

## 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

調査対象である既存10地下水涵養ダムの諸元及びダムの設計、施工、維持管理に関わる評価一覧表を表4.1.1、4.1.2に示すとともに以下に各ダム及び受益地区の地形・水理地質、ダム概要、人口、社会環境、農業・灌漑、環境を記述する。

#### (1) Khora Manda ダム

##### 【地形・水理地質】

ダム流域は一部に沖積砂礫が分布するが、大部分ジュラ紀の石灰岩主体層からなる。ダム地点及びその直上流は Subrecent Deposits の密なシルト混じり砂礫からなり、下流側には山麓扇状地が広がっている。ダム地点の直下流は Subrecent Deposits からなっており、かなり密なシルト混じりの砂礫から構成され、堤体は本層を基礎としている。透水性は比較的良い。現在までのところ、ダムの貯留地内堆砂も少なく、貯留水は比較的短期に浸透している。この下流には扇状地堆積物が厚く分布し、Subrecent Deposits からなる丘陵地の末端から約2~3km離れた下流では谷床平野となり堆積物はシルト層主体となる。

ダム下流扇状地の半径は前述のように2~3kmほどで、地形勾配は上流側が1/20強、下流側が約1/25となっている。扇形の拡がりにはダム地点をかなめに約120度前後を示す。基盤岩の深度は既存資料からは確認されていない。谷床平野部では深度約150m程度に Bostan Formation が分布するものと推定される。扇状地の透水係数は  $10^{-3}$  cm/sec オーダーの高透水側で下流側に向かい徐々に低下する。透水量係数は扇状地内で  $40\text{ m}^2/\text{day}$  前後を示すデータが多い。比産出量は扇状地末端で15%程度で最上流では20%強である。地下水位は1988年当時で深度約30mを示している。

##### 【ダム概要】

ダムは扇状地の扇頂部に計画され、ダム流域地質は上流において石灰岩、中・下流域は扇状地堆積物からなる。植生は殆どない。ダム地点の地質は同様に扇状地堆積物からなる。築堤後3年を経過し、貯水池内の堆砂厚は0.6m程度であるが、貯水池基礎の透水性が小さいと判断され、涵養量能力は小さい。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	10.4 m	238 m	12.2 km <sup>2</sup>	45,700 m <sup>3</sup>	貯水池敷からの涵養

##### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約25戸、人口は約200人と見積られる。住民はブラヒ語を話すサエド派の人々と、パシユトンのアカクザイ及びカカール族で構成されている。25戸の内、農業専業はわずか3戸で、他の22戸は農業と現場労務作業との兼業である。生活用水は揚水機によっており、エネルギー源は電力及び薪炭類である。小学校1校があるが、保健施設は設置されていない。住民からの聞き取りによるとダムの設計が不適切であるため、相当の洪水による農業被害が発生したことがあるとのことである。

##### 【農業・灌漑】

本地区のほとんどの土壌は灌漑農業に対する適性が高い。土壌の作物適性は多くの作物に対して「Class I (適)」である。灌漑用の水源は井戸であるが、非灌漑地区も多い。主な作物はブドウ、リンゴ、アプリコット等の果樹や小麦、飼料作物等である。

### 【環境】

浸透量が少ないため地下水の涵養効果が低く、自然資源の持続可能な利用に関する貢献度は低い。また、ダム洪水吐の設置により下流の流況が変化し、洪水期に左岸側の農地が洪水被害を受けている。これによる、経済的及び生産活動等の社会環境への負の影響が見られる。現在、洪水が左岸側へ集中して流下することを抑制するため洪水吐下流水路の流路変更工事が行われている。

## (2) Marium ダム

### 【地形・水理地質】

ダム流域は中新世礫岩からなる。急峻な山腹斜面からなり、流域面積は極めて小さい。ダム地点下流側には崖錐状で比較的薄く、急勾配の沖積錐堆積物が分布している。沖積錐堆積物は谷底部でも厚さ最大30m前後と推定される。地形勾配は約1/10とかなり急勾配である。沖積錐堆積物の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-2}$  cm/secのオーダーと推定される。

### 【ダム概要】

ダムは Hanna 川の小支流の上流域に計画され、ダム流域地質は礫岩の露頭が殆どを占める。植生は全くない。ダム地点の地質は崖錐堆積物からなる。流域面積は非常に小さく、ダム規模と比較した場合経済的に不利となる。築堤後2年を経過し、貯水池内の堆砂は殆どないが貯水池基礎の透水性は小さく涵養能力は小さい。貯水池内の水は隣接する集落において生活用水としても使用されている。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	14.5 m	122 m	0.5 km <sup>2</sup>	42,300 m <sup>3</sup>	貯水池数からの涵養

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約60戸で、人口は約800人である。地区はクエッタ市に近いウラックの谷に位置している。住民はバシュトンのカカール族に属している。クエッタ市の近郊に位置しているけれども、社会構造は非常に部族的である。60戸のうち、農業従事者は10戸で、35戸は商業、15戸は公務関係に従事している。生活用水はワリタンギダムの貯溜水を利用しており、エネルギー源は電力及び薪炭類である。小学校1校と中学校1校が立地しており、診療所が1カ所ある。住民によると、ダムによる社会経済的な効果は発生していないとのことである。

### 【農業・灌漑】

土壤の多くは他から運び込まれたもの (man-made soil) である。土壤の灌漑農業に対する適性は比較的高い。土壤の作物適性は (適～中程度に適) である。灌漑農地はほとんど湧水 (spring) によって灌漑されており、主要作物は果樹類である。

### 【環境】

ダムの流域面積が小さいため地下水の涵養効果が低く、自然資源の持続可能な利用に関する貢献度は低い。また、社会環境等への影響もほとんど見られない。

## (3) Bostan ダム

### 【地形・水理地質】

ダム流域は二疊～三疊記からジュラ紀のマール・砂岩・頁岩を含む石灰岩主体層が大部分を占める。一部に暁新世の石灰岩も認められる。ダム地点下流側には山麓扇状地が広がっている。ダム地点の下流は厚さ20～30mから最大百数十mの山麓扇状地からなり、谷床平野には Bostan Lora 両岸にシルト粘土層が分布する。ダム地点ではジュラ紀の Chiltan 石灰岩層を基礎としているが河床には比較的厚い河床堆積物ないし扇状地堆積物が分布する。対岸には Bostan Formation の丘陵地が広がっており、谷床平

野下部にもこれが伸びており、基盤岩の上に載っている。下流の扇状地はきれいな扇状分布をし、半径は3km前後、地形勾配は平均約1/20を示す。扇形の拡がりはダム地点やや下流をかなめに約180度前後を示す。

基盤岩の深度は既存資料では確認されておらず、谷床平野部では少なくとも深度は150m以上を有するものと推定される。透水係数は扇状地末端部で $4\sim 5 \times 10^{-3}$  cm/secで上流側では $7\sim 8 \times 10^{-3}$  cm/secとなる。透水量係数は扇状地中央部で500以上、周辺部で100前後から300m<sup>2</sup>/dayを示すデータが多い。比産出量は扇状地部で20%ないしそれ以上を示す。地下水位は1978年当時で深度40m強であったものが1988年掘削当時では約深度60mを示し20m近くの水位降下が観測される。

#### 【ダム概要】

ダムは扇状地の扇頂部に計画され、建設はクウェートの経済協力 (Small Irrigation Schemes in Balochistan) により実施され、築堤後6年を経ている。流域は石灰岩の露頭からなり、植生は殆どない。ダムの周辺地質は右岸側は石灰岩の尾根地形からなり、左岸側は扇状地堆積物からなる。涵養は貯水池及び堤体の透水性の高い基礎浸透から行われており、涵養能力は高い。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	16.0 m	272 m	23.4 km <sup>2</sup>	164,000 m <sup>3</sup>	貯水池敷からの涵養

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約300戸、人口は約4,000人と見積られる。地区はボスタンの市街地域を含んでいる。住民はすべてパシュトンのカカール族であり、村の構造は半部族的である。生活用水は公共保健局が設置した用水施設を利用している。小学校が2校及び中学校1校、及び診療所3カ所がある。住民によると、ダムの涵養効果は確かにみられるとのことである。

#### 【農業・灌漑】

土壌の灌漑農業に対する適性が高く、また多くの作物に対して土壌の作物適性は高い。灌漑農地はほとんど井戸によって灌漑されており、主要作物は果樹類、小麦である。

#### 【環境】

地下水の涵養効果は高いと考えられるが、下流受益地での揚水量が卓越し、地下水の持続可能な利用に関する貢献度の評価は困難である。しかしながら、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が回避されている。

#### (4) Khushab ダム

##### 【地形・水理地質】

ダム流域は白亜紀の石灰岩及び頁岩、中新世の礫岩からなり、一部に超塩基性の貫入岩が分布する。ダム地点下流側は広い河床堆積物が分布するが、約2km下流の狭窄部以後は山麓扇状地が拡がっている。狭窄部の基盤はジュラ紀石灰岩である。

堤体は白亜紀石灰岩頁岩互層を基礎としている。下流の河床堆積物は粗粒の砂礫であり、ダム軸から50m下流の河床でボーリング掘削を行った結果、厚さ12.5mが確認された。透水試験の結果は透水係数 $1.42 \times 10^{-3}$  cm/secである。ダム貯水地内は堆砂のため浸透能力は極めて低い。下流には扇状地堆積物は所々シルト粘土層のレンズを挟むもののほぼ砂礫主体層と推定される。層厚は100~150mと推定される。下流側の基礎には超塩基性貫入岩が分布するものと思われる。下流扇状地の半径は約1kmで、地形勾配は約1/25となっている。扇形の拡がりは約180度前後を示す。

基盤岩の深度は既存資料からは確認されていない。谷床平野部では深度約150m程度と推定される。扇状地の透水係数は $10^3$  cm/sec オーダーの高透水側で下流側に向かい徐々に低下する。地下水位は20~30mと推定される。

#### 【ダム概要】

ダムは山間地の支線河川に建設されている。ダム流域は石灰岩、頁岩及び礫岩からなる。比較的地下水が豊富であることから植生の状況は良好である。ダム地点は地表下12.5mで頁岩基盤となり、上層は砂礫層からなる。貯水池敷の河床堆積物はシルトを多く含むことから涵養能力は小さい。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	15.4 m	164 m	15.2 km <sup>2</sup>	52,200 m <sup>3</sup>	貯水池敷からの涵養

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約180戸、人口は約2,000人と見積られる。本地区はディストリクトの中心部からかなり離れたところに立地している。住民の大半はパシュトンのカカールであり、全戸が農業に従事している。生活用水はカレーズ及び揚水機であり、エネルギー源は電力及び薪炭類である。小学校2校及び中学校1校がある。保健施設はない。既存ダムの効果は明らかでない。

#### 【農業・灌漑】

土壌の灌漑適性は高く、作物適性は適~中程度に適である。灌漑水源はカレーズが中心であり、現在農地拡大のために新規のカレーズを掘っている。作物はリンゴを中心とする果樹が多く、次いで小麦等も栽培されている。

#### 【環境】

貯水池への堆砂により貯水池からの浸透量が少ないため地下水の涵養効果が低く、自然資源の持続可能な利用に関する貢献度は高いとは言えない。しかしながら、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。

### (5) Tirkhaダム

#### 【地形・水理地質】

ダム流域は更新統Bostan Formationの粘土主体層からなっている。本層はほぼ難透水層と考えられる。ダム地点下流もしくはBostan Formationが続いており、この間では帯水層となるのは河床堆積物のシルト混じり砂礫であり、地下水は本層を伏流する形となる。ダム地点下流側50mの地点で行った調査ボーリングでは河床堆積物の厚さはわずか2mであった。

丘陵地を出ると、扇状地が僅かに分布した後、谷床平野となる。扇状地部は上位が砂主体の扇状地堆積物であるが、下位はシルト粘土主体層となる。この上位層は、比較的良好的な帯水層となっている。河床部の地形勾配は極めて緩い。扇状地部に入るとやや急となるがそれでも1/80~1/100を示す。河床堆積物及び扇状地堆積物の透水係数は $10^3$  cm/sec オーダーと推定される。

#### 【ダム概要】

ダム及び流域は透水性の極めて小さい粘土層からなる。粘土層は地表下2m程度で確認され、ダムからの涵養が期待できないことから堤体基礎に設置した放流管によりダム下流域に放流する計画となっている。貯水の放流は下流河川での蒸発ロス等を抑えるため、定期的にはほぼ全貯水量を放流している。築堤後3年を経ており、貯水池内にはシルト、粘土が約1.5mほど堆積している。流域の植生は殆どな

い状態である。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	10.5 m	411 m	13.7 km <sup>2</sup>	53,700 m <sup>3</sup>	下流河川からの涵養

注) 貯水池からの放流は放流管(φ150mm)による。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約60戸で、人口は約900人である。住民はバシュトンのカカール族であり、社会構造は半部族的である。60戸の内、農家は10戸で、その他は商業または公務関係業務に従事している。生活用水は揚水機を利用しており、エネルギー源は電力である。2校の小学校があるが、保健施設は設置されていない。住民によると、ダムの地下水涵養効果は発揮されているとのことである。

#### 【農業・灌漑】

ほとんどの土地で灌漑農業に対する適性が高く、多くの作物に対して土壌の作物適性も良好であるが、一部の地域で土性が粗いため灌漑適性の低い所もある。井戸灌漑が主流で、主要作物は果樹類、小麦である。

#### 【環境】

ダム及び貯水池基礎地盤が不透水層からなるため浸透量は少ない。しかし貯水池はラビ末期には満水状態となり、放流管からの下流放流により涵養効果は高く、自然資源の持続可能な利用に関する貢献度は高いと言える。また洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。

### (6) Amach ダム

#### 【地形・水理地質】

ダム流域は一部に中新世石灰岩が分布するが、大部分ジュラ紀石灰岩によって構成される。これら山地間には比較的広い谷底低地が拡がり沖積砂礫が分布する。ダム地点河床の沖積砂礫は厚さ150m程度に達するものと推定される。下流側には山麓扇状地が拡がっている。下流側扇状地に分布する砂礫層は下流側に分布する谷床平野のシルト粘土主体層の中に深く入り込み、深部の帯水層を形成している。また谷床平野堆積物は断面上で見ると、上流側はほぼシルト粘土層のみからなるが、マストウングの町から Shirinab 支流域にぬける Gap までの間は砂質～砂混じりの堆積物が主体となり、また表層近くには厚さ10～15mの砂礫層が分布するが、これは Mastung 支流域西側を構成する山地より供給されたものと思われる。

ダム下流扇状地露出部の半径は2～3kmほどで、地形勾配は1/80～100となっている。扇形の拡がりにはダム地点をかなめに約180度を示す。基盤岩の深度は既存資料からは確認されていない。前述のようにダム地点で約150m、下流側で200～250m付近に分布するものと推定される。扇状地の透水係数は10<sup>3</sup>cm/secオーダーで、透水量係数は扇状地内で150m<sup>3</sup>/day前後を示すものと推定される。また谷床平野堆積物の透水量係数は10m<sup>3</sup>/day以下となる。比産出量は扇状地中心部で20%程度で谷床平野では10%以下となる。地下水位は1988～91年当時で深度約10～25mを示している。

#### 【ダム概要】

ダム流域は石灰岩の露頭からなり、谷地形部に扇状地堆積物、及び崖錐堆積物が堆積している。堤体の兩岸アバット部は石灰岩の露頭からなり、河床は沖積堆積物が厚く堆積している。築堤後8年を経ているが貯水池内の堆砂は殆どない。植生は流域内の扇状地堆積物、及び崖錐堆積物に観られ良好である。貯水容量は1,050,000m<sup>3</sup>と他の貯水池と比較しかなり大きい。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	15.2 m	762 m	25.7 km <sup>2</sup>	136,000 m <sup>3</sup>	貯水池数からの涵養

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約250戸、人口は約2,000人と見積られる。地区はマストウングの中心地近くに位置している。住民の大半はベルシャ語を話すデワール族で、他にブラヒのバングラザイ族が若干住んでいる。社会構造は半部族的である。250戸の内50戸が農家で、その他は公務関係業務に従事している。生活用水はカレーズを利用し、エネルギー源は電力とガスを利用している。小学校3校と中学校1校があり、また診療所が1カ所ある。住民によると、既存ダムは地下水位の上昇に効果があったとのことである。

#### 【農業・灌漑】

土壌の灌漑適性や作物適性は高いが、要水量は多めである。灌漑農地の多くはカレーズによって灌漑されており、主要作物は果樹と小麦である。地形的に灌漑の困難な所があり、非灌漑で小麦やスイカ類が栽培されている。

#### 【環境】

地下水の涵養により自然資源の持続可能な利用に貢献している。カレーズの流量の増加により農業及び生活水の供給が安定し、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。

### (7) Kad Kochalダム

#### 【地形・水理地質】

Kad Kochalダムは計画Kad KochalIIダム地点の約2.5km上流に位置する。山地内に広がる広い谷地の中に築造されたもので、Kad KochalIIダム地点まで谷底部は厚い砂礫層から構成される。ダム流域は大部分ジュラ紀の石灰岩からなり、一部始新世の石灰岩も分布する。

本地域河床堆積物の厚さはほぼ100m前後と推定される。地形勾配は約1/30となっている。扇状地の透水係数は10<sup>3</sup> cm/secオーダーと推定される。透水量係数は扇状地内で50~100 m<sup>3</sup>/dayと思われる。地下水位は深度約50mと推定される。

#### 【ダム概要】

ダム流域は石灰岩の露頭からなり、谷地形部に扇状地堆積物、及び崖錐堆積物が厚く堆積している。ダムの周辺地質は右岸側は扇状地堆積物からなり、また左岸側は石灰岩の露頭からなる。涵養は貯水池及び堤体の透水性の高い基礎浸透から行われており、涵養能力は非常に高い。流域内河川流路はダム地点から放射状に発達しており、築堤後12年を経ているが貯水池内の堆砂は殆どない。植生は流域内の扇状地堆積物、及び崖錐堆積物に見られ良好である。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	15.2 m	636 m	21.0 km <sup>2</sup>	198,200 m <sup>3</sup>	貯水池数からの涵養

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約270戸、人口は約2,500人と見積られる。住民は主としてバロチのランゴ部族に属している。社会構造は部族慣習に基づいている。流通施設はなく、農民は通常クエツク市やサッカーで農産物の販売を行っている。生産資材はクエツクで調達される。生活用水は掘抜き井戸及び揚水機である。エネルギー源は電力、石油及び薪炭類である。小学校が2校あるが、保健施設はない。平均的な農家収入は州平均より良い。農家の技術水準は平均以上であるが十分なトレーニングがなされていない。関係村落のマル・カーン村に1農協がある。

### 【農業・灌漑】

土壌の灌漑適性は高く、多くの作物に適している。井戸灌漑が多く、タマネギ、リンゴ、野菜類が主要作物である。冬季には小麦、野菜類、飼料作物が栽培される。羊、ヤギが主な家畜である。

### 【環境】

地下水の涵養により自然資源の持続可能な利用に大きく貢献している。チューブウェルの水位の安定により農業及び生活用水の供給が確実になるとともに、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。ただし、チューブウェルの積極的な導入及び過剰な利用が行われており、地下水資源の保全のためには適切な利用・管理が必要となる。

## (8) Gorpad ダム

### 【地形・水理地質】

ダム流域は白亜紀の泥灰岩～石灰岩・頁岩及び砂岩からなる。Kani Jhal に注ぐ小支川のひとつの上で作られており勾配 1/30 程度の扇状地が分布している。ダム地点は岩盤からなる丘陵地の端に位置する。扇状地堆積物は谷底部でも厚さ最大 30m 前後と推定される。本地域の堆積物は塩分を多く含んでおり、貯留水はまだ許容範囲内に収まっているが、ダム下流の河床部は蒸発などにより著しく塩分が晶出している。

### 【ダム概要】

ダムは隣接して 2 カ所建設され、ダム流域は石灰岩及び頁岩、石灰岩の互層からなる。ダム地点ではこの地層と河川部に沖積堆積物が堆積する。涵養は貯水池敷から促進されているが、Gorpad I の貯留水は塩分濃度が高く (2,500 $\mu$ S 以上)、灌漑、または生活用水には適さない。これは同ダム流域に介在する塩分濃度の高い地層から塩分が溶出したものと判断される。流域の植生は乏しい。

ダム名	ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
Gorpad I	アースダム	9.8 m	244 m	0.9 km <sup>2</sup>	38,800 m <sup>3</sup>	貯水池敷からの涵養
Gorpad II	アースダム	6.7 m	160 m	0.5 km <sup>2</sup>	23,200 m <sup>3</sup>	貯水池敷からの涵養

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 180 戸、人口は約 1,500 人と見積られる。ブラヒ族が住民である。ダム地点の近くには遊牧民が見られる。地区はカラチへのハイウェイの近くに位置しており、カラットの中心地に比較的近い。生活用水は湧水を利用し、エネルギー源は電力及び薪炭類である。小学校が 1 校あるが、保健施設はない。既存ダムの涵養効果は明らかでない。

### 【農業・灌漑】

土壌の排水性が良く、透水性や保水性は中程度である。灌漑適性は高く、さまざまな作物に対して適している。現在は非灌漑の小麦栽培が主である。

### 【環境】

地下水の涵養により自然資源の回復に貢献している。しかしながら、貯水に塩分が含まれているため、下流域における地下水質の悪化及び土壌の劣化に影響している。ただし、受益地は個人の土地所有となっており、社会生活、経済及び産業活動等はほとんど営まれていないため、社会環境に対する影響はない。

## (9) Laghmgir ダム

### 【地形・水理地質】

ダム流域は二疊・三疊記～ジュラ紀の石灰岩主体層からなり、一部沖積地も分布する。ダム地点は山地から扇状地への出口より僅かに上流側に位置する。従ってダム下流は700～800m 河床が続き、それ以後山麓扇状地が広がっている。扇状地は厚さ100～150mの砂礫層からなり、以後谷床平野のシルト粘土層に移行する。下流の扇状地はきれいな扇形をなし、半径は3～4km、地形勾配は平均1/50～60を示す。扇形の拡がり約130度前後を示す。透水係数は扇状地で $10^{-3}$  cm/secオーダーと推定される。また透水量係数は扇状地中央部で50～100程度、比産出量は扇状地部で20%ないしそれ以上と推定される。地下水位は扇状地末端部で50m程度であろう。

### 【ダム概要】

流域は頁岩と砂岩の互層、及び石灰岩からなる。ダム地点河床部においては沖積堆積物が厚く堆積し、涵養能力はかなり高い。堤体上流面の貯水位の痕跡から流域からの流出量はかなり大きいと判断される。流域の植生は扇状地堆積物、沖積堆積物に見られ良好である。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	12.2 m	135 m	29.2 km <sup>2</sup>	77,400 m <sup>3</sup>	貯水池数からの涵養

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約180戸、人口は約2,000人と見積られる。住居は小規模な集落に分散している。住民の大半はパロチのランゴ族であり、社会構造は部族的であるが、経済的な改善に伴い伝統的な部族の結束は弱まっている。生活用水源は湧水であり、エネルギー源は電力である。小学校1校と診療所1カ所がある。住民によると、既存ダムは農業改善に効果を及ぼしているとのことである。

### 【農業・灌漑】

土壌の灌漑農業に対する適性が高く、また多くの作物に対して作物適性も高い。主要灌漑水源は井戸及び湧水である。果樹、タマネギ、小麦が主に栽培されている。

### 【環境】

地下水の涵養により自然資源の持続可能な利用に大きく貢献している。チューブウェルの水位の安定及びカレーズの湧水量の増加により農業及び生活用水の供給が確実になるとともに、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。ただし、チューブウェルの積極的な導入及び過剰な利用が行われており、地下水資源の保全のためには適切な利用・管理が必要となる。また、表流水の流況の変化により下流において営まれている洪水灌漑の利水に影響を与えている。

## (10) Sarbund ダム

### 【地形・水理地質】

Sarbund ダムは計画 Mangi ダム地点の約4km 上流に位置する。流域は始新世石灰岩とジュラ紀石灰岩からなる。これら石灰岩山地流域の合間に形成された谷底には比較的広い沖積地が分布し、流域のかなりの割合を占める。ダム地点の基礎はこの沖積堆積物とその基盤の白亜紀石灰岩である。Sarbund ダム直下流は岩盤が露出している。

### 【ダム概要】

流域は石灰岩からなる。谷部においては扇状地堆積物が厚く堆積している。ダム地点河床部においては沖積堆積物が堆積し、涵養能力は高い。流域の植生は扇状地堆積物、沖積堆積物に見られ良好である。ダム地点の地質は扇状地堆積物からなる。貯水池上流には水盤灌漑による土累 (bund) が作られ

ており、浮遊砂が土累内に貯留されることから築堤後3年を経過するが堆砂は少ない。

ダムタイプ	堤高	堤長	流域面積	築堤量	涵養施設
アースダム	12.8 m	412 m	34.8 km <sup>2</sup>	60,700 m <sup>3</sup>	貯水池数からの涵養

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約440戸、人口は約4,800人と見積られる。ブラヒのサバラスが主要な部族である。社会構造は伝統的な部族慣習に基づいている。土地の大半は少数の地主が所有しているが、大部分の土地が小作地となっている。流通施設はなく、農民は生産物の販売や生産資材の調達のため遠くクエッタ市まででかけていく。生活用水は公共保健局の設置施設と揚水機であり、エネルギー源は電力及び薪炭類である。地区は主要幹線から25kmも入った所にあり、好天時のみ通行可能である。小学校2校、中学校1校及び2カ所の診療所が設置されている。下水排水施設はなく、住民の生活は貧しい。関係村落のシャブチ村に1農協がある。

#### 【農業・灌漑】

土壌の物理的・化学的阻害要因は少ないが、有効土層が浅いため果樹栽培には最適ではない。土壌の灌漑適性は高い。灌漑農地の多くは井戸によって灌漑されており、主要作物はタマネギ、小麦、キューミン等である。

#### 【環境】

地下水の涵養により自然資源の持続可能な利用に貢献している。また、洪水及びそれに伴う社会環境への負の影響が軽減されている。

## 4.2 計画ダム地区

### (1) Breweryダム

#### 【地形・水理地質】

##### (地形分類)

Breweryダムの流域を成す山地はジュラ紀から第三紀始新世までの塊状緻密な石灰岩及び水密性の高い頁岩などからなっており、谷底低地にはKarakhsa Nala沿いに細長い沖積地が認められる。本山地北方には密ではあるが未固結礫質のガリの発達により複雑なレリーフを形成する丘陵地が広がっている。計画ダム地点下流には典型的な扇状をした半径3kmほどの沖積扇状地が広がっておりSariab Loraまで達する。

##### (ダム掛かり帯水層)

計画ダム下流に半径3kmほどの沖積扇状地がKarakhsa Nalaからの土石によって形成されている。地形勾配は約1/50で扇形の拡がりはダム地点をかなめに約100度前後のきれいな扇形をなし、面積は約8km<sup>2</sup>を占めSariab Loraまで達する。ダム地点ではBrewery Limestoneからなる基盤の上位に12mの厚さの玉石・転石層がのっており、透水係数は $2.5 \times 10^{-3}$ cm/secを示す。また地下水位は浅く、深度2m以浅である。扇状地中央部もほぼ砂礫層からなり、既存ボーリング資料QA-ANK-1及びAnamal Husbandary-1では深度125mまで掘削してもほとんど砂礫であり基盤岩は確認されていない。既存資料の地下水位は1987年2月掘削のQA-ANK-1で深度26m、また透水係数は $1.22 \sim 1.95 \times 10^{-3}$ cm/secで、Anamal Husbandary-1の資料でも $1.84 \times 10^{-3}$ cm/sec (地下水位は未定)を示している。

##### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域はChiltan山脈に位置し、地質はBrewery石灰岩、Dungan層、また泥岩、砂岩、礫岩からなる

Ghazing 層に位置する。地形的には山地丘陵地、起伏地形からなり、特に下流域においての植生は少ない。流域は南西-北東方向に 13km、平均幅 3km の細長い形状を示し、中央を Karakshanullah が流下している。河川水は流域中上流域では乾期に枯渇し、ダム地点においては年間を通じ観測されるが、乾期の 10~11 月には 10~30 lit/sec に減少する。

計画ダム地点は Brewery 石灰岩よりなる幅 6m 程度の極めて狭小な谷地形を呈する。アバット部は石灰岩が露頭しており、形状は殆ど鉛直となっている。アバット両岸のクラックの傾斜から判断し阿アバットの石灰岩は同一の堆積と観られ、現地盤下 8~10m で連続した構造である。貯水池右岸部はダム部と同様の Brewery 石灰岩からなり、また左岸部は Ghazig 頁岩からなる。右岸部石灰岩は貯水池側に傾斜した節理面を持つ。左岸側 Ghazig 頁岩は不規則な断層崖を呈し、扇状地堆積物及び崖錐が山麓に厚く堆積している。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 220 戸、人口は約 2,400 人と見積られる。この地区の住民は主としてパロチ族とサエド派の人々で構成されている。クエッタ市の郊外に位置しているため、農民の市場へのアクセス、生産資材の調達容易である。生活用水は掘抜き井戸で、エネルギー源は電気、ガス及び薪炭類である。道路は舗装区間 1km、未舗装区間 1.5km である。中学校 2 校、診療所 1 カ所がある。下水施設は不備である。農家の経済状態は州の平均的農家よりかなりよい。関係村落のキラニ村に 1 農協がある。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はクエッタ市の中心部の一角を占めており、ほとんどの土壌は灌漑農業に対する適性が高く、多くの作物に対する作物適性も高い。ブドウ、リンゴ、アプリコット等の果樹園が 80% 以上を占め、一般畑地では冬季に小麦、野菜類等が栽培されており、果樹園の下では飼料作物の混作がかなり見られる。家畜は主として自給用であるが、一部では大規模養鶏が行われている。生産・流通両面で恵まれた立地条件下にあり、全般に農家の経営水準はかなり高い。近年地下水位低下の影響を受けてカレーズの機能が著しく低下し、揚水機による灌漑が支配的になっている。また都市中心部にあまりにも近いため、宅地のスプロール化の影響を受けている。右岸側に灌漑地域が展開しており、現況の水源地としては、26 カ所の浅井戸および 2 カ所のカレーズで灌漑されている。

#### 【環境】

環境状況 : 農地での洪水被害、地下水位の低下、流域における森林局による公有林地としての管理、生態系の回復、カレーズに関する水利権の設定、カレーズの枯渇によるチューブウェルへの転換及びそれによる経済負担増、乾期における灌漑及び生活用水の不足、表流水の生活用水としての利用、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、水面の形成、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

洪水被害の軽減、地下水位の低下率の緩和、地下水資源の持続可能な利用に貢献、生態系保全の増進

: (マイナスの影響)

泉からの表流水の灌漑及び生活利水の侵害、社会生活及び経済活動にかかる往來の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (2) Ghutai Shela ダム

### 【地形・水理地質】

#### (地形分類)

Ghutai Shelaダムの流域は二畳・三畳紀～ジュラ紀の石灰岩及び Subrecent deposits からなる。石灰岩山地は急峻山地を形成する。Subrecent deposits は密であるが未固結礫質のガリの発達により複雑なレリーフを形成する丘陵地になっている。計画ダム地点下流には幅2kmほどで扇状地が広がっている。

#### (ダム掛かり帯水層)

計画ダム下流に幅2kmほどで扇状地が形成されており、その下流は谷床平野のシルト粘土層からなる。地形勾配は約1/40を示す。ダム地点では深度4m程度まで河床堆積物が分布し、以下はSubrecent deposits が分布する。Subrecent deposits は上層が砂主体で、下位はシルト主体である。河床堆積物は砂礫が主体で、透水係数は約 $9 \times 10^{-3}$  cm/secを示す。既存ボーリング資料 QA-ANK-2では深度54mまで砂礫であるが以下はSubrecentのシルト粘土である。既存資料の地下水位は1987年10月掘削のQA-ANK-2で深度約20m、また透水係数は $6.7 \times 10^{-3}$  cm/secで、透水量係数は $45 \text{ m}^3/\text{day}$ 、比産出量は23%を示す。

### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域は固結または未固結の扇状地堆積物 (Fanglomerate)、石灰岩及び Subrecent deposits からなる。河床には礫、玉石が堆積する。扇状地堆積物は降雨による侵食により開析が進行し非常になだらかな丘陵地形を呈する。流域最上流部はBrewaryダム流域に接し、Ghazig頁岩層からなる。侵食作用により植生は乏しく過放牧による植生の劣化も要因となっており、洪水による土砂の流下が大きいと見られる。

計画ダム地点は固結したSubrecent deposits からなる。河床部には砂礫層が地表下28mまで堆積し、その下部は固結したSubrecent deposits からなる。計画ダムのアバット部は礫、細粒土からなる比較的固結したSubrecent deposits からなる。貯水池内には扇状地堆積物が厚く堆積する。

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約410戸で、人口は約4,000人と見積られる。地区はクエック市の郊外に位置する。元来は住民の種族はブラビであったが、アフガン戦争後相当数のアフガン難民が流入した。住民の大半は小規模な商業や賃金労働に従事している。生活用水は公共保健所の設置した施設を利用しており、エネルギー源は電力である。小学校1校があるが、保健施設はない。

### 【農業・灌漑】

受益地区はクエック市の近郊に位置し、土壌の灌漑適性は高く、作物適性も多くの作物に対して良好であるが、兼業農家が多く経営規模も小さい。リンゴやブドウなどの果樹栽培と冬季の小麦栽培が中心で、灌漑は揚水機によっている。近年都市化の影響を受けており、農業用水は次第に生活用水へ転換されていく傾向にある。

### 【環境】

環境状況 : 住宅地区や社会基盤施設等における洪水被害、流域における不透水性の地質、アフガン難民の移住地、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

洪水被害の軽減

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる人畜往來の不便

#### 初期環境調査結果：

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

### (3) Wali Dad ダム

#### 【地形・水理地質】

##### (地形分類)

Wali Dad ダムの流域はジュラ紀石灰岩及び白亜紀石灰岩・砂岩・頁岩互層からなる。ダム地点はジュラ紀石灰岩である。下流側は扇状地堆積物が分布するが、約1km下流側で両岸に独立性の小丘陵がやや狭さく部を作った後、再度拡がる。扇状地はSariab Loraまで達しており、幅3~4kmほどである。下流の扇状地はややいびつであるが、放射角約120度を示し、地形勾配は平均約1/25を示す。

##### (ダム掛かり帯水層)

扇状地は厚さ50mから最大百数十mの砂礫層からなり、その下流Sariab Lora周辺から谷床平野のシルト粘土層が分布する。扇状地砂礫層及び谷床平野シルト粘土層との境界には砂層が分布する。

基盤岩の深度はSariab Lora周辺で約150m前後が既存資料で確認されている。透水係数は $2\sim 3 \times 10^3$  cm/secで、透水量係数は扇状地中央部で50~60、下流側谷床平野移行部で20m<sup>3</sup>/day前後を示す。比産出量は扇状地部で20%ないしそれ以上、谷床平野部で15%程度を示す。地下水位は1988年掘削当時、Sariab Lora周辺で約深度20mを示し、山地側に向かうにつれてやや深くなる。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域はBrewary石灰岩、砂岩・頁岩互層からなる。河床幅はダム地点から2km上流までは20~30mの一樣断面を示す。2kmより上流部は3~4mの極めて狭小な谷地形となる。河床には礫、転石が堆積し、細粒土は見られない。

計画ダム地点は固結したChittan石灰岩からなる幅12m程度の狭小な谷地形を呈する。両岸アバット部は石灰岩が露頭し、殆ど鉛直な形状を呈している。両アバットの石灰岩は同一の堆積と見られ、現地盤下5~6mで連続した構造である。アバット部の石灰岩は堅固であり、クラック内部には土砂等を含んでいない。河床部には礫、玉石が堆積する。貯水池域についても同様に石灰岩からなる。ダム流域は石灰岩の露頭からなり植生は全くない。生産土砂は地山崩壊に伴う礫、岩塊が多い。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は230戸、人口は約3,000人と見積られる。住民はブラヒ族である。社会構造は部族的であるが、クエッタ市に近いため、都市の生活スタイルの影響がかなり大きい。生活用水は公共保健局の設置した施設を利用している。エネルギー源は電力である。中学校1校、小学校1校及び診療所1カ所が設置されている。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はクエッタ市の近郊に位置し、土壌の灌漑適性は高く、作物適性も多くの作物に対して良好である。生産、流通両面で農業立地条件に恵まれており、リンゴやブドウなどの果樹栽培と冬季の野菜類及び小麦栽培が盛んで、農家の所得水準もかなり高い地区である。しかし、近年、都市の拡大による影響を受けており、農業用水は次第に生活用水へ転換されていく傾向にある。

### 【環境】

環境状況 : 地下水位の低下、チューブウェル利用による経済負担増、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

### (4) Dara ダム

#### 【地形・水理地質】

##### (地形分類)

山地部は主としてジュラ紀の石灰岩からなり、山地縁辺部に始新統の頁岩、そして一部に中新統の礫岩が認められ、全体的に不透水性である。計画ダム地点下流には、岩盤に挟まれた細い流路を経て半径2~3kmほどの典型的な扇形をした沖積扇状地が広がっており Gmundak Rud - Loe Mandaまで達している。この扇状地に接して山麓地には幅2kmほどの山麓斜面~扇状地が分布する。

##### (ダム掛かり帯水層)

計画ダム下流に半径2~3kmほどの沖積扇状地が流域からもたらされる土石によって形成されている。地形勾配は上流側が約1/20、下流側が1/30~1/40で、扇形の拡がりにはダム地点下流狭さく部をかなめに約60度前後の扇形をなし、面積は約5~6km<sup>2</sup>で Loe Mandaまで達する。計画ダム地点から流路は一部別方向にも流れ出ているが、これも上記扇状地中の一部となっているので、計画ダムによって涵養される地下水は同じ扇状地に流れ込むと考える良い。

ダム地点で深度40mのボーリング掘削でも基盤岩を確認できなかったが、深度20m付近から15mほどの厚いシルト粘土層が分布し地下水の流れを規制する。ただしフェーズI調査時点では40mの掘進でも地下水を確認できなかった。従って透水係数は不飽和性となるが、透水係数は $1.5 \times 10^{-3}$  cm/secを示す。扇状地中央部は砂礫層主体の堆積物が厚く分布するものと思われる。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

計画ダム流域は大きく Kazha Shela nullah 支線域と Nauda Takai nullah 支線域からなる。計画ダム流域は Chiltan 石灰岩地帯からなり、一部ダム地点上流に泥岩、礫岩の層が存在する。ダム直上流の nullah は幅100mに達し、砂礫、転石が多く存在し、洪水により河川内の流路は大きく変化すると考えられる。Nauda Takai nullah はダム地点から2.5km上流区間においては50~100mの河川幅を有するが、その上流部は石灰岩の地山がせまり、10~20mの狭小河川幅となり一部区間においては3m程度となり、両アバットの切り立った区間においては砂防ダム建設の適地となる。石灰岩の山麓には扇状地堆積物が堆積している。5~10m程度の狭小な谷地形が流域上中流域に数カ所存在する。これらは石灰岩の断層、破碎部であり、上記谷地形部の他、地山山腹崩壊部として多く存在する。ダム計画地点北側に位置する Kazha Shela nullah においては Ghazig 頁岩が多く存在する。

計画ダム地点は沖積扇状地の扇頂部に位置し、右岸部は層状の頁岩層からなり、その上部に堆積する

Urak 礫岩が露頭している。地形は丘陵地形を呈する。左岸側は Chiltan 石灰岩の亀裂の発達した露頭からなる。河床には薄いシルト層を挟む河床堆積物、または沖積扇状地堆積物が20m程度の層厚で発達している。また地表下20~30mの区間に石灰岩の岩砕を含むシルト、粘土の層が存在する。

植生は河川沿いの崖錐上に見られ、比較的良好である。Kazha Shela nullahの上流部は石灰岩の露頭からなる。中上流域においては砂岩、泥岩層が見られ植生状態は良好である。崖錐が河川沿いに堆積しているが土砂生産量は小さいと考えられる。ダムは両nullahの合流点に計画されるが、河床勾配は1:30程度と急峻なため洪水の発生とともに現河床の堆砂の移動に伴いダム貯水池敷内に堆砂する可能性が高い。このことから河床堆積物の移動抑制を目的とした床固め工の設置が有効と考えられる。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約120戸で、人口は約1,700人である。本地区はクエッタ市の北約12kmに位置している。住民の大半はパシュトンのカカール族である。地区はクエッタ市に近く生産物の販売には有利である。生産資材の調達も容易である。生活用水は公共保健局の設置した用水施設、堀抜き井戸、及び揚水井戸を利用している。エネルギー源は電力、ガス及び薪炭類である。道路延長は約2kmで、一部舗装、一部未舗装である。男子、女子各1校の小学校がある。保健施設はない。農家の経済状態は州の平均的農家よりかなり良い。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はクエッタ市近郊平坦地に位置する果樹・野菜の産地であり、土壌の灌漑適性はかなり高く、作物適性もかなり良い。また流通条件にも恵まれている。リンゴ、アプリコットなどの果樹と夏季野菜類ならびに冬季の麦類及び野菜類が主要作物である。灌漑は湧水の導水と、揚水機による地下水利用が混在している。周辺に草地が多く、羊の飼育農家がかなり多い。Sra Gurgi 表流水灌漑地区の既存受益地区 (Kach Damの受益地) とオーバーラップしている。水源として1カ所の湧水と、40本近くの井戸があり、過剰灌漑ぎみの水利用となっている。調査期間中の聞き取り結果より推定すれば、16mm/day以上の灌漑用水供給となっており、必要用水量の5割増しとなっている。

#### 【環境】

環境状況 : 農地での洪水被害、地下水位の低下及びそれに伴う灌漑用水の不足、カレーズに関する水利権の設定、カレーズの枯渇によるチューブウェルへの転換及びこれによる経済負担増、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

洪水被害の軽減、地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (5) Murgi Kotal ダム

### 【地形・水理地質】

#### (地形分類)

計画ダムの流域を構成する山地はジュラ紀の石灰岩（一部暁新統の石灰岩）からなる塊状緻密な岩盤からなる。本山地は計画ダムの南側にも直線状にのびており、クチュラー支流側とクエッタ北部支流側とに分けている。本計画ダム流域からは両支流側方向に扇状地が発達している。

#### (ダム掛かり帯水層)

計画ダム流域の Murgi Kotal Nala からは計画ダム下流側とクエッタ支流側側の両方に扇状地を発達させている。規模は後者の方が大きい。前者は半径 1.5~2km ほどで、ダム地点をかなめに約 100 度の角度で広がっている。クエッタ支流側側のものはダム地点の上流約 1km の所にある狭さく部を要として半径約 3km、放射角約 60 度である。現在 Murgi Kotal Nala は後者の扇頂部をめぐりながらダム地点方向に流れている。地形勾配は前者が約 1/25、面積は約 2km<sup>2</sup>と小さい。後者も地形勾配は約 1/25、面積は約 6km<sup>2</sup>である。

ダム地点で 40m のボーリング掘削を行ったが、基盤岩は確認されず、また地下水位も確認されなかった。扇状地は両方ともほぼ玉石・砂礫からなり、透水係数は 10<sup>3</sup> cm/sec オーダー以上を示すと思われる。

### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域は最上流部において Bostan、Dara のダム流域に接し、流域は Murgi Kotal nullah が南西方向へ流下し、流路長 9km、平均幅約 2km の細長い流域形状を呈する。計画ダム流域は左岸側が Chiltan 石灰岩、また右岸側は Alozai Gr. 石灰岩からなり、一部 Ghazig 頁岩層が存在する。中流域においては薄く堆積した石灰岩層が泥灰岩と互層をなし、細かく破碎されている。河床堆積物は礫、玉石、砂、シルトからなり、河床全体に堆積している。

計画ダムは Chiltan 石灰岩からなる幅 80m 程度の谷地形部に計画される。アバット部は両岸ともに石灰岩の露頭からなるが、右岸側石灰岩がダム側に傾斜した平滑な表面を呈するのに対し、左岸側はクラックの発達した岩塊からなる。両アバットはダム地点下で連続していると見られるが連続面はボーリング結果から地表下 40m 以深となる。河床堆積物は砂礫、玉石からなる。既存ダムの直上流には細粒土からなる河床堆積物が 10m 程度堆積している。流域上流からの土砂流入量は小さいと考えるが、貯水池上流には扇状地堆積物が厚く堆積しており、これらの表層は既に洪水により崩壊しており湛水による侵食の助長が懸念される。

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 330 戸、人口は約 4,600 人と見積られる。住民は主としてバシュトンのカンシ及びカカール族である。地区の社会構造は半部族的である。住民の多くは、農業以外に公務員、会社員、労働者などとしても働いている。生活用水は公共保健局設置の施設、掘抜き井戸、及び揚水井戸である。エネルギー源は電力、石油、ガスポンペ、及び薪炭類である。クエッタ〜チャマン幹線道路が地区内を通過している。男女各 2 校の小学校、及び女子中学校 1 校が立地している。関係村落のチャシマ・アチョザイ、カティール、サムリ村に各 1 農協がある。

### 【農業・灌漑】

受益地区はクエッタ市の近郊の平坦地に位置し、土壌の灌漑適性は高く、作物適性もかなり良い。また流通条件にも恵まれている。地区は果樹園主体の地域と非灌漑農地の多い地域とに分けられる。果樹園地域ではリンゴ、アプリコットなどが、非灌漑農地の多い地域では小麦、飼料作物、野菜などが

それぞれ作られている。後者の地域では羊や山羊の飼育農家が多いが、一戸当たりの飼養規模は5~10頭程度である。また、地区周辺へは毎年夏期に遊牧民が移入してくる。ダム直下には地下水利用灌漑地区は3ha程度しかなく、古いカレーズも枯渇してほとんどが天水灌漑となっている。一方、貯水池左岸（Chashme Achozai 村）には、クエッタ盆地に向かって扇状地が展開しており、30カ所のチューブウェルによってリング栽培農地が広がっている。

#### 【環境】

環境状況 : 既存ダムによる地下水位の低下率の抑制、乾期における灌漑及び生活用水の不足、河床あるいは河岸の往來道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往來の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

#### (6) Kach ダム

##### 【地形・水理地質】

##### (地形分類)

山地部はジュラ紀の石灰岩と始新統の頁岩・石灰岩及び中新統の礫岩からなる。ジュラ紀石灰岩及び始新統頁岩は不透水性で始新統石灰岩及び中新統礫岩は孔隙・空洞の発達する岩盤で Gmundak Rud の流水の一部を供給している。既存ダム地点の下流2~6kmのRud右岸側には礫質の丘陵地が分布する。下流側は半径5kmほどで放射角約30度ほどの扇状地が分布する。本扇状地の南側は他の流域の扇状地~山麓斜面が広がっているが山地側は礫質の丘陵地となっている。

##### (ダム掛かり帯水層)

ダム地点下流に半径5kmほどの沖積扇状地が Gmundak Rud によって形成されている。地形勾配は上流側が1/40~1/50、扇形の拡がり約30度前後の扇形をなし、面積は約4~5km<sup>2</sup>を占める。本扇状地の上流部は河床が頁岩からなり河床堆積物砂礫層のかぶりはずか1~2mほどである。ただし丘陵地の出口付近から礫層は急速に厚くなるものと思われる。丘陵地出口付近扇状地南端付近の既存井戸ボーリング QA-22 では深度154mまでのほとんど砂礫層の掘削で基盤岩が確認されていない。またこれより南西2kmほどの所の他流域扇状地にも既存井戸ボーリング UN-QA-29 があるが、深度183mまでの掘削でも基盤岩は確認されず、地質は砂礫層が主体である。地下水位は1969-1971年の掘削時で深度約100mと非常に深い。

##### 【ダム流域・計画地点概要】

計画ダム流域は Chundak Rud が流域の中央を流下し、主な支線水路は Kuchnai Mangala nullah, Mari Chak nullah, Inzar-Shpol nullah である。地質はダム計画地点の頁岩地帯と上流域の石灰岩層と砂礫から構成される Urak 層からなる。現在のダムは築堤後4年で堆砂により埋没した（この時の比堆砂量は2,100 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年に達する）が、この土砂流出は貯水池周辺頁岩層からの流出が大きいと考えられる。貯水池周辺の風化頁岩地帯には地山表層の侵食と斜面崩壊が激しく、植生はほとんどない状態である。頁岩層の表層は乾燥収縮によるクラックが表層下50cmにまで発達しており、これが侵食量を大きくする原

因となっている。

流域中流域において河床幅は30~40mであり、一部狭窄部を有する。高さ30mに達する地山崩壊部も河川沿いに見られるが、Urak層の崖錐からなる河川沿いの地山は概ね緩傾斜であり、また植生も良好である。中流域支線河川であるMari Chak nullahは石灰岩地帯に位置し、河川は急勾配を呈する。しかし流域は石灰岩層からなり土砂流出量は少ない。同じく中流域支線河川であるKuchnai Mangala nullahは右岸側は高さ100mの鉛直に切り立った石灰岩層からなり、また左岸側はUrak層の砂礫からなる。数百の支線が斜面沿いに発達しているが流路の侵食は小さく、従い生産土砂量も少ない。上流域においては右岸に流域の最高点を持つ石灰岩の地山が露頭する。左岸側及び中央部は砂礫層からなる丘陵地形が存在する。植生は良好である。

計画ダム地点は頁岩からなるGhazij Formation地域に位置する。頁岩層は河川を横断する背斜構造を呈し、比較的なだらかな丘陵地形を形成している。ダム地点右岸側において母岩である頁岩を覆い崖錐が堆積している。これらは侵食作用を受け易い性状を持つ。ダム流域の地質は石灰岩、砂岩、礫岩からなる。Urak Formationを形成する礫岩、砂岩、頁岩は流域内では比較的新しく堆積したもので向斜形状部分を形成している。ダム計画地点から上流700~800mにおいてはSpintangi石灰岩が分布する。Spintangi石灰岩は第3紀始新世に属し、Urak FormationとGhazij頁岩層の間に存在する。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約330戸で、人口は約3,000人である。住民はバシュトンのバザイ族及びカカール族である。バシュトンの伝統的慣習に加えて近代的な都市の価値観が浸透してきて社会性括に影響を及ぼしている。クエック市に近いため、生産物の販売や生産資材の調達は容易である。生活用水は湧水及び公共保健局の設置した施設を利用している。エネルギー源は電力とガスである。道路は一部舗装、一部未舗装である。男女各1校の小学校と1診療所がある。本地区の農家も州の平均的農家より経済的に恵まれている。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はクエック市の近郊に位置し、土壌の灌漑適性は高く、作物適性も良好であるが、一部にレキ質の土地もある。流通条件は良好である。灌漑地域ではリンゴ、アプリコットなどの果樹が大半を占め、夏季野菜類も栽培されている。また非灌漑地域では小麦栽培がほとんどである。灌漑は湧水の導水と、揚水機による地下水利用が併用されている。周辺に草地が多く、家畜の頭数は比較的多い。主要な家畜は羊及び鶏である。Sra Gurgi灌漑スキームの既存受益地区が中心であり、Dara Dam受益地区とオーバーラップしている。

#### 【環境】

環境状況 : 地下水位の低下、泉とチューブウェルに関する水利権の設定、カレーズの枯渇によるチューブウェルへの転換、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存

する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (7) Jigda ダム

### 【地形・水理地質】

#### (地形分類)

山地部はほぼ漸新統の頁岩類からなり不透水性基盤を成している。計画ダム地点は本地形区分中で、上流側はやや地形のレリーフが発達するものの、下流側では緩やかな丘陵状となる。流域を作る Jigda nullah はこの中を河床を広げたり狭さく部を作ったりして西進するが Jigda 村付近から下流は急激に扇状地が広がっている。扇状地の幅は5~6kmである。また南側のヒルトレント及び北側の Timrac nullah などからも扇状地が供給され、お互いに相前後しながら山麓斜面を形成している。この山麓斜面下流側は極めて平坦な地形の谷床平野となっている。

#### (ダム掛かり帯水層)

山地の西側には広がる幅5~6kmの山麓斜面は3本のヒルトレントから供給された土石によって形成された扇状地である。本扇状地が主要な帯水層を形成しているが、3本のヒルトレントからの涵養水がお互いに補完しあっているものである。Jigda Nala から供給される土石が影響を及ぼす範囲での地形勾配は平均で1/45で、面積は約12~13km<sup>2</sup>を占める。

山地内を流下する Jigda Nala も比較的厚い河床堆積物で覆われており、ダム地点での河床堆積物の厚さは9.5mであった。1996年6月に調査ボーリングを実施しているが、地下水位は深度6.2m、透水係数は $1.5 \times 10^{-3}$  cm/secを示した。既存井戸ボーリング PN-KMT-3 は Timrak Nala の更に北側で山地端から2kmほど離れた山麓斜面中にあり、受益地の南西方向約3kmの所には Tore Shah の井戸ボーリングがある。PN-KMT-3 は深度72mまでは礫層からなり、72~110mは粘土層と砂礫層が互層をなした後、礫の混じる厚い粘土層に移行する。深度131mまで掘進しているが基盤岩は確認されていない。本ボーリングは1987年6月に掘削されているが、地下水位は深度32.2mで、揚水試験の結果、透水係数は $6.2 \sim 6.6 \times 10^{-3}$  cm/secで透水量係数160~170m<sup>2</sup>/d、比産出量は23%、比貯留量は $1 \times 10^{-3}$  1/mという結果が得られている。また Tore Shah は谷床平野の中にあるが深度約55mまで砂礫層、以下一部砂層の挟在する粘土層となっている。1988年5月の掘削時点での地下水位は深度46.3m、揚水試験の結果、透水係数は $4.59 \times 10^{-3}$  cm/sec、透水量係数は51m<sup>2</sup>/d、比産出量22%、比貯留量 $2 \times 10^{-3}$  1/mとなっている。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

Jigda nullah が流域の中央を流下し、ダム計画地点の上流4kmから上流部は無数の支線河川に分岐する。ダム流域の地質は Murgha Faquizai 頁岩を母岩とし、河床はその Subrecent 堆積物からなる。地形は流域全体でなだらかな丘陵地形を呈する。頁岩表層は侵食作用を受けており植生は乏しい。中流域の河川勾配は比較的緩やかで、河床には5~50mm粒径の頁岩風化物が堆積する。地山勾配も緩傾斜であり、ダム地点上流1.5km、2.0kmの支線河川から多量の頁岩風化砂礫が本線へ流下している。これらの支線河川の河床勾配は1:20程度と急勾配であり、洪水による移動に伴い計画ダム貯水池内へ堆積することが懸念される。中・上流域においても地形は丘陵地形を呈するが、母岩である頁岩上の風化堆積物の層厚も薄く、植生は乏しい。5~10mm程度の薄板状の頁岩風化堆積物が河床に堆積して、シルト、粘土の含有率は上流域ほど少なくなる。

計画ダム地点は Murgha Faquizai 頁岩地域に位置する。頁岩層には Shaighalu sand も薄く堆積する。頁岩層は水食等により風化が進んでおり、表面は薄く剥離し、層理面はほぼ鉛直である。河床堆積物は礫岩を母岩とする礫、砂、玉石からなり、その堆積厚さはダム地点において10mに達する。また河床標高下5~8m区間にシルト、粘土からなる軟弱層が存在することがボーリング調査から判明している。貯水池敷きは左岸側において扇状地堆積物の丘陵地形からなり、右岸側は風化頁岩の尾根形状からなる。

### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約100戸で、推定人口は約1,500人である。住民はバシュトンのカカール族とサエド派からなる。社会構造は半部族的である。地区には流通施設はない。生活用水はカレーズと掘抜き井戸である。エネルギー源は電力、石油及び薪炭類である。道路はすべて未舗装である。小学校が2校あるが、保健施設は設置されていない。農業収入が十分でないので、多くの住民は他の仕事で収入を補給している。

### 【農業・灌漑】

受益地区は、ピシンの中心に比較的近い扇状地にあり、土壌の灌漑適性は高く、多くの作物栽培に適している。夏季及び冬季野菜類、小麦、リンゴなどが主に栽培されているが、道路が未整備で流通条件はあまり良くない。地区の周辺には広大な非灌漑地域が見られる。羊及び山羊が主要家畜であるが自給用で頭数は少ない。左右岸のそれぞれの村（Jigda村及びSharan村）が灌漑受益対象地区である。両地区とも井戸は見られずカレーズを水源として灌漑をおこなっており、それぞれに水管理組織は整っている。現況では、左右岸地区で果樹及び野菜栽培が行われているが、夏期の渇水期における水量不足が灌漑農業の制約となっており、ダム建設によって利水可能性が増加すれば、灌漑範囲の拡大に直結する。さらに、下流のKamarzai村では、20カ所の井戸によって果樹、野菜栽培が行われている。

### 【環境】

環境状況 : 地下水位の低下、カレーズの湧水量の減少、カレーズに関する水利権の設定、乾期における灌漑及び生活用水の不足、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (8) Sanzali ダム

### 【地形・水理地質】

#### (地形分類)

山地部は Bostan Formation の上に厚い Subrecent の礫層がかぶっているところである。ほぼ山地の西側の端に沿って地質上の構造線があり、これに沿って東側が相対的に隆起したために、比較的新しい Subrecent Deposit が比較的高い山地～丘陵地を形成しているものと思われる。これに続く小丘陵地帯は Bostan Formation からなり、表層に薄く礫層がのっている場合が多い。Bostan Formation は不透水の粘土層からなる場合が多いが、本地区では所々に幅数～十数mの砂岩層・礫岩層を挟み、全体に緩い傾斜で西南西の方向に傾斜している。これらは比較的透水性が良く、西側の深層帯水層に涵養していると思われるが、河床等を流下する量に比較すると僅かなものと推定される。Bostan Formation は湿潤時のせん断抵抗力が非常に弱いものと考えられ、流路に沿ってたくさんの崩壊地が発達する。

#### (ダム掛かり帯水層)

河川流路沿いの両岸に発達する崩壊地を作る堆積物はルーズで、本来地表付近に薄く分布していたも

のや上流の山地表層に厚く堆積する礫が運搬されて混ざったものと、細粒部分が洗い流されて残った砂質土が混じって、良好な透水性を有する。本堆積物の分布は河道の両側にも拡がり、小規模な帯水層域を作っている。調査ボーリングの結果、河床堆積物の厚さは比較的分布の小さいダム地点では2.5mであったが下流側に行くほど上記崩壊性堆積物の分布が広くなり、河床部での厚さも数mに達すると思われる。地下水は本堆積物を伏流する形で下流側に流下する。

河床堆積物、崩壊性堆積物を伏流した地下水はピシンの町周辺の谷床平野に流れ込む。谷床平野中央部では不透水基盤を作る Bostan Clay は最大深度 140~150m 付近に分布し、その上位には主として礫混じり砂質シルトで透水性も比較的よい。Sanzali Nala の谷床平野への出口部から北へ約 1km 付近で既存井戸ボーリング PLV-19 の資料があり、深度 85m までは礫層と粘土層が薄層で互層する。以深は厚い粘土層となり Bostan Clay と思われる。透水係数は  $1 \times 10^{-3}$  cm/sec 程度と思われる。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域最上流域の地質は Sub-recent から Recent (現世) の堆積物で、丸みを帯びた礫、砂、粘土からなる。その他の流域は Bostan Formation からなる。Sub-recent から Recent (現世) の堆積物は開析が進んだ丘陵地形を呈している。Bostan Formation については河川沿いに崩落部が多く存在し、これらの流出土砂はダム建設に伴い土砂堆積の主原因となる。また同時に Bostan Formation は粘土からなることから侵食作用を受けやすく、このため特に流域上流部において植生は殆どない状態である。Bostan Formation の侵食土である粘土については浮遊砂として流水により下流に流下し、ダム計画地点付近の河床にはあまり見られない。河床堆積物は層厚 1.5~3.0m で平滑に堆積している。Bostan 粘土からなる細粒侵食土が洪水により流下し、計画ダム貯水池に流入堆積することが懸念される。

計画ダム地点はシルト、砂、粘土からなる Bostan Formation 地域に位置する。Bostan Formation は侵食を受けやすく、ダム計画地点付近の地形は侵食が非常に進んだ丘陵地形を呈している。河床には礫、砂からなる河床堆積物が 2~3m 堆積している。ダム基礎を構成する Bostan Formation 粘土層は層厚が 40m 以上に達し、河床から 13~15m の深度において砂岩の層が介在する。河床部の地下水は不透水層である Bostan 粘土層の表面、河床下 1.5m で存在する。両岸アバット部は降水により地表下 0.5~1.0m まで風化しているが、河床部は良く固結しており、ダム基礎として十分な支持力を有する。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 30 戸で、人口は約 500 人である。住民はバシュトンのカカール族である。地区には市場も生産資材調達の間も設けられていない。連絡道路は時によると悪天候のため生産物の搬出が困難となる。生活用水は掘抜き井戸及び公共保健局の設置施設を利用している。エネルギー源は電力と薪炭類である。小学校が 1 校あるが、保健施設はない。放牧や木材の伐採がよく管理されていないので、植生が悪化し侵食が発生し易くなっている。

#### 【農業・灌漑】

受益地区は、ピシンの中心に比較的近い、起伏のやや多い丘陵地帯にあるが、土壌が粗粒質であり、灌漑適性はあまり高くない。夏季は野菜、タバコなどが、冬季は小麦が主に栽培されているが、道路が劣悪で流通条件は恵まれていない。主要家畜は山羊、羊及び鶏である。地区周辺にかなり草地があるので、山羊及び羊の頭数は比較的多く、50~100 頭を飼育している農家もみられる。計画地区周辺 (Sanzali Karez 村及び Schibzad Karez 村) は、天水利用の穀物栽培以外は、全てカレーズに依存している。ダム関連地区には、5カ所のカレーズが存在し、クリーニング等の適切な維持管理の必要性は認められるものの、いずれも機能しており、今後も利用可能である。さらに、下流の Haji Abdula Jan 村では、12カ所の井戸によって灌漑されているが、そのいくつかは使用不能となっている。

### 【環境】

環境状況 : 農地での洪水被害、地下水位の低下、カレーズの湧水量の減少、顕著な土壌の侵食・流亡、カレーズに関する水利権の設定、カレーズの湧水量の減少に伴うチューブウェルへの転換、乾期における灌漑及び生活用水の不足、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

洪水被害の軽減、地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (9) Ghazlona、Samaki ダム (Arambi 地区)

### 【地形・水理地質】

#### Ghazlona

##### (地形分類)

山地は主に始新統頁岩で不透水性の水理基盤を構成する。計画ダム地点付近から下流側は全体になだらかな丘陵地状でこの付近から Ghazlona nullah の河床幅は徐々に拡がり、数十 m から百数十 m となり、Arambi Manda に合流する。Arambi Manda は広大な河床を有する。合流点から上流側の左岸側は、ガリの良く発達する崖錐性の地形が河床に沿って分布する。下流側は Halkai Arambi nullah と合流し、幅 2 km にも達する広大な沖積地が分布する。

##### (ダム掛かり帯水層)

計画ダムからの涵養される帯水層は河床に分布する沖積堆積物である。全体に玉石・砂礫からなり透水性は高い。従って本層中地下水は不透水の頁岩上を伏流しながら流下する。河川沖積地の勾配は 1/50 ~ 1/60 を示す。川幅は狭いところで 40 m、広いところだと 200 m 程度となる。Ghazlona Nala 河床堆積物中を伏流した地下水は Arambi Manda の規模の大きな沖積地に流れ込む。

#### Samaki

##### (地形分類)

山地を構成する地質は中新統砂岩層からなり、水理基盤をなす。本山地の北西側山腹面は北東-南西方向に直線性の顕著なリニエーションによって谷地化し、Arambi Manda の流路へと連続している。山地裾と Arambi Manda 河床までの間は崖錐性のなだらかな丘陵地が分布している。山地から流れ出る流路はこのなだらかな丘陵地を縫って幅数 km の Arambi Manda 河床へと注ぐ。

##### (ダム掛かり帯水層)

計画ダムから涵養される帯水層はなだらかな丘陵を作っている崖錐性堆積物と河床沿いの沖積堆積物及び Arambi Manda の河床堆積物である。崖錐性堆積物は場所により、シルト分が多く含まれているため、透水性はさほど良くない。

## 【ダム流域・計画地点概要】

### Ghazlona

計画ダム流域は Ghazig 頁岩層からなり、地形はダム計画地点において丘陵地形を示す。流域の最上流部においてはこの頁岩層を覆い Bostan Formation が存在する。また Bostan Formation の粘土堆積部においては広範囲にわたる表層の崩落が見られる。上流部は山岳地形となり最上流部は侵食の進んだ Arambi 山脈の険しい山地地形となる。流域の中央を Ghazlona nullah が流下する。流域下流部においては表面侵食の進んだ頁岩層の丘陵地形となり植生は疎らである。河床には頁岩の侵食から発生した砂礫堆積物と、流域上流の頁岩層の崩壊、流下した板状、または棒状の岩塊の堆積が見られる。河床幅は 60~70m と比較的広い。流域中央において河川は支線河川に分割される。河川幅は 20~30m と狭窄部を形成する。植生は乏しいが、地山頁岩の表層風化層は薄く、土砂生産量は多くないと考える。河床の堆積物厚さは 1~2m と推定され、基礎岩盤の露頭する箇所も多く存在する。上流域は河床幅が 15m 程度となる。侵食の進んだ谷地形を呈し、植生は殆どない。

計画ダム地点は頁岩からなる Murgha Faqirzai Shale 地帯に位置する。頁岩層はクラックが発達し、層理面は鉛直に近い。頁岩の表層は激しく風化している。ダムのアバットは兩岸ともなだらかな丘陵地形を呈し、特に右岸側アバットでは水食によるガリーが発達している。頁岩を母岩とする礫、砂、及び玉石が河床に 3~4m 堆積している。

### Samaki

ダム流域は頁岩、砂岩からなる Shaigalu Formation 地帯に位置する。頁岩、砂岩層は大きく褶曲し、その山麓には崖錐が河道に向かいなだらかに堆積している。計画ダム直上流において左右の流域に分割される。河川勾配は 1:10 程度と非常に急峻であり、また河床堆積物厚さも大きい。植生は崖錐堆積物上に見られ比較的的良好である。

計画ダム地点も同様に頁岩、砂岩からなる Shaigalu Formation 地帯に位置する。頁岩層はクラックが発達し、表層は激しく風化している。ダムのアバットは兩岸ともなだらかな丘陵地形を呈する。基盤である砂岩上に頁岩、砂岩を母岩とする砂礫、及び玉石が地表下 17m 深まで堆積している。

## 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 460 戸で、人口は約 5,600 人である。住民はバシュトンのアカクザイ族に属している。村の社会構造は半部族的である。本地区は質の良いリンゴや野菜の産地であるが、流通施設がないので、農民は生産物の販売や生産資材の調達のために 40 km も離れたピシンの街まで行かなければならない。生活用水はカレーズと掘抜き井戸であり、エネルギー源は電力、石油、及び薪炭類である。道路はすべて未舗装である。男女各 1 校の小学校と診療所 1 カ所がある。

## 【農業・灌漑】

受益地区は起伏のやや多い丘陵地に立地しているが、土壌の灌漑適性は高く、また、多くの作物の栽培に適している。しかし、アクセス道路が悪いため流通面では不利である。主要作物はリンゴ、アプリコット、ブドウなどの果樹、夏季野菜類、小麦などである。主要家畜は牛、山羊及び羊である。大部分の農家が牛を飼育しているが、飼養規模はほとんどが 1~2 頭である。大きくは、ダムサイトの存在する支流沿いの Mullayan 村に属する農地と、同支流合流直下の Silad 村の農地よりなる。Ghazlona 村は、利水状況が極端に悪く離村がすすんでいる。1 本のカレーズ、10 本の浅井戸があるが、カレーズは渇水期には全く利水不能、浅井戸も利水量が限られており、灌漑は不可能となっている。Silad 村では、10 本の井戸によって、果樹中心の栽培が行われている。

## 【環境】

環境状況 : 農地での洪水被害、地下水位の低下、カレーズの湧水量の減少、カレーズに関する水利権の設定、乾期における灌漑及び生活用水の不足、表流水の生活用水としての利用、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

洪水被害の軽減、地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往來の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

## (10) Sakholダム

### 【地形・水理地質】

#### (地形分類)

山地は全体にジュラ紀の塊状緻密な石灰岩からなる急峻地形をなし、山地内部に深い谷部を形成しているが厚い崖錐堆積物及び沖積堆積物によって埋積され、比較的広い谷底平地を作り計画ダム地点のGapを経て下流側の山麓地が続いている。計画ダム地点下流は前後の山麓地に較べて、全体に凹状になっており、流域からの土石の供給よりもむしろ侵食の方が勝っている地域といえ、他の地域と較べると、多少様相が異なる。従って本地域では高透水性砂礫層よりも低透水性シルト粘土が多い地区と推定される。砂丘地が下流側のShirinab支流域から本支流域へぬけるGapから吹き付ける冬の強い西風によって巻き上げられた砂・シルトによって形成している。ただし山麓地の幅数百mは山地斜面から供給される土石によって砂礫層が勝っている。砂丘地下流側は谷床平野となり表層に薄い風成堆積物を載せながら主としてシルト粘土からなる層が厚さ300mにも達する。

#### (ダム掛かり帯水層)

山麓地には砂礫層からなる山麓斜面が幅数百mで分布し、UN-MST-4の様に上層は砂礫層で下層がシルト粘土層で構成される地質と推定され、涵養水は上層の砂礫帯水層に貯留される。なぜなら本地区はカレーズが多く分布している地域で、地下水が深部に入り込んで深い地下水位を形成するような地区ではカレーズによる取水は行われにくい。

砂丘堆積物もルーズな砂・シルトから構成され、透水性は高いものと推定される。下位は不透水性シルト粘土と思われ、地下水は伏流する形で下流方向に流れる。地下水は表層近くを流れる形となるので、計画ダムによって涵養される地下水の影響される範囲は、地表面地形によって完全に支配される。地形勾配は平均約1/100を示す。

### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域はChittan石灰岩層、Shirinab Formation、Spintangi石灰岩、及びBostan Formationならなる。ダム流域は山岳一丘陵地形からなり、河床には流域の石灰岩の崩壊礫が堆積する。扇状地堆積物はこの石灰岩の山麓に堆積し、崖錐及び河床堆積物が河床に厚く堆積している。砂丘成層が計画ダム下流域に広く発達している。ダム流域の河川はダム計画地点直上流において左岸側、右岸側に分岐している。両支線流域ともChittan石灰岩層に位置し、河床には河床堆積物が堆積している。植生は崖錐及び

沖積層堆積物上に見られる。計画ダム貯水池敷、また流域上流地域の河川敷には地域住民によりバンド（土塁）が多く建設されており、地山からのシルト等の細粒土はこのバンド内に堆積することが期待される。

計画ダム地点は沖積扇状地の扇頂部に位置し、同地点での扇状地堆積物の深さは100mにも達する。計画ダムは1,000mに達する幅広い谷地形部に計画され、両岩アバット部は石灰岩の露頭からなる。基盤は細粒土を含み半透水性と考えられる。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約180戸で、人口は約2,000人である。主な部族はブラヒのバングラザイである。村の社会構造は比較的民主的である。生活用水は掘抜き井戸、カレーズ、及び揚水機であり、エネルギー源は電力、石油及び薪炭類である。すべての道路は好天時のみ利用可能な未舗装道路である。小学校1校があるが、保健施設はない。カレーズの水量は維持管理が悪いため非常に減少している。平均的な農家収入は非常に低い。関係村落のファイザバドに1農協がある。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はマストゥングの町の中心部から比較的近い幹線道路沿いの平坦地にあり、土壌の灌漑適性は高く、また多くの作物に適しているが、土性がいくぶん砂質なため、要水量が他地区よりも多い。土壌条件から果樹園は少なくタマネギが主要作物で、冬季は小麦が栽培される。羊及び山羊が主要家畜であるが、頭数は多くない。一般に農家の経営規模は小さく、農業所得も低い。水文地質的には、浅層、深層とも利用可能範囲は限定されており、大きな利水可能性向上は望めない。ダムサイトより下流にむかって、カレーズ利水範囲、チューブウエル利水範囲、洪水灌漑範囲とかなり明確に分類される。既存の6本のカレーズは下流側のチューブウエルの過剰揚水による水面低下の影響を受けて、3本は使用不能である。計画としては、上中流域の井戸利用可能性向上（現在20本の井戸が稼働）を目指すことになる。

#### 【環境】

環境状況：地下水位の低下、カレーズの湧水量の減少、チューブウエルによる揚水量の減少、洪水の農業用水としての利用、カレーズ利用における水利権の設定、乾期における生活用水の不足、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因：表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響：（プラスの影響）

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

：（マイナスの影響）

表流水の洪水灌漑利水の侵害、社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果：

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

#### (11) Mangi ダム

##### 【地形・水理地質】

##### （地形分類）

山地部はジュラ紀の硬質塊状石灰岩と始新統石灰岩からなる。始新統の石灰岩は2種類あり、一方は硬質塊状で他方は孔隙・空洞の発達が顕著で一部帯水層を形成する。山地内部の一部は比較的広い谷

底低地となり、既存 Sarbund ダム流域の一部を形成している。山地の西側は幅数 km にわたる比較的広い山麓斜面が広がっている。更にこの下流 Shora Rud までは谷床平野となりシルト粘土が表層を覆っているが、Shora Rud 河床は砂礫からなる。

#### （ダム掛かり帯水層）

山地の西側には幅数 km の扇状地が広がっている。本扇状地の平均地形勾配は約 1/100 で、面積は 14～15km<sup>2</sup> を占める。フェーズ I の調査ボーリングでは、ダム地点の堆積物の厚さは 27m であり、水理地質基盤は漸新統の頁岩であった。当時地下水は存在していない。本扇状地下流側 Shora Rud 沿いに 4 本の既存井戸ボーリング UN-PS-3～5 及び KB-BKB-1 があり、上流側は砂礫層、下流側に向かうにつれてシルト粘土層が優位となってくる。なお本帯水層の水理地質基盤は始新統～中新統の頁岩・砂岩である。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

計画ダム流域は右岸側の Shirinab 層と左岸側の Nimargh 石灰岩層からなり、河床部には沖積土が堆積する。Shirinab 層は石灰岩とそこに介在する頁岩層からなる。流域上流には既設地下水涵養ダムである Sarbund ダムが建設されているが、このダム流域は Nimargh 石灰岩層とその谷地形部を沖積層が厚く覆っている。Sarbund ダムの流域は植生状態が良く、また谷地形部には洪水灌漑が実施されており、洪水の農地区画への流入により細粒土は同区画内に堆積する。Sarbund ダムは築堤後 3 年を経過しているが顕著な堆砂は見られない。

Mangi ダム下流部は 500～700m の平坦な河床が形成されている。河床堆積物上の植生は疎らである。河床部において Basin irrigation が行われており、延長 200m にも及ぶバンドの建設により洪水時の細粒土を捕捉することが可能となっている。中流域においては河床幅 15～20m 程度の谷地形を呈する。兩岸とも Nimargh 石灰岩が露頭し、植生は疎らである。同地域においては年間を通じ地下水の湧水箇所が見られる。上流域は広大な盆地地形を呈する。地山部には殆ど植生が見られないが、上流右岸崖錐層上には植生が見られ、また比較的浅層に地下水が存在する。

計画ダム地点は沖積扇状地の扇頂部に位置し、同地点での河床幅は 700m に達する。計画ダム右岸アバット部は岩塊上に風化した石灰岩の露頭が見られ、左岸側は Shirinab Formation を母岩とした扇状地堆積物が厚く堆積する。河床には玉石、礫、砂、粘土が厚く堆積している。ダム基礎を構成する頁岩 (Shirinab Formation) は河床下 17m 以深に存在する。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約 440 戸、人口は約 4,800 人と見積られる。プラヒのサバラスが主要な部族である。社会構造は伝統的な部族慣習に基づいている。土地の大半は少数の地主が所有しているが、大部分の土地が小作地となっている。流通施設はなく、農民は生産物の販売や生産資材の調達のため遠くクエッタ市まででかけていく。生活用水は公共保健局の設置施設と揚水機であり、エネルギー源は電力及び薪炭類である。地区は主要幹線から 25km も入った所にあり、好天時のみ通行可能である。小学校 2 校、中学校 1 校及び 2ヶ所の診療所が設置されている。下水排水施設はなく、住民の生活は貧しい。関係村落のシャブチ村に 1 農協がある。

#### 【農業・灌漑】

受益地区は、マストゥングとカラットの境界部の平坦地にあり、土壌の物理的・化学的阻害要因は少なく、灌漑適性は高いが、有効土層が浅いため、果樹栽培には最適ではない。主要作物はタマネギ、小麦、キューミン等であるが、特にタマネギは大半の農家で栽培されている。主な家畜は羊、山羊及び鶏であり、大部分の農家が羊及び山羊を飼育している。小作農家が多く、農業所得水準は低い。下

流にむかって12本のカレーズが存在するが、現在からうじて2本が利用可能であり、チューブウェルへの代替が急速にすすんでいる。

#### 【環境】

環境状況 : 地下水位の低下、カレーズの湧水量の減少、チューブウェルによる揚水量の減少、カレーズに関する水利権の設定、カレーズの湧水量の減少によるチューブウェルへの転換、遊牧民の季節的定住地、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

#### (12) Kad Kocha II ダム

##### 【地形・水理地質】

##### (地形分類)

山地は全体にジュラ紀の塊状緻密なものと始新統の孔隙・空洞の発達した石灰岩からなる。ジュラ紀石灰岩は急峻地形をなす。計画ダムの流域をなす山地内には比較的広い谷底低地が形成されており、山地からの土石がかなりの厚さで堆積しているものと思われる。また本堆積物と同様のものが、計画ダム直下流の切り立った Gap を通して更に下流に中規模な扇状地を発達させている。山麓斜面～扇状地の下流側はシルト粘土層に覆われた谷床平野となり、Rud Sariab に達する。

##### (ダム掛かり帯水層)

計画ダム地下水涵養の影響範囲は砂礫扇状地内の帯水層と、これに続く谷床平野内帯水層に限られる。本扇状地の地形勾配は 1/30～1/40 を示し、面積は 3～4km<sup>2</sup> である。谷床平野部の地質は扇状地から続く砂礫層がシルト粘土層の中に入り込み被圧～半被圧の帯水層を形成している。これら被圧～半被圧の帯水層水理常数は、1974 年掘削の MST-11 の既存井戸ボーリングの資料から、地下水位は掘削当時で深度約 30m、透水係数はほぼ  $1 \times 10^{-3}$  cm/sec、透水量係数は約 90m<sup>2</sup>/d、比産出量 15%、比貯留量  $8 \times 10^{-5}$  /m である。扇状地内不圧帯水層は少なくともこれら被圧～半被圧帯水層よりも高透水性を有するものと思われる。現在、本扇状地内にチューブウェルが数本存在するが、いずれも扇状地の南側の端の方に分布しており、こちらの方が地下水取水において有利なことが伺われる。

##### 【ダム流域・計画地点概要】

計画ダム流域は Chiltan 石灰岩層、Shirinab Formation、Spintangi 石灰岩、及び Bostan Formation 地帯からなり、山麓沿い及び河床に砂礫、玉石からなる沖積堆積物が厚く堆積している。沖積堆積物、崖鎌上には植生が見られる。河床には河床堆積物が厚く堆積するが、河川はダム計画地点から放射状に発達しており、このため洪水の集中が起こり難く土砂の移動も少ない。同流域内には既設地下水涵養ダムである Kad Kocha I ダムが建設されており、同流域からの土砂流入は殆どない。

計画ダム地点は沖積扇状地の扇頂部に位置し、同地点での堆積深さは 100m に達する。計画ダムは 400m に達する幅広い谷地形部に計画され、両岩アバット部は石灰岩の露頭からなる。河床堆積物は玉石、

礫、砂、シルトからなる。玉石の粒径は20~40cm大と比較的大きい。基盤は透水性が高いことから流出水は貯水池基礎から容易に地下浸透する。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約270戸、人口は約2,500人と見積られる。住民は主としてバロチのランゴ部族に属している。社会構造は部族慣習に基づいている。流通施設はなく、農民は通常クエッタ市やサッカーで農産物の販売を行っている。生産資材はクエッタで調達される。生活用水は堀抜き井戸及び揚水機である。エネルギー源は電力、石油及び薪炭類である。小学校が2校あるが、保健施設はない。平均的な農家収入は州平均より良い。農家の技術水準は平均以上であるが十分なトレーニングがなされていない。関係村落のマル・カーン村に1農協がある。

#### 【農業・灌漑】

受益地区は、幹線道路沿いの平坦地にあり、土壌の灌漑適性は高く、また、多くの作物に適している。リンゴ、タマネギ、野菜類が主要作物で、冬季には小麦、野菜類及び飼料作物が栽培されている。羊及び山羊が主要な家畜で、40~60頭の飼養規模をもつ農家がかなり見られる。比較的経営規模の大きい農家が多く、農家の所得水準は比較的高い。マストゥングの中でも最も水理地質条件のよいところであり、浅井戸、チューブウエルの密度が高い。灌漑計画対象地区内でも62本程度のチューブウエルが見られ、カレーズは全く存在しない。しかし、チューブウエルもダム直下から下流側2~3kmの範囲に限られており、さらに下流側は天水灌漑地区が広がっている。

#### 【環境】

環境状況：施設の洪水被害及びそれに伴う経済負担増、地下水位の低下、チューブウエルによる揚水量の減少、表流水の洪水灌漑用水としての利用、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因：表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響：（プラスの影響）

洪水被害の軽減、地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

：（マイナスの影響）

ごく一部で見られる洪水滞留利用への影響、社会生活及び経済活動にかかる往來の不便

初期環境調査結果：

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

#### (13) Iskalkoo ダム

##### 【地形・水理地質】

##### （地形分類）

Iskalkooダムの流域は中新世石灰岩からなる。本石灰岩は亀裂・空洞の発達し、比較的水蝕の影響を受けやすいもので、地形はその性質を反映して複雑な丘陵地を形成する。ダム地点は丘陵地中腹に位置する。ダム地点の位置する丘陵地西側は幅数kmの地溝部となっており、沖積堆積物が比較的薄く分布している。

##### （ダム掛かり帯水層）

計画ダム地点は極めて薄い河床堆積物が分布するが、一般には白色~桃色の石灰岩が露岩している。

ダム地点から1kmほど下流から扇状地状の地形が形成されており、一般に沖積砂礫層が分布する。丘陵地出口の河床でボーリング調査を実施しているが沖積層の厚さは6.5mであり、地下水位は深度2.6mであった。沖積層の厚さは最大でも30m前後と推定される。基盤には頁岩が分布しており、従ってこれら低地の基盤岩は一般に頁岩から構成されているものと推定される。中新世石灰岩は本頁岩層の上位に載っている。

#### 【ダム流域・計画地点概要】

ダム流域は石灰岩からなる Kirthar と頁岩、泥岩からなる Nari 層地帯に位置する。頁岩、砂岩層は大きく褶曲し、その山麓には崖錐が河道に向かいなだらかに堆積している。崖錐堆積物は厚く、植生も比較的良好である。

計画ダム地点は頁岩、泥岩からなる Nari 層地帯に位置する。頁岩層はクラックが発達し、表層は塊状を呈している。ダムのアバットは兩岸とも丘陵地形を呈する。右岸河床標高に固結した粘土層が見られる。基盤である頁岩層上に頁岩、砂岩を母岩とする砂礫、及び玉石が6.5m深まで堆積している。頁岩層は地表下6.5m～30m深まで見られ、その下部は Kirthar 石灰岩層となる。

#### 【人口及び社会環境】

地区の戸数は約85戸で、人口は約1,500人である。住民はすべてブラヒ族である。地区はカラットの街から比較的近いところに立地している。生活用水は湧水であり、エネルギー源は電力と石油である。高等学校1校、小学校1校、及び診療所1カ所がある。

#### 【農業・灌漑】

受益地区はカラットの中心部に比較的近い平坦地に位置し、土壌の灌漑適性は概ね良好であるが、場所により透水性が不良なところや逆に保水性がやや劣るところがある。リンゴ、アプリコット等の果樹、タマネギ、小麦、大麦などの栽培が主であり、灌漑水源は湧水を導水と揚水機によっている。周辺部にかなりの草地があり、羊及び山羊が比較的多い。

#### 【環境】

環境状況 : 地下水位の低下、泉からの水の利用に関する水利権の設定、乾期における灌漑及び生活用水の不足、河床あるいは河岸の往来道路としての利用

影響要因 : 表流水の流況の変化、地下水の流況の変化、ダム及びその関連施設の設置による道路の分断

環境影響 : (プラスの影響)

地下水位の低下率の緩和、地下水涵養による自然資源の持続可能な利用に貢献

: (マイナスの影響)

社会生活及び経済活動にかかる往来の不便

初期環境調査結果 :

上記の負の影響は、極めて軽微で、開発計画における保全及び代替コンポーネント及び環境保全計画によって回避することが可能であり、それらの対策によっても、なお残存する環境影響はないと予測できる。したがって、環境影響評価を実施する必要はない。

表 4.1.1 既在地下水涵養ダム諸元表

ダム名	Division	完工年	ダムタイプ	堤頂長 (m)	堤高 (m)	洪水吐長 (m)	越流幅 (m)	設計洪水量 (m <sup>3</sup> /sec)	総貯水量 (m <sup>3</sup> )	築堤量 (m <sup>3</sup> )	流域面積 (km <sup>2</sup> )	建設費 (M. Rs.)
1 Chori Mandia DAD	Quetta	1993	Earth dam	238	10.4	33.3	22.94	129.4	144,261	45,653	12.2	3,104
2 Marium DAD	Quetta	1994	Earth dam	122	14.51	30	11.6	52.71	43,547	42,263	0.5	3,000
3 Bostan DAD	Pishin	1990	Earth dam	272	16	60	20	114	210,000	164,000	23.4	6,000
4 Khushab DAD	Pishin	1986	Earth dam	164	15.38	96.3	18.35	75.12	392,883	52,179	15.2	2,020
5 Tiricha DAD	Pishin	1993	Earth dam	411	10.5	94.5	18	84	257,760	53,652	13.7	3,200
6 Amirch DAD	Mastung	1987	Earth dam	762	15.2	18.35	18.28	83.27	1,050,000	136,040	25.7	3,130
7 Kad Kocho I DAD	Mastung	1984	Earth dam	636	15.24	30.48	15.28	35.22	522,792	198,160	21.0	3,600
8 Gorpal I DAD	Kalat	1982	Earth dam	244	9.75	30.48	27.43	39.67	181,251	38,765	0.9	0,500
Corpal II DAD	Kalat	1993	Earth dam	160	6.73	n.a.	15.3	47.52	n.a.	23,230	n.a.	0,253
9 Laghmigr DAD	Kalat	1993	Earth dam	135	12.19	30.48	18.28	153.02	254,450	77,417	29.2	2,500
10 Sarband DAD	Kalat	1993	Earth dam	412	12.8	39.68	39.7	145.6	n.a.	60,770	34.8	2,800
A Wah Dad DAD	Quetta	1973	Earth dam	31.5	7.65	4.33	7.65	14	n.a.	n.a.	5.4	0,159
B Murgi Korai DAD	Quetta	1969	Earth dam	88.7	11.62	24.26	9.79	n.a.	124,000	n.a.	19.7	0,400
C Kach DAD	Quetta	1968	Earth dam	190.5	26.2	400	30	n.a.	494,000	n.a.	56.5	n.a.

出典) P.C.I. Irrigation Department, Quetta  
注) Laghmigrダムの設計洪水量は調査団により算出している。

表 4.1.2 既存ダムにおける計画、設計施工、維持管理に關わる留意点

Dam Name	完工年	ダムタイプ	流域面積 (sq.km)	ダム高 (m)	計画	設計	施工	維持管理	その他
1 Khora Mandia	1993	Earth	12.23	10.40	洪水時に比較的確い河床堆積物上に洪水がたまりやすいため、洪水に注意して下流に洪水被害をもたらした。	洪水時に現在貯留状態に形成されているが、水質を確保していないため、再度の洪水が必要となる。	現在洪水時の補修工事が行われており、水質確保が工事が進められているが、部分的な洪水の減少により、洪水の流出が減少している。コンクリート等での保護がなされる。	洪水流量において細粒土砂の堆積が0.6m程度進行しているため除去が必要である。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。
2 Marium	1994	Earth	0.45	14.51	洪水時に比べ流域面積が小さいため洪水にならない。従って被害効果も小さい。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	ダムサイトは河川上流部に当り、洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に長時間貯水され、水質が悪化する。洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。
3 Boston	1990	Earth	23.4	16.00	ダムは流域の大きな支流に建設されたため、十分な洪水貯留能力が確保されている。	河川河床が急激に侵食することから、洪水貯留能力が低下している。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。
4 Chausbab	1986	Earth	15.2	15.00	洪水時の洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。
5 Tirida	1993	Earth	6.7	10.50	細粒土砂の堆積により洪水貯留能力が低下している。洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。
6 Amach	1987	Earth	25.65	15.20	洪水時に比べ洪水貯留能力が105百万m <sup>3</sup> と大きく、洪水に注意している。洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水貯留能力が小さいため洪水にならない。	洪水時に洪水に計画されたため、洪水が完了後河川に集中し洪水等に被害が発生した。

Dam Name	完工年	ダムタイプ	流域面積 (sq.km)	ダム高 (m)	出 典	設 計	施 工	維持管理	その他
7 Kad Kocha I	1964	Earth	20.95	15.24	上記Amambh ダムと同様にダムの貯水は、Amambh ダムと同様に、貯水が貯められる。また貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	貯水は溢分を含み、溢流に不慮である。また貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
8 Corpud I	1962	Earth	0.93	9.75	貯水は溢分を含み、溢流に不慮である。また貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	貯水は溢分を含み、溢流に不慮である。また貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
9 Lughmigr	1993	Earth	20.2	12.19	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
10 Starbund	1993	Earth	34.79	12.80	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
A Wall Dad	1973	Earth	5.35	10.50	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
B Murg Kotai	1969	Earth	19.65	11.62	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。
C Koch	1968	Earth	56.45	26.20	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水は比較的小さい河川に貯水される。貯水池からの排水は、貯水池下流に排水される。集水面積は比較的小さい。	洪水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。貯水時の水質が不十分で、洪水下流の水質の悪化による必要流量の確保が懸念される。	洪水の貯水池流入時に発生する土砂の堆積が貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。貯水池の貯水能力を低下させる。	河川はダムサイトから貯水池に発達しており、土砂堆積は比較的小さいと考える。

表 4.2.1 掘削地点における現位置透水試験結果

試験法: 変水位法 (ケーシング法)

掘削地点	試験深度 (GL.-m)	地下水位 (GL.-m)	基盤岩ないし不透水層の深度 (m)	基盤岩ないし不透水層の層相 (層名)	試験区間層相	透水係数 (cm/sec)
Khushab	8.10	6.40	12.5	Limetone & Shale (Parh Gr.)	シルト、砂、礫	1.42E-03
Tirkha	2.00	0.20	2.0	Bostan Clay	砂礫 (河床堆積物) / Bostan Clay	8.50E-04
Brewary	6.24	1.82	12.0	Brewary Limestone	玉石・砂礫	2.50E-03
Dara	3.00	Nil	20.0	Silt with Clay (Subrecent dep.)	砂礫	1.49E-03
Ghutai Shela	2.77	5.33	11.0	Sandy Silt (Subrecent dep.)	シルト質砂	9.50E-03
Wali Dad	2.00	Nil	30.0	Clayey Silt (Subrecent dep.)	転石/砂礫	1.26E-04
Murgi Kotal	2.60	Nil	40+	-	堆砂物	7.82E-04
Kach	2.50	1.05	1.0	Gazij Shale	Gazij Shale	3.50E-07
Jigda	8.00	6.10	9.5	Murgha Faqirzai Shale	礫、砂	1.50E-03
Sanzali	20.00	2.50	2.5	Bostan Clay	Bostan Fm.	1.54E-04
Arambi	9.00	7.75	17.0	Shaigalu Sandstone	粘土質礫	2.07E-04
Sakhol	3.70	Nil	40+	-	礫、砂、シルト	3.06E-04
Mangi	3.00	Nil	27.0	Murgha Faqirzai Shale	転石、礫、シルト	1.06E-04
Kad Kocha II	2.55	Nil	40+	-	礫、砂、シルト	3.18E-05
Iskalkoo	16.00	2.60	6.5	Gazij Shale	Gazij Shale	1.03E-04

表 4.2.2

ダムサイト下流側帯水層の規模と水理定数

ダムサイト	下流側帯水層の形態	下流側帯水層の規模		水理定数		基盤
		平面的拡がり	地形勾配及び帯水層厚	透水係数	その他	
Brewary	扇状地堆積物	半径約3km 放射角約100度 面積約8km <sup>2</sup>	勾配約1/50 層厚100m以上	最上流2.5E-3cm/sec 扇状地中央 1.2~1.9E-3cm/sec	透水量係数60~120m <sup>2</sup> /d 比産出量18~25%	Brewary Limestone
Dara	扇状地堆積物	半径2~3km 放射角約60度 面積5~5km <sup>2</sup>	勾配1/20~1/40 層厚150~200m	最上流1.5E-3cm/sec	透水量係数40~80m <sup>2</sup> /d 比産出量20%以上	Chiltan Limestone
Murgu Kota	扇状地堆積物(クテューラ側)	半径1.5~2km 放射角約100度 面積約2km <sup>2</sup>	勾配約1/25 層厚150~200m	E-3cm/secオーダー	透水量係数90~100m <sup>2</sup> /d 比産出量20%強	Chiltan Limestone
	扇状地堆積物(クエック側)	半径約3km 放射角約60度 面積約5km <sup>2</sup>	勾配約1/25 層厚150m前後	E-3cm/secオーダー	透水量係数90~100m <sup>2</sup> /d 比産出量20%強	Chiltan Limestone
Kach	河床堆積物・扇状地堆積物	半径約5km 放射角約30度 面積4~5km <sup>2</sup>	勾配1/50弱 層厚200m程度まで	1~2E-3cm/sec	透水量係数40~80m <sup>2</sup> /d 比産出量20%以上	Gazij Shale
Jigda	河床堆積物・扇状地堆積物	半径5~6km 面積12~13km <sup>2</sup>	勾配約1/45 層厚200m程度まで	河床最上流1.5E-3cm/sec 扇状地6~7E-3cm/sec	透水量係数160~170m <sup>2</sup> /d 比産出量23%	Murgha Faqirzai Shale
Saazali	河床堆積物	河床幅数十mから 百数十m	勾配約1/40~1/80 層厚2.5~10m	1E-3cm/sec程度	透水量係数3~5m <sup>2</sup> /d 比産出量15~20%	Bostan Formation
	下流扇状地・谷床平野	影響範囲は 幅3km長さ3kmぐらゐ	勾配約1/50~1/60 層厚80mシルト質砂、 150mまでシルト粘土	1E-3cm/sec弱	透水量係数70~80m <sup>2</sup> /d 比産出量15%前後	Bostan Formation
Sakhot	砂丘堆積物	影響する幅2~3km 長さ約7km	勾配約1/100 層厚20~30m	E-4cm/secオーダー	透水量係数2~3m <sup>2</sup> /d 比産出量10~15%	Chiltan Limestone
Mangi	扇状地堆積物	半径1~5km 放射角50~60度 面積14~15km <sup>2</sup>	勾配約1/100 層厚70~80m	E-3~E-4cm/secオーダーで傾がある	透水量係数5~500m <sup>2</sup> /dで傾がある	Shirinaab Formation Murgha Faqirzai Shale
Kad Kocha II	扇状地堆積物	半径約3km 放射角約80度 面積3~4km <sup>2</sup>	勾配1/30~1/40 層厚200m程度まで	1.1E-3cm/sec	透水量係数90m <sup>2</sup> /d 比産出量15%	Chiltan Limestone
Ghaziona (Arambi)	河床堆積物	川幅約100~200m	勾配1/50~1/60 層厚10~30m	E-3cm/secオーダー	透水量係数5m <sup>2</sup> /d程度 比産出量20%以上	Murgha Faqirzai Shale
Ghutai Shela	扇状地堆積物	幅2kmほど	勾配約1/40 層厚30~50m	6~9E-3cm/sec	透水量係数約45m <sup>2</sup> /d 比産出量20%強	Subrecent Deposits
Wali Dad	扇状地・河入扇状地堆積物	半径2~4km 放射角約120度 面積約6km <sup>2</sup>	勾配平均約1/25 層厚最大50~150m	2~3E-3cm/sec	透水量係数20~60m <sup>2</sup> /d 比産出量15~20%	Chiltan Limestone
Samaki (Arambi)	河床・扇状地堆積物・陸性堆積物	幅1~2km	勾配1/50~1/100 層厚20~30m	E-3~E-4cm/secオーダー	透水量係数2~5m <sup>2</sup> /d程度 比産出量15%程度	Shaigala Sandstone
Iskalkoo	扇状地堆積物及びブレッカ水	幅1~1.5kmほど	層厚最大30m程度	E-2~E-3cm/secオーダー	透水量係数20~100m <sup>2</sup> /d 比産出量20%程度	(Spintangi Limestone) Gazij Shale
Khora Manda	扇状地堆積物	半径2~3km 放射角約120度 面積約3km <sup>2</sup>	勾配上流約1/20強、 下流約1/25 層厚最大150m程度	E-3cm/secオーダーの高透水係	比産出量20%以上	Subrecent Deposits
Marium	沖積扇堆積物	幅数百mで長さ1kmほどが影響範囲	勾配平均約1/10 層厚最大30m程度	E-2~E-3cm/secオーダー	比産出量20%以上	Urak Conglomerate
Bostan	扇状地堆積物	半径3km前後 放射角約180度 面積約16km <sup>2</sup>	勾配平均約1/20 層厚最大150m以上	4~8E-3cm/sec	透水量係数約300~500m <sup>2</sup> /d、比産出量20%以上	Alozai Group, Chiltan Limestone
Khushab	河入扇状地・扇状地堆積物	半径1~2km 放射角約180度 面積約4km <sup>2</sup>	勾配約1/25 層厚最大150m程度	E-3cm/secオーダーの高透水層	比産出量20%以上	Parh Group, Chiltan Limestone, Hindbogh Intrusives
Tirkha	河床堆積物・扇状地堆積物	河床幅数十m、半径約2km、放射角約60度、面積約3km <sup>2</sup>	勾配約1/80~100 層厚河床部数m、扇状地部最大50m	E-3cm/secオーダー	比産出量10~15%	Bostan Formation
Amach	扇状地堆積物	半径2~3km前後 放射角約180度 面積約4km <sup>2</sup>	勾配1/80~100 層厚最大150~200m	E-3cm/secオーダー	透水量係数150m <sup>2</sup> /d前後 比産出量20%程度	Chiltan Limestone
Kad Kocha I	河入扇状地堆積物	谷幅0.5~0.7km	勾配約1/30 層厚最大50~100m	E-3cm/secオーダー	透水量係数約300~500m <sup>2</sup> /d、比産出量20%以上	Chiltan Limestone
Gorpad	岩石扇状地・河床堆積物	Kani Jhalに直接続く	勾配約1/30 層厚最大70~80m	E-3~E-4cm/secオーダー	比産出量10~20%以上	Parh Series
Leghmgir	河床堆積物・扇状地堆積物	半径3~4km 放射角約130度	勾配1/50~60 層厚最大100~150m	E-3cm/secオーダー	透水量係数50~100m <sup>2</sup> /d、比産出量20%以上	Shirinaab Formation
Sarband	河床・扇状地堆積物	下流側は露岩し、Mangi Siteに続く				Nimragh Limestone, Wakabi Limestone, Shirinaab Formation