

第9章 施工計画及び積算

9.1 施工計画及び工程

9.1.1 設定条件と仮定

(1) 現場への進入路

プロジェクトサイトは北西境界州の州都ペシャワールの北東 35 km に位置する。ダム軸は現存のムンダ頭首工の上流 5 km 地点のスワット川に予定されている。ムンダ頭首工は Shabqadar Deri 市に近い Abaza に位置する。ムンダ頭首工まではペシャワールからアスファルト舗装道路が敷設されており、このルートが主たる輸送路となる。ムンダ頭首工へは Nowshera から Charsada 及び Tangi 経由で別の舗装道路によりアクセス可能である。道程は約 60 km である。ムンダ頭首工に架かる橋梁は重量物輸送用のトレーラー走行には適さないと考えられるため、本路線はダムサイト左岸への重量物の輸送路として利用される。

建設機械、発電機器及びメタルワークのための鋼材等の輸入資機材はカラチにて陸揚げされ、陸路にて現場まで問題なく輸送可能である。カラチからペシャワールまでの輸送距離 (Jamshoro, Mianwali, Tarnal, Taxila, Attock 及び Nowshera 経由) は、約 1,700 km である。

ムンダ頭首工とダムサイトの間は、スワット川右岸側に WAPDA により建設された砂利道が存在する。左岸側については、川沿いに建設されたジープ道によりダムサイトへの中間地点まで 4 輪駆動車で走行する事が可能である。これらの道路は主要建設工事の着手前に重量物の輸送に耐えるべく再工事される必要がある。

(2) 気象条件

(a) 降雨データ

施工計画の立案に反映される最も信頼できる降雨データは、現場から約 10 km 北に位置する Abazai 雨量観測所の記録である。1961 年から 1997 年までの月間平均雨量と降雨日数は下表に要約される。

Abazai 雨量観測所における月間雨量

												(mm)
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
22	44	91	44	11	8	100	102	30	16	20	28	516

Abazai 雨量観測所における月間降雨日数

範囲 (mm)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
0	28.2	23.6	24.8	25.9	29.6	29.1	26.0	25.6	27.9	29.6	28.6	28.6	327.3
0-5	0.9	1.6	1.6	1.6	0.6	0.3	0.9	1.4	0.5	0.5	0.2	0.6	11.0
5-10	1.0	1.2	1.4	0.9	0.4	0.3	1.1	0.8	0.4	0.3	0.4	0.8	8.8
10-20	0.6	0.9	1.5	0.9	0.2	0.2	1.3	1.1	0.8	0.5	0.4	0.5	8.9
20-40	0.2	0.6	1.4	0.6	0.1	0.1	1.1	1.5	0.3	0.1	0.3	0.4	6.8
40<	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.7	0.6	0.1	0.0	0.1	0.1	2.3

上記の表に示される通り、年間降雨量は約 520 mm であり、降雨は 3 月、7 月と 8 月に集中している。プロジェクトに要求される屋外工事の主なものは、掘削工、岩盛立て工及びコンクリート工であることから、建設作業はこれら 3 ヶ月間においても降雨による影響を殆ど受けないものと判断される。

(b) 気温

ベシャワールにおける 1961 年から 1990 年までの月別の最高・最低気温の平均は以下の通りである。

ベシャワールにおける気温の記録

(°C)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高気温	18.3	19.5	23.7	30.0	35.9	40.4	37.7	35.7	35.0	31.2	25.6	20.1
最低気温	4.0	6.3	11.2	16.4	21.3	25.7	26.6	25.7	22.7	16.1	9.6	4.9

コンクリートの施工上、特に 5 月から 9 月に至る暑中期間には冷水プラントや製氷プラントによるコンクリートの温度制御が不可欠となる。

(c) 水文条件

ダム予定地点の河川流量は、スワット川流域における水文観測所の水文データから以下のように見積もられる。

ダムサイトにおける予測流量

(m³/s)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
29.7	34.8	100.9	250.2	337.3	530.3	623.2	372.4	88.0	35.8	36.1	34.1	206.1

上表に示されるように、年間を通じた河川流量の変動は大きく、6 月から 8 月にかけての期間を高水期(洪水期)と見なすことができる。上記のデータに基づき最も適切な河川仮締切り及び貯水池湛水の時期は以下の通りと判断される。

- i) 河川仮締切り : 10 月(非洪水期の始まり)
- ii) 貯水池湛水 : 9 月-5 月(急速な貯水池水位の上昇を回避するため)

各確率年に対応する洪水量は以下の通り算定される。

ダム予定地点における確率洪水

確率年(年)	流量 (m ³ /s)
2	1,052
5	2,053
10	2,743
20	3,406
25	3,630
50	4,373
100	5,013

仮排水トンネルならびに仮締切堤を含む河流処理施設は、25 年確率洪水に対応するものとして計画する。

(3) 建設材料の採取地

ダムの盛り立て並びにコンクリート骨材に関わる建設材料の採取地は以下を計画する。

建設材料の採取地

材料	採取地	輸送距離
1. ダム盛立て材料		
Zone 1A	西 Sadar Garhi のボローエリア	9 km
Zone 1B	Munda 頭首工下流の河床材料	8 km
Zone 2A	Munda 頭首工下流の河床材料+プラントによる粒度調整	8 km
Zone 2B	Munda 頭首工下流の河床材料+プラントによる粒度調整	8 km
Zone 3A	Sappare 原石山(小径材)	6 km
Zone 3B	Sappare 原石山	6 km
Zone 3C	Todobo Banda 原石山	2 km
Zone 3D	ダム・スピルウェイ掘削材の転用	1.5 km
Zone 3E	Sappare 原石山(大径材)	6 km

セメント、鉄筋、火薬等の主要な建設資材はパキスタン国内で容易に調達可能である。近年において、これら建設資材の供給不足は発生しておらず、今後とも安定的な供給が期待できる。

(4) 土捨て場

土木工事から発生する掘削材は約 5,930,000 m³ 見積もられ、その内 4,340,000 m³ が現場内に廃棄される必要がある。

掘削材の土捨て数量

種別	(1000 m ³)		
	土砂	岩	計
掘削	840	6,090	5,930
3D ロック材への転用	-	1,590	1,590
土捨て	840	3,500	4,340

土捨て材は図 9.1.1 に示されるダム軸の約 1 km 上流の左岸に広がる平地に廃棄される計画とした。代替案として考えられる 2ヶ所の土捨て場、即ち Sappare ならびに逆調整ダムの 1 km

下流の右岸の峡谷は以下の理由から、最適ではないと判断された。

Sappare Sappare には広い台地が存在するが、ダムサイトからの輸送距離が約 6 km あり 200 m の高低差があるために運搬費用がより高額となる。

右岸の峡谷 ダムサイトへのアクセス道路はこの峡谷を通過する計画としており、工事中の交通への影響が発生する。

(5) 建設用電力

建設工事に必要となる電力のピーク需要は約 5,000 kVA と見積もられる。

ダムサイトに最も近い変電所は約 15 km の距離にある Tangi 変電所 (132/66 kV) である。プロジェクトエリアの 132/66 kV 送電線はすでに高い負荷がかかっている。配電会社によると、現状においてはムンダプロジェクトに対する 5,000 kVA の給電は可能である。但し、電力事情については、プロジェクトの着工時点で再確認される必要がある。

5,000 kVA の電力と 15 km という距離を考慮すると 11 kV 配電線による送電は現実的ではない。また、132 kV 送電線は建設費が割高となるため、33 kV 送電線による送電が妥当であると考えられる。電力は Tangi 変電所で 33 kV に降圧後、現場まで送電され、さらに現場近傍で 11 kV に降圧され各現場に配電する計画とする。33 kV 送電線は発電所の運開後は非常用給電設備として供用される。

なお、配電会社への受電申請は、保証金とともに 1 年前になされる必要がある。

(6) 工事用給水

工事用の給水は、建設事務所・宿舍、骨材プラント、コンクリートプラント、ボーリング工、ダム盛立て工ならびにコンクリート養生に必要となる。使用水はスワット川よりポンプにて給水される計画とする。

(7) 契約パッケージ

建設工事は工事内容に応じた複数の請負者より施工される。準備工事は、本工事に先立ち現地の請負者により施工されるものとする。本工事は、国際競争入札により選定された請負者により施工される。本検討において建設工事の契約パッケージは以下のように計画した。

(a) 国内入札契約パッケージ

- | | | | |
|---------|------------|---|--|
| Lot L-1 | アクセス道路 | : | ムンダ頭首工とダムサイト間の永久アクセス道路の建設。(右岸道路 : 6 km, 左岸道路 : 5 km) |
| Lot L-2 | WAPDA キャンプ | : | Shabqadar Deri 地区に開発される用地面積 15 ha 内の事務所ならびに宿舍の建設 |
| Lot L-3 | 工事用給電設備 | : | Tangi 変電所からの 33 kV 送電線の建設 |

(b) 国際入札契約パッケージ

- Lot I-1 仮排水トンネル工 : 仮排水トンネルの建設
- Lot I-2 土木工事 : コンクリート表面遮水ロックフィルダム、洪水吐き、取水口、導水路トンネル、調圧水槽、ペンストック、発電所、屋外開閉所、放流設備及び逆調整ダム等を含む土木工事の建設
- Lot I-3 ゲート及びペンストック : 洪水吐きゲート、取水ゲート、ペンストック、放流設備及び逆調整ゲート等を含む機械設備の供給と据付
- Lot I-4 水車 : 水車、取水バルブ、天井クレーン等を含む機械設備の供給と据付
- Lot I-5 発電器 : 発電器、制御機器等を含む電気設備の供給と据付
- Lot I-6 開閉機器 : 220 kV 開閉機器及び変圧器等を含む電気設備の供給と据付
- Lot I-7 送電線・変電所機器 : 220 kV 送電線及び変電所機器等を含む電気設備の供給と据付
- Lot I-8 灌漑施設 : 灌漑施設の建設(右岸ならびに左岸)

ファースト・トラック手法により全体工程を出来るだけ短縮するために、仮排水トンネル工(Lot I-1)を本体土木工事から分離し、先行して契約し、早期の河川仮転流を実現する計画とした。Lot I-1 の契約は Lot I-2 の土木工事契約より 11 ヶ月先行し、これは約 1 年間の全体工程の短縮をもたらす結果となった

9.1.2 施工方法

プロジェクトの主要構造物に対する施工方法は以下の通り計画した。

(1) 河流処理

建設工事中の河川仮転流工は仮排水トンネル方式にて実施される。25 年確率洪水に対応するために、以下の 2 本の仮排水トンネルをダムサイトの左岸に建設するものとする。

仮排水トンネル

No.	内径	延長	呑口標高	出口標高	断面形状
No. 1	12.0 m	940 m	EL. 363	EL. 362	円形
No. 2	12.0 m	950 m	EL. 379	EL. 370	円形

仮排水トンネル No.1 は主仮排水トンネルであり、405 m の天端標高を持つ上流コファードムとの組み合わせにより、これ一本で非洪水期の流量を流下することができる。一方、仮排水トンネル No. 2 は補助仮排水トンネルであり洪水期及び貯水池の湛水時のみ使用される。仮排水トンネル No. 2 は仮排水トンネル No.1 に比べ約 16 m 標高が高く、内部には放流設備が設置される。

掘削工法としては、上半先進-下半ベンチカット工法が両トンネル共に適用される。3 ブーム油圧トンネルジャンボ、3 m³ サイドダンプローダー、20 ton アーティキュレート式ダンプトラックの使用により、上半部は 50 m/月、下半上半部は 70 m/月の進捗の達成が見込まれる。仮排水トンネルはクリティカルパス工事であるため、掘削は上下流側から同時に実施するものとする。これらの段取りにより、トンネルの貫通には 11 ヶ月の工期が要されるものと計画される。仮排水トンネル No. 2 の掘削は 仮排水トンネル No.1 の 貫通後に、仮排水トンネル No.1 で使用された建設機械を転用し実施される。

仮排水トンネル No.1 の掘削完了後、コンクリート巻立て工が着手される。壁部及びクラウンのコンクリートは 9 m 長のトンネル移動型枠にて一体打設される。インバート部は別途、後打ちとする計画とした。

仮排水トンネル No.1 の完成後、上流コファードムと下流コファードムを盛立て、河流をトンネルに導流する。転流は非洪水期が始まる 2004 年 10 月に実施される。コファードムの諸元は以下の通りであり、2 年確率洪水に耐えうる。

コファードム(プライマリー)諸元

コファードム	天端標高	堤高	堤体積
上流	El. 380	18 m	88,000 m ³
下流	El. 376	15 m	67,000 m ³

下記の理由により、インテグレートドコファードム方式(本ダムのスラブコンクリートの段階的打設による)が本検討では計画された。この方式では、本ダムと上流プライマリーコファードムとの間にメインコファードムの建設が不要となる。

- i) コンクリート表面遮水ダムでは段階施工が実績として広く取り入れられている。ダム工事の初期段階に、スラブコンクリートのある標高まで部分的に打設することにより、本ダムにコファードムの機能を持たせることが可能となる。即ち、メインコファードムを建設しても、メインコファードムは本ダムの盛立ての全期間に必要とはされず、最初の洪水期のみ供用される結果となりうる。
- ii) 25 年確率洪水 (3,630 m³/s) に対応する、独立したコファードムを建設した場合、その堤高と堤体積は 45 m 及び約 700,000 m³ と計画される。さらに、仮排水トンネル No.1 の上流側に建設される仮排水水路の線形が山側に追い込まれる結果となり、約 10,000 m³ の岩掘削が増加となる。これらの工事に必要となる追加コストは約 5.5 百万 US\$ と見積られる。

計画される上下流のコファードム(プライマリー)は、2005 年の洪水期に越流する可能性が高いため、これらの盛立ては 2004 年と 2005 年に 2 回実施される必要がある。河流処理工の全

体の作業手順は以下の通り要約される。

河流処理工の全体手順

期間	作業
2004年9月～2005年5月	1) プライマリーコファードムによる転流 2) 河床のダム基礎掘削 (EL. 349まで) 3) EL. 360より低い部分のプリンスコンクリート打設工 4) EL. 360までの本ダム盛立て工 5) EL. 362までの河床の埋戻し
2005年6月～2005年8月	1) 現河床への河流の転流 2) 本ダム工事の中断(EL. 380より高い部分のプリンスコンクリート打設は続行)
2005年9月～2006年5月	1) プライマリーコファードムによる転流 2) 河床の埋戻し材料の除去(EL. 349まで) 3) EL. 410より低い部分のプリンスコンクリート打設工 4) プリンスコンクリート下部のカーテングラウト工 5) EL. 410までの本ダム盛立て工(上流側部分のみ施工) 6) EL. 410以下のフェーススラブ打設工
2006年6月以降	1) 本ダム盛立て工の再開と継続

現河床に存在する約8m厚の河床堆積層を通過し、コファードムの下流側に流れ込む可能性ある浸透水の工事への影響を最小限なものとするため、1回目及び2回目の非洪水期のダムサイトにおける水替え対策は慎重に計画される必要がある。浸透流の制御並びに水替え対策として、水中ポンプによる排水、ウェルポイント工法による揚水、及び堆積層のジェットグラウト工法による透水性低減が、本プロジェクトにおいて適用可能であると判断される。

(2) 本ダムの盛立て工

コンクリート表面遮水ロックフィルダムは約16,500,000 m³の堤体積を持ち、標高に対する盛り立て曲線は図9.1.2に示す通りである。また、ダム堤体は以下のゾーニングが計画されている。

CFRDのゾーニング別施工数量

ゾーン	材料	体積 (1,000m ³)	比率
1A	不透水性材	92	0.6%
1B	ランダム	286	1.7%
2A	細粒フィルター	8	0.1%
2B	碎石	273	1.7%
3A	小径の碎石	512	3.1%
3B	発破岩石	5,900	35.8%
3C	発破岩石	7,175	43.6%
3D	発破岩石	2,066	12.5%
3E	大径の碎石	154	0.9%
合計		16,466	100.0%

各種盛立て材料は、9.1.1章(3)に記述されたボローエリア並びに原石山から採取される。以下の建設機械の配備により、全体積の90%以上を占める3B、3C及び3Dゾーンについて月間500,000 m³の盛立てが、昼夜2方体制にて可能となると計画される。

ブルドーザ, 65 ton

5台

ホイールローダー, 11 m ³	5 台
ダンプトラック, 45 ton	45 台

盛立て材料は重ダンプトラックにてダム堤体に運搬され、ブルドーザにより敷きならされ、以下の転圧機械により締め固める計画とする。

盛立て材料の転圧計画

ゾーン	転圧機械	層厚 (m)	転圧回数
1A	タンピングローラー	0.25	8
1B	振動ローラー	0.5	6
2 & 3A	プレートコンパクター 振動ローラー	0.4	6
3B	振動ローラー	0.8	6
3C & 3D	振動ローラー	0.8	6

(3) 本ダムのコンクリート工

フェーススラブコンクリートは 15 m 幅のスリップフォームにて打設される。生コンクリートはダム堤体にアジテータトラックで搬入され、さらにコンクリートシュートで打設場所へ供給される。スリップフォームは 1.5 m/hr 程度のスピードでウインチにより上方に移動し、コンクリートは水平継目を作ることなく連続的に打設される。

フェーススラブコンクリートは以下に示されるように 3 段階で施工する計画とした。

スラブコンクリート工の段階施工

項目	第一次	第二次	第三次
上部標高	410 m	500 m	563 m
下部標高	354 m	405 m	500 m
上部幅	220 m	540 m	800 m
スラブ面積	22,000 m ²	66,000 m ²	76,000 m ²
ブロック幅	15 m	15 m	15 m
ブロック数	15	36	54
スリップフォーム台数	2	3	3
施工期間	4 ヶ月 1月/2006-4月/2006	6 ヶ月 7月/2007-12月/2007	7 ヶ月 9月/2008-3月/2009

上に示される段階的的施工計画は、下記の施工上の利点を考慮して計画されたものである。

- 1) 第一次フェーススラブコンクリートの早期施工により本ダムにコファーダムの機能を持たせること。
- 2) ダム盛立て工とフェーススラブコンクリート打設工の併行作業を可能ならしめることにより、ダム建設工期を短縮すること。
- 3) 長大シュートによるコンクリート輸送時の材料分離を回避すること。

図 9.1.3 にダムの施工手順を図解する。

(4) 洪水吐き

洪水吐き工事の施工数量は以下の通り要約される。

洪水吐き施工数量

区分	掘削工	コンクリート工
頭首工	1,029,000 m ³	103,500 m ³
シュート部		125,000 m ³
プランジプール	1,050,000 m ³	-
計	2,079,000 m ³	228,500 m ³

掘削は頭首工部分よりベンチカット工法にて開始され、シュートに沿って下流方向に継続される。プランジプール部では高低差約 160 m に達する長大斜面掘削が必要となる。プランジプールは、現河床標高より約 5 m 掘り下げるため、掘削作業は非洪水期にコファードラムで周囲を囲い実施する必要がある。

コンクリート工はコンクリートポンプ、トラック搭載式ベルトコンベヤー打設機、及びタワークレーンを含む数種類の打設機械により実施される。これらの機械は以下の作業条件に従って適宜選択する。

コンクリート打設機械の作業条件

機械	コンクリートポンプ車	コンクリートポンプ(定地式)	コンベヤーブレーサー	タワークレーン
最大骨材寸法	40 mm	40 mm	80 mm	150 mm
スランプ	12 cm 以上	12 cm 以上	-	-
水平作業距離	20 m	300 m	30 m	75 m
垂直作業距離	30 m	100 m	15 m	100 m

コンクリート工事の施工期間は平均月間打設量 10,000 m³として約 2 年と見積もられる。

頭首工部分ではコンクリート工事の完了後、Lot 1-3 業者によりラジアルゲートの据え付けを開始する。

(5) 取水口

取水口の施工数量は以下の通り要約される。

洪水吐き施工数量

工事	施工数量
掘削、オープン	150,000 m ³
掘削、ゲートシャフト	10,200 m ³
コンクリート、取水口	8,500 m ³
コンクリート、ゲートシャフト	5,500 m ³

取水口の掘削は、一般的な発破工法にて実施される。導水路トンネルの工事に早く取りかかるために、取水口の掘削は全体工程の初期段階に実施される必要がある。

ゲートシャフトは切り下がり工法にて施工され、ショットクリートとロックボルトにより仮支保を行う計画とする。実際の地質条件によっては、各切り下がり掘削の後にコンクリートの仮巻きを実施し、壁面の崩壊を防止する。

ゲートシャフト及び取水口構造物の施工は、導水路工事との錯綜を回避するために導水路トン

ネルの貫通後に実施される計画とする。

(6) 導水路

導水路は、延長約 500 m の導水路トンネル、調圧水槽ならびにペンストックより構成される。

導水路施工数量

工事	導水路トンネル	調圧水槽	ペンストック
掘削、オープン	-	7,000 m ³	125,000 m ³
掘削、トンネル	490 m	-	190 m
掘削、ゲートシャフト	-	61 m	-
コンクリート	28,900 m ³	8,400 m ³	12,500 m ³

仕上がり内径 12.0 m の導水路トンネルは、上流側より上半先進-下半ベンチカット工法により掘削される。3 ブーム油圧トンネルジャンボ、3 m³ サイドダンプローダー、20 ton アーティキュレート式ダンプトラックの使用により、50 m/月程度の平均掘進速度が達成できると見込まれる。

調圧水槽は切下がり工法、若しくはパイロットホール+切下がり拡幅工法のいずれか(請負者の選択)により実施される。

ペンストックトンネルは、オープン掘削の完了後、導水路トンネル掘削に供用された施工機械によりその下流側から掘削する。

ペンストック土木工事の完了後、Lot 1-3 業者により鉄管の据え付けが行われる。

(7) 発電所

発電所の建設は、ダム下流の右岸側斜面の掘削より着手される。ダム建設用の下流側コフアーダムは、発電所サイトより下流に位置させるため、発電所における掘削作業は、現河床より低い部分においても河流の影響を受けず比較的容易に実施できる。掘削作業の完了後、クレーンならびにコンクリートポンプにより、地下部分構造物のコンクリート工事が実施される。水車ドラフトチューブはコンクリート工事に平行して Lot 1-4 業者により設置される計画とした。

発電所建屋に設置される天井クレーンの据付けは、発電プラントの据付け工程のマイルストーンイベントとなる。工程計画では発電プラントの据付けに 18ヶ月の工期を見込む。

(8) 放流設備と最終河川締切り

仮排水トンネル No. 2 に設置される放流設備は高圧ゲート、維持管理用ゲート、ゲートチャンパー、ゲートチャンパーへのアクセストンネル、及びゲート下流側のスチールライナーより成る。

放流設備の据付けは、非洪水期の始まる 2007 年 10 月に仮排水トンネル No. 1 より放流した状態で着手される。放流ゲートの据付けはこの非洪水期間中に完了するが、スチールライナーの設置ならびにこれに関連するコンクリート工は 2008 年の洪水期まで継続される。25 年確率洪水が、仮排水トンネル No. 1 のみで放流している本洪水期に発生した場合、上流側の水

位は EL. 496 m まで上昇することが見込まれる。これにより、下記の工事は 2008 年 6 月までに完了していることが必要となる。

- 1) EL. 500 m までのフェーススラブコンクリートの完了
- 2) 取水ゲートの据付けの完了(取水口の敷高は EL. 485 m である。)

貯水池湛水計画は、以下の要求事項を考慮の上策定される必要がある。

- 1) 貯水池の湛水は、急速な水位上昇によるダム堤体と貯水池内斜面への悪影響を回避するため非洪水期に実施される必要がある。
- 2) 湛水期間中においても、灌漑用水の供給のためにダム下流への放流を維持する必要がある。必要放流量は以下の通りである。

灌漑用水量

(m³/s)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
13.9	21.0	34.8	56.9	73.3	73.3	45.3	56.1	60.0	50.7	40.5	24.6	45.9

以上の必要条件を考慮し、最終河川締切りは以下の手順により実施する計画とした。

最終河川締切りの手順

	日付	作業
1.	2008 年 12 月上旬	<ol style="list-style-type: none"> 1) 仮排水トンネル No. 1 をストップログにて閉塞する。 2) 仮排水トンネル No. 1 のコンクリートプラグ工を開始する。 3) 仮排水トンネル No. 2 の入口ゲートは開放状態とする。 4) 水位は仮排水トンネル No. 2 の香口標高に3日間で到達する。
2	2008 年 12 月 - 2009 年 3 月	<ol style="list-style-type: none"> 1) 河川水は高压放流ゲートの部分開放又は間歇開放により、下流側に放流される。 2) 放流量を超える貯水池流入量は貯水池内に貯留される。 3) 貯水池水位は 25 m/月の速度で上昇し、2009 年 3 月末に放流シャフトのベルマウス部に到達する。 4) 水位がベルマウス部 (El. 470 m) に到達した時点で仮排水トンネル No. 2 の入口ゲートを遠隔油圧操作で閉塞する。遠隔油圧システムの誤作動を回避するために油圧配管は 2 系統設置する。
3	2009 年 4 月	<ol style="list-style-type: none"> 1) 貯水池水位は 2009 年 4 月末に最低運転水位 (El. 510) に到達する。 2) この間の水位上昇速度は約 50 m/月と予測される。
4	2009 年 5 月 - 2009 年 6 月	<ol style="list-style-type: none"> 1) 発電プラントの有水試験は 2009 年 5 月始めより可能となる。 2) 貯水池水位は 2009 年 6 月中旬に満水位 (El. 555) に到達する。

(9) 逆調整ダム

逆調整ダムの建設は、現場の地形条件を生かし、左岸に建設する仮排水路による河川処理により実施される計画とする。

水路とコファーダムによる河川転流後、ダムの基礎掘削ならびにコンクリート工が実施される。マスコンクリート及び構造物のコンクリートは、それぞれクレーンならびにコンクリートポンプにて打設される。

(10) 灌漑設備

左岸側灌漑設備には延長 4,900 m、直径 2.2 m のファイダートンネルが含まれる。トンネルは発破工法にて上下流側より同時に掘削される。ズリ出しにはレール工法が採用され、トンネルの仮支保はショットクリートとロックボルトにより施工される。ライニングコンクリートはニードルビーム型のスライド型枠を使用する。

灌漑水路の延長は左岸側が 14,200 m、右岸側が 12,900 m となっている。水路は 0.7 m³ バックホー、11 ton ダンプトラック及び振動ローラーを用い切り盛り工法にて建設される。

9.1.3 工程計画

2000 年 3 月に完了する本フィージビリティスタディーの後の事業実施工程をバーチャートとして図 9.1.4 に示す。土木工事を 2009 年の第一四半期に完了し、全ての発電機は 2009 年月末に商業運転を開始する計画とした。

詳細な建設工程計画は図 9.1.5 に示される通りである。本工程は各作業の必要期間、作業の適切な順序、気象・水文上の制約ならびに建設資源の平準化を考慮し計画された。

事業実施工程では、以下に示す作業がクリティカルパスを構成するものとみなされる。

- 1) PC-I (実施計画書) の作成
- 2) 建設資金の手配
- 3) コンサルタントの雇用
- 4) 詳細設計と工事入札書の作成
- 5) 施工業者の調達
- 6) アクセス道路の建設
- 7) 仮排水トンネルの建設
- 8) 河川仮転流 (2004 年 10 月始め)
- 9) ダム建設
- 10) 貯水池湛水 (2008 年 12 月末より)
- 11) 発電機の有水試験
- 12) 発電器 1 号機 の運開 (2009 年 6 月末)
- 13) 全ての発電機の運転 (2009 年 12 月末)

9.2 積算

9.2.1 設定条件と仮定

基本設計に対する事業費は以下の設定条件ならびに仮定に基づき積算された。

- (1) 積算の通貨は内貨・外貨共に US ドル建てとする。
- (2) 内貨分はセメント、鉄筋、燃料ならびに火薬等を含む現地調達可能資材と現地労務者の

賃金等をカバーする。輸入される電機、機械類及び建設機械の償却費部分等は外貨分に計上する。

- (3) 積算の価格水準は 1999 年 9 月とする。換算レートは当時の流通レートである US\$ 1.0 = Rs.50 を用いる。
- (4) 建設工事は、国際競争入札及び国内競争入札により選定された経験有る請負者により施工されるものとする。
- (5) 工事の施工単価は現地調査において確認された労務者賃金、建設材料、建設機械のコストを勘案し決定する。さらに、パキスタン及び他のアジア諸国における類似プロジェクトの入札データを反映する。積算に使用された労務賃金、建設材料、建設機械のコストを表 9.2.1、9.2.2 ならびに 9.2.3 に示す。

9.2.2 積算方法

各コスト要素に対する積算は以下の方法により実施した。

(1) 準備工事 (Lot L-1、L-2 及び L-3)

アクセス道路の建設費は路線延長 (11 km) と単位路線長当たりの単価 (300 US\$/m) により積算した。WAPDA 建設キャンプの建設費は、パキスタンにおける他の類似プロジェクトの事例より算定した。

(2) 土木工事 (Lot I-1、I-2 及び I-8)

仮排水トンネル、本体土木工事ならびに灌漑施設の建設費は、原則的に単価積算方式を採用した。工事数量及び積算単価を表 9.2.5、9.2.6、9.2.9 及び 9.2.10 に示す。

(3) ゲート及びベントック (Lot I-3)

単価積算方式を採用した。鋼構造物の重量は、その寸法と設計水圧に基づき算定した。単価は最近の類似設備の国際入札データに基づき定めた。

(4) 電機工事 (Lot I-4、I-5、I-6 及び I-7)

一括積算方式を採用した。価格は、設計水頭、流量、定格出力、寸法、台数ならびに最近の類似設備の国際入札データ等を考慮し算定した。

(5) エンジニアリングサービス

詳細設計、調達作業、及び施工監督に関わるエンジニアリングサービスの費用は直接工事費の 6.5% とした。この料率は現在施工中であるパキスタンの水力発電プロジェクトの例を参照して定めた。

(6) 管理費用

プロジェクトの管理者である WAPDA の管理費用は、直接工事費の 2.5% とした。この料率は現在施工中であるパキスタンの水力発電プロジェクトの例を参照して定めた。

(7) 土地収用、補償ならびに環境対策費

土地収用、補償ならびに環境対策費は直近の環境調査で得られたデータをもとに算定した。表 9.2.11 及び 9.2.12 に費用項目ならびに積算単価を示す。

(8) 税金

請負者に課される現地の税金は関税、売上税ならびに法人税である。積算においては、以下の税率により税額を見積もった。

税率

税金と関税	税率
関税	
- 鋼材	35%
- 機電製品	10% ~ 35%
- 建設機械	25% ~ 35%
売上税	15%
法人税	6%

(9) 予備費

事業費に含めるべき予備費は i) 将来の物価上昇に対する価格予備費、及び ii) 現時点では予見不可能な物理的予備費である。

価格予備費は内外貨双方に対して年率 2.4% で算定した。この料率は、世界銀行の 1999 ~ 2010 年における MUV (Manufacturing Unit Value in G-5 countries) の最新予測値に基づく。

また、積算に採用した物理的予備費の料率は以下の通りである。

物理的予備費

項目	料率
準備工事 (Lot L-1 から L-3)	12%
仮排水トンネル (Lot I-1)	12%
土木工事 (Lot I-2)	12%
機電工事 (Lot I-3 から I-7)	7%
灌漑施設 (Lot I-8)	10%
エンジニアリングサービス	10%
管理費	10%
土地収用	10%
環境対策費	10%

9.2.3 総事業費

総事業費は、外貨分 US\$ 611.8 x 10⁶、内貨分 US\$ 537.1 x 10⁶、総計 US\$ 1,148.9 x 10⁶ と見積もられた。その内訳は表 9.2.4 に示す通りであり、以下の通り要約される。

積算事業費

(単位：百万 US\$)

項目	F.C.	L.C.	計
I. ベースコスト	474.0	414.0	888.0
建設費	440.0	257.7	697.7
エンジニアリングサービス	34.0	11.3	45.3
管理費		17.4	17.4
土地収用		2.5	2.5
環境対策費		5.0	5.0
税金		120.1	120.1
II. 予備費	137.8	123.1	260.9
価格予備費	91.5	77.6	169.1
物理的予備費	46.3	45.5	91.8
総事業費	611.8	537.1	1,148.9

積算の内訳書を下記の付表に示す。

- | | |
|----------------|---------------------|
| 1) 仮排水トンネル | : 表 9.2.5 |
| 2) 土木工事 | : 表 9.2.6 |
| 3) ゲート及びペンストック | : 表 9.2.7 |
| 4) 機電工事 | : 表 9.2.8 |
| 5) 灌漑施設 | : 表 9.2.9 及び 9.2.10 |
| 6) 土地収用、補償 | : 表 9.2.11 |
| 7) 環境対策費 | : 表 9.2.12 |

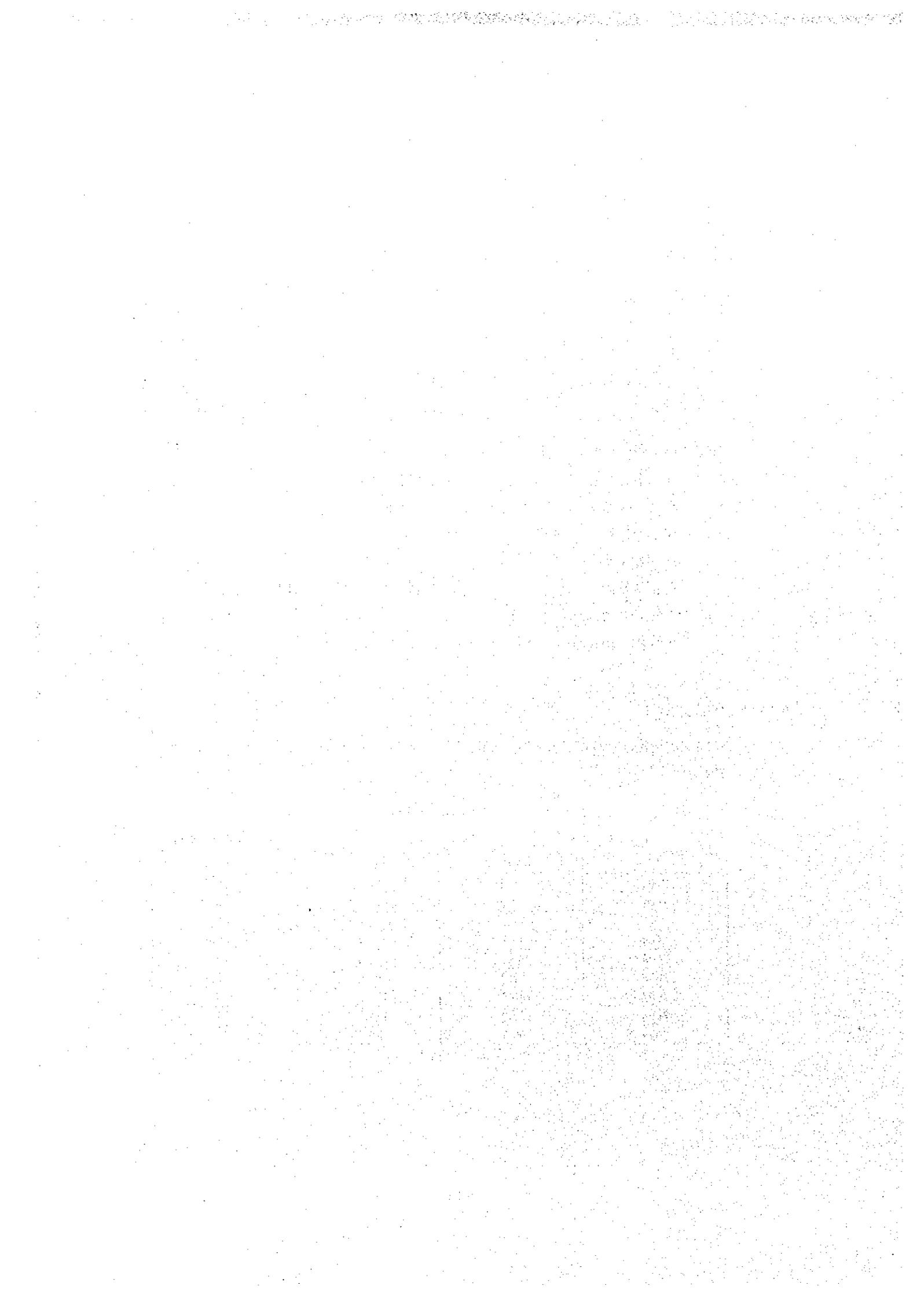
9.2.4 年間支出計画

年間支出想定は積算事業費と事業工程より表 9.2.13 に示す通り算定された。以下にその要約を示す。

年間支出計画

(単位：百万 US\$)

年	F.C.	L.C.	計
2001	5.9	3.9	9.8
2002	14.9	20.4	35.3
2003	27.6	38.8	66.4
2004	43.7	49.1	92.8
2005	65.5	53.4	118.9
2006	117.0	90.0	207.0
2007	136.0	103.9	239.9
2008	136.0	118.2	254.2
2009	65.1	59.4	124.5



第10章 ダムの運用システム

10.1 総論

多目的ダム事業の場合、その実施に先立ち運用システムを構築する事が肝要である。現在のWAPDAの規定では、(a)発電、送電及び配電(b)灌漑、水供給及び排水(c)浸水の防止及び浸水地・塩基性土壌の改良(d)洪水調節(e)内陸水運の運用、維持管理を網羅しているが、現在進行中の組織改革の如何によっては規定の変更も有ろう。一方、1997年に設立された北西辺境州灌漑排水公社は北西辺境州の灌漑局により運営されている灌漑と排水事業に関する全ての機能を引き継ぐ意向である。故に、詳細設計開始前に関連部局の責任範囲担を明確にする必要がある。

10.2 発電所の運転と洪水調節

発電事業は、本プロジェクトで発生する便益の主要部分を占める。KESCのいくつかの発電所を除き今まで、全ての水力発電所はWAPDAにより運転されて来た。いまのところムンダ発電所の運転は運転チームを組織してWAPDAにより実施されるであろうことに疑いはない。発電所の運転保守は、発電所、開閉所、発電用水路、余水吐、放流設備、逆調整堰、その他関連構造物の運転維持管理を含むものである。洪水調節と維持用水管理も保守運転チームの管理規定の一部となる。洪水調節のための構造物は、発電施設の一部として統合管理されるよう配慮すべきである。将来の組織改革により、発電所の運転は直接ではなく、発電プロジェクトが完成した時に設立されるであろう発電所運転会社に委託して運転保守される可能性もある。この場合でも洪水調節事業は発電所運転業務に含めるべきである。

10.3 灌漑用水供給

北西辺境州灌漑排水公社(NWFPIDA)は、灌漑運営管理のための自治組織であるが、その組織機構と実施の手順はまだ決まっておらず、1999年6月に任命手続きが開始された法制度改革コンサルタントの勧告を待っている状態である。これは、世界銀行その他の援助機関の支援を受けている国家排水事業計画(NDP)の下で進行している灌漑部門の法制度改革の一部である。

その事業計画によれば、NWFPIDAと試験的に組織される地域水利委員会の設立後一年以内に農民団体が組織されることになっていたが、1999年末現在実施されていない。

明らかに、NWFPIDAは、ムンダ多目的ダム事業の運営灌漑部門の維持管理に関与するであろうし、また農民団体に関する審議結果は、ムンダ多目的ダム事業の新規灌漑地区に適用可能である。スワット水路の運営に関する地域水利委員会の活動内容は、ムンダ多目的ダム事業の新規灌漑地区の維持管理活動に対し波及効果が期待できる。

10.4 考えられる運営組織

NWFPIDAが設立されうまく機能するまで、WAPDAはムンダ多目的ダムの唯一の運営組織である。

第4章で述べた通り、WAPDA(電力部門)は、縦割りに計画、設計、建設、と発電、送電、配電施設の運営維持管理にたずさわってきた。しかし、電力分野の法人化、民営化を成し遂げる目的で解散の途上にある。WAPDA(水利部門)は、多目的ないしは貯水池式事業の水力発電を担当し、計画、設計、建設、運営維持管理の全ての段階を網羅するであろう。電力部門傘下の現行の水力発電グループは、この組織に含まれる必要がある。

以上から、WAPDAはムンダ多目的ダム事業の実施のみならず、運営維持管理組織としても責任ある部局となるであろう。しかし、灌漑部門の運営維持管理は、組織された時点でNWFPIDAへ移管されるであろう。

第11章 環境影響評価

11.1 総括

GOP ガイドラインによると、最大貯水量 5 千万 m³ 以上、あるいは貯水池表面積 8km² 以上、または 50MW 以上の発電設備容量を持つダム、貯水池および水力発電事業全てについて総合的環境影響調査(EIA)が要求されている。EIA は、1997 年の GOP “環境レポート準備・再調査のためのガイドライン” と “環境影響評価のための政策と手順” に基づき計画・実施された。また、援助機関である世界銀行、アジア開発銀行や日本開発銀行などのガイドラインにも沿っている。

EIA は 1997 年のパキスタン環境保護条例に沿った形で、実施機関から NWFP の環境保護局に提出することが義務付けられている。多くは水力発電事業であるが、立ち退きや補償問題に関しては、ガジ・パロタ水力発電事業からアジア開発銀行および世界銀行の要求事項を満足するよう厳格に求められるようになった。

EIA に先立ち、ダム建設ならびに水供給に係る JICA 環境ガイドラインおよび世界銀行ダム貯水池プロジェクトに係る環境新ポリシーに従って IEE を行った。IEE の詳細は Appendix H に記す。

11.2 現況

スワット川は西カラコルムとヒマラヤ山脈の標高 4,850m に端を発し、カラムの付近でインダス川の西に至る。さらに北スワットでウショ、ガブラル川と合流し、南方に流れた後海拔 4,000 - 5,000m 地点を西へ向かっている。この地点では、水質は良好で水温は低く、殆ど汚染されていない。更にこの上流では、水温は低下し、鱒の生息が確認できる。虹鱒もまた、マディアン、バライン及びカラムの市場で見かけることができる。調査対象地域においてスワット川で生息が確認できる魚類は 16 種あり、中でも“Sher Mahee”は、味も良くスワット川の代表的魚として地元では人気がある。ダムと貯水池付近の植生は、亜熱帯性広域森林地帯に分類され、主にカウリマツやアカシア、その他低木林から成る。

集中的な灌漑事業によって、農業用水がマルダン及びペシャワール地域に供給されている。ムンダ頭首工の下流で、スワット川はアバザイとキアリ川に分流し、これらの支流はチャルサダ町付近のがカプール川に合流している。スワット川の南側は、農業汚水や牧畜によって最も汚染されている。その周辺の生態系の状況は、過度の牧畜や樹木の伐採によって悪化していると考えられる。ムンダ多目的ダムプロジェクト建設における環境への影響を次に述べる。

11.3 環境影響のポテンシャル

11.3.1 漁業と水性生態系

以下の魚類が魚環境調査にてムンダダム貯水池付近で捕獲された。

ムンダダム貯水池付近で捕獲された魚

分類	科学的名称	地元名称	英語名称
科: <i>Cyprinadae</i> 種: <i>Rasbrinae</i>	1. <i>Baralius vagra</i> 2. <i>Baralius Bendlisis</i>	Chilwa Patha Chilwa	Carp Carp
種: <i>Bardinae</i>	3. <i>Labeo dero</i> 4. <i>Labeo dyochelius pakistanicus</i> 5. <i>Tor pultora</i> 6. <i>Puntius ticto</i> 7. <i>Puntius Sophore</i>	Pehari Rohu Torki Mahseer Ticto popra Sophore popra	Carp Carp Carp Carp Carp
種: <i>Garrinae</i>	8. <i>Gara gotyla</i>	Pather chat	Carp
種: <i>Schizothoracinae</i>	9. <i>Schizothorax plagiosomus</i> 10. <i>Ptychobarbus conirostris</i> 11. <i>Racoma labiata</i> 12. <i>Schizopyge esocinus</i>	Swati Ladakhi snow carp Chun mahi Asala mahi	Snow trout Ladakhi snow carp Snow trout Snow trout
種: <i>Cyprininae</i>	13. <i>Carassius auratus</i>	Goldfish	Goldfish
科: <i>Sisoridae</i>	14. <i>Glyptothorax cavia</i>	Sulemani, Kan Kapr (Pushto)	Cat fish
科: <i>Schilbeidae</i>	15. <i>Cluipsoma naziri</i>	Sher mahi	Cat fish
科: <i>Chandiadae</i>	16. <i>Channa punctata</i>	Daula	Snake-headed fish

これらの魚への潜在的影響とそれに伴う人々への影響を以下に記述する。

(1) 建設段階

- 1) ダムのフィルター材及びコンクリート骨材はムンダダムサイト下流にある砂・砂利等の河川堆積物から採掘される。しかし河床よりそれらの材料を採掘すれば、河川の水生態系に悪影響を及ぼすであろう。これら砂・砂利からなる河川堆積物は魚類の飼養場、餌場となっており、バクテリアや菌類はそこで腐敗分解し水中生物の食物連鎖第一段階の栄養物を供給している。過去の例でもスワット川上流域において建設資材用の砂利採取による Mahseer やスワティの魚体数の減少が確認されている。
- 2) ダムの土質材は、ダムサイトより数キロ離れたテラス堆積物から調達される。ダム建設が河岸からある程度離れた場所で行われ、ダムサイトにおける材料の運送及び積み下ろしが適切に行われるなら水生態系への影響は無い。
- 3) ダム建設並びに作業従事者から出される液状及び固形廃棄物は衛生的に管理、処理されなければ河川水質に悪影響を及ぼす。特に注意すべきは発破作業、砂・

砂利の運搬時に発生する大気中の塵・埃の影響である。河川内での採掘並びに埋立て作業も濁水につながる。

- 4) 二つのコファードムと仮排水路を建設することで、両コファードム間の川はドライになるであろう。これは、短期的な魚と他の水性生物体の喪失を意味する。しかしその損失はわずかである。

(2) 建設後及び運営段階

1) ネガティブな影響

ダム建設により、24km²の湛水面積を含む56kmの長さを有する貯水池が出来る。ダム建設完了後及び運営段階においては次の変化や影響が起り得る。

a) 生息生物の分裂化

まず、対象地域において重要な影響は植物や動物の生息地に建設する貯水池の影響である。湖に生息する植物や動物はそれぞれ固有な特徴を有している。魚類は上流や下流へと産卵の為、より適した繁殖場所を探す為、又季節変化による生息環境の苛酷さを避けるため移動する。ダムはその上方、下方への移動を妨げることになる。これは、各種の分裂化を招き、長期的には適応種の遺伝的变化につながる可能性もある。

b) 産卵の為の移動

対象地域の魚類の産卵行動についての観察記録は存在しないが、文献によると同様の生息地では多くの種が繁殖場所に近い浅瀬に産卵場所を求めている。“Sher Mahi”はモーマンド・エージェンシのスワット川峡谷で産卵をする。FATAの漁業担当役人はムンダダム作業現場近くでの産卵を観察している。孵化したばかりの“Sher Mahi”は本調査においても確認されており、それ故、“Sher Mahi”はパンジコーラ川及びスワット川上流にて産卵しても悪影響を被らない代表的な種と考えられる。

Swati (*Schizothorax plagostomus*) 及び“Schizothoracinae”科の他の種類は、広く知られており、代表的な種である。ダム運営段階においては“Swati”やその他関連のある種は最初の生息環境の変化に耐えた後、新たな産卵・繁殖場所を探すことになる。又、提案されているダムサイトより下流に向かう水流の変化による問題にも直面する。

“*Labeo dero*” (“Pehari Rohu”) や “*Ldyocheilus*” (Torki) は、他の鯉のように7月及び8月に産卵をする。それらは雨季の間水中に根を張る植物が生える場所に卵を産む。一般的に鯉は数百万の卵を産む多産種であるが、それらの場所に特定した産卵に関するデータは手に入っていない。

マラカンドの“golden Mahsee”の産卵場所、時期はスワット川がマラカンド・エージェンシに流れ込む場所で研究されている。過去、ミンゴラのスワット川は“Mahscer”の産卵に理想的な場所であった。しかし産卵場所は水流の変更、砂利の採掘や

汚染等、人間による干渉で失われている。“Mahseer”は3月にマラカンド地区の川へ移動を始め、9月頃までその場所に生息する。スワット川並びにパンジコーラ川では、産卵は4月から9月の間に行われる。6月始め、7月と8月の後半に産卵が確認されている。プット氏の情報によれば、“Mahseer”は年中産卵が可能なモーマンド・エージェンシに生息すると言われている。

要約するとスワット川における“Mahseer”の産卵・繁殖はチャクダラ、トタカン、サライ・パティ(全てモーマンド・エージェンシ内に位置する)よりキアリ川の間で行われている。“Mahseer”は広範囲な産卵・繁殖地域を有しているが、これら多くの地域は建設予定ダムによる浸水のため失われてしまう。貯水池内にあるサライ・パティやモーマンド・エージェンシ(ダムサイトまで)を流れるスワット川の一部は水面レベル変動の影響を受ける。これは被害の最小化対策を必要とする深刻な影響であり、対策として上流への魚道となるチャンネル並びに堰の建設が挙げられる。

c) 繁殖場所の喪失

事業対象地域及び下流における貯水池の形成並びに水流の変化は物理化学上の変化を招き、魚類の繁殖場所に対して悪影響を与える。こういった初期の繁殖場所や餌の喪失は突然の繁殖場所と水流の変化によるものであり、更なる繁殖場所や餌の喪失を導く。

d) 堆砂

堆砂や沈泥もダム建設及び水流変化の及ぼす重要な影響である。貯水池内における堆積物の蓄積やその下流への廃棄は水中生態系に悪影響を与える。堆砂調査によると、平均的な年間ムンダ貯水池に流れ込む堆砂量は、 373 ton/km^2 と算定され、100年後も堆砂をためるに必要な貯水池容量は373MCMと見積られている。

この地域では、天災または運営メカニズムから引き起こされる、蓄積した堆積による洪水を懸念している。

e) 流況

現在の自然な水の流れはダム及び貯水池の建設により変化する。断続的な水の放出は河川生態系、特にダムの下流域に深刻な悪影響を及ぼし得る。しかし逆調整池で影響を最小限にできる。10月から3月の間は水不足が問題となる。確保されるべき最低限の流量として $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ を供給している。さらに、貯水池規模の検討によると、持続的発電によって、十分な下流での水が確保できるということである。悪影響は初期湛水時のみ起こるとされている。

f) 物理化学的変数の変化と水質

ダムは温度レベル、水中の非溶解性酸素量、pH値、そして鉱物・塩基レベルの変化をもたらす。もっとも重要な変化は温度レベル、貯水池内の成層変化と同様に水中の非溶解性酸素量の変化である。

固形物が沈殿し、水が長期間に渡って太陽光、空気に触れ、蓄熱の低減につながる温度層が形成され、栄養物の蓄積がされる等の理由により貯水池内の水質はしばしば川の水質よりも良い。(ローン 1983)。

しかし、水質は濁りや汚染による酸素の消費により低下することもある。カラムからトタカンまでの地域の人為的な理由による汚染源は良く記録されているが、建設予定事業地域にはパティバンダまで近隣に村落は無い。そのため、人為的な汚染物の影響はまず受けない。

汚染問題が生じるのは建設後新たな村落が出現したり、貯水池から下流への流量が減少するためである。タービンより放出され、噴出する水はその中でガスの飽和を引き起こす。この飽和状態は魚類のガス・バブル病の理由となり、その兆候はガス塞栓によるエラ繊維内の毛管圧迫となって現れる。

g) 根を張る植物

川の最高水位まで、川岸に根を張った植物は無い。同様のプロジェクトにおいては、除去しなければメタンガス(温室効果ガス)を発生する元となる朽ちた木々を取り除くのが一般的である。

2) ポジティブ・インパクト

a) 魚体数の増加

56 km の長さで 24 km² の貯水面積を有し、16.9 億 m³ の容積を持つ新しい貯水池は新たな漁業資源となる。漁獲高は漁民が新たな自然条件にどう適応するか、またどの魚種を採り入れ、育てるかによる。ほぼ同様な気候条件にあるクルベラ及びマングラの貯水池はそれぞれ年間 150、1,000 トンの漁獲高がある。

b) 水路での漁業

本プロジェクトで提案されている 2 つの灌漑水路はドアバ並びにスワットの既存水路と一緒に漁業資源として開発されるべきである。漁業省、灌漑省並びに WAPDA はこれら貴重な水資源を更なる漁業生産高増加に資する目的で共同調査を行うのも一案である。

c) 生活水準の向上

道路の建設、より安定した電力の供給、釣り客等当地に訪れる観光客、漁獲高の増加等、建設予定ダムに関連する全ての想定される変化は地域住民の社会経済状況に良い影響をもたらすであろう。商売人、観光ガイド、釣り用道具、機材のレンタル業等、漁業から派生する産業に従事する人々も十分に恩恵を受ける筈である。

11.3.2 農業並びに水利用

新規灌漑地区は 12.9 km 長さの右岸水路、14 km 長さの左岸水路、右岸地区面積 2,043 ha、左岸地区面積 4,066 ha を持つ。右岸地区はすべてモーマンド・エージェンシーに、左岸地区はモーマンド・エージェンシー、タンギ・テシール、マラカンド・エージェンシーにある。

(1) 土地所有形態

モーマンド・エージェンシーでは土地はコミュニティーを形成する部族の所有物である。モーマンド族の首長モハマッドババはモーマンド族内の異なる部族へ人口比などの基準を適用して土地を配分している。それぞれの部族はさらに部族内で世帯ごとに土地を配分する。そして配分された土地は世帯の男子に代々受け継がれる。土地台帳は無く、それぞれの世帯が責任をもって土地を管理する。土地はけっして他の部族へは転売しない。

タンギやマラカンドなどの直轄部族地域以外では、土地は個人所有である。土地台帳は税務局で管理している。

(2) 農業の現況

- 1) 95%以上の農家がトラクタを使用している。残りの 5%未満は家畜を利用して耕作している。
- 2) 化学肥料は普及している。80%の農家は窒素肥料を、また 60%はリン肥料を使っている。
- 3) 全ての農家は改良品種に興味をもっている。しかし供給が追いつかないのが現状である。農家の 56%が改良小麦種を使い、トウモロコシ・タマネギ・トマトはそれぞれ 12%、8%、44%の農家が改良品種を導入している。
- 4) 殺虫剤・除草剤は普及していない。その理由は、高価であることや効果に対する知識が無いことによる。
- 5) 脱穀機はサンプル農場では 36%の普及率である。
- 6) 23%の農家が長期契約で労働力を確保しており、13%の農家が季節労働者を雇っている。農場ごとでは、フルタイムの労働者では平均 23 日間、季節労働者では 25 日間投入している。
- 7) 商業ベースの野菜栽培の導入が始まり、最新の栽培技術の普及に役立っている。

(3) 家畜

サンプル農家の 4%が家畜を飼っている。同様に農家の 70%が家禽を飼っている。山羊と牛が重要な家畜であり、全家畜の 87%を占める。平均保有数は、家畜保有者ごとでは 17 頭、サンプル農家ごとでは 12 頭である。

サンプル農家における家畜

家畜	頭数		
	合計	平均所有数(1家族あたり)	
		所有者	サンプル(一般)
1 水牛	13	0.14	0.13
2 牛	403	4.20	4.03
3 山羊	738	7.70	7.38
4 羊	87	0.90	0.87
5 牽引用動物	70	0.73	0.70
合計	1,311	13.67	13.11
家禽	1,188	17.00	12.00

羊と山羊は放牧が主である。新規灌漑施設が整備されたあかつきには、放牧できる土地面積が減少し、頭数が横這いや減少すると考えられている。水牛・牛・その他牽引用家畜と家禽はその数が増えるであろうと人々は予想している。これは、家畜の飼料の増加を予想していることからきている。

(4) 水利用

現地調査を通じ、プロジェクト地域に共通した河川水の利用方法として確認されたものは次の通りである:

- a) 飲用
- b) 洗濯ならびに入浴用
- c) 灌漑
- d) 川上り、川渡りならびに釣り目的の筏利用
- e) キアリ川での浅瀬越え、釣りおよび木材採取目的のボート利用

11.3.3 考古学上重要な遺跡及び文化遺跡

(1) ムンダダム地域

スワット川の左岸で建設予定ダムサイトより下流に向かって 3km 程の位置に在るジウド・ババ寺院はダム建設により影響を受ける唯一の古代宗教建築物である。現地住民はジウド・ババを崇拝しているが、調査期間中、建立時期、由来、独自性に関する根拠に基づいた情報は入手できなかった。

この地区は、道路へのアクセスも良い。寺院に関する問題は、工事期間また、運営段階でも、十分注意深く取り扱うべき問題である。

右岸にも、工事中で封鎖されているが、人々が色の付いたスカーフを置く寺院がある。この地域は、道路建設が必要とされている。寺院に関する問題は通常デリケートなものであり、十分注意深く取り扱うべき問題である。モーマンド・エージェンシイの関係者により、僧侶の助けを借り、寺院の立ち退きが解決されるよう取り計らう必要がある。

ダムから数キロ下流の右岸には、前線警察官区(FC)が設けてあり、カザナ グンドと呼ばれている。この地域はプロジェクトの影響はまったく受けないが、そこからはダムと河川が最高にす

ばらしく展望できると思われる。観光のアトラクションとしての博物館を建設するべきである。ここでは、関連する古代遺跡も展示してムンダダムに近いリクリエーションのための呼び物になり得る。

(2) 貯水池エリア

調査の結果、予定貯水池には考古学上の遺跡や文化遺産はない。

(3) 新規灌漑地区

左岸地区

右岸及び左岸地域においては 15 の考古学上重要な場所が確認されている。これらのうち、13 の場所が新たな発掘個所である。左岸地域には 11 箇所の考古学上重要な場所が位置している。

左岸地域においては僅か 3 箇所(マイゼロ・ダンド、ガッタ・パッカラ、コタガイ)が、用水路建設の影響を免れるだけである。

遺跡物に関しては、11 ヶ所の遺跡が違法に発掘され、一部は既に破壊されている。建設資材調達のため採石を行う現地住民により危機に遭わされている。以下の地域が主なサイトであり、その内幾つかはプロジェクトによってネグティブな影響を受けるであろう。

- a) スライカットは灌漑地域にあり、影響を受ける。
- b) セライは破壊されているため、影響を受けることはない。
- c) カジガル(カンダール)では、過去三年間不法掘削が行われており、左岸水路は影響を受けると考えられる。
- d) デイギル ラージュでも不法掘削が行われており、悪影響が予想される。
- e) サルガロにはガンダール時代の仏塔、仏像、浮き彫りなどがある。それらは土地を借りている農民たちによって発掘されている。左岸水路によって影響を受けるであろう。
- f) カンダライでは、土地所有者が井戸から石を除去している。水路はこの地域を流れるため影響を受けるであろう。

右岸地区

右岸の水路建設予定地域では、3箇所の考古学的サイトが在り、そのうち、2 箇所は掘削の対象となる。カンロ・クアラのサイトは影響を受けることはないが、違法掘削が蔓延しており損害を与えられている。

シン・ガンダイ及びザリフ・コルナはムンダダム建設の影響を受ける。ザリフ・コルナにおいては水路によるより良い水の供給を得るため全ての墓・墓石を掘削し、除去することが決定している。カンロ・オアラとザリフ・コルナは共にモハンマンド・エージェンシー内に位置している。

右岸及び左岸用水路が灌漑地域における考古学上重要なサイトは灌漑地域拡大によって影響を受ける恐れがある。また灌漑地ができる可能性によっての影響も有り得る。古代塚等を平らにする必要がある農地開墾の拡大も考慮しておかなくてはならないことである。

最終的に用水路の建設予定ルートとその灌漑地域が確定したら、重要な遺跡物が失われてしまう前に、移設、保全等の処置を採る必要がある。

11.3.4 生態系の状況

プロジェクト地域はスワット谷の南側に位置し、スワット川が細い溝が流れている。プロジェクト・サイトには牛や山羊の放牧に適した 150 種の低木樹が生えているが、かなり荒廃した状態にある。6 千匹以上の山羊と 4 千匹の牛が地元住民によって飼われており、岩の多い地形で放牧している。生態系の状況は、過度の放牧、森林伐採や狩猟によって悪化している。

プロジェクト地域の植生の情報は、スワット川下流のダム沿いのダム・貯水池・占有地の 110 平方メートルの任意抽出方によって集められた。合計 15 の植物共同体が見つかった。ムンダダム・サイト、貯水池、占有地を構成する草木も調査され、主なものとして低木林があり、わずかに野生ヤシも認められた。この地域で共通の多くの植物の種は、過度の放牧と伐採によって被害を受けていた。

植物種性は 24 の *Preridaceae*, 21 の *Liliaceae*, 22 の *Cyperaceae*, 52 の *Graminae*, 19 の *Papilionatae*, 12 の *Labiatae*, 36 の *Compositae* 種が存在している。最も多いのは *Graminae* 種であり、第 2 におおいは、*Compositae* である。

自然の植生共同体には、*Acacia nilotica*, *Dodonaea viscosa*, *Rhazya stricta*, *Zizyphus nummularia*, *Adhatoda vasia*, *Chrysopogon*, *Aerua pseudotomentosa*, *Themeda anathera* などの重要なものがある。植物種性に関しては、プロジェクトからの破壊はないといえる。

野生動物に関するインタビューでは、ユリアルやカブリ・マルコールのような種は、絶滅に瀕している。サーベイ中には、稀な動物の種は見られなかった。地元住民によれば、ここ何年かは、生息地の悪化や無法状態での狩猟のため、そういった種の動物はほとんど見られないということである。

貯水池においてアヒルや水鳥などが繁殖することが考えられる。雑木林が貯水池辺りにあるため *Secsee*, *Black Grey*, や *Chakaur Partridge* の生息地として適している。野生動物の保護、土壌浸食の防止、社会林業、野生種の管理、薬草の継続可能な利用法、地域のエコ・ツーリズムを含んだ環境緩和策をとって行く必要がある。

11.3.5 影響を受ける人々

(1) 総括

ダム、貯水池、灌漑地域での人々に及ぼす影響に関する情報は次の通りである。

- a) ダム、貯水池、灌漑地域での人々は、社会経済的に遅れており伝統を守っている。農業で生計を立てており、多くは自給自足や技術を持たない日雇い労働者である。
- b) 社会機構は、民族的に Pushtoon という部族で大家族制をとっている。住居、村や町は、同部族や 2 次的部族に属する人々の共同体として成り立っている。この地域の人々は、より良い生活への憧れを持っておりそのための運動や変化に反対はしていない。占有地域での経済活動の機会が不足しているため、かなり他の地域への移民があり、これからもあり続けるであろう。
- c) 相対的に見て、30 年以上に渡って記録され続けている政府のムンダダムプロジェクトに対し、住民は懐疑的である。調査の結果、工事について考えたことはあったが長期間実施されていない。
- d) プロジェクトへの反応は、圧倒的に肯定的であった。農業を経済の基盤としている地域を大きく向上させるであろう灌漑用水を供給するからである。
- e) ネガティブな環境への影響はほとんど無いといえる。この地域には、10 月から 4 月にやってくる 118 人の住民、および 5,500 頭の山羊と 1,300 頭の牛が存在する。畜産は住民の主要な生産手段である。ダム付近において、居住区や農地を持つ住民の立ち退きが起こる。WAPDA の補償調査チームはダムと貯水池辺りの 118 人を補償の対象として予測している。下記の表は、補償対象の土地・家屋・住人の内訳を記している。

ムンダダム及び貯水池の人口、土地、家屋
(WAPDA によってなされた補償調査)

Name of the Village	Approximate Location	Number of Houses/Hutments	Number of Families/Persons	Total Population	Land Area Possessed in 'Marla'
Bara Adeera		3	3	3	23
Chak Mundi		6	8	8	9
Todobo Banda	3 km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	8	21	21	68
Jorogh Banda	5 km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	12	12	12	15
Munda Dam Axis	Huts on the dam site L/B of the river	11	11	11	38
Changal (Sandak Patti)		3	5	5	5
Palosai Banda	5 km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	29	29	29	35
Bara Palosai Banda	5 km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	6	6	6	8
Bara Gurkai Banda		9	6	6	10
Ziari Godar	4.5km U/S from Dam Axis, R/B of the river	1	1	1	3
Gurkai Banda	7 km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	6	9	9	12
Shamat Khan Banda	12km U/S from Dam Axis, R/B of the river	2	2	2	6
Narai Banda	11km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	2	1	1	4
Durood Banda	15km. U/S from Dam Axis, R/B of the river	1	1	1	4
Khajurai Khula	L/B of the river	3	3	3	5
Grand Total		102	118	118	245

Note: 1 Marla = 25 Yards²

下記の 2 表はムンダダム建設中に必要な土地面積を記している。

永続的構造物建設に必要な土地面積

構造物	面積(m ²)	
アクセス道路		
右岸、全長 6km、幅 10m	60,000	永続的
左岸、全長 5km、幅 10m	60,000	永続的
WAPDA 従業員住宅	150,000	永続的
合計	270,000	永続的

一時的構造物建設に必要な土地面積

構造物	面積(m ²)	
土木工事	120,000	一時的
金属系工事	20,000	一時的
水関連:機械系工事	15,000	一時的
水関連:電気系工事	15,000	一時的
合計	170,000	一時的

(2) 短期的ポジティブ・インパクト

- a) 建設事業は、雇用創出作用を持つ。事業の規模と工事の期間によって影響の大きさは異なってくる。雇用創出作用の影響として、1). 労働者の消費能力を高め、地方産品やサービスの需要を増大させる、2). 現在問題とされている移民流出を減少させる、という2点がある。
- b) 地元の原料や資源を供給する者は補償金を受け取る。受益者の消費パターンが変化することは、地域の経済活性化に役立つ結果をもたらす。
- c) ムンダダムの下流両岸の工事用道路と 8.5km の土取場までの工事用道路は、地域の新たな交通網となる。

(3) 長期的ポジティブ・インパクト

- a) 最大のポジティブ・インパクトは灌漑用水供給による当該地域の農業の活性化である。住民は伝統的に農耕生活を営んでおり、現在でも、作物栽培に十分な水があればどこにでも、農地や果樹園を発展させている。多くの場合、土地を平らにして農耕を可能にしているが、地域の抱える最大の問題は定期的な水の供給の欠如である。水さえ入手できれば、住民の社会・経済レベルを上げるために利用していく能力を人々は兼ね備えている。農業生産を高めるための人的資源は存在する。水を得ることで天然資源をも得ることができる。
- b) 当該事業による電力は、低迷している地域産業と鉱物産業に大きく貢献する。
- c) スワット川は、いくらかのダメージを与えた洪水を 1992 年と 1995 年の 2 回起こしている。ダム建設によってこのような洪水を緩和する。
- d) 灌漑用水と電力の供給は、地域とその住民に大きく貢献する。このような経済的向上は、社会発展につながり、教育や医療などの必要な社会サービスの入手への質的なシフトをもたらす。

(4) 短期的ネガティブ・インパクト

- a) ダム計画地点および貯水池内には 102 軒の小屋があり移転の必要がある。ダム建設終了後、ダム下流に居住している 11 軒の小屋が移転の必要がある。
- b) 工事中の、工事要員による急激な人口増加による地域への影響。近隣の村は小さいため、小人数の外部者の進入も大きな影響を与える。
- c) 工事車両の増加による既存地域交通網へのダメージ。
- d) ダイナマイト使用による当該地域環境に対する影響。ある程度の利用は免れないが、保管や利用のタイミングなどに十分な配慮を配る必要がある。
- e) 掘削土は 6 百万 m³ の量が出ると思われ、その後の用途と安全な処理を考慮すべきである。

(5) 長期的ネガティブ・インパクト

- a) 灌漑用水の利用権と土地所有権は、重要且つ複雑な問題であり、土地の価値により灌漑用水利用権は大きな問題となろう。

- b) 当該地域の約半数は土地を所有してはいない。土地所有者でさえ所有面積は少ない。また、土地の価値向上に伴い、補償形態が問われる。

11.4 環境管理とモニタリング

ムンダダムの建設・運用時の環境保護と改善するための包括的かつ効率的環境管理プログラムが必要となる。このプログラムは、プロジェクト実施期間に予想される変化の管理と情報を与える、環境モニタープログラムを組み込んでいる。これらの変化は、EIA によって正しく予測されていると考えられる。しかし、異なった結果と変化の軽減が起こり得ることに対処するための柔軟性は必要であろう。

11.4.1 環境管理計画

環境管理計画(EMP)は、ダムの企画・建設・運用段階の必要とされる全ての環境問題に対処するための包括的環境保護計画である。

EMP は WAPDA 環境部の上級専門家によって実施され、プログラムの全ての側面の全体統括を行う。

EMP はムンダダムの詳細企画の必要条件の一部であり、EIA の報告に基づいて作成されている。また、ダムの企画・建設・運用段階の多くの異なった環境状況や条件のための計画を形作っている。総体的に、2つの重要な構成部分からなる。

- (1) EMP を実施する時間的スケジュール、詳細予算、WAPDA の責任範囲と住民参加を含んだ全体的戦略
- (2) 破綻した地域の回復に備えるための「プロジェクト地域の保護・改善プログラム」。土壌の安定化と失われた植生の再植林を通して、以下に破綻した建設地域が回復されて行くべきかを提案する。地域の清掃や建設後の廃棄物処理の安定化のための軽減策も含まれる。

さらに包括的な流域管理プログラムによって、プロジェクトの詳細計画段階中に植林を開始することを考慮していく。

11.4.2 環境モニタリング計画

モニタリングはムンダダム多目的プロジェクトに関連する、環境、社会、経済変数の指標と記録を含む。この計画は、時間と空間の変数の特徴と役割についての情報を与えるべきである。モニタリングプロジェクトの環境管理の改善を可能にする。また、ダムサイトやプロジェクト全体の地域において、改善策をとるのに手遅れにならぬうちに、良からぬ傾向を指摘する、初期警告システムとして利用できる。予期せぬ影響を見つけることもできる。利益を得る者たちの間に介入し得る容認されたデータベースをも与えてくれる。WAPDA の環境の質への責任による最も効果的な証明の一つである。モニタリングの重要な活動はダムの企画・建設・運用段階において必要とされる。次の分野においてモニタリング計画が含まれている。

(1) 水質モニタリング

水質モニタリングは、以下の目的で必要とされる。

- (i) 環境状態の基本ラインの構築
- (ii) 建設期間中のスワット川導水事業の影響評価

水質モニタリングは、酢酸塩とリン酸塩を含む基本的な変因要素の観点からスワット川からパンジコラ川の合流点の前までの地点、および住民利用の点から生物的酸素、科学的酸素の必要量および微生物汚染の含有量の観点で既存ムンダ頭首工の1km手前で必要である。

付加的水質調査が、スワット川導水事業の影響評価の為に必要である。サンプルは、2年間2ヶ月毎に定期的に採取される。

(2) 漁業・水中生態系モニタリング

環境影響調査によると、生産性が低下しているにも係らず、魚類構成は導水事業に影響される事はないとしている。モニタリングは、この調査の適性を確認する為に行われる。モニタリング・プログラムによると、魚とプランクトンのサンプルは2ヶ月ごとにスワット川の4ヶ所、パンジコラ川の手前、貯水池周辺、パタイ・バンダおよび水路入口のムンダ頭首工付近の橋梁地でサンプル採取がなされるべきとしている。

(3) 移住・補償モニタリング

地域が大型ダムプロジェクトを受け入れ否かは、現在、移住と補償の公平性が争点となっている。同様にムンダダムの場合でも、影響を受ける住民が受け取る補償費の額ではなく、ダムおよび貯水池周辺地域の土地に関係している住民に対する WAPDA の迅速かつ適切な対応が必要である。ガージ・パロサでのように NGO が、WAPDA と地域住民の間の良き仲介役となる事も考えられる。更に、地域啓蒙プログラムによる地域住民への教育が効果的であろう。

11.5 補償ならびに環境に対する影響軽減策に伴う費用

WAPDA 補償調査チームは、移転及び土地収用に関する調査を実施し、移転・土地収用費用を 2.46 百万米ドル(123 百万ルピー)と算出した。主な調査項目は、土地収用、補償・移転費用、農業生産およびインフラ、地域開発計画への参加、検討費用などであった。費用見積りの内訳は表 9.2.11 に、その概要を以下に記す。

土地収用・補償費

項目	金額 (Rs.1,000)	金額 (US\$ 1,000Equiv.)
土地収用:	20,000	400
個人所有の家屋・構造物に対する補償	2,500	50
移転費用	50,000	1,000
地域開発計画への参加	5,000	100
インフラ移転費用	12,000	240
農作物補償	1,000	20
検討費用	2,500	50
その他	30,000	600
合計	123,000	2,460

Appendix H にこの詳細を記す。この費用は住民との交渉の経過に応じ変更になる場合もある。

環境への影響軽減費用は、プロジェクトによる負の影響を最小に押さえるための費用である。その総額は、US\$5百万 (Rs. 250 百万) である。以下にその内訳を記す。

環境対策費

項目	金額 (Rs.1,000)	金額 (US\$ 1,000Equiv.)
魚類	20,250	405
遺跡・文化遺産	51,150	1,023
生態系	92,900	1,858
水利用	9,000	180
環境管理・モニタリング費用	76,700	1,534
合計	250,000	5,000

詳細は表 9.2.12 に示されている。

11.6 結論

環境影響評価の結論と提言を以下に記す。提言は事業効果を最大化しかつ負の影響を最少化することを目的としている。

- 1) スワット川で生息が確認できる魚類は 16 種類である。ムンダダムの建設期間中は魚体数の減少がみられるであろう。しかし、ダム完成後に可能となる貯水池内の養殖は漁獲高を向上させるまたとない機会である。また、プロジェクトライフを通じ定期的な稚魚の放流が行われるであろう。
- 2) ムンダダムサイトを含む計画地域を調査した結果、ダムサイト下流左岸にある寺院がダム建設により影響を受ける唯一の古代宗教建築物である。
- 3) ダム建設によって生態系が破壊されることはなく、希少種・貴重種への実質的な被害も無いと予想される。反対にダム建設は現在過度の放牧により荒廃している放牧地を改善する良い機会と捉えうる。ダム完成後は流砂量の 90%は貯水池で捕らえられる。また 2.8m³/s の維持流量が下流に対し確保される。
- 4) 貯水池は、地滑り、斜面崩壊等を招かない。
- 5) 工事に伴う掘削土は環境に悪影響を与えないように処理されるであろう。
- 6) ダム事業により影響を受ける住民は 118 人である。これら全ての住民は WAPDA の住民

移転アクションプランにあるように容易に付近のモーメントエージェンシーに移転できるであろう。

- 7) 影響を受けるインフラは 5 箇所の吊り橋である。
- 8) 建設期間中に施工業者は地域住民の雇用に努めなければならない。これによって、地域住民の工事に対する理解と協力が得られ建設工事が円滑に進められるであろう。
- 9) 環境影響軽減費用は 5.0 百万ドル(250 百万ルピー)と算定された。
- 10) 住民移転・補償費は WAPDA によって 2.5 百万ドル(123 百万ルピー)と算定された。これら算定値は住民との交渉時に変更になることもあり得る。