

パキスタン・イスラム共和国

ミタワン堰建設計画

基本設計調査報告書

平成9年9月

JICA LIBRARY



J1140562(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(3)

97-148



1140562 (8)

パキスタン・イスラム共和国

ミタワン堰建設計画

基本設計調査報告書

平成9年9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

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、同国のミタワン堰建設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7年10月19日から11月3日、また平成8年1月25日から2月21日および7月1日から8月13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いたしました。帰国後の国内作業の後、平成9年2月24日から3月8日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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9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ウン堰建設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7年10月13日より第一年次として平成8年3月29日までの5.5ヶ月間、および第二年次とし平成8年6月14日から平成9年3月31日までの9.5ヶ月の経15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。

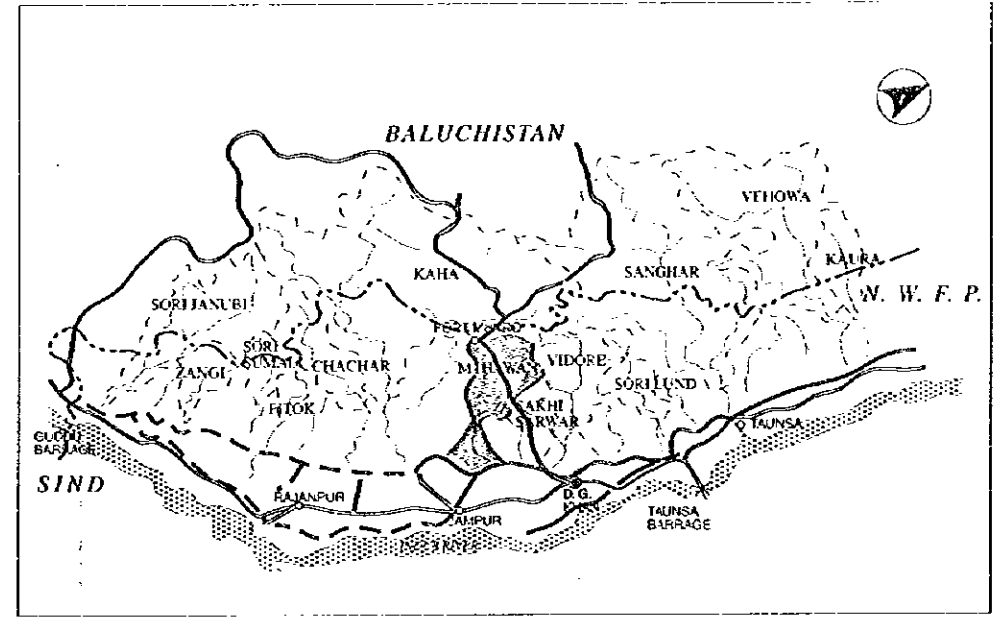
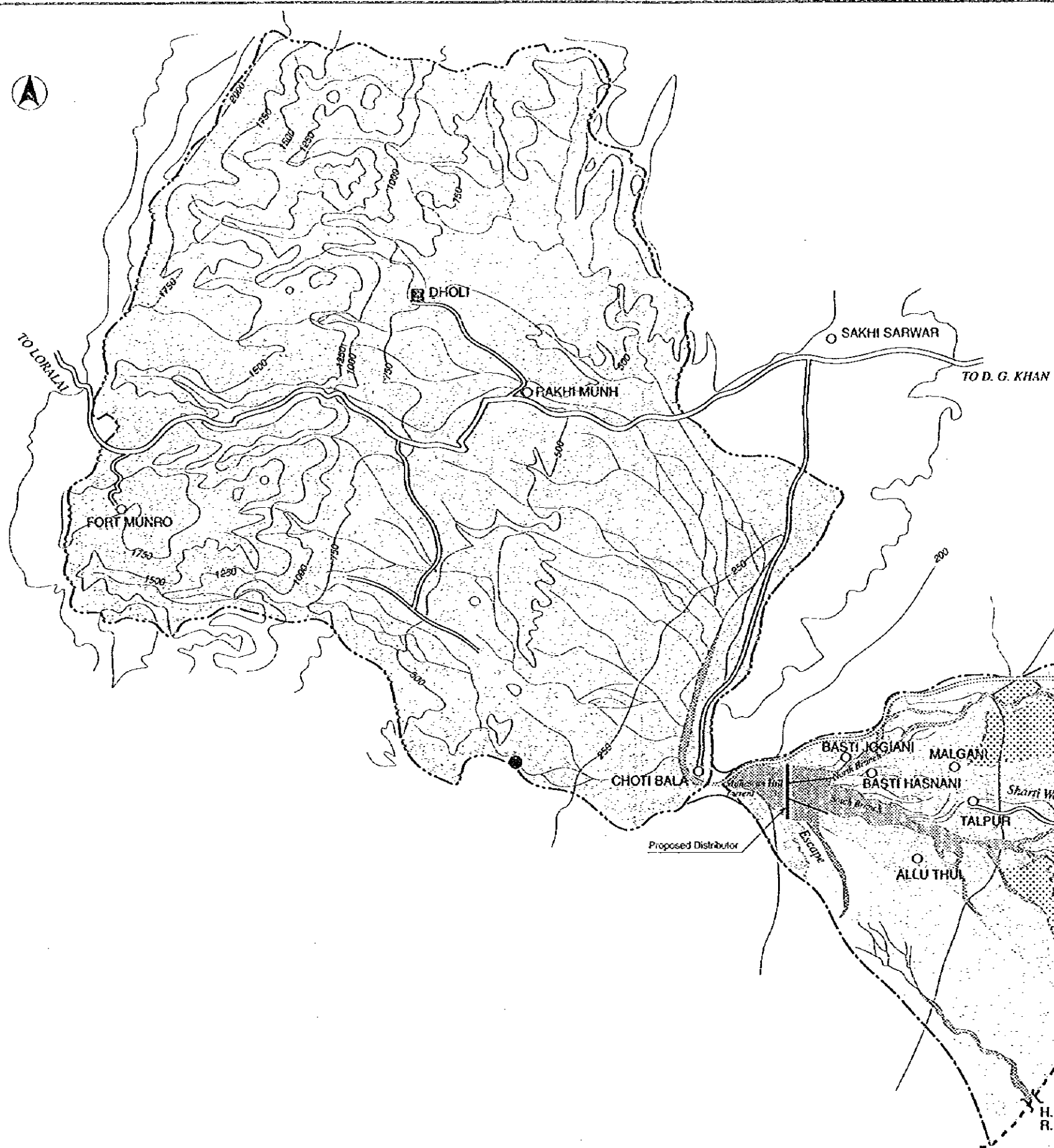
平成9年9月

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

ミタウン堰建設計画基本設計調査団

業務主任 岸 洋一

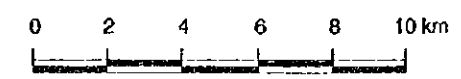


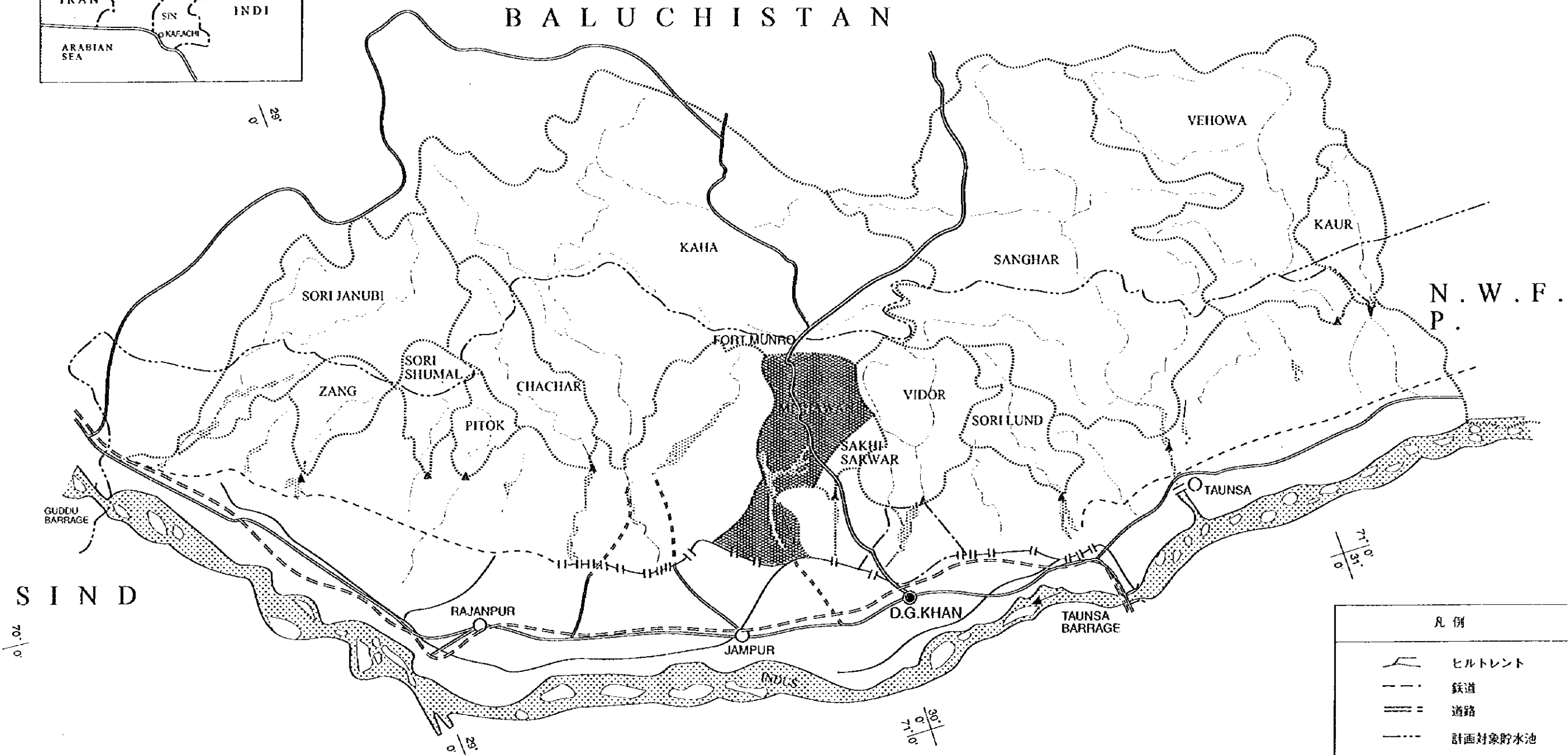
LEGEND

- BOUNDARY OF WATERSHED
- BOUNDARY OF PACHAD
- CHOTI NALLAH DISPERSION STRUCTURE
- WATERSHED MANAGEMENT DEMONSTRATION AREA
- HILL TRRENT CROSSING
- HILL TORRENT
- D. G. KHAN CANAL SYSTEM
- CULTIVATED AREA
- UNCULTIVABLE AREA
- NON-HAQOOQ AREA

一般計画図

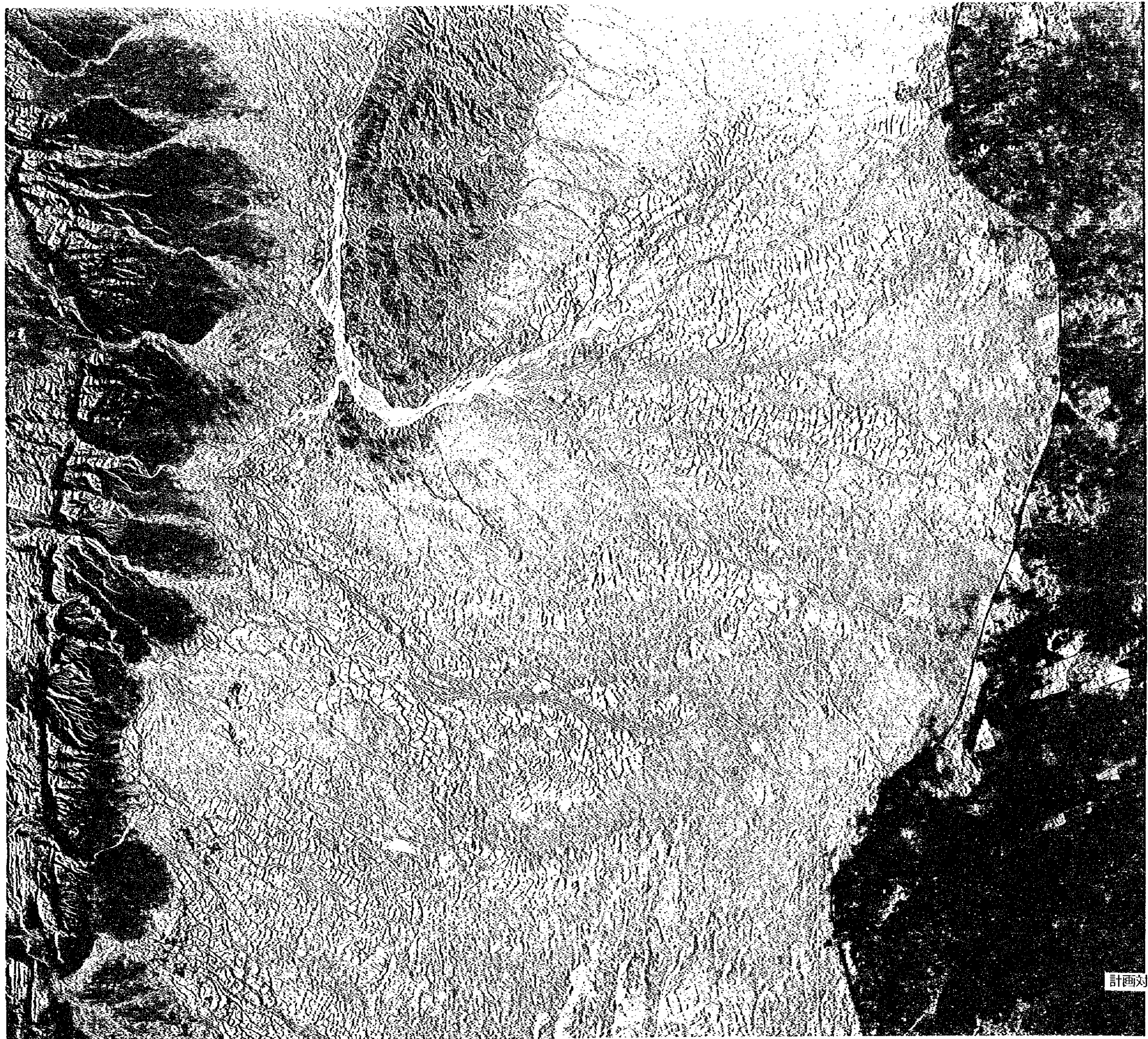
ミタワン地区流域保全灌漑開発計画





凡例	
	ヒルトレント
	鉄道
	道路
	計画対象貯水池
	貯水池・灌漑
	町・村
	渠境
	灌漑流域境界
	調査対象地区
	主要ダラ

調査対象地域位置図



計画対象地区衛星写真

用語集

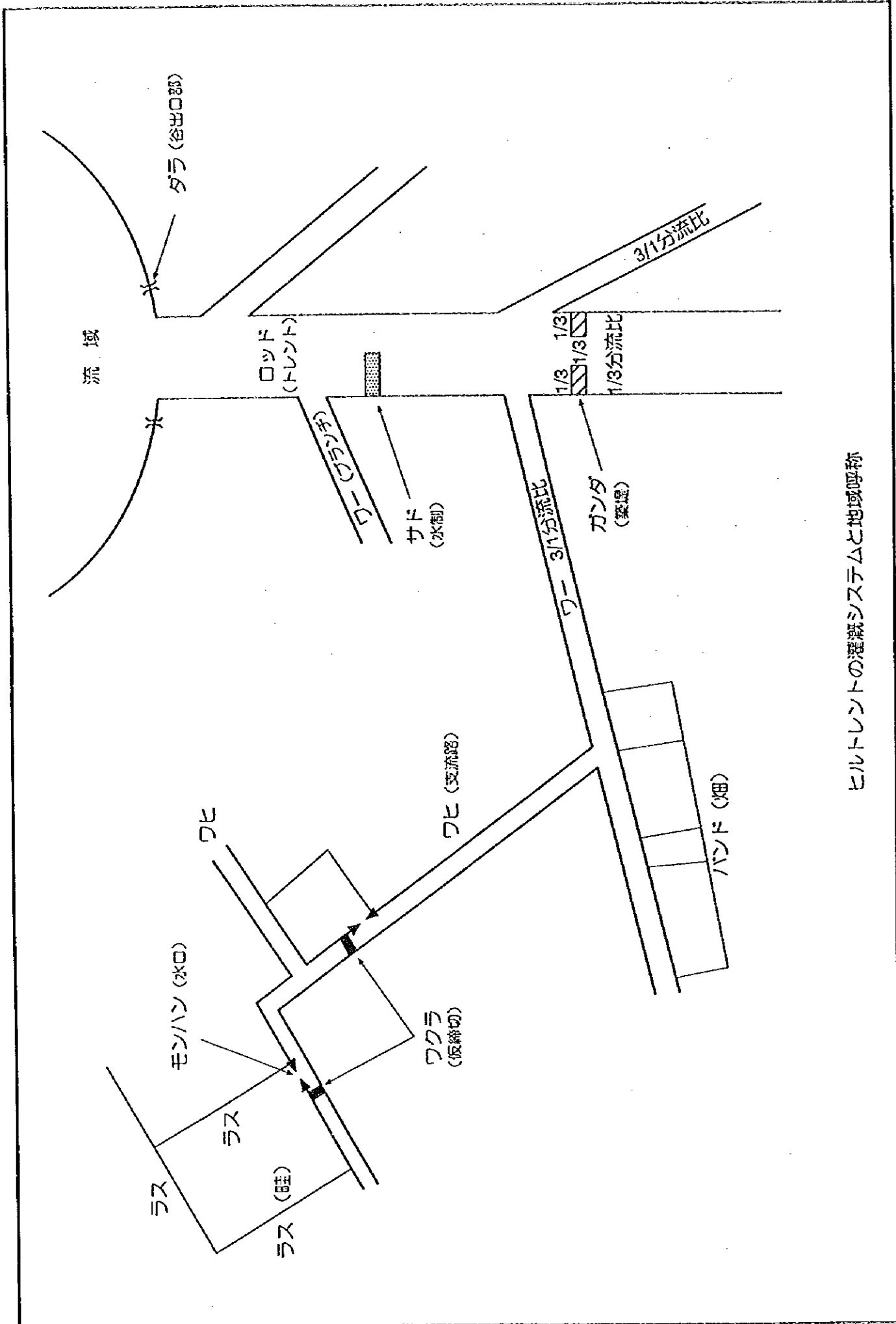
ヒルトレント (Hill Torrent)	乾燥地の一時河川であり、強雨の直後には突如奔流となって流れる。流水は、流域の状況にもよるが一年のうち降雨の直後の数日しかない。ロド・コヒ(Rod Kohi)のこと
一時河川 (Ephemeral stream)	降雨にすぐに反応して流水する河川、その河川の一部。
ロド・コヒ (Rod Kohi)	ヒルトレントのパキスタンの名称。
ナラ (Nara)	ヒルトレントによって形成された河床、通常は流水はない。
ダラー (Darrah)	山地から河川が平坦部に流れ出る出口、その下流には扇状地がひろがる。
パチャド (Pachad)	D. G. カーン水路の西側で水路から山麓までの地域の扇状地。また一連の西側という意味。
カラパニ (Kala Pani)	ヒルトレントの通年流水。
サロバパイナ (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定めた規定。サロバは上流を、パイナは下流を意味する。
ハクーク (Haqooq)	ヒルトレンの洪水に対する水利権を有する地域。
ノン・ハクーク (Non-Haqooq)	ヒルトレンの洪水に対する水利権を持たない地域。ガイル・ハクーク (Ghair Haqooq) とも呼ばれる。
北ブランチ	水利権を有する地域 (ハクーク) の北側を流れる主流路。
南ブランチ	水利権を有する地域 (ハクーク) の南側を流れる主流路。
エスケープ (Escape)	水利権のない地域 (ノン・ハクーク) を流下する水路。
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)	1. 高畦 (ラス) に囲まれた畑。2. 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。
洪水灌漑 (Flood irrigation)	通常水がなくところで、ある程度の降雨後に1,2日出水する水を利用する灌漑技術。
サイラバ灌漑	高水期の河川氾濫における洪水を利用する灌漑方式。
カリフ (Kharif)	夏期 (4月~9月)
ラビ (Rabi)	冬期 (10月~3月)
バロチ (Balochi)	当該地区に居住する部族の名。

トゥマン (Tuman)	部族、トライブ (Tribe)
サルダール (Sardar)	トゥマンダール(tumadar)、部族の長。トゥマンダール(Tumandar)とも言う。
トゥマンダール (Tumandar)	サルダール (Sardar)、部族の長。サルダール(Sardar)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。
マザン (Mazan)	モカダムのアドバイザー、氏族の長老が集まり派閥内の紛争を解決する組織、サフェド・リッシ (Safed Rish) とも言う。
サフェドリッシ (Safed Rish)	マザン (Mazan) と同義。
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)	村
カマラ (Kamara)	農民達の自助水利組合であり、各ワーごとに付随している。1905年にそれまで彼らが慣行的に使用していた水利法が「Minor Canal Act」に制度化された。現在も基本的にはこの法律で決まっている配分率に従って洪水の分配をおこなっている。
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。
マルカ (Marka)	メルフ (Merh) と同義。
サラキ語 (Saraki language)	インダス河沿いのバンジャヴ族が用いる言語
バロチ語 (Balochi language)	バロチ族が用いる言語
ジャドゥガル (Jadgal)	レガリ一族が治める地区内に住むバロチ族を起源としない少数部族
タルプール (Talpur)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
ジョギアニ (Jogiani)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
ハスナニ (Hasanani)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
ビルマニ (Birmani)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
ブズダール (Buzadar)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
チャンディア (Chandia)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名

マルガニ (Malghni)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
ミルジアニ (Mirziani)	ミタワンバチャド地域に住むレガリ族の一支部族、またはその支部族が形成する村落名
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 (Rakhe wala Bund)	エスケープのハドワリバンド(Hudwari Bund)より下流5kmのところにある既設の導流堤

技 術 用 語

ウォッシュロード(Wash load)	河床構成材料に見出されない微細な粒径範囲の土砂の成分で生産源から供給されるものがそのまま河床材料と交換せず流下する。
ベッドロード(Bed load)	掃流砂。主として流れ方向の効力の作用のもとで揚力の効果が加わって河床付近で小跳躍を繰り返しながら移動するもの。
サスペンドロード(Suspend load)	浮遊砂。乱れによる上昇流の作用のもとで、流水中に保持されながら移動する物



ヒルトレントの灌漑システムと地域呼称

略 語

IPD	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 Commissiner	副知事
CE	Chief Engineer	灌漑電力省の所長格技術者
SE	Superintended Engceener	灌漑電力省の部長格技術者
XEN	Exexecutive Engeener	灌漑電力省の課長格技術者
SDO	Sub-Divisional Officer	灌漑電力省の係長格技術者
SDFO	Sub-Divisional Forest Officer	林務省の係長格技術者
D.G.K. Canal	Dera Ghazi Khan Canal	D.G.カーン水路
PC-1	パキスタン国のプロジェクトコンセプトペーパー	
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MAFF	Ministry of Agriculture,Forestry and Fisheries, Japan	農林水産省
MC	Ministry of Construction, Japan	建設省
O&M	Operation and Maintenance	維持管理

度 量 衡

単 位	記 号	換 算 値
Millimeters	mm	0.03937 inches
Centimeters	cm	0.3937 inches
Meters	m	3.2808 feet, 1.0936 yards(yd)
Kilometers	km	0.62137 miles
Inches	in.	25.4 mm, 2.54 cm
Feet	ft.	0.3048 m
Miles	mil.	1.60934 km
Reduced Distance	RD	1000.0 feet, 304.8 m
Square meters	m ²	10.7639 sq. ft
Square kilometers	km ²	0.3861 sq. miles
Hectares	ha	2.471 acre
Square feet	sq. ft	0.092903 sq.meters
Square miles	sq. miles	2.58999 km ²

Acres	A	0.404686 ha, 43,560.0 sq. ft
Cubic meters	cu.meters, cum, m ³	35.3147 cu.ft
Liters	lit	0.0353 cu.ft
Million cubic meters	MCM	810.71 acre feet
Cubic feet	cu.ft	0.028317 m ³ , 28.317 lit
Acre feet		1233.48 m ³ , 0.001233 MCM
Kilograms	kg	2.20462 lb
Pounds	lb	0.45359 kg
Cumec	cum/s, m ³ /s	35.310 cusec (cfs, cu ft/sec)
Cusec	cfs, cu ft/sec	0.028317 cumec(cum/s, m ³ /s)

図一覽表

- 図 - 2.1 水利電力省組織図
- 図 - 2.2 バンジャブ州灌漑電力省組織図
- 図 - 2.3 月平均降水量
- 図 - 2.4 雨量観測地点位置図
- 図 - 2.5 ミタワン流域の地質
- 図 - 2.6 地質層序図
- 図 - 2.7 ミタワン地区集水域の地形図
- 図 - 2.8 ミタワン流域模式図
- 図 - 2.9 ミタワン扇状地の流路、主要バンド、主要集落、洪水追加施設
- 図 - 2.10 ミタワン堰建設予定地付近の地形図
- 図 - 2.11 河床材料粒度分布加積曲線
- 図 - 2.12 ミタワン扇状地における二次扇状地の分布
- 図 - 2.13 流出土砂量と洪水流量の関係図
- 図 - 2.14 ミタワンパチャド行政区分
- 図 - 2.15 バロチ族の移動
- 図 - 2.16 バロチ族の伝統的社会組織
- 図 - 2.17 ミタワン地区の流域保全灌漑開発プロジェクト位置及び道路路線
- 図 - 2.18 ミタワン扇状地土地利用図
- 図 - 2.19 D. G カーン水路のミタワンヒルトレント洪水による被害履歴図
- 図 - 2.19 (B) バティワラバンド被災状況 (1995年6月)
- 図 - 2.20 カハプロジェクト構造物位置図
- 図 - 2.21 RD13、RD15、RD16最上流部の分流堤
- 図 - 2.22 ゲルマイルワー横断工
- 図 - 2.23 ドラワー堰
- 図 - 2.24 ヌール・コナ堰
- 図 - 2.25 チョティナラ洪水分流施設
- 図 - 3.1 分流施設平面図 (パキスタン国側の原案)
- 図 - 3.2 分流堰平面図 (パキスタン国側の原案)
- 図 - 3.3 シャルティワー流路の変遷
- 図 - 3.4 シャルティワー流路の変遷

- 図 - 3.5 シャルティワー流路の変遷
- 図 - 3.6 シャルティワー流路の変遷 (1992年5月)
- 図 - 3.7 川幅と河床変動の関係 (流入土砂量は一定)
- 図 - 3.8 流入土砂量と河床変動の関係 (川幅は一定)
- 図 - 3.9 模型水路取り入れ範囲
- 図 - 3.10 ミタワンナラの最深河床高縦断面図とミタワン堰の計画地点
- 図 - 3.11 分流施設位置図
- 図 - 3.12 分流構造物平面図
- 図 - 3.13 分流構造物横断面図
- 図 - 3.14 縦断面構造物横断面図
- 図 - 3.15 バンジャブ州灌漑電力省D. G. カーン事務所組織図
- 図 - 4.1 工事実施計画 (詳細設計)
- 図 - 4.2 工事実施計画 (一般計画)
- 図 - 4.3 工事実施計画 (二期工事)
- 図 - 4.4 工事実施計画 (三期工事)
- 図 - 4.5 工事実施計画 (四期工事)

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
表 - 2.3	集水域内各支流の特徴
表 - 2.4	扇頂からの距離と二次扇状地面積
表 - 2.5	パチャドの農地面積
表 - 2.6	ミタワンヒルトレントのパチャド地域土地利用
表 - 2.7	洪水被害概要
表 - 2.8	推定洪水被害
表 - 3.1	確率降水量
表 - 3.2	流域の確率雨量 (mm/日)
表 - 3.3	パチャド地域の土地利用
表 - 3.4	主要ワ-の流下能力
表 - 3.5	河床低下推定量
表 - 3.6	第1回水理模型実験の検討内容および目的
表 - 3.7	第2回水理模型実験の検討内容および目的
表 - 3.8	本設計における必要鋼矢板長
表 - 3.9	鋼矢板の形状と寸法
表 - 4.1	日本国側負担全体事業費
表 - 4.2	パキスタン国側負担概算事業費
表 - 4.3	洪水別被害額
表 - 4.4	年平均被害額
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	1992～1994年の生産額
表 - 5.5	近傍地域の洪水被害額
表 - 5.6	ミタワン水路灌漑地区に洪水被害を及ぼすヒルトレント
表 - 5.7	確率洪水被害額
表 - 5.8	年平均洪水被害額

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（バチャドと呼ばれる）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なわれてきた。一方、1960年代には、バ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。また、ミタワン地区南隣のカハ地区では上流域における流域保全事業がスウェーデン政府により調査され、下流扇状地の洪水灌漑施設の整備を ADB の融資により実施することが計画された。その後、パキスタン国政府は、ミタワンおよびカハ地区を除く D.G.カーンヒルトレントベルトを対象とした洪水灌漑地域の拡大によって下流の洪水被害を軽減する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「D.G.カーン地区灌漑開発調査」が実施された。

一方、1992年9月、パキスタン国政府は流域保全、チョティナラ洪水分流施設など上流域の施設、およびミタワン洪水分流施設を含む下流扇状地における施設の建設を内容とする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。

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ためにはある程度の期間を要するため、パキスタン政府は、洪水防御に即効的効果をあらわし、洪水灌漑地域を拡大する「ミタワン堰建設計画」を、パキスタン全土に数多くあるヒルトレントの先駆的開発事業として、また天水地帯の水資源開発モデルと位置づけ強く日本政府に要請した。

パキスタンにおいては、これまでヒルトレント洪水の利用と洪水被害防御に関する種々の提案や試行がなされてきたものの、いずれも経済的でなかったり、短期間に機能を失ったりしているため、日本国政府は「ミタワン堰建設計画」についての対応方針を慎重に検討した。その結果、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。

この事前調査の結果に基づき、「ミタワン堰建設計画」基本設計調査を開始することが決定され、国際協力事業団は1995年10月から基本設計調査を開始した。1995年10月19日～11月3日、1996年1月25日～2月21日の2回の現地調査、および1996年7月1日～7月17日の調査結果の中間報告、および7月1日～8月13日までの現地の社会調査を行い、また1995年11月より1996年3月、1996年7月より12月までの2度の水理模型実験を行うとともに、パキスタン国政府との協議に基づいて、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。1997年6月23日～29日の間に本計画調査概要を説明するため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が、地域の開発には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。パキスタン側は、流域保全は即効性がないことを述べ鉄線籠の分流堰の建設を主張し、流域保全の推進および鉄線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、鉄線籠の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ことを述べた。さらに、パキスタン側の要請を受け、鉄線籠分流堰の建設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。

調査結果

自然条件

ミタワンヒルトレント流域は、山地における年間雨量が250～300mmと少ない乾燥気候に加えて、過放牧が原因となり植生が極めて少なく荒廃している。6月から9月のモンスーン期の強雨は、地表を侵食し、洪水となり大量の侵食土を下流へと運搬する。下流の扇状地は、上流域からの大量の流送土砂により、現在も活発な形成過程にある。

モンスーン期の降雨量は年により変動が大きく、出水は1年に多くても2,3回、出水のない年もあり、ミタワンヒルトレントの河道に流水のある日は年に数日である。洪水量は年により著しく変動し、数年に一度は大洪水となる。

ミタワン扇状地は形成過程にあり、その上流端（扇頂）付近には洪水のもたらす土砂が堆積し、流路を変えるため、扇面では流路と地形の変化が著しい。ヒルトレント洪水が特定の流路に集中するとその流路は深く洗掘され、洗掘された土砂は下流の農地に堆積し、二次扇状地を形成する。

また、洪水分流施設の建設予定地は、厚さ30m以上の細粒の砂層からなる河床であり、洪水があれば、河床の洗掘と土砂の堆積により地形が変化しやすい。

社会条件

ミタワンヒルトレント地域は、バロチ族レガリ部族の居住地であった。人口は、扇状地地域で14,000人前後と推定される。パチャドにおける土地は家族単位で所有されるが、土地相続制度は男子に均等相続とされているため、現在では1家族あたり平均1.3haを所有するにすぎず、ここからの農業生産だけで生活することは不可能となっている。

扇状地においては、出水量の変動が大きいヒルトレント洪水による洪水灌漑農業が行われている。扇状地には耕作可能面積が約13,000haあるが、作付け面積はヒルトレントの洪水量とともに増減し1992年に約2,100ha、1993年に約2,000ha、1994年に約6,000haであった。これに伴い作物収量も増減する。

ミタワン扇状地の北半部は、洪水灌漑のためヒルトレント洪水を取水する水利権を有している。しかし、南半部は水利権がなく余剰水のある時にのみ取水が可能となる。取水に利用する流路は、水利権地域に対して北ブランチ、南ブランチの2本の主流路があり、余剰水はエスケープに流れる。

洪水灌漑には上流優先の原則があり、上流の圃場から順に洪水を各圃場に取り水する。ミタワンでは水利権に基づき、ヒルトレント出水を扇頂で2本の主流路に分流し、さらに主流路の中では上流の支流路から順に取り水する。

洪水灌漑は、カマラと呼ばれる各水路ごとに地域農民が組織する伝統的な灌漑組織により運営され、洪水灌漑施設の維持補修は農民自らの資金と技術によって行われている。約30年前までは、地域を支配する部族の首領がミタワン扇状地全域の灌漑組織を統括していたが、現在は扇状地の村落単位に統括された灌漑組織がそれぞれに運営され、地域の連帯は弱くなっている。

このような様々の地域社会の変化に加え、不安定な洪水灌漑に依存することを嫌い、地域の居住人口は減少してきており、伝統的な洪水灌漑組織は、かつてのようには機能しなくなっている。

本地域の洪水灌漑に関与する政府機関は、副知事の下におかれたヒルトレント部とパンジャブ州灌漑電力省D.G.カーン灌漑事務所である。前者が地域の行政を担当し、後者が灌漑関連事業を担当する。しかし、これらの官署では、この地域を担当する人員が少なく、予算も不足し、徴税以外には政府機関としての活動はほとんどされていないのが実態である。

基本構想

洪水被害を低減するために扇状地の洪水灌漑地を拡張するには、扇状地における自然条件および社会条件を考慮した総合的な解決が必要である。

形成過程にある扇状地において、その扇面の利用を持続的なものとするためには、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する扇状地管理が必要である。

その方法は、ヒルトレント洪水を扇面全体へ均等に分散する洪水分流施設の建設、および扇面流路を灌漑に利用できるように維持することであり、この両者をともに進めることによって、形成過程にある扇状地を持続的に農業生産の場として利用することが可能となる。

なお、パキスタン側の要請は扇頂部の洪水分流施設および扇端部近くのパティワラバンド（北側の特定水路に集中した洪水流がD.G.カーン水路を直撃するのを制御する構造物）の建設であった。

しかし、バティワラバンドは扇頂部で効果的に洪水を分流すれば不要となるものである。このため、今回の調査ではバティワラバンドの検討は行わず、扇頂部の分流堰の検討を行った。

洪水分流施設の設計

分流施設の計画洪水量は、パキスタンにおける一般的な設計基準となっている25年確率洪水量 $2,500\text{ m}^3/\text{sec}$ とした。その総流出量は $6,000\text{ 万 m}^3$ と推定され、これを貯留するに必要な面積は約 $8,000\text{ ha}$ であり、耕作可能面積の範囲内である。ミタワン扇状地において洪水灌漑に利用される主要流路は、北ブランチ、南ブランチ、エスケープの3本であり、それら流路への、洪水量 $1,500\text{ m}^3/\text{sec}$ 時の計画流量配分比を北：南：エスケープ=1：1：1とした。

ミタワン洪水分流施設建設地点の地盤は細砂（平均粒径 $d_m=0.3\text{mm}$ ）から構成されているため、著しい洗掘が発生すると推測される。この洗掘に対して基礎工のみで対応することは技術的に不適当であるため、施設周辺には十分な洗掘対策工を配置した。しかし、洪水によりこの対策工は破損する恐れがあるため、破損した場合には確実な補修を行うことを設計の条件とした。

水理模型実験によると、分流施設上流には砂洲が発生する。この砂洲は流れの影響を受けて移動するため、分流後の各流路への流入量が時間の経過とともに変動し、一定の流量配分比を恒久的に維持することは不可能である。このため、分流施設の位置と構造の決定にあたっては、1回の洪水について、その出水期間中は計画した分流比がほぼ維持できることを条件とした。この条件に合致するものは、河道分岐点上流 M 2+100 地点に横断構造物を設置し、下流には導流壁を設置して各流路へ導流する形式である。

さらに、水理模型実験により構造物周辺では著しい局所洗掘が発生することが示された。構造物下流の水路河床が低下したときには洗掘深が $18\sim 23\text{ m}$ 、洗掘長は約 50 m に達する。洗掘される全区間の河床を鉄線籠で被覆し保護しても、洗掘深は $7\sim 8\text{ m}$ に達する可能性がある。

この局所洗掘に対抗する洪水分流構造物基礎工として、延長 5 km 余りにわたり長さ $10\sim 30\text{ m}$ のシートパイルを配置した。また、横断工越流部はコンクリート構造とし、その上下流には保護工として上流方向 30 m 、下流方向 80 m の鉄線籠を、また導流堤には片側 16 m の鉄線籠を配置した。

なお、この鉄線籠保護工は洪水による沈下、変形、流去などの被害から免れられず、洪水の後には被害箇所を補修しなければ横断構造物、導流堤が破壊する可能性が高い。

施設および扇状地の管理

適切な洪水灌漑を維持するためには分流施設の維持管理ばかりではなく、扇面の流路を維持補修し、扇状地全域へ洪水を均等に配分するため扇面の均衡を保つことが必要である。これを実行するためには、扇状地全体を対象とする運営管理組織を結成し、その運営についての指導が必要である。また、この際、扇状地全体の維持管理の重要性の理解を得ることが必要である。

この地域には伝統的な部族制のもとで発達した洪水灌漑運営組織カマラが存在するが、部族社会の変化に伴い、扇状地全域を統括する機能は失われている。これに加えて、地域の労働力と資金が不足し、洪水灌漑施設維持のために扇面全域を対象として、かつて行われたような大規模な作業は行われなくなった。扇状地全体にわたる確実な洪水灌漑の運営を行うためには、村単位のカマラの

連携を強化する上部組織を設置することが必要である。

形成過程にある扇状地全体の均衡を保つために必要な管理は、流路が望まない状態になることを避けるための対抗手段を講じることである。特定の流路へヒルトレント洪水が集中すると、その流路の上流部では河床が低下し取水できなくなる。また、下流部には洗掘された土砂が堆積し、農地を埋めて二次扇状地が形成される。このような事態になることを防ぐため、扇面流路を監視し、変状があれば補修する必要がある。

このような洪水灌漑を維持することを目的とした扇状地の管理は、現在実施されていない。これには統括組織を結成し、組織運営、技術の改良などについて、地元民はもとより、政府職員を含むトレーニングを行い、その実務についても技術援助を行うことが必要となる。

事業費

工期は、詳細設計に1年、工事に4年間を予定しており、総事業費は79億5700万円と見積られる。その内訳は、詳細設計に1億3600万円、第一期工事58億4000万円、第二期工事14億6600万円、第三期工事4億7900万円、第四期工事3600万円である。

維持補修費

維持補修は分流施設および導流堤の保護工を対象とする。扇面流路の維持管理が従来通り地元組織が行う。保護工の洪水による被害は計画洪水量 $2,500\text{ m}^3/\text{sec}$ のとき、7800万ルピー(約2億5000万円)となる。年平均補修必要額は2885万ルピー(約9200万円)、さらに流路維持管理費、人件費など300万ルピー(約960万円)が必要であり、年間の維持管理費は合計3185万ルピー(1億200万円)と見積られる。

プロジェクトの評価と提言

プロジェクトの評価

本プロジェクトは、以下のような農業生産の増加と洪水被害の軽減が見込まれる。

農業生産増加額：

洪水分流施設完成後の農業生産の増加は、取水の確実性が高まることにより実現される。洪水分流施設完成後の年平均農業生産額は1381万ルピー(約4100万円)が期待されるが、現在のこの地域の年平均農業生産額は912万ルピー(2750万円)であることから、プロジェクトによる増収効果は年469万ルピー(1300万円)に過ぎない。

洪水被害の軽減額：

ミタワンヒルトレント下流の水路灌漑地域における農業、家屋、道路などの湛水による被害額は1ヘクタールあたり12,120ルピーと見積もられる。一方、計画洪水時の被災面積は32,000haと推定され、年平均洪水被害軽減額は2394万ルピー(約7700万円)と想定される。

裨益人口：

本プロジェクトによる裨益人口は、分流施設建設による洪水灌漑農業による直接の恩恵を蒙るミ

タウンバチャド地域の約14,000人である。また、水路灌漑地域では約40,000人が洪水被害軽減の恩恵を受けると推定される。

評価

洪水分流構造物は厚い砂層上に建設される利水構造物であるため、著しい洗掘が想定される。これに対抗するため、深い基礎構造とし、これを保護する鉄線籠を構造物周辺に設置した。破損状態を放置すれば施設は破壊に至る。保護工は洪水のたびに破壊される可能性があるが、その都度、補修する必要がある。また、扇状地全域を対象とする管理体制を確立する必要があるかには、現段階の地域社会と政府機関の関係、政府機関の財政上の制約、政府機関の指導力などの点で困難と考えられる。基本設計調査時に、州政府に提出を求めた必要資料が提供されないこともあり、資料入手の困難さも計画実施上問題となる。さらに施設建設に関する費用と対効果は低く、この洪水分流施設の建設は妥当ではないと判断される。

提案

本調査の結果、下流水路灌漑地の洪水防御を行うために、洪水分流施設を建設し扇状地における洪水灌漑を確実なものにすることは困難であるとの判断に至った。目標を達成するためには、洪水のピーク洪水量を低減し、土砂の流出を抑制する流域保全事業および扇面における洪水灌漑を確実にする扇状地開発事業を実施する必要がある。

総合流域保全事業は構造物建設ばかりでなく、植生の回復を含んだ流域保全対策も導入する。植生の回復によって、生産力のより高い牧畜が流域で可能になり、地域住民の生活安定をもたらす。このような流域保全を推進するには、住民の協力が不可欠であり、住民参加による方法を取り入れるが、この実施は外部からの長期に渡る援助が必要である。構造物による流域保全対策は、山腹斜面における土砂と流出水の捕獲、上流支流におけるガリー発達の制御や、小規模ダムの設置などの方法がある。なお、総合流域保全を実施するためには、対象地域特有の自然条件、社会条件についての十分な調査を行う必要がある。

扇状地開発事業は、地域住民が主体となって扇面流路の管理、洪水灌漑技術の改良を行うものであり、扇状地形成過程に順応した配水により農業開発を進めることができる可能性がある。このためには、農民組織を強化し、扇面と扇面流路を洪水灌漑が可能であるよう保つための管理運営を実行可能とする必要がある。

パキスタン・イスラム共和国
ミタワーン堰建設計画基本設計調査報告書

目次

序文	
伝達状	
一般計画図	
調査対象地域位置図	
衛星写真	
用語・略語集	
図一覧表／表一覧表	
要約	
第1章 要請の背景	1 - 1
第2章 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
(1) 国土	2 - 1
(2) 経済・社会状況	2 - 2
(3) 灌漑行政	2 - 4
2.2 他の援助国、国際機関等による計画	2 - 9
2.3 我が国の援助実施状況	2 - 10
2.4 プロジェクト・サイトの状況	2 - 11
2.4.1 自然条件	2 - 11
(1) 調査位置	2 - 11
(2) 気象	2 - 11
(3) 水文	2 - 14
(4) 地質	2 - 15
(5) 地形	2 - 15
(6) 流域の浸食	2 - 25
(7) 土壌・植生	2 - 31
2.4.2 社会基盤整備状況	2 - 32
(1) 地域社会	2 - 32
(2) ミタワーンおよび近傍のヒルトレント地域の社会基盤整備状況	2 - 36
(3) 土地利用	2 - 38
(4) バチャドの産業	2 - 42
2.4.3 既存施設の現状	2 - 43
(1) バチャドの洪水被害	2 - 43
(2) 水路灌漑地域の洪水被害	2 - 47
(3) 既設バンドの効果	2 - 48
(4) カハヒルトレント構造物の被害	2 - 51
(5) チョティナラ洪水分流施設の現状	2 - 59
(6) 流域保全プロジェクト推進上の問題	2 - 59
(7) 洪水灌漑	2 - 60
2.5 環境への影響	2 - 64

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 ミタワンパチャド開発基本構想	3-1
(1) 過去のミタワンヒルトレント開発調査	3-1
(2) 地域の現状	3-2
(3) これまでの対策	3-5
(4) 本計画の基本構想	3-5
3.2.2 施設設計の基本条件	3-6
(1) 設計の基本的条件	3-6
(2) 耕地面積と分流比率	3-7
(3) ミタワン扇状地河道の平面移動と河床変動	3-8
(4) 水理模型実験結果	3-13
3.2.3 扇状地管理の基本構想	3-20
(1) 扇状地管理の方法	3-20
(2) 実行組織	3-20
(3) 官庁の役割	3-21
(4) モニタリングと即応体制	3-21
(5) 水利権の改定	3-21
(6) 政府の補助の必要	3-21
(7) 固有技術の利用とその限界および外部技術の導入	3-22
(8) 技術援助/トレーニング/水管理技術の必要性	3-22
3.3 基本設計	3-23
3.3.1 設計方針	3-23
(1) 構造物の安定性	3-23
(2) 水理模型実験結果の尊重	3-23
(3) 設計採用データ	3-23
(4) 建設材料	3-23
(5) パキスタン側の負担	3-23
3.3.2 基本設計	3-24
(1) 水理模型実験結果	3-24
(2) 構造物諸元及び材料の決定	3-27
3.4 プロジェクトの実施体制	3-33
3.4.1 組織	3-33
3.4.2 予算	3-33
3.4.3 要員・技術レベル	3-33
第4章 事業計画	
4.1 施工計画	4-1
4.1.1 施工方針	4-1
(1) 事業主体	4-1
(2) 技術者派遣の必要性	4-1
(3) 地元業者	4-1
(4) 工事範囲	4-1
4.1.2 施工上の留意事項	4-2
(1) サイトの工事環境	4-2
(2) 建設資機材について	4-3
(3) 施工方法	4-3
4.1.3 施工監理計画	4-3
4.1.4 資機材調達計画	4-4

4.1.5	実施工程	4 - 5
4.1.6	相手国側負担事項	4 - 6
4.2	概算事業費	4 - 12
4.2.1	概算事業費	4 - 12
	(1) 日本国側負担全体事業費	4 - 12
	(2) パキスタン国側負担経費	4 - 12
	(3) 積算条件	4 - 12
4.2.2	運営維持・管理計画	4 - 13
	(1) 扇状地管理実施体制	4 - 13
	(2) 運営維持管理業務の内容と実施体制	4 - 15
	(3) 必要資機材	4 - 17
	(4) 施設運営維持管理費	4 - 17

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・検証および裨益効果	5 - 1
5.1.1	プロジェクトの効果	5 - 1
	(1) 農業生産増加量	5 - 1
	(2) 洪水被害軽減効果	5 - 2
	(3) 裨益人口	5 - 4
5.1.2	プロジェクトの妥当性	5 - 4
	(1) 技術面の検討	5 - 4
	(2) 運営維持管理	5 - 4
	(3) 費用対効果	5 - 5
	(4) 結論	5 - 5
5.2	技術協力・他ドナーとの連携	5 - 5
5.3	課題と提言	5 - 6
5.3.1	課題	5 - 6
5.3.2	提言	5 - 7

資料

1. 調査団員氏名
 - 1.1 第1回現地調査 (1995年10月19日より11月3日)
 - 1.2 第2回現地調査 (1996年1月24日より2月22日)
 - 1.3 第3回現地調査 (1996年7月1日より8月11日)
2. 調査日程
 - 1.1 第1回現地調査 (1995年10月19日より11月3日)
 - 1.2 第2回現地調査 (1996年1月24日より2月22日)
 - 1.3 第3回現地調査 (1996年7月1日より8月11日)
 - 1.4 概要説明 (1997年6月23日より6月30日)
3. 相手国関係者リスト
4. 討議議事録

第1回 (1996年2月1日)	MINUTES OF DISCUSSIONS
第2回 (1996年7月10日)	MINUTES OF DISCUSSIONS
第3回 (1997年6月28日)	MINUTES OF DISCUSSIONS
5. 技術資料
 - 5.1 社会条件調査
 - 5.2 第一回水路模型実験結果概要
 - 5.3 第二回水路模型実験結果概要
 - 5.4 扇状地河道の河床変動

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。一方、国土の大部分は乾燥地帯にあり、農業生産の中心であるシンド州の全域、およびパンジャブ州の大部分を含む国土の約 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 km² 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。このように、国土全域での降水量は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*、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ヒルトレントと呼ばれる奔流により形成されたパ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。一方、パ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.カーン水路が 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、この水路の破壊と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低減させるとともに、パ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ミタワンおよびカハ地区を除く D.G.カーンヒルトレントベルトを対象とした洪水灌漑地域の拡大によって下流の洪水被害を軽減する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「D.G.カーン地区灌漑開発調査」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 調査に基づく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散施設
- (b) バティワラ導流堤
- (c) チョティナラ洪水分散施設
- (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（現地調査 1993 年 5 月 17 日～ 6 月 6 日）、および基本設計調査（現地調査 1993 年 8 月 23 日～ 9 月 25 日）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、(d) ナンガールナラ灌漑施設は地形上の問題から灌漑施設を建設するには適さないという理由により対象外とし、(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。チョティナラ分散施設は上流山麓地域における洪水利用を促進する目的で設置されたものであり、ミタワン・ヒルトレントの全洪水量の約 10% をカットするものである。また、現在 FAO によって実施されている流域保全事業は、パイロット事業の段階であり範囲が限られている。

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位置づけた本プロジェクトの実現に大きな期待をかけた。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、現在のバチャドおよび下流水路灌漑地域の洪水被害を直ちに回避出来るまでには至っていないため、ヒルトレント洪水をより広い範囲に分散してバチャド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てきた。

しかし、パキスタン国においては、ヒルトレント洪水の防御と同時に灌漑に利用する種々の提案や試行がこれまでなされてきたものの、いづれも経済的でなかったり、短期間に機能を失ったりしていることから、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、1) 構造物の規模が大きく、かつ類似した構造物の建設の実績がないこと、2) 地形、地質など自然条件に関する基礎データが不足していることが明らかになり、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」基本設計調査は 1995 年 10 月から開始された。1995 年 10 月からの第 1 回現地調査は、水理模型実験の実施にあたり、その実験諸条件を確認することを目的とした。この調査に基づき 1995 年 11 月より 1996 年 3 月まで水理模型実験が日本国内において実施された。さらにこの間 1996 年 1 月から 1 か月間の第 2 回現地調査を実施した。1996 年 3 月水理模型実験および現地調査の結果を検討し、水理模型実験をさらに実施する必要があること、堰建設後の堰及び扇状地全体の適切な管理が本計画においては不可欠の

要因であることが明らかになった。

これに基づき、1996年7月より中間検討結果をパキスタン国側に報告するとともに、追加する水理模型実験条件の確認および現地における洪水灌漑運営組織の実態などを調査する第3回現地調査を実施した。1996年8月より12月まで第2回水理模型実験を実施し、1997年1月にはこれまでの調査結果、水理模型実験結果を総合的に検討した。その結果、パキスタン国側より要請のあったミタワン分流堰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いう結論に至った。

1997年6月、この結論を示すミタワン堰建設計画基本設計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変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、パキスタン国側の理解を得た。パキスタン国側は、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、鉄線籠により分流堰を建設することを主張した。さらに流域保全の推進および鉄線籠分流堰の建設に対する日本側の協力を要請した。日本側は、この鉄線籠による施設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ことを述べた。さらに、パキスタン側の要請を受け、鉄線籠分流堰の建設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。

注*： 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、たかだか、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。

