

国際協力事業団
ネパール王国
水資源省灌漑局

テライ平野農業水資源開発計画調査
ファイナル・レポート

主報告書

平成7年3月

株式会社 三祐コンサルタンツ

ネパール王国

テライ平野農業水資源開発計画調査

ファイナル・レポート

主報告書

平成7年3月

株式会社 三祐コンサル



JICA LIBRARY



1121101181

国際協力事業団

28093

国際協力事業団
ネパール王国
水資源省灌漑局

テライ平野農業水資源開発計画調査
ファイナル・レポート

主 報 告 書

平成7年3月

株式会社 三祐コンサルタンツ

序 文

日本国政府は、ネパール王国政府の要請に基づき、同国のテライ平野農業水資源開発計画にかかるマスタープラン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3年11月から平成6年12月までの間、6回にわたり、(株)三祐コンサルタ
ンツの吉川 満氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ネパール王国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
を実施し、帰国後の国内作業を経て、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7年3月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁 藤 田 公 郎

伝 達 状

国際協力事業団
総 裁 藤 田 公 郎 殿

今般、ネパール王国におけるテライ平野農業水資源開発計画調査が終了致しましたので、ここにファイナル・レポートを提出致します。

本報告書には、日本政府関係省庁や国際協力事業団の上記計画策定に関する助言や提言、並びにネパール王国で持たれた水資源省灌漑局との会議でのコメント等を反映して、計画地域の農業を目的とした水資源開発計画を取りまとめております。

本調査は、ジャバ、マホタリ、バンケ郡の3調査対象地区並びに周辺地域の社会経済、気象、水文、地形、地質、水文地質、地下水、農業、灌漑など深井戸灌漑に関連する分野をカバーしており、特にジャバ郡に関しては「代表地区」として集中的な各種現地調査を実施しております。

本調査の結果、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に十分な可能性を有すると共に、経済的に妥当な深井戸灌漑計画を策定しております。また、本調査を通じて気象、水文、地下水の挙動並びに地下水利用量の時系列観測記録が地下水資源評価に不可欠であることを提示しております。

調査対象3地区のうちジャバ郡については、実証的かつ展示的の目的で30灌漑ユニット(4,500 ha)程度の事業の先行実施が提言されるとともに、他の2地区は、より詳細な地下水資源評価を必要とするため、さらにフィージビリティ調査を実施することが勧められます。

終わりに、国際協力事業団、外務省、農林水産省やネパール王国水資源省灌漑局及び関係省庁の調査団に対する多大な協力に対して深甚の謝意を表します。

平成7年3月

吉川 満

テライ平野農業水資源開発計画
調査団団長

要 約

要 約

1. 背景及び経緯

農業生産の停滞と人口増加に起因してネパール王国（以下「ネ」国）の食糧自給率は低下の一途をたどっている。この事態の打開のため「ネ」国政府は、灌漑農業の普及を柱とする農業生産の拡大を国家開発計画の主要目標の一つとしてきた。

「ネ」国の灌漑行政の責任機関である水資源省灌漑局は、テライ平野に豊富な深層の地下水資源を灌漑用水源の一つとして開発する「深井戸灌漑計画」を展開している。その一環として灌漑局は「ネ」国政府を通じてわが国政府に「ネパール国テライ平野農業水資源開発計画調査」を要請した。この要請を受けてわが国政府は国際協力事業団を通じて本調査を実施することとした。

2. 調 査

本調査は、「ネ」国の穀倉地帯である同国南部テライ平野のそれぞれ東部、中部、西部に位置する「ジャバ」、「マホタリ」、「バンケ（バルデア郡の一部を含む）」の3郡を対象とし、「深井戸灌漑可能地区の選定」、「地下水資源の評価」、「深井戸灌漑に係るマスタープランの策定」などを主な目的とするものである。国際協力事業団が派遣した調査団は灌漑局のカウンターパート要員と共同して、1991年10月から1994年7月までの36カ月に亘り本調査を実施した。

3. 調査対象地区

調査団は、ジャバ郡の南東部地区（灌漑面積17,000ha）、マホタリ郡の南部（4,000ha）及び北部（3,000ha）の2団地（合計7,000ha）、バンケ郡の南部（8,000ha）を選定し、必要な各種の調査を実施した。

4. 調査の内容

本調査は、調査対象地区並びに周辺地域の社会経済、気象、水文、地形、地質、水文地質、地下水、農業、灌漑など深井戸灌漑に関連する分野をカバーするものである。特にジャバ郡の調査対象地区は「代表地区」とし、集中的な各種現地調査を実施した。この調査は、気象水文観測、観測井戸及び水位観測井戸の掘削及び各種試験（合計20本、最大深度300m）、各種地下水観測調査、農業及び灌漑調査（サンプル地区の地形測量を含む）などが

ら構成された。

調査団は、上記の調査結果に基づき、対象地区の「地下水資源の評価」及び「深井戸灌漑マスタープランの策定」、「深井戸灌漑ガイドラインの作成」、気象、水文、水文地質に係る「データベース」並びに「監視網の運営」計画の策定などの作業を行なった。

5. 「ネ」国の概況

(1) 自然環境

「ネ」国はヒマラヤ山脈の南麓のほぼ中央部に位置し、北を中国に東西及び南の3方をインドに囲まれた国土面積約147千km²の内陸国である。「ネ」国の地形及び地質はヒマラヤ弧に平行な5地帯に分類される。南から北に沖洪積の堆積層から構成され「ネ」国の穀倉地帯である低平なテライ平野、更新世までの堆積層で構成されるチュリア丘陵、先カンブリア系の岩石からなる山地地帯、ヒマラヤ山岳地帯及びヒマラヤ後背地である。

「ネ」国ではテライにおける熱帯型から山岳地帯のアルペン型まで広範囲の気象が見られる。したがって降雨も地域により年6,000mm～250mmと極端な分布を見るが、平均的には1,500mm～2,500mmの範囲にあり、その80%は6月から9月のモンスーン期に集中する。「ネ」国を流下する河川はすべてガンジス河の支流である。ヒマラヤ山岳地帯に源を発する河川は通年河川であるが、その他の河川はモンスーン期だけ流水のある季節河川である。「ネ」国の気象水文観測は水資源省気象水文局で一元的に扱われており、観測記録は不定期ながら刊行されている。

(2) 社会経済

1991年の「ネ」国の全人口は1,849万人、年人口増加率は2.1%、人口密度は126人/km²である。

農業は「ネ」国の基幹産業であり、1991/92年度に国内総生産の49%、経済活動人口の81%を占めている。同年の国内総生産は、1,262億ルピー（約30億米ドル）、国民一人当たり180米ドルである。

(3) 農業

「ネ」国の代表的農産物は米、メイズ、小麦、大麦、シコクビエ、豆類である。1992/93年度には約290万haの農地に作付けされ、490万トンの食糧穀物と33万トンの他の換金作物が生産された。「ネ」国は1980年代半ばまでは食糧輸出国であったが、近年では人口増加による需要の伸びにより自給率は85～90%に低下している。1989/90年時点で「ネ」国の総農地面積はおよそ300万ha、その42%、120万haがテライ平野にある。灌漑可能面積は全国で220万haに達するが現在の実灌漑面積は94万haで、そのうち65%、61万haはテライにあ

る。

(4) 政治及び行政機構

「ネ」国の政治機構は立憲君主制である。1962年に初めて憲法が発布され、無政党のパンチャット（政治評議会）制度が設立された。1990年に国王はパンチャット制度を解消し、1991年早々に多党制に基づく新憲法が発布され総選挙による新政府が組織された。「ネ」国の中央政府組織は、総理大臣が議長を務める閣僚評議会のもと21の省庁などから構成される。「ネ」国は開発及び行政の単位として5つの開発地域、14の開発ゾーン及び75の郡に区分されている。開発事業を担当する中央省庁は、開発計画を監督指導をするため各地域並びに郡に事務所を設置している。

灌漑セクターに係る政府機関のうち水資源省灌漑局は新規灌漑計画の立案、実施、完工した大規模事業の維持管理などに責任をもっている。灌漑局は灌漑管理、大中規模灌漑事業、地下水利用、計画、河川管理などの中央部局のほか、国営事業毎の事業管理局及び5つの開発地域毎にいくつかの郡灌漑事務所を管轄する地域灌漑局などの外局を擁している。農業省農業局は、農業普及プログラムに対して責任をもっている。ネパール農業開発銀行は農業セクターに対する金融を行なっている。この金融の成功例として、1988年までに61,000haをカバーする浅井戸灌漑プログラムに対する融資が挙げられている。農業資材公社は化学肥料、改良種子、農薬、農機具の輸入及び国内流通を行なっている。

(5) 開発計画

1956年に第1次国家開発計画が策定されて以来、パンチャット制度のもとで7次に亘る計画が実施された。新政府は、既往の計画の成果を評価、反省して「第8次計画(1992～1997)」を策定した。この計画の主要目標は、実質的経済成長、貧困の解消、地域格差の解消とし、優先施策として農業の強化及び多様化、エネルギー開発、地方社会基盤の開発、雇用の創出及び人的資源の開発、人口増加の抑制などである。

「ネ」国政府は、自国民の食糧、衣服、家屋、健康、教育及び安全の6分野にわたるベーシック・ニーズを2000年までに充足することを目的とする「ベーシック・ニーズ・プログラム(1985～2000)」を策定した。ベーシック・ニーズのうち最も重要な食糧生産計画は、国民一人一日当たり最低2,250カロリーの必要量及び2000年の推定人口2,300万をもとにすると主要食糧生産量は660万トン（未加工ベースで980万トン）としている。この量は1984/85年度の実績480万トンの2倍であり、年平均増産率6.5%を達成するものである。この目標を達成するため灌漑施設、改良種子、改良農法などの普及が必要となり、灌漑農地は125万haまで展開するとしている。ベーシック・ニーズ・プログラムをうけて灌漑局は1990年に国連及び世銀の協力を受け「灌漑開発マスタープラン」を策定した。主な目標は政府事業による灌漑面積を2000年までに125万haに拡張するもので、年間60,000haの新規灌

溉農地を灌漑することになる。主要な施策として既存灌漑事業の改善、テライにおける地下水灌漑、テライの中小規模表流水灌漑、丘陵・山岳地方の小規模灌漑、テライにおける大規模表流水灌漑などが挙げられている。

6. 調査地区

(1) 深井戸灌漑可能地区

本調査のうち「フェーズ・I」調査は、調査対象3郡において深井戸灌漑のみが可能な地区及びそのうちの最も地下水ポテンシャルが高い代表地区を選定することを目的とした。

気象、水文、地形、水文地質、農村社会、農業、社会基盤などの既存資料のレビュー、現地踏査及び灌漑局との協議によって深井戸灌漑可能地区は、ジャバ郡南東部（実灌漑面積17,000ha）、マホタリ郡の北部及び南部の2団地（合計7,000ha）、バンケ郡（バルデア郡の一部を含む）南部（8,000ha）をそれぞれ選定した。代表地区はジャバ郡南東部地区とし「フェーズ・II」調査の主対象とした。

(2) 自然環境

ジャバ郡は「ネ」国の最南東に位置しその東及び南をインドと接している。総面積は約1,600km²でその中央をカンカイ川が南流している。本郡は、北部のチュリア丘陵、中部の森林帯をなす段丘地のほか大部分はテライの沖積平野（標高80~120m）に広がっている。ジャバ郡の地質は沖積層、段丘堆積物、チュリア層群に分けられる。沖積層は北部で少なくとも20m程度の厚さの砂礫層であるが、平野部ではかなり厚い砂、砂礫、シルト、粘土の頻繁な互層となっている。段丘地の北部ではこの沖積層は150m程度の厚さがあり、その下にチュリア層群が分布すると考えられる。チュリア層の地質時代は新第三紀中新世から第四紀更新世に亘っている。段丘地の南に分布するガンジス沖積層は単層厚50mに達する砂礫層に富み、全体の層厚は300m以上である。段丘堆積物は層厚10m内外で更新世の砂、シルト、粘土からなる。チュリア層群は地表に露出しないが調査井の結果から粘土、シルト、砂、礫から構成されている。

ジャバ郡の年雨量はテライで最も多く1,600~3,600mmの間にあり、平均約2,500mmである。モンスーン期の7月には700mmを超える。月平均気温は、15~29°C、平均最高気温38°C、平均最低気温5°Cである。本郡における主要な河川はラツワ、カマル、カンカイ、バイリング、メチであり、カンカイ及びメチは山岳地に源を発する大河川である。カンカイ川のマイナチュリ地点（流域面積1,180km²）には流量観測所がある。過去14年間の流出解析によると、平均年雨量37.5億m³に対し27.9億m³の流出があり流出率は74%である。本調査において地区内のデオニア及びブドハジホラの両河川の流量観測を行なったが、それぞれ70%及び89%の流出率を見た。両河川とも季節河川であるがモンスーン期には90%以上の流出を

見る。

マホタリ郡の大部分はテライ平野にあり面積およそ1,000km²である。いく筋かの季節河川が南南西へ流下している。本郡は「ネ」国のなかで最も標高が低くその南縁で標高60mを下回る。本郡平野部の地質は段丘堆積物及び沖積層である。チュリア層群は北部の丘陵を形成している。段丘堆積物は粘土、シルト、砂礫から構成されるがその層厚は不明である。深井戸資料によると南部テライの沖積層は粘土、シルトが優勢な砂、砂礫の互層である。本郡の年雨量は、600～2,600mmの範囲にあり平年値は1,310mmである。月平均気温15～30℃、平均最高気温39℃、平均最低気温5℃である。本郡を流下する河川はビジ、ラツ、ジャンパ、マルハ、ハーデイであり地下水によって涵養される通年河川もあるものの基本的に季節河川である。これらの河川で流量観測は実施されたことがない。

バンケ郡及びバルデア郡のババイ川東岸地区を含む調査対象地区の面積はおよそ3,200km²で、調査対象3郡のなかで最大である。地区のほぼ中央を「ネ」国の大河川の一つであるラブティ川が流下している。本地区の標高は最低130mであり全体的に高位にある。バンケ郡の地質は沖積層、段丘堆積物、チュリア層群である。沖積層は北部、中央部及び南部のガンジス系に区分できる。北部沖積層は200m以上の厚さがあり扇状地性の砂礫、粘土層からなる。中央部沖積層の厚さは30m程度でありその下位はチュリア層群である可能性が高い。ガンジス沖積層は300m以上に渡り掘削された記録があり、粘土、シルトが優勢な砂、砂礫から構成される。チュリア層群はラブティ川の東側丘陵では低固結の頁岩、砂岩、礫岩であるが、ババイ川の北では下部チュリア層に属する頁岩、砂岩などが分布する。本郡における年雨量は500～2,600mmの範囲にあり平年値は1,386mmである。月平均気温15～30℃、平均最高気温41℃、平均最低気温3℃である。本郡を流下する河川はラブティ、マンガ、ダングワ、キリン、ババイである。ラブティ及びババイは山岳地方に源を発する通年河川であり、定期流量観測が実施されている。

(3) 社会経済

テライ平野は、「ネ」国の14%、農地の42%の面積を占める。5つの開発地域及び20の郡、5つの産業郡から構成される。テライは全国人口の47%、45%の世帯数を擁している。産業は農業、農産加工のほかセメント、製靴などである。

ジャバ郡は、9つの行政セクター、49村及び2町からなる。総面積156,500ha、農地面積105,121haである。本調査対象地区面積は29,700haで16村を含む。郡の人口は594,000人(1991)、人口密度379人/km²、世帯数111,000戸、平均世帯規模5.4人である。経済活動人口の66%が農業に従事している。本郡は米及び茶の生産地として全国に有名であり、この他の産業はすべて農産加工である。

マホタリ郡は、9つの行政セクター、77村及び1町からなる。総面積101,000ha、農地面積67,800haである。本調査対象地区面積は2団地合計で9,800haで17村を含む。郡の人口は

440,000人(1991)、人口密度434人/km²、世帯数80,400戸、平均世帯規模5.5人である。経済人口の79%が農業に従事している。本郡の産業は農業及び農産加工である。

バンケ郡は、9つの行政セクター、46村及び1町からなる。総面積226,000ha、農地面積49,000haである。本調査対象地区面積は12,100haである。郡の人口は286,000人(1991)、人口密度126人/km²、世帯数49,100戸、平均世帯規模5.8人である。経済活動人口の68%が農業に従事している。本郡の産業は農業及び林業をベースとしたものである。

(4) 農業及び灌漑

テライ平野は、砂壤土/埴壤土、シルト質壤土/埴壤土、壤土/砂壤土/シルト質壤土、砂壤土/壤土を主体とする5タイプの土壌から構成される。テライの主要穀物生産量(1992/93)は、米184万トン(全国の71%)、小麦43万トン(同57%)、メイズ33万トン(同25%)である。畜産も全国の30%以上を生産している。テライの農地面積124万haのうち49%、61万haが灌漑されており全国の灌漑農地の65%を占めている。

ジャバ郡の農地面積は約105,000ha、灌漑農地は47,900haで作付け率は151%である。土地なし農家を含む農家数(1991/92)は74,700戸、平均経営規模は1.41ha/戸で、1ha以下の農家が52%を占める。調査対象地区には約12,000戸あると見られる。本郡における支配的な作付けは、灌漑農地で雨期稲-小麦または早期稲-雨期稲-小麦であり、天水農地では雨期稲-休閒または雨期稲-豆類/油糧作物またはメイズ-豆類/油糧作物/シコクビエである。調査対象地区では雨期稲-休閒が支配的で作付け率は126%でしかない。本郡の主要作物生産(1992/93)は粳203,000トン(全国の7.8%)、メイズ18,600トン(同1.4%)小麦13,100トン(同1.7%)、じゃがいも13,000トン(同1.8%)、たばこ730トン(同12.1%)などで粳の生産量は全国75郡のなかで最高である。粳は農家-仲買-卸売/精米-小売-消費者という流通経路をとる。野菜類は農家から小売あるいは消費者へ直接販売する場合がある。本郡には郡農業開発事務所、6つの農業サービスセンター、2つの農業試験場、1つのネパール農業開発銀行支所、2つの農業資材公社支所などの農業支援機関及び農民組織として27の農協がある。

マホタリ郡の農地面積は約63,800ha、灌漑農地は17,300haで作付け率は171%である。土地なし農家を含む農家数(1991/92)は58,600戸で、平均経営規模は1.09ha/戸で、1ha以下の農家が60%を占める。調査対象地区には約6,400戸あると見られる。本郡における支配的な作付けは、灌漑農地で早期稲-雨期稲-小麦または早期稲-雨期稲-メイズなどであり、天水農地では雨期稲-休閒または雨期稲-小麦-休閒などである。調査対象地区では雨期稲-休閒が支配的である。

本郡の主要作物生産(1992/93)は粳52,000トン(全国の2.0%)、メイズ8,200トン(同0.6%)小麦26,500トン(同3.5%)、たばこ1,200トン(同19.9%)、豆類9,500トン(同4.7%)などである。農産物の流通経路はジャバ郡の場合と変わらない。本郡にはカトマン

ズにある地域農業開発局の管轄にある6つの農業サービスセンター、2つの農業試験場、1つのネパール農業開発銀行支所、1つの農業資材公社支所などの農業支援機関及び農民組織として31の農協がある。

バンケ郡の農地面積は約49,100ha、灌漑農地は3,300haと灌漑率は他の2郡と比べて最低であり作付け率は142%である。土地なし農家を含む農家数(1991/92)は35,900戸、平均経営規模は1.37ha/戸で1ha以下の農家が50%を占める。調査対象地区には約5,900戸あると見られる。本郡における支配的な作付けは、雨期稲一休閑またはメイズ/シコクビエーカラシナまたはビジョン豆などである。本郡の主要作物生産(1992/93)は米粉36,000トン(全国の1.4%)、メイズ21,000トン(同1.6%)小麦10,400トン(同1.4%)、じゃがいも4,600トン(同0.6%)などである。農産物の流通経路は基本的に他の2郡と同様である。本郡には郡農業開発事務所、4つの農業サービスセンター、2つの農業試験場、1つのネパール農業開発銀行支所、1つの農業資材公社支所などの農業支援機関及び農民組織として17の農協がある。

(5) 社会基盤

各地区ともにカトマンズからの航空便の利用が可能である。カトマンズからの陸路の交通は、テライ平野を縦貫する東西ハイウェイを利用してジャバ郡及びバンケ郡へは一泊二日、マホタリ郡は一日の行程である。調査対象3郡内の全天候型の道路ははなはだ乏しく、ほとんどは雨期の車両交通が不可能なマッド道路である。

「ネ」国の送電網は132KV、33KV、11KVそして220Vの送電線から構成されている。

ジャバ郡では東西ハイウェイ沿いに132KV及び33KV線がありビルタモールの変電所で11KVに落とされ幹線道路添いの送電線の近辺のみ利用可能である。ハイウェイから南部をカバーする3本の11KV線延長の将来計画がある。

マホタリ郡はハイウェイ沿いの132KV及び33KV線からジェルスワー変電所で降圧され、その周辺のみが利用可能となっている。現在南西部で拡張工事が進められており、将来南部一帯に配電されることになっている。

バンケ郡のカハルプール及びネパールガンジに変電所があり11KV線が西部に延びている。将来さらに西方バルデア郡へ延長する計画がある。

「ネ」国の全ての郡には、カトマンズと直接つながった無線電話中継所がある。ジャバ郡には775、マホタリ郡で165、バンケ郡で1,310の電話回線がある。

7. 地下水資源の評価

地下水資源は、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。なお、調査対象3郡の既設の標準的深井戸とは、井戸深

度150m、口径200mm、水位降下15m、開口率20%、限界流速3cm/sec、採水区間長30mの井戸である。

地 区	: 深井戸湧水量(1/s)
ジャバ	: 91
マホタリ (南部)	: 66
(北部)	: 97
バンケ	: 110

なお、上記ジャバ地区の平均湧水量91 l/sは「フェーズ・II」調査で実施された観測井及び既設井の揚水試験の結果、120 l/sと再評価された。

代表地区（ジャバ）については、地形、気象、水文、水文地質の調査結果にもと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カ年に渡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は、降雨量1,903(100%)百万m³/年に対し、蒸発散量は555(29%)百万m³/年、地表水（カンカイ川を含む）は流入3,790百万m³/年、流出4,874百万m³/年でその差は1,084(57%)百万m³/年、そして地下水涵養量は369(19%)百万m³/年と得られた。降雨に対する支出の和は105%となるが、これは14年間の流域内の貯留差に起因する。また、地下水系のみ注目すると涵養量369百万m³/年のうち、現在利用されている地下水揚水量は僅か3百万m³/年のみで、流域外への地下水流出量が360百万m³/年と涵養された地下水のほとんどは地区外に流出していることになる。

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、計画基準用水量は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。これら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。

8. 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・乾期稲	芥子菜・豆類・ジャガ 芋・メイズ・雨期稲
作付率（現況）	126%	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計画基準の年間必要水量は、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。なお、本計画における灌漑時間は24時間を原則とする。

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
対象農家数	12,080	6,420	5,850
対象人口	64,750	35,180	33,930
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

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

(6) 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、すなわち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、農産物の販売などは水利組合連合会に移管する方針とする。

(7) 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なしとしない。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。

(8) 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。なお、積算単価は最新の灌漑局の工事単価を参考にした。

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)

パンケ地区 : Rs.1,510百万 (US\$30.2百万、US\$3,800/ha)

(9) 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。

	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
パンケ地区	1,510	1,019	16	15

注) 単位: 百万ルピー

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、パンケ地区; 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内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。

	経済的内部収益率(%)
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

(10) 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。

「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の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。

「帯水層及び生産井」

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。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。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、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。

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。

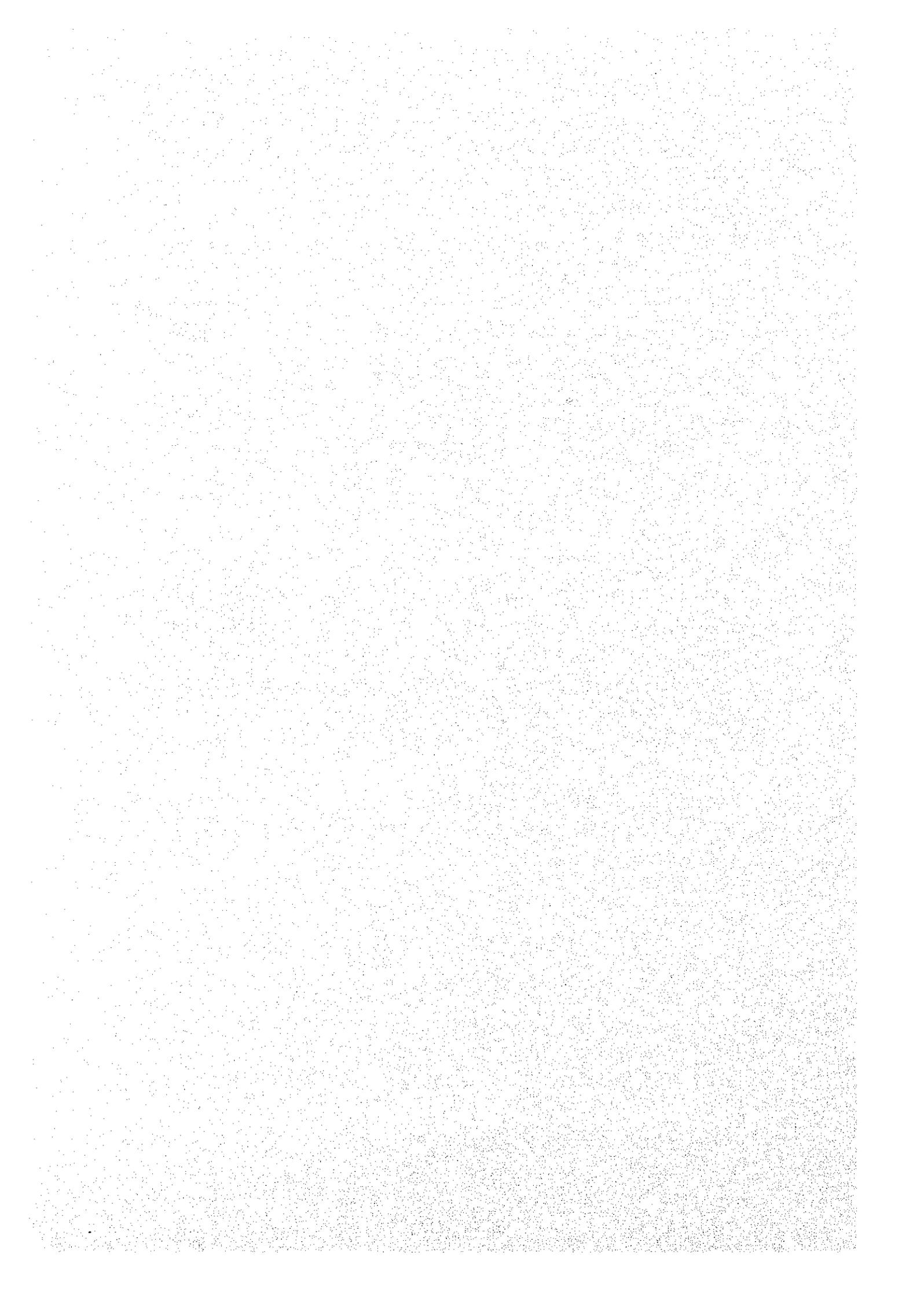
9. 結論及び提言

本調査の結果、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が明らかとなった。

本調査を通じて気象、水文、地下水の挙動並びに地下水利用量の時系列観測記録が地下水資源評価に不可欠であることを提示した。今後の計画策定のために調査対象3地区における観測網の設置と持続的な観測を灌漑局に強く勧める。

調査対象3地区のうちジャバ郡については、実証的かつ展示的目的で30灌漑ユニット(4,500ha)程度の事業の先行実施が提言される。

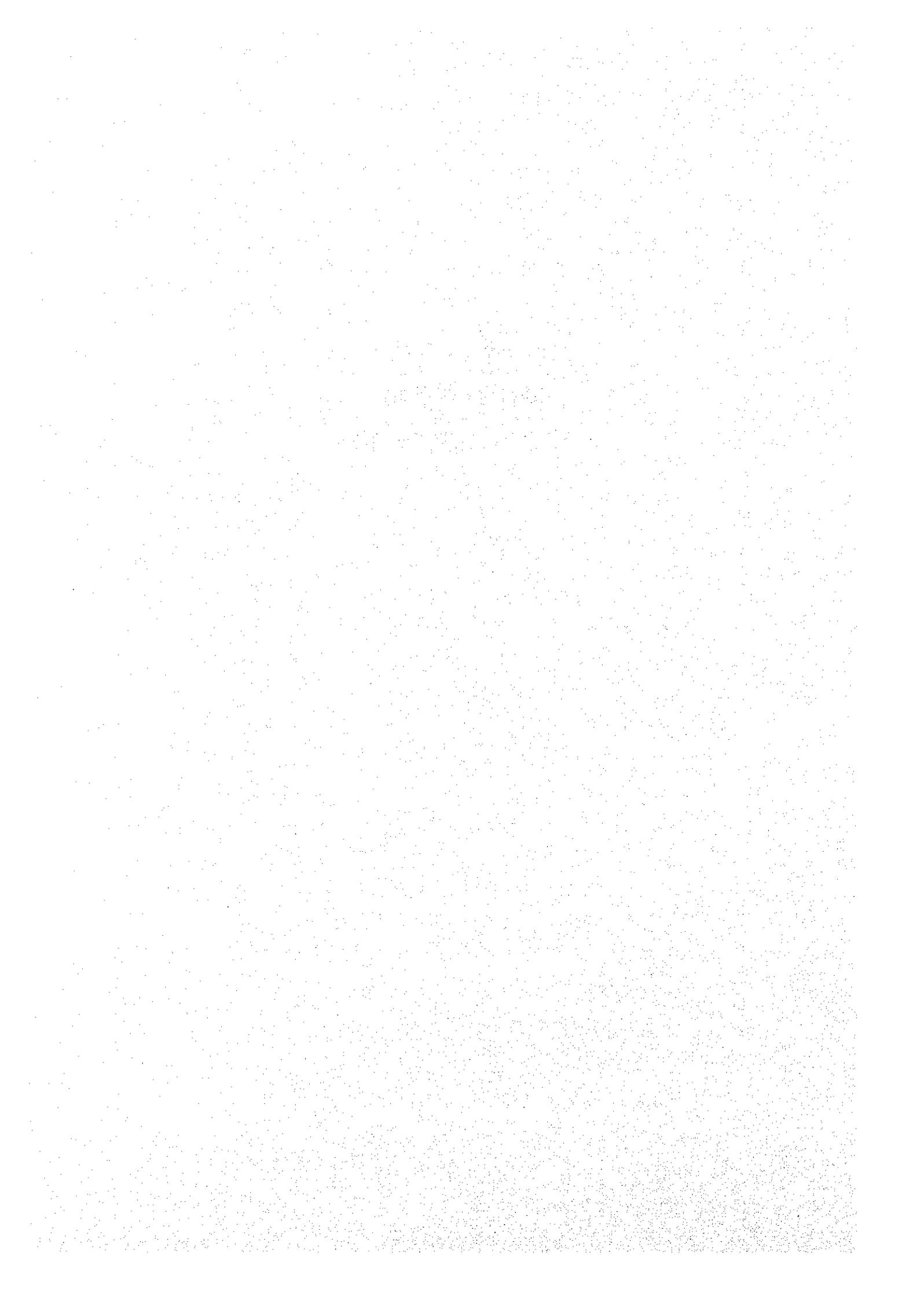
他の2地区は、より詳細な地下水資源評価を必要とするため、さらにフィージビリティ調査を実施することが勧められる。経済性からみて、調査実施の順序はバンケ地区次いでマホタリ地区とすべきである。



目 次

略記および略号

表および図一覧



目 次

項

調査地区位置図

要約

目次

略記および略号

表および図一覧

第1章	序論	1-1
第2章	調査	2-1
2.1.	調査の背景	2-1
2.2.	調査の範囲	2-1
第3章	ネパール王国の概況	3-1
3.1.	自然環境	3-1
3.1.1.	地理、地形及び地質	3-1
3.1.2.	気象水文	3-2
3.2.	社会経済	3-3
3.3.	農業	3-3
3.4.	政治および行政機構	3-4
3.4.1.	政治機構	3-4
3.4.2.	行政機構	3-4
3.5.	開発計画	3-7
3.5.1.	国家開発計画	3-7
3.5.2.	ベーシック・ニーズ・プログラム	3-7
3.5.3.	灌漑開発マスタープラン	3-8
第4章	調査地区	4-1
4.1.	深井戸灌漑可能地区の選定	4-1
4.2.	自然環境	4-5
4.2.1.	地形	4-5
4.2.2.	地質	4-6
4.2.3.	気象水文	4-7
4.3.	社会・経済	4-12
4.3.1.	テライ平野	4-12
4.3.2.	ジャバ郡	4-13
4.3.3.	マホタリ郡	4-13

4.3.4.	バンケ郡	4-14
4.4.	農業及び灌漑	4-21
4.4.1.	テライ平野	4-21
4.4.2.	ジャバ郡	4-23
4.4.3.	マホタリ郡	4-28
4.4.4.	バンケ郡	4-32
4.5.	社会基盤	4-36
4.5.1.	交通	4-36
4.5.2.	道路事情	4-36
4.5.3.	電力事情	4-37
4.5.4.	通信事情	4-38
4.5.5.	給水施設	4-39
4.6.	既存地下水灌漑事業	4-39
4.6.1.	バイラワルンビニ地下水灌漑事業	4-39
4.6.2.	ビルガンジ地区フィージビリテイスタディー	4-41
第5章	地下水資源の評価および開発	5-1
5.1.	基本構想	5-1
5.2.	水文地質および地下水	5-2
5.2.1.	ジャバ地区	5-2
5.2.2.	マホタリ地区	5-7
5.2.3.	バンケ地区	5-9
5.3.	地下水資源の評価及び開発	5-19
5.3.1.	概要	5-19
5.3.2.	シミュレーションの概要	5-19
5.3.3.	現況の水文収支	5-21
5.3.4.	地下水資源の評価	5-23
5.3.5.	地下水資源の開発	5-25
5.4.	地下水資源の管理及び監視	5-29
5.4.1.	地下水資源の管理	5-29
5.4.2.	地下水資源の監視	5-30
第6章	マスター・プラン	6-1
6.1.	基本構想	6-1
6.2.	農業開発計画	6-2
6.2.1.	農業状況及び制約要因	6-2

6.2.2.	土地利用率の向上	6-3
6.2.3.	作物収量の増加	6-3
6.2.4.	作物の多様化	6-4
6.3.	灌漑計画	6-8
6.3.1.	灌漑用水量	6-8
6.3.2.	水源計画	6-9
6.3.3.	送水及び配水計画	6-9
6.4.	排水及び道路計画	6-12
6.4.1.	排水計画	6-12
6.4.2.	道路計画	6-12
6.5.	事業計画	6-12
6.5.1.	基本方針	6-12
6.5.2.	事業の内容	6-13
6.5.3.	事業量	6-13
6.5.4.	事業実施計画	6-14
6.6.	組織及び維持管理	6-18
6.6.1.	基本方針	6-18
6.6.2.	事業実施組織	6-18
6.6.3.	施設の運用管理	6-19
6.6.4.	水利組合及び水利組合連合会の育成	6-19
6.6.5.	開発と女性	6-23
6.7.	環境配慮	6-24
6.8.	事業費	6-27
6.8.1.	数量及び単価	6-27
6.8.2.	総事業費	6-27
6.9.	事業評価	6-32
6.9.1.	概要	6-32
6.9.2.	事業費	6-32
6.9.3.	事業の便益	6-33
6.9.4.	事業の財務及び経済的指標	6-34
6.10.	深井戸灌漑ガイドライン	6-40
6.10.1.	概説	6-40
6.10.2.	LFCA及びLFWY	6-40
6.10.3.	帯水層及び生産井	6-45

第7章	結論及び提言	7-1
7.1.	結論	7-1
7.1.1.	概説	7-1
7.1.2.	地下水資源の評価	7-1
7.1.3.	深井戸灌漑マスタープラン	7-2
7.2.	提言	7-7
7.2.1.	概説	7-7
7.2.2.	モニタリングの持続的実施	7-7
7.2.3.	調査対象3地区の事業化	7-7

略記

ADB	: Asian Development Bank	: アジア開発銀行
ADB/N	: Agricultural Development Bank/Nepal	: ネパール農業開発銀行
AIC	: Agricultural Inputs Corporation	: 農業輸入組合
AMD	: Agricultural Marketing Division	: 農業市場局
AO	: Association Organizer	: 組織普及員
ASD	: Agricultural Statistics Division	: 農業統計局
BNP	: Program for Fulfillment of Basic Needs	: ベーシックニーズプログラム
CBS	: Central Bureau of Statistics	: 中央統計局
CDO	: Chief District Officer	: 郡長
CDR	: Central Development Region	: 中央開発区
DMH	: Department of Meteorology and Hydrology	: 気象水文局
DOA	: Department of Agriculture	: 農業局
DOI	: Department of Irrigation	: 灌漑局
DTW	: Deep Tubewell	: 深井戸
DTWIP	: Deep Tubewell Irrigation Project	: 深井戸灌漑計画
EIRR	: Economic Internal Rate of Return	: 経済内部収益率
ESE	: East-south-east	: 西北西
E-W	: East-west	: 東西 (方向の)
GCA	: Gross Command Area	: 総灌漑面積
GDP	: Gross Domestic Product	: 国内総生産
GNP	: Gross National Product	: 国民総生産
GOJ	: Governemnt of Japan	: 日本国政府
GWRDB	: Ground Water Resources Development Boad	: 地下水資源開発委員会
GWRDP	: Ground Water Resources Development Project	: 地下水資源開発計画
HMGN	: His Majesty's Government of Nepal	: ネパール王国政府
HYV	: High Yield Variety	: 高収量品種
IAP	: Intensive Irrigation and Agriculture Program	: 集約灌漑農業計画
IDA	: International Development Association	: 国際開発協会 (第二世銀)
IRR	: Internal Rate of Return	: 内部収益率
JADP	: Janakpur Zone Agricultural Development Project	: ジャナカプール地区農業開発計画
JICA	: Japan International Cooperation Agency	: 国際協力事業団
JTA	: Junior Technician of Agriculture	: 農業技術員
LLDC	: Least Level Development Country	: 後発開発途上国 (最貧国)
MOA	: Ministry of Agriculture	: 農業省
MOWR	: Ministry of Water Resources	: 水資源省
MPID	: Master Plan for Irrigation Development in Nepal	: 灌漑開発マスタープラン
MSL	: Mean Sea Level	: 海拔
NCA	: Net Command Area	: 実灌漑面積
NNE	: North-north-east	: 北北東
O&M	: Operation and Maintenance	: 運用維持管理
PVC	: Poly Vinyl Chloride	: 塩ビ管
SSW	: South-south-west	: 南南西
STW	: Shallow Tubewell	: 浅井戸
STWIP	: Shallow Tubewell Irrigation Program	: 浅井戸灌漑計画
SWL	: Static Water Level	: 静水位
TIATSP	: Tubewell Irrigation Agriculture Training and Services Project	: 地下水灌漑農業訓練普及計画
UNDP	: United Nation Development Program	: 国連開発計画
UPVC	: Unplastixised Poly Vinyl Chloride	: 硬質塩ビ管
USAID	: United State Agency for International Development	: 米国国際開発局
WNW	: West-north-west	: 西北西
WUA	: Water Users Association	: 水利組合連合会
WUG	: Water Users Group	: 水利組合

略号

a	: Annum	: 年間
av.	: Average	: 平均
bgl	: Below ground level	: 地表下
mags	: Meter above ground surface	: 地表上 (m)
mamsl	: Meter above mean sea level	: 平均海面水位上 (m)
m	: Meter (s)	: メートル
mm	: Milli-meter (s)	: ミリメートル
km	: Kilo-meter (s)	: キロメートル
km ²	: Square kilometer (s)	: 平方キロメートル
sq. km	: Square kilometer (s)	: 平方キロメートル
m ³	: Cubic meter (s)	: 立方メートル
cu. m	: Cubic meter (s)	: 立方メートル
MCM	: Million cubic meter (s)	: 百万立方メートル
t	: Ton (s)	: トン
Mt	: Metric ton (s)	: トン
kg	: Kilogram (s)	: キログラム
ha	: Hectare (s)	: ヘクタール
°C	: Degree centigrade	: °C (摂氏)
%	: Percent	: 百分率 (パーセント)
yr	: Year (s)	: 年
hr	: Hour (s)	: 時間
min	: Minute (s)	: 分
sec	: Second (s)	: 秒
ℓ	: Liter (s)	: リットル
S/cm	: Siemens per centimeter (s)	: ジーメンス・パー・センチメートル
in	: Inch (es)	: インチ
"	: Inch (es)	: インチ
kw	: Kilowatt (s)	: キロワット
KVA	: Kilo-volt-ampere	: キロヴォルトアンペア
Rs	: Nepal Rupee (s) (us\$0.02; ¥2.24; End of 1993)	: ルピー (ネパール通貨)
MRs	: Million Rupee (s)	: 百万ルピー
¥	: Japanese Yen (s) (Rs 0.446; us\$0.0089; End of 1993)	: 円
M¥	: Million Yen	: 百万円
US\$: US Dollar (s) (Rs 50.0; ¥112; End of 1993)	: アメリカドル
M\$: Million Dollar	: 百万アメリカドル
EC	: Electric Conductivity	: 電気伝導度
κ	: Permeability (Water Conductivity)	: 透水係数
pH	: Potential of Hydrogen	: ペーハー
S	: Storage Coefficient	: 貯留係数
T	: Transmissivity	: 透水量係数
ND	: Nominal Diameter	: 呼び径
ID	: Internal Diameter	: 内径
OD	: Outer Diameter	: 外径
MAX.	: Maximum	: 最大
MIN.	: Minimum	: 最少

表 一 覧

表2.2.1	調査工程表
表4.1.1	調査対象3郡の地下水及び深井戸灌漑ポテンシャル
表5.2.1	ジャバ地区の帯水層及び加圧層のまとめ
表5.2.2	ジャバ地区の帯水層の透水量係数
表5.2.3	ジャバ地区の地下水ポテンシャルの評価
表5.2.4	マホタリ地区の地下水ポテンシャルの評価
表5.2.5	バンケ地区の地下水ポテンシャルの評価
表5.3.1	地表系水収支一覧
表5.3.2	地下系水収支一覧
表5.3.3	月別灌漑用水量
表5.3.4	地下水ポテンシャル
表5.3.5	揚水下の水収支
表6.3.1	各地区の施設設計流量
表6.3.2	各地区の灌漑必要用水量
表6.5.1	計画事業量一覧表
表6.8.1	ジャバ郡総事業費一覧表
表6.8.2	マホタリ郡総事業費一覧表
表6.8.3	バンケ郡総事業費一覧表
表6.9.1(1)	経済的事業費(ジャバ)
表6.9.1(2)	経済的事業費(マホタリ)
表6.9.1(3)	経済的事業費(バンケ)
表6.9.2(1)	増加農業便益(ジャバ)
表6.9.2(2)	増加農業便益(マホタリ)
表6.9.2(3)	増加農業便益(バンケ)
表6.9.3(1)	経済内部収益率(EIRR、ジャバ)
表6.9.3(2)	経済内部収益率(EIRR、マホタリ)
表6.9.3(3)	経済内部収益率(EIRR、バンケ)
表6.10.1(1)	増加農業便益(ジャバ)
表6.10.1(2)	増加農業便益(マホタリ)
表6.10.1(3)	増加農業便益(バンケ)

図 一 覧

- 図3.4.1 行政区分図
- 図4.1.1 ジャバ郡深井戸灌漑ポテンシャル
- 図4.1.2 マホタリ郡深井戸灌漑ポテンシャル
- 図4.1.3 バンケ郡深井戸灌漑ポテンシャル
- 図4.2.1 ティーセン法による平均年降雨量
- 図4.2.2 ジャナカプール空港における年降雨量
- 図4.2.3 カジュラ観測所における年降雨量
- 図4.3.1(1) ジャバ郡受益地区
- 図4.3.1(2) ジャバ郡受益地区
- 図4.3.2(1) マホタリ郡受益地区
- 図4.3.2(2) マホタリ郡受益地区
- 図4.3.3(1) バンケ郡受益地区
- 図4.3.3(2) バンケ郡受益地区
- 図5.2.1 ジャバ地区水文地質図
- 図5.2.2 ジャバ地区地質断面図
- 図5.2.3 ジャバ地区最適産水量（井戸深度150m）
- 図5.2.4 マホタリ地区水文地質図
- 図5.2.5 マホタリ地区地質断面図
- 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
- 図5.3.1 副流域区分図
- 図5.3.2 帯水層モデル
- 図5.4.1 観測井戸計画図
- 図6.2.1 現況、計画作付体系（ジャバ郡）
- 図6.2.2 現況、計画作付体系（マホタリ郡）
- 図6.2.3 現況、計画作付体系（バンケ郡）
- 図6.5.1 灌漑ユニットにおけるモデル設計
- 図6.5.2 事業実施工程計画表
- 図6.6.1 維持管理組織計画図
- 図6.6.2 水利組合連合会及び水利組合組織計画図
- 図6.7.1 揚水下の地下水頭コンター図
- 図6.10.1 LFCA及びLFWY（モーターポンプの場合）
- 図6.10.2 LFCA及びLFWY（ディーゼルポンプの場合）

第 1 章

序 論

第1章 序 論

この報告書は、ネパール王国（以下「ネ」国と称する）政府の要請により国際協力事業団（以下「事業団」と称する）が実施した「ネパール国テライ平野農業水資源開発計画調査」の結果をとりまとめたものである。

この調査は、「ネ」国の穀倉地帯であるテライ平野のうち東部にあるジャバ郡、中部のマホタリ郡、西部のバンケ郡の3地区について、深層の地下水資源の評価とこの深井戸を利用した灌漑農業に係るマスタープランを策定することを主な目的としている。

この調査は「フェーズ・I」及び「フェーズ・II」の2段階に分けて実施された。

「フェーズ・I」調査は、調査対象3郡において深井戸灌漑が可能な地区と、これらの地区のうち最も地下水ポテンシャルの高い代表地区を選定することを目的とした。この調査の結果、ジャバ郡南東部が代表地区に選ばれた。

「フェーズ・II」調査は、代表地区について、各種調査を集中的に実施し、地下水資源評価、深井戸灌漑のマスタープランの策定、深井戸灌漑ガイドラインの作成などの作業を行うことを目的とした。この調査において、気象、水文、地下水に係る観測網の設置及び観測、地球物理探査、延べ20箇所の観測井戸及び水位観測井戸の掘削及び各種井戸試験、地下水観測調査、サンプル地区の測量、社会経済及び農業調査などの現地作業が実施された。このような現地作業の結果を踏まえて、代表地区及び他の2地区について地下水資源評価、深井戸灌漑マスタープランの策定、深井戸灌漑ガイドラインの作成を行った他、地下水管理監視システム及び気象・水文・水文地質情報データベース及び地下水管理監視システムを構築した。

また、灌漑局カウンターパート要員に対し延べ4名について日本国内研修並びに現地調査期間を通じての現地技術移転を行った。

この調査のうち、「フェーズ・I」調査は1991年10月から1992年3月まで、「フェーズ・II」調査は1992年9月から1994年9月まで、全体でおよそ36カ月が費やされた。

この報告書は、以下の3部構成のうち第1巻である。

第1巻：主報告書

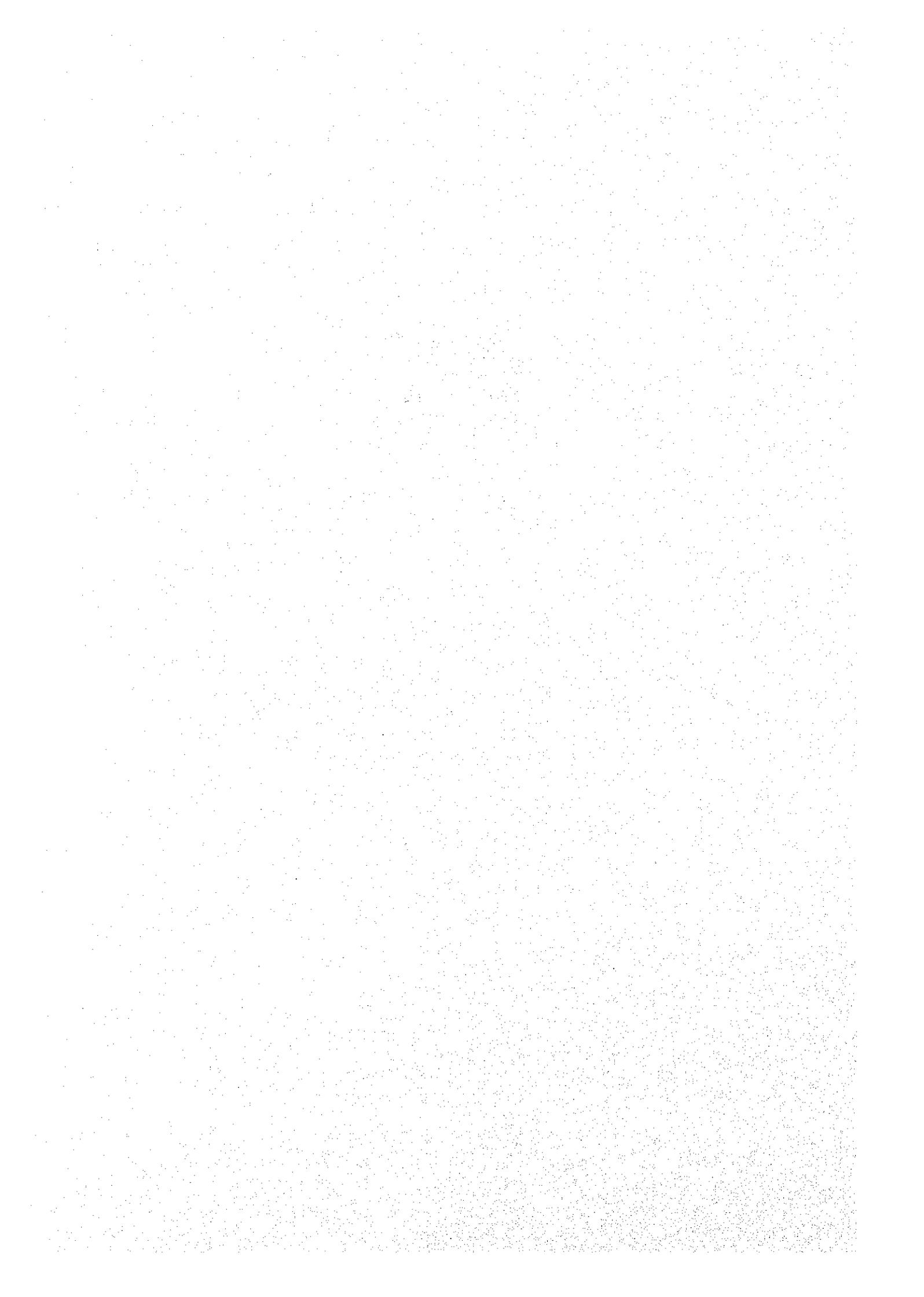
第2巻：調査報告書

第3巻：付録

この調査に当たって終始協力を惜しまれなかった「ネ」国水資源省灌漑局の関係諸官、特に本調査カウンターパート要員諸氏、並びに日本側関係諸氏に深甚な謝意を表する。

第 2 章

調 査



第2章 調査

2.1. 調査の背景

「ネ」国政府は、現在まで8次にわたる国家開発計画のなかで一貫して同国の食糧増産の基盤の確立を図るため、天水農地を大幅に灌漑農地へ移行することをその主要目標の一つとして掲げている。

水資源省灌漑局は、「ネ」国全土のうち主として土地・水資源の点から最も開発ポテンシャルの高いテライ平野における表流水及び地下水開発を実施して来た。しかしながら、同局は深井戸(*)による地下水開発に関してその調整、実施、管理において種々の問題を抱えている。

このような状況のもと、「ネ」国政府は、1988年に日本国政府に対し「テライ平野農業水資源開発計画」策定に係る技術協力の要請を行った。この要請に基づき、我が国政府は1991年3月に事業団を通じ事前調査団を「ネ」国に派遣し、「ネ」国側受入れ機関である灌漑局と調査に係る実施細則につき協議を行った。

双方によって合意された実施細則に基づき、事業団は調査実施のための本格調査団を組織した。調査団は、調査の全体計画ならびに実施の方法などを記述したインセプションレポートを1991年10月灌漑局に提出し、その内容について合意を得るとともに灌漑局側カウンターパート要員と合同して調査に着手した。

(*) 浅井戸及び深井戸の定義は、国際的にも深度30m(100ft)を境にし、それより浅いか深いかで定めている場合が多い。「ネ」国においては深度の定義は明確でなく40~50mまでの深度でも、第1(不圧)帯水層以内の井戸で、ヒューガル・ポンプを装着する場合、浅井戸と呼んでいる。

一方、40~50m以上の深さで深井戸用ポンプ(ほとんどの場合、垂直タービン型)を装着したものを深井戸と呼んでいる。

2.2. 調査の範囲

事業団と「ネ」国政府との間で合意された実施細則と実施の方法を以下に述べる。

(1) 目的

本調査の目的は以下に要約される。

- ・テライ平野におけるジャバ、マホタリ、パンケの3地区における地下水ポテンシャルの評価

- ・調査対象の3地区より最も地下水ポテンシャルの高い代表地区を選ぶとともに、同地区における深井戸灌漑プロジェクトに係るマスタープランの策定
- ・調査を通じての「ネ」国側カウンターパートに対する技術移転

(2) 調査地域

調査地域は下記の3地区とする。

- ・ジャバ地区（カンカイ灌漑プロジェクトの受益地区を除く）
- ・マホタリ地区
- ・バンケ地区（バルディヤ郡の内ババイ川左岸地区を含む）

(3) 調査の範囲

調査の範囲は下記の通りである。

a) 「フェーズ・I」調査

- ・既存データ及び情報の収集並びに整理
- ・3地区の地形、気象水文、地質、土壌、農業、灌漑、組織、水文地質、地下水資源、既存灌漑プロジェクトおよび水資源開発計画などの調査の実施
- ・灌漑のための地下水資源の評価
- ・地下水灌漑ポテンシャルの評価
- ・地下水灌漑に対する技術管理の概念の策定
- ・深井戸灌漑に対する最も高い地下水ポテンシャルを有する代表地区の選定

b) 「フェーズ・II」調査

- ・選定された代表地区における水文地質調査、地球物理探査、観測井の掘削、地下水の監視、地下水資源の評価の実施
- ・代表地区における地下水監視計画の策定
- ・代表地区における地下水開発および管理計画の策定
- ・調査対象3郡における深井戸灌漑プロジェクトのマスタープランの策定

(4) 調査の実施

調査は、「ネ」国側受け入れ機関は灌漑局とし、事業団が派遣する調査団と「ネ」国側カウンターパート要員により実施された。

(5) 調査実施計画

a) 調査工程

本調査は2つのフェーズに分け、以下の工程で実施した。

表2.2.1 調査工程表

フェーズ	内 容	作 業 工 程	報告書スケジュール
I	準備作業	1991年10月	インセプション
	現地作業 (I)	1991年11月～1992年1月	プロGRESS (I)
	国内作業 (I)	1992年 1月～1992年3月	
II	現地作業 (II)	1992年 9月～1993年5月	インテリム/プロGRESS (II)
	国内作業 (II)	1993年 8月～1993年9月	
	現地作業 (III)	1993年10月～1994年1月	プロGRESS (III)
	国内作業 (III)	1994年 6月～1994年7月	
	報告書説明	1994年12月	ドラフトファイナル
	報告書提出	1995年 3月	ファイナル

b) 「フェーズ・I」調査の概要

・準備作業

- [1] 既存データ及び情報の整理
- [2] 作業計画の策定
- [3] インセプションレポートの作成

・現地作業 (I)

- [4] インセプションレポートの説明
- [5] 関連資料の収集並びに整理
- [6] 現地踏査
- [7] 代表地区選定に係る予備協議
- [8] 観測井掘削の再委託契約に係る調査
- [9] プロGRESSレポート (I) の作成、報告並びに協議

・国内作業 (I)

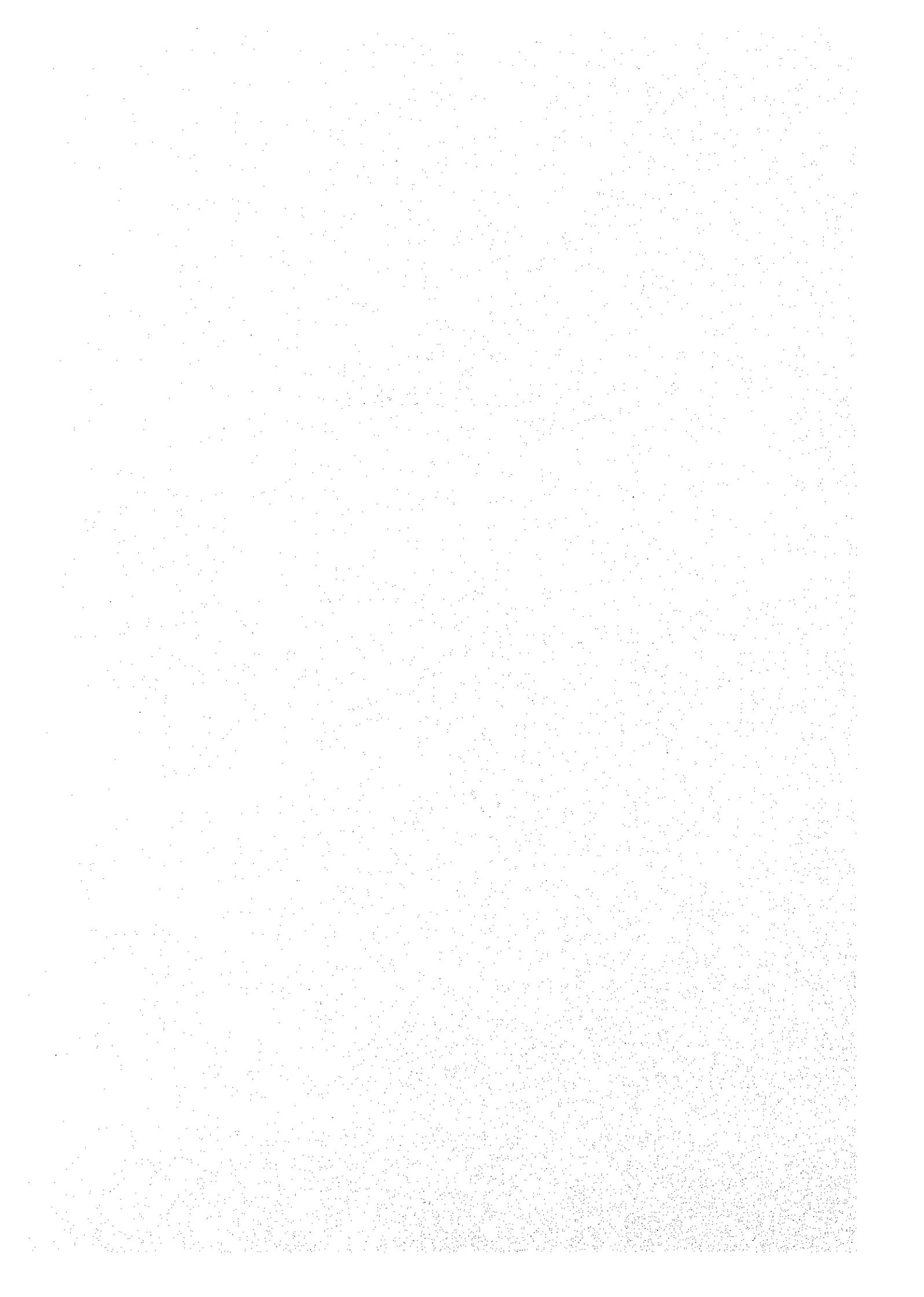
- [10] 水資源開発及び灌漑に係る既存プロジェクトの情報整理
- [11] 灌漑用地下水ポテンシャルの評価
- [12] 地下水資源開発及びその管理に係る基本構想の策定

- [13] 代表地区ならびに開発可能地域の選定
- [14] インテリム・レポートの作成

- c) 「フェーズ・II」調査の概要
 - ・現地作業（II）
 - [15] インテリムレポートの説明及び協議
 - [16] 地球物理探査
 - [17] 観測井の掘削及び各種試験
 - [18] 気象・水文及び地下水観測
 - [19] 農業及び灌漑に係る調査
 - [20] プロGRESSレポート（II）の作成、報告並びに協議
 - ・国内作業（II）
 - [21] 現地作業（II）結果の解析及び検討
 - [22] 追加現地調査計画の策定
 - ・現地作業（III）
 - [23] 補足データ及び資料の収集及び整理
 - [24] 気象・水文及び地下水観測の継続
 - [25] 地表系水文収支解析
 - [26] 地下水系水文収支解析
 - [27] 地下水資源開発に係る基本方針の策定
 - [28] プロGRESSレポート（III）の作成、報告並びに協議
 - ・国内作業（III）
 - [29] 地下水資源の包括的評価
 - [30] 代表地区における深井戸灌漑マスタープランの策定
 - [31] 地下水監視ネットワークの運営計画の策定
 - [32] 水文地質並びに気象水文データベース計画の策定
 - [33] 他2地区における深井戸灌漑に係るガイドラインの策定
 - [34] ドラフト・ファイナル・レポートの作成
 - ・ファイナルレポート
 - [35] ドラフト・ファイナル・レポートの説明及び協議
 - [36] ファイナル・レポートの作成及び提出

第3章

ネパール王国の概況



第3章 ネパール王国の概況

3.1. 自然環境

3.1.1. 地理、地形及び地質

ヒマラヤ山脈は、インド亜大陸の北端に巨大な弧を描いている。「ネ」国はこのヒマラヤ弧のほぼ中央に位置している。「ネ」国はヒマラヤ山脈の稜線を境として北を中国に、東西及び南の三方をインドに囲まれた内陸国である。

「ネ」国の国土は、北緯 $21^{\circ} 21' 35'' \sim 30^{\circ} 26' 55''$ 、東経 $80^{\circ} 03' 51'' \sim 88^{\circ} 12' 21''$ に亘る東西に細長い四角形を呈する。その東西軸は約885km、南北軸は約193kmであり、国土面積は約147千 km^2 である。

ヒマラヤ山脈が形成されて以来、「ネ」国の地形、地質及び気候などの区分には密接な関係を生じている。

「ネ」国の地形及び地質は、ヒマラヤ弧に平行な次の5つの地帯に区分される。

(1) テライ平野

最南端の標高60~200m、南北幅20~50kmの低平な地帯である。ヒマラヤ山系及びその前縁山地からもたらされた粘土、砂、砂礫からなるガンジス系の沖積層から構成される。低平な地形、土地及び水資源に恵まれており、「ネ」国の穀倉地帯となっている。

(2) チュリア丘陵

テライ平野に接する前縁山地最前線の標高1,300m以下、南北幅20~30kmの丘陵地帯である。中新世~更新世に形成された砂岩、礫岩、シルト岩からなるチュリア層群から構成される。本層群には「シワリク層群」という別称もあるが、本報告書では、チュリア丘陵を構成する地層の意味で「チュリア層群」の名称を用いる。

(3) マハバラート山地及びミッドランド地帯

地形的には「ネ」国の中心部ミッドランド地帯(南北幅40~60km)とマハバラート山地(南北幅30~40km)に区分されるが、地質的にはミッドランド帯に統一される地帯である。先カンブリア紀の花崗岩類及び片岩類から構成される。

(4) ヒマラヤ山岳地帯

ヒマラヤ山岳地帯は、「ネ」国東部のヒマラヤの主要な山頂を含み、先カンブリア紀のヒマール片麻岩(片麻岩類及びミグマタイト類)から構成されている。

(5) ヒマラヤ後背地

ヒマラヤ後背地は、サガルマタ（エベレスト）及び「ネ」国中央部のダウラギリ、アンナプルナなどの山群から形成されている。この地帯は、地質的にテーチス帯と呼ばれるカンブリア～白亜紀の石灰岩、ドロマイトなど堆積岩とこれに貫入した花崗岩類から構成されている。

3.1.2. 気象水文

(1) 気象

「ネ」国は熱帯地方の北限に位置するものの、その地形条件よりテライにおける夏期の熱帯気候から中部ならびに北部山岳地帯における冬期のアルペン気候まで非常に広範囲な気象が見られる。

「ネ」国における平均年降雨量は中央ネパールのアンナプルナ南側斜面沿いの6,000mmを最大とし、最低はチベット高原近傍の250mm程度である。多降雨地域は「ネ」国の東方地域のマハバラートおよびヒマラヤ地域の南側斜面に広がっており、一方、少降雨地域は中央部東西を通じて分布している。「ネ」国における年降雨量は大略1,500～2,500mmであるが、その内の約80%が6月～9月のモンスーン期に集中している。

夏期および晩春の最高気温は、テライでは40℃を超え著しく過湿となり、中央部でも28℃程度まで上昇する。冬期はテライでは23℃～7℃、中央山岳部では12℃～0℃以下となる。

(2) 水文

「ネ」国におけるすべての河川はインドを流下するガンジス川の支流である。ほとんどの河川の流出ハイドログラフは、モンスーン期において著しく上昇し11月に向けて急速に低下し通常2月において最低値となる。その後、融雪に伴い再び上昇過程に至る。

山岳地帯の融雪に源流を發する河川は通年河川であるが、モンスーン期の降雨に伴い乾期と冬期の流出量は大きく異なる。一方、テライ平野におけるほとんどの河川は季節河川であり、モンスーン期のみ流出を生ずる。

(3) 気象水文の観測網

「ネ」国内の気象および水文データの観測は、水資源省気象水文局にて一元的に実施されている。

気象観測は、早いものでは1947年より開始されており1990年時点でネパール全土の215地点にて降雨観測が実施されている。また、この内の約40観測所にて気温、湿度、日照時間等の

農業気象データの観測も行っている。気象データは、気象水文局より不定期に発刊される” Climatological Records of Nepal” より入手可能である。気象水文局によると、これらデータは日単位で測定されているものの上記資料からは月ベースのデータのみが利用可能であり、また不定期発刊に伴う最新データの欠落が多々起こり得る。

水文観測は1960年にカルナリ川にて開始されたのが始めてであり、現在主要な約40河川にて観測が実施されている。水文データは気象水文局発刊の” Surface Water Records of Nepal” にて一部入手可能ではあるが、いずれの河川もインドへ流下する国境河川であることから水文データの公表は近年行われておらず、同発刊も1976年を最後に休止したままである。

3.2. 社会経済

1991年現在の「ネ」国の全人口は、1,849万人、年平均人口増加率は2.1%である。国土面積は14.7万km²であり、人口密度は126人/km²である。

「ネ」国は多民族国家であり、大別してチベット系とインド系の民族から構成されている。前者はチベット系および古代ネパール系集団により代表され、主に丘陵及び山岳地方に居住している。後者はネパールおよびインド系集団によって代表され、主にテライ地方に居住している。

農業は「ネ」国における基幹産業であり、1991/92年度における国内総生産の49%を占め、従事人口も経済活動人口734万人(1991年)のうち81%を占めている。農業以外では建設、製造、輸送等の産業がみられるが、農業に比べてはるかに低い割合を示すに過ぎない。同年次の国内総生産は、1,262億ルピー（約30億米ドル）で、国民一人当たり180米ドルである。

1991/92年度の「ネ」国の対外貿易は、輸出139億ルピー、輸入329億ルピーで、190億ルピーの輸入超過となっている。

3.3. 農業

6大食糧穀物すなわち米、トウモロコシ、小麦、大麦、シコクビエ、豆類が「ネ」国の代表的な農業生産物である。1992/93年度においては約290万haの土地が作付され490万トンの食糧穀物と33万トンの他の換金作物が生産されたと報告されている。

近年、「ネ」国経済においては畜産業が重要な役割を果たしている。1992/93年現在「ネ」国全体の牛及び水牛は931万頭であり、1戸当たり頭数は4.2となっている。

「ネ」国は1980年代半ばまでは食糧輸出国であったが、近年においては人口増によって需要が生産高を上回るようになり、現在では自給率約85~90%であると見られる。「ネ」国における宮農は、テライ地方の大規模灌漑農地と丘陵・山岳地方での小規模農地で実施されて

いる。このうち丘陵・山岳地方においては灌漑可能地および灌漑用水源の不足などにより天水農業が行われている。1989/90年時点で「ネ」国全体の農地面積は2.97百万haで、そのうち42%、1.2百万haがテライ平野にある。そのうち灌漑可能と考えられる農地面積は2.2百万haに達する。実際の灌漑農地面積は94万ha、そのうち65%に当たる61万haはテライ地方にある。「ネ」国における穀物生産性は、近隣諸国と比較しても低いことが指摘されている。

3.4. 政治および行政機構

3.4.1. 政治機構

「ネ」国の政治機構は立憲君主制である。1951年に国王による政治が開始されて以来、種々の政治行政的試みの後で1962年に初めて憲法が発布された。それと同時に無政党のパンチャット（政治評議会）制度が設立され、村、郡、国の3レベルのパンチャットが設立された。1990年4月に至り民主化の動きが顕在化した時、国王はパンチャット制度を解消し、新憲法制定のための暫定政府が組織されるとともにパンチャット組織は解体された。1991年早々多政党制にもとづく新憲法が発布され、同年5月には新制度による初めての総選挙が実施されて新政府が組織された。

3.4.2. 行政機構

(1) 中央政府

「ネ」国の政府組織は、総理大臣が議長を務める閣僚評議会のもと、財務、法務、外務、内務、国防、農業、水資源など21の省庁及び閣僚評議会事務局所属の国家計画評議会などから構成される。

(2) 地方行政機構

「ネ」国は開発、政治および行政のために5つの開発地域、14の開発ゾーン及び75の郡に区分されている（図3.4.1参照）。各開発地域は2ないし3のゾーンといくつかの郡から構成される。各郡はいくつかの村を含む9つの地区に区分され、さらに各地区は3～9の区に細分されている。開発事業を担当するほとんどの中央省庁は、開発計画を監督指導するために各地域並びに郡に事務所を設置している。

(3) 灌漑セクターに関わる政府機関

中央政府機関は新しい灌漑政策に積極的に介入するとともに、農民管理の灌漑システムを建設また改修するために、農民組織に対して援助を与えている。現在、浅井戸灌漑プログラ

ムの実施及び資金についてネパール農業開発銀行が重要な役割を果たしているものの、灌漑局は新しい灌漑計画の開発においては中心的組織となっている。

a) 水資源省灌漑局

水資源省は、水資源と水力発電の開発、管理、規制、保全に係る政府施策の立案と実施に対する責任を負っている。総務局、灌漑局、水文気象局、地下水開発院、水力発電院、ネパール電力庁などの部局及び水資源エネルギー評議会から構成される。

灌漑局は、灌漑セクターにおける最も重要な政府組織であり新規灌漑計画の立案、実施、完工した大規模事業の維持管理に当たっている。灌漑局は灌漑管理、大中規模灌漑事業、地下水利用、計画、河川管理などの中央部局の他に国営事業毎の事業管理局及び5つの開発地域毎にいくつかの郡灌漑事務所を管轄する地域灌漑局などの外局を擁している。

b) 農業省農業局

農業省農業局は「ネ」国における農業普及プログラムに対する責務を負っている。いくつかの灌漑局によるテライでの大規模プロジェクトに直接関与する普及プログラムは灌漑局が実施し、農業局は関与しない場合もある。

c) ネパール農業開発銀行

ネパール農業開発銀行は「ネ」国全土における農業セクターに対する金融を行っている。成功した一例として浅井戸灌漑プログラムに対する資金援助が報告されている。本銀行は、本プログラムで1988年中期までに61千haの受益面積に対して灌漑施設を供給したと報告している。

d) 農業投資公社

農業投資公社は化学肥料、改良種子、農薬、農機具の輸入および国内流通に対して責務を負っている。

No. of Districts

	Far Western		Mid Western		Western	Central	Eastern	Total
	Western	Eastern	Western	Eastern				
Ierai	2	3	3	7	3	7	3	20
Hill	4	7	11	9	9	9	8	39
Mountain	3	5	2	3	3	3	3	16
Total	9	15	16	19	19	19	16	75

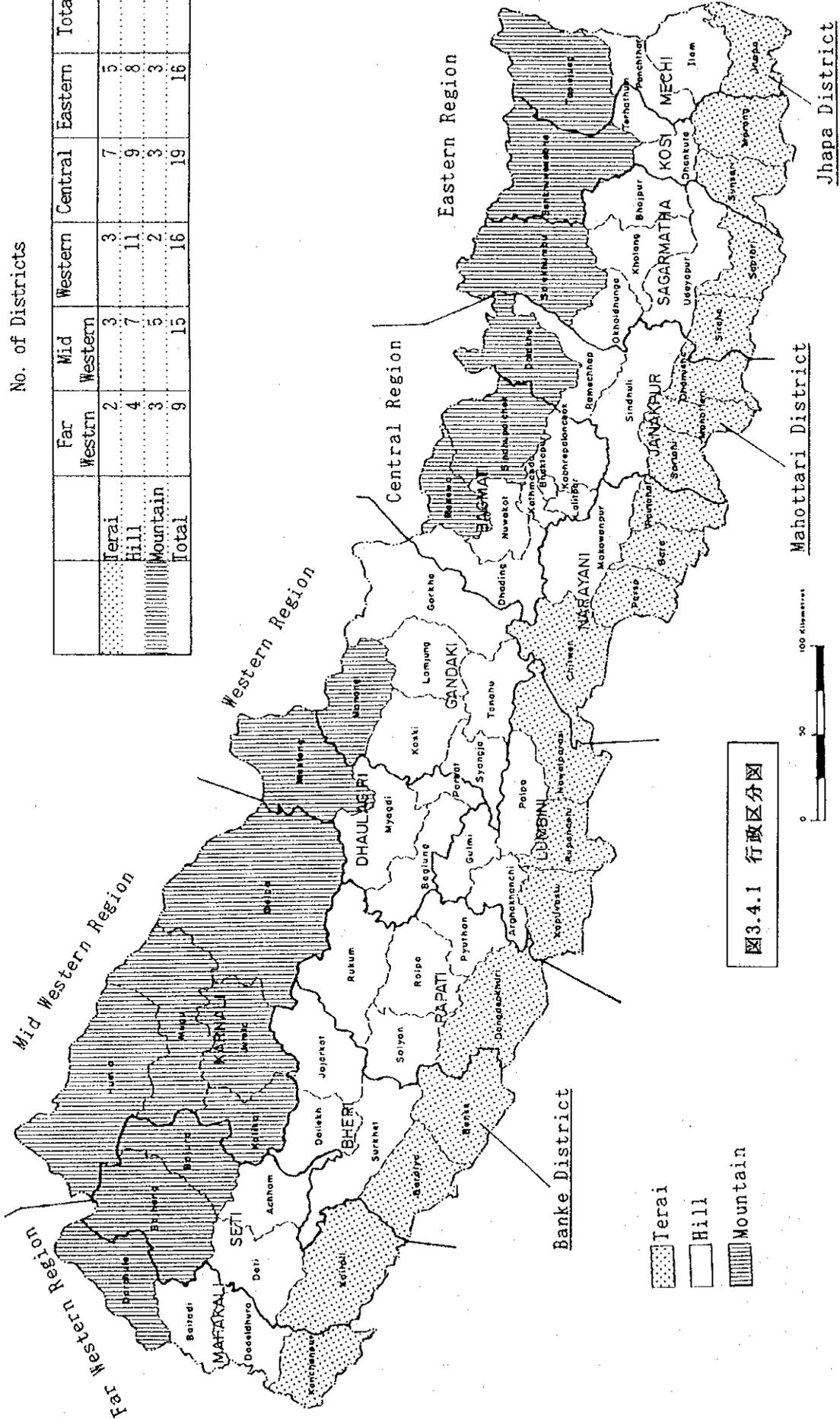


图3.4.1 行政区划图

3.5. 開発計画

3.5.1. 国家開発計画

(1) 既往の国家開発計画

1956年に第1次国家開発計画が策定されて以来、パンチャット制度のもと7次にわたる計画が実施されてきた。各計画ともに社会基盤の充実、国民福祉及び農業生産性の向上などの主要目標を掲げてきた。

パンチャット制度の崩壊後、暫定政府及び新制度のもとで選出された新政府は過去30年間の国家開発計画の成果を、多額の投資にも拘らず「ネ」国は依然として世界の最貧国に列していると評価した。また、社会及び社会基盤の整備に多少の進歩が見られるものの、生産セクターの構造変換に無能なため急速な発展が不可能であり、低い貯蓄率、増加する対外債務、低い工業化、弱い農業生産性、限定された輸出、高い人口増加率が発展の主要な障壁であったと結論づけた。

(2) 第8次国家開発計画

上記の評価に基づき新政府は第8次計画(1992~1997)を策定した。この計画の主要な目標は、「実質的経済成長」、「貧困の解消」、「地域格差の解消」とし、優先施策は「農業の強化及び多様化」、「エネルギー開発」、「地方の社会基盤の開発」、「雇用の創出及び人的資源の開発」、「人口増加の抑制」などである。

計画の投資総額は1,700億ルピーで、重点セクターとその投資額は「農業・灌漑及び森林」に26%、「金融及び不動産」に20%、「電気・ガス・水道」に16%、「交通・通信」に15%などである。

3.5.2. ベーシック・ニーズ・プログラム (1985~2000、以下「BNP」)

「ネ」国政府は、第6次計画以来自国民の「食糧」、「衣服」、「家屋」、「健康」、「教育」並びに「安全」の6分野にわたるベーシック・ニーズを、2000年までに充足するため「BNP (1985~2000)」を策定した。

ベーシック・ニーズの中で食糧は最も基本的かつ重要な項目といえる。本プログラムにおける食糧生産計画は、国民一人一日当たり最低2,250カロリーの必要量をもとに策定されており、トウモロコシ、小麦、粟、大麦、豆、芋類などの安価な主要食糧をもって必要レベルのカロリーを充足させるよう強調している。2000年までの増加人口(推定23百万人)と穀類、豆類、芋類等による必要カロリーをもとにすると、これら主要食糧の必要国内生産量は6.6百万トン、未加工ベースで9.8百万トンが必要とされる。1984/85年度の上記食糧生産量は4.8百万トンで

あり、年平均増産率は6.5%となっている。

上記の目標を達成するためには灌漑施設、改良種子、改良農法、農民教育、技術革新などの開発及び普及が必要となるが、灌漑農地は2000年までに、1.25百万haにまで展開するとしている。

「BNP」では6つの主要穀物について自給自足を達成することを重点目標とし、特に自給率の低い丘陵地域の多品種農業の促進を強調している。これを達成するためには、農民に対し灌漑施設、改良種子、肥料、農機具、農業金融、貯蔵施設その他農業拡張等の施策を提供することが必要であり、1984/1985年時点の価格で46,420百万ルピーの投資が必要とされている。

3.5.3. 灌漑開発マスタープラン

「BNP」を受けて灌漑局は「ネ」国における灌漑開発の長期戦略と、このなかでの短期投資プログラム並びに健全な計画手法に係る「灌漑開発マスタープラン」を1990年初めに国連及び世銀の協力のもとに策定した。

(1) 目的および目標

本灌漑開発マスタープランにおいては、「BNP」と同様農業及び灌漑セクターに関して穀物生産性の向上及び灌漑農地の拡大の2つの目標が掲げられている。

第1の目標は、2000年において国民一人一日当たり最低必要とする2,250カロリーに相当する食糧の自給を達成することである。これは食糧穀物およそ8.9百万トンに相当し、1980年中期の実績生産高の約2倍に相当する。

第2の目標は、政府事業による灌漑面積を、1987年レベルの0.434百万haから2000年に1.25百万haまで拡張することである。このためには、年間60,000haが新規灌漑農地として開発されなければならないが、第6次計画においての最大開発面積は年間僅かに35,000haであった。

(2) 可能な投資案

過去の「ネ」国での灌漑事業に対する投資計画は、テライ地方における新規大規模事業、丘陵地方における中小規模事業の建設が強調されてきた。同時にすべての地域における既存の農民管理灌漑組織への支援並びにテライでの地下水開発促進も強調されてきた。

この灌漑開発マスタープランの優先施策は、灌漑管理と農業支援プログラム、低価格かつ需要主導型の新規小規模計画及び浅井戸開発事業に転換するものとしている。

上記施策に係る投資案を以下に述べる。

a) 既存の灌漑事業の改善

既存の灌漑事業の改善については、比較的低い投資で効果を上げることが出来る。この投資優先度は、以下の通りである。

- ・ 灌漑局管轄の小規模事業の水利組合への移管
- ・ 既存の農民管理灌漑組織への援助
- ・ 灌漑局によるテライでの大規模事業における灌漑管理計画の策定と改修工事

b) テライにおける地下水灌漑

大規模事業における浅井戸および深井戸灌漑、小規模事業における深井戸灌漑の3つの開発モデルが考慮されている。これまで浅井戸による灌漑可能面積290,000haの内90,000haが、深井戸による可能面積70,000haの内約2,000haが開発されてきた。

・ 浅井戸開発

経済分析によると天水地域においては40%以上、隣接区域においても20%以上の内部収益率を上げることができる。また、標準的な浅井戸の投資は1.0ha以上の灌漑面積を有する農家の経営を可能にする。浅井戸による受益面積を拡大するために集団経営や水売買を推進することによって小規模農家も浅井戸灌漑の利益を受けられる。

・ 大規模モデルでの深井戸開発

バイラワルンビニにおける深井戸灌漑プロジェクトは、大規模モデルの高い収益性を立証した。プロジェクトで実施された灌漑管理と農業支援プログラムは将来型の営農と農地の有効利用の可能性を実証した。またその運転費用は電動ポンプの使用により最小となっている。将来における内部収益率は20%以上、現在においても10%が得られている。灌漑局の深井戸プロジェクトについては運用および維持管理費用がその問題となっているが、これに対しては水利用組合を通して換金作物を導入することで対処しようとしている。

・ 小規模モデルでの深井戸開発

井戸およびポンプ機器ならびに灌漑施設の集団所有に基づいて60~120haを個々の深井戸により開発することが可能である。このような投資は大規模深井戸モデルに比較されるものである。しかしながら、農民の維持管理費用に対する負担から種々の問題が発生している。

c) テライでの中小規模表流水利用プロジェクト

テライにおける中小規模表流水利用の可能性は、多くの小規模河川での水資源開発となるため非常に制限が多い。また、これら小規模河川は既存の灌漑事業ならびに農民組織により既に開発されてきた。よって、今後の最も経済的な灌漑投資は既存の施設への改修であろう。

d) 丘陵・山岳地方での小規模灌漑プロジェクト

丘陵・山岳地方においては、約70,000haが新規に灌漑可能である。新規灌漑プロジェクトへの投資は、その額が予想されうる利益と矛盾のない限り10~20%の内部収益率を生み出すであろう。

e) テライでの大規模表流水灌漑プロジェクト

「ネ」国における灌漑可能な土地資源の約80%並びに灌漑を進める上でもっとも効果の上がる地域のほとんどはテライにある。したがって、「ネ」国政府は、大規模表流水灌漑プロジェクト実施の第一優先度を、テライにおける表流水の有効利用に置いている。現在、7つの大規模プロジェクトが竣工もしくは実施中であり、更に7つの大規模プロジェクトに対し経済的な評価がなされてきている。

(3) 灌漑セクターに係る戦略とプログラム

灌漑開発マスタープランにおいては灌漑セクターの発展に係る次の4つの長期目標が勧告されている。

- ・ 農業および灌漑管理プログラムによる既存の灌漑農地の農業生産と収益の増大
- ・ 政府出先機関の制度改善及び民間組織の最大利用による灌漑関連サービスの効率の改良
- ・ 経済的技術的基準に沿った中小規模灌漑プログラムの実施
- ・ 農業生産を飛躍的に増大させるための一手段としての、テライにおける新規大規模灌漑プロジェクトの選択と実施

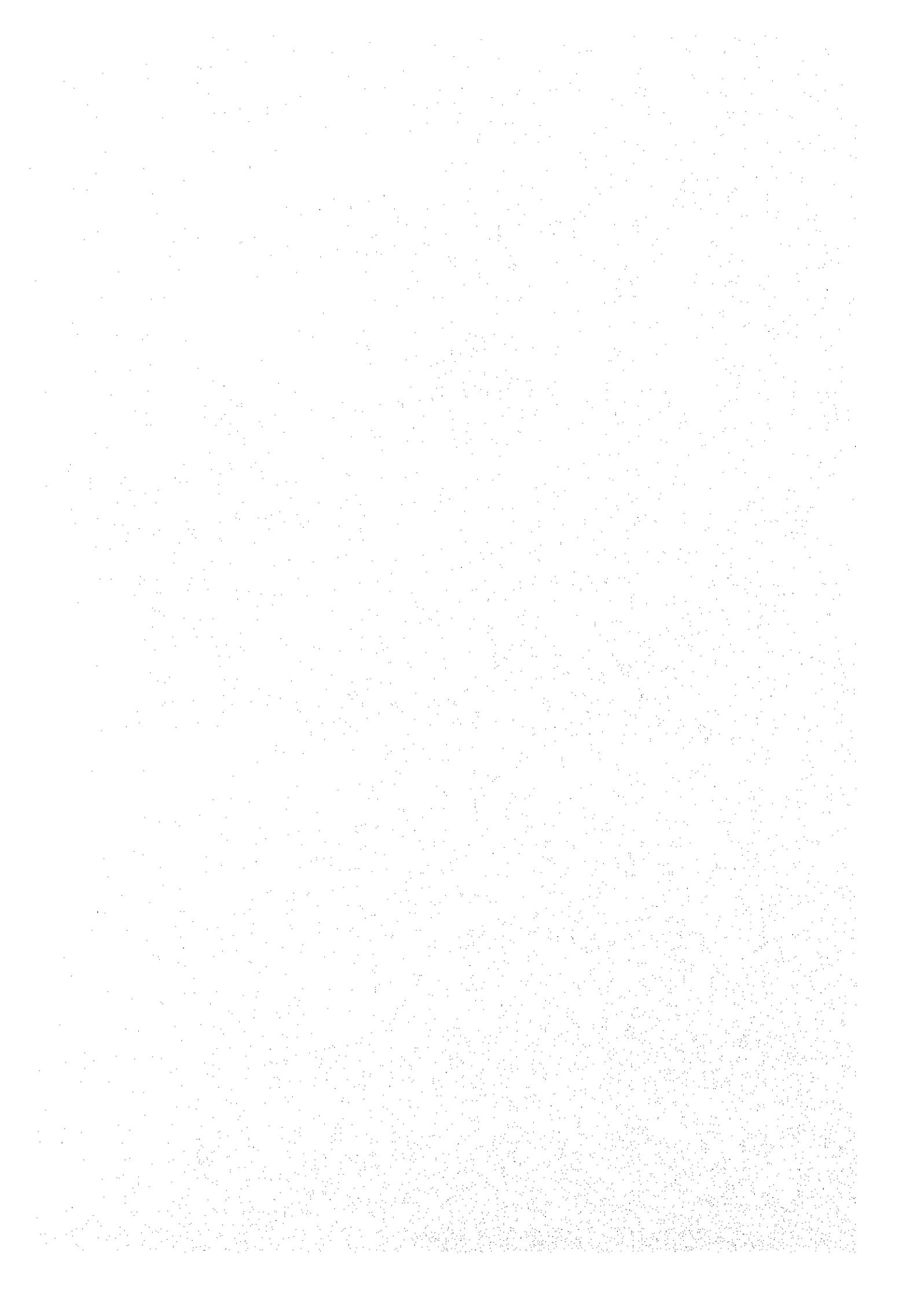
(4) 1990年代における投資プログラム

灌漑局へ推奨される投資プログラムは価格/効果の評価に基礎をおいている。このうち財務的な項目は「中核的項目」、「優先的プログラムとプロジェクト」、「付加的なプログラムとプロジェクト」の3類型に区分されている。

推奨される投資プログラムは、第1類型のすべての項目、第2類型のほとんどの項目、第3類型では外国資金援助の取得性の可能性と灌漑局実施能力をもとに選択された項目をそれぞれ含んでいる。

灌漑セクターにおける投資プログラムを策定するための方法は、価格/効果的投資の配慮に重点を置くこととされている。

第 4 章 調査地区



第4章 調査地区

4.1. 深井戸灌漑可能地区の選定

本調査のうち「フェーズ・I」調査は、調査対象3郡に係る関連資料をレビューし、地表水灌漑計画でカバーされる地区及び浅井戸灌漑が可能な地区を除き、深井戸灌漑が可能な地区（面積10,000ha程度）とともに、これらのうち地下水ポテンシャルの最も高い地区（代表地区）を選定することを目的とした。この代表地区は「フェーズ・II」調査の対象とし、さらに気象、水文、水文地質、地下水、農業灌漑などの詳細調査を実施し、深井戸灌漑のマスタープランを策定した。なお、本調査では深度30~40mまでに分布する第1帯水層を浅層帯水層とし、それ以深の帯水層を深井戸開発の対象とした。

調査対象3郡の深井戸灌漑可能地区の地下水産出ポテンシャルは、大きな差異は見られないものの、バンケ、マホタリ、ジャバの順となっている。地下水の涵養能力は、地区内河川の密度からみて、ジャバ及びマホタリが優れておりバンケ地区は劣ると思われる。

10,000ha程度の灌漑面積を確保できる地区は、ジャバ郡の南東部（17,000ha）及び西部（10,000ha）のみで、マホタリの南北2団地を併せて7,000ha、バンケ郡南部は8,000haである。道路、電力供給など社会基盤の状況は、3郡とも同様である。

上記の諸条件の総合判断及び灌漑局との協議の結果、ジャバ郡南東部地区が「代表地区」として選定された。

表4.1.1. 調査対象3郡の地下水及び深井戸灌漑ポテンシャル

郡	ジャバ	マホタリ	バンケ
候補地区の位置	南東部 / 西部	南部 / 北部	南部
透水量係数 (m ³ /day)	1,660 / 1,660	820 / 5,500	1,000
平均井戸湧水量 (l/s)	91 / 91	66 / 97	110
灌漑可能面積 (ha)	17,000 / 10,000	4,000 / 3,000	8,000
幹線道路改修計画	有	有	無
送電線拡張計画	無	無	有

以下の各節に各郡及び各郡における深井戸灌漑地区の概況を記述する。

図4.1.1 ジャバ郡深井戸灌溉ポテンシャル

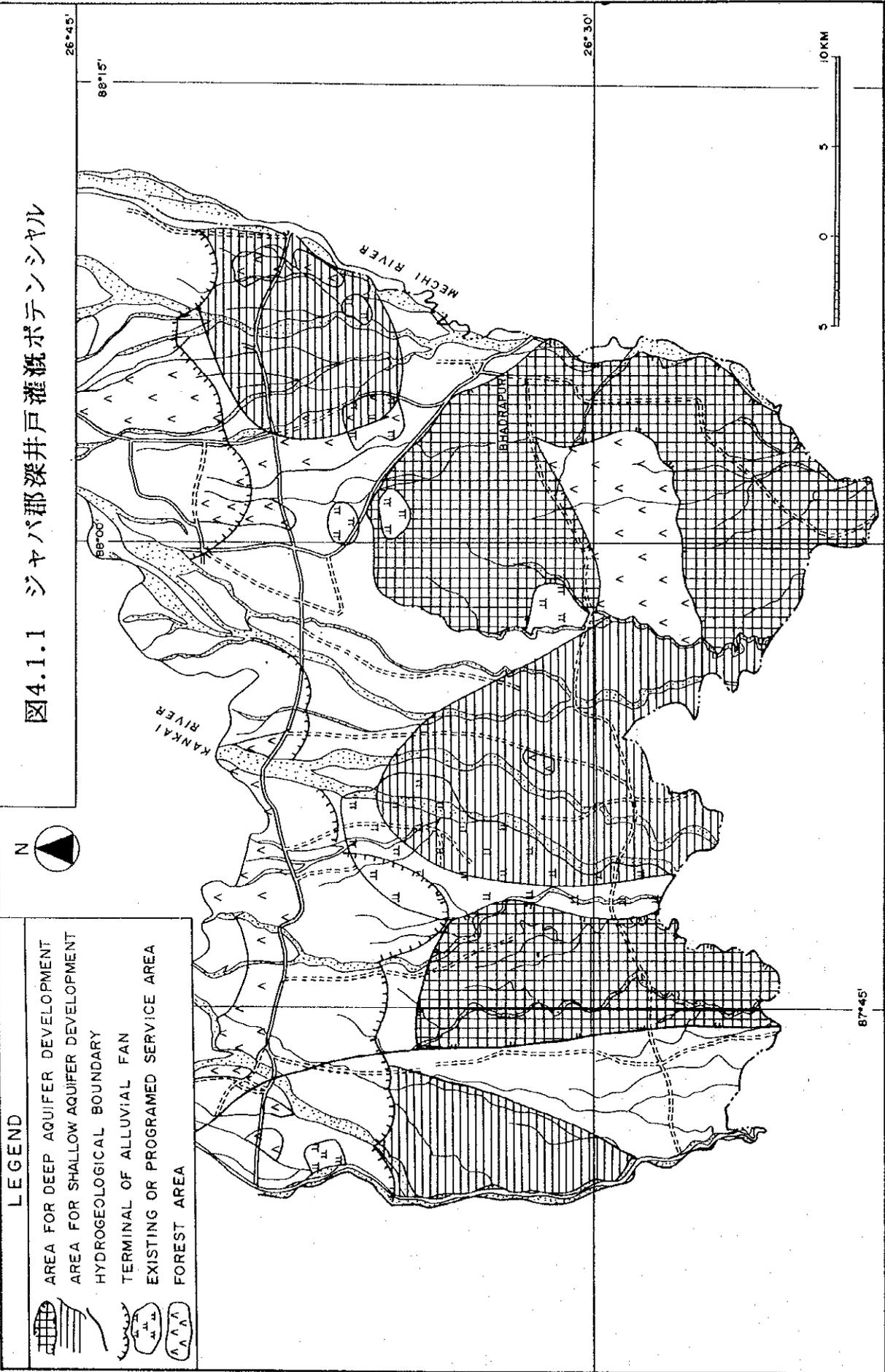


図4.1.2 マホタリ郡深井戸灌漑ポテンシャル

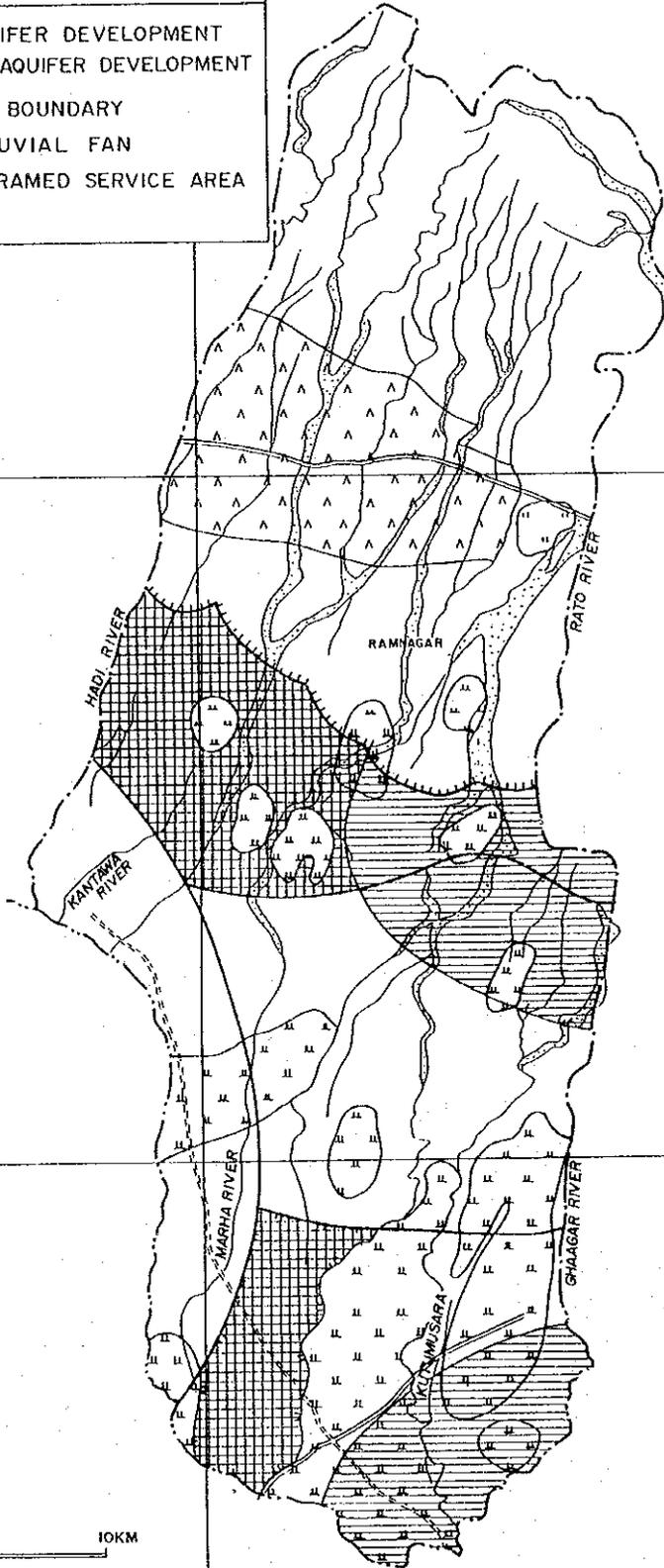


85°45'

86°00'

LEGEND

-  AREA FOR DEEP AQUIFER DEVELOPMENT
-  AREA FOR SHALLOW AQUIFER DEVELOPMENT
-  HYDROGEOLOGICAL BOUNDARY
-  TERMINAL OF ALLUVIAL FAN
-  EXISTING OR PROGRAMED SERVICE AREA
-  FOREST AREA



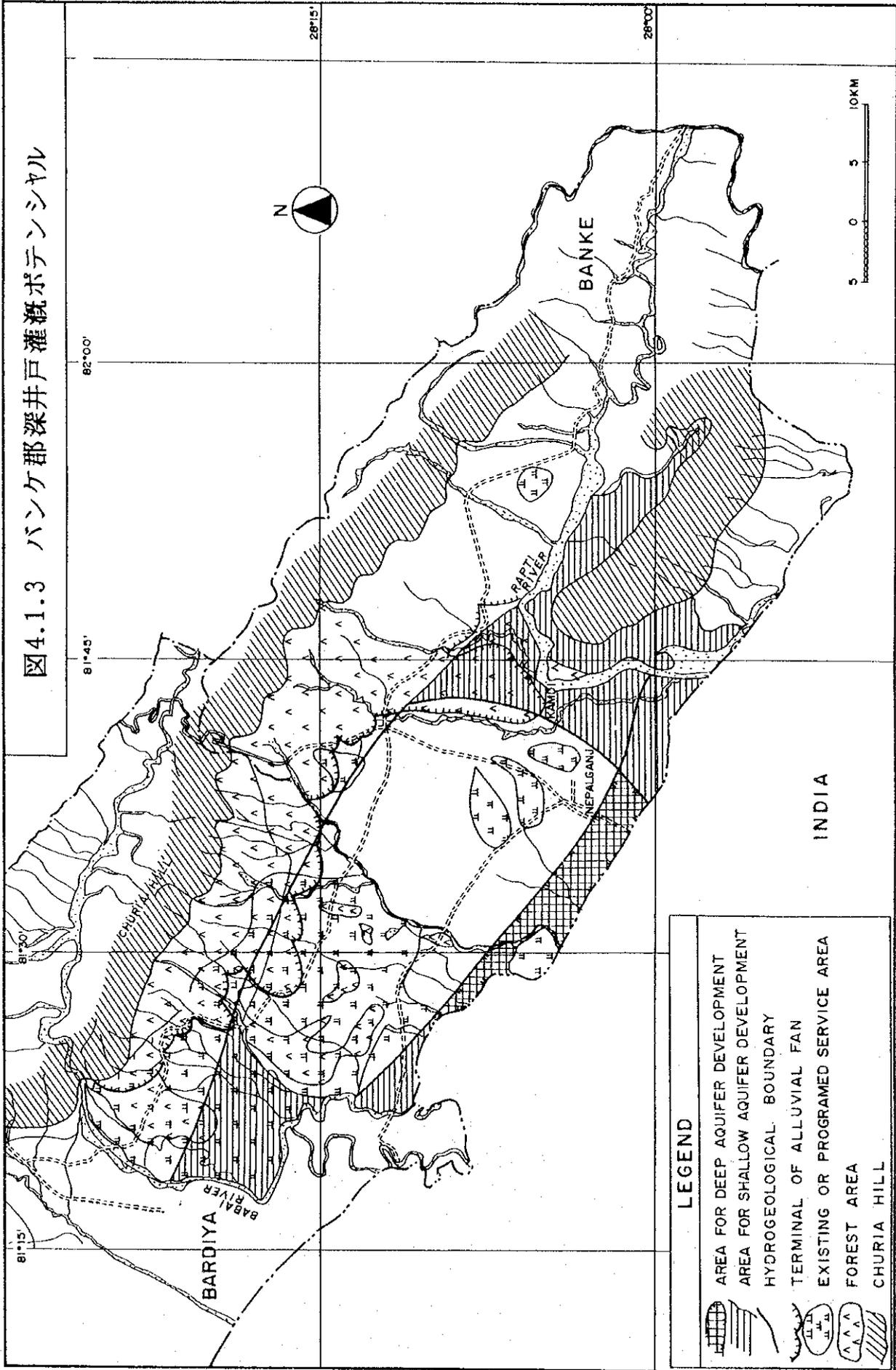
27°00'

26°45'



INDIA

図4.1.3 バンケ郡深井戸灌漑ポテンシャル



4.2. 自然環境

4.2.1. 地形

(1) ジャバ郡

ジャバ郡は、「ネ」国の最南東に位置し、その東および南はインドに接している。地形的には、北はチュリア丘陵に、西はラツワ川に、東は国境河川であるメチ川に区切られ、そして南は広大なガンジス平野に向けて開けている。東西約56km、南北約49km、総面積は1,606 km²で、そのほぼ中央をカンカイ川が南流している。

ジャバ郡の平野部に分布する地形単元は沖積平野と段丘地である。沖積平野は、チュリア丘陵の南縁を境に遠くインド国境まで広い範囲で発達している。チュリア山脈に近い場所では、地形面は緩いうねりを呈し扇状地状である。このような地形は、おおむね東西ハイウェイ付近まで延びてきており、その標高は120~210mの範囲にあり、地形勾配は1/100を呈する。このような地形はバーバル帯と呼ばれている。

バーバル帯の南には平坦な沖積平野が広がる。標高の範囲はおよそ80~120mで、地形勾配は0.3/100とバーバル帯よりも緩やかになる。この沖積地は、南北の長さ15km程度でバドラプールの南方の森林帯まで続く。この沖積地の南縁、森林帯北部沿いに低湿地が認められる。

森林帯は比較的大規模な面積を持つ段丘地をおおい、プリティビナガール付近に分布し、東部の一部を除き密林をなす。この他に小規模の段丘地形が地区の北西部ダンギバリに分布し、農地として利用されている。この段丘地の南には広い平坦な沖積地がインド国境まで分布している。その標高は60~80mで、地形勾配は0.2/100と北部沖積地よりもさらに緩やかである。この沖積地はガンジス沖積地に対応すると考えられる。

(2) マホタリ郡

マホタリ郡の外形は南北に長い矩形をしており、その長軸は約62km、短軸は約24kmしかない。地区面積は1,002km²である。

地区内を幾筋かの季節河川が、北北東から南南西に向けて流下している。これらは、その北部では非常に広い河川敷を有しているが、地区中部では急速にその幅を減じ、南部では極めて細い河道だけになってしまう。地形的には地区の大部分がテライ平野に属するが、北部にはチュリア丘陵が分布している。

テライ平野部は南南西に向けた単傾斜で全体的には極めて平坦と言えるが、北部はやや傾斜が急で南に行くに従ってより平坦になっていく。チュリア丘陵の麓に広がるバーバル帯には上、中、下3段の段丘地が認められている。これらの段丘地形は扇状地状を呈している。このうち上、中段の段丘面にはラテライトが分布していることから、更新世に形成された段丘と考えられる。

バーバル帯の南にはマーシー帯が分布するが、目立った湧泉や湿地帯はない。地形勾配は緩やかになり、多くの河川はここで礫質の広い河川敷を失い細い川へと変化する。また、この南縁では多くの浅井戸が自噴している。

南部テライは本地区のほぼ半分、約400km²の面積を占めほとんど平坦と言ってよい。また、本地区は全テライ平野の中で最も標高の低い地区の一つで、その南縁では標高は60mを下回っている。

(3) バンケ郡

調査対象地区は、バンケ郡の全域とバルディア郡の内ババイ川より東の部分とを含んでいる。調査地区総面積は3,230km²を超え、本調査の3郡の中で最も面積が大きい。調査地区はその西縁をババイ川に区切られ、北および東はチュリア丘陵によって、そして南はインドとの国境によって画されている。全体は北西～南東方向の四角形をしており、その長軸（NW-SE）が約80km、短軸が約40kmである。

地区内のほぼ中央を、「ネ」国でも大河川の一つであるラプティ川が流下している。この他バンケ郡とバルディア郡とを分けるマンダ川など多くの中小河川が地域内を流れているが、これらのほとんどは季節河川である。

本地区におけるテライ平野部は、全国的に見てもその標高の高い地域の一つで、最低標高でも約130mである。

バーバル帯は東西ハイウェイとチュリア丘陵との間及びダングワ川以西に広く分布しその面積は段丘部を含めて約640km²に達する。バーバル帯から南部テライへの漸移帯には、マーシー帯の代わりに全体的に大きなレンジでの地形的うねりを示す地帯が分布している。

本地区に於ける南部テライは地区の南縁、インドとの国境に沿って幅5～8kmの細いベルト状に分布するだけである。標高は150m以下で非常に平坦である。

4.2.2. 地質

(1) ジャバ郡

ジャバ郡の地質は沖積層、段丘堆積物、チュリア層群とに大きく区分できるが、平野部にはチュリア層群の露頭はみられない。沖積層は、バーバル帯で砂礫層が浅層部に発達するが、平野部に移ると砂・砂礫と粘土・シルトとの頻繁な互層を呈して分布する。段丘地の北部に分布する北部沖積層の厚さは150m程度で、その下位にはチュリア層群が分布すると見られる。段丘地の南に分布するガンジス沖積層は、単層の厚さ50mにも達する砂礫層を多く含み、その層厚は300m以上と厚い。段丘堆積物は層厚が10m内外で粗粒砂、シルト・粘土からなっている。チュリア層群は、地表には分布せず、調査井の地質から対比すると未固結の粘土、シルト、砂、礫などからなっている。なお、本層はかつては沖積層に含められていたが、その密度、

弾性波速度、あるいは含まれている地下水水質の違いから、本調査団はこれを「上部チュリア層群」と分類した。

(2) マホタリ郡

マホタリ郡の平野部に分布する地質は段丘堆積物および沖積層である。チュリア層群は平野部の北端で丘陵・山地を形成している。構成地質は下部チュリア層に属する砂岩、頁岩を主に礫岩を含んでいる。段丘堆積物は粘土、シルト、砂礫層からなっているが、その層厚は不明である。南部テライ平野の堆積物は、ボーリング資料によれば粘土、シルトが優勢な砂、砂礫の互層である。

(3) バンケ郡

バンケ郡の地質は沖積層、段丘堆積物、チュリア層群とに区分することができる。沖積層は、バーバル帯に分布する扇状地堆積物を含む北部沖積層、緩いうねりを呈する沖積地に分布する中央部沖積層、南部テライ平野に分布するガンジス沖積層とに細分される。北部沖積層の分布地域では深度200m以上のボーリングが行われ、未固結の砂礫層およびシルト層を貫通している。中央部沖積層の厚さは30m程度と考えられ、これ以深の地層はチュリア層群の可能性が強い。ガンジス沖積層は深度300m以上にわたって掘削された記録があり、未固結の粘土、シルト、砂、砂礫層から構成されている。透水層の比率は他の沖積層に比べて大きい。チュリア層群は、ラプティ川の東の丘陵では固結度の低い頁岩、砂岩、礫岩が分布するが、ババイ川の北では下部チュリア層に属する頁岩、砂岩などが分布している。

4.2.3. 気象水文

(1) ジャバ郡

a) 気象

ジャバ郡はテライ平野の最東部に位置しており、北はマハバラートの山麓、東はメチ川によりその境界を設けられている。地区内の標高は最低63mから最高476mと比較的低く、気候的には亜熱帯ならびに熱帯気候帯に属している。

本地区の降雨量は、ネパール国東方より襲来するモンスーンの影響を受けるため、西方に位置する他のテライ平野地区よりも多い。地区内のカンカイ、サニスチャーレ、アナルマニビルタ、チャンドラガーディの4観測所の雨量を基にティーセン法で求めた平均降雨によると、年間降雨量は約1,600mm~3,600mmの間にあり、その平均は約2,500mmである。また、月平均降雨量は冬期には概ね10~20mm程度であるが、モンスーン期の7月には700mmを超える。

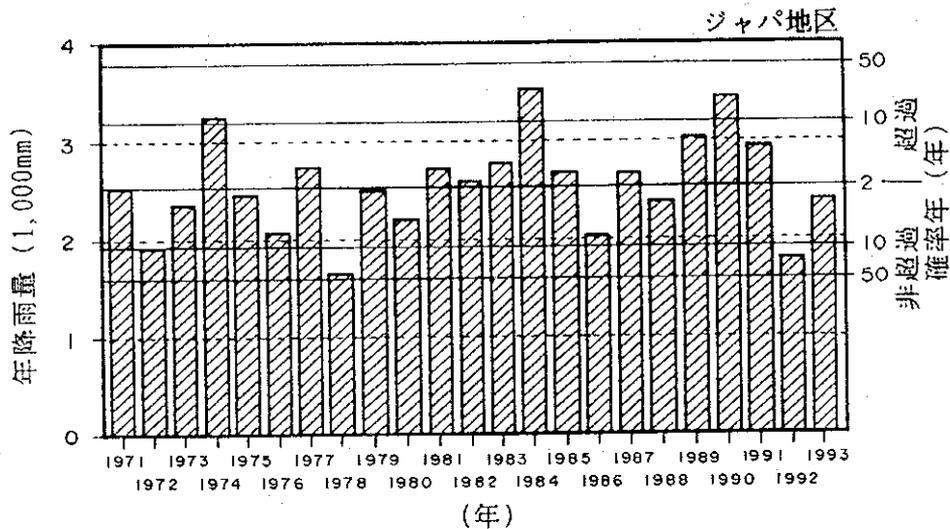


図4.2.1 ティーセン法による平均年降雨量 (ジャバ郡)

上図の平均年降雨量に対しガンベル法を用いて渇水確率年を求めると、以下に示すように10年確率で1,911mm、20年確率でも1,762mmと比較的降雨に恵まれた地区であることが判る。

渇水確率年 ;	2	5	10	15	20	30	50	100
年降雨量 mm ;	2524	2110	1911	1819	1762	1692	1616	1533

本地区の気温は12月～1月にて最も低くなり、4月～5月は温暖、6月～8月は高温多湿となる。月平均気温は15℃～29℃にあり、冬期の平均最低気温は5℃程度、夏期の平均最高気温は38℃に達する。湿度はモンスーン期直前の3月、4月には60%台に低下するものの、モンスーン期の開始とともに急速に高くなり、モンスーン期間中は80～90%を示す。

地区内の日照時間は、モンスーン期において一日当たり4～6時間、モンスーン期以外で7時間以上を示しており、最大は5月において9時間に達する。

風速は、地区内のカンカイならびに西方インドとの国境近くに位置するピラトナガールにて測定されている。カンカイでは1～最大4 km/hrに対し、ピラトナガールでは2～最大9 km/hrと後者において約2倍の風速を示している。

地区内では蒸発量の測定はなされていないものの、カンカイの55km西方に位置するタラハラ観測所の記録によると、モンスーン期直前に最大6 mm、モンスーン期にて約5 mm、冬期にて最低2 mmを示している。

b) 水文

本地区内の全ての河川は降雨に起因しており、下流部では地下水により一部涵養されているものもある。地区内の主要河川はラツワ、カマル、カンカイ、バイリング、メチ川の5河川であり、この内カンカイ、メチ川が比較的大きな河川である。他の河川はこれら主要な5河川の支流であり、乾期においてはほとんど流出を見なくなる。本地区内では、カンカイ川の流域面積1,180km²を擁するマイナチュリに観測所が設置されており、流量の観測が実施されている。過去14年間の水収支計算結果によると、平均年降雨水量3,750百万m³に対し平均年流出量2,786百万m³と流出率は74%が得られた。水文気象局によると、同観測所における流出率は約60%~70%と報告されていることから、概ね類似の結果を得ている。

本調査に際しては、デオニヤ、ブドハジホラの2箇所水位計を設置して1993年1月から1年間両河川の流量観測を行った。流出率はデオニヤにて70%、ブドハジホラにて89%と比較的大きな値を示している。また、両河川のモンスーン期における流出は90%を超えており、乾期における表流水利用は実質上不可能なことが判る。

(2) マホタリ郡

a) 気象

地区内の標高は最低56mから最高904mに及んでおり、変化に富んだ地形条件の影響を受け地区内の気象には統一性は見られない。大略的には、熱帯および亜熱帯気候の影響下にありほぼ温暖な気候条件といえるが、夏期においては高温多湿でかつ6月のモンスーン期の開始とともに急速に湿度が高くなる。また、冬期は比較的温暖でほとんど降雨はみられない。

地区内の降雨観測所は、ほぼ中央部に位置するゴウジャラのみであるが隣接するダヌーシヤ郡のジャナカプール空港ならびにトルシ観測所のデータも参照することができる。ジャナカプール空港のデータはその位置より本地区南方に、またトルシ観測所データは北方域に適用される。

これらのデータより、地区内の年降雨量は約600mm~2,600mm、月別の平均降雨量は冬期のほぼ0mmから最大で7月の480mmである。以下に、ジャナカプール空港における年降雨量を示す。

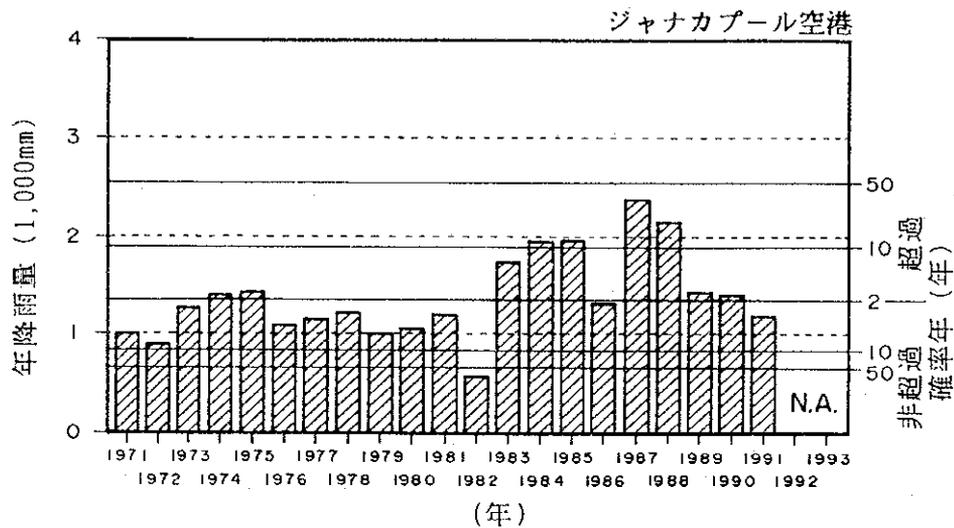


図4.2.2 ジャナカプール空港における年降雨量

上記の年降雨量に対しガンベル法を用いて渇水確率年を求めると、以下に示すように10年確率で858mm、20年確率で774mmとジャバ郡に比し約1,000mmほど減少している。

渇水確率年 ;	2	5	10	15	20	30	50	100
年降雨量 mm ;	1310	987	858	804	774	738	703	669

ジャナカプール空港の月平均気温に注目すると年間を通して約15°C~30°Cにあり、冬期の平均最低気温は5°C程度、夏期の平均最高温度は39°Cに達する。湿度はモンスーン期直前に約65%に低下するものの、モンスーン期の開始とともに高くなり、モンスーン期間中は80~90%を示す。

日照時間、風速、蒸発量等の農業気象データはジャナカプール空港の北方に位置するハーディナツ観測所における1976年~1983年までの記録を参照する。日照時間は、モンスーン期において一日当たり6~7時間、モンスーン期以外で8時間以上を示しており、最大は5月において10時間に達する。風速は冬期にて2~4 km/hr、モンスーン期にて最大10km/hrを示す。蒸発量は、モンスーン期直前に最大7mm、モンスーン期にて約5mm程度、冬期にて最低2mmを示している。

b) 水文

本地区内の河川はすべてチュリア丘陵部に源流を發している。地区内にはビジ、ラツ、ジャンパ、マルハ、ハーディ等の地下水によって涵養される通年河川も見られるものの、そのほとんどはモンスーン期のみにおいて活動する季節河川である。

地区内の河川においては、これまで河川流量の定期観測は実施されていないが、地区境界

より西方約30kmに位置するバグマティ川ならびに東方約30kmに位置するカマラ川においては定期観測が実施されてきている。バグマティ川の観測所はパウライ、流域面積は1,750km²、またカマラ川はチサパニ、その流域面積は1,590km²である。

(3) バンケ郡

a) 気象

地区内の標高は最低132mから最高1,131mに及んでおり、概ね高温多湿な熱帯および亜熱帯気候の影響下にある。本地区の北部はチュリア丘陵ならびにその山麓のパバルゾーンの影響を受け、その南部に比し比較的寒冷かつ多降雨である。一方、南部は極端な暑夏と温暖な冬期を有する熱帯性気候で有名であり、ネパールガンジにおいては最高気温48°Cが過去数回記録されている。

地区内の観測所データより、本地区の年降雨量は約500mm～2,600mmであり、月別の平均降雨量は0～600mmである。以下に、カジュラ観測所の年降雨量を示す。

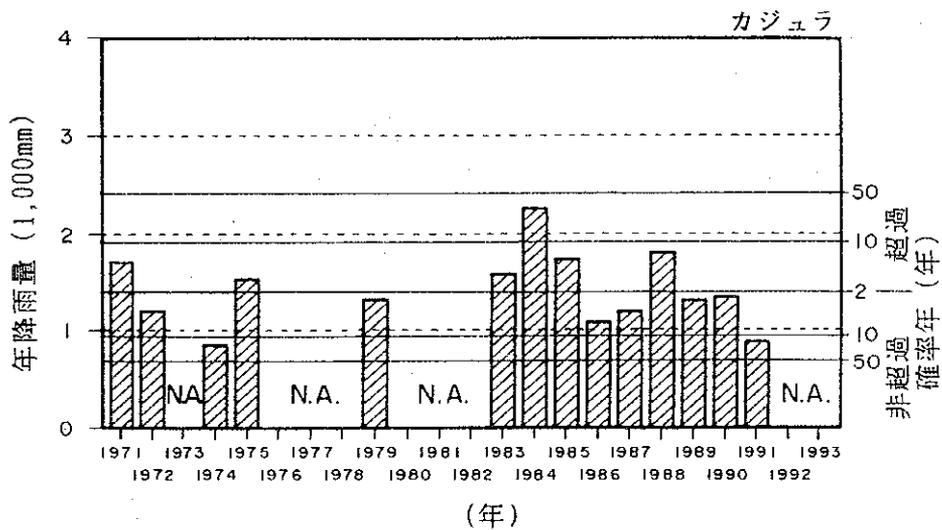


図4.2.3 カジュラ観測所における年降雨量

上記の年降雨量に対しガンベル法を用いて渇水確率年を求めると、以下に示すように10年確率で957mm、20年確率で866mmとジャバ郡に比し約900mmほど減少している。

渇水確率年 ;	2	5	10	15	20	30	50	100
年降雨量 mm ;	1386	1087	957	900	866	826	785	742

カジュラ観測所における月別の平均気温は約15°C～30°Cで、冬期の平均最低気温は約3°C、夏期の平均最高気温は41°Cを超えている。湿度はモンスーン期直前に約50%まで低下するものの、モンスーン期間中は80～90%と高湿度を維持する。

カジュラ観測所における農業気象データに注目すると、日照時間はモンスーン期において一日当たり6～7時間、モンスーン期以外で8時間以上を示している。風速は冬期にて2～3 km/hr、モンスーン期にて最大7 km/hrを示す。蒸発量は、モンスーン期直前に最大8 mm、モンスーン期にて約5 mm程度、冬期にて最低2 mmを示している。

b) 水文

地区内の主要河川はラブティ、マンガ、ダングワ、キリン、ババイ川であり、他河川はすべてこれらの支流である。このうちラブティ、ババイ川が最も大きく山岳部に源流を発生し東より西に流下した後、南方に流路を転じる。一方、両河川以外はすべてチュリア丘陵部を源流とし南方に流下している。

ラブティ、ババイ川においては定期観測が実施されており、ラブティ川の観測所はジャルクンデ（流域面積5,150km²）、ババイ川の観測所はバルガダ（流域面積3,000km²）である。

(4) データベース

本調査に関連する気象水文観測所、井戸定数等のインベントリー及び降雨量、河川流量、地下水水位をLotus123を用いてデータベース化した。同時にそれらを検索し、スクリーン上に降雨量、河川流量、地下水水位を図化するプログラム(JDBASE)を開発した。データベース及びプログラムは付属のフロッピーに、またその取り扱いは付録-3に示す。

4.3. 社会・経済

4.3.1. テライ平野

(1) 地域区分

テライ地域はインドのガンジス平野に連なり、国土面積の14.3%耕地面積の41.6%を占める。行政的には5つの開発地域及び20の郡からなる。調査対象地区のジャバ郡、マホタリ郡、バンケ郡はそれぞれ東部開発地域、中央開発地域、中西部開発地域に属している。

(2) 人口及び世帯数

テライ平野に居住する人口は、全国の47%(1991)を占め丘陵地帯が46%でこれに続く。世帯数は全国の45%を占め、これは丘陵地帯の47%に次ぐ高さである。また、人口増加率は全国の平均2.1%に対して2.8%と高い割合を示している。

(3) 産業構造

「ネ」国政府は産業振興のために全国に11の産業郡(Industrial District)を設定している。テライ平野にはこのうちの5郡があり、残りの6郡は丘陵地帯にある。産業は靴、セメントなどを除いて製糖業、たばこ、ジュートなど農産物を原料とする加工業が中心である。

4.3.2. ジャバ郡

(1) 行政区分

ジャバ郡は行政的に9つのセクターに分かれ、これは更に49の村(村落開発委員会)と2町(自治体)に区分されている。郡全体面積は156,500ha、耕地面積は105,121ha、このうち本調査対象地区は16村にわたる29,700haである(図4.3.1参照)。

(2) 人口及び世帯数

1991年現在の郡人口は593,737人、人口密度は379人/km²である。過去10年間の年平均増加率は2.15%で、ほぼ全国の増加率と同じである。調査対象の3郡の中ではバンケ郡に次いで高い増加率である。経済活動人口のうち66%(1991)が農業従事者である。世帯数は110,939戸(1991)で、平均的な世帯規模は5.36人である。1町村の平均的な人口は11,640人、戸数は2,170戸である。

(3) 産業構造

この郡は、米及び茶の生産地として全国的に知られている。既存の産業はいずれも農業をベースとしたもので、精米所/搾油所762カ所、製菓所47カ所、ジュート加工場2カ所、茶加工場40カ所、乳加工場5カ所等である。精米所は搾油所を兼ねている場合が多い。

4.3.3. マホタリ郡

(1) 地域区分

マホタリ郡は行政的に9つのセクターに分割され、さらに77の村及び1町に分かれる。郡全体面積は101,238ha、耕地面積は63,754ha、このうち本調査対象地区は2カ所に分かれ、17村にわたる9,800haである(図4.3.2参照)。

(2) 人口及び世帯数

1991年現在の郡人口は440,146人で、1981年以降年平均2.0%の増加率である。調査対象の3郡のなかでは最も低い増加率で、全国平均の2.1%をも下回っている。人口密度434

人/km²は、3郡の中では最も高い。経済活動人口のうち79%(1991)が農業に従事している。世帯数は80,396戸(1991)で、平均世帯員は5.48人である。平均的な町村は5,640人の人口、1,030戸の世帯からなる。

(3) 産業構造

精米及び搾油所が176カ所ある。

4.3.4. バンケ郡

(1) 行政区分

バンケ郡は9つのセクターに大きく分かれ、これは更に46村1町に分割される。。郡全体の面積は225,836ha、耕地面積は49,072ha、このうち本調査対象地区の面積は12,100haである(図4.3.3参照)。

(2) 人口及び世帯数

1991年の人口は、285,604人で、過去10年間の平均増加率は全国平均より高く3.36%である。人口密度126人/km²は、3郡の中では最も低く、全国平均の125人/km²とほぼ匹敵する密度である。経済活動人口のうち68%は農業に従事している。世帯数は49,059戸あり、平均的な規模は3郡の中で最も大きく5.8人である。1町村は平均的に6,070人の人口及び1,040戸の世帯から構成されている。

(3) 産業構造

産業は、農業及び林業をベースとした精米所兼搾油所247カ所、製材所5カ所、繊維工場4カ所、製菓工場28カ所、乳加工場4カ所などがある。

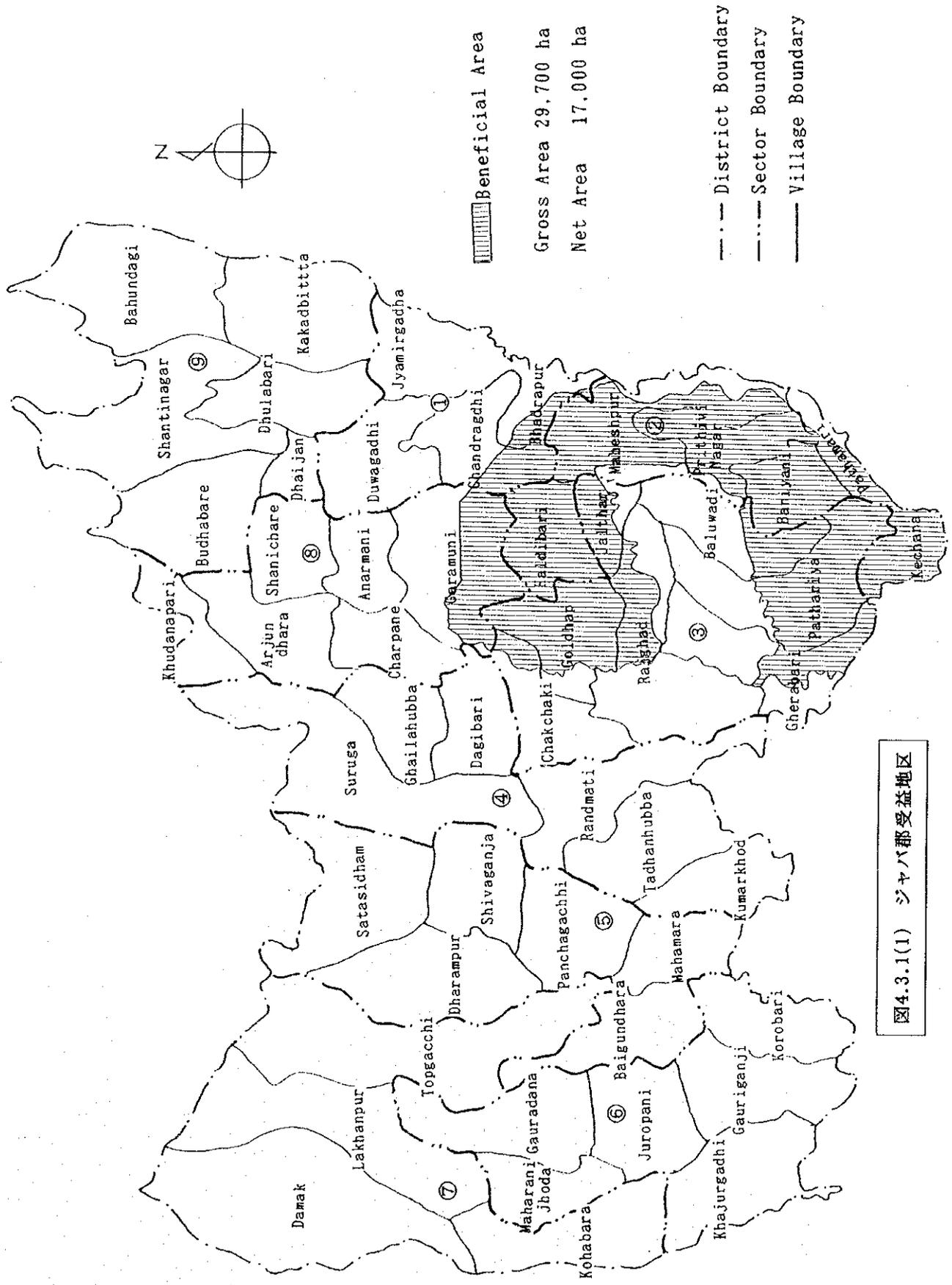
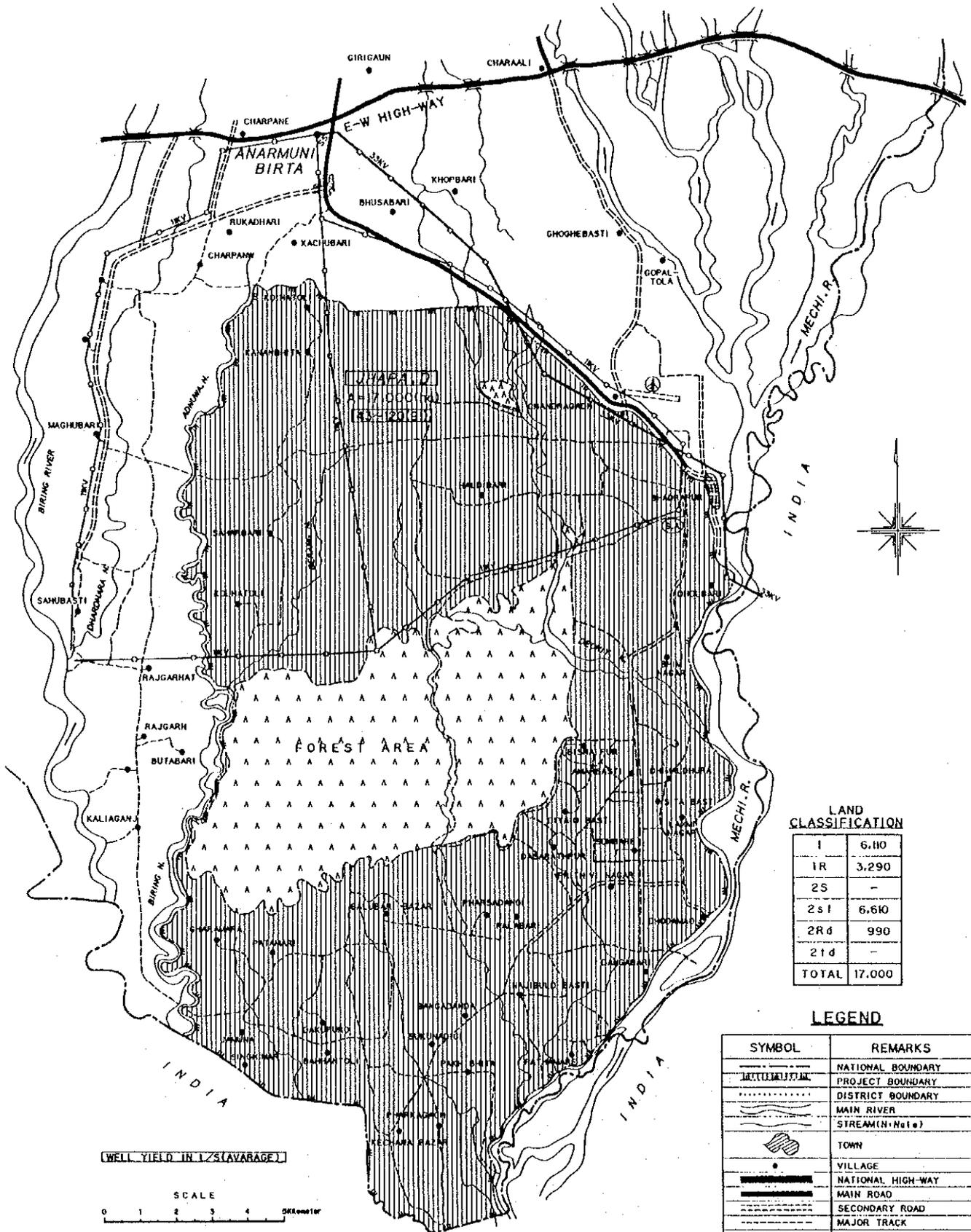


图4.3.1(1) ジャババ郡受益地区



LAND CLASSIFICATION

I	6.110
1R	3.290
2S	-
2Sf	6.610
2Rd	990
2Id	-
TOTAL	17.000

LEGEND

SYMBOL	REMARKS
—	NATIONAL BOUNDARY
—	PROJECT BOUNDARY
—	DISTRICT BOUNDARY
—	MAIN RIVER
—	STREAM (N-Note)
■	TOWN
●	VILLAGE
—	NATIONAL HIGHWAY
—	MAIN ROAD
—	SECONDARY ROAD
—	MAJOR TRACK
—	TRANSMISSION LINE (11.KV)
AAAAA	FOREST AREA
⊙	SAMPLE AREA

■ (LONG TERM PLAN)

WELL YIELD IN L/S (AVERAGE)

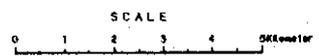


図4.3.1(2) ジャバ郡受益地区

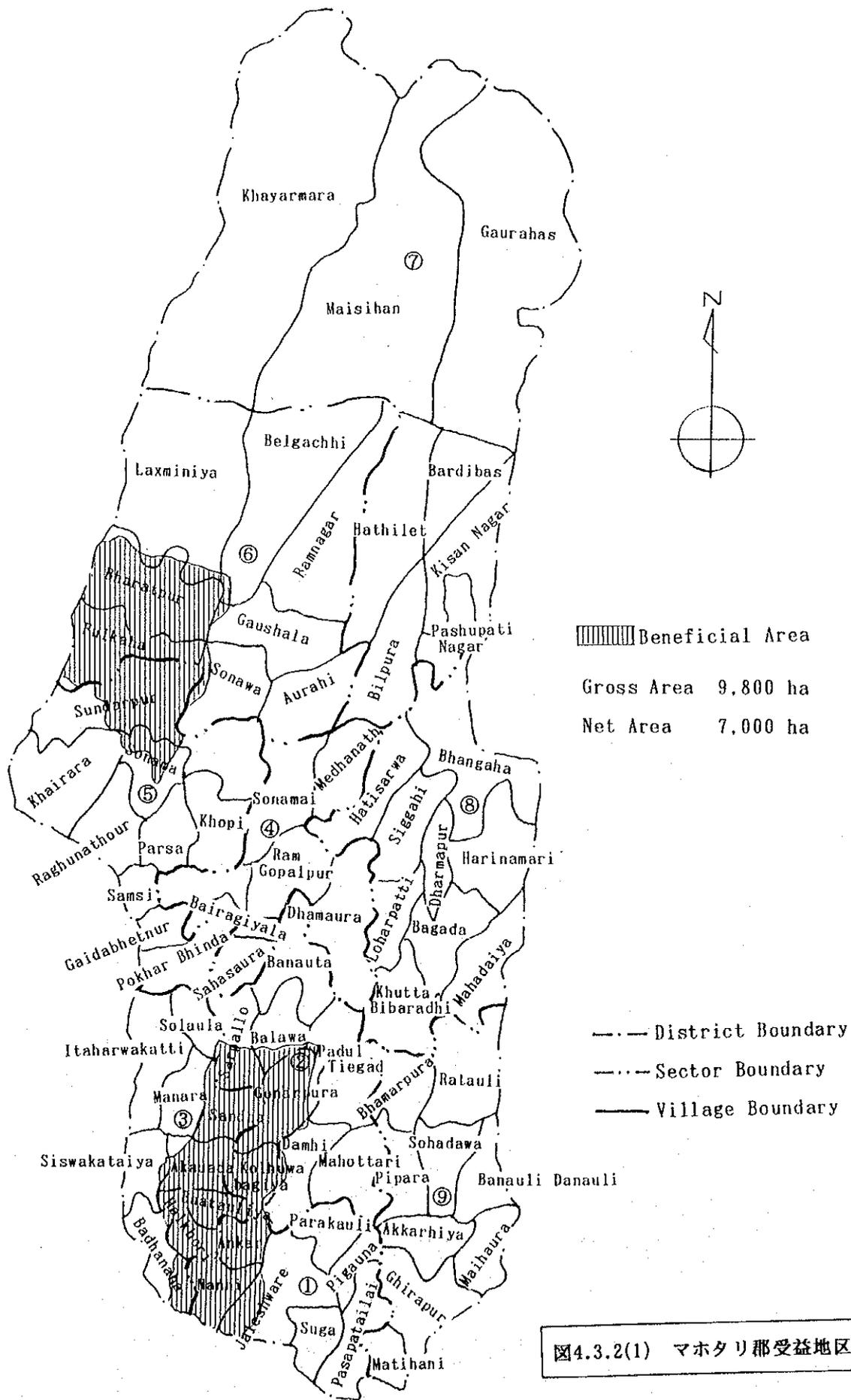


図4.3.2(1) マホタリ郡受益地区

図4.3.3(1) バンケ郡受益地区

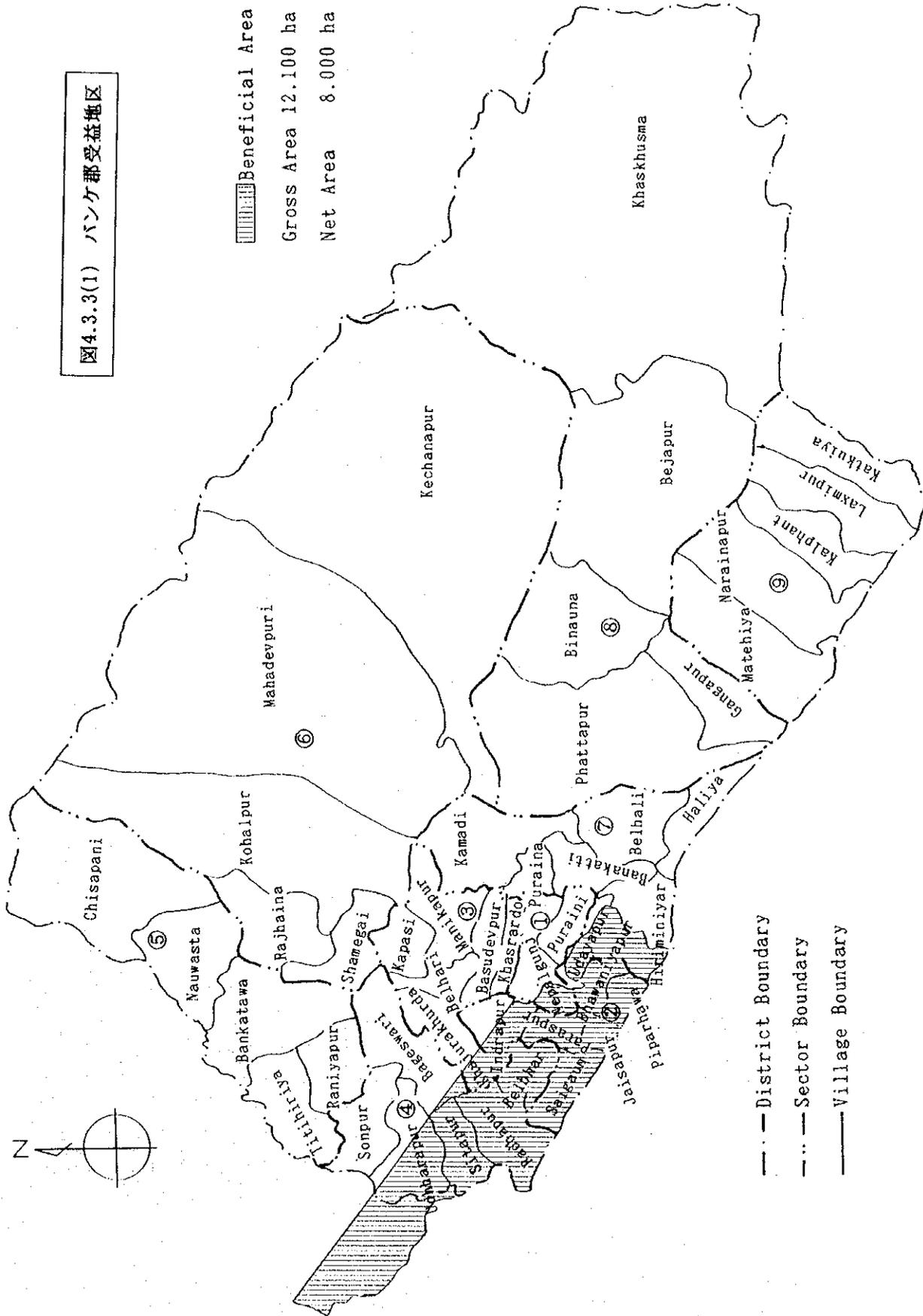
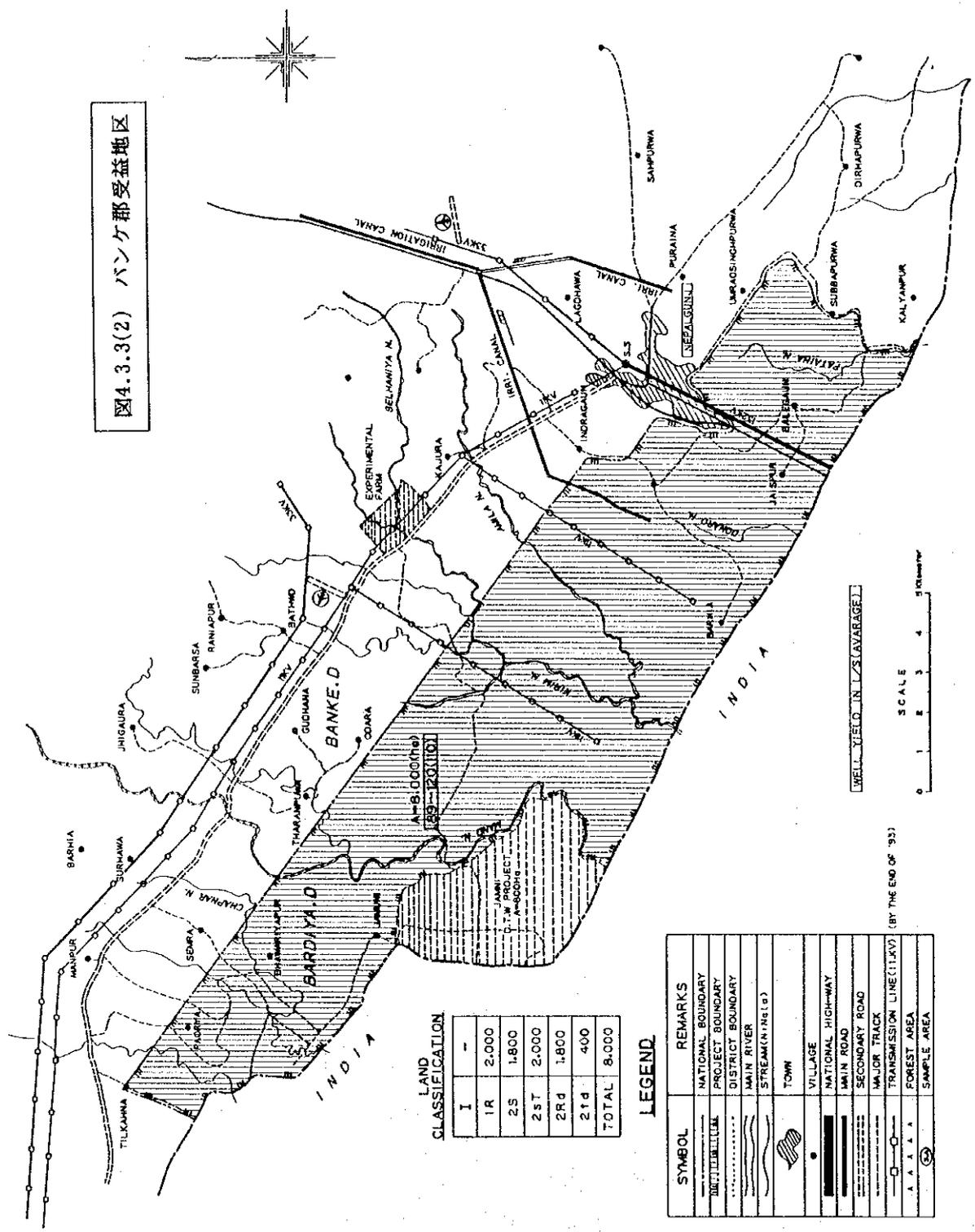


図4.3.3(2) バンゲ郡受益地区



LAND CLASSIFICATION

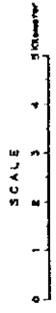
I	-
IR	2,000
2S	1,800
2ST	2,000
2Rd	1,800
2Td	400
TOTAL	8,000

LEGEND

SYMBOL	REMARKS
—	NATIONAL BOUNDARY
—	PROJECT BOUNDARY
—	DISTRICT BOUNDARY
—	MAIN RIVER
—	STREAM(NeIc)
●	TOWN
●	VILLAGE
—	NATIONAL HIGHWAY
—	MAIN ROAD
—	SECONDARY ROAD
—	MAJOR TRACK
—	TRANSMISSION LINE(TLW)
—	FOREST AREA
—	SAMPLE AREA

(BY THE END OF '93)

WELL YIELD IN 1/2 LAVARAGE



4.4. 農業及び灌漑

4.4.1. テライ平野

(1) 農地面積

テライ平野は国土面積の14%を占め、全耕地面積の42%がある。面積の構成は次の通りである

	面積(1,000ha)	テライ平野/全国(%)
耕地	1,234.6	41.6
放牧地	49.7	2.8
森林	591.3	10.5
灌木地	1.4	0.2
非耕地	117.1	11.9
その他	116.1	4.3
計	<u>2,110.2</u>	<u>14.3</u>

(MOA, 1990)

(2) 土壌

テライ平野には沖積層が広く分布し、土性は次の4タイプに分類される。

タイプ(I) —主に砂壤土または埴壤土であるが、一部シルト質砂壤土または埴土である。土壌反応は弱酸性から中性が大半であるが、一部アルカリ性を示す所もある。

タイプ(II) —主にシルト質壤土または埴壤土であるが、一部砂埴土または壤土である。土壌反応は、中性から弱アルカリ性である。

タイプ(III) —土性は壤土、砂壤土、シルト質壤土である。土壌反応は弱酸性から中性である。

タイプ(IV) —土性は主に砂壤土または壤土であるが、一部シルト質壤土である。土壌反応は弱酸性からアルカリ性である。

(3) 農業生産

1992/93年のテライ平野における主要穀物の生産量を全国のそれと並記する。米、小麦は生産割合が高く、テライ平野が「ネ」国の穀倉地帯となっていることが分かる。

	全国	テライ平野
米	2,584,900 トン	1,840,620 トン (71%)
トウモロコシ	1,290,500	325,440 (25%)
シコクビエ	236,750	14,340 (6%)
小麦	765,000	432,720 (57%)
大麦	27,610	2,860 (10%)

(MOA, 1993)

(4) 畜産

テライ平野の家畜構成(1992/93)は次の通りとなっており、牛乳生産においても全国の32%を生産している。

	全国	テライ平野 (単位：頭羽数)
牛	6,237,231	2,256,660 (36.2%)
水牛	3,072,682	972,959 (31.7%)
緬羊	911,279	142,406 (15.6%)
山羊	5,451,710	1,545,170 (28.3%)
豚	604,902	170,224 (28.1%)
鶏	13,600,807	3,386,197 (24.6%)
あひる	391,718	334,466 (85.4%)
牛乳生産	876,594	280,063 (31.9%)

(MOA, 1993)

(5) 灌漑

1990年の農業統計によると、テライ平野にある農地面積1,235,000haのうち実灌漑面積は608,877haで49%が灌漑されていることになる。全国の灌漑面積率が32%でありこれと比較しても高い率であるといえる。また、全国の灌漑面積941,299haのうち65%が地形的に灌漑に適したテライ平野に集中している。

4.4.2. ジャバ郡

(1) 農地及び土地利用

ジャバ郡の農地は3郡の中で最も大きく105,121haである。平地においては稲作、台地状の農地ではとうもろこしが主として栽培され、穀類中心の土地利用となっている。前述の通り気候条件には恵まれているため、水利条件がよい所では年間を通じた稲作が可能であるが、郡の南東部及び西南部は雨期作の単作地帯となっている。現在の作物別作付面積は下記の通りで、これにより郡の作付率は151%と算定される。

穀類	132,362 ha
豆類	2,497
根茎類	2,514
換金作物	7,061
油糧種子	5,898
香辛料	1,403
野菜類	2,486
果樹	4,491
その他	346
計	159,058

(CBS, 1993)

(2) 土壌条件

郡には沖積層が広く分布している。土壌タイプは砂壤土(粘土含量12.5~25%)または埴壤土(粘土含量37.5~50%)である。保水性は良好で灌漑に適した土壌条件である。土壌の反応は弱アルカリから中性を示し、また腐植質は0.2~5%を含んでいる。窒素成分はやや低い、リン酸及びカリ分は中から高位である。作物栽培に対する土壌条件で大きな制約は見られず、稲作に適した農地(Khet)が展開している。稲作不適地(Bari)も見られるが、このような農地ではとうもろこしを基幹作物とする作付体系が支配的である。

(3) 農家数及び土地所有

1991/92年全国農業サンプルセンサスによると、土地なし農家を含む農家数は74,727戸である。平均的な経営規模は1.41ha/戸で、1ha以下の農家が52%を占めている。規模別農家の内訳は以下の通りである。

土地なし	1,104 戸	(1.5%)
0.1ha以下	9,326	(12.4)
0.1~0.2	4,663	(6.2)
0.2~0.5	10,062	(13.4)
0.5~1.0	13,620	(18.2)
1.0~2.0	18,324	(24.5)
2.0~3.0	9,898	(13.2)
3.0~4.0	2,986	(4.0)
4.0~5.0	2,004	(2.7)
5.0~10	2,413	(3.2)
10ha以上	327	(0.4)
計	74,727	
(CBS, 1993)		

上記の農家数のうち、調査対象地区内には約12,080戸の農家が分布していると推定される。

(4) 作付体系

ジャバ郡の主要な穀類は、水稻、トウモロコシ、小麦である。野菜ではじゃがいもの作付が多い。支配的な作付体系は、次の通りである。灌漑農地では年間2作或いは3作が可能であるが、天水農地ではその水利条件のために雨期稲作の単作が支配的にならざるを得ない状況である。

灌漑農地	雨期稲—小麦
	早期稲—雨期稲—小麦
天水農地	雨期稲—休閑
	雨期稲—豆類／油糧作物
	トウモロコシ—豆類／油糧作物／シコクビエ

雨期の水稻は通常7月から8月中旬にかけて作付され、11月中旬から12月中旬頃に収穫される。稲について重要な作物であるトウモロコシは、3月中旬から作付され、6月中旬頃に収穫される。天水農地では雨期の稲作のあとは休閑が支配的であるが、豆類、カラシナなどの用水量が少ない作物が栽培される農地もある。じゃがいもは通常8月はじめから11月ころ作付、2カ月半後に収穫される。油量作物としてのカラシナは雨期稲の後作として天水農地においても一般的に作付されている。

調査対象地区の作付体系は、上記のうち”雨期稲一休閑”が支配的である。稲のほかにはシコクビエ、豆類等がある。調査対象地区における現況の作付体系を図6.2.1に示す。雨期稲、春トウモロコシ、小麦で構成され、現況作付率は126%で、これは郡のものよりも低い値である。

(5) 農業生産

1992/93年における主要な作物の生産量は、以下の通りである。ジャバ郡は3郡の中では最も高い籾の生産量を誇っているだけでなく、「ネ」国の籾生産量の7.8%を生産し、全国75郡のなかでも最も高い。米に次いで、トウモロコシ、小麦、じゃがいもの生産が多い。また、たばこは山麓部や台地状の農地で栽培されその生産量は全国の12%を占める。

	生産量 (ton)	対全国比 (%)
籾	202, 630	7.8
トウモロコシ	18, 630	1.4
シコクビエ	2, 190	0.9
小麦	13, 090	1.7
大麦	20	0.1
油糧種子	1, 790	1.9
じゃがいも	12, 960	1.8
たばこ	730	12.1
さとうきび	5, 500	0.4
豆類	890	0.4

(MOA, 1993)

(6) 農作業の状況

稲作のための耕起、しろかき作業は水牛或いは牛を利用して通常2から3回行われる。地区内では農業機械は殆ど利用していない。これらの作業は降雨の時期、家畜、労働力の有無などの条件によって年により若干のずれが生じる。苗代には本田面積の6~7%の面積が必要で、育苗期間は約1カ月である。地区では移植栽培が普及している。栽培期間中の除草は余り行われていない。水田に雑草がしばしば見られる。この背景には、除草剤が高いために利用していないことがある。除草剤だけではなく、化学肥料の利用も同じ理由で極めて少なく、堆肥が主な肥料となっている。

収穫は人力により行われ、婦人、子供なども雇用される。収穫にはヘクタール当たり約20人・日が必要である。収穫後の稲は5から6日圃場で予備乾燥したのち農家へ運ばれ、牛或いは人力により脱穀され、庭先や路上で籾を乾燥する。ほとんどの集落には小規模な精米

所があり、ここで精米する。このような精米所は油量種子の搾油を兼ねていることが多い。糊のうちいくらかは翌年の作付用に種粕として保存される。

耕起、運搬、出荷などにおいて、水牛、牛は重要であり、収穫、運搬、家畜飼料の調達等において婦女子も重要な労働力である。

主作物である雨期稲が収穫されたあと、圃場によっては小麦、カラシナ、豆類、野菜等の畑作物が作付られる。播種前に通常2から3回の耕起と均平作業が行われる。

(7) 農産物流通

米は、農家—仲買業者—卸売業者／精米業者—小売業者—消費者という一連の流通経路を取る。野菜類は小売業者へ直接販売される他、農家が近傍の市場へ運搬し、販売するケースがある。運搬は牛車、自転車、人力によっている。

(8) 畜産

商業的な畜産は見られないが、牛や水牛は農業機械が普及していないために重要な農耕、運搬手段であるばかりでなく、牛乳や子畜の販売は農家の所得源であり、農業所得の20から30%を占めている。また鶏やあひるなどの家禽はほとんどの農家が庭先で飼育している。ジャバ郡の1992/93年における家畜構成は、次の通りとなっている。牛、水牛の頭数は3郡の中で最も多く、従って牛乳生産量も最も高い。

	<u>頭羽数</u>	<u>牛乳生産量 (ton)</u>
牛	191,340	14,507
水牛	75,986	13,362
綿羊	51	
山羊	105,788	
豚	22,357	
鶏	178,031	
あひる	25,183	

(MOA, 1993)

(9) 農家経済の状況

ネパールでは一般に経営面積が0.5ha以下の農家を小規模農家として分類しているが、この階層に属する農家はジャバ郡では32%に達する。またこの他に土地なし農家が1,104戸(1.5%)ある。これら土地なし農家は他の農家の農作業を手伝うことで生計をたてている。

世銀の資料によると、「ネ」国の農村では74%が貧困世帯と見られている。NPCはテライ平野の貧困ラインは6人世帯で年間約28,000ルピーと推定している。調査団が実施した農家

調査の結果によると、農家の年間所得は経営規模によって異なるが13,200ルピーから60,000ルピーであったことや土地なし農家を含む小規模農家の割合などから判断してジャバ郡においても貧困世帯率はかなり高いと推定される。

ジャバ郡は穀物生産が主体であるが、作物のなかでは米やとうもろこしよりも油糧種子、豆類、野菜類の価格が高い傾向にある。家畜からの所得は農業所得の20～30%を占めている。

(10) 灌漑状況

ジャバ郡には105,121haの農地があり、このうち灌漑面積は47,854haで、46%が河川、井戸など等の水源によって灌漑されている。この灌漑率は3郡の中で最も高い。

ジャバ郡は亜熱帯気候に属し、土地はカンカイ川、メチ川を始めとして北から南に流下する多くの大小の河川が通過する沖積地であり、灌漑事業に適しているため他の郡よりも灌漑農地が多くなっている。既存灌漑事業としては、カンカイ灌漑事業をはじめとして表流水灌漑などが行われている。

(11) 食糧需給バランス

1988年の郡概要書によると、ジャバ郡における食糧需給は、生産97,041トンに対して需要は96,841トンで、200トンの余剰があり、生産は需要を満たしているものの、それほど大きな余剰生産があるわけではない。現状では天水依存の農業が行われているために年によっては干ばつや洪水による被害を受けるために、農業生産が安定的でないことは否めない。

(12) 農業支援

a) 農業開発事務所(ADO)

ジャバ郡農業開発事務所(ADO)は、ダンクタにある地域農業局(Regional Agricultural Office)のもとにある。ADOのもとに6カ所の農業サービスセンター、さらにこの下に11カ所のサブサービスセンターが郡内に配置されている。普及活動はJunior Technicians(JT)及びJunior Technical Assistants(JTA)が担当し、各村の農民から選ばれた指導的農家(Leader Farmer)を指導するシステムである。主な活動内容は、農民訓練、デモンストレーション、展示、農家訪問などである。

b) 農業試験場

ジャバ郡に関する農業試験場は、パクリバス地域試験場及びラムプル多目的試験場があり、これらの試験場は作物開発、作付体系等に関する試験・研究の他、農家での現地試験、種苗配布、普及活動などを行い農家の農業活動を支援している。

c) 農業開発銀行 (ADB/N)

チャンドラガーディにはADB/Nの支所があり、農民金融サービスを行っている。融資の種類は短期、中期、長期があり、作物生産、農業機械、灌漑、畜産、農産加工等向けのものが用意されている。利率は年16%から18%である。このような公的機関による融資の他、多くの農民は私的な融資も利用している。

ADB/Nは1975年から小規模農民開発計画 (SFDP) を実施している。これは零細農民の貧困緩和、教育レベル改善、及びリーダーシップ育成を目標にした計画である。土地なし農家を含む零細農家を1グループとしてADB/Nは融資し、これをもとに灌漑施設を整備し、栽培技術の移転、家内工業に関する訓練等を行うことによって農家の生活改善や雇用創出など農村社会へ様々なインパクトを与えることを目指した計画である。

d) 農業資材公社 (AIC)

AICの本事務所はカトマンズにあり、この下に12のゾーン事務所及び73の支部がある。ダマック及びバドラプールにはその支部が各1カ所ある。AICは農協 (Cooperative Society) を通じて農民へ種子、肥料、農薬、農業機械等を供給する機関である。

(13) 農民組織

代表的な農民組織は、農協 (Cooperative Society) である。農協はAICから営農資材の供給をうけ、これらを農民へ配分する役割を持っているほか、粉を農家から買い付け食糧公社 (NAC) へ販売している。現在ジャバ郡には27の農協があるがこれら農協のすべてが活発に活動しているとはいえない状況である。

4.4.3. マホタリ郡

(1) 農業及び土地利用

農地面積は3郡の中で2番目に大きく63,754haある。郡全体の土地利用率は171%と算定され、次のような土地利用が行われている。

穀類	77,711 ha
豆類	19,190
根茎類	1,263
換金作物	1,945
油糧種子	4,892
香辛料	769

野菜類	1,315
果樹	1,955
その他	5
計	109,045

(CBS, 1993)

(2) 土壌タイプ (I)

土性は、ジャバ郡と同様、テライ平野で見られるタイプのうちタイプ (I) に分類される。砂壤土または埴壤土で、土壌反応は弱酸性から中性が分布している。

(3) 農家数及び土地所有

1991/92年の全国農業サンプルセンサスによると、郡内の農家数は土地なし農家を含めて58,559戸である。農家数は3郡の中ではジャバに次いで多い。1農家当たりの平均経営規模は1.09haで3郡の中では最も小さい規模である。1ha以下の農家の割合は3郡のなかで最も高く60%に達している。規模別農家数の内訳は以下の通りである。

土地なし	485 戸	(0.8%)
0.1ha以下	3,516	(6.0)
0.1~0.2	7,002	(12.0)
0.2~0.5	13,611	(23.2)
0.5~1.0	13,605	(23.2)
1.0~2.0	11,398	(19.5)
2.0~3.0	4,365	(7.5)
3.0~4.0	2,031	(3.5)
4.0~5.0	1,364	(2.3)
5.0~10	1,000	(1.7)
10ha以上	182	(0.3)
計	58,559	

(CBS, 1993)

上記農家数のうち、調査対象地区には約6,420戸の農家が分布していると推定される。

(4) 作付体系

マホタリ郡においては次の作付体系が支配的である。

灌漑農地 早期稲—雨期稲—小麦
 早期稲—雨期稲—トウモロコシ
 早期稲—雨期稲—豆類／油糧作物
 雨期稲—小麦—豆類
 雨期稲—じゃがいも—豆類
 雨期稲—野菜—野菜

天水農地 雨期稲—休閑
 雨期稲—小麦—休閑
 雨期稲—豆類—休閑
 雨期稲—油糧作物—休閑
 トウモロコシ—豆類／油糧作物／シコクビエ

調査対象地区の作付体系は、上記のうち雨期稲—休閑が支配的であるが、稲のほかにはハト豆に代表される豆類、小麦が見られる。雨期稲の本田耕起作業は降雨を待って6月中旬頃から開始され、11月中旬から12月中旬にかけて収穫される（第6章図6.2.2参照）。

(5) 農業生産

1992/93年における主要作物の郡内生産量は次の通りである。マホタリ郡の作物のうち小麦は全国の3.5%、たばこは19.9%、豆類は4.7%を占める。

	生産量(トン)	対全国比(%)
粳	52,140	2.0
トウモロコシ	8,200	0.6
シコクビエ	1,960	0.8
小麦	26,510	3.5
大麦	220	0.8
油糧種子	2,360	2.5
じゃがいも	8,140	1.1
たばこ	1,200	19.9
さとうきび	43,610	3.2
豆類	9,540	4.7

(MOA, 1993)

(6) 農産物流通

農産物の流通経路は基本的にはジャバ郡のそれと変わらない。籾は農家—仲買業者—卸売業者／精米業者—小売業者—消費者の経路を取る。野菜、牛乳などは農家が人力、自転車、牛車等を利用して近くの市場へ運搬するほか小売業者へ直接販売する場合もある。

(7) 畜産

マホタリ郡における家畜構成は、以下の通りである。牛、水牛の頭数、牛乳生産量は、ほぼジャバ郡の1/2である。

	頭羽数	牛乳生産量 (トン)
牛	97,854	4,190
水牛	39,882	8,918
綿羊	1,258	
山羊	106,065	
豚	1,970	
鶏	85,016	
あひる	6,671	

(MOA, 1993)

(8) 灌漑状況

マホタリ郡の現況灌漑面積は、耕地面積63,754haに対して17,313ha (27%)である。3郡の中ではジャバの46%に次いで高い灌漑面積率である。

(9) 食糧需給バランス

郡概要書(1988)によると、マホタリ郡の食糧需給バランスは、需要57,006トンに対して生産量は73,635トンで、16,629トンの余剰があり食糧生産は需要を満たしている。

(10) 農業支援

a) 農業開発事務所 (ADO)

マホタリ郡のADOはカトマンズにある地域農業局の管轄のもとにある。ADOのもとに6カ所の農業サービスセンター、更にこの下に11サブサービスセンターが郡内に配置されている。普及活動はJT、JTAが行い、各村の農家の中から選出された指導的農家 (Leader Farmer) に対して栽培技術などの指導を行っている。

b) 農業試験場

調査対象地区に近い農業試験場としてはジャナカプールの園芸試験場及びラムプルにある多目的試験場がある。作物栽培試験、種苗配布、普及活動等を行っている。

c) 農業開発銀行 (ADBNI)

マホタリ郡のADBNI支所はジャレスワールにあり、農民向けの短期、中期、長期の金融サービスを行っている。

d) 農業資材公社 (AIC)

ジャレスワールにAICの支所があり、農協を通じて農民へ種子、肥料、農薬、農業機械などを供給している。

(11) 農民組織

AICから営農資材の供給を受け、これらを農民へ配布する農協が代表的な農民組織である。現在31農協があり、1,110人のメンバーが参加している。

4.4.4. バンケ郡

(1) 農地及び土地利用

バンケ郡の農地面積は3郡の中で最も小さく、49,072haである。土地利用の内容は次の通りであり、これより郡の現況作付率は142 %と算定される。

穀類	51,745 ha
豆類	12,079
根茎類	555
換金作物	29
油糧種子	4,235
香辛料	126
野菜類	468
果樹	323
その他	58
計	69,618

(CBS, 1993)

(2) 土壌タイプ (I)

土性はテライ平野に見られる4タイプのうちタイプ (I) に分類される。このタイプは、砂壤土または埴壤土で、土壌反応は弱酸から中性である。

(3) 農家数及び土地所有

1991/92年の全国農業サンプルセンサスによると、土地なし農家を含む農家数は35,912戸である。1戸当たり平均規模は1.37haで、3郡の中ではジャバに次ぐ規模である。規模別農家数は1ha以下が50%を占める。

土地なし	694 戸	(1.9%)
0.1ha以下	2,372	(6.6)
0.1~0.2	1,369	(3.8)
0.2~0.5	4,899	(13.6)
0.5~1.0	8,718	(24.3)
1.0~2.0	9,701	(27.0)
2.0~3.0	4,899	(13.6)
3.0~4.0	1,659	(4.6)
4.0~5.0	675	(1.9)
5.0~10	810	(2.3)
10ha以上	116	(0.3)
計	35,912	

(CBS, 1993)

上記農家数のうち、調査対象地区内には約5,850戸が分布していると推定される。

(4) 作付体系

バンケ郡においては次のような作付体系が支配的である。

雨期稲一休閒

とうもろこし/シコクビエーカラシナ

ビジョン豆

雨期稲一穀類

調査対象地区の作付体系は、第6章の図6.2.3に示す通りである。雨期稲は降雨により土壌が膨軟になってから耕起作業が開始される。収穫は雨期が終了する11月中旬から12月中旬に行われる。

(5) 農業生産

1992/93年における郡の主要作物の生産量は次の通りである。バンケ郡は3郡の中で最も降水量が少なく、既存灌漑事業も少ない。全国シェアでは豆類の生産が4.2%を占めている。米のシェアは1.4%に過ぎない。

	<u>生産量(トン)</u>	<u>対全国比(%)</u>
粳	36,120	1.4
トウモロコシ	20,710	1.6
小麦	10,400	1.4
大麦	20	0.1
油糧種子	2,430	2.6
じゃがいも	4,600	0.6
たばこ	40	0.7
さとうきび	4,270	0.3
豆類	8,580	4.2

(MOA, 1993)

(6) 農産物流通

流通経路は基本的に他の2郡と変わりはない。粳は、農家—卸売業者/精米業者—小売業者—消費者という経路を取っている。野菜や牛乳の市場までの運搬手段は、人力、自転車、牛車によっている。

(7) 畜産

バンケ郡の家畜構成は次の通りとなっている。他の2郡との違いは綿羊の頭数が顕著に多いことである。牛乳の生産量は3郡の中で最も少ない。

	<u>頭羽数</u>	<u>牛乳生産量(トン)</u>
牛	81,342	2,437
水牛	53,326	7,483
綿羊	10,274	
山羊	81,120	
豚	11,197	
鶏	109,476	
あひる	1,505	

(8) 灌漑状況

バンケ郡の灌漑面積は3,317ha(1991/92)、耕地面積のわずか6.8%に過ぎない。これは3郡の中で最も低い灌漑面積率である。降水量も少なく水利条件には恵まれていない。

(9) 食糧需給バランス

郡概要書(1988)によると、郡の食糧生産48,079トンと需要45,757トンを満たしており、2,322トンの余剰がある。

(10) 農業支援

a) 農業開発事務所(ADO)

バンケ郡のADOはスルケットの地域農業局のもとにある。ADOのバンケ本部は作物、園芸、畜産、水産等の7部署からなり、郡内に配置された4サービスセンター及びこの下にある9つのサブサービスセンターからなる。普及サービスはJT及びJTAが行っており、各村の農民から選出されたLeader Farmerに対して指導している。

b) 農業試験場

ネパールガンジに地域試験場及びスルケットに多目的試験場があり、作物開発、農家での現地試験、種苗配布などの活動を行っている。

c) 農業開発銀行(ADB)

ネパールガンジにADBの郡支所及び支店が1カ所あり、農業金融サービスや貯金サービスを行っている。特に零細農家を対象にした小農開発計画(SFDP)に力を入れている。

d) 農業資材公社(AIC)

ネパールガンジにAICの支所があり、農協を通じて農家へ営農資材、農業機械などを供給する役割を持っている。支所の下にさらに支店が郡内に配置されている。

(11) 農民組織

現在17の農協があり、11,518人のメンバーを擁している。農協はAICから営農資材の供給を受け、これを農民へ配布する機能を持っている。

4.5. 社会基盤

4.5.1. 交通

(1) 航空路

ジャバ郡の場合、郡都チャンドラガディに空港があり、カトマンズからの直行便が週4便ある。また、モラン郡ピラトナガルには毎日数便がカトマンズより飛んでおり、ここから陸路（約115km）チャンドラガディに向かうルートもある。マホタリ郡内には空港はないが、隣接したダヌーシャ郡ジャナカプールには毎日フライトがあり、ここから現地に入ることができる。バンケ郡では、郡都ネパールガンジまで毎日カトマンズからの直行便が就航している。

(2) 陸路

テライ平野での唯一の幹線は通称「東西ハイウェイ」で、インドとの東部国境カカルピッタから、西部国境マヘンドラナガルまでほぼ一直線にテライ平野を縦貫している。このハイウェイは一応全線アスファルト舗装されているが、その傷みはひどく現在至る所で修復中である。カトマンズからこのハイウェイへ出るにはマハバラート山地を越えねばならず、現在2つのルートがある。1つはムグリンから山越えてバラトプールへ出るルート、もう1つはダマーン峠を越えてヘタウダで合流するルートである。

陸路により対象地区へ向かうには、上記何れかのルートで東西ハイウェイに出てから、これを東へまたは西へたどることになる。ジャバ郡へ向かうには最短（ダマーン峠越え）で約530km、通常1泊2日の行程である。マホタリ郡へは同じくダマーンルートで約310km、ムグリン経由で400km、いずれも1日の行程である。バンケ郡の場合、距離にすれば530～550kmであるが、山間部を走る距離が長く普通2日を要する。

4.5.2. 道路事情

(1) 概要

ネパールにおいては、道路は以下に挙げる3つの種類に区分され管理されている。

- 1) ピッチ道路 …… いわゆる舗装道路
- 2) グラベル道路 …… 砂利敷道路
- 3) マッド道路 …… 土盛りの道路

上記のうち、ピッチ道路及びグラベル道路は年間通じて車両での通行が可能であるが、マ

ッド道路は雨季の車両通行は不可能となる。

(2) ジャバ郡

ジャバ郡では、ピッチ道路は郡内を東西に縦貫する東西ハイウェイ（約50km）を含めて計106kmほどしかない。郡内の道路網はほとんどがグラベルとマッド道路であり、しかもグラベル道路の比率はマッド道路の1/4にも満たない。マッド道路は乾季には車両での通行は可能であるが、東西方向の道路の場合、中小の河川に橋が無いためほとんど利用できない。

本郡の場合、将来においても新規の道路建設計画はなく、グラベル道路の延長計画とマッド道路の改良計画があるだけである。

(3) マホタリ郡

本郡内は北に東西ハイウェイ、南にジャナカプール～ジェルスワー道路の2本のピッチ道路が縦断している。本郡でも道路網の大部分はマッド道路であり、それも郡内最南部に集中し、中央部では荒く、ハイウェイより北側では皆無になる。グラベル道路はわずかに3本ハイウェイから南に延びているが、いずれも南部のジャナカプール～ジェルスワー道路にまでは達していない。

本郡では、上述2本のピッチ道路間を連絡する2本のグラベル道路の建設を計画している。

(4) バンケ郡

本郡は、調査対象3郡のうちでは最も道路事情は貧弱であり、その北半部には道路は皆無といってよい。面積的には最大の本郡には東西ハイウェイを含めてわずか16kmのピッチ道路しかなく、グラベル道路さえ全長で約30kmほどである。マッド道路の状況も他郡に比べて悪く、また橋の無い小河川を含め随所で不連続となっていることが多い。

本郡東部、ラブチ東岸地域にはわずか1本のマッド道路があるだけであり、また西岸及びハイウェイ側から本地区へ通じる橋は無い。

将来計画としては、このラブチ東岸へ通じるものと、ネパールガンジ～グラリヤ道路から東西ハイウェイへ通じるものとの2本のグラベル道路新設と、郡内の2本のマッド道路のグラベル化が予定されている。

4.5.3. 電力事情

(1) 概要

ネパールにおける送電網は、132KV、33KV、11KV、そして220Vの4種類の送電線から成る。テライ全般と同様、調査対象地区の配電網は極めて粗である。

(2) ジャバ郡

ジャバ郡内では、中部州から送られてくる33KV線が幹線で、ハイウェイ沿いにビルタモールまで来ている。ビルタモールには本地区の主変電所があり、ここで11KVに落とされた電気は更にハイウェイ沿いにカカルピッタまで、また南北に分岐して北はサニスチャリまで、南はチャンドラガディを経てメチ河を越えインド領にまで延びている。ビルタモール、チャンドラガディといった主要な都市では電柱上のトランスによって220Vに減圧され周辺の家屋に配電されているが、幹線道路から一步はずれるとほとんど送電線は設置されていない(図4.3.1(2)参照)。なお、将来計画としては東西ハイウェイから南部地域へ延びる3本の11KV幹線の新設が計画されている。

(3) マホタリ郡

本郡では、北部ハイウェイ沿いに132KV線及び33KV線が通過しているだけである。南部では、ジャナカプールから33KVラインがジェルスワーを経てインド領スルサンド及びマドワプールへと延びている。変電所はジェルスワーにあるだけでこの近辺は電気の恩恵をうけているが、その他の地域にはいまだ電気は届いていない(図4.3.2(2)参照)。

現在電力省によって本郡南西部の送電線拡張工事が進められており、近い将来はジェルスワーを中心とした郡南部一帯に電気が配られることになる。

(4) バンケ郡

カハルプールに主変電所があり、中部州から132KV送電線が来ている。さらにネパールガンジにも変電所があり、ここから132KV送電線がインドにまで延びている。両変電所間はさらに33KV、11KV送電線でも結ばれている他、ネパールガンジからは11KV送電線が西の新規開拓地域にまで延びている(図4.3.3(2)参照)。将来は、33KV及び11KV線を更に西のバルディヤ郡にまで延長する他、東西ハイウェイからバンケ郡を縦断し、直接バルディヤ郡の郡都グラリヤまでを結ぶ計画がある。

4.5.4. 通信事情

「ネ」国においては、全ての郡に最低1ヶ所の電話局とカトマンズと直接つながった無線電話中継所とがある。この他、大きな町には幾つかの公設及び私設の電話取扱所がある。個人用あるいは事務所用の電話は少なく、調査対象3郡では、ジャバ郡で775、マホタリ郡で165、バンケ郡では1,310回線がひかれているだけである。

4.5.5. 給水施設

給水施設は、下水道施設とともに「ネ」国では最も遅れた社会基盤の一つである。テライ平野では、州都もしくは郡都であるわずかな都市に水道施設があるだけである。しかし、テライは雨並びに地下水に恵まれており、住民は昔から掘りぬき井戸を通して地下水を利用してきた。

ジャバ郡内では、現在チャンドラガディ〜バドラプール地域のみが深井戸を通しての給水施設を有している。なお郡内に他の3地区で給水用井戸施設の建設が予定されていたが現在は計画が中断されたままである。マホタリ郡では、ジェルスワー及びラジコールの2都市のみが水道施設を有しているだけだが、ラト河の近傍では表流水を使った簡易水道を建設している村落がいくつかある。またバンケ郡では、郡都ネパールガンジのみが唯一地下水を用いた給水施設を有している。

4.6. 既存地下水灌漑事業

4.6.1. バイラワルンビニ地下水灌漑事業

(1) 事業の概要

バイラワルンビニ地下水灌漑事業は西部開発地域のテライ平野、ルバンデヒ郡に位置している。灌漑受益面積は21,000haで、水源は深井戸である。本事業は世銀の融資のもとに灌漑局が行い、1982年に開始され現在はフェーズⅢが実施中である。事業の概要は次の通りである。

	深井戸本数	灌漑面積 (ha)	深井戸 1 本 当たり面積 (ha)
フェーズ I	64	7,680	120
フェーズ II	38	4,560	120
フェーズ III	73	8,720	120

地区内受益農家の1戸当たり平均経営規模は1.3haである。灌漑水は埋設パイプを通じて各圃場へ給水される。地区には水利組合が設立されており、灌漑施設の管理、公平な水配分に当たっている。現在この水利組合への灌漑施設の維持管理の移管が進められている。水利組合はヘクタール当たり年間400ルピーをメンバーから徴収し、深井戸及びポンプの維持管理に充てている。ポンプの動力源は電気である。

主要な作物は雨期稲、小麦、油糧作物、豆類である。乾期の稲作面積は灌漑面積の25%以下と推定される。地区内に3カ所ある農業サブセンターのスタッフによると、水稻よりも収益性がよい作物は、豆類、野菜類などである。水稻は改良品種が普及している。次に灌漑効果を示す例として、改良品種水稻の事業実施前及び実施後における収量変化を示す。

事業実施前	事業実施後 (単位：トン/ha)				
	1981/82	1984/85	1987/88	1991/92	1992/93
1.8	2.60	4.20	4.63	4.50	4.18

出典：BLGIP

事業では、深井戸に加えて農道も整備され、これによって農産物の運搬だけでなく、一般交通も改善された。

普及サービスに関しては、DOIのもとに農業サブセンターが3箇所地区内に配置されており、農家へ新しい栽培技術、水配分に関する訓練などを行っている。

(2) 事業の評価

本プロジェクトに係る調査団の評価は以下のとおりである。

a) 灌漑インパクト

地下水灌漑の実施により最も効果が顕著に現れているのは、作物収量の増加である。例えば前述の通り稲の改良品種の収量は、灌漑事業実施前は1.8 ton/haであったが実施後は徐々に増加し、1984/85年以降は常に4 ton以上の高い水準を保っており、地下水灌漑事業の実施は地区内農業生産の増加に大きく貢献していると評価できる。

また灌漑水が年間を通じて安定的に供給されることは、十分な肥料を投入しても所得が得られるため農家に安心感をもたらし、これは作付率の増加、高収量、安定生産をもたらしている。

b) 農家所得の増加

作物収量の増加、作付率の増加は農家所得の増加をもたらしている。所得の増加は農家の生活水準の向上だけでなく教育、健康などの面における改善をもたらし、更なる生産意欲を生むものになっており、この点でも地下水灌漑の実施は農家にインパクトを与えているといえる。

c) 農業普及

作物収量の増加、作付率の増加は単に灌漑水を供給するだけでもたらされたのではなく、この背景には農業普及に関する支援が伴っていたことが指摘できる。即ち、地区内に農業サブセンターを設置し、普及員を配置して、栽培技術、灌漑技術等に関する指導、訓練を行っている。これらを通じて農家はより効率的に灌漑水を利用した作物栽培が可能になり、単収増加と作付率向上をもたらすため農業普及が地区に及ぼした影響は極めて大きいと評価できる。

d) 水利組合の役割

灌漑ポンプの運転経費は組織された水利組合が受益者から水利費を徴収してこれに充てている。現在の徴収率は85%である。水利組合は施設の維持管理だけではなく、水を媒体として受益者の間に共通の認識やコミュニケーションを生み、これはよりよい維持管理体制をもたらすもとなるという点で水利組合の役割は評価できる。

現在、政府は施設の維持・運転に係わる機能を水利組合に移管する事を計画している。

e) 問題点

灌漑ポンプは電気を利用しているが、「ネ」国内の給電そのものが必ずしも安定していない現状にある。また、乾期の稲作は雨期より多くの電気代（即ち水利費）を必要とするため農家は稲作より収益性がよい豆類、野菜類の栽培を行っている。このためネパールの穀倉地帯として米などを生産する役割が、農家の収益性追求ゆえに弱まるのではないかと思われる。以上の通り、電気代が高い、水利費の徴収率が100%ではない、などの問題点はあるが、地下水灌漑事業が及ぼした影響は生産の増加、所得の増加などの直接的効果だけではなく、農業経営に対する考え方などの面で間接効果をももたらし、極めて大きいと評価できる。

4.6.2. ビルガンジ地区フィージビリティスタデー

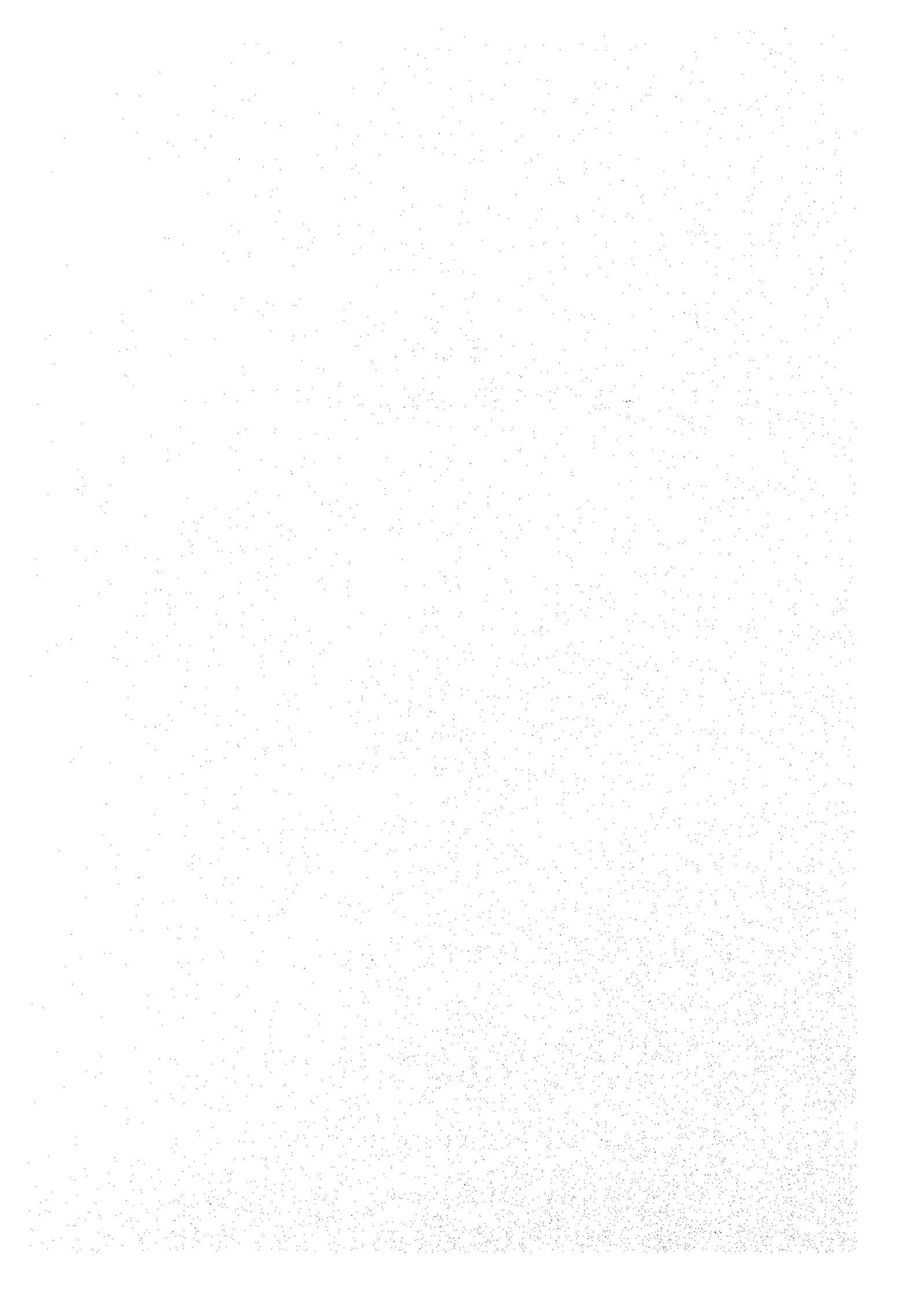
ビルガンジ地区地下水灌漑事業は、ナラヤニ地域灌漑開発事業の一環として実施される予定であり、世銀の協力のもと1993年にフィージビリティスタデー調査が完了した。

ビルガンジ地区は中央開発地域のテライ平野に位置している。地区面積はバルサ郡及びバラ郡にまたがる32,900haである。このうち灌漑可能面積は13,840haであるが、検討の結果7,250haの面積において計画作付率185%を適用するのが最も経済的と結論づけている。灌漑方式は、FMIS1,200ha及びSDIS970haに対しては表流水と地下水との組み合わせで、天水灌漑地区5,080haに付いては地下水で灌漑する計画である。また、農道整備90kmも計画に含まれている。地下水は浅井戸200本、及び深井戸70本から揚水する。灌漑対象作物は、雨期稲、小麦、さとうきび、とうもろこし、野菜類である。

総事業費は15億8700万ルピー（3,170万ドル）で、建設期間は計画、設計等を含めて8年間で予定している。経済内部収益率は20.5%と算定されている。

第5章

地下水資源の評価および開発



第5章 地下水資源の評価および開発

5.1. 基本構想

流域規模の地下水開発を策定する場合には、

- (1) 計画に必要な水量を満たすような地下水の揚水が可能か、
 - (2) その地下水の利用は経済的か、
 - (3) 水質は利用目的に適合するか、
- という基本要件のほかに、より広域かつ長期的視野で
- (4) 地下水頭の著しい低下が起きないか、
 - (5) 地下水資源が将来枯渇しないか、
 - (6) 地下水の水質が将来劣化しないか、

という視点からの検討が必要である。

上記項目の(1)は、「帯水層の物理性」に係るもので、帯水層の構成、分布、規模、湧水能、貯留率などの水理学的性質などの同定及び評価が関係する。

項目(2)は、「地下水利用の経済性」に係るもので、井戸、ポンプなど取水施設の建設及びその運用維持管理のコストを、利用によって生ずる便益と比較して評価されるものであるが、多分に上記の「物理性」に関連する。

項目(3)は、「地下水の化学性」に係る項目である。もし水質が利用目的に合致せず処理が必要な場合には経済性に関わってくることになる。

項目(4)及び(5)は、「帯水層の物理性」にも関連するが、流域規模の「地下水資源量」に係るものである。地下水は、水文循環の枠内で回復可能な資源であり、この回復（涵養）ポテンシャル以内である限り持続的開発が可能となる。したがって、この回復ポテンシャルが「地下水資源量」と同義となり、この評価には多分に「地下水の水文学的挙動」の理解が不可欠である。この理解は「地下水資源の管理」計画の策定とともに「環境影響評価」にも重要である。

流域規模で地下水の水文学的挙動を理解する場合、シミュレーションを行うことが便利である。昨今のハードウェア及びソフトウェアの進歩は、地表系及び地下水系を総合した流域規模の水収支のための数学モデルによる現況及び将来予測シミュレーションを可能にした。このシミュレーション・モデルは、現況の地下水の水文学的挙動を再現するものだけでなく、将来の「地下水資源の保全」管理にも適用できるのであることが好ましい。

項目(6)は開発対象流域に隣接する塩水体の浸入などにより起こる。上記の(4)及び(5)に関連するが、著しい水頭低下や地下水資源の消耗により副次的に起こる場合が多い。

上記の(4)~(6)のいずれの場合でも「環境に対する影響」に関わることになる。この場合の環境影響は、生態系或いは土壌汚染など自然環境のみならず既得水利権など社会経済環境への影響も含まれる。

本章では、調査対象地区毎に上記観点からの検討結果を述べる。但し、地下水開発に係る環境配慮については次章で述べる。

5.2. 水文地質および地下水

5.2.1. ジャバ地区

(1) 水文地質調査

ジャバ地区の水文地質を把握するため、本調査を通じて次の各項目に亘る調査が行われた。

a) 地球物理探査

電磁探査-----探査測点数 196 点

比抵抗探査-----探査測点数 190 点

b) 観測井戸及び水位観測井戸の掘削

地下地質の水文地質区分、帯水層の垂直水平分布の把握、井戸の産出量の把握、地下水の水質の把握を目的として観測井戸の掘削及び各種試験を行った。

観測井戸は深度100mから300mまで50m毎に深度を増す5種類の井戸を各3本、合計15本掘削した。さらに各深度毎に1本、合計5本の水位観測井戸を配置した。これらの井戸には感圧式の水位計を設置した。観測井戸及び水位観測井戸の位置を図5.2.1に示す。掘削された観測両井戸について比抵抗および自然ガンマの2種類の孔内検層を行った。観測両井戸は150mmの鋼管及び鋼棒で補強された連続巻線型スクリーンが挿入された。

井戸が完成した後、定量及び段階揚水試験が行われた。また、揚水試験の際採取された地下水試料の水質分析が行われた。

c) 地下水水位観測

代表地区の地下水の流動状況を把握するため、地区内及び隣接地域に分布する地下水の水位観測を行った。観測は浅井戸18、GWRDBの掘削した深井戸6、給水用深井戸2、本調査で掘削された観測井戸11の合計30の井戸で行った。

観測期間は1992年11月末から1994年2月初旬までの約14カ月間で、観測間隔は週1回である。

d) 自噴水量観測

4本の観測井戸で自噴水量の継続観測を行った。水量測定は週1回である。

e) 揚水試験

揚水試験は、15本の観測井戸、GWRDBで掘削された深井戸4本、給水井戸1本で行われた。試験は観測井戸については定量揚水試験と回復水位の測定および段階揚水試験、その他の既設井戸では定量揚水試験と回復水位の測定が行われた。

f) 水質分析

表流水及び地下水の水質把握のため8河川11箇所の表流水、10箇所の浅井戸及び10箇所の深井戸について水質分析を行った。分析は調査団が携行した簡易分析キットおよび試験室の両方で行った。

(2) 帯水層

代表地区に分布する大規模地下水開発の対象となる帯水層は、沖積層および上部チュリア層である。沖積層は、バーバル帯から中間帯にかけて分布する「北部沖積層」、カンカイ河流域周辺に分布する「カンカイ沖積層」、段丘地の南からインド国境にかけて分布する「ガンジス沖積層」に区分できる。これら沖積層の層相は、南北、東西方向ともに比較的よく連続している。後述するように、帯水層としての質的及び量的な能力はいずれの層も優れている。

「北部沖積層」の層厚は約100mで、その下位には「上部チュリア層」が分布していると見られる(後述)。この地層は粘土・シルトと砂・砂礫層との頻繁な互層であり、砂・砂礫層の占める割合は約60%である。

「カンカイ沖積層」の層厚は約110mで、ここもその下位には上部チュリア層が分布していると考えられる。この地層もまた粘土・シルトと砂・砂礫層との頻繁な互層であるが、砂・砂礫層の占める割合は北部沖積層に比べて大きく約76%である。

「ガンジス沖積層」は300m以上の厚さを持って分布しており、下位に分布が予測される上部チュリア層までの深度は不明である。この地層は砂・砂礫層が優勢な粘土・シルト層との互層で、砂・砂礫層の占める割合はカンカイ沖積層と同様に大きく約77%である。

これら沖積層の直下部に、未固結ながら高密度、高弾性波速度、そして極めて異なった水質の地下水を有する一連の地層が分布する。これは、これまで沖積層に一括されていた地層であるが、本調査団は、その性格及び分布形状からこれを「上部チュリア層群」であるとの解釈を提示した。これはテライ平野の地質層序を考える上では全くの新解釈であるが、この方が後述する地下水収支シミュレーションにも良く適合することもあり、本調査報告書では

あえてこの新解釈で記載する。

帯水層となる「上部チュリア層」は、地表には分布せず、灌漑局及び本調査により掘削した代表井戸の地質柱状図を対比すると、北部層、西部層、中央部層の3区分が可能である。これらの堆積物は、未固結の粘土・シルトおよび砂・砂礫層の互層から成っている。粘土・シルト層および砂・砂礫層の全層に示す割合はおおよそ半分ずつで、各単層の層厚は7～9mである。中央部層は段丘地に分布しており、他のチュリア層に比べてその分布深度が浅い。これは段丘地の南北両側に存在が予測される断層による「チュリア層群」の衝上に原因があるものと考えられる。この衝上は、「ネ」国地質鉱山局の地震探査結果や本調査で実施した電磁探査の基盤岩構造からも読み取れる（図5.2.1及び図5.2.2参照）。また段丘地の南北両端で掘削された観測井戸EX-15とEX-8の地下水の水温が33.5℃と高温であることは、水温の高い深層地下水が断層に沿って上昇してきた影響とも考えることができる。この地区の地層別層厚を要約すると次の表のようになる。

表5.2.1 ジャバ地区の帯水層及び加圧層のまとめ

地 層 名	透水層			加圧層		
	全層厚 (m)	単層厚 (m)	比率 (%)	全層厚 (m)	単層厚 (m)	比率 (%)
沖積層						
北部沖積層	103	10	61	67	7	39
カンカイ沖積層	111	12	76	36	4	24
ガンジス沖積層	209	17	77	62	6	23
平均	141	13	71	55	6	29
チュリア層						
北部層	78	7	52	73	6	48
西部層	99	8	42	134	10	58
中央部層	158	11	66	83	6	34
平均	112	9	53	97	7	47

揚水試験により得られた透水量係数は、区分された地質と比較的よく対応している。すなわち、地表系からの涵養が大きいと推定できる「ガンジス沖積層」や「カンカイ沖積層」で

は大きな透水量係数を示している。チュリア層は地表水系の集中する西部層を除き比較的小さい。地質系統に対応した透水量係数の要約は次に示すとおりである。

表 5.2.2 ジャバ地区の帯水層の透水量係数

地 層 名	透水量係数(m ² /day)	試 験 井 戸 名
ガンジス沖積層	1,240 - 3,540	EX-1, -12, -13
カンカイ沖積層	1,700 - 2,230	EX-10, -14
北部沖積層	710 - 1,130	EX-11, -15
北部チュリア層	380 - 710	EX-2, -7, -9
中央部チュリア層	520 - 730	EX-5, -6, -8
西部チュリア層	1,200 - 1,240	EX-3, -4

(3) 地下水の水質

地下水の地球化学的性質は地下水の流動を知るうえで重要な役割を果たしている。水質データや分析結果はそれぞれの関連性に加えて、水質以外の情報と合わせて検討する必要がある。地下水は帯水層内を流動することにより水質的に進化することが知られている。地表系が不圧地下水となり、さらに被圧地下水に移行することにより地下水は、1)酸化→還元、2)溶出、3)イオン交換などの化学的進化が発生する。

ジャバ地区の地下水の水質をパイパーのダイアグラムにプロットすると次のようなグループに区分できる。

Aグループ：地表水からの直接涵養を受けたもので、カンカイ河氾濫原近くに分布している。帯水層の大部分はカンカイ沖積層である。

Bグループ：バーバル帯及び北部沖積地に分布するもので、帯水層は北部チュリア層である。

Cグループ：段丘地に分布するもので、帯水層は中央部チュリア層である。

Dグループ：ガンジス沖積地に分布し、帯水層はガンジス沖積層である。

パイパーダイアグラムによれば、A、Bグループはアルカリ土類炭酸区分 (Carbonate hardness) 領域に分布し、C、Dグループはアルカリ炭酸塩 (Carbonate alkali) 領域に分布している。分布領域はAよりDに向かってほぼ一直線に並んでいる (セクターレポート図 2.4.4.参照)。

地下水の被圧度や涵養域からの距離は、AからDに向かって増大する。

深層地下水の水質をWHOの飲料水基準で評価すると、不適合項目は鉄、マンガンである。採水深度が100m～150mの地下水ではいずれもマンガンが基準値以上となっている。この原因は帯水層にあるのか、採水深度が浅いため浅層地下水が混入するためかは不明である。採水深度が250m以上の水質はWHO基準に適合する。

段丘地の南北両端で掘削された深度200m以上の帯水層からの地下水の温度は33℃以上ある。その他の帯水層の温度はおよそ26℃前後である。

(4) 地下水ポテンシャルとその開発

観測井戸および既設深井戸の比湧水量をもとに、井戸毎、地層毎の最適産水可能量を算出した。標準井戸の産出量の計算には、単位長あたりの比湧水量（産水係数）を用いた。最適井戸の深度は、それぞれの透水層の厚さから決定した。最適産水量は、井戸口径250mm、水位降下20m、スクリーン長30m、ハウジング長50mの標準井戸を設定して評価した。

また、揚水試験で得られた透水量係数を用いて、非平衡法による揚水量を計算した。揚水時間および井戸の水位降下量は、それぞれ120日および20mとした。また、1km離れた場所での水位低下も計算した。計算結果の要約は次に示すとおりである。

表5.2.3 ジャバ地区の地下水ポテンシャルの評価

地 層 名	比湧水量による計算(s=20m)		非平衡法による計算(r=1km,t=120d)	
	最適産水量 (lit/sec)	必要井戸深度 (m)	揚水量 (lit/sec)	水位降下 (m)
沖積層				
ガンジス	150 - 173 (165)	100 - 130	34 - 198(85)	5.81 - 7.02
北 部	36 - 156 (93)	100 - 160	34 - 198(85)	5.47 - 6.50
カンカイ	66 - 276 (134)	100 - 150	114 - 330(223)	5.74 - 6.67
チュリア層				
北 部	42 - 66 (53)	220 - 230	66 - 71(68)	5.24 - 5.29
中央部	38 - 144 (72)	120 - 130	79 - 180(112)	5.35 - 5.86
西 部	60	260 - 270	153 - 158(156)	6.09 - 6.11

注：（ ）数字は平均値。

この表から判ることは、沖積層を帯水層とした場合の比湧水量による井戸産水量は平均で

93~165 l/sで、必要とする井戸深度は最大160mである。段丘地を除いて、沖積層の下位に分布するチュリア層の開発は井戸深度が220m以上であり経済的ではない。段丘地でのチュリア層を対象とした地下水開発は井戸深度130mで平均72 l/sを得ることができる。

観測井戸および既設深井戸のデータから評価された井戸深度150mの井戸から産水される最適産水量を図示すると図5.2.3のようになる。この図によれば、産水量80 l/s以上の地域はチャンドラガディから南に分布しており、南方に向かうに従いその量は増加していく。

本地区の150m深度の標準井戸の産水量の平均値は120 l/sと見られる。

5.2.2. マホタリ地区

(1) 帯水層

調査地区に分布する大規模地下水開発の対象となる帯水層は、未固結層からなる「上部チュリア層」と「ガンジス沖積層」である。

「上部チュリア層」は郡の北部に分布し、バーバル帯に発達する段丘堆積物の下位に分布し、未固結の粘土・シルトと砂礫層からなっている。この層に含まれる砂礫層の平均含有率は、北部で63%で、南に向かうに従いその比率を減じ58%となる。

南部テライに分布する「ガンジス沖積層」は、粘土、シルト、砂・砂礫の互層から構成され、GWRDBの調査井戸によれば、その層厚は200m以上である。この層に含まれる砂礫層の平均含有率は約52%である。この砂礫含有率は、北から南に向かうに従い減少している。この傾向は透水量係数や比湧水量にもみられる（図5.2.4及び図5.2.5参照）。

表5.2.4 マホタリ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)
チュリア層					
北部地域	125	61	5,970	14.9	447
南部地域	146	58	1,310	3.0	90
ガンジス沖積層					
中央部	150	53	290	1.7	51
南部	170	48	500	3.3	99
西部	130	54	17	0.2	6

(2) 地下水の水質

調査地区に分布するGWRDBが掘削した調査井戸の水温、pH、電気伝導度の現地測定結果を述べると次のとおりである。

水温は採水深度の上限が36mと浅い地下水で27°Cと高いが、他の試料は25~26°Cの範囲内にある。

電気伝導度は低位段丘地の中央部に分布する地下水では、120~86 μ S/cmと低い値を示す。全体的にみて、電気伝導度は南西西に向かうに従い大きくなる傾向がある。電気伝導度の最高値は390 μ S/cmである。

pHは一部の井戸を除き6.2から7.8の範囲にある。pH値分布の傾向は、電気伝導度と同じ傾向、すなわち南西西に向かってpHはアルカリ性から酸性になる傾向がある。これら、電気伝導度やpHの数値の分布は、帯水層常数や地下水産水能力の分布と類似している。

(3) 地下水ポテンシャルとその開発

帯水層の比湧水量は、上部チュリア層で0.4~29 l/s/m、平均13 l/s/mと大きい、ガンジス沖積層では0.06~5.0 l/s/m、平均1.7 l/s/mである。ガンジス沖積層で地下水産水能力の大きい南部で最大5 l/s/mである。産水能力の劣る西端では、平均0.2 l/s/mである。

透水量係数は、おおむね比湧水量の数値に比例している。すなわち、バーバル帯に分布する上部チュリア層の透水量係数は、平均4,800m²/dayと大きい数値を示している。ガンジス沖積層の透水量係数は平均410m²/day、帯水層能力の高い南部で500m²/day、中央部で290m²/dayである。ガンジス沖積層の西端部の透水量係数は平均17m²/dayと低い。

地下水ポテンシャル評価のため、標準井戸および揚水仕様（井戸深度150m、井戸口径250mm、水位降下20m）に従って調査井戸地点の最大帯水層能力をまとめると、表5.2.4に示すようになる。スクリーン長30mをもつ標準井戸からの揚水可能量は、上部チュリア層ではほとんどの地域で120 l/s以上、平均97 l/sである。しかし、この地区の北部には森林帯があり、地形的には扇状地で傾斜がやや急である。このバーバル帯に発達する網目状の河川からの垂直涵養は、バーバル層のみならずガンジス沖積層への地下水涵養に大いに寄与しているものとみられる。

つぎに地下水ポテンシャルの高いガンジス平野南部に分布するガンジス沖積層での標準井戸からの揚水可能量は、57~151 l/s、平均99 l/sである。

その他の地区、中央部および西端部は、深井戸灌漑用地下水開発の対象地域としては地下水ポテンシャルが低い。すなわち、揚水可能量の平均値は、それぞれ19 l/sと6 l/sである。

バーバル帯の地下水位は、北部で地表下34mに達する場所もあるが、南部では地表下数m程度である。郡中央部のガンジス沖積層に包蔵される地下水は一般に被圧しており、最大被圧水頭は調査井戸M-15で、地表から8.67mに達する。