

3-2-2-2 給水計画

(1) 計画対象地域の特徴

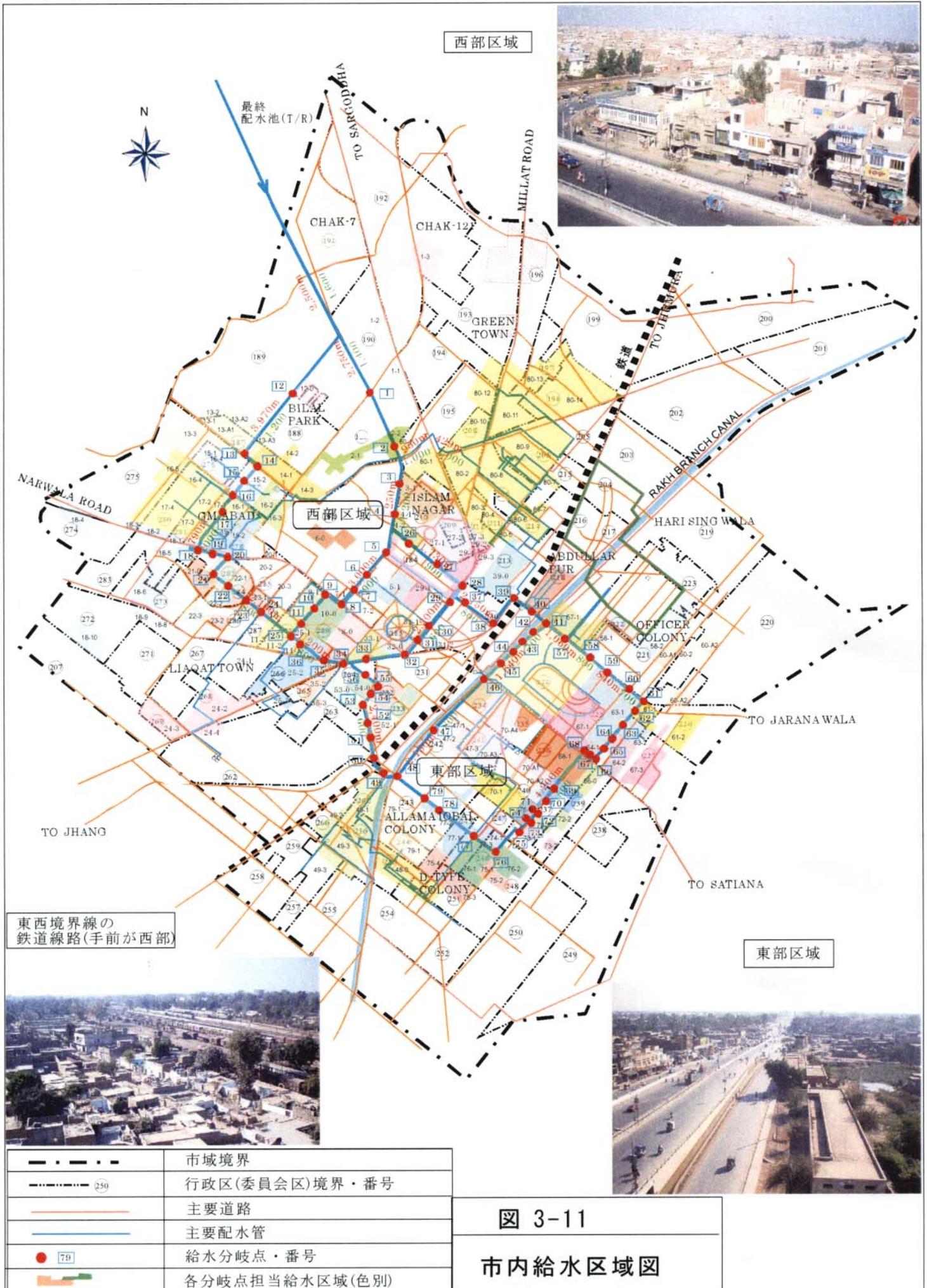
パンジャブ州ファイサラバード市は、1981年国勢調査時点人口約110万人であったが、近年1998年の国勢調査では約200万人に達し、現在「パ」国第三の人口を擁する。この間の人口増加率は3.7%の高率であり、2003年には州都ラホール市と首都イスラマバードを結ぶ高速道路「ルート M2」に接続する高速道路「M3」が開通したので、さらに成長率が伸びる可能性が高い。同市は従来地域農業中心地の役割を果たしてきたが、近年繊維産業が興隆し、国内有数の工業都市に成長した。

同市を中心とするファイサラバード県は、2002年の地方行政改組により、「テシール」(Tehsir)と呼ばれる行政区域を構成する1市5郡に再編成された。これにより市域面積は約130km²に確定し、市内は選挙区を構成する106の「委員会区」(Union Council)に分かれる。市政はファイサラバード市庁(Tehsir Faisalabad)、開発事業はファイサラバード開発公社(Faisalabad Development Authority=FDA)が担当し、上下水道はFDAに所属するファイサラバード上下水道公社(WASA)により運営されている。一方、排水事業は市庁が管轄する。

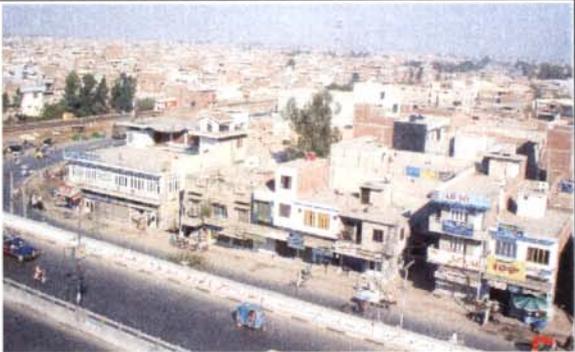
既存市水道水源の大半は、市の西方約20kmに位置するチェナブ水源地の井戸群に依存し、同地で揚水された水は中継ポンプ場を経て、市の北西部に位置する最終貯水池(Terminal Reservoir、以下「T/R」と略す)に達し、T/R配水ポンプ場から配水幹線網を市の東南側に向けて流下し市内に給水されている。市街地は市域全体に広がっているが、配水管が全域に整備されていないため、現在の給水区域は市域より一回り小さい範囲となっている。同市は今後とも給水人口が増大するとみられ、給水量の不足が大きな問題となっている。

給水区は、市内を貫通するラック用水路とそれに平行して走る鉄道により、大きく西部区域と東部区域の2給水区に分けられる。全市のほぼ三分の一を占める東部区域は配水幹線の管末で、配水状況が悪条件となり、未給水地区が多く存在する地区となっている。図3-11に、市域を構成する106委員会区の位置、配水幹線および主要給水分岐点位置を示す。彩色された地域は幹線からの配水支管が整備され、現時点のWASA給水区域である。

東部、西部区域の給水状況概要を表3-9に示す。



西部区域



最終配水池(T/R)

TO SARCODIHA

MILLAT ROAD

CHAK-7

CHAK-12

GREEN TOWN

鉄道

TO JARANAWALA

BILAL PARK

西部区域

ISLAM NAGAR

RAKH BRANCH CANAL

HARI SING WALA

NARWALA ROAD

ALLAQT TOWN

ABDULLAR PUR

TO JARANAWALA

OFFICER COLONY

TO JHANG

東部区域

ALLAMA IQBAL COLONY

TO SATIANA

東西境界線の
鉄道線路(手前が西部)



東部区域



— · — · — ·	市域境界
— · — · — · 250	行政区(委員会区)境界・番号
— — — — —	主要道路
— — — — —	主要配水管
● 79	給水分岐点・番号
■ ■ ■ ■ ■	各分岐点担当給水区域(色別)

図 3-11
市内給水区域図

表 3-9 ファイサラバード市の給水区域

給水区	特徴	給水区	特徴
西部区域	チェナブ井戸群の最終貯水槽があり、市の給水拠点となっている。商店や小さな工場が密集する市の中心部を除いて、配水ポンプが稼働している1日6時間程度の時間帯は概ね給水事情は良好である。(平均幹線水圧 1.0kg/cm ² 以上)新興住宅地が市の南北の郊外に広がっている。	東部区域	鉄道、ラック用水路に分断される市の東側一帯。配水幹線網の下流で、配水ポンプが稼働している時間帯でも幹線水圧が低く(ほぼ 0.5kg/cm ²)、主としてブースターポンプで高架タンクに揚水してから給水区に給水が行われている。また、ジャル・カヌア ⁺ 浄水場やラック用水路井戸群により水源量が增強されている。ラック用水路沿いは比較的大きな工場が立ち並び、これらの工場の大部分は WASA の給水を受けず、敷地内の自家用井戸により工業用水を確保している。
北地区	2,000 以上に及ぶ敷地の農業大学があり、また、公共用地が多く広い街区が特徴。給水条件は比較的良いが、新規開発中の住宅地が多く、今後需要の拡大が見込まれる。最北部は西部地区の管末にあたり、高架タンクを経て給水が行われている。新開地のミラットタウンでは、市から 12km 西北を南流するジャン用水路の支線から導水し、緩速濾過方式の浄水場により北端新開地に別途単独給水している。	北地区	比較的中流以上の家や商店が目立つ地区で、高架タンクにより配水幹線網の水圧不足を補っている。配水幹線網以東は未給水地区が残されている。
南地区 (市の中心部)	市内商業の中心地帯を構成し、個人商店や小規模の製造業(家内工業)、小さな住宅が密集している。部分的に給水不良で、南部には新興住宅街も広がっている。	南地区	小さな家が多く、人口が密集し、給水区域の端末にあたる。高架タンクにより配水幹線網の水圧不足を補っている。未給水地区が広く残されている。

(2)給水計画基本要素の検討

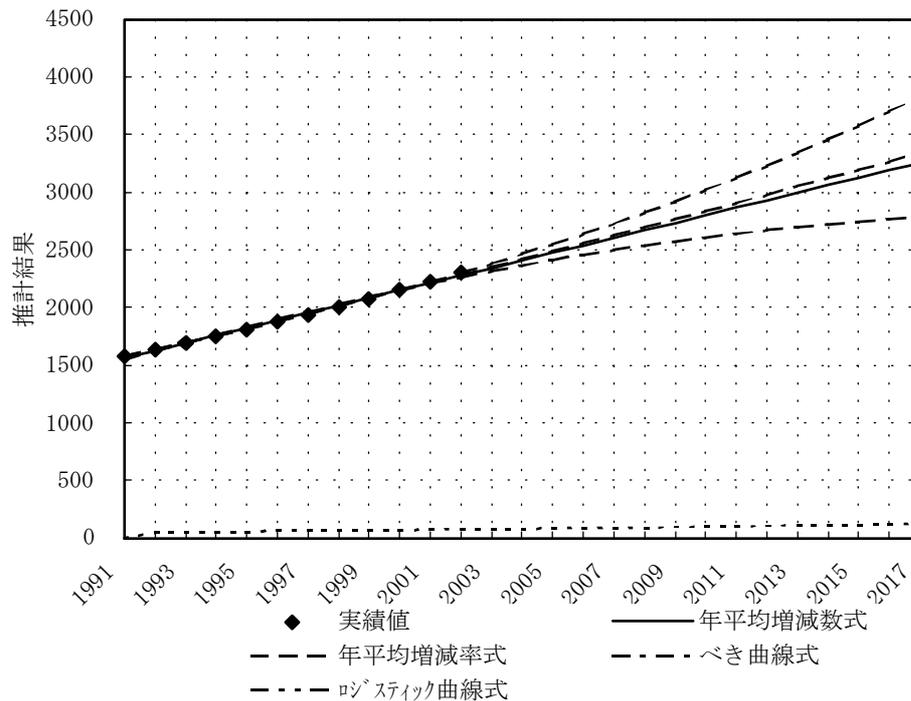
1)行政区域内人口

ファイサラバード市の現在の行政区域内人口は、1998年国勢調査結果の199.7万人に基づき、2001年に220万人に達したと推定される。過去の実績値に基づき4種類の推計式を用いてファイサラバード市の将来人口の推定を行った。図3-12のグラフの中で、4式のうちの平均的な中間値は平均増加数式(直線式)によるものであり、本計画の基準値として採用する。行政区域内人口は2008年には260万人になると推定される。

表3-10 ファイサラバード市の人口実績と推計 (千人)

年次 項目	実績値						推計値		
	1981	1991	1995	1998 センサス	2000	2001	2006	2008	2010
行政区域内 人口	1,104	1,583	1,875	1,997	2,020	2,200	2,490	2,607	2,724

図 3-12 行政区域内人口



なお、詳細な人口推計資料は資料 8-11 に示す。

2)取水量

本プロジェクト完成後、取水量は現在の水量に新規開発 91,000m³/日が増量となる。調査の結果、既存水源取水量の現況は次の通りである。

①チェナブ水源

1992年完成した ADB フェーズ I 事業ではチェナブ流域水源地に 25 本の井戸を建設した。その後 2000年に WASA は自助努力により同水源地に 4 本の井戸を追加掘削し運転を開始した。(ただし、そのうち 1 本は付帯設備が未整備のため、実際の稼働本数は 28 本)。

この系統の設計揚水量は 225,000m³/日であるが、近年の実績を調査した結果、一日最大揚

水量は水源井が 29 本に増加した直後の 2001 年第 1 四半期には 20 万 m³/日が記録されているが、近年は最大で 18 万 m³/日程度となっており、1 日平均給水量は約 16 万 m³/日の水準にある。

揚水量が減少している理由としては、井戸の定期保守作業や機器関連の故障(主として電気系統)等により一日稼働井戸本数が減少していること、井戸一本あたり一日運転時間が計画より約 2 割短い等の要素があげられる。一方、揚水量が減少しているにもかかわらず、水源地井戸は水位降下が続いており、当初の設計揚水量を継続運転した場合は、周辺への影響がさらに拡大する結果が予想される。

本計画はこれらの現況を考慮し、チェナブ水源地井戸群は今後も現在と同レベルの揚水量を維持すると想定して、今後の給水予測を計画する方針とする。

②ラック用水路水源

チェナブ水源地が完成するまで、市水道は市内を貫流するラック用水路沿線に建設した井戸水源に依存し、1990 年代初頭、路線沿いの井戸本数は 50 本以上に達した。市内の地下水は全域で TDS が 2,000mg/lit 以上となり飲料に適さないが、用水路沿線の狭い帯状地域は、水路からの浸透水により水質が良好なので WASA は水源井をこの地域に集中して建設した。しかしながら、買水用の私設井戸もその周辺に建設されたため、過剰揚水による水源井水質の劣化や水位降下が激化し、多数の井戸が廃井となっていた。

世銀マスタープランは、水量と水質管理のため、この帯状地における総揚水量を水路からの浸透量の範囲におさえることを提言し、WASA は 2002 年までに既存井戸群を整備し、10 本のラック用水路沿いの老朽化した井戸の更新を行い、現在新旧 19 本の井戸を稼働させている。この水源の設計揚水量は 1 基 1cusec (=102m³/時) であるが、現在その大半は井戸が建設されている周辺地区に独立給水され、運転時間は対象地区により一様でなく、平均的には 50%程度の稼働率となっている。

③ジャル・カヌアナ浄水場

市内東部区域の中央部、ラック用水路左岸に立地するジャル・カヌアナ浄水場は水路の用水を取水し、緩速ろ過方式により処理したのち、配水幹線に送水する。設計能力 17,000m³/日であるが、近年老朽化のため、実際の処理水量は三分の一程度まで減退した。このため、WASA は場内にある 2 本の深井戸からの揚水と混合して給水している。実績給水量は約 5,000 m³/日の水準である。

④ミラット・タウン浄水場

ジャル浄水場同様に緩速濾過方式で、市内から離れたジャン用水路の分水路の一つから取水する。約 5,000 m³/day を生産する。この浄水場は新興地域であるミラット・タウン地区に独立給

水している。

これらの水源からの生産量合計および給水量は約 23 万 m³/day となっている。次表参照。

表 3-11 WASA 取水系統の現況

水源名	水源量(m ³ /d)			給水区域	摘用
	1993 (世銀 MP)	1998 (JICA B/D)	2001 (本調査)		
チェナブ系 井戸群	225,000	205,000	200,000 (1日最大 取水量)	全市一帯	当初 25 本 新規 4 本開発： 稼働 28 本 (新規井 戸は 2000 年稼働)
ラック用水路沿い 井戸群	*83,008 (注記)	20,200	20,000	5 本:東部区域北地区 13 本:東部・西部地 区北部 1 本:東部区域北地区	100m ³ /時/本 2002 年稼働開始
ジャル・カヌアナ 浄水場 (井戸2本含 む)	*17,000	6,800	5,000	東部区域中央部	ラック用水路 用水取水・ろ過。
ミラットタウン 浄水場 (独立給水区)	—	—	5,000	西部区域北地区	ジャン用水路 用水取水・ろ過
水源量合計	325,000	232,000	230,000		

(*) 注：世銀によるラック用水路の井戸群設計水量は、水路の浸透試験結果推定された開発可能予測量であり、用地問題や水質に対する配慮から現況水準の整備に限定された。ジャル浄水場能力も当初の設計能力を基準としている。

3)給水率と給水人口

WASA 水道料金体系は、住居敷地面積により算定する定額制であり、一部少数の大口消費者を除き、一般家庭に戸別の水道メータが設置されていないため正確な水道消費量(需要量)は不明のまま推移してきた。また、給水人口も正確なデータが存在しない。このため、世銀はマスタープラン作成時、給水率を求めるために 5,400 戸の世帯調査を行い、60%と推定した。一方、同時期 FDA による消費者調査によると、約 16,000 の世帯を対象とした結果、50%の水準との報告がある。

一方、WASA では、給水率推定のため、全市を構成する 106 地区各区において配水管・給水管が敷設された給水地域の面積計算を行ったが、それによると市域の約 50%の範囲に給水が届いていることになる。この計算において、水道管は人口密集地を主体に敷設されてきたことを考

えると、50%の管敷設地域の人口は人口比では50%以上と想定され、1割程度の増加率として、55%と設定する。この数値は従来の調査の中間値となり、本計画の基準として採用する。(図 3-11 「市内給水区域図」参照)

ファイサラバード市の現在の行政区域内人口は230万人(2003年)と推定されるので、上記の方法による推定給水率55%を採用すると、現在の給水人口は126.5万人となる。

今後、水源量が増加すると、給水率の向上は現在より容易となり、年間1%程度の給水率の向上は可能と思われる。したがって、本計画が完成予定の5年後の2008年、推定総人口259万人に対し、給水率は60%、給水人口は155.4万人に達すると推定される。

一方、ファイサラバード市の世帯数は1998年国勢調査では27.9万を数え、一世帯当たり構成人員は7.1人である。しかし、WASAによる家庭用水接続件数は約9.8万世帯(2002年)で、単純な計算では全世帯数の35%しかない。その理由は明確ではないが、1件の給水で複数世帯が給水を受けているケースが多いことが想定される。(同居所帯や他の所帯への分水など、違法接続に相当する部分も含まれると思われる。)給水率算定の一般的な方法は世帯契約件数に基づく方法であるが、ファイサラバードの場合は料金が住居面積による定額制のため、実態の把握が困難であり、今後WASAが実施を予定する料金定額制から計量制の移行のさい、あらためて受益世帯や接続形態について調査し、精度の高い給水率を確定することが必要である。

次表に参考としてファイサラバード市の最近の給水件数を示す。

表 3-12 給水件数 (2002年2月)

用途		給水件数
一般家庭用		98,000
工場／業務用	工場・業務用	90
	営業用	1,700
合計		100,000

WASAの用途別分類は、一般家庭用のほか、Industrial(工場・業務用)とcommercial(営業用)の2種類がある。前者は、工場、行政機関、銀行、病院、学校など、いわゆる大口消費者で現状契約数は78件である。後者は、食堂や店舗など、給水口径が家庭用と同じ1/4"の利用者で、約850件契約を対象とする。WASAはこれら用途の消費量を現状給水量全体の15%程度に相当すると推定しているが、台帳を調べた結果は次の通りである。

a. 工場用・業務用(industrial use)

2002年12月の記録によるとこの分野1ヶ月の消費量は約250,000m³/月と推定される。契約件数は78件で、繊維工場、行政機関、銀行、病院、ホテルなど大口消費者が含まれるが、このうちメーターによる料金支払いは特に消費量の大きい21件に過ぎず、その他は接続口

径により WASA が水量を設定し、この分野に対する計量制料金が適用される。

b. 営業用

給水口径はすべて 1/4"であるが、メーターがないので正確な消費量は不明である。1 件平均一日消費量を 2m^3 と想定すると、850 件で月間 $51,000\text{m}^3$ となる。

両者をあわせると、月間約 $310,000\text{m}^3$ となり、一日平均で $10,000\text{m}^3$ 程度の水準にある。この推計値は、全給水量の 6%程度にしかならないが、上記資料は 02 年 12 月の統計を基準としているので夏季の増量および推定値の補正を勘案し、全体配水有効量の 10%程度がこの用途に提供されていると考えることとする。

WASA の不足する給水量が市民の飲料水確保を最優先としていることから、市域に分布する工場地帯では、従来大部分の事業所は自家用井戸を場内に設置して、必要な用水を確保してきた(世銀マスタープランは調査の結果として 1992 年この分野では 95%が自家用井戸と推定した)。この地下水取水は、WASA 水道料金体系の中で、「地下水取水料金」として設定されており、WASA の全体収入に貢献している。今後上水道における工場用水の契約増加について、WASA は同分野の需要が高く、また料金も一般料金の 3 倍強でもあることから需要に対応したい意向が強いが、水量が現状のままの 2008 年までは、普及を伸ばすことは困難である。一方、営業用は一般家庭が商売を営む場合の利用形態が多く、一般用とほとんど変わらないので、量的な観点からは、一般用途の給水率の伸びと同等であると考えてもよい。

以上の方針から、2007 年までは工業・業務用は伸び率 0 におさえる方針をとる。2007 年に給水量が増大した場合も、市民需要を優先とすると、工業用水比率は高い伸び率を期待できず、現行の自家用井戸依存を主体とする必要がある。

4) 給水量の検討

① 実績一日給水量

WASA の過去 2 年間の実績給水量は、一日最大で $230,000\text{m}^3$ 、一日平均で $210,000\text{m}^3$ の範囲にある。参考として、夏季・冬季の給水量比較として、システムの主要水系であるチェナブ系の 2001 年 12 月と 2002 年 6 月それぞれ 1 ヶ月間の給水量記録(第一次調査)、および 2003 年 6~8 月の T/R 給水量記録(第二次調査)を資料 8-12 に示す。)

② 有効率

世銀マスタープラン等これまでの調査は使用水量推定に当り、30%程度漏水による損失があると見込んでおり、WASA は現在の給水有効率を 70%と設定している。当市の配水システムのうち、配水幹線はチェナブ系井戸群の施設拡張時期に布設され、比較的新しいので有効率は比較的高いと推定されるが、末端に行くに従い、漏水が増加する様子が見られ、今回住民調査の一環と

して市内東部地区住民を対象としたさい、一部では下水の混入などの現象が発生しているとの報告があり、老朽管の更新や給水管再整備の必要性が高い。将来の有効率の推定に当っては、計画的な配管整備を実施しない限り、現状維持か、年間 1%程度上昇させるのが限界と考えられる。本計画では給水量増強施設の完成を目標に、WASA がこの分野で努力するとの意思があることから、2008 年までに 5%程度改善されることを見込む。

③ 実績一人一日平均給水量

現在の実績給水量と、給水人口、上述の有効率等により計算すると、一人一日平均給水量の原単位は、工業用水や業務用を含めて、計算すると次の通りである。

$$\text{(一日平均給水量} \times \text{有効率)} / \text{(現在人口} \times \text{給水率)} = \text{一人一日平均給水量}$$

$$\text{(210,000m}^3/\text{日} \times 0.7) / \text{(230 万人} \times 0.55) = 107 \text{ lit/人/日}$$

さら有効給水量の 10%程度と推定される工場用、業務用を減じた一般家庭における一人一日平均消費量は、次の通りである。

$$\text{((一日平均給水量} \times \text{有効率)} - \text{商工業用水))} / \text{(現在人口} \times \text{給水率)} = \text{一人一日平均給水量}$$

$$\text{((210,000 m}^3/\text{日} \times 0.7) \times 0.9) / \text{(230 万人} \times 0.55) = 96 \text{ lit/人/日}$$

計算の結果、現在の平均給水量は、一人一日約 100 lit の水準にある。この給水量は、パ国中都市の基準である 30gal(=135 lit)にも達しておらず、給水量の不足状態を示す数値となっている。

④ 負荷率

WASA 給水は、一日 6 時間程度の制限給水を続けてきているので、需要の実態が不明であり、一日最大給水量の算定要素である計画負荷率等の基本的要素決定が困難な状況となっている。本プロジェクトによる給水量増強も、当初の計画時点から遅延し、現在は緊急性の性格が強いので、給水計画の各要素はマスタープラン計画と別に、現在の給水状況と本プロジェクトによる効果を基として設定することが適切である。

従来の実績値から判断する場合は、表 3-13 に示す 2001 年 12 月と 2002 年 6 月のチェナブ系の給水量実績から、一日平均給水量と一日最大給水量の比率である負荷係数は次の通りである。

$$\text{(一日最大給水量=180,000m}^3/\text{日)} / \text{(一日平均給水量=160,000 m}^3/\text{日)} = 1.13$$

表 3-13 近年の T/R からの典型的な給水量実績

日付	時期	給水量 (m ³ /day)
1 日平均給水量	冬季(2001 年 12 月)	155,929
1 日平均給水量	夏季(2002 年 6 月)	159,737
1 日最大給水量	12 月 8 日	178,500

本要素は給水計画にとって重要な項目であるが、先に述べたように、本プロジェクトが意図する緊急の支援としては、実績負荷率に相当する 1.13%を計画に適用する必要があると考えられる。

e. 時間係数

計画時間最大配水量を決定するための時間係数については、通常実績値を参考とするが、WASA の既存配水システムは、需給の不均衡のため、時間制限給水を実施してきたので、実績から判断することは困難である。世銀は需要予測から(一日最大給水量 x1.9)を時間最大配水量として設定したが、本計画では水源取水量を増強するが、長期的な需要に対応することは困難であり、同規模の都市に適用されている水準として、1.5 を係数として採用する。

f. 計画一人一日平均給水量

ファイサラバード給水計画では、当初の ADB マスタープランは 2000 年平均給水量として、一人一日 135 lit/人/日を目標とし、世銀マスタープランは、世帯調査で消費傾向調査を実施し、高中低所得別に 135、180、320 lit/人/日という基準消費量を設定した。このうち低所得層は全体の 55%を占め、全体を加重平均すると約 170 lit/人/日となる。国内三位の都市として世銀マスタープランの設定レベルの給水量が望ましいことはもちろんであるが、同マスタープランにおける 2000 年までのフェーズ II 水源増強計画は実施されないまま、需要だけが増大した結果、現状は水量不足が際立って、本計画による補強水量を既存水量とあわせても、この基準を満足することが困難な状況となっている。

表 3-14 に、これまで検討した給水要素に基づいて、プロジェクト完成後の給水量についての予測を行った。同予測に従うと、工業・業務用をおさえても、給水率が現在の 55%から 60%に増大すると仮定して、一人一日実質平均給水量は約 130 lit と算定される。2008 年以降人口がこのまま増大した場合、この水準を維持する場合、実質給水量を増加する対策としては、漏水対策による有効量の増加と市内既存水源としてのラック用水路沿線井戸群・ジャル・カヌアナ浄水場能力改善等の措置があると想定される。そこで、2008 年以降の給水予測としては、漏水率の改善とともに、市内ラック用水路井戸群から幹線への寄与が増大することを想定して算定した結果を参考として示した。

表 3-14 給水予測

年度	①推計人口	一日最大給水量 (m ³ /日)				一日平均給水量(m ³ /日)			⑧裨益人口	⑨給水率
		②取水量	③有効水量	④商工業水	⑤一般家庭	⑥一般家庭	⑦一人一日			
2003	2,313,000	230,000	161,000	16,100	144,900	128,230	0.101	1,272,150	0.550	
2004	2,371,000	230,000	161,000	16,100	144,900	128,230	0.097	1,327,760	0.560	
2005	2,430,000	230,000	161,000	16,100	144,900	128,230	0.093	1,385,100	0.570	
2006	2,489,000	230,000	161,000	16,100	144,900	128,230	0.089	1,443,620	0.580	
2007	2,548,000	230,000	161,000	16,100	144,900	128,230	0.086	1,503,320	0.590	
2008	2,607,000	321,000	243,800	16,100	224,650	200,580	0.130	1,564,200	0.600	
2009	2,666,000	331,000	254,870	16,100	238,770	213,188	0.131	1,626,260	0.610	
2010	2,724,000	331,000	258,180	16,100	242,080	216,143	0.128	1,688,880	0.611	
		08年本計画	③現行漏水	④=□の1割	⑤=□-□	⑥=□/1.13	⑦=□/□	⑧=□x□	⑨03年55%	
		により増強。	率30%, 08年	08年以降		1.13は現行			08年以降年間	
		09年ラック	25%に改善	据置を仮定。		の最大・平均			1%ずつ上昇	
		用水路水源				の比率			する期待値	

3-2-2-3 施設計画

(1)新規施設の構成

本プロジェクトで計画する施設構成は次の通りである。

- ①取水施設（深井戸、取水ポンプ、深井戸ポンプ場）
- ②導水施設（導水管）
- ③送水施設（ポンプ井、中継ポンプ場、塩素注入機、送水管）
- ④配水施設（配水池、配水ポンプ場）
- ⑤市内配水系統改善施設（配水幹線補強管路）
- ⑥電気設備（上記①、②、③、④項におけるポンプ場二次側動力設備および場内電力設備）

(2) 施設内容

1) 取水施設

①取水施設の構成

表 3-15 取水施設リスト

施設分類	施設・機器	数量	仕様			
a. 水源施設	深井戸	25 基 (1 基は BD で掘さくした試験井を転用するので新規は 24 井)	計画取水量 ^(a)	合計 91,000m ³ /日 1 井 200 m ³ /時(2cusec)		
			基準深度 ^(b)	160m		
			口径 ^(c)	ポンプ設置部	16", 0~45m	
				集水部	10", 45~160m	
			スクリーン ^(d)	構造	巻線型	
				材質	ステンレス	
基準長	30m					
b. 取水施設	取水ポンプ	25 台	型式	縦型電動機駆動・縦軸タービンポンプ		
			揚水量	200m ³ /時		
			揚程	70m~40m (うち地下揚程 20m)		
			揚水管	200mm (@3m)		
			電動機	縦軸全閉外扇管型電動機 30~80HP, 1,450 rpm, 50Hz, 400V		
	ポンプ室	25 棟	構造	鉄筋コンクリート構造 防水モルタル仕上げ(外壁、屋根)		
			寸法	7,000 x 6,500 (45.4m ²)		

②深井戸諸元

a. 計画取水量

第 3-2-2-1「水源計画」で検討した結果により、1 井あたり単位揚水量を 200m³/時に設定し、

本プロジェクト目標水量 91,000m³/日を取水する。

運転時間は 1 日 20 時間とし、運転休止 4 時間で水位が回復することを目標とする。

井戸本数は、91,000m³/日 / (200m³/時 x 20 時間) = 22.75 基と計算され、運転本数は一日 23 本となるが、運転井の維持管理時の予備井を 1 割として、25 基を建設する。

b. 基準深度

本調査における地表電気探査結果により、地表下 40m 以下 170m までに分布する第 2、第 3 帯水層を対象として掘さくする。地点により帯水層分布状況・深度が異なっているので、詳細調査時点掘さく地点決定後、電気探査を実施し、掘さく深度を最終確認する。平均で 160m 程度と想定され、これを基準深度に設定する。

c. 口径

平均深度 160m のうち、上部 45m までを水中型ポンプ設置のポンプ・ケーシングとし、ポンプサイズにあわせ、16"ケーシングを設置する。水位測定管(25mm 鋼管) をポンプ部分まで別に設置する。その下部が集水部となり、単位取水量、帯水層厚さ、上昇流速等の要素を検討したうえで、経済的観点から 10"に口径を落とした集水スクリーンとケーシングを井戸底まで設置する。上部・下部ケーシングは当該地域の一般的工法である片落ち管を溶接接続する。

d. スクリーン

集水スクリーンは、最大の集水表面積が得られるステンレス製巻線型スクリーンを採用する。集水表面積が大きい場合、巻線型以外の他種スクリーンと比較して、流入流速が小さくなるので、揚水効率が高まり水位降下をおさえ、砂の流入をふせぐことが可能である。長さは帯水層の全長に対応することが望ましいが、経済的長さとしては次式により流速が 15mm/秒以下となるような適切な長さを算定する。

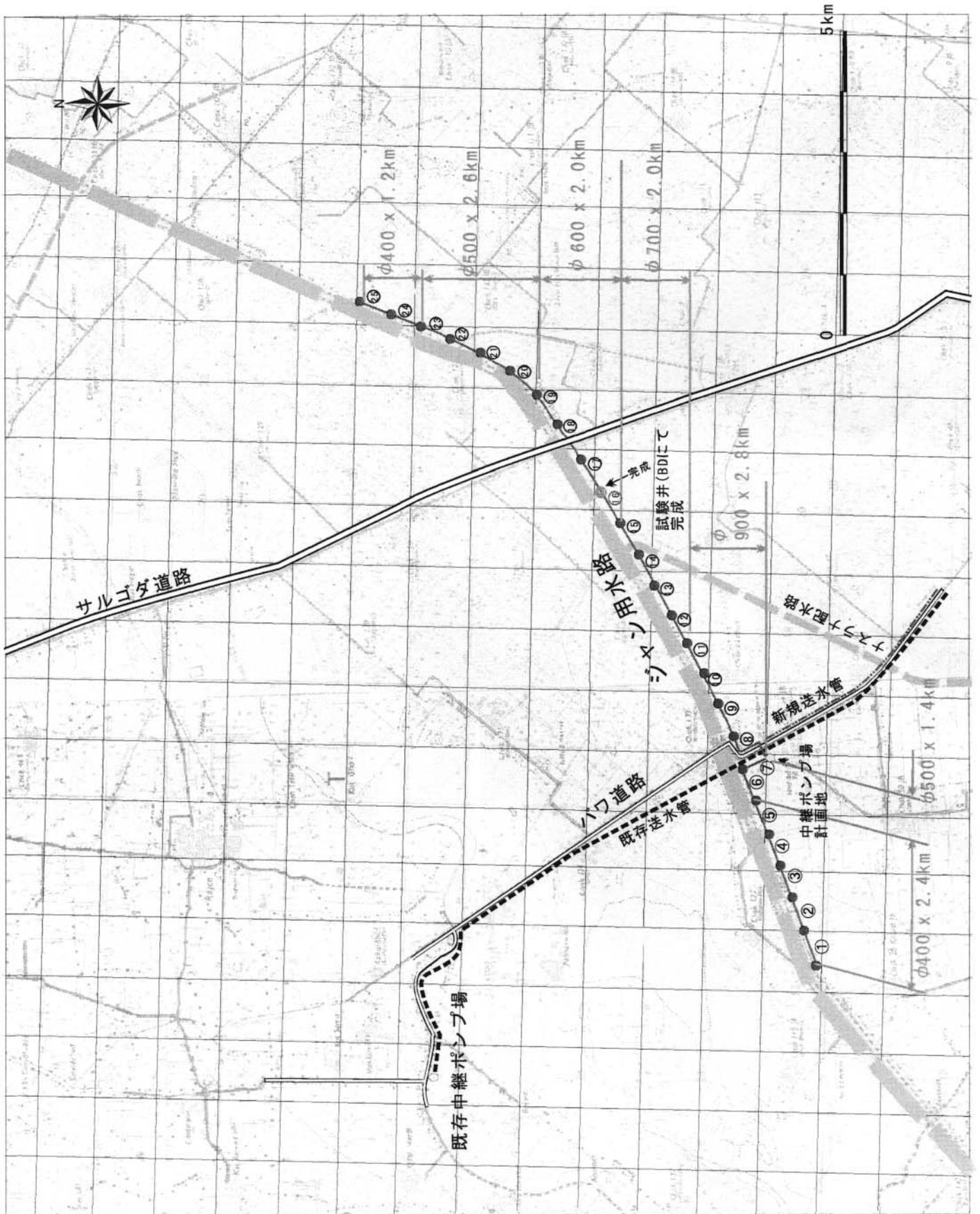
$$A(\text{集水面積}) \times V(\text{流入流速}) = Q(\text{計画揚水量}) \quad (V < 15\text{mm/秒})$$

先行 ADB プロジェクトで建設された既存深井戸のスクリーン基準長は 30m であり、これを採用した場合、流速は 15mm/秒を十分に下回る約 8mm/秒となるので、本プロジェクトの深井戸でも同じ長さを基準として採用する。

③群井配置

本プロジェクトの水源地はパンジャブ州政府灌漑省管理下にあるジャン用水路左岸 20m 幅の带状地域である。水路に沿って深井戸を一線に配列する計画となる。WASA はすでに市内を貫流するラック用水路沿岸の深井戸群にも同様な配列を採用し、水路からの直接の浸透による安定水量および良好な水質を確保している。井戸間隔の設定としては、揚水試験結果により、水位降下を最小におさえる方針から基準間隔を 600m とする。すでに本調査時点、水源地中間地点に試験井 1 本を掘さくし、水量・水質ともに計画目標を満足する結果が得られているので、同井を本設井の 1 本として転用することとし、同井戸を基準に上下流に 600m 間隔で水源井を配置する。(図 3-13)

図 3-13
水源施設
深井戸配置計画



④ 取水ポンプ

a. 型式

取水ポンプは水中多段タービン・ポンプとし、型式は水中モーター・ポンプないしは堅軸ボアホール・ポンプが選択の対象となる。既存井戸ポンプは後者(「パ」国産)を採用している。本プロジェクトの深井戸水源の特性をもとに検討した結果、現在利用している堅軸ボアホールポンプには次のような長所・利点があるので、本プロジェクトでもこの型式を採用することとする。

- * 水位が深い井戸に対しては、高揚程の水中モーターポンプが適切であるが、本プロジェクトのジャン用水路水源地は、ADB プロジェクトのチェナブ水源地同様、静水位が高く、将来の水位低下も限定された範囲内にあると予想されるので、高速回転の水中モーター型(3000rpm)より、低速のボアホール型(1500rpm)のほうが、保守・維持管理上有利である。
- * 水中モーターポンプは水中型ポンプとモーターの一体型を井戸内部に設置するので、故障があった場合一体型ポンプを井戸から引き揚げて点検・修理を行う。故障はモーター部分に発生することが圧倒的に多い。一方、堅軸ボアホールポンプでは、ポンプ部のみ井戸内に設置し、動力機は地上に設置する。両者は動力伝達軸によって連結される。動力機器としては、モーターだけでなくエンジンも多用されるが、電化地区ではモーターが経済的であり、既存ポンプは堅型モーターを採用している。モーターに異常が発生した場合もポンプを引き揚げずに地上でモーターだけを点検・修理することができるので、維持管理上の利点大きい。モーターも特殊な水中モーターでなく通常の地上型であり、水中型と比べると修理が容易である。
- * WASA は、先行 ADB プロジェクトですでに 10 年間、堅型電動機駆動堅軸ボアホールポンプの運転を継続してきたので、維持管理技術に精通している。この間、電動機や配電盤等、電気関連のトラブルは発生しているが、ポンプ本体機械部分のトラブルは皆無であった。

b. 取水ポンプ

- * ポンプ揚水量は 1 井での単位揚水量である $200\text{m}^3/\text{時}$ とする。
- * 揚程は井戸における運転水位(水位降下予想を含む)、ポンプ室内流出配管・弁類損失、導水管内摩擦損失、目的地である中継ポンプ場との地盤高の差を総合して決定する。

ー井戸運転水位

井戸運転水位の算定は、試験井揚水試験結果の解析に、想定条件を見込んで決定した。
= (対象地域の静水位=6~9m) + ($200\text{m}^3/\text{時}$ 揚水時の水位降下=2m) + (用水路配水停止期間中の水位降下増大や WASA チェナブ水源既存井影響の水位降下対策=5m) = 約 14m。その他帯水層が降雨量に直接影響される自由面水層としての特徴があるので余裕

を見込むこととし、最大 20m の井戸運転水位を想定する(チェナブ水源地の既存井は当初本調査の試験井同様の水位状況にあったが、10 年後の現在最大運転水位は 25m まで低下している)。

ーその他の損失水頭

25 基の井戸群はジャン用水路沿線約 14km の帯状地域に配列され、各井からの揚水は主導水管により中間ブースターポンプ場のポンプ井に送水される。この地上部における導水の損失水頭は各井戸地点で異なり、最上流部の井戸群で約 40m、ポンプ場に近い井戸群で 10m 弱となる。地盤高は、到達点のポンプ場に対し、水路上流部が約 2m ほど高いが沿線では高低差がほとんどない。下流では逆に 2~3m 低くなる。

以上の各要素を算定すると、ポンプ場から最も遠距離となる最上流地点の井戸群ポンプで最大揚程 60m、最小はポンプ場近くの 30m であり、揚程の異なる 4 種類の取水ポンプを計画する。但し、ポンプ型式・サイズは同じものを採用し、揚程変化に対応してポンプ羽根車段数の増加により対応する。

⑤ 取水ポンプ室

取水ポンプ室は、先行プロジェクトの既存ポンプ室を参考とし、主構造を鉄筋コンクリート造りとする。屋根部はポンプ引き揚げ・据付けのためチェーン・ブロックを取り付けるので、鉄筋コンクリート、防水モルタル仕上げとし、重量物引き揚げが可能な構造とする。

ポンプ室内の取水ポンプ流出管には付属施設として、空気弁、連成形、制水弁・チェッキ弁、量水器などの流量制御・計量器を取り付ける。

2) 導水施設

① 施設構成

本プロジェクトで建設される 25 基の深井戸はジャン用水路左岸路線約 14km に沿い、水路土手下の幅約 20m の緑地帯となっている公有地に建設され、井戸からの揚水の中継ポンプ場のポンプ井に導水するため、ポンプからの吐出し部を連結して導水する管路を計画する。構成を次表に示す。

表 3-16 導水管一覧表

施設分類	種類	数量	管種	口径	長さ	
導水施設	導水本管	総延長 15,600m	ダクタイル 鋳鉄管	400 mm	3,600m	計 12,800m
				500 mm	4,400m	
				600 mm	2,400m	
				700 mm	2,400m	
			鋼管	900 mm	2,800m	計 2,800m

② 管種の検討

管種としては、ダクタイトル鑄鉄管と鋼管の2種類が対象となり、経済性を考慮すると後者が選択となるが、現場溶接接続後、溶接部の内面保護塗装を実施する必要があり、内部作業が実際に可能な口径は、安全面を考慮すると800mm以上となるため、大部分をダクタイトル管とする必要がある。(両者の比較は第⑧項送水管の説明で記述する。)

導水管布設ルートは平坦地でほとんど高低差がないが、測量結果に基づき凸部に空気弁、管内排水・排泥の維持管理を目的とし、排泥弁を設置する計画とする。また、長い管路の途中で用水路からの分水路横断地点が3カ所(ナスラナ分水路、幅約20m他)ある。同地点の横断は、当該地域の用水路が冬期1カ月水路保守のため配水が休止され、その時期には水路の開削横断が可能となるので、本プロジェクトでは伏越しにより施工することとし、推進工法を採用する必要はない(先行ADB事業でも伏せ越し工法を採用した)。

3) 送水施設

① 施設構成

送水施設は、25井から導水管を通じて送られる井水を、中継ポンプ場施設で一時受け入れ、場内で塩素注入したのち、送水ポンプにより送水管を通じて市内の既存最終配水池敷地内に建設される新規最終配水池へ送る施設を含む。施設構成を表3-17に示す。

② 送水方式の検討

本プロジェクトにおけるジャン用水路左岸から市域最終配水池(T/R)までの距離は約13kmであり、両地点の地盤高低差は数メートル水源地が高いものの、平坦地続きとなっている。水源地からT/Rへの送水方法としては、深井戸水源地からT/Rまで直送する方式も考えられるが、既存チェナブ水源地の群井は水位降下のため直送が困難となった例にも見られるとおり、群井の場合は取水する帯水層がそれぞれの地点で変化することから井戸ごとに特性が異なり、水量・圧力を一定に保つことが困難であるため、水源地の群井からの取水を一時貯槽に集め、送水ポンプにより圧送する方式を採用する。これらの送水機能の役割を果たす施設をまとめて1カ所のサイトに建設し、サイトを「中継ポンプ場」と呼ぶこととする。

③ 中継ポンプ場

a. 中継ポンプ場建設予定地

中継ポンプ場の建設地点は、用水路沿岸からT/Rまで最短距離にあり、大口径の送水管敷設が比較的容易な公道の近くが候補となる。水源地から市域までの公道は、東側にサルゴダ市へ通じる国道、サルゴダ道路と西側にバワ道路の2本があり、後者路線には既存1,500mm送水管が既存インライン・ブースターポンプ場からT/Rまで埋設され、T/Rへはバワ道路の

ほうが距離が短い。用水路沿線約 12km を調査の結果、用水路公有地は、場所によって基本領域の外部まで広がっている地点が数カ所あり、特にバワ道路沿いに用水路左岸から約 800m 南に進んだ地点に 3 ヘクタールを超える公有地があることが判明し、県庁と WASA 交渉により同地を中継ポンプ場建設予定地とすることに決定した。(図 3-13 参照。)

表 3-17 送水施設一覧

施設分類	施設・機器	数量	仕様	
送水施設	ポンプ井	1 基	構造	鉄筋コンクリート造, 有効水深 4m,
				フラットスラブ・ラーメン構造
	送水ポンプ場	1 棟	水槽容量	4,000m ³ 、1 槽式
			構造	鉄筋コンクリート造
	寸法	26,000 x 14,000		
	付帯設備	移動式クレーン設備、5,000kg 能力		
	付属棟	塩素注入設備棟 13,000 x 600		
		管理棟 (1 棟) 要員宿舎 (場内 1 棟、外部 1 棟)		
	送水ポンプ	3 台 + 予備 1 台	送水量	91,000m ³ /日 (20 時間運転) @25.3m ³ /min x 33m x 980 rpm x 190kW
			口径	450 mm (吸込み) x 350mm (吐出し)
			型式	両吸込み渦巻ポンプ
			電動機	高圧三相かご型誘導電流機
				190 kW x 6p x AC 3.3 kV x 50 Hz
			付属設備	450mm バタフライ弁(吸込み側 5bar 手動)
				同 (吐出し側 10bar 電動)
				450mm スイング・チェッキ弁
	1,000mm 超音波流量計			
	塩素注入機	2 台自動 1 台手動	注入機	インジェクター内蔵型: 注入量 : 0~5,000 g/時
				計量範囲 20 : 1
			塩素ポンベ	6 個 + 予備 2 個、1 トン容量
			計重機	1 式、0~4,000kg
			漏洩検知器	1 式、0~5ppm
			防護用具	塩素中和剤散布装置 (3 台)
自吸式酸素呼吸器 (2 台)				
除害装置	中和塔(FRP/PVC 製), 中和剤貯蔵槽(FRP)			
	中和用ブロワー、ポンプ			
送水管	13 km	仕様	口径 1,000mm 鋼管 (外面ポリエチレン被覆、 内面エポキシ樹脂塗装)	

b. 場内施設

中継ポンプ場建設用地内の主要施設は次の通りである。

* ポンプ井 (4,000 m ³ 容量)	1 池
* 送水ポンプ場	1 棟
* 塩素注入機棟	1 棟
* 管理棟	1 棟
* 操作員宿舎棟	1 棟

c. 用地地盤強度

これら施設建設のための地盤強度を調査するため、本調査期間中、ポンプ場建設予定地において3カ所、深度20mまでの標準貫入試験を実施した。

調査結果は、地表から2m以下に固結したシルト混じり粘土・細砂層が分布し、N値分布は次の通りである。

表 3-18 中継ポンプ場用地地盤強度

地点 No. 1	地点 No. 2	地点 No. 3
深度 2~6m N=20~30	深度 2~6m N=15 前後	深度 2~4m N=10~20
6m~ N=30~40	深度 8~12m N=30 前後	深度 4~11m N=20~30

またサンプルの分析結果も参照し、地下2m~3mの範囲を計画構造物の基礎位置として設定し、送水計画の水位設定により最終決定する。地下水位は雨季後半で地表下5.2~5.3mであった。

④ポンプ井

深井戸水源からの導水を受水し、送水ポンプによる最終目的地 T/R への送水用一時貯槽としての機能を持つ。滞留時間は送水量の1時間分とし、 $91,000(\text{m}^3/\text{日})/24(\text{時間})=3,800\text{m}^3$ を基準とし、4,000m³容量とする。水槽は水密鉄筋コンクリート造り、ラーメン構造・フラット・スラブ構造(梁を用いず、鉄筋コンクリートスラブが梁をかねる構造)とし、1槽式とする。槽内には流入、流出側に整流壁を設ける。

⑤送水ポンプ場

a. 送水ポンプ

—既存チェナブ水源地井戸群は、既存中継インライン・ブースター・ステーションを経由して市域の最終配水池(T/R)に送水する。同既存ポンプ場には着水井がなく、直接ライン・ポンプで加圧して送水する方式がとられている。1998年まではこれら加圧ポンプを運転せず、井戸か

ら直接 T/R への送水が可能であったが、近年水位降下が進行し、群井を一斉揚水している時は中継ポンプで加圧しないと送水が困難となった。深井戸水源は、通常井戸ごとに水位降下量が異なり、水量・圧力の調整のために、いったん貯水槽で受け、送水ポンプで一定水量を送水することが望ましく、本プロジェクトでは第④項で記述したポンプ井を設置して対処することとした。

－新規ポンプは、現在インライン・ブースター・ステーションおよび T/R で使用している大量の送水用として一般的な両吸込渦巻ポンプを採用する。このポンプの利点はポンプケーシングが上下二つ割りの構造となっているので、ポンプ内部点検は上部のケーシングをはずすだけで可能となり、電動機を動かす必要がない。

－最大送水量は 20 時間で 91,000m³/日(水源水量 4,600m³/時)で、中継ブースターポンプ送水量は 3 台で対応、予備 1 台を含み計 4 台構成とする。

b. 送水ポンプ場

前項の送水ポンプ 4 台(うち、1 台は予備)の操作場として、用地内に独立した送水ポンプ場を建設する。建物構造は、鉄筋コンクリート・壁式構造とし、外部は化粧モルタル仕上げとする。

⑥塩素注入設備

a. 塩素注入機

－既存井戸群からの送水は、インライン・ブースター・ポンプ場で液化塩素注入により消毒し、配水システムの安全化がはかられている。本プロジェクトでも同様に中継ポンプ場で液化塩素を注入し、安全対策をはかる必要がある。注入機はインジェクターと圧力調整機構により真空圧力を発生し、真空圧力状態で塩素ガスを計量、制御し、インジェクター内で圧力水と混合し、塩素水として注入点に送液する方式である。本プロジェクトでは、送水ポンプからの圧力水を分岐してインジェクターに導水し、塩素水をポンプ井に送る方式とする。

－注入機能力は送水量に対し有効 2ppm までの注入を目標に 1 台 5,000g/時能力の機器 2 台を設置する。

－液化塩素の調達について、WASA は従来ファイサラバード市から約 40km の距離にある化学薬品の製造工場と契約を結び供給を受けている。一方、液化塩素を充填する 1 トンボンベは、国内調達が困難であり、本プロジェクトで調達の必要がある。

b. 除害設備

－既存の注入機ではこれまで塩素ガス漏れによる事故は発生していないが、塩素ガスは毒性がきわめて強いため、事故防止のための一般的な対策として、拡散防止装置、漏洩検知警報装置、除害装置、保安用具等を設備する必要がある。除害装置は中和反応棟と中和液貯槽により構成され、注入機室でガス漏れが発生した場合、ブロワーで中和塔に吸引し、中和槽で中和剤(苛性ソーダ溶液)に接触させて、無害化する方式とする。

c. 注入機室

－注入機室は送水ポンプ場から独立した1棟を構成する。液体塩素貯蔵室は隔壁により、注入機室に接する。除外設備は注入機室に接する屋外に塩素ガスフロー、中和塔、中和槽を設置する。

⑦操作員宿舍棟

場内には、中継ポンプ場操作・維持管理のための管理棟1棟と、操作員宿舍1棟を整備する。後者1棟は5人収容能力の規模とする。

既存 ADB プロジェクトでは深井戸ポンプ室各棟に操作員用の休憩・宿泊施設が付属しているが、本プロジェクトでは深井戸ポンプ室は操作室だけとし、3交代制操作員を収容する宿泊所は別途まとめて、西側井戸群に対しては中継ポンプ場、東側に対しては国道に近く広い公有地のある地点に建設する方針とする(計2棟)。東側宿舍棟の建設候補地は、サルゴダ道路に近い本調査試験井掘さく地点の広い公有地の一角とする。WASAの計画要員数は次の通りである。

表 3-19 深井戸・中継ポンプ要員計画

	作業場所	対象	稼働時間	作業形態	計画雇用数
1	深井戸 ポンプ室	23井	23井を 20時間連続稼働	原則として1井に対し1人の操作員を想定。揚水操作、水量・水位確認を担当。一日3交代制	最大要員数計77人 (夜間要員12人)
2	中継ポンプ 場	ポンプ3台 滅菌機1式	24時間稼働	3交代制	最大要員数14人 (夜間要員5人)

宿舍対象人数としては、夜間勤務者を主とし、中継ポンプ場と深井戸ポンプ場双方あわせて最大28人となるが、WASAは先行事業チェナブ水源井操業の経験から、地元雇用を優先的に考えており、夜間宿泊・休憩が必要な対象は井戸関連で約三分之一を想定し、8人程度、ポンプ場で3人程度となり、計10人程度を対象とする。対応する宿舍棟は2棟とし、西側中継ポ

ンプ場内に1棟、東側サルゴダ道路近くの公有地に1棟を計画する。

⑧送水管の検討

a. 送水管設計方針

本プロジェクトで中継ポンプ場から T/R までの送水管ルートは、既存 1,500mm ダクタイル鋳鉄管の送水管ルートと同じバワ道路沿線となる。この既存管は ADB プロジェクト・フェーズ I により建設され、当時チェナブ水源地の将来の追加開発を見込み、現在の送水量(計画水量 225,000 m³/日、実績最大 200,000m³/日)に対し余裕ある設計となっている。そこで、本プロジェクトの新規取水量は既存管を利用して送水する方針を検討した。本調査第二次において、既存インライン・ブースターポンプ場および既存送水管の現状調査を行い検討した結果は次の通りである。

- 既存送水管は新規取水量を同時送水する余裕がある。
- しかしながら、ジャン用水路の新規中継ポンプ場地点において既存管に接続して、合流送水した場合、既存インライン・ブースターポンプの送水圧が不足し、チェナブ系の送水が困難になる。
- 既存送水ポンプを送水圧の高い新規ポンプに更新すれば合流送水が可能となる。

第二次調査終了時点、WASA と調査団は以上の調査結果について協議し、WASA からは維持管理費の負担が大きくなる場合は、既存管の利用を了承するとの回答を得た(資料 5-2 「Technical Note」参照)

その後、(1)新規送水管を別途布設する場合、(2)既存ポンプを更新し、新規送水は既存送水管を利用する、の2案を中心に検討した結果、建設費は既存管利用が有利であるのに対し、逆に維持管理費は新規送水管布設案が有利である結果となった。この両者の経済性を比較検討した結果、長期的観点からは別配管案が経済的に有利であると判断されたので、本プロジェクトでは維持管理費の面から有利な新規送水管布設案を採用する。

b. 管種の検討

第1)項の検討結果、本プロジェクトでは新規送水管を布設する計画となったので、すでに記述した導水管を含めて本プロジェクトの主要配管材料について検討する。

既存チェナブ水源地からインライン・ブースター・ポンプ場を經由しての既存送水管は、導水管部分口径 300mm~1,000mm x 約 10km、送水管部分口径 1,500mm x 約 18km とも、日本製ダクタイル鋳鉄管(ISO 規格)が採用されており、本プロジェクトの管材料としてもダクタイル鋳鉄管が候補となるが、「パ」国では国内の高圧ガス・パイプライン整備にスパイラル鋼管が採用され、近年水道事業でも世銀等のプロジェクトに採用実績のある優良な品質の

プラスチック被覆鋼管を製造するメーカーが競合しているので両者を検討の対象とした。主要な比較を次表に示す。

表 3-20 ダクタイル管と鋼管との比較

	ダクタイル鋳鉄管	鋼管
耐久性	管体強度は鋼管と大差ないが、材質の点で、耐食性は鋼管より大。 日本における法定耐用年数は 40 年。ただし、この耐用年数を優に越える実績が世界各地で報告されている。	同左。 日本における耐用年数は、従来 25 年とされてきたが、近年法改正により 40 年に改められた。
施工性	管接合はゴム輪と押し輪により、容易に施工できる。接合部の構造・ゴム輪性能が品質の良否を決定する要素の一つとなる。(不良品の漏水はこの部分に問題があるケースが多い。)	溶接施工。大口径の場合は溶接技術の品質管理 (10 カ所につき 1 カ所 X 線検査を行う)、さらに溶接部内外の現場防食塗装等の作業が必要であり、鋳鉄管と比較すると、施工管理が煩雑で工事期間が長くなる。
塗装	内面：モルタル・ライニング 外面：水道用エポキシ樹脂塗装	内面：水道用エポキシ樹脂塗装(エア・スプレー塗装) 外面：プラスチック被覆(ポリエチレン押し出し被覆)。日本でも従来のアスファルト塗被覆装を廃し、プラスチック被覆に移行しつつある。
費用	他管材と比較すると高価。	鋳鉄管と比較すると安価。特に本プロジェクトの場合は国産品の調達となるので、輸入品となる鋳鉄管は海外輸送費も加算されるため、相違が大となる。(ただし国産メーカーはいずれも継ぎ手を製造しておらず、直管の 10~20%程度を占める部分が輸入品となる。)

上表の比較によると、強度等の必要条件において両者に大きな差異はないが、総じて鋳鉄管が技術的に優位にあり、特に施工性が良いことが大きな長所となっている。反面、経済的観点から、鋼管の価格水準が低いことが根拠となり、採用実績が増加している。本プロジェクトの場合、導水・送水管布設ルートは大部分が広大な耕地の展開する平地で、施工に難度が予想される部分は、送水管の一部がバワ道路沿いの市場地通過する地域に限られる。このような現場事情の分析により、本プロジェクトでは経済性も考慮し、800mm 以上の大口径

管は被覆鋼管採用の基本方針とする。

一方、プラスチック被覆鋼管の接合は現場溶接となるため、溶接後、各接合部の内外面防食塗装を現場で再処理する必要がある。この場合、外部プラスチック被覆の施工は問題ないが、内面に対するエポキシ樹脂塗料塗装は、我が国の水道事業における管内作業安全規則によると、口径 700mm 以下の場合禁止されており、導水管で計画する口径 400～700mm までの管路はダクトイル鋳鉄管を採用することが必要となる。

それに対し、後記する市内の配水管増強計画における幹線補強用管路は、市内の交通が混雑する地区を対象とすることになるので、確実に迅速な施工を確保するため、ダクトイル鋳鉄管を採用する方針とする。

c. 管径の検討

深井戸水源計画取水量に対応する中継ポンプ場からの最大送水量は、(91,000m³/日)/20 時 =4,550m³/時であり、この送水量に対する経済的な管径としては口径 1,000mm と口径 900mm が考えられる。それぞれの口径に対する摩擦損失水頭をウィリアムヘーゼン公式により算定し、次表に示す。

表 3-21 送水管口径の比較

口径	900mm	1,000mm
最大流量	4,550 m ³ /時	同左
流速	2.00m/秒	1.62m/秒
管内摩擦損失 (C=120, 距離 13km)	50.9m	30.5 m

両者を経済比較すると、建設費では 900mm の場合、1,000mm 管布設費との差がプラスとなるが、管内摩擦が大きくなるため高揚程ポンプを採用するので、ポンプ価格と電気設備費がマイナスとなり、1,000mm の場合と比較して大きな差額は出ない。一方、維持管理費としては、1,000mm は電力消費が小さく、900mm よりはるかに優位となり、総合判定の結果、経済管径は 1,000mm と判定される。WASA でも特に維持管理費の節減を要望していることから、1,000mm の採用が適切である。

d. 管路の検討

全長約 13km の送水管ルートは、新規中継ポンプ場から、既存 1,500mm 送水管が布設されているバワ道路沿いに T/R へ達する。この道路はジャン用水路周辺の村落と市域を結ぶ私営バス路線で、簡易舗装されており、朝夕は住民の市への通勤のため、交通が頻繁である。新規中継ポンプ場を出てから最初の 3km 区間は、雑多な店舗が道路両側に続く周辺村落の

市場地域となっているので、この区間の敷設については関連村落と十分に協議し、住民の合意を得たうえで実施する。その他の路線では道路両側に耕地が広がり技術上の大きな問題はないが、路肩に埋設する大口径管の布設工事でこれらの私有地の一部を占有する必要が発生するケースが想定されるので、沿線の土地利用についての綿密な調査と関連地主の合意を取得する必要がある。当該地区の土地利用は、県庁歳入局が管理を担当しているので、実施調査時点で同局の協力を得て、十分な調査を行う。既存 1,500mm 管は市に向かって道路右側の路肩に埋設されているので、本プロジェクトの口径 1,000mm 送水管は左側の路肩部分を利用することになる。

路線は出発点の中継ポンプ場の標高と T/R の新規配水槽地点標高が 185.4m と同レベルであり、起伏がほとんどない平坦地を通る。管路キャビテーションの発生の可能性について解析を行ったところ、そのリスクはないと判断され、既存ルートでその対策として設置しているサージ・タンク等の必要性はないが、経路の凹凸部で必要な空気弁・排泥弁の設置を計画する。

導水管に用水路横断が 1 カ所あるが、送水管路も同じ用水路の下流 5km 地点で水路横断が必要となる。施工方法は導水管同様、冬期用水停止期間に開削で実施することとする。

4)配水施設の検討

①新規配水池・配水ポンプ場の設計方針

既存チェナブ水源系統の送水は、市域北部郊外に位置する最終配水池(T/R)に入り、場内の配水ポンプ場から配水幹線を通じて市内に給水する。これらの主要配水施設(T/R および 1,600mm～500mm 口径、総延長 49km の配水幹線)は ADB 事業のフェーズ I で 1992 年完成した施設である。一方、本プロジェクトによるジャン用水路系送水量はチェナブ系送水管と同ルートを経由して T/R に達したのち、本プロジェクトで T/R 敷地内に計画する新規配水池・配水ポンプ場から、既存配水幹線を通じて市内に給水する。現在、既存の配水池と配水ポンプには機能不全状況が発生しているが(後記第③、④項)、既存施設とあわせて行う給水サービスが効果的に行われるよう、設計内容に配慮することとする。市内配水状況の改善については、WASA からの要請(資料 5-2「Technical Note」参照)について、その対応を含め、次項 5)で検討することとする。

②施設構成

新規配水施設の構成を次表に示す。

表 3-22 配水施設構成

施設分類	施設・機器	数量	仕様	
配水施設	配水池	1 基	構造	半地下式鉄筋コンクリート造、有効水深 6m フラットスラブ・ラーメン構造
			水槽容量	36,000m ³
	配水ポンプ場	1 棟	構造	鉄筋コンクリート造
			付属設備	移動式クレーン設備 7,500 kg
			寸法	36,500 x 15,000
	配水ポンプ	3 台 + 予備 1 台 (計 4 台)	送水量	時間最大給水量=5,700m ³ /時/3 台 @31.6m ³ /min x 45m x 980 rpm x 330kW
			口径	500mm(吸込み側) x 350mm (吐出し側)
			型式	両吸込み渦巻きポンプ
			電動機	高圧三相巻線誘導電動機 330 kW, 6P, 3.3 kV, 50 Hz 液体抵抗器
			弁類	500mm バタフライ弁(吸込み側, 5bar 手動) 500mm バタフライ弁(吐出し側, 10bar, 手動) 500mm スイング・チェッキ弁 (10bar) 500mm コーン弁(吐出し側 10bar, 電動) 1,200mm 超音波流量計

③配水池

新規中継ポンプ場からの送水を対象とする場合、T/R に計画する新規配水池は、最大送水量の 6 時間分を最小基準とすると、23,000m³となる。しかしながら、T/R からの配水計画は、新規配水ポンプによる配水だけでなく、既存の T/R 配水ポンプ場と連動し、既存配水幹線を通じて同時配水することになるので、既存施設とあわせて効果的な配水が行われるよう検討する必要がある。

既存配水池は、チェナブ系井戸群の送水を対象とし、容量 46,000 m³として設計されたが、建設後、有効水深 6 m の内、下部約 3m (貯水量の 50%程度) は、ポンプ吸込み管の形状や配水ポンプの特性、据付け位置等の問題で揚水できない状態となり、有効使用可能容量は 23,000 m³に限定されている。

本プロジェクトで水量を増強すると、チェナブ系 180,000 m³とジャン用水路系 91,000 m³をあわせ、T/R への送水量は 271,000 m³に達するが、既存配水槽有効 23,000 m³と新規配水槽容量 23,000 m³を合計すると 46,000 m³となり、約 4 時間分の貯留能力しかない。

本調査で、現在利用できない部分を有効化し、貯留容量を増加する方法を検討した結果、次のような対策を講じ、T/Rの貯留・配水能力の増強をはかることとする。

- 新規配水池容量を、T/R敷地内で建設可能な容量に設定する。敷地内の施設配置を検討した結果、最大可能容量は36,000m³となる。
 - 既存ポンプ位置により、既存配水槽で有効に利用されない下部の活用をはかるため、既存ポンプ・サクシオン・ヘッダーに新規配水ポンプのサクシオン管を接続する。既存ポンプでは従来通りの利用に限定されるが、新規ポンプによる利用を考慮する。(既存配水ポンプと既存配水池の水位関係は次ページの位置図を参照)。
- c. これらの対策により、合計容量として約65,000m³、送水量の6時間分に近い5.7時間分を確保できる。

④ 配水ポンプの検討

a. 新規配水ポンプの検討

新規配水ポンプの容量は、増強分最大91,000m³/日の時間最大給水量に対応することとする。

$$(91,000 \text{ m}^3/\text{日} \times \text{時間係数 } 1.5) / 24 \text{ 時間} = 5,700 \text{ m}^3/\text{時}$$

この水量を新規ポンプ3台により給水する計画とする。

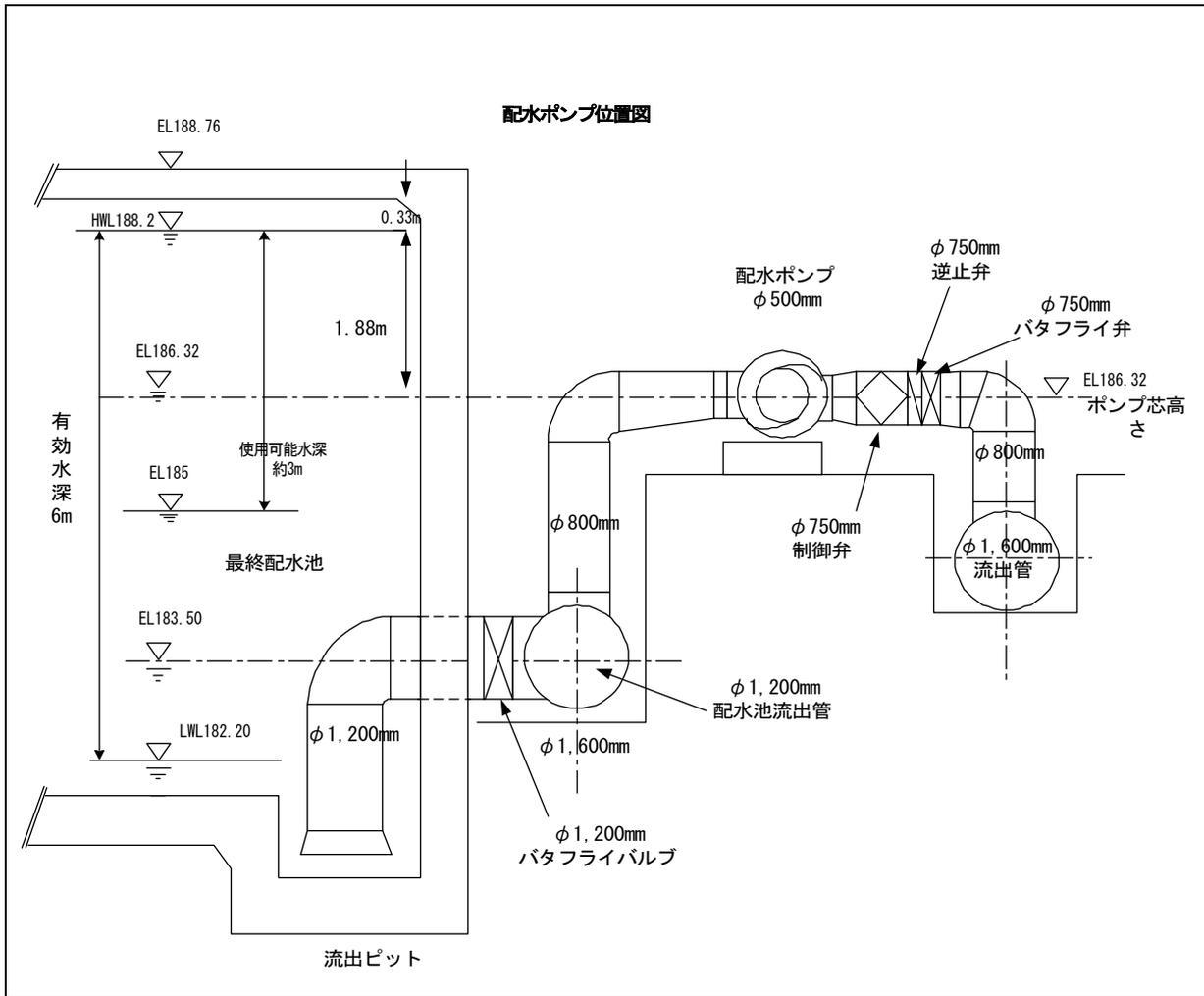
新規ポンプの種類としては、従来型の両吸込み渦巻きポンプが適切である。WASAはT/Rでこのタイプのポンプをすでに10年間運転してきたことから、保守維持管理法を熟知しており、また他の大容量対応ポンプ(たとえば壺型斜流ポンプ等)と比較すると、価格面でも有利である。

新規ポンプの運転方法については、ピーク時点は既存の大型配水ポンプと同時運転となり、異なるポンプの並列運転となるため、既存ポンプとあわせて次項に詳細を検討する。

b. 既存配水ポンプの検討

図3-14「配水ポンプ位置図」に見られるように、既存配水ポンプは配水槽からのサクシオン・ヘッダー管に接続され、既存配水槽の貯水量を市内に加圧配水している。ポンプ設計上の吸込み高さは6mであるが、実際上の運転ではサクシオン管の形状・配置に起因する吸込み管損失の増大等が原因となって吸込み高さが制限され、3m程度に限定されている。(このため、第③項で説明したように、操業以来、既存配水槽の下部3mが利用できない状態が続いてきた。吸込み揚程の問題はポンプのサクシオンを押し込み方式とすれば発生を防ぐことができるので、本プロジェクトの新規配水ポンプはポンプ室基礎を下げた半地下式として、押し込み方式を採用する。) 既存ポンプは6台の台数制御運転を計画し、予備1台を含め計7台の構成とする。

図 3-14 既存配水ポンプ位置図



現状のポンプ運転は、給水量の不足、T/Rにおける貯留機能不全などから、一日3回、それぞれ約2時間ずつの時間制限操業となっているが、このポンプ運転時間帯には市内の消費者が いっせいに給水栓をあけるため、単位時間あたりの需要がはねあがるので、吐出し流量が過大 傾向となる結果、ポンプ圧力が低下する。既存配水ポンプは定格圧力 4kg/cm^2 で計画されている が、現在の運転状況は6台全台同時運転でも圧力があがらず、 3kg/cm^2 が最大である。(この ため、T/R から遠距離にある東部地域ではポンプ運転時でも低圧 0.5kg/cm^2 しかなく、末端給 水管圧力の不足による配水不良の原因の一つとなっている。)

この不均衡な需給状況は、ポンプ設備自体にもいわゆる「キャビテーション」現象を引き起 こした。本来のポンプ設計は、需要状況に応じポンプ台数による流量制御を計画していたが、 1~2台の少数運転の場合、大きな需要に伴う流量過大による急激な圧力低下が起きると、キャ ビテーションが発生するため、ポンプ機能低下を引き起こし、連続運転が困難となる。これま でにおきたキャビテーションの影響として、全7台のポンプのうち、5台について、流量制御 を行う 750mm 主バルブ胴体内部の金属が腐食し、胴体に数箇所の穴があくという事故が発生し ている。

WASA はこのような事態に直面し、運転時間帯における初動時は、ポンプ 3 台を、主バルブのほかにもポンプに付属するバタフライ弁を調節して流量制御し、徐々に圧力を上げてから 5 台～6 台の通常運転に移行する。3 台までは圧力 10m 程度に調節し、30 分程度継続運転して安定した後、全市を対象とする 5～6 台の稼動に移る操作方法を継続している。

c. 本プロジェクトのポンプ運転計画

本プロジェクト完成後の配水ポンプ運転は次の基本方針により行うことを計画する。

- * ピーク時の配水量は一日最大給水量 $271,000\text{m}^3$ / 日に対する時間係数を 1.5 として計画する。ピーク時間帯は、従来の配水方法を基準とし、一日 3 回、朝・昼・晩、それぞれ 2 時間ずつを基本とする。

$$(271,000\text{m}^3/\text{日} \times 1.5) / 24 \text{ 時間} = 406,500 / 24 = \text{約 } 17,000\text{m}^3/\text{時}$$

- * ピーク時点のポンプ運転は、最大で既存ポンプ 6 台と新規ポンプ 3 台の同時運転を想定する。現在の既存ポンプ運転状況から推定されるそれぞれのポンプ特性曲線(図 3-15 参照)を作図すると、9 台全台運転の場合、圧力は定格の 40m まであがるが、流量は無制御の場合約 $20,000\text{m}^3$ / 時と、時間係数で約 1.9 の配水規模となり、計画より過大な配水となることが予想される。この場合、既存・新規ポンプいずれかのグループの台数を減じるかどうかは、実際の試運転・調整時に需要動向を見ながら判定する。
- * ピーク時以外の平常時間対応は、新旧ポンプ比較においてより大型である既存ポンプの台数制御は困難で、常時過大運転となることから、新規ポンプにより対応することとする。新規ポンプ全 3 台運転の場合は、バルブ全開では既存ポンプ同様に流量過大傾向となり、流量は $9,000\text{m}^3$ / 時程度になると予想され、圧力は 30m 程度と現状と同程度となる。(圧力が現状と同じであると、東部地区の給水圧が現状のまま給水不良となるが、これについては第 5)節「市内配水系統改善計画」で説明するように、本プロジェクトによる対策を提案し、T/R 配水ポンプ圧力が 30m の水準の場合に対応することを計画する。) 新規ポンプの予想配水量 $9,000\text{m}^3$ / 時は、一日最大給水量の約 2 割減で、ほぼ一日平均給水量に相当する。
- * 第③項で設定した配水槽容量、新旧あわせて $66,000\text{m}^3$ は、ピーク時の新旧同時運転および平常時新規ポンプ 3 台連続運転に対応し、市民に対する給水サービスは現状と比較すると格段に改善されることになる。
- * しかしながら、以上の配水計画は、供給側の給水可能量から設定したものであり、市民の消費傾向が計画範囲を越える場合が多分に想定される。その場合の対策として、ポンプ台数制御だけでは対応できないことが既存ポンプの運転状態から推定されるため、なんらかの流量制御やキャビテーション対策が必要であるが、既存ポンプについては困難であるため、新規ポンプに対してのみ次のような対応を計画する。

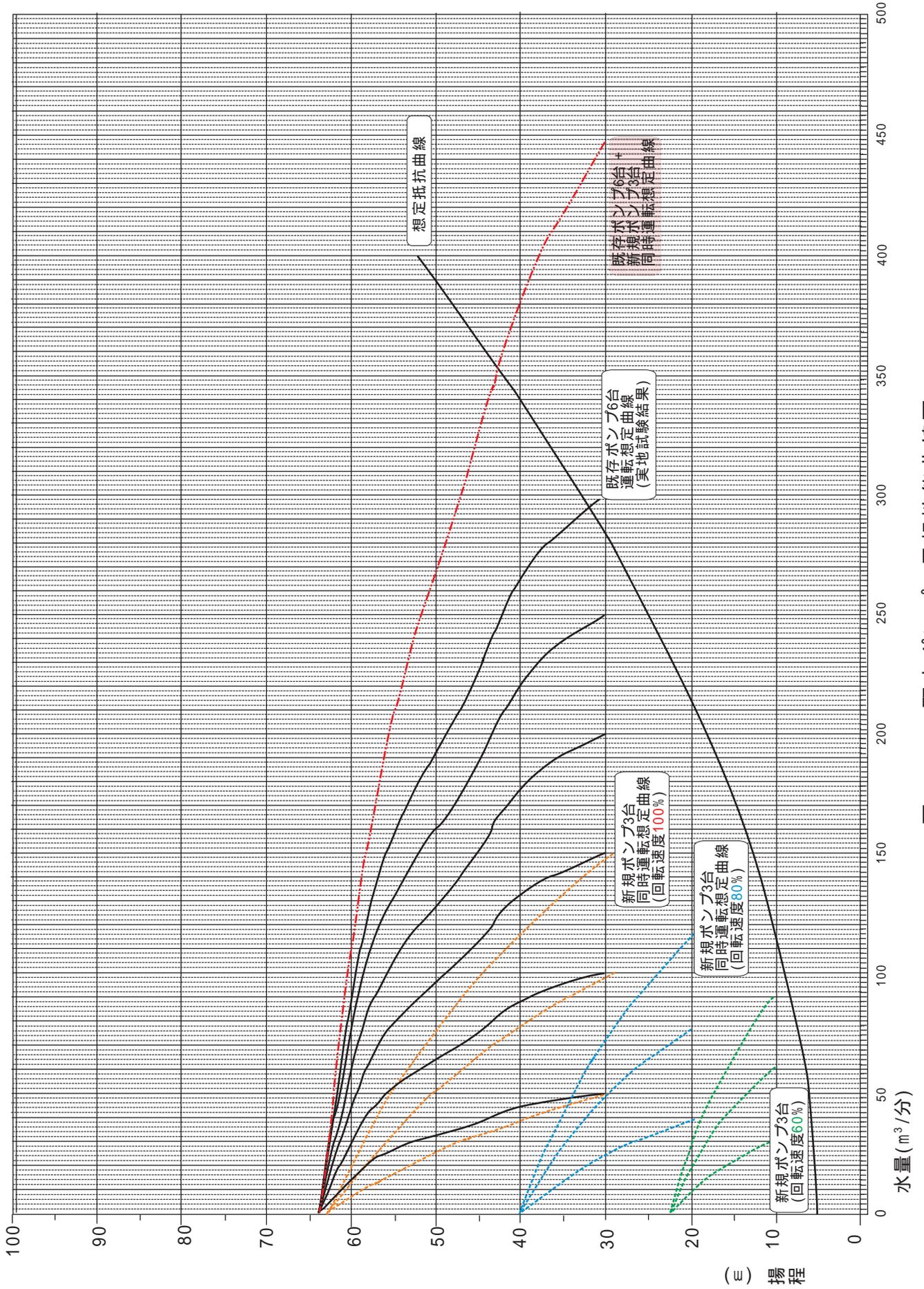


図 3-15 配水ポンプ 予想性能曲線図

- ー主制御弁にはキャビテーション防止効果があるロート弁を採用する。
- ーこのような流量変化に対してはポンプ速度制御を行うことが最適であるが、全自動型は保守・維持管理面からも難度が高く、採用が困難である。一方、電動機に付属する抵抗器による速度制御は、既存のインライン・ブースター・ポンプ場で金属抵抗器を使用しており、WASA も経験を有する。

本プロジェクトでは、金属抵抗器が段階的に速度を変化させるのに対し(WASA の既存ポンプは 3 段階)、連続的に速度変化が可能となる液体抵抗器の採用を提案する。液体抵抗器は手動ダイヤル式で速度を制御することが可能であり、操作が容易で、維持管理上も技術的な難度は伴わない。同抵抗器では 100%から 60%の範囲で電動機の色度制御が可能で、小水量の制御を行うことができる。想定される効果について、特性曲線を図 3-15 に示す。

抵抗器を利用できる電動機は巻線型となる。(一方、新規中継ポンプ場の電動機は籠型)。利用形態としては、計画時間最大給水量 17,000m³/時に対し 9 台のポンプを運転時、バルブを全開すると同水量を越える過大流量となると予想されるが、新規ポンプ分はポンプ速度制御により流量を調節することにより、計画水量に調節することが可能となる。本プロジェクトにより改善された給水サービスが定着し、現在 WASA が計画する計量制料金制度に乗り出すと、水の浪費傾向が落ち着くと想定され、連続運転においてきめ細かな流量制御をする必要が多くなると想定されることから、将来の給水サービスにおいても有効利用できる。

- * T/R の施設・機器により、市民の需要動向に対応できる改善方法は、上記の範囲となるが、給水量を増大した後の消費傾向は実際に給水サービスが始まるまで不明の部分が多いため、既存配水ポンプが遭遇したキャビテーションのように、現時点予知できないポンプ運転上の障害がおきる可能性もある。したがって、最適な運転方法は、実際の試運転期間を 1 カ月程度に設定し、最終決定することとなる。

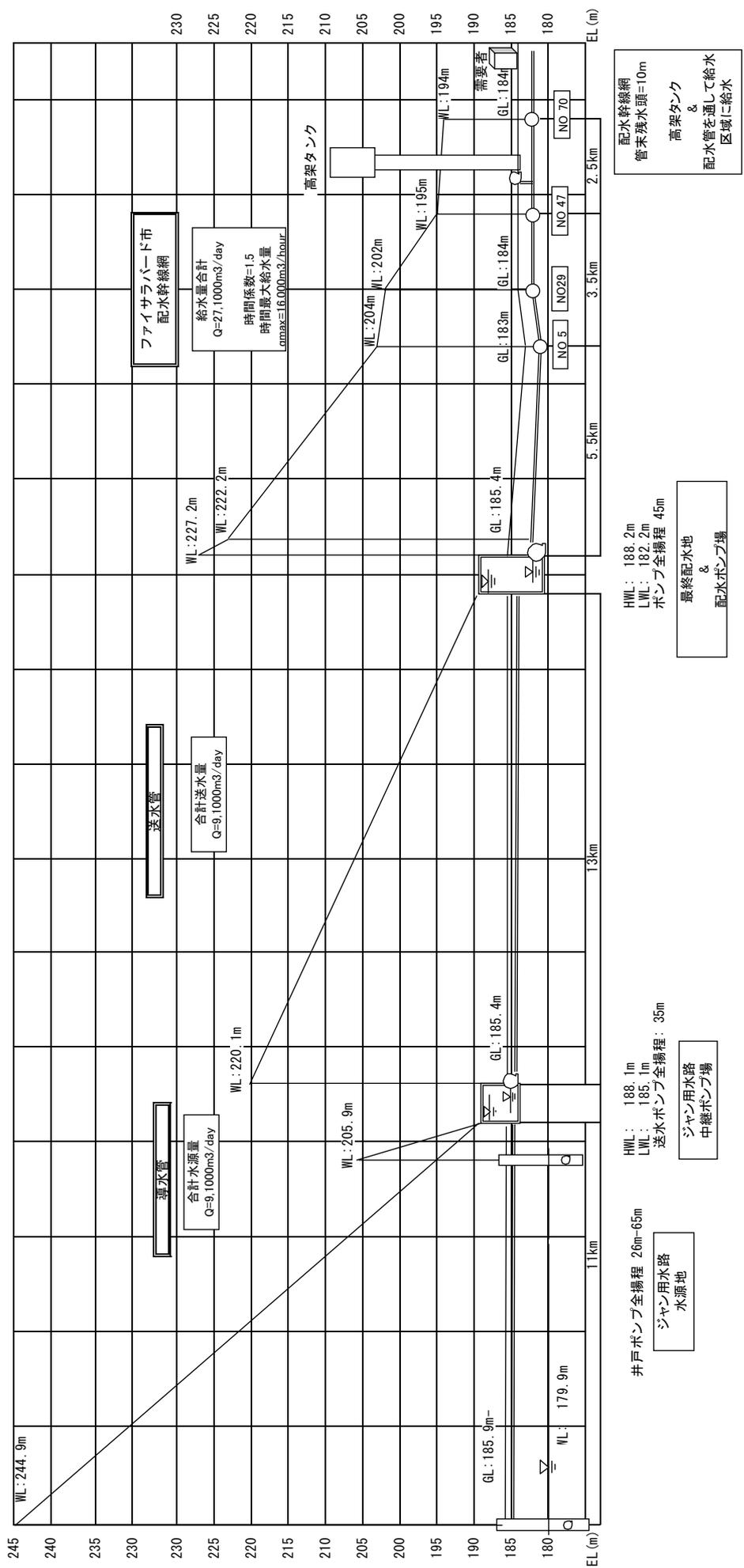
参考として、図 3-16 に新規水源・施設水位高低図を示す。

5)市内配水系統改善計画

①既存配水施設改善の方針

ADB 支援事業により 1992 年完成し、市内給水サービスを継続している既存の給水システムは、人口増加に対応する施設整備が遅れているため、現在市内配水に著しい不均衡な状態が発生している。本プロジェクトは給水量増加分が既存施設により有効利用できることを前提条件としているが、増強水源を確保できても既存配水系統の機能が不全であると、プロジェクト効果の発現が困難となるおそれがあるため、適切な範囲の対策を考慮する方針とする(第 3 章 3-2-1-1 参照)。

図3-16
ファイサラバード市 ジャン用水路系
新規水源・施設水位高低図



②WASA 提案内容の検討

WASA は既存配水システム改善方法について独自に検討し、第二次調査時点調査団に対し、複数の提案（資料 5-2「Technical Note」参照）があったので、同案を中心に検討した。その結果、候補路線の中で、改善の主対象である東部地区で効果がある路線は次の通りである。（詳細は資料 8-14 に示す。）

- a. WASA 提案の第 1 路線（節点 5 とジャル・カヌアナ浄水場地点の節点 46 の連絡路線、3.5km）
- b. 第 1 路線の延長、第 4 路線（節点 46 と節点 70 の連絡路線 2.5km）

以上の 2 路線の敷設により、幹線の東部末端区域で $1.2\text{kg/cm}^2 \sim 1.5\text{kg/cm}^2$ の給水圧を確保する。

③本基本設計調査は、第一次と第二次において、計画施設と既存配水システムとの関連を検討するため、次のような調査を実施した。調査結果はそれぞれ資料に示す。

- a. チェナブ水源取水量と給水量 資料 8-12
- b. T/R 配水ポンプ運転状況 資料 8-13
- c. 既存配水幹線網の状況 資料 8-13
 - * 幹線水圧分布
 - * 幹線流量分布
 - * 幹線網の検討
- d. 既存配水管分布状況 資料 8-13
- e. 既存貯留能力 資料 8-13

3-2-2-4 運営・維持管理機材計画

(1) 要請内容の検討と調達計画

本プロジェクトに係る WASA 要請には、プロジェクト完成後 WASA による施設運営・維持管理に必要な維持管理機材調達の要望が含まれ、第二次調査において、先方が要望する機材の種類・仕様等について協議・調査した結果は次の通りである。

1)水位測定器

本プロジェクト水源計画地周辺の農村では農業用井戸を多用し、プロジェクト実施により地域の

地下水位が低下し、影響を受けることを懸念しているため、WASA は操業開始後、生産井および観測井の日常の水位測定を実施し、水位変動を監視するモニタリング計画を予定する。同計画を支援するため、井戸の水位測定器として、携帯型の深度メータ付水位測定器を調達する。必要台数としては、2 井に 1 台を常備するものとして、23 井 x 1/2= 12 台を調達する。

2)水質試験機器

本プロジェクト水源地は水質劣化地域に接近するので、定期的に生産井の詳細な水質モニタリングが必須であり、また周辺地下水の水質変動も監視する必要がある。WASA には公式の水質試験所が附属しているが、従来既存水源井戸の定期試験と一般からの試験依頼に対応するものとして、旧式の目視による比色式試験器が 1 台あるだけであり、本プロジェクトにおける水質モニタリングに対応するため、試験器を 1 台追加する必要がある。追加試験器は、現有機材より高い試験精度が要求されるが、現在の試験所スタッフが十分対応できる機種として分光光度式試験器が適切である。また、試験所の詳細試験以外に、現場において広域・多数のサンプルを迅速に判定するため、水質の判定基準となっている TDS と EC の標準項目についての携帯用簡易機材を 2 台ずつ装備することが適切である。

3)配水システム監視機材

本調査の結果、既存の配水システムの改善をはかる補強計画を策定したが、新規施設の導入により水量が増大すると、刻々変化する需要に対応し、9 台の既存・新設ポンプ運転調整・ポンプおよび配水管のバルブ操作などの適切な設定が必要となる。これら機器の適切な調節のためには、既存配水網における流量・圧力等の測定が必要となるので、適切な計器として、携帯型の超音波流量計と自記録圧力計を調達する方針とする。なお、今後の維持管理上の課題の一つである漏水については、操作が複雑な探知機は測定と判定に熟練を要するので、単純な音聴棒による調査を行なう計画とする。

4) 施設運転管理のための連絡・通信機

WASA の給水事業は、先行フェーズ I 事業と本事業で建設する施設を同時に総合運転しながら実施することになる。これらの施設は東西約 15km、南北 30km の広域に拡散配置され、特に水源井戸は最大 40 井ほどを同時運転することになり、最終配水池からの市内配水状況をとあわせ、本部による総合的な運転監視・管理が必要である。現有施設は無線による有聲連絡に依存しており、WASA ではデータ管理を含むテレメータシステムを希望しているが、井戸本数が多いため、規模が過大となる傾向があるので、本プロジェクトでも従来と同様な音声による連絡システムを採用することが適切と判断される。

対象機器を次表に示す。

ととする。

試薬は、パキスタン国内でも入手が可能である。分光光度計は、メーカーにより試薬が異なるが、日本製の計器でも現地に代理店を有し、入手が可能な製品を選定する。現在試験所所属の専門員は、この機種にも経験があり、対応が容易であることも選定の理由となっている。

2)配水システム監視機材

本調査において、調査団は既存の配水システム状況を把握するため、第一次、第二次調査において自記録式圧力計を使用して配水幹線の水圧分布を、また第二次では超音波流量計により、配水幹線の流量測定を実施した。同調査はいずれも WASA 技術者の支援を得て実施した。

本プロジェクトにより給水量が増大した場合も需給状況の変化に応じて施設の運転を管理する必要がある。その状況をチェックするために配水幹線の水圧・流量変化を適宜モニタリングすることが適切な運営・維持管理の要となるので、調査団が利用した機器と同種の圧力・流量測定器を常備することが望ましい。

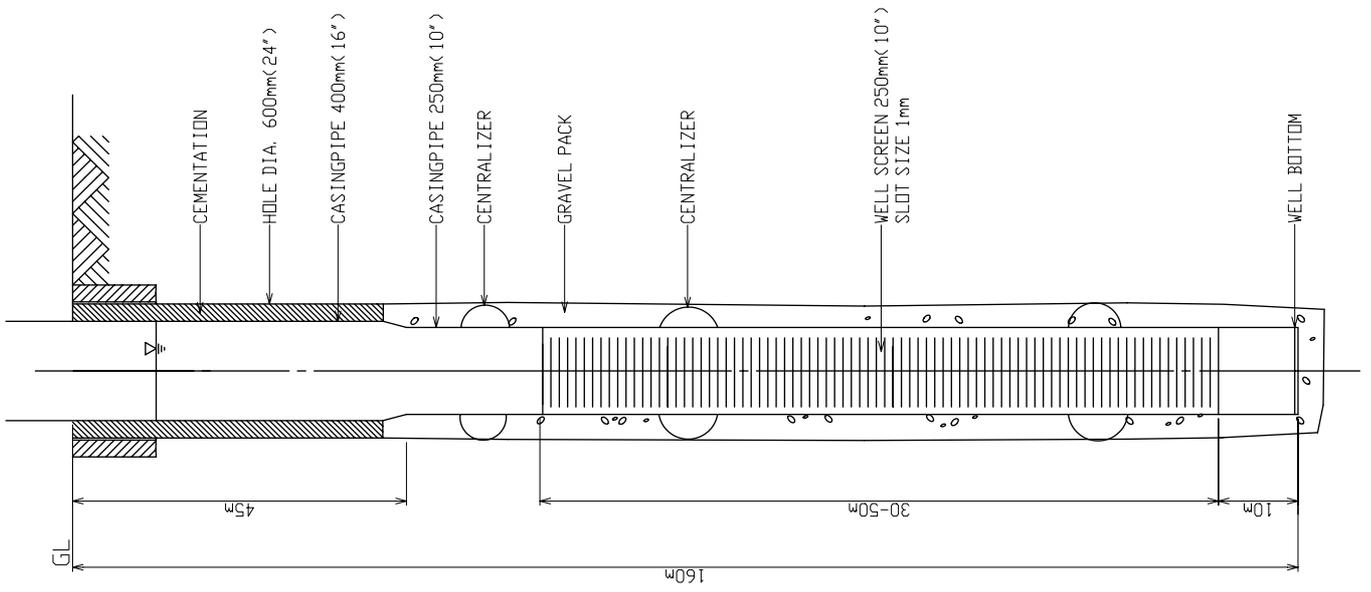
これら機器の操作については、第一次の市内配水管増強計画からコンサルタントが直接 WASA の技術要員を指導し、測定とデータ管理が適切に行われ、プロジェクト効果の判定にも効果が得られるよう配慮する。

これら測定器は、パ国では製作されていないため、日本ないしは第三国製品を採用することとなる。機材本体は強い衝撃を与えたり、粗雑な取り扱いをしないかぎり、容易に故障するものではないが、故障が起きた場合は、主要部品の電子基盤やセンサーはメーカーによる交換が必要となる。消耗品としては、自記録圧力計のみ、メーカー販売の用紙とペンの補充が必要となるが、購入は容易である。流量計はデータをメモリーからコンピュータ出力が可能である。

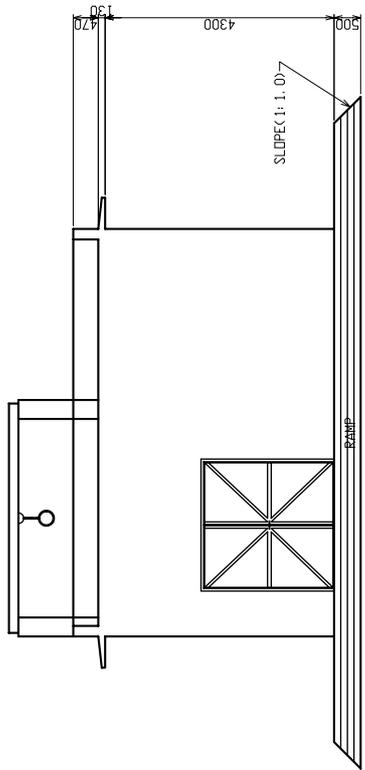
3-2-3 基本設計図

次頁に基本設計図を示す。

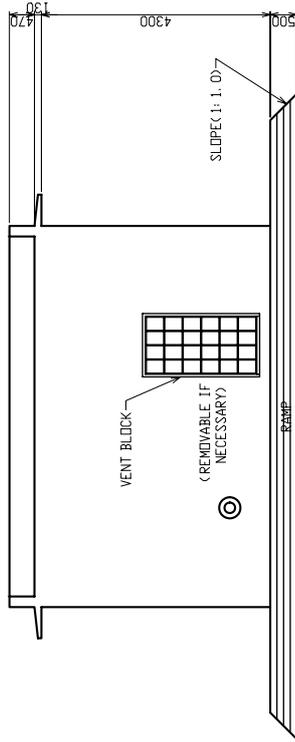
基本設計図



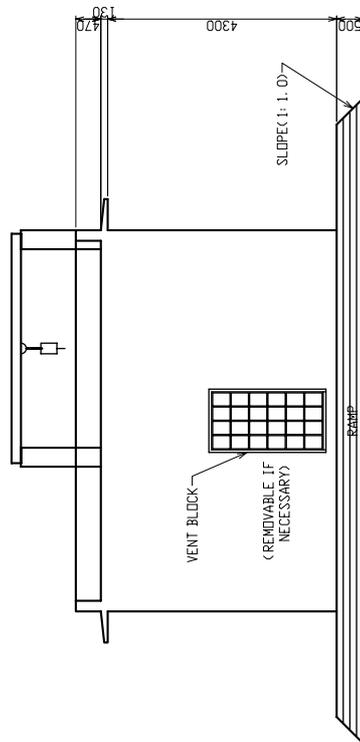
○	WATER AND SANITATION AGENCY (WASA)
○	FDA, FATSALABAD
○	THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
○	IN FATSALABAD
○	井戸ポンプ場
○	深井戸
○	深井戸構造図
SAI JAPAN TECHNO	



PUMPHOUSE
(ELEVATION-1)



PUMPHOUSE
(ELEVATION-2)

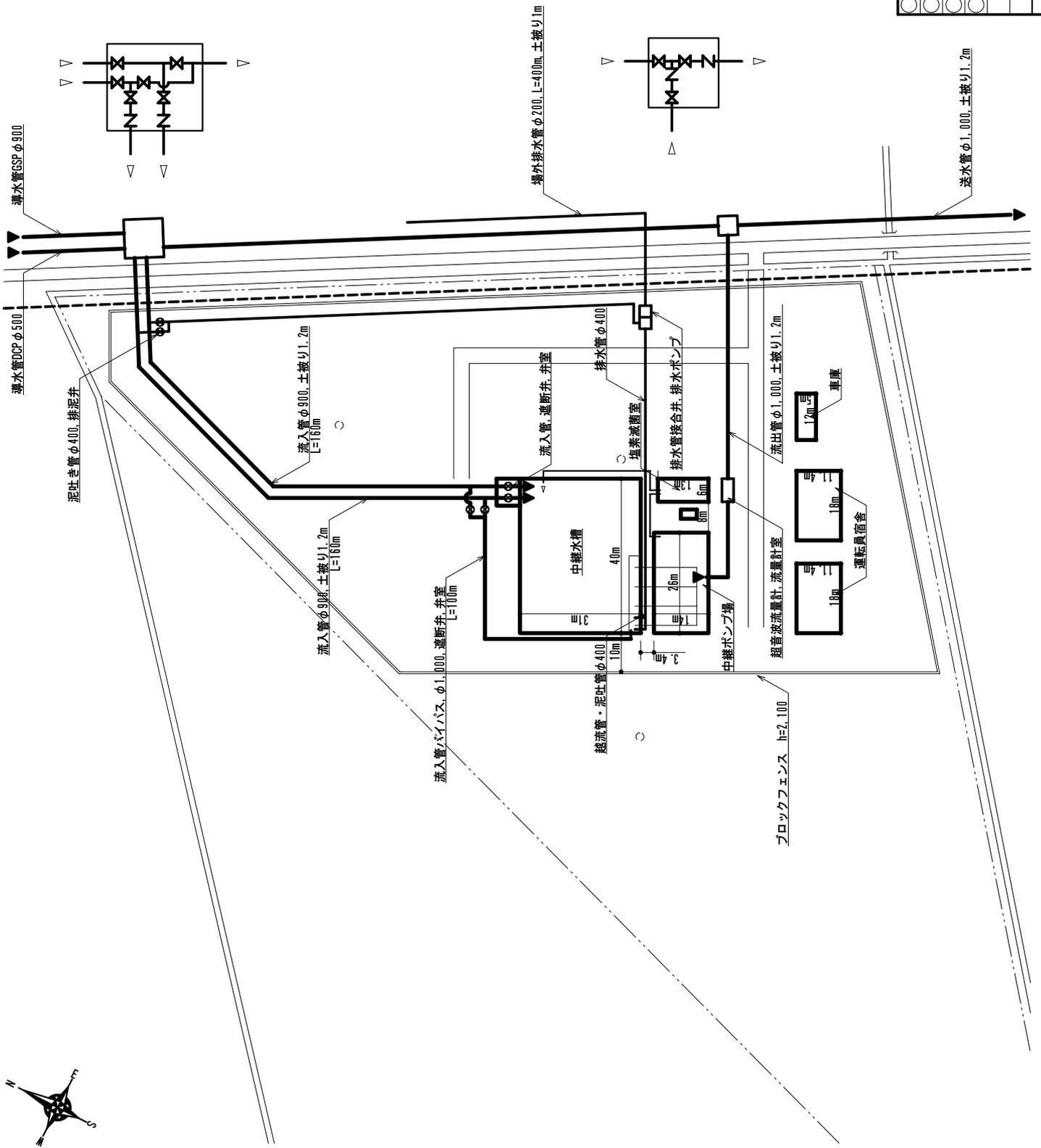
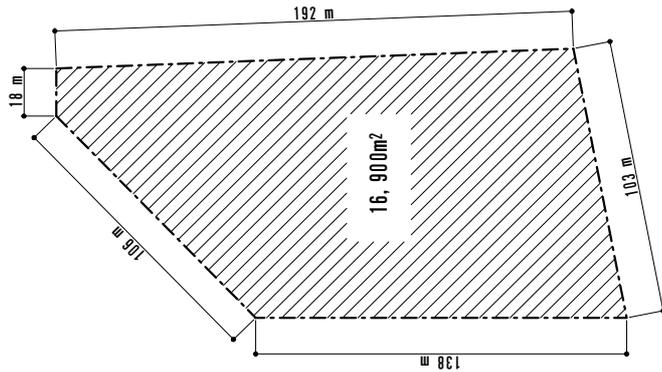


PUMPHOUSE
(ELEVATION-3)

○	WATER AND SANITATION AGENCY (WASA)
○	FDA, FATSALABAD
○	THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
○	IN FATSALABAD
○	井戸ポンプ場
○	井戸ポンプ室
○	立面図
SAI JAPAN TECHNO	



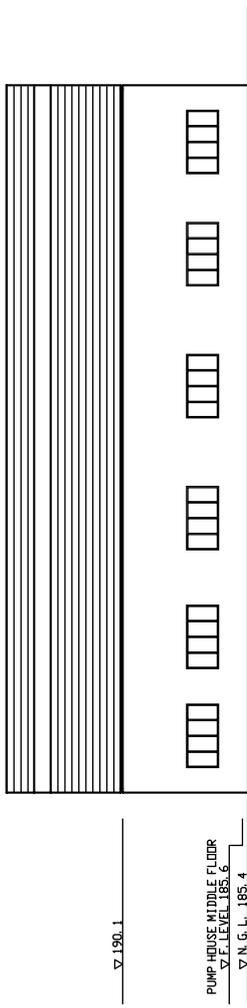
凡例	
○	マンホール
□	新設施設
—	新設配管
- - -	既存配管



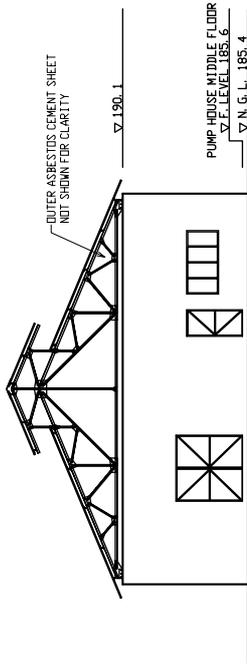
WATER AND SANITATION AGENCY, F.O.A. FAISALABAD THE ISLAMIC REPUBLIC OF PAKISTAN	
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN FAISALABAD	
○	中継ポンプ場
○	施設配置計画図
○	
○	



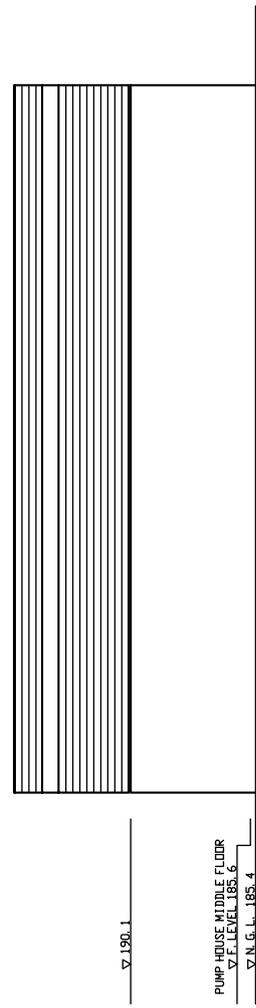
JAPAN TECHNO



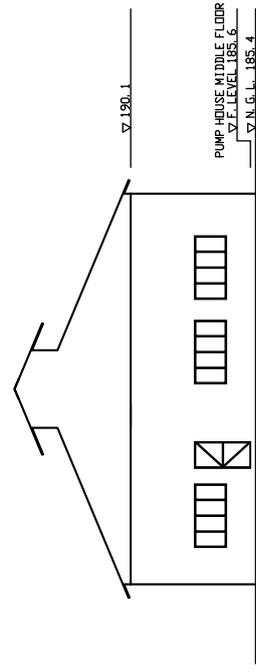
ELEVATION-1



ELEVATION-2

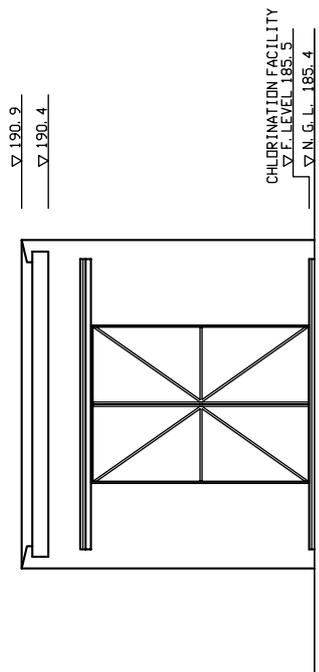


ELEVATION-3

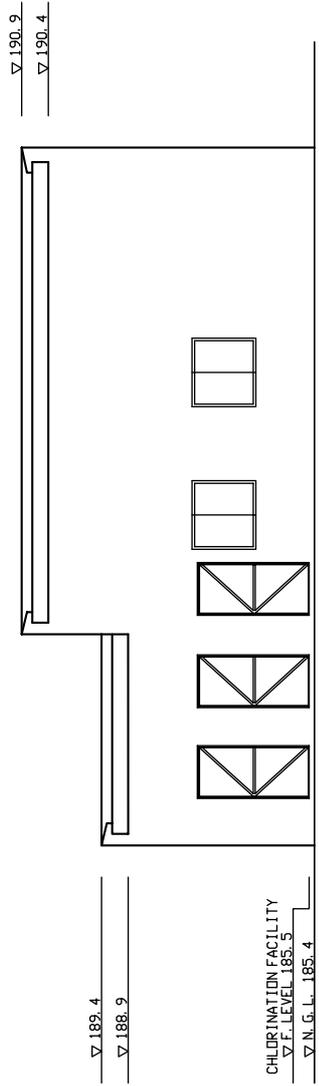


ELEVATION-4

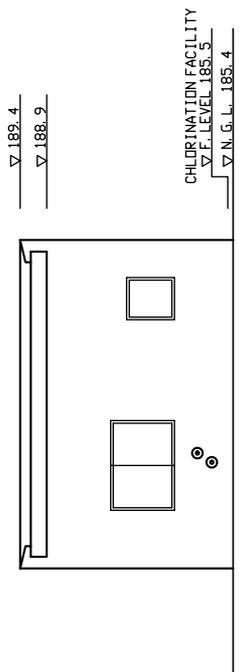
○	WATER AND SANITATION AGENCY (WASA)
○	FDN. FATSALABAD
○	THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
○	IN FATSALABAD
○	中継ポンプ場
○	送水ポンプ場
○	立面図
JAPAN TECHNIO	



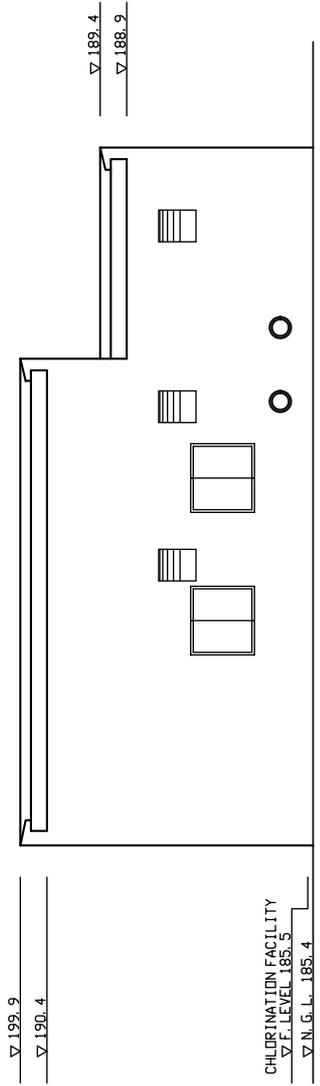
ELEVATION-2



ELEVATION-1

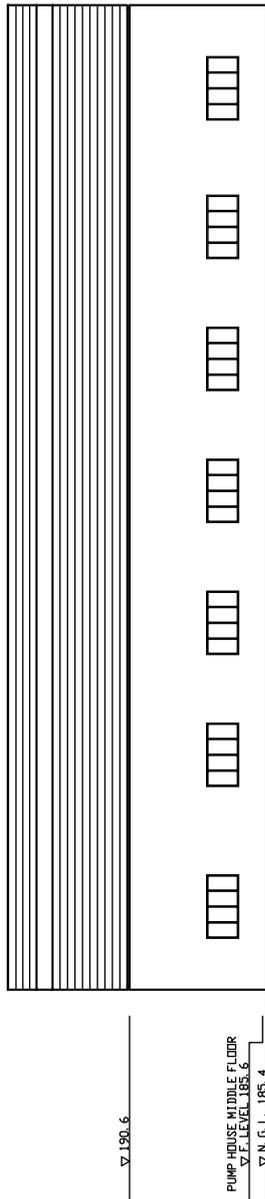


ELEVATION-4

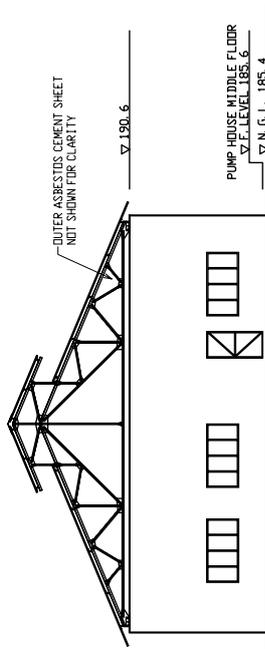


ELEVATION-3

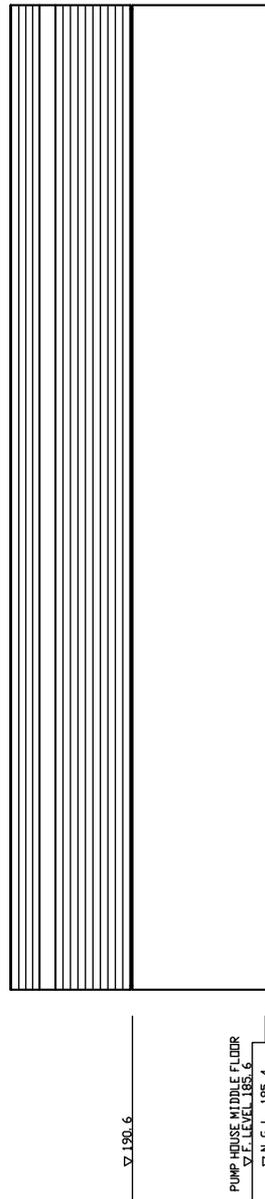
○	WATER AND SANITATION AGENCY (WASA)
○	FDN. FAISALABAD
○	THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
○	IN FAISALABAD
○	中継ポンプ場
○	塩素注入機室
○	立面図
SAI JAPAN TECHNO	



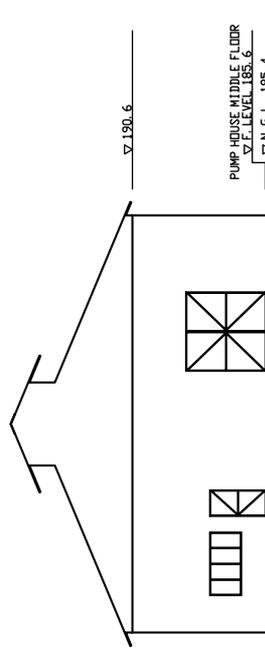
ELEVATION-1



ELEVATION-2

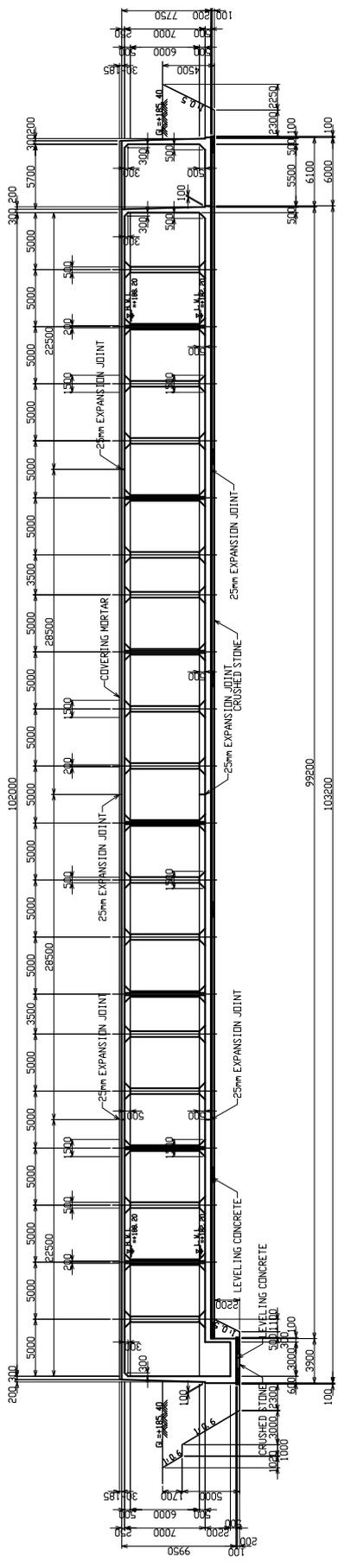


ELEVATION-3

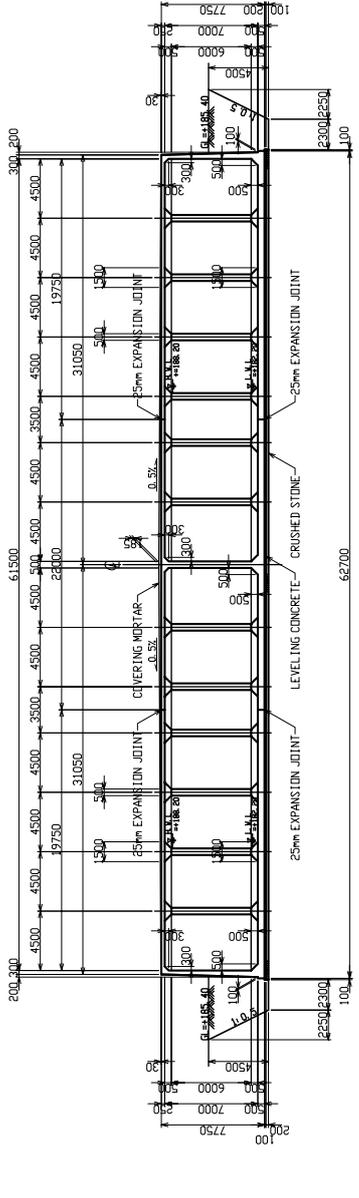


ELEVATION-4

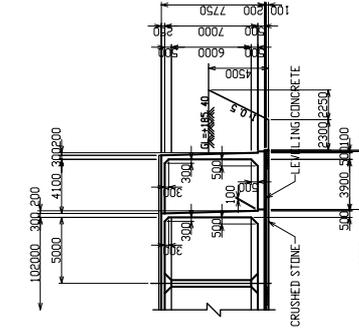
○	WATER AND SANITATION AGENCY (WASA)
○	FDN, FATSALABAD
○	THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
○	IN FATSALABAD
○	最終配水池
○	配水ポンプ場
	立面図
SAI JAPAN TECHNO	



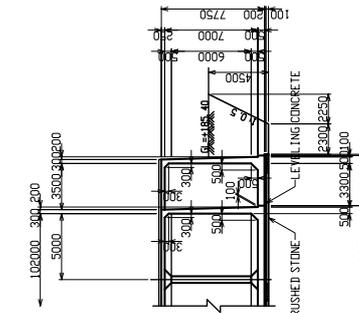
NEW TERMINAL RESERVOIR
(SECTION A-A)
S=1:400



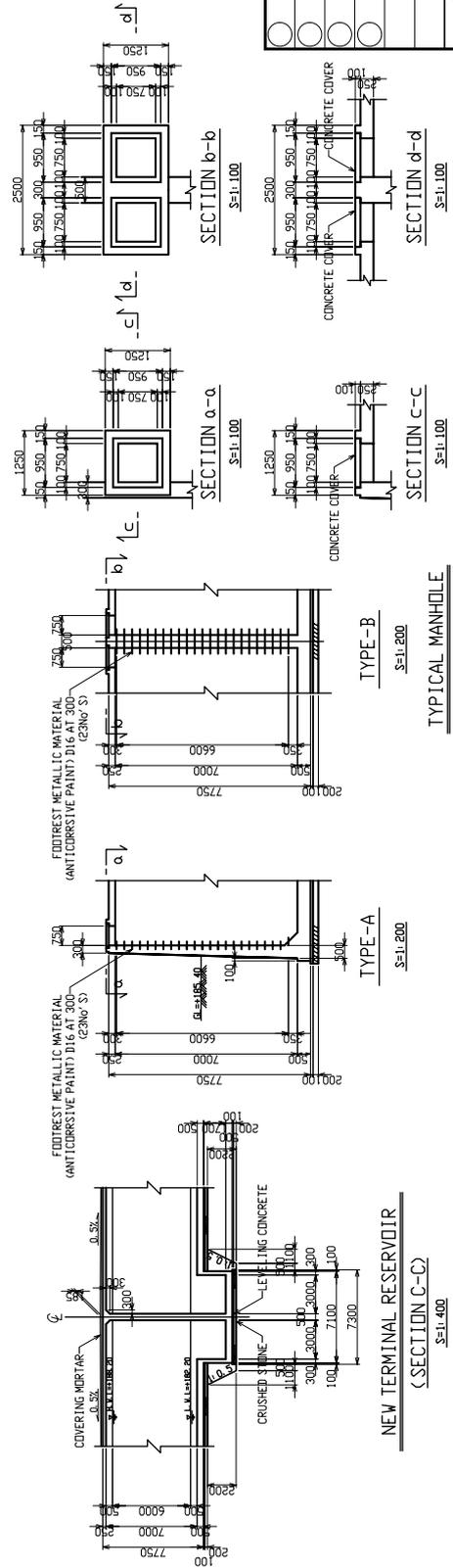
NEW TERMINAL RESERVOIR
(SECTION B-B)
S=1:400



NEW TERMINAL RESERVOIR
(SECTION D-D)
S=1:400



NEW TERMINAL RESERVOIR
(SECTION E-E)
S=1:400



TYPICAL FOOTREST METALLIC MATERIAL
S=1:100

WATER AND SANITATION AGENCY (WASA) PDA-FATSALABAD THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN FATSALABAD	
最終配水池 配水池 : 36, 000m ³ 断面図	
JAPAN TECHN	

3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工／調達方針

本プロジェクトは、我が国の無償資金協力により、「パ」国パンジャブ州ファイサラバード市の給水施設整備を目的とする。その施工計画にあたっては、無償資金協力制度に基づき、適切な事業実施体制を設定したうえで、所期のプロジェクト効果を得るため工程、品質、安全管理、環境対策を徹底し、プロジェクトの目的を達成する方針とする。図 3-17 に、想定される本プロジェクトの事業実施体制の枠組みを示す。

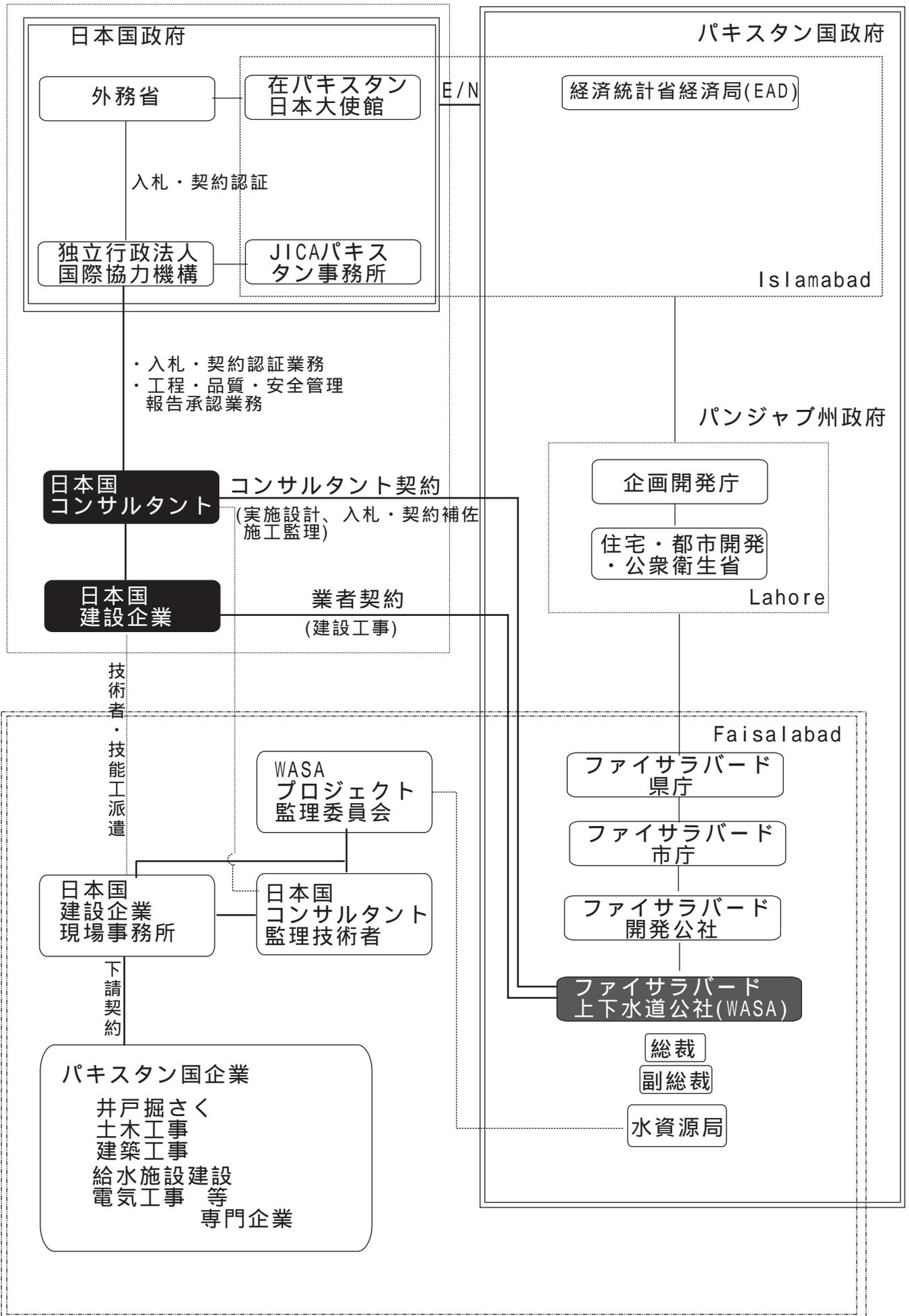
本プロジェクトは我が国無償資金協力事業として実施され、日本国コンサルタントの施工監理のもとで、日本国企業を主契約者として建設工事を実施する。実施機関 WASA の先行事業である ADB 支援水道整備計画フェーズ I は、国際機関の調達方法として、資機材と建設工事を大きく分割したのち、さらにそれらを施設毎に細分化し、それぞれ国際入札により調達した。一方、本プロジェクトでは全体計画を水源補強工事本体と市内既存配水系統補強計画に二分割し、それぞれ入札が行われるものの、各期に建設を予定するそれぞれの施設は、日本企業が資機材調達と建設工事を一括して請負い、一貫した責任施工を行う形態であるので、均質で整合性のあるシステムを完成することが期待できる。

ADB 事業では、主要資機材の管材やポンプ機器は主として日本から調達され、一方建設工事自体は複数のパキスタン国内有力建設企業が請け負った。計画対象地域のファイサラバード市内にも ADB 事業に参画した建設業者が現存し、また最近同市と高速道路で結ばれ短時間でアクセス可能となった州都ラホール、またイスラマバード・ラウルビンジ首都圏には大型建設工事に従事する専門企業が多数存在するので、主契約者である日本企業はこれらの有力企業と契約を結び、地元能力の積極的活用をはかり、円滑かつ迅速な施工を計画することが推奨される。

施工対象である給水施設は、大きく分けて、(1)ファイサラバード市から 13km 北部を貫流するジャン用水路線の水源施設と同地における中継ポンプ場建設工事、(2)中継ポンプ場から市域の最終配水ポンプ場までバワ道路沿いの口径 1,000mm 送水管 13km 布設工事、(3)最終配水ポンプ場での新規配水槽と配水ポンプ場建設工事、(4)市内配水管補強工事、となる。いずれの施設も大型機器・管材を使用する大規模計画であり、施工には専門的知識・経験・熟練を要する。したがって、業者選定にあたっては、入札公告に対し参画意思を表明した日本国企業を対象として、技術力・経験、財政状況に係る資格審査を先行する。審査における適格条件の一つとして、類似の内容・規模の給水施設建設に係る日本国の公的認可を受けている業者が対象となる。入札は同審査で適格と認められた企業を対象として実施する。

入札で決定した企業は、品質・工程・安全管理・環境対策について、それぞれ詳細な計画書を作成し、コンサルタントの審査を受け、その監理のもとで計画を実践する。

図 3-17 事業実施体制



本プロジェクトの施工に対し、実施機関の WASA では、現存システム主要施設の運営・維持管理を担当する水資源局のスタッフを中心とし、他の関連部局から代表・専門技術者が随時参加する施工監理委員会を組織して対応する方針である。WASA 水資源局は水理地質および給水施設関連専門技術者を擁し、局長以下、多数のスタッフが ADB フェーズ I 事業の施工監理および完成施設の運営・維持管理に従事してきているので、本プロジェクトの施工期間中、品質・工程管理について実際的な技術対応と専門的な助言を提供できる体制が構成される。

日本国コンサルタントは、施工期間中、実施機関と日本国業者両者の調整をはかりつつ、施工監理を効果的に推進する役割を担う。

3-2-4-2 施工上の留意事項

(1) 水源井戸掘さく工事

井戸掘さく工事は、ファイサラバード自体のほか、ラホール、ラワルピンジ、イスラマバード等、近郊都市に多数存在する地元専門企業を下請として起用する。本プロジェクトの深井戸構造はパンジャブ州一帯の水理地質特性に対応するもので、州都ラホールの上水道でも同様な深井戸水源がすでに 200 本以上も建設されてきたことから、地元専門企業は類似の掘さく工事の経験、知見を豊富に有し、所有する機材も地域条件に対応する種類が装備されている。

しかしながら、井戸スクリーン位置は通常貫通した地層地質の判定だけで決められており、孔内検層は実施されていない。客観性をたかめ、最適なスクリーン位置決定のために、本プロジェクトでは掘さく工事の仕様に検層を含む方針とする。これにより井戸の効率をたかめることが可能である。

本プロジェクトは、調査段階から WASA 生産井による周辺の農業井戸に対する影響が社会問題となり、井戸揚水による地下水の水位降下が焦点となってきた。本調査では、試験井の帯水層試験結果により、その影響範囲を最小にとどめる揚水量と井戸間隔を設定したが、水理計算は様々な仮定を前提としているため、広範囲におよぶ水源地の最終的な効果については不明の部分がある。そのため、全井が完成したのちに、試運転時全井(23 井)の同時一斉揚水試験を実施し、水位降下について最終確認することとする。

(2)配管工事

1)用水路横断

本プロジェクトの大口径導水管および送水管はそれぞれ 1 カ所、ジャン用水路から分水するナスラナ分水路を横断する。先行事業の ADB フェーズ I の送水管はジャン用水路を 1 カ所、ナスラナ分水路を 1 カ所横断しているが、施工は冬期 1 カ月(例年 1 月)、水路を所管する灌漑省が水路の維持管理のため配水を中断し、水路の水が引いた時期に横断部を開削し、伏せ越し施工を

実施した。水路の運営状況は当時と同様であり、本プロジェクトでも先行事業と同様に横断部は伏せ越し配管を計画する。その時期と方法については、灌漑省に計画書を提出し、承認を受ける必要がある。埋め戻し後の水路復旧については、灌漑省の指示に従い、護岸補強工事など必要な補修作業を行う。

2)市場地域の管路布設

本プロジェクトの口径 1,000mm 送水管は、先行事業の既存送水管が埋設されている公道バワ道路沿いに布設される計画である。バワ道路は、中継ポンプ場を過ぎるとまもなく村落 Chak No. 49 の市場地域に入り、1km ほど雑多な店舗が続く地域を通過し、さらにその先に Chak. No. 50 の市場地域が 1km ほど続く。これらの地域における送水管布設工事は、関連村落自治体と実際に影響を受ける個人商店主の理解と了承を得た上で実施することになるが、住民の生活上の不便・不都合を可能なかぎり軽減する施工方法を計画し、短期に施工を完了する必要がある。施工に先立ち、日本側は実施機関と共同で、関連村落における住民集会を開催し、施工内容と工程を住民に十分説明し、了解を得るとともに、施工前および施工中、進行状況について住民への広報を徹底する。

バワ道路は、対象地区村落とファイサラバード市を結ぶバス路線となっており、朝夕の発着頻度が高い。また村落内の老幼者の通行も頻繁であるので、道路掘削と管理設工事に伴う危険防止対策を十分に考慮しなければならない。

3)市内配水管路補強工事

第 1 期で実施する既存配水管補強工事は、市内の繁華街地区を対象として、800~700mm の大口径を約 6km 埋設し、既存配水幹線 3 カ所で接続する計画であり、予定管路は交差点の通過だけでなく市域を東部と西部に分断する鉄道線路横断が 2 カ所(そのうち 1 カ所は引き込み線)あり、きわめて施工難度が高いことが予想される。実施詳細は関連官庁、諸機関との協議を含め、詳細調査時点で策定することになるが、次のような事項に特に留意することとする。

①埋設物調査

最終決定配管ルートに沿って、電気、電話、給水管、下水、都市ガスなどが埋設されているので、関連機関からの情報や図面をもとに、各施設の推定埋設位置図を作成する。埋設物のうち、管路の障害となると予想されるものについては、関連機関と協議して対策を考慮する。

②路線における店舗・家屋・駐車場配置

管路施工に伴い、出入り口閉鎖等の影響を及ぼす可能性がある建築物について調査する。

③歩道や地表排水路等排水系統の現状を調査し、施工に伴う仮設の必要性、復旧方法の検討を行

う。

④既存管接続箇所

既存管との接続は、パ国では鑄鉄管の不断水工法は可能でないため、既存幹線に付属する仕切り弁の操作により接続部を遮断し、排水したのち作業を行うことになる。現在の WASA 時間給水のスケジュールを避けるためには、夜間作業が中心となる。本調査で幹線に付属する一部の既存バルブの作動状況を調べた結果、開閉はスムーズであった。詳細調査では最適な接続箇所を特定し、関連するバルブの開閉状況と排水方法について検討する。

⑤鉄道線路横断

市内は鉄道線路により二分され、計画する補強管路は鉄道横断が 2 カ所ある。そのうち 1 カ所は引き込み線なので利用される頻度は高くないが、他の 1 カ所は列車の運行路線である。施工に際し、列車運行を阻害しないためには、推進工法を採用する必要がある。その場合、鑄鉄管の推進工法は、パ国では対応できない専用の特別機材が必要となるが、コンクリート管の推進工法は国内で施工実績があるので、本プロジェクトでは後者を採用し、コンクリート管を設置したのち、内部に鑄鉄管を布設する工法で対応する方針とする。

4)コンクリート構造物

本プロジェクトの主要構造物は鉄筋コンクリート製を計画するが、市内および周辺にはコンクリート製造プラントが存在しないため、業者が工事用の仮設プラントを設営して、対応することとなる。先行事業のコンクリート工事は英国の BS 基準に基づき施工されたが、最終配水池(T/R)の既設 46,000m³の配水槽は現在水槽基礎部分四周から漏水している状況が認められる。本プロジェクトでは JIS 基準に基づき品質試験と検査を厳密に行い、構造物のコンクリート品質を確保する方針とする。

ファイサラバード地区は、夏季には日中温度が 48℃にもあがるため、打設時間の短縮、散水、防護覆いの準備など適切な対策を実施する必要がある。

3-2-4-3 施工区分

本プロジェクトにおける我が国と「パ」国の施工負担区分について、主要給水施設は前者の無償資金協力により建設され、後者は動力源設備、その他付帯設備工を担当する。計画施設ごとに両者区分を次表に示す。

表 3-24 施工区分

	日本側	パ側
(1)水源・取水施設	深井戸／ポンプ室 25 基	a. 用地取得 b. 整地作業 c. 一次側動力設備（400V 変圧器設備、室内積算電力計まで）25 基分 d. アクセス・連絡道路（簡易舗装 5m x 約 15km） e. ポンプ室フェンス
(2)導水施設	導水管 400～900mm x15.6km	a. 用地取得 b. 整地作業
(3)送水施設	a. 中継ブースターポンプ場 *中継ブースターポンプ場 1 棟 （ポンプ設備、塩素滅菌器、二次側動力・制御設備） *ポンプ井 *管理棟・宿舍棟 各 1 棟 b. 送水管 口径 1,000mm x13 km	a. 用地取得 b. 整地作業 c. 一次側高圧動力設備(11kV 高圧線引き込み、場内主電力計まで、建設仮設施設に対する一次側引込含む) e. 場内道路 f. 敷地フェンス囲い g. ポンプ場内、宿舍内家具・備品
(4)配水施設	a. 最終配水槽 1 池 b. 最終配水ポンプ場 1 棟 （ポンプ設備、二次側動力・制御設備・自家発電装置）	a. 一次側高圧動力設備(11kV 高圧線引き込み、場内主電力計まで) 建設作業所・資材置場等用地提供。
(5)配水管補強	補強配水管、口径 700－800mm x 6 km	建設作業所、資材置場等用地提供。仮設施設への一次側電気・給水引込。
(6)資機材調達	水質試験器、通信機器、漏水探知機	
(7)施工監理業務	コンサルタント監理要員	

上表において、「パ」側範囲の各施設建設に係る用地取得については、深井戸 25 基および中継ポンプ場サイトは公有地を予定し、最終配水施設は既存 T/R 敷地内に建設する。後者については、WASA 用地内であり、費用計上の必要がないが、これから用地を正式に確保する前二者については所管官庁・機関が異なり、最終的な用地委譲については取得に係る費用計上が必要となる。

水源地におけるアクセス建設について、WASA は公有地と隣接する私有地を一部購入して 5m 幅程度の簡易舗装道路を建設する計画である。

送水管ルートでは、管自体は公有地である路肩に埋設する計画であるが、付帯施設である空気弁室や排水弁室等の建設には、道路脇の農地の購入が必要となる。

「パ」側施工範囲の一次側電力供給設備としては、水源施設の場合、ADB の既存井戸水源同様、高圧 11KV を、各ポンプ棟に入る前に、変圧器(200KVA)により 400V へ降圧し、ポンプ室内の受電盤に接続する。日本側は室内ポンプ操作盤を含む二次側を施工範囲とする。一方、「パ」側は 2 カ所の新設ポンプ場に対する電力設備として、同様に 11KV の一次側電力供給を負担する。これらポンプ場の電動機は電圧が 3.3KVA、変圧器容量は 1,000KVA 以上となるが、パキスタン水電力公社(WAPDA)の対応可能範囲は 500KVA 以下に制限されているため、受電盤以降の降圧変圧器は日本側が設備を担当する。一次側電力は、最終配水ポンプ場がファイサラバード市内の WAPDA ファイサラバード変電所から、ジャン用水路サイトに対しては約 15km 北部のチェナブ川沿岸チニオト市の WAPDA チニオト変電所から、それぞれ供給される予定である。両機関とも全国送電網に組み込まれており、供給能力に問題はない。

3-2-4-4 施工監理計画

本プロジェクトは、我が国の無償資金協力事業として実施され、実施設計ならびに施工監理を日本国企業のコンサルタントが担当する。同コンサルタントの主要業務内容を次に示す。

- | | |
|-----------|---|
| (1) 施工前段階 | 実施設計
入札図書の作成
入札業務代行
入札結果評価
契約業務補佐 |
| (2) 施工段階 | 施工監理
検査業務
操業指導
報告業務 (WASA および JICA) |

両国政府により、事業実施に係る交換公文が署名されたのち、日本国コンサルタントは実施機関である WASA とコンサルタント契約を結び、実施設計と施工監理を行う。

コンサルタントは、水理地質、給水施設、土木工事、電気工事等に係る専門技術者を派遣し、実施機関である WASA をはじめ、県庁、市庁、あるいは監督官庁等、「パ」国関連諸機関との整

合・調整を図りながら、建設工事の品質・工程監理を実施する。

本事業の建設工事は、大規模建設工事が連続して進行し、常時の技術的対応が必要であるため、給水と土木専門技術者を常駐者として配置する。その他の技術者はスポットで短期派遣とする。さらに本プロジェクトの工事内容、規模、また対象地区であるファイサラバード市や周辺村落に対応し、効果的に施工監理を推進するためには、現地コンサルタントを日本人コンサルタントの補佐として起用することが必要である。特にパンジャブ州はパンジャブ語(パンジャビー)が主要言語であるので、関係官庁、都市、村落における住民との対応に、現地コンサルタントの参画は効果を発揮すると想定される。

3-2-4-5 資機材調達計画

(1) 深井戸水源施設に係る資機材

ファイサラバード市が位置するパンジャブ州は、州都ラホールの水道がインダス川 4 大支流のひとつであるラビ川氾濫原における深井戸水源に依存しており、水源井約 200 本を所有していることに象徴されるように、地下水開発が盛んであり、それに関する専門企業が輩出した。掘さく工法もパンジャブ州を構成する氾濫原堆積層における地下水開発の特殊性に適するリバーズ・ロータリー工法を採用し、機材自体も地元で開発・加工したものがほとんどである。本プロジェクトでも、これら地元の伝統的開発手法を採用し、資材もステンレス・スチール製のスクリーン以外はすべて地元調達とする。

次表に主要な資材調達リストを示す。

表 3-25 深井戸水源施設に関する資機材調達リスト

調達品名	調達国			注記
	パキスタン	日本	第三国	
井戸ケーシング	○			国産スパイラル鋼管
井戸スクリーン		○	○	ステンレス巻線型
充填砂利	○			
井戸ポンプ	○			ボアホールポンプ

井戸ポンプは、ファイサラバード周辺だけでなく、パンジャブ州一帯の地下水貯存状態に適し、広く州全体に普及しているボアホール型とする。井戸ポンプとしては、国際的に水中モーターポンプが主流となったが、地下水の地域的特性により当該地域ではボアホールが主体であり、パ国ポンプ・メーカーの主力製品となっている。一方、井戸スクリーンは、ADBでも採用されたステンレス製巻線型スクリーンを採用する。同製品はスリット型の他スクリーンと比較すると集水面積は 3 倍以上となり、取水効率が格段に優れているので、水位降下を抑える効果がある。地

元製品の主力は、国産のグラス製縦溝加工スリット型スクリーンであり、安価であるが、巻線型と比較すると集水面積が小さい。近年は国産グラス・ファイバー製のケーシング、スクリーンが多用されているが、同スクリーンはスリット加工で、集水面積はグラス製と同水準にある。ケーシングパイプは、国産のスパイラル鋼管を採用する。同鋼管については、次項の管材で詳細を記述する。

(2) 導水・送水・配水管材

施設計画で採用管種について検討した結果、本プロジェクトでは品質・価格・施工性等の条件から、ダクタイル鋳鉄管およびパキスタン製スパイラル鋼管の 2 種類を採用する。前者は国産品がないので、海外からの輸入となる。国際的に鋳鉄管の一級品は日本とフランスのメーカー製品とされており、先行事業の ADB フェーズ I では、導水・送水・配水管すべてに日本製ダクタイル鋳鉄管(ISO 規格準拠製品) が採用され、本調査で 1992 年に完成した配水幹線の一部を掘さくして確認した結果、保存状況はきわめて良好であった。

しかしながら、近年は中国、台湾、韓国等アジア諸国の製品が国際市場にも進出している。(ただし、韓国は鋼管供給ではシェアが高いが、鋳鉄管分野では逆に国内に中国製の攻勢が強まっている傾向が見られ、国際市場では近年勢いが無い。一方、中国では大小含めメーカーは 10 数社に達している。) これら後発製品は、日本製等と比較すると安価である反面、製品の品質管理面で、ゴム輪接続部の水密性、異型管類の調達に不備があるケースが報告されている。本プロジェクトではコスト面も重視することから、日本製品に限定せず、中国製品等を使用する方針であるが、ISO 基準の大口径管製造の実績にも留意し、施工中・施工後の管路保守について問題がおきないように、審査を厳密に行う方針とする。

一方、パキスタンにおけるスパイラル鋼管は国内ガス業界からのガス輸送、配給にともなう需要に対応し、30 年前頃から国産がはじまり、実績を蓄積した結果、品質的にも安定した。近年は世銀支援のカラチ水道事業にも採用されるなど、上下水道、灌漑関連での採用も増加している。調査結果では大手の業者は 3 社ほどで、素材の鋼板コイルは国産のほか、日本・韓国等からも輸入されている。

鋼管加工プロセス、品質管理について、各メーカーは ISO、API、AWWA 等の認定を受けた国際規格品を製造する。それゆえ、管材強度等機械的な品質の不備はないと想定されるが、本プロジェクトで水道管として採用する場合、製品としての内外面の防食塗装および現場溶接作業に伴う溶接部の二次的塗装が焦点となるので、メーカーを確認した結果を次表に示す。

表 3-26 パキスタン製鋼管内外防食塗装比較

	工場製品	現場溶接部二次塗装	適用規格
内装	①エポキシ塗料エア・スプレー 塗装、平均 500 ミクロン厚	①エポキシ塗料はけ、こて、ローラー等による塗装	AWWA
	②モルタル・ライニング 最小厚 19mm	②ライニング補修	AWWA, BS
外装	①3層ポリエチレン押し出し塗装 3mm	①同左	AWWA, DIN
	②ファイバーグラス樹脂被覆	②同左	AWWA
	③アスファルト塗覆装 最小厚 5mm	③同左	AWWA

日本では、外装について従来主流であったアスファルト塗覆装鋼管が平成 14 年からすべてポリエチレン被覆を含むプラスチック被覆管に変わり、内装についてもエポキシ塗装が主流となりつつあることから、本プロジェクトでは上表のうちから内外装に日本規格に準じる防食処理を行う仕様を選択する。

一方、これら国産メーカーは、直管のみの製造で異型管は製造しないため、異型管は日本を含む海外からの輸入品となる。その場合塗装基準は直管と同仕様とする。

以上の考察により、本プロジェクトの管材調達リストは次の通りとする。

表 3-27 管材調達リスト

調達品名	調達国			注記
	パキスタン	日本	第三国	
スパイラル鋼管	○			内装：エポキシ塗装 外装：プラスチック被覆
ダクタイル鋳鉄管		○	○	
異型管		○	○	鋼管・鋳鉄管用

(3)土木資材

主要資材のセメント、骨材、鉄筋、型枠材等はすべてパキスタン国内調達とする。ファイサラバード市には生コン製造工場がないので、本プロジェクトの配水槽やポンプ場の大規模なコンクリート打設には現場にバッチプラント設備を設営する。ADB 事業のさいも地元建設業者が同様な仮設プラントを設備し、大規模コンクリート打設を行った。本プロジェクトのコンクリート基準強度は、既存の施設を調査した結果として、先行プロジェクトが基準とした BS ではなく、日

本の JIS を採用する方針とする。我が国の基準は従来から当該国に対する支援事業で採用され、本プロジェクトの主要構造物の建設が必要とする厳密な強度を確保するために適切であると判断される。

セメントは 4～5 種類の国産製品が流通しているが、強度をはじめとするコンクリート品質基準を満足できる製品はそのうち半数程度といわれている。現場におけるコンクリート品質試験を通じ、セメント品質を確認しながら採用することが必要となる。ファイサラバードは工業都市として、資材流通は常時安定しているので、調達面での問題はない。

骨材は、市域から 30km 地点のチェナブ河畔、チニオト橋梁下が川砂の一大採取場となっており、同地では毎年入札により採取権が更新される。市内および周辺に骨材専門業者が存在し、良質の材料の必要数量を確保することが可能である。

鉄筋は原材料は輸入であるが、国内加工により需要に対応している。本プロジェクトでもこの国産材料を利用する計画とする。型枠は主として鋼製となるが、国産資材を加工し、利用する。

表 3-28 土木工事主要資材調達リスト

調達品名	調達国			注記
	パキスタン	日本	第三国	
セメント	○			
骨材	○			
鉄筋	○			
型枠	○			

(4) 建築用資材

ポンプ場 2 カ所の建設資材として、鋼製、木製トラス、レンガ等構造用資材、扉、窓などの建具はすべて国産品で調達する。市場調査では、流通量も十分あることを確認した。

(5) ポンプ

井戸ポンプについては、第(1)項で述べたように、国産品を含めての調達を計画する。一方、中継ポンプ場の送水ポンプおよび最終配水ポンプ場の配水ポンプは、大型両吸込み渦巻ポンプを採用する計画であるが、国産ではこれら大型ポンプは製品化されていないので、日本ないしは欧州などの第三国調達となる。先行する ADB 事業では日本製の同種大型ポンプが採用され、WASA はそれらの機器を長期間運転・維持管理してきたので、経験と知識の集積がある。このため、日本製ポンプの採用が適切と判断される。

(6) 電気設備

国内の電力供給は国営「パキスタン水・電力公社」(WAPDA)により行われ、電力製品については、ドイツの国際的企業のライセンス製造するメーカーが90%以上のシェアを占めている。本プロジェクトでも11kVの一次側電力はWAPDAにより供給されるので、国産電機製品の採用が望ましいので、同企業を中心として、本プロジェクトで必要な変圧器、電動機、発電機、電力盤、計装品等のパ国における調達の可能性を調べた結果は次の通りである。

パ国における電気製品の標準規格は「International Electrotechnical Commission」(IEC)であり、JISと比較するとケーブル・サイズが異なる、試験基準がやや異なる、等の相違はあるが、互換性については問題ない。

本プロジェクトで要求される電気製品のうち、変圧器は高圧・低圧ともに対応しており、国産品を採用することが適切である。一方、電動機については、高圧は製造しておらず、400Vまでの低圧製品のみに対応する。発電機も低圧に限られる。計装類は国内では製作されていないため、欧州から輸入して対応している。このため、配電盤・計装類はポンプ付属品として、ポンプ・メーカーが提供する製品を採用するのが適切である。以上の調査結果に基づき、電気製品の調達方針は次表の通りである。

表 3-29 主要電気製品調達リスト

調達品名	調達国			注記
	パキスタン	日本	第三国	
変圧器	○			
電動機 (高圧)		○	○	
電動機 (低圧)	○	○	○	
発電機 (高圧)		○	○	
配電盤・計装		○	○	

(7)建設機械・車輛

パ国での建設業界は、近年の高速道路の建設に見られるように、各分野で近代化がすすみ、本プロジェクトの建設工事に必要とされる建設機械類の種類・調達は国内で十分に対応できる実情となっている。建設機械は欧州や日本、韓国製が多い。車輛は、トラック・乗用車とも日本からのメーカーが現地生産しているため、日本製が大きなシェアをしめている。日本業者は、建設機械については、基本的にリースとして、現地調達により施工する方針となる。

3-2-4-6 実施工程

通常無償資金協力事業の実施手順は次の通りである。この実施工程を図化し、図 3-18 に示す。

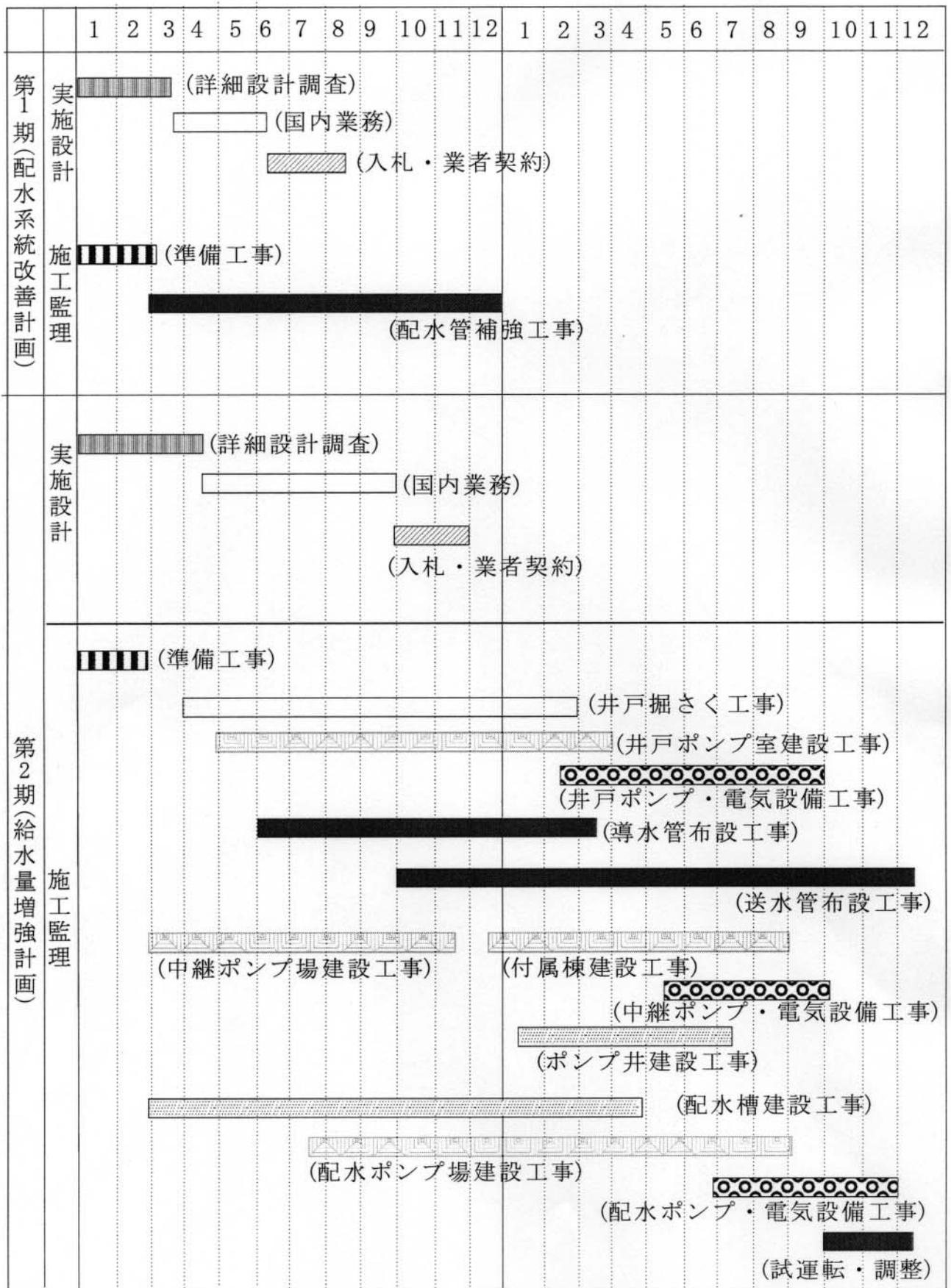
- ①両政府の E/N 交換
- ②実施機関と日本国コンサルタントのコンサルタント契約
- ③コンサルタントによる詳細設計調査
- ④入札書類作成
- ⑤日本国業者資格審査・入札
- ⑥業者による建設工事・コンサルタントによる施工監理
- ⑦完成

無償資金協力事業では以上の過程を 12 ヶ月程度で完了することとなる。一方、大型の建設工事をともなう本プロジェクトの実施工程は、我が国の無償資金協力事業の制度、本プロジェクトを構成する施設内容、建設工事の工種等の要素を検討した結果、次のように設定される。

- (1)通常は無償資金協力事業は単年度で終了することを前提とし、単年度終了が困難な場合は、期分けとして、数年度に分けて実施する。但し、各期は自己完結型として、それぞれの期で効果が得られる内容とする必要がある。
- (2)本プロジェクトの各施設は規模が大であり、建設に長期間を要する。また、それぞれの施設単独では、効果が発揮できず、全体が完成してはじめて効果をあげることが可能な大型案件である。したがって、通常は無償資金協力の実施方法にしたがい、期分けとすることは困難であるので、一括継続で実施する措置を講じる必要がある。
- (3)本案件の緊急性を考慮した場合、早期に着手できるスケジュールとしては、単年度で自己完結する施設内容を選定し、その建設工事を 1 期目として閣議の承認対象とし、本体である長期間を要する建設工事は 2 期として複数年度の承認を期することが適切である。
- (5)本プロジェクトの構成を検討した結果、上記に記述した自己完結型の施設としては、市内配水系統改善計画が該当し、他施設は単独では効果を得ることができない内容である。市内配水管改善工事は、現在給水圧の問題から配水が市内で不均等となっている事態を改善することを目的とし、本事業により、最も配水状況が不良となっている地域の給水圧を高めることが可能となる。これにより、同地域の給水量が増加する効果がある。
- (6)以上の検討結果、全体計画を 2 分割し、事業を実施する工程を提案する。

- ① 1 期目 市内配水系統改善計画
- ② 2 期目 給水量増強計画詳細設計

図 3-18 事業実施工程表



給水量増強計画本体(水源、配管、ポンプ場、配水槽建設等)

(7)上記工程で、はじめの配水系統改善計画は、本項の最初に記述した過程をそのまま踏襲するが、続く計画本体の実施は次のような過程となる。

- ① 第一次
 - * E/N (コンサルタントによる詳細設計・入札までを対象)
 - * 実施機関と日本国コンサルタントによるコンサルタント契約
 - * 詳細設計調査
 - * 入札書類作成
- ② 第二次
 - * E/N (建設工事本体対象)
 - * 実施機関とコンサルタントによる施工監理に対するコンサルタント契約
 - * 入札
 - * 実施機関と日本国業者の工事契約
 - * 建設工事
 - * 完成

(8) 工事期間は、市内配水系統改善計画の工事期間が約 1 年、続く給水量増強計画本体の工事期間は約 3 年と設定される。

3-3 相手国側分担事業の概要

無償資金協力事業が実施されるに際し、パ国政府は以下のような措置等が求められる。

- 施設の建設に必要な土地を確保し、かつ用地の整地を行うこと。
- 施設建設用地までの必要とする配電並びに他の付随的な施設の整備、工事等を行うこと。
- 贈与に基づいて購入される生産物の港における陸揚げ、通関および国内輸送に係る手続きが速やかに実施されることの確保。
- 認証された契約に基づき調達される生産物および役務のうち日本国民に課せられる関税、内国税およびその他の財政過徴金を免除すること。
- 認証された契約に基づいて供与される日本国民の役務について、その役務の遂行のための入国および滞在に必要な便宜を与えること。
- 対象地域の治安状況を考慮し、同日本国民の安全確保を目的とする警備体制を与え、特に治安が悪い地域では、全面警備を行うこと。
- 本プロジェクトにより建設される施設および購入される機材が、当該計画の実施のために適正かつ効果的に維持され、使用されること並びにそのために必要な要員等の確保を行うこと。
- 当該国政府は、銀行取極を締結した銀行に対し、支払い授權書の通知手数料及び支払い手数料を負担しなければならない。
- 贈与によって負担される経費を除き計画の実施のために必要な維持・管理費全ての経費を負担すること。

本事業の建設工事は完成まで4年間を要し、日本側が施設建設の主要資金を提供し、パキスタン側は次のような事業を実施する。その概要を次表にまとめる。

表 3-30 建設工事にかかわるパキスタン側主要負担事業リスト

	負担事業内容	概算費用 (x 10 ⁶ Rs)	(円換算) (x 10 ⁶ 円)	注記
1.	一次側電力工事	35.83	78.47	* 深井戸ポンプ室 25 棟高圧 11KV/ 低圧 400V 引き込み工事 * 中継ブースターポンプ場および最終配水ポンプ場高圧 11KV 引き込み工事
2	土地購入費	10.94	23.96	* 水源地自体は公有地が主となるが、アクセス道路建設などに、私有地の購入が必要。また、送水管路線でも一部公道に隣接する私有地の購入が必要。

3	整地・地均し作業	0.90	1.97	水源地および中継ブースターポンプ場
4	道路建設費	101.69	222.70	水源地および中継ブースターポンプ場における連絡道路、約 20km。また送水管沿線公道の一部補修を見込む。
5	施設防護柵等建設工事	6.12	13.40	水源地および中継ブースターポンプ場
6.	ポンプ場内設備・備品費	11.44	25.05	中継ブースター・ポンプ場および最終配水ポンプ場
7	中継ポンプ場敷地内整備工事	6.12	13.40	敷地内整備、造園、外灯、安全対策費
8	プロジェクト監理費用	48.00	105.12	WASA 側で設立するプロジェクトプロジェクト監理委員会の活動費用。
9.	監理車両購入費	5.50	11.80	WASA 側監理者用車両
10	スタッフ用住宅	21.46	47.00	WASA 新規採用スタッフ用住宅
11	広報・宣伝費用	2.50	5.45	市内・村落住民に対する広報活動費用
	合計	250.50	548.32	

1Rs=¥2.19

上表の通り、パキスタン側の負担は約 2.5 億ルピーで邦貨換算約 5.5 億円と見積もられる。中では道路建設費が大きな部分を占める。パンジャブ州政府は上記費用を公共投資計画から捻出することを計画しており、本事業実施が両政府により承認後、最初の会計年度に州議会による予算額の承認を受け、確保される予定である。

3-4 プロジェクトの運営・維持管計画

本プロジェクトの実施機関 WASA は、1992 年 ADB 支援によるフェーズ I でチェナブ水源地から市内配水網にいたる給水施設が完成してから本格的な給水サービスに従事してきた。本事業により整備される給水施設は、施設構成・内容が WASA の既存施設であるチェナブ水源系施設に近似し、その運営・維持管理には WASA の従来の経験や知識の蓄積を有効に活用できる。施設の技術レベルもほぼ同等に設定してあるので、特別な対応を必要とせず、基本的には従来組織の補充により運営・維持管理が可能である。

しかしながら、新規施設は既存施設から独立した一系統の給水施設を構成し、規模の点において、水源井戸、送水ポンプ、配水池それぞれが従来施設にほぼ準じるレベルにあるので、あらたに必要となる要員や動力関連施設について、適切に対応する計画を策定することが重要である。

水道運営は従来の料金徴収体制により行われるが、給水量増加に伴う新規契約者の獲得に留意し

なければならない。WASA の水道料金は住居の敷地面積による固定制であるため、新規契約者が大幅に増加しないと収入が顕著に増加せず、新規施設の運転費用、特に巨額の動力費に対応することが困難となる。基本的に固定制では水量増強に見合うコスト回収ができないため、WASA が検討をすすめてきたメーター制への早期移行を実現する必要がある。

主要な要素について、次に検討を行う。

(1)要員計画

WASA は、新規施設に対し、次の要員計画を構想している。

1)労務基準

- ① 一日勤務・労働時間 8 時間（「パ」国労働基準に基づく WASA 就業規則）
- ② 週労働日 6 日（同上）
- ③ 作業体制 水源、中継ポンプ場、最終配水池 24 時間操業に対し 3 交代制

2)要員計画

表 3-31 新規施設要員計画

	職種	水源井 (25 基)	中継ポンプ場 (1 カ所)	最終配水池 (1 カ所)
		常時 23 基稼動	送水ポンプ 3 台 塩素注入機 2 台 常時稼動	配水ポンプ 3 台 常時稼動
1	総合技術管理者	1	1	(既存 T/R 管理者)
2	作業監督 (電気・機械担当)	1	1	(既存施設担当者)
3	塩素注入機管理者	--	1	"
4.	電工	1	1	"
5	機械工	1	1	"
6	配管工	1	1	"
7	運転手	1	1	"
8	倉庫係	--	1	"
9	操作員	77	14	11
10	警備員	5	4	(既存施設要員)
11	番人	--	4	4
12	無線連絡係	4	4	4
13	その他雑用等	--	6	5

上記要員の中では、特に深井戸ポンプ場勤務の操作員数が、23 カ所の深井戸ポンプ棟に対応す

るため大きくなっている(3交代制で69人に予備要員含む)。要員確保については WASA の構想は次の通りである。

*市内の旧施設であるラック用水路水源深井戸や配水ポンプ場は、フェーズ I 事業完成後整理し、運転要員を大幅に削減した。市内水源井は以前 50 本以上が運転されていたが、チェナブ水源完成後、近年約 20 本程度の水準に削減した。これら旧操作要員は深井戸ポンプ、送水・配水ポンプ運転の熟練要員であり、本プロジェクトの施設運転要員として復帰させることを検討する。

*既存施設のチェナブ水源井では、稼動 28 井の要員の多数は、地元の雇用機会を増やす意図から、周辺村落の住民を雇用した。ポンプ操作の基本は WASA 技術者が短期研修を実施し、監督者の日常巡回点検を通じて、技術習得の機会を与えている。本プロジェクトに対しても同様な対応を考慮している。

以上の操作要員をはじめ、技術要員の雇用は新聞広告などを通じて、容易に対応できる環境にある。特に上級技術職員については、州都ラホールが近い同地からの応募も多数あると想定される。

(2)施設の維持管理

1)動力施設

本プロジェクトにおける施設建設にともない、ジャン用水路深井戸水源、同地の中継ポンプ場および市内最終配水池にそれぞれ高圧 11kV の引き込みを WASA 負担により実施する。同様な引き込みはフェーズ 1 事業でも実施されたが、当時と異なる状況としては、送電所が市街だけでなくチェナブ川流域チニオト市にも建設され、それぞれ全国送電網と接続しているため、電力施設整備および受電環境が前回より格段に整備された。当時は市内から 20km 以上の距離があるチェナブ水源地の深井戸水源および中継ポンプ場への引き込みに巨額のコストを要し、かつ配電容量も余裕がなく、WASA 対応は困難をきわめた。

電力供給は国有水・電力公社(WAPDA)により管理され、維持管理は同公社に所属する電力サービス会社が担当する。ファイサラバードは大規模な工業都市であるため、WAPDA の重点サービスの対象として市内に同機関の電力供給・維持管理体制が整備され、WASA の連続操業に容易に対応できる。

WASA 自体は、3カ所の施設にそれぞれ専従の電工を配し、通常の施設維持管理を行う体制を計画する。

次表に本プロジェクトの動力設備の概要と分担範囲を示す。

表 3-32 動力設備概要と分担範囲

	施設名	主要機器負荷	パキスタン側	日本側
1	深井戸ポンプ場 (23カ所)	深井戸ポンプ、25カ所 内訳 380V, 80HP - 6カ所 380V, 60HP 7カ所 380V, 50HP, 10カ所 380V, 30HP, 2カ所	一次側 11kV 動力引込、 および場外低圧変圧器 設備、ポンプ場内積算 電力計まで	場内受配電盤以降。
2	中継ポンプ場	①送水ポンプ 3.3kV x 190kW 3台 ②塩素注入機、 クレーン等 400V, 約 25kW ③照明他単相機器 230V, 約 6kW	一次側 11kV 動力引込 設備、ポンプ場内積算 電力計まで	高圧 11kV 受電盤。以降 場内変圧器、配線設備
3	最終配水池	①配水ポンプ 3.3kV x 330kW 3台 ②付属機器 400V, 約 12kW ③照明他単相機器 230V, 約 6kW	一次側 11kV 動力引込 設備、ポンプ場内積算 電力計まで	高圧 11kV 受電盤。以降 場内変圧器、配線設備

2)機材

本プロジェクトで採用する大型機材としては、深井戸ポンプ、送・配水ポンプおよび塩素注入機があるが、これらはすべてフェーズ I で採用され従来 WASA が運転してきた機種と同種モデルを選定しており、維持管理は従来同様な対応が可能である。過去 10 年以上の運転でポンプ自体の故障は発生していないが、深井戸ポンプのモーター、配電盤等により一部異常が発生し、その都度国内メーカーにより修理が行われた。パ国の電力機器はヨーロッパの代表的企業の現地合弁会社が独占的なシェアを占め、技術的にも信頼できる体制にある。

塩素注入にともなう液体塩素ガスの入手は、市街から約 30km 地点に位置する化学工場と契約しており、同企業から安定した調達が可能である。

3)その他の施設

本プロジェクトの水道施設は WASA 現行組織の中で水資源局の所管となるが、重作業をとも

なう一般的な維持管理作業は下水道・配水支線を直接所管する維持管理局がバックホー等の重機を所有しており、同局の支援を得て対応する体制である。また、深井戸、配管、機材について特殊な作業を要する場合は市内に対応可能な専門業者が存在する。 これまでにも配水ポンプの大型バルブがキャビテーションにより弁体腐食から孔が開いた場合など、市内業者で修理した。

本プロジェクトでは特殊な施設・機材は含まれず、現行の WASA 体制で継続的な操業を支障なく行なうことができると判断される。

(3)運営体制

WASA 水道経営の収支は第 2 章に記述したように、運営コストも回収できない状態が続いている。このため、経常支出のカバーとフェーズ I 事業における借款の返済を目標として、WASA は 2004 年に従来料金の 40%増しの大幅料金改定を行った。(WASA 新料金は添付資料 8-17 参照)。

WASA 料金決定は原価主義によるものでなく、従来当該国の一般的な料金を参考として定められてきた。 ADB の調査(1998)では、パ国都市の水道料金はアジア諸国の都市と比較して格段に低い水準にある。さらに、戸別メーターがない固定料金制であることが、収入低迷を劣悪化した。この不足分は、固定資産税の一部支給による政府補助金でカバーしている。

今回の料金改定は、従来施設による運営だけの場合は、料金収入によりほぼ経常支出をまかなうことを可能とするものであるが、新規施設が追加されると巨額の電力費が加算されることになり、固定料金制で追加支出を捻出する財源としては大幅な新規契約の増加しかなく、かなりの困難が予想されることから、今後の運営を軌道にのせるためには、メーター制の実践が必須となる。

WASA はこれまでメーター制について検討をすすめ、すでに監督機関である州政府の許可を得ている。本プロジェクトは、メーター制移行への一つの契機となりうるものであり、新規契約者からメーターの設置を義務付けることから出発することが実際的である。

いままで給水量が不足し、市内の一部にはほとんど給水できないため、料金不払いや、消費者が給水管にポンプを接続して強制給水するなど、違法な行為が蔓延している。本プロジェクトの実施により、給水量不足にともなう現在の混乱は大幅に軽減されることが期待されるが、運営の改善のためには、実質的なサービスを供する一方、サービス量に適正に対応するメーター制による料金徴収や不法行為の取り締まりなどの確な運営方法を決定し、対処することが求められる。

3-5 プロジェクトの概算事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な事業費総額は 46.08 億円となり、先に述べた日本国とパキスタン国との負担区分に基づく双方の経費内容は、下記に示す積算条件によれば、次の通りと見積もられる。なお、この概算事業費は即交換公文上の供与限度額を示すものではない。

3-5-1 協力対象事業の概算事業費

(1)日本側負担経費

概算事業費

約 4,053 百万円

表 3-33 施設建設費

水源開発 25 井 導水管布設 15.6km 送水ポンプ場建設 送水管布設 13km
配水ポンプ場建設 市内配水管布設 6km

費目		概算事業費（百万円）		
施設	水源開発	さく井 井戸ポンプ室	438	3,663
	導水管敷設	ダクタイトイル管布設 鋼管布設	530	
	送水ポンプ場建設	中継ポンプ井 送水ポンプ室、場内配管 宿舍棟	570	
	送水管布設	鋼管布設	671	
	配水ポンプ場建設	配水地 配水ポンプ室、場内配管	932	
	市内配管布設	ダクタイトイル管布設	522	
実施設計・施工/調達監理・技術指導		385		

概算事業費（小計）

約 4,048 百万円

表 3-34 機材調達費

機材調達

費目		概算事業費（百万円）	
水位計	12 式	5	
分光光度計	1 台		
PH/EC メーター	2 台		
TDS メーター	2 台		
無線機（固定型）	4 台		
無線機（ハンディ型）	15 台		
自記録圧力計	2 台		
超音波流速計	1 台		
音聴棒	2 台		
試薬品	1 式		

概算事業費（小計）

約 5 百万円

(2)パキスタン国負担経費

表 3-35 パ側負担経費

	内容	費用
1.	一時側電力工事	35.83 百万 Rs (約 78.47 百万円)
2	土地購入費	10.94 百万 Rs (約 23.96 百万円)
3	整地・地均し作業	0.90 百万 Rs (約 1.97 百万円)
4	道路建設費	101.69 百万 Rs (約 222.70 百万円)
5	施設防護柵等建設工事	6.12 百万 Rs (約 23.40 百万円)
6	ポンプ場内設備・備品費	11.44 百万 Rs (約 25.05 百万円)
7.	中継ポンプ場敷地整備	6.12 百万 Rs (約 13.40 百万円)
8	プロジェクト監理費	48.00 百万 Rs (約 105.12 百万円)
9	監理車両購入費	5.50 百万 Rs (約 22.80 百万円)
10	スタッフ住宅	21.46 百万 Rs (約 47.00 百万円)
11	広報・宣伝費	2.50 百万 Rs (約 5.45 百万円)
	合計	250.50 百万 Rs (約 548.32 百万円)

1Rs=¥2.19

(3) 積算条件

- (1) 積算時点 平成 15 年 11 月
- (2) 為替交換レート 1 US\$ = 117.08 円
1 Rs = 2.19 円
- (3) 施工・調達期間 単債案件および複数年案件（2 期分け）による工事・調達とする。
詳細設計および施工監理、工事・調達の期間は、施工・調達工程に示した通り。
- (4) その他 本プロジェクトは、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものとする。

3-5-2 運営・維持管理費

第 3-4 節で検討した運営・維持管理に関わる要素について、それぞれの概算を次に示す。

(1)人件費

全体計画要員数は 162 人で、それぞれの要員の格付けは WASA の既存施設の配置から同等の等級に位置づけられる。報酬水準は次の通りである。

①総合技術管理者	Rs 144,000/年(=325,000 円/年)
②作業監督(電気・機械)	Rs 136,000/年(=298,000 円/年)
③操作員	Rs 50,000～30,000/年(= 110,000～66,000 円/年)

計画要員に対する報酬の概算= Rs 7,920,000/年 (= 17,344,800 円/年)

(2) 電力費

本プロジェクトによる一日最大給水量 91,000m³の取水・送水・配水に係る電力消費量は、前項(1)の3施設における機器計画内容に基づき試算によると月間で約1.4百万 kWhに達する。

WASAの電気料金は、特別の優遇レートが適用されているが、15%の消費税を含み現行の単位料金は Rs 5.727/kWhである。

この料金により、WASAの電力費を試算する。

$$\begin{aligned} \text{年間電力費} &= \text{Rs } 5.727 \text{ (kWh)} \times 1,405,400 \text{ kWh/月} \times 12 \text{ カ月} \\ &= \text{Rs } 96,583,107 \text{ (約 2 億 1 千万円)} \end{aligned}$$

なお、給水量の増大により、排水量が増加することにもない、WASAの下水道関連動力費も増大する。下水道関連の動力費増加は次の推定にしたがい、概算を求める。

- ・ 現行の給水量では、電力費は上水・下水ともに同水準。
- ・ 新規給水量は現行給水量の約40%。
- ・ 下水量は、市内の大半の工場がWASA給水に依存せず(できず)、地下水を利用しているため、WASA給水量よりかなり大きくなっている(世銀調査では1992年工業用水向けWASA給水量は全量の5%に過ぎなかった。以降実質的な増加なし)。世銀マスタープランの推定から約3割は地下水利用と仮定する。
- ・ 以上の条件から下水道関連動力費の増加を推算する。

$$\text{下水関連電力費} = \text{Rs } 66,600,000 / \text{年} (2001/02 \sim 02/03 \text{ の総電力費の } 1/2)$$

$$\text{下水量増加} = (\text{現在の下水量}) \times (1.4 \times 0.7)$$

$$\text{したがって、電力費増加} = \text{Rs } 66,600,000 \times (0.4 \times 0.7) = \text{Rs } 17,648,000$$

上水運転費用と推定の下水道動力費を加算する。

$$\text{年間電力費総計} = \text{Rs } 96.6 \text{ 百万} + 17.7 \text{ 百万} = \text{Rs } 114.3 \text{ 百万} (= \text{約 2 億 5 千万円})$$

(3) その他の支出計画

その他の支出としては次の通りである。

a. 塩素注入費用

平均して 1ppm 程度の注入量とすると、91,000m³/日の給水に対し、塩素消費量は一日約 100kg となる。注入に使用する液体塩素は、1 トン入り容器で価格は Rs8,300 であるから、毎月 3 本を消費し、費用は Rs25,000 程となる。

b. 施設維持・修理費

修理費は、施設の維持管理に不可欠な費目として、十分考慮したうえで別途計上しなければならない。現状では、経常経費の中で小規模な修理が実施され、給水関連の年間予算は約 Rs7 百万程度の規模となっている。新規事業の操業が開始されてから数年間の支出額は大きくないと予想されるが、年間の小規模維持・修理費用としての必要な最小基準として従来程度の予算を確保する必要がある。

c. 施設運営費

車輛の修理、燃料費等を含む車輛関連の費用や、事務費、備品費等に対して計上する。従来の支出実績と同程度を最大とし、年間 Rs 2 百万とする。

(4) 維持管理費

上記の検討結果、年間維持管理費の概算は次の通りである。

a. 人件費	Rs	8,000,000.-
b. 電力費	Rs	115,000,000.-
c. 塩素・水質試験薬品等	Rs	1,000,000.-
d. 維持・修繕費	Rs	7,000,000.-
e. 運営費	Rs	2,000,000.-
合計	Rs	133,000,000.- (= 約 2 億 9 千万円/年)

(5) 収支の検討

WASA のこれまでの水道経営を検討し、建設後の収支予測を次のように検討する。

①. WASA 水道経営の収支は、過去 3 年間、経常支出が水道料金(上下水)収入を 30%程度上回る規模で推移している。この不足分は WASA に対する毎年の固定資産税交付金等により補填されている。

② 現在の水道料金は敷地面積による固定制であるため、単位水量の水価が不明であるため、2002/2003 年の水道収入にもとづいて、おおよその m³ あたり平均水価を次のように推定す

る。

- a. 年間水道料金収入 Rs 233 百万
- b. 年間生産量 一日平均 210,000m³ x 365 日=76,650,000m³
- c. 単位水価 =(a)／(b) =Rs 3.04／m³
- d. 無収水分調整後の単位水価
 推定漏水率は 30%であるので、実質的な支払い対象となっている給水量の水価
 = (c)／0.7 = Rs 4.34 (=約 9.5 円)／m³

③ WASA は経営状態改善のため 2004 年 1 月から水道料金を約 1.4 倍引上げた。上記の計算は改定以前料の料金に基づくものであるから、現行料金で再計算すると、単位水量あたりでは(d) x 1.4= Rs 6.1 程度となる。この改定料金では、次の試算に示すように、直接の生産コストである経常支出は料金収入で回収することが可能となる。

- a. 年間経常支出(2002/2003) Rs 270.7 百万
- b. 料金引上げの場合の収入想定額
= 生産量(76,650,000m³ x 0.7) x 改訂料金(Rs 6.01/m³)
= Rs 322.5 百万

④ 一方、本事業により給水量を増大した場合、既存施設は運転方法、給水量とも変更なく継続され、直接経費も価格変動分は別として従来と大差ない。それに追加となる新規施設は年間総経費としては、単独施設ではないので、直接経費だけを計上すると第 1)項の概算 Rs 133 百万相当である。この系統における水価の試算は次の通りである。

- a. 年間生産量91,000m³ x 365 日= 33,215,000m³
- b. 実質給水量操業開始 2008 年時、無収水率を 25%と想定。
 = 33,215,000m³ x 0.75 = 24,911,250m³
- c. m³あたり直接生産費用

推定直接経費／b= Rs 133.2 百万／25 百万 m³ = Rs 5.3

この推定単位コストは、WASA の改定料金以下であり、計量制料金であれば問題なく経常支出を回収する範囲の料金収入を生み出すことが可能となる。現在の固定料金制の場合は、1 世帯の月額が Rs 500～1,000 とすると、上限 2 万件、下限 1 万件程度となる。

⑤ 以上の試算では、本プロジェクトでの水量増強による経営改善に対する直接の貢献はあられわれないが、水量増強により、(i)これまでの契約者にとって市水道の利便性が増大すること、(iii)新規契約者が増加することを通じ、WASA の水道経営が安定し、料金の適正化

と従来から検討をすすめているメーター制への移行が容易となると想定される。

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

4-1 プロジェクトの効果

本プロジェクトはパキスタン国第三位の都市であるファイサラバードの劣悪化した給水事情を改善するため、給水量を増強することを目的とする。同市の現行給水サービスは、1992年に完成した給水施設に依存し、以降高率の人口増加が続いているにもかかわらず実質的な給水量の増大が行われず、(a) 一人当たり給水量の減少、(b) 給水率の低下、(c) 不平等な市内配水等の現状となった。消費者は、給水量不足に対し、市内の汚染された地下水を代用するしかなく、市民の保健・衛生環境が悪化している。市中には、このような給水不良に対する料金不払いや自家用ポンプで給水管から強制取水する等の違法・不法行為がはびこり、実施機関 WASA の水道運営は改善のめどがたたない状況にある。

このような現況に対し、本事業の実施により給水量が増加すると、次のような効果が期待できる。

(1) 直接効果

① 本調査によると、同市の上水道給水率は 2003 年推定人口 230 万人に対し 55%の水準にあり、給水人口は 127.2 万人、一人一日平均給水量は実質 100 ㍓である。本事業により給水量を 91,000m³ /日増加することにより、2008 年予想人口 260 万人に対し給水率は 60%に上昇し、給水人口は 156.4 万人に増加し、130 ㍓/人/日の給水量を確保できる。

② 現在の一日 3 回最大 6 時間程度の時間給水が改善され、継続的な給水が可能となる。

③ 市人口の 1/3 をしめる東部区域に対し、幹線給水圧が現在の最大 0.5kg/cm² から 1.0~1.5kg/cm² まで改善され、同区域に対する不均等な配水状況が緩和される。

(2) 間接効果

① 安全で安定した給水が増大することにより、肝炎・下痢・チフス等の水系伝染病の軽減に効果があり、市民の保健・衛生環境の改善に貢献する。

② 給水サービスの改善により、料金未納や不払い、不法接続や給水管にポンプを直接接続する等の違法行為が漸減し、WASA の経営改善に効果が期待される。また、本プロジェクトは WASA がメーター制に移行する最良の機会を提供する。

③本プロジェクト実施は、水源地周辺農民との合意を前提として実施される。そのために地下水位低下を最小限にとどめる技術的配慮をするだけでなく、具体的な補償措置を含む住民対策を推進する方針である。今後も WASA は水源増強を継続する必要がある、そのさいの規範として参照される効果を有する。

これらの効果の程度と改善後の指標予測の方法について下表まとめて示す。

表 4-1 計画実施による効果と現状改善の程度

現況	本計画の対策	効果	指標設定
(1)市水給水率は約 55%に低迷。(2003 年推定)	新規水源開発により、91,000m ³ /日の給水量を増大する。	給水率は約 60%に上昇 (2008 年)	①給水率の伸びは小規模であるが、約 30 万人程度の新規消費者に追加給水が可能となる。この期間の人口増大を年間 2.4%程度と見込むと(添付資料 5-1 参照)、計画年およびプロジェクト完成年の総人口・給水人口はそれぞれ、 ・2003 年 230 万人・127.5 万人 ・2008 年 260 万人・153 万人となる。 ②現在の給水率は、WASA と協議の結果、市総面積に対する WASA 配水管敷設面積の比率を計算して推定した(配管敷設面積は WASA 計算結果に基づく)。本調査における計算ではその比率は 50%であったが、配水管は市内の人口密集地帯に敷設されているので、約 1 割を加算して、55%として設定した。 ③プロジェクト完成後の指標判定には、実際にその時点で得られる (a) 市内人口統計、(b)WASA が 2003 年以降に敷設した配水・給水管敷設記録、(c)新規契約記録、(4)人口調査時点実施される世帯調査(給水状況記録を含む)等を参照することになるが、WASA の給水活動を通じてさらに実際的な推定方法が考えられる場合は、それらの方法と合わせて、算定する。
(2)一人一日平均給水量が 100 ㍓に低迷し、水不足の苦情が絶えない。	新規水源開発により、91,000m ³ /日の給水量を増大する。	同給水量を 130 ㍓に増大する。	①WASA は毎日の給水量を記録しており、本調査では、(a)同記録、(b)推定漏水率(世銀推定の 30%を採用)、さらに(c)大口消費者記録(一部メーター計量)を参照し、上記の推定給水人口に対する平均給水量を算出した。 ②WASA は継続的に前項の記録を実施しており、プロジェクト完成後の指標判定にも利用できる。
(3)市内の 1/3 を占める東部地域では低圧のためほとんど給水が届かず、同地域住民の大きな不満	給水不良の市内東部を焦点とする配水幹線の補強を実施する。	ポンプ圧送時点で 1.0～1.5kg/cm ² の圧力に増加する。本プロジェクトによる水量増加によりポンプ圧送配水	①配管流量・圧力は、調査時点配水幹線において流量と圧力を実測し、WASA の配水記録を参照して、管路の流量分布を解析した。 ②既存配管流量分布の解析に基づき、水量増加の場合の適切な管路設計を行い、補強管路を設定した。

となっている。現状ではポンプによる圧送配水時点で0.5kg/cm ² 、重力配水時点では0となる。		を基本とすることから、上記の圧力を維持できる。	③プロジェクト完成後の指標判定には、本プロジェクトで調達する流量・圧力測定器を利用して、効果を確認することが可能である。
(4)給水時間は現行1日3回、1回の給水時間は1～2時間に限定され、市民の不満が大きい。	新規の配水ポンプと旧配水ポンプの合同運転を行う。特に新規ポンプには簡易速度制御を設定し、効果的な継続運転を行う	24時間給水とすべく継続運転が基本となり、速度制御により需要の変動に対応する運転を行う。	①現在は需要の大きさに対応する運転が困難であり、ポンプ運転が機能不良を起こしている。 ②実際の需要と市民の消費傾向は現時点不明であるが、実際の試運転時に調整し、最大の効果が得られる運転方法を設定する。 ③プロジェクト後の効果判定は、WASAの運転記録が整備されているので、それに基づき判定する。
(5) WASAの経営状況は赤字の連続であり、現在の給水状況では好転させることが困難である。	水量増大による間接的効果を期待する。	料金不払いや支払い拒否の減少による歳入増大が可能となる。	①効果測定には次のような資料を利用する。 ・WASA年次会計報告書 ・WASA料金徴収簿(コンピュータ記録) ・WASA料金徴収促進活動記録(地域に分けて実施中) ②WASAの計量制料金システム移行体制の調査。
(6)給水量不足のため、市民は汚染された地下水を利用し、水因性失病が多発する。	水量増大による給水率・給水量の増加。	市民の地下水依存度が減少することによる、間接的効果が期待される。	本プロジェクトによる給水量増加は現在の給水量の約40%に相当し、全市民に給水するには届かないが、間接的に失病予防の効果の発現を期待することができる。市内には病院施設が整備されており、これら病院における失病記録は、県庁に保管されている。

4-2 課題・提言

(1) 本プロジェクトの水源開発について、我が国と先方政府の協議を通じ、パ側は水源地周辺村落に対する影響に配慮し、住民対策を推進することに合意した。従って、WASAとその監督機関であるパンジャブ政府は、今後影響が発生した場合の具体的な補償措置を含む対策を特定し、住民集会を通じて関係する村落や地域代表者のプロジェクト実施の合意を得る必要がある。WASAは、本調査で得られた技術的情報を含め、住民に対する情報公開と広報に努力し、村落側の十分な理解を得て早期にこの課題を解決することが求められている。

(2) WASAは本報告書で提案するモニタリング計画を参照し、水源地の深井戸運転開始後、地下水位および水質についての継続的なモニタリングを実施しなければならない。地下水位の継続的な監視を通じて得られた資料により、周辺の農業井戸に対する影響の的確な予測が可能となり、実践的な対策をたてる根拠が得られる。水質モニタリングについては、本調査によると、用水路の沿岸

帯状地帯では、現在の良好な水質を維持できると予想されるが、周辺環境は生活污水による汚染が拡大する傾向が見られるので、継続的に水質の変化をチェックする必要がある。

(3) 本プロジェクトの目的である水源増強はジャン用水路沿線の地下水資源に依存する。調査の結果、主要な補給源は同水路からの浸透であることが判明し、継続的な地下水取水の確保には水路の用水供給が安定していることが条件となる。ジャン用水路は、インダス流域最大規模の用水路である下チェナブ幹線水路の2次幹線であるが、同システムは取水堰を含め広域灌漑網の中で最古の施設となり、パンジャブ州政府は大規模な補修事業を策定し、用水量の増大を計画している。同計画の中には水路のライニングも含まれるが、分水路以下の末端水路が対象となっており、幹線は現状に変化はない。したがって、いまのところ水路の流量が顕著に減少する要素は見られないが、毎年1カ月の落水期には地下水の水位変化に注意するとともに、水路を管轄する電力・灌漑省から今後も継続的に水路保全について情報収集し、安定した取水を確保できるよう配慮しなければならない。

(4) 本プロジェクトで増強される給水量は、拡張を続けるファイサラバード市の長期的な需要に対応するレベルにはないため、WASA は今後も追加水源の確保が必要となる。しかしながら、都市水道整備事業は巨額の投資を必要とし、実現まで長い期間を要するので、その間は既存施設による給水の効率化を推進しなければならない。その課題の一つとして、配水管・給水管の漏水を低減する努力を増幅することが望まれる。市水道には戸別メーターがないため、正確な漏水率のレベルは不明である。フェーズ I 事業で 1992 年に敷設された配水幹線は本調査で各所実際に点検した結果漏水の傾向はあまり見られなかったが、幹線以下の小口径配水支線や給水管には老朽化した旧配管が多く、漏水はこれらの部分に集中している可能性が大きい。市内配管の総延長はいまや 1,000km を超え、漏水対策は難事業となるが、パイロット・プロジェクトを立ち上げて重点地区から対象にとりあげる方法から着手すべきである。

(5) 本プロジェクトでの市内配管補強は、給水不良の東部区域の中でも最悪の条件にある末端給水区の改善を優先目標とする。一方、WASA はフェーズ I 完成後、二次幹線や支線の敷設を実施し、世銀マスタープランの提案する配水管網の強化を実施してきた。本事業では、今後 WASA が配水管網補強を効果的に実施する努力を支援するため、既存管路の水圧や流量の測定器を調達する。WASA では従来のような支線だけでなく、幹線の補強も対応する方針があるが、これらの調達機器を有効利用し、適切な補強計画を推進することが期待される。

(6) WASA が採用する固定料金制度は敷地面積によって決められ、消費量に関係ないため、ポンプ場に近い西部区域が「早い者勝ち」で好きなだけ水を取り、遠方の東部区域ではほとんど水が出ない地域まで出てくる構図となった。このため、東部地区の住民に料金支払い拒否が多い。

WASA はすでにメーター制移行への技術的検討段階を終わり、実施方法、時期などの最終検討段

階に達している。水量を増強して運営を改善するためには、メーター制が必須条件であり、本プロジェクトの実施を契機として、最終的な実施戦略を確立すべきである。

(7) 本プロジェクト実施にあたり、パキスタン側はポンプ場の高圧一次側電力引込み工事、水源地における道路建設をはじめとする付帯施設整備や土地購入、あるいは住民対策費等の監理費用を分担する。これら分担事業の予算は、国内法に基づき、実施機関である WASA が PC-1 と呼ばれる事業計画書を作成し、州政府および中央政府の関連機関の承認を得たのちに措置が講じられる。パ側は本プロジェクトに対し、2004 年 3 月の基本設計概要説明調査における協議の際、2004 年の 6 月末までに中央政府最高審査機関である国家経済審議会・執行委員会(ECNEC)の暫定承認を得るよう承認手続きを進めることを約束した。プロジェクトを迅速かつ円滑に実施するためには、パ側分担事業が本体工事の工程にあわせて推進されることが不可欠であり、パ側の積極的な協力が望まれる。

4-3 プロジェクトの妥当性

パ国の代表的都市は、集中的な人口流入により、水道セクターを含む脆弱な社会基盤は強い圧迫を受けている。本プロジェクトの対象地域であるファイサラバード市は、他の大規模都市のような歴史の蓄積がないまま近年急成長したため、そのひずみは大きく、本プロジェクトが改善を目的とする給水サービスは 1992 年に完成した施設に依存したままで、劣化しつつある。一方、国家経済は 90 年代後半から低迷し、主産業として農業に依存する体質から顕著な改善は期待できず、都市水道整備は従来から外国や国際機関に依存している。このような状況下、本プロジェクトが我が国の無償資金協力として実施されるのは次のような点から妥当であると判断される。

(1) 本プロジェクトの裨益対象は、ファイサラバード市の一般市民であり、1993 年の世銀マスタープランによる市内 5 千世帯以上の社会・経済調査によると、そのうち約 40%が貧困層であった。この水準は現在も大きな変化はないと推定される。

(2) 給水量不足のため、工場だけでなく、多数の市民も生活用水として汚染がすすんだ地下水に依存せざるを得ない状況となった。世銀調査結果であるが、80%の世帯がこのような代替水源を所有するか、共用している。市内の地下水は、表層がすでに人為的に汚染され、深部は塩分が多く、飲料には不適である。本調査で市内の一部で住民調査を実施した結果では、肝炎・チフス・下痢など、水因性疾患の発生が「頻繁に」とあるとの回答が 20%以上に達した。本プロジェクトによる安定し、安全な給水の増加は、市民の保健・衛生環境の改善に貢献することができる。

(3) 本事業は、現在給水サービスを担当する WASA が新規要員を雇用し、既存施設と併せて運営・維持管理を行う。WASA の現行要員数は上下水道あわせて 1,500 人強であり、本プロジェクト対応の増員は 160 人程度を予定する。新規給水施設は、WASA の既存施設の構成・内容と同種・同水準にあり、これまでの WASA 運営・維持管理の技術と知識の蓄積により、容易に対応できるものである。

一方、従来 WASA の財務状況は経常支出を料金で全部回収することが困難で、一部政府補助金を得て収支を合せてきた。これはパ国において一般的な低料金、固定料金制などが主な原因であるが、政府方針もあり料金を値上げし、さらに現在の固定料金制からメーター制への移行を検討しており、今後経営状況改善の努力を加速する方針である。本プロジェクトによる水量増加は、メーター制移行が実現すると、直接経営改善に貢献できることとなる。このような意味から、本プロジェクトの実施は、WASA のメーター制移行への最善の契機となりうるものであり、間接的にも経済効果が大きいと考えられる。

(4) 本プロジェクトによる水源開発が、水源地周辺の農業井戸に影響を与えるリスクがあることから、住民の反対運動が激化した。すでに先行事業フェーズ I の水源地周辺ではこのリスクが顕在化し、地域の農村には新規開発に対する懸念が大きい現状がある。本プロジェクトでは、技術的に影響を最小限とする配慮を行うとともに、この問題についてパ側と協議を重ねた結果、パ側は影響が発生した場合の補償措置を含む住民対策を実施することに合意し、本プロジェクト実施の必須条件の一つとして住民の合意を得つつ、計画を実施することが掲げられている。プロジェクト実施について、このようなアプローチは WASA にとっては初めての経験であり、今後も追加水源の開発が必要な WASA にとってはモデル事業として位置付けられる。

4-4 結論

本プロジェクトは、前節で検討したように、劣悪化した都市給水サービスに緊急の支援をおこない、多数の貧困層を含む一般市民の BHN の向上に貢献するものであることから、協力対象事業の一部に対して、我が国の無償資金協力事業を実施することの妥当性が確認される。本プロジェクトの運営・維持管理は、WASA が従来の経験から要員対策と財政措置を検討し、実際に対応することが可能であり、また水源開発にともなう周辺村落に対する社会配慮も前提として実施される見通しである。しかしながら、以下の点が改善・整備されれば、本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうると考えられる。

(1) 危機管理

本調査の結果、計画水源地であるジャン用水路左岸における井戸群の連続的な大量揚水は、中・

長期的にみると周辺の地下水位に影響を及ぼす可能性が予想される。先行事業において周辺の灌漑井戸に水位降下の影響がおよび、住民との軋轢が高まった過去の経緯から、本プロジェクトでは同様な事態を回避する危機管理の一環として、実際に悪影響が発生した場合の補償措置を含む総合的な対策を策定し、実践することが必要である。基本設計概要説明時点に合意されたように、広報活動や住民会議を通じて、プロジェクトの計画内容や予測されるリスク、またその場合の政府側対策について正確な情報公開を図り、利害関係者の理解を確保し、最終的にプロジェクト実施についての合意を得ることが不可欠である。

(2) 漏水低減や市内配水の改善による給水の効率化

漏水については、戸別メーターが設置されていないため、正確な割合はわかっていないが、30%程度と推定されている。貴重な給水量のロスを低減するために、重点地区を対象にパイロット計画をたちあげ、実態を把握し、適切な改善計画により対応することが望まれる。

また、本事業でも一部幹線補強により不均等な配水分布の改善を計画するが、WASA が従来から努力している二次幹線や支線の補強を継続強化することが必要である。本事業では、これら給水効率化の支援の一環として管路の圧力・流量分布を計測する機器を調達するので、これら機器の有効利用により、増加した給水量が適切に配分される配水方法を計画することが期待される。

(3) 戸別メーター設置による計量制料金システムへの移行

給水量増大が実質的な効果を発揚するためには、戸別メーター設置による計量制料金システムへの移行が必要である。現在の契約数約 10 万を全部取り替えるには少なくとも 3 年を要すると言われるが、いっせいに移行するのは大事業であり、少なくとも新規契約から義務付け、早期実現に努力することが期待される。
