

パキスタン・イスラム共和国
タウンサ堰部分改修計画
予備調査報告書

平成15年10月

独立行政法人国際協力機構

無償四

J R

03-282

序文

日本国政府はパキスタン国政府の要請に基づき、同国のタウンサ堰部分改修計画にかかる予備調査を行うことを決定し、国際協力機構は平成15年8月から9月まで予備調査団を現地に派遣しました。

この報告書が、今後予定される基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成15年10月

独立行政法人国際協力機構
理事 吉永國光

タウンサ堰周辺の状況写真
(ゲートおよび堰本体の状況写真については本文4章参照)



写真-1 タウンサ堰上流側



写真-2 タウンサ堰下流側



写真-3 タウンサ堰上流右岸側から下流方向

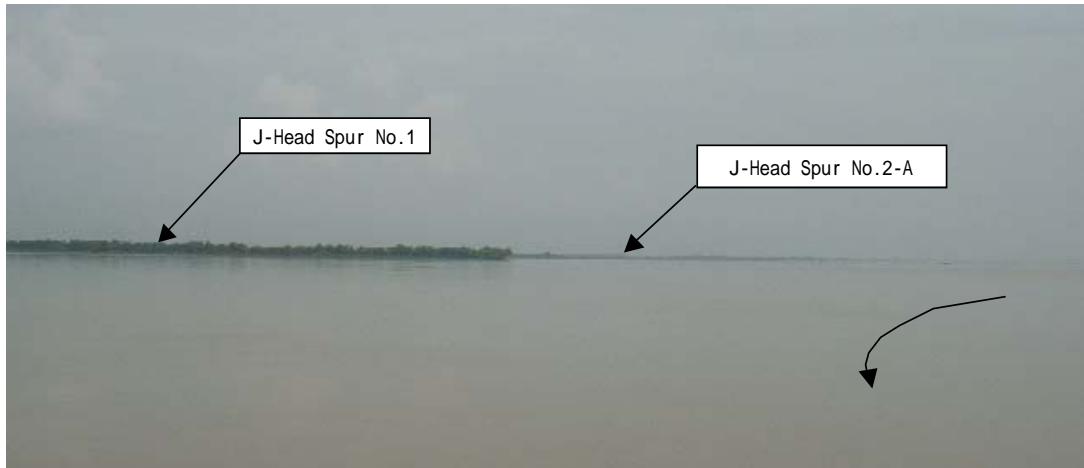


写真-4 堰上流右岸側水制工 (J-Head Spur No.1 & Spur 2-A を望む)



写真-5 堰上流右岸側水制工
(J-Head Spur No.5)



写真-6 水制工先端部の侵食状況
(J-Head Spur No.5)



写真-7 タウンサ堰上流右岸堤防の1996年洪水による破堤箇所



写真-8 Sanghar Hill Torrentの扇状地頭部
(タウンサ堰右岸上流側約20km地点に流入)



写真-9 D.G.Khan水路を横断するVidore Hill Torrent



写真-10 鉄道の洗面水用溜池
(D.G.Khan市郊外。Annual Closure期間に
枯渇する。水質が悪い。)



写真-11 地下水塩分濃度が高い地域に
ADBが設置した井戸 (Muzaffargarh水路周
辺)

要約

要 約

1. 要請の背景と経緯

- (1) パキスタン国における農業は国内総生産（GDP）の約 1/4 を占め、就業人口の約 1/2 を吸収する基幹産業であり、インダス灌漑システムを主体とする大規模灌漑システムに依存しているところが多い。タウンサ堰はパンジャブ州内のインダス川中流部に位置し、インダス灌漑システムの基幹施設としてインダス川沿いの面積約 1,100,000 ha に灌漑用水を供給している。同堰は 1958 年にパキスタンによって建設されて以来、45 年が経過し、堰のゲートおよび付帯施設等が著しく老朽化している。さらに堰本体および水叩き等の水理構造物の損傷も毎年発生する状況である。
- (2) パキスタン政府は、このようなタウンサ堰の老朽化を含む問題を考慮し、日本政府に対し同堰の改修に関する開発調査の実施を要請し、日本政府は JICA F/S 調査「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」を 1997 年 8 月～1998 年 8 月に実施した。同 JICA F/S 調査結果に基づき、パキスタン政府はタウンサ堰の機能回復と今後の維持管理の改善を目指して、2002 年 7 月に日本政府に対し、同堰のゲートおよび付帯施設の一部の交換ないし改修と、維持管理用の仮締め切り用ゲート（バルクヘッドゲート）の供与に関する無償資金協力を要請して来た。この要請を受けて、日本政府は外務省、JICA を通じて要請の緊急性および妥当性を検討するための予備調査団をパキスタン国に派遣した（2003 年 8 月～9 月）。

2. タウンサ堰改修計画の全体像と無償資金協力要請部分

- (1) パンジャブ州政府および州の灌漑局（IPD）は以下のプロジェクトを組み合わせ、タウンサ堰の全面改修を行う方向で現在国内手続きを進めている。以下にこれらの当初案を示す。

表 S-1 タウンサ堰全面改修に関するパキスタン側当初案

プロジェクト	内容
1) 日本による無償資金協力要請プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ● 土砂吐ゲート（11 門）の交換 ● 洪水吐ゲート付帯施設の改修（20 門） ● バルクヘッドゲート（6 門）の供与 ● ゲート開閉機の改修（64 門）と開閉器の電動化（31 門） ● 上部工デッキの改修（64 門） ● バルクヘッドゲート用倉庫、積み込み用護岸、施工機械、スペアパーツ
2) パキスタン側独自による「Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project」の中でのタウンサ堰のリハビリプロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ● 洪水吐ゲート付帯施設の改修（33 門） ● 右岸洪水吐ゲートを土砂吐ゲートへ改造（3 門）、右岸土砂ポケットの拡張・改修 ● 堰本体、水叩き、減勢ブロック等の改修 ● 副堰の設置 ● 堰上流側堤防の改修、水制工の新設

(2) 上記の内、2)の「Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project」によるタウンサ堰に対するリハビリプロジェクト計画素案の中の「右岸洪水吐ゲート(3門)の土砂吐ゲートへの改造と右岸土砂ポケットの拡張」は、1)の日本による無償資金協力要請プロジェクトのコンポーネントに当初含まれていた既存右岸土砂吐ゲート(4門)の安定性に影響が生じる可能性があることをパキスタン側に指摘した。パキスタン側はこの指摘を考慮し、本予備調査の現地調査終了時点で、最終的に両者のコンポーネントに影響が少ないよう調整した案を以下のように提示して来た。本調査において無償資金協力対象プロジェクト内容をこの修正案を基本に検討した。

表 S-2 タウンサ堰全面改修に関するパキスタン側修正案

プロジェクト	内容(修正箇所を下線で示す)
1) 日本による無償資金協力要請プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ● 左岸側土砂吐ゲート(7門)の交換 ● 洪水吐ゲート付帯施設の改修(31門) ● バルクヘッドゲート(6門)の供与 ● ゲート開閉機の改修(60門)と開閉器の電動化(31門) ● 上部工デッキの改修(60門) ● バルクヘッドゲート用倉庫、積み込み用護岸、施工機械、スペアパーツ
2) パキスタン側独自による「Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project」の中でのタウンサ堰のリハビリプロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ● 洪水吐ゲート付帯施設の改修(33門) ● 右岸洪水吐ゲートを土砂吐ゲートへ改造(3門)、右岸土砂ポケットの拡張・改修(Kacchi Canalプロジェクト資金を用いる) ● 堰本体、水叩き、減勢ブロック等の改修 ● 副堰の設置 ● 堰上流側堤防の改修、水制工の新設

3. プロジェクトの緊急性および必要性

- (1) パンジャブ州の13箇所の堰あるいは頭首工については、6箇所についてゲートの交換が終了しているが(内2箇所は堰を作り変えた)残り7箇所についてはゲートの交換はいまだ行われていない。さらにパンジャブ州灌漑電力局(IPD)によると、これら7箇所の堰あるいは頭首工の中で、タウンサ堰のゲートの状態が最も悪く、早急な改修(ゲート交換含む)が必要とのことである。さらに、パンジャブ州では、今もなお仮閉めきり用のバルクヘッドゲートを有していないため、バルクヘッドゲートの入手とこれを用いたゲートの維持管理への期待が極めて大きい。
- (2) タウンサ堰直上流部右岸側(西側)はインダス川の水衝部区間にあり、河床の洗掘および河岸侵食を受け易い箇所となっており、1996年6月と1998年7月洪水では洪水位はピーク水位ではなかったが、一部の堤防が破堤した。この破堤の主原因は堤防弱体による漏水であるが、洪水時のゲート全開作業の困難性による操作の遅れも原因とのことであり、ゲート開閉機能を改善することは洪水時の緊急対応にとっても不可欠である。
- (3) D.G.カーンおよびムザファルガー水路沿いには灌漑水路の表流水ないし灌漑水路沿いの浅井戸を飲料水源とする住民(約60万人)が居住し、タウンサ堰のゲートの老朽化と堰本体の毎

年の損傷の状況が悪化することによる Annual Closure 期間（毎年 1 月）の延長の可能性が増大することによって、同期間中の飲料水確保に問題を生じる可能性がある。従って、ゲート改修により Annual Closure 期間の延長の可能性を小さくする必要がある。

- (4) ゲートの老朽化による止水機能および操作性の低下問題は深刻である。ゲート全体からの漏水量は約 120m³/sにも上ると推定されている。洪水時の周辺および堰そのものの安全性の確保に加え、水資源の有効利用のためにもゲートからの漏水を食い止めるようゲートを改修する必要がある。
- (5) ゲートの補修を Annual Closure 期間の約 3 週間～ 1 ヶ月に集中的に行っているが、この期間が短く、十分な補修が行えない状況である。さらに、現在、ゲート開閉が困難ないし不可能なゲートが 65 門中の 38 門存在し、洪水時の緊急的なゲートの巻上げに支障が生じていることに加え、ゲート巻上げ作業が極めて重労働かつ危険な作業となっている。従って、ゲート改修の緊急性および妥当性は極めて高いことに加え、開閉装置の電動化も行う必要がある。また、ゲートの維持管理期間を延ばし十分な維持管理が毎年行えるよう、仮閉め切り施設としてバルクヘッドゲート供与を検討すべきである。
- (6) 堰本体に関しマスコンクリート及びピア等の躯体部コンクリートの劣化はほとんどない。インダス川で、建設後 100 年近く経って、まだ稼働している堰もあり、コンクリート劣化に対する寿命はまだ十分あると考える。ただ、躯体表層のスキンコンクリート及びフリクションブロックの長年の激しい高速流による摩耗、破損及び護床工の流出は十分起こり得るが、定期的かつ十分なモニタリングに基づき、早期の修復を施し、維持管理を十分に実施するならば、現堰の機能を維持することは可能である。ただし、躯体の安定性の確保は、躯体底部に作用する揚圧力の大きさに左右されるため、今後は、毎年の Annual Closure 期間を利用して間隙水圧計を躯体底部の特に下流側に順次設置し、モニタリングを継続的に行う必要がある。
- (7) 上記を考慮し、無償資金協力によるタウンサ堰のゲート改修（合計 31 門）とバルクヘッドゲートの供与を行う緊急性および必要性が確認できた。

4. 維持管理

- (1) 堰本体越流部、水叩きおよびフリクションブロックと引き続く捨て石部からなる水理構造物については毎年 Annual Closure Period（約 1 ヶ月間）で被害箇所を修復しているが、約 1 ヶ月間の修復では不十分であり的確な修復がなされていない。またコンクリート養生期間が短く強度不足の状態で使用しているため再度破損されている。バルクヘッドゲートが導入されゲート修理が完全に実施されるならば、ピア間で囲まれた範囲の被害箇所の修復は容易になると考える。しかし、ピア下流の被害箇所の修復は今まで通りの修復工法で実施せざるを得ないと考える。これらの水理構造物の状態に関するモニタリングを継続し、確実な維持管理を今後とも行う必要がある。
- (2) 毎年の冬期の Annual Closure 期に、ゲート開放状態での塗装塗り替え、ローラートレインや支承部等の取替え・補修および堰本体の修理等の集中的な維持管理作業が行われている。しかしながら、Annual Closure 期は 3～4 週間と短期のため、扉体端部の補修や塗装時の下地

処理等の十分な修復作業が困難な状況にある。また、タウンサ堰には仮締切り設備がなく、Annual Closure 期間を除いては通年取水のため、全開状態が前提となる本川ゲート扉体の大がかりな補修工事は困難な状況である。バルクヘッドゲートがあればゲートの維持管理期間を延ばすことが可能である。

- (3) タウンサ堰事務所が管轄する河川管理区間は、上流側 53km、下流側 10kmまでの延長 63kmの区間である。堤防および水制の維持管理については、右岸上流側の水制工（Spur Dike）先端に河岸侵食が発生している箇所が見られる。堤防表面のひび割れ、損傷箇所や枯木の根株が残存している箇所が何箇所もある。このような堤体の弱体箇所は次の洪水期に備えて十分補修する必要がある。堤防および水制工とも土堤構造で、水衝部には空石張が施されている。築堤材料は砂分が多く、必ずしも強固なものとは言えないが、パキスタン側の維持管理への多大な努力がなされている。また、堤防、水制工上には、洪水の被害を最小限に防御するために巨礫を堤体上に備蓄するなど、緊急時水防活動のための努力が払われている。水制工一基あたりにつき、4,200m³の巨礫（径 40～50cm）を各水制上に備蓄している。
- (4) D.G.カーン水路、ムザファルガー水路および T.P. リンク水路等の灌漑水路および排水路の維持管理については、毎年の Annual Closure（タウンサ堰のゲートは全開、水路の取水ゲートは全閉）期間を中心に行われる。
- (5) 維持管理予算が十分でないという問題はあるが、無償資金協力によるゲート改修を行う場合に関しては、技術面と体制面から考えて改修後の維持管理を行う能力は十分あると考えられる。

5. 無償資金協力対象範囲の検討

- (1) パキスタン側からの要請修正案に基づき、無償資金対象に関する代替案を下表のように設定した。

表 S-3 無償資金協力対象に関する代替案

No.	項目	修正要請案	代替案 1	代替案 2	代替案 3
1.	土砂吐ゲートの交換（付帯施設含む）	7 門	7 門	7 門	-
2.	洪水吐ゲート付帯施設の改修	24 門	24 門	24 門	-
3.	ゲート開閉器を新機種へ交換・改修	60 門 土砂吐：7 門 洪水吐：53 門	31 門 土砂吐：7 門 洪水吐：24 門	31 門 土砂吐：7 門 洪水吐：24 門	-
4.	ゲート開閉器の電化	31 門 洪水吐：7 門 土砂吐：24 門	31 門 洪水吐：7 門 土砂吐：24 門	31 門 洪水吐：7 門 土砂吐：24 門	-
5.	上部工デッキの改修（管理用通路の設置および上部工の再塗装を含む。）	60 門 土砂吐：7 門 洪水吐：53 門	65 門 土砂吐：11 門 洪水吐：53 門 閘門：1 門	65 門 土砂吐：11 門 洪水吐：53 門 閘門：1 門	-
7.	仮閉め切り用バルクヘッドゲートの供与	6 門	6 門	6 門	6 門
8.	バルクヘッド用倉庫および積み込み用河川護岸の設置	1 式	1 式	- (パキスタン側負担事項)	1 式
9.	施工機械の供与（クレーン：80 ト、30 ト各 1 台 ダンプトラック：2 隻 ボート：3 隻）	1 式	1 式	1 式	1 式
10.	予備部品（7.～9.）の供与	1 式	1 式	1 式	1 式
	代替案設定理由	修正要請案通り。	1) ゲート開閉機の改修には設置にあたり機械の調整が必要であり、ゲートがスムーズに動くものについて調整が可能であることを配慮し 31 門とする。 2) 上部工デッキの改修は堰全体の整合性を取る必要がある為、65 門（閘門含む）の改善を行うこととする。	1) 同左 2) バルクヘッド用倉庫および積み込み用護岸の施工はパキスタン側の施工能力が十分あるためパ側負担事項とする。	1) パキスタン側の希望の最も大きなバルクヘッドゲートのみを供与する。 2) 無償資金協力の金額および期間を最も抑えた案とする。

(2) 代替案に関する比較検討の結果、代替案 1 がコスト面では修正要請案に次いで高いが、技術面、無償資金協力プロジェクトとしての工期面、効果、維持管理面から最も良く、現段階での最適案と考える。

表 S-2 代替案の総合評価

項目	修正要請案	代替案 1	代替案 - 2	代替案 3
技術面	<ul style="list-style-type: none"> ゲート改修 31 門は緊急性の点から妥当。 開閉機改修 60 門は上記ゲート 31 門に対し不整合。 上部工デッキ改修 60 門は全門数 65 より少なく不整合。 バルクヘッドゲート 6 門は工期等の点から妥当。 	<ul style="list-style-type: none"> ゲート改修 31 門は妥当。 ゲート改修 31 門に対し、開閉機改修 31 門は妥当。 上部工デッキ改修 65 門は全門数 65 に整合し妥当。 バルクヘッドゲート 6 門は工期等の点から妥当。 	同左	<ul style="list-style-type: none"> ゲート改修は全てパキスタン側まかせとなり、最も消極的な案。 バルクヘッドゲートの供与門数は増減可能。
コスト面	1,448 Mil. Rs.	1,411 Mil. Rs.	1,209 Mil. Rs.	653 Mil. Rs.
工期	4 年以上。	4 年	4 年ないし、パキスタン側負担分工事の遅延が生じる場合、4 年以上。	1 年半～2 年
効果	<ul style="list-style-type: none"> 緊急改修必要ゲート 38 門中の 31 門を改修。 ゲートからの漏水を 31 門分防止可能。 洪水時の対応が向上。 31 門分のゲート寿命が延びる。 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> ゲートおよび付帯施設の改修はパキスタン側に依存するため、効果発現されるか不確定。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ゲート、開閉機改修による施設の強化、品質向上により、維持管理し易くなる。 バルクヘッドゲートによりゲートおよび付帯施設の維持管理可能期間が伸びる。 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> バルクヘッドゲートによりゲートおよび付帯施設の維持管理可能期間が伸びる。 バルクヘッドゲートの供与のみでは、その使用および維持管理方法についての技術移転に問題あり。
総合判定				X

注：Rs.1.00=2.00 円（2003 年 9 月）

6. 概略実施プログラム

- (1) 実施機関をパンジャブ州灌漑電力局（IPD）とし、IPD の下で直接的なカウンタパートをタウンサ堰事務所とし、D.G.カーン事務所のサポートも得る。
- (2) 実施スケジュールは代替案 1 に関して、実施設計・入札手続およびバルクヘッドゲートの製作・輸送・組み立てに約 2 年を必要とすることから、バルクヘッドゲートを用いたゲート扉

体・戸当りの改修の本体工事を3年目の1月のCloser Period終了直後の開始に設定すると全体工程は4年となる。

7. 環境予備調査

- (1) 本改修による環境に与えるネガティブな影響は、きわめて少ないと考えられ、環境影響評価を実施する必要はないと考えられるが、パキスタン国においてプロジェクトを実施する場合には、一般に、環境ガイドライン(1997年)を遵守して、初期環境影響調査(IEE)ないし環境影響評価(EIA)を行うことになっているため、IEEを行うべきか、EIAを行うべきかのアドバイスを州の環境保護局(Environment Protection Department)から受けて、その必要性を確認することが望まれる。
- (2) パキスタン国でIEEないしEIAを行う場合には、コンサルタントは評価の中立性を保持するため、プロジェクトに関連しているコンサルタントとは別個のコンサルタントが行うことになっている。

8. 基本設計調査の進め方

- (1) 本調査の検討結果は、現地調査での協議及び収集した情報を基に、国内で検討したものを取りまとめたものであるが、パキスタン側と合意した内容ではないことに留意する必要がある。
- (2) 基本設計調査においては、本予備調査の結果をベースにパキスタン国政府実施機関とタウンサ堰改修整備の内容を再検証し、無償資金協力事業として、技術的・財務的に最適なゲートの改修計画を策定する必要がある。
- (3) なお、堰躯体の基礎の状況、減勢工を含む水叩きならびに護床工の状況に関しては、正確なデータが不足しているため、Annual Closure期間を利用した現地観察に基づく検討が必要である。もし基本設計調査を最も近いAnnual Closure期間である2004年1月を含む期間で実施できない場合は、**基本設計調査を行うという前提の下に**、この期間に補完調査を行い、改修対象ゲート下の堰躯体を含むコンクリート部の状況を把握し、必要な改修をパキスタン側に指摘する必要がある。また、パキスタン側が2003年度に実施することになっているF/S調査結果のレビューを行う必要がある。
- (4) さらに、堰基礎部のパイピングのモニタリングに供するため、今後パキスタン側が独自に設置出来る様、堰本体下流側及び水叩きのマスコンクリート底部の基礎部への間隙水圧計の設置位置を検討する。なお、間隙水圧計の設置は2005年1月のAnnual Closure以降、仮閉め切りが実施される水門について順次行うことを提言する。

目次

序文

写真

要約

目次

表リスト

図リスト

略語

第1章	要請の背景と経緯.....	1
第2章	タウンサ堰改修計画の全体像と無償資金協力要請部分.....	6
第3章	プロジェクトサイトおよび周辺地域の概況.....	13
3.1	自然状況.....	13
3.2	社会経済.....	14
3.3	農業および灌漑システム.....	14
3.4	環境.....	16
3.4.1	タウンサ堰周辺環境.....	16
3.4.2	タウンサ堰周辺のプラント、工場等.....	17
3.4.3	地下水の塩分濃度が高い地域.....	18
第4章	プロジェクトの緊急性および必要性.....	18
4.1	タウンサ堰改修に関するインダス灌漑システムの中での位置付け.....	18
4.2	洪水および洪水被害.....	22
4.3	飲料水確保の問題.....	25
4.4	堰の状況と問題点.....	27
4.4.1	堰の状況.....	27
4.4.2	堰の問題点.....	34
4.5	ゲートの状況と問題点.....	36
4.6	河道および土砂の状況と問題点.....	41
4.6.1	タウンサ堰付近の流路の変遷.....	41
4.6.2	河床形態.....	43
4.6.3	既設堤防および水制工.....	43
4.7	水路の状況と問題点.....	46
4.8	維持管理の状況と問題点.....	48
4.8.1	堰構造物.....	48
4.8.2	ゲート.....	50
4.8.3	河川の維持管理.....	52
4.8.4	水路の維持管理.....	53
4.8.5	維持管理体制.....	54
4.8.6	維持管理予算と支出.....	58

4.8.7	水利用料金の徴収	58
4.9	プロジェクトの緊急性および妥当性	59
第5章	無償資金協力対象範囲の検討	60
5.1	無償資金協力対象範囲の検討	60
5.1.1	無償資金協力対象に関する代替案	60
5.1.2	改修対象のゲート	61
5.1.3	ゲート改修計画	64
5.2	概算建設工事費の比較検討	65
5.3	総合評価	67
第6章	環境予備調査	68
6.1	環境行政組織	68
6.2	環境関連法規	69
6.3	環境予備調査（IEE）及び環境影響評価（EIA）	70
第7章	概略実施プログラム	70
7.1	実施体制	70
7.2	概略実施スケジュール	71
第8章	基本設計調査の進め方	74
8.1	基本設計調査の内容	74
8.2	基本設計調査の工程・要員計画	78
第9章	結論と提言	79
9.1	結論	79
9.2	提言	79
添付資料-1	ミニッツ	
添付資料-2	収集資料リスト	
添付資料-3	打合せ記録	
添付資料-4	タウンサ堰の直上流および直下流の水位および流量	

表リスト

表 1.1	調査団員	2
表 1.2	調査日程	4
表 1.3	主要面談者	5
表 2.1	タウンサ堰の全面改修に関するプロジェクト構成（パキスタン側当初案）	7
表 2.2	タウンサ堰の全面改修に関するプロジェクト構成（パキスタン側修正案）	8
表 2.3	Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project 計画案の構成	10
表 3.1	月別降雨量（Taunsa 堰 雨量観測所）	13
表 3.2	タウンサ堰周辺の人口および人口密度	14
表 3.3	タウンサ堰周辺の灌漑システム	14
表 4.1	インダス灌漑システムの概要	19
表 4.2	インダス灌漑システムにおける主要な堰および頭首工とパンジャブ州における 修繕緊急度	21
表 4.3	堰の躯体コンクリートの被害状況	27
表 4.4	堰エプロン及び護床工の被害状況	27
表 4.5	上下流捨石護床工修復箇所（年度別）	30
表 4.6	堰アバットメントの被害状況	31
表 4.7	ゲート操作性および改修緊急度総括表	38
表 4.8	ゲートの状況と問題点の一覧表	40
表 4.9	堰構造物の維持管理状況	48
表 4.10	堰構造物の維持管理上の問題点	49
表 4.11	堰上下流水位差の制御ルール	51
表 4.12	タウンサ堰および関連施設の維持管理予算と支出	58
表 4.13	パンジャブ州 IPD 全体およびタウンサ堰関連の水料金徴収状況	58
表 5.1	無償資金協力対象に関する代替案	60
表 5.2	改修対象のゲート	61
表 5.3	改修対象のゲートと改修項目	63
表 5.4	ゲートおよび付帯施設の改修計画一覧	64
表 5.5	代替案の概算工事費	65
表 5.6	無償資金協力対象の代替案に関する建設費	66
表 5.7	代替案の総合評価	67
表 8.1	基本設計調査および補完調査の範囲	75
表 8.2	基本設計調査に関する団員構成と作業分担内容	78
表 8.3	基本設計調査の要員構成および M/M	78

図リスト

図 1.1	調査対象位置	3
図 3.1	月別雨量（Taunsa 堰観測所：2001 年）	13
図 3.2	タウンサ堰周辺の灌漑エリアにおける作付けパターン	15
図 3.3	タウンサ野生生物保護区域	17
図 4.1	インダス灌漑システム	20
図 4.2	タウンサ堰関連堤防および水制工位置と破堤箇所	23
図 4.3	Hill Torrent 位置	24
図 4.4	地下水塩分濃度が高い地域	26
図 4.5	減勢ブロック修復箇所および個数（年度別）	28
図 4.6	間隙水圧計位置	36
図 4.7	揚圧力の測定値	36
図 4.8	タウンサ堰付近河道変遷図	42
図 4.9	D.G.Khan 水路の計画水路床と実際の平均水路床	47
図 4.10	パンジャブ州灌漑電力局の組織図	55
図 4.11	D.G.カーン事務所の組織図	56
図 4.12	タウンサ事務所の組織図	57
図 5.1	タウンサ堰平面図	62
図 6.1	環境・地方政府・農村開発省組織図	68
図 6.2	環境保護庁組織図	69
図 7.1	概略実施計画	73

略 語

ECNEC	国家経済委員会 (Executive Committee of National Economy)
EIA	環境影響評価 (Environmental Impact Assessment)
GDP	国内総生産 (Gross Domestic Product)
IEE	初期環境調査 (Initial Environmental Examination)
IUCN	国際自然保全連合 (International Union for Conservation of Nature)
IPD	パンジャブ州灌漑電力局 (Irrigation and Power Department, Government of the Punjab)
PEPA	パキスタン環境保護庁 (Pakistan Environment Protection Agency)
PEPC	パキスタン環境保護評議会 (Pakistan Environment Protection Council)
PPDB	パンジャブ州計画開発局 (Planning and Development Department, Government of the Punjab)
WAPDA	水資源開発公社 (Water and Power Development Authority)
WWF	世界自然保護連合 (World Wildlife Fund for Nature)

第1章 要請の背景と経緯

(1) 要請の背景と経緯

パキスタン・イスラム共和国（以下パキスタン国）は面積約 796,095 km²、2003 年時点の人口約 149,030,000 人で、東側をインド、北東側を中国、南西側をイラン、北側から西側をアフガニスタン、南側をアラビア海に接する国である。パキスタン国は 4 州と 2 つの地域に分割される。それらはパンジャブ州（Punjab Province：面積 205,344 km²）、シンド州（Sindh Province：面積 140,914 km²）、北西辺境州（North West Frontier Province：面積 74,521 km²）、バロチスタン州（Balochistan Province：面積 347,190 km²）、連邦管理少数民族地域（Federally Administered Tribal Areas：面積 27,220 km²）およびイスラマバード連邦首都圏（Islamabad：面積 906 km²）である。

パキスタン国は全般的に乾燥地帯に属し、年降水量はヒマラヤ山脈の南斜面が 760～1300 mm であることを除けば、130mm 以下の所が広く分布する。このような乾燥地域が主体の国であるが、北西辺境州からパンジャブ州、シンド州を経てアラビア海に注ぐインダス川が国土の中心部を流れており、その豊富な水量がパキスタンの社会経済にとって極めて重要な資源となっている。インダス川の流域面積は全体で 944,600 km² であり、その内、パキスタン国内の流域面積は 561,300 km² である。年流出量は 1814 億 m³ とされている。

パキスタン国の国内総生産（GDP）は 2001 年に約 550 億ドルであり、その内、農業セクターが約 1/4 の生産と就業人口の約半分を占めている。その農業セクターの基盤は 19 世紀より開発整備して来たインダス灌漑システムであり、インダス川の年流出量の 72%に当たる 1312 億 m³ を灌漑用水として面積約 1680 万 ha に供給している。

タウンサ堰はパンジャブ州内のインダス本川に位置し、インダス灌漑システムの中流部における基幹施設としてインダス川沿いの面積約 1,100,000 ha に灌漑用水を供給している。タウンサ堰は 1958 年にパキスタンによって建設され、現在まで 45 年間が経過した現在、堰のゲートおよび付帯施設等の老朽化が著しい。さらに堰本体および水叩き等の水理構造物の損傷も毎年発生する状況である。

パキスタン政府は、このようなタウンサ堰の老朽化を含む問題を考慮し、日本政府に対し同堰の改修に関する開発調査の実施を要請し、日本政府は JICA F/S 調査「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」を 1997 年 8 月～1998 年 8 月に実施した。同 JICA F/S 調査結果に基づき、パキスタン政府はタウンサ堰の機能回復と今後の維持管理の改善を目指して、2002 年 7 月に日本政府に対し、同堰のゲートおよび付帯施設の一部の交換ないし改修と、維持管理用の仮締め切り用ゲート（バルクヘッドゲート）の供与に関する無償資金協力を要請して来た。この要請を受けて、日本政府は JICA を通じて要請の緊急性および妥当性を検討するための予備調査団をパキスタン国に派遣した（2003 年 8 月～9 月）。

(2) 調査対象位置

調査対象位置であるタウンサ堰を図 1.1 に示す。

(3) 調査団員および日程

本調査の調査団員を表 1.1 に示す。

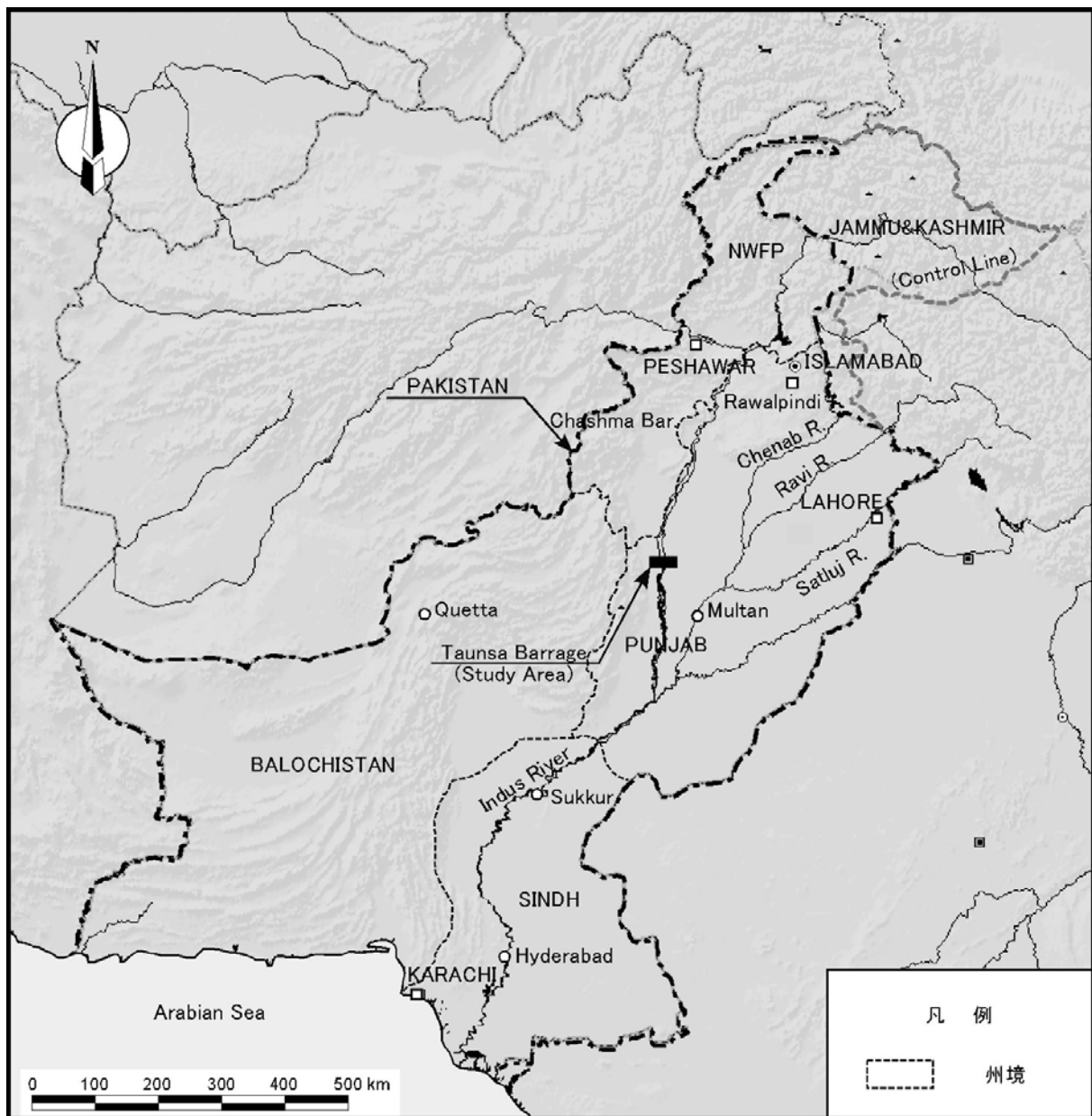
表 1.1 調査団員

名前	担当	所属
渡辺 正幸	団長	(独立行政法人)国際協力機構 国際協力総合研修所 国際協力専門員
上原 克則	計画管理	(独立行政法人)国際協力機構 無償資金協力部 監理課
古川 隆司	利水計画	(株)パシフィックコンサルタンツインターナショナル 総合開発事業部 水資源部
寺島 拓郎	水利構造物計画	日本建設コンサルタント(株) 海外事業部 技術部 部長
荒木 秀樹	水門計画	日本建設コンサルタント(株) 海外事業部 技術部 主任技師
大野 勝	河川環境	(株)パシフィックコンサルタンツインターナショナル 総合開発事業部 プロジェクトディレクター

本調査の日程を表 1.2 に示す。

(4) 主要面談者

本調査における主要な面談者を表 1.3 に示す。



1. タウンサ堰	2. タウンサ堰から取水する灌漑水路				
<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画流量 : 28,317m³/s ・ 堰長 : 1,324m ・ 門数 : 65門(洪水吐53、土砂吐11、閘門1) 	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m³/s ・ 粗灌漑面積 : 400,000ha </td> <td style="vertical-align: top;"> 3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m³/s ・ 粗灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur) </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m³/s ・ 粗灌漑面積 : 367,000ha </td> <td></td> </tr> </table>	1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 400,000ha	3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur)	2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 367,000ha	
1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 400,000ha	3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur)				
2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m ³ /s ・ 粗灌漑面積 : 367,000ha					

図 1.1 調査対象位置

表 1.2 調査日程

日付	曜日	活動	宿泊地	
8/25	月	成田→バンコク→カラチ（古川、寺島、荒木、大野）	同 4 名	カラチ
8/26	火	カラチ→イスラマバード、JICA、日本大使館表敬（同上 4 名）	同上 4 名	イスラマバード
8/27	水	イスラマバード→ラホール、IPD および PPDB 表敬（同上 4 名、ジラーニ）	同上 4 名	ラホール
8/28	木	ラホール→ムルタン、タウンサ堰視察（古川、寺島、荒木、大野）	同 4 名	ムルタン
8/29	金	タウンサ堰のワークショップおよび堰上流インダス川右岸側調査（同上 4 名）	同上 4 名	ムルタン
8/30	土	タウンサ堰上流インダス川左岸側調査（同上 4 名）	同上 4 名	ムルタン
8/31	日	休日	同上 4 名	ムルタン
9/1	月	D.G.カーン水路および周辺調査（古川、大野） タウンサ堰のゲートおよび水理構造物調査（寺島、荒木）	同上 4 名	タウンサ堰
9/2	火	ムザファルガー水路および T.P. リンク水路調査（古川、大野） タウンサ堰のゲートおよび水理構造物調査（寺島、荒木）	古川、大野 寺島、荒木	ムルタン タウンサ堰
9/3	水	タウンサ堰上流右岸側ヒルトレント（サンガ川）調査（古川、大野） タウンサ堰のゲートおよび水理構造物調査（寺島、荒木）	古川、大野 寺島、荒木	ムルタン タウンサ堰
9/4	木	タウンサ堰にてデータ収集（古川、大野） タウンサ堰のゲートおよび水理構造物調査（寺島、荒木）	古川、大野 寺島、荒木	ムルタン タウンサ堰
9/5	金	ムルタン→ラホール（古川、大野） データ収集・解析（寺島、荒木）	古川、大野 寺島、荒木	ラホール タウンサ堰
9/6	土	データ収集（古川、大野） タウンサ堰→チェシマ堰、チェシマ堰見学（寺島、荒木）	古川、大野 寺島、荒木	ラホール チェシマ堰
9/7	日	成田→バンコク→ラホール（渡辺、上原） データ整理（古川、大野） チェシマ堰→ムルタン（寺島、荒木）	渡辺、上原 古川、大野 寺島、荒木	ラホール ラホール ムルタン
9/8	月	IPD および PPDB 表敬、意見交換（渡辺、上原、高橋、ジラーニ、古川、大野） ラホール→イスラマバード（渡辺、上原、高橋、ジラーニ） データ収集（古川、大野） シドゥナイ堰見学（寺島、荒木）	渡辺、上原 古川、大野 寺島、荒木	イスラマバード ラホール ムルタン
9/9	火	JICA、日本大使館、水資源電力省、経済局表敬（渡辺、上原、高橋、ジラーニ） 水理実験所見学。ラホール→ムルタン（古川、大野） データ整理（寺島、荒木）	渡辺、上原 古川、大野 寺島、荒木	イスラマバード ムルタン ムルタン
9/10	水	イスラマバード→ラホール→ムルタン。タウンサ堰調査（調査団員 6 名、高橋、ジラーニ）	同左 8 名	タウンサ堰
9/11	木	タウンサ堰右岸側調査（渡辺、上原、高橋、ジラーニ、古川、大野） タウンサ堰左岸側調査（渡辺、大野） データ収集、タウンサ堰のゲート調査（寺島、荒木） タウンサ堰→ムルタン→イスラマバード（高橋、ジラーニ）	調査団員 6 名	タウンサ堰
9/12	金	タウンサ堰上流右岸側ヒルトレント（サンガ川）調査（渡辺、上原、古川） ムザファルガー水路調査（渡辺、上原） タウンサ堰調査（寺島、荒木）	渡辺、上原 寺島、荒木 古川、大野	タウンサ堰 タウンサ堰 ムルタン
9/13	土	D.G.カーン水路およびミトゥアン・ヒルトレント調査（渡辺、上原） データ収集・整理（古川、寺島、荒木、大野）	調査団員 6 名	ムルタン
9/14	日	ムルタン→ラホール（調査団員 6 名）	調査団員 6 名	ラホール
9/15	月	IPD にてミニッツ協議、PPDB にてミニッツ署名（渡辺、上原、古川、大野） ワークショップ見学（寺島、荒木）	調査団員 6 名	ラホール
9/16	火	ワークショップ見学（調査団員 6 名）	調査団員 6 名	ラホール
9/17	水	ラホール→イスラマバード、連邦洪水対策委員会および水資源電力省に調査結果報告（調査団員 6 名、高橋、ジラーニ） 財務経済省経済局次官に調査結果報告およびミニッツ署名（同上）	調査団員 6 名	イスラマバード
9/18	木	JICA、日本大使館に調査結果報告（調査団員 6 名） イスラマバード→ラホール→バンコク（古川、寺島、荒木、大野）	渡辺、上原 同左 4 名	イスラマバード 機中泊
9/19	金	別件の現地調査開始（渡辺、上原） バンコク→成田（古川、寺島、荒木、大野）		

注： 1) 調査団員： 渡辺（団長） 上原（計画管理） 古川（利水計画） 寺島（水利構造物計画） 荒木（水門計画） 大野（河川環境）

2) JICA パキスタン事務所所員： 高橋、ジラーニ

3) IPD： バンジャブ州政府灌漑電力局

4) PPDB： バンジャブ州政府計画開発局

表 1.3 主要面談者

名前	役職
1. 連邦政府 (Federal Government)	
1) 水資源電力省 (Ministry of Water and Power)	
Mr. Riaz Ahmad Khan	Additional Secretary (次官補)
2) 水資源電力省 連邦洪水対策委員会 (Federal Flood Commission)	
Mr. I.B. Sheikh	Acting Chairman (委員長代行)
清水 真幸	専門家
3) 財務経済省 経済局 (Ministry of Finance and Economic Affairs and Statistics, Economic Division) 援助窓口	
Mr. Muhammad Ashraf Khan	Joint Secretary (次官補) - ミニッツ署名者
2. パンジャブ州政府 (Government of the Punjab)	
1) 灌漑電力局 (Irrigation and Power Department)	
Mr. Javed Majid	Secretary (次官) ミニッツ署名者
Mr. Asrar-ul-Haq	Additional Secretary (Technical) (次官補: 技術担当)
Mr. Zaka Ullah Bhatti	Chief Engineer, Irrigation Development Zone
Mr. Qazi Anwar Ali	Chief Engineer, Irrigation Lahore Zone
Mr. Abdul Ali Sheikh	Deputy Secretary Development
Mr. Rao Mohammad Riaz	Director Regulation (水量管理担当)
Dr. Bagh Ali Shahid	Chief Engineer, Irrigation D.G.Khan Zone
Mr. Mohammad Ghufren	Superintendent Engineer, D.G.Khan Zone
Mr. Inayat Ullah Cheema	Executive Engineer, D.G.Khan Zone
Mr. Mehr Muhammad Amin	Executive Engineer, Taunsa Barrage Division
Mr. Rana M. Afzal Nasm	Sub Divisional Officer, Taunsa Barrage Division
Mr. Ghulam Qadir	Pro(H)/Director, Irrigation Research Institute (水理実験所長)
2) 計画開発局 (Planning and Development Department)	
Mr. Sohail Ahmad	Secretary (次官) ミニッツ署名者
Mr. Muhammad Abid Bodla	Member Engineering, Planning and Development Board
Mr. Nasim Riach	Chief of Section
Mr. Wasy Suului	Chief of Water Section
2. 在パキスタン日本国大使館	
松永 健	一等書記官
北田 裕道	一等書記官
小林 輝夫	二等書記官
3. JICA パキスタン事務所	
山浦 信幸	所長
高橋 亮	所員
Mr. Mahmood A. Jilani	所員

第2章 タウンサ堰改修計画の全体像と無償資金協力要請部分

タウンサ堰はパキスタンの社会経済の生命線とも言えるインダス灌漑システムにおいて、インダス川中流部における基幹施設であり、その良好な運営維持管理が極めて重要である。もし、タウンサ堰が良好に機能しない場合は、灌漑用水の供給が不十分となり農業生産への影響が生じるだけでなく、洪水流の安全な流下を妨げることで洪水時に堰上流区間での水位上昇を生じ、周辺への洪水被害を発生する可能性があるとともに、堰本体の安全性も脅かされることとなる。さらに、タウンサ堰から取水している灌漑水路沿いには灌漑水路の水を飲料水としている住民が多数存在しているため、タウンサ堰からの取水が1ヶ月以上にわたり停止する事態が発生する場合は、飲料水確保の問題も発生する。

このようなタウンサ堰の重要性に反して、タウンサ堰のゲートを含む機械部分の老朽化は著しい。さらに越流部および水叩きを含むコンクリート部分に毎年、損傷も発生している状況である。このような状況を鑑み、パンジャブ州政府および州の灌漑局（IPD）は以下のプロジェクトを組み合わせて、タウンサ堰の全面改修を行う方向で国内手続きを進めて来た。

- 1) 日本による無償資金協力要請プロジェクト
- 2) パキスタン側独自による「Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project」の中でのタウンサ堰のリハビリプロジェクト

上記の内、2)の「Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project」によるタウンサ堰に対するリハビリプロジェクト計画素案の中に1)の日本による無償資金協力要請プロジェクトのコンポーネントに物理的影響を生じる可能性がある物が含まれていたため、パキスタン側は本予備調査の現地調査終了時点で最終的に両者のコンポーネントに影響が少ないよう調整した案を提示して来た。表2.1に両者のプロジェクト内容の当初案を示し、表2.2にパキスタン側から提案された修正案を示す。また、下記にそれぞれの内容について述べる。

表 2.1 タウンサ堰の全面改修に関するプロジェクト構成 (パキスタン側当初案)

作業項目	単位	1. Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project		2. 日本の無償資金協力	全体計画 (1.+2.)
		パート A:	パート B:		
		長期改善事業 (FY 2004-08)	緊急修繕作業 (FY 2003)		
I. 機械部分					
I-1 土砂吐ゲート					
1 ゲート門扉のタイプ変更・交換	門			11	11
2 ゲート周辺付帯施設の改善	門			11	11
3 ゲート開閉機の新機種への交換	門			11	11
4 ゲート開閉機の電動化	門			11	11
5 上部工およびデッキの修繕	門			11	11
6 点検通路の設置	門			11	11
7 バルクヘッドゲート設置準備工	門			11	11
I-2 洪水吐ゲート					
1 ゲート周辺付帯施設の改善	門	33		20	53
2 右岸洪水吐ゲートを土砂吐ゲートへ改造 (II-2関連)	門	3			3
3 ゲート開閉機の新機種への交換	門			53	53
4 ゲート開閉機の電動化	門	33		20	53
5 上部工およびデッキの修繕	門			53	53
6 点検通路の設置	門			53	53
7 バルクヘッドゲート設置準備工	門	33		20	53
I-3 浮体式バルクヘッドゲート					
1 浮体式バルクヘッドゲート	門			6	6
2 タグボート	隻			2	2
3 ボート	隻			3	3
4 80-ton クレーン	台			1	1
5 30-ton クレーン	台			1	1
6 倉庫および積み込み岸壁の建設	箇所			1	1
7 部品	一式			1	1
I-4 機械部分の緊急修繕	一式		1	1	1
I-5 損傷した木製デッキの緊急交換	一式		1	1	1
II. 水理構造物部分					
1 副堰の建設	箇所	1			1
2 右岸土砂ポケットの拡張・改良	箇所	1			1
3 水流減勢用ブロックの修繕	一式	1			1
4 左岸堤防沿いの排水路設置	箇所	1			1
III. 河川改修					
1 堰上流側堤防の波に対する保護	箇所	4			4
2 左岸堤防の改善	箇所	1			1
3 堰上流に水制工の設置	箇所	1			1
プロジェクト費用 (パキスタン側見積もり)	Mil. Rs.	5,597	113	1,364	6,961

データ: 1) "PC-1 Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project", 2003年5月.

2) "PC-1 Taunsa Barrage Irrigation System Rehabilitation Project", 2002年8月.

3) 日本の無償資金協力に関する在パキスタン日本大使館宛てレター (2002年7月25日).

注: パキスタンの会計年度: 7月1日~6月30日

表 2.2 タウンサ堰の全面改修に関するプロジェクト構成 (パキスタン側修正案)

作業項目	単位	1. Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project		2. 日本の無償資金協力	全体計画 (1.+2.)
		パート A:	パート B:		
		長期改善事業 (FY 2004-08)	緊急修繕作業 (FY 2003)		
I. 機械部分					
I-1 土砂吐ゲート					
1 ゲート門扉のタイプ変更・交換	門	4(右岸側) (Kacchi Canal Projectによる)		7(左岸側)	11
2 ゲート周辺付帯施設の改善	門	4		7	11
3 ゲート開閉機の新機種への交換	門	4		7	11
4 ゲート開閉機の電動化	門	4		7	11
5 上部工およびデッキの修繕	門	4		7	11
6 点検通路の設置	門	4		7	11
7 バルクヘッドゲート設置準備工	門	4		7	11
I-2 洪水吐ゲート					
1 ゲート周辺付帯施設の改善	門	29		24	53
2 右岸洪水吐ゲートを土砂吐ゲートへ改造(II-2関連)	門	3			3
3 ゲート開閉機の新機種への交換	門			53	53
4 ゲート開閉機の電動化	門	29		24	53
5 上部工およびデッキの修繕	門			53	53
6 点検通路の設置	門			53	53
7 バルクヘッドゲート設置準備工	門	29		24	53
I-3 浮体式バルクヘッドゲート					
1 浮体式バルクヘッドゲート	門			6	6
2 タグボート	隻			2	2
3 ボート	隻			3	3
4 80-ton クレーン	台			1	1
5 30-ton クレーン	台			1	1
6 倉庫および積み込み岸壁の建設	箇所			1	1
7 部品	一式			1	1
I-4 機械部分の緊急修繕	一式		1	1	1
I-5 損傷した木製デッキの緊急交換	一式		1	1	1
II. 水理構造物部分					
1 副堰の建設	箇所	1			1
2 右岸土砂ポケットの拡張・改良	箇所	1			1
3 水流減勢用ブロックの修繕	一式	1			1
4 左岸堤防沿いの排水路設置	箇所	1			1
III. 河川改修					
1 堰上流側堤防の波に対する保護	箇所	4			4
2 左岸堤防の改善	箇所	1			1
3 堰上流に水制工の設置	箇所	1			1
プロジェクト費用(パキスタン側見積もり)	Mil. Rs.		113		

データ: 1) "PC-1 Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project"、2003年5月.

2) "PC-1 Taunsa Barrage Irrigation System Rehabilitation Project"、2002年8月.

3) 日本の無償資金協力に関する在パキスタン日本大使館宛てレター(2002年7月25日).

注: パキスタンの会計年度: 7月1日~6月30日

(1) パキスタン側独自による堰の改修計画

“ Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project ” が 2003 年 6 月にパンジャブ州政府により承認された。パート B：緊急修繕作業（1 年間：2003 年度）7 ヶ所、パート A：長期改修事業（5 年間：2004 年度～2008 年度）6 ヶ所の堰および頭首工が対象で、タウンサ堰は緊急修繕作業および長期改修事業の両方に含まれる。なお、パキスタンの会計年度は 7 月 1 日から 6 月 31 日である。

表 2.3 に同プロジェクトの予算を示す。同プロジェクトの予算はパート B：緊急修繕作業（期間 1 年間 391 Mil. Rs.）、パート A：長期改修事業（期間 5 年間 28,155 Mil. Rs）である。内、タウンサ堰部分の予算はパート B：緊急修繕作業（113 Mil. Rs）、パート A：長期改修事業（5,560 Mil. Rs）である。

同計画書は 2003 年 7 月に水資源電力省（Ministry of Water & Power）に提出され、2003 年 9 月時点では国家経済委員会（Executive Committee of National Economy: ECNEC）の審査による国家の承認を目指して、連邦政府関係機関による手続き作業中であった。JICA パキスタン事務所からの情報では、手続きが若干遅れていることから、ECNEC の承認は 2003 年 12 月になるとの予想である。

パート B：緊急修繕作業については既に連邦政府の財務省より上記予算が水資源電力省に割り当てられており、ECNEC の承認が下りれば水資源電力省より実施機関であるパンジャブ州灌漑電力局（IPD）に予算が執行される。パート A：長期改修事業の資金については、ECNEC の承認が下りれば 2004 年度から単年度毎に国への予算要求が成されるとともに、国際援助機関や外国ドナーなどに資金を募ることになる。

上記に先立ち、IPD はパンジャブ州独自の資金により、2003 年度から 2004 年度の 15 ヶ月の期間で F/S 調査を実施する予定である。2003 年 9 月中旬時点で、コンサルタントは選定済とのことであった（パキスタンおよび外国コンサルタント）。この F/S 調査ではタウンサ堰を含む 6 ヶ所の堰および頭首工に関する特に長期改修事業（パート A）について、水理模型実験を含む水理検討、構造検討、施工・積算検討、予備設計、経済・財務評価および環境影響を含むプロジェクト評価を行うスコープとなっている。

表 2.3 “ Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project ” 計画案の構成

番号	堰/頭首工 実施機関	パート A	パート B
		長期改善事業 (FY 2004～2008: 5年間)	緊急修繕作業 (FY 2003: 1年間)
		金額 (百万Rs.)	金額 (百万Rs.)
1	Jinnah Barrage	3,409	-
2	Taunsa Barrage	5,560	113
3	Khanki Head Works	6,791	33
4	Balloki Head Works	917	7
5	Sulemanki Head Works	1,155	15
6	Islam Head Works	869	15
(7)	Trimmu Head Works	-	43
(8)	Punjinad Head Works	-	165
	小計 1 to 6	18,700	391
	付帯作業および物理的予備費	935	-
	物価上昇分予備費	8,218	-
	詳細設計	196	-
	フィージビリティ調査 (FY 2003 to 2004)	106	-
	合計	28,155	391
	総合計	28,546	

データ: "PC-1 Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project", 2003年5月.

- 注:
- 1) 同計画は2003年6月にパンジャブ州政府により承認済み。2003年9月時点でパキスタン連邦政府の審査に向けて政府内の手続き中。
 - 2) フィージビリティ調査はパンジャブ州の資金で実施予定。2003年9月時点でコンサルタント選定済み。
 - 3) パート B: 緊急修繕作業予算は2003年9月時点で連邦政府財務省によって付けられている。プロジェクトが連邦政府により了承され次第、実施可能。
 - 4) パート A: 長期改修事業資金は連邦政府によりプロジェクトが了承されれば、連邦政府に対する単年度毎の予算要求、州政府資金、国際機関や外国ドナー等への資金協力要請を組み合わせることで予算確保を計ることとなる。

(2) タウンサ堰の改修計画

パキスタン側の考えは、パキスタン側独自による“Punjab Barrages and Modernization Project”の長期改修事業（パート A）のタウンサ堰部分のプロジェクトと、日本による無償資金協力を合わせて、タウンサ堰の全面改修を実施するというものである。下記がパキスタン側の作業分担に関する考え方である（表 2.1 および表 2.2 参照）。

1) “Punjab Barrages and Modernization Project” パート A

堰本体の修繕、現在の堰より約 100m 下流に副堰建設、減勢工（バッフルピアー）の修繕。

右岸側の既存の洪水吐ゲート（3 門）を土砂吐けゲートへ改造、および右岸側土砂ポケットの拡張・改良。

堰上流側護岸の追加（4 ヶ所）。

堰上流右岸側水制工の追加（1 ヶ所）。

洪水吐ゲート戸当り部分の修繕（33 門）。

洪水吐ゲートを土砂吐けゲートへ変更する部分について、ゲート門扉を洪水吐ゲートより 3ft ほど高い土砂吐けゲート門扉へ交換（3 門、戸当たり部分の交換含む）。

洪水吐ゲート開閉機の電化（33 門）。

金額： 5,560 Mil. Rs.

2) 日本による無償資金協力（2002 年 7 月要請済）

土砂吐ゲート門扉を現在の 2 枚タイプ門扉から 1 枚タイプ門扉へ交換（11 門、戸当たり部分の交換含む）。

洪水吐ゲート戸当たり部分の修繕（20 門）。

ゲート開閉機の改善（64 門：土砂吐ゲート 11 門、洪水吐ゲート 53 門）。

ゲートデッキの改善（64 門）。

ゲート開閉機の電化（31 門：土砂吐ゲート 11 門、洪水吐ゲート 20 門）。

仮締め切り用バルクヘッドゲート（6 門）。

バルクヘッドゲート積み込み用岸壁および倉庫の整備（1 ヶ所）クレーン（2 台）。

タグボート（2 隻）ボート（3 隻）予備部品（1 式）。

金額： 1,364 Mil. Rs.（要請金額：1,236 Mil. Rs.と差が有る）

3) 日本による無償資金協力への要請内容に関するパキスタン側からの修正提案

上記 2) に示した“Punjab Barrages and Modernization Project”パート A の予算書中にある計画素案には水資源電力公社（WAPDA）によって現在建設中の、タウンサ堰右岸からバロチスタン州への新水路である Kachhi Canal¹⁾ の工事に伴って、タウンサ堰の既存の右岸側土砂吐ゲート（4 門）を、隣接する洪水吐ゲート（3 門）を土砂吐ゲートに改造することで 7 門の土砂吐ゲートに増設する計画が含まれている。また、

この増設に伴って、堰右岸側直上流の土砂ポケットを現在の4門分の土砂ポケットから7門分に拡大し、かつ、土砂を水路に入れないようSilt Excluderという施設を河床に設ける案も含まれる。

上記計画はパキスタン側で実施予定のF/Sによって内容が検討されるとはいえ、上記計画の対象ゲートは、日本の無償資金協力への当初要請対象の右岸側土砂吐ゲート(4門)に隣接するため、右岸側洪水吐ゲート(3門)の土砂吐ゲートへの改造工事による、既存の洪水吐4門への何らかの構造的影響が懸念されることを調査団がパキスタン側に指摘した。

この指摘と、タウンサ堰のゲートの老朽化の深刻度を考慮し、パキスタン側は日本の無償資金協力の要請対象を既存の右岸土砂吐ゲートを除く範囲とする修正案を最終的に提示してきた。パキスタン側は右岸洪水吐ゲートの土砂吐ゲートへの改造についてはKachhi Canalプロジェクトの中に含むという方針とのことであり、2003年9月中旬時点で、既にIPDはWAPDAと本件を打ち合わせているとのことである。

日本の無償資金協力への要請内容に関するパキスタン側の修正提案(下線部数量):

土砂吐けゲート門扉を現在の2枚タイプ門扉から1枚タイプ門扉へ交換(左岸側7門、戸当たり部分の交換含む)

洪水吐ゲート戸当たり部分の修繕(24門)

ゲート開閉機の改善(60門:左岸側土砂吐ゲート7門、洪水吐ゲート53門)

ゲートデッキの改善(60門:左岸側土砂吐ゲート7門、洪水吐ゲート53門)

ゲート開閉機の電化(31門:左岸側土砂吐ゲート7門、洪水吐ゲート24門)

仮締め切り用バルクヘッドゲート(6門)

バルクヘッドゲート積み込み用河川護岸およびストックヤードの整備(1ヶ所)

クレーン(2台) タグボート(2隻) ボート(3隻) 予備部品(1式)

金額: 当初要請より小さくなる。

*) タウンサ堰の右岸直上流のD.G.カーン水路に併行して、国家の承認の下で水資源電力公社(WAPDA)によりKachhi Canalの建設工事が2002年12月より進行中である。Kachhi CanalはBalochistan州内713,000 acres(28,855 ha)の灌漑エリアへの灌漑用水と、同州内住民への飲料水の供給が目的である。主水路延長は500 km、水路の設計流量は約170 m³/sである。

第3章 プロジェクトサイトおよび周辺地域の概況

3.1 自然状況

(1) 地形

タウンサ堰はインダス川の中流部に位置し、堰周辺は現在のインダス本川によって形成された沖積平野となっている。この沖積平野の西側一帯はスレイマン山地から続く丘陵地であり、東側一帯は緩やかな起伏を伴った砂丘状の地形となっている。

(2) 地質

タウンサ堰周辺の地質は、粒径の細かい砂から粗い砂までを含む沖積平野となっており、石灰分を多く含んでいる。西側の一部の地域には粘性土が存在するが、乾期にはひび割れが発生しやすい。

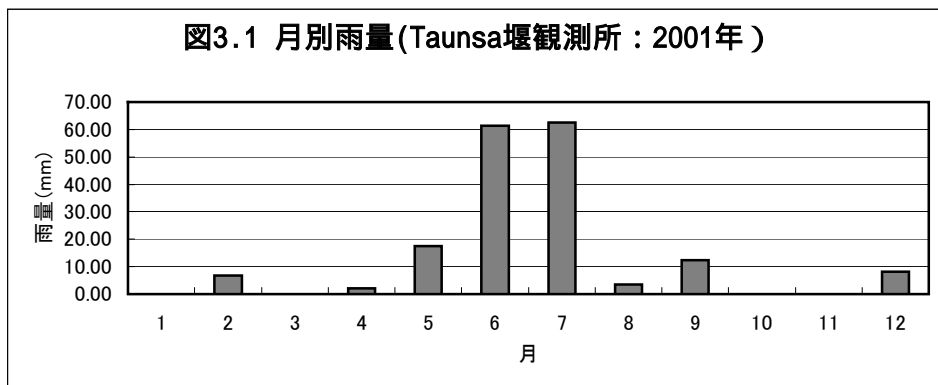
(3) 気象・水文

タウンサ堰では日雨量が観測されている。日雨量の最大は、50.8mm を記録している。最近5年間の年降雨量は、69mm～236mm と、各年の降雨量に大きな差が認められる。

表 3.1 月別降雨量 (Taunsa 堰 雨量観測所)

													(Unit: mm)
年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1999	12.07	20.32	4.57	0.00	0.00	0.00	12.19	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00	68.65
2000	10.92	18.03	0.00	0.00	5.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.54
2001	0.00	6.86	0.00	2.03	17.53	61.47	62.48	3.56	12.45	0.00	0.00	8.13	174.50
2002	0.00	4.57	2.54	0.00	18.29	3.30	0.00	4.83	50.55	6.86	0.00	0.00	90.93
2003	20.32	4.572	0	0	0	12.19	19.5	0	0	0	0	68.65	235.97

注意：2003年の観測値は、8月現在の値。



3.2 社会経済

タウンサ堰周辺は D.G.カーン (D.G.Khan)、ラジャンプール (Rajanpur)、ムザファルガー (Muzaffargarh) の3つの District からなる。これらの面積、人口および人口密度は以下の通りである。

表 3.2 タウンサ堰周辺の人口および人口密度

District	面積 (km ²)	人口 (千人)	人口密度 (人/km ²)
D.G.Khan	11,367	1,643	145
Rajanpur	12,873	1,136	88
Muzaffargarh	8,259	2,581	313

注：人口および人口密度は 1998 年の Census に従う。

タウンサ堰事務所によると、上記の内 90%の人口が農村地帯に居住しているとのことである。また、上記地域の主たる産業は牧畜を含む農業であり、労働人口の約 70%がこれらに従事している。

さらに、約 50%の人口が貧困レベル以下の生活をしており、識字率は 24%と低い状態である。

3.3 農業および灌漑システム

タウンサ堰から取水する D.G.カーン水路、ムザファルガー水路および T.P.リンク水路周辺にはそれぞれ、D.G.カーン、ムザファルガーおよびラジャンプール灌漑システムが存在する。

表 3.3 タウンサ堰周辺の灌漑システム

灌漑システム	粗灌漑面積全体 (ha)	耕作可能灌漑面積 (ha)	水源
D.G.Khan	405,000	385,000	D.G.Khan 水路
Muzaffargarh	367,000	314,000	Muzaffargarh 水路
Rajanpur	51,000	48,000	T.P.Link-Rjanpur 水路
合計	823,000	747,000	

これらの灌漑システムにおいては図 3.2 に示す作付けパターンによる耕作が行われている。

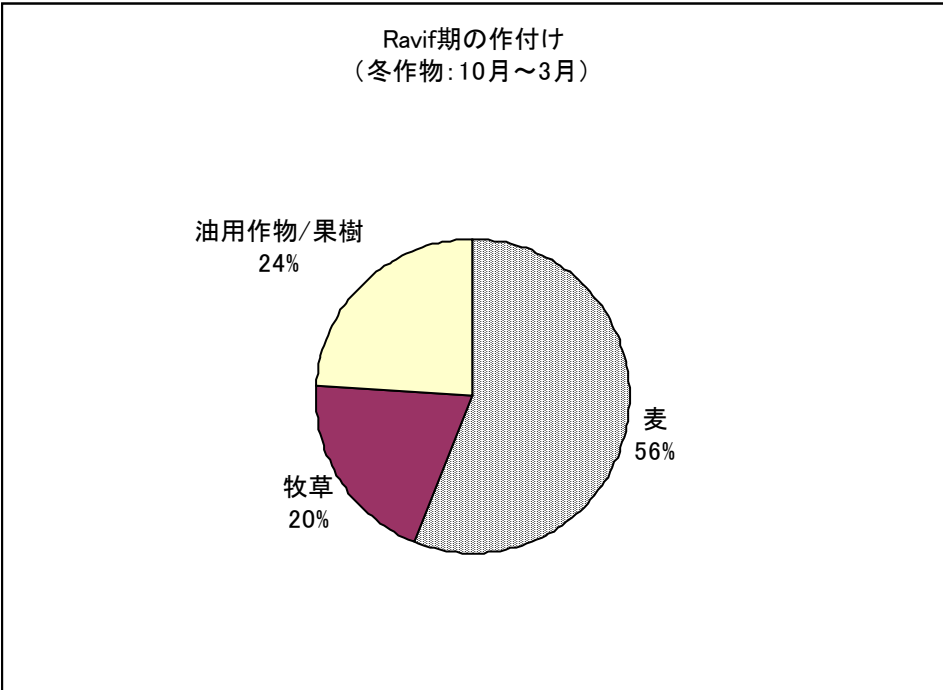
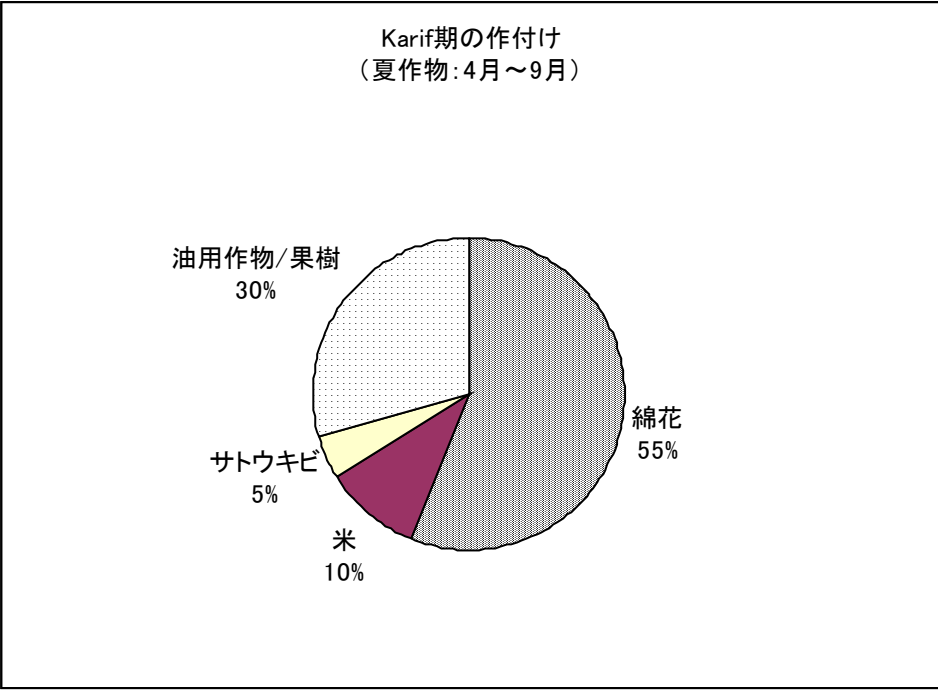


図 3.2 タウンサ堰周辺の灌漑エリアにおける作付けパターン

3.4 環境

3.4.1 タウンサ堰周辺環境

(1) 動物

パンジャブ州では哺乳類 56 種、鳥類 434 種、爬虫類 69 種が確認されている (Punjab Forestry Wildlife & Tourism Department)。

絶滅危惧種は、以下のものがあげられている。

- ・ インダスイルカ (Indus Dolphin)
- ・ ブラックバック (Blackbuck)
- ・ ウラベニヒョウモンモドキ (Common Leopard)
- ・ カラカル (Caracal)
- ・ インドオオノガン (Great Indian Bustard)
- ・ フサエリシヨウノガン (Houbara Bustard)
- ・ カオジロオタテガモ (White-headed Duck)
- ・ ウスユキガモ (Marbled Teal)

インダスイルカは、1976 年に絶滅危惧種として IUCN (国際自然保全連合) によりリストアップされている。また、パンジャブ州、シンド州の野生生物保護法では、インダスイルカの保護が義務付けられている。WWF (世界自然保護基金) が 2001 年 3 月～4 月に実施した調査によると、タウンサ堰とその上流の Chashma 堰および下流 Guddu 堰の間には、それぞれ、84 匹、259 匹の生息が確認されたとのことである。同種はインダス河の各堰が建設されて以来、各堰の間に孤立して生息している。

タウンサ堰周辺の湿地帯には、シベリアからの渡り鳥が飛来し、越冬地 (9 月～3 月) として重要な役割をはたしている。また、鶴、鴨など数種の水鳥の繁殖地となっている。

(2) 植生

パンジャブ州には 2,400 種の植物が確認されている (Punjab Forestry Wildlife & Tourism Department)。このうち、500 種以上の植物が絶滅危惧種 (Endangered Plants) とされている。

インダス河沿いの低湿地帯はインダス河からの浸透水の恩恵を受け、水生植物 (蓮など) の生育環境を創出している。また、これに隣接した農耕地には、綿花、サトウキビ、麦及び家畜用飼料などが栽培されている。河川堤防沿い、河川敷及び砂州上に生育している代表的な樹木は、Shisham (家具の材料) Kekar (薪に利用) などである。ごく稀であるが高級家具に利用されている Deodar と称する樹木も見られる。湿地帯や河川敷には Pilch i 草が繁茂している。Plich i 草は、カーペット、マット、ロープなどの材料として現地の住民により多目的利用されている。

(3) 野生生物保護区域

タウンサ堰周辺の野生生物保護区域は 1972 年、1983 年に指定された。また、1996 年にはラムサール条約の指定地に登録する準備が開始された。野生生物保護区域は、下図に示すように、Kot Addu 町の北西部 20 km に位置するタウンサ堰上流側左右岸の背後地及び河川敷を包含した総面積 6,567ha(16,225acres)の区域である。

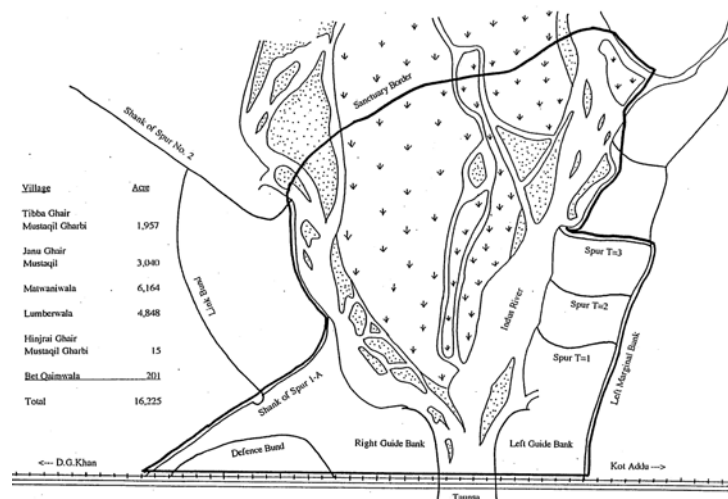


図 3.3 タウンサ野生生物保護区域
(Taunsa Wildlife Sanctuary)

3.4.2 タウンサ堰周辺のプラント、工場等

タウンサ堰が位置している Kot Addu の町から半径 30km の範囲には、以下に示す 6 箇所のプラント及び工場がある。タウンサ堰事務所の情報では、上記プラント及び工場からの排水は、環境基準にしたがって行われているとのことである

- APCO (Kot Adu Power Company)
- ES (American Electric Supply)
- Muzaffar Garh Thermal Power Station
- PARCO (Pak Arab Refinery)
- Sheikhoo Sugar Mills
- Fatima Sugar Mills

3.4.3 地下水の塩分濃度が高い地域

- (1) タウンサ堰灌漑地域で、地下水の塩分濃度が高い地区は、D.G.カーン水路周辺に広く分布している。このため、当該地域の住民、約60万人は、地下水を飲料水として利用することが不可能であり、D.G.カーン水路及びその支川水路からの灌漑用水を飲料水の水源として利用している。このうち、30万人がD.G.カーン市民であるといわれている。なお、D.G.カーン市内には水道管が敷設されているが、浄化処理がなされないまま、灌漑用水を直接飲料水として利用している。
- (2) また、ムザファルガー水路の上流部にも地下水の塩分濃度が高い地域が存在している。これらの地域においては、約3万人の住民が飲料水を灌漑水路に依存しているとのことである。
- (3) D.G.カーン市をはじめ、灌漑用水を飲料水の水源としている地域では、各水路の Annual Closure 期間(タウンサ堰施設の維持管理のため、D.G.カーン、ムザファルガー、T.P.リンク水路への取水を毎年1月の乾期に約1ヶ月間停止する)は、水路から取水できない期間である。
- (4) これらの期間の飲料水を確保するため、地域住民はため池に水を貯留して、この水を灌漑用水取水停止期間(約1ヶ月)の飲料水としている。また、ため池の貯留水は、飲料水の他、工業用水、列車の雑用水(洗面用水等)に利用されているとのことであるが、水質は不適なようである。
- (5) 現地関係者によるとムザファルガー水路側には塩分集積地区が存在するとのことである。雨期に湛水状態となった窪地は、地下水位の下がる乾期には地下水の湧出は止まるものの、排水されない閉鎖的な地形となっているため、天日により水分が蒸発する。このため、塩類集積が発生し、作物の栽培が不可能となっている地区もある。

第4章 プロジェクトの緊急性および必要性

4.1 タウンサ堰改修に関するインダス灌漑システムの中での位置付け

インダス灌漑システムはインダス本川流域および支川のジェラム川(Jhelum)、チュナブ川(Chenab)、ラヴィ川(Ravi)、サトラジ川(Sutlej)沿いに広がる大規模灌漑システムである。1960年のインドとパキスタンの水問題処理に関する協定(Indus Water Treaty)以後、パキスタンの東側を流れるサトラジ川およびラヴィ川のインド国内部分の水はインドが全て利用できるようになったため、パキスタンは残るインダス本川、ジェラム川およびチュナブ川の水を利用することとなった。このため、地域によって水量不足を補うためにインダス川等からの転流用水路も建設されている。図4.1および表4.1にインダス灌漑システムを示す。

3.4.3 地下水の塩分濃度が高い地域

- (1) タウンサ堰灌漑地域で、地下水の塩分濃度が高い地区は、D.G.カーン水路周辺に広く分布している。このため、当該地域の住民、約60万人は、地下水を飲料水として利用することが不可能であり、D.G.カーン水路及びその支川水路からの灌漑用水を飲料水の水源として利用している。このうち、30万人がD.G.カーン市民であるといわれている。なお、D.G.カーン市内には水道管が敷設されているが、浄化処理がなされないまま、灌漑用水を直接飲料水として利用している。
- (2) また、ムザファルガー水路の上流部にも地下水の塩分濃度が高い地域が存在している。これらの地域においては、約3万人の住民が飲料水を灌漑水路に依存しているとのことである。
- (3) D.G.カーン市をはじめ、灌漑用水を飲料水の水源としている地域では、各水路の Annual Closure 期間(タウンサ堰施設の維持管理のため、D.G.カーン、ムザファルガー、T.P.リンク水路への取水を毎年1月の乾期に約1ヶ月間停止する)は、水路から取水できない期間である。
- (4) これらの期間の飲料水を確保するため、地域住民はため池に水を貯留して、この水を灌漑用水取水停止期間(約1ヶ月)の飲料水としている。また、ため池の貯留水は、飲料水の他、工業用水、列車の雑用水(洗面用水等)に利用されているとのことであるが、水質は不適なようである。
- (5) 現地関係者によるとムザファルガー水路側には塩分集積地区が存在するとのことである。雨期に湛水状態となった窪地は、地下水位の下がる乾期には地下水の湧出は止まるものの、排水されない閉鎖的な地形となっているため、天日により水分が蒸発する。このため、塩類集積が発生し、作物の栽培が不可能となっている地区もある。

第4章 プロジェクトの緊急性および必要性

4.1 タウンサ堰改修に関するインダス灌漑システムの中での位置付け

インダス灌漑システムはインダス本川流域および支川のジェラム川(Jhelum)、チュナブ川(Chenab)、ラヴィ川(Ravi)、サトラジ川(Sutlej)沿いに広がる大規模灌漑システムである。1960年のインドとパキスタンの水問題処理に関する協定(Indus Water Treaty)以後、パキスタンの東側を流れるサトラジ川およびラヴィ川のインド国内部分の水はインドが全て利用できるようになったため、パキスタンは残るインダス本川、ジェラム川およびチュナブ川の水を利用することとなった。このため、地域によって水量不足を補うためにインダス川等からの転流用水路も建設されている。図4.1および表4.1にインダス灌漑システムを示す。

表 4.1 インダス灌漑システムの概要

主要施設	諸元
1. 貯水池	3ヶ所
タルベラ（インダス川）	有効貯水容量 115 億 m ³
チェシマ（インダス川）	有効貯水容量 6 億 m ³
マンガラ（ジェラム川）	有効貯水容量 65 億 m ³
2. 堰および頭首工	16ヶ所（パンジャブ州 13ヶ所、シンド州 3ヶ所）
3. 灌漑水路	43系統（内、IPD 管轄：5.9 万 km）
4. 連結水路（転流水路）	12系統
5. 灌漑支配面積	1680 万 ha（内、パンジャブ州 1270 万 ha）
出典： JICA；「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」、1998	

インダス灌漑システムの主要な堰および頭首工を表 4.2 に示す。表 4.2 からシンド州に存在する 3 箇所の堰は全てゲートの交換が終了し、仮閉めきり用のバルクヘッドゲート等も 2 箇所の堰で有していることが分かる。

一方、パンジャブ州の 13 箇所の堰あるいは頭首工については、6 箇所についてゲートの交換が終了しているが（内 2 箇所は堰を作り変えた）、残り 7 箇所についてはゲートの交換は未だ行われていない。さらにパンジャブ州 IPD によると、これら 7 箇所の堰あるいは頭首工の中で、タウンサ堰のゲートの状態が最も悪く、早急な改修（ゲート交換含む）が必要とのことである。

さらに、パンジャブ州では未だ仮閉めきり用のバルクヘッドゲートを有していないため、バルクヘッドゲートの入手とこれを用いたゲートの維持管理への期待が極めて大きい。

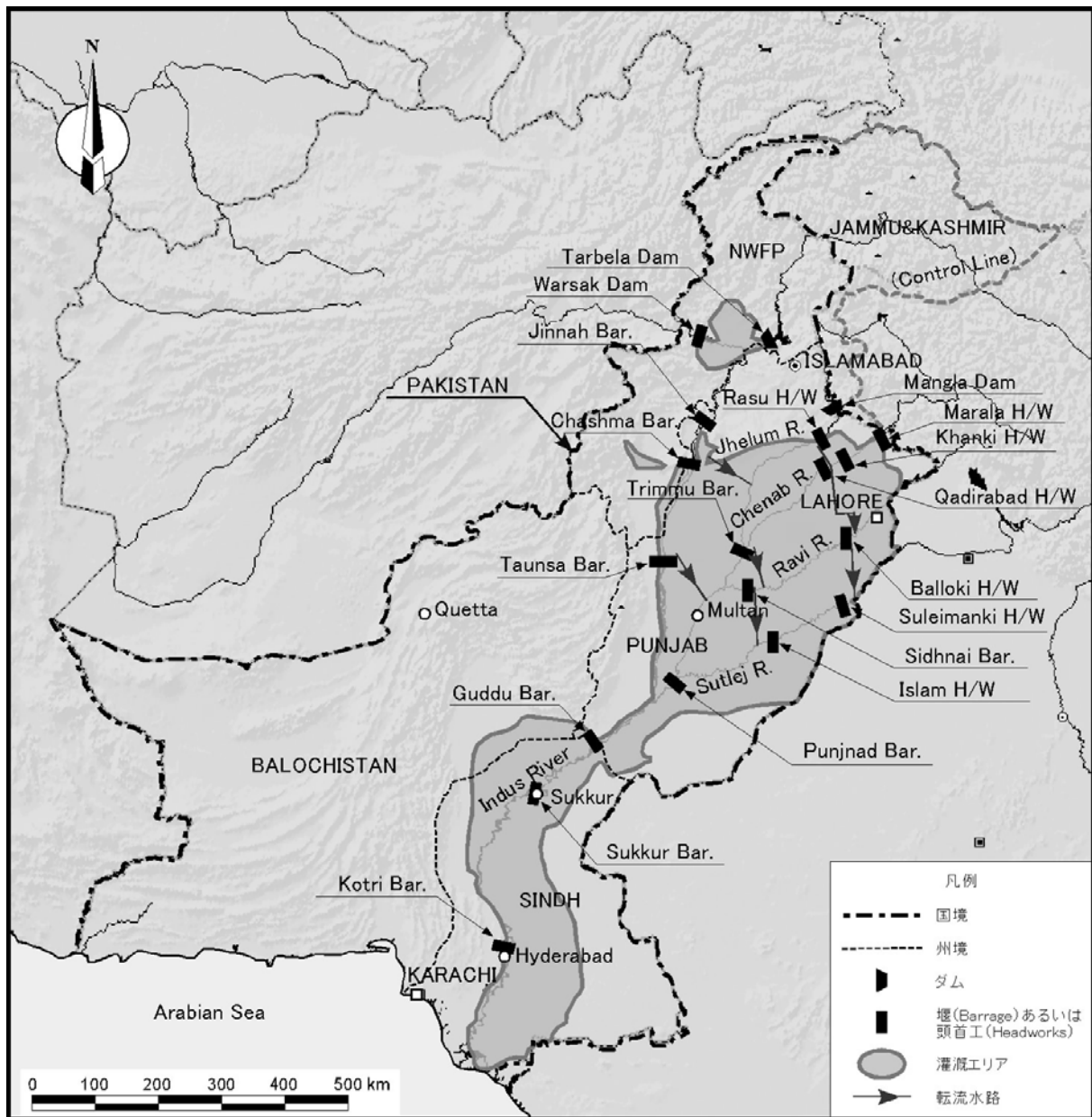


図 4.1 インダス灌漑システム

表 4.2 インダス灌漑システムにおける主要な堰および頭首工とパンジャブ州における修繕緊急度

州	番号	堰(Bar.)/頭首工(H/W)	河川	建設終了/運転開始	運転期間(年)	主要なダメージ	ゲート交換の有無	バルクヘッドゲート所有の有無	備考	ゲート交換の緊急性(パンジャブ州について)	パンジャブ州IPDのリハビリプロジェクト(**))
Punjab	1	Jinnah Bar.	Indus	1946	57		-	-		緊急性あり	パートA
	2	Chashma Bar.	Indus	1971	32		交換済み*)	-	ゲートは日立製		
	3	Taunsa Bar.	Indus	1958	45		-	-	ゲートスパン:約20m	緊急性非常に高い	パートA & B
	4	Rasul H/W	Jhelum	1901	102		1974に交換済み	-			
	5	Marala H/W	Chenab	1912	91		堰の再建設および新たなゲートの設置済み(1968年)。	-			
	6	Khanki H/W	Chenab	1892	111		-	-	ゲートスパン:約14m	緊急性あり	パートA & B
	7	Qadirabad H/W	Chenab	1967	36		交換済み*)	-	ゲートは日立製		
	8	Trimmu Bar.	Chenab	1939	64		-	-		緊急性あり	パートB
	9	Punjab Bar.	Chenab	1929	74		-	-			パートB
	10	Baloki H/W	Ravi	1913	90		-	-			パートA & B
	11	Sidhna Bar.	Ravi	1897	106		堰の再建設および新たなゲートの設置済み(1965年)。	-			
Sindh	12	Sulemanki H/W	Sutlej	1927	76		-	-			パートA & B
	13	Islam H/W	Sutlej	1928	75		-	-			パートA & B
	14	Guddu	Indus	1964	39		交換済み	台船タイプのケーソンゲート(3門)を1985～1986年に設置。			
	15	Sukkur	Indus	1932	71	第31番ゲートが1982年に損傷、破壊に至る。	全てのゲートを1985年までに交換済み。	浮体式バルクヘッドゲートを1993～1994年に設置。	ゲート総数:56門		
	16	Kotri	Indus	1955	48		全てのゲートを1995年までに交換済み。				

注: *) 5箇所の堰のゲート(Chasma, Rasul, Marala, Qairabad, Sidhna)はIndus River Basin System Project によって世銀およびインドの資金を用いて交換済み。

**) IPDの"Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project"は2003年9月時点において連邦政府の承認手続き中。パートA:長期改善事業はFY2004～FY2008実施予定。パートB:緊急修繕事業はFY2003に実施予定。

データ: Irrigation and Power Department (IPD) of Government of the Punjab.

4.2 洪水および洪水被害

タウンサ堰は元々河川幅約 13km で現在のタウンサ堰地点の西側を流れていたインダス本川を、強制的に現在のタウンサ堰（河川幅約 1.3km）に流れるようにしたため、堰上下流に大規模な氾濫原閉めきり堤防と流水制御を目的とした大規模な水制工が数箇所設置されている。

上記堤防および水制工の内、堰直上流部右岸側（西側）のものについては、現在でもインダス川の水衝部区間にあり、河床の洗掘および河岸侵食を受け易い箇所となっている。1996年6月と1998年7月には洪水水位はピーク水位ではなかったが、右岸上流側の水制工である Spur No.1 と Spur No.2-A の間の堤防（Link Bund）の元々弱体化していた箇所で漏水を誘引とした堤防の決壊が発生し、決壊箇所の閉めきりを含む復旧に3～4日間を要した。図4.2にタウンサ堰周辺の河川状況と堤防および水制工の位置を示す。さらに同図には1996年6月および1998年7月の決壊箇所も示す。

同決壊は堤防が元々弱かっただけでなく、タウンサ堰上流区間右岸側から流入する Hill Torrent（山地河川 図4.3参照）からの洪水流による急激な流量増加および水位上昇（約1.5m）と、この水位上昇を防止するためのゲート全開作業の困難性による操作の遅れも原因とのことである（タウンサ堰事務所の情報）。

同決壊によって、堤内地側農地（灌漑範囲外）に被害が発生した。さらに、堤防復旧のために堰の湛水位を下げる必要があり、その間は灌漑水路への水供給を停止したとのことである。

従って、堤防の強化に加えて、ゲート開閉の困難性を改善することは洪水時の緊急対応にとっても不可欠である。

また、D.G.カーン水路沿いでは Hill Torrent による用水路への水路堤防の決壊、水路への土砂流入等の洪水被害が生じる箇所もある。この洪水被害の軽減を図るため、コンクリートの水路横断工作物が各所に設置され、Hill Torrent の水流を一種の水路橋によって D.G.カーン水路を跨ぐようにしている。しかし、水路横断構造物の疎通能力が小さく、Hill Torrent からの洪水流がこの水路橋を越流し D.G.カーン水路に流入することで、D.G.カーン水路堤防の一部が決壊・流失している箇所もある。次の洪水までに、このような堤防の決壊箇所に対する対策を施す必要がある。

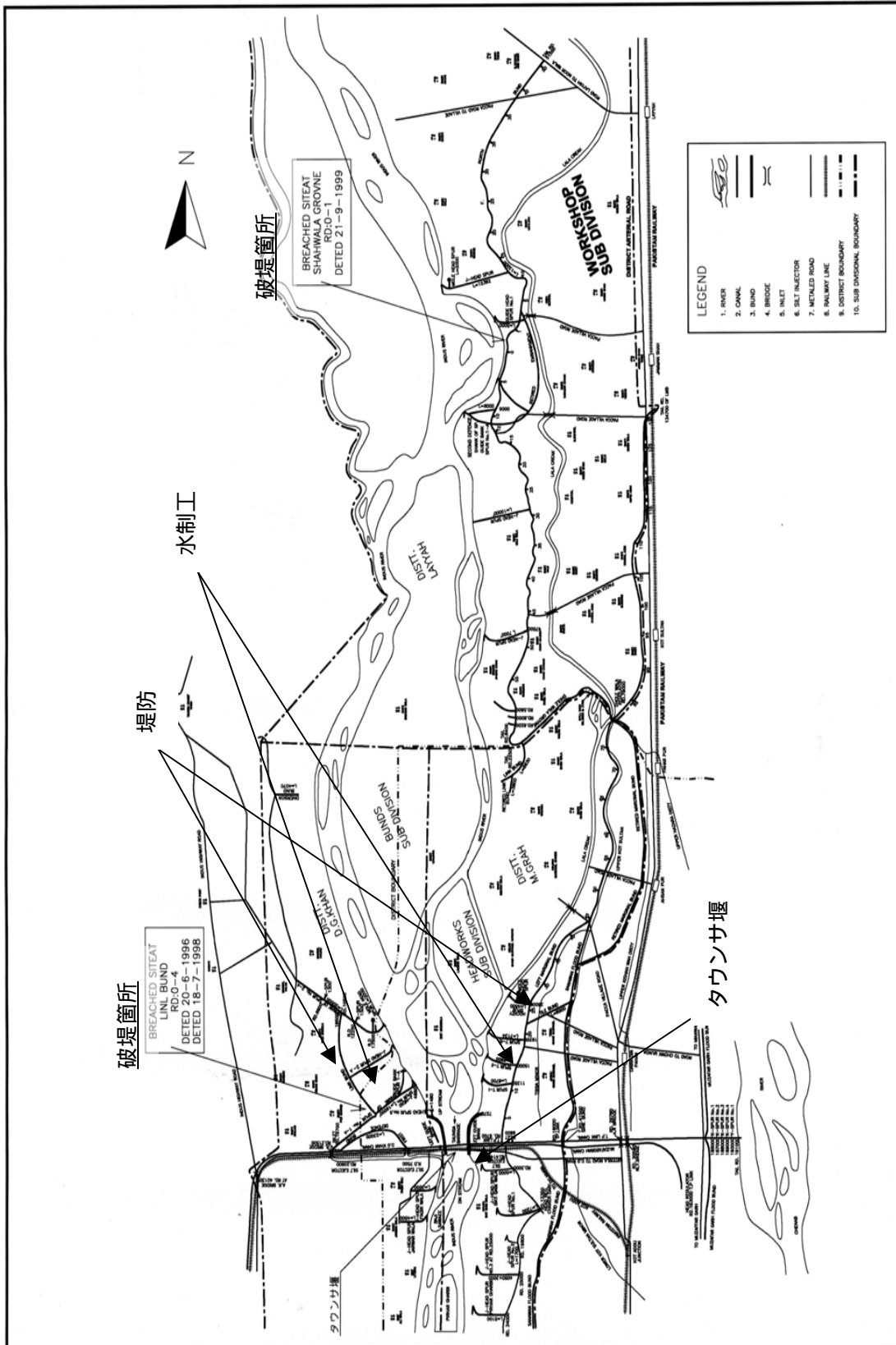


图 4.2 タウンサ堰関連堤防および水制工位置と破堤箇所

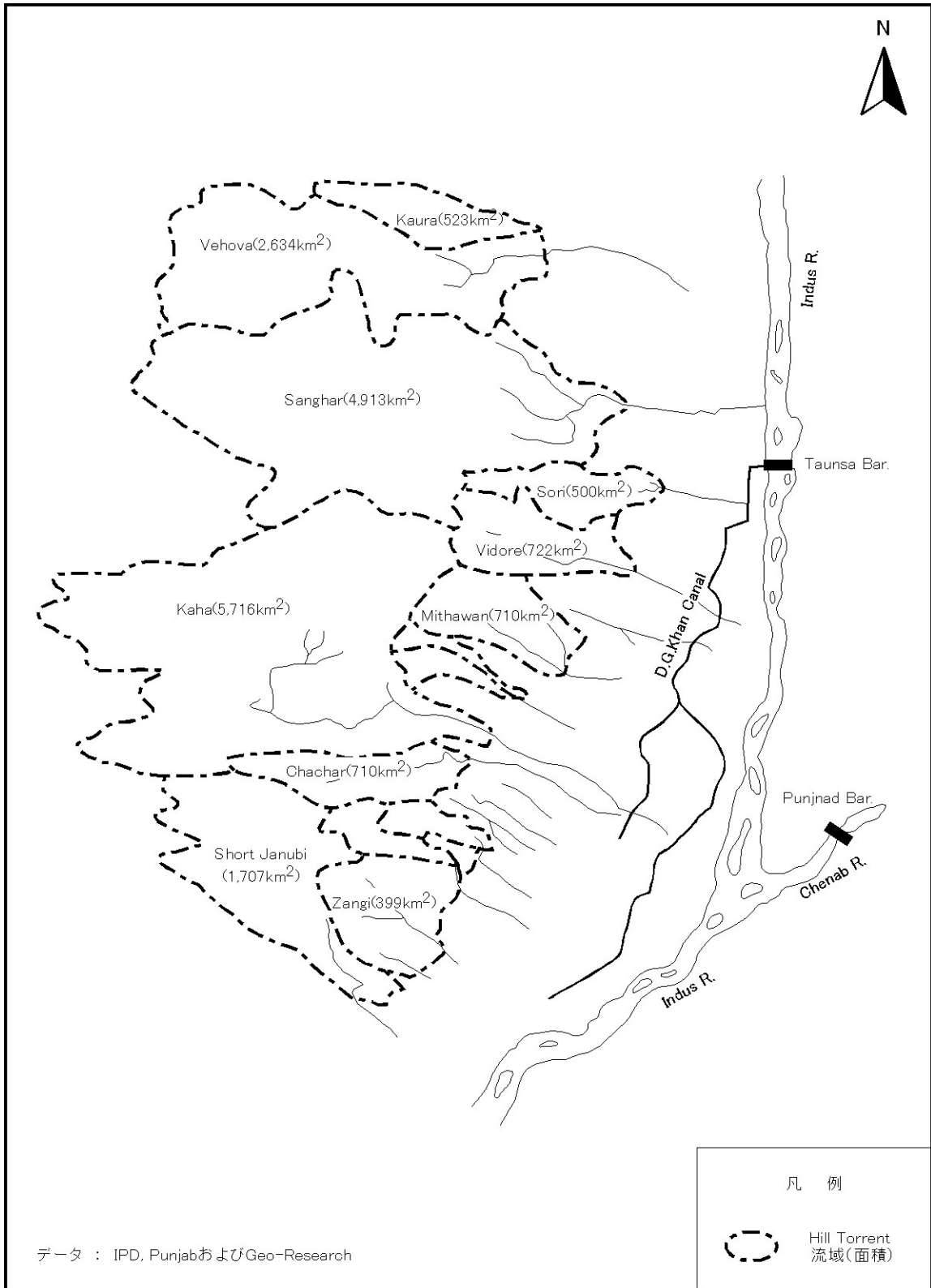


図 4.3 Hill Torrent 位置

4.3 飲料水確保の問題

D.G.カーン水路周辺の地域では D.G. カーン市を含み地下水の塩分濃度が高い地域が広く存在する。このため、D.G. カーン水路および 2 次水路の表流水を水源としている住民が約 60 万人存在するとのことである。なお、D.G. カーン市の水源は灌漑水路と水路沿いの浅井戸である。ムザファルガー 水路周辺にも地下水の塩分濃度が高い地域が存在し、同地域の住民は灌漑水路の水を飲料用に利用しているとのことである。図 4.4 に D.G. カーン水路およびムザファルガー 水路周辺の地下水の塩分濃度が高い地域を示す。

D.G. カーン市をはじめ灌漑水路の水を飲料水源としている地域では、毎年乾期の 1 月に行われる Annual Closure 期間（堰ゲート全開、D.G. カーン、ムザファルガー、T.P.リンク水路への導水停止）の飲料水を確保するために、約 1 ヶ月から 1.5 ヶ月間分の水を溜池に確保しているとのことである。

しかし、Annual Closure 期間に行われるタウンサ堰の修繕が長引くと、特に溜池容量の不十分な農村地域で、溜池の水量が枯渇する問題が発生し（約 1 ヶ月で枯渇するものも確認）飲料水確保に関する深刻な問題が発生する。さらに、この間、D.G. カーン市では時間給水が実施されるとのことである。

タウンサ堰の老朽化による修繕の必要性の増大によって、Annual Closure 期間の延長等の可能性が増大し、D.G. カーン水路およびムザファルガー水路への水供給が止められることで、農業用水の確保のみならず飲料水確保の問題の発生頻度が高まる可能性がある。

従って、“ Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project ” と日本の無償資金要請部分によってタウンサ堰のゲートを含む堰全体のリハビリおよび改修を行うことは、Annual Closure 期間の延長の必要性を小さくすることで、灌漑水路から飲料水を取水している住民に対する同期間中の飲料水の不足問題を防止する効果がある。

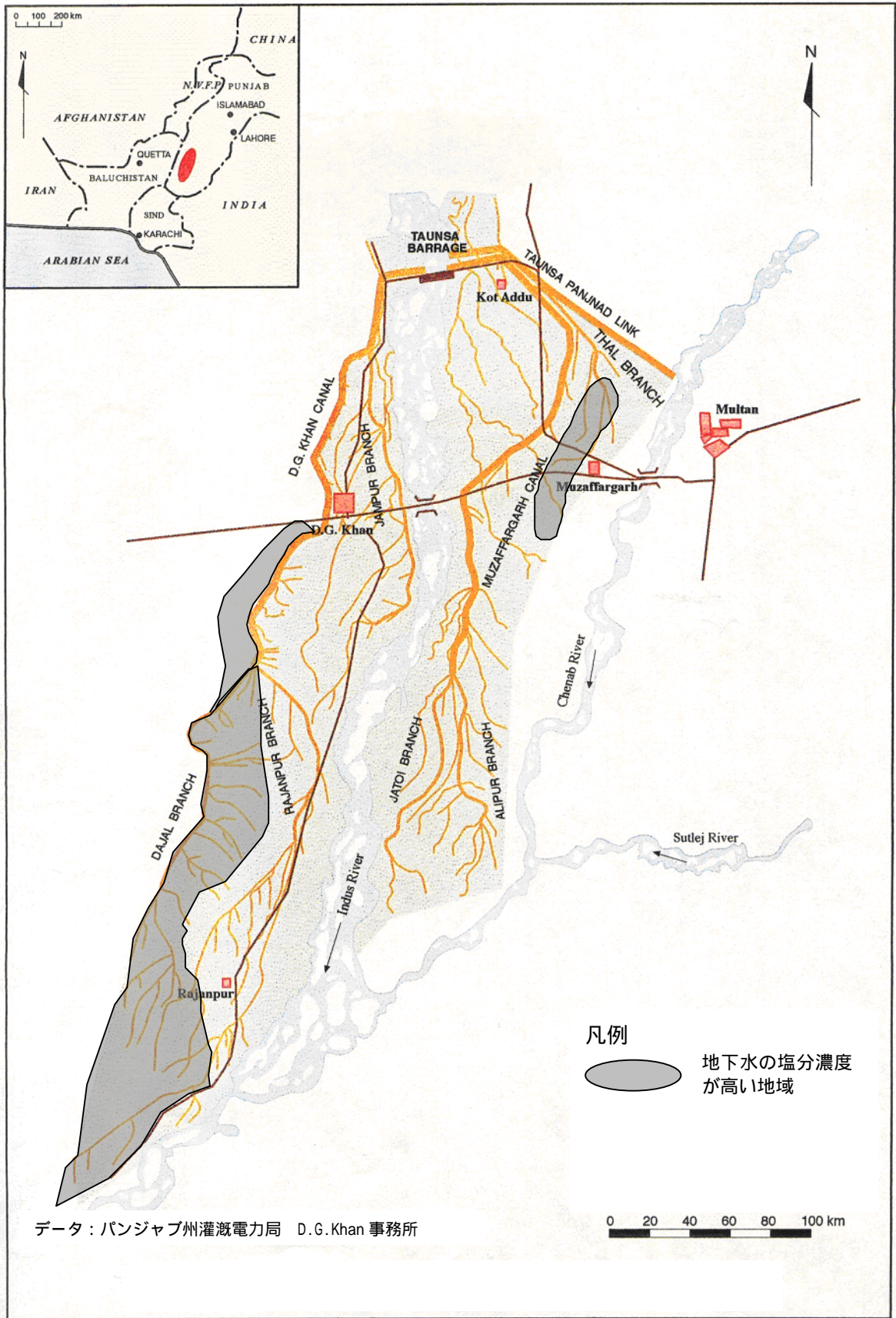


図 4.4 地下水塩分濃度が高い地域