

5.2 地下水涵養ダムの計画

この項では地下水涵養ダムの計画において既存ダム計画を参考にし、(1)計画ダム地点選定、(2)計画堆砂量、(3)地下水涵養ダムによる涵養量と涵養方法、(4)地下水涵養ダム維持管理計画について記述する。

(1) 計画ダム地点選定

地下水涵養ダムの計画地点決定においては 1)ダム計画地点基礎の支持力、浸透抵抗力及び地下水涵養能力、2)ダム計画流域の地形地質及び土砂生産規模、3)ダムの洪水調節機能、4)ダム施工、5)ダム受益地と灌漑システムの特異性、5)ダム等既存涵養施設との関係、等を総合的に調査分析する必要がある。以下にこれらのダムの計画地点決定に関わる因子について既存ダム計画のレビューを含め詳細に記述する。

1) ダム計画地点基礎の支持力及び地下水涵養能力

ダム地点決定において最優先される事項は基礎の支持力、浸透抵抗力である。ここでは既存及び計画ダム地点において粘土、シルトからなる軟弱地盤（標準貫入試験のN値が20以下）は殆ど存在しないことから軟弱地盤に関する記述は削除する。但し緩斜面の扇状地等においては粘土、シルト層が存在することもあるためボーリング調査等で確認する。

地下水涵養能力についてはダム基礎の浸透層の堆積厚さ、透水性についてボーリング調査、現場透水試験等を実施し確認する必要がある。特に滞水層にシルト、粘土が貫入している場合は浸透能力が低下するだけでなく、堤体内の間隙水圧の上昇等の危険性が高まるので注意が必要である。地下水涵養の点から評価すれば、ダム地点は狭窄部に計画するのではなく、涵養能力の増大を目的として扇状地形においてダム堤長を大きく確保できる地点に計画することを提案する。

2) ダム計画流域の地形地質及び土砂生産規模

貯水池内の堆砂は地下水涵養ダム計画において貯水容量の減少、貯水池敷からの涵養量の低下等の障害となることからダム地点選定に際しては、流域の地質、地形に伴う土砂生産量の把握に努め、砂防ダム等の施設の設置を検討する必要がある。特に砂防ダム等の流入土砂対策工においては河床勾配、生産土砂の粒径による掃流力の差異から施設規模、構造が異なることからこれらの点に留意し調査を実施する必要がある。

3) ダムの洪水調節機能

地下水涵養ダムは洪水調節機能を持つことから、洪水調節機能を維持するため、洪水吐の構造、また洪水調節容量の確保にも留意する必要がある。地下水涵養ダムは一般に貯水容量が小さいことから堆砂による洪水調節容量の低下については特に留意する必要がある。

更にダム下流において洪水灌漑を行っている場合、ダムの洪水調節に起因する受益地への影響、また河道流路の移動について調査する必要がある。

4) ダム施工

フィルダムの建設においては盛土材料を可能な限り近傍の土取場から採取することが建設費の低減につながる。このことから砂礫材料、粘性土材料の賦存量の調査をもとにダム地点の決定を行うことも必要である。殆どの既設ダムにおいては河床の砂礫、また周辺地山の風化土質材料を用いているが、河床砂礫の粒度分布、また締固め特性において浸透破壊を起こし易い材料しか採取できない場合には遠方であっても粘性土材料を混合し盛土するように計画する。

5) ダム受益地と灌漑システムの特異性

地下水涵養ダムからの灌漑、生活用水供給は地下を経由してカレーズ、開水路、チューブウェルによる揚水等により行われている。ダム計画に際しては下流受益地への地下浸透経路を調査検討し、効率的となる地点を選定する。地下水涵養の効率の点からは受益地の直上流が選定されるべきであるが、ダムの貯留容量確保、またダム建設費の点から受益地から遠方に計画せざるを得ない場合には、地下水涵養域まで開水路または管路を計画する。

6) 既存ダム等涵養施設との関係

機能低下（堆砂）をきたした既存地下水涵養ダムの改良、あるいはその近傍において新規ダムを計画する場合には以下の点に留意し計画策定を行う。

- a) 既存ダム下流に計画する場合には既存ダムの破堤により多量の堆積土砂が流入することが予想されることから既存ダムの貯水容量を確保し、洪水の堤体越流による堤体の破堤を防止する。
- b) 既存ダム下流に計画する場合には堆積細粒土の流下が卓越し、計画ダムの貯水敷からの涵養を著しく阻害することから、計画ダム貯水池内の堆積細粒土の処理、または取水方法を検討する。
- c) 既存ダム上流に計画する場合は下流ダムの貯水による背水の影響が計画ダムに及ばないように留意する。
- d) 既存ダム上流に計画する場合は計画ダムからの地下浸透水の流路が既存ダム内の細粒堆積土により阻害されることから管路の埋設等により円滑な下流への地下水流路を確保する。

但し、既存ダムの貯水容量確保を目的として嵩上げを行う場合は以下の点に特に留意する。

- a) 既存ダムの排水機能は従前の貯水位に対し計画されていることから、貯水位上昇に対しては十分な排水機能を新規計画する（嵩上げが5m以上となる場合）。
- b) 既存ダムの盛土は長期間に亘り圧密されていることから嵩上げにより既存盛土と新規盛土の境界に堤体内の流線が集中し、パイピング等の原因となる。このことから同部分にフィルターを施工し安全に堤内の排水を行う。
- c) 新規盛土により堤内の浸潤面が上昇することから十分なドレーンを設置する。

(2) 計画堆砂量

調査対象地下水涵養ダムの堆砂量は下流域地形、地質また降雨特性を十分考慮し決定されなければならない。また貯水池容量の決定においてはダムの耐用年数に相当する堆砂容量を見込む必要がある。

以下に Murgi Kotal、Kach、Wali Dxd、Wali Tangi ダムの実測堆砂量を示した通り計画地域内ダムの比堆砂量は流域地形地質状況から 300~2,100m³/km²/年と大きな差を生じている。このことからダム計画地域の植生、侵食状況等をも詳査しこれを決定する必要がある。また土石流等の発生が起き易い地点については砂防ダム施設を設置し、不測の土砂流出に対処できるように計画することが必要である。

貯水池堆砂実績表

ダム名	流域面積 (km ²)	総堆砂量 (m ³)	補足率 ¹⁾ (%)	堆砂年数 (年)	比堆砂量 (m ³ /km ² /year)
Murgi Kotal dam	19.65	124,400	45	8	1,760
Kach dam	56.50	494,000	-	4	2,190 ²⁾
Wali Dad dam	5.35	12,500	80	10	292
Wali Tangi dam	18.13	-	-	-	723 ³⁾

出典) *2 Prefeasibility Study for Rehabilitation of Kach Dam (NESPAC, 1987)

*3 Feasibility Study for Flood Protection of Hanna-Urak Valley (NDC, 1988)

注) *1 補足率については C/I 比から平均値を採用した。(Sedimentation, Design of Small Dam 参照)

既存の地下水涵養ダムの堆砂量の算定にあたっては、Khost 川の実測に基づく堆砂量 (Research Study on Survey and Evaluation of Delay Action Dams in Balochistan, Pakistan Council of Research in Water Resources) を採用しているダムもある。これは調査地域近傍に位置する Khost 川 (流域面積: 25.6km²) における実測によるもので、1962~1971 までの平均値は 462 ton/km²/year (堆砂の単位体積重量を 1.040 ton/m³として 444 m³/km²/year) が与えられている。ダムの堆砂量としてはこれに 15%の掃流砂 (bed load) を加算し、またダムによる補足率 (trapefficiency) を 100%とし、堆砂量を年平均値 531 ton/km²/year (511m³/km²/year) と計算されている。

またその他のダム設計資料からは次の堆砂量が推定されている。

計画ダム堆砂量資料

観測河川名	観測地	流域面積 (km ²)	流域降雨 (mm)	年間浮流砂 million tons	掃流砂 ¹⁾ ton/km ²	比堆砂量 ²⁾ (ton/km ²)	比堆砂量 ³⁾ (m ³ /km ²)
Khost	Chappar Rift	1,321	254	0.41	310	341	256
Beiji	Ghatti Bridge	9,609	323	4.5	469	516	387
Pishin Lora	Burj Aziz Khan	7,601	220	3.05	400	440	330
平均							307

注) 1): 掃流砂は浮流砂の 10%

2): ダムの堆砂量はダムによる補足率を 75%として計算

3): 堆砂の単位体積重量を 1.056 ton/m³として計算

上記からダムの計画堆砂量は掃流砂率を 15%、また地下水涵養ダムが常時空虚であり、洪水時の流出水は全量貯水されると仮定することからダムによる補足率を 100%とすれば堆砂量は 390~510m³/km²/year (平均 450m³/km²/year) と推定できる。またダムの貯水規模が流域面積に対し小さい場合には C/I 比(capacity-inflow ratio) (C: 貯水容量, I: 流出量) による検討を要する。この場合補足率は浮流砂に対し C/I が 0.05 で 80%、C/I が 0.1 で 85%、C/I が 0.5 で 95%程度と推察できる。

(3) 地下水涵養ダムによる涵養量と貯水池規模及び涵養方法

1) 地下水涵養ダムによる涵養量と貯水池規模

地下水涵養量についてはダム地点における河川流出量、涵養量を算定し、これを基に貯水池規模を決定する。流出量については降雨 (日降雨、月降雨) の年変動から流出量について経済的となる超過確率値を算定する。

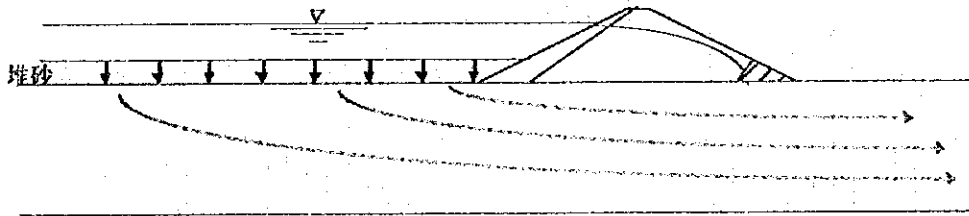
貯水池規模を決定するに当たっては、地形図から貯水池の水位-容量曲線を作成し、更に堆砂量を含め検討する。

2) 堆砂による涵養機能の低下

堆砂による貯水池敷からの涵養低下については以下の事項が結論付けられる。

- 特に堤体付近の堆砂が涵養機能を低下させる。堤体付近に堆積する粒径は細粒分からなり、透水係数も小さいことから貯水池基礎地盤からの涵養量減少の要因となる。
- 透水係数が 10^3cm/sec オーダーの砂礫程度の堆砂であれば浸透量は堆積厚さ 1m で 15%程度の減少、堆積厚さ 5m で 30%程度の減少となるが、透水係数が 10^1cm/sec オーダーの細粒土の堆砂となると浸透量は堆積厚さ 1m で 30%程度の減少、堆積厚さ 5m で 50%程度の減少となる (Annex I 参照)。
- 堆砂によりダム容量が減少する。これは直接涵養量の減少につながる。

堆砂の細粒土は貯水池敷に透水係数の小さい層を形成し、その層での水平流は無視される。動水勾配も小さくなるため、浸透量 (涵養量) は減少する。



3) 導水管による堤体下流域からの涵養

近年建設実施のダムにおいては貯水池敷からの地下水涵養に併せ、堤体最深部に埋設した導水管 (鋼管 $\phi 150\text{mm}$ 程度) による取水を堤体下流に設置した涵養ピットから地下水涵養を行う計画が見られる。問題点としては以下が挙げられる。

- 導水管の流入孔は堆砂の進行とともに高標高に延長し、土砂の流入を阻害しないようにしなければならない。洪水による急激な堆砂の進行に対し、埋没、管閉塞のおそれがある。
- 導水管流入孔はストレーナの設置により土砂の管内流入を防止する構造であるが、ストレーナの目詰まりにより導水能力が低下し易い。これは細粒分が堆積しやすい堤体直上流では顕著となる。
- 堤体下流に位置する既存涵養ピットは $3\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$ 程度で、涵養量は日 $200 \sim 300\text{m}^3$ 程度と小さいと推察する。
- 導水管には流量調節を目的としたバルブが設置されていないダムもあり、涵養量に応じた放流調節が困難である。

これらのことから以下の改善点が提案される。

- 取水工は細粒土の堆積が少ない貯水池上流に計画する。堆砂標高上昇を見込み高標高部にも流入口を計画する。
- 涵養量の増大を目的とし、堤体下流に涵養池、トレンチを計画する。
- 涵養容量を越える過大な貯水池からの放流は下流域での蒸発ロスを増大させることから、貯水池からの放流量を調節するバルブを設置し、涵養量に合わせた放流を行う。
- 導水管路の土砂による閉塞を防止するため、複数の導水管路設置、または管路内土砂の除去

が可能な構造を計画する。

(4) 地下水涵養ダム維持管理計画

地下水涵養ダムの維持管理は頻度毎に以下の項目が必要となる。

- a) 常時
 - 湛水状況、ダム漏水量の監視
 - 取水施設（涵養放流施設）の状況調査

- b) 定期
 - 堤体の変形・沈下の監視
 - 浸潤線調査（堤高15m以上のダム）
 - 盛土保護層、及び洪水吐の点検
 - 堆砂状況、及び貯水池周辺地山状況

- c) 非常時（洪水、地震発生時）
 - 堤体（漏水、法面、亀裂、崩落等）、貯水池周辺地山、洪水吐の状況調査

5.3 地下水涵養ダムの設計

この項では地下水涵養ダムの設計において、(1)堤体の設計、(2)洪水吐の設計、(3)地下水涵養施設の設計について記述する。

(1) 堤体の設計

1) 盛土材料（フィルダム）

盛土材料は、土質材料、岩石質材料に分類され、更に岩石質材料は砂礫材料及びロック材料に区分される。一般に土質材料は不透水性材料として、また砂礫材料及びロック材料を半透水性または透水性材料として使用する。ここでは不透水性材料は締固めた材料の透水係数が $1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 以下、透水性材料は締固めた材料の透水係数が $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 以上、また半透水性はその中間程度と総称する。次表に盛土材料の適性度を示す。

盛土材料の適性度

分類 記号	重要な性質				材料の適性度				
	転圧後の 透水性	転圧後飽和時 の剪断強度の 程度	転圧後飽和時 の圧縮性	盛立て材料と しての 作業性	均一型 ダム	遮水 ゾーン	透水 ゾーン	浸透流 を重視	浸透流 を無視
GW	透水性	優	殆どない	優	—	—	1	—	1
GP	高透水性	良	殆どない	良	—	—	2	—	3
GM	半不透水性	良	殆どない	良	2	4	—	1	4
GC	不透水性	良—可	極小	良	1	1	—	2	6
SW	透水性	優	殆どない	優	—	—	3*	—	2
SP	透水性	良	極小	可	—	—	4*	—	5
SM	半不透水性	良	小	可	4	5	—	3	7
SC	不透水性	良—可	小	良	3	2	—	4	8
ML	半不透水性	可	中	可	6	6	—	6	9
CL	不透水性	可	中	良—可	5	3	—	5	10
MH	半不透水性	可—不可	大	不可	9	9	—	8	12
CH	不透水性	不可	大	不可	7	7	—	9	13

出典：フィルダム（農林水産省 構造改善局）

注）*砂利の含有の多いもの

材料の適性度欄の数字“1”は最も適性が高く、数字が大きいほど適性が低いことを示す。

一般にダムの高さが高くなるにつれて浸透と力学的な面から透水ゾーンと不透水ゾーンが必要となる。均一ダムの場合材料の主体は半透水性材料の細粒分からなる場合が多く、ダムの高さが高くなるほど傾斜勾配を緩くする必要がある。従い堤体積が増大しゾーン型ダムに比べ割高となってくる。しかしダム高さが低い場合は材料が均一で施工が簡単であり一般に有利となる。

既存ダムにおいては、盛土材料は砂礫材と粘性土の混合比を3:2の比率とし、殆どのダムで均一ダムが施工されている。粘性土の材料採取は堤体近傍の地山風化土を採取しているが、掘削土をブルドーザで堤体まで押土するため、土取場から堤体までの距離は150m程度に限定される。

一方、砂礫材料は堤体直上下流の河床堆積物を流用しており、扇状地上流部の河床勾配が緩い地点においては粒度分布の比較的良好な材料が盛土可能となる。反面、河床勾配の急な地点では河床材料は礫粒径が多くなり、転圧してもマトリクスに空隙を多く残す結果、パイピングに対し弱点となる。また、堤体上下流から堤体へ向かっての押土により、堤体中央部に粒径の大きい砂礫材が集積し易い結果となる。

粘性土と砂礫の材料混合は通常はストックヤードを設け、最適含水比に対し乾燥側にある当該地の材料に対し適切な散水を行い、材料を混合する必要があると考えられるが実際は実施されていない。結果、粘性土部分と砂礫部分が層状を成して盛土転圧され、砂礫層はパイピングに対し弱層となる。

地下水涵養ダムの堤体設計を行う場合、特に堤高が15mを超えるダムについては必要な土質試験を行い、ダムの安定性を確認する必要がある。また基礎地盤については透水性、透水層厚を確認し、貯水池敷、堤体基礎からの浸透量を把握することが涵養ダム計画上重要である。これらの目的に対し必要となる土質試験機材は6.10に示したとおりである。尚、堤体基礎の浸透性についてはボーリング調査

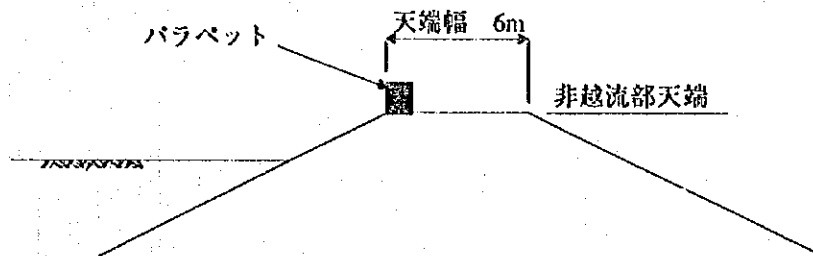
により透水性地盤厚、透水係数を調査することが望まれるが、現場調査資機材については灌漑局が保有している削井機の使用が考えられる。

土質試験の概要

項目	試験項目	試験規格	試験目的
物理試験	土粒子の密度試験	ASTM D854	土の基本的性質、土質試験結果への応用
	含水比試験	ASTM D2216	概略の力学特性の把握（圧縮・強度特性）
	粒度試験	ASTM D442	均等係数、透水性、平均粒径の利用
	液塑性試験	ASTM D424	細粒土の工学的分類
安定化試験	突固めによる締固め試験	ASTM D698 ASTM D1557	盛土管理基準への利用
透水試験	土の透水試験	ASTM D2434	堤体の透水性の把握、及び盛土管理基準への利用
剪断試験	土の一軸圧縮試験	ASTM D2166	基礎の圧縮強度の把握
	土の三軸圧縮試験	ASTM D2850	剪断強度から盛土の安定性を検討
	直接剪断試験	ASTM D5607	同上

2) 堤体天端標高の決定

地下水涵養ダムにおいては殆どのダムにおいて天端敷高は満水位（洪水吐敷高）+10 feet (3.0m) が採用されている。堆砂により貯水池の洪水調節容量は著しく減少し、洪水流が堤体を越流する事態も発生していることから、堆砂に対する天端余裕高を考慮する必要がある。堆砂に対する余裕高さは Murgi Kotal, Kach, Wali Dad ダムの実績から予想堆砂面から 3.0m は必要と考える。堆砂に対する余裕高の維持はパラベットによる方法も提案される（余裕高についての各基準は地下水涵養ダム整備計画に示した通りである）。



3) 盛土材料と剪断強度及び透水性（フィルダム）

既存涵養ダムの盛土材料には砂礫材料が多く用いられている。砂礫材料の剪断強度は材料の堅硬さ、粒子の形状、粒度、乾燥密度また応力状態により異なる。一般に材料が堅硬なもの、粒度がよいもの、乾燥密度が大きいものほど剪断強度は大きい。また透水性は細粒分含有量により著しく異なる。細粒分（0.074mm 以下）の含有率が 8%程度になると透水係数は 1×10^{-5} cm/sec となる。盛土において透水係数は最適含水比よりやや湿潤側で最小値を示し、それより含水比が増加しても透水係数の変化は少な

い。しかし最適含水比より乾燥側では急激に大きくなることに留意する必要がある。材料中に礫（一般には4.76mm以上）が30～50%以上あると透水係数は次第に増加する。締固めは粒度分布が良いものほど容易であり、大きな乾燥密度が得られる。また変形量についても乾燥密度が大きい程小さい。

現場発生土である砂礫材料を築堤材として多く用いる地下水涵養ダムにおいては、細粒分含有量の含有率、また締固め時の含水比の透水係数に与える影響を確認するとともに、転圧層厚を越える大粒径の材料を盛土材として使用しないように留意する。また堆積岩（頁岩、更新世以後の砂岩等）を使用する場合には細心の注意をすることが必要である。

4) 地震時の安定

a) 一般

剪断強度や変形係数等、土の力学的性質は静的荷重と動的荷重の場合一般に異なる。フィルダム等では地震時の動的性質が関係することから振動時の土の性質を検討することは重要である。地下水涵養ダムは築堤材として河床砂礫を多く流用していることから、地震時の堤体の剪断強度の低下が問題となる。また基礎地盤についても緩い飽和砂質地盤は繰り返し剪断応力が継続するにつれ間隙水圧が上昇し、同時に剪断歪みが急増し液状化する。

上記のことから特に貯水池湛水期間が長期に及ぶダムについては堤体の地震力に対する安定解析、また基礎地盤の液状化について調査検討が重要となる。

b) 設計震度と安定解析

設計震度はその地域で過去に起こった地震をもととし、今後100年間に起こりうる最大地震動を推定した確率震度と定義される（日本国の場合）。設計震度はダムタイプ（重力式ダム、ロックフィルダム、均一アースダム）、基礎地盤（岩盤基礎、未固結の岩盤基礎、砂礫・土質基礎）で区分する。ダムタイプにおいては重力式ダムの設計震度を1.0とした場合、ゾーン型フィルダム1.0、均一アースダム1.2とする。また基礎地盤については岩盤基礎の設計震度を1.0とした場合、未固結の岩盤基礎1.2、砂礫・土質基礎1.4とすることが提案される。

クエッタ周辺地域は大規模地震地帯に位置し、震源としてインドプレートとユーラシアプレートが接するChaman fault、またQuetta faultの活動が挙げられる。次表はクエッタ周辺を震源とする主な地震規模を示す。図5.3.1にバロチスタン州の地震分布を示す。

過去のクエッタ周辺の地震記録

生起年月日	マグニチュード	生起年月日	マグニチュード
27th August 1931	7.4	24th June 1979	4.7
30th May 1935	7.5	12th December 1981	4.7
2nd June 1935	6.0	22nd February 1983	4.4
18th February 1955	6.0	3rd May 1985	4.2
1st April 1969	4.8	10th October 1986	4.6
18th August 1969	4.8	26th March 1988	4.6
22nd February 1974	4.9	26th February 1990	5.4
3rd October 1975	4.8	14th October 1990	4.7
13th July 1977	5.1	30th September 1991	4.5
11th July 1978	4.4	4th May 1992	4.9
24th June 1979	4.7	26th July 1993	4.1

出典：Meteorological Department, Quetta

注)：マグニチュードは Richter スケールである。

マグニチュードを 7.5、震源までの距離を 50km、震源深さを 30km とすると地震係数は 0.44、またマグニチュードを 7.0 とすると地震係数は 0.11 と推定できる。上記地震記録は約 50 年間の資料であることから、今後 100 年間に起こり得る地震を対象とすれば地震係数は 0.44 程度を採用する必要があると考えるが、地下水涵養ダムは計画年数が 30 年であり、また常時は貯水池内が空虚であり地震による下流被害が通常の貯水ダムに比べ小さいことからこの値を軽減することは十分可能であると考えられる。

地下水涵養ダムの堤体安定検討に採用されている地震係数の例を以下に示す。

地下水涵養ダムの地震係数採用例

ダム名	ダムタイプ	基礎地盤	ダム高	地震係数
Brewary dam	Gravity dam	Limestone rock	33.0 m	0.45
Bostan dam	Earth dam	River deposits	16.0 m	0.20
Kach dam	Earth dam	Shale, sandstone	26.2 m	0.1-0.2

注) Kachダムにおける地震係数は同ダムがパキスタン国の地震地域区分のゾーン1に位置することからこれを推定した。

c) 液状化の検討

液状化の検討は経験的に以下の点に留意する必要がある。

- i) 液状化は飽和砂質土である場合に発生し易く、多少のシルト、粘土を含む土は比較的液状化し難い。
- ii) 液状化は比較的緩い地盤で発生し、標準貫入試験の N 値が $N \leq 2z$ (z: 深さで m 単位) の範囲で起こり易い。多くの場合、相対密度は 0.75~0.8 以下である。
- iii) 拘束力が大きいと液状化は起こり難く、15~20m 以下の地盤内では液状化の危険性は小さい。
- iv) 砂が均等係数 ($U < 5 \sim 10$) であれば液状化し易く、比較的粗粒砂であることが液状化の条件となる。(例： $0.074\text{mm} < D_{50} < 2.0\text{mm}$ 、または $0.2\text{mm} < D_{60} < 2.0\text{mm}$)

地下水涵養ダムにおいては貯留水は 1~2 カ月間程度で浸透し、基礎地盤の飽和時に地震が発生する可能性は比較的低いと考えられるが、既存 Khushab ダムまた Tirkha ダム (ピシン) に見られるように涵

養量機能の低下から年間3~6カ月間満水状態が維持されるダムについては基礎地盤の液状化に対する検討を行う必要がある。

d) 安定解析

既存のダムについてはその殆どが堤高15m以下の小規模ダムであることから、堤体の安定解析は行わず、概ね上流法面勾配1:2.0、下流1:3.0で計画されている。地下水涵養ダムは湛水期間も短く、また半透水性材料からなるダムが多いことから築堤時の間隙水圧の発生も小さく、通常貯水ダムに比べ安全性は高い。しかし堤高が15m以上、または貯水が数カ月に亘り継続するダムについては適切な内外力条件のもと、堤体の安定性を確認する必要がある。

滑り破壊の検討における解析方法は大別すると滑り面法と応力解析に分けられる。フィルダムの場合には原則的に円形滑り面法を用いる。但し滑動推定線が円形でない場合はウェッジ法等を用い、更に表層滑りについても検討する。別添の地下水涵養ダム整備方法に滑り破壊を検討するケースについての各種基準を示す。

5) Cut-off トレンチ

一部のダムにおいてCut-offトレンチを施工している例があるが殆どのダムではCut-offトレンチを計画しておらず、ルーズな河床砂礫層を掘削除去した後、盛土を行っている。地下水涵養ダムにおいては堤体基礎からの地下水涵養をも目的としていることから、Cut-offトレンチは施工しない方が地下水浸透に有効と考えられる。しかし通常のダムにおいては堤体基礎の層厚の50%深さまでCut-offトレンチを施工しても浸透量は25%程度低下する程度であることから、最大盛土荷重の作用するダム軸部分において十分な基礎の支持力を得る目的でこのCut-offトレンチを施工することが望まれる。

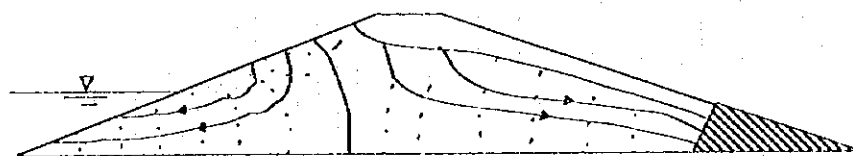
6) 斜面保護工

地下水涵養ダムでは斜面保護工として堤体上流及び下流面にリップラップ材（上流0.45m(1.5feet)、下流0.225m(0.75feet)）を施工している。中には下流法面を保護していないダムも見られ、転厚が不十分な場合には降雨による浸食が見られる。リップラップ材には30~50cmの石灰岩が多く用いられている。施工は非常によい。リップラップ下層はフィルター材を施工している。

7) ドレーン工

地下水涵養ダムにおいては貯水期間が比較的短期間（1降雨に対し2カ月間）であることから定常流が下流法面に浸出することは希である。しかし貯水池敷に細粒土が堆積し浸透効果を著しく阻害する場合においては、湛水期間の増大とともに堤体内の浸潤線が上昇することから堤体下流端にドレーンを設置し、上記浸透水を安全に排水する必要がある（Annex Iに堤体浸潤線の解析結果を示す）。

また水位急降下時においては堤体内のフローが上流法面に流出することとなる。これより、堤体上流法面勾配が急な場合等においては、上流面にもドレーンを施工する必要がある。



均一ダムの水位急降下直後のフローネット

(2) 洪水吐の設計

1) 設計洪水量の算定

既設地下水涵養ダムの設計洪水量は地下水涵養ダム整備計画 (Annex - M) に示す基準に沿って決定されており、確率洪水量は地下水涵養ダムの堆砂年に合わせ 30 年確率洪水量を採用している。

一方、ダムを 30 年間の供用後に撤去することは難しく、貯水池内の堆砂により洪水調節量 (貯留効果) の著しい低下が起こる。その結果洪水は洪水吐に流入することなく流速を持って堤体に接近流下し、堤体を越流する結果となる。

このことから設計洪水量は重力ダム、フィルダムともに 100 年確率洪水量を採用し、通常の洪水流に対し高い洪水吐流下能力が確保できるよう計画する。

2) 洪水吐の設計 (既設ダム)

既存の地下水涵養ダムにおいて、洪水吐は可能な限り堤体盛土と洪水吐部を完全に区分できる地形起伏を利用して計画されている。ダム計画地点のアバット部は多くの場合、岩が露頭することからこれを掘削 (発破も使用) し、必要断面を確保している。岩を基礎とする洪水吐は保護工は施工されていない。一方地山が急峻であり、掘削による洪水吐断面が確保できない場合は堤体盛土側にレンガによる擁壁を施工し、通水断面を確保する方法が採られている。

ダム計画地点が丘陵地に位置する場合においては、洪水吐は河床堆積物若しくは扇状地堆積物からなる地山を掘削し、水路保護工としてリップラップを全面に施工し、流水による侵食から水路面を保護する方法が採られている。更に洗掘の防止を目的としてリップラップ保護面に 20~30m (60~100feet) 間隔で布団巻保護による Cut-off (深さ 0.9m) が施工されている。

洪水吐流入部は殆どのダムにおいてシュート式が採用されている。地形的に越流幅が十分確保できない場合は側水路式流入工の採用が必要である。

洪水吐流入部は開削のみ行われており、堰構造物の設置はない。これから越流係数は 1.5~1.7 の範囲と推定される。一方既設ダム洪水吐の越流幅算定においては越流係数は約 1.89 (SI 単位系) で計算されており、所定の流量の流下に対し、越流水が計算値より高くなっていると推察する。洪水吐急流部は階段状に施工する場合と、斜面沿いに施工する場合があるが、土質基礎の場合容易に侵食されている。洪水吐下流の水路は建設されておらず、洪水流は堤体の下流法尻付近に流出する例が多い。

3) 堆砂による洪水吐の機能喪失

貯水池の堆砂は Murgi Kotal, Wali Dad, Kach ダムにおいて洪水吐標高にまで達し、これらのダムにおいては洪水が堤体を越流し、堤体の決壊被害にまで達している。堆砂は貯水池敷全面に均等に広がり、これに流入する洪水流は堆砂面上にミオ筋を形成し洪水吐を流下することなく堤体を越流したものと推察できる。

4) 洪水吐設計上の改良点

上記のことから洪水吐の計画上、以下の改良点が指摘できる。

- a) 設計洪水量の確率年を現行の 30 年から 100 年確率洪水量を採用することを提案する。
- b) 必要に応じ洪水吐流入部に堰を設け、流量係数の向上を図る。
- c) 貯水池容量に十分な洪水調節量を見込むことを検討する。
- d) 洪水吐水路を全面保護し、侵食を抑制する。

- e) 洪水吐下流に導水路を設け、洪水流が堤体下流に流入、湛水することを防止する。
- f) 洪水吐水路に勾配を設け水路内の堆砂を抑制する。この場合特に水路の侵食防止が必要となる。また洪水吐水路斜面も崩壊を防止することを目的とした斜面保護を計画する。
- g) 地形的制約がある場合には側水路式流入工を採用し、十分な越流幅を確保する。

(3) 地下水涵養施設の設計

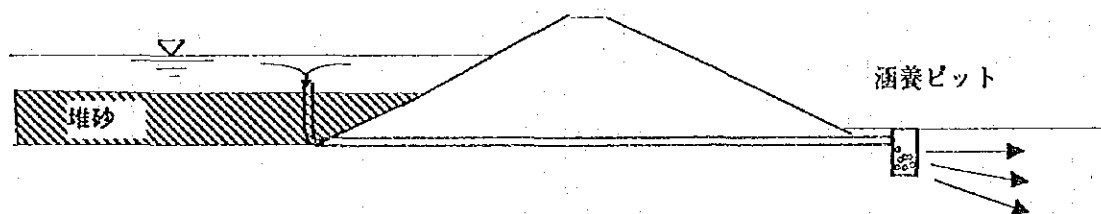
1) 貯水池敷からの涵養

地下水涵養ダムにおいては貯水池敷からの涵養を主目的としているが、これは地下水涵養能力を河床の透水性、また河床堆積物の層厚に期待するものであり、施設は全く必要としない。

2) 貯水池下流からの涵養

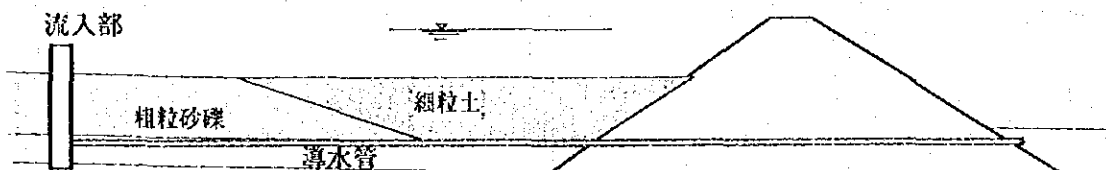
既存地下水涵養ダムにおいて堤敷に取水管を布設し、貯留水を堤体下流に導水し、下流に設けた涵養ピットから地下水涵養を行っている例がある。導水管流入部、導水管、及び涵養ピットの一般的諸元は以下の通りである。

- 導水管流入部 鋼管(φ 150mm)にストレーナーを施工し、土砂流入を抑制
- 導水管 鋼管(φ 150mm)
- 涵養ピット 3m×3m×3m (碎石を充填)



現行ダム放流施設 (呑口部にはストレーナーが設置され土砂流入を防止する。)

これに対し、呑口部を貯水池上流の粗粒土堆積部に設置し、呑口部の細粒土の堆砂による埋設を防止する方法も提案される。流入部は取水塔及び斜樋形式が選定される。



5.2 (3)に示す通り貯水池内の堆砂によりダム及び貯水池敷からの浸透は経年的に減少することは避けられない。このことから貯水池内に取水施設を設置し、ダム貯溜水を下流河川に放流し扇状地への地下浸透を促進させる方法を併せて計画する。地下水涵養は河床面からの浸透を原則とするが、現況河床勾配は一定ではなく、持続的かつ確実な地下水涵養を得るため、必要浸透面積を有する涵養池を建設し、涵養の促進を図る方が堆積細粒土の除去等の維持管理面で有利となる。涵養池面積は透水量係数等で示される扇状地の涵養可能量からこれを算定する。

5.4 地下水涵養ダムの施工

(1) 施工一般

盛土材料は堤体直上流、直下流の河床堆積物（砂礫）、または堤体アバット付近の地山風化土（粘性土）を用い、堤高15m程度のダムの施工は通常ブルドーザ3台程度で掘削押土により堤体部に集積し、これをローラー系締固め機械で転圧している。堤体上流及び下流面は30～50cmのリップラップ材を上流0.45m（1.5feet）、下流0.225m（0.75feet）で施工している。リップラップ材は農業用トラクターで採石地から運搬されるが、ダム地点近傍で採取困難な場合、運搬距離は20～30kmに及ぶ。

(2) 盛土管理の留意点

現状のダム築堤において密度管理が重要となる。以下に留意点を示す。

- 現場の自然含水比は最適含水比より殆どが乾燥側にあることから、締固め時において最適含水比（湿潤側）に含水比を調整する必要がある。
- 現行の盛土材料は砂質土、粘性土が3:2の割合に混合される計画であるが、ブルドーザで盛土地点まで押土され適切な混合が達成されない場合がある。このことから均一な盛土を行うためストックヤードを設け、十分な混合に留意する必要がある。特に堤体内に粘性土による水平の締固め層が発生すると透水係数の異方性が顕著となる。結果、堤体浸透水が堤体下流面に現れ、パイピング等の問題が発生し易い。
- 盛土材について常時乾燥密度（D 値）管理、若しくは相対密度管理を徹底し、盛土の均一化に留意する。盛土の施工基準については試験盛土を行い管理基準を明確にすると共に材料の変化する場合はその都度試験盛土、剪断強度試験を実施する。

(3) 堤体からの漏水処理

堤体からの漏水については盛土時において透水係数等の測定を行い、パイピング等の危険性が予想される場合、基礎が不透水性の場合及び地下水位が高い場合には適切なドレーンを施工する必要がある。ダムの高さが15m程度では下流法先ドレーンを、またダムの高さが25m程度までの場合は下流側堤敷の殆どをカバーする水平ドレーンを、更に25m以上の場合は立上りドレーンをダム中心部まで入れ、浸潤線の急激な低下を図る。ドレーンは十分な断面を確保し、透水係数の変動を考慮し、浸透量の10～100倍を見込む必要がある。ドレーンの透水係数が盛土に比べ大きいときはフィルターを設け、細粒分の流出を防ぐ必要がある。

また岩着部においては盛土との境界からの浸透を抑制するため、コンタクトクレイを5～10cm程度の厚さで施工する。

(4) 洪水吐及び取水施設の施工

洪水吐の施工にあたっては、洪水の越流幅を確実に確保し、流路断面は粗度を向上させるためスムーズに整形を行う。特に洪水吐水路が土質基礎からなる場合には、リップラップ等による保護を完全に行う。洪水吐下流に農地、家屋がある場合には、可能な限り下流水深に応じた跳水による減勢工を設置する。

取水施設として堤体基礎に鋼管を埋設する場合にはパイピングの原因とならないように cut-off を設置する。またコアトレンチを施工している場合においてはできるだけ基礎地盤に埋設し、盛土の偏圧荷重による鋼管の損傷を防止する必要がある。

5.5 地下水涵養ダムの維持管理計画

(1) 管理計画

地下水涵養ダムは通常の貯水ダムと異なり、短期において貯留水位の変動が起こり、また水位変動も大きい。このことに留意し漏水量、変形等の調査管理計画を策定する。

フィルダムにおいては盛土材料、また施工基準により変形、漏水量が大きく異なることが予想されることから管理面においてこれが反映されるように計画段階から留意する必要がある。特に漏水量については浸透の経路が判断し難いことから適切な観測施設を設置することも要望される。

堆砂状況、及び貯水池周辺地山状況については定期的に実施する。また洪水、地震発生時においては堤体の漏水、法面、亀裂、崩落等、また貯水池周辺地山、洪水吐の状況を即座に実施する。特にフィルダムにおいて堤体に発生したクラックによりパイピングが起き、数日後に決壊した例も見られることから洪水、地震発生後ある期間の観測が必要である。

(2) 涵養機能の維持管理計画

地下水涵養は貯水池敷からの涵養、及び取水施設による堤体下流での涵養に大別される。既に記述したように貯水池敷からの涵養は堆砂によりその機能が著しく損なわれることから、少なくとも細粒土砂の掘削除去（建設機械）が提案される。しかしこれには多額の費用が必要となることから、ダム管理主体が必要な予算を計上する必要がある。

堤体下流での涵養についても同様に涵養池及びトレンチ内の細粒土砂の除去、またはフィルター砂礫の交換が必要である。また細粒土のほか植物の繁茂も浸透能力を低下させることから常時除去が必要である。

5.6 地下水涵養ダムの関連施設計画

(1) 砂防計画

砂防施設の設置目的は基本的に下記のとおりである。

- － 流出土砂の貯留、調整
- － 河床勾配を緩和し、縦侵食の抑制
- － 河床を上昇させ、山脚を固定することによる山腹からの土砂生産を抑制
- － 河床土砂の流出抑止
- － 土石流の抑止、または抑制

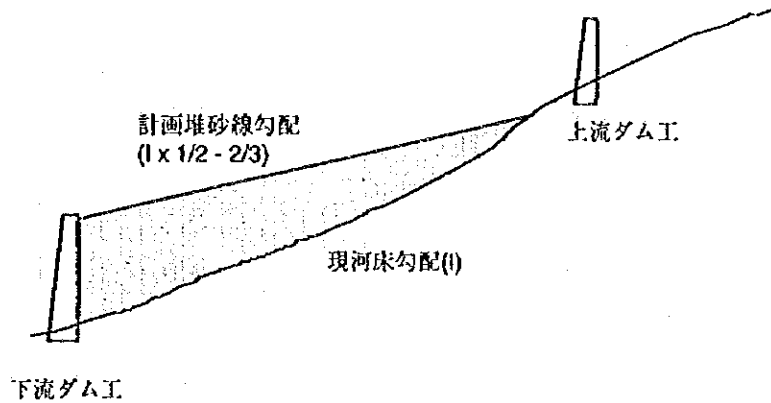
本調査地区内における流域の中には荒廃が進み、きわめて多量の土砂が流出するものがあり、地下水涵養ダムの機能を著しく損なうことが予想される。したがって、本計画では土砂生産量の減少と流出土砂の貯留、抑制を目的として砂防施設を計画する。なお、砂防施設として貯留施設を構築する場合には地下水涵養ダムと同様に水源涵養効果が期待される。

1) 計画堆砂量および設計洪水量

調査対象地区内における中小河川の河床勾配は概ね1/20より急な勾配となっており、砂防施設1箇所あたりにより貯留される土砂量はきわめて小さい。また、貯留量を大きくするため施設規模を大きくすることは不経済な結果となるものと考えられる。したがって、計画堆砂量は最大でも5～10年間の流出土砂を貯留できうる容量とすることが望ましい。なお、堆砂量の算定あたって計画堆砂勾配を推定する必要がある。計画勾配は原則として現況河床勾配の1/2～2/3とされているが、流出土砂の粒

径が小さい流域では1/2より緩やかになるので実績を考慮する必要がある。

本調査でおこなった計画ダムサイトにおける土砂の粒度試験によれば、90%粒径は各サイトとも概ね細砂以上であるため、1/2勾配として問題ないものと考えられる。

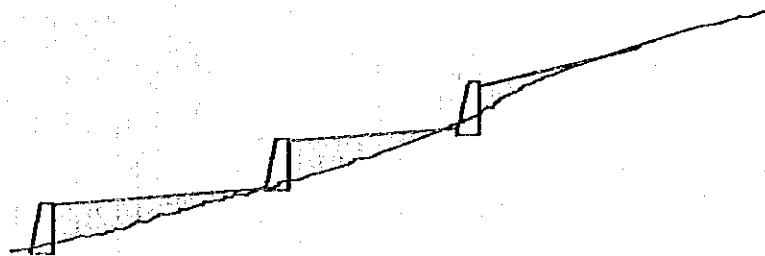


設計洪水量は一般的には100年確率洪水量とされているが、施設規模、重要性、経済性を考慮して30年確率洪水量に土砂混入を見込んだ量とし、土砂混入量は洪水量の15%程度と考えられる。なお、パロチスタン灌漑局では砂防堰、地下水涵養ダムの設計洪水量は30年確率としている。

2) 配置計画

砂防施設の配置は次の事項を考慮して決定する。

- 貯砂、調節を主目的とする場合には、谷幅が狭く、上流部が開いてポケットが大きく河床勾配が緩い地点とする。但し、アバット、河床が侵食を受け易い場合は河床の広い地点を選び、単位幅流量を減少させる配慮が必要である。
- 支流がある場合には、合流部下流地点、ただし、本流に比べ支流の荒廃が著しい場合には、支流を優先する。
- 河床を高め兩岸の崩壊を防止する必要がある場合には、崩壊地の下流地点とする。
- 地滑り防止の場合には、地滑り地帯の最下流地点より下流とする。
- 縦侵食が長い場合には、階段ダムを計画する。



複数砂防ダムの計画

3) 型式の選定

砂防施設の型式としては重力ダム、石積ダムまたはフトンカゴ構造が考えられるが、重力ダムは大きな地盤支持力が要求されること、建設費がかさむことからサイトが限定される。またフトンカゴにつ

いてはフレキシブル構造のため、基盤の侵食、沈下等が予想されるサイトに有効となる。ここでは締切高さに応じて次のとおりとする。

締切高さが3mまで	フトンカゴ構造
締切高さが3mを越える場合	コンクリートまたは石積構造

なお、この締切高さについては安定計算を行い検討する必要がある。

4) 施設計画

－ 砂防堰

調査対象地域内の砂防施設としてはふとん箆を利用した砂防堰が一般的であり、その規模も高さ2m程度といった小規模（堰高2m、天端幅1～2m、上流面直立、下流面1:1勾配）のものが多い。なお、上流面の形状は、堆砂重量を有効利用し堰体の安定性を高めるため階段形状とすることが考えられる。また、洗掘防止のため上下流とも最低1mの止水壁を設け、堰底面には吸出防止材を布設することが望ましい。

－ 砂防ダム

施設規模は小さいが原則として地下水涵養ダムに準じた設計を行う必要がある。

(2) 急傾斜地崩壊防止施設

洪水等による侵食により崩壊が進んだ斜面においては、地表水排除工、斜面切土工、法面保護工（植生、構造物による）、石張工、コンクリート擁壁工を実施し、地下水涵養ダムへの土砂流入を抑制することが重要である。これらの施設は貯水位の変動や地下水位上昇による斜面崩壊を防止するため、貯水池湛水域においても設置することが望ましい。

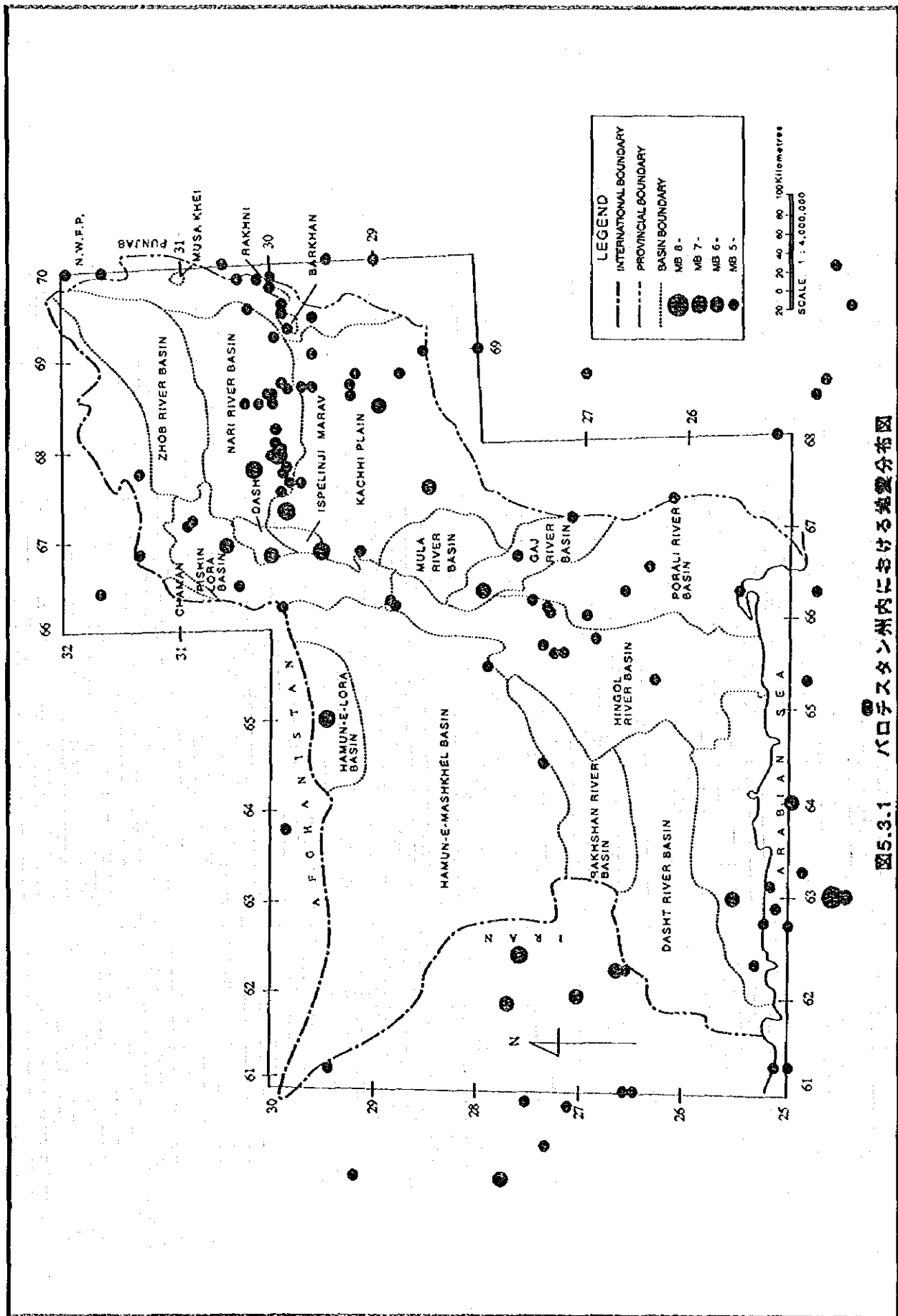
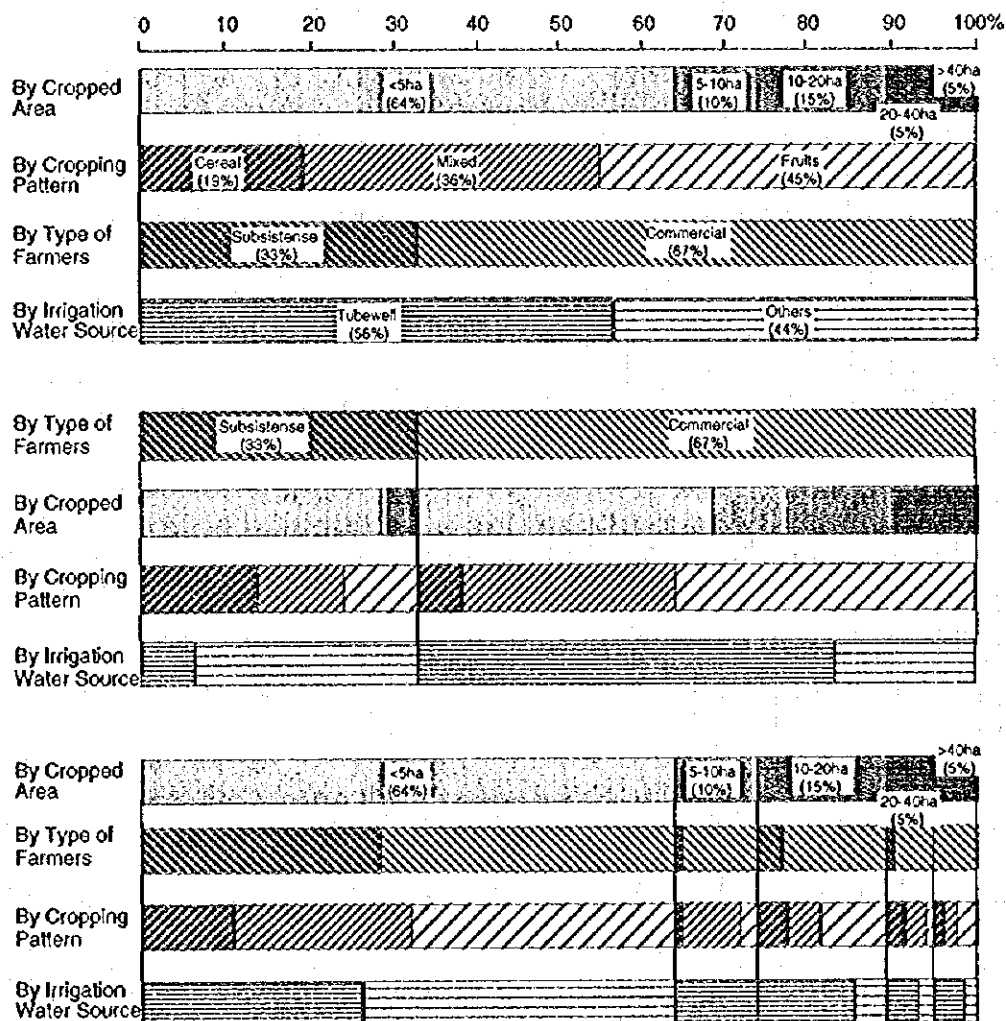


図5.3.1 パロチスタン州内における地震分布図

第6章 開発構想

6.1 調査対象地域内農家の特徴

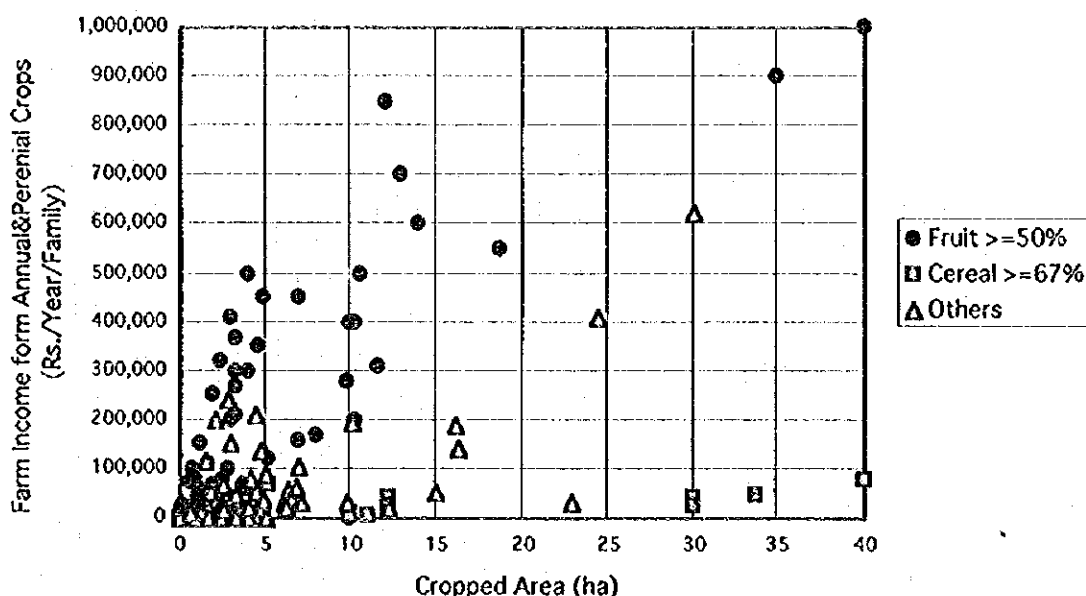
調査対象地域内農家の営農意欲は、概して相当に高い。その一方で、農家間の所得格差が大きいのも特徴となっている。本件調査で実施した再委託農家調査（1期、2期合計）の中で、有効回答を得た131戸についてまとめた農家経済調査結果によれば、全体の作付けとしては、大きく3パターンに分けられる。すなわち、穀物中心型（67%以上の耕作地で穀物栽培）、果樹中心型（50%以上の耕作地で果樹栽培）、穀物・野菜栽培型（上記の中間）である。全体に見れば、穀物中心型は少なく（19%）、果樹中心型がきわだって多い（45%）。灌漑水源としては約60%がチューブウェルとなっており、その他もカレーズ、泉が多くを占める。



次頁の図は、農家規模とその農家所得を作付けタイプ別に示したものである。これによれば、3つの作付けタイプの農家は各農家規模に比較的広く分布しているが、それぞれ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。これらのこと、および近年、果樹栽培面積が急増した事実を考えあわせると、営農改善の経緯として、穀物栽培集中型であった農家が野菜栽培を導入するにつれて農業所得を向上

させ、さらに果樹栽培を積極的に取り入れていって農業所得を拡大していった歴史が読みとれる。

Farm Income-Cropped Area (Phase I&II)



調査対象地域内の農業は、出荷を目指す商業農家と、自家及び親族の食糧自給を主目的にした自給農家が並存している。農業所得 25,000 ルピー/年（戸あたり年最低必要支出額相当）を目安として、自給農家と商業農家に分類した結果、前者は全体調査戸数の約 33%、後者は約 67%となった。自給農家の内容を見ると当然のように農家規模は小さく、自給農家の 86%は 5ha 未満の農家となっている。また、かれらの営農形態も井戸の依存率は低く（約 19%）、穀物の栽培が重きを占めている。

一方、商業農家は、相対的に農家規模も大きく、果樹栽培により高い比重が認められる。それに関連して、灌漑はより重要性を増し、しかも、井戸灌漑が大勢をしめる。本件開発の目的は、地下水涵養ダムの事業推進を通じて井戸揚水などの地下水利用の安定化を図るものであるが、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家が主対象ということになる。本件の開発手段からいって、商業農家が主対象であるとすれば、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、農家規模別にみれば、5ha 未満規模の農家であっても積極的に果樹栽培を導入（約 50%）していることがわかる。また、それらの栽培には灌漑が不可欠で、それも井戸によっていることも明確となっている。本件開発の目的は、地下水涵養ダムによる井戸揚水などの地下水利用の安定化であるが、前図によれば本件計画によって裨益する井戸利水の相当部分は、5ha 未満規模の農家所有井戸であることがわかる。このことから、本件計画が決して大規模農家に集中した効果を狙うものではなく、小規模農家も大規模農家以上に裨益することを示している。

6.2 調査対象地域の開発制約条件

本件調査対象地域の最大の開発制約要因は「水」である。調査対象地域では、限られた水資源の下で、水需要の増大に対応できず水利用構造そのものの崩壊が現実の問題として危惧される。

本件調査対象地域では、水需要の90%以上（このうち農業用水利用は、その94%に及ぶ）が地下水に依存している。しかし、これらの水利用は、本来あるべき自然地下水涵養量をはるかに超えており、調査対象地域のほぼ全域にわたって地下水低下をまねくなど、地下水の持続的利用が近い将来に阻害される明らかな兆候が現れている。現在、地下水利用量は自然涵養量を超えているが、さらにこの差は増大する傾向にある。この緊急事態にあたって、早急にとるべき対策の方向は二つしかない。その一つは、人工的な地下水涵養の促進であり、いま一つは地下水利用効率の向上である。本件の地下水涵養ダム計画は、前者の中の最も効果的かつ広範な対策と考えられる。

本件調査対象地域には、この「水」の制約という圧倒的な自然面での開発阻害要因に加えて、幾つかの社会的、農業的な制約要因が認められる。それらは、直接的に開発の障害となるものや、水の制約要因を解消する上で間接的に障害となるものに分かれる。これらを集約すれば以下の通りである。

1) 乏しい水資源

調査対象地域の年間降水量は少なく、かつ年変動が大きい。近年特に井戸水による灌漑面積が増加しており、それに伴って地下水位の低下が著しく、持続的な農業の実施が危ぶまれている。農家に対する科学的な情報や指導が不十分なこともあって、灌漑地域では灌漑水が必要以上に使われている例も多くみられる。電気の供給も不安定で、なおかつ電気代が使用量に関わらず一定であることも過剰灌水の一因と思われる。また、人口増加率が高く、既に逼迫している水資源が将来さらに飲料水の確保にも支障がでる可能性が非常に高い。

2) 不十分な農業生産資材の投入

現状では、主要農作物の種子や果樹の苗木の供給は不十分であり、施肥量は全般的に少ない。それぞれは必要な時期に適切に供給されておらず、特にアクセスの悪い遠隔地域でこの傾向が著しい。また、農業機械の使用は増加傾向にあるが、機種が土壌等の自然条件に適合していなかったり、機械の運転や保守点検面での問題も見られる。

3) 農業支援組織の不備

農業普及では、普及員の絶対数が不足しており、普及員のレベルアップのためのトレーニングも不十分である。また、普及活動のための車両・バイクも不足しており、適切な普及活動の実施を妨げている。農業研究の面では研究機関が州全体でも一カ所しかなく、それさえも人員や資金面で問題を抱えている。さらに研究と普及との連携も十分に取られていない。この農業普及の遅れは、灌漑実施面での節水手法の導入の遅れなどにも影響を及ぼしている。

4) 農民組織設立の遅れ

農業共同組合などの農民組織は数の上では相当数みられるが、参加農家数は十分といえず、出資金額や運営資金も限られている。灌漑施設の維持管理にかかわる水利組合は、近年、法に基づく近代的な形態が指導されてきているが、依然として前近代的な部族慣習に基づくものが多い。

5) 低い農業信用制度の利用

農家及び農民組合が利用可能な幾つかの農業金融は存在するが、適用面、利率等において必ずしも十分なものとはいえない。また、借金行為そのものを厭う独特な伝統的観念も影響して、農業金融の利用率は低い。

6) 土地所有の不均衡

大規模農家は数の上では希少であるが、全体農地面積で見ればその4割以上を占めており土地所

有面で均衡を欠いている。小作農家も全体の2割弱存在するが、部族的な家族主義が良い面にも作用し生活に窮することはない。しかし、富の公平配分とは言いがたく、発展の可能性が閉ざされた境遇とみてよい。

7) 流通機構の前近代性

貯蔵を必要とする農産物、特に果樹の流通経路は、貯蔵施設の不足もあって、他州間を往復するなど非常に無駄が多い。また、様々な契約栽培業者が流通過程の多くに介在しており、農家経営を圧迫していたり、農産物価格の不適切な高騰を招いたりしている。

8) 部族社会習慣の弊害

いまだに伝統的な部族社会の慣習が色濃く残っており、一部の支配的階層の人々が大きな権力を持っている。また、それぞれの部族間で激しい対立抗争を見ることもあり、協力意識の形成が難しい。

9) 識字率の極端な低さ

教育環境が劣悪であり、特に地方では識字率が非常に低く、これを改善するにはまだまだ相当の努力と時間が必要である。教育水準の低さ（特に女性の識字率の低さ）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っている。

10) 女性地位の低さ

女性の社会的地位は非常に低く、その置かれている社会環境はきわめて劣悪である。現実には女性が生活の多くの部分を支えているにもかかわらず、その働きを正当に評価されていない。

11) 社会インフラ整備の遅れ

地方における人口密度が低いこともあり、地方における道路、給水施設、公共サービス施設などの社会資本の整備が遅れている。これらは直接、住民生活の不便に反映されているとともに、間接的に農業生産性の低迷などの要因ともなっている。

さらに、行政組織の相互関連の希薄さも開発制約要因の一つと考えられる。現在、それらを改善すべく関係当局の努力が見られるが（灌漑局においても、1997年7月より公団形態への移行が決定している）、万全とはいえない状況である。

6.3 地域開発構想

地域開発の基本理念としては、本地域を生活、生産、憩息の場として、その開発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。

本件地下水涵養ダムが生活環境改善に寄与する面としては、生活用水供給があげられる。地下水涵養ダムによって地下水涵養を促進し、地下水を水源とする生活用水利用の向上に貢献する。さらに、量的な面のみならず、地下水の循環を促進することで水質面の改善も期待できる。本件事業が生産環境改善に寄与する面としては、灌漑用水供給事情の改善によって農業生産の向上が期待できるとともに、牧畜飲料水の増大によって畜産生産環境の改善にも寄与する。これらと並行して農民組織強化、農業普及活動促進がすすめば、さらに大きな農業生産の向上が達成される。また、地下水涵養ダムの建設により、ダム貯水池周辺に水辺環境が創設されることで、憩息の場が新たに形成されることになる。

さらに、流域保全を実施することで、間接的に、生活、生産、憩いの場の形成に寄与することが考えられる。これらの開発理念を踏まえて、計画作成にあたっては以下のような点について、できるだけ配慮することとする。

- 1) 地下水の無秩序、無制限な利用の規制と、水の有効利用を推進するよう提言する。
- 2) 近代的な社会構造を前提とした計画構想を直ちに持ち込むのは困難であり、伝統的な部族社会の慣習を無視した開発計画は策定しない。
- 3) 現況の教育水準をふまえて、農家が受入れ可能な開発計画を策定する。
- 4) 複雑高度な維持管理業務を農家に課することのないように配慮する。
- 5) 女性の労働が実質的に過酷さを増すような計画策定を行わない。
- 6) 受益者が計画事業を自分達のものとして充分認識できるよう、可能な限り受益者の事業参加を推進する。
- 7) 他の関連社会資本の整備の促進について必要な提言を行う。
- 8) 過酷な自然条件に融和したハード面での開発計画樹立、社会的な特性を踏まえたソフト面の提案に加えて、無駄の無い効果的な行政のシステムが強く求められている。特に、早急な対策が必要な水管理面の行政システムを中心に、適切な提案を行う。

6.4 農業開発構想

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。本件の計画地下水涵養ダムは、新規農業開発面積増を可能にするわけではないが、既存灌漑地区における灌漑実施の持続可能性を向上するために、大いに効果的である。この場合でも、限られた水資源をより有効に使うため、農業技術普及促進、農民組織強化、農業信用の組織及び利用性向上とともに、作付体系の改善などが提案される。ここでは個々の計画ダム地区の農業開発計画の策定に先立ち、調査対象地域全体のグローバルな農業面の開発構想を述べる。

水以外の制約要因を考慮せずに、用水量が現況に比べて増加しないという条件のみで、収益性を指標とした作付け体系の改良を追求すれば、「可能な限りの果樹作付け率の向上がより有利」となる。農家調査においても、各農家規模とも穀物栽培に偏っている農家が最低の農家所得層をなし、野菜等の作付け比率が高まるにつれて次第に農家所得は向上している。さらに、果樹栽培の導入が進んでいる農家は全体の中で最高の農家所得グループを形成している。したがって、作付け体系改善の大きな方向としては、許す限り穀物単作→野菜栽培面積拡大→果樹栽培導入の移行へと指導することが提案される。しかし、果樹栽培を拡大すればするほど収益向上が期待されるものの、極端な例として、果樹の単作は決して健全な営農形態といえないし、現実的でない場合が多い。個々の農家の作付け体系決定にあたっては作物要水量、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、さらに農家の意向等も考慮に入れなければならない。これらの中で計量可能な要因を考慮して最も有利と思われる作付け体系を検討した。その結果は以下の通りである。

計画作付体系

作物	Quetta	Pishin	Kalat
果樹	40 - 50 % (42%)	25 - 35 % (23%)	10 - 20 % (11%)
野菜	20 - 30 % (25%)	20 - 30 % (21%)	30 - 40 % (27%)
穀物	20 - 30 % (29%)	35 - 45 % (54%)	35 - 45 % (52%)
飼料	5 - 10 % (4%)	5 - 10 % (2%)	10 - 15 % (10%)

上表の Pishin は Pishin + Qila Abdullah、Kalat は Mastung + Kalat

上表の () は、現況の平均作付け率

これに対して、現在の果樹作付け率は、クエッタ、ピシン、マストゥングでそれぞれ42%、23%、11%となっており、クエッタではほぼ最適に近い農業形態であることがわかる。

それに加えて、農業技術のレベルアップが重要である。農家調査結果において、各農家所得のパラッキが大きいのも顕著な特徴となっている。果樹栽培を積極的に導入しているが、その栽培技術、施肥量などによって農家所得に大きな開きが出ているとみてよい。これらの点から栽培技術の向上をはかる農業技術普及、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。これは野菜栽培農家にもいえることで、栽培技術の普及は改善の余地が大きい。もともとパキスタンでは一部の例外を除いて、農産物品質と価格とが必ずしも結びついておらず、高品質イコール高価格とはなっていない。この概念が定着するにつれて、農業技術の向上によって単収の増加とともに品質の改善も達成されるので、営農技術普及の効果をさらに高いものとするのが期待される。

規模の大きな農家については、作付け作物の違いによる農家所得の開きはさらに大きなものになっている。このような規模の大きな農家の場合は、水利用可能性の限界など、解消不可能な制約条件によってそれに落ちついている場合が多く、一概に作付け体系改変を提案するわけにはいかない。しかし、平均的な単収はかなり低く、農業技術普及の余地は高い。

家畜生産も忘れてはならない重要な農業セクター産業である。対象地域内の畜産振興も考慮して、飼料作物の導入を考えなければならない。その状況によっては、耕作地としては利用されていない土地が放牧に利用され、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のおそれもある。現状では、穀物の藁、果樹園における間作（インタークロープ）として飼料作物を栽培している他、平均作付け率7%程度の飼料作物を栽培している。現況調査における飼料収支検討では約50%が自然植生に依存していることが明らかにされており、現状牧畜頭数が維持されるとすれば自然植生のさらなる衰退が懸念される。

パキスタン国開発5カ年計画を踏まえたバロチスタン州開発計画では、畜産生産性が低いとして家畜個体体重の向上、ミルク及び羊毛生産性の効率化を図り、畜産技術普及を進めて、特に山羊・羊の頭数の維持あるいは減少を目指している。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を提案する。

3.7.4節で述べたように、既存の農業協同組合は農業生産発展のためには不十分なものである。なぜならば、全農家の一部分しか組合に加入しておらず、また多くの組合が財政的及び人材的な不足に悩まされているからである。加えて、部族長と少数幹部によって支配されている地域社会の伝統的な構造は組合活動に適切であるとは言いがたい。さらにまた農産物、特に果実の流通市場においてはコントラクターやミドルマンが大きな決定権をもっているなどの問題もある。

農業協同組合を強化するためには、各組合はその地域のほとんど全ての農家が加入するように拡大されなければならない。また各単位組合の力を結集するために、ディストリクトまたはディビジョン規模で農協組合連合を組織する必要がある。州政府は新規組合または改良された組合への全ての農家の加入と、連合組合の創立を推進するべきである。活動的で協力的な農協は地域農家の社会経済的な立場を強化するはずである。

主としてカレーズの維持管理のための伝統的な灌漑組合は、揚水機の普及などに伴って近年では弱体化している。しかし、大部分の揚水機は個人所有であり、地下水の利用に係わる水利組合はほとんど設立されていない。調査対象地域では、地下水位の低下を防止するために、地下水涵養ダムの建設と併せて、新規揚水機の設置を一層厳しく規制し、また圃場における地下水の合理的な灌漑利用を指導していく必要がある。そうでないと、いくら地下水涵養ダムを建設しても過剰揚水のために地下水位の上昇はなかなか実現しないであろう。これらの対策を達成するためには、まず農民自身が地下水水源の危機的状況を認識し、現在の不適切な灌漑農業の改善を図る行動を起こすことが肝要である。このため、州政府は地域ごとに地下水の計画的な利用を目的とする近代的な水利組合が設立されるよう灌漑農家を指導する必要がある。

6.5 灌漑・排水計画構想

計画対象地区では、灌漑地区のほぼ全域で地表灌漑方法が普及している。地表灌漑法は灌漑効率が低く(0.4~0.5)、計画対象地区をはじめとして広域にわたって過剰揚水を招いている。これらの状況に鑑み、農業関連部局を中心に、ドリップ灌漑方法などの近代的な節水灌漑方法の導入が検討されている。

ドリップ灌漑方法を導入した場合、揚水電力量は揚水量の減少にしたがって確実に節約できる。しかし、現況の地表灌漑法の水量損失の多くは、地下水涵養となりうる地下浸透量であり、節水灌漑方法が普及されたとしても、灌漑効率の差そのものの地下水利用量減となるわけではない。地下浸透して地下水涵養となる水量損失分も、揚水帯水層と異なる表層に涵養されているのであれば、その地下水涵養を単純な還元水とは考えられず、ドリップ灌漑方法などの近代的な節水灌漑方法の導入が有利と考えられるが、施設コストも考えればあらゆる地区において経済性が高いとは言いがたい。

結論としては、難透水性土地帯でウォ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。通常の地区においては、特に電気使用量の節約が求められる場合、水管理上の水量損失が見られる場合、地下水低下が著しく揚水に支障がある場合などでは、ドリップ灌漑方法の導入などが必要と考えられる。しかし、現在、試験的にドリップ灌漑施設が導入されている農家でも、現実には有効に利用されていない例もある。それらは農家の理解が浅いことが大きな原因とみられる。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、農家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と考えられる。

地下水涵養ダム計画にかかわる灌漑面について、上記以外の特段の改善計画点は見あたらない。ただし、現況で多く見られる井戸に併設された調整池の利用は、さらにその活用、普及が今後も勧められる。これらは、土壘式が一般的であり、灌漑支配面積に対して一晩給水程度の貯水容量を有する。これらは、夜間の灌漑用水供給用や、頻発する停電対策ばかりか、生活用水供給の一部施設として利用されており、その機能は十分に効果的と判断される。

排水に関しては、常時地表排水、洪水時排水、及び塩害対策等としての地下水排水が対象となる。計画対象地区では一部に過剰灌漑が認められるが、これは水管理上の問題であるとともに、その程度も

軽微であることから、小排水路などの常時排水のための排水施設の必要性は低い。しかし、洪水時には、5年確率規模で時間降雨強度20.9mm/hr程度の強雨が発生し、52lit/sec/ha程度の排水が予想される。これについては、災害発生危険地区において排水事情の悪いところは、支線排水路の設置が望ましい。

一般的に、地下水位が高い場合には、灌漑の実施によって塩害、ウォーターロギングの発生を助長し易く、地下水排水が必要となる。しかし、計画対象地区においては、揚水に支障がでるほどに地下水位が低くそれらの心配はない。現実にも、灌漑の実施による塩害の発生は見られず、地下水排水の必要はない。

6.6 地下水利用計画

6.6.1 地下水涵養ダム開発方針

調査対象地域全体にわたる地下水利用は、顕著な揚水過多に陥っており、危機的な状況にあるといえる。地下水涵養ダムは、適切な位置に適切な計画を行えば、地下水資源の増加に効果的な対策と判断され、今後積極的に推進されるべきである。

地下水涵養ダムの水利用方針としては、基本的に新たな灌漑対象農地の拡大は考えない。激しい地下水低下の現状を見れば、現在の灌漑農地面積でさえ見かけ上のもので、現状の自然涵養機構における実際の安定的な持続可能灌漑面積は、それより少ないものであるといえることができる。現状の灌漑農地面積を持続可能とするためには、大規模な水源開発を必要とするし、地下水流域によっては降水を全資源量と考えた水収支上、それすら不可能な場合もある。

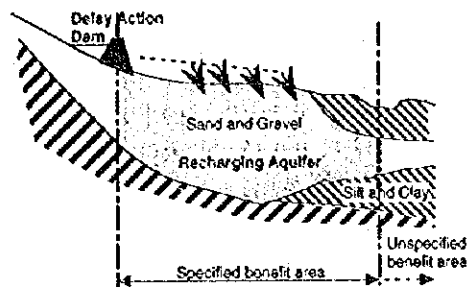
地下水涵養ダムは涵養に効果的であるとはいえ、個々の地下水涵養ダムの効果は、地下水盆レベルで考えれば限られたものであることも認識しなければならない。地下水涵養ダムによる増加水源量は、実際の持続可能灌漑面積を、現況の見かけ上の灌漑農地面積により近づけるものとして貢献すべきである。

地下水涵養ダムの効果は、地下水の連続性からみても、限定された受益地区に限った対策というよりは、関連する地下水盆全体にも及ぶ処置といった性格が強い。確かに、地下水涵養ダムにより近い受益地はより利水に有利であり便益の算定にあたっては区別する事が妥当であるが、さらに広域的に広がる事業効果も忘れてはならない。

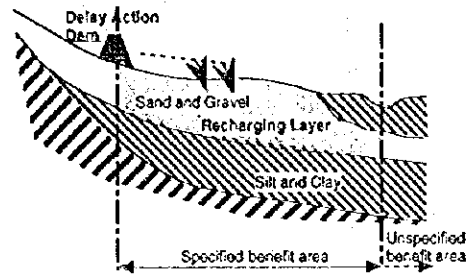
開発計画としては、単にダム建設のみに終わるのではなく、その対象地区の地域的特性に応じて、所期の地下水涵養ダム計画の機能が持続的に発揮されるよう、必要な関連コンポーネント整備も同時実施としたパッケージ・プログラムとする。同パッケージにおける関連コンポーネントとしては、ダム建設の他に、流域保全、灌漑改善、洪水防衛、地下水規制及び農業構造整備等とする。これらは、地下水涵養ダム機能維持のために有機的な関連において必要不可欠であるとともに、それぞれが図6.7.1に示すように、バロチスタン州政府開発計画における水関連整備重点項目に位置づけられている。

6.6.2 地下水涵養機構から見たダムサイト分類

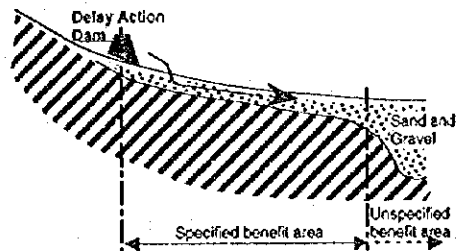
地下水涵養ダムの涵養機構は、対象とするダムサイト及びその下流域の帯水層形状によって規定される。また、ダムからの涵養方法も、帯水層特性に配慮したものでなければ、効果的な涵養は期待できない。第4章で述べたように、計画ダムサイトはそれぞれ異なった帯水層形態をもち、地下水の利用形式、利用可能性も大いに異なる。それらの帯水層形状は次図に示すように大きくは3つのパターンに分類される。



Type I : to recharge to an aquifer for tube-well use



Type II : to recharge to an layer for shallow-well and kareaze use



Type III : to infiltrate to an layer for kareaze use

タイプIは下流側に厚い不圧帯水層が広がり、深井戸揚水に適しており、計画ダムサイトでは、Brewary、Wali Dad、Dara、Murugi Kotal、Mangi、KadKochaがこれに属する。タイプIIは帯水層は薄く、浅井戸、カレーズによる水利用形態をとるもので、計画ダムサイトとしては、Sakhol、Samaki、Ghutai Shelaがこれにあたる。タイプIIIは、下流は非常に浅い基岩、あるいは河床で、カレーズのみ利水可能である。これは、Kach、Jigda、Sanzali、Ghazlona、Iskalkooがこれに分類される。

タイプIは、既存の深井戸揚水利用性向上に寄与するものであり、タイプIIは、浅井戸、カレーズの利用性回復が目標となる。タイプIIIは、伏流水集水カレーズに近いものが下流側に存在しており、特定受益としてはこのカレーズ利用回復、向上を目指す。また更にその下流に大きく広がる帯水層に対しては、不特定の涵養効果を及ぼすものと考えることができる。

パロチスタン州政府の地下水涵養ダムサイト選定の基本は、まずダムサイトとして適当な地形条件にあるかを最優先してサイト選定を行っている。その後、涵養効果が検討されるが、仮に涵養面で最適なサイトではないとしても、涵養可能性があればサイトとして合格ということになる。もし、涵養面で可能性が低くても、表流水の流去遅れ効果に力点をおいて妥当と結論づけている例が多い。本件調査における計画サイトは、パロチスタン州政府で作成されたPC-Iにおいて、位置が決定されている。本件計画では、微細なダム軸検討は行わぬが、基本的に大幅なサイト変更は行わない。

6.6.3 地下水涵養可能量

計画地下水涵養ダムからの地下水涵養は、貯水敷および堤体の一部から涵養される貯水敷涵養と、下流放流施設から放水して透水性の高い下流河道部等を流下しつつ涵養をおこなう流下涵養とに分類される。それぞれの涵養量は、地下帯水層の地質特性、貯水池規模などのダム施設内容、降雨発生事情などの水文特性、貯水状態などによって定まる。これらの要因を考慮してより現実に近い涵養量を推定するためには、まず、それぞれの状況をモデル化して、ダム・オペレーション計算を行い貯水状態を追跡して涵養水水源量を知ることが必要である。本件調査ではダム・オペレーション計算を通じて、

地下水涵養ダムに貯留されたその涵養水水源量から、さらに地質特性等および涵養メカニズムに配慮して、地下水涵養量を推定した。

ダム・オペレーション計算は、流域からの流出量を貯水池へのインプットとし、貯水面からの蒸発、貯水数涵養、及び流下涵養のための下流放流量をアウトプットとして月単位で貯水量を追跡した。貯水池が満水の場合は流域からの流出量は無効放流量となり、地下水涵養に寄与しない。また、貯水池が空の場合は、貯水面蒸発量、涵養量は発生しない。流出量は流域面積、月雨量に冬期は8%、夏期は15%の変動流出率を乗じて推定した。貯水面蒸発量は、貯水面積に蒸発能（ペンマン法で推定したETO値を利用）を乗じて算出した。地下水涵養量は、貯水池水位に対応づけて、貯水数涵養、流下涵養ごとに推定した（詳細はAnnex Cに記載）。

貯水数涵養は、浸透流モデル解析結果（Annex Iに添付）を参考に、ダム基礎部透水層の特性（厚さ、幅、透水性）、貯水位から推定した。この場合、貯水池に堆砂が進むことで涵養量が経年的に減少することも、浸透流モデル解析結果を利用して、30年後に堆砂容量が埋没するよう想定して考慮している。

流下涵養は、ダム堤体下流に設置する底樋パイプ等より放流され、河道などに沿って下流域に放散されて涵養される（本件計画では、この涵養が効果的に行われるため下流側に涵養池を設けることとする）。流下涵養量の限界値は、想定浸透水放散範囲面積と同域の透水性によって推定される。下流放流底樋パイプ容量は、貯水池満水位水頭でこの限界量が放流されるよう計画され、実際の下流涵養量は、貯水残量、貯水池水位によって刻々変化する。

このような考え方に基づいて、1966年から1995年までの30年間について涵養量計算を実施した。その場合の水理諸元は、表6.6.1に示す通りである。また、各計画ダムの年平均涵養予想量は、下表のように得られた。

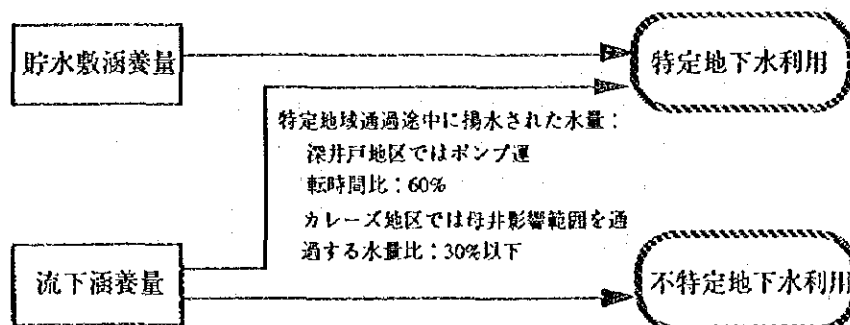
各計画ダムの年平均涵養予想量				(1,000m ³ /年)	
ダム名	涵養量	ダム名	涵養量	ダム名	涵養量
1 Brewery	510.2	8 Sanzali	213.3		
2 Ghutai Shela	31.4	9-1 Ghazlona	140.7		
3 Wali Dad	137.9	9-2 Samaki	57.8		
4 Dara	389.5	10 Sakhhol	206.1		
5 Murgi Kotal	394.9	11 Mangi	1,091.3		
6 Kach	1,147.0	12 Kad Kocha II	508.9		
7 Hgda	528.0	13 Iskalkoo	109.3		

6.6.4 地下水利用計画

地下水涵養ダムによる涵養水の利用形態は、ダム直下流に位置しており明らかに有利に揚水できる特定受益地に対する特定利水と、特定な受益範囲は限定できないが地下水盆内での広域的な涵養にはなる不特定利水に大別される。特定利水可能量としては、上記の流下涵養水量の中の、直接的に下流特定受益地で利水可能とみられる水量比率分とする。不特定利水量としては、流下涵養量の中で特定利水される分を差し引いた残量とする。

流下涵養量を特定利水分と不特定利水分に分割する配分比の設定は、様々な要因が関与する難しい問題であるが、ここでは単純化して考えることにする。地下水涵養水は、特定受益範囲に向かって流動

するものと、それ以外に流去するものにわかれるであろう。特定利水分は、この特定受益範囲を通過する涵養水で、その通過途中に深井戸等で揚水された水量である。特定受益範囲外に向かったものと、特定受益範囲内を通過しても揚水され得なかったものは不特定利水分とみることができる。特定受益範囲を通過し、揚水可能な涵養水であっても、井戸ポンプを作動しなければ下流域に流れ去ってしまう。この場合、ポンプの作動時間比率をその利用率とよみかえることが可能であろう。さらに、カレーズ利用が中心の地区では、地下水涵養水がカレーズ母井影響範囲を通過する比率ととることができる。それらは以下のように整理することができる。



このような考え方に基づいて、各計画地下水涵養ダムのそれぞれの特定利水可能量、不特定利水可能量は下表のように算出された。

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 Dad	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 Kotai	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

6.7 地下水涵養ダムの関連整備コンポーネント

開発計画としては、単にダム建設のみに終わるのではなく、その対象地区の地域的特性に応じて、所期の地下水涵養ダム計画の機能が持続的に発揮されるよう、必要な関連コンポーネント整備も同時実施としたパッケージ・プログラムとする。同パッケージにおける関連コンポーネントとしては、ダム建設の他に、流域保全、灌漑改善、洪水防御、地下水規制及び農業構造整備等とする。これらは、地下水涵養ダム機能維持のために有機的な関連において必要不可欠であるとともに、それぞれが図6.7.1に示すように、パロチスタン州政府開発計画における水関連整備重点項目に位置づけられている。

流域保全は、地下水涵養との関わりからいっても、本件調査対象地域において最も注目すべきコンポーネントである。流域内における、伐採、放牧などの人為的な関与は、流域の荒廃をまねく最大の原因の一つでもある。基本的には、すべての流域に対する人為的なかかわりを規制することが抜本的な流域保全につながると考えられる。これらの成否は全面的に実際そこにかかわる人々の活動の如何

にかかっており、その意味からも流域保全の実施にあたっては住民参加型アプローチが効果的である。本件の事業実施においては、住民参加型アプローチを採用しつつ流域保全を進めている別途のプログラム（例えば FAO の Watershed Planning & Management Project, Inter-Regional Participatory Upland Conservation and Development Project 等）との協調を考えていく。流域保全コンポーネントとしては、計画対象地下水涵養ダム流域に限定し、地下水涵養に寄与する範囲、自然環境保全に必要と考えられる内容、及び貯水池内堆砂を減少させるなどダムそのものの効果を持続させるための対策などに限るものとする。具体的は実施施設としては、流域一部での植生改善、チェックダムの設置などである。

本件計画対象地区における灌漑面での制約要因は、水源の確保の問題につきる。したがって、水源の確保にかかわる以外は概ね現況の灌漑システムを踏襲することが可能であり、灌漑改善コンポーネントとしても、地下水涵養ダムに関連して水源の確保の上で重要な点に限られる。まず、チューブウェルで灌漑されている地区についてはそれらの既存システムを踏襲する。また、新たな井戸掘削は提案しない。枯渇した井戸に関しては、従前の揚水能力に限定して、深削改修を認める。カレーズに関しては、現在枯れておらず、計画地下水涵養ダムによって将来も利用可能なものは改修・クリーニングなどの措置を本件計画の一貫として実施する。

地下水涵養ダムは、洪水被害軽減に対しても大いに効果がある。ただし、計画地区によってはダムの洪水吐放流先によっては、新たな洪水被害の発生が考えられたり、計画ダム下流域で隣接流域からの洪水の影響が依然として懸念されるところもある。洪水防御コンポーネントとしては、これらの最低限必要な施設整備を行う。

本件調査対象地域においては、農民組織の未発達、農業信用制度の未整備、農業生産物貯蔵施設の絶対的不足、農業流通経路の不合理性など多くの農業構造面における開発制約が見受けられる。これらの多くは、より広域的にディストリクトレベル、地域レベル、場合によっては州レベルでの整備計画が必要で、本件の目的である地下水涵養ダムを核とした灌漑農業開発の目的を超えているとも考えられ、個々の地下水涵養ダムを対象とした地区レベルの整備計画にそぐわないものもある。

このような状況の中で、個々の地下水涵養ダム計画の農業ソフト面整備コンポーネントとしては、農民組織の整備・充実に重点を置く。整備の方法としては、計画対象ダム関連地区において存在する既存のカレーズ利用者組織を母体として、部族内での秩序・習慣を尊重しつつ計画する。農民組織の機能としては、地下水涵養ダム関連施設の、農業普及の受け皿、広域的な地下水利用規制実施の地区的実施母体などである。

6.8 地下水管理

6.8.1 維持管理構想

本件の対象となっている地下水涵養ダム計画では、日常の精緻なオペレーションを必要とする施設はなく、また、ダムが不特定な事業効果をも含むため、受益者全体で維持管理にかかわることができず、灌漑局等の行政部局の関与も必要となる。維持管理内容、処理方法としては、以下のとおりである。

地下水涵養ダム計画に係る灌漑施設維持管理内容

対象	内容	実施担当者
ダム施設	なし	—
貯水池	なし	—
流域	植生改善等	関係当局実施、住民参加
涵養用弁管理	不定期操作	灌漑局
カレーズ管理	定期クリーニング等	農民組織
チューブウエル管理	操作・保守	個人所有者
農業技術普及	随時	農業局
灌漑技術指導	随時	灌漑局、農業局
一般施設保守	破損時の修復	灌漑局

このように、地下水涵養ダム事業では公共性が高いため、特定の受益者から水利費は徴収しない。また、事業費の償還も計画しない。ただし、上記の維持管理項目の中の一部で住民参加が必要とされる場合には、本件事業の特定受益農家が無報酬で担当することとする。

6.8.2 水管理計画

(1) 地下水管理の重要性

パロチスタン州政府は、3.10 節の地下水管理体制で述べたように灌漑開発関係諸法規を整備しているが、地下水利用については下記のような理由で適正な管理が困難な状況にある。

- 地下水危機のデータ/情報取得のためのモニタリングや広報システムが不十分でその危機状況を政府関係者や地域住民に広報、衆知させることが難しい。
- 水資源開発のマスタープランが未整備で、水資源開発のポテンシャルが低い当地域にあって、新規利水事業の許認可等、適正なる地下水管理の行政判断が困難である。
- 水利用の公平性の理念から、社会経済的弱者を含めた公共のコンセンサスを得るための調整が重要である。しかし水資源管理に係る行政は縦割りで、その調整機能は不十分である。
- イスラムの慣習法では地下水の権利は土地所有者にあるとされ、地下水を公的資源として開発規制の対象とすることはこの地域社会の慣習になじまない。

このような状況のもと、各種の地下水開発の調査が関係機関によって実施されてきたが、この地下水問題は、依存する地下水盆が他の利水を含む共有の資源財であることから、単に灌漑農業分野だけで解決が計れるものではないことが認識されてきた。中でも、1996年1月のADBの援助になる Balochistan Groundwater Resources Reassessment の調査は、的を得た調査報告書の一つであるが、次のような政策の導入を勧告している。

- 水資源の最適利用に関する政策の基本事項は、住民消費者への公平な配分である。
- 水は今やタダでは得られなくなっている。水の有料化の前に実用的で広域的な水配分システムの創出が緊要である。
- あらゆる手段を講じての節水意識付与の広報活動を行い、水の無駄使いは反社会的犯罪行為と見なすべきである。
- 住民参加を得て流域総合開発機構を設立し、水の需給の管理を行うこと。
- 水受給が逼迫する（可能性のある地も含めて）地域では、新しく設立予定の流域総合開発機構は競合する利水者間の水の割り当てと優先順位の決定を行う。

地下水の逼迫問題の軽減には2つの手段があり、それらは相互補完の関係にある。その1つは地下水

の涵養ダムを含む新たな水資源の増強であり、他の1つは地下水の効率利用による節水手段である。

調査対象地流域で、過度な揚水が行われているところでは、現在年間1~2mの地下水位低下が進行し、地下貯留水の涸渇に向かっている。しかし、この地下水涵養ダム計画はその涵養量規模からして、この問題解決の完全な対策事業とはなり得ないだろう。すなわち、巨大な流域変更事業が早急に、且つ経済的に可能とされて実現されない限り、水資源の増強による解決は困難である。したがって、地下水涵養強化に併せ、地下水管理の制度面での強力な施策が必要不可欠となっている。

省庁別縦割り行政による非調整的な現行のアプローチは、トップダウンのセクター別の計画となりがちで、必ずしも地域社会・コミュニティに受容される法制度とはなっていない。この改善には、コミュニティの事業参加による、総合的・参加型のアプローチが極めて重要とされるところで、州レベルと地下水本レベルでの調整機能強化の機構改善が必要となってくる。

各地下水盆の利用可能な資源の評価、検討によってそれら資源の公平な開発を計画する。啓蒙計画とコミュニティの社会動員はそのアプローチに不可欠である。ひとたびコミュニティと政府機関が、希少で損なわれやすく且つ限りある資源であることを理解すれば、両者は地下水管理計画樹立の重要性を認識することとなる。さらには持続的で公平性のある計画の策定が可能となり、その計画によってコミュニティ自身によって揚水が抑制され地下水管理が厳正に施行され、よって計画が活性化されることとなる。

持続的な地下水利用のための水保全計画は、現況調査対象地域の過剰揚水の実態を踏まえ、地下水涵養ダム計画とともに綿密に策定されなければならない。上記の水保全戦略の達成には、新たなチューブウェル開採の厳格な規制はもとより、既存チューブウェルによる揚水量の制限も含めて、下記に提案するような強力なる機関によっての厳正水管理の具現化が期待されている。

(2) 地下水管理機能の強化

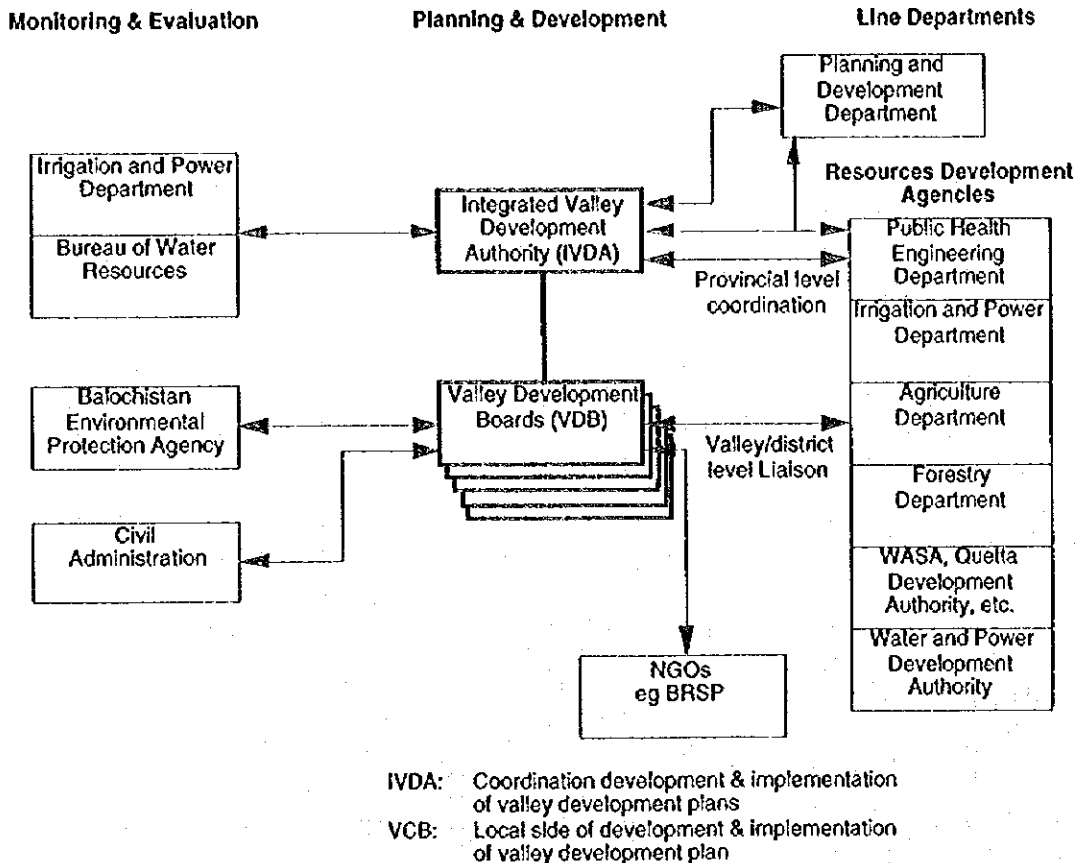
本件調査の目的は、地下水涵養ダム計画に関する開発調査を実施し、持続的灌漑農業を図ることにあり、本地域の農業と地域社会の持続性はまさに地下水の持続性にある。そこで、この持続性確保のための、努力の方向として地下水管理機関の設立についての検討を行った。

バロチスタン州全域の、適切なる表流水及び地下水管理のための強力なる機関として「流域総合開発機構 (Integrated Valley Development Authority; IVDA)」の設立が望まれる。この機構には、運営委員会が設置されACSが議長となり、地下水不足状況のモニタリング、水資源保全の助長、持続的地下水利用計画の策定、地下水管理の法制強化、地下水利用の規制、地下水質の管理、地下水開発関係機関の調整等を所掌することとなる。

さらに地下水盆毎に、その流域開発計画の策定とモニタリングを行う、「流域開発委員会 (Valley Development Board; VDB)」の設立が求められる。この委員会は、ディストリクトの首長である副知事 (Deputy Commissioner) が議長となる。この委員会は流域内の全てのコミュニティの生活用水の供給を図るほか、農業、畜産、その他の公共部門への供給、配給を図るものである。

この流域総合開発機構と流域開発委員会はともに、異なるコミュニティ間の水利用上の衝突を回避し解決することを目的とする。流域間あるいは流域内の衝突は共に、流域総合開発機構、流域開発委員会、殊にコミュニティ間の相互一致によって解決を図るものである。

これらの調整機関の組織案を、次の図に示す。



地下水管理に係る関係調整機関組織 (案)

6.9 環境保全構想

調査対象地域における環境保全は、基本的に「パロチスタン環境保全戦略」に対応して進められるべきである。ただし、「パロチスタン環境保全戦略」は現在（1996年12月時点）のところ公表されておらず、実質的且つ現実的な戦略の実施行動を実現させるために、州政府都市計画・開発局内に設置されている「パロチスタン環境保全戦略機構」がその実施手順、実施主体及び文書化についての準備作業を行っている途中段階である。

この保全戦略は、言うまでもなく1992年に公表された国家レベルでの「国家保全戦略」を基にして、州全体における自然環境の保全と社会環境の向上を進めるための州レベルの政策及び方策として策定されることになる。パロチスタン保全戦略機構が1994年にまとめた「パロチスタン保全戦略に関する準備書」では、パロチスタン州における主要な環境問題、都市環境問題、潜在的な工業汚染及び環境関連規則及び組織が認識されていると共に、パロチスタン保全戦略を実施するための基本骨子がまとめられている。これを基にして本件調査対象地域における環境保全全体構想をまとめると以下のようになる。

- 1) 地下水位の低下を回避あるいは抑制するための包括的なパッケージプログラムを実施し、自然環境（水文）の保護と地下水資源の持続可能な利用を実現する。
- 2) 砂漠化の最も重要な要因である山間草地の減少を回避及び抑制するための包括的な山間

草地回復パッケージを実施し、自然環境（植生）の回復と燃料及び飼料資源の持続可能な利用を実現する。

- 3) 奔流による洪水被害を回避及び抑制するための土壌侵食・流亡の防止事業を実施し、自然環境（地形・地質）と社会環境（社会生活・保健・衛生）の保護を図る。
- 4) 農業生産活動の周辺における土壌及び水質の悪化を防止するための農業及び化学肥料の適切な使用及び管理に関する技術指導及び教育を実施し、自然環境（水質・土壌）と社会環境（保健・衛生）の保護を図る。
- 5) 生物多様性の減少を抑制するための規則及び制度化を推進し、生物環境（生物相・生息・生態系）の保護及び保存を図る。

パロチスタン環境保全戦略の準備書では、この戦略の実施主体（組織）を現在までのような慣例的な手順ではなく、行政組織のみならずNGOやその他の自治組織を含めた適切な関連組織の協調によって設定することが強調されている。

上記の環境保全全体構想は、すでに、パロチスタン環境保全戦略の確立を待たずに、国家（環境）保全戦略に基づいて、国際協力機関、融資機関及び援助国政府によって実施されている。中でも、上記1)～4)は国連食糧農業機関を中心として実施されている「総合地域開発計画」及び5)は世界銀行による「（パロチスタン）自然資源保全計画」によりそれぞれ調査対象地域における環境保全に大きな実績及び成果をあげている。「総合地域開発計画」は2.5節で述べたように、住民参加型を基本とした自然資源の保全と社会環境の改善を目指した個別の5つの進捗プロジェクトの統合プログラムである。プログラム全体としては、上記2)の包括的パッケージプログラムとしての役割に力点が置かれている。また、「（パロチスタン）自然資源保全計画」は環境関連部局の設立及び強化等の制度的な整備とともにハザールガンジ=チルトン国立公園の管理強化に見られるような生物多様性の保護を実施している。

本件調査においては、地下水涵養ダム事業を通じて地域の社会生活の安定と経済活動の持続的発展とともに、環境状況の改善を達成し及び地域にとってマイナスとなるような環境影響を回避するために、効果的な計画を策定する必要がある。上記の環境保全全体構想のうち、1)については、地下水涵養ダムを包括的なパッケージプログラムの重要な構成要素と認識できるし、3)についても地下水涵養ダムの主要な目的の一つであるため、これらは地下水涵養ダム事業における環境保全構想ともいえる。また、2)及び4)の構想は、前節6.7にあるように本件調査において策定された管理計画における制度改善として提案されている新規組織である「流域総合開発機構」によって実践されるべき課題であり、これらもまた地下水涵養ダム事業における環境保全構想として取り上げられるべき項目である。このように、本件調査において策定される地下水涵養ダム事業における環境保全構想は、本調査対象地域の環境保全全体構想のコンポーネントのほとんどと合致することになり、対象地域の環境保全に大いに貢献する。

以上のような状況を基にして、本件調査において策定される地下水涵養ダム事業における環境保全構想をまとめると以下のとおりとなる。

- 1) 地下水涵養ダムの建設により地下水涵養を促進することによって、地下水位の低下を回避あるいは抑制し、地下水資源の持続的な利用を可能とする機会が与えられる。この機会を確実なものとするために、提案されている流域総合開発機構が地下水利用に関する管理を行い、地下水資源の持続可能な利用を実現する。
- 2) 地下水涵養ダムの建設により奔流による洪水被害を回避及び抑制し、さらに流域保護施設を設置して土壌流亡を防止して自然環境（地形・地質）と社会環境（社会生活・保健・衛

生)の保護を図る。

- 3) 土壌侵食・流亡を減少させるため、流域総合開発機構が周辺地域においてFAOによって進められている「総合山間草地管理及び家畜開発事業」のアプローチ、実績及び今後の計画等を踏まえた上で、包括的な山間草地被覆の回復施策を検討し、自然環境(植生)の回復と燃料及び飼料資源の持続可能な利用を実現する。
- 4) 農業生産活動の周辺における土壌及び水質の悪化を防止するため、流域総合開発機構が周辺地域においてFAOによって進められている「パロチスタン果樹栽培技術支援及び移転計画事業」のアプローチ、実績及び今後の計画等を踏まえた上で、農業及び化学肥料の適切な使用及び管理に関する技術指導及び教育を実施し、自然環境(水質・土壌)と社会環境(保健・衛生)の保護を図る。
- 5) 流域総合開発機構は周辺地域において世界銀行によって進められている「(パロチスタン)自然資源保全計画」の実施状況を把握し、今後の地下水涵養ダムの新規建設あるいは改修において、生物環境(生物相・生息・生態系)の保護及び保存に負の影響を与えることのないように配慮する。

6.10 地下水涵養ダム事業推進構想

パロチスタン州内における地下水涵養ダム事業は、今後ともパロチスタン州政府が実施すべきである。ただし、現在までの実施状況をみれば幾つかの事業実施上の制約が認められる。それらは、つぎのようにまとめられる。

- 1) 地下水涵養ダムの効果が正しく評価された実績がなく、計画立案上のクライテリアが明確にされていない。
- 2) 予算上の制約により、十分な調査設計がなされていない。また、建設工事が大幅に簡略されていたり、建設実施地区数が限られている。
- 3) 事業施主である灌漑局、施工業者は必要な建設機械を所有しておらず、適切な工事実施の支障になっている。
- 4) 建設工事期間にわたって、技術者不足などから十分な施工監理がなされていない。
- 5) 予算上の制約などから、建設後のアフターケアが十分になされていない。
- 6) モニタリングの重要性に対する観念が希薄で、計画面、設計面及び施工面での教訓が活かされていない。

上記の諸制約の中で、1)、4)、6)は本件調査で作成される地下水涵養ダム整備ガイドラインを活用することで改善されよう。6)については、今後も既設地下水涵養ダム周辺の地下水位継続観測を実施し、必要な解析を行って計画面、設計面及び施工面に反映すべきである。これらは、灌漑局水資源部での担当が望まれる。3)については、外国の技術援助も積極的に導入して、灌漑局が必要最低限の建設機械供与を得て利用活用し、建設工事費の節約、建設期間の短縮などをはかるべきである。

2.4節に示した通り灌漑局の保有する建設機械は老朽化が目立ち、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。このことから以下に示す土工機械、運搬機械、コンクリート製造機械、その他仮設機械を調達し、工事の工程管理、品質管理の向上を図ることが必要である。建設機械機種及び必要台数については、現在までの地下水涵養ダムの計画、施工実施、PC-1に記載される今後のダム建設計画、また一方、予算面ではパロチスタン州第8次5カ年に示される涵養ダム建設予算案を参考とし以下の基本方針が提案される。

(建設台数)

- 1) 建設機械の仕様及び台数は、複数のダムの同時施工箇所数と各ダムの施工期間により大きく影響される。

今後の具体的な建設予定ダムの箇所数は66カ所、事業予算は400百万ルピーと概算されている。一方、地下水涵養ダム建設に関わる8次5カ年計画での予算は305百万ルピーと積算されていることから、5カ年で50カ所、1年当たり10カ所の建設が建設可能となる。1ダムの築堤量は平均110千 m^3 であることから年間築堤量は550千 m^3 となる場合、この築堤量、ダム建設カ所数から年間の作業可能日数を考慮し土工機械の組み合わせを検討することが必要である。

(機械機種)

- 1) 盛土は堤体上下流の河床材料を押土し用いることが経済面から有利となる。しかし築堤材の増大とともに押土距離が長くなり押土では材料損失が多くなる場合、または粒度分布が粗粒土に偏る場合にはダンプトラックによる材料運搬を計画する。更に粘性土の盛土が必要であり土取場が遠方に位置する場合や洪水吐掘削土等を流用する場合にもダンプトラックによる材料運搬を行う。
- 2) ダム計画地点における築堤材料の自然含水比は乾燥側にある場合が多いことから、盛土材料については散水により含水比調整を行うことが必要となる。また遮水材料を築立する場合には透水性材料と不等水性材料を混合し盛土する。この場合には含水比調整、材料の混合のためストックヤードに材料を仮置きすることとなり、材料の積込み、運搬に十分な機械を配置する必要がある。
- 3) 粘性土の盛土はタンピングローラーにより転圧し、砂質土については振動ローラーにより転圧を行うことを原則とする。また地山部と盛土の境界部の盛土は同部分が水道となりバイピングの原因となることからコンタクトクレイを施工する。同施工に当たってはハンドタンパーまたはコンパクターにより入念に転圧を行う。
- 4) 殆どの流域において上流域へのアクセスは河床を利用していることから、ダム建設により河床の車輛交通等が阻害される場合には付替道路を計画する。道路建設には舗装材料の巻きだし、また路床・路盤の整形を目的としてモーターグレーダーが必要となる。
- 5) 建設資材の運搬は普通トラックを用いる。また資機材の積み卸しにはクレーン付きのトラックが推奨される。コンクリートの運搬はトラックミキサーまたはダンプトラックが利用可能である。
- 6) コンクリートは重力ダムの堤体、またフィルダムの洪水吐、石積擁壁に使用する。簡易プラントの容量は打設量により適正に設定する。
- 7) 仮設備計画を行う際には、含水比調整、コンクリート製造に対し、十分な給水設備を計画する。水源としてはカレーズ等の地下水利用が考えられるが、必要に応じ井戸（深井戸）を設置し、揚水はポンプにより行い、工事に必要となる水源の確保を行う。給水施設の運転には発電等の施設が必要となる。

必要建設機械の概要

工 種	使用目的	機 種	機種、台数選定
土工事	掘削機械	ブルドーザー バックホー ブレーカー ホイールローダー モーターグレーダー 振動ローラー タンピングローラー ハンドタンパー コンパクター	土工機械は築堤量、運土計画、盛土の施工方法、また涵養ダム建設スケジュールから機種、必要台数が選定される。特に掘削、積込み、運搬、締固めの一連の作業からなる場合、各作業に使用する機械の作業能力から機種、必要台数を決定する。
	積込み機械 敷均し機械 締固め機械		
運 搬	土質材料運搬	ダンプトラック トラクター	運搬材料として土質材料として堤体掘削土、築堤材料、石積工、及び堤体斜面保護材があげられ、また建設資機材としてセメント、骨材、型枠、鉄筋、鋼製品があげられる。これらの運搬はダンプトラック、トラック、トラクターが使用される。運搬機械の機種、台数の選定に当たっては、運土計画、建設資機材搬入計画を考慮し決定する。
	建設資機材運搬	トラック トラッククレーン トレーラー	
	重機運搬		
コンクリート製造	コンクリート製造	コンクリートプラント	コンクリートは重力ダム、洪水吐水路、石積工等に使用される。コンクリート製造施設としてはコンクリートの打設計画、骨材の供給計画を十分検討し、打設能力にあった機材を選定する。
	コンクリート運搬	ミキサートラック	
	コンクリート締固め	パイブレーター	
仮設備	給水施設	水中ポンプ(深井戸ポンプを含む) 水槽、散水車	給水施設は盛土材料の含水量調整、コンクリート製造、その他機械の維持管理に必要となる。またダム建設現場において容易に水源が確保できない場合には貯水施設の設置も重要となる。発電施設は給水施設等に対し電力供給を目的として計画され施設の出力を検討し発電機容量を決定する必要がある。給気施設は主に削岩機への圧縮空気供給を目的とする。使用施設の能力を検討し、作業量に合致した施設を計画する。
	発電施設	発電機	
	給気施設	コンプレッサー	

また特に堤高が15mを超えるダムまた軟弱基盤上に計画されるダムについては必要な土質試験を行い、堤体の安定性を検討する必要があることから次表に示す土質試験（物理試験・力学試験）を実施するために必要な試験機器を調達することが望まれる。土質試験はダムの施工主体である灌漑局職員により実施されることがダム計画、設計、施工監理上最も好ましいが、現在灌漑局にはこれを担当する部局がないことから、土質専門家、建設技術者等の必要な人員を確保し、実施組織を充実することが重要である。

必要土質試験の概要

項 目	試験項目	試験目的
物理試験	土粒子の密度試験	土の基本的性質、土質試験結果への応用 概略の力学特性の把握（圧縮・強度特性） 均等係数、透水性、平均粒径の利用 細粒土の工学的分類
	含水比試験	
	粒度試験	
	液塑性試験	
安定化試験	突固めによる締固め試験	盛土管理基準への利用
透水試験	土の透水試験	堤体の透水性の把握、及び盛土管理基準への利用
剪断試験	土の一軸圧縮試験	基礎の圧縮強度の把握 剪断強度から盛土の安定性を検討 同上
	土の三軸圧縮試験	
	直接剪断試験	

表 6.6.1 地下水涵養可能量

Expected Recharge Water of Proposed Delay Action Dam Sites

Name	HW Depth (m)	Length of Layer (m)	Permeability of Reservoir (cm/s)	Seepage (m ³ /day)	Flowing width (m)	Flow reach (m)	Permeability of Reservoir (cm/s)	Recharge water (A) (m ³ /day)	Transmissibility (m ² /day)	Width of Aquifer (m)	Recharge water (B) (m ³ /day)	Recharge water (C) (m ³ /day)	Seepage (10 ³ m ³ /M)	Re water downstream (10 ³ m ³ /M)	
1 Brewery	12.00	6.0	2.50E-03	35.3	3.0	500	2.50E-03	3,240.0	90.0	1,200.0	0.2440	26,352.0	3,240.0	1.06	97.20
2 Ghatal Shela	4.40	30.0	9.50E-03	189.4	3.0	1,000	9.50E-03	24,624.0	45.0	1,000.0	0.1070	4,815.0	4,815.0	5.68	144.45
3 Wali Dad	40.00	50.0	1.26E-04	107.6	3.0	4,000	1.00E-03	10,768.0	60.0	2,600.0	0.0450	7,020.0	7,020.0	3.23	210.60
4 Dara	40.00	70.0	1.49E-03	642.3	3.0	4,000	1.50E-03	15,552.0	80.0	2,800.0	0.0440	9,856.0	9,856.0	19.27	295.68
5 Murgi Kotal	10.50	60.0	7.82E-04	193.1	3.0	3,000	1.00E-03	7,776.0	95.0	3,000.0	0.0360	10,260.0	7,776.0	5.79	233.28
6 Kach	1.00	100.0	3.50E-07	0.0	3.0	2,000	1.00E-03	5,184.0	80.0	2,000.0	0.0594	9,504.0	5,184.0	0.00	155.52
7 Jigda	9.40	60.0	1.15E-03	213.1	3.0	5,000	1.15E-03	14,904.0	155.0	4,000.0	0.0274	18,084.0	14,904.0	6.39	417.12
8 Sanzli	2.40	50.0	1.54E-04	0.0	3.0	1,000	1.00E-03	2,592.0	75.0	800.0	0.1710	10,260.0	2,592.0	0.00	77.76
9 Arambi (Ghazlona)	17.00	50.0	2.07E-04	111.5	3.0	1,000	1.00E-03	2,592.0	45.0	300.0	0.0490	661.5	661.5	3.35	19.85
(Sanaki)	17.00	50.0	2.07E-04	111.5	3.0	500	1.00E-03	1,296.0	45.0	300.0	0.0980	1,323.0	1,296.0	3.35	38.88
10 Sakhol	40.00	400.0	3.06E-04	1421.8	3.0	5,000	1.00E-03	12,960.0	19.0	4,000.0	0.0244	976.0	976.0	42.65	29.28
11 Mungi	27.00	400.0	1.06E-04	726.8	3.0	5,000	1.00E-03	12,960.0	200.0	4,500.0	0.0158	14,220.0	12,960.0	21.81	388.80
12 Kad Kachali	40.00	550.0	3.18E-05	549.9	3.0	5,000	1.00E-03	12,960.0	90.0	3,800.0	0.0410	14,822.0	12,960.0	16.50	388.80
13 Isakoo	6.40	30.0	1.03E-04	41.4	3.0	1,000	1.00E-03	2,592.0	80.0	800.0	0.1070	6,448.0	2,592.0	1.24	77.76

Rechargeable Water of Proposed Delay Action Dam Sites

Name	Catchment Area (km ²)	Average Rainfall (mm)	Design Capacity (10 ³ m ³)	Reservoir Depth (m)	Max Seepage Reservoir (10 ³ m ³ /M)	Max Recharge Water (10 ³ m ³ /M)	Annual Rechargeable Water (mm)	Annual Rechargeable Water (10 ³ m ³)	Seepage Recharge (10 ³ m ³)	Flowing low and specified area (10 ³ m ²)	Flowing low and specified area (10 ³ m ²)	Flowing low and specified area (10 ³ m ²)	Annual Rechargeable Water (10 ³ m ³)	Remarks
										Specified	Unspecified	Unspecified	Specified	Unspecified
1 Brewery	25.90	230.1	360.0	11.5	1.06	97.20	19.70	510.20	10.2	60%	40%	0%	306.1	204.1
2 Ghatal Shela	1.60	208.8	42.0	5.6	5.68	144.45	17.43	31.37	0.6	60%	40%	20%	15.0	14.4
3 Wali Dad	5.40	230.1	90.0	7.5	3.23	210.60	25.54	137.90	2.4	60%	40%	0%	82.7	58.2
4 Dara	16.60	230.1	240.0	14.3	19.27	295.68	23.46	389.48	7.8	60%	40%	0%	233.7	155.8
5 Murgi Kotal	19.70	208.8	260.0	16.8	5.79	233.28	20.04	394.85	7.9	60%	40%	20%	188.6	206.3
6 Kach	59.30	230.1	1,200.0	20.8	0.00	155.52	19.34	1,145.96	27.9	60%	40%	40%	407.4	739.6
7 Jigda	20.80	238.5	290.0	14.7	6.39	447.12	25.39	528.03	10.6	60%	40%	20%	344.1	444.0
8 Sanzli	10.40	238.5	160.0	9.2	0.00	77.76	20.51	213.28	4.3	60%	40%	20%	34.0	179.3
9 Arambi (Ghazlona)	9.10	238.5	140.0	7.7	3.35	19.85	15.46	140.69	2.8	60%	40%	50%	41.4	99.3
(Sanaki)	2.50	238.5	50.0	11.3	3.35	38.88	23.12	57.81	1.2	60%	40%	50%	17.0	40.8
10 Sakhol	22.30	151.1	210.0	6.4	42.65	29.28	9.24	206.10	4.1	60%	40%	20%	98.4	107.7
11 Mungi	(39.4)	74.20	162.3	6.7	21.81	388.80	14.71	1,091.27	21.8	60%	40%	0%	654.8	436.5
12 Kad Kachali	(15.7)	36.20	151.1	6.3	16.50	388.80	14.06	508.90	10.2	60%	40%	0%	305.3	203.6
13 Isakoo	5.80	190.9	80.0	8.4	1.24	77.76	18.84	109.29	2.2	60%	40%	50%	37.4	77.2

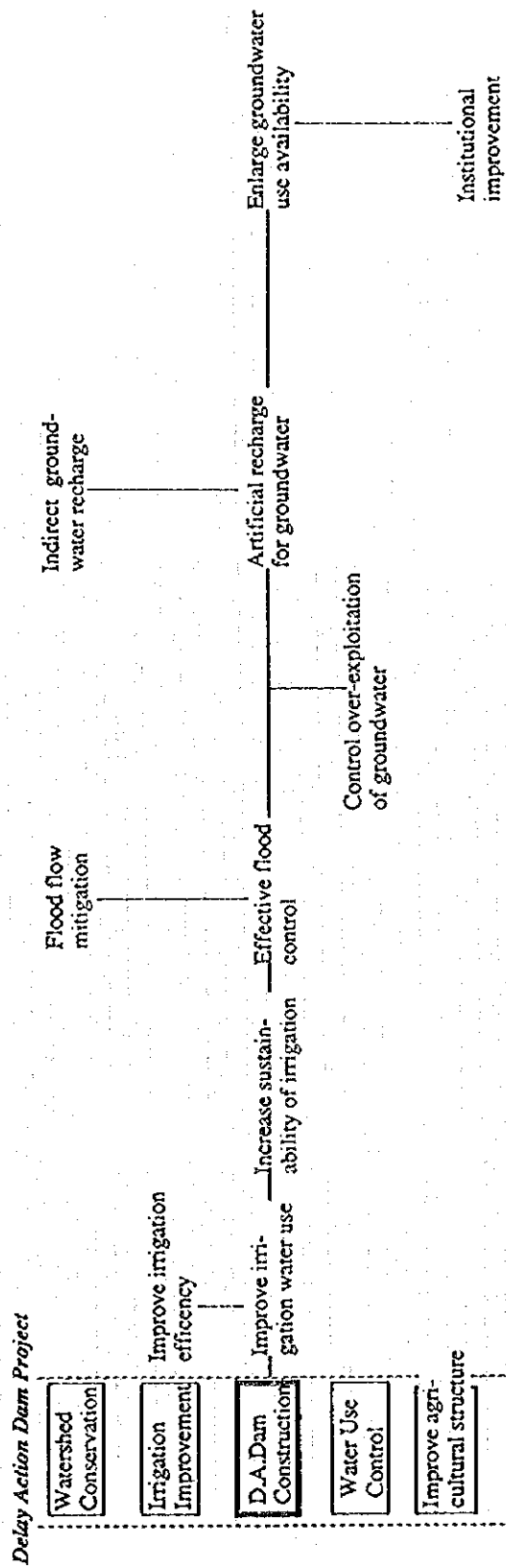
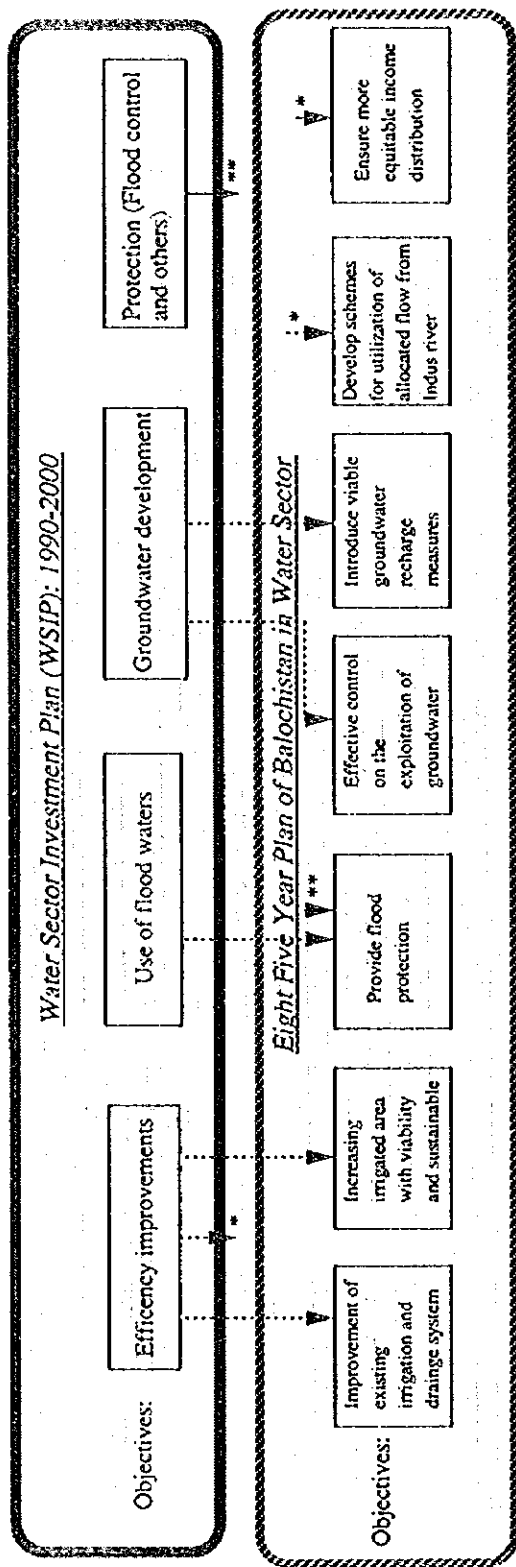


図 6.7.1 パロチスタン州政府開発計画における地下水涵養ダム各コンポーネントの位置づけ

