

パキスタン国
首都圏水資源開発基本計画調査
報告書

昭和63年2月

国際協力事業団

SDS



68-006

JICA LIBRARY



1042056E0J

パキスタン国
首都圏水資源開発基本計画調査

報 告 書

昭和63年2月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'88. 4. 8	117
登録 No.	17466	61.8
		505

序 文

日本国政府は、パキスタン回教国政府の要請に基づき、同国首都圏（イスラマバード・ラウルピンディ）水資源開発基本計画調査を行うことを決定し、これを国際協力事業団が実施した。

事業団は、株式会社 三祐コンサルタンツ 門脇 達氏を団長とし、同社及び八千代エンジニアリング株式会社から成る調査団を、1986年12月から1987年 3月、及び1987年 7月から1987年 9月まで同国へ派遣した。

調査団は、水資源開発可能地域の現地調査及びパキスタン国政府関係者との意見交換を実施し、日本に帰国後、解析・検討を行い、この最終報告書を作成した。

本報告書が当該地域の水資源開発に寄与するとともに、日パ両国の友好親善の促進に役立つならば、これに優る喜びはない。

最後に、今回の調査実施にあたり、多大の協力をいただいた、パキスタン回教国政府関係各位に深甚なる謝意を表するものである。

1988年 2月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

ここにイスラマバード・ラワルピンディ首都圏の水資源開発計画調査の最終報告書を提出致します。この調査は1986年12月から1987年11月までの間に、2期にわたり実施致しました。

報告書は5冊よりなり、第1冊は調査の解析内容、提言を要約した要約報告書、第2冊は調査、解析の内容を述べた主報告書、第3、第4、第5冊は各専門別報告書のとりまとめに使用した資料を収録した付属書であります。

本調査の結果、提案された計画の実施が首都圏の水資源開発に多大の貢献をすることを望むものであります。

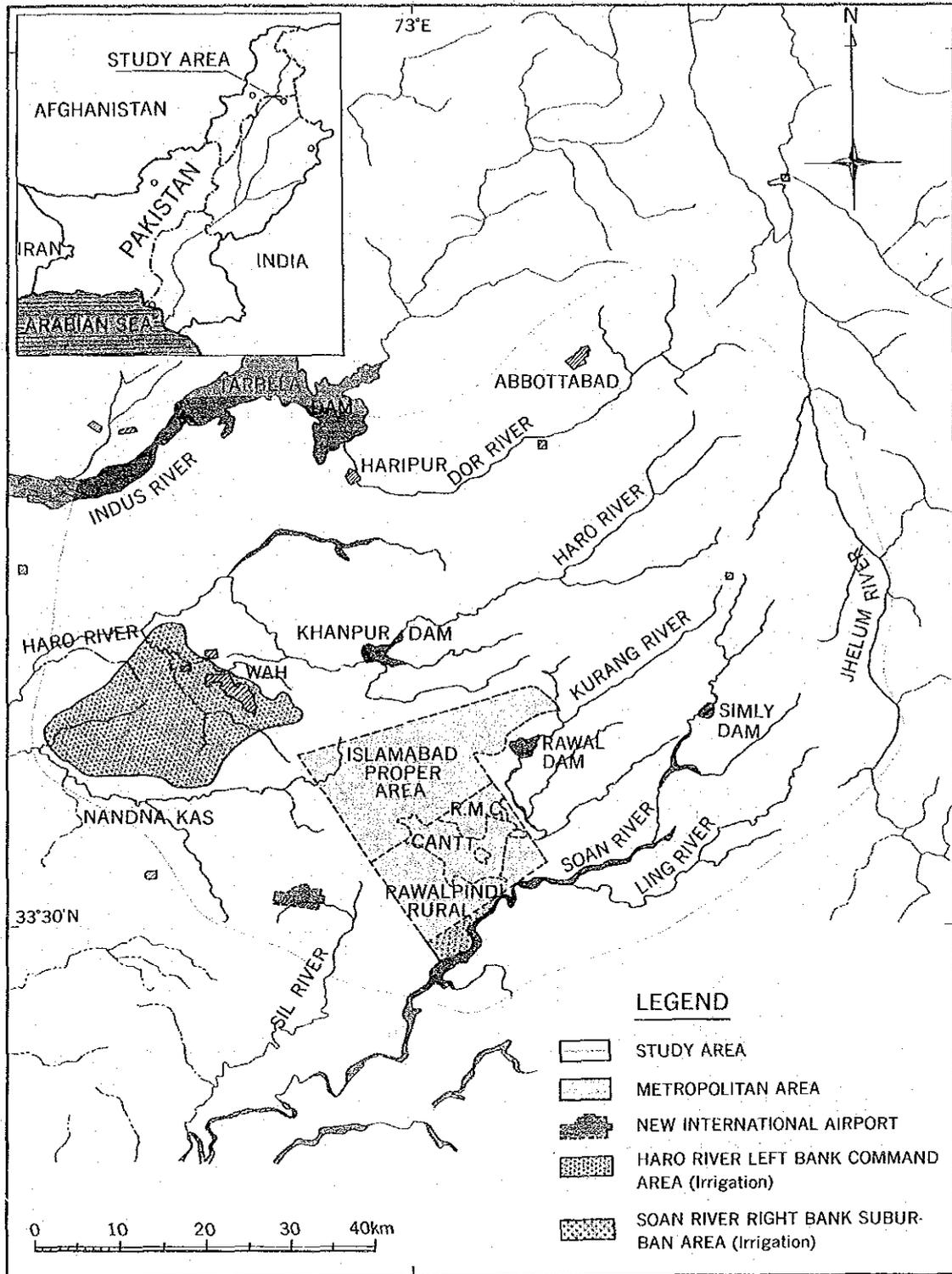
最後に、本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大なご支援を賜った貴事業団、在パキスタン日本国大使館及び作業監理委員会、並びにパキスタン回教国政府諸機関の関係各位に対し、深甚なる感謝の意を表するものであります。

1988年 2月

パキスタン国首都圏水資源開発計画調査団

団長 門 脇 達

調査対象地域図



水資源開発計画概要図

NORTH WEST FRONTIER PROVINCE

5,000m 0 5 10 15km

Miles 5 4 3 2 1 0 5 10 Miles

34°00'

34°00'

45°

45°

30°

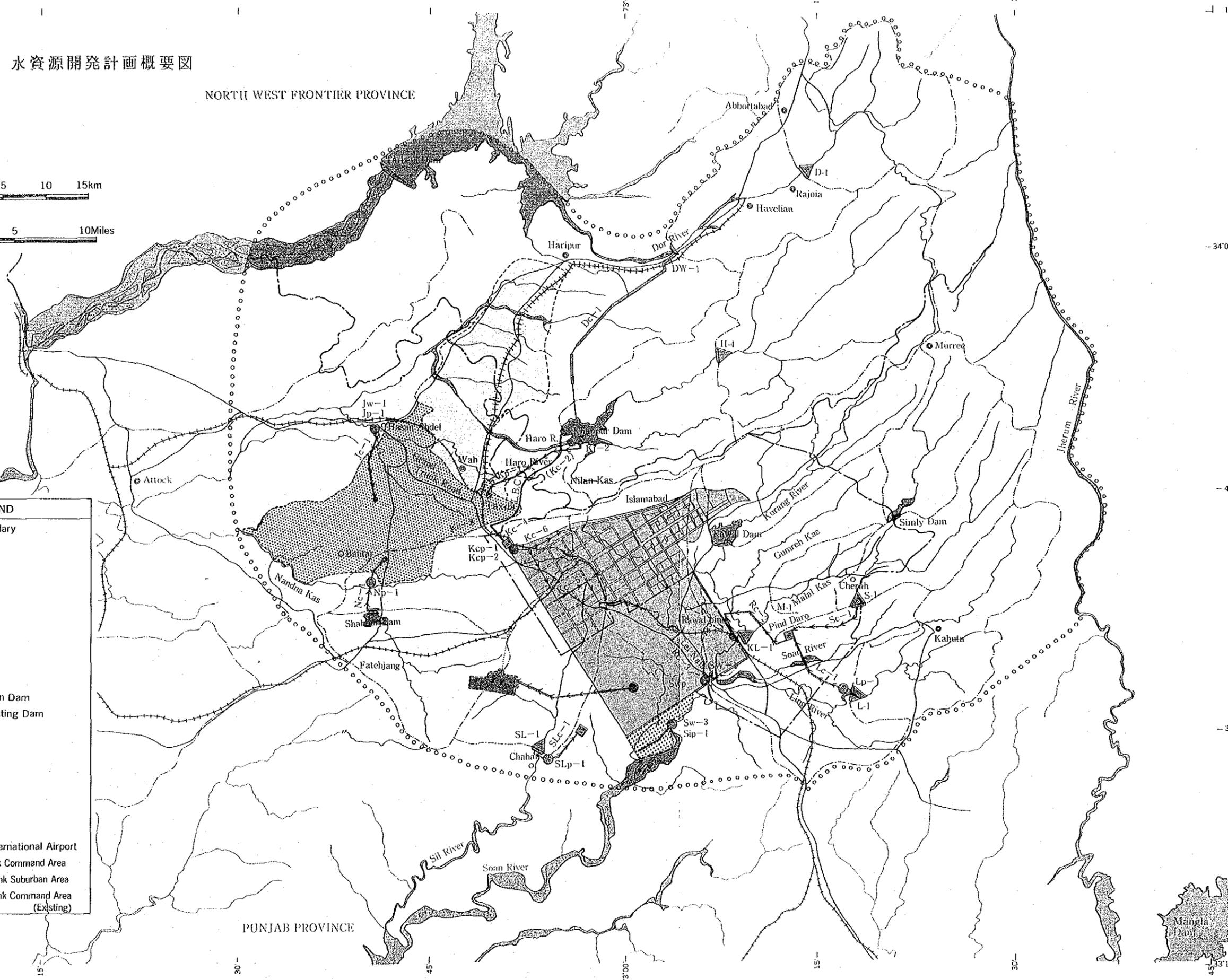
30°

33°15'

33°15'

PUNJAB PROVINCE

- LEGEND**
- Province Boundary
 - Study Area
 - Catchment Area
 - Existing Dam
 - Main City
 - Local Town
 - Main Road
 - +—+— Railway
 - River
 - ▲ Proposed Dam
 - Proposed Diversion Dam
 - Hightening of Existing Dam
 - Pump Station
 - Canal
 - Pipeline
 - Tunnel
 - Treatment Plant
 - Tubewell
 - Metropolitan Area
 - Proposed New International Airport
 - Haro River Left Bank Command Area
 - Soan River Right Bank Suburban Area
 - Haro River Right Bank Command Area (Existing)



目 次

頁

序 文	
伝達状	
調査対象地域図	
水資源開発計画概要図	
目 次	
表の目次	
図の目次	
付属書の目次	
関連図書	
省略記号	
換算表	

第1章 序論

1.1. 報告書の作成	I-1
1.2. 調査業務の背景	I-1
1.3. 調査地域と調査の範囲	I-2
1.4. 委員会の設置	I-3
1.5. 作業監理委員及び調査団	I-4

第2章 調査地域の現況

2.1. 位置	II-1
2.2. 調査地域の地形・地質	II-1
2.2.1. 地形	II-1
2.2.2. 地質	II-1
2.3. 気象	II-5
2.4. 流域及び土地利用	II-6
2.4.1. 流域	II-6
2.4.2. 地質及び植生	II-6
2.4.3. 土地利用	II-7
2.4.4. 流域管理	II-8
2.5. 河川	II-9
2.6. 水質	II-12
2.7. 社会経済的状況	II-13
2.7.1. 人口	II-14
2.7.2. 社会的側面	II-15
2.7.3. 経済的側面	II-16

第3章 水資源開発と利用の現況

3.1. 現況水需要量	III-1
3.1.1. 都市用水	III-1
3.1.2. 灌漑用水	III-5
3.2. 既開発水源と給水施設の現状	III-6
3.2.1. 貯水池開発	III-6
3.2.2. 河川及び溪流取水	III-8
3.2.3. 地下水取水	III-9
3.3. 施設の建設及び維持管理状況	III-11
3.3.1. 都市用水施設の建設及び維持管理組織	III-11
3.3.2. カンプールダムの暫定管理	III-12

3.3.3.	多目的水源開発に対する組織	Ⅲ-12
3.4.	財務及び水道料金体系	Ⅲ-13
3.4.1.	財政	Ⅲ-13
3.4.2.	水道料金体系	Ⅲ-15
第4章	水需要計画	
4.1.	都市用水	IV-1
4.1.1.	都市計画	IV-1
4.1.2.	人口推計と計画給水人口	IV-2
4.1.3.	水需要計画	IV-5
4.2.	灌漑用水	IV-14
4.2.1.	概要	IV-14
4.2.2.	導入作物と作付体系	IV-14
4.2.3.	単位灌漑用水量	IV-18
4.2.4.	ハロー川左岸灌漑地区	IV-21
4.2.5.	ソーン川右岸首都圏近郊地区	IV-22
4.3.	新国際空港用水	IV-23
4.3.1.	新空港計画の概要	IV-23
4.3.2.	計画交通量と水需要量	IV-24
4.4.	水需要量の総括	IV-25
第5章	気象及び水文解析	
5.1.	資料及び信頼性	V-1
5.1.1.	収集資料	V-1
5.1.2.	資料の信頼性	V-2
5.1.3.	観測資料の補完	V-6
5.2.	気象	V-6
5.2.1.	気候	V-6
5.2.2.	降水	V-9
5.3.	水文解析	V-14
5.3.1.	河川と流況	V-14
5.3.2.	流出解析	V-26
5.3.3.	堆砂量解析	V-29
第6章	水資源開発可能量の検討	
6.1.	適性水資源の選定	VI-1
6.1.1.	水資源開発の基本構想	VI-1
6.1.2.	調査対象水資源	VI-3
6.1.3.	開発地点の選定	VI-3
6.1.4.	施設計画基準	VI-5
6.1.5.	選定されたダムサイト	VI-8
6.2.	表流水	VI-11
6.2.1.	水資源開発可能量評価の基準	VI-11
6.2.2.	ドール川流域の開発可能量	VI-13
6.2.3.	ハロー川流域の開発可能量	VI-15
6.2.4.	ソーン川流域の開発可能量	VI-19
6.2.5.	開発可能量の総合評価	VI-22
6.3.	地下水	VI-24
6.3.1.	概要	VI-24
6.3.2.	地下水開発地域	VI-26
6.3.3.	電気探査	VI-31
6.3.4.	地下水開発ポテンシャル	VI-32

6.3.5.	今後の調査課題	VI-36
第7章 水資源開発計画		
7.1.	開発計画の基本概念	VII-1
7.1.1.	目標年次	VII-1
7.1.2.	開発の優先度	VII-1
7.1.3.	ダム規模の最適化	VII-1
7.2.	既往の施設並びに現行計画の評価(都市用水)	VII-2
7.2.1.	既往の施設の評価(都市用水)	VII-2
7.2.2.	2000年目標の現行計画の評価	VII-2
7.3.	建設費並びに最適化検討	VII-3
7.3.1.	建設費及び維持管理費	VII-3
7.3.2.	ダムサイジング	VII-6
7.3.3.	頭首工・取水工	VII-8
7.3.4.	導水路・揚水機場	VII-8
7.3.5.	施設の概略設計	VII-9
7.3.6.	水価比較	VII-16
7.4.	水資源開発計画	VII-17
7.4.1.	目標年次の水需給バランス	VII-17
7.4.2.	開発年次計画	VII-18
7.4.3.	開発制限に対する代替案	VII-18
第8章 実施計画		
8.1.	水資源の段階的開発計画	VIII-1
8.2.	投資費用	VIII-2
8.3.	プロジェクト実施のための組織	VIII-2
8.3.1.	プロジェクト組織の基本概念	VIII-2
8.3.2.	プロジェクト実施組織	VIII-3
8.4.	維持管理の改善への提言	VIII-7
8.4.1.	堆砂管理	VIII-7
8.4.2.	既設ダム(ラファール、シムリー及びカンプールダム)の 管理に関する提言	VIII-11
第9章 水資源開発計画の評価と財務		
9.1.	プロジェクト便益	IX-1
9.1.1.	都市用水	IX-2
9.1.2.	灌漑用水	IX-4
9.1.3.	新国際空港用水	IX-5
9.2.	料金体制	IX-5
9.2.1.	都市用水に対する料金体系	IX-5
9.2.2.	灌漑用水に対する料金体系	IX-6
9.3.	プロジェクト評価	IX-7
9.3.1.	財務評価	IX-7
9.3.2.	経済評価	IX-10
9.4.	財政的裏付け	IX-16
9.4.1.	水道部門の開発予算と当該プロジェクトの費用	IX-16
9.4.2.	執行機関への融資条件	IX-16
9.5.	勧告	IX-17
第10章 結論と提言		
		X-1

表 の 目 次

		頁
表 II-5-1	水利権及び慣行利水	II-12
表 II-7-1	プロジェクト地域のディストリクト別人口 (1981年)	II-14
表 II-7-2	プロジェクト地域の社会的インフラストラクチャー普及状況	II-15
表 II-7-3	プロジェクト地域の産業構造と1人当りGDP (1981年)	II-17
表 III-1-1	1986年の日生産水量 (イスラマバード都市区域部)	III-2
表 III-1-2	1986年の日生産水量 (ラワルピンディ都市部)	III-2
表 III-2-1	調査地域内における既存貯水ダム	III-7
表 III-2-2	イスラマバード都市区域部における河川及び溪流取水	III-10
表 III-4-1	原稿首都圏水道事業の財務状況 (1985-86年)	III-14
表 III-4-2	原稿首都圏従量制水水道料金体系 (1987年)	III-15
表 IV-1-1	人口予測値の要約	IV-4
表 IV-1-2	給水率と給水人口	IV-5
表 IV-1-3	計画給水人口と水需要量 (イスラマバード都市区域部)	IV-11
表 IV-1-4	計画給水人口と水需要量 (ラワルピンディ都市部)	IV-11
表 IV-1-5	計画給水人口と水需要量 (ラワルピンディ農村部)	IV-12
表 IV-2-1	計画作付体系	IV-15
表 V-1-1	測水所箇所数	V-2
表 V-1-2	スタディーに使用した気象観測所及び資料	V-2
表 V-1-3	代表降雨観測所	V-5
表 V-1-4	WAPDA の水文観測精度評価基準	V-5
表 V-2-1	気候区分	V-6
表 V-2-2	マリー及びチャクララ (ラワルピンディ) での気象概要表	V-8
表 V-2-3	流域別年平均降水量	V-10
表 V-2-4	年降水量から見た豊水期と渇水期	V-12
表 V-2-5	年降水量から見た確率渇水年と豊水年	V-12
表 V-3-1	河道形態	V-15
表 V-3-2	流況表	V-20
表 V-3-3	主要地点での年平均流出量	V-22
表 V-3-4	合成流出量による確率渇水年及び豊水年	V-24
表 V-3-5	調査地域の合成年流出量	V-24
表 V-3-6	調査地域内の既往最大洪水	V-26
表 V-3-7	測水所での流出解析結果	V-28
表 V-3-8	水資源開発可能地点での流出解析	V-29
表 V-3-9	計画比堆砂量	V-31
表 VI-2-1	ドール川流域での開発可能水資源量	VI-15
表 VI-2-2	ハロー川流域での開発可能水資源量	VI-19
表 VI-2-3	ソーン川流域での開発可能水資源量	VI-22
表 VI-2-4	調査地域の開発可能水資源量	VI-23
表 VI-3-1	調査地域の地下水盆の特徴	VI-24
表 VII-3-1	計画施設の規模と事業費	VII-5
表 VII-3-2	計画ダムの最適規模	VII-6
表 VII-3-3	計画ダムの概要	VII-11
表 VII-3-4	ダム基礎及び建設材料	VII-12
表 VII-3-5	取水及び導水施設の諸元	VII-14
表 VII-3-6	開発可能水資源の水価の構成	VII-16
表 VII-4-1	現行 1987 年の水収支表	VII-20

表 VII-4-2	目標年次 2000 年水収支表	.....	VII-21
表 VII-4-3	目標年次 2010 年水収支表	.....	VII-22
表 VII-4-4	目標年次 2030 年水収支表	.....	VII-23
表 VIII-4-1	堆砂の監視と調査	.....	VIII-10
表 VIII-4-2	ダム管理システムの改善スケジュール	.....	VIII-14
表 IX-1-1	支払意志	.....	IX-3
表 IX-1-2	灌漑の財務的便益	.....	IX-4
表 IX-3-1	プロジェクト費用、目標年次：2010年	.....	IX-8
表 IX-3-2	プロジェクト費用、目標年次：2030年	.....	IX-8
表 IX-3-3	ユーザー別プロジェクト費用	.....	IX-9
表 IX-3-4	経済的プロジェクト費用、目標年次：2010年	.....	IX-10
表 IX-3-5	経済的プロジェクト費用、目標年次：2030年	.....	IX-11
表 IX-3-6	ユーザー別経済的プロジェクト費用	.....	IX-12
表 IX-3-7	費用便益フローのためのコード表	.....	IX-13
表 IX-3-8	財務分析のための費用便益フロー	.....	IX-14
表 IX-3-9	経済分析のための費用便益フロー	.....	IX-15

図 の 目 次

		頁
図Ⅱ-2-1	調査地域の地質図	Ⅱ-3
図Ⅱ-5-1	流域概要図	Ⅱ-10
図Ⅱ-5-2	河川別流出量比較図	Ⅱ-11
図Ⅲ-1-1	現況における水道用水供給図	Ⅲ-3
図Ⅳ-1-1	首都圏給水対象地域	Ⅳ-3
図Ⅳ-2-1	灌漑用水計算フローチャート	Ⅳ-16
図Ⅳ-2-2	導入作物と作付体系	Ⅳ-17
図Ⅴ-1-1	等雨量線及び気象・水文観測所位置図	Ⅴ-3
図Ⅴ-2-1	マリー及びチャクララ（ラウルピンディ）での気象概要図	Ⅴ-7
図Ⅴ-2-2	年降雨量の長期変動	Ⅴ-11
図Ⅴ-2-3	1952年から1986年の年降雨量	Ⅴ-13
図Ⅴ-3-1	ドール川水系の河川縦断面図	Ⅴ-16
図Ⅴ-3-2	ハロー川水系の河川縦断面図	Ⅴ-17
図Ⅴ-3-3	ソーン川水系の河川縦断面図	Ⅴ-18
図Ⅴ-3-4	流況曲線	Ⅴ-21
図Ⅴ-3-5	年流出量と確率値	Ⅴ-25
図Ⅴ-3-6	貯水池の堆砂捕捉率	Ⅴ-32
図Ⅵ-1-1	水価と貯水容量	Ⅵ-9
図Ⅵ-2-1	水資源開発可能量と有効貯水容量との関係	Ⅵ-14
図Ⅵ-3-1	調査地域の地下水盆分布図	Ⅵ-25
図Ⅵ-3-2	イスラマバード・ラウルピンディ地域水理地質図	Ⅵ-27
図Ⅵ-3-3	ワー、タキシーラ地域水理地質図	Ⅵ-28
図Ⅵ-3-4	イスラマバード・ラウルピンディ地域地下水開発可能地域	Ⅵ-30
図Ⅶ-3-1	水価と開発水量	Ⅶ-7
図Ⅶ-4-1	計画導水模式図	Ⅶ-24
図Ⅶ-4-2	水資源開発年次計画	Ⅶ-25
図Ⅶ-4-3	水需給の時系列図	Ⅶ-26
図Ⅷ-3-1	HWSSB の組織（第3フェーズ）	Ⅷ-6
図Ⅷ-4-1	監視システム	Ⅷ-9

付属書の目次

付属書 A : 気象及び水文

- A. 1. 気象
- A. 2. 河川と流況
- A. 3. 流出解析
- A. 4. 流域別水資源開発可能量の解析
- A. 5. 堆砂量解析
- A. 6. 水質
- A. 7. 流域管理
- A. 8. 資料

付属書 B : 地質及び地下水

- B. 1. 調査地域の地形と地質
- B. 2. 地下水
- B. 3. 開発地点の地質
- B. 4. 土質及び建設材料
(補助資料 B-1 : ランドサット画像資料の利用可能性)

付属書 C : 水需要計画

- C. 1. 都市用水
- C. 2. 灌漑用水
- C. 3. 新国際空港用水

付属書 D : 施設計画

- D. 1. 既存水資源開発施設
- D. 2. 概略施設設計
- D. 3. 費用と代替案の比較
- D. 4. 水資源開発計画
- D. 5. 維持管理計画の提言

付属書 E : 実施計画と費用

- E. 1. 実施計画
- E. 2. 投資費用
- E. 3. プロジェクト実施組織

付属書 F : 経済

- F. 1. 社会経済
- F. 2. 社会経済調査の評価
- F. 3. 便益
- F. 4. 財務及び経済評価
- F. 5. 財政的裏付け

付属書 G : 議事録及びカウンターパート

- G. 1. 議事録
- G. 2. カウンターパート名簿

関 連 図 書

コード	出 典
WA-1	SEDIMENT APPRAISAL OF PAKISTAN RIVERS. WAPDA
WA-2	SIRAN BASIN RECONNAISSANCE REPORT. WAPDA
WA-3	HARO BASIN RECONNAISSANCE REPORT. WAPDA
WA-4	SOAN BASIN RECONNAISSANCE REPORT. WAPDA
WA-5	P. C. I SCHEME OF TARBELA & MANGLA DAMS WATERSHED MANAGEMENT PROJECT. WAPDA
WA-6	FINAL REPORT FOR SMALL DAMS PROJECT. ADB
WA-7	FLOOD CONTROL SECTOR PROJECT. ADB
WA-8	V. T. CHOW. HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY McGRAW-HILL, 1964
UR-1	POPULATION CENSUS REPORT OF ISLAMABAD IN MARCH 1981
UR-2	1981 DISTRICT CENSUS REPORT OF RAWALPINDI
GE-1	HYDROGEOLOGIC INVESTIGATION IN HARO RIVER POTWAR PLATEAU PUNJAB PROVINCE, WAPDA
GE-2	GROUNDWATER INVESTIGATION FOR WATER SUPPLY SCHEME FEDERAL CAPITAL AREA PHASE-1, WAPDA
GE-3	AVAILABILITY OF GROUNDWATER IN SELECTED SECTORS AREA OF ISLAMABAD, WAPDA
GE-4	HYDROGEOLOGIC INVESTIGATION IN SOAN BASIN POTWAR PLATEAU PUNJAB PROVINCE, WAPDA
GE-5	AVAILABILITY OF GROUNDWATER FOR WATER SUPPLY SCHEMES OF PHED RAWALPINDI CIRCLE, WAPDA
GE-6	TECHNICAL REPORT ON GROUNDWATER RESOURCES IN HARIPUR AREA, WAPDA
GE-7	GEOELECTRIC STUDIES FOR GROUNDWATER INVESTIGATION IN PAKISTAN ORDNANCE FACTORIES WAH PREMISES, WAPDA
GE-8	EFFECTS OF KHANPUR DAM ON TUBEWELLS INSTALLED AT HEAVY ENGG. COMPLEX TAXILA, HFF

IR-1	THE SIXTH FIVE YEAR PLAN
IR-2	RECONNAISSANCE SOIL SURVEY, SOIL SURVEY OF PAKISTAN RAWALPINDI (1967), ATTOCK (1970)
IR-3	PAKISTAN CENSUS OF AGRICULTURE, 1980
IR-4	FAO TECHNICAL PAPER NO. 24
EC-1	JICA STUDY TEAM
EC-2	SMALL DAMS ORGANIZATION, ISLAMABAD
EC-3	AGRICULTURE DEPT., GOVY. OF THE PUNJAB
EC-4	PLANNING & DEVELOPMENT DEPT., GOVT. OF THE PUNJAB
EC-5	PAKISTAN STATISTICAL YEAR BOOK 1986
EC-6	POPULATION CENSUS 1981
EC-7	HOUSING CENSUS 1980
EC-8	PUNJAB DEVELOPMENT STATICS 1986
EC-9	ECONOMIC SURVEY 1985-86
HY-1	FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 24 "CROP WATER REQUIREMENT", REVISED 1977

省 略 記 号

1. 組 織

ABAD	:	バラン地区開発庁
CAA	:	パキスタン国国防省民間航空局
CANTT	:	駐屯地区
CB	:	駐屯地区庁
CDA	:	首都開発公社
FAO	:	国連農業食糧機構
HFF	:	重鋳・鍛造工場 (PIDCのF)
HMC	:	重機械工場団地 (PIDCのF)
HRF	:	重機修理工場 (MES のF)
ICTA	:	イスラマバード首都圏庁
JICA	:	国際協力事業団
MES	:	パキスタン国防省軍技術供給事業局
NARC	:	国立農業試験場
PAF	:	パキスタン国防省空軍局
PARC	:	パキスタン農業技術会議
PHED	:	パンジャブ州公衆衛生技術局
PIA	:	パキスタン国際空港
PIDC	:	パキスタン工業開発公社
POF	:	パキスタン国国防省兵器製造局
RCB	:	ラワルピンディ駐屯地区庁
RMC	:	ラワルピンディ市制地区 (庁)
RMC	:	地域気象局
SDO	:	パンジャブ州灌漑電力局小規模ダム部
WAPDA	:	水・電力開発庁
WHO	:	世界保健機構

2. 単 位

AF	:	acre feet
c f s	:	cubic feet per second
cm	:	centimeters
c u. m	:	cubic meters
c u. m/d	:	cubic meters per day
cm. d	:	cubic meters per day
cmd	:	cubic meters per day
c u. m/sec	:	cubic meters per second
c u s e c	:	cubic feet per second
f t	:	feet
g a l. (g a l)	:	imperial gallons
g c d. G C D	:	imperial gallons per capita per day
h a	:	hectares
h r.	:	hours
k g	:	kilogrammes
k m	:	kilometers
l i t	:	liters (litres)
l c d. L C D	:	liters per capita per day
m	:	meters (metres)

MCM	:	million cubic meters
mg/d	:	million gallons per day
MGD	:	million gallons per day
min	:	minutes
MLD	:	million liters per day
mm	:	millimeters
ppm	:	parts per millions
Re.	:	repee
Rs.	:	repees
sec.	:	seconds
sq.	:	square
sq. m	:	square meters
sq. km	:	square kilometers
y.d.	:	yards

3. その他

CA	:	Cultivable Area
CCA	:	Cultivable Command Area
DA	:	Drainage Area
EL	:	Elevation
EIRR	:	Economic Internal Rate of Return
FIRR	:	Financial Internal Rate of Return
GNP	:	Gross National Product
GDP	:	Gross Domestic Product
O/M	:	Operation and Maintenance
P. C. I.	:	Planning Commission I Pro Forma
ADP	:	Annual Development Programme
AMSL	:	Above Mean Sea Level
HLBCA	:	Haro River Left Bank Command Area
SRRBSA	:	Soan River Right Bank Suburban Area

換 算 表

長 さ

1 inch	= 25.40	mm	1 mm	= 0.03937	inches
1 foot = 12 inches	= 0.3048	m	1 m	= 3.281	feet
1 yard = 3 feet	= 0.9144	m	1 m	= 1.094	yard
1 statute mile	= 1.609	m	1 km	= 0.6214	miles

面 積

1 in ²	= 6.452	cm ²	1 cm ²	= 0.1550	in ²
1 ft ²	= 0.09290	m ²	1 m ²	= 10.76	ft ²
1 yd ²	= 0.8361	m ²		= 1.196	yd ²
1 acre	= 0.4047	ha	1 ha	= 2.471	acres
1 sq. stat. mile	= 2.59	km ²	1 km ²	= 0.386	sq. stat. mile

体 積

1 in ³	= 16.39	cm ³	1 cm ³	= 0.06102	in ³
1 ft ³	= 0.02832	m ³	1 m ³	= 35.32	ft ³
	= 28.32	litre	1 litre	= 0.03532	ft ³
1 gallon(imp)	= 4.546	litre		= 0.2200	gallon(imp)
1 acre-ft	= 0.12335	ha-m	1 ha-m	= 8.107	acre-ft
	= 1,233.5	m ³			
	= 0.0012335	MCM	1 MCM	= 810.7	acre-ft

重 量

1 lb	= 16 oz	= 0.4536	kg	1 kg	= 2.205	lb
1 cwt	= 112 lb	= 50.80	kg		= 0.01969	cwt
1 long ton (2240 lb)	= 1.016	metric ton		= 0.0009843	long ton	
1 cotton bale	= 178	kg		= 0.00562	cotton bale	
1 maund/acre	= 92.39	kg/ha	1 kg/ha	= 0.01082	maund/acre	

容量及び流速

1 cusec	= 0.02832	cu. m/sec	1 cu. m/sec	= 35.31	cusec
1 MGD	= 4.546	MLD	1 MLD	= 0.220	MGD
1 Knot	= 1.85	km/hr	1 m/sec	= 3.281	ft/sec
1 foot/sec	= 0.3048	m/sec		= 196.9	ft/min
1 foot/min	= 0.508	cm/sec	1 km/ha	= 0.541	knot
1 mile/min	= 1.609	km/min		= 0.6214	mile/hr

気 温

$$^{\circ}\text{F} = 1.8 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 32$$

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$$

水 圧

1 atmospheres = 76.0 cm Hg

1 bar = 1.013 atm

1 inch Hg = 0.0334 atm

1 inch H₂O = 2.49 mbar

1 mbar = 0.750 mm Hg

1 lb/in² = 51.7 mm Hg

為替レート

1.0 \$US = Rs. 17.0 = ¥ 153.0

第 1 章 序論

第1章 序論

1.1. 報告書の作成

この報告書は1986年8月25日パキスタン回教共和国と日本政府との間で締結されたイスラマバード、ラウルピンディの首都圏水資源開発調査の実施要領に基づいて作成したものである。

この報告書は要約報告書、主報告書及び付属書から構成され、現地調査、既存資料の収集と検討、技術分析、パキスタン政府関係者と調査団との分野別検討・協議を重ね、1987年7月提出した中間報告書の内容をも加味し、作成した。

1.2. 調査業務の背景

イスラマバード及びラウルピンディからなる首都圏地域は、パンジャブ州の東北端に位置している。首都は連邦政府の政策に基づき1958年カラチよりイスラマバードに遷都された。

イスラマバード及びラウルピンディの人口はそれぞれ約28万人及び95万人である。目標年である2030年の両市の人口はイスラマバード100万人、ラウルピンディ235万人と推定される。

イスラマバードの都市用水は1982年に完成したシムリーダム、国立公園及び都市域の地下水、並びに首都開発公社管轄地域内の小河川から取水している。一方、ラウルピンディの水は、ラウルダム及び受益地域内の地下水井から得ている。カンプール事業は、1980年代後半にイスラマバード及びラウルピンディの両市に日平均約45.5万トンの水を供給する計画である。2000年における首都圏の水需要は、既存施設、カンプール導水、とその他の小規模な拡張計画によりまかなわれるものと予測されている。しかしながら、首都圏の開発目標年次は2030年であるが、2000年以降の水資源開発に関する基本計画はいまだ策定されていない。従って、水資源の有効利用と都市用水、工業用水、灌漑及び空港用水の需要予測を含む2000年以降の、これらに関する基本計画の策定が急務である。

このような現状からパキスタン政府は首都圏地域の水資源開発、及び周辺灌漑地域の

水供給の基本計画策定に関する技術協力を日本政府に要請することを決定した。

パキスタン政府の要請に従って、日本政府は、国際協力事業団を通じ、1986年2月10日より22日までの間、市原四郎氏を団長とする事前調査団を派遣し、パキスタン政府の協力により調査を実施した。この調査結果に基づいて日本政府は基本計画調査を実施することを決定した。

日本政府の技術協力の実施機関である国際協力事業団はパキスタン政府の協力により上記調査を実施し、また、調査を通じパキスタン政府職員に対する技術移転を行った。

1.3. 調査の目的と範囲

この調査の対象地域は受益地域と水資源開発地域に区分して考える。受益地域は首都圏のイスラマバード及びラワルピンディの都市域、ハロー川左岸の約16,000 haと首都圏近傍の約1,000 haの灌漑地域、及び新国際空港地域とする。

水資源開発地域は、上記の受益地域と隣接する水資源開発の評価対象となる周辺地域を含めた地域とする。

業務の範囲は、両国政府の合意に基づき業務の内容が規定されており、その内容は概ね次の内容とする。

- 都市用水需要、灌漑用水及び水資源開発計画に関する図面、データ、レポート等の収集
- 地形、基礎地質、地下水、水文、水質、土地利用、土壌条件と灌漑地域の作付方法等に関する現地調査の実施
- 2010年及び2030年までの都市用水需要、新国際空港の用水及び灌漑用水の検討
- 河川、湧水等の表面流出及び地下水の水資源開発量の評価
- 各用水の需給バランスの分析と各水源の最適開発量の提言
- 2010年及び2030年の目標年次における水資源利用施設、即ち貯水ダム、取水ダム、導水路、ポンプ場と関連施設の概略設計
- 水収支バランスの評価と地域の社会経済条件を考慮した総合的水資源開発計画の樹立

- 一 優先事業の提言と事業実施に必要な概算事業費の算出を含む事業実施計画の樹立
- 一 流域管理計画とテレメーター施設の設置を考慮した既開発水資源施設の最適な維持管理方法の検討と提言

1.4. 委員会の設置

首都圏地域の利水受益者は、都市用水、灌漑用水、工業用水及び空港用水と多岐にわたっている。これらの受益者に給水する施設の建設及び維持管理に関する関係機関は連邦政府・州政府、公社、国营工場、市水道局等極めて複雑であり、各作業段階での調整が必要である。

この調査では業務の円滑な運営を図るための調整委員会と実務委員会を設置した。それぞれの委員会のメンバーは次のとおりである。

(1) 調整委員会

委員長：内閣省次官補	アブドル・ハミード
委員：首都開発公社局次長	ジャベイド
〃：計画開発省主査	アジィア、アクタール
〃：水電力省参事官	ナヴィド、アリ・ナースリ
〃：水電力開発公社部長	アタウラー・カーン
〃：首都圏庁次長	ザッファー・アフマッド
〃：経済省参事官	モハマッド・ファーヒーム
〃：民間航空庁部長	モハマッド・アクラム
〃：衛生局管理事務所長	マリフ・ムバラック・アフメッド
〃：灌漑局管理事務所長	ハマッド・ジャリール・カーン
〃：国防省主任技師	ファザール・アミン
〃：ラワルピンディ支庁長	マホマッド・マスッド

(2) 実務委員会

委員長：首都圏開発公社局次長	ジャベイド
委員：計画開発省課長補佐	ムスタンサー・カーン

”	：水電力省課長補佐	ジュネイト
”	：州政府衛生局所長	マリク・ムバラク・アフメット
”	：内閣省課長補佐	アフタブ・フッメッド
”	：首都開発公社課長	ノマーニイ
”	：水電力開発公社課長補佐	フィダー・フセイン
”	：州政府灌漑局所長	ハワイズ・ウラー

1.5. 作業監理委員会、及び調査団

(1) 作業監理委員会

委員長（一次）	；	市原 四郎	
		建設省河川局海岸課長	
委員長（二次）	；	石崎 勝義	
		建設省河川局防災課 災害対策調査室長	
委員	；	恒松 浩	
		北海道開発局忠別ダム建設事務所長	
”	；	池野 秀嗣	
		建設省河川局海岸課 課長補佐	
”	；	宮崎 健	
		農林水産省大利根用水農業水利事業所長	

(2) 調査団

・団 長	門脇 達	三祐コンサルタンツ
・流域管理／副団長	遠山 武羅夫	八千代エンジニアリング
・水資源開発	稲葉 忠雄	三祐コンサルタンツ
・水文・水理	松原 八寿雄	三祐コンサルタンツ
・地形・地質	佐々木 洋介	八千代エンジニアリング
・都市用水	松山 勝	三祐コンサルタンツ
・灌漑用水・土地利用	後藤 英治	三祐コンサルタンツ

・水源施設計画	平塚 征英	八千代エンジニアリング
・導水施設計画	小西 純男	三祐コンサルタンツ
・社会経済・評価	石橋 直道	三祐コンサルタンツ
・測 量	青柳 勝行	三祐コンサルタンツ
・電気探査	山崎 亮	三祐コンサルタンツ

第 2 章 調査地域の背景

第2章 調査地域の背景

2.1. 位置

首都圏及びその周辺の将来の水需要に対応する水資源開発の調査対象地域は、イスラマバード及びラワルピンディを中心とし、インダス川本流とジェラーム川に囲まれた範囲である。

調査地域の主要河川であるドール川・ハロー川及びソーン川の上流域はパキスタン北部の高原地帯と沖積台地に位置している。この地域は北緯 $33^{\circ}-25'$ から $34^{\circ}-15'$ 、東経 $72^{\circ}-30'$ から $73^{\circ}-30'$ に位置し、調査地域の面積は概ね 6,800km²である。

2.2. 調査地域の地形・地質

2.2.1. 地形

調査地域は大きく2つの大地形区に区分することができる。その1つは調査地域東部に分布するマルガラ山脈、マリー山地、ハザラ山地などから成る山岳地域であり、他は、調査地域西方に分布するポトワールプラトゥーと呼ばれる平原である。

山岳地域には標高 9,000フィート(2,700m)にも及ぶ急峻な山々が連なる。これらの山々は地質構造に支配され、西南西～東北東方向に連続するいくつかの山脈を形成し、また山岳地内の水系も南西～北東方向に強く規制されたパターンを呈す。

ポトワール平原の特徴は、西南西～東北東に断続的に延びる基盤岩の低い丘と、これらの周囲を埋めるシルト、粘土、礫層から成る沖積、洪積層の平原部とから成ることである。ポトワール平原の西方では、土壌侵食によるガリーが著しく発達し、いわゆる“バットランド地形”が広がっている。

2.2.2. 地質

A. 地質概要

調査地域の地質は、図Ⅱ-2-1の地質図に示すごとく、一般に北に行くに従い時代が古くなる傾向が認められ、北側から先カンブリア系～古生層、中生層～古第三紀層、新

第三紀層が東北東～西南西に帯状に分布する。

a. 先カンブリア系～古生層

先カンブリア系～古生層は調査地域の北部に分布し、主として粘板岩、砂岩、礫岩より成り、中に石灰岩や凝灰岩等の炭酸岩系の岩石が挟在されている。これらの地層は、一般に堅硬緻密である。ドール川流域の大半が積カンブリア系から古生層の地層により構成されている。

b. 中生層～古第三紀層

中生層から古第三紀層の特徴は、主として石灰岩系の岩石により構成されていることであり、中にしばしば石灰質砂岩、頁岩を挟在している。石灰岩は黒色緻密なものが主体で、割れ目、節理沿いに溶食が進み、その透水性はかなり大きいものと推定される。また、挟在する頁岩は著しく剪断されており、断層状を呈すものが多い。

これらの地層は、主として調査地域中央部に分布する。ハロー川流域の大半がこれらの地層により構成される。

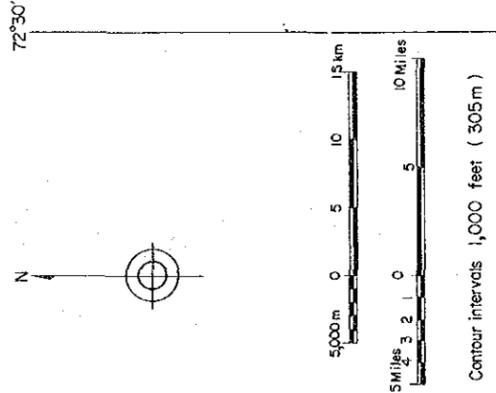
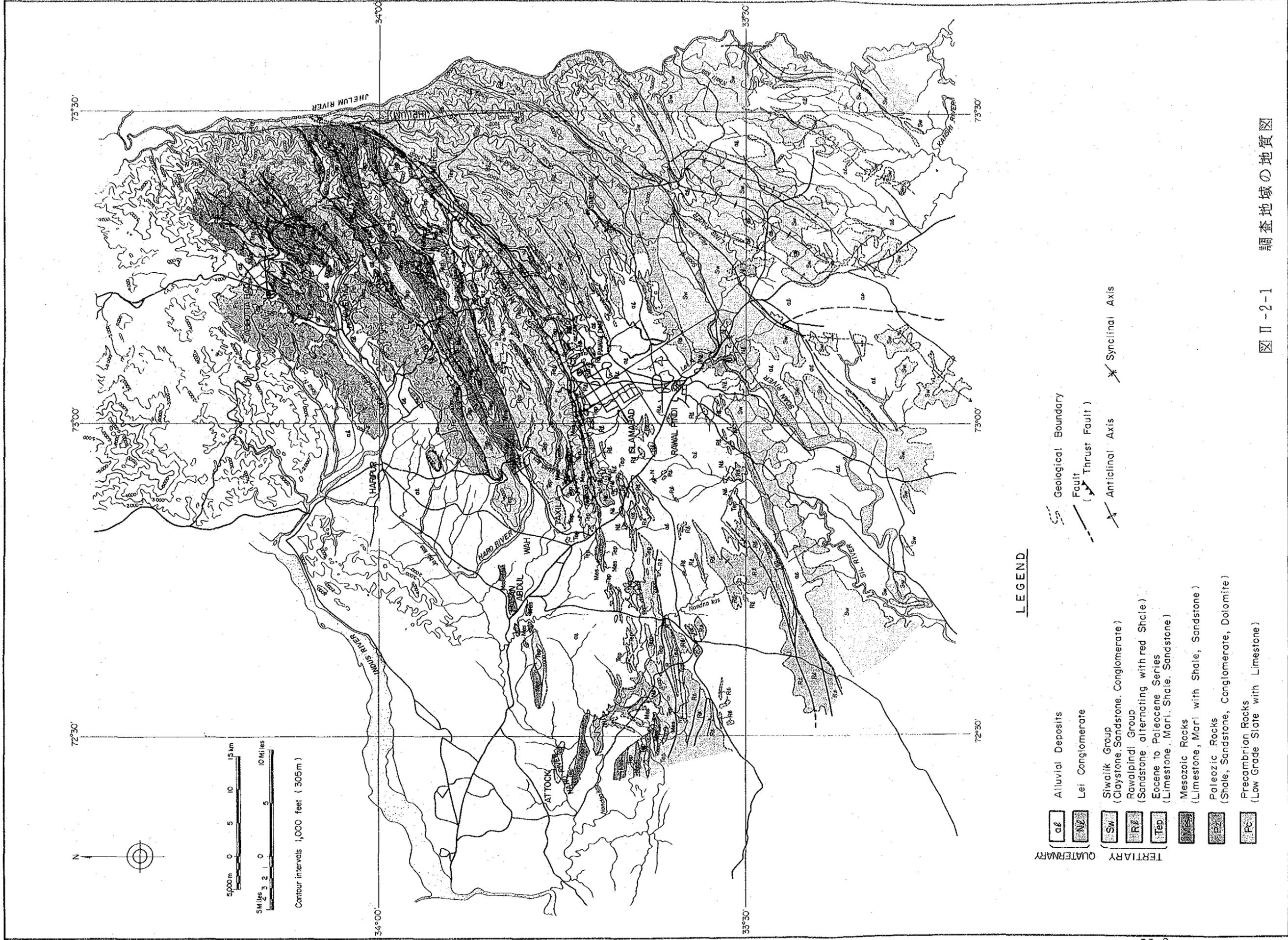
c. 新第三紀層

新第三紀層は調査地域南部に分布する。新第三紀層は中新世のマリー層と鮮新世のシワリク地層の2つに大別されるが、岩相的には両者とも砂岩、頁岩互層であり、全体に固結度が低く風化も進み侵食されやすい特徴をもつ。特に第三紀層中の頁岩は地層の変形時のひずみが集中し、著しく剪断されており、そのほとんどは赤褐色を呈する断層状の粘土に変化している。

ソーン川流域は、すべてこの新第三紀層により構成されている。

d. 第四紀層

第四紀層はポトワール平原を広く覆っており、これらはシルト、粘土、砂礫層により構成される。調査地域の第四紀層の厚さは300m以上にも及ぶものと推定



LEGEND

- | | | | |
|--|---|--|---------------------|
| | Alluvial Deposits | | Geological Boundary |
| | Lei Conglomerate | | Fault |
| | Siwalik Group
(Claystone, Sandstone, Conglomerate) | | Thrust Fault |
| | Rawalpindi Group
(Sandstone alternating with red Shale) | | Anticlinal Axis |
| | Eocene to Paleocene Series
(Limestone, Marl, Shale, Sandstone) | | Synclinal Axis |
| | Mesozoic Rocks
(Limestone, Marl with Shale, Sandstone) | | |
| | Paleozoic Rocks
(Shale, Sandstone, Conglomerate, Dolomite) | | |
| | Precambrian Rocks
(Low Grade Slate with Limestone) | | |

図 II-2-1 調査地域の地質図

される。これらの第四紀層は山脈部では比較的粗粒な堆積物（砂礫分が多い）が分布するが、山岳地より離れるに従い、細粒な堆積物が多くなる傾向がある。このため比較的良好的な滞水槽は山側に多い。

B. 地質構造

調査地域の基盤岩は鮮新世のヒマラヤ造山運動の影響を強く受け、著しく攪乱されており、多数の断層、褶曲が存在する。これらの変形軸はヒマラヤ造山帯の中軸部に併行して西南西～東西東方向に延びており、これの構造は地形にも強く現れている。

これらの地層の変形要素の中で、地質図に示したマルガラ断層、ジェラム断層、M.B.T.（主要境界衝上断層）の3断層は代表的なものであり、幅の広い破砕帯と多くの派生断層を伴っている。これに加え、これらの断層の一部には地震の震央が断層沿いに分布している箇所があり、まだ活動を終えていない証拠を示している。

2.3. 気象

調査地域は、冬は寒く、夏は暑い、比較的温暖で降水量の多い気候帯に属している。しかしながら、調査地域は南西に位置する標高 450m の沖積平野から北東に位置する標高 2,700m のマリー丘陵地に展開しており、気象条件は場所によって大きな差がある。首都圏は、マリー及びマルガラ丘陵地の南麓に位置しており、調査地域の平均的な気象条件下にある。

雨期は夏と冬の二期があり、年間の降水量は沖積平野で 700mm 程度と少なく、マリー丘陵地では 1,750mm に達する。しかしながら、降水量は年変動が大きく、不安定である。また、年間の降水量の 60 % が 7 月から 9 月のモンスーンシーズンに集中しており、年間の偏りも大きい。首都圏の年間降水量は 1,100mm 程度である。

年平均気温は、首都圏で 21.5℃、丘陵地のマリーでは 12.5℃ と 9℃ の差がある。月平均気温は 6 月に最高で、首都圏で 31.6℃、マリーで 20.7℃ と 10℃ 以上の気温差が

ある。そのため、マリーは避暑地として利用されている。一方、1月に平均気温は最低となり、首都圏で 10.0℃で、マリーでは 3.0℃となる。マリーの冬は降雪と相まって、かなり厳しい冬となる。しかしながら、首都圏では降雪は殆ど観測されず、温暖な冬である。

2.4. 流域及び土地利用

2.4.1. 流域

調査地域は 6,800km²で三河川流域は約 80%を占めている。調査区域における三河川の各流域面積は次のとおりである。

河川名	調査地域の流域面積 (km ²)
ドール川	600
ハロー川	2,500
ソーン川	2,400
その他 (インダス、ジェラーム川)	1,300
計	6,800

ドール川とハロー川の上流域は急峻な山嶽で平坦地が少なく溪谷を形成しており、河床堆積物は、礫、砂利を主とする比較的粗粒な材料である。下流域は比較的緩やかな傾斜の山と沖積台地からなり、河川はこの台地を侵食しながら流下する。河床堆積物は上流域に比べて細粒となり、砂、シルトが多くなる。ソーン川の上流域は一部比較的急峻な山嶽があるが、平坦な沖積台地が所々に形成されており、河川はこれを侵食しながら流下する。下流域は沖積台地が広汎に分布しており、河川は蛇行しながら台地を流下する。台地の侵食は激しく、約30%が荒廃地となり、下流地域への土砂供給の源となっている。

2.4.2. 地質及び植生

流域の地質は、ドール川とハロー川流域が主として石灰岩系の岩石より構成されており、ソーン川流域は第三紀層の砂岩と頁岩の互層より構成されている。これらの基

盤岩の上層にはシルト、粘土、砂礫等からなる第四紀層が広く覆ってポトワール平原を形成している。

三河川の上流地域は山地または山地に近い土地で、わずかな森林と雑木林で覆われている。下流地域の平原はわずかな耕作可能な土地と、侵食によって耕作不能となっている広汎な土地とからなる。

ドール川流域は山地面積比が約50%と他流域に比べて高く、上流域には 34.4 km²の保全森林がある。

ハロー川流域は山地面積比が約20%で、山地での森林と放牧地の開発が進むにつれて表土が露出し、モンスーンにより土砂は流され、結果として谷川や侵食地が増えている。

ソーン川流域は山地面積比が約15%であり、シムリー流域には約 41.5 km²の保全森林がある。森林と放牧を含めて土地利用に問題があり、土地の侵食を助長している。

2.4.3. 土地利用

三河川流域の土地利用状況を次に示す。

土地分類	ドール川		ハロー川		ソーン川	
	(10 ⁶ エカー)	(%)	(10 ⁶ エカー)	(%)	(10 ⁶ エカー)	(%)
耕作地	0.005	3.6	0.027	3.5	0.025	0.9
パラニ	0.007	4.5	0.111	14.5	0.122	4.4
耕作不能地	0.041	27.4	0.206	27.0	1.281	46.2
山地	0.088	50.0	0.153	20.0	0.410	14.8
荒廃地	0.009	14.5	0.268	35.0	0.936	33.7
計	0.150	100	0.765	100	2.774	100

各流域は北東の山地部とその南西に広がる平原に大別され、地形と気象の特徴がそれぞれの土地利用パターンを変化させている。

農地面積比率はハロー流域が高く、ソーン流域が最低である。山地面積比率はドール流域が全流域の 1/2 を占めており、ソーン流域が最低である。荒廃地はハロー、ソーン流域が高くドール川流域が低い。

土の侵食性は土地利用状況に密接に関係し、各流域での水と土の保全は重要な課題となっている。

2.4.4. 流域管理

三河川（ドール、ハロー、ソーン）の流域面積のうち山地面積は20%を占めている。これら山地で、森林と放牧地の開発が進むにつれて表土は露出し、モンスーンによって土砂は流され、結果として谷川や侵食地が増えてきた。山地からの土砂流出を防除して貯水池の使用年数を増加させようとする考え方がある。ドール川については特別の計画はなく、チョキダールによる苗場と植林が行われているのみである。ドール川流域の北に位置するシラン川ではソカナラの流域管理計画が実施されている。

ハロー川の流域管理計画はカンプールダムへの土砂流入を減少させることと流域住民の生活安定と向上を目的としている。

ソーン川にはシムリーダムとラワルダムの貯水池への堆砂を減少させる計画がある。ポトワール平原にはカラバオダムの堆砂対策としての流域管理計画がある。

また、インダス川とジェラム川に建設されたタルベラダム、マンガラダムの流域管理計画はダム計画に合わせて実施されている。これらの流域管理計画は貯水池の土砂流入を減少させ、その機能を延長させる目的と上流流域の住民の生活安定と向上を図るために計画されている。

流域管理計画の概要を次にまとめて示す。

プロジェクト名	流域	実施機関	実施期間	計画施工面積 (km ²)
カンプールダム 流域管理計画	ハロー	北西辺境州 森林局	1986 ~ '91	720
シムリーダム 流域管理計画 フェーズⅡ	ソーン	C. D. A. 土地保全事務所	1983 ~ '88	153
ラワルダム 流域管理計画 フェーズⅠ	クラング	パンジャブ州 S. D. O.	1986 ~ '88	275
ポトワール地区 流域管理計画	ソーン	パンジャブ州 森林保全事務所	1983 ~ '86	4,360
マンガラダム 流域管理計画	ジェラム	北西辺境州 森林局	1983 ~ '87	9,170

2.5. 河川

調査地域は、図Ⅱ-5-1に示すように、大河川であるインダス川及びジェラム川が北部及び東部を流れており、地域内にはマリー丘陵地に源を発するドール川、ハロー川、ソーン川が東から西へ流れ、インダス川に注いでいる。

ドール川を除き、貯水ダムによる水資源開発がなされており、インダス川にはタルペラダム、ジェラム川にはマングラダムと言った巨大ダムが、ハロー川にはカンプールダム、ソーン川にはシムリーダム、ソーン川の支流のクラング川にはラウルダムが建設されている。首都圏はソーン川の中流域に位置しており、シムリーダム及びラウルダムが主たる水源となっている。現在、カンプールダムから首都圏への導水が計画されており、西暦2000年までの水資源が確保されている。

河川の流出量は図Ⅱ-5-2に示すように、夏期にピークに達する。大河川であるインダス川、ジェラム川の流出は融雪を主体としているが、調査地域内の河川の流出は降雨を主体としている。そのため、調査地域内の河川は3月と8月をピークとする二つの豊水期を持つ流出パターンとなっている。しかしながら3月の流出量は8月の流出量に比べ半分以下と小さい。

調査地域全体6,800km²の表流水の年間総流出量は20億m³と推定されるが、その量はインダス川及びジェラム川の年間流出量に比べそれぞれ3%、8%に過ぎない。

洪水はモンスーン期を中心に、時には冬期にも発生する。しかしながら、河川は自然状態にあり、充分大きな通水容量を持っているため、洪水流は河川を溢水することはない。そのため、ラウルピンディ市内に洪水を時々発生させているレイ川を除き、特に洪水対策計画は立てられていない。

水利権は明確に規定されていないが、パンジャブ州では“Canal and Drainage Act”が連邦政府及び州政府の実施した水資源開発事業についての水利権を規定している。このActは1873年に設定され、その後改定を加えられつつ施行されている。表Ⅱ-5-1は調査地域内の水利権及び慣行利水について取りまとめたものである。

图 II-5-1 流域概要图

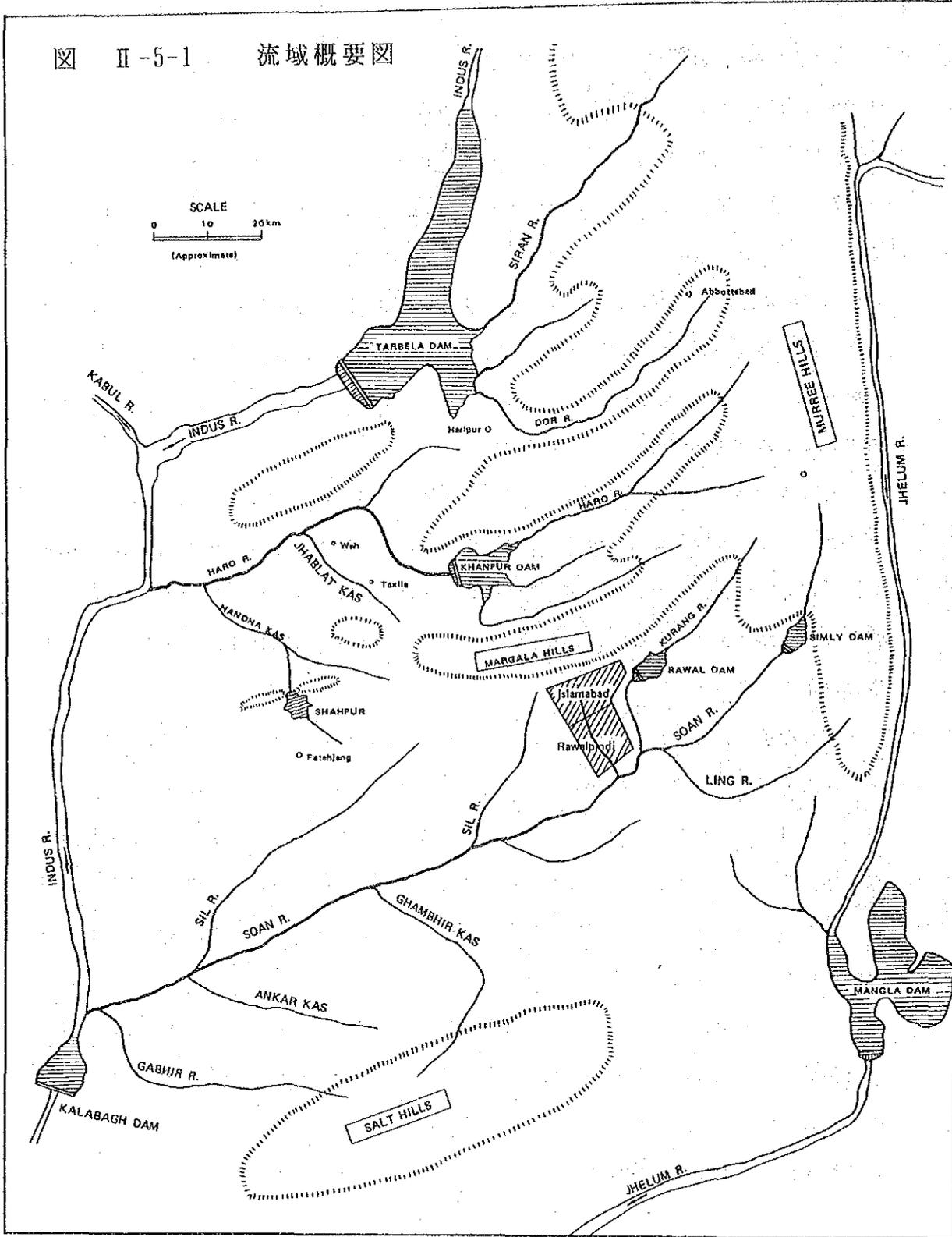


图 II-5-2 河川別流出量比較図

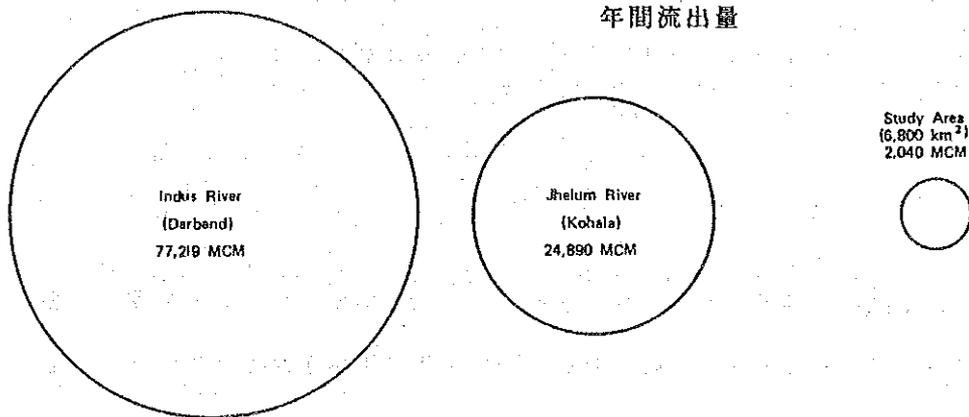
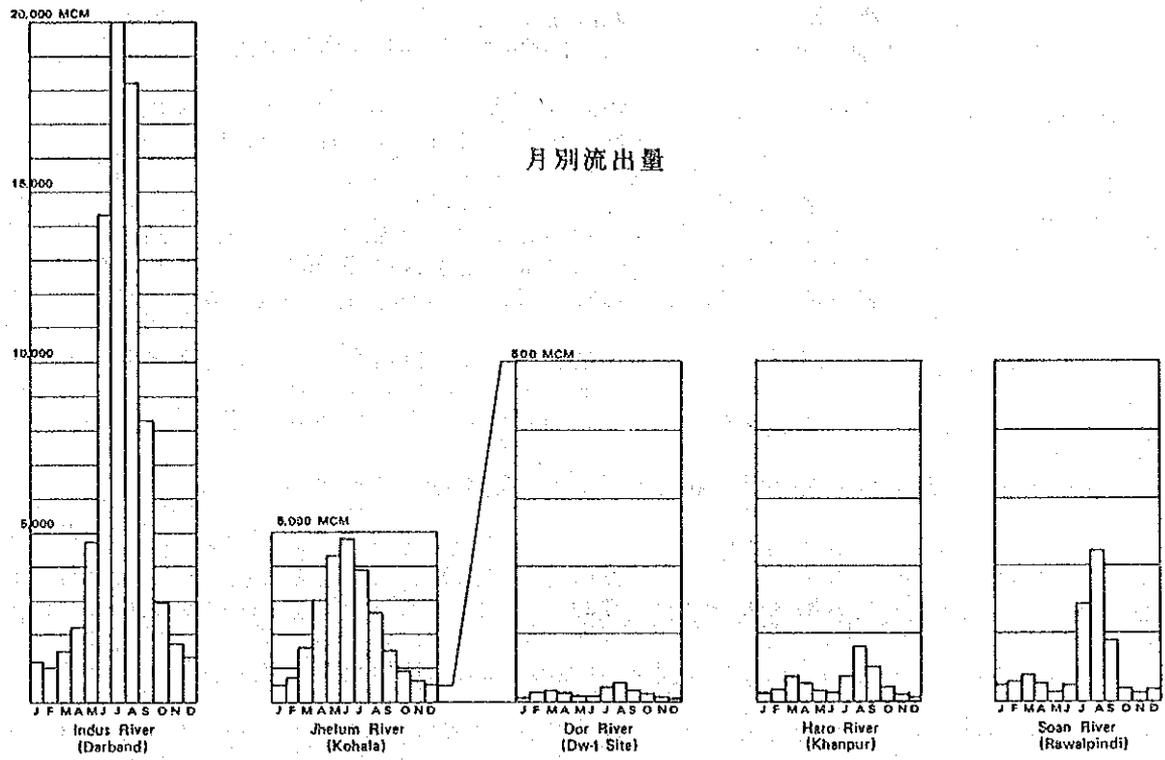


表 II-5-1 水利権及び慣行利水

河川	施設/利水者	利水目的/概要	郡名
ドール川	農民 農民	灌漑面積 225 ha (農民) 灌漑面積3,600 ha (一部農民、一部北西辺境州)	アボダバッド ハリプール
ハロー川	農民 カンプールダム サンジョワール 駐屯地	灌漑 (但し、カンプール事業受 益になったため、水利権は削減) 都市及び灌漑用水 (詳細表 III-2-1 参照) 都市用水 (給水人口 6,200人、 1981年現在)	ハリプール アトック
ナンドナ川	3小規模ダム	灌漑及び一部村落用水 (ダム名: Sipiala, Bango, Shahpur: 詳細表 III-2-1 参照)	ファテジャン
ジャブラット川	ポンプ施設多数	都市、工業及び灌漑用水	
ソーン川	シムリーダム 2小規模ダム	都市用水 (詳細表 III-2-1 参照) 灌漑 (ダム名: Misriot, Khasala: 詳細表 III-2-1 参照)	イスラマバード ラウルピンディ
クラング川	ラウルダム 7取水堰	都市及び一部灌漑用水 (詳細表 III-2-1 参照) 都市用水 (詳細表 III-2-2 参照)	イスラマバード ラウルピンディ イスラマバード

上記の利水以外に、河川沿いに無数のペルシャ井戸が配置され、灌漑及び飲料水の目的で使われている。しかしながら、これ等の井戸は水利権の対象にはなっていない。

2.6. 水質

河川水の水質は上流域の地質に大きく左右される。調査地域の河川水の水質は、豊水期に高い浮遊砂濃度になることと、下流の沖積平野の河川に汚染が進行している。特にソーン川支流のレイ川は首都圏の下水のため非常に汚染されている。また、ハロー川支流のジャブラット川、クラング川支流のソハン川については汚染が進んでおり、これ等河川では下水処置の実施が早急に望まれる。また、高濃度の浮遊砂はダムへの堆砂を引

管理の必要性が高い。

調査地域の河川水の水質の特徴及び問題点はつぎのようにまとめられる。

- i) PH値は、7.68～8.56の範囲にあり、微アルカリ性を示している。
- ii) 硬度は一般的に高く、炭酸カルシウム (CaCO_3) に換算し、122～600ppmで、“硬い水”から“大変硬い水”に属している。
- iii) 硫酸イオン (SO_4) は下流の沖積平野の支流河川で高い。これは汚染が主たる原因と考えられる。
- iv) 塩素イオン (Cl) はどの河川においても低いレベル(12～42ppm)にあり、全く問題がない。但し、レイ川では80ppmと多少高くなっている。
- v) カルシウムイオン (Ca)、マグネシウムイオン (Mg) はドール川、ハロー川水系で高く、WHO 許容値 ($\text{Ca}:200\text{ppm}$, $\text{Mg}:150\text{ppm}$) を越える。
- vi) 化学的酸素要求量 (COD) は WHOでは規定していないが、汚染の概略値を知るうえで便利な数値である。日本の水道法では10ppm以下と規定している。調査地域の河川の濁水期の CODは1.5～7.5ppmの範囲にあり10ppm以下である。しかしながら、ワー及びタキシーラ工業団地の廃水を受けるダムラ川では7.5ppmと高い値を示している。
- vii) アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) はレイ川で10ppm以上と極端に高く、非常に汚染されている。ダムラ川での $\text{NH}_4\text{-N}$ 測定値はないが、CODが高いことを考えるとかなり $\text{NH}_4\text{-N}$ は高いと考えられる。それ以外の河川の $\text{NH}_4\text{-N}$ は低いレベルにある。
- viii) 浮遊砂濃度は記述の如く、豊水期において10,000～60,000 ppmと非常に高い。

2.7. 社会経済的状況

プロジェクト地域は、行政的に2つの全く相異った単位、即ち連邦政府直轄のイスラマバード・ディストリクト及びパンジャブ州政府直轄のラワルピンディ・ディヴィジョンを包含する。ここでいうプロジェクト地域とは、受益地としての都市用水給水地域及び

灌漑地域を含む行政地域とする。 ラウルピンディ・ディヴィジョンは4つのディストリクトから成り、そのうちラウルピンディ・ディストリクト及びアトック・ディストリクトがプロジェクト地域に入る。 イスラマバード都市部の71%及びラウルピンディ・ディストリクトの都市部全体並びに農村部の一部が当該プロジェクトのもとにおける都市用水給水地域に該当する。 灌漑用水給水地域はアトック・ラウルピンディ両ディストリクトにまたがる。

2.7.1. 人口

1981年の人口センサスによるとプロジェクト地域の人口は、1981年3月15日現在で3,605,795人であり、州人口の7.6%、全国人口の4.3%を占めた。 ディストリクト別の人口及び都市農村間分布は表II-7-1に要約されている。

表II-7-1 プロジェクト地域のディストリクト別人口(1981年)

項目	合計	イスラマ バード	ラウルピ ンディ	アトック	都市部	農村部
人口	3,605,795	340,286	2,121,450	1,144,059	1,371,505	2,234,290
構成比	100.0%	9.4%	58.9%	31.7%	38.0%	62.0%
年増率	2.3%	4.3%	2.3%	1.8%	4.3%	1.3%

出典 : EC-6

1972年から1981年までの9年間にプロジェクト地域人口は平均年率2.3%で増加したが、同期間における州及び全国人口の平均年増率は、それぞれ2.8%及び3.1%であった。 これら増加率をベースにするとプロジェクト地域、州及び全国人口は現在それぞれ4百万人、5千5百万人及び1億人を越えているものと推定される。

プロジェクト地域の都市人口は上記9年間に平均年率4.3%で増加し、それに対して同農村人口の平均年増率は1.3%であった。 同期間にパキスタンの都市人口は平均年率4.4%で増加し、同農村人口は2.6%で増大した。

当該プロジェクトのもとにおける都市用水給水地域の人口は1981年の人口センサス時に、1,010,675人であり、プロジェクト地域都市人口の73.7%を占めた。 同人口は1972年から1981年までの9年間に平均年率2.9%で増加したが、1981年から1987年に

かけて平均年率 4.5%で増加し、現在 1,320,000人に達しているものと推定される。

1981年におけるプロジェクト地域の推定世帯数は 636,063世帯であり、州及び全国
の世帯数のそれぞれ 8.2%及び 4.9%を占めた。

2.7.2. 社会的側面

1980年の住宅センサスによるとプロジェクト地域世帯の 25.4 %が水道を使用した
が、これは州の 14.0 %、全国の 20.3 %より可なり高い。

プロジェクト地域都市部の水道普及率は 62.1 %であり、農村部の 5.0%と著しい
対照をなしている。 プロジェクト地域世帯の 40.7 %が電気を使用しているが、これ
は州及び全国水準の 29.1 %及び 30.6 %よりおよそ 10 %高い。 プロジェクト地域
の電化された都市世帯は 77.6 %にも達したが、農村世帯の電化率は 20.2 %にとどま
っている。 ガスを使用した世帯の比率は 16.1 %であったが、州及び全国では同比率
はそれぞれ 4.7%及び 6.5 %であった。 都市部では、同比率は 42.8 %に及んだ
が、農村部では僅か 1.2%であった。

以上からプロジェクト地域における家庭生活の基本的アメニティーは他地域におけ
るより高い水準にあり、殊に都市部では進んだ段階にあるといえる。

表 II-7-2 プロジェクト地域の社会的インフラストラクチャー普及状況

項目	合計 %	都市部 %	農村部 %	パンジャブ州 %	全国 %	調査年次
1. 水道普及率	25.4	62.1	5.0	14.0	20.3	1980年
2. 電化率	40.7	77.6	20.2	29.1	30.6	1980年
3. ガス普及率	16.1	42.8	1.2	4.7	6.5	1980年
4. 初等学校就学率	67.5	-	-	47.7	40.6	1981年
5. 中等学校就学率	66.6	-	-	20.2	17.7	1981年
6. 識字率	39.6	56.0	29.4	27.4	26.2	1981年
7. 十万人当り 病床数(床)	85	-	-	47	57	1981年
8. 十万人当り国道 延長(キロメートル)	61	-	-	30	50	1981年
9. 一万人当り車両数(台)	172	-	-	58	56	1981年

出典 : EC-6, 7, 8, 9

初等学校就学率は、1981年において 67.5 %で、州及び全国平均より20~30%高い。
同様に、中等学校就学率は 66.6 %で、州及び全国平均を40~50%上回っている。 識

字率は 39.6 %であったが、これは州及び全国より 10 ポイント以上高い。特に都市部では 56.0%と州、全国レベルの倍以上である。医療施設におけるベット数は十万人当たり85床であり、州及び全国より30~40床多い。連邦政府道路局直轄道路の延長は十万人当たり61kmであり、州及び全国を10~30km上回っている。車両数は一万人当たり 172台であったが、これは州、全国平均のおよそ3倍である。

これらはプロジェクト地域が教育、医療及び輸送インフラストラクチャーの面で当国の他地域より平均的により進んでおり、恵まれていることを示している。

2.7.3. 経済的側面

1981年におけるプロジェクト地域の国内総生産(GDP)は、11,241百万ルピーと推定されるが、これは州及び全国の GDPのそれぞれ 7.2%及び 4.5%を占める。そのうち、都市部のシェアは 48.3 %である。

構造的には、「社会及び個人サービス業」グループが 29.4 %と最大のシェアをもち、続いて「農林水産業」グループが 16.7 %、「卸売及び小売業」グループが15.2 %、「製造業」グループが 12.0 %である。これら4グループの合計シェアは73.3 %に達する。これを全国レベルで見ると、「農林水産業」グループが 29.0 %でトップに立ち、次位が「社会及び個人サービス業」グループの 16.4 %となつて、1, 2位グループの順位が入れ換わる。これは、プロジェクト地域都市部における「社会及び個人サービス業」グループのシェアが 36.5 %、「農林水産業」グループのシェアが僅か 1.6%という、政治の座としての産業構造上の特異性に由来する。

プロジェクト地域の1人当たり GDPは 1981 年において、3,117 ルピーと推定されるが、これは全国平均の 2,939ルピーより 6%高い。同地域都市部の1人当たり GDPは 3,961ルピーであり、全国平均を 35 % (1,000ルピー) 以上上回っている。それと対照的に農村部の生活水準は 2,600ルピーと全国水準を 11.5 %下回っている。

表 II-7-3 プロジェクト地域の産業構造と1人当りGDP (1981年)

項目	合計 %	都市部 %	農村部 %	パンジャブ州 %	全国 %
1. 産業構造					
1) 「社会及び個人サービス業」グループ	29.4	36.5	22.6	10.7	16.4
2) 「農林水産業」グループ	1	1.6	30.8	26.7	29.0
3) 「卸売及び小売業」グループ	1	18.4	12.2	18.5	16.4
4) 「製造業」グループ	1	13.3	10.8	24.3	16.5
5) その他グループ	2	30.2	23.6	19.8	21.7
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2. 1人当りGDP (ルピー)	3,117	3,961	2,600	3,281	2,939

出典 : EC-6, 8, 9, 10

1985~86年における当国の産業構造は、第1次産業 24.9%、第2次産業 24.6%、そして第3次産業 50.5%であった。時系列的には1次産業のシェアが漸次低下し、その分2次産業のシェアが漸次上昇するという形で構造が変化して来た。

国民経済は、1975-76年から1985-86年までの10年間に平均年率6.8% (国民総生産、GNP)若しくは6.5% (GDP)で成長して来た。その間、人口は年率3.1%で増加した。従って、1人当たりGNP及びGDPはそれぞれ、年率3.6%及び3.3%で増大して来たことになる。同期間にGDPデフレーターと消費者物価は、それぞれ年率8.0%及び8.5%で上昇した。1985-86年現在のGNP及びGDPはそれぞれ570,719百万ルピー及び527,792百万ルピーであり、推定人口97.67百万人から1人当たりGNP及びGDPはそれぞれ5,843ルピー (365米ドル) 及び5,404ルピー (338米ドル) と算定される。

第3章 水資源開発と利用の現況

第3章 水資源開発と利用の現況

3.1. 現況水需要量

3.1.1. 都市用水

A. 都市用水供給組織

イスラマバードの都市用水供給、水源、上水及び配水諸施設の建設及び維持管理は首都開発公社が行っている。

ラワルピンディ都市部では、PHED（パンジャブ州公衆衛生技術局）が水道用水の開発、ラワル湖の南に位置する国立衛生研究所、公衆労働局、健康保養所等の官庁研究機関への直接給水、及び RMC（市水道局）と RCB（軍駐屯地域）への用水供給を行い、末端の管理はそれぞれ RMCと RCBが行う。

ラワルピンディ都市部のPHEDによって開発された深井戸は、施設完成後は供給水の維持管理を行う RMCに移管される。

一方、MESと RCBは各々の管轄権のもとで駐屯地区での供給水の維持・管理に携わっている。まれなケースとして、各々の給水区域へ供給するために RMC、MES 及び CB によってそれぞれ独自の深井戸が開発される。

B. 給水量

a. イスラマバード

イスラマバードの水道用水供給は現在9ヵ所の水源によって賄われている。CDAは、イスラマバードにおいて、増え続ける水需要に見合った給水量を確保するため新規施設の建設を行っている。

1986年における一日平均給水量と施設容量は表Ⅲ-1-1に示すように、各々200.8千m³（44.2百万・ガロン）、220.7千m³（48.6百万・ガロン）である。表から明らかのように、ほとんどの取水工と井戸は施設容量一杯に稼働している。

表Ⅲ-1-1 1986年の日生産水量（イスラマバード都市区域部）

単位：百万ℓ／日（百万ガロン／日）

施設名	日平均生産量	施設容量
Simly-Filtration Plant	95.0 (20.9)	109.1 (24.0)
Kurang 取水工	—	11.3 (2.5) 1/
Shahdara "	3.3 (0.7)	11.3 (2.5)
Nurpur "	3.2 (0.7)	3.2 (0.7)
Saidpur "	3.6 (0.8)	3.6 (0.8)
Golf Course " (New)	12.3 (2.7)	12.3 (2.7)
Golf Course " (Old)	10.0 (2.2)	10.0 (2.2)
G-10 "	9.1 (2.0)	11.3 (2.5)
地下水井 (National Park Area)	34.0 (7.5)	34.0 (7.5)
" (Sectoral Area)	30.3 (6.7)	30.3 (6.7)
計 :	200.8 (44.2)	225.1 (49.6)

出典 : CDA

ノート : 1/ : 1983年以降運転休止中

イスラマバードにおける一人一日平均給水量は、上述の一日平均給水量と給水人口の284千人から計算され、707 ℓ (155ガロン) と非常に高い。この高い値は生活水準の高さ、家庭用水以外の用途による消費量（例えばガーデン用水等）、及び大量の漏水・無効放水に起因する。現在の用途別消費水量については、4.1.3.において詳述する。

b. ラワルピンディ都市部

ラワルピンディ都市部の水道は、現在6ヵ所の水源によって供給されている。1986年における一日平均給水量と施設容量は、表Ⅲ-1-2に示すように、それぞれ178.3千m³ (39.2百万・ガロン)、192.2千m³ (42.2百万ガロン)である。井戸の場合は、夏期地下水位の低下により運転を8~16時間と短縮している。

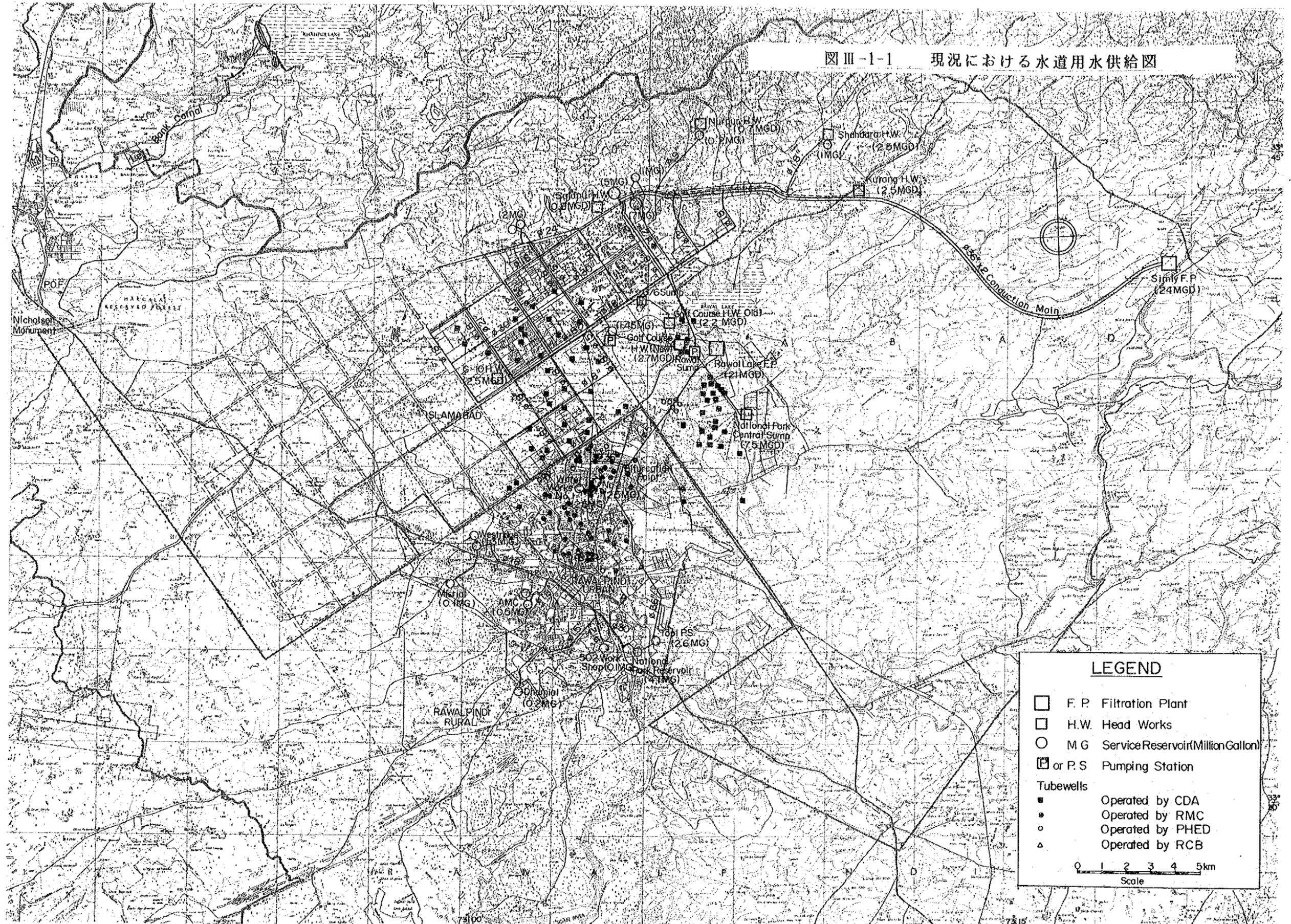
表Ⅲ-1-2 1986年の日生産水量（ラワルピンディ都市部）

単位：百万ℓ／日（百万ガロン／日）

施設名	日平均生産量	施設内容
Rawal Lake 浄水場	81.7 (18.0)	95.6 (21.0)
Sohan Camp 地下水井	11.3 (2.5)	11.3 (2.5)
PHED "	17.8 (3.9)	17.8 (3.9)
RMC "	47.1 (10.4)	47.1 (10.4)
CB "	19.3 (4.2)	19.3 (4.2)
MES (Army) "	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)
計 :	178.3 (39.2)	192.2 (42.2)

出典 : PHED, RMC 及び MES

図 III-1-1 現況における水道用水供給図



ラワンピンディ都市部における一人一日平均給水量は、上述の一日平均給水量と、給水人口の678千人から計算され、263ℓ（58ガロン）になる。現在の用途別消費水量については、4.1.3.において述べる。

3.1.2 灌漑用水

A. 概要

本計画の灌漑受益地は、パンジャブ州北部のポートワール平原に広がるバラニ地区（天水農業地区）に属し天水に依存した不安定な農業を行っている。そのため作付率、収穫量は全国平均に比較し、かなり低い。さらにこれらの地区は道路、電気、通信、保健衛生、教育施設等の社会基盤の整備が遅れており、住民の生活環境は非常に悪い。

現在パンジャブ州政府は計画開発局のもとに天水農業地域開発庁(ABAD)を設置し、灌漑電力局、農業局及び地方政府農村開発局等の関係機関との調整を行い、バラニ地区の総合開発を進めている。

B. ハロー川左岸灌漑地区

本地区はハロー川左岸カンプールダム下流10kmの位置にあり、本来カンプールダムの受益地として計画されていたが、イスラマバード首都圏の都市用水需要が逼迫してきたため、パキスタン政府は1972年カンプールダムの灌漑用水供給の一部を都市用水へ変更することを決定した。そのため本地区はカンプールダムの受益地から除外され、天水地域（バラニ）のまま現在に至っている。

本地区はワー軍駐屯地、タキシール軍駐屯地及びワー工業地帯の都市部と37の農村を含む総面積31,500ha、灌漑可能面積約16,100haからなる。

地区の特徴として地形的には、小河川沿いにガリ浸食が進み、耕地の40%程を耕作不可能にしているが、東部から南西部に向って緩やかな勾配を成し多少の起伏はあるものの殆ど平坦である。行政的には2つの地区（支庁）と3つの郡、つまりラワンピンディ地区のラワンピンディ郡とアトック地区のアトック郡、ファテジャング郡に属している。

基本行政単位として複数の村落（5～23）が集合したユニオン・カウンシルを形成している。

農業面では主要作物として冬期は小麦、夏期はメイズが総作付の90%以上を占め野菜、くだもの等の換金作物の作付率は数%にすぎない。都市周辺の村落と一部の農村部で深井戸による灌漑を行っているがほとんどの地区が雨水に依存する天水農業をしいられている。社会面では道路、電気、通信等の社会基盤の整備が遅れ、住民の生活水準向上の障害になっている。

平坦な地形、肥沃な土壌、都市近郊等の有利な条件から農業の潜在力は非常に高いものがある。灌漑施設の整備こそが農産物の生産力を増し、併せて農民の生活水準を高めるための最優先の事業と考えられる。(本地区の現況の詳細については付属書 F.2.2. 参照)

C. ソーン川右岸首都近郊灌漑地区

この地区は、ラワルピンディ市南部ソーン川右岸沿いで総面積3,000 ha、灌漑可能面積 900haから成る地区である。

地区北部は山地あるいはガリ浸食地で耕作不可能であり、現在その一部は宅地の造成工事が進行中である。農地は南部ソーン川沿いに広がっており、河床堆積物により肥沃な土壌を形成している。本地区はラワルピンディ近郊という有利な地理的条件と都市近郊農業の発展の可能性をもっているが、灌漑施設の不備とソーン川の水質汚染のためにその特質が生かされていない。受益地域の5部落の社会基盤はかなり整備されている。900 haの農地を灌漑するに十分な水路施設が地区の中央にあるが、洪水によりポンプ設備が被害を受けているため使用されていない。水路及びポンプを修復し、灌漑のために使用する必要がある。

3.2. 既開発水源と給水施設の現状

3.2.1. 貯水池開発

調査地域内に現存する貯水ダムは、表III-2-1 に示すとおり、いわゆる大型ダムが2カ所、中規模ダムが3カ所、小規模ダムが6カ所とかなりの数にのぼっている。

このダム建設の実施機関は、WAPDAをはじめ、CDA や SDO等であるが、事業の調査

表 III-2-1 調査地域内における既存貯水ダム

Name	Type (Height) m	Authority	Location (River)	Catchment A. (A.A. Inflow) sq. Km. (MCM/y)	Live Storage MCM	Full W.L. (Low W.L.) m M.S.L.	Purpose	Yield (CCA)	Const. Year
Mangla	Zoned Earth-fill 138	WAPDA	Mirpur (J&K) (Jhelum)	33,300 (28,400)	6,586	366.4 + 378.6 (317.0)	Irrigation Hydro-power	5,550 MCM/year 3,300 MKWH/year	1952 - 67
Tarbeia	Zoned Earth-fill 143	WAPDA	Haripur (NWFP) (Indus)	168,400 (75,200)	11,600	472.4 (396.2)	Irrigation Hydro-power	11,200 MCM/year 4,400 MKWH/year	1968 - 75
Rawal	Masonry Gravity 40.7	Irrig. Dpt. (SDG)	Islamabad (Kurang)	275.1 (103.6)	53.0	534.0 (520.6)	Urban Water	95,500 cu.m/day to Rawalpindi, 9,100 Islamabad	1959 - 62
Simly	Zoned Earth-fill 80.2	CDA	Islamabad (Soan)	152.8 (140.6)	24.7	699.5 ~ 705.6 (580.6 + 688.2)	Urban Water	109,100 Islamabad	1972 - 82
Khanpur	Zoned Earth-fill 50.9	WAPDA	Haripur (Harro)	778.0 (327.0)	112.9	604.1 (579.7)	Urban Water	315,400 Rawalpindi 150,000 Islamabad 101,800 Taxila 113,200 Wah	1967 - 83
Misriot	Conc. Gravity	SDO	Rawalpindi	8.1	0.30	496.9 (494.8)	Irrigation	(41) ha	- 1963
Sipiala	do	SDO	Fatehjang	10.4	0.33	501.1 (499.3)		(57)	- 1964
Bango	do	SDO	Fatehjang	3.1	0.09	479.5 (478.2)		(30)	- 1965
Qibla Bandi	do	SDO	Attock	23.6	1.39	376.4 (372.8)		(344)	- 1971
Khasala	do	SDO	Rawalpindi	25.4	1.85	406.0 (401.3)		(506)	- 1985
Shahpur	do	SDO	Fatehjang	203.9	5.03	444.5 (442.7)	Irrigation	157,800 Right Bank 92,900 Left Bank	- 1987

Other existing Small Dams are Janaza, Gurabh, Rati Kassi, Narali, Bung, Dhurnal, Dhok Tahlian, Kanjoor, Channi Bor, Khokhar Zer, Garat, Malana, Surlah

・計画から実施にわたっては、WAPDA がほとんどのダムに直接・間接に係わっている。

目的別にみると、大型ダムが発電と灌漑、中規模が灌漑と都市用水、小規模が灌漑と村落給水に大別される。パキスタンにおけるダム技術の歴史からみると、WAPDA による最初のダム建設はラワルダムであり、最大のダムはタルベラダムである。

工程からみると、1960年から70年代に建設された3ダム（ラワル・マンガラ・タルベラ）は、WAPDA の直営や国際入札などにより5年から10年の比較的短い期間に仕上げられているのに対して、70年から80年の2ダム（シムリー・カンプール）は10年から20年もかかっている。これは、水需要動向の変化に伴う計画変更やインフレーションによる国内業者の請負方式の行き詰まりなどに起因するとされている。

一方、本調査地域一帯の台地は地質学的にポトワール台地と呼ばれるもので、安定した地表水に恵まれておらず、そこでのバラニと言われる天水農業に対してパンジャブ州政府は、灌漑局下に SDO を置き、既に本調査地域内外に19の小規模ダムを築造している。

ダムタイプ別にみると、中規模以上にゾーン型アースフィルダムが目立ち、小規模にコンクリート重力ダムが目立つ。なお、ここではコンクリート重力ダムはすべて粗石コンクリート造りである。

3.2.2. 河川および溪流取水

ダム以外の利水について域内の3大河川をみると、ドール川筋ではタルベラ湖に至るまでの下流 28 km で兩岸に私設（グループ）から州営までのいろいろな規模の灌漑が行われており、その受益面積はテシールアボタバットで約 225 ha、テシールハリプールで約 3,600 ha である。

これらの取水方法は、玉石や砂礫を並べて浅い流水を水路に誘導する方法で、頭首工などの構造物は設けていない。

ハロー川筋では、カンプールダムの下流から約 25 km 区間が上記と同様の地域であったが、ダムの完成によりその受益地となったので旧来の施設は廃棄されつつある。それより下流のテシールアトックでは私設の小規模なリフト（揚水）灌漑程度しかなく、他にアトック駐屯地への揚水がある。

またハロー川の支流であるジャブラット川では約 570haの受益地に対する州営のポンプ灌漑事業がある。

ソーン川筋では、イスラマバードでの7ヵ所の頭首工（表III-2-2 参照）による上水の取水とレンガ工場などへの施設の揚水施設の他に特に目立つ施設がなく、河川の流水を利用しにくい地形である。ただし、沿岸の低地には浅い地下水位を利用したペルシアンホイールと呼ばれる井戸が無数にあり、灌漑に飲用に古来から役立っている。

なお、流水の利用形態にミル（堅軸水車により製粉）があるが、現在でも特にドーラ・ハロー沿いに数多くみられる。

3.2.3. 地下水取水

A. イスラマバード、ラウルピンディ地域

イスラマバード、ラウルピンディ両市では既に 150本余の井戸がある。しかしながら、このうちの約20%にあたる井戸が定期点検や故障のために揚水を休止しているのが現状であり、イスラマバード、ラウルピンディ両市での現状の年間地下水揚水量は約 59MCMと見積られる。

イスラマバード市の井戸は、CDA が一括管理しているが、ラウルピンディ市の井戸は PHBD, RMC, 駐屯軍が管理しており、この他にも数本の井戸がパキスタン国有鉄道により管理されている。

イスラマバード、ラウルピンディ両市の井戸は口径 8～12インチ、深さ 60～120 m、運転時間は16～22時間であるが、井戸の揚水能力には非常にばらつきがあり、イスラマバード、ラウルピンディ両市の市街地での1本当りの平均揚水量は約60m³/時間であるのに対し、ゴルフコースを含む国立公園地域の平均揚水量は 90～120 m³/時間である。

イスラマバード、ラウルピンディ両市の地下水開発は、イスラマバード市既開発及び新規開発地域、ゴルフコース地域を含むナショナルパーク地域に集中しており、特に集中の著しいラウルピンディ市街地域では過剰揚水による地下水位低下が発生しており、夏場には一部の井戸で揚水時間の短縮を余儀なくされている。

表 III-2-2 イスママバード都市区域部における河川及び溪流取水
(CDA)

Name	Type	Location (River)	Catchment A. (sq.km)	Water Level (EL.m)	Const. Year	Facility Size		Annual Production	
						Current (MGD)	Future (MGD)	Current (MCM/yr.)	Future (MCM/yr.)
Saidpur	Spring	Saidpur	aprx.-	aprx.640	1962-63	0.8	0.8	1.2	1.1
Noorpur	Masonry Weir	Shahan Kala	5	600	1962-63	0.7	1.0	1.0	1.5
Kurang	Causeway & Sump	Up. Kurang R.	156	570	66	2.5	4.0	0.0 ²⁾	5.3
Golf Course Old	M. Weir & Sump	N. Park Ojhr H.	-	530	66	2.2	2.2	3.2	2.9
Shahdara	Gabion Weir	Shahdara R.	24	600	67	2.5	3.0	2.9	4.0
G-10	Concrete Weir	Bedarawali Kas	70	540	70	2.5	2.5	2.9	3.3
Golf Course New	Canal & Conduit	Rawal Lake ¹⁾	-	525	71	2.7	2.7	3.9	3.6
Total						13.9	16.2	15.1	21.5

Note: 1) Includes three Tube Wells connected to New Golf Course Water Works.

2) Suspended since 1983 because of full occupation of the Conduction by the water from Simly Dam.

B. ワー、タキシーラ地域

ワー、タキシーラ地域では50本以上の井戸が設けられ、年間約 21 MCM の地下水が井戸を通じ揚水されている。

ワー、タキシーラ地域の井戸は現在 HMC、HFF、HRF、PHED、POF パンジャブ政府住宅計画局、タキシーラ市役所などの多数の機関により管理されているのが現状である。

ワー、タキシーラ地域の井戸は口径 8～12 インチ、深さ 60～100 m、運転時間は16時間のものがほとんどである。1本当りの井戸の能力は、タキシーラ地域のウスマンカタルのように良好な滲水層が存在する場合は時間揚水量が 100m³を越すが、他の地域では時間当たり 20～50m³と水理地質構造によって大きな差がある。

ワー、タキシーラ地域の地下水の開発は、イスラマバード、ラワルピンディ両市に較べるとそれほど進んではおらず、また揚水による地下水障害も発生していない。

3.3. 施設の建設及び維持管理状況

3.3.1. 都市用水施設の建設及び維持管理組織

イスラマバードの都市用水施設の建設及び管理は、一貫して水源施設から浄水場、導水路、調整水槽、末端配水路まで首都開発公社(CDA)が行っているが、比較的高度の技術を要するダム設計・施工管理は水電力公社(WAPDA)に委託し実施している。

CDAの組織は総裁のもとに総務、財務、計画、及び技術担当の理事が総裁を補佐し、技術担当理事兼建設総局長及び次長のもとに都市用水施設の設計・建設・管理課がそれぞれ円滑に業務を遂行している。

イスラマバードの1987年1月現在の都市用水の年生産状況は約 7,330万m³で、シムリーダム約 3,470万m³、地下水取水工(7ヵ所)約 1,510万m³と地下水井 2,350万m³に区分される。

一方、ラワルピンディの都市用水供給はパンジャブ州公衆衛生技術局(PHED)が建設にあたっている。

ラワルピンディの受益者は RMC、MES、CBに区分される。地下水井の開発はPHEDの他受益者独自でもその開発を行っているが、州政府が建設した施設は RMC、MES、CB

にそれぞれその管理を移管している。この地域の主要水源であるラワルダム管理は、このダムの利水が、もともと灌漑目的であったことから、州政府の灌漑局のダム管理事務所(SDD)が継続して実施している。RMCの地域の施設管理は市長のもとに都市用水管理技術者をおき、また軍駐屯地関係は国防省管轄下の組織として軍施設及び周辺住民区の水道供給及び管理を実施している。

都市用水の年生産量は、6,540万 m^3 で、ラワルダム浄水場2,980万 m^3 、地下水井3,560万 m^3 である。

3.3.2. カンプルダムの暫定管理

ハロー川に建設されたカンプルダムは灌漑、都市用水及び工業用水を供給する目的で1984年に完成した。このダム建設事業はその受益地がパンジャブ及び北西辺境の二州にまたがるためWAPDAがその施設の設計・建設に従事した。ダム及びそれぞれの受益地までの導水路はそれぞれ完了しているが、現在灌漑用水以外利用されていない。都市用水はイスラマバード・ラワルピンディ両市へ施設が諸般の事情から未着手となっている他、工業用水は地下水で賄われている。従って、施設の管理は灌漑用水専用部分のみ、それぞれの州政府灌漑局に移管されているが、他の部分はすべてWAPDAが暫定管理を行っている。

3.3.3. 多目的水資源開発に対する組織

既述の如く、首都圏の水利用形態は極めて複雑多岐で水資源の開発にたずさわる行政機関も多く、それぞれの管轄領域内で計画され、施設の建設が行われている。

一方、首都建設の進捗にあわせ、イスラマバード・ラワルピンディを中心とする首都機能の整備も徐々に進行し、単一の行政機構として変遷していくものと想定される。このような現状を踏まえ、首都圏の都市用水に関連する水資源開発を所管する組織の整備は急務と考えられる。

3.4. 財務及び水道料金体系

3.4.1. 財務

CDA（首都開発公社）は1985～86年に水道部門で84.10百万ルピーの年間費用を支出した。そのうち、電力料金の支払が40.8%に及び、ついで減価償却費の25.5%であった。

第3、4位はそれぞれ人件費の16.5%及び部品材料費の13.1%である。他方、同年における水道料収入は11.62百万ルピーであった。従って、水道部門だけで事を論ずると回収率（収入の費用に対する比率）は13.8%であり、72.48百万ルピーの欠損を生じたことになる。併し乍ら、現実には水道部門に独立採算性は採用されておらず、赤字は自動的に連邦政府の補助金で補填されている。これを水価の面から分析すると、上記年次においてCDAは都市用水1,000リットル当り1.64ルピー（1,000ガロン当り7.45ルピー）の費用を掛け、1,000リットル当り0.23ルピー（1,000ガロン当り1.03ルピー）を回収したことになる。

RMC（ラワルピンディ市制地区）は1985～86年に水道部門で13.14百万ルピーの年間費用を支出し、そのうち電力料金その他予備費に57.5%を費した。減価償却費及び人件費にはそれぞれ12.5%及び9.9%を充当した。他方、同年における水道料収入は4.85百万ルピーであった。従って、水道部門としての回収率は36.9%であり、8.29百万ルピーの欠損を生じたことになる。それは他部門における収入によって補填された。水価の面から分析すると、同年にラワルピンディ市役所は都市用水1,000リットル当り0.50ルピー（1,000ガロン当り2.29ルピー）の費用を掛け、1,000リットル当り0.19ルピー（1,000ガロン当り0.85ルピー）を回収したことになる。

ラワルピンディCANTT（駐屯地区）行政機関は1985～86年に水道部門で20.45百万ルピーの年間費用を支出した。そのうち、電力料金に35.9%を、部品材料費に26.8%を計上した。人件費及び減価償却費にはそれぞれ14.5%及び10.3%を費やした。他方、同年における水道料収入は3.28百万ルピーであった。従って、水道部門としての回収率は16.0%であり17.17百万ルピーの欠損を生じたことになる。併し乍ら、現実には、赤字は原則的に国防省を通じて連邦政府の補助金で補填されている。水価の面から分析すると、同年に上記行政機関は都市用水1,000リットル当り1.05ルピー

(1,000 ガロン当り3.33ルピー) の費用を掛け 1,000リットル当り、0.17ルピー(1,000 ガロン当り0.76ルピー) を回収したことになる。

表Ⅲ-4-1 現行首都圏水道事業の財務状況 (1986~86年)

項 目	CDA	RMC	CANTT
1. 損益 (百万ルピー)			
1) 維持管理費			
a. 人件費	13.86 (16.5%)	1.30 (9.9%)	2.96 (14.5%)
b. 電力料金	34.29 (40.8%)	7.55 (57.5%)	7.35 (35.9%)
c. 部品材料費	11.03 (13.1%)	0.65 (4.9%)	5.48 (26.8%)
d. 減価償却費	21.48 (25.5%)	1.64 (12.5%)	2.11 (10.3%)
e. その他	3.44 (4.1%)	2.00 (15.2%)	2.55 (12.5%)
合 計	84.10 (100.0%)	13.14 (100.0%)	20.45 (100.0%)
2) 水道料収入	11.62	4.85	3.28
2. 水価、ルピー/1000ℓ (ルピー/1000ガロン)			
1) 生産費	1.64 (7.45%)	0.50 (2.92%)	1.05 (3.33)
2) 生産費の回収	0.23 (1.03%)	0.19 (0.85%)	0.17 (0.76)

出典 : CDA、RMC、MBS、CB

以上を総合した首都圏全体としての都市用水の生産費は1,000 リットル当り1.22ルピー (1,000 ガロン当り5.54ルピー) と算定される。 それに対して、僅か 1,000リットル当り0.21ルピー (1,000 ガロン当り0.93ルピー) しか水道料収入として回収されていない。 従って、総合的な回収率は16.8%にとどまる。

商工業ユーザーに対する水道料率を家庭ユーザーに対するその2倍とするという前提を設けると、水道当局が財務的に一人立ちするために世帯は、1,000 リットル当り1.01ルピー (1,000 ガロン当り4.58ルピー) を支払う必要がある。 現在首都圏では世帯の平均月額収入は2,713 ルピーであり、同平均月当り需要は 32.54m³である。 従って、上記水価の下では世帯の平均月当り水道料支出は33ルピーとなり、これは平均月当り収入の1.2%に相当する。

世界銀行は水道料支出が世帯収入の5%以内であれば妥当との見方をとっているが、併し、現実には3%以内におさめるのが望ましいと思われ。

以上により、家庭ユーザー (従って全ユーザー) は水道当局を財務的に自立されるに足るだけの資力をもっていることが明らかになった。 にもかかわらず、当局が多

額の補助金で運営されているのは、現行料金体系を中心としたいくつかの要因の相互作用によるものである。

3.4.2. 水道料金体系

CDA の水道料金体系は従量制体系と固定制体系とに大別される。この相異った2つの体系が共存するという形態は首都圏内の他の行政機関の水道料金体系にも共通して見られる。従量制体系の下で同公社は家庭及び公的用户に対して1,000リットル当り0.79ルピー(1,000ガロン当り3.60ルピー)、商工業ユーザーに対し1,000リットル当り1.32ルピー(1,000ガロン当り6.00ルピー)を課している。固定制体系はユーザーの敷地面積、住宅の大きさ、水道管の口径などを基準にして各ユーザーに対して固定月額料金を課する。現在イスラマバード対象地域のユーザーのうち、従量制体系を適用されているのは18%であり、残余の82%は固定制体系の適用を受けている。

既に記したように現在、CDA は1,000リットル当り1.64ルピー(1,000ガロン当り7.45ルピー)の生産費を掛けており、現行従量制体系では相当の不足が生ずることになるが、併しもし現在水道料金体系が従量制に一本化されているとしたら、料金徴収面で粗漏がないとの仮定の上で50%以上の回収率を挙げていなくてはならない。ところが、現実には既述の通り13.8%しか回収していない。その原因は固定制体系にあり、而もその圧倒的支配にある。従って同体系を全廃して、収支相償う完全従量制体系を設定することが、水道当局の財務的自立を達成するための根本的な施策となる。併し乍ら、それは一朝一夕には不可能で、水道事業全体に対するハード、ソフト両面の根本的な変革が不可欠となる。即ち、技術、製品、制度、要員、心理、組織の各側面が相互併行的に整備されなければならない。具体的には全日給水、完全メータ制及び従量制料金体系が完全に呼応できるような環境が熟成する必要がある。

表Ⅲ-4-2 現行首都圏従量制水道料金体系(1987年)
単位：ルピー/1000ℓ (ルピー/1000ガロン)

行政機関	家庭及び公的用户	商工業ユーザー
1. CDA	0.79 (3.60)	1.32 (6.00)
2. RMC	廃止	1.10 (5.00)
3. MES	0.88 (4.00)	1.32 (6.00)
4. CB	廃止	廃止

出典：CDA, RMC, MES, CB

RMC 市役所の水道料金体系における従量制体系の下では商工業ユーザーは1,000 リットル当たり1.10ルピー（1,000 ガロン当たり5 ルピー）を支払う。家庭及び公的ユーザーに対する従量制体系は廃止された。固定制体系は水道管の口径、敷地面積等に基づいてユーザー毎に固定年次料金を課する。従量制体系の適用されているユーザーは僅か2%である。

ラワルピンディ CANTTの CB 管轄区域では従量制体系が廃止となり、現在固定制体系だけが適用されている。固定制体系は水道管の口径、敷地面積等に基づいてユーザー毎に固定月次料金を課する。同 CANTTの MBS管轄区域では従量制、固定制双方の料金体系が運用されている。従量制体系には軍及び家庭ユーザーに対して1,000リットル当たり0.85ルピー（1,000ガロン当たり4ルピー）を、商工業ユーザーに対し1,000リットル当たり1.32ルピー（1,000ガロン当たり6ルピー）を課する。固定制体系には水道管の口径、敷地面積等に応じて各ユーザーに対して固定月次料金を課する。従量制体系の適用されているユーザーの比率は40% という。

ラワルピンディ地域の水道当局の抱える財務的な問題は CDAのそれと同一である。

従って、その解決方法も CDAのそれと同一である。首都圏を統轄する単一組織による漸進的、体系的、計画的な改善が望まれるゆえんである。

第 4 章 水需要計画

第4章 水需要計画

4.1. 都市用水

4.1.1. 都市計画

1959年の9月、新都市の基本計画を作成するために、連邦政府遷都委員会が設立され、種々の小委員会において地形、交通、公衆衛生、水供給、都市計画、土地利用等について詳細な検討が加えられた。これらの調査検討結果をもとに1960年10月に、ギリシアのコンサルタントによって、マスタープランが作成された。

また、1960年に首都開発公社法によってCDAが設立され、1961年の10月から実際の首都建設のための工事が開始された。

以来、今日まで急速な発展を遂げ、イスラマバードは、都市建設が着実に実施されつつある。このマスタープランはCDAによってレビューされ修正を加えつつ事業実施を行っている。

他方ラワルピンディは、1959年から1968年までの間、パキスタンの暫定の首都としての機能を果たし、特に1960年代は急速に発展した。その結果、この両都市の開発は、合併した都市形態を持つようになった。

このような歴史的な背景の中で、1970年にパンジャブ州政府の都市計画局によって1990年を目標とする大ラワルピンディ圏のマスタープランが作成された。しかし、行政面での指導のおくれもあり、無秩序に乱開発が進んでいるのが現状である。

両都市の機能、構造はもちろん異なるが、一口で都市開発の特徴を表わせば、イスラマバードは、都市計画に沿った美しい人工都市を創造しつつあるに反し、ラワルピンディは、無計画、無秩序に乱開発され、全ての都市機能を保つインフラ整備も大幅に遅れて、閉塞状態にある。

両都市に関する経緯や特徴などは、アペンディックスのC.1.1.において詳述する。

都市用水の給水対照地域は、次の各地域に分けられる。

都市名	区 分	対象面積 (km ²)
イスラマバード	都市区域部	220
ラワルピンディ	都市部 RMC	27
	“ CANTT	61
	農村部	171
	小 計	259
計		479

これらの各地域は、図IV-1-1に示す。

4.1.2. 人口推計と計画給水人口

A. 人口予測

都市人口の予測出来る限りの確にたてる必要がある。しかし地域、両都市の発展過程などに関連することが多く、一概に論じることは難しい。

他方、人口調査は10年毎に実施されており、1981年の調査結果が最新のものである。都市用水の需要予測のアプローチには、土地利用現況及び将来計画を把握した上で各目標年次毎の人口予測値が基本になる。

現地調査では、異質である両都市の背景を認識した上で、都市の形態機能調査を実施し、両都市間及びラワルピンディ間での人口動態を考慮して、各々の地域に密着した人口吸収率から人口推計を行った。

基本的には、過去の実績をグラフにプロットして規則性を見いだした上で、イスラマバードでは、各セクター毎の将来人口の設定値を開発予測年次に合わせて積上げたが、ラワルピンディでは、RMC、CANTT及び周辺部を各々形態上、特徴のある区域毎に細分化し、人口吸収能力を考慮して10年毎の年平均人口増加率をもととして算出した。これらの結果を表IV-1-1に示す。

算出方法については、英文付属書 C.1.2. に詳述する。

首都圈給水対象地域

图 IV-1-1

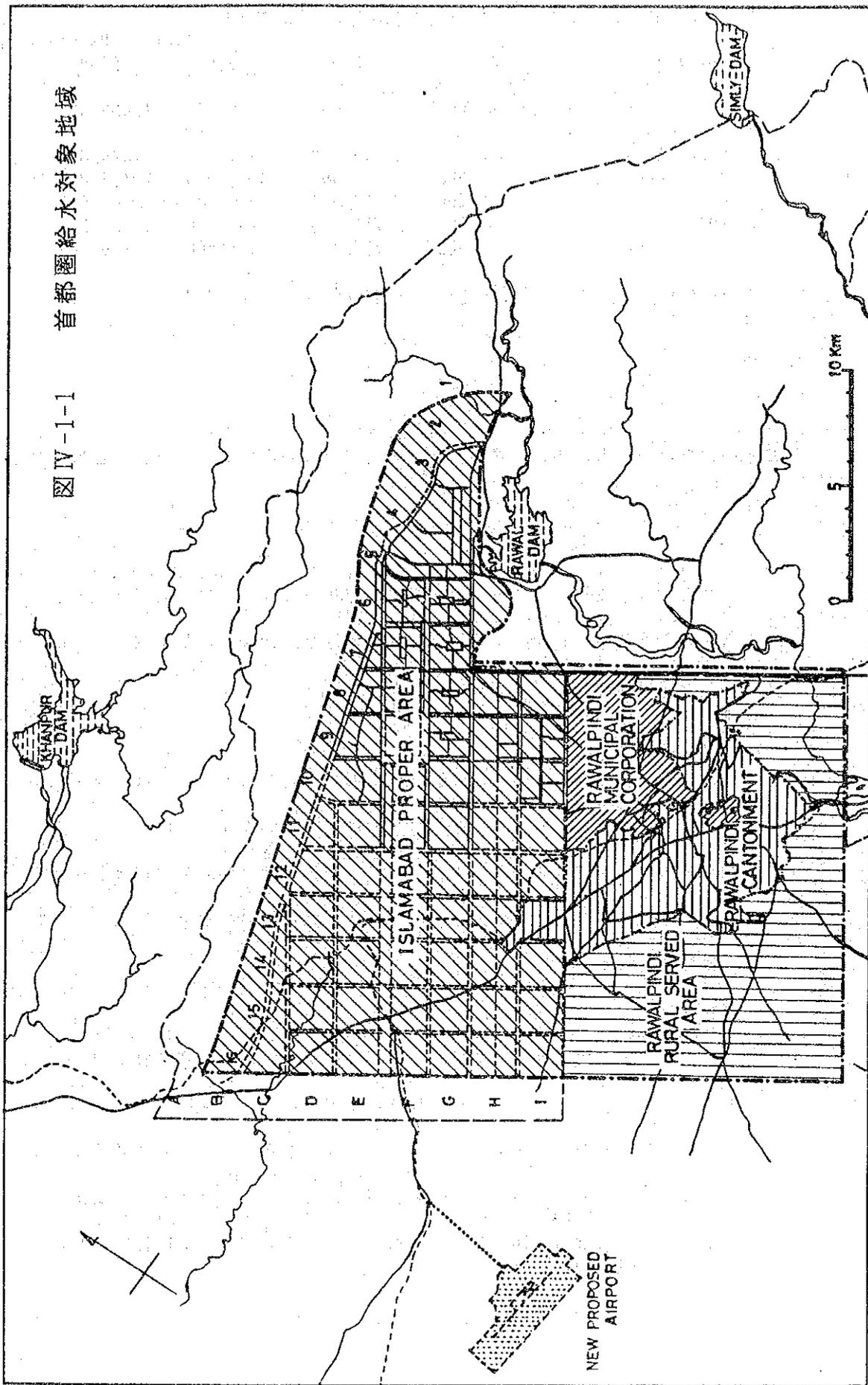


表 IV-1-1

人口予測値の要約

Sub-areas	(Unit : Persons)			
	1987	2000	2010	2030
Islamabad Proper	284,000	621,000	760,000	1,006,000
Rawalpindi Area	1,036,000	1,449,000	1,777,000	2,346,000
Urban Area	945,000	1,327,000	1,631,000	2,150,000
CANTT	409,000	616,000	782,000	1,100,000
RMC	536,000	711,000	849,000	1,050,000
Rural Area	91,000	122,000	146,000	196,000
Total	1,320,000	2,070,000	2,537,000	3,352,000

B. 給水率

a. イスラマバード

給水率は都市機能の形態、目標年次から考えて 100%とすることが妥当と思われる。

b. ラワルピンディ

- RMC

現在の給水率は 75 %であるが、最終目標年次の2030年には 100%とすることが妥当と判断した。 中間年次の2000年及び2010年には各々 87.5 %及び 92 %を目標値として設定した。

- CANTT

現在の給水率は 67.5 %で、RMC に比べ低い率となっているのは、軍関係が優先されていること、及び散居集落形態によるものと考えられる。 将来 2030年は95%を目標値とする。 これは、個人の井戸利用者が将来も存在するものと想定したためである。 2000年及び2010年の給水率は80%及び85%を目標値とした。

- 農村部

ラワルピンディ農村部の一部は、井戸利用による給水が実施されている。 そのデータによると給水率は25%程度と推定される。 東部の人口吸収率は高い値を示すものと推定でき、CANTT との区別も殆どない状態で発達するであろう。 従って、周辺東部は90%、周辺西部は75%を目標とした結果、全体で85%になった。 2010年までは東部50%、西部30%、平均45%とした。

以上の結果を要約し、表IV-1-2に示した。

表 IV-1-2 給水率と給水人口

地域区分	項 目	1987	2000	2010	2030
イスラマバード(I) 都市区域郡(I)	人 口	284	621	760	1,006
	給水率	100	100	100	100
	給水人口	284	621	760	1,006
ラワルピンディ CANTT	人 口	409	616	782	1,100
	給水率	67.5	80	85	95
	給水人口	276	492	664	1,045
RMC	人 口	536	711	849	1,050
	給水率	75	87.5	92	100
	給水人口	402	622	781	1,050
小 計	人 口	945	1,327	1,631	2,150
	給水率	678	1,114	1,445	2,095
	(Service Ratio)	(71.7)	(83.9)	(88.6)	(97.4)
農村部	人 口	91	122	146	196
	給水率	25	30	45	85
	給水人口	22	36	65	166
計 (II)	人 口	1,036	1,449	1,777	2,346
	給水率	700	1,510	1,510	2,261
	(Service Ratio)	(68.5)	(79.4)	(85)	(96.4)
総 計 (I) + (II)	人 口	1,320	2,070	2,537	3,352
	給水人口	984	1,771	2,270	3,267

Note : 人 口 …… 1,000 人
給水人口 …… %

4.1.3. 水需要計画

A. 水需要の定義

都市用水は、用途別に生活用、公共用、商／工業等の業務・営業用に分けられ、さらに、漏水や無効放水を考慮する必要がある。ラワルピンディ CANTTのような地域では、軍関係用水も上述の用途別にさらに加えて考える必要がある。

これら用途別の内容は、次のように分類できる。

生活用水 ……個人用途： 飲料、洗面、手洗、シャワー、折り、水洗

世帯用途： 炊事、洗濯、掃除、洗車、庭の散水、子供水遊び

公共用水 ……公官庁とその事業所、研究機関、学校（私学含む）教育施設

大公使館、病院、駅、モスク、教会、公園等

商／工業用水 ……ホテル、レストラン、飲食店、卸売店、小売店、映画館、劇場

飲料水工場、食品加工工業、石材業、その他全手工業等

軍関係用水 ……ラワルピンディCANTTにおける軍関係施設全体

将来の水需要の予測は、これら消費者の使用水量と漏水／無効放水量の総和で求められる。消費者の使用水量を求めるには現況の各用途別消費水量に将来の開発計画、人口の伸び及びその他関連事項を考慮する。給配水系統からの漏水と無効放水量は、現在の概略推定値と将来に向けて改善すべき目標値をもとに求めることとする。

B. 生活用水

生活用水原単位の規定要因の1つである世帯人員は両都市とも大きな差異はないが、生活水準の向上を示す一人当たり個人所得、水洗化率、シャワー・バス普及率、洗濯機普及率、庭園散水率などは両都市で大きな差がある。

しかし、将来の水需要を考えた場合、現状ですでに水準の高いイスラマバードでの水洗化率、シャワー・バス普及率、洗濯機普及率の要因はあまり大きな影響はなく、今後の原単位増加は世帯人員の減少、所得の向上によってわずかずつもたらされよう。

他方、いずれの率も平均値で少しづつ低いラワルピンディの場合、これらの要因そのものも、給水量の絶対値が少ないために充足されない現状に市民からは大きな不満の声が出ており、今後は個人所得の向上に見合った給水量の確保が急務となっている。

本調査では、両都市とも各戸の敷地の大きさ、部屋数などによって5段階に分類し、セクターあるいはワード毎に人口の振分を試みた。各段階毎に、調査によって構造を明確にした生活用水用途別原単位を積上げ方式で推計し、両市あわせて10段階の原単位をもとめた。これらのクラス毎の人口配分と原単位から1987年初めにおける一人一日生活用水の平均原単位として次の値を求めた。

<u>イスラマバード</u>	<u>ラワルピンディ都市部</u>
222 lcd (49 gcd)	118 lcd (26 gcd)

この値をもとに将来の経済成長、個人所得の年間伸び率等を配慮して、最終目標年次に向けて次のような推定値を求めた。

都市区分	1987年	2000年	(単位：lcd (gcd))	
			2010年	2030年
イスラマバード	222(49)	236(52)	245(54)	257(56)
ラワルピンディ都市部	118(26)	151(33)	177(39)	227(50)
“ 農村部		150(33)	177(39)	227(50)

これらの値を基にして、各目標年次毎の一日当たりの生活用水量を次のように求めた。

都市区分	1987年	2000年	(単位：MOD (MGD))	
			2010年	2030年
イスラマバード	63.0 (13.9)	146.6 (32.2)	186.2 (41.0)	258.5 (56.9)
ラワルピンディ都市部	80.0 (17.6)	166.9 (36.7)	256.3 (56.4)	475.6 (104.6)
“ 農村部		5.5 (1.2)	11.5 (2.5)	37.6 (8.3)

C. 公共用水

新しい首都としての機能を果たすためにこれらの施設が優先して建造されて来た現在のイスラマバードでは、この公共用水の原単位量は大きい値を示している。しかし、今後は人口増に対して原単位は少なくなるものと考えられる。

ラワルピンディでは、軍関係は別枠に考えている。ラワルピンディの場合、給水量の絶対量が少ないため蛇口を開けても水は出ないというのが現状であり、原単位は低い値となっている。従って、供給水量が確保出来れば将来は原単位が伸びるものと思われる。

本調査では両市から公共施設に分類されるすべてのサンプルを提供してもらい、さらに社会経済調査から得られた現在の消費水量のデータを分析し、次の値を得た。

	イスラマバード	ラワルピンディ都市部
一日当たり平均消費量	42.9 MLD (9.4 MGD)	12.1 MLD (2.7 MGD)
一人一日当たり原単位	151 lcd (33 gcd)	18 lcd (4 gcd)

この値を基に、将来の一日当たり平均公共用水量を次のように求めた。

(単位：MLD (MGD))

都市区分	1987年	2000年	2010年	2030年
イスラマバード	42.9 (9.4)	44.0 (9.7)	45.8 (10.1)	65.5 (14.4)
ラワルピンディ都市部	12.1 (2.7)	32.3 (7.1)	53.6 (11.8)	93.2 (20.5)
“ 農村部	-	0.7 (0.2)	1.7 (0.4)	5.9 (1.3)

D. 商/工業用水

都市機能の発達の違いに伴い、イスラマバードでは原単位の大きな「店舗型」のショッピング・エリアや工業ゾーンが建設されているのに対し、ラワルピンディでは原単位の小さな職住混在型の商工業地が古くから自然派生して今日に至っている。

ラワルピンディの場合、現在の給水量が不足しているために、一般の商/工業用水の消費原単位は著しく低い値となっているが、これは供給が需要に追いつけない状態を表している。 今後は、経済成長に見合う原単位の伸びが期待されている。

本調査では両市から商・工業に分類される種別にその数を提供してもらい、現在の消費水量と社会経済調査結果の分析及び将来の経済成長を加味して、次のような需要予測結果を得た。

(単位：MLD (MGD))

都市区分	1987年	2000年	2010年	2030年
イスラマバード	34.6 (7.6)	72.4 (15.9)	92.7 (20.4)	126.4 (27.8)
ラワルピンディ都市部	20.9 (4.6)	37.9 (8.3)	63.1 (13.9)	118.5 (26.1)
“ 農村部	-	0.7 (0.2)	2.0 (0.4)	8.4 (1.8)

E. 軍関係用水

ラワルピンディCANTT は、パキスタンの軍本部が設置され、大統領や首相の公官邸もあることから、軍関係用水は最優先である。 CANTT においては生活用水に次いで二

番目に大きな原単位を示している。

MBS では、2000年における必要水量を 7MGD (=31,800トン/日) としており、この水量をベースに考慮して 2010 年以降を求めた。

(単位：MLD (MGD))

	1987	2000	2010	2030
一日当たり軍関係用水量	11.8 (2.6)	31.8 (7.0)	37.8 (8.3)	52.2 (11.5)

上述、B項からE項までの用途別需要については、附属書 C.1.3. に詳述する。

F. 漏水・無効放水

両都市とも消費水量の中で、この量が最も多く、給水量の約 30 %を占めていると推定される。漏水・無効放水の原因は、水道料金が従量制でないことと、間断給水システムによる水栓締め忘れからの放水とそれらの無関心、さらに水道資機材の品質不良と技術的な問題等が複雑にからんでいる。

今後の人口増加に伴い、最終目標年次の 2030 年という長期間を展望して給水量を考える場合、この漏水・無効放水率を少しでも減少させることが、有効な水資源開発への貢献につながる。

従って、今後はその原因を明らかにし、総合的な改善の努力によって、2030年には約 20 %の漏水・無効放水率になるよう、各年次毎に次の目標値を設定した。

1987 年	2000年までに	2010年までに	2030年までに
30%	27.5 %	25 %	20 %

各目標年次毎の漏水放水率の設定値に到達するためには、次のような軽減対策が包括的に実施されなければならない。(詳細は附属書 C.1.5. 参照)

- ・ 技術/制度面の近代化
- ・ 道徳/精神面の近代化
- ・ 財政面の近代化

具体的には 24 時間給水、完全メーター制、従量制の総合導入が重要なことであり、これらは上述の 3 点の体制近代化に依存している。

G. 計画一日平均給水量の決定

前節で述べた用途別原単位をもとに、現段階で想定できる社会環境の変化に見合った需要の変動を考慮して、2010年及び2030年の水需要変化予測を行った結果を表IV-1-3、IV-1-4、IV-1-5 に示す。この表をまとめると次の値となる。

都市区分		(単位：日平均m ³)		
		1987年	2010年	2030年
イスラマバード都市部		200,800	433,000	563,000
ラワルピンディ	RMC	102,000	284,300	446,400
	CANTT	76,300	263,500	477,800
	農村東部	500	14,300	47,000
	農村西部	300	6,000	17,900
小計		179,100	568,100	989,100
計		379,900	1,001,100	1,552,100

表IV-1-3 計画給水人口と水需要量（イスラマバード都市区域部）

項目	1987年	2000年	2010年	2030年
人口	284,000	621,000	760,000	1,006,000
給水人口	284,000	621,000	760,000	1,006,000
給水率 (%)	100	100	100	100
水需要量 単位：MLD (MGD)				
生活用水	60.3 (13.9)	146.6 (32.2)	186.6 (41.0)	258.5 (56.9)
公共用水	42.9 (9.4)	44.0 (9.7)	45.8 (10.1)	65.5 (14.4)
商工業用水	34.6 (7.6)	72.4 (15.9)	92.7 (20.4)	126.4 (27.8)
漏水・無効放水	60.3 (13.3)	99.7 (21.9)	108.3 (23.8)	112.6 (24.7)
(漏水・無効放水率)	(30)	(27.5)	(25)	(20)
計	200.8 (44.2)	362.7 (79.7)	433.0 (95.3)	563.0 (123.8)
計画一日平均給水量	200.8 (44.2)	362.7 (79.7)	433.0 (95.3)	563.0 (123.8)
計画一日最大給水量	251.0 (55.2)	453.4 (99.7)	541.3 (119.1)	703.8 (154.8)
日当り原単位量 単位：ℓリットル/人/日 (ガロン/人/日)				
生活用水のみ	222 (49)	236 (52)	245 (54)	257 (56)
日当り原単位量	707 (155)	584 (128)	570 (125)	560 (123)

表IV-1-4 計画給水人口と水需要量（ラウルピンディ都市部）

項目	1987年	2000年	2010年	2030年
人口	945,000	1,327,000	1,631,000	2,150,000
給水人口	678,000	1,114,000	1,445,000	2,095,000
給水率 (%)	71.1	83.9	88.6	97.4
水需要量 単位：MLD (MGD)				
生活用水	80.0 (17.6)	166.9 (36.7)	256.3 (56.4)	475.6 (104.6)
公共用水	12.1 (2.7)	32.3 (7.1)	53.6 (11.8)	93.2 (20.5)
商工業用水	20.9 (4.6)	37.9 (8.3)	63.1 (13.9)	118.5 (26.1)
軍関係用水	11.8 (2.6)	31.8 (7.0)	37.8 (8.3)	52.2 (11.5)
漏水・無効放水	53.5 (11.7)	102.0 (22.4)	137.0 (30.1)	184.9 (40.6)
(漏水・無効放水率)	(30)	(27.5)	(25)	(20)
計	178.3 (39.2)	370.9 (81.5)	547.8 (120.5)	924.2 (203.3)
計画一日平均給水量	178.3 (39.2)	370.9 (81.5)	547.8 (120.5)	924.2 (203.3)
計画一日最大給水量	222.9 (49.0)	463.6 (102.0)	648.8 (150.6)	1,155.3 (254.1)
日当り原単位量 単位：ℓリットル/人/日 (ガロン/人/日)				
生活用水のみ	118 (26)	151 (33)	177 (39)	227 (50)
日当り原単位量	263 (58)	333 (73)	379 (83)	441 (97)

表IV-1-5 計画給水人口と水需要量（ラウルピンディ農村部）

項目	1987年		2000年		2010年		2030年	
	西部	東部 計	西部	東部 計	西部	東部 計	西部	東部 計
人口	29,000	62,000	37,000	85,000	44,000	102,000	63,000	133,000
	91,000		122,000		146,000		196,000	
給水人口	8,000	14,000	11,000	25,000	19,000	46,000	46,000	120,000
	22,000		36,000		65,000		166,000	
給水率 (%)	27.6	22.6	30	29.4	43	45	73	90
	24.2		30		44.5		85	
水需要量					単位：MLD (MGD)			
生活用水			1.7	3.8	3.4	8.1	10.4	27.4
			5.5		11.5		37.6	
公共用水			0.2	0.5	0.5	1.2	1.6	4.3
			0.7		1.7		5.9	
商工業用水			0.2	0.5	0.6	1.4	2.3	6.1
			0.7		2.0		8.4	
漏水・無効放水			0.8	1.8	1.5	3.6	3.6	9.4
			2.6		5.1		13.0	
計	0.3	0.5	2.9	6.6	6.0	14.3	17.9	47.0
	0.8		9.5		20.3		64.9	
計画一日平均給水量	0.3	0.5	2.9	6.6	6.0	14.3	17.9	47.0
	0.8		(0.6)	(1.5)	(1.3)	(3.1)	(3.9)	(10.3)
			9.5		20.3		64.9	
			(2.1)		(4.4)		(14.2)	
計画一日最大給水量					7.5	17.9	22.4	58.8
					(1.6)	(3.9)	(4.9)	(12.9)
					25.4		81.2	
					(5.5)		(17.8)	
日当り原単位量					単位：リットル/人/日 (ガロン/人/日)			
生活用水のみ			150	(33)	177	(39)	227	(50)
日当り原単位量			264	(58)	312	(69)	391	(86)

H. 計画一日最大給水量の決定

1985年に実施の JICA 報告書によれば、一日最大給水量は、気温変動や降雨量の条件と両都市の規模を考慮の上で、一日平均給水量の 125% (即ち負荷率 0.80) と推定されている。一方、両都市の 2000 年における需要量の規模とほぼ同じ規模の 1985 年におけるラホール市における負荷率は 0.82 であった。

従って、今回も一日平均給水量の 125% を一日最大給水量とする。この値は、我が国のみならず、各国における同じ規模での都市におけるものと比べても妥当なものである。

各給水対象地域毎の計画の一日最大給水量をもとめると次のようになる。この値は、原水の取水設備や送水本管の施設容量として採用する。

(単位：日最大 m³)

都市区分	1987 年	2010 年	2030 年
イスラマバード都市区域郡	251,000	541,300	703,800
ラワルピンディ RMC	127,500	355,400	558,000
CANTT	95,400	329,400	597,300
農村東部	600	17,900	58,800
農村西部	400	7,500	22,400
小計	223,900	710,200	1,236,500
計	474,900	1,251,200	1,940,300

I. 全体必要水量

取水した原水が水道施設を経由して、浄水として末端に給水される間においては、相当の損失量がある。このうち大半を占める配水施設以下の損失水量については、計画一日最大給水量に含まれているが、取水から浄水施設に至る間の損失水量については、従来、計画上不明確となっている。

もちろん、今回の給水施設においては、取水地点から浄水場への導水距離の差があるが、浄水場でのろ過砂洗浄等の作業用水と、導水路での損失水量も見込んで、計画一日最大給水量の 5% 増しとして、計画取水量に採用した。また、ダム等の水源施設設計には、計画一日平均給水量の 5% 増しに年間日数をかけたものを年間必要水量として採用する。

4.2. 灌漑用水

4.2.1. 概要

灌漑用水量を計算するにあたっては多くの要因が複雑にからんでいる。灌漑用水量を求めるまでの流れを示すと図IV-2-1のようになる。

4.2.2. 導入作物とその作付体系

A. 導入作物

導入作物は、現況の作物体系、土壌、農民の要望、国家農業計画、バラニ地区開発計画等を検討し、決定した（英文付属書 C.2.2. 参照）。

その結果は概ね次の如く要約される。

i) 主要作物

現況作付体系より冬作は小麦、夏作はメイズとする。

ii) 換金作物

換金作物として野菜、果樹、砂糖きび、油性種子等を導入する。

iii) 飼料作物

畜産振興を考慮して飼料作物としてアルファルファ、エジプトクローバー類及び青刈りとうもろこし等を導入する。

iv) その他

灌漑により作付率を増やす土壌の肥沃度が減少し、連作障害が生ずる。そのため大豆などの豆類を作付して連作障害を防ぐ。

B. 作付体系

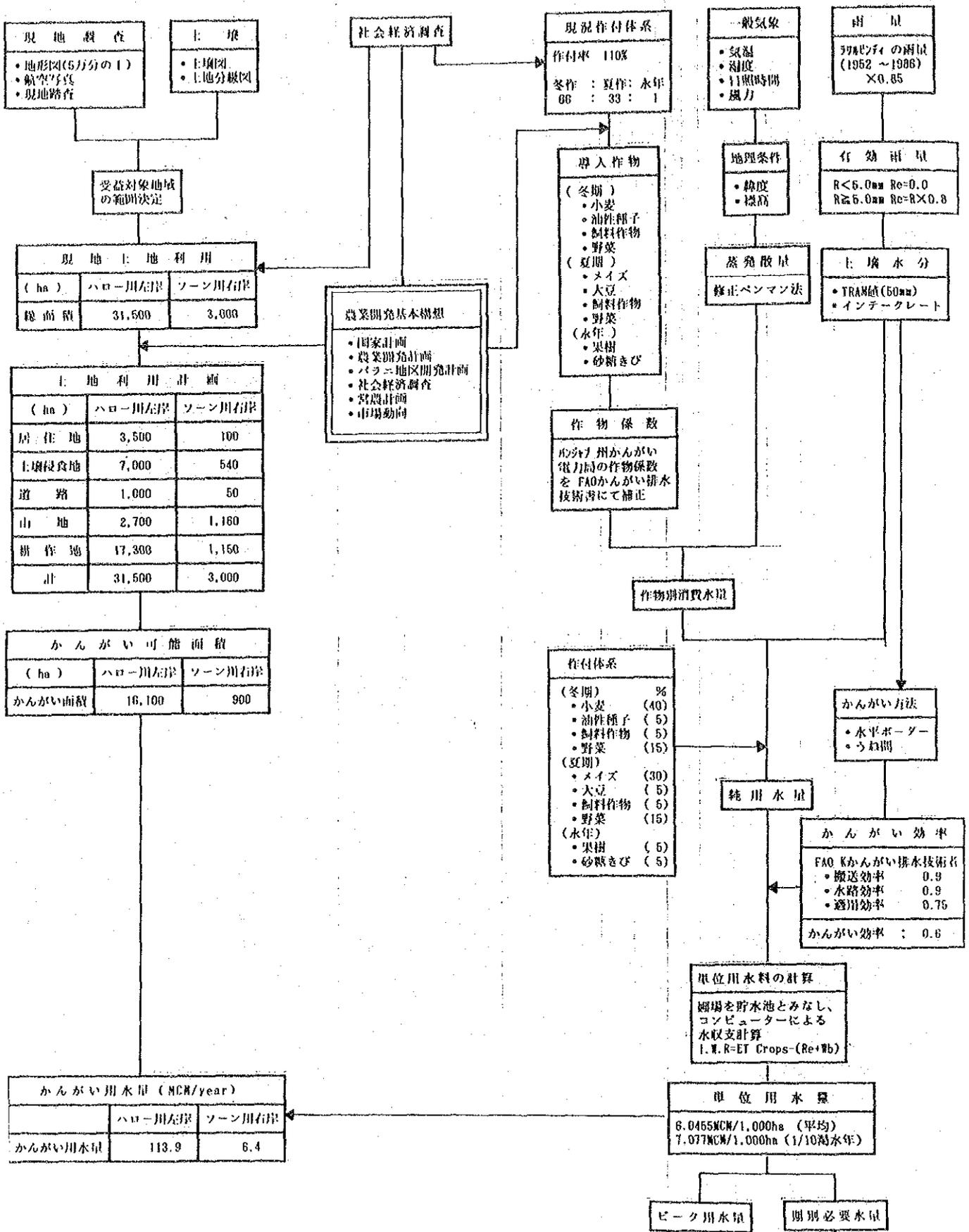
現況の作付率は 100~110 %程度で灌漑することにより収益性を高める為できるだけ作付率を高めることが望ましいが、本地区の灌漑用水源が限られていること、近傍地区における灌漑後の作付率、パンジャブ灌漑電力局採用の作付率等を考慮して最大 140 %とする。但し、限られた水源量に応じて渇水年における作付率は低くすることが考えられる。

以上より下記のような作付体系を計画し、それを図IV-2-2に示す。

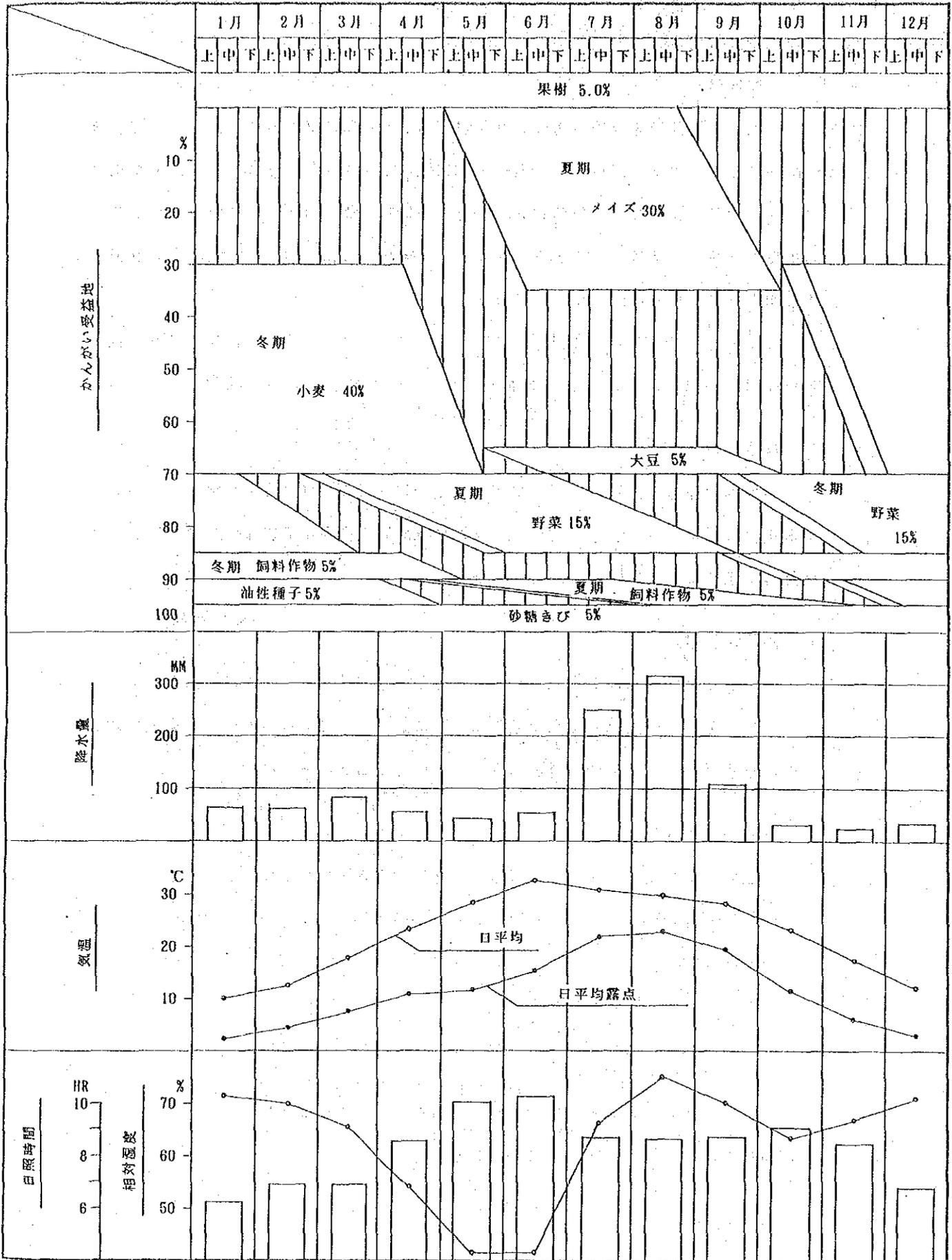
表IV-2-1 計画作付体系

作物	作付率 (%)
(冬作)	(75)
・小麦	40
・油性種子	5
・飼料作物	5
・野菜	15
・砂糖きび	5
・果樹	5
(夏作)	(65)
・メイズ	30
・大豆	5
・飼料作物	5
・野菜	15
・砂糖きび	5
・果樹	5
合 計	140

図 IV-2-1 灌漑用水計算フローチャート



図IV-2-2 導入作物と作付体系



4.2.3. 単位灌漑用水量

A. 作物別消費水量

a. 蒸発散量

作物の蒸発散量を求める方法として修正ペンマン法、ブラネイ・クリドル法、放射法があるが、気温、湿度、風力及び日照時間のデータが入手できたことから修正ペンマン法が適し、又3つの方法による計算結果のうち修正ペンマン法でパンによる実測蒸発散量にほぼ等しいことから本地区の蒸発散量は修正ペンマン法による計算結果を用いることにする。それによると

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Eto(mm)	1.8	2.5	3.7	5.5	7.4	8.4	6.7	5.7	5.0	3.2	2.4	1.6

b. 作物係数

各作物の作物係数はパンジャブ州灌漑電力局発行の「パンジャブ州における灌漑用水量」に記載されている作物係数を基本に FAO灌漑排水技術書 No. 24の作物係数で補足して求める。(付属書 C.2.3. 参照)

c. 圃場準備用水

作付を開始する前にある程度の水を灌漑して土壌を湿らし、耕起、播種しやすくする必要がある。これを圃場準備用水とする。ADBによる小規模ダム事業の調査結果より水深で 50 mmを圃場準備用水として作付開始前に加える。

d. 作物別消費水量

以上の結果を下記に代入して10日別の作物別消費水量を求める。

$$ET_o = C(W \times R_h + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d))$$

$$ET = K_c \times ET_o$$

ここで ET_o ; 関係作物蒸発散量 (mm/day)

W ; 湿度に關係する重みつき係数

R_h ; 蒸発量で表す純放射量 (mm/day)

$f(u)$; 風速に關係する関数

$(e_a - e_d)$; 平均気温の飽和蒸気圧と空気の平均実蒸気圧の差

C ; 昼間と夜間の天氣の影響を修正する調整係数

K_c ; 作物係数

作物消費水量の計算は付属書 C.2.3. に示す。

B. 単位灌漑用水量

a. 基本概念

圃場を一つの貯水池とみなし、有効雨量、作物別消費水量、土壤水分、TRAM値を要素とする日毎の水収支計算を行って純灌漑用水量を求め、その値に灌漑効率を考慮して取水地点における粗灌漑用水量を求める。

又、施設計画の為ピーク灌漑用水量を 1/10 渇水年において求める。

灌漑用水量を求める基本式は

$$N.W.R = (Re + Wb) - ET_{crops} \leq TRAM$$

$$G.W.R = N.W.R/E$$

ここで ET_{crops} ; 作物別消費水量 (mm/day)
 Re ; 有効雨量 (mm/day)
 Wb ; 前日からの土壤水分 (mm)
 E ; 灌漑効率
 $N.W.R.$; 純灌漑用水量
 $G.W.R.$; 粗 “
 $TRAM$; 有効土壤水分量 (mm)

b. 適用降雨

灌漑受益地近傍において日雨量記録があるのはラワンピンディのチャクララ観測所だけである。しかし年間雨量で比較するとラワンピンディは 921mm であるのに対して受益地近辺では 783mm 程度であり、チャクララ観測所の日雨量をそのまま用いると灌漑用水量が少なめに出て危険側になるため低減が必要である。従って適用降雨としてはチャクララ観測所の日雨量に $783/921=0.85$ を掛けた値を用いるものとする。

c. 有効雨量

降雨のすべてが作物に有効に消費されるものではなく、表面流出したり土壤中へ浸透する量がかなりある。

一般に次のような定義で有効雨量を決める。

- ・ 日雨量(R) < 5.0mm の場合 有効雨量(Re) は 0.0mm
- ・ 日雨量(R) ≥ 5.0mm の場合 有効雨量(Re) は日雨量(R) の80%としTRAM値を超えない値とする。

d. TRAM値

TRAM値とは、全容易有効水分の量で有効根群域における土壌が保持できる水分量である。

TRAM値として ADB “小規模ダム事業”において採用された50mmを用いる。

e. 間断日数

間断日数はTRAM値を作物別最大消費水量で割って切り下げた値を用いる。

f. 灌漑効率

i) 灌漑方法

受益地の地形、土壌、灌漑技術等から判断して次のような灌漑方法が望ましい。

- ・ 小麦メイズ及びその他の作物 …… ボーダー灌漑
- ・ 野菜、果樹 …………… うね間灌漑

ii) 灌漑効率

灌漑効率は FAO灌漑排水技術書 No. 24で適用されているそれぞれの効率を用いる。尚、灌漑施設は将来十分な維持管理と的確な運用がなされるものとする。

(付属書 C. 2参照)

搬送効率(Ec) = 0.9 (流量変化僅少の継続給水)

水路効率(Eb) = 0.9 (舗装又はパイプ)

適用効率(Ea) = 0.75 (ボーダー又はうね間灌漑)

灌漑効率(E) = 0.9 × 0.9 × 0.75 = 0.60

g. 単位灌漑用水量

i) 粗灌漑用水量

以上のような灌漑用水量計算諸元をもとに圃場水収支計算を行い、その結果を次に示す。

単位粗灌漑用水量

作付率 (%)	1/ 2/ (1) (2) (MCM/1,000ha/Year)	
	110	4,772	5,619
120	5,094	6,014
130	5,570	6,545
140	6,045	7,077

注) 1/ 1952年から1986年まで35年間の平均用水量
 2/ 10年に一度の渇水年における用水量

ii) ピーク灌漑用水量

1952年から1986年まで35年間の旬別灌漑用水量のピークを確率計算によって、10年に1回起る渇水年のピーク灌漑用水量を求め灌漑施設容量とする。

$$Q_{max} = 0.439 \text{ MCM} / 1,000 \text{ ha} / 10 \text{ days}$$

$$= 0.508 \text{ m}^3/\text{s} / 1,000 \text{ ha}$$

iii) 年間旬別灌漑用水量

上記の計算と同様に1960年から1980年までの旬別灌漑用水量を求め、ダム水収支計算のデータとする。

4.2.4. ハロー川左岸灌漑地区

A. 土地利用計画

土地利用計画を立てるに当って下記の項目を考慮する (付属書 C.2.4参照)

- ・ 住民の要望 (社会経済調査)
- ・ バラニ地区開発計画
- ・ 土地分級
- ・ 農地保全

i) 未耕地については

- ・ 居住地は人口増加と共に広がる
- ・ 土壌浸食地は的確な土壌保全対策により現在以上の拡大はないものとする
- ・ 道路網が完備され、総面積の約3%を占める
- ・ 山地や丘陵は公園などの公共用地として利用される。

ii) 耕地については

- ・ 農地造成よりも単収の増加が奨励され、現在以上の耕地の拡大はないものとする

iii) 灌漑可能性

- ・ 水路、畦はん等で耕地の約7%を占める。

以上の開発計画に基づく土地利用は下記のようなになる。

土地利用区分	面積 (ha)
・ 居住地	3,500
・ 土壌浸食地 (含河川)	7,000
・ 道路	1,000
・ 森林・山地・荒廃地	2,700
・ 耕地	17,300
合 計	31,500
・ 灌漑可能地	16,100

B. 灌漑用水量

本地区の最大年間灌漑用水量は

$$Q = 7,077 \text{MCM} / 1,000 \text{ha/Year} \times 16,100 \text{ha}$$

$$= 113.9 \text{ MCM/Year}$$

4.2.5. ソーン川右岸首都権近郊地区

A. 土地利用計画

前述の開発計画とABADにより開発計画に基づき土地利用は下記のようなになる。

土地利用区分	面積 (ha)
・ 居住地	1,000 1/
・ 土壌浸食地 (含河川)	540
・ 道路	50
・ 森林・山地・荒廃地	260 1/
・ 耕地	1,150
合 計	3,000
・ 灌漑可能地	900 2/

注) 1/ 森林・山地・荒地は現在宅地造成が進行中で将来はその80%が宅地化されるものとする。

2/ ABAD計画より引用した

B. 灌漑用水量

本地区の最大年間灌漑用水量は

$$Q = 7.077 \text{ MCM}/1,000 \text{ ha}/\text{Year} \times 900 \text{ ha} \\ = 6.4 \text{ MCM}/\text{Year}$$

以上、二地区における最大年間灌漑用水量は次のようにまとめることができる。

灌漑地区	灌漑可能面積 (ha)	最大年間灌漑用水量 (MCM/年)
ハロー川左岸灌漑地区	16,100	113.9
ソーン川右岸首都圏近郊地区	900	6.4

4.3. 新国際空港用水

4.3.1. 新空港計画の概要

A. 背景

航空路輸送の増大にともない、1983年に民間航空局は、パキスタンの首都にふさわしい新しい国際空港の建設に関する調査検討を開始した。新空港の位置はラワルピンディ郡のラック・ピンド・ランジャア村の近郊が選定され、基本計画とそれにもとづく概略設計が1986年の6月に完了した。尚、現在のイスラマバード国際空港は PAF (パキスタン空軍) の独占使用として確保されるもようである。

B. 位置と主な施設

新空港は、イスラマバード中心街から南西約25km、ファテジャン町の東方約15km、国鉄サング・ジャニ駅の南方約18kmのところに位置する。全体空港所要面積は1,060 haと広大で、用地買収は民間航空局の手によってすでに開始されている。滑走路の規模は、3,800m x 45m 1本で、この南側には将来のために2本目の滑走路用地が確保され、さらに120 haの空港関連工場用地がとられている。全ての空港関連の施設建物等は首都方面からの出入りを考慮して滑走路の北側に設けられることになっている。主な基本施設として次のようなものが計画されている。

- 旅客ターミナル (建築面積約38,600m²)

- 管制塔、送信所、税関事務所、防疫所、保安事務所
- 消防用給水施設
- 機体整備、機体給油施設、機体給水施設等
- 貨物ターミナル
- 航空局施設
- 非常用発電施設等動力関係施設
- サービス関係（機内食施設も含む）
- モスク
- 庭園等を含む園芸施設
- 他附帯施設一式

4.3.2. 計画交通量と水需要量

新空港基本計画では、次表のような交通量が推定されている。

計画年	年間離着陸回数 (回)	年間貨物輸送量 (トン)	年間旅客数 (千人)	時間最大旅客数
1990	16,700	33,100	1,850	1,006
1995	18,900	45,300	2,498	1,159
2000	20,400	60,200	3,049	1,369

上記の基本計画によると、新空港目標年次の2000年における空港関連用水は1日当たり 2,300^m (0.5 MGD) となっている。この値を基本的に尊重した上で、今回の調査時に開かれた調整委員会において承認された2030年における空港関連用水として1日平均給水量6,800^m (1.5 MGD) を採用するとともに、2010年では同 4,600^m (1.0 MGD) を目標値とする。

年間平均の空港関連用水は次のようにまとめることができる。

(単位：MCM)

	2000年	2010年	2030年
空港関連年間給水量	0.8	1.7	2.5

4.4. 水需要量の総括

本計画の目標年次における受益地への水需要量は以下のようにまとめることができる。

また、間接受益地を含む水需要量については表Ⅶ-4-4に示す。

水需要量の総括

(単位：MCM)

都市用水 給水区域	1987年	2010年	2030年
・イスラマバード都市区域郡	73.3	165.9	215.8
・ラワルピンディ RMC	37.2	109.0	171.1
CANTT	27.8	101.0	183.1
農村部	0.3	7.7	24.9
小計	65.3	217.7	379.1
計	138.6	383.6	594.9

灌漑用水	2000年	2010年	2030年
・ハロー川左岸灌漑地区 (小規模ポンプ灌漑計画)	70.8	88.1	102.3
・ソーン川左岸首都圏近郊地区	(11.6)	(11.6)	(11.6)
	6.4	6.4	6.4
計	88.8	106.1	120.3

	2000年	2010年	2030年
・新国際空港用水	0.8	1.7	2.5

