

ネパール王国  
テライ地下水開発計画  
事前調査報告書

昭和61年10月

国際協力事業団



ネパール王国  
テライ地下水開発計画  
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1031388103

昭和61年10月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.1.23	116
登録 No.	15869	61.8
		GRF

## 序 文

日本国政府は、ネパール王国政府の要請に基づき、同国のテライ地下水開発計画にかかる事前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した。

当事業団は、昭和61年8月26日より9月19日まで、外務省 経済協力局 無償資金協力課 芳賀克彦氏を団長とする事前調査団を現地に派遣した。

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、プロジェクトサイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書提出の運びとなった。

本報告書が、今後予定されている基本設計調査実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いである。

最後に、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係者各位に対し、心より感謝の意を表すものである。

昭和61年11月

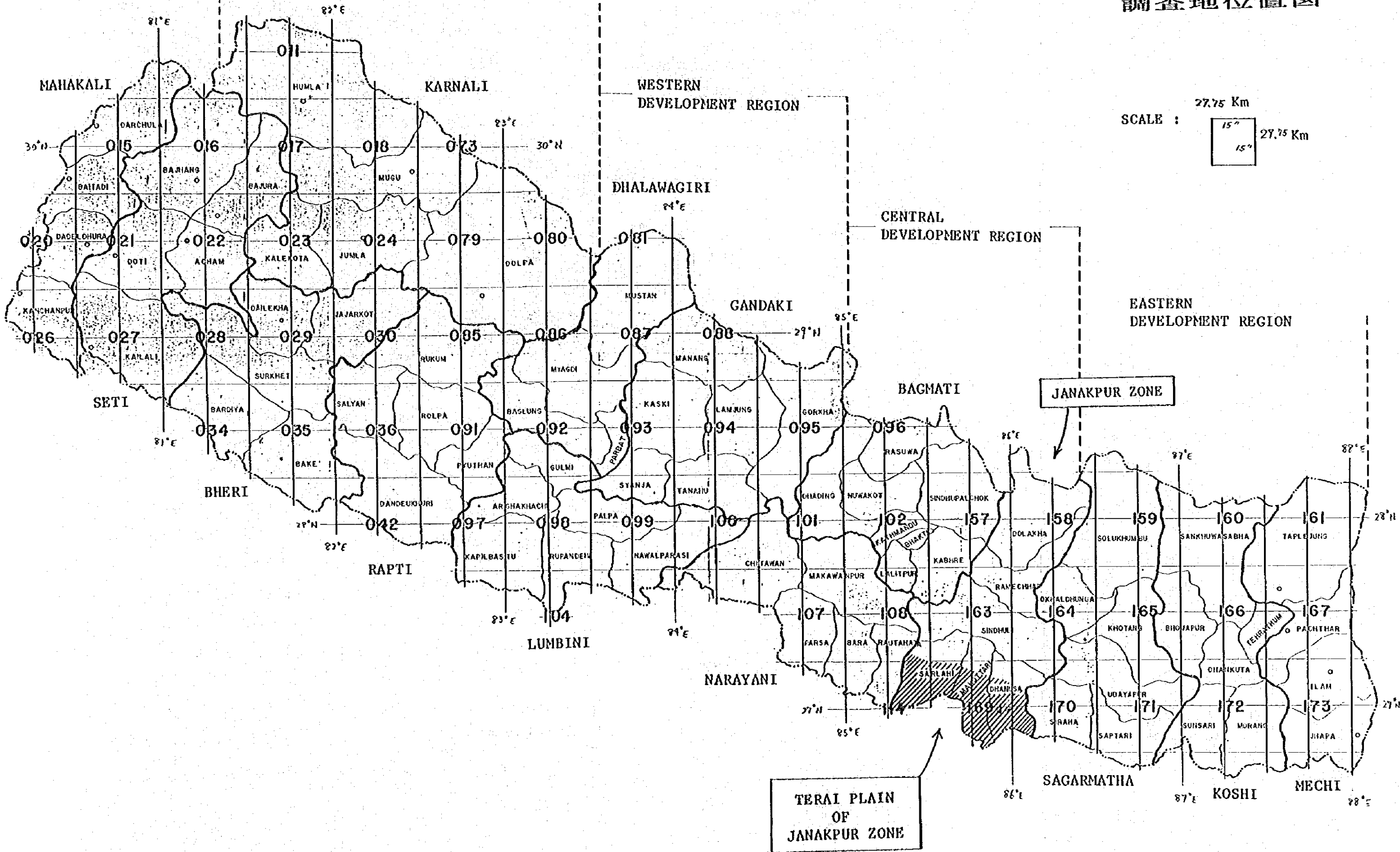
国際協力事業団

理事 中 曾 根 悟 郎

FAR WESTERN  
DEVELOPMENT REGION

MID WESTERN  
DEVELOPMENT REGION

調査地位位置図



SCALE : 27.75 Km  
15" 27.75 Km  
15"



## 調査結果要約

ネパール王国は、農業部門従事人口が現在の総人口（約1,700万人）の80%を越え、農業生産額のGDPシェアが60%にも及ぶ農業立国であり、国の経済成長は農業生産によって大きく左右される。国土は、ヒマラヤ連峰の山麓に沿って東西方向に横長の短冊形をなし、面積は約14.7万km<sup>2</sup>である。地形的に、北部の山岳地帯、南部のテライ平野及びその中間の丘陵地帯と横長帯状3帯に分類されるほか、気候帯に東部のモンスーン地帯、西部の大陸性乾燥地帯というたてわり2分類が加わって、計6つの類型に大別され、それぞれに異なった農耕形態を形成している。

主要農作物は、米・小麦・とうもろこし・大麦・粟などで、このうち米・小麦・とうもろこしが基幹作物であり、収量において全穀類の97%を占める。米の主生産地は、カトマンズ盆地及びネパールの穀倉とよばれるテライ平野で、国土面積の20%に満たないこの地区で全国生産量の80%以上を生産している。小麦も主としてテライ地方で米の裏作として生産され、とうもろこし・粟・ひえ類は主として山地・丘陵で生産される。

ネパールの可耕地は、国土の約16%に相当する約2,300,000ヘクタールあるが、大半が天水による耕作によっており、かんがい農業が行なわれている耕地は全体の15%程度の30数万ヘクタールに過ぎない。そのため、主要穀物の生産量は、年毎の降雨量によって大きく変動し、安定的な増加がはかられない。最近20年間の農業生産の増加は、耕地面積の急速な拡大と、わづかずつのかんがい地域拡大及び施肥・品種改良等によってはかれてきたが、平均増加率は、わずか1.4%に過ぎず、同期間の平均人口増加率2.66%を大きく下まわっている。耕作地の面的拡大は、森林資源が潤渇の危機に瀕している昨今、もはや限度に来ているため、土地改良による単位面積あたりの生産性向上、農作物の多角化などによる集約的な土地利用への転換がはからなければならない。

ネパールの工・鉱業部門の生産額は、GDPシェアが、5%以下にとどまっており、将来においても、内陸国という地理的条件、国内市場の狭隘さと資本不足という不利な市場条件にはばまれ、飛躍的発展は望めない。

他の産業部門も同様な状況にあるため、経済的な基盤整備は農業開発に期待するところが大きい。第7次5カ年計画の農業部門開発計画においては、とくにかんがい面積拡大に重点をおき、5カ年で約10%の増加を目標としている。



当該計画の「テライ地下開発計画」の対象域であるジャナカプール県平野部は、ネパール王国の主要地たる中部開発地域の東南端部に位置し、ダヌーサ・マホッタリ・サルラヒの3郡からなっており、約120万の農業人口と、約244,000ヘクタールの耕地がある。

このうち、河川によるかんがい可能な地区は、バクマティ川左岸の14,000ヘクタールと、カマラ右岸の約12,500ヘクタール、計26,500ヘクタールがあるが、カマラ川の方は、主要施設が完成しているものの、施工上・維持管理上の不備で機能を果たさず、改修工事によって、8,250ヘクタール分のみ（乾期は2,500ha）かんがいが行なわれている。バクマティ川については、1990年完成を目標としているが、インドとの水利権問題が解決されないまま工事が進められているため成行きに不安をはらんでいる。

ジャナカプール県テライ平野には、上記2川のほか、北から南に流下する小河川が多数みられるが、表流水は洪水時のみで常時は殆んど伏流水となっているため、かんがい水源としては期待できない。わずかにバクマティ支川のマヌスマラ川において3,000ヘクタール（乾期500ha）のかんがいが行なわれている。

地表水かんがい困難な、残りの約217,000ヘクタールについては、かんがいは地下水を水源とせざるを得ない。

ネパール政府は、日本政府の援助のもとに、1971年より、ジャナカプール県農業開発計画（JADP、ドルカ郡を除き5郡をカバーする）を開始し、農業生産高の増加・生活水準の向上につながる種々の事業を実施したが、この中で、テライ3郡におけるかんがい事業としては、浅井戸かんがい事業（STWP、1981～85年の間に1,522本の浅井戸を掘削し、9,378haのかんがい面積を得、2期作から3期作への作付改良を可能にした）、集約かんがい農業事業（IAF、深井戸9本を掘削して420haのかんがいに成功）などを実施した。浅井戸かんがい可能な、「地下浅所に良好な滲水層が存在する地域」は、計画対象中央部の東西に帯状に延びる約51,000haとされており、STWPではこのうち20%近くのかんがいを達成したことになる。全耕地244,000ヘクタールから地表水・浅井戸かんがい可能地を除いた残りの約166,000ヘクタールについては、深層地下水の開発による深井戸かんがいに依らざるを得ない。このような観点でJADPでは、日本政府より、深井戸用の大型掘削機械の供与も受けて、1984年までに29本の深井戸を掘削し、740ヘクタールのかんがいを行なってきた。

1985年からの、ネパール政府の第7次5カ年計画においては、農業開発の一環としての

T I A T S P (Tube-Well Irrigation Agriculture Trainig and Service Project) を策定し、J A D P の機能・施設を引き継いで、浅井戸・深井戸によるかんがい面積の拡大をほころうとしている。ジャナカプール県においては、J A D P の1,522本の浅井戸に加え、1985年から1986年にかけて734本の浅井戸を掘削し、これまでに合計2,256本(うち成功井1,977本)となり、かんがい面積は急速にひろがってきている。コストも安く、開発技術も比較的容易な浅井戸かんがいは、農産物の増産に大きく貢献しており、今後も順調な発展が期待されている。

深井戸に関しては、1985年から1986年にかけて、38本掘削されているが、いかなながら、ネパールにおいては、深井戸かんがい事業に関する基本的な計画・管理・運営面での知識はもとより、深井戸の掘削・仕上げの技術に乏しく、その上、井戸位置を適切に選定するための水理地質調査技術を持ちあわせないために、大きな期待に反して成果がなかなかあがらない現状にある。

そこでネパール政府は、T I A T S P の重要な一環をなす「テライ地下水開発計画」を策定し、同計画を実施するための無償資金協力を要請したものである。本計画は、ジャナカプール県テライ平野において、地表水・浅井戸のかんがいが困難な約166,000ヘクタール(テライの北部及び南部)の地域において、深井戸かんがいを実施することにより、浅井戸かんがい事業と並行してジャナカプール県テライ平野における農業開発を強力に推し進め、ネパール全土の平地部の農業開発、ひいては、ネパール王国の経済的発展の加速に重要なインパクトを与えようとするものである。協力要請の内容は、供与済の深井戸建設用の資機材を用いて、150本の深井戸を掘削し、1カ所あたり平均長500mのかんがい用幹線水路及び付帯施設を建設することにより、3,000ヘクタールの面積のかんがいを可能ならしめるというものであり、井戸ならびに施設建設に必要な主要資機材は、供与済のものを用いることを前提としている。計画期間は、井戸建設に要する日数(1本あたり20~30日、平均25日)、掘削機械数量(7台)、乾期で工事可能な期間長(11月~翌年5月までの7カ日間)などを根拠に、1年に50本の建設が可能として3年を計画している。かんがい用の支線水路の建設は、ネパール政府の補助のもとに受益者自身の手により行ない、かんがい施設の運営・維持・管理については、当面の間政府がこれを行ない、数年後に地元農民組織による自主運営に移行させるとしている。計画実施機関は、農業省農業局で、実務はすべて農業局の管轄下にあるT I A T S P センターが担当する。建設工事にあたっては、

ネパール側が担当するものとして、建設用地の確保、アクセス道路の建設、かんがい川支線水路建設など、およびそれらにかかわる費用負担などを挙げている。

本計画の技術的な可能性については、水理地質的な面からいえば、北部と南部の一部を除いて地下水のポテンシャルがかなり高いことが判明したため、充分可能性が高いと判断されるが、比較的ポテンシャルの低い地域、地盤沈下障害のおそれのある地域なども含むため、試掘・揚水試験を実施して、水理地質状況を確認した上、地域特性に合った井戸建設法を確立する必要がある。また、かんがい対象地区を極力、地下水ポテンシャルの高い地区内に選定する必要がある。供与済みの井戸建設資機材に関しては、維持・管理がよくゆきとどいており、また、すべての主要資機材が、当計画実施専用にふりむけられるとのネパール政府側の確約が得られているため、揚水ポンプのトラブルが解決され、かつ機材のスベアパーツの補給がスムーズに行なわれれば実施可能と判断される。ポンプのトラブルは、60ℓ/secの揚水容量を持つ大型ポンプ（供与台数95台）に発生している。本機は、これまでに8台がセットされたが、このうち6台が故障（回転体軸受部破損）して使用不能となった。残り87台についても同様のトラブルが高頻度に発生する不安があり、現在調査中であるが、この調査結果をふまえ、何らかの処置が望まれる。

本計画の経済的可能性については、水理地質条件と密接なかわりをもつ。すなわち、井戸の比湧出量が多ければポンプの運転効率がよく、農民の負担が小さくなる。深井戸かんがいの目的を、雨期水稲の安定栽培、乾期での畑作かんがいにおくことを前提にする限り、井戸一本あたり25ℓ/secの揚水量が確保できれば経済効果があがると試算されているため、本計画は、経済的にも充分可能性あるものと判断される。但し、充分な水理地質調査を実施した上、適切な位置に井戸が掘削される必要があることは言をまたない。基本設計調査は、以上の調査結果をふまえて、実施されることが望まれる。

略 称 一 覽

DTWP	Deep Tube-Well Program
DTWIP	Deep Tube-Well Irrigation Project
HMG/N	His Majesty's Government of Nepal
IAP	Intensive Irrigation and Agriculture Program
IMF	Irrigated Model Farm
JADP	Janakpur Zone Agricultural Development Project
STWP	Shallow Tube-Well Program
TIATSP	Tube -well Irrigation Agriculture Training and Service Project



# 目 次

## 序 文

### 調査地位置図

### 調査結果要旨

1. 緒 論 .....	1
1-1 調査団派遣の背景 .....	1
1-2 調査団の構成 .....	3
1-3 調査日程 .....	4
1-4 主要面談者リスト .....	5
2. 計画の背景 .....	7
2-1 ネパール王国の産業の一般事情 .....	7
2-1-1 主要産業の動向 .....	7
2-1-2 農業の概況 .....	8
2-1-3 第7次5ヵ年計画における農業政策概要 .....	10
2-2 計画地域の現況 .....	12
2-2-1 社会・経済・産業等の現況 .....	12
2-2-2 農業開発の現況 .....	15
2-2-3 供与資機材の現況 .....	22
2-2-4 気象概要 .....	27
2-2-5 地形・水理地質概要 .....	28
1) 地形概要 .....	28
2) 水理地質概要 .....	28
3) 電気探査結果 .....	39
3. 要請内容の確認 .....	43
3-1 本計画の担当部局 .....	43
3-2 計画概要の確認 .....	44
3-2-1 計画立案の経緯 .....	44
3-2-2 計画対象地区 .....	44
3-2-3 計画の概要 .....	50
3-2-4 ネパール政府の予算措置 .....	51
3-2-5 管理運営体制 .....	51
4. 結論と提言 .....	52
4-1 本計画の必要性及び調査団所見 .....	52
4-1-1 本計画の必要性と所見 .....	52
4-1-2 技術的・経済的可能性 .....	53

4-2	基本設計調査の実施に関する提言	54
4-2-1	基本設計調査の基本方針	54
4-2-2	基本設計調査の内容	54
4-2-3	基本設計調査の工程及び要員計画案	60

#### 添付資料

㉑	Minutes of Discussion	①
㉒	現地写真集	4
㉓	深井戸(DTW)設置の留意点(農業専門家意見)	15
d	ジャナカプール空港における月間気象データ 1976~1984	20
e	電気探査解析結果	23
f	幹線水路等かんがい施設の形式検討	34
g	資材単価	57
h	深井戸村状図集及び位置図	59
i	スペアパーツリスト	151
㉔	収集資料リスト	201
k	ネパール王国一般統計	204
l	ネパール王国の主要インフラの整備状況	207
m	JADPの「協力活動の変遷」及び「技術部門年次計画と実績」	213

#### 別添図

Groundwater Map (揚水量区分図)	巻末
--------------------------	----

## 図 表 目 次

調査地位置図 .....	巻頭及び	13
図-1 JADP深井戸かんがい用幹線水路構造図 .....		19
図- " " オペレーターズハウス一例 .....		20
図- " " ポンプハウス一例 .....		20
図-2 TIATSPセンター (JADPセンター) 施設配置図 .....		26
図-3 ジャナカプール空港における月間平均降雨量図 .....		27
図-4 ネパール南部シワリク山系及びテライ平野地質図 .....		33
図-5 地質模式断面図 (テライ-シワリク-マハバラート) .....		34
図-6 ジャナカプール県水理地質図 .....		35
図-7 水理地質断面図 (A-A' 断面) .....		36
図-8 " (B-B' 断面) .....		36
図-9 " (C-C' 断面) .....		37
図-10 " (D-D' 断面) .....		38
図-11 " (E-E' 断面) .....		37
図-12 帯水層区分 (層相区分) 図 .....		38
図-13 電気探査結果一覧図 .....		42
図-14 TIATSP機構図 .....		43
図-15 深井戸かんがい対象ブロック区分図 .....		45
図-16 井戸配置方式模式図 .....		56
図-17 井戸水の生活用水への利用 (案) イメージスケッチ (イ) .....		57
図-18 " " イメージスケッチ (ロ) .....		57
表-1 調査行動表 .....		4
表-2 GDPの推移及び農業生産額の割合 .....		7
表-3 第6次5カ年計画開始後4年間の 主要穀物生産量と増産目標達成率 .....		9
表-4 同上 換金作物及びバレイショ .....		9
表-5 同上 野菜・果実 .....		9
表-6 第7次5カ年計画における米の増産目標 .....		11
表-7 同上 小麦 .....		11
表-8 同上 とうもろこし .....		11
表-9 郡別面積・人口・地形区分 (ジャナカプール県) .....		12
表-10 ジャナカプール県郡別耕地面積率 .....		15
表-11 ジャナカプール県郡別作物栽培面積と収量の変化 .....		16
表-12 ジャナカプール県における作付体系 .....		16
表-13 深井戸掘削機一覧 (供与済資機材) .....		22



表-14	ケーシングパイプ及びレジューサー一覧（供与済資機材）	23
表-15	揚水ポンプ（供与済資機材）	24
表-16	ジャナカプール県の年間平均気温・降水量	27
表-17	地域の一般地質層序	29
表-18	ラトウ川旧系域の水理地質層序	31
表-19	深井戸かんがい対象域内ブロック及び計画面積一覧表	46
表-20	ダヌーサ部内かんがい計画ブロック	47
表-21	マホッタリ部内	48
表-22	サルラビ部内	49
表-23	基本設計調査工程表	60
表-24	基本設計調査要員計画案	61

## 1. 諸 論

### 1-1 調査団派遣の背景

#### 1-1-1 調査の目的

ネパール王国（以下『ネ』国とする）政府の要請にもとづき、ジャナカプール県テライ平野の地下水開発に関して、『ネ』側要請内容を確認するとともに、計画の背景についての調査、サイト調査及び先方実施体制の確認等を行ない、もって計画の妥当性と我が国の協力の可能性並びに対応方針を検討し、基本設計調査範囲のとりまとめを行なうものである。

#### 1-1-2 要請の背景

ネパール王国は、農業部門従事者が総人口の80%を越え、GNPシェアが過去10年間を通じて60%に及ぶ農業国であり、国の経済成長率が農業生産の動向によって大きく左右される、後発農業立国の一つに位置づけられる。したがって、これまでの開発計画においても、農業部門への投資は、インフラ部門の整備と並んできわめて重視され、各国・機関の経済協力も農業生産の向上に傾注されてきた。

当該プロジェクトの対象地域であるジャナカプール県テライ平野は、ネパール王国中部開発地域の主要部に位置し、ダヌサ・マホタリ・サルラヒの3郡からなっており、約120万人の農業人口と粗面積約244,000haの耕地がある。このうち、地表水によるかんがい可能なのは、バグマティ川左岸域の約14,000haとカマラ川右岸域の約12,500haであり、ネパール政府は独自の資金で1959年からかんがい施設の建設工事を推進している。カマラ川かんがい事業の主要構造物は1980年に完成したが、幹支線水路および水路関連構造物は、現在、施行の欠陥および維持管理不備と、乾期におけるカマラ川の水量不足等々のため、その多くが本来の機能を果たしていない現状にある。バグマティ川のかんがい事業は、5年後の完成をめどに現在工事中であるが、インド政府との水利権に関する係争等の問題を残している。

上記の地表水かんがい地区にかこまれた中間地帯には、粗面積約217,000haの耕地があるが、ここでは、立地条件から地表水かんがいが困難であり、天水田として放置されている所が多い。ネパール政府は、日本の技術・経済援助を基盤として、1971年11月26日からジャナカプール農業開発計画（JADP）を開始し、地域住民への収入増加を図り、さらには生活水準の向上を目指すことを目的とした、農業生産高の増加につながる種々の事業を実施してきた。これらの事業のうち、「集約かんがい農業計画（JAP）」・「浅井戸かんがいモデル団場（JMF）」および「浅井戸かんがい計画（STWP）」3事業は、地表水かんがいが困難な地域の農業開発に大きな役割を果たしている。特に浅井戸かんがい事業の推進はめざましく、1986年6月までに、2,256本（うち成功井戸1,977本）の浅井戸を掘削して、約6,900ha（浅井戸かんがい可能耕地約51,000haの14%）のかんがい

を行なっている。

浅井戸かんがいは、地表下30m以内に良好な帯水層が存在し、かつ、地下水位が地表下5m以内にあることが主要条件である。この条件を満たすのは当該平野中央部の約51,000haに限定され、その北部と南部地区の耕地約166,000haでは、地表水かんがい及び浅井戸かんがいの両方ともに困難であり、深井戸かんがいに頼らざるを得ない立地条件にある。

ネパール政府は、JADP事業の一環として1984年までに29本の深井戸を掘削し、約1,160ha (IAPの420haを含む) のかんがいを行なってきた。さらに、第7次5ヵ年計画の一環として深井戸によるかんがい計画を策定し、現在、実施中である。これは、日本政府の食糧増産援助 (KR-2、昭和57・58) で供与された深井戸掘削機及び建設資機材を利用して、深井戸かんがい事業を実施しようとするものであり、1985年から1986年にかけて38本の深井戸 (平均深度約150m、JADP22本、TONE16本) を掘削した。しかし、ネパールにおいては、深井戸かんがい事業に関する基本的な計画・管理・運営面の知識はもとより、深井戸の掘削・仕上げの技術に乏しく、その上、井戸位置を適切に選定するための水理地質調査技術も乏しいために、所期の成果があがらない現状にある。

ネパール政府は、上記のような背景と、実情をふまえて、食糧増産と農民の生活水準の向上を目的とする農業政策を推進するために急務である、深井戸かんがい事業の迅速かつ効果的拡大を図るべく、我国に、『深井戸掘削・かんがい施設建設』の無償資金協力を要請したものである。

## 1-2 調査団の構成

本調査団の構成は下記の通りである。

総括 (団長)	芳賀克彦 外務省経済協力局無償資金協力課
水理地質総括 地下水開発計画	和田温之 農林水産省構造改善局計画部資源課 課長補佐
計画管理	松永龍児 国際協力事業団無償資金協力計画調査部 基本設計調査第一課
水理地質(A)	神田淳男 国際航業株式会社地質調査事業部
水理地質(B)	藤原邦夫 国際航業株式会社海外事業部
かんがい計画	阿部龍雄 国際航業株式会社コンサルタント事業部

1-3 調査日程

表-1 調査行動表

日数	月日	曜日	行動内容	訪問先(面談者)等
1	8/26	火	東京→バンコック	
2	8/27	水	バンコック→カトマンズ	ジャングリラホテルにてミーティング 専門家 JICA 小野所長 杉本氏、大使館 橋本氏、江崎・大泉氏
3	8/28	木		大使館表敬訪問(金子大使)、JICAにてミーティング、農業省訪問(次官、農業局長、かんがい局長、TIATSP PM他)、外務省(東アジア局長)、大蔵省(次官補)
4	8/29	金		農業省かんがい局、地方開発省、水資源省地下水開発委員会、水資源省排水局等訪問、資料収集
5	8/30	土	カトマンズ→ジャナカプール	B.B.shah 氏以下 TIATSP主要メンバーとの meeting
6	8/31	日		TIATSPセンター幹部とのmeeting、資材置場視察、JADP DTVかんがい施設視察
7	9/1	月		JADP STWかんがい施設視察、Kamala川かんがい施設視察
8	9/2	火		JADP深井戸かんがい施設視察
9	9/3	水	芳賀・和田、松永・神田 4名	ジャナカプール→カトマンズ
10	9/4	木	FAO、かんがい局訪問 資料収集	藤原・阿部 ジャナカプール 電気探査準備 施設現況調査
11	9/5	金		ミニッツ・オブ・ディスカッション調印
12	9/6	土	芳賀、和田、松永	カトマンズ→カト
13	9/7	日	芳賀、和田、松永	カトマンズ→カト
14	9/8	月	神田	カトマンズ→ジャナカプール
15	9/9	火		
16	9/10	水		資機材現況調査
17	9/11	木		電気探査
18	9/12	金		かんがい施設現況調査
19	9/13	土		資料整理→Groundwater Map の作成
20	9/14	日		
21	9/15	月	ジャナカプール→カトマンズ	JICA、農業局
22	9/16	火	資料整理	JICA、大使館(伊沢参事官)、農業局(TIATSP PM)
23	9/17	水	資料整理	持帰り資器材梱包
24	9/18	木	カトマンズ→バンコック	
25	9/19	金	バンコック→東京	

(休日は土曜日)

1-4 主要面接者リスト

1) Ministry of Foreign Affairs

- ① Mr. K.B.Shrestha  
Joint Secretary of Ministry of Foreign Affairs

2) Ministry of Agriculture

- ① Mr. R.B.Singh  
Joint Secretary of Ministry of Agriculture
- ② Mr. A.N.S.Rana  
Secretary of Ministry of Agriculture
- ③ Mr. P.P.Gorkkali  
Director General of Department of Agriculture
- ④ Mr. B.B.Shah  
Project Manager of TIAISP
- ⑤ Mr. M.M.Shrestha  
Department of Agriculture

3) Ministry of Finance

- ① Mr. H.S.Shrestha  
Additional Secretary of Ministry of Finance

4) Ministry of Water Resources

- ① Mr. C.D.Bhatt  
Director General of Department of Irrigation
- ② Mr. Y.L.Vaidya  
Director of Groundwater Resources  
Development Project

③ Mr. P.M.Singh

Chief Engineer of Department of Water Supply and Sewerage

5) Panchayat and Local Development Ministry

① Mr. B.N.Kayaster

Joint Secretary of Local Development Ministry

## 2. 計画の背景

### 2-1 ネパール王国の産業の一般事情

#### 2-1-1 主要産業の動向

ネパール王国における主要作業は農業である。経済活動人口の90%以上が農・林・漁業に従事し、当部門の生産額は、下表に示す通り1970年代1980年代を通じてGDPの57%以上を保っている。

表-2 GDP (時価、単位 100万ルピ) の推移  
及び農業生産額の割合 (\* 推計値)

	GDP (時価)	Agriculture (%)	Non-Agriculture
1974/75	16,571	11,550 (69.7)	5,021
1975/76	17,394	11,611 (61.7)	5,783
1976/77	17,280	10,506 (60.8)	6,774
1977/78	19,732	11,752 (59.6)	7,980
1978/79	22,215	13,522 (60.9)	8,693
1979/80	23,351	13,683 (58.6)	9,668
1980/81	27,307	15,679 (57.4)	11,628
1981/82	30,988	17,903 (57.8)	13,085
1982/83	33,761	19,282 (57.1)	14,479
1983/84*	38,184	22,317 (58.4)	15,867
1984/85*	41,738	24,641 (59.0)	17,097
1985/86*	45,323	26,994 (59.6)	18,329

主要農作物は、米・小麦・とうもろこし・大麦・粟などで、このうち米・小麦・とうもろこしが基幹作物である（産出高は全穀類の97%を占める）。米の主生産地はカトマンズ盆地及びネパールの穀倉とよばれるテライ平野で、テライでは全国生産量の80%以上を占める。小麦は主として、テライ地方で米の裏作として生産されており、近年急速に生産量を増加させてきている。とうもろこし・粟・ひえ類は主として山地・丘陵地帯で生産されているが、生産量は伸び悩みの状態である。

主要穀物の収穫量は、耕地の大半が天水による耕作によっているため、年毎の降雨量によって大きく変動し、安定的増加がむづかしい。1961年以降20余年間の、年平均増加率が1.4%に過ぎず、同期間の平均人口増加率2.66%をはるかに下まわっている。耕地の外延的拡大が限界にきていることもあって、土地の生産性向上が緊急の課題となっている。



林業の生産額は、全農業関連生産額の1%に満たないが、乱伐による森林の現象はすさまじい勢いで進行中である。家庭用燃料の99%を薪に依存するネパールでは、遠からず森林資源が枯渇するとの見通しがあり重大な問題となっている。

畜産業は、牛・水牛・馬・羊・ヤギ・ブタ・ヤク等の家畜等が、人口にほぼ同じく、ネパールの家畜飼育頭数の密度は世界で最も高い部類に入るとされているが、その生産性は最も低いレベルに甘んじている。大部分の家畜が放し飼いの状態で牧草地の扶養能力が過少な状態となっているため、管理飼育及び高生産性の少数飼育の必要性がさげばれている。

鉱・工業部門は、年々微増しているものの、GDP構成比の5%以内にとどまっている。製造業の業種は、消費材・建設資材等の小規模工業及び、精米所・食品加工等の農業関連業種に限られる。将来も、この部門に於ては、内陸国という地理的条件、国内市場の狭あいさに資本不足という市場条件にはぼまれ、飛躍的な生長は望めず、国内原料を使用する小規模工業ならびに家内工業に重点を置かざるを得ない状況である。

## 2-1-2 農業の概況

1962年から1980年までの、ネパールに於ける主要穀物（米・麦・とうもろこし等）の平均増産率は、わずかに1.4%程度で、同時期の平均人口増加率2.66%を大きく下まわっていたが、1970年代に活発化した種々の農業開発プロジェクトの効果があらわれ、1970年代後半には、ようやく農産物の増産率が人口増加率に追いついている。

1980/81~1984/85年の第6次5ヶ年計画に於いては、主要穀物の年々の増産目標を約8%に設定し、1979/80の生産量3,196,310トンから約4,346,000トンへの増産をめざしたが、表-3に示すように、スタート4年後には、目標のほぼ98%を達成している。通年の結果だけを見れば、順調な増産ととられるが、注目すべきは、本計画年次内の大変動である。全穀物生産の60%以上を占める米についてみると、1982/83年の183万トンという凶作（前年比28%減）から一転して、1983/84年の276万トンという豊作（前年比50.4%増）となっている。これは1960年以降の記録的凶作と記録的な豊作である。最大主要穀物にこのような大きな変動があるのは異常であり、将来にも大きな不安を残しているといえる。モンスーン気候に頼らない、作物の安定栽培の重要性が再認識されるゆえんである。

表-3 第6次5ヶ年計画開始後4年間の  
主要穀物生産量と増産目標達成率

	in metric tons					
	Paddy	Maize	Wheat	Millet	Barley	TOTAL
Situation of 1979/80	2,059,930	553,760	439,990	119,340	23,290	3196310
Sixth Plan target	2,720,357	849,566	579,690	151,600	26,000	4346913
Progress of four years						
1980/81	2,464,310	742,940	477,190	121,530	23,030	3829800
1981/82	2,560,030	751,520	525,930	121,710	23,320	3982510
1982/83	1,832,620	718,240	656,630	121,070	21,160	3433720
1983/84	2,756,930	761,110	633,700	114,910	22,270	4372950
1984/85 target	2,855,000	858,000	693,000	156,000	27,000	4751000
Percentage progress of fourth year against Sixth Plan target	101 %	89 %	109 %	76 %	86 %	98 %

一方、さとうきび・なたね・たばこ・ジュート等換金作物については、目標値の70%余にとどまっているものの、山岳地におけるジュートの収量が年々減少しているのをのぞけば、漸増の傾向が見られる。表-4

野菜・果実は、丘陵地での栽培普及が進められた結果、着実な増産を示し、目標値のそれぞれ30%増・50%増をほぼ達成している。表-5

表-4 第6次5ヶ年計画開始後4年間の換金作物  
及びパレイシヨ生産量と増産目標達成率

	in metric tons					
	Oil seeds	Jute	Sugarcane	Tobacco	Total	Potatoes
Situation of 1979/80	61,870	67,500	384,370	5,500	519,240	278,400
Sixth Plan Target	104,220	85,000	643,700	10,000	842,920	336,525
Progress of four years						
1980/81	77,140	59,000	483,380	5,490	625,010	275,180
1981/82	79,120	43,000	590,000	4,820	716,940	319,750
1982/83	69,450	39,000	616,570	6,640	731,660	372,970
1983/84	73,150	25,043	509,070	6,880	614,143	383,080
1984/85 target	98,400	40,000	786,000	8,600	933,000	376,000
Progress of fourth year against Sixth Plan target	70 %	29 %	79 %	69 %	73 %	114 %

表-5 第6次5ヶ年計画開始後4年間の  
野菜・果実の生産量と増産目標達成率

	in thousand metric tons	
	Fruits production	Vegetable production
Situation of 1979/80	374	435
Sixth Plan Target	361	723
Progress of four years		
1980/81	271	511
1981/82	316	520
1982/83	318	672
1983/84	336	700
1984/85 target	343	750
Progress of fourth year against Sixth Plan	93 %	97 %

### 2-1-3 第7次5カ年計画における農業政策概要

ネパールは農業立国であり、農業及びその関連産業による生産高が国内総生産のほぼ60%を占めている。従って、農業の発展すなわち国家経済の発展とあって過言でなく、第7次5カ年計画(1985~1990)においても、農業開発には大きな期待と関心をもたれ、以下のような目標をかかげている。

- a. 人口の増大と消費水準の高揚に対応すべく、堅実な方策により食料の増産をはかる。
- b. 野菜、果物、魚類、肉類、ミルク及び乳製品等の増産により、自給自足の生活を達成する。
- c. 輸出向けあるいは輸入代替の生産物の増産により、所得及び雇傭機会の増大をはかる。
- d. 加工用農業一次産品の増産によって、国内工業の自給自足をうながす。

農産物の安定的な収量を得、かつ増産をはかる上で最も重要な役割をはたすかんがいに関しての政策は、下記のような優先順位で実施する方針である。

- 1) 現在進行中の種々のプロジェクトの継続
- 2) 予定期間を終了したプロジェクトについては、維持・管理体制の強化と不備部分の改良を行なうとともに、拠点から面的ひろがりへと普及させる。
- 3) 丘陵及び山岳部でのかんがい施設整備のプロジェクトも考慮する。
- 4) 長期的展望にたった大規模農業開発プロジェクトを策定する。

ネパールに於いては、可耕地が国土の約1/6に相当する、約2,400,000haあり、そのうち、かんがい農業が行なわれている可耕地は、15%弱に過ぎないが、今期5カ年計画においては、約10% (235,490ha) のかんがい面積をふやすことを目標としている。かんがい計画をおしすすめる担当省は、農業省と水資源省があり、計画の分担は、農業省が100,000ha (50,000ha by Tube-Well Irrigation, 50,000ha by Small Irrigation)、水資源省が135,490ha (106,000ha by On-Going Project, 29,490ha by New Project) となっている。かんがいは、農業省においては農業局が、水資源省においてはかんがい局が担当し、農業省はジャナカプール県の開発に主力を注ぐ方針である。

主要穀類（米・小麦・とうもろこし・豆類）の丘陵地・平野別の第7次5ヶ年計画における増産目標は、表6～に示す通りである。

表-6 第7次5ヶ年計画における米の増産目標

Fiscal year	Area - in hectares			Total
	Higher Hills	Hills	Total	
1984,85				
Area	25,600	263,740	1,068,660	1,358,000
Production	45,650	556,390	2,130,900	2,733,000
1985,86				
Area	25,600	263,740	1,068,660	1,358,000
Production	53,155	581,697	2,284,298	2,922,150
1986,87				
Area	25,600	263,940	1,068,900	1,358,500
Production	56,462	619,880	2,335,928	3,012,340
1987,88				
Area	25,600	264,140	1,069,260	1,359,000
Production	60,303	638,194	2,425,203	3,123,800
1988,89				
Area	25,600	264,340	1,069,500	1,359,500
Production	61,518	662,879	2,494,903	3,219,300
1989,90				
Area	25,600	264,540	1,069,860	1,360,000
Production	64,883	712,655	2,622,432	3,400,000

表-7 第7次5ヶ年計画における小麦の増産目標

Fiscal year	Area - in hectare			Total
	Higher Hills	Hills	Total	
1984,85				
Area	17,693	132,821	279,436	437,000
Production	18,586	187,243	394,171	600,000
1985,86				
Area	18,517	145,180	310,303	475,000
Production	26,352	208,030	440,118	674,500
1986,87				
Area	18,892	150,078	331,030	500,000
Production	27,295	126,645	480,960	725,000
1987,88				
Area	19,272	153,542	354,185	527,000
Production	28,908	230,313	531,279	790,500
1988,89				
Area	19,285	155,604	370,111	545,000
Production	29,892	241,186	573,672	847,750
1989,90				
Area	20,071	160,768	382,161	563,000
Production	32,114	256,429	611,457	900,000

表-8 第7次5ヶ年計画におけるとうもろこしの増産目標

Fiscal year	Area - in hectare			Total
	Higher Hills	Hills	Total	
1984,85				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	65,020	484,540	293,370	843,000
1985,86				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	65,600	486,540	294,370	845,700
1986,87				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	67,660	494,540	298,680	860,880
1987,88				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	68,860	502,540	304,680	876,080
1988,89				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	70,860	513,540	312,200	896,600
1989,90				
Area	45,480	350,480	160,220	556,180
Production	72,860	523,540	319,685	916,085

## 2-2 計画地域の現況

### 2-2-1 社会・経済・産業等の現況

#### 1) ジャナカプール県位置・地形概要

ジャナカプール県 (Janakpur Zone) は、ネパール王国の5つに区分された開発地域 (5 Development Regions) のうち、中部開発地域に属し、北は中国、南はインドに接し、西はバグマティ県 (主都カトマンズのある県) 及びナラヤニ県に、東は東部開発地域のサガルマタ県に接している。(次頁の位置図を参照)

面積は約9,670km<sup>2</sup>で下記6つの郡 (District) に区分される。地勢上は北部の山岳地域、中部の山岳～丘陵地域及び南部の平地 (テライ平野) に分類される。

表-9 郡別面積・人口・地形区分

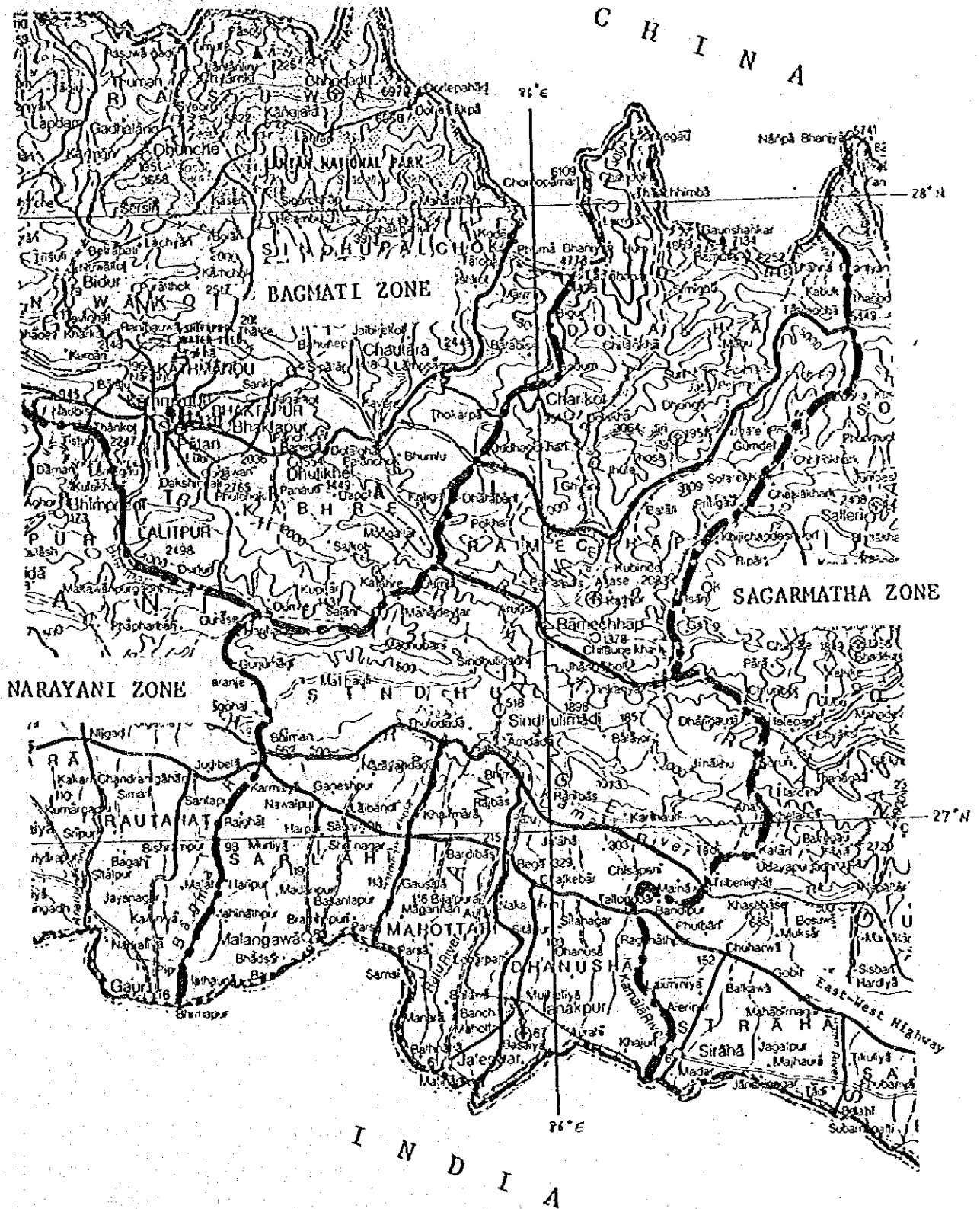
郡名	郡庁所在地名	面積 (km <sup>2</sup> )	郡別人口 (1981年センサス)	地形区分
・ドルカ郡 Dolkha	チャリコット Charicot	2,191	150,576	山岳
・ラメチャップ郡 Ramechhap	ラメチャップ Ramechhap	1,549	161,445	山岳～丘陵
・シンズリ郡 Sindhuri	シンズリマティ Sindhulimadi	2,491	183,705	
・ダヌーサ郡 Dhanusa	ジャナカプール Janakpur	1,180	432,569	平地
・マホッタリ郡 Mahottari	ジャレスワール Jaleswar (郡庁所在地)	1,002	361,054	(テライ類)
・サルラヒ郡 Sarlahi	マラングワ Malangwa	1,259	398,766	北の一部 丘陵地
		9,669	1,688,115	

県内を流れる主要川は、ヒマラヤ山系に源を発しドルカ郡を南下するタマコシ川、ラメチャップ郡とサガルマタ県の境を南下するリクコラ川 (以上2川スンコシ川にそそぐ)、ラメチャップ郡を西から東に横断するスンコシ川、シンズリ郡の丘陵地を源として南下するバグマティ川 (西のナラヤニ県との県境をなす)、及びカマラ川 (東のサガルマタ県との県境をなす) などがある。

今回要請のあった計画対象地域は、ダヌーサ・マホッタリ・サルラヒ三郡の平地部にあたり、総面積は、三郡の合計3,441km<sup>2</sup>の約80%にあたる2,750km<sup>2</sup>である。

# LOCATION MAP OF JANAKPUR ZONE

Scale 1 : 1,000,000



## 2) 計画地域における一般社会概況

◎行政単位：ネパールにおける最小行政単位は、Panchayat と呼ばれる“村”で、ダヌーサ郡に68村、マホッタリ郡に55村、サルラヒ群に59村ある。パンチャヤットの長は公選制である。(郡長、県知事は王国議会による任命制)。なお Town Panchayat と呼ばれるいわゆる Urban Area はネパール全国に20カ所あるが、ジャナカプール県には1カ所のみである。(ダヌーサの郡庁所在地のジャナカプール、現在の推定人口約42,000人)

県庁及び県議会は、インド国境に近いジャレスワール(マホッタリ郡の郡都)に置かれている。

◎人口及び人口密度：1981年のセンサスによれば、前表にかかげたように、ダヌーサ郡約433,000人、マホッタリ郡約361,000人、サルラヒ群399,000人、3郡合計約1,192,000人であるが、平均人口増加率(2.66%)により推計すると、下表のようになる。但し、近年、山間部から平地部への人口流入が多いため、現在の人口はこの推計値を上まわっているものと思われる。

郡名	面積(km <sup>2</sup> )	推定人口	1km <sup>2</sup> あたり 推定人口密度
ダヌーサ郡	1,180	519,000	440
マホッタリ郡	1,002	433,000	430
サルラヒ郡	1,254	478,000	380

### ◎インフラストラクチャー

a. 道路：西部開発地区 Banke郡と東部開発地区 Jhapa郡を結ぶ東西ハイウェイが三郡の北部、丘陵地山麓に沿って東西方向に走っている。ハイウェイ支線は、ダヌーサ郡 Dhalkebar から Janakpur へ南下しさらにマホッタリ郡 Jaleswar を経てインド国境に至る。その他の主要道路(県道)が東西ハイウェイに直交して南北方向に5本(いずれも未舗装)あるが、これらを東西に連結する道路は存在しない。本計画実施にあたっては、ハイウェイ・県道沿い及びその近傍は問題ないが、道路から遠く隔たった部分については、仮設道路の建設に相当の期間を要することを考慮しなければならない。

主都カトマンズとジャナカプール間の陸路は、カトマンズーヘタウダ間の峠越えを行なうと距離的には近いが、山腹斜面の崩壊、地滑り等でしばしば通行不能になるため、通常はいったん大きく西行し、Bharatpur、Hetauda を経由するハイウェイが用いられる。乗用車で7~8時間の道程である。(約230km)

b. 鉄道：延長52kmの鉄道が Janakapur にあり、インドとの輸出入の輸送手段として役だっているが、本計画実施のための物資輸送手段にはなり得ない。

c. 空路：カトマンズージャナカプール間の定期便が月・水・金の週3便ある。所要時間35分。有視界発着のため、雨天時はしばしば欠航することがあり、

注意を要する。

d. 電力：現在ジャナカプール県内で使用している電力は、インドからの買電（サルラヒ郡 Malangua に200kv入り、マホッタリ郡 Jaleswar に1000kv入り Janakpur に通電）と、Janakpur でのディーゼル発電1360kvなどがある。また1985年に完成した Biratnagar（テライ東部）～Hetauda間のハイウェイ沿い送電線（132kV Line）から分電利用することが可能な状態となっている。深井戸からの揚水動力に電力を利用すれば、ディーゼルエンジンと比較してその運転コストは格段に安いと試算されているが（2～4割安）、計画地への配電計画は現状ではなく、また、本計画は、供与済みのディーゼルエンジンポンプを利用することを前提としているため、電力利用は本計画実施にあたっては一応考慮外とする。

e. 通信：計画地域内及びT I A T S Pセンター～カトマンズ間の電話網は整備されていない。センターとカトマンズ間の通信は、農業局のT I A T S P オフィスに設置されている無線機により行われている。

◎経済・産業：農業及び農業関連製造加工業が主体である。農作物は、自給自足で余剰作物があり、カトマンズ他へ出荷して収益を得ているほか、砂糖製造工場・たばこ製造工場・精米所その他小規模家内工業等比較的よく発達している。

## 2-2-2 農業開発の現況

### 1) 農業概況

ジャナカプール県の耕地面積は下表に示すように、山間3郡とテライ3郡とで大きなひらきがあり、計画対象域のテライ3郡は圧倒的な好条件を有する。

表-10 郡別耕地面積率

郡名		面積(ha)	耕地面積(ha)	耕地面積率(%)	
テライ	ダヌーサ	118,000	79,815	67,6	テライ3郡平均 62.3%
	マホッタリ	100,200	81,549	81,4	
	サルラヒ	125,900	52,874	42,0	
丘陵	シンズリ	249,100	26,923	10,8	丘陵山岳3郡平均 16.1%
	ラメチャップ	154,600	67,435	43,6	
山岳	ドルカ	219,100	6,000	2,7	
合計		966,900	314,596	ジャナカプール全県平均32,5%	

農業生産は、水稲栽培の米を主体とし、さとうきび、とうもろこし、小麦、ジャガイモ、大麦、なたね、たばこなどが多い。たばこは、ジャナカプール県の特産品とも言える農産物で、作付け面積が3,700haにも及び、全国生産量の54%を占めている。



またジャナカプールにあるたばこ製造工場は、全国一の規模を誇っている。

県内の主要作物の栽培面積・収量は、表-11に、また作付体系は表-12に示す通りであるが、テライに於ける現況の作付率はほぼ150~180%の範囲内にあり、(雨期水稲90~100%+麦・豆類・トウモロコシ等50~80%)、純収益はI M Dハシナプールの例にとれば、1haあたり約3,500ルピーと試算されている。

表-11 ジャナカプール県郡別作物栽培面積と収量の変化

District	Year	A. 面積 ha P. 収量 t										
		Paddy	Sisal	Wheat	Millet	Barley	Potato	Oilseeds	Sugarcane	Tobacco	Tobacco	
テライ	1970/71	A.	60000	6500	2700	2000	260	650	2150	50	60	2190
		P.	108000	1220	2120	1620	210	1316	608	50	50	1316
	1975/76	A.	58000	6200	15300	1920	680	160	1800	50	33	1310
		P.	110200	2100	18120	1550	217	3275	816	800	10	1007
	1979/80	A.	54810	2380	16000	2730	200	370	5600	750	-	1150
		P.	100930	2740	20520	2530	170	1180	2350	14870	-	1920
丘陵山間地	1970/71	A.	63900	4100	4100	1700	260	350	1500	50	40	2350
		P.	113100	6765	2160	935	208	2257	485	1200	37	1055
	1975/76	A.	60230	6390	12110	1000	260	480	2600	140	27	1220
		P.	110820	8110	13010	1020	210	3119	1000	2210	28	1028
	1979/80	A.	68260	4100	11100	1500	360	420	2160	1150	-	1110
		P.	111120	5740	13800	1800	300	2188	1330	20120	-	830
丘陵山間地	1970/71	A.	42200	2100	3300	1950	280	350	2500	50	35	275
		P.	71710	2120	1815	577	231	2257	868	1520	28	299
	1975/76	A.	39230	5170	18010	1030	220	490	3500	440	-	500
		P.	71390	6210	12140	530	170	388	1750	7040	-	351
	1979/80	A.	37670	1500	9150	650	120	220	3000	1250	-	310
		P.	51810	2240	11520	350	150	1029	1650	21820	-	310
丘陵山間地	1970/71	A.	6000	7350	1750	1670	35	600	4100	85	30	55
		P.	1100	12062	1510	1077	48	1900	2217	1118	20	30
	1975/76	A.	6050	9600	900	2150	50	900	4250	70	-	50
		P.	10060	20010	1112	2510	45	5100	2297	1070	-	32
	1979/80	A.	3270	9250	3150	2050	160	950	2500	100	-	60
		P.	18530	12260	4100	2100	80	4750	2100	1250	-	50
丘陵山間地	1970/71	A.	4000	2600	650	2000	10	600	210	10	-	10
		P.	18200	18118	522	2090	20	1620	190	122	-	6
	1975/76	A.	4200	8700	815	2500	80	1500	200	10	-	10
		P.	8090	16320	953	2060	80	6020	82	110	-	9
	1979/80	A.	4150	2170	500	2320	60	1650	170	20	-	-
		P.	2380	2000	560	1800	70	3920	60	220	-	-
丘陵山間地	1971/72	A.	1800	3500	450	900	40	900	200	7	-	10
		P.	4200	3190	781	890	97	11220	190	37	-	8
	1975/76	A.	1350	4900	560	1160	80	1100	180	-	-	5
		P.	3560	2250	668	1210	80	5500	72	4	-	3
1979/80	A.	1750	3600	680	800	70	1050	140	60	-	-	
	P.	3500	2670	780	600	60	5800	70	120	-	-	

JICA 農業開発計画 第60-3 ジャナカプール農業開発計画 資料: Agricultural Statistics of Nepal 1983より作成

表-12 ジャナカプール県における作付体系

	水田	畑
テライ	* 水稲単作	* トウモロコシ-油料作物
	水稲-水稲	* トウモロコシ-ソコクビ
	* 水稲-豆類	* トウモロコシ-タバコ
	水稲-油料作物	トウモロコシ-ソバ
	* 水稲-麦	トウモロコシ-麦
	水稲-水稲-冬作物	トウモロコシ-野菜
	トウモロコシ-水稲	豆単作
	ソコクビ-水稲	砂糖キビ
丘陵山間地	* 水稲単作	トウモロコシ-油料作物
	水稲-水稲	トウモロコシ-豆類
	水稲-麦	(トウモロコシ+ジャガイモ)-ソコクビ
	* 水稲-まめまたは野菜	(トウモロコシ+ジャガイモ)-油料作物
	ソコクビ-水稲	(トウモロコシ+豆類)-油料作物
	ソコクビ-水稲-麦	トウモロコシ-麦
	* トウモロコシ-水稲	(トウモロコシ+豆類)-麦
	トウモロコシ-水稲-野菜	(トウモロコシ+ジャガイモ)-麦
	豆類単作	ジャガイモ単作

\*印が多く見られる。

(ジャナカプール農業開発計画のロジック方式技術協力実施報告書 第60-3 JICA農業開発計画)

## 2) ジャナカプール県内の農業開発プロジェクト

ジャナカプール県でこれまで実施されてきた農業開発プロジェクトのうち、河川をかんがい用水源とするかんがい事業として、下記3種がある。

### ① Bagmati Irrigation Project

バクマティ川を用水源として、同河川の右岸側5,600ha (ナラヤニ県)、左岸側18,500ha (ジャナカプール県) をかんがいしようとするもので1990年を目標に現在工事中である。

### ② Kanla Irrigation Project

カマラ川を用水源として、同河川の右左両岸各12,500ha (ジャナカプール県及びサガルマタ県) のかんがいを行なうことを目的として実施され、主要施設は1980年に完成しているが、施工上の不備・維持管理上の不備により機能を果たしていなかった。アジア銀の援助により改修工事が行なわれたが、目標の12,500haに満たず(8,500ha)、また水量不足のため、かんじんの乾期に、かんがいがほとんどできないという現状である。

### ③ Manusmara Irrigation Scheme

バクマティ川支流のマヌスマラ川を用水源として、バクマティとマヌスマラにはさまれた地区5,200haをかんがいしようとするもので、1985年に施設工事が完成しているが、かんがい面積は3,100ha (乾期は500ha) にとどまっている。

一方、1972年～1984年の13年間にわたり、当県内では、日本政府の技術協力によりJADP が実施され、地域農業の発展に貢献したが、ジャナカプール県及び関連地区においてそれ以前から実施されていた農業開発プロジェクトの主要なものとして次のようなものがある。

### ① 東京農業大学ラプティ実験農場

ナラヤニ県チタウン郡のラプティ川流域に位置する。1956年から1961年にかけて、USAID、WHO の協力により実施された Rapti Valley Project の地域内に作られた。のちにジャナカプール県丘陵地及びテライ高標高部農作物開発のためのモデル農場として JADP に編入された。

### ② Hardinath Pilot Demonstration Farm

1969年から1971年にかけて、国連の Food and Agriculture Organization (FAO) の協力により実施された「東部テライ開発計画」の一環として、ジャナカプール県ダヌーサ郡に設置されたパイロット農場で、圃場整備、深井戸かんがい施設、道路その他の農業基盤整備を行なうとともに、テライ地方の米麦を中心としたかんがい農業開発に必要な基礎資料作成と栽培実験を行ない、かんがい農業改良技術の一般農家への普及が試みられた。1972年に付属農場として、JADPに編入された。

以上かかげたプロジェクト以外のジャナカプール県における農業開発・普及活動は1972年より日本政府の協力ではじまった『Janakpur Zone Agricultural Development Project』が多大な成果をあげた。本プロジェクトは、3度にわたる協力期間延長を経て、1984年11月に13年の長きに及んだ協力を終了したが、ネパール政府は、本プロジェクトを通じて得た経験・知識ならびに施設・資機材を充分活用し、本地区におけるさらなる開発・普及に意欲的に取り組んでいる。

なお、JADPの目的は、「農業生産高増加につながる種々のプログラムを実施することにより、地域住民の収入増加をはかり、さらに生活水準の向上をはかる」ものでプロジェクトエリアはドルカ郡を除いた5郡をカバーし、実施した主な事業として次のようなものがある。

- ① Sindhuri Agriculture Farm の運営
- ② Janakpur Horticulture Farm "
- ③ Hardinath Agriculture Farm "
- ④ Agricultural Development Office (5郡) の設立・運営
- ⑤ Horticulture Center の設立運営
- ⑥ Intensive Irrigation and Agriculture Program (IAP) 深井戸と用水管とずらかんがい事業
- ⑦ Irrigated Model Farm (IMF)
- ⑧ Shallow Tubewell Program (STWP)
- ⑨ Deep Tube-Well Irrigation Project (DTWIP)

以上のうち⑥～⑧のかんがい事業が、テライ平野の農業開発にとくに大きな役割を果たしてきた。さらに、日本政府の協力期間終了まぎわにスタートした⑨のプロジェクトについては多大な期待が寄せられているものの、技術上・資機材の問題点をほらみ、一時中断し、新規の TIATSP にひきつがれることとなった。

以上のすべてのプログラムについて、日本政府の援助が原動力となっているが、援助形態としては、無償資金協力と技術協力があり、その内容は、次のようなものがあげられる。詳細は、添付資料m.に示す通りである。

#### ○無償資金協力

- ・食料援助
- ・食料増産援助
  - 肥料、農薬、農機具、かんがい施設整備機材、井戸建設用資機材、食糧倉庫建設資材等の供与
- ・センターの建設

#### ○技術協力

- ・研修員受入れ
- ・専門家派遣 (長期・短期)
- ・調査団派遣

- ・海外青年協力隊
- ・プロジェクト技術協力

### 3) T I A T S Pにおける深井戸かんがいプログラムの現況調査結果

DTWIPは、昭和59年11月航空写真測量及びマスタープラン策定、同60年4月井戸掘削開始、61年1月水路工工事着手、62年3月完成予定というスケジュールでスタートしたが、資機材の引渡しの遅れにより着工が61年1月にずれ込んだ経緯があった。(DTWIPの一環としてターンキーベースにより(株)利根ボーリングが実施中の16本の深井戸かんがい事業)

この事業における問題点及び対処法は以下記す通りである。

#### 1. ボーリング地点の選定

マスタープランによって選定されたボーリング地点が、その後「ネ」側の意向により変更され、このため井戸揚水量不足、水路の逆勾配、高盛土等の問題が発生した。今回の事業ではこのような「ネ」側の介入をさせない体制作りが必要である。

#### 2. ボーリング掘削

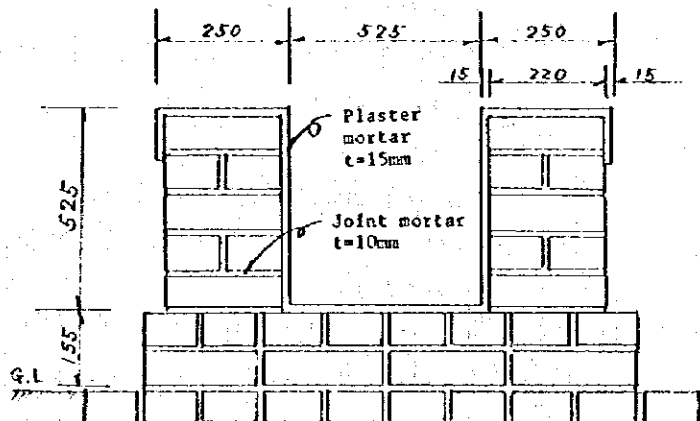
掘削業者を施工管理する機関がないため井戸に不備な点が見られる。今回の事業では十分な施工管理が出来るコンサルタントを選定しなければならない。

#### 3. Irrigation Channel

##### a) Main Channel

水路断面は325mm×525mmのレンガ水路で、側壁はレンガの2層構造となっている。これは井戸の流量に関係なく同一断面を使用しているため流量の少ない井戸には不経済である。また $Q=50\text{ l/S}$ の井戸でも $I=0.1\%$ で水深は10cm程度であるので断面的には過大である。側壁がレンガの2層という水路は、S.T.V、地表かんがい水路でも無く、すべて1層構造であった。水路構造も検討の余地がある。

図-1 幹線水路構造図



##### b) Road crossing and Syphon

構造はヒューム管のレンガによる360°巻であるが、呑口と吐口が60cm×60cmの樹の構造で底の土砂かき出しの作業が難しい。せめて1.0m×1.0m以上の寸法とし、管の入口にはスクリーンを設けゴミ等の流入を防ぐ構造とすべきである。

##### c) Turnout

現在の構造では、水路と田面の高低差が大きいほど構造が大きくなる。もっとコ

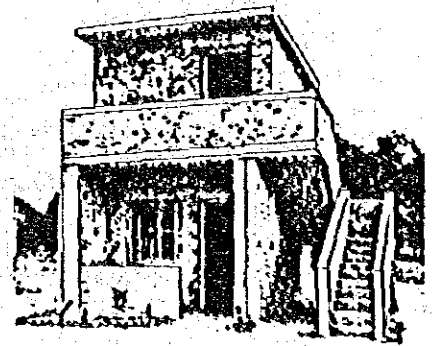
コンパクトな構造を考えるべきである。

d) Pipe Culvert

水田の排水路として水路の下部をビューム管にて連結したものであるが、数量が足りないのと設置箇所のまずさから排水不良が起きている。

4. Operator's House & Pump House

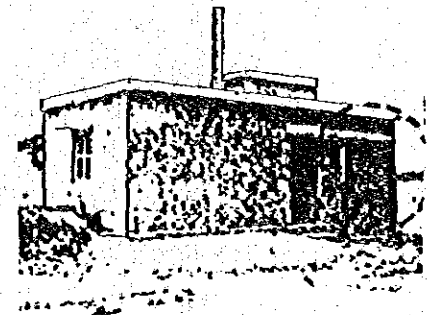
井戸1カ所につき Operator Room と Pump House がそれぞれ建設されるがポンプ作動等の作業内容からオペレーターは1人で十分であるので、2階建ての Operator House は不要で、Pump House に1室加えた構造で十分であると言える。



Operator's House

5. レンガ資材について

この工事にて使用したレンガの総数は800万個である。(今回のプロジェクトで同じレンガ水路とした場合3,750万個のレンガが必要となる。)これだけのレンガを市場購入することは工期の関係上無理であり、間組は独自のレンガ工場を建設し生産を行なっている。



Pump House

この経験から次の点が問題としてあげられる。

a) 木材の大量消費

レンガを焼くためには高温度が必要で多量の木材を必要とする。今回のプロジェクトでレンガ水路とした場合、大量の木材を必要とし、広範囲の森林を丸裸としてしまう。

b) 生産技術

生産施設が貧弱で技術が低いため、実際の工事に使用できるレンガは全体の50~60%で、工事現場への運搬による破損が約20%ある。

c) 工場用地

広大な工場用地を必要とし、大量の表土が掘削採取される。また、工場閉鎖後は、大量のレンガ破片が土地に混入するため、耕地として再利用する際は、耕土搬入等の対策が必要。今回のプロジェクトでレンガ水路とした場合、約480m四方にわたり深さ50cmの表土がレンガ材料として掘削採取される事になる。

d) 施工性

レンガ積みをする場合、レンガに十分水分をしみこませてモルタルにて接合する。このため工事現場に多量の水が必要で水の確保が問題と成る。またレンガ積職人の人数確保も作業能力向上のため必要である。

## 6. 地元農民対策

Boring Point 及び Channel の位置が農民にとっては深刻なまでの関心事であり、政府関係者、村長、地元有力者を含め、その誘致に対する要請は激しく多岐に渡り、その説得、折衝に日本側があたっている。このため不満を持つ農民による工事妨害も起こっている。これらは「ネ」側政府の地元への説明不足が原因であり、TIATSPセンターの働きかけを強く要請し、地元の理解を得るようにしなければならない。

2-2-3 供与資機材の現況

JADPの一環として計画された Deep Tube-Well Irrigation Program に対し、日本政府は、井戸建設用資機材ならびにかんがい施設建設機材等供与の無償資金協力を行なっている。

今回計画された『テライ地下水開発計画』は、ネパール政府の第7次5カ計画に含まれる『Tube-Well Irrigation Agriculture Training and Service Project - TIATSP』の重要な一環をなすものであり、TIATSPセンターがJADPの活動・機構・施設をひきついでいるため、上記供与資機材は、当該計画の中で有効利用がなされてしかるべきである。このような観点から調査所は、これまで供与された資機材のうちとくに“深井戸掘削資機材”をはじめとするかんがい施設関連資機材の現況調査を実施した。調査の結果、供与済の資機材については、ポンプの問題さえ解決されれば、供与済みの資機材を利用して当該計画を実施することは可能であるとの判断に達した。ポンプは60ℓ/secの容量のものが95台供与されており、うち8台が井戸に控え付けられたが、6台が故障したという状況である。故障の原因が、控え付けミス又は運転ミスによるものなのか、あるいは部品の材質に問題があるのか、現在調査中であるが、仮に後者に起因するとしたら部品の交換等改良の措置が早急に必要である。

以下、主要資機材の現況を記し、本項末に、大半の資機材のが保管されているTIATSPセンターの概要図を付す。

井戸建設用資機材現況

◎深井戸掘削機

表-13 深井戸掘削機一覧

機種及び公称掘削能力	本体、エンジン、付属品等に関する問題点	
・ YRD-501R            3台  3' 1/2のドリルロッドを用い 12' 1/4径で掘削する場合 …500m (実際は250mが限度)	・エンジンのオイルリークがあり、始動が困難なことがしばしば生じる。 ・ドリルカラーの取りはずしが困難 (バックアップ機射る) ・1台 fuel injection pump 故障で現在使用不能	マッドポンプのスベアパーツ 在庫ゼロのものあり '86年9月現在、掘削機は一台も稼働できない状況にある。
・ TRD-500            4台  掘削能力…同上	・Leveling Jack 不調につき油断するとリグが傾きがちになる。	・ピストンロッドパッキング ・ランドパッキング A,B ・ファンク 等
1986年11月末までにメーカーが技術者を派遣して点検修理を行なうことになっており、工事開始時には7台とも正常な状態で稼働しうる。		

◎ウェルダ-

Disel Engine Welder (Trailer Mounted) 供与7台のうち4台使用可能

◎ケーシングパイプ 及び レデューサー

表-21 ケーシングパイプ及びレデューサー 一覧

品名及び規格	供与数量	在庫数量
OD 14" Casing $\phi = 6m$ with thread and coupling	7,600m分 (50m平均) (1,265pcs) 戸 152枚	5,310m (66m平均) (885pcs) 戸 80枚
OD 8" Casing $\phi = 6m$ with non-thread welded coupling	15,200m分 (80m平均) (2,530pcs) 戸 190枚	12,150m (110m平均) (2,025pcs) 戸 110枚
14" $\rightarrow$ 8" Reducer	200pcs 戸 200枚	160コ 戸 160枚

◎深井戸用スクリーン

8" Sankyo Super Screen (Johnson Type)

OD: 216mm ID: 203mm Open Area: 15.15%

One End: Plain, Another End: Welded Coupling

供与数量: L=5.25m pcs., L=3.25m pcs.

Total Length 5,700m (井戸190本分、30m/本として)

在庫数量: Total Length 5,010m (井戸167本分)

◎エアコンプレッサー

・Trailer Mounted Air Compressor PDR-370 (10.5kg/cf) 4台

・Trailer Mounted Air Compressor PDR-125 (7.5kg/cf) 3台

◎給水タンクローリー

・4 m<sup>3</sup> Water Tank Lorry 16台のうちJADPセンターで5台、1台 4台使用可能

◎検層器

GEOLOGGER

4台

(Resistivity & S.P. measurement, Cable Length: 300m)

◎水位計

200m Water level Indicator 4pcs.

100m Water level Indicator 95pcs.

(在庫数量未確認であるが  
80台以上は使用可能)



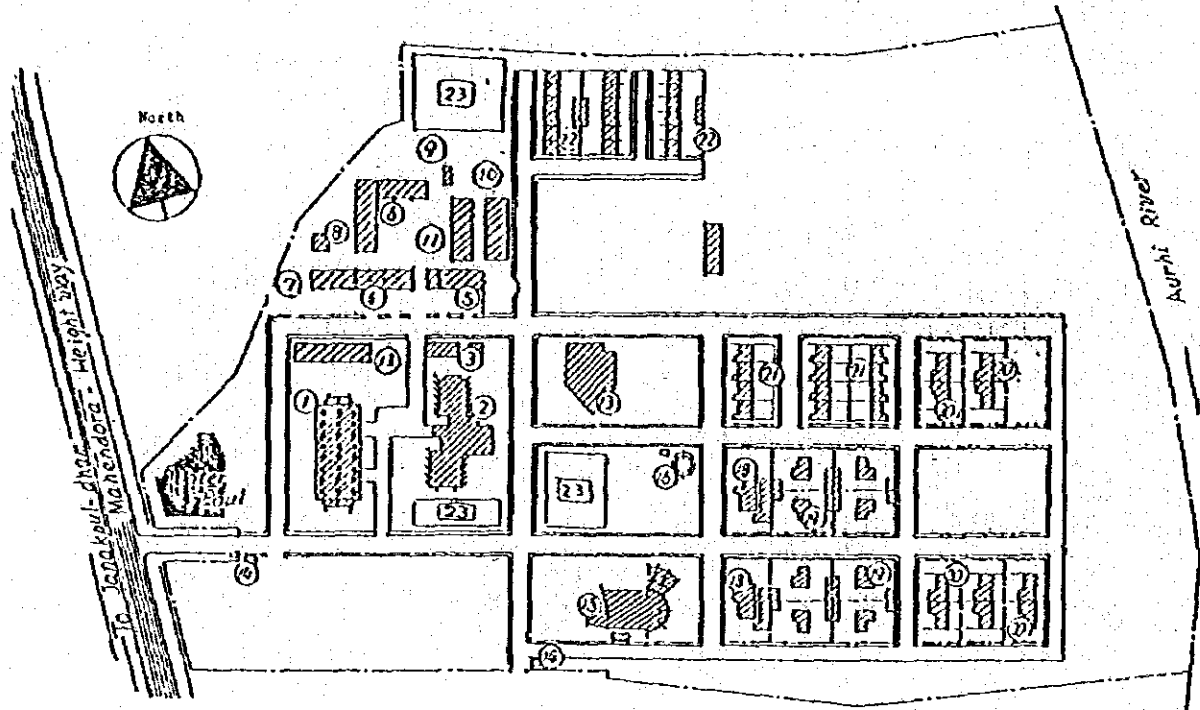
◎揚水ポンプ

表-15 揚水ポンプ一覧

機種、揚水量・揚程	供与数量	現況
・Ebara Electric Submersible Multi-Stage Turbine Pump 125 BHS 8-75 (8GII) (45ℓ/sec) with Diesel Engine Generator(日本車輛)	1台	揚水試験用ポンプ  良好な作動
・Ebara Electric Submersible multistage Tubeline Pump 200 BHS 2-45 (126I) (60ℓ/sec) with Diesel Engine Generator(日本車輛)	2台	
・Ebara Electric Submersible multistage Tubeline Pump 200 BHS 2-75 (1262) (90ℓ/sec) with Diesel Engine Generator(日本車輛)	2台	
・Okamoto Centrifugal Pump M-SE65 with Diesel Engine	4台	5台セットしたうち4台 好調に作動している。
・Ebara Vertical Turbine Pump 200 BHGE (40ℓ/sec) with Diesel Engine (いすゞUA4BB1BA-S)	8台	
・Ebara Vertical Turbine Pump 200 BHGE (60ℓ/sec) with Diesel Engine (いすゞUA6BB1A-S)	8台	
・Okamoto Vertical Turbine Pump OHGDC-12-40-4 (45ℓ/sec) with Diesel Engine	79台	8台セットしたうち6台故障 (ポンプ回転体の軸受け破損) 故障の原因は現在調査中。 非常に大きな不安があり早 急な措置が望まれる。
・Ebara Vertical Turbine Pump 200 BHGE (60ℓ/sec) with Diesel Engine	95台	

◎ダンプトラック			
HINO FT173KA/SA	3ton capa.	10台のうち2台broken	8台使用可能
◎カーゴタイプ クレーン(3t) トラック(4ton積)			
HINO FT173KA 173SA		5台のうち1台broken	4台使用可能
◎ピックアップ トラック 1ton			
TOYOTA LN65R-KR		7台	7台
◎ガソリン用タンクローリー			
HINO FT173KA/SA		2台	2台
LS 05-30 (4m <sup>3</sup> capa.)			
◎ダンプトレーラー			
STAR D1012 (2,000kg capa.)		3台	3台
◎ディーゼル トラック (カーゴタイプ)			
HINO FT173KA		4台	4台
◎コンクリート ミキサー (ディーゼルエンジン付)			
MEIKO SM-14E 1.5m <sup>3</sup> capa.		4台	4台
◎ジープ		5台	3台
◎ホイールローダー			
KOMATSU WA40-1		5台	5台

図2 TIA TSPセンター (JADPセンター) 施設配置図



	Discription	8	Power House	16	Water Tower & Pump House
1	Main Office Building	9	Fuel Storage Tank	17	A-type Quarter 2unit
2	Lecture Hall Building	10	Godown	18	B-type Quarter 8unit
3	Prefabricated Godown	11	Workshop Building	19	C-type Quarter 8unit
4	Open type Garage	12	Open type Garage	20	D-type Quarter 12unit
5	Closed type Garage	13	Dormitory for Trainees	21	E-type Quarter 18unit
6	Workshop Building	14	Gatekeeper's House	22	Mist House
7	Closed type garage	15	Guest House & Hall	23	野外資機材置場

2-2-4 気象概要

ジャナカプール県の気候は、標高により大きく変化し、次の三種に大別される。

- ① ヒマラヤ山脈の低温山岳気候帯 (山岳)
- ② ヒマラヤ山脈山麓部の山岳・丘陵地帯の温暖気候帯 (温暖)
- ③ テライ平野の熱帯～亜熱帯気候帯 (熱帯・亜熱帯)

大半の地域は、5～10月にかけて南西モンスーンによって降雨がもたらされる。一年は雨期と乾期に区分され、通常は5月後半～10月前半の5ヵ月が雨期、10月後半～翌年5月前半の7ヵ月が乾期である。6～9月の4ヵ月の雨量が年間降水量の80%を占める。ジャナカプール6郡の気候帯区分、平均年降水量、及び年間平均気温は次表の通りである。

表-16 ジャナカプール県の年間平均気温・降水量

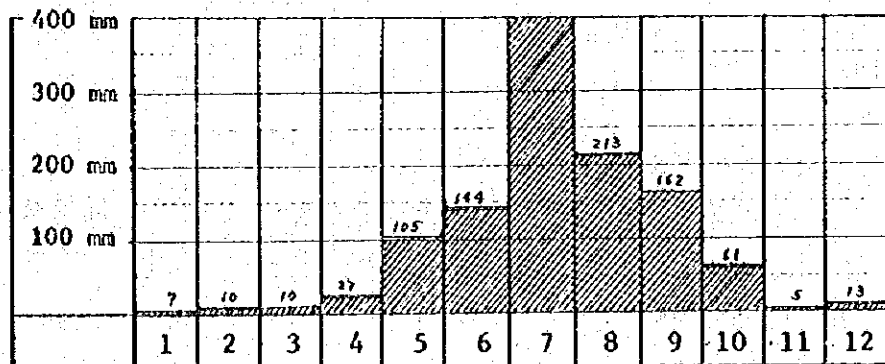
	郡名	気候	年平均降水量 (mm)	年間平均気温(℃)	
				max.	min.
テライ	ダヌーサ	熱帯・亜熱帯	1,480	30.3	19.3
	マホッタリ	熱帯・亜熱帯・温暖	1,480	30.3	19.3
	サルラヒ	熱帯・亜熱帯・温暖	1,480	30.3	19.3
丘陵山岳	シンズリ	熱帯・亜熱帯・温暖	1,420	28.3	15.3
	ラムチャップ	亜熱帯・山岳	2,025	21.69	11.9
	ドルカ	亜熱帯・山岳	2,044	19.0	8.0

テライにおける月間降雨量は下図に示す通りで、気温・湿度・雨量等の観測データは資料dに示す。

雨期の期間は、仮設道路建設工事が困難なばかりでなく、仮設道路の通行も困難となるため、本計画の工事期間は乾期に限られる。

乾期は上述したように7ヵ月であるが、施工可能な期間は11月～翌年4月の6ヵ月と考えるのが無難である。

図-3 ジャナカプール空港における月間降雨量 (1976～1984 9年間の平均値)



## 2-2-5 地形・水理地質概要

### 1) 地形概要

ネパール王国は、四方を陸地にかこまれてインドと中国の中間部に位置し、南北約170km東西約850kmの長方形を呈して、国土総面積147,000km<sup>2</sup>の、ヒマラヤ山系から連なる山岳高地・丘陵地帯を主体とする山国である。国土の南側には、ガンジス河系によって形成された平原が発達しており、この平野はインドとの国境沿いに帯状に広がって一般に『テライ平野』と呼ばれている。その面積は国土の約15%に相当し、ネパール王国における主要な農耕地帯になっている。

ジャナカプール県はネパール東部に位置するが、行政区分上ネパール王国の中部開発地域 (Central Development Region) に位置づけられており、北は中国 (チベット) 南はインド (ハル州) に接する。南北方向に細長い行政区になっている。本県は、地形上、北部のヒマラヤ山脈及びその山岳・丘陵地帯と、南部に広がる平原地帯 (テライ平野) の2つに区分され、既述のように、当該プロジェクトの対象サイトはこのジャナカプール県のテライ平野のなかに立地する。

ジャナカプール県テライ平野は、南北約30kmの幅で東西に広がっており、北部を境する丘陵地帯 (Churia Hill) から南部のインド国境に向かって極く緩やかに傾斜する扇状地性の平原であって、標高は700feet (約210m) ~200feet (約60m) の範囲にある。既往文献によれば、テライ平野部の堆積面は、バグマティ川及びカマラ川の現河床面との比高差を基準にして、高位段丘 (比高差約50m) ・中位段丘 (同20m) ・低位段丘 (同6m~7m) 及び現氾濫原4面に区分されている (図-4参照)。このうち、高位段丘と中位段丘堆積物の最上部には帯褐色ラテライト状のソイルが分布しており、その一部はレンガや陶器の原料に利用されている。

本地域には、テライ平野を北より南へ蛇行し流下する多数の大小河川があり、テライ平野の農耕地はこれら多くの河川によって縦割りに分断される地勢を呈している。大規模河川としては、当該平野の西縁部を流れるバグマティ川 (年間流出量200m<sup>3</sup>/sec)、東縁部を流れるカマラ川 (同75m<sup>3</sup>/sec) があり、この2河川は乾期においても流水がある。この2大河川に囲まれた中間地帯にはラトウ川・マルハ川・ジム川等々の多数の中小規模河川がある。それらの合計年間流出量は578m<sup>3</sup>/secとされているが、そのほとんどが河道を土石で埋積されて水は伏流し、雨期においても洪水時のみ流水が見られる状態である。

### 2) 水理地質概要

#### (1) 一般地質の概要

ジャナカプール県のテライ平野を中心とする、地域の一般地質の概要は、次の地質平面図 (図-4) 断面図 (図-5) に示されるようであり、また、その地質層序は次の表-24のようにまとめられる。

表-24 地域の一般地質層序

新期堆積物層 (170m~200m)	現河床・氾濫原・(沖積層) 完新世 (第四紀) 扇状地堆積物 段丘対積物 (洪積層)	中期~後期更新世 (第四紀)
		鮮新世~前期更新世 (第三紀~第四紀)
上部シワリク層 (700m)		鮮新世 (第三紀)
中部シワリク層 (1,200m)		中新世 (第三紀)
下部シワリク層 (2,000m)		
~~~~~ (主として衝上断層で接する) ~~~~~		
基盤岩類		先カンブリア紀~古生代

①基盤岩類は、先カンブリア紀から後期古生代にまたがる、花こう岩質岩類・変成岩類およびゴンドワナ系のチャート様岩からなり、図-4、5に示されるような地質構造を呈して、地表部ではマハブハラ山脈沿いに東西方向に帯状分布している。花こう岩質岩類は花こう岩・片麻状花こう岩及び片麻岩からなり、変成岩類は泥質片岩(粘板岩)・砂質片岩(珪質砂岩)・千枚岩及び雲母片岩からなる。ゴンドワナ系のチャート様岩は、一般にチョコレート色を呈する珪質の岩相をなし、上部石炭紀から二畳紀のものと考えられている。基盤岩類は水理地質上不透水層に区分される。

②下部シワリク層は、主として淡水成のアルコーズ砂岩、泥岩、頁岩からなり、一部に薄い炭層を伴なう。層厚さは約2,000mと推定され、水理地質上難透水層に区分される。

③中部シワリク層は、下部シワリク層と同様に主として淡水成の、アルコーズ砂岩・シルト岩・泥岩からなり、全体に砂質分が卓越している。これらの堆積物層は、一般に固結度が低く、特に砂質の堆積物は脆弱なものが多いが、一部には硬い石灰質の地層が挟在している。化石に乏しく少量の木質物及び亜炭が認められるのみである。層厚は、約1,200mと推定され、水理地質上難透水層に区分される。

④上部シワリク層は、シルト及び粘土層を介在する砂・礫を主体とする地層であり、全体に低固結(～未固結)で透水性に富み、その砂礫層は良好な帯水層として評価される。礫質は基盤岩類の変成岩及び花こう岩質岩を主とし、礫径は小礫から巨大礫まであって、多様である。層厚は約700mと推定されている。

⑤新期堆積層は、広くテライ平野を形成する第四紀の地層であって、更新世の段丘堆積物と完新世の沖積層からなる。

ここでの段丘は、テライ平野の堆積面を表しており、既述したように、現河床との比高差などから高位・中位・低位の3面に区分される。これらの堆積面を有する段丘堆積物は、その最上部に分布するラテライト状のソイルの性状などからも、第四紀中期~後期更新世の生成と考えられている。粘性土・シルト・砂・礫からなる未固結の地層で、層厚は170m~200mと推定され、このうちの砂礫層は、良透水層に区分される。

沖積層は、上記の中位・低位段丘を覆う扇状地堆積物及び河川流域沿の現氾濫原堆積物(現河床堆積物)として分布しており、多量の巨礫と粘性土を伴なう未固結の砂礫層

からなっている。層厚は薄く不安定であるが、一般に伏流水を伴い、一部は生活用水や農業用水として利水されている。

## (2) 水理地質概要

ジャナカプール県のテライ平野では、水資源省関連・FAO及び私企業等によって掘削された深井戸を含めると、これまでに、約107本の深井戸掘削の実績がある。今回の現地調査では、それらの深井戸資料を多方向面から収集・整理し、また、侵入可能な地区の深井戸についての現況調査を行ない、それらの結果を総合的に検討・解析して、水理地質平面図及び断面図類を作成した。さらに、深井戸位置の選定と掘削深度決定のための電気探査の有効性（当該地域における）を確認する目的と、深度170m～200m以深に分布すると推定されていた、有効帯水層の可能性が高い上部シワリク層（礫層、鮮新世～前期更新世）を電気探査で把握し得るか否かを確認する目的で、計11カ所の代表地点で電気探査を実施した。

以上の諸資料をもとに、かつ、既往の文献・調査資料を含めて、当該平野の水理地質構造及び地下水の賦存状態等ととりまとめ、要約すると次のようである。なお、電気探査の結果については別項で記述する。

①図-6～11は、ジャナカプール県テライ平野部における、水理地質の概要を示したものである。これらの図から明らかなように、当該平野を形成する第四系（第四紀の新时期堆積物層）は、南北方向（河川の流路方向）によく連続するが、東西方向への連続性が悪く指交状態を呈している。砂礫層>粘性土層の領域（図-7）、砂礫層≒粘性土層の領域（図-9、10）、粘性土層>砂礫層の領域（図-8、11）が、それぞれ、南北方向に帯状配列する分布形態を呈しており、この傾向は付図の水理地質図に示される揚水量区分ともよく一致している。このような第四系の堆積形態から推定すると、当地域のテライ平野は、シワリク山脈の衝上にもなっており、沈降を続けながら、山地から供給される土・砂・礫によって埋積・形成されたものであり、砂礫層を主体とする領域は旧河道沿いの流域になっていたものと考えられる。

②図-8～11は、既にIAPを中心とする区域で検討されていた第四系の帯水層区分（層相区分）をもとにしてそれを広域にひろげることを目的とし作成したものであり、主として、ラトウ川旧河系域の水理地質構造を示したものである。

図-8～11の検討結果から、この区域の第四系の水理地質層序は次の表-25のよう整理される。なお、G2～G5帯水層の湧出能は、付図の揚水量区分に示される通りである。

③図-7、8はバクマティ川旧河系域の水理地質構造を示したものである。図-7の区域では、地表下25m～40m以深で、砂・礫の分布が極めて優勢であり、揚水量も66ℓ/s～80ℓ/sと多く安定している（比湧出量1,720～2,280m<sup>3</sup>/d/m）。一方、これより約5km東側の図-8の区域では、砂・礫分が急に低下して粘性土主体の地質構成に変化しているが、西側からの地下水の補給があるため揚水量は44ℓ/s～53ℓ/s（比湧出量700～936m<sup>3</sup>/d/m）で比較的安定している。

表-18 ラトウ川旧河系域の水理地質層序

地層名	单元	岩相 (層相)	層厚	水理地質	
沖積層	1	粘性土、シルト、細砂、礫、巨礫	1~15m	伏流水 (手掘井戸~STWで利水)	
		粘土、シルト、細砂	25~30	・ G1はSTWの主帯水層	
		砂・礫・礫、砂混り粘土 (G1)		・ 不圧地下水 (緩層地下水)	
	洪積層	2	粘土、シルト砂質粘土	70~80	・ G2は不圧~被圧地下水の帯水層
			砂・礫・砂質粘土		・ 南部の自噴域では小口径自噴井戸として利水。
			粗粒砂・礫 (G2)		
3		粘土、シルト、砂質粘土	50~60		・ G3、G4は被圧地下水の帯水層
		シルト、砂 (中~粗粒)、礫 (G3)			・ 自噴量150~1,700m <sup>3</sup> /d
		粘土、シルト、砂質粘土			
上部シワリク層 (?)	4	砂 (中~粗粒)、礫 (G4)		・ G5は被圧地下水の帯水層	
		粘土、シルト、砂質粘土		・ 自噴量150m <sup>3</sup> /d~	
		砂 (中~粗粒)、礫 (G5)		・ 上部シワリク層の可能性あり	
	上部シワリク層 (?)	砂質粘土、細砂			・ 自噴量1,300m <sup>3</sup> /d(FA0.6)
		粗粒砂・巨礫混り礫、巨礫 (G6)			



④図-12は、ラトウ川旧河系域とカムラ川旧河系域の中間区域における、水理地質構造を示したものである。この区域では、地表下120m~140mの間を、粘土・シルト・礫混り粘土質の難透水性の堆積物が主体を占めており、それ以深で、砂・礫と粘性土の互層に移行するが、この西側の上記ラトウ川旧河系域との地質の対比が困難である。揚水量も10ℓ/s~53ℓ/s(比湧出量20~410m<sup>3</sup>/d/m)と変化が大きく不安定である。

⑤付図として添付した水理地質図は、G1の浅層地下水をのぞく、主としてG2~G5を対象とする深層被圧地下水の水理地質データの総合図として作成したものである。この図に示した深井戸の揚水量区分は、今後の地下水開発のための概略のめやすとして示したものであるが、上記した当該テライ平野の水理地質構造を比較的良好に反映しているように考えられる。

⑥図-5の模式地質断面図及び図-10等にも示されるように、上部シワリク層はクリア丘陵部で削剥により欠如しており、また、図に示されるような衝上断層の存在や中部シワリク層の褶曲構造などから、テライ平野における地下水の涵養は降雨水と河川水の重力浸透が主体であり、後背地シワリク山脈地域からの地下水の補給は期待できない地質構造条件になっている。

したがって、今後長期的に深井戸による地下水開発を推進する場合には、井戸本数が増加した適当な時期に、『収支』手法による地下水管理のための調査を実施することが望まれる。

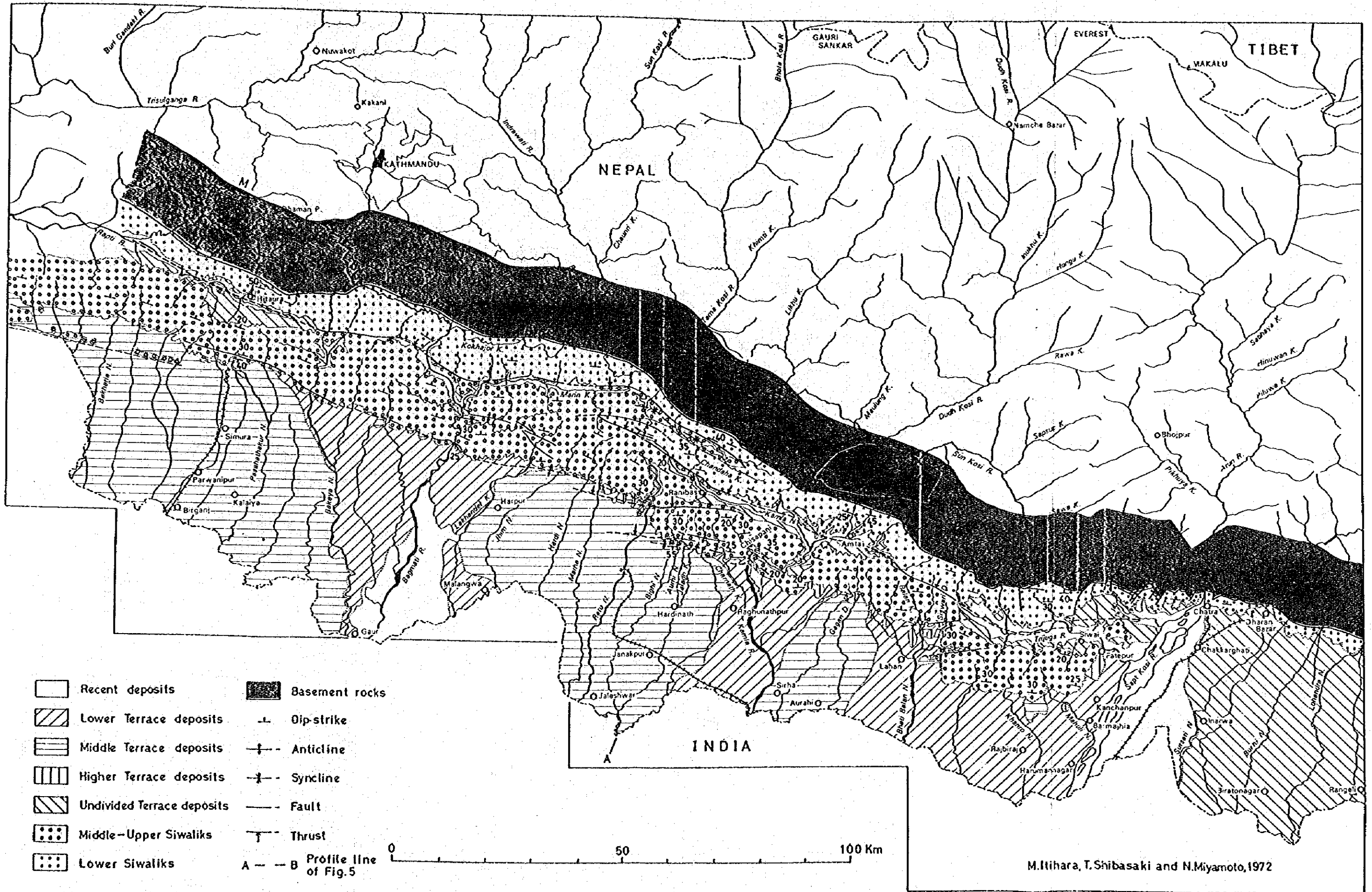
⑦当該テライ平野における水理地質の実態は概略上記のようであり、水理地質的観点からの、当該プロジェクトの技術的可能性は充分高いものと判断されるが、次の基本設計調査の段階で検討を要する水理地質上の留意事項として下記の諸点があげられる。

[a]プロジェクトサイトの南部地域の一部では、水理地質図に示されるように、揚水時水位降下量の大きいところがあり、地盤沈下等の障害に十分な配慮が必要である。

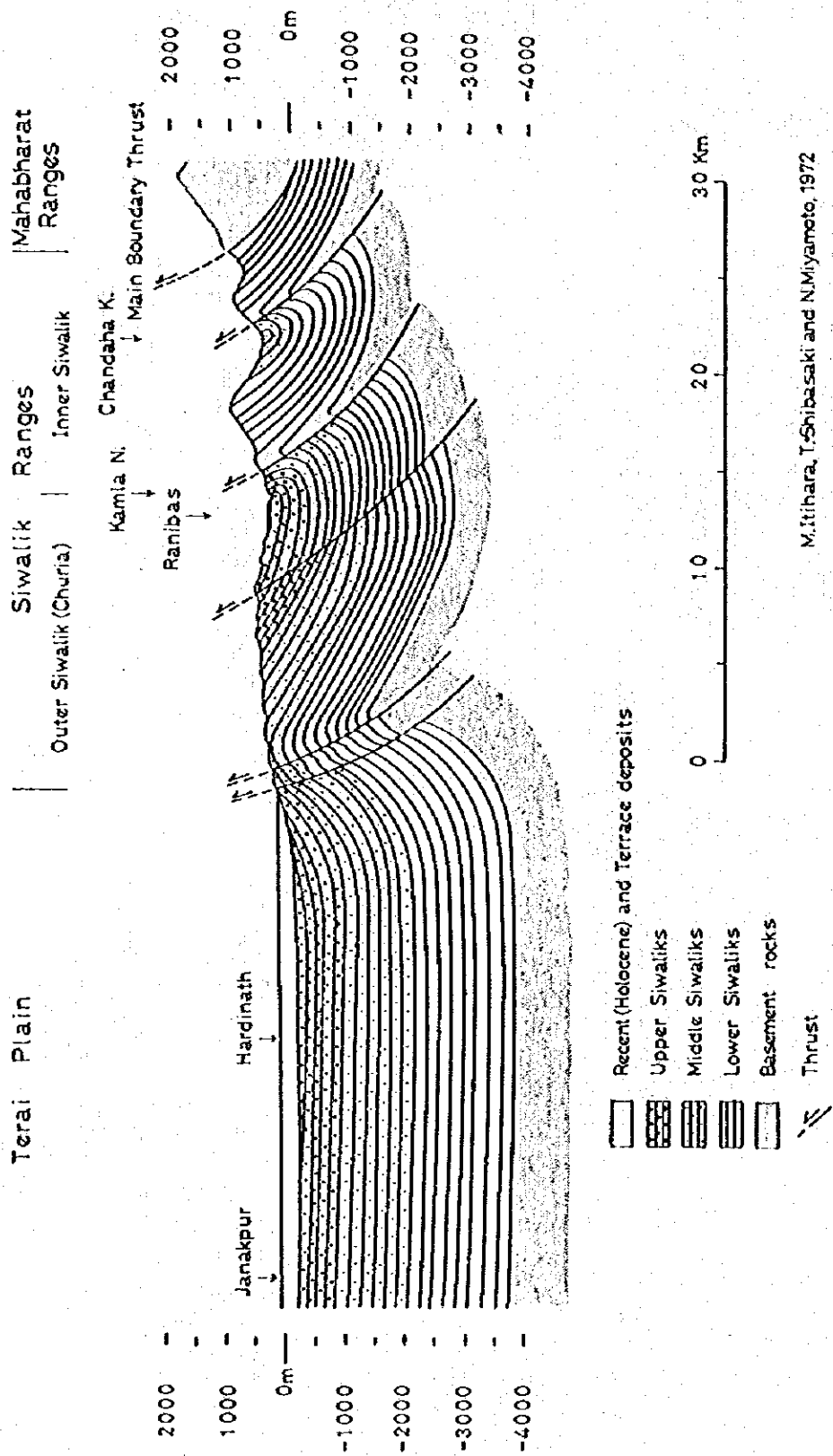
[b]FA0-No6の井戸資料及び後記する電気探査結果によれば、南部地域の深度190m以深には、上部シワリク層と推定され、自噴量1,300m<sup>3</sup>/dを伴う有効帯水層の可能性が高い砂・礫層(G6)が分布している。したがって、南部地域での地下水開発は、上記の地盤沈下対策の側面からも、G6層を主対象にすることがのぞましい。

[c]北部地域では地下水位が低く(地表下40m以上)、かつ、付図の揚水量区分等にも示されるように帯水層の湧出能が全般に低い。一方、地域農民の地下水開発に対しての要望は極めて高く、また、生活用水の確保にも相当の労力を強いられている現状にある。したがって、北部地域での地下水開発は、上記両側面からの検討・配慮が必要である。

[d]IAPの深井戸では、グラベル・パッキングがなされておらず、孔内堆砂による湧出能低下や地表陥没(IAP-No8)等が発生している。また、最近JADPで掘削された深井戸(38本)の多くについても、グラベルパッキングを始めとする井戸仕上げに不十分な点が多くあるようである。したがって、当該地域深層地下水の開発に最適な井戸掘削と仕上げに関する『仕様』を確立する必要がある。



4 Geological map of the Siwalik Ranges and the Terai Plain in the southeastern Nepal



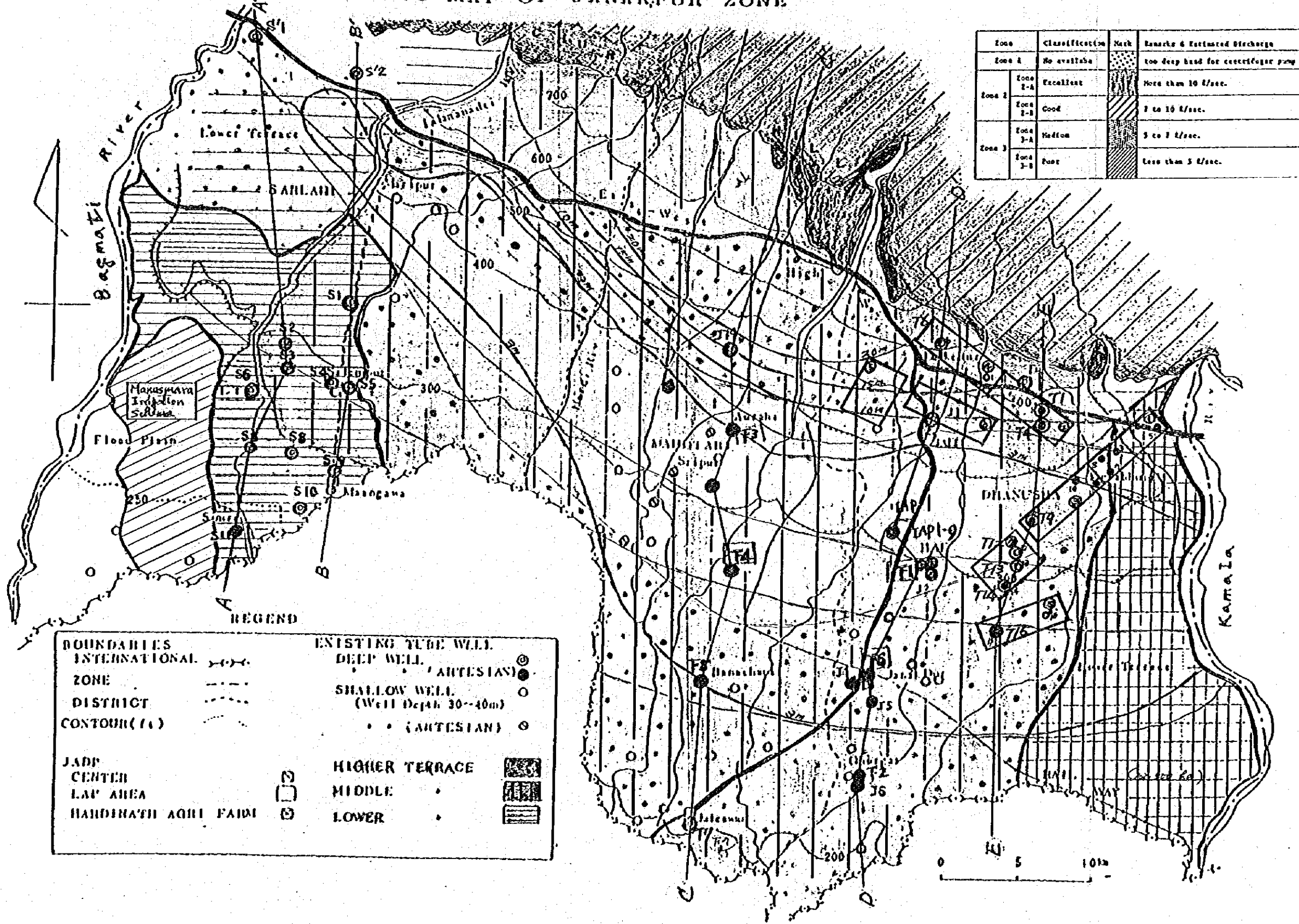
M. Itohara, T. Shibasaki and N. Miyamoto, 1972

5 Schematic geological profile (Janakpur-Hardinath-Ranibas-Chandaha K.)



图-6 水理地質圖

GEOMORPHOLOGIC MAP OF JANAKPUR ZONE



Zone	Classification	Mark	Remarks & Estimated Discharge
Zone 1	No available	(Symbol)	Too deep head for centrifugal pump
Zone 2	Zone 2-A	(Symbol)	Excellent More than 10 l/sec.
	Zone 2-B	(Symbol)	Good 7 to 10 l/sec.
Zone 3	Zone 3-A	(Symbol)	Moderate 5 to 7 l/sec.
	Zone 3-B	(Symbol)	Poor Less than 5 l/sec.

**LEGEND**

BOUNDARIES	EXISTING TUBE WELL
INTERNATIONAL	DEEP WELL (ARTESIAN)
ZONE	SHALLOW WELL (Well Depth 30-40m)
DISTRICT	(ARTESIAN)
CONTOUR (m)	
JAMP CENTER	HIGHER TERRACE
JAMP AREA	MIDDLE
HARDINATH AGRI FAIR	LOWER

# 水理地質断面图

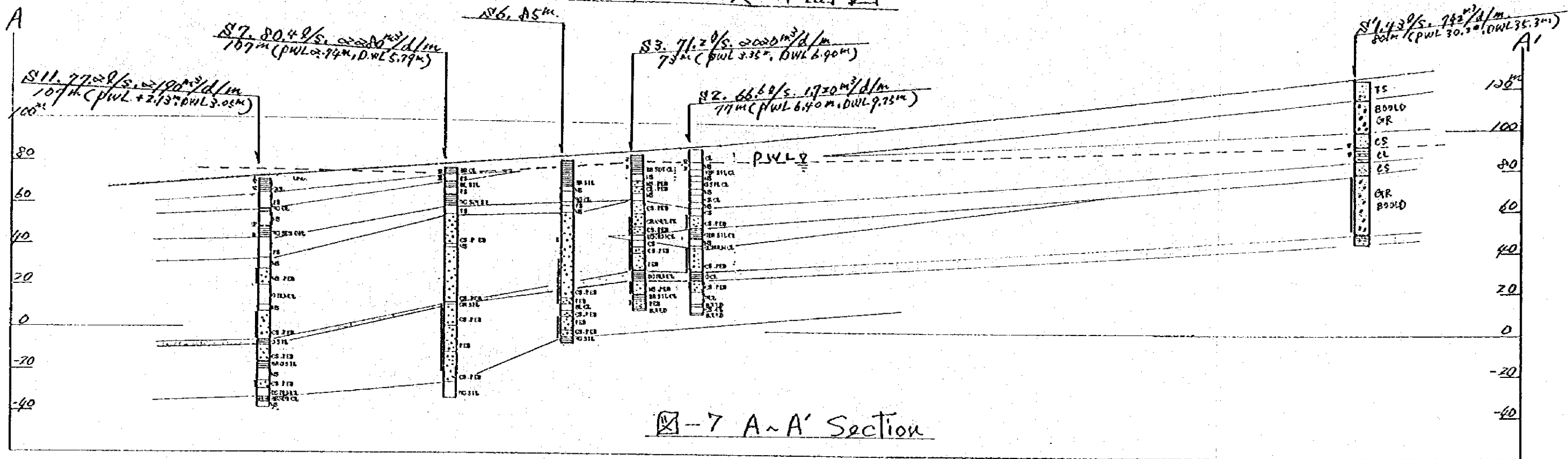


图-7 A~A' Section

- LEGEND
- CL - CLAY
  - SL - SILT-SAND
  - S - SAND
  - SUV - SANDY
  - GR - GRAVEL
  - FE - FESSLE
  - BO - BOULDER
  - BL - BLACK
  - BR - BROWN
  - GR - GRAY
  - W - WHITE
  - Y - YELLOW
  - F - FINE
  - M - MEDIUM
  - C - COARSE
  - T - TRANSMISSIBILITY (IN M/DAV)
  - R - RADIUS OF INFLUENCE (IN M)
  - - ARTESIAN DISCHARGE (IN GPM)
  - - - NATURAL WATER LEVEL
  - - - RUSHING WATER LEVEL
  - - - ARTESIAN
  - - - STRAINER

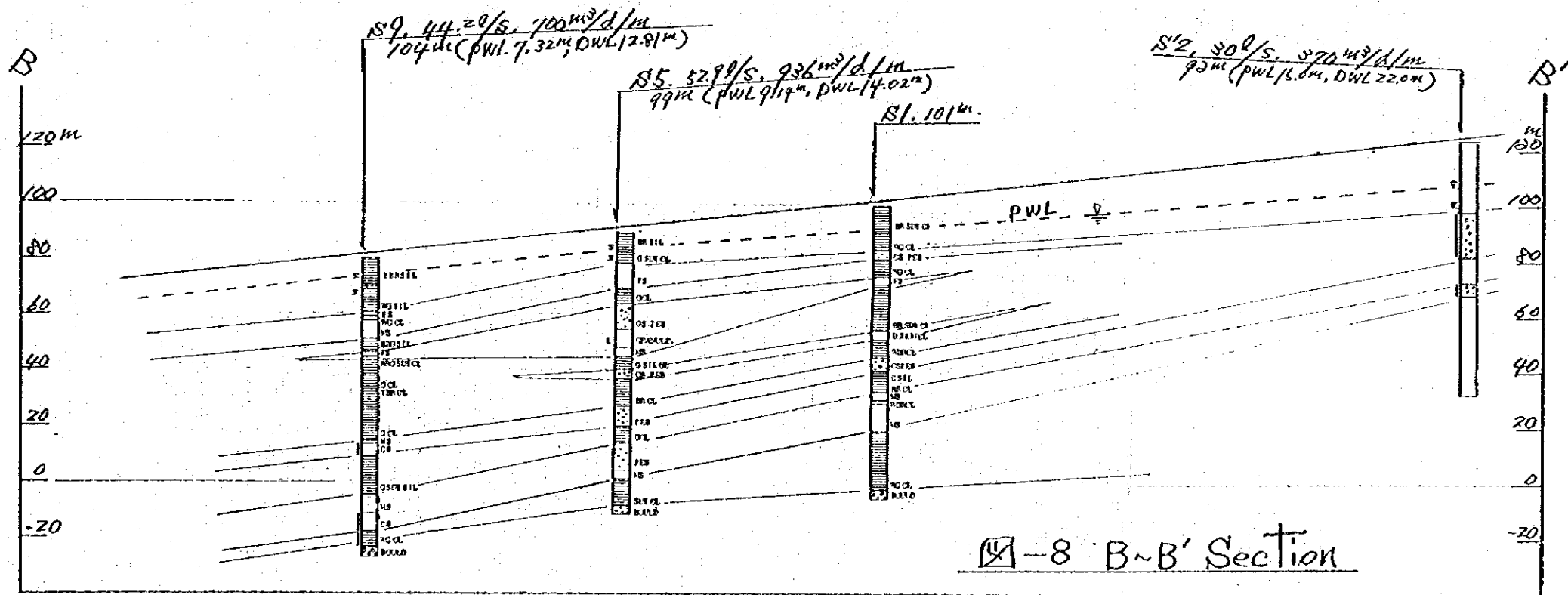
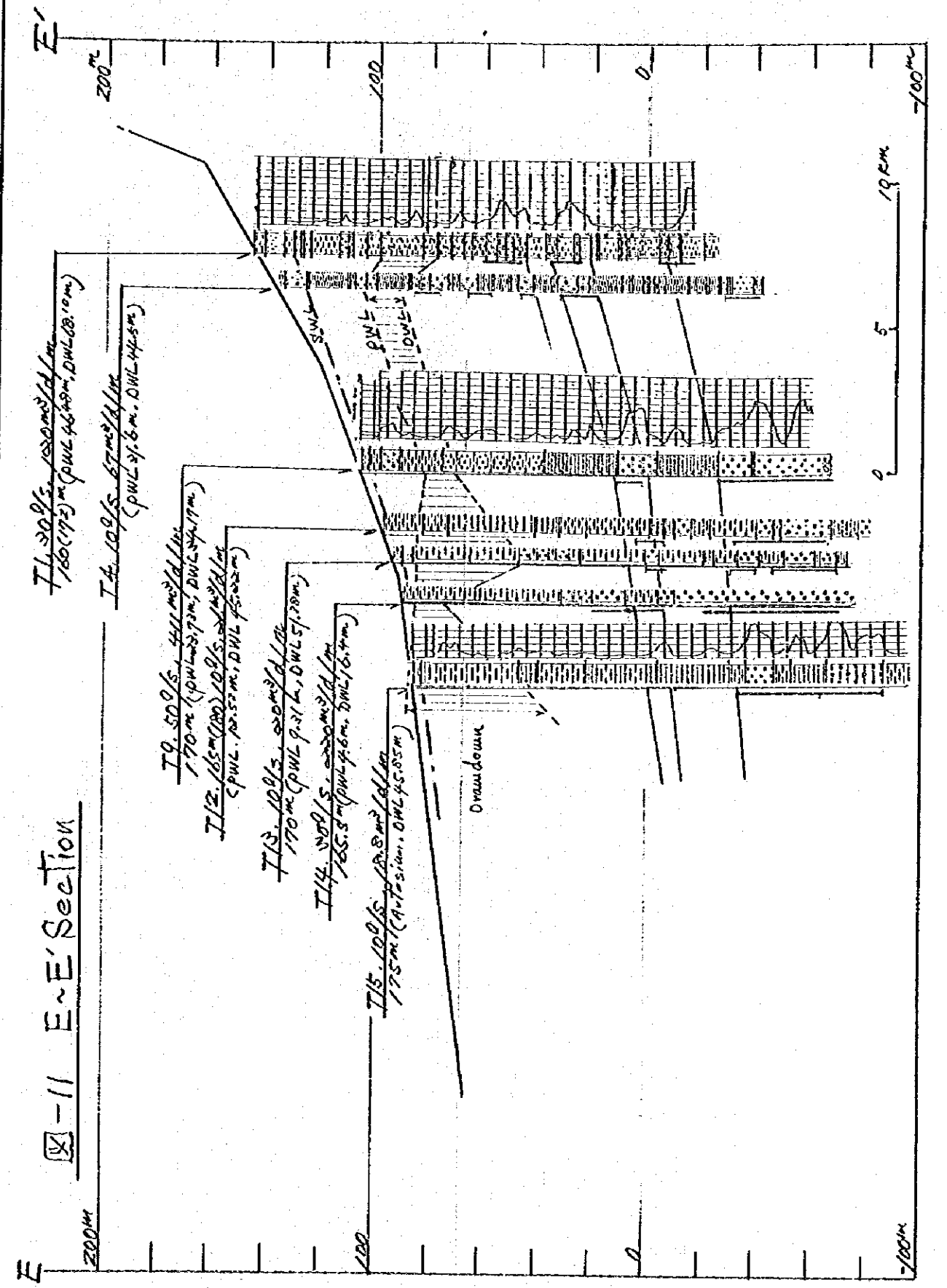
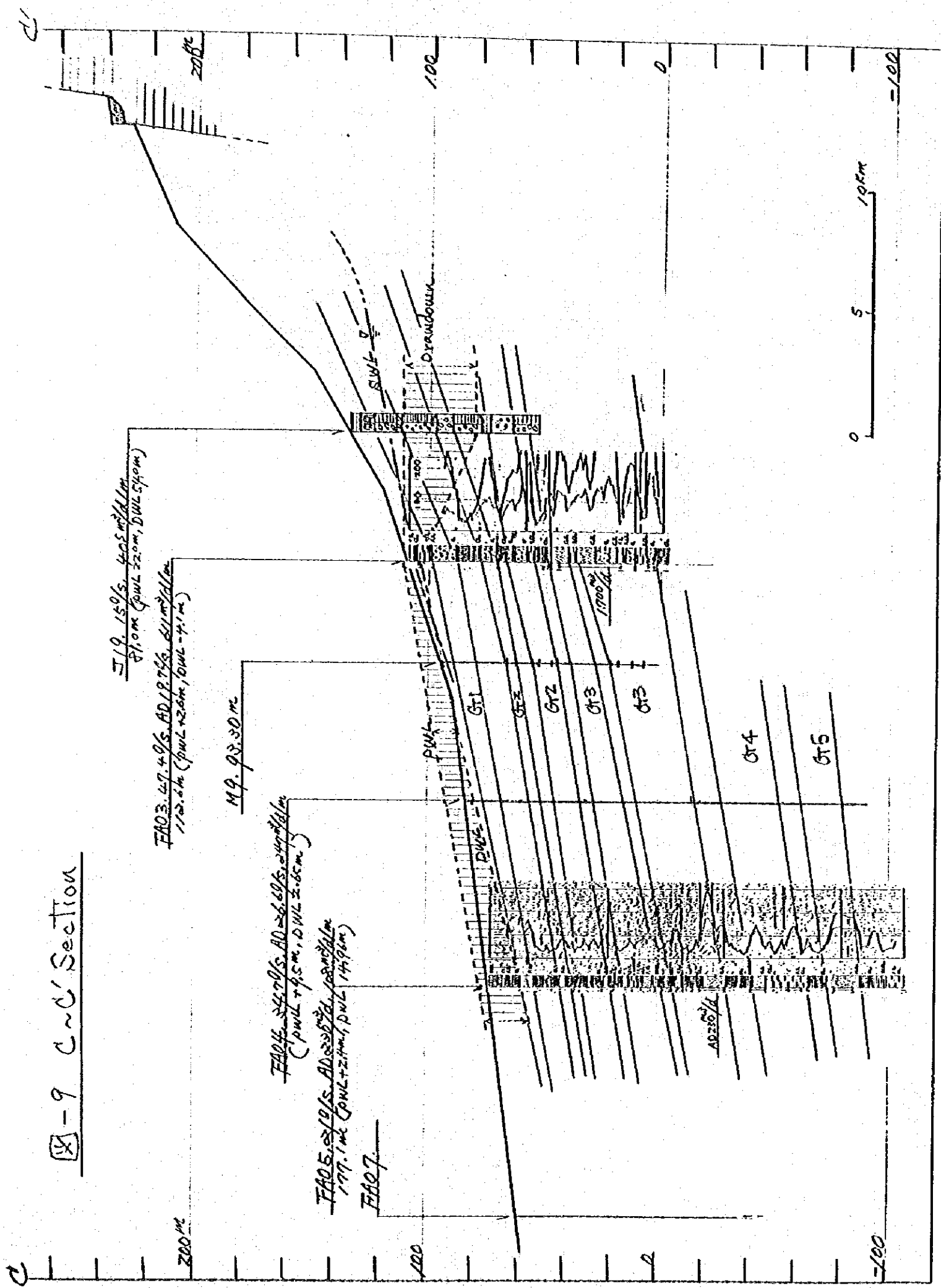


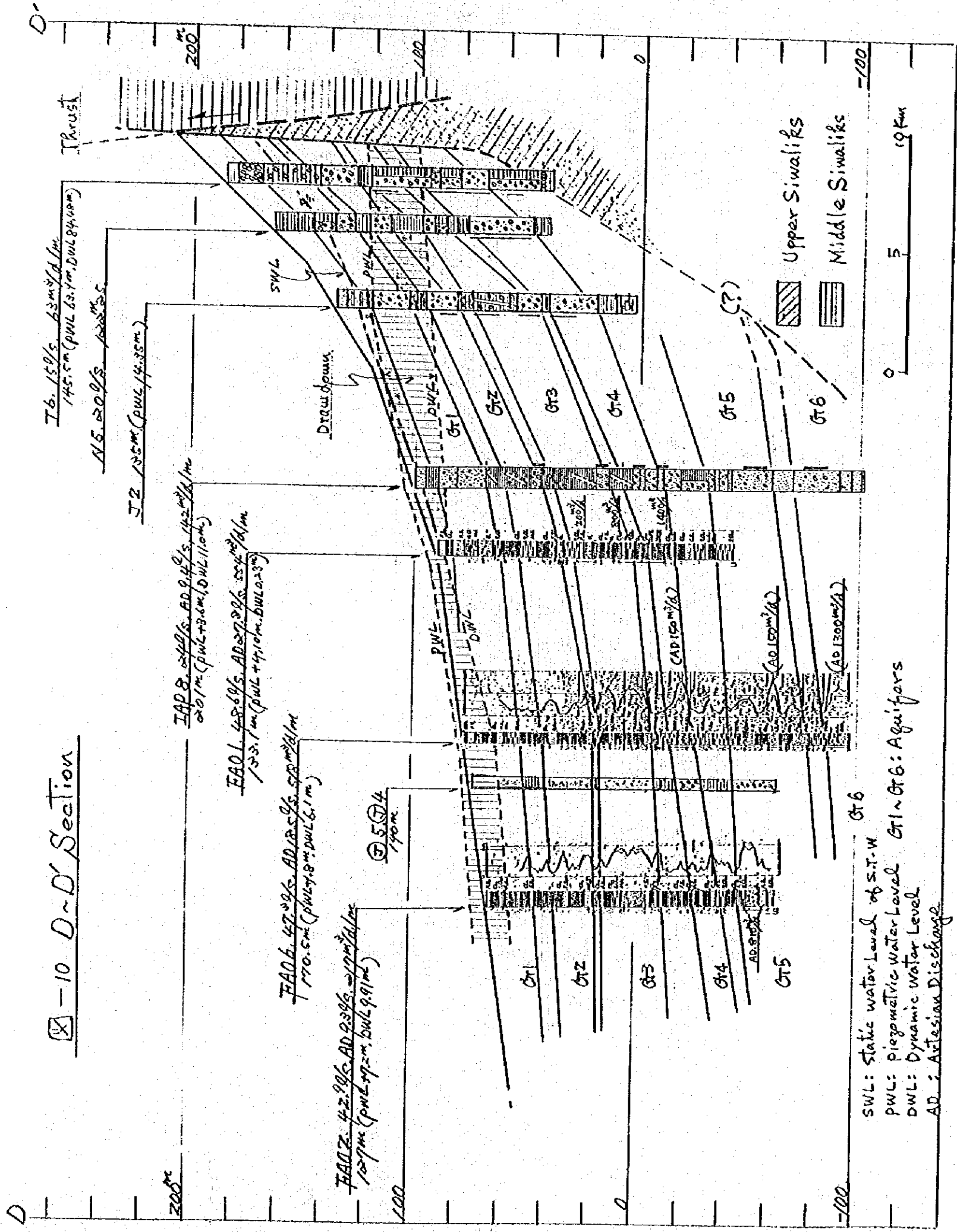
图-8 B~B' Section

Well	Location	Diameter (m)	Depth (m)	N.W.L. (m)	Drawdown (m)	Discharge (l/s)	Specific capacity (l/s/m)	Transmissibility (l/s)
(1)	Cafe	200	101	6.40	9.93	2.780	27.5	3.170
(2)	Shanghai	200	77	6.35	9.93	2.160	27.7	3.580
(3)	Changhai	200	99	6.38	9.88	2.510	25.1	2.88
(4)	Shanghai	200	89	6.34	4.88	4.570	51.7	5.960
(5)	Shanghai	200	85					
(6)	Shanghai	200	107	6.74	8.88	2.950	27.4	3.200
(7)	Shanghai	200	101	6.37	8.95	2.930	29.1	3.495
(8)	Shanghai	200	100	7.38	9.49	2.820	28.2	3.08
(9)	Shanghai	200	101	6.37	9.46	2.570	25.4	3.030
(10)	Shanghai	200	107	4.19	8.96	2.570	23.2	2.830





☒ -10 D-D' Section



SWL: Static water Level of S.T.W  
 PWL: Piezometric water Level Gt1 ~ Gt6: Aquifers  
 DWL: Dynamic water Level  
 AD: Artesian Discharge

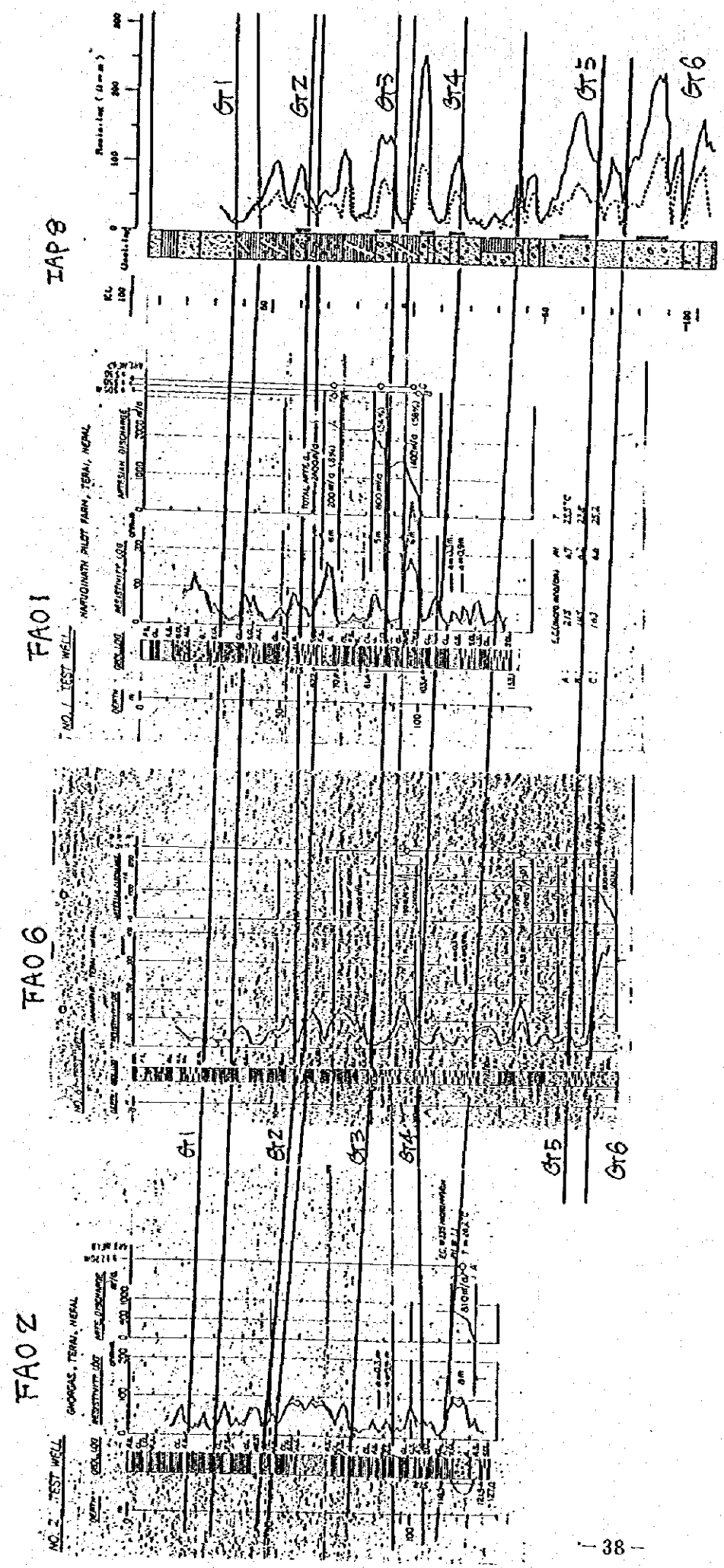


图-12 带水层区分(层相区分)图





### 3) 電気探査結果

大地比抵抗測定器 Type : ES-G1 を用いて等間隔4極配置法による比抵抗垂直探査を実施した。探査地点は添付の Groundwater Map に示し、以下探査地点位置・探査の目的・結果の概要等を記す。

#### 電気探査結果概要

探査地点 No	位置・地理条件・探査目的等	結果の概要その他
No 1	ハルディナート農場内 F-1 Well (Self flowing 160m掘削)の300m西方。滲水層確認を目的とする。Jalath川の約1km西方にあって、旧河川に近く良好な水理地質条件下にある地域である。	深度105~150m間に、420Ω-mの高比抵抗層あり、F-1 Well(深度90mあたりから湧水がはじまった)の被圧地下水層とよく対比できる。(深度は若干異なる)
No 2	ハルディナート農場近傍 Dhalkevar - Jaleswar 間ハイウェイ沿の地点、ハルディナート農場内の被圧地下水層の連続性把握を目的とする。	No 1 とほぼ同じ深度に145Ω-mという比較的高比抵抗層が存在するが、ρ-aカーブの形状が異なることと比抵抗値にひらきがあることから別の滲水帯と思われる。地層の東西方向の連続性が乏しいことをうかがわせる。
No 3 No 4	Dhalkevar の東方約2.5km、東西ハイウェイ沿い。アウリ川現河床の近傍。 既存の電気探査データとの比較及び近傍の比湧出量の少ない井戸データと比較することにより、テライ東北部の地質推定を目的とする。当地区は、深井戸による地下水開発はむづかしいとされている部分に相当する。 No 4地点は川から100mしかはなれていない。測線が水無しの河床をまたぎ、電極の接地条件が悪く、良好な記録が得られなかった。	地表から30~40mの深さまで1,000Ω-m内外の高比抵抗層があり、現河川の礫質河床堆積物が厚く広く分布していることがわかる。主流は現在の川より西に寄っていたことがうかがわれる。深度100~150には、400Ω-mの高比抵抗値がみられ、透水性のよい砂礫層の存在が考えられるが上位層も100Ω-m以上の比抵抗値(砂礫に富んだ地層が連続して加圧層がないため、被圧地下水層の可能性は殆んどない。No 1と同深度に同じ比抵抗値の層が見られるが標高が異なる(100m以上)ので明らかに異なった地層である。

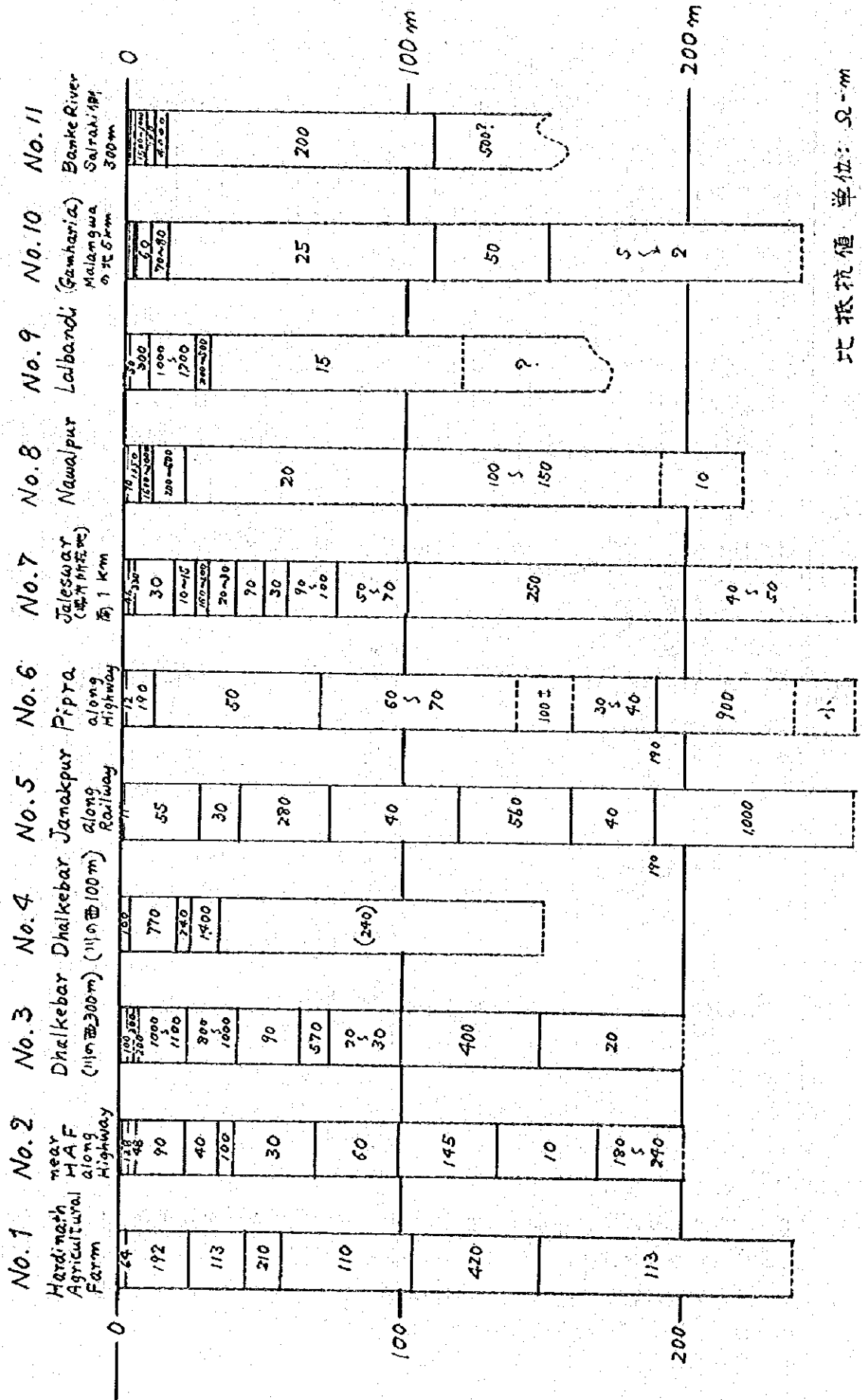
調査地点 No	位置・地理条件・探査目的等	結果の概要その他
No 5	<p>ジャナカプール町内、ハイウェイの西方500m、鉄道沿い。</p> <p>F-6 Well (掘削深度200m以上、Self-flowing) は、基盤層の upper Shvarik 層まで掘りぬいている可能性があるため、本層が電気探査で把握できるかどうかをチェックする目的で、またジャナカプール近傍の水位降下の大きい井戸の地層状況を把握する目的で実施した。</p>	<p>地表から40m付近まで低比抵抗層 (粒径の小さいシルト質の層) が連続するため、多数の flowing Well の存在がうなずける。深度120~160mにある560Ω-mの高比抵抗層は良好な被圧滞水層と思われる。さらに、深度190m以深には比抵抗値1,000Ω-mという高い層が50m以上の厚さで存在する。これがあるいはアップーシュワリク層に相当するものではないかと思われる。上位の砂礫層は水量が多くなく水位降下が大きい、本層まで掘り下げれば比湧出量が増す可能性が高いことを示唆する。</p>
No 6	<p>ジャナカプールとジャレスワールの中間のピプラ付近。</p> <p>この周辺には深井戸がなく地層の状態がわかっていない。No 5地点と比較することにより、成層状況を推定することを目的とする。また、No 5同様アップーシュワリク層らしいものが把握できるかどうか探査目的の一つである。</p>	<p>当地点は、地表の10数mには190Ω-mの比較的高比抵抗層があるが、以深は190mまで100Ω-m以下の細粒分に富んだ地層が連続し、地下水のポテンシャルは低い。(浅井戸の可能性はある)。しかし、190m以深は50m程度の厚さで900Ω-mという高比抵抗層が存在する。No 5と同深度(比高は10m程度低い)でほぼ同比抵抗をもつため、同じ層と考えられ、地下水のポテンシャルは高い。この付近の井戸建設は200~220mを目標とする必要がある。</p>
No 7	<p>ジャレスワールの南方約1km地点。</p> <p>No 5、No 6地点との比較と、地下水ポテンシャルの推定を行なうことを目的とする。</p>	<p>No 5地点とは全く様相の異なった地層構成で、20~100mの間、砂質層とシルト質層が小さなサイクルで互層状をなし、110m以浅は水量が少ないと思われる。110~200mの間はポテンシャルが高い。アップーシュワリク層らしい地層は、つかめていない。ピプラ以南急激に深度を増しているか、あるいは、No 5、6で推定したものがまちがっているのか不明である。</p>

調査地点 No	位置・地理条件・調査目的等	結果の概要その他
No 8	サルラヒ郡 Nawalpurの東方ハイウェイ沿い。道路の反対側にサガルナート森林プロジェクトで掘削した深井戸2本があり110m、114m掘削して各々30/sec、40/secを揚水している。柱状図がないためどのような地層から取水しているか不明につき、滲水層の深度・厚さ等を確認し、さらにこの近傍に別の測定点を設けてその滲水層のひろがりの状況を把握する目的で実施した。	深度22m～100mまで比抵抗値20Ω-mという小さな値の層(細粒のシルト質土)が厚く分布し被圧層を形成している。 100m以深は100～150Ω-mと比抵抗が比較的高くなる。 地層の河床礫のため接地条件がよくなく測定値にバラツキが生じ深度、比抵抗値ともに正確さは期待しにくい、この100～190m間の層は比較的よい滲水層の模様である。
No 9	No 8の約3km東方。 東西ハイウェイ沿い。 No 8地点との比較を目的とする。	No 8のカーブとよく似たパターンを示す。接地条件はNo 8地点よりさらに悪く、良好な記録が得られなかったが、深度130m付近から比抵抗値が大きくなるようである。
No 11	ハルディ川右岸側。 東西ハイウェイ沿い。 同上。	No 8のρ-aカーブと比較的よく似たカーブが得られたが、比抵抗値は最低でも200Ω-mで、この付近は加圧層となるシルト質の土層は150m以内には存在しない。
No 10	サルラヒ郡南部Malangvaの北方3.5km付近。 道路沿い。  薄い砂礫層(数メートル以内)に相当被圧された地下水がはいたいする可能性がある。 ←〔今後の調査要注意〕	全般に低比抵抗値を示し、地下水のポテンシャルが低いよう見うけられるが、実際は周辺の深井戸(深度100m前後)は50ℓ/secを揚水しており水位降下量も15m以下という状況であり、電探結果が実状と合わない。

なお、次頁に以上の結果を一覧できる比抵抗柱状図集を付し、添付資料としてρ-a曲線を付す。(資料e.)

電気探査は、サルラヒ南部の測点(No 11)を除いて、妥当な結果が得られ、当地区に於ける有効性が確認された。基本設計調査の段階では、地下水ポテンシャルの判定、井戸位置選定ならびに深度決定のため、各調査ブロック内(初年度実施目標の10ブロック)で10～20点実施することが望まれる。

图-13 電気探查解析結果一覽圖



比抵抗値 单位: Ω·m

### 3. 要請内容の確認

#### 3-1 本計画の担当部局

本計画を担当する部局は、農業省農業局が管轄するTIATSPセンターである。当センターは、ジャナカプール県に於けるTube-Well Irrigationを強力に推進するために、JADPから引き継いだ機構を一部改変・強化し、1985/86年より図-14に示すような機構で業務を実施している。

特に強化される部門は、かんがい工事部の井戸掘削セクション及び農業機械車輛部の機械セクションで、2名の水文担当助手、3名の機械工が増員された。さらに、2名の水文担当技術者、2名の掘削管理技術者、1名の機械エンジニアの増員を申請中である。

なお、JADPの施設・資機材ならびに農業開発にかかわるすべての活動もTIATSPセンターが引き継ぐもので、TIATSPのプロジェクトマネジャーは、JADPのプロジェクトマネジャーが留任している。

図-14 TIATSP 機構図

