

国際協力事業団

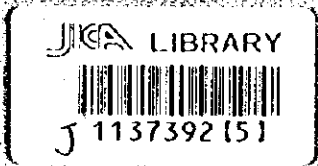
パキスタン・イスラム共和国  
パンジャブ州政府  
灌漑電力省

パキスタン・イスラム共和国

パンジャブ州支線用水路改修計画調査

主報告書

平成9年7月



日本工営株式会社  
日本技研株式会社

農調農  
JR  
97-28

パキスタン・イスラム共和国  
パンジャブ州政府  
灌漑電力省

パキスタン・イスラム共和国  
パンジャブ州支線用水路改修計画調査

主報告書

平成9年7月

国際協力事業団

117  
833  
AFA  
LIBRARY

国際協力事業団

パキスタン・イスラム共和国  
パンジャブ州政府  
灌漑電力省

パキスタン・イスラム共和国

パンジャブ州支線用水路改修計画調査

主報告書

平成9年7月

日本工営株式会社  
日本技研株式会社

## 報告書リスト

Volume I 主報告書

Volume II 付属書-I

- 付属書A 灌漑・排水、優先水路の選定
- 付属書B 水路ライニング計画
- 付属書C 農業・農業経済
- 付属書D 環境
- 付属書E 作業工程、積算、実施計画
- 付属書F 事業評価

Volume III 付属書-II

- 付属書G 制度改革および農民組織

Volume IV 図面集



1137392 (5)

## 序 文

日本国政府は、パキスタン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のパキスタン国パンジャブ州支線用水路改修計画にかかるフィージビリティ調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成8年3月から平成9年6月までの間、2回にわたり日本工営株式会社の大谷 俊人氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

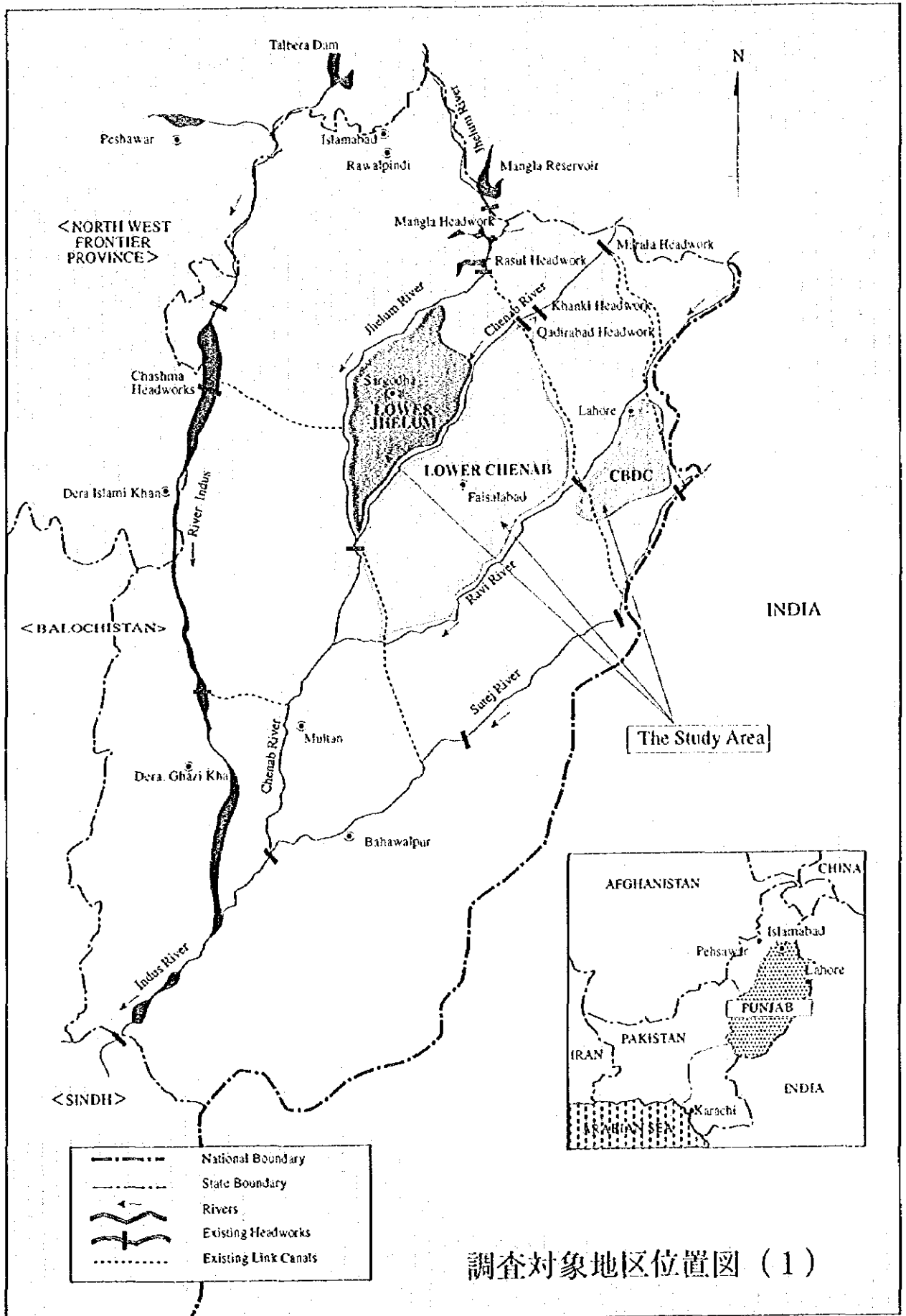
調査団は、パキスタン・イスラム共和国政府関係者と協議を行なうとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

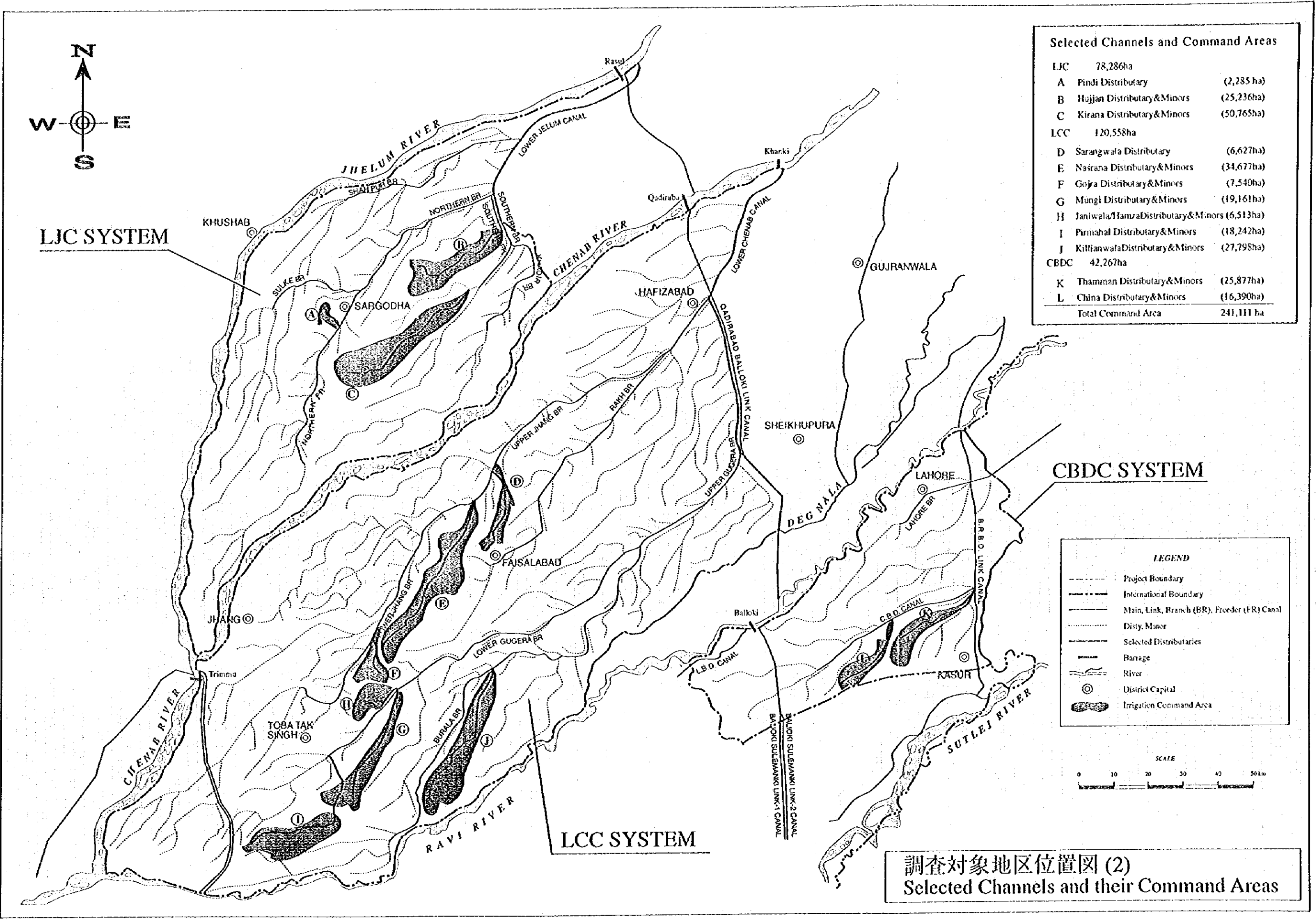
終わりに、本調査にご協力とご支援を頂いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成9年7月

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎



調査対象地区位置図 (1)

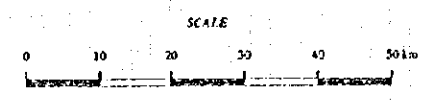


**Selected Channels and Command Areas**

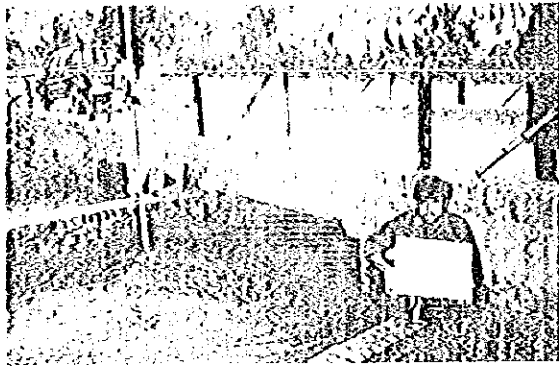
LJC	78,286ha	
A	Pindi Distributary	(2,285 ha)
B	Hujjan Distributary&Minors	(25,236ha)
C	Kirana Distributary&Minors	(50,765ha)
LCC	120,558ha	
D	Sarangwala Distributary	(6,627ha)
E	Nasirana Distributary&Minors	(34,677ha)
F	Gojra Distributary&Minors	(7,540ha)
G	Mungi Distributary&Minors	(19,161ha)
H	Janiwala/Hamza Distributary&Minors	(6,513ha)
I	Pirmahal Distributary&Minors	(18,242ha)
J	Killianwala Distributary&Minors	(27,798ha)
CBDC	42,267ha	
K	Thamman Distributary&Minors	(25,877ha)
L	China Distributary&Minors	(16,390ha)
Total Command Area		241,111 ha

**LEGEND**

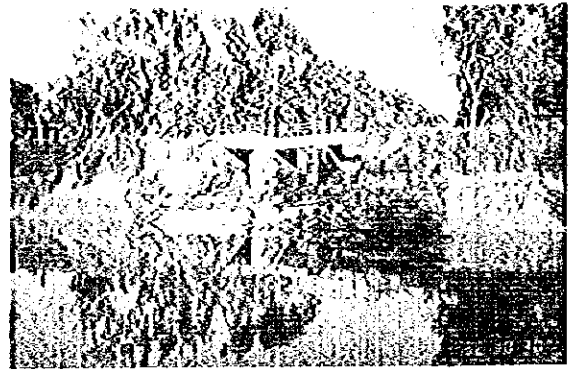
- Project Boundary
- - - International Boundary
- Main, Link, Branch (BR), Freeder (FR) Canal
- ... Disty. Miner
- Selected Distributaries
- Barrage
- ~ River
- ⊙ District Capital
- ▨ Irrigation Command Area



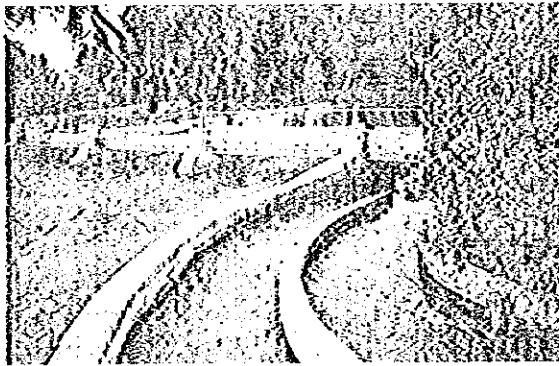
調査対象地区位置図 (2)  
Selected Channels and their Command Areas



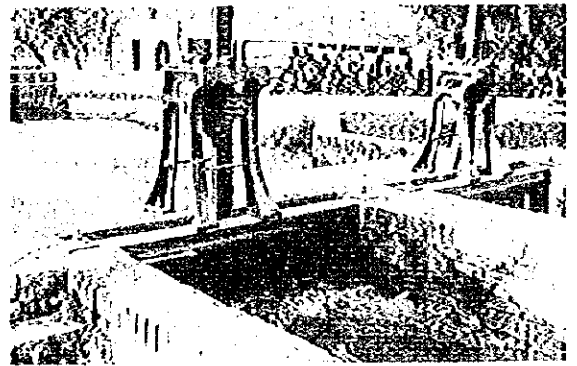
ムンギ支線水路の取水工



支線水路脇にある橋の維持管理状況



支線水路分水工



一般的に見られる水位調整ゲート



パンジャブ州政府設営のポンプ設備



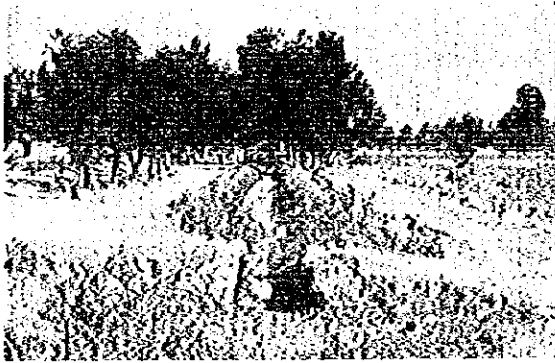
支線水路からの取入口



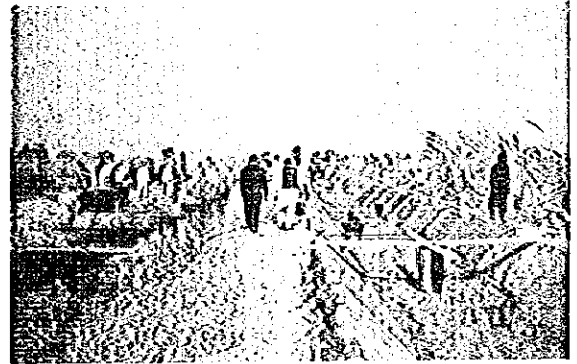
フジャン支線水路の中流部



支線水路の末端部分



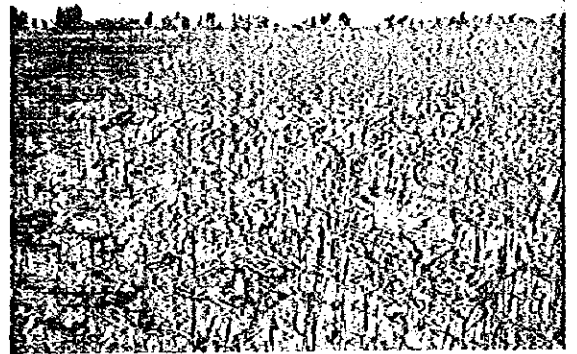
キラナ支線水路の下流部  
(水は下流まで届いていない。)



調査対象地区近郊における  
水路のライニング工事の様子

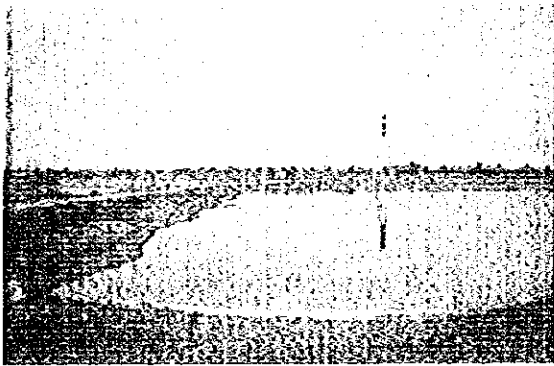


塩害による耕作放棄農地



塩害地区における小麦の成育状況





地下水位上昇による洪水状況  
(LJC 地区)



現地で開催された塩害と  
ライニングに関するセミナー



農民公聴会  
(LJC 地区)



現場での農民からの意見聴取



水稲の栽培状況



柿の野外集荷場

## 要約

### I 調査の概要

「パキスタン国パンジャブ州支線用水路改修計画調査」は1995年9月パンジャブ州灌漑省 (Provincial Irrigation Department - PID) と国際協力事業団 (JICA) との間で合意されたScope of Work (S/W) に従って1996年4月から1997年7月までの16ヶ月間にわたり実施された。

本調査は、パンジャブ州の現行の灌漑施設の中から、3つの灌漑システム、ローアチェナブ (Lower Chenab Canal - LCC)、ローアジェルム (Lower Jhelum Canal - LJC)、中央バリドアブ (Central Bari Doab Canal - CBDC) システムを選び実施した。これらの灌漑地区は支線水路：717路線、総延長：6,615 kmの水路を含み、総受益面積 (GCA) : 2,445,000ha、純受益面積 (CCA) : 2,116,000haとなる地域である。

一方、パキスタン国内ではこれまで灌漑施設の建設及びその維持管理は各州政府によって行われてきたが、パンジャブ州は現在灌漑局を公社化し、維持管理体制を含めた制度改革に取り組んできている。

かかる状況の中、本計画調査は、(1) これら3灌漑システムから概ね500 kmの支線用水路を含む優先地区を選定し、支線用水路のライニング計画に関するフィージビリティ調査を行うこと、及び、(2) 調査業務を通じ、カウンターパートに技術移転を行うこと、を目的に実施した。

本調査の結果、3つの灌漑システムに属する支線水路から12本の支線水路 (延長540 km、灌漑面積241,000 ha) を選定し、支線水路のライニングとパキスタン政府の制度改革計画に沿って支線水路維持管理 (O&M) のための農民組織計画を作成した。本計画は、パイロット事業としてPIDないしはその新しい組織によって、初期投資額3,120百万ルピー (92百万米ドル、約99億円) で実施し、結果として10.7%の水資源の節約が期待でき、経済的にも19.9%の経済的内部収益率 (EIRR) が期待できる有利な事業であることが判明した。

### II 計画の背景

#### 1. パキスタンの概況

パキスタンは1980-92年に6.1%の経済成長を遂げたが、一人当たりのGNPは420米ドルと低く、政府は過去の5ヶ年計画の中で所得の向上と貧困の軽減を最大の目標としてきた。

農業はパキスタンの最も重要な経済セクターであり、1992年にはGDPの27%、雇用の48%、直接間接に輸出額の70%を占めた。農業は、食料生産、貧困撲滅、環境保全に重要な役割を果たしているだけでなく、他のセクターに原料供給等により貢献し、国民経済成長の原動力となっている。

パキスタンの農業はインダス平野を中心とする灌漑に依存している。水利用の98%は灌漑目的であり、

都市用水のシェアは2%に過ぎない。農業生産の90%は灌漑地から上がる。インダス平野は、気候、土壌とも周年耕作に適しているが、農作物の単位収量は世界平均を大きく下回っている。その最も大きな原因は灌漑水の不足と不安定な供給・不公平な水配分、塩害等である。

パキスタンの人口は1980年のセンサスで82百万人であったが、年率3%で増加し1995年に128百万人に達したと推定されている。国連は2000年および2025年のパキスタンの将来人口をそれぞれ148百万人および243百万人と推計している。パキスタンは現在でも食料輸入国であるが、現在程度の停滞した穀物生産の増加率では2000年における穀物の不足は40%に上り、他の作物も大幅に不足することが予測されている。

## 2. 第8次5ヶ年計画

第8次5ヶ年計画(1993/94 - 1997/98)では、農業セクターを経済開発と成長の主力としている。農業セクターの最大目標は、食糧安保・自給達成・輸出余力を確保するため、人口増加率より高い成長率を達成することである。1991年のインダス川水配分協定に基づき、農業・灌漑・排水の総合的管理、効率的土地管理、効率的水管理、に重点が置かれている。

水セクターの政策目標は、作物生産を最大限増加することにより、農業依存体質の国の経済を引き上げることである。この目標は、地表水供給量の増加、政府管井の民間への移管、最新技術の導入による管理の改善、地下水上昇・塩類集積・洪水の防御により達成される。提案された戦略の中には、支線水路に関係するものとして、灌漑水路と排水路のライニングと改善により搬送効率を改善すること、既設灌漑排水システムの整備、高塩分濃度地下水地帯に属する肥沃な土地は優先的に地下水上昇と塩類集積を防ぐこと、低塩分濃度の地下水開発は民間に任せること、地下水上昇が起こりそうな地域では支線水路のライニング、水管理、OFWM (On Farm Water Management)、作付け体系の改善等の予防措置をとることが含まれている。

## III パンジャブ州の農業

パンジャブ州の総面積は20.63百万haで、その内12.1百万haおよそ59%が農耕地として利用されており、そのおよそ90%に当たる10.7百万haが重力灌漑と地下水灌漑による灌漑可能地である。パンジャブ州の灌漑可能地はパキスタン国の灌漑可能地のおよそ75%を占め一大穀倉地帯を形成している。

調査対象地域の農業は大きく2つの栽培時期、カリーフ(夏期作、4月頃から10月頃)およびラビ(冬期作、10月頃から4月頃)に分けられる。

作付率はカリーフ期で約68%ラビ期で約62%、通年で128%程度となっている。農民は一般に同じ土地を連作しており休閑地は限られている。灌漑可能地の3~4割は利用されないまま放棄農地になっているが、灌漑水の不足がその主な理由であり、塩害、浸水害によって耕作が不可能となった土地も含まれている。

調査対象地区の作付体系は、灌漑局の資料によれば、ラビ期には自家消費用の小麦の作付けが突出しており、次いで飼料作物の作付けも高い割合を示している。カリーフの栽培作物は、混作地帯の特徴を良く示しており、米、綿、サトウキビ、メイズがほぼ同じ割合で作付けされている他、飼料作物も高い割合で作付されている。その他の作物、夏野菜、豆類等の作付けは非常に限られている。3地区を比較した場合に特徴的な事は、ローアジェルム地区の果樹の作付け率の高い事である。

主食である小麦のパンジャブ州の生産量はパキスタン国の70%以上に達している。小麦につぐ米の生産量もパキスタン国の生産量の40%を上回っている。綿の生産は1991年にピークに達したが、1989年以降リーフカールウイルス病の被害が増大し1992年以降生産量、栽培面積とも下降傾向にある。サトウキビの生産量はパキスタン国の生産量の50%に達している。

パンジャブ州はこのように名実ともにパキスタン国の一大穀倉地帯を形成しているものの、ほぼすべての主要作物の単位収量が低く、平均で見ると国際水準に及ばないという重大な問題を抱えている。その原因は主に灌漑水の不足にあるが、塩害及び塩類集積化や肥料の投入量不足、また農民の農業技術のレベルの低さ等が、低い単位収量に拍車をかけている。今回の農家調査においても94%の農民が灌漑水の不足を単位収量が低い第一の原因としてあげており塩害及び塩類集積化の影響がそれに次いでいることは調査結果と合致している。

#### IV 灌漑・排水の現況

##### 1. 支線水路

本調査対象地区の灌漑の水源は、ジェルム川及びチェナム川の河川流である。これら河川に取水工を設け幹線水路で各灌漑地区へ導水している。灌漑地区内では、地形、面積に応じて第2次幹線水路で各小灌漑区へ分水している。本調査の対象である支線水路は、これら第2次幹線水路から末端水路へ配水するものである。

第1次及び第2次幹線水路から支線水路への分水はゲート等で制御されるが、支線水路から末端水路へは取り入れ口の容量に応じて自動的に分水され、設計流量・設計水位が保たれていれば自動的に期待どおりの分水が行なわれる仕組みである。これら水路系統は、19世紀後半に設計されたもので作物の用水量を勘案せず、度重なる飢餓対策として薄く広い用水の配分を考えており、単位用水量は0.2 lit/sec/haと極めて少ない(東南アジアでは1.0~2.0 lit/sec/ha)。沖積土の土水路であるため、水路組織は非堆砂・非洗掘型の設計流速であり広く浅い水路断面を持っている。

この設計概念は水路の操作上極めて優れていると思われる。しかし、水路及びその付帯構造物は年々老朽化しており、流量的にも水理的にも当初の目的を満たしていない。流量的には、盗水、水路堤の破壊、

取り入れ口の拡大、浸透等の理由により水路の下流では十分な水量が得られていない。水理的には、堆砂(泥)・洗堀、側面の破壊、雑草の繁茂により水路断面が不規則となり流量・流速ともに設計値を満たしていない。

## 2. 支線水路の浸透損失

当地域における水路は土水路がほとんどで、支線水路をみても6,611kmの内ライニングされているのは814km、約12%に過ぎず、土質、地下水位からみてもかなりの浸透損失がみられるものと考えられ、その浸透量調査を行った。

本調査は、州灌溉電力省灌溉研究所(IRI)に再委託した。浸透損失の測定法として、通水状態で一定区間の流入流出量を測定し収支バランスから水路の浸透量を測定する、流入・流出法によるものと、水路を築堤で仕切り湛水させた後、減水深を測定する湛水法による2方法で行った。

測定された浸透量(率)は、水路毎及び水路の状態に応じて分散してはいるものの、流入・流出法による測定値と貯水法によるそれぞれの測定値分布幅(上下限值)はほぼ同様であった。かなり分散した測定値を各水路固有の代表値として使用することは場合によっては過大な浸透量を見込む恐れがある。

従って、節約水量の算定にあたっては、土水路およびライニング水路の浸透量をそれぞれ6.32 cfs/msf<sup>1</sup>(平均値)および1.47 cfs/msfとし、現況水路および計画水路の潤辺面積から浸透量を算定し、両者の差を求めた結果、優先地区のライニングによる節約水量は10.7%と算出された。

注<sup>1</sup>: 立方フィート毎秒/百万平方フィート

## 3. 管井

当地域においては表流水灌溉の他に管井を利用した灌溉も多くみられる。管井には、WAPDA (Water and Power Development Authority) により実施されているSCARP (Salinity Control and Reclamation Project) の大型管井と、農民所有の管井がある。SCARP管井の平均吐出力は、約85 lit/sec、民間管井は、およそ28 lit/secである。それぞれの調査地区内における管井の設置数はSCARP管井4,500ヶ所、民間管井84,900ヶ所、年間揚水量は169億トンと推定される。

農業省の資料によれば、調査対象地区内では、水路のみで灌溉されている地区は28%、水路と管井戸が併用されている地区が52%、管井のみで灌溉されている地区が20%となっている。地下水利用はFGW地区では積極的な利用が行われているのに対し、SGW地区では殆ど行われていない。管井は大半がFGW地域に存在しており、平均20haに1ヶ所程度の分布密度となる。

## 4. 不公平な水配分

調査対象地区内では、水配分が公平に行われていないという不満が農民の間で根強い。IRIが実施した浸透量調査のデータを用いて、調査地区内の支線水路の上流、中流、下流で、実測流量と設計流量の比を

パラメーターとして水の配分が公平に行われているかどうか検討した。この結果、3地区の全てで、高い信頼度で負の相関が認められた。つまり、上流の実測流量と設計流量の比を100とした場合、下流のそれは30-40%に過ぎないと推定される。

## 5. 末端水路

末端水路の整備は、農業省によるOFWMの下で世銀等が推進しているものでライニングによる顕著な節水効果が報告されている。1995年現在、ローアジェルム地区の末端水路2,946路線で水利組合数は717、整備率は24%である。同様にローアチェナブ地区ではそれぞれ6,336路線、1,305水利組合、20%整備率、中央バリドアップ地区では、1,905路線、404水利組合、21%整備率となっている。

## 6. 水・塩分収支

サルゴダ、ファイサラバード、ラホールの気象データ(1986-1995)を用い、修正ペンマン法により、地区内の蒸発散量を算出し、これを基に代表的な作物の単位純用水量を推定した。これに灌漑地区の現行作付け体系、作付け面積を基に算出した灌漑地区別の純用水量と、表流水に灌漑効率:42%(搬送効率70%、圃場での適用効率60%)を乗じたもの(利用可能灌漑用水量)とを比較検討した結果、用水量に対し、ローアジェルム地区で36%、ローアチェナブ地区で39%、中央バリドアップ地区で47%の充足率であり、現状の水不足と、地下水灌漑の重要性と灌漑効率の向上の必要性が認められる。

地下水灌漑供給量の算出には灌漑効率:50%を用いた。ローアジェルム、ローアチェナブ地区においては、地下水を加えてもまだ、灌漑用水量を満たさない。ただし、中央バリドアップ地区については、地下水灌漑の供給により用水量の約17%が余剰となった。中央バリドアップ地区は、他の灌漑地区に比較し年間の雨量が多く、比較的恵まれた条件にあるため、このような収支結果になったと考えられる。

## 7. 支線水路ライニングの現状と問題点

調査地区内では支線水路全長の内12%、814 kmがライニングされているが、その種類は、コンクリートライニング(30%)、煉瓦ライニング(58%)及び水路内壁のみの煉瓦ライニング(12%)となっている。一部試験的に、ゴムやPVC(ポリ塩化ビニール)を使用した被膜ライニングも施工されている。

ライニングの規格は、コンクリートライニングは厚さ3インチ、煉瓦ライニングは4.5インチであり、両者とも0.75インチのモルタル下地である。水路断面は、現況の上水路断面からほとんど縮小されていない。水深は1.5から2フィートで、流量の変化には、底幅を拡張することで対応している。煉瓦ライニングでは、コンクリートに比べ、施工を考慮してより大きな底幅-水深比を採用している。流速はライニング水路としてはかなり低く設定されており、推砂問題を改善しきれていない。

付帯施設としては、分土工、落差工、橋、階段、水路橋(フリューム及び管路)、パイプカルバート及び余水吐がある。分土工はAPM(Adjustable Proportional Module)と呼ばれるオリフィス型分土工が最も多

く、次いでフリューム型分土工となっている。1,085個の分土工の内、完全な状態で機能を維持しているものはわずかに36個に過ぎず、725個はなんらかの修理を必要とし残り324個は分土工機能を発揮しておらず取り換えが必要であると判定された。

水路用地が広く、その内に水路の仮回しが可能な場合には、ライニング工事はほとんど仮回し工法で施工されている。水路用地が十分でないか、または土質等の理由で水路敷を使用できない場合には、非灌漑期（約1カ月）を利用して、現況水路をライニングする工法も一部で採られている。農民調査の結果によれば、これをライニング工事のために更に3週間程度延長してもよいとしている。

支線水路において今後解決すべき問題点は、水理的に有利な断面を採用し、流速を高め推砂を減少させるとともに、現状に則した適切な材料及び工法の選定を行なうことである。

## V 灌漑システム管理の阻害要因

調査団は、パキスタン政府の灌漑システム管理制度改革の根拠となっているO/Mシステムの阻害要因について農民からの聴き取りを行い、パンジャブ州灌漑省の見解を求めるとともに、現地調査においてその確認をおこなった。

### 1. 農民からの聞き取り

調査団が農民との集会において農民から聞き取った灌漑システム管理の阻害要因は重要性の順位で次の通りであった。

- i) システムの水供給量は不足しており、人口増加に伴う食料需要を満たすのに必要な作付け率の増加に対応できていない。その原因は、彼等の父親や祖父の時代は同じ家族を養うのにより大きい土地があったが、農地は子供や孫に相続される過程で細分化し、現在では当初の1/10の面積になっていることから、年2-3作の作付けが必要で、より多くの灌漑水が必要となっていることにある。
- ii) 当初、効率的かつ公平であった水配分はここ30-40年間に悪化し、水路の補修も堆砂の除去も遅れるようになった。結果として土地面積に比例して分配されていた水配分は不公平となり下流農家に損害を与えている。上流の大規模農家は政治的・経済的影響力を使ってシステムを妨害し規定配分量の3-4倍の取水を行っている。彼等は支線水路でパイプサイホンを使ったり、分土工を壊したり、敷を下げたり、水路の中に動物を入れ分土工の流量を増やしたり、水路の堤防を破壊したりしている。

水路担当官は25年前までは極めて専門家的に法制的権限を行使したが、現在は政治的影響力により力を失い公平な水配分の法律的枠組みは壊れてしまった。農民によれば、過去10年間に度々水泥棒の犯罪が犯されたにもかかわらず用排水路法（Canal and Drainage Act）により処罰された者は

- 一人もいない。
- iii) 農民は資金をプールしておいて当り前の水供給を受けるために規定以上の支払いをしている。かかる支払いは増加の傾向にある。
  - iv) 水不足のため水路の水よりはるかに塩分濃度の高い地下水を管井により使用することが増えたが、塩類のリーチングをするだけの水がないので土壌の塩類集積が進んでいる。また、地下水の汲み上げは水路の水よりはるかに高い。
  - v) 支線水路のライニングは水の浸透損失よりもシステムの効率と公平な水配分のために必要である。

## 2. 阻害要因に関する灌漑省の見解

阻害要因に関する灌漑省の見解は以下の通りである。

- i) 水路システムが劣化したのは政府の O&M 予算がないため維持の遅れが起きているためとしている。その要因は O&M 予算算定のための基準 (Yard Stick) が固定されておりインフレと歩調が合っていないこと、実際の子算は 1980 年代に改訂された基準にも達しておらず、ローアジェルム地区の O&M 予算は 1984 年以來変化していないことなどをあげている。  
財務省はこれに対し水利費が 1980 年代の始めから改訂されていないのだから O&M の財源を確保できないとしている。その理由として、農民の農業収益は 1860 年代に比較して 20 倍になっているのに対し、水利費は 2 倍になっているに過ぎないことから実質的には水利費は 1860 年代の 1/5 - 1/6 に低下していることをあげている。
- ii) 灌漑省は省の法制、行政、業務の面で政治的影響力のためシステム全体の悪化を招いていることを認めている。しかしながら灌漑省はかかる政治的影響力をなくすことに自信を持っており、適切な O&M 予算の配分と水利費の増加によってかつての栄光を取り戻せると考えている。

## VI 農民集会と改善のための代替案

フェーズ II 調査期間中、調査団は選定した 12 支線水路に関連する村落で農民集会を開いた。規模の大きな支線水路の場合は上中下流の 3 か村、小さな支線水路の場合は上下流の 2 か村が選ばれた。このようにして 1996 年 11 月に 24 の村で農民集会を開いた。1996 年 5 - 6 月の 7 村を加えると 31 村となり、1,200 - 1,300 人の農民代表と対話したことになる。このアプローチは率直かつ明確な農民の反応を引き出した。農民は支線水路の現行の水管理について非常に強い不満を表明し、農民と調査団との自由討議により問題の核心は急速に浮かび上がってきた。

阻害要因の現実的解決法と望ましいゴールへの到達法について対話が進められた。灌漑管理改善の代替案について農民に質問がなされた。問題解決のため 3 つの方法が浮かび上がってきて、一つ一つについて



議論が進むという経過を辿った、代替案-1：現行システムの改善、代替案-2：支線水路の契約管理、代替案-3：農民による管理、である。総ての集会において農民達は代替案-3が最善であるとし、彼等が支線水路の管理を任せられたならば、水管理を適切に行えるという自信を表明した。彼等は農民管理の最低の前提条件として以下の項目を強調した。

- 中立者による総括的トレーニングと技術援助が用意されること。
- 計画は法律によって公告され完全に法律の保護を受けられること。
- 農民のコミッテイは支線水路管理のための資金を持つこと。

## VII 計画の基本概念

### 1. 支線水路改修計画の目的

パキスタン政府の水セクターに対する基本政策は、第8次5ケ年計画等に示されているように、環境に適合した持続可能な灌漑農業を再建し、一人当たり所得を増加し、貧困を軽減することである。

この基本政策に沿って、本パンジャブ州支線水路改修計画の目的を以下のとおりとする。

- i) 支線水路のライニングによる浸透量の抑制により、作物生産の増大・所得の向上・貧困軽減を図る。
- ii) 灌漑システムの持続可能な O&M 組織を構築するため受益者参加の水管理システムを開発する。
- iii) 支線水路のライニングと付帯構造物の改善により、不公平な水配分の是正を図る。

この目的を達成するための手段として以下のプロジェクトが形成された。

- ① パンジャブ州の代表的灌漑システムである ローアジェルム 地区、ローアチェナブ 地区、中央バリドアブ地区に属する支線水路の中から優先地区として12の支線水路を選定し、540 kmの支線水路のライニング工事および分木工を含む大部分の付帯構造物の再構築工事を実施する。
- ② パキスタン国の政策である全国灌漑排水 O&Mシステムの制度改革の線に沿って、選定された各支線水路に O&M のための農民組織を設立する。

上記はパイロットプロジェクトの2つのコンポーネントとして実施する。

### 2. プロジェクトの必要性

パキスタン政府の経済政策の基本は、食料自給の向上および農業関連産業の振興のため、人口の増加率以上の農業生産の成長を確保することである。農業生産の最大のインプットは水であるので、将来、ますます深刻になる水資源の不足に対処するため、今後とも水資源の開発を継続することが必要である。

政府は、水資源開発の手段として1960-70年代に実施したような大規模なダム開発よりも、支線水路および末端水路のライニング、既設インフラの整備と改良、灌漑システムの水管理の改善、等により灌漑効率の改善を通じて水供給を増加し、併せて、地下水上昇と土壌の塩類集積を防ぎ、灌漑農業の拡大と持

続、農業生産の増大を実現しようとしている。本プロジェクトは、支線水路のライニングによる節水即ち水資源の増大（公認水量の10.7%即ち年間163百万トンの増加）、水管理の合理化、地下水上昇と土壌の塩類集積の防御等を目的としており、政府の開発戦略に合致するものであり、後述するように経済的にも優れた事業である。

150年におよぶ開発の歴史を持つインダス川灌漑システムは、近年、政府予算の不足等により物理的にも制度的にも維持管理が困難になっている。このため、パキスタン政府は、灌漑排水のO&M制度に関して全国排水計画(NDP)を発足させ、その中で受益者参加を基本理念とする抜本的制度改革を実施する計画である。本計画もこの基本理念の上に立って、農民組織による支線水路の維持管理をパイロット事業で実施することとし、組織・設立・財務・施設移管・水管理等について計画を作成する。

### 3. プロジェクトの機能と便益

水路のライニングの機能は基本的には浸透抑制、水路堤の強化、流速の増加、付帯構造物の機能強化、環境改善、維持管理の改善等が考えられる。それぞれの機能によってさまざまな便益がもたらされるが、水路のライニングによって期待される便益の内、数量化が可能な便益として、1) 節約された灌漑用水の適用による収量の増加 2) 表流水利用可能量増加によって不必要となる管井戸の運転費用 3) 維持管理システムの合理化による維持管理費の節減が挙げられる。これ以外の便益は、不公平水配分の是正を含めて、数量化不可能または便益を控え目に見積もる等の理由により経済評価の対象としない。

制度改革はパキスタンの灌漑排水システムの持続のための基本要件であり、このプロジェクト全体の機能を保障するための必要条件でもある。制度改革の成功に伴うインパクトと便益は測り知れない。しかしこの便益は計量化しなかった。

## VIII 計画の概要

### 1. 優先地区の選定

選定基準は以下の通りとした。

- i) SGW地区（地下水塩濃度が1,000ppm以上）を対象とすること。
- ii) 水路浸透水量が5cfs/msf以上であること。
- iii) 農民の参加意識、主体性（末端水路の整備率が基準になる）。
- iv) 支線水路を1つの系としてとらえること。第1次支線がSGW地区（延長の30%以上）にある第2次支線は同様の扱いをする。

調査の結果、以下の12支線水路が選定された。

支線水路系		受益面積 (ha)	水路延長 (km)	ライニング予定延長 (km)
1. ロアージェルム地区	ビンダイ	2,285	6.86	6.86
	フジャン	25,236	80.13	78.18
	キラナ*	50,765	138.08	96.49
	合 計	78,286	225.07	181.53
2. ロアーチェナブ地区	サランワラ	6,627	25.04	24.74
	ナスラナ	34,677	81.42	75.77
	ゴジラ	7,540	17.77	15.52
	ムンギ	19,161	41.29	37.31
	ジャニワラ/ハムザ	6,513	18.58	18.51
	ビルマハール	18,242	82.13	82.13
	キリアンワラ*	27,798	57.17	36.98
	合 計	120,558	323.40	291.03
3. 中央バリドアブ地区	タマン*	25,877	64.54	33.87
	チナ	16,390	33.27	33.08
	合 計	42,267	97.81	66.95
総 計		241,111	646.28	539.51

\* 各支線系の全受益面積(既ライニング水路及び本プロジェクトにてライニングを行なわない水路による受益面積も含む)

## 2. 水管理計画

調査対象地区内全体の利用可能水量は、地下水をあわせても、必要灌漑用水量に充たない。現状の130%を越える作付け率に対して表流水による用水量は慢性的に不足している。将来、新たな水源が確保されない限り、根本的な解決は期待できない。必要用水量の時期的、量的変動に対し、ゲート操作で通水量を制御し、水の最適利用をめざす水管理の概念を適用可能とするには、ライニングはもとより、作付け面積の大幅な縮小、これに伴う作付け体系の変更を実施が必要となり、農民の土地所有の問題などを考慮すると、現実的には不可能と判断せざるを得ない。このため調査対象地区内の支線水路以下の分水は、従来から行われている自動分水を今後も継続し、農民所有の管井による補給灌漑を期待しつつ、表流水・地下水の利用を極力効率的に行うことが唯一の方法であると考えられる。現状で望める最善の水管理は、支線水路以下の分水が、計画どおり行われるように、水路設計諸元を正確に維持していくことである。

## 3. 設計流量

公認流量 (Authorized Discharge) は、PIDの経験に基づいた灌漑分水法 (Irrigation Branch Method) と呼ばれる方式で決定されたもので、作物用水量に基づいたものではない。平均設計流量は、支線水路から末端水路への分水工地点で2.84cusec/1,000acre (約0.2 lit/sec/ha) である。

用水不足の対策としての抜本的水資源開発計画は樹立されていない。しかし、夏期の洪水の調節及び既存の貯水池の水管理の合理化により近い将来、現設計流量の10%程度の増加は可能であろう。事実、最近では、各支線の日流量実測値はピーク時で設計流量の5~8%増になっている。

コンクリートライニング水路の設計流量の決定にあたっては、このような諸条件を勘案の上、次の順

序で行った。

- i) 末端水路への分土工での最新の分土工登記簿 (Outlet Register) による純受益面積 (CCA) とそれに基づく公認流量を設計流量決定の基本値とする。
- ii) 公認流量 (基本値) の10%増を水路末端から上流端まで加算する。
- iii) 現在の土水路設計に用いた流量損失 (Qab) を、下記の公式<sup>1)</sup>で計算し、基本値に加えて設計流量を求める。

$$Q_{ab} = 0.0133 \times L \times Q^{0.5625} \quad \text{ここに、L:水路の区間距離 (1,000feet)、Q:水路の区間流量 (cusec)}$$

注<sup>1)</sup> 出典: Design Guidelines for Irrigation Channels, Design Directorate Publication No.3.

#### 4. 設計基準

各種ライニング工法及び材料の中で、材料の耐久性及び維持管理等を考慮して、a) 改良型煉瓦ライニング、b) コンクリートライニング、c) 表面防護被膜ライニング (厚手のシート) を選択し、経済、環境その他を考慮した総合判断を行うこととした。コンクリートライニングは、煉瓦より若干高価格であるが、耐久性は高く、特にLIC地区では、骨材が安価であり、価格的にも有利である。本計画では従って基本的にコンクリートライニングを提案する。

ライニング断面の経済比較を実施し以下の設計基準を策定した。

水理設計	: マニング式、粗度係数 $n=0.016$
法面勾配	: 原則として1:1 (水深が4フィートを越える場合 1:1.25)
余裕高	: ライニング部分で1フィート (0.3m) (水深2フィート以上) または 0.5フィート (0.15m) (水深2フィート未満) 土工部分は、捨て土により更に0.5フィート (0.15m)
底幅/水深比	: 流量と許容水深により0.8から4.5、最小底幅は1.5フィート (0.46m)
許容流速	: 最大毎秒4フィート (1.2m/sec)、最小毎秒1.5フィート (0.46m/sec)
ライニング基準	: モルタル下地1インチ (2.5cm)、コンクリート厚3インチ (7.5cm)

分土工の機能としては、末端水路の水位から影響をうけることなく、ある程度の水位変動に対応して比例分水及びシルトの分配を行なうことがもとめられている。本計画では、水管理計画 (CWMP) 等で採用されシルトの比例分配についても実績のある Adjustable Orifice Semi-Module (AOSM) を主に採用する。しかしAOSMはその機能を保証するために比較的大きい作動水位差 (分水位と末端水路水位との差) を必要とするので、これが十分に取れない下流域では末端分土工を含めてフリーム型分土工を採用する。

#### 5. 支線水路ライニング計画

本計画では通年施工可能な点及び最も品質管理が簡単な点を評価し特に水路堤の土工事を十分な施工管理のもとに実施するため原則として余裕地に仮廻し水路を設け、現況水路に通年でライニング施工を行うこととする。品質管理については、厳密な含水比管理による転圧・築堤を行ない、長期に渡る耐久性を確

保するとともに、鋼製スライド型枠の使用やコンクリートの材質管理を厳しく行なうことにより遮水性を確保し表面ひび割れを防止することに重点を置く施工管理を行なう。

工事数量は、フェーズII現地調査時の現地再委託調査により実施された水路路線測量結果及び設計指針に基づいて行なわれた概略設計作業で決定された。設計延長は、540 kmとなった。補償面積は全体で138haで、水路横断図に基づいて計算された水路1m当たりの平均工事量は、水路断面切土が4.15m<sup>3</sup>、盛り土が8.69m<sup>3</sup>で、ライニングコンクリート量は0.5m<sup>3</sup>となった。

## IX 農業改善計画

計画地区の農業改善のためには、作物の単位面積当たりの収量の向上を実現し農業生産性の向上・改善を目指す事が最も重要である。そのために、灌漑水の効率的利用、適正な農業技術の普及と農業経営資金の融資支援の拡大を図り、飼料作物を含む主要作物の単位収量の向上が必要である。

計画対象地区の純受益面積は241,111haである。本改修事業実施後もこの面積に変化はない。計画対象地区で栽培されている作物はアグロ・エコロジカル・ゾーンに適応しており、作付体系の特性は地域産業に寄与し、地域経済を反映していると判断される。また、主要作物も農民がカリーフ、ラビの両作期を通じ長年に渡って栽培し続け、経験を積んでいる。この現状に鑑み、計画では新規の作物の導入を行わないが、これは農民の自主的判断による作物の変更を妨げるものではない。作付率は年間およそ133%となっているがサトウキビや果樹は通年栽培であるので実際の作付はこれより高くなり地区によってはラビ期で90%に達するところもある。したがって、これ以上作付け面積を増加させることは行わず、改修事業後には、灌漑水の不足等の原因で放棄されていた土地が利用可能となるので休閑地を組み入れた輪作体系を導入した作付体系とし地力の疲弊を防ぎ、肥沃土の向上を図ることが得策と考えられる。

計画の実施後に水分ストレスを受けている作物の収量の増加と、それに伴う生産量の増加が見込まれる。本計画の実施に伴う期待収量の推定に関しては、灌漑水の供給量の増加に作物ごとのイールドレスポンスファクター(Ky)を用いて算定した。

本計画の便益の評価はライニングによる節水量に見合う作物増産量に基づき営農改善による単位収量の増加は見込まなかった。従って便益の評価は控えめである。しかし、州政府は営農技術普及、試験研究に努力しており、水管理の改善と相俟って計画以上の単位収量の増加が予想され事業の経済性もより高くなることが期待される。

## X O&M計画

### 1. O&M制度改革の基本概念

現在、パキスタン政府、州政府、国際融資機関は、NDP-1の実施に伴い4州の灌漑省を独立採算的な Provincial Irrigation and Drainage Authority (PIDA) に改革・再編する計画である。PIDAの下には同じく独立採算的な Area Water Board (AWB) を各灌漑地区または数個の灌漑地区毎に設置する。さらに Farmers' Organization (FO) を支線水路毎に Water Users Association (WUA) を末端水路毎に設置する計画である。このためパイロットプロジェクトを先行させるが、これらの組織は3-7年後には独立した経営を行わなければならない。

パイロットプロジェクトでは FO の設立、役員選挙および職員雇用、法人として会社法による登録、適切なチェックおよびバランス機能を持つ機構、法的財政的権限委任のための法的要件、灌漑省から FO への施設の移管等が中心的課題となる。FO の組織化と支線水路のライニングは補完的関係にある。この2つの試みは共にパイロットプロジェクトでテストされるので、支線水路のライニングというハードウェアが制度改革というソフトウェアの誘因となるように同じプロジェクトで一緒に実施する必要がある。

### 2. 農民組織に関する提案

農民組織は末端水路レベルの WUA と支線水路レベルの FO の2つのレベルで形成される。12の優先地区の農民集会で農民から個々の WUA でなく村単位の WUA の代表が FO のメンバーとなるほうがよいという示唆があった。これは特に支線水路が非常に長く分水工の数も多い農民の意見であった。12のうち7つの支線水路は70以上の分水工すなわち WUA を持つため FO グループメンバーに分けられる。

#### i) WUA

末端水路は通常20-100戸の農家に水を供給する。末端水路に関する農民組織は WUA と呼ばれるが全部の農民がメンバーとなる。支線水路のライニングには WUA の結成が必要条件となる。メンバーとなる農民は土地所有農家と借地農家に限られ、刈分小作農 (Share Cropper) は資格がない。WUA の総てのメンバーは所有する土地の大きさに関係なく1票を持つ。

#### ii) FO

支線水路レベルの農民組織を FO と呼ぶ。WUA の議長が FO のメンバーとなる。従って FO は WUA の連合会である。すべての末端水路に同等の代表権を与えられる。FO のメンバーは互選により管理委員会の議長・技術役員・財務役員と4名の他のメンバーを選ぶ。7人の管理委員会のメンバーの中少なくとも4名は支線水路の下流半分から選ばなければならない。

#### FO の責任と権限

- 管轄する支線水路、排水路、構造物の運営・管理・改良。

- PID またはその継承者から灌漑用水を支線水路の始点で受取りメンバーまたは他の利用者に供給する。
- 流出する排水の管理を末端排水路および集水路を通じて排水システムの節点まで行う。
- 各種権限または業務を実施するのに必要な専任技術者・アドバイザー等を雇用する。
- 灌漑・排水にかかわる水代およびその他の賦課金を徴集しPIDに支払う。
- FOの議長は、水の不法使用者、分木工の変造、堤防の破壊、サイホンを使用しての不法取水、動物を水路に入れての水路破壊および過剰取水、水代および賦課金の不払い等の処分に関し現在の地区水路管理官と同じ法的権限を有する。

#### 制度改革に必要な技術支援

FOの組織化に責任を持つ技術支援チームは次のような専門家(各5年)からなる。

- ①社会学者、②管理専門家、③財政管理専門家、④灌漑O&M専門家、
- ⑤村落組織化専門家(各支線水路毎)

この外、法律家または法律事務所が法案作成のため必要である。専門家はチームリーダー以外はすべてパキスタン人とする。

#### XI 初期環境調査 (Initial Environmental Examination - IEE)

影響を及ぼすと考えられる19項目を考慮して、プロジェクト地区において環境影響評価が必要であるか否かを調べるIEEを行った。その結果、大きな環境への影響がないことから環境影響評価は必要ないと判断された。IEEの結果のもとづき、環境管理計画及び環境モニタリング計画を作成した。その遂行のためには各省間の内部調整が必要である。また全ての行動は、実施後のフォローアップまで必要である。環境モニタリング計画を実施するためには、PIDAの中に委員会を設置することが必要である。

#### XII 実施計画

事業実施機関はPIDAである。パイロット事業の実施期間は事業開始から6年間(1999-2003)である。FOの設立は工事の終了とともに移管が受けられるような実施計画で進めなくてはならない。

#### XIII 事業費

事業費は、初期投資費、施設更新費、及び維持管理費からなる。制度改革費は初期投資費の中に計上した。外貨交換比率は、同時期の対ドル交換比率(1米ドル=34.0ルピー)を使用した。支線水路別事業費は総括表(S-18)に示した。

## 1. 初期投資費

初期投資費の構成は(i) 補償費、(ii) 直接工事費、(iii) 管理運営費及び技術指導経費、(iv) 制度改革費、(v) 予備費及び(vi) 価格変動予備費よりなる。

建設工事費の総額は3,120百万ルピー（92百万米ドル 約99 億円）である。

## 2. 施設更新費及び維持管理費

施設更新費として直接工事費の約20%を20年間隔で見込み、20年毎に397百万ルピーとなる。

維持管理費は、施設維持費と職員経費からなり、年間経費は約23百万ルピーと推定される。

## XIV 事業評価

本事業に対する直接便益として(1) 作物生産便益 497.0 百万ルピー (2) 地下水汲み上げ費用の削減便益 10.1 百万ルピー (3) 維持管理費用削減便益 5.0 百万ルピーの3項目を経済便益として算定した。

事業費と便益をもとに経済内部収益率 (EIRR) を19.9%と算定した。また12本の支線水路についても算定を行った。支線水路別事業評価は総括表に示すとうりである。

### 財務分析

対象地域における農家の各経営規模（零細、小規模、中規模、大規模）について農家経済収支を「事業を実施した場合」と「事業を実施しない場合」について分析した。計画実施後に農業収入は3地区で各規模とも平均で10%前後の増加が期待される。

また水利費の支払い能力については、事業実施後の水利費と「事業を実施した場合」の純余剰額を比較し行った。水利費は各水路の維持管理費用及び更新費用（利率を12%と仮定）をCCAで除することによって算定した。その結果水利費はいずれの規模の農家においてもその純余剰額に対して占める割合が3%以下でありまったく影響はないものと想定される。

## XV 結論と勧告

### A. 結論

1. 本計画は以下の2つのコンポーネントから成る。(i) 241,111 haの支配面積を持つ12の支線水路について540 kmのライニングと分水工等の構造物の改築 (ii) パキスタン政府の制度改革計画に従って支線水路のO/Mのための農民組織の設立。初期投資額は3,120百万ルピー（92百万米ドル 約99 億円）である。事業実施主体はPIDAであり、1999年から2004年までの6年間にパイロットプロジェクトとして実施される。
2. 調査の結果、本支線水路ライニング事業は、控え目に見積もっても10.7%の水資源の増加が期待



でき、経済的にも 19.9% のEIRRが期待できる有利な事業であることが判明した。本事業の有利性は単位面積あたり支線水路延長が 2.2 m/ha と短く、コストが 12,940ルピー/ha (380米ドル/ha) と低いことが寄与していると思われる。一般に支線水路ライニング事業が高い経済性を保つための要件は、受益地の大半が SGW 地区にあること、水路の浸透量が 6 cfs/msf 以上あること、ライニングに適した経済的な水路の設計断面を採用すること、等である。

3. 農民集会等での農民との対話等から、農民は自ら支線水路の維持管理を担当する意欲が十分にあり、また過去の末端水路の管理に見られるように能力もあると判断される。
4. 支線水路ライニング事業により公平な水配分が実現することが期待される。その理由は、水路の整形および分水工の改築等により合理的水管理を行うための物理的条件が整うとともに、制度改革による農民の水路維持管理への直接参加が不法取水等の抑制に有効に作用するすからである。

#### B. 勧告

1. 支線水路改修計画は経済的にも技術的にもフィージブルである。従って、水路のライニングと付帯構造物の改修、農民組織の維持管理への参加という2つの目的を持つパイロット事業を実施することを勧告する。
2. 水路ライニング工事の詳細設計、入札書類作成、工事監理のため専任技術者の雇用を勧告する。
3. 農民組織の設立・組織・登録・施設移管・維持管理計画・水利費の査定及び徴集を含む農民参加による維持管理に関する技術支援をパイロットプロジェクトで実施することを勧告する。
4. 水路用地外での工事用地取得は、たとえ1年間の限定備用であっても困難であると指摘されている。したがって、詳細設計時には外部工事用地取得を必要とする水路及び区間については、代替案について原設計との比較検討をおこない、より現実的方法を採用することを提案する。
  - 移動可能な仮廻し工事用のコンクリートフリユームによる水路用地内での工事。外部工事用地取得の必要がまく、仮廻し工の土工事数量を低減できるが、工事費用及び方法を十分に検討する必要がある。
  - 人工材料の被膜及び既製コンクリートパネルを用いた非灌漑期でのライニング工事。仮廻し工そのものが不必要となるが、施工速度及び品質管理が問題となる。比較的短い区間で、流量の大きい水路に適用できると思われる。またSGW地区では、コンクリートより高い耐塩性と高い遮水性を勘案してその導入の再検討を提案する。
5. 工事開始に先立ち、一定の試験水路区間を対象として、浸透量試験（ライニングの前後での比較）、施工速度、締め固め試験、土工量の検証、相度係数等水理諸元の観測及び検証等を行ない、詳細設計に結果を反映させるようにすることを提案する。また、施工期間中の仮分水工やいくつかの分水

工タイプの比較実験や、コンクリート材料の防水性改良方策及び繊維による補強について現地試験の実施を提案する。

6. 灌漑水の有効利用、適正な肥培管理等の営農技術を地域農民に浸透させるために、農業技術普及の活性化が重要な役割を担うとの認識に立脚し、試験研究の効率化と農業普及活動の強化とともに必要な予算の配分を勧告する。
7. 本計画は、環境保護の視点から、若干の影響が指摘されるものの、直接対策を建設雑費に計上しており、全体として計画の実施に支障は無いと判断できる。しかし、地下水の塩分化についてモデル化を含むモニタリングを建設工事後継続的に行なうことを提案する。更に、水路近傍の住民への飲料水供給に影響が出ることも考えられるので、この点に関しても建設期間も含め継続的なモニタリングが必要である。
8. 農業省をはじめ州政府は本プロジェクトの中に OFWM、飲料水、排水 をコンポーネントとして加えることを要求している。これらは S/W 外なので、本計画には含まれていない。しかしながら、これら項目は農民の生産活動と生活に密接に関連しており、当然 WUA および FO の守備範囲に入る重要な項目であるので、パイロット事業の実施の際には、別プロジェクトとして並行して実施されることが望ましい。
9. 全国灌漑計画（NDP-1）が発足し、具体的な計画調査および設計作業が始まる時に、本計画との調整を行うことを勧告する。

總括表

Area	Distributary System	Length (km)		Authorized Discharge(m <sup>3</sup> /s)		Command Area (ha)			Seepage Saving Rate (%)	Investment Cost (mil. Rs.)	EIRR (%)
		Total	Lining*1	Total	Discharge	FGW*2	SGW*3	Total			
LJC	Pindi	6.86	6.86	0.46	0.46	752	1,533	2,285	7.32	20.62	18.5%
	Hujjan	80.13	78.18	5.16	5.16	4,946	20,290	25,236	12.88	377.05	24.1%
	Kirana*4	138.08	96.49	10.52	10.52	16,238	34,527	50,765	11.43	665.78	16.5%
LCC	Sarangwala	25.04	24.74	1.99	1.99	0	6,627	6,627	10.35	129.97	15.0%
	Nasrana	81.42	75.77	7.02	7.02	0	34,677	34,677	12.64	434.06	26.6%
	Gojra	17.77	15.52	1.64	1.64	0	7,540	7,540	10.19	69.51	31.2%
	Mungi	41.29	37.31	4.05	4.05	965	18,196	19,161	11.46	243.25	22.9%
	Janiwala/Hamza	18.58	18.58	1.31	1.31	0	6,513	6,513	10.52	62.91	29.7%
	Pir Mahal	82.13	82.13	3.88	3.88	6,242	12,000	18,242	16.22	410.69	13.2%
	Killianwala*4	57.17	36.98	5.66	5.66	4,611	23,187	27,798	9.3	345.58	17.3%
CBDC	Thamma*4	64.54	33.87	7.27	7.27	7,976	17,901	25,877	5.93	196.77	11.3%
	China	33.27	33.08	3.60	3.60	5,748	10,642	16,390	8.06	163.75	22.6%
Project Total		646.28	539.51	52.56	52.56	47,478	193,633	241,111	10.73	3,119.94	19.9%

(US\$ 91.76 million)

Note; \*1: Total length of lining portion in the distributary system

\*2: Fresh Groundwater Area

\*3: Saline Groundwater Area

\*4: Total command area of Distributaries and Minors including the extent irrigated by portion of channels which are already lined or to be left unlined under the project.

パキスタン・イスラム共和国  
パンジャブ州支線用水路改修計画調査

目次

	頁
調査対象地区位置図 (1)	
調査対象地区位置図 (2)	
要約	
1 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 調査対象地区および調査目的	1
1.3 調査の概要	1
1.4 調査計画へのアプローチ	2
1.5 世銀との連携	4
1.6 現地再委託調査	4
1.7 報告書	4
2 計画の背景	6
2.1 パキスタンの概況	6
2.2 インダス川灌漑システム	6
2.3 国家計画	9
2.3.1 第8次5ヶ年計画	9
2.3.2 水セクター開発の代替計画	10
2.3.3 制度改革に関する国家政策	11
2.3.4 全国排水計画 (National Drainage Programme, NDP)	11
3 調査対象地域の現況	15
3.1 自然・社会環境	15

3.1.1	位置・地形 .....	15
3.1.2	気象・水文 .....	15
3.1.3	地下水水位上昇 (Waterlogging) と塩類集積 (Soil Salinity) .....	16
3.1.4	土壌及び土壌への塩類集積 .....	18
3.1.5	行政区分及び人口 .....	19
3.1.6	土地所有 .....	20
3.1.7	健康及び衛生 .....	20
3.2	農業 .....	20
3.2.1	概要 .....	20
3.2.2	土地利用及び作付体系 .....	21
3.2.3	耕種法及び単位収量と作物生産量 .....	21
3.2.4	畜産 .....	23
3.2.5	農業支援体制 .....	23
3.2.6	農家経済 .....	25
3.2.7	流通及び価格 .....	26
3.3	灌漑・排水 .....	27
3.3.1	概要 .....	27
3.3.2	支線水路 .....	27
3.3.3	漏水調査 .....	28
3.3.4	管井・低塩分地下水地域、高塩分地下水地域 .....	29
3.3.5	不公平な水配分 .....	30
3.3.6	末端水路 .....	30
3.3.7	水・塩分収支 .....	30
3.3.8	排水 .....	34
3.3.9	支線水路ライニングの現状と問題点 .....	34
3.4	灌漑・排水システムの維持管理 (O&M) .....	36
3.4.1	灌漑O&Mの概要 .....	36
3.4.2	水利費の査定と徴集 .....	37
3.4.3	排水のO&M .....	38
3.4.4	他省の役割 .....	38

3.4.5	灌漑システム管理の阻害要因	39
3.4.6	灌漑管理に対する農民組織の現況	41
3.5	農民集会および制度改革	41
3.5.1	概要	41
3.5.2	選定した支線水路の上中下流における灌漑O&Mの現況	41
3.5.3	水の売買	42
3.5.4	水管理問題に関する農民の意識	42
3.5.5	管理改善代替案に対する農民の意識	45
3.5.6	制度改革および農民組織—農民との協同提案	46
4	計画の基本概念	49
4.1	支線水路改修計画の目的	49
4.2	プロジェクトの必要性	49
4.3	プロジェクトの機能と便益	50
5	プロジェクト	54
5.1	優先地区の選定	54
5.1.1	概要	54
5.1.2	選定基準	54
5.1.3	フェーズ-I現地作業	55
5.1.4	第2次選定	55
5.1.5	フェーズ-II現地作業	56
5.1.6	まとめ	56
5.2	灌漑開発計画—支線水路ライニング計画	57
5.2.1	概要	57
5.2.2	灌漑計画/水管理計画	57
5.2.3	設計流量	59
5.2.4	設計基準	60
5.2.5	支線水路ライニング計画	63
5.3	農業改善計画	64
5.3.1	概要	64
5.3.2	土地利用及び作付体系	65

5.3.3	耕種法及び農業投入資機材 .....	65
5.3.4	期待収量 .....	66
5.3.5	農業支援計画 .....	67
5.3.6	作物増産便益 .....	68
5.4	O&M 計画 .....	68
5.4.1	O&M 制度改革の基本概念 .....	68
5.4.2	農民組織に関する提案 .....	69
5.4.3	プロジェクト提案の論理 .....	71
5.4.4	州政府の役割 .....	73
5.4.5	O&M サイクルおよびスタッフ .....	74
5.4.6	制度改革に必要な技術支援 .....	79
5.5	環境への配慮 .....	80
5.5.1	初期環境調査 (Initial Environmental Examination IEE) .....	80
6	実施計画 .....	84
6.1	概要 .....	84
6.2	工事实施計画 .....	84
6.2.1	事業実施期間 .....	84
6.2.2	事業実施方法 .....	84
6.2.3	事業実施計画 .....	84
6.3	制度改革 .....	85
6.4	プロジェクトモニタリング計画 .....	85
7	事業費 .....	86
7.1	概要 .....	86
7.2	初期投資費 .....	86
7.3	施設更新費及び維持管理費 .....	86
8	事業評価 .....	88
8.1	概要 .....	88
8.2	経済費用 .....	88
8.3	経済便益 .....	88
8.4	経済評価 .....	90

8.5	財務分析	90
8.6	事業の波及効果	92
9	結論と勧告	93
9.1	結論	93
9.2	勧告	93



## 付表リスト

表3.1.2-1	調査対象地区における作期ごとの取水量	T-1
表3.3.3-1	測定水路及び漏水量	T-2
表3.3.3-2	漏水量及びその推定防止量	T-5
表3.3.5-1	実測値と公認流量比較表	T-8
表3.3.9-1	支線水路ライニングの現状	T-9
表3.3.9-2	施設インベントリ調査結果	T-10
表5.1.1-1	第1次支線水路と第2次支線水路別内訳	T-11
表5.1.5-1	地下水の水質及びライニング優先水路	T-12
表5.1.6-1	塩害・非塩害区分及び漏水調査結果と実施必要水路	T-13
表5.2.4-1	計画水路付帯施設	T-16
表5.2.5-1	土工、ライニング工及び水路敷地外での補償面積	T-17
表5.3.2-1	作付体系及び作付率	T-18
表5.5.1-1	プロジェクトによる影響の程度とプロジェクトにおける重要度の予備評価	T-19
表6.4-1	プロジェクトモニタリング計画	T-20
表7.2-1	総工事数量及び工事単価	T-21
表7.2-2	支線用水路ごとの工事費	T-22
表7.2-3	工事実施計画	T-23
表8.1-1	農業投入資材の財務価格及び経済価格	T-24
表8.3-1	作物生産便益	T-25
表8.3-2	地下水汲上げ費用の削減便益	T-28
表8.3-3	維持管理費用削減便益	T-29
表8.4-1	費用・便益フロー	T-30
表8.5-1	地区別及び規模別経営分析	T-31

## 付図リスト

図3.3.3-1	漏水調査測定水路	F-1
図3.3.3-2	漏水測定値の度数分布	F-2
図3.3.5-1	水の不公平配分	F-3
図5.1.5-1	地下水の水質及びライニング優先水路	F-4

図5.2.4-1	比例分水比較結果	F-5
図5.2.5-1	水路ライニング工事断面	F-6
図5.4.2-1	計画農民組織の組織図	F-7
図6.1-1	事業実施機関の組織図	F-8
図6.2.3-1	事業実施計画	F-9

### 添付資料リスト

添付資料Ⅰ	実施細則 (S/W)	A-1
添付資料Ⅱ	実施細則 (S/W) に関する協議議事録	A-8
添付資料Ⅲ	インセプション・レポートに関する協議議事録	A-11
添付資料Ⅳ	インテリム・レポートに関する協議議事録	A-18
添付資料Ⅴ	ドラフト・ファイナル・レポートに関する協議議事録	A-21

## 略 語 集

AARI	Ayub Agricultural Research Institute
ADB	Asian Development Bank
ADBP	Agricultural Development Bank of Pakistan
AEZ	Agro Ecological Zone
AO	Agricultural Officer
APCOM	Agricultural Prices Commission
APM	Adjustable Proportional Module
AWB	Area Water Board
B/C	Benefit Cost Ratio
BRBD	Bhambanwala Rari Bedian Depalpur
CBDC	Central Bari Doab Canal
CCA	Cultivable Command Area
CEC	Cotton Export Corporation
CLCV	Cotton Leaf Curl Virus
CPE	Chlorinated Polyethylene
CWMP	Command Water Management Project
DAP	Di-Ammonium Phosphate
DOA	Directorate of Agriculture
DP	Digestible Protein
EC	Electrical Conductivity
EDC	Enterprise & Development Consulting
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
EPA	Environment Protection Agency
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer
ET <sub>o</sub>	Potential Evapotranspiration
EVA	Vinyl Acetate
FA	Field Assistant
FAO	Food and Agriculture Organization
FESS	Fordwah Eastern Sadiqia South Irrigation & Grainage Project
FO	Farmers Organization
FPA	Flexible Propylene Alloy
GCA	Gross Command Area
GDP	Gross Domestic Product
GNP	Gross National Product
HDA	High Density Polyethylene Alloy
HDPE	High Density Polyethylene

ICID	International Commission on Irrigation and Drainage
IDA	International Development Association
IEE	Initial Environmental Examination
IFAD	International Fund for Agricultural Development
IIMI	International Irrigation Management Institute
IRI	Irrigation Research Institute
IRSA	Indus River System Authority
ISRIP	International Sedimentation Research Institute, Pakistan, (Formerly ACOP)
ISRP	Irrigation System Rehabilitation Project
IWASRI	International Waterlogging and Salinity Research Institute
JICA	Japan International Cooperation Agency
LCC	Lower Chenab Canal
LDPE	Low Density Polyethylene
LJC	Lower Jhelum Canal
LLDPE	Linear Low Density Polyethylene
M&R	Maintenance and Repair Programme
MB	Measurement Book
MPA	Member of Provincial or Federal Assembly
NCS	National Conservative Strategy
NDC	National Development Consultants (Regd)
NDP	National Drainage Programme
NOC	No Objection Certificates
NWFP	North West Frontier Province
O&M	Operation and Maintenance
OECD	Overseas Economic Cooperation Fund
OFWM	On-Farm Water Management
P&D	Planning and Development Department
PAD	Provincial Agriculture Department
PAD&SC	Punjab Agricultural Development and Supplies Corporation
PASSCO	Pakistan Agricultural Supplies and Storage Corporation
PERI	Punjab Economic Research Institute
PID	Provincial Irrigation Department, (Irrigation and Power Department)
PIDA	Provincial Irrigation and Drainage Authority
PSC	Punjab Seed Corporation
PU	Public Utility
PV	Polyvinyl
PVC	Poly Vinyl Chloride
PWA	Provincial Water Authority
RAP	Revised Action Programme

<b>RECP</b>	<b>Rice Export Corporation of Punjab</b>
<b>ROW</b>	<b>Right of Way</b>
<b>RSC</b>	<b>Residual Sodium Carbonate</b>
<b>SAR</b>	<b>Sodium Absorption Ratio</b>
<b>SCARP</b>	<b>Salinity Control and Reclamation Project</b>
<b>SMO</b>	<b>Salinity Monitoring Organization</b>
<b>STPP</b>	<b>SCARP Transition Pilot Project</b>
<b>T&amp;V</b>	<b>Training and Visit</b>
<b>TA</b>	<b>Technical Assistance</b>
<b>TDN</b>	<b>Total Digestible Nutrients</b>
<b>USAID</b>	<b>United States Agency for International Development</b>
<b>USBR</b>	<b>United States Bureau of Reclamation</b>
<b>USDA</b>	<b>United State Department of Agriculture</b>
<b>WAPDA</b>	<b>Water and Power Development Authority</b>
<b>WB</b>	<b>World Bank</b>
<b>WHO</b>	<b>World Health Organization</b>
<b>WRMD</b>	<b>Water Resources Management Directorate</b>
<b>WUA</b>	<b>Water User Association</b>

## 用 語 集

<i>Abiana</i>	Water charge
<i>Chak</i>	Command area of a watercourse
<i>Check</i>	Means of blocking of the full flow of a watercourse to divert water into a farmer's field or channel through a 'turnout'
<i>Dikka</i>	Temporary means to restrict flow (used by irrigation department)
<i>Katcha</i>	Local/traditional/earthen/unimproved/not brick and concrete
<i>Khal committee</i>	Traditional committee of farmers on watercourse
<i>Kharif</i>	Summer
<i>Mogha</i>	Irrigation department's engineered uncontrolled turnout into a watercourse, designed to deliver a constant flow proportional to the level of the supply canal(hence designed to allocate water fairly between all watercourses on a canal, as canal flows)
<i>Pacca</i>	Improved/modern/high-quality
<i>Pukka Nucca</i>	Improved permanent concrete turnouts and checks on watercourses, comprised of a concrete lid to close it
<i>Rabi</i>	Winter
<i>Sarkari Khal</i>	Government channel, applied to the main stem of a watercourse
<i>Turnout</i>	Diversion point, a pukka nucca where modernized, but otherwise a earthen cut in the watercourse to farmer's channel or field
<i>Warabandi</i>	"Fixed turn," the roster whereby each farmer on a watercourse receives the full water flow in turn at a fixed period
<i>Watercourse</i>	Small channel from the mogha to farmer channels and fields
<i>Numberdar</i>	Village level officer who collects the water charge from farmers
<i>Patwari</i>	PID officer responsible for assessment of water charge
<i>Bailder</i>	PID officer overseeing the canal system

## 單位換算表

### Numbers:

Lakh(Lac)                      100,000

Distance:      Canal mile                      5,000 ft                      1,524 m

### Weight:

Pound (lb)		0.4536 kg
Chattak	0.128 lbs	0.058 kg
Seer	2.057 lbs	0.933 kg
Maund (40 Seer)	82.286 lbs	37.324 kg
Bushel	60 lbs	27.22 kg
Kantar	110.2 lbs	50 kg
Bale (unland raw cotton)	392 lbs (prior to 1979/80)	177.8 kg
	375 lbs(1979/80 on)	170.1 kg
Quintal	220.4 lbs	100 kg
long ton	2,240 lbs	1.016 t
short ton	2,000 lbs	0.907 t

### Volume:

gal (Imp)	4.546 liters
gal (U.S)	3.758 liters
cubic foot per sec (cusec)	28.32 liters per sec (lit/sec)
	0.02832 cubic meters per sec (cumsec)
Million Acre Feet (MAF)	1,234 million cubic meters (MCM)

### Area:

Marla	1/20 Kanal	0.0025 ha
Kanal	1/8 acre	0.0506 ha
Acre		0.4047 ha

## 単 位

m	meter
km	kilometer
ft	feet
acre	acre
ha	hectare
km <sup>2</sup>	square kilometer
g	gram
kg	kilo gram
ton	metric ton
lb	pound
s	second
hr	hour
l	litter
m <sup>3</sup>	cubic meter
Bm <sup>3</sup>	billion cubic meter
MCM	million cubic meter
MAF	million acre feet
cfs/msf	cubic feet per second/million square feet
ppm	parts per million

## 交換レート

US\$ 1.0 = Rs.34=J.Yen 110  
(as of end of June 1996)

## 会計年度

1st July ~ 30th June



メートル単位換算表

Length:

1 inch	=	2.539 centimetres
1 foot	=	0.305 metre
1 yard	=	0.914 metre
1 furlong	=	0.201 kilometre
1 mile	=	1.609 kilometres
1 nautical mile	=	1.852 kilometres
1 centimetre	=	0.39 inch
1 metre	=	3.2808 feet
1 metre	=	1.09 yards
1 kilometre	=	5.00 furlongs
1 kilometre	=	0.62 mile
1 kilometre	=	0.54 nautical mile

Area:

1 acre	=	0.405 hectare
1 acre	=	0.00405 km <sup>2</sup>
1 hectare	=	2.4711 acres
1 square kilometre	=	0.386102 square mile
1 square kilometre	=	247.1047 acres
1 square mile	=	2.589 km <sup>2</sup>

Weight:

1 lb.	=	0.454 kilogram
1 maund	=	37.324 kilograms
1 metric ton (2205 lbs.)	=	1000 kilograms
1 long ton (2240 lbs)	=	1016 kilograms
1 short ton (2000 lbs.)	=	907 kilograms
1 ounce	=	0.028 kilogram
1 kilogram	=	17.147 chattanks
1 kilogram	=	1.07 seers
1 kilogram	=	2.2046 lbs.
1 kilogram	=	0.027 maund
1 quintal	=	2.6792 maunds
1 quintal	=	100 kilograms

Volume:

1 cubic metre	=	35.314724 cubic feet
1 pint	=	0.568 liter
1 gallon (Imp.)	=	4.546 liters
1 gallon (U.S.)	=	3.785 liters
1 litre	=	1.761 pints

## パキスタン国パンジャブ州支線用水路改修計画調査

### 1. 序論

#### 1.1 はじめに

「パキスタン国パンジャブ州支線用水路改修計画調査」は1995年9月パンジャブ州灌漑省 (Provincial Irrigation Department - PID) と国際協力事業団 (JICA) との間で合意された Scope of Work (S/W) に従って1996年4月から1997年7月までの16ヶ月間にわたり実施された。JICAは調査の実施をコンサルタント会社2社 (日本工営株式会社および日本技研株式会社) の共同企業体に委託し、9名のコンサルタントからなる調査団が編成された。調査団はPID、パンジャブ州政府および連邦政府の関連機関の協力を得て業務を実施することができた。

#### 1.2 調査対象地区および調査目的

調査対象地区はパンジャブ州の3つの灌漑システム ローアチェナブ (Lower Chenab Canal - LCC) ・ローアジェルム (Lower Jhelum Canal - LJC) ・中央バリドアブ (Central Bari Doab Canal - CBDC) である。3つの灌漑システムに属する支線用水路は717本、総延長6,615 km、総灌漑面積 (GCA) は24,450 km<sup>2</sup> である。

一方、パキスタン国内ではこれまで灌漑施設の建設及びその維持管理は各州政府によって行われてきたが、パンジャブ州は現在灌漑局を公社化し、維持管理体制を含めた制度改革に取り組んできている。かかる状況の中、本計画調査は、(1) これら3灌漑システムから概ね500 kmの支線用水路を含む優先地区を選定し、支線用水路のライニング計画に関するフィージビリティ調査を行うこと、及び、(2) 調査業務を通じ、カウンターパートに技術移転を行うこと、を目的に実施した。

本計画調査の目的は、(1) 上記3灌漑システムから概ね500 kmの支線用水路を含む、優先地区を選定し、支線用水路のライニング計画に関するフィージビリティ調査を実施すること、および、(2) 調査業務を通じ、カウンターパートに技術移転を行うことである。

#### 1.3 調査の概要

調査は3つのフェーズに分けて実施された。フェーズI調査は1996年4月-8月に実施され、4月-6月に現地作業、7月-8月に国内作業が行われた。フェーズI調査の主目的は、概ね500 kmの支線用水路を含む優先地区を選定することであった。優先地区の選定基準は (a) 支線水路の浸透量が多い地区 (b) 地下水の塩分濃度が高く、水路からの浸透水を管井で再利用することができない地区 (c) 農民の意欲が高い地区 (d) 他事業との関連等であった。このため既存資料の収集、水路浸透量調査 (60区間) 地下水調査 (700地点) 土壌調査 (350地点) 土質調査 (10地点) 農家調査 (1,000戸) 等が行われた。これらの調

査結果はインテリムレポートに取りまとめられた。

フェーズ II 調査はフェーズ I 調査で選定した優先地区に関するフィージビリティ調査を目的として1996年10月-1997年1月に現地作業、その後1997年1月-3月に国内作業が行われた。優先地区として最終的に総延長540 km, 12本の支線水路(Distributaries and Minors)を含む灌漑面積241,111 ha (CCA)が選定された。フィージビリティ調査の結果はドラフトファイナルレポートに取りまとめられた。

フェーズ III 調査は1997年5月から実施され現地にてドラフトファイナルレポートの説明、協議の後議事録が調印され(5月15日)引き続き国内作業で本ファイナルレポートが作成された。

#### 1.4 調査計画へのアプローチ

インダス川灌漑システムは、19世紀中頃に本格的開発が始まってから150年の歴史を持ち、連続した灌漑地域としては世界最大の灌漑システムである。しかしながら、近年、地域内の人口が飛躍的に増加したことで半乾燥地において長期間にわたり灌漑を継続したことにより多くの問題が派生した。1つは人口圧力・灌漑面積の増加に伴う水資源の不足と用水配分の不公平であり、2つは灌漑強度の増加および排水システムの不備に伴う地下水位上昇と地下水および土壌への塩分集積であり、3つは当初から行われてきた州灌漑省による灌漑管理の財政的破綻である。

支線水路のライニング計画はこれらの問題に密接に係わっている。本計画調査はハードウェアとしてのライニング計画およびソフトウェアとしてのO&Mシステムの制度改革という2つの柱から成っている。後者は現在パキスタン政府が世界銀行・アジア開発銀行・OECDの財政支援を受けて全国排水計画(National Drainage Program)の中で実施しようとしている灌漑排水のO&Mシステムの制度改革の基本理念に従って計画される。

本調査対象地域はインダス川灌漑地区の中でも最も歴史が古い3つの灌漑システムであり、インダス川灌漑地区を代表する重要な地域である。本計画調査の実施に当たっては、上述した3つの問題点に注目しつつ以下の2つの項目に特に重点を置いた。

##### (1) 水路の浸透量とライニングの経済性

インダス川灌漑システムは創設以来多くの技術的問題に直面した。その中には、頭首工の構造設計技法・土砂流入軽減工法・堆砂と浸食なしの土水路の設計法・支線水路の比例分水工の開発・圃場での輪番灌漑法等が含まれる。これらの技術的課題はラホールの灌漑研究所(Irrigation Research Institute)を中心とする試験研究により順次解決され、その成果はインダス川灌漑システムのみならず世界の灌漑技術の発展に大きな貢献をしてきた。しかしながら沖積土層の上に開削された土水路の浸透防止工法としてのライニングについては100年以上に亘っていろいろな工法がいろいろな水路レベル(幹線水路、支線水路、末端水路)で試みられてきたが、浸透量の評価ならびにライニングの工法および経済評価については必ずしも定説が

ない。パキスタン政府は水資源開発の有力な手段として支線水路のライニングを考えているが、プロジェクトの中には支線水路の浸透量はライニングの経済性を妥当化するほど多くないという理由でライニングを末端水路に限っているものもあり、度々開かれる浸透とライニングをテーマとするセミナーでもライニング工法とその経済性の議論はできるだけ早期に決着をつけるべきであり、決着がつくまでは大規模なライニングの着工に踏み切るべきでないという意見が支配的である。

支線水路のライニングの評価が定まらない最大の原因は、浸透量の評価が困難なためである。水路の浸透量の測定には時間と費用がかかり、灌漑を中止できないことから測定方法も制限され、測定法による誤差の問題もあり、測定値は多くの要因によって変動し、水路間および同一水路システムの中でも異なった値を示すことが多く、他のパラメーターによる評価も困難だからである。このような困難を解決するためには、できるだけ多くの支線水路の浸透量を測定し、データを集積し、水路浸透量の全体像を統計的に評価するのがよいと思われる。

以上の観点から本調査では、流入流出法（50水路区間）および貯水法（10水路区間）で計 60 水路区間のデータを取り、これにより得られる浸透量の分布曲線から計画に適用する浸透量を評価するという方法を採用した。

またライニングの経済性の評価には、ライニングによる水資源開発効果・不公平水配分の是正・環境改善等が考えられる。水資源開発効果の評価では、浸透水が管井によって再利用されるかどうかを考慮した。すなわち、地下水の塩分濃度が高く管井による再利用が出来ない地域ではライニングによって節約される水量は新規水資源開発と同様な効果を持つが、地下水の塩分濃度が低く管井による再利用がされている地域ではライニングの効果は管井の O&M コスト節減のみであり、水資源開発効果に比べはるかに小さい。従って優先地区の選定に当たっては地下水の塩分濃度および管井の分布状況の調査が重要である。さらに不公平水配分の是正および環境改善効果はプロジェクトの目的としては重要である。しかしこれらの経済効果は計量が困難である。

## (2) 計画への受益者参加

パキスタン政府は、灌漑排水システムの O&M 制度を全国的に改革する計画で、州灌漑省が管理している基幹灌漑排水システムを独立採算の公社に移管し、同じく州灌漑省が管理している支線水路を農民組織に移管しようとしている。州政府の深刻な財政難を若干なりとも救済するとともに、現在全く解決策の見えない支線水路の不公平水利用を是正し、農村地域の政治家不信を払拭し社会正義を再建するためには、制度改革以外に道はないと考えられている。これは 100 年以上続いた灌漑排水制度の抜本的改革を意図するものだけに困難な問題も多く、実施に当たっては先ずパイロットプロジェクトにより成否を実証することを州条例（案）でも定めている。そのため全国排水計画（NDP-1）においても Irrigation Management

Project (アジ銀) においても支線水路レベルの農民組織のパイロット計画を作成している。本計画調査においても農民組織のパイロット計画の作成が最も重要な項目である。

本計画調査の中でパイロット計画を作成するに当たり最も留意したことは計画への受益者参加である。今回の制度改革により灌漑省は従来の O&M 業務の大きな部分を農民に移管し身軽になるのに対し、農民は全く経験のない自らの組織化・支線水路の O&M・水利費の徴集等を行わなければならない。従って、制度改革により最も大きな影響を受けるのは農民であり、制度改革の主役は農民であり、制度改革の成否は農民にかかっている。しかしながら、従来、プロジェクト形成段階において制度改革に対する農民の意思と能力を確認する努力が少なかったように見える。このため調査団は質問票による調査 (1,000 戸) 以外に、自ら出来るだけ多くの農村を訪れ (31 村)、農村代表者と集会を持ち、現行水管理の問題点、解決のための代替案、農民組合の組織計画等について意見交換を行い、制度改革にたいする農民の意思を確認し、農民の意見を計画に反映させることとした。

#### 1.5 世銀との連携

JICA と世銀は、本計画と全国排水計画 (NDP) の調査地域およびパイロットプロジェクトについて互いに連携している。調査団は調査開始後、現地において世銀の代表者と会議を持ち双方の計画の説明と意見交換を行った。また、JICA はインテリムレポートを世銀に送り、コメントを求めた。世銀は技術、経済分析、制度改革、実施計画、社会環境等プロジェクトの全般にわたるコメントを送ってきた。調査団は世銀のコメントに留意して調査を実施した。JICA の計画はほぼ固まったので、今後、NDP の発足を待って、双方の計画の細部について具体的なすりあわせを行うことが期待される。

#### 1.6 現地再委託調査

フェーズ I 調査で実施した現地再委託調査および委託者は、以下のとおりである。

- |                                          |                                                  |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| (1) 漏水量調査 (流入流出法および貯水法-60 区間) .....      | Irrigation Research Institute                    |
| (2) 地下水水質調査 (塩害関連項目について分析-700 サンプル) .... | Irrigation Research Institute                    |
| (3) 土壌調査 (塩害関連項目について分析-350 サンプル) .....   | Irrigation Research Institute                    |
| (4) 土質調査 (三軸試験等-10 サンプル) .....           | Irrigation Research Institute                    |
| (5) 農家調査 (インタビュー調査-1,000 戸) .....        | Enterprise & Development<br>Consulting (PVT) LTD |

フェーズ II 調査では以下の現地再委託調査を実施した。

- |                                        |                             |
|----------------------------------------|-----------------------------|
| (1) 水路測量 (縦横断測量、インベントリ調査-542 km) ..... | Khyber Consulting Engineers |
| (2) 水質調査 (飲料水として適否分析-30 サンプル) .....    | Hydro-Envo Consultants      |

## 1.7 報告書

この報告書は以下のとおり5巻から成る。

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| (1) 主報告書 (英文および和文) ..... | 各1巻 |
| (2) 付属書 (英文) .....       | 2巻  |
| (3) 図面集 (英文) .....       | 1巻  |

調査期間中に作成した報告書およびその作成時期は以下のとおりである。

- |                        |           |
|------------------------|-----------|
| (1) インセプションレポート.....   | 1996年 3月  |
| (2) プログレスレポートI.....    | 1996年 6月  |
| (3) インテリムレポート.....     | 1996年 9月  |
| (4) プログレスレポートII.....   | 1996年 12月 |
| (5) ドラフトファイナルレポート..... | 1997年 3月  |
| (6) ファイナルレポート.....     | 1997年 7月  |

## 2. 計画の背景

### 2.1 パキスタンの概況

パキスタンは1980-92年に6.1%の経済成長を遂げたが、一人当たりGNPは420ドルと低く、政府は過去の5ヶ年計画の中で所得の向上と貧困の軽減を最大の目標としてきた。

農業はパキスタンの最も重要な経済セクターであり、1992年にはGDPの27%、雇用の48%、直接間接に輸出額の70%を占めた。農業は、食料生産、貧困撲滅、環境保全に重要な役割を果たしているだけでなく、他のセクターに原料供給等により貢献し、国民経済成長の原動力となっている。

パキスタンの国土面積は79.6万km<sup>2</sup>耕地面積は21百万haそのうち灌漑地は16百万haである。耕地のうち10.4百万haは単作地5.7百万haは二毛作地4.9百万haは休閑地である。単作地と休閑地が多いのは水不足が原因である。パキスタンの農業はインダス平野を中心とする灌漑に依存している。水利用の98%は灌漑目的であり、都市川水のシェアは2%に過ぎない。農業生産の90%は灌漑地から上がる。インダス平野は、気候、土壌とも周年耕作に適しているが、農作物の単収は世界平均を大きく下回っている。その最も大きな原因は灌漑水の不足と不安定な供給・不公平な水配分・塩害等である。

パキスタンの人口は1980年のセンサスで82百万人であった。その後センサスは行われていないが、年率3%で増加し1995年に128百万人に達したと推定されている。国連は2000年および2025年のパキスタンの将来人口をそれぞれ148百万人および243百万人と推計している。パキスタンは現在でも食料輸入国であり、小麦、砂糖、茶、油料作物の輸入が総輸入の12-14%を占め、肥料が3-5%を占めている。Water Sector Investment Plan (1991)は現在程度の停滞した穀物生産の増加率では2000年における穀物の不足は40%に上り、他の作物も大幅に不足することを予測している。

### 2.2 インダス川灌漑システム

#### (1) 概況

インダス川灌漑システムは、インダス川およびその支流を水源とする灌漑システムで、連続した灌漑地区としては世界最大の面積を持つ。1947年パキスタンとインドの分離独立以来、インダス川の水利用について両国の間で紛争が続いていたが、1960年にインダス条約が締結され、インダス川本流および西側の2支流をパキスタンが、東側の3支流をインドが使うこととなった。

これに伴いパキスタンでは灌漑システムの再編が必要となった。政府は1960-1970年代の灌漑排水セクターの戦略を次のように定めた。

- (i) インドとの水利協定により失われた地表水の見返りとしてのダム・取水堰・連絡水路の建設
- (ii) 管井・暗渠排水による地下水上昇・土壌塩類集積の制御 - SCARP
- (iii) 新規貯水池・政府管井による水供給量の拡大。

政府は1979年に1979-1990年の改訂戦略を策定し、重点を既存施設のリハビリと改良による灌漑システムの効率化・民間の管井開発・末端水路の改修・土壌改良等の小規模投資に重点を移すこととした。新しい戦略では既存のインフラのよりよい利用、殊に、末端水路レベルにおける水路の漏水防止・灌漑地区における圃場までの水管理の改善に焦点があてられた。

現在、インダス川灌漑システムには3つのダム（タルベラダム、マンガラダム、チャシマダム）19の取水堰、12の連絡水路、43の灌漑地区がある。総面積（GCA）は15.8百万ha（パンジャブ州9.45百万ha）灌漑可能面積（CCA）は14.0百万ha（パンジャブ州8.22百万ha）水路総延長63,000km（パンジャブ州35,300km）取水量7,300m<sup>3</sup>/s（パンジャブ州3,400m<sup>3</sup>/s）である。末端水路の数は107,000、総延長は160万kmである。

インダス川灌漑システムでは、取水堰で取り入れた水は幹線水路（Main Canal）第2次幹線水路（Branch Canal）から支線水路（Distributary and Minor）に分流され、さらに末端水路（Watercourse）を通過して圃場に配水されている。支線水路から末端水路への分水はモガ（Mogha）と呼ばれるゲートなしの自動比例分水装置で行われる。1つの末端水路は80-280haを支配し、農民は1週間のうち所有面積割で定められた一定時間内は末端水路の全水量を独占的に利用できるというワラバンダイ（Warabandi）と呼ばれる輪番灌漑が実施されている。連絡水路・幹線水路・2次幹線水路・支線水路のO&Mは各州の灌漑省の責任であり、末端水路以下のO&Mは農民の責任である。

インダス平野入り口でのインダス川の年間流出量は1,810億トン、灌漑による取水量は1,310億トンである。インダス川の流出は季節によって不均衡で、4-10月の夏期（Kharif）に年間流出の85%が流出し、11-3月の冬期（Rabi）に15%が流出する。3つのダムの有効貯水量は180億トンに過ぎないので、季節変動を調整するには不十分である。また作物用水量の期別変動は殆ど考慮されず、河川からの取水量は年間を通じてほぼ一定である。

1991年、インダス川の水配分協定（Water Apportionment Accord）が4州（パンジャブ、シンド、バロキスタン、北西辺境州）の間で調印され、タルベラダム建設後の4州間の水配分量が決まった。この協定により、パンジャブ州は、従来の取水実績700.7億トン（カリーフ期457.25億トン、ラビ期243.5億トン）からラビ期の10.7億トンを北西辺境州に割譲することとなった。この対策として、パンジャブ州では9,600kmにおよぶ第2次幹線水路、支線水路のライニングによる水資源開発計画を作成した。

## (2) インダス川灌漑システムの問題点

インダス川灌漑システムの最大の問題点は、水資源の僅少さにある。灌漑水の不足は、農家調査で阻害要因の第一に上げられ、農民集会でも灌漑水の不足に対する訴えで集会時間の殆どが費やされた。

インダス川灌漑システムは、沖積土壌の上に建設された土水路のため漏水量が非常に多いのに加え、施



設の老朽化、維持の悪さのため、水路の取り入れから根群までの灌漑効率が35-40%と低い。水路の浸透損失は作物への利用量が減少するだけでなく、地下水上昇（Waterlogging）と土壌塩類集積（Salinity）をもたらした。

支線水路の上下流での水配分の不公平はもう一つの重大な問題である。施設のメンテナンスの悪さ、堆砂、政治権力・大農の介入による分水工の変造、サイホン・ポンプ等による非合法的取水等が、不公平な水配分の原因である。一般に、上流では下流の3-6倍の取水が行われているといわれている。農民集会でも支線水路の下流に位置する村での不公平な水配分に対する不満は非常に高い。過去20年間に水路からの供給が全くなく管井に頼っている村や、作付け強度が16%の村もあった。

水路の設計容量が0.2 l/s/haと少ないのも、作物のピーク川水量を供給できないという不都合を生じている。これは、前世紀にインダス川灌漑システムが設計された時、70%前後という低い計画作付け率が適用されたためである。現在は人口増加と一戸当たり経営面積の減少のため、作付け率が概ね120%にまで上昇しており、作付け面積の割に水量が増えないので水不足が深刻化している。

### (3) 地下水上昇と土壌の塩類集積

インダス平野は平坦で、浸透能の高い土壌を持ち、半乾燥気候で蒸発量が多く、自然の排水系が発達していない。このような条件下で、排水計画なしの灌漑計画を実施すると地下水上昇と土壌の塩類集積が避けられない。地下水が上昇すると毛管作用により地下水が地表に達し、水分の蒸発に伴い地下水に含まれていた塩類が地表付近に集積する。このように地下水上昇と土壌の塩類集積は関連した現象である。また、土壌の塩類集積は、塩類を溶脱できないほど灌漑水が不十分な場合にも起こるが、塩分濃度の高い地下水のポンプ灌漑と用水の不足が重なるとさらに促進される。塩分集積土壌は肥料効率が悪いため生産性が低い。

1960年代から、管井により地下水位低下を図り、低塩分濃度の地下水を灌漑に利用することを目的にSCARP事業が実施されてきた。現在、全体の支配面積の13%は地下水が高く、全体の支配面積の8%の地域で土壌の塩分濃度が高く6%の地域でかなり高い。

低塩分濃度地下水地域に設置された管井は、地表水の不足を補うとともに、作物の要水量にマッチした弾力的な水供給を可能にし、過去20年間の農業生産増加の主役となった。一般に、塩分濃度が3000 ppm以上の地下水は灌漑に適さないので排水路に捨て、1500 ppmと3000 ppmの間の水は水路の水（150 ppm）と混合して灌漑に使用し、1500 ppm以下の水はそのまま灌漑に使用している。しかし低塩分濃度地下水（FGW）地域での管井による地下水の循環利用が繰り返されると、年間1.8トン/エーカーの塩分が土壌に加えられることになるのに反し、管井を使えない高塩分濃度地下水（SGW）地域では土壌に加えられる塩分は0.5トン/エーカーに過ぎないので、塩類集積に関しては低塩分濃度地下水地域のほうが危

険であるという説もある。

ナトリウム塩の集積はギブサムの効果的な施用により解決できるが、SGW 地域での経済的な排水問題だけが未解決である。

民間セクターによる管井開発は年6%で増えており、特に、パンジャブで多い。1990-91年の地下水揚水量は540億トンと見積もられる。このため、一部では、地下水位の過剰低下と、高塩分濃度地下水の低塩分濃度地下水域への侵入の問題が起きている。

#### (4) O&M システム

取水堰から支線水路までの灌漑施設の維持管理は、州灌漑電力省 (PID) の責任である。

灌漑排水にかかわる水利費 (Abiana) はO&M 費用を賄うためと考えられている。水利費はPIDのスタッフが、作物作付け状況調査に基づき査定する。しかし、徴収は州財務省が行い州の収入となってしまうので、O&Mの財源とはなっていない。州の財源不足のため、維持管理予算は年々実質的に減少している。水利費徴収額はO&M 経費より少なく、そのギャップは1992年度には44%に達した。ギャップは予算でなく必要額と比較すると57%となり、政府が管理している SCARP 管井の経費を入れると60%となる。O&M 必要額は管井の経費を入れてもha 当たりUS\$ 11ドルである。

水利費とO&M 予算が低すぎること、O&M 経費の大部分がPIDの人件費に充当され、実質的な施設維持費は極端に少ないこと、十分なO&M サービスが提供されていないという農民の不満が高いこと、水利費の徴収額および徴収方法に問題があること等が、O&M システムの根本的な見直し、効率的かつ独立採算的システムへの移行が必要とする行政機構改革の根拠となっている。

### 2.3 国家計画

#### 2.3.1 第8次5ヶ年計画

第8次5ヶ年計画 (1993/94 - 1997/98) では、農業セクターを経済開発と成長の主力としている。農業セクターの最大目標は、食糧安保・自給達成・輸出余力を確保するため、人口増加率より高い成長率を達成することである。1991年のインダス川水配分協定に基づき、農業・灌漑・排水の総合的管理、効率的土地管理、効率的水管理、に重点が置かれている。

第8次5ヶ年計画の達成目標は社会サービスの改善、天然資源および環境管理の改善とし、その手段として以下の項目を掲げている。(i) 公共および民間セクターの役割を再編し、公共セクターは民間セクターの方がより効率的に実施できる業種から撤退する(ii) 公共セクターが効率的かつ経済的にその役割を実行できるよう公共支出および制度を再構築する(iii) キイとなる公共セクター機関の能力を新しい役割を果たせるよう充実させる。

水セクターの政策目標は、作物生産を最大限増加することにより、農業依存体質の国の経済を引き上げ

ることである。この目標は、地表水供給量の増加、政府管井の民間への移管、最新技術の導入による管理の改善、地下水上昇・塩類集積・洪水の防御、により達成される。提案された戦略の中には、支線水路に関係するものとして、灌漑水路と排水路のライニングと改善により搬送効率を改善すること、既設灌漑排水システムのリハビリ、高塩分濃度地下水地帯に属する肥沃な土地は優先的に地下水上昇と塩類集積を防ぐこと、低塩分濃度の地下水開発は民間に任せること、地下水上昇が起こりそうな地域では支線水路のライニング、水管理、OFWM、作付け体系の改善等の予防措置をとることが含まれている。

### 2.3.2 水セクター開発の代替計画

(1) パキスタン政府は 1995 年 8 月に水管理促進計画 (Accelerated Water Management Program) を策定した。この計画は水セクターの 3 年計画で総額 250 億ルピーが承認され通常予算に上乘せされることになった。しかし大部分は外国援助をあてにしている。計画は以下の 7 つの重点項目からなっている。

- a) 末端水路のライニング
- b) 基幹水路および支線水路のライニング
- c) 用水路のリハビリ
- d) 地表水の排水
- e) 河川管理および洪水防御
- f) 丘陵地の急流制御
- g) 制度改革

このうち基幹水路および支線水路のライニングについては従来からの末端水路だけでなく幹線水路・第 2 次幹線水路・支線水路等の大きな水路のライニングとこれら水路沿いのインターセプター暗渠が原則的に承認された。しかし水路ライニングとインターセプター暗渠は透水性土壌で盛土水路で浸透量が多い水路区間に限るとしている。

(2) 連邦政府食料農業省は、National Commission on Agriculture に委託し、2000 年までの農業開発戦略・生産目標を検討した。その報告書 (1988) は目標達成のための条件の一つとして、1987-2000 年の 14 年間に灌漑水量を 1258 億トンから 1431 億トンへと 173 億トンまたは 14 % 増加させることが必要であるとしている。これは年率 1 % の増加である。このための手段としてダム建設が考えられ、カラバダム等の候補地はあるが、財政・環境問題から近い将来の実現は難しいと考えられている。そのため焦点は次の項目に移っている。

- a) 末端水路と圃場水管理の改良
- b) 支線用水路のライニング

- c) FGW 地域の地下水利用の増加
- d) 河川沿岸での管井による部分灌漑
- e) 天水利用地域での小規模貯水池開発
- f) 園芸作物に対するドリップまたはスプリンクラー利用の集約的灌漑。

### 2.3.3 制度改革に関する国家政策

パキスタン政府は、自国の農業のセクターの業績がはかばかしくなかったこと、その様々な原因の中で最も重大なものが、受益者がその開発、維持管理に参加する経済活動に参加することが認められていないという古い植民地の制度上のシステムであることを認識している。受益者参加の欠落は、パキスタンの乾燥及び半乾燥地域と農業に最も大きく影響する水セクターにおいて、より重大である。人口一人あたり利用可能な水資源量はますます少なくなってきた。したがって、十分な農民の参加を通して、水資源の利用効率を改善することが必要である。

第8次5か年計画は参加型管理の推進という政府の思想を反映している。灌漑セクターの維持管理にかかる政府の財政負担を軽減するために、維持管理の責任を農民組織に部分的に移すことを強調している。また、民間セクターを灌漑管理に組み込むという最終目標のもとに、灌漑部門を自主管理グループに移管するというパイロット・プログラムを実行することを勧告している。

政府は国家排水プログラム(National Drainage Program)の政策形成の過程で、行政制度改革を実施することを決定した。これは住民参加システムを効果的なものにするのと受益者に維持管理の負担を移管するという2つの目的を達成するために、受益者参加を不可欠なものとする制度改革である。

### 2.3.4 全国排水計画 (National Drainage Programme, NDP)

#### (1) 概要

Revised Action Plan (1979 - 1990) の期限終了にともない1990 - 2000年の水セクターの投資計画を検討するためWater Sector Planning Study が実施された。この中で排水およびその処理計画も検討された。さらに1991年パキスタン政府は灌漑関連の排水について環境アセスメント調査を実施し、その成果の一部として National Drainage Programme (NDP) の構想ができあがった。調査の結論は以下のとおりであった。

- (i) 地下滞水層の深層から塩類を汲み上げるようなプロジェクトは避ける
- (ii) 表流水の供給により塩類を含む排水が増加するようなプロジェクトは避ける
- (iii) 現在実施している流域内での塩分処理は環境的に容認できないので、塩分排水を海まで持っていき全国的排水システムの建設が必要となろう。

世銀はこの調査結果を検討し、このままではパキスタンの灌漑排水システムは完全に崩壊せざるを得ないこと、排水計画が送れているのは政策の欠如・制度的欠陥・排水施設のO&Mにたいする低いプライオ

リテイ・資源の配分と管理の欠如に起因することに言及している。

## (2) NDP-1のコンポーネント

パキスタン政府は1995年8月 Sector Development Policy Letter を世銀に送り、25年に互り実施される全国排水計画の最初のフェーズとしてNDP-1を実施するのに要するUS\$ 700百万 および SDR 150百万のローンおよびクレジットを正式に要請した。

NDP-1は、排水セクターの問題解決は単なる財政的インプットでは不可能で、制度・政策的改革を含む多面的アプローチが必要であるとしており、まず手始めに受益者である農民と民間セクターがO&M改善に参加できるよう法改正が必要としている。NDP-1の主要なコンポーネントは以下のとおりである。

### (i) 政策コンポーネント

NDP-1の実施目標およびモニタリングの方法について、金融機関、パキスタン政府、州政府が合意できる枠組みを策定する。

- a) 灌漑排水開発についての年支出の総額・項目・順番
- b) 排水計画の選定基準
- c) 毎年のO&M支出
- d) O&Mに対する費用負担。

このコンポーネントでは排水施設の建設およびO&Mに民間セクターからの投資および農民の参加を奨励する政策も作成する。

### (ii) 制度コンポーネント

- a) プロジェクトの計画・実施および水管理に関するWAPDA および州政府の能力の強化
- b) NDP-1の監理
- c) 農民組織の形成および圃場排水に関するトレーニング
- d) 灌漑排水の規則改訂の計画および実施
- e) 灌漑排水の環境に与える影響のモニター。

### (iii) 調査研究コンポーネント

- a) 次のプロジェクトおよびNDP-IIの調査
- b) 提案されている全国地表排水システムのフィージビリティ調査
- c) 農民組織、公共機関の形成を可能にする法制度の枠組みの検討と改訂案の作成
- d) 排水の研究。

### (iv) 投資コンポーネント

政府資金で実施中の排水プロジェクトの早期完成、既存排水施設のリハビリ、排水施設の

O&M 改良、プライオリテイの高い新規プロジェクトのために資金援助を行う。NDP-1 の投資コンポーネントは政府の第 8 次 5 年計画の一部を構成するが全体ではない。

### (3) NDP-1 における制度改革の提案

NDP-1 で提案された制度改革は主に Water and Power Development Authority (WAPDA) および州の灌漑電力省 (PID) を対象としている。灌漑排水 O&M に関する PID および農民組織に関する諸改革は州の条例案に示されている。条例案では 4 州にそれぞれ Provincial Irrigation and Drainage Authority (PIDA) を設立し、その下に灌漑支配地域毎に Area Water Board (AWB) を設立する。PIDA は州の計画開発次官補を議長とする役員会が運営する自治体である。パンジャブ州の場合、計画開発局の議長がこれに当たる。大蔵次官、灌漑次官、農業次官と若干の外部からの専門家が役員会のメンバーとなる。役員会は少なくとも 3 ヶ月毎に会議を持つ。PIDA は日々の業務に責任を持つ事務局長と事務局を任命する。この公団は財産を所有し、水関係のプロジェクトの計画・実施、灌漑・排水・洪水防御システムの維持管理に対する権限を有する。PIDA は公団の財政が一貫性を持ち、堅実かつ誠実に運営されるよう、料金・賦課金を定め、これを農民から徴収し、国内および国外の金融機関からローンを借り入れ、財政政策を立案する。公団はシステムの開発および運営のため職員を持つ。PID から PIDA への移行期間中、公団は職員数のレベルを定める。新規の雇用、退職職員の補充、過剰人員の再任を凍結し、希望退職を優遇する措置を取る。公団は 7 年以内に完全に軌道にのるようにする。PID の現在の雇用者は自動的に公団の雇用者となる。公団はその後上記した方法で雇用者を減らす。公団の財政は以下により賄われる。(i) 水利費・排水費 (ii) 政府の補助金 (iii) 政府のローン (iv) 地方団体からの寄付 (v) 債券の発行 (vi) 政府の許可を得て金融機関からのローン (vii) 政府の承認を得て外国からの援助またはローンである。

### (4) 農民組織 (Farmers' Organization, FO)

条例 (案) では AWB 設立 1 年以内にパイロット計画を実施に移し、段階的かつ整然と支線水路レベルに農民組織が設立できるよう手段を講ずることを規定している。農民組織は財政的に自立し、長くても 4 年以内に効果的に機能するよう形成されなければならない。公団は設立 6 ヶ月以内に農民組織結成に関する施行規則を公表しなければならない。農民組織の機能と権限は以下のとおりである。

- (i) 管轄する灌漑排水施設の管理・運用・改善。
- (ii) 支線水路の頭部において AWB から水を受取りこれを水利用者に供給する。
- (iii) 水利用者からの排水をコレクター・ドレインを通じて指定された排水システムの節点まで運ぶ。
- (iv) 合意された水利費と賦課金を利用者から徴集し、灌漑排水に関する合意に基づき AWB に支払う。
- (v) 機能と権限を実行するためコンサルタント・アドバイザー・技術者を雇用する。

(vi) 公団の規定に示されたその他の権限を履行する。

農民組織は法人であるが移管された資産を移管したり処分する権限はない。条例案はAWB、農民組織、水利用者との紛争を解決するためProvincial Water Commissionerを任命することになっている。