

パキスタン国

パンジャブ州幹線水路修復計画調査

プロジェクトファインディング調査報告書

平成10年12月

社団法人海外農業開発コンサルタント協会

はしがき

本報告書は、パキスタンイスラム共和国において実施したプロジェクトファインディング調査の結果を取りまとめたものである。

パキスタンは世界有数の灌漑大国であり、灌漑農業なしには国家が成立しないほどに灌漑に依存しているといえる。パンジャブ州はその灌漑農業の中心地であるが、その長大な灌漑施設のほとんどはイギリス統治時代に建設され、インドから分離独立後にインダス協定が結ばれたことにより水利権を失った水路に対してリンク水路を建設することによって灌漑が維持されてきた。現在、ほとんどの水路施設が老朽化していることに加え、水路系統が複雑に関連しあっていることから維持管理が非常に複雑化していることも、大きな問題となっている。

こうしたことから、水路の現状を把握し改修計画を策定すること、また効率的な水路のモニタリング計画を策定することの重要性を、パンジャブ州政府と相互に確認した。その計画策定のための開発調査実施案についても協議を行い一応の合意を得、その概要を本報告書にとりまとめた。

本調査は平成10年12月8日より12月24日にかけて実施したものであり、ご指導とご協力を賜った（社）海外農業開発コンサルタント協会、在パキスタン大使館、JICAイスラマバード事務所の関係各位に深く謝意を表するものである。

平成10年12月

団長 岸 洋一

団員 西谷光生

団員 カシムサイド

1. 調査の概要

1.1. 調査の背景

本件調査は、「パキスタン国パンジャブ州幹線水路修復計画調査」の案件形成を行ったものである。

パキスタン国では、農業が国家経済の基幹をなしているが、乾燥気候帯にあるインダス平原においては、インダス河とその支流河川からの灌漑が不可欠となっている。農業の中心であるパンジャブ州に張り巡らされた灌漑水路の多くは、1920 年代に建設されたものである。その後、インドから分離独立した際、水利権が制限されたため、河川を連結するリンク水路が建設され、その水路系統は複雑になっている。これらの水路および水路構造物は、老朽化しているとともに、灌漑用水の需要が増大したため、改修や更新が急務となっている。

1.2. 調査の目的

本調査の目的は、「パキスタン国パンジャブ州幹線水路修復計画調査」案件について、我国の協力スキームとしての妥当性を考慮し、その計画内容と調査実施方法について検討することである。

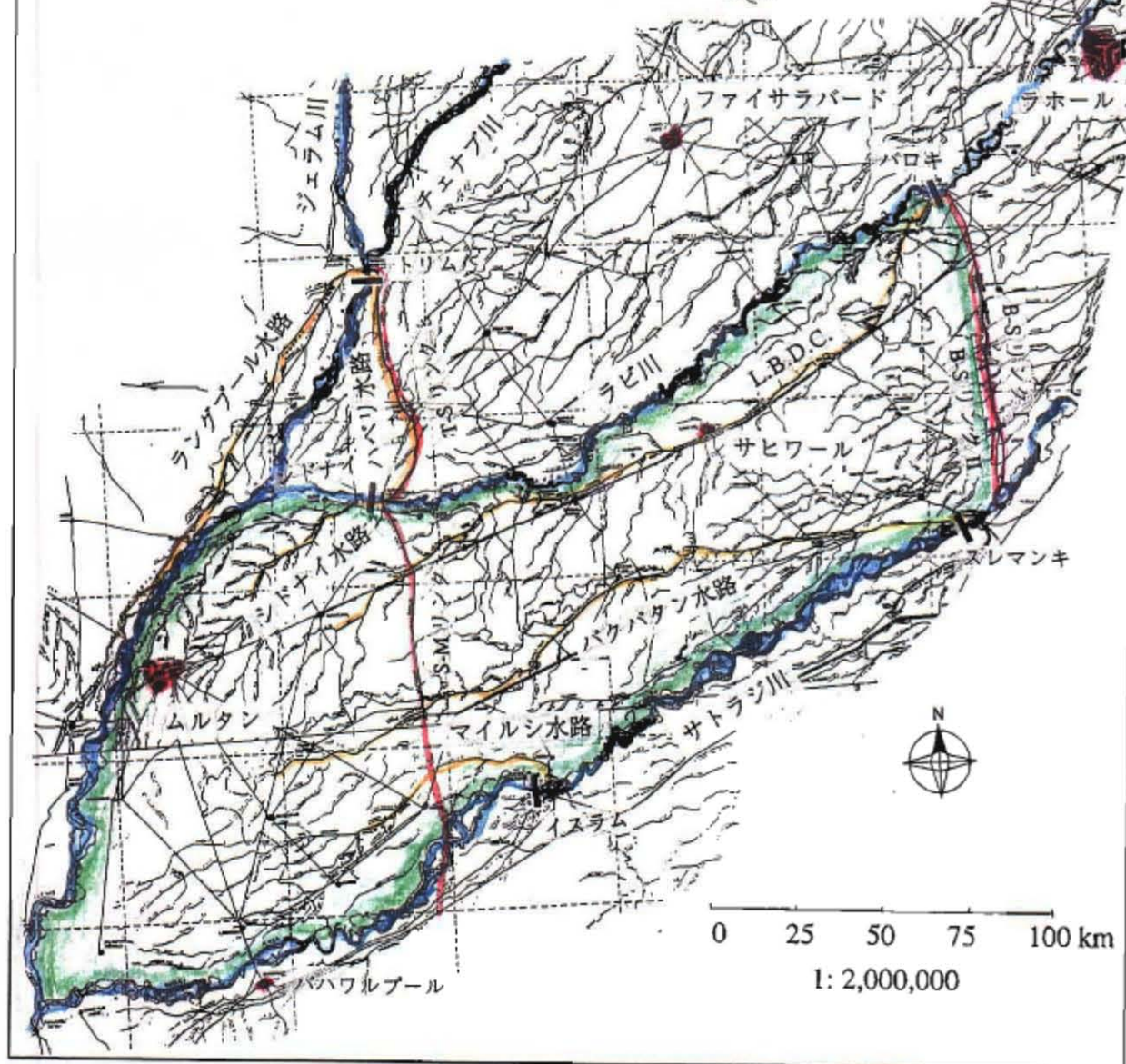
1.3. 調査の実施

本調査は、1998 年 12 月 8 日より 1998 年 12 月 24 日の 17 日間にわたり、(社) 海外農業開発コンサルタント協会 (ADCA) のミッションとして、日本技研株式会社の岸洋一、西谷光生、カシム・サイードの 3 名によって実施された。

開発調査対象地域
(パンジャブ州全域)

凡例

- バラージュ
- リンク水路
- 幹線水路



調査位置図
プロジェクトファインディング調査実施地域

2. 調査対象地域の概要

2.1. パキスタン国の現状

2.1.1. 社会経済

パキスタンイスラム共和国は、北緯 25°30'～36°45'、東経 61°00'～75°30'の範囲にあり、総面積は 79.6 万 km²である。国土の中央部の平原をインダス川が北部山岳地帯からアラビア海へ貫流している。平野部は全般的に亜熱帯気候に属し、年降水量 130 mm 以下の乾燥地域も広く分布する。

パキスタンの領土はパンジャブ州、シンド州、北西辺境州、バロチスタン州の 4 州、連邦管理少数民族地域およびイスラマバード連邦首都圏からなる。パキスタンの各州は自治権を有する行政単位であり、各州毎に立法権とその州法を施行する権限をもっている。行政上、パンジャブ州はさらに 8 のディビジョンに分けられ、ディビジョンは 34 ディストリクトに、さらに 166 テシルに区分される。

パキスタンの人口は年率 2.8 %で急速に増加しており、1997 年には 1 億 3528 万人、人口密度は 170 人/km²に達したものと推定される。民族構成はパンジャビー59.6 %、シンディー11.1 %、パシュトー9.0 %、バローチ 2.7 %などがとなっている。全人口の 94 %がイスラム教徒である。

1996 年度の国内総生産(GDP)は 2 兆 4784 億ルピーで、その成長率は人口成長率に等しい 2.8 %にとどまった。GDP の産業別シェアは、農業部門 24.2 %、工業部門 26.4 %、サービス部門 49.4 %である。

1996 年度の貿易収支は、輸出額 99.7 億ドル、輸入額 120.6 億ドル、貿易赤字は 20.9 億ドルと推定される。主な輸出品目は、綿関連品目(総輸出額の 66.6 %)、皮革関連品目(7.3 %)、米(5.8 %)など、主な輸入品目は、石油製品(19.1 %)、機械(19.0 %)、食糧(12.9 %)、肥料を含む化学製品(10.0 %)などである。

パキスタン国の第 8 次 5 カ年計画(1993/94～97/98)では、農業セクター開発を国家経済開発の基礎とし、その開発主要目的を食糧の安定供給、国内自給、輸出促進としている。さらに、灌漑、排水、農業からなる総合的開発の推進、効果的な土地利用、効果的な水利用が強調されている。また、水セクターの開発目標は、地表水利用の増大、政府チューブウエルの民間移譲、水管理の効率化、地下水位上昇・塩類集積・洪水の防御などである。開発重点戦略の一つに、既設灌漑排水システムのリハビリテーションがあげられている。政府は現在、その経過をレビューした上で、1998 年 7 月からの第 9 次 5 カ年計画を作成中である。

目 次

はしがき

調査位置図

1. 調査の概要	1
1.1. 調査の背景.....	1
1.2. 調査の目的.....	1
1.3. 調査の実施.....	1
2. 調査対象地域の概要	2
2.1. パキスタン国の現状.....	2
2.1.1. 社会経済.....	2
2.1.2. 農業.....	3
2.1.3. 灌漑.....	3
2.1.4. 灌漑セクターの組織改革.....	4
2.2. パンジャブ州の灌漑の現状	6
2.2.1. パンジャブ州の概要.....	6
2.2.2. 灌漑の概要.....	6
2.3. 調査水路灌漑システムの現状.....	7
2.3.1. Mailsi 水路システム	7
2.3.2. Pak Pattan 水路システム	8
2.3.3. Lower Bari Doab 水路システム	9
2.3.4. Balloki Suleimanki リンク水路システム	10
2.3.5. 水路の破損の主な原因.....	11
2.3.6. 維持管理上の提言.....	11
2.3.7. 技術上の提言.....	12
3. 開発計画	14
3.1. 開発基本計画	14
3.2. 調査実施計画	15
4. 総合所見	17

添付資料

- 1) 調査者経歴
- 2) 調査日程
- 3) 面会者リスト
- 4) 収集資料リスト
- 5) 現地写真

2.1.2. 農業

農業はパキスタン経済において重要な地位を占め、1996 年度には国内総生産（GDP）の 25 %、雇用労働力の 47 %、直接間接に輸出額の 75 %を占めた。農業は食糧生産のほか、綿工業を代表とする国内産業への原料供給などの貢献も大きく、まさに基盤産業である。

パキスタンにおける主要作物は、主食であるコムギ（1996 年度作付面積 809 万 ha）、コメ（225 万 ha）、商品作物であるワタ（315 万 ha）、サトウキビ（97 万 ha）である。その他に野菜ではジャガイモ、タマネギが、果物では柑橘類、マンゴー、リンゴが多く生産されている。

農業地帯の多くは乾燥または亜乾燥気候帯に属しているため、作物栽培の灌漑への依存度が非常に大きい。1996 年度には、総栽培面積 2155 万 ha のうち 1720 万 ha が灌漑されている。これら灌漑農耕地の大部分はインダス川流域平野の広がるパンジャブ州とシンド州にある。このうち水路灌漑面積は井戸との併用も含め、全灌漑面積の約 80 %にのぼる。その一方で、灌漑開発は湛水害や塩害などの新たな問題も引き起こし、その解決策として排水事業や SCARP 等の対策事業が実施されている。

2.1.3. 灌漑

インダス平野流入地点でのインダス川の年間流出量は 1,810 億 m^3 で、このうち 1,310 億 m^3 が灌漑用水として利用されているとされている。タウンサ堰地点での年間総流出量は 1,057 億 m^3 で 4 月～10 月の夏期に年間流出の 85 %が流出し、11 月～3 月の冬期に 15 %が流出する。インダス川水系には、これまでに 3 つの大ダム（タルベラダム、マングラダム、チャシマダム）が建設されているが、その有効貯水量は 180 億 m^3 にすぎず、季節変動を十分に制御するにはほどとおい。

インダス川とその支流であるジェラム川、チェナブ川、ラヴィ川、サトラジ川の大河川を水源とする大規模灌漑の主要な灌漑施設の概要を以下に示す。

主要施設	主な諸元
貯水池：	3 カ所
タルベラ（インダス川）	有効貯水量 115 億 m ³
チャシュマ（インダス川）	有効貯水量 6 億 m ³
マンガラ（ジェラム川）	有効貯水量 65 億 m ³
バラージュ（堰）：	16 カ所
灌漑水路：	43 系統
灌漑電力局で管理する水路延長*：	5.9 万 km
連結水路**：	12 系統
分水／分流工：	10 万カ所
灌漑電力局で管理しない末端用水路、圃場水路延長：	160 万 km
灌漑支配面積：	1680 万 ha
* 灌漑電力局で管理する水路（幹線用水路 Main Canal、支線用水路 Main Branch、幹線分水路 Major Distributory、支線分水路 Minor Distributory）。	
** 連結水路（Link Canal）は、上流域がインド領でパキスタンに水利権のないラヴィ、サトラジ川などヘインダス、ジェラム、チェナブ川から流域変更して送水する水路。	

1991 年、インダス川の水利協定（Water Apportionment Accord）が 4 州の間で調印され、タルベラダム建設後の水配分が決められた。インダス平野は一般に沖積土壌で、この上に建設された水路システムは土水路で浸透量が非常に多く、加えて水配分施設の老朽化や維持管理費の不足などのため灌漑効率は 35～40 %と低い。この浸透損失は用水量の不足をきたすほか、ウォーターロギングと土壌塩類集積をもたらしている。19 世紀にインダス川水系灌漑システムが計画され始めたとき、パンジャブ州では二毛作で CCA に対して 70 %前後という低い灌漑作付率が設定されていたが、今日では人口の増加と一戸当たり経営面積の減少のため、灌漑作付率は 100 %以上に増加している。このように作付面積が増大する一方、灌漑効率は大幅には改善されず、一般に水不足が深刻化している。

2.1.4. 灌漑セクターの組織改革

パキスタン政府は、自国の農業セクターの業績の不振の主因が、灌漑事業の開発、維持管理の面で受益者不参加の制度に問題があるとの認識を高めてきた。第 8 次 5 カ年計画では、参加型事業管理の推進を志向する政策を反映し、政府は灌漑セクターの維持管理にかかる財政負担を軽減するために、維持管理の責任の一部を農民組織に移管することを図ってきた。

他方、政府は世銀の援助のもと、全国排水計画の第一期として、1995 年に NDP-1 を開始した。この NDP-1 では、排水を含む灌漑セクターの困難な諸問題の解決には単なる財政的、施設の対処では不十分であり、制度・政策的改革を含む多面的アプローチが必要であるとし、まず手始めに受益者である農民と民間セクターが維持管理改善に参加できるよう制度改革が必要としている。NDP-1 は政策、制度、調査研究、投資の各コンポーネントからなっており、灌漑セクターの組織改革に関わるものは以下の通りである。

法侵入、雨による侵食、それに維持管理の悪さにより、かなり歪んできている。

- － 取水源がサトラジ川から BS リンク水路に変更されたことから、水路への流入土砂量が設計時より減少し、水路は掘削されていく傾向にある。
- － 1920 年代に建設された水路施設は、ほぼ耐用年数を過ぎているが、これまでに大きな改修や再建設などが行われていない。
- － ほとんどの水路構造物では、下流側取付け部が破損し、下流側の水路幅が広がっている状態である。これは減勢工が十分に機能していないためである。全構造物の下流側堤防は侵食されていて、改修が必要である。
- － 水路内には多くの不法侵入の痕跡がみられる。

2.3.3. Lower Bari Doab 水路システム

Lower Bari Doab 水路 (LBDC) は、ラビ川のパロキ堰 (ラホールの南西 65km、Kasur ディストリクト) より取水している。

現在、LBDC 水路は約 676,000 ha を灌漑し、その地区は Kasur、Okara、Sahiwal、Khanewal、Vehari、Faisalabad の 6 ディストリクトにまたがる。主要作物はワタとコムギであり、牧草、サトウキビ、油糧種子、野菜類も栽培されている。特にワタは生産量と高品質で有名な産地を形成している。

LBDC 水路は、Gugera、Gangibar、Jahania の 3 つの二次水路と Chichawatni、Channu の 2 つの主要三次水路をもつ。LBDC 水路に関する主要諸元は次のとおりである。

最大流量	9,841	cusec
通常流量	8,600	cusec
幹線水路延長	約 200	km

現地踏査を、RD 330,000 からパロキ堰 (RD 0) までの幹線水路上流部約 100 km、およびいくつかの主要水路構造物について実施した。踏査の結果は次のようである。

- － 長大な土水路の築堤材料として現場周辺の土が用いられていて、ほとんどの箇所では盛土である。堤防はあちらこちらで侵食されている。水路断面は、風食、過大な交通、不法侵入、雨による侵食、それに維持管理の悪さにより、かなり歪んできている。
- － 堰上流部に Qadirabad Balloki リンク水路が建設されたことから、水路への流入土砂量が設計時より減少し、水路は掘削されていく傾向にある。

- ー 建設後およそ 75 年を経た水路施設は、ほぼ耐用年数を過ぎているが、これまでに大きな改修や再建設などが行われていない。
- ー ほとんどの水路構造物では、下流側取付け部が破損し、下流側の水路幅が広がっている状態である。これは減勢工が十分に機能していないためである。全構造物の下流側堤防は侵食されていて、改修が必要である。

2. 3. 4. Balloki Suleimanki リンク水路システム

Balloki Suleimanki (BS) リンク水路は、インドからの分離独立後すぐの 1952-54 年に建設された。BS リンク水路は、ラビ川からサトラジ川への唯一のリンク水路であり、その計画流量は約 15,000cusec である。BS リンク水路は、パンジャブ州の人口過密地域にあるため、橋梁などの多くの水路構造物が建設された。建設当時は国家設立時で開発予算に制約があったため、例えば横断構造物の延長を最小にするなど、構造物はできるだけ安価となるよう設計がなされた。こうしてできた水路幅の収縮のため、構造物上流部では堆砂が発生し、そこに生育する植物の根により堤防の崩壊が起こった。レンガで防御している箇所もある。

こうしたことから、灌漑電力局は水路の通水量を 15,000 cusec から 12,000 cusec へ減ずることとした。そして、この 3,000 cusec の流量減を補うため、BS リンク水路 I に平行した BS リンク水路 II を建設した。BS リンク水路 II は計画流量 6,500 cusec で、RD 73,000 から始まる。現在、下流側の水需要が増大し、それを満足する水量を確保できなくなっている。

BS リンク水路 I および II に関する主要諸元は次のとおりである。

	BS Link I	BS Link II	
最大流量	15,000	6,500	cusec
通常流量	12,000	6,500	cusec
幹線水路延長	60	37	km

現地踏査を、RD 73,000 より下流側水路約 25km、主要水路構造物について実施した。踏査の結果は次のようである。

- ー 築堤材料として現場周辺の土を用いている。堤防は高い盛土である。堤防はあちらこちらで侵食され、水路断面は、雨による侵食、それに維持管理の悪さにより、かなり歪んでいる。
- ー 安価な設計施工がなされた水路施設は、老朽化と破損が顕著であるが、1952 年よりこれまでに大きな改修や再建設などが行われていない。

- － RD 150,000 にある AR 橋は左岸側の橋脚が沈下しており、危険な状態にある。

2.3.5. 水路の破損の主な原因

各水路システムにみられる破損状況とその原因については上に述べたが、それらに加えて共通にみられる破損原因について、以下に列記する。

- － 1920 年代に行われた水路および構造物の設計そのものが、十分な設計知識が不足していたために、不適切である。
- － ほとんど全ての水路では、増加する水需要を満たすために、計画よりも 10～20 % も多くの流量となっている。
- － ほとんど全ての水路構造物の減勢工の機能が不足していて、下流側での重大な洗掘が起きている。
- － 水路構造物下流側では流速が大きく、両岸で堤防の洗掘が起きている。
- － 渦巻きによって、老朽化、土砂渦、あるいは負圧などの障害がみられる。
- － 沈砂池の長さが短く、不十分である。

2.3.6. 維持管理上の提言

1) 灌漑用水の管理

人口増加とそれに伴う作付け率の増大などのため灌漑用水に対する需要は増大しつづけている。適正で効率的な水管理を行うことによって、水資源の保全、灌漑面積の拡大、作物収量の増加などを図ることができる。

2) 農民との連絡

灌漑事業を成功させていくには、灌漑当局と農民との密接な連絡が非常に重要である。農民の陳情に対しては根気強い聞き取りが必要で、それに対して慎重に対処していくべきである。

3) 誠実な管理

水路システムの維持管理担当技術者は、多くの課題を与えられているが、大きな予算を

用いるのであるから、それに打勝つ努力を惜しむべきではない。

4) 農民の参加と教育

水路施設の建設や維持管理において、農民の参加を促すべきである。農民に対しては、科学的、技術的センスを視覚を通して教育していくべきである。

5) 用水の他目的利用

用水については、灌漑電力省の収入増加につながることから、林業、水産業、観光などの多目的な利用を推進していくべきである。

6) ロスの処理

破堤、パイピング、漏水、休閒地への給水などのロスを減少させるよう、適正な管理を行わなければならない。

2.3.7. 技術上の提言

1) 水路ロス

蒸発や浸透による水路ロスは、25～50 %といわれている。蒸発によるロスは一般に非常に小さく、ロス全体の2～3 %とみられる。浸透ロスは、土壌、水路、水質、流速、水路断面形状などによって、その程度が決まる。水路の状態を良好に保ち、浸透ロスを減少させることが肝要である。

2) 作物要水量

作物の収量を高く維持するためには、適時灌漑を行うべきである。それには、作物要水係数、降水量、地下水位、水路容量などを考慮した作物要水量を、現場スタッフにより検討されなければならない。

3) リモデリング

灌漑電力省の規則として、5年に一度全ての水路のリモデリングを行うようにすべきである。

4) 減勢工と調整堰

ほとんど全ての構造物の下流側にある減勢工に深刻な問題を抱えていて、これを改修していく必要がある。また、同様にほとんど全ての調整堰で機械部分の状態が非常に悪い
ため、適正な注油や塗装などが必要である。

5) 改修

今回調査した水路構造物のうち、およそ 20 %は緊急な改修が必要、30 %は重大な修理
が必要で、残りの 50 %はマイナーな修理が必要である。

3. 開発計画

3.1. 開発基本計画

本案件「パンジャブ州幹線水路修復計画調査」は、パンジャブ州の全ての幹線水路、リンク水路、およびそれらに付帯する水路施設をリハビリの対象とする。これらの施設の改修に加え、維持管理の改善も重要なコンポーネントとする。

水路施設の現状をみると、老朽化や流量増大などによっていつ破損や破堤してもおかしくない箇所がかなりあり、そのような危険な施設については緊急の改修が必要である。現在、パンジャブ州では「Evaluation of Safety of Major Irrigation Installations/Structures」をローカルコンサルタントに委託して、州内の主要灌漑施設の現状調査を実施している。この調査結果をインベントリーとして整理し、改修の優先度をつけ、順次改修工事を実施すべきであろう。改修工事にかかる費用は、パンジャブ州灌漑電力省のこれまでの予算がかなり不足していることから、外部からの財政的な支援が不可欠である。対象となる幹線水路の施設規模は我国のものよりはるかに大きく、自然や社会条件も大きく異なることから、日本の設計基準を当てはめるのは不適當であると判断される。長大な灌漑施設を建設し運営してきたパキスタン国の技術を大いに尊重した改修計画とすることが肝要である。

水路施設の維持管理についても、改善の必要性は明らかである。維持管理の現状は、管理用の車両やモーターバイクが不足していたり燃料費がないなどの理由で、管理担当技術者が水路の現状を適時に把握できない状況が多く見られる。また、通信手段も現場事務所には無線電話程度しかないことも多く、電話が使えないことも多い。長大な水路網を管理するにはあまりにも通信施設が見劣りする。また、パンジャブ州の灌漑水路はリンク水路でそれぞれ連結されており、管理事務所間の連絡の重要性が高いにもかかわらず、係を保つのは非常に困難な状況である。したがって、正確な状況を把握するのに必要な管理用車両を配置し、各管理事務所に通信施設を整備していくことが、適切な施設管理運営を行っていく基本要件であると考えられる。コンピュータのネットワークを利用した維持管理についても検討していくべきであろう。

州灌漑排水整備公社：

灌漑排水の維持管理に関する州灌漑電力局および農民組織に関する諸改革は、州政府が所掌し州の条例に示されている。この条例では、4 州にそれぞれ州灌漑排水整備公社（Provincial Irrigation and Drainage Authority, PIDA）を設立し、その下に灌漑支配地ごとに、地区用水委員会（Area Water Board, AWB）を設立する。PIDA は州の計画開発次官補を議長とする役員会が運営する独立採算組織である。パンジャブ州の場合、計画開発局の議長がこれにあたる。

この PIDA は自主財産を所有し、水資源に関わるプロジェクトの計画、実施、灌漑・排水・洪水防御システムの維持管理に対する権限を有する。PIDA は水利費等の賦課金を定め、これを農民から徴収し、或いは内外の金融機関から融資を受けるなど財政政策を立案する。州灌漑電力局の職員は自動的に PIDA の被雇用者となる。IPD から PIDA への移行期間中、PIDA は職員の適切な定員枠を定め、必要に応じて希望退職を優遇するなど雇用者を削減する。PIDA は、7 年以内に完全に軌道にのることとし、その財政は、農民からの水利費・排水費、政府の補助金、政府の融資、地方団体からの寄与、債券の発行、金融機関からの政府認可の融資、海外からの政府認可の無償・有償援助で賄われるものとされている。

地区用水委員会：

政府は PIDA のもとに灌漑水路支配地区ごとの地区用水委員会（AWB）を設立しなければならない。AWB の委員会組織は、理事、農民選出代表 2 名、PIDA 代表、政府代表などからなっている。この委員会のもとに監理部会が設置されることとなる。この AWB の役割は下記の通りである。

- － PIDA から用水の供給を受け、支線レベルの農民組織に配分する。
- － 末端排水を受けて適切な排水路に排出する。
- － 農民に負荷する用排水の水利費を定める。また PIDA の権限の委嘱を受けて用水の管理、運用、農民からの賦課金の徴収を行う。

農民組織：

条例によれば、AWB 設立 1 年以内にパイロット計画を実施に移し、段階的かつ整然と支線水路レベルに農民組織が設立できるよう手段を講ずることを規定している。農民組織は財政的に自立し、遅くとも 4 年以内に効果的に機能するよう形成されなければならない。PIDA は設立 6 カ月以内に農民組織結成に関する施行規則を公表しなければならない。

ない。

農民組織の機能と権限は以下の通りである。

- － 管轄する灌漑配水施設の管理・運用・改善
- － 支線水路の後部において AWB からの用水の利水者への給水
- － 利水者からの排水を小水路を通じて定められた排水システムまでの排水
- － 合意された水利費と賦課金の利用者からの徴収と AWB への納入
- － 機能発揮と権限履行のためのコンサルタント、アドバイザー、技術者の雇用
- － PIDA の規定に示されるその他の権限の履行

農民組織は法人であるが移管された資産を譲渡したり処分したりする権限はない。条例は AWB、農民組織、利水者間の紛争解決のために Provincial Water Commissioner を任命することになっている。

2.2. パンジャブ州の灌漑の現状

2.2.1. パンジャブ州の概要

調査対象地域であるパンジャブ州は一大農業地帯であり、総面積 2063 万 ha の 59 %にあたる 1210 万 ha が農耕地として利用されている。その農耕地の実に 9 割近くが重力灌漑と地下水灌漑による灌漑可能地である。パンジャブ州の灌漑可能地はパキスタン全国の灌漑可能地のおよそ 75 %を占める。

灌漑農地における主要作物は、夏作物のワタと、冬作物のコムギである。このほかにサトウキビ、トウモロコシ、マメ類、飼料作物なども作付けされる。

2.2.2. 灌漑の概要

パンジャブ州の総灌漑面積 (GCA) は 945 万 ha (全国 1580 万 ha)、灌漑可能面積 (CCA) は 822 万 ha (全国 1400 万 ha)、水路総延長は 35,300 km (全国 63,000 km)、取水量は 3,400 m³/s (全国 7,300 m³/s) である。主要な灌漑施設としては、14 の堰 (Barrage)、8 つのリンク水路、2,400 km 以上の洪水防御堤、12,000 の公共チューブウエルが建設され運用されている。

取水堰で取り入れた水は、幹線水路 (Main Canal) または二次水路 (Branch Canal) から支線水路 (Distributary and Minor) に分流され、さらに末端水路 (Watercourse) を通って圃場に配水されている。支線水路から末端水路へは、モガ (Mogha) というゲートのない取り入れ口

から比例分水されている。末端水路は通常 80 - 280 ha を支配し、農民は土地面積割合に応じて末端水路の全水量を時間割して 1 週間のローテーションを行うワラバンディ（Warabandi）と呼ばれる輪番灌漑が実施されている。幹線水路、リンク水路、二次水路、支線水路の維持管理に関しては、現在パンジャブ州灌漑電力省が実施しており、末端水路以降の維持管理は農民自身の責任において実施している。

2.3. 調査水路灌漑システムの現状

2.3.1. Mailsi 水路システム

1928 年に建設された Mailsi 水路は、建設当時はサトラジ川のイスラム堰（Mailsi 市より 46km）より取水していた。しかし、1960 年代にインダス協定によってインド側に水利権を取られ取水困難となった。そのため、Sidhnai Mailsi Bahawal（SMB）リンク水路が建設され、ラビ川の Sidhnai 堰より取水するようになった。現在 Mailsi 水路は SMB リンク水路の RD 250,000 より取水している。Mailsi 水路の末端（RD 95,000）から、Lodhran と Chit Dain の 2 つの二次水路が配置されている。

現在、Mailsi 水路は約 221,000 ha を灌漑し、その地区は Vehari ディストリクトの Multan、Lodhran、Tehsil Mailsi の 3 市町村に分布する。主要作物はワタとコムギであり、牧草、サトウキビ、油糧種子、野菜類も栽培されている。特にワタは生産量と高品質で有名な産地を形成している。

Mailsi 水路に関する主要諸元は次のとおりである。

最大流量	3,705	cusec
最大水深	2.8	m
水路底幅	38.1	m
傾斜	0.125	%
幹線水路延長	30	km

水路は、築堤、管理用道路、水利構造物、落差工、橋梁、三次水路などからなる。

現地踏査を、幹線水路約 30 km、主要水路構造物 7 ヶ所について実施した。また、Chit Dain 二次水路について約 10 km、3 構造物についても踏査した。踏査の結果は次のようである。

- ― 築堤材料として現場周辺の土を用いて、締め固めはされていない。水路内の水位はかなり高く維持されている。堤防はあちらこちらで侵食されている。水路断面は、風食、過大な交通、不法侵入、雨による侵食、それに維持管理の悪さにより、かなり歪んできている。

- － 取水源がサトラジ川から SMB リンク水路びに変更されたことから、水路への流入土砂量が設計時より減少し、水路は掘削されていく傾向にある。
- － 1928 年に建設された水路施設は、ほぼ耐用年数を過ぎているが、これまでに大きな改修や再建設などが行われていない。
- － ほとんどの水路構造物では、下流側取付け部が破損し、下流側の水路幅が広がっている状態である。これは減勢工が十分に機能していないためである。全構造物の下流側堤防は侵食されていて、改修が必要である。
- － 静水池より下流側の堤防も、その規模が不十分なためか、かなり侵食されている。
- － 水路内に大きな風倒木があり、障害となっている箇所もみられる。

2.3.2. Pak Pattan 水路システム

1920 年代に建設された Pak Pattan 水路は、建設当時はサトラジ川のスレイマンキ堰（インドとパキスタンの国境付近）より取水していた。しかし、1960 年代にインダス協定によってインド側に水利権を取られ取水困難となった。そのため、ラビ川のパロキ堰よりスレイマンキ堰まで Balloki Suleimanki (BS) リンク水路が建設された。現在スレイマンキ堰からは Pak Pattan 水路、Fordwah 水路、Eastern Sadiqia 水路の 3 つの幹線水路が取水を行っている。

現在、Pak Pattan 水路はおよそ 364,000 ha を灌漑し、その地区は Multan、Sahiwal、Vehari の 3 ディストリクトに分布する。主要作物はワタとコムギであり、牧草、サトウキビ、油糧種子、野菜類も栽培されている。特にワタは生産量と高品質で有名な産地を形成している。

Pak Pattan 水路は、スレイマンキ堰から SMB リンク水路までの上流部と、SMB リンク水路より末端までの下流部とに分けられる。Pak Pattan 水路に関する主要諸元は次のとおりである。

最大流量	6,594	cusec
最大水深		feet
水路底幅		feet
傾斜		%
幹線水路延長	約 180	km

現地踏査を、スレイマンキ堰から幹線水路上流部の約 50 km、およびいくつかの主要水路構造物について実施した。踏査の結果は次のようである。

- － 長大な土水路の築堤材料として現場周辺の土が用いられていて、ほとんどの箇所では盛土である。堤防はあちらこちらで侵食されている。水路断面は、風食、過大な交通、不

3.2. 調査実施計画

調査の目的は、以下のとおりとする。

- 1) すべての既設水路について、現況を把握する。内容は、現在の状態、機能、老朽化、水路容量、灌漑支配面積、計画と現状の相違、改修の経緯、などとする。調査のベースとなるのは前述の「Evaluation of Safety of Major Irrigation Installations/Structures」である。
- 2) 改修・再建設の優先度のリストを作成する。代表水路を詳細に調査して評価項目を選定し、その基準を全水路に適用して優先度づけをする。優先プロジェクトは別案件として、詳細設計と工事を実施する。
- 3) いくつかの代表水路について維持管理の現状を調査し、モニタリングシステムの改善計画を策定する。計画において、通信ネットワーク整備、流量計測システム、流況の中央管理システム、GISモニタリング手法の導入などを検討する。

調査項目は以下のとおりとする。

- 1) すべての水路の概況調査
- 2) 改修工事の優先順位づけ
- 3) 代表水路における維持管理の現況調査
- 4) 改修対象水路の選定（複数）
- 5) 維持管理改善案の策定
- 6) 優先水路にかかる改善計画の策定

調査の範囲は以下のとおりとする。

- 1) すべての水路にかかる構造物の状態、管理、運用などに関するインベントリーの作成
- 2) 技術上・運営上解決すべき問題点の抽出
- 3) 基本的な水路設計規準と水路管理規準の作成
- 4) 水利模型実験の実施
- 5) 構造物の適正設計の提案

調査の期間は以下のとおりとする。

フェーズ1（1.5年間）

水路の状態と管理状況の把握、及び優先順位づけ

フェーズ2（1.5年間）

水路改修計画の策定

調査に必要となる団員の構成は、以下ように考える。

- 1) 総括／灌漑 A
- 2) 水路構造物 A (堰／頭首工)
- 3) 水路構造物 B (水路構造物)
- 4) 水路構造物 C (水路構造物)
- 5) 構造物 (橋梁)
- 6) 維持管理 A
- 7) 維持管理 B
- 8) 灌漑 B
- 9) 水利／水資源
- 10) GIS
- 11) 事業評価
- 12) 農業／農業経済
- 13) 積算
- 14) 環境
- 15) 社会配慮

4. 総合所見

パキスタン国、とくにパンジャブ州では、水路灌漑が社会経済の基盤を支えているといえることができる。しかしながら、水路施設は老朽化し、また互いにリンクしていることにより維持管理が複雑化している。州灌漑電力省の技術者は、そうした困難な状況の中で灌漑事業を維持していく努力を積み重ねているが、かなり危機的な状況の箇所も多くみられる。緊急に改修事業を実施すべき時期が迫っていることは自明である。しかしながら、水路の規模が非常に大きいためにその改修費用は甚大なものとなり、優先順位に従った計画的な改修事業の実施が肝要である。

本件「パンジャブ州幹線水路修復計画調査」では、非常に長大な水路網についてインベントリー調査を行い、水路の改修優先度を判定し、施設の改修計画を策定するのがひとつの目的である。ここではマスタープラン的な調査計画にとどめ、個々の詳細設計は別案件として実施するものとする。

水路の維持管理の状況も、決して効率的に行われているとは言い難い。水路の状態や流況に関する情報は、正確に、かつ迅速に把握されていかなければならない。また、それらの情報は、それぞれの水路がリンクしていることから、一箇所ですべて集中的に管理されるべきである。こうしたことから、本件調査のもうひとつの目的は、複雑な水路の状況を集中管理するためのモニタリング計画を策定することとした。

本件調査を早期に実施し、優先順位の高いものから順次改修事業に取り掛かることは、社会不安を解消するために不可欠なものであると考えられる。また、それを効率的に維持していくために、集中モニタリングシステムを構築していく必要性が大きいと判断される。

添付資料（１）調査者経歴

岸 洋一

S17. 11. 10	生
S41. 03	北海道大学農学部農業工学科卒業
S43. 03	北海道大学大学院農学研究科修了
S43. 04～S45. 11	帯広畜産大学 文部教官
S45. 12～S46. 05	北海道開発局土木試験所 研究員
S46. 05～S50. 09	北海道開発局土木試験所 主任研究員
S50. 10～S60. 09	北海道開発局土木試験所 副室長
S60. 10～S61. 04	北海道開発局土木試験所 室長
S61. 05～S61. 09	北海道大学農学部 講師
S61. 10～S62. 04	日本技研(株)海外事業本部 参事
S62. 05～現在	日本技研(株)海外事業本部 部長

西谷 光生

S37. 07. 15	生
S60. 03	東北大学農学部農学科卒業
S62. 03	東北大学大学院農学研究科修了
S62. 04～現在	日本技研(株)海外事業本部

カシム・サイード(Qasim Saeed)

1959. 08	生
1983	パキスタンラホール技術工科大学卒業
1991	オランダデルフト国際水理環境技術研究所修士修了
1984. 04～1994. 09	パンジャブ州灌漑省ムルタン事務所
1994. 09～現在	日本技研(株)海外事業本部 技師

添付資料（２）調査日程

日数	年月日	出発地	到着地	宿泊地	備 考
1	H10. 12. 8 火	東京	ラホール	ラホール	岸日本出国(TG641、10:30発) バンコク乗継ぎ パキスタン入国(TG505、22:45着)
2	H10. 12. 9 水			ラホール	パンジャブ州灌漑電力局訪問
3	H10. 12. 10 木	ラホール	イスラマバード	イスラマバード	陸路移動(イスラマバードーラホール) 大使館、JICA、OECD訪問
4	H10. 12. 11 金			イスラマバード	FFC、灌漑電力省、経済局訪問 西谷日本出国(PK851、13:55発) パキスタン入国(同便、21:45着)
5	H10. 12. 12 土	イスラマバード	DGカーン	DGカーン	陸路移動(イスラマバードーDGカーン)
6	H10. 12. 13 日			DGカーン	休日
7	H10. 12. 14 月			DGカーン	州灌漑電力局DGカーンゾーン打合せ
8	H10. 12. 15 火	DGカーン	サヒワール	サヒワール	州灌漑電力局ムルタンゾーン打合せ Mailsi水路視察
9	H10. 12. 16 水			サヒワール	州灌漑電力局打合せ Pakpattan水路視察
10	H10. 12. 17 木	サヒワール	ラホール	ラホール	州灌漑電力局打合せ LBDC水路視察
11	H10. 12. 18 金			ラホール	州灌漑電力局打合せ
12	H10. 12. 19 土			ラホール	BSリンク水路視察
13	H10. 12. 20 日	ラホール	イスラマバード	イスラマバード	陸路移動(ラホールーイスラマバード)
14	H10. 12. 21 月	イスラマバード	ラホール	ラホール	JICA事務所報告打ち合せ 陸路移動(イスラマバードーラホール)
15	H10. 12. 22 火			ラホール	パンジャブ州灌漑電力局打合せ
16	H10. 12. 23 水	ラホール			パキスタン出国(TG506、13:20発、半日遅) バンコク乗継ぎ
17	H10. 12. 24 木			東京	日本入国(TG642、07:30着)

添付資料

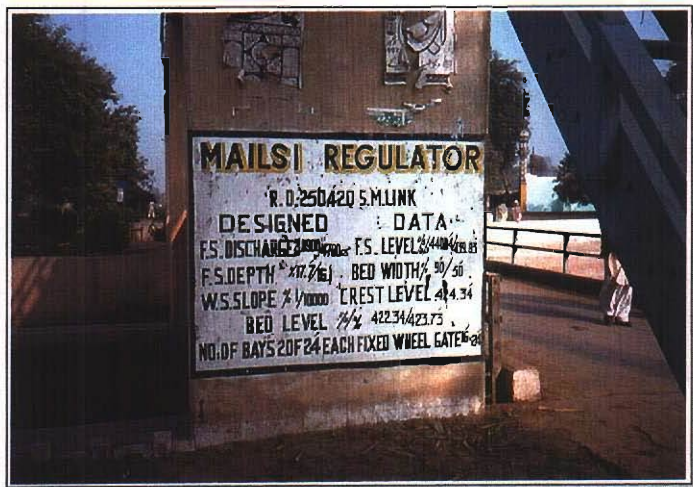
添付資料（３）面会者リスト

所 属	氏 名
Chief Engineer, Multan Irrigation Zone, Multan	Mr.
Superintending Engineer, Mailsi Canal Circle, Multan	Mr. Mumtaz Ahmad Khan
Executive Engineer, Lodhran Canal Division, Multan	Mr. Muhammad Murtaza Khurshid
Superintending Engineer, Nilli Bar Canal Circle, Sahiwal	Mr. Rao Muhammad Amin
Superintending Engineer, Lower Bari Doab Circle, Sahiwal	Mr. Dr. Bagh Ali Shahid
Executive Engineer, Okara Canal Division, Okara	Mr. Navid Ali Shah
Executive Engineer, Balloki Barrage division Balloki, Lahore	Mr. Ch. Bashir Ahmad
Chief Engineer Research, Irrigation research Institute, Lahore	Mr. Tahir Ahmad Malik
Senior Research Officer, Irrigation Research Institute, Lahore	Mr. Arshad Khan Niazi

添付資料（5）現地写真

添付資料（４）収集資料リスト

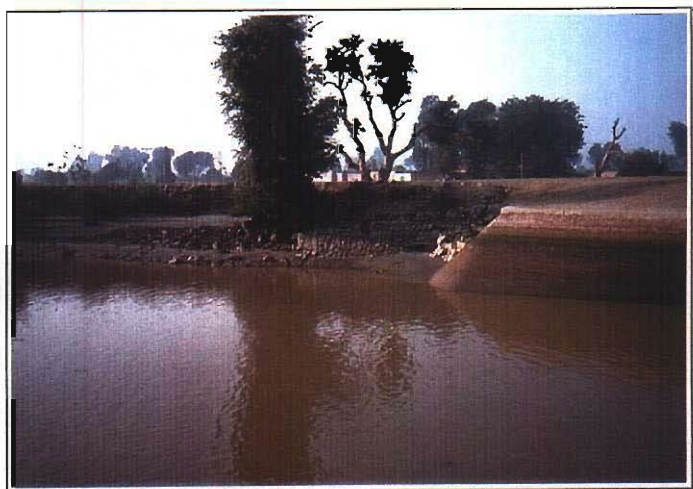
資料名	発行者	発行年
1990 Census of Agriculture, Punjab	Agricultural Census Organization	1994
1995 Punjab Development Statistics	Bureau of Statistics	1995
Punjab in Figures 1997	Bureau of Statistics	1997
Eevaluation of Safety of Major Irrigation Installations/Structures --- Preliminary Study/Survey Report	Irrigation and Power Department of Punjab	1998
A Brief Note, Lower Bari Doab Canal Circle	Irrigation and Power Department of Punjab	1998
Index Plan of Nili Bar Circle	Irrigation and Power Department of Punjab	
Index Plan of B.S. Link I & II	Irrigation and Power Department of Punjab	



No.1
Mailsi Regulatorの看板



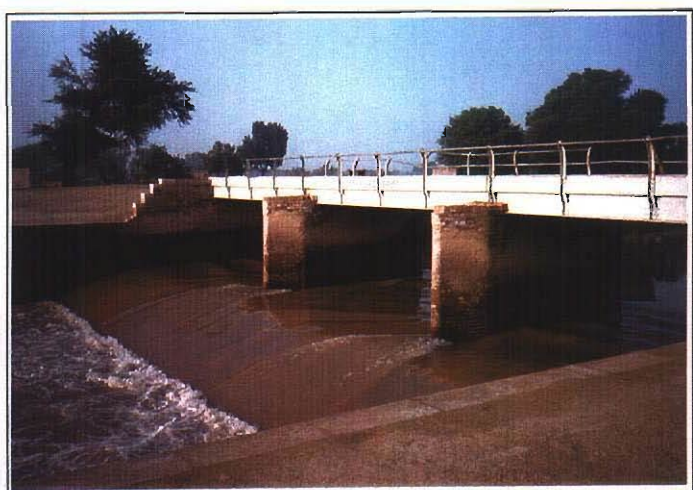
No.2
Mailsi Canalの看板
背景はMailsi Regulator.



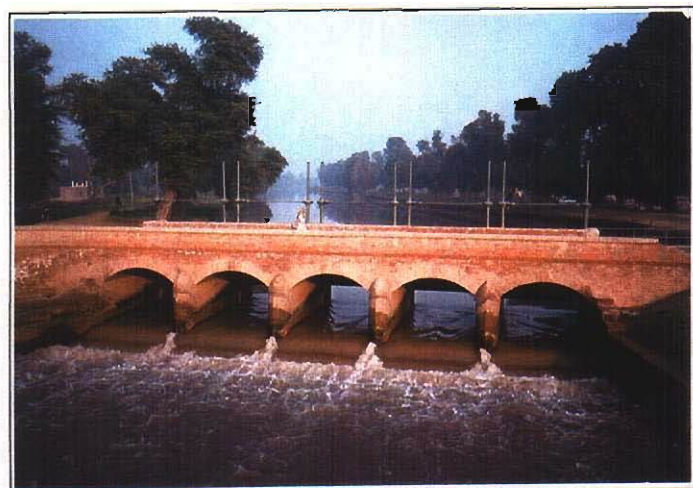
No.3
水路構造物の下流側の侵蝕の状況
護岸工のさらに下流側でも、かなり強度の侵蝕作用が働いている。



No.4
水路構造物の下流側の侵蝕された部分の保守状況
杭を打ち粗朶を置くことで侵蝕を防ぐとともに、土砂の堆積を進行させ、元の堤防の復旧を図る。



No.5
落差工
流速側が大きく、その下流側では激しい乱流が発生している。



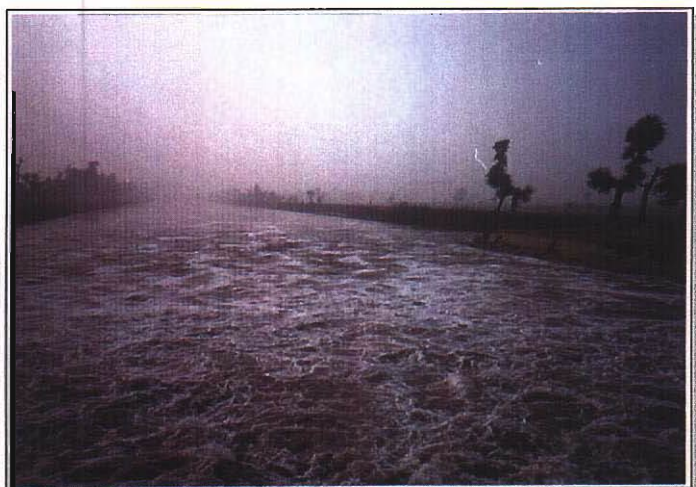
No.6
Mailsi Canalの末端部



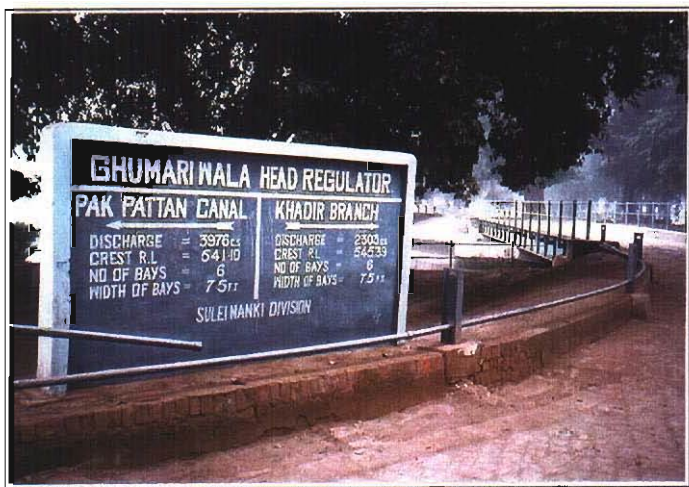
No.7
Suleimanki Barrage
Pak Pattan Canalの始点にある堰で、Sutlej川より取水している。



No.8
落差工
水路上流部の落差工で、流量が計画流量より大きく、流速はかなり大きい。



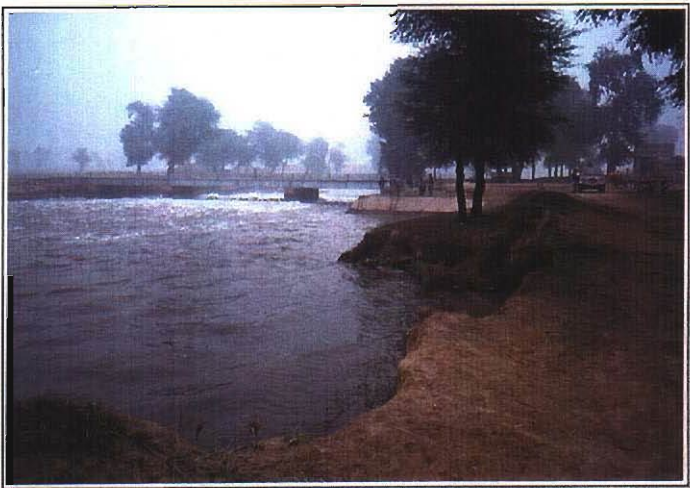
No.9
落差工の下流側
大きな乱流が発生しており、護岸工より下流側で大きな侵蝕が起こっている。



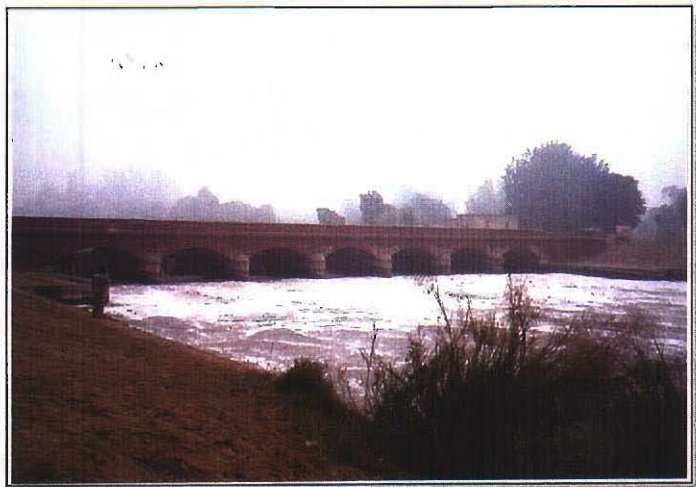
No.10
Ghumariwala Head Regulator
Khadir Branchへの分水地点である。



No.11
Ghumariwala Head Regulator



No.12
橋梁下流部の侵蝕状況
かなり大きな範囲で侵蝕が発生しており、管理用道路にまで至っている。



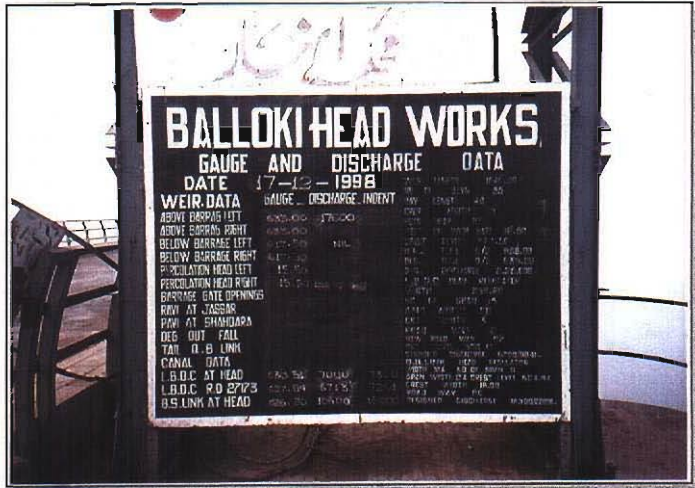
No.13
橋梁
橋脚部分で激しく流れが乱れている。



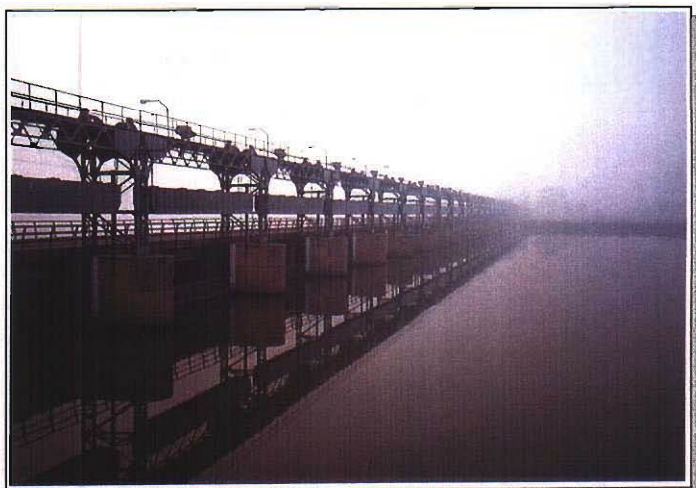
No.14
橋梁下流部
乱流により堤防が大きく侵蝕されており、杭による簡易対策がとられている。



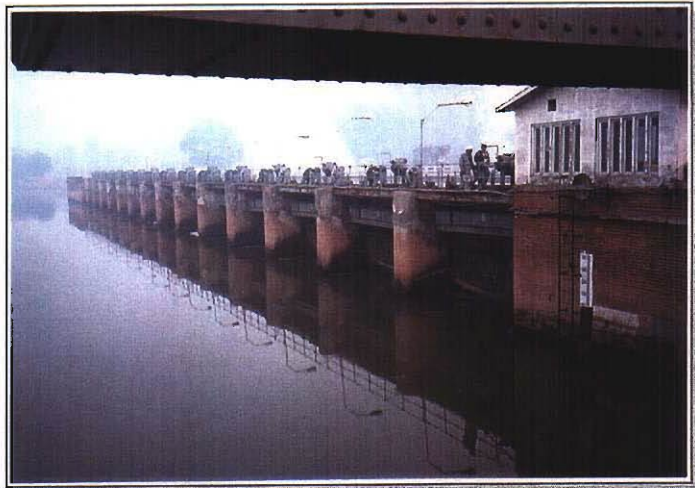
No.15
支線水路の水草
小規模の橋梁部にホテイアオイが密生しており、洪水の原因となっている。



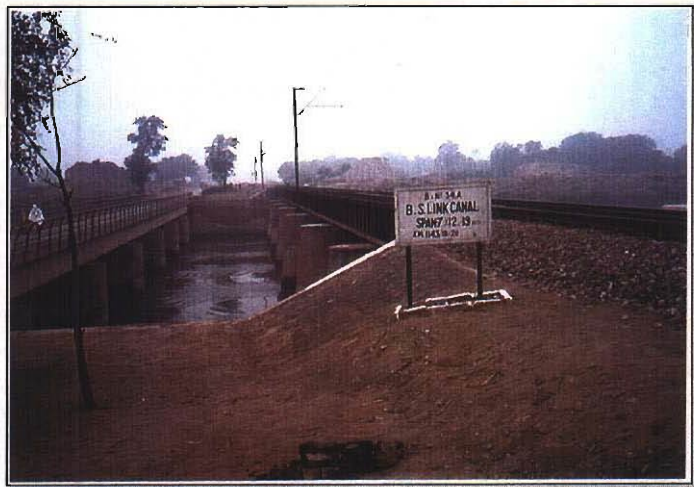
No.16
Balloki Headworks
LBDCの始点にある堰で、Ravi川より取水している。



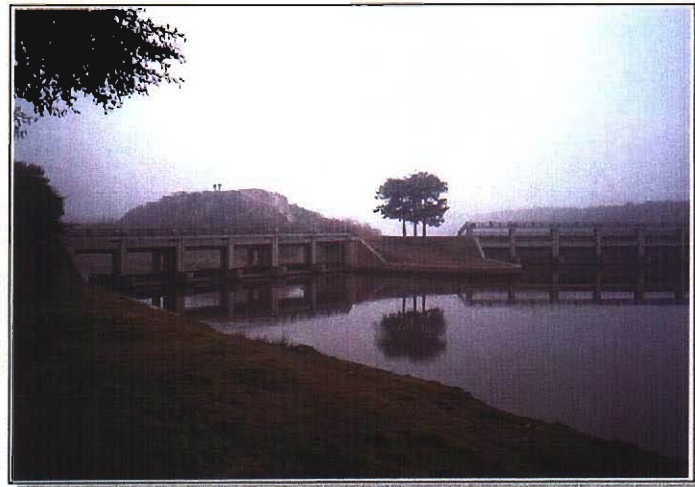
No.17
Balloki Headworks
Ravi川本流にかかる堰。



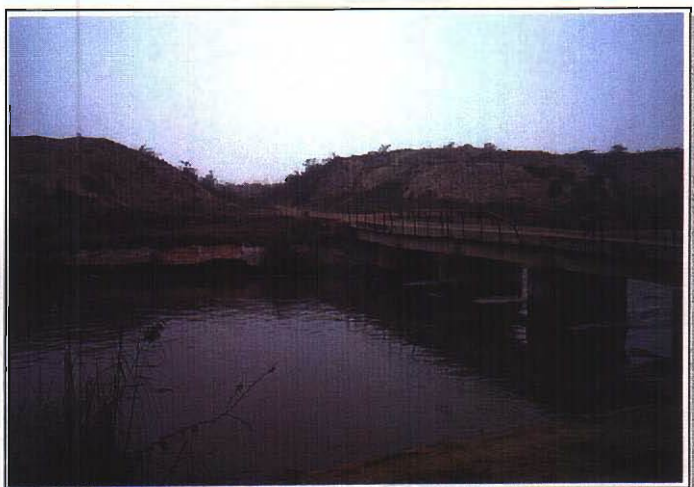
No.18
Balloki Headworks
LBDC Canalにかかる堰。



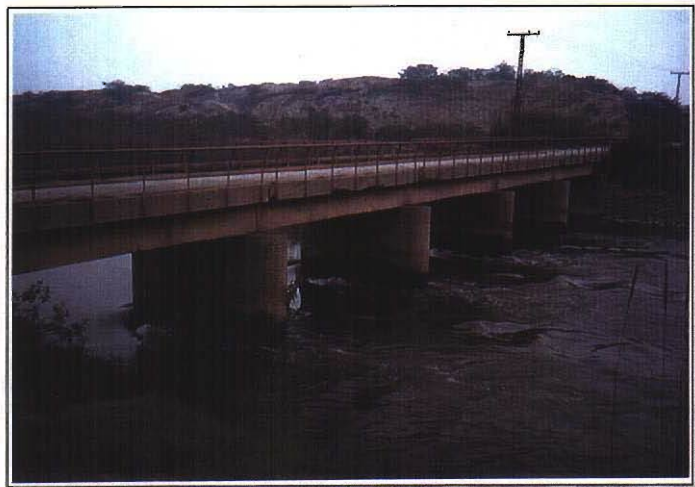
No.19
鉄橋と道路橋
道路と鉄道が並んで横断している。



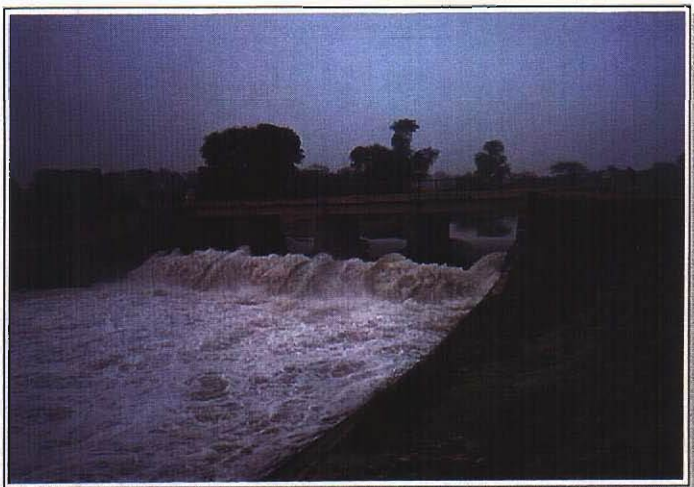
No.20
Head Regulator
BS Link Canal I と BS Link Canal II の分岐地点の施設
の状況。



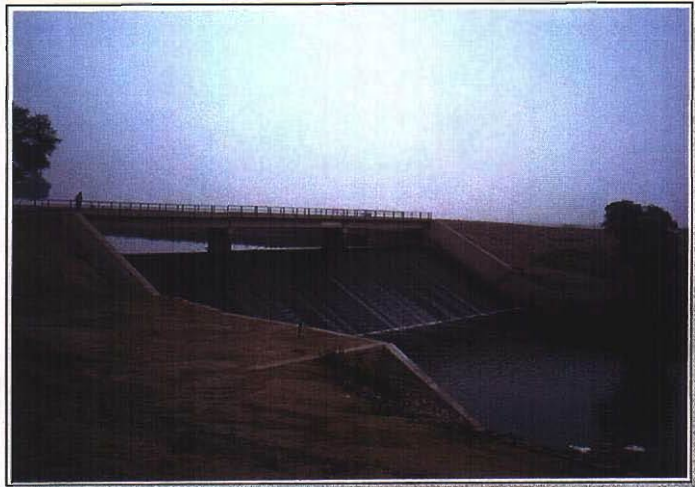
No.21
道路橋
一番向こうの橋脚が沈下し、橋が傾いている。



No.22
道路橋
橋脚の上流側と下流側との水位差が非常に大きく、落差
工のようにになっている。



No.23
落差工
フルに通水しているBS Link Canal I の落差工での流
況。



No.24
落差工
通水を止めているBS Link Canal II の流況と落差工の状
況。