

パキスタンイスラム共和国
バロチスタン州灌漑電力局

地下水涵養ダム計画調査

主報告書

平成9年6月

JICA LIBRARY



J 1138969 (91)

日本技研株式会社
株式会社 三祐コンサルタンツ

農 圃 農

J R

97-26

パキスタンイスラム共和国
地下水涵養ダム計画調査
主報告書

平成9年6月

日本技研株式会社
三祐コンサルタンツ

117
617
AFA
LIBRARY

パキスタンイスラム共和国
バロチスタン州灌漑電力局

国際協力事業団

地下水涵養ダム計画調査

主報告書

平成9年6月

日本技研株式会社
株式会社 三祐コンサルタンツ



1138969(9)

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、同国のパキスタン国地下水涵養ダム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8年3月から平成9年6月までの間、2回にわたり、日本技研株式会社の木村克彦氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

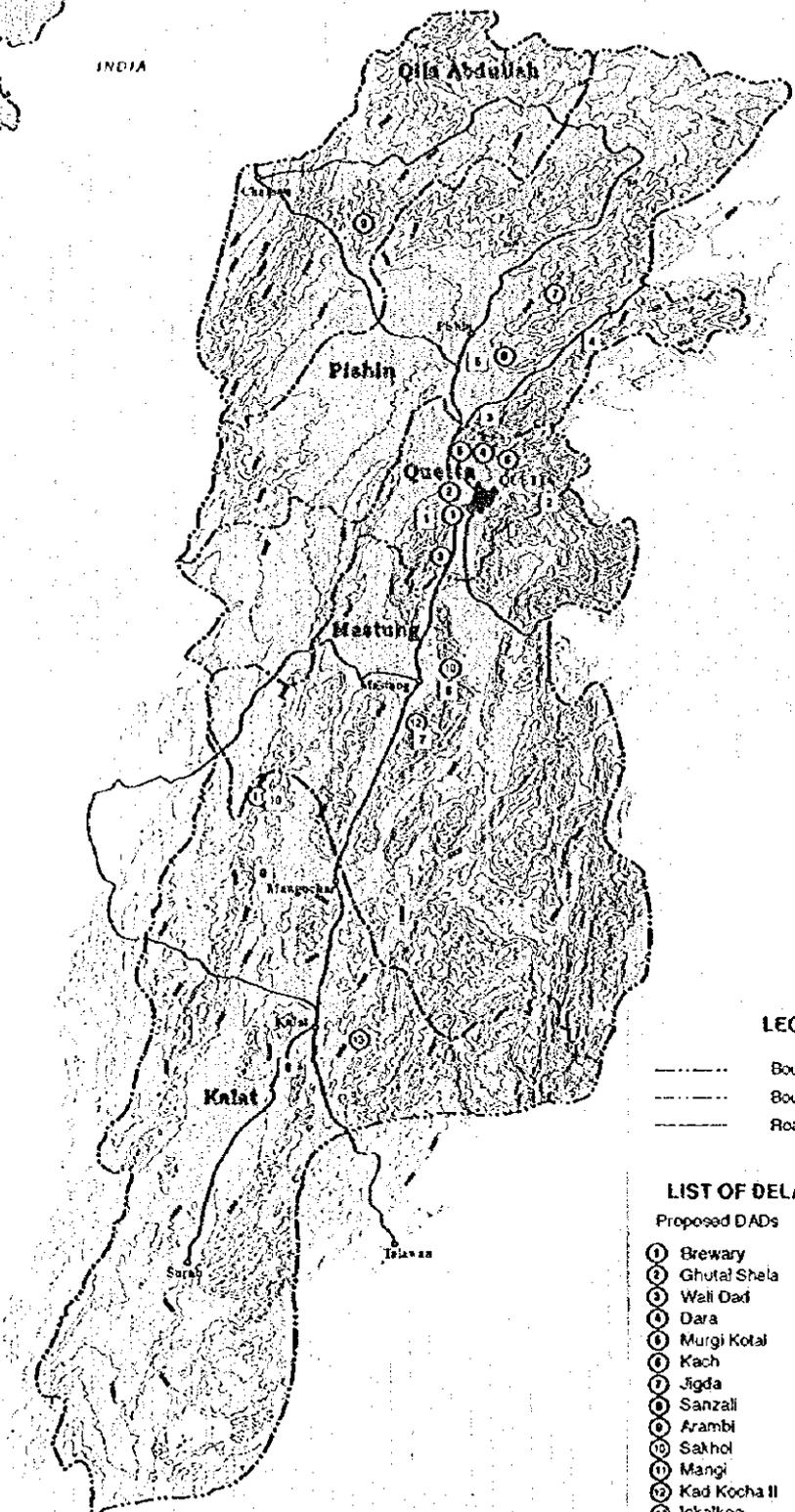
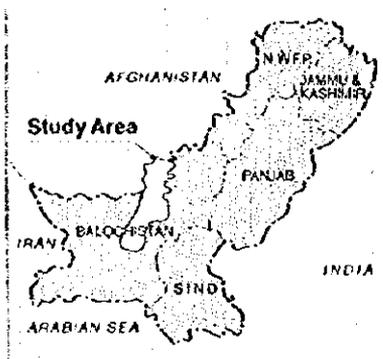
調査団は、パキスタン・イスラム共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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9年6月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎



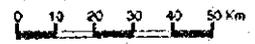
LEGEND

- Boundary of the Study Area
- Boundary of the District
- Road

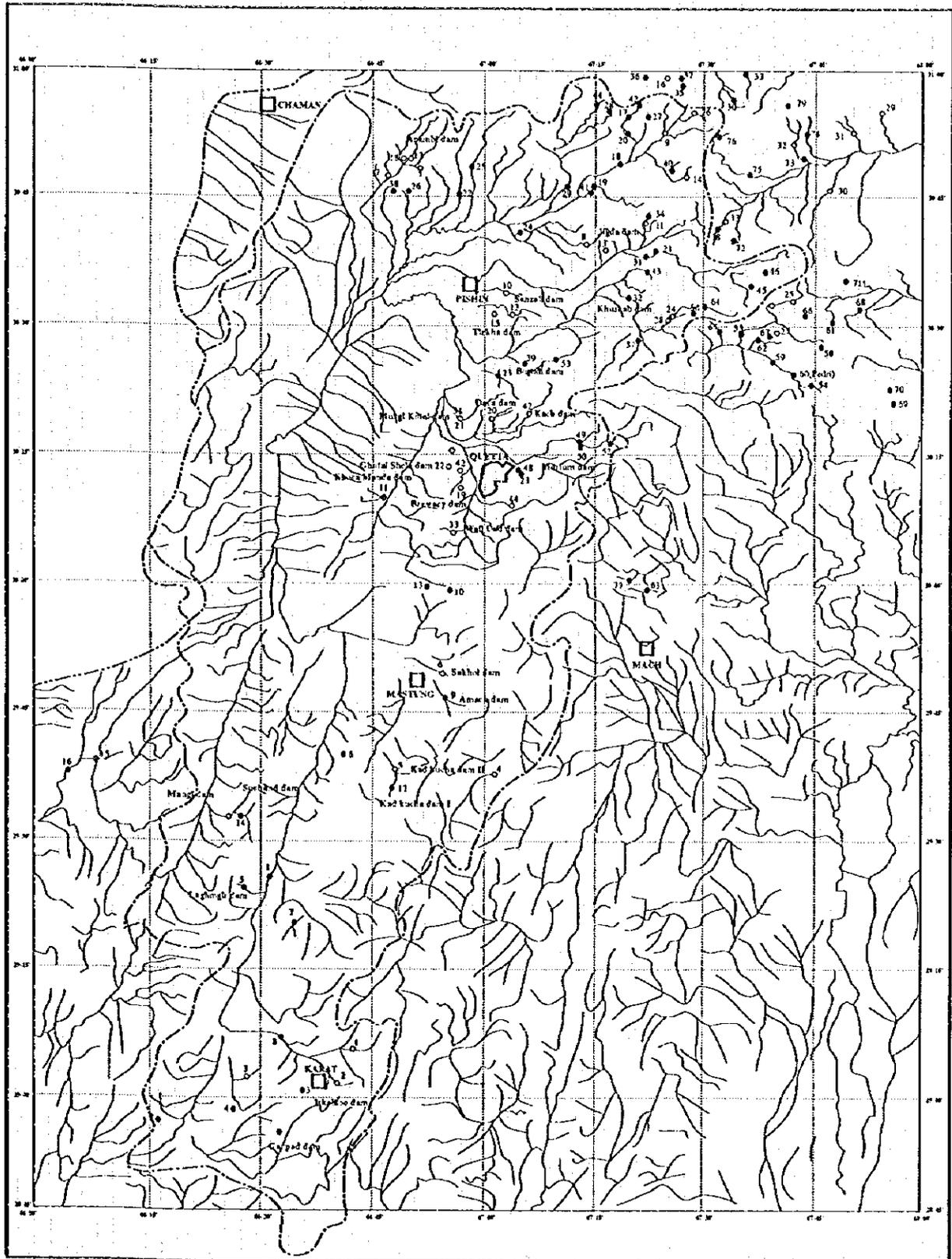
LIST OF DELAY ACTION DAMS

Proposed DADs	Constructed DADs
① Brewery	① Khora Manda
② Ghutal Shela	② Marium
③ Wali Dadi	③ Bostan
④ Dara	④ Khushab
⑤ Murgi Kotai	⑤ Tirkha
⑥ Kach	⑥ Anach
⑦ Jigda	⑦ Kad Kocha I
⑧ Sanzali	⑧ Gorpad
⑨ Arambi	⑨ Laghmgir
⑩ Sakhol	⑩ Sarbund
⑪ Mangi	
⑫ Kad Kocha II	
⑬ Iskalkoo	

SCALE



調査対象地域位置図



(図中の番号はAnnex Iを参照)

Legend	
●	Constructed Delay Action Dams
○	Proposed Delay Action Dams
---	Catchment Area of Pishin-Lora Basin

地下水調整ダム位置図

要 約

1994年6月、パキスタン国政府はわが国に対して、地下水涵養ダム事業計画実施に関する技術協力を要請した。この要請に対して日本国政府は、1995年12月、国際協力事業団を通じ「(パロチスタン州)地下水涵養ダム計画調査」に係わる事前調査団を派遣した。同事前調査団は、派遣期間中にパキスタン国政府関係者、パロチスタン州政府関係者との協議を経て、同計画調査に関する実施要項(S/W)をパロチスタン州政府(灌漑電力局が署名)と締結した。本件調査は、このS/Wにしたがって1996年4月から1997年3月にかけ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、総面積は79.6万km²でパンジャブ州、シンド州、北西辺境州及びパロチスタン州の4州に分かれ、全般的に亜熱帯気候に属している。年降水量は北部の山岳地帯で900mm以上あるが、その他大半の地域は250mm以下となっている。パキスタンの1995年時点総人口は、約1億2800万人で人口密度は約161人/km²、人口増加率は約3%とかなり高率である。国内総生産(GDP)の産業別シェアでは、農業セクターは、サービス部門48.7%、工業部門26.5%について3番目(24.8%)となっているが、農業就業者が全労働人口の50.0%を占めており、最重要産業に位置づけられている。1993年度から施行されている第8次5カ年計画(EFYP)は、食糧の安定供給、国内自給、輸出促進などを目標とした農業セクター整備が重点項目に掲げられている。そのなかでは、灌漑、排水、農業総合的開発の推進、効果的な土地利用、効果的な水利用が強調されている。

パロチスタン州は、パキスタン国の西部に位置し北はアフガニスタン、西はイランに接している。州の面積は347,056km²で、国の43%を占めている。高原地域、丘陵地域、平野部および砂漠の4地域に区分され広大な半乾燥地域を有し、州の全面積のうち農耕地はわずか約4.8%、森林は約3%で、これ以外は不可耕地またはその他の土地である。年平均雨量は州西部の100mm以下から北西部の400mmまでの間に分布しており、灌漑なしでは安定的な農業が不可能な地域である。州人口は現在約740万人と推定されており、人口増加率(3.1%)は全国平均に比べて高い。しかしそれでも人口密度は21人/km²で、全国平均の161人よりかなり低い。州政府所在地のクエッタは、この州最大の都市で、過去20年間に急速な都市化が進んできた。

パロチスタンの大部分は部族地域として特徴づけられる。この州には3つの主要な民族、すなわちパロチ族、ブラヒ族及びパシュトン族等が居住しており、各部族はそれぞれ固有の社会組織および伝統的な慣習を有している。パロチスタン州における識字率は、20.9%(男子29.3%、女子11.8%)で、全国平均の35.5%(男子45.3%、女子24.7%)に比し非常に低い。

農業部門は州のGDPの54%を占めており、直接雇用人口は62%に及んでいる。就労人口の80%が作物生産及び家畜飼養に従事している。州の耕地167万haの約48%が灌漑農地であり、主な灌漑水源はチューブウェル、掘抜き井戸、カレーズ及び湧水で、一般にこれらの規模は小さい。灌漑農地では、夏期には種々の果樹や野菜の生産が盛んである。冬期には穀物及び冬野菜が主に作付される。州全土の約60%が、植生が貧弱でかつ荒廃が進んでいる放牧地となっている。しかしながらこれらの放牧地は遊牧民や半遊牧民にとっては貴重な資源であり、この州では1,110万頭の羊、730万頭の山羊、110万頭の牛が飼育されている。畜産部門は州の農業総生産額の約37%、州総生産額の約20%を占める。しかしながら、過放牧による放牧地の継続的な劣化が砂漠化を促進しているとして具体的な対策が求められている。

パロチスタン州灌漑電力局は、過剰揚水による地下水低下防止対策として、1971年頃から地下水涵養ダム建設を開始した。1996年時点において既設ダム110カ所が建設されている。

パキスタン国の他州にも見られるような行政各庁間の連携の不備は、当州においても同様に認められる。当州では、それらに部族問題も関連することから一層複雑に見える。しかし、州当局ではこれらの問題に積極的に取り組む姿勢も見られる。

(調査対象地域)

本件調査の調査対象地域は、13カ所(14ダム)の計画対象ダム関連地区、及び10カ所の調査対象既設ダム関連地区に関わるバロチスタン州北部の5ディストリクト(クエッタ、キラ・アブドゥラ、ピシン、マストゥング及びカラット)である。同5ディストリクトは、バロチスタン州内でも特に地下水可能賦存量が逼迫しているピシン・ロラ流域内にある。

調査対象地域における生活及び農業利水量の大半は、地下水によってまかなわれている。近年、急速な果樹栽培の拡大にともなって灌漑用水需要が本来の地下水涵養量をはるかにしのぐほどに急増し、顕著な地下水低下をまねいている。

現在までに建設された地下水涵養ダムのうち、調査対象地域内に存するものは64カ所となっている。一部地域で地下水位が回復に転ずるなど良い影響が認められるが、その他の大部分の地域では水位低下量が増大しているなど、危機的な状況にある。

農村社会調査の結果、対象農家の約80%が地下水涵養ダムの建設を望んでいるか、その必要性を理解しており、同じく約81%の農家は、地下水涵養ダムの計画、工事、あるいは維持・管理のいずれかに参加したい意向を持っている。農民の80%以上は、果樹栽培の拡張を望んでおり、ほぼ全員が営農規模の拡大を希望している。

ピシンロラ流域の11の支流単位で地下水水収支を検討した結果、何れの支流とも相当の揚水過多(20%~50%の揚水過剰)となっていることが明らかになった。

本件調査対象地域の最大の開発制約要因は「水」である。利用可能水量は、年間平均雨量230mmを決して超えることはできず、人工的な地下水涵養も含めて効率的な水利用の推進が最大の課題となっている。

調査対象地域における現況の農業は、リンゴ栽培を中心とした果樹栽培が特出しており、収益性の高い農業を展開している。しかし、農業普及の遅れ、コーポラティブ整備の後進性、農業信用制度の不備、生産物貯蔵施設の不足などの制約要因が認められ、農業生産の量のみならず、質の面での改善の必要性が高い。

調査対象地域の農家規模は、5ha以下の農地所有者が全農家の60%を占める反面、農家数としては全体の8%にすぎない農家によって全農地面積の42%(農家規模は、20ha以上)を所有するという現状である。自作農は全体の86.3%を占めており、数字的には大きな制約要因とはいえないが、前述の農家規模のアンバランスは、例えば農民組合設立、運営等での問題となり得る。

調査対象地域はバロチスタン州の中でも重要な牧畜生産地である。しかし、それらが必ずしも適切な放牧管理に基づいていないために、流域の荒廃、自然の地下水涵養機能の減退など、全体からみれば農業、地域生活の持続発展性を欠くことにつながっている。

特に農村部では前近代的な部族支配が依然として主流で、部族毎の生活習慣、言語、意識の不一致、

部族間の抗争が全体の開発推進、協調の障害となっている。

識字率は州内としては低い方ではないが、パキスタン国平均と比較すれば著しく低い。特に女性の教育レベルの低さは極端で、これらがあらゆる意味での日常生活水準向上の大きな障害になっていると思われる。この女性の教育レベルの低さは、女性の社会的地位の低さの要因にもなっている。さらにこの教育水準の低さは、地下水規制の実施、節水観念の普及をはかる上での大きな障害となりうる。

人口増加率（都市部 4.5%、農村部 3.2%）は、全体にみても州平均（3.1%）を上回っていると見られるが、特にクエッタなどの都市域への集中が顕著で、これらは都市整備の遅れ、水源手当の不備などの問題に現れている。また、特に地方の社会資本整備の遅れは深刻である。

（現況地下水涵養ダムの問題点）

既存地下水涵養ダムの現地調査・分析を通じて、幾つかの既存地下水涵養ダムの涵養効果を見だし、地下水涵養ダムという工法そのものが有効であることが確認された。それと同時に、現状の地下水涵養ダム実施方法には、計画、設計、施工及び維持・管理面で改善すべき点が幾つか存在することも認められた。

既存ダム調査を通じて得られた情報として、計画面においては水文的な利水可能量とダム貯水池容量とがバランスを欠いている例が目立つ。すなわち、流域面積規模、流量規模に比して貯水池が不経済に大きすぎるなど、妥当な貯水規模決定の指針が求められている。また、全般的に堆砂に関する配慮が薄く、涵養機能への支障、洪水時越堤危険性の増大などが問題となっている。

設計面においては、経済性を重視すべきとはいえ、堤体の安定性検討が不十分で、最適な設計が行われているとは言いがたい。また、設計洪水量の算定、及びには余裕高の見方も検討の余地がある。

施工面では、堤体盛り土の締め固め不足が認められるなど、施工方法改善の必要性が高い。さらに、維持・管理の面においても、過大な貯水池内堆砂に対して浚渫等の維持対策が求められる他、堤体のガリ浸食対策などの必要性も挙げられる。

これらの諸問題点をふまえて、本件調査では地下水涵養ダムの計画、設計、施工及び維持・管理面の技術基準的なガイドラインを作成した。その概要は以下のとおりである。

- 地下水涵養施設としては、幾つかの方法が考えられるが、本件対象のパロチスタン州においては、地下水涵養ダムが、最も一般的、且つ安価であろう。
- 地下水涵養ダム本体の計画において特に留意すべき点としては、サイトの選定、基礎の支持力・涵養能力、堆砂量の推定、洪水調節機能、施工などである。
- 地下水涵養ダムは、透水性地盤上に計画する 경우가多く、浸透水によって生じる揚圧力を安全に処理することが重要となる。この対策として、堤体下流法先にドレーン等を設けることが提案される。また、パイピング、ポイリングが懸念される場合には、堤体直下流にリリーフウエル等を設けることが効果的と判断される。
- 地下水涵養面から考えれば、地形的には河谷などの狭窄部よりは、扇状地形である程度長いダム堤長を呈するサイトが堆砂の面からも有利である。

- 一 ダム対象流域の土砂生産特性は、ダムの安全性を考える上で、また、地下水涵養機能の持続性を考える上で、重要な要因である。
- 一 いままでの既存ダムの破壊原因を検討した結果、洪水の越堤によるものが最も危険な現象と考えられる。これは、貯水池内の過剰な堆砂によって洪水流が堤体を直撃する例も見られるが、洪水吐自体の能力不足が大きな原因となっている。この対策として、検討材料となる水文資料の精度のばらつきにも配慮して、100年確率洪水量を提案する。さらに、洪水吐の形状にも工夫が必要である。また、ダム貯水池には、30年間分の堆砂量に相当する堆砂容量を別途みることを提案する。
- 一 地下水涵養方法としては、従来からの貯水池敷からの涵養も期待するが、これは堆砂の増加にともなって著しく涵養機能が低減することは避けられないので、新たに貯水池下流に放流して下流域で涵養させる方法を提案する。
- 一 さらに、乾燥が激しい地域であることから施工面、堤対安全面に配慮すべき問題のあること、貯水の動きて水面急降下の程度が激しい事に対する配慮が必要な点、コストをかけないで建設することが求められていること、などが重要と考えられる。

(調査対象地域の開発構想)

調査対象地域内の農家は、大きく3つの作付けタイプに分類される。それぞれは、3つの所得階層グループを形成しており、穀物中心型が最低所得階層、穀物・野菜栽培型が中間所得階層、果樹中心型は最高所得階層をなしている。また、井戸灌漑の大勢は商業農家が占めており、井戸を所有する自給農家はごく限られている。これらの状況からみれば、本件開発は、必然的に果樹栽培の商業農民が主対象ということになり、農業開発戦略としても収益性が当然求められることになる。さらに、農家規模Sha未満の農家であっても井戸を利用して積極的に果樹栽培を導入(約50%)しており、本件計画の重要な裨益対象となっている。このことから、本件計画が決して大規模農民に集中した効果を狙うものではないといえる。

地域開発の基本理念としては、本地域の生活、生産、憩息の場としての持続可能性を追求するものとする。本件においては、地下水涵養ダム計画を手段として、対象地域のそれぞれの面からみた持続可能性を直接的及び間接的に求めていく。また、計画作成にあたっては、伝統的な部族社会の慣習を無視しないこと、現状の教育水準をふまえて農民が受入れ可能な開発計画とすること、複雑高度な維持管理業務を農民に課さないこと、及び可能な限り受益者の事業参加を推進することに心掛ける。

調査対象地域全域に係わる農業の開発方針としては、自然環境にも配慮した持続可能な農業・畜産の振興をめざすものとする。作付け体系改善の大きな方向としては、作物要水量、収益性の他に、市場性、供給可能労働力、土壌適性、各農産物の需給事情、さらに農民の志向等も考慮に入れ、許す限り穀物単作→野菜栽培面積拡大→果樹栽培導入への移行が期待される。それに加えて、農業技術のレベルアップが重要である。農家所得格差の原因となっている農業技術の遅れを改善するために農業技術普及、農業資材・労働力の導入を容易にする農業信用組織の充実が大いに求められている。

さらに、貧弱な自然植生が家畜飼料として供され、植生密度と放牧強度のアンバランスから植生の消滅、それに伴う土壌侵食拡大がすすみつつあることに配慮して、飼料作物の導入など対象地区内の畜産振興も考えなければならない。本件計画でも、家畜頭数の増加はおさえる一方、飼料作物の優良品種の導入、作付け面積の拡大をはかり、森林・草地の荒廃を極力おさえた畜産振興が期待されている。

難透水性土地帯でウオーターロギング等が懸念される地区においては、ドリップ灌漑方法の導入は不可欠である。しかし、ドリップ灌漑などの新しい灌漑方法の導入にあたっては、農民自身のその導入必要性の認識と、灌漑方法にたいする十分な理解が不可欠である。

計画地下水涵養ダムの位置、形式、規模、基盤の透水性などからダム・オペレーション計算をおこなって地下水涵養量推定を行った。この場合の推定量としては、貯水池敷からの浸透涵養量、下流放流パイプからの放流水を下流域で浸透させた涵養量で構成されている。これらはさらに、帯水層の特性上、下流の特定受益地区でより有利に利用され得る特定利用涵養量、受益地は特定できないが確実に地下水盆内には涵養されて、不特定利水に貢献する不特定利用涵養量に分割した。各地下水涵養ダムの年間地下水涵養期待水量は、下表の通りである。

各地下水涵養ダムの年間地下水涵養期待水量

(1,000m³/年)

ダム名	特定利水量	不特定利水量	ダム名	特定利水量	不特定利水量
1 Brewery	306.1	204.1	8 Sanzali	34.0	179.3
2 Ghutai Shela	15.0	16.4	9-1 Ghazlona	41.4	99.3
3 Wali Dod	82.7	55.2	9-2 Samaki	17.0	40.8
4 Dara	233.7	155.8	10 Sakhol	98.4	107.7
5 Murgi Kotal	188.6	206.3	11 Mangi	654.8	436.5
6 Kach	407.4	739.6	12 Kad Kacha II	305.3	203.6
7 Jigda	84.1	444.0	13 Iskalkoo	32.1	77.2

(計画ダム地区の開発計画)

計画対象ダム 14カ所の開発計画は、下表に示すとおりである。

主要建設施設

ダム名	ダムタイプ	築堤量(m ³)	堤高 (m)	涵養施設	貯砂ダム	カレージ改修(m)
Brewary ダム	重力ダム	9,600	32.4	B15.0mxL100.0m	-	-
Dara ダム	均一型フィルダム	285,000	22.8	B105.0mxL110.0m	重力式ダム1基 石積バンド2基	-
Murgi Kotal ダム	均一型フィルダム	278,000	35.6	B90.0mxL100.0m	石積バンド4基	-
Kach ダム	ゾーン型フィルダム	480,000	45.9	B75.0mxL80.0m	石積バンド2基	-
Jigda ダム	均一型フィルダム	114,000	23.9	B40mxL150mxH1.5m B60mxL150mxH1.5m	練石積堰堤3基	2,100
Sanzali ダム	均一型フィルダム	106,000	19.2	B50.0mxL60.0m	石積バンド4基	2,700
Sakhol ダム	均一型フィルダム	187,000	14.5	B30.0mxL40.0m	-	2,500
Mangi ダム	均一型フィルダム	171,000	12.7	B116.0mxL130.0m	-	6,000
Kad Kacha II ダム	均一型フィルダム	152,000	14.0	B100.0mxL150.0m	-	-
Ghazlona ダム	均一型フィルダム	76,000	20.9	B26.0mxL30.0m	石積バンド2基	-
Ghutai Shela ダム	均一型フィルダム	33,000	13.0	B70.0mxL70.0m	石積バンド2基	-
Wali Dod ダム	重力ダム	3,700	23.0	B35.0mxL100.0m	重力式バンド3基	-
Samaki ダム	均一型フィルダム	35,000	15.5	B40.0mxL40.0m	-	-
Iskalkoo ダム	均一型フィルダム	46,000	16.0	B50.0mxL60.0m	石積バンド4基	-

(事業評価及び事業計画)

計画地下水涵養ダムによる地下水涵養推定量に基づいて、事業実施にともなう事業便益を算定した。事業便益としては、特定灌漑受益が期待できる場合はその特定受益効果（灌漑供給回復効果、生活用水供給回復効果）、それ以外の地下水涵養効果で受益地を限定できない分については不特定受益効果、洪水被害軽減効果などを総合的に算定した。また、ダム貯水池の堆砂機能についても経費的な評価を行った。それらは下表のようにまとめられる。

地下水涵養ダムにおける事業便益

ダムの機能	地域	便益項目	便益の評価
地下水涵養の促進	ダム下流の特定受益地区	地下水資源増大による生活用水の安定確保	不足している生活用水需要量の補填—単位水価で評価
		地下水資源増大による持続的灌漑農地の維持	持続的灌漑可能面積の維持による農業生産額の増加
	流域内の不特定地域	地下水ポテンシャルの増大	涵養量の増加分について、最低水価で評価
洪水防御	ダム下流域	洪水被害の回避	確率洪水被害額の低減

事業の費用と便益のキャッシュフローを作成し、経済的内部収益率 (EIRR) を算定した。この経済評価の結果として、EIRR とそれによるダムの優位性の順位を下表に示す。

計画地下水涵養ダムの経済的内部収益率とその順位

ダム地区	全体建設費*	特定地域涵養			洪水防御	合計便益	EIRR	順位
		生活用水	灌漑用水	地域涵養				
Brewary	49,688	89	2,809	1,016	487	4,402	22.5%	1
Ghutai Shela	14,785	132	0	82	34	248	0.1%	14
Wali Dad	46,699	112	524	275	102	1,012	0.9%	11
Dara	85,726	63	1,883	992	312	3,250	8.5%	5
Murgi Kotal	75,474	153	1,430	1,027	370	2,982	4.6%	8
Kach	151,905	112	2,123	4,632	829	7,759	6.3%	6
Jigda	91,739	40	484	2,283	235	3,042	10.8%	4
Sanzali	57,209	13	112	955	117	1,198	0.3%	12
Arambi (Ghazlona)	28,351	86	274	495	103	957	6.3%	7
Arambi (Samaki)	16,688	64	64	203	38	369	0.2%	13
Sakhhol	69,522	190	386	536	419	1,532	4.0%	9
Mangi	78,869	292	3,099	2,174	1,395	6,960	15.9%	3
Kad Kocha II	64,281	238	2,563	1,014	681	4,496	17.4%	2
Iskalkoo	23,955	53	137	384	87	662	2.4%	10

注： 全体建設費は、すべてのコンポーネントコストも含んだ財務建設費用。

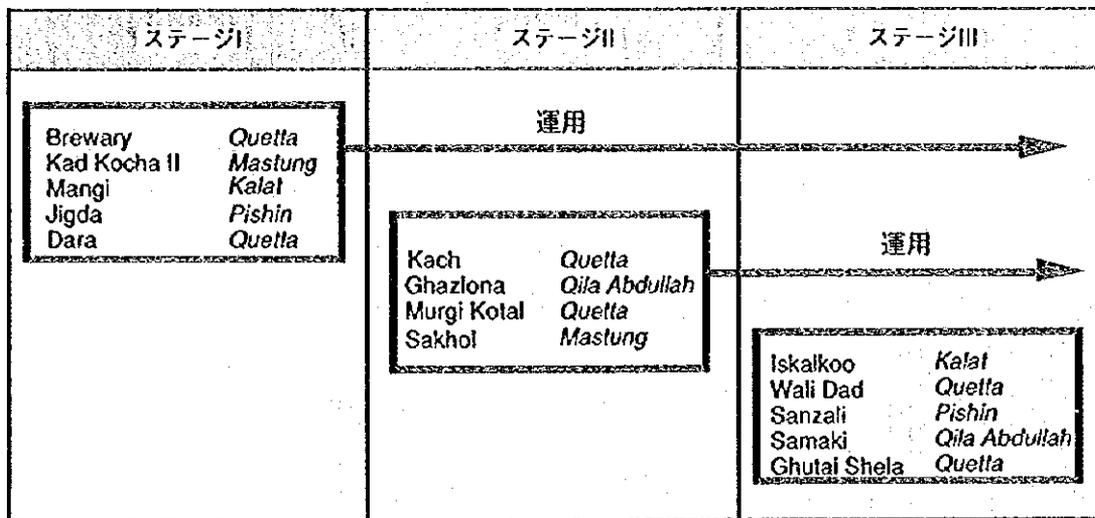
事業実施による農家経済へのインパクトを、調査対象地域内の典型的な農業経営形態について実施した。代表農家として、(1) 小規模果樹栽培農家、(2) 中規模穀物栽培農家を設定した。その結果、小規模農家であっても果樹栽培を中心とする農家ほど大きな農業収入の増加が期待される結果を得た。

また、地下水涵養ダムの直接の効果である地下水資源の保全に加えて農業面の改善が行われた場合は、特に後進的な小規模農民にとってより大きな効果が期待されることが明らかとなった。

本事業は地域社会の生活経済基盤を積極的に保全し、その社会生活に対して悪影響を与えないものであることから、社会的に妥当な計画であるものといえる。また、地下水涵養ダム事業において対処し得ないマイナスの影響が危惧される環境項目は見当たらず、環境面全般からみても妥当な計画であると判断される。

本件調査では、計画対象各ダムの経済評価結果、その行政区分からほぼ均等な事業規模の3つのグループにわけ、それぞれのステージ分け実施を計画する。それらの事業実施計画は下図に示すとおりである。

ステージ分け事業実施計画



ステージIまで実施する場合、総地下水涵養促進量は年間303万トン、期待される年間便益は2215万ルピーである。この時の総合EIRRは14.5%であり、緊急性、必要性の高さとともに、その経済性においても優良事業と判断できる。総合EIRRはステージIIまで進める場合10.2%となり、資本の機会費用(10%を想定)を上回り、投資妥当性を確保する。ステージIIIまで実施する場合は、総合EIRRが8.7%となる。

各事業実施段階における累積評価

	ステージI	ステージI&II	ステージI, II&III
実施ダム数(地区)	5	9	14
総涵養促進量('000 m ³ /year)	3,028	4,924	5,466
総受益人口(人)	12,900	24,200	37,100
総灌漑面積(ha)	1,029	1,368	1,667
総工事費(Rs.'000)	370,283	683,222	854,869
(百万円)**	1,110.8	2,050.0	2,564.6
総年間便益(Rs.'000)	22,150	35,045	38,868
総合EIRR*(%)	14.5	10.2	8.7
総合NPV(Rs.'000)	74,569	4,696	-36,210

注:*グループIを1年次、グループIIを2年次、グループIIIを3年次に実施する場合の総費用便益計算結果

**円/ルピーレートは、3.0円/ルピー(1997年3月時点)とした。

(勧告)

上記の本件調査の結論をうけて、次の諸点につき、その実施あるいは対処を勧告する。

- 1) 本件調査対象となった14ダムについて、ステージⅠを構成する5ダムについては緊急性、必要性及び妥当性、さらにモデル性も高いことから、他国援助も検討して、緊急に事業実施することを勧告する。さらに、ステージⅡ、Ⅲについても、ステージⅠの事業実施の推移を見守りつつ、中長期的に対処していくことが望まれる。
- 2) 本件調査対象地域、特にピシンロラ流域では地下水水利水が逼迫しており、灌漑電力局においては今後ますます、地下水涵養ダムの建設をすすめることを勧告する。
- 3) 地下水涵養ダム事業の推進にあたっては、施工性の向上、建設経費の節約を図るために、灌漑電力局独自に必要な機種、台数の建設機械を所有し、それらを適切に運用することが望まれる。そのために緊急な機材確保が必要で、他国援助も念頭において早急な対処を勧告する。
- 4) さらに、今後の地下水涵養ダム事業実施にあたっては、資金の効率的な運用をはかるためにも、本件調査で作成して技術ガイドラインを積極的に活用して、良好なサイトに適切なダムを計画、建設していくことを勧告する。
- 5) 本件調査で調査対象既設ダムに選定された10ダムのなかには、緊急な改修を必要とするものも見られる。本件調査の調査結果を参考にして、必要なものは適切な改良工事をおこなうことが望まれる。
- 6) 地下水涵養ダム建設にあたっては、ダム涵養機能の持続のため、あるいは対象流域の保全のために、関連コンポーネントとして流域保全対策を同時に実行すべきである。
- 7) 本件調査のなかで、幾つかの農業・灌漑面での制約要因が認められた。担当部局を通じて、これらの制約解消に向けて努力するよう勧告する。特に、ダムの直接受益地区の灌漑施設で不十分なものは、農業局で実施している On-Farm 水管理事業を活用するなど、ダム建設と整合した整備が求められる。
- 8) 機能的でちからのある地下水管理機能の構築をめざして、各関連部局の協力のもとに、新しい流域総合開発機構の設立が期待される。その設立に関して、パロチスタン州政府独自による、多くの障害除去、斬新な工夫が望まれる。
- 9) 地下水涵養ダムの効果解明については、さらに詳しく正確な観測データの蓄積が必要である。今後、さらに長期間の地下水涵養ダムのモニタリングが望まれる。
- 10) 地下水管理を進めていく上で、実用的なシミュレーション技法の導入がもとめられている。今後、灌漑局水資源部が中心になって、地下水シミュレーションを可能とする数学的モデルの作成準備、構築、及び運用が望まれる。
- 11) 本件調査で F/S 調査を実施しえなかったダム地区の事業実施を行う場合は、本件調査で作成した計画ガイドラインに則り F/S 調査を実施したのち、その結果にしたがって、工事を進行することを提案する。

地下水涵養ダム計画調査

主報告書

目次

調査対象地域位置図	
地下水涵養ダム位置図	
要約	
目次	
略語表	

第1章 緒論

1.1 本件調査の背景	1
1.2 本件調査の目的	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 地下水涵養ダム調査対象地区	1
1.4.1 計画対象ダム地区	1
1.4.2 調査対象既存ダム地区	3
1.5 調査の範囲	3

第2章 計画の背景

2.1 パキスタン国の現状	9
2.2 バロチスタン州の概況	11
2.3 バロチスタン州北部の地下水及び水理地質概況	13
2.4 地下水涵養ダム事業	14
2.5 関連プロジェクト	16

第3章 調査対象地域の現況

3.1 位置及び行政区分	23
3.2 人口及び社会状況	24
3.2.1 人口	24
3.2.2 社会状況	24
3.3 自然条件	26
3.3.1 地形	26
3.3.2 気象	27
3.3.3 水文	28
3.3.4 地質	28
3.3.5 水理地質及び地下水	30
3.3.6 土壌	35
3.4 農村社会施設	37
3.5 農業	39
3.5.1 農地規模及び土地所有形態	39

3.5.2	土地利用.....	40
3.5.3	農業生産及び作付体系.....	42
3.5.4	作物収量及び生産量.....	46
3.5.5	営農.....	48
3.5.6	畜産.....	49
3.6	灌漑・排水.....	50
3.6.1	灌漑面積.....	50
3.6.2	既存灌漑システム.....	52
3.6.3	灌漑方法.....	53
3.6.4	排水.....	54
3.7	農業支援組織.....	54
3.7.1	農業研究.....	54
3.7.2	農業普及.....	55
3.7.3	畜産及び酪農開発局.....	56
3.7.4	森林局.....	57
3.7.5	農民組織.....	57
3.7.6	農業金融.....	58
3.8	流通及び価格.....	59
3.8.1	農産物の流通.....	59
3.8.2	農業生産資材の流通.....	59
3.8.3	ポストハーベスト及び流通施設.....	60
3.8.4	農産物価格.....	60
3.9	環境.....	61
3.9.1	主要な環境状況と問題点.....	61
3.9.2	環境関連組織及び支援.....	63
3.10	地下水利用状況及び地下水管理体制.....	65
3.10.1	地下水利用状況.....	65
3.10.2	現状の地下水管理体制.....	65
3.10.3	ピシンロラ流域における大局的地下水水収支.....	67
3.10.4	地下水涵養ダムの涵養評価.....	67
第4章 地下水涵養ダムサイト及び流域		
4.1	既設ダム地区.....	75
4.2	計画ダム地区.....	83
第5章 地下水涵養ダムの計画・設計施工に関わる留意点		
5.1	地下水涵養施設.....	133
5.2	地下水涵養ダムの計画.....	134
5.3	地下水涵養ダムの設計.....	138
5.4	地下水涵養ダムの施工.....	146
5.5	地下水涵養ダムの維持管理計画.....	147
5.6	地下水涵養ダムの関連施設計画.....	147

第6章 開発構想

6.1	調査対象地域内農家の特徴.....	151
6.2	調査対象地域の開発制約条件.....	152
6.3	地域開発構想.....	154
6.4	農業開発構想.....	155
6.5	灌漑・排水計画構想.....	157
6.6	地下水利用計画.....	158
6.6.1	地下水涵養ダム開発方針.....	158
6.6.2	地下水涵養機構から見たダムサイト分類.....	158
6.6.3	地下水涵養可能量.....	159
6.6.4	地下水利用計画.....	160
6.7	地下水涵養ダムの関連整備コンポーネント.....	161
6.8	地下水管理.....	162
6.8.1	維持管理構想.....	162
6.8.2	水管理計画.....	163
6.9	環境保全構想.....	165
6.10	地下水涵養ダム事業推進構想.....	167

第7章 地下水涵養ダム開発計画

7.1	調査概要.....	173
7.2	F/S実施計画ダム.....	173
7.2.1	Brewary 地区.....	173
7.2.2	Dara 地区.....	175
7.2.3	Murgi Kotal 地区.....	177
7.2.4	Kach 地区.....	179
7.2.5	Jigda 地区.....	181
7.2.6	Sanzali 地区.....	183
7.2.7	Sakhol 地区.....	184
7.2.8	Mangi 地区.....	186
7.2.9	Kad Kocha II 地区.....	188
7.2.10	Ghazlona (Arambi) 地区.....	190
7.3	F/S非実施計画ダム.....	192
7.3.1	Ghutai Shela 地区.....	192
7.3.2	Wali Dxd 地区.....	193
7.3.3	Samaki (Arambi) 地区.....	195
7.3.4	Iskalkoo 地区.....	196
7.4	工事計画及び事業費積算.....	199
7.4.1	工事計画.....	199
7.4.2	事業費積算.....	202
7.5	維持管理及びモニタリング計画.....	203
7.5.1	維持管理計画.....	203
7.5.2	モニタリング計画.....	205

8.5	各ダム地区の環境的評価.....	219
8.6	事業実施計画.....	220
第9章 結論および勧告		
9.1	結論.....	233
9.2	勧告.....	234

添付資料

- 1 実施要項 (S/W)
- 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 I)
- 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 II)
- 6 協議議事録 (ドラフトファイナルレポート)

計画ダム周辺概況図

付表リスト

表1.4.1	既存ダムインベントリー.....	5
表3.3.1	調査対象地域に関わる降水観測所およびデータ.....	69
表3.3.2	クエッタ気象観測所データにおける気象要素.....	70
表3.10.1	ピシンロラ流域における支流単位での地下水収支.....	71
表4.1.1	既存地下水涵養ダム諸元表.....	103
表4.1.2	既存ダムにおける計画、設計施工、維持管理に関わる留意点.....	104
表4.2.1	掘削地点における現位置透水試験結果.....	106
表4.2.2	ダムサイト下流側帯水層の規模と水理定数.....	107
表6.6.1	地下水涵養可能量.....	170
表7.1.1	計画地下水涵養ダムの計画諸元概要.....	206
表7.2.1	計画ダム諸元表 (F/S実施地区).....	207
表7.3.1	計画ダム諸元表 (非F/S実施地区).....	208
表7.4.1	事業費総括表.....	209
表7.5.1	維持管理費総括表.....	209
表8.2.1	各地下水涵養ダムの経済的事業費.....	222
表8.2.2	各地下水涵養ダムの特定受益地区の灌漑面積と灌漑経済便益.....	226
表8.2.3	各地下水涵養ダムの地下水涵養促進と経済便益.....	227
表8.2.4	各地下水涵養ダム(群)のキャッシュフロー.....	228
表8.2.5	各地下水涵養ダム(群)の経済評価のまとめ.....	231

付図リスト

図 2.3.1	パロチスタン州における流域区分図.....	18
図 2.3.2	ピシンロラ流域の位置と帯水層及び不透水層の分布.....	19
図 2.3.3	ピシンロラ流域の水系.....	20
図 2.4.1	パロチスタン州全域における計画及び既存地下水涵養ダム.....	21
図 3.3.1	調査対象地域における気象観測所.....	72
図 3.10.1	パロチスタン州灌漑電力局組織図.....	73
図 4.2.1	Brewary, Wali Dad 及び Ghutai Shela ダムサイト周辺の 地形分類及び現地調査位置図	108
図 4.2.2	Kach 及び Dara ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	109
図 4.2.3	Murgi Kotal ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	110
図 4.2.4	Jigda ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	111
図 4.2.5	Sanzali 及び Tirkha ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	112
図 4.2.6	Sakhol ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	113
図 4.2.7	Mangi ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	114
図 4.2.8	Kad Kocha II ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	115
図 4.2.9	Ghazlona 及び Samaki (Arambi) ダムサイト周辺の 地形分類及び現地調査位置図	116
図 4.2.10	Iskalkoo ダムサイト周辺の地形分類及び現地調査位置図.....	117
図 4.2.11	Brewary 及び Dara ダムサイト下流扇状地地域の地質断面図.....	118
図 4.2.12	Murgi Kotal ダムサイト下流扇状地地域の地質断面図.....	119
図 4.2.13	Kach ダムサイト下流河床及び扇状地地域の地質断面図.....	120
図 4.2.14	Jigda ダムサイト下流河床及び扇状地地域の地質断面図.....	121
図 4.2.15	Sanzali ダムサイト下流河床及び扇状地地域の地質断面図.....	122
図 4.2.16	Sakhol ダムサイト下流域の地質断面図.....	123
図 4.2.17	Mangi ダムサイト下流扇状地地域の地質断面図.....	124
図 4.2.18	Kad Kocha II ダムサイト下流扇状地地域の地質断面図.....	125
図 4.2.19	Ghazlona ダムサイト下流扇状地地域の地質断面図.....	126
図 4.2.20	計画ダムサイト下流域の地質断面図 (F/S 非実施地区)	127
図 4.2.21	ピシン支流の地下水位変動分布 1975/76~88/89 (13 年間)	128

図 4.2.22	ビシン支流の地下水位変動分布 1992/93～94/95 (2年間)	129
図 4.2.23	クエッタ北部支流の地下水位変動分布 1991/92～94/95 (3年間)	130
図 4.2.24	マストゥング支流の近年の地下水位変動分布 1991/92～94/95 (3年間)	131
図 5.3.1	バロチスタン州内における地震分布図.....	149
図 6.7.1	バロチスタン州政府開発計画における.....	171
	地下水涵養ダム各コンポーネントの位置づけ	
図 7.4.1	地下水涵養ダム工事工程表.....	210

略語集

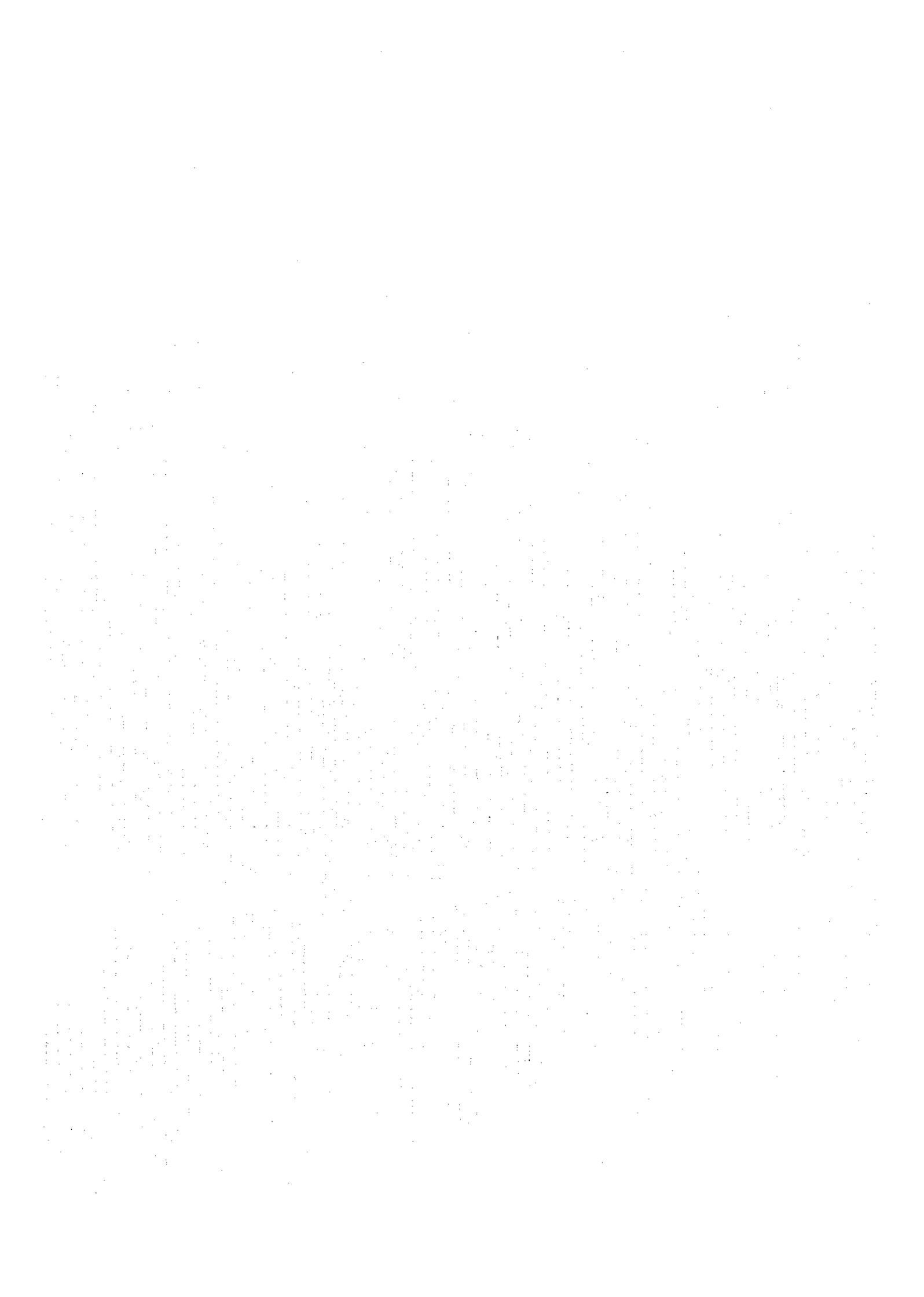
ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
ADBP	: Agricultural Development Bank of Pakistan	パキスタン農業開発銀行
ADP	: Annual Development Program	年間開発計画
AO	: Agricultural Officer	地区農業官
ARI	: Agriculture Research Institute	農業試験場
AZRI	: Arid Zone Research Institute	乾燥地研究所
BHC	: Basic Health Units	基礎保健相談所
BRSP	: Balochistan Rural Support Program	農村援助プログラム
C/I ratio	: Capacity-Inflow ratio	C/I 比
DAD	: Delay Action Dam	地下水涵養ダム
DDA	: Deputy Director Agriculture	農業支局長
DFDC	: Deciduous Fruit Development Centre	落葉果樹開発センター
DFDP	: Deciduous Fruit Development Plan	果樹栽培増進計画事務所
EADA	: Extra Assistant Director of Agriculture	地区普及局長
EEC	: European Economic Community	欧州経済共同体
EIA	: Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPA	: Environmental Protection Agency	環境保全局
ETo	: Potential Evaporation	基準蒸発散能
FA	: Field Assistant	地区専門技術員
GOB	: Government of Balochistan	バロチスタン州政府
GOP	: Government of Pakistan	パキスタン政府
HYV	: High Yield Variety	高収量品種
IDA	: International Development Association	第2世界銀行
IEE	: Initial Environmental Examination	初期環境調査
IPD	: Irrigation and Power Department	灌漑電力局
ISRP	: Irrigation Scheme Rehabilitation Project	
IVDA	: Integrated Valley Development Authority	流域総合開発機構
JICA	: Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MAFF	: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan	農林水産省
MC	: Ministry of Construction, Japan	建設省
MCH centre	: Municipal Committee Health Centre	町保健センター
NGO	: Non Government Organization	非政府組織

NWFP	: North West Frontier Province	北西辺境州
O&M	: Operation and Maintenance	維持管理
OECP	: Overseas Economic Cooperation Fund	海外経済協力基金
OFWM	: On-Farm Water Management	オン・ファーム水管理
PHED	: Public Health Engineering Department	公共保健事業局
QDA	: Quetta Development Authority	クエッタ開発公団
RHC	: Rural Health Centre	地域保健センター
RWSS	: Rural Water Supply and Sanitation	上下水道総局
S/W	: Scope of work	実施要項
SWHP	: Surface Water Hydrology Project	表流水水文計画
T.B. clinic	: Tuberculosis clinic	結核療養所
UNDP	: United Nations Development Plan	国連開発計画
UNICEF	: United Nations Children's Fund	国連児童基金
WAPDA	: Water and Power Development Authority	水電力公団
WASA	: Water and Sanitation Authority	パロチスタン上下水道事業
WUA	: Water User's Association	水利組合

度量単位

mm	: millimeter	ミリメートル
cm	: centimeter	センチメートル
m	: meter	メートル
km	: kilometer	キロメートル
ft	: feet	フィート
sq.m (m ²)	: square meter	平方メートル
sq.km (km ²)	: square kilometer	平方キロメートル
sq.mile	: square mile	平方マイル
acre	: acre	エーカー
ha	: hectare	ヘクタール
cum (m ³)	: cubic meter	立方メートル
MCM	: million cubic meter	百万立方メートル
MAF	: million acre feet	百万エーカーフィート

kg	: kilogram	キログラム
t (ton)	: 1,000 kg	トン
lbs/ft ³	: pound per cubic feet (=16.0185 kg/m ³)	ポンド立方フィート
sec (s)	: second	秒
hr	: hour	時間
cm/s	: centimeter per second	センチメートル/秒
m/s	: meter per second	メートル/秒
cum.s (cum/s, m ³ /s)	: cubic meter per second (=35.310 cfs)	立方メートル/秒
cfs	: cubic feet per second (= 28.320 liters per second)	立方フィート/秒
l/s	: liter per second	リットル/秒
knot/hr	: knot per hour (=1,852 m/hr)	ノット



第 1 章 緒論

1.1 本件調査の背景

持続可能な地下水利用を維持するためには、その利用量は地下水涵養量を決して上回ることはできない。パロチスタン州においては、生活及び農業利水量の大半が地下水によってまかなわれている。近年、急速な果樹栽培の拡大にともなって灌漑用水需要が本来の地下水涵養量をはるかにしのぐほどに急増し、顕著な地下水低下をまねいている。これらの事態は深刻で、地下水の持続可能性に対する警鐘となっている。

このような地下水利用問題に対する対策の一つとして、パロチスタン州灌漑電力局では、約 20 年以前より地下水涵養ダムの建設を企画し、多くの同種のダムを実際に建設して地下水涵養に努めている。しかしながら、同ダム計画については、その計画・建設上でのいくつかの問題、あるいは建設後急速に涵養効果が減退してしまうなどの維持管理上の問題を抱えている。

このような背景のなかで、1994 年 6 月、パキスタン国政府はわが国に対して、地下水涵養ダム計画に関する技術協力を要請した。この要請に対して日本国政府は、1995 年 12 月 8 日から 12 月 22 日にわたって、国際協力事業団を通じ「(パロチスタン州)地下水涵養ダム計画調査」に係わる事前調査団を派遣した。同事前調査団は、派遣期間中にパキスタン国政府関係者、パロチスタン州政府関係者との協議を経て、同計画調査に関する実施要項 (S/W) をパロチスタン州政府 (灌漑電力局が署名) と締結した (添付資料 I)。

1.2 本件調査の目的

本件調査の目的は、以下のように要約される。

- (a) 地下水涵養ダム計画の推進によって地下水による灌漑用水供給事情を改善し、それらを通じて地域農民の生活向上に資すること、
- (b) 地下水涵養ダム計画に関する開発調査を実施し、調査報告書を作成すること、
- (c) 調査の実施にあたって、パロチスタン州担当者への技術移転を図ること。

1.3 調査対象地域

本件調査の調査対象地域は、13 カ所 (14 ダム) の計画対象ダム関連地区、及び 10 カ所の調査対象既設ダム関連地区に関わるパロチスタン州北部の 5 ディストリクト (クエック、キラアブドゥラ、ピシン、マストゥング及びカラット) である。同 5 ディストリクトは、パロチスタン州内でも特に地下水可能賦存量が逼迫しているピシン・ロラ流域内にある。

1.4 地下水涵養ダム調査対象地区

1.4.1 計画対象ダム地区

本件調査の S/W で取り決められたように、本件調査ではクエック、ピシン、キラアブドゥラ、マストゥング、及びカラットの 5 ディストリクトに点在する 13 の地下水涵養ダム予定地区を計画対象ダム地区とする。それらのすべては、地下水利用状況に逼迫しているピシン・ロラ流域内に位置しており、現状のままでは地下水利用の余剰ポテンシャルは全くないと考えられる。

各計画対象ダム地区のパロチスタン州での計画準備の状況を以下に示す。また、計画対象ダム地区の位置を巻頭の調査対象地域位置図に示す。

DAD*名	PC-I整備状況	1996年時点	備考
1 Brevary	単独のPC-Iは未整備であるが、1994年PC-Iである"Construction of Dalay Action Dams around Quetta"に含まれている	フィージビリティ調査がNESPAKによって完了	
2 Ghutai Shela	PC-Iは未整備 計画局により Estimation 実施	PC-I準備中	
3 Wali Dad	単独のPC-Iは未整備であるが、1994年PC-Iである"Construction of Dalay Action Dams around Quetta"に含まれている	進捗なし	
4 Dara	PC-Iは1993年2月に完成、提出	1993-94年度のADPまたは他の援助機関によるプログラムに含まれていた	
5 Murgi Kotai	PC-Iは未整備 1979年、Estimation 実施	進捗なし	
6 Kach	PC-Iは未整備 リハビリ計画として"Pre-F/S for Rehabilitation of Kach Dam"がNESPAKにより1987年に完了	進捗なし	1968年、軍によりダムが建設された
7 Jigda	PC-Iは1995年2月に完成、提出	大統領特別予算により実施の見込みであったが実施されず	
8 Sanzali	PC-Iは1992年に完成、S&GDA大臣に提出	S&GDA大臣特別予算により実施の見込みであったが実施されず	
9 Arambi (Ghazlona)	PC-Iは1996年1月に完成、提出	1995-96年度、1996-97年度ADP予算でRs. 3.012 millionが見込まれていたが実施されず	
Arambi (Samaki)	PC-Iは1996年1月に完成、提出	1995-96年度、1996-97年度ADP予算でRs. 1.820 millionが見込まれていたが実施されず	
10 Sakhol	PC-Iは未整備	PC-I準備中	
11 Mangi	PC-Iは1994年6月に完成、提出	1994-95年度、首相枠開発プログラムに含まれていたが実施されず	
12 Kad Kocha II	PC-Iは未整備	PC-I準備中	
13 Iskalkoo	PC-Iは1994年9月に完成、提出	1994-95年度、首相枠開発プログラムに含まれていたが実施されず	

* DAD：地下水涵養ダム

1.4.2 調査対象既存ダム地区

本件調査初期において、既存ダムインベントリーが作成された。そのインベントリーに基づいて、本件調査の中で幾つかの既存ダムが、ダム計画方法の改善に資する目的から、技術的な観点、経済的な観点、及び維持・管理等の観点から評価された（表1.4.1には既存ダムインベントリーを示す）。その結果、それらの中の10地区の既存実施ダム地区が、調査対象既存ダム地区として選定された。それらの位置は、巻頭の調査対象地域位置図に示した。

これらの調査対象既存ダム地区の選定は、パロチスタン州関係者との協議に基づいて行われたが、それらは主に、以下に記載する観点から判断された。

DAD名	ディストリクト	検討事項
Khora Manda	クエッタ	同ダムは、クエッタ市近郊に近年建設されたもので、よく機能している地下水涵養ダムといえる。建設後、維持・管理状況もよく記録されているため、ダム機能シミュレーション等の検証用にも適している。
Marium	クエッタ	流域面積が過小であるなどの問題があり、ダムサイトの選定上の教示的な既存ダムといえる。
Bostan	ピシン	流域面積は相当あるが、流出の極めて少ないダムであり、ダム計画上で教訓となる既存ダム例といえる。
Khushab	ピシン	調査期間中にも満水をたたえる唯一の既存ダムである。ダムサイト選定の面と、地下水涵養方法の工夫の面から教示的な既存ダム例といえる。
Tirkha	ピシン	建設後まもなくシルト分の堆砂によって涵養が阻害されており、それに対する諸対策が試みられている。それらの効果を知る上で、好例といえる。
Amach	マストゥング	直下流に多くのカレーズが存在している。カレーズ救済対策としての地下水涵養ダムの効果を知る上で、最適な既存ダム例といえる。
Kad Kocha I	マストゥング	長大なダム堤長を有し、堆砂問題が軽微な既存ダムである。堆砂対策を考える上で、教示的な既存ダム例といえる。
Gorpad	カラット	貯水量はかなり豊富であるが、塩分濃度が高く利水上の障害となっている。量的な問題のみならず、水質面の配慮も必要である点での教訓的なダム例といえる。また、下流受益者が、極端に少ない点でも特徴的である。
Lagmgir	カラット	以前には、下流に洪水灌漑地区が展開しており、建設後の洪水灌漑との調整問題を調査するうえでの重要なダム例といえる。地元によれば、涵養効果がかなり大きいと評価されている。
Sarbund	カラット	設計と施工に齟齬がみられるダム例である。施工に関していくつかの教訓が得られるダムである。

1.5 調査の範囲

本件調査は、2つのフェーズに分けて実施された。フェーズI調査は、1996年4月から1996年8月にかけて実施され、フェーズII調査はその後の1996年10月から1997年3月にかけて実施された。

(1) フェーズI調査

フェーズI調査は、既存資料、情報及び既設ダムの調査を通じて、地下水涵養ダムの開発構想を明確にすることを大きな目標としている。この調査期間では、計画対象ダムについての開発方針の策定、地下水涵養ダム整備方法の試案作成なども実施した。

a) 国内準備作業

- 利用可能資料の検討
- 調査作業計画の作成

－インセプション・レポートの作成

b) パキスタン国における現地作業

－インセプション・レポートの説明・協議

－必要情報、資料の収集

－他関連調査、事業のレビュー

－各専門分野毎の現地作業の実施

－プロGRESS・レポート (I) の作成、およびパロチスタン州政府側への説明・協議

c) 日本国における国内作業

－調査対象地域の開発可能性、開発制約要因の分析、検討

－既存ダムの調査成果に基づいた技術評価、及びそれらを発展させた地下水涵養ダム整備方法の作成

－各計画ダム地区の開発計画の概定と、それらの優先度の決定

－インテリム・レポートの作成

(2) フェーズII調査

フェーズII調査は、インテリム・レポートで明確にされた優先地下水涵養ダム地区についてF/Sを実施した。また、調査の終了期には、本件調査のすべての調査成果をとりまとめた本ファイナル・レポートを作成した。

a) パキスタン国における現地作業

－インテリム・レポートの説明・協議

－補足情報、資料の収集

－優先地下水涵養ダム地区のF/Sの実施

－各優先地下水涵養ダム地区の開発計画の作成

－プロGRESS・レポート (II) の作成、およびパロチスタン州政府側への説明・協議

b) 日本国における国内作業

－優先地下水涵養ダム地区のF/Sのとりまとめ

－地下水涵養ダム整備方法の完成

－ドラフト・ファイナル・レポートの作成

c) ドラフト・ファイナル・レポートの説明・協議

d) ファイナル・レポートの作成・提出

表1.4.1 既存ダムインベントリ

Dam Name	Division	District	Completion of Dam	Construction Cost (Million-Rs)	Dam Dimensions							Latitude	Longitude
					Dam Height (m)	Crest Length (m)	Catchment Area (sq.km)	Storage Capacity (1000cum)	Design Flood Discharge (cum/s)	Embankment Volume (1000cum)			
Daber	KALAT	Kalat	12/31/93	1.6	9.4	762.2	17.19	190.0	226.70	286.2	29 25 53	66 31 28	
Dasht-e-Coran	KALAT	Kalat	12/31/91	2.7	14.0	271.3	3.04	146.0	74.63	50.5	28 59 13	66 17 27	
Gar	KALAT	Kalat	12/31/82	0.5	15.2	115.9	2.43	123.1	9.29	33.8	29 6 4	66 35 9	
Gorpad	KALAT	Kalat	12/31/82	0.5	9.8	244.0	0.90	181.3	39.67	38.8	28 58 24	66 31 10	
Laghmagir	KALAT	Kalat	12/31/93	2.5	12.2	135.0	29.20	254.5	153.02	77.4	29 23 51	66 27 53	
Loveri	KALAT	Kalat	12/31/93	0.8	6.1	392.3	1.52	60.0	13.66	13.9	29 40 38	66 40 5	
Tori Kafin	KALAT	Kalat	12/31/82	0.7	13.7	265.2	4.57	159.1	17.07	55.4	29 19 38	66 34 17	
Zaloo	KALAT	Kalat	12/31/93	1.5	8.0	500.0	2.00	50.9	19.63	30.1	29 5 41	66 33 50	
Eri Kalag	KALAT	Kalat	12/31/93	2.0	13.8	147.0	11.89	112.8	37.78	35.9	28 41 39	65 7 5	
Hazarganj	KALAT	Khuzdar	12/31/81	0.5							27 31 6	66 11 14	
Amach	KALAT	Mastung	12/31/87	2.8	15.2	762.0	25.70	1,050.0	83.27	136.0	29 46 55	66 54 39	
Duzd Darra	KALAT	Mastung	6/30/84	1.5	15.2	111.3	2.48	12.2	25.11	52.5	29 58 59	66 50 21	
Kanak	KALAT	Mastung	12/31/87	3.1	6.1	2225.0	7.01	2,073.2	33.29	124.2	30 10 29	66 46 17	
Khad Kucha I	KALAT	Mastung	12/31/84	3.6	15.2	636.0	21.00	522.8	35.22	198.2	29 39 12	66 48 7	
Nishpa	KALAT	Mastung	30/6/95	2.9	15.2	204.0	3.84	114.9	53.78	35.7	29 59 14	66 52 41	
Sarbund	KALAT	Mastung	12/31/93	2.8	12.8	412.0	34.80		145.60	60.8	29 32 18	66 27 20	
Gori	QUETTA	Chagai	6/30/85	2.5							29 39 10	66 7 46	
Khaisar	QUETTA	Chagai	6/30/83	1.6							29 37 35	66 3 55	
Adu	QUETTA	Pishin	12/31/87	0.6	11.9	137.5	3.89	2,343.7	50.98	403.7			
Aghberg Kach Hassanzai	QUETTA	Pishin	6/30/93	2.1	12.2	84.7	9.82	764.8	24.78	220.9	30 55 41	67 19 53	
Aghbergai	QUETTA	Pishin	12/31/94	0.8	9.4	99.1	6.48	752.4	46.73	118.5	30 48 16	67 18 8	
Aghbergi	QUETTA	Pishin	6/30/80	0.8	11.6	91.4	6.48	616.8	42.48	393.1	30 46 17	67 14 34	
Amozai	QUETTA	Pishin	12/31/96	2.2	11.0	152.4	6.40	59.3	45.34	26.4	30 52 44	67 19 1	
Bachak	QUETTA	Pishin	6/30/94	1.6	7.6	169.8	16.84	1,134.8	44.75	280.4	30 61 0	67 30 45	
Balozi	QUETTA	Pishin	6/30/83	1.0	12.2	853.4	6.48	3,022.1	79.30	950.0	30 39 1	67 23 1	
Biana	QUETTA	Pishin	6/30/89	0.8	13.7	152.4	10.00	863.5	62.30	298.1	30 45 54	66 50 59	
Bogra Secondary	QUETTA	Pishin	6/30/83	0.9	8.1	118.9	24.61	320.7	87.79	268.3			
Bostan Dara	QUETTA	Pishin	6/30/89	6.0	16.0	272.0	23.40	210.0	114.00	164.0	30 24 0	67 2 0	
Band Khushdil Khan	QUETTA	Pishin	12/31/80	1.0	11.6	914.4	1165.54	55,507.5	141.60	573.8	30 41 9	67 3 53	
Chachobi	QUETTA	Pishin	12/31/87	0.9	10.4	147.8	10.00	1,110.2	66.01	254.7	30 61 17	67 25 20	
Dara Toghai	QUETTA	Pishin	6/30/94	7.0	11.6	259.1	72.52	3,416.8	84.96	977.3	30 49 32	66 58 2	
Garang	QUETTA	Pishin	6/30/89	1.7	11.6	137.2	6.48	1,850.3	70.80	391.8	30 45 46	66 49 35	
Ghargi	QUETTA	Pishin	6/30/86	1.0	12.2	76.2	19.43	1,233.5	42.48	403.1	30 60 48	67 20 59	
Ghez	QUETTA	Pishin	6/30/84	0.2	11.9	329.2	10.10	2,615.0	59.47	351.4	30 54 51	67 22 17	
Ghurza	QUETTA	Pishin	12/31/90	0.7	15.2	86.9	3.20	148.1	21.16	23.4	30 55 50	67 17 8	

Dam Name	Division	District	Completion of Dam	Construction Cost (Million-Rs)	Dam Dimensions							Latitude	Longitude			
					Dam Height (m)	Crest Length (m)	Catchment Area (sq.km)	Storage Capacity (1000-cum)	Design Flood Discharge (cum/s)	Embank. Volume (1000cum)						
											Dam Height (m)			Crest Length (m)	Catchment Area (sq.km)	Storage Capacity (1000-cum)
Injani	QUETTA	Pishin	6/30/83	0.8	4.8	146.3	5.44	986.8	94.90	398.1	31	10	30	67	26	60
Inzargai	QUETTA	Pishin	6/30/94	2.0	11.6	106.7	6.48	1,800.9	28.32	301.7	30	46	32	67	10	13
Kar Manda	QUETTA	Pishin	6/30/86	2.5	13.7	73.2	16.03	1,763.9	84.96	352.3	30	56	51	67	34	23
Kharozai	QUETTA	Pishin	6/30/83	1.2	11.6	670.6	3.89	3,207.1	87.79	1,034.0	30	38	29	67	21	54
Khushab	QUETTA	Pishin	6/30/86	2.0	15.4	164.0	15.20	392.9	75.12	52.2	30	33	34	67	19	52
Khusro	QUETTA	Pishin	6/30/83	0.9	12.2	91.4	16.84	2,713.7	141.60	790.8	31	41	41	67	35	53
Mahal Tangi	QUETTA	Pishin	6/30/86	0.5	9.1	170.7	10.36	3,022.1	55.22	345.1	31	9	57	67	27	24
Nadira Check detention	QUETTA	Pishin	6/30/93	2.0	2.3	85.3	3.24	96.3	49.16	356.8	30	43	36	67	22	4
Nareen Jahlak	QUETTA	Pishin	6/30/93	1.7	13.7	75.3	10.36	1,800.9	31.15	356.8	30	43	36	67	22	4
Obebi	QUETTA	Pishin	6/30/83	1.0	9.8	231.6	11.66	616.8	56.64	236.0						
Sabnai	QUETTA	Pishin	6/30/86	2.0	11.3	91.4	11.66	740.1	87.08	210.1	30	38	44	67	36	27
Savgi	QUETTA	Pishin	6/30/81	0.4	8.1	118.9	24.61	320.7	39.59	90.2	30	58	39	67	27	13
Shadlak	QUETTA	Pishin	6/30/83	0.7	15.1	91.4	9.19	493.4	56.64	349.7						
Sharan Manda	QUETTA	Pishin	6/30/93	2.0	10.4	210.3	14.89	1,196.5	50.98	391.5	30	45	45	66	46	7
Shikar Gat	QUETTA	Pishin	12/31/88	1.2	9.1	213.4	4.33	616.8	30.44	362.5	30	25	27	67	5	5
Sprinkai	QUETTA	Pishin	6/30/93	1.6	11.6	85.3	13.80	814.1	29.74	271.9	30	48	28	67	25	9
Surtal	QUETTA	Pishin	6/30/84	1.1	12.2	493.8	19.68	3,083.8	169.92	1,041.6	31	4	38	67	42	35
Temrak	QUETTA	Pishin	12/31/96	7.6	1324.0	189.0	28.06	377.7	119.02	94.7	30	44	57	67	13	41
Tidha	QUETTA	Pishin	6/30/93	3.2	10.7	417.6	10.75	2,578.0	84.96	531.0						
Tokhai Malagzai	QUETTA	Pishin	6/30/81	1.2	11.0	106.7	12.95	1,171.8	53.52	241.9	30	55	34	67	20	55
Tore Khulla	QUETTA	Pishin	6/30/90	2.0	11.0	143.3	11.66	1,048.5	53.81	395.1	30	36	41	67	22	38
Uch Bizenzi	QUETTA	Pishin	6/30/93	3.1	13.4	147.8	15.49	2,269.6	101.95	576.5	30	57	4	67	15	10
Ush Tara	QUETTA	Pishin	6/30/93	2.3	12.9	119.5	15.85	1,171.8	42.48	433.3	30	34	56	67	36	16
Zohri	QUETTA	Pishin	6/30/87	1.1	9.4	164.6	11.66	3,083.8	77.46	392.6	30	36	13	67	38	8
Habib Dara I	QUETTA	Quetta	6/30/72	0.1	9.2	54.9	10.36	493.4	16.99	72.5	30	12	42	67	4	45
Habib Dara II	QUETTA	Quetta	12/31/93	2.1	12.2	81.7	12.43	727.8	107.62	263.5	30	12	55	67	4	46
Khora Manda	QUETTA	Quetta	6/30/93	3.4	10.4	238.0	12.20	144.3	129.40	45.7	30	12	46	66	52	15
Marium	QUETTA	Quetta	12/31/93	3.0	14.5	122.0	0.30	43.5	52.71	42.3	30	16	10	67	12	36
Murghi Kotal	QUETTA	Quetta	6/30/79	1.0	8.5	45.7	19.70	493.4	56.64	122.7	30	19	31	66	57	27
Wali Dad	QUETTA	Quetta	6/30/73	0.2	7.7	31.5	5.40	161.6	14.16	56.5	30	17	56	67	16	19
Zawar Kan	QUETTA	Quetta	6/30/86	2.2	12.2	164.6	12.95	1,652.9	72.22	365.4	30	26	60	67	9	40
Alram Tangi	SIBI	Ziarat	12/31/76	0.2	7.6	137.2	5.18	36.6	5.60	8.5	30	23	50	67	45	35
Ghondi	SIBI	Ziarat	12/31/93	2.7	14.3	100.6	12.96	91.8	35.70	28.3	30	28	56	67	34	49
Gogg	SIBI	Ziarat	12/31/81	1.5	18.3	277.4	6.48	487.9	67.20	85.9	30	31	29	67	28	24
Kadi Kach	SIBI	Ziarat	12/31/91	3.0	12.9	114.3	3.88	32.6	23.81	59.0	30	28	2	67	20	59
Manja Storage	SIBI	Ziarat	12/31/92	10.0	36.9	41.8	72.70	1,924.7	275.00	-	30	27	27	67	45	50
Mangi Storage Dam	SIBI	Ziarat	12/31/82	1.0	12.2	125.6	46.74	134.2	126.00	-						
Nazi Tangi	SIBI	Ziarat	12/31/93	2.2	10.8	250.0	11.66	85.4	47.60	37.9	30	27	11	67	39	42

Dam Name	Division	District	Completion of Dam	Construction Cost (Million-Rs)	Dam Dimensions						Latitude	Longitude				
					Dam Height (m)	Crest Length (m)	Catchment Area (sq.km)	Storage Capacity (1000cum)	Design Flood Discharge (cum/s)	Embank Volume (1000cum)						
													Dam Height (m)	Crest Length (m)	Catchment Area (sq.km)	Storage Capacity (1000cum)
Pechi	SIBI	Ziariat	12/31/74	0.4	13.1	289.6	18.14	526.9	22.40	32.6	30	25	52	67	42	24
Pinakni	SIBI	Ziariat	12/31/91	2.1	12.8	167.7	15.55	326.9	19.60	35.3	31	35	5	67	26	58
Sasnak Mana Storage	SIBI	Ziariat	6/30/95	4.0	18.9	48.1	16.85	179.3	10.64	2.4	30	30	6	67	47	24
Sharan Storage Bund	SIBI	Ziariat	12/31/75	0.3	10.7	152.4	3.24	157.3	2.80	14.0	30	28	56	67	37	51
Storage Bund at Jungle	SIBI	Ziariat	12/31/79	0.5	10.1	135.7	7.78	36.6	8.40	8.5	30	29	34	67	22	18
Tangi	SIBI	Ziariat	12/31/93	4.9	14.8	126.5	20.74	334.2	31.20	24.0	30	32	21	67	29	51
Verchume Storage Bund	SIBI	Ziariat	12/31/75	0.2	12.2	152.4	-	158.6	5.60	27.6	30	29	19	67	32	40
Zargi Storage Bund	SIBI	Ziariat	1947	0.3	13.7	57.9	90.72	442.7	260.13	22.6	30	30	52	67	42	50
Zindra	SIBI	Ziariat	12/31/71	0.3	7.6	22.9	5.83	41.5	7.00	9.2	30	29	52	67	38	33
Chana Khundi	ZHOB	Loralai	12/31/93	2.2	9.4	152.4	10.53	38.0	119.00	19.3	31	9	33	69	55	42
Dabri	ZHOB	Loralai	12/31/80	0.3	8.1	30.0	7.77	17.0	14.00	18.2	30	26	7	68	56	24
Gadobra	ZHOB	Loralai			6.0	173.7	25.89	160.0	184.00	37.8	29	49	22	69	25	44
Ghara	ZHOB	Loralai	8/31/93	2.9	10.1	268.2	14.23	131.0	85.00	32.9	30	32	14	69	17	28
Gewari	ZHOB	Loralai	12/31/76	0.7	11.4	60.0	23.30	123.0	156.00	19.0	30	17	3	68	15	56
Gurmi	ZHOB	Loralai	12/31/71	0.3	7.5	41.2	13.30	55.0	42.46	4.5	30	31	16	67	51	56
Kuncha	ZHOB	Loralai	12/31/88	2.1	11.9	164.6	10.36	78.0	52.30	53.8	30	21	12	67	55	19
Mando Kara	ZHOB	Loralai	12/31/85	1.0	9.1	91.4	7.77	58.0	48.13	12.0	30	22	51	67	54	50
Sur Gund	ZHOB	Loralai	6/30/93	1.8	12.2	126.8	9.77	58.0	48.13	12.0	30	35	22	67	48	50
Tirkha Labri Small (I)	ZHOB	Loralai	6/30/93	5.0	2.7	29.9	12.95	1,095.0	92.55	95.3	30	5	41	68	57	56
Tirkha Labri Small (II)	ZHOB	Loralai	12/31/90	1.9	9.1	60.0	10.36	247.0	92.55	95.3	30	3	41	68	56	19
Bahana	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/91	2.3	12.2	106.7	14.23	163.4	171.63	47.0	30	41	48	68	19	20
Gaati	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/75	0.1	10.7	40.4	2.58	22.0	22.40	13.9	31	2	13	67	48	31
Ghanda Mana	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/92	2.4	11.0	159.3	14.23	107.3	140.00	61.0	30	39	10	68	6	46
Inder Bes	ZHOB	Qilla Saifullah	5/31/85	1.0	15.2	51.8	20.71	109.1	140.00	34.7	31	1	30	67	47	53
Kafir Toi	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/90	2.1	12.5	115.9	38.83	279.3	168.00	56.7	30	39	58	68	33	46
Kan Mehterzai	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/75	0.9	12.8	198.2	9.06	256.1	84.00	95.1						
Kandil	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/93	2.7	15.2	161.6	12.94	137.8	140.00	115.0	30	50	6	67	44	4
Khajur	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/91	6.8	15.2	219.6	25.89	487.9	196.00	156.2	31	14	15	67	29	49
Khushkaiwai	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/93	2.8	10.7	122.0	20.71	76.8	84.00	31.0	31	21	6	68	48	31
Mandak	ZHOB	Qilla Saifullah	4/30/81	1.0	12.5	335.4	12.94	208.6	70.00	115.9	30	52	27	67	44	33
Mulazai	ZHOB	Qilla Saifullah	5/31/76	0.6	12.2	122.0	7.76	134.2	70.00	35.0	30	47	51	67	36	8
Murgha Bakarzai	ZHOB	Qilla Saifullah	4/30/85	0.5	7.6	114.3	1.96	108.6	38.64	21.7	30	51	57	67	31	33
Pinakai	ZHOB	Qilla Saifullah	6/30/94	1.9	15.2	115.9	6.47	47.6	72.80	77.1	30	4	49	67	19	45
Sangar	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/83	1.5	14.3	129.6	90.65	170.8	98.00	76.9	30	41	43	67	31	45
Shinshobi	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/74	0.4	11.0	82.3	6.47	329.3	72.80	29.9	30	56	22	67	41	7
Tore Skhur	ZHOB	Qilla Saifullah	12/31/75	0.1	9.1	115.2	3.88	45.1	58.80	30.2						

第2章 計画の背景

2.1 パキスタン国の現状

パキスタンイスラム共和国は、北緯25°30'~36°45'、東経61°00'~75°30'の範囲にあり、総面積は79.6万km²である。北部の山々からインダス河が国土の中央部の平原を北から南へ縦断し、アラビア海へと流れ込んでいる。インダス河の上流域は、深い溪谷と高原などからなる山岳地帯である。これと対照的に下流域の南東方面には、広大な沖積平野が広がっている。

パキスタンは、全般的に亜熱帯気候に属しているが、一部の地域はインド亜大陸のなかで最も乾燥した気候帯にある。年降水量は北部の山岳地帯で900mm以上、南部のタール砂漠地帯、西部のパロチスタン州では130mm以下となっている。雨期は年2回あり、6月から9月までのモンスーン期と、12月から3月までの冬の降雨期に分かれるが、年間雨量の約70%がモンスーン期に集中している。

現在、パキスタンの領土はパンジャブ州、シンド州、北西辺境州及びパロチスタン州の4州、連邦管理少数民族地域及びイスラマバード連邦首都圏(FCA)からなっている。パキスタンの各州は自治権を有する行政単位であり、各州毎に立法権を有する州議会があり、州法を施行する権限が付与されている。行政区分上、各州はさらに多くのディビジョン(division)に分けられ、ディビジョンはディストリクト(district)に、さらに下部単位であるテシル(tehsil)に分けられる。

パキスタンは、様々な民族集団からなる多民族国家である。主要民族としては、パンジャビー59.6%、シンディー11.1%、バシュト9.0%、パローチ2.7%などがあげられる。言語としては、パンジャブ語48.7%、シンド語11.8%、バシュト語13.1%、パローチ語3.0%、その他数種の言語が用いられている。なお、公用語はウルドゥー語と英語である。宗教は、全人口の94%がイスラム教徒であり、キリスト教は1.4%、ヒンドゥー教が1.5%である。

パキスタンの1995年の人口は、推定で1億2800万人であった。人口密度は1990年には161人/km²であった。人口増加率は約3%とかなり高率である。また、パキスタンは急速な都市化が進行してきたが、近年は都市の人口集中はやや緩和傾向にある。

1995年度の全労働人口は3670万人であったのに対し、雇用労働者数は3490万人であった。地域別では都市部に1000万人で、農村部に2490万人であった。産業部門別に見れば、1995年は農業が全労働人口の50.0%を占め第一位である。次いで商業が12.8%と多く、次いで鉄工業10.1%、建設6.5%、運輸5.0%の順になっている。

国家の経済規模を示す国内総生産(GDP)は、1995年度において総額2兆1735億ルピーであり、前年度に比べ6.1%の成長率であった。GDPの産業別シェアは、農業部門24.8%、工業部門26.5%、サービス部門48.7%となっている。部門別の成長率は、農業部門6.7%、工業部門6.1%、サービス部門5.8%であった。消費者物価上昇率は近年10%前後を遷移しており、1995年度も10.5%であった。

1995年度の国家予算は、歳入3865億ルピー、歳出4949億ルピーであった。財政赤字は1085億ルピーにのぼり、予算額の21.9%に相当する。パキスタンの国際機関、諸外国からの中長期公的債務残高は1995年度末に231億ドルとなり、そのGDP比は35.7%であった。1995年度の債務支払は21億ドルとなっており、GDPの3.2%を占める。

1995年度の輸出額は92億ドルで、前年度の79億ドルに比べて16.8%増加した。また、主な輸出品目は綿関連品目(全体の62.2%のシェア)、皮革関連品目(6.8%)、米(5.4%)である。一方、輸入額は

109億ドルで、前年度の101億ドルに比べて7.9%の伸びを示した。主な輸入品目は、機械(20.8%)、化学製品(18.4%)、石油製品(12.2%)、食用油(7.7%)である。貿易赤字の対GDP比は、92年度に6.32%を記録した後は、1993年、1994年、1995年にかけて、3.84%、3.73%、3.06%と近年減少傾向にある。

近年、国の人間開発における相対的な達成度を示す社会指標として人間開発指数(HDI)の活用が世銀により提唱されている。このHDIは、平均余命、教育レベル、所得の3つの指標からなる複合指数である。先進国のHDIの平均は0.909であるのに対し、パキスタンのHDIは0.442(1993年)であり、世界174カ国中第134位に位置づけられている。HDIの各構成要素別を見ると、平均余命は開発途上国中の上位に、所得レベルは中位に位置するが、教育レベルは下位にとどまっている。また、パキスタンの、ジェンダーによる不平等性を考慮した基本的能力の達成度を示すジェンダー開発指数(GDI)、女性の社会参加の程度を示すジェンダー・エンパワーメント測定(GEM)は、それぞれ0.383、0.165と評価されており、GDI、GEMで見れば開発途上国の中でも低位にランクされている。

パキスタン国の第8次5カ年計画(EFYP)は1993年度から施行されているが、同EFYPでは年率経済成長目標GDPが7%、一人当たりGDPが4.1%と設定している。また農業セクターは年率4.4%の成長を目標としている。EFYPにおける農業開発主要目的は、食糧の安定供給、国内自給、輸出促進に置かれている。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。

農業はパキスタン経済において重要な地位を占めている。農業は3番目のセクターGDPを有し、雇用労働力の50%をかかえ、人口の75%を扶養している。また、綿工業を代表とする国内産業に原料を供給する意味からも、パキスタン経済を支える基盤産業であると言える。パキスタン農業は4318億ルピーの生産規模で、作物生産と畜産を主とする。

パキスタンの農業生産額構成(1994年推定値)

	主要作物	その他作物	畜産	水産	林業	計
生産額(百万ルピー)	1733	726	1724	102	33	4318
割合(%)	40.1	16.8	39.9	2.4	0.8	100

出典: Pakistan Statistical Year Book 1995, Government of Pakistan

パキスタン国内で生産されている主要作物は、下表のとおりである。主食である小麦の単収は、2100kg/ha(1995年度推計)で世界平均程度であるが、穀物の完全自給は達成されておらず、小麦を1994年度に260万トン輸入している。換金作物の中では、綿花、サトウキビの生産量が多い。綿花の単収は、1995年度推計で601kg/haであり、世界平均より高い。その他に野菜ではジャガイモ、タマネギの生産量が多く、果物では柑橘類、マンゴー、リンゴが多く生産されている。

農産物の生産量(1995年度推計)

作物	穀物		換金作物		野菜		果物(1994)		
	小麦	米	綿花	サトウキビ	ジャガイモ	タマネギ	柑橘類	マンゴー	リンゴ
生産量(百万トン)	17.6	4.0	18.8	45.2	1.1	1.0	1.9	0.9	0.5

出典: Economic Survey 1995 - 1996, Government of Pakistan

パキスタンの多くは、乾燥及び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。1994年度において、総栽培面積2214万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。水源別灌漑面積は下表

に示すように、管井戸（チューブウエル）との併用も含め、全灌漑面積の約 80%が水路によって灌漑された農地である。一方、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、特にシンド州が大きな被害を受けている。近年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。

水源別灌漑農地面積 (1995 年度推計)

	水路	井戸	水路・井戸併用	管井戸	水路・管井戸併用	その他	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 1995 - 1996, 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。1995 年度推計では、畜産業は前年度比 5.6%の伸びを示しており、中でも山羊の頭数は、世界でも中国、インドに次いで第 3 位である。また、山羊を含めた羊肉の生産量は 64 万トンで世界第 4 位である。

主要家畜頭羽数 (1995 年度推計)

	水牛	牛	山羊	羊	家禽
頭羽数 (百万)	20.2	17.9	45.6	29.8	345.0

出典：Economic Survey 1995 - 1996, Government of Pakistan

2.2 バロチスタン州の概況

バロチスタン州は北緯 24°54'から 32°04'、東経 60°56'から 70°15'の間に位置し、北はアフガニスタン及び北西辺境州、東はパンジャブ州及びシンド州、南はアラビア海で西はイランに接している。州の面積は 347,056km²で、国土の 43%を占めている。州の全面積のうち農耕地はわずか約 4.8%、森林は約 3%で、これ以外は不可耕地またはその他の土地である。

この州は広大な乾燥地域及び半乾燥地域を有し、自然条件からみると、高原地域、丘陵地域、平野部および砂漠の 4 地域に区分される。標高は南部海岸地域からスレイマン山脈最高峰の約 3300m に亘っている。西部の砂漠地帯における夏期の平均気温は 48℃に達し、一方東部山岳地帯の冬期の気温はマイナス 17℃を記録している。降雨は非常にばらついており、不確実性が高い。年平均雨量は州西部の 100mm 以下から北西部の 400mm までの間に分布している。州の半分は貧土壤でかつ植生のない山岳に占められている。それゆえ水資源は非常に限られており、また自然環境は脆弱で壊れやすい状態にある。

1981 年のセンサスによると、この最も面積が大きい当州の人口は約 430 万人であったが、現在は約 740 万人と推定される。近年における人口増加率 (3.1%) は全国平均に比べて高い。しかしそれでも人口密度は 1km²あたり 21 人で、全国平均の 161 人よりかなり低い。州政府所在地はクエッタで、この州最大の当市では過去 20 年間に急速な都市化が進んできた。

バロチスタンの大部分は部族地域として特徴づけられる。この州には 3 つの主要な民族、すなわちバロチ族、ブラヒ族及びバシュトン族が居住しており、このほかシンド族、パンジャブ族その他の少数民族がみられる。バシュトン族は主として北部山間地帯に、バロチ族は南西部及び東部に、またブラヒ族は主としてカラット高原に多く分布している。各部族はそれぞれ固有の社会組織および伝統的な慣習を有している。アフガン戦争の間に多くの難民 (約 150 万人) がこの州に流入したが、現在までにその 80%程度の難民達がアフガニスタンへ帰国している。バロチスタンではかなりの人々が遊牧活動を行っている。彼らは、州境、国境を越えて季節的移動を行うので、正確な人口を推定するのは非

常に困難であるが、およそパロチスタンの農村人口の 10%程度が遊牧生活を送っていると言われている。

独立以前は、パロチスタンは主としてバスト語を話す地域を含むブリティッシュ・パロチスタンとカラット、カラン及びベラ王国を含むネイティブ・パロチスタンからなっていた。これらは 1955 年にパキスタンに統合され、1970 年にパロチスタン州となった。現在、行政的には、州は 6 つのディビジョンと 27 のディストリクトから構成されている。末端の自治組織として約 360 のユニオンカウンシルがあり、そのメンバーは公選されている。法秩序面からみると、この州は 2 種類の地域に分けられる。一つはクエッタ市及びその周辺を含む地域（約 25%）で、ここでは正規の警察が治安維持を行っている。いま一つはそれ以外の地方（約 75%）で、ここではレヴィーと呼ばれる部族の私設警察が秩序維持にあっている。

1993 年におけるパロチスタンの識字率は 20.9%（男子 29.3%、女子 11.8%）であった。これは全国平均の 35.5%（男子 45.3%、女子 24.7%）に比し非常に低い。これは都市部では若干高く 44.4%（男子 55.2%、女子 30.4%）となっているが、農村部では 16.2%（男子 23.5%、女子 8.3%）ときわめて低い。近年の 15 年間で識字率はかなり上昇したものの、特に農村部ではまだまだ非常に低い水準にある。

農業部門は州の GDP の 54% を占めており、直接雇用人口は 62% に及んでいる。就労人口の 80% が作物生産及び家畜飼養に従事している。5ha 以下の小規模農家が 63% を占め、10ha までの農家が 80% に達する。一方かなり広大な土地が部族長や幹部の所有となっている。州の耕地 167 万 ha の約 48% が灌漑農地であり、52% が天水農地である。南東部の灌漑は主として大規模な水路灌漑組織によっているが、その他の地域では主な灌漑水源は機械揚水、掘抜き井戸、カレーズ及び湧水で、一般にこれらの規模は小さい。

灌漑農地では、夏期には種々の果樹や野菜の生産が盛んである。主な果樹は高原地域ではリンゴ、ナシ、モモ、プラム、ブドウ及びオウトウ、南部ではナツメヤシである。また米、とうもろこし、ミレット、タバコ及びクミンもまた主要な夏期作である。冬期には小麦、大麦、マメ類、ナタネ、カラシナ及び冬野菜が主に作付される。一方天水地域では小麦、大麦、マメ類、ウリ類などが主として栽培されるが、これらの作付面積は不確実な降雨のため年々変動する。

灌漑作物の収量は、灌漑施設の改善や、高収量品種の導入、生産資材投入量の増加などの営農改善により近年かなり増大しているが、天水地域の収量は降雨の量や分布にしたがって大きく変動する。寡雨によって作物が成熟しなかった場合にはこれらは家畜の飼料に供される。

地形や気象条件の制約から、相当な地域で経済的な作物生産が困難である。州の土地の約 60% が、植生が貧弱でかつ荒廃が進んでいる放牧地となっている。しかしながらこれらの放牧地は遊牧民や半遊牧民にとっては貴重な資源である。1986 年の家畜のセンサスによると、この州では 1110 万頭の羊、730 万頭の山羊、110 万頭の牛が飼育されている。羊や山羊の頭数はそれぞれ全国の 47% 及び 25% を占めている。畜産部門は州の農業総生産額の約 37%、州総生産額の約 20% を占める。しかしながら、放牧地の継続的な劣化が家畜飼養頭数を減少させるとして懸念されている。地方産業の大半は農産物加工を基礎とする零細～小規模のものが圧倒的に多いが、ラスベラヤクエッタには若干の中～大規模の工業が立地している。また多くの石炭鉱山が分布している。

現在のパロチスタンの農業には多くの制約要因がみられる。特に灌漑用水の不足が主要な制限因子である。揚水井戸による地下水汲み上げ量の増大のために地下水位が継続的に低下しており、地下水位の低下を防止するために、多くの地下水涵養ダムの建設や一部地域における新たな揚水井戸の設置の

規制などの対策が実施されているが不十分で、深刻な問題となっている。その他、肥料の低利用、種苗の質的水準の低さ、農業機械の利用効率の悪さ、脆弱な流通組織、及び流通施設の不備、季節的な飼料の不足及び過放牧などもまた州農業発展の大きな制約要因となっている。

パロチスタン州政府は現在第8次5カ年計画（1993～1998年）に従って、水資源開発計画、各種生産計画、社会開発計画等の事業実施を行っている。これらの計画の実施にあたっては、特に環境保全、女性の地位向上、教育水準の向上等に留意している。また多くの国際機関や先進国が各種の経済的、技術的支援を実施している。しかし州の財政は現在かなり逼迫した状況にいたっているようである。

2.3 パロチスタン州北部の地下水及び水理地質概況

調査対象地域の位置するパロチスタン州北部は、その東側がほぼ東西方向に走る Toba Kakar 山脈と Central Brahui 山脈、更に Sulaiman 山脈が連なり、その中央部では東部から西部にかけて南北方向ないしは北北東－南南西方向に Kirthar 山脈と Central Brahui 山脈及び Toba Kakar 山脈の延長上に位置する Kwaja Amran 山脈が走る。さらに、その西側の山列は東北東－西南西ないし東西方向となり Chagai Hills、Sinja Rai Range、Ras Koh、及び Sialhan Range などが分布する。

これら諸山脈の分水嶺によって、図 2.3.1 に示すようにそれぞれ独立した幾つかの流域が形成されている。調査対象地域はパロチスタン州北部の中央部に位置し、図 2.3.2 に示すようにピシンロラ流域が主要流域となる。またその周囲には、北側に Chaman Valley、Kadanai Basin、東側に Zhob River Basin、Nari River Basin、Kachii Plain、南側及び西側に Mula River Basin、Hingol River Basin、及び Hamun-e-Mashkhel Basin (Khaisa Basin、Baddo River Basin を含む) が分布する。本件調査対象地下水涵養ダム地区は、全てこのピシンロラ流域内に位置する。ピシンロラ流域の地下水利用可能賦存量は年間約 400MCM であるが、流域全体で見れば既に開発の余地はない。そればかりか、現在は過剰利用により、深刻な地下水位低下が年々続いており、このままの状態が続けば近い将来、地下水資源の枯渇に至ることとなる。

パロチスタン州北部山脈群の基盤を作る地質は、一部頁岩・砂岩等を介在する石炭～二畳系から白亜系の石灰岩を主体とし、これを覆って新第三系、また北部の低地帯には更新統の粘土シルト層が基盤の谷地を埋積するように厚く堆積している。一方東北側には深い複合地向斜の厚いモラッセ堆積物が堆積している。これらの急峻山地によって隔てられる低地には第四系の扇状地堆積物、河床堆積物、氾濫原堆積物などが分布する。ピシンロラ流域の水系模式図を図 2.3.3 に示す。

主要な帯水層を形成する第四系堆積物は、山麓扇状地が良透水性な砂礫層内帯水部及び涵養部からなり、主として不圧帯水層を形成している。山地末端から数 km 下流側では、シルト粘土層と砂礫層が指交し、砂礫層は被圧～半被圧帯水層を形成している。さらに、下流ではシルト粘土層の割合が高まり、最下流の谷床平野ではほぼ完全にシルト粘土層となる。この谷床平野部は、不透水性のバリアとなり、大局的に見て沖積層の地下水は地下ダム状となっている。

本件調査対象地域及びその周辺地域での重要な地下水資源は、その大部分が現世の扇状地堆積物内帯水層に分布する。また一部河床堆積物中を流下する伏流水の採取、また南部ではレッカ・空洞の発達する第三紀石灰岩中からの湧水が利用されている。主として扇状地帯水層部からの取水はチューブウェルによって連続的に揚水が行われており、河床堆積物伏流水の取水や岩盤レッカからの湧水の場合は古来からの取水施設カレーズによって行われている。特にチューブウェルの利用は近年盛んに行われており、その量は涵養量をかなり上回る過剰揚水のため、著しい地下水位低下を起こす根本原因となっている。

2.4 地下水涵養ダム事業

(1) 地下水涵養ダム事業

地下水涵養ダムは1971年頃から建設が開始され、1996年時点において既設ダム110カ所、また計画ダムは84カ所に上っている。これらのダム位置を図2.4.1に、またダムインベントリーはAnnex Iに示す通りである。既設ダムはクエッタを中心とする高標高地域（Pishin-Lora川流域、Dasht川流域の全域、Zhub川流域西部、Nari川流域西部）に建設されている。これら地域は亜熱帯大陸性気候地域（Sub-tropical continental highlands）に属し、年間降雨量は200mm以上に達するパロチスタン州での多降雨山岳地域であり州内の他地域と比較し水資源量は豊富であると言える。これに比較し、計画ダムは上記地域に加えパロチスタン州中央 Kachhi-Sibi Plain 地域、及び Makran Coastal belt に位置する Dasht 川流域に計画されている。これらの地域は各々 Sub-tropical continental lowlands、Sub-tropical coast lands に属し、年間降雨量は100~200mmの少雨量地域となり、水資源量の点からは上記高標高地域に比べダム建設には不利な地域となる。州全体として年間の降雨分布は不規則であり、降雨量は季節により大きく変化する。一般に低平地においては7~8月の夏期にモンスーンの影響により降雨があり、高地においては2~3月の冬期に Persian Plateau からの季節風により比較的多量の降雨がもたらされる。

地下水涵養ダムの平均受益面積は既設ダム85ha、計画ダム320ha、両者の平均は160haとなっている。ダムタイプはフィルタイプダムが殆どであり、また堤高についても15m以下のダムとすることが経験的となっている。

地下水涵養ダム建設・計画ダム数及び受益面積

灌漑サークル	建設ダム		計画ダム		合計	
	ダム数	受益面積(ha)	ダム数	受益面積(ha)	ダム数	受益面積(ha)
Sibi	17	1140	9	770	26	1910
Quetta	9	460	7	480	16	940
Pishin/Qila Abdullah	41	3800	20	3860	61	7660
Khuzdar	16	1150	34	14070	50	15220
Loralai	27	2070	14	2810	41	4880
合計	110	8620	84	21990	194	30610

出典：Irrigation Department, Balochistan

近年の傾向として特に地下水位低下の著しいクエッタ周辺において周辺 Nullah に涵養ダムの建設計画がある。建設計画はクエッタ盆地の主要河川である Sariab 川、Hanna 川の支線14の Nullah のうち4カ所計画されているが（Shagai I, II, Hingi and Tabai dams）、事業実施スケジュールは明確にはなっていない。ピシンディストリクトについては現在 Kadiana 川流域（キラアブドゥラ）、及びピシンロラ流域北部（Arambi 地区）、ピシンロラ流域北東部（ピシン）において数カ所の涵養ダム建設が実施されている。ピシンディストリクトにおける今後のダム建設は地下水涵養目的の他、既存の Khushdil Khan Bund の堆砂による貯水池容量減少抑制を目的とした砂防の観点からダム位置の選定も行われている。マストゥング及びカラットディストリクトは比較的流域の大きいダム地点があるが、降雨量が100~150mmと少ないことから河川流出量も少なく、比較的流域面積の大きい事業効率の良いダムが優先的に選定されている。

現在までに建設された地下水涵養ダムのうち、調査対象地域内に存するものは64カ所となっている。しかし、それらは特定の地域に比較的集中しており、絶対数も不足している。支流域別に見れば、とくにピシン支流域にやや集中してダム建設がなされており、同支流域では、一部地域で地下水位が回復に転ずるなど良い影響が認められる。しかし、その他の大部分の地域では水位低下が進むなど、危

機的な状況にある。下表は、調査対象地域各ディストリクト別で、ピシンロラ流域内各支流域ごとの既存ダム数を示したものである。

各支流域の既設地下涵養ダム

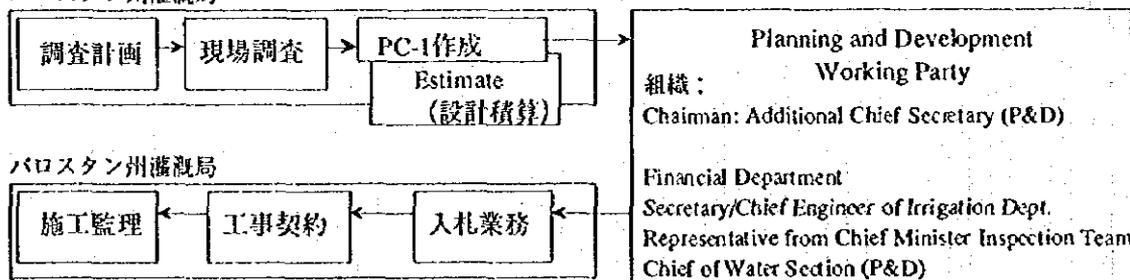
Districts Basin/Sub-Basin	Qila Abdullah		Pishin		Quetta		Mastung		Kalat		Total	
	Nos.	Cap.	Nos.	Cap.	Nos.	Cap.	Nos.	Cap.	Nos.	Cap.	Nos.	Cap.
Pishin Lora Basin												
Pishin	0	0	22	20,519	0	0	0	10	0	0	22	20,529
Kuchlagh	0	0	12	15,263	1	2,073	0	10	0	0	13	17,346
Quetta	0	0	0	0	8	1,686	1	12	0	0	9	1,698
Kofpur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mastung	0	0	0	0	0	0	2	1,573	0	0	2	1,573
Shirinab	0	0	0	0	0	0	1	60	0	0	1	60
Mangochar	0	0	0	0	0	0	0	0	1	159	1	159
Sardar Khel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Patki Shah Nawaz	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1	0
Kalat	0	0	0	0	0	0	0	0	7	955	7	954
Kopoto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-total	0	0	34	35,781	9	3,759	4	1,665	9	1,114	56	42,319
Other Basin	0	0	6	15,263	0	0	2	84	0	0	8	15,347
Total	0	0	40	51,044	9	3,759	6	1,749	9	1,114	64	57,666

The K.K.Bund (Pishin) having reservoir capacity of 55,507,500m³ was not considered in above table.

(2) 地下水涵養ダム事業実施方法

灌漑局の涵養ダム事業実施工程は下図の通りである。ダム実施の調査設計は灌漑局により行われ、事業採択は州政府組織である Planning and Development Working Party により行われる。工事は競争入札方式により選出された建設業者が実施し、施工監理は灌漑局の各サークル(Circle)に配属された SDO (Sub Divisional Officer) 若しくは SE (Sub-Engineer) により行われる。工事に使用される建設機械は、建設業者所有の機械が使われるほか、灌漑局の保有する機械が有償で貸与されるケースがある。

パロスタン州灌漑局



しかし灌漑局の建設機械は下表に示す通り機材の使用年数が15年以上で老朽化が目立ってきており、殆どの機械が使用不可能となっている。工事は建設業者の保有する機械に依存するケースが多いが、建設業者についても十分な建設機械を保有しておらず適切な工事仕様が順守できない状況である。建設機械の維持管理・補修は灌漑局の修理センターで行われており、管理組織は灌漑局の Machinery and Equipment Section である。センターに装備されている維持管理機械・器具は通常の維持補修を行うには支障ないが旋盤、またエンジン調整に必要な機材が不足している。機械のスベアパーツについては同

センター内の保管庫に保管されている。スペアパーツの調達は古いモデルについて不足している状況である。

灌漑局の保有する建設機械

名称	規格	台数	工事使用年数 (年)	使用状況
ブルドーザー	200 HP	22	17~18	21台が故障若しくは修理中
	140 HP	25	10~11	21台が故障若しくは修理中
	116 HP	2	10	1台が故障若しくは修理中
バックホー	0.2~0.7 m ³	8	2~10	運転可能
ホイールローダー	1.0~2.0 m ³	5	2~16	運転可能
振動ローラー	10 ton	7	2~13	運転可能
ダンプトラック	10 ton	9	12~18	4台が故障若しくは修理中
トレーラー	26 ton	2	15~17	1台が修理中
トラック	2.0~4.0 ton	9	16~18	8台が故障若しくは修理中
モーターグレーダー	Blade 3.7 m	4	2	運転可能
コンプレッサー	20~60m ³ /m	5	18	5台が故障若しくは修理中
発電器	50~100 KVA	1	15	故障
散水車	6 m ³	12	12~21	8台が故障若しくは修理中

2.5 関連プロジェクト

本件調査対象地域及びその近傍においては、現在までに本件との係わりをもつ総合開発事業、あるいは地下水開発事業が実施されている。以下には、それらの中で特に関連の深いものについて概述する。

(1) 総合地域開発プログラム (UNDP/FAO Integrated Area Development Programme, Balochistan)

パロチスタン州における自然資源の持続可能な利用、農業及び牧畜生産技術の向上及び農村・社会生活の質の改善等を目的として国連食糧農業機関 (FAO) によって進められていた、1) 総合山間草地及び家畜開発計画、2) 流域保全構想及び管理計画、3) 飼料資源開発計画、4) パロチスタン果樹栽培技術支援及び移転計画、5) 住民参加型高地保全及び開発計画の5つの進捗プロジェクトが、1996年6月にIADPとして統合された。その実施資金源は、2) が世界食糧プログラム (WFP) とイタリア政府が準資金源、5) はイタリア政府、その他が国連開発計画 (UNDP) となっている。このIADPは、マストング、キラサイフラ、ローライの3つのディストリクトを計画対象としており、住民参加重視を基本理念として、参加型アプローチ手法による社会調査の実施、農民組織形成、強化、活動支援等の諸スキームを実施している。その結果、このプログラムの最重要課題である流域及び山間草地における保全と管理について、住民の参加による植樹、草地利用の制限、監視員の配置が行われるなど、自然資源に対する意識の向上が図られていると共に地区の植生が顕著に回復している。現在の対象地区におけるプログラムは1997年の中旬に完了する予定である。

(2) BMIAD Project

パロチスタン小規模灌漑農業開発計画 (BMIAD) は、パロチスタン州の主要10ディストリクト (Zhab, Loralai, Khuzdar, Las Bela, Pishin, Sibi, Ziarat, Kachhi, Quetta, Qila Saifullah) を対象として、小規模灌漑システムの整備、農地整備、及び営農改善などを通じて、農業生産性、農家所得の向上をめざし1983年より実施されている事業である。第1期事業は42地区の小規模灌漑システムを対象に、ドイツ、オランダ、国際開発協会 (IAD) などの資金協力をうけて、実施された。同事業では、計画システ

ムの技術的妥当性は言うに及ばず、経済性・社会性にも重きをおかれており、住民参加を目指した維持管理における新しいアプローチは高い評価を得ている。現在、第1期に引き続き、第2期事業が開始されている。

(3) Balochistan Groundwater Resource Re-assessment Study

パロチスタン州北部地域は、深井戸による地下水利用が増大しており、多くの地区で急激な地下水位低下が見られ、持続可能な地下水利用にはほど遠い状態にある。ADBは、このような状況に鑑み、1995年にパロチスタン州北部の6支流域を対象に、地下水資源利用可能量の再評価、灌漑農業の将来検討、及び地下水利用法規・地下水管理制度の検討などを目的とした評価調査を実施した。

最終報告書は1996年3月に提出されたが、その中には今後の持続可能な地下水管理を担当すべき、流域総合開発機構(Integrated Valley Development Authority)の設立も提案されている。

(4) Balochistan Irrigation Development Project through Groundwater Development (JICA 開発調査)

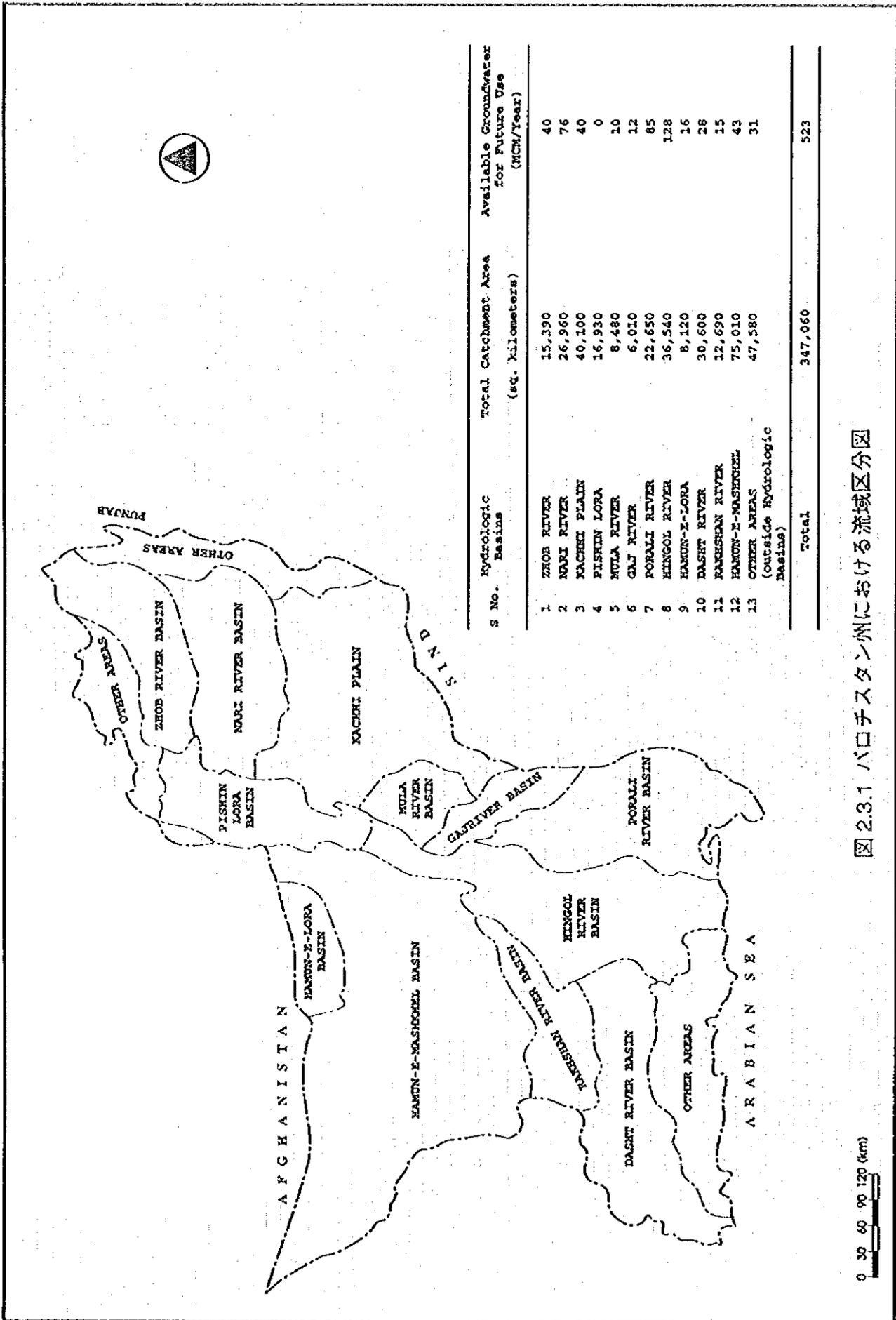
1980年代は、パロチスタン州北部地域における地下水開発興隆期であった。電化が進み、果樹生産の需要が高まる中で深井戸の建設需要も飛躍的に増大し、効率的で精度の高い地下水開発可能性調査が求められた。日本国政府は、パロチスタン州の要請をうけて、広範囲にわたり地下水探査が可能とされる空中ガンマ線スペクトロ探査調査及びその調査成果を活用した灌漑開発マスタープラン調査を、パロチスタン州北部、クエッタ、カラットディストリクトを対象として実施した。

ヘリコプターを利用した同調査の現地作業は1986年末に完了し、最終報告書は1987年3月に提出された。同調査では、現在深刻な問題となっている地下水位低下に関する対策には未だ詳細に触れられていないが、停滞性地下水の利用には慎重な配慮を勧告している。

(5) Balochistan Groundwater Development Project (JICA 無償案件)

パロチスタン州政府は、深井戸削井により地下水開発が可能な地域に対して、井戸建設を促進するための機材供与を日本国政府に要請した。日本国政府はこの要請をうけて、1995年に基本設計調査を実施し、1996年12月に6台の井戸掘り用リグ等機材を供与した。

同案件では、パロチスタン州南西部の地下水開発が遅れている Panjgur、Turbat ディストリクトを主要計画対象地域とし、WAPDAを実施機関として無償供与を行ったものである。基本設計調査の中では、詳細な地下水賦存量の検討は行っていないが、供与機材の利用を井戸開発の遅れている地区優先としており、開発必要量の推定においても、表流水などの他水源を最大限利用し、深井戸開発は最小限におさえる方針に則るなど、地下水の枯渇を懸念する本件調査の基本理念と矛盾するものではない。



0 30 60 90 120 (km)

図 2.3.1 バロチスタン州における流域区分図

S No.	Hydrologic Basins	Total Catchment Area (sq. Kilometers)	Available Groundwater for Future Use (MCM/Year)
1	ZHOB RIVER	15,390	40
2	NAJI RIVER	26,960	76
3	KACHEHI PLAIN	40,100	40
4	PISHIN LORA	16,930	0
5	MULA RIVER	8,480	10
6	GAJ RIVER	6,010	12
7	POBALI RIVER	22,650	85
8	KINGOL RIVER	36,540	128
9	HAMUN-E-LORA	8,120	16
10	DASHT RIVER	30,600	28
11	RACHSHAN RIVER	12,690	15
12	HAMUN-E-WASHKHEL	75,010	43
13	OTHER AREAS (outside Hydrologic Basins)	47,580	31
Total		347,060	523

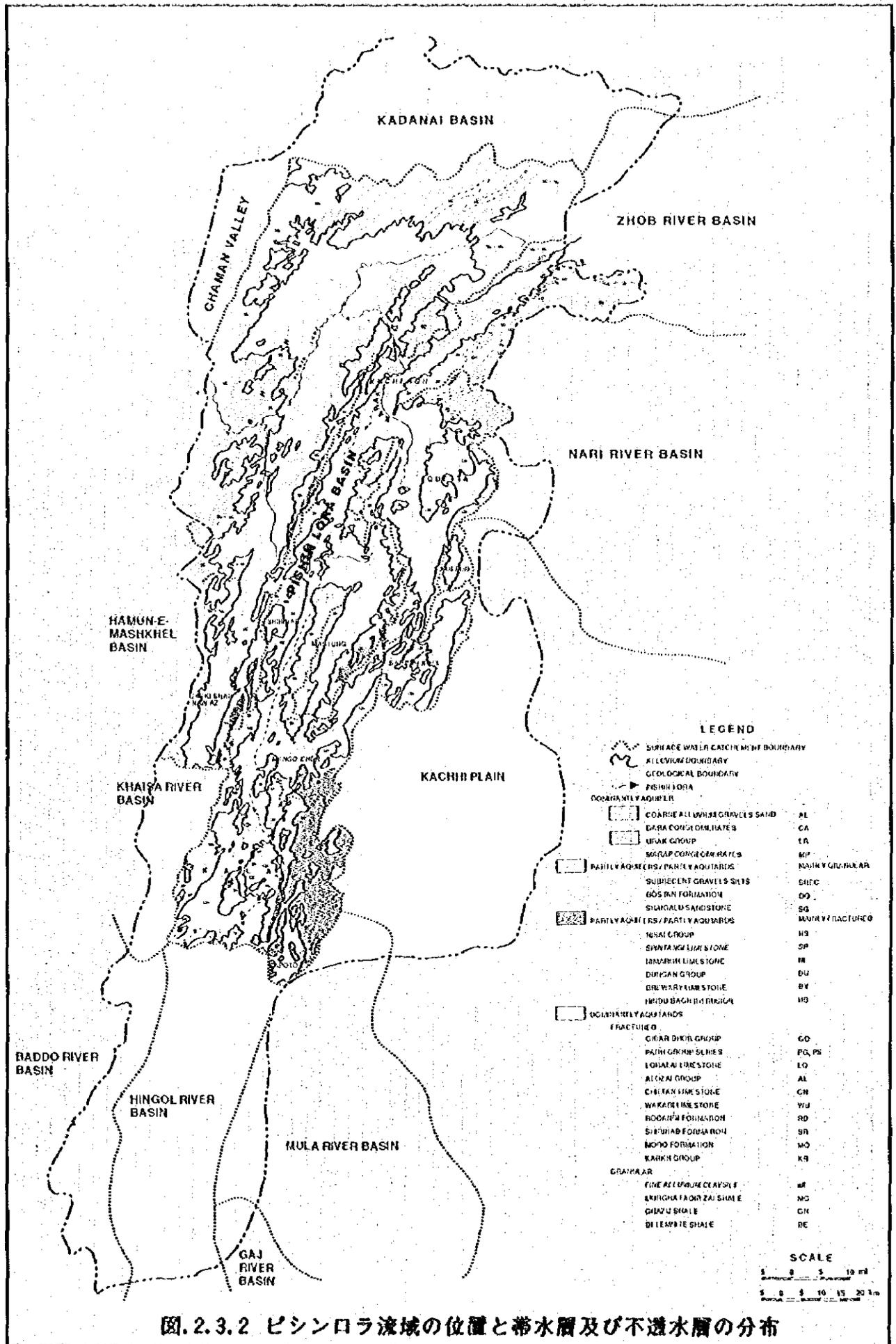


図. 2.3.2 ピシンロラ流域の位置と帯水層及び不透水層の分布

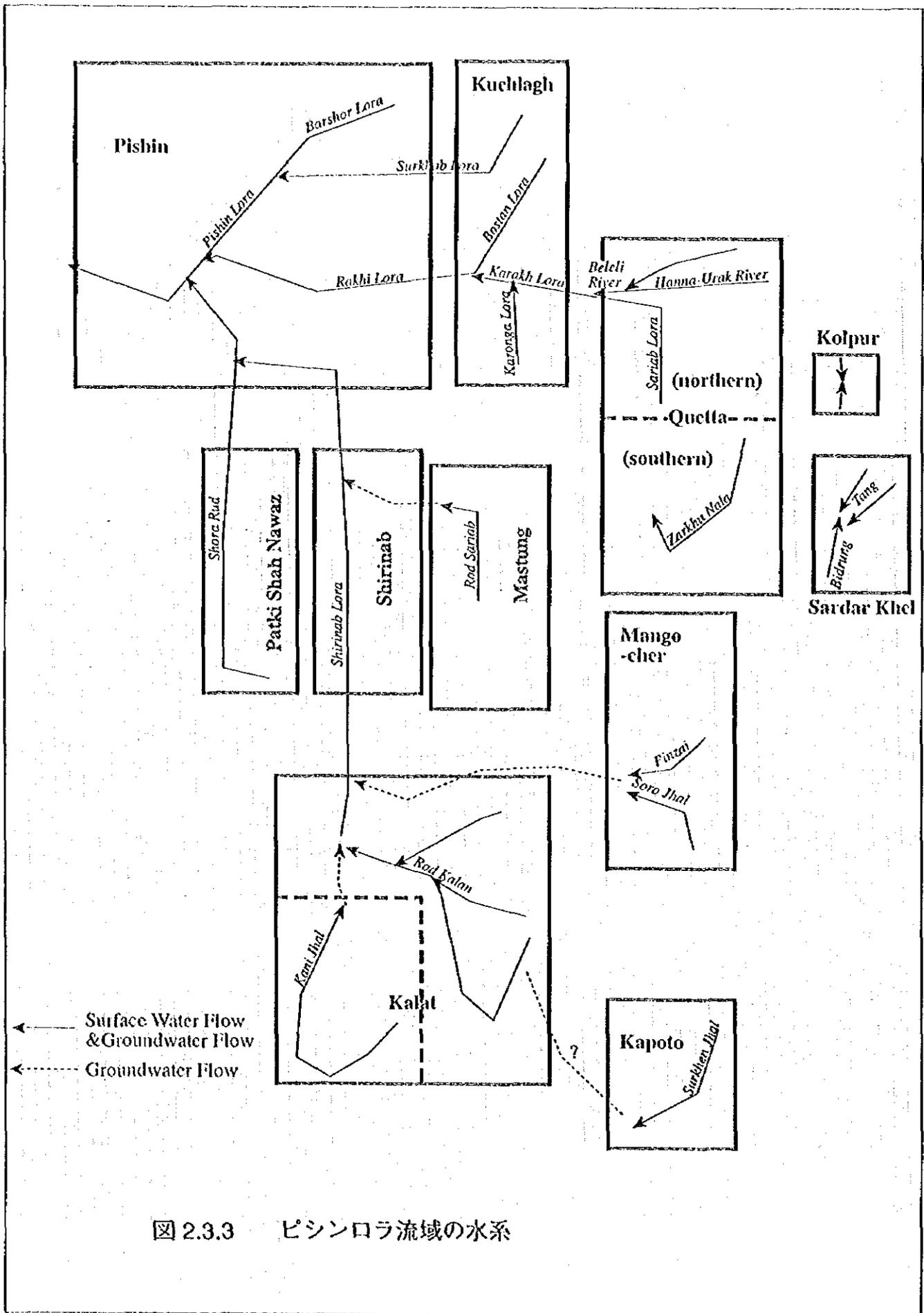


図 2.3.3 ピシンロラ流域の水系

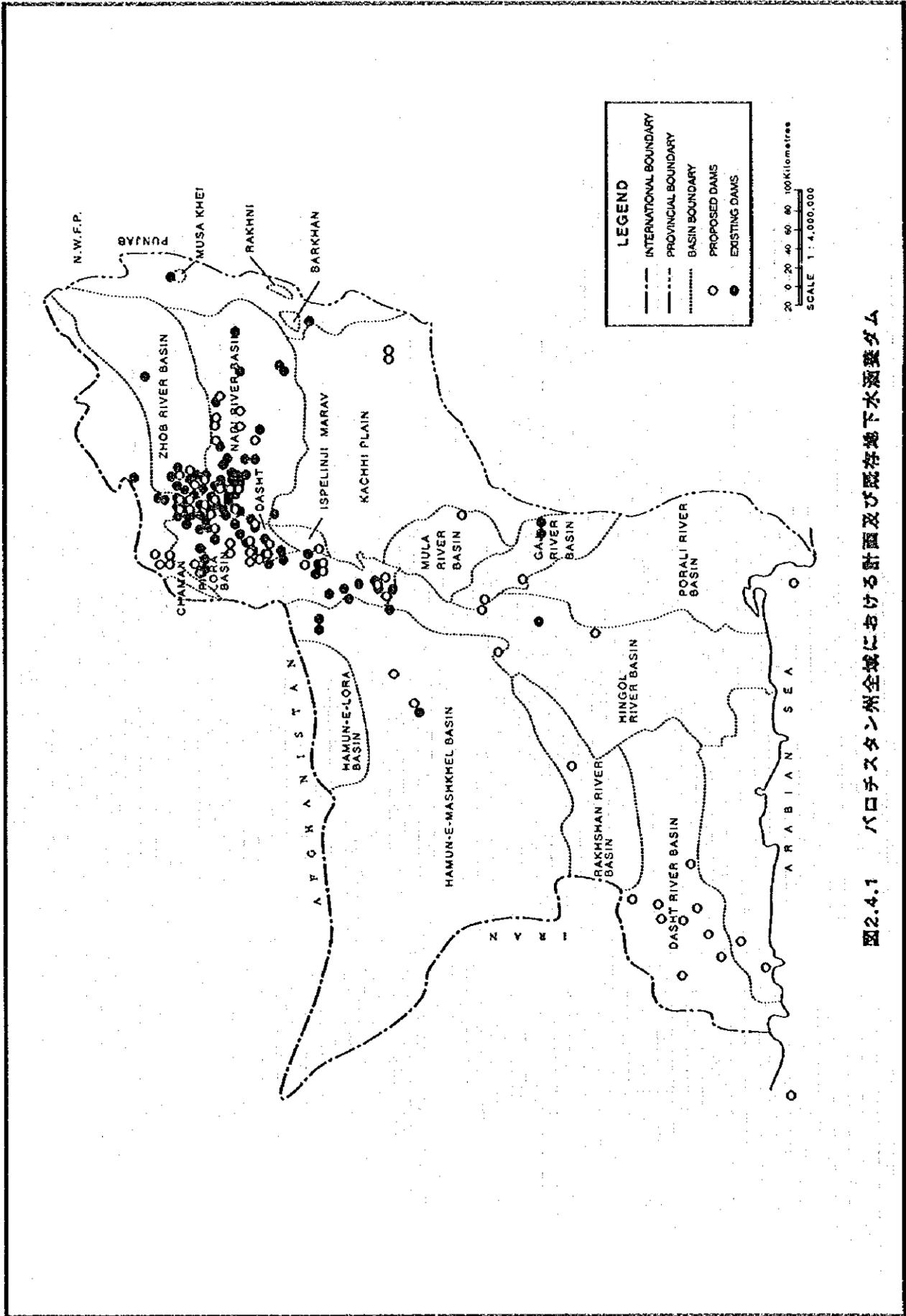


图2.4.1 巴罗赫斯坦省全域における計画及び既存地下水涵養ダム

第 3 章 調査対象地域の現況

3.1 位置及び行政区分

調査対象地域は、パロチスタン北部地域に位置するピシンロラ流域で、これはほぼクエッタとカラットディビジョンのキラアブドゥラ、ピシン、クエッタ、マストゥング、カラットの 5 ディストリクトに重なる。これらのディストリクトの占める面積は 26,282km²であり、州全体の 7.5%に相当する。キラアブドゥラとマストゥングは新しく成立したディストリクトであり、それぞれピシンから 1993 年 8 月に、カラットから 1992 年 2 月に独立した。このためディストリクト別の統計資料が未整備であることがしばしばである。調査対象地域の行政区分の構成を下表に示す。

調査対象地域の行政区分

ディストリクト	サブディビジョン	テラ	サブテラ	シユバ・マツク コミティ数	エウツクツル数
(Quetta)					
Qila Abdullah	Gulistan Chaman	Chaman	Gulistan Dobandi	1 (Municipal)	15
Pishin	Pishin Barshor	Pishin	Karazat Hurramzai Barshor	1 (Municipal)	22
Quetta	Quetta City Quetta Sadar	Quetta City Quetta Sadar	Panjpai	1 (Municipal)	8
(Kalat)					
Mastung	Mastung	Mastung	Kirdagab Dasht Khad Kocha	1 (Municipal)	8
Kalat	Kalat	Kalat	Surab Mangocher Johan Gazz	2 (Town)	13

出典：Agricultural Statistics of Balochistan, 1994-95, and Local Government of Balochistan Province

本件調査の対象である計画及び既存地下水涵養ダム地区は、次の表に示すとおり 5 ディストリクトに分布している。

調査対象地地下水涵養ダムと行政区分

ディビジョン	ディストリクト	計画地下水涵養ダム	既存地下水涵養ダム
Quetta	Qila Abdullah	Arambi (Ghazlona & Samaki)	
	Pishin	Jigda Sanzali	Bostan Khushab Tirkha
	Quetta	Brewary Ghutai Shela Wali Dad Dara Murgi Kotal Kach	Khora Manda Marium
Kalat	Mastung	Sakhol Kad Kocha II	Amach Kad Kocha I
	Kalat	Mangi Iskalkoo	Gorpad Lagmgir Sarbund

出典：Irrigation and Power Department, Balochistan

3.2 人口及び社会状況

3.2.1 人口

1981年に行われた人口センサスによると、調査対象地域5ディストリクトの人口は約110万人であった。これは州の全人口の25.4%を占め、人口密度は約42人/km²である。その後各種の人口予測が行われたが、最も最近のディストリクトごとの人口予測は州政府の統計局により1995年に行われたものである。この予測によると調査対象地域に係わる5ディストリクトにおける1981年のセンサス人口に対応する1995年の人口予測値は下表のとおりである。

調査対象地域内ディストリクトの統計人口

ディストリクト	地帯別	1981年センサス人口	1995年予測人口	年増加率 (%)
クエッタ	合計	381.6	676.9	4.18
	農村	95.8	155.6	3.52
	都市	285.7	521.4	4.39
キラアブドゥラ	合計	176.3	272.2	3.15
	農村	146.5	222.3	3.02
	都市	29.8	49.9	3.76
ピシン	合計	202.3	312.2	3.15
	農村	187.5	287.6	3.10
	都市	14.7	24.7	3.76
マストゥング	合計	132.0	200.0	3.01
	農村	115.6	172.5	2.90
	都市	16.5	27.6	3.76
カラット	合計	209.1	316.8	3.01
	農村	198.1	298.0	2.96
	都市	11.0	18.8	3.86
計	合計	1,101.4	1,778.2	3.48
	農村	743.6	1,135.9	3.07
	都市	357.7	642.3	4.27
パロチスタン	合計	4,332.4	7,357.9	3.85
	農村	3,655.6	6,137.1	3.77
	都市	676.8	1,220.2	4.30

出典：人口センサス (1981)：パキスタン人口センサス局

人口予測：パロチスタン州統計局及びJICA調査団

上表によれば、1995年のディストリクトごとの予測人口は1981年の1.8倍ないし1.5倍となっている。大都市区域を含むため、クエッタの人口増加率がとくに高い。一方その他の地域の増加率は州の平均より低くなっている。これはクエッタ市の都市化が周辺地域の人口を引き寄せる傾向にあるためと考えられる。5ディストリクトの現在の人口密度は約68人/km²で、これは州平均の約21人/km²よりかなり高くなっている。

3.2.2 社会状況

調査対象地域ではパシュトン族が主として北部のピシン、キラアブドゥラ及びクエッタに、パロチ族とブラフィ族は主として南部のマストゥング及びカラットに居住している。今日では各種族の分布域は画然としているわけではなく、特に都市部では混在が進んでいる。これは社会的な集団形成の進展、

季節的な移動に伴う混住機会の増大、アフガン難民の流入などの影響によるものである。しかしながら、各種族の社会構造の特徴はなお色濃く残されており、種族ごとに独自の慣習と社会制度を有している。

パロチスタンには様々な遊牧民の集団が存在する。主要な集団は、夏の間に調査地域を含む比較的涼しい高地に滞在し、冬季にはより温暖な地域へと移動する。一部の遊牧民はアフガニスタンからやってくる。彼等のあるものは季節的な賃金労働者として、定住農業者の農場で小麦の収穫や果実の収穫のために雇われたり、その他の経済活動に従事したりしている。調査対象地域においても、かなりの遊牧民の設営地がそこに見られる。調査計画ダムの受益地区のうち、Jigda、Murgi Kotal、Sakhol、Mangi 及び Kad Kocho の受益地の内外には毎年遊牧民が行き来しており、受益地の季節的労働力となる一方、周辺の丘陵地に家畜を放牧したり、作物残滓を飼料として利用したりしている。

1990年に実施された農業センサスによると、関係5ディストリクトの一世帯当りの平均家族数は8.2人と推計され、これは州の平均値とほぼ等しい。農家の家族数は非農家より若干大きくなっている。一般に家族規模は伝統的な生活形態の強い農村部においてより大きい傾向を有し、20人以上が一つの土壌の中で、または一つの生計単位を形成していることは珍しくない。家長の権限は非常に強く、男性優位の生活形態が顕著である。早婚の慣習が一般的である。

パロチスタンでは多くの親が子供を学校に通わせることにまだ消極的である。1991/92年におけるパロチスタン州の小中高別学校への入学率（入学適齢期の人口に対する生徒数）は下表のとおりである。

学年別性別学校入学率（1991-1992）

学年別	年 令	合 計	(%)	
			男 子	女 子
小学校	6-10	37.4	55.1	17.5
中学校	11-13	16.5	24.0	6.0
高 校	14-15	9.4	13.3	3.3

出典：パロチスタン州、計画開発局

この表によれば、入学適齢期の約45%の少年と約82%の少女が小学校にすら行っていない、あるいは行かせてもらえないでいる。小学校の課程では低学年における異常なほどの中途退学が見られる。これは多くの親達が学校教育の意義を充分認めていないからであり、また子供達は農作業や家事の手助けのために必要とされているからである。一方、教師は全くあるいは十分な訓練を受けておらず、とくに農村部における女性教師の不足が大きな問題となっている。

パロチスタン州民の健康状態はパキスタンの他の地域に比べて良くない。幼児死亡率（200/1000）、受胎率、及び母親の死亡率（5.7/1000）が非常に高く、栄養不良、伝染病や寄生虫病の発生率も高い。妊婦の28%、授乳中の母親の46%、及び入学前の幼児の33%が必要なカロリーの70%以下しか摂取できない状況にある。1992年における外来患者の罹病割合をみると、呼吸器系伝染病が約17%、ついでその他の伝染性疾患が16%、胃腸系伝染性疾患が約11%、その他消化器系疾患が約8%などとなっている。

パロチスタンの部族社会においては、伝統的に非常に家父長的な傾向が強いため、男性が支配的な役割を占め、社会における女性の役割は非常に限定されている。種族的な伝統の違いにより、農業分野における女性の立場は大きく異なる。パシュトンの種族社会では、女性は圃場で農作業をすることはまれで、一方パロチヤブラフイの種族社会では、女性は圃場での収穫作業に参加しているが、耕耘、播種、施肥、灌漑などの作業には参加しない。これらの女性の活動のほとんどは何の収入も伴わない

家族労働として扱われている。

パロチスタンにおける主要な経済活動は農業であり、この州の工業の多くは登録もされていない零細なものである。大、中規模の工業は約 90%がラスベラディストリクトに、約 10%がクエッタディストリクトに立地している。都市における失業率（1990-91 年）は 1.6%で、国の平均値 6.3%よりかなり低くなっている。

1987 年における世帯別所得及び消費支出額調査によると、パロチスタンの一世帯の月当り平均所得は 2,898 ルピーで、全国平均の 3,590 ルピーより低い。一方一世帯当りの月当り消費支出額も、州平均は 2,649 ルピーで、全国平均の 3,485 ルピーよりやはり低い。他方、消費支出における飲食費、燃料費などの割合は州の方が全国平均より高くなっている。

3.3 自然条件

3.3.1 地形

調査対象地域は、パロチスタン北部の中央部クエッタ～ピシン高地に位置する。本地域を形成する主水系はピシンロラ川であり、これに注ぐ支川を含めた全流域の面積はおよそ 17,000 km²に及ぶ。ピシンロラ流域は、主として北北東～南南西方向の山地によってそれぞれ隔てられた山岳高地と谷床平野などの沖積地からなっており、11の支流域に細分される。

流域内における最高峰はクエッタ北東に位置するもので海拔 3,637m を示し、流域の東縁分水嶺は 3,000m を超える山岳地によりなる。西方に向かうにつれて徐々に標高が下がり、流域の西縁分水嶺をつくる Khwaja Amran Range は北側が 2,300～2,700m、南側が 2,000m 以下となる。谷床平野の標高は東側が 1,500～1,800m、西側で 1,400～1,700m である。

沖積地の主な形状は以下の通りである。

- 1) 扇状地: 洪水時フラッシュフローにより運搬され、山裾ヒルトレント (Hill torrent) 出口に堆積した粗粒物によって形成される。
- 2) 山麓平原: 扇状地のさらに先に形成される平坦地でシルト質土など比較的細粒な土によって形成される。
- 3) 盆地及びプラヤ: 出口のない盆状窪地で降雨直後に水が滞留する。流入初期は周辺より運搬された比較的粗粒物が下部に堆積するが、濁水中浮泥の沈積によって細粒土層が上位に堆積する。蒸発によって塩分が集積しやすい。
- 4) 河川氾濫源: 洪水の氾濫により、河川流路後背地にシートフローとして幅の広いゆるい流れが発生し、これによって細粒物が広く平坦に堆積する。
- 5) レス地域: 流路跡などに広く堆積した砂質物が強い季節風などによって運搬堆積されある地域に集積する。

細分された 11 の支流域は北側から南側に向かって 1) Pishin、2) Kuchlugh、3) Quetta、4) Kolpur、5) Sardar Khel、6) Mastung、7) Mangocher、8) Shirinab、9) Patki Shah Nawaz、10) Kalat、11) Kapot と呼称され、それぞれの支流域は全体に南北方向に細長い形状を示す。最大のものは Pishin 支流域で面積約 7,000 km²弱を示す。各支流域の山地及び低地の面積を次表に示す。