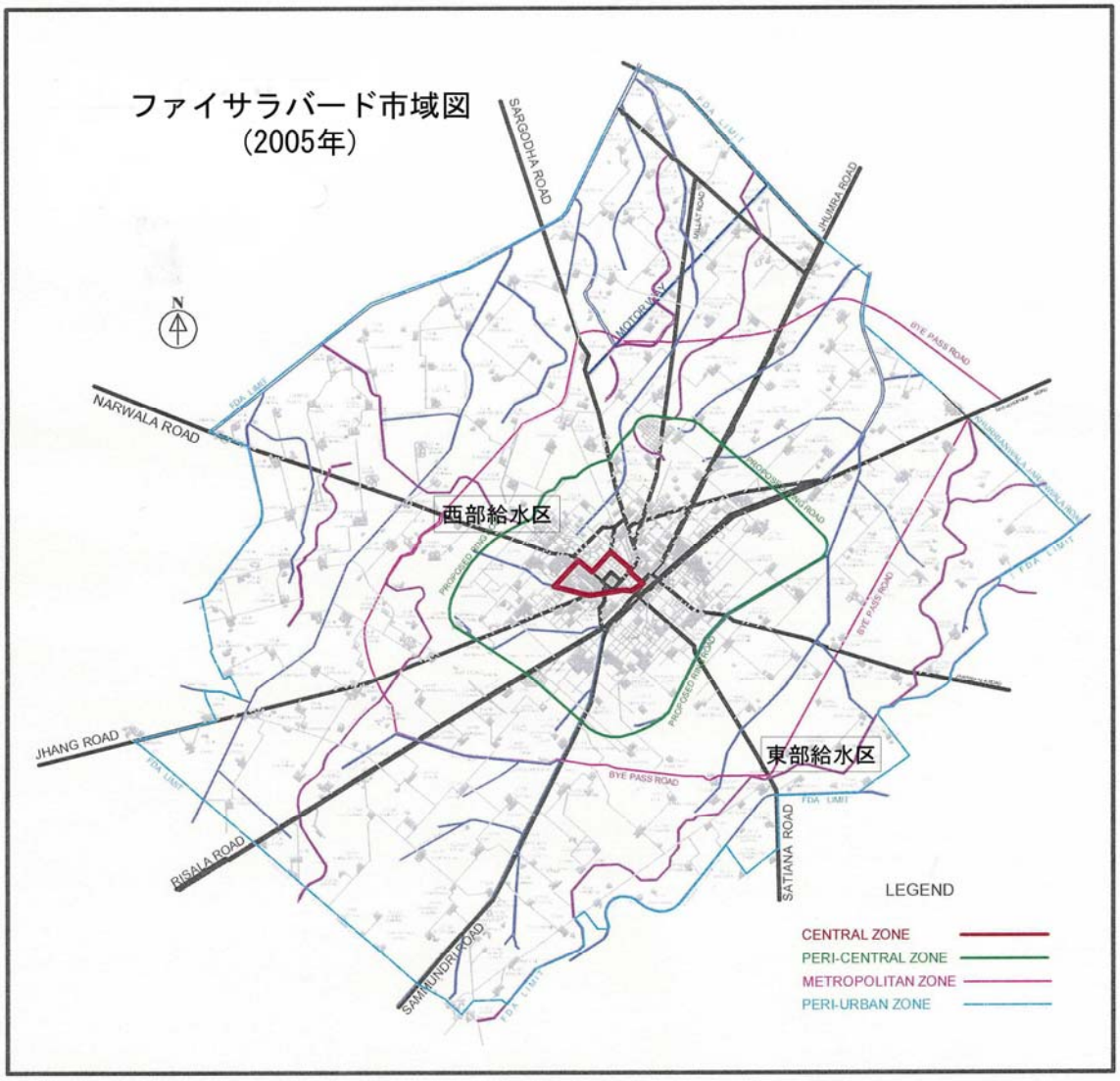
3-2-2-2　給水計画

(1)給水区域

ファイサラバード市はパキスタンの中でも繊維産業を中心とする工業の中心都市として発展し、2007 年現在 260 万人の人口を有し、市域面積は約 130km² に及ぶパキスタン第 3 位の大都市である。また、周辺の農村を含めた工業、商業の中心として年々増加する人口とともに発展している。

2005 年 6 月、同市を県庁所在地とするファイサラバード県は州政府により特別市域（City District）に格上げされ、全域は 8 区の町制（Town)に整備された（旧市域は、4 町により構成される)。その結果、現在の WASA 給水区域は「メトロポリタン・エリア：市域」内と指定された。ただし、実際に WASA の給水サービスを受けている区域はペリセンター地域と分類されている部分であり、メトロポリタン境界とペリセンター境界にはさまれた区域が今後の給水の焦点となる。

図 3-8 ファイサラバード市行政・給水区域図



実際に給水されているペリセンター地域内では、長い間給水量の不足が大きな問題となっている。同市の水源の大半は、市の北西約 20km に位置するチェナブ井戸群に頼っており、井戸群で揚水された水は市街地北西端にある最終配水池(T/R)を経て、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。給水区域は大きく西部給水区と東部給水区に二分されている。東部は管末で未給水地区が多く存在し、水量・水圧とも不十分で給水不良となっている。本計画第 1 期工事において、市内の配水幹線の補強路線の配管が施工済みであるので、第 2 期工事が実施され給水量が増大することによって、東部地区の給水状況を大幅に改善することが期待される。

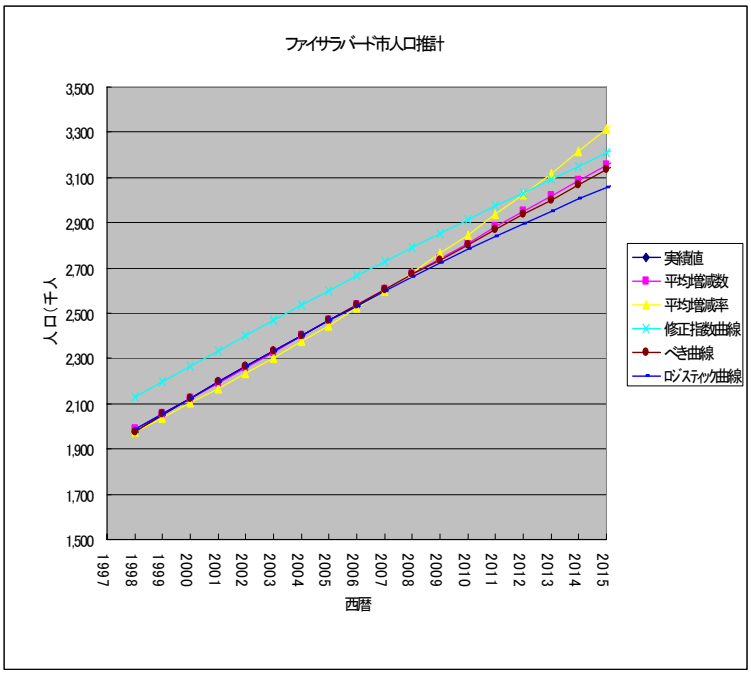
(2)ファイサラバード市の人口

ファイサラバード市の現在の行政域内推定人口は 1998 年センサスを基にした推計値で、2001 年では 2.2 百万人、2007 年では 2.6 百万人となっている（人口増加率：2.6～3.6%/年）。ファイサラバード市の人口は 1981 年にはおよそ 110 万人であったので、25 年後の現在では約 2.5 倍に増加していることになる。平均増減数法による人口推計結果では、本プロジェクトの完成年度の 2010 年には 281 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推計表を参照)。

表 3-10 ファイサラバード市の人口推計 （千人）

年 / 項目	実績値 （千人）							推計値 （千人）	
	1981	1991	1995	1998	2000	2001	2007	2010	(2015)
行政区域内人口	1,104	1,583	1,875	1,978	2,020	2,200	2,600	2,811	3,154
準拠資料	WB 資料	WB 資料	統計局資料	センサス	WASA 資料	WASA 推計値	WASA 推計値	本計画完成年	

図 3-9 ファイサラバード市の人口推計グラフ （単位：千人）



(3)給水計画基本要素の検討

1)水源量

WASA の上水道水源は、2 カ所の主要水源地の群井から取水する地下水を主体とし、一部は緩速ろ過による浄水が提供されている。本事業化調査の結果、その構成と取水量は第 2 回基本設計調査時（2003 年）からほぼ変わっていないことが確認された。

水源概要は次のとおりである。

①深井戸

a. チェナブ水源

1992 年完成した ADB フェーズ I では、チェナブ流域水源地に 25 本の井戸が建設された。2000 年に WASA は自助努力によって同水源地に 4 本の井戸を追加掘さくし、運転を開始した。

この系統の設計揚水量は 25 本で 225,000m³/日である。2003 年第 2 回基本設計調査時点には実績を調査した際、1 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 四半期の 20 万 m³/日である。しかし全体的に見ると、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/日の水準にあった。

本事業化調査では、本年度の 1 月から 7 月までの配水記録を調査した結果、1 日配水量は冬季に少なく約 16 万 m³/日の水準であるが、夏季には需要が増大し、18 万 m³/日となっている。夏季には 28 本のうち 25 本の一斉連続揚水により、1 日最大給水量が 20 万 m³/日ないしはそれに近い水量が配水された期間もある。一方、水源地の深井戸では 1992 年の操業開始以来連続的に、各井戸が毎年平均 60cm 程度の水位降下をきたしている。井戸構造は、平均深度が約 120m であり、ポンプを挿入できる上部大口径ケーシング部分は 深度 40m～45m までであるので、水位降下がさらに進むと、遠からず揚水が困難となることが予想される井戸がある。

本計画が実施されると全体給水量は増加するが、チェナブ水源地は依然として主水源地であり、WASA は同地の井戸および井戸ポンプの維持管理を励行し、従来の取水量を継続的に確保する措置をとらなければならない。このような状況を考慮して、今後のチェナブ水源地の最大取水量としては、本調査時点の実績値の最大である 20 万 m³/日ではなく、これまで実施された過去の調査結果も総合し、18 万/m³ の水準にとることが妥当であり、今後も WASA の適切な維持管理措置により同レベルの揚水量が持続できると想定して、今後の給水予測を計画する方針とする。

b.ラック用水路水源

チェナブ水源地が完成するまで、同市の水源は市内を貫流するラック用水路沿線に建設した井戸に依存し、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/ℓ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、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た。WASA は 2002 年までに既設井戸群を整備し、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 18 本の井戸を稼働させている。この水源の設計揚水量は､1 基あたりチェナブ水源井戸の 1/4 である 1cusec (=102m³/時) と低い。現在この水源からの給水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。

本事業化調査によると、WASA が以前から計画していた同流域の再開発として追加井 10 本の建設が州政府により承認され、本年度年次開発予算により執行の段階となった。同計画は現在市中から上流に向かって 18 本並ぶ井戸群の先にある流域に 10 本の井戸を建設するもので、一日約 1 万 m³/日の給水量増大を目標とする。主として井戸が建設される流域周辺の新興住宅地に対し、市内の幹線給水とは別に独立給水するためであるが、全体の給水率向上に貢献するものである。

②表流水処理施設

a.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(基本設計調査時点で 5,000 m³/日)。本事業化調査時点では、施設の老朽化がさらに進み維持管理が困難な状態となったため、WASA は施設操業を完全に止め、リハビリの予定もない機能停止状態となっていることが判明し、同施設からの給水量は予定できないので、計画に含めないこととする。

b.ミラット・タウン浄水場

この浄水場は、90 年代後半に州政府により建設された施設で、比較的新しい。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/日を生産する。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。

なお、これらの水源からの現在の生産量合計、給水量は約 23 万 m³/日となっている（表 3-11)。

表 3-11　WASA 水源量の現況と予測（1998 年-2010 年）

	既設水源（m³/日）				新規計画	適用
年度	1993 (世銀計画)	1998	2001~2	2007	2010	
チェナブ系 井戸群	225,071	204,750	200,000	200,000	(180,000)	計 29 本 400m³/時/本
ラック用水路系 井戸群	83,178	20,200	20,000	20,000	(20,000)+ 10,000	既設計 18 本 100 m³/時/本
ジャン用水路系 井戸群	-	-	-		91,000	本計画 計 25 本 200 m³/時/本

ジャル・カヌアナ浄水場	17,125	6,825	5,000	廃止	-	
ミラット・タウン浄水場			5,000	4,550	4,550	
合計	325,374	231,775	232,000	234,550	305,550	

2)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ー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。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 単位行政区のそれぞれにおいて配水管・給水管が布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布設されてきたことを考えると、50%の管布設地域の人口は人口比では 50%以上と想定され、割増率 1 割程度として 55%と設定した。この数値は従来の調査の中間値となり基本設計調査時点の基準とした。本事業化調査では、新規契約数は給水量不足のためほとんど伸張しておらず、今回の計画でも同様に 55%を基準値として採用する。

ファイサラバード市の現在の行政区域内人口は 260 万人(2007 年)と推定され、上記の方法による推定給水率 55%を採用し現在の給水人口を算定すると 143 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 2010 年、推定総人口 281 万人に対し、給水率は 60%、給水人口は 169 万人に達すると推定される。

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（一世帯当たり構成人員は 7.1 人）を数えるが、WASA による家庭用水接続件数はその内の約 9.8 万世帯（2002 年）であった。本事業化調査で WASA に確認したところ、給水量不足のため、契約件数の伸びは止まり、家庭用水接続件数は 2002 年から大きな変化はなく、単純計算では全世帯数の 3 割程度しかない。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方法は、契約世帯数に基づく方法であるが、ファイサラバード市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従量制への移行の際、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。

表 3-12 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（2007 年 7 月）

用　　途		給水件数	
		2003 年	2007 年
一般家庭用		98,000	＋ 1,300
工場/業務用	工場・業務用	90	+20
	営業用	1,700	
合　計		100,000	101,320

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。工場・業務用は、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。営業用は、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、現状契約数は約 850 件である。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・業務用（Industrial）

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、従量制料金が適用される。

b.営業用（Commercial）

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 2m³ と想定すると、850 件で月間 51,000m³ となる。

両者をあわせると月間約 310,000m³ となり、一日平均で 10,000m³ 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 は、不足する給水量分については市民の飲料水を確保することを最優先としている。このため、市域に分布する工場地帯では、従来大部分の事業所は、自家用井戸を事業所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 年に、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(ただし、未収金が大きくなっている傾向がある)。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であるが、水量が現状のままでは、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。

これらの状況から、2010 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とはならず、各事業所は現行の自家用井戸からの揚水を主体とする必要がある。

3)給水量の検討

①一日給水量実績

本事業化調査で 2007 年度のチェナブ系水源からの供給量実績を調べたところ、夏季に 200,000m³/日に達する日があり、平均は 174,800m³/日となっている。この平均値は基本設計調査時より高く(2002 年 6 月当時約 160,000m³/日)、衰えない需要に対応するための WASA 努力を示すが、地下水の水位降下が連続的に進行し、水源地能力を超える過剰揚水となっている可能性が高い。今後とも従来の調査時点の実績である 180,000m³/日程度を計画の最大値としておくことが適切である。参考として、本事業化調査時点における 2007 年 1 月から 7 月までの配水記録を表 3-13 に示す。

表 3-13　WASA Chenab 系統給水量記録(2007 年 1 月～7 月)

日	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
1	172,000	172,500	165,500	168,800	182,000	194,000	179,600
2	172,000	172,500	163,000	161,200	183,000	188,500	193,300
3	172,000	172,500	164,500	162,500	181,500	193,200	190,200
4	170,500	173,000	167,500	166,800	182,000	188,800	187,600
5	171,500	173,500	161,000	166,500	183,500	190,500	198,000
6	171,500	172,500	168,700	166,000	182,700	194,000	192,900
7	171,000	169,800	168,500	166,000	182,300	182,700	184,000
8	172,000	173,700	172,400	166,000	179,400	188,300	185,900
9	171,300	172,000	163,400	163,500	179,900	183,600	188,700
10	152,800	140,000	152,000	165,000	174,800	175,500	192,200
11	165,500	153,200	159,000	169,800	189,600	163,500	180,600
12	168,000	160,300	164,000	166,700	189,500	153,500	177,000
13	168,500	154,500	163,000	176,000	189,200	184,500	179,600
14	167,500	155,700	162,000	173,700	182,000	164,800	142,600
15	133,000	162,300	164,000	179,300	185,000	175,100	184,400
16	167,000	164,000	167,800	179,000	189,400	190,900	201,700
17	164,800	166,000	166,200	176,000	157,100	194,100	185,100
18	168,200	170,000	163,000	180,500	138,000	193,800	186,700
19	169,500	126,000	164,000	183,000	187,500	184,100	178,500
20	171,000	165,000	164,200	183,500	193,500	200,000	193,600
21	170,500	144,200	159,800	180,500	193,000	182,200	188,800
22	172,000	167,600	148,500	183,500	182,500	195,500	188,000
23	170,000	166,500	165,000	180,500	190,000	188,500	189,300
24	168,500	169,500	163,500	183,500	186,400	191,000	189,900
25	171,500	165,500	167,000	181,500	186,100	187,400	191,000
26	171,000	163,000	162,500	180,300	192,599	192,100	193,400
27	174,000	165,500	162,000	162,000	191,000	194,200	182,900

28	170,000	165,500	139,700	180,000	194,500	190,000	178,000
29	167,000	－	169,300	156,800	192,000	186,200	188,500
30	173,500	－	166,500	182,000	192,500	192,500	－
31	169,000	－	168,200	－	190,500	－	－
月合計	5,216,660	4,576,300	5,055,700	5,190,400	5,702,999	5,583,000	5,392,000
日平均	168,277	163,439	163,087	173,013	183,968	186,100	185,931

②有効率

世銀マスタープラン等のこれまでの調査は、使用水量推定に当り漏水による損失が 30%程度あると見込んでいたが、事業化調査時点においては、WASA は 25%程度と推定している。ファイサラバード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、比較的新しくかつ日本製ダクタイル鋳鉄管を採用しているため漏水は見られない。しかし、埋設深度が浅く石綿管が多用されている給水管については、末端に行くに従い漏水が増加する傾向があり、市民の間では、下水が上水道給水管に浸入することに対する恐れが根強い。現実に 2005 年 5 月には、市中で下水汚染事故が発生し、幼児を中心に 11 名の犠牲者を出した。この事件により、州政府は、事故が発生した地区を手始めに、老朽管の更新や給水管再整備を開始している。さらにこの更新工事は、順次拡大実施する方針が定められた。将来の有効率の推定に当っては、これらの新しい動向により、改善が期待され、年間数%程度の向上が見込まれている。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、2010 年までに 5%程度改善されることを見込む。

③負荷率

WASA による給水は、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。本計画による給水量増強も、世銀マスタープランの計画時点から遅延したため現在は緊急性の性格が強くなっており、現在の給水状況を基として設定することとする。

実績値から設定する場合、表 3-13 に示す本年 1 月から 7 月までの給水量実績から、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となる。

(一日最大給水量=200,000m^3/日) / (一日平均給水量=174,800 m^3/日)= 1.144

④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 の既設配水システムは、需給の不均衡のため、時間制限給水を実施してきたので、ここでも実績から判断することは困難である（世銀マスタープランは需要予測から(一日最大給水量 x1.9)を時間最大配水量として設定)。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 以上とし、実績の最大となっている 18,000m^3/時を基準として、1.6 を係数基準値として採用する。

⑤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一人一日最大給水量を計算すると、工場・業務用水を含め次の通りとなる。

(一日最大給水量 x 有効率) / (現在人口 x 給水率)＝実績一人一日最大給水量
(224,550m^3/日 x 0.75) / (260 万人 x 0.55)＝117 ℓ/人/日

さらに有効給水量の 10%程度と推定される工場・業務用を減じ、最大負荷率で除した一般家庭における一人一日平均消費量は次の通りとなる。

［(一日平均給水量 x 有効率)－(工場・業務用水)］/ (最大給水量負荷率) / (現在人口 x 給水率)
＝一人一日平均給水量
［(224,550 m^3/日 x 0.75)x0.9)］/ 1.15 / (260 万人 x 0.55)＝92 ℓ/人/日

計算の結果、現在の平均給水量は一人一日約 100 ℓに達しない。この給水量は、「パ」国中規模都市の基準である 30gal(=135 ℓ)に達しておらず、給水量の不足状態を示す数値となっている。

⑥計画一人一日平均給水量

ファイサラバード給水計画において、ADB マスタープランは 2000 年平均給水量として一人一日 135 ℓ/人/日を目標とし、世銀マスタープランにおいては、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 ℓ /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 ℓ/人/日となる。国内第三位の人口を抱える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、現在は水量不足が際立ち、本計画による水量増加を現状の水量とあわせても、世銀マスタープランの設定レベル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、本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、工場・業務用の消費を抑えても、給水率が現在の 55%から 60%に増大すると仮定した場合、一人一日実質平均給水量は約 130 ℓ強と算定される。2010 年以降人口がこのまま増大してもこの水準を維持する場合、実質給水量を増加させる対策としては、漏水対策を講じ有効量の増加を図ることと、市内既設水源としてのラック用水路沿線井戸群のリハビリテーション等の措置を採ることが想定される。そこで、2010 年以降の給水予測については、漏水率の改善とともに新興地人口増加対策として、市内ラック用水路井戸群からの独立給水を増加することにより、給水率を維持するとして想定して算定した。表 3-14 にその結果を示す。

表 3-14　給水予測

年度	①推計人口	一日最大給水量　(m³/日)				一日平均給水量 (m³/日)	⑦推定給水率	⑧裨益人口	一人一日給水量 (ℓ/日)	
		②取水量	③有効水量	④商工業水	⑤一般家庭	⑥一般家庭			⑨平均	⑩最大
2007	2,600,000	224,550	168,340	16,830	151,510	131,750	0.550	1,430,000	92	106
2008	2,674,000	224,550	170,660	16,830	153,830	130,770	0.560	1,497,440	87	103
2009	2,742,000	224,550	175,150	16,830	158,320	137,670	0.580	1,590,000	87	92
2010	2,811,000	305,550	244,440	16,830	229,140	199,250	0.600	1,687.000	114	136
2011	2,880,000	305,550	250,550	16,830	233,720	203,230	0.620	1,785,600	114	131
2012	2,948,000	315,550	265,000	16,830	248,170	215,800	0.640	1,886,720	114	132
		10 年本計画により増強。10 年以降ラック用水路再開発を仮定。	③現行漏水率 25%, 10 年 20%に改善以降 2%/年改善目標。	④=③の 1 割 07 年以降据置を仮定。	⑤=③－④	⑥ = ⑤/1.15 現行の最大・平均の比率		⑧=①x⑦	⑥/⑧	⑤/⑧

3-2-2-3 施設計画

(1)新規施設の構成

本計画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、送水ポンプ場、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)－第 1 期(2005～2006 年) 建設完了。
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	合計 91,000m³/日　1 井 200 m³/時(2cusec)	
			基準深度	160m	
			呼径	ポンプ設置部	16"、0～45m
				集水部	10"、45～160m
			スクリーン	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	竪型電動機駆動・竪軸タービンポンプ	
			揚水量	200m³/時	
			揚程	70m～40m　(うち地下揚程 20m)	
			揚水管	200mm (3m/本)	
			電動機	竪軸全閉外扇篭型電動機 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 (45.4m²)	

②深井戸諸元
a. 計画取水量
3-2-2-1 節「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、本計画目標水量 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

第 2 回基本設計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が平均で 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。また水位測定管(25mm 鋼管) を、ポンプ部分まで別途設置する。ポンプ部分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。集水面積が大きい場合、巻線型以外の他種スクリーンでは、流入流速が小さくなるので、揚水効率が高まる。この結果、水位降下をおさえ、砂の流入を防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(集水面積) x V(流入流速) ＝Q (計画揚水量) (V＜15mm/秒)

ADB 事業で建設された既設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、本計画の深井戸でも同じ長さを基準として採用する。

③井戸群配置

本計画の水源地は、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 幅の帯状地帯である。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。井戸間隔の設定は、揚水試験結果から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 3-10 参照)

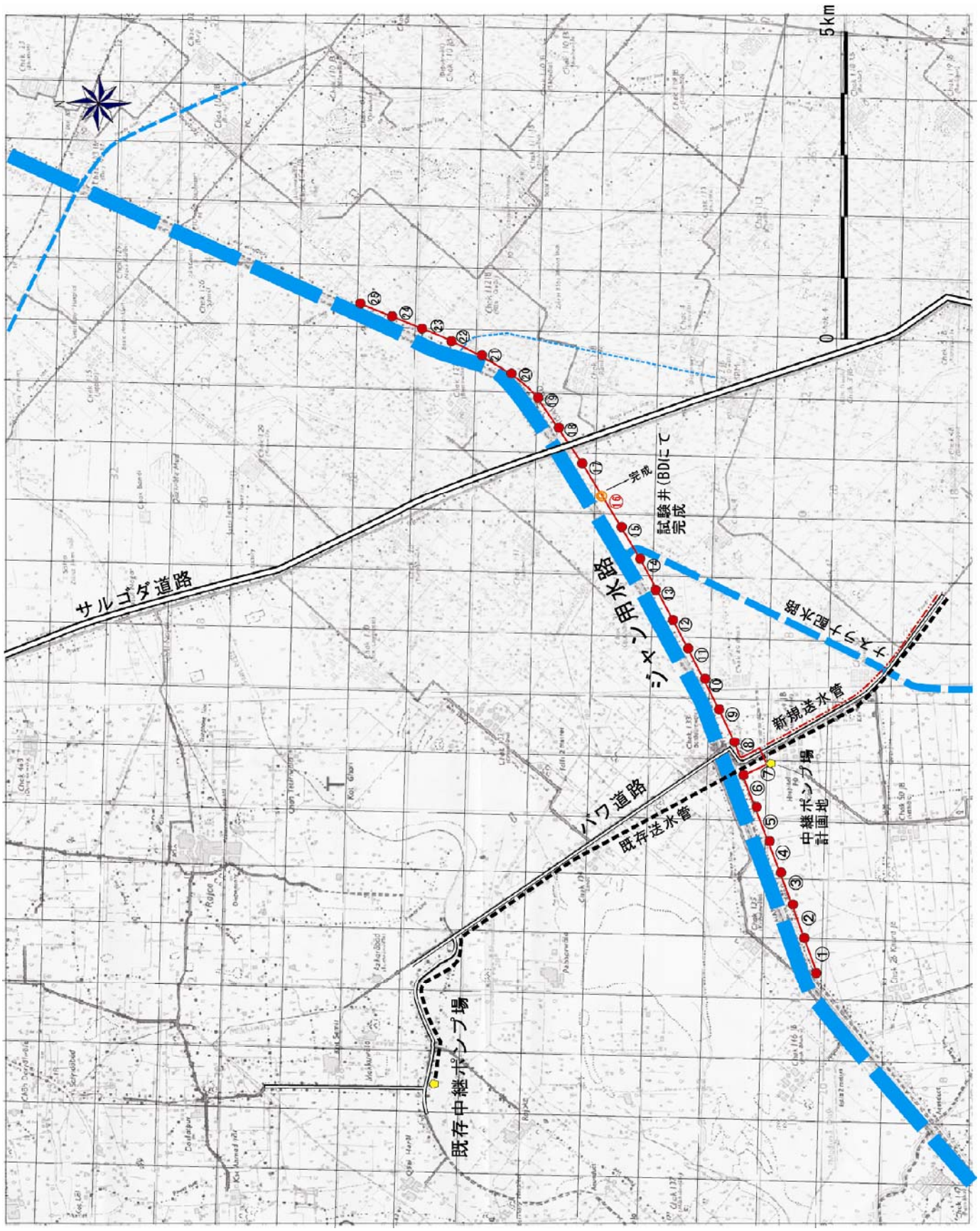


図 3-10 水源施設配置計画図

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竪軸ボアホールポンプが選択の対象となる。既設井戸ポンプは後者(「パ」国産) を採用している。本計画の深井戸水源の特性をもとに検討した結果、現在利用している竪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、本計画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、本計画のジャン用水路水源地は、ADB 事業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、ポンプとモーターが一体化された本体を井戸内部に設置するので、故障があった場合ポンプ本体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、竪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、既設ポンプは竪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、維持管理上の利点が大きい。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、ADB 事業ですでに 10 年間、竪型電動機駆動竪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。現在まで、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 200m³/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、目的地である送水ポンプ場との地盤高の差を総合して決定する。

－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) + (200m³/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 チェナブ水源既設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設井は、当初、基本設計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 まで降下している)。

－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送水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 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。

上記の各要素を算定すると、送水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、最小は送水ポンプ場近くの 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、ADB 事業の既設ポンプ室を参考とし、主構造を鉄筋コンクリートラーメン構造とする。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、鉄筋コンクリートスラブ、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・逆止弁、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

本計画で建設される 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、井戸からの揚水を送水ポンプ場のポンプ井に導水するため、井戸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。構成を表 3-16 に示す。

表 3-16　導水管一覧表

施設分類	種類	数量	管種	呼径	長さ	
導水施設	導水本管	総延長 14,620.4m	ダクタイル鋳鉄管	400 mm	3,704.2m	計 11,431.0m
				500 mm	3,396.3m	
				600 mm	2,515.9m	
				700 mm	1,814.6m	
			鋼管	900 mm	3,189.4m	計 3,189.4m

② 管種の検討

管種としては、ダクタイル鋳鉄管と鋼管の 2 種類が対象となり、経済性を考慮すると鋼管が有利になる。しかし鋼管の場合、管を接続するのに現場にて溶接作業を行わなければならない。また接続後、溶接部の内外面保護塗装をする必要があり、内部作業が可能な呼径は、安全面から 800mm 以上であるため、800mm 未満の管はダクタイル鋳鉄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)がある。同地点の横断は、当該地域の用水路が冬期約 1 カ月間水路保守のため配水が停止され、その期間に水路の開削横断施工が可能となるので、本計画では伏越しにより施工することとする。推進工法等を採用する必要はない(ADB 事業でも伏せ越し工法を採用している)。

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戸水を、送水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設最終配水池(T/R)敷地内に建設される新規最終配水池へ送る施設を含む。施設構成一覧を表 3-17 に示す。

②送水方式の検討

本計画におけるジャン用水路左岸から 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、深井戸水源から T/R まで直送する方式も考えられる。しかし、既設チェナブ水源地の井戸群は水位降下のため直送が困難となったように、井戸群の場合は取水する帯水層がそれぞれの地点で変化し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。このため水源地の井戸群からの取水を一時貯水槽（着水井）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 カ所に建設し、その施設を「送水ポンプ場」と呼ぶこととする。

③送水ポンプ場

a. 送水ポンプ場建設予定地

送水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、大口径の送水管布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幹線道路であるサルゴダ道路と、西側に生活道路であるバワ道路の 2 本があり、バワ道路には既設の 1,500mm 送水管が既設インライン・ブースターポンプ場から T/R まで埋設されている。T/R へはバワ道路の方がサルゴダ道路を経由するより距離が短い。水源地となる用水路沿線を調査の結果、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る。特に、バワ道路沿い、用水路左岸から約 800m 南に進んだ地点に 3 ヘクタールを越える公有地があることが判明し、県庁と WASA 交渉により同地を送水ポンプ場建設予定地とすることに決定した。(図 3-10 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
			水槽容量	4,000m^3、1 槽式
	送水ポンプ場	1 棟	構造	鉄筋コンクリート造
			寸法	26,000mm x 14,000mm
			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 13,000mm x 6000mm
				管理棟(1 棟) （先方政府負担）
				要員宿舎(場内 1 棟、外部 1 棟)（先方政府負担）
	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/分/機 x 33m x 980 rpm x 190kW
			呼径	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)
				450mm バタフライ弁(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(または外部型): 注入量：0～6,000 g/時
				計量範囲　20：1
			塩素ボンベ	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/PVC)
				塩素ガス吸引ファン、中和剤循環ポンプ
	送水管	11.3 km	仕様	呼径 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

送水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（先方政府負担）　　1 棟
* 操作員宿舎棟（先方政府負担）　　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、第 2 回基本設計調査第 2 次現地調査時、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 値分布は表 3-18 の通りである。

表 3-18　送水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～　=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と送水計画の水位設定により、地盤高－2.5m をポンプ井の地盤改良工開始深度とした。なお、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(m^3/日) / 24(時間)＝3,800m^3 を基準とし、4,000m^3 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

－既設チェナブ水源地井戸群は、既設中継インライン・ブースター・ステーションを経由して市域の T/R へ送水する。同既設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取られている。1998 年までは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、井戸群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、一旦貯水槽（着水井）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、本計画では第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 91,000m^3/日(水源水量 4,600m^3/時)で、中継ポンプ送水量は 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

－既設井戸群からの送水は、既設インライン・ブースター・ ステーションで塩素ガス注入により消毒し、配水系統の安全化が図られている。本計画でも同様に送水ポンプ場で塩素ガスを注入し、安全対策を図る。本計画の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とする。本計画では、新設井戸群から送水ポンプ場のポンプ井に導水される井水の一部を分岐し、加圧ポンプで既定の圧力まで昇圧してインジェクターに導水する。塩素水はインジェクターの背圧で注入点へ送られる。

－注入機能力は送水量に対し最大 2.5ppm までの注入を目標に、1 台 6,000g/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 トンボンベ容器は、国内調達が困難であり、本計画で調達の必要がある。

b. 除害設備

－既設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、事故防止のための対策として、塩素ガス排気ファン、漏洩検知警報装置、除害装置、保安用具等を設置する。除害装置は中和塔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、塩素ガス吸引ファンで中和塔に吸引し、中和塔内で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排気ファン、中和塔、中和液貯槽および中和液循環ポンプを設置する。

⑦送水管の検討

a. 送水管設計方針

本計画で送水ポンプ場から T/R までの送水管ルートは、既設 1,500mm 管ルートと同じバワ道路沿線となる。この既設管は ADB フェーズ I により建設され、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 m^3/日、実績最大 200,000m^3/日)に対し余裕ある設計となっている。そこで、本計画の新規取水量は既設管を利用して送水する方針を検討した。第 2 回基本設計調査第 2 次現地調査において、既設インライン・ブースター・ステーションおよび再度既設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。

- 既設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送水ポンプ場地点において既設管に接続して、合流送水した場合、既設インライン・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。
- 既設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 2 回基本設計調査第 2 次現地調査終了時、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らない場合は、既設管の利用を了承するとの回答を得た。

その後、(1)新規送水管を別途布設する場合、(2)既設ポンプを更新し、新規送水は既設送水管を利用する、の 2 案を中心に検討した結果、建設費は既設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、本計画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

本計画では新規に送水管を布設する計画としたので、すでに記述した導水管を含めて本計画の主要配管材料について検討する。

既設チェナブ水源地からインライン・ブースター・ステーションを経由しての既設送水管は、導水管部分呼径 300～1,000mm が 約 10km、送水管部分呼径 1,500mm が 約 18km ともに、日本製ダクタイル鋳鉄管(ISO 規格) が採用されている。本計画の管材料としてもダクタイル鋳鉄管が当然候補となるが、「パ」国においては、国内の高圧ガス・パイプライン整備に「パ」国産のスパイラル鋼管が多用され、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 2 社あるため、両社製品を採用検討の対象とした。主要な比較を表 3-19 に示す。

表 3-19　ダクタイル鋳鉄管と鋼管との比較

		ダクタイル鋳鉄管	「パ」国製水輸送用鋼管
1.規格		ISO 2531	API，AWWA，DIN その他
2.寸法	(1)管厚（WT）㎜	(1) 13.5	(1) 4～22
	(2)管長（L）㎜	(2) 6,000/9,000	(2) 12,000
3.耐圧性	(1)耐外圧	(1)曲げ強度が大きく，大きな荷重に耐える	(1)ダクタイル鋳鉄管より延性が大きい
	(2)耐内圧	(2)32bar 以上の高水圧に耐える（直管部）	(2)25bar 以上の高水圧に耐える（直管部）
4.継手	(1)継手形式	(1) T，K，NS 形などいずれもプッシュオン式	(1)外面 V 開先，内面 V 開先，X 開先
	(2)水密性	(2)ゴム輪にて密封されるため良好	(2)溶接施工が完全であれば水密性は高い
	(3)伸縮可撓性	(3)伸縮性を有しているため管に無理な応力を発生し難い	(3)溶接継手であるため伸縮性がなく，伸縮可撓管を適宜挿入する必要がある
	(4)離脱防止性	(4)T 形管には離脱阻止力は無く，曲管等内圧による不均等圧が作用する箇所には継手の離脱を防止する措置を取る必要がある	(4)溶接継手であり，離脱阻止力に優れる
	(5)軟弱地盤適応性	(5)継手に伸縮機能があるため管体に無理な応力を発生させない 沈下量が大きい場合は耐震継手にて対応する	(5)継手に伸縮機能がないため管体に無理な応力が発生する 沈下量が大きい場合は伸縮管を適宜挿入し対応する
5.施工性	(1)掘削工	(1)継手部に会所掘りを必要とする	(1)溶接作業を行なうためダクタイル管より大きな掘削断面を必要とする
	(2)吊込据付工	(2)管体の単位メートル当り重量が鋼管より重いが，「パ」国製鋼管の半分の長さであるため施工性の差はほとんど無い	(2)同左
	(3)管の接合	(3)T 形管においては，レバーブロック，ワイヤーロープを用いて短時間に接合可能 若干の湧水や気象条件に左右されない	(3)溶接のためダクタイル鋳鉄管に比べ施工性が非常に劣るうえ, X 線検査を必要とする 溶接のため気象条件に左右されやすい 内径 800 ㎜未満の管は内部に人が入って作業できず，内面溶接は行えない
	(4)埋戻し工	(4)基本的に掘削土にて埋戻が可能 接合後すぐに埋戻しが可能であり周辺への影響が少ない	(4)掘削土が良質でない場合は砂巻が必要 接合溶接およびその塗覆装と乾燥に時間を要するため, 埋め戻すまで長時間必要となり周辺への影響が非情に大きい
6.耐久性	(1)本体の耐食性	(1)科学的な特性により優れた耐食性を有する	(1)溶接，塗装が完全であれば優れた耐食性を有する
	(2)内面防食	(2)モルタルライニングまたはエポキシ紛体塗装が製造工場で施され品質にムラが無く接合部も本体と同様に防食される	(2)同左 ただし安全性の点から内径 800 ㎜未満の接合部内面防食を現場で施すことができない
	(3)外面防食	(3)タールエポキシまたはアスファルトビニロンクロス塗装が工場にて施される 必要に応じポリエチレンスリーブを巻立てる	(3)タールエポキシまたはアスファルトビニロンクロス塗装が工場にて施される
	(4)耐電食	(4)継手部がゴム輪によって電気的に絶縁されるため電食を起しにくい	(4)継手部が溶接であり管全体が電気的に一体化されるため電食を起しやすい

表 3-19 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、施工性及び耐用年についてはダクタイル鋳鉄管の方が優位にある。反面、経済的には鋼管の価格水準がダクタイル鋳鉄管と比し低く、またダクタイル鋳鉄管の場合は輸入品となるが、鋼管の場合は「パ」国産があり入手もしやすく輸送コストの点でも有利となる。本計画の場合、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。このような現場状況により、本計画では経済性と後述する安全性の点から、800mm 以上の大口径管は被覆鋼管採用を基本方針とする。

一方、鋼管の接合は現場溶接となるため、溶接後、接合部の内外面防食を現場で施工する必要がある。この場合、外面防食の施工は問題ないが、内面防食については、我が国の水道事業における管内作業安全規則から、呼径 700mm 以下の場合禁止されており、導水管で計画する呼径 400～700mm までの管路はダクタイル鋳鉄管を採用することが必要となる。

ただし、後述する本計画第 1 期工事にて施工された、市内の配水管増強計画におけるバイパス管については、市内の交通が混雑する地区が施工場所であったため、確実で迅速な施工を確保するためダクタイル鋳鉄管を採用した。

c. 管径の検討

深井戸水源計画取水量に対応する送水ポンプ場からの最大送水量は、(91,000m^3/日) / 20 時 =4,550m^3/時であり、この送水量に対する経済的な管径としては呼径 1,000mm と呼径 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、表 3-20 に示す。

表 3-20　送水管口径の比較

呼径	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、管布設工事のみの建設費では呼径 900mm の方が呼径 1,000mm より有利となる。しかし呼径 900mm は呼径 1,000mm と比し管内摩擦が大きくなるため高揚程ポンプが必要となるため、ポンプ価格と電気設備費が大きくなり、結果両者の間に大きな差額は出ない。一方、維持管理費としては、呼径 1,000mm は電力消費が小さく、呼径 900mm よりはるかに優位となり、呼径 1,000mm を採用する。

d. 管路の検討

全長約 11km の送水管ルートは、新規送水ポンプ場から、既設の呼径 1,500mm の送水管が布設されているバワ道路沿いに T/R へ達する。この道路は簡易舗装されており、ジャン用水路周辺の村落と市域を結ぶ私営バスが運行され、朝夕は住民のファイサラバード市への通勤のため交通が頻繁にある。新規送水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、この区間の布設については関連村落と十分に協議し、住民に支障のないよう工事を実施する。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、路肩に埋設する大呼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ため、所有者の土地利用に支障のないよう配慮する。当該地区の土地利用は、県歳入局が管理を担当しているので、実施前に再度同局と十分な協議を行う。呼径 1,500mm の既設管は市に向かって道路右側の路肩に埋設されており、本計画の呼径 1,000mm の新規送水管は左側の路肩部分を利用することになる。

路線は出発点の送水ポンプ場の標高と 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、既設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、経路の凹凸部では、必要な空気弁・排泥弁の設置を計画する。

導水管路同様、送水管路にも用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施工することとする。

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

既設チェナブ水源系統の送水は、市域北部郊外に位置する 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 および呼径 1,600mm～500mm、総延長 49km の配水幹線）は ADB フェーズ I で 1992 年完成した施設である。

一方、本計画によるジャン用水路系送水量は、新規送水ポンプ場を経て、チェナブ系送水管と同ルート、バワ道路を経由して、既設 T/R 敷地内の既設配水池に隣接して建設される新規配水池に入る。T/R からの市内配水は、新規配水ポンプ場から既設配水幹線を通じて市内に給水するので、新旧ポンプ場の合同運転が行われることになる。現在、既設配水池・配水ポンプには設計上の問題による運転上の問題があるが(後記第③、④項)、新規施設が完成後既設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。

市内給水は、給水量の不足のため、時間制限給水が行われてきたが、ポンプによる配水が始まると T/R に近い給水区が大量消費することから、T/R から遠距離にある管末給水区で低圧となり、給水が困難となる状態が継続している。本計画では、このような給水不良の改善をはかるため、T/R からの幹線ループのバイパス管を布設し、配水距離を短縮することにより給水圧減少を最小に抑えることを目標とした。同計画は 2003 年の第 2 回基本設計調査により策定され、本計画の第 1 期工事としてすでに完成している。本事業化調査時に確認したところ、既に給水状況に改善が見られるが、最終的な効果は給水量が増加する第 2 期の完了後に評価することとなる。

②施設構成

新規配水施設の構成を表 3-21 に示す。

表 3-21　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	36,500mm x 15,000mm
	配水ポンプ(1)	2 台	送水量	31.6m^3/分/機 x 45m x 980 rpm x 330kW
			呼径	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 x 6P x 3.3 kV x 50 Hz
	配水ポンプ(2)	3 台	送水量	63.2 m^3/分/機 x 45 m x 980 rpm x 620kW
			呼径	600mm (吸込み側) x 450 mm (吐出し側)
			型式	両吸込み渦巻きポンプ
			電動機	高圧三相かご型誘導電動機 620 kW x 6P x 3.3 kV x 50 Hz
			弁類 (ポンプ 5 台用)	呼径 500mm・600mm バタフライ弁 (吸込み側, 5bar 手動) ポンプ 5 台用 呼径 500mm・600mm スイング・チェッキ弁 (10bar), ポンプ 5 台用 500・600mm コーン弁 (吐出し側 10bar, 電動), ポンプ 5 台用 1,200mm 超音波流量計 x 1 台

③配水池

a. 第 2 回基本設計調査における検討

新規送水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、(91,000 x 6/24=23,000m^3)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、既設の T/R 配水ポンプ場と連動し、既設配水幹線を通じて同時配水することになるので、既設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。

既設配水池は、チェナブ系井戸群の送水を対象とし、容量 46,000 m^3 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、据付け位置が高くキャビテーションが発生する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 m^3 に限定されている。このためポンプ圧送給水時間が 1 回約 2 時間程度に限定されている。既設配水池とポンプのレベル関係を図 3-11 に示す。

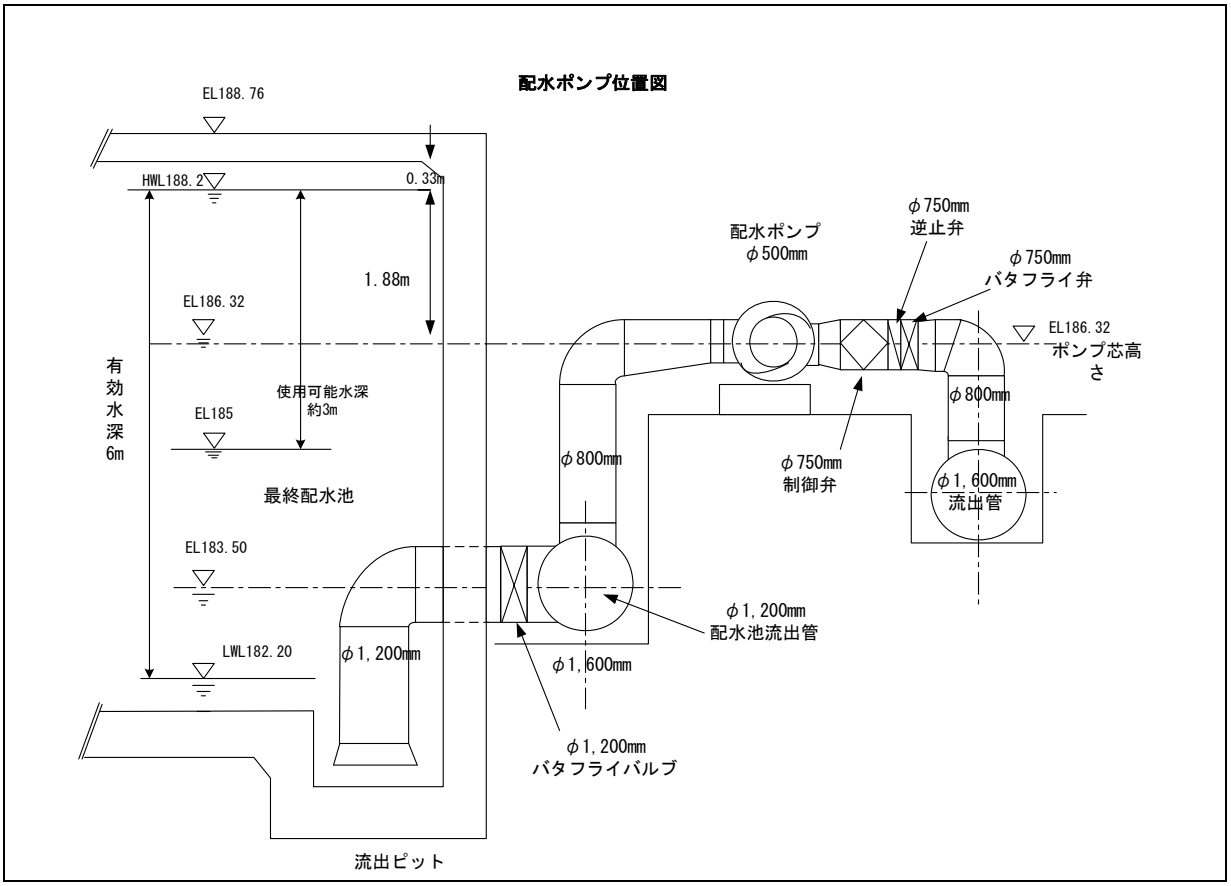


図 3-11　既設配水ポンプ位置図

本計画が完成すると、現行のチェナブ系 180,000 m³ と新規ジャン用水路系 91,000 m³ をあわせ、T/R への送水量は 271,000 m³ に達する。しかし、仮に、新規配水池容量を 23,000 m³ とすると、既設配水池有効容量 23,000 m³ との合計は 46,000m³ であり、約 4 時間分の貯留能力しかないこととなる。

そのため、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を計画した。

i. 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。
ii. 既設ポンプ据付位置により、既設配水池で有効に利用されない下部の活用をはかるため、既設ポンプ吸込みヘッダー管に新規配水ポンプの吸入管を接続し、新規ポンプによる利用を考慮する。
iii. これらの対策により、合計容量として約 59,000m³、送水量の 5.4 時間分を確保する。

b. 事業化調査における検討

この設計内容について本事業化調査にて検討し、WASA と再協議した結果、次のような要望が出された。

i. 基本設計時の新規配水ポンプでは配水量が少なく、既設ポンプが運転できない時間帯における新規配水ポンプ単独運転の場合、実質的な配水効果が小さい。現在、既設ポンプの運転停止中は、配水池の流出弁を開放し自然流下による給水が行われているが、約 5,000m³/時が配水されている。このため基本設計調査で選定されたポンプ容量(5,700m³/時) では、現況の自然流下による配水量に近いため、基本設計時のポンプ容量による新規配水ポンプ単独運転とした場合、電力消費コストに見合う効果が得られない。

ii. したがい既設ポンプおよび新規配水ポンプの合同運転時間をより長くし、既設ポンプも新規配水池の水をより多く利用できるように、新規配水池の低水面が既設ポンプ設置高近くに新規配水池の設置深度を設定し、既設ポンプが新規配水池からも揚水できるようにする。

これらの要望についてさらに検討/協議した結果、新規配水池設置高を高くする案は、(a) 既設ポンプへの流入管が長くなり (約 200m、一般的に可能な限り短くし長くても 50m 程度) 損失が大きくなる、(b)連結された二つの配水池の水位調整のための頻繁な仕切弁操作が必要となり運転方法が煩雑となるといったことから推奨できず、代案として、ポンプ容量の見直しを検討することとした。その検討は次項にて行う。

④ 配水ポンプの検討

a. 第 2 回基本設計調査における新規配水ポンプの検討

2003 年の第 2 回基本設計調査における新規配水ポンプの検討結果は次の通りである。

i. 水量

新規配水ポンプの容量は、新規水源開発による計画一日最大水量 91,000m³/日の時間最大給水量に対応することとする。

(91,000 m³/日 x 時間係数 1.5) /24 時間 = 5,700 m³/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。

注記：上記③で WASA が指摘したように、水量だけに限るならば、ほぼ現在 WASA が給水用に自然流下させている 5,000m³/時と同水準にある。

ii. 型式

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 15 年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(たとえば竪型斜流ポンプ等)と比較すると、価格面でも有利である。

iii. 配置

ポンプの据付位置は、既設ポンプにおける吸込み部分の損失増加によるキャビテーション発生のため、配水池下部からの吸込みが困難となる事態を防ぐため、ポンプ室を半地下式とし、吸込み部分を押込み方式とする。(図 3-12 参照)。

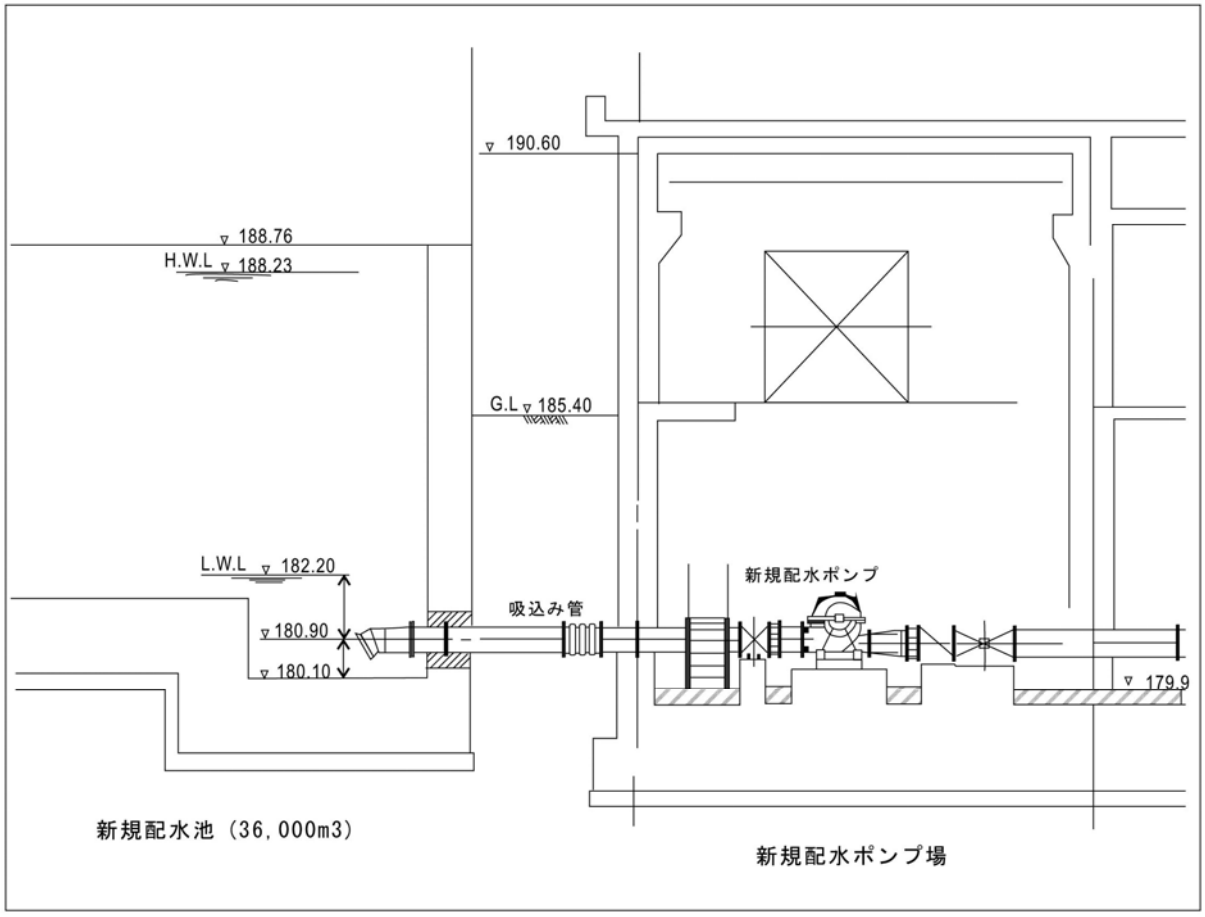


図 3-12　新規配水池・配水ポンプレベル関係図

b. 事業化調査における配水ポンプの検討

i. ポンプ仕様の検討

本調査において、運転方法の検討に伴い、ポンプ仕様を次のような条件に基づいて検討した。

－新規ポンプ単独運転による最大配水量は、本計画における時間最大給水量に対応する規模ないしそれに近い水量とする(時間係数最小 1.5 を設定すると 17,000m^3/時以上)。

－台数は、第 2 回基本設計調査により計画した新規ポンプ場は最大で 5 台設置のスペースがあり、その範囲で計画する(現行は予備 1 台を入れて 4 台)。

－WASA は既設ポンプを 1992 年から 15 年間継続運転してきたが、2005 年の詳細設計調査で全 7 台のうち 1 台を分解点検したところ、ポンプ据付位置等を原因とするキャビテーションにより内部に腐食が発生している状況が発見され、本事業化調査時に WASA がポンプの修理を開始したことを確認した(これまで 1 台)。このような老朽化により既設ポンプの一部が故障した場合、対応が可能となる容量を考慮する。

－常時、時間最大給水量に対応するポンプ運転は、既設ポンプとの合同運転とするが、電力消費軽減の配慮から補助運転用の小型を含んだ大小 2 種類のポンプを計画し、小型は第 2 回基本設計時点選定したポンプを基準とする。

以上の検討に基づき決定した新規ポンプ仕様を表 3-22 に示す。

表 3-22　新規配水ポンプの仕様

	種類	揚水量	揚程	台数	注記
1	大型	63.2 m³/分(3,792 m³/時)	45 m	3	揚水量は小型の 2 倍
2	小型	31.6 m³/分(1,896 m³/時)	45 m	2	第2回基本設計時選定能力

ii. 新旧配水池連絡管の検討

2003 年第 2 回基本設計調査では、新旧配水池を連絡管で接続し、既設配水ポンプが揚水できない既設配水池の下部を、それより低いレベルに設置する新規配水ポンプで揚水することを計画した。事業化調査時点に WASA と再検討した結果、配水池の水位が現行の最小運転水位（図 2-11 で 182.5m）以下に下がると、水槽の吸込みヘッダー管がサイホン状態となり、既設ポンプがエアを吸込む可能性が出てくることが懸念された。図式的には次図 3-13 に示す状態となる。

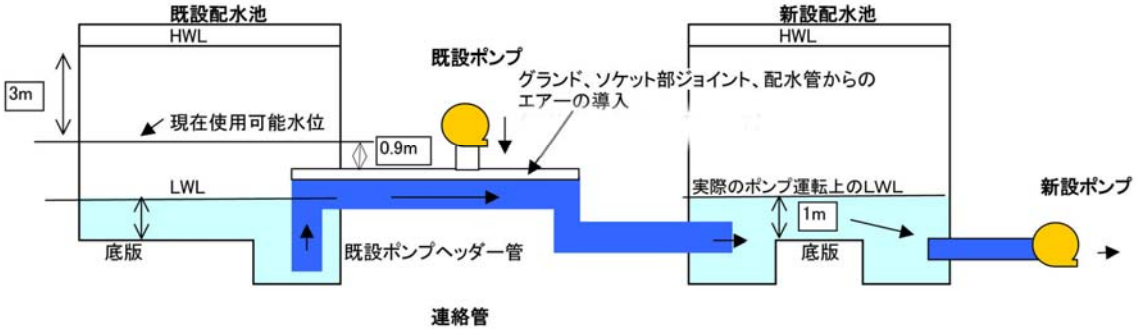


図 3-13　新旧配水池の連絡配管運転模式図（エア吸込みの可能性）

このため、実際の運転において、既設配水池の下部を新規ポンプにより活用する計画は実施が困難と判断された。

一方、新規配水池の下部は、連通管の仕切り弁により連絡を遮断することで、新規ポンプによる単独揚水が可能であり、仕切り弁を電動とすることで、弁操作の難度を軽減することが可能である。本項 i で仕様変更したポンプにより有効利用が可能となる。

以上の事業化調査案を図 3-14 に示す。

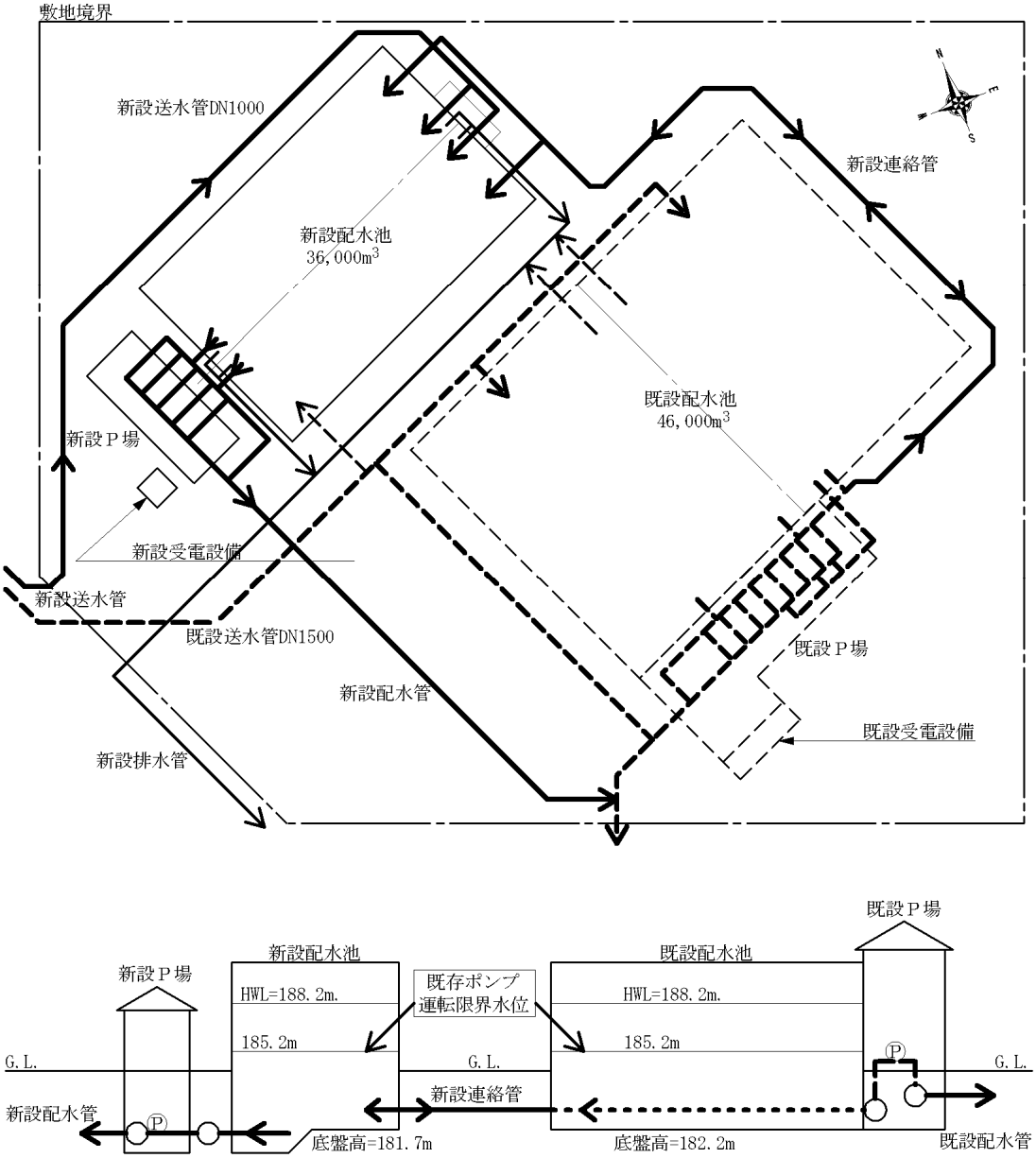


図 3-14 最終配水池・事業化調査案

c. 配水ポンプ運転計画の検討

事業化調査における配水ポンプの検討結果に基づき、運転方法について検討する。

i. 配水量の検討

ピーク時の配水量の基準となる一日最大給水量に対する時間係数は、経験的に 1.5～2.0 となることが知られている。しかし、夏季最盛期には、当時の一日最大給水量(20 万 m^3/日)に対して、時間係数 2.16 倍に相当する 18,000m^3/時が給水された記録がある。給水量が少ない場合は時間係数が一般的に高くなるが、時間制限給水の場合はさらに需要が集中するため、高い比率となった。本計画により、給水量が増大し、連続運転がはじまった場合の需要傾向は予測が困難であるが、給水量は依然として潤沢ではなく、市内給水は給水区の全域を対象として行うので、時間係数は高い傾向になると推定される。一つの基準として考えられる配水

量は、実績値の最大である 18,000m³/時であり、これは増加した給水量 271,000m³/日に対して時間係数 1.6 に相当する。本調査ではこの水量を指標として設定し、ポンプ運転について検討する。

ii. ポンプ運転シミュレーション

次の 2 ケースについて、検討する。

＊ケース (1)

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 2～3 時間ずつと仮定し、この時間帯の給水時 18,000m³/時を基準とし、他の時間帯は平均給水量 11,000m³/時の給水を基準とする。

＊ケース (2)

また、高止まりの需要が継続すると想定した場合、配水量を平均 18,000m³/時として、既設配水ポンプが運転できる範囲の水位で継続運転した場合の持続時間について検討する。

2 ケースの給水シミュレーションの結果を図 3-15 に示す。その結果についての評価は次のとおりである。

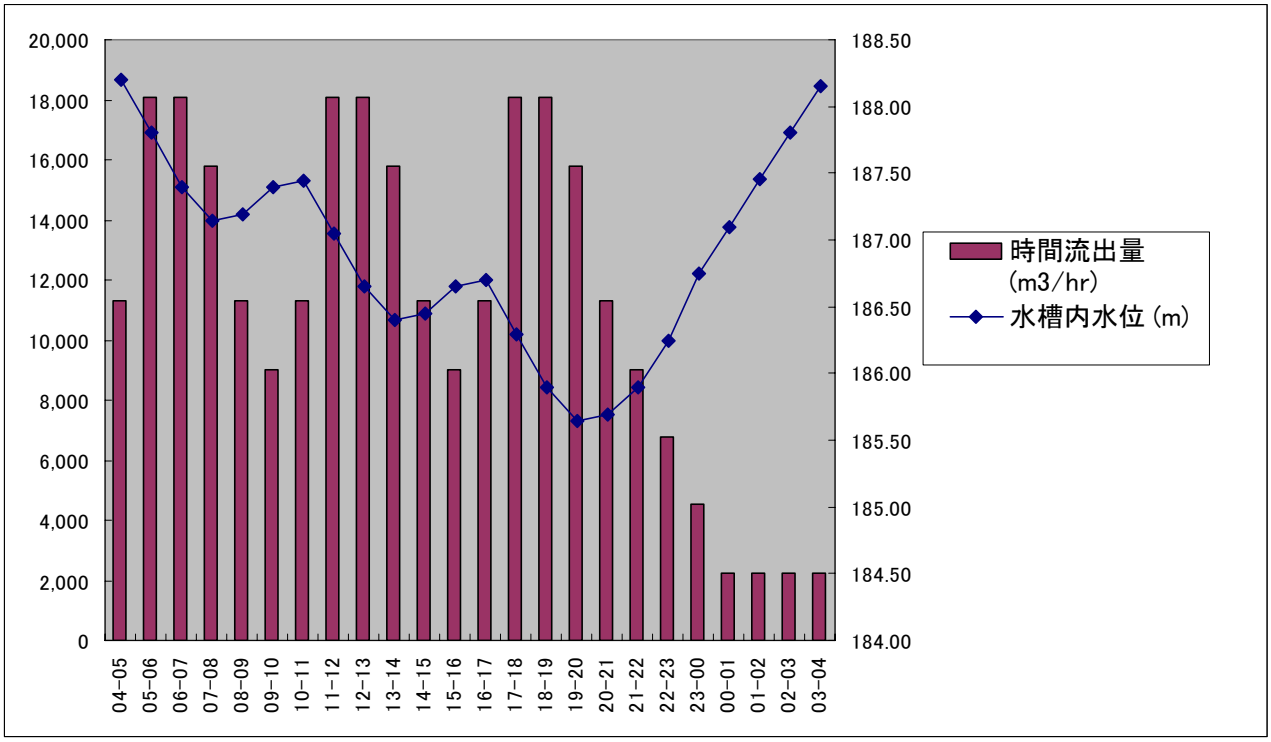
－ケース 1 は、配水池のレベルに制限があるが、総給水量の範囲で日常の給水量変動に対応する連続給水の 1 例である。現在市内に対しては、全域を対象とし給水範囲には制限がないので、需要が給水量範囲を超える場合は、連続給水は困難となる。

－ケース 1 で低需要の深夜時間帯は、WASA は現在、配水池からの自然流下により対応しているが、水量は毎時 5,000m³/時の水準にある。ただし、配水池と市内のレベルは差が小さいので、水圧はほとんどなく、利用範囲はかぎられていると思われる。しかし、WASA は電力消費をできるだけ抑制する方針であるので、この水準の給水量をポンプで圧送するかわりに自然流下とすることはやむをえないと思われる。

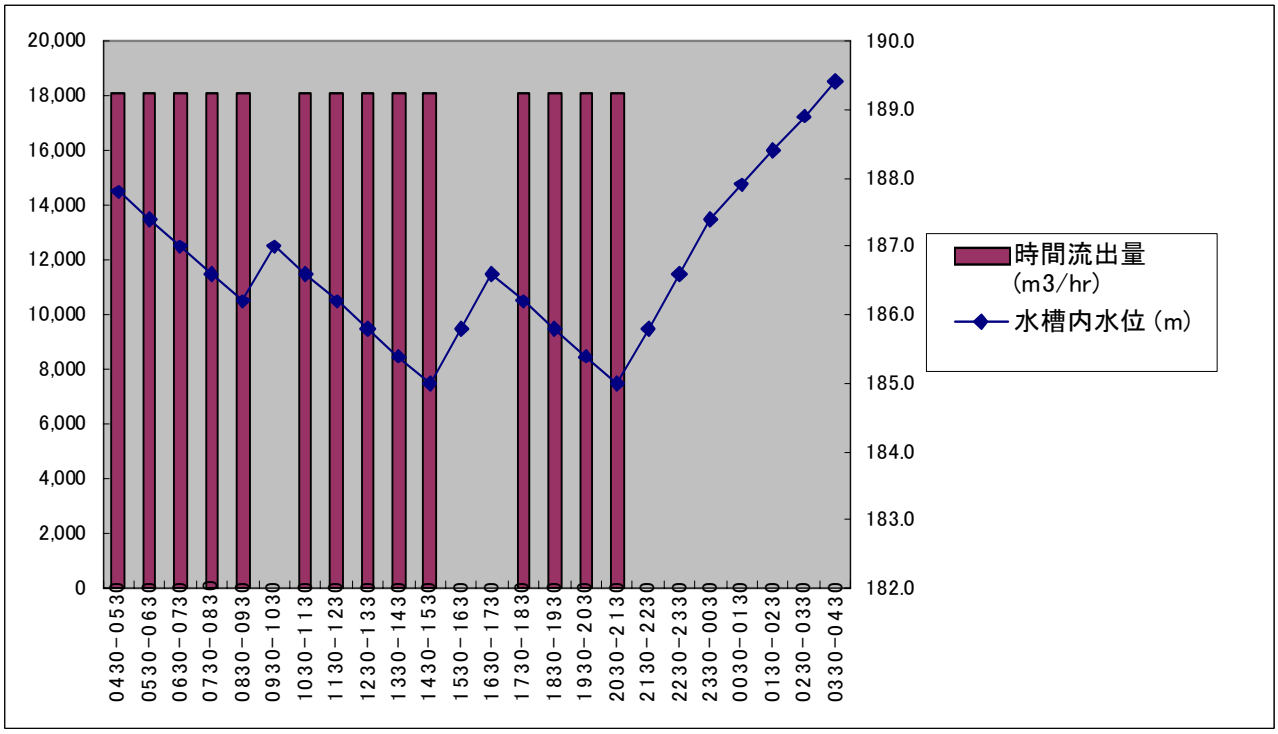
－ケース 2 は時間最大の連続給水の持続時間について、1 日 3 回、4～5 時間ずつの運転が可能であるが（全体で 14 時間程度であるから、現在運転時間の 2 倍となる）、水位回復のために中間の運転休止帯が必要となる。このような運転方法は、実際の需要を確かめながらではあるが、必要となることも考えられる。

図 3-15　給水シミュレーション

①ケース (1)　一日 3 回のピーク時 時間最大水量(係数 1.6) を 2~3 時間連続



②ケース (2)　ピーク時を中心として、常時平均で時間最大 1.6 を継続運転



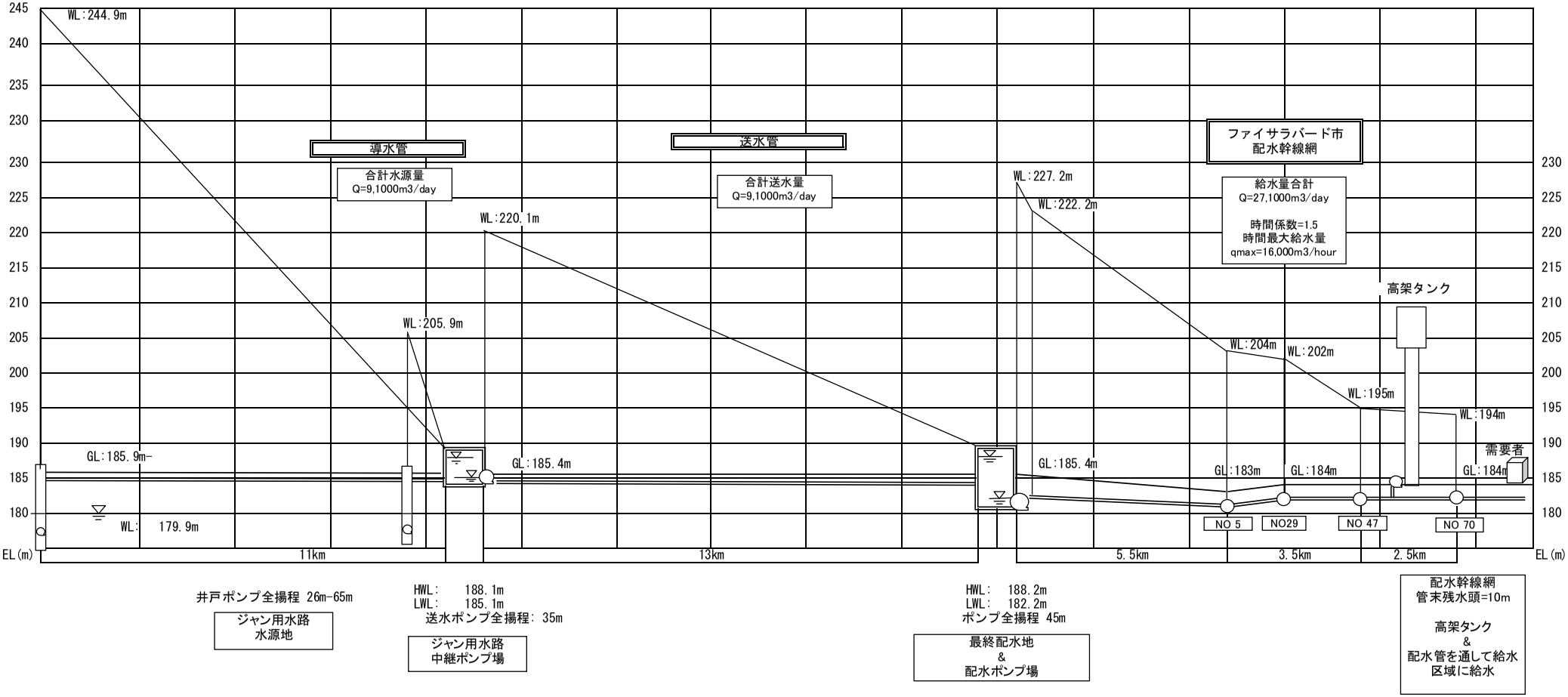
iii. ポンプ運転上の留意点

* ピーク時点のポンプ運転は、既設ポンプ 6 台と新規ポンプを組み合わせた合同運転を想定する。既設・新規ポンプ双方のグループの台数の組み合わせは、実際の試運転・調整時に需要動向とポンプ圧力を見ながら判定する。
* ピーク時以外の平常時間対応は、新旧のポンプを比較したとき、より大型である既設ポンプを台数制御することは困難である（キャビテーションが発生する）ので、新規ポンプにより対応することとする。
* 給水圧力の条件については、長大な配水幹線の末端に位置する東部給水区で給水圧が低くなるため、ほとんど水が出ないという問題が発生している。このため、プロジェクト完成後の給水区における圧力減少の対策の一つとして、配水幹線のバイパス管を計画し、本計画の第 1 期で建設を完了した(2006 年 3 月)。

  問題の給水区に対して WASA は幹線管末で 10m 程度の圧力を期待しており、試算によると、T/R における配水ポンプ圧力として約 40m 程度が必要である。しかし、ポンプ圧力は市内の需要動向･分布に影響されて変動するので、常時このレベルの圧力を確保することは困難と想定される。したがって、施設建設完成後の試運転時においては、給水圧を重点条件の一つとして、最適なポンプ運転方法を検討しなければならない。
* 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設ポンプの運転状態から推定され、何らかの流量制御やキャビテーション対策が必要である。しかし、既設ポンプについては制御は困難であるため、新規ポンプに、キャビテーション防止効果が大きい構造の制御弁を設置する。
* 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、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。

これまでに記述した施設計画の参考として、図 3-16 に新規水源・施設水位高低図を示す。

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



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

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、2003 年第 2 回基本設計調査第 2 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、表 3-23 の機材を調達する計画を策定し、すでに実施済みの第 1 期において WASA に供与した(2005 年)。2007 年 4 月の瑕疵検査のさい、WASA 水質試験所における水質試験器をはじめ、これらの機材は、すでに WASA により有効利用されていることが確認された。

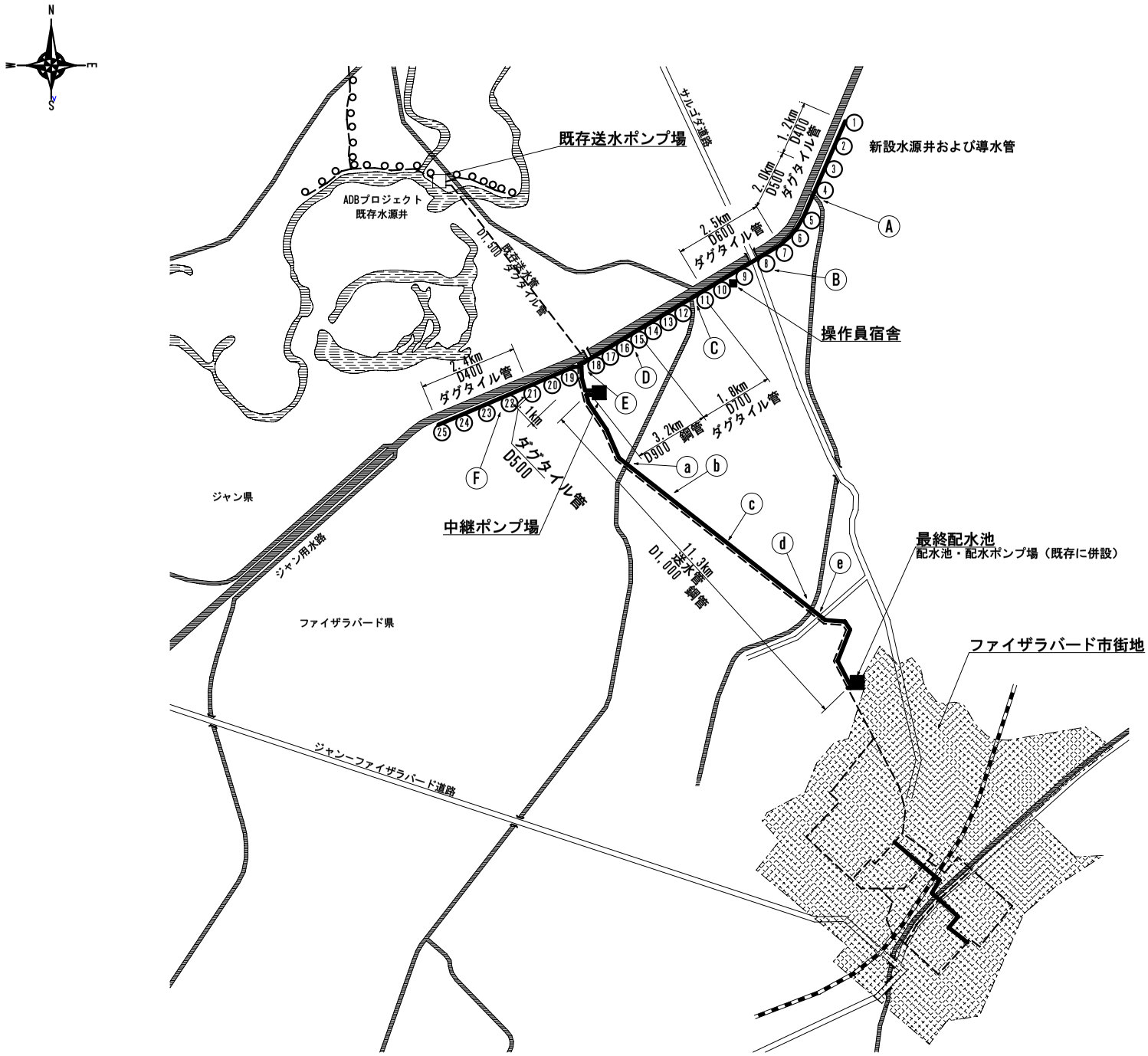
表 3-23　機材調達リスト

	機材名	数量	仕様	使用目的
1	水位測定器	12	電池駆動、携帯型、測定深度 50m	井戸水位モニタリング用
2	水質試験器	1	①分光光度計、試薬付属	WASA 水質試験所の標準水質測定用
		2	②携帯型 TDS 測定器	現場水質モニタリング
		2	③携帯型 EC/pH 測定器	現場水質モニタリング
3	配水システム管理機材	1	①超音波流量計	管路の流量現場測定用
		2	②自記録圧力計	管路の水圧現場測定用
		2	③音聴棒	管路漏水の簡易探知用
4	音声通信機	1	利用周波数帯　VHF 使用距離　5～30km 電源　通常商用電源 設置箇所 ①市内水道局本部　固定式×1 式 ②最終配水池ポンプ場　固定式×1 式 ③新規送水ポンプ場　固定式×1 式 ④井戸ポンプ運転要員　ハンディ×15 式 ⑤既設中継ポンプ場　固定式×1 式 設置箇所間距離　①→②　約 5km ②→③　約 13km ③→④　約 3km～12km ③→⑤　約 5km	井戸、送水ポンプ場、配水ポンプ場、WASA 本部間における運転状況・データの相互連絡用。

3-2-3　基本設計図

これまでの検討結果に基づき、計画する主要施設の基本設計図を次ページに示す。

基本設計図



SCALE 0 1 2 3 4 5km

A:水路横断
B:道路横断
C:水路横断
D:水路横断
E:空気弁
F:空気弁
a:水路横断
b:空気弁
c:排水設備
d:水路横断
e:道路横断

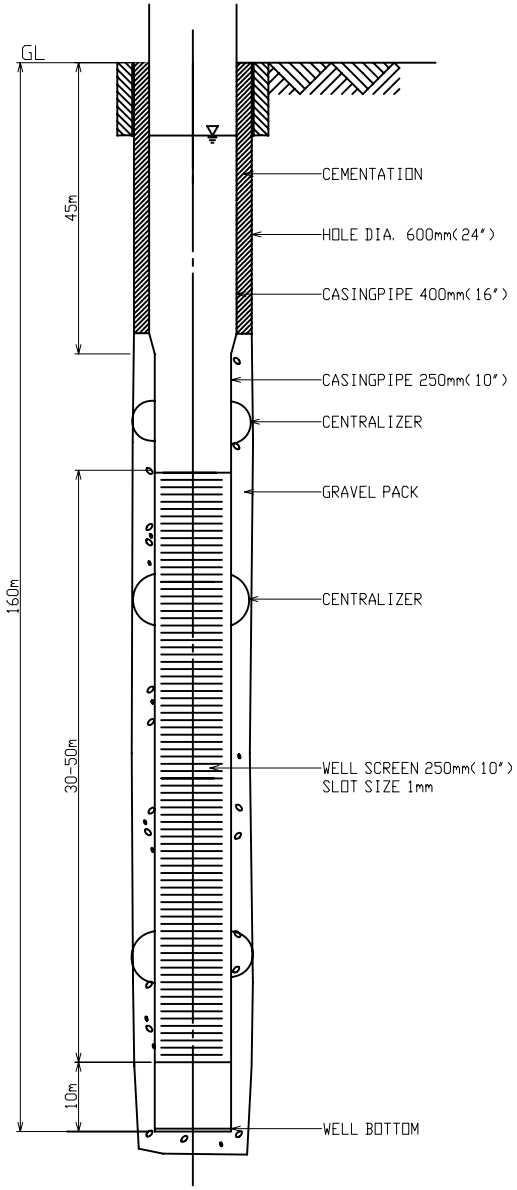
WATER AND SANITATION AGENCY(WASA)
FDA, FAISALABAD
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN FAISALABAD

計画施設全体平面図

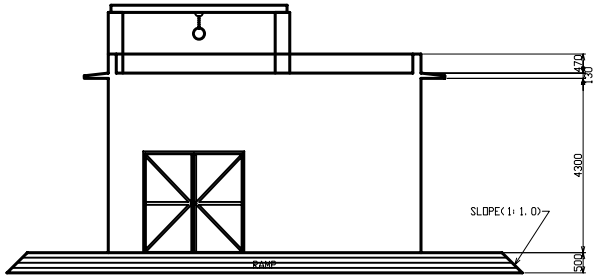
平面図

JAPAN TECHNO

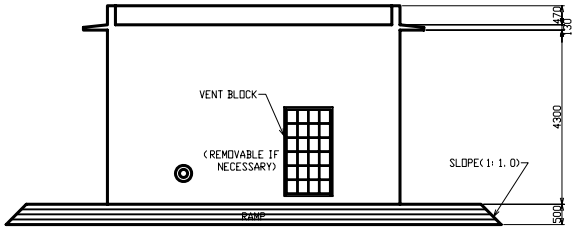
深井戸構造図



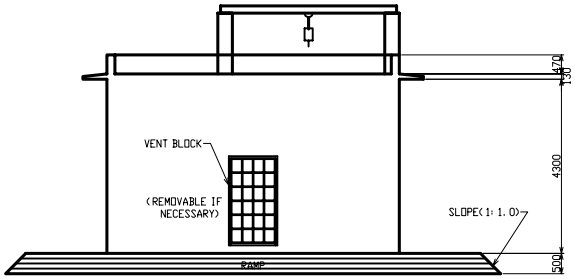
井戸ポンプ室



PUMPHOUSE
(ELEVATION-1)



PUMPHOUSE
(ELEVATION-2)



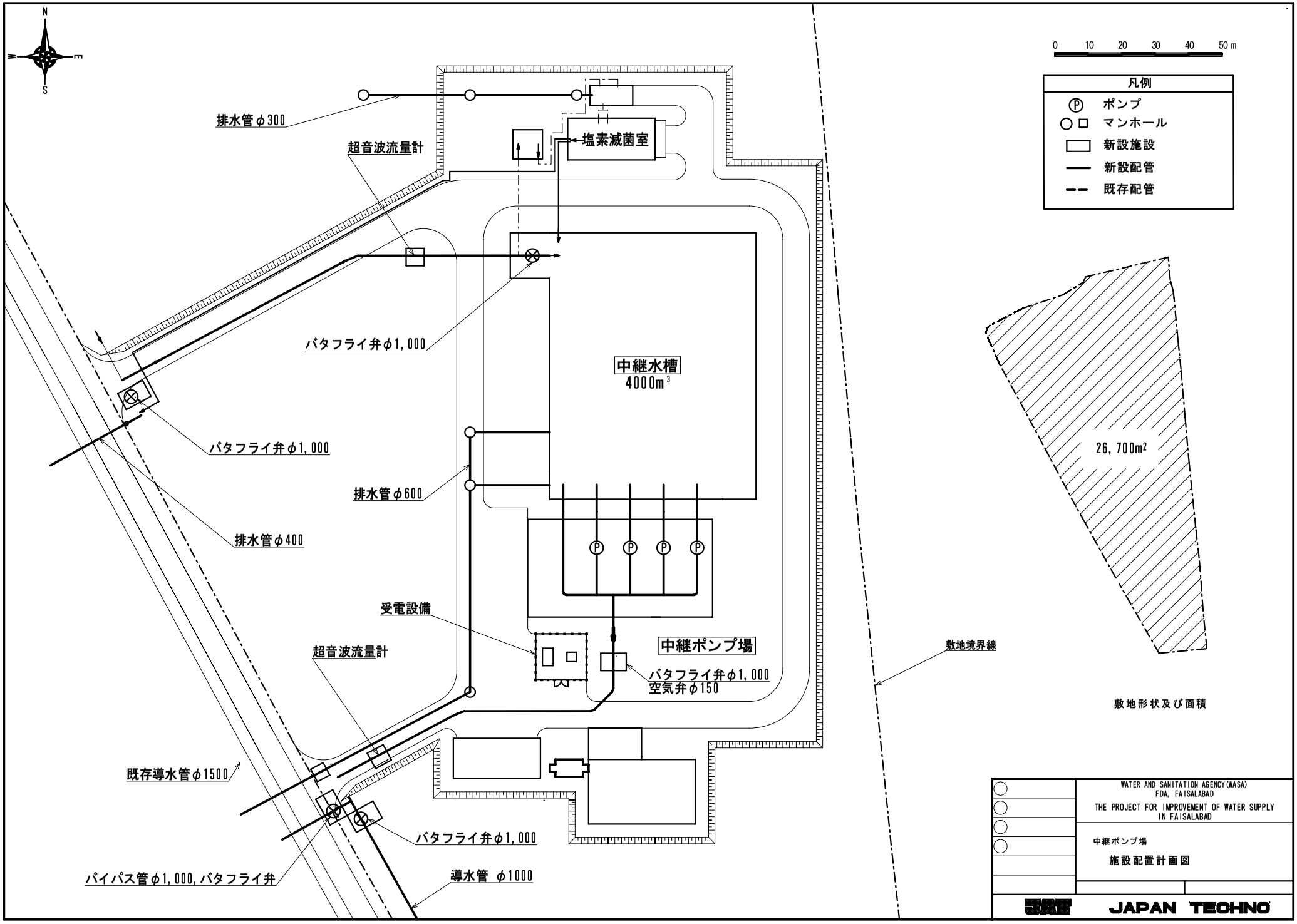
PUMPHOUSE
(ELEVATION-3)

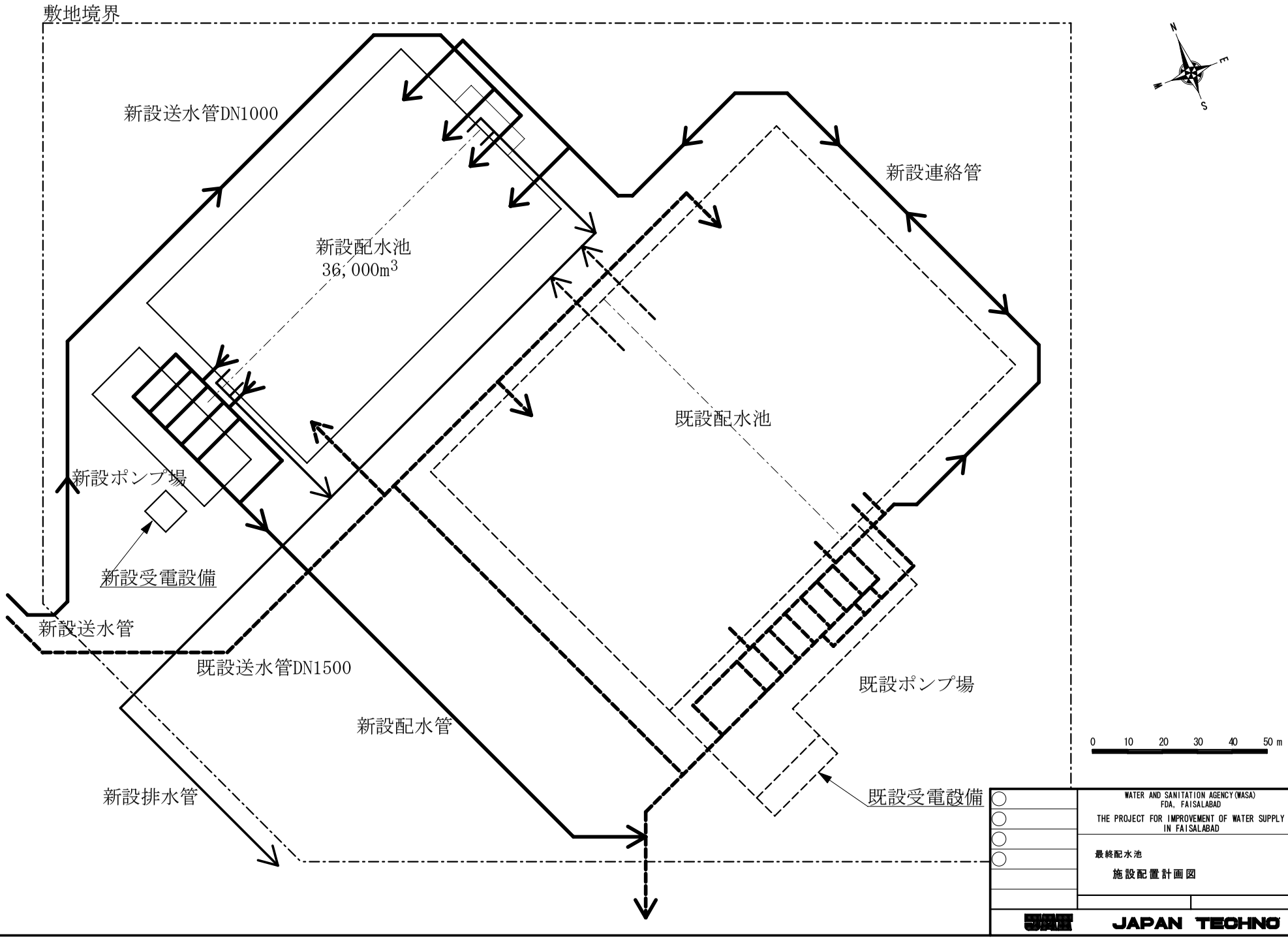
WATER AND SANITATION AGENCY(WASA)
FDA,FAISALABAD
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN FAISALABAD

井戸ポンプ場

深井戸構造図・井戸ポンプ室
立面図

JAPAN TECHNO


N
S
E
W
0 10 20 30 40 50 m
凡例
ポンプ
マンホール
新設施設
新設配管
既存配管
排水管φ300
超音波流量計
塩素滅菌室
バタフライ弁φ1,000
中継水槽
4000m³
バタフライ弁φ1,000
排水管φ600
排水管φ400
受電設備
超音波流量計
中継ポンプ場
バタフライ弁φ1,000
空気弁φ150
敷地境界線
26,700m²
敷地形状及び面積
既存導水管φ1500
バタフライ弁φ1,000
バイパス管φ1,000,バタフライ弁
導水管 φ1000
WATER AND SANITATION AGENCY(WASA)
FDA, FAISALABAD
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN FAISALABAD
中継ポンプ場
施設配置計画図
JAPAN TECHNO


敷地境界
新設送水管DN1000
新設連絡管
新設配水池
36,000m3
既設配水池
新設ポンプ場
新設受電設備
新設送水管
既設送水管DN1500
新設配水管
既設ポンプ場
新設排水管
既設受電設備
N
E
S
0 10 20 30 40 50 m
WATER AND SANITATION AGENCY(WASA)
FDA, FAISALABAD
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY
IN FAISALABAD
最終配水池
施設配置計画図
JAPAN TECHNO

3-2-4 施工計画/調達計画

3-2-4-1 施工方針/調達方針

本計画は、我が国の無償資金協力による「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、本計画の目的を達成する方針とする。図 3-17 に、想定される本計画の事業実施体制の枠組みを示す。

本計画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。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うため、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。

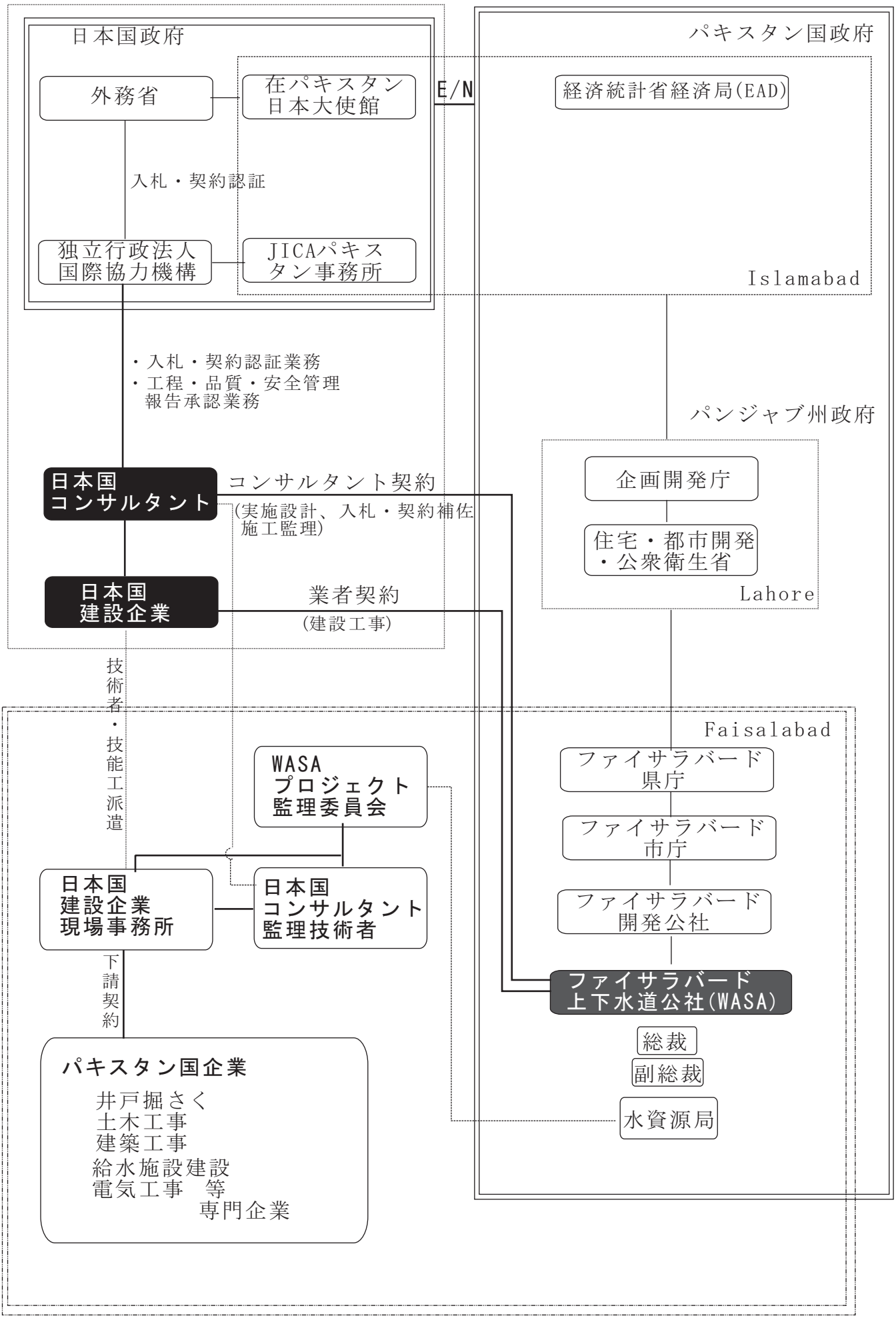
ADB 事業では、主要資機材の管材やポンプ機器は主として日本から調達され、一方建設工事自体は複数のパキスタン国内有力建設企業が請け負った。計画対象地域のファイサラバード市内にも ADB 事業に参画した建設業者が現存し、また最近同市と高速道路で結ばれ短時間でアクセス可能となった州都ラホール、またイスラマバード・ラワールピンディ首都圏には大型建設工事に従事する専門企業が多数存在する。主契約者である日本企業はこれらの有力企業と契約を結び、地元能力の積極的活用をはかり、円滑かつ迅速な施工を計画することが推奨される。

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呼径 1,000mm 送水管 11.3km 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。

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。本計画の施工に対し、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 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、本計画の施工期間中、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。

図3-17　事業実施体制


日本国政府
外務省
在パキスタン日本大使館
E/N
パキスタン国政府
経済統計省経済局(EAD)
入札・契約認証
独立行政法人国際協力機構
JICAパキスタン事務所
Islamabad
・入札・契約認証業務
・工程・品質・安全管理報告承認業務
パンジャブ州政府
日本国コンサルタント
コンサルタント契約
(実施設計、入札・契約補佐施工監理)
企画開発庁
住宅・都市開発・公衆衛生省
Lahore
日本国建設企業
業者契約
(建設工事)
技術者・技能工派遣
Faisalabad
WASAプロジェクト監理委員会
ファイサラバード県庁
ファイサラバード市庁
ファイサラバード開発公社
日本国建設企業現場事務所
日本国コンサルタント監理技術者
下請契約
ファイサラバード上下水道公社(WASA)
総裁
副総裁
水資源局
パキスタン国企業
井戸掘さく
土木工事
建築工事
給水施設建設
電気工事　等
専門企業

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、ファイサラバードのほか、ラホール、ラワールピンディ、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。本計画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、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、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、本計画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高めることが可能である。

本計画は、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。本計画では、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

本計画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。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（落水期間）に横断部を開削し、伏せ越し施工を実施した。水路の落水期間は当時と同様であるため、本計画でも、横断部は落水期間に伏せ越し施工により布設を計画する。なお、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

本計画の呼径 1,000mm 送水管は、ADB フェーズ I の既設送水管が埋設されている公道であるバワ道路沿いに布設される。バワ道路は、送水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、道路掘削と管埋設工事に伴う危険防止対策を十分に考慮する。

3)既設管接続工事

本計画では、最終配水場(T/R)内で、大口径の既設管との接続が必要となる。WASA の時間給水時を避けるためには、夜間作業が中心となる。この時間帯は通常断水時間であるが、幹線上の一部の既設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。施工は、最適な接続箇所、関連するバルブの開閉状況、排水方法等を確認しつつ行う。

(3)コンクリート構造物

本計画の主要構造物は鉄筋コンクリート製を計画する。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。ADB 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、最終配水場(T/R)の既設 46,000m^3 の配水槽は現在水槽基礎部分からの漏水が認められる。本計画では 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

本計画における日本と「パ」国の施工負担区分について、主要給水施設は無償資金協力により建設され、「パ」国側は動力源設備、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表 3-24 に示す。

表 3-24　施工区分

	日本側	「パ」国側
(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・場内整備 d. 操作員宿舎棟 1 棟
(2)導水施設	導水管 呼径 400～900mm x14.6km	a. 用地取得 b. 整地作業
(3)送水施設	a. 送水ポンプ場 *送水ポンプ場　1 棟 (ポンプ設備、塩素滅菌器、二次	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

	次側動力・制御設備) *ポンプ井 b. 送水管 口径 1,000mm x11.3 km	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. 管理･宿舎棟 1 棟 h. ポンプ場内、宿舎内家具・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。 b. 管理･宿舎棟 1 棟
(5)配水管補強	補強配水管、口径 700－800mm x 6 km (先行事業で 2006 年完成)	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	(先行事業第 1 期において完了)
(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」国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 基および送水ポンプ場は公有地に建設を予定し､最終配水場施設は既設 T/R 敷地内に建設する｡T/R は WASA 用地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水源・取水施設、送水施設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。

水源地までのアクセス連絡道路については、舗装化が決定され、WASA では既に全長 15km 以上の道路建設に着手している。

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」国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 の既設井戸水源同様、高圧 11KV を、変圧器(200KVA)を用い 400V へ降圧し、深井戸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。

また､「パ」国側は送水ポンプ場、最終配水ポンプ場 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。新設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、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、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、供給される予定である。両変電所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

本計画は、我が国の無償資金協力事業として実施され、実施設計としての入札図書の作成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 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、詳細設計調査から入札図書作成、入札業務までを行う。しかし、本計画では詳細設計調査は第 2 回基本設計調査後すでに実施されているため、詳細設計調査を実施せず、一部の仕様変更は入札図書作成業務にて実施する。

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、給水と土木技術者を常駐者として配置する。その他の技術者は必要に応じスポットで短期派遣とする。さらに本計画の工事内容、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加は効果を発揮すると想定される。

3-2-4-5　品質管理計画

建設初期の段階に現地雇人の施工管理技術者を教育して、品質監（管）理体制を確立する。全期間を通じ、常駐する日本人技術者の指導の下に教育された現地雇人施工管理技術者とともに品質監（管）理を行うものとする。また、出来形管理や品質管理の手段および記録として撮影記録をとる。撮影記録は全ての工種に適用し、特に完成後目視できない部分の重要な箇所については、撮影箇所を増加することができるものとする。

各工事の品質管理方法の概要については、表 3-25 の通りである。

表 3-25　品質管理方法

検査品目	検査項目	検査方法	頻度
1）土工事			
貯水槽掘削	支持地盤	簡易支持力測定機による	1 構造物 1 箇所
	地盤高さ	レベル測量	1 構造物 4 点
各建築構造物掘削	地盤高さ	レベル測量	1 構造物 4 点
配管掘削	掘削断面	スケール測定	100m 毎
配管埋め戻し	巻き出し厚 転圧回数	目視・スケール測定	100m 毎
2）井戸工事			
井戸削孔	口径・深さ・垂直度	スケール測定	井戸毎
ケーシング管 設置	スクリーン位置・垂直度・管接続の良否	スケール測定 垂直度測定機による測定 目視検査（井戸 SV による）	全管接続箇所
充填砂利投入	投入量	投入量測定	井戸毎
揚水試験	井戸水吐出量	ｵﾘﾌｨｽにより吐出流量測定	井戸毎
水質試験	水質 24 項目	公的試験機関	井戸毎
3）設備工事			
水中ポンプ設置	ポンプ設置深さ 電気ｹｰﾌﾞﾙの接続・固定状態 揚水管の接続状態	スケール測定 目視検査	井戸毎
ポンプシステム	運転	全操作・全動作確認	
配電・照明具設置	配電状況 各種制御盤取付状況 照明具取付状況	スケール測定 目視検査	建築物毎
	通電状態	ケーブルサイズ ケーブル接続強度 点灯・スイッチ on/off	建築物毎
	絶縁抵抗値	500V メガテスターにて測定	建築物毎
4）配管工事			
配管	配管位置 継手部の清掃/締め付け状況 溶接検査（鋼管） 塗装検査（鋼管）	目視，X 線	随時 最低 1 回/100m 溶接全口
水道配管 耐圧試験	配管接続部の漏水確認	指定水圧 2.0/1.6/1.2/0.9Mpa による水圧試験（1 時間）	300～500m に 1 回
5）　コンクリート工事			
配筋	配筋数量 組立精度・固定度 位置 継ぎ手処理 被り・ピッチ スペーサーの取付状況	ミルシートまたは 引張強度試験 スケール測定 目視	打設前

検査品目	検査項目	検査方法	頻度
型枠	基準高さ 幅 高さ 延長 径間距離及び中心線の変位 支保工の配置 締め付け状況	測量機器による測定	打設前
調合	スランプ 空気量 調合比 温度 塩化物量	目視 各種試験／測定	試験練 打設バッチ毎
打設･養生	打設方法 打継ぎ 締固め 養生方法	目視，時間計測，指触	打設前 打設中随時 打設後一定期間
仕上り	位置 出来映え 圧縮強度	測量機器による測定 目視 圧縮試験	脱型時 打設後 7 日，28 日
構造物	基準高さ 厚さ 幅 高さ 延長 径間距離及び中心線の変位	測量機器による測定	各構築物・水槽
6) 建築工事			
組積工事	出来映え	目視	各建築構造物
左官工事	出来映え	目視	各建築構造物
塗装工事	出来映え	目視	各建築構造物
屋根工事	出来映え	目視	各建築構造物
建具工事	出来映え	目視	各建築構造物

3-2-4-6 資機材等調達計画

(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、専門企業が多数存在する。これらの企業は、掘さく工法に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ス・ロータリー工法を採用しており、機材自体も地元で開発・加工したものがほとんどである。本計画でも、これら地元の伝統的開発手法を採用し、資材についてもステンレス・スチール製のスクリーン以外はすべて地元調達とする。

井戸ポンプについては、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腑存状態に適し、広く州全体に普及しているボアホール型とし、「パ」国産品を調達する。

井戸スクリーンについては、ステンレス製巻線型スクリーンを採用する。同製品は「パ」国産

の調達が難しく、日本、または第３国を調達国とする。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、「パ」国産のブ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「パ」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、集水面積はブラス製と同水準にある。

ケーシングパイプは、「パ」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。

表 3-26 に主要な資材調達リストを示す。

表 3-26　深井戸水源施設に関わ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

(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、本計画では品質・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「パ」国産品がないので、海外からの輸入となる。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）が採用された。第 2 回基本設計調査で 1992 年に完成した配水幹線の一部を掘削して確認した結果、状況はきわめて良好であった。

しかし、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。これらの後発製品は、日本製等と比較すると安価である反面、製品の品質面で、例えばダクタイル鋳鉄管の場合、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。本計画ではコスト面も重視することから、日本製品に限定せず、第三国製品の採用も対象とする方針である。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、審査を厳密に行う方針とする。

他方、「パ」国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品質的にも安定してきている。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「パ」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、「パ」国各メーカーは ISO、API、AWWA 等の認定を受けた国際規格品を製造している。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、本計画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、「パ」国メーカーに確認した結果を表 3-27 に示す。

表 3-27　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、本計画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「パ」国メーカーは、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、本計画の管材調達リストは表 3-28 の通りとする。

表 3-28　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」国内調達とする（表 3-29)。ファイサラバード市には生コン製造工場がないので、本計画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ャープラント設備を設営する。ADB 事業の際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。本計画のコンクリート基準強度は、既設の施設を調査した結果として、ADB 事業が基準とした 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、本計画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「パ」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、良質の材料を必要数量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、「パ」国内加工により需要に対応している。本計画でもこの「パ」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、「パ」国産資材を加工し利用する。

表 3-29　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

新設ポンプ場 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「パ」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、「パ」国産品での調達を計画する。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、「パ」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。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

「パ」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一メーカーが 90%以上のシェアを占めている。本計画でも 11kV の一次側電力は WAPDA により供給されるので、「パ」国産電機製品の採用が望ましい。同メーカーを中心とした製品について、本計画で必要な変圧器、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。

本計画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、「パ」国産品を採用することが適切である。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が対応する。発電機も低圧に限られる。計装類は「パ」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を

表 3-30 の通りとする。

表 3-30　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・車輌

「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、本計画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。車輌は、トラック・乗用車とも日本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。

3-2-4-7　初期操作指導計画

新規施設の技術レベルは、既設施設と同等であり、現在の WASA の技術レベルで対応できる。しかし、給水量が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な部分が多いため、最適な運転方法は、実際の試運転期間を 1 ヶ月程度に設定する。試運転をしながら、操作指導を行い、最適な運転方法を最終決定することとする。

3-2-4-8　実施工程

我が国政府による通常の無償資金協力業務は次のような手順で実施される。
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入札図書作成
④日本国業者資格審査・入札
⑥実施機関と日本国業者の建設業務契約
⑦業者による建設工事・コンサルタントによる施工監理
⑧完成

本計画の実施工程は、我が国の無償資金協力事業の制度、本計画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)通常の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(第１期で完成した市内配水管網改善計画は同方式に準じる)。

(2)第 2 期として設定されていた本計画は、各構成施設の規模が大であり、建設に単年度を越える期間を要し、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、通常の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、一括継続で数年度にまたがり実施する措置を講じることが必要である。

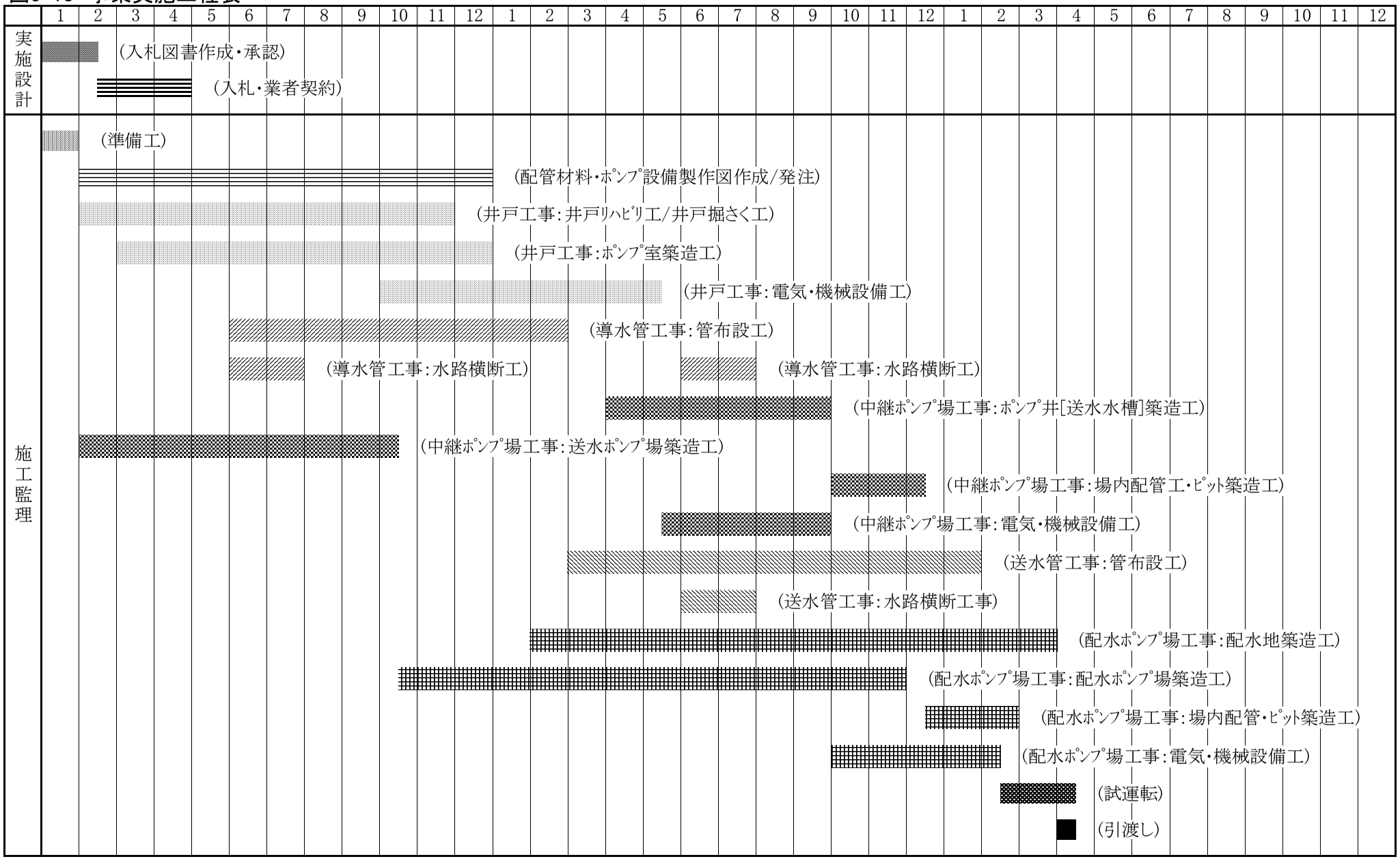
(3) 以上の検討結果、我が国の財政制度の規定により、本計画は次のような過程により継続実施される。

＊E/N
＊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
＊入札書類作成
＊入札
＊実施機関と日本国業者の工事契約
＊建設工事
＊完成

上記過程の中で、詳細設計調査については、先行事業で実施されており、一部の設計変更があるが、入札図書作成において同業務を含むので、現地調査は予定しない。

(4)この手順を図式化した実施工程表を図 3-18 に示す。同表によると本計画の建設工事は約 3 年を要する。

図3-18 事業実施工程表



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。
- 本計画実施のため、関係機関からの許認可の申請及び取得を行うこと。
- 本計画に関し、必要な機関との調整及び手続きを行うこと。
- 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微金を免除すること。
- 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。
- 本計画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、支払い授権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 3 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。その概要を表 3-31 にまとめる。

表 3-31　建設工事に関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 (百万 Rs)	(円換算) (百万円)	注記
1	一次側電力工事	80.00	172.00	＊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	23.52	＊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	1.94	水源地および中継ブースターポンプ場
4	道路建設費	80.00	172.00	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	8.00	17.20	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	8.00	17.20	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	6.00	12.90	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	48.0 0	103.20	WASA 側で設立するプロジェクトジェクト監理委員会の活動費用
9	監理車輌購入費	6.00	12.90	WASA 側監理者用車輌
10	スタッフ用住宅	30.00	64.50	WASA 新規採用スタッフ用住宅
11	広報・宣伝費用	2.50	5.38	市内・村落住民に対する広報活動費用
12	村落福祉事業(補償事業)	60.00	129.00	水源地開発に伴う周辺村落への補償事業(主として排水･道路等の環境整備)
13	外貨支払に関する 銀行手数料	36.47	78.41	日本側銀行だけでなく、国内での取扱銀行に対する手数料を含む
14	その他	15.00	32.25	
15	宿舎棟（管理棟）建設	12.22	26.27	＊深井戸ポンプ室管理用、中継ポンプ場管理用、最終配水場管理用
	合　計	404.03	868.67	

1Rs=￥2.15

（為替交換レートは、3-5-1 節(3)積算条件参照）

上表の通り､パキスタン側の負担は約 404.03 億ルピーで邦貨換算約 8.68 億円と見積もられる。中では一次電力引込費、道路建設費、および村落補償事業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年次公共投資計画から捻出するが、一部資金はすでに第 1 期が開始された 2005 年から支出されている。「パ」国側は、本計画は第 1 期工事開始の際に ECNEC により PC-1 の承認が有効と判断しており、交換公文が署名された後、最初の会計年度に WASA 申請に基づき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。また、本計画全体の予算変更については、ECNEC に対し変更手続きを行う方針としている。

3-4　プロジェクトの運営･維持管理計画

本計画の実施機関 WASA は、1992 年 ADB 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。本計画により整備される給水施設は、施設構成・内容が WASA の既設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、新規施設は既設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、新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。

水道事業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従量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、送水ポンプ場、最終配水池 24 時間操業に対し 3 交代制

2)要員計画

表 3-32　新規施設要員計画

職種		水源井（25 基）	送水ポンプ場 (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	(既設 T/R 管理者)
2.	副主任管理者	-	1	
3	作業監督　(電気・機械担当)	1	1	(既設施設担当者)
4	塩素注入機管理者	-	1	"
5.	電工	1	1	"
6	機械工	1	1	"
7	配管工	1	1	"
8	運転手	1	1	"
9	倉庫係	-	2	"
10	操作員	90	14	11
11	警備員	3	3	(既設施設要員)
12	番人	-	4	4
13	無線連絡係	1	2	(既設施設要員)

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、ADB フェーズ I 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、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、本計画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。本計画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ため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

本計画における施設建設にともない、ジャン用水路深井戸水源、同地の送水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 ADB フェーズ 1 でも実施されたが、ADB 事業当時は市内から 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 の対応は困難を極めた。現在では、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 ADB 事業時より格段に向上した。

電力供給と維持管理は、国有水・電力公社(WAPDA) に属する地域電力会社 FESCO (Faisalabad Electric Supply Co)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ので、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 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している。

表 3-33 に本計画の動力設備の概要と分担範囲を示す。

表 3-33　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 380 V, 80HP - 6 カ所 380 V, 60HP　7 カ所 380 V, 50HP, 10 カ所 380 V, 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	送水ポンプ場	①送水ポンプ 3.3 kV x 190 kW 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 630kW 3 台 3.3kV x 330kW 2 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

本計画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 ADB フェーズ I で採用され 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、配電盤等に一部異常が発生し、都度「パ」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、同工場から安定した調達が可能である。

3)その他の施設

本計画の水道施設は WASA 現行組織の中では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、バックホー等の重機を所有している維持管理局の支援を得て対応する計画である。維持管理局は、下水道・配水支線を直接所管している。深井戸、配管、機材について特殊な作業を要する場合は、市内の専門業者が対応する。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る弁体腐食で孔が開いたときには、市内の専門業者が作業を担当した。この実績から、本計画の上記施設についても十分対応可能であると思われる。

本計画では特殊な施設･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 ADB 事業フェーズ I 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%増しの大幅な料金改定を行った。

WASA 料金決定は原価主義によるものでなく、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。しかし、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。現在この不足分は、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。

2004 年の料金改定は、現在の施設によって運営される場合は、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、本計画による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る。固定料金制の下で電力費という追加支出を捻出する財源としては、新規契約の大幅増しかない。しかし、新規契約の大幅増は困難であり、今後の運営を軌道にのせるためには、従量制の実践が必須となる。

WASA はこれまで従量制移行について検討をすすめ、国家飲料水政策による州政府の強力な指導のもと、2006 年一部の小給水区で従量制に切り替えた。また WASA は FDA の支援を得て、漸次従量制を他給水区に拡大する方針を定めた。現在 2 地区が候補となっており、2007 年、約 3 百万ルピー(約 6 百万円)の予算で、業務用・一般家庭用のメーター調達を実施した。本計画実施は、従量制移行への契機となりうるものであり、WASA は新規契約者にはメーターの設置を義務付ける方針である。

また、WASA は州政府 P&D の指導を受けながら、給水量不足による料金不払い等の違法行為

に対して、次のような対策を講じている。

a) 料金徴収業務の民間委託

非効率な水道料金徴収体制の改善のため、業務の民間委託を計画、実施に向けた動きが始まった。具体的には、2007 年新聞公告により、同業務に関心を示す業者を募集し、候補者に対する説明会を開催した。まだ最終的な結論は出ていないが、同計画の今後の動きが注目していく必要がある。

b) 給水強制停止

料金不払いである利用者に対しては、利用者への給水管を切断し、強制的に給水停止する措置を実施するプログラム (Disconnection Campaign)を策定し、実施中である。特に悪質な不払い利用者を対象とし、2007 年 2 月から 6 月までに 473 カ所の切断を行った。市庁もこの方針を支持している。

本計画の実施により、給水量不足に伴う現在の状況は大幅に軽減されることが期待される。しかし、水道事業運営の改善のためには、給水量や給水圧の適正化等の実質的なサービスを供する一方、従量制による料金徴収や不法行為の取り締まりなど、的確な運営方法を選択し、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となる事業費総額は、44.44 億円となる。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の内容は、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 4,444.0 百万円

表 3-34　施設建設費

水源開発 25 井　導水管布設 14.6km　送水ポンプ場建設　送水管布設 11.3km
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	4,271.3	
	導水管布設	ダクタイル管布設 鋼管布設		
	送水ポンプ場建設	中継ポンプ井、送水ポンプ室 場内配管、宿舎棟		
	送水管布設	鋼管布設		
	配水ポンプ場建設	配水地 配水ポンプ室、場内配管		
実施設計・施工/調達監理・技術指導			172.7	
参考				
第１期	市内配管布設	ダクタイル管布設	2,619.5	2006 年 3 月完工

概算事業費（小計）　　約 4,444.0 百万円

表 3-35　機材調達費

機材調達(第 1 期で実施し、2006 年 3 月完了)

費目		概算事業費（百万円）
水位計	12 式	4.8
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 4.8 百万円

(2)パキスタン国負担経費

表 3-36　「パ」国側負担経費

	内容	基本設計時(1 Rs=¥2.19)		事業化調査時(1Rs=¥2.15)	
		(百万 Rs)	(百万円)	(百万 Rs)	(百万円)
1.	一次側電力工事	35.83	78.47	80.00	172.00
2	土地購入費	10.94	23.96	10.94	23.52
3	整地･地均し作業	0.90	1.97	0.90	1.94
4	道路建設費	101.69	222.70	80.00	172.00
5	施設防護柵等建設工事	6.12	13.40	8.00	17.20
6	ポンプ場内設備･備品費	11.44	25.05	8.00	17.20
7.	送水ポンプ場敷地整備	6.12	13.40	6.00	12.90
8	プロジェクト監理費	48.00	105.12	48.00	103.20
9	監理車輌購入費	5.50	12.05	6.00	12.90
10	スタッフ住宅	21.46	47.00	30.00	64.50
11	広報･宣伝費	2.50	5.45	2.50	5.38
12	村落福祉事業	－	－	60.00	129.00
13	外貨支払銀行手数料	－	－	36.47	78.41
14	その他	－	－	15.00	32.25
15	宿舎棟等建設	－	－	12.22	26.27
	合計	250.50	548.57	404.03	868.67
	差			+153.53	+320.10

上表のとおり、第 2 回基本設計調査終了時より、1.53 億ルピー（3.20 億円）の負担経費が増えることとなった。

(3)　積算条件

①積算時点　　平成 19 年 8 月

②為替交換レート　　1 US$　= 121.32 円

1 Rs　　= 2.15 円

③施工期間　　市内配管補強工事は､既に第 1 期として､2006 年 3 月に完工している。本計画は、国債(Term1～3)による工事とする。詳細設計調査および施工監理、工事・調達の期間は、施工・調達工程に示した通り。

④その他　　本計画は、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

「3-3 相手国側分担事業の概要」で検討した運営･維持管理に関わる要素について、概算を次に示す。

(1)人件費

計画要員総数は 162 人で、それぞれの要員の格付けは WASA の既設施設要員と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 420,000/年(=903,000 円/年)
②主任技術者	Rs 300,000/年(=645,000 円/年)
③作業監督(電気･機械)	Rs 180,000/年(=387,000 円/年)
④操作員	Rs 72,000～96,000/年(= 154,800～206,400 円/年)

計画要員総数に対する報酬の概算= Rs 12,530,000/年 (= 26,939,500 円/年)

(2)電力費

本計画によって給水量が最大 91,000m³ 増量した場合の取水・送水・配水に係る電力消費量は、井戸ポンプ室、送水ポンプ室、配水ポンプ室の機器計画内容に基づく試算によると、運転時間連続化(14 時間運転) に伴う既設配水ポンプ電力消費増加を加算し、一日約 67,800kWh に達する。

WASA への電気料金は、特別の優遇レートが適用されている。現行の単位料金は、15%の消費税を含み Rs 6.50/kWh である。この単位料金を用い、WASA の電力費を試算する。

年間電力費 = Rs 6.5 (kWh) x 67,800 kWh/日 x 365 日
= Rs 160,855,500 (約 3.46 億円)

(過去 3 年間の WASA 電力支出は、下水施設用電力費用を含め Rs 1.8 億であり、電力消費が飛躍的に増大する結果となる。)

(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 2ppm 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 200kg 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 Rs12,000 である。毎月 6 トン（＝6 本）を消費すると、

年間塩素注入費用費 = Rs 12,000/トン x6 トン/月
= Rs 72,000/月

年間では、RS 864,000（1,857,600 円）となる。

b. 施設維持・修理費

施設維持・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、施設維持・修理関連の年間予算は約 Rs7 百万程度の規模となっており、経常経費の中で小規模な修理が実施されている。新規事業の操業が開始されてからの数年間は施設維持・修理費の支出額は大きくならないと予想されるが、維持・修理費用として、従来程度の年間予算を確保する必要がある。

c. 施設運営費

車輌の修理、燃料費等を含む車輌関連の費用や、事務費、備品費等を計上する必要がある。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 12,528,000.-
b. 電力費		Rs 160,855,000.-
c. 塩素・水質試験薬品等		Rs 2,000,000.-
d. 施設維持・修繕費		Rs 7,000,000.-
e. 運営費		Rs 2,000,000.-
	合計	Rs 184,383,000.-(= 約 4 億円/年)

(5)WASA の収支についての課題

これまでの WASA の水道経営を勘案し、本計画施設建設後の収支について課題を次のように展望する。

①WASA 水道経営は、市内の上下水道運営と施設整備・開発事業に二分される。近年、州政府による下水道関連の整備事業が活発であるので、年次予算は拡大しており、過去 2 年間では、RS 13～16 億に達している。一方で、上水道運営に関する経常経費は、給水量不足のため、新規契約がほとんどなく、その運営規模は、RS 5 億となっている。
経常経費のうちでは特に電気代が大きく、経営を圧迫している。過去 3 年間の水道料金徴収とそれに対する電力消費料金の実績は表 3-37 のとおりである。

表 3-37　上下水道収入と電気代支出比較

年度	上下水道収入		電気代支出	
	千ルピー	千円	千ルピー	千円
2004～2005	318,520	684,818	178,515	383,807
2005～2006	320,000	688,000	196,000	421,400
2006～2007	310,000	666,500	197,828	425,330

新規プロジェクトにより、従来の電力消費に匹敵する支出が新たに生じることが想定されるため、この増加分を織り込んだ運転経費の対策を現時点から詳細に検討し、措置を講じる必要がある。

②従来、WASA の経常支出は水道料金(上下水)収入を 30～40%程度上回る規模で推移している。この不足分は毎年の固定資産税交付金等により WASA に補填されてきた。2005 年に「パ」国政府が発表した国家飲料水政策によると、都市水道は、自立経営を目標とされて

いる。しかし、全国的にメーターによる従量制が未発達で、各都市とも料金不払いが問題となっている現状から、暫定措置として「パ」国政府による補助金供与はある程度はやむを得ないとしているが、段階的に補助金額を下げることを求めている。そのためには各都市担当機関の経営体制の迅速な改善が必要であり、「パ」国政府は、州政府に積極的な対応を求めた。これに応えて、現在パンジャブ州政府 P&D は WASA に対し、従量制移行督励、料金徴収の民間委託化指導を行っている。ただし、急激な改善は大都市ほど困難であり、WASA 改善はようやく端緒についた段階である。

③WASA は 2007 年 1 月から 2004 年の水道料金を一律 15%値上げした。料金改定は、パンジャブ州大都市の中でファイサラバードは特に水源が遠い土地にあり、電力費が膨大となることを、州政府関係者も認識したうえでの承認であった。
この新料金制度の従量制単価は、1 m^3 あたり約 RS 10(約 20 円)としている。試算によると下水料金を含まない水道料金だけの収入は、給水量増加分だけで Rs 約 2.7 億に達し、年間維持管理費 Rs 約 1.8 億に対応できる(全体収支も同程度の規模となる)。詳細を表 3-38 に示す。

表 3-38　本計画で建設される給水施設運営にかかる年間収支

維持管理費用項目	支出（千ルピー）	備考
a. 人件費	12,528	
b. 電力費	160,855	
c. 塩素・水質試験薬品等	2,000	
d. 維持・修繕費	7,000	
e. 運営費	2,000	
支出合計	184,383	
収入	収入（千ルピー）	
水道料金収入	*265,720	給水量/日：91,000m^3 有収率：80% 運営日数：365 日水道料金：10 ルピー
収支	81,337	

＊水道料金算出方法：給水量/日(91,000m^3)×有収率(0.8)×運営日数(365 日)×水道単価(10 ルピー)

④WASA は州政府の指導により、現在経営改善に取り組んでおり、従量制移行もその重点対策の一つとなっている。WASA はこれらの対策を着実に実行し、早期に自立経営を達成することが緊急の責務となっている。本計画で給水量が増強された場合は、経営改善に貢献する。また、本計画実施により(i)これまでの契約者にとって水道の利便性が向上すること、(ii)新規契約者が増加すること等を通じ、WASA の水道経営が安定し、料金の適正化と従量制への移行が容易となると想定される。

3-6 協力対象事業実施に当っての留意事項

(1) 修正 PC-1

本計画実施にあたり、パキスタン側はポンプ場の高圧一次側電力引き込み工事、水源地におけるアクセス道路建設をはじめとする付帯施設整備や土地購入、水源地開発に伴う周辺村落への補償事業などの監理費用を分担する。パ側は、本計画は先行事業第 1 期開始の際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）により PC-1 の承認がされ、一部資金はすでに 2005 年から支出されている。しかしながら、今回の負担額先行 PC-1 で確保した予算額より増加しており、追加分の費用について、WASA は再度 PC-1 の手続きを行い、財源を確保する予定である。2007 年 11 月の事業化調査成果概要説明調査の協議の際、2008 年 2 月末までに ECNEC の承認をえることを約束した。本計画を迅速かつ円滑に実施するためには、「パ」国側負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るので、WASA との緊密な体制を確保する。

(2) WASA の経営改善

本計画完成後、給水サービスが開始されると、運営維持管理費が WASA の経営を圧迫することになる。WASA は州政府の指導を受けて従量制移行を含め様々な経営改善に乗り出しているので、運転開始までにそれらの措置を軌道に乗せ、経営の健全化を図るよう WASA に働きかける。

(3) 住民への情報公開

WASA は本計画実施に対する周辺村落住民や関係者の合意を得るため、対話を促進し、補償事業を実施してきている。引き続き、WASA および市庁代表者および利害関係者の連絡委員会を組織し、情報公開と情報の共有、さらに一般住民への理解を得るため集会・対話の開催等の対策を考慮する必要がある。

****

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

本計画は「パ」国第三位の都市であるファイサラバード市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、完成後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ような現状となった。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。また、給水不良に対し、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・不法行為も見られ、これらの行為が WASA の財政を圧迫する要因の一つとなっている。このため WASA の水道経営は、自立から程遠い状態にある。

本計画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 本事業化調査によると、同市の上水道給水率は 2007 年推定人口 260 万人に対し 55%の水準にあり、給水人口は 143 万人、一人一日平均給水量は実質 100ℓ程度である。本計画により給水量が 91,000m³/日増加することにより、2010 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 168.7 万人、130ℓ/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 1.0kg/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、本計画は WASA が今後本格的にメーター制に移行する最良の機会を提供する。

③本計画実施は、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元に推進された。今後も WASA は水源増強を継続する必要があり、その際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表 4-1 にまとめる。

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 (2007 年推定)	新規水源開発により、91,000m³/日の給水量が増大される	給水率は 60%に上昇（2010 年）	①給水率の伸びは小規模であるが、約 25 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、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、 ・2007 年 260 万人・143 万人 ・2010 年 281 万人・168 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 2007 年以降に敷設した配水・給水管敷設記録、(c)新規契約記録、(d)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 100ℓに低迷し、水不足の苦情が絶えない	新規水源開発により、91,000m³/日の給水量が増大される	同給水量が 130ℓに増大される	①WASA は毎日の給水量を記録しており、本事業化調査では、(a)同記録、(b)推定漏水率 25%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/cm²、重力配水時点では 0 となる	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 1.0kg/cm² 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を基本とすることから、上記の圧力を維持できる	①配管流量・圧力は、調査時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 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キャビ	継続運転が基本となり、ポンプ種類の組み合わせと台数制御に	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

現況	本計画の対策	効果	指標設定
	テーション防止効果の高い制御弁を設置し、効果的な継続運転を行う	より需要の変動に対応する運転を行う	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	市民の自家用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至らないが、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疾病記録は、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、2003 年第 2 回基本設計調査概要報告のさい、「パ」国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。実際、WASA とその監督機関であるパンジャブ州政府は、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検討し、住民集会を通じて関係する村落や地域代表者とプロジェクト実施の合意を得ている。今後 WASA には、本事業化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さらに努力し、村落側の十分な理解を得て、本計画を円滑に実施に出来るよう、配慮が求められる。

(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、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、周辺環境は生活汚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) 本計画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水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、下チェナブ幹線水路の 2 次幹線であるが、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。補修事業

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、幹線は現状の土水路ままとなる。したがって、現在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) 本計画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、追加水源確保まで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。効率化に向けた課題の一つとして、配水管・給水管の漏水を低減する努力を強化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、正確な漏水率は不明である。ADB 事業で 1992 年に敷設された配水幹線は、2003 年の第 2 回基本設計調査で各所を実際に点検した結果、漏水はあまり見られなかった。しかし、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、漏水が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 1,000km を超えているため、漏水対策は難事業ではあるが、重点地区から順次市内全域に対象を拡大していく計画を早急に確立する必要がある。

(5) 本計画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。WASA は ADB 事業完成後、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。本計画第 1 期では、WASA が配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済みである。WASA は従来のような支線だけでなく、幹線の補強も実施する方針であるが、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。このため、ポンプ場に近い西部区域の住民は水を浪費し、西部区域より遠方の東部区域では給水圧不足によりほとんど水が出ない地域がある。したがって、東部区域の住民に料金支払い拒否が多い。

WASA はメーター制移行への技術的検討を過去にも行っていたが、近年の「パ」国政府の指導強化もあり、2006 年に一給水区で実施した。今後は、他給水区にも広げる予定としている。全給水区の完全メーター制移行にはまだ相当な時間がかかるが、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、本計画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) 世銀の 2005 年パンジャブ州都市環境調査によると、ファイサラバード市は市内地下水が飲料水に不適であるため、遠方の水源地から取水しなければならず、建設費・維持管理費両面において最も不利な条件にある。水源地から大量の送水を行うことにより運転には莫大な電力費がかかり、従来から WASA 経営を圧迫している。今後連続的な給水を行うためには、さらにエネルギー関連費用が増大する。

同州内都市水道はいずれもファイサラバード市同様、給水サービス、料金制度・徴収方法に課題があり、維持管理費には都市固定資産税による補填を受けてきた。国家飲料水政策でもこの実態は認識されており、急な補助金の廃止は困難であるとしているが、段階的に自立的な経営に改

善することを強く求めている。同政策により、州政府は最近 WASA 経営の指導を強化しており、その一環として料金徴収制度の民間委託等の措置が候補となっている。WASA はサービス改善とともに、経営方針の転換を図り、順次健全経営に移行することを目指す必要がある。

(8) 本計画実施にあたり、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。すでに 2005 年の第 1 期工事開始のさい、「パ」国側は PC-1 の承認を得ているが、本事業化調査により事業費が大幅に変更となったので、旧版を改訂し、再度承認を得る必要が出てきた。事業開始の手続き上、日本側では 2008 年 2 月末までにその承認が前提条件となるので、「パ」国側がその時期までに日本側要請に対応するよう手続きを円滑に推進することが望まれる。

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を強く圧迫している。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、その歪みは大きく、同市の給水サービスは 1992 年に完成した施設に依存したままで、劣化しつつある。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である。世銀の調査結果によると、90%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、表層は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。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」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) 本プロジェクトは、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・維持管理を行う計画である。WASA の現行要員数は上下水道あわせて 1,700 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水道料金徴収で全て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た。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、WASA の努力を支援し、高い経済効果をもたらす原動力となりうる。

(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 ADB 事業の水源地周辺ではこの問題が顕在化し、地域の農村には新規開発に対する懸念が大きい。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」国側と協議を重ねた結果、「パ」国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、計画を実施する方針である。プロジェクト実施でのこのようなアプローチは、WASA にとってはじめての経験であり、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、実際的に対応することが可能である。また、WASA は水源開発にともなう周辺村落に対する社会配慮も、実施する見通しである。しかしながら、さらに以下の点が改善・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) 水源地の保全

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、同水源地は水路からの補給を受けて水量・水質ともに良好で計画条件を満足することが判明した。しかし、次のような外部要因による影響を受ける可能性があるため、本報告書で提案する地下水モニタリング計画を確実に実行し、水量・水質・水位の変化に係る資料を蓄積、水源地保全のため有効活用することが必要である。

①水量補給源となっている用水路は毎年 1 カ月間落水し、水路維持管理を行うので、この期間には補給量が顕著に減少すると想定される。この時期の補給減少により、大量取水が地下水の水位低下を引き起こすことが予想されるので、モニタリングにより地下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。

②同水路の周辺の水質はきわめて良好であるが、周辺には人口 1 万人規模の村落が位置し、これら集落内の地下水は集落の生活排水の影響を受けて悪化しつつある。また市内の場合、一

様に地下水の水質が不良である。唯一ラック用水路沿線の旧水源のみ水質が良好であるが、過剰揚水により水位が低下して水質が悪化したため、廃棄された井戸水源がこれまでに見られた。本プロジェクト水源の現在の良好な水質を保持するためには、周辺の環境変化に留意しながら、常時モニタリングにより水質変化を確認し、必要がある場合には早期に適切な対策を講じなければならない。

(2)情報公開・危機管理の必要性

2003 年第 2 回基本設計調査の結果、本プロジェクトの実施により中・長期的には水源地周辺の灌漑井戸に対する影響が発生するリスクが予想されることから、WASA はプロジェクト実施に対する周辺村落住民や関係者の合意を得るため、対話を促進し、補償事業を実施した。したがって、現在はこれら利害関係者との緊張関係はおさまっているが、建設工事が完了し、WASA による地下水取水が始まると、基本設計調査中に発生したような対立的な状態が再現する場合がある可能性がある。このような状態を避ける危機管理の方法としては、WASA および市庁代表者と利害関係者の連絡委員会を組織し、水源地のモニタリングによる地下水観測資料の情報公開と共有、さらに一般住民の理解を得るための集会・対話の開催等の対策を考慮する必要がある。「パ」国側で実施した環境評価報告書でも、これらのアプローチを問題解決の方法として推奨している。

(3)漏水低減や市内配水の改善による給水の効率化

貴重な給水量を有効に利用し、損失を低減するため、30%程度と推定されている漏水の低減対策を積極的に行う必要がある。現在戸別メーターが設置されていないため、全体の状況は不明の部分が多いが、末端部分の給水管の老朽化は全市域に広がっていると推定される。WASA は 2006 年に水道汚染事故が発生した 1 地区に対して配管更新工事を実施しており、今後重点地区を対象に同様な工事を継続する計画であるが、この工事施工を通じて実態を把握し、適切な改善計画を策定できれば、より一層漏水防止が可能となる。

また、本プロジェクトでも一部幹線補強により不均等な配水分布の改善を実施したが、WASA が従来から尽力している二次幹線や支線の補強を、継続し強化することが必要である。本プロジェクトでは、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第 1 期で調達済みであり、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。

(4)戸別メーター設置による従量制料金システムへの移行

給水量増加が実質的な効果を発揚するためには、WASA が州政府指導により開始した戸別給水メーター設置による従量制料金システムへの早期移行が不可欠である。現在の契約数約 10 万を全部取り替えるには少なくも 3 年を要すると言われるが、実現可能な実施計画を早急に策定し、早期に完全移行する努力が期待される。

(5) 経営改善努力の必要性

本プロジェクト完成後、既存施設とあわせて給水サービスが開始される場合、維持管理費、特に電力費が巨額となり、WASA 経営が圧迫されることが予想される。現在 WASA は州政府の指導を受けて従量制移行を含め様々な経営改善に乗り出しているので、運転開始までにこれらの措置を軌道に乗せ、経営の健全化と独立化を目標とすることが望まれる。

****