

パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州地下水開発計画
基本設計調査報告書

JICA LIBRARY



J 1137528 (4)

平成8年10月

国際協力事業団
日本テクノ株式会社

調無一
C R (2)
96-265

LIBRARY



1137528(4)

パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成8年10月

国際協力事業団
日本テクノ株式会社

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、同国のパンジャブ州地下水開発計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、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6月1日から7月6日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団はパキスタン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いたしました。帰国後の国内作業の後、平成8年8月26日から9月4日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成8年10月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁 藤 田 公 郎

伝 達 状

今般、パキスタン・イスラム共和国におけるパンジャブ州地下水開発計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

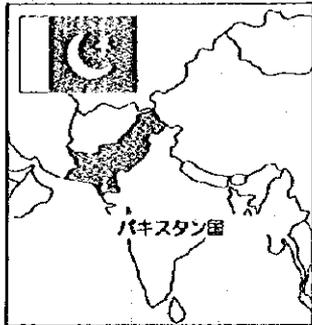
本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成8年5月27日より平成8年10月31日までの5.0ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、パキスタンの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

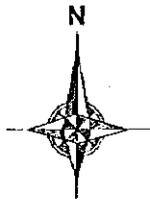
平成8年10月

日 本 テ ク ノ 株 式 会 社
パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州地下水開発計画基本設計調査団
業 務 主 任 香 川 重 善

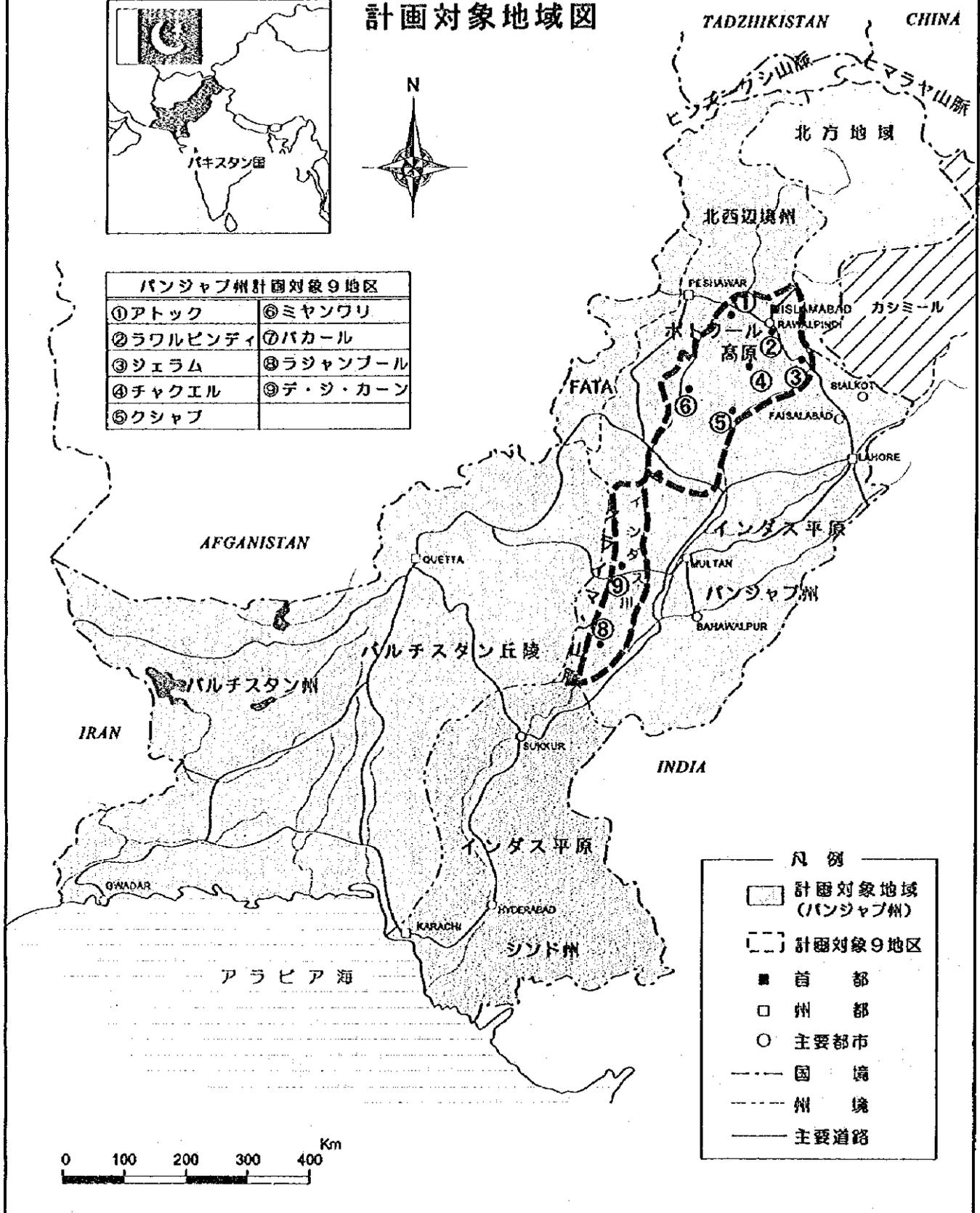
パキスタン・イスラム共和国
 パンジャブ州地下水開発計画基本設計調査



計画対象地域図

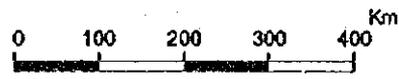


パンジャブ州計画対象9地区	
①アトック	⑥ミヤンワリ
②ラウルピンディ	⑦バカル
③シェラム	⑧ラジャンプール
④チャクエル	⑨デ・ジ・カーン
⑤クシャブ	



凡例

	計画対象地域 (パンジャブ州)
	計画対象9地区
■	首都
□	州都
○	主要都市
---	国境
- - -	州境
—	主要道路

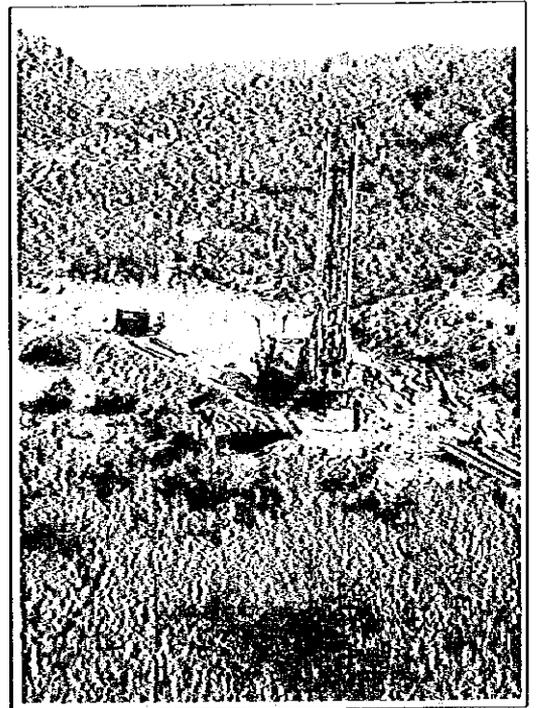




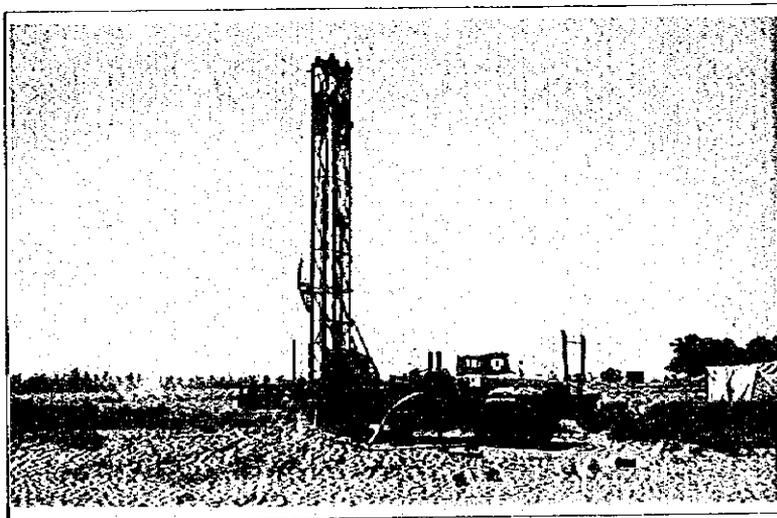
農業総局における合意議事録署名



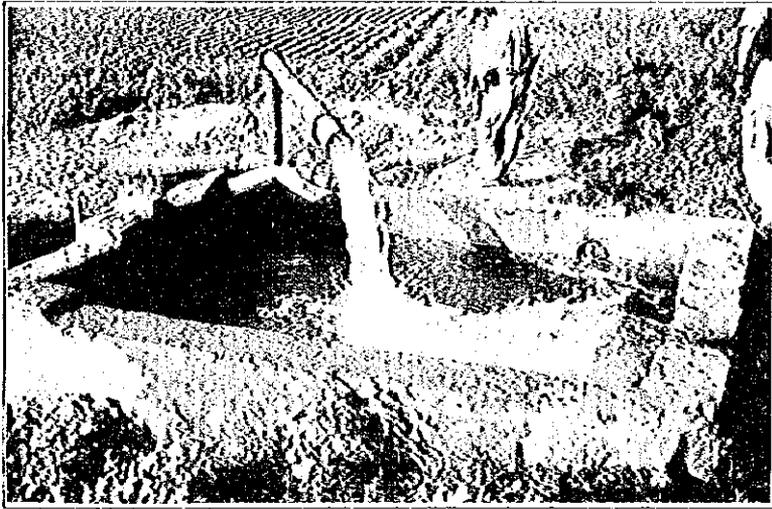
地下水利用灌漑耕作地（アトック県）



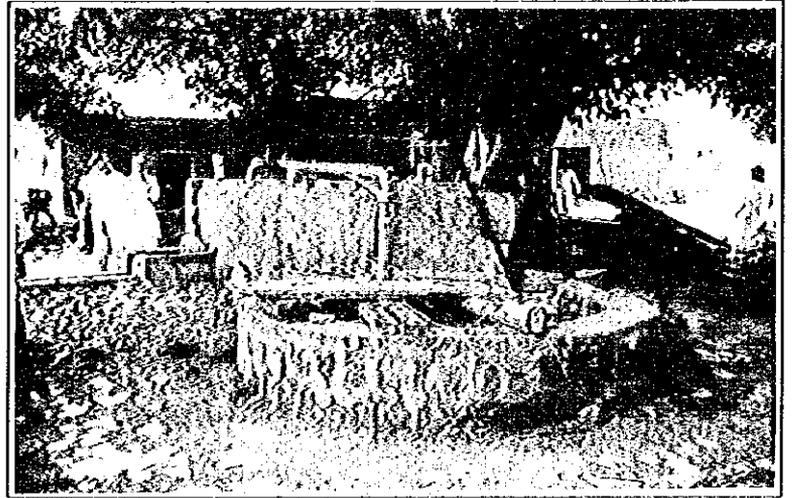
1988年度2KRで農業総局に調達された
井戸掘さく機（クシャブ県）



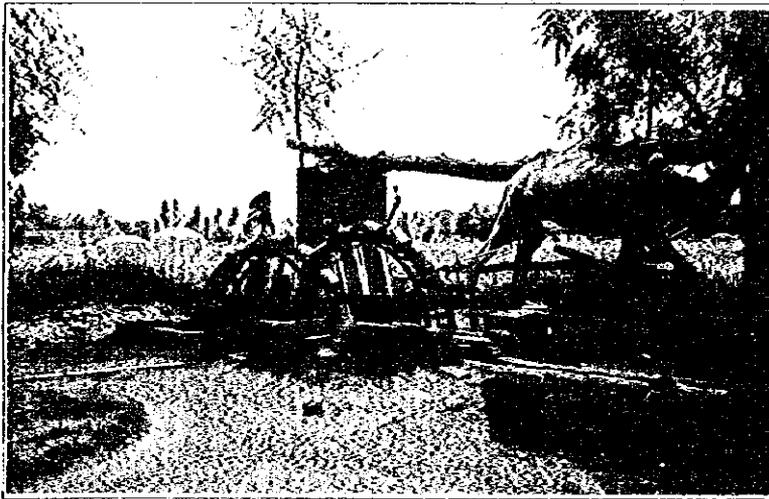
1988年度2KRで農業総局に調達された
井戸掘さく機（アトック県）



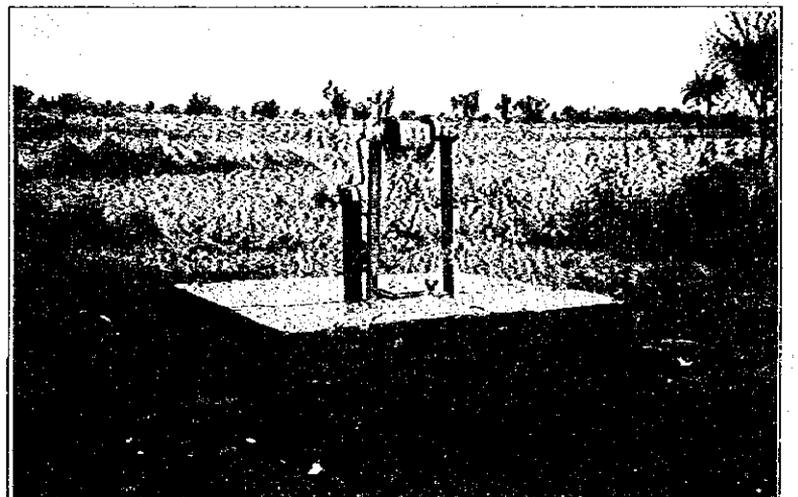
地下水利用灌漑状況
(ファイザラバード県)



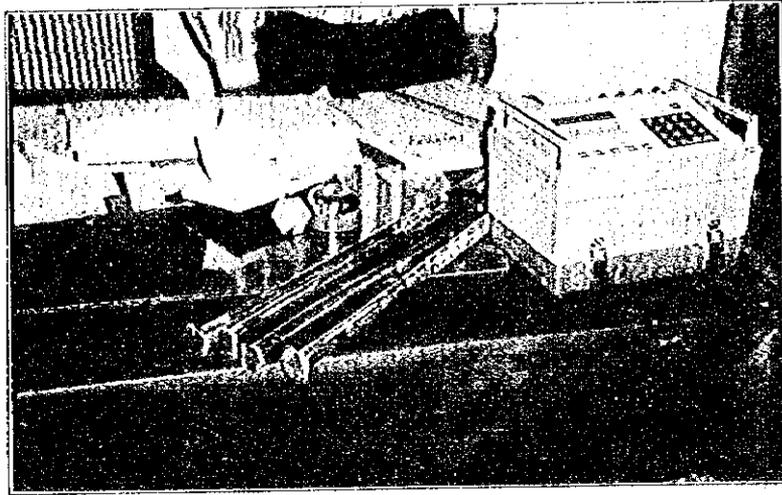
伝統的浅井戸
(ラワルピンディ県)



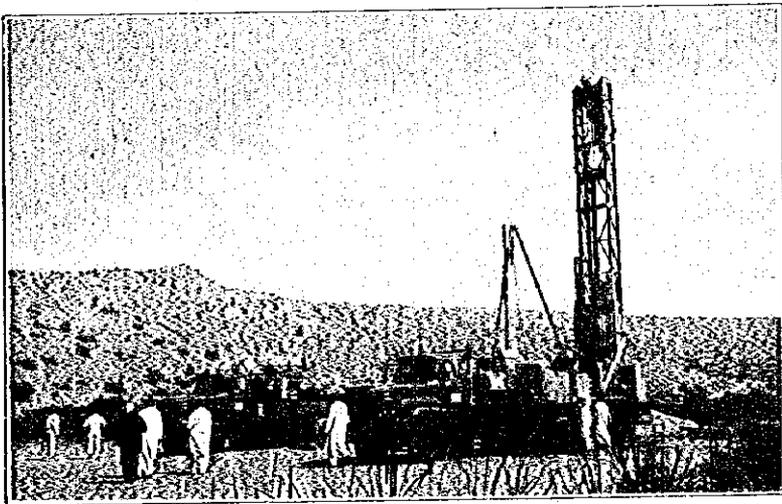
ベルシャ井戸
(チャクエル県)



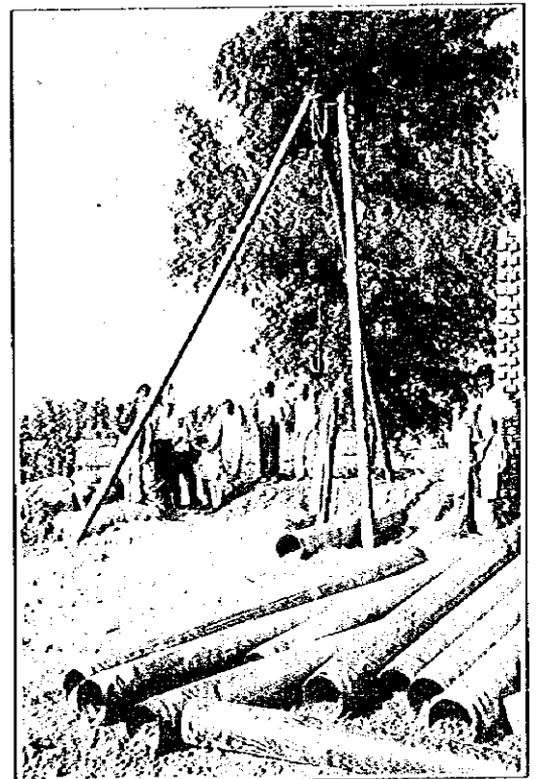
家庭用深井戸
(チャクエル県)



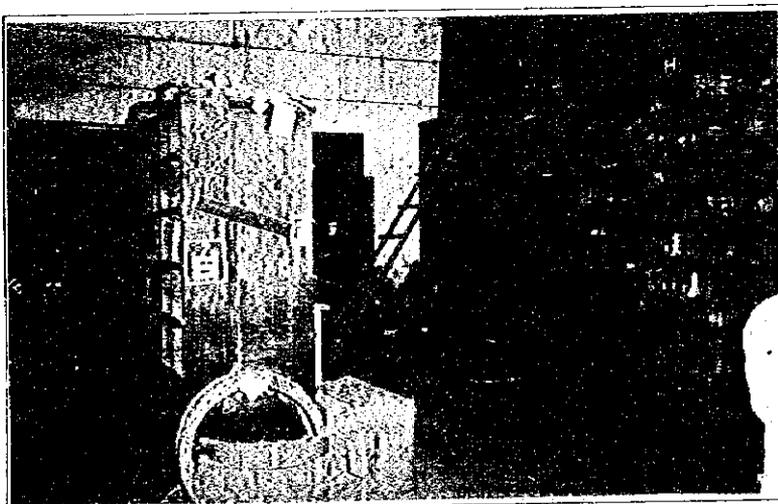
1988年度2KRで農業総局に調達された電気探査装置



1994年度一般無償でWAPDAに調達された掘さく機
(トライバル地域)



農業総局保有の手掘り掘さく機による
井戸建設現場(ファイザラバード県)



掘さく機材スペア・パーツ在庫状況(農業総局ワークショップ)

要 約

パキスタン・イスラム共和国は南西アジアに位置し、東はインド、西はイランとアフガニスタン、南はアラビア海に面する国土面積796千km²、人口1億3千460万人（1996年推計）の国である。地形的には、標高2,000m～7,000mの最北部ヒマラヤ山脈、ヒンズークシ山脈、ポットワール高原、スライマン山脈、バルチスタン丘陵およびインダス平原と大きく6地区に分類される。気候的には亜熱帯性乾燥気候に属し、年間平均降水量はインダス平原では100mm～800mmにすぎず、乏しい降水量に加え夏季は50℃を越える高温となるため、地上からの蒸発量が降水量を上回り大規模な砂漠地帯が広がっている。

1994年の国民総生産(GNP)は556億ドルで、国民1人当たりGNPは約430ドルである。パキスタン国の経済基盤は農業であり、国内総生産(GDP)の約25%、就労人口の約50%が農業に従事しているが、天候に依存した不安定で生産性の低い農業経営が多い。そして、GDPの過去5年間（1991年～1996年）の成長率は平均5%、経済成長は順調であるが、高い人口増加率（年間平均3.1%）、失業率の増大、恒常的な財政赤字と貿易赤字を抱え、外国援助に依存した経済となっている。現在同国の経済が順調な成長をとげている背景として、1988年にIMFの構造調整ファシリティー(SAF)による融資を受け、世銀、IMFの指導の下で構造調整プログラムを実行していることが挙げられる。

パキスタン国政府は、第8次5ヵ年計画（1993年～1998年）の中でGNPを年率7%で成長させるとともに、人口増加の抑制により国民1人当たりの所得の増大を目的とした重点政策を進めている。特に、パンジャブ州は全国耕地面積の約57%を占め、食糧生産では約67%を生産する同国の穀倉地帯である。パンジャブ州政府農業総局（農地担当）農業機械局は、機械化による農業生産性の向上を目標として、井戸掘さく機導入による地下水灌漑の推進を図り農業の効率化を実践している。また、パンジャブ州政府は灌漑農業の推進のため、1972年より灌漑井戸建設に対する補助金制度を制定し、農民の要請を基本とする深井戸建設や動力ポンプの設置に補助金を支給し、農民の費用負担の軽減と計画の促進を図っている。

日本国政府は、1988年パンジャブ州政府の要請に基づき、食糧増産援助により10台の井戸掘さく機の調達を支援した。これらは現在順調に稼働しているが、バラニと呼ばれる天水農業地帯において農業生産の一層の増大のため、地下水開発機材の調達が求められている。地下水開発による灌漑計画は、農地の単位収穫量の増大と綿花、サトウキビ、米などの換金作物への栽培パターンの転換を可能とするため、農民の灌漑深井戸建設の需要が増大している。一方、農業機械局は所有する井戸掘さく機の老朽化の問題等から農民の要請

に応えきれず、実施機関は早急に地下水開発に必要な井戸掘さく機を調達し、灌漑井戸建設能力の強化を図る必要性が生じている。このため、パキスタン国政府は、新たに日本国政府に対して井戸掘さく機を含む地下水開発機材の調達に関する無償資金協力を要請した。

日本国政府は要請に基づき、パンジャブ州地下水開発計画にかかる基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が1996年6月1日から7月6日まで調査団を現地に派遣し、政府関係者との協議及び現地調査を実施した。帰国後、調査団は協議内容、現地調査結果の国内解析を行い、1996年8月26日から9月4日まで基本設計概要書の現地説明を経て本報告書を作成した。

計画対象地域は、パンジャブ州9地区のバラニと呼ばれ天水（雨水）だけに頼った農業を行っている地域で、地下水による灌漑が可能となれば農業生産が確実に向上する地域である。そして、現在農民が早急な地下水開発を希望している地域の面積は、1,157千ha（2,856千エーカ）である。地下水は乾期にも利用可能な深度100m～200mの被圧帯水層として、第三紀鮮新世・中新世堆積層中に存在するため、中硬岩の掘さくが可能な井戸掘さく機が必要である。計画対象地域の井戸掘さく機の必要台数については、灌漑対象面積、営農規模、農民収入および地下水開発の重要度の視点より判定し、さらに実施機関である農業総局（農地担当）の運営・維持管理費の支出等を考慮し適正な規模を検討した。また、運営・維持管理を担当する農業機械局井戸掘さく部の人的資源・要員数およびパンジャブ州政府の灌漑地下水開発の補助金計画等を考慮した。この結果、下表に示すように当初要請9地区のうち優先度が高い総合評価(A)の7地区に対して9台の井戸掘さく機を調達することとなった。1地区で2台とした地区はアトックとデ・ジ・カーンであり、アトックについては、計画灌漑井戸本数の需要が最も高い地区であり、また、デ・ジ・カーンについては、地方農民の貧困の解消を含めて緊急に農業開発を行う必要性が最も高い地区である。

地区名	総合評価	新規井戸掘さく機 配置案
1.アトック	A	2
2.ラウルピンディ	A	1
3.ジェラム	A	1
4.チャクエル	A	1
5.クシャブ	C	0
6.ミヤンワリ	A	1
7.バカール	A	1
8.ラジャンプール	B	0
9.デ・ジ・カーン	A	2
計		9

要請内容の検討結果に基づき、本計画の概要は次の通りである。

No.	要請書(1989年8月)		基本設計内容(1996年9月)		
	機材名	数量	機材名	数量	仕様
1.	井戸掘さく機	10台	井戸掘さく機	9台	車輻搭載型井戸掘さく機 掘さく能力:深度200m以上
2.	井戸掘さく機関連機器 ドリルパイプ、ドリルカッター、 ビット、スクリュー、ビットホルダー、 ビットプレッシャー、技術工具箱他	1式	掘さくツールズ	1式	1)スクリュー・ブレード 2)ドリルパイプ・ツールズ 3)その他
3.	スペア・パーツ	1式	スペア・パーツ	1式	必要最小限度部品
4.	調査用器具 1)電気探査装置 2)揚水試験装置 3)孔内検層器	2式 2式 2式	コンプレッサー	3台	可搬式
5.	その他		1)トラック・トラクタ 2)ポンプ	2台 1式	4x4駆動、トラック・トラクタ ポンプ型

本計画の実施に必要な事業費は、日本側負担分1,302百万円、パキスタン側負担分は、運営・維持管理費として11.32百万ルピー/年(38百万円/年)である。実施工程については、E/Nから業者契約まで約4ヶ月、調達引き渡し完了まで約10ヶ月を必要とする。

パンジャブ州における地下水開発としては、既に1988年2KRによる農業省地下水開発計画および1993年水利電力公社(WAPDA)水理地質局ラホールの全国乾燥地域地下水開発計画があり、類似案件としての現地調査の結果、これらの機材は十分に活用されていることが確認された。

本計画の実施による効果は以下の通りである。

- 1) 地下水開発機材の調達により、実施機関である農業総局の農業機械局井戸掘さく部は活動が強化され、農民は井戸掘さくを申請した後の順番待ちの期間が短縮される。現有の井戸掘さく機台数は16台で、新規に9台が調達されることにより掘さく能力が増強され、開発された地下水により毎年着実な灌漑耕作面積の増加が見込まれる。
- 2) 現状の降雨に依存したバラニの農業経営状況では、農地作付け強度は50~90%に留まっているが、灌漑深井戸の完成後には農地作付け強度は120~150%に増大し、確実な生産性の向上が見込まれる。
- 3) 安定した地下水の供給による灌漑の実施が可能となり、農作物の収穫量が増大する。

現在バラニ地域の農家一戸当たりの年間収入は22,000~83,000Rs/年と推定されているが、地下水灌漑の実施により確実な収入増が期待される。

- 4) 飲料水が不足している地域では、深井戸建設により清浄で安定した飲料水が得られるようになり生活衛生環境が改善される。

以上の観点より、本計画は我が国の無償資金協力事業の対象として、実施されるに十分な妥当性を有すると判断される。また、本計画で調達される地下水開発関連機器が有効に稼働するためには、次の点に留意することを提案する。

- a) 実施機関である農業総局の農業機械局井戸掘さく部は、農民の灌漑井戸要請・登録後、現地確認調査と電気探査を実施して井戸掘さく地点の決定や井戸掘さく深度の予測、そして農民の調達するスクリーン、ケーシング等の井戸資材の必要数量を事前に提示し、灌漑井戸建設工程の迅速化をはかる必要がある。そして、実施機関の技術的熟練度の向上と組織内での工程管理、維持管理に係わるマニュアルを作成し、技術の標準化をはかる必要がある。
- b) 本計画の裨益者は農民であり、農民の要請と費用負担において地下水開発・灌漑計画が進められるため、費用を捻出しやすい大農家や不在地主のみが経済的優位性を利用して、灌漑井戸建設を実施する可能性がある。このため、農民の要請の受付に関連して、実施機関は、対象者の社会的側面を含めて判断し、小農民が集団で灌漑井戸の申請を行う場合には優先性を与えるなど、第8次5ヵ年計画(1993年~1998年)にうたわれている貧困の撲滅と公平性に視点を置いた計画を実施する必要がある。そして、農民に対しては、バラニ地域の組織的灌漑井戸建設が、農業生産性の向上や飲料水問題の改善につながるとした社会開発分野での広報活動を行うことが必要である。

パキスタン・イスラム共和国
パンジャブ州地下水開発計画

目 次

序 文	
伝達状	
計画対象地域図	
写 真	
要 約	i
目 次	v
略語集	vii
付図一覧表	viii
付表一覧表	ix
第1章 要請の背景	
1-1 要請の背景	1-1
1-2 要請の概要・主要コンポーネント	1-2
第2章 プロジェクトの周辺状況	
2-1 地下水灌漑セクターの開発計画	
2-1-1 上位計画	2-1
2-1-2 財政事情	2-2
2-2 他の援助国、国際機関等の計画	2-4
2-3 我が国の援助実施状況	2-5
2-4 プロジェクト・サイトの状況	
2-4-1 計画対象サイト	2-9
2-4-2 対象地区の自然条件	2-11
2-4-3 灌漑計画	2-32
2-4-4 井戸掘さく計画	2-39
2-5 環境配慮	2-44
2-5-1 プロジェクト立地環境	2-45
2-5-2 環境関連法令	2-45
2-5-3 地下水開発における環境スクリーニング評価	2-45
第3章 プロジェクトの内容	
3-1 プロジェクトの目的	3-1

3-2	プロジェクトの基本構想	
3-2-1	要請内容の確認	3-1
3-2-2	要請内容の検討	3-2
3-2-3	地下水開発および灌漑開発から見た 計画対象地域の評価	3-15
3-2-4	適正規模の検討	3-19
3-3	基本設計	
3-3-1	設計方針	3-24
3-3-2	基本計画	3-26
3-4	プロジェクトの実施体制	
3-4-1	組織	3-32
3-4-2	予算	3-35
3-4-3	要員・技術レベル	3-37

第4章 事業計画

4-1	実施計画	4-1
4-1-1	実施方針	4-1
4-1-2	実施上の留意事項	4-3
4-1-3	実施区分	4-3
4-1-4	調達監理計画	4-4
4-1-5	機材調達計画	4-4
4-1-6	工程	4-5
4-1-7	相手国負担事項	4-6
4-2	概算事業費	
4-2-1	概算事業費	4-7
4-2-2	維持・管理計画	4-8

第5章 プロジェクトの評価と提言

5-1	妥当性に係る実証・検証および裨益効果	5-1
5-2	技術協力・他ドナーとの連携	5-3
5-3	課題	5-4

資料

1.	調査団員氏名・所属	A-1
2.	調査日程	A-2
3.	相手国関係者リスト	A-4
4.	当該国の社会・経済事情	A-7
5.	資料収集リスト	A-9

略語一覧

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
FATA	Federally Administered Tribal Areas (連邦政府直轄管理民族地区)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GNP	Gross National Product (国民総生産)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)
2KR	Kennedy Round - II (食糧増産援助)
ODA	Official Development Assistance (政府開発援助)
SAF	Structural Adjustment Facility (構造調整ファシリティ)
Rs	Rupees (ルピー)
SCARP	Salinity Control and Reclamation Programme (塩害対策土地改良計画)
SDP	Special Development Programme (特別開発計画)
UNDP	United Nations Development Programme (国連開発計画)
USAID	United States Agency for International Development (アメリカ国際開発庁)
WAPDA	Water and Power Development Authority (水利電力公社)

付 図 一 覧 表

図 2-1 我が国無償資金協力による援助実績位置図(1983~1995)	2-8
図 2-2 計画対象地域とアクセス図	2-10
図 2-3 ポトワール台地ソアン川年間河川流出量(1960年~1979年)	2-13
図 2-4 パンジャブ州周辺地形図	2-15
図 2-5 パンジャブ州周辺地質図	2-19
図 2-6 パンジャブ州周辺水理地質図	2-23
図 2-7 パンジャブ州の地下水水質分布図	2-26
図 2-8 パンジャブ州灌漑農業区分と計画対象バラニ地域	2-33
図 2-9 農民の要請から井戸掘さくと農地灌漑まで	2-39
図 2-10 平野部の水路灌漑地域および氾濫洪水域の揚水施設	2-41
図 2-11 パンジャブ州の井戸構造と揚水施設	2-42
図 3-1 要請内容の検討フローチャート	3-3
図 3-2 地下水探査および井戸掘さく実施状況概念図	3-5
図 3-3 計画対象9地区と既存10台深井戸掘さく機 (JR-1~JR10)稼働位置(1996年6月)	3-7
図 3-4 計画対象地域深井戸深度	3-14
図 3-5 計画対象地域深井戸成功井・失敗井の数	3-14
図 3-6 計画対象地域深井戸静水位	3-16
図 3-7 計画対象地域比湧出量	3-16
図 3-8 掘さく要員の検討	3-22
図 3-9(1) パンジャブ州政府農業省農業総局(農地担当)の位置づけ	3-33
図 3-9(2) 実施機関農業総局(農地担当)農業機械局(ファイナードとムク)の 位置づけ	3-33
図 3-10 パンジャブ州農業省農業機械ワークショップ分布位置図	3-36
図 4-1 事業実施体制	4-2

付 表 一 覧 表

表 1-1 要請内容の比較(1989年および1996年)	1-2
表 1-2 B/D ミニッツに記載された要請内容と優先順位(1996年6月12日)	1-3
表 1-3 計画内容(1996年9月)	1-3
表 2-1 開発予算書(タミール-エ-パンジャブ・プログラム, 1995年~1997年)	2-3
表 2-2 農業総局(農地担当)の最近5年間の予算推移	2-4
表 2-3 農業機械局井戸掘さく部の最近2年間の予算推移	2-4
表 2-4 パキスタン無償援助受け取り状況(1990年~1995年)	2-5
表 2-5 我が国経済協力による地下水開発計画(1983年~1995年)	2-7
表 2-6 パンジャブ州農業機械局のブルドーザ調達状況(1985年~1994年)	2-9
表 2-7 パンジャブ州計画対象9地区の地域特性	2-11
表 2-8 パンジャブ州の気候(1961年~1990年)	2-12
表 2-9 ポトワール台地ソアン川河川流出量(1960年~1979年)	2-13
表 2-10 パンジャブ州計画対象バラニ地域の水理地質層序	2-21
表 2-11 灌漑用水の水質判定基準	2-25
表 2-12 パンジャブ州バラニ地域水理地質評価(1)~(5)	2-27~31
表 2-13 計画対象バラニ地域の面積	2-32
表 2-14 ラワルピンディ地区の営農規模	2-35
表 2-15 計画対象10地区における計画灌漑面積と井戸の本数	2-37
表 2-16 作付け体系	2-38
(アトク、ラウラキ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ)	
表 2-17 作付け体系	2-39
(ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ、ラハ)	
表 2-18 計画対象地域の農民の灌漑井戸要請登録状況(1996年6月)	2-40
表 2-19 プロジェクト立地環境	2-45
表 2-20 環境スクリーニング評価	2-46

表 3-1 要請内容の確認と優先順位(1996年6月12日)	3-2
表 3-2 計画対象地域のバラニ面積と地下水灌漑対象面積	3-10
表 3-3 農家一戸当たりの経済状況	3-11
(タイプ1の7地区・7トナ・ラカビ・ソイ・ソイラム・チヤクエル・クソア・ミンダリ・ハカ平均作付強度90%)	
表 3-4 農家一戸当たりの経済状況	3-11
(タイプ2の2地区・ラソソア・カ、ナ・ソ、カ平均作付強度50%)	
表 3-5 現有機材配置表	3-12
表 3-6 計画対象バラニ地域灌漑深井戸建設実績(1989年～1996年)	3-13
表 3-7 計画対象地域の深井戸水位	3-16
表 3-8 計画対象地域の比湧出量	3-16
表 3-9 地域別の一戸当たり農作物収入	3-17
表 3-10 灌漑開発・地下水開発の視点による計画対象地区の評価	3-19
表 3-11 現場掘さく機作業要員(1996年)	3-20
表 3-12 交代制による井戸掘さく機要員	3-21
表 3-13 掘さく要員検討表	3-22
表 3-14 井戸掘さく単価と補助率(1989年7月29日改訂)	3-23
表 3-15 ロータリーテーブル方式とトップドライブ方式の特徴の比較	3-27
表 3-16 電気探査実績(1991年～1996年)	3-30
表 3-17 電気探査計画(1996年～2001年)	3-30
表 3-18 調達リスト	3-32
表 3-19 農業総局(農地担当)の5年間の予算推移	3-35
表 3-20 井戸掘さく部職員数	3-37
表 4-1 業務実施工程表	4-6
表 4-2 井戸掘さく機の操作要員数(井戸掘さく機1台当たり)	4-8
表 4-3 掘さく機操作要員給与体系	4-9
表 4-4 燃料費(1井当たり)	4-9

表 4-5 井戸掘さく機操作要員人件費/月	4-10
表 4-6 井戸掘さく機 9 台に係る年間燃料費	4-10
表 4-7 井戸掘さく機 9 台に係る年間人件費	4-10
表 4-8 2KR 調達井戸掘さく機稼動に係わる修理費・燃費実績 (1991 年～1995 年)	4-11
表 5-1 計画実施による効果と現状改善の程度	5-2

第1章 要請の背景

第1章 要請の背景

1-1 要請の背景

パキスタン・イスラム共和国は南西アジアに位置し、東はインド、西はイランとアフガニスタン、南はアラビア海に面する国土面積 79.6 万 km² の国である。人口は 1 億 34 百万人（1996 年推計）であるが、人口増加率が途上国の中でも高く 3.1%（1985～1993 年平均）であるため、西暦 2000 年に人口は 1 億 55 百万人に達すると予想される。人口分布は都市部が 28%、地方部が 72% である。国民総生産(GNP)は 556 億ドル(1994 年)で、国民 1 人当り GNP は約 430 ドルである。1947 年にインドと共に英国より分離独立し、1956 年イギリス連邦内の「パキスタン・イスラム共和国」となった。パキスタンは行政区として、北西辺境、パンジャブ、バルチスタン、シンドの 4 州政府、そしてイスラマバード連邦首都圏と連邦政府直轄管理民族地区(FATA)、北方地域およびアザド・カシミール(カシミール地域のパキスタン側)から構成される。

パキスタンの経済基盤は農業で、総労働人口の約 47% が農業従事者から構成される農業国である。しかし、天候に強く依存した農業形態は、単位面積当たり収穫量が少なく不安定で、主要農作物である小麦、米、綿花ともに生産性は世界平均の約 60% と低く、生産性向上が課題となっている。パキスタン国政府は、第 7 次 5 ヵ年計画(1988 年～1993 年)の中で、農業開発の主要政策として、①穀物自給の達成、②農業基盤整備推進による食糧生産の増大、③雇用機会の増大による、都市と地方農村の経済不均衡の是正達成を目標としてきた。現在、第 8 次 5 ヵ年計画(1993 年～1998 年)においても、同政策を継続し、建設機械の導入による農地造成、灌漑施設の建設等を推進している。

本計画対象のパンジャブ州は人口約 68 百万人でパキスタン全人口の約 53%、面積は約 20.6 万 km² で全国土の約 26%、耕地面積は 1,185 万 ha で全国耕地面積の約 57% を占め、主な農作物は小麦、米、砂糖きび、とうもろこし、綿花であり、全国の食糧作物の約 67% を生産する穀倉地帯である。気候は 7 月～8 月の雨期と 9 月～6 月の乾期とに分かれ、年間降水量は北部山岳地帯を除き全体に少なく、南部の砂漠地帯では 100mm 程度、農業生産の盛んな平野部では 200mm～800mm である。このため、同州のバラニと呼ばれる天水農業地域および南東部の砂漠地域の灌漑農業のための水源は、ほとんどを地下水に頼っている。パンジャブ州政府は食糧生産量の一層の増大のため、新規農地開発および単位収穫量の増大を目標として、州政府の農業総局(農地担当)は農民組織に対し建設機械の貸し出しサービスや井戸建設を行って農地の整備と灌漑農業を推進している。

しかしながら、農業機械局が所有する 16 台の井戸掘さく機のうち 6 台は既に 20 年以上稼動しており老朽化が激しく、農民の井戸掘さくの要請に応えきれず、農民や農民組織が井戸建設の要請を行っても数ヶ月から数年以上も待たなければならないのが現状である。なお、これらの機材のうち良好に稼動している 10 台は、1988 年日本国政府の食糧増産を目的とした 2KR 援助により調達したものである。この様な状態を改善するため、井戸掘さく機を含む関連機材の調達にかかる無償資金協力を我が国に要請した。本要請は、パンジャブ州バラニ地域ほか乾燥地域の地下水開発を行い、開発の遅れた乾燥地域の農民に対し、安定的に農業灌漑用水ならびに飲料水を供給することにより、農業生産性の向上と生活水準の向上、さらに同地域の生活環境改善に寄与することを目的とするものである。

1-2 要請の概要・主要コンポーネント

本地下水開発計画の要請書は 1989 年 8 月に作成されており、1996 年 6 月本調査団との要請内容の確認協議において、修正提案が先方実施機関、パンジャブ州政府農業省農業総局(農地担当)ラホールより提出された。表 1-1 に原要請(1989)との比較を示す。

表 1-1 要請内容の比較(1989 年および 1996 年)

No.	要請書 (1989 年 8 月)	修正提案書 (1996 年 6 月 B/D 時)
1.	井戸掘さく機 : 10 台	井戸掘さく機 : 30 台
2.	調査用器具 1) 電気探査装置 : 2 式 2) 揚水試験装置 : 2 式 3) 孔内検層器 : 2 式	調査用器具 1) 電気探査装置 : 9 式 2) 揚水試験装置 : 9 式
3.	スペア・パーツ : 1 式	スペア・パーツ : 1 式
4.	井戸掘さく機関連機器 : 1 式 ドリルパイプ、ドリルパイプ、ピストン、ドリルパイプ、ドリルパイプ、 ドリルパイプ、技術工具箱他	井戸掘さく機関連機器 : 1 式 ドリルパイプ、ドリルパイプ、ピストン、ドリルパイプ、 ドリルパイプ、ドリルパイプ、技術工具箱他
5.	その他	その他 1) コンピュータ : 20 台 2) コンプレッサー : 30 台 3) 水質分析器 : 9 式 4) 移動式ワークショップ : 11 式 5) 溶接機 : 30 台

先方実施機関の修正提案(1996 年 6 月)は、要請項目と数量が増大しており、各項目の必要性に関して協議を重ね、このうち移動式ワークショップおよび溶接機は、緊急度が低いことが確認され、最終的機材項目と数量については調査結果の解析が必要であるため、以下のように要請内容と優先順位が双方の確認事項としてミニッツに記載された。

(表 1-2 参照)

表 1-2 B/D ミニッツに記載された要請内容と優先順位
(1996年6月12日)

No.	確認内容	優先順位
1.	井戸掘さく機および関連7台	A
2.	調査用器具 1)電気探査装置 2)水質分析器	B C
3.	その他 1)コンピュータ 2)コンプレッサー 3)ピックアップ・トラック	B B B

そして、機材の仕様・数量の計画内容については、現地調査後、国内解析において詳細な検討を行い、1996年8月下旬より9月上旬の基本設計概要書の現地説明を経て決定された。計画内容を表 1-3 に示す。

表 1-3 計画内容(1996年9月)

No.	機材名	数量	仕様
1.	井戸掘さく機	9 式	車輻搭載型掘さく機 掘さく能力：深度 200m 以上
2.	掘さくツールズ	1 式	1)スリット・ブレード 2)ドリフト・ツール 3)その他
3.	スペア・パーツ	1 式	必要最小限度部品
4.	コンプレッサー	3 台	可搬式
5.	ピックアップ・トラック	2 台	4x4 駆動、スリット・ブレード
6.	コンピュータ	1 式	デスクトップ型

第2章 プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 地下水灌漑セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

パキスタン国政府は第8次5ヵ年計画(1993年～1998年)の中で、国内総生産(GDP)を年率7%で成長させるとともに、人口の増加を抑制することにより、国民一人当たり所得の増大を計ることを目的とした、以下の事項を提唱している。

- ① 国内外の資源の活用、既存資源の有効利用による、国内総生産年間成長率7%の達成
- ② 開発への国民の参加の助成と、開発効果の公平分配
- ③ 民間主導と政府の開発政策による生産手段の拡充による雇用機会の増加
- ④ 総合的施策による所得の増加、社会サービスへのアクセスの容易化、人的資源の開発、インフラストラクチャーの拡充、国民社会の向上、目標とするグループ・地域に対する特別計画による貧困の撲滅
- ⑤ 食糧、エネルギー、公共投資財政、貿易収支バランスでの自給と自立の改善
- ⑥ 天然資源の保全と環境保護
- ⑦ 管理の向上
- ⑧ 国家経済の安定確保

一方、パキスタンの農業は国内総生産(GDP)の25%を占め、国内労働力の約50%が従事し、輸出による外貨獲得にも大きな役割を果たしている。しかし、天候に強く依存した農業は、単位面積当たりの収穫量が少なく不安定で、主要農作物である小麦、米、綿花とも生産性は世界平均の約60%と低く、生産力向上が課題となっている。過去10年間における農業部門の年間成長率は4.4%であり、第8次5ヵ年計画(1993年～1998年)においても、農業部門が成長と発展の主要な牽引力として重点がおかれ、食糧生産の安定、食糧自給率の向上、換金作物生産の増大等を農業部門の第一目標とした重点項目を次の様に示している。

- ① 農業、灌漑、排水の総合的な管理
- ② 効率的な土地の管理
- ③ 効率的な水の管理

さらに、最重要課題としては、資源を保全しつつ、利用可能な水資源と土地資源を有効利用し、生産性向上を図ることが必要であり、その重要施策は以下の通りである。

- ① 総合的開発方法による、共同管理を想定した農業、灌漑施設の開発
- ② 土地管理と水管理の改良
- ③ 肥料投入効果の改良、圃場の整地、圃場水管理の整備
- ④ 研究、教育、普及と農業生産の関係強化
- ⑤ 病虫害管理の総合的な強化
- ⑥ 高価値産品と畜産・養魚・林業への分化
- ⑦ 農村地域での農産物産業の強化
- ⑧ パラニ*地域における生産性の向上
- ⑨ 生産における女性の参加の助成

特に、本計画対象パラニ*地域においては、農業開発と自然環境保全を目的としたパラニ地域総合開発計画(M/P)が、1986年～1988年にかけて国連開発計画(UNDP)、アジア開発銀行(ADB)、アメリカ国際開発庁(USAID)等の支援により実施され、農業開発、灌漑計画、水資源開発計画等が個別に進められている。第8次5ヵ年計画(1993年～1998年)においてもパラニ地域の生産性の向上が明確に位置付けられ、本計画の実施機関であるパンジャブ州政府農業省農業総局(農地担当)は機械化を主体とする以下の事項を重点的に実施している。

- ① ブルドーザの導入による農地の整地
- ② 井戸掘さく機の導入による地下水灌漑の促進
- ③ トラクターの導入による農地耕作の効率化

2-1-2 財政事情

パンジャブ州政府は、独自の開発を目的として毎年、「タミール-E-パンジャブ・プログラム」という予算案を策定し、予算を確保している。表2-1に分野別開発予算を示す。

農業分野では、1995年～1996年は約16.3億ルピー(約56億円)で全体の12.07%、1996年～1997年は約17.4億ルピー(約60億円)で全体の11.03%である。農業部門は、給水・環境・住宅および教育に次いで予算額が多い。また、本計画対象地域の開発を目的として設立されたパラニ地域開発局には、1996/97年予算で10.4百万ルピー(0.36億円)配分されている。

*パラニ：降雨のみに依存する農業をさす現地語

表 2-1 開発予算書(タミール-E-パンジャブ・プログラム, 1995年~1997年)

区分	1995年~1996年		1996年~1997年	
	予算(百万ルピー)	比率(%)	予算(百万ルピー)	比率(%)
農業	1,629.30	12.07	1,736.82	11.03
鉱工業	111.00	0.82	111.00	0.70
水利・電力	396.80	2.94	1,600.00	10.16
道路・橋	850.00	6.30	935.00	5.94
給水・環境・住宅	3,427.20	25.39	4,340.00	27.56
教育	2,773.10	20.54	2,725.00	17.30
情報・文化	20.40	0.15	25.00	0.16
健康	1,250.00	9.26	1,260.00	8.00
観光	6.10	0.04	5.50	0.03
社会福祉	9.00	0.07	12.80	0.08
人的資源	16.80	0.12	20.00	0.13
計画・開発	65.00	0.48	25.38	0.16
資金未調達スキーム	148.00	1.09	50.00	0.32
カワリ開発公社	29.30	0.22	29.30	0.19
フォレスト開発公社	29.30	0.22	29.30	0.19
デ・ソートン開発公社	58.70	0.43	58.70	0.37
パルカタール開発公社	51.00	0.38	51.00	0.32
パルカタール地域開発局	-	-	10.40	0.07
開発スキーム(地方議会)	300.00	2.22	300.00	1.90
地方開発特別プログラム	1,540.00	11.41	1,540.00	9.78
優先プログラム	790.00	5.85	884.80	5.62
合計	13,500.00	100.00	15,750.00	100.00

パキスタン国の会計年度は7月から翌年6月までで、パンジャブ州政府農業総局(農地担当)は、1996年度予算請求を完了し、給与を含む経常経費として約548百万ルピー(約19億円)を要求している。また、予算については、10月と2月に補正予算を請求することが可能である。本計画で必要とされる井戸掘さく機の運営に係る追加の技師等の給与は、来年度予算で計上される。表2-2に同局の最近5年間の予算(1991年~1996年)の推移を示す。

農業総局(農地担当)の1991/1992年~1995/1996年の予算は、毎年約9%で着実に伸びている。1992/1993年から1993/1994年の予算の伸びが著しいのは、職員給与体系が見直されたための増額である。また、1991/1992年と1992/1993年においては、ブルドーザ(253台)を新規に調達し、その維持管理費およびブルドーザ運営に必要な操作員の給与等を計上している。また、1988/1989年に新規に10台の井戸掘さく機を調達しているが、井戸掘さく部の灌漑用深井戸建設に関して、人件費、修理、スペア・パーツの調達等に関する問題は発生しておらず、予算上問題はないと判断される。

表 2-2 農業総局（農地担当）の最近 5 年間の予算推移 (Rs : 千円)

会計年度	1991/1992	1992/1993	1993/1994	1994/1995	1995/1996
給与および諸経費	250,695,720	272,766,570	333,434,170	351,871,600	381,816,660
事務所・工場経費	3,704,750	3,880,900	3,739,530	4,852,500	4,610,100
付属機関および専門家経費	10,254,780	10,608,900	12,146,320	12,465,470	14,892,410
維持・修繕費	503,500	485,000	395,000	703,500	700,000
害虫駆除・植木保全	1,656,940	1,851,400	33,245	81,320	80,260
合計	266,715,690	289,592,770	349,748,265	369,974,390	402,099,430

農業総局（農地担当）に含まれる井戸掘さく部門に係わる予算を表 2-3 に示す。井戸掘さく部門は、パンジャブ州の北部地域のファイザラバード支部と南部地域のムルタン支部である。

表 2-3 農業機械局井戸掘さく部の最近 2 年間の予算推移 (Rs : 千円)

会計年度	1994/1995	1995/1996
ファイザラバード支部（北部）	9,236,830	9,686,290
ムルタン支部（南部）	10,058,440	16,604,700
合計	19,295,270	26,290,990

2-2 他の援助国、国際機関等の計画

計画対象パラニ地域において、現在深井戸建設による灌漑計画、地下水開発計画に係わる井戸掘さく機の調達計画等の分野における他国援助機関の実施や本計画との関連性はない。

我が国はパキスタンに対する主要援助国であり、パキスタンに対する第一位の二国間の ODA 供与国となっている。パキスタンの統計年報（1995 年）によると、二国間援助では 1991 年～1992 年および 1992 年～1993 年にオランダ、ノルウェー、ドイツ等のヨーロッパ諸国を抜いて第 1 位となった。そして 1993 年～1994 年にはドイツ、ノルウェー、英国に次いで第 4 位となったが、1994 年～1995 年以降は第一位の供与国となっている。ただし、これらの統計は、パキスタンの会計年度（7 月から翌年 6 月）と契約調印時点での集計に依るものであるため、我が国の経済協力統計とは異なっているところがある。（表 2-4 参照）

表 2-4 パキスタン無償援助受け取り状況（1990年～1995年）

（百万米ドル）

	1990～1991	1991～1992	1992～1993	1993～1994	1994～1995	計
1. 二国間援助						
1) ドイツ	11.5	20.5	4.9	63.1	21.9	121.9
2) 日本	13.1	68.8	94.3	25.5	100.4	302.1
3) オランダ	25.7	31.7	26.9	26.4	31.1	141.8
4) ノルウェー	7.3	24.7	5.9	5.6	5.6	49.1
5) 英国	0	0	8.1	25.7	38.5	72.3
6) その他	130.6	39.6	7.3	12.2	57.8	247.5
2. 国際機関						
1) UNDP	24.2	27.0	24.7	17.5	11.0	104.4
2) EEC/UNICEF	1.7	22.5	0	6.0	28.0	58.2
3) その他	0	38.5	0	41.2	6.8	86.5
3. アフガン難民支援	111.5	105.0	56.7	18.6	28.9	320.7
計	325.6	378.3	228.8	241.8	330.0	1504.5

パキスタン統計年報 1995

2-3 我が国の援助実施状況

我が国は、パキスタンが南西アジア地域およびイスラム諸国の中で政治・経済的に重要な役割を担っていること。我が国と伝統的に友好な関係にあること。高い人口増加率や恒常的な財政・貿易赤字等の経済社会問題に直面しながら、積極的に国内開発に取り組んでおり開発需要が大きいこと。近年、経済自由化、国営企業の民営化を含む各種規制緩和を進めていること等を考慮し、パキスタンに対し積極的な協力を行っている。「パキスタン国別援助研究会報告書、1991、JICA」に示された援助方針では、以下の分野を重点分野としている。

- ① 社会セクターの充実：社会格差・地域格差是正のための基礎教育、保健医療（人口、エイズ含む）を重視
- ② 経済インフラの整備：特にエネルギー不足、運輸・通信の未整備の改善
- ③ 国際競争力を持つ製造業の育成：外貨獲得のための繊維産業等中小企業の育成
- ④ 農林水産業の振興：生産性向上のための訓練・技術普及・生産基盤の整備
- ⑤ 環境分野：適正な資源の利用、環境保全の配慮

日本政府による本計画の類似案件として①地下水開発に係わる井戸掘さく機の調達および、②食糧増産援助(2KR)に係わるブルドーザの調達がある。

1) 地下水開発に係わる井戸掘さく機の調達

計画対象のパンジャブ州は、ヒマラヤ山脈に源を発するインダス河の堆積物で作られた広大な平原に位置し、世界一の規模を誇る水路灌漑網が平原の約76%(16百万ha)に網羅され、パキスタン国の大穀倉地帯を形成している。大規模な水路灌漑はイギリス植民地時代に形成されたもので、時とともに、水路からの漏水、水田に導かれる大量の灌漑用水により、地下水の水位が次第に上昇し、地下深部の海成層から塩分を含む鹹水、半鹹水が蒸発により、地上に塩分を上昇・集積させる現象を発生させた。この水位上昇、塩害地域はパンジャブ州の広範な地域に広がり大問題となり、対策として水路の補修工事などと並行して、多数の深井戸を建設し、地下水を揚水しながら水位を低くする SCARP 計画(Salinity Control and Reclamation Programme)が1950年代に開始された。この計画は現在も継続され、1958年に創設された水利電力開発公社(WAPDA)の主要事業の一つとなっている。WAPDAによる1960年代の深井戸建設の成功は、一般農民の自己資本による地下水開発を促進させ、また政府も1972年に助成金制度を開設して深井戸建設を奨励し、その結果1986年までにはパンジャブ州を中心として全国では20万本以上の民間深井戸が建設され、また各州灌漑局の管理下にある公共深井戸は2千本以上に達した。

一方、このインダス灌漑網の圏外にある北西辺境州、バルチスタン州、パンジャブ州バラニ地域、シンド州乾燥地域等では、利用可能な水資源に限られるため、地下水の調査、開発が重視され、水資源、特に地下水開発が発展の鍵を握っていると考えられている。このため、これらの地域では、WAPDAの水理地質に係わる組織を中心として、技術的な調査、開発が進められ、政府の第6次5ヵ年計画(1983年~1988年)では、北西辺境州、バルチスタン州、シンド州乾燥地域、パンジャブ州バラニ地域等の特に開発の遅れている特定地域を重点開発地域に指定し、特別開発計画(Special Development Programme, SDP)を策定し、開発が実施された。この方針は第7次5ヵ年計画(1988年~1993年)および第8次5ヵ年計画(1993年~1998年)でも引き継がれ、経済成長の成果が一般市民に直接裨益する開発、「人民の人民による人民のための開発」をその基本構想として農業開発と飲料水供給が進められている。

パキスタン政府は我が国政府に対し、地下水開発分野における無償資金協力を要請し、第6次5ヵ年計画(1983年~1988年)では、地下水開発に係わる7案件によって井戸掘さく機を40台調達した。(表2-5参照)さらに、パキスタン国政府は第7次5ヵ年計画(1988年~1993年)の地下水開発の実状と必要性を踏まえ、同種機材の継続的調達を日本政府に要請し、地下水調査、開発を目的とする4案件のプロジェクト形成調査

(JICA,1989)が実施され、井戸掘さく機7台が調達された。その後、第8次5ヵ年計画(1993年～1998年)では、「全国乾燥地域地下水開発計画(1993年)」と「北西辺境州地下水開発計画(1994年)」そして「バルチスタン州地下水開発計画(1995年)」により合計12台の井戸掘さく機が調達され、1996年までのパキスタン政府に対する我が国無償援助による地下水開発用掘さく機の調達台数は通算で59台となっている。(図2-1参照)

表2-5 我が国経済協力による地下水開発計画(1983年～1995年)

	番号	案件名	年度	実施機関	掘さく機・機種	台数	累計
第6次5ヵ年計画	1.	連邦管理民族地区(FATA)地下水開発計画	1983	灌漑局	中型ロータリー式 大型A-カブソン式	2台 7台	40台
	2.	パロチスタン州地下水開発計画	1984	灌漑局	大型ロータリー式	8台	
	3.	イスラマバード首都圏開発公社地下水開発計画	1984	ICTA*	大型ロータリー式	1台	
	4.	北西辺境州地下水開発計画	1985	農業局	大型ロータリー式	4台	
	5.	シンド州農業局地下水開発計画	1985	農業局	中型ロータリー式 大型A-カブソン式	3台 2台	
	6.	パンジャブ州地下水開発計画(2KR)	1987	農業局	中型ロータリー式	10台	
	7.	パロチスタン州地下水開発計画(2KR)	1987	WAPDA	大型ロータリー式	3台	
第7次	8.	パロチスタン州地下水開発計画(難民救済)	1988	公衆衛生局	中型ロータリー式	1台	47台
	9.	シンド州乾燥地域地下水開発計画	1989	SAZDA*	大型ロータリー式	2台	
	10.	パロチスタン州地下水開発計画I	1990	WAPDA	大型ロータリー式	2台	
	11.	パロチスタン州地下水開発計画II	1991	公衆衛生局	大型ロータリー式	2台	
第8次	12.	全国乾燥地域地下水開発計画	1993	WAPDA	大型ロータリー式	2台	69台
	13.	北西辺境州地下水開発計画	1994	農業局	中型A-カブソン式	5台	
	14.	パロチスタン州地下水開発計画	1995	WAPDA	大型ロータリー式 大型A-カブソン式	4台 1台	

* ICTA : イスラマバード首都圏開発公社 SAZDA : シンド州乾燥地域開発公社

本計画対象のパンジャブ州地下水開発計画に関連しては、1987年度食糧増産援助2KRで中型ロータリー式掘さく機10台が調達されている。また、WAPDA水理地質局の全国乾燥地域地下水開発計画(1993年度)においては、2台の大型ロータリー式掘さく機が調達されており、デ・ジ・カーンを含むインダス川右岸のバラニ地域の地下水賦存調査を推進している。これらの調査結果に基づく水理地質情報を活用し、農業機械局は10台の中型ロータリー式掘さく機でパンジャブ州バラニ地区の灌漑用地下水開発を進めている。1996年6月の調査結果による稼動状況は良好であった。

2) 食糧増産援助(2KR)に係わるブルドーザの調達

パンジャブ州バラニ地域や未開発地域に対する農地開発・農地整備のために、ブルドーザが日本の食糧増産援助(2KR)で調達されている。バラニ地域で農地が開発ないし整備されると生産性向上のために灌漑用深井戸が必要となり、本計画の実施機関である農業機械局は、①ブルドーザの貸し出しと維持管理とともに、②農民の要請による灌漑用深井戸建設の両者を担当している。

番号	案件名	年度	実施機関	井戸掘きく機・機種	台数
①	連邦管理民族地区(FATA)地下水開発計画	1983	郵政局	中型ロータリー式	2台
②	パロチスタン州地下水開発計画	1984	灌漑局	大型パーカッション式	7台
③	イスラマバード首都圏開発公社(ICTA)地下水開発計画	1984	ICTA	大型ロータリー式	8台
④	北西辺境州地下水開発計画	1985	農業局	大型ロータリー式	1台
⑤	シンド州農業局地下水開発計画	1985	農業局	大型ロータリー式	4台
⑥	パンジャブ州地下水開発計画(2XR)	1987	農業局	中型ロータリー式	3台
⑦	パロチスタン州WAPDA地下水開発計画(2XR)	1987	WAPDA	大型ロータリー式	2台
⑧	パロチスタン州公衆衛生局地下水開発計画(國民救済)	1988	公衆衛生局	中型ロータリー式	10台
⑨	シンド州乾燥地帯地下水開発計画	1989	SAZDA	大型ロータリー式	3台
⑩	パロチスタン州地下水開発計画I	1990	WAPDA	大型ロータリー式	1台
⑪	パロチスタン州地下水開発計画II	1991	公衆衛生局	大型ロータリー式	2台
⑫	全国乾燥地帯地下水開発計画	1993	WAPDA	大型ロータリー式	2台
⑬	北西辺境州地下水開発計画	1994	農業局	中型パーカッション式	5台
⑭	パロチスタン州地下水開発計画	1995	WAPDA	大型ロータリー式	4台
				計	59台

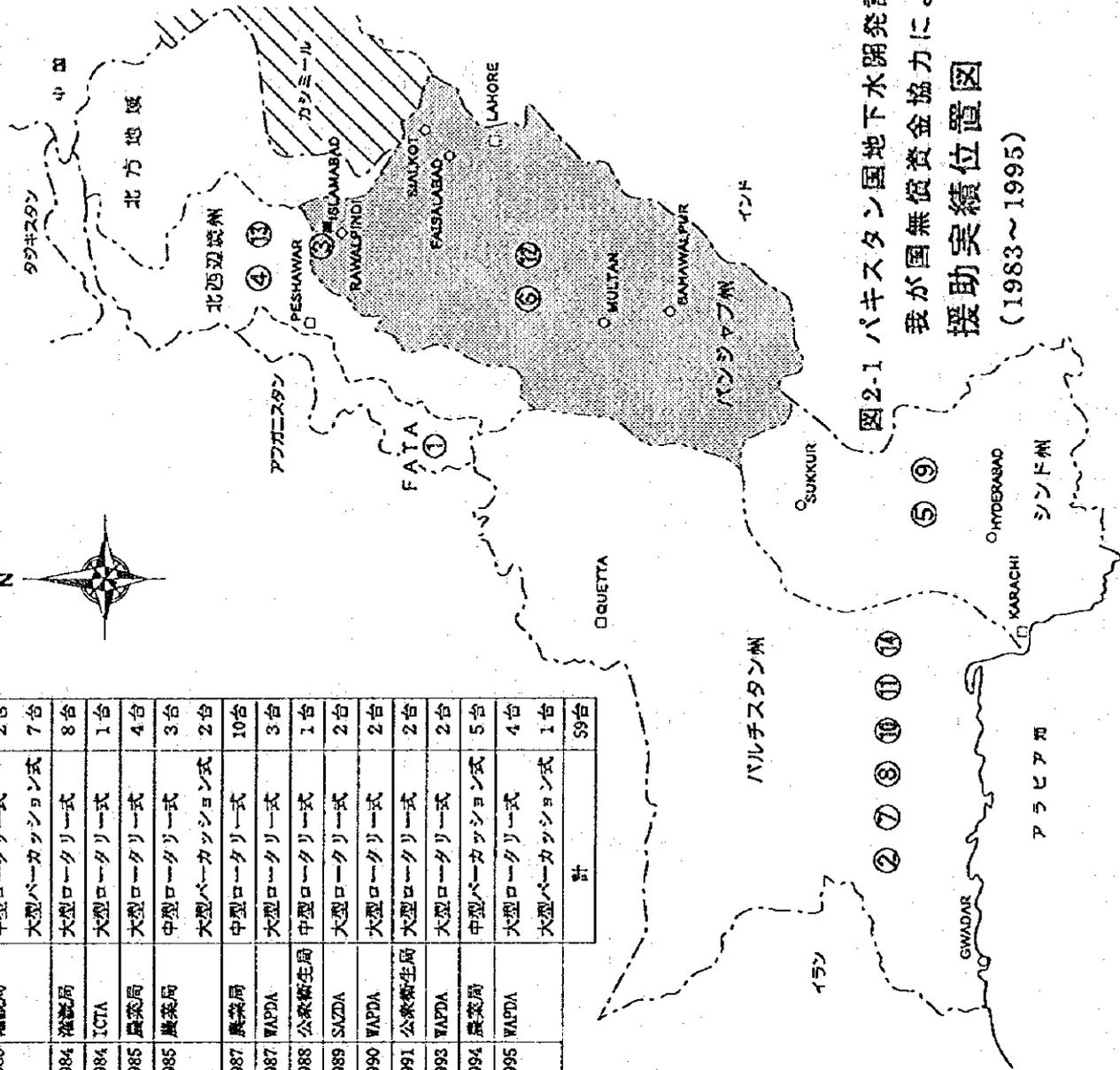
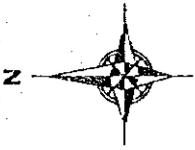


図2-1 パキスタン国地下水開発計画
我が国無償資金協力による
援助実績位置図
(1983~1995)

表 2-6 は 1985 年から 1996 年の、パンジャブ州農業省農業機械局に対する日本の支援(2 KR)によるブルドーザの調達状況で、合計台数は 553 台となり、最近(1991 年～1994 年)では修理部品およびスペア・パーツ類が調達されている。

表 2-6 パンジャブ州農業機械局のブルドーザ調達状況(1985 年～1994 年)

	プロジェクト名	年代	プロジェクト・コスト 百万 Rs(%)	調達台数
1	ブルドーザ調達	1985/1986	87.31	106 台、D50A-17
2	ブルドーザ調達	1986/1987	42.27	41 台、D50A-17
3	ブルドーザ調達	1986/1987	144.75	150 台、D4H
4	ブルドーザ調達	1988/1989	228.44	140 台、D50A-17
5	ブルドーザ/スペア・パーツ調達	1991/1992	16.30	修理部品調達
6	ブルドーザ調達	1992/1993	-	71 台、D50A-17 42 台、D4H
7	ブルドーザ/スペア・パーツ調達	1993/1994	47.88	修理部品調達
	計		566.95	553 台

2-4 プロジェクト・サイトの状況

2-4-1 計画対象サイト

パキスタン・イスラム共和国の行政区は、北西辺境、パンジャブ、バルチスタン、シンドの 4 州の他連邦政府首都圏、民族地区、カシミール地域から成る。本計画対象パンジャブ州の地方行政区分について見ると、州(Province)は行政管区(Division)に分けられ、その下に県(District)、さらにその下部の市(City,人口 1 万人以上)と郡(Tehsil)、そして郡の中の町(Town,人口 5,000 人以上)と村落部に分類される。本計画対象 9 地区は、パンジャブ州の 5 行政管区(Division)、34 県(District)の中の 3 行政管区 9 県のバラニ地域である。計画対象 9 地区の位置および州都ラホール市からのアクセス図を図 2-2 にそして、地域特性を表 2-7 に示す。

パンジャブ州の面積は約 20.6 万 Km² で全国土の約 25%、耕地面積は 1,185 万 ha で全耕地面積の約 57% を占めている。パンジャブ州の人口は約 68 百万人で、パキスタン全人口の約 53% である。また、本計画のバラニ地域裨益農民は、約 26.4 万人と推定される。

計画対象バラニ地域は丘陵台地で、インダス川からの水路灌漑網が及ばない地域である。降水量が少なく干魃などの異常気象の影響を受けやすい。そして、天水に頼った不安定な農業経営を行っている。このため、安定した水源としての地下水開発を行い、灌漑農業に転換することにより天候に影響されることなく、生産性を向上させ、住民の生活水準の向上を図ることが切望されている。

パンジャブ州計画対象9地区	
①アトック	⑥ミヤンワリ
②ラウルピンディ	⑦バカール
③ジェラム	⑧ラジャンプール
④チャクエル	⑨デ・ジ・カーン
⑤クシャブ	

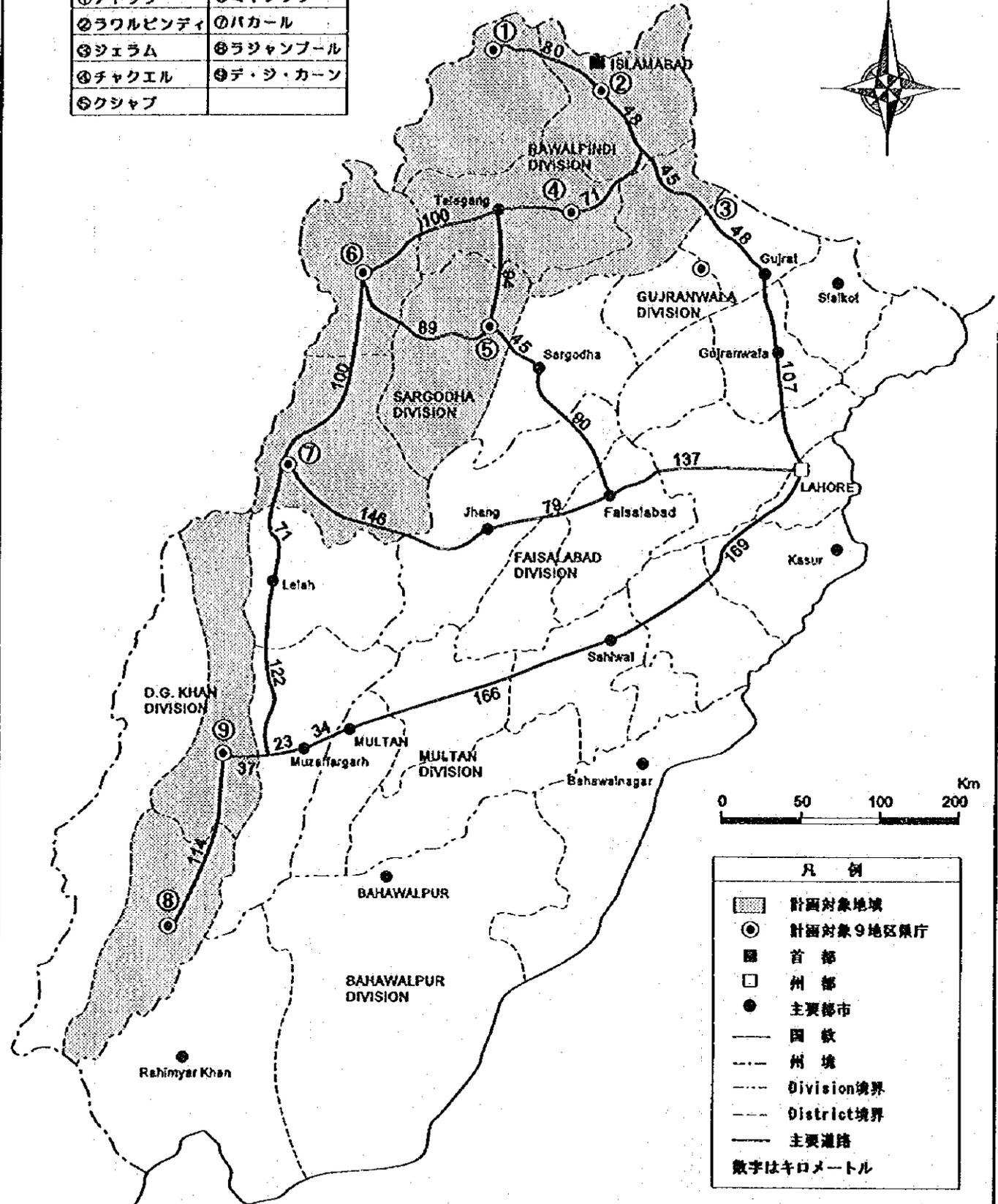


図2-2 計画対象地域とアクセス図

バラニ地域の地下水賦存調査は、水利電力開発公社(WAPDA)ラホール水理地質局によって1961年～1963年に試験的にイスラマバード地区で実施された。1971年～1983年パンジャブ州政府の命令によって、同州の最北部ポトワール台地(Potwar Plateau)全域の調査に拡大された。

表2-7は、パンジャブ州計画対象9地区の行政区分および自然特性を取りまとめたものである。詳細については次節2-4-2の対象地区の自然条件に記述する。

表2-7 パンジャブ州計画対象9地区の地域特性

	計画対象地区名 (District)	行政区名 (Division)	年平均 降雨量(mm)	地形・標高 (m)	水理地質・地下水賦存
1	パトワ	イスラマバード	760	ポトワール台地 標高308m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
2	イスラマバード	イスラマバード	820	ポトワール台地 標高308m	第四紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
3	ラハール	イスラマバード	860	ポトワール台地 標高308m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~300m ³ /時)
4	ラハール	イスラマバード	520	ポトワール台地 標高308m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
5	ラハール	ラハール	380	ポトワール台地 標高308m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
6	ラハール	ラハール	375	ポトワール台地 標高308m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
7	ラハール	ラハール	230	タール砂漠 標高180m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (50~100m ³ /時)
8	ラハール	ラハール	120	ラハール台地 標高96m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (100~300m ³ /時)
9	ラハール	ラハール	135	ラハール台地 標高108m	第四紀・第三紀堆積層の地下水 (100~300m ³ /時)

2-4-2 対象地区の自然条件

1) 気象・水文

パンジャブ州計画対象地域は亜熱帯性乾燥気候区に属し、年間平均降雨量は約100mm～1,100mmとなっている。表2-8に示すように、降水量の地域変化および経年的な変化が大きく、年間では7月～9月のモンスーン期の集中的降水と、1月～3月の冬期における若干の降水が年降水量の大部分を占め、これらの降水がバラニ地域の農業を支えて来た。

気温の経年変化をみると最も暑いのが6月で、月最高気温は40℃以上となる。また、最も寒いのは1月で最低気温は3℃以下となる。ポトワール台地内の河川流量観測データとしては、ソアン川とクラング川があり流域の流出量は小さく、降水量の約25～45%である。また、年間流出量は降雨が6月から9月に集中するため、河川流量もこの時

期が最も多い。一方、4月から5月にかけては著しく減少する。図2-3および表2-9は、ソアン川の2観測地点（ラワルピンディとドックパタン）の1960年～1979年の年間最大流出量・年間最少流出量・年間平均流出量を示したものである。

表2-8 パンジャブ州の気候（1961年～1990年）

月	1. ラハール			2. イシワハート			3. シリコト			4. ヴィイ・ワハート			5. ラハール			6. ナワル・ワハール			7. ジェラム		
	平均気温 (°C)		降水 量																		
	最高	最低	(mm)																		
1月	19.8	5.9	23.0	17.7	2.6	56.1	18.5	4.8	39.4	19.4	4.1	11.54	21.0	4.5	7.2	21.6	5.5	6.0	19.7	5.0	33.8
2月	22.0	8.9	28.6	19.1	5.1	73.5	21.0	7.2	33.9	21.9	7.1	20.1	23.2	7.8	9.6	24.1	8.6	11.5	21.6	7.7	50.0
3月	27.1	14.0	41.2	23.9	9.9	89.8	25.7	11.9	55.5	25.7	12.3	25.7	28.5	13.5	19.5	29.5	13.9	9.4	25.6	12.5	60.5
4月	33.9	19.6	19.7	30.1	15.0	61.8	32.8	12.5	30.7	33.5	18.0	16.9	35.5	19.5	12.9	36.1	19.6	7.2	36.0	17.7	35.6
5月	38.6	23.7	22.4	35.3	19.7	39.2	38.0	21.9	27.9	38.4	22.7	16.2	40.4	24.4	9.8	40.8	24.5	6.1	36.1	22.0	31.8
6月	40.4	27.4	36.3	38.7	23.7	62.2	39.9	25.3	70.4	40.5	26.9	27.9	42.3	28.6	12.3	42.2	28.4	16.9	40.5	25.8	51.9
7月	36.1	26.0	202.1	35.0	24.3	267	34.9	25.2	292.9	37.1	27.1	115	39.2	28.7	61.3	39.5	28.5	54.6	35.9	25.8	237.3
8月	35.0	26.4	163.9	33.4	23.5	309.9	33.6	24.8	259.1	36.1	26.1	89.8	38.0	28.0	32.6	38.3	27.9	43.2	34.4	25.3	221.2
9月	35.0	24.4	61.1	33.5	20.6	98.2	33.6	22.5	103.6	35.7	23.7	28.7	37.2	24.9	10.8	37.1	24.8	12.1	35.0	23.0	77.7
10月	32.9	18.2	12.4	30.9	13.9	29.3	31.7	18.4	15.0	33.0	17.0	3.8	34.6	18.2	1.7	34.9	18.3	0.6	33.1	16.6	12.2
11月	27.4	11.6	4.2	19.4	7.5	17.8	26.1	9.7	9.1	27.2	10.5	3.0	28.5	10.9	2.3	29.3	11.7	4.0	27.6	9.9	9.9
12月	21.6	6.8	13.9	19.7	3.4	37.3	20.1	6.3	31.4	21.4	5.1	8.6	22.7	5.5	6.9	23.5	6.6	3.0	21.5	5.7	30.4
平均/年	30.3	17.8	628.8	28.6	14.1	1,142	29.7	16.1	978.8	30.9	16.7	367.3	32.6	17.9	186.8	33.1	18.2	172.8	30.6	16.4	853.2

2) 地形

図2-4にパンジャブ州周辺の地形概況を示す。パンジャブ州の地形は、山岳地域と丘陵台地、そして平原地域に大きく三分され、計画対象地区のバラニ地域は、北部のポトワール台地（標高200m～600m）に7地域（アトック、ラワルピンディ、ジェラム、チャクエル、クシャブ、ミヤンワリ、バカール）、そして、南部のデ・ジ・カーン台地（標高100m～200m）に2地域（デ・ジ・カーン、ラジャンプール）の計9地区である。ポトワール台地は、インダス平原（標高50m～200m）の北端に位置し、標高600m～1,200mのソールト・レンジ(Salt Range)の急崖によって隔たっている。

ポトワール台地は平坦であるが、その中に丘陵列を含み、丘陵列と台地が交互に繰り返した地形が特徴である。平坦面の標高は300m～600mで、全体的に北東から南西方向に高度が低下し河川浸食が進行してインダス川の支流を形成している。また、丘陵と台地部の比高差は100m程度ある。

一方、南部地域のデ・ジ・カーン、ラジャンプールは、パンジャブ州南西部のスライマン山脈（標高1,500m～2,300m）に由来する沖積扇状地とインダス川右岸の沖積平地（標高130m～200m）に位置している。

表2-9 ポトワール台地ソアン川河川流出量(1960年~1979年)

(単位 m^3/sec)

年	ラワルビンディ付近			ドックパタン		
	最少流出量	最大流出量	平均流出量	最少流出量	最大流出量	平均流出量
1960年	45	300	653	—	—	—
1961年	56	22,000	862	—	—	—
1962年	55	13,900	474	—	—	—
1963年	51	14,300	638	—	—	—
1964年	65	26,800	796	4.5	86,400	1,570
1965年	85	28,300	612	100	54,200	1,250
1966年	50	22,300	690	14	60,000	1,190
1967年	57	27,100	774	33	73,300	2,330
1968年	64	20,500	704	45	44,300	1,780
1969年	58	12,000	330	19	26,900	758
1970年	43	20,600	751	8.8	79,700	2,170
1971年	59	23,600	871	13	45,100	1,370
1972年	46	5,490	325	20	9,810	491
1973年	48	12,000	707	15	51,900	1,600
1974年	20	18,400	471	22	27,400	730
1975年	23	25,700	662	9	31,400	1,240
1976年	66	83,500	1,450	30	191,000	2,900
1977年	9	1,730	111	24	57,600	1,834
1978年	51	17,100	403	18	62,500	2,513
1979年	90	6,680	415	94	26,800	1,240
平均			635	平均		1,560

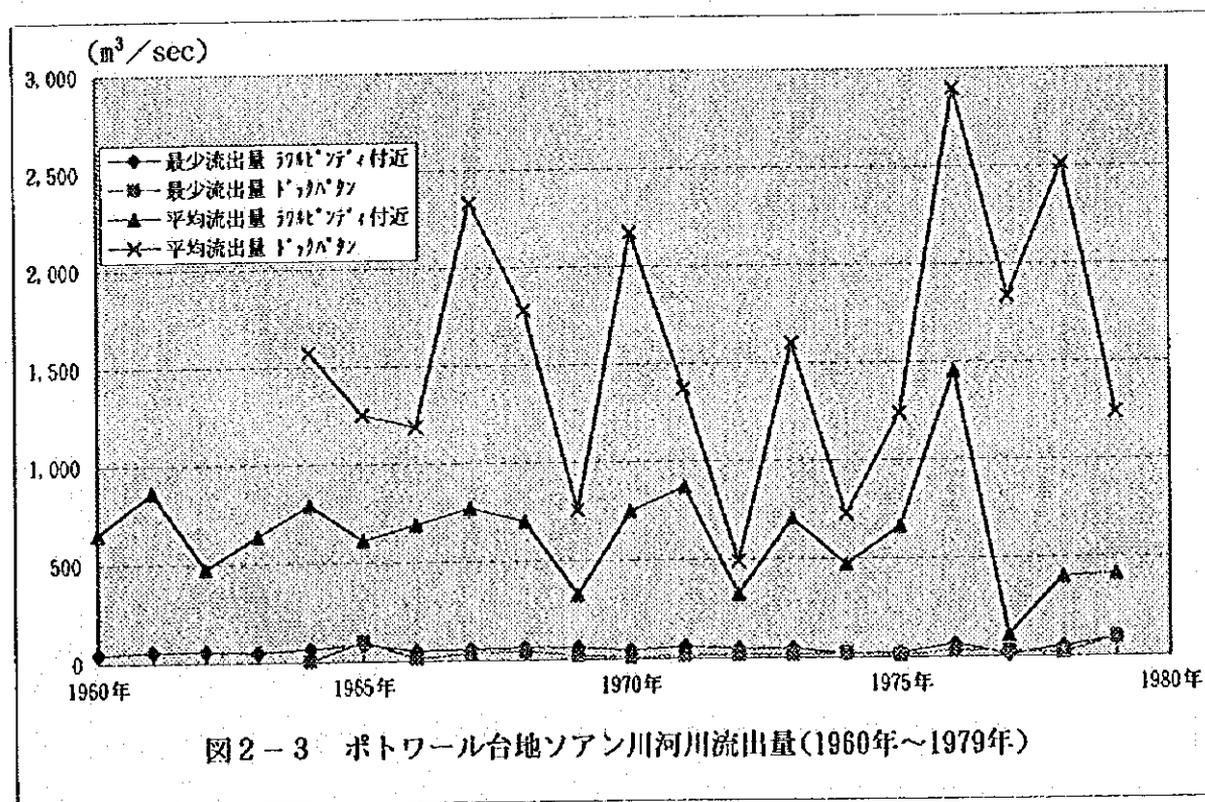


図2-3 ポトワール台地ソアン川河川流出量(1960年~1979年)

資料WAPDA, 1982

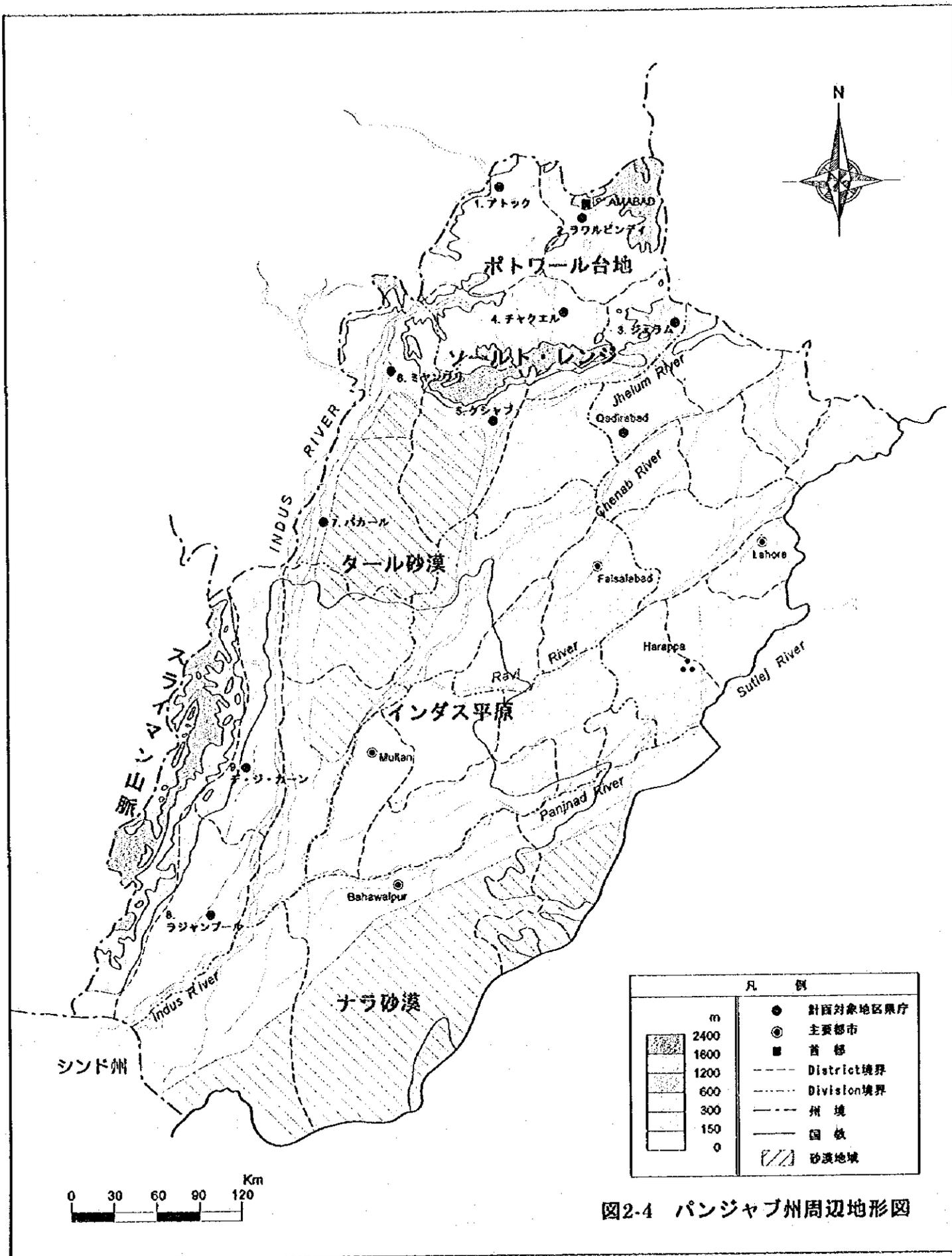


図2-4 パンジャブ州周辺地形図

3) 地質

計画対象バラニ地域の地質構造は、鮮新世後期から更新世前期に起きたヒマラヤ山脈の造山運動による影響を受け、北部のポトワール台地では褶曲軸の方向は東北東-西南西の大小の褶曲構造で特徴づけられる。一方、南部のデ・ジ・カーンやラジャンプールのスライマン丘陵山地地域では、南北方向に走る褶曲帯によって特徴づけられ、向斜と背斜の繰り返し構造となっている。そして、これらの地質構造の形成は現在も継続しており、造山運動の圧縮過程に起因している。それらの主要部分は、鮮新世～更新世のヒマラヤ造山活動の最も活発な時期に形成されたものである。

地質的にパンジャブ州は、先カンブリア紀から中生代、ジュラ紀、白亜紀、第三紀、そして第四紀に至る隆起地帯に位置し、海成および陸成の石灰岩、砂岩、礫岩、頁岩、未固結堆積物が特徴的な地質を構成している。

- (1) 先カンブリア紀の地層は、変成岩・火成岩と堆積岩類から構成され、主としてパンジャブ州周辺の山地域に露頭するが、一部にはインダス平原や ソールト・レンジ (Salt Range)にも見られる。
- (2) ジュラ紀・白亜紀の地層は、硬質な石灰岩・頁岩および砂岩からなり、スライマン山脈脊梁部やソールト・レンジの丘陵山地地域に露頭する。
- (3) 晩新世の地層は硬質砂岩および石灰岩で、白亜紀の脊梁山地の両翼に分布する。
- (4) 始新世の地層は、堅硬な頁岩、石灰岩および軟質な頁岩から構成される。
- (5) 中新世の地層は、砂岩・泥岩および固結粘土から構成される。
- (6) 鮮新世から更新世の粘土・泥岩・砂岩および礫岩は、ポトワール台地からインダス平原に分布し、洪積層もインダス平原に広く分布している。
- (7) 完新世の地層は、沖積層の未固結堆積岩や河床堆積物、氾濫原堆積物そしてスライマン山脈に源を発する山麓扇状堆積物、インダス平原の段丘堆積物から構成される。

図 2-5 にパンジャブ州周辺地質図を示す。

4) 水理地質

パンジャブ州において水理地質的に重要な地層は、砂岩・頁岩互層から成る第三紀層と、未固結堆積物から成る第四紀層である。この地域における地下水は、第四紀層砂礫層に賦存する地下水と、その下位の第三紀層砂岩中に賦存する地下水に大別される。また、山麓部の岩盤地帯では、断層・破砕帯中の裂か水として存在する。一方、イン

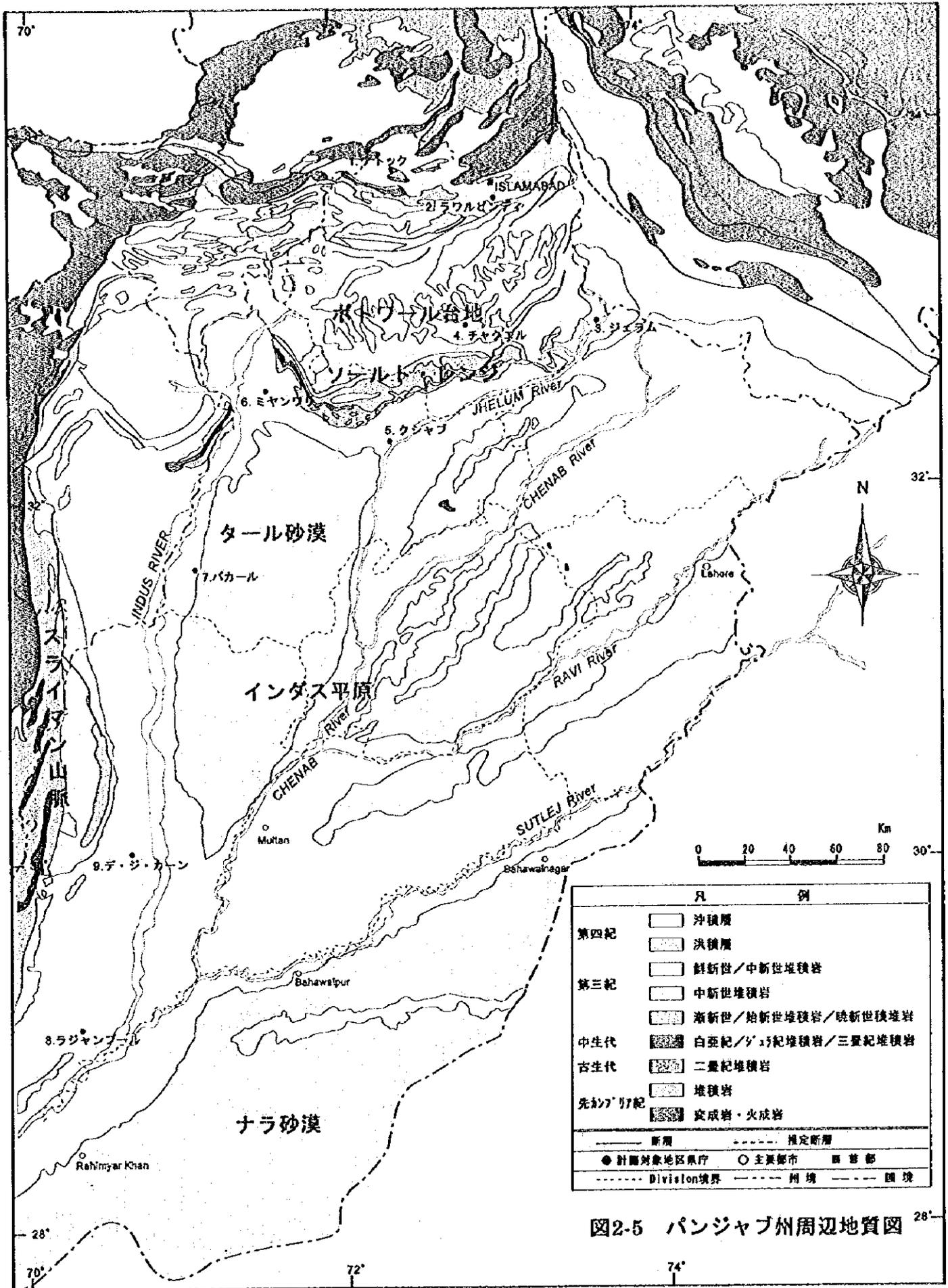


図2-5 パンジャブ州周辺地質図

ダス平原の沖積低地と洪積台地は、透水性のよい砂礫層が厚く、インダス川他の河川による地下水涵養も優れており、有力な地下水賦存地帯となっている。しかし、インダス平原では地下水賦存量は豊富であるが、水質的には局部的に塩分濃度の高い地域があり、地下水開発には十分な調査が必要である。バラニ地域の水質については、塩分濃度が高く水質的問題のある地域は稀であるが、一部の地域では粘土質の地下水賦存量の少ない地域がある。図 2-6 にパンジャブ州周辺の水理地質図を、そして表 2-10 にパンジャブ州の計画対象バラニ地域の水理地質層序を示す。

表 2-10 パンジャブ州計画対象バラニ地域の水理地質層序

地質年代		地層	地下水賦存	評価	
第四紀	完新世	未固結堆積層 (シルト、砂、礫) 河床堆積層 氾濫原堆積層 山麓堆積層 (粗粒岩屑) 段丘堆積層 (細粒岩屑)	自由地下水 半被圧～ 被圧地下水	○ ◎	
	更新世	粘土、シルト岩、砂岩、礫岩	被圧地下水	◎	
第三紀	新第三紀	鮮新世	堆積岩 (砂岩、礫岩、頁岩) 不整合	被圧地下水 亀裂帯の地下水	◎
		中新世	堆積岩 (砂岩、礫岩、頁岩)		
	古第三紀	漸新世	堆積岩 (砂岩、泥岩) 不整合	被圧地下水 亀裂帯の地下水	○
		始新世	堆積岩 (砂岩、頁岩、 マール)		
白亜紀	堆積岩 (砂岩、礫岩、石灰岩)				
ジュラ紀	堆積岩 (石灰岩) 不整合	被圧/亀裂帯の 地下水	○		
カンブリア紀・石炭紀・ 二疊紀・三疊紀	堆積岩 (岩塩・砂岩・石灰岩) 不整合				
先カンブリア紀 (基盤岩)	片岩類・片麻岩 花崗片麻岩 不整合	亀裂帯の地下水	△		

地下水評価：◎優れている、○発達している、△存在する

(1) 給水事情：バラニ地域の公共水道事業はパンジャブ州政府公衆衛生局が管轄し、一日当りの施設給水時間は8時間で、一人当りの水需要量は40lit/日で計画されている。公共水道施設の水道料金は、公共水栓は無料、各戸給水はRs20/戸・月となっているが、普及率は25～30%と低いレベルにある。このため、バラニ地域内の70～75%の住民は公共水道施設が利用できないため、灌漑用井戸から生活用水を得ている。現在の一人当りの使用量は10～30lit/日程度であり、ポリタンク等で取水運搬している。一方、伝統的に利用されている浅井戸は深さが10数m、直径が2m余、地下水位が約5m～7mで生活用水や灌漑用水に利用されている。水質的にはpHが8.0～8.5、全硬度が500ppm前後のものが多い。しかし、そのうちの約60%以上の井戸が渇水期には涸れるか水量不足となるため、年間を通じて安定した揚水が可能な深井戸の建設が求められている。

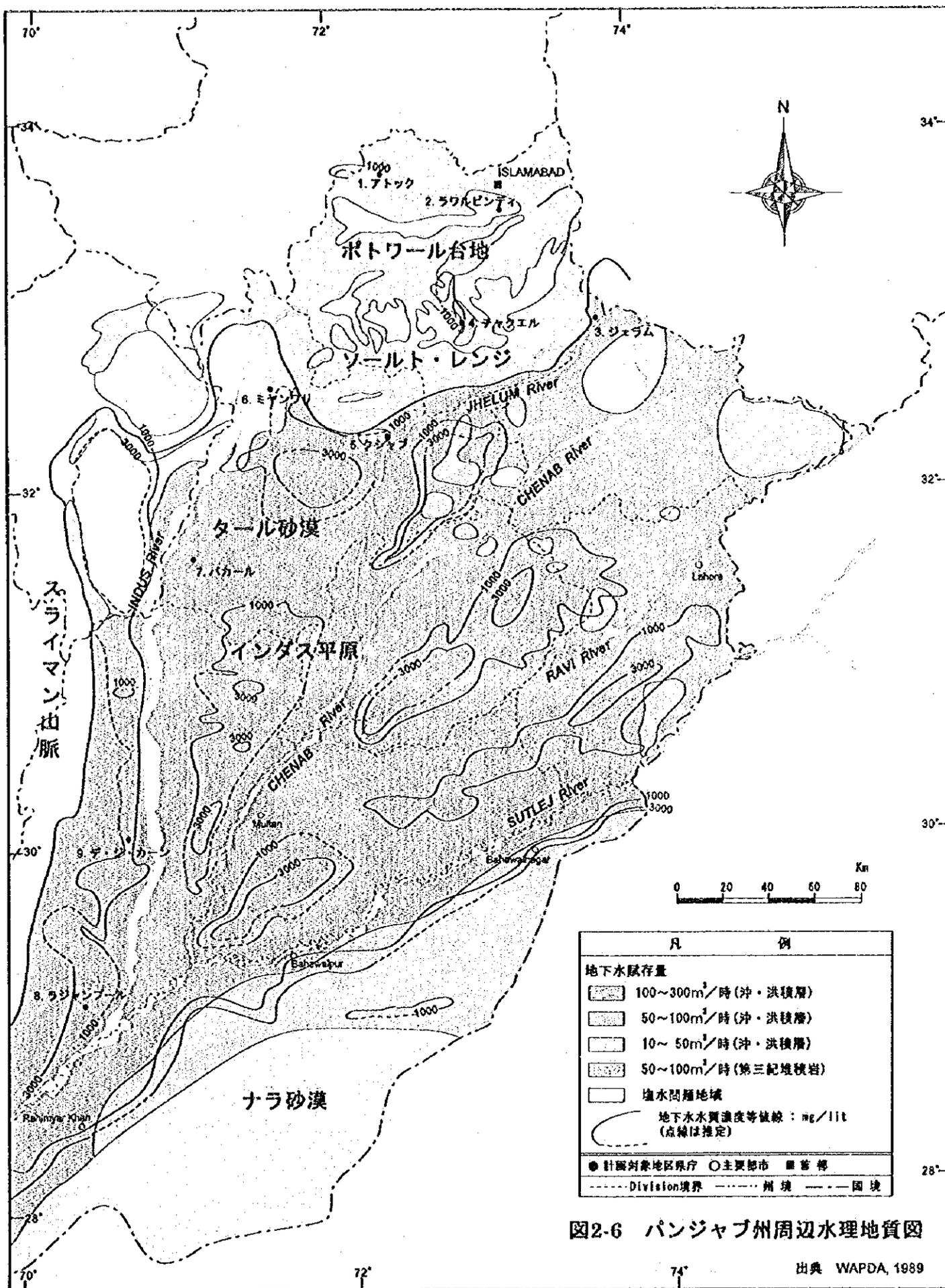


図2-6 パンジャブ州周辺水理地質図

出典 WAPDA, 1989

(2) 地下水の水質： 農業機械局は地下水の農作物、土壌への影響を評価するため、灌漑用水の水質判定基準（表 2-11）を段階別に定めている。また、図 2-7 にパンジャブ州の地下水水質分布図を示す。

表 2-11 灌漑用水の水質判定基準

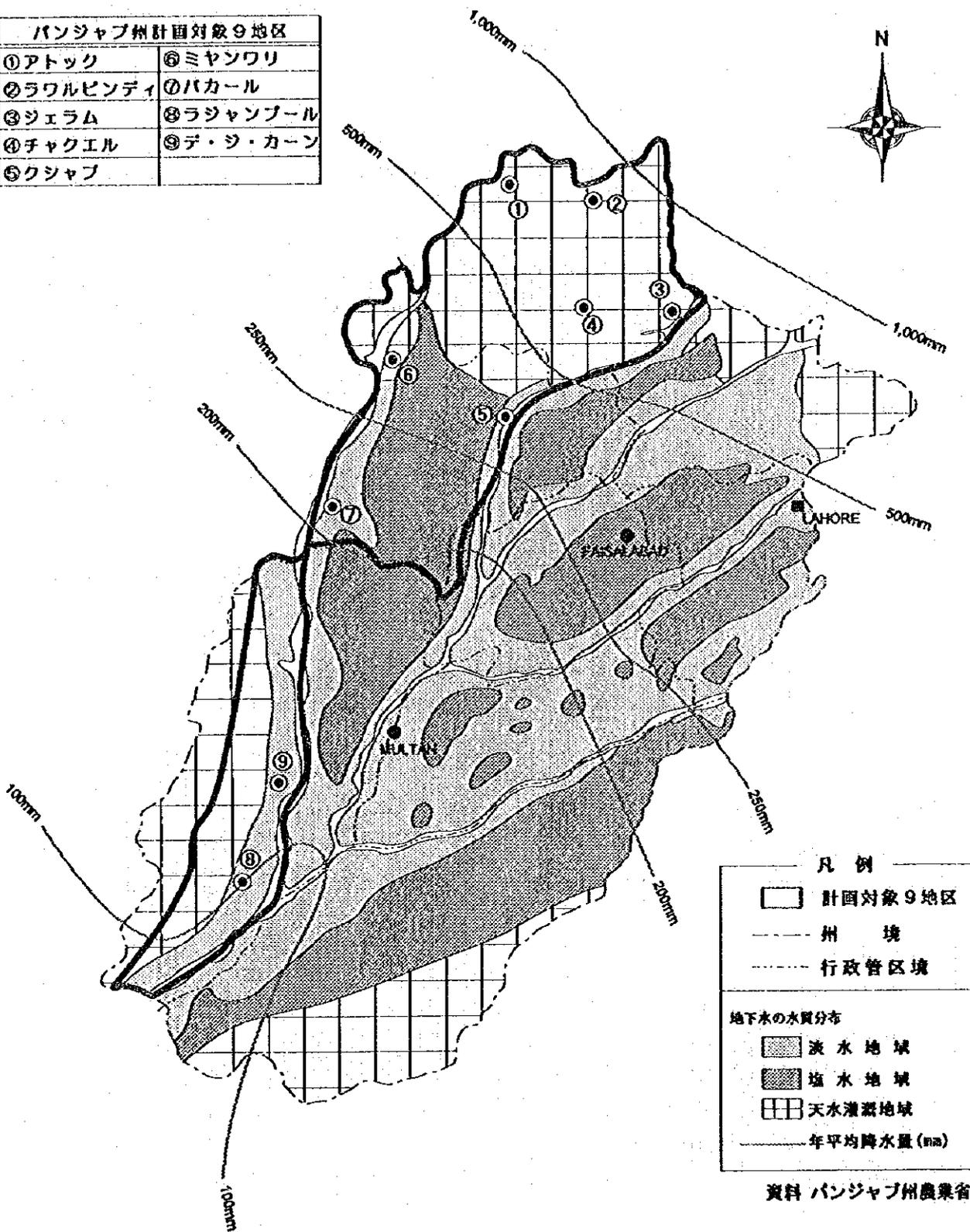
灌漑用水 水質判定	電気伝導度 EC (Electrical Conductivity) ($\mu\text{s/cm}$)	ソーダ吸収率 SAR (Sodium Adsorption Ratio)	残留炭酸ナトリウム RSC (Residual Sodium Carbonate)	全可溶性物質 TSS (Total Soluble Solids) (ppm)
適	0~1000	0~8	0~1.25	0~800
限界	1000~1500	8~10	1.25~2.50	800~1000
不適	1500以上	10以上	2.50以上	1000以上

- ポトワール台地に位置するアトック・ラウルピンディ・ジェラム・チャクエル・クシャブ・ミヤンワリでは、帯水層の深さは 40m~50m 以上と深い、地下水の水質に問題はない。
- タール砂漠に位置するバカール・ミヤンワリ（一部）・クシャブ（一部）では、帯水層の上部に塩水層が存在し、淡水層は深度 50m~100m 以上と深くなる傾向にある。
- スライマン山脈の丘陵台地に位置するラジャンプール・デ・ジ・カーンでは、インダス川からの地下水涵養も良く賦存量は豊富であるが、水質的には塩分濃度の高い地域がある。現地調査による電気伝導度は 700~1,200 $\mu\text{s/cm}$ 前後の水質を示す灌漑用深井戸が数ヶ所で見られた。

(3) 地下水開発状況： バラニ地域の地下水開発は、1988 年以降日本の 2KR で調達された 10 台の井戸掘さく機によって本格的に実施されてきた。表 2-12 は本計画の実施機関農業総局（農地担当）によって 1989 年から 1996 年に建設されたバラニ地域の灌漑用深井戸について、水理地質評価を行ったものである。（詳細な分析結果は、第 3 章 3-2-2 を参照）

- 井戸口径は ϕ 4-1/3" から ϕ 30-1/2" と多様であるが、 ϕ 10" のものが最も多い。
- 井戸深度は 30m から 295m で、100m から 150m のものが多い。
- 静水位は 2m~68m で、ラウルピンディ地区では多くの自噴井がある。
- 揚水量は 25 m^3/hr から 167 m^3/hr で、50 m^3/hr 以上 100 m^3/hr のものがほとんどである。灌漑の単位揚水量（1cusec=100 m^3/hr ）を越えるものは、数%程度である。

パンジャブ州計画対象9地区	
①アトック	⑥ミヤンワリ
②ラウルピンディ	⑦バカール
③シェラム	⑧ラジャンプール
④チャクエル	⑨デ・ジ・カーン
⑤クシャブ	



凡例

- 計画対象9地区
- - - 州境
- 行政管区境

地下水の水質分布

- 淡水地域
- ▨ 塩水地域
- ▤ 天水灌漑地域
- 年平均降水量 (mm)

資料 パンジャブ州農業省

図2-7 パンジャブ州の地下水水質分布図

表2-12(4) パンジャブ州バラニ地域水理地質評価

No.	District	Fig No.	村名	開戸年	開水(年度)	井戸径 (cm)	井戸深さ (m)	掘り出し量 (kg/2hr)	静水圧 (kg)	動水圧 (kg)	水安降下 (cm)	比流出量 (cm ³ /hr/cm ²)	21-2位置 (cm)	含水層	含水層深さ (m)	TDS (ppm)	EC (μm/cm)	pH	CL (ppm)
301			Bawal Khun	20	1990/91	450	103.00	51.00	21.00	51.00	30.00	1.70		Clay S.	103.00				
302			Tezen	23	1990/91	250	134.00	68.00	21.00	33.00	12.00	5.67	50	Clay S.	134.00				
303			Tezen	26	1990/91	450	152.00	88.00	21.00	33.00	12.00	5.87	45	Clay S.	152.00				Fit for irrigation.
304			Tezen	28	1990/91	450	121.00	21.00	21.00	33.00	12.00	1.75	50	Clay S.	121.00				Fit for irrigation.
305			Kotha	30	1990/91	250	137.00	X											
306			Lati	35	1990/91	250	121.00												
307			Lati	13	1990/91	250	141.00		14.00	24.00	10.00			Clay with shale	141.00				
308			Dhab	21	1990/91	250	156.00	X	21.00	39.00	18.00			Clay S.	156.00				
309			Bashel Kola	7	1991/92	250	121.00	X											
310			Wodey	4	1991/92	250	137.00	X											
311			Bilisee	8	1991/92	250	121.00	X											
312			Bilisee	10	1991/92	250	121.00	X						Clay S.	121.00				
313			Oxawal	13	1991/92	250	109.00		15.00	38.00	15.00			Clay S.	109.00				
314			Oxawal	14	1991/92	250	87.00		25.00	43.00	24.00			Clay S.	87.00				
315			Durge	15	1991/92	250	128.00		38.00	57.00	18.00			Clay S.	128.00				
316			Durge	1	1992/93	250	129.00		38.00	63.00	30.00			Clay S.	129.00				
317			Qrook Jaddogharah	8	1992/93	250	45.00	X											
318			Khal Kher	11	1992/93	250	76.00	X											
319			Fassined	12	1992/93	250	187.00		12.00					Clay S.	187.00				
320			Fayned	12	1992/93	375	188.00		11.00	164.00	152.00			Clay S.	188.00				
321			Enara	16	1992/93	375	60.00	68.00	19.00	21.00	3.00	22.67		Clay S.	60.00				
322			Enara	23	1992/93	250	63.00	X											
323			Enara	24	1992/93	250	81.00	X											
324			Boukwal	29	1992/93	250	152.00	68.00	18.00	21.00	3.00	22.67		Clay S.	152.00				
325			Boukwal	30	1992/93	250	152.00	68.00	18.00	21.00	3.00	22.67		Clay S.	152.00				
326			Korgel	32	1992/93	250	125.00	X											
327			Korgel	33	1992/93	375	125.00	68.00	21.00	24.00	3.00	22.67		Clay S.	125.00				
328			Korgel	36	1992/93	250	134.00	X											
329			Korgel	38	1992/93	250	131.00	X											
330			Korgel	1	1994/95	375	131.00	68.00						Clay S.	131.00				
331			Telegang	25	1994/95	250	137.00	X											
332			Telegang	34	1994/95	250	127.00	X											
333			Telegang	47	1994/95	250	91.00	X											
334			Telegang	48	1994/95	450	91.00	68.00	18.00	24.00	3.00	11.33		Clay S.	91.00				
335			Telegang	52	1994/95	250	129.00	X											
336			Telegang	3	1995/96	250	91.00	X											
337			Telegang	15	1995/96	375	91.00	68.00	15.00	18.00	3.00	22.67		Clay S.	91.00				
338			Jabair Pur	27	1995/96	250	121.00	X											
339			Jabair Pur	29	1995/96	250	129.00	68.00	26.00	32.00	3.00	11.33		Clay S.	129.00				
340			Jabair Pur	45	1995/96	450	105.00	68.00						Clay S.	105.00				
341			Dharpal	18	1995/96	250	147.00	68.00						Clay S.	147.00				
342			Dharpal	32	1995/96	250	91.00	68.00	16.00	18.00	3.00	22.67		Clay S.	91.00				
343			Dharpal	48	1995/96	250	121.00	X											
344	Kushab	JB-2	Kata	18	1990/91	250	150.00		57.00					Hard S.	93.00				
345			Dora	3	1991/92	450	50.00	50.00		20.00				Hard S.	50.00				
346			Shaser	3	1991/92	250	143.00			7.00				Clay H.S.	136.00				
347			Shaser	4	1991/92	250	133.00			6.00				Clay H.S.	127.00				
348			Shaser	9	1991/92	450	87.00	87.00	7.00	18.00	12.00	7.25	30	Hard S.	80.00				Fit for irrigation.
349			Charkala	15	1991/92	250	167.00		33.00					Hard S.	154.00				
350			Kala	1	1992/93	250	53.00	53.00		18.00				Clay	22.00				

No.	District	Fig No.	村名	開戸年	開水(年度)	井戸径 (cm)	井戸深さ (m)	掘り出し量 (kg/2hr)	静水圧 (kg)	動水圧 (kg)	水安降下 (cm)	比流出量 (cm ³ /hr/cm ²)	21-2位置 (cm)	含水層	含水層深さ (m)	TDS (ppm)	EC (μm/cm)	pH	CL (ppm)
351			Murel	4	1992/93	375	91.00	31.00	18.00	18.00	6.00	5.17	20	Clay	21.00				Fit for irrigation.
352			Bakin Kral	8	1992/93	250	33.00	33.00		11.00				Clay	22.50				
353			Bakin Kral	9	1992/93	250	33.00	33.00		11.00				Clay	22.00				
354			Bakin Kral	10	1992/93	250	158.00	158.00		12.00				Clay	144.00				
355			Bakin Kral	11	1992/93	450	23.00	23.00	11.00	19.00	3.00	2.88	18	Clay	13.00				Fit for irrigation.
356			Dhak Arub	17	1992/93	250	33.00	33.00	8.00					Clay	25.00				
357			Dhak Arub	10	1992/93	450	20.00	80.00	8.00	18	10.00	8.00	12.00	Clay S.	14.00				Fit for irrigation.
358			Dhak Arub	19	1992/93	250	33.00	33.00	11.00					Clay	22.00				
359			Dhak Arub	24	1992/93	450	33.00	70.00	11.00	20	9.00	7.78	15.00	Clay S.	22.00				Fit for irrigation.
360			Karab Kral	26	1992/93	250	93.00		11.00					Clay	22.00				
361			Karab Kral	27	1992/93	450	27.00	75.00	11.00	23	12.00	6.25	20.00	Clay S.	16.00				Fit for irrigation.
362			Greey	30	1992/93	250	43.00		15.00					Clay	24.00				
363			Greey	1	1993/94	450	43.00	65.00	15.00	23	3.00	8.13	25.00	Clay S.	24.00				Fit for irrigation.
364			Kargal	4	1993/94	250	67.00		9.00					Clay	58.00				
365			Kargal	7	1993/94	450	67.00	70.00	9.00	17	3.00	3.75	30.00	Clay S.	54.00				Fit for irrigation.
366			Karab Kral	9	1993/94	250	43.00		12.00					Clay	31.00				
367			Karab Kral	10	1993/94	450	43.00	65.00	12.00	21	3.00	7.22	20.00	Clay S.	31.00				Fit for irrigation.
368			Jabi	15	1993/94	250	141.00		43.00					Clay	95.00				
369			Jabi	17	1993/94	450	120.00	70.00	43.00	53	10.00	7.00	70.00	Clay S.	77.00				Fit for irrigation.
370			Azitol	19	1993/94	250	200.00		68.00					Clay	132.00				
371			Azitol	20	1993/94	450	200.00	90.00	68.00	79	11.00	8.18	133.00	Clay S.	132.00				Fit for irrigation.
372			Kata	28	1993/94	250	100.00		33.00					Hard S.	67.00				
373			Kata	1	1994/95	450	100.00	100.00	42.00	54	12.00	8.53	33.00	Hard S.	58.00				Fit for irrigation.
374			Kard	3	1994/95	250	125.00		68.00					Clay	57.00				
375			Kard	5	1994/95	375	125.00	80.00	68.00	79	11.00	6.18	60.00	Clay S.	57.00				Fit for irrigation.
376			Kard	7	1994/95	250	68.00		9.00					Clay	57.00				
377			Kard	8	1994/95	375	68.00	80.00	9.00	18	18.00	8.00	45.00	Clay S.	57.00				Fit for irrigation.
378			Odhal	18	1994/95	250	66.00		25.00					Hard S.	41.00				
379			Odhal	11	1994/95	375	66.00	80.00	25.00	97	12.00	7.50	50.00	Hard S.	41.00				Fit for irrigation.
380			Odhal	15	1994/95	250	100.00		33.00					Clay	65.00				
381			Odhal	18	1994/95	375	100.00	100.00	35.00	45	10.00	10.00	60.00	Clay S.	65.00				Fit for irrigation.
382			Kufri	19	1994/95	250	116.00		40.00					Hard S.	76.00				
383			Kufri	21	1994/95	250	116.00		40.00					Hard S.	76.00				
384			Kufri	23	1994/95	250	100.00		30.00					Hard S.	60.00				
385			Kufri	4	1995/96	375	116.00	100.00	28.00	31	11	8.09	83.00	Hard S.	96.00				Fit for irrigation.
386			Kufri	11	1995/96	250	116.00		28.00					Hard S.	86.00				

表2-12(5) パンジャブ州バラニ地域水理地質評価

No.	District	Fig No.	村名	原戸数 (No)	調査年度	井戸深 (m)	井戸深度 (m)	揚水量 (m ³ /hr)	揚水圧 (kg)	揚水高 (m)	水位降下 (m)	比降出量 (m ³ /hr/m)	1/10-出量 (%)	地下水層	揚水深度 (m)	TDS (%)	EC (μs/cm)	pH	Cl. (%)
481			Kura	5	1991/92	250	141.00	-	20.00	-	-	-	-						
482			Kura	2	1992/93	375	87.00	42.00	30.00	42	12	3.50	27.00	Hard S.	57.00				Fit for irrigation.
483			Kali	12	1992/93	250	145.00	-	55.00	-	-	-	-						
484			Kotly	19	1992/93	250	88.00	-	-	-	-	-	-						
485			Kotly	20	1992/93	450	98.00	46.00	35.00	46	11	4.18	30.00	Hard S.					
486			Golewali	25	1992/93	250	161.00	-	69.00	-	-	-	-						
487			Golewali	5	1993/94	250	174.00	-	-	-	-	-	-						
488			Kura	18	1993/94	250	100.00	-	-	-	-	-	-						
489			Kura	21	1993/94	375	103.00	69.00	69.00	81	12	5.75	50.00	Hard S.	48.00				Fit for irrigation.
490			Kura	22	1993/94	250	127.00	-	-	-	-	-	-						
491			Kura	29	1993/94	250	151.00	-	-	-	-	-	-						
492			Kali	13	1994/95	450	136.00	85.00	53.00	85	12	5.42	38.00	Hard S.	83.00				Fit for irrigation.
493			Kura	4	1994/95	250	150.00	-	-	-	-	-	-						
494			Kura	6	1994/95	250	166.00	-	-	-	-	-	-						
495			Kura	8	1994/95	250	135.00	-	-	-	-	-	-						
496			Mardiali	12	1994/95	250	63.00	-	-	-	-	-	-						
497			Golewali	20	1994/95	250	200.00	-	-	-	-	-	-						
498			Kura	22	1994/95	250	75.00	-	20.00	-	-	-	-						
499			Golewali	27	1994/95	200	-	-	-	-	-	-	-						
500			Mardiali	28	1994/95	250	83.00	-	30.00	42.00	12.00	-	-						
501			Golewali	26	1994/95	450	200.00	80.00	73.00	-	-	-	-	39	Hard S.	127.00			Fit for irrigation.
502			Doddy	30	1994/95	250	130.00	-	30.00	-	-	-	-						
503			Doddy	37	1994/95	375	108.00	80.00	28.00	-	-	-	-	39	Hard S.	72.00			Fit for irrigation.
504			Kata	12	1995/96	250	95.00	-	35.00	-	-	-	-						
505			Ochali	10	1995/96	250	89.00	-	40.00	-	-	-	-						
506			Sigral	3	1995/96	250	62.00	-	30.00	-	-	-	-						
507			Sigral	4	1995/96	375	62.00	60.00	18.00	28.00	10.00	8.00	37	Hard S.	25.00				Fit for irrigation.
508			Sigral	1	1995/96	250	83.00	-	20.00	-	-	-	-						
509			Sigral	2	1995/96	375	83.00	90.00	28.00	38.00	10.00	8.00	57	Hard S.	28.00				Fit for irrigation.
510			Kafri	7	1995/96	375	100.00	75.00	37.00	-	-	-	-						
511			Kafri	6	1995/96	250	150.00	-	28.00	-	-	-	-						
512	Chustab	12-4	Pach Por	1	1989/90	250	129.00	-	37.00	-	-	-	-						
513			Kura	2	1989/90	450	115.00	-	24.00	38.00	12.00	-	-						
514			Kata Saghal	3	1989/90	450	70.00	80.00	27.00	39.00	12.00	6.67	20.00						Fit for irrigation.
515			Kata Saghal	4	1989/90	250	79.00	-	27.00	-	-	-	-						
516			Kata Saghal	5	1989/90	375	78.00	75.00	30.00	43.00	15.00	5.77	26	Hard S.	48.00				Fit for irrigation.
517			Kata Saghal	6	1989/90	250	200.00	-	2.00	-	-	-	-						
518			Jabi	7	1989/90	250	143.00	-	33.00	-	-	-	-						
519			Kata	8	1989/90	250	34.00	-	18.00	-	-	-	-						
520			Kafri	9	1989/90	250	79.00	-	8.00	-	-	-	-						
521			Kafri	10	1989/90	375	72.00	82.00	8.00	21.00	13.00	6.31	50	Clay	82.00				Fit for irrigation.
522			Kata	11	1989/90	250	100.00	-	12.00	-	-	-	-						
523			Kata	12	1989/90	250	48.00	-	4.00	-	-	-	-						
524			Kafri	13	1989/90	375	58.00	70.00	4.00	14.00	10.00	7.00	40	Clay	46.00				Fit for irrigation.
525			Kafri	14	1989/90	250	56.00	-	3.00	-	-	-	-						
526			Ochali	15	1989/90	375	58.00	70.00	3.00	15.00	12.00	5.83	34	Clay R.S.	55.00				Fit for irrigation.
527			Kafri	16	1989/90	250	90.00	-	35.00	-	-	-	-						
528			Kafri	1	1991/92	375	82.00	80.00	20.00	30.00	18.00	8.00	52	R.S. Clay	52.00				Fit for irrigation.
529			Kata	6	1991/92	250	82.00	-	30.00	-	-	-	-						

No.	District	Fig No.	村名	原戸数 (No)	調査年度	井戸深 (m)	井戸深度 (m)	揚水量 (m ³ /hr)	揚水圧 (kg)	揚水高 (m)	水位降下 (m)	比降出量 (m ³ /hr/m)	1/10-出量 (%)	地下水層	揚水深度 (m)	TDS (%)	EC (μs/cm)	pH	Cl. (%)	
530			Kafri	72	1991/92	250	92.00	-	50.00	-	-	-	-							
531			Kafri	11	1991/92	250	82.00	-	25.00	-	-	-	-							
532			Kafri	12	1991/92	375	82.00	85.00	26.00	38.00	12.00	7.08	55	Clay	56.00				Fit for irrigation.	
533			Kafri	15	1991/92	250	92.00	-	20.00	-	-	-	-							
534			Kafri	14	1991/92	375	108.00	70.00	28.00	40.00	12.00	5.83	32	R.S.	80.00				Fit for irrigation.	
535			Ochali	18	1991/92	250	115.00	-	20.00	-	-	-	-							
536			Ochali	3	1992/93	250	33.00	-	12.00	-	-	-	-							
537			Kafri	5	1992/93	250	7.00	-	5.00	-	-	-	-							
538			Kafri	8	1992/93	250	100.00	-	27.00	-	-	-	-							
539			Kafri	7	1992/93	438	78.00	85.00	27.00	-	-	-	-	15	Clay	51.00				Fit for irrigation.
540			Kafri	14	1992/93	250	117.00	-	27.00	-	-	-	-							
541			Kafri	15	1992/93	250	100.00	-	27.00	-	-	-	-							
542			Kafri	16	1992/93	375	100.00	70.00	27.00	38.00	12.00	5.83	26	Clay	73.00				Fit for irrigation.	
543			Ochali	18	1992/93	250	78.00	-	22.00	-	-	-	-							
544			Ochali	22	1992/93	375	80.00	80.00	20.00	39.00	19.00	4.71	50	Clay R.S.	60.00				Fit for irrigation.	
545			Ochali	28	1992/93	250	63.00	-	5.00	-	-	-	-							
546			Karadhi	29	1992/93	250	107.00	-	27.00	-	-	-	-							
547			Karadhi	31	1992/93	375	107.00	75.00	27.00	39.00	12.00	6.25	83	Clay R.S.	26.00				Fit for irrigation.	
548			Ochali	3	1993/94	250	113.00	-	28.00	-	-	-	-							
549			Kafri	8	1993/94	375	120.00	75.00	27.00	39.00	12.00	6.25	87	Clay	83.00				Fit for irrigation.	
550			Kafri	11	1993/94	250	103.00	-	27.00	-	-	-	-							
551			Ochali	12	1993/94	250	83.00	-	33.00	-	-	-	-							
552			Kafri	13	1993/94	250	87.00	-	27.00	-	-	-	-							
553			Kafri	14	1993/94	375	87.00	60.00	27.00	40.00	13.00	6.15	60	Clay	66.00					
554			Kafri	18	1993/94	250	100.00	-	-	-	-	-	-							
555			Kafri	23	1993/94	250	100.00	-	-	-	-	-	-							
556			Kafri	24	1993/94	375	100.00	85.00	27.00	38.00	12.00	7.08	70	Clay	73.00				Fit for irrigation.	
557			Kafri	25	1993/94	450	100.00	80.00	27.00	38.00	12.00	6.87	70	Clay	73.00				Fit for irrigation.	
558			Ochali	29	1993/94	250	78.00	-	-	-	-	-	-							
559			Ochali	27	1993/94	375	57.00	75.00	27.00	38.00	11.00	6.02	36	R.S.	30.00				Fit for irrigation.	
560			Kafri	30	1993/94	250	133.00	-	-	-	-	-	-							
561			Kafri	8	1994/95	375	150.00	75.00	20.00	43.00	23.00	5.27	33	Clay	150.00				Fit for irrigation.	
562			Ochali	13	1994/95	251	78.00	-	23.00	-	-	-	-							
563			Ochali	14	1994/95	375	70.00	80.00	23.00	35.00	12.00	6.67	35	Clay	47.00				Fit for irrigation.	
564			Kafri	15	1994/95	250	100.00	-	27.00	-	-	-	-							
565			Kafri	19	1994/95	375	100.00	60.00	27.00	39.00	12.00	6.77	27	Clay	75.00				Fit for irrigation.	
566			Ochali	21	1994/95	250	70.00	-	20.00	-	-	-	-							
567			Ochali	22	1994/95	375	80.00	80.00	20.00	32.00	12.00	6.67	60	Clay	66.00				Fit for irrigation.	
568			Ochali	28	1994/95	250	63.00	-	5.00											

2-4-3 灌漑計画

パンジャブ州の農地は灌漑状況から図 2-8 に示すように、三種類に分類することが可能で、州政府はそれぞれの灌漑状況に対応した補助金制度を実施している。(第 3 章 3-2-4 3)参照)

- A. バラニ地域 : 沖・洪積層(薄く 30m 以下)と鮮新世・中新世堆積岩
- B. 氾濫原地域 : 沖・洪積層(厚く 200m 以上)
- C. 水路灌漑地域 : 沖・洪積層(厚く 200m 以上)

1) 計画対象バラニ地域の面積

計画対象地域バラニ地域の面積を表 2-13 に示す。ここでのバラニ地域面積には、水路灌漑施設の末端に位置し、実際に水路による灌漑用水が届かずに天水のみによる農業を行っている地域も含んでいる。また、デ・ジ・カーンとラジャンプールにはトライバル・エリアを含んでいる。

表 2-13 計画対象バラニ地域の面積

	計画対象地区	バラニ地域面積(千 Ha)
1	アトック	255.7
2	ラウルピンディ	198.5
3	ジェラム	82.2
4	チャクエル	233.5
5	クシャブ	231.2
6	ミヤンワリ	108.5
7	バカール	330.7
8	ラジャンプール	26.2
9	デ・ジ・カーン	35.2
	合 計	1,501.7

2) 営農規模

ラウルピンディ(District)の営農規模を、バラニ地域の一例として以下に示す。ラウルピンディにおいては、耕作面積 5.0ヘクタール(2.0ha)以下の小規模農民が 70%を占めている。他の計画対象地区(District)についてもほぼ同様である。灌漑井戸の申請に当たっては、これらの農民がグループを組むことによって行っている。

表 2-14 ラワルピンディ地区の営農規模

営農規模(エーカー)	農民数 (%)	平均営農規模(エーカー)
1.0 未満	21	0.5
1.0 ~ 2.5 未満	31	1.6
2.5 ~ 5.0 未満	21	3.4
5.0 ~ 7.5 未満	13	5.7
7.5 ~ 12.5 未満	9	9.5
12.5 ~ 25.0 未満	4	16.7
25.0 ~ 50.0 未満	1	30.6
50.0 ~ 150.0 未満	0.5 以下	71.1
150.0 以上	0.5 以下	187.1

3) 井戸灌漑

バラニ地域で行われている井戸を水源とする灌漑方式には、畦間灌漑とベイズン灌漑がある。畦立ては、ほぼ全域が野菜とサトウキビ栽培に適用されている。また、稲作が行われる場合には、田越し灌漑も見られる。揚水の動力は電動モーターまたはディーゼルエンジンであり、年間で2000~3000時間、ピーク時で10~15時間/日の運転時間となっている。揚水量は一律に1cusec (ft³/sec, ≒28 l/sec, 100.8m³/hr) の揚水能力を持つ動力ポンプが全稼動しており、65エーカーの単位面積が一般的に灌漑されている。

4) 揚水量 1cusec (≒28 l/sec, 100.8m³/hr) の灌漑可能面積

ラジャンプール, デ・ジ・カーン地区において、揚水量 1cusec (ft³/sec, ≒28 l/sec, 100.8m³/hr) で 65エーカーを灌漑するために、ピーク時で一日当たり 14~16 時間のポンプ運転を行っている。ポンプの運転時間と帯水層の能力から判断して、灌漑面積を 100エーカーにまで拡大することは困難である。また、両地区の平均経営規模から井戸一本を共同管理するのに必要な農家数を推定すると、単位農地 65エーカーで 6~9 戸となる。

一方、他のポトワール合地のバラニ地域においては、の揚水量 1cusec で 65エーカーを灌漑するために、ピーク時で一日当たり 13~17 時間のポンプ運転を行っている。このため、ポンプの運転時間から判断して、灌漑面積を 100エーカーにまで拡大することは不可能である。また、各地区の平均経営規模から井戸一本を共同管理する場合、単位農地 65エーカーで 5~15 戸となるのに対し、単位農地 100エーカーでは 7~24 戸となり、灌漑井戸と農地の効率的な管理を考慮すると、現実的に単位灌漑面積を 100エーカーとするのは困難である。したがって、農業総局の提案するバラニ地域の井戸 1 井当たり灌漑面積は、65エーカーが妥当であると判断される。

5) 排水

バラニ地域では、農地の排水は行われていない。また、ポトワール台地では地下水位が低く、乾燥地域であるため浸水被害は生じていない。

6) 灌漑計画

本灌漑計画は、無償資金協力で調達される井戸掘さく機により建設する深井戸を水源とする灌漑計画である。実施機関農業総局（農地担当）による1989年と1996年の灌漑計画について記述する。

① 当初要請(1989年)での灌漑計画は、10台の井戸掘さく機が建設する深井戸施設によるものである。灌漑対象地域はパンジャブ州の9地区(アトック、ラウルピンディ、ジェラム、チャクエル、クジャブ、ミヤンワリ、バカール、ラジャンプール、デ・ジ・カーン)の、バラニ地域である。

② 計画灌漑面積は、全体で72,000ヘクタールで水源は720本の深井戸である。井戸1本当たりの平均支配面積は100ヘクタールで、揚水量は1cusecで計画されている。ただし、対象地区(District)における、井戸の本数と計画灌漑面積は示されていない。年間60本の深井戸を設置し、井戸掘さく機の耐用年数12年間で720本の深井戸を建設する計画である。井戸掘さく機1台当たりの、年間井戸掘さく本数は6本である。

$$10 \text{ 台} \times 6 \text{ 本} / \text{年} / \text{台} \times 12 \text{ 年} \times 100 \text{ヘクタール} / \text{本} = 72,000 \text{ヘクタール}$$

③ 要請内容の確認協議(1996年6月)において修正提出された灌漑計画(Demand for Power Drilling Rigs against Project, Augmenting Tubewell Drilling Capability in Barani Areas of Punjab, June 1996)では、30台の井戸掘さく機が要請され、灌漑対象地域はパンジャブ州の10地区(District)で、当初要請の地域にレイヤー(District)が追加されている。計画灌漑地域はバラニ地域で、現在の天水農業地域の灌漑開発計画である。

計画灌漑面積は全体で187,200ヘクタールで、水源は2,880本の深井戸である。井戸1本当たりの平均支配面積は65ヘクタールで、揚水量は1cusecと修正された。

$$30 \text{ 台} \times 8 \text{ 本} / \text{年} / \text{台} \times 12 \text{ 年} \times 65 \text{ヘクタール} / \text{本} = 187,200 \text{ヘクタール}$$

年間240本の深井戸を設置し、井戸掘さく機の耐用年数12年間で2,880本の深井

戸を建設する計画である。井戸掘さく機 1 台当たりの、年間井戸掘さく本数は 6 本から 8 本と修正された。

計画対象 10 地区(District)における、計画灌漑面積と井戸の本数は次の通りである。

表 2-15 計画対象 10 地区における計画灌漑面積と井戸の本数

District 名	計画灌漑面積 (ヘクタール)	井戸の本数
アトック	31,200	480
ラウルピンディ	24,960	384
ジェラム	12,480	192
チャクエル	24,960	384
クシャブ	24,960	384
ミヤンワリ	12,480	192
バカール	37,440	576
レイヤー	6,240	96
ラジャンプール	6,240	96
デ・ジ・カーン	6,240	96
合計	187,200	2,880

7) 類似地下水灌漑案件の評価

1988/1989 年日本の 2KR により 10 台の井戸掘さく機が調達された。パンジャブ州農業省計画評価局は、地下水灌漑の実施による裨益農家を対象に、1993 年地下水灌漑実施前と実施後の変化についてサンプル調査を実施した。そして、「Impact Evaluation of Water Resource Development in Barani, Sailaba and Canal Command Areas of the Punjab at Subsidized Cost, Nov. 1993」として報告されている。

サンプル調査は、① Attock District (バラニ地域) と② Muzaffargarh District (水路灌漑地域、バラニ地域、氾濫原(サイラバ)地域) の 2 地区を対象に実施された。① Attock District からは 6 裨益農家が、② Muzaffargarh District では 20 裨益農家が調査対象として選出された。なお、① Attock District は、本計画の対象地域である。② Muzaffargarh District は、本計画の対象地域ではないが、本計画対象地区のラジャンプールとデ・ジ・カーン地区に東接している。以下に、その調査結果の要点を示す。

(1) 耕作面積

アトックでは 21%、ムザファーガルでは 41% の灌漑耕作面積が増加した。

(2) 作付け面積

アトックでは 32% 増加した。ムザファーガルでは、水路灌漑地域で 111%、バラニ地域で 143%、氾濫原地域で 28% 増加した。地下水灌漑の導入により、アトックではトウモロコシと飼料の作付けが始まった。また、同様にムザファーガルのバラニ

地域では、サトウキビと綿花等の換金作物の作付けが始まった。

(3) 作付け強度（耕地面積に対する年間実質作付け面積の比率）

アトックでは 94%から 102%に増加した。ムザファーガルでは、水路灌漑地域で 100%から 132%に、バラニ地域で 70%から 100%に、氾濫原地域で 96%から 118%に増加した。

(4) 単位収量

アトックでは主要作物の小麦、豆類、落花生で、各々127%、13%、100%増加した。ムザファーガルの小麦では、水路灌漑地域で 55%、バラニ地域で 46%、氾濫原地域で 57%増加した。

(5) 肥料の投入

アトックの小麦では、地下水灌漑導入後も肥料の投入に変化はなかった。ムザファーガルのバラニ地域の小麦では、窒素肥料の投入量は 335%増加した。また、同バラニ地域のサトウキビ・綿花では、リン酸肥料の投入が行われ始めた。

- 8) 上記結果により、パンジャブ州農業省計画評価局は、井戸掘さく機導入による地下水灌漑計画の農民への裨益効果を高く評価して、井戸掘さく機導入によるバラニ地域への地下水灌漑計画と補助金制度を積極的に推進することになった。表 2-16 および表 2-17 は、計画対象バラニ地域の深井戸灌漑前と後の作付けパターンの変化を具体的に評価したもので、北部ポトワール地域では 3.3 倍以上の、南部デ・ジ・カーン地域では、10 倍以上の年間農業収入の増加として反映されている。

表 2-16 作付け体系(アトック、ラビ*、カルフ*、ミソワリ、バカール県)

	開発前		開発後	
	作付面積 (エーカ)		作付面積 (エーカ)	
	ラビ*	カルフ*	ラビ*	カルフ*
小麦	32.0	--	30.0	--
豆類	9.0	--	4.0	--
メイズ	--	5.0	--	--
落花生	--	2.5	--	--
もろこし、きび	--	10.0	--	--
飼料	--	--	11.0	--
さとうきび	--	--	--	4.0
綿	--	--	--	14.0
米	--	--	--	7.5
穀物(メイズ等)	--	--	--	7.5
小計	41.0	17.5	45.0	33.0
合計	58.5		78.0	
作付強度(%)	90		120	
収入 (Rs-)	83,000		276,000	
ペイアウト (Rs-)	193,000			

計画面積 65エーカ/1井 *ラビ: 10月~3月 カルフ: 4月~9月

表 2-17 作付け体系 (ラジアンポール、デ・ジ・カン県)

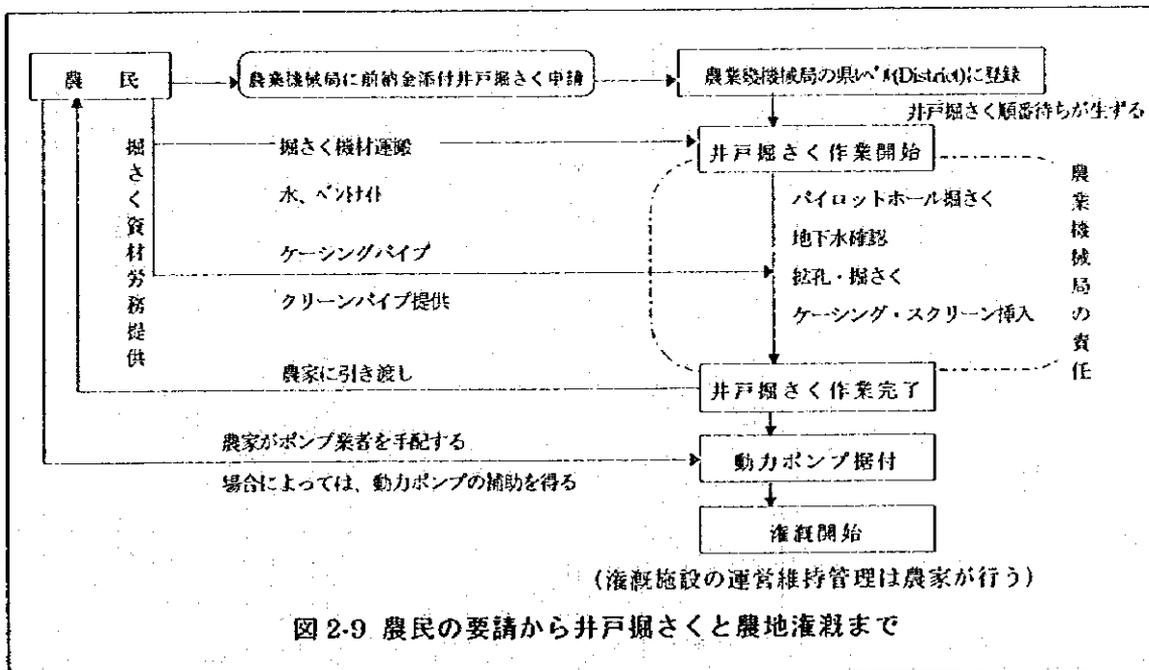
	開発前		開発後	
	作付面積 (ヘクタール)		作付面積 (ヘクタール)	
	ラビ*	カリフ*	ラビ*	カリフ*
小麦	15.0	-	45.0	-
豆類	3.0	-	-	-
グアラ	-	3.0	-	-
もろこし、飼料	-	7.0	-	-
きび	-	4.5	-	-
もろこし、きび	-	-	-	-
飼料	-	-	3.8	3.7
さとうきび	-	-	-	15.0
綿	-	-	-	30.0
小計	18.0	14.5	48.8	48.7
合計	32.5		97.5	
作付け強度(%)	50		150	
収入 (ルピー)	22,000		237,000	
ペーパイト (ルピー)	215,000			

計画面積 65ヘクタール/1井 *ラビ: 10月~3月 カリフ: 4月~9月

2.4.4 井戸掘さく計画

1) 灌漑用深井戸建設の手順

農業用の灌漑深井戸の掘さくは、農民の要請ベースで事業が開始される。農業機械局井戸掘さく部は、農民の要請に基づいて井戸の掘さく作業を実施する。農民の要請から農地灌漑までの工程を、簡単なフローチャートで示すと図 2.9 のようになる。



農民が前納金を銀行に納めた後、農業機械局に井戸の掘さくを申請し、初めて農業機械局に井戸掘さく希望農家として登録される。現在農業機械局では現有井戸掘さく機の台数不足から、登録農民は2~3ヶ月最悪の場合は6ヶ月以上、井戸掘さくの実施を待たされる場合がある。また、農業機械局でも、登録農民が1年以上の待機とならないように配慮している。

2) 計画対象地域の農民の灌漑用深井戸要請の登録状況(1996年6月)

- ① バンジャブ州北部地域のバラニ地区、アトック、ラワルピンディ、ジェラム、チャクエル、クシャブでは、1989年以降の実績から農民による灌漑用深井戸建設の要請は増大している。しかし、井戸掘さく機の台数と稼働能力の制約から、登録農民を1年以内の実施範囲に制限している。(表2-18参照)
- ② ミヤンワリとバカールは現在深井戸掘さく機を所有していないため登録を受け付けていないが、農民からの要請はあがっている。
- ③ ラジャンプールとデ・ジ・カーンは、2つの県(District)で1台の井戸掘さく機を共用し、また1994年から深井戸の掘さくを開始し1年以上経ているが、農民に対する普及活動が不足している。これらの地域では、耕作面積の小さな零細農家が多いため、前納金、掘さく代金、掘さく資材およびポンプ等事前の手配が困難であるため、普及が遅れている。農業機械局では耕地面積10ヘクタール前後の農民が共同で井戸建設の申請を提出する様に指導している。
- ④ パキスタン政府は農民に有利な資金の貸し出しを準備しているが、灌漑用深井戸建設に関しては、ほとんど利用されていない。計画対象地域での調査では、農民は羊や水牛等の家畜を売却して前納金を納めており、前納金支払と登録から井戸建設着手までの待ち時間が長いことに不満が出ており、井戸掘さく機増強の必要が認められた。

表2-18 計画対象地域の農民の灌漑井戸要請登録状況(1996年6月)

	計画対象地域	登録農民数	現有深井戸掘さく機	備 考
1	アトック	5	1	
2	ラワルピンディ	11	2	
3	ジェラム	8	1	
4	チャクエル	20	2	
5	クシャブ	38	3	
6	ミヤンワリ	0	0	掘さく機が無く受け付け無し
7	バカール	0	0	掘さく機が無く受け付け無し
8	ラジャンプール	0	1	掘さく機が配備され日が浅く
9	デ・ジ・カーン	0	0	零細農家が多い
	計	82	10	

3) 井戸構造

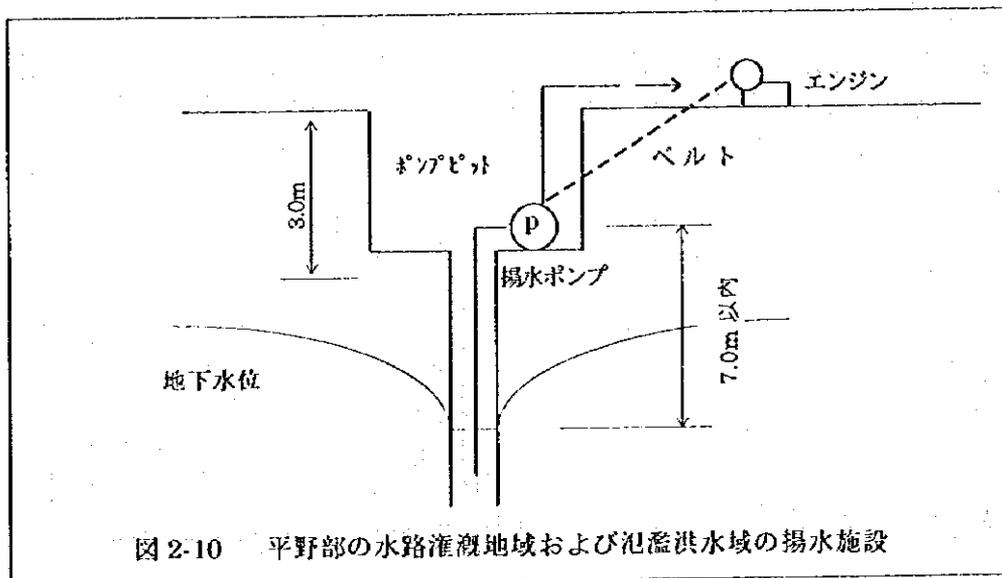
農業機械局は、現在までに数万本の深井戸建設の実績が有り、掘さく工法および井戸構造について独自の基準が掘さく技術者の中で伝承され、それが現在では同局の井戸設計の基準となっている。

① 揚水量による井戸構造

- a. 揚水量 1cusec を確保するための井戸口径は、 ϕ 10" 仕上げとする。
- b. 揚水量 0.5cusec 前後の場合は、井戸口径 ϕ 8" 仕上げとする。

② 地下水位の深度

- a. 揚水水位が 10m 未満の場合、ポンプ室はピット構造となり自吸式タービンポンプを設置する (図 2-10)。平野部の水路灌漑地域あるいは氾濫浸水地域等の地下水位の浅い (10m 未満) 揚水施設にあてはまる。井戸のケーシングおよびスクリーンパイプの材質は、PVC が採用されている。

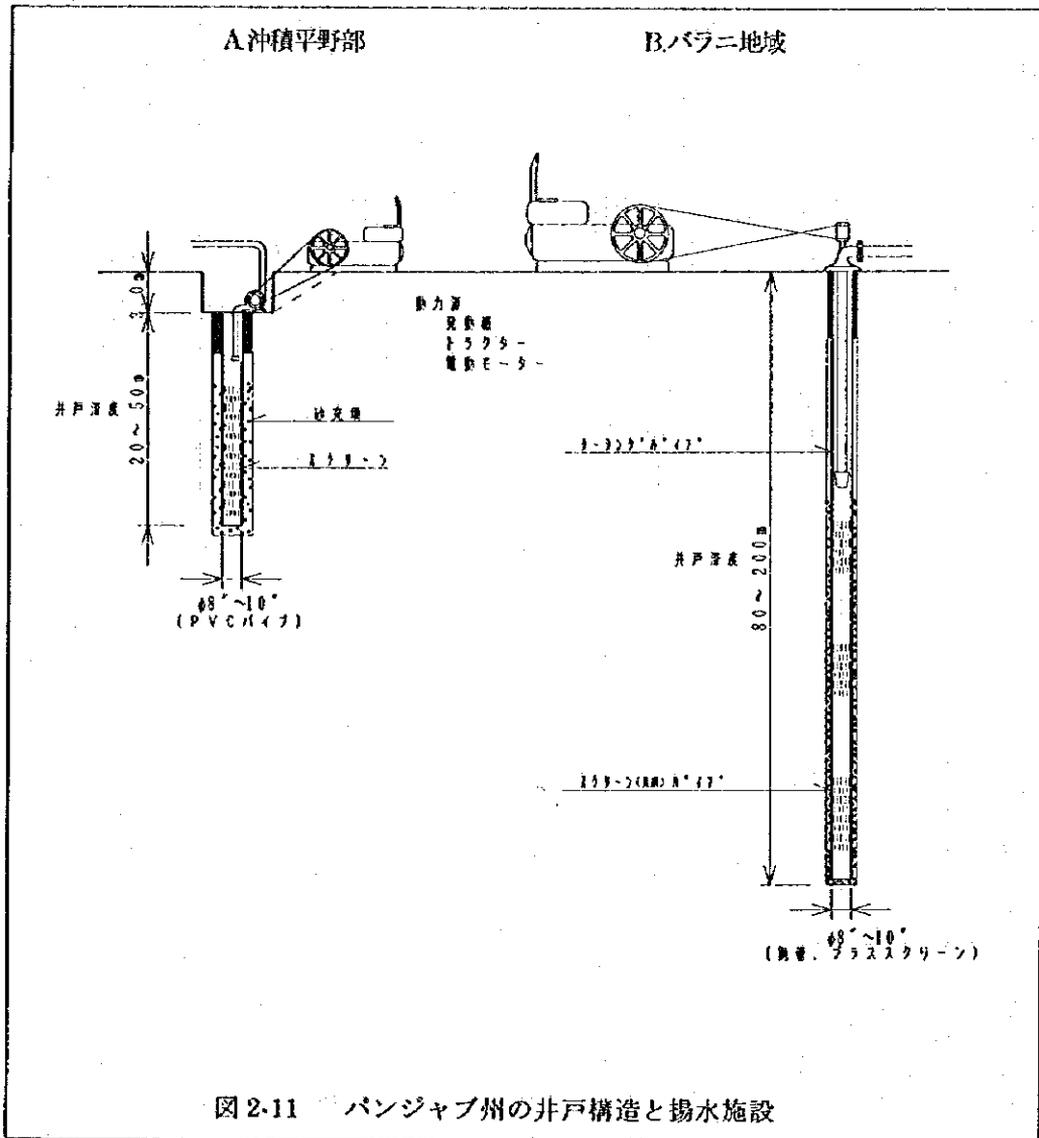


- b. 揚水水位が 10m を越える場合は、ボアホールポンプが選定され地上設置型となり、バラニ地域等ではこの揚水施設が多数を占める。井戸深度は 30m 以上と深くなり、ケーシングパイプは鋼管で、スクリーンパイプは黄銅 (ブラス) 製が採用されている。

井戸構造および揚水施設について、沖積平野部とバラニ地域の 2 例を図 2-11 に示す。揚水施設の動力源としては、運転時間が長時間におよぶ場合は電動モータないし、発

動機で、短時間あるいは隔日運転等の場合はトラクターがパキスタンの一般的な方式である。

帯水層取水部分のスクリーンパイプは、現地ラホール市で加工販売されているが、加工技術の制約でスロットサイズは現在2種類のみである。



4) 現有井戸掘さく機械の運営維持管理状況

農業機械局で所有する井戸掘さく機材は、掘さく方式および運転形態により以下の4種類に区分できる。

- ① トラック搭載型ロータリーリグ(Rotary Rig)
- ② パーカッションリグ(Percussion Rig)
- ③ ウィンチと三又によるパーカッション掘さく機(Power Winch)
- ④ 人力と三又によるパーカッション掘さく機(Hand Boring Plant)

農業機械局の井戸掘さく機は、パンジャブ州全体で218組の掘さく機材が現在稼動中で、その内の63組が計画対象地域で活動中である。硬岩や帯水層の深いバラニ地域で活動中の井戸掘さく機は、1988年日本支援によるトラック搭載型ロータリーリグ10台が中心である。パーカッションリグも4台稼動しているが、1970年代に調達されたもので老朽化がひどく、修理と利用を繰り返しており稼働率は非常に低い。このため、計画対象地域に新たなロータリーリグが配置され、バラニ地区で短期間で大口径の深井戸の掘さくが可能な機械が要求されている。また、パワーウィンチおよびハンド・プラントは水路灌漑地域ないし、氾濫原地域の砂層のやわらかい沖・洪積層分布地域での井戸掘さくにのみ利用されている。

- 5) 農業機械局は、地下水開発に係わる支援車両を所有している。しかし、①老朽化が進んでいること、②絶対的な台数が不足していること、③ブルドーザ部との共同利用であること等から最大限に活用されているが、効率性は良くない。地下水開発の視点からすると、支援車両が増量整備され活用されることにより、井戸掘さくスピードを向上させることが可能である。また、農業機械局の井戸掘さく作業は農民との共同作業で実施されており、農民は①井戸掘さく用水の運搬、②ケーシング・スクリーンの調達と運搬、③その他井戸掘さく補助作業員の提供などを行っている。
- 6) 現在農業総局（農地担当）で使用している井戸掘さく機材の維持管理は、①まず現場で対応できるものは極力現場で修理する方針で、それに対応できないものは②県区レベル・ワークショップ(全州で14ヶ所)、次に③行政管区レベル・ワークショップ(全州で6ヶ所)、そして最後に④主要ワークショップ(全州で3ヶ所)と、修理の難易度が増すにつれ設備の整ったワークショップへと移管されている。運営維持管理に関連して、ワークショップはブルドーザの維持管理も担当しており、現地調査による活動状況と技術レベルは高いと評価できる。

- ① 主要ワークショップは、農業機械局の主力業務である農地の整地作業に使用される500余台におよぶブルドーザの修理および予備部品の管理業務を行っている。

- ② 現有の 10 台のロータリー式井戸掘さく機の維持管理については、現状では掘さく現場でのスペア・パーツの交換程度で、例外的に 1 台の機械がトランスミッションギアの交換のため（操作ミスによる破損と推定）、Quaidabad のワークショップで修理された経緯がある。一方、現在では 1988 年に調達された部品をほとんど使い果たし、ローカルマーケットで調達あるいは加工し、機械の維持管理を継続している。
- ③ パーカッション式井戸掘さく機は全てが 1970 年代に導入されたもので、現在 6 台がかろうじて運転されているが、老朽化がひどく一年の内、半年以上ワークショップで修理あるいは点検の時間を過ごしており、農業機械局では新規のロータリーリグが導入されればすぐに廃棄処分する意向である。
- ④ パワーウィンチとハンド・プラントは平野部（バラニ地区以外）のやわらかい砂層や浅地下水を対象とした地域で広く活躍し、農業機械局の井戸掘さくの台数および延べ掘さく深度で主力の地位を占めている。この機械の構造は単純で、ウィンチ（人力あるいは発動機）、ワイヤーロープ、サンドポンプ（掘さくビットを兼ねている）、4パイプで加工された三又、そして孔壁を保護するドライブパイプで構成されている。この中で修繕維持が最も必要なのはウィンチとサンドポンプであるが、現場あるいは現場近くの町工場で簡単に加工修理できるものとなっている。しかし、計画対象バラニ地域の中硬岩や深い地下水の開発には、能力的に利用できない欠点がある。

2-5 環境配慮

本計画で建設される灌漑深井戸施設が一時的なものでなく継続的に利用されるためには、長期的視野に立ってバランスのとれた開発計画が必要で、また、十分な環境配慮に関する検討が必要である。本計画における環境配慮の視点は、農民の灌漑開発および生活環境の改善のため持続的な開発の推進と、適切な人文社会環境との調和のもとで、住民の生活と生存基盤とのバランス等を考え、開発が持続可能となるよう配慮する。環境行政の実施体制は、1984年に連邦政府および州レベルで環境保護局が設立され、環境配慮の視点を重視した環境影響評価(Environmental Impact Assessment, EIA)を行っている。環境的視点から見た本計画は、農地における小規模な深井戸灌漑施設で、現状の環境に対する重大な影響を与える心配はないと判断される。本計画では、現地調査を通じての環境評価を以下の様に実施した。

2-5-1 プロジェクト立地環境

計画対象地域のプロジェクト立地環境(Site Description, SD)は、表 2-19 に示す通りである。

表 2-19 プロジェクト立地環境

プロジェクト名		パキスタン・イスラム共和国パンジャブ州地下水開発計画	
項目		内容	
社会環境	地域住民 (居住者・先住民・計画に対する意識等)	農地灌漑および飲料水の供給を目的とした地下水開発を待望している	
	生活関連施設 (井戸・貯水池・水道・電気等)	不十分で整備が遅れている	
	保健衛生 (伝染病・疾病・病院・習慣等)	各家庭に便所が整備されているが、衛生改善と衛生教育を必要とする	
自然環境	地形・地質 (急傾斜地・軟弱地盤・湿地・断層等)	平原・台地ないし丘陵であり、集落は台地平坦地に位置し、地形・地質的な問題はない	
	地下水・湖沼・河川・気象 (水質・水量・降雨量等)	年間降水量は 200mm~1,000mm と厳しい。地下水は水量・水質に制約があるが、安定した帯水層がある	
	貴重な動植物・生息域 (自然公園・指定種の生息域等)	特になし	
公害	苦情の発生状況 (関心の高い公害等)	特になし	
	対応の状況 (制度的な対策・補償等)	特になし	

2-5-2 環境関連法令

パキスタンの環境の法令については、環境行政の基本となる法律として「Pakistan Environmental Protection Ordinance」が 1983 年 2 月に制定され、環境行政の決定および環境保全・環境配慮を国家政策に適用するため大統領を議長とする、パキスタン環境保護協議会(Pakistan Environmental Protection Council)および環境政策の実施を担当する環境保護局が設置されて、環境影響評価の実施を行っている。環境保護局は、森林・野性保護・大気・土壌・騒音・水質など全ての分野の環境問題について関与することになっている。また、1986 年 6 月農業・農村開発およびインフラ開発、鉱工業開発の際の環境影響評価(EIA)の実施に関するガイドラインが、住宅・公共事業省から公表され実施に移されている。環境政策の実施機関は、環境保護局で連邦政府および州政府レベルで整備されている。

2-5-3 地下水開発における環境スクリーニング評価

本調査では、環境スクリーニング・フォーマットによる環境配慮を行った。灌漑計画に係わる地下水開発において、地盤沈下・水質汚濁の問題は、本計画が小規模であるため環

境に対する重大な影響を与える心配はないと判断される。また、プロジェクトの完成後、灌漑および生活用水の水利用より発生する農業・生活排水等については、自然・社会環境に影響を及ぼす様な大規模なものはないが、農民への農業改善・啓蒙活動を通じて環境への配慮を普及する必要がある。(表 2-20 参照)

表 2-20 環境スクリーニング評価

	環境項目	内容	評定	根拠
社会環境	1 住民移転	用地占有に伴う移転(居住権、土地所有の転換)	無	灌漑施設建設に伴う影響はない
	2 経済活動	土地等の生産機会の喪失・産業構造の変化	無	灌漑事業により経済活動は、より活発になる
	3 交通・生活施設	渋滞・事故等既存交通や学校・病院への影響	無	影響は考えられない
	4 地域分断	交通の阻害による地域社会の分断	無	影響は考えられない
	5 遺跡・文化財	寺院仏閣・埋蔵文化財等の損失や価値の減少	無	影響は考えられない
	6 水利権・入会権	漁業権、灌漑・水利権等の阻害	無	影響は考えられない
	7 保健衛生	ゴミや衛生害虫の発生等衛生環境の悪化	無	場所によっては安全な飲料水が供給され、保健衛生が改善される
	8 廃棄物	建設廃材・残土・汚泥、一般廃棄物等の発生	無	廃棄物は発生しない
	9 災害(リスク)	地盤崩壊・落盤・事故等の危険性の増大	無	影響は考えられない
自然環境	10 地形・地質	掘さく・盛土等による価値のある地形・地質構造の改変	無	大規模な地形改変はない
	11 土壌侵食	土地造成・森林伐採後の雨水による表土流出	無	大規模な地形改変、植生除去はない
	12 地下水	過剰揚水による地下水位の低下とそれに伴う汚染	無	定期的なモニタリングを実施し、周辺の深井戸に影響を与えないような計画とする
	13 湖沼・河川流況	埋立や排水の流入による流量、水質の変化	無	影響は考えられない
	14 海岸・海域	埋立や海況の変化による海岸浸食や堆積	無	内陸部であり影響はない
	15 動植物	生息条件の変化による繁殖阻害・種の絶滅	無	大規模な森林伐採、植生除去はない
	16 気象	大規模造成や建築物による気温・降水量・風況等の変化	無	影響は考えられない
公害	17 景観	造成による地形変化・構造物による調和の阻害	無	影響は考えられない
	18 大気汚染	車輻や工場からの排出ガス・有害ガスによる汚染	無	影響は考えられない
	19 水質汚濁	ボーリング掘さく時の汚水・油脂等の流入	無	規模が小さく影響は考えられない
	20 土壌汚染	排水・有害物質等の流出・拡散等による汚染	無	土壌汚染を生ずる施設はない
	21 騒音・振動	掘さく・揚水等による騒音・振動の発生	無	影響は考えられない
	22 地盤沈下	揚水による地下水位低下に伴う地盤変形	無	地質学的に影響は少ないが、定期的なモニタリングを実施する
	23 悪臭	排気ガス・悪臭物質の発生	無	影響は考えられない