

第 5 章 施設計画

第5章 施設計画

5.1 ダム及び貯水池計画

5.1.1 概要

K-2 ダムの建設予定地は、イスラマバード首都圏の北東端に位置し、既設のラワルダムよりクラング川に沿って約 15 Km上流の地点である。ダムサイトに最も近い村はドハラ(Dohara)である。当ダムは有効貯水量18.5 MCMを有する貯留ダムであり、貯留の目的は 6,600 ha の受益地区への灌漑水の補給である。但し、渇水年においてラワルダムに水不足が生じたとき、K-2 貯水池において貯水量に余裕がある場合は、下流の上水供給必要水量に見合った量をクラング川へ放流する計画である。

ラワルダムの有効貯水量は 53 MCM であり、その水利用計画は下記のとおりである。

ラワルダムの水利用計画

項目	年間需要量	最大月間需要量(6月)
上水	51.0 MCM/年 *	5.3 MCM/月
灌漑水	5.2 "	0.5 "
合計	56.2 "	5.8 "
		= 19 万3,300 m ³ /日
		= 2.24 m ³ /s

注：*…ラワルダムより上流の頭首工からの取水量を含む。

K-2 ダム地点及びラワルダム地点に於けるクラング川の流域面積、流域内の年平均降雨量及び年平均流出量は、次のとおりである。

クラング川の流域面積、年平均降雨量及び年平均流出量

項目	K-2 ダム地点	ラワルダム地点
流域面積	137.0 km ²	275.1 km ²
年平均降雨量	1,556 mm	1,411 mm
年平均流出量	62.1 MCM	103.0 MCM

5.1.2 設計資料

1) 基礎資料

今回の実施調査期間に収集された、ダム及び貯水池の計画に必要な基礎資料は次のとおりである。

地形図

- 地形図*	縮尺	1 : 50,000
- 地形図*	縮尺	3 inches a mile (1 : 21,100)
- 貯水池平面図**	縮尺	1 : 5,000
- ダムサイト平面図**	縮尺	1 : 1,000
- ダム軸縦断面図**	縮尺	1 : 500

*..... Survey of Pakistan より入手。

**..... 第1次現地調査期間に測量。

航空写真

ダムサイト及び貯水池周辺の縮尺4万分の1及び1万分の1の航空写真が、Survey of Pakistanで入手した。

地質図

下記の図面は、Geological Survey of Pakistan で入手した。

- パキスタン国地質図	縮尺	1 : 200 万
- イスラマバード周辺地質図	縮尺	1 : 5 万
- パキスタン北部の地震分布図	縮尺	1 : 100 万

ダム基礎の地質調査

ダムサイトに於けるボーリング調査は、JICAにより供与されたボーリング機械を使用して、昭和62年10月初旬から開始された。コア・ボーリング及び岩石試験の調査数量は次のとおりである。

- コア・ボーリング	
左岸袖部	延長 40 m
河床部	延長 51.3 m
右岸袖部	延長 40 m
右岸鞍部	延長 30 m
合計	161.3 m
- 現場透水試験	
	30 回
- 岩石試験	
比重・吸水量試験	12 点
一軸圧縮試験	12 点

建設材料調査

フィルダムの築堤材料調査として、図5-5 に示した5ヵ所にテストピットを掘り、コア材料として3試料、ランダム材料として2試料を採取し、米国材料試験協会 (ASTM) に準拠して下記の室内土質試験を行った。

物理試験 :				
土粒子の比重試験	.....	ASTM D854	.....	5 試料
含水量試験	.....	ASTM D2216	.....	5 "
粒度試験	.....	ASTM D442	.....	5 "
液性限界試験	.....	ASTM D423	.....	5 "
塑性限界試験	.....	ASTM D424	.....	5 "
力学試験 :				
締固め試験	.....	ASTM D698	.....	5 試料
"	.....	ASTM D1557	.....	2 "
透水試験	.....	ASTM D2434	.....	15 "

既設ダムの諸元

イスラマバード首都圏内の既設のラワルダム及びシムリーダムの諸元は表5-1 のとおりである。

2) 貯水池補償資料

K-2ダムの最高水位標高 649.8mにおける貯水池の水面積は約300 haであり、下記の項目に対する補償が必要である (資料編 H. の図H-5 参照)。

貯水池補償項目

項 目	数 量	
土地		
耕作地	130	ha
非耕作地	170	ha
施設		
家屋	125	軒
Satra Mile - Angori 道路	4.2	Km (新設量)
送電線 (135,000 V)	1.2	Km (新設量)
送電線 (11,000 V)	7.0	Km * (新設量)
人口	約 780	人

* WAPDA (ISLAMABAD) の概算見積に基づく。

3) 計画堆砂量

K-2 ダムの計画堆砂量は、パンジャブ州政府灌漑研究所 (Irrigation Research

Institute)によって測定されたラウル湖の堆砂実績に基づいて推定する。

ラウル湖の堆砂実績

測定年	経過年数 (年)	累加堆砂量 (MCM)	平均比堆砂量 (m ³ /sq·km/年)
1962年	0	0	0
1966 "	4	7.71	7,010
1972 "	10	8.57	3,120
1984 "	22	11.04	1,820

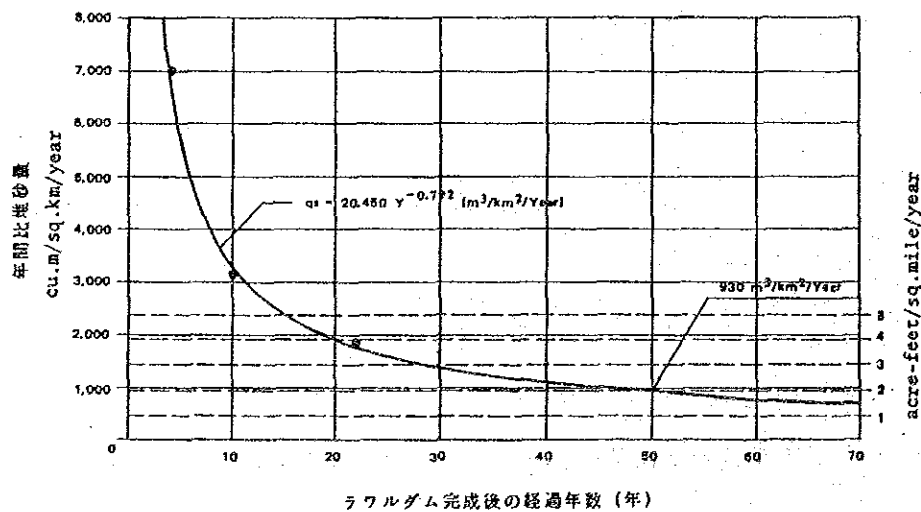
上表にみられるように、ラウル湖への平均比堆砂量はダム完成後の経過年数の増加にともなつて減少する傾向にあることを示している。

K-2 貯水池への堆砂量は下記の式により推定する。

$$\text{計画堆砂量} = \text{比堆砂量} \times \text{流域面積} \times \text{堆砂対象年数 (50年)}$$

観測の最も最近年である 1984 年時点での平均比堆砂量は 1,820 m³/sq·km/年であり、堆砂対象年数を50年とした場合の比堆砂量はこの値より小さい値となると推定される。上表に示したダム完成後の経過年数 (Y) と平均比堆砂量 (qs) の関係を指数関数で表示すると下図のとおりとなり、堆砂対象年数を50年とした場合の比堆砂量は、qs = 930 m³/sq·km/年となる。しかし、実測資料の数が少ないことを考慮すると、この値は最小値であると解釈した方が安全であり、当ダム計画においては、比堆砂量を qs = 1,820 ~ 930 ≈ 1,500 m³/sq·km/年とする。計画堆砂量は 10.3 MCM (qs = 1,500 m³/sq·km/年 × 137 sq·km × 50 年 = 10.3 MCM) となるため、灌漑用放流設備の最低取水標高を 637 m とする。この場合、死水量は 10.9 MCM となる。

ラウルダムの堆砂量



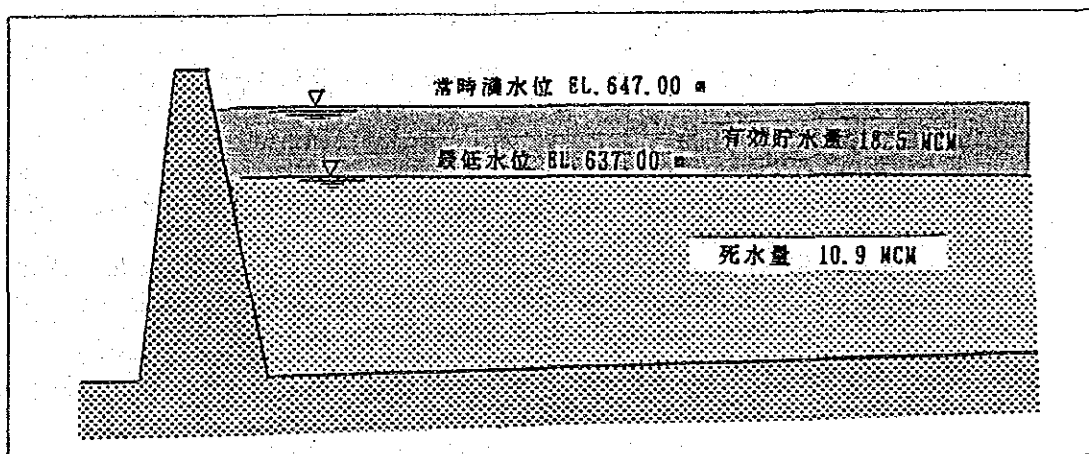
4) 貯水池規模及びダムの機能

貯水池規模の制限要素

K-2 ダムの北部に位置するチャタール村内のマリー道路には国防省の施設とチャタール公園が面しているため、この附近のマリー道路の移設は困難である。このため、これらの施設は現況のままとし、貯水池の最高水位標高は650m以下に設定することとする。洪水吐の設計水頭を3m程度に計画することとし、常時満水位の設定可能な最高水位標高は647mとする。

貯水池規模

K-2 ダムの貯水池規模の制限要素を考慮して、4.2. "最適事業規模の検討" の項で決定した貯水池規模は次のとおりである。



ダムの機能

K-2 貯水池は図5-2 に示すように、クラング川を横断して建設するメインダムと左岸鞍部に建設する副ダムから成る。当ダムにおいては、次に示すように2つの放流設備、灌漑用放流設備と河川放流設備が必要である。

一 灌漑用放流設備

灌漑用放流設備は副ダム下に設置され、K-2 貯水池の貯留水を自然流下により幹線水路に放流する。計画最大放流量は $Q = 3.96 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

一 河川放流設備

渇水年においてラウルダムに水不足が生じた場合は、K-2 貯水池の貯留水を

下流の必要水量に応じて放流する計画である。ラワルダムの最大月間需要量は6月の5.8 MCMであり、この量は19万3,300 m³/日及び2.24 m³/sに相当する。したがって、河川放流設備の計画最大放流量はQ = 2.24 m³/sとする。

さらに、当ダムには設計洪水量Qd=1,840 m³/sを流下させるための洪水吐及びダムの建設工事中に生じる洪水を転流するために、設計対象流量Q=690 m³/sの仮排水路トンネルが必要である。

5.1.3. 地形及びダムサイトの地質

1) 地形

メインダムのダムサイトの左岸袖部と右岸袖部とでは、かなり異なった地形を呈している。左岸袖部は砂岩と泥岩の互層で地層の傾斜が急なため侵食に差が生じ、谷と嶺の交錯する波状地形を呈している。右岸袖部は、中腹に1～2段のテラスを有する台地状丘陵で、頂上は平坦地となっている。河床幅は40～50 mである。

貯水敷は、クラング川の右支流と左支流の合流点及びその周辺である。貯水敷内を流れる河川の両岸には、帯状に段丘が分布している。左岸側には風化、風積に起因する幅の広い平坦地がひらけており、副ダムの建設が必要ではあるが、経済的な貯留が可能な貯水敷となっている。但し、この平坦地は現在農耕地として利用されており、ダムの建設に伴い約130 haの耕作地が水没すると推定される。

2) ダムサイトの地質

ダムサイト及び貯水敷の基盤を構成する地質は、新第三紀中新世マリー累層の硬質な砂岩及び比較的軟質な泥岩であり、一部に偽礫岩層及び葉理の発達した砂岩が存在する。ボーリングコアの一軸圧縮試験による砂岩及び泥岩の圧縮強度は下記のとおりである。

砂岩：50 ～ 1,100 kgf/cm²
泥岩：20 ～ 80 kgf/cm²

泥岩部は表層付近を除き、ルジオン値は3以下で非常に高い水密性を有しているが、砂岩層、特に泥岩層との境界部は、比較的高い透水性を示している。図5-4に示すよ

うに、基盤の被覆層として段丘堆積物、残積土及び河床堆積物が分布している。

ダムサイトの左岸袖部は、層厚 5~12m の砂岩層と同程度の層厚を有する亀裂性の泥質砂岩を含む泥岩層との互層となつている。シュミットハンマーによる反発硬度試験によると、硬質砂岩の返発度は50~55の値を示し非常に硬質であるが、泥岩は比較的新鮮な露頭部では20~30を示すものの風化した部分及び亀裂性の泥質砂岩はいずれも10以下の値であった。

右岸袖部の台地状丘陵地頂上には高位段丘堆積物、河床から 5~35m の高さの位置には中~低位段丘堆積物が分布し、斜面部は比較的厚い崖錐によって覆われている。高位段丘堆積物は厚さ 5 m 程度で、中礫サイズの比較的粒径の揃つた礫とシルトにより構成され、一部石灰質マトリックスにより固化されている。他方、中~低位段丘堆積物は最大厚 8~10m で、シルト質のマトリックスと細礫から巨礫までの広範囲の粒径をもつ粗粒部分からなる。

地層の走向傾斜は、左岸側及びダム軸より下流側では $N40^{\circ} \sim 60^{\circ} E$ 、 $70^{\circ} \sim 90^{\circ} NW$ で、緩やかなうねりはかなりあるものの、ほぼ一様である。しかし、右岸側のダム軸から上流側では $N60^{\circ} E \sim EW$ 、 $50^{\circ} \sim 70^{\circ} S$ の走向傾斜を示し、また斜交葉理の状態から判断した層位内の上位方向もダム軸より下流側では NE 方向であるのに対して、 $S-SW$ 方向となっている。

ダム軸上の河床部には $NE \sim SW$ 方向に幅 40~50cm の 2 列の破砕帯が存在する。また、右岸側丘陵背後の $NE \sim SW$ 方向に走る谷沿いにはかなり大規模な破砕帯が存在する。その他、右岸側の沢地形沿い及びクラング川の河床沿いに断層が推定される。

5.1.4 建設材料

ダムサイト周辺に分布する地質は、土質材料としての残積土、風積土、段丘堆積物と中新世マリー累層の砂岩及び泥岩である。ダムサイト周辺にはフィルダムのフィルター材及びコンクリート用の骨材に適した材料は存在しないため、これらは請負業者自身により準備される材料とする。ロック材料として適当な材料は、砂岩層及び段丘堆積物に含まれる転石である。しかし、ダムサイト周辺は砂岩層と泥岩層の互層となつ

ており、砂岩を経済的に採取することは困難と想定される。

フィルダムの遮水材料として残積土および風積土、ランダム材料として段丘堆積物を想定し、図 5-5に示す位置にテストピット及びオーガーボーリング掘削を行った。テストピットからは試料を採取し、物理及び力学試験を行った。

遮水材料

残積土及び風積土はダム上流左岸側の平坦地内のサクリラ(Sakrila)、ドハラ(Dohara)及びマラサ(Malatha)村に十分な量が賦存している。これらの土質材料は図 5-6に示す粒径加積曲線に示されているようにシルト分の多い細粒土であり統一分類法ではCLに分類される。この土質材料は十分な遮水性を示し比較的高い最大乾燥密度(1.77 ~1.86t/m³)を有しているが、シルト分が多く低塑性であり乾燥によるクラックの発生の可能性が高い材料である。当ダムの堤高は50~60mと比較的高いため、下記の目的のために、この土質材料と礫率の高い段丘堆積物を混合する計画とする。

- 粒度分布を改良しクラックの発生の可能性を低くする。
- 礫率の増大によりせん断強度と変形性を改良する。

ランダム材料

ランダム材料としては半透水性材料としての適性粒度範囲内にある段丘堆積物を使用する。当材料は礫分64パーセント、細粒分11パーセントであり、最大乾燥密度は 2.05t/m³、統一分類法ではGMに分類される材料である。段丘堆積物はクラング川両岸に広範囲に分布しているが、当ダムの必要量は洪水吐や堤体等の掘削材により確保できるものと推定される。

5.1.5 ダムサイト及びダムタイプの選定

1) ダムサイトの選定

K-2 ダムの建設予定地の約 700m上流地点において、ほぼ同じ流域面積を有するクラング川の右支流と左支流が合流している。有効貯水量が約 20 MCM の貯水池を計画

する場合は、この貯水池計画を可能とするのに十分な河川流出量を確保するために、ダムサイトはこの合流点より下流に選定されねばならない。総貯水量 29.4 MCM の K-2 ダムの建設に適するダムサイトは、合流点より下流側の地形の状況から判断して、図 5-2 に示す場所に限定される。

クラング川左岸側のサクリラ村内には延長約750 mの副ダムが必要である。

2) ダムタイプの選定

K-2 ダムサイトは谷幅が広く標高 650mにおける谷幅と高さの比は9対1である。メインダムの堤体積及び工事費の概算は次のとおりである（資料編 II, H-7参照）。

フィルダム案	:	1,900,000 m ³	x	190 Rs/m ³	=	3.6 億Rs
重力ダム案	:	300,000 m ³	x	1200 Rs/m ³	=	3.6 億Rs

ダムの基礎が健岩である場合には、フィルダムと重力ダムの工事費の差はほとんどないものと推定される。

ダムの基礎は砂岩と泥岩の互層より成る。砂岩層及び泥岩層の厚さはともに5～12mである。砂岩は硬質であるが泥岩は比較的軟質である。この基礎岩盤の支持力及びせん断強度は堤高50～60mのフィルダムの基礎としては十分であるが、同じ高さの重力ダムの基礎としては下記の理由により適当とは言えない。

- 岩盤のせん断強度は一軸圧縮強度の6分の1とすると、泥岩部のせん断強度は3～13 kgf/cm²となる。他方、堤高50～60mの重力ダムの場合、せん断摩擦安全率4を確保するために必要な基礎岩盤のせん断強度は10～15 kg/cm²と推定され、泥岩部ではこの値を確保できない可能性がある。
- ダムは砂岩と泥岩の互層から成る基礎の上に建設されることになる。泥岩層の変形性が大きく、重力ダムの場合は過大な変形により堤体内に大きな引張応力が発生する可能性がある。

上記のように、当ダムサイトにおいては重力ダム案はフィルダム案に較べて経済性に優る訳でなく、また基礎岩盤は堤高50～60mの重力ダムの基礎としては適当とは言えないため、当事業計画におけるダムタイプはフィルダムとする。

5.1.6 計画設計

1) ダム

K-2 ダムはダムサイト周辺の土取場及び洪水吐や堤体の掘削より入手できる材料の性質を考慮してゾーンタイプのアースダムとした。当ダムの基礎は変形特性の大きく異なる砂岩層と泥岩層の互層であるため、コアより下流部の盛土下の基礎に対して均等な力の分布が期待できる中位の傾斜コアタイプを採用した。コアより上流側の堤体の安定性は貯水池の水位変動の影響を直接受ける。このため、その影響を最小限にとどめるために貯水池最低水位より上位の堤体部分は透水性ゾーンとした。上流側斜面は波浪、下流側斜面は風及び雨水による侵食を防止するためリップラップを計画した。

K-2 ダムの基盤は全体的には高い水密性を有しているが、砂岩層と泥岩層の境界部は比較的高い透水性を示している。これらの高い透水性の部分からの漏水やパイピングなどを防止するためコア敷にカーテングラウチングを行い、高い水圧の作用する河床部にはブランケットグラウチングを追加する計画とする。

ダムの計画図は図面番号D-1003に示している。

2) 洪水吐

設計流量

洪水吐の設計流量は3.2.3“水文”の項で決定された $Q_d=1,840 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

洪水吐の形式

メインダムの左岸側アバットメントも波状地形を呈し洪水吐の設置は適当でなく、他方、右岸側には地形的な困難さは存在しない。したがって、洪水吐は右岸側に設置する計画とする。

当ダムは灌漑目的の貯留ダムであり、下記の利点を重視してゲートなし洪水吐とする。

- 洪水は自然に流下し、ゲート操作等を必要としない。
- そのため、維持管理費が安くて済む。
- 建設工事が複雑ではない。

当貯水池では地形による要請から、最高水位標高は650.0m以下に設定する必要

がある。常時満水位標高は 647.0 m に定められているから、設計水頭は 3.0 m 以下としなければならない。このため、洪水吐の設置されるメインダム右岸側の地形より判断してシュート式の方が側溝式よりもより長い流入堰長を確保でき設計水頭を低くできることから、シュート式洪水吐とする。

流入堰長

設計流量を安全に流下させるために必要な流入堰長は次式で計算される。

$$B = Qd / Cd \times Hd^{3/2} = 1,840 / 2.1 \times 2.8^{3/2} = 187 \text{ m} \leq 189.4 \text{ m} \quad (\text{設計値})$$

ここに、

Qd : 設計流量 (m³/s)
Cd : 流量係数
Hd : 設計水頭 (m)

減勢工

減勢工は跳水型減勢工の USBR II 型とし、延長は 72 m とする。

洪水吐の計画図は図面番号 D-1004 に示している。

3) 放流設備

当ダムには 2 つの放流設備、灌漑用放流設備と河川放流設備が必要である。

灌漑用放流設備

灌漑用放流設備は、K-2 貯水池の貯留水を受益地区の必要水量に応じて幹線水路に放流する機能を有し、計画最大放流量は $Q = 3.96 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

この放流設備は副ダムの下を明り掘削して設置することとし、直径 1.5 m の鋼管をコンクリートで巻き立てた構造とする。管路の上流部には、管路の点検及び補修のために非常用ゲートを設置し、管路末端には流量を調節するためにジェットフローゲートを設置する。当放流設備の末端には放流水を減勢するため減勢工を設置する。灌漑用放流設備の計画図は図面番号 D-1005 に示している。

河川放流設備

河川放流設備は K-2 貯水池の貯留水を下流の必要に応じてクラング川に放流する

機能を有し、その計画最大放流量は $Q=2.24\text{ m}^3/\text{s}$ である。当放流設備はメインダムの右岸袖部に設置する計画であり、安全性は直接メインダムの安全性に影響するため、暗渠形式より安全性の高い直径1.0 mの内張鋼管を有するトンネル形式を採用した。灌漑用放流設備の場合と同じ理由により、管路の上流部には非常用ゲート、管路末端にはジェットフローゲートを設置する。流量調節ゲートを流下した放流水は跳水式減勢工により減勢された後、2連のパイプを通して洪水吐の減勢工に放流する計画とする。

河川放流設備の計画図は図面番号D-1006に示されている。

4) 転流工

転流工の設計対象流量は $Q=690\text{ m}^3/\text{s}$ である。ダムサイトにおけるクラング川の川幅は40~50 mであり、堤体の盛土部分に仮排水路を計画することは困難であるため、転流工として右岸袖部に直径9.0 mの円形の仮排水路トンネルを掘削する計画とする。

仮排水路トンネルの計画図は図面番号D-1007に示されている。

表 5-1. ラワルダム及びシムリーダム諸元一覧表

<u>Items</u>	<u>Unit</u>	<u>Rawal Dam</u>	<u>Simly Dam</u>
<u>River</u>		Kurang	Soan
<u>Catchment Area</u>	(sq.km)	275.1	152.8
"	(sq.miles)	106	59
<u>Reservoir</u>			
Maximum Water Level	(ft)	1,761	2,320
Retention Water Level	(ft)	1,752	2,295
Minimum Water Level	(ft)	1,708	2,233
Gross Storage Capacity	(MCM)	58.6	35.5
"	(acre-ft)	47,500	28,750
Live Storage	(MCM)	53.0	24.7
"	(acre-ft)	43,000	20,000
Dead Storage	(MCM)	5.6	18.5
"	(Acre-ft)	4,500	15,000
<u>Main Dam</u>			
Type of Dam		Gravity*	Rockfill
Top of Dam	(ft)	1,763.5	2,330
Dam Height	(ft)	133.5	263
Length of Dam	(ft)	700	1,010
Top Width	(ft)	14	30
U/S Slope of Dam		1:0.04	1:3.00-2.25
D/S Slope of Dam		1:0.675	1:1.75-1.5
Design Acceleration Force		0.1	0.19
Freeboard above Maximum WL (ft)		2.5	10
<u>Spillway</u> **			
Type		Gate-Controlled	Uncontrolled
Capacity	(m ³ /s)	2,320	1,280
"	(cusec)	82,000	45,000
Crest Elevation	(ft)	1,742	2,300
Design Head	(ft)	19	20
Length of Crest	(ft)	240	110
Max. Probable Flood	(m ³ /s)	3,400	2,570
"	(cusec)	120,000	90,689
<u>Construction</u>			
Commenced	Year	1959	1972
Completed	Year	1962	1982

Note:

*... Rawal Dam has a saddle dam of rolled earth embankment.

** . Simly Dam has a fuse plug spillway of 400 feet long and 12 feet high.

表 5-2. K-2 ダムの計画諸元

<u>Location</u>	North-East Corner of ICT	
<u>River</u>	Kurang River	
<u>Catchment Area</u>	137.0 sq.km :	52.9 sq.mi
<u>Reservoir</u>		
Maximum Water Level	649.8 m :	2,131.9 ft
Retention Water Level	647.0 m :	2,122.7 ft
Minimum Water Level	637.0 m :	2,089.9 ft
Gross Storage Capacity	29.4 MCM :	23,830 acre-ft
Live Storage Capacity	18.5 MCM :	15,000 acre-ft
Dead Storage Capacity	10.9 MCM :	8,840 acre-ft
<u>Dam</u>	<u>Main Dam</u>	<u>Saddle Dam</u>
Type of Earth Dam	Zoned	Modified Homogeneous
Top of Dam (m)	652.8	652.8
Dam Height (m)	53.0	12.0
Length of Dam (m)	490.0	750.0
Top Width (m)	9.0	9.0
U/S Slope of Dam	1:3.0	1:3.0
D/S Slope of Dam	1:2.5	1:2.5
Volume of Dam (m ³)	1,870,000	190,000
<u>Spillway</u>	Uncontrolled (Ungated)	
Type	Uncontrolled (Ungated)	
Capacity	1,840 m ³ /s :	66,100 cusec
Crest Elevation	647.0 m :	2,122.7 ft
Design Head	2.8 m :	9.2 ft
Length of Crest	189.4 m :	621.4 ft
<u>Diversion Tunnel</u>		
Diversion Flood	690 m ³ /s :	24,800 cusec
Diameter	9.0 m :	29.5 ft
Length	435.0 m :	1,430.0 ft
<u>Outlet Works</u>	<u>Irrigation Outlet</u>	<u>River Outlet</u>
Functional Purpose	Irrigation	Supplemental water supply to Rawal Lake
Design Capacity (m ³ /s)	3.96	2.04
Type of Structure	Concrete Encased Pressure Pipe Conduit	Tunnel with Steel Liner Pipe
Diameter (m)	1.50 - 1.20	1.00 - 0.80

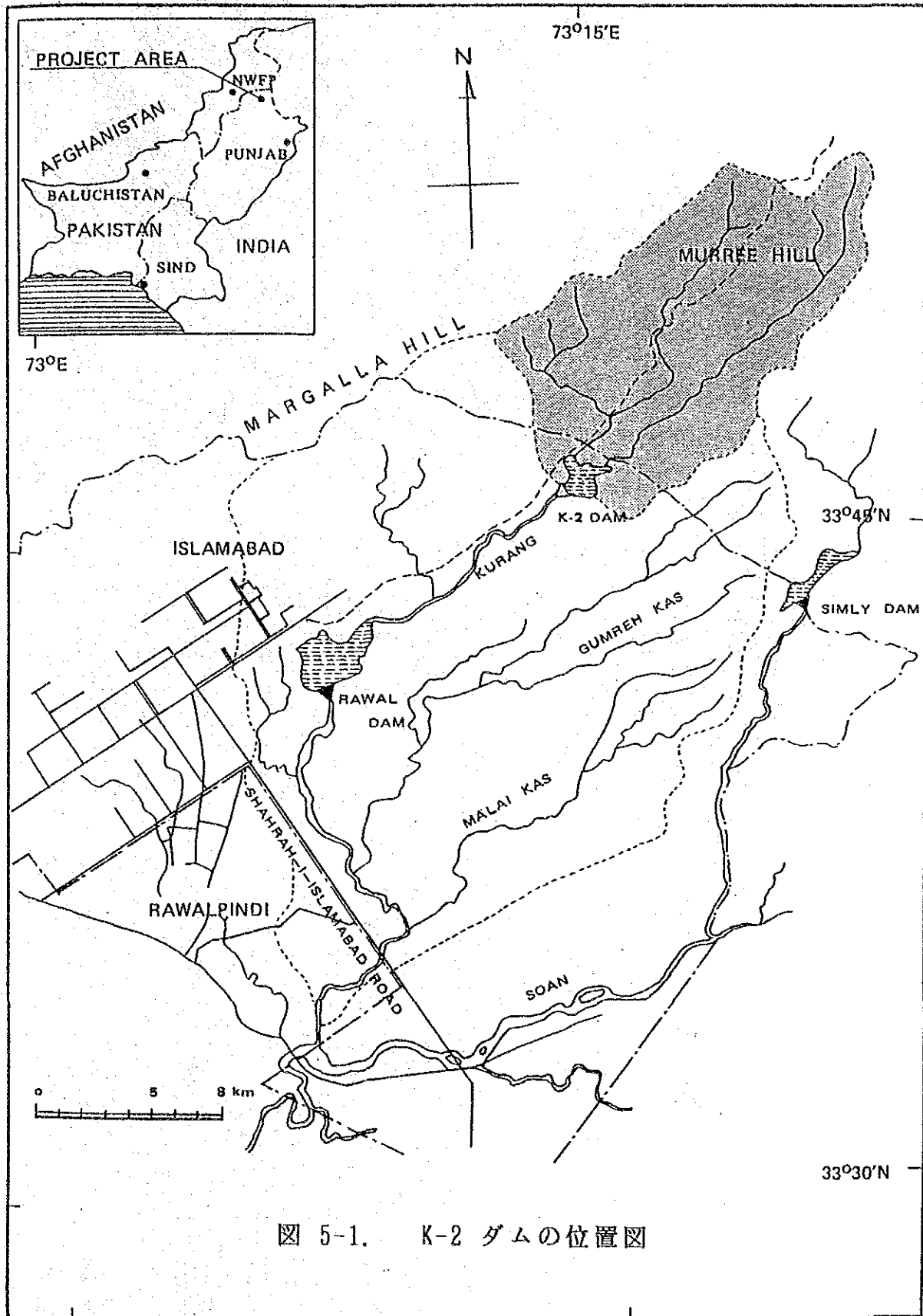


図 5-1. K-2 ダムの位置図

図 5-2. K-2 ダムの計画一般図

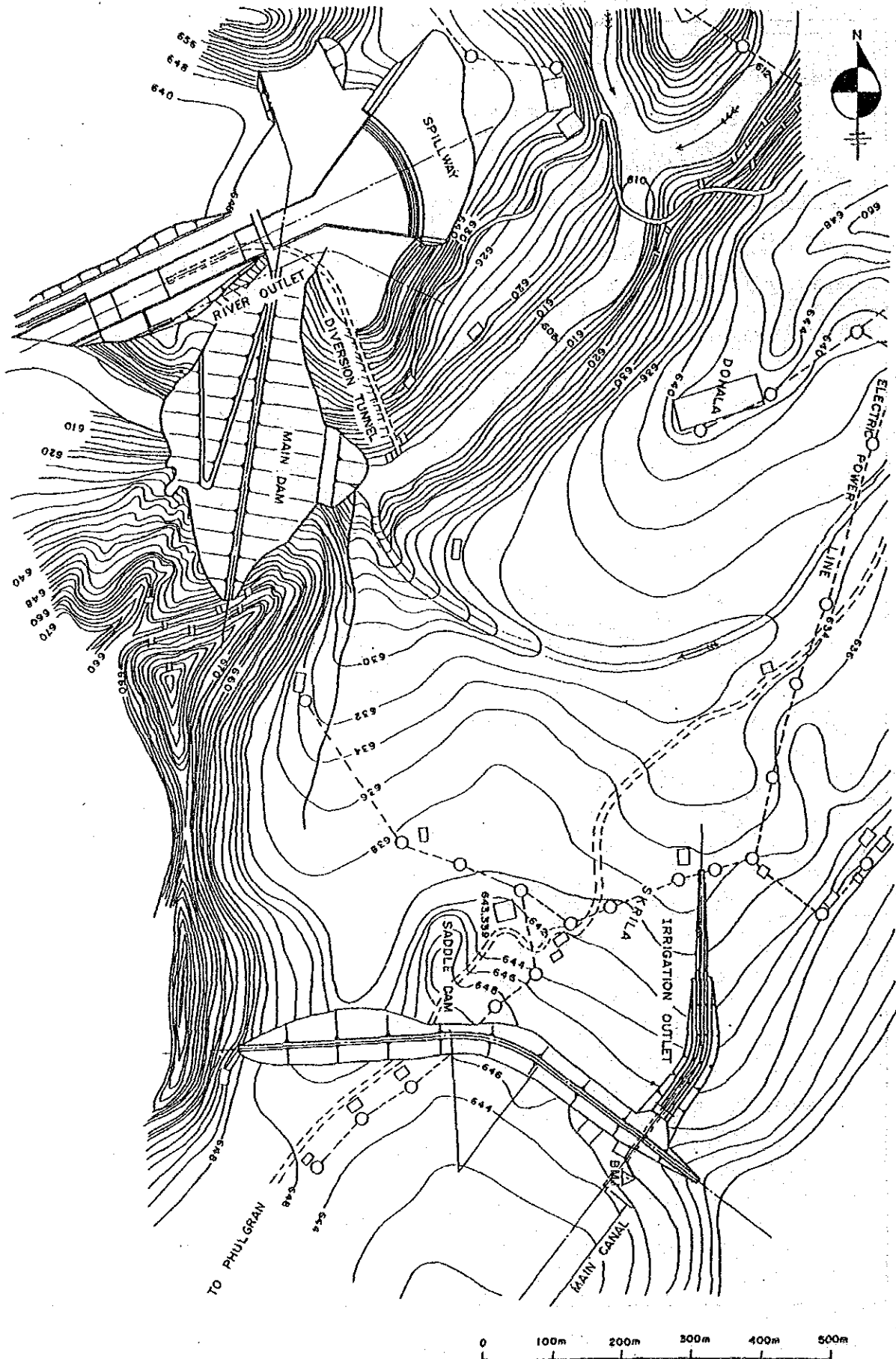


図 5-3. K-2 ダムサイトの地質図

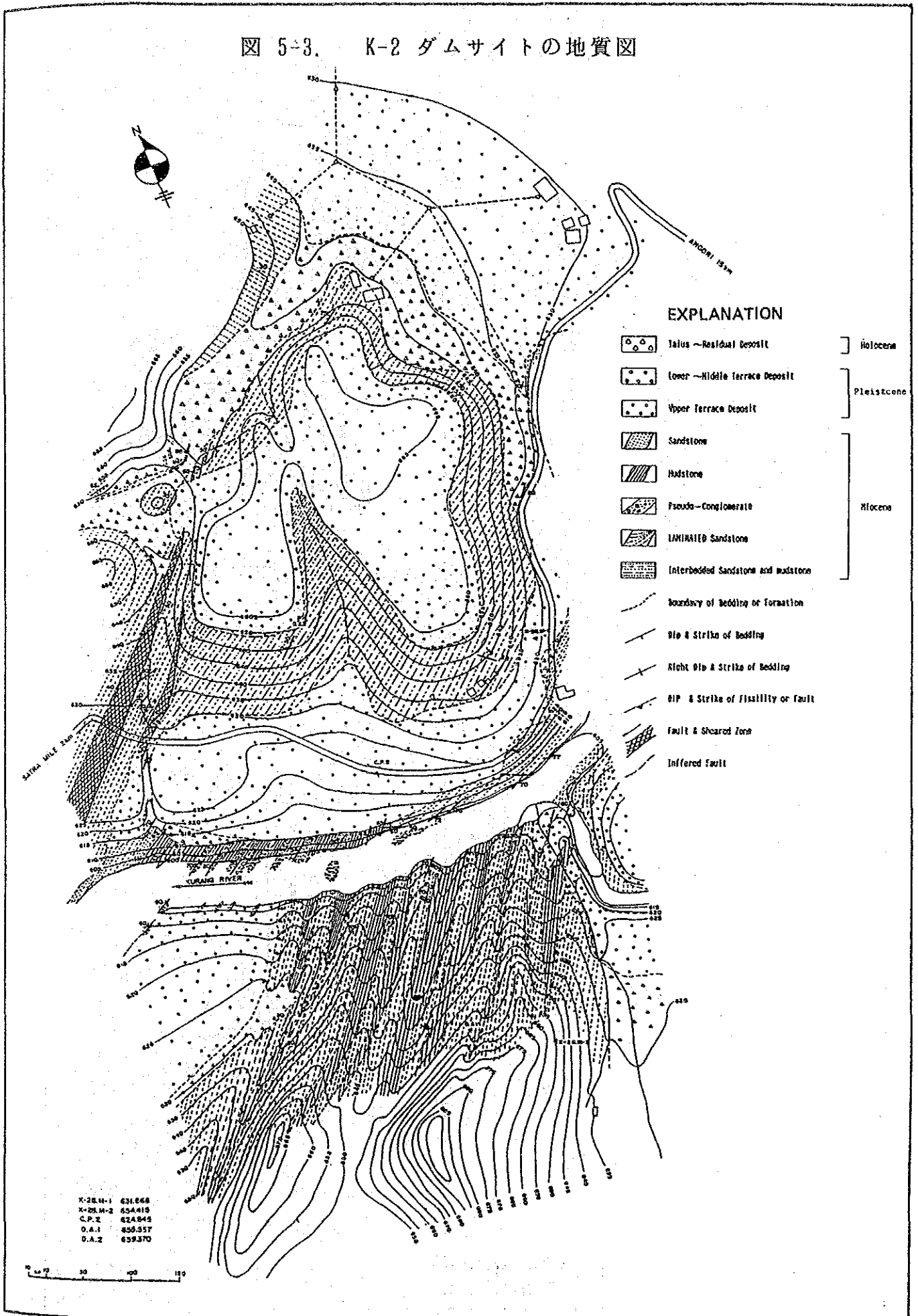


図 5-4. K-2 ダムのダム軸の地質横断面図

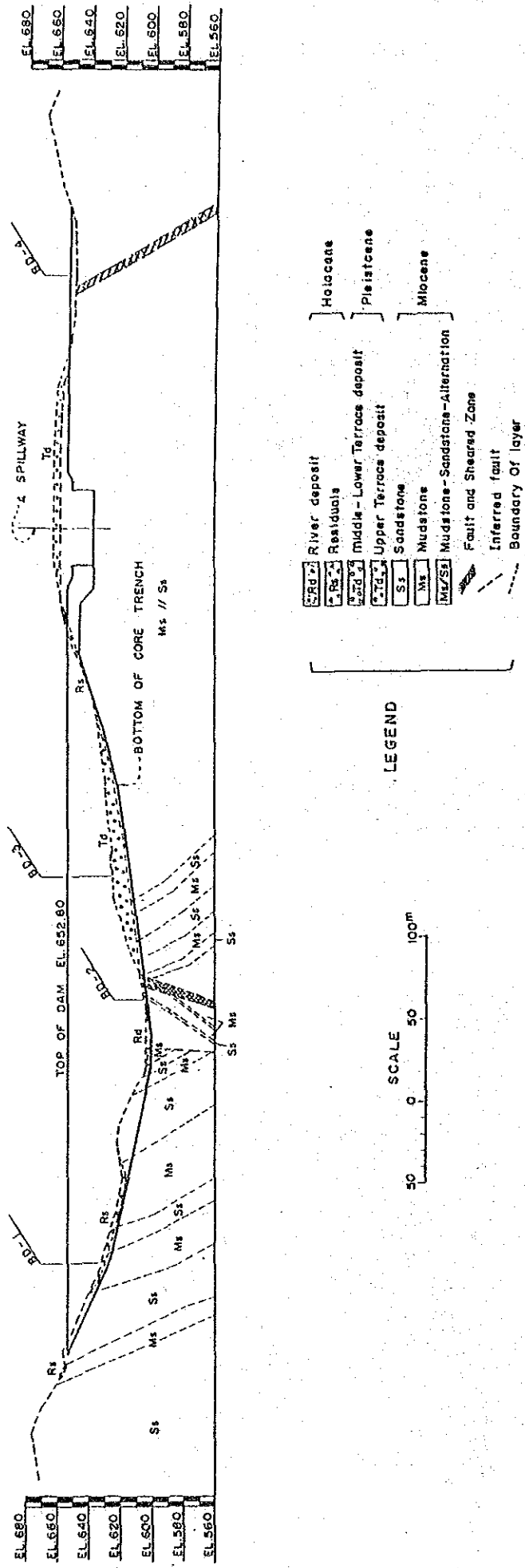


図 5-5. ダムサイト及び土取場の地質調査位置図

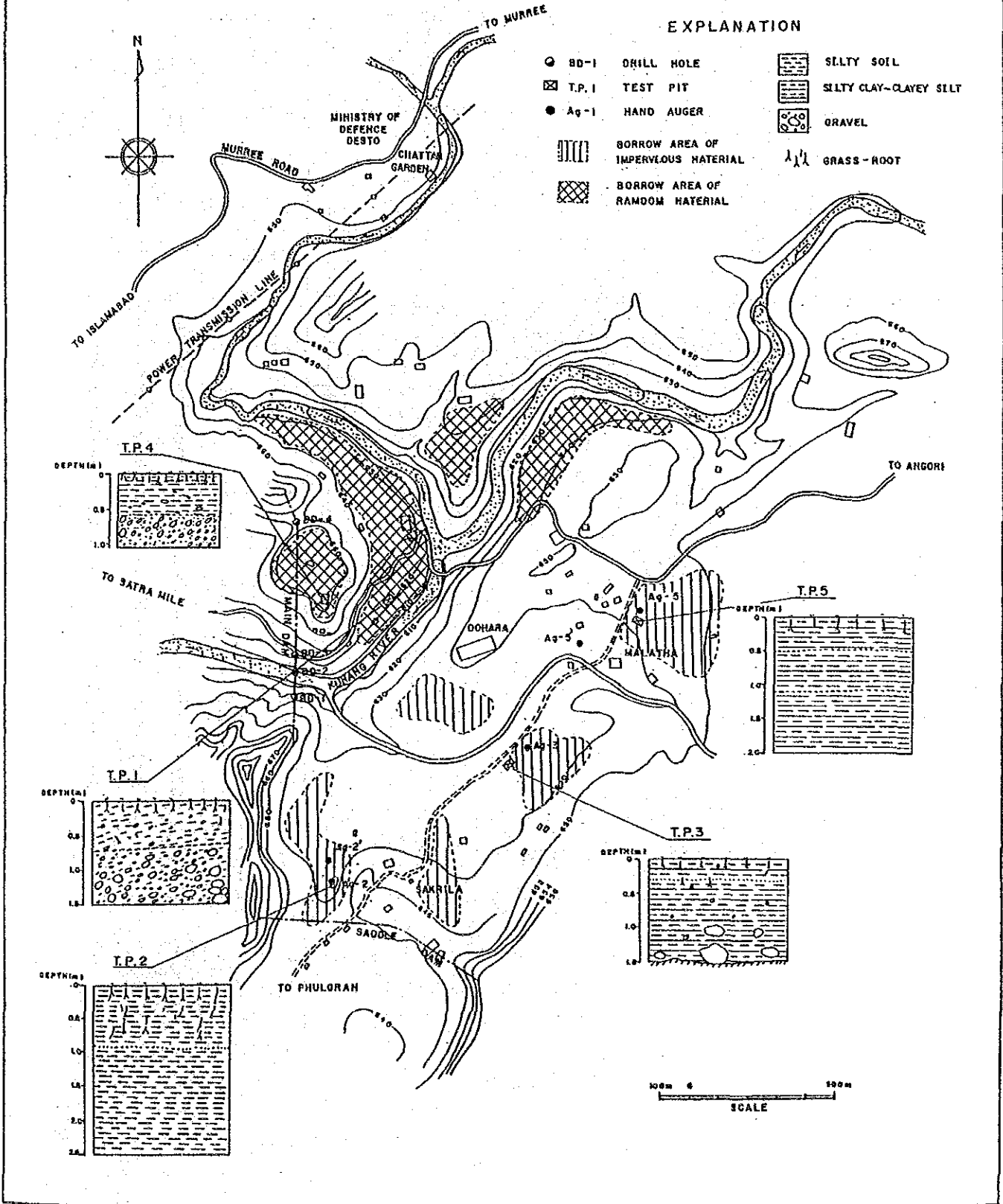
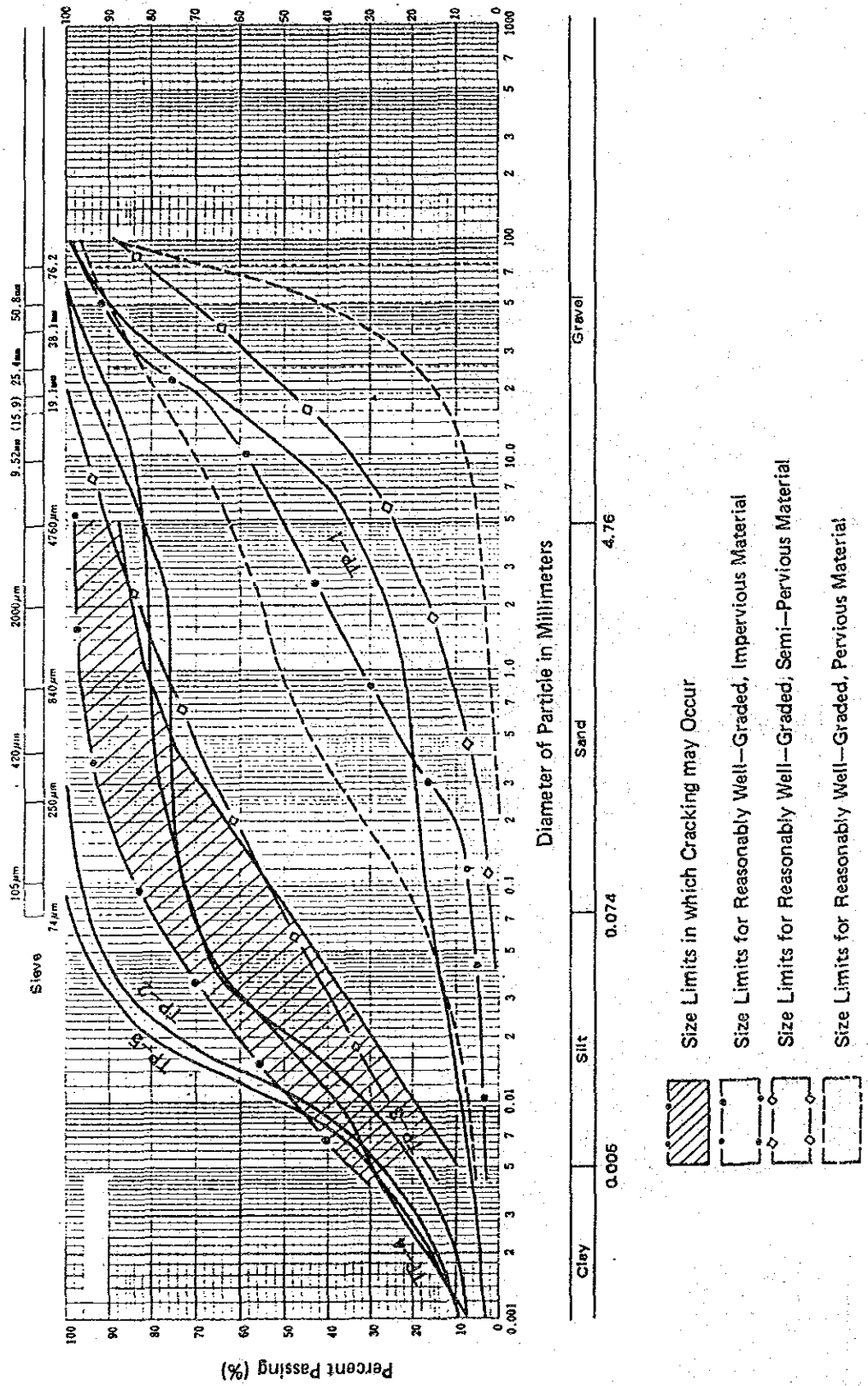


圖 5-6. 築堤材料粒度曲線



5.2. 灌漑用水路計画

5.2.1. 用水路計画

1) 概要

本事業計画における灌漑用の主水源は、既設のラワルダムより上流のクラング川の河川流量であり、K-2ダム及び図 5-7に示す灌漑用水路網を建設することにより、6,600 haの受益地区の灌漑用水として利用することができる。

他方、補助水源としては、ラワルダムより下流のクラング川及び Gumrakas 川の基底流量がある。この基底流量は総量で約 $1.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定され、このうち50%を灌漑用水として使用すると約 800haの畑地の灌漑が可能である。但し、この場合は、地形的要因により、マスタープランにおいて計画された頭首工と揚水機場の建設が必要である。ラワルダムより下流のクラング川及び Gumrakas 川の両岸に展ける畑地が必要とする灌漑用水は、両河川の基底流量を利用しなくても K-2ダムの貯留水によって賄うことができるため、維持管理に費用のかかる頭首工と揚水機場の建設を伴う灌漑計画は採用しないこととした。

2) 地形及び地質

本事業計画地区は、地形的にラワルダムの上流地区と下流地区に大別される。上流地区は、北東から南西方向に伸びる丘陵性山地とその間にひらける比較的平坦な地域からなる。平坦地を走る流水系周辺は、ほぼ直立に近い急崖を持つ葉脈状の地形を呈している。これは、土壌地盤の浸透性が低いため、強度の高い降雨により生じた地表流が、表土を著しく侵食し、さらに地質を構成する風積堆積物が縦構造であることに起因している。また、いたる所に、硬質な砂岩層が直立に近い急傾斜をなし、馬の背状の細長い残丘を形成している。

他方、下流地区は、降雨により所々ガリ侵食を受けてはいるものの沖積平野であり全体的に平坦な地形を呈している。

水路路線の地質は、風積土、残積土及び河床堆積物などの未固結～半固結堆積物により構成されている。水路路線上の代表的地点7ヵ所にテストピットを開削した。

テストピットの柱状図は、資料編Cに示す。

3) 水路の配置計画

本事業計画における水路の配置計画は、縮尺2万1,100分の1の地形図と現地調査の結果に基づいている。灌漑用水路の総延長は約130kmのうち、今回の実施調査段階において、幹線水路、第1支線水路及び第6支線水路の一部、合計約35kmの路線測量を行った。水路縦断面計画図に示す現況地盤線のうち、測量の対象としなかった区間は、縮尺2万1,100分の1の地形図によって作成したものである。

本事業計画地区の上流地区には、クラング川、 Gumラカス川右支流及び Gumラカス川が北東から南西方向に延長約10km~15kmの長さで、ほぼ並行して流れており、これらの河川の両岸を下表に示すように5分割し、それぞれの地区の高位部に灌漑用水路を配置した。

上流地区の水路配置

地 区	水路名
クラング川右岸	第1支線水路
〃 左岸	第2支線水路
Gumラカス川右支流右岸	幹線水路
〃 左岸	第4支線水路
Gumラカス川左岸	第3支線水路

他方、下流地区は、地形及び上流地区の水路配置との関係から、下記の3地区に分割した。

下流地区の水路配置

地 区	水 路 名
クラング川右岸	第6支線水路
クラング川左岸、Gumラカス川右岸	幹線水路、第5支線水路
Gumラカス川左岸	第3支線水路

これらの幹線水路(Main Canal)及び支線水路(Branch Canal)に加えて、必要に応じて分線水路(Distributary Canal)及び派線水路(Minor Canal)を配置し、末端約50haの圃場への分水工まで灌漑用水路を配置する計画とした。これらの水路の配置計画は図5-7及び図面番号C-1001に示すとおりである。なお、Bharakaoの、Margalla Hillのふもとにひらける畑地への給水は、地形的要因から、第1支線水路の末端に建設する揚水機場によって行う計画とした。

野菜、果樹、穀類及び飼料作物を基幹とする畑作物の灌漑栽培を導入するために、

送水システムの設計条件は次の2点を前提とした。

- 一 灌漑用水の補給は日中の12時間内に行う。
- 一 末端の水管理を容易にするためにファームポンドを設置する。

上記の条件を満足する最良の送水システムを決定するため、下記の2案について比較検討を行った(図5-8参照)。

- 配水計画Ⅰ …… ファームポンドは、日当たり灌漑水量の最大値の50%か、又はそれ以上の量に相当する貯水容量を有する計画とする。このため、ファームポンドの上流に位置する灌漑用水路は24時間通水が可能である。この灌漑用水路の単位設計流量は 0.60 l/sec/ha である。
- 配水計画Ⅱ …… ファームポンドは、日当たり灌漑水量の最大値の約24分の3に相当する貯水容量を有する計画とする。この貯水容量は畑地灌漑上必要な最小量のため、灌漑用水路は昼間の12時間通水としなければならない。灌漑用水路の単位設計流量は $2 \times 0.60 \text{ l/sec/ha}$ である。この案では、Athai 村内の幹線水路沿いに、約15万 m^3 の貯水量を有する調整池を設置する計画である。この貯水量は調整池の下流に位置する受益地区が必要とする日当たり灌漑水量の最大値の50%に相当する。このため、調整池の上流に位置する幹線水路は24時間通水が可能であり、その単位設計流量は 0.60 l/sec/ha となる。

上記の2案の概算工事費は次のとおりである。

計画案	水路	ファームポンド	調整池	合計
配水計画Ⅰ	143,100	5,900	—	149,000
配水計画Ⅱ	165,700	3,300	2,200	171,200

本事業計画においては、配水システムの管理が容易であり、また、工事費の安い配水計画Ⅰを採用する。

5.2.2. 送水及び関連施設の設計

1) 送水施設

水路形式は開水路形式と管水路形式に分類できるが、本事業計画においては、経済的に有利であり、パキスタン国において広く採用されている開水路形式を採用する。

したがって、水路組織は、開水路を主体とし、サイホン・暗渠・水路橋・落差工等の工種からなる送水施設と分水工・放水工・ファームポンド等を含む関連施設により構成される。

開水路

本事業計画地区の上流地区の地形勾配は 100分の1 から 300分の1 の急勾配であり、下流地区の地形勾配は 500分の1 から1,000 分の1 と比較的緩勾配である。

地形勾配の急な区間には、開水路としての適正な流速を確保するために落差工の設置が必要である。土水路は、工事費は安くて済むが、浸透損失が多く、雨水や流水による水路面の侵食の恐れがあり、また雑草が繁茂するため清掃など工事完成後の維持管理に多くの費用を要する。本事業計画においては、規模の比較的小さい派線水路は土水路とし、幹線、支線及び分線水路はコンクリートライニング水路の計画とした。

水路のライニング様式の選定に際して、プレキャスト鉄筋コンクリートフルームは、現在のところ、パキスタン国にその規格がなく、製造もされていないようであるので、比較検討の対象とはしなかつた。しかし、詳細な図面及び仕様書を準備すれば、首都圏周辺のコンクリート工場でそれを製造することは可能であるようである。プレキャスト製品は品質管理が容易であり、施工性も優れているため、プレキャスト製品の使用の可能性について実施設計の段階で、十分に検討する必要がある。

ライニングの様式は、4つの様式について比較検討し、水路の種類別に次の様式を採用した（表 5-3参照）。

水路のライニング様式

水路の種類	ライニングの様式
幹線水路	鉄筋コンクリートフルーム
支線水路	無筋コンクリートフルーム、但し、地形的な制約により水路の縦断勾配が緩勾配となり、そのため比較的大きい水路断面となる区間は鉄筋コンクリートフルームとする。
分線水路	無筋コンクリートフルーム

なお、灌漑用水の水管理及び施設の維持管理、さらに農産物や農機具等の運搬のため、水路が既設の道路に並行している区間を除き有効幅員3.05 m (10 ft)の管理用道路を水路に併設する計画とした。

開水路の計画図は、図面番号C-1001～C-1005参照。

サイホン

河川等の横断区間はサイホンとし、管体はパキスタン製のプレキャスト鉄筋コンクリート管を使用するものとした。第1支線水路のクラング川サイホンの計画図は図面番号C-1006に示す。

暗渠

暗渠は、原則として水路の山側からの土砂流の多い区間、水路建設に伴う切土面に崩壊の恐れのある区間及び主要道路との交差部に採用する。構造は鉄筋コンクリート製のボックス構造とし、水路幅は隣接する開水路と同一とする（図面番号C-1005参照）。

水路橋

第6支線水路が既設のラワルダムの用水路を横断する区間は、水路橋の計画とした。構造は鉄筋コンクリート製のフルーム構造とし、水路幅及び水路勾配は隣接する開水路と同一とする（図面番号C-1005参照）。

落差工

開水路で適正な流速を保つため、地形勾配の急な区間では落差工を設置する計画とした。落差工は、タイプA（落差1 m）とタイプB（落差2 m）の2種類とした（図面番号C-1007参照）。

2) 関連施設

分土工

派線水路から末端圃場への分水は、水路バーム下に埋設した鉄筋コンクリート管を通して行う計画とした。派線水路以外の水路の分岐点には、分水量を調節す

るため、ダブルオリフィス分水工を設置する計画とした（図面番号C-1008及びC-1009参照）。

放水工

水路の余剰水排除や点検及び補修のために、放水工を設置する計画とした。本水路組織においては、幹線水路に1ヵ所、第3支線水路に2ヶ所及び第6支線水路に1ヵ所、合計4ヵ所設置する計画とした（図面番号C-1010参照）。

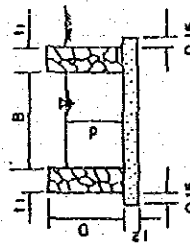
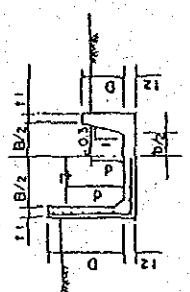
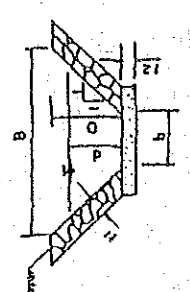
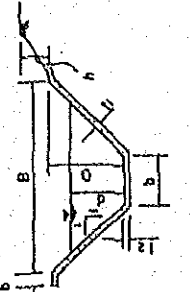
ファームポンド

水の有効利用及び容易な水管理を目的として、分線水路及び派線水路の始点部にファームポンドを設置する計画とした。ファームポンドのタイプは、支配面積により下記の2種類とした（図面番号C-1009参照）。

ファームポンドの種類

<u>タイプ</u>	<u>支配面積</u>	<u>貯水容量</u>	<u>設置ヵ所数</u>
A	200～300 ha	5,600 m ³	24ヵ所
B	300～400 ha	8,400 m ³	4ヵ所

表 5-3. 水路の舗装種類別比較表

ITEM	VERTICAL WALL TYPE			SLOPED WALL TYPE				
	STONE MASONRY	CONCRETE	CONCRETE	STONE MASONRY	CONCRETE	CONCRETE		
SECTION								
	Q (m ² /S)	3.30	0.50	3.30	0.50	3.30	0.50	
	I	1/1000	1/330	1/1000	1/330	1/1000	1/330	
	S, b (m)	2.00	0.80	—	1.12	0.70	4.10	1.10
	D (m)	1.60	0.70	1.60	0.70	0.65	1.50	0.65
	d (m)	1.20	0.45	1.20	0.42	0.37	1.06	0.37
	f ₁ (m)	0.50	0.50	0.15	0.15 ~ 0.36	0.50	0.15	0.10
	f ₂ (m)	0.30	0.30	0.20	0.25	0.30	0.15	0.10
	h (m)	—	—	—	—	0.50	0.60	0.40
	n	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
REINFORCING BAR	—	—	D15 @ 250	—	—	—	—	
DISTRIBUTION	—	—	D13 @ 300	—	—	—	—	
SUITABILITY TO NATURAL CONDITIONS	CROSS SECTION	2	2	1	1	3	2	
	STEEP SLOPE	2	2	1	1	4	4	
	AREA WITH SHINGLES	1	1	1	1	3	4	
	HIGH GROUND WATER AREA	2	2	1	1	4	3	
	RIGHT OF WAY	2	2	1	1	3	4	
	UNBULATED AREA	1	1	1	1	3	2	
	EARTH WORK	2	2	1	1	3	4	
	STRUCTURE	3	3	1	1	3	2	
	QUALITY CONTROL	2	2	1	1	2	3	
	HIGH VELOCITY	1	1	1	1	1	1	
FLUCTUATION OF WATER LEVEL	25 ~ 35 (30)	40 ~ 70 (50)	25 ~ 35 (30)	20 ~ 30 (25)				
DURABILITY OF STRUCTURE	LIFE SPAN (YEAR)	2	2	1	1	2	3	
	" " (ORDER)	3,030	1,750	2,700	1,480	3,480	2,220	
COST (FR / S)	CONSTRUCTION COST	3	3	2	2	4	1	
	ORDER	244	141	196	107	280	164	
	AMORTIZATION COST	3	3	2	2	4	1	
ORDER	3	3	1	1	4	2		
OVERALL RATING	3	3	1	1	4	2		

— For construction cost, see Table H-4 of Annex H.

— Amortization cost = construction cost $\times i (1 + i)^n / [(1 + i)^n - 1]$, i = interest 7%, n = life span

表 5-4. 水路及び附帯構造物の計画諸元

LENGTH OF CANAL

Canal	Design Discharge	Length
- Main Canal	4.0 ~ 1.5 m ³ /s	17,710 m
- Branch Canal		
1st Branch Canal	0.3 m ³ /s	3,590 m
2nd Branch Canal	0.5 ~ 0.3 m ³ /s	4,900 m
3rd Branch Canal	1.5 ~ 0.5 m ³ /s	17,900 m
4th Branch Canal	0.3 ~ 0.15 m ³ /s	1,900 m
5th Branch Canal	1.0 ~ 0.3 m ³ /s	6,000 m
6th Branch Canal	0.5 ~ 0.15 m ³ /s	7,900 m
Sub-Total	1.5 ~ 0.15 m ³ /s	42,190 m
- Distributary Canal		4,830 m
- Minor Canal		65,320 m
Total		130,050 m

NUMBER OF CANAL STRUCTURES

Canal Structure	Main Canal	Branch Canal	Total
Siphon	10	13	23
Cut & Cover Conduit	2	15	17
Aqueduct	-	1	1
Drop	43	63	106
Off Take	5	1	6
Turnout	4	24	28
Wasteway	1	3	4
Farm Pond	-	28	28

图 5-7. 水路計画一般図

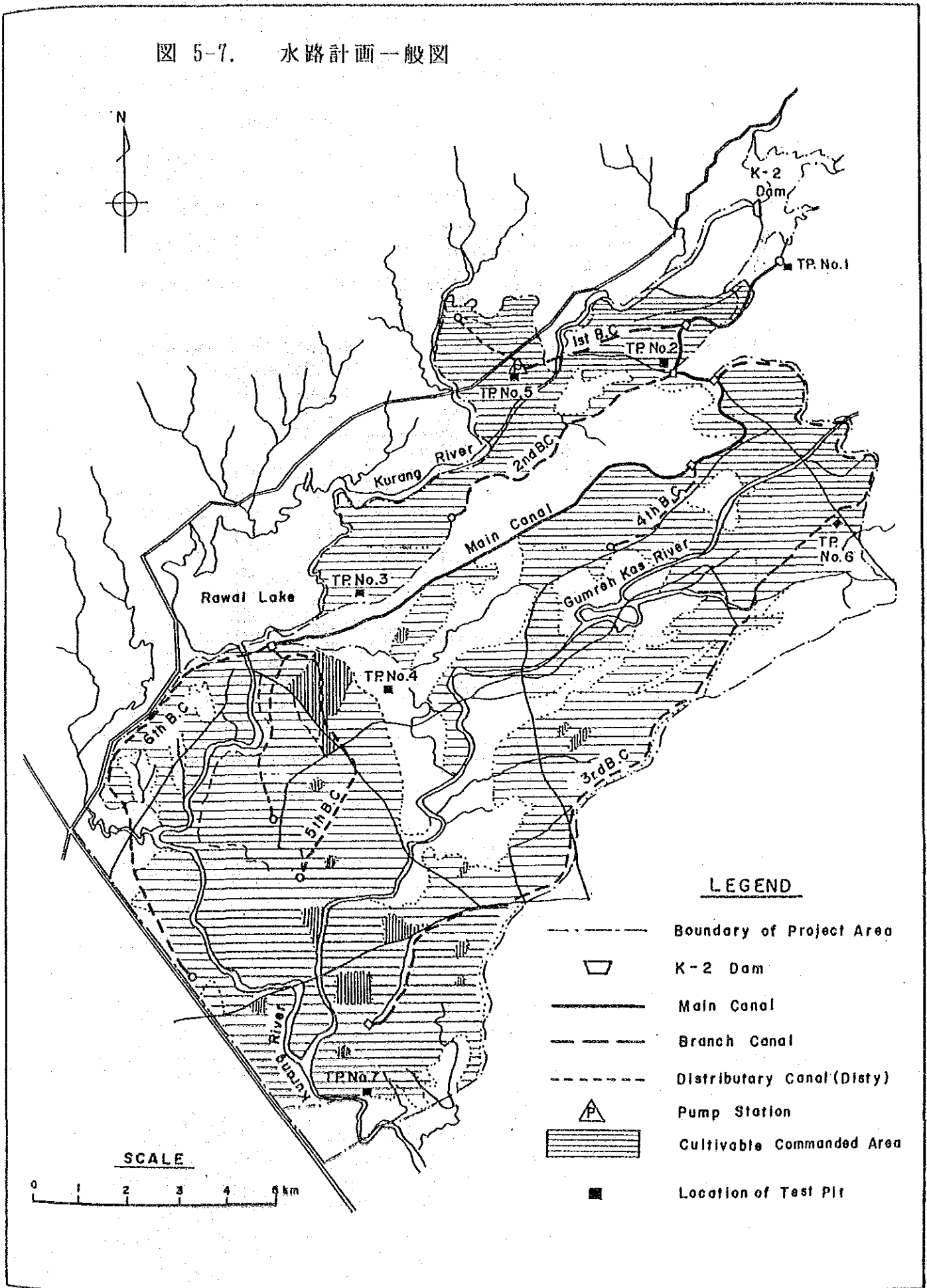
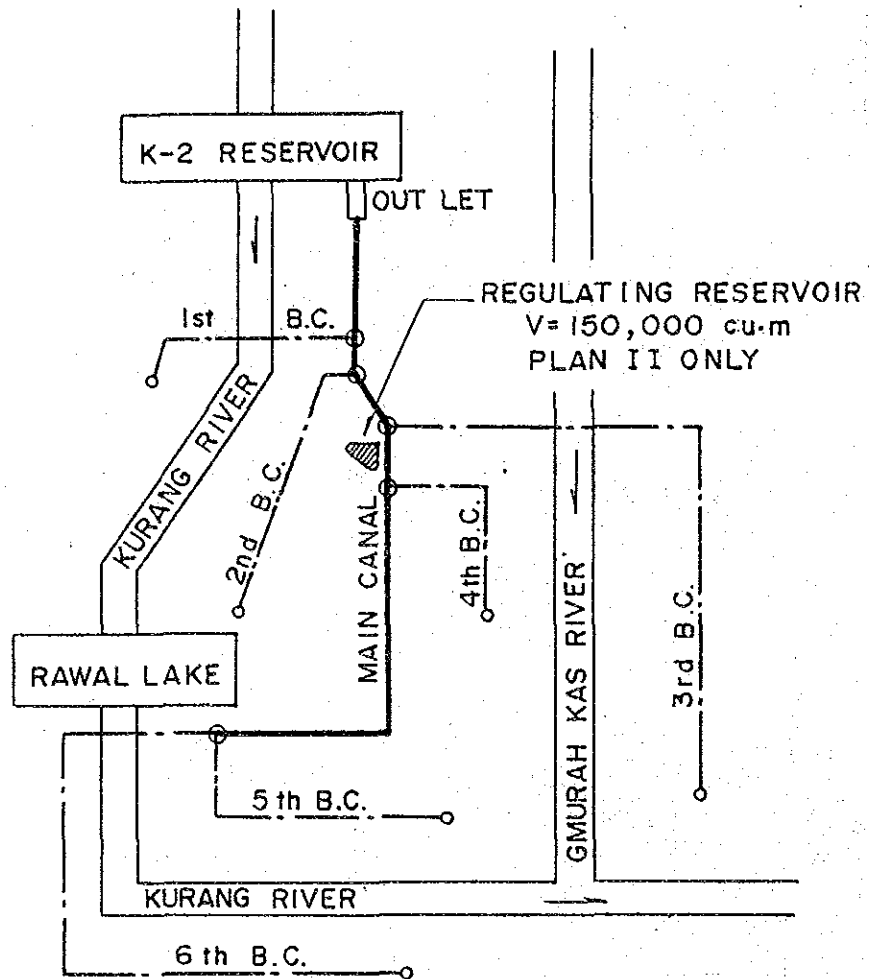


図 5-8. 用水路系統の模式図



	OUTLINE OF CANALS	MAXIMUM DESIGN DISCHARGE	
		DISTRIBUTION PLAN	
	LENGTH	I.	II
MAIN CANAL	17.7 km	4.0 Cu.m/s	4.2 Cu.m/s
1st BRANCH CANAL	3.6 "	0.3 "	0.5 "
2nd BRANCH CANAL	4.9 "	0.5 "	0.8 "
3rd BRANCH CANAL	17.9 "	1.5 "	3.0 "
4th BRANCH CANAL	1.9 "	0.3 "	0.5 "
5th BRANCH CANAL	6.0 "	1.0 "	2.0 "
6th BRANCH CANAL	7.9 "	0.5 "	0.8 "
DISTRIBUTARY CANAL	4.8 "	0.5 "	0.5 "
MINOR CANAL	65.3 "	0.5 "	0.5 "
TOTAL	130.0		

5.3. 末端施設

5.3.1. 末端施設の標準設計の方針

受益地区は起伏の多い上流地区と平坦な下流地区に大きく区分されることから、末端施設整備を行うための標本地区は、両地区から1ヵ所ずつ選定した。すなわち、2万1,100分の1の地形図による検討及び現地調査結果に基づき、次の2ヵ所の標本地区を選定した（資料編図 1-1参照）。

- | | | |
|--------------------|---|--|
| 標本地区-1
(上流受益地区) | : | 事業計画地区の北東部、U.C. Tamirの Pind Begowal 村内の Simly road 沿の約 40 ha |
| 標本地区-2
(下流受益地区) | : | 事業計画地区の南部、U.C. Tarlai の Chata Bakhtawar 村内で、National Park Roadと Gumreh Kas 川が交差する付近の 45 ha |

末端施設整備の基本方針は次のとおりである。

- 圃場の高位部に圃場用水路を配置する。
- 雨水及び流水による侵食を防止するため圃場内の低位部に排水路を設置する。
- 圃場道路は圃場からの距離が最大でも 100m程度となるように配置する。
- 区画整理及び圃場の均平化は行わない。

5.3.2. 末端施設の標準設計

末端施設整備のため、標本地区2ヵ所の地形図(1,000分の1)に基づき、次に示す標準設計を行った(図面番号 NO.-1001 ~NO.-1003参照)。

主要施設

- | | | |
|-------|---|-------------------|
| 圃場用水路 | : | 分水工から各圃場に配水する。 |
| 排水路 | : | 雨水及び流水による侵食を防止する。 |
| 圃場道路 | : | 地区内の農作業と施設の維持管理。 |

付帯構造物

- 圃場用水路
 - ・ 落差工 : 圃場用水路の勾配を緩勾配にする。
 - ・ 横断暗渠 : 圃場道路の横断ヵ所に設置する。
 - ・ 取水口 : 圃場用水路から圃場に給水する。
 - ・ 末端分水工 : 圃場用水路の分岐するヵ所。

一 排水路

- ・横断暗渠 : 圃場道路の横断カ所。
- ・放流工 : 排水路の水を既存の谷間又は河川へ放流する。

末端施設の数量は表 5-5に示すとおりである。

表 5-5 標本地区における末端施設

項 目	単 位	標本地区-1	標本地区-2
1. 位 置	-	Pind Begowal	Chata Bakhtawar
2. 面 積			
全面積	ha	40.3 *	45.2
灌漑面積	ha	25.6 *	37.5
3. 主要末端施設			
圃場用水路	m	5,200(203) **	5,090(136) **
排水路	m	2,610(102)	1,910(51)
圃場道路	m	2,230(87)	2,850(76)
4. 附帯構造物			
(圃場用水路)			
落差工	カ所	42	10
横断暗渠	〃	12	8
取水口 (タイプ I)	〃	203	138
取水口 (タイプ II)	〃	29	12
末端分水工 (タイプ I) ***	〃	29	17
末端分水工 (タイプ II) ***	〃	2	0
(排水路)			
横断暗渠	カ所	3	3
放流工	〃	7	2

注 : * ……面積の詳細については資料編 I の表 I-1 に示す。

** ……主要末端施設の施設密度 (m/ha) を示す。

*** ……末端分水工は土構造で圃場用水路の一部である。

タイプ I ……T字型分水工

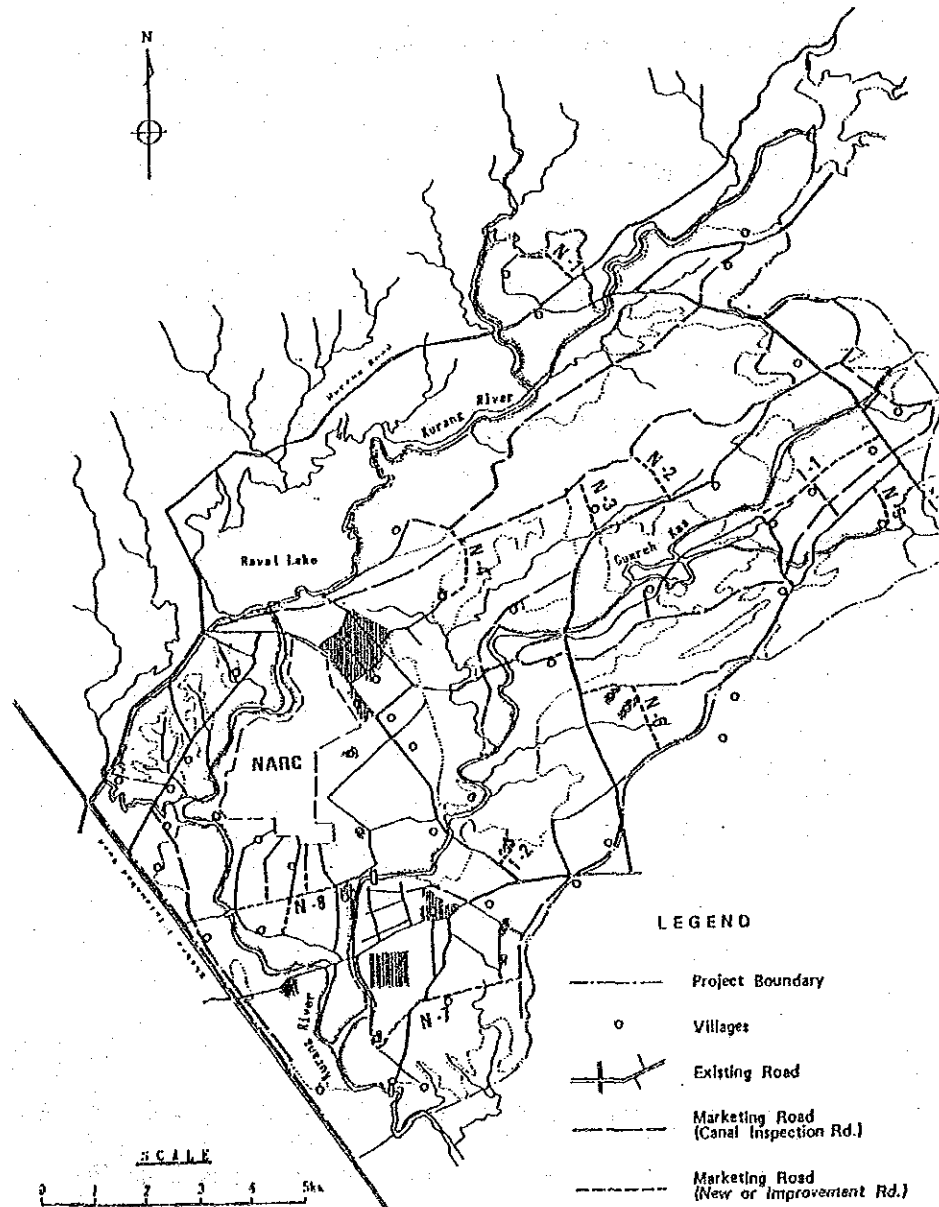
タイプ II ……十字型分水工

5.4. 道路計画

灌漑用水路沿に設置する管理用道路、そして、集落間の連絡及び生産資機材や農産物の運搬のために、延長13.8 km の新設道路と4.8 kmの改修道路、合計18.6 km の流通道路を計画した。この道路は、全幅 6.10 m、有効幅員 3.05 mで砂利舗装とする。

流通道路の位置は次の図5-9 に示すとおりで、計画図は図面番号 No. R-1001に示す。

図5-9 流通道路網計画



5.5. 事業費の積算

5.5.1. 積算条件

事業費の積算は、次の条件に基づいて行った。

- i) 建設工事は請負方式で行い、建設機械機器及び資材は請負業者が準備するものとする。したがって、事業費の積算における建設機械費は損料計算とする。
- ii) 事業費は建設工事費、事業関連費、予備費及び物価上昇費から成る。
- iii) パキスタン・ルピーと米ドルの交換比率は、1ドル 17.3 ルピーとする。
- iv) 建設工事費と事業関連費の予備費は10%とする。
- v) 年間の物価上昇率は、外貨分 2.0%、内貨分 8.0%とする。

5.5.2. 建設工事費及び事業関連費

1) 建設工事費

労務、資材及び建設機械の基礎価格は、パキスタン国の実勢価格を考慮して決定する。基礎価格は資料編表 J-1~J-6 に示す。

建設工事費は各工種毎の単価を基に算定する。算定結果は資料編表 J-7~J-11に示す。

2) 事業関連費

関連事業費は次の6項目から成る。

- 末端施設費
- 農業支援施設費
- 用地買収及び補償費
- 維持管理機械費
- 事業管理費
- コンサルタント費

5.5.3. 事業費

1) 事業費

物価上昇を見込んだ事業費の見積額は、総額で13億3,300 万ルピーであり、外貨分は 6億6,700 万ルピー、内貨分は 6億6,300 万ルピーである（表 5-6参照）。

2) 事業費支出計画

実施工程表に基づく事業費の年別支出計画の概要は、下表のとおりである。詳細は、資料編表J-18に示す。

事業費の年別支出計画表

年	(単位：百万ルピー)		
	F/C	L/C	計
1989	6.1	0	6.1
1990	2.7	0	2.7
1991	12.9	146.4	159.3
1992	179.0	118.4	297.4
1993	174.8	148.3	323.1
1994	201.0	161.6	362.6
1995	90.9	88.3	179.2
計	667.4	663.0	1,330.4

表 5-6. 事業費

(unit: '000 Rupee)

Item	F/C	L/C	Total
1. Civil Works			
1.1. Pre-Engineering Works	7,300	0.0	7,300
1.2. Dam Works	277,200	128,700	405,900
1.3. Canal Works	82,700	66,300	149,000
1.4. Road Works	5,400	2,500	7,900
1.5. Project Facilities	1,400	4,300	5,700
Sub-Total	<u>374,000</u> (65%)	<u>201,800</u> (35%)	<u>575,800</u>
2. On-Farm Development	27,100	25,100	52,200
3. Agricultural Supporting Facilities	16,700	3,300	20,000
4. Land Acquisition and Compensation	3,400	110,500	113,900
5. O & M Equipment	12,300	500	12,800
6. Project Administration	4,200	5,300	9,500
7. Consulting Services	60,000	23,800	83,800
8. Total (1 - 7)	<u>497,700</u>	<u>370,300</u>	<u>868,000</u>
9. Contingency (10%)	49,800	37,000	86,800
10. Total (8 + 9)	<u>547,500</u>	<u>407,300</u>	<u>954,800</u>
11. Price Escalation	120,000	255,600	375,600
<u>Grand Total (10 + 11)</u>	<u>667,500</u>	<u>662,900</u>	<u>1,330,400</u>

第6章 事業実施及び維持管理計画

第6章 事業実施及び維持管理計画

6.1. 事業実施計画

6.1.1. 事業実施機関

事業実施機関は、ICTA、WAPDA、SDO、CDA、PHED、NARC及びMFAC等の政府機関の共同体（以下、事業実施機関という）とする。これらの政府機関は、本事業の実施設計、建設工事の監理及び完成した施設の維持管理を行うために十分な能力と経験を有している。

事業実施機関は、コンサルタントを採用して主要施設の実施設計を行い、有能な請負業者を選定して建設工事を実施し、水利組合を指導し、施設の維持管理を行う。

事業実施機関の組織計画は、図6-1に示すとおりである。

6.1.2. 財源措置

事業費の外貨分は国際融資機関から財源を確保し、内貨分はパキスタン国政府が予算措置を行うものとする。

6.1.3. 事業実施の方法

本事業の建設工事を担当する有資格の請負業者は、国際競争入札により選定するものとする。末端施設の建設は、バラニ地区特有の複雑な地形を考慮し、農業協同組合や、新たに地区内に設立される水利組合等の農民組織と密接な協力関係を維持しながら、事業実施機関の管理のもとに行うこととする。

小規模灌漑事業を担当しているSDOの情報では、末端施設の建設費は下記の2通りの方法で農民負担が行われている。

- i) ・全ての材料は当面政府が支給する。
 - ・材料費の5%は農民負担とし、向う7年間の分割払いとする。
 - ・労働力は全て農民負担とする。
- ii) ・材料費及び労務費を含む全費用を当面政府が支払う。
 - ・全費用の20%を農民負担とし、向う7年間の分割払いとする。

末端施設を除く事業施設の維持管理は、事業実施機関の O/Mスタッフにより行われる。事業実施機関は、建設工事完了前に事業施設の維持管理に必要な機器を調達するものとする。末端施設の維持管理は、基本的には新たに組織化する水利組合が行うこととする。

6.1.4. 準備工事

準備工事は、実施設計のための測量と調査工事から成る。実施調査時に行われたダム建設予定地の縮尺 1,000分の1 の地形図の作成及びダムサイトの地質調査に加えて、実施設計の開始時には事業計画地区全域を包含する縮尺 5,000分の1 の地形図の作成が不可欠である。実施設計のための測量と調査工事は資料編表 J-7に示している。

6.1.5. コンサルタンツ・サービス

事業実施機関の技術スタッフは、事業施設の中の通常の施設については設計及び建設工事の監理について十分な能力を有していると考えられるが、特殊な施設について上記のスタッフを支援するためコンサルタンツ・サービスが必要である。

実施設計と建設工事の監理に従事するコンサルタンツ・スタッフの総員数は上記のスタッフを支援するというサービス内容のもとに、資料編表J-17に示すように見積られた。その概要は次の通りである。

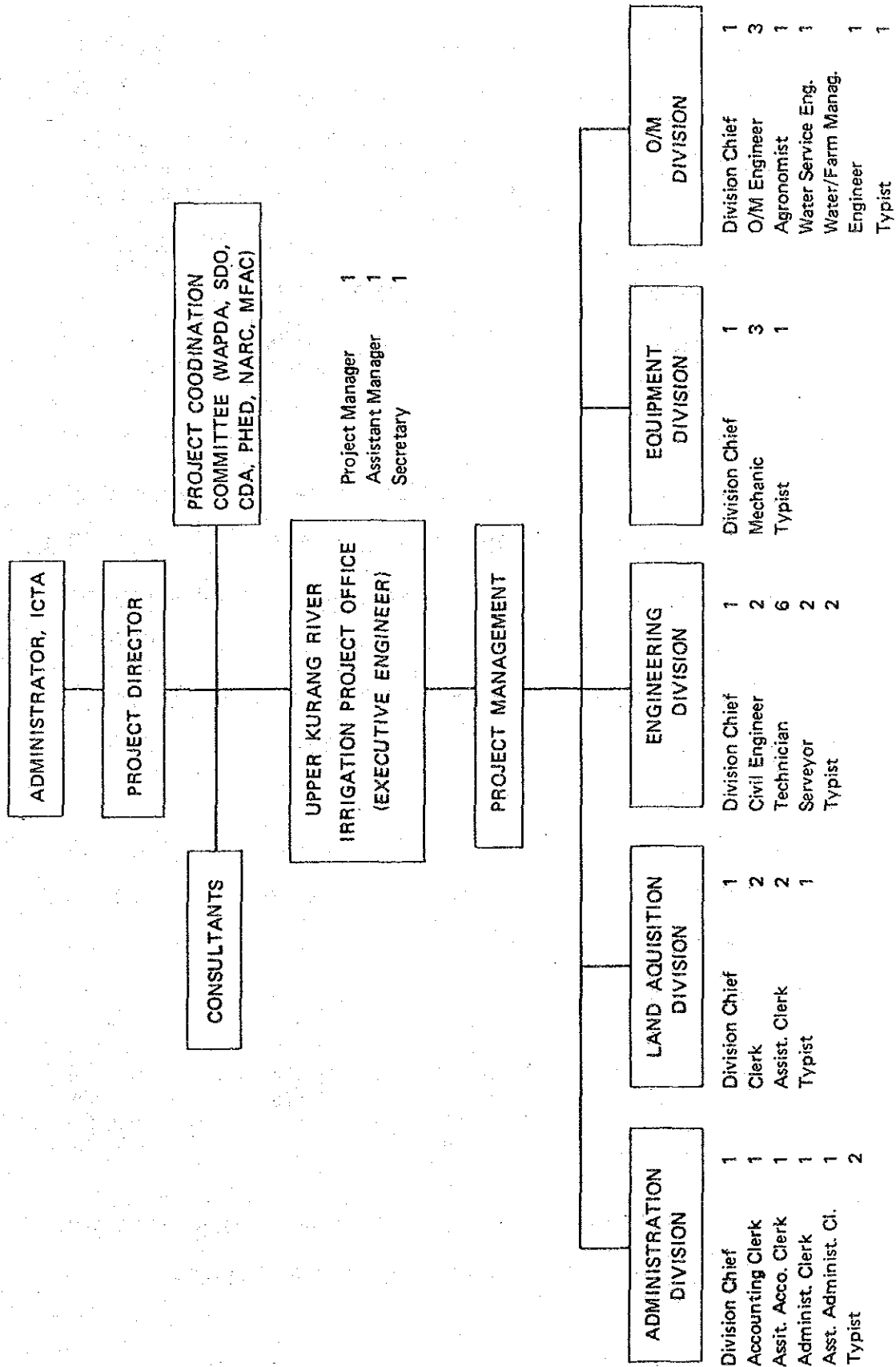
コンサルタンツ・サービスの必要人・月

コンサルタンツ	実施設計	施工監理	農業支援	計
-外国のコンサルタンツ	82.0	124.0	34.0	240.0
-国内のコンサルタンツ	27.0	78.0	12.0	117.0
計	109.0	202.0	46.0	357.0

6.1.6. 用地買収及び補償

貯水池内及び水路敷の用地買収は、建設工事の開始前に事業実施機関が行うこととする。用地買収及び補償の詳細は資料編表J-14に示している。

図 6-1. 事業実施機関の計画組織図



6.2 施工計画

6.2.1 ダム工事

1) 工事数量

K-2 ダムの主要工事数量は、下記のとおりである。

－仮排水路トンネル	：	直径 9 m の円形トンネル、延長 L = 435 m	
－堤体盛土	：	メインダム	1,870,000 m ³
	：	副ダム	190,000 m ³
－基礎処理	：	グラウト削孔	20,000 m
－洪水吐掘削	：		1,640,000 m ³
－洪水吐コンクリート	：		65,000 m ³
－灌漑用放流設備	：	コンクリート埋設圧力管路、 直径 1.5 m、延長 L = 95 m	
－河川放流設備	：	内張鋼管（直径 1.0 m）トンネル、 延長 L = 340 m	

2) 仮排水路トンネル

トンネル工事は、先ず上部半断面を掘削し、その後下部半断面の中央部を掘削し両側に拡幅・掘削する。掘削面の崩壊を防止するため、1.0 ～1.5 m の間隔で支保工を建込む計画とする。トンネル掘削は下流側から上流側に向かって行う。覆工用のコンクリートはコンクリートプラントで生産し、アジテーターカーによって坑内に搬入し、コンクリートプレーサーで打設する。

3) 堤体

堤体盛土

表土掘削・床掘及び基礎処理に引続き、堤体盛土を行う。築堤量は下記のとおりである。

築堤材料	メインダム (m ³)	副ダム (m ³)	合計 (m ³)
コア	380,000	150,000	530,000
フィルター	116,000	21,000	137,000
ロック、リップラップ	212,000	17,000	229,000
ランダム	1,160,000		1,160,000
合計	1,868,000	188,000	2,056,000

ダムサイト周辺にはフィルター材及びリップラップの敷砂に適した材料は存在しないため、これらは請負業者により準備する材料とする。その他

の材料は、コア材用の土取場掘削と洪水吐、堤体等の掘削材により賄うことができ、築堤材の運土計画は図 6-2 に示すとおりとする。

築堤材の転圧方法は下表に示すような計画とした。しかし、転圧方法の最終選定は盛土試験を行って決定する必要がある。

転 圧 方 法

築堤材料	まき出し厚 (cm)	仕上り厚 (cm)	転圧回数 (回)	転圧機械
コア	20	15	8	タンピングローラー 12 t ~ 20 t 級
フィルター	30	25	5	振動ローラー 8 ~ 10 t 級
ロック	100	80	5	〃
ランダム	60	50	5	〃

グラウチング

メインダムのグラウチングは、コア敷に沿ったカーテングラウチングと河床部のブランケットグラウチングである。カーテングラウチングはステージ工法で行う計画とする。

4) 掘削工事

土砂及び軟岩はリッパを装着した 32 トンブルドーザで掘削し、硬岩はベンチ高 5 m のベンチカット工法による爆破掘削とする。なお、削孔はクロードリルで行う。土工事に使用する主要機械は下記のとおりである。

掘削 : ブルドーザ 32 t
 積み込み : トラックターショベル 3.2 m³
 運搬 : ダンプトラック 11 t

5) コンクリート工事

コンクリートの生産は、容量 0.75 m³ のミキサ 2 台を装備したコンクリートプラントで行う。コンクリートの生産能力は 26 m³/hr (1.5 m³ x 20 回 x 85%) である。

コンクリートの運搬はアジテーターカーで行い、打設は現場の状況及び所定のワーカビリティによりポンプまたはクレーンで行う。

コンクリート硬化時の水和熱によって起こるマスコンクリートのクラック発生を防止するため、適正な養生を行うと共に、ワーカビリティを低下することなく水のセメント比を減らすことのできる混和剤の使用を考慮すべきである。

6.2.2 水路工事

掘削はバケット容量 0.6 m³のバックホーで行い、掘削材は盛土の必要な水路及び道路の建設現場に搬送する。運搬距離は最大で500 m である。土取場の設置は不要であるが、盛土現場への仮設道路が必要である。

広範囲に及ぶコンクリート打設場所に高品質のコンクリートを生産し供給するために、数台中規模の可搬式ミキサを準備し、工程及び工事の進捗状況に応じて移動する計画とする。

6.2.3 末端施設工事

末端施設工事の主要工事は、排水路の掘削と圃場用水路及び圃場道路の盛土から成る。排水路の掘削材は圃場用水路及び圃場道路の盛土材に流用するため、土取場の設置は必要ない。

6.2.4 建設工事の工程

本事業計画における建設工事の工程は、工事数量及び年間の稼働日数を考慮して決定した。建設工事の工程計画は、図 6-3に示すとおりである。

6.3. 事業の実施工程

建設工事は、融資手続き、詳細設計及び入札等を勘案し、実施調査完了時から3年半後に開始する計画とする。主要施設の建設は、1992年の初めから1995年の終わりまでの4年間に行うこととする。末端施設工事は、主要施設の建設工事と並行して行う。当事業の実施工程は図 6-4に示す。

図 6-2. K-2 ダムの築堤材料の運土計画

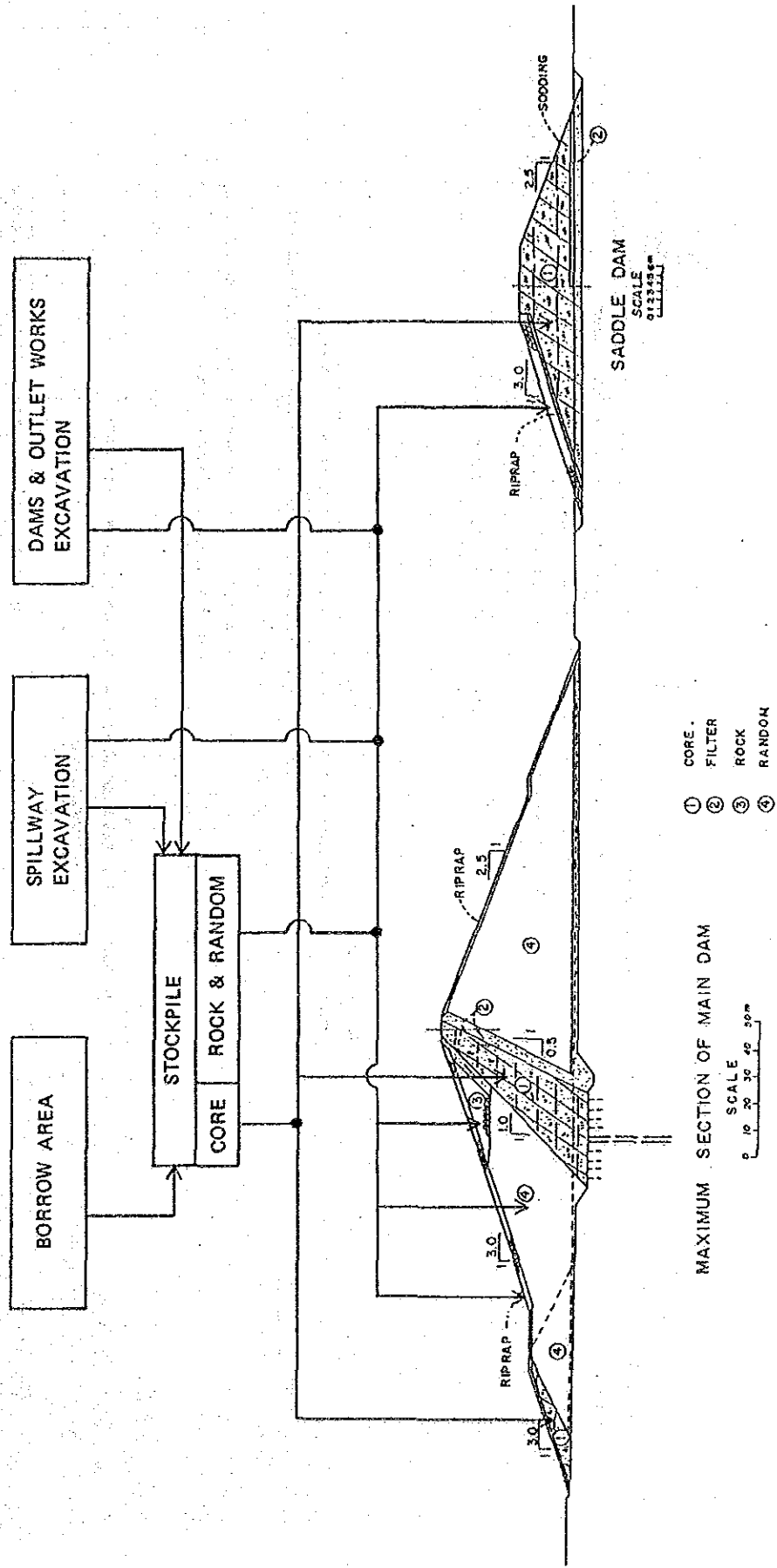


图 6-3. 建設工事工程表

Description	1992			1993			1994			1995		
	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
A. DAM WORKS												
1. Preparatory and Temporary Works												
2. Diversion Works												
3. Main Dam Works												
4. Saddle Dam Works												
5. Spillway Works												
6. Irrigation Outlet												
7. River Outlet												
B. CANAL WORKS												
1. Preparatory and Temporary Works												
2. Main Canal												
3. Branch Canal												
4. Distributory Canal												
5. Minor Canal												
6. Farm Ponds												
C. ROAD WORKS												
1. Newly Organized Roads												
2. Improvement of Existing Roads												
D. PROJECT FACILITIES												
E. ON-FARMSWORKS												
F. AGRI. SUPPORTING FACILITIES												
WEATHER	D.S	R.S	D.S	R.S	D.S	R.S	D.S	R.S	D.S	R.S	D.S	R.S
	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season	D.S... Dry Season	R.S... Rainy Season

图 6-4. 事業実施工程表

Description	1987		1988		1989		1990		1991		1992		1993		1994		1995		
	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	
1. Feasibility Study	■																		
2. Detailed Design																			
E/S Loan Procedure			■																
Consultant Recruitment			■																
Pre-Engineering					■														
Detailed Design Works					■														
3. Construction																			
Construction Loan Procedure							■												
Consultant Recruitment									■										
Construction Tender									■										
Construction Works																			
Dam Works																			
Canal Works																			
Road Works																			
On-Farm Works																			
Agri. Supporting Facilities																			
4. Land Acquisition and Compensation																			
5. Project Administration																			
6. Consulting Services																			

6.4. 維持管理計画

6.4.1. 維持管理組織

1) 政府の維持管理組織

クラング川上流灌漑開発計画地区は首都圏内に位置することから、事業完了後の施設の維持管理は、クラング川上流灌漑開発事務所(Project Office)のProject Directorの監理のもとに行う計画とする。実際の維持管理業務は、現場に設置される維持管理事務所(O/M Office)によって実施される。

維持管理事務所の組織計画図を図 6-5に示す。維持管理事務所は Irrigation Superintendentによって総括され、維持管理課(O/M Section)と総務課(Administrative Section)からなっている。維持管理課は、灌漑施設の技術的課題に対処し、施設の改修や、Zone Office を通じて施設の維持管理を行う。他方、総務課は人事、記録並びに水利費の徴収等を行う。

事業計画地区は、用水系統により2地区に分割され、それぞれの灌漑施設の維持管理はZone Office によって実施される。Zone I Office は上流地区、Zone II Office は下流地区を担当する。各 Zone は Water Master によって監理される Operation Divisionに小分割される。Operation Divisionは、さらに Service Engineer によって監理される Operation Sectionに分割される。

維持管理組織を面積についてみると、Zone I 及び II は平均 1,200~1,400 haの耕作面積をもつ5つの Operation Division に分割され(図 6-5参照)、さらに各 Operation Divisionは平均 200~300 haの耕作面積をもつ6~7の Operation Section に分割される。末端組織(Rotation Area)は Chak と呼ばれ、その平均規模は40~50 haである。したがって、Service Engineerは5~6の末端組織を、またWater Master は 30 ~ 40 の末端組織を監理することになる。

灌漑施設の維持管理の段階では、末端施設も含めた全体の施設は Zone Officeが管理する。しかし、末端施設の維持管理は、徐々に水利組合(Water Users' Association)に移管する計画である。

2) 農民の維持管理組織

農民の維持管理組織については、事業実施の早い段階に、受益農民からなる水利組合を事業の実施機関である ICTA の LGRD の支援を受けて組織する。水利組合は、40～50haの分水工(outlet)単位の農民グループ(Farmers' Group)が、Divisionレベルで組織化するものである。

農民グループは末端施設の維持管理を行うが、農民グループと政府の維持管理事務所による共同作業は、日々の維持管理業務を円滑に進める上で重要なことである。このため、政府のOperation Section レベルに相当する農民グループとして Water Management Group (WMG)を設立する。

事業計画地区内の水利組合は、水利組合連合(Federation of Water User's Association)として統括し、政府の維持管理事務所とともに事業施設の維持管理業務を行う。図 6-6は以上に述べた農民の維持管理組織図を示す。

6.4.2. 維持管理計画

1) 計画灌漑施設

本事業計画の灌漑施設は、大きく二つに区分できる。一つは水源施設である K-2ダムであり、もう一つはこの水源を地区内へ送水する灌漑用水路施設である。用水施設は図 6-7に示すように、維持管理上の用水系統により 5 Divisionに大きく分割される。

2) 維持管理機構

事業施設の維持管理は、事業実施期間中に Project Office によって作成する維持管理基準に従って、Zone Office (Sub-Executive Engineerが統轄) が実施する。これらの維持管理業務は、大きく二つの段階に分けられる。すなわち、一つは、2ヵ所の Zone Officeによって実施するダム、幹・支線水路等の主要施設の維持管理であり、もう一方は、5ヵ所の Operation Division によって実施する分線水路の維持管理である。

そこで、維持管理業務の水管理に関する人員の配置と役割は、次のように計画する。

- ダム、幹・支線水路等の主要施設における水管理は、Zone Officeに配置する Gate Keeper により行う。
- Operation Divisionの監理下にある分線水路の水管理は、Water Master の指示に基づき、Gate Keeperが行う。
- 水路の維持管理等通常の業務は、Service Engineerが WMGを指導して実施する。

平均40~50haの面積をもつ分土工以下の末端施設の維持管理は、農民グループ (Farmers' Group) 自身の責任によって行う。しかし、施設の維持管理に必要な技術的な指導や建設機械の供与等は、政府の維持管理事務所が支援する。したがって、農民グループの活動は、末端施設の維持管理のため役務の提供が主体となる。

3) 水管理

a) 灌漑用水の期別供給計画

維持管理事務所は、計画配水ルールに基づいて、期別の灌漑用水の供給計画を作成する。各作期の初期の段階で貯水池に十分な水量がある場合には、計画作付体系に基づく必要水量の配水計画を作成するが、もし水量が十分でない場合には、水源の不足量に対応して灌漑面積を減らす等の対策を採る必要がある。

b) 主要灌漑施設の水管理

主要灌漑施設に対する水管理は、3段階の Gate Keeperグループ、すなわち、K-2ダム・上流及び下流の灌漑用水路の各 Gate Keeperによって実施する。Gate Keeperは、Zone Office の指示に基づいて、ダム及び幹・支線水路の機能的な水供給並びに配水を行うため、相互に十分協力する必要がある。

K-2 ダムからラワルダムへの水源の供給は、上水への供給を第一優先と考え、事業実施期間中に作成する K-2ダム貯水池運用基準に基づいて慎重に行う。

c) 分線及び派線灌漑水路の水管理

分線水路の水管理は、Operation Division の Water Master の指示のもとに実施する。そのため、各 Operation Division には Gate Keeper及び Canal Supervisor それぞれ各1名を配置する。これらの職員は、水配分計画に基づく Water Master の指示に従って各取水工 (Turn-out) への配水を行う。すべての取水工は、地区全体に均

等に灌漑用水が配分できるよう操作されなければならない。さらに、図 6-8に示すように、ファームポンド以下の派線水路の水管理は、Section Officeに配置する Service Engineer の指示に従って、Gate Keeper が実施する。ファーム・ポンドは末端における灌漑時間の調節を行うために設ける。

幹線から派線に至る全灌漑用水路における損失水量を最少限にするため、各 Operation DivisionからZone Office への機能的な連携システムを確立する必要がある。このために、各Water Masterは、灌漑用水の配水計画を受けるために、灌漑用水状況に関する情報を常に Zone Officeへ入れておく必要がある。

K-2 ダムから分線水路に至る灌漑用水の供給並びに配水等の水管理は、維持管理事務所が管轄し、灌漑用水の送水は24時間で実施する。

d) 末端圃場における水管理

平均40～50haの末端圃場における水管理は、Section Officeの指導を受けて農民グループ自身が行う。灌漑用水は分水工で取水し、圃場用水路により40～50haの面積に対して輪番灌漑 (Wara Bandiシステム) により配水する。輪番灌漑は、分水工以下の関係する農家ごとに農地所有面積の規模によって調整する。

派線水路並びに圃場用水路における灌漑用水の配水は、ファームポンドで灌漑時間の調節を行い、12時間で実施する。

4) 灌漑施設の維持・補修

建設した灌漑施設を長く良好な状態で利用するために、毎年施設の維持・補修計画を立てる必要がある。このため、施設の維持・補修の規模、工事量によって、毎年の作業を決め、水利組合のメンバーによって実施する。

5) 施設の維持管理業務の移管

最終目標として、ファームポンド以下の灌漑施設、すなわち、ファームポンド、派線水路、分水工、末端施設等の維持管理は、各村単位に組織する WMGに移管する計画である。このため、Zone Office は、各 WMGの代表者のトレーニングや指導を実施する必要がある。また、移管後、各 Section Office の業務を担当する職員の採用に際し

ては、WMG の推薦により選考することにする。

6.4.3. 維持管理費

以上に述べた維持管理業務を実施するために、以下に示すように年間約 440万ルビ
ーの経費が必要である。

維持管理費の算出

項目	(単位：'000ルビー) 経費
人件費	1,747
事務費	175
機械運転費	2,039
事務所管理費	409
計	4,370

注) 維持管理費の詳細は資料編表 J-19 参照。

図 6-5. 維持管理事務所の組織計画図

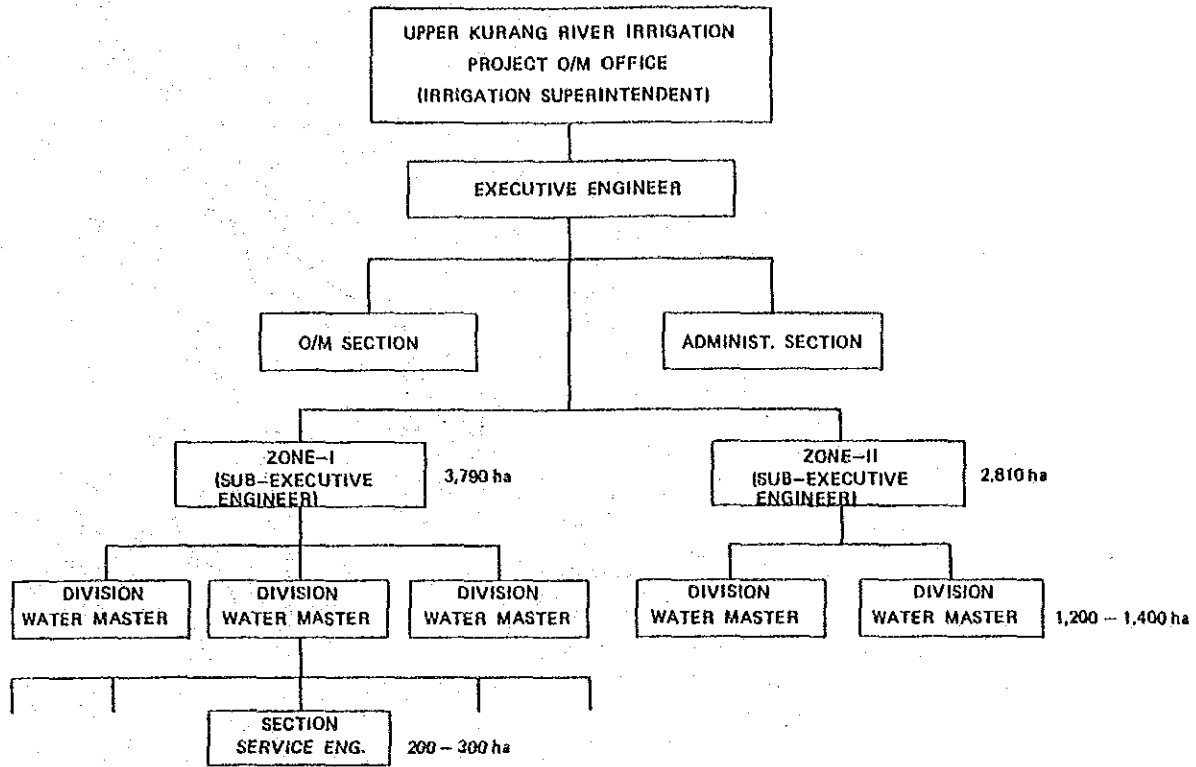


図 6-6. 水利組合の組織計画図

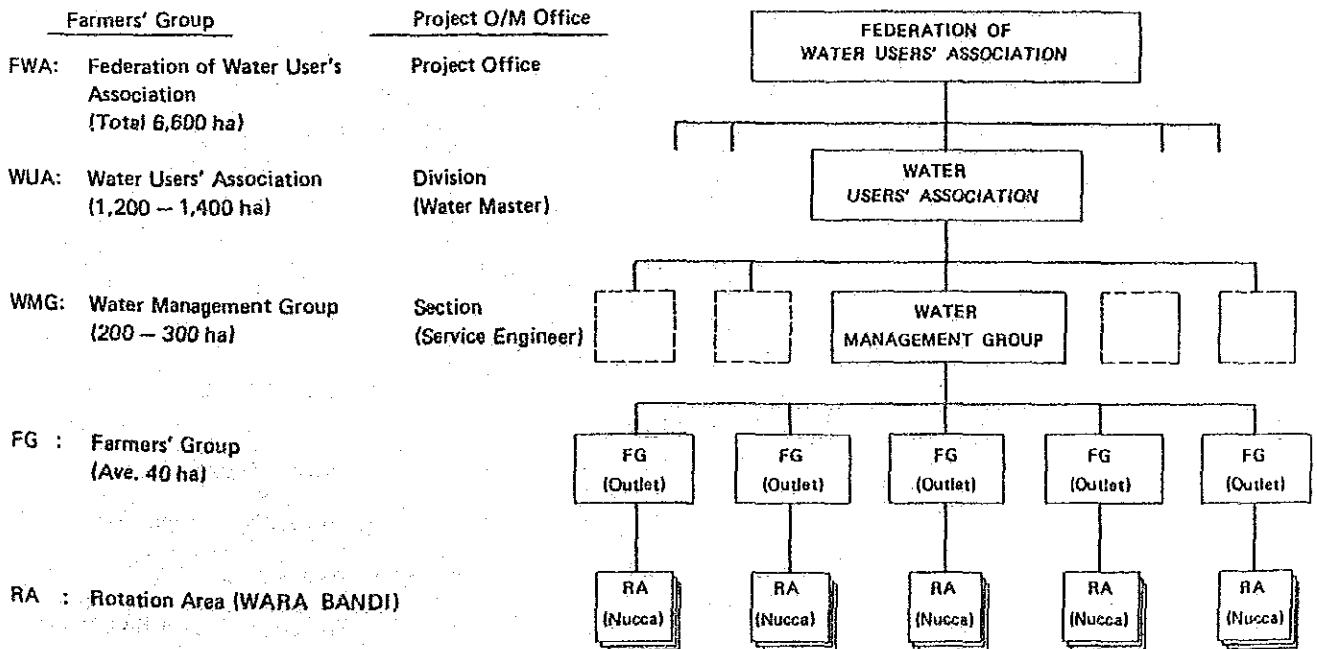


図 6-7. O/M Divisionの区分図

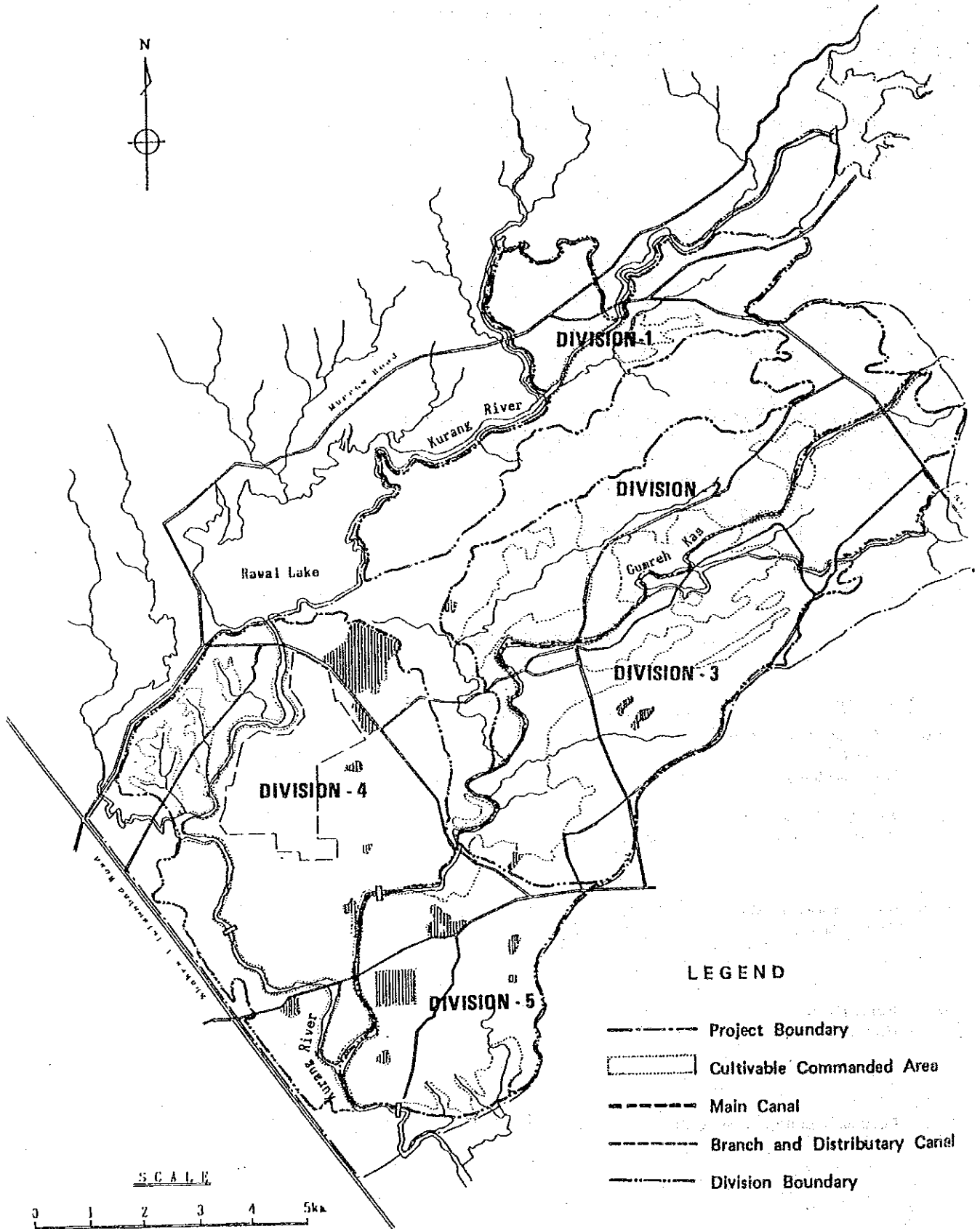


図 6-8. 水利組合設立計画の模式図

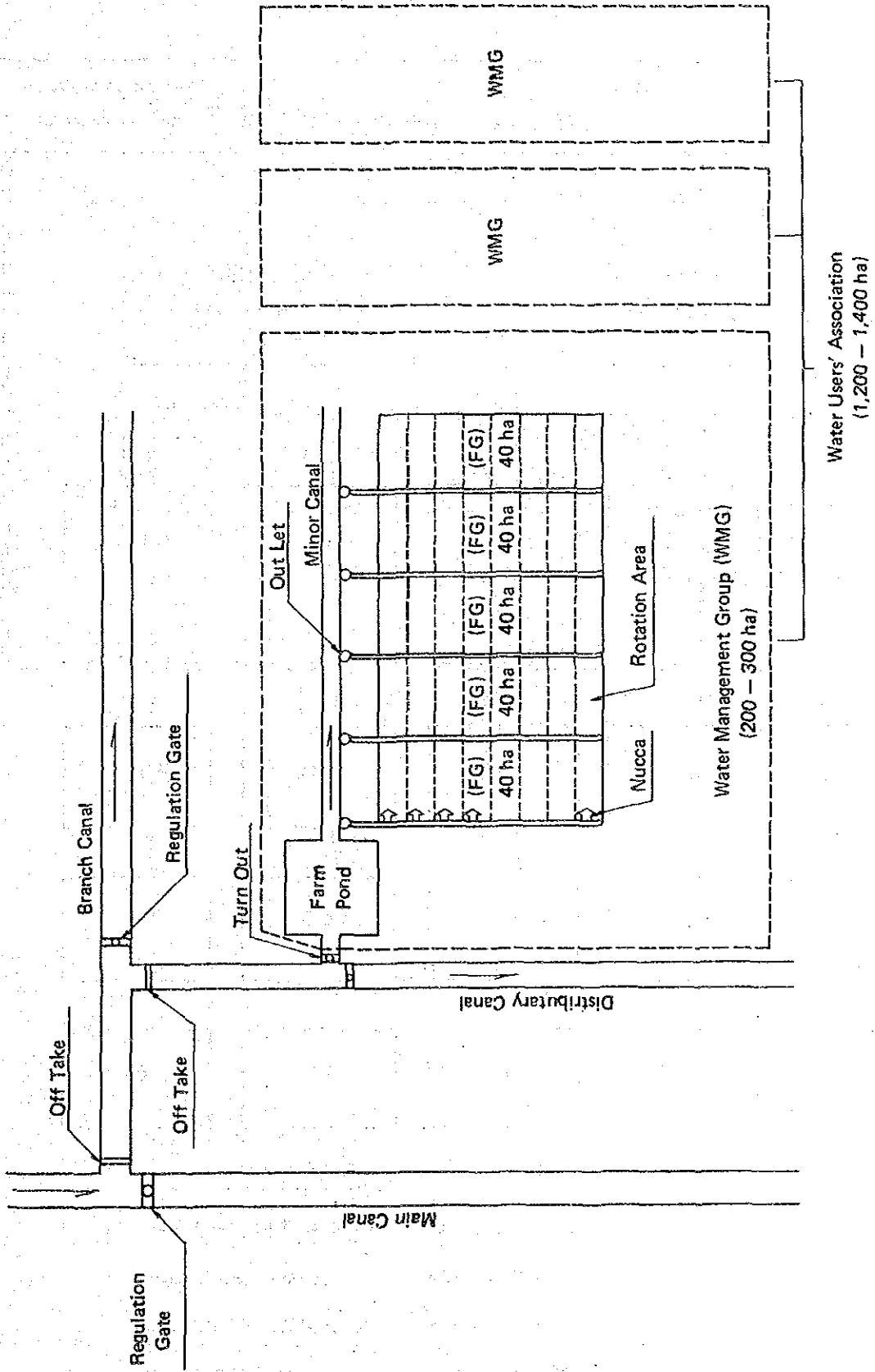
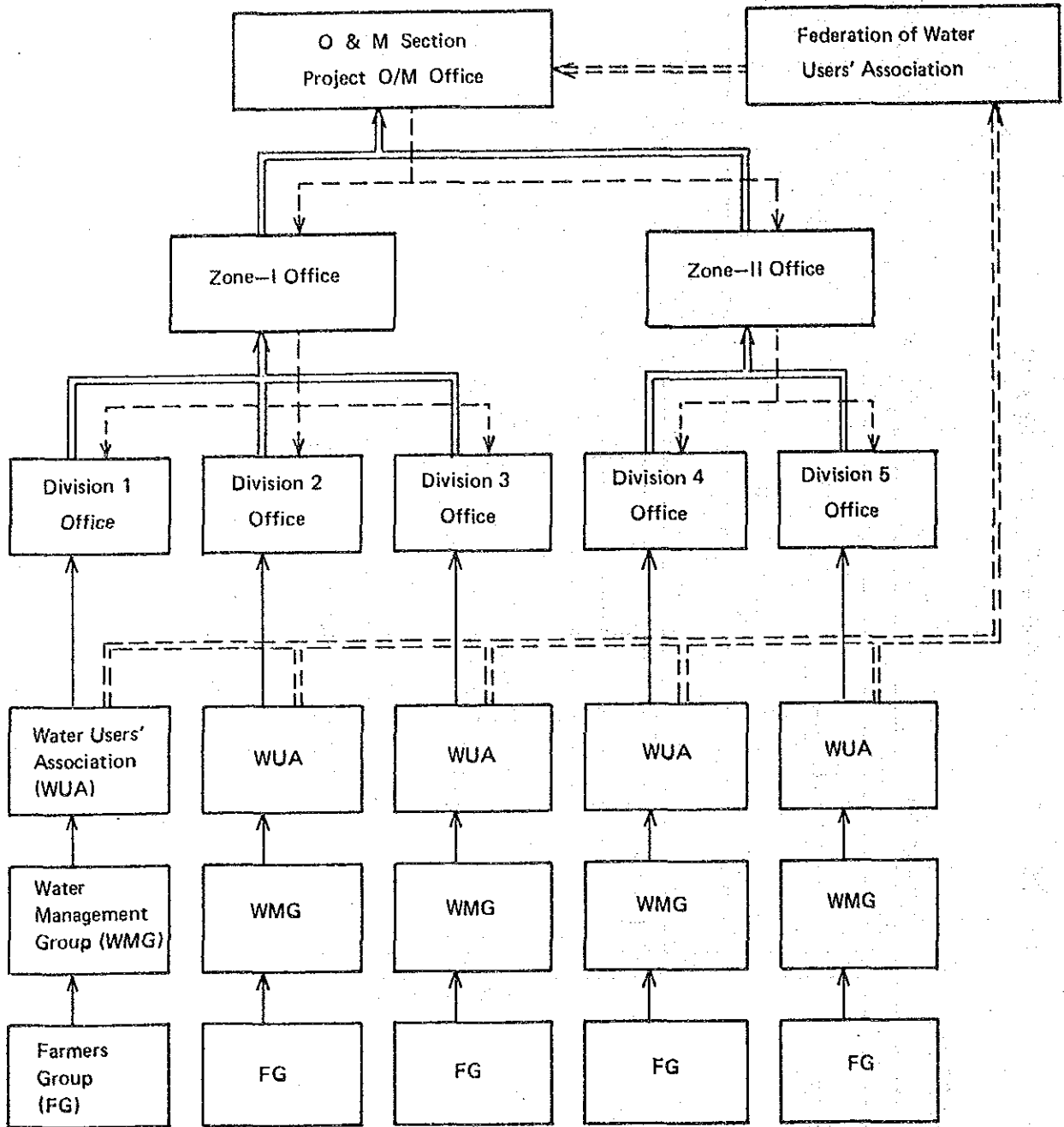


図 6-9. 配水の運用体系



LEGEND

- > Request of Irrigation Area
- =====> Plan of Water Distribution
- > Order of Water Distribution
- =====> Report of Water Distribution

第7章 事業の評価

第7章 事業の評価

7.1. 概要

本事業計画は、イスラマバード首都圏の農村部のクラング川流域住民の生活水準の向上と、パキスタン国内における所得の地域間及び階層間格差の是正を目的としている。この目的のために、本事業計画のコンポーネントは、灌漑事業を主体として、流通道路網計画、農業支援事業によって構成されている。本事業計画は、国の主な開発目標のうち「貧困層の大部分が存在する農村部の開発」に関係する重要な地域開発計画のひとつである。

本事業計画ではNARCの研究圃場への灌漑用水補給が含まれているが、目的を異にすることから、研究圃場への用水供給を農家の圃場の場合と同じように評価することは無理がある。そこで本事業の評価は、NARC分の費用と便益を除外したものとする。

本章では、事業の建設費及び維持管理費そして発生する便益について、国家経済的観点から経済分析を、私経済的観点から農家財務分析をそれぞれ行った。なお、プロジェクト・ライフは50年、事業費及び便益の価格は、1987年を基準とした。

7.2. 事業費

事業費のうち建設費の総額は、財務上は9億5480万ルピー（14万4,700ルピー/ha）、国家経済上は7億9980万ルピー（12万1,200ルピー/ha）となる。国家経済上の事業費は、標準変換係数を適用して財務上の価格から改めた。標準変換係数は、パキスタンの過去5年間の貿易輸出入税及び輸出補助金の実績値から算定したもので0.85となった。この変換係数は、事業費のうち内貨分に対して適用した。

事業完了後の年間維持管理費は、財務上は437万ルピー（662ルピー/ha）、国家経済上は372万ルピー（563ルピー/ha）となる。

さらに、農民の圃場分とNARCの圃場分の費用振分けは、工事費ではNARCの取水地点から水源までの水路及びダムについて水量割により、維持管理費では面積当たり平均費用を適用してそれぞれ行った。

費用の振分け

(単位：百万ルピー)

	合 計 (6,600 ha)		農家の圃場 (6,100 ha)		NARCの圃場 (500 ha)	
	財務	経済	財務	経済	財務	経済
1. 総工事費						
- 専用費用	190.1	177.7	190.1	177.7	-	-
- 共同費用	764.7	622.1	706.7	574.8	58.0	47.3
合 計	954.8	799.8	896.8	752.5	58.0	47.3
2. 年間維持管理費	4.4	3.7	4.1	3.5	0.3	0.2

1989年を事業着手の年と想定すると、事業費の流れは次表のとおりとなる。

財務及び経済事業費 (NARCを除く)

(単位：百万ルピー)

年	建 設 費		維持管理費		総事業費	
	財務	経済	財務	経済	財務	経済
1989	5.2	5.2	-	-	5.2	5.2
1990	2.2	2.2	-	-	2.2	2.2
1991	106.0	13.5	-	-	106.0	13.5
1992	215.5	197.3	-	-	215.5	197.3
1993	220.1	202.1	-	-	220.1	202.1
1994	236.8	226.6	-	-	236.8	226.6
1995	111.0	105.6	4.1	3.4	115.1	109.0
1996 ~	-	-	4.1	3.4	4.1	3.4
計	896.8	752.5				

注：財務事業費には、物価上昇分は含まれていない。

7.3. 事業の便益

7.3.1. 農業生産便益

国家社会経済的観点からすると、本事業の実施により様々な便益が直接・間接に発生する。また、事業便益は、計量化可能なものと不可能なものに分かれる。本事業の費用との対比のための便益は、計量化可能でさらに金額表示可能な作物生産便益とする。すなわち、本事業計画は、コンポーネントとして水資源開発、灌漑システムの整備、流通道路網の整備、灌漑農業の導入そして農業支援事業の改善を含んでおり、事業の実施により作物の作付増、単収増そして品質の向上の各効用が期待できる。

K-2 ダム敷地内の既耕地における作物生産は、負の便益と考え、事業が実施されな

い場合の作物生産に含み、事業が実施される場合の作物生産から除外した。また、灌漑施設及び流通道路整備の買収に必要な用地は、ダム敷内の既耕地と同じく負の便益と考えた。

本事業の便益内訳は次のとおり。

目標年における作物便益 (NARC分面積を除く)

項 目	事業が実施されない場合		事業が実施される場合	
	(財務)	(経済)	(財務)	(経済)
1. 耕地面積 (ha)	6,930 *		6,100	
2. 作付延面積 (ha)	7,350		10,180	
3. 作付率 (%)	106		167	
4. 便 益 (百万ルピー/年)				
- 粗生産額	36.1	47.4	291.8	324.6
- 生産費	20.0	21.6	78.5	83.4
- 純生産額	16.0	25.8	213.3	241.2
- 増加純生産額 (便益)	-	-	197.3	215.4

注: *…… K-2ダム敷地内の 130haの耕地を含む

7.3.2. その他の便益

計量化可能な農業生産便益の外に、社会経済的に以下の便益が期待できる。

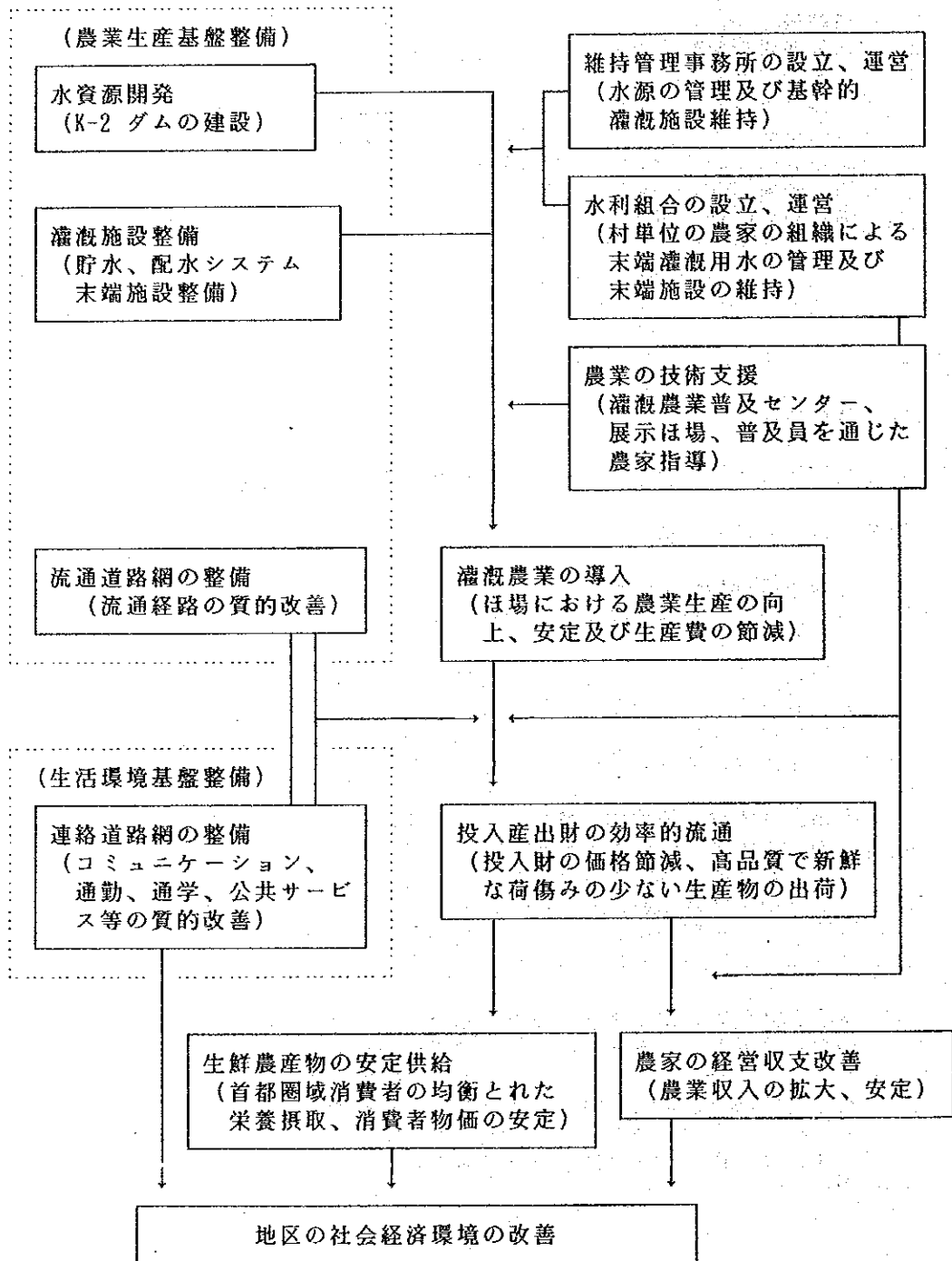
1) 計画地区における便益

- 農業所得増加によって消費、貯蓄の拡大とこれに伴う農民の質的・量的な生活改善(栄養、教育、衛生等)が見込まれる。
- 灌漑用水の共同利用のために、地区内の受益農家自らが運営する水利組合が設立されるが、水利組合の組織化と運営を通じて、農民相互間の交流が深まり、作物生産や農場経営に関する技術水準が向上する。これは、地区内のみならず、地区周辺農家の技術水準にも影響を与える。
- 本事業計画は、畑作物、特に野菜作のきめ細かな灌漑のために、村管理によるファーム・ポンドの設置を含んでいるが、このファーム・ポンドは、灌漑のみならず営農雑用水、生活用水など多目的な利用をも目的とする。ファーム・ポンドの生活用水源としての周年利用は、村の農民のみならず全住民が対象となるため、地区の魅力ある村の環境整備に一役買うとともに、水利用に関する共同の重要性を、世代を通じて教育できる。
- 本事業計画の実施により、建設期間中と工事完了後の維持管理ばかりでなく、野菜栽培のための農作業に多くの就業機会が見込まれる。
- 流通道路網は、連絡道路として機能し、集落間、集落と市街地間におけるコミュニケーション、通勤、通学、公共サービスそして商業など、地区農民のみならず、地区住民全体の社会及び経済環境も改善する。

2) 国家社会経済的便益

- 本事業計画では、野菜作を全域において導入振興するが、イスラマバード及びラワルピンディ市街地に隣接した野菜産地から周年安定して供給される新鮮でより安価な農産物は、都市生活者の均衡の取れた栄養摂取に貢献するとともに、消費者物価の安定にも効果がある。
- 本事業の実施は社会経済の発展に寄与するのみならず、生活水準の地域間格差の是正にも役立ち、農村の福祉を増進させる。

図 7-1 事業実施による社会経済環境改善の流れ



7.4. 事業の経済及び財務指標

7.4.1. 事業費と便益の対比

1) 内部収益率

事業の経済的妥当性を評価する方法として、本章では内部収益率を主な指標として利用する。内部収益率(IRR)は、プロジェクト・ライフ期間中の費用及び便益の現在価値が等しくなる割引率で、本事業の内部経済収益率(BIRR)は 13 パーセント (12.7%) となった。

パキスタン国の資本の機会費用が約 12 パーセントであることから、本事業の内部収益率は経済指標としては決して高いものと言えない。しかしながら、農業はパキスタンの基幹産業であるものの生産性の低い産業であり、資源の有効利用及び所得の地域間格差の是正に果たす本事業の役割は大きいと考える。

2) 感度分析

この分析は、事業計画について様々な起り得る事態について評価を行い、どのような事態が本事業の実施に最も影響を及ぼすかをさぐるものである。起り得る事態としては、便益の減少、便益発生が遅れ、事業費の上昇そしてこれらの3ケースの組合せについて想定した。

ケース	EIRR(%)
1. 本 案	12.7
2. 建設費の10%上昇	12.0
3. 便益の10%減少	11.9
4. 便益達成の5年遅れ	11.5
5. ケース2と3の組合せ	11.2
6. ケース2と4の組合せ	10.8
7. ケース3と4の組合せ	10.7
8. ケース2,3.そして4の組合せ	10.1

a) 便益の減少

作物の栽培技術に関する農家の努力、農民相互間の協調、そして、政府による灌漑農業普及センターを通じた農民への有効な支援が不足する場合、目標の便益を達成することは困難である。便益が10パーセント下がった場合、EIRRは11.9パーセントとなる。

b) 便益達成の遅れ

政府による灌漑農業普及センターを通じた農民への有用な支援が遅れた場合、便益の達成は遅れることになる。もし農業普及センターの建設が遅れ目標便益達成が5年遅れた場合、BIRRは11.5パーセントに低下する。

7.4.2. 農家所得分析

1) 農家の経営収支改善

農家所得分析は、野菜、果樹、穀類の各自作専業農家（経営規模 1.6ha）について行った。

現在の年平均農家所得は 5,440ルピーであり、パキスタン全国の平均年間所得 2万 1300ルピー（1984-85年）に比べて低いことが分った。

しかしながら、本事業の実施によって、作物の作付率と単収の増加により、農家の平均所得水準は全国平均の所得水準を大幅に上回ると期待できる。

農家所得の改善

(単位: ha、000 ルピー/年)

項 目	事業を実施 しない場合	事業を実施する場合			
		平 均	野菜農家	果樹農家	穀類農家
1. 耕地面積	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
2. 作付延面積	1.8	2.7	3.1	1.6	2.4
3. 農業粗収入	8.9	76.5	148.5	128.0	16.4
4. 農業純収入	4.0	56.0	110.3	98.6	7.1
5. 農家所得 *	6.3	64.0	123.8	109.1	10.6

注: *...家族労働報酬を含む

本事業の実施により、大規模農家や野菜及び果樹農家は、野菜作を導入しない小規模農家や穀類専門農家に比べ、はるかに多くの収入を得ることが可能である。そのため、小規模農家や穀類専門農家に対し、野菜作や果樹作の導入に関し普及支援活動を通じて、より重点的な普及支援を必要とする。これは次に述べる費用の回収率を高めるためにも重要である。

2) 農家所得と事業費の負担

受益者農民の負担する事業費は、末端施設整備に関する費用と、事業完了後の維持管理費である。末端施設整備費は、20%を農民が負担し工事完了後7年間で償還する場合を想定し、さらに維持管理費は全額を農民が負担する場合とした。

分析の結果、農家のヘクタール当たり負担額は、工事完了後7年間は1,184ルピー、8年目以降は939ルピーとなる。農家所得に占める負担額の割合は、年々相対的に低下するものの、末端施設整備の償還が完了するまでの7年間、農家の経営上大きな負担となる。そこで、灌漑開始後7年間について、何らかの資金的な補助あるいは負担方法の改善が必要と考えられる。

農家収入と費用の負担

(単位:ルピー/ha)

年	農家純収入 (1)	農家の負担額		
		末端施設費	維持管理費	計
				(1) = 100
1. 1996	5,250	245	939	1,184 (22.5)
2. 1997	7,340	245	939	1,184 (16.1)
3. 1998	10,490	245	939	1,184 (11.3)
4. 1999	13,980	245	939	1,184 (8.5)
5. 2000	17,490	245	939	1,184 (6.8)
6. 2001	21,330	245	939	1,184 (5.5)
7. 2002	25,180	245	939	1,184 (4.7)
8. 2003	27,980	—	939	939 (3.4)
9. 2004	30,080	—	939	939 (3.1)
10. 2005	31,820	—	939	939 (3.0)
11. 2006	32,870	—	939	939 (2.9)
12. 2007	33,570	—	939	939 (2.8)
13. 2008	34,280	—	939	939 (2.8)
14. 2009	34,620	—	939	939 (2.7)
15. 2010~	34,970	—	939	939 (2.7)

注:農家負担額は以下の方法により見積った。

1. 末端施設費 (ルピー)	
- 工事費合計	52,200,000
- 農家の負担額合計 (20%)	10,440,000
- 年間償還額 (工事後7年間)	1,491,400
- ヘクタール当り年償還額 (6,100 ha)	245
- NARCの面積 500haを除く -	
2. 維持管理費 (ルピー/年/ha)	
- 維持管理費 (4,104,000Rs./6,100 ha)	673
- 減価償却費 (ダム水路のゲート、車輛当)	266
小計	939

第 8 章 環境影響評価

第8章 環境影響評価

クラング川上流灌漑開発計画は、以上述べたように総貯水容量 29.4 MCM の K-2ダム、さらに計画耕地面積 6,600haを灌漑するための約 130kmの灌漑用水路の建設等からなっている。この灌漑開発事業の実施は、計画地区周辺の自然並びに社会・経済環境に種々の影響をもたらすと考えられる。以下に事業実施に伴う環境に及ぼす影響について述べる。

8.1. 環境問題の現状

調査地域・イスラマバード首都圏農村部は、パキスタン北部のポトワール高原地帯にあり、ラウルピンディ市に隣接している。北西から南西方向に緩い傾斜をした本地域では、バラニ地帯特有の半乾半湿気候、風積土壌地帯、過度な放牧と植生破壊等の原因により、年々ガリ侵食が進行し土地保全上の大きな問題となっている。

8.1.1. 水質及び水生植物環境

調査地域には多くの河川や小溪流が北部あるいは北西部より、南部あるいは南西部に向けて流下し、それらはすべて本調査地域の南に位置するソーン川へ注いでいる。これらの河川は丘陵地域あるいは山間部の低い所を流下しており、その流量は夏期と冬期また豊水年と渇水年で著しい変動を示している。

これらの河川及び小溪流のうち、クラング川が計画地域内の主要河川であり、淡水水生植物の生息環境に影響を与えている。クラング川の中流に位置し、イスラマバードの近郊には、ラウルピンディ市への上水供給を主目的としたラウルダムが建設されている。ラウルダムでは現在内水面漁業が行われ、漁獲高は年々増加している。

洪水時のクラング川の水は、浮遊土砂及び木々の破片等により非常に濁水となる。ラウルダムの水質は、理化学及び微生物分析結果によると、上水としては特に問題ないが、緑生植物が含まれているため、塩素による殺菌が必要である。しかし、乾期の渇水時に採水した水の水質分析によると、わずかであるが大腸菌の発生がみられ浄化処理をしない限り、飲み水として適さない事もある。

8.1.2. 流域環境

調査地域の流域面積約 580km²の内、K-2 ダムサイトにおける流域面積は約 137.0km²である。K-2 ダムの流域及び調査地域のいずれの流域の植生状況も樹木の伐採や焼畑が進んだため悪く、その結果大量の土砂流出を引きおこしている。さらに、1万2,900haの事業計画地区内では、ガリ侵食を受けて放置されている約 3,900haの土地があり、社会問題の一つになっている。

8.1.3. 社会環境

本事業で計画した K-2ダムの池敷には住民が居住しており、ダムの建設により約125戸の農家並びに約 130haの農地が水没することになる。また、貯水池周辺の住居及び農地が交通や一般生活において不便等の影響を受けることになり、事業計画地区内の適切な土地へ移住が必要となる。

8.2. 事業実施による環境相互作用

8.2.1. 事業建設段階

事業計画地区内、特に K-2ダム地点及び農地の整備が行われる受益地区内の地勢は、事業の実施により大きく変化する。地勢の変化の主なもの、クラング川に築造される貯水池面積約 300ha（最高水位標高 649.8m）をもつ K-2ダムの建設である。このダム建設により現在の植生が水没し、生態系が変化する。しかし、新たに深水状態及び高湿に適合した生物が誕生することになる。魚類の生育は、貯水の初期の段階では水没によって腐敗した植物の栄養分の増加によって繁殖が高まるが、次第に餌の減少並びに流出した塩類の増加によって引きおこされる富栄養化により減退することになる。

ダムサイト・土取場・掘削場・道水路路線及び農地の整備地区において土木工事が開始されると、土砂の流出及び大気中への砂ぼこりが発生するが、これらに対する予防対策を取る必要がある。土砂の流出は、切盛り斜面の安定角度及び土壌の粘着性等を考慮することにより最少限にとどめる事は可能である。また大気中の砂ぼこりは、土

木工事地点において散水することにより、その量を減少させることが出来る。

K-2 ダムの池敷には現在 125戸の農家が居住しており、事業実施により計画地区内の適切な位置への移住計画が必要となる。これらの居住者は移住に関する政府の方針に同意を示すと考えられるが、その実施に当たっては、種々の問題発生を防ぎ、社会問題とならぬよう慎重に進めることが重要である。

建設工事の最盛期には、近傍から多くの労働者が集まることになる。このため、労働者の居住について事業実施機関は十分な検討を立てる必要がある。

8.2.2. 事業の維持管理段階

一般に、事業実施機関は、各種の事業施設の維持・運営に必要な追加費用を考慮せず、所定の事業効果を得ようとする。一方、環境専門家は、事業実施機関に対して事業の実施を中止させることでなく、事業計画の全体並びに事業実施に対する環境面からの指摘と事業効果との関連を考慮し、事業実施機関を援助するよう努めている。

灌漑開発計画の策定に当たっては、ダム・貯水池・水利施設・末端圃場施設等の建設のみならず、灌漑開発計画の水源となる流域保全計画を考慮すべきである。過去に実施された灌漑開発計画によると、スタディー段階では灌漑施設と計画面積の関係は理論上関連づけられているが、維持・運営の段階に入った場合、水源量が事業規模に対応出来ないケースがある。この理由としては、その後の流域の植生の変化が原因となっている場合がある。すなわち、人為的な過度の植生の伐採、焼畑の実施である。したがって、事業実施機関である ICTA は、流域保全のために関係政府機関と協力して、流域保全調整委員会の設立を図る必要がある。

ラワルピンディへ上水を供給しているラワルダムの水質問題は、K-2 ダム建設後におけるクラング川の渇水時期には、重要な課題の一つとなると考えられる。従って、ラワルダムの水質については流入水も含めて衛生面からの水質保全対策が必要である。

計画受益面積 6,600ha は、主に現在天水によって耕作を行っているが、事業実施により計画導入作物である野菜・果樹・牧草等に対する灌漑の実施は、生態系に人為的影響を与えることになる。すなわち、変化した生態系においては病虫害の多発が予測される。しかし、事業計画の目的は計画収益を得ることであり、このため農家は有機塩

素系殺虫剤、また有機磷系殺虫剤等の農薬を使用する。これらの殺虫剤は、作物や土壌中に残留したり、水路等に流れ込み、水生食物及び陸上生物に危険をもたらす結果となる。したがって、農薬の使用の普及と規制はこのような危険を最少限におさえ、事業計画による農業生産の達成を図る上からも必要である。

以上に述べた事業計画の実施に伴うマイナス要因とは別に、より大きなプラスの要因として、農家所得の増大、雇傭機会の増大、食生活及び生活様式の改善等が考えられる。この結果、内水面漁業の発展、観光、水と関連したスポーツやレクリエーションの普及が可能となる。

事業実施に伴う総合的環境評価結果を、表8-1 に示す。

表 8-1. 事業実施に伴う環境影響評価

Environmental Parameters	Impact		Magnitude of Impact					
	+	-	O	L	M	H	U	N
A. Existing Physical and Chemical Characteristics								
1. Earth:								
a. Mineral Resources			x					
b. Soils		x		x				
c. Land Forms	x			x				
d. Unique Physical Features	x		x					
2. Water:								
a. Stream, Drainage, Effluent	x				x			
b. Groundwater	x				x			
c. Quality		x		x				
d. Recharge	x				x			
3. Processes:								
a. Floods	x			x				
b. Erosion	x				x			
c. Stress-Strain (Earthquake)		x					x	
d. Downstream Sedimentation	x				x			
B. Existing Cultural Factors								
1. Land Use:								
a. Agricultural	x					x		
b. Residential		x				x		
c. Industrial			x					
d. Commercial			x					
e. Forestry			x					
f. Grazing	x				x			
g. Wetlands	x				x			
2. Infrastructures:								
a. Major Structures			x					
b. Utility Networks	x				x			
c. Transportation Networks	x				x			

Environmental Parameters	Impact		Magnitude of Impact					N
	+	-	O	L	M	H	U	
3. Aesthetic and Human Interests:								
a. Scenic Views and Vistas	x					x		
b. Parks and Reserves	x			x				
c. Rare and Unique Species			x					
d. Historical and Archeological Sites and Objects			x					
4. Cultural Status:								
a. Employment	x			x				
b. Life Styles	x			x				
c. Health and Safety		x		x				
d. Population Density	x			x				
e. Food Production	x					x		
5. Recreation:								
a. Resorts	x				x			
b. Swimming, Fishing	x					x		
C. Ecological Relationship								
1. Food Chain	x						x	
2. Water--Related Disease Vectors	x				x			
3. Insect Vectors							x	

+ Positive Environmental Impact
 - Negative Environmental Impact

O No Environmental Impact
 L Minor Environmental Impact
 M Moderate Environmental Impact
 H High Environmental Impact
 U Unknown Environmental Impact Magnitude
 N Not Applicable