

パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州灌漑電力局

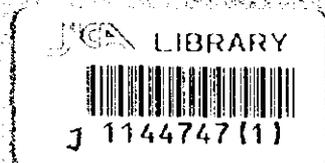
NO. 2

国際協力事業団

パキスタン国 タウンサ堰灌漑システム改修計画調査

主報告書

平成10年8月



日本技研株式会社

農調農
JR
98-54

パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州灌漑電力局

国際協力事業団

パキスタン国
タウンサ堰灌漑システム改修計画調査

主報告書

平成10年8月

日本技研株式会社



1144747(1)

序 文

日本国政府は、パキスタン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のタウンサ堰灌漑システム改修計画にかかる本格調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成9年8月から平成10年8月までの間、3回にわたり、日本技研株式会社の本村克彦氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

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

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

終わりに、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10年8月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤田公郎 殿

今般、パキスタン・イスラム共和国におけるタウンサ堰灌漑システム改修計画調査を終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約により、弊社が平成9年8月から平成10年8月までの約13ヶ月にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しまして、調査対象地域であるタウンサ堰灌漑システム受益地区の現状を十分に踏まえ、同地域の灌漑農業と地域住民の生活水準の維持・発展を目的として、老朽化が顕著なタウンサ堰とその関連灌漑施設の改修計画を策定いたしました。

本灌漑システム改修計画は、技術的にも経済的にも実施妥当性が非常に高いことが確認され、環境配慮の面からも問題が少ないことが明らかにされました。タウンサ堰灌漑システムの老朽化が放置できない現状に鑑み、ここに本タウンサ堰灌漑システム改修計画の早期実施を提言いたします。

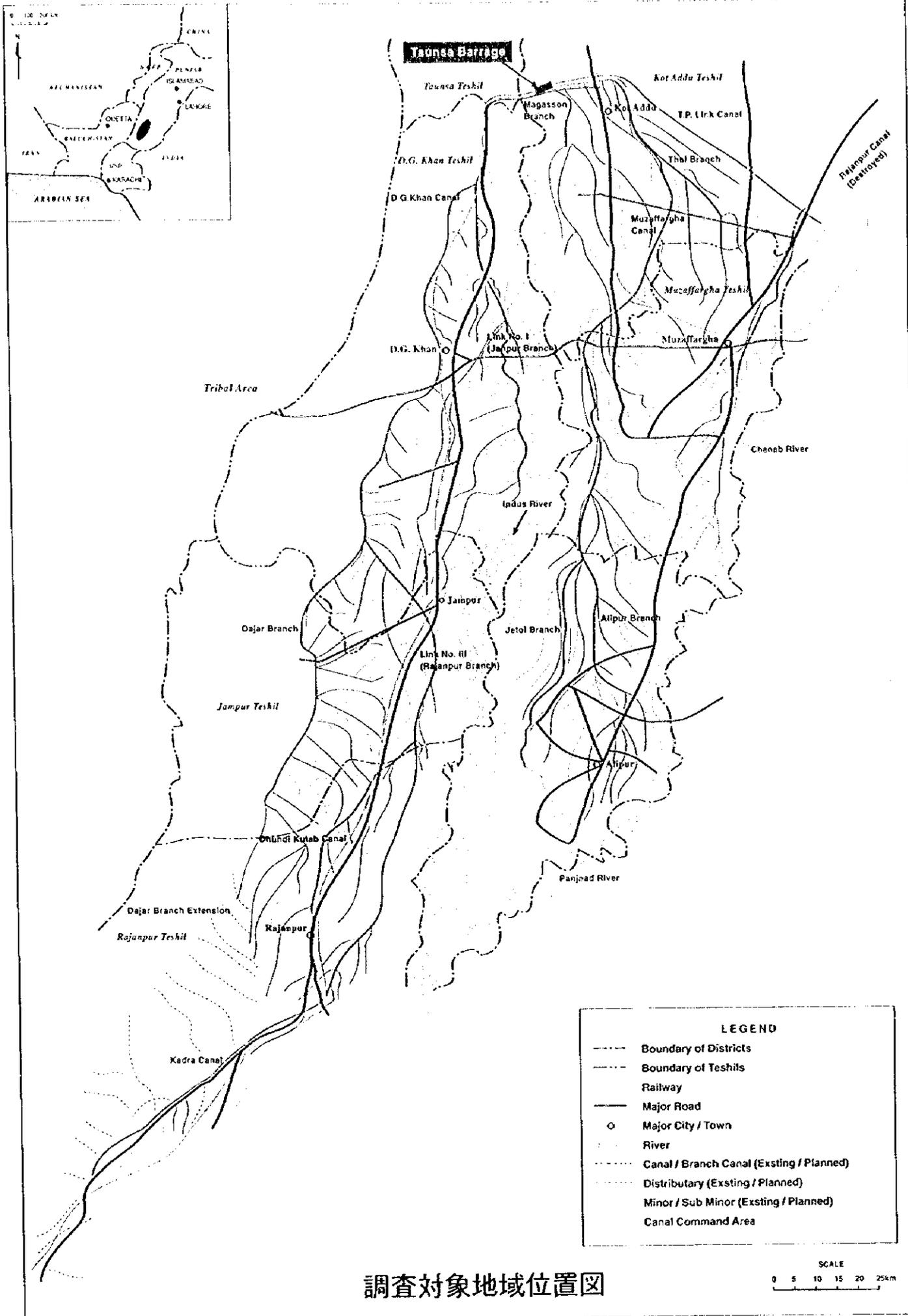
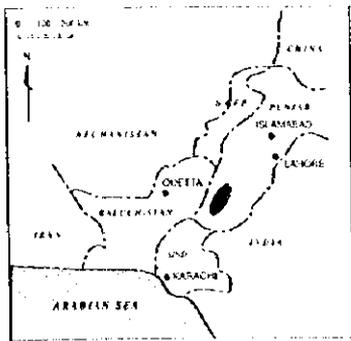
なお同期間中、貴事業団および関係各位には多大なご協力とご支援を賜り、心より御礼を申し上げます。また、パキスタン・イスラム共和国、パキスタン国日本大使館および貴事業団パキスタン事務所の皆様より貴重なご助言とご協力を賜りました。併せて御礼申し上げます。

平成10年8月

日本技研株式会社

タウンサ堰灌漑システム改修計画

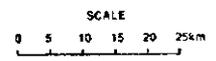
団長 木村 克彦



LEGEND

- Boundary of Districts
- Boundary of Teshils
- Railway
- Major Road
- Major City / Town
- River
- Canal / Branch Canal (Exsting / Planned)
- Distributary (Exsting / Planned)
- Minor / Sub Minor (Exsting / Planned)
- Canal Command Area

調査対象地域位置図



——— 要 約 ———

本件調査は、1997年4月14日にパンジャブ州灌漑電力局（IPD）と国際協力事業団（JICA）の間で調印された「パキスタン国タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」の実施細則に基づいて実施されるものである。本件調査は、1997年8月から1998年3月にかけて、カリフ期、ラビ期での2回の現地調査と国内作業を経て実施されたもので、本報告書はその調査結果をとりまとめたものである。

【計画の背景】

パキスタンイスラム共和国は、農業セクターがGDPの24.2%を、農業従事者は全労働人口の47%を、また農産物が輸出額の半分以上のシェアを占める農業国である。半乾燥地域にあるパキスタン農業は、歴史のある大規模灌漑事業によって支えられてきた。しかし、灌漑施設の老朽化や不十分な水管理のために灌漑効率が40%以下といわれており、農業の生産性向上の制約条件の一つとなっている。

世界でも有数な大河川であるインダス川は、同国の主要水源となっている。流域面積は、566,000 sq.km 以上で国土の70%におよんでおり、総流出量は年間1,814億 cu.m といわれている。このうちの1,312億 cu.m（72%）はインダス川灌漑システム（Indus Basin Irigation System）で取水利用されており、この水量は実に総灌漑水量の73%にあたっている。

同国の灌漑実施上の大きな制約は、年間総雨量の過少さ（年平均総雨量300 mm）に加えて、雨期と乾期が明瞭に分かれている点であり、乾期の利用可能水量は全体の15%に過ぎない。このような自然条件としての制約の他に、灌漑システムの灌漑効率の低さ（全国平均35~40%）とともに、ウォーターロギング、塩害の発生も無視できない状態である（ウォーターロギングは全農地の30%、塩害は13%におよんでいる）。

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、サトラジ川の大川にはインダス川灌漑システムの中核をなす16カ所の大規模取水堰があり、タウンサ堰はこの中でもパンジャブ州西部の一大灌漑地帯を支えている重要水利構造物に位置づけられている。

【調査対象地域】

タウンサ堰は、古来より多くの氾濫水路（Inundation Canal）によってインダス川河水を自然取水して、粗放的な灌漑農業を行ってきたインダス川中流部穀倉地帯の安定的灌漑用水の供給を目的とし、1958年にインダス川中流（流域面積414,800 sq.km）地点に建設された。

灌漑対象範囲は、DGカーン水路 (CCA: 385,000 ha)、およびムザファルガー水路 (CCA: 314,000 ha) がその中核で合計 699,000 ha に及んでいる。このほか、TPリンク水路による導水によってパンジナッド水路 (549,000 ha) へ間接供給しているほか、ラングプール水路 (48,000 ha) へも灌漑用水を供給している。さらに、将来的にはDGカーン水路の末端部から新規ダジャール水路拡張計画 (126,000 ha) も考えられている。これらの灌漑対象地域での主要な夏作物は綿花、冬作物は小麦があげられる。調査対象地域における他の重要作物は、水稲、サトウキビ、各種飼料作物などとなっている。さらに果樹類の中ではマンゴーが最も重要な作物で、高品質のマンゴーが生産されている。調査対象地域における現況作付け体系および作付け率は、DGカーン水路で 102.7%、ムザファルガー水路 100.5% となっている。

タウンサ堰は、65 門 (開門を上下 2 門とすれば 66 門) の本川ゲートと、14 門の取水口ゲートよりなっている。堰全長は、1,324.66 m (4,346 ft) で洪水ゲート、土砂吐ゲートなどの主要ゲート径間長は 18.29 m (60 ft) である。これらの主要ゲート重量は扉体本体だけで 32 ton にのぼり、人力開閉を容易にするためにも、開閉駆動力の軽減に効果的なストーンタイプゲートが採用されている。タウンサ堰の計画洪水量は 28,300 cu.m/sec (1,000,000 cusec) で、既往最大洪水量はこれの 76% にあたる 21,530 cu.m/sec (760,784 cusec) となっている。

タウンサ堰灌漑地域水路システムは、DGカーン水路、ムザファルガー水路およびTPリンク水路の 3 水路系よりなり、支線水路、副支線水路までふくめた全水路延長は 2,791 km におよぶ。DGカーン水路は、現在のカリフ期計画取水量が 260 cu.m/sec (9,180 cusec) で、インダス川右岸のヒルトレント境界部までを広くカバーしている。ムザファルガー水路、カリフ期の計画取水量が 235 cu.m/sec (8,285 cusec) で肥沃なインダス川左岸地域を灌漑している。TPリンク水路は、計画導水量 340 cu.m/sec (12,000 cusec) でタウンサ堰地点左岸取水口より取水されインダス川支流のチェナブ川に導水されている。

タウンサ堰は、このような基本的な利水堰としての役割のほかに、地域交通の要として、道路、鉄道の通行施設としても重要な役割を果たしている。さらに、エネルギー輸送のためのパイプラインも敷設されておりエネルギー供給の面でも重要な動脈となっている。

【タウンサ堰灌漑システムの問題点】

タウンサ堰灌漑システムは、タウンサ堰のみならず、送水システム、配水システム、さらには水管理システム等、灌漑利水のための様々なサブシステムより構成されている。タウンサ堰灌漑システムに関するそれぞれの分野での状況調査から、現状の障害、破損状況は以下のようにまとめられる。

改修箇所		現状の障害、破損
堰ゲート	扉体	-土砂吐ゲートは、操作・管理の困難な二枚扉であり、開閉が困難なほど損傷 -土砂吐ゲートの扉体端部の損傷、下段扉トラスの腐食が顕著 -一部の洪水ゲート扉体トラスに変形
	ゲート支承部	-全ゲートにおいてトラックプレートが激しく磨耗 -全ゲートにおいてローラトレインの変形、戸溝との接触、ローラの脱落 -全ゲートにおいてロッカーアセンブリの低剛性による激しい磨耗、変形 -多くのゲートにおいてローラーガードが破損・脱落
	ゲート水密部	-ゲート水密部シール金物の脱落 -扉体底部の腐食凹凸による水密性低下
	開閉装置	-ドラム、軸受けに顕著な緩みやクラックが発生 -中間ギヤフレームでの腐食進行 -不適切な装置構造が維持管理に支障 -手動開閉による不便、開閉の遅れ
	ホイストデッキ	-木製デッキの老朽化により、載荷能力、安全性の低下
	点検通路	-不便な構造により、維持管理が不可能
水利構造物	堰グレース	-下流グレース部スキンコンクリート、同配合鉄筋の激しい磨耗 -シルビームに激しいピッチング
	下流フローア	-スキンコンクリートの部分的な剥離 -スキンコンクリートとマスコンクリートの脱接着、中間流発生 -コンクリート継ぎ目部からの湧水
	フリクションブロック	-相当数ブロックの転倒、変形 -フローア接着部の露出、変形鉄筋の露呈
	護床工	-護床工の変形、流去、沈下
基礎	堰体基礎	-下流部コンクリート継ぎ目部からの湧水 -堰上下水位差に制限を設ける必要を生じるほどの地下浸透流懸念
	堰アバット	-左岸アバットの地下浸透流による顕著な沈下
水路	水路	-DGカーン水路の激しい堆砂 -水路横断構造物直下の激しい護岸侵食
	水路構造物	-幾つかの主要水路構造物における堰体、ゲートの劣化 -エスケープ施設の劣化、配置不足によるエスケープ機能の不備

このような損傷、破損状況から、タウンサ堰灌漑システムは、特に堰システムの障害が顕著で放置できない状況にあると考えられる。

【タウンサ堰灌漑システムの改修計画】

タウンサ堰の最も直接的な支障は、ロッカーアセンブリーや、ローラトレインを含めた戸当たり部全体の損傷、磨耗が激しく、ゲートの開閉の困難さに現れてきている。このような障害部分の劣化は着実に進行するとともに、困難になったゲート操作状況下における無理な巻き上げ開閉がさらに関連部分の損傷を誘発して、今後の「ゲート巻き上げの困難さ」は指数関数的に増大していくものと

考えられる。仮に 12 人操作 (87 kgm) が開閉の限界と想定すれば、2001 年には可動不能ゲートが発生しだし、その後さみだれ的に可動不能が頻発してくる状況といえる。その他の特定ゲート扉体の改修、土木構造物の改修、堆砂対策などは、いずれも日常の維持管理修理対処ではその機能劣化をくい止めることができず、いずれも緊急を要する改修重要点である。それぞれも放置しておけば、劣化が進みそれぞれの機能停止というかたちで堰そのものを崩壊に導く要素である。

現状の被害状況からみて、タウンサ堰システムは緊急な改修工事が必要と判断できる。本件改修計画は、これらの現状におけるタウンサ堰灌漑システムにおける諸障害の除去を第一目標とし、必要に応じて機能向上のための改善策を講じるものとする。改修計画策定に当たっての改修対処方針は、以下の通りとする。

- 1) タウンサ堰システムは、早急な改修工事着手を目指す
- 2) 改修の内容・方法は、実施機関および担当技術者全般の実施能力・実施容量に見合ったものとする
- 3) ゲート方式は、現状のストーニーゲートタイプを踏襲する
- 4) ゲートの取り替え、支承部の改造に関しては予備ゲートを活用する
- 5) 特にホイスト、スーパーストラクチャーに関する現設計の欠陥、不備内容は可能な限り改善に努める
- 6) タウンサ堰水利構造物において、現設計の前提となる水理条件の変化などに関しては、必要最小限のリモデリングを考える
- 7) タウンサ堰の許容上下流水位差は、暫定制限值から本来設計値に回復させる
- 8) 改修工事は、ゲート主要工事を先行させて、各戸当たり水密が確保された後、逐次下流側水利構造物の改修を行う
- 9) 本件改修計画の事業目的は、灌漑用水供給に基づく農業効果を基本とする
- 10) 事業主体が異なる鉄道橋梁の改修は対象外とする
- 11) 輸送効果が中心となり、管理責任も複数部局にまたがるタウンサ堰道路橋梁は、その改修の緊急性も勘案して、別途フェーズでの実施とする

本件改修計画調査では、このような改修計画方針にしたがって、改修規模と改修方法・改修工事期間に関する比較分析を行って、以下のような最適改修計画案を策定した。この場合、全体の中核となるゲート改修工事は、6 台の予備ゲート（メンテナンスゲート）を利用して、全体で 6.5 年の工事工期で実施するのが最も有利であることが明らかとなった。

工 種	改修内容	改修数量
ゲート施設改修		
扉 体		
土砂吐ゲート	一枚扉にリモデル、全て取り替え	11 門
洪水吐ゲート	現扉体を継続利用、底部リップ部は切断して部分更新	54 門
取水口ゲート	TPリンクゲートのみ新規更新（その他は現行扉体を継続使用）	1 門
ゲート支承部	土砂吐、洪水吐ゲートは全面更新	65 門
ゲート水密部	土砂吐、洪水吐ゲートはゲート底部に平型水密ゴムを設置	65 門
開閉装置	異常、損傷部のみ調整、土砂吐、洪水吐ゲートは補修	65 門
開閉電動化	土砂吐、洪水吐ゲートは電動化（機側操作タイプ）	65 門
ホイストデッキ	グレーチングに更新	85 門
点検通路	中間ギア一部に通路設置	85 門
スーパーストラクチャー	全面塗装	85 門
予備ゲート	メンテナンスゲート（予備ゲート）の調達	6 門
水利構造物改修		
スキンコンクリート	スキンコンクリートの全面補修	10,400 cu.m
フリクションブロック	フリクションブロックの全面補修	1,728 カ所
護床工	護床ブロックの延長	8,218 個
水圧観測装置整備	13ピアーに各12個の間隙水圧計設置	156 カ所
堰体基礎	堰下流グレースよりグラウト施工	1,325 m
堰アバット補修	左右岸トランシジョン壁の補修	2 カ所
水路浚渫	DGカーン水路上流部の12.192kmにわたる浚渫	1,270 千cu.m
水路施設補修	水路システム放流工の改修	2 カ所
機材整備	維持管理、モニタリング機材の調達	一式

【改修事業事業費および実施計画】

本件改修工事の直接工事費は、1,964百万ルピー、総工事費は2,610百万ルピーと見積もられた。それぞれの内訳は、下表の通りである。

費用項目	コスト (Rs. million)
直接工事費	1,964.0
間接事業費	294.6
税金その他	155.4
工事予備費	196.4
総工事費	2,610.4
価格変動予備費	1,983.8
金利財務費	78.3
工事価格	4,672.5
維持管理費（年経費）	28.81
更新費（10年経費）	22.18

ゲート工事は、フローティング式予備ゲートを活用する。予備ゲートは、全ての工事に先立ち調達・

製作を完了させ、分割して現地サイトへの輸送を完了する。予備ゲート組立、利用準備完了後は、各ゲート改修本格工事に入る。改修順序は、右岸土砂吐ゲート、左岸土砂吐ゲートと着手し、そののち洪水ゲートを両岸側から中央部に向かって作業していく。

水利構造物の改修にかかわる土木工事は、ゲート改修工事が完了して水密性が確保されたゲート群から作業を進めていく。まず、下流側に13門単位でコフファーダムを建設する。コフファーダムは、クレーン台船を利用して土囊を設置して完成させる。その後、スキンコンクリート、フリクションブロック、護床ブロックと工事を進めていく。

本件改修事業は、パンジャブ州灌漑電力局を事業実施主体とした、請負契約形態での実施とする。本件事業請負契約は、1) 詳細設計、2) ゲートおよびゲート関連工事契約、3) 予備ゲート調達契約、4) 土木工事契約、5) 資機材調達契約、6) 事務所等建設契約の6種に分割される。詳細設計は、契約準備期間も入れて18カ月を要する。ゲート関係詳細設計承認後、速やかに各工事契約準備が開始され、すべての契約工事が上記の6.5カ年で完了する。

改修工事完了後は、タウンサ堰管理事務所によって適切な維持管理を推進していく。タウンサ堰管理事務所は、既存の事務所・組織を基本に、改修事業によって生まれた実施作業と陣容との矛盾を調整して、より効果的な維持管理事務所組織に再構築する。

【事業評価】

本件改修事業の便益は、「堰崩壊のシナリオ」に基づいて、将来堰の破損によって失われるであろう農業生産が、改修によって堰の機能が維持され農業生産が保障されるとして算出された。便益発生対象受益地は、DGカーン水路、ムザファルガー水路、ラングプール下流水路灌漑地域とした。TPリンク水路は、元来チェナブ川の流量を増大させ下流側のパンジナッド水路灌漑地域の農業生産に寄与しているが、ここでは間接的な便益として評価の対象から除外した。また、ダジャール二次水路拡張計画については、その実施が不確実であるため、評価対象としない。

受益農地における作付体系は、事業を実施した場合は、基本的に将来も現在の体系が保たれるものとした。事業を実施しない場合は、本川ゲートが操作不能となり取水量が減少し灌漑面積が減少することとした。これは各ゲートの破壊時期は、操作力の設計値と測定値に基づいて推定した。灌漑不能となった農地では天水農業に転換され、さらに灌漑が必須の作物は飼料作物に転換される。なお、改修工事期間中は、カリフ期とラビ期ともに灌漑取水量は50%に減少すると想定した。

算定された事業の評価値は、下表に示すようにEIRRは50.2%と、受益面積が広大であることから事業費に対し便益が大きく、非常に経済的効率の高い事業であることが明確となった。

項目	評価値
1 純現在価値 (NPV、割引率 12%)	Rs. 26,681 million
2 費用便益比率 (B/C、割引率 12%)	26.1
3 経済的内部収益率 (EIRR)	50.2 %

本件事業の実施にともなって、このような高い経済効果に加えて、パンジナッド堰灌漑システムの機能保持、洪水被害の軽減、安定的水供給による農業経営の改善、ダジャール二次水路拡張計画の実施可能性の確保、灌漑以外の堰機能の確保などの、社会経済的波及効果も期待できる。

さらに、本件事業では灌漑地域の拡張等は含まれておらず、堰本体の工事を除いては、本プロジェクトが環境に与える負のインパクトはほとんど考えられない。また、堰本体の工事に関しても、インダス川の流況に影響するような大工事ではなく、基本的には環境に与える負のインパクトはほとんど考えられない。このようなことから環境面においても極めて健全な事業と判断することができる。

【結論および勧告】

調査対象地域では、過酷な自然環境の中で活発な農業生産活動、活気ある社会生活が営まれており、それらの全てがタウンサ堰灌漑システムにより安定的に供給される「水」に依存している。また、このような地域経済、社会の基礎を成しているタウンサ堰灌漑システムも、完成後、約40年を経過して顕著な損傷、機能障害が見られる。これらから、タウンサ堰灌漑システムはタウンサ堰を中心に放置できない状況で、適切な対処を早急に施さなければ、堰システムそのものが灰燼に帰すことも憂慮される深刻な事態にあることが明らかとなった。

本件調査では、このような現状把握に基づいて、各サブシステム、構成部分ごとに分析・診断して問題点を明らかにし、それぞれのサブシステムごとに最適な改修規模・方法を選定し全体改修計画を策定した。そして、改修最適案としてタウンサ堰のゲート支承部、開閉装置の改善と、水利構造物の修理などで構成される本件改修計画を策定した。この、本件改修計画は、経済、財務、環境等の各側面から事業評価を行った結果、実施優先度が極めて高いことが確かめられた。経済的内部収益率は50.2%と極めて高い投資効果を表しているとともに、現状を放置した場合の経済・社会的低落がいかに大きなものであることを示している。また、事業を実施した場合の環境面での顕著な負のインパクトも認められず、早急な事業実施が可能であり、本件改修計画実施の妥当性、必要性および緊急性は極めて高いと判断された。

このような事業実施にむけて極めて肯定的な結論をうけて、次の諸点を勧告する。

- 1) 本件改修計画は、経済、社会、財務、環境の各面から実施妥当と判断されており、早急な事業実施を強く勧告する。
- 2) 事業実施に向けて、国内における事業実施手続き、日本をはじめとする各外国ドナーに対し資金調達のための交渉を速やかに開始することを勧告する。
- 3) 事業実施に向けて、本件調査で提案された事業実施体制整備を進め、他関係機関との調整を行うことが望まれる。
- 4) 受益農民に対し、タウンサ堰システムの重要性と深刻な現状とともに、これを克服するための本件事業実施の必要性を広く啓蒙しておくべきである。また、この事業実施の概要を説明するとともに、時期によっては多少の利水面での不便が発生することを示し、協力を得るよう活動することが望まれる。
- 5) 現在、相当な障害が発生しており改修工事の対象となっている各部分については、特に慎重な維持管理を行い、障害が予想外に悪化して改修工事に不都合が生じないように努力することが望まれる。
- 6) 堰道路橋の改修については、本件改修計画の中での単独フェーズとしての実施が提案されている。同フェーズの実施は、道路交通局、DGカーン郡庁などとの共同工事となるため、今後さらに詳細な共同調査を実施するとともに、その実施責任分担、実施の方法、時期、予算配分等の調整を図ることが必要である。
- 7) 本件計画は、タウンサ堰灌漑システムの改修計画と位置づけられる。この事業の実施によって、計画対象地域の第一段階の開発は回復される。しかし、同地域は高い開発ポテンシャルをなお有しており、今後さらに高い水準を目指した再開発が可能である。本件実施後、適当な時期に第二段階の開発計画の企画・推進が期待される。
- 8) 本件改修計画の実施によって、右岸土砂吐ゲートの機能性は格段に向上し、DGカーン水路の堆砂問題は大きく改善される。この場合、改修効果を十分に発揮するためには、適切な土砂吐ゲートの運用が前提であり、右岸ポケットの堆砂深のモニタリング成果を参考にした適時の土砂吐ゲート運用が不可欠である。また、本件改修計画では右岸ポケットへのシルトイクスルーダーの設置を含めていないが、改修後の土砂吐ゲートの機能性向上をモニターしつつ、さらにシルトイクスルーダーの設置が必要と判断される場合には、詳細な水理模型実験を経てその計画・設計・実施が望まれる。
- 9) パンジャブ州灌漑局においては、本件調査での改修対策などに関する成果を活用し今後更に差し迫った他水利堰の具体的な改修計画企画を推進していくことが望まれる。

- 10) 実施設計作業の開始に先立ち、さらに詳細な堰体下流部、フリクションブロックなどの被害調査を行って詳細情報の蓄積に努め、効率の良い実施設計実施のための準備を進めるべきである。また、被害状況の変化を常に監視して実施設計に反映させることが望まれる。
- 11) 現在までの各モニタリング資料、管理記録、図面等の整理を進め、実施設計時の活用に備えることが望まれる。
- 12) 工事実施に必要な用地の確保、人材の再訓練を実施すること。
- 13) 工事実施中の利水については、可能な利水量、利水配分を十分検討して、灌漑電力局本局、利水管理部とよく調整を図っておくこと。
- 14) 実施設計にあたっては、タウンサ堰周辺のマクロスケールの水理実験、堰体下流部跳水現象に関する水理実験、堰体下流フリクションブロックの水理特性に関する実験、土砂吐ポケットの堆砂問題に関する水理実験、妥当なゲート運用形態に関する水理実験、水路構造物の洗堀に関する水理実験など、多項目における水理模型実験が必要と判断される。予め実験実施準備を進めることが望まれる。
- 15) タウンサ堰貯水池エリアは、野生生物保護区域に指定されており、本件改修事業計画を超えた自然環境の改変は行うべきではない。特に、インダス川イルカの生態保全には慎重であるべきで、場合によっては現在実施中のオックスフォード大学による調査最終成果を踏まえた堰魚道の形状変更も検討すること。
- 16) 現在の維持管理体制の問題点を十分認識して、新しい改修事業施工後の維持管理体制への強化を進めること。
- 17) 維持管理規定を見直し、各維持管理担当者に徹底させること。
- 18) 各モニタリング機器、モニタリングデータ分析、保管のためのパーソナルコンピューターなどの導入を進め、担当人員には活用訓練を進めること。
- 19) 河川管理工事は、現在までの河川管理方針を尊重して、引き続き継続的に河道管理、堤防管理を進めること。
- 20) 各水路システムでは、定期的に適切な水路浚渫、ゲート等構造物の修理を遂行すること。
- 21) ワークショップは、今後の関連既存システムの維持管理作業量、内容に対応した規模、構成であるべく再構築することが望まれる。製品内容、価格によっては民間業者の積極的な導入が勧められることから、対象業者の育成、外注システムの整備を進めなければならない。
- 22) 本件改修工事に利用した6台の予備ゲートは、工事完了後、それぞれの利用計画に基づいて、工事や維持管理作業に機能的に活用すること。

目 次

調査対象地域位置図

要 約

1. 緒 論.....	1
1.1. はじめに.....	1
1.2. 調査の背景.....	1
1.3. 調査の目的.....	2
1.4. 調査対象地域.....	2
1.5. 調査の範囲.....	2
2. 計画の背景.....	5
2.1. パキスタンの国家経済.....	5
2.2. パキスタンの農業.....	5
2.3. インダス川利水計画.....	6
2.4. パキスタンにおける灌漑組織改革の動向.....	7
3. 調査対象地域の現況.....	11
3.1. 調査対象地域の概況.....	11
3.2. 地域行政および社会特性.....	12
3.3. タウンサ堰灌漑システム.....	13
3.3.1. タウンサ堰.....	13
3.3.2. タウンサ堰水路システム.....	14
3.3.3. タウンサ堰灌漑システムの水配分.....	17
3.3.4. タウンサ堰灌漑システムの操作運用.....	17
3.3.5. タウンサ堰灌漑システムの運用体制.....	20
3.4. 調査対象地域の農業.....	25
3.4.1. 土地利用および作付体系.....	25
3.4.2. 現況耕種法および農業生産.....	30
3.5. 調査対象地域の灌漑.....	31
3.5.1. タウンサ堰水路掛り.....	31
3.5.2. 関連事業.....	33
3.5.3. その他の水利用.....	35
3.6. 調査対象地域の農業経済.....	36
3.7. 調査対象地域の社会基盤.....	38
3.8. 調査対象地域の自然および社会環境.....	39
3.8.1. 環境関連組織および環境保全に関する取り組み.....	39
3.8.2. 初期環境調査.....	40
4. タウンサ堰灌漑システムの問題点.....	43
4.1. タウンサ堰ゲートにかかわる問題点.....	43
4.2. タウンサ堰の水利構造物にかかわる問題点.....	46
4.2.1. 水利構造物.....	46
4.2.2. 堰体基礎.....	49
4.3. タウンサ堰の堆砂にかかわる問題点.....	52

4.4.	水路システムにかかわる問題点.....	52
4.5.	水利行政にかかわる問題点.....	54
4.6.	維持管理にかかわる問題点.....	54
4.6.1.	堰灌漑システムの維持管理.....	54
4.6.2.	ワークショップ.....	55
5.	タウンサ堰灌漑システムの改修基本計画.....	57
5.1.	タウンサ堰灌漑システムの現状評価および対処方針.....	57
5.1.1.	タウンサ堰灌漑システムの現状評価.....	57
5.1.2.	堰崩壊のシナリオ.....	58
5.1.3.	タウンサ堰灌漑システム改修対処方針.....	59
5.2.	調査対象地域の将来の利水動向.....	61
5.3.	タウンサ堰改修目標.....	61
5.4.	最適改修工事規模の比較検討.....	65
6.	改修計画.....	73
6.1.	タウンサ堰の改修計画.....	73
6.1.1.	ゲート改修計画.....	73
6.1.2.	水利施設改修計画.....	76
6.1.3.	その他.....	78
6.2.	水路システムの改修計画.....	79
6.2.1.	DGカーン取水部の水路改修計画.....	79
6.2.2.	その他水路システムの改修計画.....	80
6.3.	灌漑施設にかかわる改修計画.....	80
6.4.	利水運営にかかわる改善計画.....	81
6.5.	維持管理組織・運営にかかわる改善計画.....	81
6.6.	ワークショップにかかわる改修計画.....	82
7.	施設改修計画および事業費.....	85
7.1.	タウンサ堰ゲート施設改修工事.....	85
7.2.	タウンサ堰水利施設改修工事.....	86
7.3.	タウンサ堰体基礎強化工事.....	86
7.4.	タウンサ堰堆砂抑制工事.....	86
7.5.	水路施設改修工事.....	86
7.6.	機材整備.....	87
7.7.	仮設工事.....	87
7.8.	改修事業費.....	90
7.8.1.	建設工事費.....	90
7.8.2.	施設更新費.....	91
7.8.3.	事業運営維持管理費.....	92
8.	事業実施計画.....	93
8.1.	事業実施上の制約.....	93
8.2.	事業実施工程計画.....	93
8.2.1.	事業実施体制.....	93
8.2.2.	事業実施工程.....	94
8.3.	維持管理計画.....	96
8.4.	実施契約.....	97

8.5. 事業のモニタリング計画.....	99
9. 事業評価.....	101
9.1. 概要.....	101
9.2. 経済評価.....	101
9.3. 財務評価.....	106
9.4. 社会経済的波及効果.....	107
9.5. 環境評価.....	108
10. タウンサ堰道路橋改修にかかわる追加的検討.....	109
10.1. タウンサ堰道路橋の現状.....	109
10.2. タウンサ堰道路橋改修の必要性.....	109
10.3. タウンサ堰道路橋改修計画.....	110
10.4. タウンサ堰道路橋改修工事および工事費.....	110
10.5. 事業評価および事業実施方法.....	110
11. 結論および勧告.....	113
11.1. 結論.....	113
11.2. 改修事業実施にかかわる勧告.....	113
11.3. 実施設計、工事実施にかかわる勧告.....	114
11.4. 維持管理および運用にかかわる勧告.....	115

添付資料

- 1 調査実施細則
- 2 協議議事録（インセプションレポート）
- 3 協議議事録（プログレスレポート1）
- 4 協議議事録（インテリムレポート）
- 5 協議議事録（プログレスレポート2）
- 6 協議議事録（ドラフトファイナルレポート）

図面集

表リスト

表 1.5.1	調査の内容と成果	3
表 2.2.1	パキスタンの水源別灌漑農地面積（1996年度）	6
表 2.3.1	インダス川水系の主要灌漑施設の概要	7
表 3.1.1	水路系別粗灌漑面積および純灌漑面積（1996-97年度実績）	12
表 3.2.1	関係ディストリクトのテシル別面積および人口	13
表 3.3.1	タウンサ堰の施設概要	14
表 3.3.2	最上流幹線水路形状	15
表 3.3.3	水路延長	16
表 3.3.4	放水工の放水容量	16
表 3.3.5	インダス川水利権	17
表 3.4.1	調査対象地域の現況土地利用	26
表 3.4.2	地下水位	28
表 3.4.3	表層土壌の塩類濃度	28
表 3.4.4	調査地域における現況作付け体系	29
表 3.4.5	水源別灌漑面積	30
表 3.4.6	主要作物の現況耕種法	30
表 3.4.7	DGカーンディビジョンにおける主要作物	31
表 3.5.1	各水路の標準単位用水量と灌漑可能面積	32
表 3.5.2	チューブウエルの分布状況	33
表 3.6.1	調査対象地域における農家・農地面積の経営面積・土地所有形態分布	36
表 3.6.2	調査対象地域の作物別農家所得	38
表 4.2.1	水利構造物の被害状況	47
表 4.2.2	最新時点の河床低下（レトログレション）状況	48
表 4.2.3	タウンサ堰下流構造物の被災履歴	49
表 5.1.1	タウンサ堰灌漑システムの障害、破損状況	57
表 5.2.1	タウンサ堰利水権量	61
表 5.3.1	タウンサ堰灌漑システム診断表	63
表 5.4.1	改修計画の比較案	66
表 5.4.2	工事計画の代替案	69
表 5.4.3	工事計画の代替案の検討結果	69
表 5.4.4	パンジャブ州の主要灌漑施設の供用年数	70

表 6.1.1	水利施設の現状分析.....	77
表 7.1.1	タウンサ堰ゲート施設工事数量（本川ゲート 65 門）.....	85
表 7.1.2	タウンサ堰ゲート施設工事数量（取水口ゲート 19 門）.....	85
表 7.1.3	タウンサ堰ゲート施設工事数量（予備ゲート 6 門）.....	85
表 7.2.1	タウンサ堰水利施設改修工事数量.....	86
表 7.5.1	水路施設改修工事数量.....	87
表 7.6.1	機材整備計画.....	87
表 7.8.1	建設工事費.....	91
表 7.8.2	施設更新費.....	92
表 7.8.3	年間維持管理費用.....	92
表 8.2.1	タウンサ堰事業実施事務所の人員配置計画.....	94
表 8.3.1	タウンサ堰管理事務所の人員配置計画.....	97
表 8.4.1	請負工事契約.....	98
表 9.2.1	タウンサ堰灌漑システム改修事業の建設費、維持管理費、更新費.....	102
表 9.2.2	主要作物の純収益（経済価格）.....	103
表 9.2.3	事業の農業便益（経済価格）.....	104
表 9.2.4	年次別キャッシュフロー.....	105
表 9.2.5	事業の純現在価値、費用便益比率、経済的内部収益率.....	106
表 9.2.6	事業の感度分析.....	106
表 9.3.1	単位面積当たり農業収入と水利費.....	107

図リスト

図 3.1.1	タウンサ堰灌漑システム配置図.....	11
図 3.3.1	パンジャブ州灌漑電力局の組織図.....	22
図 3.3.2	タウンサ堰灌漑システムに関する灌漑電力局の主要部署.....	23
図 3.3.3	タウンサ堰管理事務所の組織図.....	24
図 3.4.1	調査対象地域の現況土地利用図.....	27
図 5.1.1	ゲート開閉必要操作力の推移.....	59
図 5.3.1	タウンサ堰灌漑システム改修計画基本方針概念図.....	62
図 5.3.2	タウンサ堰灌漑システムの問題点とその対策方針に関する関係概要図.....	64
図 7.7.1	ゲート工事のフロー.....	89
図 7.7.2	水利構造物工事のフロー.....	90
図 8.2.1	事業実施工程.....	95
図 8.2.2	工事実施工程.....	96
図 8.4.1	各請負契約毎の事業実施工程.....	99
図 9.2.1	事業の便益概念図.....	104

1. 緒 論

1.1. はじめに

本件調査は、1997年4月14日にパンジャブ州灌漑電力局 (IPD) と国際協力事業団 (JICA) の間で調印された「パキスタン国タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」の実施細則 (S/W、添付資料1参照) に基づいて実施されたものである。

本ドラフトファイナルレポートでは、フェーズ1およびフェーズ2の現地調査と国内作業を通じて得られた成果に基づき、計画の背景 (第2章)、調査対象地域の現況 (第3章)、タウンサ堰灌漑システムの問題点 (第4章)、タウンサ堰灌漑システムの改修基本計画 (第5章)、改修計画 (第6章)、改修施設計画および事業費 (第7章)、事業実施計画 (第8章)、事業評価 (第9章)、タウンサ堰道路橋改修にかかわる追加的検討 (第10章)、結論および勧告 (第11章) について述べる。

1.2. 調査の背景

パキスタンイスラム共和国は、農業セクターがGDPの24.2%を、農業従事者は全労働人口の47%を、また農産物が輸出品目の半分以上のシェアを占める農業国である。現在、主要作物のうちコムギ、コメ、サトウキビは不足状態であるが、ワタは生産過剰気味となっている。しかし2009-10年の生産見通しによれば、これら全てが生産不足となり、その量は882、295、2042、67万トンとなる。このように増大する農産物の需要に対処するために、灌漑用水量の拡大と効率的な水管理・水利用が必要である。

半乾燥地域にあるパキスタン農業は、歴史のある大規模灌漑事業によって支えられてきた。しかし、灌漑施設の老朽化や不十分な水管理のために灌漑効率が40%以下といわれており、農業の生産性向上の制約条件の一つとなっている。

タウンサ堰は、インダス川などに設けられた全国で16カ所ある堰の一つである。タウンサ堰には、ムザファルガー水路システム、DGカーン水路システム、TPリンク水路の3水路の取水工が設けられており、パンジャブ州西部の一大灌漑地帯を支えている。

インダス川左岸のムザファルガー水路システムは非通年 (non-perennial) 灌漑区であり、カリフ期の計画取水量が235 cu.m/sec (8,285 cusec)、灌漑面積約38万ha (CCAで32.8万ha) である。取水工は5門のゲートよりなり、上記TPリンク水路取水工と隣接して配置されている。また、インダス川右岸のDGカーン水路システムも非通年灌漑であり、カリフ期の計画取水量が235 cu.m/sec (当初8,301 cusec、暫定値9,180cusec)、灌漑面積約52万ha (CCAで36.7万ha) である。取水工は7門のゲート

よりなり、その取水工はタウンサ堰右岸に独立して配置されている。同水路では、その末端にあるグジャール支線水路の延長計画が長年の懸案となっている。TPリンク水路は、タウンサ堰地点左岸取水工（ゲート7門構成）より取水され、インダス川支流のチェナブ川につながる導水路である。計画導水量上限値は通年で340 cu.m/sec (12,000 cusec) となっている。チェナブ川導水地点の下流には、灌漑利水主体のバンジナッド堰（取水量286 cu.m/sec または 10,100 cusec）がある。同水路からは直接利水はされていないが、現在洪水によって破損したリングプール水路に一部導流水を分水している。

タウンサ堰は、1959年の供用開始以来38年間運用されて老朽化が目立つようになっている。現在はその機能劣化のため取水が阻害され、洪水時のゲート操作にも支障を来しているといわれている。堰を管理するパンジャブ州灌漑電力局は、そのタウンサ堰灌漑システムの重要性と改修の緊急性を認識し、ゲート施設改修、堰体そのものの安定度や水路取り入れ口への堆砂問題なども取り込んだ調査の実施を切望していた。

これらの状況に鑑み、パキスタン国政府は我が国に対し、1996年1月、「タウンサ堰灌漑システム改修計画」の策定に係るフィージビリティ調査の実施を要請してきた。これを受けて日本国政府は、国際協力事業団を通じ1997年4月に事前調査団を派遣し、S/Wを締結した。

1.3. 調査の目的

本件調査の目的は、パキスタン国パンジャブ州のタウンサ堰灌漑システムの改修計画策定に係わるフィージビリティ調査を実施することである。

また、パキスタン国側カウンターパートに対し、個々の調査項目の調査手法および計画立案の手順、考え方について技術移転・指導することも、本件調査の重要な目的である。

1.4. 調査対象地域

調査対象地域は、パキスタン国パンジャブ州西部のタウンサ堰灌漑システム地域である。タウンサ堰はインダス川河口から900 km上流にあり、灌漑対象面積約90万 ha、受益者数約350万人である。

1.5. 調査の範囲

本件調査は、平成9年度から平成10年度までの2年次にわたり、全調査期間を2つのフェーズに分けて実施する。フェーズ1では国内事前準備作業、第1次現地調査および国内作業を通じてタウンサ堰改修基本方針を策定し、フェーズ2では第2次現地調査および国内作業の中で改修計画を策定し、最終報告書を完成する。

年次別にみると、第1年次（平成9年度）では、国内事前準備、第1次現地調査・国内作業、第2次現地調査・国内作業を行い、ドラフトファイナルレポートの作成までを実施する。第2年次（平成10年度）では、ドラフトファイナルレポートの現地説明を行い、ファイナルレポートを作成する。

表 1.5.1 調査の内容と成果

調査項目	調査の各段階での成果		
	現況把握	評価解析	事業計画
要請書、S/Wなどの整理	事業の背景、経緯		事業実施計画
一般情報の収集整理	事業の背景、位置づけ		事業実施計画
関連事業のレビュー	事業の背景、位置づけ		事業実施計画
地域社会経済調査	受益範囲		事業評価（便益）
地域農業調査 （衛星リモートセンシング 解析を国内再委託業務で実施）	土地利用 営農状況		事業評価（便益）
気象水文調査	水利用・需要		事業評価（便益）
灌漑システム調査	営農状況と水利用・需要	水路システムの問題点 最適工事規模の検討（水路システム）	改修計画（水路システム）
環境調査	自然・社会環境	初期環境調査	事業評価（環境評価）
ゲート機械構造部調査 （エンジン巻き上げ機を利用）	ゲート機械構造部	ゲート構造部の問題点 最適工事規模の検討（ゲート施設）	改修計画（機械構造部）
堰取水操作管理調査	施設運営・維持管理 水利行政	水利行政の問題点 維持管理の問題点	改修計画（施設運営） 改修計画（維持管理）
堰土木構造物基礎部調査 （ボーリング調査を現地再委託業務として実施）	堤体基礎部	堰体基礎の問題点 最適工事規模の検討（水利構造物）	改修計画（土木基礎部）
堰水利施設調査	施設運営	堰の堆砂の問題点 最適工事規模の検討（水利構造物）	改修計画（水路システム） 改修計画（利水運営）
施工計画関連調査	施工条件	最適施工方法の検討（工期と予備ゲート門数）	改修計画（ワークショップ） 施工計画 事業費
事業評価関連調査	評価基準	最適工事規模、施工方法の検討（経済性比較）	事業評価（経済評価、財務評価、環境評価）
事業実施計画関連調査	事業実施体制		事業実施計画

2. 計画の背景

2.1. パキスタンの国家経済

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 sq.km 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 130mm 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/sq.km 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 %、バシユト 9.0 %、パローチ 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 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 年計画を作成中である。

2.2. パキスタンの農業

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、灌漑開発は洪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。

表 2.2.1 パキスタンの水源別灌漑農地面積（1996年度）

	水路	井戸	水路・井戸	管井戸	水路・管井戸	その他	合計
灌漑面積（百万ha）	7.51	0.17	0.1	2.83	6.41	0.18	17.2
割合（%）	43.7	1.0	0.6	16.5	37.3	1.0	100.0

出典：Economic Survey 1996-97, Government of Pakistan

パキスタン国では畜産業も作物生産と並んで重要であり、多くの家畜が飼育されている。中でも山羊の頭数は4760万頭で、世界第3位である。また、山羊を含めた羊肉の生産量は100万トンで世界第4位である。

2.3. インダス川利水計画

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cu.mで、このうち1,310億cu.m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cu.m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、マンガラダム、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cu.m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。

表 2.3.1 インダス川水系の主要灌漑施設の概要

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 cu.m
チャシュマ（インダス川）	有効貯水量 6億 cu.m
マンガラ（ジェラム川）	有効貯水量 65億 cu.m
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、サトラジ川などへインダス、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2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。

2.4. パキスタンにおける灌漑組織改革の動向

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。1993年に始まる第8次5カ年計画は、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いる。

他方、1991年に政府は灌漑事業関連の排水事業について環境アセスメント調査を実施し、その成果の一部として全国排水計画（National Drainage Program, NDP）を策定した。さらに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。

(1) 州灌漑排水整備公社

NDP-1で提案された制度改革は主に水利電力公社（Water and Power Development Authority, WAPDA）と州灌漑電力局を対象としている。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。

(2) 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。

(3) 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。

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。

3. 調査対象地域の現況

3.1. 調査対象地域の概況

本調査対象地域は、パンジャブ州の南西部に位置する。タウンサ堰はインダス川上の北緯 30°31'、東経 70°51'に設けられている。灌漑システムの一般レイアウトは下図に示す通りである。ムザファルガー水路灌漑システムの粗灌漑面積 (GCA) は約 391,000 ha で、インダス川とチェナブ川に挟まれる沖積平野にある。DGカーン水路灌漑システムの灌漑地域はインダス川右岸側の 401,000 ha である。DGカーン水路の西側はヒルトレント地域となる。また、ラングプール水路が1992年の大洪水により損壊し、現在TPリンク水路との交差点より直接導水し下流側 51,000 ha を灌漑するよう分水施設が建設された。これら3地区の水路灌漑受益地のGCAは833,000 haであり、純灌漑面積 (CCA) は747,000 ha である。

このほか、将来DGカーン水路末端からのダジャール二次水路を延長する計画がある。また、TPリンク水路はインダスからチェナブ川へ分水し、パンジナッド堰灌漑システムに間接的に給水している。

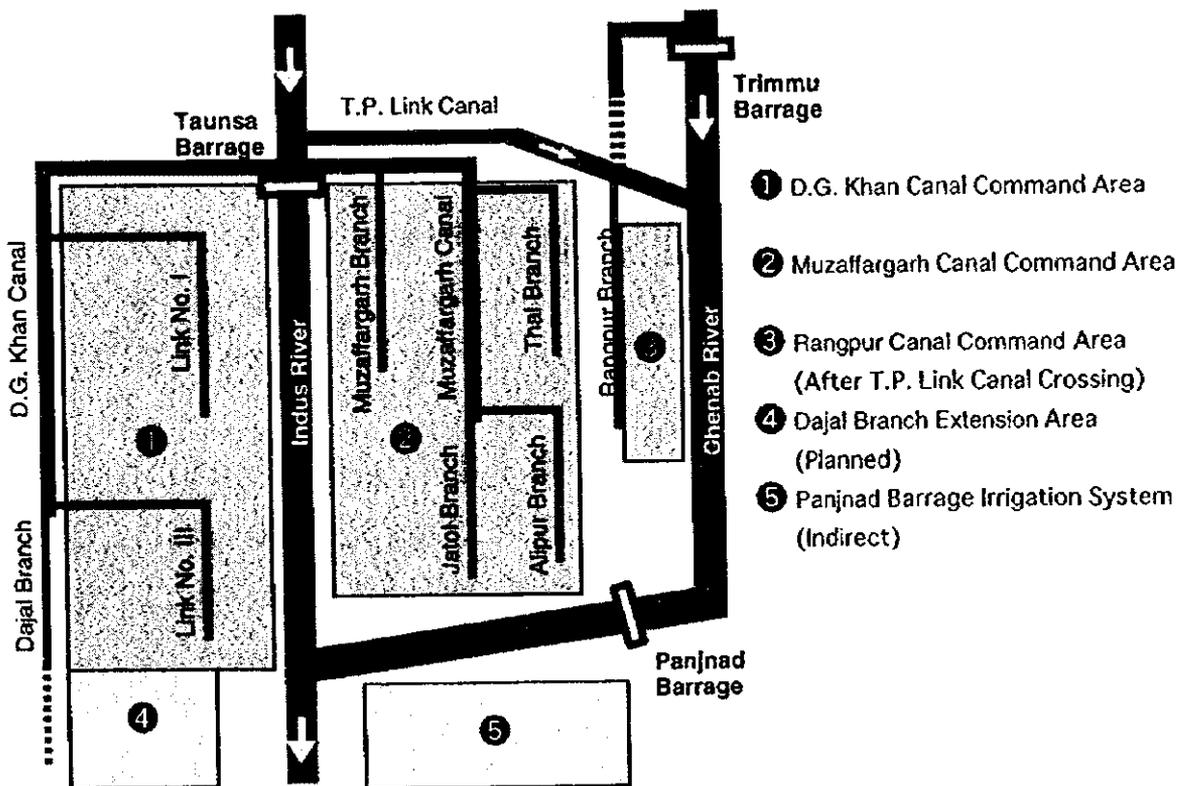


図 3.1.1 タウンサ堰灌漑システム配置図

表 3.1.1 水路系別粗灌漑面積および純灌漑面積 (1996-97 年度実績)

Canal	Gross Command Area	Culturable Command Area
1 D.G. Khan Canal	405,000	385,000
2 Muzaffargarh Canal	367,000	314,000
3 Rangpur Canal	51,000	48,000
Total	833,000	747,000
4 Dajal Branch Extension (Planned)	132,000	126,000
5 Panjnad System (Indirect)	615,000	549,000

出典： Canal Divisions of IPD Punjab (for 1, 2 & 4)
 Punjab Irrigation Directory (for 3)
 Punjab Development Statistics 1995 (for 5)

調査対象地域の気象条件は、夏期の非常な暑さと寡雨によって特徴づけられる。年平均気温はおおよそ 26℃であるが、6 月は 41℃と猛暑となり、1 月は 5℃と寒くなる。また、年降水量は平均すれば約 200 mm でありそのおおよそ 70%は 6~8 月に記録されるが、非常に不規則である。これに対し年蒸発量は 2,400 mm と降水量を大きく上回る。

インダス川のタウンサ堰付近での流量は、7~8 月にかけて最大となり、10,000 cu.m/sec を越す。1958~95 年の観測記録によれば、その最大流量は 13,600 cu.m/sec であった。一方、最小流量はおおよそ 1,000 cu.m/sec で通常 1 月に記録される。

3.2. 地域行政および社会特性

調査対象地域は、行政上 DG カーンディビジョンのムザファルガー、DG カーン、ラジャンプールの 3 ディストリクトに含まれる。インダス川右岸上流側は DG カーン、右岸下流側はラジャンプール、左岸側はムザファルガーディストリクトである。DG カーンとラジャンプールの西側に広がる部族地域を含め、11 テシルに区分される。

これら 3 ディストリクトの総面積は 32,489 sq.km であり、1981 年人口センサスによれば総人口 310 万人であった。最近の人口予測に従うと、その総人口は 568 万人であり、平均人口密度は 1 sq.km あたり 174 人となる。調査対象地域と重なるの大きい 7 テシルに限定すれば、総人口 479 万人、人口密度 291 人/sq.km となる。

表 3.2.1 関係ディストリクトのテシル別面積および人口

District/ Tehsil	Total Area (sq.km)	Population (Census 1981) ('000)	Population (End of 1995) ('000)	Population Density 1995 (/sq.km)
<u>D.G. Khan</u>	<u>11,367</u>	<u>944</u>	<u>1,743</u>	<u>153</u>
D.G. Khan	3,814	636	1,132	297
Taunsa	2,769	226	418	151
Tribal Area	4,784	82	193	40
<u>Rajapur</u>	<u>12,873</u>	<u>639</u>	<u>1,147</u>	<u>89</u>
Jampur	2,322	276	494	213
Rajapur	2,078	214	382	184
Rojhan	3,742	127	220	59
Tribal Area	4,731	21	51	11
<u>Muzaffargarh</u>	<u>8,249</u>	<u>1,498</u>	<u>2,778</u>	<u>337</u>
Alipur	1,391	244	457	329
Kot Addu	3,471	449	869	250
Muzaffargarh	2,378	575	1,023	430
Jatoi	1,010	229	429	425
Total (All tehsils)	32,489	3,081	5,668	174
Total (Tehsils concerned)	16,463	2,624	4,786	291

注： Italic rows shows tehsil not or less concerned with the canal irrigation command area.

出典： Punjab Development Statistics, 1995

人口の約90%は農村部に住む。労働人口は全人口の約28%で、この内の60%以上は農牧業に従事している。10才以上の成人識字率(1981年)は、パンジャブ州全体の37%に比べ本地域では20%程度とかなり低位にとどまっている。

3.3. タウンサ堰灌漑システム

3.3.1. タウンサ堰

タウンサ堰建設の構想は1937年頃に検討が始められている。その対象地域では当時既に多くの氾濫水路(Inundation Canal)が開削されており、インダス川から夏期の豊水期に自然取水され、沿岸の低平地で粗放的な灌漑農業が行われてきた。その検討時点で既に、ムザファルガー地区並びにDGカーン地区の灌漑用水供給の増大に伴ってかなりのウォーターロギングをもたらすであろうと予見されており、非通年灌漑の実施が提案されていた。

堰の位置選定は、現堰位置の上下流数10kmの範囲で種々検討され、道路橋と鉄道橋との共同事業となることも配慮に入れて1950年代の初めに選定されている。それに基づいて堰貯水池の計画満水位は近傍の氾濫水路より4ft高くし、EL 446 ftと決められた。1951年当時では、幹線水路から支線水路等への落差を有効利用する低水力発電により、チューブウェルを運転して地下水位を低下させ、ウォ

一ターロギングを軽減すると共に揚水を冬期の灌漑に用いる構想もあった。

タウンサ堰の本格調査はこれらの計画構想に基づいて1950年から開始され、建設工事は1958年に完了している。その施設の概要とその機能は次の通りである。

表 3.3.1 タウンサ堰の施設概要

施設	概要		
堰	全長 4,346ft (1,324.66m)		
		敷高	扉高
右岸アンダースルースペース	4基×60ft (18.29m)	425.0ft	22.0ft
左岸アンダースルースペース	7基×60ft (18.29m)	425.0ft	22.0ft
ウェアーベイ	53基×60ft (18.29m)	428.0ft	19.0ft
舟航用閘門	1基×22ft (18.29m)	425.0ft	
魚道	2連		
ピアー厚	7ft		
取水門		敷高	扉高
右岸 (DGカーン水路)	7基×24ft (7.2m)	433.0ft	13.5ft
左岸 (ムザファルガー水路)	5基×24ft (7.2m)	433.0ft	13.5ft
左岸 (TPリンク水路)	7基×24ft (7.2m)	433.0ft	13.5ft
ピアー厚	5ft		
設計洪水量	1,000,000 cusec (28,317 cu.m/sec)		
灌漑計画	取水量	計画支配面積 (CCA)	
DGカーン水路	8,301 cusec (235.1 cu.m/sec)	314,000 ha	
暫定値	9,180 cusec		
ムザファルガー水路	8,285 cusec (234.6 cu.m/sec)	385,00 ha	
TPリンク水路	12,000 cusec (339.8 cu.m/sec)	0 ha	
計	28,585 cusec (809.5 cu.m/sec)	699,000 ha	
道路橋	全長	4,346 ft	幅員 37.5 ft (車道 24.0+歩道 2×6.75)
鉄道橋 (単線)	全長	4,346 ft	広軌 5.5 ft
パイプライン (ガス搬送)	全長	4,346 ft	口径 16 inch
パイプライン (石油搬送)	全長	4,346 ft	口径 16 inch

3.3.2. タウンサ堰水路システム

タウンサ堰の水路システムは堰の右岸にDGカーン水路、左岸にムザファルガー水路とTPリンク水路が配置されている。幹線水路 (Canal) から第二次幹線水路 (Link, Branch or Feeder) に接続される。

第二次水路からは支線水路 (Distributary or Minor) に分水され、支線水路からさらに末端水路 (Watercourse) に分水される。DGカーン水路とその延長線上にあるダジャールブランチの両水路の右岸側は、重力給水が難しい地形条件であることから、1~2 km 間隔で私設の揚水機場が認可・設置され、水路に沿ってベルト状に合計 10,000 ha 以上の受益地に用水が供給されている。

TPリンク水路は、インダス川流域開発事業の8つのリンク水路の最下流のものであり、タウンサ堰で上限 12,000 cusec の範囲で左岸で取水し、ムザファルガー市の近郊で一部をラングプールブランチに分水し、残り全量をインダス川の支流チェナブ川に放流する水路である。この放流水はチェナブ川とサトラジ川の合流地点直下流にあるバンジナッド堰で再取水され、左岸のバンジナッド水路とアバシア水路に供給されている。近年ではサトラジ川への依存が増えており、TPリンク水路から補給されたチェナブ川への依存度は現状維持で推移している。

水路の構造は幹線水路から末端水路に至るまで全て土工の開水路が主体である。水路敷きは全般に、インダス川の沖積平野で透水性の高い土壌であることから水路からの漏水が顕著で、灌漑効率を低下させることのみならず地下水位を上昇させてウォーターロギングを発生させるなど、農業生産に障害を与えている地区もある。幹線水路の主要形状と水路延長を下表に示す。

表 3.3.2 最上流幹線水路形状

(単位: ft)

水路区分	取水敷	底幅	水深	水路勾配	設計水量 cusec	備考 cusec
DGカーン	EL.433.0	260	12.0	1/10,526	8,301	14,200* ¹
ムザファルガー	EL.433.0	200	11.8	1/8,000	8,285	
TPリンク	EL.433.0	266	12.2	1/9,090	12,000	14,000* ²

*¹: ダジャールブランチ拡張計画を含む将来計画値

*²: 最大施設容量

水路は全線土水路であり、縦断勾配の設計は許容流速の順守、浮遊土砂の沈殿防止など最適水路 (レジーム水路) としての配慮が払われて、水路の下流ほど勾配が大となり、また必要に応じて落差工が設けられている。

表 3.3.3 水路延長

(単位：km)

水路区分	幹線水路			支線水路		
	Canal	Branch	Feeder	Disty	Minor	Total
D Gカーン	105.2	119.4	12.6	1,317.2	133.9	1,668.3
ムザファルガー	113.0	124.2	0	789.9	14.7	1,041.8
T Pリンク	61.2	-	0	-	0	61.2
計	279.4	243.6	12.6	2,107.1	148.6	2,791.3

D Gカーン水路とムザファルガー水路には、それぞれ取入れ水門から約1~6 kmの下流に、流入土砂の排出にシルトイジェクターが設けられている。

幹線水路の要所には、定期格のスライドゲート群からなる定比分水機構のヘッドレギュレーターが設けられ支線水路等に分水されている。末端水路への分水にはモガ (Mogha) がある。このモガにはゲートなどの制御装置はなく、親水路の水位により分水量は支配されている。

突発的事故の発生に対し、水路システム保全のためにエスケープ (放水工) が設けられている。D Gカーン水路の場合、右岸からヒルトレント (奔流) が流入することもあり、エスケープからの緊急放流が要請されるなど、維持管理上重要な施設となっている。

表 3.3.4 放水工の放水容量

水路名	位 置	設計水量	親水路設計容量
		cusec	cusec
D Gカーン			
Gajani	RD 88,500	5,000	7,744
Link No III	RD 227,820	1,000	1,224
ムザファルガー	RD 246,800	3,900	2,606

調査対象地域の西にスレーマン山脈が南北に走っている。ここに源を発するヒルトレントは、数千sq.kmの流域の降水流出を集め、ときには扇状地を駆け抜けてD Gカーン水路を襲撃する。D Gカーン水路には、この奔流からの被害を回避するためにヒルトレント交差工が20カ所設置されている。その設計洪水量は、流域の規模に応じて、200~40,000 cusecである。ヒルトレント交差工の構造は、D Gカーン水路の上に奔流を通過させる水路橋を設けたものが大半で、水路の下をサイフォンで通過させるものは1カ所である。

3.3.3. タウンサ堰灌漑システムの水配分

タウンサ堰の水利運用は、すべて1991年に成立をみた「インダス川水利権合意」に基づいている。タウンサ堰関連では、DGカーン水路とムザファルガー水路利水がタウンサ水利権として、TPリンク水路利水がパンジナッド水利権として、それぞれ下表に示す取水が認められている。

表 3.3.5 インダス川水利権

インダス川水利権	カリフ期水利権量	ラビ期水利権量	年間水利権量	備考
タウンサ堰関連				
Taunsa 水利権	4.19 MAF	1.50 MAF	5.69MAF (70.2 億 cu.m)	DGカーン水路、ムザファルガー水路
Panjnad 水利権	3.40 MAF	1.52 MAF	4.92MAF (60.7 億 cu.m)	TPリンク水路
パンジャブ州関連	37.07 MAF	18.87 MAF	55.94MAF(690.0 億 cu.m)	
タウンサ堰下流	36.79 MAF	15.84 MAF	52.63MAF(649.2 億 cu.m)	パロチスタン州、シンド州

「インダス川水利権合意」に基づくこれらの各水利権量は、カリフ期、ラビ期とも10日単位での基準利水量が設定されている。毎年の利水計画は、同年の水文状況予測に基づいてこの基準水利権量を参考に多少の修正を加えて各州で検討され、最終的にインダス水系利水委員会 (IRSA: Indus River System Authority) で承認されて運用が開始される。運用開始後も、IRSA は常にその利水実態を監視し、各州の利水状況を調整する。

パンジャブ州におけるインダス川水系水利用を統括するのは、州灌漑電力局水利調整部 (Regulation Division) である。ここでは、州内のすべてのインダス川関連水利施設の利水運用を制御、監視しており、IRSA への利水報告、必要な場合は他州との調整を行っている。州灌漑電力局、水利施設管理事務所ではその年の基準利水量を基本に、受益者の要望 (Indent) にしたがって取水量を変更することが可能であるが、あくまでも各期の取水可能総量は遵守しなければならない。

タウンサ堰においても、州灌漑電力局水利調整部の管理のもとで、「インダス川水利権合意」に従った取水運用をおこなっている。タウンサ堰管理事務所では、インダス川上流のチャシュマ堰やその他の水利施設の利水・放流運用実態を常に無線連絡で把握しているとともに、受益地区内の水路事務所からの利水要望 (Indent) を毎日受け付けて取水運用に反映させている。

3.3.4. タウンサ堰灌漑システムの操作運用

(1) タウンサ堰の運用操作

タウンサ堰のゲートは全て人力操作である。ゲート操作の形態としては、常時の水位・流量調節操

作、洪水時の洪水吐ゲート開閉操作、取水門ゲート開閉操作、土砂吐ゲートによる排砂操作、冬期の年次取水停止操作などがある。

常時の水位・流量調節操作は、洪水吐ゲートの開度により取水位を調整し、取水門ゲートの開度により取水量を調節する。夏期の取水では、異常堆砂による水路断面の縮小したDGカーン水路に対し、通水確保のために取水位を管理規定値 (RL 446 ft) を越えてRL 447 ft以上とすることとなる。

洪水時には、洪水吐ゲートは巻上げ操作、取水門ゲートは巻下し操作を行うが、それらの操作に際しては全ゲート同一開度操作が原則で、放流時の隣接ゲート間の開度差は2 ftに制限されている。

土砂吐ゲートによる排砂操作時には、取水門ゲートは全閉とする規定のため、平均して約3日間の取水停止となる。

冬期の年次取水停止 (Annual Closure) 期には、ワークショップ担当者によって、洪水吐ゲートの開放状態で全ゲートの塗装の塗り替えや、故障ローラートレインや扉体端桁の取替えなどの維持管理作業が行われる。また同時にタウンサ堰事務所の担当者によってベイグレイシスなど土木構造物の修理も行われる。

(2) タウンサ堰の維持管理規定

タウンサ堰は、所定のタウンサ堰維持管理規定 (L.B.No.112, 1965年4月17日制定) に基づいて運用・操作がなされている。この維持管理規定の概要は以下の通りである。

1) 土砂吐の操作

土砂吐からの放流量は、単位幅1 ftあたり320 cusec (9.06 cu.m/sec) 以下と厳守する。土砂吐ポケット部の平均堆砂標高がRL 429を越える場合には、土砂吐ゲートの開放によって堆砂面標高をRL 425以下に制御する。

2) 洪水吐ゲート操作

洪水吐の放流量は、単位幅1 ftあたり250 cusec (7.08 cu.m/sec) 以下と厳守する。全門のゲート操作は、No. 35の中央ゲートを基準として、左右対象な操作を行う。また、隣接するゲート間の開閉差は2 ft以内に止める。

洪水時には、その規模によって300,000 cusec未満を平水、300,000~450,000 cusecを小規模洪水、450,000~600,000 cusecを中規模洪水、600,000 cusec以上を大規模洪水とランク分けし、それぞれに応じた警戒体制をとる。

3) 導流壁、閘門、魚道に関する管理

導流壁の両側の水位差は3 ft以内に止める。閘門ゲートは、500,000 cusec以上の河川流量時には閉鎖する。

4) 貯水位の制御

貯水位の上昇、降下は堰の上下流水位差の状況を考慮しながら、その水位変化速度が 0.25～0.50 ft/hr の範囲でゲートを操作する。ただし、緊急時にはこの限りではない。

5) 灌漑要請

灌漑の要請は、DGカーン水路、ムザファルガー水路とも、灌漑要請 (Indents) の権限を有する水路支所 (Division) の Xen (Executive Engineer) から、タウンサ堰支所の SDO (Sub-divisional Officer) にあて通知され、タウンサ堰支所はこの灌漑要請に基づいて取水量を決定する。

6) シルトイジェクター

シルトイジェクター上下流の水路水位差が 1 ft 以上となる場合にはシルトイジェクターを閉鎖する。

7) 全ゲートの維持管理

全てのゲートは、1週間に少なくとも1度は交互に操作し巻上げ機作動の確認、ゴミ除去をおこなう。ゲートのローラートレインは、常に監視し必要に応じて清掃、グリース塗布などの維持作業を行う。定期点検時には、潤滑材としてグリース塗布を行う。ゲートロープは冬期に1度、慎重に点検し必要に応じて清掃、専用グリースを塗布する。平時は水面下にある鋼構造物は、防錆ペイントを塗装する。全ての鋼構造物用ペイントは、灰色塗料を用いる。

(3) タウンサ堰の観測記録と報告書

タウンサ堰の管理に関し、操作日誌 (ウルドゥ語)、観測日誌 (ウルドゥ語)、観測責任者観測日誌 (英語)、ゲートおよびゲート操作部に関する操作・観測日誌を作成する。

上記の観測日誌の作成の他に、定期的にあるいは必要に応じ、日流量観測、土砂吐ポケット部および両水路における堆砂調査、堆砂サンプル粒度分析、プレッシャーパイプ観測を記録保存する。

さらに取水堰年報、観測年報、断水年次報告、取水堰経過記録を作成し、関係部署に供覧する。

(4) 水路システムの運用操作

タウンサ堰灌漑水路システムは低コストの土水路で、供給主導型 (Available Supply) の調整可能な定比分水 (Adjustable Proportional Module) による粗放的な水管理が行なわれている。水路は最適水路 (Regime Canal) として設計され、下流での流速が低下に伴う堆砂問題にも配慮がなされている。夏期はインダス川の流量が豊富で常時設計流量通水が行われ、夏期灌漑に適した水路システムといえる。他方、非通年灌漑システムではあるが事実上冬期にも少量通水を実施している。これは流速が遅いため、水路内の堆砂を増大させる結果となっている。灌漑水路システムの運用には、水路単位の輪番制 (Canal Warabandi) が導入されている。この方法は、給水の公平性と水路内の除草に効果がある半面、水路システムのゲート操作が繁雑となる。

灌漑電力局は灌漑システム運営のため独自の情報伝達システムとして Canal Telegraph System をもつ。従来はタウンサ堰灌漑システムの管理中継点（全 15 カ所）に無線電信が導入されていたが、1992 年から無線電話に改良されている。タウンサ堰灌漑システムの全ての通水量はこの伝達システムを通じて交信され、その集計された情報は全ての灌漑関係担当官に毎日伝達されている。

灌漑システムの効果的な機能発揮には、不断の適切なる維持管理が重要である。タウンサ堰水路システムでは、水路内堆砂、雑草繁茂、管理用道路の破損、水路法面崩壊、水路外溢水等の防止を重点項目として設定し、維持管理作業を行っている。

(5) 河川改修

灌漑電力局は、タウンサ堰周辺の流況を効果的に制御するために、これまで必要に応じて多くの河川構造物を建設している。

最年、タウンサ堰上流域では Pacca Bela と呼ばれる砂州によって閉塞された結果、本来望ましい河川中央部河道は形成されず、左右両岸に河道が分かれて存在している。そのうち右岸河道流が卓越しており、河川洪水流はほとんど右岸側を流下している。このような極端に右岸側に偏った流下形態により、導流堤 No.5 付近では複雑な流れ現象が発生している。この付近で発生した乱流は、掃流砂を浮遊状態に巻き上げ、右岸土砂吐ポケットに輸送している。このようにして運ばれた土砂は、DG カーン水路取水口を通過して水路の多大な障害を及ぼしている。現在、導流堤 No.5 を撤去するか、右岸主護岸堤を所定の角度を保ちつつ延長することが提案されている。

タウンサ堰下流では、右岸側に巨大な砂州が形成された結果、主に左岸側に河道が形成されている。灌漑電力局ではこれまで流路が右岸側に移動し砂州を流去するよう、左岸側に幾つかの導流堤を建設してきている。

さらに、1977 年、灌漑電力局、ムザファルガー灌漑サークル、タウンサ堰管理部では、タウンサ堰での安全な洪水処理を目指して適切な人員、資材の確保・配置等を目的とした、タウンサ堰に関する洪水処理計画（Flood Fighting Plan of Taunsa Barrage）を提案している。

3.3.5. タウンサ堰灌漑システムの運用体制

パンジャブ州の灌漑システムの維持管理（O&M）は 6 ゾーンに分割して管理されている。タウンサ堰灌漑システムは、このうちの DG カーンゾーンに所属する。この DG カーンゾーンは建設サークルの他に、DG カーン水路サークル、ムザファルガー水路サークル、SCARP サークルの 3 つの O&M サークルがある。これらの O&M サークルは全て本件調査地域に関与している。O&M サークルはそれぞれ 2~4 の分区（Division）からなり、システムの O&M および水利費の査定には夫々の現場担当官が

配置されている。灌漑電力局全体の組織図は図3.3.1に、またタウンサ堰に関する主要部署の構成を図3.3.2に示す。

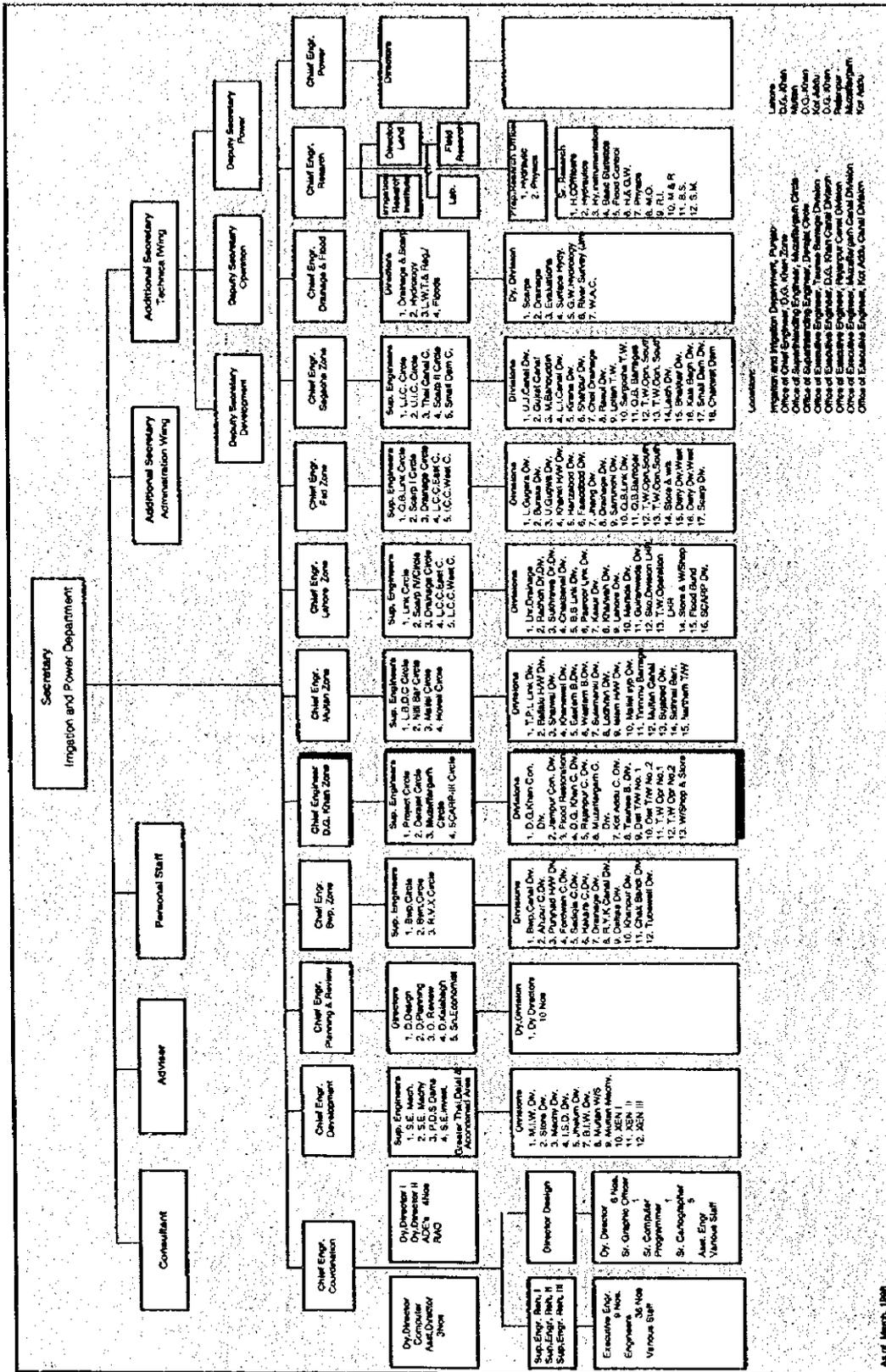


図 3.3.1 バンジャブ州灌漑電力局の組織図

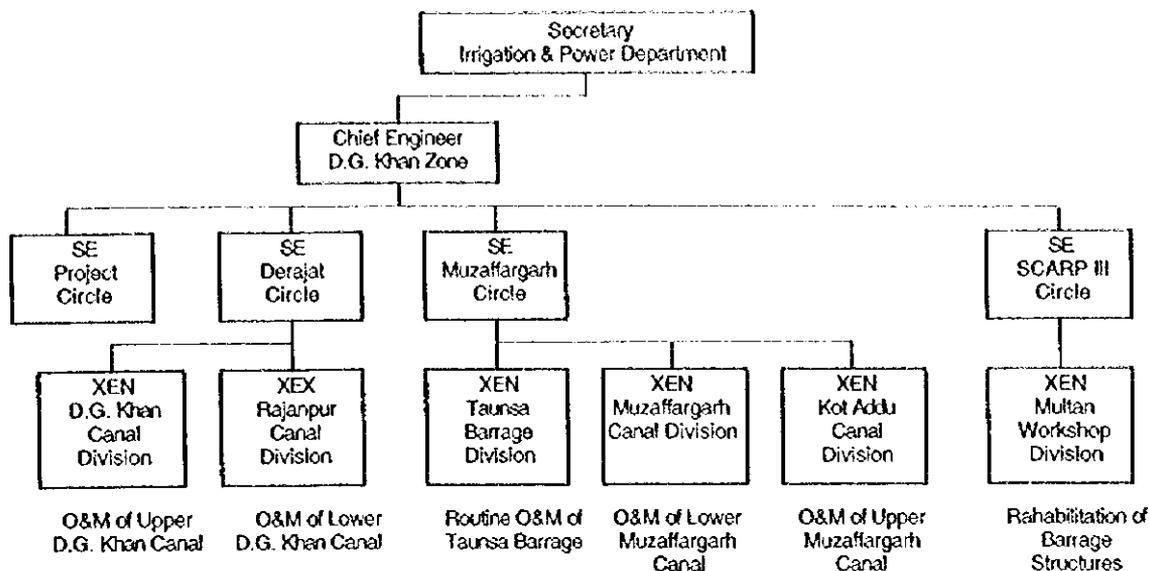


図 3.3.2 タウンサ堰灌漑システムに関する灌漑電力局の主要部署

DGカーンゾーンのチーフエンジニア (CE) はタウンサ堰と両岸の灌漑水路を管理する。その下には4名のスーパーインテンドイングエンジニア (SE) が配置され、それぞれプロジェクトサークル、デラジャットサークル、ムザファルガーサークル、SCARP-IIIサークルを統括する。これらのSEの下には13名のエグゼクティブエンジニア (XEN) が、それぞれの担当部署の管理にあっている。

タウンサ堰部のXENは堰および付帯施設の通常の維持管理を行い、安定したシステム運用の責務にあたる。タウンサ堰部のXENのもとには3名のサブディビジョナルエンジニア (SDO) が配置され、それぞれ堤防、堰、修理工場を担当する。タウンサ堰の運用を直接担っている堰管理課はSDOを長とする145名からなる (図3.3.3参照)。これとは別に、パンジャブ州全域における、堰の大規模改修事業はラホールにあるメカニカルサークルのSEのもとで実施されている。

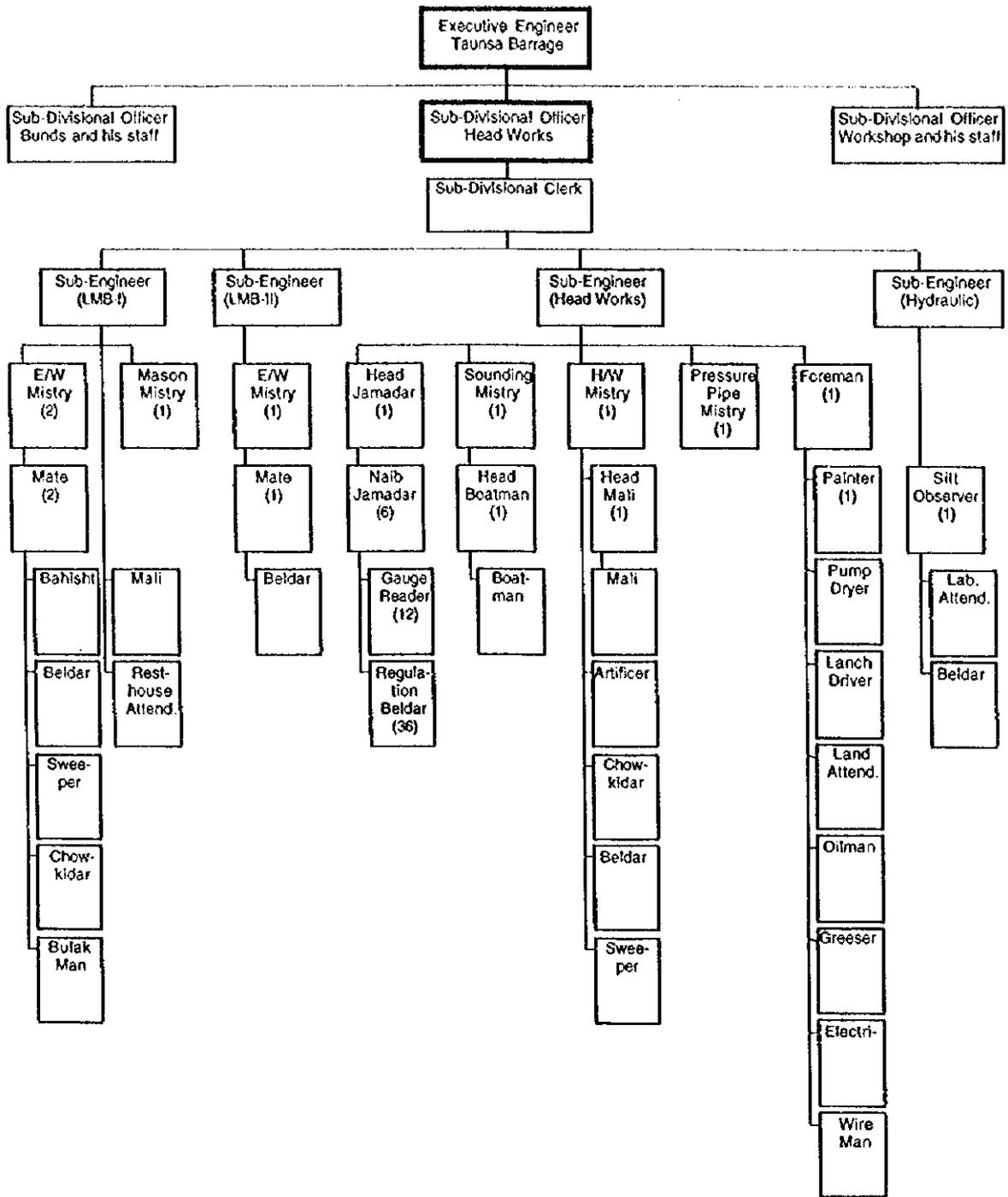


図 3.3.3 タウンサ堰管理事務所の組織図

DGカーン水路灌漑システムについては、上流側をDGカーン水路部 XEN が、下流部はラジャンプール水路部 XEN が維持管理にあたる。ムザファルガー水路灌漑システムについては、同様に上流部がコタドゥ水路部、下流側はムザファルガー水路部の XEN が維持管理・運用を行っている。コタドゥ水路部 XEN は TP リンク水路についても、維持管理の責任をもつ。また、ムザファルガー水路部 XEN は、現在ラングプール水路の TP リンク水路交差部以降についても管理している。

システムの維持は、幹線水路から支線水路までは州灌漑電力局によって管理され、モガから下流の末端水路は受益者によって管理されている。

灌漑電力局の各部署の予算は、年間開発計画（ADP）予算と整備改修（M&R）予算からなる。ADP予算は事業実施に使われるものである。ADP予算は、例えばNational Drainage Programmeに対するもので、DGカーン建設部では1997-98年20億ルピーの事業予算申請をしている。

M&R予算は、維持管理の直接経費のM&R-Worksと、事務管理費および人件費のM&R-Establishに分けられる。1997-98年度のM&R-Works予算要求額は、タウンサ堰部は約1700万ルピーであり、その内訳はタウンサ堰本体にかかる予算が680万ルピー、護岸にかかる予算が530万ルピーなどとなっている。また上記の4つの水路部の予算要求額はおよそ1200万ルピーから2200万ルピー程度である。ただし、1996-97年度の配分実績によれば、タウンサ堰部には2280万ルピー配分されたのに対し、407万ルピーに止まった水路部もみられ、基幹施設であるタウンサ堰の維持管理に重点を置いていることがわかる。

M&R-Establish予算は、1996-97年度実績でムザファルガーサークルは4.6億ルピー、DGカーンサークルは2.0億ルピーなどとなっており、その内訳のほとんどは職員の給料と諸手当である。タウンサ堰部の1996-97年度実績で1502万ルピーである。

灌漑システムの主要な財源は、農民から徴収される水利費（アビアナ）である。州灌漑電力局には多数の水利費査定スタッフが水利費の査定を行っている。水利費は政府によって作物ごとに定められ、水利費査定スタッフは6カ月ごとに各作物の作付面積を正確に測定している。水利費の査定額は、ディストリクト徴収官に報告され、歳入局（Revenue Department）を通じて徴収される。部分的あるいは全面的な不作が生じた場合には、水利費の払い戻しが行われている。

3.4. 調査対象地域の農業

3.4.1. 土地利用および作付体系

(1) 土壌および土地利用

調査対象地域の大部分はインダス川の両岸に広がる洪積平野に展開している。調査対象地域右岸側はスレイマン山脈から連なる山麓平原となっており、この山麓平原山側に主にヒルトレントによって発達した扇状地を形成している。激しい降雨の際にはヒルトレントがDGカーン水路の堤防を破壊する可能性がある。灌漑地域に流れ込む洪水は、地域の作物生産や基幹施設に対して広範な被害を与え、さらにはウォーターロギングの原因ともなっている。こうしたヒルトレントによる洪水は、地域の農業発展にとって極めて大きな障害となっている。一方、インダス川の左岸北部地域は、砂丘地に被わ

れており、砂丘間には丘間低地が分布している。砂丘地のかなりの部分は、現在耕作に利用されている。

調査対象地域の土地利用状況は、衛星リモートセンシングデータを用いた解析によって調査した。グランドトレースによる土地利用データを衛星データの処理に反映させた。森林、湿地、塩類集積地の判定を慎重に行った。一連の調査結果である土地利用区分表および分布図は以下のように示される。この土地利用図に従うと、本地域の多くは水路あるいはチューブウエルによる灌漑農地であることがわかる。森林や湿地はインダス川や水路に沿って分布している。塩類集積地や砂丘地などの荒廃地は全面積の約9%を占める。

表 3.4.1 調査対象地域の現況土地利用

Canal	D.G. Khan		Muzaffargah and Rangpur		Total	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Gross Area	456,715	100.00	505,029	100.00	961,744	100.00
Cultivated Area	363,691	79.63	377,290	74.71	740,981	77.05
Reserved Forest/Orchard	17,552	3.84	38,288	7.58	55,840	5.81
River bed/Flooded land	17,456	3.82	23,653	4.68	41,109	4.27
Swamp Area	16,201	3.55	24,167	4.79	40,368	4.20
Sand dune/Barren land	21,632	4.74	35,918	7.11	57,550	5.98
Saline Area	20,183	4.42	5,713	1.13	25,896	2.69

出典：Remote Sensing Data

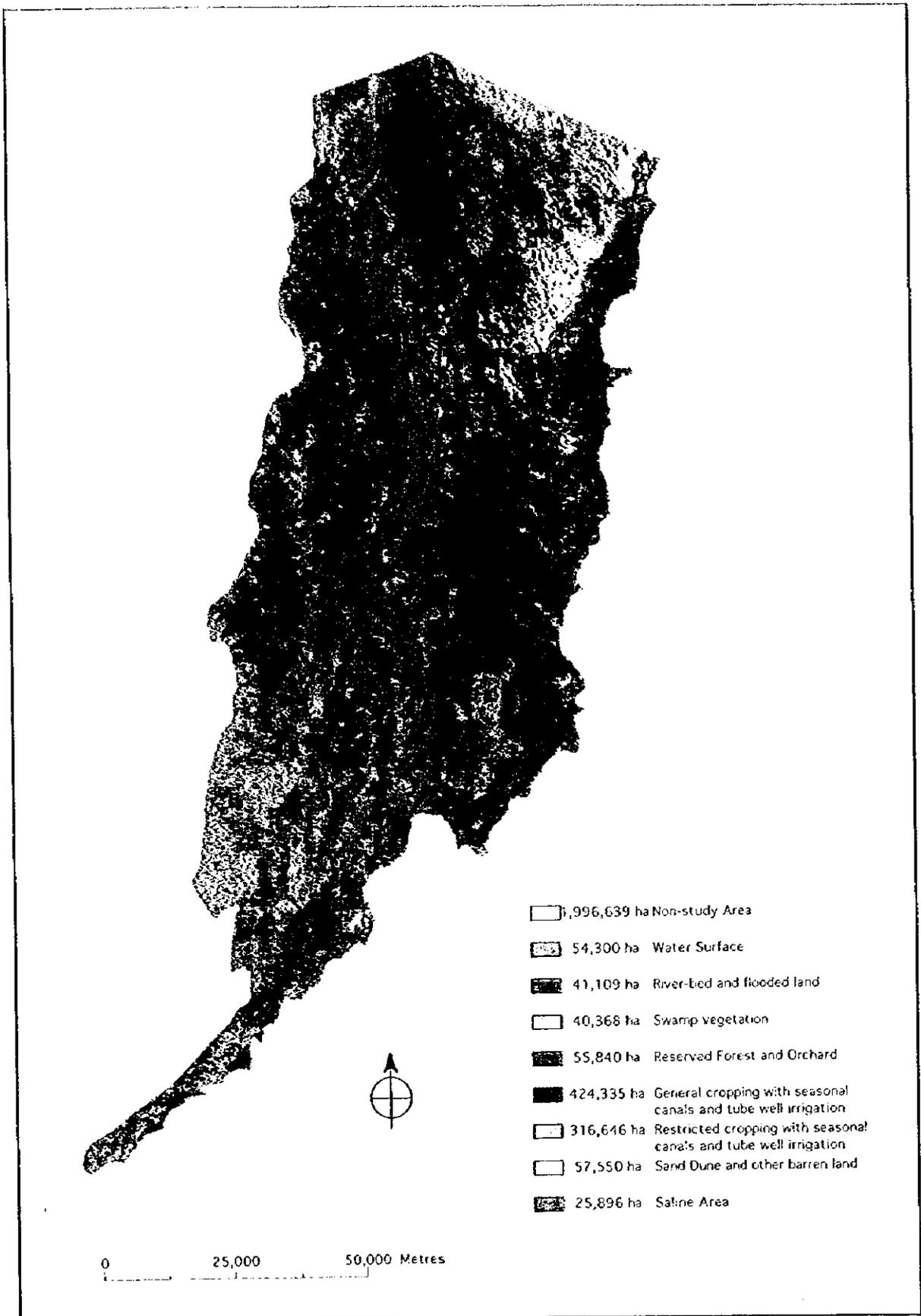


図 3.4.1 調査対象地域の現況土地利用図

(2) 湛水害と塩害

WAPDA は、総合灌漑排水プロジェクトの一環として、DGカーン水路による灌漑地域の一部で地下水位および塩類濃度に関する調査を実施した。それとは別に、NBSPAK は湛水害対策のための P/S 調査の一環として、ムザファルガー水路の灌漑地域で同様の調査を実施している。これらの調査結果を参考にして、当該調査対象地域における地下水位および表層土壌の塩類濃度区分を行い、以下に示す面積分布が得られた。

表 3.4.2 地下水位

地 区	(面積%)			
	Shallow (<75cm)	Medium (75-150cm)	Deep (>150cm)	Permanent Swamp
DGカーン水路灌漑地区	31	33	33	3
ムザファルガー水路灌漑地区	12	21	63*	4

* 砂丘地を含む

表 3.4.3 表層土壌の塩類濃度

地 区	(面積%)				
	Non Saline	Slightly Saline	Moderately Saline	Strongly Saline	Permanent Swamp
DGカーン水路灌漑地区	55	16	9	17	3
ムザファルガー水路灌漑地区	68*	15	4	9	4

* 砂丘地を含む

DGカーン水路灌漑地域では扇状地の扇端周辺に湿地帯が分布している。このことは対象地域の地下水が山脈東側のヒルトレントからの浸透水によって涵養されていることを物語っている。灌漑システムからの浸透水が受益地内の地下水位上昇を促進していることも明らかになっている。このために、DGカーン水路灌漑地域においては調査実施地域のうちの60%以上で150cm以下という浅い地下水位を示している。ムザファルガー水路灌漑地域の場合、主な湿地帯および浅い地下水帯はムザファルガー水路に沿って観察され、150cm以下の地下水位を示す地域は調査地域の約30%を占めている。

DGカーン水路灌漑地域における表層土壌の塩類濃度の結果をみると、強度の塩類土壌は主にファジルプール～ラジャンプール間およびウマルコット～ロジハン間に認められ、調査対象地域の17%を占めている。ムザファルガー水路灌漑地域の場合、サナワン～グジラート間およびジャトイ～アリプール間に強度の塩類土壌が認められ、調査対象地域の9%を占める。

(3) 現況作付け体系および作付け率

調査対象地域における現況作付け体系および作付け率は、各水路事務所の徴取課のデータに基づいて下表のように整理される。これによると、主要な夏作物は綿花、冬作物は小麦があげられる。調査

対象地域における他の重要作物は、水稲、サトウキビ、各種飼料作物などとなっている。果樹類の中ではマンゴーが最も重要な作物で、高品質のマンゴーが生産されている。地域毎の作付け体系によると、棉花の占める割合はDGカーン水路、特にラジャンプール地区の灌漑地域で高い。サトウキビはムザファルガー水路の灌漑地域の中でも特にコタドゥ地区での生産が高い。夏作物としてのタバコや冬作物としてのヒヨコマメの生産は、DGカーン水路の灌漑地域に限られている。ラングプール水路の灌漑地域では飼料作物の作付け割合が極めて高い。また、ムザファルガー水路の灌漑地域では、地下水位の高い地域では棉花の栽培が水稲やサトウキビに切り替えられていることが明らかになった。

表 3.4.4 調査地域における現況作付け体系

水路	DGカーン		ムザファルガー		ラングプール		合計	
	(acre)	(%)	(acre)	(%)	(acre)	(%)	(acre)	(%)
GCA	1,001,821		907,171		126,200		2,035,192	
CCA	950,372		777,095		119,584		1,847,051	
夏期 1996	561,119	59.0	412,781	53.1	57,721	48.3	1,031,621	55.9
棉花	411,322	43.3	219,487	28.2	14,793	12.4	645,602	35.0
水稲	51,464	5.4	27,880	3.6	5,864	4.9	85,208	4.6
サトウキビ	5,695	0.6	17,178	2.2	449	0.4	23,322	1.3
油料作物	32	0.0	3,233	0.4	11	0.0	3,276	0.2
飼料作物	74,946	7.9	102,804	13.3	20,413	17.0	198,163	10.8
タバコ、野菜類	4,743	0.5	596	0.1	14,945	12.5	20,284	1.1
果樹、林地、等	12,917	1.4	41,603	5.4	1,246	1.0	55,766	3.0
冬期 1996/1997	415,349	43.7	368,372	47.4	61,502	51.4	845,223	45.8
小麦	331,610	34.9	263,425	33.9	28,227	23.6	623,262	33.7
ヒヨコマメ	12,847	1.4		0.0		0.0	12,847	0.7
油料作物	19,133	2.0	253	0.0		0.0	19,386	1.0
飼料作物	41,782	4.4	58,828	7.6	14,645	12.2	115,255	6.3
野菜類	769	0.1	410	0.1	310	0.3	1,489	0.1
果樹、林地、等	9,208	1.0	45,456	5.8	18,320	15.3	72,984	4.0
年間		102.7		100.5		99.7		101.6

注： Intensity = % of CCA

出典： PID Canal Division

前表における灌漑面積は、水路掛かりの受益地面積値である。調査対象地域内では、それらのほかに灌漑用井戸による灌漑も広く行われている。それぞれ灌漑水源別の灌漑面積は下表のとおりであり、これからも灌漑用井戸による灌漑範囲は全体的にみれば、30～40%と推定することができる。また、これら灌漑用井戸利用による作付けも考慮すれば、全般作付け率は140～160%程度と見積もられる。

表 3.4.5 水源別灌漑面積

(Unit: '000 ha)

District	Total	Canal	Wells	Tubewells	Canal and Wells	Canal and Tubewells	Others
D.G. Khan	269	82	4	78	20	78	7
Rajanpur	259	116	2	52	2	85	1
Muzaffargarh	560	90	2	77	3	388	1
Total	1,088	288	8	207	25	551	9
(%)	100.00	26.47	0.74	19.03	2.30	50.64	0.83

Source: Bureau of Statistics, Punjab, Lahore

3.4.2. 現況耕種法および農業生産

(1) 現況耕種法

調査対象地域における主要作物の現況耕種法は以下の通りである。

表 3.4.6 主要作物の現況耕種法

Item	Cotton	Wheat	Rice	Sugarcane	Rabi Fodder	Kharif Fodder
Main Varieties	CIM-1100 CIM-448 FH-634 Niab Krishma	Inqlab-91 Shahkar-95 Rohtas-90 Perwaz-94	Iri-6	BL-4 BF-162 CO-1148	Berseem* Lucerne* Barley** Oat**	Maize* Sorghum** Millet***
Sowing/ Harvesting	May-Jun/ Oct-Dec	Nov-Dec/ Apr-May	May-Jun/ Oct-Nov	Jan-Feb/ Nov-Mar	Oct-Nov/ Apr-May	May-Jun/ Sep-Oct
Irrigation	each 15 days interval	Pre-sowing, Germinating, Earing, & Milking Stages	Standing Water	16-20 irrigations or 64-80 acre inch	15-20 days interval	each 15 days interval
Land Preparation	one deep plow followed by 3-4 tillage with planking	3-4 tillage with planking	3-4 tillage with planking			
Fertilization (N-P-K)	60/70-23-25 kg/acre	46-46-25 kg/acre	55-32-32 kg/acre	100-46-50 kg/acre	23-23-25 kg/acre	23-23-25 kg/acre
Sowing (Seed Rate)	8 kg/acre	40-50 kg/acre	20-25 kg/acre for direct seeding	2,500-4,000 kg/acre	8-10 kg/acre* 25-30 kg/acre**	40 kg/acre* 20 kg/acre** 8 kg/acre***
Weeding	Manual Chemical	Manual Bar-Harrow Chemical	Manual Chemical	Manual Chemical	Nil	Nil
Harvesting	Hand picking	Manual or Harvester	Manual or Harvester	Manual	Manual	Manual
Major Problem	cotton leaf curl virus, bollworm, white fly	late sowing	insect pest	termite, pyrilla, borer, root rot	Nil	Nil

Source: Department of Agriculture

カリフ期に最も多く作付されているのは綿花であり、本地域はいわゆるコットンベルト地帯の一角を占める。綿花は通常5～6月に機械により播種され、10～11月に手摘みで収穫される。一方、ラビ期の主要作物である小麦は、すべてパン小麦であり、通常播種は11月、収穫は4～5月である。綿花作付農地のおよそ70%が引き続き小麦作りに用いられており、小麦の播種期の遅延が問題となっている。そのため、早熟型品種の綿花と小麦の導入と普及が試みられている。綿花に次ぐカリフ作物は水稲であるが、その重要度はあまり高くなく、品種もIRRI-6が大半を占める。サトウキビは通常2～3年の栽培されるが、植え付けは1～2月、収穫は11～3月である。また、飼料作物が広く栽培されており、家畜飼料あるいは緑肥として使われることもある。

(2) 単位収量と生産量

下表はDGカーンディビジョンにおける最近5年間の主要作物の生産面積、生産量、単位収量を示している。綿花、小麦、ヒヨコマメは、生産面積の増大に伴って生産量は近年増大を続けている。一方、サトウキビの生産量も近年増大しているが、これは単位面積当たりの収量の増大によるものである。

表 3.4.7 DGカーンディビジョンにおける主要作物

夏作物	綿花			水稲			サトウキビ		
	acre	tons	kg/acre	acre	tons	kg/acre	acre	tons	kg/acre
1991/92	663,200	185,584	280	183,000	81,440	445	68,655	737,200	10,738
1992/93	747,000	201,929	270	136,000	69,670	512	86,821	851,945	9,813
1993/94	756,000	159,936	212	147,000	76,720	522	62,700	747,200	11,917
1994/95	841,000	222,878	265	137,000	65,720	480	70,800	1,098,200	15,511
1995/96	930,000	243,017	261	130,000	65,270	502	68,200	1,107,300	16,236
冬作物	小麦			ヒヨコマメ			油料作物		
	acre	tons	kg/acre	acre	tons	kg/acre	acre	tons	kg/acre
1991/92	1,646,000	1,271,110	772	190,000	64,120	337	27,285	21,928	804
1992/93	1,758,320	1,422,900	809	191,070	64,980	340	49,030	18,931	386
1993/94	1,709,000	1,214,690	711	214,000	29,000	136	37,700	13,400	355
1994/95	1,756,000	1,378,970	785	258,600	50,500	195	56,200	19,100	340
1995/96	1,774,000	1,395,610	787	272,400	71,600	263	46,500	17,200	370

出典： Brief Note (Punjab Extension and Agriculture Development Project, D.G. Khan)

3.5. 調査対象地域の灌漑

3.5.1. タウンサ堰水路掛り

タウンサ堰灌漑システムの受益地はDGカーン水路、ムザファルガー水路、TPリンク水路に係わ

る灌漑可能地 (Cultivable Command Area, CCA) で、その面積と標準単位用水量 (Water Allowance) について次表に示した。

表 3.5.1 各水路の標準単位用水量と灌漑可能面積

水路名	Water Allowance in Water Course (cusec/1000acre)	Head Discharge (cusec)	Culturable Command Area	
			(acre)	(ha)
D G カーン	6.36	8,301	950,372	385,000
ムザファルガー	8.75	8,285	777,095	314,000
ラングプール	4.80	873	119,584	48,000
計			1,846,067	747,000

上記の D G カーン水路およびムザファルガー水路地区の標準単位用水量は、それらの受益地の大半がかつて氾濫水路利水地区であり、大きめの灌漑用水量を採用していた経緯から、それらがタウンサ堰灌漑システムに引き継がれたと考えられる。標準単位用水量は、支線水路から末端水路 (Watercourse) への分水口 (Mogah) 地点での数値である。調査対象地区の灌漑面積、作付け体系に基づいて用水量計算を行った結果によれば、現行の標準単位用水量は灌漑作付率が将来大幅に増大されても、ライニング等による灌漑効率の向上が行われれば十分に対応できるレベルにあるものと言える。

1930 年代の事業計画では、CCA に対し灌漑作付率は夏期 35 %、冬期 35% と設定されるのが一般であった。現況では農村人口の増加、社会経済の発展に従って灌漑作付率は夫々 50 % 以上に増大し、農地利用の集約化が進展して今日に至っている。一方、灌漑システムが長大で土水路であることなどから圃場適用効率は低率であり、将来のライニングによる灌漑効率改良のポテンシャルは極めて高い。

インダス川水系灌漑システムの利水は、インダス川の自流に大きく依存する可能量供給 (Available Supply) の供給主導型で、その需要量を目標とし利用可能量の範囲で供給するものである。タウンサ堰灌漑システムの水利権は、非通年灌漑 (Non-perennial Irrigation) として 4 月 15 日から 10 月 15 日までの夏期 (Kharif) について保証されている。冬期 (Rabi) については河川流量が少なく恒常的な水利権は設定されていないが、水利協定によって州に割り当てられた冬期利用可能量を、州の制度局 (Directorate of Regulation, Punjab) の調整のもとに各水路システムに配分される。冬期の配分量は夏期の半分以下であり需要量を満たすには及ばない。

水配分の原則は定比分水である。タウンサ堰からの取水は、幹線水路 (Canal, Link & Branch) に通水され主要分水地点には、ヘッドレギュレーターと呼ばれるチェックが設けられて、Link や Branch、支線水路 (Distributary, Minor) に分水される。分流点にはスライドゲートからなる水門があり、流量変動に対して一定の分水比が保持できる可調整定比分水 (Adjustable Proportional Module) の設計となっ

ている。

この水路システムは通水量が少なくなると導水効率がより低下し、水位が下がると定比分水の分水比率が崩れて、水配分の不公平や末端に用水が届かないことも起きやすくなる。そこで冬期には水路システム単位に設計通水量を1か月に10日間交替に流すなど、輪番通水（Canal Warabandi）が行われたりしている。

支線水路等から末端水路への分水施設はモガ（Mogha）と呼ばれ、ゲート等の流量制御装置はなく供給主導の自由流入タイプであり、州灌漑電力局によって管理されている。末端水路はウォーターコース（Watercourse）と呼ばれ、農民グループの所管である。その支配農地はチャーク（Chark）と呼ばれ、その面積は概ね200~700 acreで、流入した用水は伝統的なワラバンディ（Warabandi：輪水灌漑）によって水管理が行われる。

ワラバンディの水配分は1週間サイクルの輪番灌漑である。輪番灌漑の配分時間は1週間（168時間）を、農民各自の所有面積比の時間割となる。給水の順番は上流側圃場の農家が優先し順次下流へ移行する。用水が24時間給水であり番水が深夜となる農家もあることから、配分時間帯は一年毎に昼夜交替がなされる。ウォーターコースはほとんど全て土水路である。灌漑方式は作目によって異なり、一般にはボーダー法で、野菜等の作条作目には畝間灌漑が行われている。圃場適用効率は計画では一般に60%程度とされているが、供給主導型の給水でありまた水路からの漏水も多く、総合灌漑効率としてはかなり低い数値となっている。

3.5.2. 関連事業

タウンサ堰灌漑システムとは別に、その受益地区内に小規模なチューブウエルによる地下水灌漑が補助的に広く普及している。その分布状況を下表に示す。

表 3.5.2 チューブウエルの分布状況

ディストリクト	区 分			調査対象地域内	
	私設	公共	計	推定%	井戸数
DGカーン	4,986	8	4,994	60	3,000
ムザファルガー	13,213	1,329	14,542	80	11,600
ラジャンプール	7,112	30	7,142	80	5,700
レイヤ	16,349	45	16,394	0	0
計	41,660	1,412	43,072		20,300

出典： Directorate of Agriculture Crop Reporting Service, Punjab, Lahore, 1993-94

パンジャブ州農業省によれば、チューブウェル1基当たりの平均支配面積は約20acreであり、当調査対象地区内での地下水共用面積はおおむね400,000acreで全CCAの約22%に相当する。その結果、調査対象地区の総合灌漑作付率はタウンサ堰灌漑システムの101.6（夏期55.9、冬期45.8）%に、地下水灌漑約22%×2（夏期+冬期）を加えて150%に近いものとなっている。

タウンサ堰灌漑システムのような大規模灌漑開発は、パキスタンの農業発展に大きく貢献してきたが、その半面ウォーターロギングや塩害が広範囲で発生し、深刻な問題となっている。これに対処する全国的事業として、1960年代からSCARP（Salinity Control and Reclamation Project）が、また近年では全国排水計画（National Drainage Programme, NDP）が実施されている。

SCARPの事業は、チューブウェル揚水によって地下水位を調節し、農地の保全と農業生産の向上を目指す灌漑排水事業である。チューブウェルは単に地下水位を安全なレベルに下げただけでなく、揚水された地下水は灌漑用水に加えられ、作付率を高めて農業生産の向上に寄与するものである。1973年に始まるSCARP-IIIは、その受益地の大半はムザファルガー水路とラングプール水路掛かりとなっている。チューブウェルはWAPDAによる建設の後、1974年にパンジャブ州灌漑電力局に引き継がれ、1975年より運用が開始されている。チューブウェルの総数は1,776基で、内1,635基は上記の両水路掛り内にある。

SCARP-IIIの対象地域は1050万acreで、当初その内137万acreがウォーターロギング地域であったが、この事業によって1983年にはウォーターロギング地域は36万acreに減少した。しかしながら、電力料等維持管理の問題もあって、年間揚水量は1982-83年には19.87億cu.mであったが、1995-96年には9.59億cu.mと揚水量が減少し、ウォーターロギング地域は当初の面積に近づいている。

SCARP-IIIの検討によれば、両水路掛りの灌漑用水の水収支では、平均年間給水量31.5億cu.mに対し、消費水量は水路水面蒸発量の3.9億cu.mと作物要水量の16.8億cu.mであり、差し引き10.8億cu.mが余剰水となっている。この数値は、ほぼ近年のSCARP-IIIの年間揚水量に相当している。

NDPは、全国的な排水関連環境アセスメント調査に基づく25カ年全国排水計画構想であり、1995年に世銀の融資を受けNDP-Iが開始された。このNDP-Iでは、排水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O&M改善に参加できるよう制度改革が必要であるとしている。NDP-I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いる。

調査対象地域内では、DGカーン水路灌漑地区内のDGカーン南部地区においてNDP-Iの投資事業が実施されている。この地区では西からヒルトレント、東からインダス川、雨季の降雨、過剰灌漑などが、自然排水の不良なこの地区に池状に湛水して農業の生産性が非常に低く、排水路の建設やヒル

トレント対策計画などが策定されている。

調査対象地域には1994年から5カ年計画で、圃場レベルでの灌漑効率の向上、農業生産の増大を図る「第3次パンジャブ州末端水管理事業（Third Punjab On-farm Water Management Project, OFWMP-III）」が導入されている。このOFWMPの基本理念は農民参加型であり、その目的は次のとおりである。

- 水路のライニングとナッカ（ウォーターコースから各圃場への分水口）の設置により、導水効率を高めて用水損失を低減
- 圃場の均平化による圃場適用効率の向上
- デモンストレーションセンターとデモンストレーションファームの設置のもと、水管理技能の普及向上
- 限りある用水の最適利用と改修されたウォーターコースの維持につき、水利組合メンバーと普及員の研修
- 排水路を設け、過剰灌漑や降雨の余剰水の排水によるウォーターロギングの低減

このOFWMPはウォーターコースのライニング工事が主な事業となっている。その資材費の半分は農民の負担で、完成後3年で償還され、その工事の労務は農民により無償で提供されるなど、農民参加型の優良プロジェクトとして高く評価されている。この事業はタウンサ堰灌漑システムの将来の改良の方向にまさしく合致するものであり、一層の発展が期待されている。

3.5.3. その他の水利用

タウンサ堰水路システムの用水は、灌漑目的に加えて他の多くの目的にも使用されている。このうち主なものは以下の通りである。

(1) 住民の生活用水

水路網周辺に居住する住民は、水路の水を炊事、洗濯、水浴等の生活用水として利用している。さらに、水路の水は住民が飼育する家畜の飲料用と洗浄用に用いられている。水利権を持たず水利費も支払われていないが、灌漑用水量に比べて僅少であるため黙認されている。

(2) 工業用水

工業用水としては、コタドゥヤムザファルガー等に位置する火力発電所の冷却水として、かなりの量の水路の水が使われている。また、レンガ工場、製糖工場、繰綿工場等の中小工場の運転にも水路の水は重要である。

(3) 養魚

淡水魚の養殖は、地域における水資源の有効利用と住民の食生活改善にとって重要である。そのた

め漁業局では、淡水魚の孵化場を経営して農民に稚魚を供給している。農民たちが、それぞれの養殖池で淡水魚の養殖をおこなうには、水路の水は重要な役割を果たしている。

3.6. 調査対象地域の農業経済

(1) 土地所有

1990年農業センサスによれば、調査対象地域における土地所有において階層間格差がみられる。農地の半数近くが5 acre未満、30%は5~12.5 acreであるが、それらの占める面積は、8.8%、21.8%にすぎない。25 acre以上の大規模農地は数では9.6%であるがその面積は50.0%に達する。このように多数の小農と一部の大農という構造は、そのまま社会経済構造に反映され全体としての効用が低いということだけではなく、地域全体の農業生産の損失という形で現れる。すなわち、12.5 acre未満の小農は土地利用率（耕作面積／農地面積）が90%程度であるが、経営面積の増加に伴い利用率は低下し、50 acre以上では58%と著しく非効率となるのである。

農地所有形態別では、自作（農家数72%、農地面積63%）、自作兼小作（16%、27%）、小作（12%、10%）に分けられる。このような分布は、パンジャブ州全体とほぼ同じ傾向である。

表 3.6.1 調査対象地域における農家・農地面積の経営面積・土地所有形態分布 (%)

経営面積／土地所有形態	農家分布	農地面積分布
<u>Farm Size</u>		
Less than 5.0 acre	48.1	8.8
5.0 - 12.5 acre	29.7	21.8
12.5 - 25.0 acre	12.6	19.5
25.0 - 50.0 acre	6.6	19.2
More than 50.0 acre	3.0	30.8
<u>Land Ownership</u>		
Owner Farms	72.1	62.8
Owner-Cum-Tenant Farms	16.1	26.7
Tenant Farms	11.8	10.5

注： The Study area means D.G. Khan, Muzaffargarh and Rajanpur district area excluding tribal areas in the table.

出典： Census of Agriculture 1990

(2) 流通

農村で生産された作物は、自家消費以外に、主に村落内の小売人や商人あるいは政府系集荷所などに販売されている。農産物市場を支援し価格を調整する政府機関としてパキスタン農業倉庫公社

(PASSCO) と州食糧省が関与している。コムギについては、生産量の約20~35%程度がこれら二つの機関を通じて流通している。主要作物と生産資材については、中央政府の農産物価格調整委員会が公定価格を定めている。農家レベルでみると、穀類や豆類は主として自家消費され、余剰分が村市場などに流通する。大規模農家では、村市場のほか、公共集荷施設などに出荷する。サトウキビは、農家自身が精製所に直接持ち込むか、自家消費あるいは村市場用に自家精製する。ワタについては、農家自身があるいは仲買人を介して綿繰り工場へ出荷されている。

農業生産資材のうち、主要作物の優良種子はパンジャブ種子公社 (PSC) が生産と販売を行っている。輸入肥料はパンジャブ農業開発供給公社 (PAD&SC) が取り扱っているが、農業の流通については民間が主体的である。現状では、農民の多くは肥料などを村市場で購入しているが、そこでの取引価格は政府公定価格より通常高い。種子については自家採種に依る農家と村市場で購入する農家と半々である。資材販売のための協同組合活動はほとんどあるいは全く見られない。

(3) 農業金融

営農資金に対する支援は、農民が作物生産を維持あるいは向上させていくために重要である。制度的な農業金融としてパキスタン農業開発銀行 (ADBP)、商業銀行、協同組合などがある。ADBPは営農施設や機械などの設備投資のための開発ローンとのための生産資材購入のための生産ローンを貸し出ししているが、商業銀行や協同組合の場合は生産ローンを中心のサービスを行っている。これらの制度的農業金融の1995-96年度の総支払額は、全国で192億ルピーであった。このうちADBPが最大の54%の実績をもち、次いで商業銀行26%、協同組合20%となっている。

調査対象地域における農民の負債と投資の状況は、1990年農業センサスより読みとることができる。関係するDGカーン、ムザファルガー、ラジャンプールディストリクトにおいて、約14%の農家が何らかの負債を抱え、38%の農家が投資を行っている。未払いの負債総額は、13億ルピーで、その53%が上記の制度的金融から、残りは非制度的な負債である。この非制度的金融は、家族や親類、隣人、仲買人、地主などから借りるもので、農村部では非常に多くみられる。農民の投資総額は25億ルピーであり、そのうち10億ルピーは外部からの借入によって賄われている。

(4) 農家経済

調査対象地域内の主要作物について、その営農方法、生産資材の投入量と価格、作物収量と庭先価格などを調査し、表3.6.2に示すように単位作付面積当たりの収益性を検討した。果樹は最も収益性が高いが、大きな初期投資が必要であるため急速な拡大は望めない。商品作物であるワタ、サトウキビ、油料種子は収益性も高く、広く栽培されている。これに対し、穀物であるコムギとコメは作物価格が低く抑えられているため収益性は非常に低い。自家消費のために必要な作付がなされている。飼料

作物も収益性は低い。

表 3.6.2 調査対象地域の作物別農家所得

作物	(Rs./acre)		
	粗収益	生産費	純収益
Cotton	18,100	4,300	13,800
Rice	3,200	1,900	1,300
Kharif Fodder (Sorghum)	4,100	800	3,300
Wheat	4,300	2,700	1,600
Oilseeds (Rape/Mustard)	4,900	1,100	3,800
Rabi Fodder (Berseem)	6,000	1,400	4,600
Sugarcane	12,100	2,900	9,200
Orchard (Mango)	40,400	23,000	17,500

出典： JICA Study Team

パンジャブ州の水路灌漑地域の典型的な農家経済状況は、関連調査である「パンジャブ州支線水路改修計画調査、JICA、1997」より、調査対象地域では50%近くある5 acre未満の零細農家は家計を農外所得に大きく依存しているが収支は赤字である。それより経営規模が大きい農家では農外所得は35,000ルピー前後で安定し農業所得は面積に比例して増大する。農業収入で家計を賄うには、おおむね12.5acre以上の農地が必要であるとみられる。

3.7. 調査対象地域の社会基盤

調査対象地域を含む3ディストリクトの教育、保健、交通など主な社会基盤について、統計資料をもとに整理する。管内にモスク学校(1~5年生)1,165校、小学校(1~5年生)3,878校、中学校(1~8年生)359校、高校(1~10年生)269校、高等教育機関34校存在する。小学校について人口1,000人当たり換算すると、学校数0.68校、生徒数41.64人、教師数1.96人である。人口密度の高いムザファルガーでは、学校の密度は相対的に低い。

保健衛生機関については、病院19カ所(うち14カ所は公立)、診療所67カ所、保健所28カ所、基礎保健所152カ所、保健所支所75カ所などである。病院および診療所数は人口1,000人当たり0.015カ所と非常に不足している。保健所関係施設も人口1,000人当たり0.045カ所にすぎない。

道路施設に関しては、国道864km、州道(舗装)699km、州道(未舗装)275km、農道1,299kmである。全体の道路密度は0.086km/sq.kmであり、人口密度に応じてムザファルガーでは比較的高く、ラジャンプールでは低くなっている。

3.8. 調査対象地域の自然および社会環境

3.8.1. 環境関連組織および環境保全に関する取り組み

(1) 環境関連組織

パキスタンにおける環境保護に関わる行政組織としては、連邦政府については、住宅建設省があり、環境都市局が中心的な役割を担っており、公害や公衆衛生に関わる組織の協力も得ている。1983年にはパキスタン環境保護法が制定され、環境保護庁と環境保護評議会が設置された。また、1987年には、パンジャブ州環境保護庁が設置された。

(2) パンジャブ州環境保護庁の活動

パンジャブ州環境保護庁は、公害防止および環境保全を目的として、広範な活動を展開している。主な活動は以下に示す通りである。

- 住民に対する環境教育活動
- 大気、水質、土壌に及ぼす環境負荷の評価に関わる活動
- 廃棄物処理計画に関わる活動
- 大気汚染の監視体制に関わる活動
- 環境影響評価に関わる活動

パンジャブ州環境保護庁の支部として、約1年前にDGカーン地区の環境保護局が設置された。未だ本来の機能を果たすには至っていないが、大気および水質汚染の観測等の活動が開始されている。特に、車のクラクション等による騒音公害の取り締まりには力が注がれているようであった。自動車の排気ガスに加えて、レンガ工場、製糖工場、繰綿工場からの煤煙等が大気汚染の大きな原因となっている。古タイヤが燃料に混入される場合が多く、有毒ガスの発生原因となっている。また、工業廃水による灌漑水路の水質汚染も心配されている。こういった大気ならびに水質汚染の取り締まりが、今後の大きな課題となっている。

(3) 環境影響評価

パキスタン政府による環境影響評価ガイドラインの策定プロジェクトに対して、アジア開発銀行が1986年に援助を提供した。このガイドラインは、農業・農村開発、基盤整備、鉱工業の3部門でのプロジェクトに関し、環境計画・管理の指標となるよう策定され、農業・農村開発部門では、農業、畜産、林業、水産、穀物生産、流通、灌漑、沿岸開発等の広範な事業が対象とされている。しかしながら、実際には本ガイドラインは十分に機能しておらず、制度的にも確立されたものとなっていない。

こうした状況の中で、現在州政府レベルで環境影響評価制度の見直しが行われており、すでに提案されている新しい制度の検討が最終段階に入っている。この新しい提案では、住民参加の導入が強調されている。

3.8.2. 初期環境調査

初期環境調査とは、開発プロジェクトにおいて環境影響評価が必要か否かを判断する際に実施される概略調査である。主要要素としては、プロジェクトの概要、立地環境の検討、環境に対する悪影響の検討、環境影響評価が必要か否かの判定がある。

(1) プロジェクトの概要

40年近く運用されてきたタウンサ堰は、その劣化・機能低下のため取水機能が阻害され、洪水時のゲート操作に支障をきたしている。従って本プロジェクトでは、基本的には堰本体の改修および堰の操作運用上必要な補修等を目的とするが、必要に応じて農業・灌漑計画および維持管理体制の策定に関する検討も実施することとする。

(2) 立地環境の検討

1) 社会環境

調査対象地域の保健衛生に関する現況を把握するため、保健衛生局の組織および地域毎の疾病率に関する情報を収集した。保健衛生局の組織としては、ディストリクト、テシル、マルカズ、ユニオンの各レベル毎にそれぞれに応じた機能を有する施設が配置されている。地域毎の疾病率に関する情報によると、調査地域における主な疾病は、呼吸器系、発熱、下痢に集中している。呼吸器系の疾病が高い理由は、環境保護局が指摘している大気汚染が原因のひとつとして考えられる。また、下痢の主な原因は汚染された飲料水にあると考えられる。その他の水系伝染病に関しては、マラリアおよび腸チフスが主要な疾病としてランクされている。しかしながら、住血吸虫、リーシュマニア症（住血鞭毛虫疾患）といった灌漑地域でよく問題となる疾病に関しては、本地域では認められていない。

調査対象地域内では、住民の燃料用はもとより、レンガ工場等の中小工業に必要な燃料供給源やその他の材料として大量の森林資源が利用されている。そのため、本地域における既存林の保全や植林活動は、木材資源の供給にとって極めて重要な役割を果たしている。森林局は地域の森林を、灌漑植林、河岸性森林、放牧地植林、道路際植林、水路際植林の5つのタイプに分けている。面積的には放牧地植林が50%以上を占めるが、これらは主に調査対象地域外のスレイマン山地に分布しており、土壌保全と畜産による利用を目的として、主に灌木類の植林が行われている。他の4つのタイプの森林が、調査地域内に広く分布している。これらが、住民に対する木材資源の供給源となっており、平均

すると年間に7,000 cu.mの材木および30,000 cu.mの燃料木が利用されている。これらの森林の維持管理や生産物の流通あるいは植林事業の促進といった活動が、森林局によって実施されている。

調査対象地域には、鯉や鯰を含む約60種類以上の魚種が分布している。こうした豊富な漁業資源に恵まれて、DGカーン地区では昨年1000万ルピーに相当する漁獲高があった。河川のなかでも池状になった部分は、漁民達の持続的な漁業活動にとって極めて重要な場所となっている。特に、堰の上下流側に形成される池状の部分は、多くの魚種の繁殖地となっている。タウンサ堰には2本の魚道が設けられており、これは魚類の移動にとって極めて有効であると考えられている。地域における不法な漁業活動を取り締まったり、淡水魚の養殖を促進するといった活動が漁業局によって実施されている。この漁業局からの情報によると、時として堰の運用が周辺の漁業活動に影響を及ぼしているということである。特に放水時、突然のゲートの解放が下流側の漁業活動に悪影響を及ぼしたことが、過去に何度か起こっている。下流側の生態系に重大な影響を与えないためにも、ゲートの開閉を極力ゆっくり実施してほしい旨の提案がすでになされているとのことである。今後、ゲート操作を含む堰の運用に関して、常に漁業局を巻き込んだ形で実施されることが期待されている。

2) 自然環境

農業の土壌および土地利用の項ですでに述べられているように、調査対象地域の右岸側ではスレイマン山脈からの表面流出水による洪水が、左岸側では農地への移動砂丘の侵入が地域の農業発展に対する大きな障害となっている。洪水による水路の破壊を防ぐために、重要な部分にはコンクリートの構造物が建設されている。また、上流側で少しでも流出水の涵養を図るための流域管理プロジェクトも実施されている。左岸側の移動砂丘地帯でも、砂丘固定のための植林活動が実施されており、すでに固定された部分は農耕に利用され始めている。

湛水害および塩害も、調査地域の農業発展に対する大きな障害となっている。この問題に対してはSCARP事業が1960年代から開始され、主にチューブウエルを使って問題の解決が図られている。調査対象地域の特に左岸側では、1973年からSCARP-IIIの活動が開始され、様々な取り組みが実施されてきている。合計1,800本に及ぶチューブウエルの設置、あるいは総延長250kmに及ぶ新しい排水路の建設等により、プロジェクト開始時に55,000 haだった湛水地域が1978年には15,000 haに減少した。これに伴って、130,000 haに及ぶ塩類集積地のほとんどが解消し、地下水位の上昇傾向もある程度落ちついた。しかしながら、その後年月の経過と共に湛水地域は再び漸増し、1996年時点で54,000 haに逆戻りしている。主な原因としては、単位面積当たりの許容水量の増大、冬期の灌漑、チューブウエル能力の減退、洪水流の灌漑地域への流入等が考えられる。問題解決の方策はすでに明らかにされているため、今後は地域全体の総合灌漑計画やチューブウエル管理体制の確立といった具体的な計画

策定が重要な課題となろう。

パンジャブ州野生生物局および WWF（世界自然保護基金）の事務所から得られた情報により、タウンサ環周辺地域は 1983 年から野生生物保護区域に指定されていることがわかった。保護区域はムザファルガーディストリクトコタドゥテシル内の 10 カ村に及び、総面積は 6,571 ha となっている。本保護区域に生息する最も貴重な生物種は、インダスイルカであり、1976 年付けで IUCN（国際自然保護連合）のレッドデータブックに、絶滅の危機に瀕する生物種としてリストされている。また、このイルカは、CITES（ワシントン条約―絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約）の付属書 1 にも登録されている。さらに、1989 年には、米国商務庁の絶滅のおそれのある生物種のリストにも加えられた。シンド州、パンジャブ州、北西辺境州の野生生物保護法の下でも、インダスイルカの保護が義務づけられている。この野生生物保護区域を含めて調査対象地域内に分布する湿地帯は、水鳥の越冬地や繁殖地、あるいは鶴の飛来地としても極めて重要である。このため、ラムサール条約の指定地として登録する準備が進められている。調査地域内に生息するほ乳類としては、ホッグディアと呼ばれる鹿も貴重種であり、この鹿はインダス川沿いに分布する河岸性森林に生息している。

(3) 環境影響評価の必要性

本件改修事業が環境に与える影響は極めて軽微であると考えられるため、環境影響評価を実施する必要性はないと考えられる。しかしながら、調査対象地域には前述したように多くの環境問題が生じている。このため、本件改修事業をより効果的に推進するためにも、適正な環境保全対策の確立が望まれる。