

パキスタン回教共和国

バハワールプール地区末端灌漑網の
ライニング機械施工計画

プロジェクト ファインディング調査
報 告 書

1993年12月

社団法人 海外農業開発コンサルタント協会

ま え が き

パキスタン回教共和国は、全労働人口の半分が農林水産業に従事し、国土の約 1/4が農耕地として利用されている。年間降雨量の少ない同国に於いて、農業が主流産業になり得たのは、英国統治時代の大灌漑事業がきっかけであった。

今日でも農業用水の多くの部分を灌漑に依存しているパンジャブ州に於いては、利用水の運河に於ける漏洩と塩害の発生が近年大きな問題となってきた、その対策が検討されている。

海外農業開発コンサルタント協会（ADCA）は、用水の漏洩量の最も多い末端灌漑用水路にライニングを専用機を使って貼ることが、漏水と塩害防止の上で、コスト、施工期間も含めて、極めて有効な対策であると考え、具体的手法を模索するべく後藤寧郎（株式会社 建設企画コンサルタント）を同国に派遣して各種の資料を収集した。

パンジャブ州の関係省庁によると、本プロジェクトはニーズが高く、且つ中央政府よりも優先度が与えられていると聞き、今後の早期進展が期待される。

最後に我々の調査団に対し、適切な助言とご指導を賜った在パキスタン日本国大使館、パンジャブ州灌漑省、同計画開発省をはじめとする両国政府関係機関に対し、深甚なる謝意を表したい。

平成 5 年12月

ADCAプロジェクト・ファインディング調査団

後 藤 寧 郎

パキスタン全図

- 国境
- - - 州境
- 首都
- 州都
- 都市



目 次

まえがき

位 置 図

1. パキスタン国の現況	1
2. パキスタン国の農業	2
3. 灌漑排水	4
4. 現地調査結果	7
5. 調査団所見	10
添付資料	11
(1) 調査団員氏名	12
(2) 調査日程	12
(3) 面談者氏名	13
(4) 入手資料	13
(5) 写 真	14

1. パキスタン国の現況

パキスタン国は、イラン、アフガニスタン、中国、インドに隣接する南西アジアの国であり、面積は79.6万平方キロメートル、人口1.17億人（1991年推定）、国民一人当たりGNP 400USドル（1991～92年）である。主要産業は農業であり、GDPの25%を占め、全就業人口の50%を擁し、全人口の69%が農村人口である。

パキスタン国は1982年以降10年間GDP成長率、平均年率6%と比較的順調な経済成長を成し遂げてきた。然しながら今後の経済発展の上で幾つかの問題をかかえている。

一つには経常収支が恒常的にマイナスであることで、1984～1991年の間毎年平均約16億ドルの赤字が続いている。今一つは貯蓄率が低いことで、GNP比貯蓄率13～14%は他のアジア諸国と比べても極めて低い水準にある。これ等の問題は今後パキスタン国が更に工業化と産業の多様化を進めて経済成長をなしていく上で投資余力の不足として支障となる。

更にパキスタン国が直面する問題は高い人口増加率である。パキスタン国の人口増加率は1981年の国勢調査によると年率3.06%となっており、アジアの平均1.8%に較べると著しく高い水準にある。人口の急増は、食料自給率の維持、更に住宅、給水、医療施設、教育の普及等社会福祉面の充実を難しくしている。特に識字率（1981年調査によると26%）向上の為に教育の普及は重要課題である。人口増加がこのまま続けば西暦2000年には1.53億人に達すると推定されており、いかにして増加する人口の食糧を確保し、かつ、家計収入の増加による教育の普及を通して人的資源の形成を進めるかが課題である。

2. パキスタン国の農業

パキスタン国の農業はGDPの約25%を占め、労働力人口の約50%を吸収する基幹産業である。耕地面積は 2,111万ヘクタール（1991～92年）で、国土総面積（7,961万ヘクタール）の26.5%を占める。

主要農産物は小麦、米、とうもろこし、豆類、砂糖きび、綿花であり、その生産量は表2-1に示す通りである。また、農業部門で国民の食生活の改善と現金収入につながるものとして伸びているのが畜産と果実である。

表2-1 主要作物生産量
単位：1000トン

項 目	1988～89	1989～90	1990～91
小 麦	14,419	14,316	14,505
米	3,200	3,220	3,265
とうもろこし	1,209	1,179	1,185
豆 類	624	768	785
砂糖きび	36,916	35,494	35,989
綿花（千ペール）	8,385	8,560	9,628

夏作（Karif 4～6月播種，9～11月収穫）：米，メイズ，綿花

冬作（Rabi 9～12月播種，3～5月収穫）：小麦，豆類

出典：パキスタン農業統計（経済調査）

農産物は最大の輸出品目であり、その加工品と合わせて輸出全体の約70%におよび、中でも綿花および綿製品は全輸出の約36%を占め、輸出の柱となっている。（表2-2参照）

表2-2 主要輸出品目の輸出量，輸出額

	1989～90		1990～91		1991～92	
	輸出量	金 額	輸出量	金 額	輸出量	金 額
		100万ルピー		100万ルピー		100万ルピー
原 綿 綿 糸 米	(1,000トン)		(1,000トン)		(1,000トン)	
	295.0	9,550	282.0	9,553	455.0	12,944
	377.4	17,917	501.1	26,675	505.9	29,170
	744.0	5,114	1,205.0	7,848	1,512.0	10,340
綿 布 合成繊維 カーペット 皮革類	(100万平方メートル)		(100万平方メートル)		(100万平方メートル)	
	1,018.0	12,000	1,056.0	15,199	1,196.1	20,372
	338.2	4,556	504.5	7,807	510.7	10,403
	3.3	4,923	3.5	5,003	3.9	5,709
	20.6	6,002	18.3	6,184	15.6	5,991
その他		46,407		60,013		76,799
合 計		106,469		138,282		171,728

出典：連邦統計局（経済調査1992～93）

この様に農業はパキスタン国の経済の根幹であり、パキスタン政府はこれ迄数次の開発計画において農業生産の拡大に重点を置いた政策を行ってきた。農業生産の拡大は急増する人口に対する食糧の確保と同時に、農村労働者の雇用の確保に不可欠である。また、農業人口の就業率を高め収入の増大を図ることは、工業製品の市場拡大、工業部門が必要とする貯蓄の増大の為にも重要である。特に生活の安定を通して教育の普及を図ることは労働力の質的向上により農業を始めとする全産業の生産性の向上につながるものであろう。

パキスタンの農業は古代よりインダス河流域の肥沃で水資源に恵まれた地域を中心に発達し、近年も設備の充実、有効な生産財投入を行って生産は伸びてきた。然しながらパキスタン全体を見ると農耕地の大半は年間降雨量 400mm以下の乾燥地にあり、今後はこれら雨量に恵まれない地域に対しても灌漑用水確保の努力が向けられて行くと考えられる。パキスタン政府計画委員会の第8次5ヶ年計画（1993～98年）にあたっての考え方としてもこの点が示されている。

3. 灌漑排水

パキスタンの灌漑排水の起源は古く、古代のモヘンジョダロのハラッパでは紀元前4,000～3,000年頃に川の水を引いたり、井戸の水を汲み上げたりした灌漑の遺跡が認められている。インダス川流域では14～15世紀頃には、既に洪水時の河川の氾濫水を農地に引き込み、堪水灌漑を実施していた。

パンジャブ地方に灌漑担当の部局が創設されたのは英領下の1854年のことであり、近代的な灌漑手法を取り入れ、取り入れ堰を含む取水施設や水路網を設ける大規模灌漑方式が始められた。その後、この地域の灌漑農業は急速な進歩と普及を遂げ、20世紀前半にかけパキスタン内各地で大規模灌漑開発が進められた。

特に世銀の援助で、インダス・ベーズン・プロジェクトが実施され、世界的にも特大規模の有効貯水量66億トンのマングラ・ダムおよび、同 115億トンのタンベラ・ダムが建設された。この他、灌漑施設として、各河川間を連絡する8つのリンク・チャネル、6つの取り入れ堰の新設、並びに既設の3つのリンク・チャネルおよび3つの灌漑システムの改修を行い、これらすべての施設は1975年までに完成された。

これらの灌漑施設の受益地以外や、受益地内でも末端地域で十分な給水量の得られない地区では、局所的に中小規模のダムを造ったり、井戸を設けてポンプ灌漑をしている。また西部の山麓地方では、洪水時の水を引き込み、農地に堪水させて、農作物の栽培に利用している地域もある。

一方、これら既設のダムはその荒廃した流域のため、流入土砂による堆積土量が異常に多く、その貯水能力は年々低下している。また、多くの老朽化したり、機能上十分でない既設の灌漑施設の改修も急がれていて、既設のダムの嵩上げ計画や新規の大規模ダム計画なども挙げられている。

1991年3月、長年の懸案であった、インダス川の水利権（パキスタン各州に対するインダス川の水の配分）について各州が合意した。これによってそれぞれ、州毎に将来の灌漑計画が策定できるようになり、灌漑施設の建設計画が具体化する機運にある。

世界的な通例として、乾燥地を灌漑すると灌漑地域の地下水位が上昇し、毛細管現象にともない土中塩分が地表面に集積し、農作物に被害が発生する。この現象が過度に進行すれば、農地として使用不能となる。また、地下水位がさらに上昇して、地表面以上となると、排水不良のウォーター・ロギング現象が生じ耕作不適地となる。過去数百年の間の灌漑開発の結果、パンジャブ州を始めとしてパキスタンの広範囲の地域にこれら

の塩害やウォーター・ロギングの問題を抱えた土地がある。この救済のため1961年以来数多くのチューブ・ウェルを設置し、地下水を汲み上げ、また排水路網を整備する対策事業を実施してきているが、未対策の土地も広く残されている。

パキスタンに於ける水管理は水管理開発公社（WAPDA）が行い、インダス川より各州が取水できる許容量や大規模運河の管理を行っている。これに対し中規模以下の運河や堰は、各州の灌漑省と農業省が管理している。灌漑水路のクラス分けは流量に基づいて以下のように行われている。

Main Canal	500< (Cusec.)	
Branch canal	50～500	〃
Distributary	15～50	〃
Minor	5～15	〃
Sub Minor	< 5	〃
Water Course	0～4	〃

このうちMain Canalより Sub Minor迄は灌漑庁（Irrigation and Power Dept.）の管轄であり、Water Courseは農業省の担当となっている。

パキスタンでは人口が年率 3.1%で増加して居り、これに伴う食糧増産が急務として、第8次5ヶ年計画（1993～1998）に於いてもトップ・プライオリティに挙がっており、穀倉地帯であるパンジャブ州を始め、農地開発（ホリゾンタル・エクスパンション）が各州で行われて居り、これに伴って灌漑用水の需要がうなぎ昇りに上がって居る。このため従来では歎心の薄かった灌漑用水の節約に目が向けられ、最近では用水路よりの漏水による損失を減少すべきだとの見解が主流を占めるに至った。

特に漏水で問題となったのは、パンジャブ州では一番延長距離の長いDistributariesとMinorsである。また漏水により、Waterloggingと塩害（Salinity）問題も併せて発生し、今日では大きな問題になっている。

このため1990年には中央政府灌漑庁のChief Engineerの指示により、水路に各種のライニングを貼付する実験が行われた。使用されたライニング用の材料は以下の通りであった。

レンガ・ブロック

セメント・コンクリート

PVC（ビニール被膜）

ジオ・テキスタイル

この実験では各々についての節水量のデータは得られなかったが、品質、耐久性、コストを比較した結果、セメント・コンクリート・ライニングが一番効率的との結論に至った。

この時のコンクリート・ライニングの敷設費用が、人力により行った場合Minorsにおいて Rs 505,800/1,000ft であったが、耐用年数を30年とすればコスト的にも十分採算に合うものと判断された。

以上の試験結果をもとに、パキスタン側は末端灌漑水路（Distributaries & Minors）のライニング貼付を機械化施工で行うべく、その研究を(株)建設企画コンサルタントに依頼してきたものである。

4. 現地調査結果

インダス川の支流ラビ川に設けられたシドナイ堰(SIDHNAI BARRAGE)で取水された用水は SIDHNAI CANALを経て、MULTAN CANALS DIVISIONの用水に利用される。MULTAN CANALS DIVISION は約20万Haの灌漑面積を持つ。地区は概ね平坦で水路は概ね1/10,000～15,000の緩勾配で緩やかに(流速 0.2～0.3m/sec前後)流れている。

農地は均平されて、水田の様に畦畔で1～2 Ha単位で囲繞されて、貯留灌漑される。これは塩害防止の目的があるものと考えられる。灌漑作目は、稲、さとうきび、棉花等が対象となっているが、MULTAN地区では棉花栽培が多い。

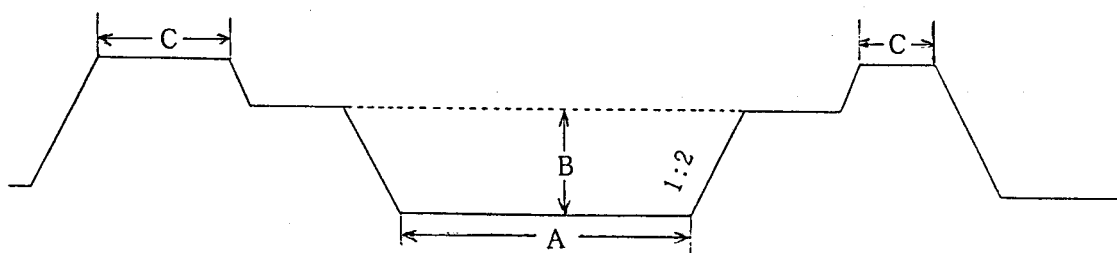
水路はほとんどが土水路で両側に管理用道路が配されている。土水路のため浸透損失が多く(20～40%)これが地下水位を高め塩害発生の一因と考えられ、また水の損失は灌漑面積の減少と非効率化につながるので、水路にライニングを貼付する問題が大きく取り上げられている。

灌漑回数は少なく(年2～3回)で単位用水量は少ないが、順に灌漑してゆくので通水期間は長く、通水を中止できる期間は年1ヶ月位しか見込めないので、工事期間を短くするためにライニング機械の導入に大きな期待が持たれている。現在、製作されているライニング機械は水路の上幅が5 m以下のものが適当であるので、適当な一例として JAMPUR DISTYの水路を紹介する。

JAMPUR DISTYは延長18km、灌漑面積 7,800Haの Distributary といえる。

Branch Canalより取水して上流5 kmは底幅15フィート $\approx$ 4.57m、水深2.75フィート $\approx$ 0.83m。

次の5 kmは底幅12フィート $\approx$ 3.65m、水深2.50フィート $\approx$ 0.76mで設計され、法勾配は 1.5 : 1である。これを、コンクリートライニングすれば、マンニング平均流速式の粗度係数n値は規則正しい土水路の 0.017～0.027 が、コンクリートの 0.012～0.016 となり、約30～40%程の流速増加がもたらされるので、設計流積は20～30%減少させ、水路底幅をその分、狭く出来る。



A : Bed Width

B : F. S. D.

C : Bank Width

この水路の施工には通水中止できる期間が年に1ヶ月程度と限られるので、仮水路を通して通水し、その間に現水路をライニングしなければならない。水路のために別の用地を取得することは、現地の農民性から困難が多いという。

従って、施工方法は、左岸側の幅広の管理用道路内に仮水路を掘削して用水を仮廻した後、現水路に管理用道路の掘削土で埋め戻し、締め固めた後、ライニング機械で掘削、コンクリートライニングを行うことが出来る。

JAMPUR DISTYの様なDistributaryはMULTAN CANALS DIVISION内にも数百キロメートルもの水路網があるので、このライニング機械施工法は水路のライニング化を促進させ、用水の節約と灌漑面積の拡大に大きな発展が期待できる。

以上の調査をベースに、本調査団とパンジャブ州灌漑省とは数次におよぶ討議の結果、以下の結論に達した。

- (1) ライニング貼付を機械施工で行う対象水路はDistributariesとMinorsとする。
- (2) ライニングはコンクリートとする。
- (3) 水路は10, 20, 30, 40, 50, Cusec の5サイズとし、ライニング機械のアタッチメントを3種類製造して対応する。
- (4) 施工法としては Diversionを造り、現有水路は一旦埋め戻し、締め固め後再掘削する。
- (5) 調査団は、機械のフリート、プロジェクト・コスト等も含めたプロポーザルを作成し、パンジャブ州灌漑庁に提出する。
- (6) パンジャブ州灌漑庁は、このプロポーザルをベースにP C - I フォームを作成し、これを日本国政府の無償資金協力候補案件としてパキスタン中央政府に申請する。
- (7) 今後も両者は協力して事業の推進に当たる。このため(株)建設企画コンサルタントはパンジャブ州灌漑庁の要請により調査団の再度派遣を含む資料の提供、技術的ノウハウの開示を行う。

5. 調査団所見

雨量の少ないパンジャブ州では、灌漑用水の管理こそが同国の基幹産業である農業生産を維持する生命線であり、灌漑に関するプロジェクトには常に高いプライオリティが置かれている。

結果によると灌漑用水量は年々減少して居り、このためにはパンジャブ州として用水の有効利用を積極的に推進する必要がある、漏水や塩害の防止につながる本計画には、パンジャブ州灌漑省に於いて高いプライオリティが与えられている。

調査結果をベースにした我が調査団の提案は、その後パンジャブ州の灌漑省に於いて高い評価を受け、国家プロジェクトとして承認されるべく、現在手続中であり、早期実現が期待されている次第である。

添 付 資 料

(1) 調査団員氏名

(株)建設企画コンサルタント

後 藤 寧 郎

(2) 調査日程

日 程 表						
日数	年月日	曜日	出発地	到着地	宿泊地	備 考
1	H. 4. 12. 2	木	成 田	シンガポール	シンガポール	出国, 乗継
2	12. 3	金	シンガポール	カラチ	カラチ	パキスタン入国
3	12. 4	土	カラチ	イスラマバード	イスラマバード	大使館表敬 JICA表敬, 資料収集
4	12. 5	日	イスラマバード	ラホール	ラホール	移動 農業省打合
5	12. 6	月	ラホール	ラホール	ラホール	農業省打合 資料収集
6	12. 7	火	ラホール	ムルタン	ムルタン	ムルタン・ワイスで打合 現地踏査
7	12. 8	水	ムルタン	イスラマバード	カラチ	現地踏査, 移動 大使館表敬
8	12. 9	木	カラチ	香 港	香 港	乗継
9	12. 10	金	香 港	成 田		帰国

(3) 面談者氏名

- ・ 田野井 雅彦 氏 : 在パキスタン日本国大使館一等書記官
- ・ Mr. Mohammad Rial Khan : Chief Engineer
- ・ Mr. Mohammad Sharif Khan : Superintending Engineer
- ・ Mr. Wasif Sultan : Executive Engineer
- ・ Mr. Mohammad Sagheer : Executive Engineer
- ・ Mr. Ziaulla Sdo : Sub-divisional Officer

(4) 入手資料

- 1) Line Diagram of Channel
- 2) Typical X - section RDO Jampur Disty
- 3) Haveli Canals Circle Index Plan
- 4) Organization Chart, Irrigation and Power Department, Punjab
- 5) Map of Bahawalpur

(5) 写 真

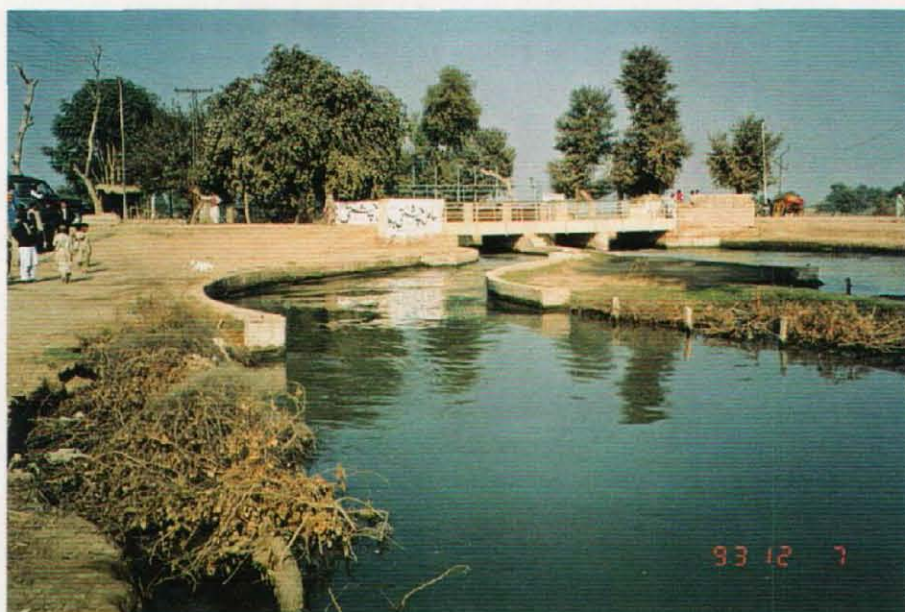


DISTRIBUTARY

と管理用道路



分水個所



分水直後の

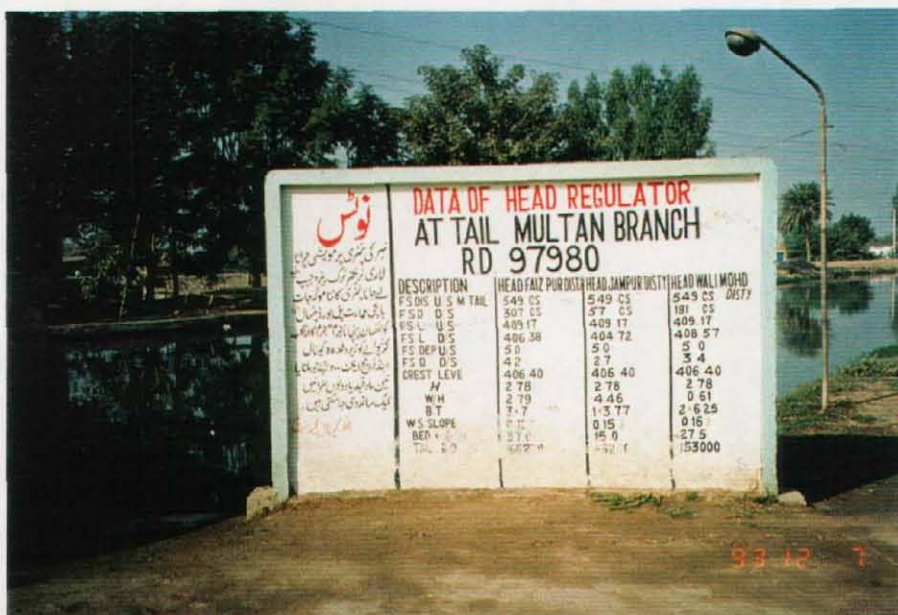
JAMPUR DISTY



水路と圃場



水門の上流



支線末端の水位調節水門の
分水データ