

5.2.3. バンケ地区

(1) 帯水層

この地区に分布する大規模地下水の開発対象となる帯水層は、「北部沖積層」、「中央部チュリア層」及び「ガンジス沖積層」である。

GWRDB/USAIDにより掘削された調査井戸によれば、「北部沖積層」は200m以上の厚さをもつ砂礫層および砂礫を含むシルト層から成っている。この帯水層群の透水量係数は平均700 m^2/day 、比湧水量は平均3.5 l/s/m を示している。砂礫層の平均単層厚および含有率は、15mおよび17%である。この地層とその南に分布する中央部チュリア層との間には、シルト岩の岩片の有無や透水性地層の厚さの違いなど、著しい岩相のギャップがみられる。また後述するように、地球化学的水質にも違いが認められる。

「チュリア層」はテライ平野の中央部地下に分布しており、シルト岩の岩片を含む厚いシルト及び粘土層の存在で特徴づけられている。GWRDB/USAIDにより掘削された調査井戸によれば、この地層の厚さは400m以上である。調査井戸の地質柱状図によれば、この地層の広がりには、西北西の方向をもって東部ではラプティ川の西岸にまで達し、さらに川の東部の丘陵に連続しているものと推定できる。また、西部ではババイ川にまで達している。地層の南北方向の幅は約18km程度と推定できる。

帯水層試験により得られた深度200mまでに分布する帯水層の透水量係数および比湧水量の平均値は、それぞれ210 m^2/day 、1.1 l/s/m である。砂礫層など透水性物質の占める割合は18%程度である。

この地層は、地形分布から推察して、ラプティ川東岸の丘陵地に連続すること、またボーリング柱状図にシルト岩の岩片をあまねく含むこと、および透水量係数や比湧水量が他の地層に比べて著しく小さいことなどから、「チュリア層」に対比するのが妥当である。

「ガンジス沖積層」の分布地域は、地形的には北から連なるテライ平野の延長部にあり、インド国境に沿って約5kmの幅で東西に長く分布している。

深度300m以上にわたって掘削されたGWRDB/USAIDの調査井戸の地質柱状図によれば、この地層にはシルト岩の岩片はみられず、厚い砂質粘土の存在が特徴的である。

帯水層は深度40mまでと、150～250mまでの2つの深度に分かれて分布している。

深度60m以深に分布する帯水層の透水量係数および比湧水量の平均値は、1,100 m^2/day および3.8 l/s/m である（図5.2.6及び図5.2.7参照）。

表5.2.5 バンケ地区の地下水ポテンシャルの評価

地層名	井戸深度 (m)	透水層率 (%)	帯水層試験結果		標準井戸
			透水量係数 (m ² /day)	比湧水量 (l/s/m)	産水量 (l/s)
上部チュリア層					
中央部	240	21	170	0.79	24
沖積層					
ラブティ	120	47	900	3.86	116
北部	180	21	390	2.62	79
ガンジス	150	32	750	3.28	98

(2) 地下水の水質

バンケ地区での水質調査は、GWRDB が掘削した代表的な29の調査井戸を対象に実施されている(GWRDB、1979)。

これらをWHOの飲料水基準で評価すると次のようになる。鉄の濃度は井戸5/4で0.6ppmとWHOの基準0.3からわずかに外れている他はすべて基準内にある。もっとも大きく基準から外れている項目は蒸発残留物である。基準値500ppm に対して、10の井戸が基準外である。最大値は、ネパールガンジ市内に位置する井戸2/6の872ppmである。すべての項目が基準内にある井戸は、平野の北端バーバル帯に位置する井戸である。

試験結果を地球化学的に検討すると次のようである。地表水から直接涵養を受けていると見られている浅層地下水系の水質は、ラブティ川およびジャンジャリック川の沖積地、ネパールガンジの南の南部テライ平野、ババイ川左岸の沖積地に分布している。帯水層は北部沖積層、ガンジス沖積層に属している。深層地下水系の水質は、主に中央部沖積地に分布している。この沖積地の下位にはチュリア層が分布しており、地下水はチュリア層から採水されていると推定できる。このように沖積層とチュリア層を帯水層とする2種類の水質区分はジャバ地区でみられたと同様である。

(3) 地下水ポテンシャルとその開発

バーバル帯に分布する北部沖積層の東部では、井戸水位が地表より10mに達するなど(井戸

B-1/8)、被圧度が高いが、テライ平野の中央部に分布する中央部チュリア層では、地下水頭は地表下10m以上と低い。

最も地下水ポテンシャルの高い地域は「ガンジス沖積層」の発達するインド国境沿いの南部テライ平野である。このガンジス沖積の透水量係数は、 $250\sim 2,060\text{m}^2/\text{day}$ 、平均 $750\text{m}^2/\text{day}$ である。比湧水量の平均値は、 3.8 l/s/m である。これらの比湧水量から、スクリーン長30mをもつ標準井戸からの揚水可能量は $25\sim 240\text{ l/s}$ で平均 100 l/s である。

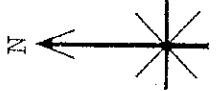
つぎに地下水ポテンシャルの高い地域は「北部沖積層」の発達するバーバル帯である。この地域に分布する北部沖積層の透水量係数は、 $80\sim 3,050\text{m}^2/\text{day}$ 、平均 $180\text{m}^2/\text{day}$ である。比湧水量の平均値は、 3.6 l/s である。これらの比湧水量から、スクリーン長30mをもつ標準井戸からの揚水可能量は $12\sim 300\text{ l/s}$ で、平均 107 l/s である。

中央部の沖積地に分布する、「中央部チュリア層」の地下水ポテンシャルは、他の地域のそれに比べて著しく低い。すなわち、透水量係数は平均 $170\text{m}^2/\text{day}$ 、標準井戸からの揚水可能量は、平均 24 l/s である（表5.2.5参照）。

本地区で必要揚水量 70 l/s を得るための帯水層の条件は、透水量係数が $500\text{m}^2/\text{day}$ 、比湧水量が 2.3 l/s/m と計算されている。これらの条件を満たす帯水層の発達する地層は、南部テライ平野の「ガンジス沖積層」と、バーバル帯の「北部沖積層」である。

図5.2.1 ジャバ地区水文地質図

HYDROGEOLOGICAL MAP
OF JHAPA



- Exploratory Well (DOI/JICA)
- ⊙ Exploratory Well (GWRDB)
- ⊙ Production Well
- (Water Supply)
- - - (90) Groundwater Table in masl
- - - 1,000 Transmissivity in m²/day
- Optimum Well Yield
- Well Yield in l/s (Ave)
- Well Depth in m
- Assumed Fault
- Geologic Profile

38-144 (72)
120-130

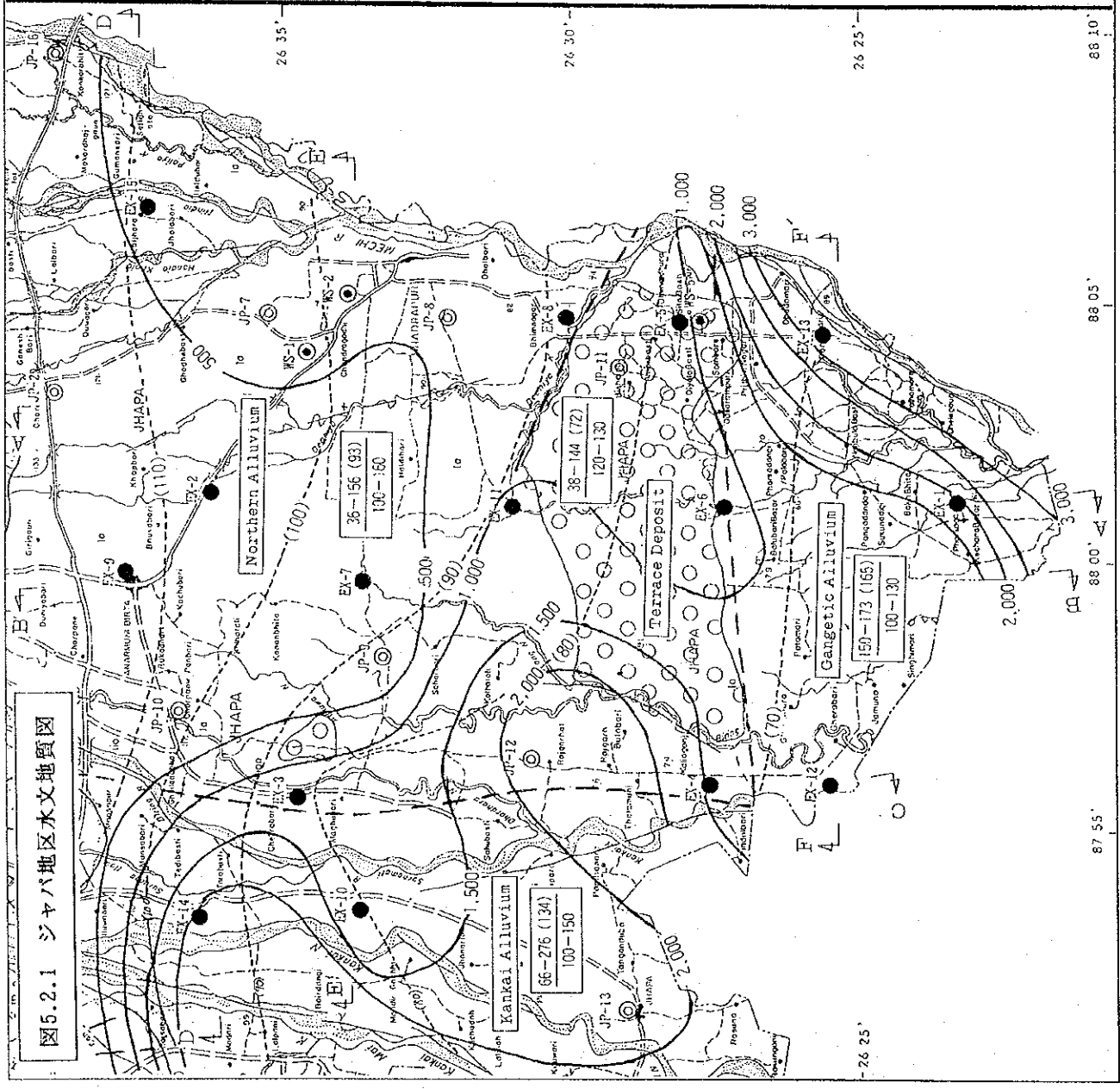
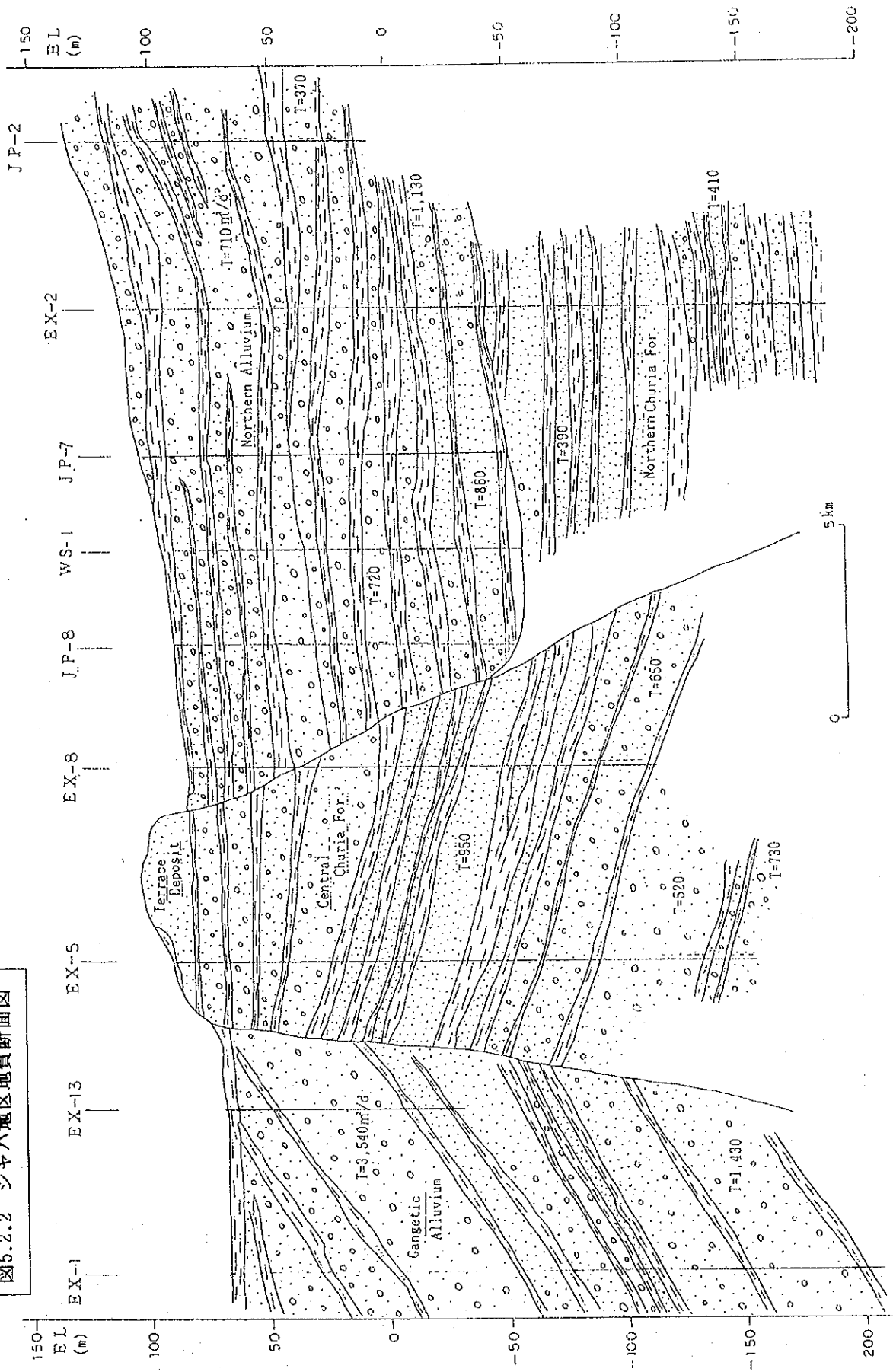


図5.2.2 ジャバ地区地質断面図



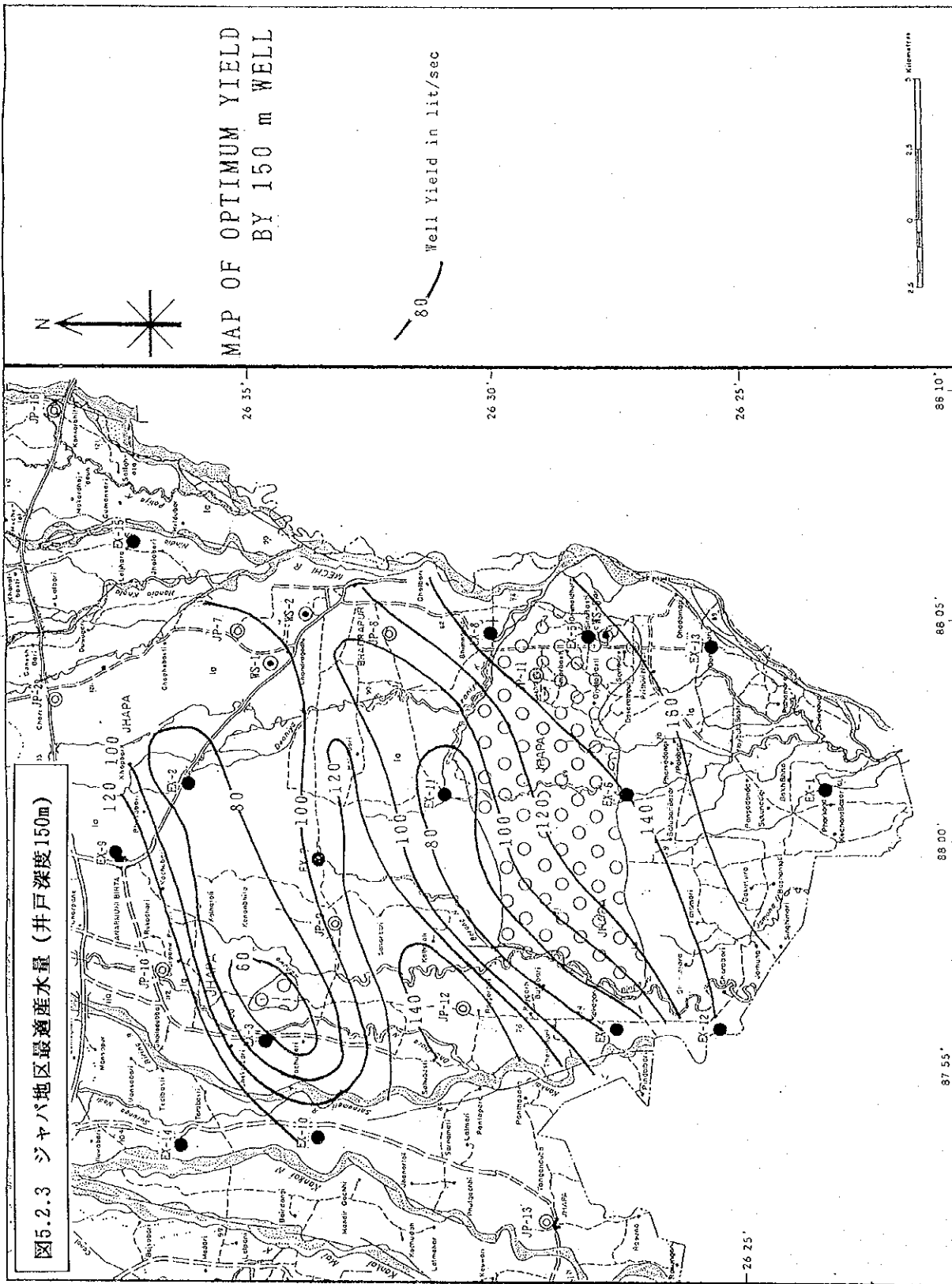
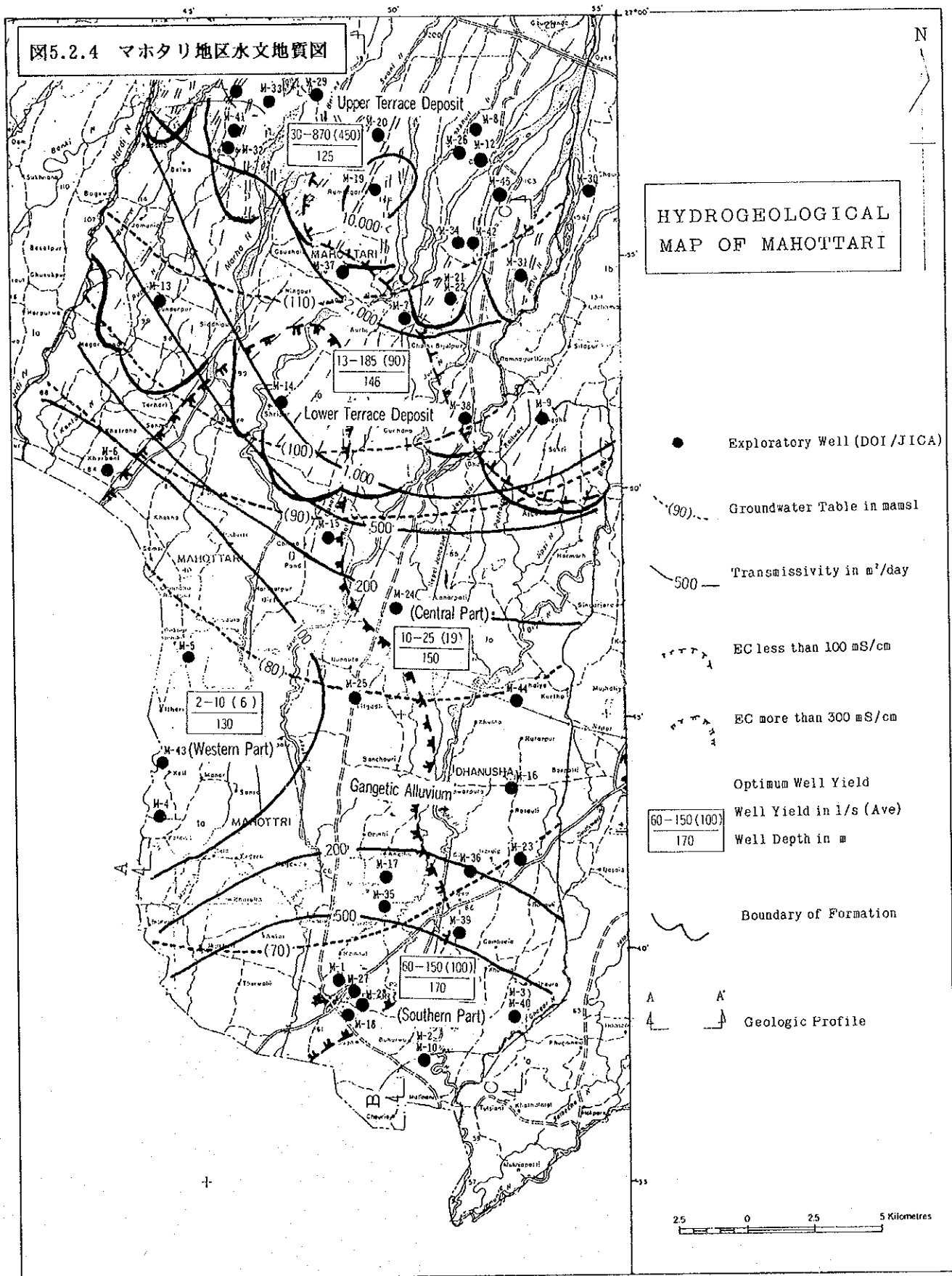


図5.2.4 マホタリ地区水文地質図



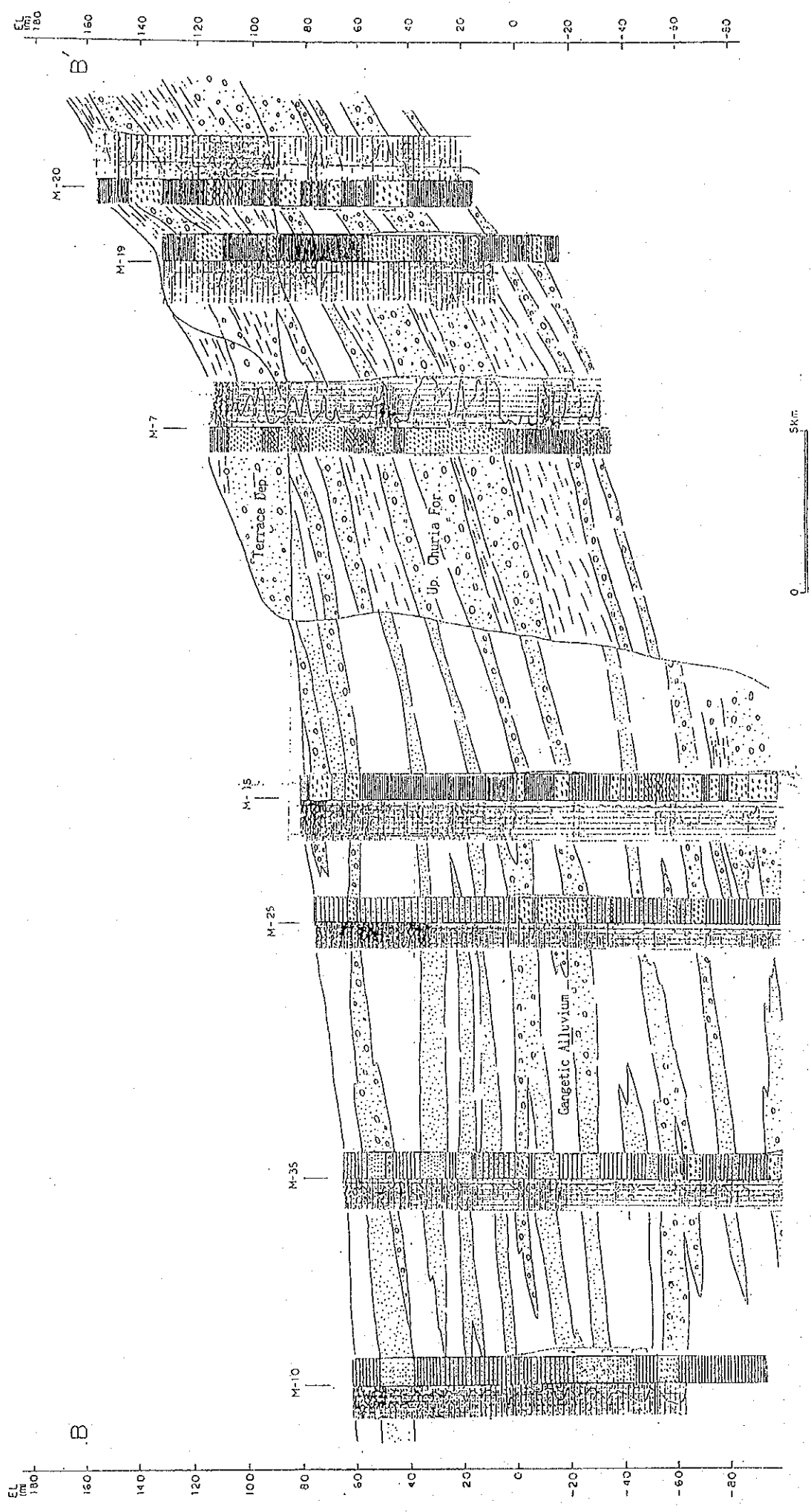
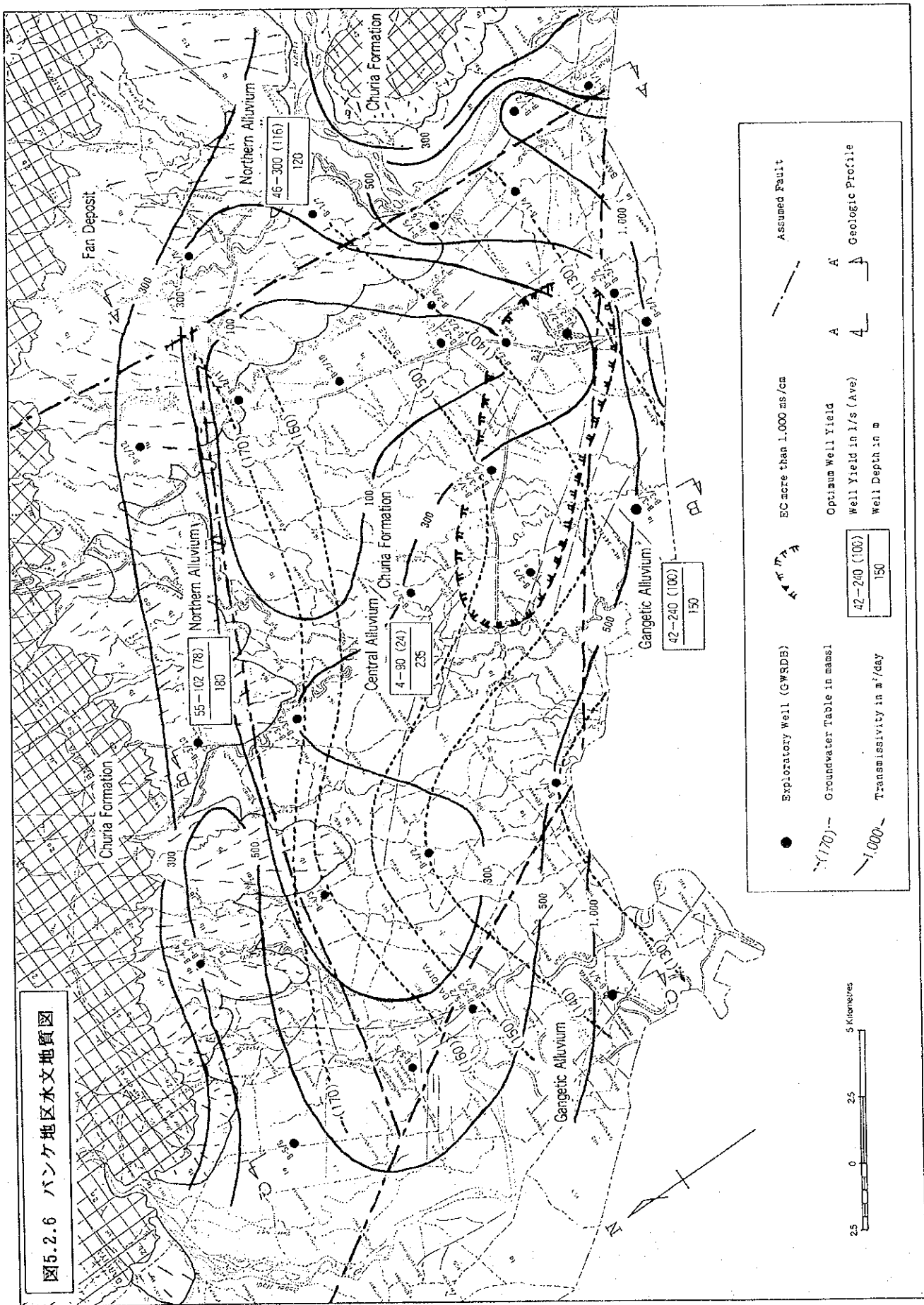


図5.2.6 バンケ地区水文地質図



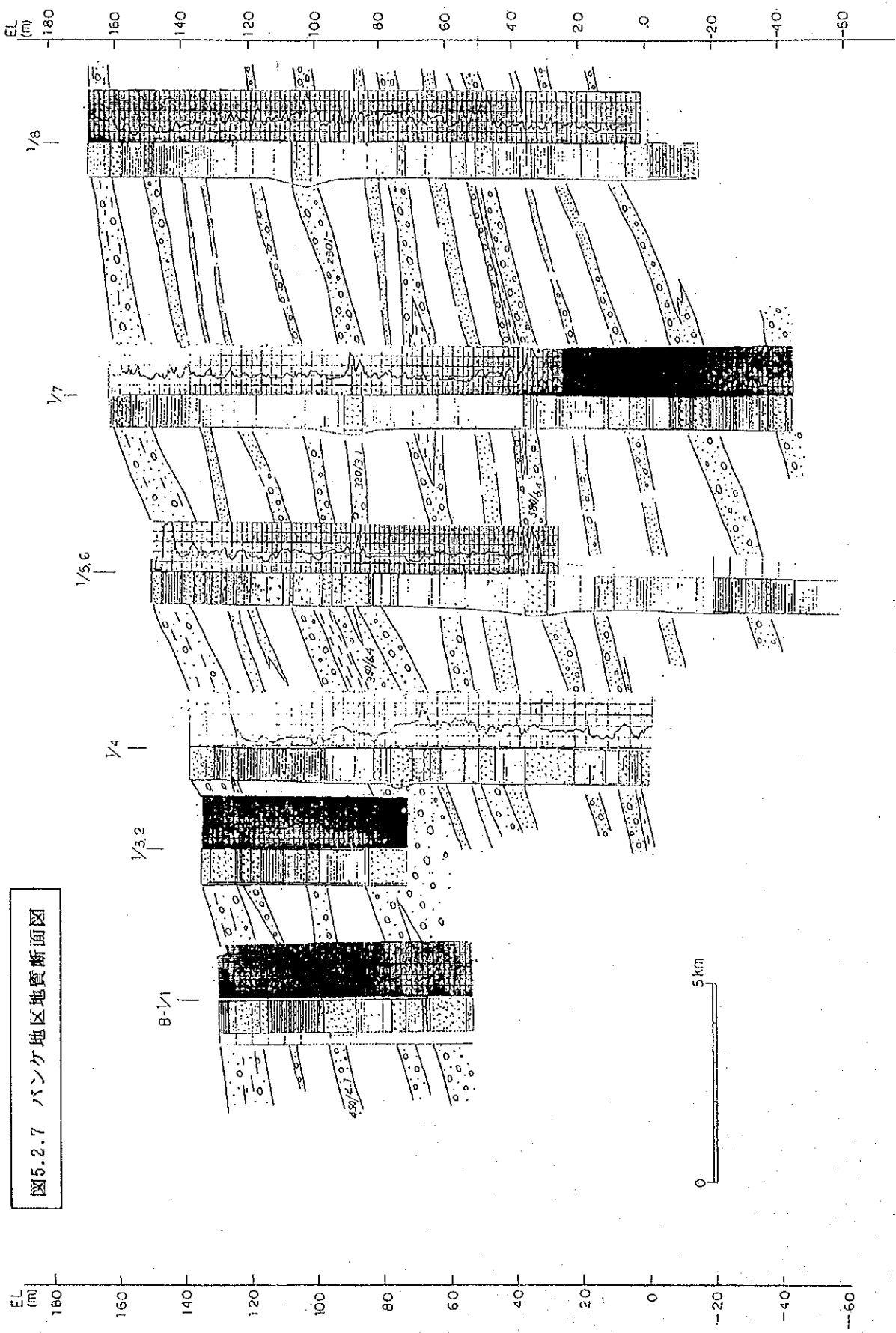


図5.2.7 バンケ地区地質断面図

5.3. 地下水資源の評価及び開発

5.3.1. 概要

本調査では、代表地区の地下水資源を評価し、妥当な開発ポテンシャルを明らかにするために、「総合貯留モデル」を適用して地表系及び地下水系を総合した現況の水文収支モデルを構築するとともに、将来シミュレーションを行った。本節では、このシミュレーションの結果を述べ、さらに他の2郡の地下水資源について演繹する。

5.3.2. シミュレーションの概要

(1) 総合貯留モデル

総合貯留モデルとは、地表系及び地下水系の水文収支シミュレーションを簡便かつ実用的に取り扱う目的で開発されたものである。

このモデルは純粋に数学的なもので、地下水盆単位での地表水及び地下水系を同時に、また非定常準3次元の構造で解析することができる。地下水系に関しては、地表系と関連した不圧帯水層のみならず、加圧層を介した被圧多層構造での解析が可能である。このようなことから、本モデルは多相密度流、地下ダム、あるいは地盤沈下等の諸現象の解析に応用されている。以下に、本モデルの概略を説明する。

解析対象の地下水盆はその地形・地表水系・水文地質・水利用・土地利用などの条件に応じて任意の四辺形の副流域に細分される。それぞれの副流域の上下流関係、隣接関係は事前に系統づけされる。地下水系に関しては、帯水層、加圧層ともその水理特性・連続性・揚水等の条件から幾つかのグループに纏めてモデル化される。これら帯水層及び加圧層グループも、事前にその上下・左右の連結関係を定義しておく。

地表系の収支構造は、直列に連なる指数関数型の減衰モデルにより表現する。このモデルは、オリフィス型の流出孔を持った容器（タンク）への水の流入・貯留・流出という概念で説明することができ、「直列貯留モデル」として広く知られている。このタンクのうち、最下段タンクの下底流出孔は地下水涵養を受け持つ。

地下水は、最上部の不圧帯水層と漏水性の加圧層によって区分された複数の被圧帯水層に貯留される。有限要素法あるいは有限差分法などの水理解析の場合には、最初に水頭が定義され、貯留量はその結果算出される。一方本モデルでは、各帯水層の水収支の結果としての貯留量の増減が計算され、水頭は二次的に定義される。これが本モデルの特徴であり、その名称の由来でもある。

各帯水層の収支は、地表系からの涵養・加圧層を通ず漏水性涵養・隣接する流域の同層準の帯水層間の流入及び流出、そして揚水である。このうち涵養・揚水を除く収支はダルシー

則に従い、各帯水層あるいは加圧層の透水係数、透水面積、水頭勾配の積として算出する。

モデルの同定は、地表系においては地表流出量の、地下水系においては帯水層毎の水頭の時系列観測値を検証値として試算を繰り返して行う。この過程において、各帯水層からの揚水量が完全に把握されていなければならないことは言うまでもない。

(2) 代表地区におけるモデル

ジャバ郡の代表地区における流域区分は、カンカイ川から東側を32の副流域に区分した。更にカンカイ川の西側に4個の鏡像副流域を、そして全ての流域の下流端に水頭固定のダミー副流域を設け、合計37の副流域に区分した。

本地区の帯水層区分は、不圧帯水層は1層にまとめ、被圧系は3層の加圧層を介在する3層の帯水層とした。最下層は不透水性基盤とした。

図5.3.1.に本地区の副流域区分図を、図5.3.2に帯水層モデルの一部を示す。

(3) 入力及び検証パラメーター

a) 入力パラメーター

モデルに入力する水文パラメーターは、雨量、蒸発散量及び揚水量である。雨量は、地区内のチャンドラガディ観測所の日雨量記録(1980~1993, 14年間)を適用した。蒸発散ポテンシャルは代表地区に隣接するタラハラでの計器蒸発散量の月別平均値を利用した。現況の揚水量は、浅井戸を通して全域で約 $3,860\text{m}^3/\text{day}$ 程度及びチャンドラガディの2本の給用水深井戸の揚水量合計 $2,260\text{m}^3/\text{day}$ である。

b) 検証パラメーター

モデルを検証するパラメーターは、地下水系について各帯水層における地下水頭時系列観測記録、地表系については河川の流量時系列観測記録である。

地下水頭観測値は本調査で実施された既存水位観測井戸でのモニタリング・データ、及び新規に掘削された観測井戸での4箇所(2箇所)の自記記録計による観測記録が利用可能なデータの全てであり、1993年1月から1994年1月の約1年間分である。

河川流量に関しては、カンカイ川の1987年から1990年までの4ヶ年の記録が利用できる。さらに、本調査で設置した、デオニヤ川及びバクビッタ川の2箇所(2箇所)の流量記録(1993年1月~1994年1月)である。

(4) モデルパラメーター及びトライアル

モデルを定義するパラメーターは、流域全体及び個々の副流域に係るものの2種類がある。モデル全体を定義するパラメーターには、副流域数、シミュレーション年数、計算開始年月、

及び降雨係数、揚水係数などが含まれる。

副流域パラメータは、各副流域毎に各流域の面積、上流からの累加面積、地表連結、地下系連結、地表タンク構造、降雨・蒸発・揚水に関する係数、地下水系の構造などを含んでおり、モデルの同定は各パラメータを副流域毎、タンク毎、帯水層毎に一つ一つ修正し、計算結果が各検証値とほぼ一致するまで繰り返される。検証値の無い副流域の場合は、隣接するもしくは性格の似通った流域のパラメータを流用する。

5.3.3. 現況の水文収支

(1) シミュレーション結果

現況下の水文収支シミュレーションは、本地域の地下水系の様々な特徴を明らかにした。

まず、不圧帯水層の流出機構については、通常スリットでモデル化される流出溝が直線的ではなく、上に開いたラッパ型の流出溝でモデル化されている。つまり、流出係数は上にいくに従って二次関数的に大きくなるということである。これは、長い乾季の間に地下水位はゆっくりと低下し、雨季になると急激に水位が上がるとともに、雨季の後半には比較的スムーズに水位が下がるという、本地域の地下水ハイドログラフの特性から導き出された。

次に、各漏水性加压層の漏水係数が全体的に大きいということである。これは、各被圧帯水層のハイドログラフが、その標高こそ異にするが最上部不圧帯水層のそれを極めて忠実に反映していることから明らかである。

更に、各帯水層、特に不圧帯水層が降雨に対して極めて敏感であるということができる。これは全ての副流域に当てはまることではないが、極端な例では副流域No.24のように4月の半ばで既に地下水位は上向きに転じている。この時期までには殆ど降雨は観測されておらず、この日初めて40mmの降雨が観測されているだけである。その他幾つかの副流域で5月下旬に急激な地下水位の上昇をみているが、ここまででも、合計して133mmの雨が散発的に12回に分けて降っているだけである。こうしたケースでは本モデルでは完全にそのハイドログラフを追従することができず、若干の遅れを生じている。

(2) 地表系の水文収支

地下水系の水文収支計算に先立って、まず地表系モデルが同定され、14年間に亘る水文収支シミュレーションが実施された。この結果を表5.3.1にまとめて示す。

本地域内で、圧倒的に巨大な流域面積を有する副流域No.1（カンカイ川山地流域）の場合、年間降雨量約3,750百万 m^3 （14年平均、降雨係数1.2）、このうち963百万 m^3 が蒸発散で失われ、残るほとんどの量（2,786百万 m^3 ）は下流のNo.8副流域に流出している。本流域の場合、年間流出係数は約74.3%と計算される。この14年間でも降雨量のばらつきは大きく、最豊水年の6,182百万 m^3 （水位にして約5,232mm）から最渇水年の2,381百万 m^3 （同2,015mm）までその差

は約2.6倍に達する。流出係数も降雨量に大きく左右され、最豊水年の80.4%から最渇水年の68.5%まで変化する。

その他の中小河川では、年間流出係数は平均で約71%、豊水年での約78%から渇水年での約60%にまで変化する。さらに、これらの河川では平均して降雨量の17.7%（デオニヤ）から8.5%（バクビッタ）が地下水を涵養し、そのほとんどが地下水流出となっている。

(3) 地下水系の水文収支

14年間通してまとめたものを表5.3.2に示す。同表から読み取れるように、蒸発散量は640mm（460.1百万m³、1992）から939mm（674.7百万m³、1990）まで変化し、その平均は771.5mmである。地表系からの涵養量は、量的には205.4~384.3百万m³/年と大きく変化するが、涵養率としては17.0%から12.3%で、14年間の平均では14%となる。

表 5.3.1 地表系水収支 一覽

平均值 (14年) 単位: 百万m³/年

河川名	面積 (km ²)	年間雨量 (百万m ³)	地表流入 (百万m ³)	蒸発散量 (百万m ³)	地表流出 (百万m ³)	地下水		現行揚水
						涵養	流出	
カンカイ河	1,181.54	3,750.2	0.0	963.3	2,785.9	0.0	0.0	0.0
デオニヤ川	175.23	463.9	293.6	139.8	536.8	82.1	80.1	1.3
バクビッタ川	94.96	251.4	67.1	68.7	224.9	21.3	21.2	0.2

最豊水年 (1990)

河川名	面積 (km ²)	年間雨量 (百万m ³)	地表流入 (百万m ³)	蒸発散量 (百万m ³)	地表流出 (百万m ³)	地下水		現行揚水
						涵養	流出	
カンカイ河	1,181.54	6,181.8	0.0	1,147.2	4,963.0	0.0	0.0	0.0
デオニヤ川	175.23	764.3	555.0	167.6	1,029.5	117.7	113.6	1.3
バクビッタ川	94.96	414.1	121.3	85.6	418.2	31.6	29.7	0.2

最渇水年 (1992)

河川名	面積 (km ²)	年間雨量 (百万m ³)	地表流入 (百万m ³)	蒸発散量 (百万m ³)	地表流出 (百万m ³)	地下水		現行揚水
						涵養	流出	
カンカイ河	1,181.54	2,380.6	0.0	791.8	1,631.2	0.0	0.0	0.0
デオニヤ川	175.23	294.3	150.9	116.5	267.4	63.2	63.3	1.3
バクビッタ川	94.96	159.5	37.1	56.7	123.8	16.1	17.1	0.2

表5.3.2 地下系水収支 一覧

(現況)

観測年	年間降雨量 (mm)	蒸発散量 (mm)	地表系		地下水系		
			地表流入	地表流出	涵養	地下流出	揚水量
1980	1,870.5	578.2	3,614.3	4,648.7	272.9	254.0	2.3
1981	1,833.2	522.9	3,767.6	4,869.5	211.4	214.9	2.3
1982	2,057.6	495.9	4,480.5	5,798.2	242.9	234.6	2.3
1983	1,800.8	539.4	3,540.6	4,532.8	265.6	259.4	2.3
1984	2,570.9	564.7	5,704.4	7,409.7	302.9	285.5	2.3
1985	2,104.9	592.7	4,165.7	5,354.5	300.5	289.0	2.3
1986	1,260.3	521.1	2,085.0	2,632.3	216.5	222.4	2.3
1987	1,387.5	533.5	2,344.0	2,987.9	210.1	206.1	2.3
1988	1,722.4	632.6	3,026.7	3,841.8	274.3	268.3	2.3
1989	1,862.4	549.7	3,678.9	4,717.6	273.9	270.6	2.3
1990	3,134.4	674.7	6,958.9	9,029.7	384.3	365.3	2.3
1991	2,098.3	530.2	4,420.8	5,702.8	288.9	287.3	2.3
1992	1,207.1	460.1	2,062.8	2,606.3	205.4	209.7	2.3
1993	1,728.2	568.6	3,207.8	4,100.3	263.6	253.3	2.3
平均(百万m ³ /年)	1,902.8	554.6	3,789.9	4,873.7	265.2	258.6	2.3
平均 (mm/年)	2,646.8	771.5	5,271.8	6,779.5	368.9	359.7	3.2

注) 流域はバーバル・ゾーン及びカンカイ流域を除く全地下水副流域

豊水年では地表流出が著しく大きくなるので、涵養率は降雨量に逆比例し、しかもその差は降雨量が約2.6倍なのに対して涵養率の差は約1.9倍に留まる。しかしながら、こうした大きな涵養量は、その大部分がスムーズに地下流出しており、現況の地下流出率は約97.5%となっている。

現在9つの副流域で揚水が行われているが、その量は合計してもわずか 2.3百万m³/年でしかなく、後述する灌漑用水量と比較すればとるに足りない。

5.3.4. 地下水資源の評価

(1) シミュレーション条件

地下水資源を評価する目的で、以下に示す5つのケースでシミュレーションを行った。

- ケース1 設定された灌漑用水量で揚水した場合
- ケース2 灌漑用水量の 1.25 倍で揚水した場合
- ケース3 灌漑用水量の 1.50 倍で揚水した場合
- ケース4 灌漑用水量の 1.75 倍で揚水した場合
- ケース5 灌漑用水量の 2.00 倍で揚水した場合

灌漑用水量は灌漑計画にて算定された用水量を用いた。なお、春季稲、麦、メイズの灌漑用水量は、作付け面積に応じてそれぞれ0.4、0.3、0.15倍し、下表に示すものを用いた。

表 5.3.3 月別灌漑用水量

(単位: mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
Main Paddy							108.1	243.5	176.0	175.6	90.4	6.7	800.3
Spring Paddy			44.3	110.4	95.9	46.2	3.7						300.5
Main Wheat	14.4	24.0	25.9	6.3								5.7	76.3
Spring Maize			14.2	25.2	26.5	14.4							80.3
計	14.4	24.0	84.4	141.9	122.4	60.6	111.8	243.5	176.0	175.6	90.4	12.4	1,257.4

各副流域区分は、計画灌漑地区と一致していないため、揚水量は灌漑地区を含む7つの副流域に、その面積比に応じて配分した。

必要揚水量は、日雨量5.0mm以上の場合これを有効とし、上限を80mmとした上でその80%を実有効雨量として灌漑必要量から差し引いたものとした。

揚水対象帯水層は、第1及び第2被圧帯水層とし、第3被圧帯水層からは揚水しないものとした。

限界管理水位は地表下30mとし、第1および第2被圧帯水層の平均水位が GL-30.0mに達したら揚水を停止し、これを上回った時点でまた揚水を開始することとした。

(2) 地下水資源の評価

以上述べた条件でシミュレーションした結果を、下表に示す。

表 5.3.4 地下水ポテンシャル

副流域	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
15	○ (10m)	○ (16m)	○ (22m)	○ (24m)	(30m)
16	○ (10m)	○ (13m)	○ (16m)	○ (19m)	○ (23m)
20	○ (17m)	○ (26m)	▲ 5	×	×
21	○ (22m)	○ (26m)	○ (30m)	×	×
23	○ (23m)	○ (28m)	▲	×	×
26	○ (14m)	○ (18m)	○ (22m)	○ (26m)	(30m)
27	○ (19m)	○ (24m)	○ (30m)	○ (30m)	×

○ 揚水可能 ()内は最大水位降下量

▲ 数年不足が出る × ほぼ毎年不足が出る

上表に示されるように、現況の揚水量に加えて本計画に必要な揚水量を揚水する場合(ケース1)、14年間の何れの年でも不足を生じない。ケース2も同様に限界管理水位に達する副流域はない。しかし、必要揚水量の1.5倍の揚水(ケース3)では、副流域20及び23で数年だけ所定の揚水が不可能な事態が発生する。これ以上の揚水量を設定した場合、副流域15、16、26あるいは副流域27ではほとんど問題はないが、対象地区中央部ではほぼ毎年揚水量に不足を生ずる。

以上の検討から、本地区の灌漑地区における地下水ポテンシャルはほぼ灌漑用水量の1.35

倍、水量にして平均約206百万 m^3 /年の揚水が可能ということになる。いずれにせよ、本地区は地下水灌漑を行うには充分な地下水資源量を有しており、更に将来における拡大あるいはより集約的な灌漑も可能であると言えよう。

以下に示す表5.3.5に、灌漑用水量 $\times 1.35$ の揚水下の地下水収支を14年間分まとめて示す。

表5.3.5 揚水下の水収支

観測年	全面積 (km^2)	年間雨量 (百万 m^3)	蒸発散量 (百万 m^3)	涵養量 (百万 m^3)	地下流出 (百万 m^3)	(灌漑用水量 $\times 1.35$)	
						揚水量 (百万 m^3)	備考
1980	1,098.8	2,858.9	946.3	381.9	248.2	169.5	
1981		2,801.8	873.5	306.3	128.8	246.8	
1982		3,144.5	833.7	344.7	89.0	268.7	
1983		2,752.4	891.0	371.8	136.2	228.2	
1984		3,929.1	925.5	430.1	174.0	219.1	
1985		3,217.0	963.1	421.6	193.7	190.5	
1986		1,926.0	865.7	310.5	119.8	224.8	
1987		2,147.9	880.9	300.9	103.3	196.0	
1988		2,632.5	1,010.4	389.5	196.8	179.2	
1989		2,846.8	908.6	384.5	181.1	202.4	
1990		4,790.5	1,076.1	537.2	307.1	146.3	最豊水年
1991		3,207.2	883.3	404.8	211.3	210.6	
1992		1,844.7	784.1	292.1	99.5	232.4	最渇水年
1993		2,641.4	928.1	370.7	168.0	171.3	
平均	(百万 m^3) (mm)	2,910.1 2,648.4	912.2 830.1	374.8 341.1	168.3 153.2	206.1 187.6	

注) NO.1~4を除く全地下水副流域

(3) 浅井戸での地下水ポテンシャル

計画灌漑地区を取り巻くその他の副流域は浅井戸灌漑適地として類別されている。この周辺地域における浅井戸での地下水ポテンシャルは、計画灌漑地区の深井戸揚水を行っている条件下でも合計19,000haの流域で約160百万 m^3 /年の浅層地下水の利用が可能である。

5.3.5. 地下水資源の開発

(1) 概要

以上述べてきたように、ジャバ郡の代表地区における地下水資源量は、計画された地下水灌漑を行うには充分で、チュリア帯水層（洪積世帯水層）を対象としないでも更に約35%の余裕があり、17,000haの灌漑計画地区で約206百万 m^3 /年の地下水の開発が可能であることが明らかとなった。

一方マホタリ及びバンケの両郡もテライ平野の一隅に位置し、両郡ともその水文地質条件はジャバ郡と類似している。本節では、このジャバ郡での地下水資源評価の結果を元に、他の2郡の地下水資源を類推するとともに、今後地下水開発計画を立案する上での指針を述べ

る。

(2) マホタリ郡

本郡の水文地質条件はジャバ郡とほとんど変わり無く、チュリア山地の直下からバーバル帯、中間湧水帯、そして南部テライ（ガンジス帯）へと緩やかに連なっている。

本郡の灌漑対象地区における透水量係数に代表される帯水層定数は、ジャバ郡のそれより若干低いと想定されている。しかし、地下水の供給源たる年間降雨量にはほとんど差違がない。したがって、本地区における地下水ポテンシャルはジャバ郡にそれほど劣るものではなく、同様な灌漑計画を適用することが可能であると思われる。

本地区における地下水資源評価を行う上で、ジャバ郡での検討で用いたモデル、帯水層構造、各種パラメーターなどをほぼそのままの形で準用することが可能であろう。しかしながら、本郡の計画対象地域は地表系、地下系ともに、その上流はダヌーシャ郡にまで延びているから、解析対象流域はその東側に隣接するダヌーシャ郡をも含める必要がある。

(3) バンケ郡

バンケ郡は、バーバル帯、中間湧水帯、そして南部テライという基本的な水文地質構造はあるものの、その構造の詳細は他の2郡と異なっており、実質的基盤たるチュリア層が極めて浅い。本郡におけるチュリア層は、現況の主たる耕作地域では極めて浅く分布するほか、その北部及び東部ではチュリア山地として地表に露出している。こうした状況下できわめて優良な帯水層である沖積帯水層は、本地区の南端にのみ帯状に分布している。

このように、本地区ではその最南部、インド国境に沿った帯状の地域を除いて、ジャバ郡同様の灌漑計画を準用することには若干無理があるといわざるを得ない。しかし、一方でチュリア層が浅いということは、その上部のチュリア帯水層（B2）までの深度も浅いということである。本地域でのチュリア帯水層が、ジャバ郡でのそれと同様優勢なものであるかどうかは今後の調査を待たなければならないが、かなりの確率で優勢な帯水層が存在すると思われる。そうであれば、中央部はチュリア帯水層を、南部はガンジス帯水層を主たる揚水対象とした地下水灌漑計画が可能である。

ただし、こうした水文地質条件とは別に、本地域では年間降雨量が他の2郡に比べてかなり小さいため、地下水開発可能量はかなり制約があるものと見られる。

图5.3.1 副流域区分图

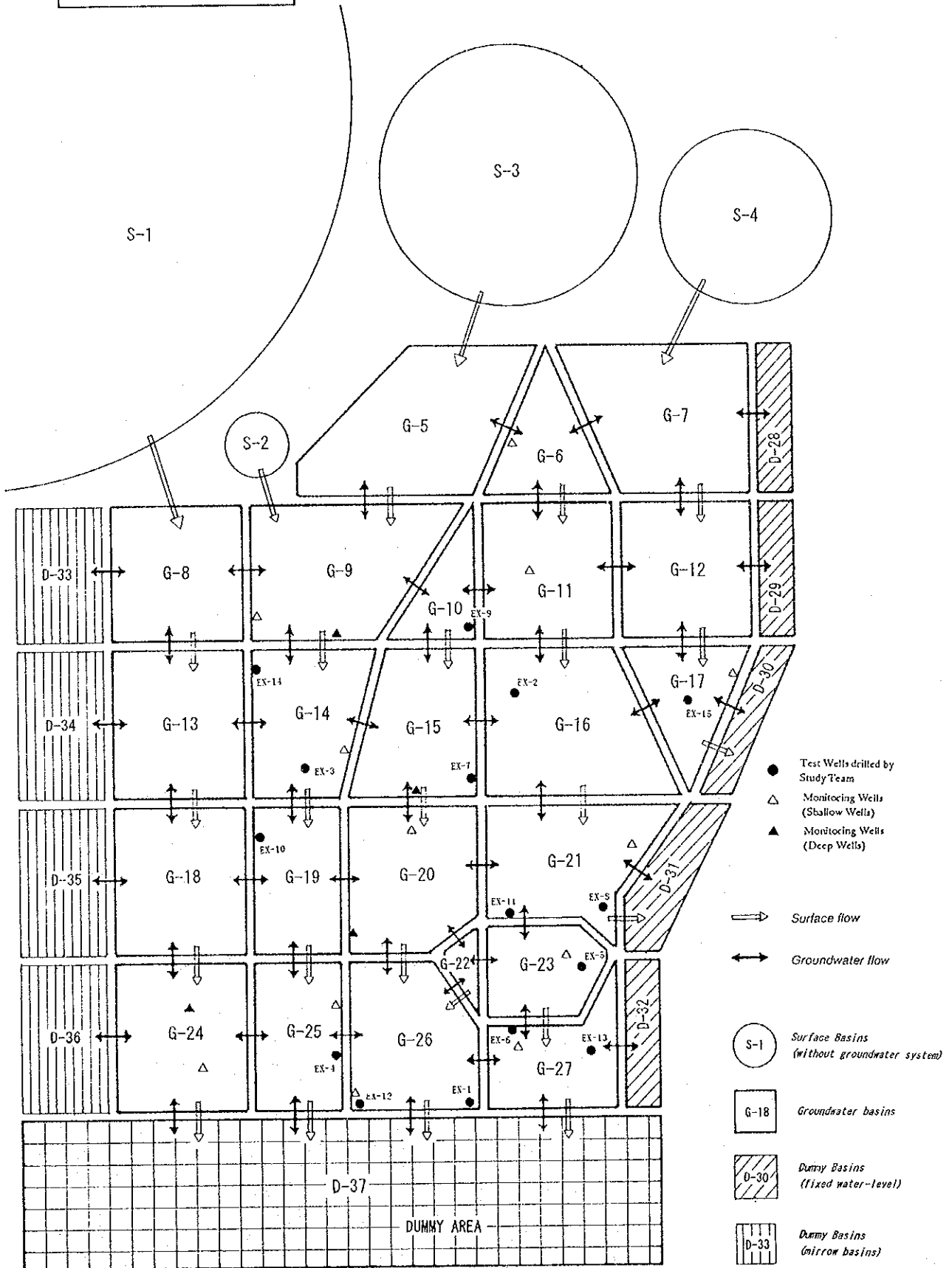
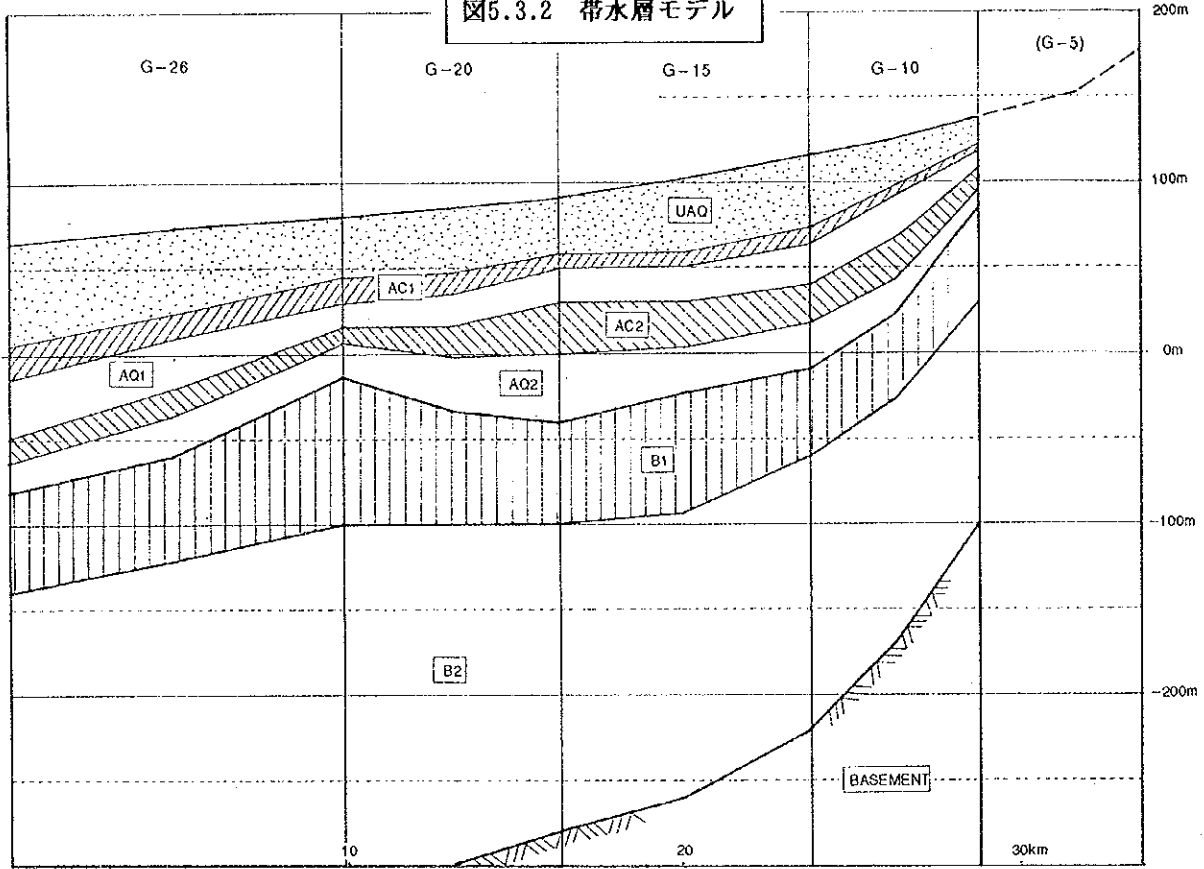
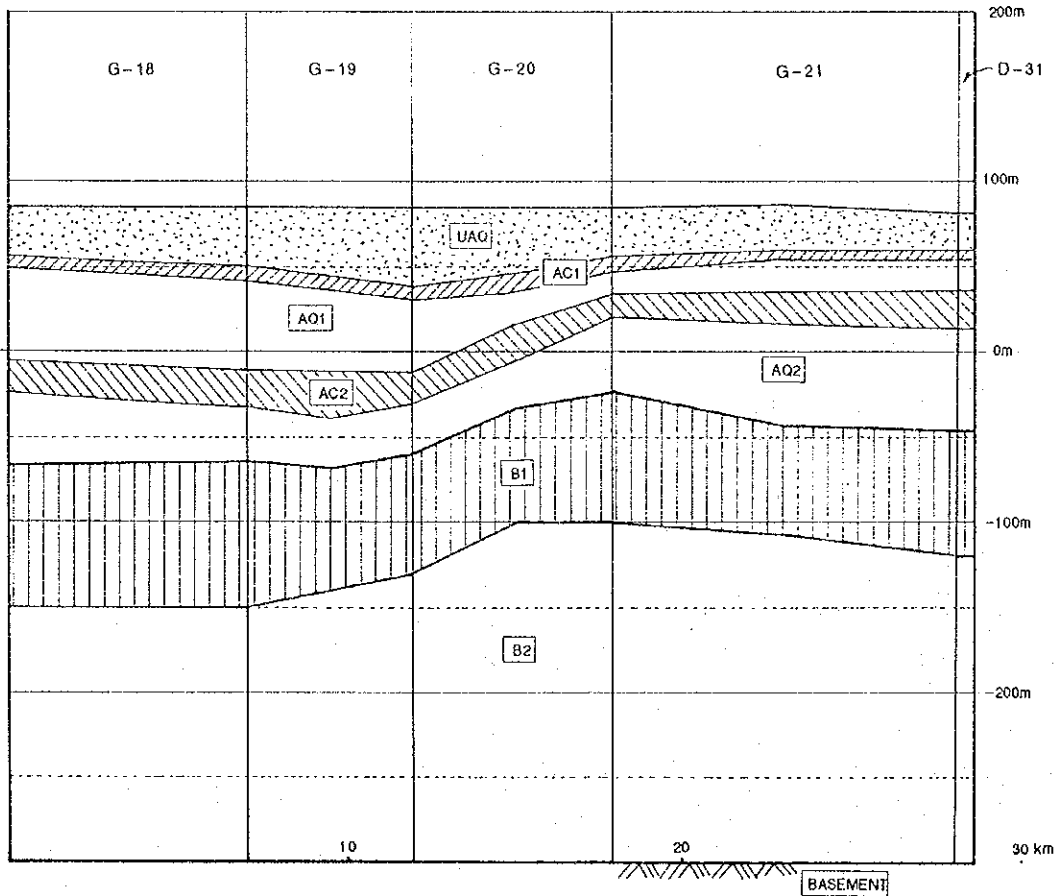


図5.3.2 帯水層モデル



Cross Section - 4 MID-ALLUVIAL ZONE



5.4. 地下水資源の管理及び監視

5.4.1. 地下水資源の管理

(1) 地下水の保全管理の概念

「5.1」節で述べたように、環境に与えるインパクトが許容できる範囲で持続的開発を可能にする地下水の保全管理は、「資源量」、「水頭」及び「水質」の3項目に集約される。地下水の場合、資源量と水頭は相互に応答の関係にあるので結局同義となり、水頭を管理すればよいことになる。

(2) 地下水資源の保全管理

地下水資源を持続的に開発する場合には、地下水を水文循環の要素ととらえ長期的な地下水の補給（涵養）の範囲内で行なうことが肝要である。上記の開発の範囲は、一定期間の涵養平均値である必要はなく、環境インパクトが許容される限りの範囲内であれば確率的に最大値でよい。

流域規模の地下水の挙動は、一般に考えられているより開発に対してはるかに弾力的である。帯水層は一種の貯水池と考えてよい。開発に際して、その貯留を毎年前年レベルに回復させる必要はなく、数年単位の渇水サイクルでは許容できる限り消費し、続く豊水サイクルで回復させるという「経年貯留」の概念を適用することが可能である。さらに「漏水涵養理論」の発展により、流域規模の涵養能は、帯水層の層準方向より加圧層を通す鉛直方向が優勢であることが明らかとなってきた。また、この涵養能は、開発の程度が低い場合には低く、下位の被圧帯水層の開発が進むにつれて上位の不圧帯水層との水頭差が増大し、全体的な涵養能が増大することも判ってきた。この涵養能は一定の限度があることは当然であるが、実際にはこの限度は開発が進まないと明らかにならない。

上記のような流域規模の地下水資源及び挙動を常時管理するには、シミュレーション・モデルを利用することが便利である。このモデルは、降雨、蒸発散、地表流出、地下水系の涵養、貯留、流動、揚水利用などの時系列、非定常の水文循環を扱えるもので、モデル・パラメータの変更が容易なものである必要がある。本調査においてジャバ地区に対して構築された「総合貯留モデル」（前節参照）は、上記の要件を備え、地下水資源の保全管理のシミュレーションにそのまま利用できるものである。

ただし、このモデルは非常に短期間の検証データによって同定されたもので、降雨、河川流量、揚水利用量、副流域別、層別の地下水頭など今後の観測データによってチューンアップされる必要がある。前述のように、流域規模の涵養能は開発の程度に係るので、本事業実施の段階ごとのモデルのチューンアップも必要なことは言うまでもない。

ジャバ地区以外の2地区については、今後シミュレーション・モデルを構築する必要がある

る。

地下水資源の保全管理は、水頭の管理と同義であることはすでに述べた。

本調査の地下水資源評価のシミュレーションにおいては、管理水頭を第1及び第2被圧帯水層の平均水頭とし地表下30mと設定した。しかしながら実際の管理水頭は、ある程度の開発が進み副流域毎、帯水層毎の特性が明らかとなった時点で、その特性にしたがって設定すべきである。

(3) 水質の保全管理

開発に伴い、地下水の水質は隣接する塩水体或いは地表の汚染源の吸引などによって汚染する場合がある。テライにおいてはこのような汚染は想定されない。

しかしながら、テライにおいては農業開発による化学肥料或いは農薬の残留物質による汚染による環境インパクトが予想されるので、水質の監視が不可欠である。

5.4.2. 地下水資源の監視

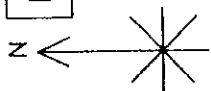
前節で述べた地下水資源の保全管理の概念から、以下の項目をカバーする監視体制が必要となる。

- ・降雨量（地区内代表点、日別）
- ・河川流量（地区内代表河川、日別）
- ・地下水水頭（代表副流域、日別、帯水層別）
- ・揚水量（目的別、副流域別、月別、帯水層別、本事業による生産井については積算流量計で測定することが望ましい）
- ・水質（代表観測井戸及び代表河川、季節別）

ジャバ地区について上記各項目の観測所は、将来、副流域の特性、開発の程度などにしたがって再編成する必要があると思われる。しかし、目下は本調査のため調査団が設定した観測網（図5.4.1参照）を維持し、観測を継続することが灌漑局に勧告される。

他の2地区に対しては今後なお追加調査を必要とし、その過程で観測網が計画されるべきであると考えられる。調査団は、ジャバ地区の例でその時系列観測記録の蓄積の重要性を示したが、少なくとも数点ずつの地下水頭の観測を早急に開始し、継続することを灌漑局に勧告する。

図5.4.1 観測井戸計画図



WATER LEVEL MONITORING WELL

- STW-2 ○ SHALLOW TUBE WELL
- JP-12 ⊙ DEEP TUBE WELL (GWRDB)
- EX-1 ⊕ EXPLORATORY WELL (JICA)
- OB-1 ⊙ OBSERVATION WELL (JICA)

WATER QUALITY TEST

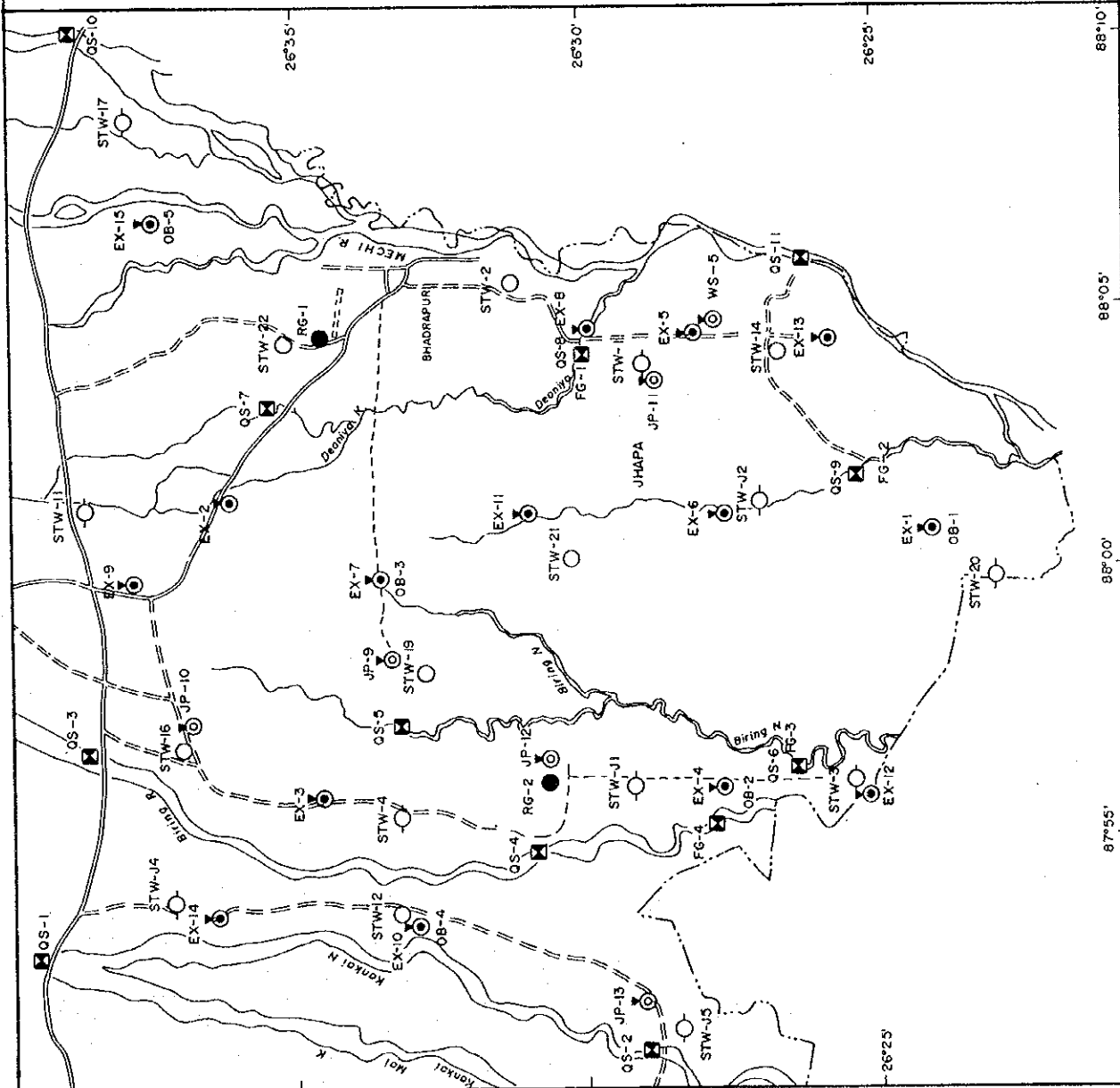
- QS-1 ⊠ SURFACE RIVER
- QG-1 ⊙ GROUNDWATER

RIVER GAGE

- FG-1 ⊠

RAIN GAGE

- RG-1 ●



第6章

マスター・プラン

第6章 マスター・プラン

6.1. 基本構想

人口増加と農業生産の停滞に起因した食糧自給率の持続的低下という背景において「ネ」国政府は、この30年来一貫して農業生産拡大のための灌漑農業の展開を重点目標とする国家政策を採ってきた。しかしながら、地表水資源の灌漑への開発、特に乾期灌漑のための貯水計画は、国際水利権の調整上の制約から遅々として進んでいない。

8次計画(1992～1997)における灌漑政策は計画期間中に294千haの新規灌漑農地の拡大を目標とし、多目的かつ大中規模の事業は政府機関が、小規模の事業は政府機関と農民グループが共同して実施するものとしている。

このような背景において土地及び地下水資源に恵まれ「ネ」国の穀倉地帯であるテライ平野では、小さな初期投資とその速効性を目指して従前から井戸灌漑が行なわれてきた。小規模浅井戸事業は政府の奨励政策の一環としてネパール農業開発銀行(ADB/N)の融資のもと、農民個人或いはグループにより目覚ましい普及と成功を見てきた。

浅井戸灌漑は小規模事業に適しているため政府機関は直轄事業として手掛けていない。国家レベルの大規模深井戸事業としては、灌漑局が実施しているテライ中部「バイラウ・ルンビニ計画」が先駆的である。灌漑局はこの計画の実施を通じて大規模深井戸灌漑計画の有効性と優れた経済性を実証し、さらに後続計画を策定している。

本調査は、灌漑局直轄の大規模深井戸灌漑事業を目指すもので、深井戸開発を対象とすることになっており、浅井戸は検討の対象としていない。

先行計画と同様、本調査の結果でも一定の条件が満たされれば深井戸灌漑の経済性は一般的に優れており、なおかつ単位システム当たりの支配面積が大きい程経済性が大きいというスケールメリットが示されている。

前章で述べたように、テライにおける灌漑用の深層地下水資源は、一定の水文地質条件を満たす地区において十分に確保できることが明らかとなった。したがって、本章では調査対象の3郡の深井戸灌漑のマスタープランについて述べるが、上記の背景を踏まえて以下の基本方針のもとで策定するものである。

- (1) 作物の多様化、農業生産及び生産性の拡大並びに農家所得の向上を目指した農業開発計画。
- (2) 合理的かつ節水型の灌漑計画。
- (3) 合理的かつ現実的な事業計画。
- (4) 農民主体／行政支援型の組織及び維持管理計画。
- (5) 特に地下水開発に係る環境配慮。

(6) 現実的な事業評価。

(7) 全テライに適用可能な深井戸灌漑ガイドラインの策定。

6.2. 農業開発計画

6.2.1. 農業状況及び制約要因

本計画対象地域に選定された各郡の代表地区における農業状況とこれらの地区が抱えている制約要因についての概要を以下に述べる。

(1) ジャバ地区

本計画地区の土地利用率は126%と非常に低い値を示している。この事実は、この地区のみならず他の2郡の計画地区でも同様で、乾期農業を展開する灌漑用の水源及び施設が整備されていないことが、最大の制約要因となっているためである。

この制約要因は、雨期における水稲及び乾期の僅かな小麦という現況の作付け体系に反映している。

更に土地所有1.0ha未満の小規模農家が52%を占めている状況は、農繁期における大規模農家への労働提供の機会があるものの、これらの農家の乾期における労働力に余剰を生じており、その所得の制約要因にもなっている。

このような状況を改善する唯一の方策は、気象、土壌などの自然条件に適応した灌漑及び排水施設を基軸とした農業基盤の拡充並びに普及及び支援サービスの強化である。この結果、現在の低い土地利用率、農業生産性、余剰労働力の集約そして地区全般の農家経済の画期的改善が期待できる。

(2) マホタリ地区

本郡の土地利用率は171%と算定されているが、調査地区に関する限り140%と低い値を示している。このことは、同郡内の灌漑農地と比較した場合明らかに大きな差がある。各作物の単位収量においても、ジャバ地区同様に極めて低い。このような農業の低調をもたらす大きい制約要因は水にあると考えられる。即ち、安定した給水を可能にする灌漑施設と営農基盤の強化によって農民の営農意欲を高めると共に継続的、組織的な営農指導が必要である。

(3) バンケ地区

本郡の農地面積は、3郡中最も小さく、土地利用率は142%と他の2部に比較し最も小さい。代表地区の土地利用率も140%である。このことは、他の2郡に比べて既存の灌漑プロジェクトが少ないことを裏付けている。また年間降雨量からみても、ジャバ郡の50%程度しか期待

できない。

このことから、雨期は米作を中心とするも、乾期は消費水量の少ない豆類、トウモロコシ等が小規模に栽培されているにすぎない。また、米の生産量は対全国比でわずか1.4%であり、3郡中最も小さい値を示す。従って、農業にとって最も劣悪な条件を克服するためには灌漑施設の拡充に第一位の優先順位を与えるべきである。

6.2.2. 土地利用率の向上

農業の生産性向上のための施策における基本的要因の中に土地利用率の向上が挙げられる。また、開拓等による農地面積の拡大も重要な要因であるが、地形、気象、さらに社会状況などから多くの制約条件に直面することに比較すれば、土地利用率の向上を図ることはより実現可能な施策と考えられる。各郡の現況の土地利用率は概ね120%~140%の範囲にとどまっている。

土地利用率の制限因子の最も大きいものは気象条件にある。テライ平野の場合、雨期において利用率はほぼ100%に近い利用率となるが乾期は著しく低下する。このことは作物の選択にも影響を与える。したがって、今回の計画策定に当っては、灌漑事業を導入することによって200%の土地利用率を確保することを計画目標とする（図6.2.1~図6.2.3参照）。

6.2.3. 作物収量の増加

農業の生産の向上のもう一つの重要な要因として単位面積当りの収量の増大が挙げられる。本計画における主要作物の収量の計画目標値は先行類似計画で採用されている値などを参照して下記のように設定する。

(1) ジャバ郡

作物名	現況	計画	増加率
	(A)	(B)	(B/A)
	(ト/ha)	(ト/ha)	
米(雨期作)	2.45	4.00	1.63
小麦	1.59	2.70	1.70
メイズ	1.31	2.70	2.10

(2) マホタリ郡

作物名	現況 (A) (ト/ha)	計画 (B) (ト/ha)	増加率 (B/A)
米(雨期作)	2.12	3.40	1.60
小麦	1.48	2.60	1.76
ジャガイモ	10.08	12.00	1.19

(3) バンケ郡

作物名	現況 (A) (ト/ha)	計画 (B) (ト/ha)	増加率 (B/A)
米(雨期作)	1.94	3.50	1.80
小麦	1.40	2.10	1.50
メイズ	1.61	2.60	1.61
ジャガイモ	11.98	14.00	1.17
豆類	0.68	1.00	1.47

6.2.4. 作物の多様化

農業形態は気象条件によって大きく左右される。本地域の雨期作は米作を中心とした作付とし、乾期作は、メイズ、豆類、オイルシード、オニオン、ジャガイモ等の換金作物を導入する。灌漑を導入することによって、現況の単一化した作付体系を多様化することが可能となる。特に、乾期作の変更と特徴を要約すると下記のとおりである。

(1) ジャバ郡

本郡には乾期の米作を導入すると同時に、換金作物の一つとして野菜の導入を提案する。また、メイズ、小麦類については灌漑を導入することによって、単収の倍増が期待出来る。

(2) マホタリ郡

灌漑の導入により雨期米作の安定化と共に乾期米作(10%)、オニオン、ジャガイモを新規に導入する。

(3) バンケ郡

本郡には乾期米作の代わりに、現在作付されている乾期作物の安定的な営農を図るための灌

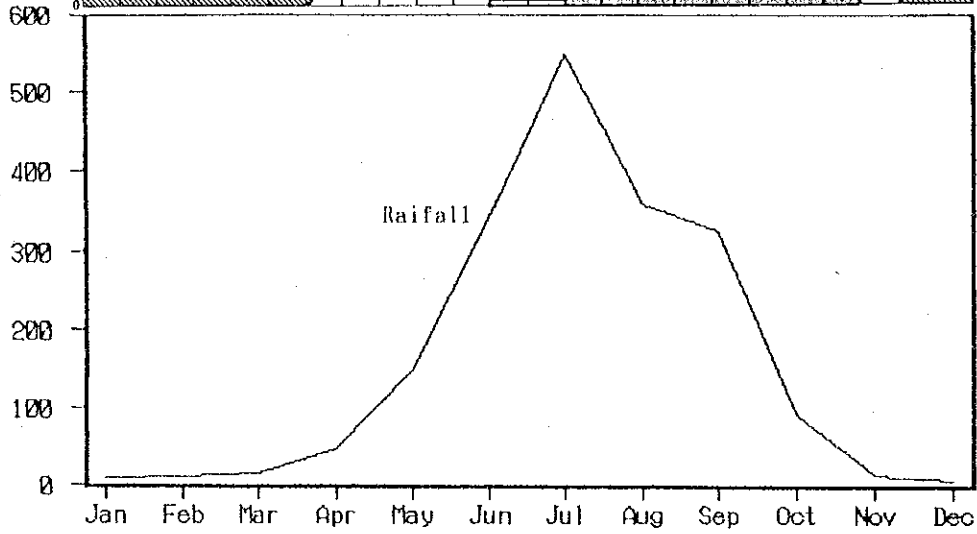
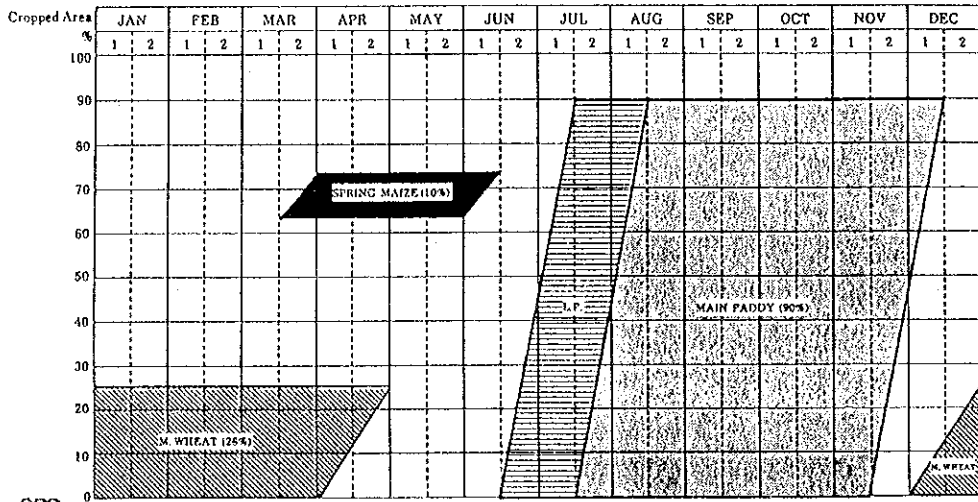
概水量を見込む。また、換金作物の代表としてジャガイモを導入する。

上記の各作物の作付比率などの詳細は図6.2.1～図6.2.3に示した。

PRESENT CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 126 %

(JHAPA DISTRICT)



PROPOSED CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 200 %

(JHAPA DISTRICT)

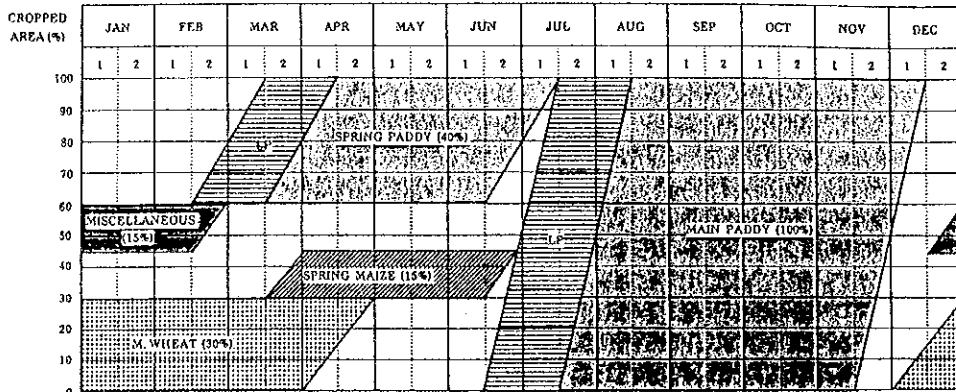
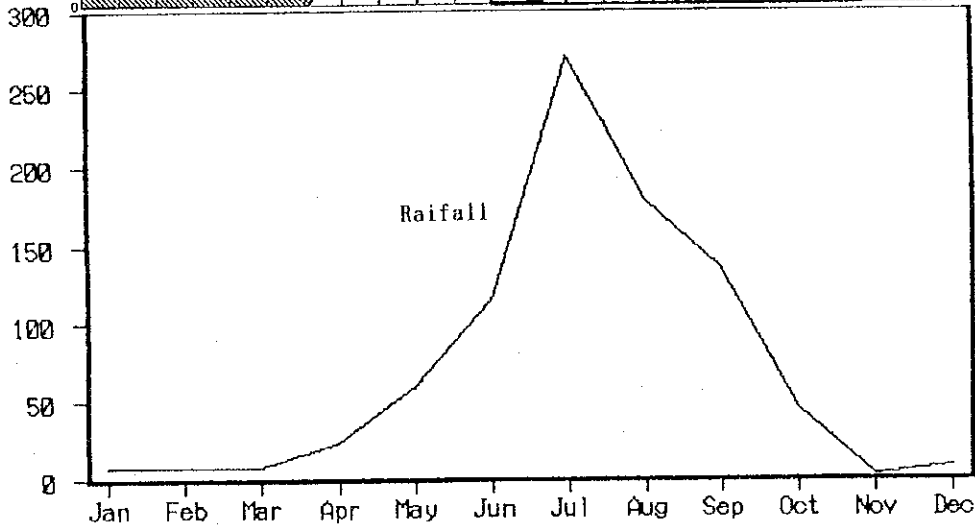
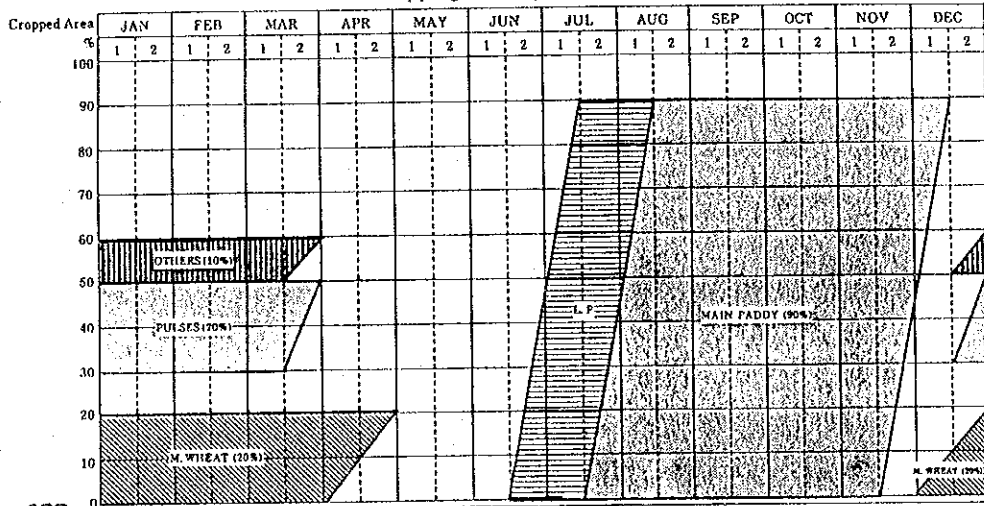


図6.2.1 現況、計画作付体系 (ジャバ郡)

PRESENT CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 140 %

(MAHOTTARI DISTRICT)



PROPOSED CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 200 %

(MAHOTTARI DISTRICT)

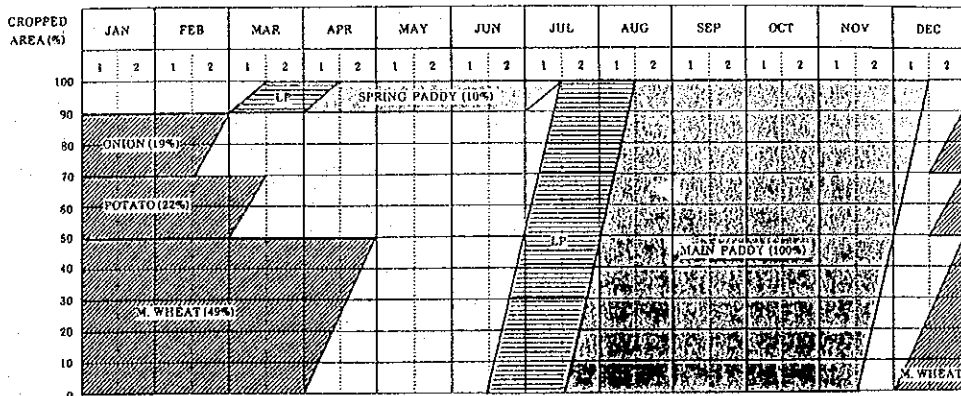
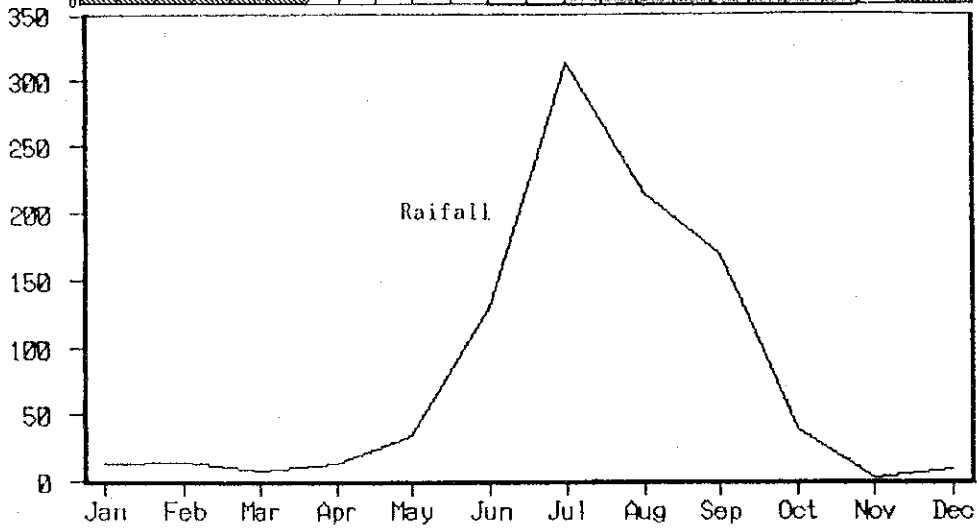
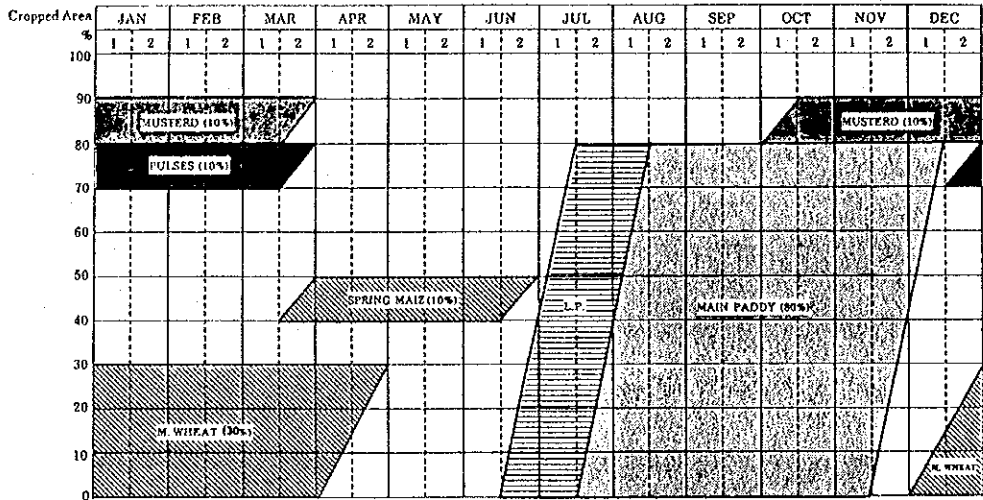


図6.2.2 現況、計画作付体系 (マホタリ郡)

PRESENT CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 140 %

(BANKE DISTRICT)



PROPOSED CROPPING PATTERN

Cropping Intensity = 200 %

(BANKE DISTRICT)

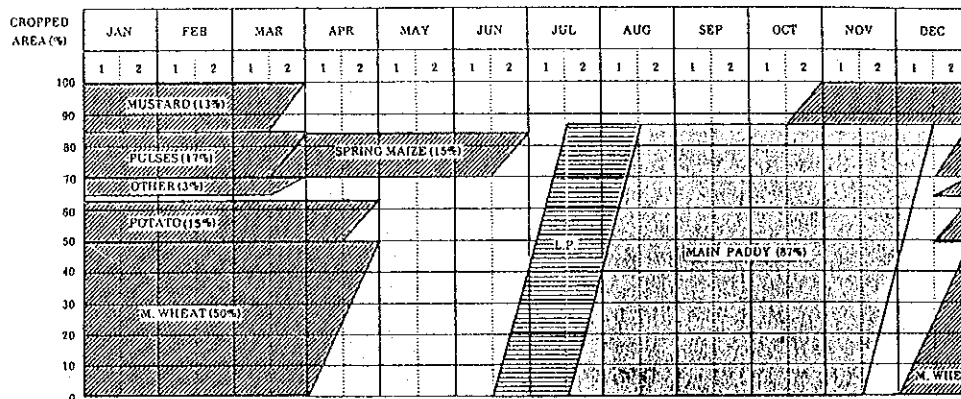


図6.2.3 現況、計画作付体系 (ハンケ郡)

6.3. 灌漑計画

6.3.1. 灌漑用水量

灌漑用水量の基本となる蒸発散量 (ET_o)は、計画地区内及び計画地区近傍に位置する気象データをもとに、FAOの灌漑排水に関する技術指導書No24に示された計算手順に従って算定する。その他、水田地下浸透量、代掻用水量、灌漑効率などはテライ平野における先行計画に採用されている数値を参考にして決定した。

各項目の採用数値を下記に要約する。

(1) 蒸発散量 (ET_o)

Priority Sub-area	Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total (m-m/year)
		JHAPA	ET _o =(m-m/day)	2.0	2.9	4.3	5.5	5.4	4.4	3.8	4.1	3.6	3.6	
	(m-m/month)	62.0	81.2	133.3	165.0	167.4	132.0	117.8	127.1	108.0	111.6	90.0	65.1	1,360.5
MAHOTTARI	ET _o =(m-m/day)	2.1	2.9	4.9	6.9	7.1	5.7	5.3	5.0	4.3	3.9	2.7	2.3	
	(m-m/month)	65.1	81.2	151.9	207.0	220.1	171.0	164.3	155.0	129.0	120.9	81.0	71.3	1,617.8
BANKE	ET _o =(m-m/day)	1.8	2.7	4.3	6.4	7.3	6.4	4.8	4.6	4.1	3.8	2.6	1.8	
	(m-m/month)	55.8	75.6	133.3	192.0	226.3	192.0	148.8	142.6	123.0	117.8	78.0	55.8	1,541.0

- (2) 水田地下浸透量 ; 2.0 mm
- (3) 水田代掻用水量 ; 150 mm
- (4) 乾期作初期用水量 ; 60 mm (主にメイズ)
- (5) 灌漑効率 ; 水田 70 % 乾期作物 60 %

(2)~(5) は三地区共通の計画基準である。

(6) 施設設計流量

灌漑対象の代表作物として雨期米作、乾期米作、小麦(冬まき)メイズ(春まき)と選定し、上記の計画諸元有効雨量などをもとに算定した各地区の灌漑施設の設計流量を下記に示す。

- (a) ジャパ郡 ; 0.8 l/s/ha
- (b) マホタリ郡 ; 1.0 l/s/ha
- (c) バンケ郡 ; 0.7 l/s/ha

(7) 年間必要水量（計画基準年：10年確率渇水年）

各郡の作付体系、作付け面積に応じて算定した年間灌漑必要水量を下記に示す。

- (a) ジャバ郡 ; 130.8 百万 m^3
- (b) マホタリ郡 ; 72.4 百万 m^3
- (c) バンケ郡 ; 65.7 百万 m^3

6.3.2. 水源計画

灌漑用水源は深井戸 (D.T.W)とするが、各計画地区における深井戸の産水能はそれぞれ異っており、各種揚水試験、既存資料の分析・検討から下記のように決定した。

- (a) ジャバ郡 ; 120 l/s (120/0.8=150ha)
- (b) マホタリ郡 A₁ ; 66 l/s (66/1.0= 66ha)
- A₂ ; 97 l/s (97/1.0= 97ha)
- (c) バンケ郡 ; 110 l/s (110/0.7=157ha)

() 内の数値は深井戸 1ヶ所の灌漑可能面積を示す。

上記の深井戸の仕様は別途検討結果から概ね下記のように提案される。

- 深井戸の深度 ; 130 ~150mm
- 深井戸の径 ; 250mm
- 標準地下水降下量 ; 地表面から20m
- 深井戸間隔 ; 1.0km

6.3.3. 送水及び配水計画

(1) 送水組織

1ヶ所の深井戸を中心とした灌漑区域は灌漑ユニット（深井戸支配区域）とし、その面積は深井戸の揚水能力と設計流量から決定される。本計画地区では概ね60ha~160haの範囲に設定される。灌漑ユニット内の送水系統は深井戸を含む揚水機場と灌漑ブロック（バルブ支配区域4~6ha）までのパイプラインシステムによって結ばれる。灌漑ブロックとパイプラインの吐出口はアルファルファバルブによって接続し、バルブ操作によって吐出流量の調節を行う。

(2) 配水組織

上記のバルブ以後の配水のため各灌漑ブロックの上流側の1辺ないし2辺に配水路（土水路）を設けるものとする。この配水路以後の配水に必要な末端圃場用水路は、断面、延長共

に極く小規模な土水路であり各受益農民自身の負担で建設するものとし、本事業には含まない。

表6.3.1 各地区の施設設計流量

(Unit: *l*/ha and *l*/s)

		Month												Remarks											
		JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.												
JHAPA	Spring Maize A=15 (ha)				1.1 36.5	0.9 13.5	0.9 13.5	0.5 7.5	0.5 7.5	-	-							<i>l</i> /ha <i>l</i> /s							
	Spring Paddy A=40 (ha)				1.1 44	1.6 64	1.2 48	0.7 28	0.8 32									<i>l</i> /ha <i>l</i> /s							
	Main Paddy A=100 (ha)										0.2 20	-	-	-	0.6 60	0.6 60	0.6 60	0.3 30	0.1 10	<i>l</i> /ha <i>l</i> /s					
	Wheat A=30 (ha)	0.2 6	0.3 9	0.5 15	0.5 15	0.6 18	0.4 12	-	-										0.1 3	<i>l</i> /ha <i>l</i> /s					
	Total	6	9	15	15	18	73	*78	62	36	40				20			60	60	60	30	10	3	<i>l</i> /s	
MAHOTTAI	Spring Paddy A=10 (ha)					1.5 15	2.3 23	1.4 14	1.4 14	0.8 8	0.4 4													<i>l</i> /ha <i>l</i> /s	
	Main Paddy A=100 (ha)										0.2 20	1.0 100	0.6 60	0.6 60	0.6 60	0.8 80	0.8 80	0.6 60	0.3 30	0.1 10				<i>l</i> /ha <i>l</i> /s	
	Wheat A=49 (ha)	0.2 9.8	0.3 14.7	0.6 29.4	0.6 29.4	0.7 34.3	0.4 19.6	0.1 4.9	-															<i>l</i> /ha <i>l</i> /s	
	Total	10	15	30	30	34	20	20	23	14	14	8	4		20	100	60	60	60	80	80	60	30	10	<i>l</i> /s
	BANKE-BARDIYA	Spring Maize A=15 (ha)				1.1 16.5	1.2 18.0	1.2 18.0	1.3 19.5	1.3 19.5	0.6 9.0														<i>l</i> /ha <i>l</i> /s
Main Paddy A=87 (ha)												0.8 69.6	0.4 34.8	0.4 34.8	0.4 34.8	0.8 69.6	0.8 69.6	0.6 52.2	0.3 26.1	-				<i>l</i> /ha <i>l</i> /s	
Wheat A=60 (ha)		0.2 10	0.3 15	0.4 20	0.5 25	0.6 39	0.4 29	0.1 5	0.1 5						*70	35	35	35	70	70	52	26		<i>l</i> /ha <i>l</i> /s	
Total		10	15	20	25	30	37	23	23	20	20	9			70	35	35	35	70	70	52	26		<i>l</i> /s	

Note: Beneficial area is fixed as a hundred hectares.
 Acreage of each cropping area are estimated by the percentage of cropped area in proposed cropping pattern.
 * JHAPA, D. D 0.6*l*/ha * MAHOTTAI, D. D 1.0*l*/ha * BANKE-BARDIYA D. D 0.7*l*/ha

表6.3.2 各地区の灌漑必要用水量

		Month												Total/Year (10 ⁶ m ³)											
		JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.												
JHAPA	Spring Maize A=2,350 (ha)				3,782	5,830	3,241																	12,853	
	Spring Paddy A=6,800 (ha)				10,227	23,820	13,532	-	-																47,579
	Main Paddy A=17,000 (ha)																								52,938
	Wheat A=5,100 (ha)	3,550	6,207	6,411	-																		1,230		17,398
	Total V=10 ⁶ m ³	3,550	6,207	20,420	29,650	16,773	-	-	4,420	-	27,591	19,805	1,122										2,352		130,768
MAHOTTAI	Spring Paddy A=700 (ha)					3,512	2,548	1,138	-																7,198
	Main Paddy A=7,000 (ha)								2,093	14,672	10,122	15,372	8,351	427										51,037	
	Wheat A=3,430 (ha)	2,518	4,981	5,204	521																		892		14,116
	Total V=10 ⁶ m ³	2,518	4,981	5,204	4,033	2,548	1,138	2,093	14,672	10,122	15,372	8,351	1,319											72,351	
BANKE-BARDIYA	Spring Maize A=1,200 (ha)				1,832	3,724	4,294	925																10,776	
	Main Paddy A=6,960 (ha)										202	10,509	6,918	15,291	8,011	285								41,216	
	Wheat A=4,000 (ha)	2,296	4,316	5,372	1,012																		680	13,676	
	Total V=10 ⁶ m ³	2,296	4,316	7,204	4,736	4,294	926	202	10,509	6,918	15,291	8,011	965											65,688	

Note : Arable land of Priority Sub-area for District
 JHAPA : 17,000 (ha)
 MAHOTTAI : 7,000 (ha)
 BANKE-BARDIYA : 8,000 (ha)

6.4. 排水及び道路計画

6.4.1. 排水計画

計画地区内の現況の排水系統は非常に乏しく、雨期における余剰水はすべて田越排水となっており、局所的に湛水現象を発生させている。よって、これらの解決策として灌漑ブロックを排水単位とする排水ネットワークを組むこととする。この場合単位排水量は、先行計画の実例から約4 l/sec/haとして施設計画を策定する。サンプル地区におけるモデル設計によれば概ね40m/haの水路密度となる。

6.4.2. 道路計画

本計画地区のみならずテライ平野の全域について農道施設の拡充とレベルアップが必要である。地区内の道路整備は地区住民の営農労力の節減に役立つのみでなく、事業の実施段階における工期の短縮に大きく役立つものと考えられる。

よって、事業の実施計画策定においても用地交渉の終了後、地区内の幹線農道、圃場道路の建設は優先的に早期着工を図るべきである。したがって、本計画においては先行計画の実施例から幅員6.0mの村落道路及び幅員3.0mの圃場道路を灌漑ユニットを中心にネットワークさせるものとする。この道路網の密度は先行計画の実施例からみて各々4～5m/haを必要とする。

6.5. 事業計画

6.5.1. 基本方針

深井戸灌漑計画の最大の特徴の一つは、個別の深井戸の支配面積において自己完結型の個別システムが独立していることである。計画対象地域が如何なる面積をカバーするものであっても基本的には上記の個別システムの集合に過ぎない。

したがって、事業計画の策定に当たっては、標準的な個別地区について必要施設の設計を行えばよいことになる。

上記の観点から、本調査においては代表地区においてサンプル地区（面積100ha）を設定し、測量に基づいて地形図（縮尺1：1,000）を作成するとともに、必要な計画施設の標準設計を行なった（図6.5.1参照）。

以下の各節に上記の標準設計及び先行計画の実施例に基づいた事業計画を述べる。

6.5.2. 事業の内容

本計画における主たる事業コンポーネントは以下のとおりである。

(1) 深井戸

各地区の井戸の平均産水能力はそれぞれ異なるが、各地区の施設規模は同一とする。

(2) 揚水機場

ポンプは30mの高揚程となる。部品供給、維持管理を考慮し、テライで普及しているシャフト型式のタービンポンプを採用する。動力は維持管理の視点から電動モーターを採用する。また、ポンプ上屋、オペレータハウス、高架水槽などの付帯施設を含むものとする。送電線に関しては先行計画の実例から必要距離を想定する。

(3) 送水施設

本計画地区の送水施設はパイプラインシステムとし、サンプル地区の標準設計を基本に延長、管径、管種を設定する。

(4) 末端水路施設

水路形式、延長、水路断面等はサンプル地区の標準設計をもとに概定する。

(5) 排水施設

水路配置、断面、延長等の基本事項はサンプル地区の標準設計をもとに策定する。

(6) 道路システム

先行計画の実施例を参考にして配置、延長、舗装形式等を概定する。

6.5.3. 事業量

サンプル地区の標準設計及びテライ平野における類似先行計画等を基準にして各部の計画地区に必要な事業量を概定し、表6.5.1にとりまとめる。

6.5.4. 事業実施計画

各計画地区の事業内容、事業量をもとに事業実施工程を策定した。詳細設計を含む事業実施準備、及び事業の本格的な実施にいたる工程をとりまとめて図6.5.2に表示する。

各地区共実施設計、入札図書を作成、入札、事業所の建設など準備段階に3カ年が必要と見られる。WUGの組織化、道路及び用水路用地の収用などにジャバ地区は5カ年、他の2地区はそれぞれ4カ年を必要とする。本格的施設工事に先立ち、道路工事を先行するが、ジャバ地区は5カ年、他の地区はそれぞれ4カ年が必要と見られる。送電線を含む井戸、用水路、排水路など本格施設建設はジャバ地区で6カ年、マホタリ地区で5カ年、バンケ地区で4カ年を必要とする。

以上の結果、総事業期間はジャバ地区で10カ年、マホタリ地区で9カ年、バンケ地区で8カ年となる。

各郡の計画地区に関する経済評価の結果、ジャバ地区の効果が最も高く、バンケ地区、マホタリ地区の順位となった。従って、ジャバ地区から事業実施を開始することが最も効果的な結果を生むと考えられる。

表 6.5.1 計畫事業量一覽表

Work Items	Project			Remarks
	JHAPA	MAHOTARI	BANKE-BARDIYA	
1. Deep-Tube Well Well Depth Length of Casing ND of Casing Length of Screen Housing No of Well	A = 17,000 ha 130 m 50 m 250 mm 30 m L = 50 m D = 400 mm 113	A = 7,000 ha 130 m 50 m 250 mm 30 m L = 50 m D = 400 mm 92	A = 8,000 ha 130 m 50 m 250 mm 30 m L = 50 m D = 400 mm 51	A, Irrigable Area
2. Pump Facility Type of Pump Total Head Diameter Out-put of Motor No. of Pump Length of Power-line No. of Transformer	Shaft Turbine Pump 30 m 250 mm 65 kw 113 170 km 113	Shaft Turbine Pump 30 m : 30 m 250 mm : 200 mm 54 kw : 35 kw 31 : 61 70 km 92	Shaft Turbine Pump 30 m 250 mm 57 kw 51 80 km 51	11 KV line 11 KV/400 V
3. Pipe line System Length of Pipeline Diameter (D) Type of Pipe No. of Valve	680 km 100-400 mm PVC 4,070 Set	300 km 100-350 mm PVC 1,750 Set	320 km 100-400 mm PVC 1,940 Set	Alfa Valve ϕ = 100mm
4. Terminal Canals	1,240 km	560 km	610 km	Earth Canal
5. Drainage System	770 km	330 km	360 km	
6. Road System	170 km	74 km	77 km	Village Road
7. Building	2	2	2	

図6.5.1 灌漑ユニットにおけるモデル設計



LEGEND

Wire Boundary	---
Plot Boundary	—
Gravel Road	—
Track	—
Bridge	—
Stream	~
Drainage	~
Canal	—
Pond	□
Well	○
Head Pump	○
Rear Pump	+
Traffic Pump	Y
Ground Water	○
Culvert	—
Wet Jungle	■

LEGEND

House, Hut	■
Garden	■
Paddy Field	■
Barron Land	□
Wire Fence	—
Wooden Fence	—
Bamboo Bush	■
Banana Tree	■
Tree, Bush	■
Electric Pole	○
Telephone Pole	○
Center Line	—
Spot Height	△
Control Point / T.B.M.	△
Grid Station	○
Sheep	■

LEGEND

85.0	INDEX CONTOUR
—	ROAD
○	PUMP STATION
—	PIPE LINE
—	IRRIGATION CANAL
—	DRAINAGE CANAL
○	DIVERSION BOX W/VALVE
A=5.0	COMMAND AREA (in Ha)
—	NATURAL DRAIN
■	NON-IRRIGABLE AREA
—	TRANSMISSION LINE (11KV)

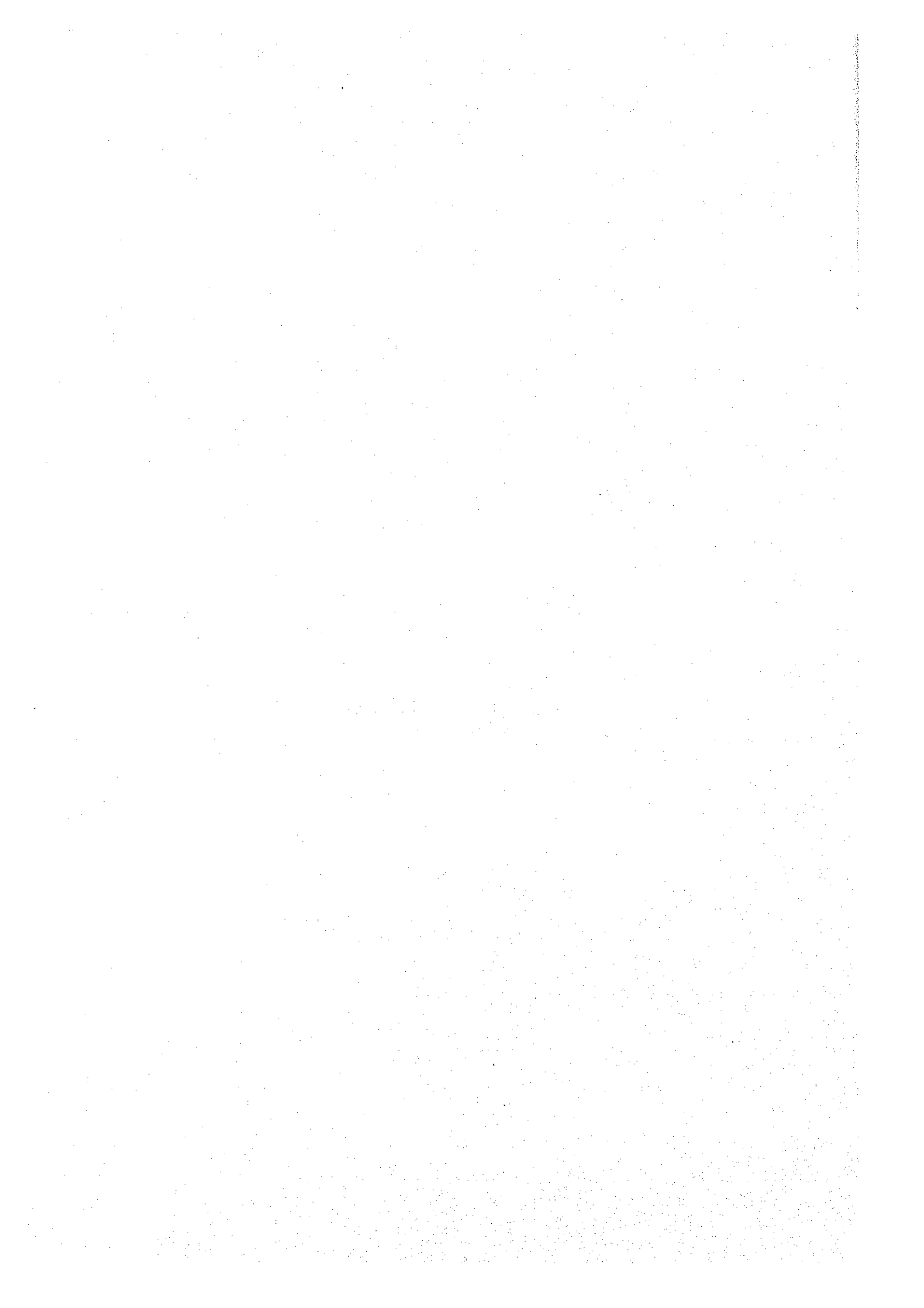


図6.5.2 事業実施工程計画表

District	Work Items	Years													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
JHAPA	1 Preparation Works (D/D, Contract, Building etc)	█													
	2 Land Acquisition		█												
	3 Farm Road System						█								
	4 Main Construction Works (Wells Pump, Canal System, etc)								█						
MAHOTARI	1 Preparation Works (D/D, Contract, Building etc)	█													
	2 Land Acquisition		█												
	3 Farm Road System						█								
	4 Main Construction Works (Wells Pump, Canal System, etc)								█						
BANKE-MARDIYA	1 Preparation Works (D/D, Contract, Building etc)	█													
	2 Land Acquisition		█												
	3 Farm Road System						█								
	4 Main Construction Works (Wells Pump, Canal System, etc)								█						

6.6. 組織及び維持管理

6.6.1. 基本方針

「ネ」国では、灌漑条令（1988）及び灌漑政策（1992）により灌漑施設の運用維持管理は受益農民が組織する水利組合（WUG）により実施することが義務付けられている。また8次計画の灌漑政策においては、大規模事業の必要な段階に農民グループを参加させることになっている。

本計画は、1本の深井戸が支配する66～150haの灌漑ユニットが51～113集合して各地区の事業を構成するという特性をもっている。

上記の政策及び事業の特性を配慮すると、本計画の実施及び事業完成後の運用維持管理体制は以下の基本方針のもとで策定されるものとする。

(1) 事業実施体制

事業実施主体は灌漑局であり、各地区毎に設立された専任の事業所により行うものとする。事業所には、事業実施部門のほか、将来の施設の運用維持管理を農民組織に移行するため施設の運用維持管理担当部門を設け、事業実施期間を通じて農民組織要員の養成を行うものとする。また事業管理完了後はこれらの部門の機能を農民組織へ移管するものとする。

(2) 農民組織

事業完了後の灌漑施設の運用維持管理は各灌漑ユニット毎に組織したWUG（100前後の農家から構成される）によって行うこととする。さらに事業規模からみて単位WUGへの普及及び支援サービスを一元化するため各地域毎にWUGから組織された水利組合連合会（WUG）を設立することとする。上記の農民組織は、全ての組合員が負担する水利費により経営される。ただし、関連政府機関の普及及び支援サービスは不可欠であることは言うまでもない。

(3) 開発と女性

灌漑局並びに農民組織は、事業実施期間及び事業完成後も「女性の役割」を重視し、「開発の担い手」という視点で積極的に受益農家の女性を本事業に参加させるものとする。

6.6.2. 事業実施組織

本事業の実施機関は灌漑局とする。しかし、灌漑事業を成功に導くためには農業省本省、地方農業局、各郡農業開発事務所（ADO）などの農業行政実施機関との密接な連携のほか、設立される水利組合への支援、指導及び協力が必要となる。

現在灌漑に関する行政は、各郡の灌漑事務所（DIO）が行っている。しかし、地域としてまとまりがある灌漑整備事業を効果的かつ系統的に実施して行くためには、郡灌漑事務所とは別に事業所を設立し、整備、監督して行くのが効果的である。事業実施のために灌漑局のもとに本計画に係わる専任事業所の設立を提案する。事業所長は、関係各郡の郡灌漑事務所や他の関係機関の協力を得て事業を実施する（図6.6.1参照）。事業所は、農業部、農民組織部、技術部、維持管理部などから構成するものとする。農業部の下には、灌漑地区内に農業サブセンターを面積に応じて置き、農民の訓練、指導などに当たるものとする。

各事業の完了後は、事業所の農業、農民組織、維持管理各部の機能はWUAへ移管する。また、水文地質部の機能は郡灌漑事務所へ移管する。この移管に備えて事業所は事業実施段階からWUAの要員の訓練を行うものとする。

6.6.3. 施設の運用管理

本計画で建設される水利施設は、深井戸及びポンプ場、送水システム、圃場内配水システムに分かれる。送水システムは埋設管水路であるが、圃場内配水システムは開水路である。事業所はこのうち幹線及び支線水路の維持管理にあたる。圃場内水路は受益各農家の管理に任せる。ポンプ場の運用維持管理は事業の開始から数年は事業所が行うものとする。しかし、これと並行して近い将来水利組合（WUG）に移管することを前提としてこの数年の間に事業所の農民組織部が中心となって受益者へ教育・訓練を実施し、農民がポンプ、水路、配水管理、その他水利施設の維持管理を行える能力を備えるようにする。前述の水利施設は井戸ごとにそれぞれ独立したシステムである。従ってWUGは各システム毎に設立するものとし、これらを統括する組織として水利組合連合会（WUA）を設立する（図6.6.2参照）。

受益者からの水利費の徴収は、施設の維持管理及びWUGの運営に不可欠である。徴収はWUGが土地台帳に基づいて行うものとするが、徴収率が100%となるためには、公平な水配分が前提となる。

6.6.4. 水利組合（WUG）及び水利組合連合会（WUA）の育成

灌漑事業においてWUG及びその連合体であるWUAは重要な農民組織である。地域における灌漑事業が成功するか否かはWUGの運営如何にかかっているといても過言ではない。灌漑用水が公平に配分されることによって作付率増、単収増が実現でき農家所得が増加する。その結果受益者が水利費を進んで納め、灌漑施設が農業生産に支障無く維持管理されることとなる。農民へWUGの必要性、水利費徴収の意味、公平な水配分の必要性等に付いて事業が完了する以前に十分理解するよう教育・訓練を重ねることが重要である。これに関しては前述のように事業所の農民組織部が中心的な役割を果たすこととなる。

灌漑施設の維持管理をWUG及びWUAへ移管して行く政策は、第8次計画(1992～1997)の灌漑政策の中の一つである。これを踏まえてWUGは以下のような機能を果たすものとする。

- 水利費の徴収
- 連合会(WUA)への参加
- DOI、ADOなどによる支援サービスの受け入れ
- 域内の水利用調整
- 共同ワークショップ(ポンプ修理など)の運営
- ポンプの維持管理
- 送電線の管理
- 受益者の定期的集会の実施
- 開水路部分の賦役による管理
- 営農資材の調達及び配布
- 農産物流通への関与

WUAは事業の完了後、事務所の農業、農民組織、維持管理の各部の機能を引継ぎ、自らこれら活動を実施するものとする。このWUAの活動は、郡レベルの灌漑及び農業事務所を経由する政府からの支援を必要とすることはいうまでもない。

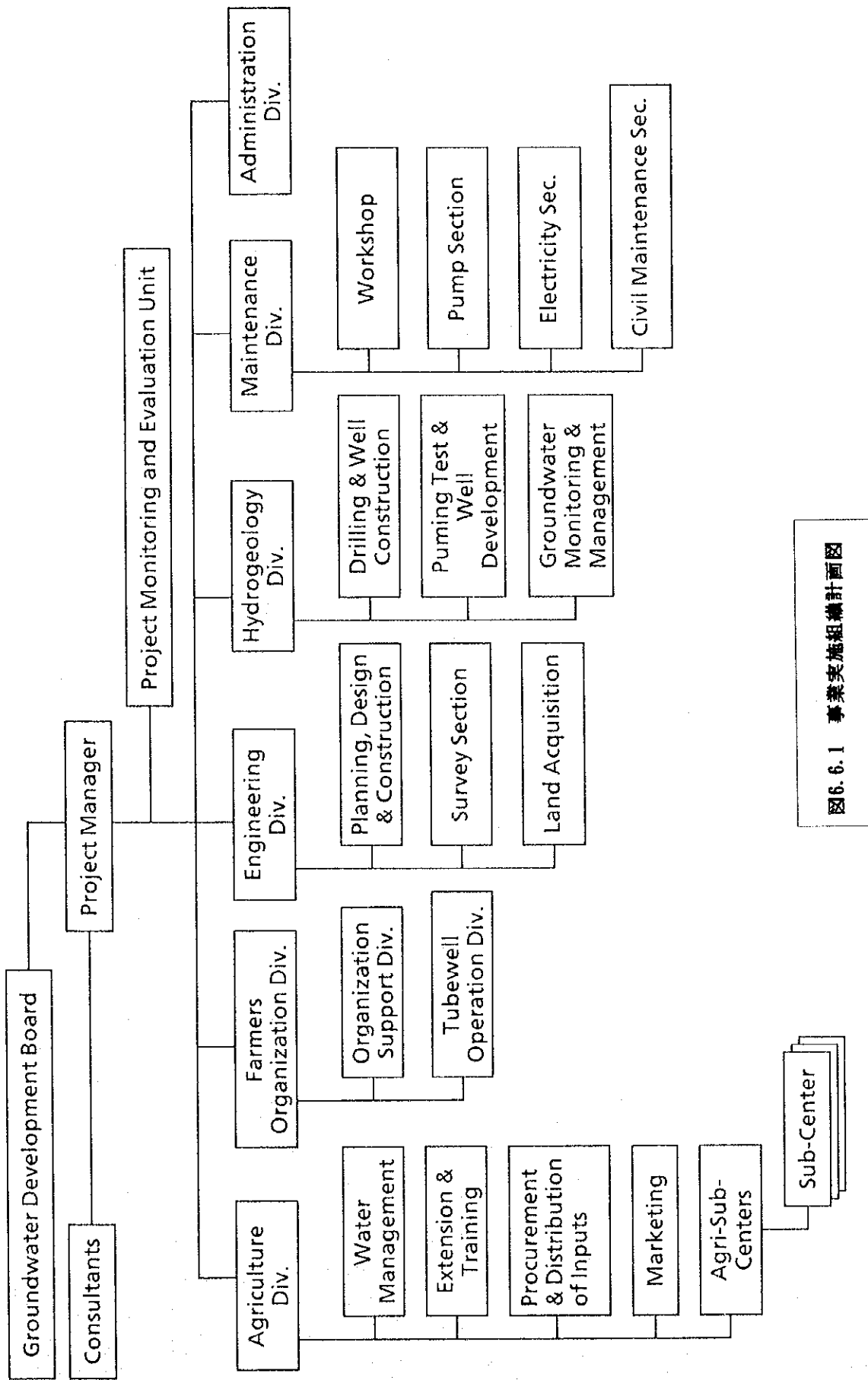


图6.6.1 專業實施組織計畫圖

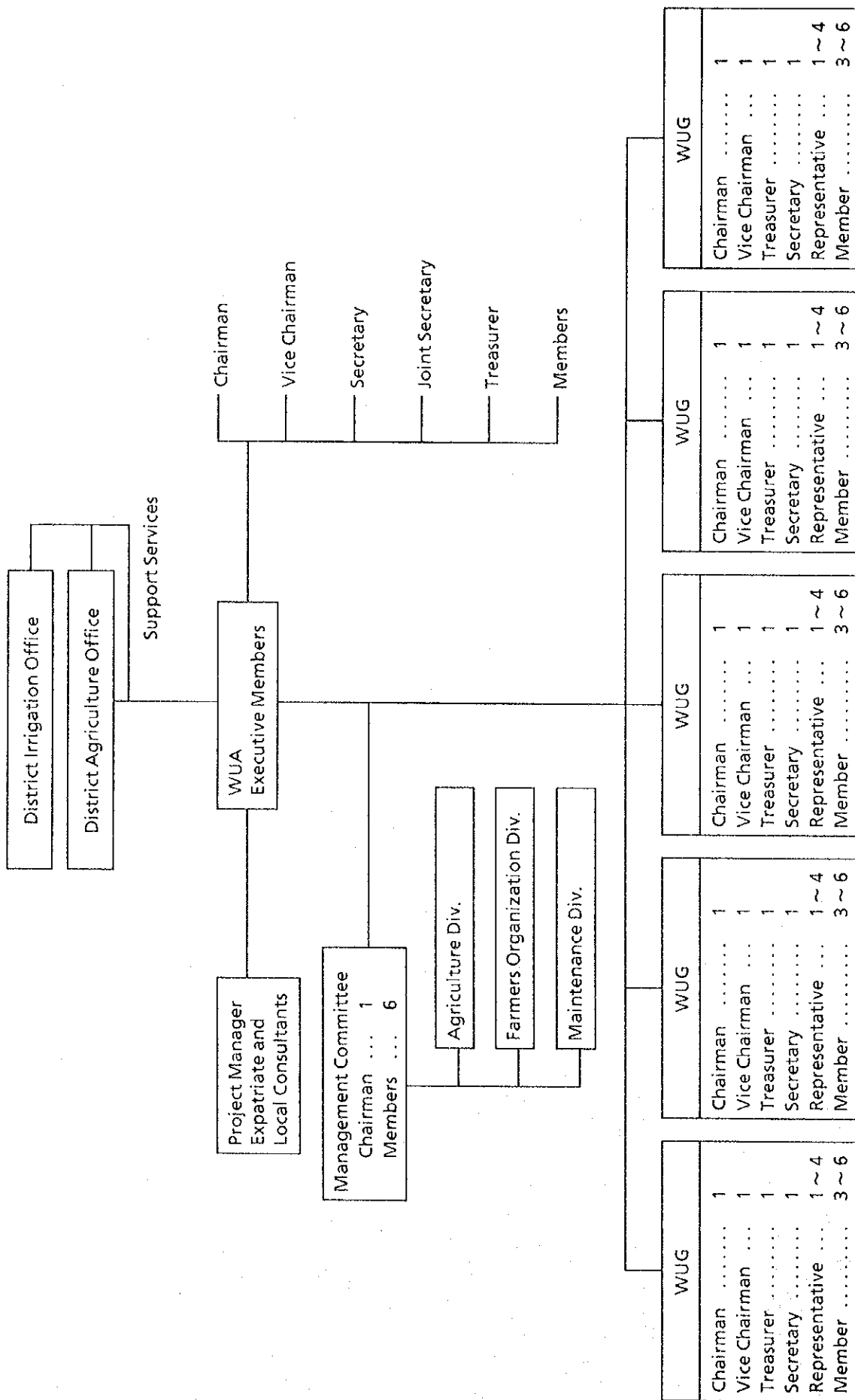


図 6.6.2 水利組合連合会及び水利組合組織計画図

6.6.5. 開発と女性(WID)

農村地域の女性は、家庭内だけではなく、農業生産活動においても様々な役割を担っている。家庭では炊事、子供の世話、洗濯、掃除等の家事のほかに飲料水、家畜飼料の運搬も女性の日課である。また農作業については、自家農業だけではなく、他農家の田植え、収穫作業などを手伝うことによって家計へ貢献もしている。建設現場では女性労働者も見られる。このように農村地域における女性の役割は高いにも拘らず、例えば日当では、男性の35Rs/日に対して女性は25Rsと差があるのが現実である。

しかし、開発の過程において女性の役割を無視することはできない。”開発の担い手”としての女性が相応の役割を担い、かつ”開発の受益者”としての女性にも開発の便益を適正に配分することにより、女性の福祉増進と地位の向上を図り、開発を一層効果的で有意義なものとしなければならない。

深井戸灌漑事業の実施にともない従来の雨期作中心農業から乾期作も可能となることにより女性の就業機会が高まることが予想される。また深井戸開発により飲料水運搬の作業が軽減できることが期待され、本事業の実施は”開発の受益者”としての女性にも開発の便益を分配することとなる。

”開発の担い手”としては、例えば、末端灌漑施設の維持管理への女性参加、農業普及・訓練対象に女性を加える、水利組合などの農民組織に女性を参加させる、などを実施し、女性のプロジェクトへの参加だけではなく技能向上、教育レベル向上、地位向上を図り、女性は単なる受動的な受益者にとどまらず、開発の積極的な行為者となることを提言する。

女性グループによる活動も提言できる。例えば、植林のための苗木の育苗、養豚、米の加工など、所得増加及び環境保護においても女性が果たせる役割は極めて大きいものがあるが、これら女性グループの活動に対する金融面での支援がADB/Nなどにより行われる必要がある。

6.7. 環境配慮

地下水開発において配慮すべき環境項目は、(1)水利権、(2)地下水、(3)水質汚濁、(4)騒音振動及び(5)地盤沈下である（国際協力事業団編；環境配慮ガイドライン,1994年版）。上記項目について本計画実施に係る地下水開発による環境への影響を予測し、その対策を提言する。

(1) 水利権

地下水の新規開発による既設の井戸の揚水量の減少及び地下水頭の低下及び揚水量の減少など既設の井戸の水利権の侵害である。

ジャバ地区における現況の地下水利用は、計画地区の北側チャンドラガジ水道水源の深井戸2本、生活用水の浅井戸利用及び地区北部の湧水利用の小規模灌漑事業などである。

一方、計画地区に対する地下水開発シミュレーションによると現況と比較した地下水頭の最大低下量は段丘地北部で全ての帯水層で20mに、またその北部及び南部地区で10m前後になっている（図6.7.1参照）。このような水頭低下は、特に湧水及び浅井戸利用にある程度の影響を与えるものと思われる。事業実施の過程で慎重な影響の評価と水源転換などの補償対策が必要となろう。ただし計画地区の生活用水の場合は、灌漑井戸からの利用が可能である。

バンケ地区の計画対象地区においては、ネパールガンジの水道水源用深井戸及び浅井戸からの生活用水などの地下水利用がある。マホタリ地区は、かなりの深井戸による灌漑が行われている。両地区共シミュレーションが行われていないが、計画の実施により、ジャバ地区と同様かなりの水頭低下が予想されるので、ジャバ地区の場合と同様な配慮が必要となろう。なお、テライ平野はインド共和国に接しているが、両国の間に地下水に関する水利権についての取り決めは存在しない。

(2) 地下水

この環境項目は、過剰揚水による地下水頭の低下、地下水資源の枯渇並びに隣接する塩水体の流入による水質汚染などを内容とする。地下水頭の低下については前項で述べたとおりである。

地下水資源の枯渇についての懸念は、ジャバ地区では地下水資源量は開発の程度に対して十分な余裕があることがシミュレーションによって明らかになっている。他の2地区については、ジャバ地区の例からみて楽観されるものの今後の検討によって確認される必要がある。

水質汚染については、計画3地区には塩水体などの汚染源がないので、地下水開発を原因とする地下水の汚染は予測されない。しかしながら、農業開発に係る過剰な化学肥料或いは農薬の地下水系への蓄積の可能性がある。地下水資源の監視システムによる慎重なモニタリングと適切な対策が必要となる。

(3) 水質汚濁

本項目は、深井戸などの灌漑施設の建設中の泥水、油脂類などの河川或いは帯水層への流入による地表水及び地下水の水質汚濁を内容とする。本事業では特に深井戸工事時点の泥水、油脂類の既設の浅井戸への流入などが懸念される。

(4) 騒音振動

本項目は、深井戸などの灌漑施設の建設中に発生する騒音及び振動に係るものである。このような騒音及び振動は特に深井戸掘削機及び工事用車両を発生源とする。学校及び病院など公共施設並びに畜舎の近辺での工事の際に慎重な対処が必要となる。

(5) 地盤沈下

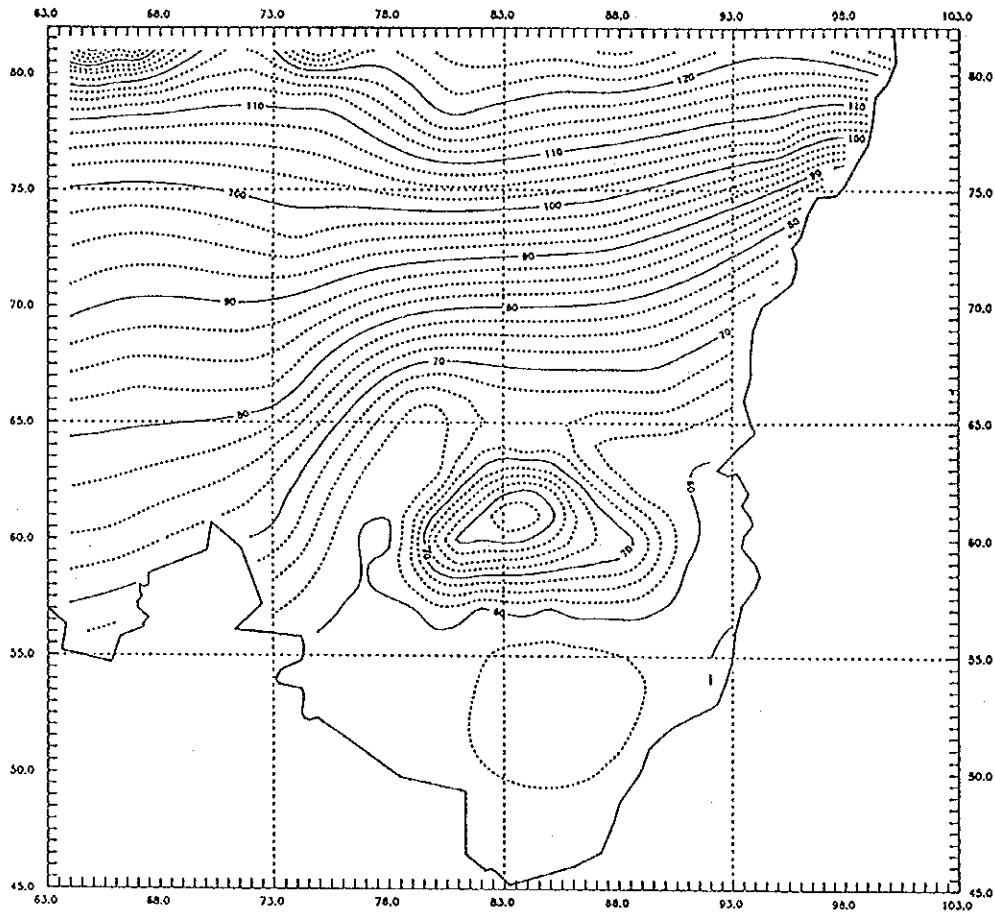
地盤沈下は、地下水頭の低下に伴う粘土層の圧密促進による地盤の沈下及び変形現象である。この結果、水路、道路、橋梁、建築物など社会インフラの変形及び機能低下などの被害は、地下水災害の最たるものとなる。通常、大河川の河口付近に形成される粘土成分が優勢な軟弱な沖積堆積地帯に起こる現象である。

テライ地方の沖積堆積層は砂礫成分が優勢であり、粘土層は十分な先行圧密を受けているので、被害をもたらすような地盤沈下が発生する可能性は極めて少ないと思われる。

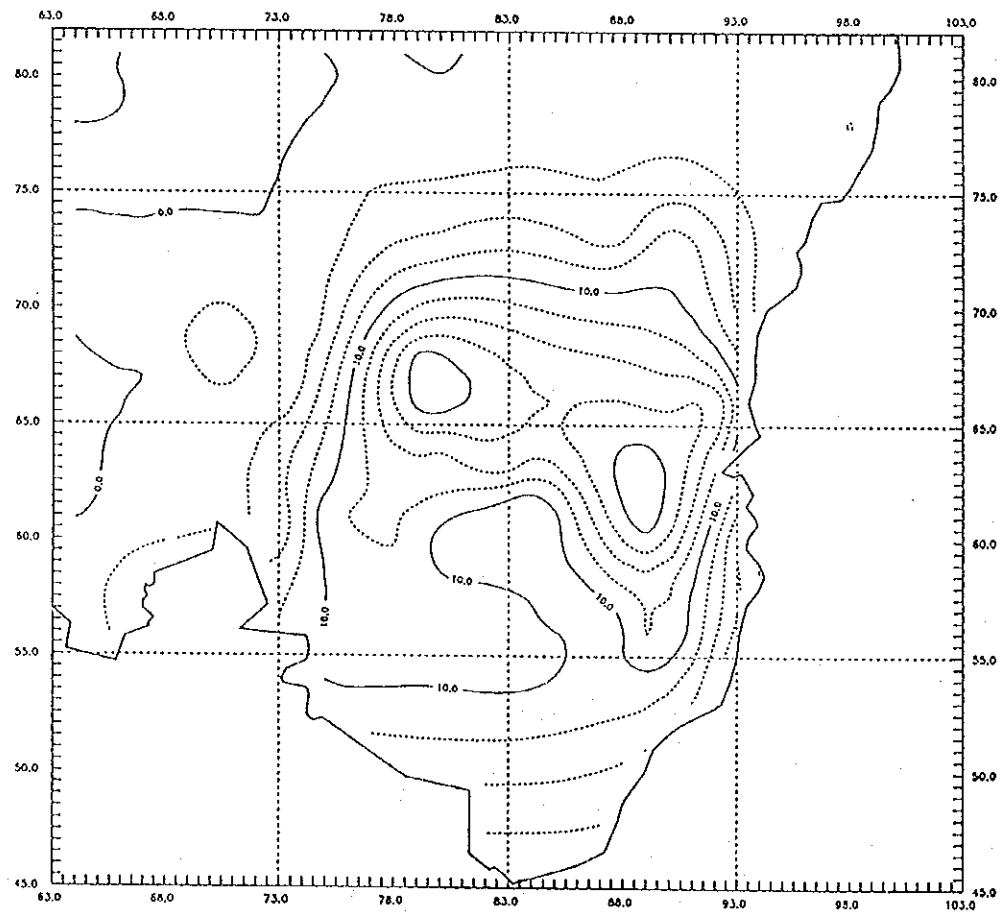
(a) Groundwater Head on Unconfined Aquifer (UAQ)

図6.7.1 揚水下の地下水頭コンター図

Groundwater Head (UAQ) - full development -



(b) Drawdown from the normal condition



6.8. 事業費

6.8.1. 数量及び単価

本計画地区の事業費算定に先立ち、計画施設の施設数量は先に述べた様にサンプル地区の施設レイアウト及び先行計画の実施例を参考に見積った。一方、工事単価は現地調査によって収集したものと先行計画で使用されたものを参考に決定した。労務費、資機材価格などの基礎単価は1993年時点のものを基準とした。

6.8.2 総事業費

総事業費は直接工事、資機材供給費、技術支援費、事務費、予備費及び物価上昇費などを含めて算定された。

各地区の総事業費は下記のとおりであり、その明細を表6.8.1～表6.8.3に示す。

- (1) ジャバ地区 ; US\$ 57.8百万 (3,400US\$/ha)
- (2) マホタリ地区 ; US\$ 31.7百万 (4,500US\$/ha)
- (3) バンケ地区 ; US\$ 30.2百万 (3,800US\$/ha)

但し、1 US\$=50NRSとする。

ここで「ネ」国内で実施、又は計画調査が完了した類似プロジェクトの総事業費についての概要を示す。

プロジェクト名	受益面積 (ha)	総事業費 ('000US\$)	摘 要
バイラワルンビニ 地下水灌漑事業	14,600	22,658	1US\$=12NR (US\$1,552/ha於1979)
ビルガンジ地区 地下水灌漑事業	7,250	31,700	1US\$=50NR (US\$4,372/ha於1993) 但し、D.T.W 80 l/s S.T.W 12 l/s

バイラワルンビニ地下水灌漑事業の積算は、1979年時点であり、現在価格に換算するための物価上昇率を4.0とすると以下のように求まる。

$$US\$1,552 \times 4.0 = US\$6,208/ha$$

また、ビルガンジ地区地下水灌漑事業は、灌漑水源が3種類に区分されておりその内訳は以下の通りである。

S.T.W.	D.T.W.	計
2,130ha	5,120ha	7,250ha

井戸の仕様、

S.T.W. 200ヶ所 (10ha/1ヶ所)	D.T.W. 70ヶ所 (73/1ヶ所)
深度40~50m	深度150m
q = 10~15 ℓ/s	q = 80 ℓ/s (平均値)
P = 5HPディーゼルエンジン	P = 40KWモーター

上記の如く1ヶ所当り井戸産出率が低いことによって本プロジェクトよりも割高になっている。

表6.8.1 ジャバ郡総事業費一覧表

JHAPA DISTRICT PRIORITY SUB-AREA (150 ha/D.T.W Q = 120ℓ/s)

Summary of Project Cost Estimate

(Unit: 1,000 NRs)

No.	Work Items	Cost			Remarks
		L/C	F/C	Total	
1	Well Development	219	1,297	1,516	T.A = 17,000 ha L/C; Local Currency F/C; Foreign Currency
2	Pump Station	1,076	2,886	3,962	
3	Irrigation Canal System	1,295	948	2,243	
4	Drainage System	380	87	467	
5	Farm Road System	1,535	1,023	2,558	
6	Land Acquisition	2,100	-	2,100	
	Total (1-6)	6,605	6,241	12,846	Cost of One D.T.W Area
7	Whole Area Cost	746,365	705,233	1,451,598	No of D.T.W: 113
8	Building for O & M	7,527	3,980	11,507	
9	Procurement of O&M and Office Equipment	2,940	52,170	55,110	
10	Technical Support	108,030	304,530	412,560	
11	Project Administration	107,730		107,730	
12	Total Investment Cost	972,592	1,065,913	2,038,505	(7 - 11)
	US Dollar Equivalent	19,452	21,318	40,770	(×1,000)
	Per (ha)	1,144	1,254	2,398	≐ 2,400 US\$/ha
13	Physical Contingencies	97,259	106,591	203,850	(12 × 0.10)
14	Price Escalation	486,296	159,887	646,183	
15	Total Project Cost	1,556,147	1,332,391	2,888,538	
	US Dollar Equivalent	31,123	26,648	57,771	(× 1,000)

表6.8.2 マホタリ郡総事業費一覧表

MAHOTTARI DISTRICT PRIORITY SUB-AREA A₁ (66 ha/D.T.W Q = 66 ℓ/s)

A₂ (97 ha/D.T.W Q = 97 ℓ/s)

Summary of Project Cost Estimate

(Unit: 1,000 NRs)

No.	Work Items		Cost			Remarks
			L/C	F/C	Total	
1	Well Development	A ₁	219	1,297	1,516	T.A = 7,000 ha L/C; Local Currency F/C; Foreign Currency
	Well Development	A ₂	219	1,297	1,516	
2	Pump Station	A ₁	697	1,625	2,322	A ₁ ; 4,000 ha A ₂ ; 3,000 ha
	Pump Station	A ₂	864	2,250	3,114	
3	Irrigation Canal System	A ₁	604	442	1,046	
	Irrigation Canal System	A ₂	837	613	1,450	
4	Drainage System	A ₁	177	41	218	
	Drainage System	A ₂	245	56	301	
5	Farm Road System	A ₁	716	477	1,193	
	Farm Road System	A ₂	992	662	1,654	
6	Land Acquisition	A ₁	990	-	990	
	Land Acquisition	A ₂	1,380	-	1,380	
	Total A ₁ (1-6)		3,403	3,882	7,285	Cost of One D.T.W Area
	Total A ₂ (1-6)		4,537	4,878	9,415	Cost of One D.T.W Area
7	Whole Area Cost	A ₁	207,583	236,802	444,385	No of D.T.W: 61 No of D.T.W: 31
		A ₂	140,647	151,218	291,865	
	Total (A ₁ + A ₂)		348,230	388,020	736,250	
8	Building for O & M		5,018	2,653	7,671	
9	Procurement of O&M and Office Equipment		1,960	34,780	36,740	
10	Technical Support		72,020	203,020	275,040	
11	Project Administration		71,820	-	71,820	
12	Total Investment Cost		499,048	628,473	1,127,521	(7 - 11)
	US Dollar Equivalent		9,981	12,569	22,550	(×1,000)
	Per (ha)		1,426	1,796	3,222	≅ 3,200 US\$/ha
13	Physical Contingencies		49,905	62,847	112,752	(12 × 0.10)
14	Price Escalation		249,524	94,271	343,795	
15	Total Project Cost		798,447	785,591	1,584,068	(× 1,000)
	US Dollar Equivalent		15,970	15,712	31,682	

表6.8.3 バンケ郡総事業費一覧表

BANKE-BARDIYA DISTRICT PRIORITY SUB-AREA (157 ha/D.T.W Q = 110ℓ/s)

Summary of Project Cost Estimate

(Unit: 1,000 NRs)

No.	Work Items	Cost			Remarks
		L/C	F/C	Total	
1	Well Development	219	1,297	1,516	T.A = 8,000 ha L/C; Local Currency F/C; Foreign Currency
2	Pump Station	1,072	2,776	3,848	
3	Irrigation Canal System	1,381	1,011	2,392	
4	Drainage System	405	93	498	
5	Farm Road System	1,637	1,091	2,728	
6	Land Acquisition	2,250	-	2,250	
	Total (1-6)	6,964	6,268	13,232	Cost of One D.T.W Area
7	Whole Area Cost	355,164	319,668	674,832	No of D.T.W: 51
8	Building for O & M	5,018	2,653	7,671	
9	Procurement of O&M and Office Equipment	1,960	34,780	36,740	
10	Technical Support	72,020	203,020	275,040	
11	Project Administration	71,820	-	71,820	
12	Total Investment Cost	505,982	560,121	1,066,103	(×1,000) ≐ 2,700 US\$/ha
	US Dollar Equivalent	10,120	11,202	21,322	
	Per (ha)	1,265	1,400	2,665	
13	Physical Contingencies	50,598	56,012	106,610	(12 × 0.10)
14	Price Escalation	252,991	84,018	337,009	
15	Total Project Cost	809,571	700,151	1,509,722	(× 1,000)
	US Dollar Equivalent	16,191	14,003	30,194	

6.9. 事業評価

6.9.1. 概要

農業は「ネ」国の基幹産業であり、人口の91%(1991)が農村に居住し、何らかの形で農業に依存しながら生活している。従って、農業生産の増加及び安定的生産によって農家の生活改善を図ることは即ち大多数の国民生活の改善・向上を意味することとなる。

本事業は、テライ平野のジャバ、マホタリ、バンケの3郡において深井戸灌漑を拡大することを目的とするものであり、第8次5カ年計画(1992~1997)に掲げられている貧困緩和、地域格差の是正、持続的経済成長という国策に合致するものである。

本章では、事業の建設費、維持管理費及び深井戸灌漑から発生する便益について、国家経済的観点から経済分析を、私経済的観点から農家財務分析を行った。

経済分析の評価期間は50年を用いた。また、更新は深井戸20年、ポンプ15年、機材10年と設定した。

6.9.2. 事業費

3郡の事業費のうち、建設費は次の通り算定された(詳細は6.8.節及び表6.9.1参照)。

(単位：百万ルピー)

	財務的価格	経済的価格
ジャバ郡	2,889	1,932
マホタリ郡	1,584	1,098
バンケ郡	1,510	1,019

経済分析に用いる経済的事業費は、財務的価格に標準変換係数を適用して算定する。標準変換係数は過去5年間の輸出入額及びこれにかかる税、補助金の実績額から算定したもので0.911となる。この標準変換係数は、事業費のうちの内貨部分に対して適用した。また同様に、事業完了後の年間維持管理費は、次のように算定された。

(単位：百万ルピー／年)

	財務的価格	経済的価格
ジャバ郡	39	36
マホタリ郡	21	19
バンケ郡	16	15

6.9.3. 事業の便益

(1) 農業生産便益

各郡の受益地区における作物生産便益は、深井戸灌漑に伴う作付率の向上、作物単収の増加によるものが計上される。作付率の増加及び作物単収の増加は安定した灌漑用水の供給と農業普及サービスにより実現される。3郡の作物生産便益の要約は、以下の通りである（詳細は表6.9.2に示す）。

	純灌漑面積(ha)	農業便益(Rs.百万)
ジャバ地区	17,000	585
マホタリ地区	7,000	203
バンケ地区	8,000	210

(2) その他の社会経済的便益

作物生産便益のように計量化できる便益の他に以下のような社会経済的便益が発生することが期待される。

- 灌漑実施により増産される米をはじめとする農産物の増産は、テライ平野の「ネ」国の穀倉地帯としての役割をさらに高め、国の食糧自給に貢献する。
- 農産物の増産は、食糧輸入に要する外貨節約に貢献する。
- 事業実施にともなう工事に地域住民が雇用され、土地なし農家も含めての雇用機会増加、所得の改善、生活水準改善に貢献する。
- 農家収入の増加により、農家の栄養水準、経済が改善される。
- 第8次開発計画の目標の一つである貧困緩和政策に貢献する。
- 地域間の格差が是正される。
- 受益地における灌漑実施による効果は、周辺地域の農家へ栽培技術、経営面などで影響を及ぼすだけでなく、テライ平野における灌漑事業のモデルとなる。
- 水利組合の設立に伴い、受益農民の間に協調性、コミュニケーションの向上が期待できる。

6.9.4. 事業の財務及び経済的指標

(1) 経済内部収益率(EIRR)

3郡における事業費と農業生産便益の対比の結果は下記の通りであり、ともに国家経済の観点から事業の実施は経済的に妥当であると判断される(表6.9.3参照)。

	EIRR(%)
ジャバ	21.0
マホタリ	13.5
バンケ	14.3

(2) 農家財務分析

3郡の標準的農家について、事業実施による農家経済の変化に付いて検討するために財務分析を行った。灌漑事業の実施に伴い、作付率及び単収の増大が図られるが、これにより3郡の標準的農家の年間所得、および可処分所得は次の通り改善される。

	ジャバ	マホタリ	バンケ
a) Without Project			
経営規模(ha)	1.41	1.09	1.37
農業所得(Rs)	12,504	15,916	15,844
農外所得(Rs)	521	838	273
家計支出(Rs)	11,552	9,984	11,328
可処分所得(Rs)	1,473	6,769	4,790
b) With Project			
経営規模(ha)	1.41	1.09	1.37
農業所得(Rs)	44,825	46,547	51,313
農外所得(Rs)	1,868	2,450	885
家計支出(Rs)	44,013	40,416	43,160
可処分所得(Rs)	2,680	8,581	9,038

表6.9.1(1) 経済的事業費 (ジャバ)

(Rs. 1000)

Description	LC	FC	Total
1) Well Development	22,545	146,561	169,106
2) Pump Stations	110,767	326,118	436,885
3) Irrigation Canal System	133,311	107,124	240,435
4) Drainage System	39,118	9,831	48,949
5) Farm Road System	158,018	115,599	273,617
6) Land Acquisition	0	0	0
7) Building for O & M	6,857	3,980	10,837
8) Procurement of O & M and Office Equipments	2,678	52,170	54,848
9) Technical Support	98,415	304,530	402,945
10) Project Administration	98,142	0	98,142
11) Total Investment Cost	669,851	1,065,913	1,735,764
12) Physical Contingencies	89,572	106,591	196,163
13) Price Escalation	0	0	0
Total Project Cost	759,423	1,172,504	1,931,927

表6.9.1(2) 経済的事業費 (マホタリ)

(Rs. 1000)

Description	LC	FC	Total
1) Well Development	18,355	119,324	137,679
2) Pump Stations	63,133	168,875	232,008
3) Irrigation Canal System	57,177	45,965	103,142
4) Drainage System	16,755	4,237	20,992
5) Farm Road System	67,804	49,619	117,423
6) Land Acquisition	0	0	0
7) Building for O & M	4,571	2,653	7,224
8) Procurement of O & M and Office Equipments	1,786	34,780	36,566
9) Technical Support	65,610	203,020	268,630
10) Project Administration	65,428	0	65,428
11) Total Investment Cost	360,620	628,473	989,093
12) Physical Contingencies	45,791	62,847	108,638
13) Price Escalation	0	0	0
Total Project Cost	406,411	691,320	1,097,731

表6.9.1(3) 経済的事業費 (バンケ)

(Rs. 1000)

Description	LC	FC	Total
1) Well Development	10,175	66,147	76,322
2) Pump Stations	49,806	141,576	191,382
3) Irrigation Canal System	64,163	51,561	115,724
4) Drainage System	18,817	4,743	23,560
5) Farm Road System	76,055	55,641	131,696
6) Land Acquisition	0	0	0
7) Building for O & M	4,571	2,653	7,224
8) Procurement of O & M and Office Equipments	1,786	34,780	36,566
9) Technical Support	65,610	203,020	268,630
10) Project Administration	65,428	0	65,428
11) Total Investment Cost	356,411	560,121	916,532
12) Physical Contingencies	46,095	56,012	102,107
13) Price Escalation	0	0	0
Total Project Cost	402,505	616,133	1,018,638

表6.9.2(1) 増加農業便益 (ジャバ)

	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	S. Paddy Irrigated	Maize	Wheat	Miscellaneous (Mustard)	Total
Without Project							
Yield (ton/ha)	2.33	-	-	1.31	1.59	-	
Price (Rs/ton)	10,106	-	-	9,567	12,312	-	
GPV (RS/ha)	24,321	-	-	12,815	19,951	-	
Production Cost (Rs/ha)	8,935	-	-	7,368	10,588	-	
NPV (Rs/ha)	15,386	-	-	5,447	9,363	-	
Cropping Area (ha)	15,300	-	-	1,700	4,420	-	21,420
Total NPV (RS1000)	235,406	-	-	9,260	41,384	-	286,050
With Project							
Yield (ton/ha)	-	4.00	3.80	2.70	2.70	0.80	
Price (Rs/ton)	-	10,106	10,106	9,567	12,312	23,110	
GPV (RS/ha)	-	42,152	39,987	26,412	33,880	18,673	
Production Cost (Rs/ha)	-	12,839	10,276	11,168	12,895	9,055	
NPV (Rs/ha)	-	29,313	29,711	15,244	20,985	9,618	
Cropping Area (ha)	-	17,000	6,800	2,550	5,100	2,550	34,000
Total NPV (RS1000)	-	498,321	202,035	38,872	107,024	24,526	870,777
Incremental NPV (RS1000)	-235,406	498,321	202,035	29,612	65,639	24,526	584,727

Note: GPV includes income from by-products

表6.9.2(2) 増加農業便益 (マホタリ)

	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	S. Paddy Irrigated	Wheat	Pulses (Lentil)	Onion	Potato	Others (Oilseeds)	Total
Without Project									
Yield (ton/ha)	2.29	-	-	1.48	0.60	-	-	0.54	
Price (Rs/ton)	10,361	-	-	12,704	14,940	-	-	23,480	
GPV (RS/ha)	24,733	-	-	19,212	9,086	-	-	12,805	
Production Cost (Rs/ha)	9,338	-	-	11,479	3,673	-	-	6,483	
NPV (Rs/ha)	15,395	-	-	7,733	5,413	-	-	6,322	
Cropping Area (ha)	6,300	-	-	1,400	1,400	-	-	700	9,800
Total NPV (RS1000)	96,989	-	-	10,826	7,578	-	-	4,425	119,818
With Project									
Yield (ton/ha)	-	3.40	3.60	2.60	-	13.00	12.00	-	
Price (Rs/ton)	-	10,361	10,361	12,704	-	4,140	4,530	-	
GPV (RS/ha)	-	36,837	38,983	33,751	-	53,820	54,360	-	
Production Cost (Rs/ha)	-	12,697	10,584	13,583	-	26,899	35,598	-	
NPV (Rs/ha)	-	24,140	28,399	20,168	-	26,921	18,762	-	
Cropping Area (ha)	-	7,000	700	3,430	-	1,330	1,540	-	14,000
Total NPV (RS1000)	-	168,980	19,879	69,176	-	35,805	28,893	-	322,734
Incremental NPV (RS1000)	-96,989	168,980	19,879	58,350	-7,578	35,805	28,893	-4,425	202,916

表6.9.2(3) 増加農業便益 (バンケ)

	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	Maize	Mustard	Wheat	Pulses (Lentil)	Potato	Others (Cauliflower)	Total
Without Project									
Yield (ton/ha)	1.95	-	1.61	0.55	1.40	0.68	-	-	
Price (Rs/ton)	10,584	-	10,302	20,330	13,049	21,600	-	-	
GPV (RS/ha)	21,552	-	17,030	11,309	18,598	14,826	-	-	
Production Cost (Rs/ha)	9,618	-	8,626	6,593	10,575	3,763	-	-	
NPV (Rs/ha)	11,934	-	8,404	4,716	8,023	11,063	-	-	
Cropping Area (ha)	6,400	-	800	800	2,400	800	-	-	11,200
Total NPV (RS1000)	76,378	-	6,723	3,773	19,255	8,850	-	-	114,979
With Project									
Yield (ton/ha)	-	3.50	2.60	0.80	2.10	1.00	14.00	11.00	
Price (Rs/ton)	-	10,584	10,302	20,330	13,049	21,600	3,600	7,000	
GPV (RS/ha)	-	38,608	27,498	16,417	27,897	21,807	50,400	77,000	
Production Cost (Rs/ha)	-	13,428	13,058	10,680	13,491	6,058	22,546	19,934	
NPV (Rs/ha)	-	25,180	14,440	5,737	14,406	15,749	27,854	57,066	
Cropping Area (ha)	-	6,960	1,200	1,040	4,000	1,360	1,200	240	16,000
Total NPV (RS1000)	-	175,253	17,328	5,966	57,624	21,419	33,425	13,696	324,711
Incremental NPV (RS1000)	-76,378	175,253	10,605	2,194	38,369	12,568	33,425	13,696	209,731

Note: GPV includes income from by-products

表 6.9.3 (1) 経済内部収益率 (EIRR、ジャバ)

(Unit: Rs. Million)

Year	Project Cost				Project Benefit (2)	Net Benefit (2)-(1)	Present Worth Value				
	Initial Invest. Cost	Replace- ment Cost	O & M Cost	Total (1)			Discount Rate=	0.10	0.20	0.21	
							Project Cost	Project Benefit	Net Benefit	Net Benefit	
1	138	0	0	138	0	-138	125.5	0.0	-115.0	-114.0	
2	166	0	0	166	0	-166	137.2	0.0	-115.3	-113.4	
3	154	0	0	154	0	-154	115.7	0.0	-89.1	-86.9	
4	116	0	0	116	0	-116	79.2	0.0	-55.9	-54.1	
5	254	0	0	254	0	-254	157.7	0.0	-102.1	-97.9	
6	256	0	10	266	257	-9	150.2	145.1	-3.0	-2.9	
7	252	0	15	267	310	43	137.0	159.1	12.0	11.3	
8	252	0	22	274	380	106	127.8	177.3	24.7	23.1	
9	185	0	29	214	432	218	90.8	183.2	42.2	39.2	
10	160	0	36	196	473	277	75.6	182.4	44.7	41.2	
11	0	0	36	36	508	472	12.6	178.1	63.5	58.0	
12	0	22	36	58	531	473	18.5	169.2	53.1	48.0	
13	0	16	36	52	549	497	15.1	159.0	46.5	41.7	
14	0	16	36	52	561	509	13.7	147.7	39.6	35.3	
15	0	0	36	36	569	533	8.6	136.2	34.6	30.5	
16	0	0	36	36	573	537	7.8	124.7	29.0	25.4	
17	0	0	36	36	585	549	7.1	115.7	24.7	21.5	
18	0	0	36	36	585	549	6.5	105.2	20.6	17.8	
19	0	0	36	36	585	549	5.9	95.7	17.2	14.7	
20	0	74	36	110	585	475	16.4	87.0	12.4	10.5	
21	0	74	36	110	585	475	14.9	79.1	10.3	8.7	
22	0	96	36	132	585	453	16.2	71.9	8.2	6.8	
23	0	90	36	126	585	459	14.1	65.3	6.9	5.7	
24	0	90	36	126	585	459	12.8	59.4	5.8	4.7	
25	0	95	36	131	585	454	12.1	54.0	4.8	3.9	
26	0	29	36	65	585	520	5.5	49.1	4.5	3.7	
27	0	29	36	65	585	520	5.0	44.6	3.8	3.0	
28	0	29	36	65	585	520	4.5	40.6	3.2	2.5	
29	0	29	36	65	585	520	4.1	36.9	2.6	2.1	
30	0	25	36	61	585	524	3.5	33.5	2.2	1.7	
31	0	0	36	36	585	549	1.9	30.5	1.9	1.5	
32	0	22	36	58	585	527	2.7	27.7	1.5	1.2	
33	0	16	36	52	585	533	2.2	25.2	1.3	1.0	
34	0	16	36	52	585	533	2.0	22.9	1.1	0.8	
35	0	74	36	110	585	475	3.9	20.8	0.8	0.6	
36	0	74	36	110	585	475	3.6	18.9	0.7	0.5	
37	0	74	36	110	585	475	3.2	17.2	0.6	0.4	
38	0	74	36	110	585	475	2.9	15.6	0.5	0.3	
39	0	74	36	110	585	475	2.7	14.2	0.4	0.3	
40	0	66	36	102	585	483	2.3	12.9	0.3	0.2	
41	0	0	36	36	585	549	0.7	11.8	0.3	0.2	
42	0	22	36	58	585	527	1.1	10.7	0.2	0.2	
43	0	16	36	52	585	533	0.9	9.7	0.2	0.1	
44	0	16	36	52	585	533	0.8	8.8	0.2	0.1	
45	0	0	36	36	585	549	0.5	8.0	0.2	0.1	
46	0	0	36	36	585	549	0.4	7.3	0.1	0.1	
47	0	0	36	36	585	549	0.4	6.6	0.1	0.1	
48	0	0	36	36	585	549	0.4	6.0	0.1	0.1	
49	0	0	36	36	585	549	0.3	5.5	0.1	0.0	
50	0	99	36	135	585	450	1.2	5.0	0.0	0.0	
Total	1.933	1.357	1.552	4.842	25.033	20.191	1.435	2.985	2	47.4	-0.4

EIRR= 21.0
B/C Ratio at 10% 2.08

表 6.9.3 (2) 経済内部収益率 (EIRR、マホタリ)

(Unit: Rs. Million)

Year	Project Cost				Project Benefit (2)	Net Benefit (2)-(1)	Present Worth Value				
	Initial Invest. Cost	Replacement Cost	O & M Cost	Total (1)			D. Rate =				
							0.10	0.13	0.14		
Project Cost	Project Benefit	Net	Project Cost	Project Benefit	Net	Project Cost	Project Benefit	Net	Project Cost	Project Benefit	Net
1	93	0	0	93	0	-93	84.5	0.0	-82.3	-81.6	
2	115	0	0	115	0	-115	95.0	0.0	-90.1	-88.5	
3	111	0	0	111	0	-111	83.4	0.0	-76.9	-74.9	
4	65	0	0	65	0	-65	44.4	0.0	-39.9	-38.5	
5	159	0	0	159	0	-159	98.7	0.0	-86.3	-82.6	
6	157	0	6	163	91	-72	92.0	51.4	-34.6	-32.8	
7	157	0	12	169	132	-37	86.7	67.7	-15.7	-14.8	
8	121	0	19	140	162	22	65.3	75.6	8.3	7.7	
9	118	0	19	137	183	46	58.1	77.6	15.3	14.1	
10	0	0	19	19	193	174	7.3	74.4	51.3	46.9	
11	0	0	19	19	198	179	6.7	69.4	46.7	42.4	
12	0	18	19	37	203	166	11.8	64.7	38.3	34.5	
13	0	18	19	37	203	166	10.7	58.8	33.9	30.2	
14	0	0	19	19	203	184	5.0	53.5	33.2	29.4	
15	0	0	19	19	203	184	4.5	48.6	29.4	25.8	
16	0	0	19	19	203	184	4.1	44.2	26.0	22.6	
17	0	0	19	19	203	184	3.8	40.2	23.0	19.8	
18	0	0	19	19	203	184	3.4	36.5	20.4	17.4	
19	0	0	19	19	203	184	3.1	33.2	18.0	15.3	
20	0	46	19	65	203	138	9.7	30.2	12.0	10.0	
21	0	46	19	65	203	138	8.8	27.4	10.6	8.8	
22	0	64	19	83	203	120	10.2	24.9	8.2	6.7	
23	0	64	19	83	203	120	9.3	22.7	7.2	5.9	
24	0	46	19	65	203	138	6.6	20.6	7.3	5.9	
25	0	44	19	63	203	140	5.8	18.7	6.6	5.3	
26	0	44	19	63	203	140	5.3	17.0	5.8	4.6	
27	0	44	19	63	203	140	4.8	15.5	5.2	4.1	
28	0	44	19	63	203	140	4.4	14.1	4.6	3.6	
29	0	28	19	47	203	156	3.0	12.8	4.5	3.5	
30	0	0	19	19	203	184	1.1	11.6	4.7	3.6	
31	0	0	19	19	203	184	1.0	10.6	4.2	3.2	
32	0	18	19	37	203	166	1.8	9.6	3.3	2.5	
33	0	18	19	37	203	166	1.6	8.7	2.9	2.2	
34	0	0	19	19	203	184	0.7	7.9	2.9	2.1	
35	0	46	19	65	203	138	2.3	7.2	1.9	1.4	
36	0	46	19	65	203	138	2.1	6.6	1.7	1.2	
37	0	46	19	65	203	138	1.9	6.0	1.5	1.1	
38	0	46	19	65	203	138	1.7	5.4	1.3	0.9	
39	0	46	19	65	203	138	1.6	4.9	1.2	0.8	
40	0	0	19	19	203	184	0.4	4.5	1.4	1.0	
41	0	0	19	19	203	184	0.4	4.1	1.2	0.9	
42	0	18	19	37	203	166	0.7	3.7	1.0	0.7	
43	0	18	19	37	203	166	0.6	3.4	0.9	0.6	
44	0	0	19	19	203	184	0.3	3.1	0.8	0.6	
45	0	28	19	47	203	156	0.6	2.8	0.6	0.4	
46	0	28	19	47	203	156	0.6	2.5	0.6	0.4	
47	0	28	19	47	203	156	0.5	2.3	0.5	0.3	
48	0	28	19	47	203	156	0.5	2.1	0.4	0.3	
49	0	28	19	47	203	156	0.4	1.9	0.4	0.3	
50	0	62	19	81	203	122	0.7	1.7	0.3	0.2	
Total	1.096	1.010	835	2.941	8.876	5.935	858.0	1.110.3	23.8	-24.4	

EIRR= 13.5
B/C Ratio at 10% 1.29

表 6.9.3 (3) 経済内部収益率 (EIRR、バンク)

(Unit: Rs. Million)

Year	Project Cost				Project Benefit (2)	Net Benefit (2)-(1)	Present Worth Value			
	Initial Invest. Cost	Replacement Cost	O & M Cost	Total (1)			Rate=	Project Cost	Project Benefit	Net Benefit
1	93	0	0	93	0	-93	84.5	0.0	-81.6	-80.9
2	116	0	0	116	0	-116	95.9	0.0	-89.3	-87.7
3	112	0	0	112	0	-112	84.1	0.0	-75.6	-73.6
4	61	0	0	61	0	-61	41.7	0.0	-36.1	-34.9
5	173	0	0	173	0	-173	107.4	0.0	-89.9	-86.0
6	170	0	5	175	95	-80	98.8	53.6	-36.4	-34.6
7	170	0	10	180	126	-54	92.4	64.7	-21.6	-20.3
8	121	0	15	136	158	22	63.4	73.7	7.7	7.2
9	0	0	15	15	174	159	6.4	73.8	48.9	45.2
10	0	0	15	15	189	174	5.8	72.9	46.9	43.0
11	0	0	15	15	197	182	5.3	69.0	43.1	39.1
12	0	18	15	33	204	171	10.5	65.0	35.5	32.0
13	0	18	15	33	206	173	9.6	59.7	31.5	28.1
14	0	0	15	15	210	195	3.9	55.3	31.1	27.6
15	0	0	15	15	210	195	3.6	50.3	27.3	24.0
16	0	0	15	15	210	195	3.3	45.7	24.0	20.8
17	0	0	15	15	210	195	3.0	41.5	21.0	18.1
18	0	0	15	15	210	195	2.7	37.8	18.4	15.8
19	0	0	15	15	210	195	2.5	34.3	16.2	13.7
20	0	48	15	63	210	147	9.4	31.2	10.7	9.0
21	0	48	15	63	210	147	8.5	28.4	9.4	7.8
22	0	66	15	81	210	129	10.0	25.8	7.2	6.0
23	0	66	15	81	210	129	9.0	23.5	6.3	5.2
24	0	0	15	15	210	195	1.5	21.3	8.4	6.8
25	0	36	15	51	210	159	4.7	19.4	6.0	4.8
26	0	36	15	51	210	159	4.3	17.6	5.3	4.2
27	0	36	15	51	210	159	3.9	16.0	4.6	3.7
28	0	36	15	51	210	159	3.5	14.6	4.1	3.2
29	0	0	15	15	210	195	0.9	13.2	4.4	3.4
30	0	0	15	15	210	195	0.9	12.0	3.8	2.9
31	0	0	15	15	210	195	0.8	10.9	3.4	2.6
32	0	18	15	33	210	177	1.6	9.9	2.7	2.0
33	0	18	15	33	210	177	1.4	9.0	2.3	1.8
34	0	0	15	15	210	195	0.6	8.2	2.3	1.7
35	0	48	15	63	210	147	2.2	7.5	1.5	1.1
36	0	48	15	63	210	147	2.0	6.8	1.3	1.0
37	0	48	15	63	210	147	1.9	6.2	1.2	0.8
38	0	48	15	63	210	147	1.7	5.6	1.0	0.7
39	0	0	15	15	210	195	0.4	5.1	1.2	0.8
40	0	0	15	15	210	195	0.3	4.6	1.0	0.7
41	0	0	15	15	210	195	0.3	4.2	0.9	0.6
42	0	18	15	33	210	177	0.6	3.8	0.7	0.5
43	0	18	15	33	210	177	0.5	3.5	0.6	0.4
44	0	0	15	15	210	195	0.2	3.2	0.6	0.4
45	0	19	15	34	210	176	0.5	2.9	0.5	0.3
46	0	19	15	34	210	176	0.4	2.6	0.4	0.3
47	0	19	15	34	210	176	0.4	2.4	0.4	0.2
48	0	19	15	34	210	176	0.4	2.2	0.3	0.2
49	0	0	15	15	210	195	0.1	2.0	0.3	0.2
50	0	65	15	80	210	130	0.7	1.8	0.2	0.1
Total	1,016	813	660	2,489	9,119	6,630	798.2	1,122.8	14.2	-29.9

BIRR= 14.3
B/C Ratio at 10% 1.41

6.10. 深井戸灌漑ガイドライン

6.10.1. 概 説

本ガイドラインは、テライ平野において深井戸灌漑を計画する場合に適用するものであり、下記の2つの項目からなる。

第一は、1箇所の深井戸施設が支配する経済的に妥当な「最小灌漑面積(LFCA)」とこの面積を灌漑する妥当な「最小深井戸湧水量(LFWY)」に係るガイドラインである。

第二は、テライにおける「帯水層能力の評価」、「生産井の設計」並びに「生産井の建設」に係るガイドラインである。

6.10.2. LFCA及びLFWY

深井戸灌漑の場合、最小灌漑面積(Least Feasible Command Area, LFCA)がどれくらいの規模の場合に経済的に妥当性があるのか、またこの面積を灌漑するのに必要な深井戸湧水量(Least Feasible Well Yield, LFWY)はどの程度なのかを把握し、テライにおける将来の深井戸灌漑事業実施にあたって経済的妥当性を判断する材料を提供する。

LFCAは、ある地区の自然、社会経済、農業条件のもとで経済的に妥当な1カ所の深井戸灌漑施設が支配できる最小面積のことである。LFCAが決定すればLFWYはLFCAに必要な用水量として自動的に決定される。

経済的妥当性の検討は、計画作付体系、生産費、標準変換係数、単収など6.9.節「事業評価」で使用したものと同一条件のもとに行った。また、検討はジャバ郡の代表地区を対象にして行った。設定した条件は次の通りである。

DTW 1本の灌漑面積	100 ha
Without Projectの作付率	126 %
With Projectの作付率	200 %
作付体系	図6.2.1参照
作物価格	第2巻 第8章参照
作物生産費	第3巻 付録-4参照
評価期間	50年
建設期間	1年
更新年	
DTW	20年
ポンプ	15年
OM機器	10年

深井戸の湧水量及び揚水機場に関しては、次の3ケースを設定した。

	湧水量	ポンプ場
ケース1	90 l/s	1カ所
ケース2	45 l/s	2カ所
ケース3	30 l/s	3カ所

事業費は、上記の通り100haの農地を1本の深井戸で灌漑する場合、2本で灌漑する場合、3本で灌漑する場合の3つのケースを想定して算定した。施設配置、数量算定などの検討は、現地で実施した100haのサンプル地区調査の結果作成された詳細地形図に基づいて行った。

経済的事業費の算定に当たっては、財務的事業費のうち土地取得費用、物価上昇費は移転費用のため除外した。また、内貨部分は標準変換係数を用いて国際価格とした。

100haあたりの経済的事業費及び維持管理費を次に示す。

モーターポンプの場合

経済的事業費 (単位:Rs.1,000/100ha)

	ケース1	ケース2	ケース3
内貨(LC)	5,129	5,727	6,358
外貨(FC)	8,901	10,956	13,308
計	14,030	16,683	19,666

経済的維持管理費 (単位:Rs.1,000/100ha/年)

	ケース1	ケース2	ケース3
内貨(LC)	200	287	344
外貨(FC)	25	35	42
計	225	322	386

ディーゼルポンプの場合

経済的事業費 (単位:Rs.1,000/100ha)

	ケース1	ケース2	ケース3
内貨(LC)	7,558	8,483	9,187
外貨(FC)	8,445	9,804	11,157
計	16,003	18,287	20,344

経済的維持管理費

(単位:Rs.1,000/100ha/年)

	ケース1	ケース2	ケース3
内貨(LC)	513	692	807
外貨(FC)	57	76	89
計	570	768	896

100ha当たりの増加農業便益は、表6.10.1のように算定された。以上の各条件のもとに経済内部収益率及び便益/費用率を算定した結果、次の通りとなった。

(モーターポンプの場合)

(ディーゼルポンプの場合)

1) ジャバ

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
EIRR(%)	16.77	13.94	11.75	15.29	12.53	10.69
B/C	1.53	1.26	1.07	1.33	1.12	0.99

2) マホタリ

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
EIRR(%)	15.51	12.69	10.53	13.86	11.04	9.17
B/C	1.38	1.14	0.97	1.20	1.01	0.89

3) バンケ

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
EIRR(%)	15.59	12.81	10.67	13.98	11.21	9.37
B/C	1.40	1.15	0.98	1.22	1.01	0.90

以上の結果を図化したものが図6.10.1及び6.10.2であり、これらから以下のことが判断できる。

- 湧水量が多いほどポンプ場の力所数は少なくて済む
- 年維持管理費は、湧水量が少ないほどポンプ場力所数が多くなるため高くなる
- 埋設パイプの延長は、湧水量が多いほど、即ちポンプ場力所数が少ないほど長くなる
- EIRR及びB/C率はDTWの湧水量が多いほど高くなり、湧水量が少なくなるにつれて低くなる (図6.10.1参照)
- モーターポンプを利用した場合、B/C率が1.0を割るのは湧水量が約30 l/sの付近である
- 従って、この場合「LFCAは約30 l/sの湧水量で灌漑できる約30ha」

- 「LFWYは約30 l/sである」。
- ディーゼルポンプの場合、B/C率が1.0を割るのは湧水量が約45 l/sの付近である
- 従って、この場合「LFCAは約45 l/sの湧水量で灌漑できる約45ha」であり、
- 「LFWYは約45 l/sである」と言える。

表6.10.1(1) 増加農業便益 (ジャバ)

	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	S. Paddy Irrigated	Maize	Wheat	Miscellaneous (Mustard)	Total
Without Project							
Yield (ton/ha)	2.33	-	-	1.31	1.59	-	
Price (Rs/ton)	10,106	-	-	9,567	12,312	-	
GPV (RS/ha)	24,321	-	-	12,815	19,951	-	
Production Cost (Rs/ha)	8,935	-	-	7,368	10,588	-	
NPV (Rs/ha)	15,386	-	-	5,447	9,363	-	
Cropping Area (ha)	90	-	-	10	26	-	126
Total NPV (RS1000)	1,385	-	-	54	243	-	1,683
With Project							
Yield (ton/ha)	-	4.00	3.80	2.70	2.70	0.80	
Price (Rs/ton)	-	10,106	10,106	9,567	12,312	23,110	
GPV (RS/ha)	-	42,152	39,987	26,412	33,880	18,673	
Production Cost (Rs/ha)	-	12,839	10,276	11,168	12,895	9,055	
NPV (Rs/ha)	-	29,313	29,711	15,244	20,985	9,618	
Cropping Area (ha)	-	100	40	15	30	15	200
Total NPV (RS1000)	-	2,931	1,188	229	630	144	5,122
Incremental NPV (RS1000)	-1,385	2,931	1,188	174	386	144	3,440

Note:GVP includes income from by-products

表6.10.1(2) 増加農業便益 (マホタリ)

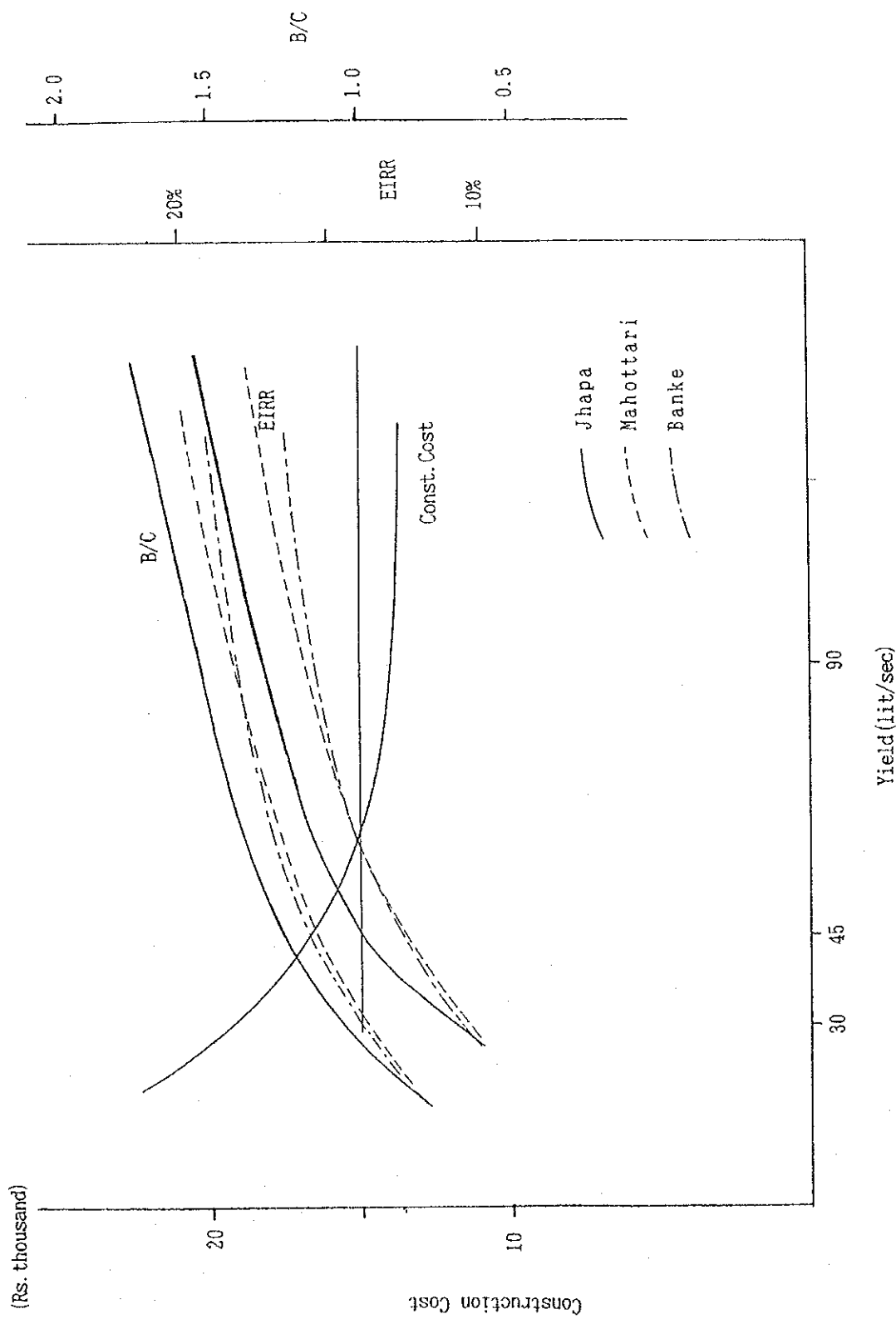
	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	S. Paddy Irrigated	Wheat	Pulses (Lentil)	Onion	Potato	Others (Oilseeds)	Total
Without Project									
Yield (ton/ha)	2.29	-	-	1.48	0.60	-	-	0.54	
Price (Rs/ton)	10,361	-	-	12,704	14,940	-	-	23,480	
GPV (RS/ha)	24,733	-	-	19,212	9,086	-	-	12,805	
Production Cost (Rs/ha)	9,338	-	-	11,479	3,673	-	-	6,483	
NPV (Rs/ha)	15,395	-	-	7,733	5,413	-	-	6,322	
Cropping Area (ha)	90	-	-	20	20	-	-	10	140
Total NPV (RS1000)	1,386	-	-	155	108	-	-	63	1,712
With Project									
Yield (ton/ha)	-	3.40	3.60	2.60	-	13.00	12.00	-	
Price (Rs/ton)	-	10,361	10,361	12,704	-	4,140	4,530	-	
GPV (RS/ha)	-	36,837	38,983	33,751	-	53,820	54,360	-	
Production Cost (Rs/ha)	-	12,697	10,584	13,583	-	26,899	35,598	-	
NPV (Rs/ha)	-	24,140	28,399	20,168	-	26,921	18,762	-	
Cropping Area (ha)	-	100	10	49	-	19	22	-	200
Total NPV (RS1000)	-	2,414	284	988	-	511	413	-	4,610
Incremental NPV (RS1000)	-1,386	2,414	284	834	-108	511	413	-63	2,899

Note:GVP includes income from by-products

表6.10.1(3) 増加農業便益 (パンケ)

	M. Paddy Rainfed	M. Paddy Irrigated	Maize	Mustard	Wheat	Pulses (Lentil)	Potato	Others (Cauliflower)	Total
Without Project									
Yield (ton/ha)	1.95	-	1.61	0.55	1.40	0.68	-	-	
Price (Rs/ton)	10,584	-	10,302	20,330	13,049	21,600	-	-	
GPV (RS/ha)	21,552	-	17,030	11,309	18,598	14,826	-	-	
Production Cost (Rs/ha)	9,618	-	8,626	6,593	10,575	3,763	-	-	
NPV (Rs/ha)	11,934	-	8,404	4,716	8,023	11,063	-	-	
Cropping Area (ha)	80	-	10	10	30	10	-	-	140
Total NPV (RS1000)	955	-	84	47	241	111	-	-	1,437
With Project									
Yield (ton/ha)	-	3.50	2.60	0.8	2.10	1.00	14.00	11.00	
Price (Rs/ton)	-	10,584	10,302	20,330	13,049	21,600	5,420	7,000	
GPV (RS/ha)	-	38,608	27,498	16,417	27,897	21,807	75,880	77,000	
Production Cost (Rs/ha)	-	13,428	13,058	10,680	13,491	6,058	22,546	19,934	
NPV (Rs/ha)	-	25,180	14,440	5,737	14,406	15,749	53,334	57,066	
Cropping Area (ha)	-	87	15	13	50	17	15	3	200
Total NPV (RS1000)	-	2,191	217	75	720	268	800	171	4,441
Incremental NPV (RS1000)	-955	2,191	133	27	480	157	800	171	3,004

Note:GVP includes income from by-products



(モーターポンプの場合)

図 6.10.1 L F C A 及び L F W Y

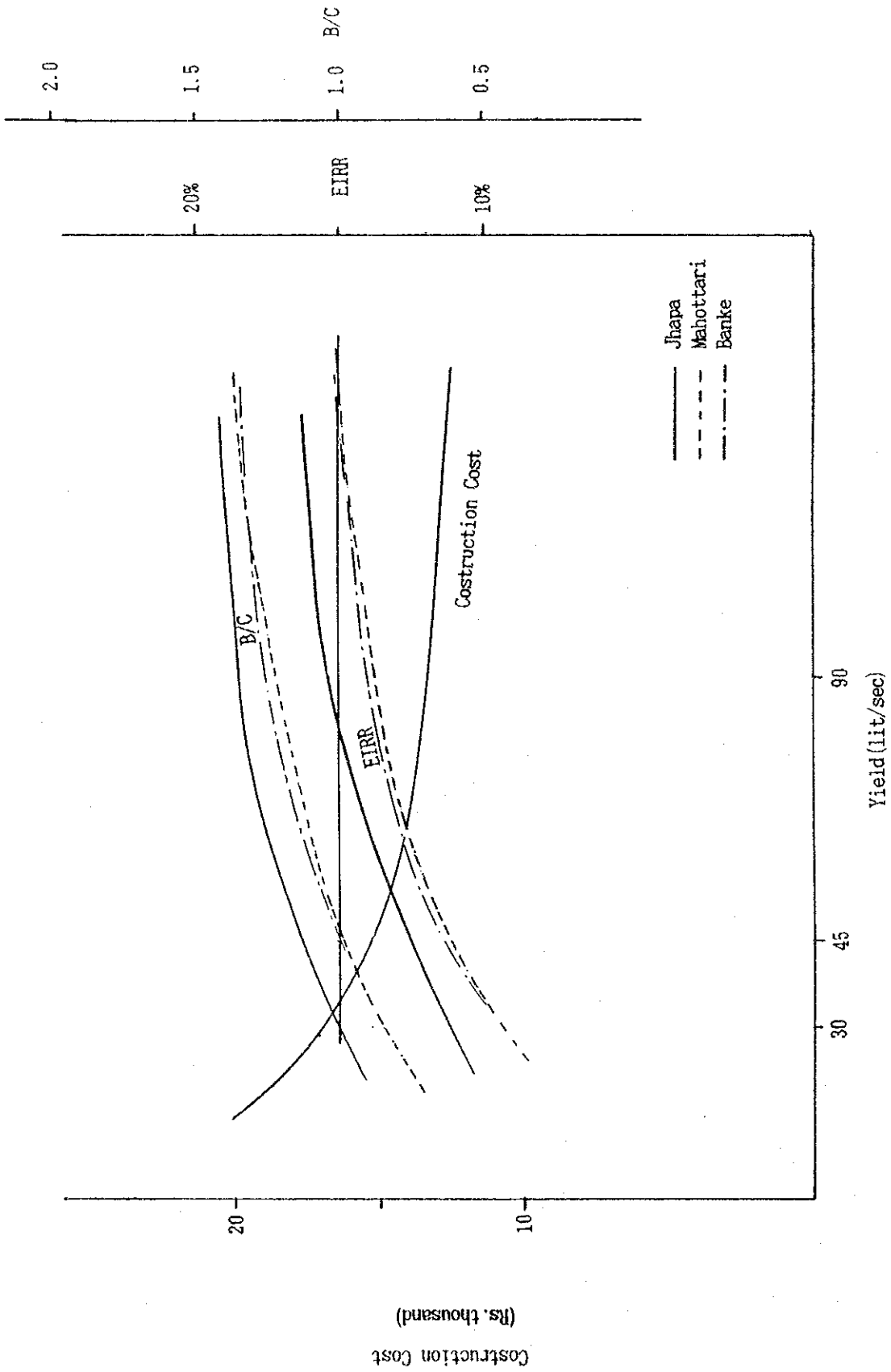


図 6.10.2 LFCA及びLFWY (ディーゼルポンプの場合)

6.10.2 LFCA及びLFWY

6.10.3. 帯水層及び生産井

(1) 帯水層の能力

深井戸灌漑の計画に際し、もっとも重要なことはその地域の地下水ポテンシャルの評価である。このためには、調査井戸から得られた岩相柱状図を孔内検層結果と対比させ、帯水層単元を確立することが重要である。さらに、地域周辺の広域的な地質分布から沖積地の地下に埋積する「段丘堆積物」及び「チュリア層」の存在を予測して、それぞれの地質単位ごとの地下水ポテンシャルを評価することが重要である。

すなわち、テライ平野に分布する帯水層の大部分は未固結の粘土・シルトと砂・砂礫層の頻繁な互層で、その帯水層は60~100 l/s程度の地下水産水量を得るのに十分と考えられる。問題は、テライ平野の地下浅層部に分布する「チュリア層」の存在である。ネパールガンジ近くの沖積平野で確認された難透水性地層からなるチュリア層は、透水性地層の含有率は15%程度と低く、透水量係数は200m²/dayときわめて低い。このような地質分布は、広域的な地質図の検討、調査井戸から得られた地質サンプルの検討、航空写真の詳細な読みとりなどから比較的容易に知ることができる。

(2) 生産井の設計

井戸の口径は、必要な揚水量により決定される。口径150mm、200mm、250mmの3種類の井戸でのスクリーン流入速度を揚水量120 l/sでもって比較すると、それぞれ3.4、2.5、2.0cm/sと計算できる。限界流速を3cm/sと設定した場合、「推薦できる生産井の口径は250mm」である。ここで井戸の口径を250mm、スクリーンの開口率25%、井戸産水量120 l/s、流入速度2 cm/sと設定すると「必要なスクリーン長は約31m」である。

必要な井戸の深さは、必要地層長にハウジングの長さを足したものになる。ハウジングの長さは、水位の季節変化を考慮した自然水位に水位降下量を加えた長さで50mが妥当である。揚水量を120 l/sと設定した場合、大部分の沖積地での井戸深度は100m以内である。必要な井戸深度が100m以上130mまでの地域は、ジャバ地区の段丘地、マホタリ地区の南部沖積地、バンケ地区のバーバル帯である。チュリア層のシルト岩が分布すると推定されるバンケ地区の中央部では、必要な井戸深度は288mと計算されている。

以上の説明から、「テライ平野地区で必要とされる井戸深度は、揚水量120 l/sまでは、おおむね130m」で十分である。

(3) 生産井の建設

a) 掘削方法

井戸掘削は、地質によって方法を変える必要がある。巨礫、大礫の分布が予測されるパーバル帯では、パーカッション法による掘削が妥当である。テライ平野の南部では、地層は細粒となるためロータリ法の採用が可能となる。特殊な場所を除き、対象となる地層は未固結の砂・砂礫、粘土・シルトの互層であることを念頭にいれ、もっとも経済的な掘削機の選定に留意すべきである。

b) 掘削循環液の比重

掘削の対象となる地層が未固結層であり、かつ被圧帯水層を含んでいるため、循環液の選択には十分な注意が必要である。水をベースにした掘削循環液には清水、粘土（ベントナイト）添加水、ポリマー添加水、粘土（ベントナイト）およびポリマー添加水等があるが、テライ平野のように未固結層の場合は粘土およびポリマーの添加のみを考慮にいとよい。自然水位が地表面に維持されている帯水層の分布地域では、バライトなど大きい比重の添加物を混入した掘削液は不要である。被圧水頭が9mと記録されているジャバ地区の段丘地周辺の様に「被圧水頭が地表より高い地区では、通常より濃度の高いベントナイト液もしくはバライトの添加」が必要となる。しかし、「過剰に高い比重の掘削液の使用は、掘削液の逸水、帯水層の目詰り、揚水コストの上昇などの原因となるので注意が必要」である。

c) ケーシングおよびスクリーン

・「ケーシング」

ケーシングおよびスクリーンの材質の選択は、生産井の寿命を少なくとも25年以上と見積もってなされるべきである。これに関連して、地下水の水質はケーシングの材料選択にとって重要である。“さび”や“スケール”がスクリーンやケーシングに生じた場合には、井戸の産水量や寿命に影響するため、これに関する水質評価は重要である。

ジャバ地区の水質で問題となる井戸はカンカイ河沖積地に位置する井戸である。これ以外の地下水の水質は問題ない。「問題となる水質が分布する地域では、とくにスクリーンの材質をステンレス・スチールとすべきである」。

マホタリ地区の水質は、pHがやや高い地下水が分布するので水質評価が必要である。

バンケ地区の水質はGWRDB/USAIDにより分析されている。これによれば、ほとんどの井戸のpHが7.5以上と非常に高い。利用に当たっては再度水質評価を行う必要がある。

・「スクリーン」

深井戸灌漑用地下水の必要揚水量は、100 l/s程度となるため、スクリーンの形式はもっとも開口率の大きい「連続巻線型とすべきである」。前項で述べたように、必要な開口率は最低25%と見積もることができる。この要求を満足させるスクリーンは、連続巻線型スクリーンのみである。テライにおける深井戸に適用するスクリーンの強度は、連続巻線型事故例があるのでよく検討しなければならない。スクリーンには垂直圧縮、引っ張り、外圧（水平力）の3種類の負荷が作用する。垂直圧縮や引っ張りは、ケーシングやスクリーンの挿入時に生じやすく、外圧は砂利パッキングの際やデイベロップメントの最中に発生している。また、地震によるスクリーンの崩壊も発生していると報告されている。

テライにおける150mの井戸で要求される外圧耐力は安全率を100%見込むと30kg/cm²であるのに対し通常の連続巻線型ではこの数値に満たないため、「強化スクリーンを使用することを強く推奨する」。

第7章

結論及び提言

第7章 結論及び提言

7.1. 結論

7.1.1. 概説

本節では、上記の調査結果の主幹をなす「地下水資源の評価」及び「深井戸灌漑マスタープラン」をまとめて結論とする。

7.1.2. 地下水資源の評価

地下水資源の評価は、まず調査対象3地区における既往の地下水調査及び既設の深井戸資料などから各地区の水文地質及び地下水の諸条件を明らかにするとともに標準的深井戸の平均湧水量を下記のように評価した。

地 区	: 深井戸湧水量 (l/s)
ジャバ	: 91
マホタリ (南部)	: 66
(北部)	: 97
バンケ	: 110

ジャバ郡南西部に選定した代表地区については、地形、気象、水文、水文地質などの詳細調査結果に基づき地区の周辺も含む解析対象地域 (面積719km²) をカバーする水文収支シミュレーション・モデルを構築し、14カ年にわたる現況及び将来予測のシミュレーションを行い地下水資源の評価を行なった。この結果、代表地区の現況の平均的水文収支 (単位; 百万m³/年) は、降雨量1,903 (100%) のうち、蒸発散量は555 (29%)、地表水 (カンカイ川を含む) の流入及び流出はそれぞれ3,790及び4,874、その差1,084 (57%)、地下水涵養量369 (19%)、地下水流出量360、地下水揚水利用量は3である。地下水系を見ると現在年平均360百万m³の地下水涵養があるが、地下水利用は3百万m³でしかなく、360百万m³は地区外に流出している。

代表地区 (17,000ha) の灌漑 (ピーク用水量: 0.8 l/s) を行なった場合、10年確率渇水年の用水量は131百万m³であり上記の地下水涵養量の36%に過ぎない。この揚水量を適用したシミュレーション (限界水頭降下量30mと設定) でも14カ年間不足を生ずることはない。シミュレーションによれば限界水頭降下量に達するには、計画用水量のおよそ1.35倍の206百万m³ (涵養量の57%) の揚水が必要になる。上記の結果からジャバ地区の地下水資源は年間およそ200百万m³あり、本灌漑計画を実施してもなお35%の余裕があることが明らかとなった。

マホタリ及びバンケ地区については、ジャバ地区のようなシミュレーションは実施されていない。しかしマホタリ地区は、気象、水文、水文地質などの地下水環境は、ジャバ地区と大差なく同様な地下水ポテンシャルがあると見られる。

バンケ地区は他の2地区と比べると降雨量が少なく、地下水ポテンシャルの高いガンジス沖積層は南部地帯に限定して分布している。本地区での大規模な地下水資源開発は、この南部地帯に限られると見られる。

7.1.3. 深井戸灌漑マスタープラン

(1) 農業開発計画

農業開発は、作物の多様化、生産性の拡大、農家所得の向上を基本戦略として策定した。調査対象3地区の計画作付体系及び作付率などの要約を下表に示す。

地 区	ジャバ	マホタリ	バンケ
作物体系 (現況)	小麦・メイズ・雨期稲	豆類・小麦・雨期稲	芥子菜・豆類・メイズ・小麦・雨期稲
(計画)	小麦・メイズ・乾期稲 雨期稲	玉葱・ジャガ芋・小麦・雨期稲	芥子菜・豆類・ジャガ芋・メイズ・雨期稲
作付率 (現況)	120%	140%	140%
(計画)	200%	200%	200%

(2) 灌漑計画

各地区の降雨、土壌、作付体系などの条件から各地区のピーク灌漑用水量（施設設計流量）は、ジャバ； 0.8 l/s/ha、マホタリ； 1.0 l/s/ha、バンケ； 0.7 l/s/haとした。各地区の灌漑面積から10年渇水年における年間必要水量は、ジャバ； 131百万m³、マホタリ； 72百万m³、バンケ； 66百万m³となる。

(3) 水源計画

各地区の標準深井戸（深度130～150m、口径250mm、水位降下量20m）の平均湧水量、単位用水量から決定される深井戸の平均支配面積及び全地区をカバーする灌漑ユニット数は、下表のようにまとめられる。

地 区	ジャバ	マホタリ		バンケ
		(南部)	(北部)	
深井戸湧水量 (l/s)	120	66	97	110
平均支配面積 (ha)	150	66	97	157
灌漑ユニット数	113	31	61	51

(4) 施設計画

深井戸当たりの灌漑ユニットは、水源施設（井戸、揚水機場、地区内送電線など）、送水系統（パイプラインシステム及びバルブ）、末端配水土水路（支配面積4～6ha）、排水路（単位排水量4 l/s/ha、密度40m/ha）並びに村落道路（幅員6m、密度4～5m/ha）及び連絡道路（幅員3m、密度4～5m/ha）である。

(5) 事業計画

上記の施設計画から本計画の事業量は以下のようにまとめられる。

地 区	ジャバ	マホタリ	バンケ
灌漑面積 (ha)	17,000	7,000	8,000
深井戸数	113	92	51
揚水機場			
・ポンプ数	113	92	51
・送電線延長 (km)	170	70	80
送水水路			
・延長 (km)	680	300	320
・バルブ数	4,070	1,750	1,940
配水路延長 (km)	1,240	560	610
排水路延長 (km)	770	330	360
道路延長 (km)	170	74	77
建屋数	2	2	2

(6) 事業実施計画

本事業実施工程は下記のように計画される。

地 区	ジャバ	マホタリ	バンケ
全体工程（年）	10	9	8
事業準備（年）	3	3	3
土地収用（年）	5	4	4
道路建設（年）	4	4	4
施設建設（年）	6	5	4

(7) 組織及び維持管理

事業実施主体は灌漑局とし、各地区ごとに設立した専任の事業所で事業を実施するものとする。事業所は、農業、農民組織、技術、維持管理などの部から構成する。普及・指導を担当する農業部の下には農業サブセンターを設け区域ごとの農民との接触を密にする。

事業の実施期間を通じて事業所農民組織部は灌漑ユニット毎に受益各農家から構成される水利組合、さらに地区ごとに水利組合から構成される水利組合連合会の設立及び運営の指導を行なう。

事業実施の初期においては揚水機場の運用維持管理は事業所の管理となるが、徐々にこれらの管理を水利組合に移管する。事業完成時点では、事業所の農業、農民組織、維持管理の各部門の機能は水利組合連合会に移管し、技術的な支援サービス以外の運用維持管理、普及、インプットの購入、配布、農産物の販売などすべてを農民組織に移管する方針とする。

(8) 環境配慮

本計画において配慮すべき最重要な環境項目は、地下水に係る既得水利権である。ジャバ地区におけるシミュレーションによると、最大20mの水頭降下が起こる可能性がある。このような水頭降下は、既設の水道水源井や家庭用の浅井戸の湧水量に影響を与えないとはいえない。事業実施の過程において水源転換などの補償対策が必要となろう。

水質汚染、地盤沈下など地下水開発に係るその他の環境項目に関しては、発生する可能性は少ない。

(9) 事業費

直接工事費、資機材費、技術費、事務費、予備費、物価上昇費を含んだ各地区の総事業費

は以下のとおりである。

ジャバ地区	Rs. 2,889百万	(US\$57.8百万、US\$3,400/ha)
マホタリ地区	Rs. 1,584百万	(US\$31.7百万、US\$4,500/ha)
バンケ地区	Rs. 1,510百万	(US\$30.2百万、US\$3,800/ha)

(10) 事業評価

各地区の建設費及び年間維持管理費の財務的及び経済的価格は以下のように算定される

(単位：百万ルピー)。

	建設費		年間維持管理費	
	財務的価格	経済的価格	財務的価格	経済的価格
ジャバ地区	2,889	1,932	39	36
マホタリ地区	1,584	1,098	21	19
バンケ地区	1,510	1,019	16	15

農業生産便益 (単位：百万ルピー/年) は、ジャバ地区；585、マホタリ地区；203、バンケ地区；210と評価された。

上記の事業費と農業生産便益の対比の結果、各地区における経済的內部収益率は下記のとおりとなり、いずれの地区の事業も経済的に妥当である。

経済的內部収益率 (%)

ジャバ地区	：	21.0
マホタリ地区	：	13.5
バンケ地区	：	14.3

農家財務分析の結果、各地区の平均農家の可処分所得は事業実施の前後で下記のようになる。

	経営規模 (ha)	可処分所得 (Rs)
ジャバ地区 (事業前) :	1.41	1,473
(事業後) :	1.41	2,680
(差) :		1,207
マホタリ地区 (事業前) :	1.09	6,769
(事業後) :	1.09	8,581
(差) :		1,812

バンケ地区	(事業前) :	1.37	4,790
	(事業後) :	1.37	9,038
	(差) :		4,248

(11) 深井戸灌漑ガイドライン

上記の検討の結果、テライにおける深井戸灌漑計画の策定に係るガイドラインとして下記の2項目が重要である。

a) LFCA及びLFWY

テライにおいて1本の深井戸が支配する経済的に妥当な最小の灌漑面積(LFCA)は、モーターポンプを適用する場合テライの東西にかかわらずおよそ「30ha」である。この地区を灌漑するために必要な最小の深井戸湧水量(LFWY)は「30 l/s」である。したがって、深井戸の湧水能力が「30 l/s」以下の地区では、深井戸灌漑は経済的に妥当ではないことになる。

b) 帯水層

テライにおける「沖積帯水層」においては、60~100 l/sの深井戸湧水量を得ることができる。ただし、「チュリア帯水層」は、一般に透水性地層の含有率並びに透水量係数が低く、所定の深井戸湧水量が得られない場合がある。したがって深井戸灌漑計画の策定に当たり、「チュリア層」の分布については十分な水文地質的検討が必要である。

c) 生産井の設計

テライの沖積帯水層地区における湧水量120 l/sまでの生産井戸の諸元は、標準的にはスクリーン口径250mm、開口率25%、延長30m、ハウジング延長50m、井戸深度100~130mである。

d) 生産井戸の建設

生産井は、ババル帯の巨礫分布地区ではパーカッション工法を、他の地区ではロータリー工法を採用して掘削することが経済的である。

生産井の掘削に当たっては循環液の選択に留意すべきである。自然水頭が地表以下の場合には通常のベントナイト液を適用してよいが、地表を超える被圧水頭がある場合にはベントナイトとバライトの混合液を適用すべきである。テライにおいては、生産井の湧水量を著しく低下させる原因となるので、過剰な濃度の循環液の使用は絶対さけるべきである。

テライにおける生産井に適用するスクリーンは、開口率25%以上、外圧耐力30kg/cm²以上の強化連続捲線型のものとする必要がある。また水質によっては、ステンレス製とするべきである。

7.2. 提言

7.2.1. 概説

上記のように、本調査は調査対象3地区の地下水ポテンシャルは深井戸灌漑を展開する十分な可能性を示し、策定された深井戸灌漑計画は経済的に妥当であることを明らかにした。

本節では、調査対象3地区に係る将来の事業化に当たっての提言を申し述べる。

7.2.2. モニタリングの持続的実施

本調査の過程で、地下水資源評価の一手法を適用した。この評価では、地形、地質気象、水文、水文地質、地下水などの自然条件の同定に加えて、気象、水文、地下水の水文挙動並びに地下水利用量の時系列観測記録が不可欠であることを提示した。この観測記録のうち、地下水頭観測記録は地下水の水文挙動を示す唯一のもので、地下水資源評価に最も重要な役割を果たしている。

調査対象3地区において早急な観測網の設定と持続的な観測を、灌漑局に対して強く勧める。

7.2.3. 調査対象3地区の事業化

調査対象の3地区について事業実施に向けて今後必要な調査について提言する。

(1) ジャバ地区

本地区について実施された地下水資源の評価及び開発に係る調査研究は、マスタープラン段階を超え、フィージビリティ調査の段階のものに到達していると見られる。また、事業は経済的に優れており、第8次計画の重点目標である農業生産及び多様化の拡大及び地域経済の発展に寄与するとともに、地域に対する灌漑農業の展示効果も極めて高いと思われるので、灌漑局は本地区のうち30灌漑ユニット（4500ha）程度の先行事業を促進すべきである。

計画対象地区のほとんどの農民は灌漑農業の導入に熱心であるが、地表水、浅井戸、深井戸灌漑のいずれも未経験である。したがって、水利組合はまだ組織されたことがない。今後、深井戸灌漑ユニットの同定のための地形測量、地籍調査、受益農民に対する啓蒙教育、水利組合の組織化など事業化までの準備作業が山積みになっているが、灌漑局は先行計画においてこれらの作業についての十分な能力と経験がある。既述したように、本事業が成功を納めるには、事業完成後の水利組合連合会（WUA）を主体とする施設の運用管理及び農業普及に対し、関連行政機関の綿密な支援サービスが不可欠である。灌漑局は、農業局と協調して具体

的な措置を含む「支援サービスに係るプログラム」を策定し、事業資金援助側に事前に提示する必要がある。

(2) マホタリ地区

本地区は比較的多くの既設深井戸があり、水文地質及び地下水情報は多い。しかしながら3地区のうちで経済的優先性は最も低いため、バンケ地区の次の地位を占めることになる。バンケ地区と同様、地下水資源の評価を柱としたフィージビリティ調査が必要である。

(3) バンケ地区

本調査の経済評価によると、本地区はジャバ地区に次ぐ優先性がある。本地区の深井戸灌漑の導入の要望は強いものの、水文地質、地下水などの情報は目下乏しい。本地区は事業の実施に先立って、観測井戸の試掘を柱とした水文地質調査、本格的地下水資源の評価など、ジャバ地区と同様のフィージビリティ調査が必要である。灌漑局は、引き続き本地区のフィージビリティ調査を行なうべきである。

JICA