

パキスタン・イスラム共和国

タウンサ堰灌漑システム改修計画  
プロジェクトファイナディング調査報告書

平成7年3月

社団法人 海外農業開発コンサルタント協会

## まえがき

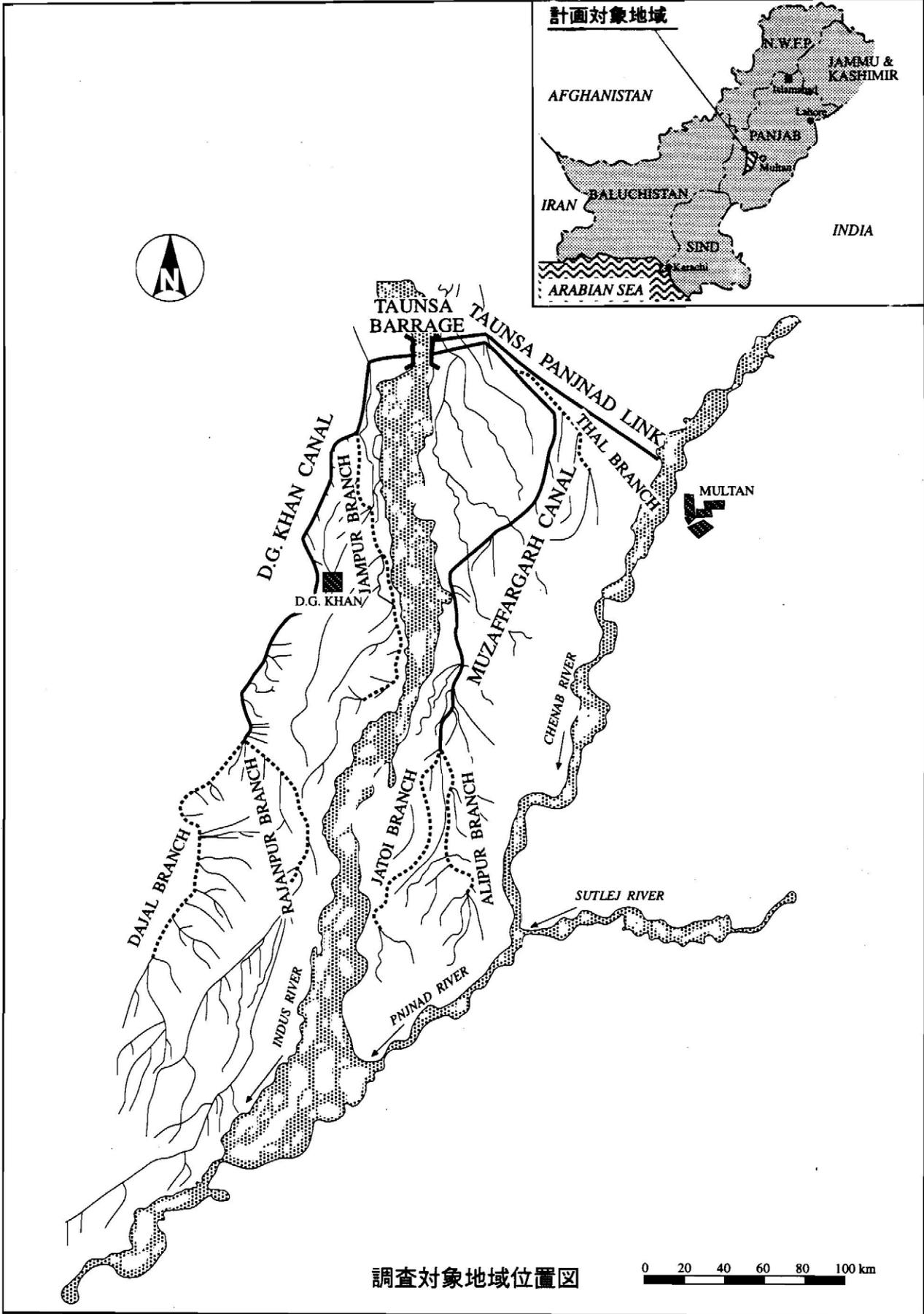
本調査報告書はパキスタンイスラム共和国パンジャブ州南西部のインダス河に設置され、D.G.ハーン地域一帯約90万ヘクタールを灌漑するタウンサ堰、およびこれに付随するムザファルガー、D.G.ハーン水路の現状を把握すると共に、これらの施設の修復および改善計画について調査しプロジェクトファイナディング調査報告書として取りまとめたものである。

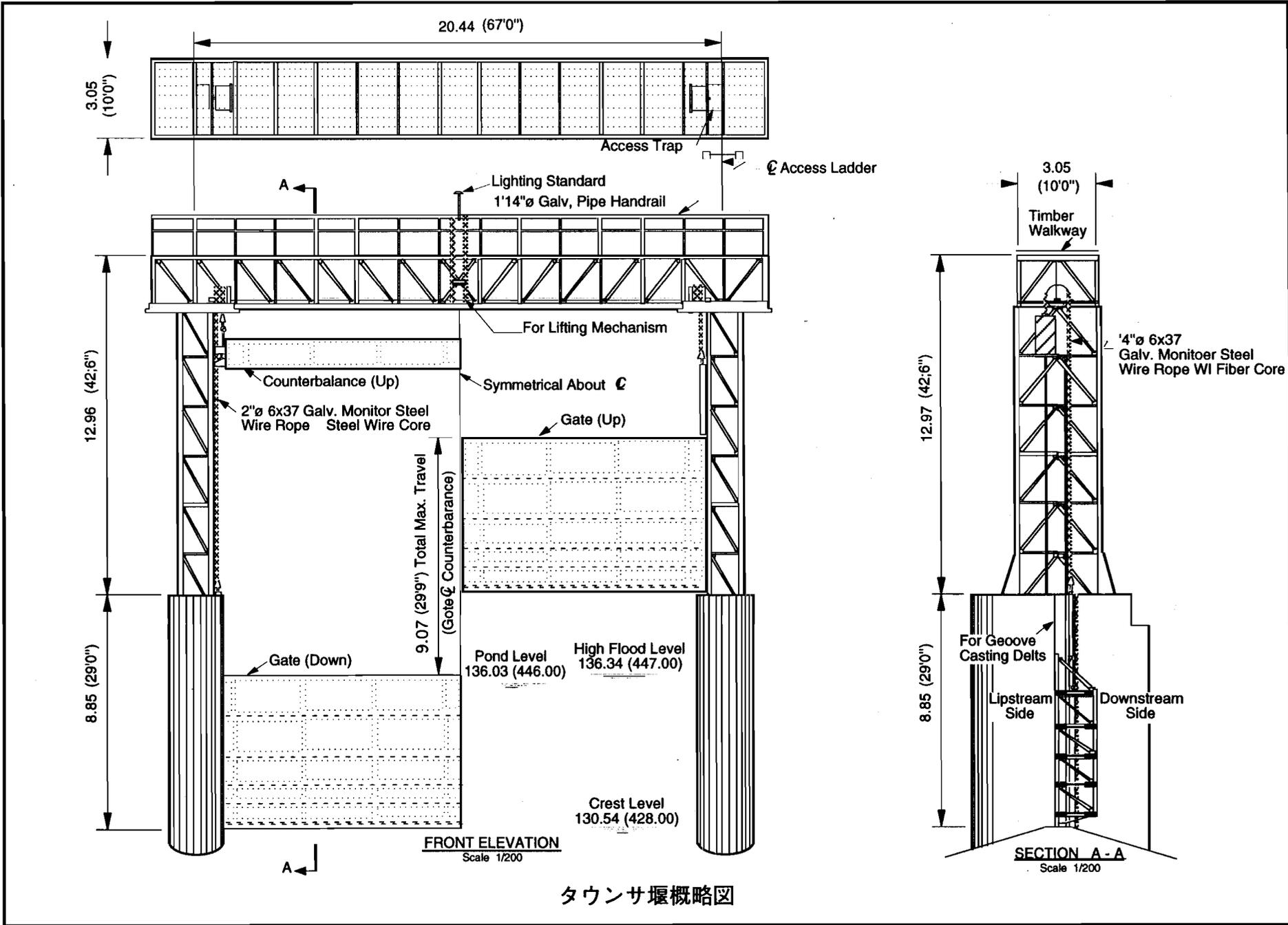
パンジャブ州南西部にありインダス河から取水するタウンサ堰は、ムザファルガー、D.G.ハーン両水路によって、ムザファルガー、D.G.ハーン、およびラジャンプール地域を灌漑し、地域農業を支えている。さらに、インダス河の豊水期にはタウンサ堰から取水されたインダスの水は、T-Pリンク水路によりチェナブ河流域に分水されている。これらのタウンサ堰に関連する施設は1960年前後に完成したものであり、ゲートなど構造物のうち機械的な部分は老朽化が顕著であり、補修が必要となっている。また、インダス河東岸側のムザファルガー水路は改修され、湛水および塩害防止対策が実施されているが、西岸のD.G.ハーン水路はこのような対策がなされていないため、湛水が深刻な問題となっている。このような実情をふまえ、灌漑農業の維持と改良を図るため、パンジャブ州灌漑電力省は社団法人海外農業開発コンサルタント協会（ADCA）にプロジェクトファイナディング（P/F）実施協力を求めてきた。これを受けてADCAメンバー企業である日本技研（株）は、平成7年3月5日から3月12日までの8日間P/F調査団を現地に派遣し調査を実施した。

現地調査に際しては、灌漑電力省D.G.ハーン灌漑ゾーン所長 Mr.Choudry Riaz Hussainをはじめ、関係する多くの政府関係者の多大なるご協力を頂きました。また、在パキスタン日本大使館の田野井一等書記官、JICA事務所の西宮氏には公務ご多忙のところ、多大なご指導、助言及びご支援を賜りました。ここに深甚な感謝を申し上げます。

平成7年3月

日本技研株式会社





タウンサ堰概略図

## 目 次

まえがき

位置図

タウンサ堰概略図

ページ

第1章	調査の概要	-----	1
1. 1	調査の背景	-----	1
1. 2	調査の目的	-----	1
1. 3	調査の実施	-----	3
第2章	計画の内容	-----	4
2. 1	地域の概要	-----	4
2. 2	タウンサ堰灌漑システムの概要	-----	4
2. 3	タウンサ灌漑システムの現況と課題	-----	5
2. 3. 1	タウンサ堰	-----	5
2. 3. 2	ムザファルガー水路	-----	7
2. 3. 3	D.G.ハーン水路	-----	7
第3章	計画の概要	-----	10
3. 1	計画対象地域の概要	-----	10
3. 2	計画の概要	-----	10
3. 2. 1	事業の目的	-----	10
3. 2. 2	計画内容	-----	10
3. 2. 3	事業コンポーネント	-----	11
第4章	総合所見	-----	13
4. 1	タウンサ堰による灌漑農業	-----	13
4. 2	事業化への熟度と協力の可能性	-----	13
(1)	事業化への準備・熟度	-----	13
(2)	協力の方針	-----	13
4. 3	協力の意義	-----	13
添付資料			
1.	調査者略歴	-----	15
2.	調査日程	-----	16
3.	収集資料一覧	-----	17
4.	面会者一覧	-----	18
5.	現地写真	-----	19

## 第1章 調査の概要

### 1.1 調査の背景

パキスタン国では1993年度から始まった第8次5ヵ年計画（EFYP）において、経済成長率の目標を第7次計画の6.5%を上回る年7.0%とし、一層の経済開発の促進を図るとしている。そして農業分野は、国家経済の根幹として重要であり、工業化が進む中で所得分配の不平等を少なくするため、生産性の高い近代的な農業への移行が必要とされている。

パキスタンの農業は、灌漑に対する依存度が非常に高く、世界でも最大級の規模の灌漑組織を有している。灌漑耕地の大部分はパンジャブ州及びシンド州にある。その母体は、英植民地政府の手によって19世紀中頃から今世紀の10年代にかけて作られたものである。1990年において、国土全面積7,960万haのうち2,073万haが耕地となっており、そのうち1,570万haが灌漑されている。しかし、約1,300万haの灌漑耕地は50年以上前に建設された施設に依存しているため、老朽化が著しく、補修を要するものが多数存在している。さらに地下水位上昇による湛水や塩害の防除、ヒルトレント洪水の制御も重要な問題である。また、必ずしも集約的とは言えない農業が営まれている既存の灌漑地の営農技術には改善の余地も大きい。

そのような中で、インダス河はパキスタン国における最も大きな河であり、水源をチベットのマアンサロワール湖に源を発し、パキスタン国土の中央部平原地帯を南北に縦断し、アラビア海に流れ込んでいる。インダス河及びその支流が運搬する肥沃で膨大な量の堆砂は平野形成しており、豊かな水量は幾つかの取水堰から灌漑水路によりその平野を灌漑している。 図-1 インダス河水系系統図を参照。

タウンサ堰はインダス河に既設する取水堰のうちの一つでありインダス河の水を地域に灌漑する水源である。左岸側にはムザファルガー水路、右岸側にはD.G. ハーン水路の二つの灌漑水路がある。左岸側にはまたインダス河からチェナブ河に連絡するT-P リンク水路がある。

このタウンサ堰からのこれら二つの灌漑水路によって灌漑される面積は合計約90万haである。同灌漑範囲には400万以上の人々が居住しており、その大部分が農業関連の仕事に従事している。この地域は農業以外の産業がみられない地域であり、それゆえにタウンサ堰による灌漑農業が地域全体に及ぼす影響は非常に大きい。

仮に、タウンサ堰の老朽化がこのまま進み、取水が不可能になったならばこの地域の産業基盤は崩壊し、多くの人々の就労の場が失われることになる。

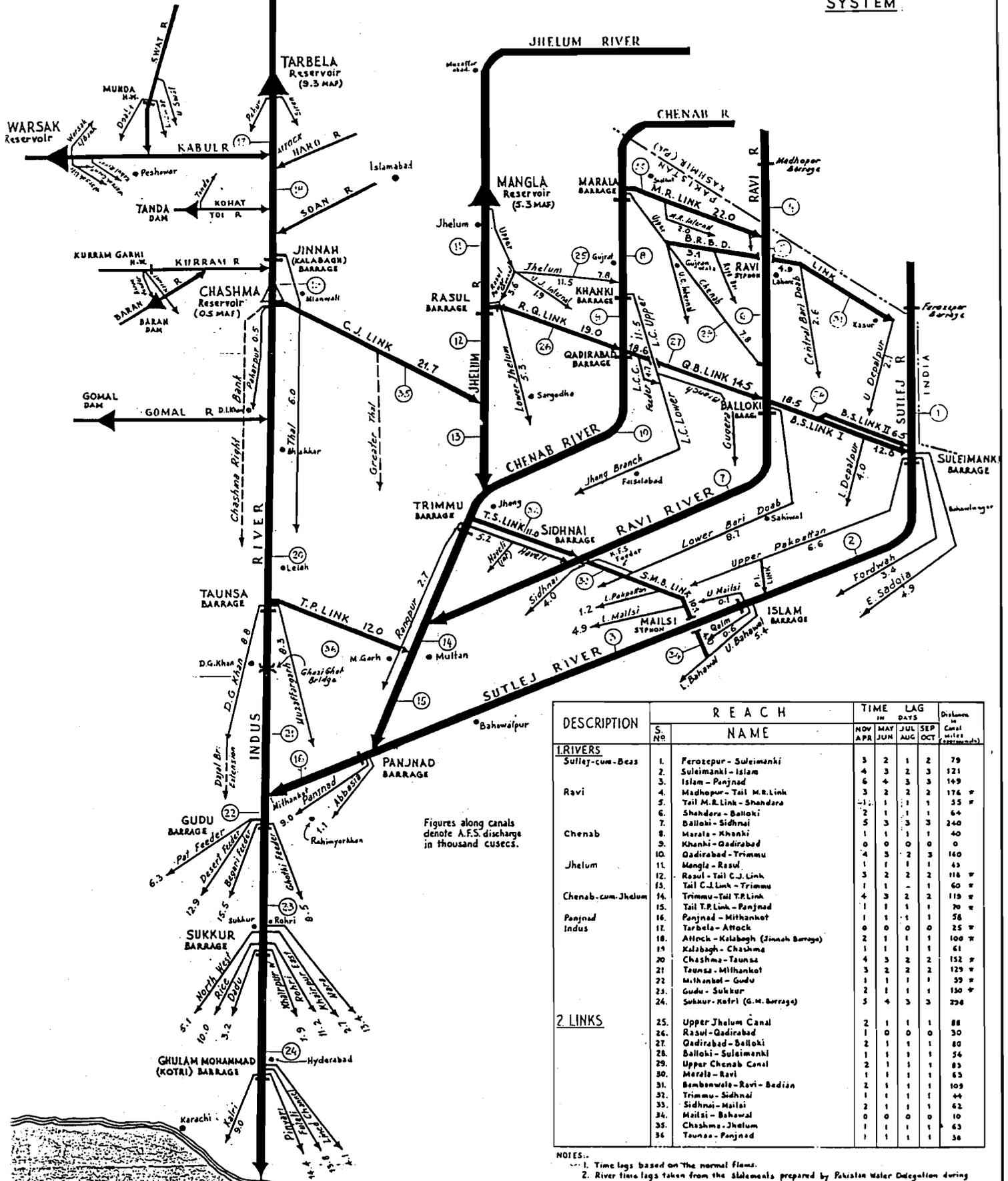
そのような状況を踏まえ、特に緊急を要するパンジャブ州のタウンサ堰を中心としたタウンサ堰灌漑システム補修計画について、プロジェクトファイナディング調査を実施することとなった。

### 1.2 調査の目的

本調査は、パキスタンイスラム共和国パンジャブ州西南部に位置し、インダス河にかかるタウンサ堰に依存する灌漑システムの現地調査を通じて、本システムの補修、改修計画の位置付け、実施可能性、及び調査・実施方法について検討したものである。

INDUS RIVER

**SCHEMATIC DIAGRAM  
INDUS BASIN IRRIGATION  
SYSTEM**



DESCRIPTION	S. NR	REACH		TIME LAG IN DAYS				Distance in Canal miles (approximate)
		NAME	NOV APR	MAY JUN	JUL AUG	SEP OCT		
<b>1. RIVERS</b>								
Sutley-cum-Beas	1	Ferozepur - Suleimanki	3	2	1	2	79	
	2	Suleimanki - Islam	4	3	2	3	121	
	3	Islam - Panjnad	6	4	3	3	149	
Ravi	4	Madhopur - Tail M.R. Link	3	2	2	2	174	✓
	5	Tail M.R. Link - Shandara	2	1	1	1	55	✓
	6	Shandara - Balloki	2	1	1	1	64	
	7	Balloki - Sidhnai	5	3	3	3	240	
Chenab	8	Marala - Khanki	1	1	1	1	40	
	9	Khanki - Qadirabad	0	0	0	0	0	
	10	Qadirabad - Trimmu	4	3	2	3	160	
Jhelum	11	Mangla - Rasul	1	1	1	1	43	
	12	Rasul - Tail C.J. Link	3	2	2	2	118	✓
	13	Tail C.J. Link - Trimmu	1	1	1	1	60	✓
Chenab-cum-Jhelum	14	Trimmu - Tail T.P. Link	4	3	2	2	119	✓
	15	Tail T.P. Link - Panjnad	1	1	1	1	70	✓
Panjnad	16	Panjnad - Mithankot	1	1	1	1	58	
Indus	17	Tarbela - Attock	0	0	0	0	25	✓
	18	Attock - Kalabagh (Jinnah Barrage)	2	1	1	1	100	✓
	19	Kalabagh - Chashma	1	1	1	1	61	
	20	Chashma - Taunsa	4	3	2	2	152	✓
	21	Taunsa - Mithankot	3	2	2	2	129	✓
	22	Mithankot - Gudu	1	1	1	1	39	✓
	23	Gudu - Sukkur	2	1	1	1	150	✓
	24	Sukkur - Kotri (G.M. Barrage)	5	4	3	3	296	
<b>2. LINKS</b>								
	25	Upper Jhelum Canal	2	1	1	1	88	
	26	Rasul - Qadirabad	1	0	0	0	30	
	27	Qadirabad - Balloki	2	1	1	1	80	
	28	Balloki - Suleimanki	1	1	1	1	54	
	29	Upper Chenab Canal	2	1	1	1	83	
	30	Marala - Ravi	1	1	1	1	63	
	31	Bembanwala - Ravi - Bedian	2	1	1	1	109	
	32	Trimmu - Sidhnai	1	1	1	1	44	
	33	Sidhnai - Mailsi	2	1	1	1	62	
	34	Mailsi - Bahawal	0	0	0	0	10	
	35	Chashma - Jhelum	1	1	1	1	63	
	36	Taunsa - Panjnad	1	1	1	1	38	

NOTES:-  
 1. Time logs based on the normal flows.  
 2. River time lags taken from the statements prepared by Pakistan Water Delegation during tri-partite negotiations on the Canal water dispute.  
 3. Canal time logs based on an average velocity of 3.0 feet per second for the period Nov-Apr and Apr-Oct respectively. Less than 12 hours neglected and more than 12 hours counted as full day.  
 4. Encircled figures denote serial numbers of the reaches.  
 \* Distances are approximate.

図1 インダス河灌漑システム

### 1. 3 調査の実施

本調査は、1995年3月5日より1995年3月12日の8日間にわたり、(社)海外農業開発コンサルタンツ協会(ADCA)のミッションとして、日本技研株式会社 岸洋一、石原博英の2名によって実施された。

## 第2章 計画の内容

### 2.1 地域の概要

タウンサ堰により灌漑されるD.G.ハーン・ディヴィジョンのうち、D.G.ハーンおよびムザファルガー、ラジャンプール・ディストリクトは、パンジャブ州西南部、首都イスラマバードの南西約500kmに位置している。上記3ディヴィジョンの総面積は22,720km<sup>2</sup>、農地面積は10,340km<sup>2</sup>である。

### 2.2 タウンサ堰灌漑システムの概要

タウンサ堰は、パンジャブ州西部、インダス河河口から約900km上流、標高約125mのインダス河に設置された灌漑用取水堰である。この付近のインダス河は河幅が約13kmであるが、タウンサ堰ではこの河幅を約1.3kmにまで狭めている。

タウンサ堰の左岸側にはT-Pリンク水路、ムザファルガー水路、右岸側にはD.G.ハーン水路がある。T-Pリンク水路は、インダス河からチェナブ河への連絡水路であり、インダス河の豊水期に豊富なインダスの水をチェナブ河へと分流する役割をもち、直接の灌漑は行われていないことになっているが、現在洪水によって破損したラングプール水路に流量の一部を分水している。ムザファルガー(Muzaffargarh)水路、D.G.ハーン水路は灌漑面積がそれぞれ38万ha、52万haあり、合計約90万haが灌漑されている。また、この水路からの浸透水は水路沿線にある多くの町の人々の飲料水の供給源ともなっている。

タウンサ堰は1955 - 1959年に建設された。本流にはゲートが66門あるが、中央部に53門、左右岸に土砂吐機能をもつ11門が設置されている。中央部ゲートと土砂吐きの間には左右岸に一門ずつ舟運のための閘門がある。ゲートの幅は一門約20m、高さ約6mである。取水ゲートは、D.G.ハーン水路に7門、ムザファルガー水路に5門、T-Pリンク水路に6門が設置されている。

表—1 タウンサ堰におけるインダス河の年最大洪水

生起年月日	年最大流量 (cum/sec)	生起年月日	年最大流量 (cum/sec)	生起年月日	年最大流量 (cum/sec)
1958, 21 Jul	21,534	1970, 8 Jul	10,891	1982, 20 Aug	11,097
1959, 10 Jul	14,668	1971, 13 Aug	11,516	1983, 10 Aug	14,277
1960, 21 Jul	14,603	1972, 2 Jul	11,311	1984, 20 Aug	14,503
1961, 27 Jul	13,489	1973, 23 Jul	16,143	1985, 4 Aug	9,024
1962, 26 Jul	9,631	1974, 31 Aug	10,673	1986, 10 Aug	14,520
1963, 18 Jul	10,438	1975, 26 Aug	14,852	1987, 1 Sep	9,322
1964, 15 Jul	14,280	1976, 7 Aug	19,173	1988, 21 Jul	15,875
1965, 1 Aug	12,410	1977, 21 Jul	13,013	1989, 5 Aug	15,875
1966, 7 Jul	14,615	1978, 14 Jul	14,411	1990, 2 Jul	14,658
1967, 31 Jul	13,341	1979, 8 Aug	11,272	1991, 18 Jul	12,396
1968, 18 Jul	12,647	1980, 13 Aug	12,322	1992, 14 Sep	18,550
1969, 30 Jul	13,357	1981, 17 Aug	11,394	1993, 28 Jul	10,910

このタウンサ堰における取水は、インダス側の水量が豊富な4月中旬ごろから10月中旬頃までの6箇月間が保証されている。これは古くから灌漑が実施されてきたシンド州に優先水利権があり、これを通年保証するための措置である。タウンサ堰の下流放流量は、毎秒約1,200立方メートルである。ただし、豊水期以外の時期でも、シンド州での利水量に余裕があるときはタウンサ堰における取水も許されている。

水路流量は、インダス側とチェナブ河を結ぶT-Pリンク水路は流量毎秒336立方メートル、延長61km、上流端における水面幅90m、水深約3mである。ムザファルガー水路は流入部流量毎秒204立方メートル、幹線延長113km、上流端における水面幅60m、水深3mである。また、末端水路を除いた水路全長は1,050kmである。D.G.ハーン水路は流量毎秒330立方メートル、幹線延長112km、上流端における水路底幅80m、水深3.7mである。また、末端水路を除いた水路全長は1,770kmである。

タウンサ堰におけるインダス河の過去36年間の年最大流量は表—1に示した。表に示した36年間の平均最大流量は毎秒13,800立方メートルである。

## 2. 3 タウンサ灌漑システムの現況と課題

### 2. 3. 1 タウンサ堰

タウンサ堰は1959年に完成した。設計は米国のブラウンアンドルート社、ゲートの製作はパンジャブ州ブハルワルにあり、現在も機械類の修理製作を行っている灌漑電力省の直営工場である。堰は本流部分に66門のゲートがある。うち53門は可動堰となっており、ゲート幅18.8m、高さ5.8m、重量25トンである。11門は土砂吐となっており、ゲートは上下2段に分れている。幅は上下段とも18.8m、高さは下段ゲート4.3m、上段ゲート2.5m、重量は下段ゲートが22トンである（上段は不明）。さらに2門の航行用閘門（幅6.7m、高さ7m）が付随している。ゲートの操作はすべて人力によることになっているが、ローラー部分などの老朽化に伴う不具合の結果、たびたび行われるゲート操作は著しく困難な状態になっている。

ちなみに重量が20トンのローラーの巻き上げは、通常6人がかり、ローラーの脱落や、ローラー受け版の磨耗によって重くなったゲートは12人がかりになる。そしてローラーの巻き上げは1時間に30cm、ゲートは通常3m巻き上げるので10時間かかることになる。ローラーを開閉するのは多くの場合緊急時のことであり一旦巻き上げはじめると休みなしの作業になるとのことである。巻き上げ機はフットブレーキを常に踏んでいないと逆回りするが、これに慣れていないと踏まないで操作することがある。数年前には臨時雇の労働者が逆回りするハンドルを掴んでいたため離れられず、跳ばされてインダス河に落ち行方不明になったとのことである。

#### a. ゲート機械的部分

タウンサ堰ゲートの形式はストーニーゲートである。ゲートの機械部分の老朽化が問題とされ、1988年以来調査が繰り返し実施されてきた。1994年12月には修復について、より具体的かつ精密な調査が必要であるとのことから、同改修に関するフィージビリティスタディについての提案書が灌漑電力省によって準備された。

ゲートの機械部分の調査は、1988年にパンジャブ州灌漑電力省によって実施されている。この報告では堰板支持機構、シール、ローラー、ローラー受けなどに重大な障害があることが報告された。

1990年にはUSAIDの資金援助によりタウンサ堰を含む5箇所のゲート機械部分の調査が行われた。この調査によって以下の問題点が指摘された。

- 1) ローラートラック 磨耗が激しく重大な障害あり。
- 2) ローラーアセンブリ ピン、側板の腐食、ローラーの磨耗著しい
- 3) ローラーガード ローラーの脱落、ケースの著しい腐食
- 4) ゲート支持機構 著しい腐食と磨耗
- 5) 堰板構造材 一部の構造材の腐食
- 6) シルビーム 経過年数に見あう程度の漏水
- 7) ゲートシール 経過年数に見合う程度の漏水
- 8) ワイヤロープ 専門家による検査が必要
- 9) 巻き上げ機構 巻き上げ甲板下部にあるため検査不可能
- 10) 巻き上げ甲板 床版の破損が著しい
- 11) ゲート上部構造 構造材の整備と塗装が必要

また、1994年には灌漑電力省によって再度機械部分の調査がなされた。この結果は1990年調査結果を追認したものであり、さらに細かく調査され各ゲートについて老朽化の程度とこれに対する対策の原案が示された。

本調査の現地調査では、上述の問題点に加えて、特に日常の維持管理作業性の点から施設の点検用通路を設置する必要が認められた。これは巻き上げ機のハンドル部分とギアボックスは通路上に置かれているものの主要部分は通路の下に置かれ、この部分の点検と保守は安全施設がなく、流れの速い水面上約16mの高所における危険な作業となるため、不可能である。このようなことから、保守点検用安全通路の必要性が灌漑電力省側からも強調された。

また、いままでの調査では堰板それ自体の老朽化については、常時流れがあるため、遠くからの目視によるのみで十分に調査ができなかった。しかし、そのような目視によっても一部、堰板の老朽化が認められた。

#### b. 堰および流路周辺

タウンサ堰は1959年に完成し、すでに35年以上が経過しており、上述のゲート機械部分に加えて基礎、コンクリートなど土木的構造にも部分的に著しい老朽化が見られる。

第一に、堰体については、ゲートシルのコンクリートが約30cmほど摩耗しており、この補修が必要である。現在までに4門の修理が終わっているが、まだ61門の補修が残されている。

第二の問題として、D.G.ハーン水路の可能最大取水量は計画に比べると20%ほど下回っているとのことである。これはD.G.ハーン水路取水ゲートおよびその周辺の地盤に問題があり、インダス河とD.G.ハーン水路との水位差が十分とれないことによる。設計では、この水位差は30フィート(9m)となっているが、実際には22フィート(6.6m)が限界であり、これ以上の水位差をつけると堰部分基礎の破壊に結び付くと言われている。

第三の問題として、堆砂と洗掘の問題がある。タウンサ堰の兩岸にあるムザファルガー、D.G.ハーン、T-Pリンクの各水路取水口前、および水路内の堆砂、本流堰下流側の洗掘は深刻である。インダス河は浮遊砂が非常に多く、堰の建設によって堰上げられてきたため、建設後すでに35年経過した現在、堰の上流

での堆砂が著しい。一方、堰の下流では、水叩き先の河床が洗掘されてきており、放置しておくとならば堰自体の安定に問題が生ずる。また、水路内には大量の浮遊砂が流入し、これが沈殿して水路床が上がり、水路流下能力が低下している。とくに支線水路における堆砂は著しく、その排除に多大の労力がかけられている。

第四の問題として堰上流の河道の蛇行現象があげられる。1993年には堰の上流約12kmから8km付近まで西岸よりを流れていたインダスの本流は、上流約8km付近で東向きに屈曲していた。1994年の洪水期に屈曲点は下流に約1.6km移動した。このため、現在の本流は堰上流約5, 6km付近で、全体的なインダス河の南北方向の流れと直交するように東から西に向かっている。これによって堰上流約5km付近では左岸部が流れに直撃されている。地盤標高が左岸側では低いため、放置しておけば本流が現在のタウンサ堰から離れ異なった地点に移動し、取水できないばかりか莫大な灌漑実施面積が失われることになるため、毎年流れの向きを制御するよう突堤を築いて洪水と戦っている。

### 2. 3. 2 ムザファルガー水路

ムザファルガー水路はタウンサ堰左岸に位置し、幹線水路延長113km、末端を除く全水路延長は1,048km、灌漑面積は376,000ヘクタール、幹線水路通水量は上流端で毎秒約200立方メートル、下流端で毎秒約79立方メートルである。幹線水路には8箇所の水位調整施設があり、水路勾配は1/8,000である。幹線水路幅は上流端で約60m、下流端で約30mである。

ムザファルガー水路は数年前にリハビリテーションが実施されているが、分土工、水位調整用チェックなどの構造物は老朽化している。特にゲートは激しい漏水がいたるところで見られる。水路系統を 図—2に示す。

地域の作目は、サトウキビ、綿花、水稻、小麦、トウモロコシ、油料作物などである。

### 2. 3. 3 D.G.ハーン水路

D.G.ハーン水路はタウンサ堰右岸に位置し、幹線水路延長105km、末端を除く全水路延長は1,770km、灌漑面積は522,000ヘクタール、幹線水路通水量は上流部で毎秒約255立方メートル、下流端で毎秒約140立方メートルである。幹線水路には3箇所の水位調整施設があり、水路勾配は1/10,000である。幹線水路幅は上流端で約70m、下流端で約50mである。

D.G.ハーン水路はその路線がスレイマン山地に沿っており、この山地から流出してくるヒルトレントの洪水が水路に流入することがしばしばある。1994年の未曾有と言われる洪水では、水路が百数十箇所で破損し、水路および灌漑地域のこうむった損害は百億円を越えると言われている。また、この水路路線はヒルトレントから流出してきたシルト質あるいは砂質堆積物上に作られており、漏水量が多い。このため、特に幹線水路中流域から下流域一帯では地下水水位が上昇し広い範囲で湿地状態、湛水状態となっている。特にD.G.ハーンとダジャール間のチョティ付近の21km区間は、地表勾配1/250程度のヒルトレント堆積物縁辺部を水路が通過している。このため、水路は灌漑地より10から15mほど高い位置にあり、特に漏水が激しい。また、全体的に水路は分土工などの構造物の損傷と老朽化が進んでおり、日常の管理に支障をきたしているところも見受けられた。水路系統を 図—3に示す。

地域の作目は、サトウキビ、綿花、水稻、小麦、トウモロコシ、油料作物などである。

MUZAFFARGARH CANAL

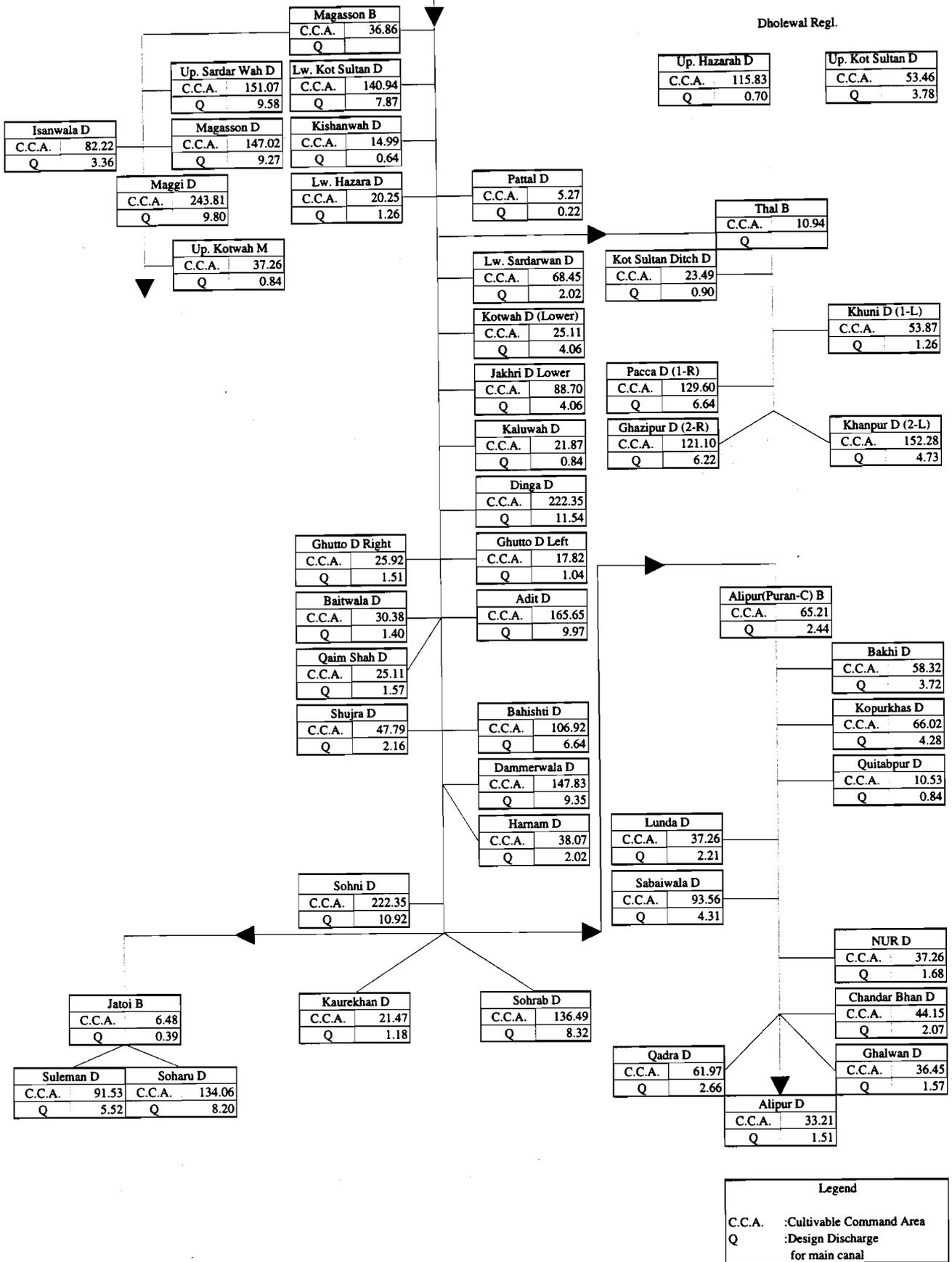


図2 ムザファルガ水路系統図

DERA GHAZI KHAN CANAL

Legend  
 C.C.A. :Cultivable Command Area  
 Q :Design Discharge for main canal

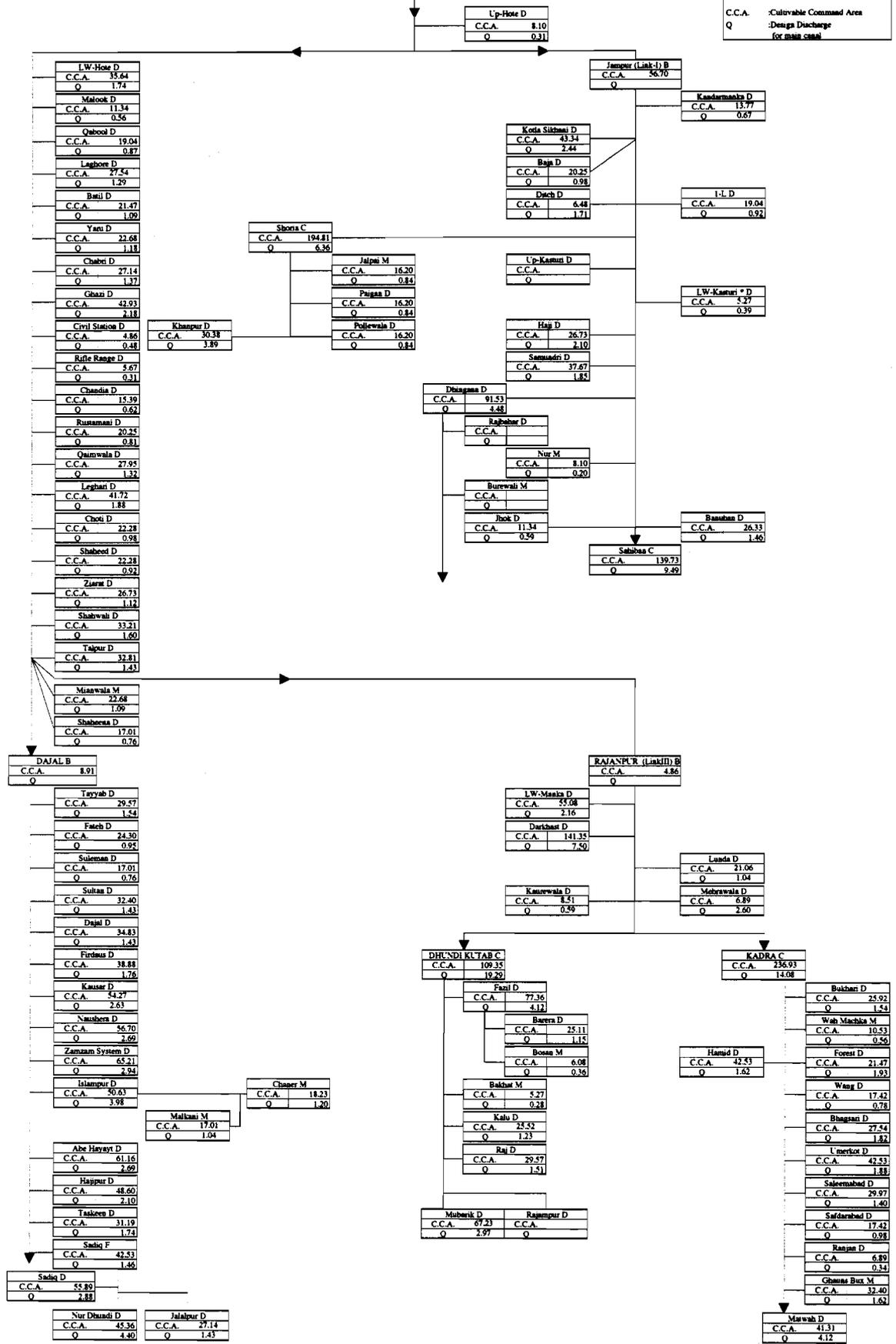


図3 D.G. ハーン水路系統図

## 第3章 計画の概要

### 3. 1 計画対象地域の概要

タウンサ堰灌漑システムにより灌漑されている調査対象地域は、パンジャブ州西部 D.G.ハーン・ディヴィジョンに位置する。地域はパンジャブ州D.G. ハーン・ディヴィジョンの、D.G. ハーン (D.G. Khan) ディストリクト、ムザファルガー (Muzaffargar) ディストリクト、及びラジャンプール (Rajapur) ディストリクトよりなる。

1991年の推定人口は、D.G. カーン・ディヴィジョンで5,637,000人、うちD.G. ハーン (D.G. Khan) ディストリクト1,428,000人、ムザファルガー (Muzaffargar) ディストリクト2,278,000人、ラジャンプール (Rajapur) ディストリクト961,000人であった。D.G. カーン・ディヴィジョンの総面積は38,779km<sup>2</sup>であり、1991年の人口密度は145人/km<sup>2</sup>となる。平均的世帯の人数は7人である。D.G. カーン・ディヴィジョンでは全人口の89%が農村部人口となっている。

タウンサ堰灌漑システムの受益地域は、パンジャブ州西部 D.G.ハーン・ディヴィジョンに属し、地域を二分してその中央をインダス河が流れている。インダス河の両岸に広がる約90万ヘクタールの灌漑地域は大部分がインダス河の沖積平野にあり、その標高は約100mから135mの範囲にある。

調査対象地域は乾燥または半乾燥気候帯に属し、通年の気候は12～3月にかけての冬季、6～9月の夏季、4～5月及び10～11月の移行期に大別される。平野部のムザファルガーにおける年平均雨量は約200mmであり、このうち約70%が6月から9月に集中する。年平均気温は24.9℃、月平均最高気温は6月の40.8℃から1月の4.5℃までの間で変化する。平均年間蒸発量は2,429mm、6月が349mmで最も大きく1月が80mmで最も小さい。

灌漑されている地域はインダス河の沖積低地である。灌漑地域の低地では、水路からの漏水が原因で地下水位が上昇し、いたるところで湿地化、あるいは湛水化している。さらに塩分集積地も広く分布する。ムザファルガー水路地区では、1970年代から湛水化、塩分集積対策事業が実施されてきたが、80年代中頃からその効果が徐々に低下しつつある。また、D.G.ハーン水路はヒルトレント地帯に位置しており、ヒルトレントの洪水のたびに水路が破損し、灌漑地区に洪水被害をもたらしている。さらにD.G.ハーン水路の中流域から下流域はヒルトレント沖積堆積地を通過しており、地盤の透水性が高く漏水が激しい。このため、中下流域では地下水位の上昇にともなう農地の湿潤化、湛水化、さらには塩類集積が顕著である。

タウンサ堰灌漑地区の人口は400万人以上であり、地域内の農村人口が89%であることから受益者数は350万人以上であろう。

本地区の主要作物は、小麦、油料作物、サトウキビ、綿花、水稻、トウモロコシなどである。

### 3. 2 計画の概要

#### 3. 2. 1 事業の目的

タウンサ堰を取水源とする灌漑システムは約90万ヘクタールと広大な受益面積を有する重要な灌漑組織である。しかし、建設後およそ35年が経過した現在、取水源であるタウンサ堰はゲートなどの機械部分の老朽化が著しく、また水路においても分水施設などの構造物の老朽化が深刻である。さらにインダス河右岸側のD.G.ハーン水路はヒルトレント地帯を通過しているため、ヒルトレント洪水に直撃されればしばしば水

路が破堤し灌漑区域に洪水をもたらすうえに、ヒルトレントからの透水性の高い沖積土壌に作られた水路は漏水量が多くこれが地下水位の上昇と湛水地を出現させている。このタウンサ堰灌漑システム修復プロジェクトはタウンサ堰灌漑システムの有するこのような問題を解消し、90万ヘクタールを灌漑するシステムの機能を維持できるように施設の修復、改良を図るものである。

### 3. 2. 2 計画内容

#### (1) タウンサ堰

##### a. ゲート機械部分

老朽化したゲート機械部分の修復を行なうと同時に施設の保守点検が容易に行なえるよう施設に改良を加える。さらにゲート巻き上げ機構の動力化、取水量、堰上下流水位維持の自動化などのゲート制御機構の改良を行なう。

##### b. 土木施設

完成後30数年を経て磨耗の著しいゲートシルコンクリート補修、基礎のパイピング破壊の恐れのため設計取水位まで取水位を上げられないD.G.ハーン水路取水口の改良、すべての水路の取水口付近の堆砂防止と堰下流の洗掘防止、堰上流で蛇行するインダス河の河道をコントロールし、タウンサ堰の機能を維持するための河道維持工事について検討する。

#### (2) ムザファルガー水路

老朽化した分水工、水位調整用チェックなどの構造物を改修し、現在手動操作がされているゲート操作の動力化を計り、また各支線水路への分水の合理化を計るよう流量観測の自動化を行なう。また、塩害および湛水防除のための地下水位を低下するための対策、たとえば水路のライニング、チューブウェル、排水路の設置など、を検討する。

#### (3) D.G.ハーン水路

ムザファルガー水路と同様に、老朽化した分水工、水位調整用チェックなどの構造物を改修し、現在手動操作がされているゲート操作の動力化を計り、また各支線水路への分水の合理化を計るよう流量観測の自動化を行なう。また、塩害および湛水防除のための地下水位を低下するための対策、たとえば水路のライニング、チューブウェル、排水路の設置などを検討する。さらにヒルトレント洪水による度重なる水路の被害を防ぎ、パチャド地域の農業用水を確保するため、ヒルトレントに出水分流堰を設置し、出水を有効利用し、洪水被害の回避する。

### 3. 2. 3 事業コンポーネント

タウンサ堰灌漑システム修復プロジェクトは、以下の既設施設の修復、改修および施設の改良がコンポーネントとなる。

#### (1) タウンサ堰

##### a. ゲート機械部分

a.1 老朽化した堰板、ローラートラック、ローラーアセンブリ、ローラーガード、ゲート支持機構、堰板構造材、シルビーム、ゲートシール、ワイヤロープ、巻き上げ機構、巻き上げ甲板、堰上部構造などのゲート機械部分の修復

a.2 施設の保守点検用安全通路の設置

a.3 ゲート制御機構の自動化

b. 土木施設

b.1 ゲートシルコンクリート補修

b.2 D.G.ハーン水路取水量の確保

b.3 水路取水口付近の堆砂防止と堰下流の洗掘防止

b.4 堰上流河道の蛇行のコントロール

c. ゲートの自動管理システム

## (2) ムザファルガー水路

a. 老朽化した分水工、水位調整用チェックなどの構造物の改修および手動ゲートの操作と制御の動力化

b. 塩害および湛水防除のための地下水位低下

## (3) D.G.ハーン水路

a. 老朽化した分水工、水位調整用チェックなどの構造物の改修および手動ゲートの操作と制御の動力化

b. 塩害および湛水防除のための地下水位低下

c. ヒルトレント洪水の制御

## 第4章 総合所見

### 4. 1 タウンサ堰による灌漑農業

タウンサ堰灌漑システムによる受益地域の推定人口は1991年でD. G. ハーン・ディストリクト、ムザファルガー・ディストリクトおよびラジャンプール・ディストリクトを合わせると4,667,000人であり、その全人口の89%が農村部人口となっている。

インダス河がタウンサ堰灌漑システムの受益地域を二分してその中央を流れている。その灌漑面積は約90万ヘクタールで、その大部分がインダス河の沖積平野にあり、その標高は約100mから135mの範囲にある。

その灌漑対象地域は乾燥または半乾燥気候帯に属し、通年の気候は12～3月にかけての冬季、6～9月の夏季、4～5月及び10～11月の移行期に大別される。平野部では豊富な灌漑水を利用して一年を通じ農作物が栽培されており、灌漑農業がこの地区の大きな産業となっている。もし、このままタウンサ堰の老朽化がすすみなんらかの補修がなされないならば、近い将来においてこの地区の唯一の産業とも言える農業に大きな打撃が与えられと考えられる。

### 4. 2 事業化への熟度と協力の可能性

#### (1) 事業化への準備・熟度

パンジャブ政府では1990年にタウンサ堰ゲートの点検を行い補修項目を調査しているが、補修事業経費の不足およびゲート自動化技術にあまり馴染みがないため補修事業の着手に至っていないのが現状である。しかし、パンジャブ政府内では優先の高いものとなっている。また、近年、特に既設灌漑水路の老朽化が目立ち、至急の補修が必要となっている。

#### (2) 協力の方針

本案件は、第3章「3. 2. 3 事業コンポーネント」示した各内容を対象とした開発調査 (F/S) の早期実施を提案するものであり、その場合の事業費は、上記の各事業コンポーネントの合計で約100億円程度と見込まれる。

### 4. 3 協力の意義

このタウンサ堰灌漑システム改修計画は、豊富なインダス河の水をより集約的に管理し、ヒルトレント洪水による水路への被害を軽減し、パチャド地域の農業用水を確保することによって、これまで以上に水の有効利用を図るものである。本事業の実施によって、対象地域の農産物の飛躍的な増産と、作目の多様化及び塩害の防止も達成され農村地域の環境保護に寄与することも期待できる。それに伴い地域経済にも大きなインパクトを与えるものである。

いまパンジャブ州政府で堰施設補修の検討及び灌漑水路施設補修・維持の計画が行われているが費用と技術の壁におつかっている。灌漑用水をより緻密に管理することによりウォーターロギングを防ぎ塩類集積を防止してこれまで農地に不適合であった土地の開発を行うことができ、また、いままで未耕地であった土地の耕作可能地へと転換できる。そして、この地域において生産性の高い近代的な農業に移行するこ

とができる。また、水路沿線にある町の人々に安定した飲料水の供給を可能にする。これは、第8次5カ  
年計画の開発戦略に正に合致するものとなる。

タウンサ堰灌漑システムは、その施設が構築されてから年数がたち老朽化が目立ちその機能が十分に発  
揮されていない。これは他の灌漑システムについても同様な状況である。

タウンサ堰灌漑システムを本格的に改修する本事業は、既存のパキスタン国の灌漑システム改修のパイ  
ロット事業として、その役割は大きいものがある。また技術の面では、タウンサ堰を含む各水路のゲート  
制御の自動化および関係した水管理システムの自動化の設計技術が挙げられる。施設の自動化は日本では  
一般的なシステムとして普及しており、また得意とするものである。本事業における自動化システムの導  
入は、インダス河の他の堰についてもゲート制御の自動化および関係した水管理システムの自動化の設計  
や維持管理のモデルとして有用となるであろう。

添 付 資 料

## 1. 調査者略歴

岸 洋一

S. 17. 1. 7	生
S. 41. 3.	北海道大学 農学部 農業工学科 卒業
S. 41. 3.	北海道大学 大学院 農業研究科 修了
S. 41. 4. ~ S. 45. 11.	帯広畜産大学 開発土木工学 文部教官
S. 45. 12. ~ S. 46. 5.	北海道開発局 土木試験所 研究員
S. 46. 6. ~ S. 50. 9.	北海道開発局 土木試験所 主任研究員
S. 50. 9. ~ S. 60. 9.	北海道開発局 土木試験所 副室長
S. 60. 9. ~ S. 61. 3.	北海道開発局 土木試験所 室長
S. 61. 4. ~ S. 61. 9	北海道大学 農業工学科 講師
S. 61. 10. ~ S. 62. 4.	日本技研(株) 海外事業本部 参事
S. 62. 5. ~ S. 63. 5.	日本技研(株) 海外事業本部 技術部 参事
S. 63. 6. ~ H. 1. 10.	日本技研(株) 海外事業本部 技術部 部長
H. 1. 11. ~ 現在	日本技研(株) 海外事業本部 技術部 部長

石原 博英

S. 33. 5. 22	生
S. 58. 3.	筑波大学 第二学群 農林学類 生物環境造成学 卒業
S. 58. 4. ~ H. 1. 9.	(株) 間組 勤務
H. 1. 10. ~ H. 5. 3.	JICA 海外開発青年応募 (ブラジル)
H. 5. 7. ~ 現在	日本技研(株) 海外事業本部 技師

## 2. 調査日程

5 March	Arrival at Lahore ,
6 March	Courtesy Call to JICA & Japan Embassy in Islamabad,
7 March	Arrival at Multan: Courtesy Call to C.E., Irrigation Multan, Discussion with S.E, SCARP III, and S.E., Mechanical
8 March	Visit to Taunsa Barrage
9 March	Visit to Muzaffargah Canal system
10 March	Visit to D.G.Khan Canal system
11 March	Discussion with C.E., Irrigation D.G.Khan; Leave to Islamabad
12 March	Leave to Japan

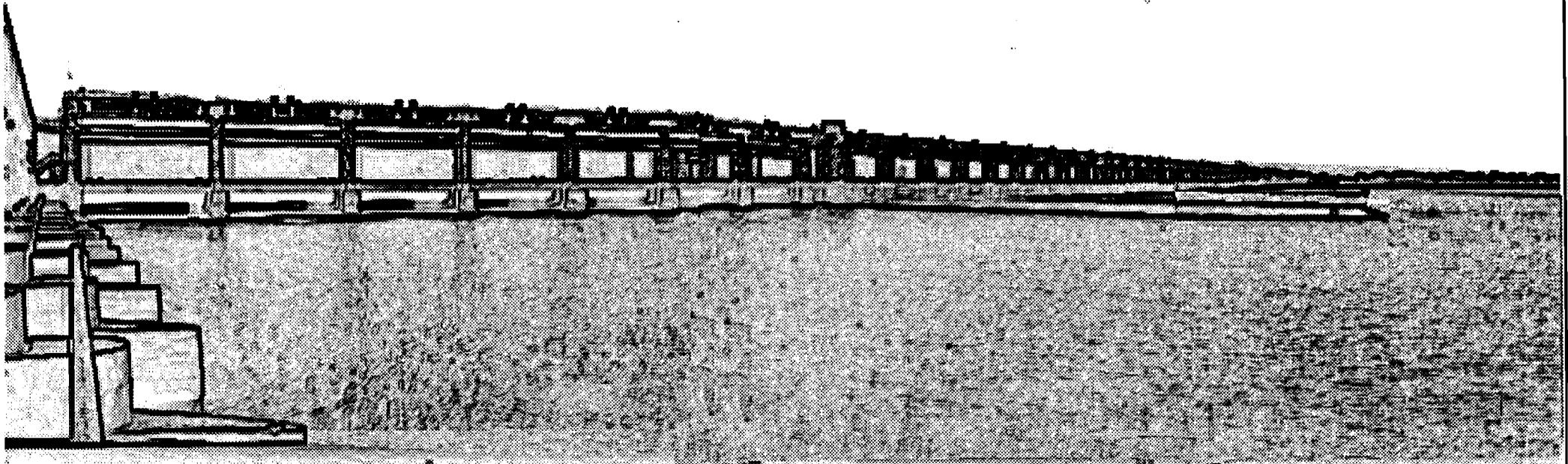
### 3. 收集資料一覽

- (1) Salient Features Multan Irrigation Zone
- (2) Project Concept Clearance Paper for Taunsa Barrage Gates and Hoisting System Rehabilitation Study, December 1994, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (3) Rehabilitation of Gate Equipment at Various Barrages, March 1990, Irrigation and Power Deptt. / Harza Engineering Company
- (4) Inspection Report on Regulating Gates of Barrages and Canals Head Regulators, April 1988, Mechanical Circle, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (5) Surface Drainage Manual for Pakistan, April 1993, Irrigation Management Project-II, USAID Project No.391-467
- (6) Map of Punjab Irrigation System, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (7) Contour map of Salinity Zones, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (8) Pakistan Irrigation System General Map, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (9) Map of Irrigation Canal Systems, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (10) L-Section of D.G.Khan Canal, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (11) L-Section of Muzaffargah Canal, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (12) L-Section of T- P Link Canal, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (13) River Surcey U/S & D/S of Taunsa Barrage, Irrigation and Power Deptt., Government of the Punjab
- (14) Drawings of Weir Gates - General Assembly
- (15) Schematic Diagram of Indus Basin Irrigation System
- (16) Irrigation Directory Punjab, June 1984,  
Planing and Development organization, Planing division, WAPDA

#### 4. 面会者一覽

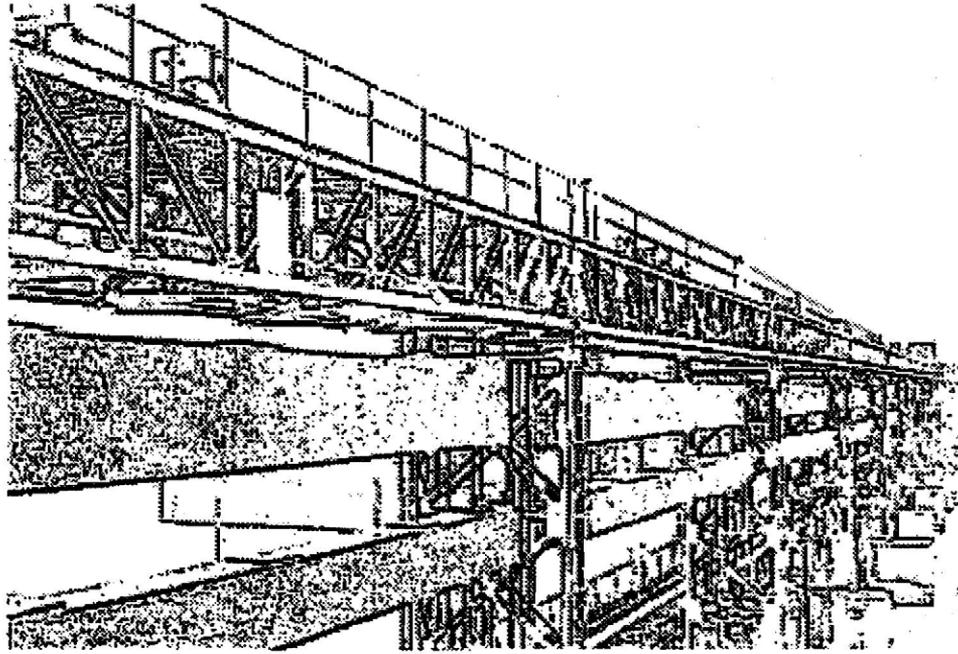
Mr. Riaz Armad Khan	Secretary, Irrigation and Power
Mr. Mian Abdul Ghaffar	Superintending Engineer, SCARP III Circle
Mr. Jehangir Khan	Superintending Engineer, Mailsi Canal Circle
Mr. Qazi Anwar Ali	Superintending Engineer, Mechanical Circle,
Mr. Rao Mohammad Raiz	Senior Engineer, Mechanical Circle,
Mr. Muhammad Azam Chaudry	Executive Engineer, Taunsa Barrage Division
Mr. Chaudry riaz Hussain	Chief Engineer, Irrigation D.G.Khan

## 5. 現地写真

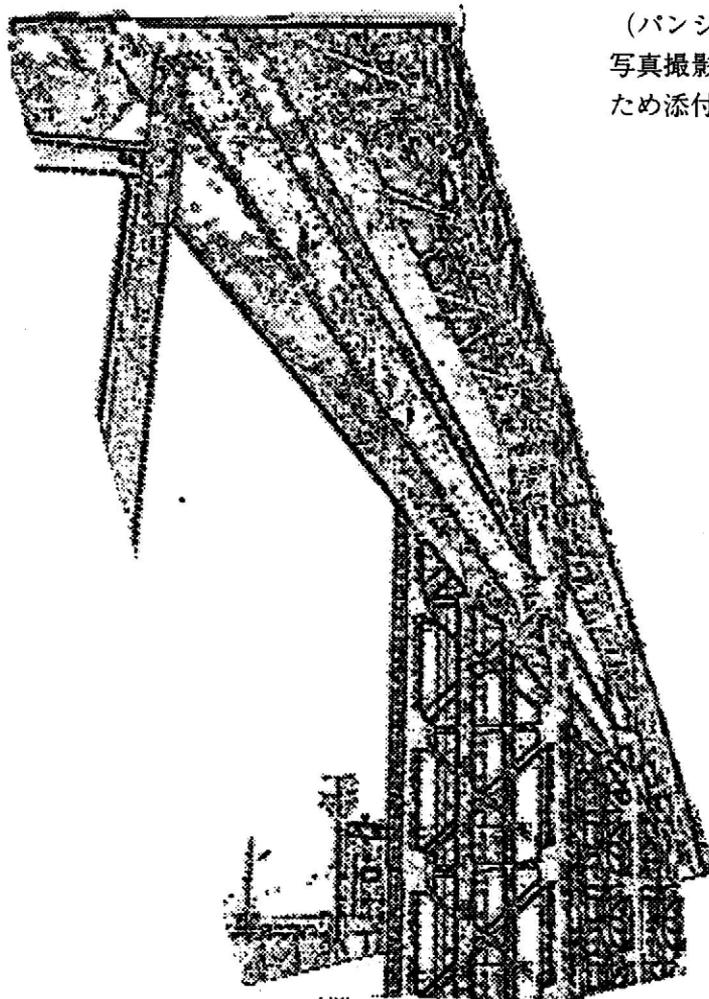


タウンサ堰のスケッチ

(パンジャブ政府関係者より写真撮影を禁止されているため添付できません)



タウンサ堰ゲートカウンター  
(パンジャブ政府関係者より  
写真撮影を禁止されている  
ため添付できません)



堰詳細模式図



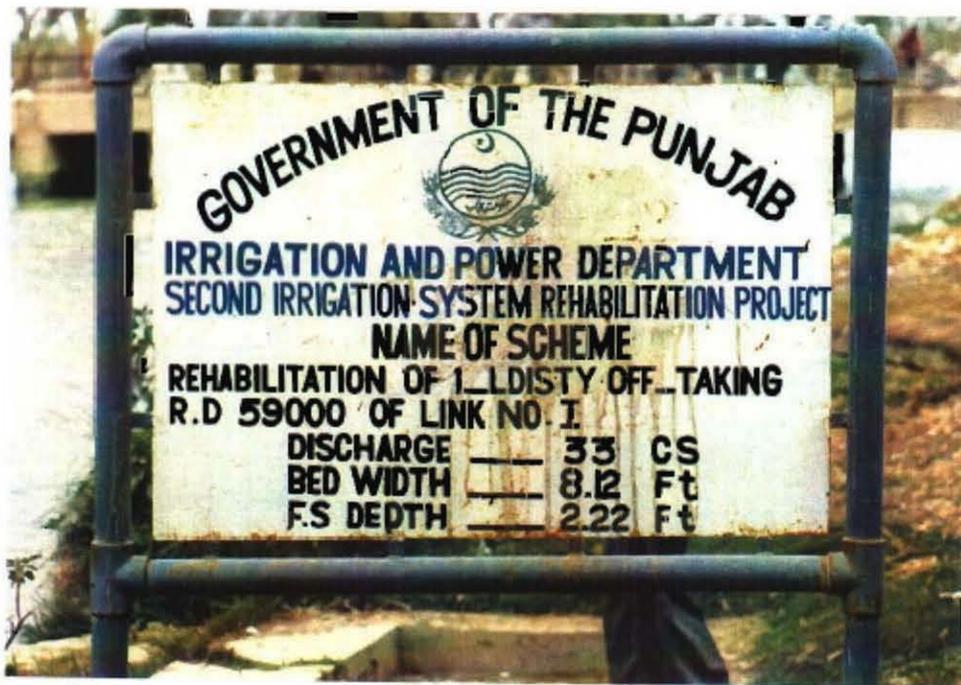
タウンサ堰ゲート  
破損部品



同 上



同 上



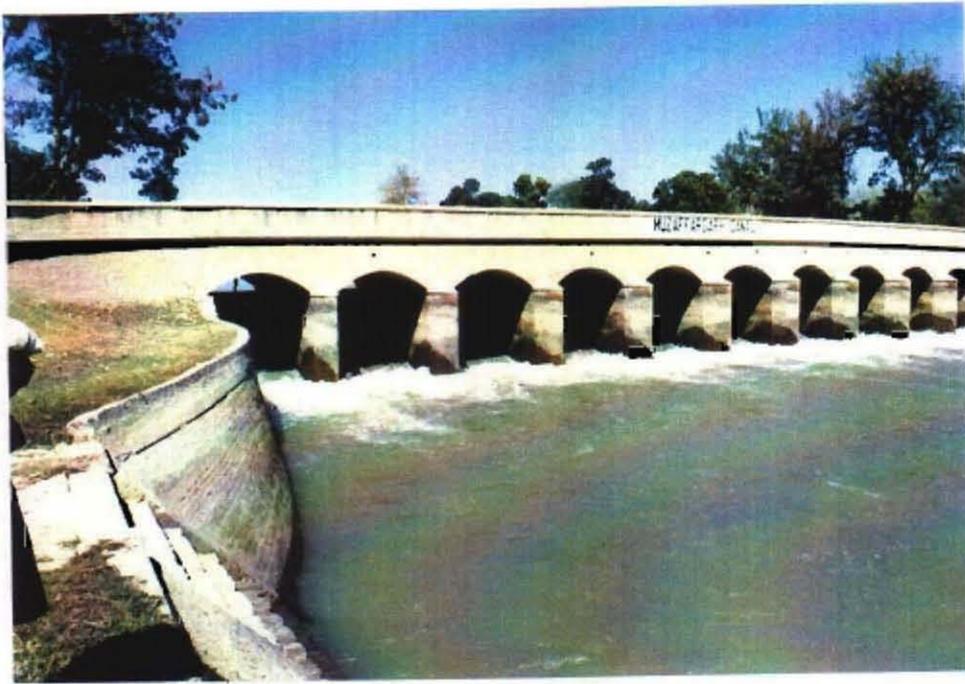
ムザファルガ水路支線  
改修工事案内板



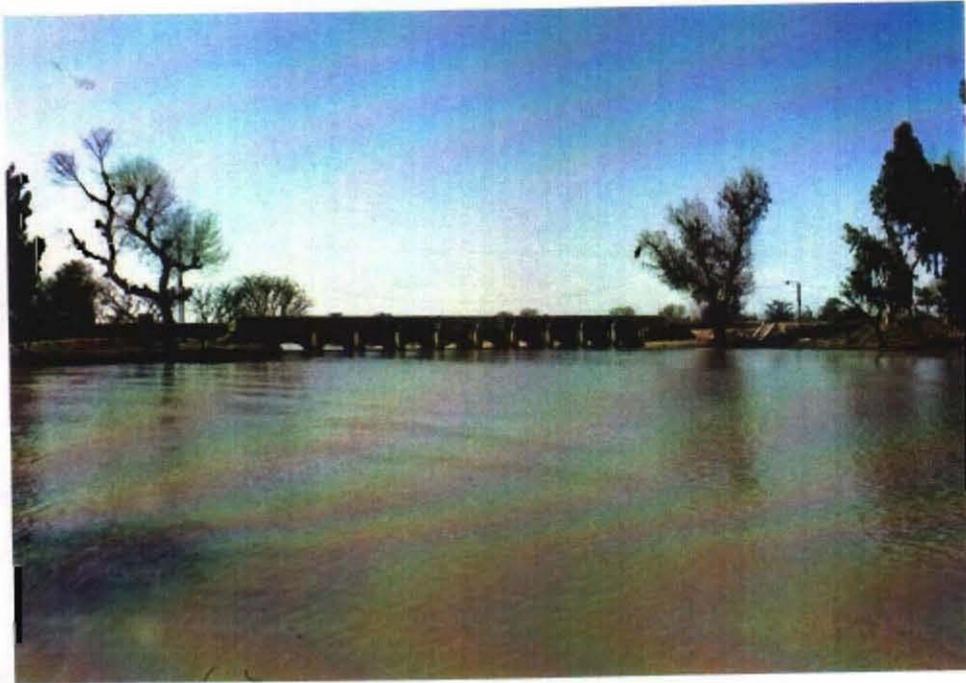
ムザファルガ水路  
堰ゲートより下流

ムザファルガ水路  
堰ゲートより上流





ムザファルガ水路  
堰の一つ



同 上



同 上  
ゲート



ムザファルガ水路  
水路斜面侵食状況



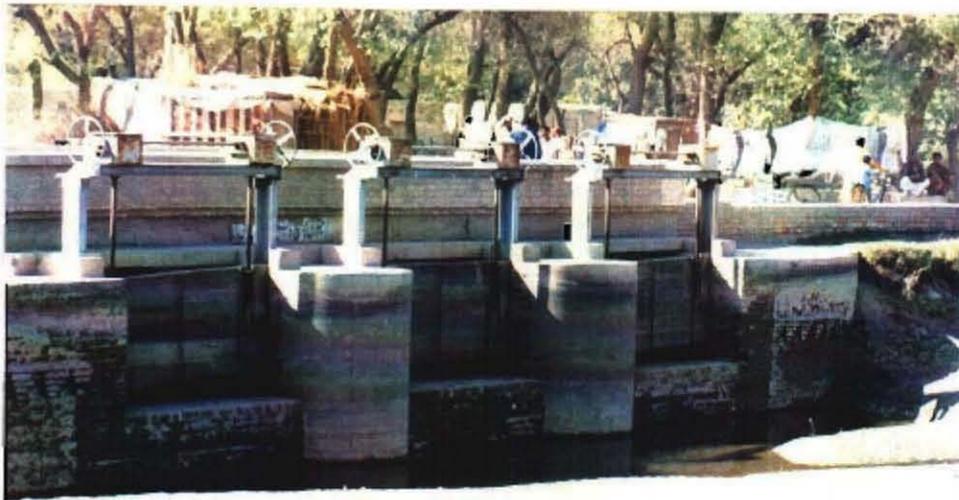
同 上



同 上



ムザファルガ水路  
末端部



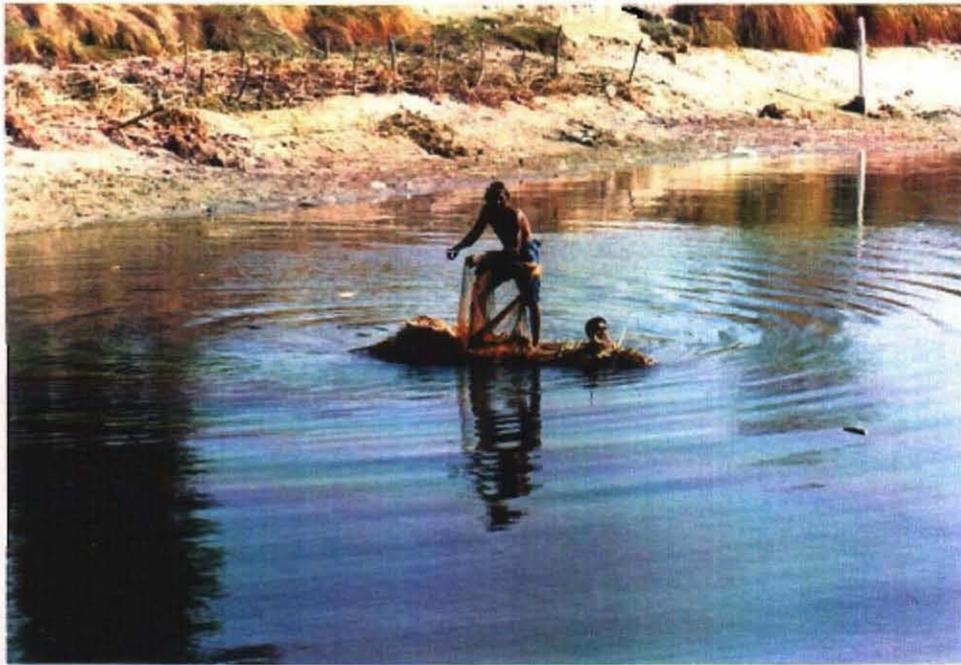
支線取入部



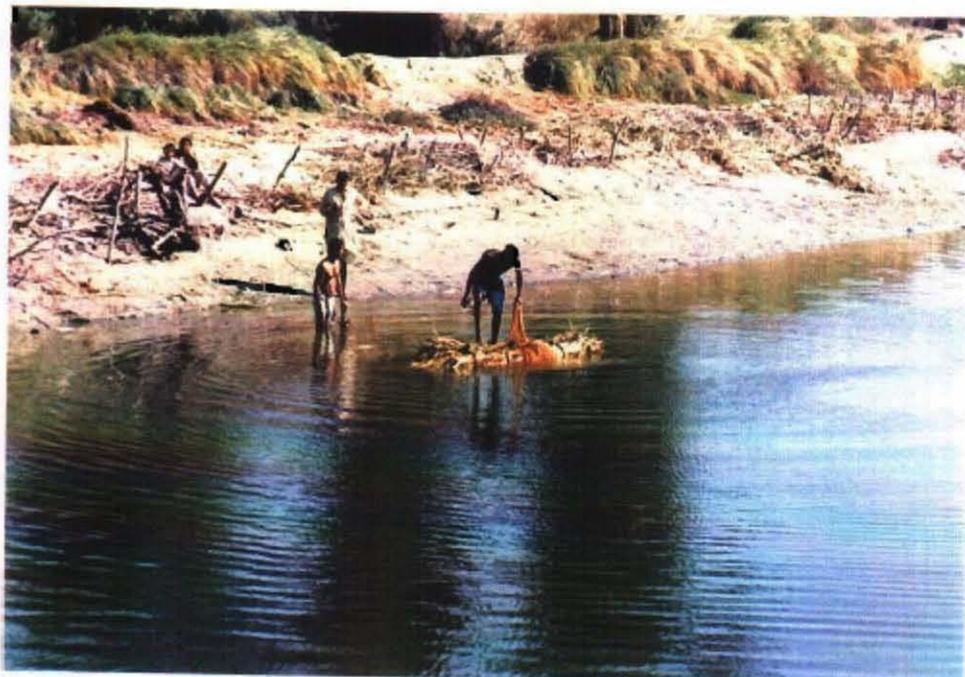
ムザファルガ水路  
河床



ムザファルガ水路  
末端部下流の支線



同 上



同 上



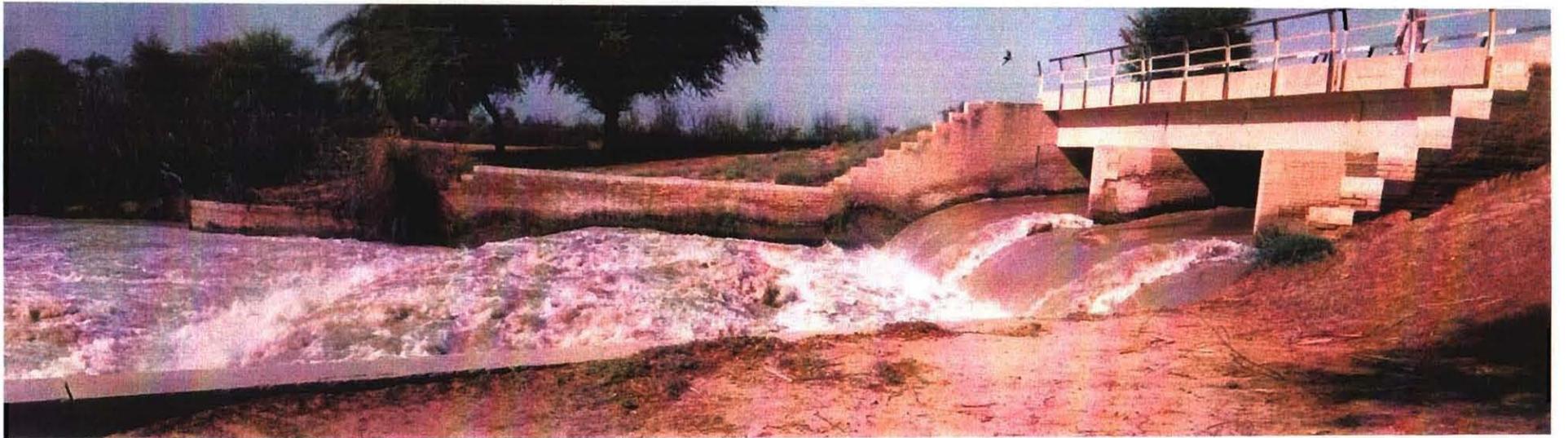
D. G.カーン水路  
堰の一つ



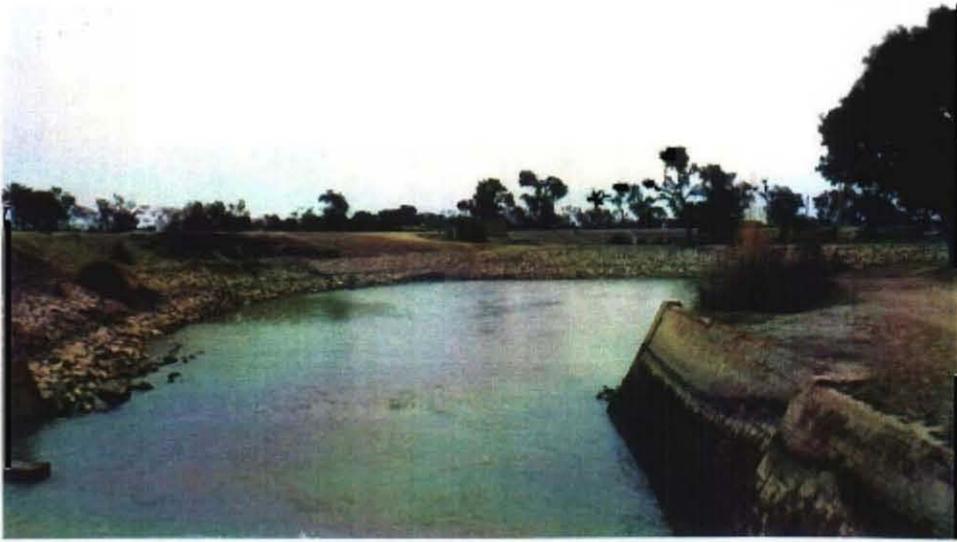
同 上



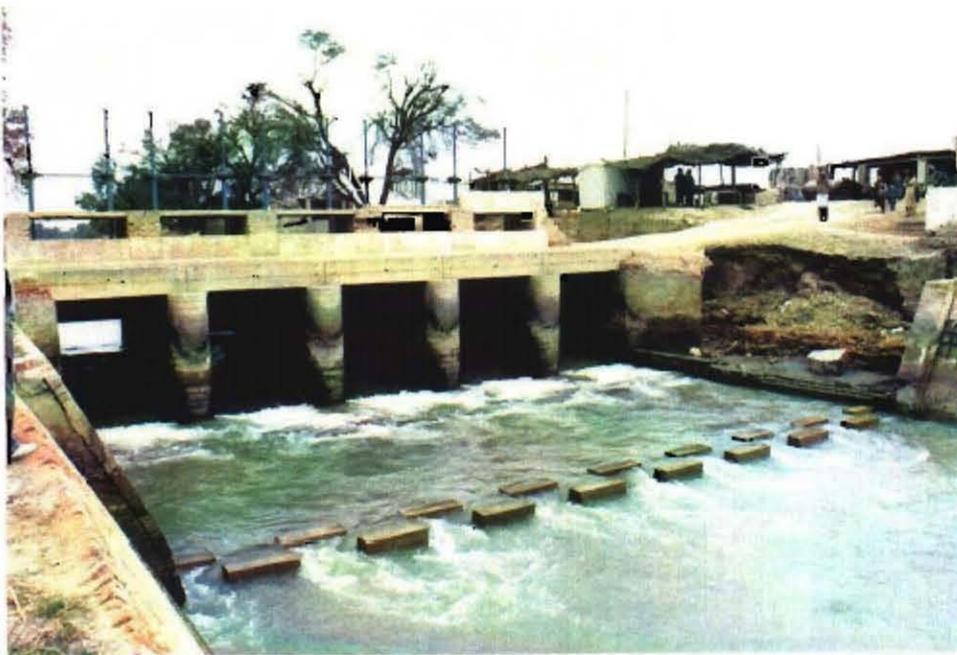
D. G.カーン水路  
堰の一つ



同 上



D. G.カーン水路  
支線の一つ



同 上  
支線取水堰



同 上