

ネパール国
テライ平野農業水資源開発計画
事前調査報告書

平成3年5月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1093173(1)

22 777

ネパール国

テライ平野農業水資源開発計画

事前調査報告書

平成3年5月

国際協力事業団

国際協力事業団

22777

序 文

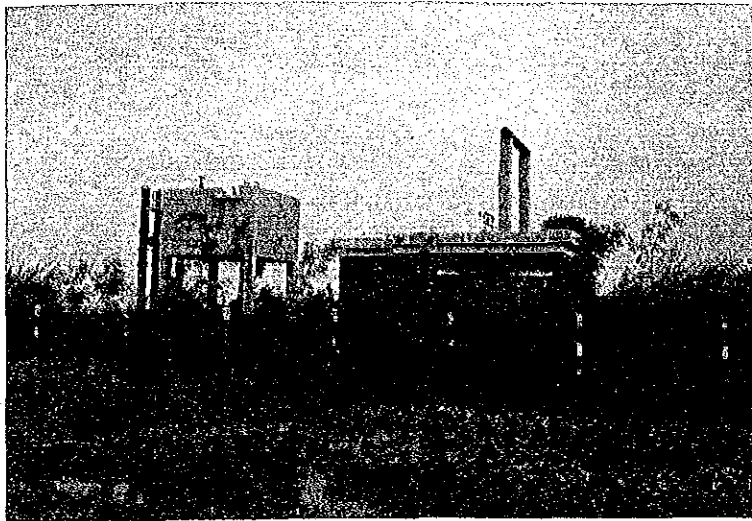
本報告書は、ネパール国政府の要請に基づき、国際協力事業団が平成3年3月17日から同年3月28日まで、農林水産省北陸農政局計画部長的場泰信氏を団長として派遣したネパール国テライ平野農業水資源開発計画事前調査団の調査結果をとりまとめたものです。

本報告書が本格調査実施にあたり、参考資料として広く関係者に活用されることを願うものです。

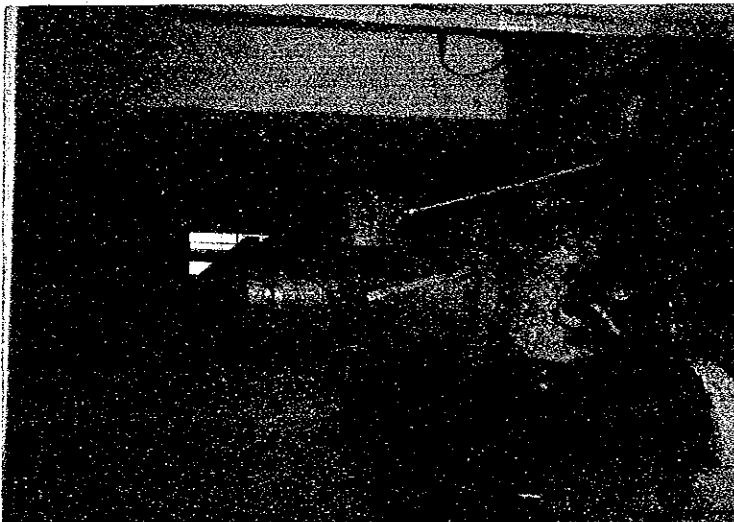
終りに、本件事前調査実施に際し、御協力を賜ったネパール国政府関係者並びに我が国関係者の各位に対し深甚なる謝意を表します。

1991年5月

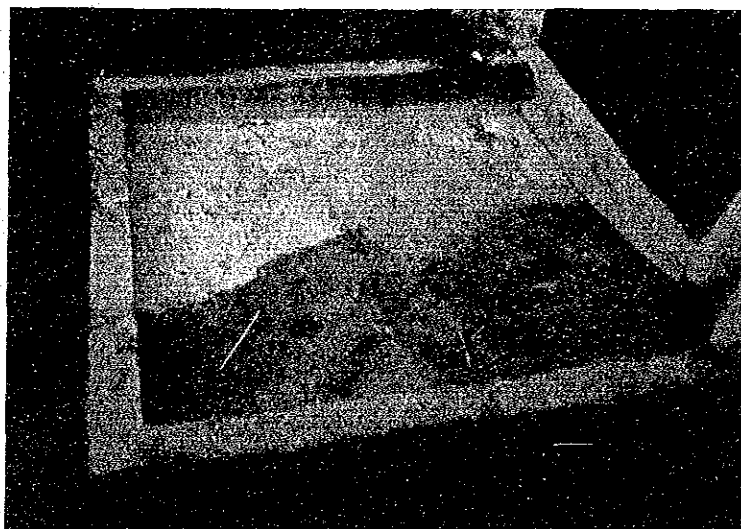
国際協力事業団
理事 田口俊郎



バイラワ・ルンビニ
プロジェクト
(Stage II)で設置
したAhirauli地区
の深井戸



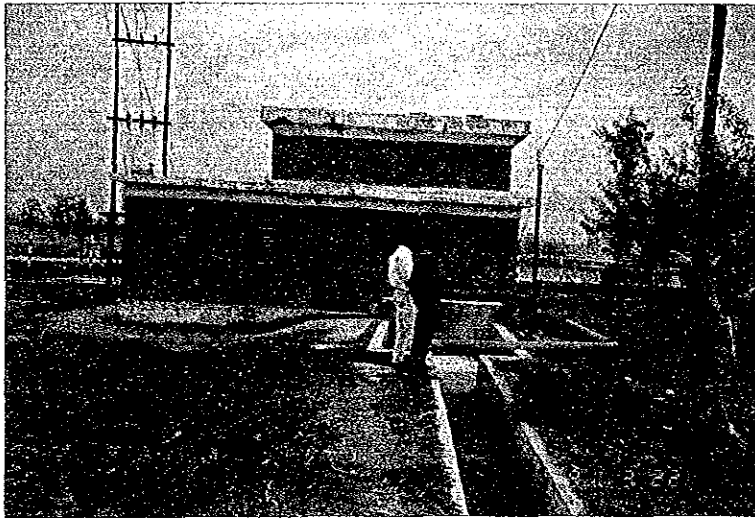
Ahirauli 深井戸に
設置されているイン
ド・キロスラー社製
揚水ポンプ



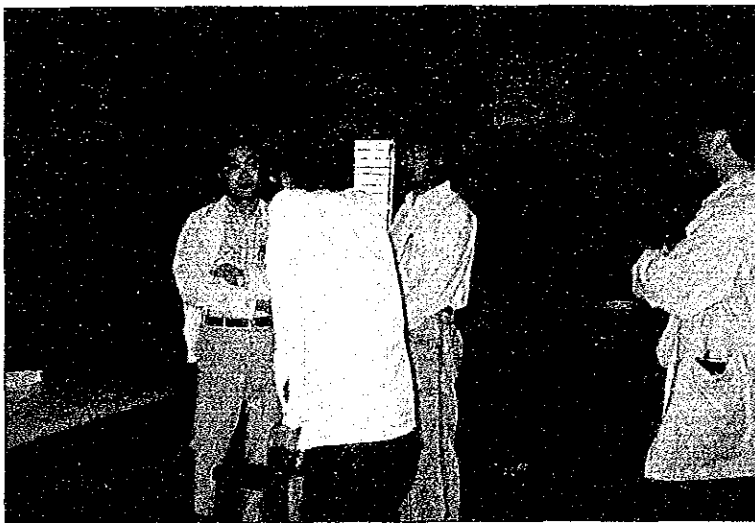
Ahirauli 深井戸か
らの揚水では砂の排
出が見られる。



Ahirauli 深井戸からのパイプライン配水システムの末端分水工



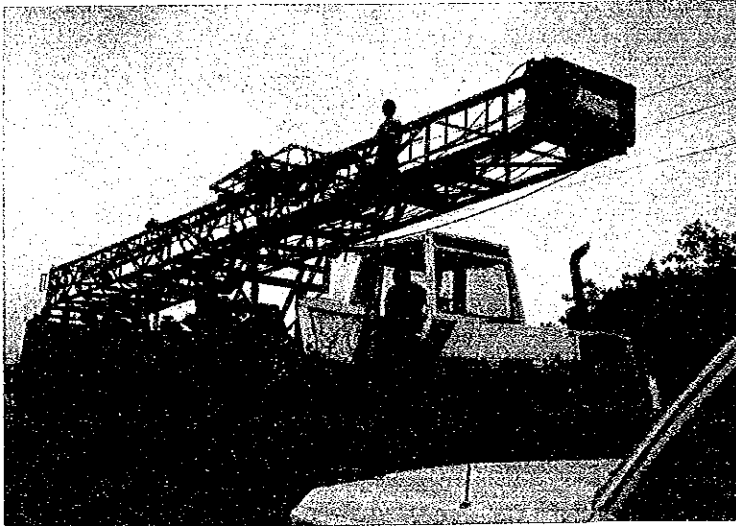
バイラワ・ルンビニプロジェクト (Stage I) で設置したMadanganj地区の深井戸からの配水は開水路方式をとっている。



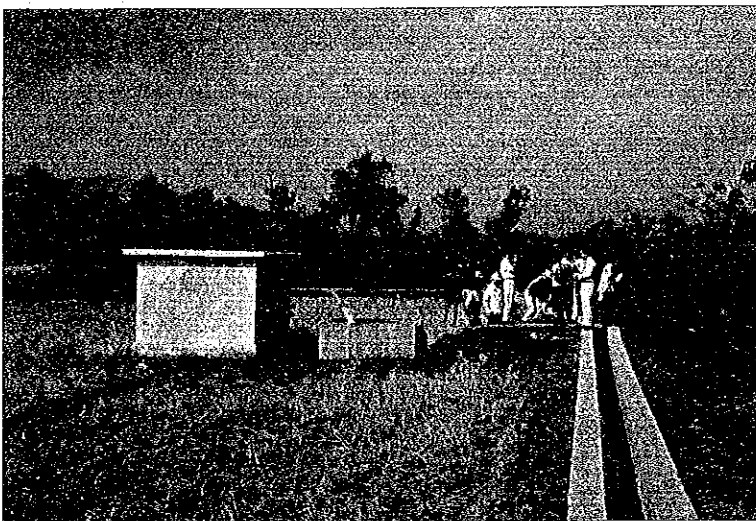
バイラワ・ルンビニプロジェクト地区内の農業サービスセンター



バイラワ・ルンビニ
プロジェクト・オフ
イス近くの機械ワー
クショップ内に置か
れている日本製スク
リーン（補強して使
用している。）



ルンビニ・ゾーンで
稼働中のアメリカ製
ボーリング・リグ



Lamahi周辺の浅井
戸かんがいプロジェ
クト



ネパールガンジ周辺の約20年前に設置された深井戸（ハンドル等を取り外され放置状態にある。）



ネパールガンジ周辺の農家の庭先でみた手動ポンプ吸い上げ方式の浅井戸（20m以下）



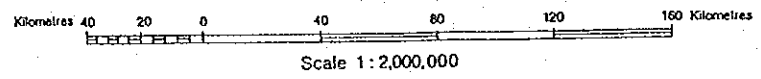
ソルティー・オベロイホテルに会場を移してのS/W署名（左側がKarki灌漑局長。右側は的場団長）



調査対象地域

NEPĀL

ADMINISTRATIVE



BOUNDARIES
 International, Regional, Zonal, District

HEADQUARTERS
 Capital, Regional, Zonal, District

ROADS
 Highway, Secondary, Seasonal, Under Construction

River, Lake, Peak, Pass (Bhanjyān, Lognā, Lā)

PRONUNCIATION GUIDE

- ī as in car
- ē as in tin
- ā as in down
- ū as in watch
- ā as in strong
- ī as in feel
- ē as in thud
- ā as in show
- ū as in paw
- ā as in lead

Prepared and Printed by Topographical Survey Branch, Survey Department H.M.G. Nepal in 1987

Jhapa 地区

略 語 一 覧

- HMGN : His Majesty's Government of Nepal (ネパール国政府)
- MOWR : Ministry of Water Resources (水資源省)
- DOI : Department of Irrigation (灌漑局)
- GWDB : Groundwater Resources Development Board (地下水開発委員会)
- GWDP : Groundwater Resources Development Project (地下水開発プロジェクト)
- BLGIP : Bhairawa Lumbini Groundwater Irrigation Project (バイラワ・ルンビニ地下水灌漑プロジェクト)
- DOA : Department of Agriculture (農業局)
- JADP : Janakpur Zone Agriculture Development Project (ジャナカプール農業開発計画)
- NEA : Nepal Electricity Authority (ネパール電力庁)
- NPC : National Planning Commission (国家計画委員会)
- ADB/N : Agricultural Development Bank of Nepal (ネパール農業開発銀行)
- ILC : Irrigation "Line of Credit" (灌漑クレジット・ライン)
- 2KR : Second Kennedy Round (食糧増産援助)
- WUG : Water Users' Group (水利用者グループ)
- IDA : International Development Association (国際開発協会; 第2世銀)
- UNDP : United Nations Development Programme (国連開発計画)
- UNCDF : United Nations Capital Development Fund (国連資本開発基金)
- USAID : United States Agency for International Development (米国国際開発庁)
- ADB : Asian Development Bank (アジア開発銀行)
- JICA : Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)
- GDP : Gross Domestic Product (国内総生産)
- S/W : Scope of Work (実施細則)
- M/M : Minutes of meeting (協議議事録)
- T/R : Terms of Reference (要請書)
- M/P : Master Plan (マスタープラン)

目 次

序 文	
写 真	
調査対象地域位置図	
第1章 調査団とその目的	1
1. 調査の背景と経緯	1
2. 調査の目的	1
3. 調査団の構成	2
4. 調査の日程	3
5. 調査団の訪問先及び面会者	4
第2章 調査結果の概要及び提言	5
1. 調査結果の要約	5
2. 調査対象地域の概要	11
3. 既存調査資料の概要とデータの整備状況	12
3-1 自然・社会条件	12
3-2 水理地質・地下水	13
3-3 農業水資源開発	14
4. 実施細則（S/W）協議の経緯と結果	17
5. 本格調査に対する提言	18
第3章 調査対象地域の現状	21
1. 自然・社会条件	21
1-1 地形と地質	21
1-2 農業の情勢	21
1-3 農業施設の概要	24
2. 水理地質・地下水	24
3. 農業水資源開発	25
3-1 農業的背景	25
3-2 かんがい部門に課せられた目標	27
3-3 かんがい投資計画の概要	28

3-4	テライの地下水かんがい	28
3-5	大規模深井戸モデル事業の実施地区事例	29
第4章 調査の基本方針		33
1.	地下水評価計画	33
2.	地下水観測計画	35
3.	農業水資源開発計画	35
第5章 調査の考え方及び留意事項		37
1.	調査の考え方	37
2.	調査実施上の留意点	41
付属資料		
1.	実施細則 (S/W)	47
2.	協議議事録 (M/M)	55
3.	要請書 (T/R)	58
4.	関係機関組織機構資料	104
5.	主要な大規模農業水資源開発事業概要	111
6.	収集・確認資料リスト	119

第1章 調査団とその目的

1. 調査の背景と経緯

ネパール国は総人口の90%を農民が占め、GDPの約60%が農産物で占められている農業立国であるが、農地のかんがい率が14%と極めて低く、天候次第で農業の生産性が左右され、これが同国の経済成長の阻害要因となっている。

これに対し、同国政府は用水の安定供給のため、国家政策の中で「かんがいの整備」を重点項目に揚げ、予算を重点的に配分することにより積極的にかんがい計画を推進している。

テライ平野は、同国の穀倉地帯であり、投資効果の点からも開発の重点がおかれており、従来より地下水開発が有望視されている地域である。このため、将来の農業開発に欠かせない地下水の賦存量とその開発の可能性の把握を目的とする「テライ平野農業水資源開発計画調査」を早急に進め、水源の安定確保を図ろうとしている。

かかる背景から、ネパール国政府は1988年11月、本件調査の実施にかかる技術協力を我が国政府に対し要請してきた。

これを受けて、我が国政府は、国際協力事業団を通じ、1991年3月17日から3月28日までの12日間にわたり事前調査団を派遣した。

2. 調査の目的

本件事前調査団は、ネパール国政府の要請に基づく当該調査を円滑に実施するために、以下の項目について調査を行ない、同国政府関係者と本格調査の実施細則(S/W)を協議・署名することを目的として派遣された。

- 1) 当初要請時点からの情勢の変化の有無とその内容の確認
- 2) 本調査のアウトプットに関する先方政府の意向確認
- 3) 本調査に対する先方政府の実施体制・能力の確認
- 4) テライ平野のかんがい開発実施状況とこれに対する他の援助国・国際機関等の援助状況・動向の把握
- 5) 地下水開発に係る調査・計画及び事業の実施状況の把握
- 6) 調査の対象地域及び内容とその範囲の確認
- 7) 現地調査による調査対象(候補)地域の概況及び既存の地下水開発事業実施状況の把握
- 8) 関連情報、既存の調査データ・資料等の収集及び整備状況の確認
- 9) 本格調査実施のために必要な事項(調査手法、調査規模、優先地区の選定方針、現地再委託調査、その他)の検討及び協議
- 10) 実施細則(S/W)の協議・署名及び議事録の作成・署名

3. 調査団の構成

総括／団長	的場泰信	農林水産省 北陸農政局計画部長
農業水利計画	上田隆茂	農林水産省 構造改善局建設部 水利課課長補佐
水文地質／地下水	山本昭夫	農林水産省 東海農政局計画部 資源課地質官
調査企画	松田教男	J I A C 農林水産計画調査部 農林水産技術課課長代理

4. 調査の日程

日 順	月/日	曜 日	調 査 日 程	宿 泊 地	調 査 内 容
1	3/17	日	東京→バンコク (JL 717)	バンコク	移動
2	3/18	月	バンコク→カト マンズ (TG 311)	カトマンズ	移動、 J I A C 事務所打合せ
3	3/19	火		〃	大使館表敬・打合せ、 水資源省次官表敬、 水資源省かんがい局長表敬・打合せ、 J I A C 事務所打合せ
4	3/20	水		〃	かんがい局協議/資料・情報収集、 J I A C 事務所打合せ
5	3/21	木	カトマンズ→バ イラワ (ルンビ ニ)	ルンビニ	移動、 バイラワ・ルンビニ地下水かんがい事 業所打合せ
6	3/22	金	バイラワ→ラマ ヒ→ネパールガ ンジ	ネパールガ ンジ	バイラワ・ルンビニ地下水かんがい事 業地区等視察、 ラマヒ浅井戸かんがい事業所打合せ/ 同事業地区視察、 移動
7	3/23	土		〃	バンケ地区内既存深井戸 (使用停止 中) 現況調査、 バンケ地区かんがい事務所打合せ、 既存深井戸 (調査井) 跡調査
8	3/24	日	ネパールガンジ →カトマンズ	カトマンズ	移動、 団内打合せ
9	3/25	月		〃	かんがい局協議 (S/W) / 資料収集、 J I A C 事務所打合せ
10	3/26	火		〃	かんがい局協議 (S/W・M/M) / 資料収集、 J I A C 事務所打合せ、 S/W・M/M署名、 大使館報告
11	3/27	水	カトマンズ→バ ンコク (TG 312)	バンコク	J I A C 事務所報告、 移動
12	3/28	木	バンコク→東京 (TG 640)		移動

5、調査団の訪問先及び面会者

1) 水資源省 (Ministry of Water Resources ; MOWR)

B. K. Pradhan	Secretary
H. M. Shrestha	Chief Project Coordinator
B. K. Aryal	Superintending Engineer
M. D. Karki	Director General, Department of Irrigation (DOI)
Y. L. Vaidya	Deputy Director General, DOI
A. B. Thapa	Superintending Engineer, DOI
G. P. Chaturvedi	Project Manager, Groundwater Resources Development Project (GWDP), Groundwater Resources Development Board (GWDB)
S. R. Uprety	Divisional Geologist, DOI
S. M. Shrestha	Project Manager, Bhairahwa Lumbini Groundwater Irrigation Project, DOI
A. K. Shrivastava	Senior Divisional Engineer, Bhairahwa Lumbini Groundwater Irrigation Project, DOI
P. S. Tater	Office Incharge (Senior Divisional Geologist), Dang/Banke Field Office, GWDP, GWDB
佐藤 清	派遣専門家, DOI
三 苫 繁 廣	派遣専門家, DOI

2) 在ネパール日本国大使館

伊藤 忠 一	特命全権大使
西名 孝 雄	参 事 官
寺村 伸 一	二等書記官
松永 正 英	三等書記官
石渡 幹 夫	三等書記官

3) JICAネパール事務所

熊野 秀 一	所 長
永友 政 敏	次 長

第2章 調査結果の概要及び提言

1. 調査結果の要約

- (1) ネパールの経済に占める農業のウエイトは極めて大きくGDPの約55%以上(88/89年度)を占め、全人口の約90%が農業に従事している。農業生産においては食糧作物(米、メイズ、小麦、大麦、きび、豆類)の比率が高く80年代半ばまではネパールは食糧輸出国であったが、近年、食糧需要が増大し、食糧作物の自給率が85~90%に低下している。ネパールの食用穀物の主要生産地帯はテライ平野であるが、農業生産にとって重要な灌漑用水の供給が不足している。従来からネパール政府は、この地域における灌漑可能地の増加と灌漑施設の整備による灌漑面積の増大に力を入れてきており、とりわけ第7次5ヶ年計画(85~90年)では食糧増産を最重点課題としてこの地域における水資源開発を国際機関等の協力を得ながら積極的に進めてきている。
- (2) これまでの日本側の地下水開発に関するプロジェクト協力や無償協力は扇状地における浅井戸開発に焦点が当てられ、特に地下水が豊富と推定されているテライ平野のCentral Regionにあるジャナカプールでの協力であった。また本案件の要請が1988年になされて以降のネパールでの地下水開発に関する情報が不足していたため、本案件についてもこれまで同様、浅井戸開発が主体となるのではないかというのが出発前に得られた国内関係者の共通した意見であった。要請書(付属資料3)にあるように真にネパール側で深井戸開発の必要性が高まっているのかが不明であった。
- 従って、今回の事前調査においては先づネパール側での深井戸に対する考え方と取り組み状況、ネパールの地下水開発または水資源開発に対する国際機関や先進国の協力内容、調査対象地域の選定と現地調査を通じた深井戸開発の可能性の有無の確認が重要な調査項目となった。
- (3) テライ平野の水資源開発は大河川から表流水を取水する大規模灌漑計画、多目的ダム開発による灌漑計画、灌漑局(DOI)による渓流水を取水する小規模灌漑計画とともに豊富な地下水の開発が進められてきた。

1) 灌漑単独目的の大規模計画は次の通りである。

プロジェクト名	受益面積 (ha)
• Marchwar Irrigation Project	5,600
• Bagmati Irrigation Project	37,000
• East Rapti Project	9,500
• Mahakali II Project	6,800
• Eastern Terai Project	7,000
• Babai Project	13,500

• Sikta Project 36,070

2) 大規模多目的ダムプロジェクトは次の通りである。

プロジェクト名	受益面積 (ha)
• Karnali	191,000
• Bheri-Babai	54,000
• Sun Kosi-Kamala	138,000
• Kamala	33,000
• Kankai	38,000
• Bagmati	120,000

3) 地下水灌漑

地下水開発は浅井戸開発と深井戸開発の両方が進められてきた。浅井戸開発の可能性のあると考えられる農地29万haのうち約9万haが開発され、深井戸は開発可能地7万haのうち2万haが開発されている。

① 浅井戸開発

浅井戸は比較的短期間のうちに掘削でき、揚水量も豊富であることが多い。使用機材の耐用年数を含めると浅井戸1ヶ所当たりの経費は安い。このため天水灌漑地域 (rainfed area) に於ける浅井戸開発は経済性に優れていることは明瞭である。融資対象としても引き合うため、現在、ADB/N (ネパール農業開発銀行) は農家に対して浅井戸開発に必要な資金を融資している。

② 深井戸開発

大規模な深井戸開発は技術的問題と深井戸の維持管理費の点から積極的に進められては来なかったが、IDA (第2世銀) 融資の下に進められていバイラワ・ルンビニ計画は深井戸利用の地下水開発計画である。工事が既に完了している区域内に於ける農業生産は向上し、経済性の点でも深井戸は良好な結果を示している。この深井戸計画が進められた最大のきっかけとなったものは、ネパールに於ける電力供給事情の改善にある。これに伴い揚水ポンプの動力としてこれまで使われてきたディーゼルエンジンは電動モータに変更された。これはネパールの地下水開発に於いては画期的な変更である。ディーゼルエンジンは訓練を受けていない農民にとって操作性にやや難点があると同時に維持管理費も高いという問題があった。電気な小さな村々にまで普及し、ポンプの電動モータが使われるようになった結果、これらの問題は徐々に緩和されるようになってきた。深井戸は浅井戸と比較して井戸1ヶ所当たりの受益面積が大きいと、ネパール政府はバイラワ・ルンビニ計画をモデルとして深井戸開発に積極的姿勢を示している。

更に、この計画はDOIが実施した他の深井戸事業地区においても、維持管理費の軽減対策を講じさせるほどの影響を与えている。軽減対策の例として、WUG (水利用者グル

ープ)の設立促進、換金作物の積極的導入等が挙げられる。DOIはこれらの対策の定着を図っている。また、農家グループによる深井戸掘削も行われているが、バイラワ・ルンビニ計画のケースよりも簡易で建設費は安い、ディーゼルエンジンのため維持管理費がかさみ、経済性の点では極めて劣っている。前述の通りバイラワ・ルンビニ計画は農業の生産性を向上させる点からも、今後のネパールの農業のモデル足り得るものとなっている。

(4) バイラワ・ルンビニプロジェクトは既に第1期、第2期事業(一部は第3期に継続)が終わり、第3期に移行しつつある。このプロジェクトの特色は上記の動力、維持管理費のほか次のような点が挙げられる。

- 1) 農家を始めから事業に積極的に参加させるため、深井戸の建設は農家の要請に基づいて行う。
- 2) 各深井戸毎に水利用者グループを結成させこれに各農家を参加させ、事業完了後の深井戸の維持管理に責任を持たせる。
- 3) 建設費の一部を農家に負担させるとともにポンプの維持管理費も支払う義務を負わせる。
- 4) 第3期事業においては、パイプラインによる配水システムをネパール国内で初めて導入した。

これにより、

- ① 水路敷に使われていた用地が大幅に減少し、事業を進め易くなったこと、
- ② ローテーション灌漑を採用できるようになったこと、
- ③ 維持管理がさらに容易になるとともに節水も可能となったこと、
- ④ 作目の選定が容易になったこと、等が挙げられる。

バイラワ・ルンビニ計画の内容は、これまでネパールで進められてきた灌漑計画の内容を大きく変更するものである。しかしながら、この灌漑開発方式は農業生産の面においてもポンプの経済性においても優れていることから、ネパール側はこれをモデルとして深井戸による地下水開発とパイプラインの普及に努める方向にある。このようなネパール側の考え方を受け入れ、従来の日本の協力の主内容であった浅井戸開発から深井戸開発に変更し、深井戸開発による農業生産力の向上に協力することは、適切な協力姿勢を示すことになるのではないかと考えられる。

(5) 調査対象Districtの選定

1) DOIとの議論の中で灌漑開発に対するDOIの考え方が、次のとおりであることが示された。

- ① 表流水の確保が技術的、経済的に容易な地域においては表流水の開発を優先させる。

a) この考え方は過去においては国際機関からの融資を受けて行った大河川における大規模事業、DOIの小規模事業、開拓事業等で見られる。ネパールの河川は滞砂がひどく、滞砂のため使用不能となっているダムもある。河川開発ではこの滞砂問題の対策を如何

に講ずるかが大きな課題であるが、滞砂の規模が大きいため滞砂対策は容易ではないと考えられる。

b) ネパールの河川の下流にはインドがあり、殆どの河川は国際河川である。このためインドとの関係を考慮しながら水開発を進めざるを得ない状況にあるが、過去インドとの関係からネパール側でインドの了解無しに開発を進めることは難しい。IDA融資のプロジェクトの中に、インドとの調整が不調に終わったため放置されているプロジェクトもある。

c) 表流水開発プロジェクトは、地下水開発と比較して建設コストが大きいことと完了までに時間がかかるという問題もある。

表流水の開発は以上のような問題点を抱えているため、現在DOIは表流水の開発についてはやや消極的である。

② 表流水の確保が困難で技術的、経済的に浅井戸の開発が有利な地域では浅井戸による開発を優先的に行う。

過去においてJICA、UNDP等の調査に基づいて実施してきた事業や、現在実施している灌漑事業の中では一番多く見られるタイプである。農家はADB/N（ネパール農業開発銀行）の融資を得て、個人で小規模な浅井戸開発が行える利点がある。掘削が容易なため、乱開発が生じ易いことが懸念されるものの、ネパール政府は浅井戸による地下水開発も積極的に進めている。

③ 技術的、経済的観点から見て深井戸により農業用水を確保できる地域においては、深井戸の利点を生かして積極的に深井戸開発を行う。

今回の要請地域の1つとして挙げられているDhanusha Districtにおいて行われた、JICAによる深井戸開発はこの1例である。この深井戸開発は、前述のIDAの融資により実施中のパイラワ・ルンビニプロジェクト（I～III）の成功例が大きな影響を及ぼしている。深井戸1ヶ所当たりの受益面積は90～120haであり、浅井戸の5～20haに比べれば深井戸の開発にネパール側が力を入れるのも当然のことと考えられる。

2) 以上のようなDOIの考え方を考慮すると同時に、要請書が提出されてからこの事前調査までの間に、当該Districtを対象として既に事業を実施中或いは完了してしまっているもの、国際機関等による協力が前提とされて調査等が実施されているものは除外することとした。

（本章2. 調査対象地域の概要参照）さらに、表流水を取水源とするものは今回の要請目的に照らして除外し、深井戸による地下水開発適地として次の3 Districtを選定した。

Banke（ババイ川左岸のBardiyaの一部を含む）、

Mahottari、 Jhapa

(6) 現地調査

調査期間が3 Districtをカバーできるほど長くないこと、またテライ平野西部の灌漑関係の

情報不足を補うため、さらには、IDAの融資により進められ、ネパールの灌漑開発に大きな影響を与えているバイラワ・ルンビニプロジェクトの実体を行程途上で把握することが出来る点を生かして現地調査対象をBanke District 1ヶ所に絞った。

1) Banke District

- ① 当該Districtはインドとの国境に近いネパールガンジ市周辺の地域である。約20年前に政府が開拓し入植させ、地下水灌漑を行った実績がある地域である。開拓時代には5ヶ所にポンプが設置されたということで、そのうち3ヶ所について現地調査を行った。しかしながら、いずれの井戸もハンドル等は取り外されたままで使用不可能の状態に放置されていた。周辺の農地は天水や浅井戸を利用しているがいずれにおいても水不足の状態、灌漑開発の必要性が高い状況にある。この放置状態は相当長期間に及んでいるため、地元農家、DOIは井戸の復活を要望している。
- ② DOIは過去の経験と調査結果から、この地域で深井戸による地下水開発は可能であると見込みをつけている。DOIの現地事務所は、主として過去に造られた土水路の維持管理を行っているが、現実には人手が余剰状態にありJICAの協力による調査が開始されれば、これらの職員、掘削機械の動員、あるいは隣接事務所からの協力等を得ることは可能なDistrictである。

2) Mahottari District

- ① 当Mahottari Districtの現地調査は出来なかったが、これまでのJICAおよびUNDPの調査、DOIの経験等から見て深井戸による灌漑用水開発の有望地区である。
- ② JICAのこれまでの農業協力はジャナカプール地域に集中してきた。JADP（ジャナカプール農業開発計画）を始めとして、農業省が積極的に取り組んでいるジャナカプール地域には、今回要請のあったMahottari、Dhanusha Districtも含まれている。これまでの協力計画には深井戸による地下水開発も行われた。テライ平野の地下水開発の有望地域は、ジャナカプール地域のみならず他にもあり、特に今回の要請がDOIより出され、DOIは本案件の実施機関でもあるので調査を実施すべきDistrictについては、農業省への協力とは切り離して、DOIと十分打ち合わせの上決定する必要がある。

3) Jhapa District

- ① 当Jhapa Districtは最東端に位置し、交通不便なため短期の調査期間中に現地を調査することは出来なかった。
DOIの要請はADBが資金協力したカンカイ灌漑プロジェクトの受益地以外の地域で、深井戸による地下水開発の可能性について調査するものである。開発の遅れている地域であり、調査資料についてはUNDPの資料以外確実なものは現在のところ見当たらない。このUNDPの資料によると、殆どの地域は天水灌漑地区に区分されている。他の2 Districtと比べると、深井戸の掘削によって用水が得られる可能性は小さいのではないかと推

測される。

- ② Jhapa DistrictにあるDOIの地域事務所と本部との連絡は無線以外に無い状態であり、調査実施に当たって協力を得るにしても職員、機材の移動が円滑に行われるかは疑わしい印象を受けた。

(7) 本格調査の内容

1) 調査の方法

- ① 事前調査で選定したBanke、Mahottari、Jhapaの3 Districtについて既存資料の収集、整理、分析および現地踏査を行う。
- ② 上記①の結果に基づいて3 Districtの中から地下水、特に深井戸の開発可能性の最も高いDistrictを1つに選定する。
- ③ その選定されたDistrictの特定地区において、井戸掘削を行い、地下水の賦存状況を把握し、開発・利用可能性、開発可能量等を評価し、地下水の利用・管理方法、利用・管理計画を作成する。
- ④ 調査を行った特定地区の結果を敷衍して、そのDistrict全体について地下水の賦存量の推定、利用・管理方法等についてマスタープランを作成する。
- ⑤ 集中的調査の行われない2 Districtについては資料の収集、整理、分析を行った結果をそれぞれのDistrictにおける今後の地下水開発に利用可能となるように取りまとめる。

2) 調査期間

- ① 調査期間を2期に区分し、前期は3 Districtを対象に既存資料の収集、整理、分析等を行い、後期は優先1 Districtを対象に前期の分析結果に基づき、適正ヶ所数の井戸掘削地点を定め、井戸掘削およびこれに関連する作業を行い、作業を通じて得られた地質学的資料、水文学的資料等の分析、整理等を含む本格的な調査を行う。
- ② 雨季には相当数の道路が通行不能となること、併せて現場作業が極めて困難となることから雨季の現場作業は原則として行わない。ちなみにIDAの協力により進めているバイラウ・ルンビニプロジェクトにおいても、雨季の現地作業は行われていない。

3) 地下水の利用目的

- ① 本調査における地下水の利用目的は灌漑であることが、DOIとの議論の中で確認された。
- ② 従来の浅井戸を対象とする地下水開発は自噴井が多く、費用のかかるファームポンドを設置して貯留するなどということは行ってこなかったため、自然に溢れ出る地下水は灌漑用水とともに生活用水としても利用されてきた。このためネパールに於ける地下水開発と言えば、開発された地下水は灌漑と生活用に利用するものとの固定観念が日本側にあるように思われる。
- ③ しかしながら、この事態にも変化の兆しが見え始めている。バイラウ・ルンビニプロジ

ェクトに於いては、ネパールで初めてパイプラインシステムを採用し、灌漑用水専用としている。このため配水システムが閉鎖型となり、システムの末端にある圃場の分水の吐出口以外の場所で他用途用に取水することは困難である。

- ④ 調査を進める過程では、両用目的を前提とすることは、調査の内容や作業量を不必要に増加させることとなるので、DOIとの議論の中で確認されたように灌漑用水のみを対象として調査を進めることで十分と考えられる。

2. 調査対象地域の概要

(1) テライ平野

テライ平野は標高60～300mに亘り緩やかに北から南に傾斜し、幅25～45km、延長約890kmの細長い帯状の平野であって、ネパール南部のインドとの国境沿いに位置し、山岳丘陵地帯に対して単にテライとも呼ばれていて、その面積は国土面積（148,000km²）の約15%を占めている。

(2) テライ平野の地下水

テライ平野のほとんどの地域には、深層地下水層か浅層地下水層がある。これらの地域で地下水を開発して灌漑用に使うことは出来るが、地下水層が連続していない場合もあり、水質も多様化している。一般に良好な地下水ゾーンは、丘陵地から10～15km離れた平野部の中央に存在していることが明らかにされている。これまでに地下水の賦存量について、地質学的調査が民間コンサルタンツやUNDPによって行われてきたが、これらはテライ平野全域をカバーしているものではなく、部分的なものである。従って、テライ平野の地下水開発の可能性を論ずる基本的資料となる賦存量の確認調査は、依然としてその必要性が高い。

(3) 調査要請Districtの開発状況

ネパール側の要請書には、21ヶ所のDistrictが調査対象の候補地として挙げられていた。いずれもテライ平野にあるDistrictであるが、Eastern RegionからFar Western Regionにまで亘っている。調査対象地区として、全てのDistrictを挙げることは調査の期間、調査経費等も考えれば適切さを欠くこととなる。これらのDistrictの水資源開発がネパール政府の自己資金、あるいは国際機関からの資金協力によって進められているものは、どのDistrictかを調べたところ、次のように開発事業や調査が進んでいることが明らかとなった。

1) JICA（日本政府）が協力しているDistrict

- ① Kapilvastu・Mahottari 無償資金協力による深井戸掘削機材の供与（80、82、83年）
- ② Dhanusha 無償資金協力による深井戸掘削中（8ヶ所）
JADPに於ける既存の掘削井戸は計12ヶ所
- ③ Dang-Deokhuri 表流水灌漑計画への協力を要請中（日本側未検討）

2) IDAによる融資事業

- ① Kapilvastu、Sunsari 事業実施中

- ② Morang、Rupandehi ”
- ③ Saptari ”
- ④ Parsa、Rautahat 事業完了 (Nepal Eastern Canal の受益地)
- ⑤ Bardiya カルナリ川東岸の一部で調査完了

3) ADBによる融資事業

- ① Chitwan 実施設計 (D/D) が完了

4) DOIまたはGWDB (水資源省地下水開発委員会) による事業

- ① Banke USAIDによる地下水調査井が26ヶ所存在、事業は未施行
既存の中小規模の土水路の維持管理を実施中
- ② Kailai USAIDの調査に基づき、GWDBが地下水灌漑事業を実施中
- ③ Kanchanpur USAIDの調査に基づき、GWDBが地下水灌漑事業を実施中
- ④ Sarlahi DOIの調査に基づき、地下水灌漑事業を実施中
- ⑤ Kathmandu Valley 調査中
- ⑥ Siraha DOIの調査に基づき、表流水灌漑事業を実施中

5) 未実施のもの

- ① Banke 過去UNDP、USAIDによる地下水調査が部分的に行われ有望地区とされてきたが、水源開発が遅れている。
- ② Jhapa ADBはKankai Project (表流水灌漑) 完了後手を引いたため、同プロジェクト地区周辺は水源開発が遅れている。
- ③ Bardiya USAIDによる調査井が存在するが、IDA調査ではババイ川左岸地域が除外されこの地域が未実施
- ④ Nawalparasi USAIDによる地下水調査は実施されたが、UNDP調査で除かれた山沿いの地域
- ⑤ Mahottari Dhanushaとともに無償資金協力 (日本) の深井戸対象Districtであったが、実施に当たって除外されたDistrict
- ⑥ Bara DOIは地下水調査を実施したものの、DOIのプロジェクト候補の中では開発優先度の低いDistrict

3. 既存調査資料の概要とデータの整備状況

3-1 自然・社会条件

国の自然、社会、経済等の概要に関する資料は、一般に市販されている。

このうち、毎年の政府刊行の経済、統計資料としては、次の刊行物がある。

- 1) Statistical Year Book of Nepal
- 2) Economic Survey

(1) 一般概要

ネパール国は、東西方向に平均約890km、南北方向に平均約200kmの矩形状を成しており、国土面積約14.8万km²（北海道の約2倍）を有する内陸国である。

国土は、自然地形により、次の3地域に大別される。

1) ヒマラヤ山岳地域

エベレストを最高峰とする3000m以上の標高を有する山岳地帯

2) 丘陵地域

北部の山岳地域とテライ平野に挟まれた標高600～3000mの地域で、河川の渓谷には盆地が点在している。気候は、標高により亜熱帯から温暖気候、盆地は比較的肥沃である。

3) テライ地域

標高60～300mから成る平原で、インドと国境を接している。気候は亜熱帯で、土壌は肥沃である。

人口は約1,756万人（1988）である。人口の増加率は、1970年から1986年まで、毎年2.6%と高い。

国家の総予算は712.4百万ドル（1988）、1人当たり国民所得は160ドル（1987）である。

(2) 気象

ネパールの気候は、夏と冬のモンスーンに特徴があり、夏季モンスーン（6～10月）に年間降雨量（約1500mm）の8割、冬季モンスーン（12～3月）による降雨量は少ない。

インド北部に位置するテライ平野の気象は、夏期の高温と冬期の寒冷・乾燥に特徴がある。地域の年間平均降雨量は、地域的な差が特にあるというほどではないが、南部で約1,500mm、多いところで2,000mm程度である。モンスーンの時期や期間で降雨量は変動するが、東部ではモンスーンの襲来が早く期間も長い。

3-2 水理地質・地下水

テライ平野全域の地下水賦存量の評価については、「Groundwater Resources of Nepal」（資料-11）及び資料-7）、8）、20））に触れられている。また、浅井戸開発に関してはUNDPによって、テライ平野はほとんど調査されており、報告書がディストリクト（郡）毎にまとめられているようである。今回の調査の対象としたジャバ、バンケ、バルディア、マホタリの各ディストリクトはそれぞれ資料-1）、2）、3）、4）にまとめられている。この調査はGWDBが実施し、既存の井戸資料（若干の深井戸も含めて）、気象資料、地下水資料が収集、整理されている。

深井戸についてはデータが少ないことや、調査に多額の費用を要することから、まとめられた有用な資料がほとんどなく、散在的な資料も未整理のままである。マスタープラン等に使用されている開発可能量等の数字は、開発の進んだBLGIP（バイラワ・ルンビニ地下水かんがいプロジェクト）等を参考に一定条件の下に推定されたものである。

なお、地質地下水用件でネパール国に出張した経験者から聴取したネパール国の地下水開発に関する意見は、大きく2分される。一つは、掘さく費用、ポンプ費用等から、浅井戸開発に主眼を置くべきとする考え方であり、JADPに関与した人たちの意見がそうである。もう一つは、浅井戸、深井戸両方の開発を行おうとするもので、JADP以降の食糧増産援助(2KR)で、深井戸開発に関与した人たちの意見である。

3-3 農業水資源開発

(1) 農業水利の概況

ネパールは表流水、地下水のかんがい資源が豊富である。主要河川の総流出量は年間約1,500億 m^3 といわれているが、土地、水の両方の資源を考え併せると、かんがい可能な面積は160万ha程度とされている。このうち、約93万ha(58%)は現在かんがいされており、残る67万haは国の計画の残り、農民の管理する計画のものである。

地下水資源からかんがいできる上限は、35万haと見積られているが、実施中の政府の計画の内で15万ha以上が表流水と地下水の接続利用で恩恵を受けている。

ネパールの表流水かんがい開発は、河川水を取入れ口に引くための簡単な堰を築くという、農民たちの計画から始まったとされている。こうしたかんがいの仕組みは、開発がテライ平野に広がり始めた1920年代までは、丘陵地帯において行われていた。水利システムの多くは現在も使われており(ネパールのかんがいされている地域の約70%程度と説明されている)、いくつかは政府の援助により改良され、農民グループによって効率的に管理されている。

(2) かんがい開発に関する資料等

ネパール国の農業水資源開発、すなわち、かんがい開発については、UNDP策定によるマスタープランがあり、DOIの推進するかんがい開発の基本的資料として、取り扱われている。

また、DOIが自信をもって開発を進めているバイラワ・ルンビニ地下水かんがい事業に関する資料として、世界銀行によるSTAFF APPRAISAL REPORTがある。

1) MASTER PLAN FOR IRRIGATION DEVELOPMENT IN NEPAL CYCLE 2 MAIN REPORT,

ANNEXES-VOLUME 1-4, MAP VOLUME FEBRUARY 1990 (資料-8)、9))

2) STAFF APPRAISAL REPORT NEPAL

BHAIRAWA LUMBINI GROUNDWATER IRRIGATION III PROJECT MAY 7, 1990 (資料-15))

上記1)のマスタープランの付属資料として、次のような構想の事業が紹介されている。

- | | |
|--------------------|------------------|
| ① イースタン テライ かんがい事業 | (モラング郡) |
| ② バグマティ かんがい事業 | (バラ、ラウタント、サルラヒ郡) |
| ③ イースト ラプティ かんがい事業 | (チトワン郡) |
| ④ マルチワル 揚水かんがい事業 | (ルパンディヒ郡) |
| ⑤ シクタ かんがい事業 | (バンケ郡) |
| ⑥ ババイ かんがい事業 | (ババイ郡) |

- ⑦ マハカリ かんがい事業 (カンチャンプル郡)
- ⑧ バイラワ ルンビニ Ⅲ 深井戸事業 (ルパンディヒ郡)
- ⑨ カンカイ 多目的事業 (ジャパ郡)
- ⑩ カマラ 多目的事業 (ダヌーシャ、シラハ郡)
- ⑪ スンコシーカマラ 分水事業 (シラハ、マホタリ、サブタリ郡)
- ⑫ バグマティ 多目的事業 (バグマティ郡)
- ⑬ カルナリ 多目的事業 (ババイ、バルディヤ、カイラリ郡)
- ⑭ ベリーババイ 分水事業 (ババイ、バルディヤ郡)

なお、マスタープランの分冊マップには、DOIの管轄する既存のかんがい事業として、次のような事業が図示されている。

- ① マハカリ かんがい事業 I (カンチャンプル郡)
- ② モハナ かんがい事業 (カンチャンプル、カイラリ郡)
- ③ クチア かんがい事業 I (カイラリ郡)
- ④ パトライヤ かんがい事業 (カイラリ郡)
- ⑤ チャバラ タル かんがい事業 (バルディア郡)
- ⑥ バルディア タル かんがい事業 (バルディア郡)
- ⑦ ドゥンドゥア かんがい事業 (バンケ郡)
- ⑧ ベルガル かんがい事業 (ダングデウクリ郡)
- ⑨ チレガド かんがい事業 (ダングデウクリ郡)
- ⑩ グワル コラ かんがい事業 (ダングデウクリ郡)
- ⑪ ゴベルクルハ かんがい事業 (ダングデウクリ郡)
- ⑫ スラヒ かんがい事業 (カピルバスツ郡)
- ⑬ ジャバイ かんがい事業 (カピルバスツ郡)
- ⑭ バンガンガ かんがい事業 (カピルバスツ郡)
- ⑮ バイラワ ルンビニ I 井戸事業 (ルパンディヒ郡)
- ⑯ バイラワ ルンビニ II 井戸事業 (ルパンディヒ郡)
- ⑰ シヤリ かんがい事業 (ルパンディヒ郡)
- ⑱ プスハハ かんがい事業 (ナワルパラシ郡)
- ⑲ ウェストガンダク かんがい事業 (ナワルパラシ郡)
- ⑳ チトワン かんがい事業 (チトワン郡)
- ㉑ パンチャ カンヤ かんがい事業 (チトワン郡)
- ㉒ ピツワ かんがい事業 (チトワン郡)
- ㉓ ナラヤニ かんがい事業 I (パルサ、バラ郡)
- ㉔ シリシア ドゥドラ かんがい事業 (パルサ、バラ郡)

- ②⑤ ナラヤニ 井戸事業 (バラ郡)
- ②⑥ ジャイ かんがい事業 (ラウタント郡)
- ②⑦ マヌスマラ かんがい事業 (ラウタント郡)
- ②⑧ ホルディナト かんがい事業 (ダヌーシャ郡)
- ②⑨ カマラ 多目的事業 (西部) (ダヌーシャ郡)
- ③⑩ カマラ 多目的事業 (東部) (シラハ郡)
- ③⑪ チャンドラ かんがい事業 (サブタリ郡)
- ③⑫ ウェスト コシ かんがい事業 (揚水) (サブタリ郡)
- ③⑬ ウェスト コシ かんがい事業 (自然庄) (サブタリ郡)
- ③⑭ スンサリ モラング かんがい事業 (スンサリ、モラング郡)
- ③⑮ カンカイ かんがい事業 (ジャバ郡)

また、DOIの管轄区域内で、可能性の高い表流水/地下水事業や多目的事業として、次のような事業が図示されている。

- ① マハカリ かんがい事業 II (カンチャンプル郡)
- ② クチア かんがい事業 II (カイラリ郡)
- ③ ジャヌアル ナラ かんがい事業 (カイラリ郡)
- ④ カルナリ 多目的事業 (西部) (カイラリ郡)
- ⑤ カルナリ 多目的事業 (ゲルワ島) (バルディヤ郡)
- ⑥ カルナリ 多目的事業 (東部) (バルディヤ、バンケ郡)
- ⑦ ババイ かんがい事業 (ババイ郡)
- ⑧ ベリ ババイ 多目的事業 (バルディヤ、バンケ郡)
- ⑨ ウェスト ラプティ 多目的事業 (バルディヤ、バンケ、ダングデウクリ、カピルバスツ郡)
- ⑩ バイラワ ルンビニ 井戸事業 III (ルパンディヒ郡)
- ⑪ マルチワル 揚水かんがい事業 (ルパンディヒ郡)
- ⑫ ギルワリ かんがい事業 (チトワン郡)
- ⑬ イースト ラプティ かんがい事業 (チトワン郡)
- ⑭ ナラヤニ かんがい事業 II (バラ郡)
- ⑮ ナラヤニ かんがい事業 III (ラウタント郡)
- ⑯ バグマティ 多目的事業 (西部) (バラ、ラウタント、サルラヒ郡)
- ⑰ スンコシ カマラ 多目的事業 (マホタリ、ダヌーシャ、シラハ、サブタリ郡)
- ⑱ ラト かんがい事業 (マホタリ郡)
- ⑲ カマラ 多目的事業 (ダヌーシャ、シラハ郡)

㊸ イースタン テライ かんがい事業 (モラング郡)

㊹ カンカイ 多目的事業 (ジャパ郡)

このほか、かんがいに関する事業として、次のような事業地域が図示されている。

DOI所管

① 地下水事業地域 カイラリ カンチャンプル

ルパンディヒ カピルバスツ

バラ サルラヒ

シラハ ダヌーシャ

マホタリ

② サガルマタ農村総合開発事業 (サブタリ、シラハ郡)

DOA所管

① ジャナカプール農業開発事業 (チトワン、バラ、ラウタント、サルラヒ、シラハ、ダヌーシャ、マホタリ郡)

4. 実施細則 (S/W) 協議の経緯と結果

- (1) 調査名について、テライ平野全域ではなく1地区 (District) のみを対象とするマスタープランであることから、そのことを明記するよう先方は主張したが、II. の「調査目的」に詳述するので問題はないとして、タイトルとしては“THE MASTER PLAN STUDY ON THE TERAI GROUND-WATER RESOURCES EVALUATION AND DEVELOPMENT PROJECT FOR IRRIGATION IN THE KINGDOM OF NEPAL” とすることで合意した。
- (2) 署名者としては、テンポラリーな組織にすぎない地下水開発委員会 (議長；水資源省次官) の代表者ではなく、恒常的かつ一元的にかんがい (地下水) 開発を担当するかんがい局の最高責任者であるかんがい局長とすることとし、本調査の先方カウンタパート機関としてもかんがい局がその任にあたることとした。
- (3) 調査目的は、上記1) にも述べたとおり、「テライ平野地下水資源評価開発事業」の一環として、テライ平野の3地区のなかから選定される1地区を対象とした、地下水開発マスタープランを策定することで合意した。
- (4) 調査対象地域としては、他の援助国・国際機関等の援助の対象外であり、表流水が得にくく地下水、特に深井戸開発の必要性およびポテンシャルが高いと思われる次の3地区とすることで合意した。
 - 1) Banke 地区 (Bardia地区内のBabai川左岸地域を含む)
 - 2) Mahottari 地区
 - 3) Jhapa 地区 (Kankaiかんがい事業の受益地を除く)
- (5) 調査内容・範囲としては、Phase- I で上記3地区を対象に主に既存の調査データ・資料の収

集・分析及び必要な現地調査により、(かんがい用)地下水資源の評価、地下水かんがいポテンシャルの見極め及び地下水かんがい手法・管理構想の策定を行ない、更に深井戸かんがい開発ポテンシャルの最も高い有望地区を1地区選定し、Phase-IIでは、選定された1地区のなかの代表地域(10,000ha以上)における水理地質調査、物理探査、調査井掘削、地下水位観測・モニタリング及び地下水賦存量の評価をとおして、地下水監視網計画及び地下水開発・管理計画の策定を行ない、最終的には1地区全体の次の主要項目を包含する地下水開発マスタープランを策定することで合意した。

- 1) 地下水資源の総合評価
 - 2) かんがい用地下水開発ガイドライン
 - 3) 水理地質・水文気象情報データベース
 - 4) 地下水監視網の運営計画
- (6) 調査スケジュールは、APPENDIXのTENTATIVE SCHEDULEによるものとし、本格調査の開始は概ね91年9~10月以降になることで了解を得た。
- (7) 先方政府のUNDERTAKINGの1&2については、かんがい局として我が国の開発調査を受け入れるのが初めてということもあり、「日本側調査団の安全確保」等の意味を理解せしめるのに困難を伴ったが、最終的には1990年9月に署名した「国内水文資料整備計画調査」(水資源省水文・気象局担当)にかかるS/Wの文言と同じということで当初案にて合意された。
- (8) 同UNDERTAKINGの3については、先方政府の厳しい財政事情から比較的多額の予算確保を伴う準備等については対応困難とのことから、調査事務所については必要最小限の家具の備わったものの準備を、車輛についてはカウンターパート分のみの確保を、削井機・車輛の燃料については確実な確保のための便宜供与を行うことで合意した。なお、カウンターパート分の車輛の手当(予算を含む)及び電気・水道・電話の設置された調査事務所の提供については、M/Mに盛り込んだ。
- (9) 調査用機材のうち、車輛、ボア・ホール電気検層器、地下水位計、複写機、パーソナルコンピューター及び水質検査用携帯化学分析器については特に先方の要望が強く、調査終了後も使用したいとのことから、要望のあったことをM/Mに盛り込んだ。

5. 本格調査に対する提言

- (1) DOIが、バイラワ・ルンビニプロジェクトを深井戸開発のモデルとして深井戸開発に極めて熱心になっていることは、前述の通り国内の電力供給事情が好転していることが大きな要因となっている。ネパール国内の電力生産状況、ネットワーク等の調査、調査対象として選定されたDistrictに於ける送・配電状況等の調査は地下水の利用、灌漑開発計画作成上重要であるので調査項目に含める必要がある。
- (2) 今回の事前調査ではDOI保有の掘削機械の種類、その保管状況、パーツ類、工具類の保管

状況、保守体制等については時間の関係上、DOI本部に於ける簡単な聞き取り程度しか行わなかった。本格調査に於いては、DOIの技術スタッフ、機材等を活用させざるを得ないと思われるので、本格調査の前期に於いては深井戸開発に必要な機械、機材関係の技術者を含めてこれらの項目について十分に調査する必要がある。

- (3) ネパール国内の井戸の掘削業者は、首都カトマンズに集中している。これらの業者の多くは、飲料用井戸の掘削を専門としている。今回の調査のように精密・繊細な作業を必要とする業務には、掘削することだけを専門としている掘削業者を雇用することは好ましいことではない。作業に携わる技術者、技術員の能力、経験、知識等が調査の成否を左右しかねないので、国際機関等との共同調査の経験をもつDOIの組織、職員の活用を十分に検討する必要がある。
- (4) ネパールは石油輸入国である上、外貨事業は悪く財政事情も芳しくない。援助協力プロジェクトに於いては、相手国のローカルコストの手当がどれほど出来るのかは極めて重要な問題である。農業開発が最優先課題となっているとはいえ、DOIが十分なローカルコストを準備できるかどうか疑問である。

従って、ローカルコスト特に、燃料、潤滑油等の油脂類、車輛、工具類等の手当については日本側で十分に配慮し、調査に支障を来さぬよう適切に対処しておく必要がある。

- (5) DOIの地域事務所(Regional Irrigation Directorate)は全国に5ヶ所ある。1つの地域事務所は地域の規模等によって異なるが、10~20ヶ所のDistrict灌漑事務所(District Irrigation Office)を管轄している。District灌漑事務所は灌漑技術者、水理地質専門家、地質専門家を中心に約40名で構成されている。地下水調査と既存の施設の維持管理は、District灌漑事務所の主要業務である。地下水開発に関しては、過去に国際機関等の協力を得て蓄積した経験と知識が豊富であり、レベルも高い。DOIの水理地質専門家等との意見交換等を考慮すると、本格調査に於いては水理地質部門の充実化は肝要である。灌漑計画に於いては、効率的な灌漑計画と末端配水の重要性を考慮しなければならないので、従来の案件以上にこの分野での充実化も必要である。

- (6) IDAが資金援助して成功しているバイラワ・ルンビニプロジェクトは、画期的なパイプラインの導入に成功した。第1期事業の成果を検討の上、パイプライン方式を採用している。

ヘッドの小さい簡単なポンプ施設、簡易な操作・管理方式、円筒分土工の採用による末端圃場での配水の公平さを保つ工夫、営農部門との密接な連携、ローテーション灌漑方式の採用、工事の際の買収地の大幅減少等、実施上の問題を複雑にする要因となることの多いローカル条件の解決に配慮を見せ成功している。

合理性を維持するため、圃場用水量を一律に定量で計上するなどいわゆるきめ細かさは見られないものの、極めて実用的に仕組まれている。末端の分土工以下の取水順序、水路の整備等は各農家に任せているため配水順序は上流優先、下流の圃場までの水路での相当量の水路損失が生じる等の問題は未解決であるが、これらの問題点は予備日を一日設け、用水が十分に回ら

なかった圃場には、追加配水することが出来るように計画・設計されている。

今回の調査の主要業務は地下水の賦存量の評価、利用・管理計画であるが、バイラワ・ルンビニプロジェクトの成果を踏まえた灌漑方法、灌漑計画等の検討も加えられるならば調査目的がより一層明確になり調査も更に充実し、ネパール側の要望に十分応えられるものになると考えられる。

(7) 今回の事前調査では、テライ平野の地下水開発に関係する既存の資料をできる限り入手し、出来ないものはその所在を明らかにしたつもりである。本格調査に入ってから同じような資料をネパール側に要求することがないように心がけ、調査団は準備段階でJICA保管の既存資料に目を通し、調査を効率的、効果的に行えるよう十分な予備知識を備えて業務にかかることが望ましい。

(8) ネパールは国内に於いて、表流水開発がやゝ行き詰まりに差し掛かって来たため、地下水開発をこれまで以上に積極的に行う姿勢を見せている。浅井戸開発には積極的にADB/Nの融資を利用し、深井戸開発をDOIあるいは地下水開発を専門とするGWDBの事業として位置づけ真剣に取り組んでいる。

これまでの日本側の協力は、地下水の掘削作業（例えば、JADPへの協力、ジャナカプールに於ける無償資金協力等）が主体であった。今回の調査業務はこれと異なり、水理地質学的調査をベースにした深井戸開発に於ける地下水の賦存量の把握とその利用・管理計画等を作成しようとするものである。IDAは調査から実施まで一貫して協力し、しかも井戸掘削は失敗事例が非常に少なく極めて効率よく行い成功している。

調査を充実させ効果的に行うためには、調査後の協力内容が出来る限り明確となっていることが望ましい。日本側の援助協力システム上やむを得ないことではあるが、現時点では調査後の対応がはっきりしていない。一日も早く調査結果に基づく深井戸開発がネパールに対する援助プログラムの中に組み込まれるよう、関係者の理解と協力が必要である。

第3章 調査対象地域の現状

1. 自然・社会条件

1-1 地形と地質

ネパール国の地形と言え、すぐ、世界の屋根と言われるチベットにつづく、標高 8,000m級のヒマラヤを思い浮かべるが、インドにつづくカンジス平原の一部を占め、標高300m~600mのテライ平野もまたネパール国の一部である。この間には東西に幾重もの山脈が走り、ヒマラヤに発する河川の流路はこれらの山脈のため、著しく屈曲してテライ平野に至る。これら地形の成立地や河川の発達にはネパール国の地質構造と密接に関係する。

ネパール国の地質はアジアの変動帯（資料23）、JICAの報告書（資料16）、18）、22）等で既に日本に紹介されており、また、最近ネパール国において「Geology of Nepal」（資料12）が刊行されている。

ネパール国周辺の基本的な地質構造は、アジア大陸にインド大陸が衝突し、これがアジア大陸の下にもぐり込むことに由来する。テライ平野を含むガンジス平原はインド大陸が沈み込む前縁であり、ヒマラヤ高原はインド大陸が潜り込むことによって押し上げられた地塊である。この衝突は中生代の末（おおよそ 6,000万年前）に始まり、現在もなお続いていると考えられている。日本と同じようなタイプの地震が起り、現在でも地質学的には活動的なところである。

資料（地質図-3）に見られるように、ネパールの地質構造は細長い国の伸びの方向に沿って地質も帯状に分布する。地層の年代は大略すると、北北東側のヒマラヤ高地で最も古く、南南西側に位置する標高の低いテライ平野で最も若くなっている（図-a）。

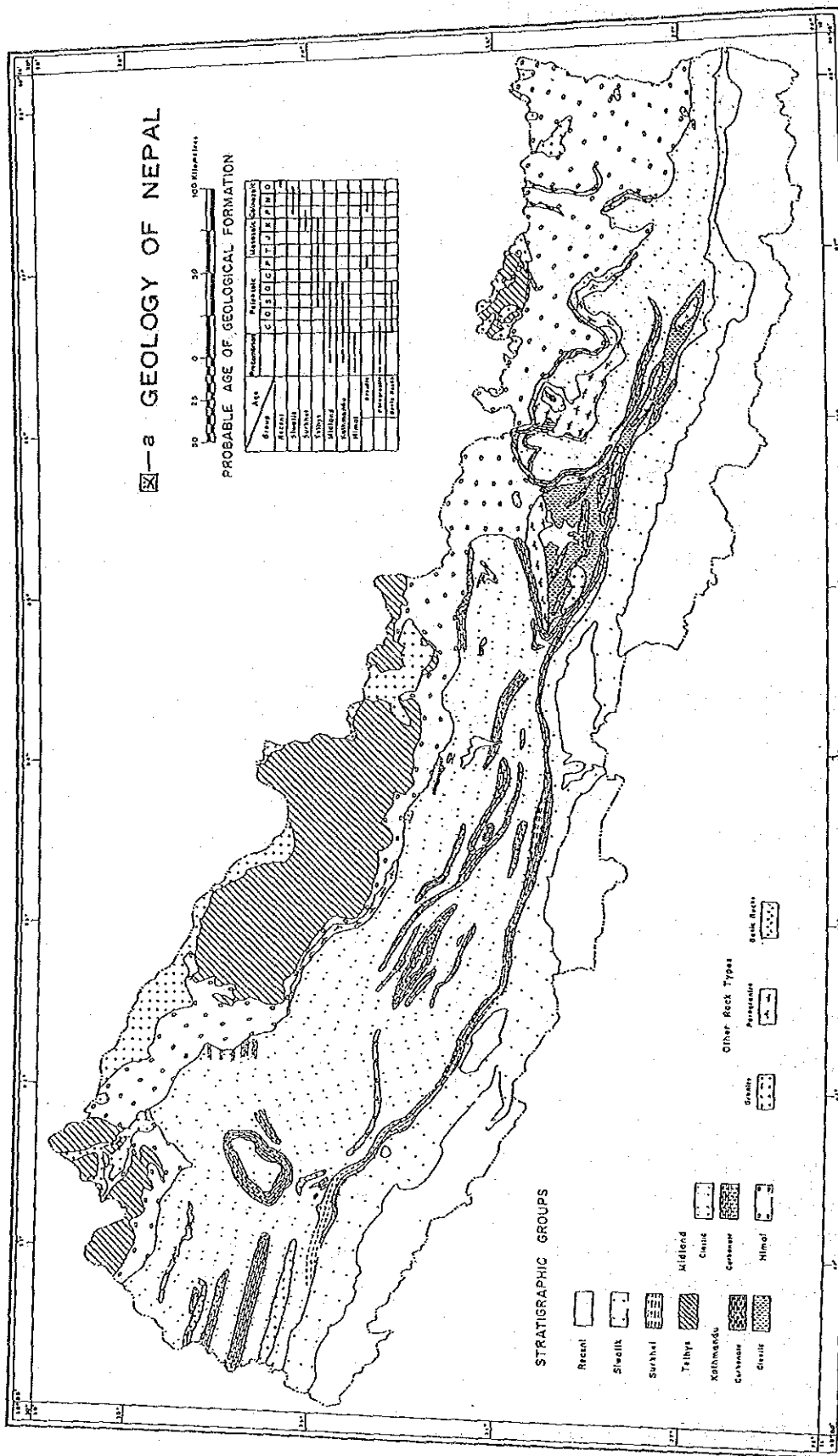
テライ平野のすぐ北側に位置するシワリーク山地はシワリーク層群から成る。シワリーク層群は古第三紀後期（約 3,000万年前）から更新世までの堆積岩からなる。泥岩、砂岩を主とし、礫層を含む。古いものは固結が進んでいるが、新しいものはルーズである。シワリーク山地の中で最も南に位置するチュリアヒルズは特にルーズな堆積岩が露出する。

テライ平野からヒマラヤ高原に至る何重もの山脈の間は、地質学的には逆断層でそれぞれ境されているとされ、それぞれ北側の地塊が南側にせり上げてくる構造を示す。先述したようにテライ平野は大陸が沈み込む前縁部に当たり、おそらく数千万年間沈降傾向にあるところである。また、チュリアヒルズは山脈の生まれるところであり、隆起の著しいところである（図-b）。

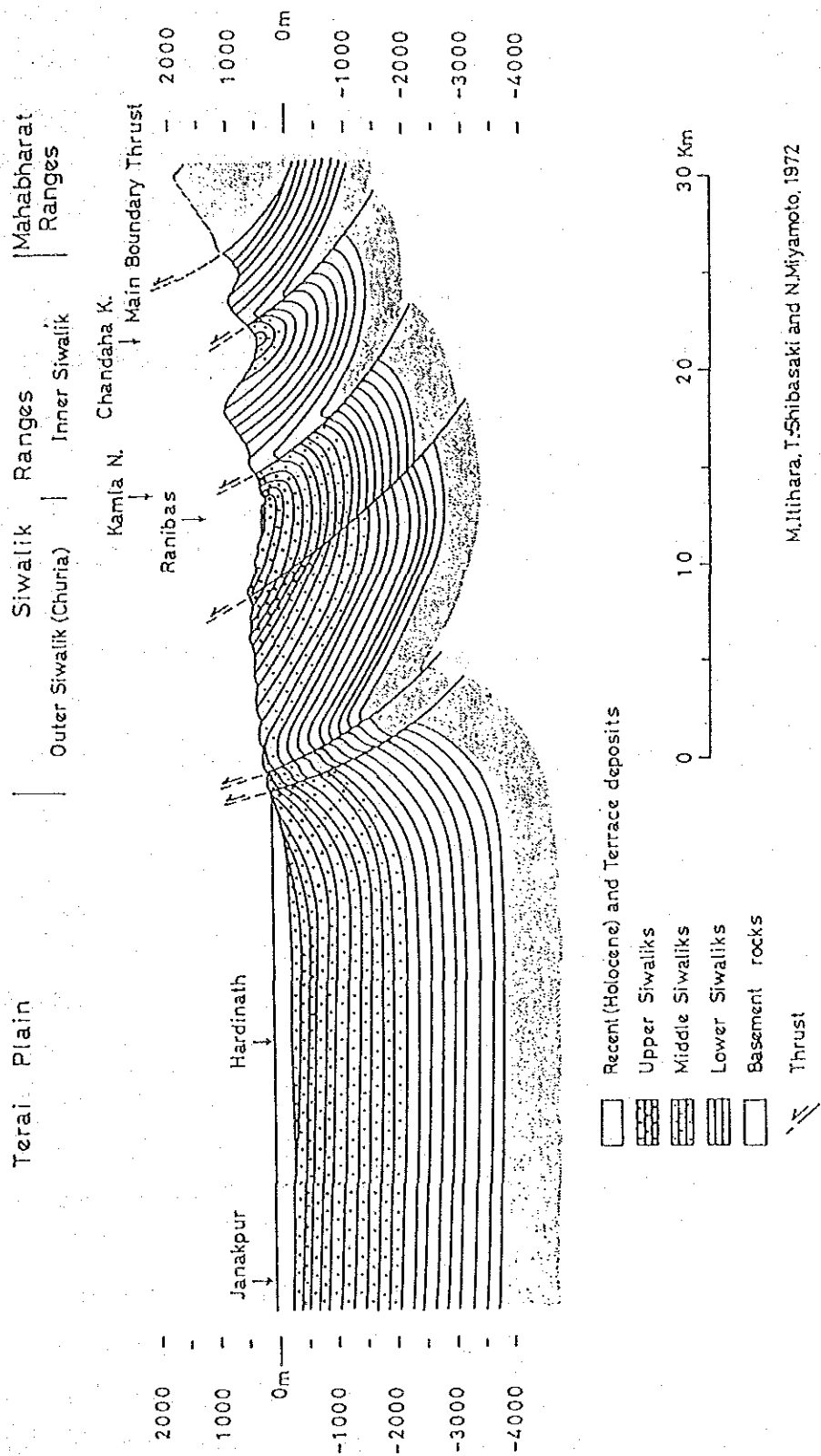
このような地質学的環境にあるテライ平野では、山地から流出する河川によって、厚い堆積物が沈積する条件にあることは容易に想像できる。

1-2 農業の情勢

ネパールにおける農業は、国の経済の中心であり、国内純生産の50%以上を生み出し、また労働力の巨大な雇用の場となっている。換金作物が重要視される地域もあるが、おもに6種類の食



出典：NEPAL, ATLAS OF ECONOMIC DEVELOPMENT (資料 14)



M. Iihara, I. Shibasaki and N. Miyamoto, 1972

図-6 Schematic geological profile (Janakpur-Hardinath-Ranibas-Chandaha K.)

出典：ネパール王国テライ地下水開発計画事前調査報告書（資料 18）

用穀物（米、とうもろこし、小麦、大麦、アワ、豆類）が農業生産を支配している。

近年、需要が生産を越え、現在、食用穀物生産需給は85～90%とみられている。テライでは余剰があるが丘陵地や山岳地は実質的に不足している。テライではかなりの量がインドに輸出されており、これと山岳地からテライへの人口流出と重なって需給のアンバランスが生じている。

丘陵地、山岳地では、無秩序な過放牧等により森林資源が失われつつあり、村落の荒廃が進んでいる。また、テライへの人口流出が問題化している。

1-3 農業施策の概要

政府の推進する第7次5ヶ年計画（1986-1990年）においては、「自給を目的とし、増大する人口に見合った食糧の増産を図り、かつ雇用機会を拡大し、農業全体の発展を促進する。」ことが、基本路線となっている。

具体的な重点項目は次のとおりである。

- 1) 遠隔地のインフラ整備と、流通システムの改善
- 2) 丘陵地の食糧生産の増大と安定した農村集落の形成、国内的な食糧のアンバランスの是正
- 3) かんがい施設の整備による単位生産量の増大
- 4) 優良種子の農民レベルへの普及とともに、優良種子生産プログラムの推進
- 5) 換金作物の生産増
- 6) 果物、野菜、魚、及び家畜の国内消費の拡大とともに、農業の近代化、商業化の推進
- 7) 農村での雇用機会を拡大
- 8) 市場機能の強化拡大と、生産者価格及び消費者価格の合理的な統制

2. 水理地質・地下水

資料（地図類-9）や飛行機からの眺望によって、山地から流れでた河川がテライ平野にはいると扇状地を作っているのがよく見ることができる。このような地形形成は数千万年も続いたはずである。この間にはヒマラヤからテライ平野に流れ出す大河川は何回もその場所を移し、その度毎に新しい扇状地を形成した。また、平野に比較的近いシワリーク山地から流出する小河川も山麓沿いの平野に小さい扇状地を形成した。テライ平野はこのような扇状地を幾つも埋没させながら形成されたと考えられる（図-c）。

このように、テライ平野では砂礫質で孔隙の大きい扇状地性の堆積物が天然の地下貯留槽となっており、有力な地下水開発可能地帯となっている。

テライ平野ではこれまでJADP、BLGIP、2KR等のプロジェクトで地下水開発が着手された。JADPは現在の扇状地の浅層地下水開発を目的としたもので、深度60～70mまでの浅井戸を掘さくし、地表に設置したポンプで揚水するものである。一方、後者2つは、深層地下水の開発を目的とし、深井戸を掘さくし、深井戸用のポンプを用いて、浅井戸に比べ、1井当たり大量の地下水を揚水するものである。

今回調査の対象とする地域の地下水開発の見通しは資料1)、2)、3)、4)等によると次のとおりである。

(1) バルディア

バルディア郡のテライ平野部分の少なくとも2/3は良好な帯水層が分布すると考えられる。郡西部はカルナリ川の扇状地堆積物が発達し、浅層地下水、深層地下水とも有望である。

郡東部はカルナリ川の扇状地から外れるため、郡西部ほど容易でない。郡東部では、浅層の帯水層は良好でなくなり、薄く、広く、透水性の余り大きくない深層帯水層が被っている中央の区域があり、ここでは地下水位は低く、若干被圧しており、分類が複雑なように見える。北側では2～5kmの幅の深層帯水層がある。

(2) バンケ

バンケ郡のアウトターテライ部分では、深層帯水層は北側と西側に向かって薄くなるものの、良好な帯水層が存在すると考えられ、また、南西部では深い被圧水頭をもつ。自噴する地域は極狭いようである。

浅層帯水層はバルディアのときと同じように、砂礫層の少ない中西部の小区域があるが、その他の区域では良好である。テライ平野北側の幅約7km区域以外では地下水位の低い所はない。

(3) マホタリ

マホタリ郡の北端15km幅は深井戸開発区域、隣接して浅井戸開発区域が広がる。郡の中央部においても良好な帯水層があると考えられ、ちょうど良いくらいの被圧水頭を持っていると考えられる。

(4) ジャバ

既存の井戸掘さく資料から、全掘さく延長に対する帯水層の割合は深度46mまでで56%、以下では59%である。ここではテライ平野を横切る何本かの河川のため、優勢なバーバルゾーン(砂礫質の地層)がない。地下水開発は非常に有望であると考えられるが、信頼できるデータが少ない。

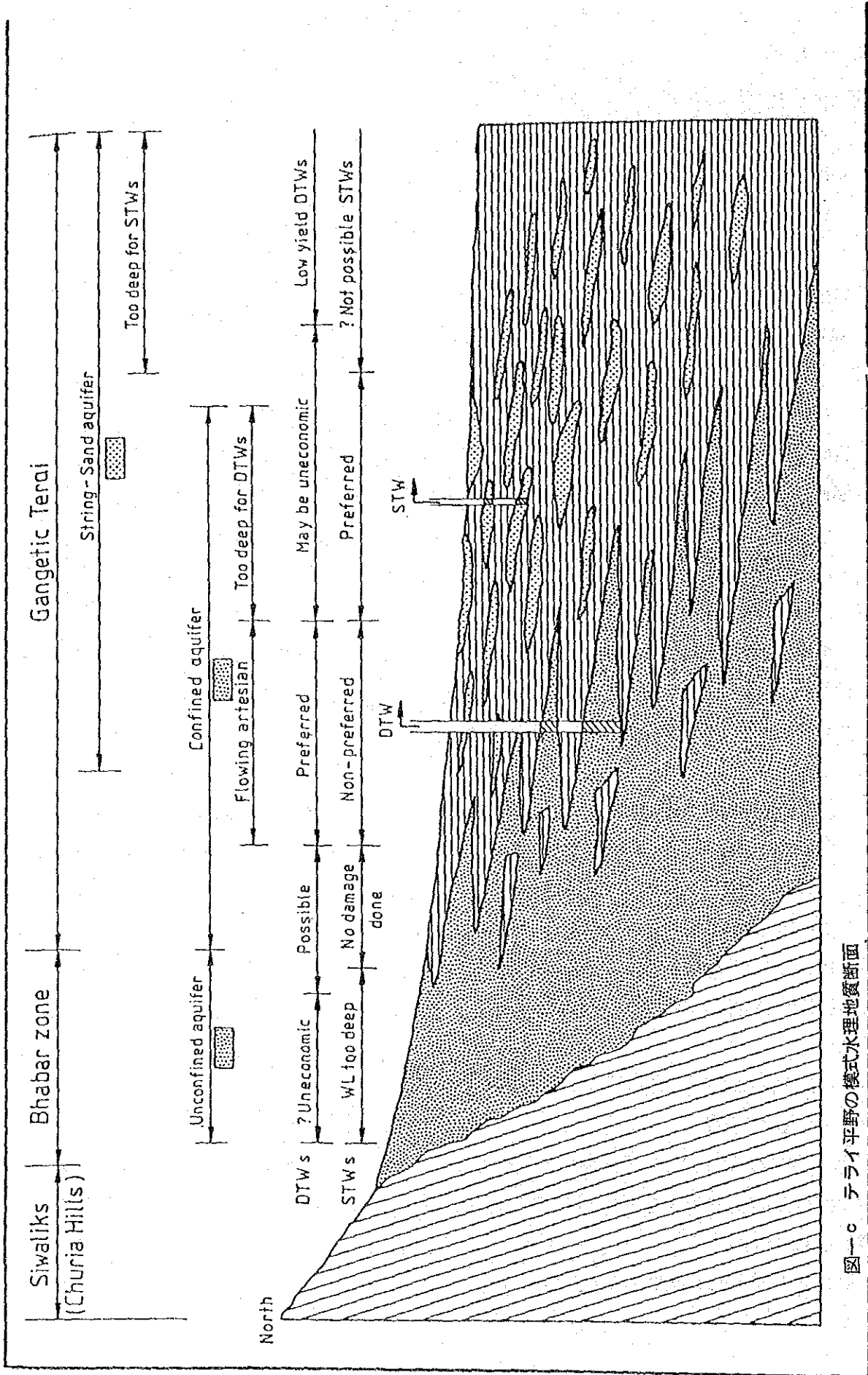
掘さく時に、しばしば、小石層に当たることがあり、これに対応した掘さく機械(パーカッション式ボーリング機械)が必要である。

3. 農業水資源開発

3-1 農業的背景

ネパールの農業経営は、テライの広大地や丘陵地、山岳地の狭い地域で行われているが、後者の地域では、天水農業が支配的である。これは、かんがい可能地の少ないことと確実な水源不足のためである。

土地利用の現況等は次のように要約できる。



図一c テライ平野の模式水理地質断面

出典：Study of Groundwater Development Strategies for Irrigation in the Terai Vol.3 (資料-6)

農地の利用現況

(単位：千ha)

	既かんがい地	天 水 地 域			耕地計
		可能地	不可能地	計	
テライ	725	613	21	634	1,359
丘陵地	179	189	687	876	1,055
山岳地	29	31	167	198	227
	933	833	875	1,708	2,641

かんがい可能地の土地利用区分

(単位：千ha)

	かんがい 可能農地	かんがい 可能未墾地	かんがい 可能地計	残存かんがい 可 能 地
テライ	1,338	406	1,744	1,019
丘陵地	368	5	373	194
山岳地	60	1	61	32
	1,766	412	2,178	1,245

かんがい可能地（森林も含む）は2.2百万haと見込まれている。森林の維持地域や確実に水の供給ができないという地域を考慮すれば、ネパールにおけるかんがい開発の可能性の上限は1.6百万haとみられる。このうち、約30万haは丘陵地、山岳地にあり、1.3百万haはテライにある。

ネパールの大部分の農地が達成している生産性は、可能性ある生産性よりかなり低い。また、近隣国の平均的な農業経営状況のもとで達成される生産性レベルより明らかに低い。生産性を高レベルにする上での、6項目の重要な制約が明らかにされている。これらの全てはかんがい農業にあてはまり、また、天水農業にもあてはまる。

- 1) 投資効果の不足、特に遠隔地
- 2) 公的機関からの農業融資の効果不十分、特に遠隔地
- 3) 農業普及サービスの不足あるいは不十分
- 4) 地域によっては、改善された農業技術の利用を妨げる土地の所有形態
- 5) 市場未開発の状況及び地形上近づけないことの結果としての財政的動機不足
- 6) かんがい施設から受ける利益を制限する、明らかに技術的な問題と不十分なかんがい管理

農業部門がその可能性に達するためには、また、かんがい施設への投資によって十分な経済回復を図るためには、これらの制約の全てについて、克服する必要がある。

3-2 かんがい部門に課せられた目標

基本的なプログラムにより、食用穀物生産目標とかんがい地域開発目標の2つの目標が定められている。食用穀物生産目標は、最初に政府の1985年の声明である「アジアの水準から人間の尊

厳ある生活を十分に導くための生活水準」という2000年までに達成すべき国家目標に従って樹立された。最低日量一人当たり2250カロリーを得るのに十分な生産をしようというものである。これを生の穀物生産に置き換えると8.9万トンの食用穀物と同等になる。1980年代半ばの現実の食用穀物生産は4.5万トンとみられている。

2000年に向けた食用穀物生産目標は、国の広さに基づく自然と達成できるが、地域の食糧生産自給は、丘陵地、山岳地では極めて難しい。長期的には、食糧需要は人口増加率によって左右される。いったん需要と供給の望ましいバランスが再構築されれば、人口増加率と農業生産成長率はバランスを保たろう。さもなければ需要と供給のギャップは再び拡大するだろう。

食糧生産目標の樹立に続いて、かんがい開発目標が明らかにされている。確実なかんがい水の供給対策は、農業生産性の増大を達成することを妨げる制約を除くものである。かんがい開発目標は、政府補助のかんがいから利益を受ける地域を、1987年レベルの434千haから2000年までに合計1,250千haに拡大することを要求している。ここで暗示された新たなかんがいの実施面積は、年間6万haである。第6次5ヶ年計画の間の開発の最大割合は年間3万5千haであった。

3-3 かんがい投資計画の概要

現在のネパールのかんがい投資計画では、テライの新たな大規模事業、丘陵地の中小事業の建設、全国的な既存の農民管理かんがい計画に対する支援、テライの地下水開発の促進、が強調されている。なかでも、より強調されているのは、かんがい管理と農業支援事業、低コストの農民管理かんがい計画の操作支援、新たな中小計画と浅井戸計画である。

これらの投資は、一般に、標準となるマスタープラン、支配的食用穀物の作付パターンや関連事項等の仮定に基づいて評価される。単位当たりの投資コストにしたがって、評価されている投資事業は、次のとおりである。

- 1) 既存事業のかんがい管理の改善
- 2) テライの地下水かんがい
- 3) テライの中・小表流水事業 — 新設、改修
- 4) 丘陵地、山岳地の中・小表流水事業 — 新設、改修
- 5) テライの大規模事業 — 単体事業、一般に治水
— 多目的事業、一般に上流の貯水地と共同

3-4 テライ地下水かんがい

テライの地下水開発に対する投資から、高い経済回復状況が認められている。開発モデルとして、浅井戸、深井戸（大規模事業に基づくモデル）、小規模モデルの深井戸、の3つのモデルが考えられている。浅井戸開発の可能性があるとされている290千haのうち約90千haが開発されている。また、同じく深井戸開発の可能性があるとされている70千haのうち20千haが開発されている。

(1) 浅井戸

可能な産出量、支配面積や施設の寿命に関する控え目な仮定に基づいた経済分析では、国内の経済回復率の40%以上が天水地域の浅井戸投資から認められ、また20%以上が複合利用地域で認められている。財政的分析では、個々の農民がADB/Nから補助金ローンを受けるといふ標準的な浅井戸投資は、かんがい地1ha以上をもっている農民にとって財政的魅力があることが確認されている。集団所有権あるいは売水行為は、浅井戸の支配面積の拡大、浅井戸かんがいの利益を受けるべき小規模農家を受け入れるために、必要である。

浅井戸投資は、高い経済回復と急速な生産性向上を示すものであり、このような「はじめての」かんがい開発に適している。しかしながら、必ずしも、農業開発として、かんがい可能地に対しての、最も望ましい最終段階のものではない。

(2) 深井戸（大規模モデル）

バイラワ・ルンビニの深井戸事業の経験は、大規模深井戸モデルが確実に高い農業的、経済的利益を生むことが可能であることを示している。特に、かんがい管理と農業支援計画は、農業生産、土地利用の将来的レベルの達成を促進する。また、操作コストは、電動モータの使用にもかかわらず、小さくなっている。経済回復率の20%以上は、この深井戸モデルによって示されている。問題は、DOIによる深井戸事業の操作、維持コストの回収にある。DOIとしては、利水者グループの形成と換金作物の生産促進プログラムを通して、この問題に対処することとしている。

(3) 深井戸（小規模モデル）

個々の深井戸は、井戸の共有権やポンプ設備、配水システムに基づき、それぞれ60から100haに供給するよう開発される。分析では、このような投資は大規模深井戸モデルに匹敵（主要コストは低いがディーゼルの操作コストが高い）することを示している。

問題は、農家の操作コストに対する嫌気のために、支配地域での十分な利用が多くの場合達成されないことである。経験的には、大規模深井戸モデル事業の方が、より高く適切な農業利益を生み出すのにふさわしい。

3-5 大規模深井戸モデル事業の実施地区事例

DOIは、バイラワ・ルンビニ事業の実施を通じて、深井戸の開発によるかんがいシステムの構築について自信を深めているようである。地元農民との各種の調整等も計画的に実施しているようであり、DOIとしては、バイラワ・ルンビニ事業を今後の開発事業のモデルとして位置づけている。

(1) バイラワ・ルンビニ事業による深井戸かんがいの施設状況

ステージⅠとステージⅡの違いは、深井戸からの揚水後の水路形態にあり、ステージⅠでは開水路により分岐しながら圃場に配水する形態となっているが、ステージⅡにおいては、環状の埋設PVCパイプによって流出口までの水路が構成されている。

ここでは、現地視察を行ったアヒラウリ地区の施設概要を示す。

1) 概 要

アヒラウリ地区の深井戸は、毎時70m³の揚水が可能である。この井戸はわずかではあるが湧水がある。配水施設は埋設したPVCパイプの配水システムとなっており、末端約2.5haの地点に圃場の素堀水路に分水するための流出口が設置されている。PVCパイプは、中央の高架水槽から導水管が伸びたあと独立した環状になっており、それぞれ約30haを支配する4つのループから成っている。支配面積は120ha、関係農家は80戸である。ポンプは国家電力網から得られる電力による。(図-d)

一般に、雨期には必要水量の60%は天水によることとし、地下水を補給する計画としている。この機場の揚水実績は、ここ4カ月間で約43万m³であった。

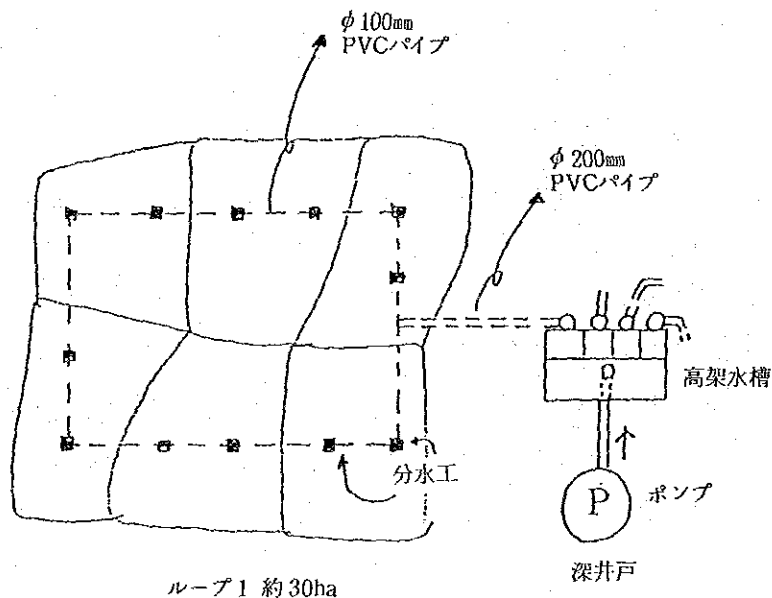


図-d 配水システム模式図

2) 井 戸

井戸の深さは、約250m。スクリーンセットと水のない層には穴のないケーシングが建て込まれている。井戸からの揚水はやや砂の混じった水がでる。

3) ポンプユニット

口径200mm程度の揚水管をもつ立軸軸流ポンプが装備されている。動力ユニットは、30kWの電気モータである。

4) ポンプハウス

ポンプ小屋は簡単なレンガで、修理のためにポンプユニットをつり上げたり、屋根を開けたりするようけた構えで建設されている。小屋にはポンプ操作者のための部屋が含まれる。

5) 高架水槽

構造は鉄筋コンクリートであり、4本のループへの分水システムとなっており、1本の流入管と4本の流出管がついている。井戸からの揚水は、高架水槽に導かれる。流入槽の上に個々の環状配水管に等しく分水するための4個の三角堰があるようである。飲用水のバルブは高架水槽の手前で流入管から分けられている。

6) パイプ分水システムと流出口

パイプ分水システムの操作上の重要な特徴は、どのループからの分水口もいつも1つの流出口だけが開いているというローテーション操作が行われるということである。この状態では、流出量はどの流出口でも同じである。口径 200mmのPVCパイプは、口径 100mmのPVC環状パイプに連結されている。

PVCの埋設パイプは、一つのループで30ha支配し、末端 2.5haに1カ所の流出口がつけられる。流出口は軟鋼の簡単なタイプのバルブで、4方向の圃場水路網に分水するレンガ製の流出工の中央部につけられている。口径 100mmのPVCパイプのサージの立ち上がりは、それぞれのループの操作室から最も遠い地点につけられているという。

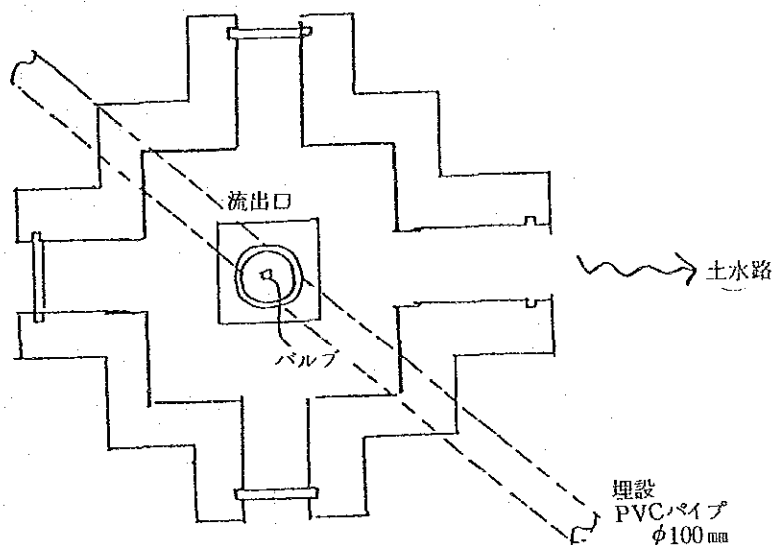


図-e 末端分土工

なお、この末端の流出工地点では、約30cmの水頭が確保されている。(図-e)

7) 圃場水路のシステム

パイプの流出口から、2.5 haの支配区域に対して4方向に、それぞれ素掘水路により配水している。

(2) 事業の効果

深井戸かんがいとともに、事業地域における電力や道路対策は、かんがいによる農業生産の増加ばかりでなく、一派の経済活動を活発化し、地域の利益と発展を促進する。事業効果としてかんがいは、収入増加の基礎を生み出す。また、事業道路も結果として市場を接近させ、深井戸のための電力も村の電化と地方企業の発展を促進する効果がある。

現在完了に近いステージII事業は、深井戸とかんがい配水システムの具体的・技術的改善モデルとして継続される模様である。

第4章 調査の基本方針

ネパール国にとって、かんがい用水開発のため、地下水賦存量を調査し、これを積極的に使う計画を策定することはきわめて当然なことと考えられる。年間降雨のほとんどが雨期に集中し、乾期には流量が小さくなる河川では、ダムによる利水でも回転率が小さく、高額な投資が必要である。これに比べ、優れた帯水層を持つ地域では、地下水の利用ははるかに少額な経費ですむはずである。

BLGIPで見学した深井戸では1年間でおよそ20万立方mを汲み上げている。仮に、日本に於ける場合と比較すると、地表水を使う計画の場合、20万立方mを貯水するダム（堤体積6～7万立方m）を築造するだけで6～7億円以上を要し、地下水の場合では、同じような井戸を掘削し、ポンプ施設を作ったとしても、20分の1程度の2～3,000万円しか要しないであろう。

一方、ネパール国（DOI）側は、資料-8）にもあるように地表水だけではテライ平野全域をカバーできず、地表水と地下水（浅井戸、深井戸）の両方を利用したかんがい計画を立てている。特に、深井戸を使ったかんがい事業であるBLGIPがうまくいっており、深井戸（おおむね深度200mまで）の開発が不可欠と考えている。

調査に関して、ネパール側はUNDPによる浅井戸開発調査で、テライ平野のほぼ全域がカバーされていると考えている。深井戸開発については、一定の条件の下で推定された開発可能量をつかんでいるが、実施計画の立案のためには調査が必要であると考えている。

1. 地下水評価計画

先述したように、ネパール国においては、既に地下水を活用したBLGIP等のプロジェクトが走っており、調査や事業実施に当たってネパール国水資源省DOIが関与している。また、調査に関しても、浅井戸を対象としたUNDPの調査をDOIが実施しており、資料の収集、整理、とりまとめを行っている。したがって、地下水の調査、地下水を使った事業の実施に関しては一定の技術水準にあると考えられる。しかしながら、周辺の条件を考慮すると、地下水開発は端緒についたばかりでいろいろな問題点を持っている。

調査に関しては、ネパール側は浅井戸開発についてはほぼ終わっているとしているが、今後のスムーズな事業化のために、更に効率的な調査方法、データ整理や水収支等の地下水解析の技術協力を望んでいる。さく井に関しては、ケーシング管の破損、揚水井からの砂の排出、泥水管理等の問題があり、早急な対処が必要である。

これらの問題点の背景には次の事項があるものとする。

1) ネパール政府の資金不足

電磁気探査機、井戸検層器等の調査用機材が全くないか、又は、不足のため、これらに接す

る機会は極めて少ない。解析用の必需品であるパーソナルコンピューターにしても同様である。

2) ネパール国内の地質学の未発達

浅井戸開発に関する資料はGWDBによって、一応整理されているものの、帯水層の水平的な広がりやの検討がなされていない。これには、ネパール国の地質全般が日本国ほど良く知られていなく、特に、地下の帯水層の水平的な広がりを論じる上で、基本的な概念となるテライ平野の第四紀地質構造発達史が良く知られていない。このためには、地質ボーリング（コア採取）を行い、コアの微化石分析や炭素同位体 ^{14}C を作った堆積層の年代決定等も、今後の調査の進展によっては必要になってくるかも知れない。

3) ネパール国内の材料の入手困難

今回の現地調査でも、ネパール側から巻線型ストレーナの捲屈等の井戸仕上げに問題があることが指摘されている。また、ネパール側はあまり問題にしていなかったようであるが、BLGIPで掘さくした深井戸から砂が排出されているのが見られた。

テライ平野の帯水層は水成の堆積岩であり、様々な粒径の粒子を含む。したがって、井戸仕上げ時のケーシング管のまわりに詰める洗い砂利の粒径は厳しい規格が要求される。現地で一定の粒径の範囲に入る材料を入手できるか疑問である。M/P調査では、ストレーナの検討の他に、このような材料を作る機材（フルイ）も必要になるかも知れない。

4) ネパール国内における地形図等入手の困難性

今回の調査では地図類1)～8)を収集した。これらはカトマンドゥ市内の地図屋で購入可能であるが、縮尺が小さく、また、コンターの無いものもある。ワンインチマップ（ONE INCH MAP）は縮尺63,360分の1、50フィートコンター、カラー刷りで、地下水調査の基図になるものであるが、購入には許可が必要である。（品質は劣るが、コピーなら比較的簡単に入手可能であった。）

DOIスタッフの話では空中写真の購入は困難であるが（long procedureを要する）、不可能ではないようである。この点について、今回の調査ではこれ以上の調査は行わなかった。

広い調査地域を効率的に調査をするためには、正確な地図の他、空中写真の入手が望まれるが、時間を要するならば、事前に日本国内で衛星写真を入手しておくことも必要である。

以上の点を考慮して、フェーズⅠ、Ⅱの調査を実施する必要がある。

フェーズⅠでは今回収集した資料の分析、現地では、地形地質の予察の他、既存井の位置の確認（大縮尺地形図にプロット）が必要である。

フェーズⅡでは、モデルとなるように、地下水調査から井戸掘さく、ポンプの設置（揚水試験）までの一連の作業が必要である。特に、深井戸開発については、資料の収集整理、地質資料のないところでのボーリング、試掘井の掘さく、帯水層の分布、水理常数の把握、地下水位観測等十分に調査する必要がある。ちなみに、BLGIPでは、事業の着工までに、80～90本の観測井、調査井が掘さくされ、着工後はほとんど失敗井がない。

また、解析作業はある一定の地域を区切って、開発可能量の検討のため、地下水シミュレーションが必要である。

2. 地下水観測計画

地下水位の時系列観測は水収支解析の基礎資料、地下水開発プロジェクトが着工する以前の地下水位を把握すること等の目的で実施する。前者を目的とすると、浅井戸を対象とした場合、1区域（1つの扇状地）当たり、最低3カ所（扇頂、扇央、扇端）が必要である。深井戸を対象とした場合では、帯水層の広がり、帯水層の枚数等ある程度水理地質構造が知られた段階でしか、観測計画は決められないが、帯水層毎に地下水位を観測する必要があり、浅井戸を対象とした観測に比べ、相当多くなる可能性がある。

M/P調査では解析的作業を実施する区域に限り上記観測網を敷くほか、揚水の条件を検討するため（ヒューガルポンプか深井戸用ポンプか）、広い範囲での自然状態の地下水位変化を粗い観測網で観測する必要がある。

地下水位の空間的な広がりを把握するため、できるだけ短時間のうちにできるだけ多くの地下水位観測地点（既存の井戸等）の水位を計る必要がある。この時期は最も地下水位の低い雨期直前、最も高い雨期直後の2回が望ましい。

水質はDO I関係の井戸の揚水からは特に問題点を見なかったが、BLGIP近くのルンビニ法華ホテルの地下水（深井戸）でカナケの多いと思われる味を感じた。今後畑作に使われるような計画がある場合、問題になる可能性があり、地下水位観測時には、電気伝導度もあわせて測定し、異常な値のものについては化学分析が必要である。

3. 農業水資源開発計画

3-1 ネパールのかんがい開発の方向

ネパールのかんがい開発については、次の4つの長期的目的が示されている。

- 1) 農業とかんがい管理プログラムの組合せを通じた、既かんがい地からの農業生産と利益の増加
- 2) 政府機関の制度的改善と民間部門の最大限の利用を通じた、確実なかんがいの配水効率の改善
- 3) 堅実な技術的、経済的基準にあった中・小規模かんがい事業の実施。かんがい部門の計画に基づいて開発された手順の採用を通じた、事業の確認、設計、建設の過程の改善
- 4) 国内農業生産の増大の手段としてテライにおける新たな大規模かんがい事業の選択と実施。

3-2 調査の基本方針

農業水資源開発計画の策定の準備段階ではあるが、地下水調査の実績に即した開発計画策定が

可能となるよう、次のような点に配慮する必要がある。

- 1) DOIの計画部門との協調。仕事は、地域事務所のスタッフと地方事務所のスタッフの協力等を得ることとなる。
- 2) 低コスト、あるいは集約的投資モデルとして、技術的、経済的なガイドラインの使用
- 3) 高い経済回復への有効性、急速な生産高の上昇、DOIへの比較的低い管理負担を伴う、テライ地下水資源の開発として、支援すべき主要な開発モデルは次のとおり。
 - ① かんがい「最後の」姿として、あるいは表流水計画の樹立より重要な初めての段階としての、天水地域における浅井戸開発
 - ② かんがい受益を全面的に増加するための、既存のかんがい計画の水不足の範囲内での浅井戸開発
 - ③ 主として「大規模事業」モデルに基づく、天水地域における深井戸開発。パイラワ・ルンビニ深井戸事業が、この区分での最も直接的な投資機会に相当する。
 - ④ 表流水の供給を増大するための大規模かんがい事業の深井戸開発

第5章 調査の考え方及び留意事項

1. 調査の考え方

(1) 調査対象地域及び範囲

本調査の対象地域としては、巻頭の調査対象地域位置図に示すとおり次の3地区がフェーズⅠ調査の対象であり、このうちの1地区がフェーズⅡ調査の対象となる。

1) BANKÉ 地区 (BARDIA地区内のBabai川左岸地域を含む)

2) MAHOTARI 地区

3) JIAPA 地区 (Kankaiかんがい事業の受益地を除く)

(2) 調査の実施・管理体制

本調査に対するネパール側の実施機関としては、水資源省かんがい局 (DOI) が担当することとなる。DOIの組織図は付属資料4.の(1)のとおりであり、カトマンズの本局においては、地下水利用部を中心とする関係部が、現地においては、3地区各々を所管する地方かんがい事務所が対応するものと思われる。

一方、水資源省には、地下水開発を専門的に担当する実施機関として地下水開発委員会 (GWDB) が設置されているが (付属資料4.の(2)~(7)参照)、DOIとの業務分担は、形式的には委員会のメンバーにより、実質的にはDOIによりプロジェクト毎にその都度決定されており、本件調査についてはDOI主管ということに決定されている。

GWDBに蓄積されている人材・技術・機材の活用は本件調査の実施に欠かせないものであり、本部・地方事務所からの本調査への積極的支援が望まれる。

なお、DOIにはかんがい技術者のみでなく、担当局次長をはじめとする多数の水理地質技術者がおり、地方事務所には同技術者を中心とする直営のボーリング掘削班もっている。これら職員の充実及びこれまでの地下水調査の歴史と経験からみると、その技術レベルは高いと判断され、日本側からの技術的指導と物質的な支援を与えれば、本調査のカウンターパート機関としては十分な機能を果たし得ると考えられる。

(3) 調査工程

調査工程については、S/Wに添付の実施工程案を基本とするが、調査対象地域が国の中西部、中部、東部の3地区に分散しており、かつ各地区の面積が広く、道路の整備状況が極めて悪いことから、現地調査には相当の困難が予想されるので、効率的で無駄のない作業計画が求められる。

フェーズⅡ調査の現地調査のうち、調査井の掘削作業はボーリング・リグの移動を伴うことから、現地の道路事情に鑑み、雨期の実施は不可能と思われ、乾期、そのなかでも比較的条件のよい12月~3月に実施できるよう全体の工程計画を組む必要がある。

また、農業水利状況の把握については雨期にも実施する必要があり、地下水位観測については雨期の直前・直後の観測が最適である点等も工程計画上考慮すべきポイントである。

(4) 要員計画

本件マスタープラン調査における地下水評価は狭義の地下水調査から、井戸掘削、地下水賦存量の把握、かんがい用水としての評価までを含んでおり、経験豊かな技術者が当たる必要があり、かつ、次のような主要項目を効率よく分担できるように要員計画を検討する必要がある。

- 1) 地下水調査・開発全般の総括
- 2) 物理探査等の調査関係
- 3) 井戸掘削関係（特に沖積世・洪積世の地層での豊富な井戸掘削の経験が必要、また掘削機械・機材の保有状況、パーツ類・工具類等の整備状況の把握も含む）
- 4) 気象・水文及び水理地質解析
- 5) 地下水解析・シュミレーション（帯水層の広がり等の検討・採水可能量の検討等）
- 6) 農業水利関係（農業一般分野を含む）

なお、本件はかんがい用地下水調査であり、これに即した現実的な、例えば1井当たりの採水量が一定量以上あるとか、受益地内にあるか又は受益地までの送水が可能か、動力は電気にするのかディーゼルにするのか等、大まかな経済性の検討も考慮した地下水賦存量の把握ができることが重要であり、要員計画上配慮する必要がある。

(5) 調査用機材

本件調査用の機材として最も大きな制約となり得るものは、井戸掘削関連機材である。DOIは地方（ゾーンレベル）事務所毎に2台程度の掘削機械を所有している由であるが、実際の保有状況、整備状況、パーツ・工具類等の状況については不明である。機種については、現地調査を行ったルンビニゾーン（県）ではアメリカ製のリグ（トラックマウントタイプ）が稼働中であることを確認したが、他に日本製、インド製のリグがあることもDOIからの聴き取りにより判明した。

一方、カトマンズには井戸掘削業者がいるが、掘削のみを専門としているため、今回のような精密・繊細な調査業務には不向きである。

従って、井戸掘削作業においては、DOI所有の機材の活用とともに、国際機関との共同調査に慣れているDOI職員の活用も考慮すべきである。但し、上述のとおり、DOI保有機器の整備状況等については不明であり、パーツ類補充の必要性も高いと考えられるので、掘削に係る材料・燃料等の入手可能性の検討を含め、フェーズI調査の段階で充分調査しておく必要がある。

Jhapa 地区のようにカトマンズ等との連絡手段が無線以外にない場合には Radio Communicationが必要となるが、周波数は 6,850 KHzのものに限られるので注意する必要がある。

なお、DOIにより本調査の実施に必要な機材として日本側にその供与を要請したものは次

のとおりであるが、ネパール側の財政事情に鑑み、先方にその提供を期待するのは極めて困難であり、かつ、現地での借り上げ又は調達の可能性に疑問のあるものが多いことから、必要数を可能な限り日本側で調達することが望まれる。

- 1) 車両
- 2) ボアホール電気検層器
- 3) 地下水位計
- 4) 複写機
- 5) パーソナルコンピューター
- 6) 水質検査用携帯化学分析器

(6) 現地調査コスト

DOIが直営で井戸掘削を行う場合の平均的コストについて聴き取りを行った結果、DOIのリグを用いて径10"/6"、深さ100mの深井戸を10日間で掘削する場合、表-aのとおり、材料費、消耗品費他の掘削経費として約135万円/本、揚水試験費として約25万円/本のコストがかかり、径6"/4"、深さ50mの浅井戸を掘削する場合、表-bのとおり、掘削経費・揚水試験費合わせて約40万円のコストがかかるとの回答を得た。但し、これらのコストは径、深さのみでなくその他の種々の条件によって変わってくるとの由である。

既述のとおり、井戸掘削においてはDOIの機械と人材の活用は不可欠と考えられるが、そのコストについてはネパール側で手当できるとは考え難く、日本側で負担できるよう配慮が望まれる。

また、その他の本件調査の実施に伴い発生する主要なローカルコストについても、調査に支障をきたさないようできる限り日本側で負担する方向での検討が望まれる。

表-a 深井戸掘削コストの例

COST ESTIMATE FOR TUBEWELL CONSTRUCTION OF 10"/6" DIAMETER UP TO DEPTH OF 100 METERS CONSIDERING THE CONSTRUCTION PERIOD AS 10 DAYS. (as of March, 1991)

S.M.	Items	Quantity	Unit	Rate(NRs)	Total Cost(NRs)
1.	Diesel	2665	Liter	10	26,650
2.	Mobil	90	,,	90	8,100
3.	Gear Oil	30	,,	90	2,700
4.	Brake Oil	1.5	,,	90	135
5.	Greese	12	Kilo	250	3,000
6.	Hydraulic Oil	20	Liter	200	4,000
7.	Compressor Oil	10	,,	200	2,000
8.	Kerosene Oil	40	,,	8.50	340
9.	Petrol	50	,,	20	1,000
10.	Bentonite	1	Ton	4,200	4,200
11.	Barite	0.5	,,	8,000	4,000
12.	Polyphosphate	50	Kilo	60	3,000
13.	Cement	7	Bag	200	1,400
14.	Welding Rod	5	Pkt.	360	1,800
15.	Oxygen Gas	1	Cyl.	450	450
16.	Acetylene Gas	0.5	,,	1800	900
17.	Bits (Rock)				
	a. 9.7/8	1	No.	40,000	40,000
	b. 13.3/4	1/4	,,	46,000	11,500
18.	Gravel	260	CFT.	20	5,200
19.	Man Power				
	a. Expert	10	Man Days	95	950
	b. Technician	90	,,	65	5,850
	c. Helper	180	,,	45	8,100
20.	Pipes				
	a. 10" Casing	30	Meter	1625	48,750
	b. 6" Casing	40	,,	815	32,600
	c. 6" Slotted	30	,,	975	29,250
21.	Consumable				
	Spareparts	L. S.			22,750
22.	Machinery				
	Repair & Maint	L. S.			7,500
23.	Consumable Goods	L. S.			4,200
24.	Fittings &				
	Other Accessories	L. S.			5,600
25.	Camping Equipment	L. S.			7,650
Total					292,975
Contingency 5%					14,649
Grand Total					307,624

Source ; Ground Water Resources Development Project, Kathmandu, Nepal

(注) 1 NR (ネパールルピー) ≒ 4.27円 (1991年3月下旬現在)