

No. 1

# パキスタン・イスラム共和国 バロチスタン州地下水開発計画

## 基本設計調査報告書

平成 8 年 2 月

JICA LIBRARY  
  
J1131085111

国際協力事業団  
日本上下水道設計株式会社

無調  
  
96-045

パキスタン・イスラム共和国 バロチスタン州地下水開発計画 基本設計調査報告書

平成 8 年 2 月

国際協力事業団 / 日本上下

  
117  
618  
GRF  
RARY  
8/85







1131085 (1)

パキスタン・イスラム共和国  
バロチスタン州地下水開発計画

基本設計調査報告書

平成 8 年 2 月

国際協力事業団  
日本上下水道設計株式会社



パキスタン・イスラム共和国 バロチスタン州地下水開発計画  
基本設計調査報告書

目 次

序 文

伝達状

計画対象地域位置図

現地調査状況写真

略語集

要 約

図表一覧

第1章 要請の背景	1
1-1. 要請の経緯	1
1-2. 要請の概要	1
第2章 プロジェクトの周辺状況	3
2-1. 当該セクターの開発計画	3
2-1-1. 国、当該州の状況	3
2-1-2. 本計画の位置付け	4
2-1-3. 地下水開発計画と実施機関	5
2-1-4. 農業灌漑、水道計画の概要	7
2-1-5. 財政事情	12
2-2. 他の援助国、国際機関等の計画	14
2-3. 我が国の援助実施状況	15
2-4. プロジェクトサイトの状況	16
2-4-1. 計画対象地区	16

2-4-2.	自然条件	18
2-4-3.	地下水開発の実施状況	24
2-4-4.	現有井戸建設機材の状況	28
2-5.	環境への影響	30
2-5-1.	土壌塩害	30
2-5-2.	地下水開発に伴う諸問題	30
第3章	プロジェクトの内容	31
3-1.	プロジェクトの目的	31
3-2.	プロジェクトの基本構想	31
3-2-1.	協力の方針	31
3-2-2.	要請内容の検討結果	32
3-3.	プロジェクトの最適案に係わる基本設計	45
3-3-1.	設計方針	45
3-3-2.	基本計画	46
3-4.	プロジェクトの実施体制	58
3-4-1.	組織および運営体制	58
3-4-2.	予算	59
3-4-3.	要員、技術レベル	60
第4章	事業計画	61
4-1.	実施計画	61
4-1-1.	事業実施方針	61
4-1-2.	事業実施上の留意事項	63
4-1-3.	事業負担区分	63
4-1-4.	機材調達計画	64
4-1-5.	実施工程	67
4-1-6.	相手国側負担事項	68



4-2. 概算事業費 .....	69
4-2-1. 概算事業費 .....	69
4-2-2. 維持、管理計画 .....	70
第5章 プロジェクトの評価と提言.....	73
5-1. 妥当性に係わる実証、検証および裨益効果 .....	73
5-2. 技術協力、他ドナーとの連携 .....	75
5-3. 課題 .....	77

**〔資料〕**

1. 調査団員名、所属
2. 調査日程
3. 相手国関係者リスト
4. 当該国の社会・経済事情
5. 作付体系の設定資料
6. 参考資料リスト

## 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、同国のパロチスタン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7年9月2日から10月10日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、パキスタン政府関係者と協議を行うとともに、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7年12月5日から12月16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。

終わりに、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2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ロチスタン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7年8月30日より平成8年2月26日までの5.5ヶ月間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2月

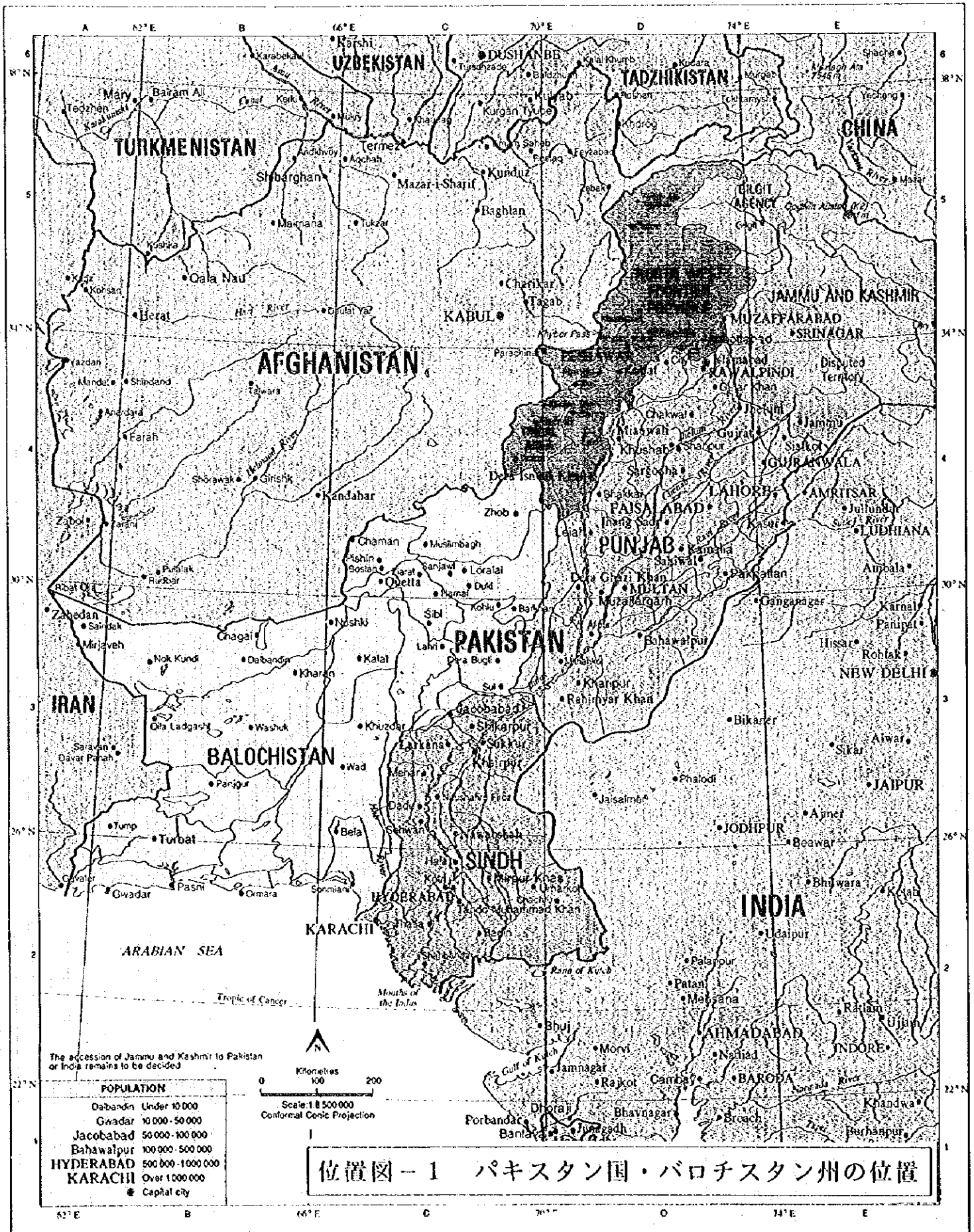
日本上下水道設計株式会社

パキスタン・イスラム共和国

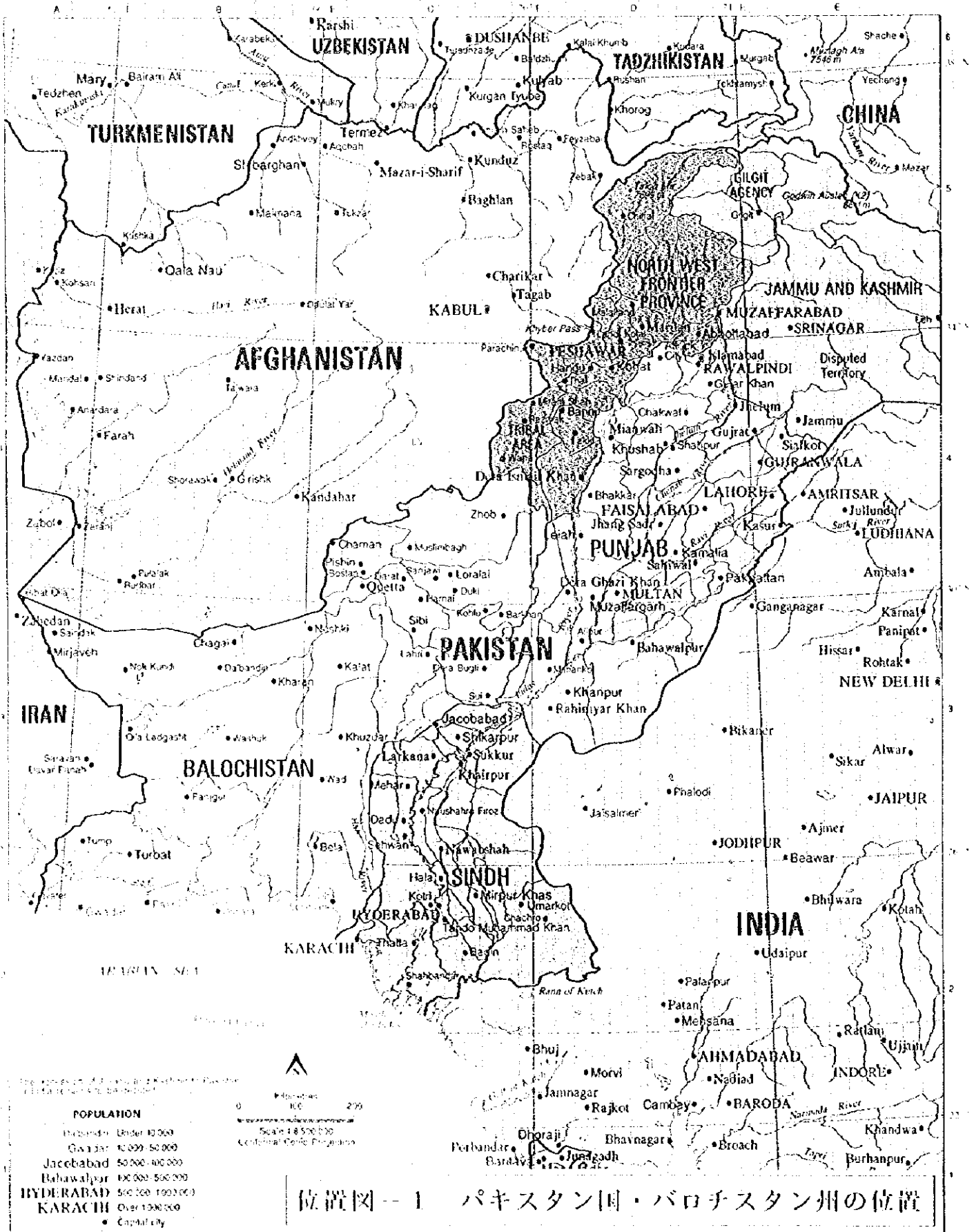
パロチスタン州地下水開発計画

基本設計調査団

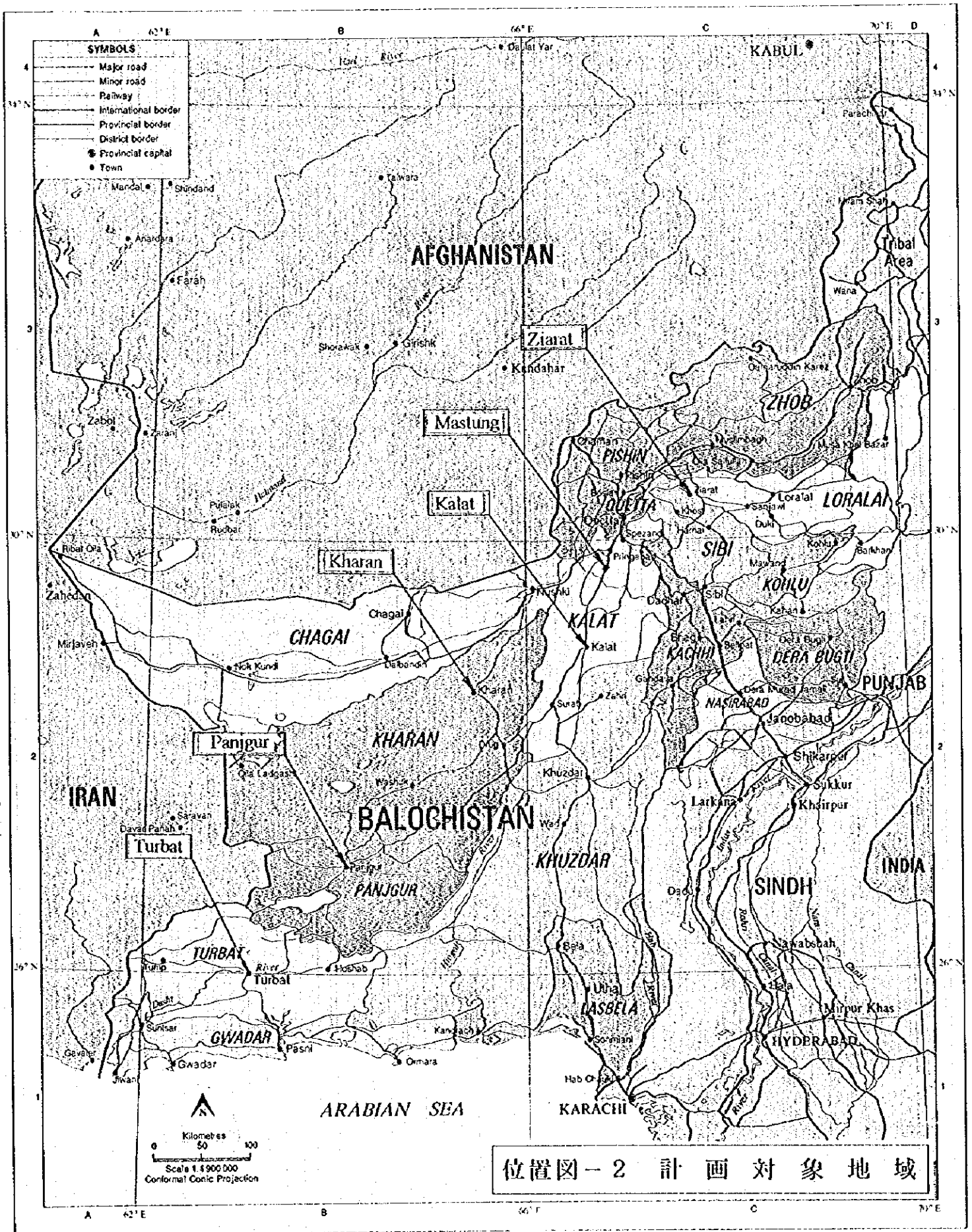
業務主任 崎山 信勝



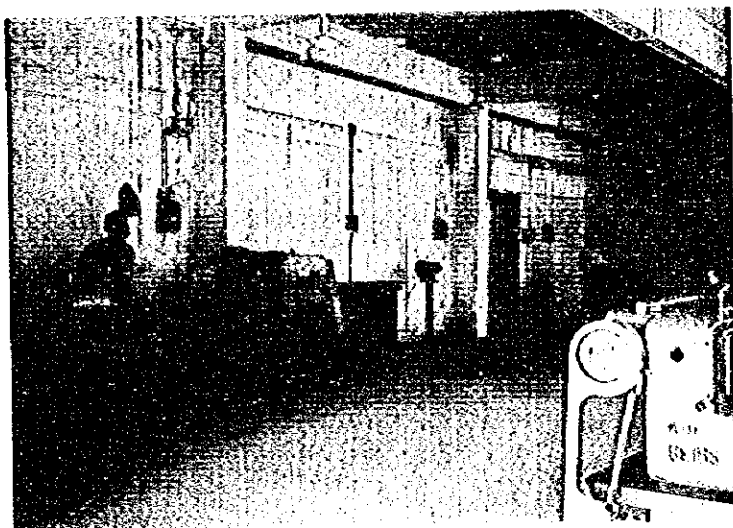
位置図 - 1 パキスタン国・バロチスタン州の位置



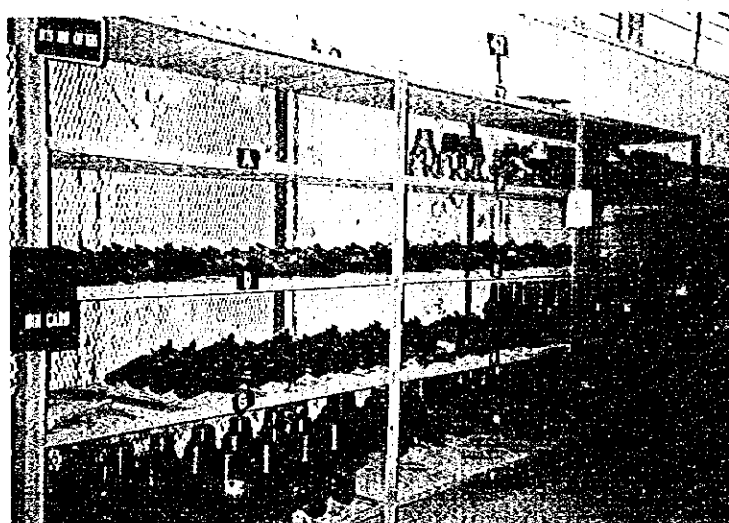
位置図 - 1 パキスタン国・バロチスタン州の位置



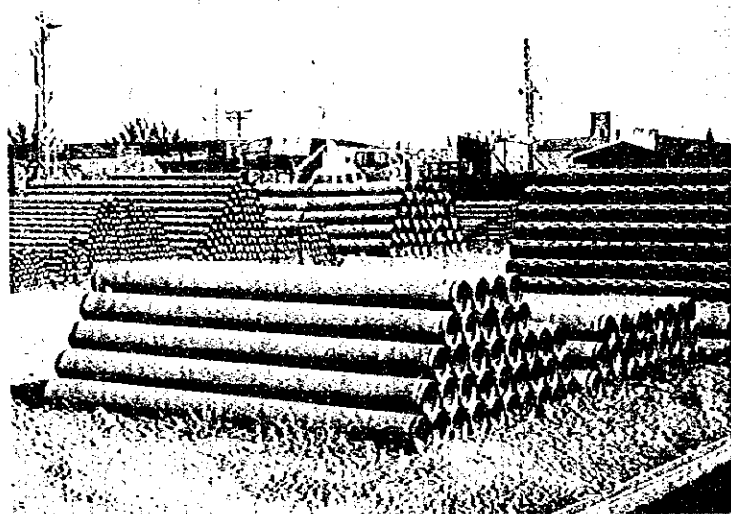




1. 水利電力公社 ワーク・ショップ

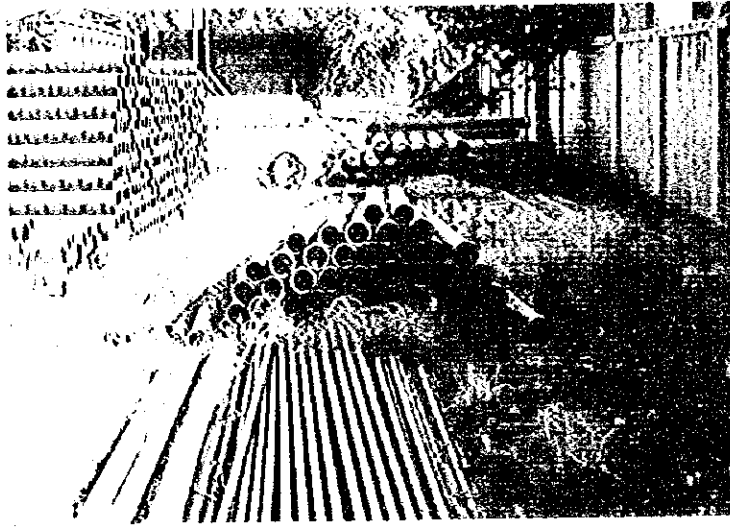


2. 水利電力公社 倉庫

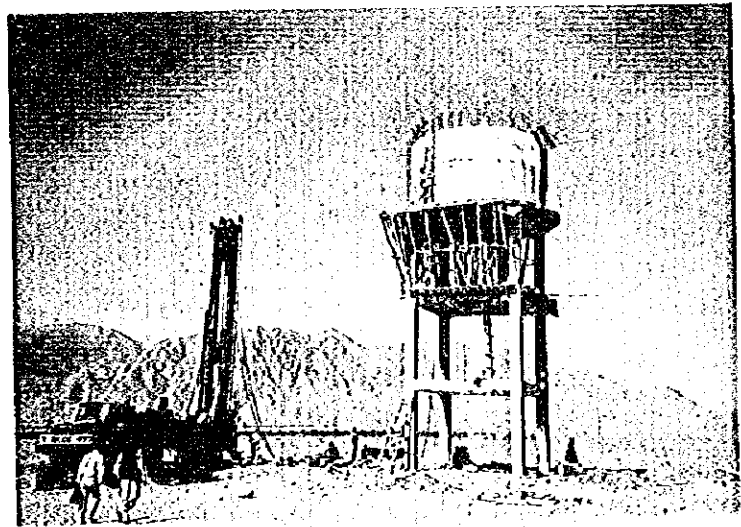


3. 水利電力公社 資材置場 (井戸スクリーン)

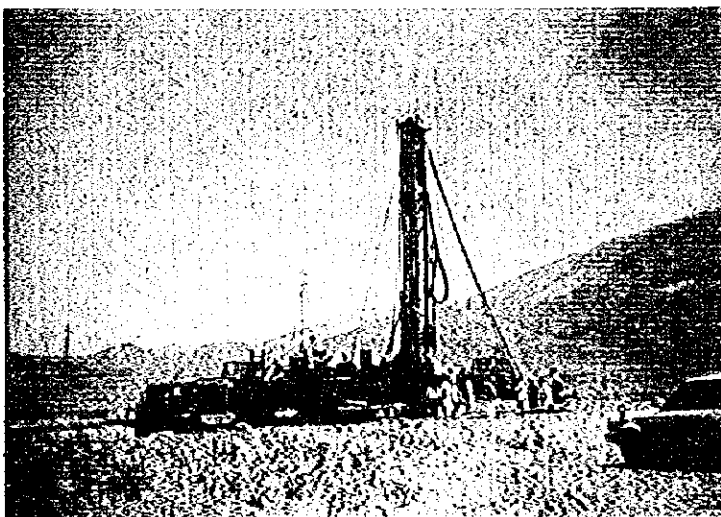




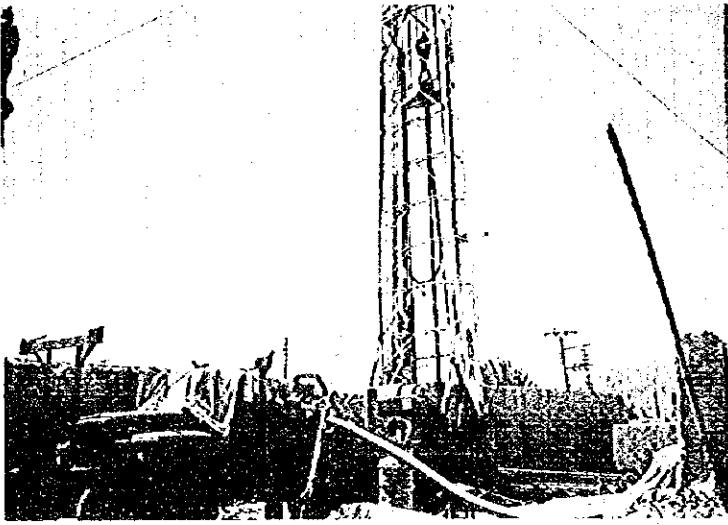
4. 水利電力公社 資材置場（ポンプ揚水管）



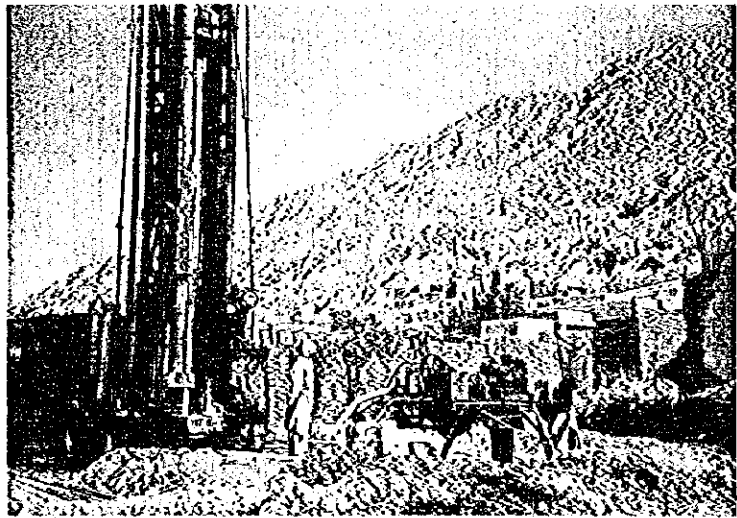
5. 井戸建設現場：水利電力公社



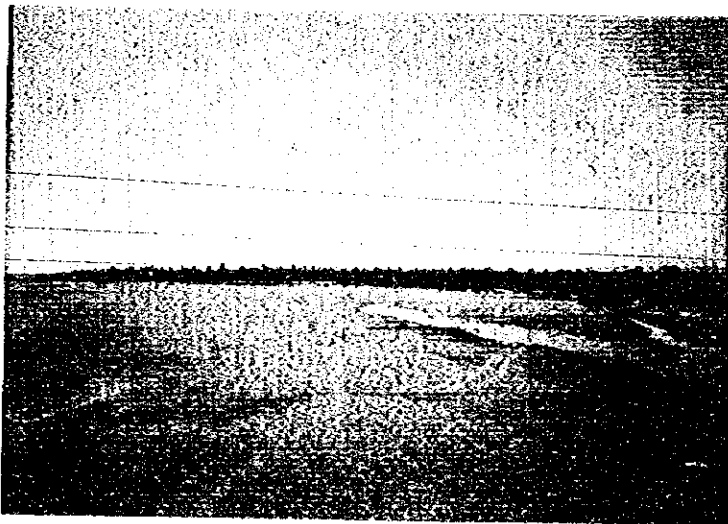
6. 井戸建設現場：水利電力公社



7. 井戸建設現場：ハ州開発省



8. 井戸建設現場：公衆衛生工學局



9. ダイバート灌漑（河川水）



10. 水道用配水槽（深井戸水源）



11. 建設途中の深井戸（灌漑用）



12. 農園内の深井戸水源



13. 灌溉用深井戸



14. カレーズ灌溉水路（農園内）

## 略語集

- U N D P  
United Nations Development Programme, 国連開発計画
- F A O  
Food and Agriculture Organization of the UN, 国連食料農業機構
- I B R D  
International Bank for Reconstruction and Development, 国際復興開発銀行
- I D A  
International Development Association, 国際開発協会
- A D B  
Asian Development Bank, アジア開発銀行
- G O P  
Government of Pakistan, パキスタン連邦政府
- G O B  
Government of Balochistan, バロチスタン州政府
- E A D  
Economic Affairs Division, Ministry of Finance, GOP, 連邦政府大蔵省経済局
- P & D  
Ministry of Planning and Development, GOB, バ州計画開発省
- P & D D  
Planning and Development Division, GOB, バ州計画開発局
- W A P D A  
Water and Power Development Authority, GOP, 水利電力公社
- B D A  
Balochistan Development Authority, GOB, バ州開発公社
- I & P D  
Irrigation and Power Department, GOB, バ州灌漑電力局
- P H E D  
Public Health Engineering Department, GOB, バ州公衆衛生工學局
- W A S A  
Water and Sewerage Authority, GOB, バ州上下水道公社
- J I C A  
Japan International Cooperation Agency, 国際協力事業団
- O E C F  
Overseas Economic Cooperation Fund, 海外経済協力基金



## 要 約

パキスタン国（以降「パ国」と称す）は、南西アジアの北西部にあり、中近東との境界に位置する。北辺にはヒマラヤ山系の山脈が連なり、国土の中央を南北に縦断してインダス河が南下している。国境は西側からイラン・アフガニスタン・中国・インドと接し、南側はアラビア海に面している。国土面積は約 79.6万km<sup>2</sup>（日本の約2倍）、人口1.25億（1994年）、1994年の人口増加率は約3.1%である。気候風土は一般に高温で、昼夜の寒暖の差が激しく、北部地方では多少降雨量が有るものの、ほぼ全土は乾燥地域に属している。

協力の対象となるバロチスタン州（以降「バ州」と称す）は、パキスタンの西南に位置し、国土面積の44%を占めている。人口はバ州計画省の推計値で 650万（1994年）で、パ国人口の5.2%である。この内約84%の人口が地方に在住しており、ほとんどの住民が遊牧民と伝統的な習慣を持つ部族民である。またバ州にはイラン・アフガニスタンからの難民も多く、正確な統計値はないが百万人程度（パ国全体で3百万人）と推計されている。

パ国連邦政府は、国家予算の22.4%に当たる約 2,825億円（1994年）を、インフラ等の開発費に支出している。連邦政府直轄の公共企業体運営予算が開発支出の32%を占めているが、特に水利の分野で多くの予算配分を受けている。本計画の実施機関である水利電力公社には、電力事業分を含めて、連邦政府開発支出の約15%に相当する 350億円が配分されている。一方、バ州の社会基盤開発に当てられる州政府予算は97億円であるが、他の3州と比較すると非常に少ない。

パ国連邦政府では、1993年から始まった第8～10次5カ年計画を包括した次期15年長期展望（案）を策定中であるが、その中では『経済成長率の向上と人口増加率の抑制を通して、国民の社会的・経済的福利を高める。』ことを目標としている。この長期展望（案）の具体的達成目標値としては、(1)所得倍増、(2)新雇用創出（2千万人）、

(3)幼児死亡率の低減（現30/1,000人）、(4)全国民への清潔な飲料水の提供等を挙げている。

またこの長期展望（案）を受け第8次5カ年計画（1993～1997年）では、次の項目を主要政策として推進している。

(1)雇用創出

①農業の多角化・集約化による雇用の創出

②雇用拡大につながる部門への政策的優遇

(2)貧困緩和

①公衆衛生、人口計画等地方住民参加のプログラムによる人的資源の開発

②飲料水、農村道路等の雇用創出プログラムを含んだインフラの整備

(3)輸出振興

①農業生産性の向上と生産物の品質改善および新産物の開発

バ州は他州と比較して社会基盤の整備程度は低く、また経済的な政策の推進も遅れている。バ州の主要産業は農業（バ州人口の47%が従事）であり、以下鉱業（地下資源開発）、工業と続く。

バ州政府ではこれらの情勢を勘案し、農業用水の水源としての地下水開発が最重点課題であるとの認識に立ち、UNDP協力の下に実施した「バ州地下水資源開発調査」（1984年）とバ州政府による各河川流域毎の「地下水資源詳細調査」を基に、灌漑・水道用の地下水開発を実施している。またバ州政府は、民衆からの地下水開発要請が今後も一層増加するとして、バ州計画開発省からのリグ追加調達要請（1989年）を承認した。この内容は、今後5年間の地下水開発に十分対応する為、バ州政府の実施機関が管理する現有稼働リグの内掘削性能を十分に発揮できる17台に加え、さらに30台のリグの追加を必要とするものである。



一方、我が国政府は1980年よりリグ調達に係る無償資金協力を実施してきており、現在は17台の日本製リグがバ州全土にて稼働中である。また1986年にはJICAにより、州都クエッタ市周辺において『バ州地下水灌漑開発計画調査』が実施され、その調査結果に基づいて、現在、当該地区で灌漑用地下水開発計画が進められている。

かかる状況の下、今般パ国連邦政府はバ州にて必要な30台のリグの内、6台のリグ調達に係る無償資金協力を我が国に要請した。計画対象地域は、最貧困地域でありかつ灌漑用水源の開発を優先課題とするパンジュゴール・トゥルバットの2地区である。

このパ国連邦政府からの要請に対し、我が国は基本設計調査の実施を決定した。国際協力事業団は、1995年9月2日から同年10月10日まで基本設計調査団を派遣し、現地調査を実施した。また帰国後の国内作業の後、1995年12月5日から同年12月16日まで基本設計調査概要書の現地説明を行った。

この現地調査において本調査団は、要請の背景についてパ国およびバ州政府関連機関と協議した。その結果、本計画の対象地域の変更と目的の変更（灌漑に限定せず水道を含む）に合意し、また本計画の妥当性・必要性を確認した。また、実施機関側カウンターパートチームの協力により要請内容を詳細に調査・検討し、バ州地下水開発の現状と将来計画に最適な機材計画を策定した。

機材計画のポイントは、対象とする地下水開発事業の実施に対し、

(1)実施機関の地下水開発実施能力向上

(2)リグ掘さく性能の向上による深層地下水開発への対応

について重点的対応を図ると共に、20年以上経過して耐用年数に達し、老朽化しているバ州政府所有リグの更新をも意図している。調査の結果、バ州地下水開発に必要と判断した機材内容は次のとおりである。

要請内容一覧表

機 材 項 目	単位	要請数量	設計数量
<b>I 井戸建設機材</b>			
1-1. ロータリー式掘削機ユニット	式	4	4
ロータリー式掘削機(300m級) 1台			
サービス・トラック 1台			
タンカー・トラック 1台			
サービス・ピックアップ 1台			
電気溶接機 1台			
1-2. パーカッション式掘削機ユニット	式	2	1
パーカッション式掘削機(200m級) 1台			
サービス・トラック 1台			
タンカー・トラック 1台			
サービス・ピックアップ 1台			
電気溶接機・発電機 各1台			
1-3. DTH掘さく機ユニット	式	2	0
エアー・コンプレッサー 1台			
DTHハンマー 1式			
ワーク・ケーシング 1式			
<b>II 井戸建設支援機材</b>			
2-1. クレーン付トラック	台	2	2
2-2. 整地用トラクター	台	1	0
2-2. 揚水試験ユニット	式	2	1
<b>III 車輻搭載型電気検層器</b>	台	1	1
<b>IV 車輻搭載型ワークショップ</b>	台	1	1
<b>V 予備部品</b>			
5-1. 調達機材用予備部品	式	1	1
5-2. 既所有日本製リグ用予備部品	式	1	0

先方監督官庁はバ州の計画開発省で、実施機関はパ国連邦政府水利電力公社である。全体工期は12ヶ月、うち4.5ヶ月は機材の詳細設計および入札・契約に要する期間で、7.5ヶ月が製造・輸送・検収・納入の期間である。本計画の全体事業費は、12.27億円と見積もられ、パ国側負担分は機材調達に係るパ国内諸手続き等のみである。

本計画対象 6 地区では、本計画で調達されるリグ 5 台と実施機関の所有するリグにて、今後 5 ヶ年で 297本の井戸建設が可能となる。バ州全体では、同じく今後の 5 ヶ年で 780本強の井戸建設能力を保有でき、バ州が当初予定していた地下水開発事業の 36%が達成できる。

計画の推進は、パ国連邦政府の中長期国家計画における灌漑・水道施設等の社会基盤整備、灌漑耕作農地の拡充による雇用機会の創出等に整合している。本計画の裨益対象はバ州住民であり、事業実施によって農業分野では 1,000haが灌漑され、水道分野では50万人に給水が可能となる。また、インフラ整備や公衆衛生の促進等、その裨益効果は非常に大きい。本計画が広く住民の生活向上、保健衛生の改善に寄与するものであることから、我が国の無償資金協力により実施される意義は大きく、その妥当性も十分である。

本計画の目的を達成し、より効率的な地下水開発を推進するために、バ州政府および実施機関の水利電力公社に対し、調査団は次の提言をする。

#### (1) 地下水開発関連機関の調整

バ州における地下水開発は、バ州計画開発省の監督のもと水利電力公社以外にも灌漑電力局・公衆衛生工学局・バ州開発公社が関与している。このうち水利電力公社の実施機関部署は、1973年から10年間に互り、UNDPの協力の下でバ州地下水調査を実施する目的で新たに設置された組織であるため、地下水開発専門の機関としてバ州の前記関連機関の中では、その技術力および実績が突出している。

このため、より効率的な地下水開発をバ州の関連 4 組織で推進するため、監督官庁であるバ州計画開発局を含め、以下のような調整が必要と考えられる。

- ①地下水調査および開発の技術交流（人的交流を含む）
- ②地下水開発コスト削減を目的とした井戸建設物件の調整
- ③長期的な地下水開発機関の統括

## (2) 地下水管理の必要性

州都であるクエッタ市近郊では、近年地下水位の低下（平均3 m/年）が観測されている。現状では、パ州環境省が大気、陸水（漂流水と地下水）および土壌の汚染等について監督する立場にあるが、近年ようやく前途のモニタリングが開始されたばかりである。地下水に関する規制は、昨年よりクエッタ市で地下水利用の目的別取水規制が発令されたのみであり、今後は他の地区を含め、以下の対策の推進が必要と考えられる。

- ①地下水の取水規制
- ②水利用の合理化（節水への取り組み）
- ③地下水の人工涵養

## 図表一覽

< 図 >

図番	名称	頁
1	計画対象地域位置図-1	
2	計画対象地域位置図-2	
2-1	地下水開発関連組織	6
2-2	灌漑用水量の推計フローチャート	9
2-3	バ州年間降雨量コンター図(1950-1960年)	19
2-4	バ州地質構造の分類図	20
2-5	WAPDA の井戸建設数と稼働リグ台数の推移	24
2-6	全組織の井戸建設数と稼働リグ台数の推移	24
2-7	組織別・目的別の井戸建設数	25
2-8	地区別井戸建設数	25
2-9	平均掘さく深度の推移	25
2-10	掘さく深度比率の推移	25
3-1	WAPDA の組織図・人員構成	58
4-1	本事業の実施体制	61
4-2	実施工程表	67

<表>

表番	名称	頁
2- 1	地下水開発関連組織の業務分担	6
2- 2	農業に関する土地利用状況	7
2- 3	水源別灌漑面積	7
2- 4	期別作物生産高	8
2- 5	給水の現状と将来計画	8
2- 6	地区別作物消費水量	10
2- 7	地区別最大灌漑水量	11
2- 8	連邦政府の財政状況	12
2- 9	バ州政府の財政状況	13
2-10	WAPDA の財務状況	13
2-11	年度別調達機材リスト	15
2-12	バ州行政区分と計画対象地区	17
2-13	計画対象地区の自然地理概要	18
2-14	バ州年間気温と平均降雨量(1984-1989年)	20
2-15	地域別水源利用状況	21
2-16	地下水の賦存量と開発可能量	22
2-17	全組織の現有リグ台数	28
2-18	全組織のリグ稼働年数	28
2-19	日本製リグの所有組織の経年変化	29
3- 1	灌漑用地下水の開発必要量	35
3- 2	水道用地下水の開発必要量	36
3- 3	灌漑用水源開発の依存比率	37
3- 4	地下水開発の必要量と可能量	38
3- 5	地下水開発必要量と必要井戸数	39
3- 6	井戸建設の標準工期	39

3-7	必要リグ台数の算出	40
3-8	稼働可能リグ台数の将来予測	41
3-9	対象地区への投入可能リグ台数	41
3-10	要請に対する代替案	42
3-11	計画対象地区内のリグ台数と井戸建設数の内訳（1997～2001年）	43
3-12	WAPDA の新規リグ台数と井戸建設数の内訳（1997～2001年）	43
3-13	リグ型式の適合性	44
3-14	決定リグ型式と数量	46
3-15	井戸建設ユニットの所有台数・稼働台数	48
3-16	井戸建設用支援機材の所有台数・稼働台数	50
3-17	地質調査機器所有台数・稼働台数	51
3-18	WAPDA の財務状況	59
3-19	井戸の建設費と建設数の相関	59
4-1	調達先別機材一覧表	66
4-2	概算事業費	69
4-3	事業費内訳表	69
5-1	本プロジェクト実施による効果	73
5-2	深井戸建設による灌漑の経済的効果の試算（なつめ椰子）	74

# 第1章 要請の背景



## 第1章 要請の背景

### 1-1. 要請の経緯

本件は我が国政府が最終要請書を受理するに至るまでに、5年の歳月と数回の内容修正を経ている。それらをまとめて以下に示す。

#### ①原要請書（1990年2月）

PC-1に基づくバ州全域における地下水開発用リグ30台（内訳はロータリー式21台、パーカッション式9台）のうちロータリー式リグ21台の調達を要請した。

#### ②変更要請書（1994年5月）

PC-1は要請額が39億円と巨額であったため、92年および93年に行われた我が国政府とバ州政府との年次協議等を通じて規模の縮小について協議された。

その結果、リグの台数を6台に縮小するとともに、対象地域もバ州全域からジャルジャオおよびパンジュゴールの2地区に限定する変更要請書が提出された。

#### ③再変更要請書（1995年7月）

治安状況等から計画対象地域のうちジャルジャオがトゥルバットに変更された。

### 1-2. 要請の概要

#### ①要請者

監督官庁：パキスタン国バロチスタン州計画開発省

Ministry of Planning & Development, Government of Balochistan (P&D)

実施機関：パキスタン国水利電力公社水理地質計画局

Water and Power Development Authority, Government of Pakistan

(WAPDA, Hydrogeology Project, Quetta)

#### ②要請趣旨

パ国は総労働力の約47%が農業に従事する農業国である。人口増加率が年3.1%と高いため、これを上回る農業生産成長率の確保が必要になっているが、一般に農作物の生産性が低いため、この生産力向上が課題となっている。パ国政府は現行第8次5ヶ年計画の中で①穀物自給の達成、②食料生産の増大、③雇用機会の増大を目指して、

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。

バ州の経済は農業が主要産業であるが、その全域が乾燥地帯で表流水が極めて限られているため、基本的には天水農業である。このため、バ州農業の発展には農業用水の水源開発が鍵となっている。バ州政府は農業用水を始めとした水源開発のほとんどを地下水に頼らざるを得ない状況であるため、州内各地で地下水開発を実施している。これには、過去に我が国の無償資金協力により調達された17台の井戸掘削機材（以降「リグ」と呼ぶ）も最大限に活用されている。また、同時にUNDPなどの協力により地下水資源調査を行っており、現在のところ12河川流域において有望な帯水層を確認しているが、これらの過半数は未開発の状態である。

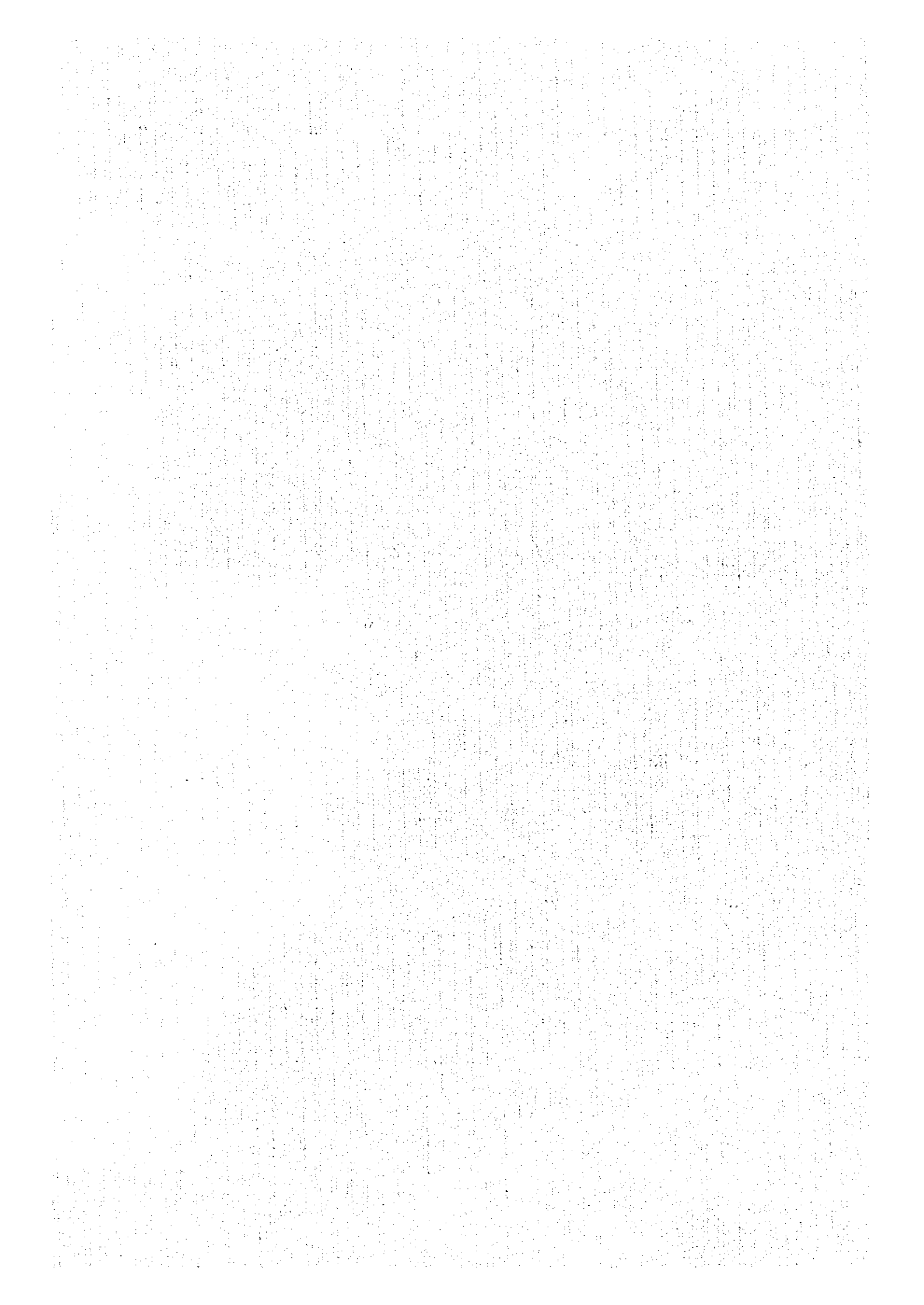
今般、バ州政府はトゥルバット、パンジュゴールの2地区において農地を灌漑するため、それぞれ76本、45本の井戸を掘削するのに必要な掘削資機材の調達にかかる無償資金協力をわが国に要請した。

### ③要請内容

1. 井戸掘削機材：ロータリー式×4台、パーカッション式×2台
2. その他資機材：サービストラック、タンカー・トラック、サービス・ピッキングアップ、クレーン付トラック、溶接機、  
エアコンプレッサー、地下水測定機器、ワークショップ機材、予備部品

この他、現地調査期間中に実施機関より、管理用コンピュータ、管理用一般車両、整地用トラクター、現有日本製リグ用のスペアパーツの4品目を追加してほしい旨、要望があった。

## 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. 当該セクターの開発計画

#### 2-1-1. 国、当該州の状況

パ国は南西アジアの北西部にあり、中近東との境界に位置する。北辺にはヒマラヤ山系の山脈が連なり、国土の中央を南北に縦断してインダス河が南下している。国境は西側からイラン・アフガニスタン・中国・インドと接し、南側はアラビア海に面している。国土面積は79.6万km<sup>2</sup>（日本の約2倍）、人口1.25億（1994年）、1994年の人口増加率は3.1%である。気候風土は一般に高温で昼夜の寒暖の差が激しく、北部地方では多少降雨が有るものの、ほぼ全土は乾燥地域に属している。

パ国は4つの州政府（バ州、北西辺境州、パンジャブ州およびシンド州）に分割されており、バ州はパ国の西南に位置してイラン・アフガニスタンと接し、面積は国土面積の44%を占めている。人口はバ州計画省の推計値で約650万（1994年）で、パ国人口の5.2%を占めている。バ州人口の約84%が地方に在住しており、ほとんどの住民が山羊・羊等を放牧する遊牧民と伝統的な習慣を持つパローチ部族民である。

またバ州にはイラン・アフガニスタンからの難民も多く、正確な統計値はないが百万人程度（国全体で3百万人）と推計されている。

パ国のGDP総額は53,250百万米ドル（1993年）であり、一人当たりGDPは430米ドル（1993年）である。近年の実質GDP成長率は5～7%、一人当たりGDPの伸び率は1.5%、物価上昇率は10%前後、失業率は3.1%である。パ国連邦政府は国家予算の22.4%に当たる約2,825億円（1994年）を、インフラ等の開発費に支出している。連邦政府直轄の公共企業体運営に充当される予算は、開発総支出の内32%を占めている。特に水利の分野に多くの予算が配分され、電力を含めた当該セクターの実施機関である WAPDAには、連邦政府開発支出総額の約15%に相当する350億円が配分されている。一方、バ州の社会基盤開発に当てられる州政府予算は97億円であるが、他の3州と比較すると非常に少ない。

## 2-1-2. 本計画の位置付け

パ国連邦政府では、1993年から始まった第8～10次5ヶ年計画を包括した次期15年長期展望（案）を策定しつつあり、その中では「経済成長率の向上と人口増加率の抑制を通して、国民の社会的・経済的福利を高める。」ことを目標としている。この長期展望（案）の具体的達成目標値としては、①所得倍増、②新雇用創出（2千万人）、③幼児死亡率の低減（現30/1,000人）、④全国民への清潔飲料水の提供、等を挙げている。

またこの長期展望（案）を受け第8次5ヶ年計画（1993～1997年）では、次の項目を主要パ国政策として推進している。

### ①雇用創出：農村・農業の多角化等による雇用の創出

雇用力のある部門への政策、計画の優遇

### ②貧困緩和：公衆衛生、人口計画等住民参加のプログラムによる人的資源の開発

飲料水、農村道路等の雇用創出プログラムを含んだインフラの整備

### ③輸出振興：農業生産性の向上と生産物の品質改善および新産物の開発

バ州の経済事情は未だ開発初期段階にあり、他の3州と比較して社会基盤の整備程度は低く、また経済的な政策の推進も遅れている。パ国全体での主要産業は農業の他に鉱業（地下資源開発）、工業（主に食品加工と小型機械の生産）が挙げられるが、バ州においてはほぼ農業一辺倒という状況である。

バ州政府ではこれらの地域開発および経済状況を勘案し、水源開発が産業の経済的發展に不可欠であるとしている。このため州政府では、安定的な水源としての地下水開発が最重点課題であるとの認識に立ち、1973年よりUNDP協力の下に実施した「バ州地下水資源開発調査」（1984年）をマスタープランと位置付け、バ州政府が引き続き実施している各河川流域毎の「地下水資源詳細調査」を基に、灌漑・水道用の地下水開発を継続実施している。

バ州地下水開発事業の推進は、パ国連邦政府の中長期国家計画の目標である①灌漑・水道施設等の社会基盤整備、②灌漑耕作農地の拡充による雇用機会の創出等に整合している。裨益対象はバ州住民であり、広く一般の人々に便益を与え、インフラ整備や公衆衛生の促進等、その裨益効果は非常に大きい。

## 2-1-3. 地下水開発計画と実施機関

### (1) 地下水開発計画

バ州の地下水開発に関する各種計画を整理すると、まずバ州全域を対象として策定された「地下水開発マスタープラン」がベースとしてあり、以下の内容である。

#### ① バ州地下水調査／UNDP協力

内容：12河川流域内の河川堆積層について地下水の開発可能量を評価

#### ② バ州地下水調査・開発プログラム

内容：地質調査(探査とボーリング)および水理地質調査(検層、揚水テストと水質分析)にて地下水の取水可能量を評価

上記のマスタープランに基づき、州政府が単年度毎に事業実施計画としての「地下水開発計画」および「同関連計画」を策定して、各組織の事業配分を行っている。

各々の内容を以下に示す。

#### ① 地下水開発計画

1. Groundwater Investigation-Cum-Development Programme
2. Hydrogeological Studies & Geophysical Survey
3. PC-II Planning for Water Resources
4. Groundwater & Trickle Irrigation Project (ADB)
5. 99No. Water Supply Schemes

#### ② 地下水開発関連計画

1. Fruit Development Project (UNDP)
2. Agriculture Research Project-II (IDA)
3. Farm Water Management Project-III (IBRD)
4. Farm Water Management (OECF)
5. Feed Resources Development (FAO/UNDP)
6. Watershed Planning & Management Project (UNDP)
7. Community Irrigation Agriculture Project

(2)地下水開発に関わる組織

パ州の地下水開発関連組織は以下の4組織である。

1. 水利電力公社 / Water and Power Development Authority (WAPDA)
2. パ州開発公社 / Balochistan Development Authority (BDA)
3. 灌漑電力局 / Irrigation & Power Department (I&PD)
4. 公衆衛生工学局 / Public Health Engineering Department (PHED)

上記のうち、WAPDAはパ国政府の直轄組織であるが、パ州においては計画開発局 (Planning & Development Department, P&DD) の監督・指導を受けている。

他は全てパ州政府の省庁またはその下部組織である。

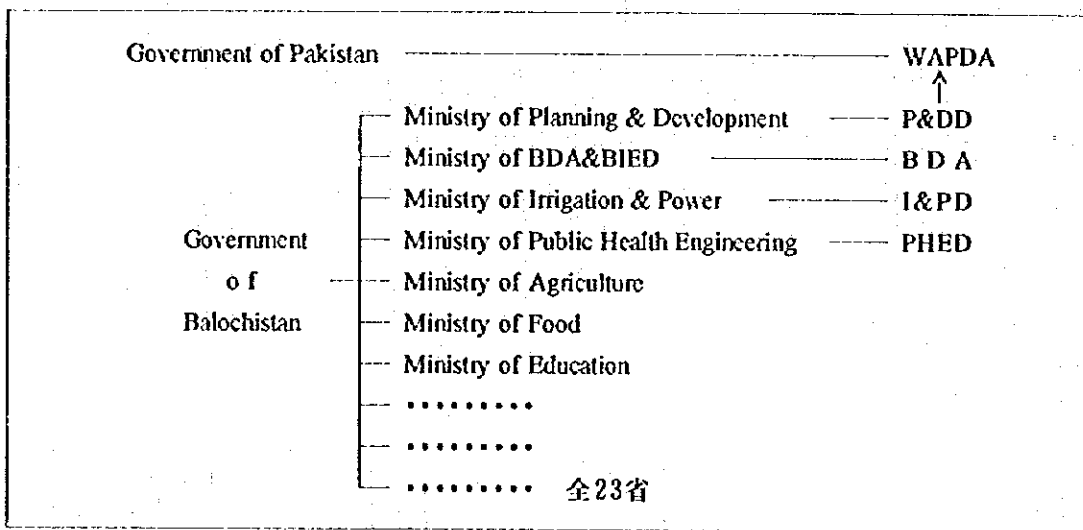


図2-1 地下水開発関連組織

井戸建設における4組織の業務内容・区分は下表のとおりである。

表2-1 地下水開発関連組織の業務分担

組織		WAPDA	BDA	I&PD	PHED
項目	地下水調査	行 う		行わない	
施設	目的	灌漑 / 水道		灌 漑	水 道
	建設	井戸のみを建設		井戸・取水施設を建設	
	所有権	-		農民 / 組合	受益者 / 州政府
発注者	州政府 / 農民 / 組合 / I&PD / PHED			州政府 / 農民 / 組合	州 政 府
再委託	WAPDA・BDA間で行う場合がある			WAPDA・BDAに対して行う場合がある	



## 2-1-4. 農業灌漑・水道計画の概要

### (1) 農業灌漑の現状

表2-2～4は、計画対象地区における農業に関する土地利用状況、水源別灌漑面積、期別作物生産高を示したものである。これから分かるように、マストゥングの52.9%を最高に全般的に灌漑率は低く、カラーンにおいては8.3%の低率となっている。

表2-2 農業に関する土地利用状況

単位:千ha

地区名	① 耕地面積	② 作付面積	③ 未耕地面積	計 ①+③
ジアラット	12.1	3.5	53.9	66.0
マストゥング	59.5	30.3	389.6	449.1
カラット	67.1	34.1	439.4	506.5
カラーン	63.0	22.4	3,530.4	3,593.4
パンジュゴール	28.6	16.4	644.6	673.2
トゥルパット	48.1	41.1	506.3	554.4
計	278.4	147.8	5,564.2	5,842.6
州全体	1,674.2	837.3	16,928.1	18,602.3

出典:「Agricultural Statistics of Balochistan, 1993-94」 Directorate General of Agriculture, GOB

表2-3 水源別灌漑面積

地区名	耕地面積 (千ha)	灌漑面積 (千ha)	未灌漑面積 (千ha)	灌漑率 (%)	水源別灌漑面積 (千ha)			
					河川	浅井戸	深井戸	カレズ
ジアラット	12.1	3.7	8.4	30.6	0	0	3.3	0.4
マストゥング	59.5	31.5	28.0	52.9	0	0.5	29.0	2.0
カラット	67.1	23.0	44.1	34.3	0	0.4	20.1	2.5
カラーン	63.0	5.2	57.8	8.3	0	0.4	0.9	3.9
パンジュゴール	28.6	4.4	24.2	15.4	0	0.9	2.5	1.0
トゥルパット	48.1	21.6	26.5	44.9	0	1.5	18.3	1.8
計	278.4	89.4	189.0	32.1	0.0	3.7	74.1	11.6
州全体	1674.2	801.3	872.9	47.9	493.7	14.2	197.8	95.6

出典:「Agricultural Statistics of Balochistan, 1993-94」 Directorate General of Agriculture, GOB  
注) 斜字体は実績値が公表されていないため、農業統計書を基に推計したものである。

表2-4 期別作物生産高

単位：千トン

地区名	夏期作物	冬季作物	計
ジアラット	45.2	0.1	45.3
マストゥング	174.5	110.0	284.5
カラット	179.5	71.6	251.1
カラーン	50.3	27.6	77.9
パンジュゴール	149.2	15.1	164.3
トゥルバット	433.7	130.4	564.1
計	1,032.4	354.8	1,387.2
州全体	3,062.1	1,705.1	4,767.2

出典：「Agricultural Statistics of Balochistan, 1993-94」 Directorate General of Agriculture, GOB

## (2) 給水の現況と将来計画

バ州の給水に関しては、州都クエッタ市内がWASA(上下水道公社)の管轄になっており、それ以外はPHEDが管轄している。PHEDでは現在地方部における将来の給水基本計画であるBalochistan Rural Water Supply and Sanitation Project (BRWSSP)を策定中であり、それによると計画区域の給水の現況と将来計画は表2-5のようになると考えられる。

表2-5 給水の現況と将来計画

地区名	現況(1991年)			将来(2002年)		
	行政人口 (人)	給水人口 (人)	給水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	行政人口 (人)	給水人口 (人)	給水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )
ジアラット	45,000	31,500	3,620	75,000	67,500	7,900
マストゥング	182,000	127,400	14,650	286,000	257,400	30,120
カラット	288,000	201,600	23,180	446,000	401,400	46,960
カラーン	151,000	105,700	12,160	233,000	221,000	25,860
パンジュゴール	221,000	154,700	17,790	342,000	307,800	36,010
トゥルバット	521,000	364,700	41,940	838,000	754,200	88,240
計	1,408,000	985,600	113,340	2,220,000	2,009,300	235,090

注) 本表はPHEDおよびP&DDから提供された資料・データを基に、2002年における給水普及率を90%、一人一日当たり最大給水量を117 $\text{m}^3$ として給水人口、給水量を推計した。

### (3) 灌漑用水量の算定方法

#### ① 算定の手順

灌漑必要水量は図2-2に示すフローチャートに従って推計するが、蒸発散量（ $ET_0$ ）についてはI&PDが「Balochistan Minor Irrigation and Agricultural Development Project - Phase II Preparation Studies for Perennial Irrigation Schemes」（以後BMIADPレポートと呼ぶ）において算出しているためこの数値を使用する。本報告書では $ET_0$ はBlaney - Criddle法(※)によって算出している。Blaney - Criddle法は温度、風速、日照時間を基に $ET_0$ を算出するものであるが、パ州の他地区の調査においても最も一般的に利用されている方法である。また、灌漑用水量は作物必要水量（ $ET_{crop}$ ） - 有効雨量を灌漑効率で除して算出する。

(※) FAO Irrigation and Drainage Paper 24 "Crop Water Requirements" Rome, 1977

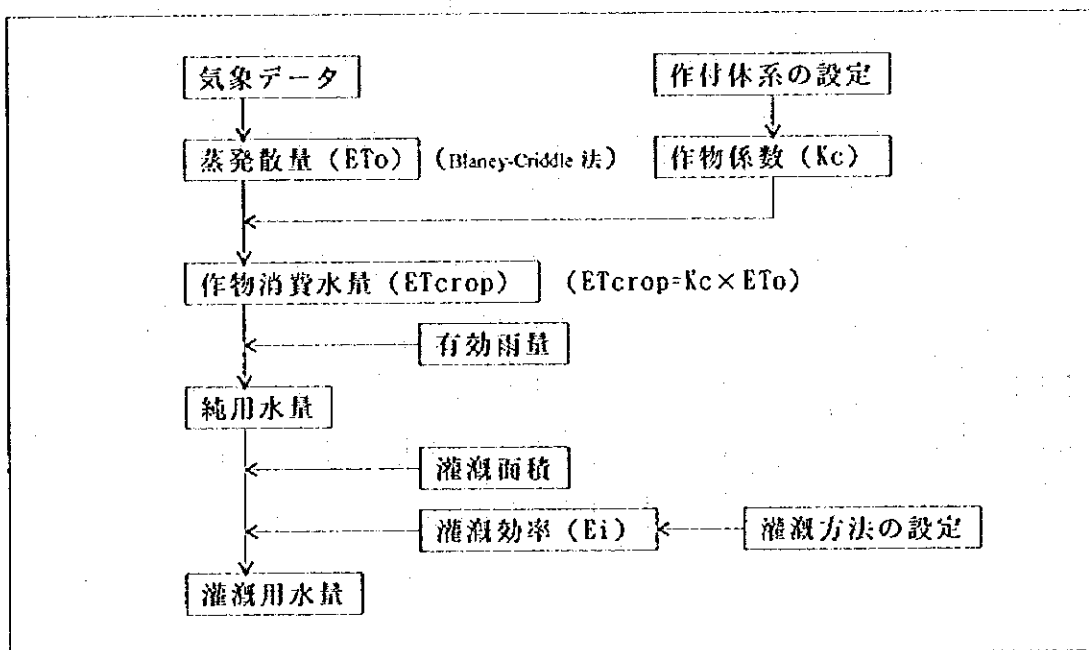


図2-2 灌漑用水量の推計フローチャート

#### ② 作付体系の設定

計画対象地区毎の作付体系は、BMIADPレポートにおいて設定されている作物と「パ州の農業統計」（1993～1994）の主要作物を勘案し、さらに農業省の意見を参考にして設定した。（資料5参照）

### ③ 作物消費水量(ETcrop)

作物消費水量(ETcrop)は作物係数(Kc)に Blanney - Criddle 法によって求めた月別蒸発散量(ETo)と作物毎のウェイト(%)を乗じて算出する。

すなわち、 $ET_{crop} = Kc \times ET_o \times W$ となる。

地区別作物消費水量の推計結果は表2-6に示すとおりである。

表2-6 地区別作物消費水量

単位: mm/日

地区名 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
シ <sup>・</sup> アラット	0.1	0.1	2.0	3.9	6.4	7.6	7.0	6.3	5.1	3.8	2.3	0.1
マストック	0.7	1.6	3.6	5.3	3.8	2.5	2.5	2.3	0.8	0.6	1.0	0.8
カラット	0.8	1.7	3.1	4.7	3.6	2.6	2.6	2.3	0.9	0.8	1.2	0.9
カロン	2.1	4.5	6.2	6.8	2.8	3.2	3.4	3.0	2.9	1.3	1.5	2.1
ハ <sup>・</sup> ンジ <sup>・</sup> ヨ <sup>・</sup> ル	0.4	4.8	6.7	8.5	9.4	9.8	9.2	8.5	7.5	0.5	0.4	0.4
ト <sup>・</sup> ル <sup>・</sup> ハ <sup>・</sup> ット	0.9	4.5	6.5	7.2	8.5	8.8	7.4	7.1	6.8	1.0	0.8	1.1

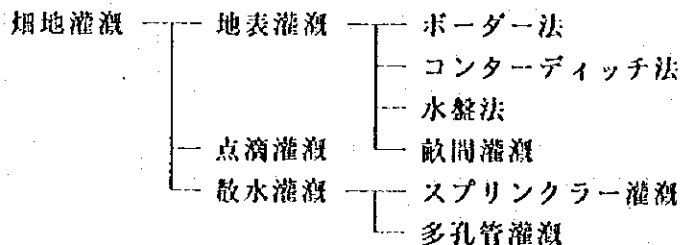
注)  部の月間平均値は年間最大値を示す。

### ④ 有効雨量

灌漑用水量の一部は降雨によって補われる。従って、降雨が流出、浸透および蒸発により損失して行く中で、作物の根群域に貯えられ栽培に有効に働く有効雨量を考慮する必要があるが、バ州においては灌漑水量を最も多く必要とする4月～7月の間の雨量がほとんどないため、ここでは有効雨量は考慮しない。

### ⑤ 灌漑方法

畑地の灌漑方法は以下のように分類される。



本計画においては次の理由により、地表灌漑の水盤法と点滴灌漑を想定する。

- a. ボーター法と畝間灌漑は多量の灌水量が必要となる。農業省の報告書にも記述されているように、クエッタ周辺における地下水位低下は毎年2.5 m～3 mが観測されている。これは果樹園が急激に拡張したことと、井戸を利用して多量の水が灌漑用に揚水されていることが原因となっている。地下水位低下はバ州の他の地域においても将来的に起こることが予想される。今後の地下水資源の適正な管理のためには、灌漑効率の高い点滴灌漑のような方法が導入されるべきである。
- b. 水盤法はバ州において広く採用され、農民が水管理に十分精通している利点がある。但し、この方法もかなり多くの灌水量を必要とするため、将来的には縮小されるべきである。
- c. スプリンクラー灌漑は施設費が高価であり実用的ではない。
- d. 多孔管灌漑は施設費は安価であるが、均等散布できないため灌漑の効果、管理において不利である。

⑥ 灌漑効率 ( $E\pi$ )

農業省のデータから、地表灌漑の灌漑効率0.90と点滴灌漑の灌漑効率0.45の平均値を採用し、灌漑効率 $E\pi = 0.7$ とする。

⑦ 灌漑用水量

今後新たに発生する灌漑用水量（粗用水量）は次式によって算出する。

$$Q = \frac{10 \times ET_{crop} \times A \times 86,400}{3.6 \times E_i \times T_i \times 1,000} \quad \text{ここに、}$$

$Q$ : 灌漑水量 ( $m^3/日$ )  
 $ET_{crop}$ : 作物必要水量 ( $mm/日$ )  
 $E_i$ : 灌漑効率  
 $T_i$ : 灌漑時間 (12時間とする)  
 $A$ : 灌漑面積 ( $ha$ )

表2-7 地区別最大灌漑水量

地区名	$ET_{crop}$ ( $mm/日$ )	$E_i$	$A$ ( $ha$ )	$T_i$ ( $hr$ )	$Q$ ( $m^3/日$ )
ジアラット	7.6	0.7	130	12	28,229
マストゥング	5.3	0.7	280	12	42,400
カラット	4.7	0.7	410	12	55,057
カラーン	6.8	0.7	310	12	60,229
パンジュゴール	9.8	0.7	260	12	72,800
トゥルバット	9.8	0.7	180	12	45,257

## 2-1-5. 財政事情

### 1) 国家財政

パ国の国家財政は慢性的な財政難にあり、開発資金も不足している状況にある。特に、近年は財政赤字幅も増加傾向にあり、1984/85年度以降は歳入によって経常支出も賄い切れておらず、事態は深刻なものとなっている。

このような状況の中で、国家財政に対する開発支出の割合は1994/95年度においては約22.4%となっている。このために開発資金については、海外援助に頼らざるを得ない状況となっている。

表2-8に1992～1996年の国家財政状況(来年度分は予算計上)を示す。

表2-8 連邦政府財政状況

単位：Rs 10億

費 目		年 度	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996
入	歳 収	直接税	36.7	43.5	58.0	69.3
		間接税	122.0	129.1	167.0	189.9
	税 外 収 入		71.6	74.2	77.8	90.2
	公 社 剰 余 金		12.2	26.5	21.5	12.4
	州政府譲渡(差引)		65.1	80.1	97.7	112.5
	総 収 入		177.5	193.1	226.6	249.2
出	歳 常 支 出	間接支出	234.4	255.9	294.6	334.7
		資本支出	17.9	20.0	34.4	36.4
	開 発 支 出	間接支出	14.1	12.2	22.6	26.3
		資本支出	68.2	76.2	72.4	78.7
	総 支 出		334.7	364.3	424.1	476.1
国庫収支(外国銀行等借入)		-157.2	-171.2	-197.5	-226.9	

出 典：Annual Budget Statement of the Federal Government, 1995

## 2) 州財政

バ州の財政状況についてみると、支出は収入を大きく上回り、赤字財政となっている。表2-9にバ州政府の財政状況を示す。

本計画予算としては、井戸掘削に充てる農家への補助金が開発支出に、WAPDAの通常予算が経常支出に計上されている。

表2-9 バ州政府財政状況

単位：Rs 百万

費 目		年 度				
		1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	
入	税 収	州 税	227.55	233.51	250.00	173.63
		連邦税	7,735.03	8,811.55	9,660.57	12,552.00
	税 外 収 入	314.12	427.97	468.67	391.90	
	合 計	8,276.70	9,473.03	10,379.24	13,117.53	
出	経 常 支 出	6,540.29	8,044.73	8,825.26	9,894.35	
	開 発 支 出	4,275.34	4,517.74	4,365.68	4,874.95	
	合 計	10,815.63	12,562.47	13,190.94	14,769.30	

出 典：Annual Budget Statement of the Provinces

## 3) WAPDAの財務

実施機関であるWAPDAの水理地質計画部は前述のように地下水源施設としての井戸建設のみを主に州政府から請け負っている。

表2-10にWAPDA（水理地質計画部）の財務状況を示す。

表2-10 WAPDAの財務状況

単位：Rs 百万

費 目		年 度			
		1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995
入	井 戸 建 設 費	5.00	7.50	5.63	8.00
	調 査 費	3.19	21.70	2.34	2.71
	間 接 費	32.26	31.01	31.44	32.00
	他組織工事費	21.60	20.00	21.60	22.00
	合 計	62.05	80.21	61.01	64.71
出	井 戸 建 設 費	5.81	6.00	2.70	6.04
	調 査 費	2.60	20.76	2.34	3.05
	間 接 費	27.90	31.70	30.40	32.09
	他組織工事費	21.60	20.00	21.60	22.00
	合 計	57.91	78.46	57.04	62.73

## 2-2. 他の援助国、国際機関等の計画

### (1)他の援助国

#### 1) アメリカ

- ・過去に全18台のリグ供与実績を有するが、17年前を最後に現在まで援助は行われていない。

#### 2) オーストラリア

- ・過去に全4台のリグ供与実績を有するが、アメリカと同様に17年前を最後に現在まで援助は行われていない。

#### 3) フランス

- ・1994年に水道水源井の建設目的でリグ6台の調達に対する融資を行っており、1996年には全台が納入される見込みである。

受け入れ組織は PHED(3台)、I&PD(2台)、BDA(1台)である。

#### 4) スペイン

- ・リグ調達に対する融資を開始する予定であるが、対象州は不明である。

### (2)国際機関

#### 1) UNDP

- ・灌漑施設（水源を除く）等の建設案件に対して有償資金協力を実施している。
- ・技術や農業技術の普及に対する技術者派遣を実施している。

#### 2) ADB

- ・地下水涵養ダムや水源（井戸）建設案件に対して有償資金協力を実施している。

### (3)他援助機関の意見の総括

- ・地下水案件は、バ州政府にて単年度計上されるため、長期計画が策定されにくい。
- ・上記の各機関共、ドナー会議以外に分野別担当者ベースの連絡ミーティングを開催したい意向である。



### 2-3. 我が国の援助実施状況

我が国はパ国に対する主要援助国であり、近年二国間ODAの最大供与国となっている。地下水案件に関しては、我が国は1980年度からパ国政府の要請に基づき、地下水開発計画のための資機材調達を無償資金協力により実施しており、それぞれ実施機関は異なるものの、協力範囲は全国4州を網羅し、リグ総台数は55台に達している。

年度別の調達機材数を表2-11に示す。

表2-11 年度別調達機材リスト

	年 度	州 画 名	実施機関	供与さく井機/台数	E/N 締結日 資金協力額
1	昭和55年度	パロチスタン州 アフガン難民救済	I & P D	ロータリー式(小型) 1台	1980年 JICA 締結 1.27億円
2	昭和58年度	連邦管理民族地区 地下水開発計画	F A T A	ロータリー式(中型) 2台 ハ°-カッソン式(大型) 7台	1984年 3月28日 8.00億円
3	昭和59年度	パロチスタン州 地下水開発計画	I & P D	ロータリー式(大型) 8台	1984年 4月 9日 13.33億円
		イスラマハート首都圏開発公社 地下水開発計画	I C T A	ロータリー式(大型) 1台	
4	昭和60年度	北西辺境州 地下水開発計画	A E D	ロータリー式(大型) 4台	1985年12月26日 9.37億円
		シンド州 地下水開発計画	A E D	ロータリー式(中型) 3台 ハ°-カッソン式(大型) 2台	
5	昭和62年度	パンジャブ州 地下水開発計画	A E D	ロータリー式(中型) 10台	1988年 3月28日 22.73億円
		パロチスタン州 地下水開発計画	W A P D A	ロータリー式(大型) 3台	
6	昭和63年度 (難民救済)	パロチスタン州 アフガン難民救済	P H E D	ロータリー式(中型) 1台	1989年12月 8日 2.38億円
7	平成元年度	シンド州 地下水開発計画	P H E D	ロータリー式(中型) 2台	1990年 4月 5日 5.50億円
8	平成2年度	パロチスタン州 地下水開発計画	W A P D A	ロータリー式(大型) 2台	1990年 6月27日 5.00億円
9	平成3年度	パロチスタン州 地下水開発計画	W A P D A	ロータリー式(大型) 2台	1991年 7月30日 5.97億円
10	平成5年度	パンジャブ州 地下水開発計画	A E D	ロータリー式(大型) 2台	1993年 6月14日 6.79億円
11	平成7年度	北西辺境州 地下水開発計画	A E D	ハ°-カッソン式(大型) 5台	1995年 4月 5日 7.91億円
合 計				55台	88.25億円

## 2-4. プロジェクト・サイトの状況

### 2-4-1. 計画対象地区

当初要請の計画対象2地区(パンジュゴールおよびトゥルバット)において合計4日間のサイト調査を行った。これらの地域では、灌漑用として有望な帯水層および地下水位が比較的浅い(10~30m)ため、カレズ(伝統的な手掘暗渠)・手掘の浅井戸等の利用が可能である。また飲料用としても水質の点から80~150mの水源井で十分賄えることが判明した。この結果、パ国から要請のあった300m級の深井戸建設用機材の必要性は低いことが明らかになった。即ち計画対象地区の水理地質状況と地下水の開發現状を踏まえると、当初の要請内容である300m級のリグよりもはるかに小型のリグ(150~200m級)が適していることは自明である。

以上の点を調査団よりWAPDAに指摘したところ、WAPDA側より以下の説明があった。

- ①リグは最低10年以上使用可能であり、かつWAPDAも30年以上の長期間に亘ってリグの運転・維持管理を行ってきた実績を有する。本計画によって調達されるリグは当該2地区で優先的に使用された後、深井戸が必要とされる他地域で使用する。
- ②過去、日本の無償資金協力によって調達されたリグ(1984年度および1990年度計4台)も300m級であり、WAPDAとしては自己資金で調達が困難な当該規模のリグを日本の援助にて調達したい。

協議の結果、過去の実績から鑑みて最終的には「バ州全体」で調達リグの効率的運用を図るものであるが、

- ①地下水開発が遅れているため、今後、優先的開発が望まれる地区
- ②技術的にみて、掘さく能力の高いリグが求められる地区

という理由によって当初要請の2地区に、さらに高性能リグが必要な4地区を加えた6地区を本計画の対象地区とする変更を行った。

なお、当初要請の2地区はバ州の中でも最貧困地域であり、特に地下水開発を優先的に実施する予定とのことである。また追加4地区については、地下水ポテンシャル・地下水開発事業計画等の詳細説明書を基に現地調査を行った結果、自然・社会特性・治安・アクセス等も勘案し、これら4地区を本計画に取り込む妥当性を確認した。

以下に対象地区名を列記するが、バ州の地下水開発マスタープランは全て河川流域単位に策定されており、本計画対象の各地区はそれぞれの河川流域の代表的な地区となっていることから、併せて河川流域名を示す。

1. ジアラット地区      － ナリ河流域
2. マストゥング地区   － ピシン河流域
3. カラット地区       － ムラ河流域
4. カラーン地区       － ヒンゴル河流域
5. パンジュゴール地区  － ラクシャン河流域
6. トウルバット地区   － ダシット河流域

表2-12にバ州行政区分と計画対象地区を示す。

表2-12 バ州行政区分と計画対象地区

行政区分		地区		本計画対象地区
名称	面積(km <sup>2</sup> )	名称	面積(km <sup>2</sup> )	
クエッタ	6,431.0	クエッタ	265.3	
		ピシン	1,111.2	
		チャギ	5,054.5	
ゾブ	4,620.0	ゾブ	2,712.9	
		ローライ	1,907.1	
シビ	2,705.5	シビ	608.2	
		ジアラット	320.3	①
		コルー	1,512.2	
		デラ・ブグティ	264.8	
ナシラバッド	1,694.6	ジャファラバッド	244.5	
		タンボ	338.7	
		カッチイ	1,111.4	
カラット	13,803.4	カラット	843.7	②
		マストゥング	408.1	③
		クズダール	6,489.2	
		カラーン	4,805.1	④
		ラスベラ	1,257.4	
メクラン	5,464.6	パンジュゴール	1,689.1	⑤
		トウルバット	2,253.9	⑥
		グワダール	1,521.6	

## 2-4-2. 自然条件

本計画の対象地区である6河川流域は、州の北東から南西に縦断する山岳地帯に位置している。当該地域の自然条件（統計資料は過去5年間：1989～1993）をまとめると、概略次のとおりである。

### (1) 自然地理（バ州開発計画省の資料より）

パ国全土を山岳地域と沖積平野に分割すると、67.0%が平野部に相当する。一方、国土の44.0%を占めるバ州は、沖積平野部の割合が54.8%であり、北西辺境州と同様に山岳地域が広く分布している。本計画に係る地下水開発事業の対象地区は、バ州国土の33.6%（パ国全土に対して14.6%）となるが、山岳地域の占める割合が66.1%と多い。地下水開発対象地区の標高は南部地区で低く200m程度、北部地区では最高が2,500mに達する。

バ州では土地利用の大部分が農業用耕作地に充てられ、バ州国土34.7万km<sup>2</sup>の内、農地として現在利用可能な面積は1,850km<sup>2</sup>(0.53%)、さらに耕作面積は167km<sup>2</sup>(さらにその9%)で、これらはバ州沖積平野部のそれぞれ1.0%および0.09%となる。

表2-13 計画対象地区の自然地理概要

河川流域名	地区名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	沖積平野 (km <sup>2</sup> )	山岳地域 (km <sup>2</sup> )	標高 (海拔M)
ナリ河	ジアラット	21,829	6,680	15,149	1,000～3,500
ピシン河	マストゥング	16,928	7,873	9,055	1,740～3,600
ムラ河	カラット	4,188	980	3,208	1,710～2,990
ヒンゴル河	カラーン	34,190	10,100	24,090	100～2,940
ラクシャン河	パンジュゴール	12,410	5,860	6,550	900～1,600
ダシット河	トゥルバット	27,100	8,100	19,000	200～1,100
対象地区計		116,645	39,593	77,052	
バロチスタン州		347,190	190,400	156,790	
パキスタン国		796,100	533,300	262,800	

出典：「バ州地下水資源調査 1993」

(2) 気候・気象（連邦政府気象庁の資料より）

バ州は乾燥地帯に分類され、非常に乾燥している。この中でバ州は、気象上、主に降雨量を基にして①クエッタ～ゾブ地域（降雨量200 mm以上）、②トゥルバット～カラーン地域（降雨量100～200 mm）、③チャギ地域（降雨量100 mm以下）に分類されている。降雨量が平均的に少ないため年毎の観測値にはバラツキが多く、また1910～1950年と1950～1990年の統計値から見ると近年の降雨量が約半分に減少している。なお前10年間の月間最高降雨量は、シビ地区で2月に75mmが観測されている。

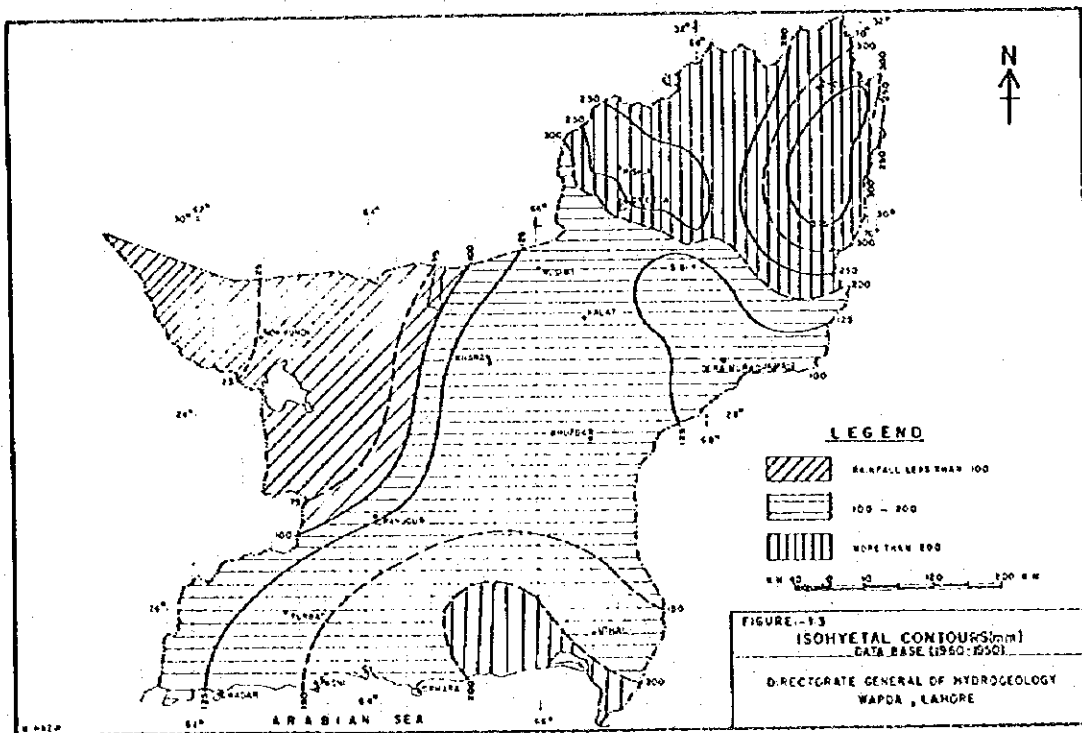


図2-3 バ州年間降雨量コンター図（1950～1960年）

気温の日較差は北部の山岳地域で大きく、南部の沿海地域では比較的小さい。季節によっても日較差の変化が見られ、夏季（6～11月）に大きく、冬季（12～5月）に小さい。このため北部山岳地域の夏季における日較差は、最大で25℃にもなり、南部沿海地域の冬季日較差は数度程度である。過去における最高・最低気温は共に北部山岳地域で観測されており、最高は51℃で7月のシビ地区で、最低は-12℃で2月のクエッタ地区である。

表2-14 バ州年間気温と平均降雨量（1984～1989年）

地区名	気温 (°C)		年間降雨量 (mm)		
	最高 (月)	最低 (月)	冬季 11月～5月	夏季 6月～10月	年間
ジアラット	48.2 (7)	1.3 (2)	215	107	322
マストゥング	39.7 (7)	-0.9 (2)	211	17	228
カラット	41.3 (7)	-1.1 (2)	154	41	195
カラーン	43.0 (7)	0.6 (2)	95	97	192
パンジュゴール	43.3 (6)	-3.8 (1)	85	42	127
トゥルバット	42.6 (6)	5.3 (1)	120	25	145

出典:「バ州地下水資源調査 1993」

(3) 地形・地質（パキスタン地質調査所とWAPDAの資料より）

調査対象地域は、バ州を縦貫する褶曲山地を軸に、東側はインダス河の河川氾濫堆積地帯、西側は火山・土漠地帯と大きく3地域に分類でき、褶曲山地を除き比較的平坦な地形が続いている。この褶曲山地は、造山運動に起因し、東側に続くヒマラヤ山脈の西端に位置する。バ州の地質基底は、褶曲山地の軸帯からジュラ紀（約2億年前）～第三紀（約2百万年前）の砂岩・頁岩および石灰岩等が広く分布し、一部低程度の変成を受けている。また、この褶曲山地の軸帯に沿ってほぼ平行に断層帯が発達している。

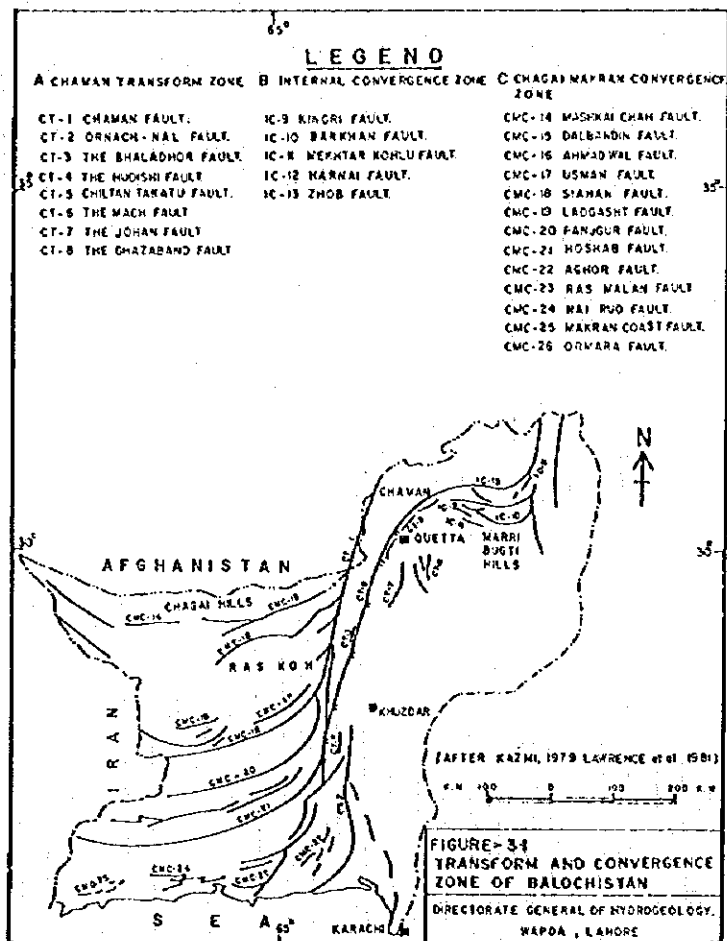


図2-4 バ州地質構造の分類図

バ州の地質構造を分類すると、次の3つに分けられる。

①チャガイ・マクラン収斂帯（ジアラット地区）

バ州の北部山岳地域で、褶曲軸は東西方向を指す。断層移動方向はこの褶曲軸とほぼ直交していて、傾斜移動の逆断層である。この断層軸に沿って断層谷が発達しているが、規模的には小さく、堆積物の厚さも数mから数十m程度が多い。

②内陸収斂帯：（計画対象外）

西北部に位置する火山と砂漠の地域。火山はアフガニスタン国境側で、その南側に砂漠地帯が広がっている。火山地域、砂漠地域共に第三紀～第四紀の地層から成り、比較的新しい年代の地層である。砂漠地帯の堆積層厚は概略300m程度と推定される。

③チャマン走行移動断層帯（ジアラットを除く5地区）

バ州を縦貫して分布する山岳地域で、褶曲軸は東部で南北方向、西部で東西方向を指す。断層移動方向はこの褶曲軸とほぼ平行で、走行移動の正断層である。この断層軸に沿って断層谷が発達しており規模的にも大きく、堆積物の厚さは数十mから150m程度に達する。

この褶曲山地の谷を埋めている未固結堆積物は第四系で、山地を形成する岩石の風化物である。本堆積層は粘土から礫および混合層で、基盤岩上に不整合の状態で開催している。本層は谷の規模にもよるが、最大で150mの層厚を持ち平均的には概ね100m程度である。

本計画対象地区である中央の褶曲山地は、傾斜の大きい山地とその谷を埋める谷底平野とに分類される。さらに谷底平野は山地側から、扇状地・河岸段丘（小規模）および河床に分類され、これらは地表傾斜から明確に判定できる。この分級は降雨・洪水等によるもので、河川の中・下流部での河川堆積物は粒子の細かい粘土・シルトによって構成され、厚く分布している。

#### 4) 地下水（住宅・労働環境・都市省とWAPDAの資料より）

現時点における水源の利用状況は、大きく分けて表流水（河川水）と地下水がある。表流水は河川水の利用のみで、湖沼は利用されていない。ほとんどの河川は降雨後のみに流れるか、もしくは少流量が冬季にも流れている。河川水の利用は、洪水時に貯水するか水路による導水であり、北部の狭い谷底部では数キロ毎に小規模ダムを建設して、洪水対策を兼ねた水管理を実施している。

また、地下水はその利用形態が湧水もしくは井戸であり、井戸の種類はパ国の伝統的建設工法であるカレズ、不圧地下水を対象とする手掘りの浅井戸、被圧地下水を取水層とする深井戸がある。湧水は岩盤層の亀裂水を源としており、特に北部山地（ジアラット地区）に多く見られる。一方、地下水開発の対象層は、河川堆積層の他に基盤岩の亀裂帯がある。これらの分布状況と地下水開発コストから、概ね北部地区では河川堆積層と亀裂帯を、また南部地区では河川堆積層のみを開発対象としている。この南部地区では浅井戸の適地が多く、リグによる深井戸建設よりも低コストな浅井戸を普及させる方が良い地域も見られる。カレズは浅井戸の一種であるが、地下水位の比較的高い山間部側に親井戸を施工し、取水施設を使用せずに水路を利用して導水している。

統計資料はないが、水理地質状況および種々の報告書と調査団の現地視察結果から、水源利用状況を推察すると表2-15のようになる。

表2-15 地域別水源利用状況

地区名	河川水	ダム水	湧水	浅井戸	深井戸
ジアラット	20%	35%	40%	5%	0%
マストゥング	0%	15%	5%	50%	30%
カラット	5%	15%	10%	65%	10%
カラーン	5%	15%	10%	65%	10%
パンジュゴール	5%	25%	5%	60%	5%
トゥルバット	5%	25%	5%	60%	5%



バ州およびWAPDAの既存調査報告書から、地下水の賦存量・既開発量・今後の開発可能量を表2-16にとりまとめた。現在までの地下水開発対象層は河川堆積層のみで、計画対象地区のうち北部3河川流域については、岩盤層の亀裂帯を対象とした地下水調査・開発が近年着手されている。また他の3河川流域では現行通り、沖積平野における堆積層の地下水開発が今後も十分可能である。

表2-16 地下水の賦存量と開発可能量 単位：千 $m^3$ /日

河川流域名	地区名	賦存量	既開発量	開発可能量
ナリ河	ジアラット	685.0	293.2	220.6
ピシン河	マストゥング	1,289.8	354.8	322.5
ムラ河	カラット	377.0	63.6	118.7
ヒンゴル河	カラーン	1,945.2	362.2	623.3
ラクシャン河	パンジュゴール	240.0	12.3	113.7
ダシット河	トゥルバット	893.2	194.0	275.1

注)「バ州地下水資源調査 1993」にWAPDAの亀裂水調査の推計値を加味した。

### 2-4-3. 地下水開発の実施状況

以下に井戸建設数と稼働リグ台数の関係をWAPDAと全組織に分けて示す。

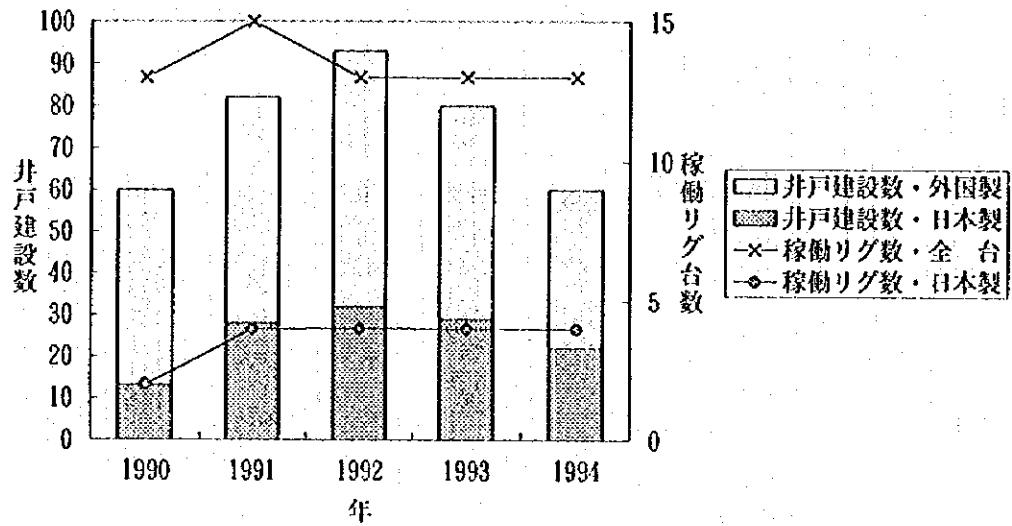


図 2-5 WAPDAの井戸建設数と稼働リグ台数の推移

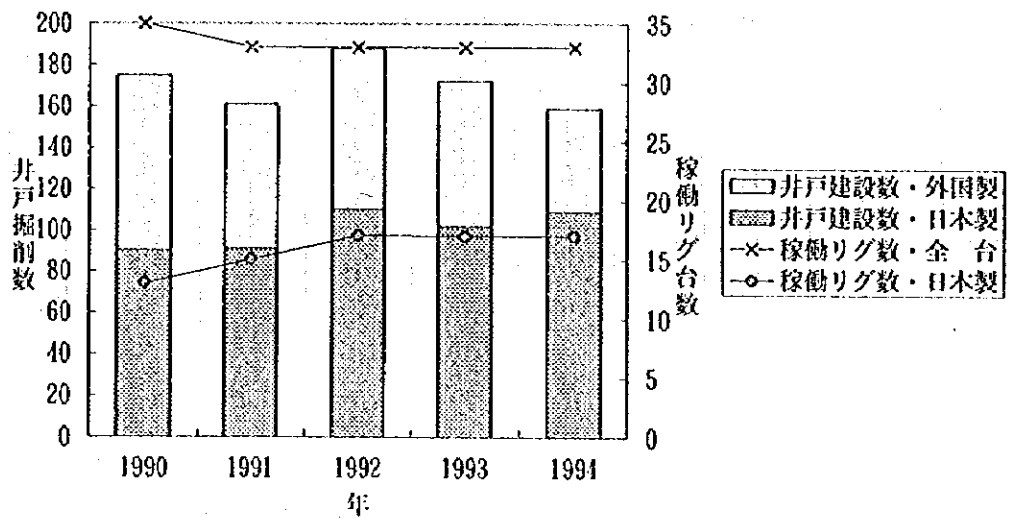


図 2-6 全組織の井戸建設数と稼働リグ台数の推移

以下に過去5年間の井戸建設数を全組織別・目的別に分けて示す。

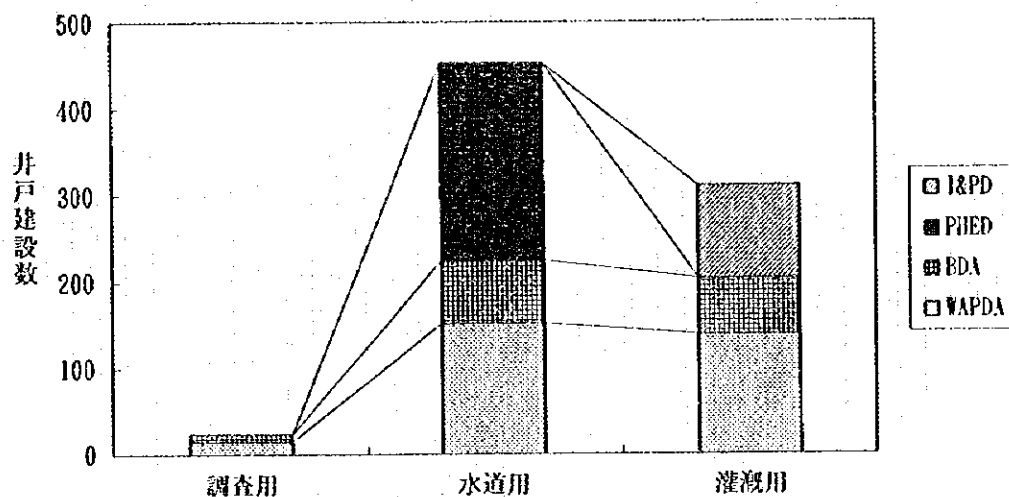


図 2-7 組織別・目的別の井戸建設数

以下に1973～1992年までの地区別の井戸建設数を示す。

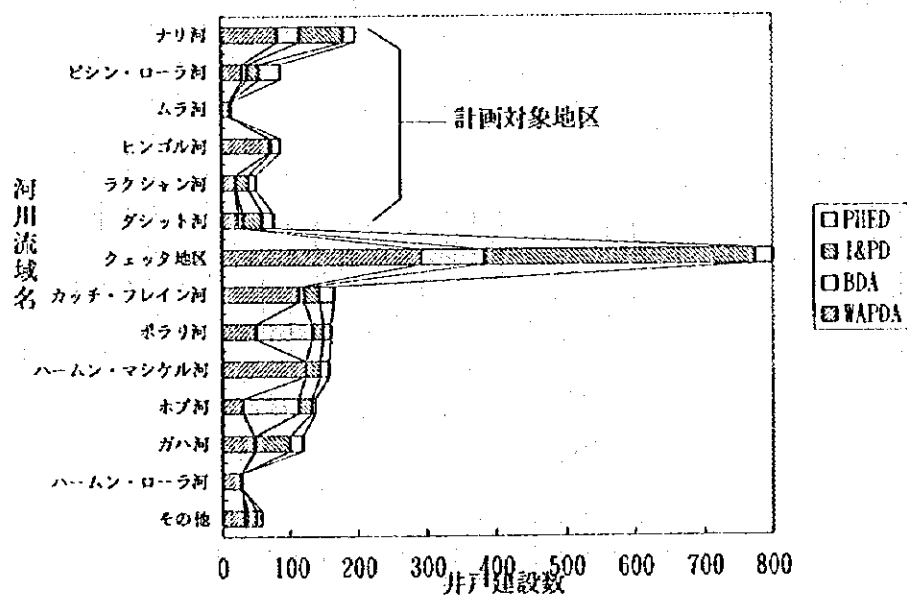


図 2-8 地区別井戸建設数

以下にWAPDAのリグ機種別の井戸掘さく深度の推移を示す。

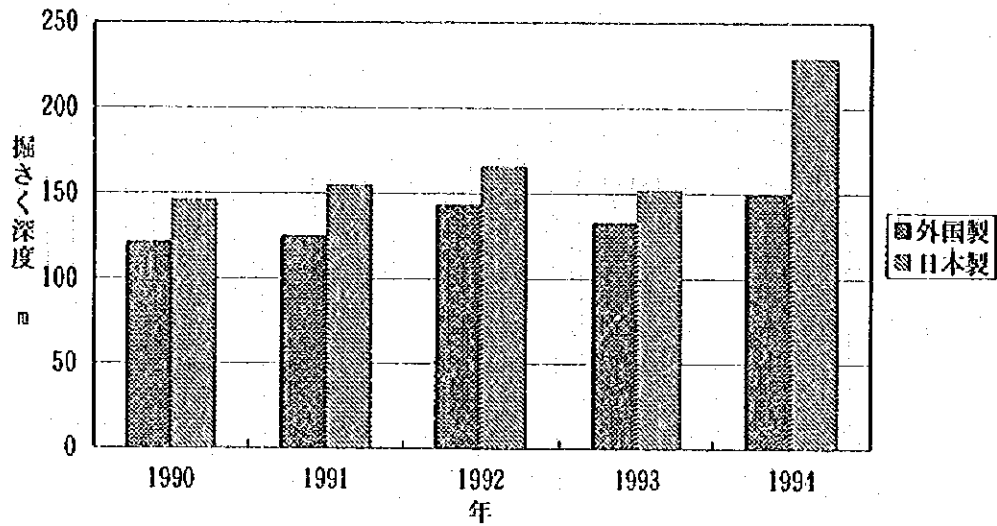


図 2-9 平均掘さく深度の推移

以下に同じくWAPDAの掘さく深度比率の推移を示す。

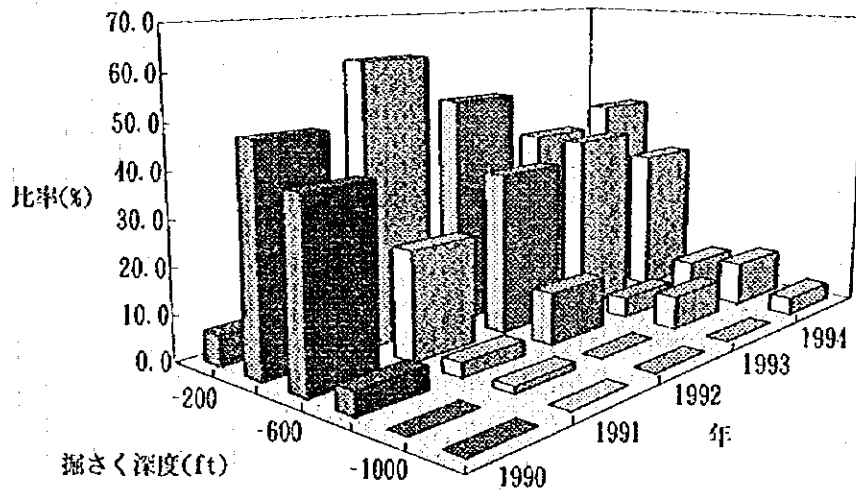


図 2-10 掘さく深度比率の推移

以上の事項を総括して、以下に示す。

- ①過去5年間のWAPDAの井戸建設数はバ州全体の約50%で、稼働リグ台数はバ州全体の約40%である。
- ②近年、稼働リグ数は変化していないにもかかわらず、井戸建設数の低下傾向が見受けられる。この原因の一つとして、特に日本製リグの場合、平均井戸掘さく深度が増大してきているため単位施工時間が長くなってきていることがあり、もう一つには、特に外国製リグの場合、リグの老朽化による能力低下のために同じく単位施工時間が長くなってきていることがある、と考えられる。
- ③近年の井戸建設の目的は灌漑用：水道水源用＝40%：60%である。
- ④本計画対象の6河川流域は、全州の中でも地下水開発が遅れている。
- ⑤井戸の施工深度は大半が180m以下であるが、3年前より日本製リグによって深度240mを超える井戸がクエッタ周辺で施工され始めている。

2-4-4. 現有井戸建設機材の状況

地下水開発に関連する全組織の現有リグ台数一覧を以下に示す。

表2-17 全組織の現有リグ台数

機材別		組 織		WAPDA	B D A	I&PD	PHED	合 計	
		日本	他国					合 計	合 計
日本	ロータリー	4	5	4	5	1	7	17	17
	パーカッション	0	0	0	0	0	0	0	
他国	ロータリー	8	④	8	④	6	0	14+④	16+⑥
	パーカッション	1+②	0	1+②	0	0	1	2+②	
合 計	ロータリー	12	5+④	12	5+④	7	7	31+④	33+⑥
	パーカッション	1+②	0	1+②	0	0	1	2+②	
計	計	13+②	5+④	13+②	5+④	7	8	33+⑥	

注) ○内数字は現在稼働不能の機材数を示す。

また、上表の各リグを稼働年数毎に整理して以下に示す。

表 2-18 全組織のリグ稼働年数

調査国	組 織	稼 働 年 数																																	台 数	平 均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	...	...	...	33	合 計	稼働年数						
日 本	WAPDA					2							2																					4	8.0	
	B D A						1	3				1																						5	7.6	
	I&PD																1																	1	16.0	
	PHED				2								5																					7	9.0	
	計				2	2	1	3				8				1																	17	8.8		
その他	WAPDA																			2		4		①							2	③	23.4			
	B D A																																8	21.0		
	I&PD															6																	6	17.0		
	PHED																1																1	17.0		
	計															7	2				4		①									16	20.9			

○内数字は稼働停止台数を示す。

以上を総括すると以下のとおりである。

- 1) 日本製のリグは最も古い機材で16年経過しているが、全台とも稼働している。
- 2) 他国援助のリグは17~33年経過しており老朽化が著しい。特に20年以上経過の13台のリグのうち6台が稼働停止している。

この傾向から推察すると5年後には現在稼働している33台中10台前後が稼働停止となると予想される。

一方、日本製リグの所有組織の経年変化を示したのが表2-19である。

表 2-19 日本製リグの所有組織の経年変化

No	当初種与組織			年																最終所有組織	
	E/S年月日	組織名	台数	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	組織名	台数
1	(1986年)	I&PD	1	1																I&PD	1
2	9. 4. 1984	I&PD	6						3	→	0									I&PD	-
										↓	5									PHED	5
										↓	1									BDA	1
										↓	2									I&PD	2
3	29. 3. 1989	PAIDA	3								0									PAIDA	-
											↓	3								BDA	3
4	9. 12. 1989	PHED	1												1	→	0			PHED	-
															↓	1				BDA	1
5	27. 6. 1990	PAIDA	2													2				PAIDA	2
6	30. 7. 1991	PAIDA	2													0				PAIDA	-
																↓	2			PHED	2

注) I&PDとPHEDは1989年7月に分離した。

日本製リグの所有組織変更が生じたことに関してP&DDより、「耐用年数を超過して稼働不能になったリグが発生したため、各組織毎の井戸建設予定数と現有リグ台数、施工能力とを考慮した上、各管轄省庁の協議・調整により再配分された経緯がある。」との説明があった。

## 2-5. 環境への影響

### 2-5-1. 土壌塩害

近年バ州にて重点的に開発している裂か水は、水質分析によって全般的に良好な水質であることが確認されている。また、従来より開発されていた堆積層の間隙水は、一部の地区にて鉄・マンガン・塩分が含まれている。特に塩分については、比較的浅い海成堆積層を井戸の取水対象層としている場合、特定の地区にて約 200~300mg/ℓが検出されているが、飲料水として若干の問題がある程度で、農作物に影響が出る程のものではない。パ国における土壌塩害は、パンジャブ州とシンド州を南下するインダス河流域にて発生しており、バ州の地下水開発には影響はない。

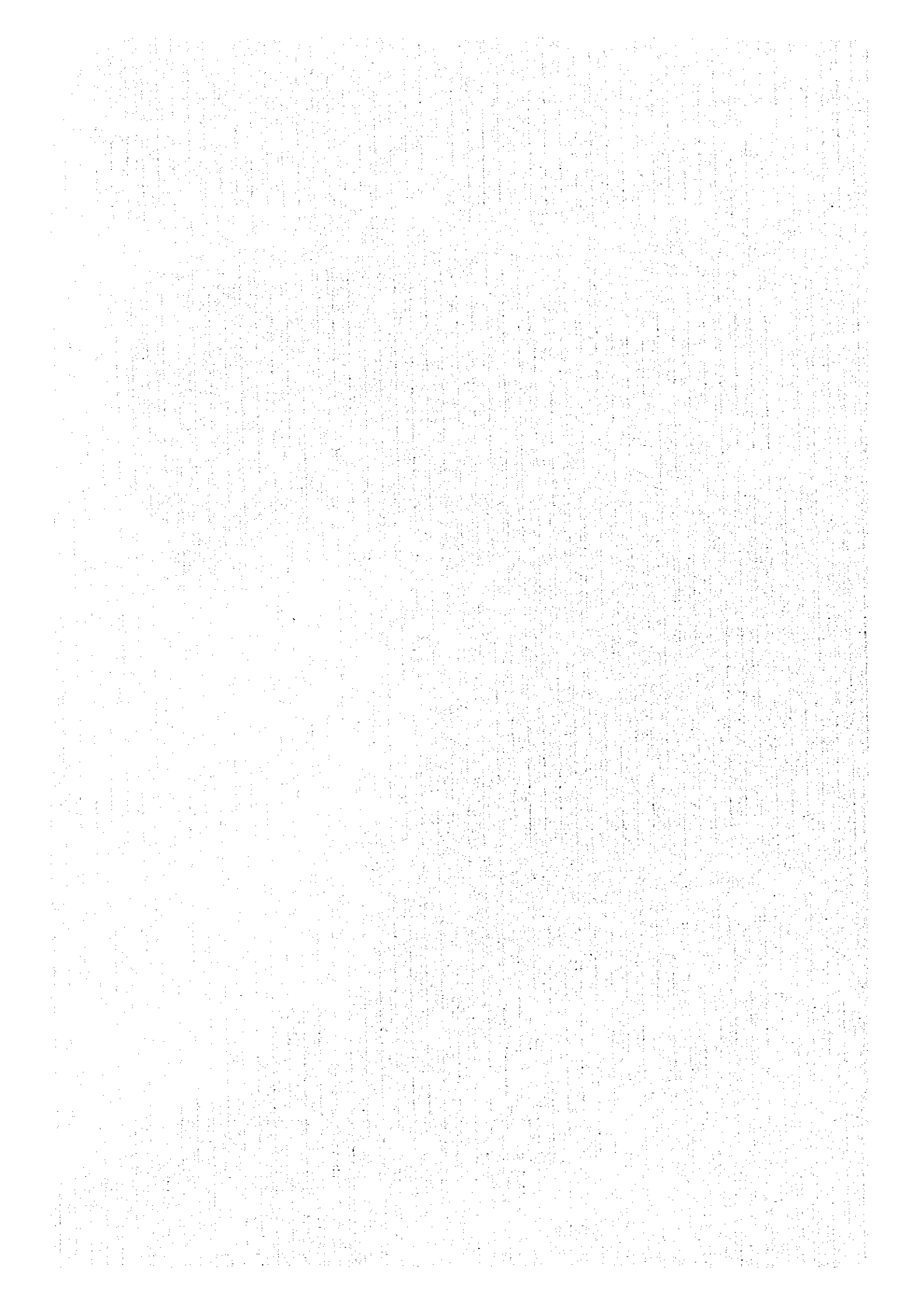
### 2-5-2. 地下水開発に伴う諸問題

クエッタ市およびその周辺では、近年地下水の過剰揚水による水位低下（平均 3 m/年）が観測されており、現状では約 30~45 m が地下水位となっている。このため、現在クエッタ市の水管理委員会では、水道事業等の不可欠な地下水開発を除き、灌漑用水等の目的に使用する地下水開発を厳しく規制している。また、計画対象地域の内、州都クエッタ市南側のマストゥング地区では地下水の開発比率が高く、今後の地下水開発を考慮すると、クエッタ市と同様な諸問題が近い将来に発生するものと考えられる。

これらの問題が発生している地区では、いずれも沖積平野部の堆積層を帯水層とする水源井が多く建設されている。このため、従来の河川流域内の堆積層を対象取水層とする場合、限られた地下水資源の有効利用を進めるため、より一層の地下水取水規制の実施が必要となる他、所要水源の確保のためには、地下水開発コストは高くなるが、岩層の亀裂帯に賦存する裂か水の調査および開発事業推進が必要と考えられる。



## 第3章 プロジェクトの内容



## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1. プロジェクトの目的

バ州は灌漑・水道の用途を問わず、そのほとんどの水源を地下水に依存しており、地下水開発は今後とも同州の経済・社会の発展の基礎を為すものである。

その地下水開発事業は本プロジェクトの実施機関である WAPDAを始めとした4つの組織によって、長期間に互り有機的連携を保ちながら行われているが、近年、保有機材の老朽化が著しく、近い将来にはバ州全体としての施工能力が致命的なレベルにまで低下することが懸念されている。一方、今後の地下水開発が期待されている地域の中には、深層地下水を対象とせざるを得ず、既存の掘さく機材では対応が困難な箇所も相当数ある。

本プロジェクトは、上述したような背景の下、地下水開発が特に遅れている地域を優先対象に、今後5年間で297本の井戸建設を実施し、併せてバ州全体としての地下水開発を円滑に推進することを目的とするものである。

### 3-2. プロジェクトの基本構想

#### 3-2-1. 協力の方針

本計画は、関連するバ州の地下水開発事業が州政府の上位計画に沿ったものであり、バ州の民生安定と生活改善に大きく寄与することから、その必要性が非常に高く、かつ十分なる妥当性を具備していることが確認された。さらに実施機関の事業実施と機材維持管理能力を検討した結果、地下水開発事業の現実性とパ国側の実施能力が確認されたため、本計画を日本の無償資金協力で実施することが妥当であると判断する。

本計画は、計画対象6地区の灌漑および水道給水を目的とした地下水開発事業を推進するため、現在不足している機材の調達を行うものであるが、本調査は、バ州における地下水開発の必要性を精査した上で、本プロジェクトの対象範囲を明確にし、パ国側の状況（保有リグ台数、施工能力、水理地質状況など）を加味して、我が国の無償資金協力事業として最適な規模・仕様の選定を行うものである。

### 3-2-2. 要請内容の検討結果

#### (1)実施機関と地下水開発計画の関連

バ州政府実施機関による井戸建設は、灌漑目的の場合は全てが農民からの要請に基づき、水道目的の場合は住民の要請と政府事業計画の双方を勘案して実施されている。

BDA, I&PD, PHED については、これらを管轄する上級省庁が翌年度事業の要請受付・調整を行い、WAPDAとの最終的な事業量調整はP&Dを通して行っている。一方、WAPDAは直接、農民/組合から灌漑用井戸建設の受注も行っているが、大半は前述したバ州政府からの業務である。WAPDAは個人、民間、政府機関等からの要請・委託に基づき、所定の費用負担を課して深井戸を建設する公社である。従って、開発された地下水の利用計画の策定と実施は、基本的にはユーザーの責任においてなされる。

WAPDAは独自の計画に基づいて地下水開発を行う組織ではなく、バ州政府の地下水開発事業委託に応じて、単に井戸建設工事を行う組織である。このため、バ州における地下水開発組織の動向を整理し、地下水開発事業全体像を明らかにした上で、要請内容の検証を行った。

#### (2)地下水開発の利用目的

バ州経済の中心が農業であるため、州内各地における地下水開発の主要目的の一つに灌漑を中心とした農業用水開発がある。

当初要請に係る地下水開発事業計画は、パンジュゴールおよびトゥルバット両地区で灌漑用井戸の建設を目的としており、当該事業は地域農民からの要請に基づき計画・実施されるもので、かつ長期間に亘るものである。

WAPDAの近年の井戸建設実績を見ると灌漑用の水源開発だけではなく、飲料水を含む生活用水を目的とした地下水開発が進められており、この井戸建設数は建設総数の60%にもなる。このことから、当該地下水開発の利用目的も計画対象地区の拡大と併せ、灌漑目的の地下水開発に限定されないものであることを確認した。

### (3)要請リグ台数の妥当性の検証

当初要請のリグはロータリー式×4台・パーカッション式×2台の計6台であった。

以下において、計画対象地域における種々の条件を整理しつつ、要請されているリグ台数の妥当性を検証する。

#### 1)パ国側事業計画原案による必要追加リグ台数

本計画の要請原案は1989年にP&Dからバ州政府に提出・承認された30台のリグ追加調達要請書である。実施機関であるWAPDAは、この追加調達要請書と本計画におけるリグ6台の調達要請の関連性を次のように位置付けている。

##### ①地下水開発の重点課題

パ国連邦政府第7・8次5ヶ年計画（1988～1998年）から、バ州では特に地下水開発事業に重点を置き、その開発目的を次のように定めている。

- a. 農業生産性の向上を目的とした灌漑用水源開発
- b. 人口が集中している都市および地方の水道施設拡張

##### ②地下水開発可能量

UNDPの協力により、バ州全域の河川堆積層を対象としてWAPDAが実施した広域地下水開発調査（1973～1984年）結果と、その後バ州政府にて継続的に実施している各流域毎の地下水詳細調査（最新版1993年）結果に基づき、地下水の開発可能量を以下のように試算した。

- a. 河川堆積層に賦存する地下水の残存開発可能量 : 日量1.7 百万 $m^3$
- b. 近年実施中の基盤岩中に賦存する亀裂水開発可能推量 : 河川堆積層と同程度

##### ③地下水開発期間と必要リグ台数

- a. 5ヶ年計画にて残存地下水開発可能量の50%を開発（日量1.7 百万 $m^3$ ）
- b. 必要井戸建設本数は5ヶ年で2,150 本

内訳 生産井：日量1.7 百万 $m^3 \div (1.5m^3/分 \cdot 本 \times 12時間 / 日) = 1,600$  本

調査井：生産井建設に伴う地下水調査用 450 本

観測井：地下水開発に伴う地下水位のモニタリング用 100 本

c. バ州にて必要とされるリグ数は47台

2,150 本 / 5 年 ÷ 9.15 本 / リグ・年 → リグ47台

④バ州既存リグ台数を考慮した追加リグ必要台数の試算

a. 現有リグ台数は45台であるが、掘さく性能を十分に発揮できる稼働台数は17台

b. リグ必要台数47台 - 現有稼働台数17台 = 追加リグ必要台数30台

内訳 現状地下水開発の必要性から：300m級のロータリー式掘さく機	10台
：200m級のパーカッション式掘さく機	9台
将来の深部地下水開発を考慮：600m級のロータリー式掘さく機	11台
追加リグ必要台数合計	30台

⑤要請リグ6台の調達に係るバ州事業計画の概要

a. 最優先の地下水開発地域はパンジュゴール・トゥルバットの2地区

b. 自己調達の困難な高性能リグ能力を生かせる4地区を追加

c. 追加リグ6台 × 9.15本 / リグ・年 → 55本 / 年

d. 現有リグ17台と合わせて5ヶ年で約1,050本の井戸が建設可能

e. 5ヶ年計画にて当初事業予定であった地下水開発量の半量を開発可能

2)パ国側地下水開発事業の概要と必要追加リグ台数

バ州における降雨や地表水は、量的質的に有効利用が困難なため、安定的な水源の確保としては地下水に頼らざるをえない地域である。当該地域の社会基盤状況から活用できる「水」の重要性は大きく、民生の安定や生活改善には不可欠な要素である。一方、地下水の近代的開発は1970年代に始まり、現在一部の地域ではすでに地下水管理が必要となっている。

このような状況下で、パ国側から説明のあった地下水開発事業は”始めに地下水開発ありき”の感があり、地下水の利用目的は必然的に開発量以上に有るものとしている。しかし豊富と思われる地下水もその量には限界があるため、自然界における水の平衡状態を崩さない地下水開発であっても、的確な管理に基づく地下水の開発および利用が必要であり、目的を持たない地下水開発はむやみに行うべきではない。

調査団はこのような基本姿勢の下、バ州政府側との協議を通じて事業目的と内容の明確化を図り、本計画に関連する地下水開発事業の将来に互る事業実施の方向性を次のように設定した。

①地下水開発の必要水量

水を必要とするバ州の主要事業は農業と水道である。現在の非灌漑耕地と未給水地域に、今後5年間に必要とされる水源を開発していくなかで、表流水水源等の開発可能性を探り、かつ地下水の賦存量を十分に理解し、地下水に依存せざるを得ない必要水量を試算する。この試算に用いる要素および試算結果を次に示す。

a. 灌漑・水道用の必要水量（2-1-4.「農業灌漑・水道計画の概要」参照）

<灌漑>

過去30年間の実績を分析すると、年間平均で未灌漑耕地の1%が灌漑化されているため、今後5年間では未灌漑耕地の5%を灌漑化できるものとする。

新規灌漑耕地面積から必要とされる水源開発水量の算出は、各地区の作物体系と気象資料から単位耕地面積当たりの作物消費水量を算出し、現在普及している灌漑方式による灌漑効率を乗じる。（詳細は資料5.参照）

以上による灌漑用地下水の開発必要量の算出結果を表3-1に示すが、これには後述する「b.地下水源への依存比率」結果も反映されている。

表3-1 灌漑用地下水の開発必要量

地区名	未灌漑面積 (千ha)	計画灌漑面積 (千ha)	汲井戸比率 (%)	計画対象面積 (千ha)	計画灌漑水量 (千m <sup>3</sup> /日)
ジアラット	8.4	0.42	0	0	0
マストゥング	28.0	1.40	30	0.42	63.6
カラット	44.1	2.21	10	0.22	29.6
カラーン	57.8	2.89	10	0.29	56.1
パンジュゴール	15.9	0.80	5	0.04	11.2
トゥルバット	27.9	1.40	5	0.07	17.6
合計	182.1	9.12		1.04	178.1

<水道>

水道用の開発必要水量は、人口増加率を考慮した推計人口に現在バ州にて用いられている給水原単位である117ℓ/日・人を乗じ、さらに給水普及率を加味して求める。給水普及率は全州的な資料が不備なため都市部の計画値である90%（現在は約83%）を用いる。

以上による水道用地下水の開発必要量の算出結果を表3-2に示す。

表3-2 水道用地下水の開発必要量

地区名	基準年（1997年）		目標年（2002年）		増加分	
	給水人口 （人）	給水量 （m <sup>3</sup> /日）	給水人口 （人）	給水量 （m <sup>3</sup> /日）	給水人口 （人）	給水量 （m <sup>3</sup> /日）
ジアラット	49,500	5,760	67,500	7,900	18,000	2,140
マストゥング	192,400	22,385	257,400	30,120	65,000	7,735
カラット	301,500	35,070	401,400	46,960	99,900	11,890
カラーン	163,350	19,010	221,000	25,860	57,650	6,850
パンジュゴール	231,250	26,900	307,800	36,010	76,550	9,110
トゥルバット	559,450	65,090	754,200	88,240	194,750	23,150
計	1,497,450	174,215	2,009,300	235,090	511,850	60,875

b. 地下水源への依存比率（2-4-2. 「自然条件」参照）

地下水は賦存する水量とその循環収支から開発可能量が試算できるが、地下水の収支サイクルは一般的に考えられている期間以上に長く、一端そのバランスを崩すと回復するまでに少なくとも数十年、時には百年以上を要する。そのため、灌漑・水道の水源開発必要水量に対して、深井戸建設による地下水利用以外の水源開発の可能性および優先度を推定する。利用可能な水源の種類としては、河川水、ダムによる貯水、湧水、手掘の浅井戸に大別される。



<灌漑>

灌漑用水源としては、地下水の特徴である水質面での優位さよりも、むしろ量的な確保が重要である。また、コスト(開発費および運転・維持管理費)の面でも、地下水と比較して表流水が有利である。このため、水源は可能な限り表流水を優先し、深井戸による地下水開発は最小限に留めることとする。事業計画地の各地区毎における、各水源の依存比率を推定し以下に示す。

表3-3 灌漑用水源開発の依存比率

地区名	表流水		地下水		
	河川水	ダム水	湧水	浅井戸	深井戸
ジアラット	20%	35%	40%	5%	0%
マストゥング	0%	15%	5%	50%	30%
カラット	5%	15%	10%	65%	10%
カラーン	5%	15%	10%	65%	10%
パンジュゴール	5%	25%	5%	60%	5%
トゥルバット	5%	25%	5%	60%	5%

<水道>

水道用の水源としては「水道」の重要な要素である安全性(衛生的な水質)、安定性(恒常的な水量)を経済的に確保する観点から、全ての水源を深井戸とする。

c. 地下水の開発可能量との比較(2-1-4.「農業灌漑・水道計画の概要」参照)

UNDPの協力による地下水開発調査は、その対象とする帯水層を河川堆積層としている。その後、WAPDAは地下水の精査を継続実施しているが、対象とする帯水層には基盤岩における亀裂水をも含めている。本事業の対象地区中、この亀裂水調査がほぼ完了しているのは、ジアラットとマストゥング地区のみである。バ州全地域を水理地質的に考察すると、必要開発技術の難易性や生産性はともかく、開発可能な地下水量のほとんどがこの亀裂水であると推察される。現時点では、社会基盤要素としての地下水開発が目的であるため、灌漑用とし

て地形的に沖積平野部、水道用として人口の集中地域部を水源井建設対象地区とする。これらの位置関係から、従来開発対象としていた河川堆積層の間隙水と岩盤中の裂か水を1:1の割合で評価した。

以上の検討により、地下水開発の必要水量は表3-4のように日量23.9万 $m^3$ となり、地下水開発可能量に対して十分に余裕のある結果となっている。

表3-4 地下水開発の必要量と可能量

単位：千 $m^3$ /日

地区名	地下水開発必要量			地下水 開発可能量
	灌漑用	水道用	合計	
ジアラット	0	2.1	2.1 (1.0)	< 200.6
マストゥング	63.6	7.7	71.3 (22.1)	< 322.5
カラット	29.6	11.9	41.5 (35.0)	< 118.7
カラーン	56.1	6.9	63.0 (10.1)	< 623.3
パンジュゴール	11.2	9.1	20.3 (17.9)	< 113.7
トゥルバット	17.6	23.2	40.8 (14.8)	< 275.1
合計	178.1	60.9	239.0 (14.3)	< 1,673.9

注) ( )内は地下水開発可能量に対する必要量の比率(%)

## ②井戸建設計画

地下水の開発必要量に基づき、井戸揚水可能量と建設工期を勘案の上、水源井の建設計画を策定する。具体的には、各地区帯水層毎の水理学定数、深井戸取水条件、地質状況とリグ能力による井戸建設工期、機材の年間実働月数等の諸要素を検討し、これらを反映させた水源井建設計画とする。

### a. 井戸建設の必要本数

井戸建設本数は、地区別に井戸1本当たりの揚水可能量から試算する。計画対象地区は、日本の東北地方に匹敵するほどの面積(流域単位で約11.7万 $m^2$ )がある。開発対象となる帯水層(河川堆積層・岩盤亀裂帯)の分布や透水性も地区毎に大差があり、揚水可能量のバラツキが大きい。このため揚水可能量の設定にあたっては、より実状に適した方法として、近似的に直近5ヶ年の実績平均値(不成功の井戸建設本数も加味する)を適用するものとした。

表3-5 地下水開発必要量と必要井戸数

地区名	地下水開発必要量 (千 $m^3$ /日)			揚水可能量 千 $m^3$ /日・本	必要井戸本数		
	灌漑用	水道用	合計		灌漑用	水道用	合計
ジアラット	0	2.1	2.1	1.26	0	2	2
マストウング	63.6	7.7	71.3	0.68	94	11	105
カラット	29.6	11.9	41.5	0.79	38	15	53
カローン	56.1	6.9	63.0	0.83	68	8	76
パンジュゴール	11.2	9.1	20.3	0.72	16	13	29
トゥルバット	17.6	23.2	40.8	0.72	24	32	56
合計	178.1	60.9	239.0	-	240	81	321

b. 井戸建設の標準工期

井戸建設工期は、建設する井戸の構造仕様、掘さくする地質状況、使用するリグ能力、搬入資材（消耗材料・建設材料や燃料等）および資機材のサイトへのアクセス状況により左右される。このため井戸建設の標準工期は、必要井戸本数の算出と同様に直近5ヶ年の実績を基に、標準的な井戸構造を設計し、深度毎の実績平均値による掘進率から全体工期を設定した。

表3-6 井戸建設の標準工期

地区名	井戸深度 (m)		標準工期 (日/本)				
	最大	平均	掘・取	掘さく	井戸仕上	計	月/1井戸
ジアラット	305	230	5	50	10	65	2.2
マストウング	340	245	5	55	10	70	2.3
カラット	270	150	5	40	10	55	1.8
カローン	245	120	5	35	10	50	1.7
パンジュゴール	150	80	5	30	10	45	1.5
トゥルバット	150	80	5	30	10	45	1.5

c. 必要リグ延べ台数の算出

前述した井戸建設の必要本数と標準工期および年間の機材実稼働日数により、年単位の必要リグ延べ台数を算出する。機材実稼働日数は：

$(365日 \times 6/7) - 祭日等25日 - 中級点検整備と機材修理18日 = 270日 \rightarrow 9 \text{ ヶ月}$

これより、水源井建設計画に係る必要リグ延べ台数は次表のように、1年当たり約67台となる。

表3-7 必要リグ台数の算出

地区名	必要井戸本数 (本)			標準工期 (月/本)	必要リグ数 (台)		
	灌漑用	水道用	合計		灌漑用	水道用	合計
ジアラット	0	2	2	2.2	0	0.5	0.5
マストウング	94	11	105	2.3	24.0	2.8	26.8
カラット	38	15	53	1.8	7.6	3.0	10.6
カラーン	68	8	76	1.7	12.8	1.5	14.3
パンジュゴール	16	13	29	1.5	2.7	2.2	4.9
トゥルバット	24	32	56	1.5	4.0	5.3	9.3
合計	240	81	321	-	51.1	15.3	66.4

③要請リグ台数の妥当性の検証

井戸建設に係る必要リグ延べ台数から新規調達が必要な追加リグ台数を試算する。調達リグ台数の試算においては、バ州政府機関の稼働リグ台数、計画対象地区への投入可能リグ台数が主要検討要素となる。バ州政府機関の現有井戸建設機材の稼働状況を分析し、本地下水開発事業にも同様に活用されることを前提として、追加必要なリグ台数を試算する。

a. 稼働可能リグ台数の将来予測 (2-4-4. 「現有井戸建設機材の状況」参照)

通常の特種建設機械はその機種と使用頻度にもよるが、標準的な保守整備がなされることを前提に、約10~15年を耐用年数と定めて設計されている。

WAPDAでは過酷な条件下で、かつ高稼働率にもかかわらず、機材の維持管理を適正に実施している。現有機材の稼働年数を基にリグの耐用年数を23年として、将来の組織別の稼働リグ台数を予測し表3-8に示した。なお、1996年に仏国援助

による6台（BDA:1台, I&PD:2台, PHED:3台）が導入予定であるが、これらはクエッタ市を始めとした本計画対象地区以外で使用される予定であるため、表3-8には加味していない。

表3-8 稼働可能リグ台数の将来予測

年 組織	年												
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
WAPDA	13	15	13	13	13	13	10	10	6	6	4	4	
B D A	8	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
I & P D	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
P H E D	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
計	35	33	33	33	33	33	30	30	26	26	24	24	

b. 対象地区への投入可能リグ台数の予測（2-4-3. 「地下水開発の実施状況」参照）

1970年代以降計画対象地区では、州都からの距離的なハンディキャップ、井戸建設技術の難しさおよび未調査による帯水層の未確認等の理由から、地下水開発事業は立ち遅れている。近年日本製の高性能リグ投入と、JICAによる州都クエッタ市周辺の広域深層地下水開発調査などにより、計画対象地区では現在地下水開発が優先的に実施されている。そのため、本計画対象地区へのパ州保有リグの投入台数を、直近5ヶ年の地区内投入比率の実績値をもって予測する。

表3-9 対象地区への投入可能リグ台数

年 組織	年					合計	区域内 比率
	1997	1998	1999	2000	2001		
WAPDA	2.7	1.6	1.6	1.1	1.1	8.1	27%
B D A	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	30%
I & P D	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	10.5	30%
P H E D	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	12.0	30%
計	8.7	7.6	7.6	7.1	7.1	38.1	

c. 必要とされる追加リグ台数

以上の結果、実施機関のWAPDAに追加調達が必要なリグ台数は次のように求められる。

$$\begin{aligned} \text{WAPDAの追加必要台数} &= \frac{\text{計画地区必要リグ総台数} - \text{延べ投入可能リグ数}}{\text{計画年数}} \\ &= \frac{66.4 - 38.1}{5} = 5.66 \text{台} \approx 6 \text{台} (= \text{要請台数}) \end{aligned}$$

以上により、バ州政府からの要請台数6台は妥当であると判断される。

d. 計画数量の決定

新規機材の数量については、要請数量を満たせない場合を想定して、代替案①および②（表3-10参照）を設定した。これに対し、バ州政府からの「小さな支援機材の不足でも事業実施に支障をきたす可能性が十分予測され、またこれら機材の自己調達も非常に困難であるのでリグ台数を削減しても支援機材を充実して欲しい」との強い要望を勘案し、要請台数を1台削減し5台とする代替案②を採用した。

表3-10 要請に対する代替案

資 機 材	要 請	代替案①	代替案②
1. 井戸建設機材			
1-1. ロータリー式掘さく機ユニット	4	4	4
<1ユニット内訳>			
ロータリー式掘さく機（300m級）	1台		
サービス・トラック	1台		
タンカー・トラック	1台		
サービス・ピックアップ	1台		
1-2. パーカッション式掘さく機ユニット	2	2	1
<1ユニット内訳>			
パーカッション式掘さく機（200m級）	1台		
サービス・トラック	1台		
タンカー・トラック	1台		
サービス・ピックアップ	1台		
1-3. エアハンマー用ユニット	1	0	0
2. 支援資機材			
2-1. 車輛関係			
(1) クレーン付トラック	2	1	2
(2) 整地用トラックター	1	0	0
2-2. 揚水試験機器			
(1) 水中ポンプユニット	1	0	0
(2) タービンポンプユニット	1	0	1
3. 車輛搭載型物理検屑器	1	1	1
4. 車輛搭載型ワークショップ	1	1	1
5. 予備部品			
5-1. 調達機材の予備部品	1	1	1
5-2. 現有日本製リグ予備部品	1	0	0

計画対象地区における5ヶ年のリグ延べ投入台数と井戸建設数の内訳を以下に示す。

表3-11 計画対象地区内のリグ台数と井戸建設数の内訳 (1997~2001年)

組織	内訳	リグ延べ台数(台)	井戸建設数 (本)		
			灌漑用	水道用	合計
WAPDA	新規リグ	25.0	94	24	118
	既存リグ	( 8.1)	38	--	38
	計	33.1	132	24	156
B D A		( 7.5)	35	--	35
I & P D		(10.5)	49	--	49
P H E D		(12.0)	--	57	57
合計		63.1	216	81	297
参考：リグ6台調達時		68.1	240	81	321

注：( )内は既存リグの投入可能延べ台数(計38.1台)である。

一方、今回調達するリグに限定した場合の地区別リグ投入台数と井戸建設数の内訳は下表の通りである。

表3-12 WAPDAの地区別新規リグ投入台数と井戸建設数の内訳 (1997~2001年)

地区名	井戸建設数(台)		新規リグ台数の地区別内訳 (台)					
			5年間の台数累計			単年度平均		
	灌漑用	水道用	灌漑用	水道用	計	灌漑用	水道用	計
シ'アラット	0.0	0.6	0.00	0.13	0.13	0.00	0.03	0.03
マストンク'	36.8	3.3	7.78	0.70	8.48	1.55	0.14	1.69
カラット	14.9	4.4	3.16	0.93	4.09	0.63	0.19	0.82
カラーソ	26.6	2.4	5.64	0.51	6.15	1.12	0.10	1.22
バンジョール	6.3	3.9	1.33	0.83	2.16	0.27	0.17	0.44
トールハ'ット	9.4	9.4	1.99	2.00	3.99	0.40	0.40	0.80
合計	94.0	24.0	19.90	5.10	25.00	3.97	1.03	5.00
	118.0							

e. 新規リグの仕様

実施機関の所有する日本製リグは、いずれも300m級のロータリー式（4台）である。これに対し、本計画では新規リグの仕様を300m級のロータリー式4台のほか、200m級のパーカッション式2台を要請している。これは WAPDAの現有リグ15台のうち、2台のパーカッション式リグがいずれも20年以上経て使用不能となったためである。パーカッション式リグの用途は、水理地質条件が明確で、かつ200m以浅の未固結層の地下水開発であり、この用途においては井戸建設事業費や機材維持管理費面において、当該機種が有利である。よってその必要性は十分に認められるため、対象地区における井戸建設本数と井戸構造（地質条件を含む）を検討要素としてリグ型式の適合性を検証した結果、以下のような配分が妥当と判断した。なお、リグ台数の配分は表3-12の単年度平均から引用した。

表3-13 リグ型式の適合性

地区名	井戸深度		適合性		リグ台数の配分(台)	
	平均	最大	ロータリー	パーカッション	ロータリー	パーカッション
ジアラット	230m	305m	◎	×	0.03	--
マストゥング	245m	340m	◎	×	1.69	--
カラット	150m	270m	○	△	0.62	0.20
カラーン	120m	245m	○	△	0.92	0.30
パンジュゴール	80m	150m	△	○	0.11	0.33
トゥルバット	80m	150m	△	○	0.20	0.60
合計					3.57→4	1.43→1

凡例：◎非常に適する、○適する、△やや適する、×適さない



### 3-3. プロジェクトの最適案に係わる基本設計

#### 3-3-1. 設計方針

本計画で調達する機材は、当該地域の自然条件や実施機関が適用している建設工法等を勘案して選定する。特に、下記の事項は計画対象地区の特殊な自然条件により本計画に求められる要件である。

##### (1) 地質状況と標準井戸深度

本計画の対象地区は、パ州を縦断している褶曲山地である。地下水開発の対象となる帯水層の地質は二つに大別され、基盤岩である第三紀以前の砂岩・石灰岩亀裂帯と傾斜の大きい山地の谷を埋める河川堆積層である。標準井戸深度は対象とする地質構造によって異なり、河川堆積層では最大200m、岩盤の亀裂帯では最大300mで、地区別平均値は100m～250m程度である。

##### (2) 高地での機材活用に伴う出力低下の対処

機材を使用する地域は最高地で標高2,500mに達し、この場合、標高0mに対して大気圧力が約27%低下し、気温により異なるがエンジン出力が5～20%程度低下する。このため各機材のパワー・ユニットは、あらかじめ高地仕様（過給装置付が多い）とするか、あるいは1ランク大きい出力仕様を選定する。

##### (3) 低、高温下での機材使用に対する対処

パ州は日間および年間の気温の日較差が非常に激しい（ $-5^{\circ}\text{C}$ ～ $45^{\circ}\text{C}$ ）地域であるため、調達する機材は寒冷、熱帯地域仕様とする。特に、エンジンに対する潤滑油、冷却水等は、機材稼働の季節によって使い分けることが出力低下や耐用期間低下に対して有効な対処方法となる。このため機材維持管理技術指導では、機器の取扱いだけでなく、整備技術に対しても実施機関に徹底するよう指導する。

### 3-3-2. 基本計画

#### (1) 主要資機材の機種および数量の選定

リグの詳細については「3-2-2. 要請内容の検討結果」で述べたとおりである。

表3-14 決定リグ型式と数量

型 式	掘 さ く 能 力	台 数	摘 要
ロータリー式	最大深度：300m	4台	トップドライブ型
パーカッション式	最大深度：200m	1台	スパッディング型

ここではその他の資機材に関して、要請内容を基にして調査団が検討を加えた結果について述べることとする。

a. 当初要請：サービス・トラック、タンカー・トラック、サービス・ピックアップ、クレーン付トラック、溶接機、エア・コンプレッサー、地質調査機器、ワークショップ機材、調達機材の予備部品

b. 最終要請（現地調査中に実施機関より提出された内容）：

1. サービス・トラック : リグと同じ台数
2. タンカー・トラック : リグと同じ台数
3. サービス・ピックアップ : リグと同じ台数
4. 井戸仕上げ用エア・コンプレッサー : リグと同じ台数
5. 溶接機 : リグと同じ台数
6. DTH掘さく用エア・コンプレッサー : 1式
7. クレーン付トラック : 2台
8. 整地用トラクター : 1台
9. 揚水試験機材 : 2台
10. 地質調査機器 : 1台
11. ワークショップ機材 : 1台
12. 調達機材の予備部品 : 1式
13. 現有日本製リグ予備部品 : 1式

実施機関の所有する機材、事業実施体制および施工・維持管理技術を調査した結果、次の点について要請内容の変更・追加を示唆・協議し、相手国側の理解を得た。

1) 井戸建設機材のユニット扱い（要請項目1.～6.）

井戸建設機材をユニット扱いとし、各ユニットが独立して稼働できるよう、リグを始め現場編成に必要な支援車輛をユニット内に組み入れる。この点に係る基本設計方針は、広大な計画対象地区で効率良くリグを稼働させることを主眼とする。実施機関の現状では、井戸建設機材を概ね次のように活用している。

<サービス・トラック>

現状稼働台数は14台でほぼリグ台数に匹敵する。井戸建設用機材・材料および消耗品等を、1現場当たり10～15回程度、前現場と州都クエッタ市から運搬している。トラックの耐用走行距離は通常50万km程度であり、実施機関が所有するトラックの走行距離38.4万kmを勘案すると、リグと同様に今後更新が必要な機材である。リグ稼働率の低下を防ぐため、要請のとおり井戸建設機材ユニット扱いとする。

<タンカー・トラック>

現状稼働台数は15台でほぼリグ台数に匹敵する。リグの稼働はほとんどが掘さく作業に充てられていて、工法にかかわらず掘さく中は常に工事予備用水が不可欠である。トラックの耐用走行距離は通常50万km程度であり、実施機関が所有するトラックの走行距離43.4万kmを勘案すると、リグと同様に今後更新が必要な機材である。井戸建設作業の必要性から、要請のとおり井戸建設機材ユニット扱いとする。

<サービス・ピックアップ>

現状実施機関はサービス・ピックアップを所有していない。緊急的な物資調達にもサービス・トラックを使用し、これがリグ稼働率を下げる要因の一部になっている。また井戸建設の管理業務にも、このサービス・ピックアップを併用して活用することが可能であり、やはり要請のとおり井戸建設機材ユニット扱いとすることは非常に有用である。

<井戸仕上げ用エア・コンプレッサー>

現状稼働台数の5台にて、現在稼働してるリグ13台分の現場を消化している。稼働している5台の井戸仕上げ用エア・コンプレッサーは、ある程度地域分けをして配置され、その地域内で各現場の進捗を見計らいながら移動させている。そのため井戸管の建て込み後に、半数以上の井戸現場にて数日から1ヵ月程度の待機状態が発生している。一方、使用している井戸仕上げ用エア・コンプレッサーの仕様は、DTH掘さく用としても併用しているため、本来の使用目的である井戸仕上げ用としてはやや過大であり、そのため移動に係る運搬も制限されている。

以上の井戸建設現況から、井戸仕上げ用エア・コンプレッサーとして機材仕様を限定の上、要請のとおり井戸建設機材ユニット扱いとする。

<熔接機>

現状は既存熔接機11台で稼働リグ13台分の現場を消化している。井戸管の建て込みに使用する以外にも、応急的な資機材の修理等に用いるため熔接機の各現場設置は必要である。このため熔接機も要請のとおり井戸建設機材ユニット扱いとする。

実施機関の本項目に係る、所有台数・稼働台数等を表3-15にまとめる。

表3-15 井戸建設ユニットの所有台数・稼働台数

井戸建設用機材名	所有台数 (台)	稼働台数 (台)	稼働年数 (年)	走行距離 (万km)	運転時間 (時間)
サ-ビス・トラック	19	14 (9)	12.8	38.4	-
ク-ンカ-・トラック	17	15 (2)	17.9	43.4	-
サ-ビス・ピ-クアップ	0	0	-	-	-
仕上げ用エア・コンプレッサー	7	5 (2)	9.0	-	2,890
熔接機	15	11 (8)	16.1	-	7,200

注) ( )内は日本製の機材台数を示す。(調査は1985と1991年)

2) DTH掘さく用エア・コンプレッサーの調達機材項目からの除外（要請項目7.）

DTH掘さく工法は、圧縮強度の大きい（超硬質）岩盤を小孔径（最大孔径200 mm程度）にて掘さくが必要となる場合に適しており、該当する地質状況と地下水調査地は限定され、かつ近年のパ州施工実績も少ない。また実施機関の現有機材は、井戸仕上げ用エア・コンプレッサーがDTH掘さく用として併用可能な仕様となっており、かつエア・ハンマーも1式所有している。よって、実施機関が所有する機材の転用が可能と判断し、調達機材項目から除外する。

3) 井戸建設用支援機材（要請項目8.～10.）

本項に係る機材は実施機関の施工方法を勘案の上、サイトに常備する必要のない機材と判断されるものである。各機材の必要性に係る検討結果を次に示す。

<クレーン付トラック>

実施機関が所有するクレーン付トラックは、全て日本国から調達されたもので、現在3台が稼働している。日本の無償資金協力にて調達する以前は、各サービス・トラックへの積卸し作業を三又と手動ホイスト等で行っていたが、建設機材は重量物が多く、安全性や資機材の取扱い面からもクレーンによる作業が必要である。現有するリグと本計画による調達機材を今後の事業実施計画に有効活用するため、クレーン付トラックは要請のとおり2台の必要性が認められる。

<整地用トラクター>

整地用トラクターは、現地調査中に実施機関から要請されたものである。用途は井戸建設現場への搬入路整地が目的だが、現状は各地に配置されている農業省の所有するトラクターをその都度借用している。各現場における搬入路建設用トラクターの必要性は十分理解できるものであるが、実際の使用段階では所有したトラクターの対象地区全域での活用は困難であり、トラクター輸送手段にも限定される短所がある。このため、搬入路建設には現行の方法がより現実的であるため本計画からは除外する。

<揚水試験機器>

実施機関が現在所有する揚水試験機器は6台である。揚水試験機器は井戸建設の最終段階において、生産井では井戸揚水量の多寡を評価する目的と、調査井では帯水層の水理学定数を算定する目的で使用する。地下水開発では地下水の量的判定が重要であり、地上の揚水施設設計にもこの試験結果が使われる。揚水試験機器として水中ポンプ・ユニットとタービンポンプ・ユニットの2種類が要請されているが、水中ポンプ・ユニットは自己調達が可能であると判断されるので、タービンポンプ・ユニット一式を本計画の調達項目として含めることとした。

実施機関の本項目に係る、所有台数・稼働台数等を以下の表にまとめる。

表3-16 井戸建設用支援機材の所有台数・稼働台数

井戸建設用支援機材名	所有台数 (台)	稼働台数 (台)	稼働年数 (年)	走行距離 (万km)	運転時間 (時間)
クレーン付トラック	3	3 (3)	8.0	19.2	-
整地用トラクター	0	0 (0)	-	-	-
揚水試験機器	8	6 (0)	12.3	--	12,800

注) ( )内は日本製の機材台数を示す。(調達は1985と1991年)

#### 4) 地質調査機器（要請項目11.）

現地調査において、実施機関より地質調査機器として電気探査器と物理検層器が要請された。各調査機器の必要性に係る検討結果を次に示す。

##### <電気探査器>

掘さくによる地質調査の前段として、広域的に概査する目的で電気探査器が使用される。実施機関の所有する本探査器は、現在2台が稼働中である。この機器を管理する部署は地質部であるが、現有機器の仕様・台数が実施機関の調査能力（現在2班を編成している）に十分対応しているものと判断し、要請機器項目から除外する。

##### <物理検層器>

掘さく後の孔内地質確認として、物理検層器が使用される。実施機関の所有する本物理検層器は、現在2台が水理地質部を責任部署として稼働中である。調達予定の5台のリグに対して物理検層器1台追加の必要性は認められる。

実施機関の本項目に係る、所有台数・稼働台数等を以下の表にまとめる。

表3-17 地質調査機器所有台数・稼働台数

地質調査機器名	所有台数 (台)	稼働台数 (台)	稼働年数 (年)
電気探査器	3	2 (2)	9.0
物理検層器	4	2 (1)	8.3

注) ( )内は日本製の機材台数を示す。(調達は1985と1991年)

#### 5) ワークショップ機材（要請項目12.）

現在実施機関の所有する機材維持管理用の機材は州都クエッタ市のみにある。機材の軽微な修理は、各出先現場近郊の町にある民間ワークショップに外注しているが、その技術力は相当に低い。また機材の中級整備や修理は、各機材が州都クエッタ市に帰還して行っているため、その往復期間や必要とする経費は事業に少なからず影響する。近年の実施機関実績によると、各機材の年間稼働日数の内約18日が州都クエッタ市に帰還して修理する期間である。実施機関からの要請は車輻搭載型のワークショップ機材としており、各現場からの連絡により出張整備・修理が可能な仕様としている。

この機材の活用は事業計画を円滑に推進するために必要と判断され、調達項目に含めるものとする。また機材が調達される1997年には、実施機関のリグ・ユニットは現状の13ユニットから4ユニットに激減し、調達機材を含めても9リグ・ユニットを出張整備・修理することになる。従って、ワークショップ機材の調達数は以下のように稼働率から試算すると1台が妥当である。

1. 出張前後の準備日数 : 4日間
2. 出張にかかる移動日数 : 6日間
3. 出張整備・修理日数 : 5日間
4. 年間出張回数 : 1.5回/年 ∴リグ1台当たりの出張日数=22.5日
5. 必要台数の試算 :  $(22.5日 \times 9リグ) \div 270日 = 0.75台 \rightarrow 1台$

#### 6) 予備部品 (要請項目13. ~14.)

過去の機材供与計画では、機材製造社の推奨予備部品が納入されている。現状では、計画対象地区の特性から消耗の激しい予備部品（主にリグ）と、現地市場状況から調達に納期が掛かる予備部品（主にトラック）が不足している。他の部品については事業実施予算の内、直工費の約5.9%（127,000円/井戸相当）が機材維持管理費に充当されていて、実施機関での自己調達が可能である。

今回調達資機材の予備部品について考察すると、まずリグ本体が特殊建設重機であることから予備部品の納期は長期間となり、地下水開発事業の実施に支障をきたすことが懸念される。よって、リグ用の予備部品は過去に調達したリグ予備部品の消耗傾向を重視した上で全品を調達対象とした。また、車輛等の予備部品については、納期・価格面で自己調達が困難と考えられるエンジン・トランスミッション等の予備部品のみとした。

また、現有日本製リグ用予備部品については、一部の部品は既に在庫切れしているが、実施機関は自己調達または自己製作により対応している。自己調達は実施機関の予備部品購入予算により行われているが、日本の製造メーカーの納期は半年から1年間程度かかり、突発的な機材の修理には対応できずにいる。また、やむを得ず自己製作する場合は、母材である特殊鋼の入手と加工がパ国ではできないため入手可能な一般



鋼を用いているが、強度が低いためリグの性能を十分に生かし切れない結果となっている。このように納期および品質面で多少の不安はあるが、今後、機材予備部品の購入計画を過去の経験に沿って確立すれば、これらの問題は解決されるため、本品目は無償資金協力事業の趣旨に沿って自己調達とする。

以上をまとめると、機材別の予備部品項目は次のとおりとなる。

- a. リグ：非汎用部品、駆動部部品、特殊綱部品、油圧部品
- b. 掘さくツールズ：耐用年数は15年以上あり、予備品は不要
- c. 全車輛：エンジン、トランスミッション、ディファレンシャル用予備部品
- d. エアコンプレッサー：エンジン、コンプレッサー用予備部品
- e. 熔接機：エンジン、アルタネーター用予備部品
- f. 揚水試験機器：機器用の標準予備部品
- g. 地質調査機器：機器用の標準予備部品
- h. 機材維持管理用機器：機器用の標準予備部品および消耗品の一部

## (2) 主要機材の仕様

前節の検討結果に基づき、主要機材の仕様および数量を下記のとおりを設定する。

### 1) 井戸建設機材

①ロータリー式掘さく機ユニット……………4ユニット

#### 〈1ユニット内訳〉

a. 掘さく機……………1式

形 式：車輛搭載型ロータリー式掘さく機  
        トップ・ドライブ方式、泥水ポンプ搭載  
        泥水・エア掘さくのコンビネーション型

能 力：孔径 17-1/2"×深度 300m以上

車 輛：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動  
        全輪駆動(6×6)、標準工具およびスペアタイヤ付き

b. 掘さく機用ツール……………1式

c. 掘さく用ツール……………1式

i. ドリル・パイプ：フラッシュ・ジョイント型 330m分

o. ドリル・カラー：フラッシュ・ジョイント型 6m長さ×2本

h. スタビライザー：7-7/8"用、12-1/4"用×各2個

ニトリコン・ビット：7-7/8", 12-1/4"×各1式

h. ホール・オープナー：12-1/4", 17-1/2"×各1個

h. ビット・サブ×1式

d. ケーシング・ツールス：8"、10"肘ツグ・クラフ……………1式

e. フィッシング・ツールス：クワ、パイプ、ジョイント、ネット……………1式

f. 周辺補助機器・工具……………1式

i. 機械整備、現場作業用工具×1式

o. 携帯式水位測定器×1式

h. 携帯用接触型電気伝導度計・pH計×各1式

g. エア・リフト機材……………1式

形 式：トレーラー搭載型エア・コンプレッサー  
        水冷ディーゼル・エンジン駆動型、標準工具付き

仕 様：吐出圧力 12バール以上  
        吐出空気量 8m<sup>3</sup>/分以上

エ ア 管：1-1/4" 延長 250m

そ の 他：隔層試験用採水装置 1式含む

h. 溶接機..... 1 式

形 式：トレーラー搭載型、水冷ディーゼル・エンジン駆動型

仕 様：溶接電流調節範囲：30～280A

対応溶接棒：2.0～6.0mm

予備電源：単相1KVA×AC220V

標準工具および溶接用標準アクセサリ付き

i. サービス・トラック..... 1 式

形 式：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動(4×2)

仕 様：積載能力 8t以上、荷台長 7m以上

標準工具およびスペアタイヤ付き

j. タンカー・トラック..... 1 式

形 式：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動(4×2)

P T O 駆動ポンプ付き

仕 様：タンク容量 9,000リットル

タンク用標準付属品および工具付き

標準工具およびスペアタイヤ付き

f. サービス・ピックアップ..... 1 式

形 式：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動(4×4)

ダブル・キャブ型

仕 様：積載能力 900kg以上、乗用人員 5人以上

標準工具およびスペアタイヤ付き

②パーカッション式掘さく機ユニット..... 1 ユニット

〈内 訳〉

a. 掘さく機..... 1 式

形 式：車輻搭載型パーカッション式掘さく機

スパッディング方式、デッキ・エンジン駆動型

能 力：孔径 17"×深度 200m以上、ツールズ重量 1,800kg以上

車 輻：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動

全輪駆動(4×4)、標準工具およびスペアタイヤ付き

b. 掘さく機セット・アップ工具他..... 1 式

c. 掘さく用ツールズ..... 1 式

i. コンベンショナル・ツールズ：ビット径17", 15"×2式

o. チューブラー・ビット：ビット径17", 15"×2式

- d. フィッシング・ツールズ：ジック、掘削機、クレーン他 ……各1式
- e. ケース管 …… 1式  
 パイプ：ASTM A53 Grade B, ネジ：BS 879 各々同等またはそれ以上  
 ケース管径：外径18"×内径17"×3m/本×40本, 外径16"×内径15"×3m/本×70本
- f. ジャッキ・アップ設備：片側50t×2, 計100t …… 1式
- g. 周辺補助機器・工具 …… 1式  
 1. 機械整備、現場作業用×1式  
 2. 携帯用水位測定器×1式  
 3. 採水サンプラー×2式  
 4. 携帯用接触型電気伝導度計・pH計×各1式
- h. エア・リフト機材 …… 1式  
 形式：トレーラー搭載型エア・コンプレッサー  
 水冷ディーゼル・エンジン駆動型、標準工具付き  
 仕様：吐出圧力 12バール以上  
 吐出空気量 8m<sup>3</sup>/分以上  
 エア管：1-1/4" 延長 165m  
 揚水管：4" 延長 220m
- i. 溶接機 …… 1式  
 ロータリー式掘さく機ユニットと同様
- j. 発電機 …… 1式  
 形式：トレーラー搭載型、水冷ディーゼル・エンジン駆動型  
 仕様：出力 17KVA  
 電圧 AC440V×3相 50Hz  
 予備電源 1KVA×AC220V×単相 50Hz  
 標準工具および溶接用標準アクセサリ付き
- k. サービス・トラック …… 1式  
 ロータリー式掘さく機ユニットと同様
- l. タンカー・トラック …… 1式  
 ロータリー式掘さく機ユニットと同様
- m. サービス・ピック・アップ …… 1式  
 ロータリー式掘さく機ユニットと同様

- 2) クレーン付トラック ..... 2 式  
 形 式：パキスタン向け仕様、水冷ディーゼル・エンジン駆動(4×2)  
 P T Oドライブ方式  
 仕 様：積載能力 5t以上、油圧操作4.9 t 吊りクレーン  
 パイプ吊り上げ用フック付きワイヤーロープ 2本  
 荷役用台付きワイヤー 1式  
 標準工具およびスペアタイヤ付き
- 3) 揚水試験機器 ..... 1 式  
 形 式：タービンポンプ・ユニット  
 仕 様：①エンジン部：ディーゼルエンジン(95HP)駆動  
 ②ポンプ部：揚水量：1.7m<sup>3</sup>/分  
 揚 程：107m  
 付 属 品：水量水位測定機器、揚水管、挿入工具等
- 4) 地質調査機器 ..... 1 式  
 形 式：水冷ディーゼル4輪駆動車搭載型物理検層器  
 測定項目：比抵抗R、自然電位SP、N<sub>v</sub>値  
 付 属 品：パワーウィンチ400m、ケーブルウィンチ、メンテ用工具等 標準付属品一式付き
- 5) 機材維持管理用機器 ..... 1 式  
 形 式：ディーゼル4輪駆動トラック搭載型ワークショップ  
 仕 様：アルミ製バンボディ・両側スライドドア・リア両開き式  
 装 備 品：作業台×2、発電機付き溶接機、ガス溶接機、ベンチドリル、  
 ベンチグラインダ、ベンチバイス、ポータブルグラインダー、  
 ポータブルドリル、5 t 油圧プレス機、10 t 油圧ジャッキ×2、  
 チェンホイスト、ワイヤーロープセット、各種メジャリング機器、  
 各種工具類、エアコンプレッサ、ライト類 以上、標準備品一式含む
- 6) 予備部品
- ①井戸建設機材(ロータリー式およびパカッション式掘削機ユニット) ..... 1 式  
 ②クレーン付トラック用 ..... 1 式  
 ③揚水試験機器 ..... 1 式  
 ④地質調査機器 ..... 1 式  
 ⑤機材維持管理用機器 ..... 1 式

### 3-4. プロジェクトの実施体制

#### 3-4-1. 組織および運営体制

WAPDAの組織図・人員構成を以下に示す。

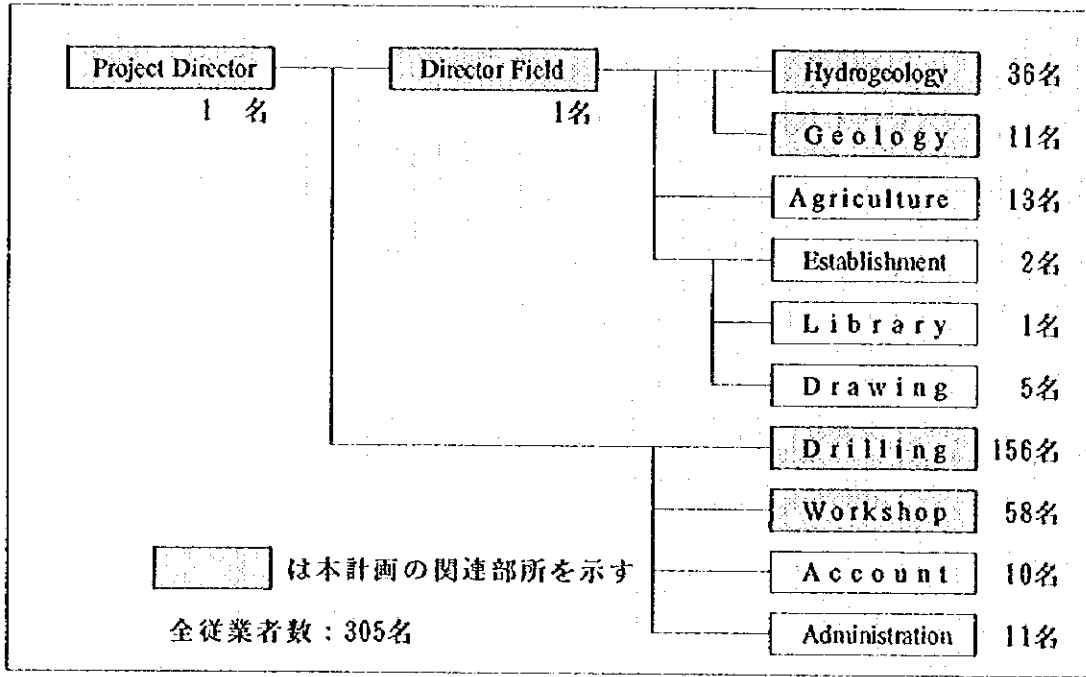


図3-1 WAPDAの組織図・人員構成

WAPDAのうち本計画の実施に関連する部署とその業務の概要は以下のとおりである。

- a. 井戸建設部：井戸建設に直接関わる部署であり、構成要員はさく井工(約(Drilling) 22組)・支援車輛運転手(52名)・支援機器操作手(13名)に分かれる。現有資機材の運転に関しては十分な人員数である。
- b. 機材維持管理部：クエッタ市のWAPDA内にワークショップを有し、全ての保守(Workshop) 修理作業を行っている。現有資機材に関してはスペアパーツさえ確保しておけば、現在の要員・技術でほとんどのトラブルに十分対処できる。
- c. 水理地質部：WAPDAの業務のみならず、他組織からの依頼についても有償地質部(Hydrogeology, Geology)で対応している。よって、バ州全域の水理地質状況に精通している。