

第7章 地下水涵養ダム開発計画

7.1 調査概要

本件調査の計画対象となっている13地区(14ダム)について、地下水涵養ダム建設を核とした地区開発計画を策定する。本件調査では、フェーズⅠ期間において、全計画ダムの概略開発計画を策定し、概略コスト、概略事業便益を算出し事業評価を行った。この事業評価結果に基づいて、事業評価値の優良なものを上位より10ダム選定し、フェーズⅡ期間では、それらのダム計画のフィージビリティ調査(F/S)を実施した。

ここでは、各計画対象14ダムの開発計画を述べるが、フェーズⅡ期間においてF/Sまで行われた10ダムについては、その段階で策定された開発計画案をのべる。そして、F/Sまで行われなかった4ダムについては、フェーズⅠ期間で策定された概略開発計画案を基本として、フェーズⅡ期間で得られた関連情報を追加して改良したものを載せている。したがって、10ダムについては、概略計画でも優良な事業評価結果が得られたものである上に、より調査精度の高いF/Sレベルの調査水準となっている。一方、残り4ダムは、概略計画レベルで相対的に低い事業評価結果である上に、計画精度としても概略計画レベルに止まっているものである。ここではそれらの違いに配慮して、それぞれを2グループに分けて扱うものとする。各計画ダムの計画諸元概要は表7.1.1に示す。また、F/S実施10ダム及び概略計画4ダムの諸元表は各々表7.2.1、7.3.1に示す通りである。

7.2 F/S実施計画ダム

7.2.1 Brewery地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開する沖積扇状地砂礫層で、第4章で述べたように良好な透水性・厚さを有し、適当な広がりを持っている。特定受益としては、この沖積扇状地帯水層の、下流側はSariab Loraまで、左右岸境界は沖積扇状地両端の粘土質互層部までの主要範囲とする。同帯水層地下水は、扇状地要部より下流全域に向かって流下するとともに扇面各部より地下水補給をうけつつ推移している。扇端下流にも帯水層の厚さを大幅に減じながら地下水流下は見られるが、大勢の余剰地下水はSariab Lora直下付近において同河川の下流方向に向かって移動しているものと考えられる。しかし、これら主要帯水層下流部への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば2次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はほぼ期待できないことから、下流放流管から、常時放流して地下浸透を促し涵養をおこなう。同扇状地域は市街地化が進み、扇状地表層より涵養が可能な表土面積は限られている。ここでは、ダム下流に設ける静水池に接続して涵養池を設置する。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.306MCM、0.204MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクェッタ市の中心部の一角を占める果樹栽培が80%以上の地区である。現在農家の経営水準はかなり高いが、近年宅地のスプロール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。しかし、地区全体としての用水確保の重要性は依然高いので、事業の必要性が低下することはない。また農業の生産流通に係わる立地条件は非常に恵まれているので、今後とも一定の農業生産は継続されるものと考えられる。したがって、作物栽培体系は現状維持とし、立地条件を生かしたより効率的な農業を推進するために、灌漑の合理化、流通体制の一層の整備及び農民組織の強化を推進する。また、無秩序な都市化に伴う農地の細分化、家庭雑排水の農地汚染等により農業生産性が低下することのないよう適切な指導・措置を実施するものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは石灰岩からなる地山狭窄部に計画する。ダム地点は地表下7.5m程度で石灰岩基盤が存在し、また地山狭窄部幅が6~15m程度で、兩岸アバットとも石灰岩からなる。フィルダムにした場合は洪水吐設置に多量の地山岩掘削が必要となり経済的に不利となる。このことから重力ダムが選定される。基礎は石灰岩からなることから貯水池敷からの涵養は期待できない。従って取水工を設置し、堤体下流からの涵養を計画する。

越流水深は地山狭窄部幅を考慮し、3.2mとする。洪水吐静水池はUSBR-III型とし、静水池長は19.5mである。静水池位置において基盤は15m程度の深さと推定され、上層は未固結の河床堆積物からなり、地耐力が不足することから貧配合コンクリートにより置換する。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
重力タイプ	25.9	22.0	32.2	10,500	749,000	360,000	389,000	165

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

涵養池はダム静水池に隣接して設置することとし、河川へ接続する区間で地下水涵養をおこなうものとする。なお、施設規模は涵養可能量に基づいて設計するとともに設計洪水量が安全に流下できるよう決定する。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅x長 さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及び 高さ(m)	送水路延長 (m)
Brewary	1,180	1,500	15 x 100	3.0	-	-

(7) 環境保全計画

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、表流水の流況の変化に起因する一部の地域における表流水の生活用水としての利用の障害、及び道路の分断に起因する生活・経済における交通の不便である。これらの項目に関連して、放流施設の設置及び仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、いずれも、それぞれの負の影響を回避するために妥当な計画であり、これらの項目に関する新たな環境保全策は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、現在公有林地として森林局によって流域管理が行われている計画ダムの集水域における引き続きの保全協力及び地下水涵

養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

本地区ダム計画に関連する他実施事業、開発計画としては、流域保全に係わる諸プロジェクトが挙げられる。森林局が実施している流域保全対策については、かなり充実したものであり、本件計画においては新たに流域保全コンポーネントを企画する必要はない。特に本ダムの直下には市街地がひろがっており、洪水調整効果は絶大である。しかし同時に本ダム建設による、異常洪水発生（ダム決壊などの）には慎重に対処すべきである。

7.2.2 Dara 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開する沖積扇状地砂礫層で下流側の Chundak Rud 川で他扇状地と合流し、クエッタ地下水盆地と連結している。同帯水層は良好な透水性・厚さを有し、広大な広がりを持っている。特定受益としては、下流側はこの沖積扇状地帯水層で Chundak Rud 川扇状地との接合部まで、左右岸境界は沖積扇状地両端の両側山麓部までの主要範囲とする。同帯水層地下水は、扇状地扇頂部より下流全域に向かって流下するとともに扇中央部より地下水補給をうけつつ推移している。また扇端下流のクエッタ盆地にも地下水流下している。しかし、これら主要帯水層下流部への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば二次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養も見られるが持続性が低いと考えられることから、下流放流管から、常時放流して地下浸透を促し涵養をおこなう。同扇状地域は、地上構造物もまったくみられず扇状地表層はほぼ全域にわたって涵養のための地下浸透が可能であるが、確実な地下水涵養を達成させるために、所定の規模の涵養池を設ける。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.234MCM、0.156MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。下流側では Kach ダム直接受益と競合するため均等に配分する。また、受益地区内は一部が Sra Gurgi 表流水灌漑スキーム受益地となっており、受益対象としては同地区内の地下水利用農家とする。この場合の地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクエッタ市の近郊に位置する果樹・野菜の産地であり、生産流通条件は良好である。しかし、利用可能水量の新規開発は期待できないので、果樹植栽のこれ以上の拡大は困難であり、また新規灌漑水量の増大を伴う野菜類の増大も難しい。自給的な麦類の栽培も現状維持が望まれる。したがって、作物栽培体系は現状維持を基本とし、立地条件を生かしたより一層の農業生産性の向上を図るため、きめの細かい普及指導を通じて、在来果樹の優良品種への漸次転換の推進、ならびに灌漑水利用、生産資材投入、果樹園管理等の適正化による単位収量の増大、収益性の増加を推進するものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇状地扇頂部に計画され、左岸側は石灰岩の露頭となり、堤体アバットとして問題ない。右岸側は礫岩からなる丘陵地形を呈する。貯水池容量を確保するためダム軸を2支線河川合流部下流に計画するが、右岸側の地山標高が不足するため、堰堤を上流に屈曲させ、右岸アバットを地山に接続する計画とする。

ダム地点は扇状地堆積物が20m程度堆積し、透水係数は 1.49×10^{-3} cm/secと透水性地盤である。このことから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。

基礎からの浸透は貯水池内の堆砂により経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は礫岩からなる右岸地山に計画する。地山形状から越流幅を41.0m（越流水深1.8m）とし、減静工は洪水吐下流が大規模な扇状地となることから計画しない。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	16.6	405.0	12.8	297,000	589,000	240,000	349,000	196

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点より約1km下流の扇頂部に涵養池を設置し地下水涵養をおこなう。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及び 長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及び 高さ(m)	送水路延長 (m)
Dara	3,600	11,550	105 x 110	1.4	0.2 x 0.4	1,100

b) 砂防施設計画

ダム地点上流約2.5kmおよび3.3km地点の2カ所にディテンションバンドを設置する。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	3,900	27	3.0	900	ダム地点より上流3.3km
No.2	5,300	16	7.6	1,200	ダム地点より上流2.5km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

本ダムの直接受益地区は、一部 Sra Ghurgi 表流水灌漑地区とオーバーラップする。しかし、同地区の既存井戸は、表流水が利用できない農家で普及していることを考えれば、水源面での競合は考えられない。本ダムは、地下水利用が特に逼迫しているクエッタ・バレーの北辺に位置し、建設の必要性が特に高い。

7.2.3 Murgi Kotal 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開する沖積扇状地砂礫層と、貯水池左岸下流に広がる沖積扇状地の2つが考えられる。両者とも良好な透水性・厚さを有し、適当な広がりを持っている。

特定受益としては、この両沖積扇状地帯水層の、下流側は直交河川まで、左右岸境界は山裾境界部あるいは隣接扇状地との接合部までの主要範囲とする。同帯水層地下水は、扇状地扇頂部より下流全域に向かって流下するとともに扇尖面各部より地下水補給をうけつつ推移している。扇端下流にも帯水層の厚さを大幅に減じながら地下水流下は見られるが、大勢の余剰地下水は直交河川直下付近においてそれぞれの河川の下流方向の向かって移動しているものと考えられる。しかし、これら主要帯水層下流部への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば2次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養は持続的でないとみられることから、下流放流管から、常時放流して涵養池を設けて地下浸透を促す。ダム直下の扇状地は市街化が進み、国道が横断していることから地下浸透域も上流の一部域に限られる。一方、左岸下流に展開する扇状地は構造物が見られず、広い涵養範囲が得られる。このような涵養の容易さ、および下流既存農地の面積から、左岸下流扇状地への涵養を重点的に考える。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.189MCM、0.206MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクエッタ市の近郊に位置し、生産流通条件は良好であるが、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。果樹園主体の地域については、立地条件を生かしたより一層の農業生産性の向上を図るため、きめの細かい普及指導を通じて、在来果樹の優良品種への漸次転換の推進、ならびに灌漑水利用、生産資材投入、果樹園管理等の適正化による単位収量の増大、収益性の増加を推進するものとする。

非灌漑農地主体の地域については、本事業により、生活用水の改善にあわせて家畜用水の改善やダム周辺の植生の改良が可能と考えられるので、畜産農業の充実に努めるものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇状地扇頂部に位置し、石灰岩からなる80m程度の谷地形からなる。ダム基礎は扇状地堆積物が40m以上堆積することから重力ダムには適さない。ダム軸案としては現況ダムの上流110mと下流75mの2案を比較検討した。両案の特徴は以下の通りである。

上流案： 築堤量は280千m³と小さいが、既存貯水池堆積土砂の掘削捨土量が110千m³と大きい。また洪水吐は貯水池上流左岸側に計画され、放流は同部南側扇状地となる。

下流案： 築堤量は460千m³と大きく、また洪水吐は貯水池右岸の石灰岩斜面に計画され、岩掘削に多額の工事費を要する。

2案を比較した結果上流案が安価となる。ダム基礎は透水性地盤であることから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料及び洪水吐掘削土が半透水性材料として盛土可能である。

基礎からの浸透は貯水池内の堆砂により経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は貯水池上流左岸地山に計画し、掘削土は堤体盛土に流用する。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	19.7	130.0	35.6	278,000	1,147,000	260,000	887,000	131

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点より約200m下流の右岸扇頂部に設置し地下水涵養をおこなう。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及び 長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及び高さ (m)	送水路延長 (m)
Murgi Kotal	2,800	9,000	90 x 100	1.4	0.2 x 0.4	200

b) 砂防施設計画

ダム地点上流2.0km、3.0km、5.0kmならびに7.0km地点の4カ所にディテンションバンドを設置する。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	6,000	56	3.0	950	ダム地点より上流2.0km
No.2	3,800	36	3.0	600	ダム地点より上流3.0km
No.3	4,800	27	3.0	600	ダム地点より上流5.0km
No.4	6,200	56	3.0	800	ダム地点より上流7.0km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

本計画ダムは、破壊した既存ダムの改修という意味合いが強く、ダムサイトの選定、ダムの形状決定などの制約になっている。特に、洪水吐は、隣接右岸支流への流域変更となっており、下流での安全対策が必要である。ダム直下は、国道が横断するほか、住居がかなり密集しており洪水処理、地下水涵養地の選定などに制約がある。

7.2.4 Kach 地区

(1) 地下水涵養計画

ダム直下は2~3kmにわたり河谷が続き、まったく帯水層が見られない。地下水涵養の対象となる帯水層は、河谷の下流に展開する沖積扇状地砂礫層で、Chundak Rud 川にそって東西に広がっている。同帯水層は良好な透水性・厚さを有し、隣接する扇状地帯水層と接合している。特定受益としては、下流側はこの沖積扇状地帯水層で Manda 川との接合部まで、左右岸境界は並行する河川敷きまでとする。同帯水層地下水は、扇状地扇頂部より下流全域に向かって流下するとともに扇中央各部より地下水補給をうけつつ推移している。クェッタ地下水盆にも地下水流下は見られるほか、大勢の余剰地下水は Manda 川付近において同河川の下流方向に向かって移動しているものと考えられる。しかし、これらクェッタ地下水盆への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば2次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、ダムサイト周辺からの自然涵養はほぼ考えられず、下流放流管から、河谷を經由して沖積扇状地にいたるよう常時放流して同沖積扇状地において地下浸透を促し涵養をおこなう。同扇状地域は、扇状地表層はほぼ全域にわたって涵養のための地下浸透が可能であるが、ここでは、ダムサイト下流の扇頂部に涵養池を設けて地下水涵養を促進させる。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.407MCM、0.740MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクェッタ市の近郊に位置する果樹・野菜の産地であり、生産流通条件は良好である。しかし、利用可能水量の新規開発は期待できないので、果樹園のこれ以上の拡大は困難であり、また新規灌漑水量の増大を伴う野菜類の増大も難しい。自給的な麦類の栽培も現状維持が望まれる。したがって、

作物栽培体系は現状維持を基本とし、立地条件を生かしたより一層の農業生産性の向上を図るため、きめの細かい普及指導を通じて、在来果樹の優良品種への漸次転換の推進、ならびに灌漑水利用、生産資材投入、果樹園管理等の適正化による単位収量の増大、収益性の増加を推進するものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトとして既存ダムの嵩上げ案、及び既存ダム下流案を比較検討した。両案の特徴は以下の通りである。

嵩上げ案： 築堤量は480千 m^3 と小さいが、既存洪水吐の稀切りに125千 m^3 要する。

下流案： 築堤量は600千 m^3 と嵩上げ案総築堤量とほぼ同量となるが、既存ダム下流に計画されることから既設ダムを改修し堆積土砂の流下を防止する必要がある。

2案を比較した結果嵩上げ案が安価となる。ダムサイトの地質は頁岩からなる。既存ダム貯水池は堆砂がダム天端下2m程度まで達しており、堤体は中央付近で20m程度完全に破堤している。頁岩層は未固結で侵食作用を受け易く、基盤支持力も重力ダムには適さない。基礎地盤は不透水性であることから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を計画する。ダム軸は既存ダム軸の下流50mとし、既存ダムの嵩上げとなる。堤高は45.9mとなる。ダムは、堤体上流部に不透水性土を盛り立て、下流部は河床材からなる半透水性土を盛り立てる。立上りドレーンを不透水性土下流に設置する。

越流水深は右岸地山地形を考慮し、2.5mとする。洪水吐静水池は自然跳水型とし、静水池長は40.0mである。洪水吐は基礎の頁岩層が侵食を受け易いことからコンクリートで保護する。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km^2)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m^3)	総貯水量 (m^3)	有効貯水量 (m^3)	堆砂量 (m^3)	設計洪水量 (m^3/sec)
ゾーンタイプ	56.5	330.0	45.9	480,000	2,387,000	1,200,000	1,187,000	329

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点より約3.5km下流の左岸平地部に設置し地下水涵養をおこなう。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千 m^3 /年)	涵養池面積 (m^2)	涵養池幅及び長さ (m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及び高さ (m)	送水路延長 (m)
Kach	1,900	6,000	75 x 80	1.4	0.2 x 0.3	3,450 (1,500)

注)()内は下流案

b) 砂防施設計画

Inzar Nullar、Spol Nullarの合流点上流に各々、ディテンションバンドを設置する。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量(m^3)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m^3)	貯砂ダム位置
No.1	11,900	53	3.0	1,200	ダム地点より上流2.5km
No.2	12,200	53	3.0	800	ダム地点より上流3.3km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

本計画ダムは、破壊した既存ダムの改修という意味合いが強く、ダムサイトの選定、ダムの形状決定などが制約されている。土砂生産の大きな流域特性も考えれば、ダム改修は規模の大きな工事とならざるを得ない。Daraダム同様、直接受益地がSra Ghurgi表流水灌漑地区とオーバーラップするが、利水上問題はないと判断される。仮に、既存のダムが放置された場合には、ダム下流のSra Ghurgi取水堰などへの影響が心配される。

7.2.5 Jigda地区

(1) 地下水涵養計画

ダム直下は6~7kmにわたり河谷が続き、この間の帯水層は河床堆積物となる。地下水涵養の目的としては、浅い河床堆積物から取水しているカレーズ利水の改善とする。涵養方法としては、この河川沿いの農地を特定受益地とし、この灌漑水源である既存カレーズに効果的に導水できるよう配慮する。カレーズへの涵養方法としては、下流放流管から河川に放流し、伏流水として流下する過程で途中に涵養池を設けるなどしてカレーズに捕捉させるものとする。対象河川の下流域には沖積扇状地が広がっており、河谷を流下した水は本扇状地に注ぐ。特定受益地と見込まれるものはこの扇状地内周辺にあるものも含む。この扇状地は他流域からの扇状地と隣接しており、地下水涵養ダムから涵養された地下水はこの扇状地にも流れ込む。これら隣接地下水盆への地下水流動は、2次的なものとし、不特定利水用と考えられる。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.084MCM、0.444MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区は、ピシンの中心に比較的近い純農村地帯であり、野菜、果樹が主に栽培されているが、アクセス道路が劣悪で、土壌条件は良いものの流通条件に恵まれていない。カレーズによる灌漑地区であり、農家戸数も少ないので地域としてのまとまりはよく、本事業によるカレーズの水利条件の改善とともに、農業技術水準の向上のための普及指導を強化することにより果樹、野菜の生産拡大が可能なので、規模は小さいが、果樹、野菜の優良生産団地としての確立を図っていく。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは頁岩からなり、なだらかな丘陵地形を呈する。頁岩層は風化が進み層理が発達している。河床堆積厚さは約10mに達し透水性地盤（透水係数 1.15×10^{-3} cm/sec）である。ダム基礎は透水性地盤

であることから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料及び洪水吐掘削土が半透水性材料として盛土可能である。基礎からの浸透は透水層厚が10m程度で浸透量小さいこと、また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は貯水池左岸地山に計画する。基礎地盤は頁岩からなり側壁部のみ石積工により保護する。地山地形から越流水深を1.5m、水路幅を46mとする。洪水吐下流部は貯水池に隣接する頁岩からなる谷地形を呈することから減静工は計画しない。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	20.8	210.0	23.9	114,000	508,000	290,000	218,000	142

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

Jigda Nullahの左右岸にカレーズがあり、これらカレーズの涵養と下流扇状地の地下水涵養を目的として左右岸2カ所に涵養池を設置する。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Jigda 1	2,200	6,000	40 x 150	1.5	0.2 x 0.4	1,200
Jigda 2	3,200	9,000	60 x 150	1.5	0.2 x 0.4	2,150

b) 砂防施設計画

ダム地点より上流2.5、3.0、8.0 km 地点に、ディテンションバンドを設置する。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	39,000	69	7.6	2,140	ダム地点より上流8.0km
No.2	39,000	140	7.6	3,300	ダム地点より上流3.0km
No.3	39,000	120	7.6	3,980	ダム地点より上流2.5km

c) カレーズ改修

再掘などを必要とする総延長2,100 m のカレーズ改修を実施する。

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

ダムサイト下流の直接受益地は、農家数は限られているが農家間の連帯は強く、カレーズの保守をは

じめ、ダムの維持管理への協力も問題ない。水源として他に選択の余地が無く、切実度の高いダムである。

7.2.6 Sanzali 地区

(1) 地下水涵養計画

ダム直下は6~7kmにわたり河谷が続き、この間の帯水層は河床堆積物とその周辺に分布する崩壊堆積物である。地下水涵養の目的としては、浅い河川堆積層から取水しているカレーズ利水の改善とする。涵養方法としては、この河川沿いの農地を特定受益地とし、この灌漑水源である既存カレーズに効果的に導水できるよう配慮する。カレーズへの涵養方法としては、下流放流管から河川に放流し、伏流水として流下する過程で途中に涵養池を設けるなどしてカレーズに捕捉させるものとする。対象河川の下流域には沖積扇状地が広がっており、一部特定受益地とも考えられるがこれら下流地下水盆への地下水流動は、河川伏流水流下の時間単位からみれば2次的なものであり、特定できないほど下流域に広く拡散していることから不特定利水用と考えられる。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.034MCM、0.179MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区は、ピシンの中心に比較的近い純農村地帯であり、野菜、小麦、タバコなどが主に栽培されているが、アクセス道路が劣悪で流通条件に恵まれていない。また土壌条件が果樹栽培にはあまり適していない。しかし、カレーズによる灌漑地区であり、農家戸数も少ないので地域としてのまとまりはよく、本事業によるカレーズの水利条件の改善とともに、農業技術水準の向上のための普及指導を強化することにより野菜や換金作物の生産拡大が可能なので、規模は小さいが、野菜等の優良生産団地として育成していく。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは砂・粘土からなる Bostan Formation 地域に位置し、なだらかな丘陵地形を呈する。河床堤敷部は透水係数 $1.54 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ の不透水層である砂・粘土層に盛土するが、左岸部堤体基礎は透水性の河床堆積物に盛土することから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料及び洪水吐掘削土が半透水性材料として盛土可能である。基礎からの浸透は透水性が小さいことから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を促進する計画する。

洪水吐は貯水池右岸の谷地形部に計画する。基礎地盤は侵食を受け易い未固結の砂・粘土層からなるため水路側壁部及び水路敷部を石張工により保護する。地山地形から越流水深を 1.5m、水路幅を 26m とする。洪水吐下流部は既存カレーズを横断することから減勢工 40m を計画する。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	10.4	210.0	14.0	114,000	508,000	290,000	218,000	142

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点から約1.5km下流地点の右岸側に涵養池を設置する計画とする。これにより、下流域の地下水涵養、カレーズの機能強化を図るものとする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Sanzali	950	3,000	60 x 50	1.4	0.2 x 0.3	1,300

b) 砂防施設計画

Zebra NullahとAghbargai Nullahの合流点から約100m上流に各々1基のディテンションバンドを設置する。また、ダム地点から約2.5m上流地点で合流する右岸支流と約3.0km上流にも各々1基のディテンションバンドを設置するものとする。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量(m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	9,700	30	3.0	700	Zebra Nullah
No.2	7,000	27	3.0	650	Aghbargai Nullah
No.3	8,200	30	3.0	650	ダム地点より上流3.0km
No.4	13,200	42	3.0	1,050	ダム地点より上流2.5km

c) カレーズ改修

再掘などを必要とする総延長2,700mのカレーズ改修を実施する。

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

ダム直下に幾つかのカレーズが見られるが、中には維持管理の行き届いていないものもあり、適切な管理が求められる。水源として他に選択の余地が無く、切実度の高いダムである。

7.2.7 Sakhol地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト周辺に展開する沖積扇状地及び下流側に広く展開する帯水層である。砂丘堆積物は難透水層の上ののっており、ダムより涵養された地下水はこの上の

砂丘堆積物中を伏流するかたちとなる。特定受益としては、この砂丘分布地域で、下流側は国道よりやや西側のライン、左右岸境界は地形的制約よりこの砂丘地域中央を走る流路の両岸で、合わせて幅2～3kmである。ダムより涵養された地下水はこれを超えて側方に流れ込むことはないと考えられ、砂丘面より地下水補給をうけつつ推移するものと判断される。下流ではこの帯水層の厚さは薄くなり、地表近くを流下することとなるが、大勢の余剰地下水は下流方向に向かって移動する。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この砂丘中にカレーズからの水利用状況を考えながら適切な地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はシルテーションにより将来的には期待できなくなることから、下流放流管から放流し、涵養池設置によって地下浸透を促しつつ地下水涵養を促進させる。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.098MCM、0.108MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存カレーズ、浅井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はマストウングの町の中心部から比較的近い幹線道路沿いに位置しており、立地条件は比較的よいが、一般に農家の経営規模は小さく、農業所得も低い。土壌条件から果樹園は少なくタマネギ栽培が中心である。このため、今後の農業開発は、本事業による利水条件の改善を契機に、比較的恵まれている立地条件を生かし、普及指導の充実と農民組織の強化を通じて、より集約的な野菜栽培の作付体系の確立を図り、農業所得の拡大に努めるものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇頂部の1,000mに達する幅広い谷地形部に位置する。扇状地堆積厚さは100mに達するが基盤の透水性は透水係数 3.06×10^{-4} cm/secの半透水層である砂・粘土層に盛土する。堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は堤体中央部ダム軸上に計画する。洪水吐基礎は侵食を受け易い砂礫層からなるため水路側壁部及び水路敷部を石張工により保護する。越流水深を1.5m、水路幅を42mとする。洪水吐下流部は農地が存在することから2.0m程度掘削し流路を固定することとする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	22.3	1,090.0	14.5	187,000	545,000	210,000	335,000	199

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム周辺の河床には比較的透水性の低い砂礫が厚く堆積しているが、受益地はダム直下にも存在して

いることから、涵養池はダム直下流に設置するものとする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千 m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Sakhol	360	1,200	30 x 40	1.4	-	-

b) カレーズ改修

再掘などを必要とする総延長2,500 m のカレーズ改修を実施する。

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、表流水の流況の変化に起因する一部の地域における表流水の洪水灌漑用水としての利用の障害、及び道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。洪水灌漑用水に関しては、その面積は小さく生産量もわずかであり、チューブウェルの併用も見られることから、チューブウェルへの代替あるいは開発計画の中で策定される放流施設によって、この負の影響は回避できる。また、道路の分断に関しては、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画コンポーネントは、いずれも、それらの負の影響を回避するために妥当な計画といえる。したがって、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、受益地を含む近隣地域において、森林局によって実施された「砂丘安定化事業」が「流域保全構想及び管理計画事業」の一環として国連食糧農業機関 (FAO) によって引き継がれており、地域社会を主体とした住民参加による流域保全への取り組みのための組織の強化が図られる予定である。この管理事業は、本計画事業における保全の強化の役割を担うばかりではなく、本計画事業を取り込んで包括的な地区全体の環境保全を実現することが望まれる。

(8) その他特記事項

ダム下流には、別途事業による植生改善の効果が現れており、本ダムの建設効果も加わって、レンジ・マネージメントのモデル地区となりうる。幾つかのカレーズが存在するが、放棄されているものもあり、今後の保守に問題がのこる。

7.2.8 Mangi 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開する沖積扇状地砂礫層で、良好な透水性・広がりをも有し、50m 以上の厚さを持っている。特定受益としては、この沖積扇状地帯水層内の下流側は Bhalla Dbor 川まで、左右境界は他の扇状地が隣接して地形的に凹状となっているところまでとする。同帯水層地下水は、扇状地要部より下流全域に向かって流下するとともに扇面各部より地下水補給をうけつつ推移している。扇端下流にも帯水層の厚さを大幅に減じながら地下水流下は見られるが、大勢の余剰地下水は Bhalla Dbor 直下付近において同河川の下流方向の向かって移動しているものと考えられる。しかし、これら主要帯水層下流部への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば二次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はシルテーションにより期待できなくなることから、下流放流管から、常時放流して涵養池を通じて地下浸透を促し涵養を

おこなう。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.655MCM、0.437MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区は、市場より遠隔の地にあり、生鮮農産物の生産には適しておらず、また土壌的に果樹栽培の増大もそれほど期待できない。したがって、今後とも現在のタマネギ生産を中心とするものとし、さらに、これに貯蔵性の高い作物を組み合わせることで作付体系の改善による土地利用率の向上を図る。ただし、灌漑方法の改善に努めて利用水量の増大を抑制しつつ、土地生産性の増大を目指すものとする。なお、可能な範囲で若干の果樹の導入も考える。また、市場が州外をも含む遠隔地にあるため、市場の動向をできるだけ迅速に把握し、農家が生産物をより有利に販売できるように、農民組織の強化を通じて生産流通体制の整備を図ることに努める。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇頂部の700mに達する幅広い谷地形部に位置する。扇状地堆積厚さは27mに達するが、透水係数は 1.06×10^{-4} cm/secの半透水層である。堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は堤体左岸部に位置する地山侵食部に沿い計画する。洪水吐と地山侵食部の落差は約7mあり、地山侵食部は侵食を受け易い砂礫層からなるためコンクリートによる保護を実施する。洪水吐計画地点付近の地形を考慮し、越流水深を2.0m、水路幅を85mとする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	39.4	530.0	12.7	171,000	1,011,000	420,000	591,000	400

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点周辺は川床砂礫が厚く堆積しており、また氾濫原が下流に広がっていることから、ダム地点における地下水涵養が可能と判断される。したがって、涵養池はダム直下流に設置するものとする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千 m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及び高さ(m)	送水路延長 (m)
Maagi	4,730	15,000	116 x 130	1.4	—	—

b) カレーズ改修

再掘などを必要とする総延長6,000 m のカレーズ改修を実施する。

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。この項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。この計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、この項目に関する新たな環境保全策は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

ダム下流には、数本のカレーズが見られるが、下流地区はほぼ井戸揚水に移行しており、特段のカレーズ利水対策は必要としない。流域内の泉から、ダム右岸に隣接している Bizni 村へ送水している現況水路は、本件計画の中で維持・移設されるので問題ない。ただし、同水路は、全般的な改修が必要で、On-Farm 水管理事業の採択による整備が提案される。流域内には、既存の Sarbund ダムがある。

7.2.9 Kad Kocha II 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開する典型的な姿をした沖積扇状地砂礫層で、第4章で述べたように良好な透水性・厚さを有し、適当な広がりを持っている。特定受益としては、この沖積扇状地帯水層の、下流側は国道以西まで、左右岸境界もこの扇状地側端までとする。同帯水層地下水は、扇状地扇頂部より下流全域に向かって流下するとともに扇尖面各部より地下水補給をうけつつ推移している。同地区の帯水層は、粘土層をはさみ下方帯水層への地下水補給も見られる。しかし、これら主要帯水層下流部への地下水流動や河川下流方向への流去は、同帯水層からの地下水揚水の時間単位からみれば2次的なものであり、不特定利水用と考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、この沖積扇状地砂礫帯水層主要部への、可能な限り上流域からの速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はほぼ期待できないことから、下流放流管から、常時放流して涵養池を通じて地下浸透を促し涵養をおこなう。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.305MCM、0.204MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区は比較的経営規模の大きい農家が多く、果樹栽培が50%以上を占め、野菜作、畜産も盛んで、農家の所得水準は比較的高い。各種の農業支援対策も導入されており、農家の生産意欲は旺盛である。したがって、本事業により灌漑条件が改善されれば発展性の高い地区である。しかし、灌漑使用水量の増大を招くような新規開発は困難であるので、現況作付体系を基本として、若干の野菜作の作付率

増大、果樹園間作を中心とする飼料作物の作付増大等を進め、果樹、野菜、畜産のバランスのとれた複合経営農家による集団産地の育成に努めるものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇頂部の700mに達する幅広い谷地形部に位置する。扇状地堆積厚さは40m以上に達し、河床上部の透水係数は 3.18×10^{-5} cm/secの不透水層である。堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は堤体右岸部に計画する。洪水吐と堤体盛土の境界には石積工を設置する。洪水吐下流部は右岸流域からの流出により洗掘河床となっており、同河床へ放流する計画とする。洪水吐計画地点付近の地形的制約を考慮し、越流水深を2.5m、水路幅を50mとする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	15.2	595.0	14.0	152,000	368,000	140,000	228,000	389

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点周辺は川床砂礫が厚く堆積しているが、ダム下流は帯水層が狭窄部となっており涵養効果は期待できない。したがって、涵養池はダム地点から500m下流に設置するものとする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Kad Kocha	4,730	15,000	100 x 150	1.4	0.2 x 0.5	500

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、表流水の流況の変化に起因する一部の地域における表流水の洪水灌漑用水としての利用の障害、及び道路の分断に起因する生活・経済行為における交通の不便である。洪水灌漑用水に関しては、その面積は小さく生産量もわずかであり、チューブウェルの併用も見られることから、チューブウェルへの代替あるいは開発計画の中で策定される放流施設によって、この負の影響は回避できる。また、道路の分断に関しては、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画コンポーネントは、いずれも、それらの負の影響を回避するために妥当な計画といえる。したがって、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

現在、受益地は、国連食糧農業機関 (FAO) による「総合地域開発計画」の対象地域となっており、地域社会を主体とした住民参加による流域保全及び山間草地管理等の事業が実施されている。この開発プログラムは、本計画事業における保全の強化の役割を担うばかりではなく、本計画事業を取り込んで包括的な地区全体の環境保全を実現することが望まれる。

(8) その他特記事項

ダム下流地区では、農業が興隆しており、本ダムの実施が待たれる。直下流には、ドリップ灌漑モデル圃場もあり、適正な地下水利用とともにドリップ灌漑導入の先進地区とみられる地区である。流域

内には、既存の Kad Kocha I ダムがある。

7.2.10 Ghazlona (Arambi) 地区

(1) 地下水涵養計画

ダムサイトは Ghazlona 川中流に位置する。地下水涵養の対象となる受益地区は Ghazlona 川沿いの河川伏流水利水農地と、Ghazlona Nala と Arambi Manda 合流周辺の砂礫帯水層に依存する井戸利用農地である。Ghazlona 川沿いの地下水利用は、カレーズ、あるいは浅井戸によるもので、ダムサイトから放流されて河川敷きを伏流する過程で利水される。下流側 Arambi Manda 河床の砂礫帯水層は厚さ 20~30m 程度で、Ghazlona 川の伏流地下水あるいは表流水が同砂礫帯水層内に涵養されたのち利水されるものである。これらの受益地区で利水されなかった大勢の余剰地下水は Arambi Manda の下流方向の向かって移動し、不特定利水に貢献していると考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、可能な限り上流域から速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然伏流水と、下流放流管から、常時放流して涵養池を通じて河川敷下への浸透を促し涵養をおこなう。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.041MCM、0.099MCM である。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はかなり遠隔地に立地しており、果樹を中心とする純農村地帯である。土壌条件は良く、多くの作物の栽培に適しているが、アクセス道路が悪く、流通面では不利である。灌漑用水にはカレーズおよび揚水ポンプが利用されているが、本事業により水利条件は回復されるものの、用水利用の新規拡大は困難である。したがって、今後とも果樹を中心として、一層の果実の品質改良、単収の増大、傾斜地の土壌保全等に努め、遠隔地立地のハンディキャップを克服していくものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは頁岩からなり、なだらかな丘陵地形を呈する。頁岩層は風化が進み層理が発達している。河床堆積厚さは 5~6m に達し透水性地盤であることから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能であるがこれらは頁岩の風化物であることから施工に当たっては浸潤に対し沈下等を抑制するため、締固め基準に十分留意する必要がある。基礎からの浸透は透水層厚が 5~6m 程度で浸透量が小さいこと、また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は貯水池左岸地山に計画する。基礎地盤は頁岩からなり側壁部のみ石積工により保護する。地山地形から越流水深を 1.5m、水路幅を 35m とする。洪水吐下流部は貯水池に隣接する頁岩からなる谷地形を呈することから減静工は計画しない。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	9.1	195.0	20.9	76,000	331,000	140,000	191,000	109

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

川床幅が狭く、また基盤まで浅いため涵養効果が期待できない。したがって、ダム地点から約 1.3km 下流地点の右岸側に涵養池を設置する計画とする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千 m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Ghazlona	240	800	26 x 30	1.4	0.1 x 0.2	1,300

b) 砂防施設計画

ダム地点より約 2.0km、3.5km の 2カ所にディテンションバンドを設置する計画とする。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	7,800	33	3.0	600	ダム地点より上流 3.5km
No.2	7,300	58	3.0	1,200	ダム地点より上流 2.0km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通手段の喪失である。これらの項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、近年、受益地を含む近隣地域において「流域保全構想及び管理計画事業」が国連食糧農業機関 (FAO) によって実施され、地域社会を主体とした住民参加による流域保全への取り組みが図られた。ただし、本計画事業の対象流域とは異なるため、流域保全事業からの直接的な保全効果を得ることができないが、対象地域の住民は流域保全の重要性または必要性を理解しており、本調査において策定された環境保全構想に基づいた山間草地管理及び流域保全の実施について円滑な推進が期待できる。

(8) その他特記事項

本ダムによる涵養水は、一旦、Arambi Manda の伏流水となることから、下流域への涵養効果がやや不確実である。ただし、直下流の過疎村での利水向上効果は非常に高い。

7.3 F/S 非実施計画ダム

7.3.1 Ghutai Shela 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト直下に展開するクエッタ地下水盆出口に広がる規模の大きな沖積扇状地砂礫層で、透水性・厚さは良好であるが、Sariab Lora の下流域と連続しており下流特定域に有利な地下水構造とはいえない。同帯水層への涵養方法としては、下流放流管から、常時放流して地下浸透を促し涵養をおこなう。同扇状地域は市街地化が進み、扇状地表層より涵養が可能な表土面積は限られている。ここでは、ダムサイト直下の河川敷及び兩岸砂礫土域より自然涵養させるものとする。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.015MCM、0.016MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクエッタ市の近郊に位置するが、兼業農家が多く経営規模も小さい。果樹栽培と小麦栽培が中心であるが、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。地区全体としての用水確保の必要性は低下するものではないが、今後における農業の発展性はあまり期待できないので、現状維持を基本とし、立地条件を生かした農業経営をより効率化していくものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは扇状地扇頂部に計画され、地質は固結した Subrecent deposits からなる。地形は丘陵地形を呈する。河床部は未固結の扇状地堆積物が地表下 28m まで堆積し、透水係数 $9.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ の透水性の極めて高い地盤からなる。このことから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。

基礎からの浸透は貯水池内の堆砂により経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は右岸地山に計画する。地山形状から越流幅を 6.0m (越流水深 1.7m) とし、減静工は計画しない。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	1.8	155.0	13.0	33,000	80,000	42,000	38,000	28

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

川床にはシルト・粘土が厚く堆積しており涵養効果が期待できない。したがって、ダム地点から 500m

下流地点の右岸側に涵養池を設置する計画とする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千 m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Ghutai Shela	1,760	4,900	70 x 70	1.5	0.2 x 0.4	500

b) 砂防施設計画

ダム地点より約 2.0km、3.0km の 2カ所にディテンションバンドを設置する計画とする。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長 (m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	3,200	30	3.0	700	ダム地点より上流 3.0km
No.2	5,400	50	3.0	1,200	ダム地点より上流 2.0km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通手段の喪失である。これらの項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

下流域には、空港、軍関係施設などがあり、農業地区というより市街化予備地という状況である。近接して、アフガン難民集落があり、難民対策としての効果も期待できる。

7.3.2 Wali Dad 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト下流に展開する沖積扇状地砂礫層で、透水性・厚さは良好である。ダムサイトは河谷狭窄部に位置し、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はほぼ期待できないことから、同帯水層への涵養方法としては、下流放流管から常時放流して、一旦扇頂部まで流下放流の後、地下浸透を促し涵養をおこなう。同扇状地域は宅地造成が進み、扇状地表層より涵養が可能な表土面積は今後さらに限られてくる。ここでは、ダムサイト直下の河川敷及び両岸砂礫土域より自然涵養させるものとする。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.083MCM、0.055MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はクエッタ市の近郊の果樹・野菜栽培が盛んな地区であるが、近年における都市の拡大による影響を受けており、農業のこれ以上の拡大は困難である。しかし、地区全体としての用水確保の重要性は依然高い。また農業の生産流通に係わる立地条件は非常に恵まれているので、今後とも一定の農業生産は継続されるものと考えられる。したがって、作物栽培体系は現状維持とし、立地条件を生かしたより効率的な農業を推進するために、灌漑の合理化、流通体制の一層の整備及び農民組織の強化を推進する。また、無秩序な都市化に伴う農地の細分化、家庭雑排水の農地汚染等により農業生産性が低下することのないよう適切な指導・措置を実施するものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは既設ダム上流400mの石灰岩からなる地山狭窄部に計画する。ダム地点は地表下5m程度で石灰岩基盤が存在し、また地山狭窄部幅が10~15m程度で、両岸アバットとも石灰岩からなることから重力ダムに適する。フィルダムにした場合は洪水吐設置に多量の地山岩掘削が必要となり経済的に不利となる。基礎は石灰岩からなることから貯水池敷からの涵養は期待できない。従って取水を設置し、堤体下流からの涵養を計画する。

越流水深は地山狭窄部幅を考慮し、2.0mとする。洪水吐静水池長は16.0mとする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
重力タイプ	5.4	20.0	23.0	3,700	139,000	90,000	49,000	86

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

川床からの涵養は基盤までの深さが浅いため期待できない。したがって、ダム地点から約3km下流地点の扇頂に涵養池を設置する計画とする。なお、川谷の両岸は切り立った岩山となっていることから、送水路はパイプラインとして計画する。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Wali Dad	2,600	8,500	85 x 100	1.4	φ 300	3,250

b) 砂防施設計画

ダム地点より約2.0km、2.5km、3.0kmの3カ所に砂防ダムを設置する計画とする。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	2,200	20	7.0	900	ダム地点より上流3.0km
No.2	2,200	20	7.0	900	ダム地点より上流2.5km
No.3	2,200	20	7.0	900	ダム地点より上流2.0km

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通手段の喪失である。これらの項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、

これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

本計画ダムは、破壊した既存ダムの改修という意味合いが強い。下流には分譲宅地が振興しており、利水向上効果と共に、洪水被害軽減効果が期待される。

7.3.3 Samaki (Arambi)地区

(1) 地下水涵養計画

ダムサイトは Arambi Manda の支川に位置する。地下水涵養の対象となる受益地区は支川下流の沿いの砂礫帯水層に依存する井戸利用農地である。同地区の地下水利用は、カレーズ、あるいは浅井戸によるもので、ダムサイトから放流されて河川敷きを伏流する過程で利水される。下流部の砂礫帯水層は厚さ 20m 程度で、支川を伏流していった涵養地下水が同砂礫帯水層内に滞留していく過程で利水されるものである。これらの受益地区で利水されなかった大勢の余剰地下水はビシンロラに向かって移動しているものと考えられ、不特定利水に貢献していると考えられる。本地区地下水涵養ダムによる涵養計画としては、可能な限り上流域から速やかな地下浸透を目指すものとする。

同帯水層への涵養方法としては、貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然伏流水と、下流放流管から、常時放流して河川敷下への浸透を促し涵養をおこなう。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.017MCM、0.041MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はかなり遠隔地に立地しており、果樹を中心とする純農村地帯である。土壌条件は良く、多くの作物の栽培に適しているが、アクセス道路が悪く、流通面では不利である。灌漑用水にはカレーズおよび揚水機が利用されているが、本事業により水利条件は回復されるものの、用水利用の新規拡大は困難である。したがって、今後とも果樹を中心として、一層の果実の品質改良、単収の増大、傾斜地の土壌保全等に努めるとともに、遠隔地立地のハンディキャップを克服していくものとする。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは頁岩・砂岩からなり、両アバットは比較的なだらかな尾根地形を呈する。頁岩層は風化が進みクラックが発達している。河床堆積物は地表下 17m に達し半透水性地盤であることから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。基礎からの浸透は基礎の透水性が小さいこと、また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は貯水池右岸地山の頁岩部を掘削し建設する。基礎地盤は頁岩であることから側壁部のみ石積

工により保護する。地山岩掘削量を軽減するため越流水深は2.0m、水路幅を12mとする。洪水吐下流部は貯水池直下流となることから減静工を計画し、堤体法尻の洗掘を防止する計画とする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	2.5	80.0	15.5	35,000	153,000	100,000	53,000	53

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点から約50m下流地点の扇頂に涵養池を設置する計画とする。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Samaki	4,700	1,600	40 x 40	1.4	0.1 x 0.3	65

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通手段の喪失である。これらの項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、近年、受益地を含む近隣地域において「流域保全構想及び管理計画事業」が国連食糧農業機関 (FAO) によって実施され、地域社会を主体とした住民参加による流域保全への取り組みが図られた。この保全事業は、本計画事業における流域保全効果として重要であり、引き続きの管理強化が望まれる。

(8) その他特記事項

本ダムによる涵養水は、一旦、Arambi Manda の伏流水となることから、下流域への涵養効果がやや不確実である。流域面積が過少であり、ダムとしてのバランスを欠いている。

7.3.4 Iskalkoo 地区

(1) 地下水涵養計画

地下水涵養の対象となる帯水層は、計画ダムサイト下流に展開する沖積扇状地砂礫層である。ダムサイトは丘陵地中腹部に位置し、河床は直接露岩しているなど貯水池敷き・ダムサイト周辺からの自然涵養はほぼ期待できないことから、同帯水層への涵養方法としては、下流放流管から常時放流して、一旦扇頂部まで流下放流してそれ以降で地下浸透を促し涵養をおこなう。貯水池・ダムサイトの基盤は石灰岩よりなり、この石灰岩の下位は難透水性頁岩が分布して下流側河床堆積物や扇状地堆積物の基礎となっている。石灰岩は多孔質で浸透経路が複雑である。ダムサイトでの放流水が確実に扇頂部に到達するか、あるいは河道流下中の浸透水が確実に下流扇状地に到達するか、などの確度がやや低い。

(2) 地下水涵養可能量

第6章の地下水利用計画で述べたように、計画地下水涵養ダムの涵養可能量は特定利用及び不特定利用にわけられる。それぞれの可能量は、0.032MCM、0.077MCMである。

(3) 特定灌漑受益範囲

特定灌漑受益は、別添受益地位置図に示すように地下水涵養対象とする帯水層上の範囲とする。地下水利用は同範囲内に存在する既存井戸によるものとし、新たな井戸建設は考えない。

(4) 農業開発計画

本地区はカラットの中心部に比較的近いところに位置する純農村地帯である。タマネギや小麦の栽培が主であり、果樹も若干見られるが、土壌条件があまり良くないため生産性は高くない。したがって、本事業による水利条件の改善とあいまって、土壌の排水改良及び生産資材投入の適正化による肥沃化に努め、土地利用率の向上、作物単位収量の増大を図る。

(5) ダム施設計画

ダムサイトは頁岩・泥岩からなり、両アバットは比較的なだらかな丘陵地形を呈する。頁岩層は風化が進みクラックが発達している。河床堆積物は地表下5m程度に達すると判断され、半透水性地盤であることから堤体は均一タイプとし、パイピングに対し動水勾配を緩くする計画とする。築堤材料は河床材料が半透水性材料として盛土可能である。基礎からの浸透は基礎の浸透層厚が小さいこと、また貯水池内の堆砂により基礎からの浸透は経年的に低下することから取水管路を設置し、堤体下流からの涵養を合わせて計画する。

洪水吐は貯水池右岸地山の尾根部に計画する。越流水深は右岸地山幅が40m程度と狭いことから2.0m、水路幅を28mとする。基礎地盤は軟岩であることから洪水吐流入部、急流水路部についてコンクリートで洗掘に対する保護をすることが必要である。洪水吐下流部は貯水池直下流となることから減静工を計画し、堤体法尻の洗掘を防止する計画とする。

堤体諸元

ダムタイプ	流域面積 (km ²)	堤頂長 (m)	堤高 (m)	築堤量 (m ³)	総貯水量 (m ³)	有効貯水量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	設計洪水量 (m ³ /sec)
均一アースダム	5.8	100.0	16.0	46,000	170,000	80,000	90,000	133

(6) 計画コンポーネント

a) 涵養施設計画

ダム地点周辺は透水層が薄いため、ダム下流500m地点の扇頂にて地下水涵養をおこなう計画とする。なお、地形が急峻であることから送水路はパイプラインとして計画する。

涵養施設諸元

涵養施設	涵養可能量 (千m ³ /年)	涵養池面積 (m ²)	涵養池幅及 び長さ(m)	涵養池深さ (m)	送水路幅及 び高さ(m)	送水路延長 (m)
Iskalkoo	950	3,000	50 x 60	1.4	φ200	500

b) 砂防施設計画

ダム地点より約2.0km、2.5km地点の2カ所にディテンションバンドを設置する。また、ダム上流500m地点で左岸から合流する支流に2基のディテンションバンドを設置する計画とする。

砂防施設計画

貯砂ダム	堆砂容量 (m ³)	堰堤延長(m)	堰堤高(m)	築堤量(m ³)	貯砂ダム位置
No.1	2,200	30	3.0	570	ダム地点より上流 2.5km
No.2	2,200	30	3.0	570	ダム地点より上流 2.0km
No.3	2,200	30	3.0	570	支川合流点より 400m
No.4	2,200	30	3.0	570	支川合流点より 800m

(7) 環境配慮

この地下水涵養ダムの建設により予測される負の環境影響は、道路の分断に起因する生活・経済行為における交通手段の喪失である。これらの項目に関連して、仮設・付替道路の設置が本調査における開発計画の中で策定されている。これらの計画は、その負の影響を回避するために妥当な計画であり、これらの項目に関する新たな環境保全計画の策定は必要ないと判断できる。

また、地下水涵養ダム事業を通じてこの地区の環境状況の向上を図るためには、中・長期的な保全計画として地下水涵養ダム事業における環境保全構想に基づいた環境保全管理が提言できる。

(8) その他特記事項

下流側にはカレーズを水源とした優良農地が展開している。仮にこのカレーズの利用性が向上すれば、その裨益効果は少なくない。しかし、石灰岩を主体とした複雑な地質を呈し、ダム受益地区の特定は困難である。

7.4 工事計画及び事業費積算

7.4.1 工事計画

(1) 建設工種及び工事量

前項で検討した14カ所のF/S対象地下水涵養ダム、及び涵養施設、貯砂ダム施設の主な工種、建設内容は下表のように整理される。

主要建設工事

ダム名	ダムタイプ	洪水吐	取水施設	涵養施設	貯砂ダム	カレーズ改修(m)
Brewary ダム	重力ダム	B=15.0m L=19.5 m	立樋 φ 250mm L=17.0m	B15.0m×L100.0 m xH3.0m	—	—
Dera ダム	均一型フィルダム	B=41.0m L=220.0m	斜樋 φ 400mm L=24.0m	B105.0m×L110.0 m xH1.4m	重力式ダム1基 石積バンド2基	—
Margi Kotal ダム (上流案)	均一型フィルダム	B=36.0m L=300.0m	斜樋 φ 400mm L=30.0m	B90.0m×L100.0m xH1.4m	石積バンド4基	—
Margi Kotal ダム (下流案)	均一型フィルダム	B=42.0m L=251.0m	斜樋 φ 400mm L=25.0m	B90.0m×L100.0m xH1.4m	同上	—
Kach ダム (嵩上げ案)	ゾーン型フィルダム	B=42.0m L=276.0m	斜樋 φ 250mm L=12.0m	B75.0m×L80.0m xH1.4m	石積バンド2基	—
Kach ダム (下流案)	ゾーン型フィルダム	B=40.0m L=250.0m	斜樋 φ 250mm L=29.0m	B75.0m×L80.0m xH1.4m	同上	—
Figla ダム	均一型フィルダム	B=46.0m L=80.0m	斜樋 φ 400mm L=33.0m	B40m×L150m×H 1.5m B60m×L150m×H 1.5m	練石積堰堤3基	2,100
Sanzah ダム	均一型フィルダム	B=26.0m L=400.0m	斜樋 φ 200mm L=24.0m	B50.0m×L60.0m xH1.4m	石積バンド4基	2,700
Sahol ダム	均一型フィルダム	B=42.0m L=200.0m	集水渠 φ 150mm L=190.0m	B30.0m×L40.0m xH1.4m	—	2,500
Mangi ダム	均一型フィルダム	B=85.0m L=120.0m	斜樋 φ 500mm L=16.0m	B116.0m×L130.0 m xH1.4m	—	6,000
Kad Kecha II ダム	均一型フィルダム	B=50.0m L=130.0m	斜樋 φ 600mm L=11.0m	B100.0m×L150.0 m xH1.4m	—	—
Ghazlona ダム	均一型フィルダム	B=33.0m L=65.0m	斜樋 φ 200mm L=33.0m	B26.0m×L30.0m xH1.4m	石積バンド2基	—
Ghurā Shela ダム	均一型フィルダム	B=6.0m L=100.0m	斜樋 φ 200mm L=13.0m	B70.0m×L70.0m xH1.5m	石積バンド2基	—
Waḥ Dad ダム	重力ダム	B=15.0m L=14.0m	立樋 φ 300mm L=10.0m	B83.0m×L100.0 m xH1.4m	重力式バンド3基	—
Sarabi ダム	均一型フィルダム	B=12.0m L=150.0m	斜樋 φ 200mm L=15.0m	B40.0m×L40.0m xH1.4m	—	—
Isakoo ダム	均一型フィルダム	B=20.0m L=90.0m	斜樋 φ 200mm L=10.0m	B50.0m×L60.0m xH1.4m	石積バンド4基	—

注) 重力式ダム：無筋コンクリート、練石積堰堤：コンクリート填充石積、石積バンド：布田カゴ構造である。
重力ダムについては減勢工長を洪水吐欄に記している

主要工事数量

ダム名	堤体		洪水吐		涵養施設		貯砂ダム
	築堤量 (m ³)	斜面保護 (m ²)	コンクリート (m ³) (静水池)	石積工 (m ³)	掘削量 (m ³)	管水路延長 開水路延長 (m)	築堤量 コンクリート 石積工 (m ³)
Brewary ダム (重力ダム)	9,600	-	1,230 (静水池)	-	12,500	-	-
Dara ダム	297,000	15,800	-	-	5,000	110	1,100 1,900
Murgi Kotal ダム (上流案)	278,000	7,100	-	-	4,600	200	- 3,100
Murgi Kotal ダム (下流案)	458,000	10,200	1,400	-	4,600	200	- 3,100
Kach ダム (嵩上げ案)	480,000	15,300	5,900	1,000	1,100	3,450	- 1,400
Kach ダム (下流案)	593,000	19,900	5,900	1,000	1,100	1,500	- 1,400
Jigda ダム	114,000	7,400	-	1,100	10,500	470 3,350	- 10,400
Sanzali ダム	106,000	7,400	-	6,900	1,100	1,300	- 3,000
Sakhol ダム	187,000	19,600	-	2,000	800	-	- -
Mangi ダム	171,000	14,200	4,200	400	3,300	-	- -
Kad Kocha II ダム	152,000	14,700	300	2,400	3,300	500	- -
Ghazlona ダム	76,000	5,300	-	2,100	250	300	- 1,800
Ghutai Shela ダム	33,000	3,500	100	1,300	1,200	500	- 1,900
Wali Dad ダム (重力ダム)	3,700	-	1,200 (静水池)	-	8,300	-	- 2,800
Samaki ダム	36,000	2,400	-	1,200	700	65	- -
Iskalkoo ダム	47,000	3,200	300	2,400	1,100	-	- 2,300

注) 洪水吐コンクリートは鉄筋及び無筋コンクリートの合計である。

カレーズ補修工事数量は前頁表に示す。

(2) 工事施工計画

(a) 工事計画

建設施設は地下水涵養ダム、涵養施設、貯砂ダム、及び付替道路からなる。ダムは地形地質条件及び経済性から大きく重力ダムとフィルダムからなる。貯水池に設置される取水施設は斜樋形式が多く採用されており、同工事はダム工事と同時に実施される。涵養施設はダム下流に建設される涵養池、及びダムから涵養池までの送水路からなる。貯砂ダムは貯水池上流に建設されジャカゴ、または石積構造である。

重力ダムの施工は堤敷掘削、堤体コンクリート打設、静水池コンクリート打設からなる。堤敷掘削を行う際には基礎地盤が所定の強度が得られることを確認することが重要である。コンクリートは通常はバッチングプラントで製造され、バケット、またはケーブルクレーンで打設される。コンクリートは打設時の温度により収縮クラックが発生するため施工時期に留意するとともに特にクーリングを行わない場合には打設高さに留意する。また冬期に打設を行う場合には凍結に留意する必

要がある。骨材の採取、運搬設備は骨材使用量、採取場の地理条件に留意し計画する。

フィルダムの堤体の施工は堤敷、床堀掘削、盛土、ドレーン施工、法面保護の施工からなる。特に堤敷部の基礎については支持力、剪断力、パイピング等に十分な抵抗力を有していることを確認する。盛土に際しては材料の含水比調整、粒度分布に留意し、沈下、剪断またパイピングに対し十分な強度を持たせるよう調査試験を十分に行うとともに締固め基準を順守する。含水比調整のための給水施設としてチューブウェル、水槽を配置する。盛土材は河床堆積物を用いることを原則とするが、洪水吐等の付帯構造物建設により掘削土が発生する場合にはこれを流用する計画とする。掘削機械としてブルドーザー、ホイールローダー、バックホー、運搬機械としてダンプトラック、また締固め機械として振動ローラー、タンピングローラーを使用する。

涵養池はブルドーザにより掘削押土を行い、また盛土部は同様にブルドーザで締固めを行う。送水路は管路と開水路が計画されるが、掘削はバックホーまたは人力により行う。管路をコンクリートで保護する場合、コンクリートはポータブルミキサーで練り混ぜを行う。

貯砂ダムはジャカゴ、または石積構造であるが、石材の採取、設置は人力で行う。ダム地点から十数km 遠方から石材の運搬を行う必要がある場合は、運搬はダンプトラック、普通トラック及びトラクターの使用が有効である。練石積工の填充コンクリートはパッチングプラントで製造することが好ましいが、工事現場が遠隔地であり且つコンクリート数量が比較的少ない場合にはポータブルミキサーの使用が有効である。

付替道路工事は地山掘削、盛土等の土工事、敷き砂利舗装工事、排水路工事からなる。舗装材料は近傍河川堆積物を用いる。掘削等の土工事はブルドーザ、ホイールローダを用いる。敷き砂利舗装はモーターグレーダーで敷均した後、ローラー系締固め機械により転圧を行う。

(b) 仮設備計画

仮設工事は、品質管理、工事費の最適化、労働者、機械・設備の安全管理、工期の適正化を目的として計画する。以下に重力ダム、フィルダム工事に必要な仮設備計画を示す。

- i) コンクリートプラント (品質・工程管理)
- ii) 資材仮置場、車輛修理場 (品質・安全管理)
- iii) 電気設備、給水設備、給気設備 (品質・工程管理)
- iv) 仮設道路 (工程管理及び労働者、建設機械の安全管理)
- v) 足場、作業床の設置 (安全管理)

(c) 品質管理計画

重力ダムについてはコンクリートの品質を均一に保つため、

- i) 材料管理：セメント及び混和材料の品質、骨材の粒度、表面水量の変動管理
- ii) 機械管理：ミキサ、計量器の調整
- iii) コンクリート試験：練上げ温度、スランプ、空気量、圧縮強度試験を行う。

フィルダムについては盛土材料の強度、粒度分布等を均一に保つため、

- i) 材料管理：物理試験、力学試験の実施
- ii) 機械管理：盛土計画に適合した機械の配置、及び維持補修作業
- iii) 管理基準：盛土の乾燥密度・飽和度、または締固め施工基準の設定

を行う。

(3) 工事工程計画

建設工事は堤体・洪水吐・取水施設工事、涵養池・送水路工事、貯砂ダム工事からなる。これらの工事は準備作業から始まり後片付けまで各種の作業から構成されている。工程計画はこれらの一連の作業に対する工程計画と、この中の主作業、例えば重力ダムにおけるコンクリート打設作業やフィルダムにおける盛立て作業の工程計画を考える場合がある。更に主作業の工期を設定し、この中で経済的な工程を考える場合と、工期を設定せず格差業の最も経済的となる工期を策定する場合が考えられる。

地下水涵養ダム工事計画においては以下を計画の条件として工程計画を策定する。

- a) 重力ダムのコンクリート打設工期はコンクリート打設量を日 150~200m³、最大打設高さを 1.5m、打設ブロックの養生期間を 4日間とする。
- b) フィルダムの盛土工期は堤高 15m 以下のダムについては日盛土量を 1,100m³ (振動ローラー 10ton、1台) として算出する。堤高 15m 以上のダムについては以下の施工機械能力から最適な機械組合せを検討し工期を算定する。

土工事	使用機械	作業能力 (m ³ /日/台)	備 考
掘削押土	21tonブルドーザー	330	(押土距離：50m)
掘削	21tonブルドーザー	670	
積込み	2.0m ³ ホイールローダー	540	(2.0m ³ 平積み)
運搬	11tonダンプトラック	220	(運搬距離：200m)

- c) フィルダムの仮廻しは原則半川締切りを採用する。カリフ期は降雨強度が大きいことから堤頂長の小さいダムについては必要幅が確保できないことから同時期の施工を避ける。重力ダム施工はクーリングまたは温度養生を計画しない場合には気温 4℃以下、35℃以上の時期を避ける。
- d) フィルダム工事の準備工事、仮設工事、跡片付け作業はそれぞれ 0.5カ月とする。但し重力ダム等コンクリート打設量が多く、コンクリートプラント (簡易プラントを含む) の設置を要する工事については仮設工事、跡片付け作業を各々 2カ月、1カ月とする。

各ダムの工事工程を図 7.4.1 に示す。

7.4.2 事業費積算

(1) 積算条件

本事業の事業費は次の条件に基づいて算出した。

- a) 単価はパキスタン国 1996 年末期の市場価格をもとに積算する。
- b) 積算に用いる外貨交換レートは次の通りである。
US\$1.00 = Rs.40.00 = 120.00 円
- c) 建設工事は全て請負契約方式で実施し、建設業者は国際競争入札によって選定する。建設工事に必要な建設機械、設備及び資機材は建設業者が調達するものとする。
- d) 外国から輸入される建設資機材、設備に対する税金は積算の対象としない。
- e) 工事費は外貨分と内貨分に分けて積算し、内貨分はパロチスタン州の現在価格をもとに、また外貨分はカラチの CIF 価格をもとに積算する。

- f) 工事費積算にはダム建設による付替道路建設費を含める。
- g) 各ダムの建設工期は前項工程計画に示す通りである。
- h) 数量変更に伴う予備費は10%とする。
- i) 物価変動に伴う予備費は外貨分について4.5%、内貨分について10%とする。

(2) 事業費

事業費は次の項目で構成される。

- a) 工事費
工事費は直接工事費、仮設費、準備費から構成されており、仮設費、準備費は直接工事費の15%としている。
- b) 管理費
工事の管理はコンサルタントの技術協力のもとに、灌漑局技術者、職員により実施される。管理費は事業準備、詳細設計及び工事施工監理業務に必要な灌漑局職員数、及び必要事務所経費に基づき算出する。管理費は直接工事費の5%とする。
- c) 技術経費（実施設計・施工監理）
実施設計・施工監理費は各ダム及び涵養施設工事費の10%を見込む。設計時においては地形測量、ボーリング調査、地質・土質試験を実施する。
- d) 用地取得費
ダム施設、涵養施設は公共用地に建設されることから用地取得費は発生しない。
- e) 予備費
数量変更に伴う予備費は上記4項目の合計の10%とする。また物価変動に伴う予備費は上記4項目の合計に対し外貨分について4.5%、内貨分について10%を計上する。

事業費総括表を表7.4.1に示す。

7.5 維持管理及びモニタリング計画

7.5.1 維持管理計画

調査対象地域の現況灌漑施設としては、多数の個人所有灌漑用井戸施設を除けば、灌漑局が実施している小規模灌漑事業及びカレーズに限られる。小規模灌漑事業は常時表流水灌漑事業、洪水灌漑事業、地下水涵養ダム事業にわかれている。それらはいずれもゲート管理のような人為的な操作を必要としないが、常時表流水灌漑事業及び洪水灌漑事業では一応利用者よりなる管理組織がみられる。また、徴収率は極端に低いものの、水利費の徴収を義務付けている。

地下水涵養ダム事業では、水利組合もみられないし、水利費の徴収も義務づけられていない。これは、地下水涵養ダムそのものは恒常的な維持管理を必要としないことと、州政府が地下水涵養ダムに対して特定受益を想定していないことの証拠でもある。

灌漑局が実施している小規模灌漑事業では、老朽化、洪水被災に伴う施設復旧などは灌漑局が行っている。これは、各完了事業ともその事業費の約2%を年あたり維持管理経費として、事業実施のための州政府開発予算とは別の非開発関連予算枠から出資する予定としているが、予算不足のために十分な

手当がなされていない事業も見られる。

本件計画においては、このような現状も認識しつつ、新しい計画対象地下水涵養ダムの施設計画に整合した維持管理内容、方法が考えられるべきである。計画地下水涵養ダムの維持管理は、以下のよう
に考える。

- 地下水涵養ダムそのものの恒常的な維持管理は、必要が低いことから考えない。
- ただし、堤体（堤体法面）及び付帯施設の破損が発生した場合の修理、貯水池内堆積土砂の排除、地下水涵養のための放流管締切り弁の操作などは灌漑局主導の下で、受益農民が協力して実施すること。
- 地下水涵養池は、数年でシルト分が堆積して涵養機能が低下することが予想される。下流に設けられる涵養池は、1～2年程度を目安として、ブルドーザーを投入して排土を行うこと。より効果的と判断されれば、従前の涵養池の代わりに新設していくことも必要である。この場合、涵養池への導水土水路も改修の対象とすること。
- 流域保全、地下水利用規制等は受益農民グループを中心に担当すること。農民グループは、下流側にカレーズ等の既存農民組織が存在する場合はそれらを母体としたものとする。
- 共同灌漑水路などで整備不良のものは、On-farm 水管理事業などを活用して水路のライニング、調整ボンドの設置など、灌漑システム整備をすすめること。
- 地下水涵養ダム事業に関しては、特定受益であっても当面事業費償還、水利費徴収などは行わない。施設の修理費、維持費は灌漑局（州政府）が負担する。ただし、流域保全等は住民参加の方針に則り、無報酬での実施参加とする。

これらの維持管理計画実施に必要な年あたり費用は下表のような構成であり、それぞれ以下のように見積もられる。その内訳は、表7.5.1に示すとおりである。

維持管理項目		
維持管理項目	実施頻度	経費算出根拠
法面保護	必要に応じて	法面工事費の3%/年
付帯工補修	必要に応じて	—
涵養池改修	隔年	50cm厚程度の排土経費
カレーズ保守	毎年	カレーズ利用者組合負担
流域保全	常時	地域住民参加、森林局負担
貯水池内土砂排除	必要に応じて	—

維持管理費

(1,000比/-/年)

ダム名	年維持管理費用	ダム名	年維持管理費用
Brewary	81	Ghutai Shella	105
Wali Dad	138	Dara	313
Murgi Kotal	238	Kach	341
Jigda	295	Sanzali	198
Ghazlona	143	Samaki	119
Sakhol	328	Mangi	382
Kad Kocha II	387	Iskalkoo	131

7.5.2 モニタリング計画

旧来、WAPDAが行っていた地下水モニタリング作業を引き継いだ州灌漑電力局水資源部では、観測井の継続観測と、その分析を行っている。観測井は現在 107 カ所であり、主にクエッタ北部支流、ピシン支流北部、及びマストゥング支流に配置されている。観測の方法は、観測用井戸かピエゾメーターであり、観測用井戸では自記水位計が設置されている。

これらの観測井データによって、関係支流の地下水位の推移状況はかなり明瞭となっているが、現況の観測井密度は約 100km²に1カ所にすぎず、20km²に1カ所程度の配置となるよう観測井の増設が望まれる。また、現在、地下水利用が進んでいるが観測井がないためにその実態が知られていない他の支流、例えばクチュラー支流、シリナブ支流、マンゴシェール支流などにも観測井戸を設けていく必要がある。

地下水利用重点支流においては、今後、地下水シミュレーションを行って、最適な地下水利用シナリオを確立すべきである。そのためには、このような地下水位データの蓄積と並行して、数学的地下水盆モデルを構築し、地下水シミュレーション実行プログラムを整備するなどの準備が必要である。

さらに、地下水涵養対策の諸工法をさらに詳細に評価するために、それらの諸工法の周辺に観測井を配置することが望まれる。これは、本件調査の対象である地下水涵養ダムをはじめとして、試行的に実施される涵養注入井戸や、涵養池事業も対象になる。

これらのモニタリング作業は、灌漑電力局水資源部が実施するものであり、その成果の活用は、前述されたような効率の良い組織、制度のもとで地下水利用行政上の各段階に有機的に運用されることが強く求められる。

表7.1.1 計画地下水涵養ダムの計画諸元概要

1 District 2 Villages	Brewary		Duro		Mulji Kotal		Kach		Jigda		Sanzali		Sakhol		Mangri		Kad Kocha II		Chazlawa		Chunai Shela *		Wai Dud *		Samaki *		Isalkoo *												
	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta	Quetta										
3 Irrigated area (ha)	188	133	113	136	56	21	60	309	187.0	51.0	1.0	41	69	69	303	301.0	30.9	187.0	51.0	1.0	11.7	20.6	71	20.6	21.4	42.0													
4 Population	2,400	1,700	4,600	3,000	1,500	500	2,000	4,800	29.5%	12.0%	1.4%	4,000	3,200	3,200	2,500	165.8	29.5%	102.9	36.2	1.4%	8.9	15.5	3,000	15.5	34.0%	18.0	37.1%	27.7											
5 Nos. of household	220	120	330	330	100	30	180	440	0.9%	0.0%	0.0%	20 wells	270	20 wells	62 wells	20 wells	20 wells	20 wells	20 wells	0.0%	0.0%	4 wells	8 wells	200	12 wells	85	2 wells												
6 Water sources	2 Karezses	1 spring	1 spring	1 spring	2 karezses	(12 wells)	3 karezses	2 karezses	2 karezses	20 wells	3 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	2 karezses	0.0%	0.0%	6 karezses	4 wells	8 wells	12 wells	2 wells	1 spring												
7 Cropping Pattern**																																							
Rabi (ha)	13.0	47.2	23.0	41.3	37.3	13.4	30.9	187.0	99.1	32.1	9.6	29.1	162.0	162.0	301.0	301.0	29.1	162.0	301.0	69.0	27.1	47.4	29.8	29.8	29.8	32.5													
Wheat(Irrigated)	3.9%	7.3	34.4%	28.2%	10.0%	5.6	42.2%	29.5%	44.4%	20.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5	6.5	0.0%	54.7%	165.8	48.0%	33.1	20.0%	8.1	20.0%	14.2	10.0%	5.3	10.0%	7.5										
Barley	0.0%	0.0	1.1%	0.0%	0.0%	0.0	9.3%	0.0%	15.3%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	15.0	19.0%	13.1	1.6%	0.6	1.6%	1.1	5.7%	3.0	1.4%	1.0										
Cumin	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	2.2%	3.0	0.0%	1.2	6.3%	3.8	0.0%	0.0%	0.0%	6.6%	20.0	10.0%	6.9	20.0%	8.1	20.0%	14.2	10.0%	5.3	5.0%	3.7										
R. Vegetables	1.7%	3.3	0.0%	2.1%	46.6%	7.7%	1.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.5	0.5%	0.4										
Fodder	1.3%	2.5	0.0%	0.0%	10.0%	5.6	0.0%	0.0%	0.0%	10.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	13.1	1.9%	3.8%	13.1	5.6	0.0%	0.0	1.6%	0.6	1.6%	1.1	1.1%	0.6	8.4%	6.3										
Kharif (ha)	175.8	87.9	106.0	99.1	99.1	32.1	29.1	162.0	99.1	32.1	9.6	29.1	162.0	162.0	301.0	301.0	29.1	162.0	301.0	69.0	27.1	47.4	29.8	29.8	29.8	32.5													
Apple	27.1%	51.0	36.3%	44.4%	20.1%	0.0%	0.0%	0.0%	44.4%	20.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5	6.5	0.0%	54.7%	165.8	48.0%	33.1	20.0%	8.1	20.0%	14.2	10.0%	5.3	10.0%	7.5										
Apricot	13.1%	24.6	15.0%	15.3%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	15.3%	20.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	15.0	19.0%	13.1	1.6%	0.6	1.6%	1.1	5.7%	3.0	1.4%	1.0										
Grape	44.0%	82.6	2.0%	2.2%	0.0%	0.0	6.3%	3.8	2.2%	3.0	0.0%	1.2	6.3%	3.8	0.0%	0.0%	0.0%	6.6%	20.0	10.0%	6.9	20.0%	8.1	20.0%	14.2	10.0%	5.3	5.0%	3.7										
Cherry	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0										
Almond	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0										
Onion	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0										
Peas	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0										
K. Vegetables	8.4%	15.8	11.9%	10.9%	29.2%	16.4	3.4%	2.0	10.9%	14.9	0.0%	0.0	3.4%	2.0	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	11.7	7.0%	4.8	12.1%	4.9	12.1%	8.6	3.7%	2.0	1.4%	1.0										
Melons	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	6.6	0.0%	0.0	6.4%	2.6	6.4%	4.5	9.4%	5.0	0.8%	0.6										
Fodder	0.9%	1.8	0.0%	0.0%	6.9%	3.9	0.0%	0.0%	6.9%	3.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9	2.1%	4.9	2.1%	6.5	0.0%	0.0	2.3%	0.9	2.3%	1.6	1.6%	0.8	1.7%	1.3										
Tobacco	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0										
Cropped area	188.8	133.7	129.0	140.4	69.4	23.0	60.0	349.0	349.0	352.0	70.0	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8
Crop Intensity	100%	102%	114%	103%	124%	110%	100%	100%	100%	116%	101%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%

*: 向印の4ダムの計画状況は、F/S調査が実施されていないために、P/F/S実施レベルのものである。
 **: F/S実施のダムは各地区ごとの作付け体系をもちいているが、P/S実施もしくはP/S実施の平均作付け体系をもちいている。

表 7.2.1 計画ダム諸元表 (F/S 実施地区)

ダム名	District	ダムタイプ	堤長 (m)	堤高 (m)	洪水吐長 (m)	越流幅 (m)	設計排水量 (m ³ /sec)	比流量 (m ³ /sec/km ²)	総貯水量 (m ³)	築堤量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	比堆砂量 (m ³ /km ² /year)	流域面積 (km ²)
1) Brewery DAD	Quetta	Gravity	42.0	32.4	19.5	15.0	165.0	6.4	749,000	9,600	360,000	500	25.9
2) Dara DAD	Quetta	Earth dam	405.0	22.8	220.0	41.0	109.0	6.6	589,000	285,000	349,000	700	16.6
3) Mughli Kotai DAD	Quetta	Earth dam	130.0	35.6	300.0	36.0	131.0	6.7	1,147,000	278,000	887,000	1,500	19.7
4) Kaach DAD	Quetta	Earth dam	330.0	45.9	276.0	42.0	333.0	5.9	2,387,000	480,000	1,187,000	1,700	56.5
5) Jigda DAD	Pishin	Earth dam	210.0	23.9	80.0	46.0	142.0	6.8	508,000	114,000	218,000	700	20.8
6) Sarzali DAD	Pishin	Earth dam	297.0	19.2	400.0	26.0	80.0	7.7	394,000	106,000	234,000	1,500	10.4
7) Sabkol DAD	Masung	Earth dam	1090.0	14.5	47.0	42.0	199.0	8.9	545,000	187,000	335,000	500	22.3
8) Mangi DAD	Kalat	Earth dam	530.0	12.7	120.0	85.0	400.0	10.2	1,011,000	171,000	591,000	500	39.4
9) Khad Kucha II DAD	Masung	Earth dam	595.0	14.0	53.5	50.0	389.0	23.7	368,000	152,000	228,000	500	15.2
10) Chaziona DAD	Qila Abdulilah	Earth dam	195.0	20.9	65.0	35.0	109.0	12.0	331,000	76,000	191,000	700	9.1

1) アースダムは均一ダムタイプである。但しKaachダムについては既設ダムの掘上げダムであることから上流盛土を遮水材料とし、下流材料を不透水材料とする。

出典： JICA Study Team

表 7.3.1 計画ダム諸元表 (非 F/S 実施地区)

ダム名	District	ダムタイプ	壩長 (m)	壩高 (m)	洪水吐長 (m)	冠流幅 (m)	設計流量 (m ³ /sec)	比流量 (m ³ /sec/km ²)	総貯水量 (m ³)	築堤量 (m ³)	堆砂量 (m ³)	比堆砂量 (m ³ /km ² /year)	流域面積 (km ²)
1 Ghuzai Sheik DAD	Quetta	Earth dam	155.0	13.0	100.0	6.0	28.0	15.7	80,000	33,000	38,000	700	1.8
2 Wali Dad DAD	Quetta	Gravity	20.0	23.0	27.0	15.0	86.0	16.1	139,000	3,700	49,000	300	5.4
3 Samaki DAD	Qila Abdullah	Earth dam	80.0	15.5	150.0	12.0	53.0	21.0	153,000	35,000	53,000	700	2.5
4 Istalkoo DAD	Kalat	Earth dam	100.0	16.0	90.0	20.0	133.0	23.1	170,000	46,000	90,000	500	5.8

1) アースダムは均一ダムタイプである。

出典： JICA Study Team

表7.4.1

事業費総括表

(単位：'000Rs.)

	直接工事費合計	管理費	技術経費	工事費合計	数量予備費	物価変動予備費	総事業費
Brewaryダム	36,489	1,824	3,649	41,962	4,196	3,530	49,688
Daraダム	63,904	3,195	6,390	73,489	7,349	4,888	85,726
Murgi Kotalダム*							
(上流案)	56,335	2,817	5,634	64,786	6,478	4,210	75,474
(下流案)	77,812	3,891	7,781	89,484	8,949	5,893	104,326
Kachダム**							
(嵩上げ案)	112,834	5,642	11,283	129,759	12,976	9,170	151,905
(下流案)	125,970	6,298	12,597	144,865	14,487	11,162	170,514
Jigdaダム	67,890	3,394	6,789	78,073	7,807	5,859	91,739
Sanzaliダム	42,296	2,115	4,229	48,640	4,864	3,705	57,209
Sakholダム	51,518	2,576	5,152	59,246	5,925	4,351	69,522
Mangiダム	58,356	2,918	5,835	67,109	6,711	5,049	78,869
Kad Kocha IIダム	47,636	2,381	4,764	54,781	5,478	4,022	64,281
Ghazlonaダム	21,037	1,052	2,103	24,192	2,419	1,740	28,351
Ghutai Shelaダム	10,962	548	1,096	12,606	1,260	919	14,785
Wali Dadダム	34,471	1,723	3,448	39,642	3,965	3,090	46,697
Samakiダム	12,344	617	1,234	14,195	1,420	1,073	16,688
Iskalkooダム	17,684	884	1,768	20,336	2,033	1,586	23,955

注) * : Murgi Kotalダムは建設費の安価となる上流ダム輪案を採用する。

** : Kachダムは建設費の安価となる既設ダムの嵩上げ案を採用する。

表7.5.1 維持管理費総括表

(単位：'000Rs.)

	人件費	車輛経費	施設維持補修費			管理費	年間合計 維持管理費
			ダム法面保護	送水路	涵養池		
Brewaryダム	36	30	—	—	13	2	81
Daraダム	36	30	149	1	95	2	313
Murgi Kotalダム	36	30	93	2	75	2	238
Kachダム	36	30	198	25	50	2	341
Jigdaダム	36	30	69	34	124	2	295
Sanzaliダム	36	30	96	9	25	2	198
Sakholダム	36	30	250	—	10	2	328
Mangiダム	36	37	183	—	124	2	382
Kad Kocha IIダム	36	30	189	6	124	2	387
Ghazlonaダム	36	44	50	5	6	2	143
Ghutai Shelaダム	36	30	24	—	13	2	105
Wali Dadダム	36	30	—	—	70	2	138
Samakiダム	36	44	24	—	13	2	119
Iskalkooダム	36	37	31	—	25	2	131

注) 人件費は灌漑省職員の給与からなり、1カ月当たりのダム維持管理に係る日数は延べ6日である。

管理費は維持管理費項目合計の3%程度を見込んでいる。

図7.4.1

地下水涵養ダム工事工程表

(1/2)

月順	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Brewary ダム												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
コンクリート打設			[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]			
静水池工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]				
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
(6月～8月はクーリングを行い、また11月～2月は夜間温度養生を行う)												
Dara ダム												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
Murgi Kotal ダム (上流案)												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
Kach ダム (嵩上げ案)												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
Jigda ダム												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
Sanzali ダム												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	
Sakhol ダム												
詳細設計	[Bar]											
準備工事	[Bar]											
仮設備工事	[Bar]											
盛土工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
洪水吐工事				[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
取水施設工事							[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]		
跡片付け										[Bar]	[Bar]	

月順	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mangi ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					
Kad Kocha II ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					
Ghazlona ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					
Ghatal Shela ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					
Wali Dad ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]											
コンクリート打設				[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]
静水池工事							[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]
取水施設工事							[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]
跡片付け								[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]
Samaki ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					
Iskalkoo ダム												
詳細設計	[Gantt bar]											
準備工事	[Gantt bar]											
仮設備工事	[Gantt bar]	(堤敷掘削・盛土)			(リップラップ施工)							
盛土工事	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]	[Gantt bar]						
洪水吐工事				[Gantt bar]								
取水施設工事		[Gantt bar]		[Gantt bar]								
跡片付け							[Gantt bar]					

第 8 章 事業評価と事業実施計画

8.1 事業評価の概要

本章においては、調査対象である 13 地区の 14 計画地下水涵養ダムについて、事業評価を実施し、事業実施計画を策定する。各ダム地区の技術的、社会経済的特徴は、それぞれ費用と便益に反映されており、経済評価結果に集約される。これに社会的妥当性評価、環境配慮などについての検討を加味し、各ダム地区の優先度を判定する。評価の精度は、フェーズ 2 で詳細な調査を実施した 10 ダムについてはフィージビリティ調査レベルであるが、その他の 4 ダムについてはプレフィージビリティ調査レベルにとどまる。ここでは全 14 ダムについての事業実施計画を策定するものである。

8.2 各ダム地区の経済的評価

(1) 概要

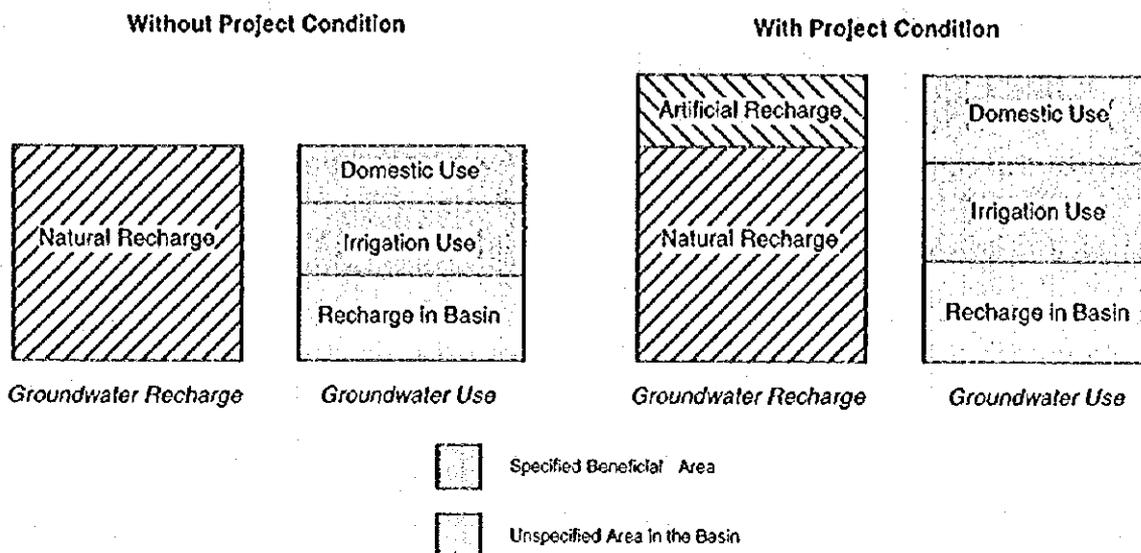
地下水涵養ダムは、持続的に利用できるよう地下水を人工的に涵養することが、主目的である。現在の水収支を検討すると、ピシンロラ流域のすべての支流域において自然涵養量が揚水量に比べてかなり不足しているが、本地下水涵養ダムは地下水の涵養を促進し水収支を改善するものである。涵養された地下水は特定の地域内ですべて消費されるのではなく地下水盆に行き渡り水資源保全に役立つと考えられるため、この地下水涵養促進効果は、ダムの直下の特定地域にのみならず広く地下水盆に発生すると考えられる。

一旦人工的に地下浸透した水は、まず地形的・地質的に地下水影響範囲と判断される特定受益地においてチューブウエルやカレズを通して生活用水と灌漑用水として利用される。事業を実施しない場合は、自然涵養量だけの地下水しかこれに利用できないものと想定する。この場合、持続的地下水利用可能量はこの自然涵養量が上限となるが、それは現在の地下水利用量より少ない。これに対し事業を実施する場合の持続的地下水利用可能量は、ダム建設によって促進される人工涵養を加えて増大する。この特定受益地区における持続的地下水利用可能量の差を、生活用水、次いで灌漑用水に最大限利用した場合の経済効果額とした。

涵養された地下水の一部は、水理地質上ダム下流側の不特定の地下水盆へ流下すると判断されるが、特定地区で地下水量に余剰がみられた場合はその分を加えて不特定地域への涵養量とする。この地下水は様々な水利用のかたちで便益を発生させるものと考えられる。これについては、本地域において人工的に地下水を涵養するのにかかる最低の単位費用を本地下水涵養ダムが代替していると考え、これを限界水価として評価した。

地下水涵養ダムは、さらに洪水制御の機能を併せもつ。調査対象地域は乾燥地帯に属するものの夏季の高強度降雨の発生によりたびたび洪水に見舞われるが、ダムの建設によって山地からの洪水流が直接農地や市街地に流れ込むのを防止する。

本事業実施により増大する地下水涵養量とその利用の概要を次図に、また期待される便益をその発生地区と便益の項目に従って次表に示す。



事業実施に伴う地下水利用概要図

事業実施に伴う事業効果説明

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

(2) 経済価格による概算事業費

事業評価の基本的費用項目として、地下水涵養ダム及び付帯施設の建設費、施設の維持管理費が対象となる。本件計画の地下水涵養ダムでは、所定の堆砂容量を保持するよう計画されている。これらの地域では、もともとそのような貯砂ダム建設の必要性が高く、本件地下水涵養ダムはその貯砂機能をあわせもつと考えることができる。本来ならば、その貯砂機能も正当に評価して便益のかたちで計上すべきであるが、その算定法には様々な議論があることから、ここでは、これにかかる費用については経済評価の対象外とした。すなわち、まず貯水池への堆砂を低減するため貯砂ダムの建設は、これにかかる直接・間接費用を全体工事費から除外した。また、各地区において、ダム計画規準年の堆砂量を貯留する身代わり砂防ダム建設費を算出し、これを差し引くことにより、本地下水涵養事業の建設費とした。

経済価格による費用は、換算係数を用いて経済価格に修正した。すなわち、内貨分については、移転費用を除き、未熟練労働分については労働換算係数0.75を、その他の内貨分については標準変換係数0.87を乗じた。また外貨分については価格の重みがないものとし1.00を乗じた。これに従って、各地下水涵養ダムの概算事業費は、次表のように算定された。また、各計画地下水涵養ダムとその関連施設にかかる年間維持管理費は、建設費と同様の手法で経済価格に修正した。

計画地下水涵養ダムの概算建設費および年間維持管理費（経済価格）

(千ルピー)

ダム地区	全体建設費*	砂防対策費	評価対象建設費	年間維持管理費
Brewary	40,249	20,974	19,275	69
Ghutai Shela	12,562	6,774	5,788	99
Wali Dad	39,077	9,535	29,542	123
Dara	69,585	35,852	33,733	266
Murgi Kotal	62,295	14,630	47,665	204
Kach	128,765	44,851	83,914	285
Jigda	38,381	13,293	25,088	255
Sanzali	43,740	18,698	25,042	157
Arambi (Ghazlona)	21,867	9,662	12,205	119
Arambi (Samaki)	14,044	3,749	10,295	100
Sakhol	59,008	33,769	25,239	264
Mangi	66,535	24,825	41,710	322
Kad Kocha II	54,573	30,618	23,955	321
Iskalkoo	19,874	5,685	14,189	107

注： 全体建設費は、第7章の建設費から貯砂ダム建設費及び相当分の間接費を除外したもの。

出典： JICA 調査団

事業評価上の地下水涵養ダム事業の耐用年数は、貯水池内の堆砂によって規定されるが、基本的に堆砂容量有効期間30年に有効貯水容量の残存期間10年を加えて40年を採用した。ただし、堆砂容量を確保する上での地形的な制約から、Murgi KotalとJigdaは35年、Sanzaliは25年、Kachは20年とした。尚、本事業においては更新費用は発生しない。また、施設の残存価値はゼロとした。

(3) 特定受益地域における地下水涵養効果（農業）

現在の農業生産は、自然の地下水利用可能量に比べて過剰の水を用いていることは、地下水位が著しく低下していることから明らかである。それにも関わらず灌漑農地面積は拡大を続けている。このような無理な農業生産の拡大は地下水量の制約によって持続不可能であり、将来は適正水準まで低下していくと推定される。これに対し、地下水涵養を人為的に促進し、かつ地下水の効率的な利用が普及した場合、より高いレベルで農業生産が安定するはずである。この農業生産額の差を特定地域における作物生産増加効果として算定する。

生産増大は、持続的灌漑面積の維持によって発生するものとし、単位取量の増大は見込まない。事業を実施しない場合の持続的灌漑面積は、現在の灌漑農地面積に地下水収支で推定された現状の充足率を乗じて算定した。事業を実施する場合、増大する地下水資源は生活用水に優先的に利用され、残りの水資源を利用し持続的灌漑可能面積が増大する。ただし積極的な灌漑面積の拡大はないものとし、現況の灌漑面積を上限とし、水資源に余剰がある場合は不特定地域への涵養量に加えた。

各地区別の将来の作付け体系は現況を維持するものとし、これに従って単位面積当たりの灌漑要水量と純農業生産額を算定した。純農業生産額は、事業費算定と同様の換算係数を適用し、またコムギと化学肥料の単価については国際価格に基づく推定価格を適用し、経済価格に換算した。評価に当たって、小麦（穀類）、トマト（野菜類）、リンゴ（果実）、タマネギ（その他の作物）、飼料作物を代表作物として計算した。

(4) 特定受益地域における地下水涵養効果（生活用水）

本事業による地下水涵養促進効果は、対象地域における生活飲雑用水の主要水源である地下水（チューブウェル、浅井戸、カレーズなどを利用）のうち、前述のように過剰揚水している部分を人工涵養によって補償することとして評価される。すなわち、特定受益地区の総人口に地区の属する流域の過剰揚水比率を乗じて対象人口を算出し、これに地域の平均単位需要量 $0.06\text{m}^3/\text{day}/\text{person}$ を乗じ生活用水の追加需要量を求める。これにダム建設による人工涵養量を加味して生活水利用量を決定し、これに生活水の単位水価を乗じて便益額とした。ここで、生活水 1m^3 当たりの価値は、既存のチューブウェルの建設費、維持管理費、揚水量の資料から、平均 8.80 ルピーと推定された。

(5) 不特定地域における地下水涵養効果

地下水資源が枯渇しつつあり、他の水資源開発が困難である調査対象地域においては、水利用の効率化のほかに何らかの地下水涵養促進対策を講ずる必要があり、これは何らかの経済便益をもたらす。この便益を直接測定することは非常に困難であるため、費用効果（cost-effectiveness）法を用いて評価した。

各ダムの流域内の不特定地域における涵養効果の算定は、追加的涵養量に単位水価を乗じて算出した。追加的涵養量は、各ダムの建設による人工涵養量のうち地形地質によって特定される地下水盆へ流下する地下水量に、特定受益地区で地下水資源に余剰がある場合はそれを加え、不特定地域での追加的地下水涵養量とした。単位水価は、人為的地下水涵養を促進するいくつかの代替対策案について単位涵養量当たり費用を比較検討し、それらの最低の単位費用（Rs. $4.98/\text{m}^3$ ）を用いた。

(6) 洪水被害軽減効果

地下水涵養ダムの建設は、同時に洪水流を一時的に貯留するために下流での洪水被害を軽減する効果がある。洪水の被害は農作物、家畜、家屋、灌漑施設、道路などに発生するが、こうした洪水被害実績と降雨量データとの対比によって、確率洪水被害額を分析した。これは流域面積 1km^2 当たりに換算すると $18,800$ ルピーとなり、各ダム下流の社会資本整備状況に応じて係数を適用した。こうして算出された洪水被害額が、地下水涵養ダムを建設することによって完全に回避されるものと想定する。各ダムの流域面積に確率洪水被害額を乗じて、洪水被害軽減効果額とした。

(7) 各地下水涵養ダムの経済評価

以上の考え方に従って、地下水涵養ダムによって期待される便益を各計画地区毎に算定した結果を次表に示す。

計画地下水涵養ダムの年間便益

(千ルピー)

ダム地区	特定地域涵養		不特定 地域涵養	洪水防御	合計
	生活用水	灌漑用水			
Brewary	89	2,809	1,016	487	4,402
Ghutai Shela	132	0	82	34	248
Wali Dad	112	524	275	102	1,012
Dara	63	1,883	992	312	3,250
Murgi Kotal	153	1,430	1,027	370	2,982
Kach	112	2,123	4,632	829	7,759
Jigda	40	484	2,283	235	3,042
Sanzali	13	112	955	117	1,198
Arambi (Ghazlona)	86	274	495	103	957
Arambi (Samaki)	64	64	203	38	369
Sakhol	190	386	536	419	1,532
Mangi	292	3,099	2,174	1,395	6,960
Kad Kocha II	238	2,563	1,014	681	4,496
Iskalkoo	53	137	384	87	662

出典： JICA 調査団

事業の費用と便益のキャッシュフローを作成し、割引率 10%として各地下水涵養ダムの純現在価値 (NPV)、費用便益比率 (B/C)、経済的内部収益率 (EIRR) を算定した。この経済評価の結果として、各ダムの EIRR とそれによるダムの経済的優位性の順位を下表に示す。

計画地下水涵養ダムの経済的内部収益率とその順位

ダム地区	経済的内部収益率	順位
Brewary	22.5 %	1
Ghutai Shela*	0.1 %	14
Wali Dad*	0.9 %	11
Dara	8.5 %	5
Murgi Kotal	4.6 %	8
Kach	6.3 %	6
Jigda	10.8 %	4
Sanzali	0.3 %	12
Arambi (Ghazlona)	6.3 %	7
Arambi (Samaki)*	0.2 %	13
Sakhol	4.0 %	9
Mangi	15.9 %	3
Kad Kocha II	17.4 %	2
Iskalkoo*	2.4 %	10

出典： JICA 調査団、*印は F/S 非実施地区

Brewary ダムは EIRR が 22.5% と最優良であり、次いで、Kad Kocha II ダム (17.4%)、Mangi ダム (15.9%)、Jigda ダム (10.8%) と続く。これ以外の EIRR が 10% を下回る 10 ダムでは、割引率 10% における NPV はマイナス値になる。Iskalkoo、Wali Dad、Sanzali、Samaki、Ghutai Shela の各ダムは、経済的効率の低いダムである。

(8) 感度分析

事業の評価において想定された条件が満たされない場合について、その影響の程度を測るために感度分析を行った。分析の対象は、(1) 事業費が20%増大する場合、(2) 便益が20%減少する場合、(3) 事業の実施が1年間遅延される場合とした。この結果は次表に示したとおりである。

計画地下水涵養ダムの感度分析 (EIRR 値)

ダム地区	費用 +20%	便益 -20%	実施1年遅延
Brewary	18.7 %	17.9 %	20.4%
Ghutai Shela	-0.7 %	-1.7 %	0.1 %
Wali Dad	0.0 %	-0.4 %	0.9 %
Dara	6.9 %	6.3 %	8.1 %
Murgi Kotal	3.3 %	2.9 %	4.5 %
Kach	4.1 %	3.5 %	5.9 %
Jigda	8.8 %	8.1 %	10.2 %
Sanzali	-1.1 %	-1.7 %	0.3 %
Arambi (Ghazlona)	4.9 %	4.3 %	6.0 %
Arambi(Samaki)	-0.7 %	-1.3 %	0.2 %
Sakhol	2.8 %	2.2 %	3.8 %
Mangi	13.2 %	12.5 %	14.8 %
Kad Kocha II	14.5 %	13.6 %	16.1 %
Iskalkoo	1.4 %	0.9 %	2.3 %

出典： JICA 調査団

8.3 各ダム地区の農家経済効果

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

また、小規模穀物栽培農家がそのまま営農形態を続ける状況 (3a) と、提言で述べるような各種の営農改善への努力がなされ、野菜を取り入れた場合 (3b) とさらに果樹中心経営に移行した場合 (3c) についても比較検討した。次表に示すとおり、事業実施に伴い営農形態を改善しない場合でも年間7,100ルピーの収入増加が見込まれるが、これが野菜類の導入により53,200ルピーに、果樹導入により150,000ルピーにまで拡大していくことがわかる。このように、地下水涵養ダムの直接の効果である地下水資源の保全に加えて農業面の改善が行われた場合は、特に後進的な小規模農民にとってより大きな効果が期待される。

事業実施による農家経済へのインパクト

現況経営形態・規模	作付け比率 (穀類:果樹:その他)		増加農業収入 (Rs./year)
	事業を実施する場合	事業を実施しない場合	
営農形態が変化しない場合			
1 小規模果樹農家 (2ha)	10:70:20	10:70:20	51,500
2 中規模穀類農家 (6ha)	80:10:10	80:10:10	33,300
将来営農形態が変化する場合			
3a 小規模穀類農家 (2ha)	80:00:20	80:00:20	7,100
3b 小規模穀類農家 (2ha)	30:00:70	80:00:20	53,200
3c 小規模穀類農家 (2ha)	30:60:10	80:00:20	150,000

出典: JICA 調査団

8.4 各ダム地区の社会的妥当性評価

本事業計画は、受益地区の住民にダムの建設費や維持管理費の負担を強いることなく、地下水資源の枯渇を防止するものである。地域の水利利用形態、農牧業形態、社会構造に対して直接的な影響を与えるものでない。また、ダム貯水池に水没する家屋や農地もなく、社会的なマイナス面はほとんど見られない。地下水に大きく依存している住民はその資源の増大を強く望んでいる。

本件調査では、受益住民の地下水涵養ダム計画に関する意向を調査したが、すべての地区において地下水涵養ダムの建設が望まれており、ダムの計画・建設・維持管理に積極的な協力姿勢がみられた。ただし少数意見ではあるが、ダムの安全性と効果に対する疑問が出された。事業実施に当たっては、本計画では技術的に十分検討を行ったことを住民に説明し、理解と協力が得られるよう努めることとする。

このように、本事業は地域社会の生活経済基盤を積極的に保全し、その社会生活に対して悪影響を与えないものであることから、社会的に妥当な計画であるものといえる。また、経済的な評価では優先度の低いダムであっても、地下水資源の逼迫度と住民生活への必要度や緊急度を考慮すれば、事業実施の価値は高いものである。これは、今後の地下水利用緊迫度の推移と、社会的・財政的環境にしたがった事業実施母体としての州政府の判断に委ねられる。

8.5 各ダム地区の環境的評価

地下水涵養ダム事業は、それ自体が地下水賦存量の増大を促進しその持続的利用可能範囲を拡大することを目指すものであることから、環境保全プロジェクトのひとつとして位置づけることができる。しかも、地下水の確保は、パロチスタン州の環境関連部門の最優先目標として掲げられており、地下水涵養ダム事業は、環境面からも州政府の保全主旨に合致している。従って、地下水涵養ダムの計画策定あるいは事業実施における環境調査あるいは評価によってマイナスの影響が明らかになったとしても、積極的且つ適正な保全策を検討し、事業の実施を促進するべきである。

本件調査では、計画されている地下水涵養ダムの事業の実施が対象地域の環境に対して著しい負の影響を与える恐れがあるかどうかを判断するとともに、環境影響評価の必要性を検討するために初期環境調査を実施した。この調査に先だて、事前調査における全体的な環境スコーピングの結果を基に、パキスタン国政府の発行している環境影響評価ガイドラインにおける重要項目を確認し、パロチスタン州政府開発・計画局及び環境保全局との協議によって、その調査項目を選定した。その選定にあたっては、地区の厳しい自然条件、多様性及びほとんどの生態系が失われている生物条件、及び部族から構成される複雑な社会条件に加え、地下水資源の持続可能な利用による地域の発展を目的とした環

境保全性の高い地下水涵養ダムの特殊性が考慮された。選定された環境項目は以下のとおりである。

- 1) 自然環境・・・ 土地利用、土壌侵食、土壌塩類化、土壌汚染、表流水利用、地下水利用、地下水位、地下水質、洪水、堆砂、河川地形
- 2) 生物環境・・・ 動物群/生息、植物
- 3) 社会環境・・・ 入植、移転、社会的平等、生活水準、保健・衛生、人口増加、人口構成、収入、雇用、水利権、組織活動、史跡・遺跡、農業、牧畜業、生活用水供給

初期環境調査の結果、軽微な負の環境影響が見いだされているが、これらの負の影響は、本件調査において策定されるコンポーネント及び環境保全計画によって回避・軽減することが可能な程度、範囲、頻度の環境影響であるから、本格的な環境影響評価の必要はないと判断された。

Sakhol 地区と KadKochall 地区においてダム下流の洪水灌漑に対する影響が懸念されるが、面積が小さく生産量がわずかであり、地下水灌漑を併用していることから、事業実施に当たって住民の理解が得られるものと判断された。

8.6 事業実施計画

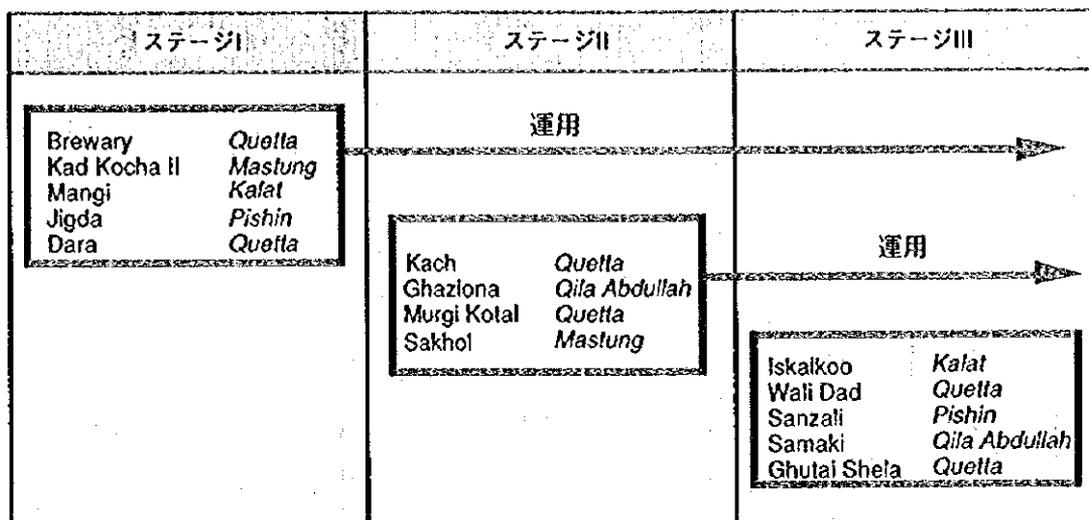
本件調査の計画対象となっている 14 ダム (13 地区) の個々の事業評価結果は上述の通りであるが、内部収益率が 10% を上回る事業効果の良好なものから、5% 未満で経済的に見れば優先度の低いものまで様々である。しかし、経済的指標値が高なくても、モデル性の高い立地条件地区であったり、その社会・環境面効果から事業実施価値の高いものもある。本件調査では、計画対象各ダムの経済評価結果、その行政区分などからほぼ均等な事業規模の 3 つのグループにわけ、それぞれのステージ分け実施を提案する。

グループ I: 最優良な経済性を有し (おおむね EIRR が 10% 以上)、モデル性も考えたときに各ディストリクトにはほぼ均等に配分され、無条件で緊急な事業実施がもためられている地下水涵養ダム群

グループ II: I グループにつぐ優良な経済性を有し、中期的な視野から見てその事業実施がもためられている地下水涵養ダム群

グループ III: 経済性は低い、広域的な地下水盆保全を考える上で有効であり、今後、別の要因から必要性が更に高まることも予想され、長期的な視野から見て条件付で事業実施がもためられている地下水涵養ダム群

事業実施については、年間の事業実施能力、事業効果発揮の相乗効果などからステージ分割された事業実施が有効である。本件調査では、上記の計画ダムグループそれぞれについて、優先度の高い順で 3 つの事業実施ステージを設定する。各ステージへの地区配分は、個々のダムの事業実施優先度と、実施地区間の地域バランスに配慮して決定した。それらの事業実施計画は次図に示すとおりである。



事業実施計画

このような3ステージにより連続して事業実施を採用した場合の、総合的な規模、効果、経済性について検討した。その結果は、下表のようにまとめられる。ステージIまで実施する場合、総地下水涵養促進量は年間303万トン、期待される年間便益は2215万ルピーである。この時の総合EIRRは14.5%であり、緊急性、必要性の高さとともに、その経済性においても優良事業と判断できる。総合EIRRはステージIIまで進める場合10.2%となり、資本の機会費用(10%を想定)を上回り、投資妥当性を確保する。ステージIIIまで実施する場合は、総合EIRRが8.7%となるが、本事業の社会的、環境的重要性を考慮すれば、事業の推進を検討していく余地は十分残っているものと考えられる。仮に、グループII、IIIが社会的、財政的に実施可能と判断された場合でも、前述のように中・長期的に、グループIの事業実施とある程度期間をおいて実施されることが予想され、その場合の総合経済評価値は必ずしも下表のとおりではない。

各事業実施段階における累積評価

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

注：* 表7.4.1の総事業費より算出した。

**グループIを1年次、グループIIを2年次、グループIIIを3年次に実施する場合の総費用便益計算から算出した。

出典： JICA 調査団

表 8.2.1 各地下水涵養ダムの経済的事業費

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00		0.00	0.75	0.87	1.00			
Name of DAD		Brewary						Ghatal Sheta					
I	Construction Cost of DAD*	46,159	2,642	1,476	22,302	19,740	40,249	13,854	539	1,037	3,803	8,475	12,562
A	Direct Cost	36,490	2,089	1,278	17,519	15,604	31,604	10,951	425	898	2,928	6,700	9,921
	1 Dam	26,401	1,573	886	13,274	10,668	22,881	6,609	230	530	1,536	4,313	6,047
	2 Spillway	3,361	190	119	1,589	1,463	2,935	1,651	100	213	685	653	1,409
	3 Intake Facility	180	5	3	46	128	168	1,048	34	21	281	712	973
	4 Infiltration Facility	1,768	48	103	325	1,312	1,672	215	7	17	43	148	198
	6 Rehabilitation of Karez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 Temporary Works	4,760	272	167	2,285	2,035	4,148	1,428	55	117	382	874	1,294
B	Indirect Cost	5,479	313	64	2,756	2,341	4,786	1,643	64	45	529	1,005	1,499
	1 Administration Cost	1,824	104	64	876	780	1,590	548	21	45	146	335	496
	2 Engineering Cost	3,649	209	0	1,880	1,560	3,196	1,095	43	0	383	670	1,003
C	Physical Contingency	4,196	240	134	2,027	1,795	3,659	1,259	49	94	346	770	1,142
II	Cost on Sedimentation (less)	24,054	1,377	769	11,622	10,286	20,974	7,963	309	596	2,186	4,872	6,774
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						19,275						5,788
IV	Annual O&M Cost	81	5	3	38	36	62	119	5	9	52	53	92

Note: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00		0.00	0.75	0.87	1.00			
Name of DAD		Wall Dad						Dara					
I	Construction Cost of DAD*	43,606	2,650	668	17,782	23,108	39,077	74,458	2,002	4,422	13,593	54,443	69,585
A	Direct Cost	34,471	1,621	578	14,007	18,265	30,886	58,860	1,592	3,828	10,412	43,038	54,968
	1 Dam	10,153	607	340	5,121	4,085	8,795	34,690	1,008	2,494	6,590	24,608	32,203
	2 Spillway	1,926	111	65	937	813	1,677	12,747	253	722	1,558	10,214	12,311
	3 Intake Facility	16,880	671	40	6,000	10,169	15,419	2,983	94	58	788	2,043	2,772
	4 Infiltration Facility	1,016	20	58	122	816	986	763	20	55	129	559	712
	6 Rehabilitation of Karez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 Temporary Works	4,496	244	75	1,827	2,382	4,029	7,677	206	499	1,359	5,614	7,170
B	Indirect Cost	5,171	243	29	2,159	2,740	4,639	9,829	237	191	1,945	6,456	8,291
	1 Administration Cost	1,724	81	29	700	913	1,544	2,943	79	191	521	2,152	2,749
	2 Engineering Cost	3,447	162	0	1,459	1,827	3,095	5,886	158	0	1,424	4,304	5,543
C	Physical Contingency	3,964	186	61	1,617	2,101	3,552	6,769	182	402	1,238	4,949	6,326
II	Cost on Sedimentation (less)	10,778	507	165	4,395	5,711	9,535	40,283	1,083	2,392	7,354	29,454	35,852
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						29,542						29,733
IV	Annual O&M Cost	138	6	2	48	61	123	313	8	19	155	131	265

Note: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00	0.00	0.75	0.87	1.00				
Name of DAD		Murgl Kotal						Kach					
I	Construction Cost of DAD*	66,479	1,729	3,605	11,955	49,191	62,295	140,391	4,919	7,935	36,332	91,206	128,765
A	Direct Cost	52,553	1,367	3,121	9,179	38,886	49,212	110,931	3,888	6,870	28,123	72,099	101,719
1	Dam	34,277	874	2,263	5,606	25,534	32,108	67,378	1,902	4,754	12,368	48,354	62,679
2	Spillway	5,406	115	307	725	4,259	5,120	26,862	1,401	1,128	11,454	12,849	23,686
3	Intake Facility	5,432	187	109	1,574	3,562	5,013	1,761	54	37	452	1,218	1,639
4	Infiltration Facility	583	12	35	77	459	552	504	23	55	152	274	447
6	Rehabilitation of Karez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Temporary Works	6,855	178	407	1,197	5,072	6,419	14,476	507	896	3,668	9,404	13,268
B	Indirect Cost	7,883	205	156	1,689	5,833	7,420	16,647	583	344	4,905	10,815	15,340
1	Administration Cost	2,628	68	156	459	1,944	2,461	5,549	194	344	1,406	3,605	5,086
2	Engineering Cost	5,255	137	0	1,230	3,889	4,959	11,098	389	0	3,499	7,210	10,254
C	Physical Contingency	6,044	157	328	1,087	4,472	5,663	12,763	447	721	3,303	8,291	11,706
II	Cost on Sedimentation (less)	16,322	424	885	2,935	12,077	14,630	51,271	1,796	2,893	13,268	33,308	44,851
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						47,665						83,914
IV	Annual O&M Cost	238	6	13	114	105	204	341	12	19	194	116	285

Note*: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00	0.00	0.75	0.87	1.00				
Name of DAD		Jigda						Sanzali					
I	Construction Cost of DAD*	41,856	1,484	2,121	11,233	27,018	38,391	49,216	2,273	4,544	15,912	26,487	43,740
A	Direct Cost	33,069	1,173	1,637	8,720	21,358	30,322	38,906	1,797	3,934	12,237	20,938	34,536
1	Dam	16,015	474	1,149	3,115	11,277	14,849	17,319	553	1,316	3,661	11,789	15,961
2	Spillway	5,269	275	333	2,142	2,519	4,632	13,385	848	2,029	5,599	4,909	11,302
3	Intake Facility	3,594	114	71	951	2,459	3,339	770	27	16	223	505	711
4	Infiltration Facility	2,273	60	17	527	1,669	2,140	273	10	25	68	170	248
6	Rehabilitation of Karez	1,621	97	27	849	649	1,407	2,084	125	35	1,090	834	1,809
7	Temporary Works	4,316	153	240	1,137	2,786	3,955	5,075	234	513	1,595	2,731	4,505
B	Indirect Cost	4,963	178	92	1,492	3,204	4,570	5,836	270	197	2,229	3,141	5,228
1	Administration Cost	1,654	59	92	436	1,068	1,516	1,945	90	197	612	1,047	1,727
2	Engineering Cost	3,309	117	0	1,056	2,136	3,054	3,891	180	0	1,617	2,094	3,501
C	Physical Contingency	3,805	135	193	1,021	2,456	3,489	4,474	207	413	1,447	2,428	3,976
II	Cost on Sedimentation (less)	15,124	536	766	4,059	9,762	13,293	22,816	1,054	2,107	7,377	12,280	18,698
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						25,088						25,042
IV	Annual O&M Cost	295	10	15	115	155	255	198	9	18	102	69	157

Note*: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00	0.00	0.75	0.87	1.00				
Name of DAD		Arambi (Ghazlons)					Arambi (Samaki)						
I	Construction Cost of DAD*	24,078	937	1,492	6,939	14,710	21,867	15,615	673	938	5,120	8,884	14,044
A	Direct Cost	19,034	740	1,291	5,373	11,629	17,272	12,344	532	812	3,977	7,023	11,093
1	Dam	10,651	324	776	2,139	7,412	9,855	5,084	154	370	1,014	3,546	4,706
2	Spillway	4,913	285	316	2,252	2,060	4,256	4,913	285	316	2,252	2,060	4,256
3	Intake Facility	874	29	18	247	580	808	640	22	14	180	425	592
4	Infiltration Facility	113	5	13	35	60	100	97	2	6	13	76	92
6	Rehabilitation of Karez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Temporary Works	2,483	97	168	701	1,517	2,253	1,610	69	106	519	916	1,447
B	Indirect Cost	2,855	111	65	935	1,744	2,607	1,852	80	41	678	1,053	1,674
1	Administration Cost	952	37	65	269	581	864	617	27	41	199	351	555
2	Engineering Cost	1,903	74	0	666	1,163	1,743	1,234	53	0	479	702	1,119
C	Physical Contingency	2,189	85	136	631	1,337	1,988	1,420	61	85	465	803	1,277
II	Cost on Sedimentation (less)	11,213	436	695	3,231	6,851	9,662	4,389	189	284	1,439	2,497	3,749
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						12,205						10,295
IV	Annual O&M Cost	143	6	9	74	55	119	119	5	7	54	53	100

Note: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Conversion Factor	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
			Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
		0.00	0.75	0.87	1.00	0.00	0.75	0.87	1.00				
Name of DAD		Sakhol					Mangl						
I	Construction Cost of DAD*	65,170	2,578	4,747	18,453	39,392	59,008	73,820	3,140	3,937	24,322	42,421	66,535
A	Direct Cost	51,518	2,038	4,110	14,230	31,140	46,604	58,356	2,482	3,409	18,931	33,534	52,561
1	Dam	36,443	1,246	2,935	8,279	23,983	33,387	28,469	967	2,245	6,456	18,601	26,102
2	Spillway	5,441	381	583	2,844	1,633	4,545	12,621	760	526	6,317	5,018	10,908
3	Intake Facility	881	27	17	230	607	820	4,620	146	91	1,219	3,164	4,293
4	Infiltration Facility	102	2	6	12	82	97	402	8	23	48	323	382
6	Rehabilitation of Karez	1,931	116	33	1,009	773	1,676	4,632	278	79	2,421	1,854	4,020
7	Temporary Works	6,720	266	536	1,856	4,062	6,079	7,612	324	445	2,463	4,374	6,856
B	Indirect Cost	7,728	306	206	2,546	4,871	7,040	8,753	372	170	3,180	5,030	7,925
1	Administration Cost	2,576	102	206	712	1,557	2,330	2,918	124	170	947	1,677	2,628
2	Engineering Cost	5,152	204	0	1,834	3,114	4,710	5,836	248	0	2,234	3,353	5,297
C	Physical Contingency	5,925	234	432	1,678	3,581	5,364	6,711	265	356	2,211	3,856	6,049
II	Cost on Sedimentation (less)	39,691	1,570	2,891	11,239	23,991	33,769	28,822	1,226	1,537	9,496	16,563	24,625
III	Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						25,239						41,710
IV	Annual O&M Cost	328	13	24	207	84	264	382	16	20	178	167	322

Note: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

Economic Project Cost

Component	Financial Cost					Economic Cost	Financial Cost					Economic Cost
	Total Cost	Local Cost			Foreign Cost		Total Cost	Local Cost			Foreign Cost	
		Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost				Transfer Cost	Unskilled Labor	Other Cost		
Conversion Factor	0.00	0.75	0.87	1.00	0.00	0.75	0.87	1.00				
Name of DAD	Kad Kocha II						Iskalkoo					
I Construction Cost of DAD*	60,259	2,382	4,311	17,123	36,443	54,573	22,370	1,053	1,768	7,709	11,840	19,874
A Direct Cost	47,635	1,883	3,733	13,211	28,809	43,102	17,684	832	1,531	5,961	9,360	15,694
1 Dam	30,779	1,036	2,357	6,929	20,417	28,243	6,432	156	474	1,288	4,474	5,950
2 Spillway	7,773	515	769	3,663	2,626	6,564	8,098	502	835	3,679	3,083	6,919
3 Intake Facility	2,375	74	45	617	1,639	2,210	715	24	15	200	476	661
4 Infiltration Facility	495	13	35	78	569	463	132	3	7	16	106	126
6 Rehabilitation of Karez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Temporary Works	6,213	246	487	1,723	3,758	5,622	2,307	109	200	777	1,221	2,047
B Indirect Cost	7,145	282	187	2,355	4,321	6,510	2,653	125	77	1,047	1,404	2,373
1 Administration Cost	2,382	94	187	661	1,440	2,155	884	42	77	298	468	785
2 Engineering Cost	4,764	188	0	1,694	2,881	4,355	1,768	83	0	749	936	1,588
C Physical Contingency	5,478	217	392	1,557	3,313	4,961	2,034	98	161	701	1,076	1,807
II Cost on Sedimentation (less)	35,938	1,420	2,571	10,212	21,734	30,618	6,856	323	542	2,363	3,629	5,685
III Economic Project Cost on DAD (III = I - II)						23,955						14,182
IV Annual O&M Cost	387	15	28	179	165	321	131	8	10	56	58	102

Note: Excl. Erosion Control Facility

Source: JICA Study Team

表 8.2.2 各地下水涵養ダムの特定受益地区の灌漑面積と灌漑経済便益

	Brewary	Ghatal Sheela	Wall Ded	Dara	Murgi Kotai	Kach	Jigda	Sanzali (Ghaziana)	Arambi (Samaki)	Sakhol	Mangi	Kad Kocha If	Istakko
Net Benefit (Rs/ha_net)	29,420	63,420	63,601	73,251	94,361	81,037	62,005	38,770	96,416	50,364	36,074	91,653	40,996
Wheat	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940	20,940
Apple	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390	111,390
Onion	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970	42,970
Vegetable (Tomato)	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450	46,450
Fodder	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Cropping Pattern (ha)	188.9	38.7	57.9	135.0	129.2	140.5	69.4	22.9	70.0	51.1	60.0	351.9	73.6
Rabi	13.1	11.7	20.5	47.2	23.1	41.3	37.3	13.4	1.0	21.4	30.9	187.1	42.1
Wheat (Irrigated)	7.3	8.9	15.5	45.8	4.4	38.4	5.6	11.8	1.0	18.0	25.3	102.9	27.7
Barley	0.0	0.7	1.2	1.4	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	5.6	1.9	3.4
Cumin	0.0	0.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	67.3	0.0
R. Vegetables	3.3	1.0	1.8	0.0	0.5	2.9	26.1	1.6	0.0	0.5	0.0	1.9	0.4
R. Fodder	2.5	0.6	1.1	0.0	3.2	0.0	5.6	0.0	0.0	0.6	0.0	13.1	6.3
Khaurif	175.8	27.0	47.4	87.8	106.1	99.2	32.1	9.5	69.0	29.7	29.1	162.1	31.5
Apple	51.0	8.1	14.2	48.3	62.5	60.5	11.2	0.0	33.1	5.3	0.0	6.5	7.5
Apricot	24.6	0.6	1.1	21.1	17.0	20.8	0.6	0.0	13.1	3.0	0.0	0.0	1.0
Grape	82.6	8.1	14.2	2.6	6.4	3.0	0.0	1.2	6.9	5.3	3.8	0.0	3.7
Cherry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Almond	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Onion	0.0	1.5	2.6	0.0	1.1	0.0	0.0	3.8	6.2	3.7	23.3	150.7	12.2
Potato	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	2.2	2.0	0.0	5.2
K. Vegetables	15.8	4.9	8.6	15.8	11.7	14.9	16.4	0.7	4.8	2.0	0.0	0.0	0.0
Melon	0.0	2.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	6.6
K. Fodder	1.8	0.9	1.6	0.0	7.4	0.0	3.9	0.0	0.0	0.8	0.0	4.9	1.3
Tobacco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
Net Cropped Area (ha)	188.0	40.5	70.9	133.0	113.0	136.0	56.0	21.0	69.0	53.0	60.0	349.0	74.6
Crop Intensity (%)	100%	96%	96%	102%	114%	103%	124%	109%	101%	96%	100%	116%	99%

Note: Wheat=Wheat+Barley, Apple=Apple+Apricot+Grape+Cherry+Almond, Onion=Onion+Cumin+Tobacco, Vegetable=Vegetable+Potato+Melon

Source: JICA Study Team

表 8.2.3 各地下水涵養ダムの地下水涵養促進と経済便益

	Brewery	Ghutar: Sheila	Wali Dad	Dara	Murgi Kotal	Kach	Jigda	Sanzali	Arambi (Gharzibani)	Avambi (Samaki)	Sakhol	Mangl	Kad Kocha II	Iskalkoo
Recharge/Exploitation (%)	80.7%	80.7%	80.7%	80.7%	82.7%	80.7%	86.1%	86.1%	86.1%	86.1%	50.6%	66.4%	50.6%	81.6%
Recharge-Specified Area (m ²)	306,100	15,000	82,700	233,700	188,600	407,400	84,100	34,000	41,400	17,000	98,400	654,800	305,300	32,100
Recharge-Unspecified Area (m ²)	204,100	16,400	55,200	155,800	206,300	739,600	444,000	179,300	99,300	40,800	107,700	436,500	203,600	77,200
Available for Domestic Use (m ³)	306,100	15,000	82,700	233,700	188,600	407,400	84,100	34,000	41,400	17,000	98,400	654,800	305,300	32,100
Domestic Use (m ³)	10,144	15,000	12,680	7,185	17,428	12,680	4,566	1,522	9,741	7,306	21,637	33,218	27,047	6,044
Available for Irrigation Use (m ³)	295,956	0	70,020	226,515	171,172	394,720	79,534	32,478	31,659	9,694	76,763	621,582	278,254	26,056
Irrigation Use (m ³)	295,956	0	70,020	183,113	171,172	204,142	65,000	20,083	31,659	9,694	76,763	621,582	278,254	26,056
Unspecific Use (m ³)	204,100	16,400	55,200	199,202	206,300	930,178	458,534	191,695	99,300	40,800	107,700	436,500	203,600	77,200
No. of Beneficiary	2,400	4,000	3,000	1,700	4,800	3,000	1,500	500	3,200	2,400	2,000	4,800	2,500	1,500
Population in Water Shortage	463	772	579	328	796	579	209	70	445	334	988	1,517	1,235	276
Unit Water Value (Rs/m ³)	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80
Unit Water Requirement (m ³ /m ²)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Water Requirement (m ³)	10,144	16,907	12,680	7,185	17,428	12,680	4,566	1,522	9,741	7,306	21,637	33,218	27,047	6,044
Water Capacity (m ³)	306,100	15,000	82,700	233,700	188,600	407,400	84,100	34,000	41,400	17,000	98,400	654,800	305,300	32,100
Water Use (m ³)	10,144	15,000	12,680	7,185	17,428	12,680	4,566	1,522	9,741	7,306	21,637	33,218	27,047	6,044
Benefit on Domestic Water (Rs/year)	89,268	132,000	111,585	63,231	153,367	111,585	40,182	13,394	85,722	64,721	190,407	292,318	238,009	53,191
Net Irrigated Area (ha)	188.0	40.5	70.9	133.0	113.0	136.0	56.0	21.0	69.0	53.0	60.0	349.0	303.0	74.6
Max. Beneficial Area (ha)	36.3	7.8	13.7	25.7	19.5	26.2	7.8	2.9	9.6	7.4	29.6	110.3	149.7	13.7
Base Unit Water Requirement (m ³ /ha)	12,570	8,500	8,500	8,550	13,550	9,350	10,000	8,310	13,350	7,620	8,600	8,620	11,240	7,800
Unit Water Requirement (m ³ /ha)	10,475	8,500	8,500	7,125	11,292	7,792	8,333	6,925	11,125	7,620	7,167	7,183	9,950	7,800
Max. Water Requirement (m ³)	380,243	66,300	116,450	183,113	220,188	204,142	65,000	20,083	106,800	36,388	212,133	792,322	1,469,515	106,860
Available Water (m ³)	295,956	0	70,020	226,515	171,172	394,720	79,534	32,478	31,659	9,694	76,763	621,582	278,254	26,056
Water Use (m ³)	295,956	0	70,020	183,113	171,172	204,142	65,000	20,083	31,659	9,694	76,763	621,582	278,254	26,056
Unit Benefit (Rs/ha)	99,426	63,420	63,601	73,251	94,361	81,037	62,005	38,770	96,416	50,364	36,074	35,817	91,653	40,996
Benefit on Crop Production (Rs/year)	2,809,132	0	523,922	1,282,546	1,430,432	2,123,179	483,641	112,433	274,376	64,073	366,390	3,099,318	2,563,982	136,945
Catchment Area (km ²)	25.9	1.8	5.4	16.6	19.7	59.3	20.8	10.4	9.1	2.5	22.3	74.2	36.2	5.8
Unit Benefit (Rs/km ²)	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800
Apportionment Ratio (%)	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	60%	60%	80%	100%	100%	100%	80%
Benefit on Flood Mitigation (Rs/year)	486,920	33,840	101,520	312,080	370,360	891,872	234,624	117,312	102,648	37,600	419,240	1,394,960	680,560	87,232
Water-Unspecified Area (m ²)	204,100	16,400	55,200	199,202	206,300	930,178	458,534	191,695	99,300	40,800	107,700	436,500	203,600	77,200
Unit Water Value (Rs/m ³)	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98
Benefit on Unspecified Recharge (Rs/year)	1,016,418	81,672	274,896	992,027	1,027,374	4,632,288	2,283,499	954,643	494,514	203,184	536,346	2,173,770	1,013,928	384,456
Total Benefit (Rs/year)	4,401,738	247,612	1,011,923	3,249,884	2,981,533	7,759,924	3,041,945	1,197,762	957,260	369,149	1,532,383	6,960,366	4,495,379	661,624

Source: JICA Study Team

表 8.2.4 各地下水涵養ダム (群) のキャッシュフロー

Banyu				Ghatal She'a				Wai Dad				Cura			
Project Life (year)		40		Project Life (year)		40		Project Life (year)		40		Project Life (year)		40	
Construction Cost (Rs)		19,275,000		Construction Cost (Rs)		5,788,000		Construction Cost (Rs)		29,542,000		Construction Cost (Rs)		33,733,000	
Annual Benefit (Rs)		4,401,736		Annual Benefit (Rs)		247,512		Annual Benefit (Rs)		1,011,923		Annual Benefit (Rs)		3,249,884	
IRR (%)		22.47%		IRR (%)		0.13%		IRR (%)		0.84%		IRR (%)		8.51%	
NPV (Rs, discount rate=10%)		24,808,681		NPV (Rs, discount rate=10%)		-3,721,500		NPV (Rs, discount rate=10%)		-18,054,193		NPV (Rs, discount rate=10%)		-1,250,337	
B/C (Rs, discount rate=10%)		2.373		B/C (Rs, discount rate=10%)		0.334		B/C (Rs, discount rate=10%)		0.354		B/C (Rs, discount rate=10%)		0.962	
Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C
1	19,275,000		-19,275,000	1	5,788,000		-5,788,000	1	29,542,000		-29,542,000	1	33,733,000		-33,733,000
2	89,000	4,401,736	4,332,736	2	89,000	247,512	149,512	2	129,000	1,011,923	889,923	2	268,000	3,249,884	2,981,884
3	89,000	4,401,736	4,332,736	3	89,000	247,512	149,512	3	129,000	1,011,923	889,923	3	268,000	3,249,884	2,981,884
4	89,000	4,401,736	4,332,736	4	89,000	247,512	149,512	4	129,000	1,011,923	889,923	4	268,000	3,249,884	2,981,884
5	89,000	4,401,736	4,332,736	5	89,000	247,512	149,512	5	129,000	1,011,923	889,923	5	268,000	3,249,884	2,981,884
6	89,000	4,401,736	4,332,736	6	89,000	247,512	149,512	6	129,000	1,011,923	889,923	6	268,000	3,249,884	2,981,884
7	89,000	4,401,736	4,332,736	7	89,000	247,512	149,512	7	129,000	1,011,923	889,923	7	268,000	3,249,884	2,981,884
8	89,000	4,401,736	4,332,736	8	89,000	247,512	149,512	8	129,000	1,011,923	889,923	8	268,000	3,249,884	2,981,884
9	89,000	4,401,736	4,332,736	9	89,000	247,512	149,512	9	129,000	1,011,923	889,923	9	268,000	3,249,884	2,981,884
10	89,000	4,401,736	4,332,736	10	89,000	247,512	149,512	10	129,000	1,011,923	889,923	10	268,000	3,249,884	2,981,884
11	89,000	4,401,736	4,332,736	11	89,000	247,512	149,512	11	129,000	1,011,923	889,923	11	268,000	3,249,884	2,981,884
12	89,000	4,401,736	4,332,736	12	89,000	247,512	149,512	12	129,000	1,011,923	889,923	12	268,000	3,249,884	2,981,884
13	89,000	4,401,736	4,332,736	13	89,000	247,512	149,512	13	129,000	1,011,923	889,923	13	268,000	3,249,884	2,981,884
14	89,000	4,401,736	4,332,736	14	89,000	247,512	149,512	14	129,000	1,011,923	889,923	14	268,000	3,249,884	2,981,884
15	89,000	4,401,736	4,332,736	15	89,000	247,512	149,512	15	129,000	1,011,923	889,923	15	268,000	3,249,884	2,981,884
16	89,000	4,401,736	4,332,736	16	89,000	247,512	149,512	16	129,000	1,011,923	889,923	16	268,000	3,249,884	2,981,884
17	89,000	4,401,736	4,332,736	17	89,000	247,512	149,512	17	129,000	1,011,923	889,923	17	268,000	3,249,884	2,981,884
18	89,000	4,401,736	4,332,736	18	89,000	247,512	149,512	18	129,000	1,011,923	889,923	18	268,000	3,249,884	2,981,884
19	89,000	4,401,736	4,332,736	19	89,000	247,512	149,512	19	129,000	1,011,923	889,923	19	268,000	3,249,884	2,981,884
20	89,000	4,401,736	4,332,736	20	89,000	247,512	149,512	20	129,000	1,011,923	889,923	20	268,000	3,249,884	2,981,884
21	89,000	4,401,736	4,332,736	21	89,000	247,512	149,512	21	129,000	1,011,923	889,923	21	268,000	3,249,884	2,981,884
22	89,000	4,401,736	4,332,736	22	89,000	247,512	149,512	22	129,000	1,011,923	889,923	22	268,000	3,249,884	2,981,884
23	89,000	4,401,736	4,332,736	23	89,000	247,512	149,512	23	129,000	1,011,923	889,923	23	268,000	3,249,884	2,981,884
24	89,000	4,401,736	4,332,736	24	89,000	247,512	149,512	24	129,000	1,011,923	889,923	24	268,000	3,249,884	2,981,884
25	89,000	4,401,736	4,332,736	25	89,000	247,512	149,512	25	129,000	1,011,923	889,923	25	268,000	3,249,884	2,981,884
26	89,000	4,401,736	4,332,736	26	89,000	247,512	149,512	26	129,000	1,011,923	889,923	26	268,000	3,249,884	2,981,884
27	89,000	4,401,736	4,332,736	27	89,000	247,512	149,512	27	129,000	1,011,923	889,923	27	268,000	3,249,884	2,981,884
28	89,000	4,401,736	4,332,736	28	89,000	247,512	149,512	28	129,000	1,011,923	889,923	28	268,000	3,249,884	2,981,884
29	89,000	4,401,736	4,332,736	29	89,000	247,512	149,512	29	129,000	1,011,923	889,923	29	268,000	3,249,884	2,981,884
30	89,000	4,401,736	4,332,736	30	89,000	247,512	149,512	30	129,000	1,011,923	889,923	30	268,000	3,249,884	2,981,884
31	89,000	4,401,736	4,332,736	31	89,000	247,512	149,512	31	129,000	1,011,923	889,923	31	268,000	3,249,884	2,981,884
32	89,000	4,401,736	4,332,736	32	89,000	247,512	149,512	32	129,000	1,011,923	889,923	32	268,000	3,249,884	2,981,884
33	89,000	4,401,736	4,332,736	33	89,000	247,512	149,512	33	129,000	1,011,923	889,923	33	268,000	3,249,884	2,981,884
34	89,000	4,401,736	4,332,736	34	89,000	247,512	149,512	34	129,000	1,011,923	889,923	34	268,000	3,249,884	2,981,884
35	89,000	4,401,736	4,332,736	35	89,000	247,512	149,512	35	129,000	1,011,923	889,923	35	268,000	3,249,884	2,981,884
36	89,000	4,401,736	4,332,736	36	89,000	247,512	149,512	36	129,000	1,011,923	889,923	36	268,000	3,249,884	2,981,884
37	89,000	4,401,736	4,332,736	37	89,000	247,512	149,512	37	129,000	1,011,923	889,923	37	268,000	3,249,884	2,981,884
38	89,000	4,401,736	4,332,736	38	89,000	247,512	149,512	38	129,000	1,011,923	889,923	38	268,000	3,249,884	2,981,884
39	89,000	4,401,736	4,332,736	39	89,000	247,512	149,512	39	129,000	1,011,923	889,923	39	268,000	3,249,884	2,981,884
40	89,000	4,401,736	4,332,736	40	89,000	247,512	149,512	40	129,000	1,011,923	889,923	40	268,000	3,249,884	2,981,884
41	89,000	4,401,736	4,332,736	41	89,000	247,512	149,512	41	129,000	1,011,923	889,923	41	268,000	3,249,884	2,981,884

Mughal Kotla				Kash				Joga				Sanzit			
Project Life (year)		35		Project Life (year)		20		Project Life (year)		35		Project Life (year)		25	
Construction Cost (Rs)		47,665,000		Construction Cost (Rs)		83,914,000		Construction Cost (Rs)		25,088,000		Construction Cost (Rs)		25,042,000	
Annual Benefit (Rs)		2,981,533		Annual Benefit (Rs)		7,758,924		Annual Benefit (Rs)		3,041,945		Annual Benefit (Rs)		1,197,782	
IRR (%)		4.83%		IRR (%)		6.26%		IRR (%)		10.80%		IRR (%)		0.30%	
NPV (Rs, discount rate=10%)		-18,365,998		NPV (Rs, discount rate=10%)		-12,435,150		NPV (Rs, discount rate=10%)		4,294,039		NPV (Rs, discount rate=10%)		-13,168,681	
B/C (Rs, discount rate=10%)		0.637		B/C (Rs, discount rate=10%)		0.842		B/C (Rs, discount rate=10%)		1.171		B/C (Rs, discount rate=10%)		0.452	
Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C	Year	Cost	Benefit	B-C
1	47,665,000		-47,665,000	1	83,914,000		-83,914,000	1	25,088,000		-25,088,000	1	25,042,000		-25,042,000
2	204,000	2,981,533	2,777,533	2	285,000	7,758,924	7,473,924	2	255,000	3,041,945	2,786,945	2	157,000	1,197,782	1,040,782
3	204,000	2,981,533	2,777,533	3	285,000	7,758,924	7,473,924	3	255,000	3,041,945	2,786,945	3	157,000	1,197,782	1,040,782
4	204,000	2,981,533	2,777,533	4	285,000	7,758,924	7,473,924	4	255,000	3,041,945	2,786,945	4	157,000	1,197,782	1,040,782
5	204,000	2,981,533	2,777,533	5	285,000	7,758,924	7,473,924	5	255,000	3,041,945	2,786,945	5	157,000	1,197,782	1,040,782
6	204,000	2,981,533	2,777,533	6	285,000	7,758,924	7,473,924	6	255,000	3,041,945	2,786,945	6	157,000	1,197,782	1,040,782
7	204,000	2,981,533	2,777,533	7	285,000	7,758,924	7,473,924	7	255,000	3,041,945	2,786,945	7	157,000	1,197,782	1,040,782
8	204,000	2,981,533	2,777,533	8	285,000	7,758,924	7,473,924	8	255,000	3,041,945	2,786,945	8	157,000	1,197,782	1,040,782
9	204,000	2,981,533	2,777,533	9	285,000	7,758,924	7,473,924	9	255,000	3,041,945	2,786,945	9	157,000	1,197,782	1,040,782
10	204,000	2,981,533	2,777,533	10	285,000	7,758,924	7,473,924	10	255,000	3,041,945	2,786,945	10	157,000	1,197,782	1,040,782
11	204,000	2,981,533	2,777,533	11	285,000	7,758,924	7,473,924	11	255,000	3,041,945	2,786,945	11	157,000	1,197,782	1,040,782
12	204,000	2,981,533	2,777,533	12	285,000	7,758,924	7,473,924	12	255,000	3,041,945	2,786,945	12	157,000	1,197,782	1,040,782
13	204,000	2,981,533	2,777,533	13	285,000	7,758,924	7,473,924	13	255,000	3,041,945	2,786,945	13	157,000	1,197,782	1,040,782
14	204,000	2,981,533	2,777,533	14	285,000	7,758,924	7,473,924	14	255,000	3,041,945	2,786,945	14	157,000	1,197,782	1,040,782
15	204,000	2,981,533	2,777,533	15	285,000	7,758,924	7,473,924	15	255,000	3,041,945	2,786,945	15	157,000	1,197	

表 8.2.5 各地下水涵養ダム（群）の経済評価のまとめ

Group	Brewary			Chutai-Shok			Wali Dad			Dara			Murgi Kotla			Kach			Jigta			Sanzali			Arambi, Garzbona			Arambi, Samaki			Sakhol			Mangi			Kad Kocha			Iskalkoo			Stage I			Stage II			Stage III		
	510	31	138	390	395	1,147	528	213	141	58	206	1,091	509	109	3,028	4,924	5,465	4	14	11	7	6	1	3	8	8	10	13	9	2	5	12	2,400	4,000	3,000	3,000	4,600	3,000	1,500	500	3,200	2,400	4,800	2,500	1,500	12,900	24,200	37,100			
Annual Recharge Volume by DAD (000cu.m)	510	31	138	390	395	1,147	528	213	141	58	206	1,091	509	109	3,028	4,924	5,465	4	14	11	7	6	1	3	8	8	10	13	9	2	5	12	2,400	4,000	3,000	3,000	4,600	3,000	1,500	500	3,200	2,400	4,800	2,500	1,500	12,900	24,200	37,100			
Rank-Recharge	8	3	5	11	2	5	12	14	4	8	10	1	7	12	188	41	71	133	113	113	136	136	56	21	69	53	60	349	303	75	1,029	1,368	1,667																		
Total Population at the Specified Beneficiary Area Rank-Population	3	13	8	5	6	4	11	14	9	12	10	1	2	7	4,402	248	1,012	3,250	2,982	7,759	3,042	1,198	957	369	1,532	6,960	4,496	662	22,150	35,045	38,868																				
Total Irrigation Area at the Specified Beneficiary Area (ha)	4	14	10	5	7	1	6	9	11	13	8	2	3	12	89	132	112	63	153	112	40	13	86	64	190	292	238	53	723	1,087	1,639																				
Domestic Water Benefit (Rs.'000/year)	8	5	6	11	4	6	13	14	9	10	3	1	2	12	2,809	0	524	1,883	1,430	2,123	484	112	274	64	386	3,099	2,563	137	10,838	14,778	15,889																				
Irrigation Benefit (Rs.'000/year)	2	14	7	5	6	4	8	12	10	13	9	1	3	11	467	34	102	312	370	892	235	117	103	38	419	1,395	691	87	3,109	4,591	5,271																				
Flood Control Benefit (Rs.'000/year)	4	14	11	7	6	2	8	9	10	13	5	1	3	12	1,016	82	275	992	1,027	4,632	2,283	955	495	203	536	2,174	1,014	384	7,480	14,588	16,069																				
Unspecified Benefit (Rs.'000/year)	5	14	12	7	4	1	2	8	10	13	9	3	6	11	49,668	14,785	46,697	85,726	75,474	151,905	91,739	57,209	28,351	16,688	69,522	78,869	64,281	23,955	370,283	683,222	854,869																				
Total Construction Cost, Financial (Rs.'000)	6	1	5	12	10	14	13	7	4	2	9	11	8	3	19,275	5,788	29,542	33,733	47,665	83,914	25,088	25,042	12,205	10,295	25,239	41,710	23,955	14,189	143,761	312,587	397,640																				
Rank-F. Cost	5	1	10	11	13	14	8	7	3	2	9	12	6	4	22.5%	0.1%	0.9%	8.5%	4.6%	6.3%	10.8%	0.3%	6.3%	0.2%	4.0%	15.9%	17.4%	2.4%	14.5%	10.2%	8.7%																				
Project Cost, Economic (Rs.'000)	1	14	11	5	8	6	4	12	7	13	9	3	2	10	24,909	-3,722	-18,054	-1,250	-16,366	-12,435	4,294	-13,189	-2,792	-6,638	-10,306	27,285	19,332	-7,378	74,569	4,696	-36,210																				
Rank-E. Cost	2	7	14	5	13	11	4	12	6	8	10	1	3	9	2,373	0.394	0.354	0.962	0.637	0.842	1.171	0.452	0.770	0.352	0.593	1.669	1.785	0	1.527	1.016	0.898																				
Rank-NPV	1	12	13	5	8	6	4	11	7	14	9	3	2	10																																					
B/C																																																			
Rank-B/C																																																			

Source: JICA Study Team

第9章 結論及び勧告

9.1 結論

本件調査では、パロチスタン州政府、特に灌漑電力局の協力によって、地下水涵養ダム事業推進と今後の地下水利用改善を目指した開発計画を完成することができた。

現地調査を通じて、調査対象地域では、過酷な自然環境の中で活気ある社会生活、および活発な農業生産活動が営まれており、それらが地下水利用を基礎に成り立っていることが確認された。その地下水利用も、厳然とした物理的利用限界があり、現状の地下水利用はこの限界をはるかに超えたもので、安定した生活・生産活動を持続させるためには、人工的な対処・制度的措置をはかって地下水利用基盤をより健全かつ強固なものとする必要があることが認められた。地下水涵養ダムは、地下水涵養を促進するための人工的な対処法で、具体的な地下水涵養対策として最も期待されているものである。

本件調査では、現地調査・分析を通じて、幾つかの既存地下水涵養ダムの涵養効果を見だし、地下水涵養ダムという工法そのものが有効であることを確認した。それと同時に、現状の地下水涵養ダム実施方法には、計画、設計、施工及び維持管理面で改善すべき点が幾つか存在することも認められた。これをうけて、本件調査では地下水涵養ダムの計画、設計、施工及び維持管理面の技術基準的な技術ガイドラインを作成した。

さらに、本件調査では特に優先度の高い13地区(14ダム)の開発計画を策定して、事業評価を行った。これらの調査においては、概略評価を通じてより優良と判断された上位10ダムはF/Sレベルの精度でとりまとめられており、その他の4ダムはプレF/Sレベルの調査精度である。評価の結果、最良なものは15%以上の良好な内部収益率を示し、それに次ぐ幾つかのダムは、事業実施が無条件で妥当とされる水準と見られる内部収益率10%程度を示している。さらに、それ以外のダムでは、経済評価は必ずしも良好ではないが、社会的インパクトとしては有意と判断された。また、それぞれのダム計画においても、環境面での悪影響は認められず、農家経済面ではそれぞれ相応な改善が期待できる。

このような事業評価結果をうけて、その事業実施計画がとりまとめられた。各ダム事業実施の可否は、経済評価結果は重視されるべきものの、必ずしもそれのみによって判断されるべきではなく、社会的インパクト、環境的効果、地元の要望度なども配慮して、事業実施当局の判断によるべきである。本件調査では、各ダムの経済評価結果および、その所管行政区分などから、3つのグループに分けてそれぞれのステージ分け実施を提案した。

グループI: 最優良な経済性を有し、モデル性も考えたときに各ディストリクトにほぼ均等に配分され、無条件で緊急な事業実施がもとめられているもの

グループII: Iグループにつぐ優良な経済性を有し、中期的な視野から見てその事業実施がもとめられているもの

グループIII: 経済性は低い、広域的な地下水盆保全を考える上で有効であり、今後、別の要因から必要性が更に高まることも予想され、長期的な視野から見て条件付で事業実施がもとめられているもの

本件調査では、これらのグループごとに3つのステージに分けた事業実施計画を樹立した。これらの事業実施（特にステージI）は妥当であると判断された。

さらに、本件調査のなかでは、今後の地下水利用の適正化をはかる目的で、広域的な地下水管理方法、体制を検討した。そのなかで、現在までの別途実施調査成果も参考にして、新しい流域総合開発機構の設立を提案した。

9.2 勧告

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

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

- 10) 地下水管理を進めていく上で、実用的なシミュレーション技法の導入がもてられている。今後、灌漑局水資源部が中心になって、地下水シミュレーションを可能とする数学的モデルの作成準備、構築、及び運用が望まれる。
- 11) 本件調査で F/S 調査を実施しえなかったダム地区の事業実施を行う場合は、本件調査で作成した計画ガイドラインにのっとり F/S 調査を実施したのち、その結果にしたがって、工事を進行することを提案する。