

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

本プロジェクトの実施機関は、1978年の創設以来、ファイサラバード市上下水道の運営・維持管理に専従してきた「ファイサラバード市上下水道公社」(Water and Sanitation Agency : WASA)が担当する。WASAの組織構成は、図2-1に示す通り、総裁、副総裁の下に事務・技術を担当する9局が並び、いずれの局も本プロジェクトの実施に関連を有するが、そのうち、総指揮をとるプロジェクト管理を建設局IIが担当し、技術的には既存上水施設を管理する水資源局(Water Resources Division)が本プロジェクト実施に関わる実務と完成後の運営・維持管理を担当する。WASAの現行組織における要職者は、すべてADBフェーズIの建設時代から同局に配属され、完成後施設の操業と維持管理に従事してきた経験ある技術者である。

WASAの2007年職員数は、有効ポスト2,111に対し1,769であり、2003年の第2回基本設計調査時点(有効ポスト1,995に対し1,553)より増員している。全体組織の中で職員数が最も多いのは、下水道部門を担当し、960人を擁する運営・維持管理局(2002年に下水・排水局から名称変更)で、水資源局の370人がこれに次ぐ。前者は進行中の市内下水道整備事業に対応するため、職員が増加した。同局による下水道施工、維持管理作業は主として既存給水管整備地区で展開することから、上水道二次管網・給水管の維持管理をあわせてその業務に含むこととなり、局名を一般的な名称に変更したものである。水資源局では、市内一円に散在する旧来からの約35カ所ポンプ場・給水塔、フェーズIによるチェナブ流域の既存施設(水源ポンプ室28カ所および中継ポンプ場)に常時配属されている技術管理者・運転要員が構成員の過半数をしめる。

WASAはパンジャブ州都市整備令により上位機関「ファイサラバード開発公社」(以下FDA)の一翼として創設されたものであり、現在もFDAの管轄下であり、FDA長官がWASA理事長を兼任している。FDAは特に道路整備、市街地開発に重点を置いて事業を展開する。近年まで、WASAは、州のインフラ整備を担当する「住宅・都市開発・公衆衛生省」(Housing and Urban Development/Public Health Engineering Department : HUD/PHE)に直属していた。創設当時の市政業務分担としては、市庁が行政を主管し、FDAが市街地開発事業を担当したが、2001年の地方行政再編により、これら開発機関は地方自治体に編入され、以降市庁に直属する体制になった。2003年からは市長がFDA長官を兼務している。市庁・FDAはプロジェクトの技術的側面には直接関与しないが、プロジェクトの実施にあたり、WASAに対し必要な行政指導・支援を積極的に推進する役割を担う。

基本設計調査時点、水源用地を巡って住民と軋轢が高まった際は、住民との交渉、用地取得などの場面において、両組織は主導的な役割を果たした。

計画開発省 (P & D)

住宅・都市開発・公衆衛生省 (HUD/PH)

ファイナラバード市上下水道公社 (WASA)

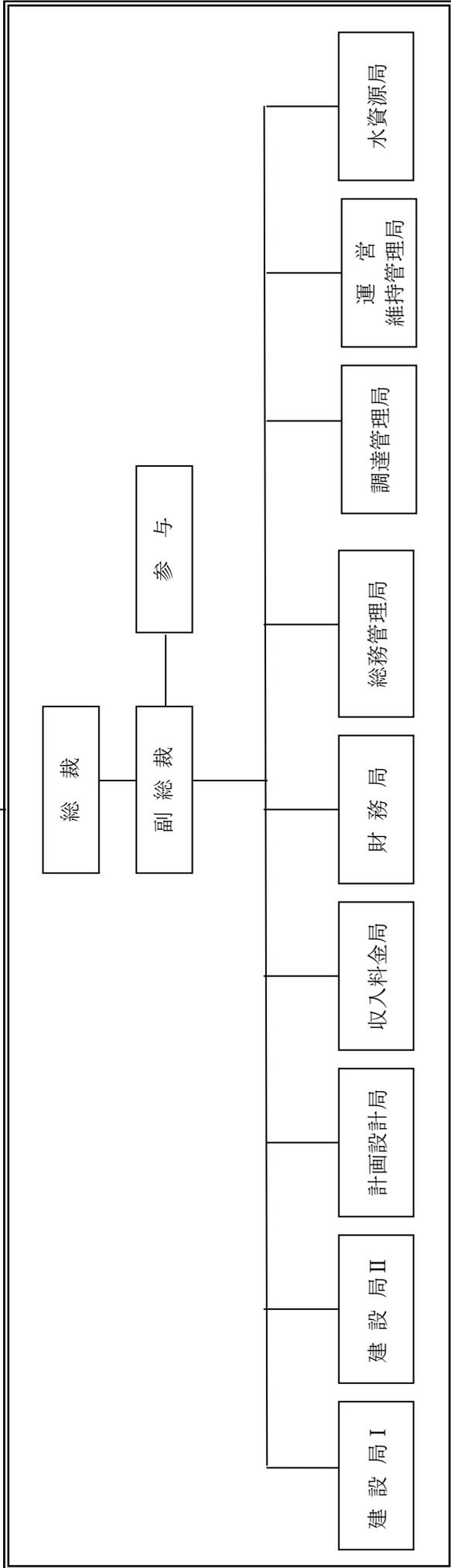


図 2-1
パンジャブ州政府
および WASA 組織図

ファイサラバード市はパンジャブ州で州都ラホール市に次ぐ主要都市であり、また本プロジェクトは同州開発計画の優先事業の一つであることから、州政府 HUD/PHE 省が直接の監督機関として機能する位置付けにあった。2002 年から 03 年にかけての、「1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要」で記述した当初予定水源地開発をめぐる住民との折衝においては、対象地がファイサラバード県外でもあったことから、ファイサラバード県庁(当時)の行政力が及ばず、州政府代表として HUD/PHE 省大臣をはじめとする高官が直接現場を視察し、関係する行政機関や住民との集会を主催する等、積極的に関与した。その結果、同省と WASA 間最終協議に基づき、代替水源地への変更が決定された経緯がある。同省の本プロジェクト実施における直接の役割としては、プロジェクト関連行政組織最高機関として(a)関連機関の意見調整・方針の統一、最終判断等を行うほか、(b)パ側予算措置、(c)住民対策に積極的な役割を果たす。

ただし、2005 年の「国家飲料水政策」(NDWP)が規定する枠組みの中では、都市水道行政の実務は同州の「計画・開発庁」(Planning and Development Board=P&D)が担当することが定義されており、本事業化調査時点では、実際に WASA 運営に対する指導を強化している実態が明らかとなった。同庁は州組織の中で予算関連を主管する上位の機関で、プロジェクト関連予算についての最終決定をくだす立場にあり、WASA は従来からの HUD/PHE との接触を保ちつつ、P&D との直接的な関係を強化する必要がある。現在 NDWP はまだ正式施行されておらず、水分野政策は従来の WASA に対し HUD/PHE が必要な行政指導・支援を支援するシステムと P&D が WASA に対して直接的に主導する新政策が混同している過渡的な体制の中にある状態と言える。

2-1-2 財政・予算

「パ」国の社会開発事業は、小規模な地域開発を除き、中央政府の国家開発計画に基づく年次計画書である公共セクター開発計画(Public Sector Development Programme : PSDP)により、中央政府予算または州政府予算により実施される。

PSDP の対象となるプロジェクトは、計画提案書(PC-1)の政府承認が前提であり、本プロジェクトはすでに 2004 年先行事業実施の際、国家経済評議会執行委員会(ECNEC)により PC-1 が承認されている。しかしながら、本事業化調査により全体予算が変更となったことから、既存の PC-1 を改訂し、ECNEC の再承認を得る必要がある。本プロジェクトの PC-1 のプロセスは、WASA が調査の結果に基づいて計画内容と日本側負担と「パ」国側負担を記した全体予算書を作成し、州政府を経由し、ECNEC の承認を得ることとなっているが、ECNEC の開催が定期的でないことから、かなりの時間がかかる。一方、本プロジェクト実施についての日本側体制としては、国債案件の閣議承認までに「パ」国側の国内承認を必要とするので、2007 年 11 月の本調査概要報告の際、プロジェクト実施の前提条件として、「パ」国側に 2008 年 2 月末までに修正 PC-1 承認を取り付けることを要請し、「パ」国側はこれを了承した。

中央政府予算は、原則的に道路、水資源計画等、全国的規模のプロジェクトに優先的に支出され、本プロジェクトのように裨益対象が地域限定となる水道整備計画は PSDP の州予算から支出されることになる。州政府の開発事業予算としては、別に年次開発計画(Annual Development Programme : ADP)があるが、2003/04 年、パンジャブ州 ADP は全体で約 200 億円程度であり、中小規模の従来から進行中のプロジェクトに主として支出されるので、本プロジェクトに対して

は、州政府は中央政府からの予算を充当する方針であるが、一部負担事業は州 ADP から捻出されると想定される。

WASA は本来独立採算制を基本とする運営機関であるが、第 1 章 1-1-3 社会経済状況に記述されている通り、ファイサラバードに限らず、州都のラホールでも、料金収入ではコスト回収が困難であり、開発費はすべて州政府に依存し、規模が大きい整備計画は外国の支援に依存しなければならない状況である。経常支出の不足分は、両者とも都市固定資産税からの補助金に依存している。補助金は年度により一定ではなく、市政当局との交渉によるものと想定されるが、世銀調査によると 2004～05 年、ラホール WASA の場合で料金収入と合わせた収入のうち 21%、ファイサラバード WASA で 27%であった。ラホールの場合は州内他都市と比較して料金徴収率が高く 80%の水準にあるが、他都市ではすべて 50%をきるような状況のため経営が苦しく、サービスの悪化に直結する。

近年のファイサラバード WASA の財務状況を表 2-1 に示す。

表 2-1 近年の WASA 収支一覧表 (単位: 百万ルピー)

| 年 | 2004-2005 | 2005-2006 | 2006-2007 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 収入 | 622.889 | 1,298.510 | 1,609.934 |
| 前年度繰越 | 228.641 | 137.754 | 316.369 |
| 開発費 | 19.912 | 667.108 | 845.391 |
| 経常費 | 374.336 | 493.648 | 448.174 |
| 内料金収入 | 318.520 | 320.000 | 360.000 |
| 支出 | 475.135 | 1,004.147 | 373.668 |
| 開発費 | 85.284 | 526.479 | 224.524 |
| 経常費 | 388.851 | 477.668 | 449.824 |
| 内、動力費 | 178.515 | 196.000 | 197.828 |
| 人件費 | 134.282 | 158.578 | 159.890 |
| 収支 | 147.754 | 141.849 | 220.529 |
| 開発費 | 163.269 | 278.383 | 672.898 |
| 経常費 | -14.515 | 15.980 | 1.450 |

注記(1)料金以外の収入の大部分は固定資産税からの補助金。

(2)開発費は州政府 ADP 予算からの主として下水道整備計画に対するプロジェクト費用。繰越分は通常の公共機関では認められないが、WASA は特例で認められている。

補助金の一部は、先行 ADB 支援事業の借款返済に充当する目的があるが、現状では経常支出の補充が大きく、その目的に使うことが困難であるため、WASA はコスト回収と返済金の捻出のため、2004 年 3 月水道料金を約 40%値上げし、1 月にさかのぼって適用することとした。世銀マスタープランは、先行プロジェクトの投資費用をパンジャブ州政府から市に対する供与とすることを提案しているが、実現しなかった。今後の経営の建て直しの対策としては、本プロジェクトによる水量増強を契機として、懸案のメーター制移行を実現することが最善であると考えられる。

2-1-3 技術水準

WASA の職員数が多いのは、下水道と維持管理を担当する運営・維持管理局と上水道を運営する水資源局の現場業務を行う部門の要員数が多いため、特に運営・維持管理局職員は WASA 全体の半数に達する。WASA の上水道事業は様々な課題を抱えての運営であるが、下水道事業も、ADB 事業では上水道に優先度が与えられたため、末端までは整備されていない。WASA は ADB 事業終了後、州政府予算で下水道整備の大規模工事を実施中であるが、市街地の下水道工事は難度が高く、工事進捗は遅れており、次年度への繰り越しが多くなっている。そのため、近年、各所で下水による飲料水汚染事故が発生し、市民が飲料水の汚染を懸念している。

これらの現場業務を行う部門を統率するため、トップの総裁および副総裁は技術者が任命される規定となっていたが、近年は経営上の配慮もあり、民間からの登用等、2005 年以降は州政府 P&D による選抜により総裁が任命されている。専門職は、技術部門の局長以下主任クラスまで大学卒の技術者があたり、その総数は 70 人程度で推移している。

WASA は、ADB がファイサラバード市の上下水道施設整備の支援をするにあたり、専門の運営組織を設立することを条件としたことを契機とし発足した機関であり、WASA 技術者は ADB 事業の進展に沿い、計画立案、建設事業に参画し、建設後の運営・維持管理を担当してきている。特に、本計画を監理する水資源局の主要スタッフは WASA 発足当初からの職員で、現在稼働中の水道システムの細部まで精通した技術者である。本計画で建設される施設は、既存施設に併設されるため、WASA 職員が ADB 事業を通して蓄積した知見と経験を本計画に活用できる範囲は大きい。WASA 職員の本計画基本設計調査、事業化調査に対する技術的支援は、効果的であった。

WASA の現有施設は、電子機器により自動運転制御する最新鋭の施設ではないが、水源井戸、配管、貯留施設、ポンプ機器は規模が大きく、システム全体および各施設について基本的・専門的知識と熟練がないと効果的・効率的な運営が困難である。現在の WASA 職員は上級技術者、現場業務を行う職員ともに、既に 10 年以上継続的にわたり施設の運営・維持管理に従事してきており、本計画で建設を計画する新規施設に対しても、現状の職員で対応が可能である。

2-1-4 既存施設・機材

1970 年台後半 ADB 支援によりファイサラバード市に対する上下水道事業が開始された頃、同市人口は約 80 万人であり、フェーズ I による給水施設が完成した 1992 年、160 万人に倍増した。WASA が創設される以前は、市庁の担当部署が給水施設を運営していた。そのため、現在 WASA の給水サービスは ADB 事業の完成施設に依存するが、市内にはそれ以前に建設された水源深井戸、ポンプ場、給水塔等の既存施設が混在する。これに近年、WASA が給水量増加のため、自主努力で建設した水源施設が加わった。

本プロジェクトは、ADB 事業によるチェナブ川流域既存水源地からの送水系統とは別に、ジャン用水路沿線の新規水源地から市街へ送水する。その配水池は既存の ADB 事業で建設された最終配水池と同一敷地内に建設され、市内配水は既存ポンプと新規ポンプの同時運転により、既存配水管を通じて同時配水されるので、これら既存施設の運転との連携・調整が効果的な運転のかぎとなる。本節では、既存の給水施設を一覧し、詳細な検討は、3-2-2 節「基本計画」で行う。次

表 2-2 に主要施設を示す。また、概略の施設位置を図 2-2 に示す。

表 2-2 主要既存給水施設

| | 施設分類 | 施設名 | 仕様、特記事項 |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------|--|
| ①既存施設 (政府事業) | 水源施設 | ジャル・カヌアナ 浄水場 | 市内を貫通するラック用水路を水源とする緩速砂ろ過処理施設。設計能力は 17,000m ³ /日であるが、老朽化し、一日最大 5,000m ³ /日(現在老朽化のため休止中。廃止とする方針が有力であるが(緩速施設のための維持管理困難なため)、別水源の確保が困難であるので、リハビリの意見もある) |
| | | ミラット浄水場 | 市内北部でジャン用水路分水路を水源とする緩速砂ろ過処理施設。能力はジャル浄水場と同水準。新開発地の専用水道として利用されている |
| | | ラック用水路水源地 深井戸群 | フェーズ I でチェナブ水源地が完成するまで市内の主力水源地であった。一時用水路両岸に 50 本を超える深井戸水源が建設された。(現在 20 本程度に整理。③項参照) |
| | 配水施設 | ポンプ場、貯水池 給水塔 | 1950～70 年代州政府、FDA 等により建設された市内の旧深井戸水源の貯水池、ポンプ場および給水塔、38 カ所。ADB 事業完成後、配水幹線直結型の給水方式の地区が増えたので半数以上が利用されていない |
| | | 配水管・給水管 | 配水幹線は ADB により建設 (②参照。日本製ダクタイル鋳鉄管を採用し、保存状態も良好)。ただし、同幹線に接続された支線は石綿管が多く、漏水の原因となる。さらに末端の給水管は老朽管が大部分といわれ、WASA は特に問題給水区から更新を開始したが、根本的な対策はこれからの課題となっている |
| ②ADB フェーズ I 施設 | 水源・取水 施設 | チェナブ水源地深井戸 ポンプ場 x25 カ所 | 設計水量 225,000m ³ /日であるが、地下水位の低下により能力減退。③参照 |
| | 導水・送水 施設 | 導水管 x 約 10km | 深井戸ポンプ場から中継ポンプ場への導水管種はダクタイル鋳鉄管 |
| | | 中継ポンプ場 | 増圧用ポンプ x 7 台 |
| | | 送水管 x 約 18km | 1,500mm ダクタイル鋳鉄管 |
| | 配水施設 | 最終配水池 | 容量 46,000m ³ |
| | | 配水ポンプ場 | 配水ポンプ x 10 台 |
| 配水幹線 x 約 50km | | 500～1,600mm ダクタイル鋳鉄管 | |
| ③ADB 事業 以降、自助 努力による 追加施設 | 水源施設 | チェナブ水源地深井戸 ポンプ場追加 4 カ所 | ただし、1 カ所はポンプ設備が整備されていないので、稼動は 3 カ所、合計 28 本となったが(2000 年)、現在最大揚水量で 180,000m ³ /日程度 |
| | | ラック用水路水源地 既存井戸の更新 | 過剰揚水により水質悪化、水量低下した市内用水路沿線の旧井を更新し、2000 年以降新旧あわせて現在 18 本となった |
| | 配水施設 | 市内給水塔新設 | ADB 事業以降の配水システム改善の一環として、西部・東部に一カ所ずつ大型給水塔を建設 |
| | | フェーズ I の幹線からの二次幹線および支線整備 | 配水システム改善の一環として実施 (1998 年以降約 40km 敷設し、総延長はほぼ 1,000km に達する) |

既存施設の問題点は次の通りである。

(1)生産量の減少

1993年世銀マスタープランは、既存水源施設生産能力は市内旧施設・ADB事業による施設を合わせて約40万m³/日と評価したが、生産量は約32万m³/日であった。2007年の本事業化調査によると、急激な人口増加に伴う過剰揚水により、さらに23万m³/日まで落ち込み、深刻な給水量不足となっている。

(2)施設機能不全

ADB事業で建設された最終配水池は46,000m³の容量があるが、設計上の問題により完成以来水槽下半分の貯水量を配水ポンプが揚水できない。このため市内配水が著しく制限され、時間制限給水の原因の一つとなっている。

(3)給水不良

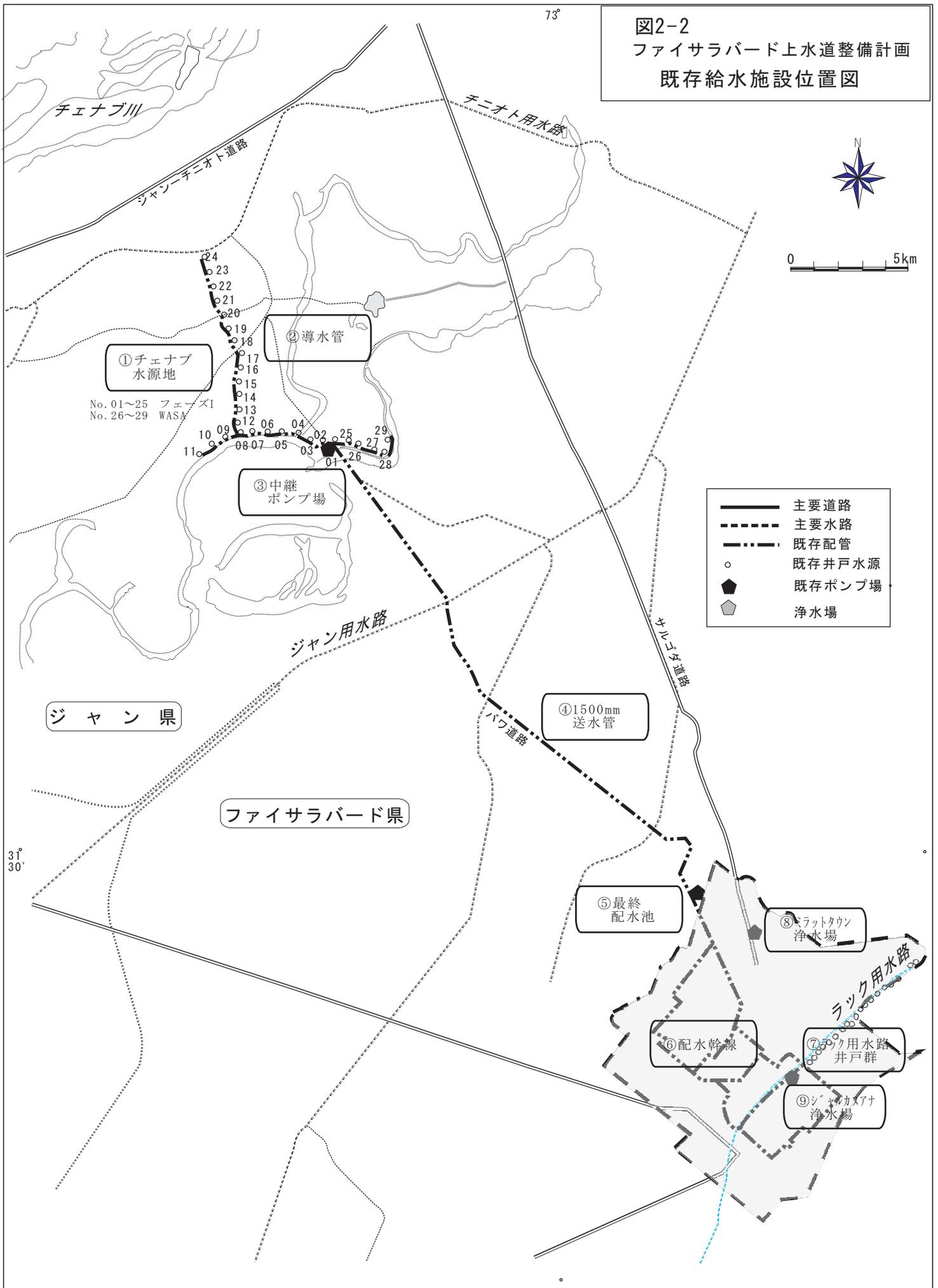
ADB事業では最終配水池が市の西北部郊外に建設された。同地点から配水幹線の末端部となる市内東部区域では、配水池からの距離が15km以上あり、1回1～2時間の時間給水では配水池に近い西部区域の消費が集中し、東部区域の著しい水圧低下を起こすため、極端な市内給水不均等の状態を作り出した。

本プロジェクトでは既存給水システムの根本的な改善は困難であるが、給水量を増強するとともに、市民に対し可能な範囲で均等に配水し、プロジェクト効果を高めることが必要となる。このため、2003年の基本設計調査時にWASAと協議し、特に給水不良の東部地域への給水圧増加を図るため、既存配水幹線に東部地域へのバイパス管を建設する計画を本プロジェクトに含むこととした。この口径700mmと800mm、全長6kmの幹線補強計画は、先行事業の第1期において実施され、2006年3月完成し、2007年には瑕疵検査を実施した。

図2-2

ファイサラバード上水道整備計画

既存給水施設位置図



2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

本プロジェクトの計画対象地域は、パンジャブ州ファイサラバード市および同市給水改善のための水源開発地が位置する周辺農業地帯を含む。水源開発は、当初は市街から約 30km 西北の隣接するジャン県チェナブ川流域が候補となったが、その後チェナブ流域と市街の間地点を貫流するジャン用水路左岸地域に変更され、対象地域は全域がファイサラバード県内となった。ジャン用水路は、隣接するジャン県との境界をなし、右岸はジャン県に属する。

ファイサラバード全県は 2005 年特別市域に指定され、同市を含めて 8 町(Town)に編成された。旧市街地は 4 町で構成される。特別市域全体の人口統計としては、1998 年国勢調査による旧県の全人口の 534 万人であるが、そのうちファイサラバード市の人口が約 200 万人であった。2007 年同市人口は 260 万人と推定されており、当時から 2.5%程度の成長率で増加しつつある。

この地域一帯はかつて広大な砂漠地帯であったが、英国統治時代 1904 年、インダス川支流のチェナブ川上流部カンキ堰から取水する「下チェナブ幹線水路」(Lower Chenab Canal)が建設されてから入植がはじまり、ファイサラバードは周辺農業の集散地の一つとして成長した。本計画対象地域を貫流するジャン用水路とおよび市中を貫流するラック用水路は、「下チェナブ幹線」から分かれる二次幹線であり、ファイサラバードおよびジャン両県のサトウキビ、小麦、綿花、米などを主産品とする農地は、両水路からの灌漑用水に依存している。ただし、大量の用水を必要とするサトウキビ等に対し水路の水量は十分でないため、農民は農業用井戸を設置して不足する用水を補充する傾向が近年強まった。2 本の水路のうち、ラック用水路は市内を貫通し、ADB 事業による施設が完成するまで水路両岸に建設した深井戸が市の唯一の公共水源であった。本計画では、ジャン用水路左岸に水源を設定して、給水量増強のための地下水開発を計画する。これら水路はライニングが施されていない単純な構造の土水路であり、水路から用水が浸透し周辺の地下水を涵養するので、良好な水源を構成する(これら地域の用水路の詳細は、2-2-2 節「自然条件」に記述する)。

一方、ファイサラバード市自体は綿花加工を通じて繊維産業が興隆し、現在ではパキスタン有数の工業都市に成長した。近年、市当局が産業誘致を推進した結果、繊維以外の多様な軽工業が進出している。最近の資料によると、同市および周辺の企業リストは表 2-3 の通りである。

表 2-3 ファイサラバード県工業関連企業数

| | | | |
|---|------|------------|-------|
| 1 | 繊維関連 | 紡績工場 | 41 |
| | | 紡織工場 | 33 |
| | | 染色・繊維加工・衣料 | 8,176 |
| 2 | 製油工場 | | 72 |
| 3 | 精糖工場 | | 6 |

| | | |
|---|-------------------|-----|
| 4 | 製粉工場 | 37 |
| 5 | 化学工業(石鹼、化学薬品等)・肥料 | 193 |
| 6 | 機械・工業資材 | 185 |

これら工場群は市街の中心部にも一部依然として存在するが、市当局は近年市外に農地の一面を開発し工業団地を造成した。但し、造成区画への進出はまだ 30%程度にとどまっている。既存チェナブ水源地の周辺にもこれらの工場が点在しており、工場排水がほとんど無処理のまま水路に放出されるため、将来地下水への影響が懸念される。

ADB 事業の中で、下水道整備は計画の一部であったが、上水道整備に資金の 73%が集中し、実質的な効果があがっていない。このため WASA は、ADB 事業実施後に世銀マスタープランに基づいて、パンジャブ州の年次開発資金による整備事業を継続実施中である。

市街はラック用水路をはさんで西部と東部区域に二分され、西部区域からのいっさいの汚水(生活污水、工場排水、雨水等)はパハラン排水路を通じて県の西側境界をなすチェナブ川へ、東部区域からの汚水はマデュアナ排水路により東側境界となるラビ川へ放流される。

両排水路は、地下水位上昇のため発生する塩害から農地を守る目的とともに、夏季の降雨時、チェナブとラビ両河川に挟まれたファイサラバード県の地形にはほとんど高低差がないことから生じる、市街地における雨水の氾濫を防ぐ目的で、州政府灌漑省により開削された。

市街からの汚水は下水管を通じ、数次のポンプ場を経てそれぞれの排水路に放流される。「パ」国ではこの排水路への放流基準が定められているが、緩い規制であり、工場排水もほとんど処理しないまま放流できる。処理場としては、ADB 事業フェーズ I の計画により、西部区域の下水システムで、パハラン排水路に放流する直前に、嫌気性の一次処理を行う施設が完成したが、処理能力が小さいため、ほとんど無処理の状態では放流されている。このため、全国的に最終的な放出先のインダス河流域の汚染が懸念されている。

現在進行中の下水道整備は、既存システムを構成する長大な下水管、多数のポンプ場のリハビリテーションを含む難事業であり、住民対策や土地問題も重なって、進行が遅れている。

市内のインフラ整備は道路建設を WASA の上位組織である FDA が担当する。ファイサラバード市と県内の郡庁所在地など主要都市は、すべて舗装道路で結ばれており、総延長 1,900km 程度が整備済みとなっている。2003 年 10 月には、州都ラホール、首都イスラマバードと直接連絡する高速道路が完成した。片側 2 車線の近代的な道路は、先に完成していたイスラマバードとラホールを結ぶ高速道路 M2 に途中で合流するもので M3 と命名された。これによりファイサラバードからラホールまで約 160km、1 時間半程度で到達するため、両市間の移動はきわめて利便性が高くなった。

市街地は都市計画がないまま拡張されてきたため、紡績工場や化学工場が市内中央の一区画を大きく占有するなど、不均衡な発展の跡が残る。敷地面積約 850 ha に達する「パ」国最大の農科大学とそれに付随する農業試験場も市内中央部に位置し、ベッド数 1,000 床の総合病院と隣りあう。その他の医療施設、教育機関も市街に集中しており、工業都市の特徴として国内主要銀行の支店が軒を並べている。

電力事情は、県内 25 カ所の送電・変電所により、県内ほとんどの地域で村落を含め電化された。本計画の水源候補地に散在する村落もすべて電化されている。ADB 事業フェーズ I の際は、チェナブ水源地・中継ポンプ場までの高圧電源の導入が大事業となった。現在では引き込みが容易となり、本計画での「パ」国側責任範囲であるジャン用水路水源地と中継ポンプ場への高圧電源引き込みも問題なく対応できる態勢となっている。

全体的にファイサラバード市は発展途上にあり、社会基盤から市内美化まで、今後大都市の体裁を整備するのに各セクターに課題が多い。同市はラホールのような歴史の集積がなく、近年の移民流入により人口が増大し、堅固な市民社会の形成がないまま無秩序に拡張してきたため、各所にそのひずみが現れた。本プロジェクトは其中で特に市民の BHN に密着した課題を対象として、同市開発計画の一端を支援することを目標とする。

2-2-2 自然条件

パキスタンの国土は、北限がヒマラヤ山中にあり(北西辺境州)、南下してアラビア海に面し(シンド州)、自然条件が多様である。その大きな特徴として、ヒマラヤに発祥するインダス川が国土のほぼ中央部を貫流し、同国の自然・社会・経済条件に支配的な影響を及ぼす。本プロジェクトは、インダス水系により構成されるインダス平野の主要部を占めるパンジャブ州に位置するファイサラバード市とその周辺を対象地域とし、プロジェクトの目標である給水量増強のための地下水開発はこの水系の機能に全面的に依存する。本節は特にその部分に重点をおいて記述する。

(1)地形

ファイサラバードは、インダス川と 4 本の支流が構成する広大なインダス平野のほぼ中央部に位置する。「パンジャブ」はこれら 5 河川を指す「5 つの川の集まる所」という意味で、さらに、それぞれの河川流路を境界とする 4 つの 2 河川間平野(「ドアブ(=2 つの川)」と呼ばれる)に区分される。ファイサラバード地域は、西をチェナブ川、東をラビ川に挟まれた「レチャナ」・ドアブに属する(巻頭図参照)。

市街はレチャナ・ドアブ中央部にあり、当初の水源候補地は市の北西約 30km のチェナブ川流域に設定され、2002 年第 2 回基本設計調査第 1 次現地調査では主としてこの流域を調査した。しかしながら、水源地住民が反プロジェクト運動を展開したため同地域は断念し、続く 2003 年第 2 回基本設計調査第 2 次現地調査では、市の西方 13km、チェナブ川と市域の中間地点を貫流するジャン用水路沿線に候補地を移し、試掘調査を含む一連の調査を実施した。ジャン用水路は、チェナブ川上流に建設された堰の一つから取水する幹線水路の支線である。東側境界となるラビ川は上流部で州都ラホールの水源地を形成し、流域には 200 本以上の深井戸水源が建設されている。

インダス水系は地質時代に大規模な氾濫を繰り返し、中流から下流に広大で平坦なインダス平野を作り出した。平野部はパンジャブ州から以南のシンド州まで続き、パンジャブ州総面積 20 万 km² 強の大半を占める(図 2-3)。レチャナ・ドアブの中央に位置するファイサラバードは、東西両端の河川寄り地域より地質年代が古い段丘上にあり、周囲よりやや小高くなっているため、地形は同市から極めて緩やかな傾斜で東西の両河川に向かって下降する。ADB 事業では、西側のチェナブ流域水源地から市の北部郊外に建設した最終貯水池までの給水施設を建設したが、その

測量資料を参考にすると、市域の標高は 182m～185m、同地から約 25km 北方のチェナブ水源地最北端で 180m であり、距離 1km に対し 0.2～0.3m の勾配しかない。本調査によると、本プロジェクト水源地候補であるジャン用水路地域は、海拔高度は 181m であった。

(2)地質

レチャナ・ドアブ全域は東西の両河川がヒマラヤ山地から運搬した堆砂に厚く覆われている。その地質基盤は、調査対象地域の周辺では、チェナブ川右岸に露頭する先カンブリア時代の変成岩や第三紀の固結した岩盤で、その上に第四紀更新統・完新統の砂、砂礫、粘土、シルト等の未固結の沖積層が堆積した。

地域一帯では、1960 年代に「パキスタン水電力公社」により水理地質調査が実施されている。同調査における掘さく調査の結果によると、基盤上の沖積層の厚さは、地域により異なるが、計画対象地域とその周辺では 180m 程度である(図 2-4)。これら沖積層の構成は、砂層が圧倒的に優勢で、特に中粒以下の細かい砂が卓越しており、地下水は主としてそれら砂層に分布することが確認された。本計画対象地域周辺 10 カ所における試掘調査結果の検討によると、帯水層として評価される砂層や砂礫層(透水層)、それに対するシルト・粘土層、またはシルト・粘土混じりの砂層等不透水層の割合は次の通りであった。

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| a. 試験孔 1 本あたりの平均掘さく深度 | 188m |
| b. 透水層と不透水層の比率 | 平均掘さく深度の約 85%が透水層=159m |

その後、急速に発展したファイサラバードの上水道水源を確保するため、当該地域で水理地質調査が次々に実施され、この水理地質特性が再確認された。これら先行調査を通じて、この沖積層には不透水層としての粘土層が水平・垂直いずれの方向にも発達しておらず、部分的にレンズ状としてしか存在しないことも明らかになった。この特徴は、第四紀においてインダス水系が頻繁に流路を変えて、変化に富んだ堆積作用を繰り返した過程を物語る。世銀マスタープランでは、沖積層に顕著な不透水層が存在しない事実から、平野部は深度 200m まで一体の巨大な不圧帯水層を形成していると評価している。

堆積の地質年代については、東西両河川寄りの地域は、河川の激しい侵食と堆積作用が継続してきた結果、最近世が主体であるのに対し、平野の中央部にある市域に近づくと一時代古い更新統が優勢となる。1980 年初頭「パ」国コンサルタントによる調査では、本プロジェクト同様にジャン用水路沿線を水源開発地と設定し試掘調査を実施した結果、チェナブ流域と市域の中間地帯にあたる同水路域では、地点によるが、地下深度 120m くらいから固結が進んだ堆積層に遭遇したことを報告している。この事実は、この中間地点あたりから古い地質時代の堆積が次第に優勢となる傾向を示すものである。

沖積層の地質年代は、その内部を流動する地下水水質にも関連する。沖積層の中で年代の古い更新統は、塩化物の含有量が多く地下水の水質が悪化することが判明している。調査対象地域ではチェナブ流域の新鮮な堆積層では水質が良好であるのに対し、市域に近づくと水質が悪化し、市内は地表部の人為的汚染も進んでいることもあって、TDS が 2,000～5,000mg/l に達する。水

質の境界線としてはジャン用水路から市に向かって数キロの範囲までが良好と報告されている。ただし市内の水源地であるラック用水路沿線の带状地帯は、水路からの浸透により水質が良好に保たれている。同地帯では、周囲の水質が表層だけでなく地下深部も劣化しているので、水路からの補給水に量・質ともに依存しながら取水を継続しており、限定された水源となっている。

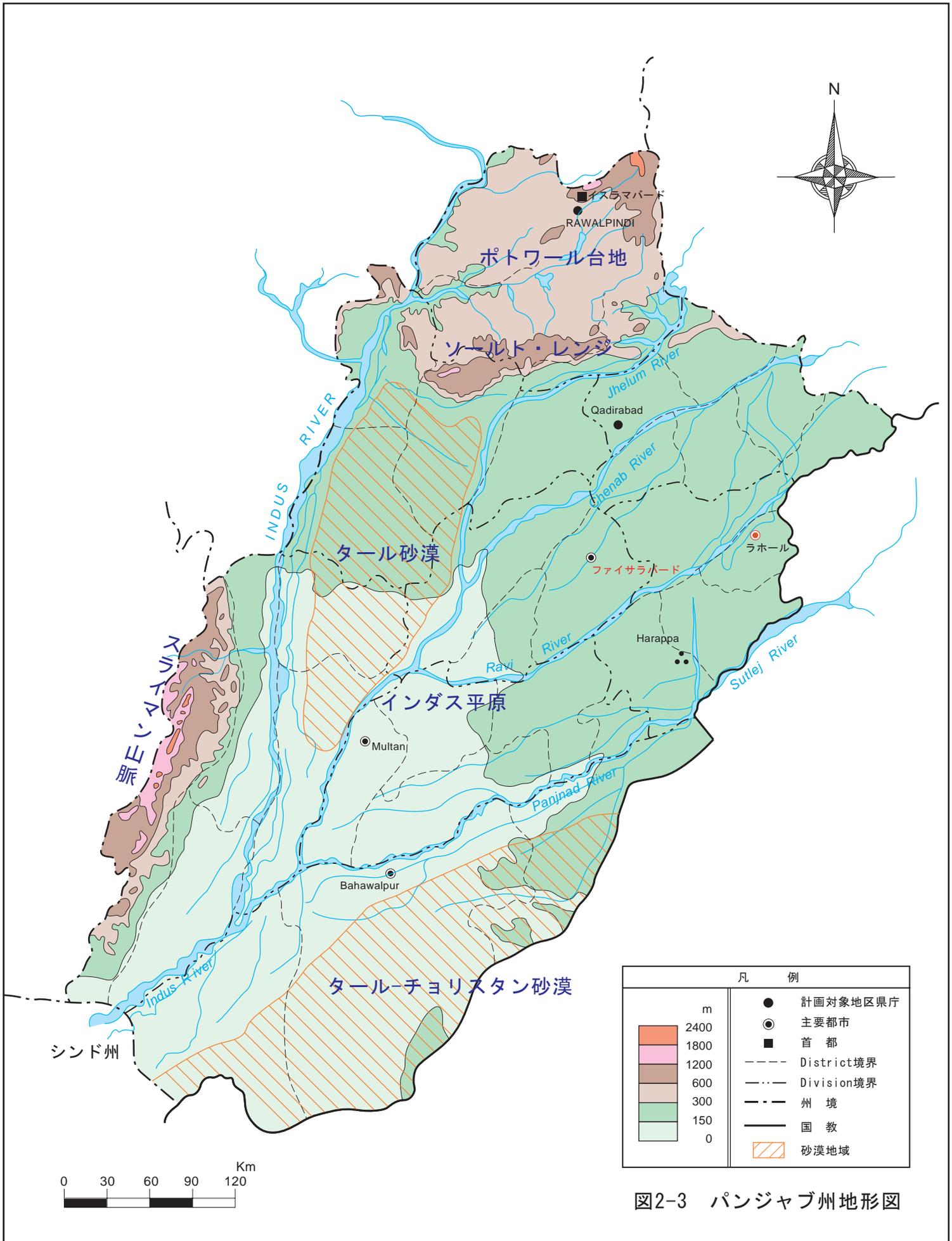


図2-3 パンジャブ州地形図

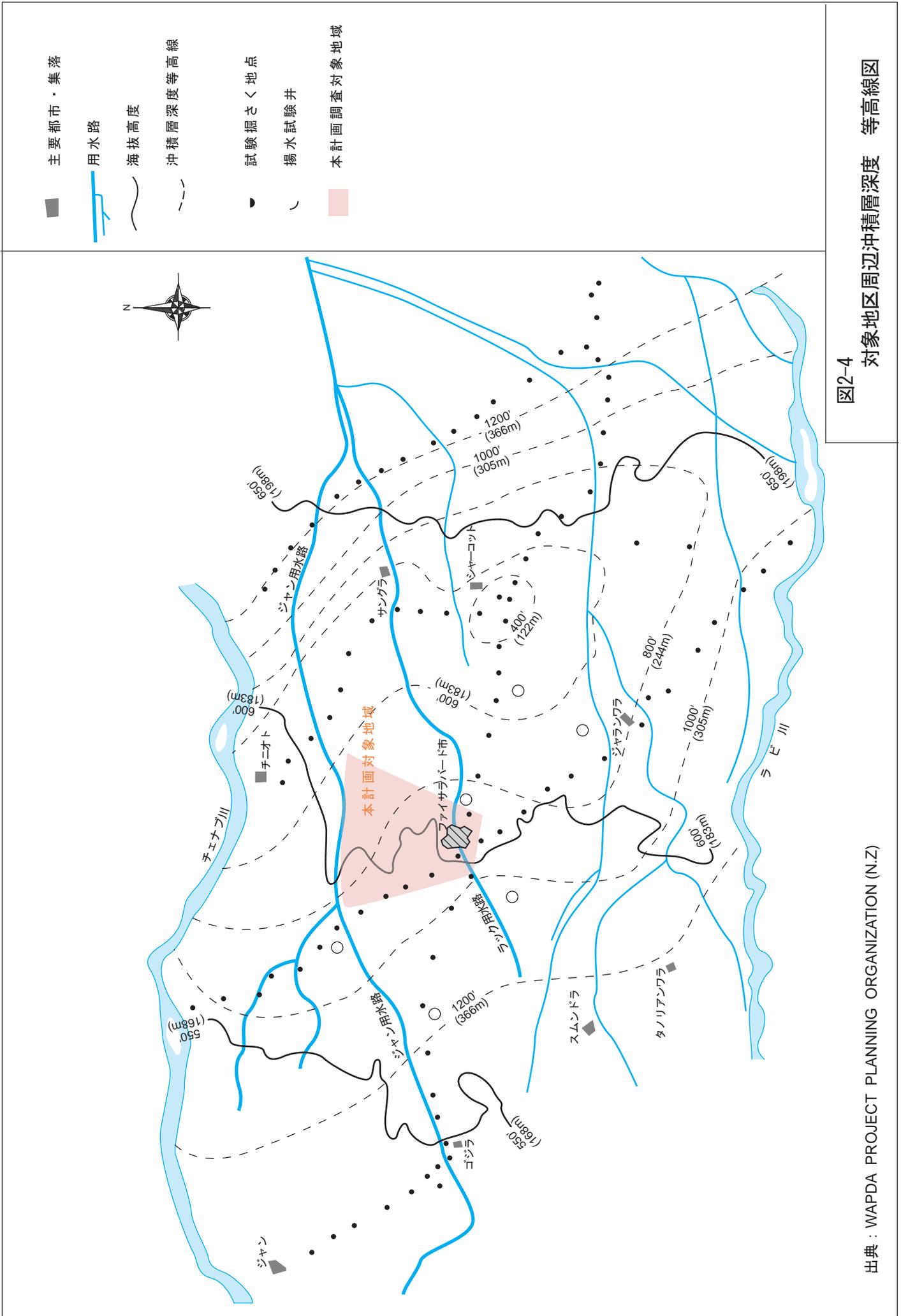


図2-4 対象地区周辺沖積層深度 等高線図

出典：WAPDA PROJECT PLANNING ORGANIZATION (N.Z)

(3)地下水

調査対象地域においては、1886年に整備が開始されたジャン用水路や市内を貫通するラック用水路から、用水が地下に浸透し地下水位が徐々に上昇している。パンジャブ州農業灌漑省がこの地域に設置した観測井の長期観測記録によると、用水路整備以前の地下水位は地表から27m以上の深さにあったが、年間平均約0.43mずつ上昇し、地表に近づくにつれて蒸発散とのバランスにより現在の地表下数メートルの水位に安定した。水位上昇の結果として、地上の低地部分は湿地状態となり、一時塩害対策を必要とするに至った。

水理地質調査によると、第1回基本設計調査が対象としたチェナブ流域および第2回基本設計調査と本事業化調査が対象としているジャン用水路周辺には、チェナブ流域にADB事業のWASA既存深井戸群29基(1992年25基、2001年4基追加)、また農業井戸がそれぞれの流域に100基内外分布している。これらの井戸は、WASA水源井は別として、地下水位が3mから8m程度の範囲にあり、すべて人工的に涵養された地下水を汲み上げていることになる。量的には、農業用井戸の場合標準として約100m³/時の水準にある。一方、WASA既存井は一般農業井が浅層部を対象とする簡易な構造であるのに対し、地下深部の帯水層から取水可能な本格的構造の深井戸であることから、1井あたり約400m³/時という大量揚水が可能となっている。このような水路灌漑地域における地下水利用状況は、計画対象地域に限らず、パンジャブ州からシンド州にかけてのインダス水系流域全域に及ぶもので、これら地域の地下水開発は大半が水路の人工涵養に依存する。

農業用井戸は全国的に増加の一途をたどってきており、「パキスタン農業統計」によると、1997/98年には灌漑水量全体のうち30%弱を占めている。これは、堆砂等による取水堰・水路システムの機能低下等で圃場地点の利用可能水量が実質減少していることのほか、現代の農業生産にとって、基本的に単位用水量が不足していることが背景にある。農業井戸はいわば農村の必需品となっており、農業井戸分布地帯のただ中に大量揚水を目的とするWASA水源井を建設するためには、周辺農村の理解と合意が必要となってくる。このようなプロジェクトの環境・社会配慮の側面については、2-2-3節「環境社会配慮」で検討する。

(4)気象

「パ」国は、一般にモンスーンアジアの国々に比べると、全国的に降雨量は少なく大部分の地点で年500mm以下であり、計画対象地域の過去30年間の平均は約370mmとなっている。第2回基本設計調査時(2003年)の360mmは平均的な降雨年であった。季節は10月から3月頃までの乾季(現地では「ラビ」と呼ぶ)と雨季=夏季(同「カリーフ」)に分かれるが、まとまった降雨が期待できるのは7、8月に限定される。ファイサラバードでは近年1994、1995年の2年間連続して年降雨量が200mm以下という極端な渇水年を経験した。過去30年間の記録を見ると、ほぼ18年を周期として豊水年が到来するが、その中間期に極端な少雨の時期がある。この雨量に対し蒸発散量(pan A)は2,300~2,400mmに達し、降水による地下水涵養は期待できない自然環境となっている。

気温は年較差、日較差が大きい。パンジャブ平野部では夏季の気温は、50度近くまで上昇する。湿度は一般に低い。添付資料7-1にファイサラバードの1961年から90年までの月間平均降雨量、

気温、相対湿度の資料を示す。

(5)調査対象地域の水系

1) 水系の流況

本計画対象地域における地下水資源は地域の水系分布に大きく依存し、特にインダス水系のうち、チェナブ川および同河川から取水・配水するジャン用水路は、本プロジェクトの水源計画に直接的な影響を与えるものである。水系現況の概要は次の通りである（図 2-5 にパンジャブ州全域の水系分布状況を示す）。

インダス水系は西からインダス本流、ジェルム、チェナブ、ラビ、サトレジの 4 支流により構成される。このうちチェナブ、ラビ、サトレジの 3 河川はインドから流入する国際河川であり、後 2 者は 1960 年の印パ協定によりインドに優先利用権が与えられている。このため、州東部を流下するこれら河川には、西側 3 河川から長大な連絡水路が建設され、地域的な配水量のバランスを取る配慮がされている。

本プロジェクトの水源候補地は第 1 回基本設計調査ではチェナブ川左岸に設定されたが、第 2 回基本設計調査では河川流域から 15km の距離にあるジャン用水路沿線左岸に変更された。図 2-5 に見られるように、ジャン用水路は、調査対象地域からチェナブ川上流約 150km 地点に、19 世紀後半建設された水系最古の「カンキ」堰から取水する「下チェナブ幹線水路」(Lower Chenab Canal、以下「LCC」と略す)の支流である。同幹線は中流でジャンとラック両支線に分岐し、ラック支線は南流して、調査対象地域では市域の東部を貫流する。チェナブ川と同河川からの LLC 流況の概要は次の通りである。

①チェナブ川

- a. 流域面積 67,518km²
- b. 流量
最上流マララ堰 平均 314 億 m³/年
マララ堰下流のカンキ堰 平均 281 億 m³/年
(カンキ堰は本プロジェクト対象地域を貫流する「LCC」水路取水地点であり、本計画対象地域の上流約 150km 地点に立地する。取水量は 1995 年までの 10 年間平均で 93 億 m³/年。流量の 33%に相当。)

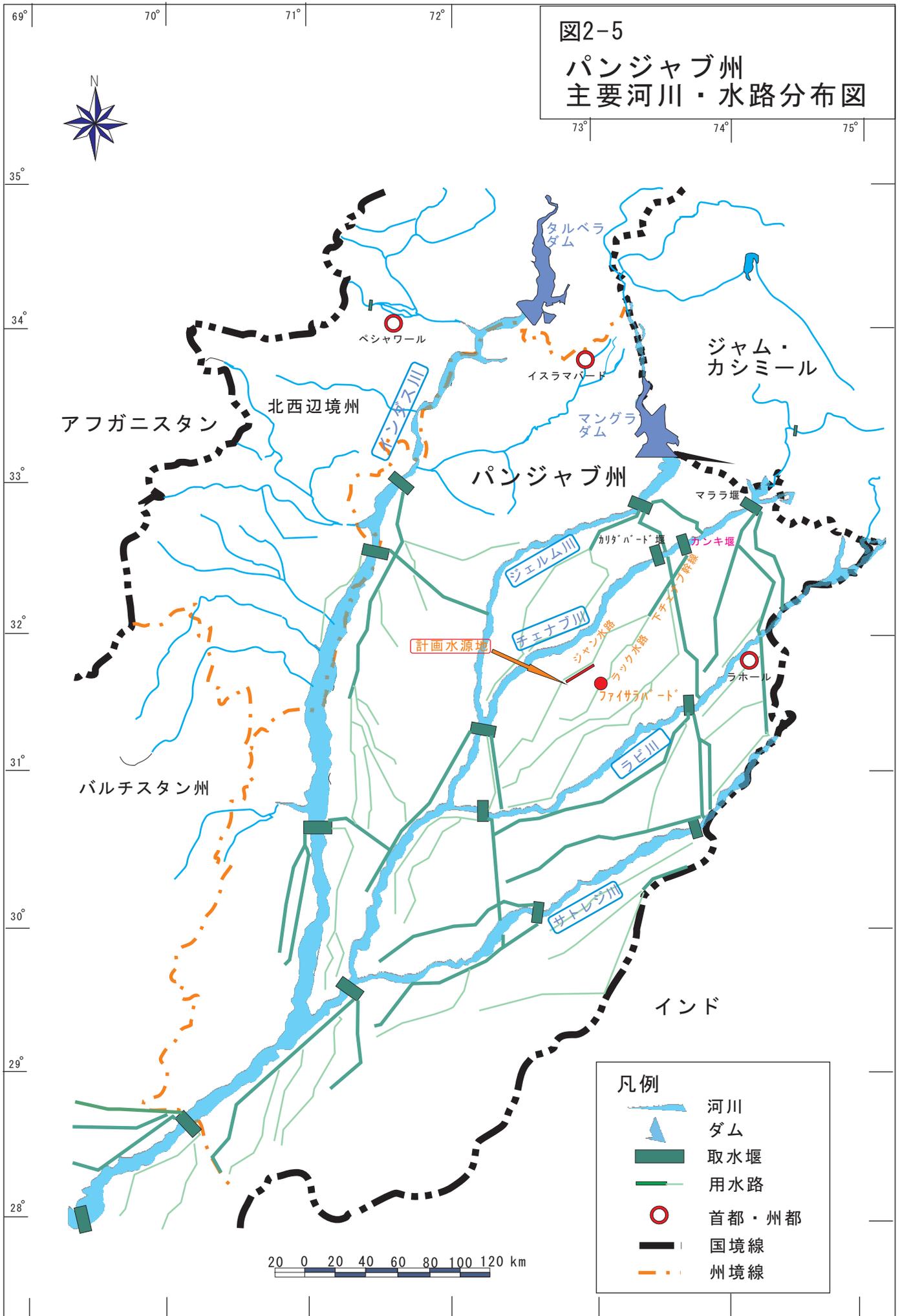
②下チェナブ幹線

- a. 建設年 1892 (「パ」国最古の水路)
- b. 幹線総延長 680 km (支線延長 3,610km)
- c. 灌漑面積 約 99 万 ha
- d. 幹線・支線水路密度 4.3m/ha

第 1 回基本設計調査の水源候補地はチェナブ川左岸地域に設定されていたため、チェナブ川流況について特に洪水対策の検討を行う必要があり、調査対象地域観測点(チニオト橋梁)、上流 117km のカディラバード堰、および下流 69km 観測点(リバス橋梁)の 3 測点における過去 30 年間の観測資料の検討を含む調査を実施した。詳細については資料 7-2 で報告する。

図2-5

パンジャブ州
主要河川・水路分布図



2)プロジェクト対象地域の用水路

本計画対象地域であるファイサラバード県には、LCCの2次幹線であるジャンとラック2水路の灌漑網が分布する。その分布状況は図2-6の通りである。両水路の主要データを表2-4に示す。

表2-4 計画対象地域水路主要データ

| | | ジャン水路 | ラック水路 |
|-----------|----|---|-------------------------------------|
| 設計流量 | | 3,000cusec (85 m ³ /秒) | 1,140cusec (32.3 m ³ /秒) |
| 実測平均流量 | | 3,400cusec(108 m ³ /秒) | 1,200cusec (40 m ³ /秒) |
| 灌漑面積 | | 348,500 ha | 122,000 ha |
| 単位配水量 (*) | | 2.84cusec/1000acre (=約 0.03 m ³ /時/m ²) | 同左 |
| 落水時期 | 規定 | 12月27日～1月13日(18日) | 1月13日～31日(19日) |
| | 実質 | 約30日 | 約30日 |

注 (*)各契約者への配水は、土地所有面積に応じて割り当てられ、配水時間で1週間に1回行われる。

水路システムは、次のような順序で圃場に給水される。

- a. 幹線(Main canal) 本プロジェクト対象地域と関連する主幹線はLCC
- b. 2次幹線(支線、Branch canal) 計画対象地区のジャン、ラック支線
- c. 配水路(Distributary) 本計画水源地候補地には、ジャン水路から分水する「ナスラナ」配水路等がある。
- d. 小水路 (Minor)
- e. 圃場分水点 (Farm Gate)
- f. 末端水路(Water course)

政府灌漑局の管理責任範囲は圃場分水点までで、末端水路は農民各自の負担となる。

水路システムは、例年、堆砂除去など維持管理上、取水堰を含め全施設の落水を行う。水路老朽化対策も必要であり、近年は1ヶ月間通水しない慣習が続いている。したがって、この期間は水路からの浸透水がなく、井戸からの取水は貯留地下水を消費することになる。

① ジャン用水路の特徴

本計画ではジャン用水路左岸に水源開発地を計画する。同水路の周辺地域は、70年代からの市街地の発展にともない、旧来から市水道水源の最有力候補地と考えられ、数次の水理地質調査が行われた。先行調査および第2回基本設計調査で明らかとなったジャン用水路地域の特徴をまとめると次の通りである。

- a. ジャン用水路は総延長約270km、計画対象地域の水路幅30～35m、計画配水量は約30万m³/時である。計画対象地域の下流部に流量従量堰が1カ所あり、同地点の平均的な水量は乾季に17万m³/時、雨季に18万m³/時となっている。

図2-6
アイサラバード周辺
主要水路分布図

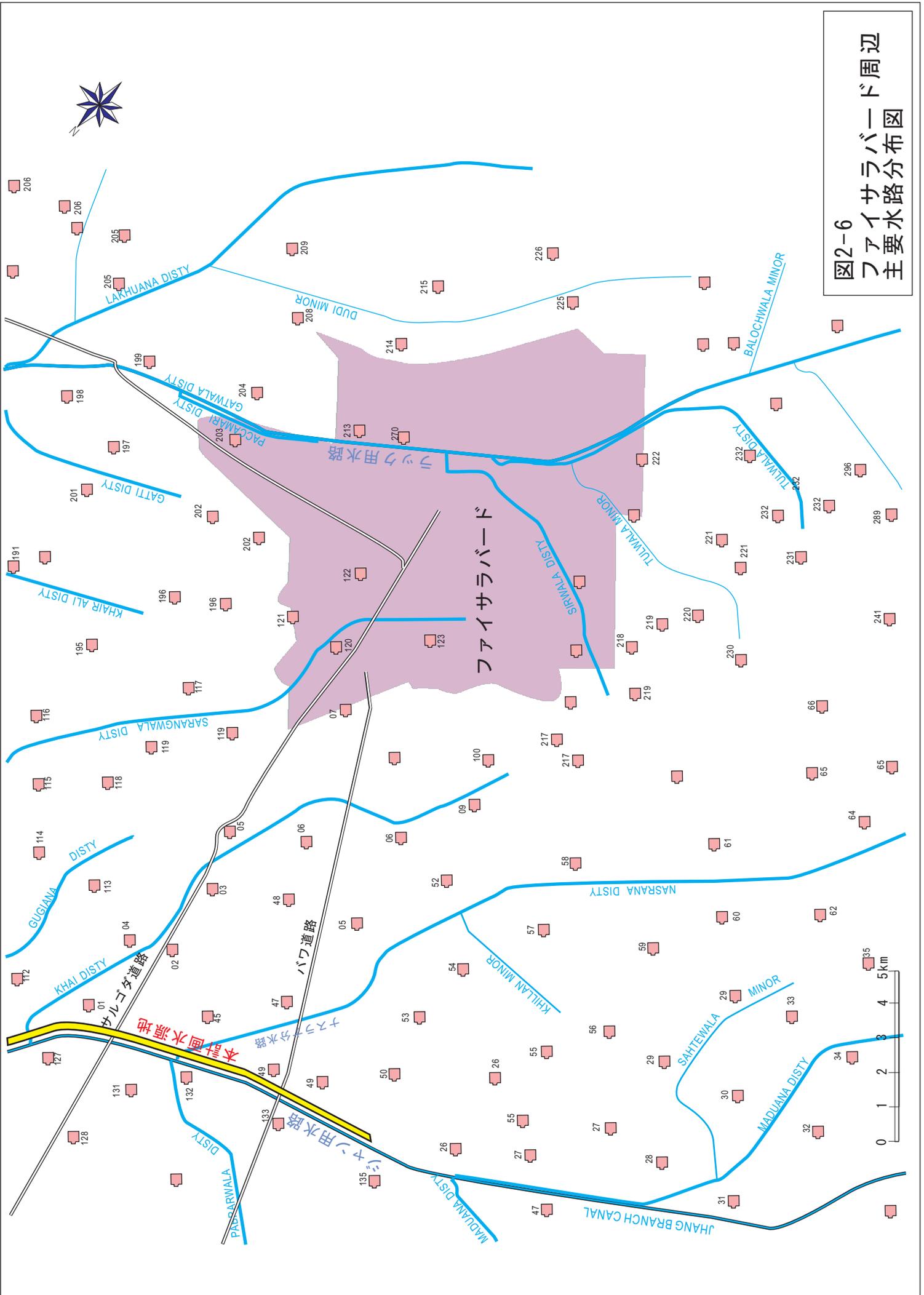


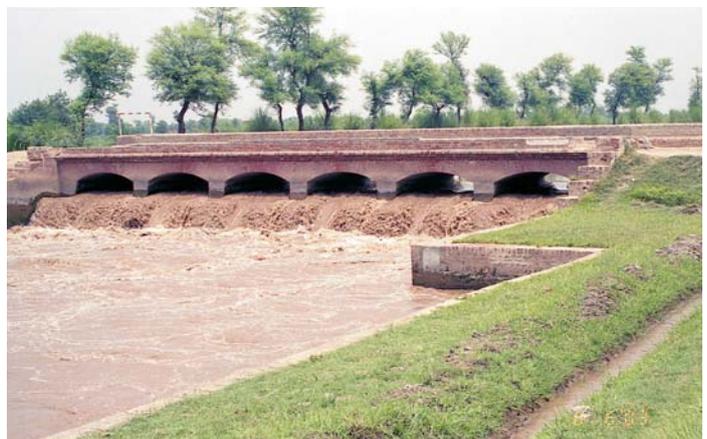
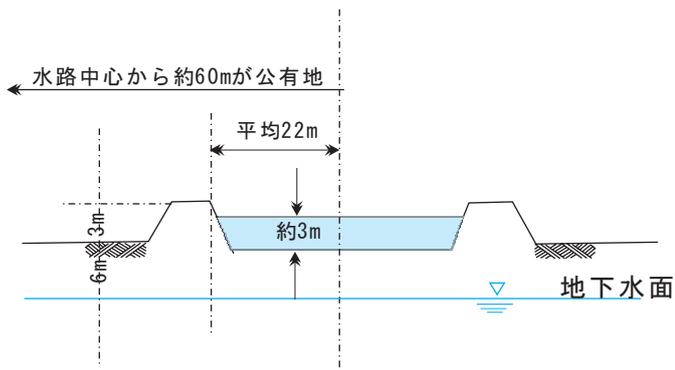
図2-7

ジャン用水路の構造

①RD256 (03年8月)



②RD248 (02年12月, 用水休止時期)



左③RD260一バワ道路横断橋(02年12月用水休止初期時点), 右④同、(03年8月)

- b. 水路の構造は、図 2-9 に示すとおり、土盛りして護岸した簡易な土水路であり、人工的な堤防部分が周辺地形より約 3 メートル高くなっている。この堤防上面は約 4m 幅で、灌漑局の水路維持管理道路となっている。
- c. 水路は、上流の取水堰から 1,000ft (=328m) ごとに距離標識 (RD No.1=1,000ft) が埋められており、WASA が候補とした路線区域は、RD215 から RD280 までの 6.5 万 ft 区間 (=20km) である。この範囲の中では、下流域はファイサラバードからの排水放流路に接近するので、水質への影響を考慮して上流域が適切と判断される。
- d. 用水路沿線は基本的に用水路中心線から片側 220ft (=67m) 幅の用地が灌漑省管理の公有地となっている。水路土手下の公有地は主として緑地となっており、その脇には用水路にほぼ平行して測道が走り私有地となる耕地との境界線を作る。
- e. WASA は灌漑省と協議の結果、この公有地内であれば、どこでも深井戸建設を実施してよいとの了承を得た。
- f. ジャン用水路左岸から、市域を貫流するラック用水路沿線までのファイサラバード地域の農村は、これら用水路からの配水に依存しているが、現在この地域の一般農家 (大半が所有地 5 ha 以下の小規模農家) にとって、水路からの用水は十分ではなく、近年私設井戸による地下水灌漑を併用する農家が増大した。本プロジェクトに関連し、2003 年 WASA がジャン用水路左岸沿線で水源地候補となる「延長 20km x 水路からの距離 3km=面積 60km²」の带状地帯に存在する農業井戸を調べた結果、既存井は 108 本に達しており、平均するとほぼ 1km² に 2 本の井戸が存在することになる。1980 年の先行調査も同じ地域で農業井の分布状況を調べているが、それによると約 40 本にすぎず、20 年間で 2.7 倍となった。
- g. これらの井戸による揚水量の総量は最大で一日 10 万 m³ の水準にあると推定され、本プロジェクトでは新規に 91,000m³/日を開発目標とするので、同地域での地下水需要は合計すると日量約 20 万 m³ 弱の水準となる (この水量は WASA の既存チェナブ水源井戸 29 本による取水量と同水準にある)。
- h. 当該地域における地下水位は本節 (3) で記述したように、19 世紀後半の用水路整備以来長期涵養が行われた結果、現在は 3m~8m のまで上昇した。この地域における井戸群は、水路涵養で形成された高水位の中で揚水しているので、水路からの浸透水を取水している状態にある。したがって、地域の地下水開発には水路浸透量の評価がきわめて重要となり、過去の「パ」国側水源開発計画にともなう FDA による先行調査では、1981 年浸透量推定のための実地試験が行われた。また、WASA は本計画に関連し取水可能量を予測するため、2003 年 11 月に独自にジャン水路の浸透試験を実施している。その他、ジャン用水路では、1995 年 JICA による農業開発調査が実施された際、同様な試験が行われた (同調査は、州内主要 3 幹線について、60 カ所の浸透試験を行った)。これらの実地試験は、1980 年代調査と JICA 調査を含め、パンジャブ州政府灌漑局に属する灌漑研究所がすべて担当した。

これら試験の中で、直接に本プロジェクト水源地を対象とした FDA 先行調査および WASA のデータを検討すると、浸透量が少ない WASA の場合で、水路沿線 1km あたり一日の平均浸透量は 11,000m³ と推定されているので、本プロジェクトの取水量を含む将来のこの地域の需要 20 万 m³/日 (前項 g) は、単純には、水路沿線 18km からの浸透量でほぼ賄うことが出来る計算となる。この事実は、水路沿線に水源井を整備する本プロジェクトにとって、水路からの大きな貢献が期待できることを示しており、水源計画でより詳細に検討することとする。

4)ラック用水路の特徴

計画対象地域を貫流する 2 水路のうち、ラック支線沿線では、過去に市内の需要を満たすため過度な水源開発が行われたため、周辺汚染水が混入する水質劣化等の問題が発生したが、世銀マスタープランの勧奨により 2001 年再整備を行い、現在約 20 本の WASA 水源井が稼働している。世銀マスタープランに基づくと量的にはまだ余裕があると推定されるが、WASA は過去の開発経験からこの地域における開発は、特に水質の観点からすでに限度に達したと判断している。市域地下深部の水質は塩分濃度が高く、浅部は人工的な汚染が進んでおり、唯一、水路沿線の带状地域で水路からの補給により、量的な限界を越えないかぎり、飲料に適する水質を確保できる。WASA の既存チェナブ水源井が流域の新鮮な沖積層を対象に平均 150m 深度の深井戸構造であるのに対し、ラック沿線では最大深度 50m 程度となっており、揚水量も前者が約 400m³/時であるのに対し、約 100 m³/時に過ぎず、現状では補助水源としての位置付けとなっている。図 2-8 に WASA 既存水源井の構造図の比較を示す。

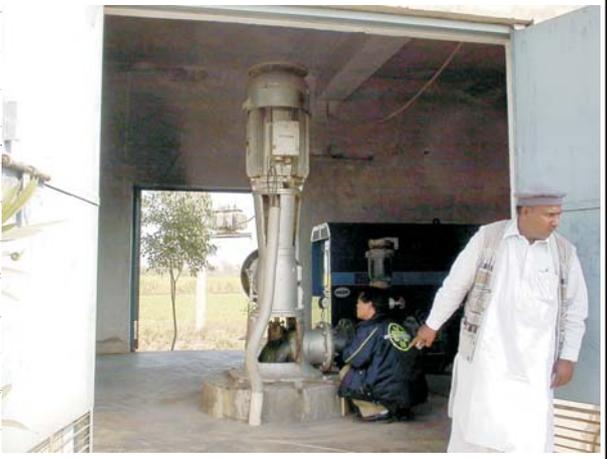
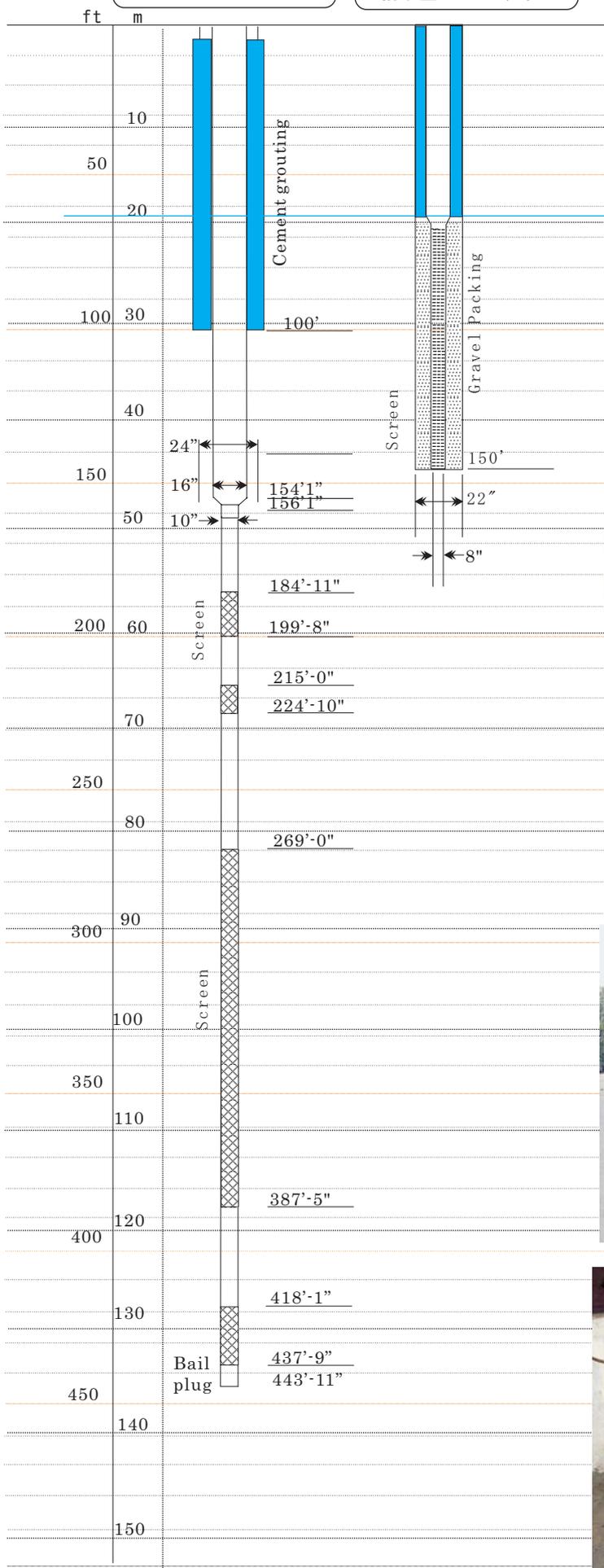
図2-8 WASA既存井構造比較

チェナブ水源井No. 22
 建設年 1988年
 揚水量 400m³/時

ラック水源井No. 1/7/8
 建設年 1970 -80年
 揚水量 100m³/時

チェナブ水源井(No. 2)

(上)ポンプ室外観(下)内部井戸と揚水ポンプ



ラック水源井

(上)円形ポンプ室外観(右側植林した土手の脇に水路がある。(下)内部井戸と揚水ポンプ

