

第4章 電力開発調査

4.1 電力関連組織

4.1.1 政府の電力関連組織

パキスタン政府のエネルギー関連業務の組織図は図 4.1.1 に示す通りである。

電力部門では、水利電力省が全国規模の水利電力公社(WAPDA)及びカラチ市及びその周辺地域を担当するカラチ電力公社(KESC)と2つの電力事業体を管轄している。

政府のエネルギー政策は計画開発省のエネルギー部局によって作成されている。

4.1.2 WAPDA 及び KESC の役割

WAPDA は(イ)発電、及び送・配電、(ロ)灌漑、及び給・排水、(ハ)冠水の防止及び浸水地域、塩害地域の土地改善、(ニ)洪水防御、及び(ホ)国内航路開発に関係する調査、計画、設計、建設及び運用を目的として 1958 年に自治体として設立された。WAPDA の全体的組織図は図 4.1.2 に示してある。電力部門はメンバー(電力部門)(現在欠員になっていてマネージング・ダイレクターがこの地位にいる)の管轄下に配電、発電、送変電及び WAPDA 電力民営化委員会(WPPO)担当の4人のマネージング・ダイレクターがいる。全国8区域の地域電力公社はゼネラル・マネージャー(運転)の管轄下にある。WAPDA はカラチ市及びその周辺地域を除く全国の発電、送電および配電計画の計画、設計、建設及び運転・保守を一括して管理している。水力発電計画の建設及び運転は WAPDA の水部門の担当業務である。

KESC はカラチ地区の発電、送電、配電設備を一括管理する電力供給公社である。

WAPDA 及び KESC の現在の電力供給業務は 4.1.4 に述べてある電力事業の企業化及び民営化の達成に向けて分割される過程にある。

4.1.3 HEPO、北西辺境州政府、及び SHYDO

政府の電力政策に呼応して下記の3政府機関が水力発電計画の開発及び遠隔地域での電力供給関係の活動を行なっている。詳細は Appendix D1 に示してある。

HEPO は WAPDA の水部門の支援機関で水力発電計画のプレフィージビリティ調査、フィージビリティ調査及び入札仕様書作成を含む詳細設計を担当している。HEPO は WAPDA のために全国的に水力調査及び計画業務を行なっている。北西辺境州で、HEPO は大型水力発電計画(1,000MW 級以上、例えば 2,400 MW のダッス計画や 2,270MW のタンコット計画)の調査を行なっている。

北西辺境州政府: 1998年の私営独立電力計画促進法に従って、州レベルの私営電力業者に対する補助業務は各州の私営電力係(PPC)で窓口を一本化して行なう事になっている。この係は水使用の許可、環境評価、入札業務、計画に対する支援状発行についての私営電力庁(PPIB)に対する補助業務、等を私営電力庁と協力して行なうことになっている。

各州及びジャム・カシミールは地域内で政府事業として行なう地方電化計画を作成している。北西辺境州地方政府は下部機関の SHYDO の協力で小水力発電所を建設し WAPDA の電力系統を延長する事で遠隔地の FATA 地域への電力供給業務を推進している。

SHYDO は北西辺境州政府管轄下の公共事業体で、私企業参画下での実現に向けて中から大規模の流れ込み発電所のフィージビリティ調査を行なっている。北西辺境州で、SHYDO は HEPO 担当より小さい1000MW 級までの計画を担当している。SHYDO によってフィージビリティが確認された水力計画中いくつかは 4.5節に述べてあるように私企業の参画での建設に向けて動き出している。

HEPO 及び SHYDO 水力発電調査業務に関してはパキスタンにいるドイツの GTZ から技術協力を得る事ができる。

4.1.4 電力事業体の構造改革

電力事業の企業化及び民営化への世銀の勧告に従って、現在パキスタン政府は電力事業組織将来の民営化への1過程として、現在の官営のまま電力供給事業の企業化を図っている。現状の統合された、国営企業形態から大部分を民営化した分散型組織へ漸進的に移行する事が考えられている。

WAPDAの巨大な組織は、水力発電を担当するWAPDA本体、管理会社のPEPCO、と3火力発電会社、1つの送電・給電会社と8配電会社で構成される PEPCO 管理下の12の会社に分割される事になっている。1999年10月現在、8地域配電会社を除いてラホールの WAPDA 本社内で業務を開始している。配電会社は、現存の WAPDA 地域事務所内に本拠を置いている。

これら12の会社は当初公営会社として運用されるが、政府は火力発電会社と配電会社を将来民営化する意向である。一方、送電・給電会社は中期的には公営のままにしておく事になっている。KESCは発電及び送電設備を関連組織に移管して、配電会社になる事が考えられている。現在、国家電力計画はカラチ地区を含んで作成されている。

現段階では改革の第1段階として下記のような構造改革が進行している。

- a) 水力発電に関しては、WAPDA(主として水部門)は多目的及びダム式水力発電について計画、設計、建設及び運転、保守と全てを担当する。流れ込み式の計画は私企業部門で実施する事になる。電力部門の現在の発電電力グループはこの組織に含まれる必要がある。WAPDA は発電した電力を送電・給電会社に売る事になる。
- b) 現存の11の火力発電所は 3 発電会社(第1、第2、第3と命名され本拠地はジャムショロ、グッドウ及びムルダンになる)の管轄下に入る事になる。火力発電会社は発電した電力を送電・給電会社へ売る事になる。
- c) 最大限の民営化を実現するために、個別の発電計画については火力発電所は BOO(建設、所有と運転)、水力発電所は BOOT(建設、所有、運転と移管)の方式での私企業(IPP)の参画を推進している。

IPP による発電電力は、通常送電・給電会社へ売却されるが、それ以外に発電業者は直接大消費者に売る事もできる。

- d) 送電・給電会社は 500 及び 220 kV 送電システムの管理及び全国電力システムの給電運用を行なう公営企業として業務を開始している。送電・給電会社は電力部門の総合運用にも責任を持ち、現在の国家電力計画作成グループはこの会社に所属している。

送電・給電会社は WAPDA、火力発電会社及び私企業の発電業者から電力を購入して、卸売業者として配電会社に売電する。それ以外に、直接大消費者に売電することもできる。全国 8 つの配電会社への売電単価は、政府の方針に従って供給コストは違っても全国同一料金が適用されることになっている。

- e) WAPDA の下記の旧地域配電公社(AEB)を核として、私企業の 8 つの地域配電会社が設立されている。

- パンジャブ : 5 社(ラホール、ムルタン、グジランワラ、ファイサラバッド、及びイスラマバッド)
- 北西辺境州 : 1 社(ペシャワール)
- シンド : 1 社(ハイデラバッド)
- パロチスタン : 1 社(クエッタ)

これらの会社は 132kV までの送電線、配電用変電所と需要家への電力供給(配電)を運用している。これら地域配電会社は 1998 年に業務を開始している。

- f) 国家電力事業監督庁(NEPRA)法は 1997 年に議会の承認を得て法制化された。NEPRA は電力部門のみを担当する自治体で、独立の監督官庁である。NEPRA は国内における電力事業の運営を監督し、発電、送電、配電事業に関する許可証を発行することによって、競争をベースにした効率的な電力分野の育成に務めている。同時に電力料金、電力単価、種々料金、その他を発電、送電、配電を含めて現実のコストを参照して決定するための料金の検討を行なう。しかし、政府の要求により全国均一な料金制度が採用される事になる。NEPRA は電力供給事業の基準を作成、施工している。

- g) 私企業参画による電力開発を促進するための国家レベルの窓口を一本化した組織的な支援は、民営電力庁(PPIB)が担当している。この組織には各州及びカシミールの代表が一人ずついる。

PPIB は実施契約(LA)交渉の実施、支援状(LOS)の発行、計画進行の監視と追跡調査、等について各種政府機関と協調して私企業の出資者を支援している。

現在考えられている電力供給事業の将来の関係図は図 4.1.3 に示してある。この構造改革は現在進行の途上にある。

4.2 電力料金制度

1999 年 4 月 1 日に発行した現行の電気料金表は表 4.2.1 に示してある。1997-98 年の WAPDA の平均的電力量単価は水力電力賦課金、収入税、電気税、等を含んで 1kWh 当たり 2.96 ルピーであった。電気料金は契約 kW 当たりの固定料金と、消費 kWh について支払う電力量料金からなっている。それに、消費電力量当たりで支払う燃料費調整料金(FAS)と特

別追加料金がある。表から明らかなように、現行料金では特別追加料金が異常に高く料金の大きな部分を占めている。

1999年10月に、近い将来実施される値上げの発表があった。

以前は、電気料金は貧困階級の基本的な生活必需品として低く設定され、電気事業の財政は常に赤字で事業は政府の補助金を受けて運用されていた。世界銀行、アジア開発銀行等の国際機関の勧告に従って、電力事業の開発資金の調達を含む自己資金調達能力を改善させるために料金は繰り返し値上げされた。現在までに自己資金調達能力を満足させるのに十分とは云えないが、料金は既に国内の貧困階級にとってはかなり高くなっている。

料金構成を見ると、相当な程度の消費項目間の相互補助があることが判る。家庭用消費、特に少量消費に対する料金は低く、反対に、商業用消費及び工業用消費、一般用の大規模消費に対する料金はかなり高くなっている。

ピーク時に高い料金を課しオフ・ピーク時の料金を低く設定する時間別料金方式は、大工業需要家だけに選択的に適用されている。表 4.2.1 に示すようにこの方式は産業用消費についてのみ適用可能で、その採用は消費者の選択によっている。

工業用及び大規模需要家については、力率平均値が 90%以下の需要家に課徴金を課す低力率罰金制度がある。

新規需要家に対する線路延長を含む接続費や電力量計設置及び使用に関する費用は全額需要家負担である。引き込み工事費は比較的高く、この方式は貧困階級の給電線引き込みを困難にしている。

現在のところ、全国的に同一料金が適用されていて、消費項目毎の料金は種々項目毎の供給コストに関係なく政府の価格政策に従って決定されている。将来の電力供給事業の民営化を実施するに当たっては現在の料金決定方式の見直しが必要になろう。

4.3 過去の電力需要及び将来予測

4.3.1 過去の電力需要記録

全国(WAPDA と KESC の和)、WAPDA 及び KESC の 1984 年から 1998 年までの期間中の電力発生と販売量の記録は表 4.3.1、表 4.3.2 及び表 4.3.3 に示されている。最近 10 年間の電力販売量の伸び率は平均 6.2%で、5 年間では 4.6%であった。又、同一期間の GDP の伸びは 4.7%及び 4.3%であった。最近では発電及び送・配電設備の容量不足のために電力消費の伸びは、停滞ぎみであった。WAPDA 及び KESC 系統の発電・販売電力量、電力損失等の電力量バランスは表 4.3.4 及び 4.3.5 に示す。1997-98 年の全国電力需要の概要は下記の通りである。

1997-98年の電力需要の概要

発電電力量	60,108 GWh
発電端ピーク需要	10,081 MW
販売電力量	44,078 GWh
人口1人当たり消費量	326 kWh
年負荷率	68.0%
ロス率(所内電力込み)	26.6%

WAPDA 系統の各消費項目毎の販売電力量の暦年の記録は表 4.3.6 に示す通りである。1981 年以降、家庭用電力需要の伸びは顕著である。全電力消費中に占める家庭用消費の割合は年毎に増えてきていて、1981 年に 23.3%であったものが 1997 年には 41.8%になった。一方、以前最大の消費部門であった産業部門は比率を下げ、同じ期間に 39.4%から 27.5%になった。また、以前は第 2 位の消費部門だった農業部門も比率を下げた。家庭用消費は 1993 年に工業用消費を超えた。1983-84 年から 1997-98 年間の分野別消費比率の推移は下記の図 4.3.1 に示す通りである。

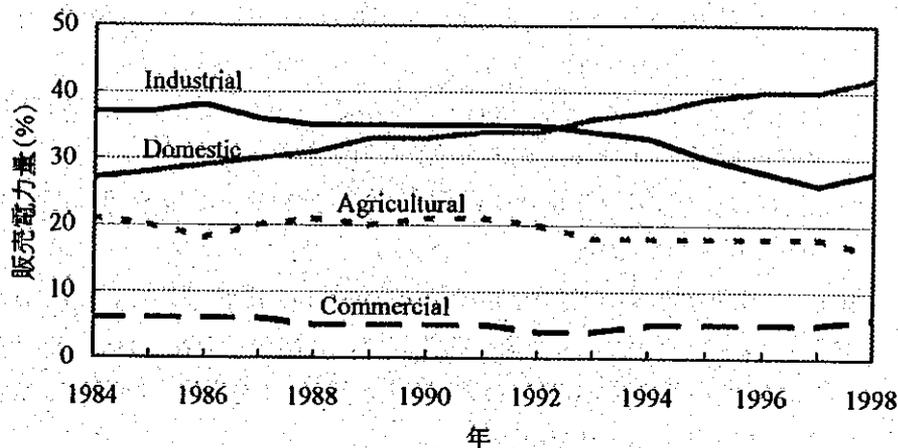


図 4.3.1 分野別消費者比率の推移

WAPDA 系統の 1997-98 年の送配電損失率は 24%であった。表 4.3.4 で明らかなように、損失率は 1970 年代後半には 30%を超えていた。損失率は 1980 年代には減少して 1991 年には最低の 20.3%になったが、その後は再び増加している。この損失率は他の発展途上国と比較してかなり高い。送配電損失率を下げるためには、需要家設備を含む低圧配電系統の改善が特に必要である。想定される損失低減手段は Appendix D3 に解説してある。

WAPDA 電力系統の各月の代表的な日間負荷曲線については給電所の記録がある。1997-98 年の夏日(7 月 30 日)、冬日(1 月 19 日)及び中間の季節(4 月 28 日)の典型的な日間負荷曲線は下記の図 4.3.2 に示してある。

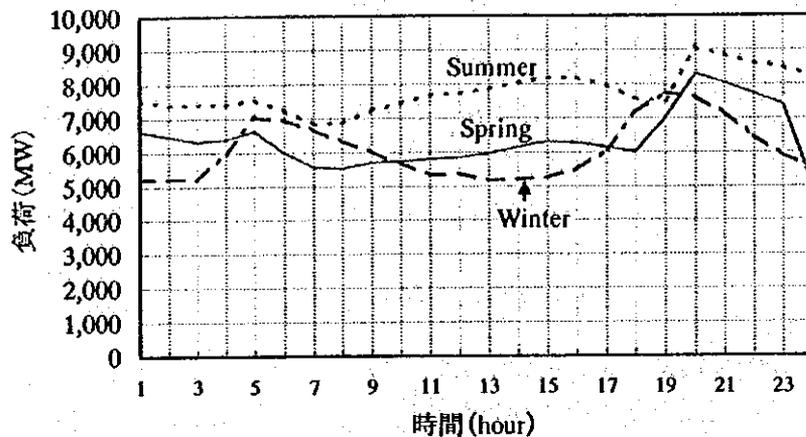


図 4.3.2 1997 年の季節別日負荷曲線

これらの日負荷曲線から下記の事が分かる。

- 日毎のピーク負荷は夕方、冬は7時頃で夏は8時頃、に発生し、ピーク継続時間は年間を通じて約4時間である。
- 空調用電力消費の増加により、消費電力量・ピーク負荷共に夏季の7月に最大になる。日負荷率もこの月に最大になる。
- 同じ季節のウィークデイと日曜日の日負荷曲線の様相は殆ど変わらない。しかし、日曜日のピーク負荷はウィークデイより2.3%から10%くらい小さい。
- 日負荷曲線の形は季節によって変わる。夏は空調負荷により昼間の負荷が大きくなり、冬は朝のピークが大きい。

それらの日間負荷率の計算値は1月が78.5%、4月が76.7%で7月は86.1%である。夏季の負荷率が高いのは電力システムの容量不足(送配電)によるピーク負荷の抑制に起因するものである。これらの負荷率は発電及び送電設備の容量が需要を十分満たすようになれば75ないし80%の通常値に落ち着くものと思われる。

ムンダ発電所はピーク発電所として運用されるが、本調査では日間ピーク継続時間をAppendix D3に記した理由により現状と同じ4時間とした。

4.3.2 将来の電力需要の月別の傾向

将来の月毎のピーク需要と発電電力量の傾向は最近3年間のWAPDAとKESCの合計負荷の実績を参照して推定した。ピーク需要には負荷制限が無かった条件で推定される計算ピーク需要を使用した。過去3年間の需要動向はAppendix D3に説明してある理由で予測可能な将来では変わらないものと仮定した。

1995-96年、1996-97年及び1997-98年、3年間のWAPDAとKESC両者の合計の月毎のピーク負荷及び発電電力量は表4.3.7に示してあり、Appendixの表D3.1に示してある。

4.3.3 パキスタン政府の発電計画用の需要予測

1999年5月の修正第9次計画で、政府は1997年から2018年の将来の電力需要を2つのシナリオで予想した。一方は正常な経済成長ケース(6%)の場合の消費電力量の想定で、他のケースは、最近の経済情勢を反映してより現実的な経済成長ケース(5%)の電力量を想定している。この低次の予測値は世界銀行が推奨している予測とほぼ同じである。

この正常及び低次の負荷予測は表4.3.8及び4.3.9に示してある。これらの政府予測と世銀の予測の比較は、図4.3.3に示してある。

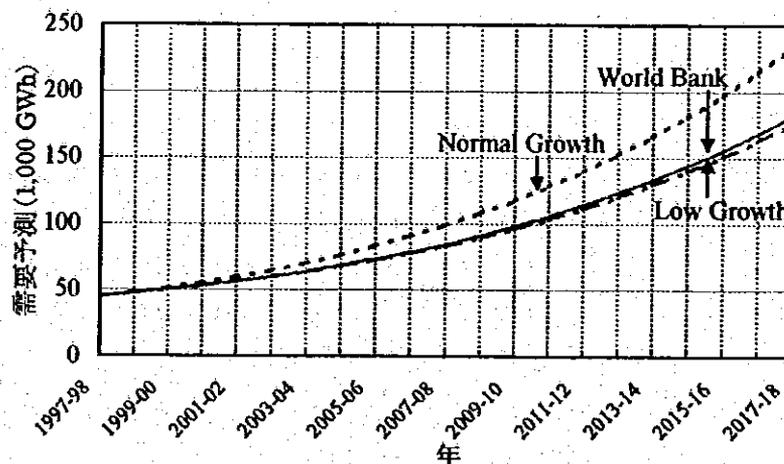


図 4.3.3 需要予測の比較

4.3.4 需要予測の JICA 調査団の検討

1982-83年から1997-98年の期間について過去の販売電力量の伸びとGDPの伸びとの相関について検討した。先ず下記の相関について過去の傾向を検討し、その傾向を GDP 伸びの見込みを考慮に入れて将来に適用した。

- 全国のGDP - 全販売電力量
- 全国のGDP - 家庭用販売電力量
- 製造部門のGDP - 産業用販売電力量
- 商業部門のGDP - 商業用販売電力量
- 農業部門のGDP - 農業用販売電力量

検討結果から過去のGDPの伸びと電力需要の伸びの間には、Appendix D4 に述べてあるように全般的に良い相関関係がある事が分かる。全国のGDPの伸びと全需要の伸びの相関係数は最近低下傾向にある。係数は過去15年では約1.6であったが、10年間では1.5、最近5年間では1.1と更に下がっている。同様な傾向は他の項目についても云える。

JICA 調査団は2ケースの経済成長(年率6%の正常伸び及び年率5%の低次伸び)について将来の需要を予測した。表D4.5の予測結果と表4.3.8及び4.3.9のパキスタン側の予測を比較すると、両者がよく近似している事が分かる。従って、パキスタン政府の修正予測は概

略合理的な範囲にあると判断される。電力需要予測検討の詳細はAppendix D4 に示してある。

しかしながら、低次負荷予測に基づき発電計画を実現するのに相当な額の資金が必要である。

4.4 電力システムの現状

主としてWAPDAから入手したパキスタンの電力システムに関する情報は Appendix D5 にまとめられている。その内、電力開発に関する事項を下記してある。

4.4.1 発電システム

パキスタンの発電システムには水力及び火力の発電設備がある。過去の水力及び火力設備による発電電力量の比率の推移は表 4.4.1 に示してある。水力発電の全体に占める割合は 1979 年には 78.7%に達したが、その後財政的制約による水力開発の遅延によって水力の割合は減少してきて、最近 40%を少し超えた値になっている。1997年以降、IPPによる発電の比率が増えてきていて、最近 1999 年になって 30%を超えた。

地域別の発電容量の分布を見ると、下記の表に示すように国内最大の電力消費地であるパンジャブが最大で北西辺境州がそれに続いている。

州毎の発電設備容量

州名	水力	火力	合計
パンジャブ	63	4,590	4,653
シンド	—	2,909	2,909
北西辺境州	3,762	—	3,762
パロチスタン	—	1,392	1,392
ジャムカシミール	1,000	—	1,000

北西辺境州の発電容量が電力消費に比較して大きいのはターベラ発電所がこの州にあるためである。北西辺境州とジャムカシミールの発電設備は全部水力発電で、他の3州では殆んどが火力発電である。

(1) 水力発電設備

現存の水力発電所の総容量は Appendix D の表 D6.1 に示す通り 4,826 MW で、ターベラ (3,478 MW)、マングラ(1,000 MW)、ワルサック(240 MW)のダム式の主要発電所の合計据付容量はこの国の全水力発電設備の 98%を占めている。最大のターベラ発電所だけで全体の72%になっている。

パキスタンの多目的ダム運用に当たっては、灌漑用水供給に第1位の優先権が与えられている。従って、貯水池は灌漑用水の需要によって運用される。この地域の河川流水の源は雪解け水とモンスーンの雨である。河川の流量は5月から8月にかけて多くなるが、灌漑需要は4月から6月が最大になり、冬には貯水池からの放水を止めなければならない。そのようなわけ

で、4月、5月、6月には貯水池水位低下によりピーク出力が不足し、12月、1月にはダムからの放流量不足のために発電電力量が不足する。

パキスタンでは、水力機械の保守は乾季の河川水量が少ない時に実施することができる。従って、機器は良い状態に保たれていて事故により故障が発生する率は一般に低い。

(2) 火力発電

WAPDA 系統の既設火力発電所の総容量は、WAPDA の設備が 4,281MW、私企業の設備が 3,044 MW である。KESC 系統ではそれぞれが 1,926MW と 130MW で、詳細は Appendix D の表 D6.2 の通りである。

WAPDA 系統では 52% が蒸気力発電所で残り 48% がガスタービン/コンバインドサイクル発電所である。最近のガスタービン/コンバインドサイクルは天然ガスを燃料としているが、古い設備は油を使用している。1980 年代以降に完成した蒸気タービン発電機は 210 から 250 MW で 300 MW を超える容量のものは 1 台だけである。最近の主要ガスタービン発電機は 100 から 135 MW のものである。火力機には、非常に古い機器があり、30 年以上経過したものが多数ある。パキスタンの火力設備の通常寿命は、蒸気発電設備が 35 年、ガスタービン設備が 25 年でコンバインド設備は 30 年である。

76% の蒸気発電、11% のガスタービン設備と 13% のディーゼル設備で構成されている KESC の火力発電所は油とガスを燃料にしている。油発電が全体の 78.2% を占めていて、残り 21.8% は旧式のガスタービンによるガス発電である。現在のところ、ガス供給能力を増加させるためのパイプライン建設計画は無い。油燃焼の発電計画は政府の開発許可をとる事ができず、現在不足分は WAPDA からの受電に頼らざるを得ない状態にある。

パキスタンでは最初の私企業参画による 1,292 MW (4x323 MW) の油燃焼の蒸気力発電所は、1996-97 年にパロチスタン海岸のハブでハブ会社によって運転を開始した。合計出力 1,621 MW の新式のガスタービン機及びコンバインドサイクル機を有する WAPDA のコト・アドウ発電所は私企業に売却され、管理は 1996 年 6 月に KAPCO に移管された。現在、WAPDA は KAPCO から電力を購入している。

4.4.2 送電系統

パキスタンの送電網の特色は北部のターベラ発電所からアラビア海に面したハブ発電所まで全長 1,500 km、2 ないし 3 回線の 500 kV の脊梁送電線で強固に結ばれている事にある。500 kV 送電系統の現状は図 4.4.1 に示してある。この系統に全国で 7 個所の 500/220 kV 変電所と 220/132 kV 電力系統が接続されている。国内の主要発電所及び変電所は全てこの系統によって連係されている。各州の送電線の全長は表 4.4.2 に示してある。

現在の送電系統では、500 kV 及び 220 kV の系統は系統の高い信頼度を保つためにループ運転されていて、132 kV 及び 66 kV の系統は保護レリーの誤動作を避け遮断器の遮断容量を制限するために樹枝状の系統で運用されている。

北西辺境州では、500 kV 系統が最近ターベラからペシャワールへ延長された。現在運転中の 220 kV 系統はターベラ - マルダン及びペシャワール 500kV - ダウドケル間の 2 送電線だけである。州内には 132 kV 及び 66 kV の 2 次送電系統があつて、132 kV 系統が配電電圧の 11 kV に降圧する変電所に給電する主系統になっている。そのような送電系統は州の南部をカバーしているだけで、州の北部は未電化の所が多い。北西辺境州の変電所容量の推移は表 4.4.3 に示す通りである。多くの配電系統用変圧器(殆ど 132/11kV)は容量不足で北西辺境州を含めて全国的に過負荷状態にある物が多い。

500 kV 送電線は全て 1 回線構造で、4 導体を架線している。以前は、ACSR “DRAKE (795MCM)” を標準的に使用している。220 kV 送電線の標準導体は ACSR “RAIL(954MCM)”だが、最近重負荷送電線に 2 導体を架設する方向にある。

パキスタンでは雷害は少なく、220 kV 又は 132 kV の 2 回線送電線にも架空地線は 1 条しか架設していない。乾燥地の塩塵による汚損の被害を避けるために耐霧碍子を使用する場合がある。220kV 送電線用碍子連の標準的な碍子連結個数は懸垂連、耐張連共に 15 個である。

500kV 送電線を含む線路保護には PLC 回線を組み合わせた転送遮断付きの距離継電方式を標準的に使用している。

ムンダ発電所で考えられているような発電機 4 台を有する 220 kV 開閉所には 1.5 遮断器 2 重母線方式が標準的に採用されている。但し、ブスタイ付きの 2 重母線方式でもよい。

4.4.3 給電系統

現在パキスタンの電力系統には下記の 4 個所の給電所が運転中である。

- 国家給電所(NPCC)、WAPDA、イスラマバッドにあり全国の発電所及び 500/220 kV 送電系統の制御用
- 北部地方給電所(RCC)、WAPDA、イスラマバッドにありペシャワールからマルタンまでの北部の 132/66 kV 送電系統制御用
- 南部地方給電所(RCC)、WAPDA、ジャムシヨロにありマルタンから南の 132/66 kV 送電系統制御用
- KESC 給電所、カラチにある

日毎の全国の発電計画は NPCC で前日に作成し、各発電所及び私企業の発電業者に翌日の運転指示を出す。全発電所の年間運転計画及び発電機器の保守計画は NPCC で作成される。

全国電力系統の周波数制御は、ターベラ及びマンガラ両発電所の 4 台ずつの発電機を使用して行なう。

故障データを含む電力系統の運転記録は NPCC で編集してデータベース化する。NPCC には系統計算用のオフライン・コンピューターがあつて、系統の運転状態の検討を行なう。

KESC の給電所は KESC 系統の制御を行なうためのものである。しかし、2 給電所は連係系統全体の調和を取るために相互の協調を計っている。最近年の電力融通の実績は下記の通りである。

WAPDA - KESC 間の電力融通実績

会計年度 (6 月 30 日迄)	KESC への送電 (GWh)	KESC から受電 (GWh)
1983-84	6.00	37.00
1984-85	0.97	674.00
1985-86	0.55	470.03
1986-87	6.00	191.00
1987-88	86.22	116.00
1988-89	82.00	32.00
1989-90	171.16	264.46
1990-91	193.55	41.50
1991-92	292.21	463.02
1992-93	93.90	517.27
1993-94	367.74	350.71
1994-95	884.04	207.58
1995-96	794.61	298.47
1996-97	1,232.80	90.56

長い間 WAPDA は KESC から電気を受電していたが、しかし 1993-94 年以降 KESC へ送電していて、その電力量は急速に増加している。

4.4.4 通信系統

パキスタンの送電網の主要通信ルートは PLC で構成されて、500 kV 線を含む全ての送電線に適用されている。パキスタンで使用されているのは全て 1 チャンネル・セットで多チャンネル区間の構成は 1+1+1+1... となっている。

PLC 系統の予備回線及び保守用の通信に VHF 単信及び UHF 複信の無線回線を使用している。それに加えて、音声通信には公衆電話も使用している。しかし、データ通信と線路保護用の信号交換には PLC 回線を使用している。

電力用業務電話系統はイスラマバッドの NPCC に設置されている中央の PABX と約 100 個所の地方交換機で構成されている。

パキスタンには、イスラマバッド - ジャムショロ間に近年の通信量の増加に対応するために設置された 2 GHz、60 チャンネルのマイクロウェーブ回線がある。多チャンネルの UHF 回線も通信量が多い区間、例えばターベラ - ペシャワール間で使用されている。

現在のところ、電力用通信に光通信方式は使用していない。OPGW は一部の 500 kV 送電線に架設された事がある。しかしこの線は悪戯によって損傷を受けたが、修理して近く再度運転を開始する予定である。

4.4.5 運搬

海外からの荷揚げ地のカラチからムンダ・ダム計画地点までの陸上運搬距離は 1,700 km と長いので、計画の輸送問題は輸送期間、金額を含めて重要な要素になる。

重量物の運搬には鉄道又はトレーラーによる陸上輸送とインダス河をさかのぼる船舶輸送とトレーラーの組み合わせの 2 案が考えられる。通常、輸送期間の短い陸上輸送が好まれているが、船舶輸送は通常陸上輸送が適当でない場合に採用する。ターベラ発電所の重量物は船で輸送した。パシヤワール変電所の 500/220 kV, 450 MVA の変圧器は輸送重量約 90 トンでバージとトレーラーで運搬した。この変圧器は 3 台の単相器で構成されている。

以前は、パキスタンの陸上輸送の制限重量は 90 トン程度であった。しかし、道路及び橋梁の改良と多軸型トレーラー使用によって、主要道路ではこの制限より重い荷物を輸送できるようになった。

4.5 電力開発計画

4.5.1 発電開発計画

政府は発電用に国内産のエネルギー源を最大限に利用して、輸入油への依存度を減らす政策を取っている。この政策に従って、水力発電計画の開発を優先的に行なうことにしている。火力発電への国内産の燃料使用に当たっては、石炭及び天然ガスの使用に重点を置いている。第 9 次 5 個年計画以後には、輸入油燃焼の火力発電の新設計画は無い。

第 9 次 5 個年計画期間の 1998-99 年から 2002-03 年迄の発電容量増強計画は表 4.5.1 に示す通りで、総容量は 4,733 MW で公共部門の 1,959 MW(水力及び原子力)と私企業部門の 2,744 MW(全てが火力)で構成されている。公共部門中最大の計画は 1,450 MW のガジ・パロタ水力発電所で、この発電所はインダス本流の流れ込み式発電所で既設のターベラ発電所の直下流に位置している。私企業部門の増設は全て燃料油又はガスを使用する火力設備で、比較的小容量なものである。

現在のところ、政府はフィージビリティ調査が既に終了している水力発電及び自国産の石炭による石炭火力計画についてだけ IPP の提案書を受け入れる意向である。現時点では、現存の発電設備の総容量で需要に十分対応できる状態にある。Appendix D の表 D7.1 の正常負荷予測に基づいた発電能力増強計画及び表 D7.2 の低次負荷予測に基づいた計画によると、現在は完成迄の期間が長い水力計画に重点を置いて多数準備すべき時期になっている。

1995 年にパキスタン政府は“私企業水力発電計画促進に関する法律”を施行して、私企業による流れ込み又は小規模の調整池式を有する水力発電計画の開発を誘致している。減・免税その他の財政的優遇措置が規定されている。提案された計画は、技術的、経済的に実施可能性があり、年間稼働率 50% 及び 1 月から 6 月の低水期に最低 40% の電力を発生する計画を BOOT(建設、所有、運転及び移管)方式で建設する事を要求している。出力が 20 から 300 MW の計画には固定料金が、そして 20 MW 未満の場合は“実費プラス”の方式が適用される。しかし 300 MW 以上の計画及び季節調整用貯水池付きの発電所の大口購入については、ケース・

バイ・ケースで決定する。IPP による水力発電計画の無料で政府に引き渡すまでの運転期間は 25 年である。

しかし、1998 年の“私企業の電力発電計画に関する新法”では、パキスタンに競争ベースの電力市場を形成するために電気料金を競争によって決定する方式が導入された。現在までのところ、IPP 業者は政府によって組織された委員会によって電力料金に重点を置いて提案書を評価して選定している。IPP に対する電力料金は、電力量当たりの料金と容量当たりの料金から構成されていて、適切なエスカレーション条項がついている。

4.5.2 水力発電開発計画

パキスタンの現在までに確認された包蔵水力は Appendix D8(1)、(2)、(3)に示す通りで 33,572 MW と見積もられている。その概要は下記の通りである。

パキスタンの水力発電資源

1. 運転中の発電所:	4,826 MW
2. 施工段階の発電所:	
A. 施工中	1,658 MW
B. 施工準備完了	5,118 MW
3. WAPDA のフィージビリティ/プレフィージビリティ調査段階:	
A. フィージビリティ調査	2,204 MW
B. プレフィージビリティ調査	5,836 MW
4. WAPDA によって確認された計画:	9,640 MW
5. SHYDO が調査した計画:	4,292 MW
合計	33,572 MW

第 9 次 5 個年計画では、利用可能なポテンシャルは 38,000 MW と見積もられている。既設の設備容量は上記確認済み包蔵水力の僅か 14.4 パーセント以下、利用可能ポテンシャルの 12.7 パーセント以下である。従って、パキスタンは未開発の水力資源を多量に保有している事になる。上記のポテンシャルは調査確認済み地点の集計によったものなので、調査の進展に伴ないポテンシャルは増えるはずである。

水力発電の開発を促進するという政府の方針に従って、水力開発調査は水利権等の存在に関係なく、どの団体も原則的に自由に実施できる。各団体は、地点、容量に関係無くどのような計画でも調査できる。

一般的に、出力 100 MW 以上の大計画は全国の需給バランスを考慮して計画され、数 MW 以下の小計画は地域の需要だけを考慮して計画される。

4.5.3 インダス本流の開発

カラバウ多目的ダム計画(第 1 期 2,400MW、最終容量 3,600MW)は可能な限り早期に開発すべき最も重要な計画と位置付けられている。

この発電計画はインダス川本流のターベラ発電所下流 192 km に位置している。この計画のフィージビリティ調査は 1980 年代に行われ、高い経済性が確認されていて、詳細設計及び入

札仕様書の作成は既に完成している。従って、この計画の建設は環境問題が解決し資金が調達できれば何時でも開始できるようになっている。パキスタン政府はこの計画に第1位の開発順位を付けている。

しかしながら、発電所地点、河の上流及び下流域の地方政府及び住民に対する便益と悪影響が環境問題と合わせて複雑に絡み合っている。現在、パキスタン政府は関係各者間の妥協を得るよう努力している。

ターベラ発電所上流のインダス本流のパンジャ水力発電計画(3,360MW)はもう1つの最重要計画である。この発電所も電力量発電単価がかなり低く見積られている。

この計画のフィージビリティ調査に対する国際的な援助が決定していないので、現在この計画の調査、設計は国際協力の提供を待っている状態にある。

4.5.4 他の水力発電地点

第9次計画期間に続く水力発電開発実施に向けて、1997年に世界のIPP業者から41の提案書が提出された。有望な計画の予備審査及び1995年の政策に基づく、投資者との契約交渉を含む合同審査を通して、1998年に下記の4計画が政府によって実施するIPP計画として選定された:

1998年に選定されたIPP計画

計画名	出力	位置	調査機関
マラカンド III	81MW	上部スワット水路のマラカンド	WAPDA/SWAB/SCARP
ジナー	96MW	インダス河のジナー堰	WAPDA/GTZ
マテイルタン	84MW	スワット河のマテイルタン	SHYDO
新・ボンエスケープ(AJK)	45MW	ジェルム河のマンガラ	WAPDA/HARZA

これらの計画については、詳細設計を早急に開始すべきで、運転開始は第10次計画期間中になると想定される。

次の段階として、1999年に1998年の政策に従って下記の6計画がIPPによる実施計画として選定された。

1999年に選定されたIPP計画

計画名	出力	位置	調査機関
ニールム・ジェルム	963MW	ジェルム河のムザフアラバッド	WAPDA/ノルコンサルト
カンクワール	72MW	スワット河のカंकワール	SHYDO
ゴランゴル	106MW	スワット河のチトラル/マツジ	HEPO/WAPDA
ダラルクワール	36MW	スワット河のパンジクラ	SHYDO
アライクワール	163MW	インダス河のアライ	SHYDO
スメルガー	28MW	スワット河のスメル	SHYDO

ジャム・カシミールのコハラ発電計画(590MW)も有望な計画と云われているが、提案書が期間内に提出されなかった。

SHYDOが調査した水力地点の一覧表は表4.5.2に示してあり、比較的大型の7計画についてはフィージビリティ調査を既に終了している。これらの計画のうち上記の通りマラカンドを

含む 6 個所の IPP 計画は既に政府承認を得ている。将来の開発用には、3 河川(コヒスタン、スワット、マンセーラ)に合計 2,400 MW の開発地点がある。

4.5.5 火力発電開発計画

電力セクターに対する民営化政策に基づいて、現在進行中及び将来計画で官側で考慮中又はこれから実施すべき火力計画は無い。第9次計画で進行中又は計画中の開発案件は全て BOO(建設、保有及び運転)の形式で私企業の参画によって行なわれている。表 4.5.1 に示すように 1999 年迄に合計 1,715 MW の発電所が完成する予定になっている。これらは、多数の中型の発電所で国の中部及び南部地域に建設される事になっている。

Appendix D の表 D7.1 及び D7.2 のNPP(国家電力計画委員会)が作成した発電力増強計画によると、現地産の石炭又は天然ガスを使用したIPPによる火力発電所が必要になるのは、正常予測では 2005 年、低次予測では 2007 年以降である。この計画によると、石炭火力計画と天然ガスによるコンバインド・サイクル計画の開発規模は略等しくなっている。国産天然ガスの利用可能量は長期的には不明確で、量的に不足する場合はトルクメニスタン又はイランからの輸入が考えられている。

4.5.6 送電系統拡張

WAPDA 送電系統の拡張計画は WAPDA 自身で行なう電力潮流解析の結果に基づいて行なっている。WAPDA 北部の 500 kV 及び 220 kV 送電系統の 2003 年迄の拡張計画は表 4.5.3 と図 4.4.1 に示す通りである。

1995 年 3 月に、パキスタン政府は 500 kV 及び 220 kV の送電計画について私企業参画とその推進策について政策要綱を発表した。この政策に基づいて、WAPDA は約 1,500 キロメートルのジャムショロ - ラホール間とムザファルガル - ガッテイ間の 500 kV 送電線、及び 9 個所の関連変電所について投資プロポーザルの提出を求めた。しかし、現在までのところ契約に至ったものは無い。

北西辺境州でも、ムンダ、マラカンド III、マテイルタンその他の水力発電計画の開発や遠隔地電化の推進その他の要請に合せて 220 kV 及び 132 kV の送電系統を拡張していく必要がある。ムンダ発電所は電力大消費地のペシャワールの北約 40km に位置している。

変電所の設備容量から考えて、ムンダ発電所の発生電力を既設の 1 変電所で処理する事は困難である。ムンダ発電所の周辺地域には下記のように 2 つの大容量 220kV 系統計画がある。

- 1) ガジバロタ発電所と 500kV ペシャワール変電所を結ぶレール電線複導体の 220kV 送電線の建設で、中間にナウシェラ工業団地とシャヒバグの 2 変電所が計画されている。新シャヒバグ変電所はペシャワールへの電力供給用の変電所でムンダ発電所に近い。
- 2) マンセーラからの 500kV の電力を受電するためのチャルサダ 500/220kV 変電所の建設計画がある。この変電所の 220kV 側は、レール電線複導体の 220kV 送電線でシャヒ

バーグ変電所に接続される事になると思われる。しかし、この変電所はパシヤ発電所完成後に必要になる。

シャヒバーグ及びチャルサダの両変電所の計画地点はムンダ発電所から 25km 以内で、ムンダの発生電力を受電するための十分な容量で設計する事ができる。

4.5.7 給電及び通信方式

将来は、全ての主要水力発電所は、監視・制御のためにデータ送信用の強固で信頼度が高い通信路で給電所と結ばれる必要がある。

WAPDAAは 500kV 系統と重要且つ通信量が多い 220kV 系統に光通信を採用する考えで、近い将来の運転開始に向けて OPGW の架設がいくつかの送電線で進行している。

ペシヤワール地区の PLC 用の周波数割り当ては非常に込み合っていて、ムンダ系統用の割り当てを確保するのに相当な困難が予想される。重要な 220kV 送電線路であるカシバローターナウシェラ - シャヒバーグ - 500kV ペシヤワール間に光通信方式を設置する提案が出されている。しかし、この計画は現在までのところ決定されていない。500kV のチャルサダ変電所からムンダ発電所に光系統を延長する事も考えられる。

4.6 水力開発に係る制度上の課題

連邦政府、州政府ならびに連邦政府直轄部族地域関係機関は、パキスタンの水力開発に関わってきた。パキスタン国憲法の第 161 条第 2 項によれば、連邦政府および連邦政府が設立・管理する事業体が水力発電で得た純益はその水力発電所の存する州政府に帰属する。1991 年には、タルベラ、ワルサック両発電所の収入は北西辺境州に支払われることとなった。

ムンダ発電所においても、連邦政府の特別な裁定がない限りワルサック発電所などと同じ方式が取られるであろう。

第5章 水利用調査

5.1 灌漑開発方針

ムンダ多目的ダムにおける利水用途については、プレ F/S で最適化された水利用計画案をベースとするものとし、水力発電及び新規地区灌漑用水供給、既存灌漑地区への用水供給強化、その他目的用水供給を考えるものとする。本件計画調査フェーズ II 調査では、フェーズ I 調査時に策定された灌漑用水供給計画をさらに詳細に検討して問題点の解消を図るとともに、必要な場合はその改善策を示し、今後のムンダダム関連水利用計画樹立にむけての基礎的作業を実施した。

水利用計画の基本方針としては、ムンダダムによる新規開発水源の利用計画に関して水力発電計画と整合をとりつつ、最大限に経済性の高い規模・内容として策定することとする。また、水利用計画の柱となる灌漑開発計画では、調査対象地域周辺で一般的な地表灌漑方法の踏襲を前提とし、営農主体は現存の農民を対象として、営農環境も大きな改変を伴うような計画としないことを基本とする。

5.2 新規灌漑開発計画

5.2.1 新規灌漑計画の概要

本件 F/S 調査における新規灌漑対象調査地区としては、プレ F/S 調査でまとめられた Swat 川左岸 8,207 ha(20,280acre)、右岸 3,683 ha(9,100acre) (合計 11,890 ha (29,380acre)) の、LSC (Lower Swat Canal) 及び USC (Upper Swat Canal) 受益地区上辺の天水利用地帯とする(図 5.2.1、5.2.2 参照)。この新規灌漑対象調査地区の現況土地利用状況は下表に示す通りである。

新規灌漑対象調査地区の土地利用状況

(単位: ha(Acres))

土地利用分類	右岸地区	左岸地区	合計
耕作地面積			
休閒地	1,593(3,940)	3,876(9,580)	5,469(13,520)
総作付け面積	1,490(3,680)	3,623(8,950)	5,113(12,630)
小計	3,083(7,620)	7,499(18,530)	10,582(26,150)
耕作可能未利用地	600(1,480)	708(1,750)	1,308(3,230)
森林	0	0	0
受益面積 (CCA)	3,683(9,100)	8,207(20,280)	11,890(29,380)
非耕作地	409(1,010)	912(2,250)	1,321(3,260)
総受益面積 (GCA)	4,092(10,110)	9,119(22,530)	13,211(32,640)

* 本件 F/S 調査における上記の新規灌漑対象地区とは、プレ F/S の新規灌漑計画地区をいう。

新規灌漑対象調査地区は、Charsadda 郡(ディビジョン)、Malakand 特別行政区(Agency) 及び Mohamad 特別行政区の3つの行政単位にまたがる。それぞれの行政区界は図 5.2.3 に示す通りである。また、新規灌漑対象調査地区内の各行政区面積は下表に示すとおりである。

新規灌漑対象調査地区内の各行政区面積

(単位:ha(Acres))

郡名/特別行政区名	右岸地区		左岸地区		合計	
Charsadda	4,010(9,910)	98.0%	6,475(16,000)	71.0%	10,485(25,910)	79.5%
Malakand	0	0.0%	1,094(2,700)	12.0%	1,094(2,700)	8.2%
Mohamand	82(200)	2.0%	1,550(3,830)	17.0%	1,632(4,030)	12.3%
合計	4,092(10,110)	100.0%	9,119(22,530)	100.0%	13,211(32,640)	100.0%

5.2.2 新規灌漑調査対象地区の土壌・地形条件

ブレ F/S 調査の新規灌漑計画地区に関する土地評価成果も参考にすれば、新規灌漑対象調査地区内の土地分級は下表のようにクラス I からクラス IV の4段階に区分される。

新規灌漑対象調査地区内の土地分級面積

(単位:ha(Acres))

土地分級	右岸地区		左岸地区		合計	
	(GCA)	(CCA)	(GCA)	(CCA)	(GCA)	(CCA)
I	2,013(4,970)	1,777(4,390)	1,686(4,160)	1,640(4,050)	3,699(9,130)	3,417(8,440)
IIr	0	0	1,387(3,430)	1,350(3,340)	1,387(3,430)	1,350(3,340)
IIsr	0	0	267(660)	260(640)	267(660)	260(640)
IIIs	1,352(3,340)	1,193(2,950)	1,429(3,530)	1,393(3,440)	2,789(6,870)	2,586(6,390)
IIIsr	127(320)	113(280)	1,167(2,880)	1,136(2,810)	1,295(3,200)	1,248(3,090)
IVsr	0	0	2,475(6,120)	1,721(4,250)	2,475(6,120)	1,721(4,250)
その他	600(1,480)	600(1,480)	708(1,750)	708(1,750)	1,308(3,230)	1,308(3,230)
合計	4,092(10,110)	3,683(9,100)	9,119(22,530)	8,207(20,280)	13,211(32,640)	11,890(29,380)

- I : 地形は平坦、土壌は耕作土が厚く肥沃で農業に最適
- IIr : 地形は起伏に富む、土壌は耕作土が厚くかなり肥沃
- IIsr : 地形はやや起伏に富む、耕作土層は厚いが20-30%の小石混じり
- IIIs : 地形はかなり平坦、土壌は耕作土層が薄く35cm以深は50%以上のレキ層
- IIIsr : 地形は起伏に富む、土壌は耕作土層が薄く表層以深は50%以上のレキ層
- IVsr : 地形は非常に起伏に富む、土壌は小石・レキが非常に多く作土層は認められない
- その他 : IVsr 相当あるいはそれ以下の未利用地

新規灌漑対象調査地区の土壌に関していえば、多レキ含有、地形起伏および浅耕作土層の問題がかなり顕著な地区も見られるが、それら以外には特段の障害は認められない。現地踏査を通じて土壌、地形等を調査した結果、新規灌漑対象調査地区面積(GCA)の内、3,699 ha (9,130acre)は灌漑農業上、何らの制約も見あたらない優良地と評価できる。さらに、1,387 ha (3,430acre)及びその他の267 ha (660acre)は多少の圃場均平作業、除レキ作業を必要とするが営農には問題ない農地と判断できる。その他のクラス III に分類される4,75 ha (10,070acre)は恒常的に耕作上の支障がみとめられ、特に深根菜類や果樹、サトウキビ、メイズなどの栽培には不向きである。しかし、生産性には多少制約はあるものの浅根性作物の栽培は可能と判断される。2,475 ha (6,120acre)のクラス IV 地区は、多くはレキ帯扇状地尾根部に分布しており80-90%にも及ぶレキ含有率を示している。激しい起伏と過度なレキ含有から、放牧地か林地としての利用が考えられるのみで灌漑農業には全く不適である。

土壌の浸透性については、いくつかのサイトにおける標準インテークレート試験結果に、0.31 - 6.60 cm/hr と大きな開きが見られる。一般的には、5.0 cm/hr あるいはそれ以下のインテークレート土壌では地表灌漑方法が適するとされている。新規灌漑調査対象地区では 6 cm/hr 以上の浸透性を示す土壌も一部存在するが、この程度であれば灌漑施設設計面の配慮で対処出来る範囲であり、地表灌漑方法の実施に支障はないと判断できる。

5.2.3 新規灌漑地区の農業現況

(1) 土地所有

新規灌漑調査対象地区の土地所有形態及び農家規模は、農業センサス(1990)及び各テニール税務事務所内部資料を参考に、下表のようにまとめることができる。

新規灌漑調査地区の土地所有形態及び農家規模

農家規模	農家数	所有面積(ha(acre))	比率%
一般農家(全体)	5,903	11,890 (29,380)	100.0%
1.0 acre 以下	160	48 (119)	0.4%
1.0 to 2.5	1,017	590 (1,457)	5.0%
2.5 to 5.0	2,630	3,656 (9,035)	30.8%
5.0 to 7.5	799	1,836 (4,536)	15.4%
7.5 to 12.5	881	2,950 (7,290)	24.8%
12.5 to 25.0	356	2,341 (5,784)	19.7%
25.0 to 50.0	54	265 (656)	2.2%
50.0 to 150.0	5	113 (280)	0.9%
150.0 以上	1	89 (221)	0.8%

出典:農業センサス(1990)

農家規模は、零細(5.0 ha(12.5acre)未満)、中規模(5.0 ha(12.5acre)以上 10.0 ha(25.0acre)未満)、大規模(10.0 ha(25.0acre)以上)の3段階に分類される。上記の新規灌漑調査対象地区の農家規模に関する情報によれば、それぞれの農家数比率は 93%、6%及び 1%とほとんど零細農家で占められているが、面積で見ればそれぞれの規模農家の所有農地面積比率は、76.4%、19.7%及び 3.9%と、中規模以上農家の占有面積が無視できない状況といえる。新規灌漑調査地区の平均農家規模は、2.0 ha(4.9 acre)戸となっており、他州の平均農家規模(北西辺境州(3.2 ha(7.8acre))、パンジャブ州(4.8 ha(11.8acre))、シンド州(4.7 ha(11.6acre))、及びパロチスタン州(7.8 ha(19.2acre)))と比較しても相当低いものとなっている。

新規灌漑調査地区の関連行政区ごとの農業センサスデータによれば、自作農、小作兼自作農、小作農の3つの区分で見れば、その占有比率はそれぞれ66.0%、8.5%、及び5.5%であり、これからみれば新規灌漑調査対象地区においては自作農が卓越しているといえる。

(2) 既存農業研究、普及機関

新規灌漑調査対象地区に関連する農業研究、農業普及機関は以下の通りである。

a) 試験研究機関:

- Charsadda 土壌試験場
- Harichand サトウキビ実験農場
- Tarnab 農業技術試験場
- PirSabak 穀物試験場
- サトウキビ栽培試験場

b) 農業普及

- Harichand サトウキビ種子普及農場
- Dhakki 農業普及センター
- 各農業普及事務所

c) 農業資材供給施設

新規灌漑調査対象地区関連では、農業開発公社(ADA)所管の3箇所(Charsadda, Tangi, Shabqadar)の農業資材販売所がある(各販売所は、Peshawar 郡農業供給事務所(Charsaddaには同事務所が置かれていない)の統括下にある)。農業開発公社は、種子、肥料の供給に全面的に係わっており、農業の調達などは民間業者に委ねられている。特に、小麦とメイズの種子に関しては、農業開発公社販売所以外では入手できない制度となっている。

(3) 農作物流通

Charsadda, Tangi, Shabqadar などの新規灌漑調査対象地区関連区域内では、特定農作物に関する総合的な流通システムは見あたらない。また、農民共同組合による共同出荷などもほとんど見られない。貯蔵施設も完備されているとはいいがたく、総合マーケット、農産物冷凍施設整備などの要望は高い。流通に関しては、村市場以外ではほとんどの作物出荷で仲買人が関与し、その収入は農民の農業資材調達資金源の一つとなっているが、必ずしも適正な価格で取引されているとは謂いがたい。

農産物市場としては、Mardan, Peshawar などの規模の大きな市場を控え、新規灌漑調査対象地区からの新規農産物出荷を十分吸収する潜在的キャパシティは備わっている。また、収益性の高いサトウキビについても、Mardan に存する精糖工場も新規灌漑調査対象地区からの出荷に応えられる処理容量面での余裕があり、新規サトウキビの増産に関する支障は認められない。

農家経営に重要な農業金融は、十分整備されているとはいいがたい。制度的にはパキスタン農業開発銀行(ADBP)が主体となっており、営農施設や農業機械などの設備投資ローン、生産資材調達のための生産ローンの貸し出しを行っているが、天水農業が主体の新規灌漑調査対象地区で農民の融資実績はほとんど見られない。

(4) 現況作付け体系

新規灌漑調査対象地区の現況作付け体系は、近年の州農業統計、対象地区関連税務事務所の各村落徴税資料を参考に再調査を行った(対象地区としてはプレ F/S 調査の計画対象地区と同一範囲であるが、近年時点の精査が必要であった)。州農業統計における新規灌漑調査対象地区情報を分析した結果では、全体作付け率 63.7%でその内訳は小麦(作付け率 51.0%)、大麦(同 4.1%)、メイズ(同 1.7%)、サトウキビ(同 4.8%)、その他(同 2.1%)となっている(Appendix D 参照)。その他、新規灌漑調査対象地区の約 46.6%をカバーする範囲の詳細な各村落徴税資料を入手・分析した結果では、全体作付け率 56.4%でその内訳は小麦(作付け率 52.7%)、大麦(同 3.3%)、メイズ(同 0.1%)、その他(同 0.3%)となっている。

上記のそれぞれのデータソース別での結果を比較しても、両者の結果とも大差なくほぼ実状を反映していると判断される。したがって、両データの信頼度を考慮にいれて、新規灌漑調査対象地区の現況作付け率は下表のように推定される。

新規灌漑調査対象地区現況作付け率

作物	農業統計参考	各村落徴税資料参考	採用値
メイズ	1.67%	0.07%	1.7%
小麦	51.02%	52.70%	51.0%
大麦	4.12%	3.30%	4.1%
油脂作物	1.05%	0.05%	1.0%
サトウキビ	4.78%	0.03%	.*
合計			57.8%

* サトウキビ作付け範囲は、新規灌漑調査対象地区内の Tangi 揚水灌漑地区などの既存灌漑実施地区内

新規灌漑調査対象地区での各作物の現況単収は、州農業統計における天水地区の収量資料から下表のように推定される。

新規灌漑調査対象地区現況単収

作物	単収 (Kgs/Acre)	備考
メイズ	461	400 Kgs/Acre (1990)
小麦	481	435 Kgs/Acre (1990)
大麦	373	425 Kgs/Acre (1990)
油脂作物	190	
サトウキビ	11,616	

参考資料:州農業統計、及び農業普及事務所での聞き取り情報

5.2.4 新規灌漑調査対象地区に関連する既存灌漑システム

新規灌漑調査対象地区内には、幾つかの稼働中あるいは稼働間近の灌漑システムが存在する。それらは、以下の4種が挙げられる。

- Tangi 揚水灌漑事業 (新規灌漑調査対象左岸地区)
- Palai ダム灌漑事業 (新規灌漑調査対象左岸地区)
- Warsak 左岸灌漑水路地区 (新規灌漑調査対象右岸地区)

・ 私有ポンプ灌漑事業 (新規灌漑調査対象左岸及び右岸地区)

(1) Tangi 揚水灌漑事業

Tangi 揚水灌漑事業は、1950 年代に主に Abazai 村、Tangi Barazai 村の2村落の灌漑用水供給を目的として、州灌漑局によって建設された灌漑事業である。その概要は下表のとおりである。

Tangi 揚水灌漑事業の概要

項目	諸元	備考
灌漑対象面積(CCA)	1,766 Acre	714.7 ha
栽培作物	(Kharif 期) サトウキビ、野菜、果樹 (Rabi 期) サトウキビ、野菜、小麦	
作付け率	145.7% - 196.6%	農業統計 1997-98 参照
水源(Swat 川)	タービン・ポンプ (3 台) 渦巻きポンプ (3 台)	0.17 m ³ /s(6 cusecs) 0.17 m ³ /s(6 cusecs)
総揚程	18.3 m(60 feet)	
水路	延長 6.8 km(22,300 feet)	水路流下水は、対象農村の生活用水にも利用(水質処理なし)

(2) Palai ダム灌漑事業

Palai ダムは、新規灌漑調査対象地区を縦断する Jindai 支川の中流部(Tangi 市街地区の北方約 16 km、Charsadda 市街地区の北方約 40 km)に建設中の中規模ダムである。同灌漑事業は、1994 年 1 月に F/S 調査が完了し、ダム本体、洪水吐き、取水工等の建設工事が 24 カ月の工期で、1995 年 12 月から開始されている。同工事は、1996 年 11 月に予算上の理由で休止されているが、近年中に再開されるものとみられる。同事業の概要は下表の通りである。

Palai ダム灌漑事業概要

項目	諸元	備考
ダム:		
ダムタイプ	コンクリート表面遮水型ロックフィルタイプ	
堤高	104 feet	31.6 m
クレスト長	1,203 feet	366.7 m
純貯水量	3,650 AF	4,500,000 m ³
標準貯水池水位	1,447 feet	441.0 m
計画洪水量	21,293 cusec	603 m ³ /s
水路:		
導水路	30 cusec, 延長 3,755 feet	0.849 m ³ /s, 114.3 m
左岸水路	23.5 cusec, 延長 38,450 feet	0.665 m ³ /s, 11,720 m
右岸水路	6.5 cusec, 延長 11,500 feet	0.184 m ³ /s, 3,505 m
灌漑計画:		
灌漑対象面積	1,862 ha(4,600 acre)(CCA)	3,600(左岸),1,000 acre(右岸)
計画作付け率	130%	
導入作物	(Kharif 期) サトウキビ、果樹、メイズ、豆類、油脂作物、飼料作物、野菜 (Rabi 期) サトウキビ、果樹、小麦、豆類、油脂作物、飼料作物、野菜、タバコ	

Palai ダム灌漑事業利水計画

利水量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
灌漑用水量 (Ac.ft)	768.9	175.1	716.6	514.3	562.5	1747.7	789.4	786.0	1300.5	1362.4	1460.7	890.3
(mm)	50.9	11.6	47.5	34.1	37.3	115.8	52.3	52.1	86.2	90.3	96.8	59.0
河川自流量 (Ac.ft)	1301.1	3191.4	2908.8	2908.8	542.3	794.4	4251.3	9056.6	1649.8	422.1	713.2	1091.6
不足(Ac.ft)					20.2	953.3				940.3	747.5	

Palai ダム灌漑事業は、その建設工事が現在休止中とはいえ、州灌漑局の灌漑ダム事業計画として議会承認された事業であり近年中に工事が再開されることは確実なことを考えれば、既存事業として位置づけられるべきものと判断される。

(3) Warsak 左岸水路地区

Warsak 左岸水路は、Warsak ダムを水源とする灌漑用水供給目的の水路で、Mohmand 及び Shabquadar 地域の約 4,452 ha(11,000acre)を受益対象としている。計画流量は 1.27 m³/s(45 cusecs)で、総延長は 29.6 km(18.4 miles)におよんでいる。

新規灌漑調査対象右岸地区下流部は、同水路末端部の受益範囲と重複している。

現在、Warsak 左岸水路は RD.60,000 付近のサイフォン構造物の不備等によって、同水路の Subhan 支流横断構造物より下流への用水供給は不可能な状態にある。この障害は復旧される見通しが立っていないことから、Subhan 支流を境界として同水路上流部は従来通り Warsak 左岸水路掛かり、その下流部は本件計画の新規灌漑調査対象右岸地区内と定める。

(4) 私有ポンプ灌漑事業

新規灌漑調査対象地区に関する徴税資料によれば、同調査対象地区内の約 745 ha(1,840 acre)においてポンプ灌漑が営まれているとされている(左岸地区 599 ha(1,480 acres) (左岸地区面積の 7.3%)、及び右岸地区 146 ha(360 acres) (右岸地区面積の 3.6%)。これらのポンプは、ほぼ全てが個人所有で、個々人の負担によって稼働されている。本件計画の実施にともなって、これらのポンプ施設は、維持管理面でより有利な本件計画灌漑システムへの移行が予想されるため、新規灌漑計画策定にあたっては、他の天水地域と同様な扱いで支障ないものと考えられる。

5.2.5 新規灌漑地区の灌漑計画概要

新規灌漑計画における計画作付け体系・作付け率は、灌漑利用可能量、土壌等の計画対象地区の土地条件、気候特性などが基本となっており、対象地区の社会・経済的要請、市場容量などに配慮しつつ、現況の計画作付け体系を参考に決定した。

本件計画では、新規灌漑調査対象地区内の先進的な既存灌漑システムである Tangi 揚水灌漑地区の実績、Charsadda 郡の既存灌漑地区資料、本件ムンダダム計画プレ F/S 調査での暫定計画値などを参考に、実現可能な作付け率としては、135%程度が妥当と判断される。この

計画目標作付け率を念頭において、収益性、対象農民の営農・栽培技量も加味して、新規灌漑計画地区の計画作付け体系を策定した。計画作付け体系の決定にあたっては、許された資源活用の条件の中で最大限の事業効果発揮されるような作物組み合わせとした(図 5.2.4 参照)。

計画作付け率

作物	作付け率(%)	作物	作付け率(%)
Kharif 期		Rabi 期	
メイズ	27	小麦	30
夏野菜	8	油脂作物	2
豆類	4	タマネギ	6
飼料作物	3	冬野菜	7
タバコ	6	飼料作物	3
サトウキビ	30	サトウキビ	(30)
果樹	8	果樹	(8)
小計	86	小計	48
	合計		134

計画作付け体系は、実際に農民に受け入れられるもので、水価あたりの収益性の高いパターンを模索したものである。下表では、Pre-F/S の提案作付け体系、及び隣接地区の実績作付け体系と比較した場合の、使用水量、便益も並記しているが、いずれにおいても今回の提示体系がより有利であることが確認できる。

作付け体系比較

(%)

作物	本件計画		近隣地区の実績パターン			
	Pre-F/S	F/S提案	Charsadda 地区実績	Malakand 地区実績	Peshawar 地区実績	Mohamand 地区実績
トウモロコシ	29.0	27.0	27.3	16.0	26.2	28.4
夏・野菜	6.0	8.0	0.9	1.3	1.3	1.5
豆類	0.0	4.0	0.2	0.2	0.1	0.4
夏・飼料作物	3.0	3.0	0.9	7.7	10.7	0.7
タバコ	6.0	6.0	10.3	2.8	0.0	0.0
サトウキビ	35.0	30.0	42.9	14.3	28.8	31.4
果樹	5.0	8.0	2.0	1.6	1.3	1.3
稲作	0	0.0	0.2	20.1	0.6	0.0
小麦	35.0	30.0	36.2	28.0	46.6	53.5
大麦	0.0	0.0	0.5	0.1	2.3	0.6
油料作物	2.0	2.0	0.1	0.3	0.1	0.4
タマネギ	1.0	6.0	0.1	0.7	0.2	6.6
冬・野菜	4.0	7.0	1.3	3.2	2.2	1.6
冬・飼料作物	3.0	3.0	8.6	4.1	11.7	1.1
砂糖大根	8.0	0.0	0.5	0.0	2.9	0.0
総用水量 (mm)	794.8	780.1	785.6	662.1	649.3	615.4
便益 (10 ³ Rs./ha)	3,185.6	3,539.0	3,016.2	1,582.0	2,172.8	2,321.9

また、計画単収及び施肥量については、各農業試験機関のデータ、近隣灌漑実施地区の実績から下表のように設定される。

計画単収及び施肥量

(単位 Kg/Acre)

作物	単収	施肥量		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
メイズ	1,000	50	25	0
夏野菜	4,788	52	25	18
夏・豆類	314	16	14	0
夏・飼料作物	9,000	40	0	0
小麦	1,150	50	25	0
大麦	700	16	14	0
冬野菜	7,500	52	25	18
油脂作物	404	25	20	0
タバコ	1,025	25	35	30
タマネギ	5,000	52	25	18
砂糖大根	12,756	45	30	20
冬・飼料作物	15,000	18	27	0
サトウキビ	21,000	60	40	25
果樹	6,002	64	40	25

出典: Department of Agriculture, NWFP

5.2.6 新規灌漑計画対象範囲

本件計画ムンダ多目的ダムに係わる新規灌漑対象地区は、これまでの調査で検討されたように、Swat 川左右岸に展開する天水灌漑地区とする。新規灌漑対象地区は、フェーズIでの調査結果に基づいて、以下の範囲に限定できることが明らかとなった。

新規灌漑計画対象面積

単位: ha(Acre)

	粗灌漑対象面積	純灌漑対象面積
スワット川左岸地区	4,539 (11,220)	4,066 (10,050)
スワット川右岸地区	2,314 (5,720)	2,043 (5,050)
合計	6,853 (16,940)	6,109 (15,100)

この新規灌漑開発計画地区は、図 5.2.5 に示すように、Swat 川左岸側においては Jindai Khwar までの優良耕地地帯とし、この中には Tangi 灌漑地区を含むものとする。一方、Swat 川右岸側においては、Warsak 左岸水路灌漑地区を含む、Subhan Khwar を超えた範囲とする。

新規灌漑開発計画地区における既存スキームとの関連は下表のとおりである。

新規灌漑開発計画地区の構成

区分	ヘクタール面積	エーカー面積	備考
左岸地区	(4,066)	(10,050)	
天水利用地区	2,946	7,280	
Tangi 灌漑地区	715	1,770	
Palai 灌漑地区右岸	405	1,000	天水利用状態
右岸地区	(2,043)	(5,050)	
天水利用地区	1,023	2,530	
Warsak 水路地区	1,020	2,520	灌漑用水供給不能状態
合計	(6,109)	(15,100)	

5.3 既存灌漑システムに対する用水補給

5.3.1 LSC

下流 Swat 灌漑水路システム(LSC)は、Swat 川を水源(Munda 頭首工より取水)とする州内でも有数の灌漑システムである。LSC 灌漑システムは、Charsadda, Nowshera, Peshawar 郡及び Mardan 郡の一部を含む広大な農業地帯の通年栽培を可能にするもので、英国統治時代の 1885 年に多大な困難を克服して完成したといわれている。

LSC 灌漑システムの当初計画では、全体灌漑対象面積 54,432 ha(134,500 acre) (CCA)に対して、左岸側主要 LSC 水路が 23.50 m³/s(830 cusecs)、右岸側の Sholgara 水路は 4.98 m³/s(176 cusec)の設計流量で通水が開始された(単位用水量で 5・6 cusecs/1,000 acre)。これは、計画作付け率 100%(Kharif 期 60%、Rabi 期 40%)を想定したものであったが、その後、農民の増産意欲の高まりとともに作付けも拡大し、1978 年には作付け率 175%にまで向上し、当初の灌漑施設では対応しきれなくなってきた。

このような灌漑用水供給施設容量の不足とともに、受益地区内の常時湛水や塩害の発生、洪水時の排水問題、近代的営農技術普及の必要性など、様々な問題を一举に解決すべく、ほぼ LSC 灌漑システム受益地全域を対象として Mardan SCARP 事業が 1981 年 2 月に承認され、1993 年 3 月には WAPDA の手によって完成された(IDA、CIDA 融資)。この SCARP 事業を通じて、LSC 灌漑システムは改修工事が施され、取水および水路通水容量は 54.90 m³/s(1,940 cusecs)(単位用水量は 11.3 cusecs/acre)に向上して 180 %の作付け率に対応できる灌漑システムに生まれ変わっている。

5.3.2 USC

上流 Swat 灌漑水路システム(USC)は、LSC 灌漑システム同様、Swat 川を水源(Amandara 頭首工より取水)とする大規模灌漑システムである。USC 灌漑システムは、LSC 灌漑システムを補完するかたちで Charsadda, Mardan, Swabi 郡の LSC 灌漑システム受益に除外されていた農業地帯の通年栽培を目指して、1907 年に事業が開始され 1918 年に同工事が完了されている。

USC 灌漑システムの当初計画では、全体灌漑対象面積 113,720 ha(281,000 acres) (CCA)に対して、左岸側主要 USC の Machinai 水路が 48.39 m³/s(1,710 cusecs)、右岸側の Abezai 水

路は $11.18 \text{ m}^3/\text{s}$ (395 cusec) の設計流量で通水が開始されたが、取水施設直下の Benton トンネル部の計画値を下回る通水容量 ($1,800 \text{ cusecs}$) によって単位用水量は $5 \text{ cusecs}/1,000 \text{ acre}$ と制限されている。このような制約の下でも計画作付け率 100% (Kharif 期 40%、Rabi 期 60%) を達成するものとして運用されてきたが、その後、LSC 灌漑システム同様、作付け率が向上して当初の灌漑施設では対応しきれなくなってきた (Benton トンネル部の制約によって営農意欲に応じた作付け率の向上は不可能な状況であるが、それでも 1997 年には作付け率 119% を示している)。

このような灌漑給水容量の不足とともに、LSC 灌漑システム同様、受益地区内の常時湛水や塩害の発生、洪水時の排水問題、近代的営農技術普及の必要性など、様々な問題を一挙に解決すべく、ほぼ USC 灌漑システム受益地全域を対象として今度は Swabi SCARP 事業が 1993 年 7 月に承認され、現在 WAPDA の手によって (ADB、スイス開発公社融資) 工事がすすめられている。この SCARP 事業を通じて、USC 灌漑システムは改修工事が施され、取水および水路通水容量は $87.73 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3,100 \text{ cusecs}$) (単位用水量は $9 \text{ cusecs}/\text{acres}$) に向上して 175% の作付け率に対応できる灌漑システムに生まれ変わる予定である。

この Swabi SCARP 事業と並行して、USC 灌漑システムに関する事業として Pehur 高位水路事業 (PHLC) が企画されて近年完成をみている。この PHLC は、インダス川河川水を水源として、Pehur 地区高位部への灌漑用水供給ばかりか、その幹線水路を USC 灌漑システムと連結して同灌漑システムへも間接的に用水補給を行ない、USC-PHLC 間の補完的用水補給システムを構築する目的をもっている。このような関連事業の実施によって、USC 灌漑システムは施設の面からも、水源の面からも計画どりの 175% の作付け率が達成できる灌漑システムに生まれ変わりつつある。

5.3.3 既存灌漑システムに対する用水補給の可能性

本件ムンダダム利水対象としては、上項の新規灌漑用水供給 (現在の天水地区を対象とした新規灌漑計画) のほかに、既存灌漑システムに対する用水不足時の用水補給が考えられる。立地的にも、本件ムンダダムの補給利水の対象になりうる既存灌漑システムとしては、LSC 灌漑システム、USC 灌漑システムの 2 つが考えられる。

USC 灌漑システムは、上記のように施設面の不備は Swabi SCARP 事業により改修され、水源面の不足は PHLC 事業によって補完されて、ほぼ完全なシステムとしての整備が完了していると考えてよい。したがって、USC 灌漑システムに関して用水不足が発生する可能性は極めて低く、用水不足時の対応に迫られることは当分の間、考えられない。

LSC 灌漑システムは、施設面では Mardan SCARP によって施設面の改修は完了しているが、水源面の追加対策は現在までも取られていない。LSC 灌漑システムは、USC 灌漑システムと比較してその取水地点が Swat 川下流域に位置し、もともと水源賦存量には恵まれている。しかし、全く問題のない豊水期の Kharif に比べて、Rabi は極端な低水に至りしばしば取水不足が報告されている。下表は、既存の資料に見られる LSC 灌漑システム取水不足に関するデータである。

LSC 灌漑システム取水不足状況

(単位: m³/s(cusecs))

月	取水要求量	Swat 川流量	不足
1 月	5.38 (190)	14.72 (520)	
2 月	12.45 (440)	14.72 (520)	
3 月	26.32 (930)	58.02 (2,050)	
4 月	48.39 (1,710)	116.03 (4,100)	
5 月	64.81 (2,290)	41.04 (1,450)	-23.77(-840)
6 月	64.81 (2,290)	308.47 (10,900)	
7 月	36.79 (1,300)	226.40 (8,000)	
8 月	47.54 (1,680)	182.82 (6,460)	
9 月	51.51 (1,820)	99.90 (3,530)	
10月	42.17 (1,490)	35.09 (1,240)	-7.08(-250)
11月	32.00 (1,130)	24.62 (870)	-7.36(-260)
12月	16.13 (570)	24.90 (880)	

出典: Swabi SCARP PC-I (Revised) 資料より, April 1997, Table-7

上表からも、LSC 灌漑システムでは Rabi 期に取水不足がみられており、用水補給の必要性が高いことを示している。これらの取水不足の実態は、正確な Swat 川流量データに基づいて論じられるべきである。本件調査の中で河川流量データの見直しがなされており、ムンダ頭首工地点流量に基づいて正確な不足状況の把握を行い、追加補給の便益を把握するものとする(これについては、12.2.1 に詳述する)。

5.4 その他の利水目的計画

5.4.1 現況のその他利水状況

その他の関連既存利水システムとしては、Swat 川ムンダ頭首工下流に存在する民間水路 (Civil Canal) がある。これは、Swat 川本川から土水路に引水するもので、規模もせいぜい 0.85 m³/s(30 cusecs) 以下で恒久的な取水施設を有するものではない。1800 年代以前から利水されているといわれており、全ての維持・管理は農民個人あるいは利水組織体で担当している。ムンダ頭首工下流の扇状地帯を流下する Swat 川河道はかなりの経年的変動がみられ、これら民間水路の取水口は不断の手当が必要な他、場合によっては廃棄せざるを得ないものもみられる。このようなことから、恒久的な民間水路の総数、規模、取水口位置を特定することは難しいが、現時点でも 14 本の水路が確認されている。これらの総取水量は、5.70 m³/s(200cusecs) 程度であるが Kharif 期では全く利水に問題がない反面、Rabi 期にはほとんど河川水が見られない時期が続き、取水不能であるとのことである。

Mardan に存する精糖工場での利水不足が報告されているが、これらは灌漑水路水を利用しており、Rabi 期の取水不足発生時に同時に発生しているものと見られる。この問題は、LSC 灌漑水路の取水不足が解決されれば、同時に解消されるものと考えることが出来る。

5.4.2 今後のその他新規利水

本件調査対象地区周辺の灌漑水路では、水汲み、洗濯等が容易なように水路構造に工夫が施されており、灌漑用水の供給目的以外の利水にも供するように配慮されている。調査対象地

区的生活用水供給は、個人および公共保健局が給水スキームとして実施している井戸施設のほかに、このような灌漑水路の一般的利用によって充足されており、今後も差し迫った用水供給増は考えられていない。また、新たな利水を必要とする規模の大きな工業利用水の需要は今のところ、計画されていない。

5.4.3 その他利水に対する用水補給の可能性

本件ムンダダムの灌漑目的以外用水供給の必要性としては、民間水路(Civil Canal)の利水充足が挙げられる。Rabi 期の Munda 頭首工下流自流の確保が求められている。プレ F/S 調査では、同民間水路の計画利水量として $8.49 \text{ m}^3/\text{s}$ (300cusec)をあてているが、利水量そのものと各取水点における取水位確保のための余剰流水も考えれば、現段階では同計画値はほぼ妥当なものと判断される。この計画利水量は、Munda 頭首工下流維持流量と見なすこともできる。

5.5 灌漑事業実施母体の組織改革に伴う留意点

パキスタン国では、現在、世銀を初めとする海外援助機関の資金協力の下で“全国排水改善計画”が実施されている。その全国排水改善計画事業推進の一環として、全国的に灌漑実施体制が大きく見直されつつある。北西辺境州政府においても、1997年7月17日に制定された北西辺境州灌漑排水法(the North-West Frontier Province Irrigation Drainage Act 1997)にしたがって、将来的には現行の州灌漑局が移行すべく北西辺境州灌漑排水公社(North-West Frontier Province Irrigation Drainage Authority)が設立された。

公社の基本上部組織構成は図 5.5.1 に示すように既に定められているが、さらに詳細な組織構成、それへの移行・機能開始スケジュールなどの詳細は、組織改革立案コンサルタントも導入した今後の作業を待たなければならない。

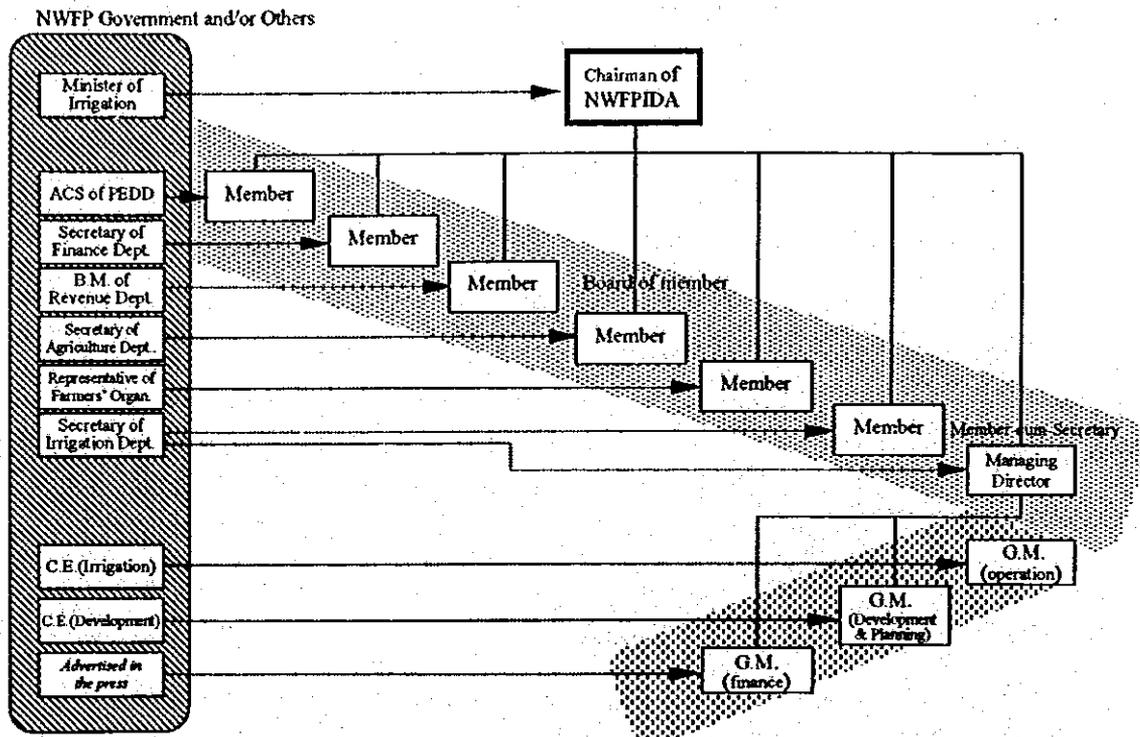


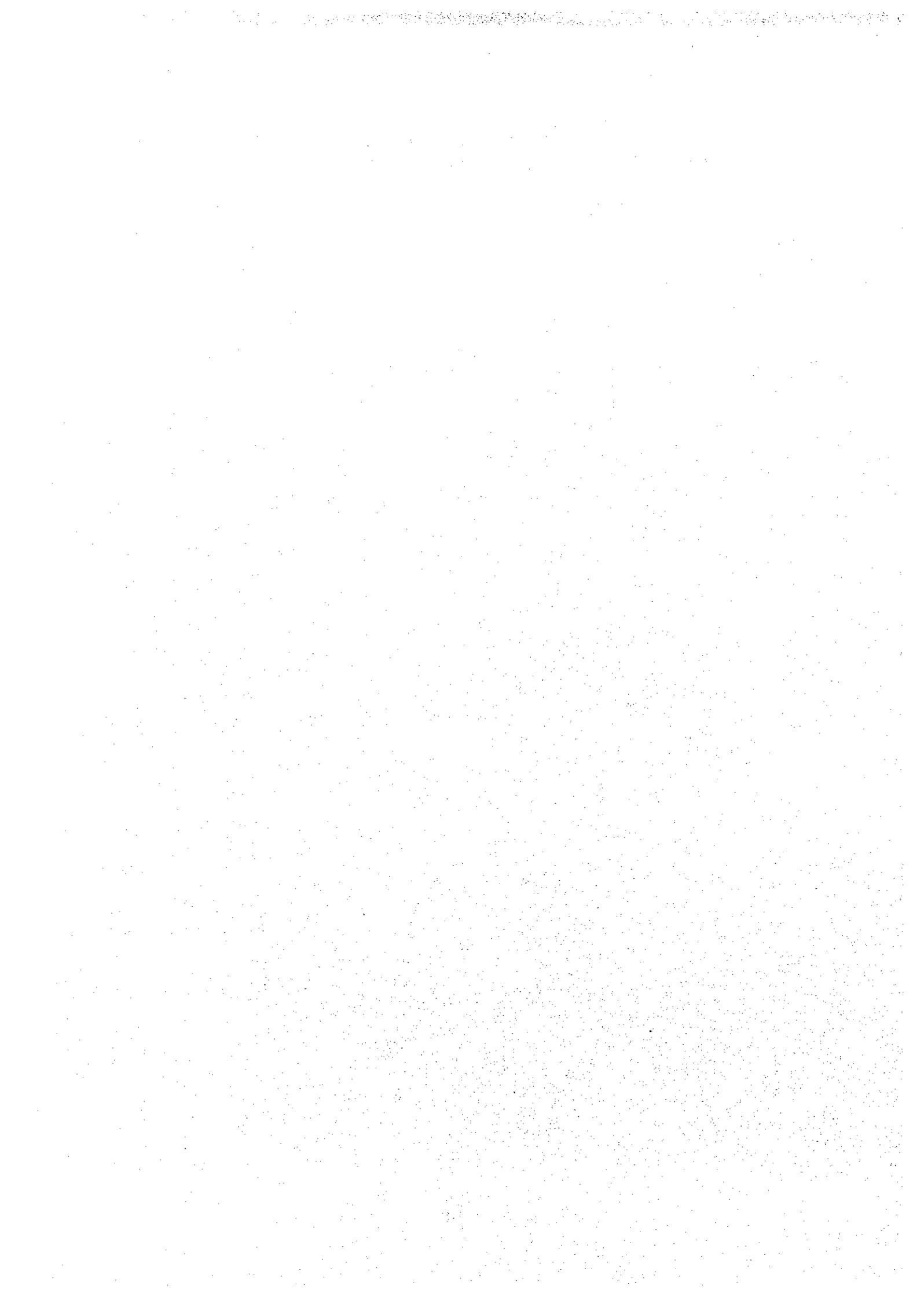
図 5.5.1 北西辺境州灌漑排水公社の基本フレーム

ただし、本年5月11日には、同公社設立後、初めての公社内会議が開催され、次の事項を決議・協議するなど、公社機能は確実に始動しはじめている。

- 公社予算および公社会計の開設に関する承認
- 現行の州灌漑局の機能見直し、及び公社機能の活動範囲などの検討を行う専門会議の設立決議
- 暫定的に水利費徴収は現行システムで行うこととするが、同徴収水利費は今後、公社会計に繰り込むことに関する承認
- 一般汎用水路の管理担当(管理費用については、当面の間は州政府負担)に関する承認
- 灌漑局次官が公社の常務理事に就任するとともに、これまで懸案となっていた公社会計担当役員を選任に向けた最終活動協議
- 今後の灌漑施設維持管理費用は徴収水利費によって賄うべく、毎年 25%の水利費値上げの勧告決議
- パイロット的モデルとして、Swat Canal 灌漑地域で地域利水委員会(Area Water Board)を設立することを決議(委員長には、灌漑局北部灌漑地域事務所の上席技師が就任)
- 灌漑排水法にて議定された一年以内の農民組織の形成については、時間がかかる見通しであることへの了解

このような灌漑排水公社の設立・活動開始の動きは、今後の本件灌漑開発計画の、特に維持管理体制を考える上で大いに参考になるものである。農民組織形成に関する公社の経験は、

直接活用できるほか、まさに隣接している Swat Canal 灌漑地域での地域利水委員会の活動経緯・内容は、本件灌漑対象地域の維持管理活動に対し直接的な波及効果が期待できる。



第6章 洪水調節計画調査

6.1 洪水調節効果の算定方法

スワット川はムンダ頭首工より下流で分流し、アベザイ川およびキアリ川と呼び名が変わる。これらの支流は、ナウシェラ市の約 20km 上流のチャルサダ付近で再び合流しカプール川へ流入する。カプール川はアトック地点にてインダス河と合流する。インダス河はアトックより下流でさらにいくつかの支川を合流しアラビア海へ流れる。

本調査では、洪水調節の便益は、スワット川・ムンダ頭首工下流からカプール川・ナウシェラ地点までの地域における洪水被害軽減額を見込むこととした。ナウシェラ地点より下流およびインダス河本川への洪水調節効果については、付加的に期待できると考えられるが、インダス河本川への他支川の合流による累積的な影響があり非常に不確定であることから、この付加的便益算定に関しては、本調査では見込まないこととした。従って、今回得られた便益算定結果は控えめな値であるといえる。

洪水調節便益の算定手法を以下のフローチャートに示す。

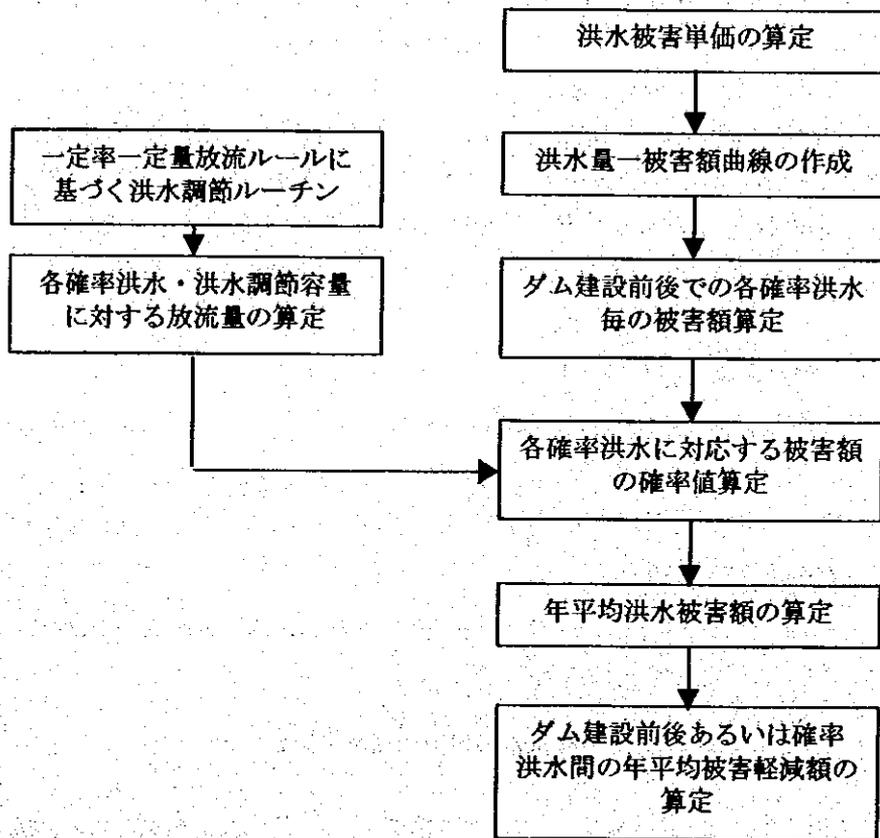


図 6.1.1 洪水調節便益の算定手法

6.2 既往洪水被害

6.2.1 洪水被害実態調査

洪水被害に関する現地調査及び住民への聞き取り調査は、ムンダ頭首工より下流のスワット川氾濫区域内外、及びワルサックダムからナウシェラまでのカブール川氾濫区域内外の計 60 箇所において実施した。

現地調査の結果、既設ムンダ頭首工の下流地域は、6月～9月の雨季にはモンスーンの影響で、毎年2～4回程度河川の氾濫による浸水被害が発生している。浸水区域は、スワット川からの直接的な溢水だけでなく、スワット川に平行して流れる民間水路 (Civil Canal) がスワット川の水位上昇の影響を受けて溢水する区域を含むためと考えられる。現地ヒアリング結果によれば、近 100 年間では 1929 年の洪水が規模・範囲・浸水期間とも最も大きく、住民は約1週間も立木に登り、避難した程の状況であったとのことである。

6.2.2 既往洪水

ムンダ頭首工における北西辺境州灌漑局実施の観測流量データによれば、ピーク流量として最大は 1929 年の 4,500 m³/s (159,000 CUSEC) で、次いで 1995 年 7 月 25 日の 2,413 m³/s (85,280 CUSEC)、3 番目は 1988 年 7 月 15 日の 2,158 m³/s (76,250 CUSEC) となっている。ムンダ頭首工の流量データは、堰地点において量水標から読みとった水位を、水位-流量換算表により単純に流量として記録しているものであり、低水時の頭首工ゲートの人為的操作の影響がある場合は信頼性は低いものの、洪水時(特に洪水ピーク時)はゲート全開となっていることが予測されることから、洪水調節効果検討に際しては、上記ピーク流量値を用いることとした。

6.2.3 湛水面積、湛水深および湛水時間

現地聞き込み調査と洪水痕跡調査の結果および地形条件等を考慮し、1929 年、1988 年および 1995 年既往洪水時の氾濫区域図を作成した。図 6.2.1 に 1929 年、1988 年および 1995 年洪水時のスワット川 ムンダ頭首工より下流およびカブール川ワルサックより下流～ナウシェラ地点までの氾濫区域図を示す。

1929 年、1988 年、1995 年洪水および毎年発生する規模の洪水の氾濫面積を、作成された氾濫区域図をもとに算定した。その結果を次表に示す。

主要洪水の氾濫面積算定結果

河川	河川区間	(km ²)		
		既往最大洪水 (1929/8/28)	中規模洪水 (ex.1995/7/25)	小規模洪水 (Normal year)
Swat	From MUNDA H/W to Swat-Kabul confluence	188.75	95.75	57.50
Swat/ Kabul	Total inundation area	697.75	448.25	244.25

図 6.2.2 は、洪水ピーク流量とスワット川の直接氾濫区域面積の関係を示したものである。

現地調査の結果、スワット川およびカプール川沿いの農地では、その主要作物としてさとうきびが栽培されており、年 2~4 回発生する規模の洪水で冠水することが分かった。また、住民への聞き取り調査の結果によれば、この規模の洪水では、湛水深は 0.3~1.0 m、湛水日数は 1~3 日である。通常洪水では、殆どの家屋は冠水の影響を受けず、床上浸水しない。

1988 年および 1995 年洪水時、湛水深は 0.5~2.0 m で、湛水日数は 4 日であった。1929 年洪水では、湛水日数は約 1 週間であった。

6.2.4 河岸侵食と蛇行

ムンダ頭首工より下流は、扇状地形を呈し、急激にそれまでの河道勾配が変化し緩やかになる。このため、堆砂による砂州等の新たな土地を形成する一方、河道の屈曲部等では河岸浸食による土地流出も問題となっている。

北西辺境州灌漑局では、スワット川およびカプール川において、河道流路の安定と土地侵食防止対策として、護岸工および水制工の建設を順次進めている。しかし、被害が発生する度に行われる対処療法的な災害復旧が主体であり、総括的な全体計画に基づいた実施がなされていないのが現状である。また、護岸を設置した箇所においても、適切な基礎処理・設計がなされていないものも多く、倒壊・流出している施設も少なくない。図 6.2.3 に Flood Protection Sector Projects で計画・完成された護岸工の位置を示す。

6.2.5 洪水被害に対する政府見舞金

洪水被害に関する信頼できる記録はほとんどない。収集データの中では 1995、1996、1997 年の洪水および豪雨による郡ごとの被害の詳細が有用である。データは、州のリリーフコミッション事務所から得た。以下に、キヤリ川とカプール川に関するチャルサダ郡とノウシェラ郡の概要を記す。

洪水被害見舞金の支払実績(Rs.)

年	Charsadda District	Nowshera District
1995	4,551,700	861,000
1996	1,760,500	-
1997	592,000	1,508,000

6.3 スワット川の洪水がカプール川に与える影響

ムンダダムの洪水調節効果がどの範囲まで及ぼすのかを把握するため、ノウシェラ、ムンダ堰(またはチャクダラ)、ワルサックで観測された洪水ハイドログラフを次の3つのパターンに分類し、その発生頻度を整理した。

タイプ-A: スワット川(チャクダラ及びムンダ堰地点)とカプール川(ワルサック地点)で同時に洪水が発生しているケース。

タイプ-B: カブール川(ワルサック)のみで洪水が発生している(チャクダラ及びムンダ堰では洪水が起きていない)ケース。

タイプ-C: スワット川(チャクダラ及びムンダ堰地点)のみで洪水が発生している(カブール川ワルサックでは洪水が起きていない)ケース。

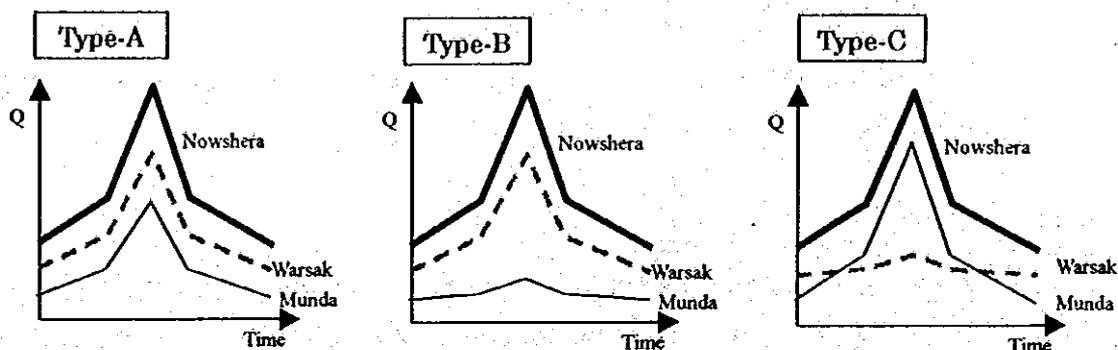


図 6.3.1 洪水パターン

ナウシェラで観測された洪水ピーク流量が年超過確率 1/2 である $3,200 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える洪水について、1964 年から 1995 年までの 4 流量観測所の日流量ハイドログラフを上記 Type-A, B, C に分類し、発生回数を調査した。同期間 (32 年間) においてナウシェラでの観測ピーク流量が $3,200 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える洪水は計 28 回発生している。これらの洪水のうち、スワット川の洪水がカブール川へ影響しているタイプ-Aとして分類されるものは 3 回あり全体の 11%であった。タイプ-Bとして分類されるカブール川のみで発生している洪水は 20 回で 71%を占めている。一方、タイプ-C(スワット川単独の洪水)は 5 回であり全体の 18%程度であった。この結果、ナウシェラ地点で発生している主要洪水のうち、29%がスワット川に関連する洪水であることが分かった。

6.4 洪水被害算定対象区域

スワット川とカブール川の合流地点より上流の地点の標高はナウシェラよりも高いが、カブール・スワット両川で同時に又はスワット川単独の洪水の発生時には、両河川の洪水流の交点付近までは、スワット川洪水の背水(バックウォーター)の影響を受けると考えられる。

河川合流地点における背水の影響を把握するためには、氾濫解析モデルを構築し解析することが望ましいが、本対象地域には、1/50,000 地形図(等高線間隔 20m)程度しかなく、また、精度の高い河道縦横断データも得られず、モデルを構築する際に、仮定・推定を多く含まざるを得ないことから、本調査では全体精度等を考慮し氾濫モデル解析は行わないこととした。

現地調査結果および地形図を基に、前述の 1929 年洪水、1995 年洪水および通常年における洪水氾濫区域をスワット川およびカブール川のそれぞれの影響範囲別に次の 4 つのエリアに区分することとした。各影響範囲は図 6.4.1 に示した。

エリアA : スワット川直接氾濫域
(ムンダ頭首工～スワット・カブール合流点)

- エリアB1 : カブール川直接氾濫域
(ワルサック〜スワット川の背水影響の無い区間)
- エリアB2 : カブール川氾濫域
(スワット川の背水の影響を受ける区間)
- エリアC : カブール川氾濫域
(スワット・カブール合流点〜ナウシェラ)

本調査では、ムンダダムによる洪水調節効果の検討対象範囲すなわち洪水被害算定対象区域は、エリアA、エリアB2、エリアCの区域を対象とすることとし、それぞれの対象区域における被害額は以下のように見込むこととした。

- ① エリアAについては、カブール川の影響を受けずスワット川のみ氾濫による被害と考えられることから、エリアAにおける洪水被害額の100%を見込んだ。
- ② エリアB2およびエリアCについては、スワット川またはカブール川の単独の洪水時も、カブール川・スワット川両川が同時に洪水を起こしている時にも氾濫が予想される区域である。対象地域内で発生する洪水の内、前述の6.3の項で検討した通り、ナウシェラ地点で発生している主要洪水(年確率超過確率1/2年の $3,200\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水)のうち、スワット川が関連する洪水は約30%である。また、このスワット川が関連する30%の洪水のスワット川(ムンダ'地点)とカブール川(ワルサック地点)の流量比率を、1988年〜1995年までの比較した結果、スワット川が関連する洪水におけるスワット川(ムンダ'地点)流量は、同日のカブール川(ワルサック地点)の流量と比較し、流量比率は平均50%であることが分かった。上記の理由から、洪水被害額の算定においては、ナウシェラからスワット・カブール両川の洪水氾濫域の交点までの区間、すなわちエリアB2・Cで発生した洪水被害額の15%(=30%×50%)を、スワット川の洪水がカブール川へ及ぼす影響(背水)分の概算値として見込むこととした。
- ③ ただし、ナウシェラ付近(エリアC)のカブール川高水敷の多くは、国有地となっており洪水被害額も小さいものと考えられる。

6.5 洪水被害単価

洪水被害単価は、単位面積当たりの洪水被害額(R_s/km^2)として定義し、土地利用別に設定した。洪水被害は、近年の洪水記録から推定される夏期農作物、住宅、公共施設、その他施設の被害を含む。洪水被害単価は、農作物被害単価、住宅被害単価、道路被害単価、その他の直接・間接被害単価をもとに算出した。その詳細はAppendix Fに示す。

農作物、住宅、道路、その他の直接被害、間接被害に対する土地利用別・単位面積当たりの洪水被害単価を表6.5.1にまとめて示す。

6.6 洪水被害額

潜在的総洪水被害額は、土地利用別・洪水被害単価にムンダダム建設前・後の土地利用別・氾濫面積を乗じて算定した。

近年の土地利用状況を 1/50,000 地形図上に 500 m×500 m メッシュで図 6.6.1 に示す。1929 年洪水、1995 年洪水、通常年洪水の氾濫区域は図 6.4.1 に示された。各区域における各洪水規模別・洪水被害額を表 6.6.1 に示した。スワット川ムンダ頭首工地点での洪水流量と被害額の関係を図 6.6.2 に示す。

6.7 洪水調節ルーチン

6.7.1 洪水調節方式

ムンダダムの貯水池運用検討および洪水調節ルーティンは、洪水の流入量に対して一定率一定量放流方式を採用することとした。本方式は、調節開始流入量を定め、洪水調節の開始から洪水ピーク流量までは一定率にて調節(放流)し、ピーク以降は一定量の放流を行う方式である。本方式の利点は、中小洪水に対しても効果を発揮でき、下流河道の改修が未整備である場合にも効果が期待できる。

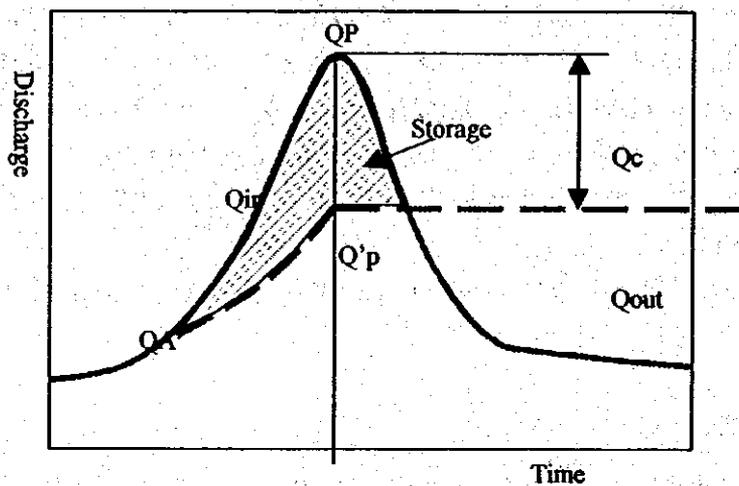


図 6.7.1 一定率一定量調節方式

上流域での降雨量と河川水位から貯水池への洪水流入を予測して効率的な洪水調節を行うために、テレメータリングシステムによる雨量・水位・流量観測を導入することが考えられる。パキスタン国内では、すでに ADB ローンによりフェデラル・フラッド・コミッションがテレメータシステム(雨量・流量の自動観測)を導入している実績もある。また、ムンダ地点の洪水到達時間は比較的長いことからムンダダムでの本方式の採用も可能と考えられる。

6.7.2 流量一生起確率曲線

水文調査の高水解析の結果で示されたムンダダム計画地点における流量一生起確率曲線を図 6.7.2 に示す。

6.7.3 洪水調節容量検討

本検討では、洪水調節容量として 0 m³~3 億 m³ までの 11 種類を設定し、各生起確率毎の洪水がダムに流入した場合の調節後放流量を算定した。

洪水調節容量のケース別に、一定率一定量放流方式にて各確率洪水を調節した場合の下流放流量を算定した。その結果から、洪水ピーク流量は洪水調節容量が大きくなるに応じて大きくカットされ、ピーク流量 5,720 m³/s を持つ 200 年確率洪水のピークカット効果は以下のようになることが分かった：

各洪水調節容量に対する洪水ピーク流量

洪水調節容量 (10 ⁶ m ³)	ピーク流出量 (m ³ /sec)	ピークカット量 (m ³ /sec)	備考 (対応する確率年)
0	5,720	0	No Effect
1	5,650	70	180 year return flood
10	5,170	550	120 year return flood
20	4,780	940	70 year return flood
50	3,760	1,960	27 year return flood
75	3,050	2,670	14 year return flood
100	2,420	3,300	7 year return flood
150	1,470	4,250	3.5 year return flood
200	930	4,790	1.9 year return flood
250	670	5,050	
300	470	5,250	

上記表から、1 億 m³ の洪水調節容量を備えた場合、200 年確率洪水が 7 年確率洪水、すなわち 1995 年洪水相当まで減少することが分かる。

洪水調節便益は、下流での流入洪水の減少分から求める。

6.7.4 年平均洪水被害額

前出の図 6.6.2 で示した流量-洪水被害額の線形関係を用いて、各洪水調節容量ケース毎にムンダダム建設前後すなわち洪水調節実施前後の確率洪水ピーク流入量毎の洪水被害額を算定し、年平均被害額を求めた(表 6.7.1 および 6.7.2)。

6.8 洪水調節便益

ムンダダム実施前・後の年平均洪水被害額の差を洪水調節便益として、ムンダ貯水池の洪水調節容量の配分および貯水池運用計画策定の基礎資料とした。各洪水調節容量ケース毎の年平均洪水被害額および年平均被害軽減額(洪水調節便益)を図 6.8.1 に示す。

同図から、最適洪水調節容量は 7500 万 m^3 から 1 億 m^3 の間にあることが分かる。よしんば 1 億 m^3 以上の洪水調節容量を持っても便益の増加は僅かであることから、1 億 m^3 の洪水調節容量を選択した。

洪水調節容量が大きい程、よりフレキシブルな洪水調節が可能である。1 億 m^3 の洪水調節容量を FSL の下に備えた場合 0.4%の年間発生電力量の減少にしかならないし、洪水調節容量を FSL の上に備えた場合スピルウェイゲートの高さが 4.4 m 高くなるだけである。ムンダムは FSL の状態で PMF が流入するとして設計されていることから、洪水調節容量を FSL の上に備えた計画は適切と考えられる。