

国際協力事業団 (J I C A)
パキスタンイスラム共和国水利電力公社 (W A P D A)

パキスタンイスラム共和国
ムンダ多目的ダム計画調査

最終報告書
要約

2000年3月

JICA LIBRARY



J1155891(3)

日本工営株式会社
日本技研株式会社

JICA
LIBRARY

鉦調資
J R
00-017

国際協力事業団（JICA）
パキスタンイスラム共和国水利電力公社（WAPDA）

パキスタンイスラム共和国
ムンダ多目的ダム計画調査

最終報告書
要約

2000年3月

日本工営株式会社
日本技研株式会社

報告書リスト

Volume I	MAIN REPORT (本編)
Volume II	EXECUTIVE SUMMARY (要約)
Volume III	SUPPORTING REPORT
	Appendix A Topography
	Appendix B Geology
	Appendix C Hydrology
	Appendix D Power Development Study
	Appendix E Water Supply Development Study
	Appendix F Flood Control Study
	Appendix G Dam Development Study
	Appendix H Environmental Assessment
	Appendix I Economic and Financial Evaluation
Volume IV	DATA BOOK
	GE Geological Investigation
	HY Hydrological Investigation



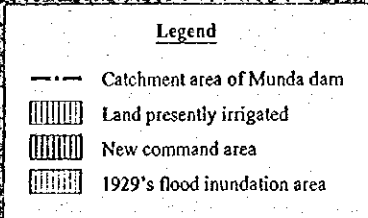
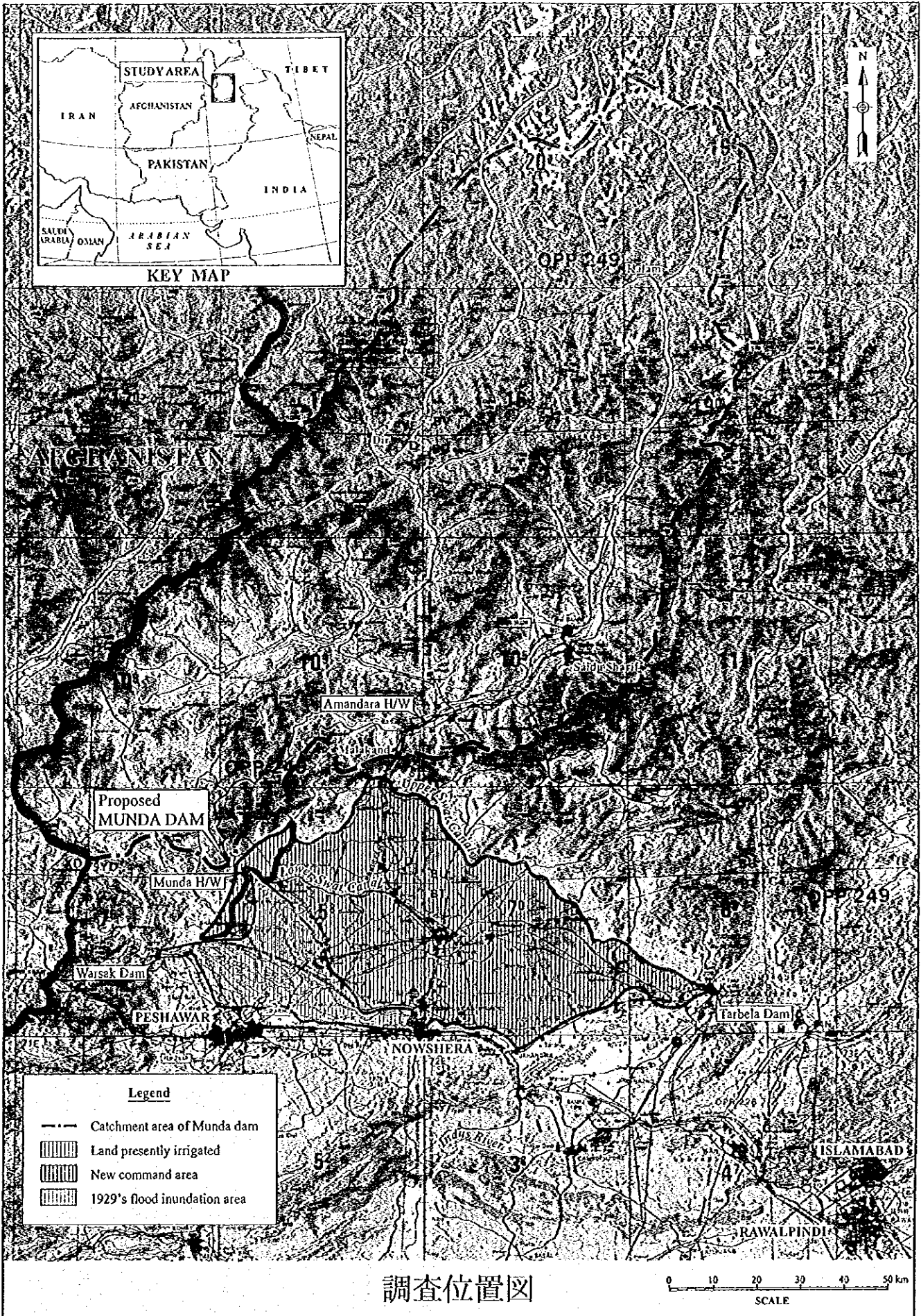
1155891 (3)

本報告書は、平成 11 年 9 月現在の物価水準並びに外貨交換レートに基づき作成されている。採用した外貨交換レートは以下の通りである：

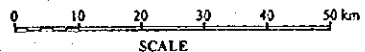
1.00 米ドル = 50.0 パキスタンルピー

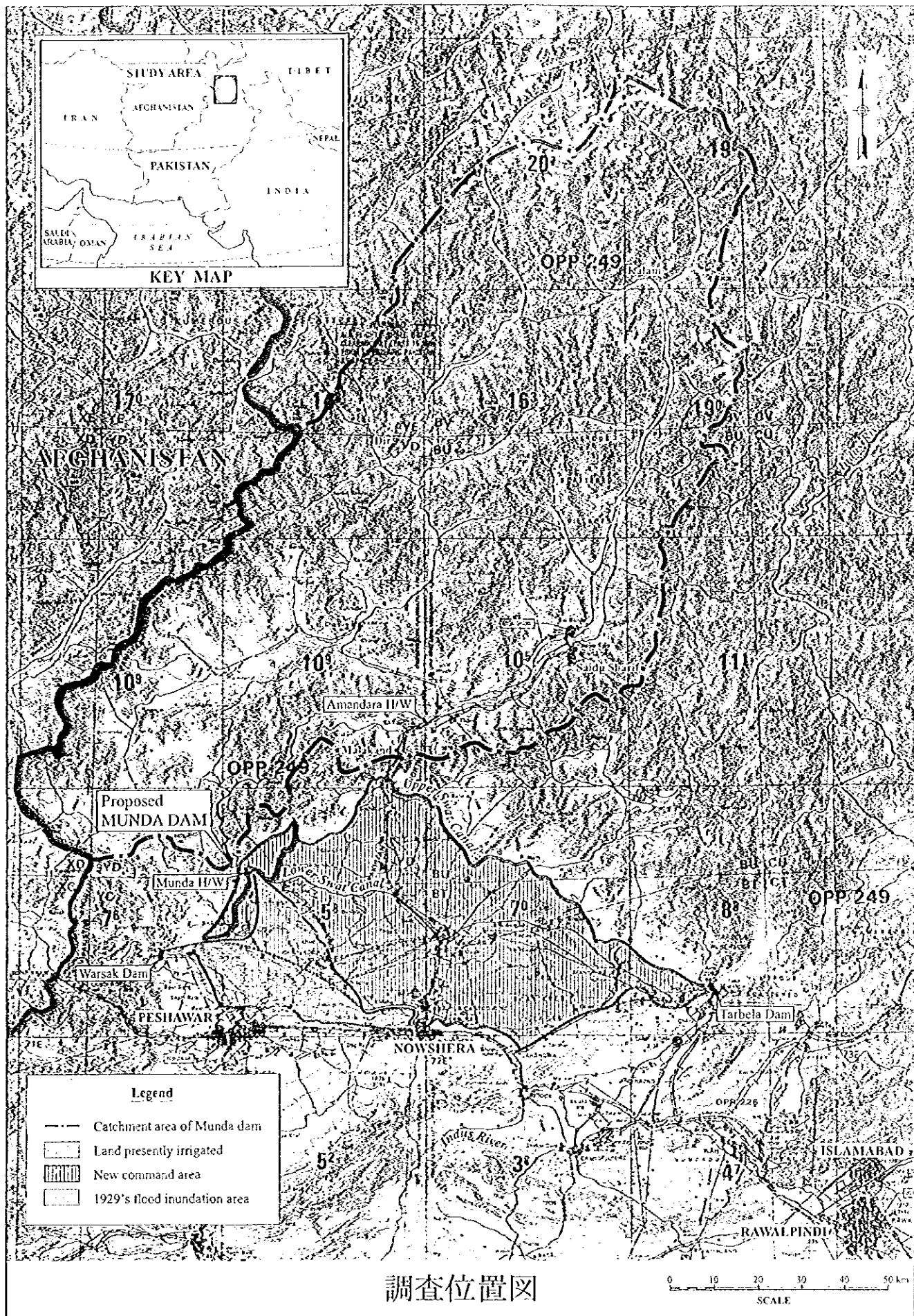


ムンダダム完成予想図



調査位置図





調査位置図

0 10 20 30 40 50 km
SCALE

ムンダ多目的計画主要諸元

1. ムンダダム及び貯水池

1.1 水文とムンダ貯水池

・流域面積(ムンダダム地点)	:	13,650 km ²
・貯水池面積	:	24.0 km ²
・設計洪水位 (PMF)	:	EL.561.8 m
・サーチャージ水位	:	EL.559.4 m
・常時満水位	:	EL.555.0 m
・運用最低水位	:	EL.510.0 m
・設計堆砂位	:	EL.474.0 m
・総貯水容量	:	1,594 百万 m ³
・有効貯水容量	:	834 百万 m ³
・治水容量(満水位より上)	:	100 百万 m ³
・死水容量	:	387 百万 m ³
・堆砂容量	:	373 百万 m ³

1.2 ムンダダム

・ダム形式	:	コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム (CFRD)
・ダム高	:	213 m
・天端標高	:	EL.563 m
・プリンス基部標高	:	EL.350 m
・堤頂長	:	760 m
・堤頂幅	:	12 m
・斜面勾配	:	上流 1:1.4、下流 1:1.5
・堤体積	:	16.5 百万 m ³

1.3 洪水吐

・洪水吐形式	:	ゲート付越流部と自然越流部複合型
・ゲート付越流部	:	クレスト標高 EL.541.5 m、越流幅 74 m
・自然越流部	:	クレスト標高 EL.555.0 m、越流幅 80 m
・設計洪水量	:	19,390 m ³ /s
・シュート部設計洪水量	:	3,800 m ³ /s (1,000 年確率洪水放流量)
・プランジプール設計洪水量	:	1,900 m ³ /s (100 年確率洪水放流量)
・洪水吐ゲート	:	ラジアルゲート、幅 15.5 m x 高 18.4 m x 4 門
・シュート部	:	標高 EL.555.0 m - EL.400.0 m、幅 60 m
・プランジプール	:	敷高 EL.354.0 m、幅 60 m x 延長 175 m

1.4 締切りトンネル及び緊急放水設備

・コファードダム	:	インテグレート方式、天端標高 EL.410.0 m
・設計洪水量	:	3,630 m ³ /s (25 年確率洪水)
・締切りトンネル	:	径 12.0 m x 延長 940 m
・緊急放水トンネル	:	径 12.0 m x 延長 950 m
・緊急放水取水口	:	モーニンググローリー形式、標高 EL.480.0 m
・緊急放水シャフト	:	径 4.5 m x 延長 100 m

・縮切り用ゲート	:	ホイールゲート 幅 6.0 m x 高 12 m x 2 門
・緊急放水用ゲート	:	高圧スライドゲート 幅 3.0 m x 高 3.1 m x 4 門
2. 発電設備		
2.1 発電計画基本数値		
・設備容量	:	740MW
・最大使用水量	:	505.0 m ³ /s
・定格運転時放水位	:	EL.369.0 m
・1 台運転時放水位	:	EL.367.0 m
・停止時放水位	:	EL.364.0 m
・最大総落差	:	186.0 m
・最小総落差	:	141.0 m
・定格有効落差	:	162.5 m
2.2 発電水路		
・取水口	:	幅 8.0m x 高 23.4m x 3 門
・取水ゲート	:	幅 6.0 m x 高 12 m x 2 門
・導水路トンネル	:	径 12.0 m x 延長 490 m x 1 条
・調圧水槽	:	制水口型、縦口部径 15.0、塔部径 25.0 m x 高 70 m
・水圧鉄管	:	径 7.4 m x 延長 540 m x 2 条
・発電所	:	地上式、幅 110.0 m x 長 49.0 m
2.3 発電機器		
・水車	:	縦軸フランシス型、189 MW x 4 台、回転速度 187.5rpm
・発電機	:	220 MVA x 4 台、周波数 50 Hz、縦軸回転界磁型、準傘型、3 相交流発電機
・主変圧器	:	220MVA, 屋外式単相器 3 台
・開閉所	:	220kV 屋外開閉所, 計 7 回路
・天井走行クレーン	:	225ton x 2 台
2.4 送電線及び変電所		
・送電線	:	220 kV x 延長 30km
・変電所	:	新シャヒバーク変電所
3. 新規灌漑施設		
・総灌漑面積(左岸)	:	4,540 ha
・総灌漑面積(右岸)	:	2,310 ha
・総灌漑面積(計)	:	6,850 ha
・可耕灌漑面積(左岸)	:	4,070 ha
・可耕灌漑面積(右岸)	:	2,040 ha
・可耕灌漑面積(計)	:	6,110 ha
・最大使用水量(左岸)	:	4.4 m ³ /s
・最大使用水量(右岸)	:	2.2 m ³ /s
・導水施設(左岸)	:	無圧トンネル, 径 2.2 m x 延長 5.0 km

- ・導水施設 (右岸) : 縦軸斜流型式ポンプ、揚程 18.88 m
- ・水路延長 (左岸) : 幹線 14.0 km、支線 22.6 km
- ・水路延長 (右岸) : 幹線 12.9 km、支線 7.5 km
- 4. 建設期間
 - ・詳細設計/入札書類作成 : 3年
 - ・締切りトンネル建設期間 : 2年
 - ・本体建設期間 : 6.5年
 - ・全体工事期間 : 9年
- 5. 事業費
 - ・ベースコスト : 外貨分 474 百万米ドル、現地貨分 414 百万米ドル、合計 888 百万米ドル
 - ・総事業費 : 外貨分 612 百万米ドル、現地貨分 537 百万米ドル、合計 1,149 百万米ドル

パキスタンイスラム共和国
ムンダ多目的ダム計画調査

最終報告書
要約

目次

ムンダダム完成予想図

調査位置図

ムンダ多目的計画主要諸元

		頁
I	調査の背景と目的	S-1
II	社会経済状況	S-2
III	調査地域の現況	S-4
IV	電力開発調査	S-6
V	水供給計画	S-9
VI	洪水調節	S-10
VII	ダム開発規模の最適化	S-10
VIII	概略設計	S-11
IX	施工計画及び積算	S-13
X	ダム運用システム	S-15
XI	環境影響評価	S-15
XII	経済・財務評価	S-16
XIII	提言	S-20

付表リスト

表 S1	全国電力統計一覧 (WAPDA + KESC)	ST1
表 S2	電力需要予測(全国、エネルギー消費の正常伸び予測による)	ST2
表 S3	第9次5ヶ年計画期間中の発電力増強	ST3
表 S4	事業費総括表	ST4

付図リスト

図 S1	北西辺境州の行政区分と連邦直轄部族地域	SF1
図 S2	ダムサイト地質図	SF2
図 S3	スワット川流域の既存水文気象観測所	SF3
図 S4	スワット川流域の灌漑計画	SF4
図 S5	ムンダダムサイトでの可能最大洪水	SF5

図 S6	ムンダダム地点での洪水ハイドログラフ	SF6
図 S7	政府のエネルギー部門組織図	SF7
図 S8	想定される電力行政新組織図	SF8
図 S9	1997年の季節別日負荷曲線	SF9
図 S10	需要予測の比較	SF10
図 S11	500kV 送電線網	SF11
図 S12	本件の灌漑計画対象地区	SF12
図 S13	洪水調節容量－洪水調節便益曲線	SF13
図 S14	各ダム高代替案の経済指標	SF14
図 S15	最適開発規模の貯水池運用シミュレーション結果 (1/2-2/2)	SF15
図 S16	最適投入計画	SF17
図 S17	事業工程表	SF18

図面リスト

図面 S1	貯水地域	SD1
図面 S2	全体レイアウト	SD2
図面 S3	全体平面図	SD3
図面 S4	メインダム平面図	SD4
図面 S5	メインダム正面図及び標準断面図	SD5
図面 S6	スピルウェイ計画図	SD6
図面 S7	発電水路計画図	SD7
図面 S8	発電所計画図	SD8

用語表

略語	意味(英)	意味(和)
ADA	Agricultural Development Authority	農業開発公社
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AEB	Area Electricity Boards	地域電力公社
AJ&K	Azad Jam and Kashmir	アザッド・ジャム・カシミール
AUP	Agriculture University Peshawar	ペシャワール農業大学
BOO	Build, Own and Operate	ビルド・オウン・オペレート
BOOT	Build, Own, Operate and Transfer	ビルド・オウン・オペレート・トランス ファ
CA	Command Area/ Catchment Area	圃場整備区域 / 流域(集水域)
CAD	Command Area Development	圃場整備計画
CCA	Cultivable Command Area	灌漑対象純面積
(GCA)	Gross Command Area	灌漑対象粗面積
(GIA)	Gross Irrigable Area	灌漑対象範囲
CFRD	Concrete Face Rockfill Dam	コンクリート表面しゃ水ロックフィルダム
CMTL	Central Material Testing Laboratory	中央材料試験場
C&W	Communication and Works Department	通信公共事業局
DSM	Demand Side Management	需要サイドマネジメント
EAD	Economic Affairs Division	経済問題担当局
ECNEC	Executive Committee of National Economic Council	国家経済評議会執行委員会
ECRD	Earth Core Rockfill Dam	土質しゃ水壁ロックフィルダム
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響評価書
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護局
FATA	Federally Administrative Tribal Area	連邦政府直轄部族地域
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
F/S	Feasibility Study	実施可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GOJ	Government of Japan	日本国政府
GOP	Government of Pakistan	パキスタン国政府
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術協力会社
HEPO	Hydro Electric Planning Organization	電力計画機構
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
ID	Irrigation Department	灌漑局
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IFIC	Institution for International Cooperation	国際協力総合研究所
IPP	Independent Power Producer	独立発電事業者
IRSA	Indus River System Authority	インダス河利水委員会
ISRIP	International Sedimentation Research Institute of Pakistan	パキスタン国際堆砂研究所
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
KESC	Karachi Electricity Supply Corporation	カラチ電力供給公社
LOS	Letter of Support	支援状
LSC	Lower Swat Canal	ロアースワット水路
MAF	Million Acre Feet	百万エーカーフット
MBT	Main Boundary Thrust	メイン・バウンダリ・スラスト
MCE	Maximum Credible Earthquake	可能最大地震

略語	意味(英)	意味(和)
M/M	Minutes of the Meeting	協議議事録
MMT	Main Mantle Thrust	メイン・マントル・スラスト
M/P	Master Plan	全体計画調査
MWP	Ministry of Water and Power	水利・電力省
NDP	National Drainage Program	国家排水計画
NEPRA	National Electric Power Regulatory Authority	国家電力調整公社
NGO	Non-Governmental Organization	非政府団体
NPCC	National Power Control Center	全国電力制御センタ
NPP	National Power Plan	国家電力計画
NWFP	North West Frontier Province	北西辺境州
O&M	Operation and Maintenance	運営維持管理
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済開発協力機構
OECF	Overseas Economic Corporation Fund	海外経済協力基金
PARC	Pakistan Agricultural Research Council	パキスタン農業研究会議
PASSCO	Pakistan Agricultural Storage and Services Corporation	パキスタン農業倉庫公社
PD	Project Description	計画概要
PE&D	Planning Environment and Development Department	環境計画開発局
PEPCO	Pakistan Electric Power Company	パキスタン電力会社
PHED	Public Health Engineering Department	公衆衛生技術局
PHLC	Pehur High Level Canal	ペフル高位水路
PIDA	Provincial Irrigation Drainage Authority	灌漑排水公社
PLC	Power Line Carrier	電力線搬送
PMF	Probable Maximum Flood	可能最大洪水
PMS	Pakistan Meteorological Service	パキスタン気象庁
PPC	Private Power Cell	私営電力課
PPIB	Private Power and Infrastructure Board	私営電力・インフラ庁
Q/N	Questionnaire	質問状
RCC	Roller Compacted Concrete	ローラー転圧コンクリート
SCARP	Salinity Control and Reclamation Project	塩類害対策土地改良事業
SCF	Standard Conversion Factor	標準変換係数
SDA	Sarhad Development Authority	サルハッド開発公社
SHYDO	Sarhad Hydel Development Organization	サルハッド電力開発機構
SIDB	Small Industries Development Board	小規模産業開発庁
S/W	Scope of Work	実施調査細則
SWHP	Surface Water Hydrology Project	表流水水利計画
SWR	Shadow Wage Rate	シャドーレート
UNEP	United Nations Environment Program	国連環境計画
USC	Upper Swat Canal	アッパースワット水路
UTM	Universal Terrain Model	ユニバーサル横メルカトル図法
WAPDA	Water and Power Development Authority	水利電力公社
WASP	Wien Automatic System Planning Package	ウィーン自動システム計画パッケージ
WB	World Bank	世界銀行、国際復興開発銀行
WEC	WAPDA Environmental Cell	WAPDA 環境課
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機構
WPPO	WAPDA Power Privatization Organization	WAPDA 電力民営化機構

単位換算

長さ (1)

m	cm	ヤ-ト'	ft	inch
1	100	1.09361	3.28084	39.370
0.01	1	0.010936	0.032803	0.39370
0.91440	91.4400	1	3	36
0.30480	30.480	0.33333	1	12
0.02540	2.54000	0.02778	0.08333	1

長さ (2)

km	海里 (nm)	ヤ-ト'	mile
1	0.5400	1093.61	0.62137
1.852	1	2026.67	1.1515
0.000914	—	1	—
1.60934	0.869	1760	1

面積 (1)

m ²	cm ²	ft ²	in ²
1	10000	10.764	1550
0.09290	929.0	1	144.0
0.0001	1	0.001076	0.1550
0.0006452	6.4516	0.006944	1

面積 (2)

ha	km ²	acre (エ-カ-)	mile ²
1	0.0100	2.471	0.00386
100	1	247.10	0.3861
0.4047	0.004047	1	0.001563
259	2.590	640	1

体積

in ³	U.S. gallon	Imperial gallon	ft ³	m ³	acre-ft
1	0.00433	0.00361	5.79 x 10 ⁻⁴	1.64 x 10 ⁻⁵	1.33 x 10 ⁻⁸
231	1	0.833	0.134	0.00379	3.07 x 10 ⁻⁶
277	1.20	1	0.161	0.00455	3.68 x 10 ⁻⁶
1728	7.48	6.23	1	0.0283	2.30 x 10 ⁻⁵
61,000	264	220	35.3	1	8.11 x 10 ⁻⁴
7.53 x 10 ⁷	3.26 x 10 ⁵	2.71 x 10 ⁵	43,560	1230	1

流量

U.S. gallon /day (gpd)	ft ³ /day	U.S. gal/min	Imperial gpm	acre-ft/day	ft ³ /sec (cfs)	m ³ /sec
1	0.134	6.94 x 10 ⁻⁴	5.78 x 10 ⁻⁴	3.07 x 10 ⁻⁶	1.55 x 10 ⁻⁶	4.38 x 10 ⁻⁸
7.48	1	5.19 x 10 ⁻³	4.33 x 10 ⁻³	2.30 x 10 ⁻⁵	1.16 x 10 ⁻⁵	3.28 x 10 ⁻⁷
1440	193	1	0.833	4.42 x 10 ⁻³	2.23 x 10 ⁻³	6.31 x 10 ⁻⁵
1728	231	1.20	1	5.31 x 10 ⁻³	2.67 x 10 ⁻³	7.57 x 10 ⁻⁵
3.26 x 10 ⁵	43,560	226	188	1	0.504	0.0143
6.46 x 10 ⁵	86,400	449	374	1.98	1	0.0283
2.28 x 10 ⁷	3.05 x 10 ⁶	15,800	13,200	70.0	35.3	1

重さ

kg	t	オンス (oz)	lb	米トン (short ton)	英トン (long ton)
1	0.001	35.27	2.204 6	0.00110	9.8420×10^{-4}
1000	1	3.527×10^4	2204.6	1.1023	0.984
0.02835	2.835×10^{-5}	1	0.06250	3.125×10^{-5}	2.790×10^{-5}
0.4536	4.536×10^{-3}	16	1	0.0005	4.464×10^{-4}
907.2	0.9072	32.000×10^3	2.000×10^3	1	0.8529
1016	1.016	3.584×10^4	2.240×10^3	1.12	1

速度

m/sec	km/hr	ft/sec	mile/hr	ノット (kn)
1	3.600	3.2808	2.237	1.9438
0.2778	1	0.9113	0.6214	0.5400
0.3048	1.0973	1	0.6818	0.5925
0.4470	1.6093	1.4667	1	0.8690
0.5144	1.8520	1.6878	1.1508	1

密度 (c.g.s.単位)

gr/cc	kg/m ³ =(gr/l)	gr/m ³	lb/ft ³	oz/ft ³
1	1×10^3	1×10^6	62.43	998.8
0.001	1	1×10^3	0.06243	0.9988
1×10^{-6}	1×10^{-3}	1	6.243×10^{-5}	9.988×10^{-4}
0.016018	16.018	1.6018×10^4	1	16
0.0010012	1.0012	1.0012×10^3	0.0625	1

圧力

MPa =(N/mm ²)	Pa =(N/m ²)	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O	mmHg
1	1×10^6	10	10.197	9.869 2	1.0197×10^5	7500.617
1×10^{-6}	1	1×10^{-5}	1.0197×10^{-5}	9.8692×10^{-6}	0.101 971 6	7.5006×10^{-3}
0.1	1×10^5	1	1.019 716	0.986 923 3	1.0197×10^4	750.0617
0.098 0665	98 066.5	0.980 665	1	0.967 841 1	1×10^4	735.559 3
0.101325	101 325	1.01325	1.03323	1	1.0332×10^4	760
9.8067×10^{-6}	9.806 65	9.806×10^{-5}	1×10^{-4}	9.6784×10^{-5}	1	7.3555×10^{-2}
1.3332×10^{-4}	133.322 4	1.3332×10^{-3}	1.3595×10^{-3}	1.3158×10^{-3}	13.595 10	1

要約

I. 調査の背景と目的

調査の背景

1. 1963年にパキスタン国水利電力公社(WAPDA)はスワット川の既設ムンダ頭首工の上流約4.8kmでダム地点の予備的地質調査を開始した。この段階でダム高210mのロックフィルダムを建設し、設備容量400MWを擁する地上式発電所が提案された。

その後、WAPDAはプレフィージビリティ調査を実施し、1992年11月に報告書がまとめられた。このプレフィージビリティ調査で、ダム高180mのロックフィルダムにより623百万m³の総貯水量を持つ貯水池を造り、水力発電600MW、新規灌漑12,000ha、ならびに洪水調節をおこなうムンダ多目的ダム計画が提案された。

1995年7月、パキスタン国政府はムンダ多目的ダム計画に係る開発調査を日本政府に正式に要請し、それに応えて1996年3月および同年9月に日本政府はミッションをパキスタンに派遣した。1997年3月5日には日本側との間でSAWの締結が行われ、パキスタン国内での承認手続きを経て同年9月にSAWが公式に日本側へ通達された。このSAWに基づき1998年3月から本フィージビリティ調査が開始された。

調査の目的

2. 本フィージビリティ調査の目的は、プレフィージビリティ調査のレビュー、現場踏査をもとに水力発電、洪水調節、灌漑の最適水利用計画を検討した上でムンダ多目的ダム事業の最適開発計画案を策定し、フィジブルであることを確認した後、国際的な融資機関が評価できるような報告書を取り纏めることである。また調査を通じてパキスタン側カウンターパートに技術移転を行うことも重要な目的の一つである。

巻頭に示す通り、調査対象地域は北西辺境州に位置するムンダダムサイト周辺、スワット川流域である。

最終報告書の構成

3. 調査は1998年3月から2000年3月の24ヶ月の期間に、予備調査段階、詳細調査段階および概略設計段階の3段階の調査を、国内準備作業、現地調査6回、国内作業3回により実施した。この最終報告書はこれらの調査を通じて得られた結果を取り纏めており、以下に示すとおり4部構成である。

Volume I	Main Report	本編
Volume II	Executive Summary	要約
Volume III	Supporting Report	付属書
Volume IV	Data Book	資料集

II. 社会経済状況

地理的な特徴

4. スワット川流域のムンダとその周辺地域は、シャブカダールデリに近いアバザイの既存ムンダ頭首工から約 5km 上流にあり、北西辺境州(NWFP)ペシャワールの北 37 km に位置する。ダムの貯水池は連邦直轄部族地域(FATA)にあるモーマンド/バジュール・エージェンシーと州直轄部族地域(PATA)にあるマラカンド・エージェンシーまで広がる予定である。貯水池の全長はスワット川の岩の露出する峡谷の中で約 56km にも亘る。この地域は痩せ地で岩の多い丘陵地から成っている。スワット川は深い峡谷の中を流れ、峡谷の両岸では植生はまばらである。また川岸の到るところで浸食の進んだ谷・沢が形成されている。川の合流点では扇状地地形が見られる。

行政体制

5. 北西辺境州(NWFP)には 21 の郡があり、その中でも主要な郡としてペシャワールならびにムンダダムサイト近くのチャルサダがある。FATA の部族地域はパロチスタン州に隣接する山間の 650km ほどの長さをもつ土地であり、人口は 3 百万人を越えると推定されている。事業対象地域は図 S1 に示されるように、右岸のモーマンド・エージェンシー、左岸のマラカンド・エージェンシーおよびチャルサダ郡のテシール(タンギ)の 3 自治体をカバーする。
6. 灌漑セクター改革の一環として世界銀行や他の援助機関が支援する国家排水整備計画(National Drainage Program:NDP)が進められているが、NWFP では 1997 年に北西辺境州灌漑排水公団(North-West Frontier Province Irrigation Drainage Authority:NWFPIDA)が設立され、州内の水資源開発計画の調整や灌漑用水の配分等を受け持っている。NWFPIDA の基本的な枠組みはできてはいるものの、詳細な組織形態や実施手順は 1999 年に任命された制度改革コンサルタントの勧告に基づき案出の予定である。

人口

7. 1998 年に行われた国勢調査によると、パキスタンの総人口は 1 億 3 千万人で年平均 2.6% で伸びてきている。NWFP の人口は 1,750 万人で年率 2.8%の人口成長を記録しているが、FATA 地域では 310 万人で 2.1%という低い伸び率を示している。NWFP 人口の 83%が農村地域に住んでいる。1999 年の現地調査では、事業対象地域の総人口は 141,530 人で 53%が男性、47%が女性である。殆どの人々はパフトゥーン民族でスンニ教の敬虔な信者である。社会的には遅れていてパフトゥーンの伝統を重んじている。

事業対象地域における識字率は男性が 19%、女性が 11%である。この数字は全国や州の平均値と比べて低い。男性の識字率は女性の約 2 倍である。対象地域における公立学校の数は、初等、中等、高等のそれぞれが 118 校、24 校、9 校である。

1999 年の政府労働力調査では、全国失業率は 1999 年で 6.1%であるが NWFP のデータは存在しない。農業が主要な経済活動であり、地域の労働者の殆どは非熟練労働者である。これらの労働者はすべて男性であり日給ベースで雇用されている。牧畜は地域経済活動の重要な部分を占めており、殆どの家庭が食料としてのみならず収入源としている。肉や乳は家庭で消費されるだけでなく、近くの市場や町で売られる。

経済概況

- 1998-99 年度の GDP は約 640 億ドル、一人当たりでは 490 ドルと、綿や小麦の生産の落ち込みもあってさほど伸びず、成長率は 3.1%に止まった。インフレ率は 1998-99 年度では 6.1%であった。貿易赤字は、1998-99 年度の 14 億ドルから、1999-2000 年度には 8 億ドルに下がると予想されている。

事業対象地域における主要収入源は、大きい順から、農業、単純労働、出稼ぎ者の仕送り、家畜、公務員職、商売、鉱業、家内工業である。農業は主要な経済活動ではあるが、耕作できる土地は事業対象地域の 5-8%と極めて限られている。灌漑が遅れていることが農業発展の障害となっており、多くの農家は生存水準ぎりぎりのところで生活を行っている。地域内住民の 50%が土地を持たない。土地持ちの中でも約半数が2ヘクタール(5エーカー)以下の土地しか持っていない。

1998 年の NWFP における一人当たりの電力消費量は 266 kWh で全国平均の 317 kWh よりも低いが、FATA では政府補助金があるために、567kWh と全国平均より遥かに高くなっている。他にも一人当たりの道路密度やガス消費量等の指標で見ても、NWFP は遅れていることが一目瞭然である。

対象地域では、70 V/Ss 全てが電化されている。消費者は伝統的に、使った量に拘らず均一料金を支払ってきたが、近年政府は部族地域も含めて料金体系の確立に努めている。殆どの V/Ss は道路で結ばれている。全体の半数がテレビを持っている。飲料水供給源は共同井戸が主である。半数の V/Ss においては天然の泉も存在しており、それらは水道施設を補完する役割を果たしている。全体の 15%の V/Ss において水道が整備されている。しかし各世帯への配水は遅れており全体の 30%程にしか達していない。

国家開発計画

- 政府は 21 世紀に向けて「パキスタン 2010 計画」を打ち出しており、2010 年までには GDP の年実質成長率を 7.4%まで引き上げることを目指している。人口成長も 2.1%に抑えて、一人当たりの収入も現在の 2 倍まで引き上げること目標としている。貯蓄率は GDP の 23%、投資率は海外からの投資・融資も得ながら 26%を達成することを目指している。輸出の GDP に占める割合は現在の 17.5%から 25%まで引き上げて、年率 9 %の成長達成が目標である。

地域開発計画

- NWFP は国家全体の開発指標と比べると開発後進地域にある。NWFP 開発戦略が明記しているように、NWFP は食料自給のできていない州である。1,742,000ヘクタールの耕作地の内、792,000ヘクタールが灌漑されているだけである。さらに 433,468ヘクタールが灌漑計画の目標とされており、ムンダダム事業を始め幾つかの水資源開発計画が提案されている。

水力発電のポテンシャルが高いことから、NWFP は国家的な水力発電拠点である。総出力 1,204 MW、総コスト 12 億ドルが見込まれる 16 もの民間発電事業が検討されていることがこのことを示している。

III. 調査地域の現況

調査位置と地形

11. ムンダダム予定地はカプール川の主要支川の一つであるスワット川に位置しており、北緯 34°21'、東経 71°32'にある。

ダム予定地におけるスワット川流域の集水面積は 13,650km²で、北緯 34°20'から 35°56'、東経 71°20'から 72°50'に位置しており、南北に 137km、東西に 110km の大きさを持つ。ムンダ貯水池はスワット川の溪谷に沿って南から北へ向かって伸びている。ムンダダム予定地はスワット川流域の山岳部の末端に位置しており、そこから下流に向け扇状地が広がっている。

地質

12. ムンダダム地点の基礎岩盤は二疊紀ドゥマ層群の、主として結晶片岩からなり、部分的に石灰岩の薄層と粗流玄武岩質の岩が伴っている。地層は図 S2 に示す如く河道にほぼ直交し下流に向って 40° 以上の傾斜をしている。ダム基礎主として、左岸側が固い珪質ないし砂質片岩、右岸側が緑色片岩である。新鮮で緩みのない岩盤は硬質ないし中硬質である。河床堆積物の厚さは約 8 m あり、ダム軸上河床中央のボーリングと斜ボーリングでは河床下に大規模な破砕帯は発見されなかった。

13. 表土の被覆は極めて限られ、一見余り風化されていない岩盤が広く露出している。しかし、表層の岩盤は緩んで、ボーリング孔内試験では高い透水性を示す。一般的に、深さ 15m までの区間ではルジオン値は 25 から 100 以上に及ぶが、深さ 15m から 35m の区間では 25 ルジオンを超えず、35m より深いところでは 5 ルジオン以下である。ダムのアバットメントとなる斜面の上の方では、岩の緩みは深まり、標高 560 m 付近から上では地形、地質とも悪くなり、比較的不安定になる。ダム地点の近く結晶片岩にはさまれている薄い石灰岩層は走向が河道にほぼ直角であり、深く溶解してはいないので特に大きな漏水の道とはならない。

貯水池は二疊紀から白亜紀にかけての変成岩帯に伸びるが、周辺の岩盤は各種の結晶片岩と花崗岩、または花崗片麻岩である。石灰岩もこれらの地層に含まれ、所によってはカルスト性溶解の痕跡を示す。この石灰岩のカルスト化、または溶解空隙の形成は、サッパレ石灰岩のボーリングに見られたように、深さ数十メートルの範囲、即ち二酸化炭素を含んだ雨水の地中における循環の範囲に限られている。また、浸透水がどこかへ漏れるとしてもその通過距離は長く、これらのことを考え合わせると、貯水池から大量の漏水が起る可能性はない。斜面は一般に安定であり、大規模な地すべりは予想されない。

地震

14. 計画地域はヒマラヤ前山山地の造山帯に属し、二つの大規模な衝上断層の中間に位置している。地震の危険度は米国地質調査所(USGS)の国際地震データから得た計画地点周辺における 2259 件の地震記録から算定された。その結果、設計地震加速度 0.15g をダムの設計値として提案する。

建設材料

15. 土質コア材はムンダ頭首工の下流敷力所で得られるが、サダール・ガリ村の西の平地に提案

した土取場は他に比べて最短の運搬距離および耕作地・居住地に関わる環境問題が最小である点において最も有利である。岩石材料はダム地点に至近なサツパレとトボ・バンドの2原石山から得られる。一つは硬い石灰岩の大塊を産し、他は硅質片岩の小塊を産出し、両者で 16,000,000 立方メートル以上の必要量を充たす。コンクリート粗骨材に適した良質の礫がムンダ頭首工下流のスワット川河床の堆積物から得られるが、砂は細粒でありすぎるためコンクリート骨材またはロックフィル・ダムのフィルター材として使えない。砂は礫を砕いて人工的に生産しなければならない。

水文

水文・気象データ

16. スワット川は、標高約 4,500mのスワットコヒスタンに源を発している。スワット川流域は低湿熱帯大陸性高原地帯に分類される。降雨は年間において、モンスーン期(7月から9月)および春期(2月から5月)の2期間に降る。モンスーン期の降雨は、アラビア海およびベンガル湾からの湿気の影響により年間雨量の約30%を占める。スワット上流域(高地部)ではモンスーンによる降雨は年間雨量の15%程度と推定され、降雪の大部分は夏季に雪解け水として流出していく。流域内に降る降水が唯一湿度を補給し、降雨または降雪として地表面に到達する。平均降雨量は流域内で500mから1,500mまでの変化がある。

スワット川では1885年にムンダ頭首工と左岸のロースワット水路(LSC)が開発された。1915-19年にムンダ頭首工右岸から取水するドアバ水路が建設された。更に1914年にアマンガラ頭首工及びアッパースワット水路(USC)が完成した。このことから図 S3 に示す様に、スワット川流域内における水文観測の歴史は古いが、ムンダダム予定地を包括する資料は不十分である。ムンダダム流域内には気象観測所が少ない上、ムンダ頭首工での測水記録の信頼性が著しく劣るので、多くの関連機関を調査した結果、気象・水文記録は WAPDA の表流水水利計画局の記録がもっとも信頼がおけることがわかった。

長期流量

17. ムンダダム地点での長期流量は、カラム、チャクダラ、ナウシェラ及びワルサックの4ヶ所の流量観測所での月平均流量・流域面積比の関係に基づき算定した。結果としてダム地点での自然月平均流量は 281.2 m^3/s と算定された。これから現状の USC およびその他既存灌漑施設における利用水量実績を差し引くと 228.6 m^3/s となる。但し計画に使用した月間流量データ算定に当っては USC における将来水利用計画をも勘案したが、この場合、月平均流量は 206.2 m^3/s となり、この値をムンダダムの最適開発規模策定に使用した。

洪水

18. 本プロジェクトの事業費、開発規模に鑑み、ダム、洪水吐の設計には最大可能降水量(PMP)に基づき算定した最大可能洪水量(PMF)を採用した。過去最大の豪雨を記録した1929年8月26-29日のデータに基づいて世界気象機構(WMO)の報告書に示される方法で算定した結果、図 S5 のケース2に示す様に 19,390 m^3/sec を得た。一方、ダム以外の構造物の設計洪水量は、それぞれ別途確率洪水を採用した。通常、年瞬間最大流量記録に基づくのだが、ムンダ頭首工における年瞬間最大流量記録が不十分なため降雨生起確率を用いて

行うことにし、洪水頻度の値は降雨-流出量関係をもとに同等の洪水量に変換して求めた。各確率年の洪水曲線と推定値を図 S5 に示す。因みに 200 年確率洪水は 5,720m³/s である。

堆砂量

19. ムンダ頭首工での浮遊土砂記録は、記録の正確さに疑念を抱くような様々な矛盾した例があるので本調査では使用しなかった。貯水池内における堆砂量は計画上の長期的な水利用及びダム高の決定のため最も重要な要素だが、カラム、チャクダラ、ナウシェラ及びワルサックの 4ヶ所の流量観測所における浮遊土砂記録、推定掃流土砂量に基き 373ton/km²と算定した。その上で、圧密堆砂密度、掃流土砂密度、捕捉率を推定し、100 年後使用出来なくなる貯水池容量を 373 百万 m³と算定した。

IV. 電力開発調査

電力関連組織

20. パキスタン政府の電力部門は水利電力省(MOWP)の管轄下にある。水利電力省の下に水利電力公社(WAPDA)とカラチ電力公社(KESC)と2つの電力事業者があり、国内の発・送・配電設備の運用を一括担当している。WAPDA の供給地域はカラチ地区を除く全国で、KESC はカラチ地区である。政府のエネルギー部門の組織図は図 S7 に示してある。

現在、WAPDA と KESC が行なっている電力供給事業は将来の企業化及び民営化に向かって再編されつつある。図 S8 に示すように、WAPDAの巨大な組織は、水力発電を担当する WAPDA本体、管理会社のPEPCO、と3火力発電会社、1つの送電・給電会社と8配電会社で構成される PEPCO 管理下の12の会社に分割される事になっている。KESCは発電及び送電設備を関連組織に移管して、配電会社になる事が考えられている。電力部門の私企業参画を含む全体的管理は国家電力事業監督庁(NEPRA)が担当する。

北西辺境州の水力発電計画推進及び遠隔地域での電力供給に関連して、(1)水力発電計画機構(HEPO)、(2)北西辺境州政府、及び(3) 北西辺境州政府管轄下のサルハド水力開発機構(SHYDO)が活動を行なっている。HEPO は全国的な組織で、北西辺境州では比較的大きな計画を担当している。一方、SHYDO は私企業の参画で実現すべき中から大規模の流れ込み計画の調査を行なっている。北西辺境州政府は域内の IPP 活動の推進を行なっている。

過去の電力需要と将来予測

21. 全国(WAPDA と KESC の和)、の 1984 年から 1998 年までの期間中の電力発生及び販売量の記録は表 S1 に示されている。最近 10 年間の電力販売量の伸び率は平均 6.2% で、伸び率は近年減少傾向にある。1997-98 年の全国電力需要の概要は下記の通りである。

1997-98 年の電力需要の概要

発電電力量	60,108 GWh
発電端ピーク需要	10,081 MW
販売電力量	44,078 GWh
人口 1 人当たり消費量	326 kWh
年負荷率	68.0%
送・配電ロス率	24.0%

- 22 WAPDA 電力システムの年間を通した各月の代表的な日間負荷曲線については給電所の記録がある。1997-98年の夏日(7月)、冬日(1月)及び中間の季節(4月)の典型的な日間負荷曲線は図 S9 に示してある。

これらの日負荷曲線から下記の事が分かる。(1) 日毎のピーク負荷は夕方、7時から8時頃に発生する。(2) ピーク継続時間は年間を通じて約4時間である。(3) 消費電力量・ピーク負荷共に夏季の7月に最大になり、日負荷率もこの月に最大になる。

これら3曲線の日間負荷率の計算値は76%から86%で非常に高く、7月が最大である。電力システムの容量不足によるピーク負荷の抑制が顕著で、これが高負荷率の原因になっている。

- 23 1999年5月の修正第9次5ヶ年計画で、政府は1997年から2018年の将来の電力需要伸びを‘正常’(経済伸び6%)及び‘低次’(5%)の2つのシナリオで予想した。この低次の予測値は表 S2 に示すように世界銀行が推奨している予測とほぼ同じである。政府の‘正常’及び‘低次’予測と世銀の予測は図 S10 に示してある。

上記の予測について JICA 調査団が1982-83から1997-98の期間の過去の電力消費の伸びを GDP の伸びと相関して検討した。結論として、パキスタン政府の負荷予測は妥当な範囲にある事が確認された。

電力システムの現状

- 24 現存の水力発電所の総容量は4,826 MW で、タルベラ(3,478 MW)、マンガラ(1,000 MW)、ワルサック(240 MW)のダム式の主要発電所の合計据付容量はこの国の全水力発電設備の98%を占めている。パキスタンでは多目的ダム運用に当たっては、灌漑用水供給に第1位の優先権が与えられている。従って、貯水池運用は灌漑用水の需要に従って運用される。

- 25 WAPDA 系統の既設の火力発電設備としては WAPDA 設備の4,281MW と私企業設備の3,044 MW がある。WAPDA 系統には略同容量の蒸気力発電設備とガスタービン/コンバインドサイクル発電設備がある。最近では、IPP の設備が全国発電量の30%を発電している。

- 26 パキスタンの送電網には北部のタルベラ発電所からアラビア海に面したハブ発電所まで全長1,500 km、2ないし3回線の500 kV の背梁送電線がある。国内の主要な系統設備は全て500/220 kV 変電所と全国の220/132 kV 電力システムを通してこの500 kV 送電系統で連係されている。

北西辺境州では、500 kV 系統が最近タルベラからペシャワールへ延長され、現在運転中の220 kV 系統はタルベラ - マルダン間及びペシャワール 500kV - ダウドケル間の2送電線だけである。

電力システム開発計画

- 27 政府は発電用に国内産のエネルギー源を最大限に利用して、輸入油への依存度を減らす政策を取っている。この政策に従って、水力発電計画の開発を優先的に行なうことにしている。火力発電への国内産の燃料使用に当たっては、石炭及び天然ガスの使用に重点を置いている。油燃焼の火力発電の新設計画は今後行われず、現在使用している発電用の油は順次石炭又は天然ガスで置き換える事にしている。

第9次5個年計画期間中の発電容量増強計画は表 S3 に示す通りで、総容量は4,733 MW で公共部門の1,959 MW(水力及び原子力)と私企業部門の2,744 MW(全てが火力)で構成されている。公共部門中最大の計画は1,450 MW のガジ・パロタ水力発電所で、この発電所はインダス本流の流れ込み式発電所で既設のタルベラ発電所の直下流に位置している。私

企業部門の増設は全て燃料油又はガスを使用する火力設備で、比較的小容量なものである。

- 28 1995年にパキスタン政府は私企業による水力発電計画を促進する法律を施行して、流れ込み又は小規模調整池付きの水力発電計画の開発を誘致している。1998年の私企業の電力発電計画に関する新法では、パキスタンに競争ベースの電力市場を形成するため料金決定に競争方式が導入された。
- 29 カラバウ多目的ダム計画(最終3,600MW,第1期2,400MW)は可能な限り早期に開発すべき最も重要な計画と位置付けられている。この発電計画はインダス川本流のタルベラ発電所下流192kmに位置している。この計画のフイージビリティ調査は1980年代に行われ、詳細設計及び入札仕様書の作成は既に完成している。従って、この計画の建設は環境問題が解決し資金が調達できれば何時でも開始できるようになっている。
- 30 第9次計画期間に続く水力発電開発実施に向けて、1997年に世界のIPP業者から41の提案書が提出された。1998年に、下記の4計画が1995年の政策に従って実施すべきIPP計画として選定された:

計画名	出力	位置	調査機関
マラカンド III	81MW	上部スワット水路のマラカンド	WAPDA/SWAB/SCARP
ジナー	96MW	インダス河のジナー堰	WAPDA/GTZ
マテイルタン	84MW	スワット河のマテイルタン	SHYDO
新・ボンエスケープ	45MW	ジェルム河のマンガラ	WAPDA/HARZA

次の段階として、1999年に1998年の政策に従って下記の6計画がIPPによる実施計画として選定された。

計画名	出力	位置	調査機関
ニールム・ジェルム	963MW	ジェルム河のムザファラバッド	WAPDA/ノルコンサルト
カンクワール	72MW	スワット河のカンクワール	SHYDO
ゴランゴル	106MW	スワット河のチトラル/マツジ	HEPO/WAPDA
ダラルクワール	36MW	スワット河のパンジクラ	SHYDO
アライクワール	163MW	インダス河のアライ	SHYDO
スメルガー	28MW	スワット河のスメル	SHYDO

- 31 NPP(国家電力計画委員会)が作成した発電力増強計画によると、現地産の石炭又は天然ガスを使用したIPPによる火力発電所が必要になるのは、正常予測では2005年、低次予測では2007年以降である。この計画によると、石炭火力計画と天然ガスによるコンバインド・サイクル計画の開発規模は略等しくなっている。
- 32 WAPDA 北部の500kV及び220kV送電系統の2003年迄の拡張計画は表S11に示す通りである。
- 北西辺境州でも、ムンダ、マラカンド III、マテイルタンその他の水力発電計画の開発や遠隔地電化の推進その他の要請に合わせて220kV及び132kVの送電系統を拡張していく必要がある。ムンダ発電所は電力大消費地のペンシャワールの北約40kmに位置している。
- 33 変電所設備の容量から考えて、ムンダ発電所の発生電力を既設の1変電所で処理する事は大幅に改造しないと困難である。ムンダ発電所の近傍にシャヒバークとチャルサダに2つの大容量220kV変電所の建設計画がある。これら変電所への距離は25から30kmでムンダ発電所からの電力を考慮に入れて設計する事ができる。この2変電所から新シャヒバーク変電所がムンダ発電所からの電力を受電するのに最適な変電所として選定された。

V. 水供給計画

34. ムンダ多目的ダムにおける利水用途は、ブレ F/S で最適化された水利用計画案をベースとし、水力発電及び新規地区灌漑用水供給、既存灌漑地区への用水供給強化、その他の目的用水供給を検討した。また灌漑開発計画では、調査対象地域周辺で一般的な地表灌漑方法の踏襲を前提とし、営農主体は現存の農民を対象とした。

新規灌漑開発計画

35. 新規灌漑対象調査地区として、ブレ F/S 調査でまとめられた Swat 川左岸 8,207 ha(20,280acre)、右岸 3,683 ha(9,100acre)(合計 11,890 ha (29,380acre))の、LSC(Lower Swat Canal)及び USC(Upper Swat Canal)受益地区上辺の天水利用地帯を調査した。その結果、右岸ではカプール川に依存する既設ワルサク灌漑地域と重複していること、左岸では既設のタンギポンプ灌漑地域(715ha)が重複している他、ブレ FS後新たにパライ灌漑地域の開発が計画され、一部工事が開始していることが判明した。土地分級の見直し結果と、これら重複した計画との調整を行った結果、以下の範囲に限定されることが明らかとなった。

単位:ha (acre)

	(粗灌漑対象面積)	(純灌漑対象面積)
スワット川左岸地区	4,539 (11,220)	4,066 (10,050)
スワット川右岸地区	2,314 (5,720)	2,043 (5,050)
合計	6,853 (16,940)	6,109 (15,100)

図 S12 に示すとおり、Swat 川左岸側においては Jindai Khwar までの優良耕地地帯とし、この中には Tangi 灌漑地区(715ha)を含むものとする。一方、Swat 川右岸側においては、Warsak 左岸水路灌漑地区を含む、Subhan Khwar を超えた範囲である。

計画作付け率

36. 新規灌漑計画における計画作付け体系・作付け率は、灌漑利用可能量、土壌等の計画対象地区の土地条件、気候特性などが基本となって、新規灌漑調査対象地区内の先進的な既存灌漑システムである Tangi 揚水灌漑地区の実績、Charsadda 郡の既存灌漑地区資料、本件ムンダダム計画ブレ F/S 調査での暫定計画値などを参考に、対象地区の社会・経済的要請、市場容量などに配慮しつつ決定した。計画作付け体系は、許された資源活用条件の中で最大限の事業効果発揮されるような以下の作物組み合わせとした。

作物	作付け率(%)	作物	作付け率(%)
Kharif 期		Rabi 期	
メイズ	27	小麦	30
夏野菜	8	油脂作物	2
豆類	4	タマネギ	6
飼育野菜	3	冬野菜	7
タバコ	6	飼料作物	3
サトウキビ	30	サトウキビ	(30)
果樹	8	果樹	(8)
小計	86	小計	48
合計		合計	134

LSC に対する用水補給

37. USC 灌漑システム受益地全域を対象として現在進められている Swabi SCARP 事業が完了すると LSC 灌漑システムで見られる Rabi 期の取水不足が益々頻繁になり、用水補給の必要性が高いことを示している。ムンダダムによる流水の平準化がこの水不足を解消する新しい水供給源として活用できる。

民間水路(Civil Canal)に対する用水補給

38. Khiali 川と Abazai 川に挟まれた Swat 川ムンダ頭首工下流に存在する民間水路 (Civil Canal)がある。これは、Swat 川本川から土水路に引水するもので、恒久的な取水施設を有するものではない。1800 年代以前から利水されているといわれており、全ての維持・管理は農民個人あるいは利水組織体で担当している。これらの総取水量は、5.70 m³/s(200cusecs)程度であるが、Rabi 期にはほとんど取水不能であるとのことである。ムンダダム計画によりこの民間水路の需要に応じた給水が可能となる。プレ F/S 調査では、同民間水路の計画利水量として 8.49 m³/s(300cusecc)をあてているが、利水量そのものと各取水点における取水位確保のための余剰流水も考えれば、現段階では同計画値はほぼ妥当なものと判断される。

VI. 洪水調節

洪水調節便益

39. 本調査では、洪水調節の便益は、スワット川・ムンダ頭首工下流からカプール川・ナウシェラ地点までの地域における洪水被害軽減額を見込むこととした。ナウシェラ地点より下流およびインダス河本川への洪水調節効果については、付加的に期待できると考えられるが、インダス河本川への他支川の合流による累積的な影響があり非常に不確定であることから、この付加的便益算定に関しては、本調査では見込まないこととした。

洪水被害に関する現地調査及び住民への聞き取り調査は、ムンダ頭首工より下流のスワット川氾濫区域内外、及びワルサックダムからナウシェラまでのカプール川氾濫区域内外の計 60 箇所において実施した。

40. 流量－洪水被害額の線形関係を用いて、各洪水調節容量ケース毎にムンダダム建設前後すなわち洪水調節実施前後の確率洪水ピーク流入量毎の洪水被害額を算定し、年平均被害額を求めた。
41. 各洪水調節容量ケース毎の年平均洪水被害額および年平均被害軽減額(洪水調節便益)の関係を図 S13 に示す。図 S13 より最適洪水調節容量は 7500 万 m³から 1 億 m³の間にあることが分かる。よしんば 1 億 m³以上の洪水調節容量を持っても便益の増加は僅かであることから、1 億 m³の洪水調節容量を選択した。

ムンダダムは FSL の状態で PMF が流入するとして設計されていることから、洪水調節容量を FSL の上に備えた計画は適切と考えられる。

VII. ダム開発規模の最適化

42. ムンダダム計画の開発コンセプトは、ピーク発電、6,110ha の新規灌漑地区及び既存灌漑地区への灌漑用水供給、ならびに調節容量 1 億 m³による洪水調節を目的とした多目的ダム開発である。

ムンダダムの最適開発規模の決定に際して、貯水池の可能最高満水位は上流スワット平野が洪水しないように平野の標高以下の標高 580m とした。満水位代替案を標高 580m から 5m きざみに標高 505m まで 16 種類設定すると共に各満水位に対し 3 から 5 種類の貯水池最低水位を組合せた。選定された最適開発規模に対する貯水地域、全体レイアウト、全体平面

図を図面 S1、S2 及び S3 に示す。

次に各満水位・最低水位代替案に対し貯水池運用シミュレーションを行い、夫々の年間発生電力量を求めた。この発電便益以外に農業便益ならびに洪水調節便益も便益に加えた。一方各満水位代替案に対し基本設計を行いダム工事費を算出した。

43. 上記便益・費用から求まる経済指標(純便益・便益費用比・内部収益率)によれば、内部収益率は満水位標高 540m から 565m の間ではほぼ同じ値を示すが、満水位標高が高くなるにつれ純便益が大きくなり標高 565m が最も経済的な規模となった。これらの経済指標を図 S14 に示す。しかし、ダムサイトの地形・地質ならびに貯水池上流端に堆積するであろう背砂の観点から満水位標高 555m を最適規模とした。貯水池最低水位は経済性の点から標高 510m となった。ダム天端標高は 563m である。

選定された開発規模は、有効貯水容量が 8 億 3400 万 m^3 、設備容量が 74 万 kW、設備利用率が 37%となる。年間発生電力量は 2,407GWh であり、その内一次エネルギー(ピーク発生電力量)は 847GWh、二次エネルギー(オフピーク発生電力量)は 1,560GWh である。図 S15 に選定された開発規模に対する貯水池運用シミュレーションの結果を示す。

ムンダ発電所の系統への投入時期は EGEAS を用いて検討した結果 2010 年が最適との結論を得た。EGEAS による検討結果を図 S16 に示す。

VIII. 概略設計

メインダム

44. 地形・地質・採取可能材料・経済性等の観点から、センターコアロックフィルダム、RCC ダム、コンクリート表面遮水壁ロックフィルダムを比較した結果、コンクリート表面遮水壁ロックフィルダム(CFRD)が最適であることが判明した。ダムは、ダム高 213m、堤体積 16.5 百万 m^3 を有し、ダム勾配は上下流おのおの 1:1.4、1:1.5 である。ダム堤体用のロック材は、石灰岩、石英岩及び硅質片岩である。図面 S4 及び S5 にダムの平面図、正面図、および標準断面図を示す。

河川転流工及びリバーアウトレット

45. ムンダダム計画地点の地形から判断し、転流工形式はダイバージョントンネルとコファーダムの組み合わせで設計した。河川の転流をしながらリバーアウトレット設備をダイバージョントンネル内に設けるとすると、少なくとも 2 本のダイバージョントンネルが必要となる。転流工設計洪水流量は 25 年確率洪水の 3,630 m^3/s とした。ダイバージョントンネルの径は 2 本とも 12m、延長は 975 m および 964 m である。コファーダムはメインダムに含まれるインテグレートドコファーダムで、ダム高 60m である。

左側ダイバージョントンネルに設置されるリバーアウトレット設備は、ダイバージョントンネルを締め切り湛水を開始した後、下流の灌漑その他の需要水量を放流すると共に、ダムの非常時に、スピルウェイの越流堤クレスト以下に貯水位をさげる為に機能する。リバーアウトレットはモーニンググロータイプの取水口、径 4.5m、延長 100m の縦坑、及び 2 門の高圧ゲートを持つ。

洪水吐

46. 洪水吐は地形を考慮してメインダム左岸側に配置し、その流入部はゲート部と自由越流堤部からなる複合型とした。洪水吐は、幅 15.5 m、高さ 18.4 m のゲート 4 門と 80m の自由越流堤を持つ流入部、幅 60m のシュート部、フリップバケット、及びブランジプールから構成される。流入部の設計洪水は PMF(19,390m³/s)であり、シュート、ブランジプールの設計洪水はそれぞれ 3,800m³/s(1,000 年確率洪水放流量)、1,900m³/s(100 年確率洪水放流量)である。図面 S6 に洪水吐の計画図を示す。

発電水路及び発電所

47. 発電設備として、取水口、取水口ゲート縦坑、導水路トンネル、調圧水槽、水圧鉄管トンネル、地上水圧鉄管路、地上式発電所および開閉所が右岸に配置される。地上式発電所と地下式発電所の比較検討の結果、より経済的である地上式発電所による発電水路を選定した。発電所は通常の地表設置型の発電所で、スワット川右岸の狭い峡谷に建設される。
- 比較検討の結果、導水路トンネルと水圧鉄管路の内径はそれぞれ 12m、7.4m となった。調圧水槽は制水口型とし、上部水槽と下部水槽はそれぞれ内径 25m、15m を持つ。発電水路と発電所の計画図を図面 S7、S8 に示す。

逆調整堰

48. 逆調整池の機能は、一日 4 時間のピーク運転時に発電所から放流された使用水量を貯留し、平滑化して下流へ流すことである。ムンダダムサイトから 3.5km、4.3km、及び 5.0km(既存ムンダ頭首工嵩上げ)の代替 3 地点を比較した結果、経済性と環境への影響が最も少ないムンダダムサイト下流 3.5km 地点が選定された。
- 逆調整池の最高水位と逆調整堰地点の洪水位はそれぞれ EL.381.8m、EL.372.2m である。逆調整堰は 7 門のラジアルゲートを持つコンクリート壁ゲート形式が選択された。

発電所機器

49. ムンダ発電所は日間ピーク時間 4 時間のピーク発電所として計画された。発電所地点で利用可能な落差(162.5 米)流量(毎秒 505 立方米)に基づいた総出力は 740 MW である。発電所には、単機容量 185 MW の水車発電機 4 台が設置する計画である。水車は 189 MW の縦軸フランシス・タービンで、220 MVA の交流同期発電機と直結して運転される。
- 発電された電力は、発電所裏側の主変圧器で 220 kV に昇圧され、次に山の上にある開放型の屋外開閉所に送られ、そこでこの地域の 220 kV 送電系統と接続される。

送電系統

50. 発電所電力を送電するためには、220 kV の ACSR レール導体(954 MCM)複導体の送電線を上記の屋外開閉所とペシャワール郊外に計画されている新シャヒバーク変電所間、約 30 km が必要である。新シャヒバーク変電所はムンダ発電所からの 740 MW の受電を考慮に入れて設計する必要がある。送電線の接続のために、2 回線分のブスの延長と開閉設備が必要である。

選定された 220kV 送電計画は技術的要求を満たしている最小コストの計画である。東南アジアでも 220kV クラスの送電線で 740MW 以上送電した例は多数ある。500kV 送電は長距離、大容量の送電に適していて、ムンダの小規模送電に使用すると非常に高価になる(提案された計画の 2.4 倍以上)。

灌漑施設

51. 新規灌漑計画における灌漑システムの設計は、全て新設を基本とする。灌漑システムの構成は、前記の灌漑計画の達成を目的とし、運営においては需要主導型灌漑をより可能にするシステム構築をめざすものとする。

導水システムとしては、最適化検討により左岸地区においてはトンネル導水システム、右岸地区においては揚水機システムとする。

	左岸地区導水施設		右岸地区導水施設	
導水方式	トンネル:	無圧円形断面	ポンプ	縦軸斜流形式
主要諸元	掘削径:	2.40 m	計画実揚程:	14.0 m
	仕上径:	2.20 m	計画全揚程:	18.88 m
	延長:	5,000 m	吸水位:	EL 366.0 m
	勾配:	1/2,000	台数:	4 台
	計画流量:	4.391m ³ /s	計画流量:	2.204m ³ /s
	計画水深:	1.836 m	ポンプ口径:	500 mm
	放水位:	EL 466.0 m	ポンプ出力:	200 kW
	取水位:	EL 470.0 m		

52. 幹支線水路は、左右両岸地区とも開水路形式とし、コンクリート・ライニングを施すものとする。路線の選定にあたっては、受益農地の配置を勘案して、全農地に支障なく重力送水が可能であるよう、かつ工事費が最小におさまる計画とした。また、水路沿線には河川の横断等がみられ、それらの必要箇所には横断工等の必要な付帯工を配置する。幹支線水路規模は、下表の通りである。

左岸地区幹線支水路		右岸地区幹線支水路	
最大流量:	4.391 m ³ /sec	最大流量:	2.204 m ³ /sec
延長:	13,950 m	延長:	12,900 m
勾配:	1/4,000	勾配:	1/4,000
側法勾配:	1: 1.5	側法勾配:	1: 1.5
(関連付帯工)		(関連付帯工)	
スパ・パッケージ:	4 箇所	スパ・パッケージ:	3 箇所
排水横断工:	34 箇所	排水横断工:	36 箇所
放水工:	3 箇所	放水工:	4 箇所
横断道路:	26 箇所	横断道路:	25 箇所
支線分土工:	4 箇所	支線分土工:	5 箇所
直接分土工:	2 箇所	直接分土工:	0 箇所

IX. 施工計画及び積算

施工計画

53. 本プロジェクトの建設では、16,500,000 m³ の堤体積を有する表面遮水ロックフィルダムの施工が最も大規模かつ重要な工事である。ダム工事の河川仮転流工は、25 年確率洪水である 3,630 m³/s を対象とし、仮排水トンネル方式にて実施する計画とした。仮排水トンネルとしては、内径 12 m のトンネル 2 本をダムサイトの左岸に建設するものとした。全体工程を短

縮するために、本トンネル工事は本体土木工事契約に先行して実施されるものとした。これにより仮排水トンネルが完成する乾期明けに、本体土木業者による河床部の掘削が遅滞なく実施可能となった。また、2本目の仮排水トンネルは本乾期の終わりまでに無理なく完成させる計画とした。河川締切り方法としては、インテグレートコファードダム方式(本ダムのスラブコンクリートの段階的打設による)が選定され、工費の低減をもたらす結果となった。

54. ダム堤体は9種類の盛立てゾーンからなるが、全ての材料はダムサイトから 8 km 以内の範囲から採取可能である。平均月間盛立て量を 500,000 m³ とし、約3年間の盛立て工期が必要と計画された。

フェーススラブコンクリートの打設計画は、以下の施工上の利点を考慮し3段階の段階施工によるものとした。

- 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ド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。

貯水池の湛水は 2009 年の乾期に実施されるが、下流域の灌漑用水を確保するために、No.1 仮排水トンネル(左側)に設備される高圧放流ゲートから部分放流しながら実施するものとする。

工程計画

55. 本体建設工事は資金調達、詳細設計、ならびに施工業者の調達プロセスの完了後、2002年の半ばより開始する計画とした。図 S17 に示される通り、全ての発電プラントは約8年間の工事期間の後 2009 年末に運開する工程とした。

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考えられる。

- 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) 発電器の有水試験
- 12) 発電器1号機 の運開(2009年6月末)
- 13) 全ての発電器の運転(2009年12月末)

事業費積算

56. 事業費の積算は、種々の現場条件、投入される建設資源の市場価格、施工計画ならびにフーズビリティ設計から算出された工事数量を基に原則的に単価積算方式により行った。

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 S4 に示す通りであり、以下の通り要約される。

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

X. ダム運用システム

57. 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。
58. 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。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。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。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。
59. 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。
60. 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、灌漑部門は、組織された時点でNWFPIDAへ移管されるであろう。

XI. 環境影響評価

61. ムンダダム事業に係る環境影響評価を実施し影響軽減策を検討することにより、ダム事業の便益を最大化し環境ならびに地域コミュニティに対する負のインパクトを最少化することを目指した。環境影響評価の結果、当該事業はいかなる大きな負のインパクトをも招かないであろうことが確認された。

漁業と水性生態系

62. 現地調査ではムンダダムサイトおよび貯水池付近で 16 種の魚類が確認されている。ダム建設期間中は建設工の影響から魚体数の減少が予想されよう。しかしダム完成後に可能となる貯水池内の養殖が漁獲高を向上させるまたとない機会となろう。またプロジェクトライフを通じ魚類の放流が行われよう。

考古学上重要な遺跡及び文化遺跡

63. 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。

生態系の状況

64. 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。

影響を受ける人々

65. 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容易に付近のモーマンドエージェンシーに移転できるであろう。環境担当官庁は WAPDA と十分協議し、移転に際し適切な補償がなされなければならない。

インフラへの影響

66. 影響を受けるインフラは 5 箇所の吊り橋である。

工事中の地域住民の雇用

67. 入札図書には、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事を明記すべきである。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。

環境影響軽減費用および補償・土地収用費用

68. 環境影響軽減費用として 5.0 百万ドル(250 百万ルピー)が、また住民移転・補償費として 2.5 百万ドル(123 百万ルピー)が算定された。住民移転・補償費および土地収用費用は主な費目のひとつである。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。

XII. 経済・財務評価

プロジェクト評価の手法

69. プロジェクトは灌漑、洪水防御、発電の機能を有す多目的ダムで、経済評価は回避費用、長期限界費用(LRMC)、消費者余剰の 3 つの手法で検討した。当プロジェクトの財務評価は(1)プロジェクト全体の収益率、(2)事業参画者(民間投資家、公的機関)からみる、プロジェクトの投資魅力度、(3)配当金、税、水料金(水利料金)を通して公的部門に還元される事業収

入の規模、に着目して特にムンダ・ダム発電目的に限定して行う。このとき、多目的ダムに占める発電のコストは、残余便益・分離費用の手法にもとづく。本プロジェクトでは、BOT を事業方式として考慮し、いくつかの資金計画オプションについて検討する。

主要な評価仮定条件

70. 評価に適用する主要パラメータのうち、割引率は経済評価では 10%を、財務評価では 12%を適用した。プロジェクトライフは土木工事は 50 年を考え、機電関係はそれよりも短く、更新されるとした。積算時点は 1999 年中央値とし、外貨分物価上昇率は世銀の予測を参考に 2010 年までは年率 2.4%と仮定、財務分析では 0.23 セント/kWh の水使用料と O&M コストに対し年 1.2%のエスカレーションを考慮した。プロジェクトの総費用は税金込みで 1,148.9 百万ドル、そのうち、外貨分は 611.8 百万ドル又は 53%に相当する。建設開始は 2002 年、完了は 2009 年、操業は 2010 年と仮定する。O&M 費用は、総資本費の 0.5%、送配電ロスは 1.3%と仮定する。

便益算定

71. 発電便益一回避費用:ピーク用ガスタービンとオフ・ピーク時のコンバインド・サイクルの混合が想定される。オフ・ピーク時は、ベース火力の燃料と維持管理(O&M)費用だけを対象とする。
72. 発電便益一長期限界費用(LMRC):HEPO のデータをもとに算定したが、kWh 当りの費用に換算すると、ピーク時は 0.061 ドル/kWh、オフ・ピーク時は 0.056 ドル/kWh となる。ムンダ・ダムの発電力量は発電端でピーク時 847GWh、オフピーク時 1,560GWh、計 2,407GWh を計画している。結果として LMRC による発電便益は 1 次で 51.06 百万ドル、2 次で 85.47 百万ドルである。
73. 発電便益一消費者余剰:料金の 50%と想定。これを加味した料金は、ピークで 0.1094ドル/kWh、オフ・ピークで 0.0547 ドル/kWh と推定される。これらの料金で算定した発電便益は、1 次で 91.4 百万ドル、2 次で 54.3 百万ドルとなる。
74. 農業/灌漑便益:新規灌漑地区、灌漑用水増加による便益(LSC)、ムンダ頭首工下流側に対する用水安定供給の 3 つの便益を考慮した。総額は 289.7 百万ルピーとなる。
75. 洪水防御便益:洪水防御便益は、経済価値で 0.92 百万ドル、財務価値で 1.03 百万ドル。
76. 環境便益:ムンダ水力発電は、予想される外部不経済(大気汚染コスト)の回避に貢献するので、世銀の資料を参考に、ピーク電力にはガスタービンの数値(1.32 セント/kWh)を、オフピーク電力にはコンバインドサイクル(0.86 セント/kWh)を適用して、環境便益を算出した。

コストアロケーション

77. 発電、灌漑、洪水防御の目的別に、プロジェクト費用を配分する手法は「残余便益・分離費用」の手法を使用する。

経済評価

78. プロジェクトの経済的妥当性は、経済内部収益率(EIRR)で評価する。ダム全体の経済建設費用は、744.0 百万ドルと推定する。経済便益は、灌漑、発電、洪水防御に区分され、そのうち、発電便益は、回避費用、長期限界費用、消費者余剰の 3 手法で算定している。プロジェクトの EIRR は以下の様に算出された。

回避費用	13.7%
LMRC	13.3%
LMRC (環境便益を考慮)	14.9%
消費者余剰	15.8%

一方、発電のみ LMRC にもとづく便益算定とした目的別 EIRR の結果は下記の通りである。

目的	EIRR
発電	13.4%
灌漑	9.7%
洪水防御	24.2%

財務評価

79. プロジェクトの財務評価は、財務内部収益率(FIRR)で評価する。建設費用は、1,148.9 百万ドルである。FIRR の結果は下記の通りである。

目的	FIRR
プロジェクト全体	12.7%
発電	13.2%
灌漑	4.1%
洪水防御	19.7%

財務分析

80. 財務分析に先立ち、当多目的ダムの発電部門は第 3 者(民間、公的機関、あるいは J/V)で運営管理されるものと想定する。送電系統は、WAPDA あるいは将来の送電会社によって運営維持管理されることを想定する。売電価格の設定に当たり、(a)発電プロジェクトは適正な利益率が確保される、(b)売電価格は、現行の IPP に対する買電価格よりも下回る、の 2 条件を満たすことが求められる。

事業形態は、i) 100%公的所有、ii) 100%民間所有、iii) J/V が考えられる。事業方式は BOT で、25 年の譲与期間後、パキスタン側に譲渡することを想定する。

81. ジョイント投資モデル:ここでは、事業形態として政府と民間コンソーシアムの合弁事業を想定する。事業方式は BOT で、債務-出資比率は 70:30 を仮定する。政府は出資の 25%を請け負い、その原資は国際機関又は 2 国間で調達するソフトローン(金利 1.8%、返済期間 30 年、支払猶予 10 年)を想定する。一方、債務(総費用の 70%)は国内と海外から資金を調達する。国内は金利 12.5%の資金、海外は円借款を主要資金調達源とするソフトローンとなる。金利は 1.8%を想定する。減価償却は 25 年間の定額法、譲与期間は 25 年、それ以降は政府に譲渡するものと仮定する。以上の仮定に基づくジョイント投資モデルの財務分析は下記の通りである。

ジョイント投資モデル		FIRR
1.	FIRR on project	12.8%
2.	FIRR on equity	15.2%
3.	FIRR on GOP receipts, including Dividends, Water Charge and others	17.4%
4.	FIRR on GOP (Dividends only)	15.2%
5.	NPV at 12%, Million US\$ of Total GOP Receipts	86.7

82. 民間投資モデル:このモデルは 100%の民営化を想定している。債務出資比率は 70:30 を想定し、債務(ローン)は全て商業融資(金利 12.5%、短い返済期間、支払猶予期間はゼロ)で調達する。

民間投資モデル		FIRR
1.	FIRR on project	12.8%
2.	FIRR on equity	11.1%

83. 公的投資モデル:このモデルでは、発電会社は税を免除され、プロジェクト・コストはソフトロ

ーン(金利 1.8%、返済期間 30 年、支払猶予期間 10 年)で融資されることを想定する。

公的投資モデル		FIRR
1.	FIRR on project	12.8%
2.	FIRR on equity	26.2%
3.	NPV at 12%, Million US\$ in water charge and dividends	562.7

感度分析(FIRR)

84. 当水力発電プロジェクトのリスクは、外生と内生(プロジェクト)要因に分別される。外生要因として、為替リスク(内貨と外貨の交換可能性、ルピーの切下げ)とインフレが挙げられる。内生要因は、買電契約で合意された売(買)電価格の不履行、予期せぬ税引き上げが考えられる。その他のリスクは、予想を上回る出費、自然素因の変化に起因する電力量の減少、維持管理費用の上昇、操業年の遅れ、法人税の上昇等が挙げられる。感度分析は、公的投資モデルをベースに行う。下表は感度分析の結果で、プロジェクトの遅延、コスト上昇に対し FIRR が若干低下している。

	Risk analysis	FIRR on Project	FIRR on Equity
1.	GDP Investment Base Case	12.8%	26.2%
2.	O&M Cost Increased by 20%	12.8%	26.1%
3.	Water Charge Up by 20%	12.7%	26.1%
4.	10% Increase in Investment Cost	10.9%	23.1%
5.	10% Decrease in Total Energy Sales	11.6%	24.1%
6.	Project Delay by One Year	11.7%	22.9%

ローン返済

85. ローン(借款)返済の見通しは、下記のデッド・サービス比率を使用して分析する。

$$DSCR = \frac{\text{税引後の利益(減価償却は除) + 利息 + 元本償還}}{\text{元本償還 + 利息}}$$

事業形態	金利(平均)	返済期間	支払猶予	DSCR
ジョイント	9.8%	25 年	0	1.4
民間	12.5%	25 年	0	1.1
公的	1.8%	25 年	10 年	5.0

上表をみると、公的モデルの場合は DSCR が 5.0 と高く、ローン返済が容易である。しかしながら、民間モデルではそれが 1.1 に低下し(通常 1.5 がスタンダード)、ローン返済が容易ではない。

経済・財務評価のまとめ

86. 経済と財務分析を整理すると下表のとおりである。

単位:百万 US\$

項目	全体*	発電*	灌漑	洪水防御
EIRR in 50 years	13.2%	13.4%	9.7%	24.2%
Total Project Cost (Economic) in Mil US\$	735.6	687.9	45.7	2.0
NPV of Benefit at 10% Discount rate (Economic)	194.17	193.2	-1.0	3.05
* Using LRMC cost 500 kV				
FIRR in 50 years	12.7%	13.2%	4.1%	19.7%
Total Project Cost (Financial) in Mil US\$	1,148.9	1,074.5	71.3	3.1
NPV of Benefit at 12% Discount rate (Financial)	55.1	83.0	-27.2	1.75

発電の経済便益は、長期限界費用(LRMC)に基づいている。灌漑は、EIRR が 10%を下回り

経済的妥当性が低い。また、FIRR も 4%と低く、投資プロジェクトとして成立しにくい。ダム全体でみると、FIRR は 12.7%と資本の機会費用(12%)よりも僅かに高い。

XIII. 提言

87. 本フィージビリティ・スタディの結果、ムンダ多目的ダム計画は技術的側面、経済的側面そして環境の側面からもフィージブルであることが証明された。ここでは、資金調達後、直ちに詳細設計が開始できるように、詳細設計時に必要となる以下の現地調査の早期実施を提言する。これらの調査には、資金の都合により部分的にでも着手できるものが含まれる。

ムンダダム現地調査

88. 地形測量: 構造物の詳細設計のために、一連の詳細地形測量が必要である。この地形測量には、逆調整池、仮設備サイト、原石山、アクセス、土取り場等を含む。縮尺は最低限 1:1,000 である。
89. 地質調査: 将来、詳細設計のために更に詳しい地質調査(含、コア・ボーリング、試掘横坑、現位置岩盤試験、テスト・ピット、室内試験)が必要である。その目的は、最終的な構造物配置に即した厳密な位置での基礎調査、岩の力学的特性の確認、原石山(特にトドボ・バンダ)の更に詳細な調査、西サダール・カリ土取場の詳細調査である。
90. 水文調査: 詳細設計の開始に先立ち、以下の水文調査実施を提言する。
- 1) 今次フィージビリティ調査の期間に設置された Zulam および Munda 地点の新水文観測所での水文観測を開始
 - 2) スワット川流域の雨量観測網を整備
 - 3) 流量観測網の整備
91. 水理模型実験: 洪水吐、取水工、およびリバーアウトレットの水理模型実験が必要である。実験の目的は主に以下の通りである。
- 1) 洪水吐導流部形状の確認
 - 2) 流入部の流下能力の確認
 - 3) 流入部、シュート、ならびに減勢工の流況確認
 - 4) エアレーション装置の位置・形状の決定
 - 5) 取水工形状の確認、特にベルマウス形状および減渦装置形状、
 - 6) リバーアウトレット形状の確認

灌漑施設現地調査

92. 地形測量: 新規灌漑計画地域の縮尺 1:5,000 の地形測量が必要である。特に、フィーダートンネル、ポンプ場などが含まれる。その他、主要構造物サイトでは縮尺 1:1,000 の地形図を作成する。灌漑計画地区の地籍図の整備も要する。
93. 地質調査: 導水システムの詳細設計用に地質調査が必要である。トンネル坑口・ポンプ場のボーリング調査、トンネル沿いの弾性波探査等が含まれる。

プロジェクト全体の詳細設計に先行する現地調査

94. 本プロジェクト全体の資金調達に先行して、パキスタン政府の予算で以下の現地調査を実施し得るであろう。
- 1) 逆調整池サイトの地形測量および地質調査、

- 2) 逆調整池を活用した水力発電の初期調査、
- 3) 左岸灌漑地域への灌漑用水と導水トンネルの落差を利用した小水力発電の初期調査、
- 4) ムンダダム計画以前に実施し得る右岸側灌漑地区の地形測量および地質調査。

環境調査

95. 次期ステージにおける環境影響評価に以下の項目を入れるべきである。
 - 1) ムンダ発電所に計画される送電線のルートに対する環境影響評価が必要である。
 - 2) 魚類の生息場所の分断やその他の水性生物に対する影響をさらに詳細に検討する必要がある。この検討への地域住民の参加ならびに便益評価も実施されるであろう。
 - 3) 考古学上の遺跡の発掘と保存、博物館の設立、および観光開発に対する詳細な計画を策定しなければならない。
 - 4) 野生生物の保護、生息区域管理、山林管理、薬草栽培、土砂流出制御などのマスタープランを策定すべきであろう。

その他

96. 新規灌漑計画地域の詳細設計に先立ち、地方行政機関と共に以下のアクションが必要である。
 - 1) 新規灌漑計画の開発に関するインダス河利水委員会(IRSA)との合意形成、
 - 2) Palai Damに係る早急な事業実施再開、
 - 3) Tangi 灌漑事業の本件への取り込み準備、
 - 4) Warsak 左岸水路事業地区内で、本件に取り込まれる範囲の調整、
 - 5) 新規事業関連農民への事業計画説明と農民組織の結成、
 - 6) 灌漑事業計画地区内の自己所有灌漑用井戸の詳細調査とその所有者の本件事業参加への合意確認。

