

第 7 章 水資源開発計画

第7章 水資源開発計画

7.1. 開発計画の基本概念

7.1.1. 目標年次

本調査の計画目標年次は、西暦2010年である。加えて、つづく2030年までについても水源開発について提言を行うように定められている。この開発計画は、現在までの既開発分ならびに計画済みの開発予定分を加えて、それ等との整合性を図りつつその延長線上を検討するものであるので、1987年（現在）と2000年（現行計画の目標年次）についても上記の二時点と同様に水需給分析をおこなう。

7.1.2. 開発の優先度

選定されたいくつかの水源をいかなる順序で開発するかは、事業全体の効果を最大ならしめ、投資を最小ならしめる観点から決めることになる。すなわち、

- ① 需要が供給を上回る時点より少し前（1年程度）に1ヶ所の水源が開発完了されていること。
- ② 着工順序は原則として（既計画済みのものを除き）水価の低い順とする。
- ③ ただし、供給が需要を大幅に上回る見込の時には、小規模な水源を優先する。

7.1.3. ダム規模の最適化

流域の水資源の有効利用の観点から言えば、ダムは技術的に可能な範囲で大きいほうが良い。しかしながら、ダムサイトにはそれぞれ固有の投資/効果特性があり、それを無視した開発は、例えば規模が過大であれば投資が無駄になる場合が多く、規模が過小であれば折角の資源を眠らせることになる。本計画調査では、次のようにこれにアプローチする。

- ① ダムサイトごとにいくつかの規模を仮定して、固有の投資/効果曲線を作成する。ここでは、これを水価曲線と呼ぶ。
- ② まず、河川ごとに挙げられたいくつかのサイト候補を絞り込む段階では、上記の“効果”要素として“有効貯水容量”を考える。

- ③ つぎに、絞り込んだ後のサイトについて、上記の“効果”要素として“開発可能水量”を考える。
- ④ “投資”要素としては、ダム建設コストと O/M（維持管理）コストを加味したものとする。
- ⑤ 得られた水価曲線から目的にあったダムの規模を決める。水価曲線が放物線である場合、ダムの最小水価点が明らかになる。

目的にあったダム規模とは、最小水価点付近でできるだけ大きなサイズということになる。ダム建設技術上で上限が決まっているサイトはこれに従う。

本計画調査では、多数の需要者に対して不特定多数の水資源を総合的に効果的に策定するという目的上、水価曲線による解析が大きな意義を持つことになる。

7.2. 既往の施設並びに現行計画の評価

7.2.1. 既往の施設の評価

イスラマバード・ラワルピンディの両都市への給水のため、現在までに開発済みで機能を発揮している施設はすべてソーン川流域内にある。そのリストを表 D-4-1（イスラマバード）及び表 D-4-2（ラワルピンディ）に示す（付属書 D）。

これ等に加えて、ハロー川流域において、カンプールダムが完成しており、両都市へ向けての導水施設がニコルソン記念碑まで完成しているが、導水施設全体としては未完成である。この事業は当面の水不足を補うために緊急を要するものである。パキスタン政府は国際金融機関からの資金借入れを考慮中であり近い将来の着工が検討されている。

一方、タキシーラ／ワー地域もその地域の利水のために水資源を開発してきた。この地域のための水資源開発はジャブラット川流域内の地下水と湧泉水に集中している。この地域の水供給については付属書 D の表 D-4-3 に既述してある。

7.2.2. 2000年目標の現行計画の評価

両都市の当面の計画を列挙すれば次のとおりである。この中には、すでに計画書

が出来上がっているものもあれば、単に案の段階というものもある。

A. イスラマバードの現行計画

- ・ カンプル導水路及び末端施設の建設
- ・ 既設溪流取水施設の拡張（シャードラ、ヌールプール、その他）
（本来の施設能力を確保するための改良を含む）
- ・ シムリーダム導水第3管路の敷設とクラング溪流取水施設の再開
- ・ 地下水揚水施設（チューブウエル）の増設

B. ラウルピンディの現行計画

- ・ カンプル導水路及び末端施設の建設
- ・ ラウルダム浄水場の拡充
- ・ ハイレー給水施設のリハビリテーション
- ・ 地下水揚水施設（チューブウエル）の増設

7.3. 建設費ならびに最適化検討

7.3.1. 建設費及び維持管理費

A. 建設費積算の原則

1987年1月時点の単価を基本として計画施設、貯水ダム、頭首工及び導水路の建設費を積算した。資材・労務の単価は市場価格と下記資料を参考に決定した。

- ・ Schedule of Rates (Buildings and Roads) 1982 パキスタン政府
- ・ カンプルダム・イスラマバード・ラウルピンディ導水計画調査報告書
国際協力事業団 昭和60年3月

a. ダムの建設費

ダムの建設費は、建設費の主な要素である堤体、洪水吐及び取水設備の3工種について概算している。堤体建設費は、概略堤体積と単価で積算しており、洪水吐及び取水設備の建設費は、工事の難易に応じて一定比率で積算している。

工事単価は、パキスタン国における最近の工事实例を参考に、主要工種につき概略的な積み上げを行って決定している。

b. 頭首工及び導水路の建設費

導水施設の建設費は導水容量ごとに、各工種の単位長当たりの工事単価に工種ごとの延長を乗じて積算している。揚水機場は、揚水量、出力ごとの工事単価を計画施設規模に乗ずることによって積算している。頭首工は、概算堰体積と付帯工によって積算している。

c. 維持管理費

建設費の一定比率を工事完成後の年間維持管理費として見積っている。揚水機場には電力費を見込んでいる。

B. 建設費及び維持管理費

上記の手順と手法によって、貯水ダム、頭首工、導水路の積算を行った。表VII-3-1に計画施設の建設費と維持管理費を示す。

C. 水価

本調査計画において、開発候補の個々の施設又はそれらの集合体の評価を行うに当たって、“水価”を次のように定義している。

$$\text{施設末端における水価} = C / B$$

ここで、

$$C = \text{施設の年間総コスト (百万ルピー)} \\ = IC \times (AN \times (1 + AN)^Y) / ((1 + AN)^Y - 1) + OM$$

$$IC = \text{施設の建設費 (百万ルピー)}$$

$$AN = \text{建設費にかかる年間利子率}$$

利子率は5%と見込む。

$$Y = \text{施設の耐用年数。種類別に以下の年数を採用する。}$$

表 VII-3-1 計画施設の規模と事業費

Classification	Name	Location	Type	Size	Capacity	Production (Annual)	Initial & C/M Cost (M.Rs., M.Rs./Yr.)
Storage Dam	D-1	on Dor river near Rajola	Earthfill Dam	H=85.0, L=1590	60.0MCM	107MCM	1172.7 5.5
	H-4	on Haro river near Pina/Jabri	do	H=132.5, L=510	125.0	80	1689.3 7.1
	(Khaampur)	on Haro river, Khaampur	do	H=50.9, L=472+c	112.9	160	935(*1) 2.5(*1)
	(Simly)	on Soan river, Simly	do	H=80.2, L=308	24.7	34.7+52.8	
	(Rawal)	on Kurang river, Islamabad	Masonry Gravity Dam	H=40.7, L=213	53.0	37.9+39.3+c	
	S-1	on Soan river near Charah	C. Gravity Dam	H=65.0, L=260+1750	66.0	60	381.5 2.5
	L-1	on Ling river near Dadhochai	Earthfill Dam	H=92.5, L=1570	91.0	70	1575.9 6.7
	KL-1	on Sill Kas near Dhok Shaban	do	H=42.0, L=500+910	16.3	34	503.4 2.5
	SL-1	on Upper Kurang near Dehala	do	H=55.5, L=420	62.0	40	415.5 2.5
	(K-2)	on Nandna Kas near Shahpur	? (expected)	L=?	?	?	
(Shampur)	on Khanpur Dam	Masonry Gravity Dam	H=30.6+32.6	40.0	17.3	60.0(*2) 2.5	
Head Works (Intake)	Dw-1	on Khanpur Dam	Floating Weir	H=2.1, L=194.5	(107)	74.1	2.2
	Ki-2	on Jhablat Kas, Hassan Abdal	Intake Tower		Max2.7m ³ /S (67.1)	56.8	2.0
	Jw-1	on Kurang river near Bharakao	Floating Weir	H=1.9, L=80.0	70.8	27.2	2.0
	(Kurang)	near Shahdara			0.0+5.3		
	(Shahdara)	near Nurpur			2.9+4.0		
	(Nurpur)	in Saidpur			1.0+1.3		
	(Saidpur)	in National Park			1.2+1.1		
	(G.C.Old)	in National Park			3.2+2.9		
	(G.C.New)	in Sector G-10			3.9+3.6		
	(G-10)	in National Park			2.9+3.3		
Lift	N.P-1	on Soan river near G.T. Bridge	Fixed Weir	(H=1.0, L=20.0)	?	?(expected)	(15.0 2.0)
	Sw-1	beside Soan river near Dahgal	do	*3)	6.4	1.1	
	Sw-3	on Jhablat Kas near H. Abdal	Sump	ø800mm x 0.3km	Max2.7m ³ /S (70.8)	116.1	13.3
	Jp-1	near Shahpur Dam	do	400 500 4	1.2 (17.3)	73.3	7.1
	Np-1	at Sang Jani T. Plant	do	700 2000 6	5.0 (126.4)	193.5	40.2
	Kcp-1	ditto	do	700 1200 6	4.6 (114.8)	186.0	24.9
	Kcp-2	at Dam SL-1	do	500 720 4	1.7 (40)	70.5	10.3
	SLp-1	at Dam L-1	do	700 780 4	2.8 (70)	111.5	10.9
	Lp-1	at Dam KL-1	do	400 160 4	1.0 (34)	50.5	5.8
	Klp-1	at Head Works Sw-1	do	*3)			
Conduction	Sip-1	beside Soan river near Dahgal	do	350 55 2	0.5 (5.4)	35.0	2.3
	Dc-1	from Dw-1 to Khaampur Dam	Canal System	L=26.5km	5.0 (107)	225.8	2.3
	(Kc-2)	from Khaampur Dam to Nich. Monm.	do	19.4	11.1 (188.3)	108.7	1.1
	Kp-1	from Nich. Monm. to Sg. Jani T.P.	Pipeline System	21.0, ø1500	2.7 (67.1)	476.7	4.8
	Kc-4	from Nich. Monm. to HRLBCA	do	1.0	7.8 (174.1)	119.6	1.2
	Kc-8	from Nich. Monm. to HRLBCA	do	0.5	1.0 (14.2)	4.8	0.5
	Kc-6	from Sg. Jani T.P. to S. Allahditta	Pipeline System	6.4, 1350x2	5.0 (126.4)	256.0	2.6
	Kc-5	from Sg. Jani T.P. to Tomar	do	16.5, 1350x2	4.6 (114.8)	406.9	4.1
	Kz0-1	from Dam K2 to Islamabad	do	?	?	?	
	(Simc-1)	from Simly T.P. to Islamabad	do	27.8, 900x2	1.4+2.1 (34.7+52.8)		
Tube Wells	(Rc-1)	from Rawal T.P. to Rawalpindi	do	6.5, 1350	1.2+1.9 (28.8+37.2)		
	Slc-1	from SL-1 to Rawalpindi	do	5.5, 1100	1.6 (40)	77.0	0.6
	Sc-1	from S-1 to Pind Dara T.P.	do	11.5, 1350	2.4 (60)	71.3	0.7
	Rc-2	from Pind Dara T.P. to Rawalpindi	do	11.0, 1350x2	5.2 (130)	161.0	1.6
	Lc-1	from L-1 to Pind Dara T.P.	do	12.5, 1000x2	2.8 (70)	280.0	2.8
	Klc-1	from KL-1 to Rawalpindi	do	3.7 900	1.0 (34)	34.8	0.3
	Rc-3	from SW-1 to Rawalpindi	do	*3)			
	Jc-1	from Jhablat Kas to HRLBCA	do	8.2 1350	2.7 (70.8)	42.7	0.4
	Nc-1	from Shahpur Dam to HRLBCA	do	5.0 1100	1.2 (17.3)	22.0	0.2
	(T.W.-Wah)	in Wah/Taxila area	Deep Well almost	ø = 8-12"			
(T.W.-Islam)	in Islamabad area		Depr=60-120m				
(T.W.-Raw)	in Rawalpindi area			0 150m ³ /hr. 23.5+55.5			
T.W.-Arp	near Rakh Pind Ranjha			35.6+49.5			
				0.8+2.5			

ダム・頭首工・取水工	;	50年
導水施設	;	40年
揚水施設	;	20年

OM = 施設の年間維持管理費。(百万ルピー) 電力料などの運転費用を含む。

B = 施設による年間開発水量または運搬水量。(百万m³、MCM)

従って、水価は年間総コスト(C)を年間開発水量または運搬水量(B)で除すことによつて求められる。

7.3.2. ダムサイジング

図VII-3-1は、水価と年間開発水量の関係を表す水価曲線を示しているが、いずれのダムも規模が過大になると水価が急増する傾向が見られる。最適ダム規模は、各ダムの水価曲線上の最小水価点付近で、出来るだけ大きい水量を開発する場合は採用されるべきである。

図VII-3-1によると二つのダムグループに大別され、D-1, S-1, SL-1, KL-1ダムとシャープールダム(嵩上げ案)は、水価の低いグループに属し、H-4, L-1ダムは水価の高いグループに属する。水価の低いダム群では、更に大きな規模を選ぶ方が有利になる事が考えられるが、その場合ダム建設技術上の問題点及び補償上の問題点が増大する。

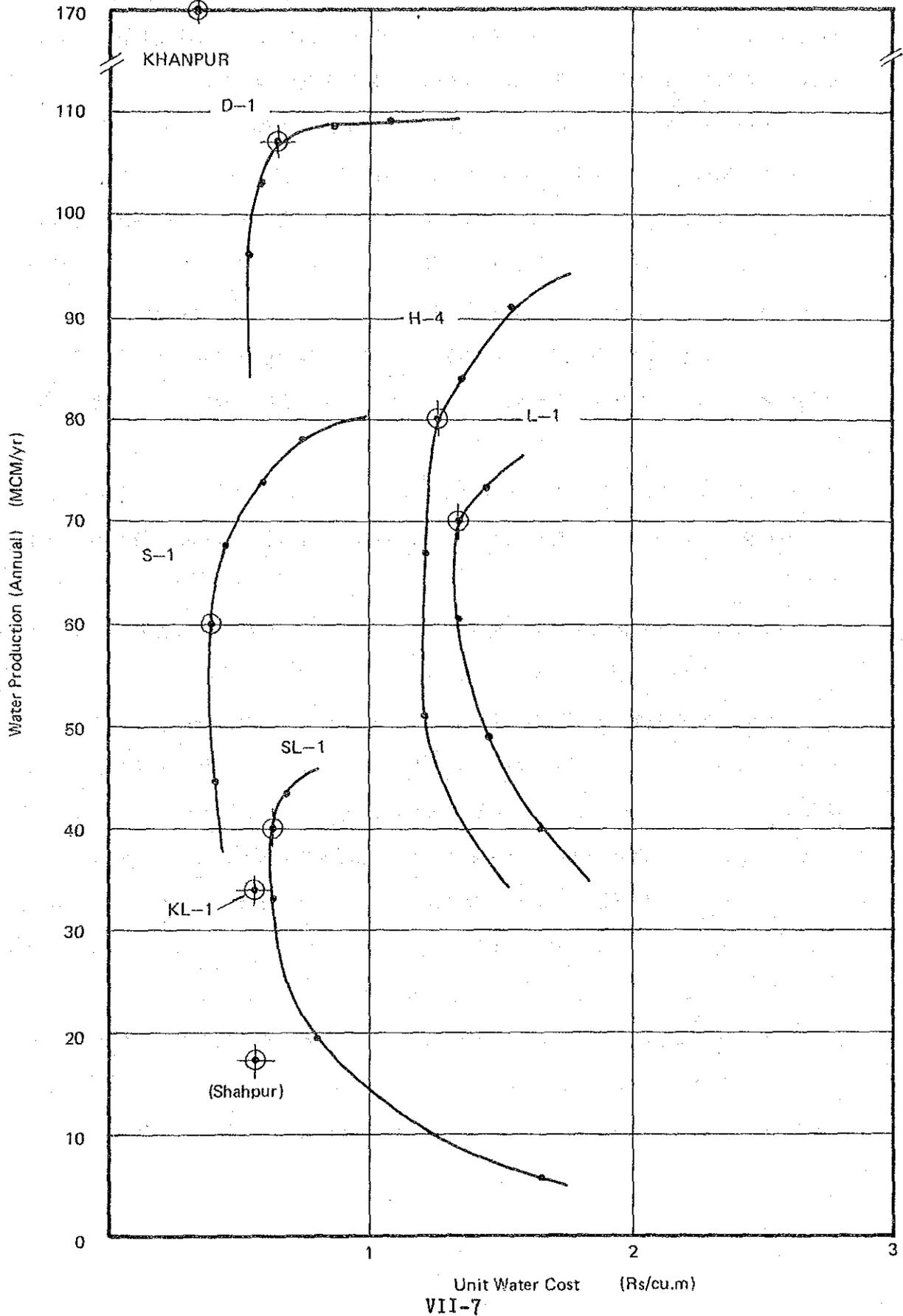
技術面からはダム規模を増大しても、それ程大きな問題はないが、S-1ダムについては直上流のチェラー村が水没することになる。KL-1とシャープールダムについては、付属書D-3-2に示すように土地の補償の制限によつてダム高が決定されている。

以上を総合し、ダムの最適規模を示すと表VII-3-2のようになる。

表VII-3-2 計画ダムの最適規模

ダム名	年間開発水量	有効貯水量
D-1 (Rajoia dam)	107 MCM	60 MCM
H-4 (Pina dam)	80	125
S-1 (Cherah dam)	60	66
L-1 (Dadhochai dam)	70	91
KL-1 (Lohi Bher dam)	34	16.3
SL-1 (Dhok Shaban dam)	40	62
シャープールダム嵩上げ	17.3	40

図 VII-3-1 水価と開発水量



7.3.3. 頭首工・取水工

ドール川、ジャブラット川に取水堰を建設する。取水堰の堰高は、取入れに際し微小な砂が流入しないように、取入流速を十分におそく出来るように決定した。また、取入口直前には、堆積した砂礫を排除する為に土砂吐水門を設置した。

取入堰の堰構造については、ゲート式は建設費が非常に高いので、すべてコンクリートの固定堰とし、ドール川とジャブラット川は河床が砂礫層であるので、フローチングタイプとした。また、固定堰の下流には必要な長さの護床工を、堰の両岸には護岸工を計画した。なお、ドール頭首工は、導水路 26.5 kmが接続されるので、導水路の管理を考慮して、取水直後に沈砂池を設置した。

開発拡大した水量をカンプール貯水池から取水する為の新設取水塔は、左岸副堤の500m東方の入江に仮締切りを設置して、カンプール貯水池を湛水したままで建設する。

7.3.4. 導水路・揚水機場

地形図（縮尺 1:50,000）を基図として現地調査を実施し、導水路及び揚水機場の計画を立案した。

都市用水用の揚水機は予備機1台を含み6台または4台設置し、灌漑用水用には2台または4台として予備機は設置しない。

ソーン川右岸灌漑地区の取水地点は、ラワルピンディの中央市街地を流下するレイ川の合流点の下流であり、河川水が非常に汚染されている為、河川表流水の取水は不適當であるので、浸透水を取水する為に、集水暗渠型式とした。

ダムと頭首工で開発された水は、開発地点と供給地点が個々に独立しているため、導水ルート及び導水の方法は単純であるが、ハロー川水系は複雑で、種々の方法が考えられる。すなわち、新規開発した水量は、カンプール貯水池に新設する取水塔で取水して、貯水池外へ取出した後、次の2通りの導水案が考えられる。

- ① 溪流に放流してハロー川を約6km流下させ、新設する取水堰で再取水し、新設する導水路で導水する。
- ② カンプール貯水池から取出した直後から目的地まで、管水路を建設して導水する。

また、新設水路には都市用水、灌漑用水どちらを流下させるかの選択が必要である。概略設計をして工事費比較を行うと、計画流量が4 m³/sec以下では、(2) 案の管水路の方が有利である。既設の左岸水路は、都市用水、工業用水、灌漑用水の供用水路として建設されているので、新規開発分の灌漑用水 1.0 m³/sは既設の左岸水路を流下させ、都市用水 2.7 m³/sは新設管水路を流下させることとした。このことは都市用水の水質維持、左岸水路の豪雨時等の事故による一時断水の危険分散に対しても有効に働くものと推察される。

7.3.5. 施設の概略設計

A. 貯水ダム

a. 選定されたダムの概要

選定された7ヵ所のダムについての概要は表VII-3-3に示している。また、それ等の概略設計はDWG. NO. 1 からNO. 7 (付属書 D) に示している。選定されたダムの最適規模については7.3.2.項で論じられている。

b. 技術的考慮

ダムの概略設計は、6.1.4.項で述べられている計画基準に従って行われている。この項では地形、地質、土質に基づいて概略設計上の技術的な側面を記述している。

i) ダム型式の選定

ダム型式は、地形・地質、水文的条件を考慮して選定している。ダム型式の選定のうえで、ダム基礎と建設材料の分布は最も重要な要素である。

選定されたダムサイトでの地質調査結果と建設材料については表VII-3-4に要約してある。

ダム基礎の面では、S-1 ダムサイトのみがコンクリート重力式ダムに充分耐え得る基礎を持っている。このダムサイトは砂岩、頁岩からなるラウルペンディ・グループに属している。

H-4 ダムサイトは石灰岩が基盤となっており、中規模のコンクリート重力式ダムには充分耐え得る。しかしながら、河床及び段丘の堆積物が厚いことを考えた

とき、フィルダム型式の方が適していると言える。

その他のダムサイトは、厚い段丘堆積物があったり (D-1 ダム)、著しく砕あ
るいは風化された基盤であったり (L-1, SL-1, KL-1ダム) して、コンクリート重力
式ダムには適していない。しかし、フィルダムの基礎としては十分に耐えること
ができる。

建設材料の面では、各ダムサイトともコンクリートの粗骨材、築堤材料とも近
くで採取することができる。しかしながら、一部のダムサイトでは 10 km 以上の
距離から運搬する必要がある。

ii) 基礎処理

基礎処理面から、ダムサイトの基盤は3つのグループに分けることができる。

- (1) 岩 盤 (S-1, L-1, KL-1, SL-1)
- (2) 砂礫地盤 (D-1)
- (3) 砂礫・岩混在基盤 (H-4)

岩盤基礎

基礎岩盤のひび割れ、ジョイントを塞ぎ、止水性を改良するために通常グラウ
トを行う。石灰岩層の場合には、注入材料の選定が非常に重要であり、粗い
材料から細粒の材料を暫次注入していく。軟らかい岩盤の場合、低圧の注入
が適しており、基礎岩盤を破壊しないようにする。

砂礫基礎

砂礫層が非常に厚く、不透水層が下にある場合には、止水壁を不透水層まで設
ける。

厚い砂又は礫層の基礎の場合、一般的に上流側に不透水性のブランケットを設
け、動水勾配を小さくすることによって浸透をコントロールする。ブランケ
ット工法は透水性地盤を直接止水するものではないが、動水勾配を小さくする
ことによって、地盤の中の浸透水の流速及び量を低下させることができる。

表 VII-3-3 計画ダムの概要

Number of Dam	D - 1	H - 4	S - 1	L - 1	SL - 1	KL - 1	Shahpur
Name of River	Dor River	Haro River	Soan River	Soan River	Soan River	Soan River	Haro River
Name of Tributary	-	-	-	Ling River	Sil River	Kurang River	Nandna Kas
Name of Dam	Rajola	Pina	Cherahi	Dadhochai	Dhok Shaban	Lohi Bher	Shahpur
Catchment Area * (sq.km)	292.3	498.5	341.1 (188.3)	285.0	237.6	558.8 (283.7)	203.9
Reservoir Area (sq.km)	2.9	4.2	6.1	8.4	6.5	4.7	8.6
Gross Storage (m.c.m)	74.62	144.94	82.95	116.65	83.38	41.80	47.28
Live Storage (m.c.m)	60.00	125.00	66.00	91.00	62.00	16.30	40.00
Dead Storage (m.c.m)	14.62	19.94	16.95	25.65	21.38	25.50	7.28
High Water Level (El.m)	1,017.0	869.0	591.5	554.5	473.0	480.0	449.58
Normal Water Level (do)	1,012.0	864.0	586.0	549.5	469.0	480.0	449.58
Low Water Level (do)	981.5	815.0	570.0	529.0	453.0	475.5	440.40
Type of Dam **	E	E	C&F	E	E	E	G (Heightening)
Dam Top Elevation (El.m)	1,020.0	872.5	594.0	557.5	475.5	482.0	450.8
Dam Height (m)	85.0	132.5	C;65.0 F;14.0	92.5	55.5	42.0, 18.0	30.59 32.61
Dam Length (m)	1,590	510	C;260 F;1750	1,570	420	300 + 910 = 1,210	256.0
Dam Volume (m.c.m)	5,469	7,477	C;0.236 F;0.453	7,360	1,943	0.797 + 0.506 = 1.306	-
Initial Cost (10 ⁶ Rs)	1,172.65	1,689.31	381.52	1,575.89	415.50	303.44	60.00
Annual O/M Cost (10 ⁶ Rs/Yr)	5.5	7.1	2.5	6.7	2.5	2.5	2.5
Water Production (m.c.m/Yr)	107.0	80.0	60.0	70.0	40.0	34.0	17.25
Unit Water Cost (Rs/cu.m)	0.65	1.25	0.39	1.33	0.63	0.56	0.34

* () ... Direct Catchment Area ** Type of Dam G; Concrete Gravity, E; Embankment, F; Embankment Flank

Dam	Foundation			Construction Materials			Remarks
	Lithology	Weathering	Overburden	Impervious	Pervious	Aggregate	
D-1	Bedrock : Mesozoic limestone Overburden: Partially cemented terrace gravel layer	Moderate	Terrace gravel more than 50 m River dep. less than 10 m	Terrace	Limestone River dep.	Limestone River dep.	
H-4	Bedrock : Mesozoic limestone Overburden: River dep. Terrace gr.	Moderate	River dep. 30-40 m Terrace gr. 20-30 m	Terrace (12 km)*	Limestone River dep.	Limestone River dep.	*Near Battal, left tributary of Dhund Haro
S-1	Bedrock : Tertiary Sandstone and some Shale layers	Fresh	Negligible	Alluvial dep.	Sandstone	Sandstone	
L-1	Bedrock : Tertiary Sandstone and Shale Overburden: Alluvial dep. River dep.	High	Alluvial dep. 0-5 m River dep. 0-5 m	Alluvial dep.	Sandstone (moderate)	Sandstone (12 km)*	*South-west of S-1
KI-1	Bedrock : Tertiary Sandstone and Shale Overburden: Alluvial dep. (Silt)	High	Alluvial dep. 0-20 m River dep. 0-5 m	Alluvial dep.	Sandstone (moderate)	Sandstone (12 km)*	*Near Rawal Lake
SL-1	Bedrock : Tertiary Sandstone and Shale Overburden: Alluvial dep. River dep.	High	Alluvial dep. 0-10 m	Alluvial dep.	Sandstone (moderate)	Limestone (4 km)*	*North of SL-1

iii) 洪水吐型式

当調査では、6.1.4.項で提案しているように、自由越流式洪水吐（ゲート無し）を採用している。地形条件を十分に考慮して中央越流式を採用するか、横越流式を採用するかを決定する必要がある。

B. 頭首工、取水塔、導水路及び揚水機場

上記の施設の一覧表は、表VII-3-5に示している。

a. 頭首工

頭首工の設置目的は河川表流水の直接取水、上流ダムからの放流水の取水、ポンプ揚水のためのミオ筋の安定などである。この調査では、ドール川、ジャブラット川に各1ヵ所の取水堰を設置する計画である。各河川に対し、2～3ヵ所の候補地を地形図上（縮尺 1/50,000）で D.3.3 で述べている選定基準に従って選定した。現地調査を行って、ドール川は Nikapah (Haripur 東 12.5 km)、ジャブラット川はハッサンアブダール下流 4 km に決定した。ドール川とジャブラット川の取水堰はフローチングタイプとした。取水堰の位置選定、地質、構造設計の基本的考え方は、D.2.2 を参照されたい。

ソーン川左岸の首都近郊灌漑地区への取水地点は、レイ川合流点から約 8 km 下流に計画される。しかしながら、この地点では都市排水によって河川水が非常に汚染されているので、集水暗渠型式の取水方法を採用するべきである。

b. 取水塔

カンプール貯水池から水を池外に取出す装置は右岸副堤下に設置されている取水工のみである。この取水工の能力は $15.57 \text{ m}^3/\text{sec}$ (550 cusec) で右岸水路と左岸水路の所要量の合計である。従って、増加分の灌漑用水の要求量をカンプール貯水池から取出すためには取水口を新設しなければならない。

貯水池の水を貯留した状態で取水口を新設することは非常に困難な工事であるが、カンプール貯水池には左岸副堤 500 m 東方に取水工建設に適する入江があり、このサイトに取水塔を建設し、延長 770 m の圧力トンネルを連絡して、池の水を南側の谷に

表 VII-3-5 取水及び導水施設の諸元

Item	Type and Specification				River Basin
1. Diversion Dam					
Dw-1	Floating	H = 2.1 ^m	L = 194.5 ^m		Dor River
Jw-1	"	H = 1.9	L = 80.0		Jhablat Kas
2. Pumping Station					
Kcp-1	Volute Pump,	ø700 ^{mm}	x 2,000 ^{kw}	x 6 ^{unite}	discharge 5.0 ^{cu.m/sec.}
Kcp-2	"	ø700	x 1,200	x 6	4.6
Lp-1	"	ø700	x 780	x 4	2.8
KLp-1	"	ø400	x 160	x 4	1.0
SLp-1	"	ø500	x 720	x 4	1.7
Sip-1	"	ø350	x 55	x 2	0.5
Np-1	"	ø400	x 500	x 4	1.2
Jp-1	"	ø600	x 1,100	x 4	2.7
3. Conduction Main					
Dc-1	Canal System,	L = 26.5 ^{km}			Dor River
Kp-1	Pipeline System,	L = 21.0 ^{km}		ø1,500 ^{mm}	Khanpur Riservor
Kc-4	Canal System,	L = 1.0 ^{km}			L.B.C.
Sc-1	Pipeline System,	L = 11.5 ^{km}		ø1,350 ^{mm}	Soan R. near Cherah
Lc-1	"	L = 12.5 ^{km}		ø1,000 ^{mm} x2	Ling River
Rc-2	"	L = 11.0 ^{km}		ø1,350 ^{mm} x2	Pind Dara T.P.
SLc-1	"	L = 5.5 ^{km}		ø1,100 ^{mm}	Sil Kas
KLc-1	"	L = 3.7 ^{km}		ø900 ^{mm}	Kurang River
Nc-1	"	L = 5.0 ^{km}		ø1,100 ^{mm}	Shahpur Dam
Jc-1	"	L = 8.2 ^{km}		ø1,350 ^{mm}	Jhablat Kas
Kc-8	Canal System,	L = 0.5 ^{km}			L.B.C.

取出すことが可能である。(Feasibility Study on The Conduction of Water from Khanpur to Islamabad/Rawalpindi参照)

c. 揚水機場

全体で9ヵ所の揚水機場を設置する。そのうち、6機場は首都圏の都市用水用であり、3機場は灌漑用である。

(1) ポンプ型式

当事業で必要なポンプの揚程は30 m以上であるため、水量と水頭の観点から両吸込み渦巻ポンプを採用する。

(2) 制御方法

維持管理と同時に、運転面と経済性の面での利点から、流量制御は最も簡単な方法とする。即ち、流量制御はポンプの運転台数と吐水槽水位によるオン・オフ制御とする。従って、最大運転流量に対して30分程の容量を持った吸水槽と吐水槽を設け、両水槽のHWLとLWLを設定し、それに従って運転を制御する。

(3) ポンプ台数

ポンプ台数の決定に際しては、次のことを考慮しなければならない。

- 運転と管理の簡便性から、ポンプ台数は極力少なくし、各ポンプの容量はできるだけ等しくしなければならない。
- 水量が多い程、ポンプ効率は高くなる。従って、できるだけ大きいポンプを採用すべきである。
- 都市用水用のポンプには少なくとも1台の予備機を用意する。しかしながら、ポンプ台数が少ないときには、予備機は高価となる。灌漑用のポンプには予備機を置かないが、2台以上に分割してポンプ故障による完全な断水は避けなければならない。
- ポンプ台数は季節的な水需要変動に効率的に追従できるよう決定されねばならない。(都市用水の場合 1.25 ~ 0.8)

結論として、都市用水は予備機を含め6台又は4台、灌漑用水は予備機なし

で4台又は2台を設置する。

(4) 吐水管

吐水管の直径はφ800 ~ φ1,350 mmであるが、高水圧が作用する管路であるので、鋼管またはダクタイル鋳鉄管を使用する。

7.3.6. 水価比較

前項までの作業によって得られた各施設の最適案のコストデータに基づき、その水価を算定する。結果をまとめて表VII-3-6 (AN=5%) に示す。

表VII-3-6 開発可能水資源の水価の構成

Facility Name	Initial Cost M.Rs.	Annual O/M Cost M.Rs.	Durable Years	Annual Cost M.Rs.	Water Production MCM/yr.	Unit Water Cost Rs./m ³	Ditto accumulated
Dam D-1	1173	5.5	50	69.8	107	0.65	0.65
Il.W. Dw-1	74.1	2.2	50	6.3		0.06	0.71
Cnl. Dc-1	225.8	2.3	40	15.4		0.14	0.85
Cnl. Kc-2	108.7	1.09	40	7.43	222.2	0.03	0.74
Cnl. Kc-4	119.6	1.20	40	8.17	174.1	0.05	0.79
Intk. Ki-2	56.8	2.0	50	5.11	67.1	0.08	0.79
P.L. Kp-1	476.7	4.8	40	32.6		0.49	1.28
Dam H-4	1689	7.1	50	99.7	80	1.25	1.25
Khanpur Dam	935	2.3	50	53.5	160	0.33	0.33
Weighted average	244.7	347		0.71		0.71	
Weighted average	223.4	241.2		0.93		0.93	(3)

Note: These unit water-costs are for resources development and conveyance only. Water treatment costs are not included.

(1)-(5) are economical order by unit water-costs for urban supply

H.W. Jw-1	Lift Jp-1	PL. Jc-1	Reg. Pnd.	Dam S-1	P.L. Sc-1	P.L. Rc-2	Weighted average	P.L. Rc-2	Dam K-2	P.L. K2c-1
27.2	116.1	42.7	418.0	381.5	71.3	161.0	160.3	161.0	(expected)	
2.0	13.3	0.4	2.5	2.5	0.70	1.61	130.0	1.61		
50	20	40	50	50	40	40	1.23	40		
3.49	22.6	2.89	25.4	23.4	4.86	11.0	1.23	11.0		
70.8				60			1.31	0.08		
0.05	0.32	0.04	0.36	0.39	0.08	0.18				
0.05	0.37	0.41	0.77	0.39	0.47	0.65				
Shahpur H	Lift Np-1	P.L. Nc-1	Dam L-1	Lift Lp-1	P.L. Lc-1	H.W. Sw-1	Lift Swp-1	P.L. Rc-3		
60.0	73.3	22.0	1576	111.5	280.0	76.8	36.5	28.1		
2.50	7.1	0.2	6.7	10.9	2.8	2.3	4.1	0.28		
50	20	40	50	20	40	50	20	40		
5.79	13.0	1.48	93.1	19.8	19.1	6.51	7.03	1.92		
17.3			70			-	(succeeded by KL-1)			
0.33	0.75	0.09	1.33	0.28	0.27	-				
0.33	1.08	1.17	1.33	1.61	1.88	-				
Dam SL-1	Lift Slp-1	P.L. Slc-1	Dam KL-1	Lift Klp-1	P.L. Klc-1	H.W. Sw-3	Lift Sip-1	Cnl. Sic-1		
415.5	70.5	77.0	303.4	50.5	34.8	1.1	33.0	Existing		
2.5	10.3	0.8	2.5	3.8	0.35	50	2.30	nil		
50	20	40	50	20	40	50	20	40		
25.3	16.0	5.29	19.1	7.85	2.38	0.05	4.95	nil		
40			34.0			6.4		nil		
0.63	0.40	0.13	0.56	0.23	0.07	0.01	0.77	nil		
0.63	1.03	1.16	0.56	0.79	0.85	0.01	0.78	0.78		

7.4. 水資源開発計画

7.4.1. 目標年次の水需給バランス

現在(1987)、2000、2010 および2030年のそれぞれにおける水需要に対して、前述の原則(7.1.参照)に従って水源の手当てを行う。これを表VII-4-1~4ならびに図VII-4-1に示す。図VII-4-2に水需給バランスに従って作成された計画施設の事業実施年次を示している。

水需給バランスを保つための、各目標年次に向けての実施必須事項は以下のとおりである。

A. 2000年に向けての必須事項

- ① カンプルダム導水事業を速やかに着工し、1991年中に完成させること。
- ② ソーン川にチェラーダム S-1を調査・計画・着工する。シル川にドクシャバダム SL-1 を調査・計画し着工準備をすること。
- ③ 現在両都市で計画されている諸施設の拡充計画を遅滞なく実施完了させること。

B. 2010年に向けての必須事項

- ④ ロイベールダム KL-1 を2005年中に完成させること。
- ⑤ ドクシャバダムSL-1を着工し2009年中に完成させること。
- ⑥ 2001年後、S-1、KL-1ならびにSL-1によって潤うラワルピンディはカンプルからの受水を年間58.7MCMの57%に減少させる。それによる余剰水は、ちょうどその頃から給水事情が逼迫するイスラマバードへ回される。(配水調整はサンジャニ浄水場で行われる。)

C. 2030年に向けての必須事項

- ⑦ ラジョイアダムB-1、ニッカパー頭首工Dw-1ならびにドール導水路Dc-1を調査・計画・着工し、2015年中に完成させること。
- ⑧ ピナダムH-4 を調査・計画・着工し2019年中に完成させること。
- ⑨ 続いて、ダドチャイダムL-1 を調査・計画・着工し2025年中に完成させること。

7.4.2. 開発年次計画

前項で示したように、7.1.2 で定めた開発の優先度の原則にしたがって各施設の開発年次が決められている。これを需要の伸びと対照させつつ時系列的に示せば図VII-4-3のようになる。

7.4.3. 開発制限に対する代替案

A. ドール川分水に対する代替案

調査団は、第1時調査段階で提示したドール川分水案に対して、この分水が不可能であった場合の代替案も検討するように求められている。この分水案は、水資源開発可能量が年間平均107 MCM で全体開発量(656 MCM) の約16%も占めるものであるだけに、調査地域内にこの代案をさがすと、答えは必然的に地域の西と東の端を流れる大河インダス川とジェラム川に求めざるをえない。

ただし、ドール川分水に対して代案を必要とする理由が、タルベラダムの上流でインダスに流れ込む川であるから水利権上問題があるとするならば、代案のインダスもジェラムもドール以上に問題があろう。従ってここでは、純粋に技術的に代案を概略検討するのみにとどめる。これら2つの代替案の位置は図8, 9 (付属書D)に示すとおりである。又これらのコストを概算するとつぎのようになる。

代替案の建設費と維持管理費

(単位：百万Rs)

	ドール導水		ジェラム導水		タルベラ導水	
	建設費	維持管理費	建設費	維持管理費	建設費	維持管理費
ダム	1,173	5.5	-	-	-	-
頭首工	131	3.9	-	-	-	-
揚水機場	-	-	374	54	179	69
導水路	703	7.0	1,722	17	2,506	25
計	2,007	16.4	2,096	71	2,685	94

B. クラング川の最適利用

調査団はクラング川の最適利用について次のふたつの場合を踏まえて作業をするように求められている。

- (a) CDA, PHED ならびにSDO(灌漑)の諸施設が現在有している容量のままでいく場合。
- (b) これらの容量に、CDA ならびにPHEDが計画している将来の増量分を加えた場合。

クラング川上流の水資源開発計画は、まず灌漑サイドから考えることになっているが、すこしでも余裕があればこれを都市用水に回せるのであるから、総合的に検討することが大切である。

(a) と(b) の違いは年間平均で 11.4 MCM にすぎず、これは目標年次2010年ならびに2030年における需要に対する供給の余裕の範囲内である。従って (a)のままの場合でも、これによる渇水の心配はない。

表 VII-4-1 現行 1987 年の水収支表

Water Resources		Present Production as of 1987	Additional Production	Notes	Total Production as of 1987	Demand (Users and their Dimensions)
1. Dor Basin	1.1. Storage Dam D-1	-	-	JICA KHANPUR Report II-14 & A-II-88 86.2x (231.3/395.6)	-	1. Khanpur Dam project 1.1. Right Bank Irrigation 1.2. Left Bank Irrig. (exist.) 1.3. POF Wah 1.4. PIDC Taxila (incl. H.R.F.) Sub Total 107.7
	1.2. Diversion Dam Dw-1	-	-		-	
Total		-	-		-	
2. Haro Basin	2.1. Storage Dam H-4	-	-	← Dor Conduction	-	2. Haro Left Area Irrigation
	2.2. Storage Dam Khanpur	66.8	-		66.8	
	2.3. Tube Wells & Springs	40.9	-		40.9	
	2.4. Diversion Dam JW-1	-	-		-	
	2.5. Storage Dam Shahpur	-	-		-	
Total		107.7	-		107.7	
3. Soan Basin for Islamabad	3.1. Storage Dam Simly	34.7	-	Reported production 1986 Suspended see Tab. III-2-2 Reported '86	34.7	3. Urban Water Islamabad 73.3
	3.2. Storage Dam K-2	-	-		-	
	3.3.1. Head Works N.P.-1	-	-		-	
	3.3.2. Ditto Kurang	0	-		0	
	3.3.3. Ditto Six Others	15.1	-		15.1	
Total		34.7	-		34.7	
4. Soan Basin for Rawalpindi	4.1. Storage Dam Rawal	35.0	29.8('86)+5.2(Irrig)	Reported '86	35.0	4. Urban Water Rawalpindi 65.4
	4.2. Tube Wells Rawalpindi	35.6	-		35.6	
	4.3. Diversion Dam SW-1	-	-		-	
	4.4. Storage Dam S-1	-	-		-	
	4.5. Storage Dam L-1	-	-		-	
Total		70.6	-		70.6	
5. Head Works (Pump) at Soan river	-	-	-	-	-	-
6. Tube Wells for New Int. Air port	-	-	-	-	-	7. New International Air Port
Grand Total		251.6	-		251.6	
Total of Storage Dams's Resources		136.5	-		136.5	
Ditto of Diversion Dams (incl. Head W.)		15.1	-		15.1	
Ditto of Tube Wells		100.0	-		100.0	

Note: 1) from Wah Spring, 2) from Tube Wells
3) Existing irrig. system has been damaged.
The Allowance:
Resources (251.6 MCM) - Demand (251.6 MCM) = 0

表 VII-4-2 目標年次 2000 年水収支表

(Target Year = 2000)

MCM/Year

Water Resources	Presented Production as of 1987	Additional Production	Notes	Total Production as of 2000	Demand (Users and their Dimensions)
1. Dor Basin	-	-		-	
1.1. Storage Dam D-1	-	-		-	
1.2. Diversion Dam D-1	-	-		-	
Total	-	-		-	
2. Haro Basin	56.8	93.2		150.0	57.7
2.1. Storage Dam H-4	-	-		-	1.1. Right Bank Irrigation
2.2. Storage Dam Khanpur	40.9	6.4		47.3	1.2. Left Bank Irrig. (exist.)
2.3. Tube Wells & Springs	-	70.8		70.8	1.3. FOF Mah (refer to Appe-)
2.4. Diversion Dam Jw-1	-	-		-	1.4. FIDC Taxila mdix D.I.-)
2.5. Storage Dam Shahpur	-	-		-	Sub Total
Total	107.7	170.4		278.1	
3. Soan Basin for Islamabad	34.7	18.1		52.8	70.8
3.1. Storage Dam Simly	-	-		-	2. Haro Left Area Irrigation
3.2. Storage Dam K-2	-	-		-	10,000ha x 7.077m ³ /ha/yr.
3.3.1. Head Works N.P.-1	0	5.3	Tab.III-2-2	5.3	3. Urban Water Islamabad
3.3.2. Ditto Kurang	15.1	1.1	Tab.III-2-2	16.2	362,700 m ³ /day x 365 x 1.05
3.3.3. Ditto Six Others	23.5	6.0	12.02	29.5	4. Urban Water Rawalpindi
3.4. Tube Wells Islamabad	73.3	30.5	excl. 3.3 to	103.8	380,400 m ³ /day x 365 x 1.05
Total	35.0	2.2	New G.C., CDA	37.2	
4. Soan Basin for Rawalpindi	35.6	7.0	20.4/2	42.6	5. Rural Irrigation Islamabad
4.1. Storage Dam Rawal	-	-		-	(Under individual study by JICA)
4.2. Tube Wells Rawalpindi	-	80.0		80.0	
4.3. Diversion Dam Sw-1	-	-		-	
4.4. Storage Dam S-1	-	-		-	
4.5. Storage Dam L-1	-	-		-	
4.6. Storage Dam KJ-1	-	-		-	
4.7. Storage Dam SL-1	-	-		-	
Total	70.6	69.2		139.8	6.4
5. Head Works (Pump) at Soan river	-	5.4		5.4	7. New International Air Port
6. Tube Wells for New Int. Air port	-	0.8		0.8	0.5 MGD
Grand Total	251.6	277.3		528.9	
Total of Storage Dams's Resources	136.5	173.5		310.0	
Ditto of Diversion Dams (incl. Head W.)	15.1	83.6		98.7	
Ditto of Tube Wells	100.0	20.2		120.2	

Note: 1) from Wah Spring, 2) from Tube Wells

The Allowance:

Resources (528.9) - Demand (501.7) = 27.2 MCM

表 VII-4-3 目標年次 2010 年水収支表

Water Resources		Presented Production as of 2000	Additional Production	Notes	Total Production as of 2010	Demand (Users and their Dimentions)	MCM/Year
1. Dor Basin	1.1. Storage Dam D-1	-	-		-		
	1.2. Diversion Dam Dv-1	-	-		-		
	Total	-	-		-		
2. Haro Basin	2.1. Storage Dam H-4	-	-		-		
	2.2. Storage Dam Khanpur	160.0	-		160.0	57.7	1. Khanpur Dam project
	2.3. Tube Wells & Springs	47.3	-		47.3	33.9	1.1. Right Bank Irrigation 1.2. Left Bank Irrig. (exist.)
	2.4. Diversion Dam Jw-1	70.8	-		70.8	24.8 ²⁾	1.3. POF Wah (refer to Appendix)
	2.5. Storage Dam Shahpur	-	-		-	22.5 ²⁾	1.4. PIDC Taxila ndix D.I.-)
	Total	278.1	17.3	Heightening	17.3	138.9	Sub Total
3. Soan Basin for Islamabad	3.1. Storage Dam Simly	52.8	-		52.8	88.1	2. Haro Left Area Irrigation 16,100ha x 7,077m ³ /ha/yr x 77.3%
	3.2. Storage Dam K-2	?	?	Expected	?		←Khanpur Conduction
	3.3.1. Head Works N.P.-1	?	?	Expected	?		
	3.3.2. Ditto Kurang	5.3	-		5.3	165.9	3. Urban Water Islamabad 433,000 m ³ /day x 365 x 1.05
	3.3.3. Ditto Six Others	16.2	-		16.2		
	3.4. Tube Wells Islamabad	29.5	6.0	12.0/2	35.5	217.7	4. Urban Water Rawalpindi 568,100 m ³ /day x 365 x 1.05
		Total	103.8	6.0		109.8	
4. Soan Basin for Rawalpindi	4.1. Storage Dam Ravel	37.2	-		37.2		
	4.2. Tube Wells Rawalpindi	42.6	7.0	14.0/2	49.6		
	4.3. Diversion Dam Sh-1	-	-		-	xx.x	5. Rural Irrigation Islamabad (Under individual study by JICA)
	4.4. Storage Dam S-1	60.0	Succeeded by KL-1		60.0		
	4.5. Storage Dam L-1	-	-		-		
	4.6. Storage Dam Kl-1	-	34.0	M-i+KL-1	34.0	6.4	6. Rawalpindi South Irrigation 900ha x 7,077m ³ /ha/yr x 100%
	4.7. Storage Dam SL-1	-	40.0		40.0		
	Total	139.8	81.0		220.8		
5. Head Works (Pump) at Soan river		6.4	-		6.4	1.7	7. New International Air Port 1.0 MGD
6. Tube Wells for New Int. Air port		0.8	0.9		1.7		
	Grand Total	528.3	105.2		634.1		
Total of Storage Dams's Resources		310.0	91.3		401.3		
Ditto of Diversion Dams (incl. Head W.)		98.7	-		98.7		
Ditto of Tube Wells		120.2	13.9		134.1		

Note: 1) from Wah Spring, 2) from Tube Wells

3) Remains are by Small S. Lift Irrig.

The Allowance:

Resources (634.1) - Demand (618.7) = 15.4 MCM

表 VII-4-4 目標年次 2030 年水收支表

Water Resources		Presented Production as of 2010	Additional Production	Notes	Total Production as of	Demand (Users and their Dimensions)	
1. Dor Basin	1.1. Storage Dam D-1	-	107.0	incl. D-1	107.0	1. Khanpur Dam project 57.7 1.1. Right Bank Irrigation 33.9 1.2. Left Bank Irrig. (exist.) 24.8 ^a 1.3. Wah 22.5 ^b 1.4. Taxila 136.9 Sub Total	
	1.2. Diversion Dam D-1	-	-		-		
Total		-	107.0		107.0		
2. Haro Basin	2.1. Storage Dam H-4	-	80.0		80.0	2. Haro Left Area Irrigation 102.3 16,100ha x 7,077m ³ /ha/yr. x 89.8% ^c Khanpur Conduction 3. Urban Water Islamabad 215.8 563,000m ³ /day x 365 x 1.05 4. Urban Water Rawalpindi 379.1 989,100m ³ /day x 365 x 1.05 5. Rural Irrigation Islamabad xxx.x (Under individual study by JICA) 6. Rawalpindi South Irrigation 6.4 900ha x 7,077m ³ /ha/yr. x 100% 7. New International Air Port 2.5 1.5 MGD	
	2.2. Storage Dam Khanpur	160.0	-		160.0		
	2.3. Tube Wells & Springs	47.3	-		47.3		
	2.4. Diversion Dam J-1	70.8	-		70.8		
	2.5. Storage Dam Shahpur	17.3	-	Heightening	17.3		
Total		295.4	80.0		375.4		
3. Soan Basin for Islamabad	3.1. Storage Dam Simly	52.8	-		52.8	3. Urban Water Islamabad 215.8 563,000m ³ /day x 365 x 1.05 4. Urban Water Rawalpindi 379.1 989,100m ³ /day x 365 x 1.05 5. Rural Irrigation Islamabad xxx.x (Under individual study by JICA) 6. Rawalpindi South Irrigation 6.4 900ha x 7,077m ³ /ha/yr. x 100% 7. New International Air Port 2.5 1.5 MGD	
	3.2. Storage Dam K-2	?	-	expected	?		
	3.3.1. Head Works M.P.-1	?	-	expected	?		
	3.3.2. Ditto Kurang	5.3	-		5.3		
	3.3.3. Ditto Six Others	16.2	-		16.2		
Total		35.5	-		35.5		
4. Soan Basin for Rawalpindi	4.1. Storage Dam Raval	107.8	-		107.8	3. Urban Water Islamabad 215.8 563,000m ³ /day x 365 x 1.05 4. Urban Water Rawalpindi 379.1 989,100m ³ /day x 365 x 1.05 5. Rural Irrigation Islamabad xxx.x (Under individual study by JICA) 6. Rawalpindi South Irrigation 6.4 900ha x 7,077m ³ /ha/yr. x 100% 7. New International Air Port 2.5 1.5 MGD	
	4.2. Tube Wells Rawalpindi	37.2	-		37.2		
	4.3. Diversion Dam Sw-1	49.6	-		49.6		
	4.4. Storage Dam S-1	-	succeeded by KL-1		-		
	4.5. Storage Dam L-1	60.0	-		60.0		
Total		-	70.0		70.0		
5. Head Works (Pump) at Soan river	4.6. Storage Dam KL-1	34.0	-	M-1 → KL-1	34.0	3. Urban Water Islamabad 215.8 563,000m ³ /day x 365 x 1.05 4. Urban Water Rawalpindi 379.1 989,100m ³ /day x 365 x 1.05 5. Rural Irrigation Islamabad xxx.x (Under individual study by JICA) 6. Rawalpindi South Irrigation 6.4 900ha x 7,077m ³ /ha/yr. x 100% 7. New International Air Port 2.5 1.5 MGD	
	4.7. Storage Dam SL-1	40.0	-		40.0		
	Total		220.8	70.0			290.8
	Grand Total		6.4	-			6.4
	Total of Storage Dams's Resources		1.7	0.8			2.5
Ditto of Diversion Dams (incl. Head W.)		634.1	257.8		891.9		
Ditto of Tube Wells		401.3	257.0		658.3		
Total		98.7	-		98.7		
Grand Total		134.1	0.8		134.9		

(Target Year = 2030)

MCM/Year

Note; 1) from Wah Spring, 2) from Tube Wells.
3) Remains are by Small S. Lift Irrig.
The Allowance:
Resources(891.9) - Demand(845.0) = 46.9 MCM

圖 VII-4-1 計畫導水模式圖

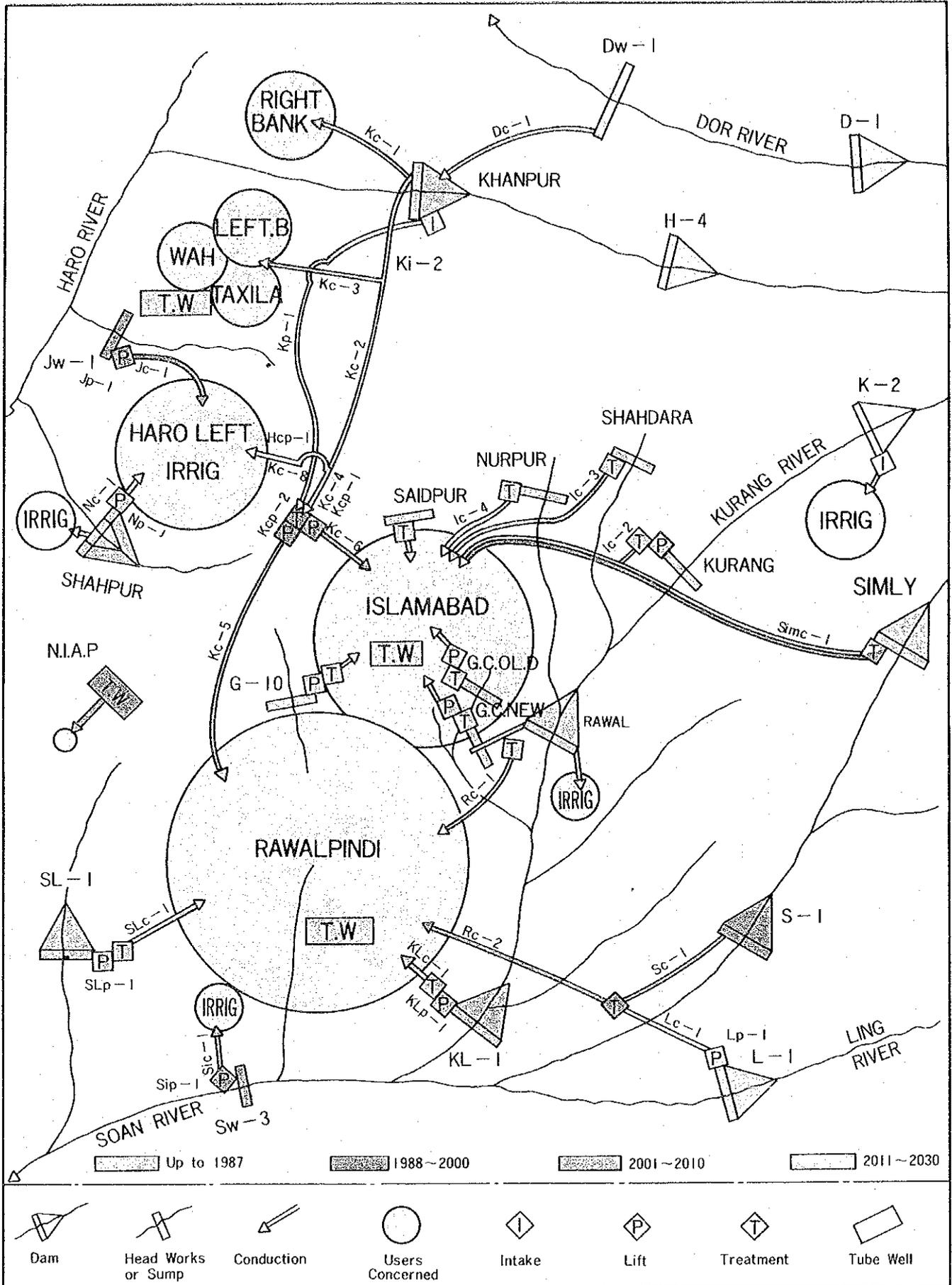


圖 VII-4-2 水資源開發年次計畫

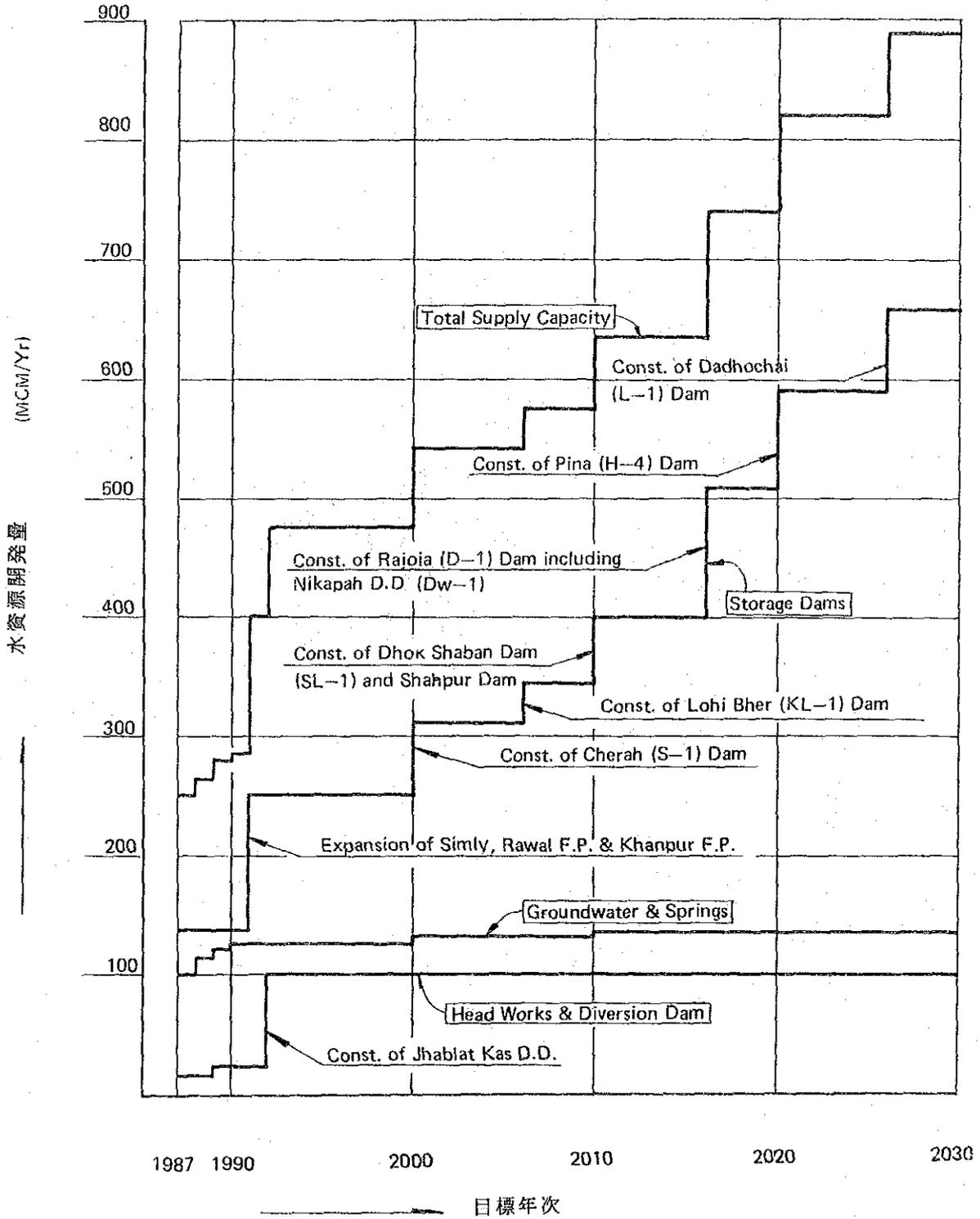
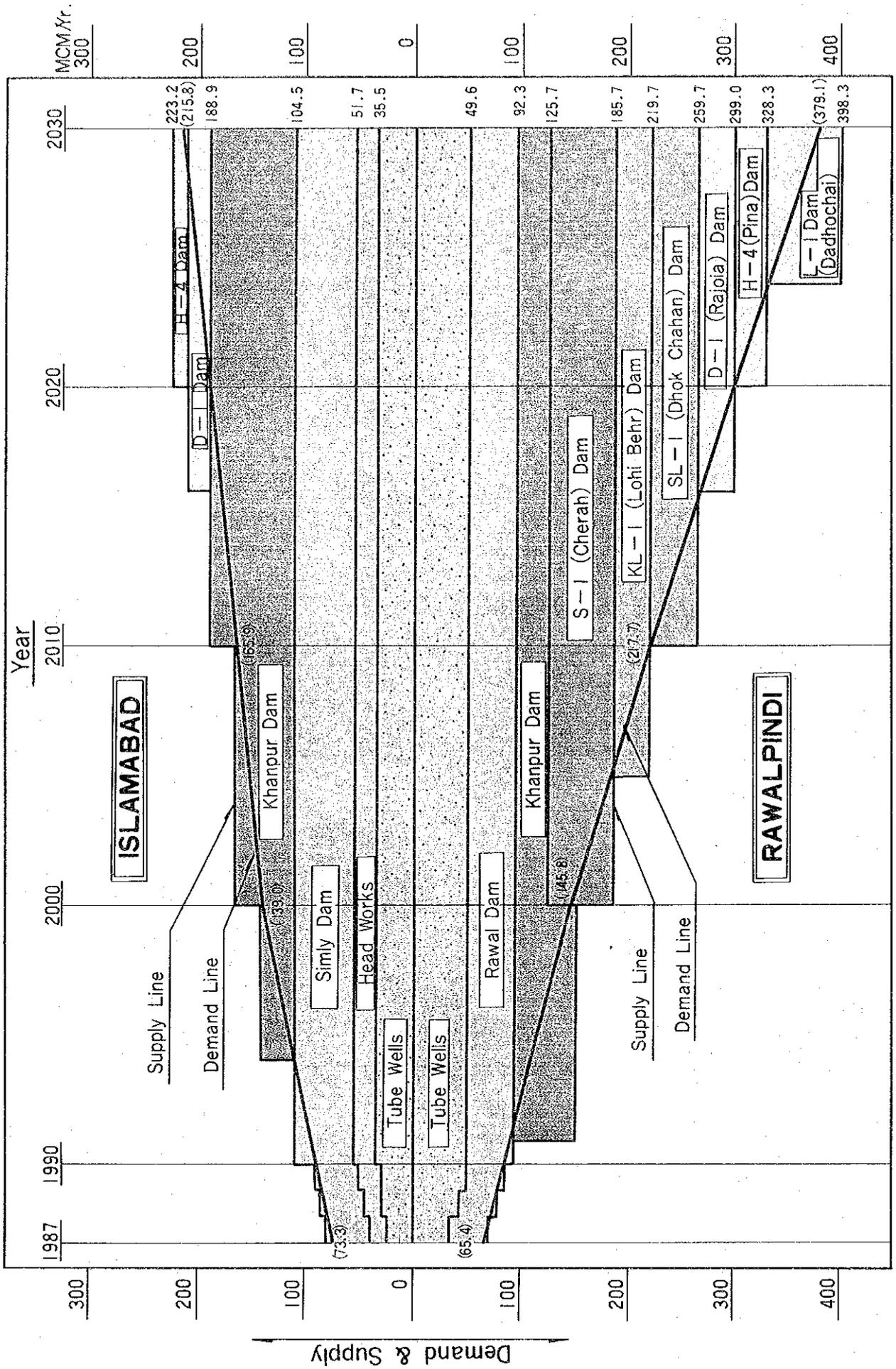


図 VII-4-3 水需給の時系列図



第 8 章 実施計画

第 8 章 実施計画

8.1. 水資源の段階的開発計画

前章で述べたごとく、首都圏地域における水資源の段階的開発計画は、各セクターの水需要、施設建設に対する経済的観点及び他の関連した社会的インフラストラクチャーを考慮して策定すべきである。当該プロジェクトは、1988年に第1期の実施が開始され、続いて2001年に第2期が引継ぎ、また、2011年に第3期が引継いで2030年に終了する、42年間にわたって実施されるプロジェクトである。水資源開発の段階別計画を要約すると下記の通りとなる。

目標年次	貯水ダム	頭首工	井戸	(単位：MCM)
				合計
1987年（現在）	136.5	15.1	99.3	250.9
2000年（第1期）	173.5	83.6	29.4	286.5
2010年（第2期）	91.3	-	5.4	96.7
2030年（第3期）	257.0	-	0.8	257.8
合計	658.3	98.7	134.9	891.9
(構成比)	(73.8%)	(11.1%)	(15.1%)	(100.0%)

1987年現在の井戸水源からの開発数量約 100MCM のうち、40 MCMはワー及びタキシール工業地帯のための地下水である。2000年における頭首工からの開発総量 83.6 MCM のうち、77.2 MCMが灌漑用水用であり、残りの 6.4 MCMが都市用水用である。

上表から判るように、開発予定水資源の殆どは主要河川及びその支流からの貯溜用水である。開発予定水資源全体に対する貯溜用水の割合は 81.4 %である。パキスタンにおけるダムの計画、設計及び施工管理の技術は、多くの経験を背景に非常に高い水準にあり、このことは特に水電力開発公社について当てはまる。本報告書で勧告している開発計画は予備的調査段階のものである。従って、ダム建設に先立って、詳細な調査、計画、解析及び設計を実施する必要がある。上記の総合的な高度技術は WAPDAから関係執行機関に対して、開発スケジュールに基づいて漸進的に移転する必要がある。

考慮すべきもう一つの重要事項は、有限な水資源の効果的利用である。特にハロー川流域における河川流水の配分は他の河川流域におけるより相対的に複雑である。開発計画にかかる関係受益者間の交渉は、当該国の法規及び水資源開発総合計画に立脚して円滑にされなければならない。

8.2. 投資費用

建設費、用地取得、事務所施設、管理・技術指導、技術予備費及び末端施設費から成る投資費用の総額は 16,500 百万ルピーと見積られ、そのうち、第1期分が 5,340百万ルピー、第2期分が 2,200百万円、そして第3期分が 8,960百万ルピーである。フェーズ別必要投資費用の要約は下表の通りである。

項 目	第1期	第2期	第3期	合 計
A. 主要施設建設	2,926.2	1,107.8	5,618.6	9,625.6
B. 用地取得	63.3	19.3	75.8	158.4
C. 事務所施設	15.0	4.7	28.3	48.0
D. 管理・技術指導	295.2	91.2	538.2	924.6
E. 技術的予備費	329.3	122.0	625.1	1,076.4
合 計	3,629.0	1,345.0	6,886.0	11,860.0
F. 末端施設				
- 都市用水	1,378.2	726.9	2,009.6	4,114.7
- 灌 漑	328.7	123.6	60.3	512.6
- 空港用水	4.1	4.5	4.1	12.7
計	1,711.0	855.0	2,074.0	4,640.0
総合計 (A～F)	5,340.0	2,200.0	8,960.0	16,500.0

また、財源別水資源開発施設建設費用は次表の通りである。

項 目	外 貨	内 貨	合 計
1. 貯水ダム	2,350.0	3,197.7	5,547.7
2. 頭首工	83.8	75.3	159.1
3. 導水路	1,023.8	1,586.4	2,610.2
4. 用水場	436.3	398.1	834.4
5. 増設工事	324.8	176.4	501.2
合 計	4,218.7	5,433.9	9,625.6

8.3. プロジェクト実施のための組織

8.3.1. プロジェクト組織の基本概念

首都圏地域における水資源開発の実施計画は、中間目標年次を2010年に置き、最終目標年次を2030年に設定する超長期の構想に基づいている。首都圏地域の開発はその

ような構想に沿って次第にその進度を高めるものと予期される。同時にそれと併行して、開発された施設の利用と管理を含むイスラマバードの行政機能は、必然的に拡大強化されるであろう。

このような関係から、隣接のラワルピンディ市を機能的に首都の一部ないしは首都それ自体と考える必要が生じるのも遠い将来ではないと思われる。

両都市の都市用水受益者のための水資源開発は、表流水を貯水するダム建設を中心に行われるであろう。そのような開発は同時に、都市用水のみならず他種利水と密接に結びついており、各種の相反する要素を調整する総合的な機関を設立することは必然と考えられる。

それ故、上記目標年次においてイスラマバード及びラワルピンディに対して期待すべき都市機能は、パキスタン政府の要請に従って両都市が単一の首府に融合するという前提のもとに分析検討されるべきである。

8.3.2. プロジェクト実施組織

現在大規模給水プロジェクトは、イスラマバードでは CDA が、そして、ラワルピンディでは PHED が執行している。しかしながら、本章 8.1. で述べられているような巨大な貯水ダムの開発を実施しようとするれば、関係行政機関の然るべき組織再編成と有能な技術者の十分な確保が不可欠の前提条件となる。

水電力省下の政府機関の一つである WAPDA は、国内法規に基づいて、また、高度技術を必要としたので、既存の 3 つのダム（シムリー、ラワル及びカンプール）の企画、設計及び施工管理に部分的ないし全面的に関与した。

都市用水給水施設は、水資源施設のほかに、浄水場に至る導水施設及び配水組織を含んでいる。上記施設が有機的に一体となって機能できるような建設計画を最初の段階で立案することが肝要であろう。そのためには、建設された施設の維持管理を含む総合的な機関、更には「大イスラマバード」構想に基づく都市用水部門の組織再編成という形で、組織を検討することが必要であろう。

上記の組織再編成は連邦政府の政策、都市開発計画、及び首都圏に対する同計画の進捗度を考慮しつつ、段階的に（1990年、2000年、2010年）実施すべきであろう。

1) 第1フェーズ (1990年まで)

前章で述べたように、カンプール大規模給水プロジェクトは、両都市イスラマバード及びラワルピンディの共同建設計画である。大規模給水プロジェクトの執行機関は現在、イスラマバードについては CDA、そしてラワルピンディについては PHED であり、CDA はシムリーの、そして PHED はラワルの浄水場の増設計画をもっている。

これら増設計画の実施と併行して、CDA の技術局のもとにカンプール用水供給建設事務所を新たに設立する。同組織はカンプール大規模給水プロジェクトの企画、設計及び施工管理を遂行する。

2) 第2フェーズ (2000年まで)

CDA 総裁の直轄下に首都圏都市用水開発建設局を新たに設立する。同組織は、カンプール用水供給建設事務所を再編成したもので、首都圏内及びその周辺で開発される予定のダム (S-1, SL-1, KL-1 及び Shahpurダムの高上げ) の企画、設計及び施工管理を遂行する。それは、第1フェーズの組織から独立し、また、他水源 (井戸及び頭首工) の開発プロジェクトを吸収包含する。

3) 第3フェーズ (2010年まで)

上下水道関連の総てのプロジェクトを技術的にも、財務的にも、行政的にも執行することが可能な独立した組織が先行する各フェーズにおける組織再編成の究極の形として設立される。同組織は、首都圏上下水道公社 (Metropolitan Waterm Supply and Sewerage Board: MESSB) と命名されよう。図VIII-3-1に示すように Managing Director が同組織の頂点に立ち、同職は4人の General Managerを指名する。彼等は、それぞれ administration/finance, planning/designing and bulk water supply, water distribution and operation/maintenance (Islamabad and RMC in Rawalpindi only) 及び sewerage facility developmentの各分野を管理する。

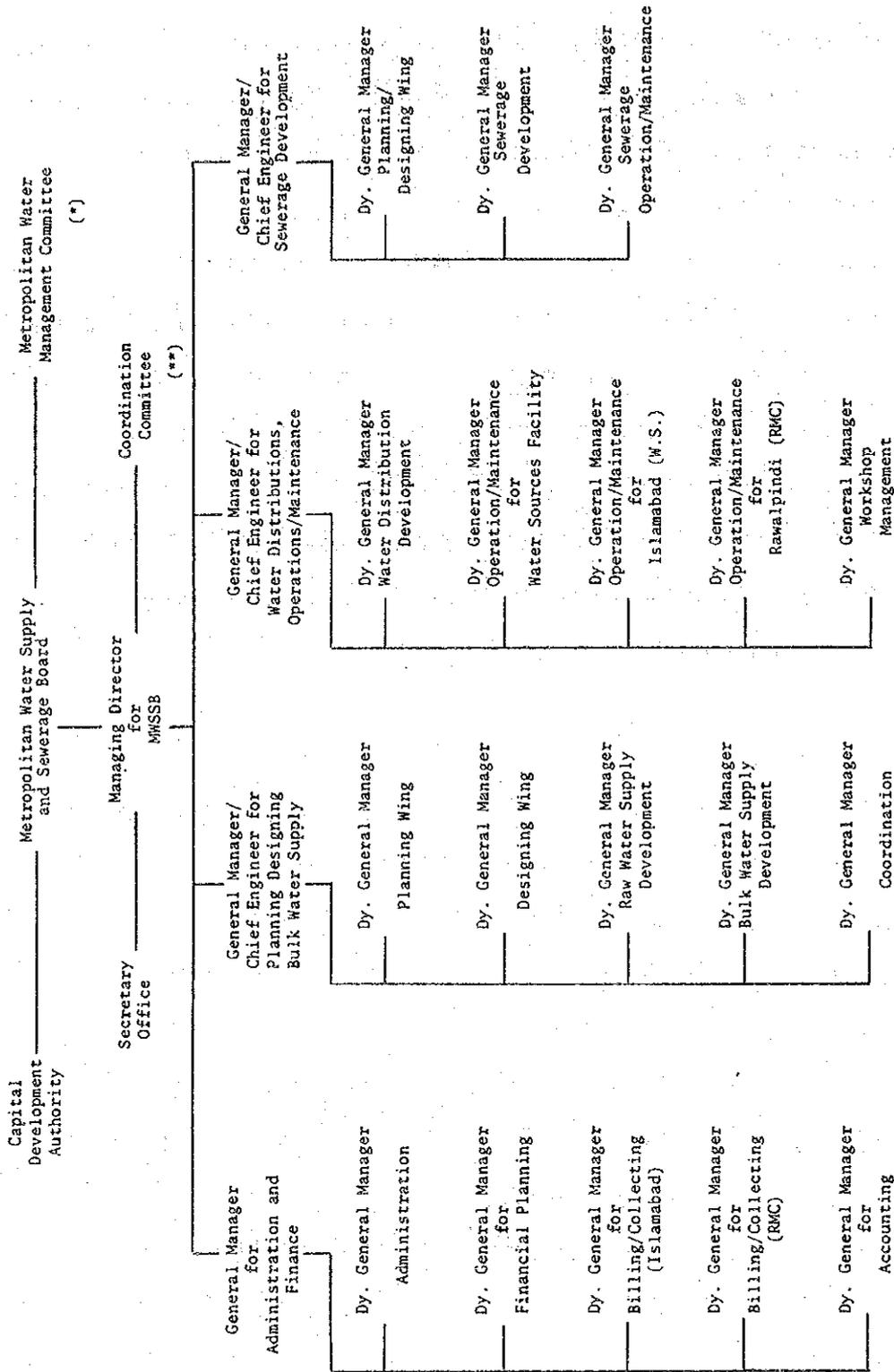
永い年月を経て現在の形になったカラチ及びラホールは上下水道組織は、提案の組織と相似している。当該プロジェクトのもとで計画されている組織は漸進的に拡充し、特に各関連分野における有能な技術者の十分な育成確保及び技術の向上に力を入れるよ

う提案したい。

MWSSB は組織的に CDA 総裁の直下に置かれるが、併し同時に、財務、人事、技術及びプロジェクト実施に関して CDA から独立している。そのような状況が実現されるためには、組織拡充と併せて財務基礎の強化が不可欠である。そのような強化は、第 2 フェーズが終了するまでに達成されなければならない。

首都圏のための水資源開発に当って、各種利害団体、省庁間の調整、調停の必要が生ずるであろう。プロジェクトの執行管理を円滑化するために最高諮問意思決定機関として Metropolitan Water Management Committee を設置する。同委員会は上記機能を遂行すると同時に予算計画、財務投資借入計画、各種開発計画、上下水道プロジェクトの執行といった重要事項に関して、審議と意思決定を行う。更に多目的ダム、ラワルピンディ・カントンメントの行政機関との協調、各種関係受益者間の利害調整及びプロジェクト実施にかかわる協議を担当する機関として、MWSSB の Managing Director のもとに Coordination Committee を設置する。

Ⅷ-3-1 MWSSB の組織 (第3フェーズ)



(*) Member of MMWC: Ministry (Division) of Planning/Development
 Ministry of Water/Power
 Ministry of Health
 Ministry of Finance
 Ministry of Agriculture/Food
 Ministry of Defence
 Ministry of Industry
 CDA and WAPDA
 Government of Punjab
 Government of NWFP

(**) Member of CC: Ministry of P&D
 Ministry of Water and Power
 Ministry of Health
 Ministry of Defence
 Ministry of Industry
 CDA
 Government of Punjab
 Government of NWFP

8.4. 維持管理の改善への提言

8.4.1. 堆砂管理

河川の流出土砂量は流域の地形、地質、植生の特徴、土地利用等に関係して増加する。

流出土砂の管理は、貯水池の開発に当たって主要課題の1つである。貯水池容量は、堆砂による埋没年数と貯水池の寿命の長短に関係する。

貯水池の堆砂問題は“予防することが最高の治療である”と言われるように、土砂が貯水池に堆砂すると除去するのに困難であったり費用のかかることが多い。土砂防止のための流域管理計画は、環境より施策の効果を評価する尺度としての流出土砂量を把握しながら実施すべきである。

現在実施、または計画中の三流域での主な流域管理計画は次のとおりである。

1) 植 林

2) 苗 床

3) 土地と水の保全

4) 放牧の管理

計画の実施に当たっての問題点は計画の進捗状況と現況の状況より次のように考えられる。

- i) 農地からの土地流出を防止するテラス化の進捗は、農耕者が現地不在のため計画がおくれている。これらの未改良農地からの土砂流出は、主要な発生源となっている。
- ii) 崩壊地、地すべり個所の土留、保護工を早急に実施すると共に、骨材等の原石採取（不法採取）を規制し、土地の荒廃を極力防止する。
- iii) 土砂生産と流出量は農村地域より宅地造成による都市化地域からの方が多くなる傾向にあり、都市農村の拡大を規制する必要がある。
- iv) 表土の被覆されていない裸地では効果のある雑草を繁殖させる草生工や敷草法で被覆する。植生が欠如すると水や風によって侵食が進行する。土地は灌木、樹木、雨の侵食を防ぐ草や食物で被覆すべきである。これは土地の浸透性を増加させ流出を減少させる。

貯水池の堆砂と土砂流出監視に関係する事項は次のとおりである。

- (i) 雨量、流量、浮遊土砂量及び水質の観測設備の整備
- (ii) 観測結果の解析
- (iii) 堆砂状況の把握

以上の問題点より計画の評価を行い、より適切な施策を計画し、実施する。

貯水池の堆砂管理についての提案を次に示す。

一 継続した計画

流域管理計画は植林と土保全の工事について段階的に計画を樹立し、各段階での事業は継続して長期間にわたって実施し、拡大することが必要である。

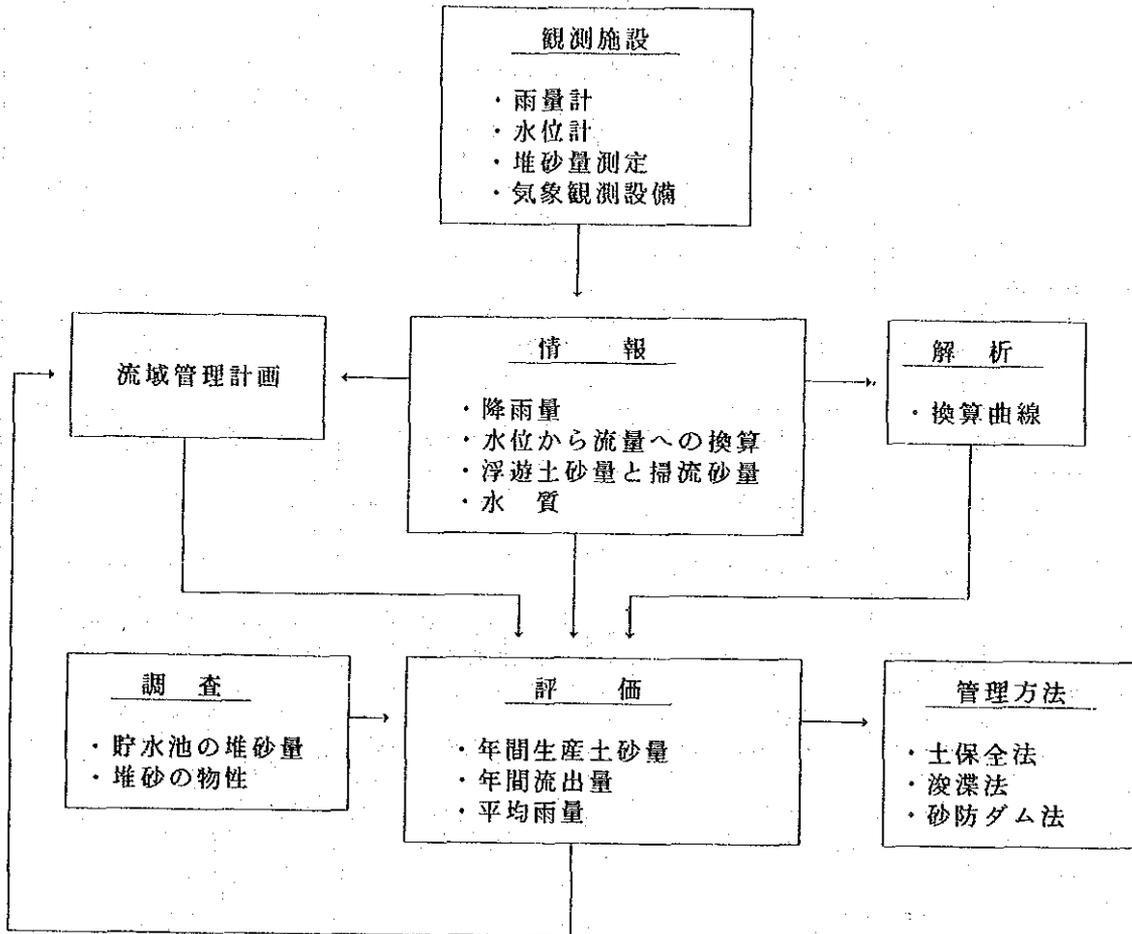
一 モニタリングと計画の評価

流域における水理特性は生産土砂量、土砂流送及び土砂堆積と密生に関係し、主要因子と考えられる。流量観測とそのデータの解析は、堆砂現象を解明する上で必要となる。流域管理計画は土砂流出を防止する目的で実施されている。流域の生産土砂量は施策の効果を測る尺度の1つとして考えられる。計画は流域内の施策量とその流域から流出する土砂量の関係より評価される。土砂流出量を把握するために観測所を整備し、雨量、流量及び堆砂のデータを集め、解析し、これより貯水池の機能を確保するための流域管理計画の評価を行う。モニタリングシステムフローチャートを図Ⅷ-4-1に、又、モニタリングと堆砂の調査を表Ⅷ-4-1に示す。モニタリングシステムに加えてランドサットデータを利用することは堆砂、土砂流出、地形、地質植生の変化等広域の情報入手が可能で、管理計画の立案に有効である。

一 堆砂の除去

堆砂を除去する方法は、貯水池での堆砂の分布状態に関係する。計画に先立って堆砂の調査が必要である。工法の選択にあっては、実現性、有効性、工事費等を検討し、最も実現性のある工法を採用する。

図VIII-4-1 監視システム



表Ⅷ-4-1 堆砂の監視と調査

		ラワルダム	シムリーダム	カンプールダム	優先順位
雨量観測所	既存	60 バリカングラン 651 ラワルダム	533 マリー	62 バルコット 383 カンプール	2
	提案	新設 3	新設 2	新設 5	
水位観測所	既存	KRG02 チャータール KRG01 バリカングラン	SON01 チャニイオット	カンプール	2
	提案	新設 1	新設 1	ハロー川 新設1 ニランカス新設1	
浮遊土砂量測定		水位観測所の近く	ラワルと同じ	ラワルと同じ	2
水質測定		同上	同上	同上	3
流域管理計画		維持管理を含めて継続	計画の継続	早期着手	1
堆砂の調査	貯水池の測量	—	貯水池の測量（継続断面の作成）		2
	堆砂の性質	ボーリング、トレンチ、試料採取、土質試験 （密度、粒度分布）			3
堆砂の除去法		浚渫工法	浚渫工法	掘削工法	4
工法の適用に 当たっての調査		1. 堆砂処理敷地 2. 運搬距離 3. 現地試験 輸送管の水頭損失、限界流速、摩耗		1. 土捨場 2. アクセス道路 3. 現地試験 施工法	5

8.4.2. 既設ダム（ラワルダム、シムリー、及びカンプールダム）の管理に関する提言

A. 既設ダムの維持・管理の状況

既設の3ダム（ラワルダム、シムリー、及びカンプール）は、互いに隣接した水系に建設されているが、都市用水及び灌漑用水の供給を目的とした独特のダムとしての運用がなされており、この報告書で提案されているような首都圏水資源開発のために必要とされるダム群の一つとしての機能は持っていない。

既設ダムの受益者は、幾つかの組織により構成され、その組織も複雑である。例えば、カンプールダムはイスラマバード及びラワルピンディ両市の都市用水の供給、ワー及びタキシーラ地区の種々の向上への工業用水の供給及びカンプール左岸・右岸水路灌漑地区への灌漑用水の供給等の種々の目的のために建設されている。

一般的に、貯水池の運用は利水、発電、洪水調節等の事業目的を満足するように行われる。既設3ダムは利水専用ダムであり、貯水池の運用に当っては、取水ゲート及び洪水吐ゲート操作だけが必要とされている。

取水ゲートは需要の季節的変動に基づく操作規則に準拠して操作されている。また、ゲート寸法が比較的小さく、ゲート開度を日単位で変更する事や貯水池への流入量に対応したゲート操作が必ずしも必要とされておらず、ゲート操作は手動で行われている。

以上のような理由から、流域全体の水文観測資料を収集するためのシステムは整備されていないのが実情である。

洪水吐ゲートは、前述のように、貯水池への流入量を予測するためのシステムが整備されていないため、貯水池の水位変動のみに対応したゲート操作規則に従って操作が行われている。

洪水吐ゲートの巻上げは自動及び手動で行われているが、停電時における予備電力設備（エンジン発電機）は現時点では設置されていない。

ダム施設の維持は、ダム事業の目的を満たすために必要な堤体、洪水吐、取水設備、放流路及び機械設備等の諸施設の機能を確保するために行われる。これらの施設の維持の他にも 8.4.1. で述べた貯水容量確保のための堆砂対策や水質保全のための対策も含めて考えることが必要である。

維持管理のための作業には、堤体や付属設備についての巡回、日常点検、特殊点検、計測や補修工事が含まれる。

既設3ダムの維持は、ダムの型式、完成後の経過年数に応じて実施されており、比較的適性に実施されているものと評価する。

B. 現行ダム操作・管理システムの評価

既設3ダムには、後述の最終段階において、テレメーターシステムを備えた水文観測施設、ダム諸量処理施設及びダム放流警報施設等を含む近代的なダム管理システムを整備する事が提案される。

また、現行の貯水池の水位変動のみに対応したゲート操作規則は、貯水池への流入量を考慮に入れたゲート操作規則に改める事が必要である。

この理由は、次に示すとおりである。

- 中小洪水時の無効放流をできるだけ軽減し、新規計画ダム郡との総合運用が必要となる将来計画のために、水資源の有効利用を図るため。
- 近い将来には必要性が生じると考えられるダム下流域に対する放流警報の判断資料を得るため。
- 特に雨期において各受益者の需要量の変動を判断するための資料を得るため。
- 流入量が急激に増加するような洪水及び異常に大きな洪水に対し、貯水池への流入量を予測する事により、貯水位の異常な上昇を防ぎ、安全なゲート操作を行うため。

C. ダム管理システムの拡充スケジュール

既設3ダムは、現行の単独ダムとしての役目と首都圏水資源開発計画ダム郡の一翼を担う役目とを持っており、ダム管理施設の拡充スケジュールは水資源開発のスケジュールに合わせ、段階的な拡充が必要である。

表Ⅷ-4-2に既設3ダムのダム管理システムの改善事項とスケジュールを示す。

(1) 第1段階 (1990年)

既設3ダムの増強工事の完成目標年度は、2000年である。この年まではこれら

のダムは単独の利水ダムとしての機能を果たすことになる。

従って、近代的なダム管理システムは必ずしも必要ではないが、ダムの完全性を確保するためには、洪水吐ゲートの安全な操作を行うための管理システムが不可欠である。施設改善の目標年次は、ダムの安全性確保という観点から1990年と設定する。

(2) 第2段階 (2000年)

2000年は、既設ダム増強工事の完成目標年であり、また、新規計画ダム郡の建設が一部開始される。

2000年以後は既設ダムは水資源開発のために必要なダム郡の中で重要な役割を担うことになる。水資源の有効利用を図るためには、近代的なダム管理システムの整備が必要である。

また、新規計画のダム郡での同様な近代的なダム管理システムを備えることが必要である。

(3) 第3段階 (2010年)

目標年度2010年までには、既設3ダムを含めた8ダムが首都圏の水供給のために完成する計画となっている。

この頃になると、同一水系内のダム郡が完成し、ダム郡としての貯水池運用が必要となる。

そのためには、ダム統合管理事務所を 8.3. で述べたような総合的な組織の下部機関として、水系の適当な場所に設置し、関係する水系のダムの操作制御に関する総ての情報を統合管理することが必要である。

ダム統合管理事務所は少なくとも次の2水系に設置することが望ましい。

ハロー川、ドール川水系： カンプール、D-1、H-4、シャープールダム

ソーン川水系： ラウル、シムリー、S-1、L-1、KL-1、SL-1ダム

この段階においては、水資源の有効利用のために、関連流域における降雨の予測が重要な要素となる。

この事業で計画される水文情報収集システムは、WAPDA や PMB (パキスタン気象局) 等により既に設けられている水文情報網と連結し、水資源の有効活用や FFC (連邦洪水委員会) に関連した洪水予警報に利用することが望まれる。

表Ⅶ-4-2 ダム管理システムの改善スケジュール

		第1段階 (1990年)	第2段階 (2000年)	第3段階 (2010年)
水文情報 収集システム	雨量観測所	手動式雨量計	自記雨量計	レーダー雨量計
	水位観測所 (流量)	水位標	自記水位計(フロー式)	
	電装装置	電話	テレメーターシステム	
ダム諸量処理システム		手計算による	コンピューターを利用したシステム	
放流警報システム		ダムサイト周辺、 サイレン	サイレン、スピーカーを使用した テレメーターシステム	
ゲート操作設備		洪水吐ゲート； エンジン発電機	全ゲートを自動化し、 予備発電設備を設置	
ダム管理事務所		既存ダム事務所	新設ダム 管理事務所	ダム統合管理 事務所と連結

第9章 優先プロジェクトの評価と財務

第9章 優先プロジェクトの評価と財務

本調査は推定初期投資額が165億ルピーに及び、実施期間が40年以上にわたる7つの主要なプロジェクト要素によって構成されている多重プロジェクトに対する基本計画調査である。

財務分析は、本基本計画の実行可能性について執行機関によるプロジェクト実施の観点からその全体像を掴むのに必要且つ有用であろう。

個々のプロジェクト要素を切り離してその一つ一つに評価を加えるというやり方は、或るプロジェクト要素は実行可能性があり、他のプロジェクト要素はそうではないという結果をもたらして、本計画を全一体として捉えるという考え方を崩すことになる。

調査団は、現在の首都圏水道当局の財務状況に問題があることから、当該プロジェクトの実施及び維持管理に直接関与する用水局が、財務的に健全な基盤に立脚することを最大重要事と考える。当該プロジェクトが用水プロジェクトであり、従ってベーシック・ヒューマン・ニーズにかかわるからと言って、関係当局が財務的にルーズであって良いということにはならない。特に、初期費用の40%異常が外貨によってまかなわれるものと推定されるので、関係当局は、国際的ないし外国の金融機関と円滑、有利に借款契約を結べるよう誘導、説得できるために、明確な基本計画を持ち、それに従って財務面を整備することが肝要である。

上記思想に沿って、調査団は水道料金、対収入比率としての世帯の水道料金支払能力、FIRR基準値、政府が用水当局に資本を供与する際の貸付条件といった財務的事項に関して基本的なガイドライアンを提示しようとした。

9.1. プロジェクト便益

当該プロジェクトの実現がもたらす便益は、開発された水資源が最終的に何の目的に使用されるかに従って、都市用水便益と灌漑便益とに大別することができる。これら2つの便益は更に財務的便益と経済的便益にわかれる。都市用水の財務的便益は、水資源開発及び水道に関連した諸施設の建設及び維持管理当たる機関が都市用水供給の対価として受けとるべき収入であり、灌漑の財務的便益は、農畜産物の収量増に基づく農家収益増

である。 経済的便益は都市用水及び灌漑用水の供給がもたらす国民経済の立場から見た便益である。

当該プロジェクトのもとで建設されるべき施設は、都市用水については配水等諸施設及び灌漑については水路等の諸施設は含まない。 しかしながら、当該プロジェクトの便益は、上記諸施設の建設を俟ってはじめて実現されるものと考えられる。 従って、プロジェクト評価に当たっては、末端諸施設の初期費用及び維持管理費用を推定して、それらを費用に包含させる必要がある。 或いは、費用を当該プロジェクトが対象とする施設に限定する場合は、同費用の末端諸施設を含む総費用に対する比率を末端便益に乗じたものを便益とする。

9.1.1. 都市用水供給

A. 財務的便益

都市用水供給の財務的便益は、水道当局が受益者に対して単位使用量当たりいくらの水道料金を課するかによって決まる。 そのような水価は受益者の支払能力と水道当局の財務的立場とを衡にかけた上で、最も適正に決定することが必要である。

当該プロジェクトのもとで供給される都市用水の水価を 1,000ℓ 当たり 2.53 ルピー (1,000ガロン当たり 11.50ルピー) とすると、商工業に対する水価は世帯に対するその2倍との前提で、世帯は 1,000ℓ 当たり 2.90 ルピー (1,000ガロン当たり 9.50 ルピー) を支払うことになる。 その時世帯は収入の 2.5%を水道料支出として計上することになる。 この条件のもとにおいて、財務的内部収益率(FIRR)は 5.2%と算定される。

家計における水道料支出額の収入に対する比率として 2.5%という数値は、最も適正な限界値と考えられる。 それは、世界銀行が是認する比率の上限値 5%及び現実的で妥当な限界値 3%の内側に位置している。 同銀行によれば水道部門のプロジェクトで内部収益率が 6~8%以上となる事例は稀である。 ベーシック・ヒューマン・ニーズにかかわり、社会的性格の強い当該部門のプロジェクトに対して、FIRR基準値として当国の長期利子率 14%を適用するのは妥当でなく、且つ現実的でない。 水道当局にとって 5.2%は、最も適正な FIRR の限界値の一つと考えられる。

以上より、当該プロジェクトのもとで供給さえる都市用水の財務的便益は、1978年現在で 1,000ℓ 当たり 2.53 ルピー (1,000ガロン当たり 11.50ルピー) とする。この単位便益は、受益者の収入が増大するに従って、漸増して行く。

B. 経済的便益

都市用水の経済的便益は、その単位生産費がいくらかに基づいて計算されるものではない。基本的には受益者が単位使用量に対していくら支払う意志があるかによって決まる。受益者のそのような支払意志は、都市用水使用がもたらす本質的な便益を表現したものと見ることができる。そのような本質的便益の中の最大のもは清浄な水を使用することによる罹病率の低下である。第二には川や池などから水を運ぶことに毎日費している時間の節約がある。その他、消防水としての便益等がある。これら個々の具体的な便益を定量化できれば、都市用水の経済的便益として、最も適切な算定がなされるが、現実にはそれは困難であるので、受益者の支払意志がそれら便益を一括して代弁しているものと解釈する。

今回調査団が行った都市用水に関する社会経済調査によれば、首都圏の受益者は 1,000 ℓ 当たり 1.77 ルピー (1,000ガロン当たり 8.05 ルピー) を支払う意志がある。

表 IX-1-1 支払意志

単位：ルピー/1,000ℓ (ルピー/1,000ガロン)

ユーザー	家庭	公的機関	商工業者	平均
支払意志	1.44 (6.55)	1.77 (8.05)	2.61 (11.87)	1.77 (8.05)

出典： EC-1

ユーザー別の支払意志は表 IX-1-1 に示されている。家庭ユーザーは 1,000ℓ 当り 1.44ルピー (1,000 ガロン新井 6.55 ルピー) を支払う意思がある。これを収入に対する比率で表現すると 1.7% である。世帯収入は漸次増大し、それと共に世帯の支払意思も増大するものとする。このことは他ユーザーの支払意志に対しても当てはまる。

9.1.2. 灌漑

A. 財務的便益

灌漑用水を対象地域に供給することによって、同地域の農業は作付率の上昇、作付体系の改善、単位作付面積当たり収穫量の増大等の恩恵を受けて、飛躍的に収益を増大させることが期待できる。

表 IX-1-2 灌漑の財務的便益 (単位：百万ルピー)

項 目	粗収入	純収入
1. 「事業実施前」状況	73.51	27.67
2. 「事業実施後」状況	548.48	207.94
3. 「事業実施後」－「事業実施前」	474.97	180.27

出典： EC-1

当該プロジェクトのもとにおける 17,000 ha の灌漑対象地域に年間 120.3 百万 m³ の灌漑用水を供給することによって、同地域の作付率は現在の 111% から 140% へと上昇し、作付面積の大部分を麦を始めとする穀類作目が占める現在の作付体系は、高収益を生み出す野菜果物や砂糖きび、まぐさを重視するパターンへと改善され、各作目の単位収量は 2 及び至 4 倍に増大するものと推定される。その結果、同地域農業の年次粗収入は、現在の 73.51 百万ルピーから 548.48 百万ルピーへと 474.97 百万ルピー (646%) 増大し、年次純収入は現在の 27.67 百万ルピーから 207.94 百万ルピーへと 180.27 百万ルピー (651%) 増大するものと予測される。

結局、当該プロジェクトのもとにおける灌漑の年次財務的便益は 180.27 百万ルピーである。これを農業世帯当たりに換算すると 16,886 ルピーとなる。そして、灌漑用水 1,000 ℓ (1,000 ガロン) 当たりの財務的便益は 1.50 ルピー (6.81 ルピー) と算定される。

B. 経済的便益

経済便益への変換過程で、算出及び投入に対する農業補助金の有無及び多寡、失業率など見られる当国の経済環境、投入に輸入品が大きく関与しているかどうか等の条件によって、現実の算出価格並びみ投入費用と国民経済の立場から見たそれらとの間に大きな差異が生ずる場合がある。

9.1.3. 新国際空港用水

新国際空港における都市用水需要は、最終目標年次 2030 年には 2.5 百万 m³ に達するものと予測されている。この予測値は、同空港に出入港する旅客及び貨物の需要量の予測に基づいて算定された。2000 年及び中間目標年次 2010 年における需要はそれぞれ 0.8 百万 m³ 及び 1.7 百万 m³ と推定されている。

同空港の需要をまかなうために専用チューブ・ウェルの建設が提案されている。供給される都市用水の使用者である新国際空港は公的機関であり、従って当国の慣例に従い、同都市水の単位当たりの財務的便益は、使用者が家庭である場合と等しく、1,000 ℓ 当たり 2.09 ルピー (1,000 ガロン当たり 9.50 ルピー) とする。この単位便益は、使用者の所得増に応じて漸次増大するものとする。

新国際空港に供給される都市水の単位当たりの経済的便益は、既に述べ首都圏の公的受益者の支払意志と等しく、1,000 ℓ 当たり 1.77 ルピー (1,000 ガロン当たり 8.05 ルピー) とする。この単位便益は使用者の所得増に応じて漸次増大するものとする。

9.2. 料金体系

9.2.1. 都市用水に対する料金体系

当該プロジェクトのもとにおいては、受益者の都市用水消費に対する対価は、完全従量制水道料金体系のもとに徴収されるものとする。

同体系が成立するためには、既に述べたように水道事業全般に及ぶハード・ソフト両面を包含した技術、製品、制度、要員、心理的態度、組織等の各側面の同時併行的な改善と改革が先決要件として要求される。そして最終的に、全日給水及び完全メーター制と呼応した形で完全従量制水道料金体系が実現される。

1987 年価格で都市水の総平均単価を 1,000 ℓ 当たり 2.53 ルピー (1,000 ガロン当たり 11.50 ルピー) とする。ユーザー別には、家庭及び公的ユーザーに対しては、1,000 ℓ 当たり 2.09 ルピー (1,000 ガロン当たり 9.50 ルピー) を課し、商工業ユーザーに対しては 1,000 ℓ 当たり 4.18 ルピー (1,000 ガロン当たり 19.00 ルピー) を課する。世帯収入は、経済の成長に伴い、今後年率 3% 前後で増大するものと予測される。世

帯の水道料支出額を収入の 2.5%とするという前提のもとに、家庭ユーザー、即ち世帯に対する水価は収入の増大に伴い、今後年率 2%前後で上昇するものとする。他のユーザーに対する水価も家庭ユーザーに対する水価に準じて上昇するものとする。

以上は完全従料制水道料金体系のもとにおける都市用水の総平均単価及びユーザー別平均単価について述べたものであるが、都市用水がベーシック・ヒューマン・ニーズの一つであることから、特に家庭ユーザーに対して使用量に応じたきめのこまかい料金体系の設定が望まれる。即ち、現在首都圏の世帯は平均して 1 ヶ月間に 32.54 m³の都市用水を消費しているが、1 人 1 日当りの都市用水の最低必要水量を 20 ~ 50 ℓ とすると、平均世帯人員が 7.28 人であるので、1 世帯 1 ヶ月の必要量は 4.37 ~ 10.92 m³ となる。これらの範囲までの使用量に対しては極めて低廉な単位料金を値し、使用量がそれらを越えた場合は単位料金を累進的に引き上げる。しかしながら、家庭ユーザーによって消費される都市用水全体の平均単位料金は既記のようにする。そのような体系を組むためには月次消費量別世帯数統計が必要である。

9.2.2. 灌漑用水に対する料金体系

既に述べたように当該プロジェクトのもとに開発される灌漑用水は、1,000 ℓ 当たり 1.50 ルピー (1,000 ガロン当たり 6.81 ルピー) の便益をもたらす。このうちのどれだけを受業者としての農民から徴収するのが妥当かという問題がある。分析によると 1.50 ルピーのうち、維持管理費用相当分は 0.37 ルピーである。残余のは投資費用及び利潤から成る。調査団は水価のうち維持管理費用の 80% 相当分、即ち、1,000 ℓ 当たり 0.30 ルピー (1,000 ガロン当たり 1.36 ルピー) を農民が支出し、残余の 1,000 ℓ 当たり 1.20 ルピー (1,000 ガロン当たり 5.46 ルピー) を連邦政府が補助金の形で負担するよう提案する。

1 農業世帯当たり年間平均灌漑用水使用量及び粗収入は、それぞれ 11,268 m³ 及び 56,375 ルピーである。従って、上記前提で、農業世帯は一年間に平均 3,365 ルピーを灌漑用水用の代価として支払うことになり、同支払額の粗収入に占める割合は 6.0% である。

9.3. プロジェクト評価

当該プロジェクトのもとで、1988年から2030年までの間に年間 551.0百万 m^3 の末端用水需要が新たに生じ、それに対応するための水資源開発諸施設にかかわる初期費用及び年間維持管理費用として、それぞれ 11,860.0 百万ルピー及び 189.0百万ルピーを必要とする。更に配水諸施設にかかわる初期費用及び年間維持管理費用として、それぞれ概算 4,640.0 百万ルピー及び 162.6百万ルピーを必要とする。

プロジェクト・ライフは1988年から2037年までの 50 年間とする。プロジェクト実施期間は、1988年から2030年までの 43 年間である。

財務評価が水道当局の立場から分析であり、それに対して、経済評価は国家経済の観点に立った分析である。

水資源開発諸施設及び配水諸施設にかかわる初期費用から関税、諸税等の移転支出分を差し引いて、経済評価ベースに変換すると、それぞれ 8,865.8百万ルピー及び 3,859.6百万ルピー（概算）となる。コンバージョン・ファクターはそれぞれ 74.75%及び 83.18 %である。維持管理費用は、経済評価に当たって、特に変換操作を加えなかった。経済的便益については、既記の通りである。

評価は、目標年次別及び受益者別に行う。即ち、2010年を目標年次とするプロジェクト、2030年を目標年次とするプロジェクト、一般都市用水供給プロジェクト、灌漑用水供給プロジェクト及び新国際空港用都市用水供給プロジェクトに対して財務的経済的な評価を実施する。既に述べた理由により、調査団としては水道部門プロジェクトに対する FIRR の基準値として 5 %という数値を提案する。

9.3.1. 財務評価

A. 目標年次別評価

a. 目標年次：2010年

中間目標年次 2010 年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新国際空港用都市用水の需要は、合計 334.9百万 m^3 と予測される。下に示す通り、同需要を充足させるため、概算 7,540.0百万ルピーの初期費用と 233.1百万ルピーの年間維持管理費用を必要とする。

表 IX-3-1 プロジェクト費用、目標年次：2010年
(単位：百万ルピー)

項 目	初期費用	維持管理費用
1. 水資源開発	4,974.0	144.2
2. 配水等 (概算見積り)	2,566.0	88.9
3. 合 計	7,540.0	233.1

出典 : EC-1

財務分析を実施した結果、FIRR 5.0 %を得た。これは FIRR 基準値 5 %と相等しく、当該プロジェクトが便益について既述のような前提を設定した場合、水道部門を主体とするプロジェクトとしてフィージブルであると言えることを示している。

b. 目標年次：2030年

当該プロジェクトは最終的な目標年次を 2030 年に置く。従って、当該プロジェクトの最終的な評価はこのケースに対して下される。

2030年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新国際空港用都市用水の需要は併せて 551.0百万m³と予測される。

下に示す通り、同需要を充足させるため、概算で 16,500.0 百万ルピーの初期費用と 351.6百万ルピーの年間維持管理費を必要とする。

表IX-3-2 プロジェクト費用、目標年次：2030年
(単位：百万ルピー)

項 目	初期費用	維持管理費用
1. 水資源開発	11,860.0	189.0
2. 配水等 (概算見積り)	4,640.0	162.6
3. 合 計	16,500.0	351.6

出典 : EC-1

財務分析を実施した結果、FIRR 5.4 %を得た。これは FIRR 基準値 5 %より 0.4%高く、当該プロジェクトが、便益について既述のような前提を設定した場合、水道部門を主体とするプロジェクトとして十分なヴィイアビリティーをもつことを示

すものである。

B. 受益者別評価

2030年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新国際空港用都市用水の需要は、それぞれ 418.5百万m³、120.3百万m³及び 2.5百万m³と予測される。

下に示すように、それら需要を充足させるため、概算でそれぞれ 14,989.3 百万ルピー、1,493.6百万ルピー及び 17.1 百万ルピーの初期費用、及びそれぞれ 305.6百万ルピー、44.9百万ルピー及び 1.1百万ルピーの年間維持管理費用を必要とする。

表 IX-3-3 ユーザー別プロジェクト費用

項 目	(単位：百万ルピー)		
	市 民	農 民	空 港
1. 初期費用			
1) 水資源開発	10,874.7	980.9	4.4
2) 配水等 (概算見積り)	4,114.6	512.7	12.7
3) 合 計	<u>14,989.3</u>	<u>1,493.6</u>	<u>17.1</u>
2. 維持管理費用	155.4	33.0	0.6
1) 水資源開発	150.2	11.9	0.5
2) 配水等 (概算見積り)			
3) 合 計	<u>305.6</u>	<u>44.9</u>	<u>1.1</u>

財務分析を実施した結果、上記の3つの受益者別プロジェクトについて、それぞれ 5.2 %、6.3 %及び 19.0 %という FIRR を得た。

一般都市用水供給プロジェクトは、当該プロジェクトの中核を占めるプロジェクトであり、従って、その FIRR は当該プロジェクト全体の FIRR と相似した数値となった。

それは基準値 5 %とほぼ等しく、同プロジェクトが便益について既述のような前提を設定した場合、水道部門に該当するプロジェクトとしてフィージブルな結果を得ることを示している。灌漑用水供給プロジェクトの FIRR は当国の長期貸付率 14 %を 7.7%下回る。しかしながら、同プロジェクトは首都圏の増大する人口に新鮮な野菜と果物を豊富に供給して、その栄養バランスと健康を増進し、保持することになるので、首都圏人口にとって絶対必要である。従って、同プロジェクトは、一般的都市用水供

給プロジェクトより FIRR が高いので、純粋に財務分析の立場からは、同プロジェクトの方がより高いプライオリティーをもっている。新国際空港用都市用水供給プロジェクトの FIRR は当国の長期貸出金利 14 %より 5 %高い。受益者が国際的な事業に従事し、その企業性は高いと考えられるので、この程度の FIRR は妥当と思料される。

9.3.2. 経済評価

A. 目標年次別評価

a. 目標年次：2010年

中間目標年次2010年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新国際空港用都市用水の需要は合計 349.0百万m³と予測される。

下に示すように、同需要を充足させるため、経済分析ベースで概算 5,997.2百万ルピーの初期費用と 233.1百万ルピーの年間維持管理費用を必要とする。

表 IX-3-4 経済的プロジェクト費用、目標年次：2010年
(単位：百万ルピー)

項 目	初期費用	維持管理費用
1. 水資源開発	3,862.8	144.2
2. 配分等 (概算見積り)	2,134.4	88.9
3. 合 計	5,997.2	233.1

出典： BC-1

経済分析を実施した結果、経済的内部収益率 (EIRR) 3.8%を得た。これは資本の機会費用12%を 8.2%下回っている。しかしながら、b.において列挙する理由から、当該プロジェクトは経済的にフィージブルであると判断する。

b. 目標年次：2030年

当該プロジェクトは最終的な目標年次を2030年に置く。従って、当該プロジェクトの最終適な評価はこのケースに対して下される。

2030年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新

国際空港都市用水の需要は併せて 551.0 百万 m³ と予測される。

下に示すように、同需要を充足させるため、経済分析ベースで概算 12,725.4 百万ルピーの初期費用と 351.6 百万ルピーの年間維持管理費用を必要とする。

表 IX-3-5 経済プロジェクト費用、目標年次：2030年
(単位：百万ルピー)

項 目	初期費用	維持管理費用
1. 水資源開発	8,856.8	189.0
2. 配水等 (概算見積り)	3,859.6	162.6
3. 合 計	12,725.4	351.6

出典：EC-1

経済分析を実施した結果、EIRR 4.2%を得た。これは資本の機会費用 12 %を 7.8 %下回っている。しかしながら、既述の通り、水道部門プロジェクトで内部収益率が 6 %以上となることは極めて少ない。また、便益の直接的な定量化が困難であり、受益者の支払意志を以てそれに代える場合は、低い数値となる安い。更に、そのようなプロジェクトはベーシック・ヒューマン・ニーズにかかわり、国民が衛生的健康的近代的な生活を享受するために不可欠である。以上の理由から、水道部門を主体とする当該プロジェクトは経済的にフィージブルであると判定する。

B. 受益者別評価

2030年における当該プロジェクトのもとにおける一般都市用水、灌漑用水及び新国際空港用都市用水の需要はそれぞれ 428.2 百万 m³、120.3 百万 m³及び 2.5 百万 m³と予測される。

下に示すように、それら需要を充足させるため、経済ベースで概算でそれぞれ 11,530.6 百万ルピー、1,180.6 百万ルピー及び 14.2 百万ルピーの初期費用、及びそれぞれ 305.6 百万ルピー、44.9 百万ルピー及び 1.1 百万ルピーの年間維持管理費用を必要とする。

表IX-3-6 ユーザー別経済的プロジェクト費用
(単位：百万ルピー)

項 目	市 民	農 民	空 港
1. 初期費用	8,108.0	754.2	3.6
1) 水資源開発	3,422.6	426.4	10.6
2) 配水等 (概算見積り)			
3) 合 計	11,530.6	1,180.6	14.2
2. 維持管理費用			
1) 水資源開発	155.4	33.0	0.6
2) 配水等 (概算見積り)	150.2	11.9	0.5
3) 合 計	305.6	44.9	1.1

出典： EC-1

経済分析を実施した結果、上記の3つの受益者別プロジェクトについて、それぞれ3.7%、8.1%及び16.0%というEIRRを得た。

一般都市用水供給プロジェクトは当該プロジェクトの中核を占めるプロジェクトであり、従ってそのEIRRは当該プロジェクト全体のEIRRと大差のない数値となった。

それは資本の機会費用12%と比較して8.3%低い。併しながら、既に述べた理由から同プロジェクトは経済的にフィージブルであると判定する。灌漑プロジェクトのEIRRは資本の機会費用を3.9%下回る。しかしながら、9.1.3.で述べているようにその強い社会性の故に、同プロジェクトは経済的にフィージブルであると判定する。

新国際空港用都市用水供給プロジェクトのEIRRは資本の機会費用を4%上回り、従って、何らの追加説明の必要なしに、同プロジェクトはフィージブルである。

表IX-3-7 費用便益フローのためのコード表

コード	意味
1. CC1	都市用水の開発供給にかかわる投資費用
2. CC2	灌漑用水の開発供給にかかわる投資費用
3. CC3	空港用水の開発供給にかかわる投資費用
4. OM1	都市用水の開発供給にかかわる維持管理費用
5. OM2	灌漑用水の開発供給にかかわる維持管理費用
6. OM3	空港用水の開発供給にかかわる維持管理費用
7. BF1	都市用水の供給から生じる便益
8. BF2	灌漑用水の供給から生じる便益
9. BF3	空港用水の供給から生じる便益
10. SCC	都市用水、灌漑用水及び空港用水の開発供給にかかわる投資費用
11. SOM	都市用水、灌漑用水及び空港用水の開発供給にかかわる維持管理費用
12. SBF	都市用水、灌漑用水及び空港用水の供給から生じる便益

注) : 1) 投資費用は水資源開発及び配水にかかわる初期費用及び置換費用を含む。
 2) 維持管理費用は水資源開発及び配水にかかわる維持管理費用を含む。

表 IX-3-8 財務分析のための費用便益フロー
目標年次：2030年

単位：百万ルピー

YEAR	NO.	CC1	CC2	CC3	CM1	CM2	CM3	BF1	BF2	BF3	SCC	SGM	SBF
1988	1	178.5	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	178.5	3.5	10.6
1989	2	605.7	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0	605.7	8.6	21.5
1990	3	682.4	33.4	0.0	14.4	1.4	0.0	32.7	0.0	0.0	715.8	15.8	32.7
1991	4	440.1	37.4	0.0	20.5	3.9	0.0	55.2	0.0	0.0	477.5	24.4	55.2
1992	5	140.8	0.0	0.0	88.0	5.0	0.0	78.6	6.7	0.0	140.8	93.0	85.3
1993	6	140.8	0.0	0.0	92.0	5.0	0.0	103.0	8.6	0.0	140.8	97.0	111.6
1994	7	264.6	0.0	0.0	96.5	5.0	0.0	128.3	9.6	0.0	264.6	101.5	137.9
1995	8	407.2	0.0	0.0	102.0	5.0	0.0	154.6	9.6	0.0	407.2	107.0	164.2
1996	9	328.2	109.8	0.7	107.2	6.9	0.0	181.8	9.6	0.0	438.7	114.1	191.4
1997	10	222.8	200.3	0.7	116.1	9.0	0.1	210.0	9.6	0.0	423.8	125.2	219.6
1998	11	222.8	257.2	2.0	124.3	13.3	0.2	239.2	9.6	0.0	482.0	137.8	248.8
1999	12	270.6	261.0	2.0	133.1	20.3	0.3	269.4	9.6	0.0	553.6	153.7	279.0
2000	13	390.1	216.1	0.0	142.5	27.8	0.3	300.6	83.9	1.5	606.2	170.6	386.0
2001	14	233.1	78.0	0.0	144.8	33.2	0.3	330.0	105.1	1.7	311.1	176.3	436.9
2002	15	289.0	119.9	0.0	147.2	37.4	0.3	360.5	115.8	1.9	408.9	184.9	478.2
2003	16	308.0	89.4	0.0	152.8	41.3	0.3	392.1	115.8	2.1	397.4	194.4	510.1
2004	17	249.5	0.0	0.7	156.7	42.9	0.3	424.9	146.1	2.3	250.2	199.9	573.4
2005	18	118.8	0.0	0.8	170.1	42.9	0.4	458.8	154.8	2.5	119.6	213.4	616.2
2006	19	308.2	0.0	1.1	175.1	42.9	0.5	493.8	159.1	2.8	309.3	218.5	655.8
2007	20	654.9	0.0	1.1	181.3	42.9	0.6	530.0	159.1	3.0	656.0	224.8	692.3
2008	21	821.2	0.0	1.1	187.9	42.9	0.6	567.4	159.1	3.3	822.3	231.4	729.9
2009	22	858.6	0.0	1.1	194.6	42.9	0.7	605.9	159.1	3.6	859.7	238.4	768.7
2010	23	660.5	14.9	0.0	202.0	42.9	0.7	645.7	159.1	3.8	675.4	245.6	808.7
2011	24	165.5	18.1	0.0	208.8	42.9	0.7	686.3	159.1	4.1	183.6	252.4	849.6
2012	25	73.5	0.0	0.0	211.3	42.9	0.7	728.1	159.1	4.3	73.5	254.9	891.6
2013	26	215.0	0.0	0.0	214.3	42.9	0.7	771.0	159.1	4.5	215.0	257.9	934.7
2014	27	417.3	0.0	0.0	217.8	42.9	0.7	815.2	159.1	4.6	417.3	261.4	979.0
2015	28	538.6	0.0	0.0	221.3	42.9	0.7	860.5	159.1	4.8	538.6	264.9	1,024.5
2016	29	538.6	0.0	0.6	228.4	42.9	0.7	907.0	159.1	5.0	539.2	268.5	1,071.2
2017	30	417.3	0.0	0.6	231.9	42.9	0.7	954.7	159.1	5.2	417.9	272.0	1,119.1
2018	31	336.3	27.9	0.0	236.4	42.9	0.7	1,003.6	159.1	5.4	364.2	275.5	1,168.2
2019	32	214.1	53.4	0.6	240.1	42.9	0.7	1,053.7	159.1	5.6	268.1	280.0	1,218.5
2020	33	420.4	34.8	0.7	244.1	42.9	0.8	1,105.0	159.1	5.8	455.9	283.8	1,270.0
2021	34	584.8	17.6	0.4	249.2	42.9	0.9	1,158.6	159.1	6.2	602.8	288.2	1,324.0
2022	35	697.4	33.7	0.4	254.2	42.9	0.9	1,213.6	159.1	6.4	731.5	293.0	1,379.2
2023	36	647.3	22.0	0.4	259.5	42.9	0.9	1,269.8	159.1	6.6	669.7	298.0	1,435.6
2024	37	514.9	35.0	1.0	275.6	44.8	0.9	1,327.4	159.1	6.8	550.9	304.2	1,493.4
2025	38	163.8	35.5	1.1	281.6	44.8	1.0	1,386.3	159.1	7.0	200.4	321.4	1,552.5
2026	39	201.9	0.0	0.4	287.6	44.9	1.0	1,446.5	174.0	7.2	202.3	327.5	1,627.9
2027	40	278.2	0.0	0.4	293.6	44.9	1.0	1,508.1	178.3	7.5	278.6	333.5	1,694.0
2028	41	396.1	0.0	0.4	299.6	44.9	1.0	1,571.1	180.4	7.7	396.5	339.5	1,759.3
2029	42	685.1	0.0	0.4	305.6	44.9	1.0	1,635.4	180.4	7.9	685.5	345.5	1,823.8
2030	43	709.6	29.4	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.2	739.0	351.6	1,889.8
2031	44	281.7	32.6	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	314.3	351.6	1,890.0
2032	45	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	0.0	351.6	1,890.0
2033	46	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	0.0	351.6	1,890.0
2034	47	17.1	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	17.1	351.6	1,890.0
2035	48	69.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	69.0	351.6	1,890.0
2036	49	65.7	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,701.1	180.4	8.4	65.7	351.6	1,890.0
2037	50	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	9,550.4	434.7	14.1	0.0	351.6	9,999.3

表 IX-3-9 経済分析のための費用便益フロー
目標年次：2030年

単位：百万ルピー

YEAR NO.	CCI	CC2	CC3	OM1	OM2	OM3	BF1	BF2	BF3	SCC	SDM	SBF
1988	136.7	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	136.7	3.5	7.3
1989	452.1	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	452.1	8.6	14.8
1990	304.9	24.7	0.0	14.4	1.4	0.0	22.5	0.0	0.0	529.6	15.8	22.5
1991	327.9	27.3	0.0	20.5	3.9	0.0	38.0	0.0	0.0	355.2	24.4	38.0
1992	115.6	0.0	0.0	88.0	5.0	0.0	54.1	6.7	0.0	115.6	93.0	60.8
1993	115.6	0.0	0.0	92.0	5.0	0.0	70.9	8.6	0.0	115.6	97.0	79.6
1994	213.5	0.0	0.0	96.5	5.0	0.0	88.4	9.6	0.0	213.5	101.5	98.0
1995	336.1	0.0	0.0	102.0	5.0	0.0	105.5	9.6	0.0	336.1	107.0	116.1
1996	275.6	90.7	0.7	107.2	6.9	0.0	125.2	9.6	0.0	367.0	114.1	134.8
1997	185.3	164.8	0.7	116.1	9.0	0.1	144.6	9.6	0.0	350.8	125.2	154.2
1998	185.3	205.9	2.0	124.3	13.3	0.2	164.6	9.6	0.0	393.2	137.8	174.4
1999	218.6	221.5	2.0	133.1	20.3	0.3	185.5	9.6	0.0	442.1	153.7	195.1
2000	301.7	172.4	0.0	142.5	27.8	0.3	207.0	63.9	1.2	474.1	170.6	292.2
2001	165.0	56.7	0.0	144.8	33.2	0.3	227.3	105.1	1.4	223.7	178.3	333.9
2002	206.1	87.8	0.0	147.2	37.4	0.3	248.3	115.8	1.5	293.9	184.9	365.7
2003	220.5	66.6	0.0	152.8	41.3	0.3	270.1	115.8	1.7	287.1	194.4	387.6
2004	177.8	0.0	0.7	156.7	42.9	0.3	292.6	146.1	1.9	178.5	199.9	440.7
2005	102.0	0.0	0.8	170.1	42.9	0.4	316.0	154.8	2.1	102.6	213.4	472.9
2006	243.2	0.0	1.1	175.1	42.9	0.5	340.1	159.1	2.3	244.3	218.5	501.6
2007	492.8	0.0	1.1	181.3	42.9	0.6	365.0	159.1	2.5	493.9	224.8	526.7
2008	616.5	0.0	1.1	187.9	42.9	0.6	390.8	159.1	2.7	617.6	231.4	552.7
2009	639.7	0.0	1.1	194.8	42.9	0.7	417.3	159.1	2.9	640.8	238.4	579.4
2010	492.2	9.7	0.0	202.0	42.9	0.7	444.7	159.1	3.2	501.9	245.6	607.0
2011	123.9	11.9	0.0	208.8	42.9	0.7	472.6	159.1	3.4	135.8	252.4	635.3
2012	61.1	0.0	0.0	211.3	42.9	0.7	501.4	159.1	3.6	61.1	254.9	664.2
2013	163.8	0.0	0.0	214.3	42.9	0.7	531.0	159.1	3.7	163.8	257.9	693.9
2014	310.1	0.0	0.0	217.8	42.9	0.7	561.4	159.1	3.8	310.1	261.4	724.5
2015	398.0	0.0	0.0	221.3	42.9	0.7	592.6	159.1	4.0	398.0	264.9	755.8
2016	398.0	0.0	0.6	224.9	42.9	0.7	624.6	159.1	4.1	398.6	268.5	788.0
2017	310.1	0.0	0.6	228.4	42.9	0.7	657.5	159.1	4.3	310.7	272.0	821.0
2018	251.5	18.3	0.0	231.9	42.9	0.7	691.2	159.1	4.5	269.8	275.5	854.8
2019	162.0	35.0	0.6	236.4	42.9	0.7	725.7	159.1	4.6	197.6	280.0	889.5
2020	309.7	22.8	0.7	240.1	42.9	0.8	761.0	159.1	4.8	333.2	283.8	925.0
2021	424.8	11.5	0.4	244.4	42.9	0.9	798.0	159.1	5.1	436.7	288.2	962.3
2022	498.6	22.1	0.4	249.2	42.9	0.9	835.8	159.1	5.3	521.1	293.0	1,000.3
2023	473.7	14.4	0.4	254.2	42.9	0.9	874.5	159.1	5.5	488.5	298.0	1,039.2
2024	385.4	29.5	1.0	259.5	43.8	0.9	914.2	159.1	5.6	415.9	304.2	1,079.0
2025	136.2	30.0	1.1	275.6	44.8	1.0	954.8	159.1	5.8	167.3	321.4	1,119.8
2026	161.2	0.0	0.4	281.6	44.9	1.0	996.2	174.0	6.0	161.6	327.5	1,176.4
2027	211.2	0.0	0.4	287.6	44.9	1.0	1,038.7	178.3	6.2	211.6	333.5	1,223.2
2028	297.7	0.0	0.4	293.6	44.9	1.0	1,082.0	180.4	6.4	298.1	339.5	1,268.9
2029	510.2	0.0	0.4	299.6	44.9	1.0	1,126.3	180.4	6.6	510.6	345.5	1,313.4
2030	528.4	21.9	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	6.8	550.3	351.6	1,358.8
2031	205.6	24.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	229.6	351.6	1,359.1
2032	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	0.0	351.6	1,359.1
2033	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	0.0	351.6	1,359.1
2034	17.1	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	17.1	351.6	1,359.1
2035	69.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	69.0	351.6	1,359.1
2036	65.7	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	1,171.6	180.4	7.0	65.7	351.6	1,359.1
2037	0.0	0.0	0.0	305.6	44.9	1.1	7,125.3	373.1	12.7	0.0	351.6	7,511.2

9.4. 財政的裏付け

9.4.1. 水道部門の開発予算と当該プロジェクトの費用

1985-86年におけるパキスタンの国内総生産 (GNP) は、市場価格で 527,792 百万ルピーであった。同年に、同国の開発予算である年次開発計画 (ADP) は 39,398 百万ルピーであった。従って、ADP の GDP に対する比率は 7.5% である。同金額のうち、13.2% に相当する 5,197 百万ルピーが水道部門の開発予算として計上された。これを連邦ベースで捉えると 4,001 百万ルピーであった。水道部門の開発予算のシェアが開発途上諸国で平均 4~5% であることを考えると、当国が同部門の開発にいかん力を注いでいるかが判る。

1979-80 年から 1985-86 年までの 7 年間に於ける ADP の GDP に対する平均比率は 8.2% であった。また、1976-77 から 1985-86 年までの 10 年間に於いて ADP に占める用水部門の平均シェアは 10.4% であった。即ち、当国は過去において一貫して同部門重視の政策をとって来たといえる。

過去における上記の関係が今後、その促持続するとし、プロジェクト実施期間である 1988 年から 2030 年までの 43 年間に於ける GDP の成長率を平均 4.88% とすると、同期間に於ける用水部門開発予算の累計額は 715,289 百万ルピーと算定される。そのうち連邦ベースの金額は 550,678 百万ルピーと概定される。翻って、同期間の当該プロジェクトは初期費用として 11,960.0 百万ルピーを必要とすると推定される。配水等所施設建設のための初期費用として概算 4,640.0 百万ルピーをそれに追加すると 16,500.0 百万ルピーとなる。従って、同金額の対応する連邦ベースでの水道部門開発予算額に占める割合は 3.0% である。

1981 年時点における受益地を主体とする行政地域としてのプロジェクト地域の人口及び GDP の全国に占める割合はそれぞれ 4.3% 及び 4.5% であったところから、上記の比率は妥当かつ現実的と考えられる。従って、当該プロジェクトは予算的財政的に当国が負担するに勤えられるプロジェクトであると判断される。

9.4.2. 執行機関への融資条件

今日まで連邦政府は、イスラマバードに於ける大規模水資源開発プロジェクトに

当たって、首都開発公社に対して無償供与の形で資金を提供して来た。イスラマバードに遷都が行われてまだ4分の1世紀しかたっていない現状において、首都開発にかかわる融資条件は可能な限りソフトであることが適切かつ必要とされる。しかしながら、2030年を最終目標年次とする当該プロジェクトのもとにおいて、適切な時期にイスラマバード及びラワルピンディを統括する水資源開発及び水道灌漑にかかわる一元的な執行維持管理組織を設立することが提案されている。そして、同組織は究極的に自主財政のもとに運営される、とするのが妥当かつ正常である。

パンジャブ州政府は、管轄下都市の水道プロジェクトに対して、時に11~13%の年利で融資を行って来ている。当国における長期貸出金利は14%と想定されるので、事業を少しでも財務的ベースに乗せようとするれば、以上のような利子率設定も止むを得ない。しかしながら、水道プロジェクトはベーシック・ヒューマン・ニーズにかかわり、国民が衛生的健康的近代的な生活を享受するために不可欠のプロジェクトである。事実政界銀行によれば、そのようなプロジェクトで内部収益率が6%以上となるケースは極めて少ないという。

分析によると、当該水道プロジェクトの財務的内部収益率を5.2%とすると、世帯の水道料支出額の所得に対する比率は2.5%になる。実績上、世帯の水道料負担能力限界は3%とされるので、同収益率のもとにおいて世帯は妥当かつ現実的に水道費用を負担することができる。

以上から、調査団は連邦政府が当該プロジェクトの執行機関に対して、開発資金を融資する際の条件として、年利5%ないしそれ以下を提案する。

9.5. 勧告

受益者が調査団の勧告した水道料金の支払いに抵抗したり、消極的であったりした場合、或いはまた、料金徴収が万全でなかった場合には、用水当局は直ちに赤字に陥るかもしれない。その上、プロジェクト実施の最初の10年ないし20年間は上記条件が満足されたとしても当局は財務的に欠損を生じる。

従って、連邦政府としては用水当局に対して開発資金を5%以下の利率で以て供与す

るか、ないしは、そのような利率が不可避の場合は欠損が生じたその都度欠損を補填するに足るだけの補助金を当局に支給することが望ましい。

この勧告は特にプロジェクト実施期間の前半において運用し、用水当局が財務的に自立した時点で撤回する。

第10章 結論と提言

第10章 結論と提言

1. この報告書でまとめた首都圏地域の水資源開発計画は、それぞれの目標年（2010年及び2030年）における予測人口とその水需要量を勘案し樹立したものである。イスラマバードは新首都として、連邦政府の政策と首都開発公社の樹立する開発計画に基づいて都市建設がなされている。

従って、国の施策・都市開発計画の変更に即応して、都市用水供給計画の見直しと、関連する水資源開発計画を検討し、総合的に開発事業を進める必要がある。

2. 首都圏の都市用水供給地域は新しい都市を建設中のイスラマバード、既成都市であるラワルピンディとからなり、それぞれが異なる過程を経て、首都機能を補完しつつ、発展していくものと考えられる。現時点で、両都市を含む総合的な都市計画はないが、今後既往の都市計画の見直しの必要性は充分認められる。また都市計画の質的変更とともに、開発進度の変更にも注意を払い、都市用水供給計画の適性化と、その開発を行う必要がある。

3. 首都圏周辺部に展開する農用地の灌漑開発計画は、受益農民のニーズ、将来の都市近郊農業の展望と収益性、事業の経済性等と検討したうえで、事業に着手すべきである。この場合、他種水利との調整・優先取水方法等について充分なる検討と関係する行政機関の間での協議が必要である。

4. 水源開発を進めるにあたり、提案されたダムサイト及び表流取水地点での水文諸量を確認するため、継続してそれらの観測を行う必要がある。また地下水開発地域においては既開発井戸の水位変動、揚水量等について継続的な実測を行い、開発可能量のチェック、新規開発井戸が既存井戸に与える影響等について検討する必要がある。

5. 首都圏地域の地形・気象・地質条件、予想される都市機能及び規模等から勘案すると、都市用水に対する主たる水源は河川の表流水を貯溜するダム開発が中心となろう。

その他の水源としては地下水と湧水が有望であり、ポンプによる河川表流水の取水（主として灌漑）が考えられる。特に地下水利用に関しては、都市用水供給が主目的であるということから、ダム水源が開発されるまでの間の暫定水源、あるいは計画渇水年を上回る異常渇水年に対する水源として考えることが重要である。従って、豊水年には貯水ダムあるいは河川表流水を効率的に利用し、極力地下水の涵養に努める計画が望ましい。

6. 当該調査で実施された地下水探査は、調査対象地域の水文学的状況の輪廓を描くにとどまる。データの欠如により現在の地下水汲上げ量が最適かどうかは、本調査では明らかにすることができなかった。
7. 水源開発の基本は長期的展望にたつて、技術的に問題が少なく、経済的な水源から、秩序を保ちつつ開発することにある。その水源の詳細な開発計画の樹立にあたっては、既得水利権に対する補償、影響評価、同一河川流域内の諸開発計画を検討し、その許容される範囲内で計画を確定する。
8. カンプルダムに関連する D-1及び H-4貯水ダムは、多目的利水として計画されている。一方、これら施設の建設は多額の費用を必要とし、各受益者の理解とコンセンサスを得て着工する必要がある。従って、カンプル用水の水配分は各受益者の現況の利水状況、他種水源の開発可能性とその経済性を吟味し、必要に応じてその配分の変更を行う必要がある。
9. クラング川水系の利水計画は、既存の都市用水供給の現状、別途検討中の灌漑農業開発計画(6,600ha)との関連を慎重に検討し、適性な水配分計画を樹立する必要がある。
10. 開発予定水源流域を調査し、技術的・経済的に可能な範囲での流域管理計画の樹立とその実施、流域内の諸開発計画に伴う水質汚染対策とその規制等について事前に検討し、協力的な行政指導が必要である。

11. 将来の首都圏の都市開発は、イスラマバード、ラワルピンディ両市の統合なくして語れない時期が、近い将来到来するであろう。現行の首都開発公社の機構はその開発進捗とともに拡大され、行政事務の増加が予想される。カンプール用水計画は両市の共同事業として実施する必要があることなどを考えると、将来の都市用水施設の建設及びその維持管理は統合組織のもとに運営されることが望ましい。

現在、錯綜している両市の都市用水供給組織を段階的に統廃合し、単一組織化する。この組織改革と呼応して、多目的ダムの建設を初め、大規模な都市用水施設の建設に係る有能な技術者の育成を図る。

12. 水資源開発の進捗と都市用水施設の拡充に伴い、その施設の維持管理が広域化するとともに、錯綜する。

特にダム水源の利水運用計画は、多目的ダム、単独ダムの混在と各受益者間の利水パターンが異なるため、将来の技術刷新を充分考慮し、長期的展望にたったものであり、各開発段階における短中期計画との整合性を持つ計画とする。

13. 最終目標年次2030年において、都市用水の給水を受ける首都圏人口は 3,267,000 人と推定される。そして、同年における1人当り需要は 475リットルと予測される。従って、都市用水に対する年間需要は 566.4 MCMと算定される。更に、首都圏に隣接する 17,000 ヘクタールの農地に給水する 120.3 MCMの灌漑用水及び新国際空港に給水する 2.5 MCMの都市用水が当該プロジェクトのもとで必要とされる。間接受益の工業用水 47.3 MCM 及びカンプール用水灌漑受益の 91.6 MCM を加えた年間需要量は 138.9 MCM となる。

14. 上記需要を充足させるための水資源開発にかかわる建設費用は 9,652.6百万ルピーと推算される。そのうち 4,218.7百万ルピー (43.7%) は外貨で賄い、残る 5,433.9百万ルピー (56.3%) は内貨で応ずることになる。

それと共に、用地取得、事務所施設、技術指導・管理及び技術的予備費にかかわる費用が概ね 2,207.4百万ルピーと推算される。さらに、末端施設にかかわる費用が概

ね 4,640.0 百万ルピーと推算される。従って、当該プロジェクトのもとで用水需要を充足させるに必要な投資費用の総額は 16,500.0 百万ルピーと算定される。

15. 当該プロジェクトの BIRR (経済的内部収益率) は 4.2% である。これは当国における資本の機会費用 12% より 7.8% 低い。しかしながら、当該プロジェクトは半世紀間にわたって、増大する首都圏人口に都市用水を、そして、隣接地域に灌漑用水を供給するであろう。

都市用水は将来の首都圏市民が衛生的健康的近代的な生活を享受するために必要不可欠であり、また、灌漑された農地は同市民に新鮮な野菜と果物を豊富に供給して、その栄養バランスと健康を増進し、保持するであろう。即ち、当該プロジェクトは基本的に、ベーシック・ヒューマン・ニーズにかかわる社会的事業なのである。従って、当該プロジェクトは経済的にフィージブルであると判定する。

16. 5.4% の FIRR (財務的内部収益率) のもとにおいて水道当局は、首都圏の世帯が収入の 2.5% を水道料として支出するような料金体系を組むことができる。この比率は支払能力の最大限界である 5%、及び現実的な限界である 3% の内側にある。

FIRR をそれより高くすると、受益者の家計への負担が過重となる恐れがある。当国の長期利子率は 14% であるけれども、高度の社会的な意味と重要性をもつプロジェクトの財務的な実行可能性を評価するに当たって、そのような数値を適用することは妥当ではなく、且つ、現実的でない。当該プロジェクトは将来の首都圏世帯の福祉に対して決定的に重要な意味合いをもつが故に 5.4% の FIRR のもとでフィージブルと判定する。

17. 国民経済の成長と併行して年々増大しつつある予算規模及び用水部門が予算充当面で適正なシェアを確保していることから判断して、連邦政府は当該プロジェクトの資金手当てをするに十分な予算源資を持つであろうと予備的に推定した。

調査団は上記根拠に基づき、連邦政府が唐楽プロジェクトの執行機関に対して必要な開発資金を年利率 5% ないしそれ以下で供与するよう強く勧告したい。

18. 都市用水は経済財であり、同時にベーシック・ヒューマン・ニーズの一つである。
これら両側面の統合は、料金が基本的な消費額の限界まで極く低廉で、それを越えると累進的に上昇するような料率構造を組むことによって達成できる。回数教を近代経済学と宥和させるために、そのような構造の構築と採用を勧告して止まない。
19. 開発された都市用水供給施設を健全な方法で運営するためには、適正規模の水道料金体系を樹立するとともに、イスラミックの教説を尊重しつつ、その徴収の徹底を図り、自立可能な財政計画を樹立する。
料金徴収制度の樹立は、利用者のモラル、末端給水施設の完備、漏水対策等を皇儲すべき事項を順次着実に実施することにより達成されよう。都市用水受益者の所得の増加に伴って、生活の工場と水道料金の支払能力が上昇するものと思われるが、同時に連邦政府の強力な財政援助が望まれる。
20. 以上の諸提言を長期的展望にたつて、段階的に着実に実施するとともに、当面逼迫している都市用水供給の現状を解消するために、カンプール用水関連の浄水場・配水施設の建設とシムリー、ラワル両浄水場の拡張工事の早期着工が必要である。

JICA