

---

## 第3章 プロジェクトの内容

---

### 3.1 プロジェクトの目的

ミタワン堰建設計画は、ミタワンヒルトレントの洪水防御・水資源開発を目的とするミタワンパイロットプロジェクトの一部であり、ミタワン堰を建設することによって、D.G.カーン水路の破壊、水路灌漑農地の洪水被害を軽減し、パチャドと呼ばれるヒルトレント扇状地の洪水灌漑を振興することを目的とする。

ミタワンパイロットプロジェクトは、1984年パンジャブ州灌漑電力省が計画したプロジェクトであり、そのコンポーネントは(1)上流山地における植生を回復し、小構造物を溪流に建設して洪水量の低減を計る流域保全、(2)上流山麓地域において洪水の利用を促進し、下流への洪水量を低減させる中小洪水分流構造物の建設、および(3)下流のパチャドと呼ばれる扇状地における洪水の利用を促進するためのミタワンヒルトレント本流における大規模な洪水分流構造物の建設である。

ミタワン堰建設計画は、この第3番目のコンポーネントであるミタワンヒルトレント本流における大規模な洪水分流構造物の建設が目的である。なお、第1番目の流域保全は本流域上流のドーリ地区を中心にモデル地区を設定し、日本国の無償資金協力により小構造物が建設され、さらにFAOのよる住民参加による流域保全が進行中である。また、第2番目の上流山麓における洪水分流構造物の建設も、日本国の無償資金協力により支流の一つチョティナラにおいて実施された。今後、第一番目の対策を拡大することが、ミタワンパイロットプロジェクトを進めるためには重要である。

### 3.2 プロジェクトの基本構想

#### 3.2.1 ミタワンパチャド開発基本構想

##### (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、英国、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年パキスタン政府はミタワンパイロットプロジェクトのF/S調査を行い、洪水防御の観点から以下の4案が検討された。

- 1) D.G.カーン水路ヒルトレント放流工下流の水路灌漑地区内に排水路を配置し、洪水をインダス川に放流する。

- 2) D.G.カーン水路、ダジャール水路（図 - 2.9 参照）に洪水を流し込む。
- 3) D.G.カーン水路右岸に沿って排水路を配置し、洪水をインダス川に導く。
- 4) 山麓及びパチャドにおいて洪水を灌漑に利用することによって洪水を制御する。

これらについて検討した結果、1)は工事費が莫大となること、2)は技術的に不可能、3)は途中で下流の他のヒルトレントの洪水も取り入れる必要があり、費用、技術いずれも問題が多いことから、これらは不適当とされ、4)案を最適とした。

この最適案とされた分流施設の平面図を図-3.1、および図 - 3.2 に示す。パキスタン側のこのF/S 調査では分流堰の設計に先立ち、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、水理模型実験を実施した。

実験結果によると、堰上流において砂洲が発生しており、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を示唆していた。また、通水部分を縮小すれば、単位幅流量が多くなり流速も大となるため、砂河床の洗掘を早め、構造物を不安定にする懸念がある。さらに、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いことではない。このような実験結果が得られていたにもかかわらず、F/S におけるパキスタン側の設計では、このような点は考慮されていなかった。

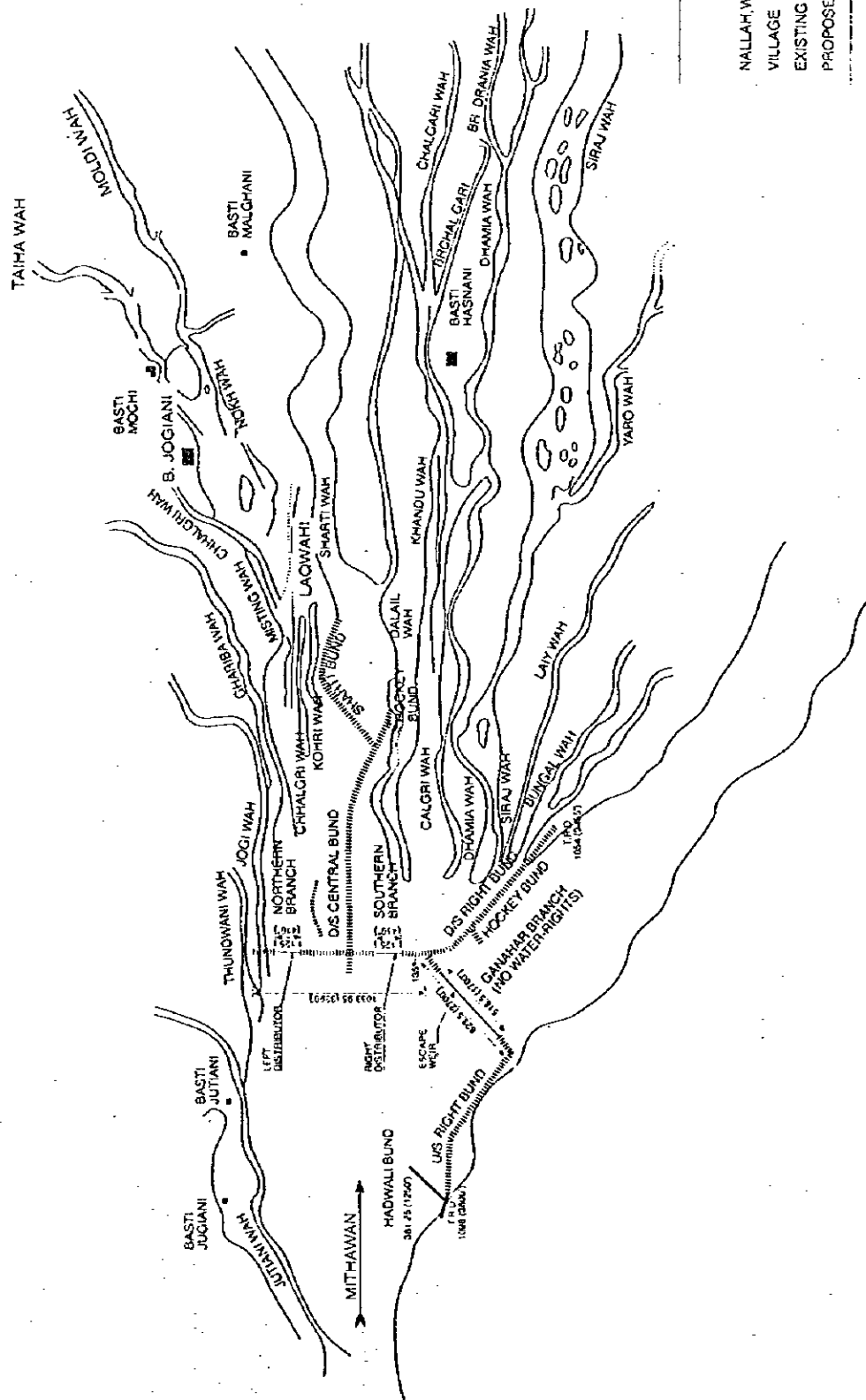
## (2) 地域の現状

### 1) 自然条件

ミタワンヒルトレント流域は過放牧による植生の喪失に加え、激しい乾燥と温度変化が加わり、岩盤の物理的風化が著しく、稀にある豪雨は地表を侵食し、地表水は侵食物質を運搬し、これによって下流扇状地には洪水のたびに大量の土砂が供給される。ミタワン扇状地は、稀に起きる大洪水と大量の土砂の供給によって、扇面流路の洗掘と洪水の集中、流路下流の二次扇状地形成、流路の移動（首振り）を繰り返す、活発な形成過程にあり、地形変化が著しい。

### 2) 社会条件

パチャド（扇状地）地域では、かつては地域住民すべてが洪水灌漑農業に従事していたが、土地の分割相続制による家族当たり農地面積の減少により生活が困難となったことに加え、近傍に出現した水路灌漑地域との対比から洪水灌漑が極めて不安定であることを実感した住民は、D.G.カーン水路の完成後、安定した収入のある水路灌漑地区に移住したり、あるいは中東諸国へ出稼ぎに行くようになった。このような原因から、労働力が不足するようになり、さらに部族制の衰退とともに洪水灌漑施設の建設と維持のための義務的労働がなくなり、流路や分水施設など洪水灌漑施設の維持管理が不十分となった。



NOTE  
 Unit in Meter  
 ( ) means feet

LEGEND

- ~ NALLAH WAH
- VILLAGE
- EXISTING BUND
- PROPOSED STRUCTURE / BUND

SCALE 25,000

図-3.1 分流施設平面図 (パキスタン国側の原案)



(3) これまでの対策

ミタワンヒルトレント扇状地においては、外部からの費用と技術により、それまでの維持補修に労力のかかる砂の構造物に替えて、維持管理負担の少ない耐久性のある施設、すなわち張石構造のハドワリバンド、チトリバンドが1980年代始めに建設された。しかし、その結果はハドワリバンドは北側のタルハワーへ洪水を集中させるようになり、タルハワーは河床低下を引き起こしつつあり、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。ここに導入された外部技術は、形成過程にある扇状地の持続的な有効利用の点では適合した技術とはなっていない。

(4) 本計画の基本構想

基本設計調査において、扇状地の利用を進め洪水被害を少なくするためには、ミタワンヒルトレント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対策が必要であるとの認識に至った。

形成過程にある扇状地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総合的な扇状地の管理が必要である。

扇状地の管理は、洪水が扇面全体に均等に分散するように扇頂において洪水を分流すること、および扇面の流路を灌漑水路として利用可能な状態に維持することである。

洪水を扇面全体へ均等に分散するためには、扇頂部において流路の首振りを防ぎ、下流流路へ均等に洪水を分散する施設の建設が求められる。また、扇面流路を灌漑に利用できるよう維持するには、河床低下などのような流路の望ましくない変化の発生を監視し、もしこれが発生すれば即座に対策する必要があるため、これを実施する地域民による維持運営組織が不可欠である。

このような洪水分流施設の建設と扇状地の維持の両者によって始めて、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り、これらを同時に進行させることが、本計画の基本となる。なお、この計画においては、施設の建設は日本側が行い、維持管理組織の設立とその運営はパキスタン側が行うことが必要となる。

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バティワラバンドの建設であった。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を棄却し、扇頂部の分流堰の検討を行った。

### 3.2.2 施設設計の基本条件

ミタワンヒルトレントの洪水時には、現在も上流域から大量の土砂が運搬され、扇状地は活発な形成過程にある。扇状地において持続的に洪水灌漑を行ってゆくためには、特定の流路へ洪水が集中し局所洗掘を起こしたり、特定の流路に沿ってのみ土砂が堆積するような地形の局所的変化を避け、扇面全体へ均等に洪水と土砂を供給する必要がある。

この目的に適う施設を設計するためには、既存のハドワリバンドが必要とする洪水流の均等な配分に寄与しているかどうかを確認し、計画の洪水分流施設が流路の首振りを防ぎ、均等な洪水と土砂の配分を可能とするようにその位置と施設構造を決定することが必要である。対象地域における十分な気象データ、地形変化に対するデータが存在しないため、施設設計には水理模型実験を実施する必要がある。

なお、パキスタン側で有していると思われる施設の設計に必要な気象、水文、地質などに関するデータ、航空写真などについても再三の調査団の要請にもかかわらず、パキスタン側から提供されなかった。このため、設計は、施設ができるかぎり安全なものとなるような仮定のもとでなされた。

#### (1) 設計の基本的条件

設計の基本となる洪水量は、ミタワン本流における表-2.2に示した観測値をもとに岩井法による確率計算により求めた。この確率洪水量を表-3.1に示す。また、確率洪水量はカハ流域における確率雨量（表-3.2）により確めた。ヒルトレントに対する計画洪水量の確率年は25年とされているため、本計画においてもこれを適用した。

25年確率洪水量は表-3.1より、約2,880 m<sup>3</sup>/secであるが、ミタワンヒルトレントの5大支流の一つであるチョティナラは、ミタワン地区流域保全灌漑開発計画によって、既に流域変更がなされており、現在のミタワンヒルトレントの集水面積は当初に比べて101 km<sup>2</sup>少なくなり、640 km<sup>2</sup>となっている。これより、面積比率によって、25年確率洪水量を減じ、ミタワンヒルトレントにおける設計洪水量は2,500 m<sup>3</sup> / secとする。

表-3.1 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	917	20	2,721
3	1,257	25	2,880
5	1,658	30	3,040
10	1,952	50	3,450

表 - 3.2 流域の確率雨量 (mm / 日)

流域	地名	確率年					
		2	5	10	20	25	50
カハ	Z. Sheru	50	66	76	86	89	100
ビドール	Beweta	22	35	43	52	55	64
ミタワン	F. Munro	33	58	75	90	95	112
ミタワン	全域平均	29	48	60	72	76	87

構造物の基礎となる河床は細砂から構成され、地表から深さ 5 m までは稀に礫を含む細砂であることが、JICA による事前調査によって確認された。一方、計画地点の約 2 km 下流のジョギアニ集落では、標高 180 m の地点に深度 90 m の井戸が掘削されており、記録によるとその孔底でも基盤岩には到達していない。上流の基盤の性質から見て、計画地点付近における基礎地盤の砂層厚さはおよそ 35m と仮定する。

(2) 耕地面積と分流比率

洪水分流施設の分流比は、扇面の主要流路である北ブランチ、南ブランチ、エスケープが、それぞれ支配する灌漑面積、あるいは現実に配分されているであろう流量を示す各水路の流下能力によって定められる。1992 年 2 月に撮影された衛星写真により確認された各水路の支配する面積を表 - 3.3 に、また、各水路の流下能力を表 - 3.4 に示す。

分水比率は当初計画においては北：南：エスケープ= 3：3：4 であったが、耕作地面積や各流路の流下能力などを比較検討した結果、第 1 回水理模型実験においては北：南：エスケープ= 3：4：3 とした。この分水比率を目標として水理模型実験を行った結果、この分水比率を維持することは困難であることが示された（第 1 回水理実験ケース 5）。

このため、第 2 回水理模型実験においては、扇面全体に均等に洪水流を分散することとして、分水比率を北：南：エスケープ= 1：1：1 とした。なお、現在水利権のないノンハクークにも配分するため、水利権を調整する必要がある。

表 - 3.3 バチャド地域の土地利用

水路名	洪水灌漑面積 (ha)		ポンプ灌漑面積 (ha)	水路および荒地 (ha)	合計 (ha)
	既存	廃棄			
北側水路	2,112	1,778	253	1,469	5,612
南側水路	3,200	2,590	455	1,508	7,753
エスケープ	1,297	1,394	125	8,172	10,988
合計	6,609	5,762	833	14,149	24,353

表-3.4 主要ワ-の流下能力

水路名	流下能力(m <sup>3</sup> /sec)
北側水路	500
南側水路	550
エスケープ	480
合計	1,530

計画確率年の総洪水量は6,000万m<sup>3</sup>であり、これを貯留するために必要な農地面積は8,600haである。洪水灌漑が可能な面積は表-3.3によると12,000ha以上あり、必要な面積を確保することは容易にできる。

(3) ミタワン扇状地河道の平面移動と河床変動

扇状地では扇頂部において首振りといわれる河道の平面移動が起こりやすい。また、シャルティワ-のような河床低下も懸念されるため、これらについて検討した。

1) 扇状地河道の平面移動

シャルティワ-の平面移動の変遷を、1968年に発行された地形図(図-3.3)、1976年洪水後に測量され1986年に発行された地形図(図-3.4)、1984年頃のミタワンF/S調査による地形測量(図-3.5)、1992年撮影の衛星画像(図-3.6)に示した。

1968年以前にはシャルティワ-はまだ小さい流路に過ぎない。1976年洪水後には上流部分は侵食を受け現在とほぼ同様の形状となったが、下流は北に向かいベフ、モルデイワ-に合流していた。1984年頃には下流は西に向きを変え、1992年には流路は更に西方に伸びD.G.カーン水路近くに達している。1979年には深掘れしていたシャルティワ-を閉塞するためにチトリバンドが建設されており、これ以降の変化はシャルティワ-兩岸の崩落、地元民による洪水注入の影響などによると思われる。

また、1950年頃に撮影された航空写真によると、シャルティワ-の中流部においては、農地を砂が覆っている様子が認められ、既にヒルトレント洪水がこのワ-に集中し始めていたことが読み取れる。その後、1976年の洪水は、シャルティワ-に大規模な河床低下と河道拡大を引き起こした。

2) 扇状地河道の河床変動

(a) 扇頂部河道

ミタワン扇状地の扇頂部には、南北両ブランチ、エスケープなど大きな河道がある。これらの河床材料の平均粒径が0.3mmと細かく浮遊砂分をかなり含むため、洪水時には著しい河床変動を起こすことが想定される。



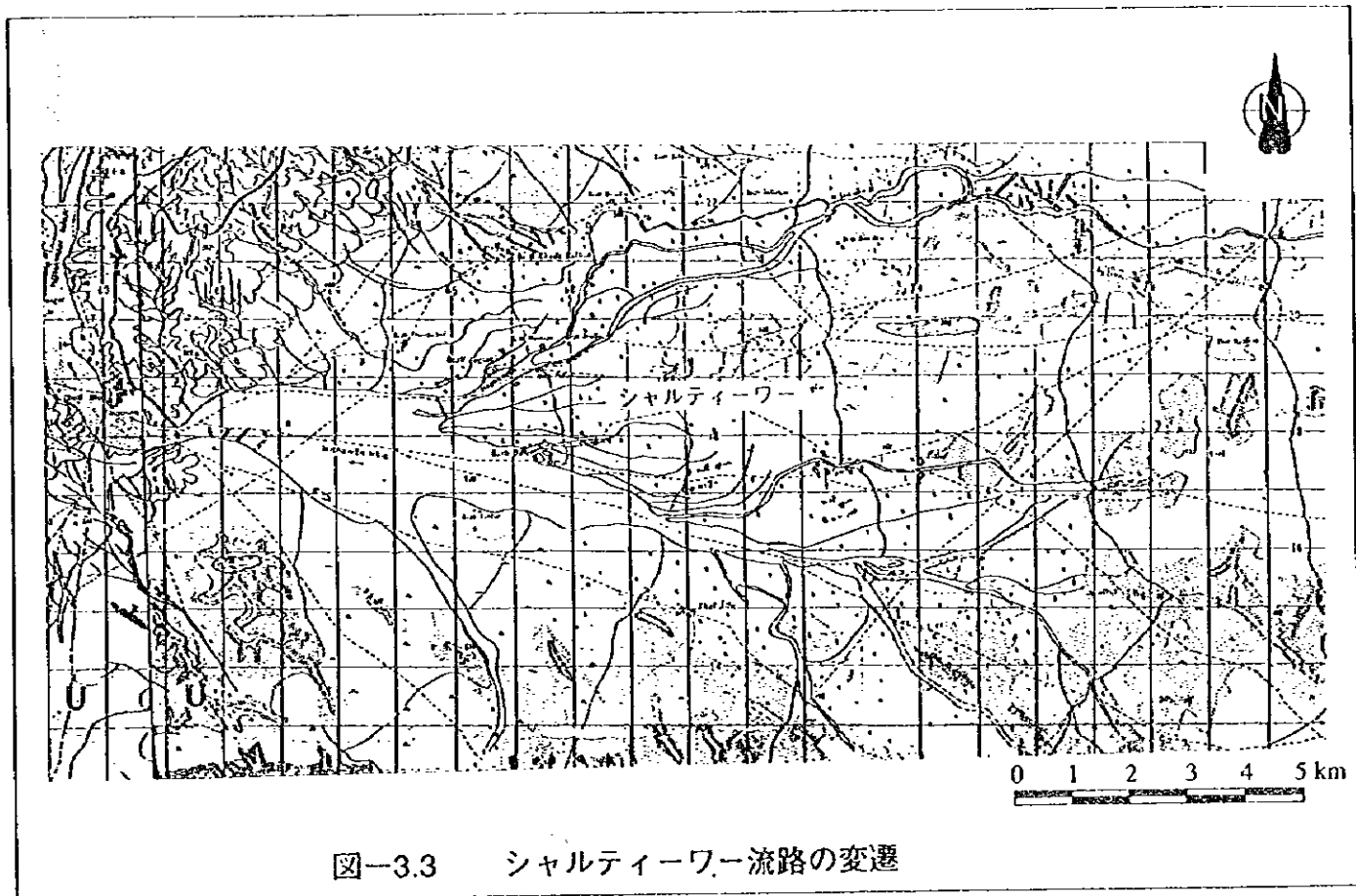


図-3.3 シャルティーワ流路の変遷

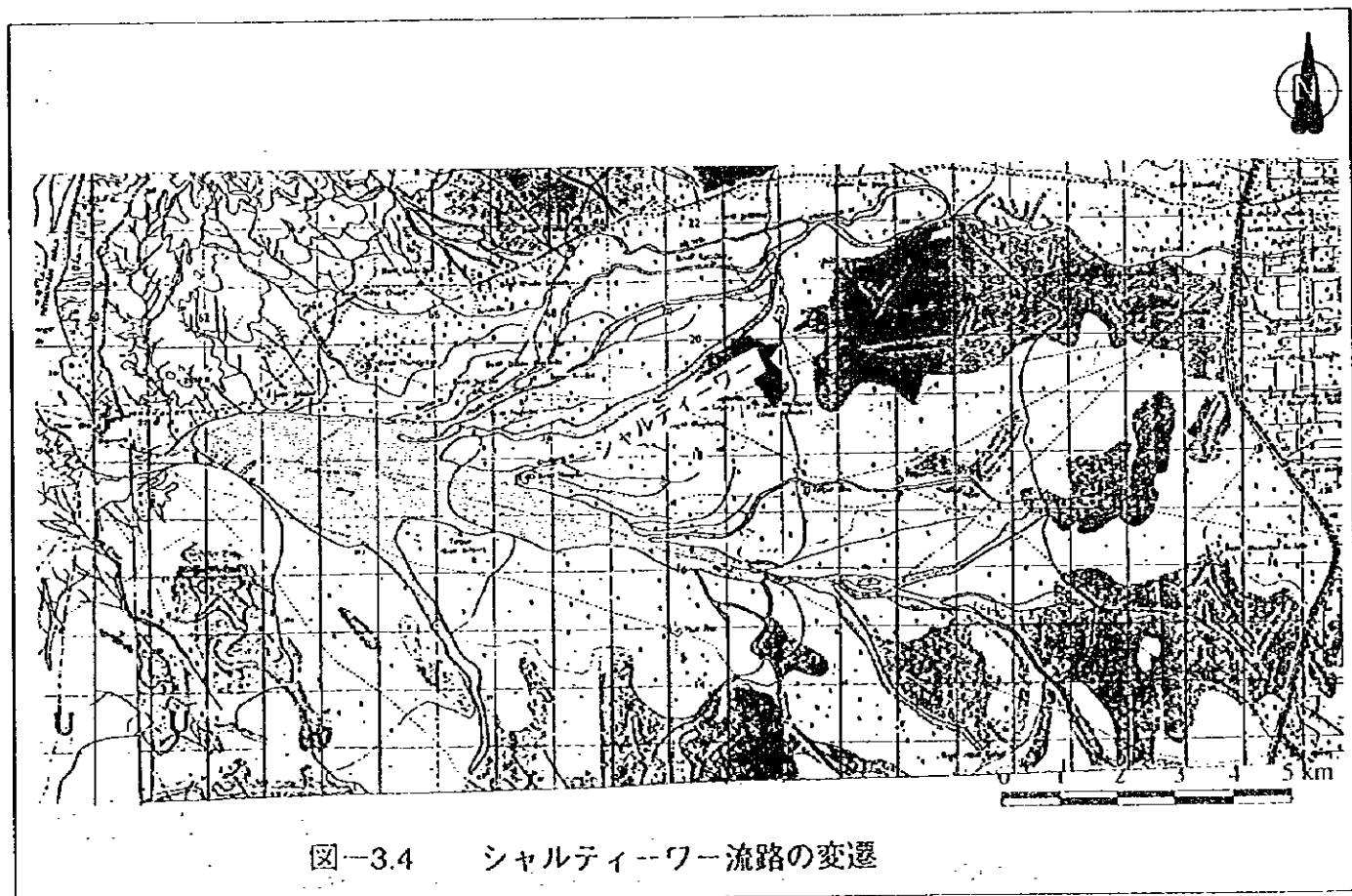
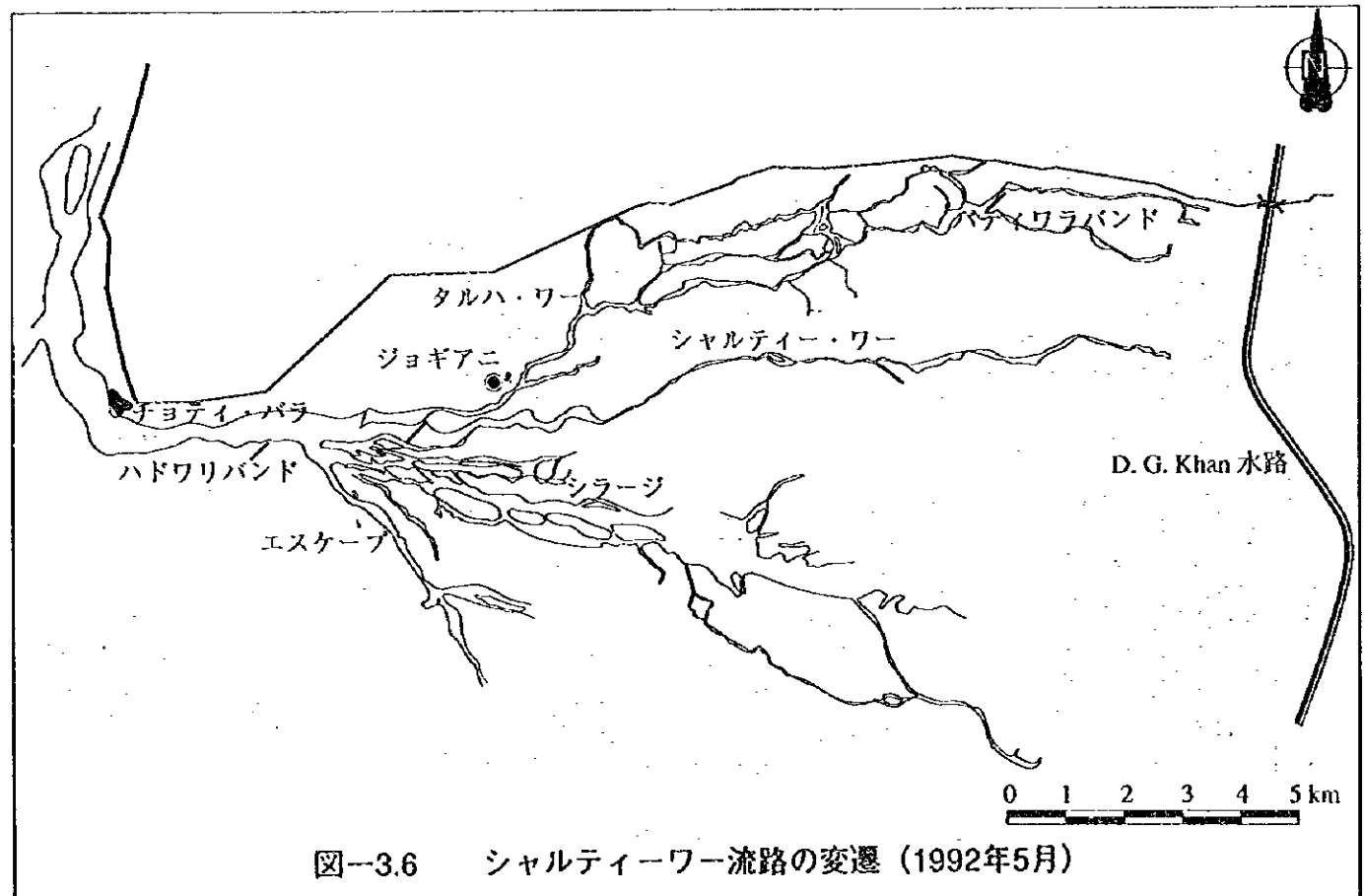
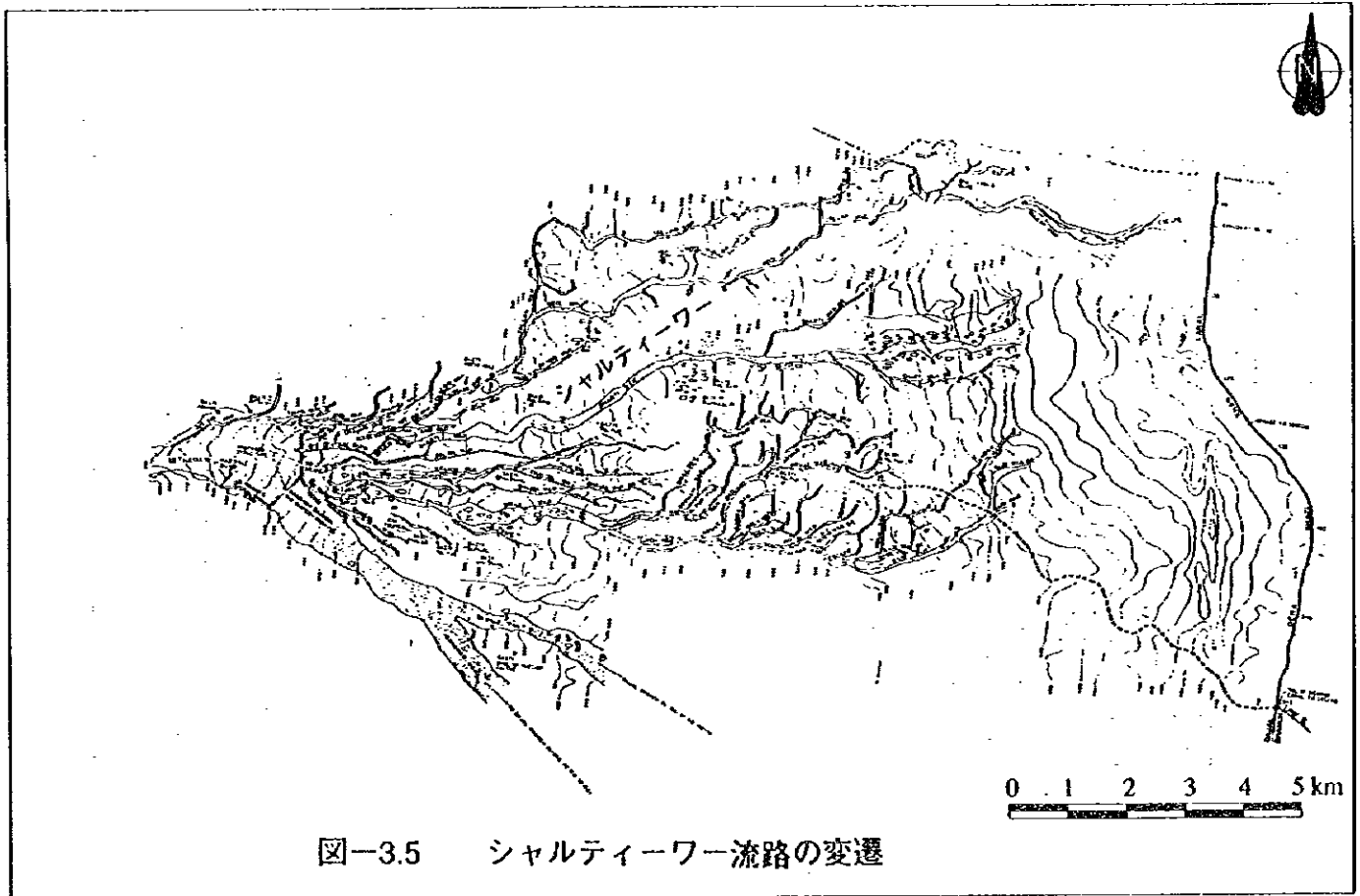


図-3.4 シャルティーワ流路の変遷



現地の状況は、シャルティワーが1976年の洪水によって4～5mの深さまで河床低下し、タルハワー上流部では1994年洪水によって約3～4m河床低下した。

一方、1995年に実施した水理模型実験においては、河床変動が予想をはるかに越えて激しく、今までの河床変動の知識で実際の現象を解析し、予測することが難しいことが明かとなった。このため、1996年に改めて実験的に河床変動を解析した。この水理模型実験の結果は、河床形態、河床勾配ともに現地とおおむね一致し、実験結果に基づいて河床変動を予測することが可能となった。この実験に基づく数値計算結果は表-3.5に示すように、北、南両ブランチではそれぞれ3.5m、エスケープでは5.8mの河床低下を示した。

表-3.5 河床低下推定値

対象水路	河床低下量
北ブランチ	3.5 m
南ブランチ	3.5 m
エスケープ	5.8 m

なお、水理模型実験結果から推定すると、現地において河道に砂洲が発生する可能性が高い。

#### (b) 扇尖部河道の河床変動

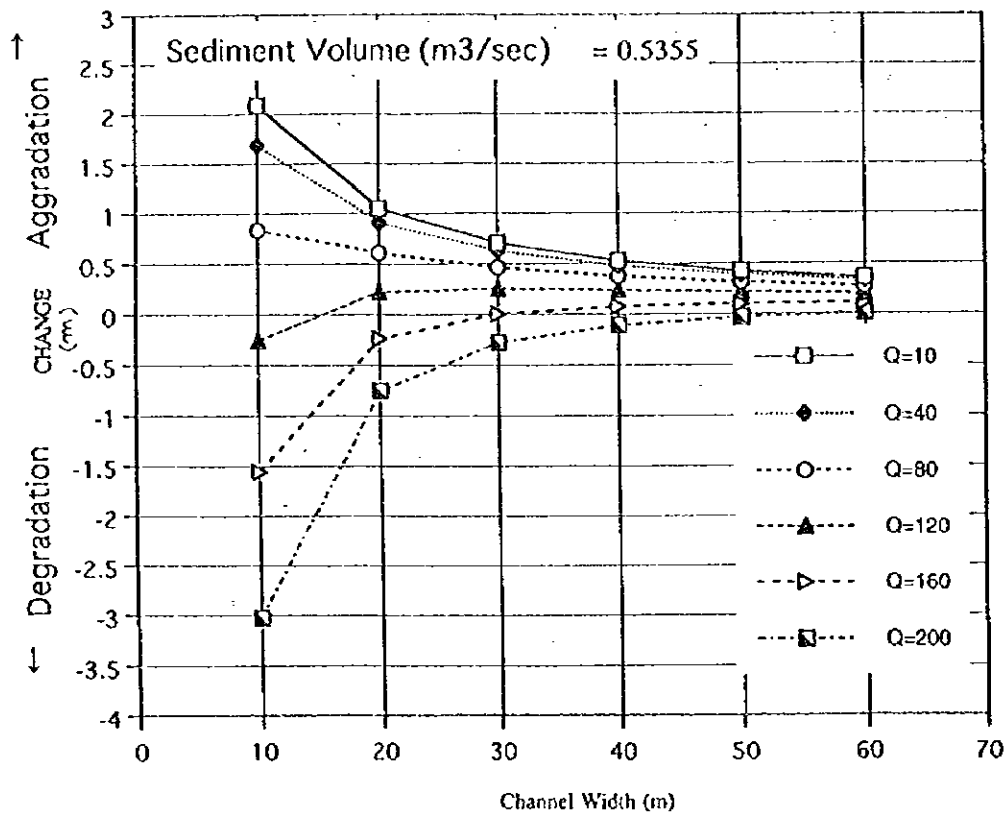
扇尖部は、圃場に取り水するワーと呼ばれる小流路など比較的小規模の河道がある。ワーの規模は幅10m程度、河床は圃場面より1.5～2m低く、許容流量は40～60m<sup>3</sup>/sec程度である。

図-3.7は流入土砂量を一定としたときの川幅と河床変動の関係を示している。図に示すように川幅が小さいほど、流量の変化によって大きな河床変動をする。また、図-3.8は幅10mほどのパチャドにおける平均的なワーにおける流量と流入土砂量の増減にともなう河床変動を示したものである。これによると流量が増加すれば河床は低下し、流入土砂量が多ければ河床は上昇する。このようにパチャドに多く見られる幅10mほどの流路では流量変化に敏感に応答して河床が変動する傾向にある。

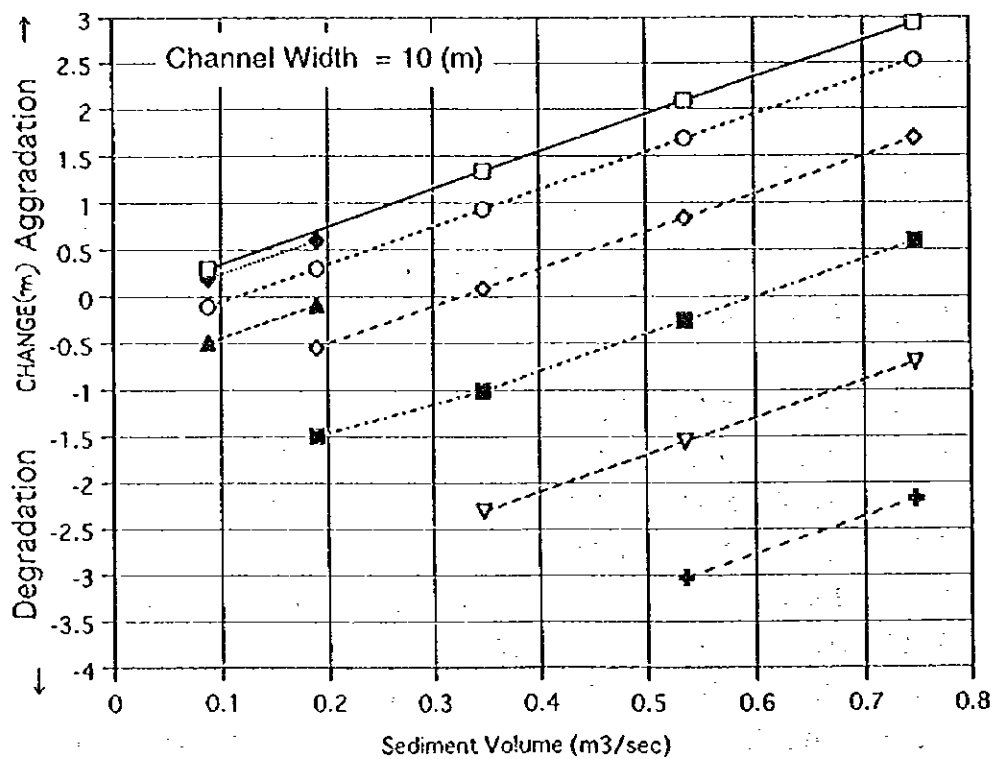
ワーには圃場に取り水するため、ワクラと呼ばれる堰が設置されている。ワクラは各圃場毎に作られ、上流の圃場での取水が終わると、つぎの圃場に水を送るためワクラは壊される。また、ワクラは洪水量が多いときには流水によって壊されることが多い。このように流路内の流れは変動が大きく、河床変動に影響を及ぼす。

ワクラによって水を堰上げ、圃場への取水が可能な10m<sup>3</sup>/sec程度の小流量時には、水深の大きな取水口付近では粒径1mm以上程度の土粒子はワー河床に沈降し、シルト、粘土は圃場に流入する。一方、ワーの流量が圃場への取水可能流量10m<sup>3</sup>/secを越えると、ワクラは越流や、浸透により壊され、洪水流は約3m/sec程の流速で流れ、河床は侵食される。侵食された材料は下流に運搬される。

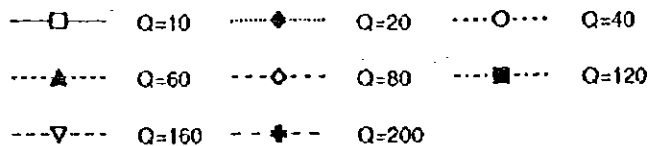
このようにワクラが機能しているときには、ワクラは土砂の移動を遅らせる働きをしている。しかし、中小洪水時でもワクラが壊された時には、幅の狭い流路は洗掘により河床低下する。



図一3.7 川幅と河床変動の関係 (流入土砂量は一定)



図一3.8 流入土砂量と河床変動の関係 (川幅は一定) (1)



一度河床が低下すると流路の許容流量は大きくなり、流路流量はさらに増加し河床低下を加速する。河床低下によって水路側岸が河床から高くなると、水路側岸は崩落し流路幅が拡大する。流路幅が拡大すると河床低下は少なくなるが、流路の許容流量は以前より増加し、流入量が增大すると再び河床低下、拡幅、許容流量の増加を繰り返し、水路は幅広くなってゆく。

### 3) 二次扇状地の形成

小洪水の時には、流域からの流送土砂のうち、砂は主に河床に堆積し、シルトや粘土は圃場に流入し、堆積するため、二次扇状地は形成されない。大洪水時には上に述べたようにワ-は流水によって侵食され、その侵食土砂と上流からの流送土砂は、流路を通過し、ワ-の下流に堆積し二次扇状地を形成する。

二次扇状地の形成に要する時間は、シャルティワ-の例では致命的な河床低下に至る25年以上前から、その兆しが示されており、大規模な二次扇状地の形成には数10年を要すると推測される。

シャルティワ-下流のD.G.カーン水路近傍には二次扇状地がある。衛星写真によると、現在、ここは農地として利用されていない。土砂の堆積に加えて、シャルティワ-からの取水が不可能となったため、農地として利用が不可能になったことを示している。

二次扇状地は、人為がなければ数10年かけて、徐々に形成される。このため、適切なモニタリングを行い、特定の河道への洪水の集中を防ぐ措置を適切に行えば、二次扇状地の形成を制御することが可能と考えられる。

## (4) 水理模型実験結果

### 1) 実験の必要性

数値解析では解明が難しい土砂の移動現象を考慮して、分流施設の機能と効果を確認し、設計のために必要となる河床変動を評価するために水理模型実験による検討を行った。

### 2) 第一回水理模型実験

#### (a) 実験の目的と方法

実験の主な目的は、既成水制であるハドワリバンドの要否の検討、および分流が効果的にできる分流施設の設置位置の検討を行った。実験の内容は表3.6に示す。

分流比は、各流路の流下能力より定めた分流比をもとに、洪水量 $1,500 \text{ m}^3/\text{sec}$  (5年確率洪水)のときの北ブランチ、南ブランチ、エスケープへの計画分流比の確認、およびエスケープへの流入開始の流量を毎年発生すると思われる洪水量 $400 \text{ m}^3/\text{sec}$ として、その水量以上の出水があった場合はエスケープへの流入が開始するように計画を行った。

表一3.6 第1回水理模型実験の検討内容および目的

主要な実験検討内容	実験およびその目的
<p>(1) 分流施設の設置位置の検討を行う。</p> <p>(2) 設計流量時に計画分流比が得られるような分流施設の検討する。</p> <p>(3) 既製水制ハドワリバンドの要否の検討を行う。</p>	<p>I. 二次元水路抽出実験 堰の機能および安全性のための局所的な流況を把握する。</p> <p>II. 固定床実験 (ケース1) 既製水制 (ハドワリバンド) の要否を検討するため、ハドワリバンドが有る場合と撤去した場合の分流割合を確認し、分流堰の効果的な設置位置を決定するために流れの分岐点の把握を行う。</p>
	<p>III. 固定床実験 (ケース2,3) ケース1の結果を受けて分流堰を設置し、各流路への分流量を確認する。また、エスケープへの流入開始時の流入量を確認する。</p>
	<p>IV. 移動床実験 (ケース4) 計画洪水波形に対する堰の機能を把握するために、分流量の時間的変化と堰の減勢池への土砂の堆積状況を把握する。また、実験における河床状態についても検討する。</p>
	<p>V. 移動床実験 (ケース5) 現地で一洪水が流送可能な土砂量を供給し、堰の効果と河床形状の変化を把握する。そのために、流送可能な土砂濃度で一定流量を長時間供給し、各流路への分流量と河床形状について検討する。</p>

(b) 実験結果

ハドワリバンドの要否の実験の結果、現況の河床地形では、ハドワリバンドを撤去したほうがエスケープへの流入量がやや多くなり、計画分流比に近づくことが判明し、ハドワリバンドを撤去する方が望ましいことが判明した。

また、設置位置については、河床勾配の変化点や流路の分岐点では土砂の堆積や河床洗掘が生じやすく河床変動の起点になる可能性が高いので、これらの地点に分流堰を設置すれば、その上下流の河床変動は比較的制御しやすく、また分流も行いやすいと判断される。これより候補地として、河床勾配の変化地点である M2 + 100 地点と流路の分岐点である M2 + 800 地点（図 - 3.9、3.10 を参照）があるが、ここでは 3 本の各水路への導流堤が短くてすむ M2 + 800 を第一候補、M2 + 100 地点を第二候補として実験を行った。固定床実験からは両地点とも、各流路への分流割合は計画地にはほぼ一致することが確認された。またエスケープへの流入開始量は、通常発生すると考えられる洪水（ $300 \text{ m}^3/\text{sec} \sim 400 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）程度となった。

しかし、移動床実験で、流れが集中する（水深が大きくなる）一部の範囲で平坦～砂堆の河床形態を示すものの、全体的に砂れんの河床形態を示し、現地と実験とは河床形態が一致しないことが確認された。これはこの移動床実験と実際の河川との間の相似則が成り立っていないことを示し、移動床実験で得られた河床変動の結果やミタワン堰による分流量、および堰周辺の河床洗掘をそのまま判断基準とすることはできないことを意味する。実験と現地の河床形態を同じにするためには、流砂現象の相似を実現できる水平方向と鉛直方向の縮尺が異なる歪み模型での検討が必要となった。





## 2) 第二回水理模型実験

### (a) 実験の目的

第一回水理模型実験から河床形態の相似を近似させて流砂現象を一致させるためには、模型を水平縮尺に比べて鉛直縮尺の歪みが大きい模型とする必要があることを判明した。従って、歪み模型を使用して、河床変動の予測、堰の適正な位置、堰の構造（横断構造物の要否）、各水路への分流割合の検討を行い、また、抽出模型で分流施設周辺の局所洗掘の検討を行った。実験の内容は表 3.7 に示す。

歪み模型実験の場合には、局所洗掘のような現象は極端に現れることが予想されるが、現象としては危険側であり、それに対処するための設計は構造物としては安全側となる。構造物を計画・設計する場合、扇状地における河床変動の特性を十分に把握し、将来起こるであろう現象を予測した上で計画・設計することは、長期に渡って構造物の安全性と機能を維持する点で有効である。このため、本実験は構造物の設計諸元の基準となるデータを測定するため、河床変動の相似が期待できる歪み模型を用いて検討することとした。

### (b) 実験結果

#### 分流施設の構造

無施設の場合は、流路拡幅部の河床変動によって流向が左右されるため、主流は北ブランチと南ブランチの間を周期的に往復していたが、実験の後半には、エスケープに集中する現象が認められた。一つの水路への最大流量は、全流量の 80% 程度であった。

分流構造物（分流堰+導流堤）を設置した場合は、分流量の変化すなわち河床変動の周期が長いことが確認された。また、施設完成後は設計対象洪水であれば 1 回は所定の分流比に分流することができた。それ以降分流比を保つためには、河床のモニタリングを行い、その都度河床を整形することが必要であると思われる。

分流構造物（導流堤のみ）の場合は、分流量の変化は無施設に比べて長い。しかし、河床高を固定する施設がないため、施設完成時からどの水路に流れが集中するか予測が困難である。最大流入量は無施設に比べると小さく、流入量を制御する効果は認められるが、3本の水路の内どこかで下流域で氾濫が生じることが予測される。

#### 分流施設の位置

分流堰の設置位置の検討は、①河床変動の首振り地点 (M 2 + 100 地点) と②流路が3本に分かれる地点 (M 2 + 800) で行った。①の位置では、初期の段階では比較的均等に分流されており、分流量の変化の周期が長い。しかし、②は施設がない場合と同じような変化を示し、分流量の変動幅も大きかった。これは、各水路への分流量は、首振り地点とする河道拡幅部の河床変動に左右されるため、この位置では十分な分流量の制御ができないようである。この結果、分流堰を設置するのは①の位置が、機能性・経済性からみて効果的といえる。しかし、この地点でも、分流堰を設置することによって上流側では河床が 0.5 m 程度上昇するため、首振り地点はさらに上流側に移ることになる。したがって①の地点に分流堰を設置しても流れを完全に平均化することは難しい。

表-3.7 第2回水理模型実験の検討内容および目的

主要な実験検討内容	実験およびその目的
(1) 現地と模型の河床形態を一致させる。	I. 二次元水路抽出実験 歪み模型が、現地の流砂現象と整合するための給砂量を求めるための流砂量式を求める。
(2) 現況の河床形態を把握し、堰を設置することによる河床形態の変化の検討を行う。	II. 三次元歪み模型実験（平衡河床再現実験） 三次元歪み模型を用いてハドワリバンドのない状態での各流路への分流量と河床変動について検討する。
(3) 適切な分流通施設の位置および構造の検討を行う。	III. 三次元歪み模型実験（分流通施設設置実験） 分流通施設を設置した場合の各流路への分流量と河床変動の影響を確認した。分流通施設（横断構造物＋導流堤）設置位置は流路幅が拡幅する直上流（M-10地点）に設置し、以下に示す3ケースで行った。 III-1；分流通施設を設置したことによる各流路への分流量と河床変動への影響を把握する。 III-2；エスケープを閉鎖して、二本の流路に流れが集中した場合の河床変動と分流通施設周辺の局所洗掘の状況を把握する。 III-3；エスケープと南プランチを閉鎖して、北プランチに流れが集中した場合の河床変動と分流通施設周辺の局所洗掘の状況を把握する。
	IV. 三次元歪み模型実験（分流通施設設置実験） IIIの実験の模型形状から横断構造物を撤去し、導流堤だけを設置した場合の各流路への分流量と河床変動、導流堤沿いの局所洗掘状況を把握するし、横断構造物の有る場合と比較する。。
	V. 移動床実験（分流通施設の比較実験） 分流通（横断構造物）を三本の水路の分岐点に設置し、分流量と河床変動、分流通および導流堤周辺の洗掘状況を把握するとともに、IIIの実験と比較し施設の位置を検討する。
	VI. 抽出実験 三次元歪み模型実験で観察された分流通周辺の洗掘規模を定量的に把握し、構造物を設計する際の根拠深さや護床工の長さを決める検討資料とする。

## 局所洗掘について

### 分流堰直上流の局所洗掘：

分流堰の本堤は、流れを均等化するために越流部は元河床よりも平均で0.5 m 突出するように計画されている。このため、堰の直上流では二次流が発生して局所的に洗掘が生じる。この洗掘は全幅で生じるのではなく、堰上流の水理条件によって異なり、また洗掘の規模も場所によっても異なるため、洗掘範囲を予測することは難しい。この洗掘は、上流から土砂が到達した時点で埋め戻され、その後は堰上流側の洗掘は消える。堰上流側の洗掘規模は洗掘深  $d = 1.5 \sim 3.8$  m、洗掘長  $L = 4 \sim 8$  m となった。洗掘深は、分流堰水通し部の天端からの値である。

### 分流堰直下流の局所洗掘：

分流堰直下流の局所洗掘は、洗掘深と洗掘長は分流堰の下流側の河床低下量に伴って大きくなる傾向が認められた。分流堰の下流側で河床低下が生じない条件では、最大洗掘深は2.5 m 程度、最大洗掘長は15 m 程度であるが、水路内の河床変動によって河床低下が進行すると、河床低下量が3.75 m の場合、洗掘深は18 m、洗掘長48 m ぐらいに急激に増加する。しかし、前庭部に護床工（蛇籠）を設置すると、河床低下量が同一条件の場合、最大洗掘深は1/2 以下、最大洗掘長は1/6 以下（ただし、護床工の長さ35 m を加えると大差はない）となる。

分流堰下流の河床低下が進行すると洗掘規模が大きくなる原因は、分流堰通水後の流向が落水水となったためである。したがって、分流堰を守るためには護床工を設置して流向をなるべく水平方向に維持することが必要となる。しかし、下流の河床低下や局所洗掘によって屈とう性のある護床工は沈下するが、その影響が分流堰に及ばないような護床工の長さが必要となる。

### 3.2.3 扇状地管理の基本構想

形成過程にある扇状地は地形変化が激しいため、農業生産の場として継続的に利用するためには、洪水と土砂を扇面に均等に配分して扇状地の変化を制御する必要がある。この方法として流路を監視し、望ましくない変化に対してただちに対策をとることが必要である。

#### (1) 扇状地管理の方法

農民がつづけてきた扇面における流路と農地の維持管理、すなわち流路の変化を読み取り、有害な影響を最小限にするために講じてきた努力は、広い扇面を維持管理するためには今後も不可欠な基本的技術である。扇状地の管理は、以下のことを実現することによって可能となる。

- a. 扇頂における洪水分流施設により、洪水を扇面全体に均等に分流させ、特定の流路への洪水の集中をなくすること。
- b. 支流路においては、確実に洪水を圃場に取水すること。
- c. 各圃場の貯水機能を確実に維持すること。

さらに洪水被害を少なくし洪水を利用するために、次のようなことが薦められる。

- d. 下流扇端においては特に洪水防御の面から D.G. カーン水路のヒルトレント側の堤防を強化すること。
- e. 中流域において洪水の利用可能時間を長くするよう、貯水機能を有する施設を配置すること。
- f. 分流効果を確実にし、河床の変動量を小さくするために、扇頂部の洪水量を低減すること。

#### (2) 実行組織

扇状地における洪水灌漑は古くから行われてきており、これを維持する地域の農民組織カマラは、かつてのような地域全体の協力はなくなり、各カマラの活動も弱まっているが、従来からの方法を堅持するという意味では機能してきている。一方、形成過程の扇状地の管理は扇状地全体を対象とした扇面の流路と扇面の変化を制御するという視点が運営維持にかかせないが、このような視点と技術は欠けている。

近年のカマラの運営はそれぞれの村単位では健在であるが、高い立場からの調整あるいは指導力が不足して、地域全体を統括する機能の面ではカマラの協力と調整はうまくいっていない。地元農民は昔のトゥマンダールのような役割をする高位の調整機関の結成を求めているが、地元農民だけでは指導力、技術力に限度があり、外部からの指導のもとで地域全体を調整する組織が必要である。

農民が自らの必要によって作り上げた組織は、現地に合致するルールを状況に応じて変更してゆく柔軟性があり、このため永続性があるといわれる。この地域でも農民による協同組織カマラは機能しているが、プロジェクトの直接受益者である地元農民が、自らの経験を生かし、運営の

主体としての意識をもって計画と実施に参加することが重要と考えられる。

(3) 官庁の役割

パチャドの洪水灌漑に直接関係をもつ官庁は技術面では灌漑電力省 (IPD)、行政面では副知事 (Deputy Commissioner) に所属するヒルトレント部 (Rod Kohi Department) である。

農民が自らの必要から作り上げた組織に対して、政府がリーダーシップをとる組織では、地元民の依頼心を増長し良く機能しないとされる。ヒルトレントの洪水灌漑では、技術、運営いづれについても、問題が発生して地元民の手に負えなくなったときに始めて官庁に問題として持ち上げられているのが現状である。これは自分たちの問題は自分たちで解決する伝統的な部族社会の自治の習慣が残っていることであり、既存の農民組織の育成強化は、官庁からの指導と援助を最小限として行われるべきである。

(4) モニタリングと即応体制

地元農民はあらゆる施設の建設、位置、構造の決定、修復の技術を持たなければパチャドでは農業はできないと言われ、扇面の流路を伝統的な農民の組織によって維持管理してきた。とくにモニターの技術はきわめて稀な出水のチャンスを生かし確実な取水をするために必要な能力である。次の洪水期に取水がうまく出来るように、バンド、水制を配置する技術は定着している。

パチャド農民は流路のモニタリングと、その結果に基づく望ましくない変化に対応して取水する基本的技術は持ち合わせている。しかし、これらの技術手段は、 $400 \text{ m}^3/\text{sec}$  以下の小洪水に対するものであり、それ以上の流量に対する技術手段はない。 $400 \text{ m}^3/\text{sec}$  を越える大洪水に対応するため、この技術をより高め信頼できるものとして扇状地全面の管理に役立てるためには、荒廃河川、扇状地に関する技術援助が必要である。

(5) 水利権の改定

現在の水配分の実態は、第2章で述べたように水利権に決められたものとは異なっている。サロバパイナに決められたことであり、農民は水利権を実態に合わせて変更することを望んでいることが現地調査で確かめられた。

洪水被害を軽減するためには、より広範囲に扇面全体で洪水灌漑を行うことが必要であり、このためにはエスケープ水路系統にも水が配分されること、すなわちノンハークの水利権を認めることが必要である。

(6) 政府の補助の必要

今後、本ミタワン堰建設計画によって分流堰が建設されると、このカマラによる維持管理作業は下流の洪水防御の役割をも担うことになり、公共性の高い義務を付加することになる。これは、維持管理の質を高める必要があることを意味し、これにより地元農民の経済的負担はより大きくなる。現在でも施設の維持管理の負担にあえいでいる農民にこれ以上の負担をかけカマラに対する何らかの援助も行なわなければ、維持管理の質が低下し洪水防御の効果は期待できない。

(7) 固有技術の利用とその限界および外部技術の導入

シャルティワの河床低下を防ぐことができなかつたように、地域の伝統技術によって制御可能な洪水量には限度があり、大洪水による河床低下は避けられないことは、地元民は十分承知している。今までは、事態が破滅的になって始めて外部の技術が導入されてきたが、このような事態にいたる前に組織的に防御手段をとる必要がある。

洪水灌漑を持続するためには、扇面流路の変化を制御することが必要である。しかし、地元農民にはこの認識はない。個人的な水利用に関しては、たとえばアルトゥルの農民が10kmほど離れたタルハワーにバンドを作るように、かなり広範囲に洪水時の流量の配分状況を予測している。ヒルトレント洪水は継続時間に限度があるため、農民それぞれが自分の農地への取水に専念し、下流への放流が洪水被害を起こすことなど眼中にはない。このように水管理に関しても個人レベルでは技術を有しているが、扇面全体を見る技術はない。

また、洪水分流施設のような大規模施設により、地元民が洪水を制御してきたことはなく、このように大規模な施設の管理、改修技術は地元にはないし、資金の面でも負担できない。このため外部の技術と資金の導入が必要である。

(8) 技術援助／トレーニング／水管理技術の必要性

扇面で洪水灌漑を維持するためには、扇面全体の施設や流路の状態を監視し、望ましくない変化に対して即座に対抗手段を実施する管理が必要である。これに対応できる組織と、全体の見通しをもち指導できる人材も必要である。

監視に基づく管理は従来からも実施されてきたが、取水に関する範囲に限られている。地元農民が経験してきた取水技術は将来の各水路の維持管理技術の基本となるものであり、適当なトレーニングによって将来の扇状地全体の維持管理を地元農民が担うことが可能である。

ヒルトレント開発のパイロットプロジェクトとして位置づけられたこのプロジェクトでは、施設の計画と設計の基本となるデータが不足している。データを収集し、また建設された施設の状態と効果を測定することがパイロットプロジェクトとして必要なことである。

これより、以下の項目についての技術援助、トレーニングが必要と思われる。

- (a) 地元組織および関係官庁に対する管理技術と組織運営の指導
- (b) リーダーの育成
- (c) 水管理の改善
- (d) 基礎データの収集

### 3.3 基本設計

#### 3.3.1 設計方針

本計画における洪水分流構造物は、以下に示す設計方針と与条件のもとに設計する。

##### (1) 構造物の安定性

本計画で対象とする河川は形成過程にある扇状地上に位置しており、かつ河床勾配(1/215～1/250)に比して河床材料は平均粒径が0.3mmと小さく、堆砂と洗掘による激しい河床変動が予測され、これに対応できる施設を計画する必要がある。対象河川の経年的河床低下量、あるいは上昇量について不明な点が多いため、今回の設計で対象とする構造物は設計洪水対象流量(25年確率 $2,500\text{ m}^3/\text{sec}$ )1回の流下に対して安定な構造物とする。

##### (2) 水理模型実験結果の尊重

洪水を安全かつ効率よく分流・導水するための構造物の設計に際し、土砂の移動現象・平衡河床の検討・効果的な分流方法・提案された構造物設置時の各流路における河床変動、並びに構造物周辺の局所的な河床変動に関するデータは現地では乏しく、また、数値計算では解明が困難であることから、これを知るために各種の水理模型実験を行い、施設の設計においては水理模型実験結果を最大限に尊重する。

##### (3) 設計採用データ

水理模型実験の結果、計画構造物は規模が大きくなり、より安全性が求められることが判明した。従って、事前調査時に行われた、測量・試掘調査等のデータでは、詳細な設計をするにはデータが不足であるため、土質・地質関係諸量はすべて推定値を用いて設計を行う。また、測量結果も通常の設計に用いる地形図・縦横断面スケールとは異なる小スケールのものしか存在しない。したがって、詳細設計の段階においては、土質・地質調査(ボーリング調査)及び必要地域の測量を行い、その結果を用いて詳細設計を行う必要がある。

##### (4) 建設材料

建設材料については可能な限り地元で入手可能なものを使用すること、建設方法についても地元で一般的に採用されている技術を使用することを原則とするが、やむを得ない場合は輸入材料・技術を使用する。

##### (5) パキスタン側の負担

洪水流の分流後、流れがほぼ安定すると考えられる区間より下流の導流堤、二次分流施設、ならびに分流後の取水のための構造物の建設はパキスタン側負担によって行われるものとする。したがって、これらに関する施設は設計対象としない。また、構造物周辺の局所洗掘に対しては洪水後直ちに修復が行われること、および大洪水が発生して平均河床が大きく低下したときには今回設置する横断構造物下流に床固めなどを設置して河床上昇を計ることが、地元のパキスタン側により行われることを前提とした設計を行う。

### 3.3.2 基本設計

基本設計の策定に際しては水理模型実験を行い、可能な限り不明点の解明を行った後、設計作業を行った。

#### (1) 水理模型実験結果

水理模型実験は、以下の点を基本条件として実施した。

- 既存資料及び現場での聞き取り調査をもとに算定した値から設計対象洪水を 25 年確率、 $2,500\text{m}^3/\text{s}$  とする。
- 洪水分流施設による洪水の分散数（分流数）については、本計画対象地域の地形解析結果から、北ブランチ、南ブランチ、エスケープの3水路に分割する。
- 小洪水の場合の水は水利権のある地域のみを導くことも考えられたが、扇状地管理の点から、水利権のない地域にも分流・導水する。従って横断構造物が必要と判断された場合の横断構造物天端の標高は各水路とも同じとする。

水理模型実験によって得られた主な結果を施設計画の観点から整理し、以下の施設設計を行ううえでの条件を得た。

#### 1) 分流に必要な構造物

本計画の目的を達成するために必要と考えられる主な構造物としては横断構造物（堰）と縦断構造物（導流堤及び護岸）がある。これらの組み合わせとしては、(a)横断構造物+縦断構造物、(b)横断構造物のみ、(c)縦断構造物のみの3案が考えられる。これらの各ケースについて歪み模型実験を行った結果、(b)案、(c)案では本計画の目的である分流が出来ないことから、分流施設は(a)案に基づいて設計を行う。なお、(a)案による分流施設は(b)案及び(c)案の場合と比較して定性的に分流状態は良いが、10%程度の分流誤差があるものと考えられる。

#### 2) 分流比

分流比については、下流の農地面積からは北ブランチ：南ブランチ：エスケープ=3：4：3となるが、上記1)でも述べたように歪み模型実験結果から、予定される横断構造物は微妙な分流比の変化に対応出来るほどの精度を持たないと判断されたため北ブランチ：南ブランチ：エスケープ=1：1：1の均等割とする。

#### 3) 横断構造物設置位置

河床勾配変化点であるSt.2+100及びSt.2+800に横断構造物を設置した水理模型実験から、St.2+100より下流に横断構造物を設置した場合は横断構造物上流部で堆砂による偏流が発生して分流比が変動しやすいことが判明した。また、St.2+100より上流側に横断構造物を設置した場合には導流壁が長くなり、工事費の増大を招くことが懸念された。従って横断構造物の設置位置は図-3.11に示すSt.2+100とする。



- 4) 縦断構造物設置区間  
縦断構造物（護岸・導流堤）設置区間は、横断構造物上流部の地質が比較的安定していると考えられる地点から分流がほぼ安定すると考えられる横断構造物下流約 1000 m 区間までとする。
- 5) ハドワリ・バンドの撤去  
水利権のない地域に小洪水の場合も導水する必要があることから、水理上の障害となるハドワリ・バンドは撤去する必要がある。
- 6) 各流路の流下量  
分流後の各流路への流下量については、上流部における堆砂の影響で偏流が発生し、平均河床低下量及び局所洗掘量は設計対象洪水の 70%（ $1750 \text{ m}^3/\text{s}$ ）が一本の水路に集中することを想定する。（理想的に分水された場合の 1.3 倍程度と考えて  $2500 \times (1/3) \times 1.3 \approx 1100 \text{ m}^3/\text{s}$  を対象とすることも考えらるが、ここではより安全側の値である  $1750 \text{ m}^3/\text{s}$  を採用する。）
- 7) 計画河川縦断勾配  
横断構造物下流部の現況各水路の縦断勾配はそれぞれ異なっているが、今後どのように河床変動が進展してゆくのかについては不明な点が多いため、ここでは各水路の平均的な値であると考えられる  $i = 1/230$  を計画河川縦断勾配とする。現況河川縦断勾配を図-3.10 に示す。
- 8) 洪水時の平均水深  
対象洪水時の平均水深は実験結果及び等流計算結果をもとに 2.5 m とする。
- 9) 平均河床低下量  
設計対象洪水が発生した場合の横断構造物下流部の平均河床低下量は水理模型実験による推定値 3.5 m より、安全側の 4 m とする。
- 10) 横断構造物下流部の局所洗掘  
本計画は、構造物に何らかの被害があった場合には直ちに修復されることを前提とした構造物であることから、横断構造物の下流部においては局所洗掘に対して護床工の効果を見込むが、現場諸条件及び施工精度を考慮して、第二回水理模型実験の抽出実験 No.5 より得られた結果（技術資料：第 2 回水理模型実験概要 p63 参照）を採用する。なお、護床工下部には吸い出し防止材を設置することから護床工下部の洗掘は発生しないものとする。



11) 横断構造物上流部の局所洗掘

横断構造物上流部の護床工についても、その効果を見込んだ場合については局所洗掘が減少し、洗掘対策工の長さを少なくできると考えられる。しかし、上流部洗掘対策工は、下流部洗掘対策工のアンカーとしての効果を持たせる必要があるためこれを考慮しないこととする。

12) 縦断構造物近傍の局所洗掘

縦断構造物近傍の洗掘に対しては砂州による深掘れを示す次式

$$H_{\max} / H_m = 1 + \Delta Z / H_m = 1 + 0.8 H_s / H_m$$

を適用し、 $H_s$  (砂州の波高) /  $H_m$  (平均水深) = 2 として、深掘れの水深を 6.5 m (局所洗掘深としては深掘れ部の水深  $H_{\max}$  - 平均水深  $H_m = 6.5 - 2.5 = 4\text{m}$ ) とした。

13) 洗掘深の決定

発生が予想される洗掘には、水路の河床低下と、主として構造物近傍で発生する局所洗掘がある。これらの洗掘は同時に発生するものであることから、構造物設計に用いる値としては平均河床低下量に局所洗掘量を加えたものを設計対象洗掘深とする。

(2) 構造物諸元及び材料の決定

前述の設計方針及び水理模型実験結果をもとに、構造物諸元及びその材料を以下のように決定した。図 3.12 ~ 3.14 に以下の条件設定に基づいて行った概略設計図を付す。なお、本計画対象地域の現状に鑑み、地震荷重に関してはこれを考慮していない。

1) 横断構造物諸元

横断構造物の目的は分流比確保、河床の固定、滲筋発達の防止などであり、これらの目的を満足するためには水理的支配断面を発生させうる横断構造物 (落差のある横断構造物) が必要となる。この場合、水理的に必要な条件を満たし、経済的な最小落差は 2m 程度であることから、これに基づいて跳水長を計算し、水理模型実験において使用する横断構造物の諸元を決定した。この構造物諸元については水理模型実験によってその効果が確認された。

2) 横断構造物構築材料

現地で入手しやすい材料でこれら構造物を建設するのが原則ではあるが、本計画の構造物においては蛇籠、布団籠あるいは練り石積み等現地で一般的に使用されている建設資材は構造物としての信頼性、耐久性、さらには構造物構成材料間のバランスなどの面から不適切であると考えられる。従って、本計画において最重要構造物であると考えられる横断構造物は鉄筋コンクリート構造物とし、コンクリート構造物にとって重要な不等沈下対策として摩擦杭を使用することとした。

3) 縦断構造物 (導流堤・護岸) 諸元

導流堤部分については分流を確実にを行うため設計対象洪水時の水位を導流施設の天端とし

ている。また、本計画構造物は現況河道が固定していないほぼ平坦な地域に構築されるものであり、護岸建設の目的が洪水を分流施設に導くための導流堤の役割を果たすことにある。従って、護岸天端には一般の河川護岸では考慮する余裕高を見込まず、設計対象洪水時の最高水位までとしている。なお、導流堤及び護岸の天端は初期河床と平行に設置することとした。

4) 縦断構造物（護岸・導流堤）構成材料

護岸・導流堤共に洗掘対策が必要であり、後に述べるように洗掘対策工として鋼矢板が必要となっていることとともに余裕高を見込んでいないことから、溢水対策として、洗掘対策として用いられた鋼矢板をそのまま護岸・導流堤として用いることとした。

5) 洗掘対策工

横断構造物の上下流、縦断構造物（導流堤及び護岸部分）においては、平均河床の低下とともに局所洗掘が発生する。計画対象地域におけるこれら洗掘量は非常に大きく、洗掘が発生しても安定した構造物とするには、練り石積みを用いた洗掘対策工等では十分な深さを確保することが困難である。従って洗掘対策工として自立式矢板、あるいは錨碇式矢板構造物を採用する必要がある。

矢板にはコンクリート矢板及び鋼矢板があつてそれぞれの利点があるが、本構造物の場合、遮水性に問題が多いと思われるコンクリート矢板では矢板の間隙を通過する河床材料の移動によって構造物に悪影響を及ぼすことが予想されるため、鋼矢板を採用することとした。

錨碇式鋼矢板壁及び自立式鋼矢板壁の根入れ長は共に（平均河床低下量＋局所洗掘量）×1.5と仮定する。表-3.8に本設計に用いた必要鋼矢板長を示す。

なお、構造物設置対象区間における最深河床の変化が初期河床とほぼ平行していることから、構造物設置対象区間における平均河床低下量もこれに準ずると仮定し、横断構造物上下流の局所洗掘部を除く縦断構造物及び護岸の洗掘対策工の根入れは均一なものとする。

表-1.8より鋼矢板の打ち込み長（採用長－河床から上部長）が長くなるので、採用長16m以下のものは鋼矢板のU-III型を使用し、16mより長いものはU-V型を使用することにした。それらの断面は表-3.9に示す。

表-3.8 本設計における必要鋼矢板長

	①平均河床 低下量(m)	②局所 洗掘量(m)	③計 ①+②	④根入れ長 ③×1.5	⑤河床から の上部長(m)	⑥鋼矢板長(m) ③+④+⑤	採用長 (m)
堰上流 (かたむ)	0	5.5	5.5	8.25	-3.5 <sup>1)</sup>	10.25	11
堰下流 (かたむ)	4	6.5	10.5	15.75	-3.0 <sup>2)</sup>	23.25	24
上流側護岸	0	4.0	4.0	6.00	2.0	12.0	12
下流側護岸 <sup>3)</sup>	4	4.0	8.0	12.00	2.0	22.0	22
背割堤部分	4	4.0	8.0	12.00	2.0	22.0	22
上流側護岸 <sup>4)</sup>	0	5.5	5.5	8.25	2.0	15.75	16.0
下流側護岸 <sup>5)</sup>	4	6.5	10.5	15.75	2.0	28.25	28.5

注 護岸、背割堤の対象洪水時の平均水深は 2.5 m。鋼矢板上端から 1.5m をキャブコンクリートで被覆し、上部 0.5 m はコンクリートだけとする。従って、河床上部の鋼矢板長は 2.0 m とする。

- 1)、2) 横断工のコンクリートの厚さ。
- 3) 堰より下流 60 m (堰直下流の洗掘範囲+漸近部分) まで。
- 4) 堰より上流 20 m (堰直下流の洗掘範囲) まで。
- 5) 堰より下流 40 m (堰直下流の洗掘範囲) まで。

表-3.9 鋼矢板の形状と寸法 (mm)

種類	幅(W)	高さ(h)	寸法(t)
III型	400	150	13.1
V型	500	200	24.3

6) 護床工・根固め工

護床工・根固め工の設計に際しては現場近辺での施工例を参考にして、河床変動に追随出来る布田籠をその材料とした上で十分な厚みと長さを持たせることとし、地盤との接触面には吸い出し防止材を敷設することとした。護床工・根固め工の敷設範囲については以下によって設定した。

- 横断構造物の護床工の長さは護床工無しの場合における局所洗掘幅の 2 倍程度とする。
- 縦断構造物 (護岸・導流堤) の護床工の幅については最深河床にいたるまで砂の安息角 (30度程度と推定) を持って傾斜してゆくと考えて、その傾斜部分を保護することで対応する。

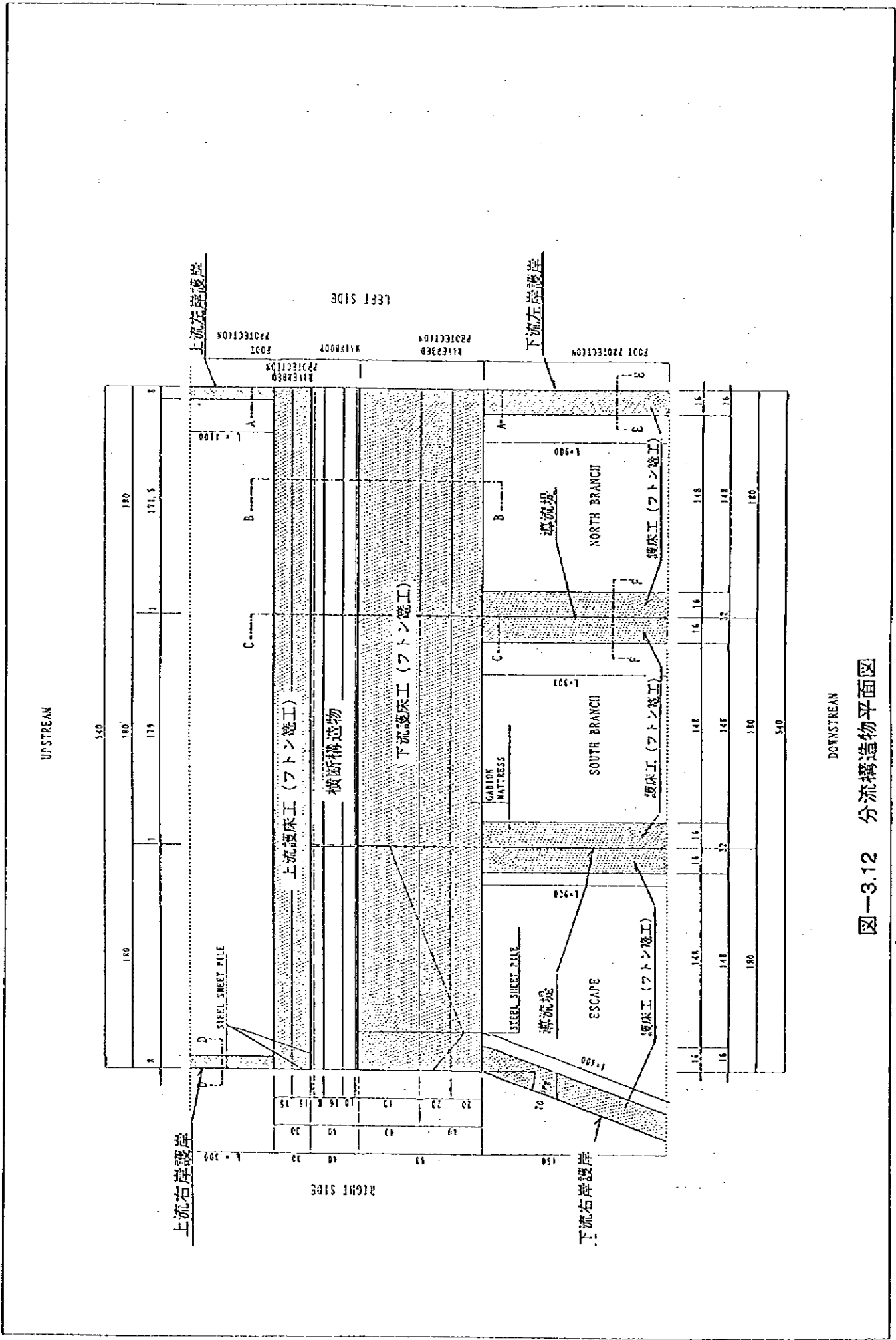
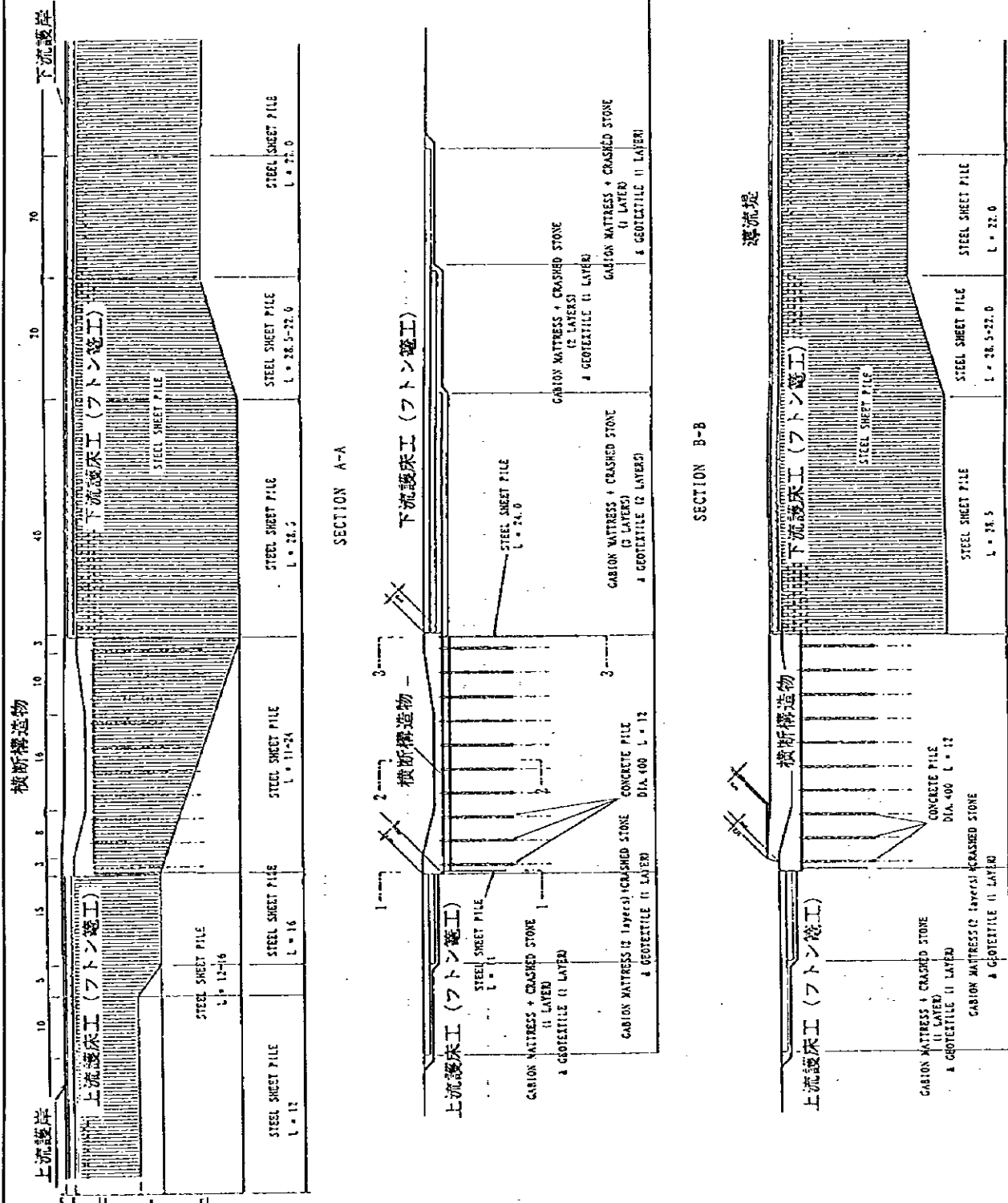


図-3.12 分流構造物平面図



図一3.13 分流構造物横断面図

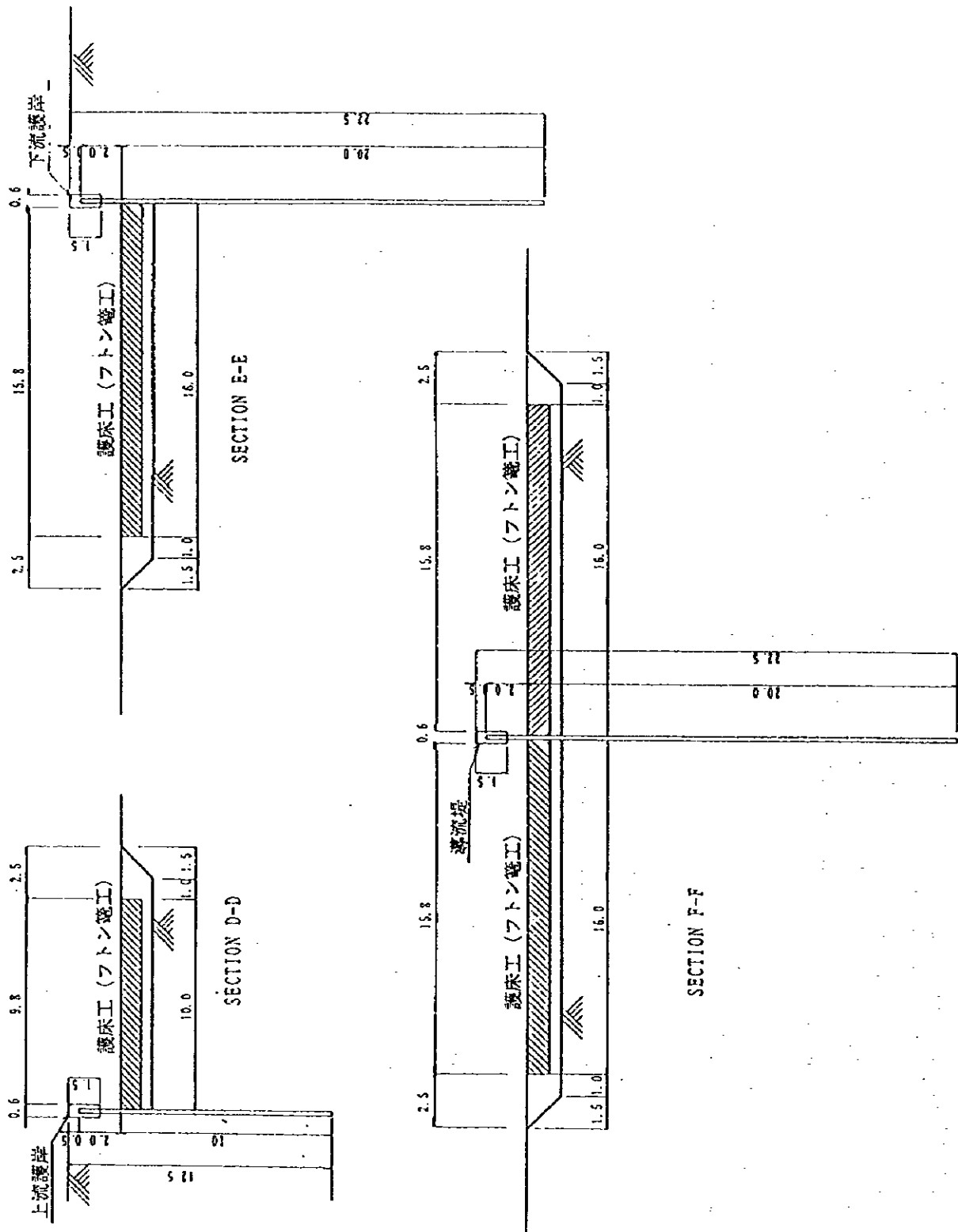


図-3.14 縦断構造物横断面図



## 3.4 プロジェクトの実施体制

### 3.4.1 組織

本地域のヒルトレントを管轄する官庁はパンジャブ州灌漑電力省（IPD）、ヒルトレント部（Rod Kohi Department: RKD）、土壤保全局（SCD）、天水農業地域開発庁（ABAD）である。

本プロジェクト地域の管理運営・事業実施機関は IPD である。一方、水利権を含む行政一般は RKD が担当する。SCD および ABAD は土壤保全、農業関連事項を扱っている。

ミタワン地区は IPD の D.G.カーン灌漑事務所が管轄している。この事務所の組織を図 - 3.15 に示す。この事務所では、インダス川の洪水対策、インダス川にあるタウンサ堰の管理、タウンサ堰からムザファルガー、D.G.カーン両地区の100万ヘクタールにおよぶ灌漑地に到る幹線、支線水路の維持管理、排水事業、およびヒルトレント対策を実施している。ヒルトレント対策に関しては、既設施設の維持管理は地域を南北に分け、南側カハ以南はジャンプール建設事業所、北側ミタワン以北は D.G.カーン水路管理部が担当している。また、新規の建設に関しては、D.G.カーン事務所プロジェクトサークルで扱われる。この部門は、部長格エンジニア1名、課長格エンジニア1名、係長格エンジニア3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。

### 3.4.2 予算

100万ヘクタールの灌漑農地の水源であるタウンサ堰とその水路の必要最小限の維持管理状態、近傍のカハヒルトレントの状況からみて、将来の維持管理においても十分な予算を確保することは困難であると判断される。これは、単にミタワン地区ばかりではなく全国的な問題である維持管理予算の不足が原因である。これは、第8次5ヵ年計画においても指摘されており、制度と組織の改善が強く望まれる。

### 3.4.3 要員・技術レベル

ミタワンヒルトレントのパチャド地域内には、洪水灌漑のための共同施設としてハドワリバンドを始め、いくつかの比較的大規模な分流・締切り堤防と、小規模な取水施設ガンダ、ワクラなどがある。ガンダ、ワクラの維持管理は、農民が自主的に労力分担をしながら、洪水灌漑運営管理組織カマラによって行われている。しかし、現在のカマラは、かつてはトゥマンダールを長として行っていた地域全体を統括する機能が欠けている。

これより、本計画の施設の補修・維持管理は、現在も機能している多くのカマラと大規模な施設の建設、管理の経験を有する IPD の協力によって行う必要がある。

第8次5ヵ年計画において、各州の灌漑電力省がその能力に疑問を投げかけられ、組織の再編と強化を求められている実態、またプロジェクトにおける手続きの遅れ、限られた予算、予算執行の遅さなどの経験から見て、灌漑電力省の施設維持管理能力には資金、意欲いづれの点からも信頼に欠ける。また、頻繁な転任のため、技術者がヒルトレントの実態を十分に把握していない

ことも問題である。現場レベルでは維持管理は予算の面でないがしろにされており、D.G.カーン水路の維持管理も十分にできない現状では、ヒルトレントまでは手が回らない。このような現場の資金と指導力の不足から判断すると、灌漑電力省により、ヒルトレント地域において組織を設立し、施設を管理することは非常に困難であると判断せざるを得ない。

## 第4章 事業計画

### 4.1 施工計画

#### 4.1.1 施工方針

##### (1) 事業主体

本事業の実施主体は、パンジャブ州灌漑電力省であり、プロジェクトの実施及び推進に関わるすべての業務を担当する。

事業実施に関わるコンサルタント契約、建設工事契約、銀行取り決め、関係省庁との諸手続き、また入札書類の承認及び支払い授権書に関する出来形証明の発行などがその主な業務である。

パンジャブ州灌漑電力省は、灌漑事業実施主体であり、数多くの灌漑施設の計画、工事監理を行っている。本事業の実施期間中は、D. G. カーン事業所の事業実施体制の充実をはかり、施工監理の実施に当たる。

##### (2) 技術者派遣の必要性

工事は、パキスタン国では馴染みのうすい長尺鋼矢板を多く使用する。この鋼矢板は打ち込み長が大きく、このような施工のできる熟練した特殊運転手や世話役、鳶工等がパキスタンにはいない。このため、日本人の熟練した作業員が必要となる。また、堰の基礎となる既製コンクリート杭の打設も施工速度及び工期を考えると熟練した日本人による施工が必要となる。このような技術に精通した日本人技術者の派遣も必要である。

##### (3) 地元業者

この工事は、多くの鉄線籠を使用する。この工法は地元では最も馴染みのある工法である。したがって、地元の業者の活用が有効と思われる。また、この工種は地元では沢山の人を使つての人力施工が一般的である。よつて少ない農業収入以外に現金収入を得る機会のない地元民にとっては雇用による現金収入の機会が創出される。

##### (4) 工事範囲

###### 堰本体

基礎杭 1,782 本

躯体コンクリート 50,782 m<sup>3</sup>

止水壁（鋼矢板：打込み長下流部 l = 11 m、上流部 l = 24 m） 540 m

護床工（鉄線籠工） 104,200 m<sup>3</sup>

###### 導流壁

北側水路／南側水路： 延長 900 m、鋼矢板；打込み長 l = 22 m、鉄線籠保護工

南側水路／エスケープ：延長 900 m、鋼矢板；打込み長 l = 22 m、鉄線籠保護工

## 護岸堤

左岸堰上流部： 延長 1,100 m、鋼矢板；打込み長  $l = 12$  m、鉄線籠保護工  
左岸堰上流部護床工側壁部：延長 30 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 12 \sim 16$  m  
左岸堰本体側壁部： 延長 40 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 11 \sim 24$  m  
左岸堰下流部護床工側壁部：延長 80 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 22 \sim 28.5$  m  
左岸堰下流部： 延長 900 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 22$  m、鉄線籠保護工  
右岸堰上流部： 延長 300 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 12$  m、鉄線籠保護工  
右岸堰上流部護床工側壁部：延長 30 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 12 \sim 16$  m  
右岸堰本体側壁部： 延長 40 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 11 \sim 24$  m  
右岸堰下流部護床工側壁部：延長 80 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 22 \sim 28.5$  m  
右岸堰下流部： 延長 400 m、 鋼矢板；打込み長  $l = 22$  m、鉄線籠保護工

## 4.1.2 施工上の留意事項

### (1) サイトの工事環境

#### インフラの整備状況

道路の整備状況については、当地区の中心都市である D. G. カーンよりサイトのチョティバラまでは二つのルートがある。一つは、チョティゼリンを経由する南回りの舗装道路で、サイトまで約 60 km である。しかし、チョティゼリンーチョティバラ間は道路の損傷が激しい。もう一つは、D. G. カーンからサキサルワール経由でチョティバラに至る。その延長も約 60 km となる。そのうちサキサルワールとチョティバラ間の約 20 km は舗装されておらず、一部は通行に困難がある。工事の鉄線籠工に使用する石材の供給地はサキサルワール以遠にあり、この道路が石材の搬入路となる。工事に伴い、この道路の不陸整形や敷き砂利等の整備を考慮する必要がある。

(図 2.17 参照)

工事期間中の安全・健康管理に重要となる病院、診療所については、サイト近くの町チョティバラには、簡易診療所があり医療従事者が一人いるが、少し重い怪我・疾病なら D. G. カーンに行かなければならない。また、D. G. カーンより、北東の方向に車で約一時間半に位置するムルタンには、軍の病院があり、すべての疾病の治療ができる。

#### 工事環境

サイトは、内陸性の半乾燥地帯に属し、4 月から 9 月中旬には猛暑になる。特に、5 月、6 月、7 月、8 月の 4 ヶ月は、日中の気温が 50℃を超える地域である。このようなところでの工事環境は、人間にとっても工事用重機械にとっても大変劣悪なところである。この期間中は工事用重機械は、11 時頃になると熱を持ち油圧系統が作動しなくなることが多い。よって、この期間は作業員の疲労度、健康管理および工事用機械の効率の点から、可動時間が限られる。当地域で実施された工事の実績は午前 6 時から 11 時までであった。当工事現場もこの時間帯を採用すべきである。

また、6月から9月上旬のモンスーン期（雨期）には、流域に時々降雨がある。洪水の流出が速いため、降雨後、短時間のうちに洪水が工事サイトに到着することが予測される。そのため、何らかの方法で洪水流出を予測することが必要になってくる。この地区の農民によると、上流部の山地上空の雲の発生状況からその強弱は分からないが、降雨の有無は判断できる。強雨の時には、洪水は約3時間後にサイト付近に到達する。もし、この時間内に洪水が来ないときは、出水はないと判断できるようである。この方法によって洪水の流出が予測できるため、一定の時間内に労務者や重機の避難を行えば、工事期間中の出水による事故や災害を軽減することが可能である。

## (2) 建設資機材について

建設工事は、長尺鋼矢板の打ち込み、基礎杭の打設、コンクリート工、鉄線籠工とに大きく分けることができる。鋼矢板の資機材、及び基礎杭の施工機械はパキスタン国では入手が困難であるため、日本からの搬入して施工を行う必要がある。コンクリート工事は工程及び構造物の形状より1回の最大打設量が $225\text{ m}^3/\text{日}$ となり、1回当たりセメントが約1,900袋（50kg/袋）必要となる。2日に1回の打設で約19ヶ月の施工月日が必要となる。サイトから約80km離れた所にセメント工場はあるが、セメントの品不足、または価格の高騰の懸念がある。サイトは水が無く、コンクリートの練り混ぜ水に地下水を利用すると近郊の農業用水及び生活用水に支障をきたすため、現地コンクリートプラントを設置し、約20km離れたD. G. カーン水路から水を運搬する計画とする。したがって、現地にコンクリートプラント、ポンプ車、トラックミキサ等を搬入する必要がある。

鉄線籠工については、その下面に吸い出し防止のためのジオテキスタイルを敷設する必要がある。この資材も当該国では一般的ではなく入手が困難なため、日本から輸入による。鉄線籠工に使用する石材については、この近郊はパンジャブ州でも有数の骨材の供給地ではあるが、使用数量が $20\text{ 万 m}^3$ と多く市場での品不足および高騰を招く恐れがあり、他の工事等に支障を来すことが考えられ、調達先、方法に留意する必要がある。

## (3) 施工方法

この地域は、年間降雨量が250mmと少ないが、モンスーン期の6月から9月の数回の集中的な降雨がその大部分をしめる。その降雨が時には工事サイトに洪水をもたらす。止水壁が完成していなければ、その洪水により流路が偏流し大きな河床洗掘がおき、その後の施工、及び工程に大きな影響を及ぼすと考えられる。したがって、施工は堰の横断構造物の上下流の止水壁を完了し、均しコンクリートを一乾期（10月～5月）中に大部分完了しておく必要がある。

### 4.1.3 施工監理計画

無償資金協力制度に則り、日本国法人コンサルタントとパンジャブ州政府との間で設計監理契約と締結し、工事施工監理を行う。監理内容は、適正な工事契約の締結に協力し、施工が契約条件に合致し、設計方針のもとに施工されるよう、公平な立場にたつて工事施工者の指導監督を行

うことであり、具体的には下記の諸業務を実施する。

- a. 工事契約に関する協力  
工事施工業者の選定、工事契約方式、工事契約書案の作成、工事内訳明細書の内容審査、工事契約時の立ち会いなど
- b. 施工図面等の検査及び承認  
工事施工業者から提出される施工図、資機材、仕上げ見本などの検査、承認など
- c. 工事の指導  
工事計画、工程等の検査、施主側への工事進捗状況の報告など
- d. 支払承認手続きに関する協力  
工事中及び工事完了後に支払われる工事費に関する請求書等の内容検討及び手続きへの協力など
- e. 検査立ち会い  
工事着工から完成まで建設中の工事出来形に関する検査及び工事施工者の指導など

コンサルタントは、工事が完了し、契約条件が遂行されたことを確認の上、契約の目的物引き渡しに立ち会い、施主の受領承認を得、業務を完了する。尚、コンサルタントは、建設中の進捗状況、支払い手続き、完成引き渡しに関する必要事項についても日本国政府関係機関に報告する必要がある。

施工監理のためのコンサルタントは、施工範囲及び規模が大きいため二人の常駐で監理を行い、施工主任が2ヵ月に一回（15日間）立会い検査を行う。常駐の監理者は、河川及び砂防の専門性を有する者が妥当と考える。

#### 4.1.4 資機材調達計画

本工事は、大きく長尺鋼矢板の打ち込み、基礎杭の打設、コンクリート工、鉄線籠工とに大きく分けることができる。パキスタンでは一般的な工事でないものや、施工数量が多いものは国内で資機材を調達するのは困難である。よって、下に示す資機材を日本から搬入する。

##### 工所用資機材

鋼矢板、吸い出し防止材、タイロッド、コンクリートプラント、コンクリートポンプ車、トラックミキサ車、クローラクレーン（40 t）、パイプロハンマー、三点支持式杭打ち機、発電機、水中ポンプ

今後プロジェクトが実施される場合は維持管理及びモニタリングを行うためには以下の施設・機器類が必要となる。(本事業費の積算には盛り込まず)

#### 洪水観測施設(維持管理運営センター)

- － 観測所：宿泊設備付き(洪水は通常夜間に来るため)  
観測棟、宿泊棟、車庫、機械整備施設
- － 水文気象観測施設  
気象観測機器、水位計、伝送システム
- － 洪水観測記録機器類  
カメラ、ビデオ、ラジコンヘリ、他

#### 資機材

- － 鉄線籠、玉石
- － 4輪駆動車
- － 作業機械類(ブルドーザー、バックホー、トラクターなど)

### 4.1.5 実施工程

本事業は下記の段階を経て工事を完了する。実施工程は図4.1～4.5に示す。

- a. コンサルタント契約  
パンジャブ州政府は設計監理を行うコンサルタントと契約を結ぶ。コンサルタントは日本国政府に契約承認の手続きを行う。
- b. 実施設計  
水理模型実験の結果、分流施設は基礎杭、鋼矢板を使用した設計が必要となったが、そのために調査が不十分である。このため、詳細設計時には、構造物の基礎・鋼矢板の根入れ長の検討のためボーリング調査、及び構造物の正確な規模の決定のため詳細な現地測量を行う。詳細設計の所要期間は約8.0ヶ月となる。その後、入札図書を作成する。
- c. 入札・工事契約  
パンジャブ政府より図面の承認を得てから、日本国法人の施工業者に対し、図面説明と入札を行う。入札は入札公示、入札業者の資格審査、入札書類の審査・評価、契約締結を行うまでの期間であり、約4.0ヶ月を予定する。
- d. 建設  
工事契約締結後、日本国政府の承認を経て工事に着手する。本事業の規模・建設内容から、39ヶ月必要となる。期毎の工事期間を12ヶ月とすると、一期工事12ヶ月、二期工事12ヶ月、三期工事12ヶ月、四期工事2.5ヶ月となる。

#### 4.1.6 相手国側負担事項

パキスタン国側には本計画に係わる以下のような負担事項が求められる。

- 1) 扇状地及び施設の維持管理組織の結成
- 2) 施設建設用地の確保
- 3) 建設に関する許認可事務
- 4) 資機材輸入に関する免税措置
- 5) 施設の維持管理費用、更新費用等



図 4.1 工事実施計画 (詳細設計)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
詳細設計												
現場詳細設計												
国内詳細設計												
設計入札図書作成												
入札・契約												
一期工事												

図 4.2 工事実施計画 (一期工事)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
累計月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
一期工事												
工事準備												
堰本体工事												
下流護床工												
上流護床工												
左岸護岸工												
右岸護岸工												
導流堤 (北アランチ/南アランチ)												
導流堤 (南アランチ/エスケープ)												

図 4.3 工事実施計画 (二期工事)

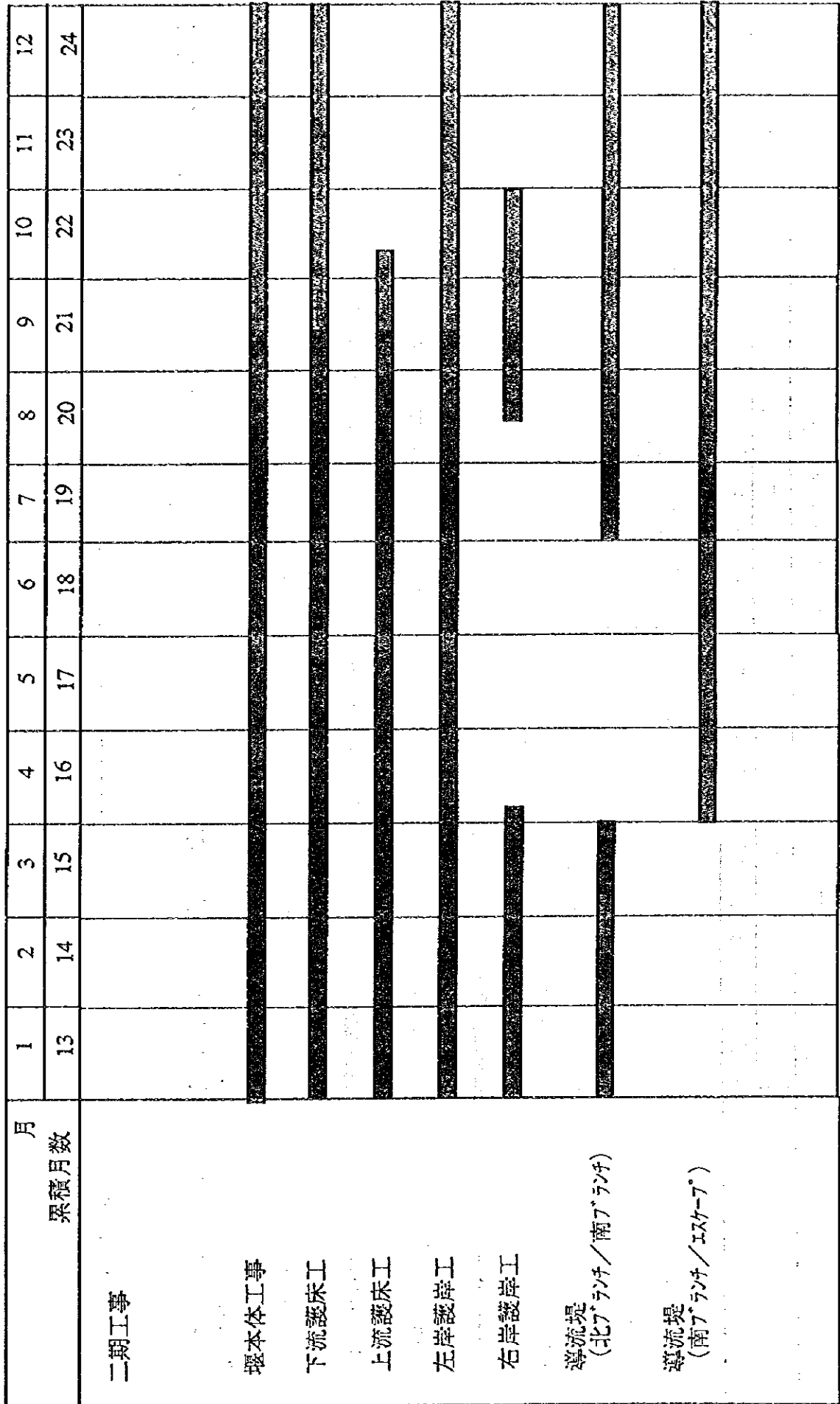


図 4.4 工事実施計画 (三期工事)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
累積月数	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
三期工事												
堰本體工事												
下流護床工												
上流護床工												
左岸護岸工												
右岸護岸工												
導流堤 (北ブランチ/南ブランチ)												
導流堤 (南ブランチ/エスケープ)												

図 4.5 工事実施計画 (四期工事)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月												
累計月数	37	38	39									
四期工事												
堰本体工事												
下流護床工												
上流護床工												
左岸護岸工												
右岸護岸工												
導流堤 (北アランチ/南アランチ)	■											
導流堤 (南アランチ/エスケブ)		■										
後片づけ			■									

## 4.2 概算事業費

### 4.2.1 概算事業費

本事業の全体事業費は次の通りである。

#### (1) 日本国側負担全体事業費

表 - 4.1 日本国側負担全体事業費

事業費区分	実施設計	第1期	第2期	第3期	第4期	合計
(1) 建設費	0.00億円	57.66億円	13.93億円	4.30億円	0.24億円	76.13億円
ア. 直接工事費	(0.00)	(36.76)	(11.27)	(3.44)	(0.09)	(51.54)
イ. 現場経費	(0.00)	(0.98)	(0.64)	(0.40)	(0.10)	(2.12)
ウ. 共通仮設費等	(0.00)	(19.94)	(2.02)	(0.46)	(0.05)	(22.47)
(2) 機材費	0.00億円	0.00億円	0.00億円	0.00億円	0.00億円	0.00億円
(3) 設計・監理費	1.36億円	0.74億円	0.73億円	0.49億円	0.12億円	3.36億円
合計	1.36億円	58.40億円	14.66億円	4.79億円	0.36億円	79.57億円

#### (2) パキスタン国負担経費 140万ルピー (約400万円)

直接工事に関するパキスタン国側の負担はないが、事業実施にともない必要となる用地買収費及び補償費はパキスタン側の実施項目であり、このための費用は以下のように見積られる。

表 - 4.2 パキスタン国側負担概算事業費 (単位：千ルピー)

1. 用地費	0
2. 補償費	50
資機材置き場の造成による、用地及び農産物被害に対する補償	
3. 現地事務所経費	1,287
人件費	780
車輛及び燃料費等	360
その他経費	117
4. 施設費 (送電線、上水道、電話線等)	0
5. 事務所備品費	100
合計	1,437

#### (3) 積算条件

- 1) 積算時点 平成9年1月
- 2) 為替交換レート 1 US\$ = 113.36 円  
1 ルピー = 3.20 円

- |         |  |
|---------|--|
| 3) 施工期間 | 4 期による工事とし、各期に要する詳細設計、工事の期間は、施工工程に示したとおり。                          |
| 4) 施工業者 | 日本国法人による一括工事契約   |
| 5) その他  | 日本国政府が行う無償資金協力の範囲での現地における建設用資機材の輸入に関わる関税及び日本国法人会社にかかる事業税等の免税事項を含む。 |

#### 4.2.2 運営維持・管理計画

##### (1) 扇状地管理実施体制

###### カマラ調整委員会の設立

村単位のカマラを統括する上部機関として、1950年代まで続いていたトゥマンガールを長とする組織を模した、カマラ調整委員会 (Kamara Coordinating Committee ; KCC) の設立の必要がある。

洪水分流施設の維持補修技術、および費用は KCC の負担能力をはるかに越えるため、政府からの全面的な支援が必要である。扇状地全体、とくに扇面の管理にかかわる監視、予測、維持管理、主要な共同作業、財務処理などが必要となり、このための実施能力を高めるためにも、外部からの支援、指導が必要である。

KCC の組織と運営に関する留意点を以下に述べる。

- KCC の委員は、それぞれカマラの規模や圃場の所有を考慮し、すべての既存カマラから選出する。委員の総数は 15 ～ 25 名が適当である。
- ハクーク地域にある北ブランチ (Talha wah)、南ブランチ (Siraj wah) の利用者は、平等に代表権が与えられるべきである。一方、ノンハクークにあるエスケープ (Ganchar wah) の受益者にも代表権を与えるよう考慮する必要がある。これについては、ミタワン扇状地のすべてのモカダムの会議で、水利権の見直しについて協議するべきである。
- 委員のほぼ全員が支部族の長であるモカダムあるいはモカダム候補であることが望ましい。伝統的なトゥマンガリー制度にならって、長老会議 (Jirga) の構成員であるモカダムが議長とその他事務局員を選ぶ。
- KCC は社会福祉局に登録し、法的に認められた組織とする。
- 設立後は、議事の採決は民主主義の原則 (1 人 1 票等) により行われる必要がある。
- KCC は、上記の技術的トレーニングの他、肥料、種子、農業、生産、マーケティングなどを含む、協同組合活動に関するトレーニングが必要である。

###### 運営および技術に関する援助

ミタワン地域の農民は、小規模の洪水は制御できるが、大きい洪水は制御できない。また、洪水灌漑施設の危険な兆候を見いだすことは出来るが、河道の変化を見極めることはできない。したがって、扇状地管理に必要な技術に関するトレーニングが望まれる。さらに運営方法も部族社

会の伝統的ルールを穏やかに新しい方向への変換し、地域社会の協調、協同組合活動などを行うためのトレーニングが必要である。灌漑電力省の技術者、ヒルトレント局担当者についても、地域住民と同じくトレーニングを行う必要がある。

#### 財政

パチャドにおける洪水灌漑は、洪水防御のためには、従来以上に確実に圃場に取り水しなければならない。このためには今まで以上に信頼できる構造物とその運営が要求され、これまでも増して出費を強いられる。これらの、洪水分流施設に関する維持管理費、および今まで以上に強固な構造物を作るに必要な費用は政府が負担すべきものである。一方、流路部分のモニター、補修など今までと変わらないものは受益者が負担することが適当と思われる。

一方、バンジャブ州灌漑省の95-96年予算は、約1,200万ヘクタールの灌漑農地に対して、建設費を含めて22億7千万ルピー(約70億円)であった。これは水路、堰の維持管理費、ポンプ電気料金を含んだ予算であり、1ヘクタールあたり200ルピーにも足りない。一方、ミタワンパチャドで推定される維持管理費は1ヘクタールあたり1,230ルピーに達し、灌漑省の他の地域に対する実態から推測すると、生産の低いパチャド施設に対して、このような高額の維持管理費が支出されることは期待できない。

#### 運営・維持管理計画

扇状地管理の組織(KCC)が機能するまでには、法、財政、人材、実働体制などの組織運営を指導しサポートする体制がもとめられ、この実施は次のような期分けをすることが適当と考える。

- Phase-1 : 現状の確認と外部からの指導。5～10年
- Phase-2 : 過渡期間、外部から内部への指導権の委譲。外部からのモニターが必要。  
5～10年
- Phase-3 : KCCの内部努力による運営。

また、KCCの運営には次のことが必要となる。

地域農民が主体となった運営管理を目標として、組織のルール、財政、人材の育成、モニタリングと応急対策を行ううえでの実働体制を確立する。地域の水利用の改善のような実質的利益をもたらすことについてのトレーニングを通じて、参加意識を高揚し、自発的な協同意識を高めることが必要である。

技術トレーニング：扇状地の利用を持続するために行う監視には2種類ある。まず、第一に構造物についての監視である。構造物に侵食、亀裂、沈下などの状況が観察されたら、直ちに何らかの改善策を講じなければならない。第二に河道に好ましくない変化が発生しないように監視する必要がある。河床低下、河床上昇、河道の移動の兆候が見られたときには、これに対して適切な処置を施さなくてはならない。カメラでは構造物に関しては監視し、対策を講じてきた。しかし、河床変動の重要性に対する認識が不足しており、この技術を地元の農民に十分指導することが肝要である。トレーニングは構造物、河道いずれもモニタリング、望ましくない



変化の兆候の発見、評価、予測、応急処置の技術を含む。また、将来の維持管理、設計の改善のために必要な水文データを収集するため水文観測についてのトレーニングも行う。

洪水分流施設の補修：一般の水路灌漑施設においても、構造物周囲の保護工は時間の経過とともに老朽化し、破損する。これらは破損すると補修が必要であるが、構造物本体に影響を及ぼす恐れがないかぎり修理されないのが普通である。洪水発生頻度の低いミタワンヒルトレントでは、いつ、どの程度の被害が発生するか予測がつかず、常に最大級の補修の備えをしておく必要がある。

モニターとデータの収集：本プロジェクトはヒルトレント開発のパイロットプロジェクトとして位置づけられている。建設した施設の効果を測定し、将来の施設計画の参考とするために基本データを収集することがパイロットプロジェクトとして必要である。

ヒルトレントの出水に関してはデータがほとんどなく、将来の維持管理、あるいは他のヒルトレントに同様の施設を建設するにしても基礎的データは不足しており、地域内の雨量観測、支流の流出観測などを含むデータの収集が望まれる。また、構造物は観測に基づく維持管理が望まれる。大洪水後には地形が変化するため、この影響を大局的にとらえる方法として、リモートセンシングや航空写真等を活用することが望ましい。

## (2) 運営・維持管理業務の内容と実施体制

### 1) 運営・維持管理業務内容

運営・維持管理の対象、実施すべき項目は以下ようになる。

#### 管理対象

扇頂部において建設が計画されている分流構造物（ミタワン）のほか、ミタワン・ヒルトレントのパチャド地域の洪水灌漑に関する水路、堤防、ガンダ、ワクラなどの全ての共同施設を対象とする。

#### モニタリング

洪水後の水路、構造物の変化を調べるとともに、洪水被害を受けた地域を調査する。

#### 修繕計画の作成

モニタリング結果をもとに水路、構造物の修繕・建設計画を作成し、またその費用の分担を決定する。

#### 修繕・建設費用の徴収

従来通り受益者である農民による負担を原則とする。しかし農民の負担能力には限度があり、これまでと同様に大規模な構造物については政府の負担とする。

## 修繕・建設工事の実施

徴収した資金、政府からの補助により、計画にしたがって修繕・建設工事を実施する。

## 水文観測

降雨量及び洪水流出量を測定し、データの収集を行う。

## 2) 運営・維持管理業務

### 施設の維持管理

洪水分流施設の管理は IPD が行う。施設の状態の監視はカマラが行い、状況を IPD に報告する。IPD は状況に応じて技術、財政上の援助をする。扇面の通常の施設の維持管理、流路の監視、その補修作業はカマラが主体的に行う。KCC は全体の統括、指揮をとり、またカマラ間、あるいは農民間の利害の調整も行う。

- 洪水分流施設の管理：IPD が実施する。
  - ・洪水後の堰上流部の堆砂排除
  - ・洪水後の施設周辺の洗掘状況の調査
  - ・保護工損傷個所の修復
- 扇面流路の管理：カマラが実施する。
  - ・洪水後の状況調査；堆砂、洗掘、河道の変状
  - ・河床低下対策の実施（水制工の設置など）

### トレーニング

外部の援助が必要である。

- 組織運営：対象はカマラ調整委員会、およびカマラのメンバー
  - ・組織運営、法、財政など
- 水管理：対象はカマラ調整委員会、カマラのメンバー、および IPD
  - ・ヒルトレント洪水の制御、水利用方法の改善
- 伝統技術の改善と利用：対象はカマラ調整委員会、カマラのメンバー、および IPD
  - ・モニター技術、予測技術、伝達技術、修復技術
  - ・実働部隊の実施項目（修繕・建設工事）
- モニター：対象はカマラ調整委員会、カマラのメンバー、および IPD
  - ・水文観測；観測項目、観測機器の設置個所、観測体制
  - ・測定データの処理と利用

### モニター

外部の援助が必要である。

- 水文観測
  - ・気象観測、降水量、洪水量、土砂濃度

- － 川の流量調査
- － 農地への貯留量
- － 施設機能調査
  - ・ ガンダ、ワクラの構造と洪水期間中の機能
  - ・ ガンダ、ワクラの取水機能

(3) 必要資機材

ヒルトレント地域の気象、とくに雨量観測、洪水量などを観測し基礎データを収集することは重要である。また、洪水時の流況の観測、洪水後の扇状地、流路の変化、既存施設の機能と効果も調査する必要がある。これらを円滑に進めるための施設、機器類の整備が必要と考える。

(4) 施設運営維持管理費

年間の維持補修費は、護床工を設置した水理模型実験結果をもとに算出する。

算出条件は以下の通りである。

- ・ 設計計画流量  $2,500 \text{ m}^3 / \text{sec}$  (単位幅流量  $q_w = 4.6 \text{ m}^3 / \text{sec}$ ) が流下した時、下流護床工の  $2/3$  が河床洗掘のために被害が生じると仮定する。また、単位幅流量  $q_w$  が  $4.6 \text{ m}^3 / \text{sec}$  を越えたときにはすべて破壊するものとする。
- ・ 鉄線籠  $1 \text{ m}^3$  当たりの単価は  $1,140.87$  ルビーである。
- ・ 下流側護床工が河床洗掘により  $3.75 \text{ m}$  沈下したとき、修復しなければならない鉄線籠の体積は  $V = 81,000 \text{ m}^3$  である。
- ・ 二本の導流堤の護床及び左岸護岸の護床は、設計計画流量時にそれぞれ  $1$  箇所当たり  $100 \text{ m}$  破壊すると仮定する。この時の鉄線籠の被害体積は  $V = 72,000 \times 1/5 = 14,400 \text{ m}^3$  となる。

以上より、洪水量  $Q = 2,500 \text{ m}^3 / \text{sec}$  の時の被害額は以下ようになる。

堰下流護床工

$$81,000 \text{ m}^3 \times 2/3 \times 1,140.87 = \underline{61,607,000 \text{ ルビー}} \quad (197,139,000 \text{ 円})$$

分流堤の被害額

$$72,000 \times 1/5 \times 1,140.87 = \underline{16,428,000 \text{ ルビー}} \quad (52,570,000 \text{ 円})$$

被害が洪水量に比例すると仮定し、それぞれの洪水時の被害額を算出するとつぎのようになる。

表 - 4.3 洪水別被害額

確率洪水流量 (確率年) (m <sup>3</sup> /sec)	被災体積 (m <sup>3</sup> )	被害額 ルピー
400 (1/1.3)	10,900	12,477,000
917 (1/2)	23,600	28,624,000
1100 (1/2.5)	28,300	34,340,000
1257 (1/3.33)	34,400	39,235,000
1658 (1/5)	45,400	51,795,000
1952 (1/10)	53,400	60,922,000
2500 (1/25)	68,400	78,035,000
>2500	109,800	125,267,000

表 - 4.4 年平均被害額

頻度	頻度間隔	被災金額 ×1000ルピー	年額被害額 ×1000ルピー
0.98			
0.96	0.02	101,651	2,033
0.90	0.06	70,049	4,203
0.80	0.10	56,889	5,689
0.70	0.10	45,475	4,548
0.60	0.10	36,787	3,679
0.50	0.10	31,482	3,148
0.23	0.27	20,551	5,549
年平均被害額			28,849

以上より、分流施設の機能を維持するための年平均補修費は 2,884 万 9 千ルピー (0.92 億円) となる。

また、維持管理センターの職員は、SDO 1 人、サブエンジニア 3 人、社会組織専門家 1 人、組織推進員 6 人、ドライバー 5 人、ガード、雑用夫など 4 人、計 20 人が必要と考えられる。

人件費を含む月の事務所諸経費は 25 万ルピー/月を見込むと年間の諸経費は 25×12 ヶ月 = 300 万ルピーとなる。

以上より、年間の運営維持管理費は全体で年平均施設補修費と事務所諸経費を見込んだ経費 28,849,000 + 3,000,000 = 31,849,000 ルピー (1.02 億円) が必要となる。

## 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

#### 5.1.1 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。

##### (1) 農業生産増加量

本地域の農業生産は、7月から9月頃に播種するカリフ作物として、ジョワール（もろこし）、バジュラ（とうじんびえ）、11月頃に播種するラビ期作物として、小麦、豆、油菜である。灌漑面積は確率洪水量に応じて変化するが、洪水分流通施設による分流によって従来より拡張される。ミタリンパイロットプロジェクトレポートによると、洪水分散施設完成後の確率年に対応する灌漑面積は、表-5.1のように示される。

表-5.1 プロジェクト完成後の灌漑可能面積

確率年	灌漑可能面積(ha)							合計
	カリフ期			ラビ期			小計	
	Jowar	Bajra	小計	Wheat	Gram	Oilseed		
5-Year	4,056	2,055	6,111	718	223	851	1,792	7,903
10-Year	5,196	2,633	7,828	1,259	390	1,493	3,143	10,971
15-Year	6,085	3,083	9,168	1,665	516	1,973	4,154	13,322
25-Year	7,698	3,901	11,599	2,238	693	2,654	5,586	17,185

一方、単位面積収量はジョワール（もろこし）736 kg/ha、バジュラ（とうじんびえ）645 kg/ha、小麦 554 kg/ha、豆類 415 kg/ha、油菜 370 kg/ha であることから、農業生産額は表-5.2のように計算されている。

表-5.2 プロジェクト完成後の作物別農業生産額(百万ルピー)

確率年	作物名					合計
	Jowar	Bajra	Wheat	Gram	Oilseed	
5-Year	11.88	9.38	1.49	0.40	2.45	25.61
10-Year	15.22	12.02	2.62	0.70	4.29	34.85
15-Year	17.83	14.08	3.46	0.92	5.67	41.96
25-Year	22.55	17.81	4.65	1.24	7.62	53.88

これより、プロジェクト完成後の年平均農業生産額の期待値を計算したものを表-5.3に示す。年平均農業生産額は表に示すように1381万ルピー（約4100万円）が期待できる。

表 - 5.3 年平均農業生産額期待値

頻度	農業生産額 (百万ルピー)	平均生産被害額 (百万ルピー)	頻度間隔	年農業生産額 (百万ルピー)
0.9	3.60			
0.8	5.30	4.45	0.1	0.445
0.7	7.20	6.25	0.1	0.625
0.6	9.40	8.30	0.1	0.83
0.5	12.00	10.70	0.1	1.07
0.4	15.10	13.55	0.1	1.36
0.3	19.20	17.15	0.1	1.72
0.2	25.00	22.10	0.1	2.21
0.1	34.90	29.95	0.1	3.00
0.067	41.96	38.43	0.033	1.27
0.04	53.88	47.92	0.027	1.29
				13.81

また、1992、92、94年の収穫面積より求めた各年の推定農業生産額は表 - 5.4に示すように、1992年 985 万ルピー(約 3000 万円)、1993年 838 万ルピー(約 2500 万円)、1994年 2385 万ルピー(約 7200 万円)と推定される。このうち、1994年は3回の洪水に見舞われ異常年であった。平均年の収穫はこの地域の平均年の農業生産額は 912 万ルピー (2750 万円) であり、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。

表 - 5.4 1992 ~ 1994 年の農業生産額(百万ルピー)

作物名	年		
	1992	1993	1994
Jowar	3.54	3.38	10.02
Bajra	4.19	3.65	11.67
Wheat	1.63	0.77	0.93
Gram	0.30	0.32	0.85
Oilseed	0.18	0.27	0.39
合計	9.85	8.38	23.85

(2) 洪水被害軽減効果

ミタワシヒルトレント下流の水路灌漑地域は D.G.カーン、ラジャンプール両地域にまたがる。1991年に実施されたインダス川洪水防御 F/S 調査によって計算された被害額は表 - 5.5に示すように、D.G.カーン地域では 13,450 ルピー、ラジャンプール地域では 10,780 ルピーとなっており、本地域においては、これら 2 地域の平均 1ヘクタール当たり 12,120 ルピーとした。この内訳は、農業被害が 43%、家屋被害が 21%、道路鉄道通信などの被害が 22%、間接被害 14% である。

表-5.5 近傍地域の洪水被害額(ルピー/ha)

地域	直接被害				間接被害	
	農作物 被害	家屋 被害	道路/ 鉄道	その他	合計	
D.G.カーン	5,998	2,440	190	2,590	2,242	13,460
ラジャンプール	4,650	2,010	250	2,073	1,797	10,780

1982年に実施されたミタワンパイロットプロジェクト F/S 調査によると計画洪水時の被災面積は 32,000 ha と推定されている(表-5.7)。この被害を生ずる洪水はスレイマン山地を源流とするヒルトレント地域全域で同時に発生することが多いため、表-5.6に示すように上流の主要なヒルトレントの集水面積の比率より、被害をもたらす比率を各ヒルトレントの求め、ミタワンヒルトレントは 35% とした。

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

ヒルトレント名	集水面積 (km <sup>2</sup> )	面積比率 (%)	25年確率ピーク洪水流出量 (m <sup>3</sup> /sec)
ソリ・ルンド	520	23	1,500
ビドール	770	35	1,796
サキ・サルワール	160	7	739
ミタワン	792	35	2,500
合計	2,242		

単位面積当たり洪水被害額とミタワンヒルトレント集水面積比から計算した確率洪水量毎の被災面積と被災額を表-5.7に示す。

確率洪水量より計算した年平均洪水被害軽減額は表-5.8に示すように 2394 万ルピー(約 7200 万円)となる。これより25年間の洪水被害軽減総額は 5 億9850 万ルピー(19 億 33 百万円)である。

表-5.7 確率洪水被害額

確率洪水量 (確率年)	被災面積 (ha)	ミタワンヒルトレントが及ぼす	
		被災面積 (ha)	被害額 (mil. Rs)
917 (1/2)	1,695	593	7.19
1,100 (1/2.5)	5,060	1,771	21.46
1,257 (1/3.33)	8,770	3,070	37.20
1,658 (1/5)	13,895	4,863	58.94
1,952 (1/10)	22,260	7,791	94.43
2,500 (1/25)	32,380	11,333	137.36

表 - 5.8 年平均洪水被害軽減額

頻度	洪水被害軽減額 (Rs. mil.)	平均軽減額 (Rs. mil.)	頻度間隔	年被害軽減額 (Rs. mil.)
0.54	0			
0.5	7.19	3.6	0.04	0.14
0.4	21.46	14.325	0.1	1.43
0.3	37.2	29.33	0.1	2.93
0.2	58.94	48.07	0.1	4.81
0.1	94.43	76.69	0.1	7.67
0.04	137.36	115.90	0.06	6.95
				23.94

(3) 裨益人口

ミタワンバチャド地域の人口は約 14,000 人であり、これがこの分流堰建設による洪水灌漑による直接の受益者となる。また、洪水被害の軽減の恩恵を受ける人口は、水路灌漑地域では 1 km<sup>2</sup> あたりの家屋数は 23 戸、25 年確率洪水時の洪水被害軽減面積は 113 km<sup>2</sup> であることから、1 戸当たり家族数を 15 人として、約 40,000 人と推定される。

5.1.2 プロジェクトの妥当性

(1) 技術面の検討

洪水分散構造物は厚い砂層上に建設され、構造物周辺の局所洗掘が構造物の安定、寿命を決定づけることが明らかになった。今回設計した構造物は、この局所洗掘に対応するために 20 m 以上のシートパイルを配置し、さらに構造物主要部周辺を鉄線籠で保護した。しかし、保護工は洪水のたびに沈下、流失する恐れがあり、破損を放置すれば、次の洪水時には洗掘がシートパイル下端より深くにまで到達し、構造物主要部の安定が保たれる保証はない。また、計画洪水量を越える洪水のときには、出水期間中に鉄線籠が破損、流失する恐れがあり構造物の安定は保証されない。

さらに、扇面流路は大洪水によって激しい洗掘を受けて河床低下し、将来取水できなくなる可能性がある。これと同時に、扇尖部、扇端部においては上流における洗掘土砂が堆積し二次扇状地が形成され、農地が潰れることにもなり、洪水灌漑が困難になる恐れがある。

(2) 運営維持管理

ミタワンヒルトレントの洪水灌漑地域には伝統的な洪水灌漑組織カマラがあるが、社会条件の変化に伴って、その組織は洪水灌漑地域全体をカバーする能力を今や失っている。一方、管理作業に関しても組織面での指導力が失われたため、また、地域の労働力の不足のため、往年のきめ細かさは持ち合わせていない。

扇状地全体を見渡した確実な運営管理をおこなうためには、地元に着した活動を行う組織の設立が必要であるが、関係官庁にはこれを推進するに必要な人員、費用、熱意が欠けている。



技術面では、扇状地流路、新設構造物の維持管理に必要な人員と技術の不足が予測される。技術力に関しては、関係官庁職員に対して扇状地に関する知識と技術のトレーニングを行い人材を育成する必要がある。現地においてモニタリング、維持補修などを行う人員も必要である。

資金面では近隣のカハプロジェクトの13個所の類似施設に対して約900万円の子算が計上された。このミタワンの施設では年間約1億円が見積られるが、現在の財政事情からみれば、これは不可能な金額である。

以上のように、維持管理組織の設立、運営、費用負担、いずれの面にも困難が予想される。

### (3) 費用対効果

施設建設費は別にして、年間管理費が1.02億円と見積られた。これに対して、農業生産増加額は年間1,300万円程度、水路灌漑地域の洪水被害軽減額は年7,200万円と計算されており、本プロジェクトによる便益は年間維持管理費に満たない。

### (4) 結論

洪水分流通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保護工を構造物周辺に設置した。設計上、この保護工は施設機能を維持するために必須のものであるが、保護工は洪水のたびに壊される可能性があり、その都度、補修する必要がある。扇状地全域を対象とする管理体制を確立するには、地域社会の現状、政府機関の指導力、財政上の制約などに困難がある。さらに施設建設の費用対効果の面でも問題があり、この洪水分流通造物の建設は妥当ではないと判断される。

## 5.2 技術協力・他ドナーとの連携

パキスタンでは国家財政の制約のため、開発予算の大半を外国からの援助に頼り、生産に直結した便益の大きなプロジェクトに、これが投入されてきた。このため、完成した施設の維持管理資金は不足し、国の経済を支える農業／灌漑システムの維持管理すら全く不十分な状態である。

ヒルトレント地帯の開発のような便益の小さなプロジェクトや、防災事業のような生産に直結しないプロジェクトに向ける予算は今まで皆無に近く放置されてきた。このため、この種のプロジェクトに関与する人員は限られ、技術的にも注目されることなく、技術者の関心が薄い。最近では国内の農業生産力に伸びが見られなくなったため、未開発のまま残されたヒルトレントを含む天水農業地帯への関心が高まりつつあるものの、まだ、掛け声が先行しており、実質が伴っていないとはいえない。

本プロジェクトの上流域では、1995年4月から5ヶ年を予定して、参加型プロジェクトとして流域保全がJICAとFAOの共同事業として実施されている。各村には農民組織が設立され、活発に活動し、野菜・果樹栽培の導入、灌漑施設の改善、貯蓄組合の設立などが実施された。また、96年以降、制限放牧の試行、山腹斜面における水土保全などが実施される。流域保全は、このような地道な活動により住民を啓蒙する必要があるが、パキスタンの政府機関は住民に接触する必要のあるプロジェクトの経験が少ない。

ミタワン扇状地におけるカマラの連携強化は、政府機関が中心となって行うべきものである。しかし、まず最初に政府機関の強化を計る必要がある。その後、カマラの対する水資源管理、洪水灌漑技術の改善、営農技術の改良などのトレーニングが必要となる。

以上のように、パキスタンにおいては急勾配河川、扇状地に関する技術は未成熟であり、住民参加による流域保全、農民参加による運営も余り経験がない。これらについて、経験ある他の機関との協調が欠かせない。

## 5.3 課題と提言

### 5.3.1 課題

ミタワン分流堰は、基礎地盤の洗掘と河床変動に対する適切な対策がなく、恒久的な施設とはなりえないため、施設機能を維持するためには徹底した維持管理が必要となり、ミタワン分流堰の建設は妥当ではないと判断された。

扇状地全体へ洪水を分散させることは扇面の利用を永続的にするが、分流堰の建設に代えてこれを実現するには、伝統的な灌漑技術によって、大洪水時にも取水が可能となるように、ミタワンヒルトレントのピーク洪水量を低減し、洪水継続時間を延長することが必要となる。

また、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は、地形変化が激しく、ミタワン扇状地を持続的に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。この実現には、洪水を適切に分散することが求められ、特定の流路へ洪水が集中しないように、扇面の流路を維持管理する必要がある。

パキスタン国においては、今まで開発が及んでいないヒルトレント地帯のような地域では、降雨や出水の状況さえも明らかにされておらず、構造物設計の基本となる基礎データは皆無と言ってもよい。山地の急流河川や、扇状地に関する技術は当然のことながら不足している。これに加え、通常流水のない一時河川における洪水分流施設のような水利構造物は、施設の利用頻度は極めて低く、また、破損しても再び使用するまでには、それを修復する時間が十分にあるため、使用頻度の極めて低い施設に多大の投資をすることは無駄であるし、破損すれば修理すればよいとの考えから、当座の必要に応じた施設が作られている。

ヒルトレント地帯は伝統的な部族社会であるが、その組織は、外部の情報、商業経済などの侵入に強く影響されて、弱体化の方向にある。洪水灌漑を運営管理する伝統的管理組織カマラも、部族社会の変化とともに弱体化の方向にある。しかし、洪水灌漑の運営はこのカマラにかかっており、将来の扇状地における農業を維持して行くには、過去における地域の首領を中心とした支配形態とは違った、地域住民が主体的に運営するように組織する必要がある。

### 5.3.2 提言

ヒルトレント地域における上の課題を解決することは、乾燥地における水資源確保の技術を推進することであり、パキスタンばかりでなくインド、中央アジア、中国西部、中近東に広がる、ヒルトレント地帯と同様に水資源が限られた乾燥地における、将来の人口扶養能力を高めるために大きく貢献する。

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ことが求められる。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必要があるが、この実施には長期に渡る外部からの援助と住民への刺激が必要である。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の制御や、小規模ダムの設置による貯水あるいは流出遅延の方法が薦められる。

扇状地を生産の場として維持するためには、扇面流路の河床低下と扇面における二次扇状地の形成を防止し、扇面において洪水灌漑農業が可能となるように保たなければならない。低下した河道を上昇させ流路を灌漑に利用できるように回復するためには、河床低下した河道を盛土で締め切り、その上流側への堆砂を促進する方法がある。

また、河道への洪水の集中を防ぎ二次扇状地の形成を防止するには、等高線バンドの設置が考えられる。等高線バンドは扇頂を中心とするほぼ同程度の標高にある同心円上に堆堤を設置し、貯水とともに土砂堆積を促進させ、これにより扇面の凹凸を少なくし、洪水と土砂堆積を扇状地全体に拡散させることを目指すものである。なお、実用化のためには、十分な調査・検討が必要である。

さらに、今後の技術の基礎となる自然条件を把握するために、ヒルトレント地域の雨量、洪水量の観測、洪水時の状況および洪水被害、扇状地流路の変化についての実態を調査する必要がある。また、カハ、チョティナラ、ビドールなどの既設の類似構造物における観測を通じてデータを蓄積し、経験を分析することも必要である。