社会開発調査部報告書

No. 2

バングラデシュ人民共和国ラジシャヒ給水・衛生施設整備計画調査事前調査報告書

平成5年8月

バングラデシュ人民共和国
ラジシャヒ給水・衛生施設整備計画調査
事前調査報告書

平成5年8月

国際協力事業団

LIBRARY

社調二
J R
93 − 094

JICA LIBRARY
1107907[6]

国際協力事業団
25351

バングラデシュ人民共和国
ラジシャヒ給水・衛生施設整備計画調査
事前調査報告書

平成５年８月

国際協力事業団

序　　文

日本国政府は、バングラデシュ人民共和国政府の要請に基づき、同国のラジシャヒ給水・衛生施設整備計画にかかる調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することといたしました。

当事業団は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成4年8月28日より9月16日までの20日間にわたり、武蔵工業大学工学部教授　綾　日出教氏を団長とする事前調査団（S／W協議）を現地に派遣しました。

調査団は本件の背景を確認するとともにバングラデシュ人民共和国政府関係者の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関するS／Wに署名しました。

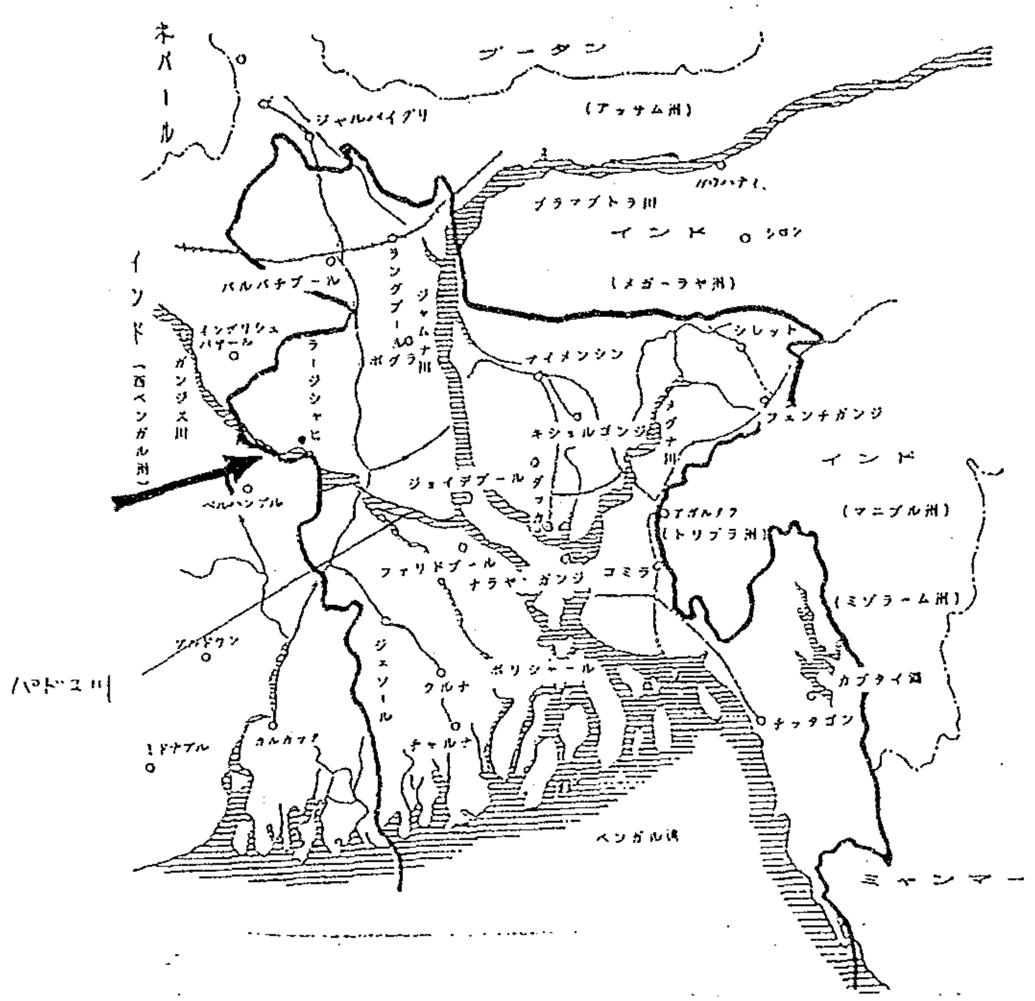
本報告書は、今回の調査をとりまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

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

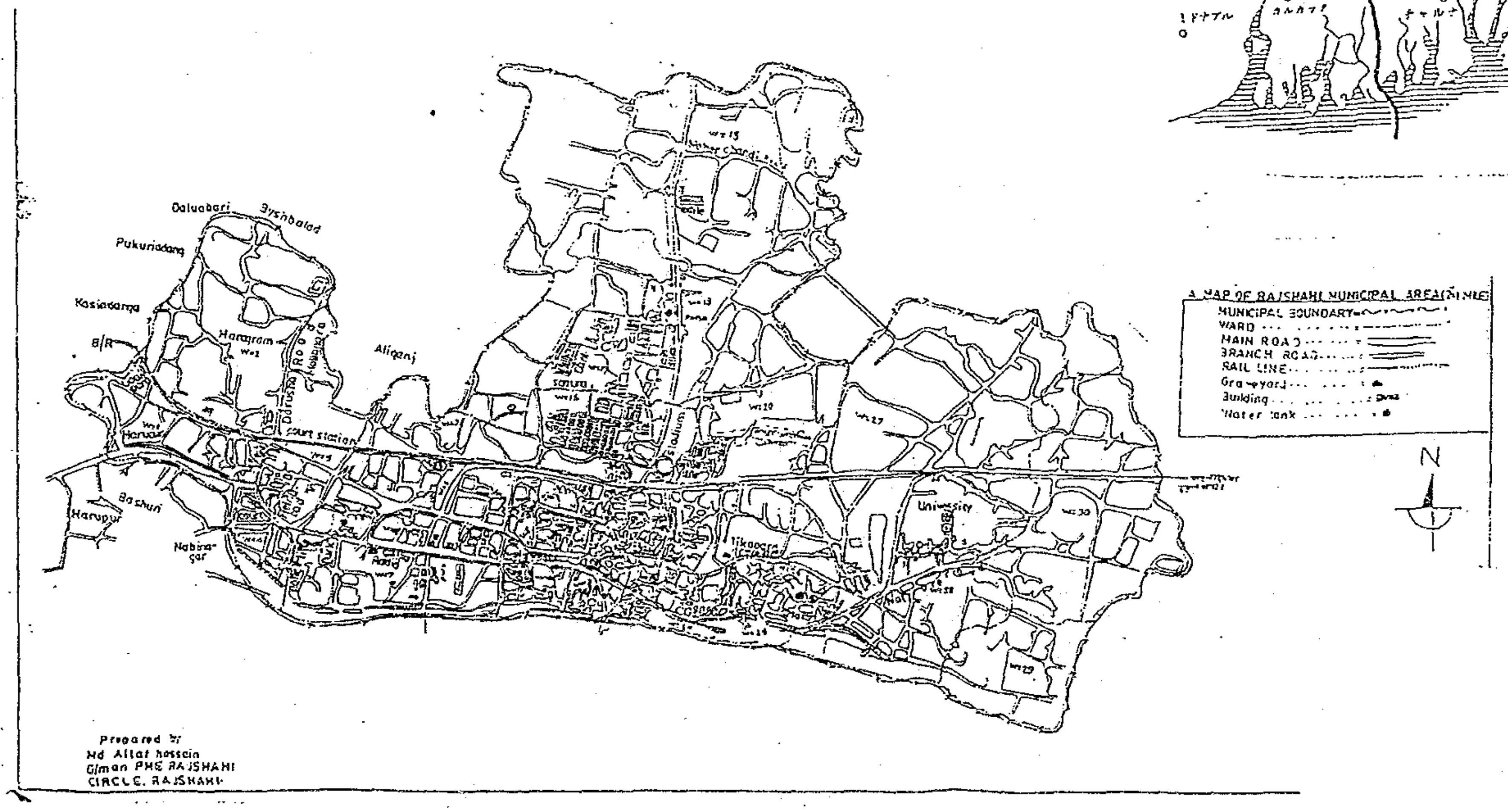
平成5年8月

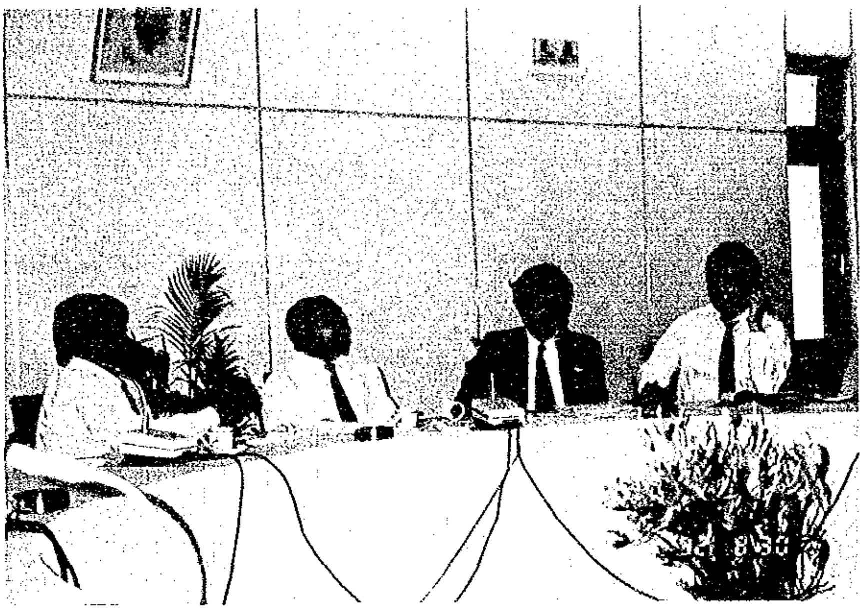
国際協力事業団
理事　佐藤　清

調査対象プロジェクト位置図

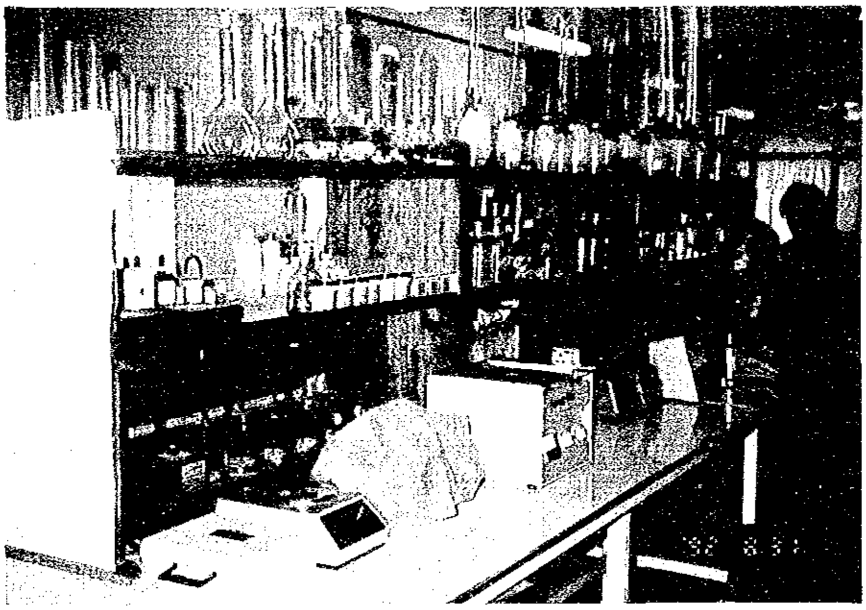


ラジシャヒ市街図

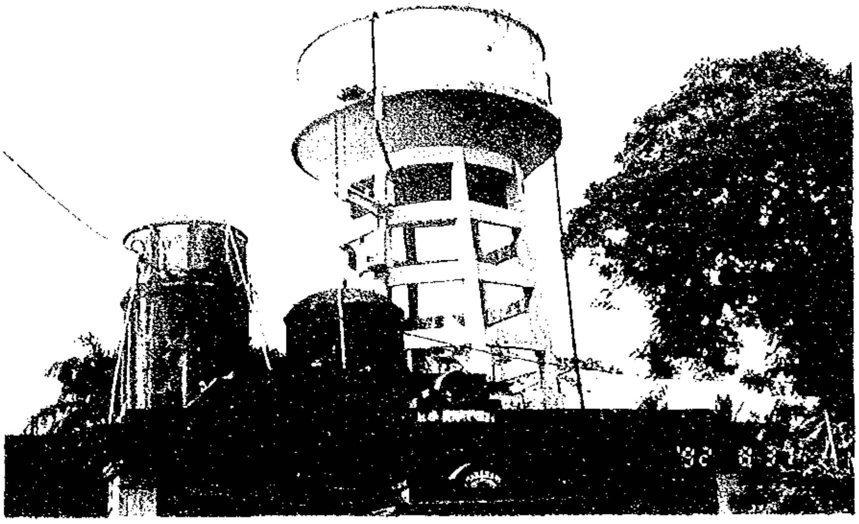




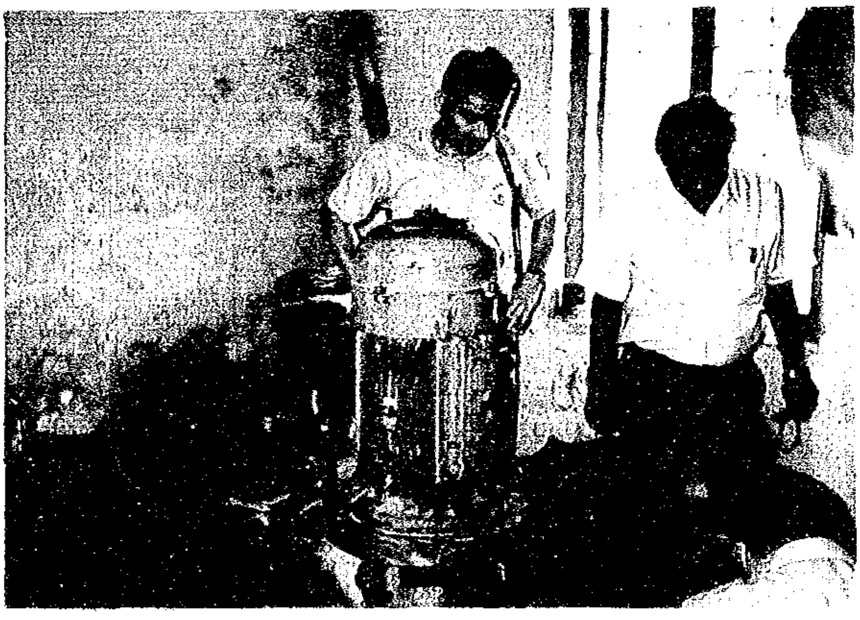
ＥＲＤとのＳ／Ｗ協議



ＤＰＨＥラジシャヒ地方事務所内のラボラトリー



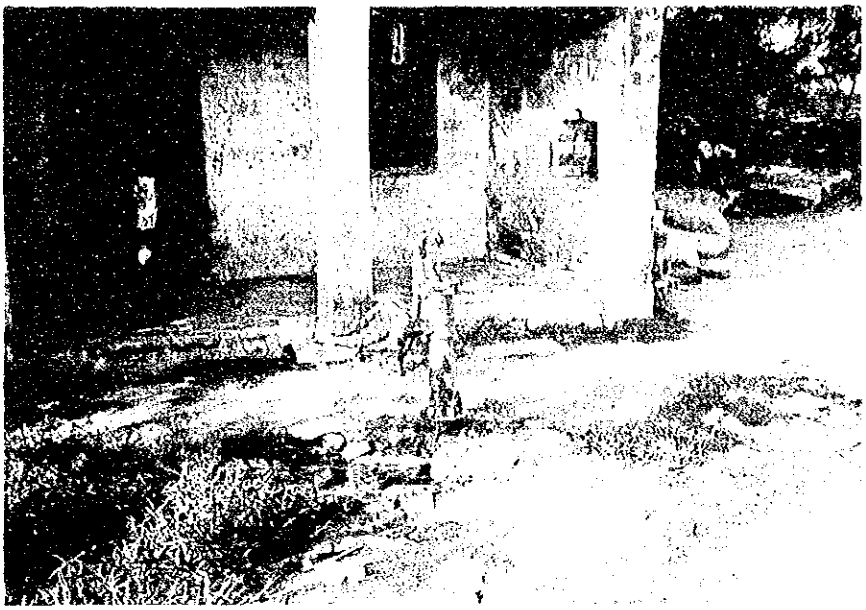
高架水槽（ラジシャヒ市）



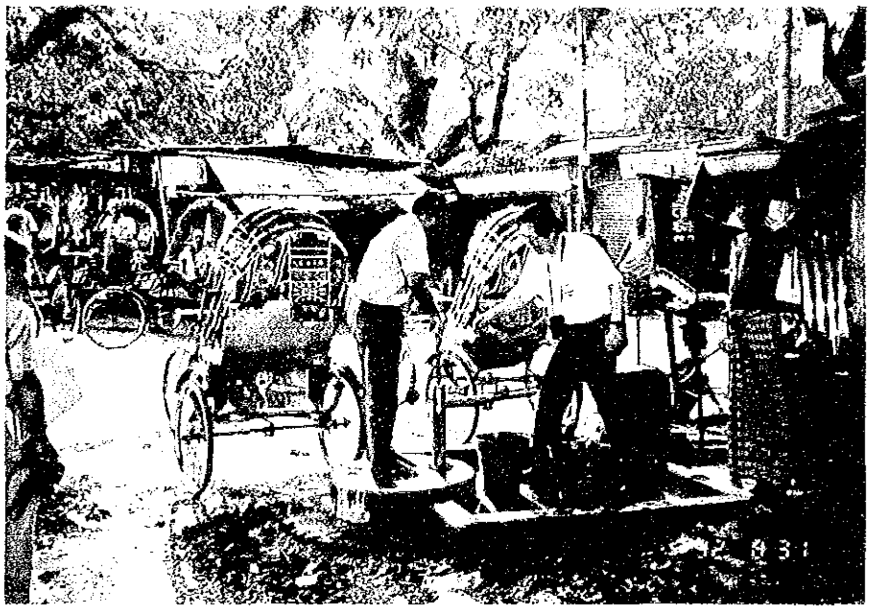
地下水揚水ポンプ（パキスタン製）

1937年に建設された給水施設
（現在は使用されていない）

し尿収集用のタンク型トロリー車（容量１㎥）

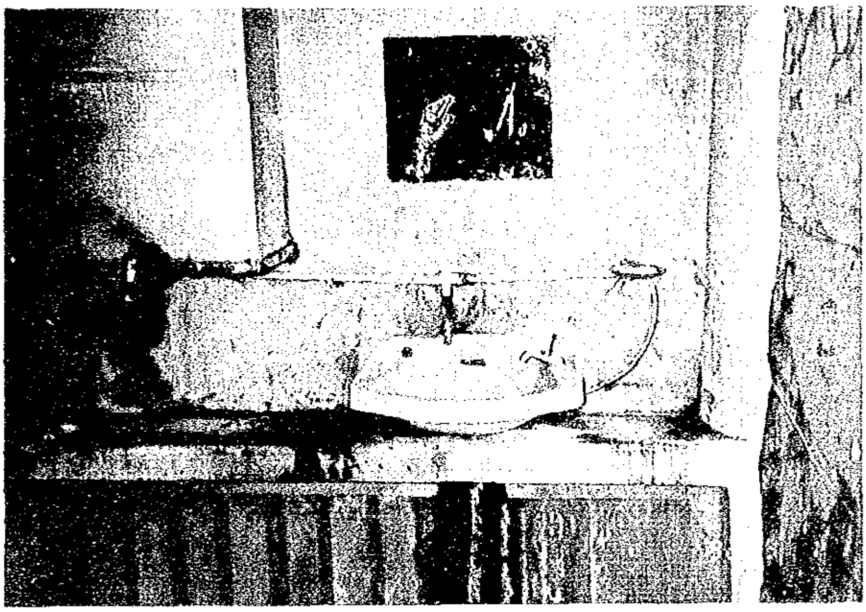


ダックウェル・ポンプ

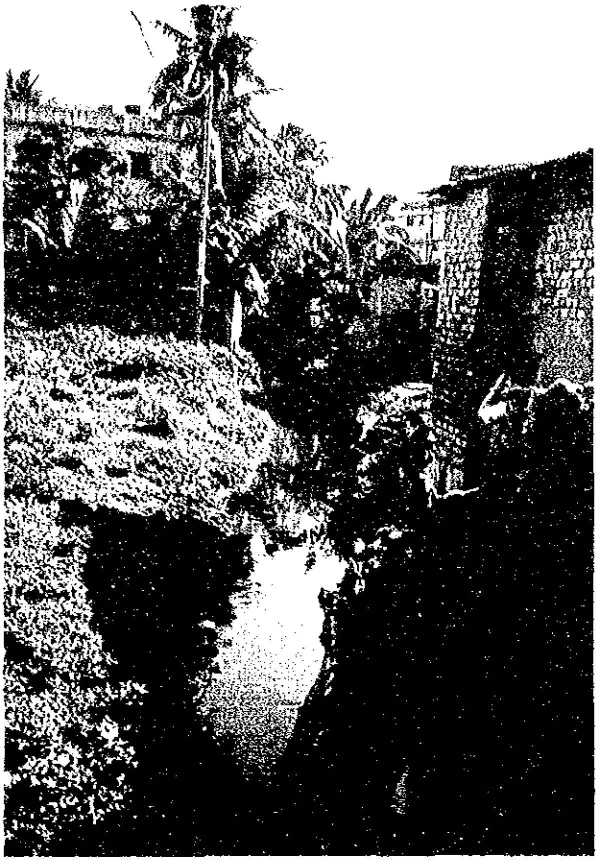


タラポンプ（現地で考案された浅井戸用ポンプ）

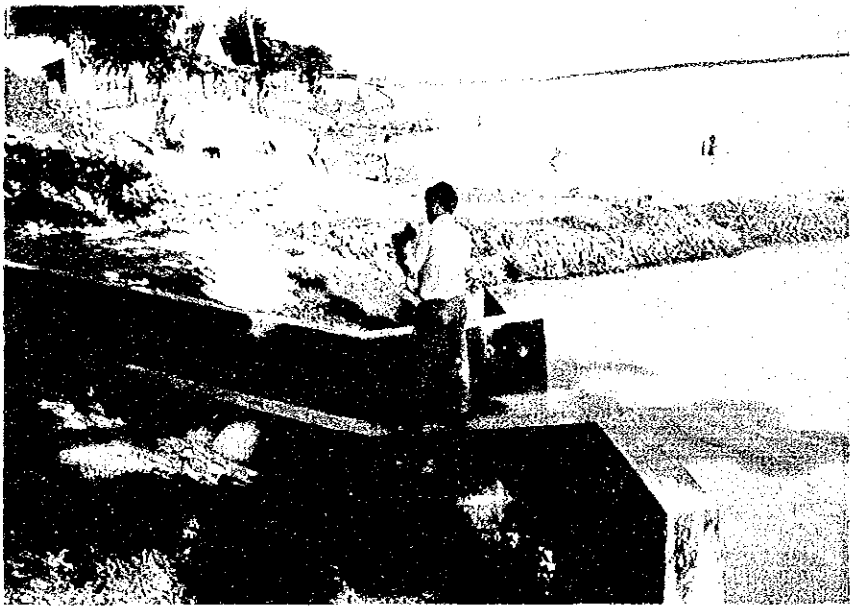
貯水槽付きの共同水栓



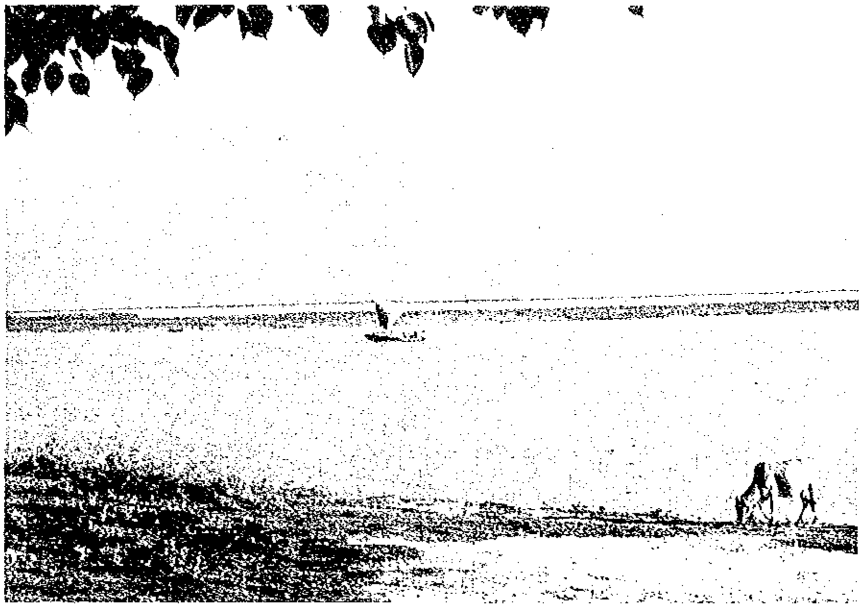
各戸水栓（簡易貯水槽を備える）



ラジシャヒ市内の排水路



排水用の水門（パドマ河沿い）



パドマ河

目　　次

序　　文
調査対象地域図
調査写真

第１章　事前調査の概要 …… 1
　１－１　調査の目的・内容 …… 1
　１－２　調査団の構成 …… 1
　１－３　相手国受入機関 …… 1
　１－４　調査行程 …… 1

第２章　事前調査結果の概要 …… 3
　２－１　要請の背景及び経緯 …… 3
　２－２　要請の内容 …… 3
　２－３　日本側の調査対処方針 …… 4
　２－４　Ｓ／Ｗ協議の経緯及び結果 …… 6

第３章　給水・衛生事業の概要 …… 11
　３－１　給水・衛生事業行政組織 …… 11
　３－２　ＤＰＨＥの給水・衛生事業の概要 …… 11
　　(1)　組織 …… 11
　　(2)　給水施設の普及状況 …… 11
　　(3)　事業計画（92／93～94／95年度） …… 14
　３－３　開発事業の実施体制 …… 15
　３－４　ラジシャヒ市の給水施設の現況 …… 15
　３－５　ラジシャヒ市の衛生施設の現況 …… 23
　３－６　給水分野に対する援助の動向 …… 27

第４章　調査対象地域の概要 …… 30
　４－１　調査対象地域 …… 30
　４－２　自然環境の概要 …… 31
　　(1)　地形 …… 31
　　(2)　地質 …… 33

(3) 気象・気候 …… 36
(4) パドマ河の流況 …… 39
4－3 既往の地下水調査 …… 42
(1) ラジシャヒ・バリンド地域の地下水利用調査 …… 42
(2) ＢＷＤＢの地下水位調査 …… 43
(3) ＧＳＢの地質（地下水）調査 …… 46
(4) 給水・衛生施設計画フィージビリティ調査 …… 46
(5) ＷＡＲＰＯの地下水調査 …… 54
(6) ＤＰＨＥラジシャヒ支所の井戸資料 …… 54
4－4 地下水開発の現状と問題点 …… 57
(1) 地下水開発の現状 …… 57
(2) 地下水開発の問題点 …… 59
4－5 既往の関連調査 …… 61
(1) 給水・衛生施設全国マスタープラン（オランダ 1986） …… 61
(2) 給水・衛生施設フィージビリティ調査（オランダ 1981） …… 65
(3) 都市計画（ＵＮＤＰ 1984） …… 72
4－6 給水都市の問題点 …… 75
(1) 計画目標年次、計画区域 …… 75
(2) 水源 …… 76
(3) 水処理 …… 76
(4) 既設施設のリハビリテーション …… 77
(5) 事業実施体制 …… 77
(6) 料金体系、徴収方法 …… 78
(7) 環境初期評価、環境アセスメント …… 78
4－7 衛生施設計画の問題点 …… 78
(1) 適性技術の選択 …… 78
(2) 排水施設 …… 79
(3) 廃棄物の収集、処分 …… 79

第5章 本格調査の概要 …… 80
5－1 調査の基本方針 …… 80
5－2 目的 …… 82
5－3 対象地域及び範囲 …… 83
5－4 調査項目及び内容 …… 83

5－5　調査工程及び調査フロー …… 97
5－6　報告書 …… 97
5－7　要員計画 …… 98
5－8　本格調査機材リスト …… 101
5－9　調査実施にあたっての留意点 …… 102

付属資料

1．バングラデシュ国政府からの要請書 …… 103
2．S／W及びM／M …… 117
3．バングラデシュ国及びラジシャヒ市の一般事情 …… 131
4．質問状 …… 133
5．収集資料リスト …… 136
6．ＤＰＨＥラボ水質分析機器リスト …… 143
7．ＤＰＨＥラボ水質分析項目 …… 145
8．水質分析結果 …… 146
9．給水用深井戸の諸元 …… 147
10．価格調査 …… 148
10－1　一般 …… 148
10－2　物理探査・測量・水質試験 …… 151
10－3　ボーリング …… 155

第１章　事前調査の概要

１－１　調査の目的・内容

バングラデシュ人民共和国（以下バングラデシュ国という）政府の要請に基づき、次の目的により事前調査を実施した。

(1)　相手国の要請内容の確認

(2)　相手国の調査の実施体制の確認（実施機関、関連機関）

(3)　既往調査、既存資料の確認、収集・予備解析

(4)　現地の状況調査

(5)　調査内容（対象地域、調査範囲、レベル、調査期間）の意向確認

(6)　実施調査のScope of Work（Ｓ／Ｗ）、Minutes of Meeting（Ｍ／Ｍ）協議、署名

(7)　その他、本格調査の実施方針を検討するのに必要なデータ、資料の収集、調査

１－２　調査団の構成

No.	氏　名	担当分野	所属機関及び役職
1	あや　ひでのり 綾　日出教	総括／上水道計画	武蔵工業大学　工学部　土木工学科　教授
2	まるおゆうじ 丸尾祐治	地下水開発計画	ＪＩＣＡ国際協力総合研修所　国際協力専門員
3	むろさわさとし 室沢智史	調査企画	ＪＩＣＡ社会開発調査部社会開発調査第二課
4	しばみやいちろう 芝宮一郎	ボーリング計画	㈱日さく　技術部さく井設備課長
5	みやもとまさふみ 宮本正史	衛生環境	㈱東京設計事務所　海外部長

１－３　相手国受入機関

Department of Public Health Engineering（ＤＰＨＥ）：公衆衛生技術局

Ministry of Local Government, Rural Development and Cooperatives（地方自治・農村開発・協同組合省）の部局。

１－４　調査行程

事前調査団の派遣期間は平成３年８月28日より同年９月16日まで（20日間）であり、日程の詳細は次のとおりである。

日順	月　日	曜日	調　査　日　程	宿　泊　地	調　査　内　容
1	8／28	金	東　　京　11：00 ⇩　(TG 641) バンコク　15：30	バンコク	移　　動
2	29	土	バンコク　11：30 ⇩　(TG 321) ダッカ　12：50	ダッカ	移　　動
3	30	日			ＪＩＣＡ事務所打合せ 大使館表敬 ＥＲＤ、ＤＰＨＥ表敬及び打合せ オランダ給水、衛生及び排水施設施設整備計画事務所表敬
4	31	月	ダッカ　10：10 ⇩　(BG 481) ラジシャヒ　10：50	ラジシャヒ	移　　動 現地踏査（午後）
5	9／1	火		〃	現地踏査
6	2	水		〃	現地踏査
7	3	木	ラジシャヒ　11：20 ⇩　(BG 482) ダッカ　12：00	ダッカ	移　　動 Ｓ／Ｗ・Ｍ／Ｍ協議（午後）
8	4	金		〃	無償資金協力にて事業化済のNarayanganj 飲料水給水施設の見学（日帰り）
9	5	土		〃	地方自治・農村開発・協同組合省表敬 Ｓ／Ｗ・Ｍ／Ｍ協議
10	6	日		〃	Ｓ／Ｗ・Ｍ／Ｍ協議 大使館・ＪＩＣＡ事務所報告
11	7	月		〃	綾団長　移動 ダッカ⇨ﾊﾞﾝｺｸ・香港⇨東京 BG080　CX700 / CX508　(9/8着) 資料作成
12	8	火		〃	世銀事務所表敬 ＤＰＨＥ打合せ オランダ給水、衛生及び排水施設整備計画事務所打合せ
13	9	水		〃	ＥＲＤ打合せ ＤＰＨＥ打合せ 世銀事務所打合せ
14	10	木	宮本、芝宮団員 資料収集	〃	丸尾、室沢団員　移動 ダッカ⇨バンコク 14：00　17：10 (TG 322)
15	11	金	〃	〃	バンコク⇨東　京 (TG 640) 11：00　19：00
16	12	土	宮本、芝宮団員	〃	資料収集
17	13	日	〃	〃	資料収集
18	14	月	〃	〃	資料収集
19	15	火	ダッカ　14：00 ⇩　(TG 322) バンコク　17：10	バンコク	
20	16	水	バンコク　11：00 ⇩　(TG 640) 東　　京　19：00		

第２章　事前調査結果の概要

２－１　要請の背景及び経緯

(1)　要請背景

バングラデシュ国ラジシャヒ市（面積52k㎡、1991年国勢調査結果の人口 508,000人）は同国北西地域の中心都市のひとつで、ガンジス河の支流のパドマ河が同市の南を流れ、同河を隔ててインドに接している。同市は急速な都市化に伴う人口増加が進んでおり、2000年には 100万人を越えると言われている。同地域では、1980年にオランダの協力により上水道分野のＭ／Ｐ、Ｆ／Ｓ調査が実施され、2000年までの給水計画を策定し、それに基づき、1980年から1986年までに同市人口（1985年推計25万人）の65％をカバーする給配水システムを完成した。しかし、同調査の予想を上回る急激な人口増加（過去15年間の人口増加率は年平均 9.6％）に伴う飲料水の需要増大に対して、当該システムでは対応しきれず、計画の見直しが必要となっている。

一方、ラジシャヒ市は南部の堤防沿いに高く、北東部（非市街化地域）及び西部から中心部に向けて地形的に低くなっており、市内のあちこちにある窪地には雨水や排水が溜り、排水不良の問題を抱えている。水道施設を利用できない市民は、この水溜まりの水を使用しており、極めて非衛生的である。かかる状況に対し、これまでに体系的な対策が講じられていないために、水系伝染病の発生など、公衆衛生上の環境問題が深刻化している。なお、衛生面では、浄化槽を備えた家が18％、非衛生的なバケツ式トイレを備えた家が30～35％であり、残りはトイレがない状態である。

(2)　経緯

こうした背景から、バングラデシュ国政府は1989年９月わが国に対し、ラジシャヒ市における地下水を対象とした給水施設、衛生及び排水施設の総合的な整備計画を策定することを目的としてＦ／Ｓ調査を要請越したものである。今回は、この要請に基づき、わが国の協力の可能性の検討を踏まえ、実施調査のためのＳ／Ｗの協議・署名を目的とした事前調査段を派遣することとなった。

２－２　要請の内容

バングラデシュ国政府からの要請内容（付属資料１．）の概要は次のとおりである。

(1)　案件名

（和）バングラデシュ上下水道施設整備計画調査

（英）Preparation of Water Supply, Sanitation and Drainage Project in Rajshahi Town

(2) 調査目的

本案件調査の目的は以下のとおりである。

① 既存給水、衛生及び排水に関する技術情報の取得

② 給水、衛生及び排水のための施工・設計等の事前準備

③ 給水、衛生及び排水のための投資計画のプロジェクト企画書の準備

④ 問題解決のための中・長期計画の提案

⑤ システム維持・管理のための機構提案

(3) 調査項目

本案件調査項目は以下のとおりである。

① 給水施設、衛生施設及び排水施設の現状把握

② 給水施設、衛生施設及び排水施設の基礎的な改善方針の検討

③ 試験ボーリング

④ 施設設計

⑤ O&M計画

⑥ コスト積算

⑦ 経済評価

(4) 調査期間

1989年7月〜1989年10月（約4ヶ月）を予定する。

2－3 日本側の調査対処方針

(1) 要請内容の問題点

① バングラデシュ国よりの要請は、給水・衛生及び排水施設の総合的な整備計画策定のためのF／S調査であるが、衛生及び排水施設については、バングラデシュ国（ラジシャヒ市を含め）の財政事情から必ずしもF／Sレベルの調査は必要ないと考えられる。また、わが国による従来の協力実績は、給水施設が中心であり、衛生及び排水施設の整備は含まれていない。

② ラジシャヒ市の水源は地下水であり、地下水開発可能量の検討、並びにそれに基づく地下水開発計画の策定が必要であるが、それに関する調査の要請となっていない。

③ 上記②の調査実施には、先方要請の調査期間（4ヶ月）は短過ぎる。

(2) 対処方針

① 調査の範囲

バングラデシュ国よりの要請は、給水施設、衛生及び排水施設の総合的整備計画策定のためのF／S調査となっている。

これに対し、現地日本大使館より「衛生・排水施設は、各家庭の細かい設備改善によるところが大きいため、計画段階では総合的な検討を行いながらも、実施段階では、給水施設に限った協力となるのが現実的と思われる。」、また、現地ＪＩＣＡ事務所より「衛生・排水設備計画に関しては、以前の 8 Towns の計画の際にも、当初はこれを含めて要請されていたものを、し尿処理に関する基本的な考えが定まっていないために、プロジェクトから除外した経緯があり、今回も、総合的な公衆衛生環境の改善を目的とした設備計画の作成を要請越しているが、調査を行う際にはＳ／Ｗの段階で十分な検討が必要である。」との評価、所見が寄せられている。

また、衛生・排水施設については、バングラデシュ国の財政事業から現時点では施設維持・管理の点で困難を伴い、必ずしもＦ／Ｓレベルの調査は必要ないと考えられる。なお、わが国による従来の協力実績は、給水施設が中心であり、衛生及び排水施設の整備は含まれていない。

以上の事情から、衛生施設は、公衆衛生改善計画として計画段階では総合的な検討を行うが、Ｆ／Ｓ調査は実施しない。また、排水施設については、公衆衛生改善の一環としてどの程度協力が可能か事前調査で検討する。

② 調査対象地域

調査対象地域については、ラジシャヒ市(32.25k㎡) 及びその近郊とするが、行政地区、給・排水管整備地区、地勢条件等を考慮した上、ＤＰＨＥの意向を確認し、調査対象地域の詳細について決定することとする。なお、可能な限りＳ／Ｗに地図を添付し、調査対象地域の境界線を明示することとする。

③ 調査期間

バングラデシュ国よりの要請は、約４ヶ月の調査期間であるが、日本側としては、地下水開発可能量の把握及び地下水開発計画の策定が調査の中心と考えているため、Ｓ／Ｗ（案）では、調査開始から最終報告書提出までの約20ヶ月を予定している。

なお、相手国の要望、現地の状況、関連資料の有無等により、再検討の必要がある場合には調査団で検討し、その結果を報告する。

④ 調査用資機材の購送

バングラデシュ国の保有資機材の状況を勘案し、資機材は調査用に必要なものに限ることとする。また、必要資機材については、現地の状況を十分に考慮の上、仕様等を決定するものとする。なお、先方から調査用資機材の供与要請があった場合は、その旨Ｍ／Ｍに記載す

ることとする。

⑤ 補足調査

既存資料の賦存状況及び現地踏査を踏まえ、補足調査（物理探査、ボーリング、揚水試験等）が必要か否かを検討する。また、必要となる補足調査の内容、範囲、精度、経費等についても検討する。

⑥ ＴＡＰＰ（ＴＯＲに対するバングラデシュ国政府の承認）

バングラデシュ国政府からの要請書（ＴＡＰＰ）は、1988年11月に作成されたもので、今回提案する調査内容により、ＴＡＰＰの修正並びに政府承認が再度必要となるか、または既に承認済のＴＡＰＰにて対応可能かどうか確認する。なお、今年度の年次協議（本事前調査開始直前の終了）において、従来のそれぞれのプロジェクトの要請機関がＳ／Ｗに署名する方式から大蔵省経済関係局（ＥＲＤ）のみが署名者となるとの情報もあり、現地にて確認を必要とする。

⑦ その他の確認事項

本格調査を踏まえ、次の事項を確認する。

1）物理探査、ボーリング等のフィールド調査のための用地の確保及び使用につきＤＰＨＥの許可を取ること。

2）カウンターパート等の調査実施体制

3）航空写真及び地形図の内容、精度、国外持ち出しの可能精等

4）調査団が使用する事務所スペースの確保及び車両の提供

5）ボーリング作業等にかかる現地業者の能力、契約単価

2－4　Ｓ／Ｗ協議の経緯及び結果

事前調査団は、日本で打ち合わされた対処方針及びＳ／Ｗ（案）を基に、ＤＰＨＥ及び関係省庁との協議、世銀バングラデシュ事務所及びオランダのプロジェクト・コンサルタント等との意見交換、並びに現地踏査の結果を踏まえ、9月3日、5日及び6日の3日間にわたりＳ／Ｗ協議を行い、ＤＰＨＥと合意に達した。しかし、ＥＲＤはバングラデシュ側の UNDERTAKINGの条項にかかる修正（第三項）及び削除（第四項）を要求してきた。調査団内にて合意点を模索したが、これらの要求事項は調査団独自では判断できない範疇の事項でもあり、現地日本大使館及びＪＩＣＡ事務所とも相談した結果、帰国後関係機関と協議の上、この問題を解決することとし、署名を取り止めた。なお、補足事項についてはＥＲＤ及びＤＰＨＥと合意に達し、議事録（Ｍ／Ｍ）にとりまとめた。

その後、関係機関との調整を終え、10月22日、今津　武ＪＩＣＡバングラデシュ事務所長とＥＲＤ次官補Dr. A.M.M. SHAWKAT ALIとの間で、Ｓ／Ｗ及びＳ／Ｗ協議にかかるＭ／Ｍの署名、交換を行った。

主な協議内容は、以下のとおりである。

(1) 調査の範囲

ＤＰＨＥ及びＥＲＤとの協議の結果、当方提案のＳ／Ｗ（案）のとおり、①給水施設整備計画の策定（既存給水施設のリハビリテーションを含む）（Ｍ／Ｐ＋Ｆ／Ｓ）　②地下水を主とする水資源調査　③地下水開発計画の策定　④公衆衛生改善計画の策定（特に、し尿及び固形廃棄物の処理に関する住民の生活状況改善）（Ｍ／Ｐ）で合意した。また、排水については公衆衛生改善の一環として取り扱うこととした。

なお、バングラデシュ側は早期の事業化を目的として、調査期間の短縮（全体調査期間18ヶ月）を強く要望した。

(2) Ｓ／Ｗの署名者

今年度の年次協議において、今後の案件のＳ／Ｗ、Ｍ／Ｍ等については全てＥＲＤが署名することとなり、本調査におけるＳ／Ｗ及びＭ／Ｍが最初のケースとなった。

(3) ＴＡＰＰ

ＴＡＰＰについては、事前調査団提案の調査内容に基づき、その修正並びに政府の承認が必要であることが判明した。また、ＤＰＨＥより強い要望があり、ＴＡＰＰ修正に必要なデータ（調査スケジュール、人／月、調査コスト、調査用機材リスト等についての概要）を提供した。これに伴い、Ｓ／Ｗには次のとおりVALIDITY OF THIS SCOPE OF WORKの項目を加え、Ｓ／Ｗの発効は修正ＴＡＰＰの承認が得られた後となることとなった。

X. VALIDITY OF THIS SCOPE OF WORK

This signed Scope of Work wil come into effect when Technical Assistance Project Proforma is revised as required and approved by the Government of Bangladesh.

(4) バングラデシュ側のUNDERTAKING

９月６日に開催されたＳ／Ｗの最終協議は、ＥＲＤが関係機関（ＬＧＤ、ＤＰＨＥ）を召集しての合同会議形式で行われ、Dr. Ali（ＥＲＤ次官補、年次協議のバングラデシュ側代表）は、Ｓ／Ｗ記載の UNDERTAKINGの第三項（調査団が調査のために相手国へ持ち込む調査用資機材につき、関税等の税金その他の課税金を免税する旨の規定）については修正を、また、第四項（調査団員が調査の遂行に関して現地にて得た報酬、手当等に対して相手国から課せられる所得税等及びそれに関連して課せる税金、その他の課徴金を免税する旨の規定）については条項の削除を要望した。

このように、バングラデシュ側が UNDERTAKINGの条項にかかる修正及び削除を要求してきた

理由としては、次のとおりである。

① UNDERTAKING の第三項の修正を求めている理由は、今後の調査用機材の持ち込みについて、プロジェクト・パスブックによる方法で統一したい意向であると考えられる。これは調査用機材をプロジェクト・パスブックにレジスターし、免税一時輸入する方法で（この場合、パスブックの発給がＴＡＰＰの中で担保されていることと、持ち帰り機材と調査終了後供与機材を明確にすることが必要である）、調査終了後供与を予定している機材についてはバングラデシュ側実施機関が必要な税金を国税局（ＮＢＲ）に支払った上で、パスブックから引き取ることになるが、その場合には事前に必要な税額をＴＡＰＰの中に計上しておかなければならない。従来、日本側はこの作業を免税と理解してきたが、今回、バングラデシュ側は免税ではなく、実施機関負担を明確にした。

② 第四項の削除を求めている理由は、日本とバングラデシュ間で二重課税協定（Double Taxation Agreement）が締結されており、この協定の記載事項と第四項は同内容であることとしている。

UNDERTAKING の第三項の修正については、実質上免税が確保されるものであり、特に修正に問題はないと思われたが、本件Ｓ／Ｗが最初のケースでもあり、修正内容（表現方法、字句）についてバングラデシュ側と詰めた結果を持ち帰り検討することとした。

また、第四項については外務本省での確認及び検討が必要と思われること、調査団としては当地大使館に問題の解決を依頼することに止める。

その後、現地日本大使館及びＪＩＣＡ事務所がＥＲＤと上記 UNDERTAKINGの第三項及び第四項について、調整を行った結果、以下のとおりの内容で合意することとなった。

<u>Ⅶ. UNDERTAKING OF GOVERNMENT OF BANGLADESH</u> の 1. (3)

to exempt the members of the Team from taxes, duties and other charges on equipment, machinery and other materials brought into and out of Bangladesh for the conduct of the Study, を、

to exempt the members of the team from taxes, duties and other charges on equipment machinery and materials brought into and out of Bangladesh for the conduct of the Study.

The executing agency will have to make necessary arrangement to provide the study team with PROJECT PASSBOOK for the above as per SRO. 88-L/85/906/Cus & SRO. 89-L/85/907/Cus both dated 13-2-85 and make necessary taxes and duties payment if those of above are kept as properties of GOB side.

に変更した。これは、ＥＲＤ側から「本件については、バングラデシュ国内で一律に定められているＮＢＲ発行の基準文書があるので、それを(3)中に参照としＴ挿入してもらいたい。」との申し出があり、日本側関係者間で協議した結果、ＮＢＲ基準が全ての援助関係機関及び援助計画実施者に対して、現在一律に摘要されていることから、申し入れを受け入れ、早期の調査開始に重点をおくこととした。

また、同Ⅶ．の１．(4)については、バングラデシュ側は、その後、二重課税防止条項に言及することについて、特段固執しなくなったため、従来とおりとすることとなった。

(5) 調査対象地域

ラジシャヒ市場は、要請のあった1989年９月の時点（当時の面積 32.25㎢）より市街が拡大しており（1991年国勢調査　52㎢）、また近郊地域も境界線が明確でないため、最新の行政区域図をＳ／Ｗに添付した。

(6) 調査期間

当初20ヶ月を予定していたが、既存資料の賦存状況を確認した結果、地下水、給水施設等の関連資料の賦存状況が悪く、特に地下水開発計画策定にかかる基礎データ収集を目的とした観測井の試掘の位置決定等に必要となる資料がないため、水準測量、電気探査等の基礎調査が必要となり、全体で22ヶ月の調査期間となった。

(7) カウンターパート

調査団はＤＰＨＥに対して、カウンターパートはＤＰＨＥ Rajshahi の技師が中心となる予定であるが、地質専門家等の人材がいないため、ＤＰＨＥ Dhakaからの要員の派遣を含め、本件調査を円滑に進めるうえで必要なカウンターパートを調査期間中、各本格調査団員に対して、ＤＰＨＥから配置し、それらの予算措置を行うよう要望した。

(8) 用地確保

調査団はＤＰＨＥに対して、本格調査で実施される試掘及び物理探査のための用地の確保を依頼し、ＤＰＨＥはそれを約束した。

なお、試験井の建設及び水位観測に少なくとも１年間を必要とすること、また、試験井は、調査終了後、可能な限り生産井への転換をはかることも表明した。

(9) サポーティング・スタッフ、事務室及び車両の手配

調査団はＤＰＨＥに対して、本格調査のために必要な机、椅子、キャビネット等を含む事務室の提供、必要車両と必要機材の手配、及び、サポーティング・スタッフ（タイピスト、秘書、

ドラフトマン等）の手配を要望した。ＤＰＨＥは事務室（10～12名作業可能）及び若干のサポーティングスタッフ（タイピスト、秘書）の提供には合意したものの、予算の制約があり、事務室備品（机、イス、クーラー等）の提供に難色を示すと共に、車両の手配及びサポーティング・スタッフの一部（ドラフトマンなどの作業要員）の手配については、日本側の負担とすることを要望した。

⑽ 水質分析

水質分析は、ＤＰＨＥ Rajshahi のラボで実施することでＤＰＨＥ側の合意を得たが、必要に応じて、試薬・器具の購入はＪＩＣＡで行うこととなった。なお、ＤＰＨＥ Rajshahi のラボでは、一般的な項目のほとんどについては実施可能であるが、特定の項目については、ダッカの大学等に依頼する必要がある。

⑾ 調査用機材

調査用機材については、水質分析器具など一部を除き、必要に応じ、日本側で用意することとなった。なお、ＤＰＨＥとしては、調査終了後に、調査用機材の供与の要望を有してはいたが、引き取り時の税負担が大きく、予算上不可能であるため、締めた経緯がある。また、ボーリング作業については、現地委託することとし、優良業者２社について調査した。

⑿ 関連資料の収集

ＤＰＨＥは、事前調査団がＤＰＨＥに提出した質問表に基づき、事前調査団滞在中に収集できなかった資料を本格調査が開始されるまでに収集するよう努力することを約束した。

第３章　給水・衛生事業の概要

３－１　給水・衛生事業行政組織

バングラデシュ国における給水・衛生事業は、地方自治、農村開発及び共同組合省(Ministry of Local Government, Rural Development and Co-operatives)に属する公衆衛生技術局（ＤＰＨＥ：Department of Public Health Engineering)と、上下水道公社（ＷＡＳＡ：Water and Sewage Authority)によって実施されている。上下水道公社（ＷＡＳＡ）は DhakaとChittagongの２大都市にそれぞれ独立のものがあり、両都市の上下水道事業を実施運営している。２都市を除くバングラデシュ国全体の上水道（給水施設）、衛生施設及び都市排水の事業は公衆衛生技術局（ＤＰＨＥ）が実施している。 DhakaとChittagongの両都市の都市排水事業もＤＰＨＥの管轄である。ラジシャヒ市における給水・衛生施設の計画、建設はＤＰＨＥの管轄であり、建設後一定期間をおいて施設は市(Rajshahi City Corporation) に移管され、維持管理は市が行うこととなる。

ＤＰＨＥの主な事業は地方都市での上水道整備（浄水場、生産井、ポンプ施設、給水塔、送排水管、給水施設）と、農村部での浅井戸・深井戸、手押し・動力ポンプの設置、自然泉の整備、リングウェル等の給水設備の普及である。また、衛生施設については、都市部、農村部ともに簡易水洗便所などの個別処理施設の普及を行っており、下水道施設の計画、建設は行っていない。

３－２　ＤＰＨＥの給水・衛生事業の概要

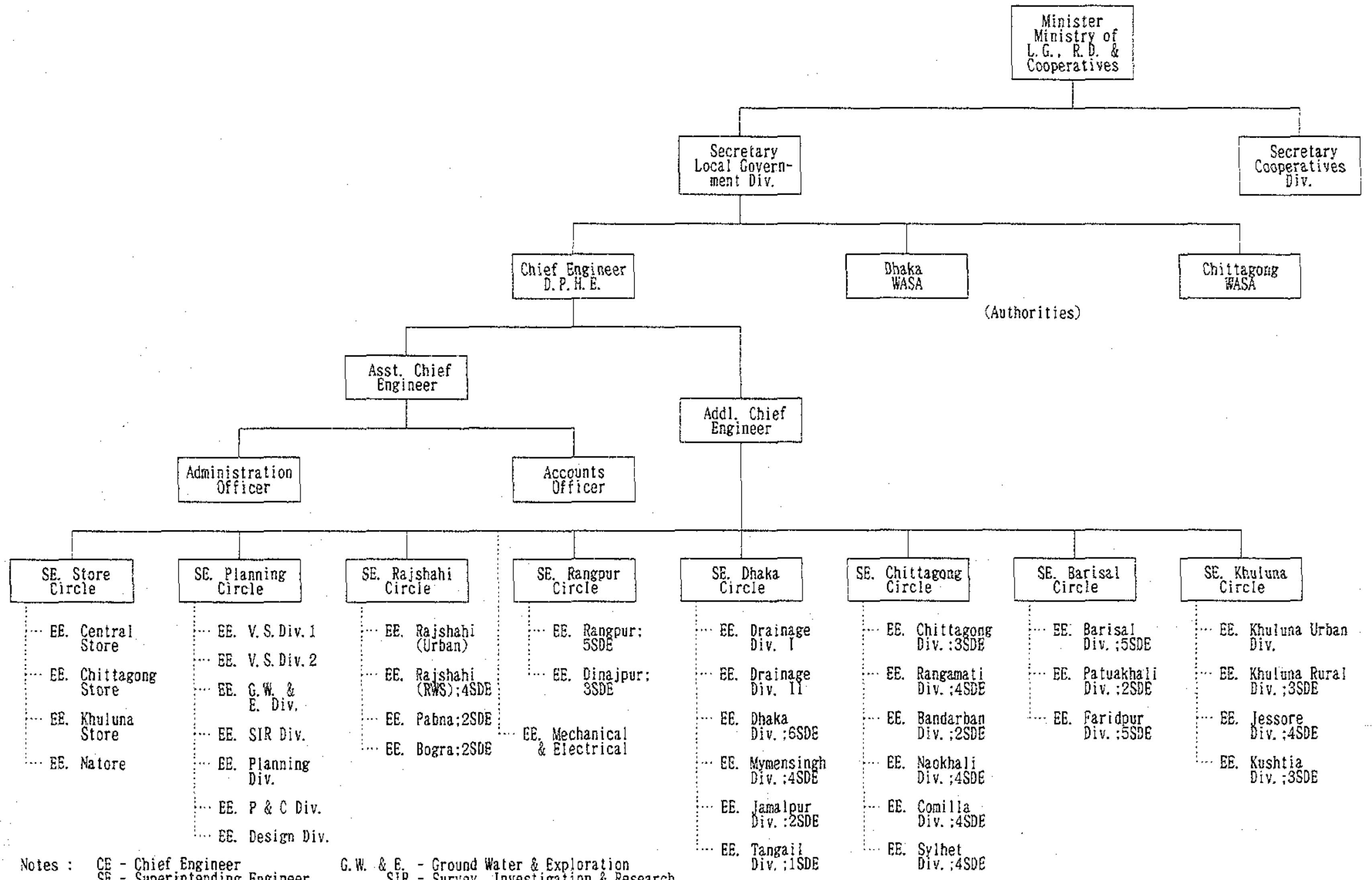
(1) 組織

ＤＰＨＥは首都ダッカの本部と、バングラデシュ全国を６地域に分割した地域事務所、及びそれらの地域事務所に属する県レベル(総数64）・群レベル(総数 640）の事務所より構成される。ラジシャヒ市の給水施設・衛生施設計画に関与するのは、ダッカ本部の計画部(Planning Circle) とラジシャヒ地方事務所(ＤＰＨＥ, Rajshahi Circle, Urban)である。ＤＰＨＥの組織図を図３－１に示す。

(2) 給水施設の普及状況

ダッカ市では 103本の深井戸により地下水を取水し、表流水の浄水施設１箇所と合わせ、日量約40万㎥を供給している。これにより同市の約70％程度の住民が水道施設を利用しているものと推定される。チッタゴン市では、35本の深井戸と表流水の浄水施設１箇所により、日量約16万㎥が供給され、同市人口の40～45％に相当する30万人に上水道が普及している。

ＤＰＨＥ管轄の地方都市としては、62県庁所在地、その他の21都市（Municipality：町としてランクされる比較的人口の多い地方都市)、439ウポジラ本部所在地(Upazila：郡）が対象となっている。このうち県庁所在地については、表３－１に示すように、すべての都市について計画は策定されているものの、一部が完了したのみで、全体の普及率は20～30％程度である。クルナ、ラジシャヒのように施設の一部が独立以前に建設された都市では、施設の老朽化が進



Notes :
CE - Chief Engineer
SE - Superintending Engineer
EE - Executive Engineer
SDE - Sub-Divisional Engineer
L.G. - Local Government
R.D. - Rural Development
G.W. & E. - Ground Water & Exploration
SIR - Survey. Investigation & Research
P & C - Program & Coordination
V.S. - Village Sanitation

図３－１　ＤＰＨＥの組織図

む一方、その後の人口増加が著しく、新たに計画策定が必要なものが多い。その他の都市においても給水施設の普及率は20～30％であり、ウポジラ本部所在地のそれは10％に満たないものと推定される。洪水制御・かんがい省(Ministry of flood Contol and Irrigation) の計画機関である水資源計画機構 (Water Resource Planning Organization；WAPRO、以前はMaster Plan Organization；MPOと称していた) の都市規模別の2005年までの普及率予測を表3－2に示す。

農村部での飲料水は、全て手動ポンプ付き浅井戸、コンクリートのリングを埋め込んだリングウェル、河川、運河、ため池等の自然水に頼っている。手動ポンプは1987年に全国で約68万本が設置されているが、このうちの約2割が何らかの故障で稼動不能となっているという報告がある。

表3－1　62県庁所在地の上水道整備状況

援助国（機関）	都市数	実施年	備考
日本	18	1985-90	8都市完成済み
オランダ	12	1983-91	2都市（ラジシャヒを含む）完成済み
	18		現地実施中
ADB	5	1983-90	5都市完成済み
デンマーク	2		未着工
DPHE	10	1980-90	一部完了
	3		チッタゴン・ヒル・トラクト
	4		一部オランダ援助

表3－2　都市規模別、将来人口、水道普及率予測

都市分類	1990年	1995年	2000年	2005年
ダッカ	5,719 (66)	7,564 (72)	10,000 (78)	13,230 (84)
チッタゴン	2,154 (50)	2,749 (60)	3,509 (70)	4,478 (80)
62主要地方都市	7,158 (35)	9,014 (47)	11,361 (60)	14,330 (72)
その他17地方都市	955 (32)	1,162 (44)	1,414 (60)	1,718 (100)
ウポジラ本部所在地	4,157 (15)	6,695 (25)	10,790 (35)	17,364 (45)

注：　上段　人口（1,000人）、（　）内　普及率（％）
出典　"National Water Plan Projects" Master Plan Organization (現在 Water Resource Planning Organization) , 1985

(3) 事業計画（92／93～94／95年度）

ＤＰＨＥは92／93年度から94／95年度の３ヶ年の事業計画を策定している。事業計画の内容は、現在実施中の継続事業11件、新規事業７件、技術協力案件が継続６件、新規６件である。事業予算の総額は 101.2億タカであり、内外貨の内訳は、内貨37.7億タカ（37%）、外貨63.5億タカ（63%）である。各年度の配分は92／93年度、15.2億タカ、93／94年度、20.7億タカ、94／95年度、21.7億タカである。表３－３に各年度の予算の内訳を示す。資金源としては、国際援助機関や２国間の援助を期待しており、ＵＮＩＣＥＦ、ＫＳＡ、オランダ、デンマーク、日本、ＯＰＥＣ、世銀、アジア開発銀行となっている。自国資金のみで実施予定の事業は、サイクロン被災地に対する深井戸の建設事業の１件だけである。ラジシャヒ市の給水・衛生施設計画は日本を援助国とする、新規の事業及び継続の技術協力案件として含まれており、ちなみに予算は事業費が 6.3億タカ、技術協力費が 670万タカである。

表３－３　ＤＰＨＥ３ヶ年計画（92／93～94／95年度）

（単位：百万タカ）

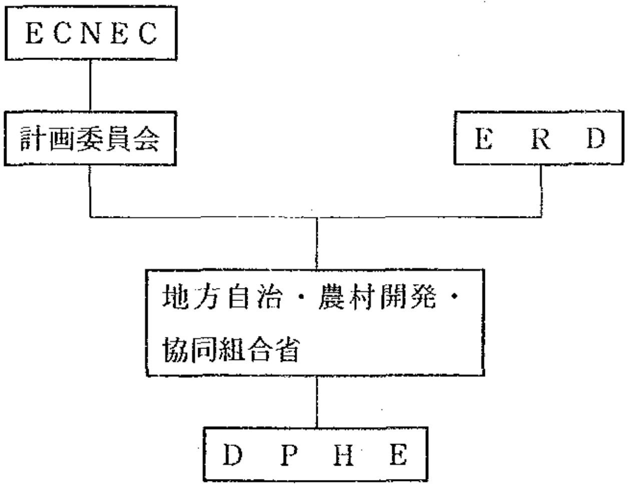
		総事業費	92／93年度	93／94年度	94／95年度
継続事業	LC	300,450	64,300	57,570	56,120
（11件）	FC	348,640	51,420	63,650	74,240
	計	649,090	115,720	121,220	130,360
新規事業	LC	72,190	2,090	17,550	19,050
（７件）	FC	241,160	16,260	52,950	55,450
	計	313,350	18,350	70,500	74,500
継続技術協力	LC	2,180	1,480	290	220
（６件）	FC	27,320	9,720	7,870	6,280
	計	29,500	11,200	8,160	6,500
新規技術協力	LC	2,020	1,010	540	470
（６件）	FC	17,580	5,930	6,700	4,940
	計	19,600	6,940	7,240	5,410
総　　計	LC	376,840	68,880	75,950	75,860
	FC	634,700	83,330	131,170	140,910
	計	1,011,540	152,210	207,120	216,770

注：　LC；内貨、FC；外貨

3－3　開発事業の実施体制

本計画の実施は、バングラデシュ国政府地方自治・農村開発・共同組合省（Ministry of Local Government, Rural Development and Co-operatives)に属する公衆衛生技術局（ＤＰＨＥ；Department of Public Health Engineering)が担当する。ダッカにおいてはＤＰＨＥ内の計画部（Planning Circle)が直接の窓口となり、他の中央官庁、国際機関等との協議等はすべて計画部を通じて行うこととなる。ラジシャヒ市においては、ラジシャヒ地方事務所(Rajshahi Circle) の都市部(Urban) が担当することとなる。また、給水施設の維持管理と排水施設の担当はラジシャヒ市（Rajshahi City Corporation)であり、現地調査等においては市の協力を仰ぐこととなる。

一般に､バングラデシュ国における外国援助による開発事業の実施には､実施機関や主管官庁以外のいくつかの機関が関与しており、計画や企業の承認には煩雑な手続きを必要とする。今回の調査に関連する主な上位機関としては、大蔵省経済協力局(Ministry of Finance, Economic Relations Division：ＥＲＤ）、計画委員会（Planning Committee）、経済担当閣僚評議会（ＥＣＮＥＣ）がある。これらの関係を下図に示す。ちなみに、本調査のＳ／Ｗ、Ｍ／Ｍの署名はＥＲＤが行った。



計画委員会やＥＣＮＥＣは承認を与えるに当たり、環境・森林省等の関係省庁へ諮問を行う。したがって、実際の計画や事業の実施の際は、上図に示した以外の多くの機関が関与することになる。

3－4　ラジシャヒ市の給水施設の現況

ラジシャヒ市の給水施設の歴史は、英国の統治時代1937年に最初の施設が建設されたことにより始まる。この時建設された施設は、２本の深井戸（tube well)、13kmの配水管（鋳鉄管、口径50－150mm)、80箇所の給水栓(それぞれ２ m^3の貯水槽付き）であった。これらの施設により、およそ200 haの区域に給水を行っていた。その後、井戸水の硬度が比較的高い（平均 420mg／ℓ　$CaCO^3$)ため、日量 400 m^3／ｄの硬度除去施設が追加された。この硬度除去施設は1970年に廃止され、現在は使用

されていない。配水管や給水栓の一部は現在も使用されている。

バングラデシュがまだ東パキスタンであった1963年から、ＤＰＨＥにより拡張工事が1981年まで続けられた。この時に建設された施設はNew Systemと呼ばれている。オランダ政府の技術協力による、フィジービリティ調査が1981年に作成され、同年から1986年まで拡張工事がやはりオランダ政府の資金援助により実施された。その後、小規模な補修以外の拡張工事は実施されておらず、現在の施設は1986年当時と基本的には同じものである。1992年現在の施設概要は以下の通りである。なお、浄水施設は塩素滅菌施設以外のものはなく、これも施設の清掃や緊急時を除いては使用されていない。

ラジシャヒ市給水施設概要

① 生産井（Production Tube Well）		24本（５本廃止、19本使用中）
② 配水管（口径75－300mm）		総延長約70km
③ 高架水槽（容量 680m³、高さ30m）		５基（３基使用停止、２基使用中）
④ 給水施設	各戸給水	5,449
	地域協同栓（Community Taps）	45
	公共共同栓（Public Taps）	380
⑤ 給水量		9,050m³／d
⑥ その他	手押しポンプ	1,189
	Star Pumps	166
	Dhopekals	99

これらの給水施設以外に、ラジシャヒ大学、郵便大学校、ジュート工場、砂糖工場等の大規模工場は独自の給水施設を有している。これらはいずれも深井戸を水源としている。

ラジシャヒ市の行政区は30の区（Ward）に分割される。ＤＰＨＥの資料によれば30の区のなかで給水資源を何らかの形で利用できるのは18区であり（図３－２参照）、この区域内の人口は91年で291,529人となる。これは市の総人口529,797人の55％に相当する。18区の全ての住民が給水施設を利用できるとはかぎらず、あるいは、区域外でも若干の住民が給水を受けている。このような状況を考慮すると、概ね総人口の約半分が給水施設を利用しているものと考えられる。ちなみに、現在の給水量、9,050m³／dを18区の人口291,529人で除すと、一人一日当たり給水量は31lcpdとなる。各戸給水の戸数や手押しポンプの個数、あるいは市内に多数散在するため池での水浴、洗濯の様子をみると、市民の大多数は使用目的によって様々な水源を使い分けていることが分かる。また、市民の半数近くが全く給水施設の恩恵を受けていないことも明らかである。

給水施設の維持管理はラジシャヒ市(Rajshahi City Corporation）が行っており、51名の職員（1991年、予算上58名）がいる。給水は時間給水であり、井戸ポンプの運転は一日に３回、午前７時、午後１時、４時に一斉に開始され、毎回約２時間運転される。各戸給水を受ける家屋の多くは屋根に貯水槽を備えており、ポンプが運転されている間、あるいは高架水槽に水がある間貯水槽に水を貯めることができる。共同栓の利用も同様な制約を受ける。

給水施設運営の財源は、①市の固定資産税、②水道料金及び、③取り付け料金の３つである。市の固定資産税(Holding Tax）は行政区域内の家屋、建物の持ち主からそれぞれの建物の価値に準じて徴収される税金であり、徴収額の７％が給水施設の維持管理費に充当される。水道料金は1986年の拡張工事完成後、各戸給水を受ける家屋からのみ徴収されており、メーターが設置されていないため、給水管の口径に従って下記の月額が定められている。徴収の実態には不明な部分が多く、満足な料金収入が確保されているとは考え難い。

水道料金（Tk／月）

口径（inch）	1/2	3/4	1	1.1/2
一般家庭用	15	25	50	300
その他	40	60	150	300

取りつけ料金は新たに給水施設に接続する場合に一時的に徴収されるもので、料金は口径によって下記のように定められている。

取り付け料金（Tk）

口径（inch）	1/2	3/4	1	1.1/2
料金	1,000	1,400	2,500	3,750

1991／92年度の給水事業の収支は収入が 630万タカ、支出が 580万タカであり、帳面上は50万タカの黒字となっている。

ラジシャヒ市では、今年度（91年７月／92年６月）中央政府から約 2,000万タカ(約 6,600万円)の補助金を得て、ＤＰＨＥによる拡張工事の実施を予定している。工事の内容と予算は以下の通りである。現況及び計画中の主要な施設の配置を図３－３に示す。

ＤＰＨＥによる92／93年度拡張工事概要

①	試験及び観測井戸		
	-1　浅井戸　6本	Tk.	100,938
	-2　Tara Tube Well　6本	Tk.	128,016
②	生産井工事（口径 380／150mm）		
	-1　設備及び材料費　6箇所	Tk.	1,744,110
	-2　掘削及びパイプ設置　6箇所	Tk.	642,360
	-3　Tube Well 開発　6箇所	Tk.	184,200
③	ポンプ室建設費　6箇所	Tk.	562,320
④	配水管工事		
	-1　口径 100mm、延長 7.8km	Tk.	3,332,006
	-2　口径 150mm、延長 7.0km	Tk.	4,473,330
	-3　口径 200mm、延長 0.8km	Tk.	892,537
⑤	ポンプ及び電動機供給及び設置　6箇所	Tk.	1,551,000
⑥	道路修復及びその他雑費	Tk.	6,124,868
	合　計	Tk.	19,735,685

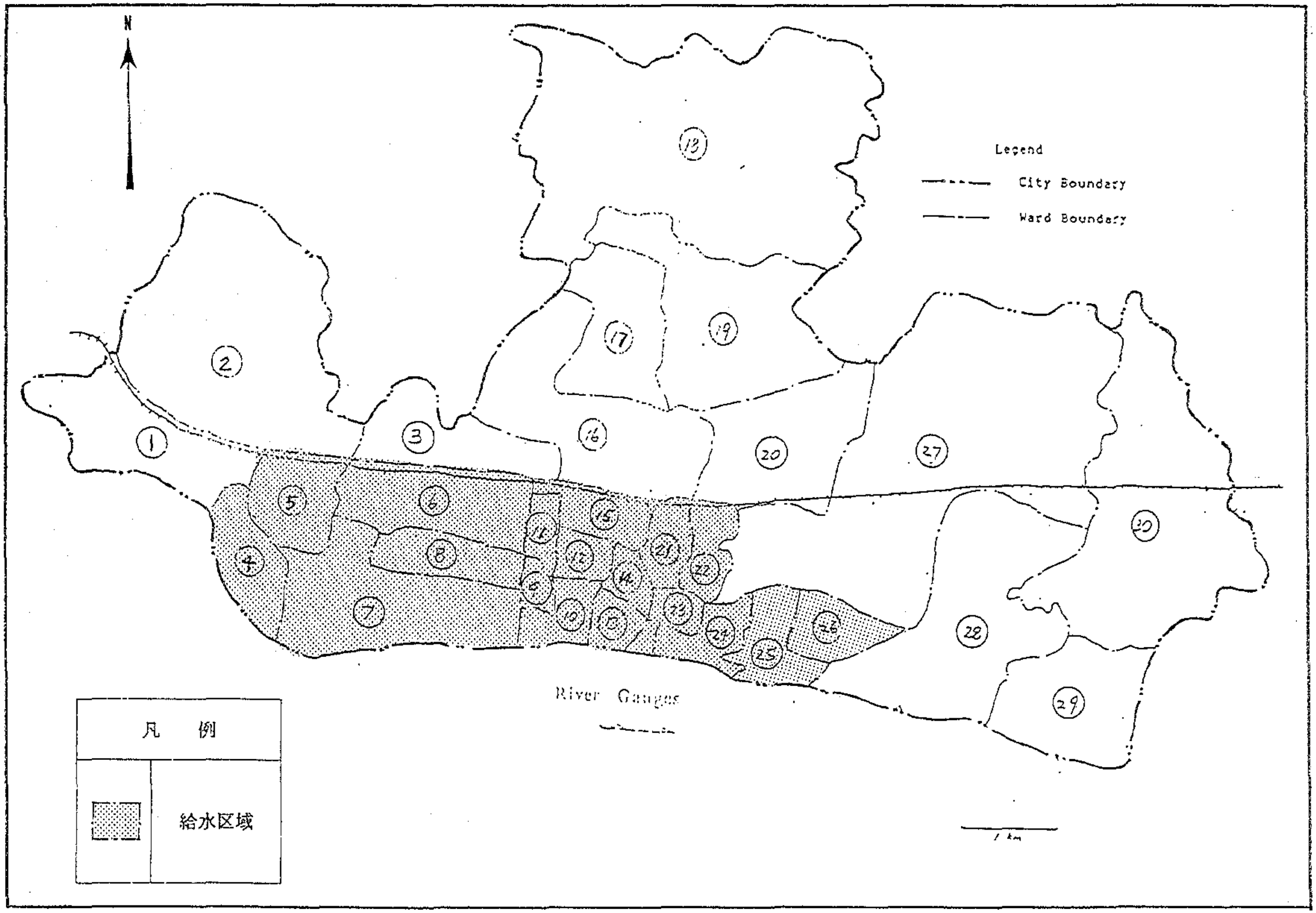


図３－２　ＤＰＨＥ給水施設の給水区域

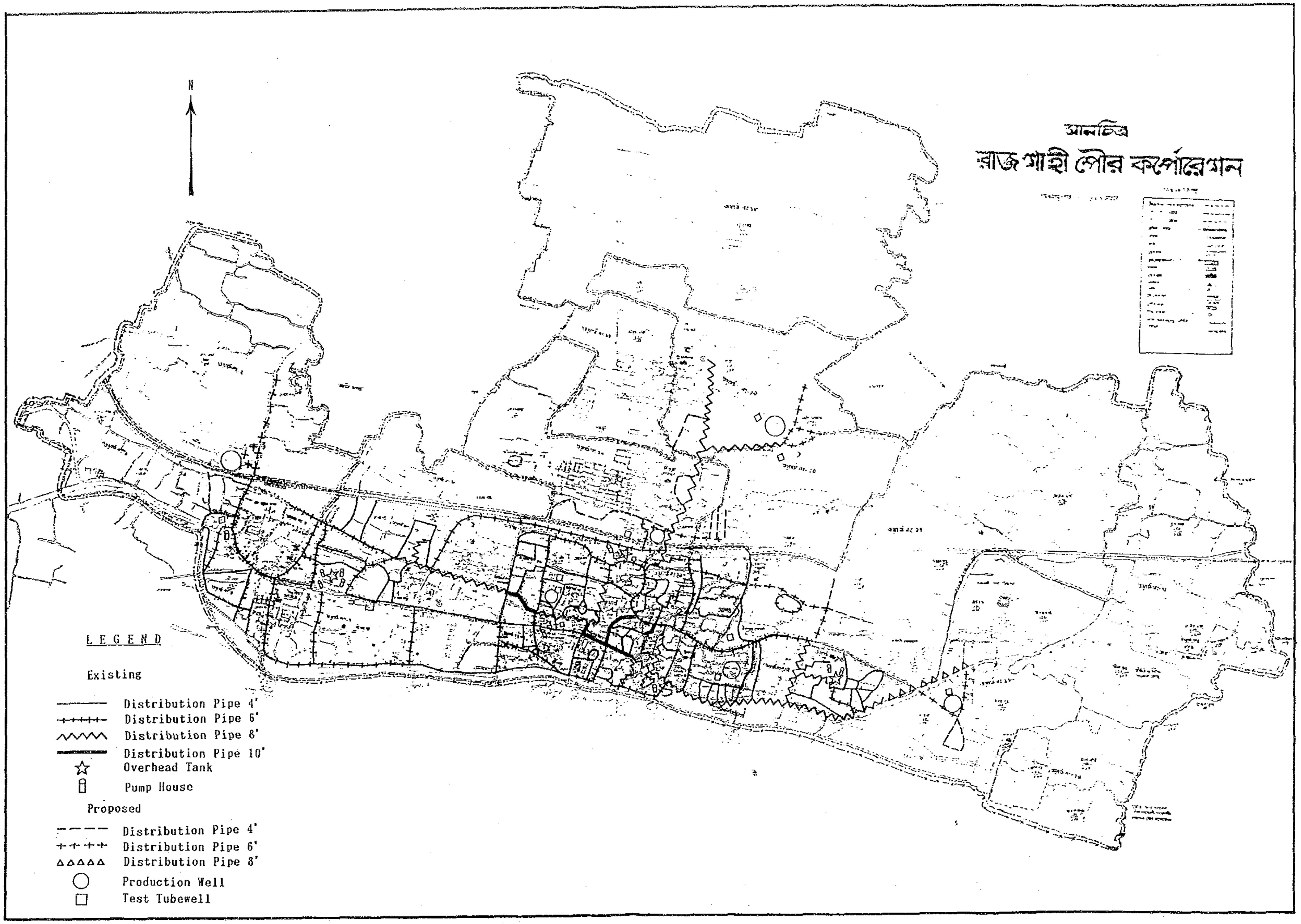

N
মানচিত্র
রাজশাহী পৌর কর্পোরেশন
LEGEND
Existing
Distribution Pipe 4'
Distribution Pipe 6'
Distribution Pipe 8'
Distribution Pipe 10'
Overhead Tank
Pump House
Proposed
Distribution Pipe 4'
Distribution Pipe 6'
Distribution Pipe 8'
Production Well
Test Tubewell

図３－３　給水施設の現況

3－5　ラジシャヒ市の衛生施設の現況

ラジシャヒ市の衛生施設の整備状況は不満足な状態であり、水系伝染病の高い履病率（特に乳幼児）を招く原因となっている。し尿は約13,000個の浄化槽（Septic Tank)と約 1,300個の素堀りトイレ(Pit Latrine) によって処理されている。バケット式のトイレは数ヶ月以前になくなったとのことであり、し尿（主に固形物）の収集はもはや行われていないとのことであった。直径1m、高さ30cmのコンクリート製のリングを数段重ねて地中に埋め込み、その上に踏み板を渡したトイレの普及が、人口密度の比較的低い地域で奨励されているが、その実数は不明である。公衆トイレは駅に唯一のものが設置されているだけである。これには浄化層が付いており、上澄み液は排水路に流出している。浄化槽等の汚泥除去はラジシャヒ市の管轄であるが、実態については調査できなかった。

市中には、約 806kmの側溝、開渠、約 306kmの自然水路が雨水排水路として存在している。ラジシャヒ市は Padma河に沿って東西に細長く発達しており、旧市街地は周辺地域より若干地盤の高いPadma河の自然堤防上に形成された。さらに、市を離れ北に向かうと穏やかに標高が高くなる。このような地形から、自然排水は市の中央部から北に向い、東方向に流れる農業排水路に流入し、最終的には市の東北部を流れる Baranai河に流入する。ラジシャヒ市の排水施設で特徴的なものは、Padma河から水路の洗浄用水を取入れるものである。これはPadma河の堤防に設けられたゲートで、Padma河の水位が高い豊水期にはゲートを開き河川表流水を排水路に導入するものである。ゲート8箇所が残っているが、現在どれも使用されていない。市内の排水路が系統的に整備されておらず、管理状況も悪いため、河川水の導入は無益な湛水を招くからである。家庭や商店の雑排水のほとんどは排水路に流れ込んでおり、雨水排水路は事実上下水路となっている。都市排水施設の計画は今回の計画の対象外であるが、衛生施設の一環として排水路の整備、保守管理を考えなければならない理由がここにある。主要な排水路とゲートの位置を図3－4に示す。

廃棄物の収集　処分はラジシャヒ市によって行われている。市は、8台のトラック（64人のクルー）、20台の手押し車（Hand Carts）、300人の清掃人によって、日量160tの廃棄物を収集している。最終処分は埋め立て(Dumping) であり、市の北部数kmの Naudaparaに85,000m²の処分地を保有している。バケット式トイレから収集したし尿も以前はここで処分されていた。

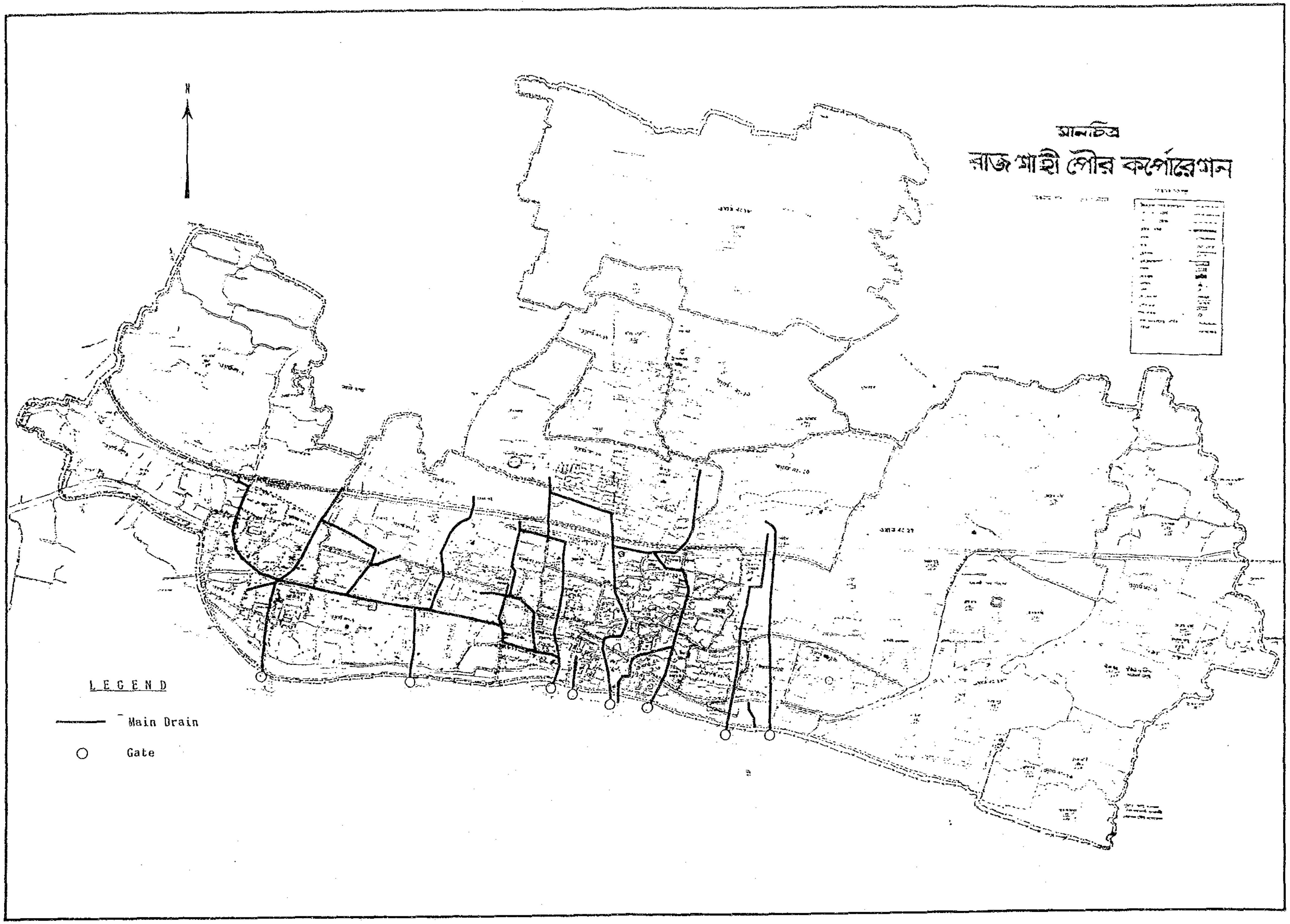


図３－４　排水路の現況

３－６　給水分野に対する援助の動向

ダッカ、チッタゴンのＷＡＳＡ、ＤＰＨＥともに自国資本が不足しており、ほとんどの開発計画は各ドナーの援助に頼っている。ダッカ、チッタゴンでは世銀グループのＩＤＡにより、第４次計画が進められている。特に、ダッカではミルプール等の振興市街化地域での開発や、旧市街（オールドダッカ）での再開発が課題となっている。２大都市を除く62主要都市での水道事業は、前出の表３－１に示すように、13の都市を除いては全て、日本、オランダ、デンマーク、ＡＤＢ等の援助で開発が進められている。ＤＰＨＥは1990年から始まる第４次５ヶ年計画で、クルナ、ラジシャヒ等４都市の更新・拡張計画、21地方都市(Municipalities)全ての開発計画、及び21ウポジラ本部所在地での開発計画を策定し、各ドナーへの要請を行っている。日本の援助による６都市の事業内容を表３－４に示す。オランダは各都市の計画策定、事業実施に加え、深井戸の再生事業にも援助を行っている。91／92年度では、継続４事業に加え新規４事業が国際援助機関等の援助により予定されていた。援助国としては、日本、フランス、デンマーク、オランダが対象となり、これにＩＤＡ、ＵＮＤＰが加わる。対象国・機関にはその後一部変更があるが、計画時点の事業予算を示すと表３－５のようになる。

農村部では、ＵＮＩＣＥＦが中心となり、各国ＮＧＯの協力のもとで、手動ポンプ付き浅井戸と素堀トイレ(Pit Latrine) の普及を図る、飲料水供給・衛生施設事業が実施されている。

表３－４　日本の援助による６都市の飲料水給水施設整備計画実績

		phase Ⅰ		phase Ⅱ			phase Ⅲ stage Ⅰ	phase Ⅲ stage Ⅱ
資金供与年度		５９		６０			６１	６２
交換公文締結日		Ｓ６０．２．１６		Ｓ６０．７．１９			Ｓ６１．２．１６	Ｓ６２．８．１４
援助額		７．６３億円		１４．５３億円			１５．８億円	１２．４２億円
コンス契約締結日		Ｓ６０．２．２５		Ｓ６０．７．２４			Ｓ６１．１１．６	Ｓ６２．１０．１５
施工契約締結日		Ｓ６０．４．１６		Ｓ６０．９．２０			Ｓ６１．１２．１２	Ｓ６３．１．２４
着　工		Ｓ６０．４．２０		Ｓ６０．１０．３０			Ｓ６１．１２．１２	Ｓ６３．１．２４
完　工		Ｓ６１．１．２７		Ｓ６２．２．２６			Ｓ６３．３．３１	Ｈ１．３．３１
計画概要	計画都市	ジェニダ	チュアダンガ	クリグラム	ガイバンダ	スナムガンジ	ナラヤンガンジ西地区	
	計画給水人口	６９，０００人（59%）	６８，０００人（84%）	４８，０００人（62%）	５４，０００人（83%）	３７，０００人(100%)	３５６，０００人（95%）	
	計画一人一日給水量	８１ℓ／人・日	８１ℓ／人・日	８１ℓ／人・日	８１ℓ／人・日	８１ℓ／人・日	９６ℓ／人・日	
	計画給水量	５，５８９m³／d	５，５０８m³／d	３，８８８m³／d	４，３７４m³／d	２，９９７m³／d	３４，１７６m³／d（８，５５４m³／d）	
	水源	地下水	地下水	地下水	地下水	河川水	河川水	—
	生産井	43.1ℓ/S×3井	42.5ℓ/S×3井(2井)	41.1ℓ/S 48.8ℓ/S（内既在1井）	37.5ℓ/S、31.9ℓ/S、31.9ℓ/S	—	—	—
	井戸ポンプ設備	3基	3基	2基	3基	—	—	—
	除鉄設備	—	—	能力 2,320m³/d 1,760m³/d	能力 1,780m³/d 3,030m³/d	—	—	—
	浄水施設	—	—	—	—	能力 3,300m³/d	能力 28,180m³/d	—
	送水管	φ 250×690 m φ 200×570 m	φ 200×390 m	φ 200×955 m	φ 150×776 m	φ 300×321 m φ 250×1,190 m	φ 800×959 m —	φ 800×1,071m φ 700×441 m
	給水管	400m³×3塔	400m³×3塔	400m³×2塔	300m³、600m³	300m³×2塔	—	2,000m³×2塔 1,000m³×1塔 300m³×2塔
	配水管	φ 200×6,686 m(1,186m) φ 150×13,698m(3,348m) φ 100×26,757m(6,637m)	φ 200×3,975 m (2,325m) φ 150×4,550 m (1,950m) φ 100×10,579m (6,204m)	φ 200×3,124 m φ 150×3,635 m φ 100×9,632 m	φ 200×6,317 m φ 150×3,935 m φ 100×11,738m	φ 200×1,012 m φ 350×4,571 m φ 100×12,360m	— — —	φ 600×2,118 m φ 500×1,506 m φ 400×1,170 m φ 350× 852 m φ 300×1,902 m φ 250×5,235 m φ 200×5,122 m φ 150×4,493 m φ 100×14,982m
	公共水栓	１５ヶ所（５）	１０ヶ所	１０ヶ所	１０ヶ所	１０ヶ所	—	
現況	給水量	計画給水量の５７％	計画給水量の５８％	計画給水量の５６％	計画給水量の７４％	計画給水量の１４．４％	計画給水量の２７％	
	各戸給水数 実績数/計画数	559/2,115 (26.4%)	891/2,270 (39.3%)	400/1,980 (20.2%)	550/2,470 (22.3%)	300/1,630 (18.4%)	3,205/7,000 (45.7%)	
	共同水栓数 実績数/計画数	25/67 (37.3%)	20/71 (28.2%)	15/27 (55.6%)	15/27 (55.6%)	15/34 (44.1%)	528/528 (100%)	
	水質			鉄分は原水が25～28ppm に対して処理水は0.2ppm以下である。	鉄分は原水が6ppm以下に対して処理水は0.1ppm以下である。	河川水は正常に処理されて処理水中の濁度は 0.5度以下である。	河川水は正常に処理されて処理水中の濁度は 0.5度以下である。	

注：１．本計画の目標年次は1990年（平成２年）である。また、各戸給水数、共同水栓数共1990年までにＤ．Ｐ．Ｈ．Ｅによって完成する予定である。
　　２．施設の計画運転時間はナラヤンガンジが15時間で、それ以外は12時間である。

表3－5　DPHE　91／92年度給水・衛生施設事業

ANNUAL TECHNICAL ASSISTANCE PROGRAMME, 1991-92

Sector : PHYSICAL PLANNING, WATER SUPPLY AND HOUSING

(Take in lakh)

Sl. No.	Project Title	Estimated Cost		Cumulative expenditure up to June, 1991.	Allocation in RADP. 1990-91			Allocation for 1991-92			Source of Aid
		Total	Project Aid (RPA)		Total	Take	Project Aid (RPA)	Total	Take	Project Aid (RPA)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sub-sector : Dhaka WASA (On-going)											
1	Preparation of Design. Drawing & Construction of Documents for Demra Water Treatment. (09-079-701-8991)	1093-21	927-68 (322-48)	503-09	130-00	0-00	130-00	92-00	0-00	92-00	IDA
2	Feasibility Study for solution of Long-term Water problem in Dhaka city. (09-079-702-9091)	250-00	229-00 (21-00)	150-00	150-00	0-00	150-00	100-00	0-00	100-00	FRANCE
Sub-sector : Directornte of Public Health Engineering (On-going)											
3	Technical Assistance for Technical Design for Second District Water Supply & Sanitation Project. (09-080-704-8991)	(384-00) (373-00)	373-00 (-)	50-00	50-00	5-00	45-00	134-00	5-00	129-00	DANIDA
		490-00 (407-00)	407-09 (-)								
4	Regeneration & Development of Tubewells in Different towns. (09-080-704-8992)	248-20 (204-00)	204-00 (-)	254-00	50-00	5-00	45-00	127-00	15-00	122-00	DUTCH
New		490-00 (407-00)	407-00 (-)								
5	Technical Assistance Project for Water Supply & Sanitation in Rajshahi City. (09-080-705-9192)	66-50 (60-50)	60-50	0-00	0-00	0-00	0-00	5-00	0-00	5-00	JAPAN
6	Technical Assistance Project for Water Supply & Sanitation in Khulna City. (09-080-706-9192)	109-00 (103-00)	103-00 (-)	0-00	0-00	0-00	0-00	5-00	0-00	5-00	JAPAN
Sub-sector : Rajdhani Unnayan Kartripakha & Chittagong Development Authority (On-going)											
7	T.A. Project for Preparation for Structure. Master Plan & Detailed Area Plan for Greater Dhaka & Greater Chittagong City. (09-076-707-9095)	2798-81	2291-38 (-)	250-00	355-00	25-00	330-00	282-00	20-00	262-00	UNDP
Sub-sector : Chittagong WASA (New)											
8	Technical Project for Unaccerented Water Management of Chittagong WASA. (09-076-708-9192)	252-70	252-70 (67-40)	0-00	0-00	0-00	0-00	100-00	0-00	100-00	UNDP/Others
	Total : (Physical Planning. Water Supply and Housing) :	--	--	--	0-00	0-00	0-00	845-00	40-00	805-00 (200-00)	

No. of Projects : 8

第４章　調査対象地域の概要

４－１　調査対象地域

調査対象のラジシャヒ市（Rajshahi）は、バングラデシュ国の北西部（北緯24°25′～24°32′・東経88°32′～88°43′）首都ダッカより西北西にパドマ河をさかのぼること 190kmの左岸に位置する。市は、インドに隣接しており、南部を流下するパドマ河が、おおよその国境を形成している。昔よりこの河の水運の要所として栄え、周辺には８世紀の仏教遺跡と古いヒンズー寺院・モスクが多数存在する。現在、ラジシャヒ県の特別市(Rajshahi Metropolitan City)に指定され、ダッカ、チッタゴン、クルナに次ぐ国内で４番目の人口を有する主要地方都市として、西部地区の政治・経済・文化・教育の中心となっている。市街地は、パドマ河に形成された自然堤防上に細長く発達した町で、市当局によると市街地面積52km²（30地区・逆Ｔ字形）、広域都市面積 111km²である。当地は農業が主産業であり、マンゴの産地として、また絹織物で有名である。工業の規模は小さいが、絹織物・ジュート・砂糖工場等が操業している。

1991年の国勢予備調査による人口調査結果（統計年間）を表４－１に示す。

表４－１　人口調査表

調査区域	Municipality (30区)	Statistcal Metropolitan Area（ＳＭＡ）	
調査年度	1991年	1991年	1981年
人　　口	299,671人	517,136（299,664）人	253,726人
戸　　数	51,342戸	—	—
面　　積	52km²	111km²	—

括弧内の人口は、1981年と同等の面積での人口である。

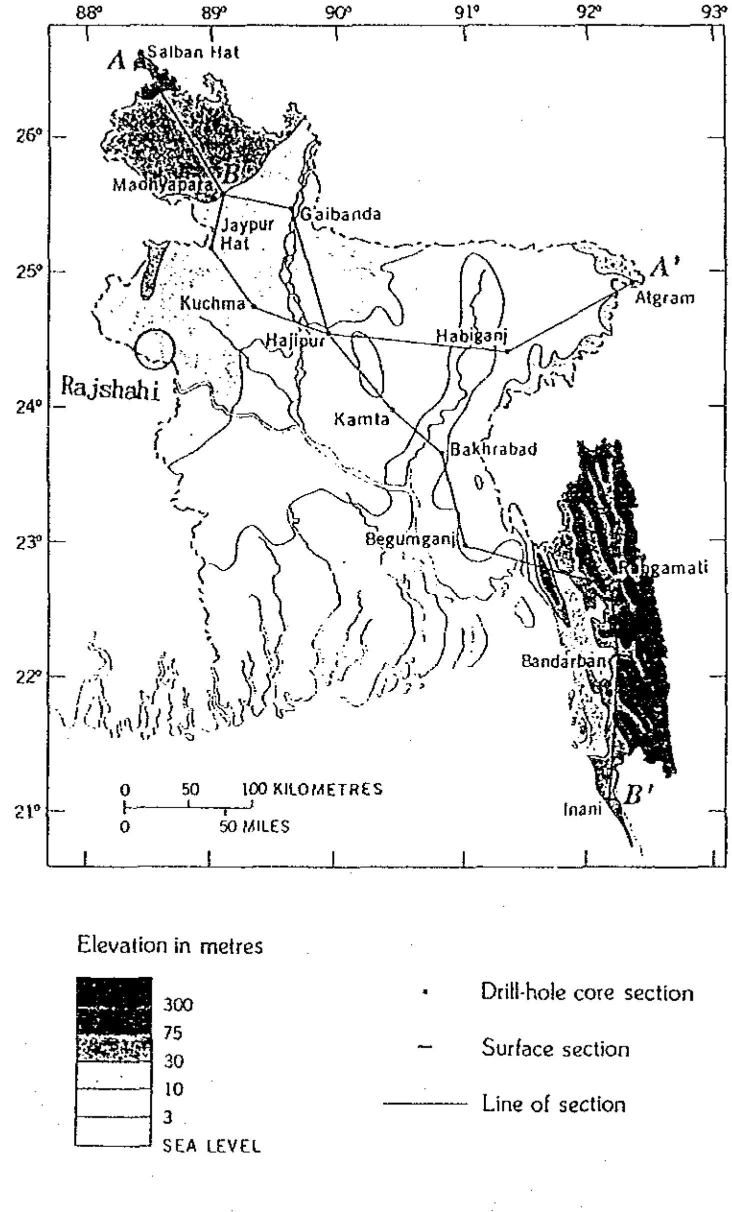
Source:Preliminary report population census 1991,Bangladesh Bureau of Statistics

上記人口調査票とは別に、ＤＰＨＥラジシャヒ支所より得た人口関連の資料によると行政30区の人口は、1981年は概算30万人、10年後の1991年は52万９千人、人口増加率は年 5.8%としている。この人口増加率はバングラデシュ国の10年間の年2.17％（国勢調査)、62主要都市の人口増加率 4.7％（ＷＲＰＯ. 1985）よりはるかに大きい。人口の増加は、市中心部から周辺部に移っていると推察される。なお、行政区面積及びそれに対応する人口について資料により数値が異なっているため、本格調査において再確認する必要がある。

4 − 2　自然環境の概要

(1) 地形

バングラデシュ国の、概略の地盤高度図（コア調査孔・断面線を併記）を図4 − 1に、総合地形図を図4 − 2に示す。国土の約25％が海水面高度3ｍ以下で約50％が10ｍ以下のデルタ地帯、氾濫原平地と後背湿地である。30ｍ以上の高い地域は、国土の約15％程度で、東南のミヤンマ国境に近いチッタゴン丘陵地帯、北東のインド国境アッサム地方沿いのメグハラヤ(Meghalaya)前山、シレット丘陵及び北西のティスタ(Tista) 川により形成された扇地状地帯に限定される。



Source:Geological Survey of Bangladesh 1990

図4 − 1　ELEVATION MAP SHOWING CORRELATION SECTIONS

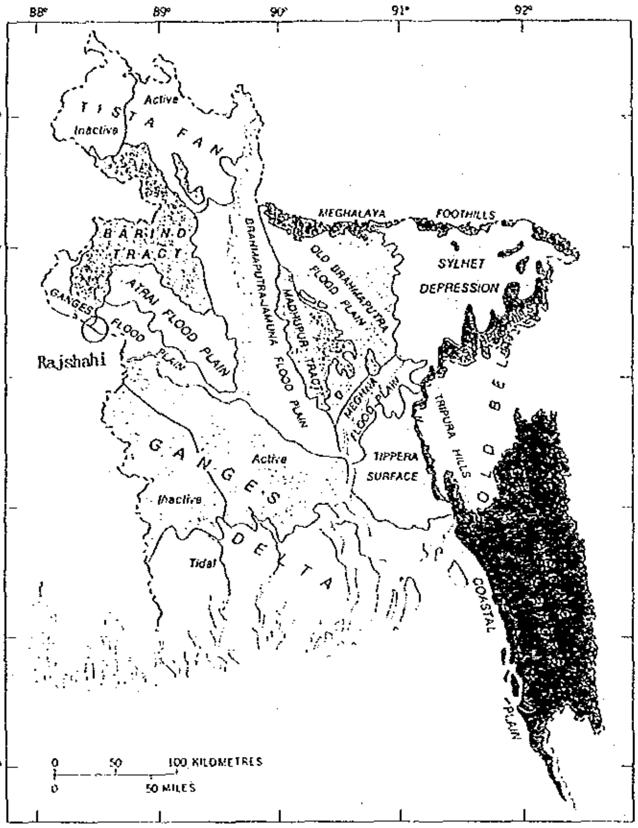


図4－2　バングラデシュ国の総合地形図

ラジシャヒ市において地形を聞くと、標高50～55フィートで平坦、河岸が高く、北方がやや低いと言うのみで、地形図はない。地形を検討するに当たり、図4－3に示す表層地質図が、最も地形を反映しているようで、この地質図と1980年オランダ政府援助によるラジシャヒ給水計画プロジェクト「サンプリング地点位置図　1／10,000」に示される地盤標高（ラジシャヒ市街地の地盤標高はない）及び地下水調査観測井資料(Bangladesh Water Development Board)の地盤標高を参考に検討する。

ラジシャヒ市域は、パドマ河に沿った氾濫原性の平坦地で、河岸部分が標高が一番高く、河岸から遠のくにつれて徐々に標高を下げ、低地に移行している。この地形は、自然堤防でふちどられた流路を持つ氾濫源の典型的な形態といえる。豊水期に平常の水路から溢れ出た洪水により、氾濫原上に河川より運搬された土砂が堆積する。洪水が岸より溢れ出ると、流速は流路の縁で急速に低下し、粗い堆積物が川岸近くに残され、細かい堆積物は薄く氾濫原を覆う。このようにして低い堤、自然堤防が当地の両岸に形成されたようである。自然堤防は本流のパドマ川に合流しようとする支流のアトレイ(Atrai）川水系(北方系よりBarind地域を横切り南下）の合流を妨げるように成長する。その結果、アトレイ川水系は、南下した後南東に流路を変え

させられ、本流へ流入できる新しい合流点に達するまで曲流流路をとることを余儀なくされた。途中にできた凹地は、池となりその後背湿地に変わっている。

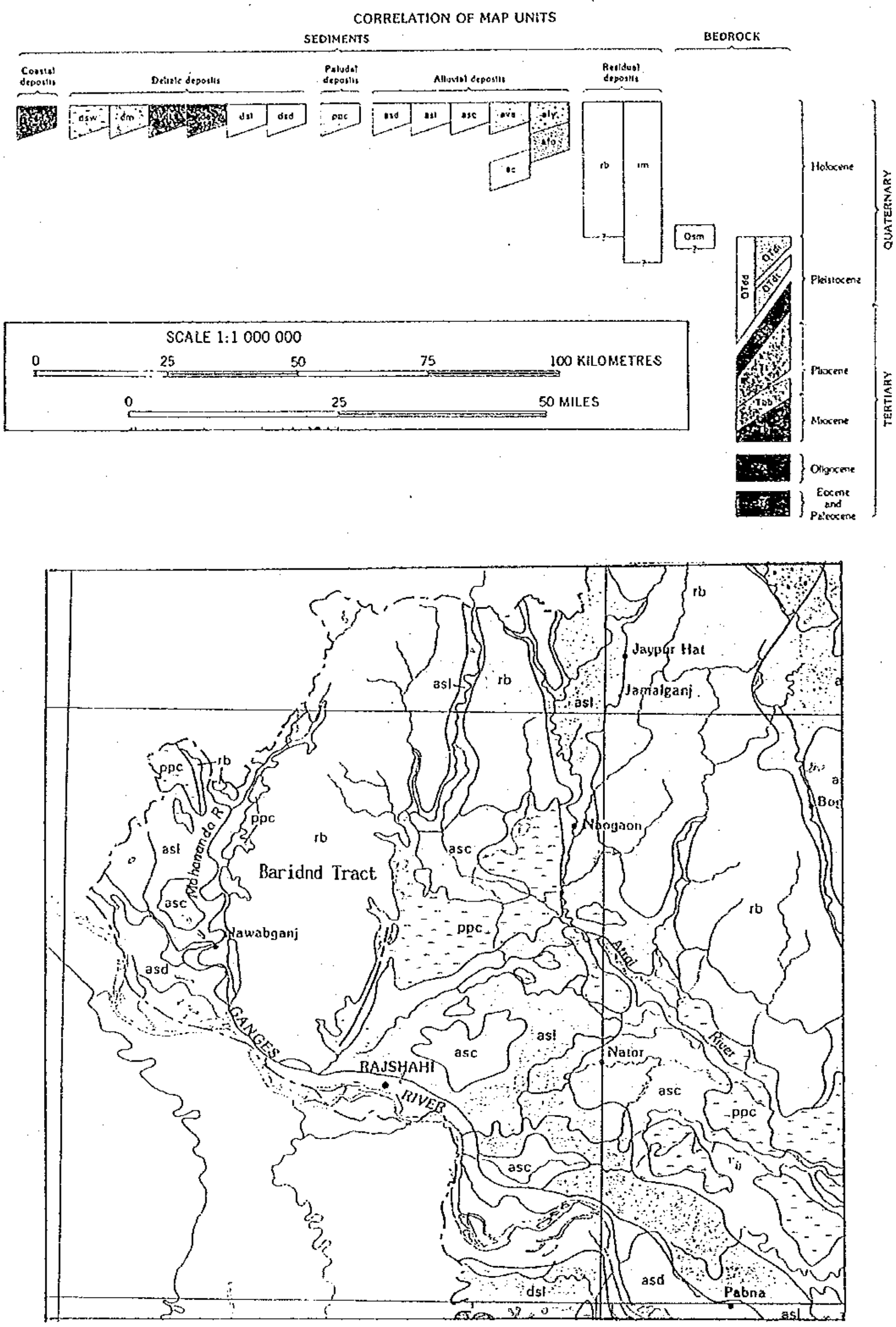
自然堤防の標高は、ラジシャヒ市の10km上流で約20m、ラジシャヒ市では約18.5m前後である。土地は、北～北東方向に行くにつれてなだらかに標高を下げ、飛行場付近で標高は17m前後、さらに北～北東方向の後背湿地帯は、標高15.5m前後である。河岸部が一番標高が高いことから、雨水等の排水は北～北東方向へ流れ、アトレイ川へ注いでいる。

ラジシャヒ市の西、パドマ河畔より北方に続くバリンド（Barind）地域は、北より流下するマハナンダ(Mahananda）川とアトレイ川の２河川に挟まれた、幅約25km標高はおおむね30mの段丘様の平坦な大地となっている。氾濫原の低地からは、緩やかな斜面で移行している。

(2) 地質

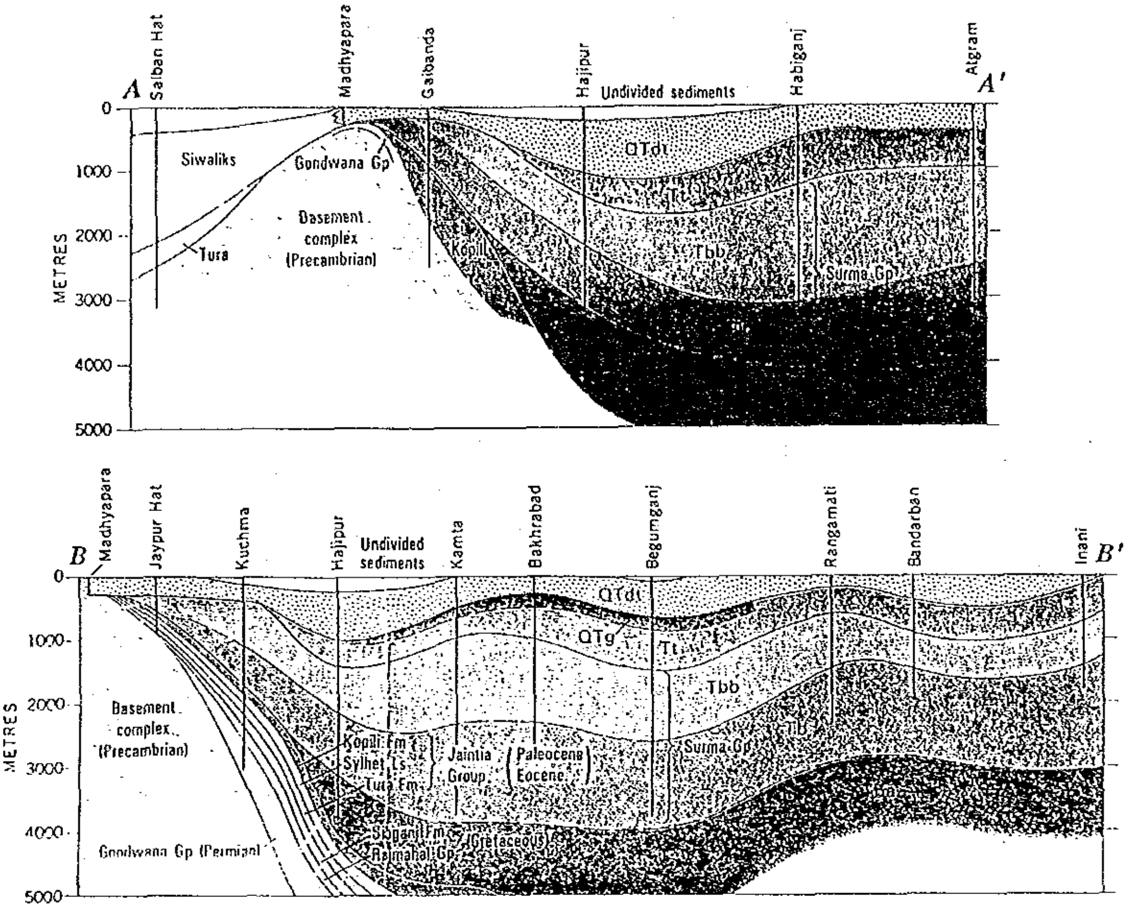
この地域は、４千万年前（古第三紀始新世）に始まったインド大陸とアジア大陸が直接ぶつかる大陸衝突境界にあたり、インド大陸地殻がアジア大陸地殻に潜り込むことにより境界にガンジストラフ（前凹地）が形成されている。アジア大陸は、インド大陸におされ、かつ浮き上がる力により隆起しヒマラヤ山脈とチベット高原を形成する。インド大陸は、噴出する玄武岩によりデカン高原が生じた。調査地域はガンジス低地にあたり、ガンジストラフが川や湖の時にたまった泥や砂が厚く堆積している。更にその上に、隆起するヒマラヤ山脈を激しく浸食して流下するガンジス水系の河川により運搬された大量の土砂により覆われている。これらの堆積物を取り除くと、深さ５kmを越える海溝なみの深い谷が現れる。この溝は、インダス低地・ペルシャ湾・メソポタミア低地まで連続する。図４－１に記載される調査孔を結び、ベンガル海盆を横切る２種類の地質断面図を図４－４に、その断面図に示される地層の層序と特長を、地質層序表を表４－２に示す。

ラジシャヒ地域に見られる地層は、表層地形図（図４－３）に示されるように、ガンジス河沿いの自然堤防を形成する沖積層の氾濫原堆積物と河床堆積物及び低地の湿地堆積物、またやや高台のバリンド地域の古残留堆積物である。これらの地層の下に完新世以前の堆積岩類が厚く堆積している。



(Soruce:Geological map Bangladesh
Geological Survey of Bangladesh 1990)

図4－3　ラジシャヒ地域の表層地質図



Sorіce:Geological Survey of Bangladesh 1990

図4－4　模式地質図

表４－２　ガンジス低地の地質層序表

地質時代			記号	地層名		地質の特長
新生代	第4紀	完新世	PPC	湿地堆積物		湖沼堆積の灰色粘土、黒色草性泥炭と黄色シルト
			asd	沖積堆積物		河床堆積の淡－灰褐色中粒砂～細粒砂
			asl			氾濫原堆積の淡－灰色砂質シルト～粘土質シルト
			asc			氾濫原堆積の中灰－暗灰のシルト・粘土
			rb	Barind残留堆積物		古堆積物　褐－橙・淡赤・黄灰・白色シルト質粘土～粘土質シルト、少量の石英・雲母・長石類の砂を含む。
		……？……				
		更新世	QTdi	Dihing 累層		黄－黄灰色の塊状、弱固結度の細～中粒砂岩とシルト質砂岩
			QTdt	Dupi Tila 累層		黄－茶・桃・淡褐・淡灰・灰白の砂岩・シルト岩・礫岩
	-？-	……？……				
	新第3紀	鮮新世	Qtg	Girujan Clay	Tipam 層群	灰－緑灰色・赤色斑のシルト質頁岩・頁岩・粘土岩
			Tt	Tipam 砂岩		淡黄－灰・褐灰・橙色の細～中粒砂岩・シルト岩・頁岩
			Tbb	Boka Bil累層	Surma 層群	緑青灰・黄灰色の頁岩・シルト岩・細～中粒砂岩
		……？……				
		中新世	Tb	Bhuban累層		灰－青灰色の地域変化のある細～中粒砂岩・シルト岩・粘土岩
	古第3紀	漸新世	Tba	Barail累層		褐－黄褐色・桃・灰色の砂岩・シルト岩・頁岩
		始新世	Tj	Kopili累層	Jaintia 層群	灰、緑灰－黒色のシルト質粘土岩・頁岩・粗粒砂岩・石灰岩
				Sylhet石灰岩		灰－灰褐色の塊状、厚層状の硬質石灰岩
		暁新世		Tura 累層		灰・褐・桃・灰白色の細～粗粒砂岩互層、下部に頁岩含
中生代	白亜紀			Sibganj 累層		海成の堆積岩類、泥岩・砂岩・礫岩
				Rajmahal 層群		海成の堆積岩類、泥岩・砂岩・礫岩・チャート・石灰岩
古生代－二畳紀				Gondwana 層群		陸成の礫岩・砂岩・頁岩・炭層が発達、下部に海成層含
先カンブリア				基盤岩		激しい変形、変成作用を受け、大規模な花崗岩類の迸入

(3)　気象・気候

①　気象・気候の概要

バングラデシュ国の気候は、典型的な亜熱帯モンスーン気候といわれており、1年は6季節よりなり、特に冬季、夏季ならびにモンスーン季が顕著である。温度は変動幅があり、冬季の温度は4℃まで降下する。夏季の特に4月・5月と秋季の9月には、温度は40℃に達することもある。湿度は、1年を通じて高く、80～90%であるが、春季の3月と4月に最も低い傾向となる。例年の平均降水量は、119.4cm～145.4cmで、最多降雨量は、チッタゴンの海岸地域とシレット県北部で観測される。最多降雨量の記録は 541.2cmである。また、最小降雨量は、国の西部と北部にて観測される。

②　6季節の気候

バングラデシュ国は亜熱帯の国で微妙でわずかであるが、しかし明白な季節変化がある。各季節の気候の特長は、次のようである。

1）夏季（4月中旬～6月中旬）

バングラデシュ国においては、過ごしずらい季節の1つである。温度と湿度が上昇し、

昼夜にわたり蒸し暑い。日中には、熱くほこりだらけの風が吹く。夕刻になるとしばしば北西より暗い雲と風、またはあられと強烈な雷雨が見られる。モンスーン季が近づいてくると、これらの嵐は不規則となり、激しさも失せる。これらの嵐の終わりの頃は、少なくとも夜は涼しくそして心地よくなるが、太陽が昇ると暑さは急にぶり返す。

2）雨季またはモンスーン季（6月上旬～8月中旬）

モンスーンの開始は、24時間以上も単調に降雨が続くことである。しかし、一般的な傾向は、陽光をさえぎる冷たい雨により季節が始まる。夏季よりやや温度は低下する。

3）秋季（8月中旬～10月中旬）

雨季は終了し空は晴れ、鮮やかな青に変わるが、温度と湿度はいまだに高い。時々サイクロンが襲い、モンスーン季以上の月間降雨量を記録する年も見受けられる。

4）露季（10月中旬～12月中旬）

空気は乾燥し、涼しくなり、空は日中青く澄みわたる。日は短くなり、夕刻には露がおり、夜間と早朝に濃い霧が発生する。この季節に最悪なサイクロンの多くが、ベンガル湾の外で発生するが、逸れることが多い。

5）冬季（12月中旬～2月中旬）

最も快適な気候の期間で、日中の温度は、21～27℃で、夜間には4℃まで降下する。1月に数日の冬の雨があることは、非常にまれなことではない。しかしながら大部分の日は、乾燥して快適である。

6）春季（2月中旬～4月中旬）

この季節には、暖かく乾燥した日中と冷たい夜間に特徴付けられる。しばしば非常に暖かく、埃っぽい風が発生する。湿度が少し低い状態を示した後は、温度はだんだん高くなる。

③ ラジシャヒ県の気象・気候

ラジシャヒ県の観測所での1979年～1989年の年間降雨量を表4－3に示す。また1989年の月別の気温・湿度・降雨量を表4－4に、最新の1991年1月～1992年6月までの月別のラッジシャヒ市の気象記録（気温・湿度・降雨量・風向き・風速）を表4－5に示す。

ラジシャヒ県は国土の西部に位置し、降雨量の少ない地域である。1979年から11年間の降雨量記録で見ると、最多降雨量 213.6cm、最小降雨量 109.0cmである。5月～10月の間で、年間降雨量の90％が記録される。湿度は、2月～4月の間が概略50～60％で、他の月は概略80～90％である。風向きはモンスーン気候を良く反映しおり、10月中旬より3月中旬までは、内陸側より北西～北北東の乾燥した風が吹く。また、3月中旬より10月中旬までは、ベンガル湾より南東～南西の湿った風が吹く。最高温度は、4月と5月に記録されるが、平均高温度は6月に、平均低温度は1月に記録される。

表4－3　年間降雨量（1979～1989年）

年　　度	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年
年間降雨量（mm）	1,767	1,576	2,136	1,090	1,633	1,742	1,249	1,516	1,515	1,963	1,318

Source:Bangladesh Meteorological Department

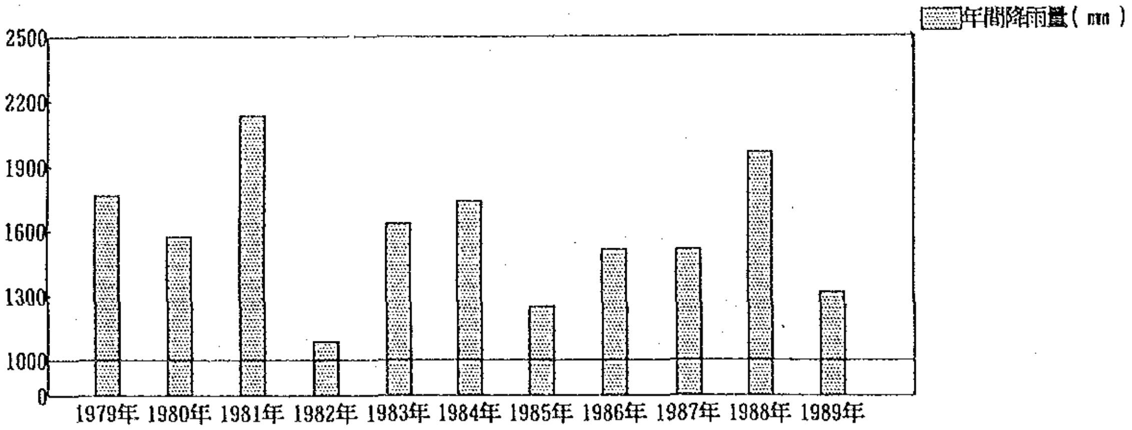


表4－4　月別気温・湿度・降雨量（1989年）

項目	単位 \ 測定月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高温度	℃	26.7	33.7	37.9	42.7	43.7	36.0	36.0	35.4	35.2	34.5	32.4	28.3
最低温度	℃	4.6	7.2	10.2	14.9	19.8	22.6	22.7	23.7	23.5	19.0	13.5	6.2
平均湿度	%	75	64	56	52	73	85	89	86	89	85	80	81
月間降雨量	mm	4	8	5	6	224	190	350	117	332	78	0	8

Source:Bangladesh Meteorological Department

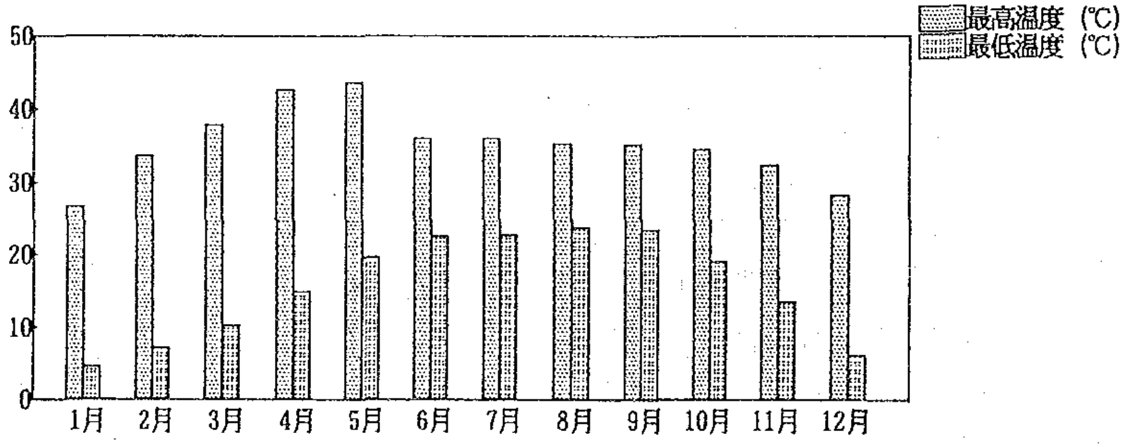


表４－５　ラジシャヒ位置気象データ

（月別平均気温・平均湿度・降雨量・風向き・風速　1991年１月～1992年６月）

年　月	平均温度（℃）		平均湿度（%）		降雨（mm）・（日）		風向き	風　速（ノット）	
	最高温度	最低温度	9 A.M.	6 P.M.	全降雨量	日　数		最　大	最　小
91' １月	25.6	9.0	79	72	6	3	北	8	2
２月	29.7	12.9	77	62	24	3	北　西	8	1
３月	33.4	17.4	66	52	10	3	北　西	8	2
４月	36.5	22.8	60	47	25	5	南　東	20	4
５月	35.2	29.5	84	69	129	9	東南東	18	2
６月	38.5	25.7	83	82	245	17	南　東	10	2
７月	32.6	25.8	86	85	304	20	南　東	16	2
８月	33.2	25.6	84	87	95	21	東南東	10	2
９月	32.3	25.0	88	87	510	18	南南東	8	2
10月	31.3	22.5	83	91	122	11	北北東	10	2
11月	28.6	15.2	61	82	NIL	NIL	北北東	8	2
12月	23.3	12.3	86	85	92	4	北北西	14	2
92' １月	23.9	10.6	83	79	NIL	NIL	北	8	2
２月	25.9	14.7	71	72	33	2	北　西	12	2
３月	34.6	17.3	66	41	NIL	NIL	西南西	16	4
４月	37.0	23.2	57	44	12	4	西南西	12	2
５月	35.6	23.8	72	57	121	10	南南東	38	4
６月	35.4	25.8	77	68	85	10	南南東	14	4

Source:DPHE Rajshahi

(4)　パドマ河の流況

バングラデシュ国ではパドマ河と呼ばれているが、ガンジス河の別名である。ラジシャヒ市の南部は、西北西より東南東へゆっくり流下するパドマ河に接しており、パドマにより形成された自然堤防と人口堤防により隔てられている。雨季の豊水期には、堤防際まで水流がある。ラジシャヒ市街地は岸辺まで人家が密集して形成されており、堤防が構築される場所がない所では、岸辺より50m程度にある河と平行する未舗装道路に土手状の低い土塁を築いた所が見受けられる。一方乾季の渇水期になると、堤防より 500mも水流は後退し、流路は毎年変動して一定しない。

ラジシャヒ位置でのパドマ河の最高水位と最低水位の記録を表４－６に示す。連続測定記録は1968年より始まっているが、観測点は不明である。豊水期の危険水位は、60.00 フィート（18.29m）に設定されているが、地形図がないために、危険箇所あるいは、浸水の恐れのある箇所等は不明である。危険水位に達した年は、1968年以降24年間に15年あり、慢性的に危険な状態となっている。

パドマ河の水量は、インド及びネパールの降水量に著しく影響される。豊水期の最高高水位は1919年に 19.81mと記録されており、次に続く記録は、1987年の 19.45mである。最低高水位は1989年の 17.20mである。渇水期の最低低水位は1983年に7.74mと記録されている。最高低水位は1968年の 10.60mと記録されている。渇水期の水位は、記録にある範囲では1968年より長期低下傾向にあったが、1983年以降は歯止めがかかり、おおむね横ばいで年毎に多少の変動幅はあるが、８～９mで推移している。豊水期と渇水期の水位変動幅は、平均9.37mである。

1986年に上流のインド領内で完成した Farakka堰の影響で渇水期に流量が減少したと言われている。水位がそのまま水量に比例しないが、水位記録においては、とくに影響は認められないようである。

表4－6　パドマ河の最高水位と最低水位（1919年・1968年～1989年）

年　　度	1919年	1968年	1969年	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年
最高水位　(m)	19.81	17.92	18.29	18.06	19.17	17.27	18.24	18.55	18.46	18.75	18.01
最低水位　(m)	-	10.60	10.51	10.44	10.21	10.21	10.25	9.90	9.35	9.10	8.07

年　　度	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年
最高水位　(m)	18.99	17.34	19.11	18.14	18.86	19.23	19.15	18.60	18.48	19.45	19.00
最低水位　(m)	8.75	8.59	8.36	8.10	8.20	7.74	8.10	8.38	8.92	9.00	9.51

年　　度	1989年	1990年	1991年
最高水位　(m)	17.20	18.03	19.15
最低水位　(m)	8.52	8.98	9.00

Source:Bangladesh Meteorogical Department Board. Rajshahi

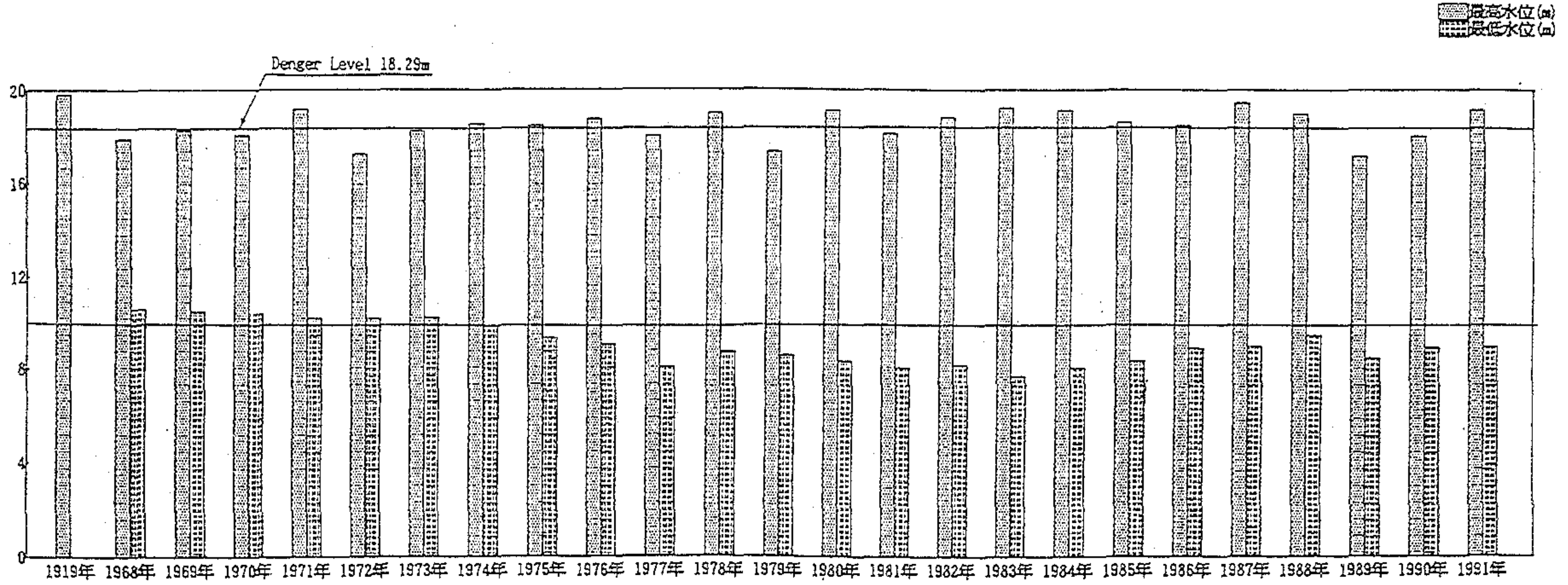
パドマ河の1989年４月から1990年３月までの月別流量を表４－７に示す。雨季直前の４月に最小流量（平均）となり、雨季の後半の９月に最大流量（平均）を示す。最小流量は、４月に記録され毎秒 449m^3、最大流量は、９月に記録され毎秒31,600m^3で豊水期の流量は、渇水期の約70倍に達する。

表４－７　パドマ河月別流量（1989年～1990年）

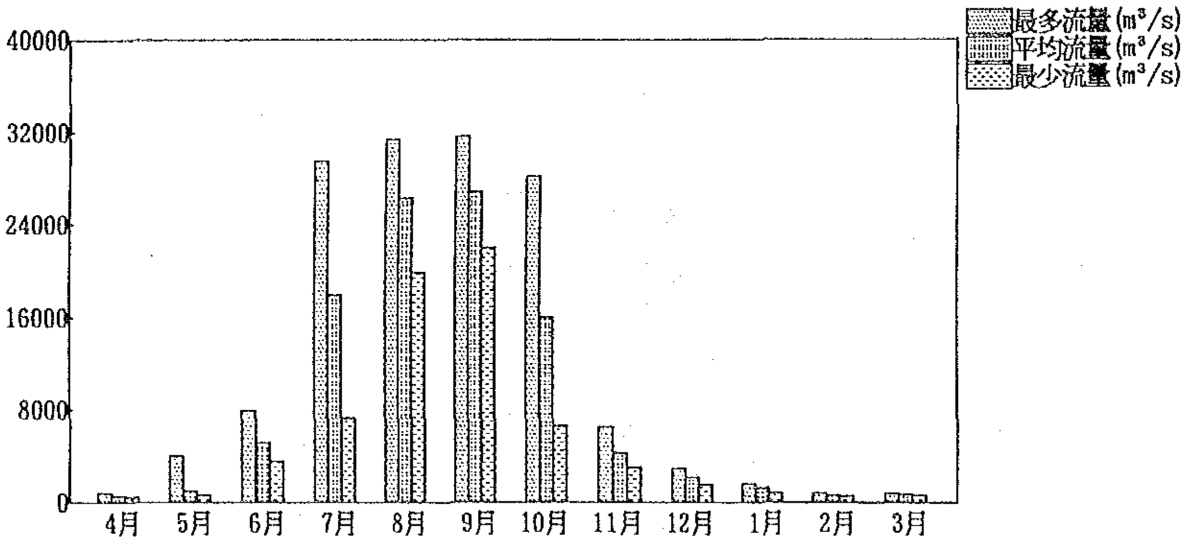
観測所：Hardinge Bridge(m^3／sec)

測定月 項目	1989年 ４月	５月	６月	７月	８月	９月	10月	11月	12月	1990年 １月	２月	３月
最多流量	816	4,070	7,900	29,500	31,400	31,600	28,200	6,490	2,970	1,610	850	881
平均流量	607	998	5,140	17,900	26,300	26,900	16,000	4,300	2,150	1,300	672	788
最少流量	449	634	3,580	7,260	19,900	22,000	6,630	3,010	1,510	840	558	698

Source:Bangladesh Water Development Board



パドマ河の最高水位と最低水位（1919年・1968年～1989年）



4－3　既往の地下水調査

(1)　ラジシャヒ・バリンド地域の地下水利用調査（Bangladesh Agriculture Development Corporation 1982）

バングラデシュ農業開発公社によるラジシャヒ北西部のバリンド地区での灌漑用地下水開発調査である。バリンド地区は、他の地区と比較して標高が高く洪水から免れてきたが、反面表流水の使用に限りがある。この地区は、井戸による灌漑は不可能と言われ、多くの深井戸による開発計画による開発計画から無視され続けてきた地域である。しかし人口の増加にともない、未利用であったバリンド地域にも開発計画が策定された。ラジシャヒ県内図を図４－５に示し、バリンド地域を表示する。

この調査の地下水に関係する内容は、次の通りである。

①　地下水開発の可能性

②　井戸のデザイン

③　テストボーリング・柱状図（40孔）

④　地下水位

⑤　帯水層への涵養・降雨量（1972～1980）

⑥　地下水の水質

⑦　既存井戸の調査・調査票（井戸深度・静水位）

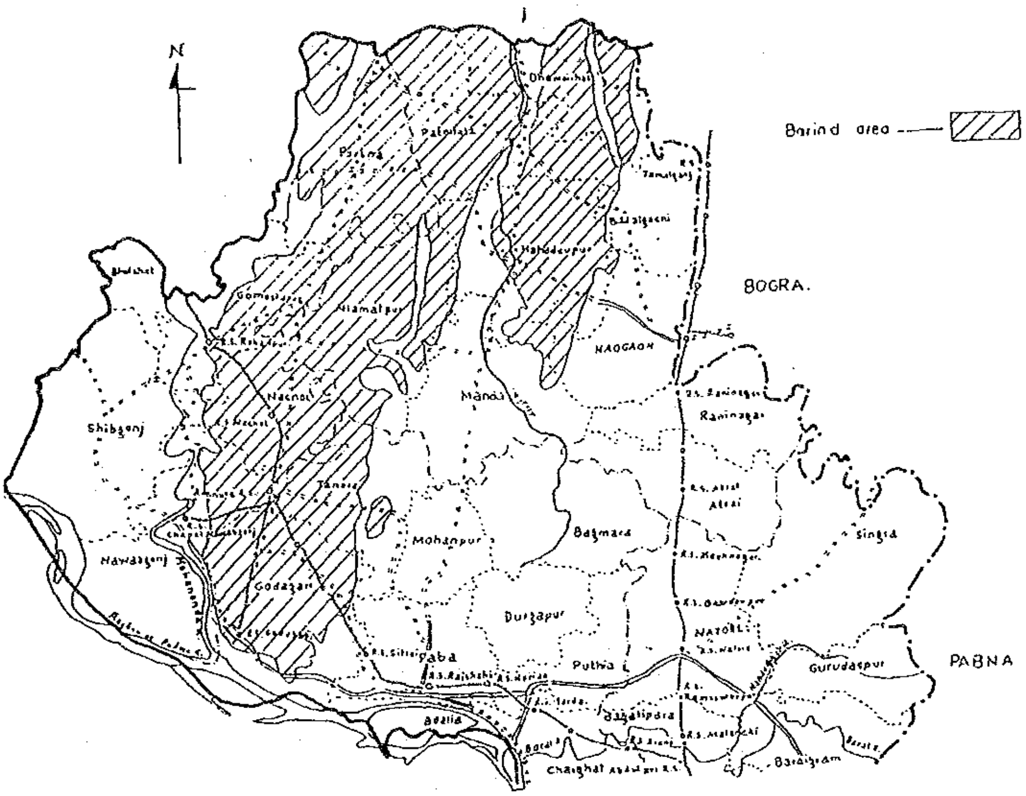


図4－5　ラジシャヒ県内図（バリンド地域）

(2)　ＢＷＤＢの地下水位調査（Bangladesh Water Development Board, Dhaka Ground Water Division－Ⅱ）

ＢＷＤＢの地下水調査部では、1991年現在、国内に 1,225箇所に観測井を設定し、水位の観測を続けている。観測は1976年より開始され、これらの資料を元に次に示される図面類を作成している。これらの図面は、現在入手できていない。観測記録及び観測井諸元（深度・口径・経緯表示の位置及び位置図・標高）は、観測年表として公表されている。

① Geologic map (Ground Waster Survey)

② Hydrogeological map of BANGLADESH (3rd revision 1983)

③ Hydrogeological map of BANGLADESH (5rd revision 1987)

④ Hydrogeological map of BANGLADESH (6rd revision 1990)

⑤ Ground water table decline map of Bangladesh from 1980 to 1989 (dry season)

⑥ Maximum depth to ground water table from land surface 1981 (april-may)

⑦ Maximum depth to ground water table from land surface in meter 1988

⑧ Maximum depth to ground water table from land surface (dry season 1990)

⑨ Maximum depth to ground water table from land surface (dry season 1991)

⑩ Minimum ground water level elevation contour map as on 19, 3, 1990

⑪ Minimum ground water level elevation contour map as on 29, 4, 1991

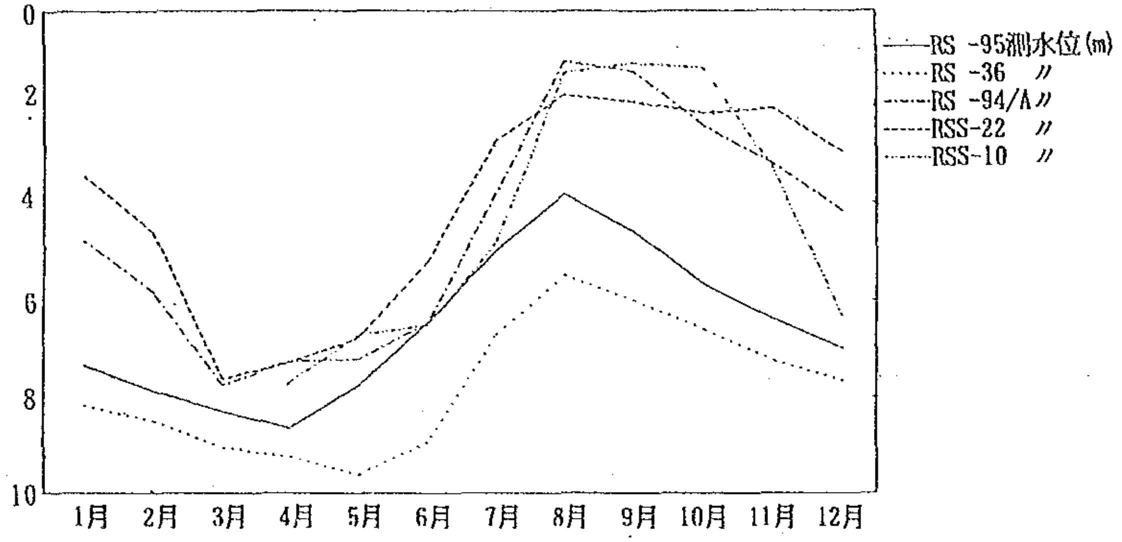
地下水位面図は、観測記録より地下水の流動方向を記載してあるが、地表面からの深度で示されており、平坦な地形とは言えこの解析は疑問である。観測地点の標高は測定されていることから、標高表示の地下水位面図にする必要がある。1990年以後の最低水位面の記録から、標高表示に変わっている。

ラジシャヒ県では、55ヶ所の水位観測井（自記録：1ヶ所含む）と3ヶ所の水質観測地点がある。ラジシャヒ市行政区は、図4－5で示すパバ（Paba）地区とボアリア（Boalia）地区にまたがり、この地区には10本の観測井がある。この中より、深度別に5本の観測井を選んだ。深度別に5井を選び、1989年の水位記録を表4－8に示す。また、水位グラフと同年の月間降雨量グラフを併記する。

表4－8　水位記録表（1989年）

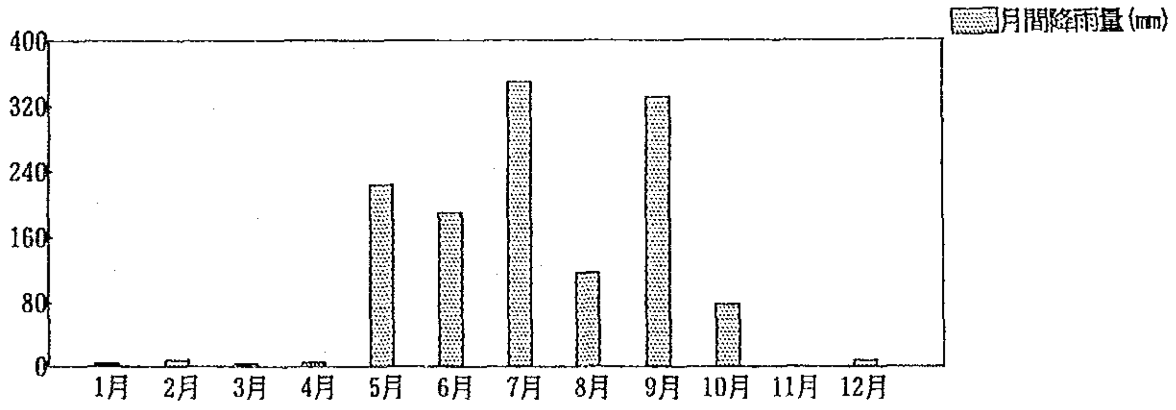
観測井No.	深度 (m)	位置 緯度/経度	測定降下水位 (m) 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
RS -95	8.76	24° 22′ 40″ 88° 40′ 51″	3.00	3.61	4.32	5.41	MAX 6.17	5.03	3.53	2.26	1.98 MIN 1.37	1.70	2.13	2.67
RS -36	8.15	24° 24′ 42″ 88° 31′ 25″	2.35	2.75	3.40	4.00	MAX 4.50	3.27	1.06	0.50 MIN 0.40	0.75	0.96	1.50	1.83
RS -94/A	21.03	24° 22′ 40″ 88° 40′ 50″	5.84	6.79	7.60	8.72	8.89 MAX 8.94	6.20	3.53	2.79	2.74	2.74 MIN 2.26	4.17	5.21
RSS-22	37.19	24° 20′ 14″ 88° 38′ 26″	7.06	7.95	7.85	8.08	MAX 8.23	7.29	4.80	3.22	2.74	3.26 MIN 2.39	5.38	6.55
RSS-10	50.93	24° 27′ 30″ 88° 31′ 07″	3.67	6.72	8.78	8.51 MAX 8.90	8.70	5.17	3.47	3.29	2.33	ND	ND	4.15

測定は、その月の中旬に、管頭より測定したものである。MAX:最大降下水位　MIN:最小降下水位　ND:記録欠損
二段に表示は、上段は定期測定結果。下段は、最大または最小降下水位。



1989年　ラジシャヒ・パドマ地区観測井水位グラフ

（月内にMAXorMINの有る時は、その測定値を記入）



1989年　ラジシャヒ月間降雨量グラフ

5本の観測井のなかでパドマ河に最も近い観測井はRSS-22、最も遠いのはRSS-10である。いずれの観測井も、雨季直前の5月に最低水位となり、雨季に入ると水位は回復する。最高水位に達する月は、浅井戸では、雨季末期の9月であるが、20m以深の井戸においては、10月にずれこむ。浅井戸は降雨が始まると、すぐに影響されて急激に水位を回復する。浅層の帯水層の涵養は、降雨によるところが大きいと推察される。パドマ河の水位の影響は不明である。深井戸の地下水の回復は、RSS-22では降雨が始まって約半月はゆっくり回復するが、それ以後で急激に回復し、浅井戸とは異なる曲線を描く。RSS-10の水位回復は、浅井戸と同様の動きを見せ、観測井戸として重要な、浅層帯水層からの遮水が不良と推察される。水位の変動差は浅井戸で

４ｍ程度、深井戸で５～６ｍ程度である。水位変動の経済変化は、1976年からの観測年表により調査できるが、観測井として重要な帯水層間の遮水が不完全であると、記録は在っても、解析できない恐れがある。

またＢＷＤＢの地下水調査部では、1979年にバンリド調査地域の地質図と直交する２種類の模式地下断面図を作成している。それらの図面を図４－６と図４－７に示す。

(3)　ＧＳＢの地質（地下水）調査（Geological Survey of Bangladesh）

バングラデシュ地質調査所では、公表していないが、ラジシャヒ市にて調査を終了しており、調査資料を基に以下の図面類を作成している。調査論文として公表予定であるが、その時期については不明である。

① Contour and Drainage map of RAJSHAHI city and its adjoining areas. …… Fig－3

② Geological map of RAJSHAHI city and its adjoining areas. ………………… Fig－4

③ Panel diagram showing sub-surface geology of RAJSHAHI city and adjoining areas. ………………………………………………………………………… Fig－6

④ Water table coutour map of RAJSHAHI city and its surrounding areas as on 7th march 1988. ……………………………………………………………… Fig－11

⑤ Depth of the water table from surface in and around RAJSHAHI city as on 7th march 1988. ……………………………………………………………… Fig－12

⑥ Isopach map of top siltyclay-clay layer and around RAJSHAHI city ……… Fig－13

⑦ Engineering geological map of RAJSHAHI city and its adjoining areas. …… Fig－14

⑧ Terrain map of RAJSHAHI city and its adjoining areas. …………………… Fig－16

⑨ Land use map of RAJSHAHI city and its surrounding areas Bangladesh …… Fig－17

(4)　給水・衛生施設計画フィージビリティ調査（オランダ援助　July 1981）

1980～1981年にオランダ政府の技術協力によりラジシャヒにて給水・衛生施設の整備計画が策定された。そのフィージビリティ調査の一環として、地下水に水源を求め、地下水調査が実施された。地下水調査は、既存揚水井の調査と調査孔掘削よりなり、以下の調査を実施している。

☆　既存揚水の調査

① 既存深井戸の特徴（井戸構造図）

② 井戸能力（完成時と調査時の揚水量比較・水位降下及び回復試験・比湧出量）

③ 水質

④ 井戸のスクリーンの閉塞調査（閉塞状況・原因の検討・水質による能力減退の年比率等）

⑤ ポンプステイション

⑥ 配水システム他

☆ 調査孔・新生産井の掘削(Ramchandrapur地区 調査井深度： 300m 新生産井深度：75m)

① 掘削工法・掘削の経過

② 掘削地質（地層の粒度測定）

③ 孔内検層（比抵抗・自然電位）

④ 調査孔・新生産井の仕上げ（構造図）

⑤ 小孔径観測井及び新生産井による水質（帯水層の上部・下部及び中～下部の3検体）

⑥ 新生産井による揚水試験（調査孔を観測井として利用）

調査結果の概要は次の通りである。調査孔の検層図を図4－8に、井戸構造図を図4－9に示す。また水質試験結果を表4－9、水理常数を一覧表として表4－10に示す。

表4－9 水質検査結果

	単 位	観 測 井	観 測 井	新 生 産 井
スクリーン深度	m	27.4～30.5	67.1～70.1	45.7～75.0
採 取 日		1980.11.23	1980.11.27	1980.11.20
濁 度		7.1	13.0	1.7
カルシューム硬度	ppm	433	478	480
鉄 イ オ ン	ppm	1.5	2.3	1.5
マンガンイオン	ppm	1.3	0.7	1.0
リ ン 酸 イ オ ン	ppm	2.8	1.2	1.4
アンモニアイオン	ppm	1.6	0.8	1.4
pH				6.48
炭 酸 イ オ ン	ppm		158	184
導 電 率	μs/cm		925	915

表4－10　水利常数一覧表

	単　位	揚水量 102㎥／hr	揚水量　70㎥／hr	備　　　　考
透水量係数	㎡/day	平均値　2,870	平均値　2,100	被圧地下水の平衡式（Theime）算出
透水量係数	㎡/day	3,200	2,200	ヤコブの解析法より算出　図解解析
透水量係数	㎡/day	4,070	－	水位回復式より算出　図解解析
透水量係数	㎡/day	3,200	2,200	Distance Drowdown(Theime)図解解析
貯留係数		平均値14.5×10^{-4}	平均値16.3×10^{-4}	ヤコブの解析法より算出

フィージビリティ調査の結果、ラジシャヒ地区での深井戸構造図と建設作業の手引きを作成している。その手引きは、以下の通りである。

① 井戸の深度

帯水層を掘り抜き、不透水層を２～３ｍ掘削して終了する。おおむねラジシャヒでは、85ｍの深度となる。取水層は、49.8～79.2ｍの帯水層とする。

② スクリーンの口径

現在のラジシャヒでの慣例である６インチをスクリーンの口径とし、掘削径は、12インチとする。

③ スクリーン長

帯水層の状態によるが、最長30.5ｍとする。上部層からの水を抜く危険を考慮し、少し短めの長さが推薦される。

④ スロットサイズ

帯水層の粒度分布による。一般的には、帯水層を構成する物質のおよそ50％のサイズを選ぶ。ラジシャヒ帯水層の粒径は極めて小さい。グラベルパックの採用が推薦される。スロットサイズは 1.0㎜を下限とする。全開孔面積は、井戸内流入速度を最大0.01ｍ／ｓを越えないことが要求される。

⑤ グラベルパック

グラベルパックは最少でも 0.1ｍの厚さとする。グラベルの粒径は、ラジシャヒ帯水層の状態から 2.0㎜を下限とし、上限は 3.8㎜とする。

⑥ スクリーンの材料

井戸水は腐食性ではない。そのために、スクリーン材質の選定は、物理的強度と経済性の観点から選べる。ＰＶＣ、ＡＢＳ、ステンレス及び青銅等材質は、すべてが容認される。

⑦ 地層の遮断

垂直漏水で、地表水の井戸水への混入防止のため、上部地層の遮断の手法として、粘土充填の必要がある。

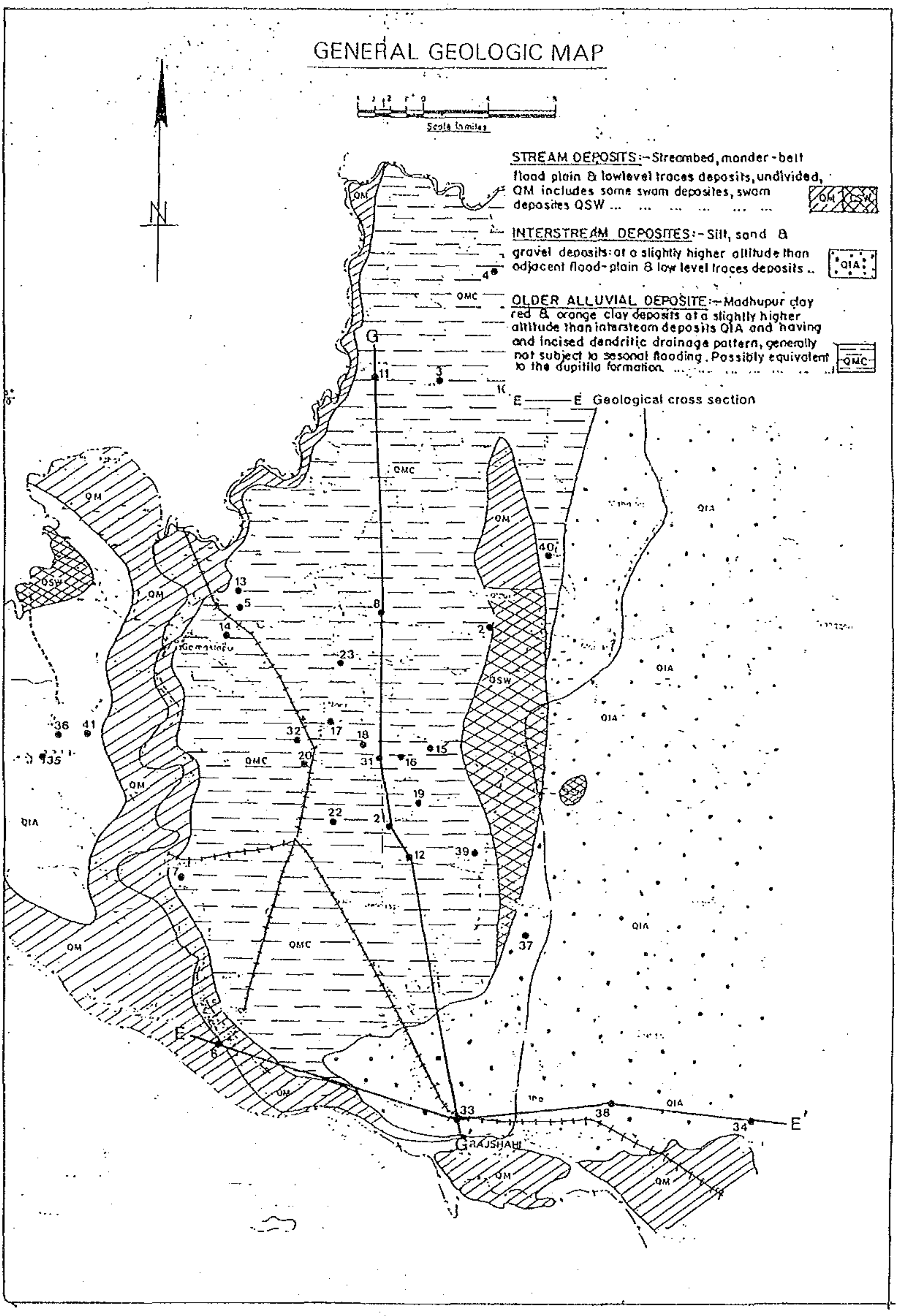


図４－６　ラジシャヒバリンド地域表層地質図（断面線図）

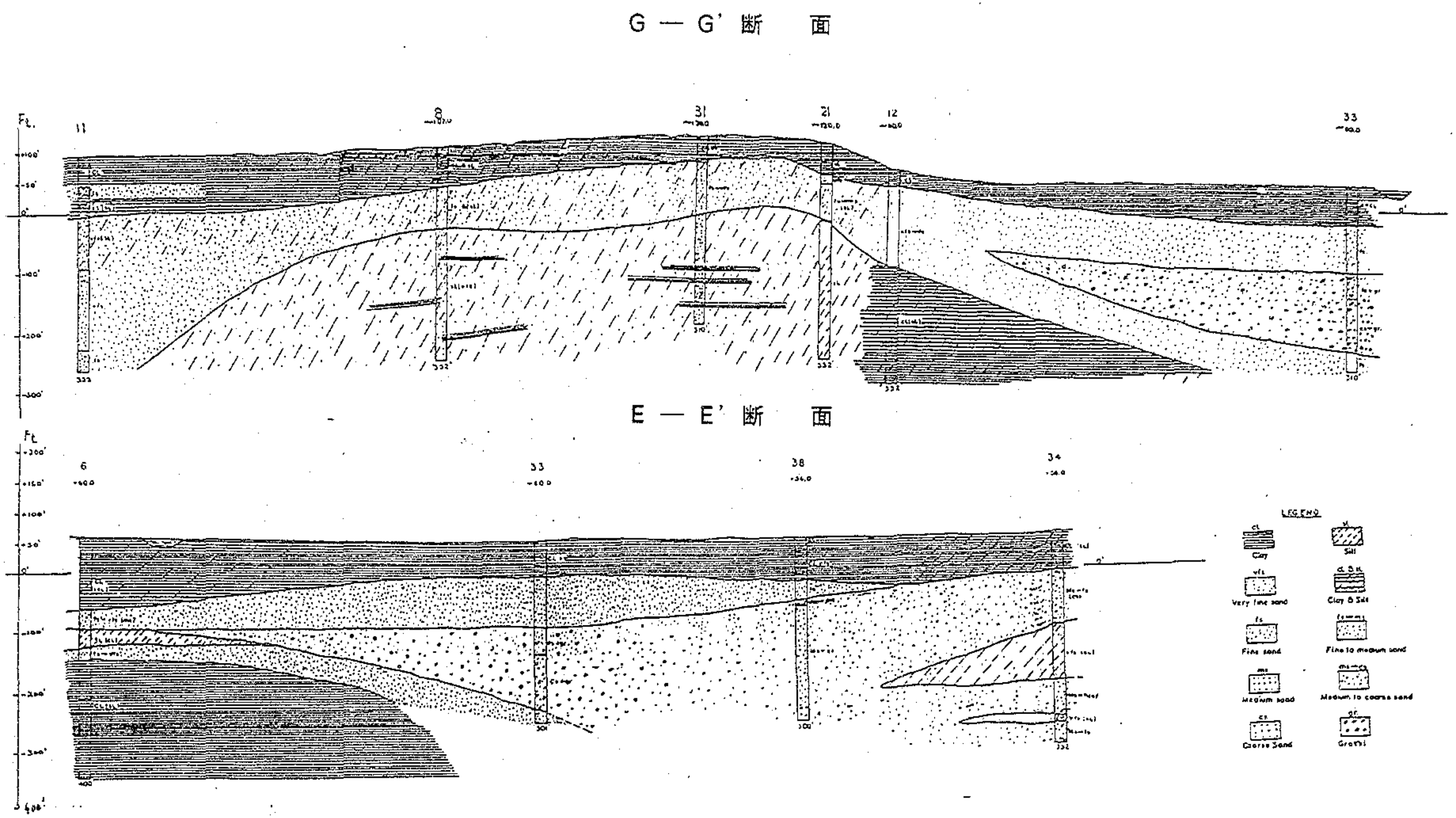
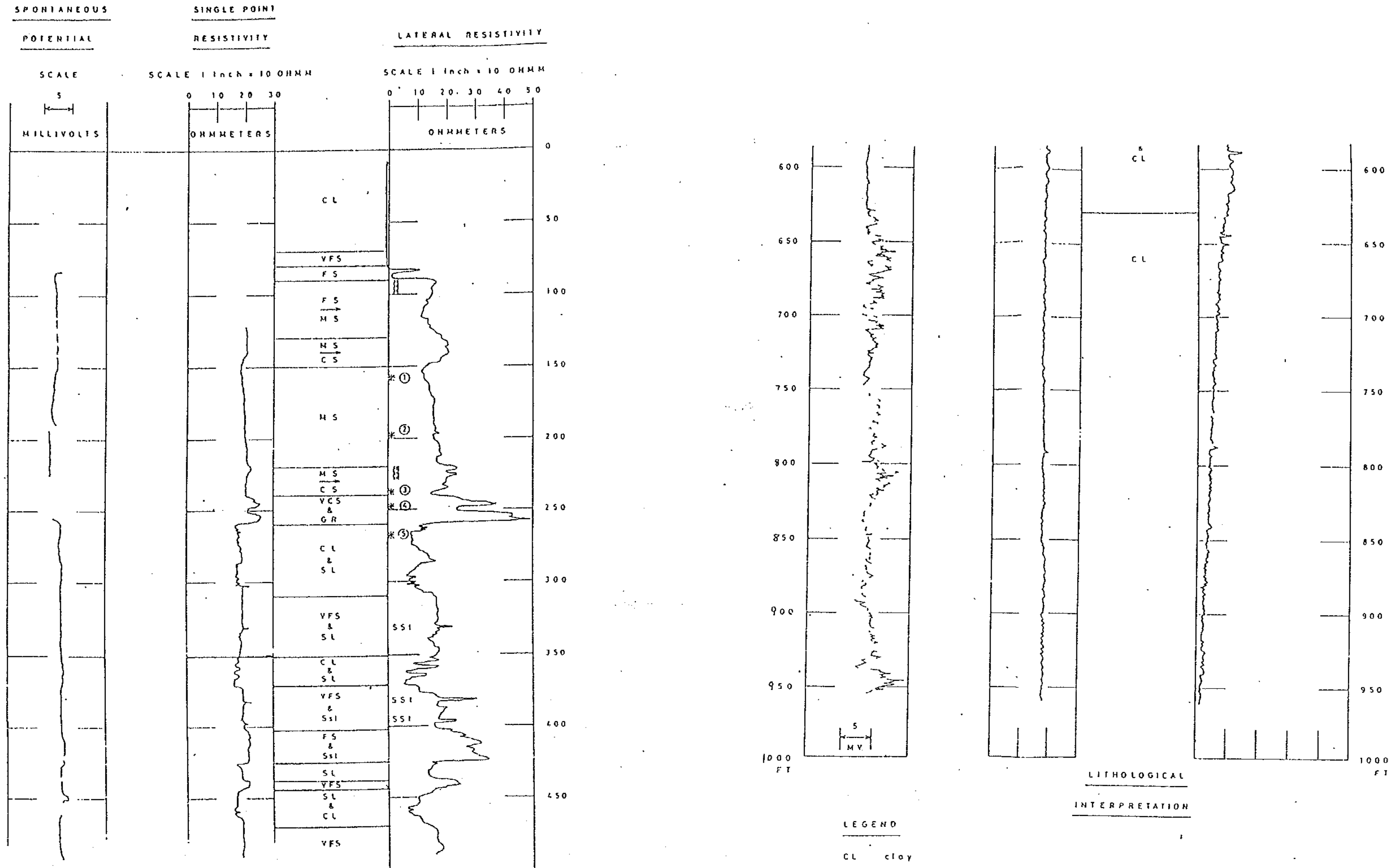

G — G' 断　面
E — E' 断　面
LEGEND
Clay
Silt
Very fine sand
Clay & Silt
Fine sand
Fine to medium sand
Medium sand
Medium to coarse sand
Coarse Sand
Gravel

図4－7　模式地下断面図



コピー不良により 500〜600フィート 欠損

LEGEND

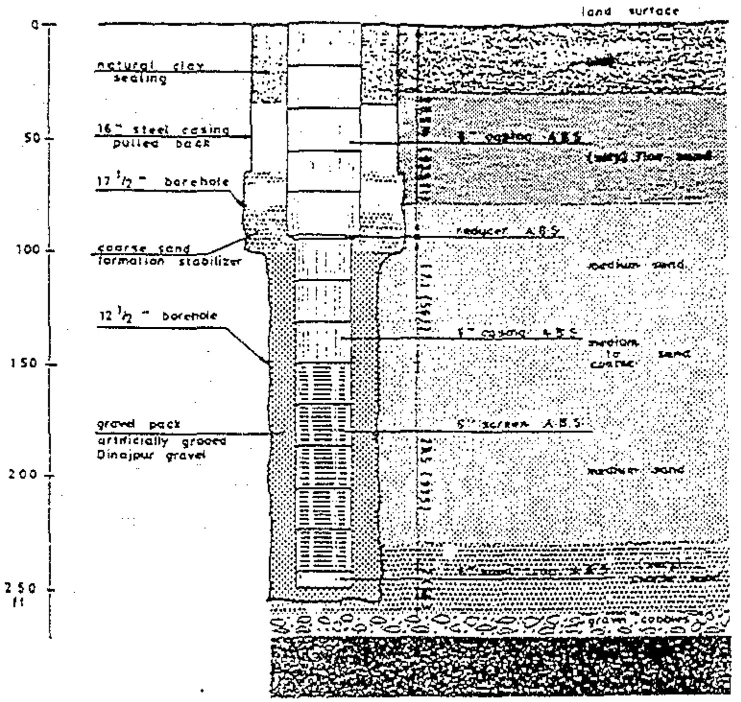
CL	clay
SL	silt
VFS	sand, very fine
FS	〃 , fine
MS	〃 , medium
CS	〃 , coarse
VCS	〃 , very coarse
GR	gravel
Ssl	sandstone
⁞⁞	1 1/2" pvc filter screen

GEOPHYSICAL WELL LOGGING

EXPLORATORY BOREHOLE

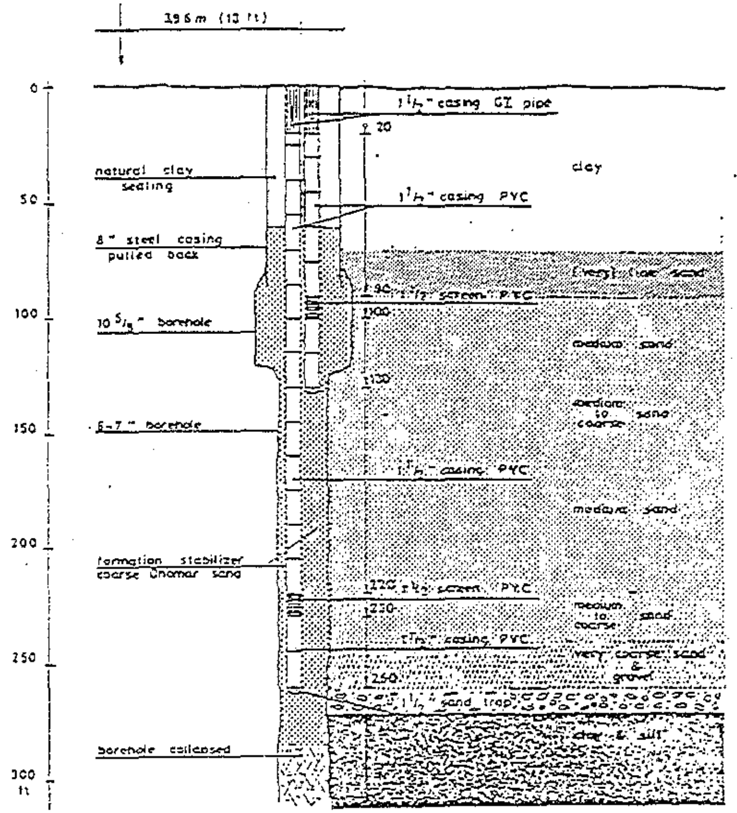
RAMCHANDRAPUR, RAJSHAHI

図4－8 調査孔検層図



note: A.B.S = Acrylonitrile Butadiene Styrene
one lenght casing or screene pipe 5.7 m (18.7 ft.)
horizontal slot, width 1.5 mm. (0.060 inch.)
depth scale 1 cm = 20 ft

CONSTRUCTION OF RAMCHANDRAPUR
NEW PRODUCTION WELL
and
SUBSURFACE CONDITIONS



note: PVC = Poly Vinyl Chloride
one length GI pipe 20'
casing pipe 15'
screen pipe 10' ; slot width 0.25 mm (0.010 inch)
sand trap 2'-4"
depth scale 1 cm = 20 ft

CONSTRUCTION OF RAMCHANDRAPUR
EXPLORATORY BOREHOLE
&
OBSERVATION WELL

図4－9　観測井・新生産井構造図

⑧ グラベル充塡設備

グラベル充塡設備を、グラベル材料が途中で棚を生じ不完全に充塡となることを防ぐために、注意して使用する。

⑨ 井戸の洗浄

井戸の洗浄は、井戸の適正な機能を備えさせる基本作業である。帯水層から細粒物質は、注意深い作業で取り除かれる。

⑩ 揚水量の認定

適正な揚水量は、帯水層の透水性と井戸の長さ、口径に依る。ラジシャヒの長期的な深井戸の揚水量は、65㎥／hである。

(5) ＷＡＲＰＯの地下水調査（Water Resource Planning Organization）

ＷＡＲＰＯは、独自の観測井を所有していないが、観測データをＢＷＤＢより入手し、解析を行っている。それらの解析結果及び図面は入手できなかったが、ＤＰＨＥチーフエンジニアの紹介状で入手可能である。ＤＰＨＥとほぼ同じような図面と思われる。

(6) ＤＰＨＥラジシャヒ支所の井戸資料

ＤＰＨＥラジシャヒ支所の監督のもとに施工された井戸柱状図（井戸構造図）は、24本の水道水源井を施工したにもかかわらず、調査ボーリングを含めて４井の資料しかない。追加でダッカのさく井業者より入手した１井分の柱状図を含めて５本の柱状図を元に、近隣井の資料を除いて４井で、ラジシャヒ市行政地域の地下地質を検討するため、パタンダイヤグラムを作成し、図４－10に示す。

水質について、深井戸の水質を、巻末調査資料に示す。浅井戸井の水質は、パバ地区で測定されている。分析項目４種で、分析検体数は不明であり、最大値及び最小値のみ表示している。これらの調査結果をまとめて表４－11に示す。

表４－11 地下水の水質概要とＷＨＯ飲料用水基準

	分析項目	水温	PH	溶存酸素	導電率	濁度	CO_2	HCO_3	総硬度	Ca硬度	NH_3	蒸発残留	Cℓイオン	Fe	Mn	大腸菌群
	単位	℃		mg/L	us/cm	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
深井戸	Max	29	7.5	3.8	915	30	89	708	325	270	1.20	553	140	3.12	2.11	Nil
	Min	22	7.1	2.2	730	1	13	597	188	171	0.02	414	18	0.24	0.23	
浅井戸	Max	—	—	—	—	—	—	—	221	—	—	—	19	1.28	2.40	
	Min	—	—	—	—	—	—	—	191	—	—	—	13	0.30	1.45	
WHO基準		—	7.0〜8.5	—	—	5	—	—	500	—	—	—	200	0.30	0.10	—

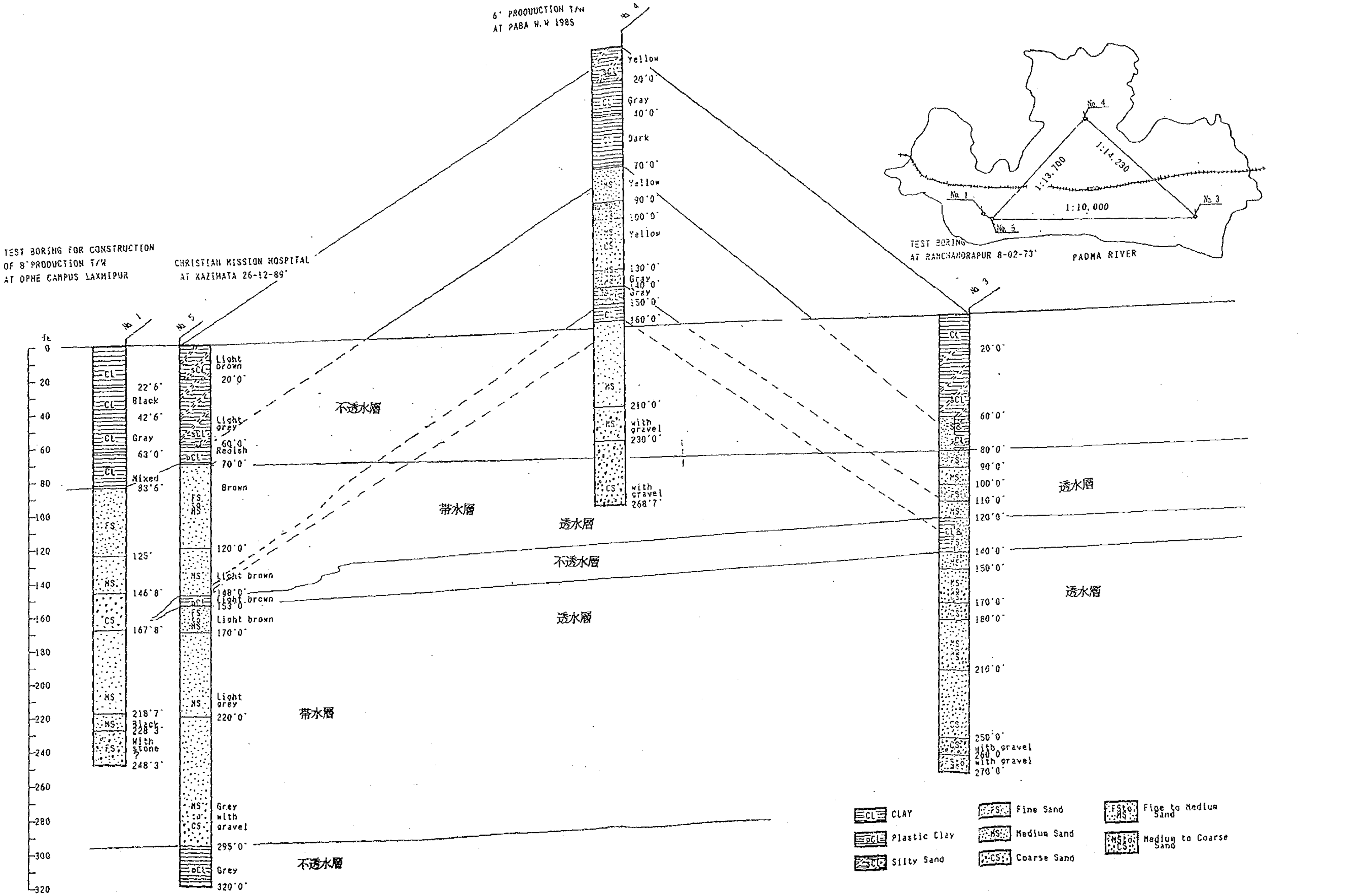


図4－10　DPHEラジシャヒパタンダイヤグラム

4－4　地下水開発の現状と問題点

(1)　地下水開発の現状

ラジシャヒ市行政区での地下水開発は、おおむね生活用水を主要目的に実施されており、多数の深井戸と浅井戸が存在する。深井戸は、ラジシャヒ市当局、病院、各種学校、モスク、公共機関等が所有している。ラジシャヒ市当局の深井戸は、水道水源井で、19本の井戸を所有しているが、水中モーターポンプまたはボアホールポンプを備え現在揚水している井戸は、15本しかない。浅井戸も市街地で多数見が受けられ数種類のハンドポンプが取りつけられている。浅井戸数が多数設置されているためか行列しての取水風景は見られない。

ラジシャヒ市行政区周辺の農村部での地下水開発は、灌漑用の動力揚水装置を備えた深井戸が多数存在する。生活用水としては、集落ごとに数ヵ所にハンドポンプを備えた浅井戸があり、それを利用している。

ＤＰＨＥの出先機関であるラジシャヒ支所での調査資料によるパバ地区（サジシャヒ市行政区よりやや広い範囲、図４－５参照）での地下水利用の井戸数（チューブウェル）を、表４－11に示す。

表４－11　地下水利用の井戸の現況（Upazila Paba）
Status of tubewell of rural water supply under
P.H.E Rajshahi circle on 30-06-92)

	浅井戸	深井戸	備考
井戸数	1,575本	698本	
稼動井戸数	1,538本	693本	
中止井戸数	37本	5本	
合計井戸数	2,273本		
人口	240,738人		1991年国勢調査
１井当り給水人口	106人		

利用されている井戸本数は掌握されているようであるが、揚水量・揚水時期（揚水時間・揚水季節等）は不明である。揚水量に関しては、市水道水源井にしても 9,050㎥／日と言われているが、量水装置が無く正確な水量は不明である。

ラジシャヒ市上水道の地下水取水施設の現状を要約すると次のようである。既存の水道水源井の諸言は、一覧表にして巻末付属資料に示す。

掘削井戸本数：24本（1951～1990年建設）

現存井戸本数：19本

稼動井戸本数：15本（揚水能力49.7～195.3㎥/h　平均 120.0㎥/h）

井　戸　仕　様：井戸深度　59.1m～86.9m（19井の内7井は不明）

井戸口径　250×100㎜×1井　350×150㎜×4井

300×150㎜×7井　350×200㎜×4井

不　　明　3井

ケーシング材料　鋼管×19井（全井戸）

スクリーン材質　ｽﾃﾝﾚｽｽｸﾘｰﾝ×9井、PVCｽｸﾘｰﾝ×4井、不　明×5井

揚水装置　水中モーターポンプ　9井

ボアホールポンプ　10井

ラジシャヒ市の水理地質は、水道水源4井（深度75m～82m）・病院1井（深度97m）の柱状図及び1980年に行われたオランダ政府援助の調査結果（ラジシャヒ水供給プロジェクト 300mのテストボーリング・電気検層）より、灌漑は次のようである。

① 帯水層（砂層・礫層・砂岩層）の下限深度は、140m前後である。

② 帯水層は、大略2層（G_1及びG_2）に区分される。滞水層を区分するシルト・粘土層は、層厚15m程度で80m～95mに存在する。

③ 第1帯水層：20m～80m　層厚60m堆積状況は、上部より細粒砂→粗粒砂（中粒砂）→中粒砂（細粒砂orシルト）→粗粒砂→礫（基底礫層）の堆積輪廻を示している。この帯水層も厳密には、45m前後に狭在する粘性土層（不透水層）を境に上下2層の帯水層(G_{1a}・G_{1b})に区分される。この粘性土層の厚さは6mと薄く、DPHEキャンプの井戸柱状図では、この粘性土層は見られない。

④ 第二帯水層：95m～ 145m　層厚約50m主として細粒砂・硬質砂層（サンドストンの表示あり）及び所々に粘土・シルトを挟む。第二帯水層も 110m前後を境に粘土・シルトで上下2層（G_{2a}・G_{2b}）区分される。上部層は細粒砂よりなり下部層は、細粒砂と硬質砂層よりなる。この帯水層は、テストボーリングにて確認されたものであるが、検層も1種類の電極間隔でしか測定されておらず透水性は不明である。帯水層を構成する地質より判断すると、透水性も水質も悪いと予想されるが、この層より取水している揚水井が無く、詳細は不明である。オランダ政府援助のフィージビティー調査結果では、この帯水層を取水の対象にはしていない。

⑤ 帯水層に貯留されている地下水は、被圧地下水である。

ラジシャヒ地区で開発されている帯水層は、上部帯水層の上下層に限定される。上部帯水層上層（G_{1a}）は、浅井戸の有力な取水層として開発されてきた。上部帯水層の上限深度は、地表より約20mと深いために、この地区の浅井戸は、平均深度30mと深い。下層（G_{1b}）は深井

戸の取水層として開発されてきた。上水道水源井は下層帯水層の粗粒砂と礫層より取水している。下層砂礫層は、良好な透水性を有する。深井戸のうち下部帯水層との境界をなす不透水層まで掘削する完全井は少ないようである。

(2) 地下水開発の問題点

ラジシャヒ市の現在の人口は、すでに50万人を超えていると言われており、近い将来に 100万人を超えることは確実である。パバ地区だけでも現存する多数の揚水井（浅井戸・深井戸計2,273本)を考慮すると、人口増加に伴う給水量の増加をすべて地下水に頼ることは難しいと考えられる。

ラジシャヒ市における地下水開発の問題点を項目ごとに列記すると次のようになる。

☆揚水量増加による問題点

① 多数の揚水井が存在するにもかかわらず、地下水賦存状況が把握されていない。ゆえに、人口増加に伴いむやみに揚水井を増加させることは、乾季において浅井戸の著しい水位低下を生じさせ、使用不能になる恐れもある。そのために地下水の水収支（涵養量と揚水量のバランス）を考慮した地下水利用適正化調査を必要とする。

② 将来も浅井戸による生活用水利用の重要性は、変わらないと考えられる。水道水源井やその他の深井戸揚水井（灌漑用・工業用）が増加し、浅井戸が使用不能になり、上下水道の給水利用が急激に増加して給水量が一気に不足する事態が生ずることが懸念される。将来的には、水源保護を目的に地下水取水の規制措置も考慮する必要があるであろう。世界中で、表流水に乏しくまたは、採取に困難であるが、足下に豊富な地下水が存在する地域でえは、過剰揚水による諸問題に直面している。問題が生じた後から規制しても遅過ぎることが多い。

③ 被圧地下水の圧力が減退すると、地下水位の低下が継続して水位が復元せず地上の細菌が汚染物質を含む地表水の地下浸透を促進し、その結果生ずる地下水汚染が懸念される。

☆地下水の水質の問題点

① 地下水の水質は、全体に取水地区、取水深度（浅部帯水層・深部帯水層）にかかわらず鉄・マンガンが多く、ＷＨＯのガイドラインを越えているものが多数である。硬度も高くまた蒸発残留物も多く、良好な水質とは言えない。現在は水処理は行われていないが、いずれは水処理を必要とするであろう。

② 水質が悪く、水温が高いことに起因して、井戸のスクリーン及び帯水層の閉塞が生じやすい。カルシューム硬度が高いと、炭酸カルシュームのスケールを晶出させる。温度が高く鉄分が多いと、各種の鉄バクテリアの繁殖には好条件で、鉄分のスケールを形成する。

水質自体は、スケール形成傾向の水質で、鋼管の腐食環境にはない。井戸の閉塞防止には、定期的な井戸改修（井戸内洗浄、薬品処理：鉄バクテリアによる鉄錆と炭酸カルシュームによるスケール溶解除去、井戸内埋没物の除去作業等）を必要とする。改修工事を行わずに閉塞状況を進行させると、後に改修工事を実施しても、湧出量の回復は困難となることもある。

☆地下水調査施設での問題点

① 地下水観測の資料によると、ＢＷＤＢ調査では10井の観測井が設置されているが深度は最深でも50ｍと浅く、第一帯水層上部の水位観測には良いが、帯水層下部の水位観測には井戸深度が不足である。下部の観測井は80ｍ程度を必要とする。また、水位観測井は目的の帯水層の水位のみを測定することが重要であり、完全な遮水を必要とする。ＢＷＤＢ設置の観測井は、浅層部の遮水に疑問がある。今後の調査では、深度80ｍ程度の観測井をラジシャヒ市に幅広い範囲に多数設置することが望まれる。観測井の掘削終了時には、孔内電気検層を実施して、観測井間の地層対比と、帯水層の透水性の目安とする。

② ラジシャヒ市区域での、地下水利用施設の現況調査を実施し、揚水量を把握する必要がある。この調査は、地下水の水収支（涵養量と揚水量のバランス）を計算する上で、重要である。また今後の新規揚水井の設置には、届出制度化する等、水道水源以外の揚水量の増加抑制と適正化を図る必要がある。

③ 地下水の流動方向を調査するに当たり、地形図（コンタマップ）がないことから標高表示による地下水位の表現ができていない。ＢＷＤＢの解析でも、現状は地表からの水位で表示、地下水流動方向を作図している。しかし、これは地表がいくら平坦といっても不正確である。地下水開発調査に当たっては少なくとも観測井、揚水井のレベル測量の実施を必要とする。

④ バングラデシュ国は、雨季と乾季が際立っており、この間の水位変動が大きく特に浅井戸でのこの傾向が顕著である。そのため地下水開発調査では、帯水層の雨季と乾季の水理常数の把握だけでなく、少なくとも１年間の連続した地下水位の観測を必要とする。

⑤ 水道水源井にしても、さく井柱状図はわずかに４井しかなく、また多数の深井戸が存在するにもかかわらず、得られるさく井柱状図は今後の調査においても少ないと予想される。そのため地下地質の断面図の作成も困難である。また帯水層の透水性の判定と地質の対比に良く利用される電気検層が全く実施されていない。唯一の電気検層の実績は、1980年のオランダ政府援助の給水プロジェクト調査のテストボーリングだけである。バングラデシュ国内で検層のできる民間業者はなく、政府系のバングラデシュ石油が地下資源開発で使用するのみである。使用する場所も、チッタゴンのベンガル湾よりで、検層装置は大型であり、地下水調査での使用は困難である。検層は必要な調査手法であるが、調達機材はバ