

国際協力事業団
インド国
水資源省中央地下水機構

インド国
第2次地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成4年9月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル

無調一

CR(2)

92-129

JICA LIBRARY



1101770141

24427

国際協力事業団
インド国
水資源省中央地下水機構

インド国
第2次地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成4年9月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル

国際協力事業団

24423

序 文

日本国政府は、インド国政府の要請に基づき、同国の第2次地下水開発計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成4年7月12日から8月5日まで当事業団国際協力専門員の丸尾祐治を団長とし、パシフィック コンサルタンツ インターナショナルの団員から構成される基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、インド政府関係者と協議を行なうとともに、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。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成4年9月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

今般、インド国における第2次地下水開発計画基本設計調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴事業団との契約により、弊社が、平成4年7月7日より平成4年9月30日までの3ヶ月に亙り実施してまいりました。今回の調査に際しましては、インド国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検討するとともに日本の無償資金協力の枠組に最も適した計画の策定に努めてまいりました。

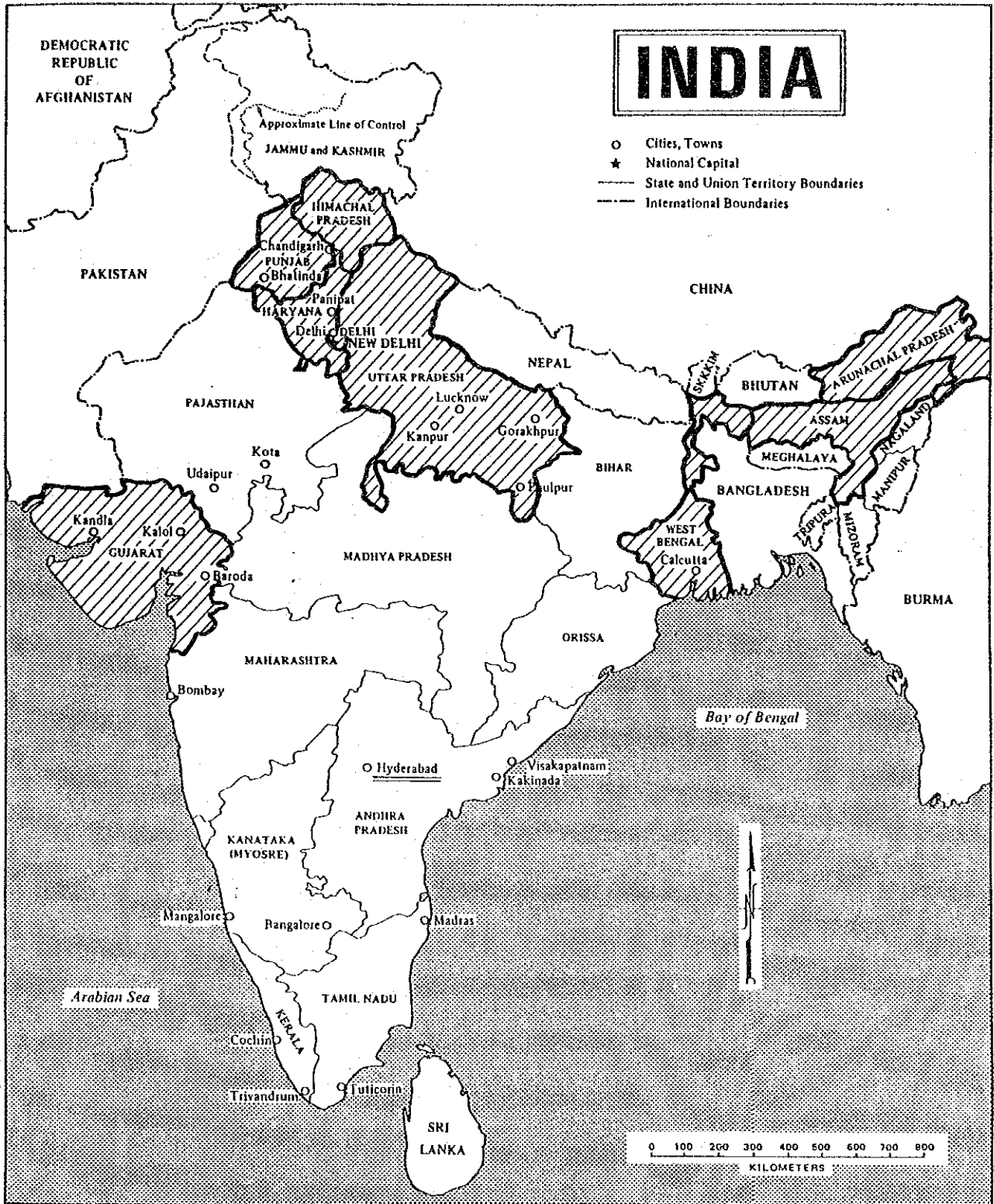
尚、同期間中、貴事業団を始め、外務省関係者には多大のご理解並びにご協力を賜り、お礼を申し上げます。また、インド国においては、水資源省及び中央地下水機構関係者、インド国JICA事務所、インド国日本大使館の貴重な助言とご協力を賜ったことも付け加えさせていただきます。

貴事業団におかれましては、計画の推進に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望致す次第です。

平成4年9月

パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
インド国 第2次地下水開発計画基本設計調査団
業務主任 山崎 安正

計画対象地域図



目次

序文	
伝達状	
計画対象地域図	
目次	i
付表一覧表	v
付図一覧表	vii
略語一覧表	viii
要約	要-1
写真	写-1
第1章 緒論	1-1
第2章 計画の背景	2-1
2.1 インド国の概況	2-1
1) 一般国情	2-1
(1) 国土	2-1
(2) 気候	2-1
(3) 人種	2-2
(4) 言語	2-3
(5) 宗教	2-4
2) 人口	2-5
3) 国民経済・政府財政	2-6
(1) 財政状況	2-6
(2) 物価動向	2-9
(3) 国民所得	2-10
(4) 産業	2-11
(5) 援助動向	2-14
2.2 関連計画の概要	2-15
1) 国家開発計画	2-15
2) 当該地域における開発計画	2-16
2.3 地下水開発事業の概要	2-18
1) 組織及び運営体制	2-18
2) 水需要	2-22
3) 地下水開発事業	2-23
2.4 要請の経緯と内容	2-25
1) 要請の経緯	2-25
2) 要請の内容	2-26
(1) 目的	2-26
(2) 実施機関	2-26
(3) 実施事業内容	2-26
(4) 要請資機材	2-26

第3章 計画対象地域の概要	3-1
3. 1 計画対象地域の位置及び社会経済事情	3-1
1) 位置	3-1
2) 社会経済事情	3-1
(1)人口	3-1
(2)主要産業	3-2
3. 2 自然条件	3-5
1) 気象	3-5
2) 水文	3-8
3) 地形	3-8
4) 地質	3-10
5) 水理地質	3-14
6) 水質	3-16
3. 3 社会環境	3-17
1) 基礎インフラの整備状況	3-17
(1) 鉄道	3-17
(2) 道路	3-17
(3) 航空路	3-19
(4) 電気	3-20
(5) 電話・通信	3-20
(6) 上下水道	3-20
2) 生活環境	3-21
(1) 雇用・所得	3-21
(2) 保健・衛生	3-21
3. 4 既実施地下水開発プロジェクト(フェーズI)の現況	3-23
1) 稼働状況	3-23
2) 維持・管理状況	3-24
第4章 計画の内容	4-1
4. 1 計画の目的	4-1
4. 2 要請内容の検討	4-1
1) 計画の妥当性・必要性の検討	4-1
2) 実施・運営計画の検討	4-6
(1) 実施機関及び運営体制	4-6
(2) 人員・予算計画	4-9
(3) 類似計画及び国際機関の援助計画	4-11
(4) 要請機材の内容	4-13
第5章 基本設計	5-1
5. 1 基本方針	5-1
5. 2 設計条件	5-2
1) 掘削対象地質	5-2
2) 掘削計画	5-2
3) 標準井戸構造	5-2

5. 3	機材計画	5-6
1)	主要機材の選定	5-6
	(1) パーカッション式さく井機及び掘削ツールズ	5-6
	(2) 既調達さく井機用オープンホールツールズ	5-11
	(3) クレーントラック	5-12
	(4) 5トン水中ポンプ	5-12
	(5) 物理探査用機器	5-14
2)	主要機材の仕様	5-17
	(1) ケーブルパーカッション式トラック搭載型 さく井機及びツールズ	5-17
	(2) 既調達さく井機用オープンホールツールズ	5-19
	(3) 5トンクレーントラック	5-20
	(4) 水中ポンプ（揚水試験用装置）	5-21
	(5) 孔内検層器	5-21
	(6) 微流速計	5-22
	(7) 弾性波探査機	5-22
	(8) 深部電気探査器	5-22
	(9) 信号平均処理型電気探査器	5-23
	(10) 極低周波探査器	5-23
	(11) スペアパーツ	5-24
5. 4	事業実施計画	5-31
1)	事業実施体制	5-31
	(1) コンサルタント	5-31
	(2) 契約業者	5-31
2)	事業負担区分	5-31
	(1) 日本側の分担	5-32
	(2) インド側の分担	5-32
3)	技術者派遣計画	5-32
4)	実施スケジュール	5-33
5)	機材の調達	5-35
6)	概算事業費	5-35
5. 5	維持管理計画	5-36
1)	維持管理体制	5-36
	(1) 維持管理計画	5-36
	(2) さく井機・さく井支援機器の維持管理	5-36
2)	維持管理費	5-39
	(1) 積算基準	5-39
	(2) 維持管理費の積算	5-40
3)	維持管理上の問題点及び提言	5-41
第6章	事業の効果と結論	6-1
6. 1	事業の効果と結論	6-1
6. 2	提言	6-2

資料編

1. 調査団の構成	資-1
2. 訪問先及び面会者リスト	資-2
3. 現地調査日程	資-4
4. 協議議事録	資-5

付表一覧表

			頁
表	2.1-1	主要言語別使用人口	2-4
表	2.1-2	宗教別人口	2-4
表	2.1-3	人口(1901 - 1991)	2-5
表	2.1-4	中央及び州政府の財政収支	2-7
表	2.1-5	対米ドル為替レート	2-8
表	2.1-6	消費者物価指数	2-9
表	2.1-7	工場労働者の平均年間賃金	2-10
表	2.1-8	産業別生産指数	2-11
表	2.1-9	主要農産物の生産高	2-12
表	2.1-10	主要輸出品(会計年度4月～3月)	2-13
表	2.1-11	主要援助国の二国間におけるインダの援助額の シェアの推移	2-14
表	2.2-1	第1次～7次計画期の部門別公共支出	2-15
表	2.2-2	玉砂利層の分布面積・掘削本数	2-17
表	2.3-1	C G W Bの保有主要機材一覧表	2-21
表	2.3-2	水需要の推算	2-22
表	2.3-3	地下水による灌漑計画	2-23
表	2.3-4	全国における地下水開発状況	2-24
表	2.4-1	要請内容	2-27
表	3.1-1	計画地域の交通	3-1
表	3.1-2	計画対象地域の人口	3-2
表	3.2-1	気温及び降水量(1931 - 1960)	3-5
表	3.2-2	簡易水質分析の結果	3-16
表	3.3-1	部門別就業者構成(84/85年)	3-21
表	4.2-1	物理探査用機器一覧	4-5
表	4.2-2	地下水供給可能量(1年)	4-6
表	4.2-3	地下水開発量(掘削計画終了後)	4-6
表	4.2-4	C G W Bの職員構成	4-9
表	4.2-5	C G W Bの予算	4-10
表	4.2-6	井戸の区分とコスト回収額	4-10

表 4.2-7	外国からの援助	4-11
表 4.2-8	外国援助によるさく井機	4-13
表 5.2-1	井戸タイプ別ビットサイズ表	5-3
表 5.3-1	既調達済オープンホールツールズとの対比表	5-26
表 5.4-1	プロジェクト実施計画工程表	5-34
表 5.5-1	第Ⅱ建設事務所のさく井機リスト	5-38

付図一覧表

		頁
図 2.1-1	夏季及び冬季のモンスーン	2-2
図 2.1-2	1991 - 1992のインフレ率	2-9
図 2.3-1	中央地下水機構 (CGWB) の組織図	2-20
図 3.2-1	気候区分図	3-6
図 3.2-2	気温分布図	3-6
図 3.2-3	降水量分布図	3-7
図 3.2-4	ヒマラヤ地域の地形断面図	3-9
図 3.2-5	インドの地質図	3-10
図 3.2-6	ヒマラヤ地域の地質断面図	3-11
図 3.2-7	玉砂利層の分布図	3-13
図 3.2-8	ネパール国テライ平原の模式水理地質断面図	3-15
図 3.3-1	鉄道路線図	3-18
図 3.3-2	主要道路網図	3-18
図 3.3-3	航空路線図	3-19
図 4.2-1	CGWB地方建設事務所組織図	4-8
図 4.2-2	既実施援助プロジェクト対象地域図	4-12
図 5.2-1	25' x 20' 口径井戸構造図	5-4
図 5.2-2	20' x 16' 口径井戸構造図	5-5
図 5.3-1	掘削工程とツールズ	5-8
図 5.3-2	揚水試験用装置模式図	5-13
図 5.5-1	倉庫部門組織図	5-37
図 5.5-2	ワークショップ部門組織図	5-37

略語一覽表

CGWB	: Central Ground Water Board	中央地下水機構
JICA	: Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MWR	: Ministry of Water Resources	水資源省
E/N	: Exchange of Notes	交換公文
HFT	: Himalayan Frontal Thrust	ヒマラヤ前縁衝上断層
MBT	: Main Boundary Thrust	主境界衝上断層
MCT	: Main Central Thrust	主中央衝上断層
DTW	: Deep Tube Well	深井戸
STW	: Shallow Tube Well	浅井戸
VLF	: Very Low Frequency	極低周波
UNDP	: United Nations Development Programme	国連開発計画
CIDA	: Canada International Development Agency	カナダ国際開発庁
SIDA	: Swedish International Development Agency	スウェーデン国際開発庁
DR	: Direct Rotary	ダイレクトロータリー
DTH	: Down the Hole	ダウン・ザ・ホール
PC	: Percussion	パーカッション
CRT	: Cathode Ray Tube	キャラクターディスプレイ
IFP	: Instantaneous Floating Point Amplifier	浮動小数点方式増幅器
AGC	: Automatic Gain Control	自動利得調整
GVW	: Gross Vehicles Weight	車輛総重量
DIA	: Diameter	直径
2DD	: Double Sided Double Density	両面倍密度

要 約

要 約

インド国は北半球の北緯 8° 04' ~ 37° 06'、東経 68° 07' ~ 97° 25' に位置している。面積は 3,287,263km²、人口は約 8億 4千万人（1991年現在）である。気候は雨季とそれ以外の季節に明瞭に区分される。年間降水量は計画対象地域のうち西部で約 1,300mm、東部で 5,000mm以上に及んでいる。

計画対象地域であるインド北部地域は雨季には十分な降水量があるが、他の期間にはほとんど雨が降らず河川の大半は枯れ川となる。このため、飲料水の 80%、灌漑用水の 50% は地下水に頼らざるを得ない。しかしながら、同地域には巨礫を含む玉砂利層が分布するため中央地下水機構（CGWB）所有のさく井機では掘削が困難で、地下水開発は大幅に遅れている。

インド政府はこれらの地域の開発を重点課題の一つとし、玉砂利層の掘削が可能なパーカッション式さく井機及び探査用機器の調達にかかる無償資金協力を日本政府へ要請した。日本政府はこの要請に対し、1989・1990年度にわたりさく井機 4台及び探査機器調達に関する無償資金協力援助を実施した。

今回（1992年 1月）の要請は前回の要請に続き、計画対象地域の開発を一層促進するために成されたもので、パーカッション式さく井機 3台及び探査機器調達にかかる無償資金協力を内容としている。このうち、さく井機は玉砂利層の掘削に充当される計画であり、探査用機器は計画対象地域の他、hard rock areaにおいても必要において充当される計画となっている。

要請内容は 1992年 7月に一部変更された。変更内容は従来インド側が採用していたケースド工法による掘削方法をオープンホール工法へと変更する方針を打出したことによるものである。これは、ケースド工法は掘削効率が悪いのに対し、オープン工法は掘削効率が良く大幅な工期短縮及びコストの削減が可能であることが判明したためである。その背景としては、日本から調達されたさく井機を用いたオープンホール工法により、300mの玉砂利層をわずか 3ヶ月で掘削するという成果をあげたという事実がある。

相手国側実施機関である CGWB は日本製のさく井機による井戸掘削を通して、通年にわたり枯渇しない安全な飲料水を供給すること及び灌漑用水を供給することを掘削計画の目的としている。

日本政府は、この要請に対して基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団が1992年7月12日から8月5日まで基本設計調査団をインドへ派遣した。

調査団は、要請にかかわる背景・計画内容を把握し、日本国政府の無償資金協力案件としての本掘削計画の妥当性を検討し、その最適な内容・規模を決定するために、現地調査及びインド国政府関係者との協議を行った。これらの現地調査・協議で確認された基本的合意事項は協議議事録としてまとめられ、1992年8月4日、インド国政府関係者及び基本設計調査団の代表者により署名された。これら現地調査の結果に基づいて国内解析が行われた。

現地調査結果、インド国側との協議及び国内解析結果から、以下のようなCGWBの掘削計画の基本事項が判明した。

- (1) 計画対象地域は年間1,300mm～5,000mm以上の降水量があるが、降水のほとんどは雨季に集中しているため、雨季以外は表流水の利用ができず、地下水への依存度が極めて高い。
- (2) 計画対象地域の地下水は、玉砂利層中に賦存しており、2,000m³/日程度の揚水量が期待できる
- (3) 相手国側実施機関は水資源省管轄下のCGWBである。CGWBは水理地質調査部門及びさく井建設部門から構成され、各々全国に12ヶ所・14ヶか所の地方事務所を有している。
- (4) CGWBは玉砂利層の分布地域(面積約121,000km²)について、2005年迄の13年間に125km²に1本の割合で掘削を実施する計画となっている。この計画に従うと、掘削予定井戸数は968本であるが、このうち200本は既に掘削済みであるため残り768本が計画掘削本数である。したがって、1年間に約60本の井戸が掘削されることになる。
- (5) 既調達資機材はさく井建設部門の第Ⅱ・第Ⅲ建設事務所に配置されている。各建設事務所はスペアパーツの倉庫・修理工場を有し、適切に維持・管理が行われている。このため、本無償資金協力による機材調達後の維持管理体制に支障は無い。
- (6) CGWBは諸外国・国際機関からの援助を受けているが、そのいずれも本計画と競合・重複することは無い。

(7) 本掘削計画を実施するCGWBの予算及び人員は計画に応じた順調な伸長を示しており、計画を適切に遂行する体制が整っている。

以上の基本事項を踏まえ、CGWBの掘削計画の内容を検討し、最適な基本設計を行った。

なお、CGWBの掘削計画には当初計画対象地域以外の地域が含まれていたこと、及びさく井機の掘削能力の評価方法に疑問点があったことから、CGWB側と協議し、再検討を行った。その結果、再検討された掘削計画及びこれに要する資機材調達計画は妥当なものであると判断した。

本計画は通年にわたり枯渇の心配のない安全な飲料水を供給すること、及び灌漑により農業生産の増大を図り、地方村落部の民生の安定と社会条件を改善することを目的に、CGWB掘削計画の推進に必要なさく井機材・物理探査機材調達のための無償資金協力を行うものである。

本掘削計画の実施機関は水資源省(MWR)であり、それに属する中央地下水機構(CGWB)が担当する。

本掘削計画の諸元は次の通りである。

－ 目標年次	2005年
－ 計画対象地域	Gujarat州他北部地域 121,000km ²
－ 掘削計画本数	768本
－ 1本当たり揚水量	1,458m ³ (1日12時間運転) 2,187m ³ (1日18時間運転)
－ 給水人口	5,054,000人 (1日12時間運転) 7,582,000人 (1日18時間運転)
－ 灌漑面積	16,604ha (1日12時間運転) 24,906ha (1日18時間運転)

フェーズIにて既に調達された資機材に加え、本掘削計画を実施する為に今回新たに必要となる機材の概要は次の通りである。

－ パーカッション式さく井機及びツールス	3式
－ 既調達さく井機用オープンホールツールス (3台分)	1式

- 5トンクレーントラック 3台
- 水中ポンプ 3セット
- 孔内検層器 4セット
- 微流速計 4セット
- 弾性波探査器 1セット
- 深部電気探査器 1セット
- 信号平均処理型電気探査器 1セット
- 極低周波探査器 1セット
- スペアパーツ 1式

本プロジェクトの工程は、業者との契約後、機材の調達に約 6ヶ月、輸送に約 2ヶ月が見込まれる。

本プロジェクトにより日本から機材の調達が行われた場合、CGWBの掘削計画終了年次の 2005年には飲料水・灌漑用水について次のような供給が可能となる。なお、飲料水と灌漑用水の比率は 2:8とする。()内には日本製さく井機による掘削分を示す。

ポンプ運転時間	12時間	18時間
飲料水供給量 (x 1000m ³)	83,019 (55,346)	124,528 (83,019)
飲料水供給人口 (x 千人)	5,054 (3,369)	7,582 (5,055)
灌漑水量 (x 1000m ³)	332,074 (221,383)	498,111 (332,074)
灌漑面積 (ha)	16,604 (11,069)	24,906 (16,604)

CGWBは調達機材の維持管理体制・能力を有するが、物理探査機材については、維持管理に関する技術指導が必要である。また、掘削工法をケースドホール工法からオープンホール工法へと変更するのに伴い、掘削技術の指導を行う必要があると考える。

本プロジェクトに必要な事業費は、日本側負担分 10.06億円と見積られ、インド側負担分は無い(調達にかかる手続き費用は除く。)

CGWBの掘削計画の実施により得られる直接的な効果は、安全で枯渇しない飲料水の供給が出来ること、及び灌漑用水を供給することにより、渇水被害を最小限におさえる一助になるとともに農業生産の増大をはかることができることである。

以上のことから、本プロジェクトを日本の無償資金協力として実施することは必要であり、十分な妥当性を有すると判断できる。



乾季の水不足により耕作
出来なくなった農地

[Himachal Pradesh州]



乾季には水が全く涸れて
しまう河川

[Haryana州]



計画対象地域に広く分布
する玉石層

(Boulder Formation)

[Himachal Pradesh州]



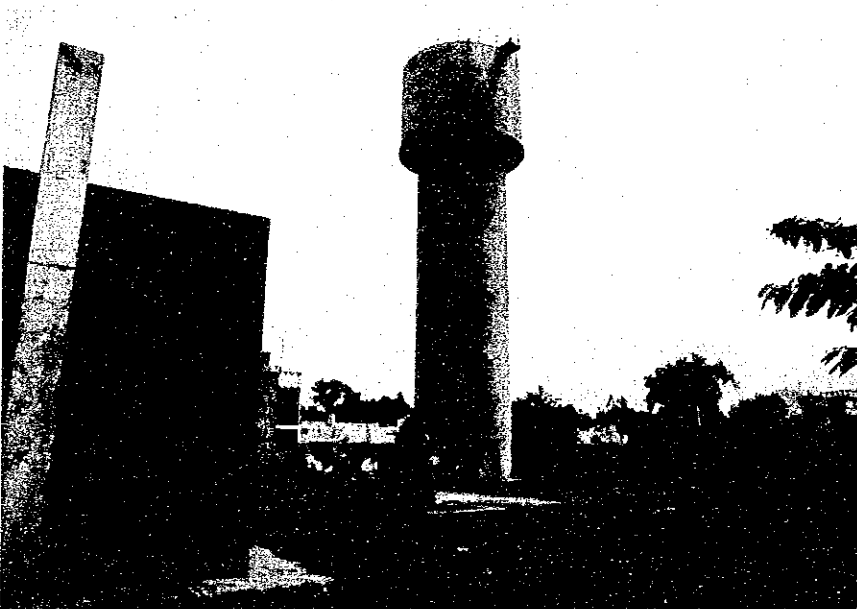
ガンジス川よりの灌漑用水
で乾季中でも作物の出来る
計画対象地外の農地

[Uttar Pradesh州]



CGWBにより井戸掘削後、
州政府に移管され市の水道
となった施設

[Ambala市内]



同上給水タンク

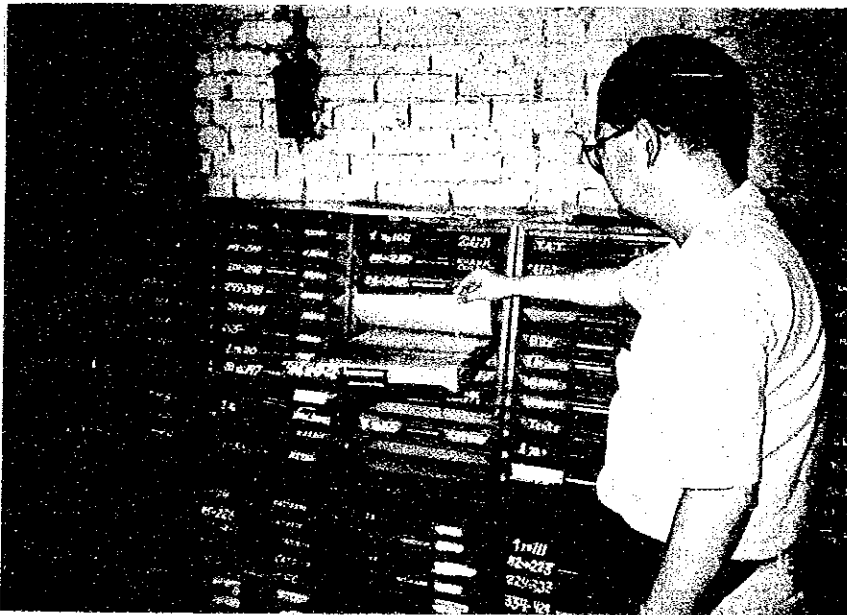
[Ambala市内]



Phase-1にて供与された機材
のスペアパーツの保管状況

CGWB第II建設事務所倉庫

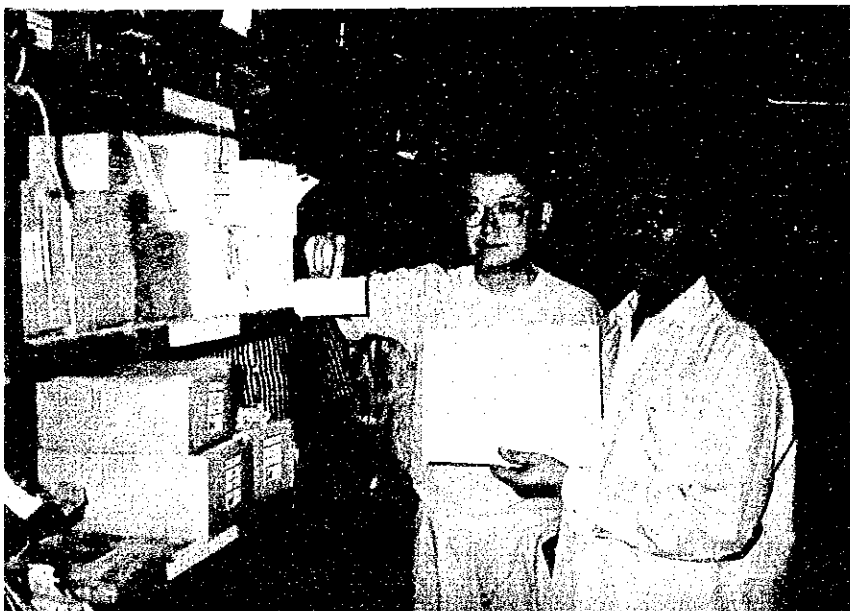
[Ambala市]



スペアパーツの管理カード

同上倉庫内

[Ambala市]



スペアパーツの管理状況

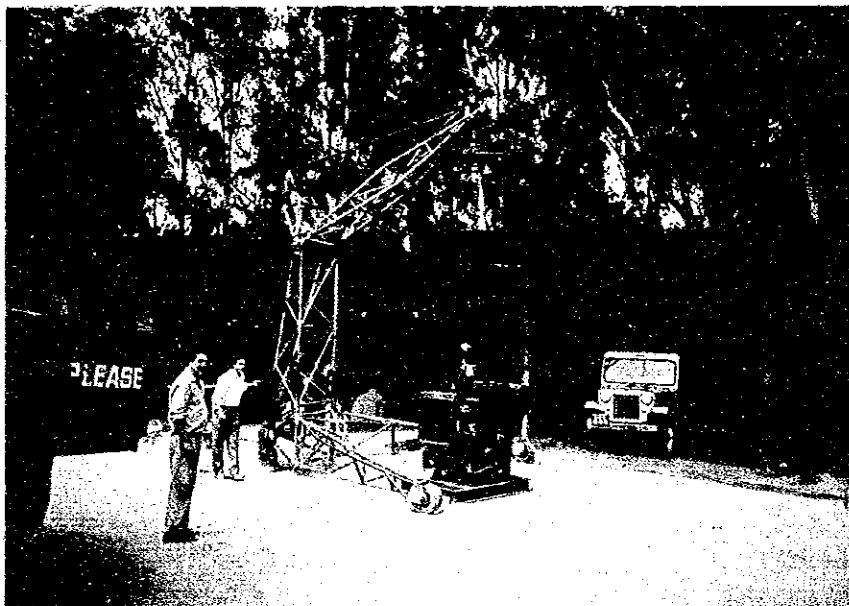
CGWB第III建設事務所倉
庫

[Varanashi市]



第II建設事務所のワークシ
ョップ内部

[Ambala市]



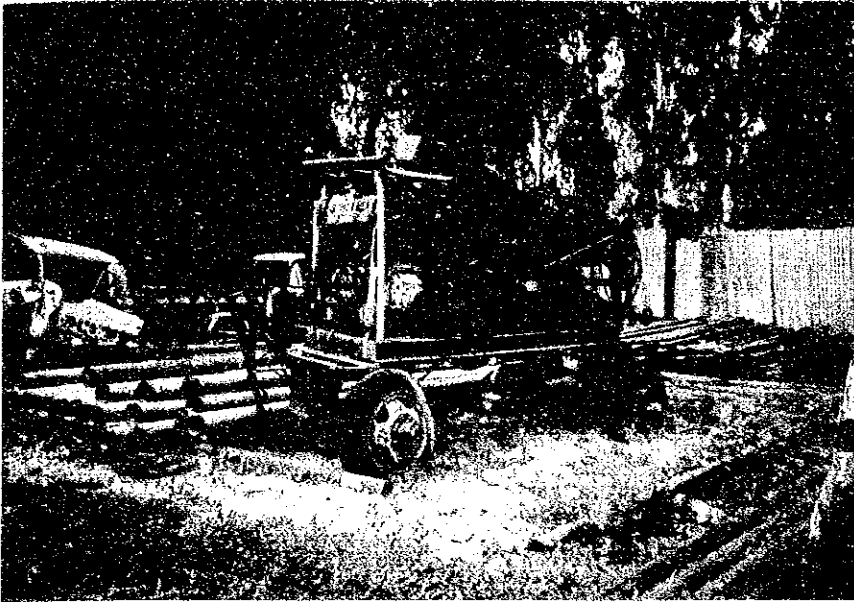
同上ワークシヨップ全景

[Ambala市]



Phase-1にて供与された
さく井機のために、CGWB
で作成した給水車。
各さく域に配備している。

[Ambala市]



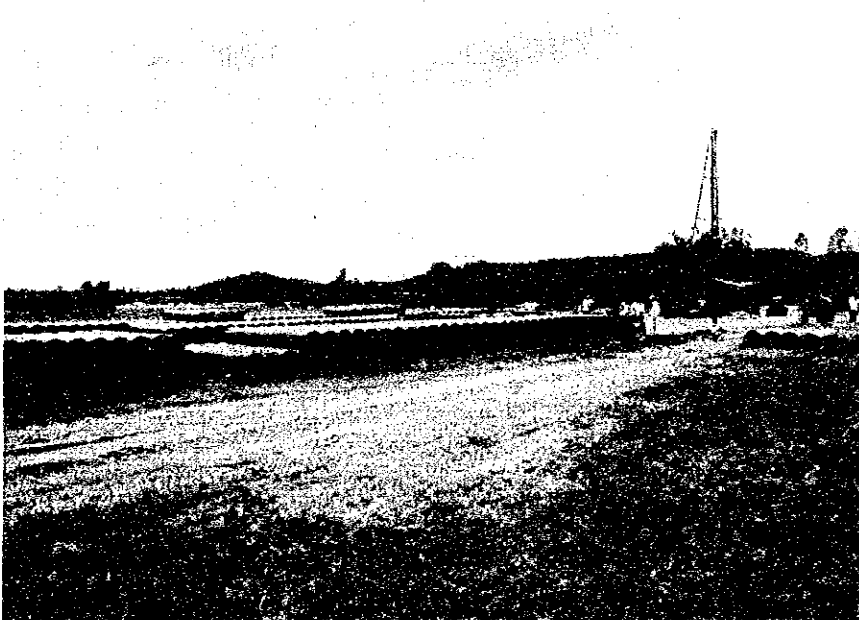
第II建設事務所ストック
ヤード老朽化して使用不
可能なパークッションタ
イプさく井機

[Ambala市]



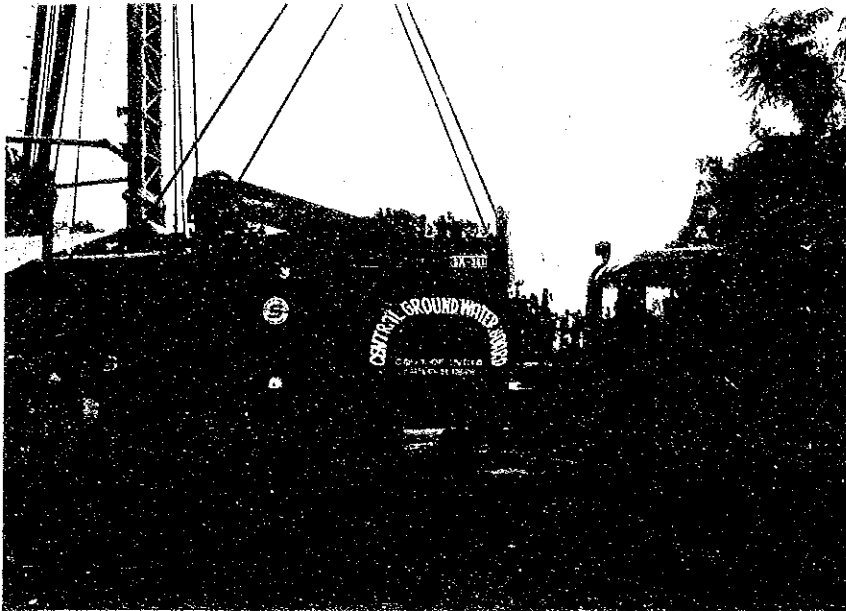
第II建設事務所ストック
ヤード、Phase-1にて供
与された掘削ツールス

[Ambala市]



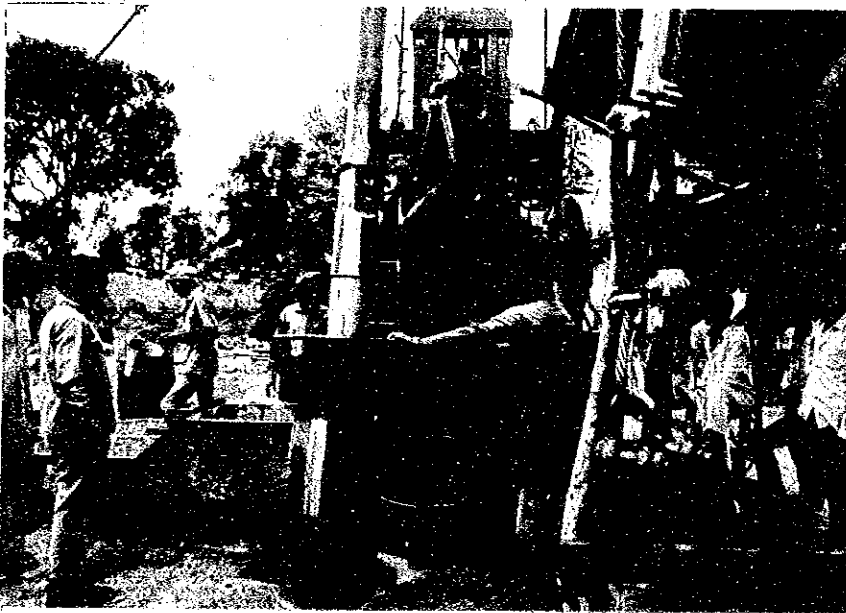
Phase-1にて供与されたケ
ースド工法用ツールス（ド
ライブ・ケーシング）のス
トック状況

[Paonta Sahib]



Phase-1にて供与された
さく井機

[Paonta Sahib]



掘削中の供与さく井機

[Paonta Sahib]



ケースド工法により掘削
中、玉石のため破損した
ドライブ・ケーシング

[Paonta Sahib]

第1章 緒論

第1章 緒 論

インド国政府は、同国のうち開発が遅れている北部のヒマラヤ山麓地域を中心とした地域の開発を促進するため、地下水開発による農村社会基盤整備を図る必要があり、1988年、これに対応した井戸掘削資機材や関連する探査機材の無償資金協力を我が国に対して要請してきた。この要請を受けて、我が国政府は1989・1990年度に掘削リグ4台及び調査用資機材調達にかかる無償資金協力を実施した。

今回、インド国政府は同地域の遅れている地下水開発の促進に必要な掘削リグ及び探査資機材調達のための無償資金協力を再度要請してきた。

日本国政府はこの要請に対し基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が調査団を派遣した。調査団は同事業団国際協力専門員 丸尾祐治を団長とし、平成4年7月12日から同年8月5日までの25日間にわたり、相手国政府関係者との協議を行なうとともに現地踏査を実施した。

調査団は、インド国政府関係者との協議、計画対象地域の現地調査及び関連資料収集を通じて、要請の背景、計画目的及び内容、給水事情等、本基本設計に必要な調査を行った。現地調査及びインド国政府関係者との協議の結果得られた基本的合意事項は議事録としてまとめられ、平成4年8月4日に、丸尾祐治団長とインド国政府水資源省所管中央地下水機構（CGWB）理事長 Dr. R. K. Prasadとの間で署名交換が行なわれた。

調査団は、現地調査の結果をふまえて国内解析を実施し、CGWBの掘削計画の妥当性、内容、調達資機材、実施計画を検討し、その結果を本報告書にとりまとめた。

調査団の構成・調査日程・相手国関係者リスト及び協議議事録等は資料編として巻末に添付した。

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 インド国の概況

1) 一般国情

(1) 国土

インド国は3,287,263km²の面積を有し、その範囲は北のヒマヤラ山脈から南の熱帯雨林まで及んでいる。全体が北半球に位置し、北緯 37.6°~80.4°、東経 67.7°~97.25° の範囲にある。国土の広がりは南北 3,214km、東西 2,933kmである。また、インドは山脈と海によって他のアジア諸国と隔てられている。北側を大ヒマラヤと接し北回帰線付近からインド洋へ向って細くなり、東をベンガル湾、西をアラビア海に接している。

その国境は、15,200kmの長さを持つ。海岸線の長さは Lakshadweep諸島及び Andaman・Nicobar諸島を含めて7,516.6kmである。

(2) 気候

インドの気候は熱帯モンスーン型である。その季節は、冬季（1月-2月）・夏季（3月-5月）・雨季（南西モンスーン季：6月-9月）・後モンスーン季（10月-12月）に区分される。この他南部地域では北東モンスーン季（10月-12月）が認められている。インドの気候は2つの季節風（北東モンスーン及び南西モンスーン）によって影響を受けている。北東モンスーンは冬季に陸から海へ向って吹く季節風であり、これに対し南西モンスーンはインド洋・アラビア海・ベンガル湾を渡り海から陸へ向って吹く夏の季節風である。南西モンスーンは年間の降水量の大部分をもたらす。図 2.1-1 にモンスーンの図を示す。

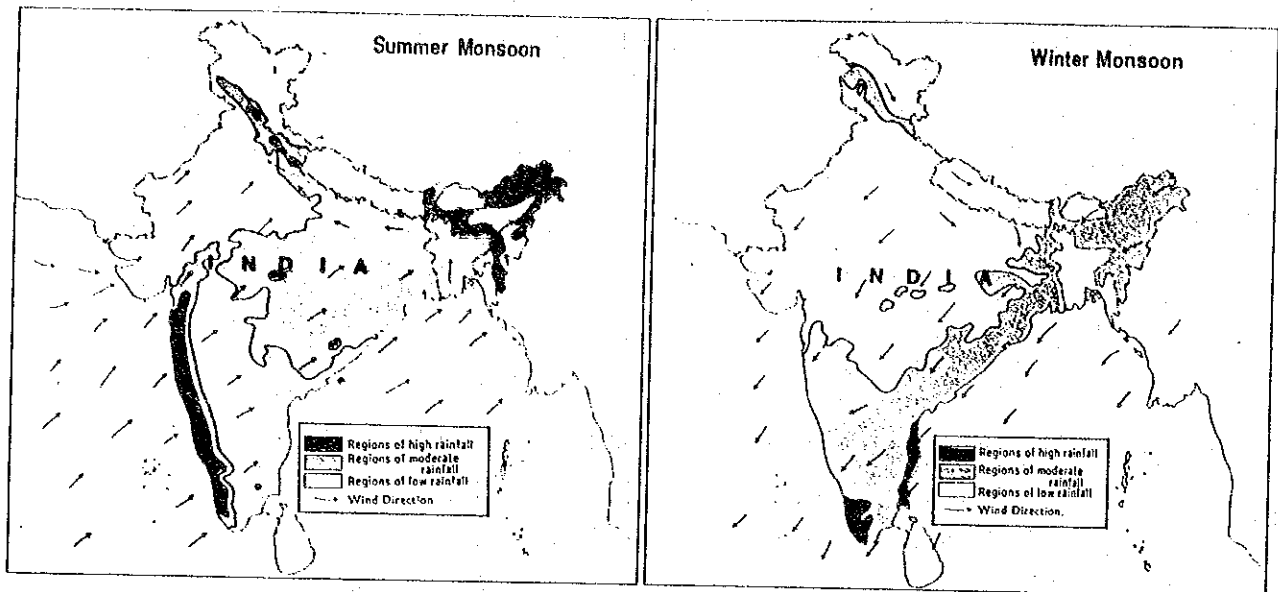


図 2.1-1 夏季及び冬季のモンスーン

(3) 人 種

インドの人種は次の6つの主要な人種から構成される。

- i) Negrito
- ii) Proto-Australoids or Austriacs
- iii) Mongoloids
- iv) Mediterranean or Dravidian
- v) Western Brachycephals
- vi) Nordic Aryans

Bradycephalic Negroidsはアフリカからインドへ来た最古の人種である。この人種は南インドの丘陵地に点在しているのみで、インドの人口からすれば極めて少ない存在である。

Proto-Australoids or Austriacsは縮れ毛 (wavy hair) を持った人種で褐色の体をしている。

インドのAustriacsは中背で褐色 (あるいは黒色) の体をした人種の代表である。この人種は全インドへ広がり、ビルマ・マラヤや東南アジアの島々

へも及んでいる。また、この人種はインドの文化の基礎を作った人々であり、米作や野菜の栽培を行ない、さとうきびから砂糖を作った。

DravidiansはAsia MinorやギリシャのCrete やpre-Hellenic Aegeansと同族であると見られる。この人種はインダス河沿いに都市文化を築き上げた人種と見なされており、その遺跡は Mohengo-daro・Harappa及びその他のインドの都市に見い出される。

Mongoloidsはインドの北東部であるAssam・Naga;and等に止っている。この人種は黄色であり、Oblique eyes・高い頬骨を持ち、中背である。

Nordic AryanはIndo-Iraninsの支族であり、約5000年前に中央アジアを離れ Mesopotamia に数世紀の文明の築いた人種である。インドへは紀元前2000年から1500年の間に到達している。

(4) 言 語

インドでは公用語として採用されたものが15言語ある。1961年及び1971年のセンサスでは1652の言語が話されているとされている。インドの言語は次の6つに大別できる。

- i) Negroids
- ii) Austrics
- iii) Sino-Tibetan
- iv) Dravidian
- v) Indo-Aryan
- vi) その他

表2.1-1 に主要な言語を使用している人口を示す。

表 2.1-1 主要言語使用人口 (1971-1981)

(単位：10万人)

言語名	人口		%	
	1971	1981	1971	1981
Hindi	208.5	264.2	38.0	39.9
Bengali	44.8	51.5	8.2	7.8
Telugu	44.7	54.2	8.1	8.2
Marathi	41.8	49.6	7.6	7.5
Tamil	37.7	44.7	6.9	6.8
Urdu	28.6	35.3	5.2	5.3
Gujarati	28.9	33.2	5.3	5.0
Malayalam	21.9	26.0	4.0	3.9
Kannada	21.7	26.9	3.9	4.1
Oriya	19.9	22.9	3.6	3.5
Punjabi	14.1	18.6	2.6	2.8
Assamese	8.9	-	1.6	-
Sindhi	1.7	1.9	0.3	0.3
Kashimiri	2.5	3.2	0.5	0.5

出典：Census of India 1971 and 1981

注：1981年のデータにはAssamを含まない

(5) 宗 教

インドにおける主要な宗教はヒンズー教・回教・キリスト教・シーク教・仏教・ジャイナ教・ゾロアスター教である。このうちで、ヒンズー教が大半で全体の80%を占めている。最後の2者は宗教としての人口は少ないが他の方面での重要性を持っている。

表 2.1-2 宗教別人口

(単位：百万人)

宗教名	1961		1971		1981	
	人口	%	人口	%	人口	%
Hindus	366.5	83.5	453.3	82.7	549.8	82.6
Muslims	46.9	10.7	61.4	11.2	75.5	11.4
Christians	10.7	2.4	14.2	2.6	16.2	2.4
Sikhs	7.8	1.8	10.4	1.9	13.1	2.0
Buddhists	3.2	0.7	3.8	0.7	4.7	0.7
Jains	2.0	0.5	2.6	0.5	3.2	0.5
Others	1.5	0.3	2.2	0.4	2.8	0.4
Total	439.2	100.0	548.2	100.0	665.3	100.0

出典：Census of India, 1981

注：1981年のデータにはAssamを含まない

2) 人 口

インドの人口は1991年3月1日現在で843.93百万人（男性437.60百万人・女性406.33百万人）である。この数は、世界第2位であり全世界人口の16%を占める。しかしながら国土は全世界の2.42%でしかない。1901年のセンサス開始以来、1911-1921年を除いて人口は着実に増加している。1981-1991年の統計では160.6百万人が増加している。表2.1-3 に1901年からのセンサスの結果を示す。

表 2.1-3 人 口 (1901-1991)

年	人口 (人)	10年間の増加率 (%)	年間平均増加率 (%)	1901年を基準とした増加率 (%)
1901	238,396,327	—	—	—
1911	252,093,390	5.75	0.56	5.75
1921	251,321,213	-0.31	-0.03	5.42
1931	278,977,238	11.00	1.04	17.02
1941	318,660,580	14.22	1.33	33.67
1951	361,088,090	13.31	1.25	51.47
1961	439,234,771	21.51	1.96	84.25
1971	548,159,652	24.80	2.20	129.94
1981	683,329,097	24.66	2.22	186.64
1991	843,930,861	23.50	2.11	254.00

1901年のセンサス開始時には238.40百万人であった人口は、90年後の1991年には843.93百万人へと3.54倍の増加を示している。この結果、人口密度は1901年に77人/km²であったものが1991年には267人/km²へと急増している。

3) 国民経済・政府財政

(1) 財政状況

インドにおける経済は、国内経済への依存度の高さ、経済政策の影響の大きさ、貧困層の多さといった基本的特徴を持つ。

インドは人口8億人以上を抱え、天然資源を豊富に持つ大国経済である。こうした資源の豊富さと国内需要の大きさを反映し、同国の経済は国内経済の動向に大きく支配され、かつ海外への依存度が低くなっている。インドでは長期にわたって計画経済が実施されており、これが経済に与える影響は極めて大きい。

また、1985年の世界人口における貧困者は10億人以上と推定されているが、インドはその40%を占めていた。1989年においても3.2億人の貧困人口が存在する。

表2.1-4 に中央政府・州政府の財政収支を示す。1989-1990の経常収入は89,678千万ルピーであるのに対し、経常支出は100,504千万ルピーとなっており、10,826千万ルピーの経常赤字となっている。

表 2.1-4 中央および州政府の財政収支

(単位: 千万ルピー)

	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89*	89/90**
經常収入	23,853 (17.5)	28,881 (18.1)	33,086 (18.6)	36,959 (17.9)	42,933 (18.6)	51,011 (19.4)	58,433 (19.9)	66,839 (20.1)	76,962 (19.7)	89,678 (20.3)
税金	19,843 (14.6)	24,141 (15.1)	27,242 (15.3)	31,526 (15.2)	35,813 (15.5)	43,267 (16.5)	49,541 (16.9)	56,975 (17.1)	65,443 (16.7)	76,040 (17.2)
税金外	3,992 (2.9)	4,740 (3.0)	5,843 (3.3)	5,432 (2.6)	7,120 (3.1)	7,743 (2.9)	8,892 (3.0)	9,864 (3.0)	11,519 (2.9)	13,637 (3.1)
經常支出	23,711 (9.1)	27,864 (8.9)	33,451 (9.0)	39,139 (9.9)	47,329 (9.9)	56,031 (9.9)	66,189 (10.4)	77,014 (10.9)	90,077 (23.0)	100,504 (22.8)
非開発	11,405 (8.4)	14,544 (9.1)	17,613 (9.9)	20,583 (10.0)	24,395 (10.6)	30,046 (11.4)	35,714 (12.2)	40,775 (12.3)	47,695 (12.2)	53,627 (12.1)
開発	124 (0.1)	13,320 (8.4)	15,838 (8.9)	18,556 (9.0)	22,934 (9.9)	25,985 (9.9)	30,475 (10.4)	36,239 (10.9)	42,382 (10.8)	46,877 (10.6)
純經常収支	11,134 (8.2)	1,017 (0.6)	-365 (-0.2)	-2,180 (-1.1)	-4,396 (-1.9)	-5,020 (-1.9)	-7,756 (-2.6)	-10,175 (-3.1)	-13,115 (-3.4)	-10,826 (-2.5)
資本支出	7,560 (4.6)	11,778 (7.4)	12,647 (7.1)	14,717 (7.1)	17,975 (7.8)	19,428 (7.4)	24,103 (8.2)	23,235 (7.0)	26,242 (6.7)	28,109 (6.4)
借入	1,275 (0.9)	8,242 (5.2)	10,662 (6.0)	14,762 (7.1)	17,265 (7.5)	21,009 (8.0)	22,709 (7.7)	27,966 (8.4)	30,504 (7.8)	30,730 (7.0)
国内調達 (RBI外)	3,450 (2.5)	7,244 (4.5)	9,390 (5.3)	13,385 (6.5)	15,917 (6.9)	19,394 (8.0)	21,131 (7.2)	24,818 (7.5)	26,904 (6.9)	27,488 (6.2)
国内調達	1,275 (0.9)	998 (0.6)	1,272 (0.7)	1,378 (0.7)	1,348 (0.6)	1,615 (0.6)	1,578 (0.5)	3,088 (0.9)	3,600 (0.9)	3,242 (0.7)
財政赤字 (RBI借入)	3,450 (2.5)	2,519 (1.6)	2,350 (1.3)	2,135 (1.0)	5,106 (2.2)	3,439 (1.3)	9,150 (3.1)	5,504 (1.7)	8,853 (2.3)	8,206 (1.9)

注: * 推定値。 ** 世界銀行による推定値。
出所: 世界銀行資料。

表 2.1-5に對米ドル為替レートの變化を示す。

表 2.1-5 對米ドル為替レート

年 度	ルピー／ドル
1982	9.628
1983	10.099
1984	11.363
1985	12.369
1986	12.611
1987	12.962
1988	13.917
1989	16.226
1990	17.504
1991.7	28.354
1992.8	27.91

(2) 物価動向

表2.1-6 に1960年を100とした消費者物価を示す。物価は1980年以降毎年30%以上の上昇を示しており、1988年には1960年の6倍以上の物価に達していた。しかしながら、1992年7月におけるインフレ率は対前年同月比で11.10%へと減少した。これを図2.1-2 に示す。

表 2.1-6 消費者物価指数

年	Bombay	Calcutta	Madras	Delhi/New Delhi	全インド
1970-71	168	170	175	174	174
1971-72	172	174	188	180	180
1972-73	183	180	203	190	192
1973-74	204	204	231	217	221
1974-75	241	238	291	262	270
1975-76	246	243	306	273	277
1976-77	255	251	294	274	277
1977-78	269	265	311	288	296
1978-79	285	279	321	303	306
1979-80	315	297	350	321	330
1980-81	347	331	390	352	369
1981-82	393	367	439	395	413
1982-83	440	384	470	428	446
1983-84	493	418	531	468	492
1984-85	538	451	577	508	532
1985-86	568	481	611	551	568
1986-87	612	530	671	597	613
1987-88	666	562	736	645	656
1988-89	130	135	141	135	136
1989-90	139	146	152	143	145

注：1986年以降は1984-1985を100とする

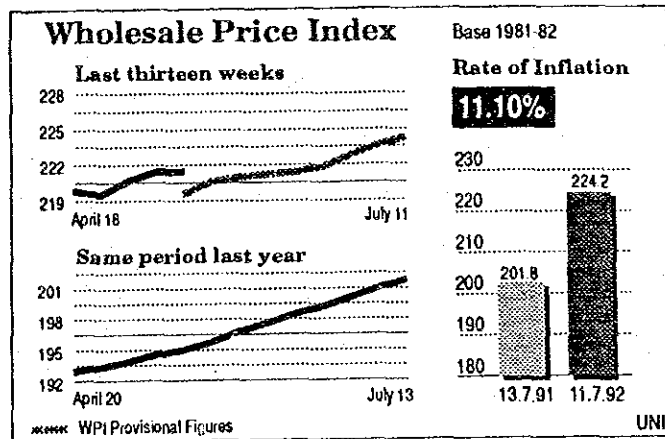


図 2.1-2 1991-1992のインフレ率

(3) 国民所得

1988年度におけるGNPは全体で3,462,770百万ルピーで、年間18.7%の成長であった。これを1人当りにすると、3,835ルピーとなる。

表2.1-7には各州における工場労働者の平均年間賃金を示す。

表 2.1-7 工場労働者の平均年間賃金

州/連邦直轄地	1982	1983	1984	1985	1986
Andhra Pradesh	7,174	7,123	6,660	8,409	7,774
Assam	3,999	6,384	7,545	10,566	5,725
Bihar	5,277	7,861	7,231	6,880	6,720
Gujarat	7,505	9,502	9,482	8,760	NA
Haryana	7,544	8,320	8,713	10,827	11,695
Himachal Pradesh	6,334	7,146	7,146	7,146	NA
Jammu and Kashmir	5,157	5,437	5,429	5,429	NA
Karnataka	14,301	NA	NA	NA	NA
Kerala	8,192	7,903	9,324	9,149	7,812
Madhya Pradesh	8,972	9,318	11,291	12,618	NA
Maharashtra	7,280	8,376	10,673	12,730	12,269
Manipur	-	4,265	5,719	1,783	NA
Nagaland	-	17,698	13,208	9,847	8,881
Orissa	8,445	10,466	10,281	12,283	12,848
Punjab	6,456	9,638	7,498	9,261	10,337
Rajasthan	7,830	8,683	8,816	11,117	11,254
Tamil Nadu	7,189	7,840	9,627	9,482	9,140
Tripura	2,454	2,440	4,476	1,470	3,051
Uttar Pradesh	6,610	NA	NA	NA	NA
West Bengal	9,208	10,545	11,606	12,093	13,706
Andaman and Nicobar Islands	5,408	4,411	10,060	13,236	13,058
Delhi	7,197	7,838	10,180	9,335	9,735
Goa, Daman and Diu	7,276	7,869	11,224	11,065	9,090
Pondicherry	5,628	10,484	10,827	8,277	9,905
全インド	7,532	8,440	9,611	8,882	9,900

注) NA : データなし

年間賃金は1986年度にはWest Bengalが全国でもっとも高く13,706ルピーであるのに対し、Tripulaではわずかに3,051ルピーであり、その差は4倍以上に及んでいる。

(4) 産 業

表2.1-8 に1980-1981を100とした産業別生産指数を示す。この中で、生産高が最も増加しているのは電気機器で10年間に約4.6倍に伸びている。その他科学製品・工業・電力等の伸びも著しい。これに対し、麻製品の製造は横這いの傾向である。

表 2.1-8 産業別生産指数

産業	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1889-90	1989-90 1988-89
総合指数	142.1	155.1	166.4	181.0	196.0	8.4
鉱業	167.5	177.9	184.6	199.0	211.3	6.2
電力	152.4	168.1	181.0	198.0	219.5	10.9
製造業	136.9	149.7	161.5	175.4	190.2	8.4
食料	125.6	133.2	139.0	140.5	150.9	1.6
飲料	112.1	98.5	84.9	92.1	103.0	11.8
綿織物	110.4	112.5	111.3	107.6	111.2	3.3
麻、メスタ織物	97.2	101.1	91.1	101.8	96.9	4.8
繊維製品	112.8	87.1	91.8	134.2	150.6	12.2
木、木製品	223.2	246.1	161.7	171.7	175.8	2.4
製紙、紙製品	148.5	263.2	166.3	171.3	181.4	5.9
皮革、革製品	169.2	178.7	185.3	177.4	188.3	6.2
ゴム、プラスチック、						
石油製品	153.0	149.6	155.9	168.2	173.5	3.1
化学製品	154.3	175.5	200.9	233.4	247.3	6.0
非鉄金属製品	157.3	160.3	158.1	184.6	188.9	2.3
粗鋼・合金	117.0	126.8	135.6	145.0	143.7	-0.9
鉄鋼製品	114.7	124.5	129.6	133.5	142.6	6.8
(除機械製品)						
機械・機械工具	130.0	141.8	139.5	160.6	170.2	6.0
(除電気機械)						
輸送機器	131.6	144.8	351.7	172.2	180.4	4.8
その他製造業	152.7	235.4	272.1	304.5	334.4	4.8

表2.1-9 に主要農産物物の生産高を示す。これを見ると、食料分野では穀類がほとんどで米及び小麦の生産高が多い。非食料分野ではさとうきびの生産が極度に高く、脂肪種子・じゃがいもがこれに次いでいる。

表 2.1-9 主要農産物の生産高

	単位	1984-85	1985-86	1886-87	1987-88	1988-89
食糧	100万トン	145.54	150.44	143.42	140.35	170.25
(a)穀類	"	133.58	137.07	131.71	129.39	156.55
米	"	58.34	63.82	60.56	56.86	70.67
小麦	"	44.07	47.05	44.32	46.17	53.99
ジョウワール	"	11.40	10.20	9.19	12.20	10.52
メイズ	"	8.44	6.64	7.59	5.72	8.33
バジュラ	"	6.05	3.66	4.51	3.30	7.79
その他の穀類	"	7.14	8.23	6.80	5.14	5.25
(b)豆類	"	11.96	13.36	11.71	10.96	13.70
非食糧						
(a)油料種子 2)	100万トン	12.95	10.83	11.27	12.65	17.89
(b)砂糖きび	"	170.32	170.65	186.09	196.74	204.63
(c)綿花	100万バール 1)	8.51	8.73	6.91	6.38	8.69
(d)ジュート	" 2)	6.53	10.89	7.35	5.79	6.63
(e)メスタ	" 2)	1.26	1.76	1.27	0.99	1.08
(f)じゃがいも	100万トン	12.57	10.42	12.74	14.05	14.89

1)Bale of 170 kg 2)Bale of 180kg

表2.1-10には1988年の主要輸出品を示す。

輸出高が最も大きいのは真珠・宝石等の手工芸品で43,990百万ルピーに達している。その他、機械、鉄鋼製品、繊維製品、鉱石・鉱物、皮革製品等の輸出高が大きい。

表 2.1-10 主要輸出品 (会計年度 4月～3月)

(単位1,000万ルピー)

	単 位	1988-1989	
		数 量	金 額
農 水 産 物		—	...
コ ー ヒ ー	100万kg	82.6	280
茶	"	193.4	599
コブラ・ケーキ	1,000ト	1,242.6	370
タバコ	100万kg	56.1	128
カシュー実	1,000ト	37.7	277
スパイス	"	93.8	251
砂糖	"	52.4	7
原綿	"	13.5	28
米	"	375.6	331
魚 類	"	158.5	633
肉 類		—	94
果実・野菜・豆腐		—	164
鉱石・鉱物		—	1,015
雲母	100万kg	47	29
鉄 鉱 石	100万ト	33	673
製造業製品		—	...
繊維・同製品		—	3,608
綿糸・綿布		—	1,131
既製品		—	2,098
やし繊維・同製品		—	31
ジュート製品	10万ト	3.1	250
皮革・皮革製品		—	1,490
手工芸品		—	5,194
うち真珠・宝石		—	4,399
化学製品		—	1,534
機械製品		—	2,322
および		—	2,322
鉄 鋼		—	518
工業燃料・潤滑油		—	518
その他		—	...
合 計		—	20,295

(5) 援助動向

表2.1-11に二国間援助における各国のシェアを示す。これによると、旧宗主国であるイギリスがシェアが常に最大の援助国である。また、イギリスの二国間援助においてもインドは最大の受取り国となっている。しかしながら、1987年以降はその比率は減少している。これに次ぐのはドイツである。

国際機関の援助では世界銀行のシェアが最も高く、1988年では70.2%を占めている。

表 2.1-11 主要援助国の二国間におけるインドの援助額のシェアの推移

(支出総額、単位：%)

	1984	1985	1986	1987	1988	1989
イギリス	23.2	31.7	24.3	22.8	16.6	13.8
ドイツ	12.6	12.2	10.8	11.3	11.1	11.0
日 本	6.1	5.7	5.8	7.9	6.0	5.1
アメリカ	3.4	3.5	2.4	2.8	3.5	3.8
カナダ	9.7	12.0	9.4	8.1	6.8	3.7

出所：OECD development co-operation各年版より作成

2. 2 関連計画の概要

1) 国家開発計画

第8次5ヶ年計画は当初第7次5ヶ年計画（1985-1990）に引続き策定される予定であったが、国内政局が不安定であったため、1992-1997年の計画となった。この間の1990年及び1991年は各々単年度計画が実施された。

第8次5ヶ年計画ではGDPの伸びを年間5.6%と設定し、7,920,000百万ルピーの投資を見込んでいる。この内には、3,420,000百万ルピーの公共投資分を含んでいる。

第8次5ヶ年計画は、インフラストラクチャーの整備、道路網の整備、及び大規模・中規模灌漑計画の期間短縮・予算増加を主要目標としている。これを社会サービスの面で見ると、次のような目標が掲げられている。

- (1) 出生率の低下
- (2) 乳幼児死亡率の減少
- (3) 就学前児童の栄養改善
- (4) 初等教育の一般化
- (5) 全村落への飲料水の供給

次に5ヶ年計画における部門別公共支出の比率（表2.2-1参照）で見ると、支出額はエネルギー関連が30.6%、農業関連が約23%（第7次計画期）と高い比率を示している。このうち農業関連は第1次計画期から一貫して高い比率を占め、農業部門重視の政策をうかがうことができる。

表2.2-1 第1次～7次計画期の部門別公共支出

(単位：構成比%)

分野	1次 実績値	2次 実績値	3次 実績値	4次 実績値	5次 実績値	6次 実績値	7次 実績値
農業及び農村開発	14.8	11.7	12.7	14.8	12.3	13.8	12.4
灌漑	22.2	9.2	7.8	8.6	9.8	9.9	9.4
村落・商工業	2.1	4.0	2.8	1.5	1.5	1.8	1.5
(農業及び農村関連小計)	(39.1)	(24.9)	(23.3)	(24.9)	(23.6)	(25.5)	(23.3)
製造業・鉱業	2.8	20.1	20.1	18.2	22.8	13.6	10.8
エネルギー	7.6	9.7	14.6	18.6	18.8	27.9	30.6
運輸・通信	26.4	27.0	24.6	19.5	17.4	16.1	16.2
運輸	-	-	-	-	-	12.9	12.8
鉄道	-	-	-	-	-	6.0	6.9
道路	-	-	-	-	-	4.6	4.0
港湾	-	-	-	-	-	1.1	1.3
空港	-	-	-	-	-	0.9	0.4
(インフラ関連省計)	(34.0)	(36.7)	(39.2)	(38.1)	(36.2)	(44.0)	(46.8)
サービス	24.1	18.3	17.4	18.8	17.4	16.9	19.1
合計(千万ルピー)	1,960	4,673	8,577	15,779	39,430	110,090	180,000

このように、国家開発計画においても農業振興及び飲料水確保のための水資源の開発が重要な政策として採り上げられている。特に計画対象地域では、灌漑用水・飲料水ともに水源を地下水に求めている比率が高いため、地下水開発は急務の課題となっている。

2) 当該地域における開発計画

第8次5ヶ年計画では既述のように灌漑計画の推進及び農村地域での飲料水の供給が大きな課題となっている。また、計画対象地域は高地開発事業・干ばつ地救済事業の対象地でもある。これは第7次5ヶ年計画（1985-1990）以来の一貫した政策である。CGWBはこれらの政策に対応するために、第7次5ヶ年計画策定時に2005年を目標とした掘削計画を立案した。しかしながら、頻発する干ばつに対処する必要から、計画地域における第7次5ヶ年計画期間中の掘削本数は大幅に下回る結果となった。

計画地域は、ヒマラヤ山麓地域を主体とするため玉砂利層が厚く堆積し、地下水開発のための井戸掘削をはばんでいる。

玉石層の掘削には大型のパーカッション式さく井機が必要であるが、CGWBはフェーズIによって日本から調達したさく井機及び今回無償資金協力を要請しているさく井機を含めた掘削計画を第8次5ヶ年計画に対応して次のように定めている。

CGWBの計画地域に分布する玉砂利層の面積は約121,000km²である。玉砂利層の堆積環境を考慮すると、この地域では約125km²に1本程度の掘削を行なう必要があると考えられている。そうすると全体では $121,000\text{km}^2 \div 125\text{km}^2 = 968$ （本）の掘削を行なう必要がある。これを各州毎の玉砂利層の分布面積を考慮して掘削本数を配分すると表2.2-2のようになる。ただし、このうちの200本は既に掘削が完了しており、残り768本が本計画における掘削本数となる。

表2.2-2 玉砂利層の分布面積・掘削本数

State	分布面積 (km ²)	掘削計画本数(本)
Himachal Pradesh	25,000	200
Punjab	8,000	64
Haryana	4,000	32
Uttar Pradesh	35,000	280
West Bengal	8,000	64
Assam	20,000	160
Arunachal Pradesh	15,000	120
Gujarat	6,000	48
Total	121,000	968

この計画によって掘削された井戸は井戸仕上げを行なった後、CGWBより州政府へ移管される予定である。州政府は移管された井戸に給水施設を設備し、給水を行なうこととなっている。したがって、CGWBは実質的には地下水開発の主要な役割を担っていると考えられる。

2. 3 地下水開発事業の概要

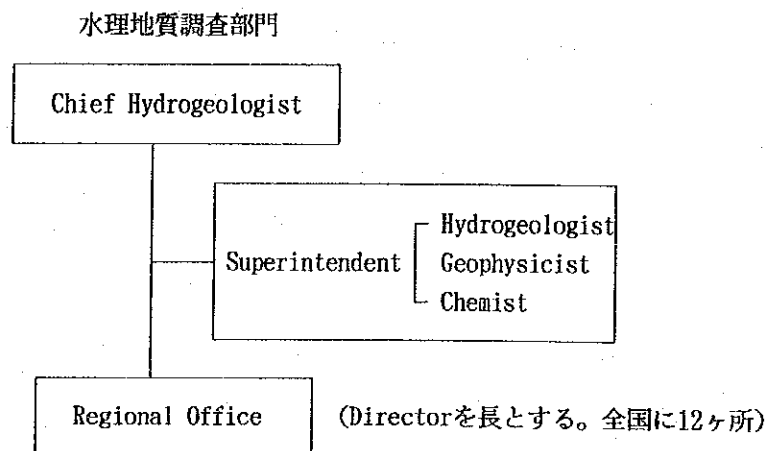
1) 組織及び運営体制

インドにおける地下水開発は中央政府水資源省(Ministry of Water Resources : MWR)に所属する中央地下水機構(Central Ground Water Board : CGWB)が担当している。CGWBは地下水資源の科学的開発と管理を国家的見地から実施・指導する国家機関である。その担当範囲は、水理地質調査・掘削・評価・開発・管理のすべての面にわたっている。実際の活動は、次に示すとおりである。

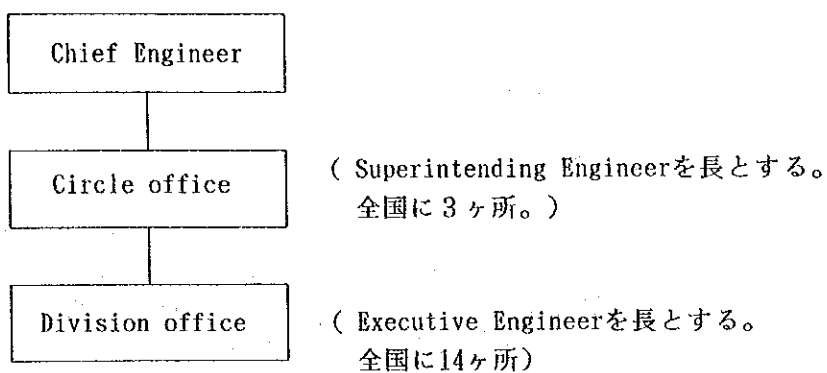
- (1) 広域的な水理地質調査
- (2) 掘削(孔内検層・揚水試験を含む)
- (3) 地下水位・水質モニタリング

これらの活動によって得られたデータは、水理地質図集の作成・地下水源評価・地下水開発計画の策定等に用いられている。このほか、CGWBは各州政府に対し、地下水開発計画の立案・財政措置・実施についてのアドバイスも行っている。

CGWBの組織はMWRの外国局局長を総裁とし、理事会によって運営が進められている。本部はNew Delhiにあり、理事長・水理地質部門・さく井建設部門・管理部門・企画部門で構成されている。実際の業務は次のような組織体制によって実施される。



さく井建設部門



C G W Bの全体の組織図を図2.3-1に示す。また、我が国によるフェーズ I に
かかる無償資金供与実施前の C G W Bの保有機材を表2.3-1に示す。

図2. 3-1 中央地下水機構 (CGWB) の組織図

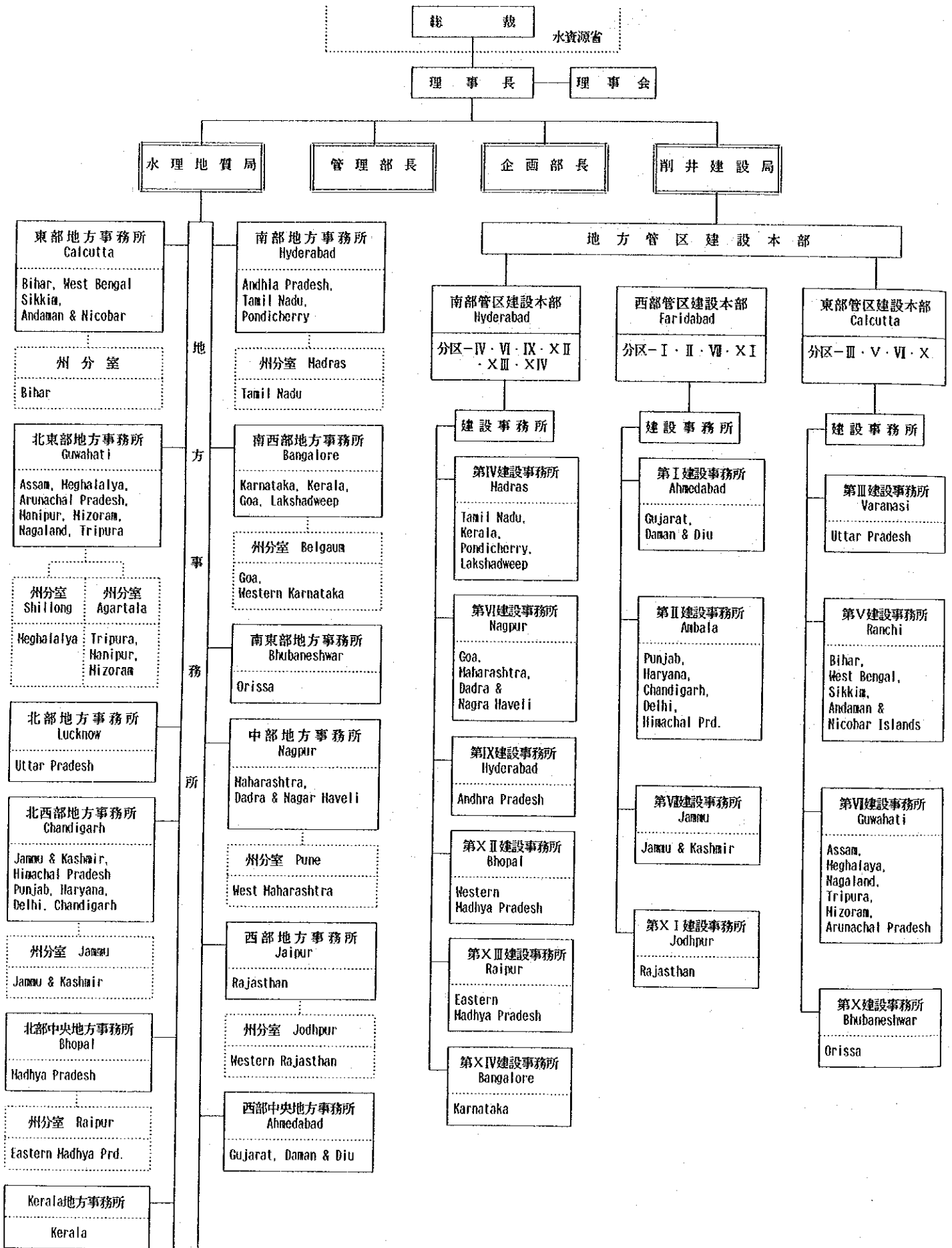


表 2.3-1 CGWBの保有主要機材一覧表

機 材	機材タイプ		メーカ	入手時期	台 数	能 力	使用状況
1. さく井工事機	ロータリー式 (テーブル型)	外国産	FRANK (アメリカ)	1955年	8	610m	稼働中
			FAILING (アメリカ)	1955年	1	455m	稼働中
			FAILING (アメリカ)	1964年	1	445m	稼働中
			WINTER WEISS (西ドイツ)	1965年	1	152m	稼働中
			FAILING (アメリカ)	1967年	1	455m	稼働中
			WABCO (アメリカ)	1968年	1	760m	稼働中
			WABCO (アメリカ)	1968年	1	455m	稼働中
			FORK (アメリカ)	1969年	3	760m	稼働中
			WABCO (アメリカ)	1969年	8	760m	稼働中
			FAILING (アメリカ)	1972年	4	455m	稼働中
			RUSSIAN (ソ連)	1972年	2	610m	稼働中
			FAILING (アメリカ)	1980年	2	915m	稼働中
			RUSSIAN (ソ連)	1988年	6	350m	未使用
			国産	LMP	1972年	3	445m
	VOLTAS	1975年		2	450m		
	LT	1979年		2	457m		
	LMP	1988年		4	450m		
	ロータリー式 (DTH工法)	外国産	SANDERSON CYCLONE (アメリカ)	1972年	1	300m	稼働中
			INGERSOLL RAND (アメリカ)	1976年	1	300m	稼働中
			HYDRAQ GRIFFEN (アメリカ)	1977年	2	300m	稼働中
			HYDRAQ GRIFFEN (アメリカ)	1977年	1	150m	稼働中
SCHRANN (イギリス)			1984年	1	450m	稼働中	
SCHRANN (イギリス)			1986年	3	450m	稼働中	
国産		RMT	1972年	1	150m	稼働中 稼働中 未使用 未使用	
		RMT	1977年	1	300m		
		RECP	1986年	1	300m		
		LMP	1986年	1	300m		
LMP	1987年	10	300m				
RECP	1988年	11	200m				
パーカッション式	外国産	SPEEDSTAR (アメリカ)	1959年	1	120m	稼働中	
		WALKNEER (アメリカ)	1969年	1	457m	稼働中	
		DRILLMACK (アメリカ)	1977年	1	485m	稼働中	
		三協工業 (日本)	1991年	4	300m	稼働中	
	国産	LMP	1988年	2	200m	未使用	
ロータリー式兼 パーカッション式	外国産	WALKNEER (アメリカ)	1977年	1	750m (ロータリー) 305m (パーカッション)	稼働中	
		WALKNEER (アメリカ)	1986年	2	762m (ロータリー) 610m (パーカッション)	稼働中	
2. 調査器材	A. 地表電気探査器	国産			2		使用中
		外国産			4		使用中
	B. VLF測定器	外国産	BRGM, SYSCAL (フランス)		3		使用中
	C. 地震探査器	外国産	ABEM, TERRAMETER (スウェーデン) OYO (日本)		3		使用中
D. 自動記録孔内 検層器	国産	UPTRON		14		使用中	
	外国産	OYO (日本)		1		使用中	

2) 水需要

インドの農村地域における水需要は、全体の80～90%が灌漑用水であり、残り10～20%が飲料水であるといわれている。

以下、計画対象地域の水需要について試算を行なうこととする。計画対象地域すなわち玉砂利層の各州毎の分布面積は判明している。人口については、分布面積に対応した集計はなされていないため、玉砂利層の分布域を含むdistrict（州より1段階下の行政単位）の人口を集計し、比例配分で求めることとする。このようにして、求めた水需要を表2.3-2に示す。

表 2.3-2 水 需 要 の 推 算

State	対象地域 面 積 (km ²)	対象地域 耕地面積 (km ²)	人 口 (千人)	水 需 要	
				灌 漑 (百万m ³)	飲 料 水 (千m ³)
Himachal Pradesh	29.934	544	3.951	10.880	149
Punjab	9.528	4.053	3.474	81.060	131
Haryana	4.905	3.565	1.434	71.300	53
Uttar Pradesh	44.022	17.305	12.326	346.100	441
West Bengal	9.376	5.542	4.125	110.840	158
Assam	23.284	2.226	5.900	44.520	228
Arunachal Pradesh	52.107	56	330	1.120	4
Gujarat	32.733	9.428	12.842	188.560	106
Total	205.889	42.719	44.382	854.380	1,270

なお、飲料水の給水原単位はインド政府が目標として掲げている45ℓ /人/日を用いた。灌漑については、米作を基準とし年間灌漑量を2,000mmとした。この値は、Indian Council of Agricultural Researchデータから採用した。

次に第8次5ヶ年計画（1992-1997）における調査対象8 state全域の地下水による灌漑計画を表2.3-3に示す。

表2.3-3 地下水による灌漑計画

State	計画灌漑面積 (ha)
Himachal Pradesh	8,000
Punjab	120,000
Haryana	100,000
Uttar Pradesh	5,680,000
West Bengal	410,000
Asaam	200,000
Arunachal Pradesh	2,000
Gujarat	150,000
合計	6,670,000

3) 地下水開発事業

インド国における地下水開発事業はCGWBが管轄している。CGWBは全国の水理地質調査（井戸の試掘を含む）を実施し、地下水資源の評価を行なうとともに、掘削によって完成した井戸は州政府へ移管され、給水施設が設備される体制となっている。州政府はこのほか、CGWBの調査結果に基づき給水事業のための井戸掘削を実施している。しかしながら、州政府の井戸掘削能力は所有する掘削リグの性能・台数（民間委託分を含む）のいずれの面をとっても、CGWBにはるかに及ばない。

表2.3-4に全国における井戸掘削数を示す。

なお、1954年にCGWBが設立されたため、CGWBによる掘削本数は、同年以降の数字である。

表 2.3-4 全国における地下水開発状況

State/Union Territories	総掘削本数 (本)	CGWBによる掘削数	地下水による灌漑
		(本) 1954--1992. 3. 31	(1,000ha) 1990年末
1. Andhra Pradesh	1,053	1,022	1,568.85
2. Arunchal Pradesh	10	10	*
3. Assam	253	216	115.9
4. Bihar	903	318	2,960
5. Goa	345	618	0.84
6. Gujarat	642	90	1,550.4
7. Haryana	705	547	1,423.4
8. Himachal Pradesh	51	51	12.21
9. Jammu & Kashmir	318	208	8
10. Karnataka	947	942	568.4
11. Kerala	224	214	89.1
12. Madhya Pradesh	1,026	850	1,419.9
13. Maharashtra	747	581	1,378
14. Manipur	38	36	0.3
15. Meghalaya	35	27	9.3
16. Mizoram	6	6	—
17. Nagaland	17	14	0.87
18. Orissa	590	400	562.5
19. Punjab	309	295	3,174.7
20. Rajasthan	1,480	922	1,745.2
21. Sikkim	36	36	—
22. Tamil Nadu	558	485	1,228.3
23. Tripura	92	70	14.63
24. Uttar Pradesh	1,300	679	13,851
25. West Bengal	366	285	780.3
(Union Territories)	522	261	61.78
合計	12,573	9,183	32,523.88

* : Union Territoriesを含む。

2. 4 要請の経緯と内容

1) 要請の経緯

計画対象地域であるインド北部はモンスーン期（6月～9月）には十分な降水が見られるが、他の期間にはほとんど降水が見られない。このため、雨期以外では河川の大半が流れの無い干上がった河川となる。従って、飲料水の80%、灌漑用水の50%は地下水に頼っている。しかしながら、同地域はヒマラヤ山脈山麓部に当たるため厚い玉砂利層が堆積している地域となっており、地下水開発のための掘削が極めて遅れている。そこで、これらの地域の開発を促進するため、玉砂利層の掘削が可能なパーカッション式さく井機を主とする資機材の調達にかかる日本政府の無償資金協力が実施され、インド政府は、1989・1990年度にわたりさく井機4台と探査用資機材の調達を行なった。インド政府は、この地域における地下水開発をさらに促進するため、フェーズI（1990年実施）に引き続き同型のさく井機3台及び探査用資機材の調達にかかる無償資金協力を要請してきたものである。

インド国の要請によれば、フェーズ1の無償資金協力により既に調達されたさく井機4台と、今回新たに無償資金協力を要請されたさく井機3台の合計7台に加え、CGWBの所有している他のさく井機と合わせて、北部地域の玉砂利層分布地域の掘削による地下水開発を進める計画となっている。

また、フェーズ1では探査用資機材が調達されており、今回も探査用資機材の調達が計画されている。これらの探査用資機材が充当される地域は、同国中～南部を中心に広く分布するhard rock areaと呼ばれる地域である。

当初要請は、1992年1月に提出されたが、調査団出発の直前である7月10日付で変更要請書が提出された。なお、要請内容が変更された理由は次のような背景によるものである。

インド国内におけるパーカッション式井戸掘削には、従来からケースドホール工法（ケーシングパイプを孔内に挿入して孔壁を保護しながら掘削する工法）を採用していた。この工法による掘削は掘削効率が悪く、中央地下水機構（CGWB）は150m程度の深度の井戸掘削に1年以上を要した例もある。しかしながら、フェーズ1で供与されたオープンホール用資機材を用いた掘削では、300mの玉砂利層を3ヶ月間で掘削完了するという成果を挙げている。このこ

とは、インド国における最初の経験であり、掘削日数及びコストの軽減に大きく寄与することが判明し、CGWBはこれを高く評価し、今後の掘削工法の主体をオープンホール工法へ変更する方針を打ち出したという経緯がある。

2) 要請の内容

(1) 目的

本計画は、インド北部地域の地下水開発に必要な機材の調達を通じて、通年にわたって枯渇の心配のない飲料水・灌漑用水水源としての深井戸開発を促進し、もって同地域住民の民生向上に資することを目的とする。

(2) 実施機関

水資源省 (Ministry of Water Resources) 管轄下の中央地下水機構 (Central Ground Water Board: CGWB) が本計画の実施機関である。

(3) 実施事業内容

CGWB 所有のさく井機及び日本へ調達資金の供与を要請しているさく井機 (4 台調達済み。3 台を新規要請中) を用いて、同国北部の玉砂利層分布地域に 2005 年までに約 1,000 本の井戸を掘削し、同地域の水理地質学的調査を実施するとともに、完成井を州政府へ移管し給水源とする。探査用資機材は、水理地質学的調査が進んでいない同国中～南部を主体に分布する (調査地域の Uttar Pradesh 州にも分布する) hard rock の地域での地下水探査に用いられる。

(4) 要請資機材

今回要請されている無償資金協力によって調達される資機材は、パーカッション式さく井機 3 台とこれに付属する資機材、及び地下水探査用資機材である。表 2.4-1 に要請内容一覧表を示す。なお、要請内容が変更されたことについては、前項 1) 要請の経緯で述べた通りである。

表2. 4-1 要 請 内 容

NO.	当初要請機材	数量	変更要請機材	数量	変更理由
1.	Truck Mounted Percussion Rig	3式	変更なし	3式	
2.	Drive Pipes(Cased hole tools)	2式	Open-hole Drilling Tools	3式	phaseI納入業者のコミッションニングにより、オープンホール工法の方が、ケースドホール工法より工期、費用、操作、機材運送のあらゆる面ですぐれていることが実証されたので、既供与分のさく井機4台のうち、Cased Hole Toolsを有するさく井機3台をOpen-holeにて掘削可能にするため。
3.	追加 →		Support Truck with 5ton Boom	3台	重量物運搬用のクレーントラックがインドでは製造されていないため、従来人力により行なっていたが、作業の効率、及び安全を計るため。
4.	追加 →		Submersible Pump	3式	本計画では揚水試験およびオープンホール工法にともなう孔内洗浄に必要であるが、対応できる高揚程ポンプはインドでは調達不可能なため。
5.	Well logging Equipment	6台	Well logging Equipment	4台	深部帯水層の調査を行なうためには、物理探査機器の充実を図る必要があるが、インドでは調達不可能である。 現有保有機器と不足分の数量調整を行なった上で再要請した。 ちなみに№5、7、10は第一期にも供与したもので、追加要請となっていないもの。
6.	Micro Flow Meter	4台	変更なし	4台	
7.	追加 →		24 Channel Siesmic Unit	1台	
8.	追加 →		Deep Resistivity Unit	1台	
9.	追加 →		Signal Resistivity Meter	1台	
10.	追加 →		VLF Equipment	1台	
(5)	Drill Stem Tester	1台	削除	-	

(5) 旧ナンバ-

第3章 計画対象地域の概要

第3章 計画対象地域の概要

3.1 計画対象地域の位置及び社会経済事情

1) 位置

C G W Bの掘削計画対象地域8州のうちGujarat州を除く7州（Himachal Pradesh, Punjab, Haryana, Uttar Pradesh, West Bengal, Assam, Arunachal Pradesh）は位置図に示したようにインド北部にあたり、ヒマラヤ山脈の南縁部にあっている。この地域は北緯20° - 33°、東経74° - 98°に位置し、長さ約2,400km、幅約400kmの地域である。また、Gujarat州はインド西部に位置し、面積は19.6万km²を有している。今回の現地調査地域について、首都デリーあるいはカルカッタからの交通（鉄道・バス・航空機）についてまとめると表3.1-1のとおりである。

表 3.1-1 計画地域の交通

State	州 都	鉄 道	バ ス	航 空 機
Himachal Pradesh	Shimla	Delhi-Kalka 5~6 時間 Kalka-Shimla 約6 時間	Delhiから直通 約10時間	Delhiから直通便 あり
Punjab及び Haryana	Chandigarh	Delhi-Chandigarh 約5~6時間	Delhiから直通 約5時間	Delhiから直通便 あり
Uttar Pradesh	Lucknow	Delhi-Lucknow 8~10時間 Lucknow-Varanasi 約7 時間	なし	Delhi, Calcutta よりの便あり
West Bengal	Calcutta	Delhi-Calcutta 約25時間	なし	Delhiから直通便あり 日本からの直通便あり
Gujarat	Gandhinagar	Delhi-Ahmedabad 約22時間	なし	Ahmedabadへ Delhiより直通便あり

注) Calcuttaは調査地域ではないが、資機材のインドへの到着港となる可能性が高いため、含めた。

2) 社会経済事情

(1) 人 口

C G W Bの掘削計画対象地域8州の1971年・1981年・1991年における人口を表3.1-2に示す。

表 3.1-2 計画対象地域の人口

State	1971年 (人)	1981年 (人)	1991年 (人)	1991年の 構成比 (%)	1981-1991年 の人口増加率 (%)
Himachal Pradesh	3,460,434	4,280,818	5,111,079	0.6	19.39
Punjab	13,551,060	16,788,915	20,190,795	2.4	20.26
Haryana	10,036,808	12,922,119	16,317,715	1.9	26.28
Uttar Pradesh	88,341,144	110,862,512	138,760,417	16.4	25.16
West Bengal	44,312,011	54,580,647	67,482,732	8.0	24.55
Assam	14,625,152	18,041,248	22,294,562	2.6	23.58
Arunachal Pradesh	467,511	631,839	858,392	0.1	35.86
Gujarat	26,697,475	34,085,799	41,174,060	4.9	20.80
Total	201,491,595	252,193,897	312,189,752	36.9	24.49
全インド	548,159,652	683,329,097	843,930,861	100	23.50

出典：各年度のCensus

(2) 主要産業

計画対象地域では各州とも農業が最も主要な産業となっている。農業以外では工芸・機械産業・化学産業・鉱業等があり、インドにおける最大の生産地となっているものもある。次に、各州の産業の特徴について述べる。

i) Himachal Pradesh州

農業・牧畜に従事する人口は全体の3/4を占めている。本州の気候は園芸作物・換金作物の耕作に適している。果実の生産高は41万トン、野菜の生産高は45万トンである。

最近10年間ではテレビの生産を主とした電器産業も伸びる方向にある。

ii) Punjab州

州の面積の83.5%は農業用地であり、人口の3/4は農業に従事している。主要な作物は穀類（小麦・米）、換金作物である。穀物の生産高は1,988.6万トンである。主要換金作物は脂肪種子・さとうきび・綿花・ジャガイモ・トウモロコシ・アズキ・大麦・豆類である。

工業の分野では自動車部品、ミシン、工具、電動工具、電気製品、スポーツ用品、織物が重要である。

iii) Haryana州

本州は典型的な農業州であり、人口の80%は農業に従事している。穀物の生産は950.9万トンであり、このうち300~350万トンは他の州へ移出されている。工業は本州においては重要な産業である。トラクターの生産はインドにおける最大の生産地である。自転車は全国生産の4台に1台、衛生陶器は1/3が本州で生産されている。

iv) Uttar Pradesh州

州の人口のうち78%が農業に従事している。穀物・さとうきび・脂肪種子はインドにおける最大の生産地となっている。各作物の生産高は小麦1,788.6万トン、米935.6万トン、脂肪種子11,180万トン、ジュート0.3万トン、さとうきび9,712.8万トンとなっている。工業は小規模なものが多い。その中で織物の生産は全国生産の1/6を占めている。

v) West Bengal州

本州においては、農業は最も重要な位置を占め、州の収入の50%は農業に頼っている。米の生産は1,092.4万トンである。この他、ジュート・紅茶の生産は国内生産のそれぞれ60.4%、21.5%を占めている。本州はインドにおける主要工業州の一つである。鉄鋼生産は最も重要である。これ以外の主要な産業は自動車、化学製品、医薬品、アルミニウム製品、セラミック、ジュート、綿織物、紅茶、紙等である。工業生産指数は1980年を100とすると、1988年には116.65、1989年には122.71と伸びている。鉱業では石炭及び陶土が重要な資源である。

vi) Assam州

州人口の77%は農業に従事あるいは係わっている。主要な農産物は米である。換金作物としてはジュート・紅茶・綿花・脂肪種子・さとうきび・ジャガイモ等である。産業としては、農業に関連した紅茶産業が重要な位置を占める。州の経済における紅茶産業の重要性は年々増加している。また、紅茶の生産は全インドの約55%を占めている。これはまた、全世界の生産量の約15.6%である。

vii) Arunachal Pradesh州

州人口の94%は農村地域に住み、生計を農業に頼っている。主要作物は米である。その他の主要作物はトウモロコシ・キビ類・小麦・豆類・ジャガイモ・サトウキビ・脂肪種子である。この他、果実類の生産も行なわれている。

本州は鉱物資源も重要である。埋蔵量は、石炭9,000万トン、石油150万トン、石灰岩9,100万トンと推定されている。

viii) Gujarat州

本州は、タバコ・綿花・落花生の生産でインド第1位にランクされる。

綿花の生産高は187.3万俵、穀物の生産高は520万トンである。

産業の面では先進州の1つとされている。主要な産業は、織物・機械部品・化学製品・医薬品・染料・生石灰・セメント・乳製品・砂糖・肥料である。

3. 2 自然条件

1) 気象

インドの気候は全体として熱帯モンスーン気候に属し、さらに次の4つの季節区分が可能である。

- (1) 冬季 (1月～2月)
- (2) 夏季 (3月～5月)
- (3) モンスーン季 (6月～9月)
- (4) 後モンスーン季 (10月～12月)

図3.2-1に気候区分を、図3.2-2に気温分布を、図3.2-3に降水量分布を示す。降水量はベンガル湾からのモンスーンに影響を受けて計画対象地域東部は5,000mm/年以上(Assam)を示しているが、西部では1,000mm/年以下の所が多く、しかもそれが6～9月間の短期間に集中して降るため、年間を通しての乾燥度は極度に厳しい状況にあるといえる。最西部では400mm/年以下になり、砂漠が広がるようになる。

計画対象地域のうち7州の主要地点における1931-1960年の30年間の気温及び降水のデータを表3.2-1に示す。

表 3.2-1 気温及び降水量 (1931-1960)

State	Location	気温 (°C)		降水量 (mm)		
		日最高	日最低	雨季	乾季	年間
Himachal Pradesh	Shimla	17.1	10.1	2,787	993	3,780
Punjab	Amritsar	30.5	15.9	1,014	258	1,272
Haryana	Ambala	31.8	17.5	2,048	348	2,396
Uttar Pradesh	Lucknow	32.3	19.4	1,867	424	2,391
	Varanasi	32.2	19.8	2,109	446	2,555
West Bengal	Calcutta	31.8	22.1	2,501	909	3,410
Assam	Dhubri	28.3	20.4	3,669	1,704	5,373
Gujarat	Ahmedabad	34.2	20.5	1,998	120	2,118

表3.2-1のデータは計画対象州のうち州都あるいはそれに次ぐ都市である。これに対して、計画対象地域のうち、高地(例えばフェーズIで掘削されたPaonta Sahib)では冬季には最低気温は-3°C、夏季は44°Cとなり年間の較差が極めて大きくなる。

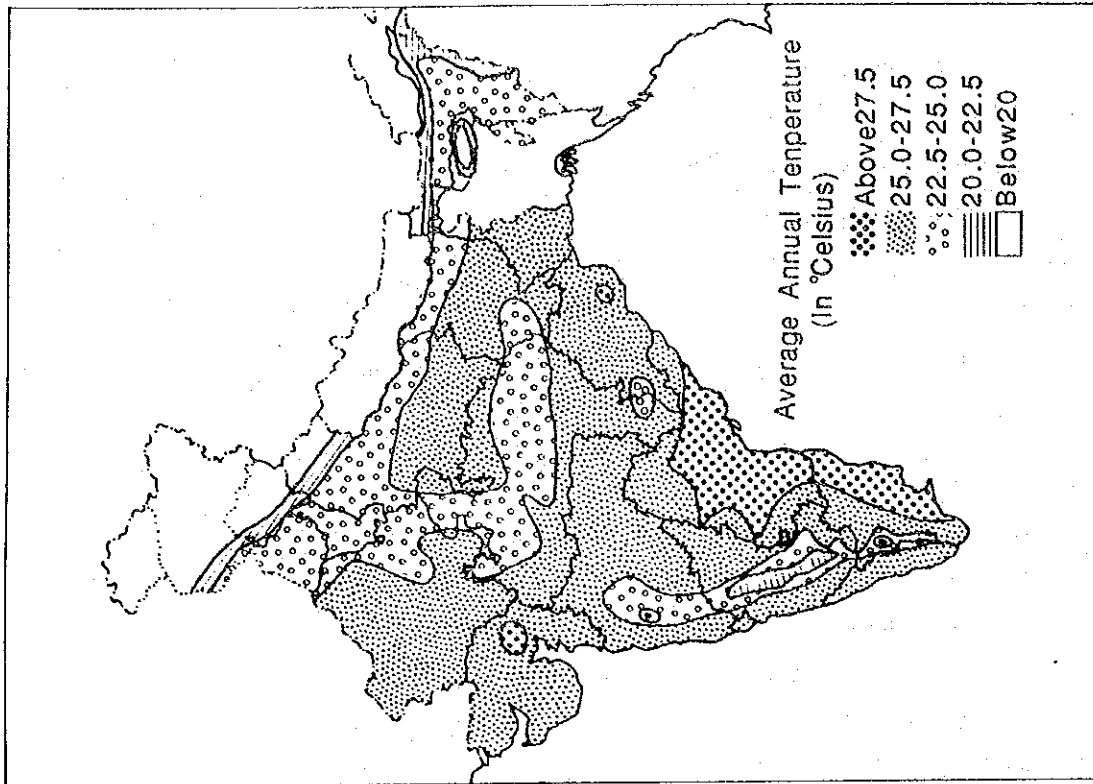


図3.2-2 気温分布図

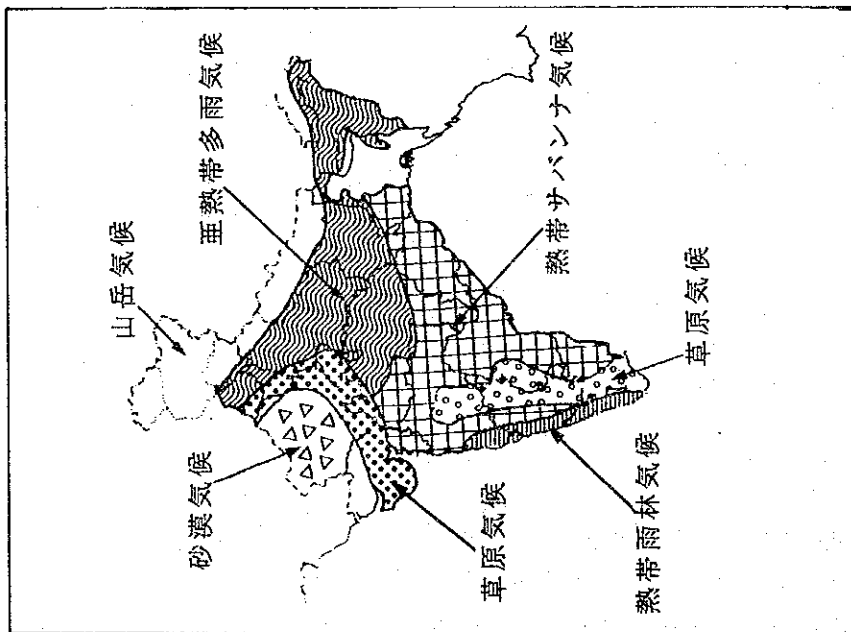


図3.2-1 気候区分図

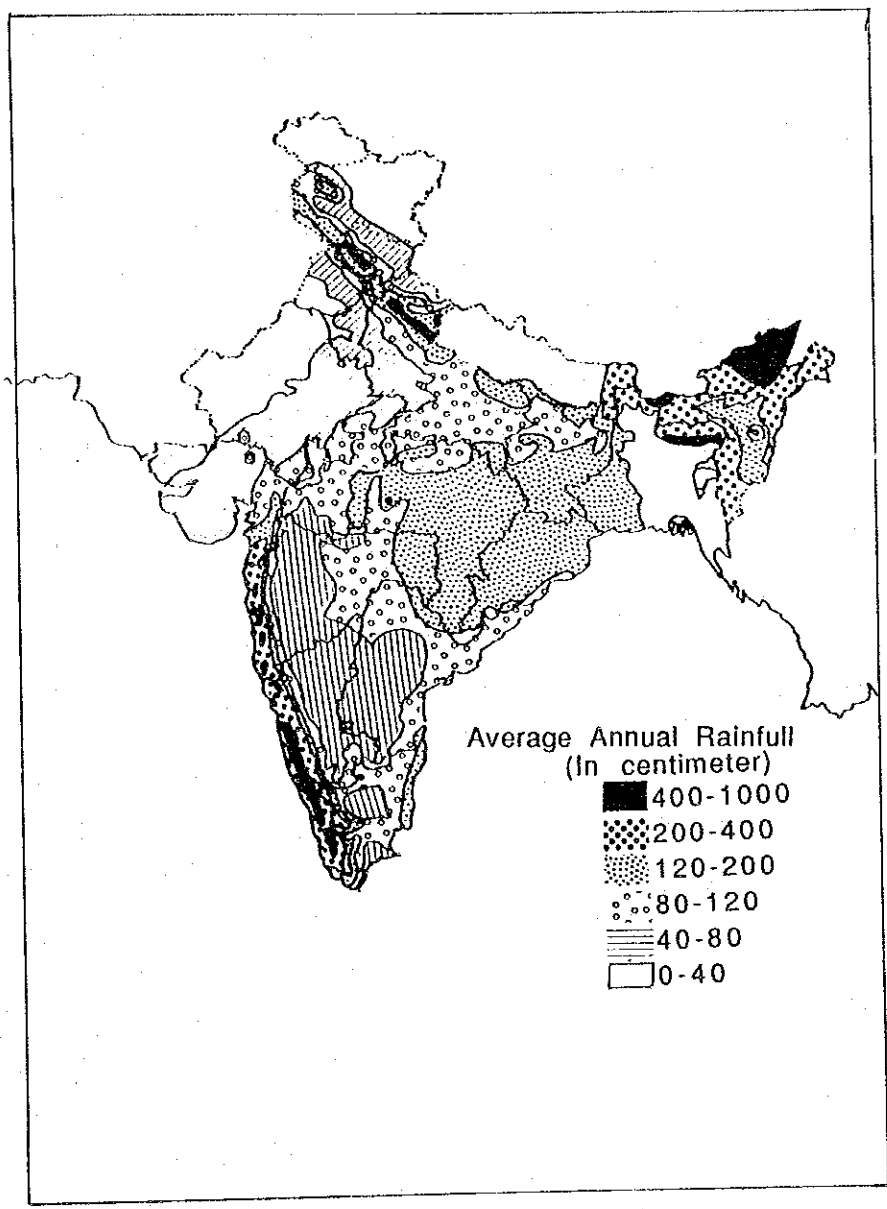


图3.2-3 降水量分布图

2) 水 文

計画対象地域には世界の大河の中に入るGanges川、Brahmaputra川が流れており、付近に広大な沖積平野を形成している。これらはヒマラヤ山中に水源を持つため、乾季においてもヒマラヤの氷河や雪解け水が一定した流量を保つことを可能にしており、また莫大な地下水の涵養源にもなっている。

一方、デカン高原に水源を持つ半島部の河川については、モンスーン季の降雨量に左右され、雨季には洪水を引き起こすほど水かさを増すが、乾季になると反対に川が干上がってしまう所が多くなっている。なお、Ganges川の平均年間河川流量は、5.016億 m^3 /年に達している。

3) 地 形

インドは地理学的に北部のヒマラヤ山岳地域、中間の沖積平野地域、南部の高原地域の3つに分けられるが、計画地の大部分はこの中の沖積平野地域と山岳地域の間に位置している。西部のGujarat州は、背後の半分をデカン高原で囲まれるが、多くはアラビヤ海に面した沖積低地上にあり所々に湿地帯が広がっている。

中央のUttar Pradesh州他、3州は一部にヒマラヤ高山がそそり立つが、大部分はGanges河流域沖積平野地域に広がっている。

東部のAssam州他2州も北側にヒマラヤ山脈が走っているが、中央部をBrahmaputra川とGanges川が流れており、それによって形成された沖積平野上に多く存在している。

図3.2-4にヒマラヤ地域の地形断面図を示す。

計画対象地域のうち、Gujarat州を除く7州はヒマラヤ山脈山麓部からGanges川の沖積平野にかけての地域に相当している。標高は沖積地で数十 m 、山麓部で500 m 以上の所がある。このうち、直接の計画対象地域となるのはヒマラヤ山麓部の地域で、地形としては山麓の麓斜面・段丘面・扇状地である。これらは東西2,000 km にわたるヒマラヤ山脈を流下する諸河川の複合扇状地であり、第四紀更新世から現世にかけて形成されたものである。これを開析する河川はGanges川を代表とするが、これ以外では西から順にYamuna川、Ghaghara川、Gandak川、Jamuna川等がある。

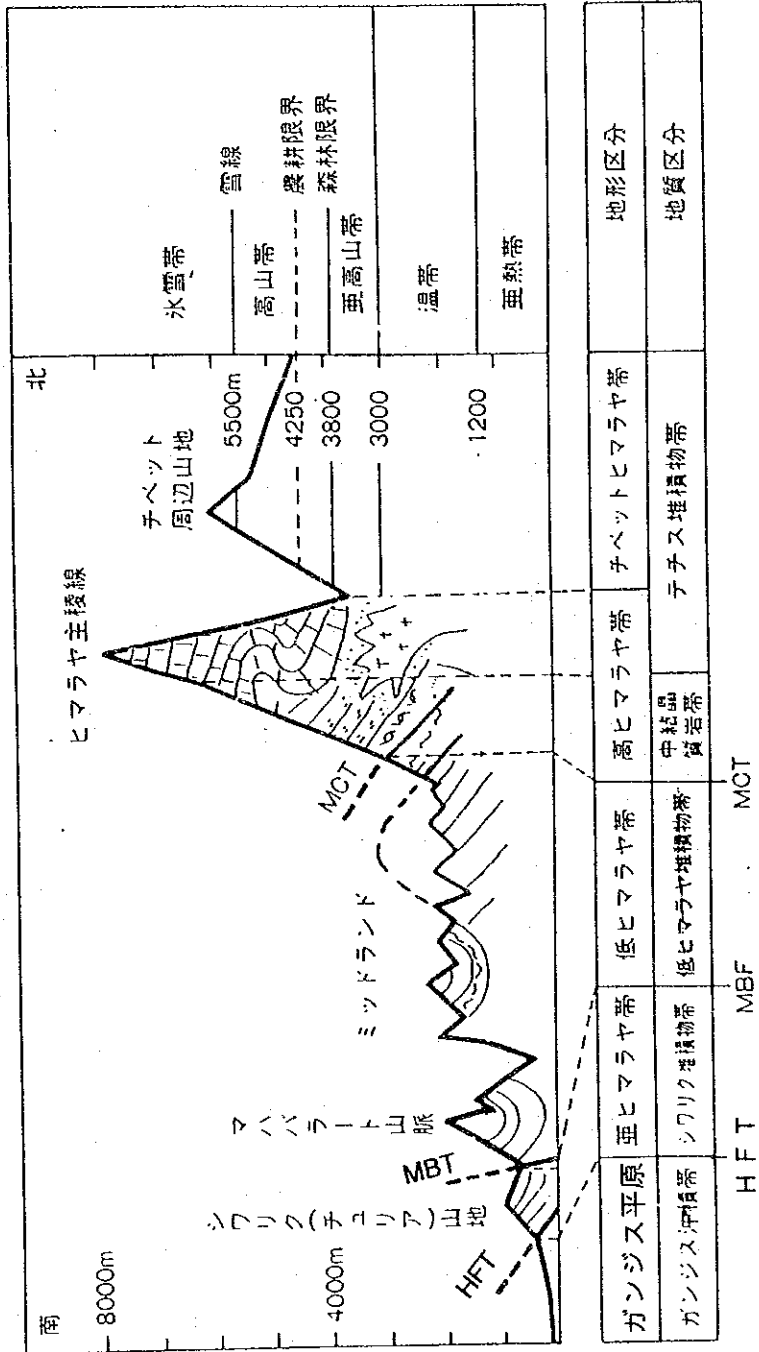


図3.2-4 ヒマラヤ地域の地形断面図

4) 地質

インドの地質は地形と同様に北から順に次の3つの地域に大別される。

- ① ヒマラヤ地域
- ② Ganges川流域沖積平野
- ③ 半島部

図3.2-5にインドの地質図を、図3.2-6にヒマラヤ地域の地質断面図を示す。

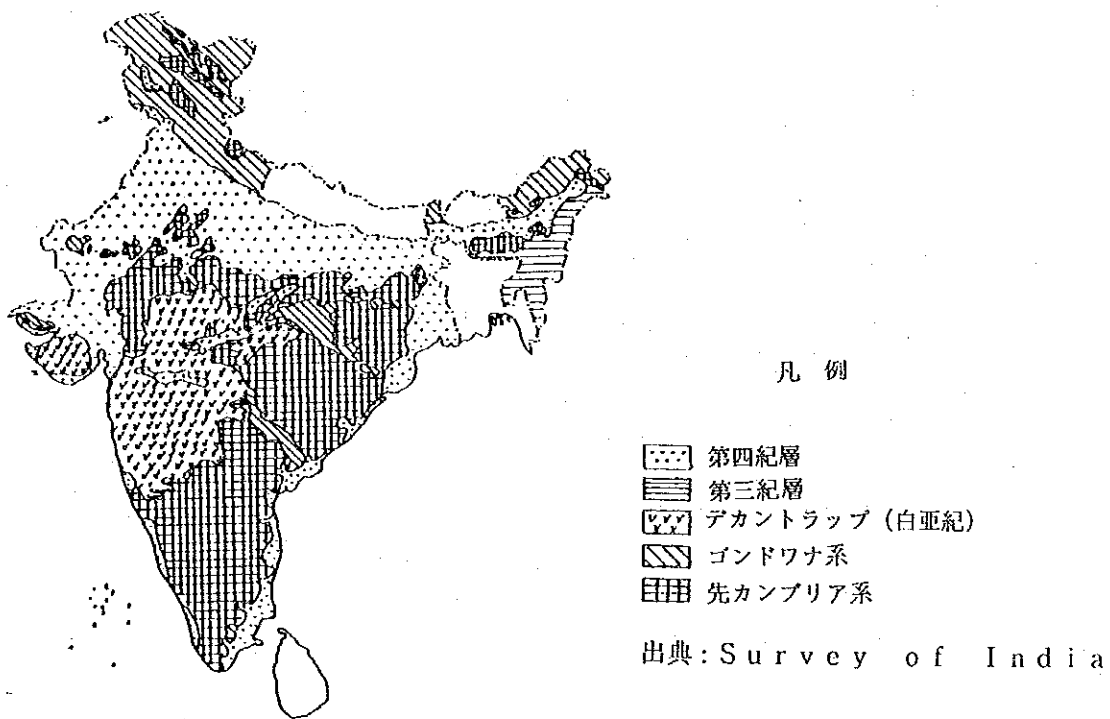
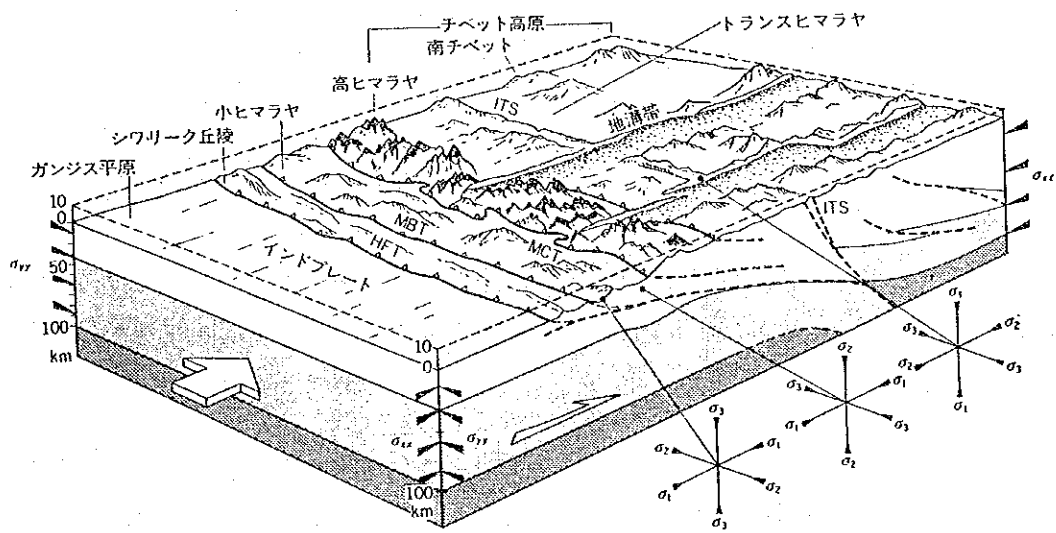


図3.2-5 インドの地質図



出典：酒井・本多（1988）

図3.2-6 ヒマラヤ地域の地質断面図

ヒマラヤ地域は粘板岩、砂岩、石灰岩等の中〜古生層が卓越している。ヒマラヤ山脈前縁部ではシワリク丘陵となり粗粒堆積岩から成るシワリク層（上部シワリク層は巨礫岩）が分布する。

シワリク層はヒマラヤの後造山期のモラッセ堆積物であり、ヒマラヤが上昇、削剥されて供給された砂・礫・シルトから構成されている。

シワリク丘陵及びその南部のGanges平原との間にはヒマラヤ前縁衝上断層（Himalayan Frontal Thrust: HFT）が存在し、シワリク層がGanges平原の堆積物に衝上している。

ガンジス平原沖積層はインドーガンジス沈降帯に堆積したもので、最大層厚は2000m以上に及んでいる。層相は粘土・砂・礫等から成る。Ganges平原北縁部は、シワリク丘陵及びその背後のヒマラヤ山脈から発した諸河川が形成する複合扇状地であり、その堆積物には何層もの巨礫を含む玉砂利層※が含まれている。層厚は300m以上に及ぶと推定されているが現在迄のところその基底は確認されていない。なお、Uttar Pradesh州のHaldwaniでは301m掘削して基底へ達していない。この堆積物は南方へ向かって粒径を減じ、Ganges平原の沖積層へと連続する。半島部は花崗岩・珪岩・片岩等から成る先カンブリア紀に属する古期岩類が広く分布するほか、中西部には白亜紀に噴出した玄武岩質岩を主体とするデカントラップが分布している。古期岩類の分布地域はhard rock areaと呼ばれている。

計画対象地域は、シワリク層の分布地域の一部とGanges平原北部の複合扇状地を主体とする。図3.2-7に調査対象となる玉砂利層の分布地域を示す。

※玉砂利層は特定の地層名ではなく巨礫層を含む砂礫層全体を総称しているものである。

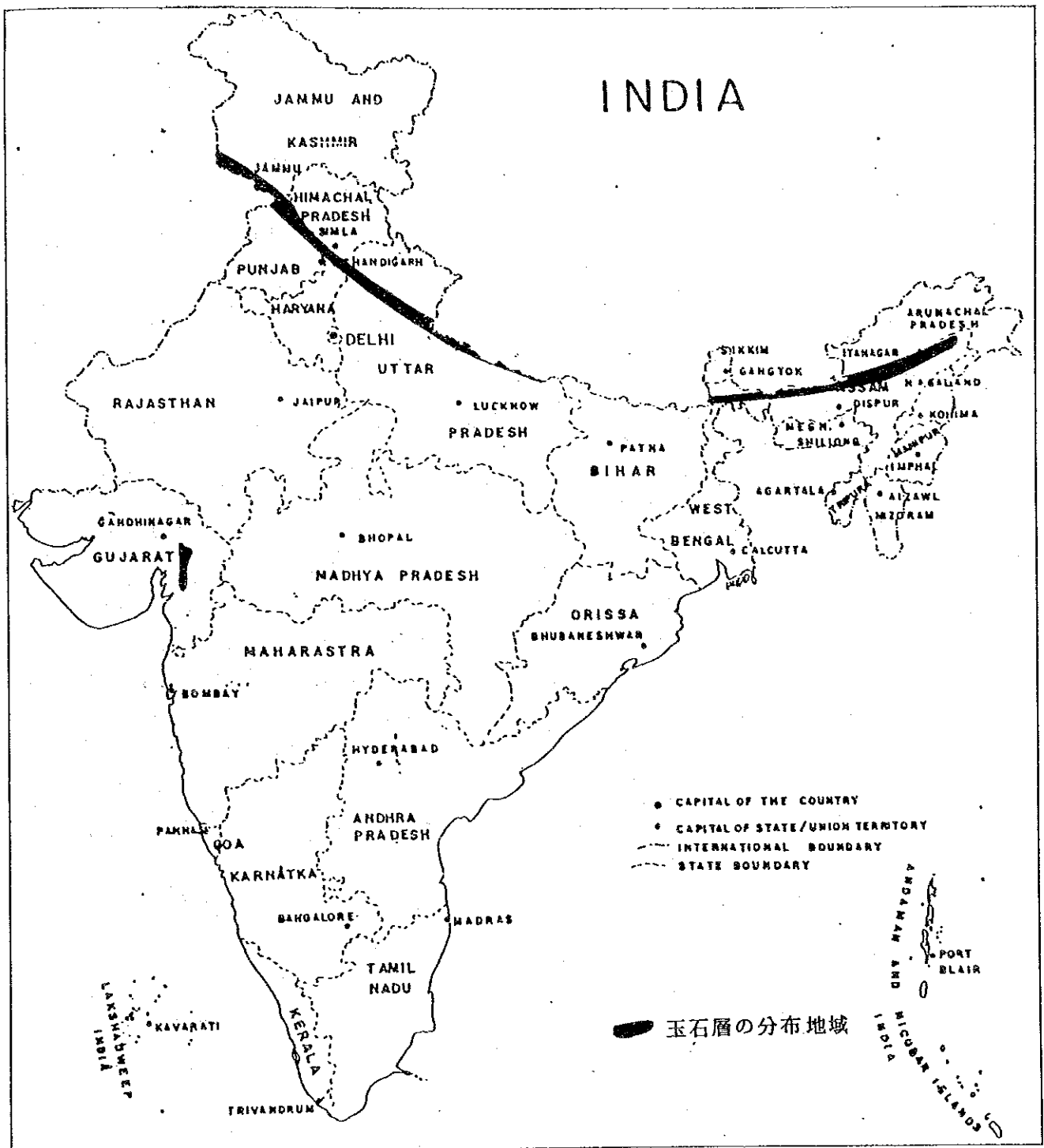


図3.2-7 玉砂利層の分布図

5) 水理地質

ヒマラヤ地域や半島部の古期岩分布地域では、岩盤の亀裂に貯留する亀裂水、そしてGanges川流域平野では新しい地層の空隙を流動する地層水が帯水層となる。しかし一般的に亀裂水は地層水に比べて量的に少なくなる。Ganges川沿いの広大な平野部では厚い沖積層が堆積していることが判明しており、それに含まれる帯水層の開発は進んでいる。これらの地域では井当たり $150\text{m}^3/\text{h}$ 以上の巨大なポテンシャルのあることが知られている。これに対して、ヒマラヤ地域や半島部での井当たりのポテンシャルは $20\text{m}^3/\text{h}$ 前後と少なくなっている。

次に、計画対象地域付近の水理地質について述べる。

地下水は、玉砂利層及び沖積層に存在している。帯水層は玉砂利層及び沖積層ともに地表下数十m以内の浅い帯水層とそれ以深の深い帯水層が見られる。上位の帯水層は涵養量が限られているため、揚水に伴う水位低下が著しく、沖積地域内の井戸では使用が困難になっているものが多い。一方、玉砂利層中の下位の帯水層の地下水はヒマラヤ山脈における豊富な降水による涵養を受けるため生産性が高い。ちなみに、フェーズIにおいて調達されたさく井機により深度300mの井戸がHaldwaniにおいて掘削されたが、その結果は $121\text{m}^3/\text{hour}$ の揚水量に対し3.3mの水位降下であった。このことは玉砂利層は帯水層としてきわめて優秀であることを示している。調査地域の地下水の産出能力は玉砂利層中で $2,000\text{l}/\text{分}$ 以上、hard rock areaで $600 \sim 1,000\text{l}/\text{分}$ が期待される。また、Haldwaniにおける地下水位は地表下121mであり、玉砂利層中の地下水位は概して深いものと推定される。なお、調査地域の水理地質構造と同様の構造を有すると考えられるネパール国テライ平原における模式水理地質断面図を図3.2-8に示す。

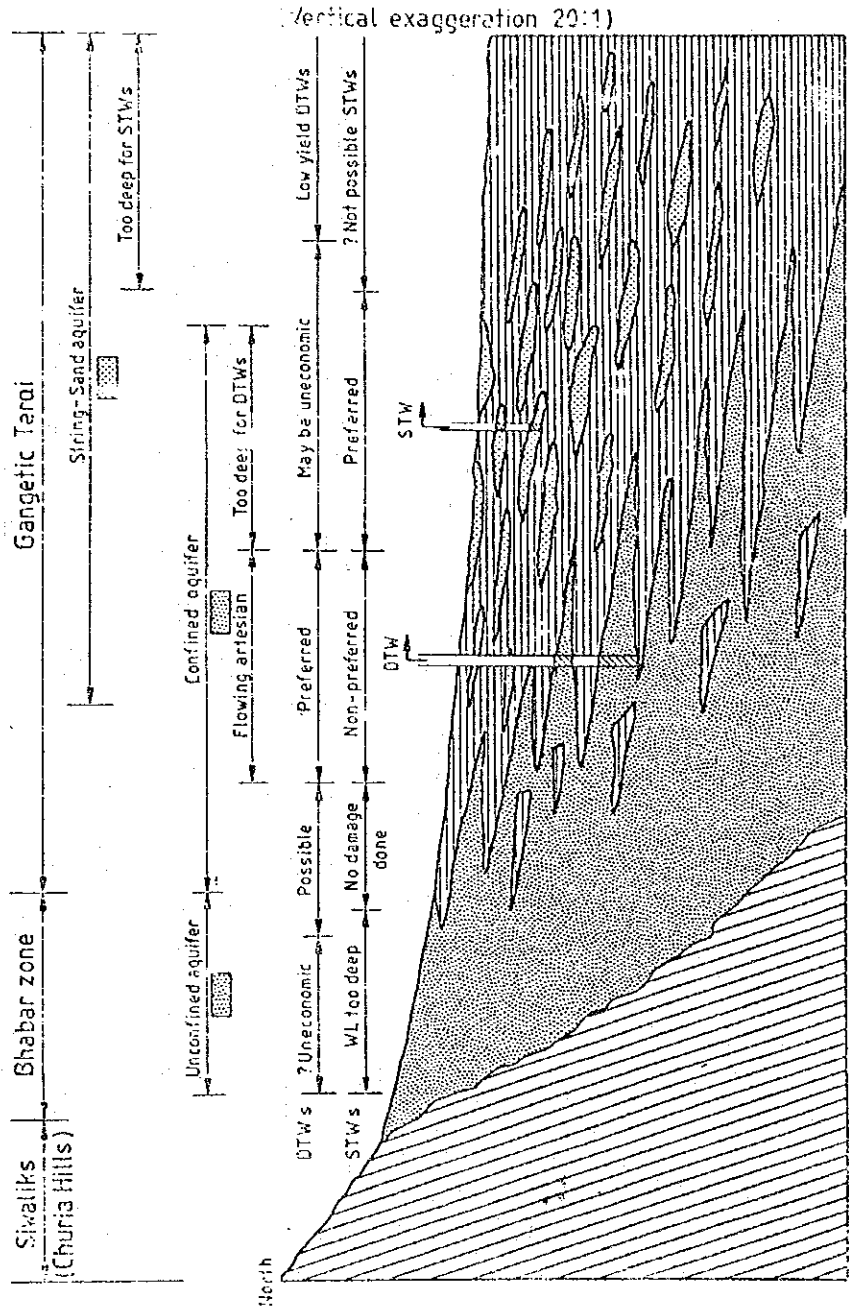


図3.2-8 ネパール国テライ平原の様式水理地質断面図