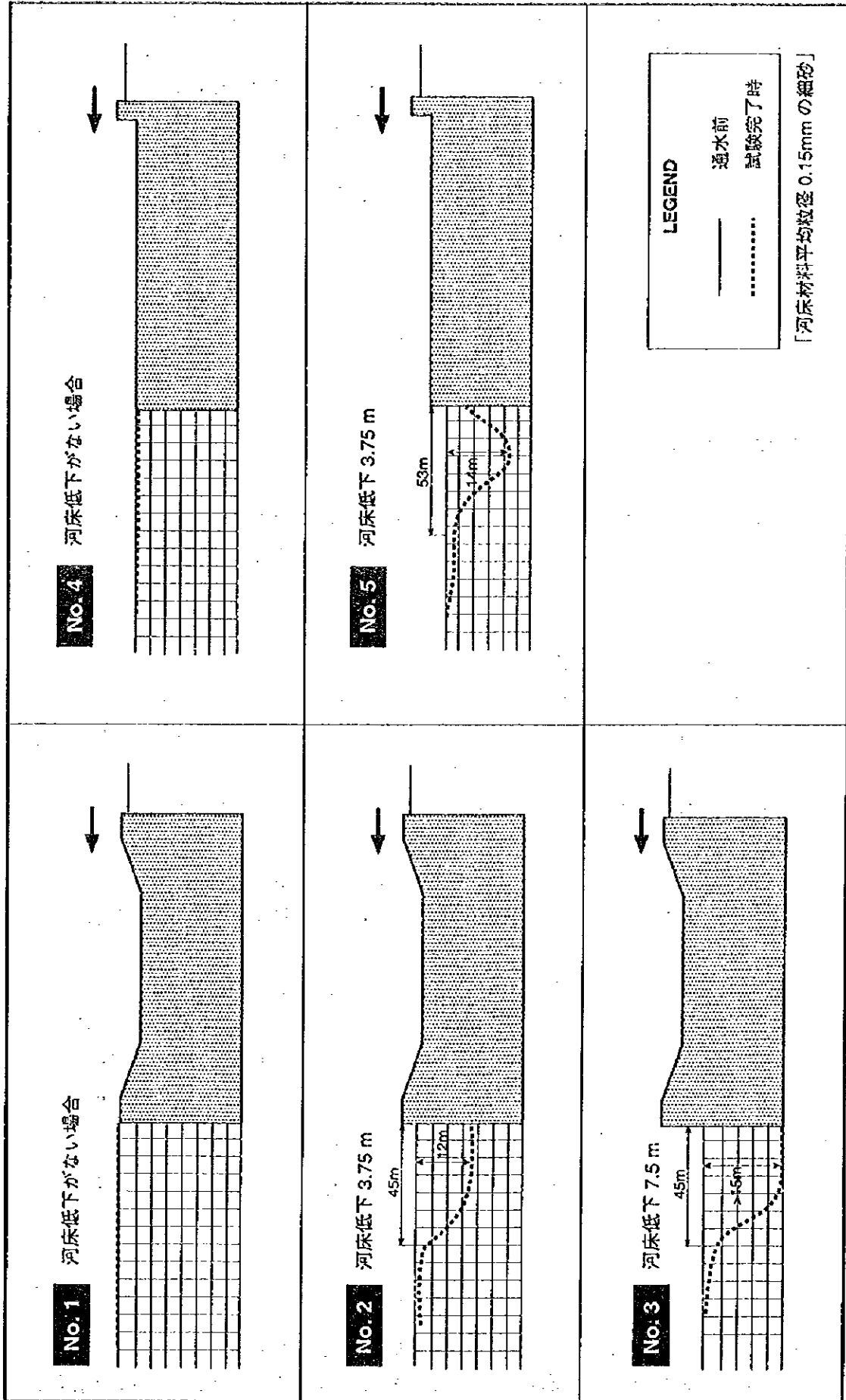


図 - 3.1 堰下流の洗掘 (ミタワシ堰建設設計画基本設計調査水理模型実験による)

このためには、扇面を横断する数本の等高線上に築堤を行い、貯水機能をもたせる。貯水によって土砂濃度の高いヒルトレント洪水に含まれる土砂は築堤上流側に堆積し、低下した河道と扇面凹部を上昇させ、扇面は平坦化する。また、主要な流路部には水通しを設置し、これによって河道は固定される。この築堤を扇状地下流側から順次建設して行けば、洪水灌漑の取水が容易になると同時に扇面農地の平坦化が計られる。また、河床低下は軽減され、扇頂における洪水分流施設の安定が保たれるようになる。等高線築堤の建設によって扇面を平坦化し、扇面流路が安定した後、扇頂に洪水分流施設を建設することが可能となる。

このように洪水分流施設の建設と扇面の維持施設の両者によって始めて、形成過程にある扇状地は持続的に農業生産の場として利用できるようになる。

### 3-2-4 施設計画の基本構想

扇状地を管理するための施設として、他の流域ではパキスタン側によって洪水分流施設が施工されている。ここではミタワン扇状地に対してパキスタン側が作成した施設計画について検討する。

#### (1) ミタワン扇状地における河床低下

扇面全体へ洪水と土砂を分散させるため、扇頂に洪水分流施設が計画されている。しかし、分流施設は図-3.1に示されるように、その下流の河床が低下すれば、堰下流に著しい洗掘が発生し、施設は1回の洪水で壊される可能性が極めて高い。

1994年洪水時のミタワン扇状地における実際の河床低下量は、表-3.1に示すように北ブランチ主流路タルハワー（図-3.4）のチトリバンド付近では約3.5m、タルハワー、ベフワー分岐点付近では約1.5m、タルハワー、モルデイワー分岐点上流では約2.5mであった。このような大きな河床低下は洪水分流施設の安定を損うため、その発生を防止することが必要である。

表-3.1 1994年洪水によるタルハワーの侵食量

区間	距離 (km)	河床幅 (m)	河床低下量 (m)	浸食土砂量 (m <sup>3</sup> )
チトリ-タルハ・ベフ分岐点	2.5	200~226	3.5~1.5	1,330,000
タルハ・ベフ分岐点-ハロワニ	1	226~110	1.5~2.5	336,000
ハロワニ-タルハ・モルデイ分岐点	0.7	110~70	2.5~3.5	157,000

#### (2) 洪水分流施設

洪水分流施設の建設予定地点としては、ミタワン堰建設計画基本設計調査において提案した地点近傍が計画されている。洪水分流施設は図-3.2に示すように、扇頂において洪水を3方向に

分流する。施設の規模は、北、南ブランチそれぞれの越流長は 108 m、エスケープへの越流長は 244 m、総延長 460 m である。また、兩岸には導流堤が設置され、左岸では上下流ともに 335 m の延長を有する。右岸は既設のハドワリバンドも利用し、新設延長は上流に 800 m、下流に 200 m である。また、分流堰下流の各水路を分離する分流堤延長は北・南ブランチ分流堤が 600 m、南ブランチ・エスケープ分流堤が 1,500 m である。

その概略構造は施設は図-3.3 に示す。分流堰本体は鉄線蛇籠を主体とし、表層はコンクリートで保護する。堰下流減勢池の下流端基礎には深さ 5 m のコンクリートカットオフを設ける。減勢池下流の河床保護工は鉄線蛇籠であるが、鉄線蛇籠下面と河床の境界には吸出し防止材を布設して、河床材料の吸出しによる護床工の破損を少なくし長寿命とする。なお、この設計では、後述の等高線築堤による流路の河床低下防止効果を見込み、深い基礎は採用されていない。

### (3) 等高線築堤

洪水と土砂堆積を扇面全体に広く分散させるため、扇状地を横断する等高線築堤が計画されている。等高線築堤の位置の決定には、現在の土地利用、灌漑および道路事情が考慮された。

ミタワン扇状地扇端のD.G.カーン水路に沿った約1.5km幅は水路からの揚水灌漑地である。その上流側、水路より約3~5 km 付近までは管井戸による灌漑が普及しつつある。ただし、管井戸灌漑地では洪水も利用される。このような実態から、扇状地を横断する等高線築堤は管井戸灌漑農地より上流に設置する。管井戸はD.G.カーン水路から約5 kmまで存在し、また大きな集落がこの付近にもあるため、最下端の等高線築堤はD.G.カーン水路から約5 km 上流とした。現在、等高線築堤は3本が計画されており、その概略位置は図-3.4 に示されている。

等高線築堤の間隔は貯水量、地表勾配を考慮して決定されている。図-3.5 に示すように最大貯水深は 3 m、余裕高は 1 m とされ、等高線築堤の平均高さは 4 m となる。ミタワン扇状地扇面の平均地表勾配は 1/250 であるから、上下流方向の水面長は 750 m、築堤単位長当たりの貯水量は  $1,125 \text{ m}^3$  となる。これより平均水深は 1.5 m となる。計画洪水時の総流出量は約 6,000 万  $\text{m}^3$  と推定されており、これより築堤延長は約 53 km が必要となる。ここでは延長は 50 km とされた。この築堤を扇頂より 7 km、10 km、16 km の半径を有する円弧上に分配して配置すれば、その延長はそれぞれ 9 km、13 km、22 km となる。なお、貯水を行うため各等高線築堤の両端部では、築堤を上流に向かって延長する必要がある。さらに、築堤が破堤したときの安全のため、等高線築堤から上流に向かって本堤より 1 m 程度高さの低い仕切堤を 2.5 km 間隔で設置することも計画されている。

等高線築堤は貯水効果があり、貯水により築堤下流側農地への灌漑が可能となる。また、現在の取水方法に比べると時間に余裕が出来るため、より広範囲に効率よく灌漑可能となる。扇面の圃場における洪水灌漑による貯水深は 0.6 ~ 0.9 m、平均 0.75 m である。一方、築堤による貯水池の平均水深は 1.5 m であるから、貯水量は実際の洪水灌漑圃場の貯水深の 2 倍に相当し、貯水池面積の 2 倍の面積の圃場への灌漑が可能となる。さらに、貯水池が空虚となった後は土壌水分が十分にあるため、農地として利用できる。

扇状地内には集落が多い。さらに、水路灌漑地に居住しながらも、洪水があれば洪水灌漑のために駆け付ける人々も数多くいる。これらの理由から等高線築堤の天端は道路としても利用できるように考慮されている。

築堤は、第一段階は低下した河床を上昇させるため、扇状地横断方向の最低標高部から開始する。築堤の施工方法は予定路線両側から集土し締め固める。なお、表層土は著しく乾燥しているため、施工前夜に散水し、含水比を高くする。また上流より1列目、2列目の築堤にはそれぞれ3箇所、3列目には1箇所の水通しが設置される。水通しは図-3.6に示すように道路として通行できるようにコースウェイとして設計されている。水通しコースウェイ部分は鉄線蛇籠の表面を厚さ50cmのコンクリートで被覆し、減勢池は鉄線蛇籠の表面を厚さ30cmのコンクリートで被覆する。減勢池下流端には深さ5mのコンクリートカットオフを配置する。護床工鉄線蛇籠下面には吸出し防止材を敷き、河床の砂粒子の吸出しを防ぐ。

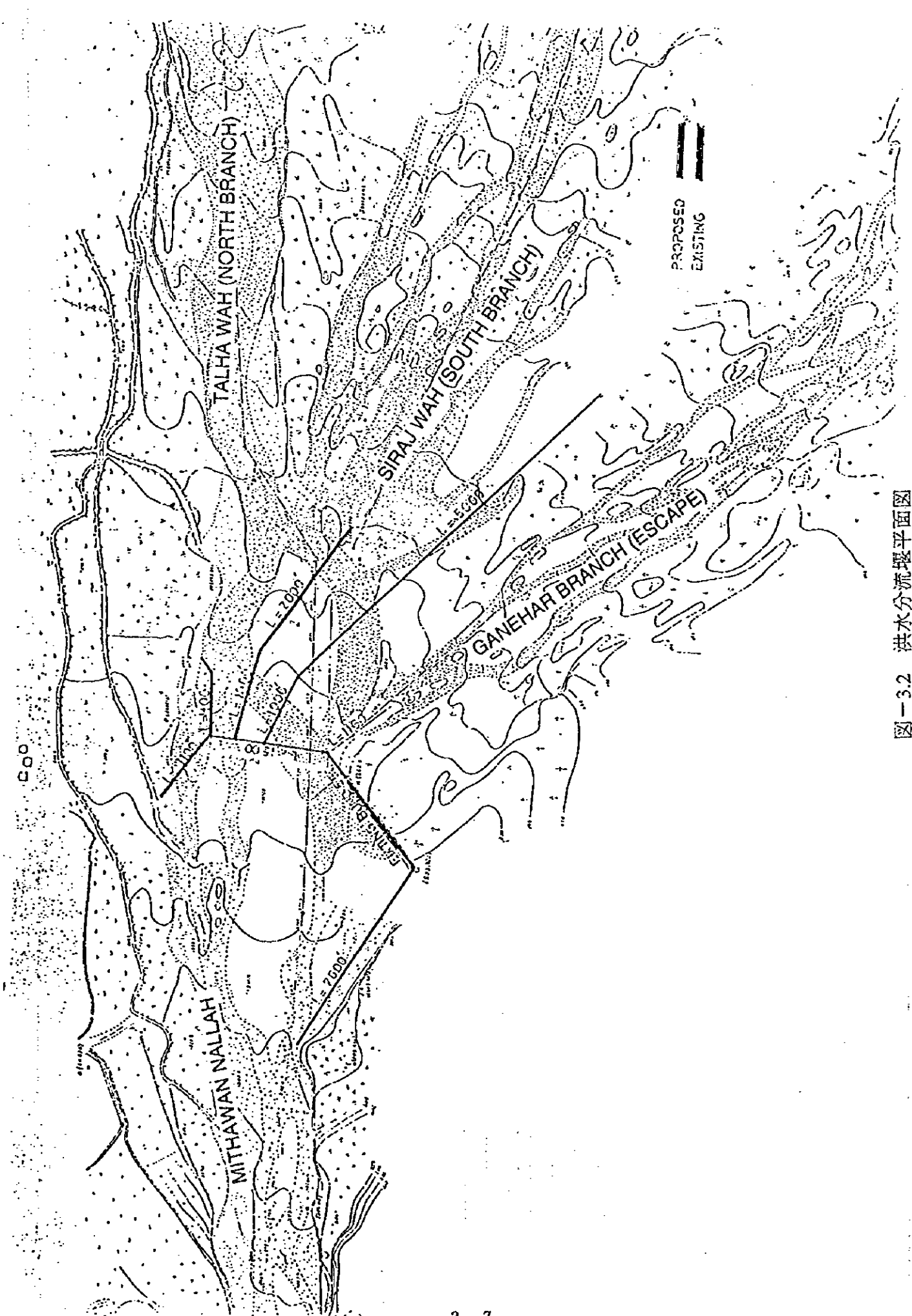
#### (4) 床止め工

床止め工は、シャルティワー、北ブランチタルハワー、エスケープなどに計画されている。タルハワー上流部、エスケープの床止め工は河床低下を防止する目的を有し、シャルティワー、タルハワー中下流部では土砂の堆積を促進し河床を上昇させる働きをする。河道では両岸が侵食されやすいため、床止工の上下流は保護される。しかし、その位置はまだ決定されていない。

#### (5) 施設計画の検討

以上のように、バキスタン側の施設計画では洪水分流施設、等高線築堤、床止工が計画されている。しかし、日本側で検討した結果、既に「ミタワン堰建設計画基本設計調査」において実施した水理模型実験が示すように、分流施設下流が河床低下により、分流施設は大きな被害を受け破壊する可能性も高い。このため、扇面を安定させる等高線築堤を最初に建設し、これによって、扇面の河道が安定した後に、洪水分流施設を建設する施工計画を提案する。





图一3.2 洪水分流堰平面图

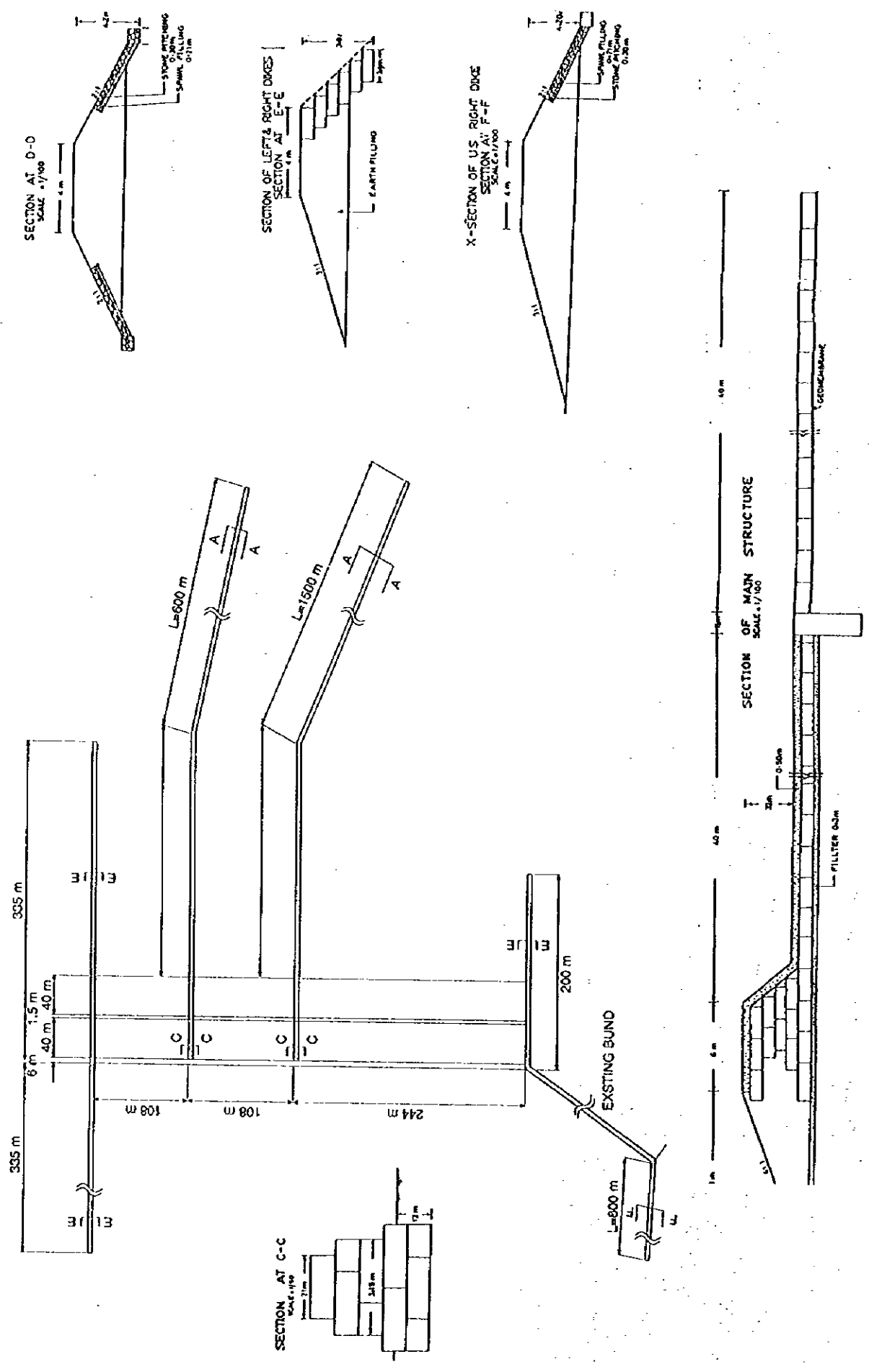
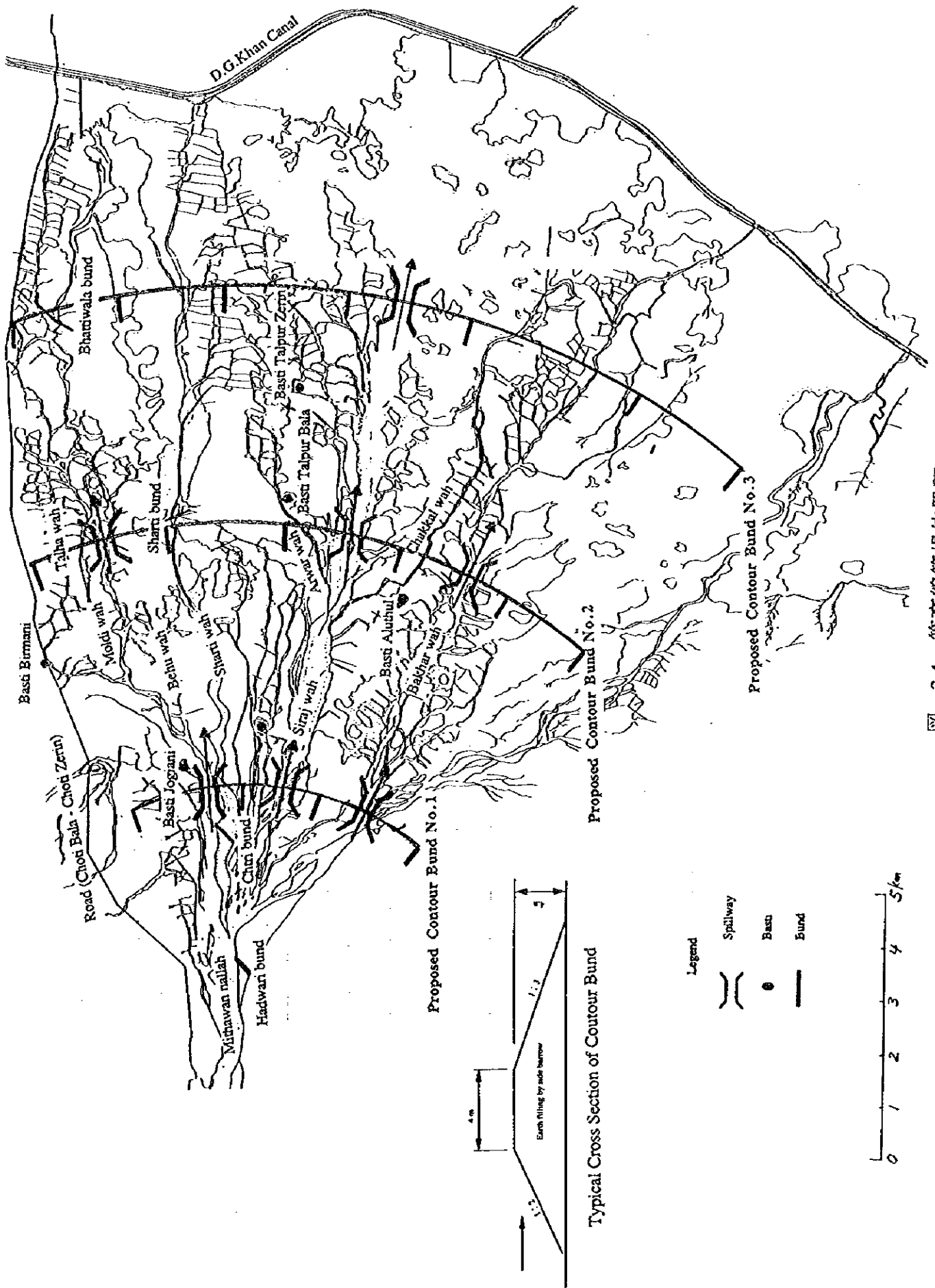


图-3.3 洪水分流堰



图一3.4 等高线筑堤位置图

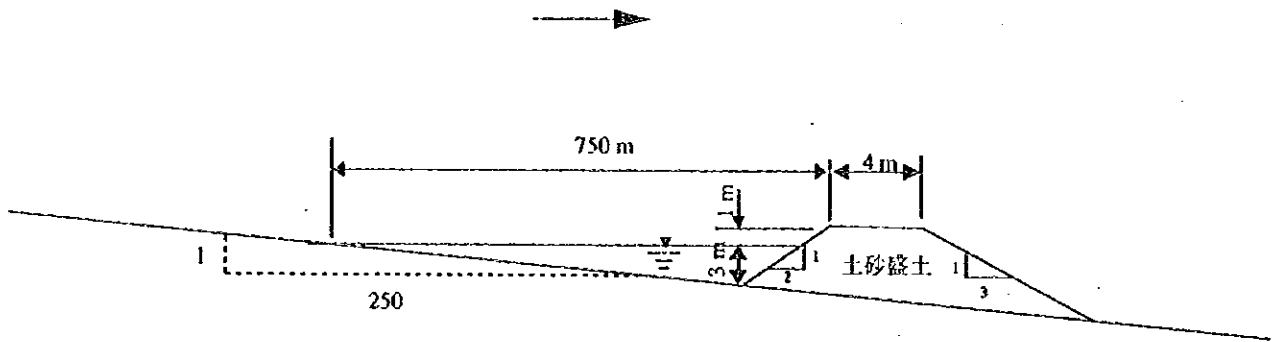


図-3.5 等高線築堤標準断面図

表-3.2 等高線築堤基本数量

	延長 (km)	高さ (m)	天端幅 (m)	のり面勾配		水通し箇所数
				上流側	下流側	
No. 1	9	4	4	1:2	1:3	3
No. 2	13	4	4	1:2	1:3	3
No. 3	22	4	4	1:2	1:3	1

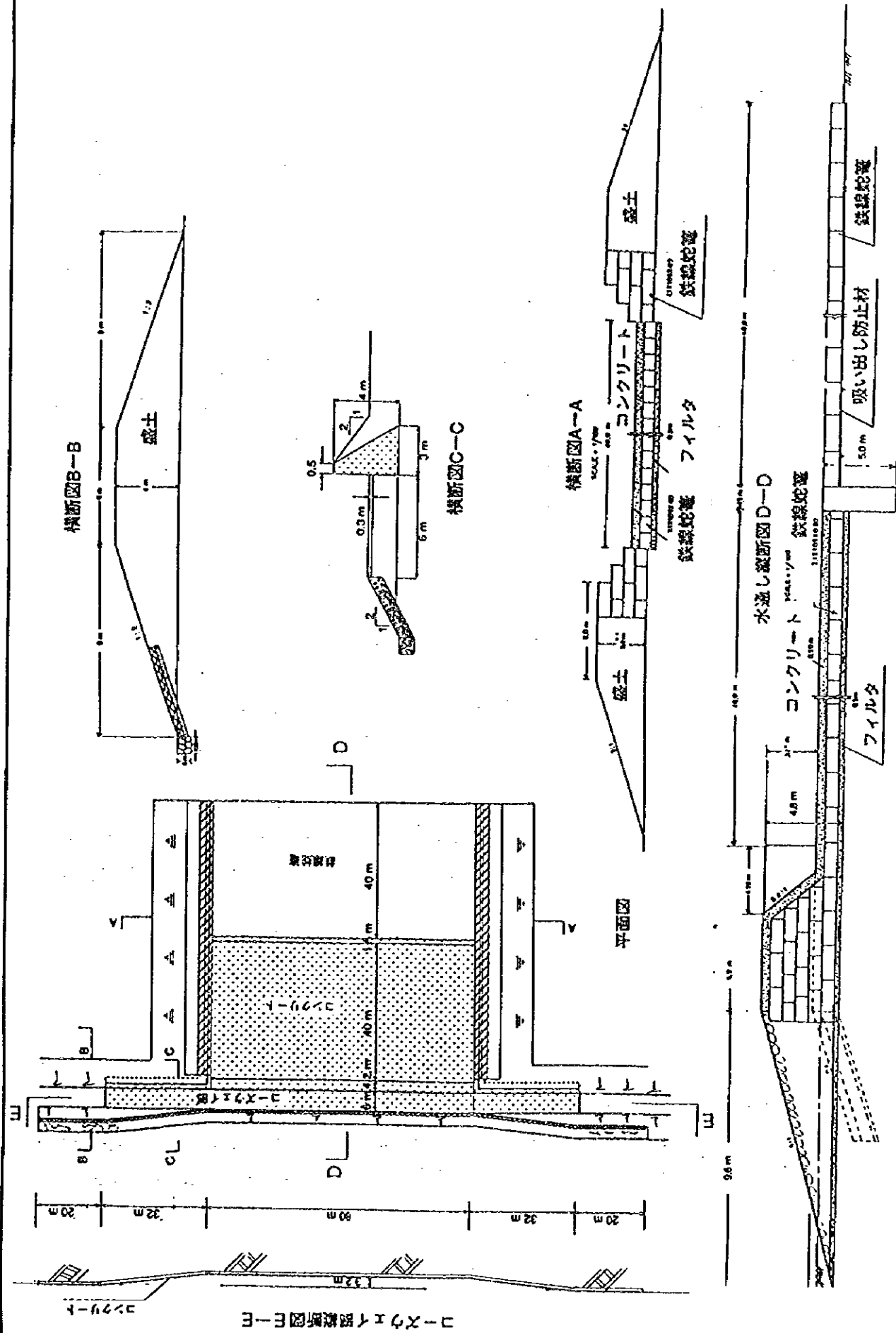


図-3.6 等高線築堤水通し部

### 3-3 資機材の基本設計

#### 3-3-1 設計方針

本計画の対象地区であるミタワン地区を含むインダス川西岸 D.G.カーン地域では、後背山地から流出してくるヒルトレントが形成しつつある扇状地（パチャド）が南北 300 km にわたり分布し、ヒルトレント出水を利用する洪水灌漑が行われている。1960 年代にパチャド下位のインダス川に沿った 40 万ヘクタールを灌漑する D.G.カーン水路が建設されたが、しばしば発生するヒルトレント洪水により、この水路及び灌漑地は甚大な被害を受けてきた。

ミタワン扇状地では、洪水時には特定の水路に洪水流が集中し、扇面流路の河床低下を引き起こし、さらに集中した洪水流は扇端部を通過する D.G.カーン水路を破堤し、水路灌漑地区に湛水するなどの洪水被害が生じている。パキスタン政府は、これに対処するため、ミタワン扇状地に等高線築堤、洪水分流施設、床止工など扇状地管理に必要な施設を建設し、扇状地における農業生産の安定化と洪水被害を低減する地域開発を計画している。

本計画は、これら施設のうち、等高線築堤の建設に必要な資機材の調達を行うものである。

本調達計画では、等高線築堤の建設に必要な資材、機材についてパキスタン側の計画した施設の規模をもとに、実施能力、維持管理能力（人材、予算等）の観点から調達資機材の内容（種類、数量）を検討する。なお、これらの機材は等高線築堤の完了後、洪水分流施設や床止工の建設の他、他のヒルトレントや上流域の開発に使用されることも考慮する。

調達方法は、パキスタンで調達可能なものはできるかぎりパキスタンで調達することとし、輸入が必要なものは日本および第三国からの調達を検討する。資材単価は、現地調査時及びその後収集した資材単価を比較検討し、資材単価リストに示したように設定されている。原則的に最低単価を採用する。

#### 3-3-2 基本計画

##### (I) 工事内容

パキスタン側が計画している工事は、図-3.2～3.5 に示した扇頂部の分流堰および扇面の 3 本の等高線築堤からなる。しかし、日本側でこの計画を検討した結果、等高線築堤を優先して実施することが分流堰の安定に必要なことが明かとなった。この工事の工種、数量は次の通りである。

表-3.3 工種と施工数量

工事名	等高線築堤	等高線築堤	等高線築堤	合計
	No.1	No.2	No.3	
	延長9km	延長13km	延長22km	
盛土 (m <sup>3</sup> )	432,000	720,000	1,248,000	2,400,000
掘削 (m <sup>3</sup> )	73,000	93,000	126,000	292,000
コンクリート (m <sup>3</sup> )	6,194	6,194	2,043	14,431
鉄線蛇籠 (m <sup>3</sup> )	29,400	29,400	9,800	68,600
張り石工 (m <sup>3</sup> )	7,509	7,509	2,503	17,521
吸出し防止材 (m)	10,080	10,080	3,360	23,520

(2) 施工方法と必要な機材

パキスタン側は、2年間ですべての工事を完了する計画である。土工量からみて1年目は No.3 等高線築堤の施工が行われ、2年目は No.1、No.2 等高線築堤工事が行われる。

扇状地を安定させるために必要な等高線築堤の施工は、築堤脇の土砂をブルドーザで掘削し、押し土、転圧盛土を一連の作業で行う。使用する石材は現場より約 20 km 離れたナンガールナラ扇状地の礫、玉石をリッパーで起こし、ブルドーザで集積する。集積した石材はホイロローダでトラクタートロリーに積み込み現場まで運搬する。鉄線蛇籠工および法覆工の石積み作業は人力作業により行われる。

コンクリート工事は、等高線築堤に設けられる水通しカットオフ、水通し部擁壁および鉄線蛇籠表面保護コンクリートである。コンクリートは施工場所が点在すること、将来の上流部の開発を考慮し移動式ミキサーを計画する。水通しコンクリート工事では、コンクリートはベルトコンベアで運搬する。建設予定地には水源がないため、練混ぜ水は平均 15 km 離れた D. G. カーン水路より水タンクで運搬する。よって、本計画に必要な機材は以下のようになる。

表-3.4 必要機材と工種

番号	機材名	工種
1)	ブルドーザ	掘削、盛土、転圧
2)	ブルドーザ (リッパー付き)	石材採集
3)	ホイロローダ	石材積み込み
4)	トラックトレーラ	重機運搬用
5)	4輪駆動小型二人乗りトラック	部品、工具運搬
6)	トラクタートロリー	石材運搬
7)	トラクター牽引水タンク	コンクリート、盛土工事
8)	コンクリートミキサー	コンクリート工事
9)	棒状パイプレータ	コンクリート工事
10)	ベルトコンベア	コンクリート工事

(3) 機材の内容

(A) ブルドーザ

ブルドーザは、築堤工事および石材採取に使用する。

1) 築堤工事

(a) 機種の選定

築堤の施工は掘削土を敷き均し、転圧の一連の作業を行う。使用機械はブルドーザ24トンクラスとする。

ブルドーザの24トンクラスは掘削能力は、144.89 m<sup>3</sup>/hr、21トンクラスは掘削能力は110.11 m<sup>3</sup>/hrである。なお、21トンクラスでは能力が不足し、予定の施工期間では工事が完了しない。

(b) 必要台数の検討

一年目の施工は、NO.3 等高線バンド（最下流）を行う。

表-3.5 1年目に施工する土工量

	NO.3 等高線バンド
掘削土量	126,000m <sup>3</sup>
盛土量	1,248,000m <sup>3</sup>

1ヵ月当たりの実稼働日数を26日として、暦日数を検討すると (30/26=暦日数/稼働日数)

$$(1,248,000+126,000) \text{ m}^3 \div (144.89 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/日}) \times 30/26 = 1,367.75 \text{ 日/台}$$

$$1,367.75 \text{ 日/台} \div 4 \text{ 台} = 342 \text{ 日} < 1\text{年}$$

従って、一期工事の築堤工事が1年で完了するには、4台のブルドーザが必要になる。

2年目の施工は、NO.1 等高線バンド（最上流）およびNO.2 等高線バンドを行う。

表-3.6 2年目に施工する土工量

	NO.1 等高線バンド	NO.2 等高線バンド
掘削土量	73,000 m <sup>3</sup>	93,000 m <sup>3</sup>
盛土土砂量	432,000 m <sup>3</sup>	720,000 m <sup>3</sup>

年間稼働暦日数を検討すると

$$(432,000+73,000+720,000+93,000) \text{ m}^3 \div (144.89 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/日}) \times 30/26 = 1,312 \text{ 日/台}$$

$$1,312 \text{ 日/台} \div 4 \text{ 台} = 328 \text{ 日} < 1\text{年}$$

従って、2年目の工事の築堤工事が1年で完了するには、4台のブルドーザが必要になる。

以上より、築堤工事に用いるブルドーザの必要台数は4台となる。



2) 石材採集

(a) 機種の選定

ブルドーザー27トンクラス（リッパ付き）とする。ブルドーザー27トンクラスのリッパ掘削能力は、47.58 m<sup>3</sup>/hr、21トンクラスのリッパ掘削能力は 38.41 m<sup>3</sup>/hr であり、21トンでは施工数量に対して能力が不足する。

現在、石材採集は、表面に散在する玉石を人力で拾い集めて、トラクター牽引トロリーに積載し運搬している。しかし、計画されている施設に必要な数量を、人力によって表層から採集することは困難であり、地中に埋没する玉石も採取する必要がある。そのために、リッパ付のブルドーザーでリッパ掘削を行い集積し、ホイールローダーでトラクタートロリーに積載し運搬する。また、今後の流域保全施設の建設には、岩山や礫・玉石が散在するところに道路の建設が必要となる。そのためにもリッピング機能を有するブルドーザーが必要となる。

(b) 必要台数の検討

リッパ掘削の玉石の混合率を 50% とすると石材採集能力は、  
 $48.39 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.5 = 24.20 \text{ m}^3/\text{hr}$  となる。

1年目の施工は、NO.3 等高線バンド（最下流）の施工を行う。施工数量は以下に示す。

表-3.7 1年目に施工する石工量

NO.3 等高線バンド	
鉄線蛇籠用石材	9,800 m <sup>3</sup>
法覆工用石材	2,503 m <sup>3</sup>
合計	12,303 m <sup>3</sup>

年間稼働暦日数を検討すると

$$\text{施工日数} = 12,303 \text{ m}^3 \div (24.20 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr}/\text{日}) \times (30/26) = 73.3 \text{ 日}$$

$$73.3 \text{ 日}/\text{台} \div 1 \text{ 台} = 74 \text{ 日} < 1 \text{ 年}$$

2年目の施工は、NO.1 等高線バンド（最上流）および NO.2 等高線バンドを行う。

表-3.8 2年目に施工する石工量

	NO.1 等高線バンド	NO.2 等高線バンド	
鉄線蛇籠用石材	29,400 m <sup>3</sup>	29,400 m <sup>3</sup>	
法覆工用石材	7,509 m <sup>3</sup>	7,509 m <sup>3</sup>	
合計	36,909 m <sup>3</sup>	36,909 m <sup>3</sup>	総計：73,818 m <sup>3</sup>

年間稼働暦日数を検討すると

$$\text{施工日数} = 73,818 \text{ m}^3 \div (24.20 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr}/\text{日}) \times (30/26) = 440 \text{ 日}$$

一期、二期工事に使用する石材は、鉄線蛇籠施工前および施工中に採取すればよい。石材採取を一期、二期連続で行うと必要な暦日数は514日となる。一方、石材運搬後、コンクリート工事に104日、取付け部盛土工事に10日、護岸石張工事に15日、片付けなど工事完了までの雑工事に10日、合計139日であるため、石材採取に稼働可能な暦日数は $(365 \times 2 - 139) = 591$ 日となる。これより、リッパ付き27トンクラスブルドーザーは1台で石材採取が可能である。

以上より、ブルドーザーの必要台数は築堤用に4台(24トン)、石材採集用に1台(リッパ付き27トン)となる。

(B) ホイルローダー (1.2 m<sup>3</sup>)

石材採取場所で、集積した石はホイルローダーでトラクターに積載する。ホイルローダーの容量はトラクタートロリー(4.7 m<sup>3</sup>)に5回で満積できるものとする。公称1.2 m<sup>3</sup>ホイルローダーのバケット容量は0.9 m<sup>3</sup>であり、積み込み能力は35.1 m<sup>3</sup>/hrである。

工事で運搬に必要なトラクタートロリーは10台であり、時間当たりの運搬量は2.11 m<sup>3</sup>/hr・台×10台=21.1 m<sup>3</sup>/hrとなる。よって、ホイルローダーの必要台数は1台で十分である。

(C) トラクトレーラ

重機の保管場所があるD.G.カーンからミタワンのサイトまで約60 kmあり、重機が自走して現場まで移動することは困難である。さらに整備工場はD.G.カーンより90 km離れたムルタンにある。このため、輸送用トレーラが必要となる。このトラクトレーラの使用頻度は低いが、ムルタン、D.G.カーン地区ではレンタルシステムが発達していないため、D.G.カーン灌漑事務所がこれを保有しなければ、重機の移動に支障が起きる。

さらにD.G.カーン灌漑事務所が管轄するD.G.カーンヒルトレントベルトはD.G.カーンを中心として南北に300 kmの範囲に存在しており、今後それらを開発するとき、トラクトレーラが必要である。

(D) 4輪駆動小型二人乗りトラック

重機が現場で故障した場合、応急修理のための要員と部品、工具の運搬に使用する。整備要員はムルタンに常駐するため、現場まで片道150 kmあり、現地の交通事情を考えると、1台は現場、1台は部品の調達に行かなければならないことが頻繁に発生すると考えられるので、少なくとも2台は必要と考える。

(E) トラクタートロリー (4.7 m<sup>3</sup>)

石材採取場所から石材を建設予定地(平均距離20 km)まで、現地で一般に使用されている農業用トラクターで牽引するトロリーで運搬する。平均運搬速度は現地での実測より10 km/hrとする。トラクタートロリー(4.7 m<sup>3</sup>)の運搬能力は2.11 m<sup>3</sup>/hrである。

一期工事、二期工事に使用する石材は、鉄線蛇籠施工前および施工中に運搬すればよい。ただし、コンクリート工事前に鉄線蛇籠施工は完了する必要がある。石材運搬は一期、二期連続で、

採取日数に合わせて稼働日数 591 日で運搬するものとする。

一期、二期工事に必要な石材の総量は、表-3.7、3.8 より  $86,121 \text{ m}^3$  であり、必要台数は次のようになる。

日運搬量	$86,121 \text{ m}^3 \div (591 \text{ 日} \times 26/30) = 168.14 \text{ m}^3/\text{日}$
必要台数	$168.14 \text{ m}^3/\text{日} \div (2.11 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr}/\text{日}/\text{台}) = 9.96 \text{ 台}$

これより、トラクタートロリーの必要台数は 10 台となる。

(F) トラクター牽引水タンク

コンクリートを練り混ぜる時に水が必要であるが、施設建設予定地には水源がない。そのために、平均距離で約 15 km 離れた D. G. カーン水路から水を運搬することになる。水運搬には現地ですべてで使用されている容量 5,000 リットルの水タンクをトラクターで牽引する。時間当たりの水の必要量はコンクリート打設量から  $2.5 \text{ m}^3$  となる。

トラクタで牽引する水タンクの運搬能力は  $3.86 \text{ m}^3/\text{hr}$  であるから、1ヶ所当たり 1 台の水タンクが必要となる。

等高線盛土の築堤では、表層の非常に乾燥した土を使用するときには散水する必要がある。ブルドーザーによる掘削深を 1 m とすると、片側 24 m ずつ計 48 m 幅、一日当たり 96.5 m の延長となり、 $4,632 \text{ m}^3$  掘削する。表層 0.15 m までを対象とし、含水比を 10% 増加させると地山乾燥密度  $1.1 \text{ ton}/\text{m}^3$ 、地山含水比 5% として、1日  $60 \text{ m}^3$  の水が必要となる。これより、水タンクは 2 台必要となる。

以上より、トラクター牽引水タンクは合計 3 台必要である。

(G) 移動式コンクリートミキサー

一期工事のコンクリート体積はつぎのようになる。

No3 等高線築堤	減勢池	$80 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} =$	$960 \text{ m}^3$
(水通し部)	止水壁	$80 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} =$	$600 \text{ m}^3$
	擁壁		$483 \text{ m}^3$
	計		$2,043 \text{ m}^3$

二期工事のコンクリート体積は以下のようなになる。

No1 等高線築堤	減勢池	$80 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} =$	$960 \text{ m}^3$
(水通し部)	止水壁	$80 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} =$	$600 \text{ m}^3$
	擁壁		$483 \text{ m}^3$
	小計		$2,043 \text{ m}^3$
	計	$2,043 \text{ m}^3 \times 3 =$	$6,129 \text{ m}^3$

No2 等高線築堤 (水通し部)	減勢池	80 m×40 m×0.3 m=	960 m <sup>3</sup>
	止水壁	80 m×5 m×1.5 m=	600 m <sup>3</sup>
	擁壁		483 m <sup>3</sup>
	小計		2,043 m <sup>3</sup>
	計	2,043 m <sup>3</sup> ×3 =	6,129 m <sup>3</sup>

移動式コンクリートミキサーの能力は、調査実績より 3 m<sup>3</sup>/hr である。これより、水通し 1 箇所当たりのミキサー必要台数および作業日数を検討する。

#### 止水壁 (延長 80 m)

コンクリート総打設量	600 m <sup>3</sup>
日当たりコンクリート打設ブロック長	10 m
日当たり打設量	10 m×5.0 m×1.5 m = 75 m <sup>3</sup> /日
作業日数 (3日に1回打設)	600 m <sup>3</sup> ÷ 75 m <sup>3</sup> × 30/26 × 3 = 30 日
ミキサーの必要台数	75 m <sup>3</sup> ÷ (3m <sup>3</sup> /hr×7hr) = 4 台

#### 減勢池

コンクリート総打設量	960 m <sup>3</sup>
打設量を一日・一ブロック当たり	10 m×10 m×0.3 m = 30 m <sup>3</sup> /日
打設回数	960 m <sup>3</sup> ÷ 30 m <sup>3</sup> = 32 回
作業日数 (2日に1回打設)	32×30/26 × 2 = 74 日
ミキサーの必要台数	30 m <sup>3</sup> ÷ (3m <sup>3</sup> /hr×7hr) = 2 台

#### 擁壁 (擁壁高 H = 4 m、延長 78 m)

コンクリート総打設量	483 m <sup>3</sup>
一回当たりの打設	高さ 2 m、延長 10 m
下段の一回当たり打設量	1/2 × (3+1.75) × 2 × 10 = 47.5 m <sup>3</sup>
上段の一回当たり打設量	1/2 × (1.75+0.5) × 2 × 10 = 22.5 m <sup>3</sup>
上下段合計打設回数	78 m ÷ 10 m × 2 = 16 回
作業日数 (3日に1回打設)	16×30/26 × 3 = 56 日
ミキサーの必要台数	47.5 m <sup>3</sup> ÷ (3m <sup>3</sup> /hr×7hr) = 2.2 台

従って、水通し部止水壁のコンクリート打設の完了後 4 台のコンクリートミキサーを減勢池と擁壁に 2 台づつミキサーを使用する。これより、水通し 1 箇所当たりのコンクリート打設日数は、74 日 + 30 日 = 104 日となる。

二期工事の No.1、No.2 等高線築堤は水通しがそれぞれ 3 箇所ある。止水壁のコンクリート打設は 3 日に 1 回行うが、3 箇所の止水壁を順に移動しながら毎日コンクリートを打設する。この

ため、3個所の止水壁コンクリート打設は30日を要する。また、減勢池コンクリート打設は2日に1回行うから、2個所を交互に打設し74日となる。その後、残りの1個所を施工すると1等高線当たり水通しコンクリートの施工日数は $30 + 74 + 74 = 178$ 日となる。工事は2個所の等高線築堤が施工されるので、合計 $178 \times 2 = 356$ 日<1年となる。コンクリートの施工は、鉄線蛇籠施工の前後に行われ、日数も限られるためコンクリートミキサーは4台が必要となる。

(H) 棒状バイブレータ

等高線築堤の止水壁のコンクリートの品質を良くするためにはコンクリートを良く締め固める作業が必要がある。適切に締め固められたコンクリートは、強度・耐久性・水密性などが向上する。コンクリートの締め固めは振動締め固めが最も効果的である。バイブレータの締め固め容積は一般に小型のもので、 $4 \sim 8 \text{ m}^3/\text{hr}$ 程度である。止水壁の時間当たりのコンクリート打設量は $11 \text{ m}^3/\text{hr}$ で2、3機のバイブレータが必要である。打設幅・打設長を考慮すると3機が適当と考えられる。なお、これを駆動する発電器も必要である。

(I) ベルトコンベア

分流堰の減勢池のコンクリート打設時、鉄線蛇籠上を一輪車でコンクリートを運搬するのは困難であるため、ベルトコンベアを使用する。コンクリートミキサー2台にベルトコンベア1台を配置し、コンクリートの小運搬を行う。また、コンクリート用の材料（セメント、骨材等の供給のため、1台のコンベアを配置する。よって、必要なベルトコンベアは3台となる。なお、ベルトコンベアは近くに電源がないことからエンジン付きとする。

(J) 鉄線蛇籠 (2.1 m×1.05 m×0.8 m)

計画されている施設の主要資材であり、一期工事 $9,800 \text{ m}^3 \div (2.1 \text{ m} \times 1.05 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}) = 5,560$ 個、二期工事は $58,800 \text{ m}^3 \div (2.1 \text{ m} \times 1.05 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}) = 33,340$ 個になる。一、二期工事の合計では、38,900個必要となる。鉄線は径4 mmの垂鉛メッキとし、編み目開きは詰め石が流出しないために10 cmとする。

(K) 吸い出し防止材

堰の安定を考えた場合には、鉄線蛇籠がその下の砂の吸い出しにより沈下し破損するのを防ぐのに必要なものである。通常は、流水がなく河床材料が乾燥しており地下水位は地表より60 mと低い。また、洪水の流水時間も24時間以下と短いため、吸い出し防止材は透水、あるいは不透水のいずれのシートも使用可能であると考えられる。数量は、水通し1個所当たり、 $3,360 \text{ m}^2$ であり、7個所に対して $23,520 \text{ m}^2$ 必要である。

(4) 必要機材の規格及び台数

施設の施工数量から求めた、資機材の内容（種類、台数）はつぎのようになる。

表-3.9 必要資機材と数量

番号	機材名	規格	台数
1)	ブルドーザー	24トン	4
2)	ブルドーザー (リッパ)	27トン	1
3)	ホイロローダ	1.2 m <sup>3</sup>	1
4)	トラックトレーラ	積載重量30トン	1
5)	4輪駆動小型二人乗りトラック	部品、工具運搬	2
6)	トラクタートロリー	78 HP、3.3×2.1×0.675 m <sup>3</sup>	10
7)	トラクター牽引水タンク	48HP、5,000リットル	3
8)	コンクリートミキサー	移動式 0.45 m <sup>3</sup>	4
9)	棒状パイプレータ	高周波パイプレータ、D=60mm	3
10)	ベルトコンベア	15m×0.45 m	3
資材			
11)	鉄線蛇籠	亜鉛メッキ、網目開き10cm	38,900 個
12)	吸い出し防止材	半透水性、	23,520 m <sup>2</sup>

### 3.4 プロジェクトの実施体制

#### 3.4.1 組織

ミタワン地区の洪水灌漑施設の管理運営・事業実施機関はパンジャブ州灌漑電力省 D.G.カーン灌漑事務所が管轄している。パンジャブ州灌漑省とD.G.カーン灌漑事務所の組織を図-3.7、3.8に示す。この事務所では、ヒルトレント対策の他、ムザファルガー、D.G.カーン両地区の100万ヘクタールにおよぶ灌漑システムの維持管理、深井戸による排水事業(SCARP)、インダス川の洪水対策などを実施している。この事務所の人員は所長以下、部長級エンジニア4人、課長級エンジニア13人、係長級エンジニア39人、合計57人の官吏、その下に技能職員や一般職員が3,750人が在籍する。

ヒルトレント対策に関しては、D.G.カーン事務所建設部が管轄する。施設の建設と維持管理は地域を南北に分け、原則として南側のカハ以南はジャンプール建設課、北側のミタワン以北はD.G.カーン建設課が担当している。建設部の陣容は、部長格エンジニア1名、それぞれの建設課に課長格エンジニア1名、ジャンプール建設課には係長格エンジニア3名、技能職員30名、D.G.カーン建設課には係長格エンジニア2名、技能職員15名からなり、排水事業、インダス川の洪水対策も担当している。これまでに、カハヒルトレント、ヴィドールヒルトレントにおける分流施設の他、数多くのヒルトレントにおける施設の建設、補修を行ってきた。

重機械の定期整備、修理などの維持管理は、SCARPサークルの下にあるNTWD (Northern Tubewell Division) に所属するワークショップにおいて行う。このワークショップはD.G.カーンから約90km離れたムルタンにあり、チューブウェルの修理のために設置されたものであるが、1987年にUSAIDの援助によって土工機械の維持補修機能が付け加えられている。

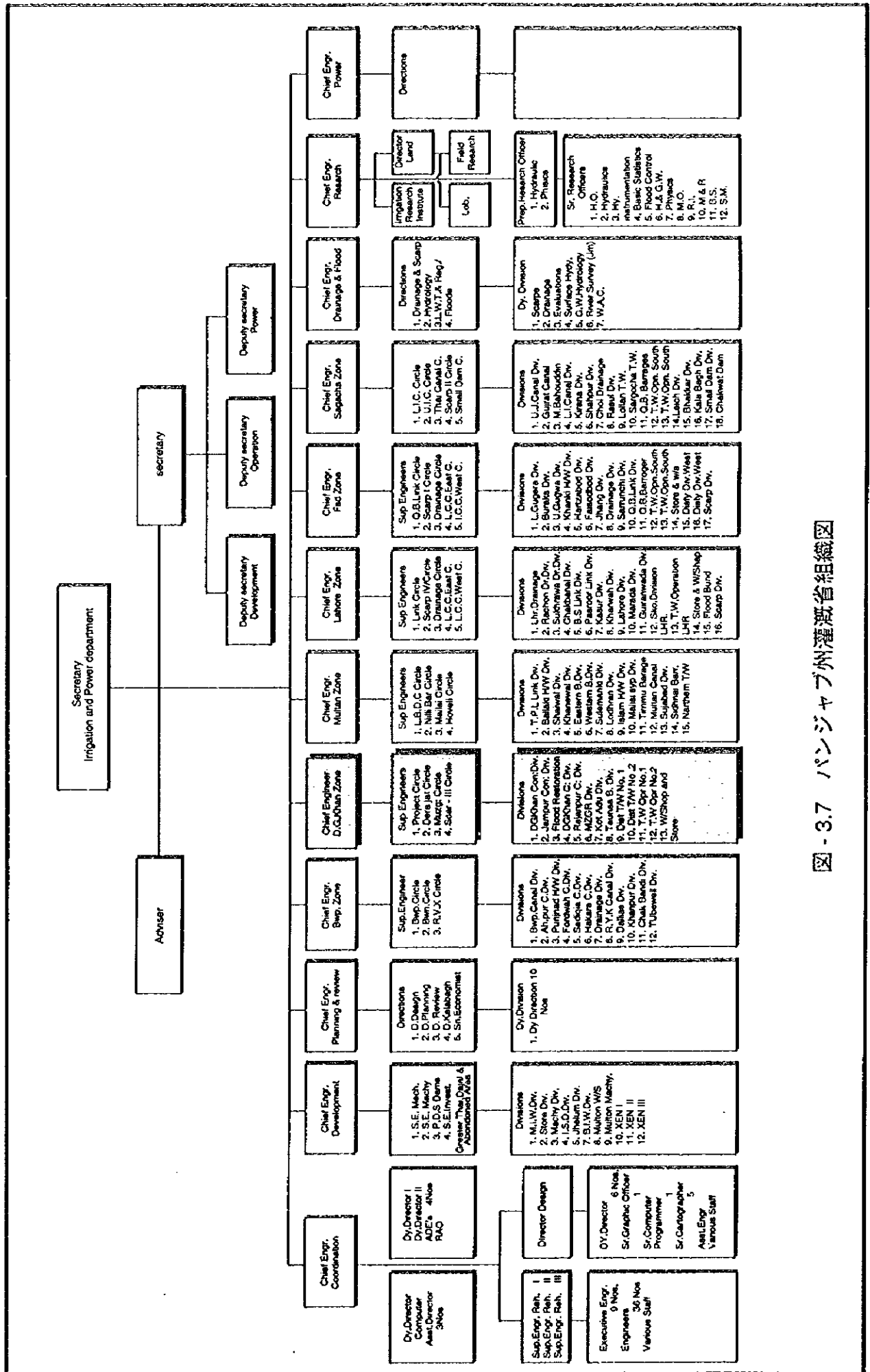
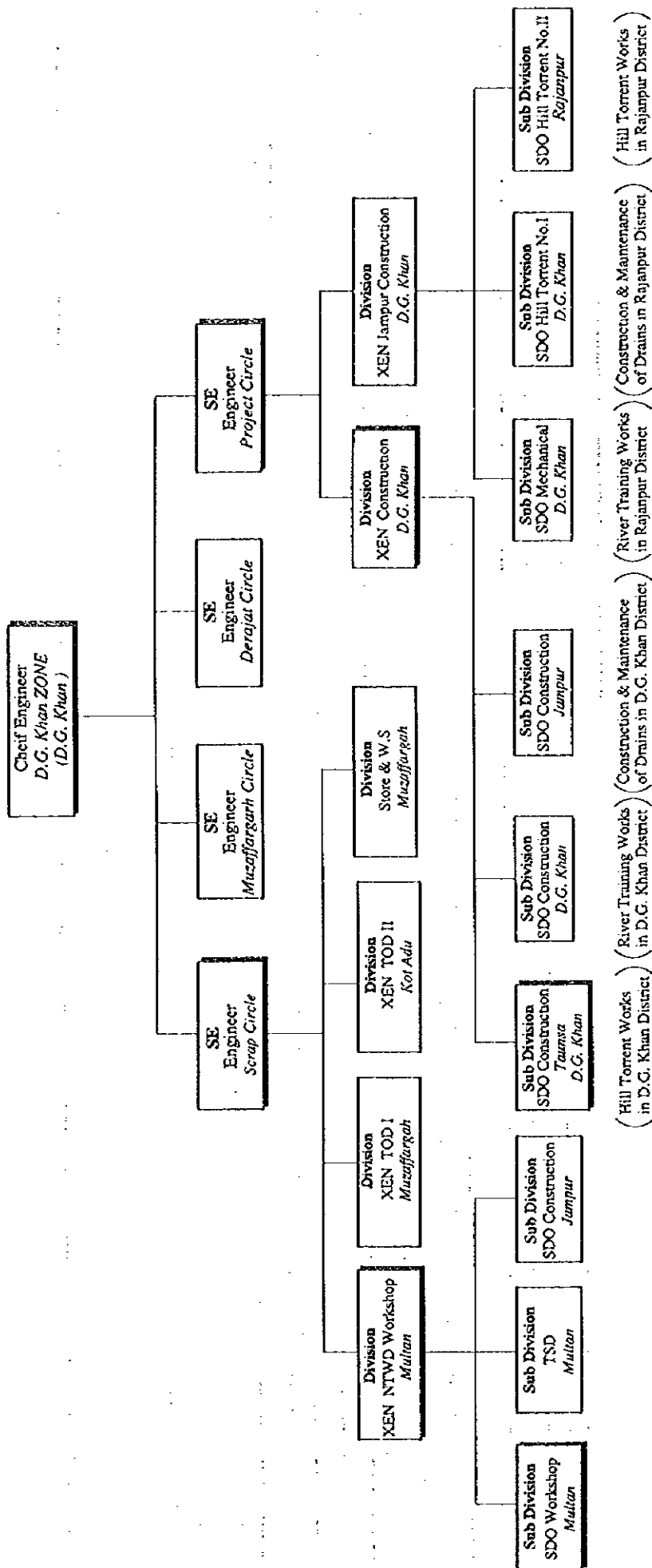


図 - 3.7 パンジャブ州灌漑省組織図



( Hill Torrent Works ) ( in D.G. Khan District ) ( River Training Works ) ( Construction & Maintenance ) ( Hill Torrent Works )  
 ( in D.G. Khan District ) ( in D.G. Khan District ) ( of Drains in D.G. Khan District ) ( of Drains in Rajanpur District ) ( in Rajanpur District )

Legend	
SE	Superintending Engineer
XEN	Executive Engineer
SDO	Sub Divisional Officer

図-3.8 D.G.カーン灌漑事務所組織図



### 3.4.2 予算

パキスタン国側は、日本側が調達する資機材を使用して実施する等高線築堤建設工事費、すなわち機械運転費、機械維持管理費、コンクリート工事費、その他の工事に必要な労務費などを負担する必要がある。この費用はおよそ 6,300 万ルピー（2 億 349 万円）である。また、工事完了後は築堤の維持管理費を負担する必要がある。これらについては 4.1.7 相手国負担事項に示した。

100 万ヘクタールの灌漑システムの水路、取水施設、インダス川の洪水対策など広範に維持管理を主とする業務を実施している D.G.カーン灌漑事務所の人件費および施設の維持管理費を含む 1996～97 年の予算は 3 億 5,700 万ルピー（11 億 6,025 万円）であった。重機械の維持管理を行う NTWD のワークショップの人件費はこの金額に含まれている。

ムルタンの NTWD ワークショップにおける工事中の重機械の整備、修理の予算は、事業費から配分されることになっており、事業が開始されると機械維持管理費として事業費から配分されることになる。

### 3.4.3 要員・技術レベル

D.G.カーンヒルトレント地域にはミタワンヒルトレントの他、数多くのヒルトレントがあり、カハヒルトレント、ヴィドールヒルトレントにおける分流施設の他、数多くの施設の建設、補修が D.G.カーン灌漑事務所によって実施されてきた。事務所には所長以下、57 人の官吏と 3,750 人の技能職員および一般職員が在籍し、要員数は十分であると考えられる。

技術レベルはカハプロジェクトにおいては施設の設計、施工管理の点から問題が多かった。その一方、ヴィドールプロジェクトではコンクリート工事が多かったが、問題なく予定より早く 6 カ月で施設が完成し、施工も良好に行われた。工事費が十分にあれば、施設は問題なく施工されている。

灌漑省の重機械類の保管と維持管理は、通常ラホールを本拠地とするメカニカルサークルが行うが、手続き、機械の保管場所が遠いなど問題がある。このため、本プロジェクトにおいて調達される重機械は、このような使用手続き上の困難を少なくして、調達された機械類をヒルトレント地域の事業に使用するため、D.G.カーン灌漑事務所において運営維持管理する。

ムルタンにある SCARP サークルの NTWD ワークショップにおいて、重機械の定期整備、修理など維持管理を行う。このワークショップは 元来チューブウェルの修理のために設置されたものであるが、1987 年に USAID の援助によって土工機械の維持補修機能が付け加えられている。その人員は表 3.10 に示すように 20 人おり、整備場として十分な施設である。また、D.G.カーンには、1960 年代の D.G.カーン水路建設当時の駐機場、修理場があり、これらはいつでも使用できる。

また、D.G.カーン地域には農地整備を行う農業省 D.G.カーンユニットが事務所を置き、現在 18 台のブルドーザーおよびその運搬用トラックトレーラ 2 台を保有している。農業省では修理工場を有し、大抵の修理はここで行われ、主要な修理部品は代理店から取り寄せている。また、小さい故障は修理工が現場に出張し修理している。修理工 17 人、メカニカルエンジニア 9 人、守衛 6 人で運営されている。緊急の修理はここでも可能である。

表-3.10 ムルタンワークショップ構成

No.	役職名	許容人員	就労人員
1.	サブ・エンジニア	1	1
2.	職長	1	1
3.	リビルドアップ・マシン・オペレーター	1	1
4.	電工	1	1
5.	切削工	1	1
6.	エンジンメカニック	1	1
7.	デyno・メーター	1	1
8.	ハイドロリック・オペレーター	1	1
9.	カリブレイション・オペレーター	1	1
10.	機械工	1	1
11.	型工	1	1
12.	旋盤工	1	1
13.	溶接工	1	1
14.	クレーン・オペレーター	1	1
15.	工具担当	1	1
16.	補助工	4	4
17.	電工	1	1
Total		20	20