

## (2) 給水地区の状況

### (a) モアッタミヤ (Moadamiya)

この地区はダマスカス市に隣接し、高速自動車道路(ME7)沿いに位置している。

この地区には21箇所の井戸があり、そのうちの1ヶ所のみで高架タンクに水を送っているが、残りの20ヶ所の井戸は給水区域に24時間運転で直接給水している。

配水槽は市内に地上式タンク(100 m<sup>3</sup>)と高架式タンク(100 m<sup>3</sup>, h=15m)が各1基あり、町の北東部の丘に地上式タンク(300 m<sup>3</sup>)1基がある。丘の上にあるタンクは本プロジェクトで接続される将来計画のものであり、標高が高く現在全く水がない。

配水管はアスベスト管が多く、総延長は約50kmであり、漏水が多い。

既存施設の問題点は、ポンプの故障が多く、その都度公団のハラスタ修理工場に持っていき修理をしている。また、配水管の補修も多い。

### (b) ダラヤ (Daraya)

この地区は対象4町で一番人口の多い所である。

この地区には28箇所の井戸があり、配水管内の圧力により配水槽に送水したり、直接給水したりしている。ポンプは16時間運転である。電源は公共電源であるが、停電が多く発電機を30%程運転している。

配水槽は全て高架式であり、その容量は300 m<sup>3</sup>×4基、250 m<sup>3</sup>×1基である。本計画ではこれら5基の配水槽全てに接続させる。

配水管はモアダミヤと同様にアスベスト管が多く、総延長は約50kmであり、最大管径は250mmである。

既存施設の問題点は、ポンプの故障、配水管の漏水が多いことである。

### (c) サハナヤ (Sehnaya)

この地区はダマスカス市より15km程離れているが、市街地が急速に広がってきており建設中の住宅が多い。

この地区には10箇所の井戸があり、配水管内の圧力により配水槽に送水したり、直接給水している。ポンプは15時間運転である。

配水槽は全て高架式であり、その容量は500 m<sup>3</sup>、150 m<sup>3</sup>の2基である。本計画に接続予定の配水槽は市郊外にある500 m<sup>3</sup>の高架式配水槽である。

配水管総延長は15kmであり、最大管径は125mm、管種はアスベスト管が多い。

既存施設の問題点は、ポンプの故障、配水管の漏水が多い。

### (d) アシュラフィア (Ashrafiya)

この地区もダマスカス市より15km程離れているが、高速自動車道路(ME5)へのアクセスが良い所に位置している。サハナヤと同様に建設中の住宅が多い。

この地区には7箇所の井戸があるが、現在は2本のみ稼働している。配水管内の圧力により配水槽に送水したり、直接給水したりしている。ポンプは24時間運転である。

配水槽は全て高架式であり、その容量は300 m<sup>3</sup>、200 m<sup>3</sup>、50 m<sup>3</sup>各1基である。本計画に接続予定の配水槽は容量の一番大きい300 m<sup>3</sup>の高架式配水槽である。

配水管総延長は30kmであり、管種はアスベスト管が多い。

既存施設の問題点は、ポンプの故障、配水管の漏水が多い。

なお、現在この地区には旧市街地と新市街地の配水系統が分かれているが、将来はこ

の系統を接続させる予定である。

(3) 現況の給水施設

(a) 水源と施設

水源は浅井戸で、水中ポンプ又は縦軸ポンプが設置されて高架水槽あるいは地上式の水槽へ汲み上げられるか、直接配水管網へ接続されている。地区別井戸数及び施設数は下表の通りである。

表 2-4-9 地区別給水施設

地区名	井戸数 (本)	ポンプ台数 (台)		配水槽箇所数 (基)		配水管
		水中	縦軸	高架式	地上式	
モアッダミヤ	21	21	0	1	2	約50km (ACP)
ダラヤ	28	23	5	5	0	約50km (ACP)
サハナヤ	10	10	0	2	0	約15km (ACP)
アシュラフィア	7	7	0	3	0	約30km (ACP)

注) ポンプの平均運転時間 (聞き取りによる)

モアッダミヤ 24時間

ダラヤ 16時間

サハナヤ 15時間 (10台の内6台運転)

アシュラフィア 24時間 (7台の内2台のみ運転)

ACP: アスベスト管

(b) 給水量の推定

ポンプ台数 (稼働台数)、運転時間およびポンプ能力より、地区毎の総給水量および1人当たりの給水量は下表の通り算定される。

表 2-4-10 地区別1人当たり給水量

地区名	稼働ポンプ台数 (台)	能力 m <sup>3</sup> /hr	運転時間 (hr)	総給水量 m <sup>3</sup> /day	人口 (人)	1人当たり給 水量(l/day/c)
モアッダミヤ	21	5	24	2,520	31,000	81.3
ダラヤ	28	12.5	16	5,600	62,000	90.3
サハナヤ	6	7.5	15	675	10,000	67.5
アシュラフィア	7	15	24	720	11,000	65.5
計				9,515	114,000	83

注) 上記の数値は聞き取り調査を基にした推定値である。

上表から1人当たりの日平均給水量はモアッダミヤとダラヤについては約80 l/人以上であるが、サハナヤとアシュラフィアについては約65 l/人/日であった。モアッダミヤとダラヤはサハナヤとアシュラフィアに比べ、人口の規模が若干多くかつダマスカス市に近い分都市が発展しているため、給水率にも差がでたものと考えられる。しかし、上記の数値は第一次計画で採用された、都市近郊部の給水量原単位基準値 (125l/人/日) に比べ

れば大きく下回っている。

(c) 給水方法

給水方法は、各戸に給水メーターがつけられており、個別給水が行われているが、水量不足のために水圧が足りず、地域によってはタンク車による給水が行われている。水道料金はメーターの読みとりによる使用量当たりで徴収することになっているが、井戸ポンプに取り付けられているメーターの作動状況から判断し、全てのメーターが有効に作動しているとは考えられない。メーターが作動していない場合の料金は、家族の人数当たりで徴収される。地区毎のメーター数およびメーター1ヶ当たりの人口は下表の通りである。

表 2-4-11 給水メーター数とメーター1個当たりの人口

地区名	給水メーターの数	人口	メーター1ヶ当人口
モアッダミヤ	3,500	31,000	8.9
ダラヤ	11,500	62,000	5.4
サハナヤ	2,500	10,000	4.0
アシュラフィア	2,600	11,000	4.2

上表から判断すると、モアッダミヤのメーター1ヶ当たりの人口が極端に多く、サハナヤは小さい。料金徴収はメーター数に比例すると判断されるので、モアッダミヤの料金徴収率が低く、サハナヤの徴収率が高いことが想定される。

(d) 水道料金

水道料金は全国一律となっており、下表に示すとおりである。

表 2-4-12 水道料金表

区分	水道料金	備考	
一般家庭	20m <sup>3</sup> 以下	2.60 SP/m <sup>3</sup>	1997年1月時点
	21~30m <sup>3</sup>	3.90 SP/m <sup>3</sup>	
	31~60m <sup>3</sup>	11.25 SP/m <sup>3</sup>	
	60m <sup>3</sup> 以上	15.30 SP/m <sup>3</sup>	
官庁関連	7.00 SP/m <sup>3</sup>		
商業・工業・その他	18.00 SP/m <sup>3</sup>		

(e) 水源地及び既設井戸の水質

入手した井戸の水質データをシリア国水質基準と比較した結果は、次表のとおりである。

この表より判断すると、リマ水源地井戸のデータはほとんど基準値以下であるが、アンモニア及び濁度が基準値以上のデータがある。一方、給水対象都市の井戸は、生活排水により汚染されていることが推定出来る。

井戸の水質試験結果 (1)

項目	単位	水質基準	新規 No1		新規 No2		新規 No3		新規 No4		井戸 867	井戸 825R	井戸 825C	井戸 825A	井戸 825R	
			1999/6/24	1999/6/26	1999/6/24	1999/6/26	1999/7/12	1999/7/13	1999/7/12	1999/7/13						1999/11/27
採取日時			1999/6/24	1999/6/26	1999/6/24	1999/6/26	1999/7/12	1999/7/13	1999/7/12	1999/7/13	1999/11/27	1999/11/28	1999/11/27	1999/11/28	1999/11/27	1999/11/28
分析日時			1999/6/26	1999/6/26	1999/6/26	1999/6/26	1999/7/13	1999/7/13	1999/7/13	1999/7/13	1999/11/28	1999/11/28	1999/11/28	1999/11/28	1999/11/28	1999/11/28
濁度	NTU	5.00	2.35	2.35	1.91	2	2.3									
電気伝導度	μS/cm		732	555	555	735	730									
pH		6.5~8.5	8.12	7.14	7.14	8.1	8.11								7.8	7.6
蒸留残留物	mg/l	1,000	351	265	265	350	355			415	459				441	527
NH4 <sup>+</sup>	mg/l	0.05	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0			0.45	0.39				0.15	0.39
K <sup>+</sup>	mg/l									1.95	0.39				0.78	4.29
Na <sup>+</sup>	mg/l	200	2.3	3.91	3.91	2.2	2.3			46.69	23.23				47.84	63.02
Ca <sup>++</sup>	mg/l		92	104	104	90	92			88	124				88	108
Mg <sup>++</sup>	mg/l		26.75	30.40	30.40	26.60	26.02			16.8	12				19.2	14.4
Fe <sup>+++</sup>	mg/l		0.16	0.05	0.05	0.15	0.15			0.0	0.0				0.0	0.0
陽イオン計	mg/l		121.21	138.37	138.37	118.95	120.47			153.89	160.01				155.97	190.1
F <sup>-</sup>	mg/l	0.70	0.21	0.15	0.15	0.22	0.21									
Cl <sup>-</sup>	mg/l	250	14.2	10.65	10.65	14.3	14.1			110.05	74.55				35.5	67.45
SO4 <sup>-</sup>	mg/l	250	32	145	145	31	32			25	100				90	100
CO3 <sup>-</sup>	mg/l		3	0.0	0.0	3	3			6	0.0				0.0	0.0
HCO3 <sup>-</sup>	mg/l		335.5	268.4	268.4	334.5	335.5			244.08	244.08				317.30	329.51
NO3 <sup>-</sup>	mg/l	40	10.1	8.4	8.4	10.2	10.0			4.4	2.2				0.79	4.4
NO2 <sup>-</sup>	mg/l	0.1	0.02	0.041	0.041	0.02	0.02			0.0	0.0				0.0	0.0
PO4 <sup>-</sup>	mg/l		0.74	0.14	0.14	0.75	0.74									
陰イオン計	mg/l		397.17	432.78	432.78	393.99	395.57			383.53	420.83				443.59	501.36
塩類合計	mg/l		518.38	571.15	571.15	512.94	516.04									
全硬度	mg/l	500	28	26	26	27	28			29	36				30	33
遊離CO <sup>2</sup>	mg/l		3	4.4	4.4	3	3			0.0	8.8				4.4	2.2
水銀 Hg	mg/l	0.001														
鉛 Pb	mg/l	0.01														
銅 Cu	mg/l	0.005														
クロム Cr	mg/l	0.05														
大腸菌類	/100ML	0.0	0.0	0.0	0.0	N.A.	N.A.									
総細菌類	/100ML	200	50	50	50	45	40									
判定			OK	OK	OK	OK	OK									

井戸の水質試験結果 (2)

表 2-4-13

項目	単位	水質基準	井戸 825C	井戸 825B	井戸 825A	井戸 862	井戸 826	ダラヤ No1	ダラヤ No3	ダラヤ No9	ダラヤNo10
採取日時			1990/11/7	1990/11/7	1990/11/7	1990/6/17	1990/6/5	1997/7/5	1997/7/5	1997/7/5	1997/7/5
分析日時			1990/11/8	1990/11/8	1990/11/8	1990/6/18	1990/6/6	1997/7/5	1997/7/5	1997/7/5	1997/7/5
濁度	NTU	5.00						1.0	9.5	1.1	2.4
電気伝導度	μS/cm							1062	978	1088	1186
pH		6.5~8.5	8.6	8.5	7.8	8.5	7.9				
蒸留残留物	mg/l	1,000	549	577	781	599	438	533	490	546	594
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.05	0.46	0.49	0.15	0.19	0.90	0.0	0.81	0.0	0.0
Na <sup>+</sup>	mg/l	200	96.6	99.36	58.56	8.28	51.98	112.01	100.04	148.81	88.55
K <sup>+</sup>	mg/l		5.46	4.68	4.29	0.39	0.78	0.7	0.7	0.8	15.3
Ca <sup>++</sup>	mg/l		88	84	88	172	64	128	120	128	208
Mg <sup>++</sup>	mg/l		12	21.6	16.8	24	28.8	38.91	54.05	34.05	24.32
Fe <sup>+++</sup>	mg/l		0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.07	0.34	0.08	0.09
陽イオン計	mg/l		202.52	210.13	167.89	205.06	146.46	279.69	285.84	311.44	336.26
F <sup>-</sup>	mg/l	0.70									
Cl <sup>-</sup>	mg/l	250	71	67.45	56.8	78.1	92.3	120.7	71	99.4	142
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	250	100	100	75	130	100	140	115	235	140
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l		6.0	12.0	0.0	12	6	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l		329.51	366.12	317.30	341.71	183.06	427	488	427	488
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	40	4.4	4.4	5.28	3.08	1.32	71.72	77	59.84	106.92
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.88	0.01	0.02
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l					0.12	0.16	0.36	0.37	0.37	0.28
陰イオン計	mg/l		510.91	549.97	454.38	565.01	382.84	759.8	752.25	822.19	877.22
塩類合計	mg/l										
全硬度	mg/l	500	27	30	29	53	28	48	44	46	62
遊離CO <sub>2</sub>	mg/l		0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	2.2	2.2	8.8	8.8
水銀 Hg	mg/l	0.001									
鉛 Pb	mg/l	0.01									
銅 Cu	mg/l	0.005									
クロム Cr	mg/l	0.05									
大腸菌類	/100ML	0.0									
総細菌類	/100ML	200									
判定											

## 2-5 環境への影響

近年の旱魃に伴い、本件計画地における給水状況は非常に逼迫しているため、本件の早期実施と速やかな完工が一層求められている。しかし、これとは別に、水源地住民の水利権と水源地での水質保全・水源地農民の農業活動の問題が考えられる。

水源地のリマ地区では、その地理的、気候的特徴を活かして、果樹栽培を中心とした農業が古くから行われてきた。本件の水源対象地区では、約100 haが湧水と井戸揚水によって灌漑され、リンゴ、サクランボ、アーモンドなどが栽培されてきた。その水量は約50 l/secとされ、その保証が地元農民から強く要望されていると聞いている。しかしながら、本件の完工に伴い約350 l/secの取水が開始され、規模は不明ながら、その影響が地域の用水に及ぶことは確実である。したがって、それに伴う被害の補償を予め措置しておくことが必要である。

水質の面では、本件基本設計調査において、硝酸イオンおよび亜硝酸イオンの含有量が基準値に近いことが判明している。給水実施までにこの面での改善をはかり、長期的汚染対策を構ることが必要である。この汚染の原因は、水源地における農業活動であることは明らかである。したがって、水質保全のためには、取水点ならびにその上流域における農業活動を厳しく規制しなければならない。しかしながら、地元では近年サクランボの作付け拡大が進められており、過去2年間で約300 haが水源地の上流側に展開されている。シリア国側の認識と、円満な問題解決への努力が望まれるところである。

### 第3章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの目的

シリア国の上下水道部門を管轄する住宅公共事業省は、配水管網や給水設備の整備・改修・拡張を計画し、地方都市や新しい住宅地域の給水改善を図ると共に、既設井戸の取り換え・改修による能力増強や新設井戸の掘削による給水量の増大を実施し、国民に必要な飲料水を供給することに努めている。

首都ダマスカス市を取り囲むダマスカス郊外県は、ダマスカス市のベッドタウンとしての役割と共に、地方からダマスカス市へ流入する移住者の受け皿の役目を持ち、人口の急増は著しい。特にダマスカス市の南西部に隣接し、ダマスカス市から15km以内にあるグータ・ガルビーエ地区の4市(ダラヤ、モアッダミヤ、サハナヤ、アシュラフィア)においては、16万人(1994年)の人口が2005年には24.7万人に達すると推定され、およそ年4%の人口増加率で増大している。

一方、ダマスカス郊外県の主要な水源は、優先的に首都ダマスカス市への給水に活用されることから、グータ・ガルビーエ地区では、水源を既設の浅井戸に依存せざるを得ない。しかし、これらの浅井戸は必要水量を確保するための過剰揚水により、地下水位の低下がすすんでいる。さらに、宅地化の影響による水質汚濁が進行しており、将来既設井戸による必要水量の確保は期待できない。また、当該地区周辺には水源として期待できる有力な井戸はない状況である。

このような急激な人口増加に対して水源開発及び上水道の整備が伴わないため、当該地区の現状の一人一日当たり給水量は83lであり、ダマスカス郊外県で定められている必要水量一人一日当たり給水量125lの目標値が満たされていない。また、季節的な取水量の変動のため、断水や恒常的な出水不足が発生している。

給水対象地区の給水事業を管轄しているダマスカス郊外県上下水道公団(以下、「公団」という)では、このような状況を改善するため、グータ・ガルビーエ地区の4市を対象とし、汚染が進んでいる既存井戸からの取水依存度を軽減し、給水量不足を対象地区から約35km遠方に位置するリマ地区の山岳地帯に水源を確保する給水改善計画を策定した。しかし、財政事情により資材調達に必要な外貨の確保に困難をきたし、送配水施設の建設ができない状況であるため、送配水施設に必要な資機材調達について、我が国に無償資金協力を要請してきたものである。

本計画は、給水対象である4地区と水源地であるリマ地区を結ぶ送配水施設を整備することにより、グータ・ガルビーエ地区4地区の給水事情を改善するものである。



### 3-2 プロジェクトの基本構想

シリア国からの要請内容は、給水対象地区から約 35km 離れたリマ地区にある既設井戸 9カ所を新しい水源とし、給水対象地区内にある 9カ所の既設配水槽まで、飲料水を送水するために必要な送配水施設の資機材調達である。給水対象地区及び要請書に記載されている資機材は、下記に示すとおりである。

#### (a) 給水対象地区

本計画の給水対象地区は、ダマスカス郊外県の下記の 4 都市である。

Daraya (ダラヤ)  
Moadamiya (モアッダミヤ)  
Sehnaya (サハナヤ)  
Ashrafia (アシュラフィア)

#### (b) 要請内容

水中ポンプ (20 l/s~68 l/s)	:	9 台
ディーゼル発電機 (700KVA)	:	2 台
変圧器 (1,000KVA)	:	1 台
集水管 (φ200mm~φ450mm)	:	2,550m
送水管 (φ150mm~φ500mm)	:	51,999m
燃料タンク (25m <sup>3</sup> )	:	1 基
配水槽 (FRP 製 2,000m <sup>3</sup> )	:	1 基

シリア国の要請内容を検討した結果、その施設計画は水理的にも施設管理面においても好ましくない設計がなされていると考えられたため、次のような代替案を作成した。

代替案は「各井戸から取水された水を、高位部を越えた配水槽に直接送水するのではなく、各井戸から汲み上げた水を一旦受水槽にため、新規に送水ポンプを計画して最高標高地点に設ける配水槽に送水する。それ以降はシリア国の計画と同様の自然流下方式で計画給水対象地区の既設配水槽に送水する。」というものである(図 3-2-1 参照)。

自然流下区間は全体標高差が850mあるため、標高差120mを限度として調圧水槽及び減圧弁を設置して、順次安全に減圧しながら送水するものである。また、モアッダミヤ地区は他の3地区に比べ標高が約50m高く、かつ送水路線に一部高位部があるため、送水管の水理検討を行った結果、加圧ポンプを設けないと既設配水槽に送水できないことが判明した。

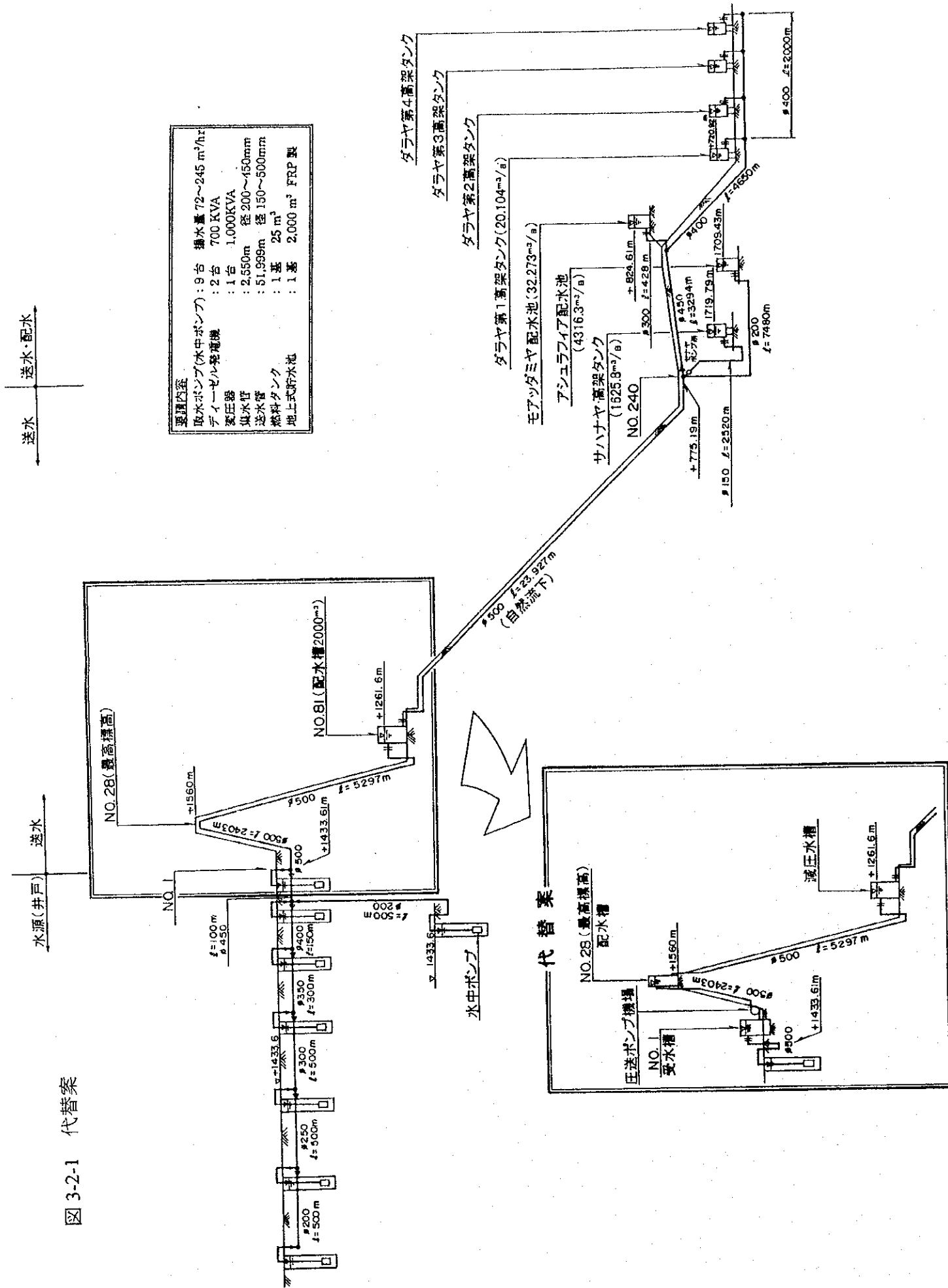
一方、水源地の既設井戸を調査した結果、シリア国が示したリマ地区には既設井戸が 13 箇所あったが、井戸の崩壊、井戸構造が不備なもの、灌漑用に使用されている井戸を除くとリマ水源地で利用可能な井戸は7ヶ所であり、その中の2ヶ所は観測用で井戸ケーシング径が小さいものであることが判明した。このような既設井戸の問題に関して、シリア国からケーシングおよびスクリーンの資材調達の再要請が上がったが、水源はシリア国側で準備するという日本側の基本理念により、これらの資材調達は本計画には含めないこ

ととした。そのため、シリア国側は新規に井戸を4本掘削し、全部で9本の井戸を水源とした。

シリア国から要請されているFRP製配水槽や燃料タンクに関し、FRP製配水槽は鉄筋コンクリート造りにすればシリア国側で築造可能であり、燃料タンクにおいてもシリア国の鉄板加工技術があれば製作可能であるため、資機材調達の対象外とした。

これらの調査・協議及び検討の結果、本プロジェクトの基本構想は、リマ地区でシリア国側が準備する9カ所の井戸を水源とし、必要水量を対象地区に送配水するために必要なポンプ機器・管路資材等の資機材を日本側が調達し、シリア国側はポンプ場や調圧水槽等の追加施設の詳細設計、供与資機材の据付工事、送配水施設の土木工事・管路布設工事等の建設を行うものとする。

図 3-2-1 代替案



### 3-3 基本設計

#### 3-3-1 設計方針

最適な施設の計画並びに資機材の選定に当たっては、以下の方針に基づいて策定する。

##### (1) 自然条件に対する方針

水源地のリマ地区は標高約 1450mの傾斜地であり、周辺は果樹園となっている。この平均気温は 11 月から翌年 3 月の期間は 10 度以下であり、最高は 7 月の 24.5 度、年間平均気温は 12.9 度である。また年間降水量は 1000mm 以上あり、そのほとんどは 10 月から翌年 4 月に降る雪である。

一方、給水対象地区は標高約 700mの台地上にあり、通年の気温は 22 度であるが、寒暖の差が大きく夏季には 40 度以上となり、冬季には氷点下となり積雪もある。季節に限らず一日の中でも日中と夜間の気温差が大きい。

このような自然条件のため、設計にあたっては水源と給水地区の標高差を有効に利用した施設設計を行い、機械・電気設備設計に関しては、低い気温、高い標高に適する機器仕様が必要である。

##### (2) 社会条件に対する方針

水源地はイスラエルとの国境に近く、兵力制限地帯の中にある。従って、水源地においては安定して飲料水が送水できる電源を確保する。一方、給水対象地区はダマスカス市に隣接しており、今後人口が大幅に増加すると予想される地区である。将来の都市計画・人口推定を十分に検討して、路線や施設規模の決定を行う必要がある。

また、既設水源地内には湧水があり、現在リマ地区の飲料用や灌漑用の水源として利用されている。したがって、可能水源水量からこれらの必要水量をさし引いた水量を本計画の利用可能水量とする。

##### (3) 建設事情に対する方針

水源地と給水対象地区は約 35km 離れており、標高差も 850m と大きい。水源地と給水対象地区を結ぶ道路は、リマ地区への主要道路でほとんど舗装されており、道路幅員は二車線確保されているため、常時車が通行している状態である。この道路は部分的に狭い所もあるが、リマ地区への迂回路がないため、管路布設工事期間の交通止めは困難である。したがって、資機材の搬入や管路布設工事が容易にできる管種の選定が重要である。また、受水槽・配水槽・調圧水槽は規模が大きく地上に設置されるため、用地の位置選定、土地の確保が重要である。

##### (4) 現地業者・現地資機材に対する方針

本事業で調達する予定の資機材は本施設の主要部分であり、ほとんどの資機材は輸入品となる。これらの予備品を現地で入手することは困難であるものも多いため、予備品は出来る限り多く調達出来るようにする。また、これらの資機材の建設もしくは据付工事は現

地業者で十分施工可能であるが、工事量が多く限られた期間内に工事を完了させるためには、実績がある現地施工業者を多数確保する必要がある。また、第一次計画の実績より、機器の据付けに精密さを要する送水ポンプや公団が初めて使用する機器(減圧施設)については、正確な据付指導が出来るように検討する。

#### (5) 施設機材等の範囲・グレードの設定に対する方針

本施設は取水・送水施設から配水槽を経て既設配水槽までの連続した施設であり、距離が長く標高差が大きいという条件のため、取水ポンプから既設配水槽までを一連のシステムとして稼働させることが必要である。施設の計画に当たっては、シリア国側の技術力を考慮し、シリア国内で良く使用されている資機材を選定すると共に、維持管理の容易なシステムとする。また、ポンプ場、受水槽、配水槽の設計・施工はシリア国側で行うこととなるため、各施設の規模、配置計画、必要スペース等に関しては、平面図や断面図を作成・提示し、有効な計画・施工ができるようにする。特に、ポンプについては配置図、据付け図、基礎図等の標準図を作成・提示し、付属機器を含めて適正な配置、据付けが行われるように考慮する必要がある。

#### (6) 実施期間の運営・維持管理能力に対する方針

本件第一次計画(平成8年度資機材調達、平成9・10年度工事)はすでに工事が完了し、運転・維持管理が行われているが、ポンプの計画、運転・管理について「資料7.第一次計画の現状」に述べるような問題があった。本事業では第一次工事と同様な問題が起こらないように、主要機材の据付時にはその指導をおこないポンプ運転開始前には維持管理教育を行って、将来適正に施設の運転・維持管理ができるように計画する。

#### (7) 工期に対する方針

建設工事実施期間は、シリア国側の予算措置、要請時より増えた土木施設、延長が長くかつ岩掘削も予想される管路布設工事等を考慮して、全体で4年間と想定する。この工程に基づいて、資機材の調達時期、ポンプの据付け及び維持管理教育の派遣時期を検討し、調達期間は2期に分けて完了するように計画する。

### 3-3-2 基本計画

#### (1) 計画目標年

シリア国の要請書による計画目標年は 2010 年であったが、本事業は緊急性を考慮した無償資金協力であるため、計画目標年は短期計画である 2005 年を採用する。

#### (2) 計画人口

1994 年センサス、公団調査資料、調査団の現地聞き取り調査および要請書記載に基づく給水対象地区の人口は下表のとおりである。

表 3-3-1 給水対象地区の人口

地区名	人口			
	センサス (1994 年)	公団調査 (1994 年)	要請書 (1994 年)	聞き取り調査 (1998 年)
モアッダミヤ	34,306	40,000	50,000	50,000
ダラヤ	65,066	120,000	90,000	100,000
サハナヤ	8,271	15,000	8,000	17,000
アシュラフィア	14,482	35,000	12,000	18,000
計	122,125	210,000	160,000	185,000

上表に示された各調査および要請書記載の人口にはかなりの隔りがある。公団よりの説明、現地水道事務所での地区開発状況、聞き取り、現地の住宅建設ラッシュの実状から見ると、これらの地区にはセンサスの調査から漏れている無登録居住者がかなりの数にのぼるものと推量される。

仮に、1998 年現在の聞き取り調査人口を実態値として、センサス、公団調査および要請書記載の各 1994 年人口より 1998 年までの人口伸び率を逆算すると下表のとおりとなる。

表 3-3-2 給水対象地区の推定人口伸び率

地区名	人口伸び率 (%)			
	センサス (1994 年)	公団調査 (1994 年)	要請書 (1994 年)	聞き取り調査 (1998 年)
モアッダミヤ	9.9	5.7	0.0	0.0
ダラヤ	11.3	-4.5	2.7	0.0
サハナヤ	19.7	3.2	20.7	0.0
アシュラフィア	5.6	-15.3	10.7	0.0
計	10.9	-3.1	3.7	0.0

上記の表をもとに、各地区の開発段階、人口動態を勘案して 1994 年時の妥当な人口を下記のように類推する。

#### ① モアッダミヤ

旧市街地と鉄道に囲繞された区域、旧市街地の北西部で開発が進んでいる。住宅の形態は個人住宅のような小規模の建物が多数。地区の計画区域と現在の居住区域を比較すると、将来の住宅開発は北西部のハイウエーと鉄道に挟まれた帯状の区域がその対象となろう。その住宅形態はこの区域にスポット的に建設されている建物から見て、小規模な工場群か、小規模集合住宅となるものと思われる。したがって、1994年時の人口は、公団調査値の40,000人が妥当な数と推定する。

#### ② ダラヤ

旧市街地を囲繞する地区の計画市街化区域のほぼ全域に住宅、商店街が建設されている。4～5階建の集合住宅が多く、建設中のビルも多数見受けられる。1994年より現在の人口が減る結果となる公団調査値の人口120,000人は過大であり、聞き取り調査値と比較しても、90,000人が妥当な数と推定する。今後は、現在建設中の集合住宅への入居が主な人口増加要因と見られ、新規の住宅建設のスピードは減速するものとみられる。

#### ③ サハナヤ

旧市街地周辺の住居は東南にある団地タイプの集合住宅を除き個人住宅が多い。団地内戸数(25区画×40戸)からこの団地内の推定人口を5,000人とすれば、要請書記載の8,000人は少ない。旧市街地周辺の人口は約8,000人から10,000人と推定されるので、公団調査値の15,000人が最も実態に近い数値と推定される。この地区には旧市街地の南側にまだ開発されていない地区計画区域が広がっており、団地タイプ住宅開発の余地を残している。

#### ④ アシュラフィア

団地タイプの集合住宅が旧市街地の東、幹線道路沿いに建設されている。この団地の東側はダマスカス—ジョルダン基幹ハイウエーである。この団地内人口は7,000人と見積もられている。旧市街地を含む他の区域の人口は、開発状況から見てサハナヤより少ないと推定され、センサスに示されている数値に近い15,000人が妥当な人口と推定される。この地区にも旧市街地の周辺にまだ開発されていない地区計画区域が広がっており、個人住宅や団地タイプ住宅開発の余地を残している。

1997年の統計資料による1981年から1994年の全国平均人口伸び率3.3%に比べ、ダマスカス郊外県は4.6%と大きな値を示している。また、1994年センサスによれば、ダマスカス郊外県の2005年までの人口伸び率を4.5%と推計している。しかし、上述のように、各地区の将来の人口増加の伸び率は、モアッダミヤとダラヤでは低下し、サハナヤとアシュラフィアでは現在と同様と予想される。本計画においては、無償事業の主旨、緊急性を考慮し、要請書が見積もった4%が妥当な将来予想人口伸び率と判断する。

各地区の1994年推定人口・聞き取りによる給水対象人口及び1994年推定人口から2005年の人口を伸び率4%で計算すると次表となる。給水計画はこの2005年人口(給水率100%)を対象とする。

表 3-3-3

計画人口

地区名	人 口		
	1994年	1994年(給水対象)	2005年
モアッダミヤ	40,000	31,000	62,000
ダラヤ	90,000	62,000	139,000
サハナヤ	15,000	10,000	23,000
アシュラフィア	15,000	11,000	23,000
計	160,000	114,000	247,000

## (3) 一人一日給水量

給水対象地区のポンプ台数(稼働台数)、運転時間およびポンプの能力より推定した現在の地区毎総給水量および1人当たりの給水量は下表の通りである。

表 3-3-4

現況一人一日当たり給水量

地区名	稼働ポンプ台数 (台)	能力 m <sup>3</sup> /hr	運転時間 (hr)	総給水量 m <sup>3</sup> /day	給水人口 (人)	1人当たり給水量 (l/day/d)
モアッダミヤ	21	5	24	2,520	31,000	81.3
ダラヤ	28	12.5	16	5,600	62,000	90.3
サハナヤ	6	7.5	15	675	10,000	67.5
アシュラフィア	7	15	24	720	11,000	65.5
計				9,515	114,000	* 83

注) 上記の数値は聞き取り調査を基にした推定値である。

\* 印は平均値を示す。

上表から1人当たりの日平均給水量はモアッダミヤとダラヤについては80~90 l/人/日であるが、サハナヤとアシュラフィアについては約65 l/人/日であり、給水対象地区全体の平均としては83 l/sであった。

第8次5ヶ年開発計画案(1996年~2000年)では、2000年における日平均給水量を地方で108 l/人/日、県中心部で193 l/人/日としている。また、公団が採用している地域別の日平均給水量は、砂漠地域では40 l/人/日、主要都市から離れている村では75~100 l/人/日、都市では125~150 l/人/日を基準としている。ただし、この値はその地区の可能水源水量により小さくすることがある。また、ダマスカス市は250 l/人/日を基準としている。

一方、リマ地区の水源利用可能水量を検討すれば、本計画で利用できる水源水量は357 l/sとなる(次項「(5) 水源利用可能水量の推定」参照)。この水量を給水対象地区の1人当たり計画人口で換算すれば給水量は約125 (= 0.357\*86400/247000) l/人/日となる。ただし、この値は負荷率(日最大給水量/日平均給水量)を考慮すれば、83 (= 125/1.5) l/人/日に相当し、この値は現況の日平均給水量の値と同値となる。



本計画は、リマ地区の水源利用可能水量を限度として計画が策定される。したがって、水源水量の制約上、また無償資金協力の基本姿勢である緊急性の主旨より、計画日平均給水量は現況日平均給水量と同じ 83 l/人/日とする。

#### (4) 計画水量

送水施設計画に使用される計画給水量は日変動や季節変動を考慮した日最大給水量であり、シリアでは日最大給水量と日平均給水量の比(負荷率)は 1.5 を採用している。したがって、日最大給水量は前述のとおり 125 (= 83\*1.5) l/人/日とする。

計画給水量は日最大給水量に計画年次 2005 年の計画人口を乗じてもとめる。なお、給水対象地区で現在利用されている既設水源は、過剰揚水による地下水位の低下や宅地化の影響による水質汚濁の進行により、将来全量取水は困難であり 2005 年においては要請書どおりその 20%が利用可能であるとして、計画送水量を算出する。したがって、計画水量は 28,972m<sup>3</sup>/日(335.3 l/s)となる。

表 3-3-5

2005 年計画水量

地区名	計画人口	給水量 (m <sup>3</sup> /D)	既設水量 (m <sup>3</sup> /D)	既設利用量 (m <sup>3</sup> /D)	計画水量	
					(m <sup>3</sup> /D)	(l/s)
モアッダミヤ	62,000	7,750	2,520	504	7,246	83.9
ダラヤ	139,000	17,375	5,600	1,120	16,255	188.1
サハナヤ	23,000	2,875	675	135	2,740	31.7
アシュラフィア	23,000	2,875	720	144	2,731	31.6
計	247,000	30,875	9,515	1,903	28,972	335.3

#### (5) 水源利用可能水量の推定

リマ地区の水源水量の基礎となっている資料は、水理地質(ヘルモンプロジェクト)報告書であり、その検討結果は以下のとおりである。

- ① リマ水源地の地下水盆の面積：3.5 km<sup>2</sup>
- ② リマ水源地の地質：ジュラ紀中・後期の泥質石灰岩および苦灰岩
- ③ ジュラ紀後期の石灰岩は地表面下 200 - 250mに現れる。
- ④ 有効帯水層厚： 井戸 No. 528A : 34m  
825B : 99m  
825C : 117m  
826 : 26m  
863 : 82m  
864 : 129m  
867 : 65m
- ⑤ 透水量係数(平均) : 21.4 liter/sec/m (1,848 m<sup>3</sup>/day/m)

- ⑥ 試験した井戸の水位降下は、揚水量の増加に対して比例せず、極少ない増加にとどまる。
- ⑦ リマ水盆の地下水賦存量は 411 liter/sec と試算している。

一方、水源地の地下水かん養量と採水可能量は、以下にて推定する。

#### かん養量 (Q<sub>r</sub>) の推定

- ・ 集水面積：地形図 (1 : 2,5000) を利用して算出したリマ水源地の流域面積は約 12 km<sup>2</sup> である。また、地質踏査結果による地質構造、水系、地形等を考慮した本地区の集水域は約 20 km<sup>2</sup> と推定される。ここでは集水面積 (A) は 20 km<sup>2</sup> と推定する。
  - ・ 降水量：等降水量線図(図 3-3-1)によれば、リマ水源地流域の降水量は冬期 (10 月～翌年 4 月頃) に 1,100 - 1,200 mm/年である。聞き取り調査によれば、降水のほとんどは雪であり、その積雪は流域内に長期間貯溜される。したがって、降水量(P)は 1,200 mm/年と推定する。
  - ・ 条件 3：浸透率(I)は 0.6 とする。
- したがって、かん養量は下式より求める。
- ・ 算定式：Q<sub>r</sub> = A · P · I = 456 (liter/sec)

#### 採水可能量の推定

$$Q = I * T * B \quad (\text{参考文献：地下水処理工の事例、鈴木音彦著})$$

ここに、

$$I : \text{動水勾配、} I = 0.055 = (1427.01 - 1419.82) / 130 \text{ (825C - 867 間)}$$

$$T : \text{透水量係数、} T = 21.4 \text{ (liter/sec/m)}$$

$$B : \text{地下水帯の有効断面積の幅、} B = 400\text{m}$$

以上の条件から、採水可能量 Q は 470.8 (liter/sec) となる。

上記の算定結果から、シリア国側の試算した許容揚水量である 411 (liter/sec) は妥当なものと判断する。しかし、リマ地区内には飲料用や灌漑用の井戸が 1ヶ所あり、その水量は 54 l/s (資料 8 「リマ地区の湧水泉水量」参照) と推定される。この水量は補償水量として現地のために確保しておく必要がある。

したがって、本計画で利用できる水源水量は補償水量をさし引いた 357 l/s となる。また、新設井戸位置計画図を次頁に示す。

図 3-3-1

# 等降水量線図

単位：mm

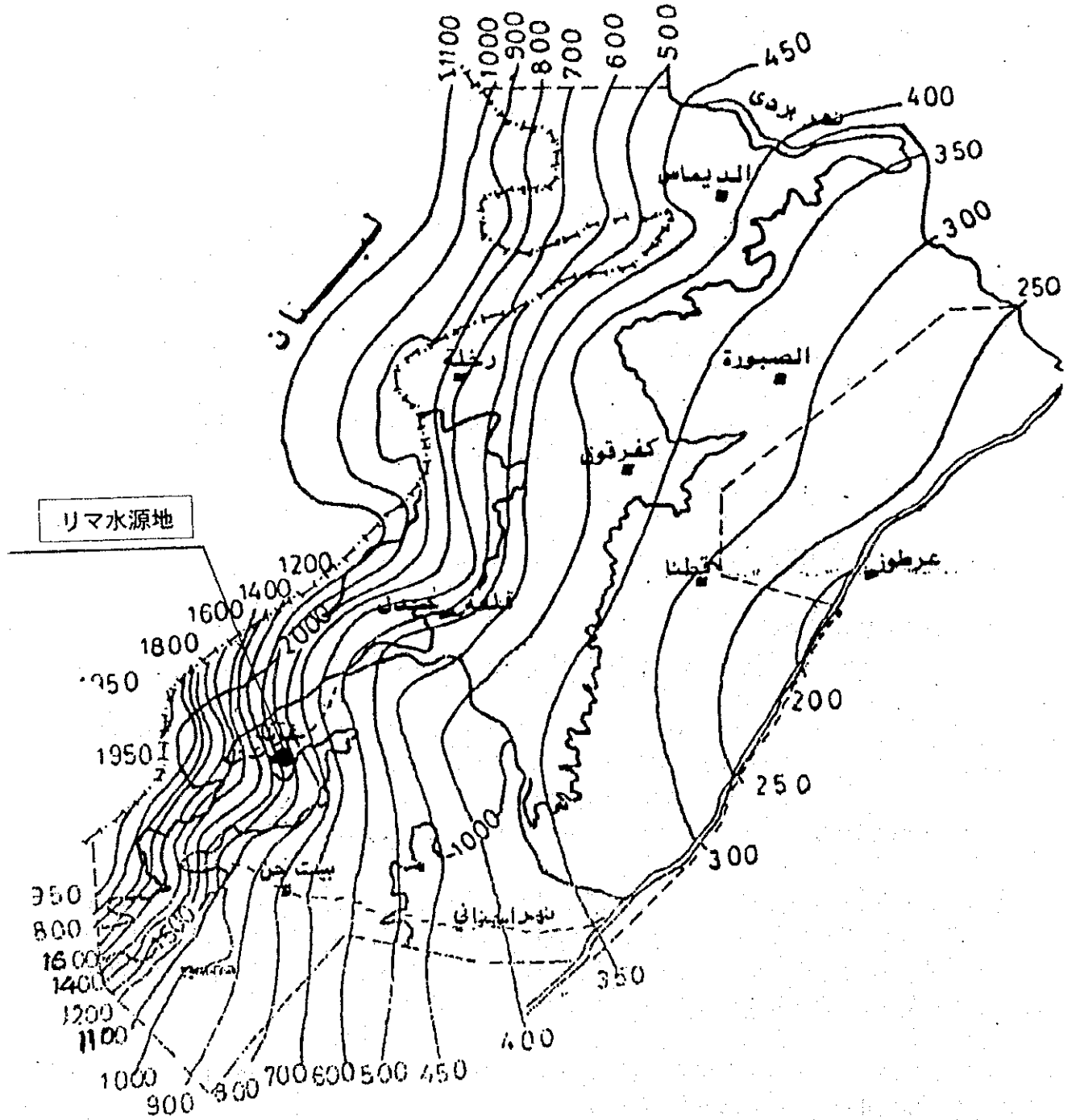
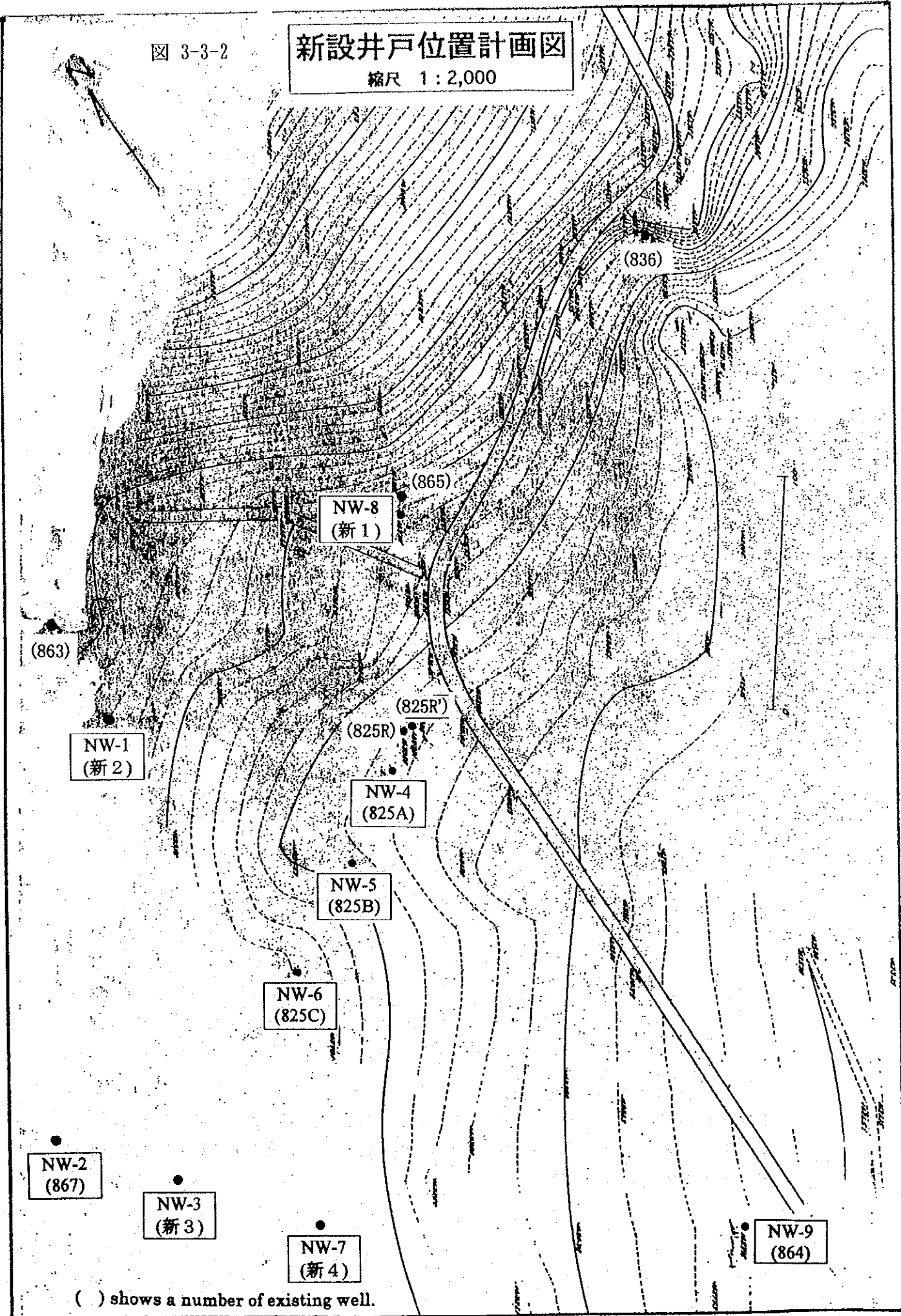


図 3-3-2

# 新設井戸位置計画図

縮尺 1:2,000



( ) shows a number of existing well.

(6) 管路計画

(a) 基本諸元

水源地の計画井戸より取水した原水は、いったん受水槽(送水ポンプ井兼用)へ集水した後、送水ポンプにより約 2.4km 離れた最高地点の配水槽へポンプ圧送し、配水槽以降は自然流下方式により調圧水槽を経て計画対象 4 地区の既設配水槽へ送水される。取水及び送水施設は日最大水量を 24 時間連続運転にて送水するものとして計画する。

なお、送水管の管種は施工が容易であり、公団での使用実績が多くなってきているダクタイル鋳鉄管を採用する。

管路の計画は、Hazen-William の公式を使用する。

$$H=10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

ここに H : 摩擦損失水頭 (m)

C : 流量係数 (C=110)

D : 管内径 (m)

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/s)

L : 延長 (m)

(b) 井戸～受水槽区間

揚水試験に基づく井戸の地下水位降下量は 19.12m と推定されるため、シリア国側が用意した井戸候補地点 9 個所の井戸諸元の検討結果は下記のとおりである。各井戸から受水槽までの集水管路は水理的・地形的に類似する井戸を統合し 3 系統に纏める。

表 3-3-6

計画井戸諸元

配水池計画水位 = 1442.0

井戸名	旧井戸名	井戸口径 (inc)	ポンプ口径 (mm)	現地盤高 (EL.m)	現静水位 (EL.m)	全水位降下量 (m)	動水位 (EL.m)	揚水位 (m)	全揚程 (m)
NW-1	新No.2	12"	150	1446.02	1424.56	19.12	1405.44	36.56	41.58
NW-2	867	12"	150	1449.43	1424.58	19.12	1405.46	34.97	41.17
NW-3	新No.3	14"	150	1441.96	1420.18	19.12	1401.06	41.90	47.67
NW-4	825A	9"	150	1432.85	1427.02	19.12	1407.90	34.10	38.19
NW-5	825B	9"	150	1433.40	1427.11	19.12	1407.99	34.01	38.92
NW-6	825C	9"	150	1436.96	1427.01	19.12	1407.89	34.11	39.53
NW-7	新No.4	14"	150	1436.68	1423.01	19.12	1403.89	38.11	45.19
NW-8	新No.1	12"	150	1437.30	1422.90	19.12	1403.78	38.22	41.72
NW-9	864	12"	150	1427.17	1415.37	19.12	1396.25	45.75	52.56

(c) ポンプ圧送区間(受水槽～配水槽)

ポンプ圧送区間の総延長は約 2.6km、その標高差は約 125m である。ポンプ圧送における流速は一般に 1.5m/s 程度が経済的と言われており、本計画流量に対する流速を下表からみれば最適管径は 500mm となる。

表 3-3-7 管径別流速

管 径	流 速
450mm	2.11 m/s
500mm	1.71 m/s
600mm	1.19 m/s

(d) 自然流下区間(配水槽～最終調圧水槽)

配水槽以降は自然流下方式となるが、延長は約 23km、標高差は約 760m である。このような地形条件では、管路内の圧力が高すぎるため一気に最終調圧水槽まで送水できる配管材料は限られ、一般的でない。公団が使用しているダクタイル鋳鉄管(PN16)の仕様に合致する標高差としては 120m が最大であり、標高差 120m 毎に調圧水槽と減圧弁を設置し、順次減圧して送水する方式が最善となる。なお、この場合でも調圧水槽は 6 箇所必要になる。

この標高差 120m を有効に利用して管径を決定する条件としては、流速は 3.0 m/s 以下であり、区間損失水頭は 120m に近いほうが良い。この条件に合致する管径を比較すれば下表に示すとおりであり、最適管径は 450mm となる。

表 3-3-8 管径・流速・区間損失水頭

管 径	流 速	区間損失水頭	判 定
400mm	2.68 m/s	131.1 m	×
450mm	2.11 m/s	73.9 m	○
500mm	1.71 m/s	44.2 m	○
600mm	1.19 m/s	18.2 m	○

区間延長は最大の 6.4km を採用する。

(e) 自然流下区間(最終調圧水槽～各既設配水槽)

最終調圧水槽から既設配水槽区間においても上流部の自然流下区間と同様に、最大標高差を 120m とするよう計画する。ただし、モアッダミア地区はガラヤ、サハナヤ、アシュラフィアの 3 地区に比べ地盤標高が 50m ほど高く、モアッダミア地区で丘の上に設けられた既設地上配水槽は、給水地区標高よりさらに高い位置にある。したがって、給水対象地区の配水系統は、地盤標高が同じくらいで自然流下方式が可能である 3 地区を同じ配水系統で給水し、モアッダミア地区のみは別系統として計画する。一方、モアッダミア地区は丘の上にある既設地上配水槽で配水する高位部と市街地内の既設高架配水槽で配水する低位部に分けられ、低位部への給水は最終調圧水槽より自然流下方式で給水が可能であるが、高位部へは加圧ポンプが必要となる。モアッダミア地区への送水管は途中で分岐し、既設地上配水槽へは地区の 1/2 範囲を対象とした加圧ポンプでの圧送する計画とする。

地区の既設給配施設のうち、公団より指定された要接続配水施設の諸元は下記のとおりである。

表 3-3-9 既設配水施設の諸元

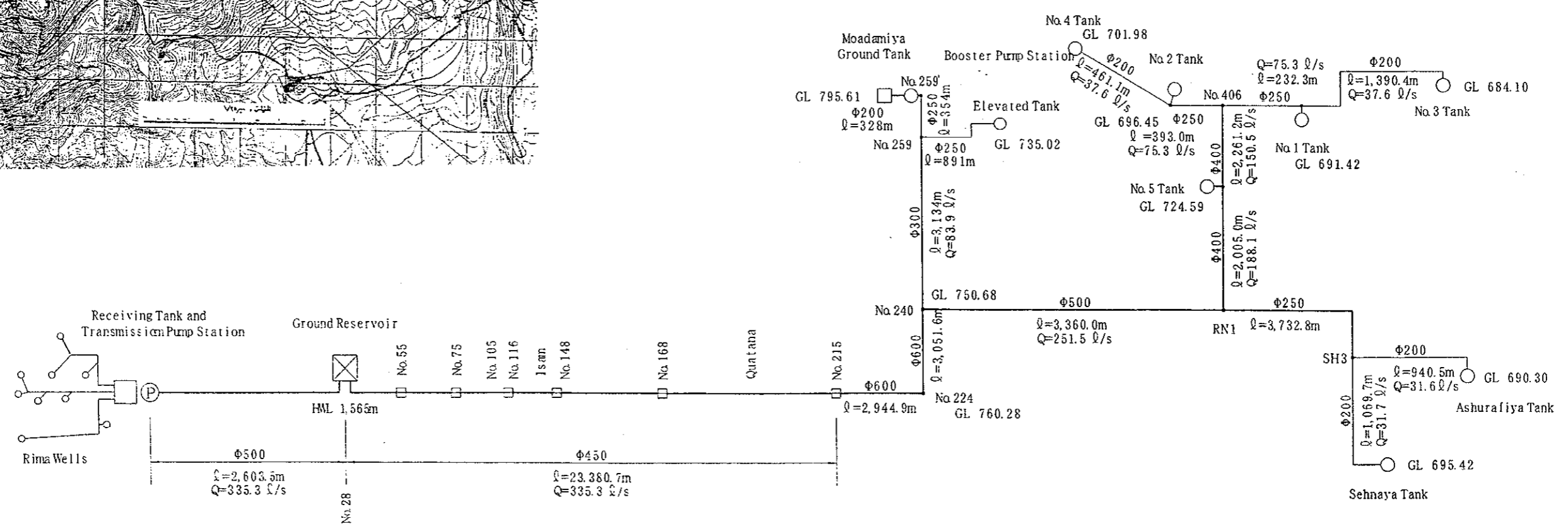
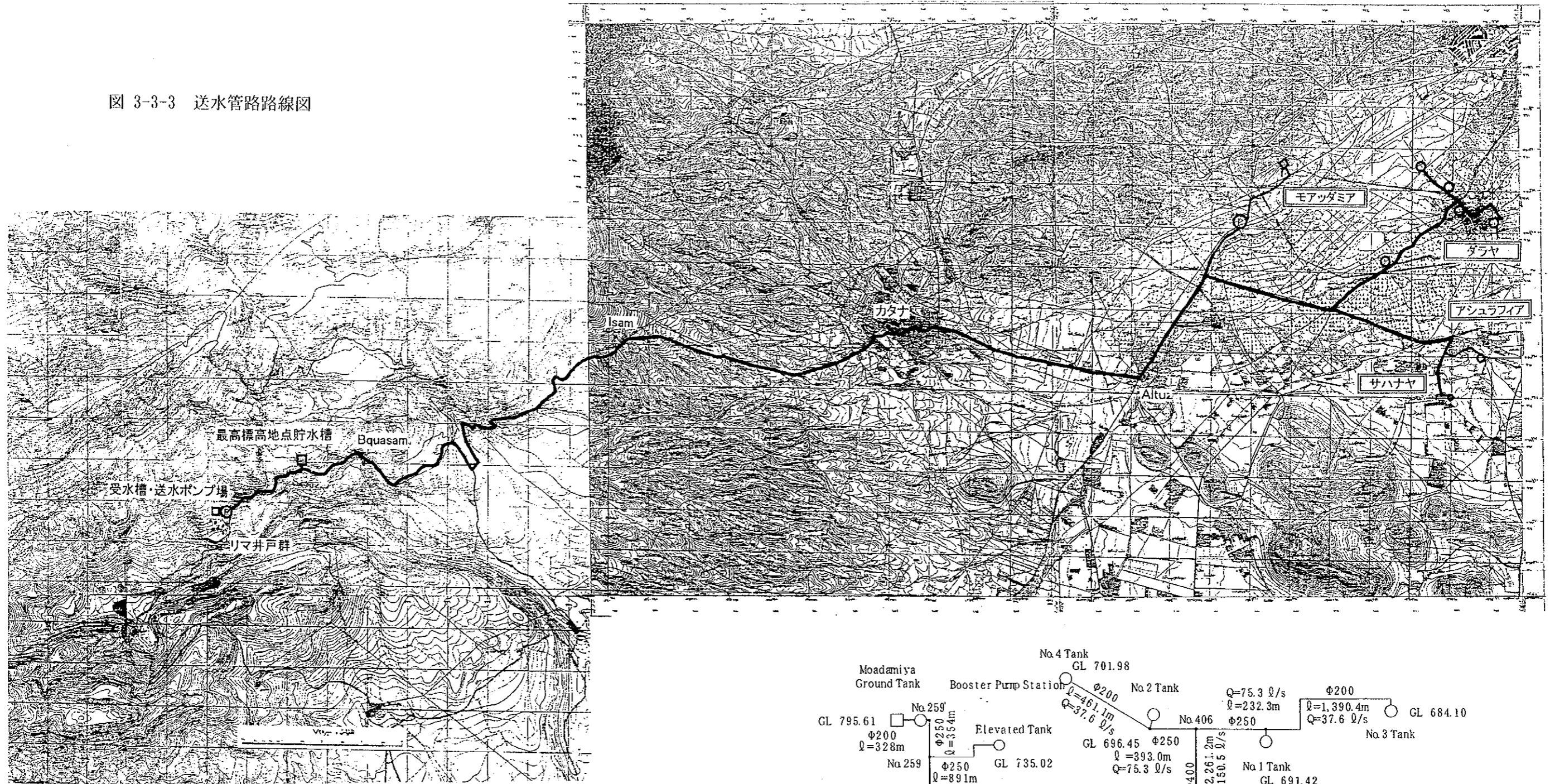
施設名	タイプ	受水容量 m <sup>3</sup>	地盤高 EL. m	貯水高 M	満水位 EL. m	低水位 EL. m
モアツダミアNo. 1配水槽	RC高架式	100	735.02	4.00	753.08	749.08
モアツダミアNo. 2配水槽	RC地上式	500	795.61	4.50	799.50	795.00
ダラヤNo. 1配水槽	RC高架式	250	689.53	5.00	719.53	714.53
ダラヤNo. 2配水槽	RC高架式	300	696.45	6.15	728.45	722.30
ダラヤNo. 3配水槽	RC高架式	300	684.10	6.15	716.10	709.95
ダラヤNo. 4配水槽	RC高架式	300	701.98	6.15	733.98	727.83
ダラヤNo. 5配水槽	RC高架式	300	700.18	6.15	732.18	726.03
サハナヤ配水槽	RC高架式	500	695.42	6.00	726.42	720.42
アシュラフィア配水槽	RC高架式	300	690.30	6.15	722.30	716.15

次頁に、送水管路路線図(図 3-3-3)を示し、送水管水理計算書は「資料 10. 計画データ」に示す。





図 3-3-3 送水管路路線図





## (7) ポンプ設備

### (a) 取水ポンプ

水源は揚水試験の結果、深井戸となりポンプの設置深さは約 40m であるため、取水ポンプの機種は水中モーターポンプを採用する。

計画取水量 335 l/s を 9 本の深井戸で取水するものとすれば、1 本当りの取水量は  
 $335\text{l/s} \div 9 = 37\text{l/s} \rightarrow 2.3\text{m}^3/\text{min}$   
となる。各深井戸から取水した水は、一旦送水ポンプ所の受水槽へ揚水する。

ポンプの揚程、電動機出力の計算結果は、「資料 10. 計画データ」に示すが、ポンプの仕様、台数は次のとおりとする。

形式	水中モーターポンプ
口径	φ150mm
吐出量	2.3m <sup>3</sup> /min
揚程	45、55m
電動機	380v、30kW
台数	9台

### (b) 送水ポンプ

送水ポンプは深井戸 9 本から取水し No.1 受水槽（ポンプ井兼用）へ集水された水を、送水管路の最高標高地点に設ける配水槽へ送水するために設置する。ポンプ機種は、地上に設置し、地形条件より押し込み方式が可能であり、実揚程は 125m と高いため、渦巻きポンプが最適となる。

ポンプ台数については水量規模より、2 台案、3 台案、4 台案の各ケースで予備のない場合とある場合の比較表を表 3-3-10 に示す。

この表より、予備無・予備有共に 3 台案は最も経済的であり、かつ送水ポンプ 1 台当たりの水量が井戸ポンプ 3 台に相当する量となり、受水槽を介した運転管理に於いて需要期、非需要期を通じて円滑な水量調節が行えることとなる。また、経済性では予備有のほうが予備無より、設備費で 15,600 千円、年間維持管理費で 826 千円(360 千円/ポンプ)割高となるが、維持補修を行いながら安定して送水が可能となるため、送水ポンプは 3 台案(予備を含む全 4 台)とする。

表 3-3-10

送水ポンプ台数の比較

ケース	2台案		3台案		4台案	
1台当水量	10.1 m <sup>3</sup> /min		6.7 m <sup>3</sup> /min		5.1 m <sup>3</sup> /min	
ポンプ口径	φ250 x φ200 mm		φ200 x φ150 mm		φ200 x φ150 mm	
揚程	150 m		150 m		150 m	
モータ出力 (全容量)	400 kw/台 (800 kw)		280 kw/台 (840 kw)		210 kw/台 (840 kw)	
区分	予備無	予備有	予備無	予備有	予備無	予備有
ポンプ台数	全2台	全3台	全3台	全4台	全4台	全5台
価格 (%)	千円 202,200 (100%)	千円 224,800 (111%)	千円 197,800 (100%)	千円 213,400 (108%)	千円 207,800 (100%)	千円 222,000 (107%)
設備費差	22,600 千円		15,600 千円		14,200 千円	
維持管理費	千円	千円	千円	千円	千円	千円
償却費	3,480	4,451	3,549	4,218	3,978	4,588
運転費	16,645	16,645	16,133	16,133	15,864	15,864
修理費	810	1,036	826	982	926	1,068
計	20,935	22,132	20,508	21,333	20,768	21,520
(%)	(100%)	(106%)	(98%)	(102%)	(99%)	(103%)
運転管理	送水量は100%、50%の調整となり、受水槽・井戸ポンプの運転は他案に比べ不利となる。		井戸箇所数を考慮すると送水量の調整が円滑にできるため、水量の管理が有利である。		他案に比べ水量管理が細くなるが、ポンプ故障時の影響は少ない。	
施設規模	設備規模が小さくなる。		設備規模は2台案に比べ大きくなる。		規模は最も大きくなる。	
電動機容量	1台当たりの電動機容量が大きくなり、始動時の電源容量に与える影響が大きい。		1台当たりの電動機容量は小さくなるが、全体の電源容量は大きくなる。		1台当たりの電動機容量はさらに小さくなるが、全体の電源容量は3台案と同じ。	
判定	×		○		△	

ポンプの揚程、電動機出力の計算結果は、「資料 10. 計画データ」に示すが、ポンプの仕様、台数は次のとおりとする。

形式	横軸多段渦巻ポンプ
口径	φ200×φ150mm
吐出量	6.7m <sup>3</sup> /min
揚程	150m
電動機	380v、280kw
台数	4台(内1台予備)

(c) 加圧ポンプ

モアッダミア地区の既設地上配水槽への送水は自然流下による直接供給が不可能であるため、送水管の途中に加圧ポンプを設け圧送する計画とする。

加圧ポンプは管路途中へ直接設置し、残存水圧に配水槽までの必要揚程を加えて増圧する方式と、受水のための水槽を設置し一旦水面開放した後、加圧送水する方式があるが、ポンプの起動、停止による圧力変動が直接ポンプ一次側の管路へ影響することを防ぐとともに、水圧変動によるポンプのトラブルを防ぐため、受水した後加圧送水する方式を採用する。

ポンプ台数は下表により、予備の有無による2台案及び予備を含む3台案を検討する。

表 3-3-11 加圧ポンプ台数の比較

ケース	2台案(予備なし)	2台案(内1台予備)	3台案(内1台予備)
1台当水量	1.25 m <sup>3</sup> /min	2.5 m <sup>3</sup> /min	1.25 m <sup>3</sup> /min
ポンプ口径	φ125 x φ100 mm	φ150 x φ125 mm	φ125 x φ100 mm
揚程	45 m	45 m	45 m
モータ出力 (全容量)	18.5 kw/台 (37 kw)	37 kw/台 (37 kw)	18.5 kw/台 (37 kw)
設備費 (%)	16,200 千円 (100.0 %)	18,000 千円 (111 %)	21,000 千円 (130 %)
設備費差		1,800 千円	4,800 千円
償却費	459.7 千円	537.0 千円	665.9 千円
運転費	651.4 千円	710.6 千円	651.4 千円
修理費	107.0 千円	125.0 千円	155.0 千円
維持管理費計 (%)	1,218.1 千円 (100 %)	1,372.6 千円 (113 %)	1,472.3 千円 (121 %)
運転管理	送水量の調整ができ、水量管理が有利である。 予備ポンプがないため維持管理やポンプ故障時の対応が難しい。	送水量が100%か0%となり、水量管理は不利となる。しかし、予備ポンプがあるため維持管理やポンプ故障時の対応ができる。	送水量の調整ができ、水量管理が有利である。 予備ポンプがあるため維持管理やポンプ故障時の対応ができる。
施設規模	設備規模は小さくてよい。	予備を含めた設備規模は若干大きくなる。	設備規模は最も大きくなる。
その他	電源容量、発電機容量は変わらない。		
判定	×	○	△

加圧ポンプの場合は送水量が小さいため、施設規模はあまり変わらない。しかし、送水ポンプと同様に、経済的で維持補修を行いながら安定して送水が可能となる2台案(内1台予備)を採用する。

ポンプの揚程、電動機出力の計算結果は、「資料 10. 計画データ」に示すが、ポンプ仕様、台数は次のとおりとする。

形式	横軸渦巻ポンプ
口径	φ150×φ125mm
吐出量	2.5m <sup>3</sup> /min
揚程	45m
電動機	380v、37kw
台数	2台（内1台予備）

#### (d) 電動機出力

各ポンプの電動機は低圧電動機とし、出力は次式によって求める。

$$P = \frac{0.163 \times \gamma \times Q \times H}{\eta_p \times \eta_e} \times (1 + R) \quad (\text{kW})$$

ここに、P：原動機出力(kw)

γ：水の比重 1.0

Q：ポンプ吐出量(m<sup>3</sup>/min)

H：ポンプ全揚程(m)

η<sub>p</sub>：ポンプ効率

η<sub>e</sub>：継手の効率(直結の場合 1.0)

R：原動機の余裕係数

取水ポンプ、送水ポンプ、加圧ポンプの電動機出力の計算結果は「資料 10. 計画データ」に示す。

#### (e) ポンプ付属機器

本計画の取水、送水施設は、取水ポンプから既設配水槽まで延長が長く標高差が大きい一連のシステムとして稼働することが必要であり、水量的にも大容量となる。したがって、各機器を継続して適正に維持管理していくためには、ポンプには以下の付属機器を含めて調達することが必要であると考え。これは加圧ポンプについても同様である。

ポンプ付属機器（取水ポンプ、送水ポンプ、加圧ポンプ）

- 揚水管、吐出曲管(取水ポンプのみ)
- 押込み、吐出配管
- 逆止弁
- 制水弁
- 自動空気弁
- 圧力計、連成計

- 流量指示計
- 水位検出装置(電極リレー)
- モータ保護リレー

(8) 変圧器

通常時、送水ポンプ所及び加圧ポンプ所ともポンプは公共電源により運転されるため、高圧配電線より低圧動力を得るための変圧器が必要となる。変圧器の容量は次式により求める。

(a) 定常運転容量 (TF)

$$TF = \sum_k^n \frac{PLk}{\eta_{Lk} \times \cos \phi k} \times \beta \times \alpha \quad (\text{kVA})$$

ここに、TF	:	定常運転容量
PLk	:	負荷の出力(kW)
$\eta_{Lk}$	:	負荷の効率
$\cos \phi k$	:	負荷の力率
$\beta$	:	需要率
$\alpha$	:	余裕率

(b) 最大負荷の始動時必要容量 (Ts)

$$T_s = \frac{TSF}{\%V} \times \%ZT \quad (\text{kVA})$$

ここに、	Ts:	最大負荷の始動時必要容量(KVA)
	TSF:	始動時の合計容量(KVA)

$$TSF = \sqrt{(P_b + P_{ms})^2 + (Q_b + Q_{ms})^2}$$

Pb: ベース負荷有効入力(kw)

$$P_b = \sum_k^n \frac{PLk}{\eta_{LK}}$$

Qb: ベース負荷無効入力(kVAr)

$$Q_b = \sum_k^n \frac{PLk}{\eta_{LK}} \tan \phi k$$

Qms: 最大負荷の始動無効入力(kVAr)  $Q_{ms} = P_s \sin \phi_s \times C$

Pms: 最大負荷の始動有効入力(kW)  $P_{ms} = P_{s1} \cos \phi_s \times C$

P<sub>s1</sub>: 最大負荷の直入れ時の始動入力(KVA)

$\cos \phi_s$ : 最大負荷の始動力率

C: 電動機の始動係数

V: %電圧降下

%ZT: 変圧器インピーダンス電圧

TF、Ts をそれぞれ計算して、最大のものを変圧器容量とする。計算結果は次表のとおりである。

表 3-3-12 変圧器の容量

施設	負荷の合計出力 (kw)	TF (KVA)	Ts (KVA)	決定容量 (KVA)
送水ポンプ所	1,142	1,740	1,628	1,750
加圧ポンプ所	42	62	39	75

#### (9) 発電機

送水ポンプや加圧ポンプ設置地域には公共電源があり、通常時のポンプ運転はこの公共電源が主電源となる。水道事業では公共電源が停電したりその他の事故の際にも、送配水施設の運転を確保するため非常用ディーゼル発電機を計画するのが一般的である。しかし、本事業は無償資金協力であるため、非常時用の発電機は設置しない。

#### (10) 送水管の水撃現象の防止対策

送水ポンプから配水槽までの送水管路は口径 500mm、延長 2,604m であり、標高差は 125m 以上となっている。この管路により計画水量を送水する場合、送水ポンプの吐出圧力は  $15\text{kg/cm}^2$  となり、停電その他の事故によりポンプが急停止した場合圧力の過降下と過上昇を生じ、管路に水撃現象（ウォーターハンマ）が発生する。水撃現象による被害としては、管路内の負圧の発生による管の破損や過大圧力による施設機器への悪影響が考えられる。本計画に於ける水撃現象の計算結果は次のとおりである（「資料 10. 計画データ」参照）。

圧力降下（最低圧力）  $-9.0\text{kg/cm}^2$ （計算値）  
 圧力上昇（最大圧力）  $+23.7\text{kg/cm}^2$

この結果、圧力の降下が  $-1.0\text{kg/cm}^2$  を超えることから、管路内で水柱分離が発生し、管路が破損することが考えられる。又、圧力降下の反動として圧力上昇が起これ、最大圧力は  $23.7\text{kg/cm}^2$  となる。このため、ポンプ、弁類、吐出管及び送水管路の 3 分の 1 以上を高耐圧のものとしなければならない。衝撃によるポンプ、管路、弁類の故障も予想される。

これらを防止するためには、水撃現象の軽減対策が必要となる。対策方法の主なものとしては、次のようなものがあるが、施設の種類、管路の縦断状況などにより効果に相違が生じる。本計画に於ける効果と実施の可否については表 3-3-13 及び表 3-3-14 「水撃現象軽減対策」に示すとおりである。



## 水撃現象の軽減対策

### (a) 負圧発生時の軽減対策

- ・ フライホイールの取付
- ・ サージタンク（コンベンショナルサージタンク）の設置
- ・ ワンウェイサージタンクの設置
- ・ 圧力タンク（エアベッセル）の設置

### (b) 圧力上昇対策

- ・ 緩閉逆止弁の取付
- ・ 急閉逆止弁の取付
- ・ 安全弁の取付
- ・ 主吐出弁の自動閉鎖

各種の方法及びその効果を検討した結果、本計画では圧力低下対策として送水ポンプ所に圧力タンク（エアベッセル）を設置し、圧力上昇対策としてポンプ吐出側の逆止弁を急閉式とすることにより、水撃現象の低減を計ることとする（「資料 10. 計画データ」参照）。

### 水撃軽減対策機器仕様

- |                 |           |                     |     |
|-----------------|-----------|---------------------|-----|
| ・ 圧力タンク（エアベッセル） |           | 鋼製 30m <sup>3</sup> | 1 基 |
| ・ エアコンプレッサ      | 11kw      | 2 台                 |     |
| ・ 付属配管、弁類       |           | 1 式                 |     |
| ・ 急閉逆止弁         | φ 200 自閉式 | 4 個                 |     |

表 3-3-13 水撃現象軽減対策(1) (負圧発生の軽減対策)

対策	原理	特失点	概略図	本計画への採用	効果	判定
フライホイールの取付	回転体慣性(GD <sup>2</sup> )を大きくすることにより、動力遮断後の回転数変化と管内流速の変化を緩やかにする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性が高い</li> <li>小型ポンプ・中型ポンプで多く使用されている。管路が長い場合効果が薄い。</li> <li>電動機の許容GD<sup>2</sup>に注意が必要である。</li> </ul>		ポンプを3台とした場合に、急停止時の最低水圧は許容値の-1kg/cm <sup>2</sup> 以上となり、フライホイールによる対策は有効ではない。	最大圧力 +22kg/cm <sup>2</sup> 最低圧力 -2.4kg/cm <sup>2</sup> (計算値)	×
サージタンク(コンパッサージタンク)の設置	管路の凸部等負圧の発生する地点にタンクを設け、タンク内の静水圧により動力遮断後の管路に水を押し込み、負圧の発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンクから配水池までの管路に効果がある。</li> <li>タンクの高さは動水勾配以上にしなければならない。送水管内圧力が高い場合はタンクの高さが大きくなる。</li> <li>負圧の発生防止とともに圧力上昇防止にも効果がある。</li> </ul>		管路縦断と動水勾配線の差は35m以上となるためサージタンクの高さが40m程度を必要で、大規模な構造物を築造することになり、対応が困難である。	最大圧力 +15kg/cm <sup>2</sup> 最低圧力 0kg/cm <sup>2</sup>	△
ワンウェイサージタンクの設置	管路の凸部等負圧の発生する地点に設ける。タンク内の静水圧により動力遮断後の管路に水を押し込み、負圧の発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンクから配水池までの管路に効果がある。</li> <li>オーブンサージタンクより効果の範囲が狭いため、管路に必要では複数箇所設置する必要がある。</li> <li>最低圧力時でもタンクが空にならないよう容量を見込む必要がある。</li> </ul>		送水管の縦断から効果を発揮させるためには5箇所以上必要となり、建設可能地が確保できない。又、積雪による凍結や死水対策、信頼性に問題がある。	1箇所の場合 最大圧力 +20kg/cm <sup>2</sup> 最低圧力 -4.8kg/cm <sup>2</sup> (計算値)	×
圧力タンク(エアセル)の設置	ポンプ直後に設置する。動水勾配に相当する圧力タンクに压缩空气を入れた圧力タンクに保持させる。送水管の圧力低下時タンク内の空気圧により水を管路へ押し込み、負圧発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンクは鋼製のため製作が容易である。</li> <li>水位計、コンプレッサー等の液面制御用の機器が必要となる。</li> <li>送水管との連絡管に絞りを設けることでタンク容量を小さくできる。</li> </ul>		約30m <sup>3</sup> の鋼製圧力タンクを設置し、ポンプ所の送水管に接続することで、圧力タンクが防止できる。圧力タンクから少量の空気の逃げ込みが考えられるが、管路途中に開放部(水槽)があるため問題は解消する。	最大圧力 +15kg/cm <sup>2</sup> 最低圧力 +0.5kg/cm <sup>2</sup>	○

表 3-3-14 水撃現象軽減対策(2) (圧力上昇対策)

対策	原理	特 失 点	概 略 図	本 計 画 へ の 採 用	判定
緩閉逆止弁	<p>送水管内で逆流が始まっても、逆止弁の弁体を緩閉し、ある程度逆流させることで圧力上昇を抑制する。親子弁やバイパス弁方式のものがある。</p>	<p>普通型逆止弁に比べ構造が複雑で高価である。 閉鎖時間によっては、ポンプが高速度で逆回転する場合があります。</p>		<p>構造が複雑なため、高価となり、小口径では不利である。又、管路形態から効果が薄い。</p>	×
急閉逆止弁	<p>スプリングやウェイトにより自力で閉止する機構を有するもので、管路内の水が逆流を開始する前に閉鎖し、圧力の上昇を防止する。管路が比較的短く、実揚程の高い管路に適している。</p>	<p>逆止弁の構造はそれほど複雑でなく、スプリングやウェイトによるため動作が確実である。 小口径、高揚程のものに適する。 弁損失が大きいため、ポンプ全揚程算出に注意が必要。</p>		<p>自閉式構造のものを取り付けることにより、逆流開始前に閉鎖し、圧力上昇を防止できる。本体構造のみであるので、小型軽量である。</p>	○
安全弁	<p>管内圧力が設定圧以上になると自動的に安全弁が開き、内圧を低下させる。</p>	<p>送水管路が短い場合は圧力周期が短いため、安全弁の動作遅れにより効果が薄い。</p>		<p>動作に時間遅れが生じ、管路の圧力上昇周期に追従できず効果が薄い。</p>	×
主吐出弁の自動閉鎖	<p>逆止め弁を使用しない主吐出弁を油圧又は水圧などで駆動し、自動緩閉させる。</p>	<p>大容量高揚程のポンプに適する。 油圧発生装置等補助機器が必要となる。</p>		<p>送水管に大型の吐出弁を設置することと、油圧発生装置、補助機器等設備が複雑となり高価となる。</p>	×

### (11) 配水方式の検討

送水ポンプにより配水槽へ送水した水は、自然流下により供給するものであるが、配水槽の標高(HWL)+1570mと給水対象となる4都市の最低地盤高+709mの間には861mの高低差があり、これによる最大静水圧は86kg/cm<sup>2</sup>となる。配管の耐圧、機器や弁類の仕様、維持管理等を考慮すると最大静水圧は12kg/cm<sup>2</sup>程度に押さえることが必要となる。このため、標高差120m毎に減圧設備を設け、適正水圧による配水が行えるよう検討する。

減圧するためには、標高差(静水頭)から管路損失水頭を差し引いた残留水圧(動水頭)の持つエネルギーを減圧用の弁により全て消費することであり、次のような問題が考えられる。

- ① 大きな圧力差によるキャピテーションの発生により、弁が破損する恐れがあるためこの対策が重要である。
- ② 弁の開閉による水撃現象の発生対策、管路の保護対策。
- ③ 減圧設備の作動の確実性、安全性等について詳細な検討が必要となる。

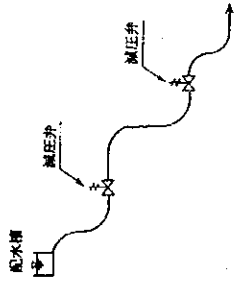
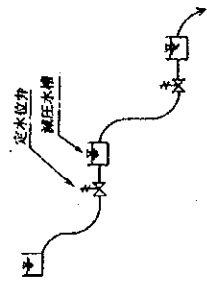
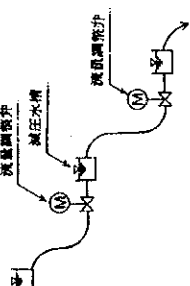
又、主な減圧方法としては次のようなものが考えられる。

- ① 自力式減圧弁による減圧
- ② 自力式定水位弁、減圧水槽による減圧
- ③ 制御弁による流量調整による減圧

各種減圧方式の特失及び本計画への対応については表 3-3-15「減圧方式比較検討表」のとおりである。

本計画では、管路システム全般に対する作動の確実性、安全性と設置実績による信頼性から自力式定水位弁と減圧水槽による減圧方式を採用する。

表 3-3-15 減圧方式比較検討表

減圧方式	原理	特 失 点	概 略 図	本 計 画 へ の 採 用	判定
自力式減圧弁による減圧	標高差120m毎に管路の途中に水圧により作動する自力式減圧弁を設けるもので、2次側の流量変化に対して設定した圧力が一定となる様自動調整する方式である。	<ul style="list-style-type: none"> <li>減圧水槽が不要である。</li> <li>設備がコンパクトにできる。</li> <li>減圧弁が故障し、減圧できなくなつた場合、下流側の管路に高水圧が直接かかつてしまふ。</li> <li>減圧弁ピットの用地は狭まってもよい。</li> </ul>		<p>減圧弁が故障した場合の高水圧により管路の破損事故が発生する恐れがある。</p>	△
自力式定水位弁及び減圧水槽による減圧	標高差120m毎に減圧用の水槽を設け、流入側の自力式定水位弁（減圧弁）により水槽水位が一定となる様制御するものである。水位の制御はフロート弁によるもの及び差圧検出配管によるものなどの方式がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>減圧水槽が必要である。</li> <li>減圧水槽と定水位弁のための用地が必要となる。</li> <li>各区分毎に一旦水面開放するため弁の故障の場合でも下流側に高水圧がかかることがない。</li> <li>故障の時、水がオーバーフローする。</li> </ul>		<p>施設用地が必要となるが、確実に減圧でき、信頼性、安全性が最も高いため、本方式を採用する。</p>	○
制御弁による流量調整による減圧	標高差120m毎に減圧用の水槽を設け、流入側に流量調整弁を設置し、弁開度の調整で流量を制御し、水槽内に開放し減圧する。弁の開度調整は電動式または手動式による。弁はキャビテーション対策としてオリフィス弁、スリッパ弁などを使用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>減圧水槽が必要である。</li> <li>設備の規模が大きくなる。</li> <li>弁の開度調整のための動力として電気が必要となる。</li> <li>手動式の場合は流量の変化に対応できない。</li> <li>故障の時水がオーバーフローする。</li> </ul>		<p>現地は公共電力の供給が可能な箇所が多く、設備も大規模となるため、現実的でない。</p>	×

(12) 必要資機材のリスト

施設を計画するに当たって必要となる資機材は次のとおりとなる。

(a) 水源

・取水ポンプ	水中モーターポンプ φ150mm x 2.3m <sup>3</sup> /min、 45、55m、30kw	9台
・付属機材	制水弁、逆止弁、空気弁、配管材、保護リレー他	9組

(b) 送水ポンプ所

・送水ポンプ	多段渦巻きポンプ φ200mm x φ150mm 6.7m <sup>3</sup> /min、150m、280kw	4台(内1台予備)
・付属機械	制水弁、逆止弁、配管材、保護リレー他	3組
・圧力タンク	30m <sup>3</sup> コンプレッサー 11kw 2台	1組
・変圧器	22kv/380v 1750KVA	1台

(c) 加圧ポンプ所

・加圧ポンプ	多段渦巻きポンプ φ150mm x φ125mm 2.5m <sup>3</sup> /min、45m、37.0kw	2台(内1台予備)
・付属機材	制水弁、逆止弁、配管材、保護リレー他	2組
・変圧器	22kv/380v 75KVA	1台

(d) 減圧設備

・定水位弁	φ450mm、PN16	6台
・ストレーナー	φ450mm、PN16	6台
・バタフライ弁	φ450mm、PN16	12基
・仕切弁	φ250mm、PN16	6基

(e) 予備品

・ポンプ予備品	1式
・圧力タンク予備品	1式
・定水位弁予備品	1式

(f) 管路資機材

① 集水管

・ダクタイル鋳鉄管	PN16	φ350mm	135m
		φ300mm	139m
		φ250mm	253m
		φ200mm	629m
・ダクタイル鋳鉄異形管	PN16	φ350～φ200mm	1式
・弁類	PN16	φ350～φ200mm	1式

② 加圧送水管

・ダクタイル鋳鉄管	PN16	φ500mm	2,604m
・ダクタイル鋳鉄異形管	PN16	φ500mm	1式
・弁類	PN16	φ500mm	1式

③ 送水管

・ダクタイル鋳鉄管	PN16	φ 600mm	5,997m
		φ 500mm	3,360m
		φ 450mm	23,381m
		φ 400mm	4,266m
		φ 300mm	3,134m
		φ 250mm	5,603m
		φ 200mm	4,190m
		φ 150mm	400m
・異形管	PN16	φ 600～φ 150mm	1 式
弁 類	PN16	φ 600～φ 150mm	1 式

(13) 参考図

上記資機材の設置に必要となる設計図は「資料 11. 参考図」に示す。又、資機材を設置するにあたり設定した土木施設の規模は、以下の容量としている。

No. 1 受水槽	500 m <sup>3</sup>	(10.0m×10.0m×2.5m×2 池)
配水槽	2,000 m <sup>3</sup>	(10.8m×31.0m×3.0m×2 池)
調圧水槽	100 m <sup>3</sup>	( 6.0m× 6.0m×3.0m)
No. 2 受水槽	50 m <sup>3</sup>	( 4.0m× 5.0m×2.5m)

### 3-4 プロジェクトの実施体制

#### 3-4-1 組織

##### (1) 組織図

シリア国の上水道事業は住宅公共事業省が管轄しており、ダマスカス市上下水道公社及びダマスカス郊外県上下水道公団を含む全国 13 県の上下水道公団により組織されている。住宅公共事業省の組織図は図 3-4-1 に示す。

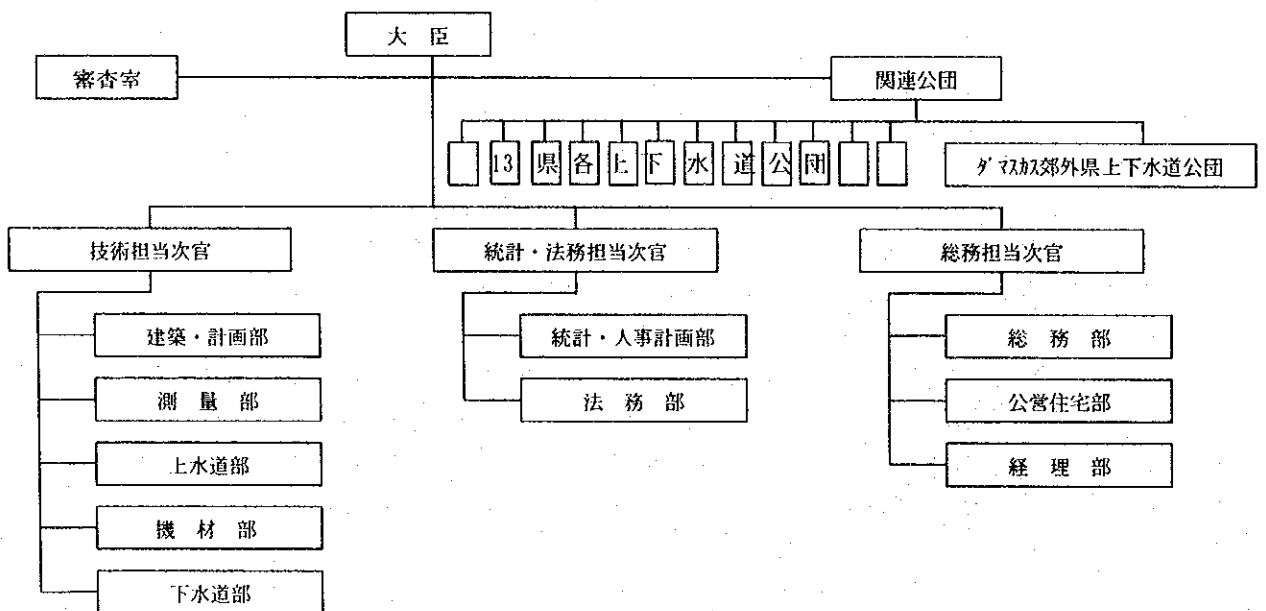


図 3-4-1 住宅公共事業省組織図

公団は首都ダマスカス市を取り囲むダマスカス郊外県の上水道事業の整備を行っており、公団の組織は図 3-4-2 に示す。

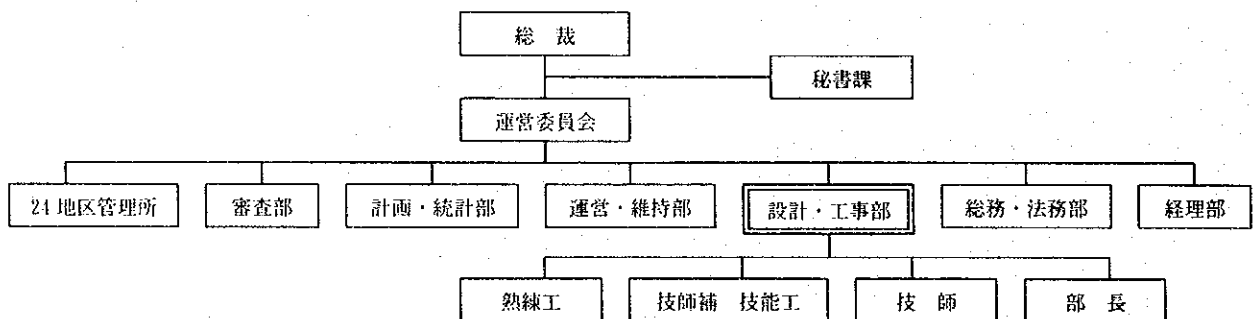


図 3-4-2 ダマスカス郊外県上下水道公団組織図



公団の職員数は全体で 863 人(1998 年)であり、本部はダマスカス市北東部のハラスタ市にある。本部は総務・法務部、経理部、設計・工務部、運営・維持部、計画統計部、審査部からなり、新規事業の計画・設計・工事及び機械電気施設の検査・修理を行う。一方、公団は各市町村を単位とした Water Unit と呼ばれる 24 の地区水道事務所を有している。これらの地区水道事務所は管轄地区の給配水施設の維持管理を担当している。地区水道事務所は 24 ヶ所あり、概ね図 3-4-3 に示すような組織となっている。

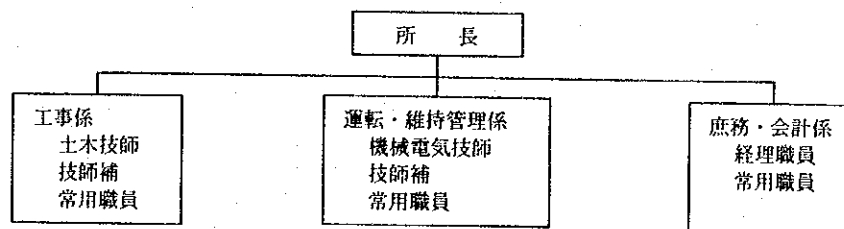


図 3-4-3 地区水道事務所組織図

又、各係りの業務内容は下記の通りとなっている。

① 所長

地区水道事務所の責任者で、維持管理業務及び補修工事等の指示、承認及び本部への上申を行う。水源量の不足、施設の故障などで給水車による給水の必要な場合には本部へ上申し、給水車の応援を求める。

② 工事係

補修工事の設計、施工管理又は直営施工等。

③ 運転・維持管理係

ポンプ、発電機等の運転・点検・補修及び配水管のバルブの操作。

地区水道事務所は簡単な補修は独自に行っているが、ポンプや発電機が完全に動かなくなったような場合には本部へ委譲する。

④ 庶務・会計係

庶務・会計の業務及び水道料金の徴収。

(2) 事業運営組織

本事業の推進は、公団本部設計・工務部が中心となって行われる。

設計・工務部はシリア国側が負担する工事の実施にむけて、プロジェクト実施体制を新しく整えることとなるが、土木施設に関しては資機材調達前に、追加となった送水ポンプ場・加圧ポンプ場・調圧水槽等の土木施設詳細設計を行い、工事は通常公団が行っている請負工事にて、現地施工業者が工事の実施を行い、設計・工務部はその施工監理を行うこととなる。一方、機械・電気設備の据付は、電気設備の詳細設計を行い、運営・維持部の機械技術者や電気技術者が直接に据付工事を行うこととなる。

### 3-4-2 予算

公団の最近5年間の財務状況は、下表に示すとおりである。

表 3-4-1 財務状況 単位：千シリアポンド

項 目		1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
収 入	一般水道料	90,422	96,978	100,255	132,849	125,000
	水道メータ器具料	8,033	11,412	11,969	13,896	14,013
	修理補修料	8,000	9,808	6,000	5,083	6,000
	その他収入	37,403	43,289	44,000	37,956	38,470
	計	143,858	161,487	162,224	189,784	183,483
支 出	資機材費	46,003	57,040	65,360	69,423	57,719
	工事関連費	20,545	17,501	12,462	12,311	12,243
	水道メータ器具費	8,033	11,995	11,969	13,896	14,013
	工事費 (小計)	74,581	86,536	89,791	95,630	83,975
	給料	52,284	59,061	65,828	72,228	76,093
	償却費	8,988	10,588	15,043	20,483	22,900
	その他	344	2,902	15,418	0	0
	土地賃借料	0	498	617	546	497
	返済金	807	1,184	285	38	18
	奨励金	7,332	3,786	3,700	859	0
	経常支出 (小計)	69,755	78,019	100,891	94,154	99,508
	計	144,336	164,555	190,682	189,784	183,483
	負債	478	3,068	28,458	0	0
投資(新規開発事業)	232,000	218,699	673,900	420,000	440,000	

上表によれば、公団の施設の維持管理費用及び職員の給料等の支出は、水道料金による収入だけまかなわれるため赤字となる。本事業のような新規及び継続の開発事業は、上表の「投資」として全て住宅公共事業省からの補助によっている。そして、過去2年間の投資(新規開発事業)実績は4億シリアポンド以上となっており、今後も同額以上の補助は可能と予想される。

### 3-4-3 要員・技術レベル

本事業の工事を行う公団本部設計・工事は、本第一次事業ほか公団管轄工事の施工管理を行っており、工事の実施施工はシリア国内の現地施工業者が行っている。第一次事業の工事(管路の布設工事、配水槽工事、機械・電気設備の据付工事)では工程の遅れがあったものの出来上がりとしては満足のいくものである。

公団の職員の内、土木技師は63名、機械技師は49人、電気技師は19名いるが、設計・工事は土木担当、水理地質担当等全体で30人しかいないため、直営で本事業の工実施を行うことができない。したがって、第一次事業と同様に他部署からの要員も加えて工事管理を行うこととなるが、事業実施及び施工管理に関し問題はない。

現在、公団の土木工事(管路工事を含む)を請け負っている現地施工業者は、下表の国営業者4社、民間業者6社である。

表3-4-2 公団工事の施工業者

区分	グレード	業者名	備考
国営	1	Military Construction Establishment	建設機械保有。
"	1	General Company for construction	"
"	1	General Company for Irrigation & Drinking Water	"
"	1	Jabal Qasioun Co.	"
民間	4	Abdu Nu'eman	"
"	4	Muhammad Shaheen	"
"	5	Mahmoud Ammora	"
"	6	Abd Al Aziz Fawaz	"
"	6	Muhammad Tawfeek Ngaileh	
"	6	Mufeed Yaghi	

国営業者はシリア国内建設業者ランクの内(建設業者のランクは6段階あり、グレード1が最上級である)全てグレード1であり、建設機械や職員を多数保有している。一方、民間業者はグレード4からグレード6であり、建設機械を1~2台保有し、職員も2~3人程度の規模である。民間業者は仕事の規模に応じて必要な建設機械・技術者・労働者をその都度確保している状況である。しかし、これらの業者は今まで公団の工事を問題なく実施しているが、本計画の工事規模から考慮するとグレード5以上が良い。

公団は公団本部よりおよそ2km地点離れたハラスト市に約1.5haのワークショップを所有している。ワークショップは公団本部の運営・維持部に属し、所長の下に機械技師4人、機械技能工5人、電気技師2人、電気技能工4人、事務員1人、労務員6人から構成されている。ここでは、ポンプの試験、発電機用エンジンの分解点検・修理、操作盤の点検・修理が行われており、技術的には高いレベルにある。しかし、保守点検マニュアル等は整備されていない。

配属されている職員は、ポンプや発電機の修理技術を備えており、電気部門の職員は部品を購入して独自に配電盤を組み立てている。ポンプや発電機の据え付け工事は、現状でもワークショップのメンバーが現地へ赴き実施している。

ワークショップには機械及び電気部門ともポンプや発電機を修理するために必要な最低限の機材及び工具を備えている。ワークショップの構内には機械修理室、電気修理室、事務室の配置された建物、ポンプ試運転室、ハラストのブースター機場、材料倉庫等の建物があるほか、パイプの置き場、モータープール等が配置されている。

倉庫には最近購入した交換用ポンプ、バルブ、アングル(屈曲管)継輪、予備の発電機等が置かれており、補修用のアスベスト、ダクタイル鋳鉄管が貯蔵されている。又、構内は公団が所有する車輛の駐車場ともなっている。

## 第4章 事業計画

## 第4章 事業計画

### 4-1 施工計画

#### 4-1-1 施工方針

本事業は水源施設から既設配水槽までを結ぶ送配水施設に必要な資機材の調達であり、これらの土木施設・電気設備の詳細設計、土木工事及び機械・電気据付工事はシリア国側で行われる。

本計画と類似の事業は、すでに本第一次事業で行われている。第一次事業の場合は、管路(φ400～150mm、60.3km)、水中ポンプ(φ125～80mm、21台)、発電機(7基)の資機材調達であり、対象地区が8地区にわかれていた。第一次事業の管路布設工事は現地施工業者で行われ、公団の設計・工事はその施工管理を行い、機械・電気設備機器の据付け工事は、公団の運営・維持部が直接行った。工事は若干の遅れはあったが、平成10年に完了した。

本第二次事業の場合は、第一次事業に比べ資機材の内容が多種であり、送水ポンプ場、加圧ポンプ場、配水槽、6ヶ所の調圧施設と規模の大きな土木施設があり、かつこれらは一連の施設となっている。それは本事業の条件に起因し、水源から既設配水槽までの全管路布設延長が約54kmと長く、管路は標高差が大きく起伏の多い地形に布設される計画のためである。本第二次事業の工事においてはこれらの条件を十分に考慮し、ポンプやモータの故障の問題が起こらないよう、給水に必要な資機材を調達すると共に、調達された資機材とシリア国側で施工される土木施設及び機器の据付け工事が、正常に稼働するように施工及び運転・維持管理される必要がある。

本工事の施工は第一次事業と同様の体制を考え、土木工事及び管路布設工事は現地施工業者で行い、その管理は公団の設計・工事が行うこととする。そして、機械・電気設備機器の据え付け工事は、公団の運営・維持部が直接行う。

大規模な土木施設・延長の長い管路延長を効率よく、短期間に施工できるようにするため、現地施工業者の能力、公団設計・工事は要員・施工管理能力、公団運営・維持部の据付け能力を考慮して、施工計画を立てる。

日本側としては、主要機器の据付け・システム上重要な施設については、標準図や検討資料を提示した上、土木施設と機械・電気設備の調整、機械設備と電気設備のシステム上の留意点の協議、公団での実績が少ないバルブの据付け指導を実施し、調達資機材が正常に稼働するように必要がある。シリア国側はこれらの主要施設の意図を十分に理解して、土木施設・電気設備の実設計、施設建設及び運転操作・維持管理がなされることが重要となる。

#### 4-1-2 施工上の留意事項

本工事を効率良く施工するためには、現地施工業者の数とその施工能力が重要である。特に、自然流下の幹線送水管路区間は、約 29km と距離が長いけれど短期間に工事を完了させるためには6区間同時に施工される必要がある。したがって、管路の布設工事経験があり、建設機械を保有し、技術者・労働者を十分に確保できる現地施工業者の選定が重要である。

管路工事においては、多口径の管径のみならず管径が同じであっても圧力の違いにより布設場所が違う資材があるため、管布設時は図面をよくみて施工する必要がある。

ポンプ、変圧器、弁類等の機器類はポンプ室や水槽その他の土木施設が完成した後、据付工事が実施されるため、一旦ワークショップに保管しておくこととなる。したがって、機器類は十分な養生を施した上、部品や据付・取扱説明書とともに長期の保管に耐えうるように梱包することが必要である。又、シリア国側では機器を受領した後ワークショップへ運搬し、風雨にさらされない場所へ保管するものとする。

ポンプ場や調圧施設等の調達機器が据付けられる土木施設は、機器の規模、特性を考慮して詳細設計が行われ、機械・電気設備との調整が必要である。

機器の据付に当たってはその性能を十分発揮できるよう、施工されることが必要である。又、ポンプ操作盤の製作を含めた電気据付工事は全てシリア国側で実施されるが、ポンプ・電動機運転時の損傷を防ぐために保護回路を設置する等、重要な部分については日本側が提示する設計条件に基づいて回路設計がされるよう確認が必要である。

#### 4-1-3 施工区分

本計画における主要施設の施工区分は表 4-1-1 に示すとおりであり、日本側は主要な施設の資機材を調達し、施設建設に必要な土木工事や機械・電気設備の据付工事は全てシリア国側で行うこととする。

要請内容に関し、FRP 製配水槽は第一次事業と同様にコンクリート製に変更すればシリア国側で築造可能であり、鋼製燃料タンクもシリア国側で製作可能であるため、調達対象から除外した。本事業においては主要機器を補完する資機材についても調達の対象としたが、予備的なものは対象外とした。たとえば、水中ポンプはポンプ本体だけでなく立ち上がり部のライザー管・空気弁・逆止弁等を加え、管路資材においては管路圧力が高く、道路の曲線や伏せ越しも多いため異形管やバルブ等の材料も含めた。しかし、非常時用に使われる発電機は含めなかった。

表 4-1-1 主要施設区分の内容

項 目	日本側供与分	シリア国側負担分
1. 水中ポンプ (φ150mm、9台)	○	—
2. 水中ポンプ室 (RC造り 22m <sup>2</sup> 、9ヶ所)	—	○
3. 集水管 (φ350～φ200mm、1,156m)	○	—
4. No.1 受水槽 (RC造り 500m <sup>3</sup> 、1池)	—	○
5. 変圧器 (1,750kVA、1台)	○	—
6. 送水ポンプ (φ200xφ150mm、4台)	○	—
7. 水撃圧対策施設 (圧力タンク 30m <sup>3</sup> )	○	—
8. 発電機 (700kVA、2台)	—	○
9. 送水ポンプ場(RC造り 300m <sup>2</sup> 、1ヶ所)	—	○
10. 燃料タンク (25m <sup>3</sup> 、1基)	—	○
11. 送水管 (φ150～φ600mm、52,926m)	○	—
12. 配水槽 (RC造り 2,000m <sup>3</sup> 、1池)	—	○
13. 調圧水槽 (RC造り 100m <sup>3</sup> 、6池)	—	○
14. 減圧施設 (φ450mm、6台)	○	—
15. No.2 受水槽 (RC造り 50m <sup>3</sup> 、1池)	—	○
16. 変圧器 (75kVA、1台)	○	—
17. 加圧ポンプ (φ150xφ125mm、2台)	○	—
18. 発電機 (75kVA、1台)	—	○
19. 加圧ポンプ場 (RC造り 40m <sup>2</sup> 、1ヶ所)	—	○
20. ポンプ保護機器	○	—

なお、受け入れ・内陸輸送等は全てシリア国側の負担とするが、運搬時の保険はシリア国側の内陸輸送分も含めてサイトまでを日本側が負担する。

#### 4-1-4 施工監理計画

日本側が行う調達監理は、シリア国側で行われた詳細設計の調整・協議、納入業者より提出された承認図のチェック、資機材の工場立ち会い検査、調達資機材の船積み前検査、着荷確認検査及び現地機器据付け検査を行う。船積み前検査では調達される資機材が、入札図書及び契約書に適合した製品であり、員数、要求部品数等の検査に合格したものを船積み承認する。また、着荷検査では全ての積荷が指定港に到着したことを検査確認する。

本計画システム上重要である送水ポンプ・水撃圧対策施設、減圧弁等の主要資機材の据付け・維持管理に関し、工事実施時において納入業者による据え付け指導及び運転・維持管理教育が必要と考えられるため、入札仕様書にその旨を記載し、納入業者は現地で実施する。

#### 4-1-5 資機材調達計画

本計画では機器本来の機能が充分活用されるようにするため、主要機器のみならずそれを補完する資機材も調達の対象とする。また、資機材の選定に関しては、できる限りシリア国内でスペアパーツが入手しやすく、かつ維持管理の容易なものを選ぶよう心がける。しかし、シリア国内での入手が困難であるが計画上避けられない資機材は、十分な予備品を納入する。

主要資機材の調達計画は、以下のとおりである。

##### (1) 取水ポンプ（水中モーターポンプ）

現在公団において使用されている水中モーターポンプは、ドイツ、デンマーク、イギリス、イタリア、スウェーデン、アメリカ等の製品であり、その都度発注仕様書に基づいて購入されている。又、第一次事業で日本から無償調達されたものも稼働中である。

本計画のポンプは第1次工事の経験より、耐対摩耗性を考慮し、深井戸の諸条件に合わせた設計、製作することが必要となる。このため、一般の汎用品が適応できず、短期間に調達することが困難であり、納期及び品質管理の点から日本品を使用することが好ましい。

##### (2) 送水ポンプ、加圧ポンプ

公団内に送水、加圧ポンプ用として横軸ポンプが使用されている所は余り多くないが、既存施設ではチェコスロバキア製が使用されている。本計画のポンプは吐出量、揚程その他使用条件に合わせて新たに設計、製作するものであり、水撃現象（ウォーターハンマー）の対策も含めシステム全体の詳細な技術検討が必要となる。このため、システム全体を一括して提案・納入し、かつ品質管理の点から日本品を使用することとする。

##### (3) 変圧器

送水ポンプ所及び加圧ポンプ所に各1台の変圧器を設置するが、他の機器類と一括輸送が行えることを考慮した上、日本製とすることが有利である。

##### (4) 管路

本計画で管路は、ダクタイル鋳鉄管を計画している。シリア国が布設しているダクタイル鋳鉄管はフランス、スウェーデン等からの輸入品が多く、特定の製品は普及していない。本案件で調達されるダクタイル鋳鉄管は総量1万m<sup>3</sup>以上となり、資材調達に当たっては輸送費を含めた単価のみならず、期限内に納入可能かどうかを含め、日本と第三国を検討した。

日本製品に関しては第三国製品(フランス製品)に比べ約2.8%高いが、第一次事業で納入実績があり現地で高い評価を得ている。また、日本の場合は本件のような大量な生産・出荷に対応可能であり、本件は日本の無償資金協力により行われる事業であることを考慮し、日本製品を採用する。



#### (5) 定水位調圧弁

既存の圧力調整施設に設置されている減圧弁は、口径φ200mm以下の小口径でボールタップ形式のものであり、ポーランド製及び韓国製である。本計画で使用する減圧施設は口径φ450mmであり、大口徑、多流量の減圧設備となる。既存のものと比較すると、高圧力差でのキャピテーションによる孔蝕、破損や長期の連続使用に耐える耐久性など高度な技術検討が要求される。このため、同様な条件下での使用実績も含め、性能、耐久性の面から日本製を使用するものとする。

なお、資機材の荷受け港として考えられるシリア国の主要な港は、ラタキア港とタルトゥース港である。港の規模はラタキア港の方が若干大きい、タルトゥース港はダマスカス市に近いと言う利点がある。本計画で調達する資機材は、管路、バルブ、ポンプ(井戸ポンプ、送水ポンプ、加圧ポンプ)等でありその員数は多いため、内陸輸送距離が短いタルトゥース港での港渡しとする。

#### 4-1-6 実施工程

シリア国の建設に要する詳細設計・工事期間は第1期38ヶ月、第2期25ヶ月であり、この工程に合わせ日本側の資機材は、2期分けにより資機材を調達する。

第1期は加圧ポンプ給水区域を除くモアッダミヤ地区を対象とし、集水管(1路線)から給水区域までの一連の送水施設であり、第2期に残りの地区が給水できるように資機材を調達する。期別の主要な資機材は以下のとおりである。

第1期：水中ポンプ(2セット)、送水ポンプ(1セット)、送水ポンプ場用変圧器(1セット)、圧力タンク(1セット)、集水管(1ライン分)、送水管(約36.0km)、減圧弁(6セット)

第2期：水中ポンプ(7セット)、送水ポンプ(2セット)、集水管(2ライン分)、加圧ポンプ(1セット)、加圧ポンプ場用変圧器(1セット)、送水管(約16.5km)

交換公文(E/N)締結後の実施工程は、次のとおりである。

##### (1) 入札図書作成

E/N 締結後、1ヶ月以内にコンサルタントはシリア国と契約を行う。コンサルタントは現地においてシリア国側が設計した土木施設及び電気設備の詳細設計図と基本設計で日本側が想定した施設全体が正常に機能するかどうかを検討・協議し、基本設計調査でなされた設計をレビューする。その後、入札図書を作成し、入札及び入札評価を行って資機材調達業者を選定する。これに要する期間は下表に示すように第1期4.0ヶ月、第2期3.5ヶ月となる。

(2) 実施・調達

落札者(調達業者)は契約後、準備・設計・製作・輸送を第1期 10.0 ヶ月、第2期 8.5 ヶ月以内に完了する。また、コンサルタントは調達業者の承認図のチェック、納入ポンプ(モータ仕様)に基づく水撃圧の再計算(1ヶ月)、さらに船積み前のチェックを行う。

(3) 技術指導

第一次事業のシリア国側ポンプ据付け工事において、水中ポンプの据え付け不良、ポンプ保護装置の未設置等の原因による水中ポンプの故障が多かった。この経験より、本施設の中で重要な機器であるポンプ(水中ポンプ、送水ポンプ、加圧ポンプ)の据付け時に専門技術者を派遣し、これらのポンプが正確に据付けられ、正常に稼働するように据付け指導を行う計画とする。また、本計画の送水管路施設内には公団で使用されていない中口径の減圧施設がある。ポンプ同様この機器についても、異常圧力に対し機器が正常に作動するよう、機器の据付け時に専門業者による据付け指導を行う計画とする。さらに、基本設計調査時にシリア国側との協議で、送水ポンプ及び加圧ポンプの日常点検・維持管理に関する教育の要望があった。したがって、これらの主要機器の据付け時及びポンプ試運転前(第2期)に専門の技術者を派遣、据付け指導、維持管理教育等の技術指導を計画する。

また、コンサルタントは資機材の最終引き渡し、機器が正常の作動するかどうかのチェック、及び事業進捗に対するアドバイスを行う。

以上の一連の工程を下表に示す。

表 4-1-2 E/N 締結後の実施工程

年度	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
第1期	の見直し 入札図書	■	(コンサル契約・現地協議)		(設計見直し・入札図書作成)		(入札・入札評価・調達契約)													
	調達		(準備、設計)		(製造・調達)			(輸送)					(技術指導)							
第2期	見直し 入札図書の	■	(コンサル契約・現地協議)		(設計見直し・入札図書作成)		(入札・入札評価・調達契約)													
	調達		(準備、設計)		(製造・調達)			(輸送)					(技術指導)							

#### 4-1-7 相手国側負担事項

シリア国側は日本の無償資金協力をうけるに際し、下記事項を実施しなければならない。

- ① 本計画のために輸入される資機材について、陸揚げ及び通関並びにシリア国内輸送が速やかに行われるよう便宜をはかること。
- ② 本計画のために輸入される資機材について、陸揚げ及び通関並びにシリア国内輸送の業務を行うこと。
- ③ 本計画に必要な規模の土木施設の詳細設計を行うこと。
- ④ 本計画で調達した資機材は、速やかに工事ができるように予算を適正な時期に確保し、その実施を行うこと。
- ⑤ 無償資金協力にて調達された資機材の運営・維持管理に必要な人員、予算を割り当てること。
- ⑥ 本計画実施のための役務を提供する日本国民に対し、シリア国の法律に則りシリア国への出入国及び滞在に必要な便宜を図ること。
- ⑦ 日本の外国為替銀行に対し、銀行取極めに基づく手数料を負担すること。
- ⑧ 銀行取り決めに基づき、支払い授權証書の発給を行うこと。
- ⑨ 無償資金協力に含まれないその他全ての経費を負担すること。

## 4-2 概算事業費

### 4-2-1 概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な総事業費は約 20.6 億円となり、日本とシリア国の負担区分に基づく双方の経費内訳は次のとおり見積もられる。

#### (1) 日本側負担経費

表 4-2-1 日本側概算事業費 単位：百万円

事業費区分	第1期	第2期	全体
1. 機材調達費	1,271	402	1,673
a) 機材本体費	918	298	1,216
b) 輸送梱包費	308	85	393
c) 一般管理費等	37	11	48
d) 現地調達監理管理・ 据付工事費等	8	8	16
2. 機材設計管理費	36	29	65
合計	1,307	431	1,738

#### (2) シリア国側負担経費

表 4-2-2 シリア国側概算事業費

事業費区分	第1期		第2期		全体	
	千シリア・ ポンド	百万円	千シリア・ ポンド	百万円	千シリア・ ポンド	百万円
1. 設計/建設工事	101,976	235	28,061	64	130,037	299
2. 現地港湾費	2,991	7	2,077	5	5,068	12
3. 内陸輸送費	3,122	7	924	2	4,046	9
合計	108,089	249	31,062	71	139,151	320

#### (3) 積算条件

- (a) 積算時点 平成 12 年 4 月
- (b) 交換為替レート 円/US\$ 1US\$= 105.78 円  
 現地通貨/US\$ 1US\$= 46.0 S.P.  
 円/現地通貨 1 S.P.= 2.30 円
- (c) 施工期間
- | 項目     | 第1期    | 第2期    |
|--------|--------|--------|
| 入札図書作成 | 4.0ヶ月  | 3.5ヶ月  |
| 製造・調達  | 8.0ヶ月  | 6.5ヶ月  |
| 輸送期間   | 2.0ヶ月  | 2.0ヶ月  |
| 技術指導   | 2.0ヶ月  | 1.5ヶ月  |
| 合計     | 16.0ヶ月 | 13.5ヶ月 |
- (d) 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。

#### 4-2-2 運営維持・管理費

##### (1) 給水施設の規模

本計画で建設される給水施設は、深井戸(9箇所)、集水管路(約1km)、送水ポンプ場(1箇所)、送水管路(約53km)、配水槽(1箇所)、加圧ポンプ(1箇所)、減圧施設(6箇所)等であり、深井戸から水中ポンプで取水された原水はこれらの施設により4地区の既設配水槽へ送水されるシステムとなっている。

計画実施後は既設配水槽や既設配水管路を除き全てに於いて施設が増えるため、運営・維持管理に要する時間及び費用は増大すると考えられる。

##### (2) 管理組織

工事完了後の施設の維持管理は、公団の管轄する24ヶ所の地区水道事務所のうち、本計画においては水源地や管路路線区域を管轄しているカタナ水道事務所、給水対象都市のモアッダミヤ市とダラヤ市を管轄するダラヤ水道事務所、サハナヤ市とアシュラフィア市を管轄するサハナヤ水道事務所が関連する。なお、モアッダミヤ市にはダラヤ水道事務所の分室がある。

これらの水道事務所には所長のほか技師、技能工、会計職員、事務員等の職員が配置され、本計画地区に関連する水道事務所の現在の職員数は以下のとおりである。

事務所名	所長	技能工	会計・事務員	臨時職員	
カタナ水道事務所		1	15	8	50
ダラヤ水道事務所		2	9	4	30
サハナヤ水道事務所		1	3	2	8

本事業によりダラヤ水道事務所やサハナヤ水道事務所は、工事实施後も既設配水槽を利用するため、維持管理面では現在の職員でまかなうこととなるが、カタナ水道事務所は水源地の井戸ポンプ、送水ポンプ、加圧ポンプ、減圧弁を含む管路施設等、維持管理施設が増大するため職員が増加が必要と考えられる。

##### (3) 運営維持

施設の運営については、総裁の指示の下に前述の地方水道事務所が現業を行っている。これらの運営維持経費は全国一律となっている水道料金によって賄われている。

本計画実施後も施設の運営維持は、前述の地区水道事務所で行うのが適当である。前述のように、地区管理事務所の組織は補修を担当する部門、運営を担当する部門及び水道料金徴収部門からなっている。補修を担当する部門は、土木技師を中心に日常の漏水箇所の点検や応急処置の実施等の業務を行う。運転を担当する部門は日常の運転施設の点検や操作を担当する。料金徴収部門は、現行通り年4回の水道料金の徴収業務を行う。

これらの維持管理施設が増えるため、職員の増加が必要と考えられる。

一方、施設の維持に関しては、本計画で調達するダクタイル鋳鉄管については、概ね 50 年の耐用年数があり、継手等もしっかりしている。漏水による補修が必要な場合は、貯水槽或いは配水槽の制水弁を閉めて、切管と継輪によって処理する。ポンプについては地質、水質等によっても異なるので一概には云えないが、公称年数 10 年のポンプも数年で摩耗したり、部品の交換が必要となる場合がある。摩耗の修理や部品の交換は、ワークショップにストックされている部品を利用して、ワークショップの職員が実施する。発電機、変圧器等については公称の 20 年が見込まれ、日本製等は殆ど補修を必要としない。補修を必要とする場合にはワークショップの職員が対応でき、頻繁に修理が多くなることは考えにくいので現状の人員で問題ないとする。

したがって、本事業で新設される施設の増加に伴う運営・維持管理作業は、10 名の職員の増加で対応することが必要となる。

#### (4) 運営維持管理費

施設増加に伴う年間の増加経費は、下記の通り算定される。

(a) 人件費：増員 10 名の人件費は以下に示す。

$$7,000\text{SP/人月} \times 12\text{月} \times 10\text{名} = 840,000\text{ SP/年}$$

(b) 維持管理費：

##### ① 電気・燃料費

取水ポンプ	30 kW×9 台
送水ポンプ	280 kW×3 台
加圧ポンプ	37 kW×1 台
計	1,147.0 kW

$$1147.0\text{ kW} \times 24\text{ hr} \times 365\text{ 日} \times 60\% \times 1.5\text{ SP/kWh} \times 1.05 \\ = 9,495,095\text{ S.P}$$

② 修理費：機械・電気設備費の 1%とする。

$$¥405,894,000 \times 0.01 \times 0.43536\text{ SP/円} = 1,765,639\text{ S.P}$$

③ 管理点検費：管路・土木施設費の 0.5%とする。

$$130,036,000\text{SP} \times 0.005 = 650,180\text{ S.P}$$

④ 維持管理費合計

$$9,495,095\text{ S.P} + 1,765,639\text{ S.P} + 650,180\text{ S.P} = 11,910,914\text{ S.P/年}$$

(c) 上記水量による水道料金額

$$(247000 \times 94\%^{\#1}) \text{人} \times 0.083\text{ m}^3/\text{d} \times 365\text{ 日} \times 70\%^{\#2} \times 2.6\text{ SP/m}^3 = 12,801,685\text{ S.P/年}$$

(#1 は新規水源による人口割合、#2 は料金徴集率を示す。)

年間の維持管理増加額は 12,751 千シリアポンド、水道料金による収入増は 12,802 千シリアポンドと推定される。したがって、差額 51 千シリアポンドの金額は、公団の収入増となる。