6－3. 地方水道における給水単価

6－3－1. 概　　論

給水システムは以下に示すようにいくつかの基本的なユニットに分類される（第8章参照）。

各ユニットのコストはこの後の節で決めていくことにする。

- 給水源，ポンプならびにエンジンの据付費用を含む
- 配水タンク
- 主　配　管
- ポンプ設備，ブースターポンプを含む
- 給水タンクおよび一般消費者用給水栓

6－3－2. 水源費用

本プロジェクトにおける主たる形態の給水源は深層地下水である。水理地質学的分析の結果深井戸の適正深度は次の3つのグループに類別される。

100 m以下

200 m

300 m

各井戸ごとの揚水量は帯水層の性質によって変化する。場所によっては200～300m³/日～1,000m³/日と大きく差がある。（水理地質調査報告書参照）

掘削にかかるコストの平均を次に示す。

掘　削　費　φ10″	2600 YR/m
ケーシングならびにスクリーンφ8″	600 YR/m
検　層	6,700 YR/1井
井戸の開体およびポンプ	
テスト	43,800 YR/1井
運送，移動，解体	59,000 YR/サイト
コンティンジェンシー	費用総額の20%
全体の掘削費の平均	4,400 YR/m

ポンプならびにエンジンのコストは所要トータルヘッドで決まり、ポンプ汲上げ能力によっても決まる。

したがって、

$$1HP=0.7461KW\text{-}hr=273.89m^3\text{-}m$$

ポンプの効率を70%と仮定して

$$1HP=273.89\times0.7=191.723m^3\text{-}m$$

そこで所要馬力は以下の式から求められる。

$$1HP=\frac{Q\times H}{191.72}$$

この式でQはポンプ揚水容量でHは必要な揚程で、HもQともに帯水層の水理地質学的な条件と給水需要量とから決まる。

しかるにポンプで汲み上げる水量と必要な馬力を計算することによってエンジンとポンプの能力が決まり、その型式とコストはパーフォーマンス・コスト・ダイアグラムにもとずいて決まってくる。

給水源の投資額はドリリングコストと設備機器コストとから成り、所要ユニット投資額（YR/m^3）は、帯水層のそれぞれの区分グループごとに算出して（第6，1表参照）ボアホールの水量に対応する形でプロットして第6－1図に示した。

6－3－3. 貯水タンクのコスト

作業性と輸送ファクターを考えて、大ていのプロジェクトサイト向けにはプレハブ式タンクが適している。貯水タンクはその機能によって7種類の型式に分れるのであるが、ここでの費用分析ではメイン配水タンクのみを対象としている。これ以外の型式の貯水タンクについては、それぞれの関連設備に関連する項目で取り上げることとする。

メイン配水タンクの所要キャパシティは、3時間単位の日最大給水需要量の1,5倍あれば十分である。メイン貯水タンクの投資単位額（インベストメント，ユニット，コスト－YR/m^3）（第6－2表参照）をタンク容量に対応する形で第6－2図にプロットして示しておいた。

表6－1(1)　水源の建設費と年間コスト

（深井戸，深度100 m）

運転時間10時間
イエメンリアル

m³／日	掘削費	ポンプ施設	建設費	m³当りの建設費	m³当りの年間資本経費	m³当りの運転維持費	m³当りの年間経費
80	440,000	178,000	618,000	7,726	1,152	386	1,538
125	440,000	178,000	618,000	4,944	736	248	986
170	440,000	178,000	618,000	3,636	542	182	724
200	440,000	190,000	630,000	3,150	470	158	628
250	440,000	190,000	630,000	2,520	376	126	502
290	440,000	190,000	630,000	2,172	324	108	432
330	440,000	202,000	642,000	1,946	290	98	388
375	440,000	202,000	642,000	1,712	256	86	342
415	440,000	202,000	642,000	1,546	230	78	308

表6－1(2)　水源の建設費と年間コスト

（深井戸，深度200 m）

運転時間10時間
イエメンリアル

m³／日	掘　削　費	ポンプ施設	建　設　費	m³当りの建設費	m³当りの年間資本経費	m³当りの運転維持費	m³当りの年間経費
80	880,000	199,500	1,079,500	13,493	2,010	674	2,684
125	880,000	199,500	1,079,500	8,636	1,288	432	1,720
170	880,000	199,500	1,079,500	6,350	946	318	1,264
200	880,000	199,500	1,079,500	5,398	804	268	1,072
250	880,000	199,500	1,079,500	4,318	644	216	860
290	880,000	210,000	1,090,000	3,758	560	188	748
330	880,000	210,000	1,090,000	3,304	492	166	658
375	880,000	210,000	1,090,000	2,906	434	146	580
415	880,000	210,000	1,090,000	2,626	392	132	524

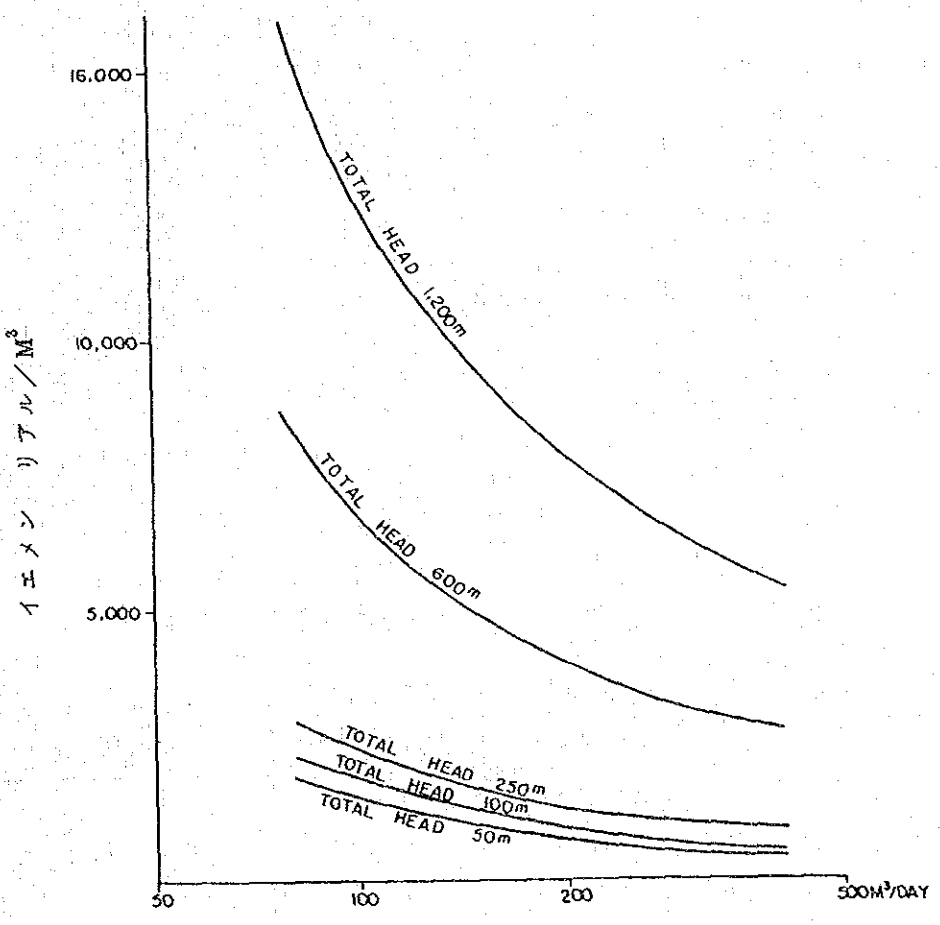
表6－1(3) 水源の建設費と年間コスト

（深井戸，深度300 m）

運転時間10時間
イエメンリアル

m³／日	掘削費	ポンプ施設	建設費	m³当りの建設費	m³当りの年間資本経費	m³当りの運転維持費	m³当りの年間経費
80	1,320,000	210,000	1,530,000	19,126	2,850	956	3,806
125	1,320,000	210,000	1,530,000	12,240	1,824	612	2,436
170	1,320,000	210,000	1,530,000	9,000	1,340	450	1,796
200	1,320,000	210,000	1,530,000	7,650	1,140	382	1,522
250	1,320,000	210,000	1,530,000	6,120	912	306	1,218
290	1,320,000	210,000	1,530,000	5,276	786	264	1,050
300	1,320,000	210,000	1,530,000	4,636	690	232	922
375	1,320,000	210,000	1,530,000	4,080	608	204	812
415	1,320,000	210,000	1,530,000	3,686	550	184	734

図6－1　水源の建設費



（運転時間　１０時間）

表 6 － 2 － 1

給水タンクの建設費と年間コスト（鋼製タンク）

イエメン リアル

容　量(M³)	建　設　費	M³ 当りの 建　設　費	M³ 当りの 年間資本経費	M³ 当りの 維持運転費	M³ 当りの 年間経費
5	25,400	5,080	517	2.6	519.6
10	36,000	3,600	367	1.8	368.8
50	120,800	2,416	246	1.2	247.2
100	200,400	2,004	204	1.0	205.0
200	347,200	1,736	177	0.9	177.9
300	433,000	1,444	149	0.7	147.7
400	565,000	1,412	144	0.7	144.7
500	689,200	1,378	140	0.7	140.7
1,000	1,266,840	1,266	129	0.6	129.6

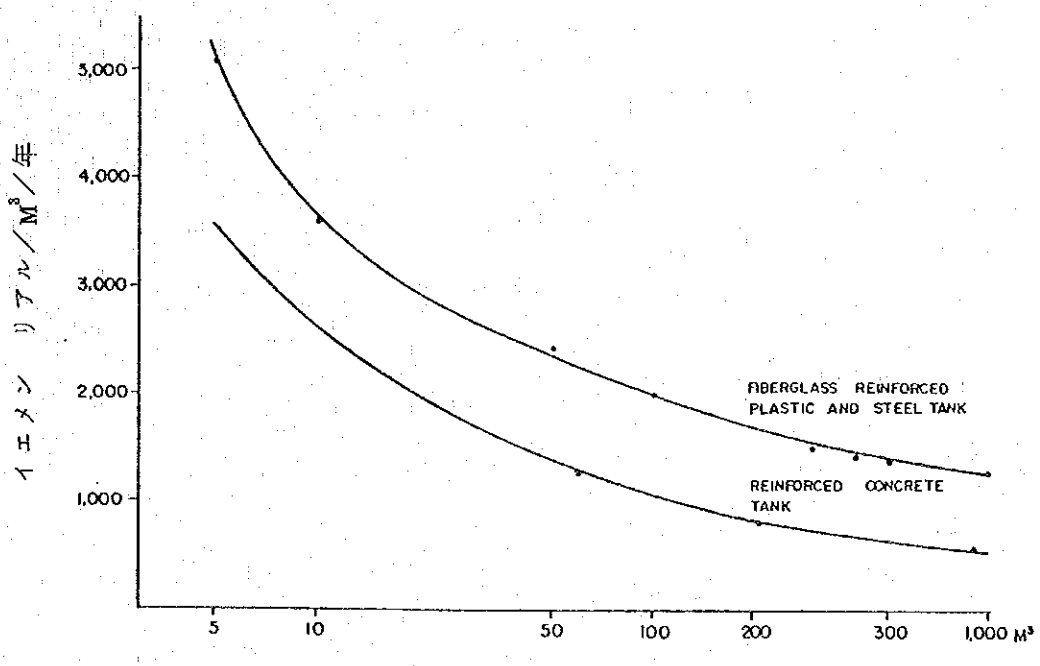
表 6 － 2 － 2

給水タンクの建設費と年間コスト（鉄筋コンクリートタンク）

イエメン リアル

容　量(M³)	建　設　費	M³ 当りの 建　設　費	M³ 当りの 年間資本経費	M³ 当りの 維持運転費	M³ 当りの 年間経費
5	17,500	3,500	356	1.8	357.8
10	26,000	2,600	264	1.3	265.3
50	68,000	1,360	138	0.7	138.7
100	106,000	1,060	107	0.5	107.5
200	168,000	840	85	0.4	85.4
300	219,000	730	74	0.4	74.4
400	264,000	660	67	0.3	67.3
500	310,000	620	63	0.3	63.3
1,000	550,000	550	56	0.3	56.3

図6－2　給水タンクの建設費



6－3－4. メインパイプライン

メインパイプラインのコストはエネルギーコストとパイプのサイズによって決まる。パイプのサイズは所要給水流量を送水するのに必要な摩さつ損失水頭から決められる。

パイプラインを使って配水するもっとも経済的な方法は、パイプの摩擦損失に対応するだけの水頭の値を上げることである。

パイプの適正サイズを決めるに当って、給水量を変えた場合の摩擦損失ならびにそのエネルギーコストを求める。

イエメン共和国における1馬力当り燃料ならびにエンジンオイル消費量は以下のように見積もられている。

ディーゼル	0.1 L／HP／時間
エンジンオイル	0.01 L／HP／時間

したがってこれらの単価は

ディーゼル	2.2 YR／L
オイル	5.2 YR／L

となり、エネルギーコストは次のようになる。

ディーゼル	2.2×0.1=0.22 YR／HP／時間
オイル	5.2×0.01=0.052 YR／HP／時間
トータルコスト	0.272 YR／HP／時間

1ブリティッシュHP＝76,08 kg－m

1 HP－時＝76,08×3,600=273,89 m^3－m

ポンプの効率を70％と仮定した場合、エネルギーコストは次のようになる。

1 HP－時＝191,723 m^3

$$\frac{0.273}{191,723} = 0.001434 \text{ YR}/m^3\text{－}m$$

第６－３表はそれぞれサイズの異ったパイプの摩擦損失と投資額を示している。各サイズのパイプの年間コストは耐用年数20年，金利年８％として計算したものである。さらにエネルギーコストと資本コストを足してパイプの年間のトータルコストが決まるとともに、パイプの適正サイズも同時に決定される（第６－３図）。

パイプの投資額（YR/m^3）と見積容量（m^3/day）との関係を第６－４表に示し、同時に第６－４図にプロットして示しておいた。

表6－3　鋼管の積算

イエメンリアル

口径（インチ）	流量（m³/日）	摩擦損失（L）	年間流量（m³/年）	エネルギーコスト YR/年	維持費	投資額 YR/年	合計
1″GSP-W	12	4.78	4,380	30.20	41.3	840	911.5
	24	17.3	8,760	218.2	〃	〃	1,099.5
	36	36.6	13,140	692.5	〃	〃	1,573.8
	48	68.2	17,520	1,720.7	〃	〃	2,602.0
	60	94.2	21,900	2,971.1	〃	〃	3,852.0
	84	176	30,660	7,770.4	〃	〃	8,651.7
	96	225	35,040	11,353.5	〃	〃	12,234.8
	120	340	43,800	21,444.48	〃	〃	22,325.8
2″GSP-W	12	0.164	4,380	1.03	100	2,032	2,134
	24	0.590	8,760	7.44	〃	〃	2,140.4
	36	1.25	13,140	23.7	〃	〃	2,156.7
	48	2.13	17,520	53.74	〃	〃	2,186.7
	60	3.22	21,900	101.6	〃	〃	2,234.6
	84	6.01	30,660	265.3	〃	〃	2,398.3
	96	7.69	35,040	388.0	〃	〃	2,520
	120	11.6	43,800	731.6	〃	〃	2,863.6
	144	16.3	52,560	1,233.8	〃	〃	3,365
	168	21.7	61,320	1,916.1	〃	〃	4,048
	360	88.9	131,400	16,751	〃	〃	18,632
3″GSP-W	48	0.296	17,520	7.47	158	2,810.5	2,956
	60	0.447	21,900	14.1	〃	〃	2,962.6
	84	0.837	30,660	36.95	〃	〃	2,985.5
	120	1.61	43,800	101.6	〃	〃	3,050.1
	144	2.26	52,500	171.1	〃	〃	3,119.6
	168	3.01	59,130	256.3	〃	〃	3,204.8
	192	3.85	70,080	388.5	〃	〃	3,337
	240	5.82	87,600	734.2	〃	〃	3,682.7
	360	12.3	131,400	2,327.4	〃	〃	5,275.9
	480	21.0	175,200	5,298.0	〃	〃	8,246.5
	960	75.9	345,600	37,772.7	〃	〃	40,721.2
4″GSP-W	60	0.110	21,900	3.54	207	4,215.7	4,426.2
	96	0.263	35,040	13.3	〃	〃	4,436
	120	0.397	43,800	25.0	〃	〃	4,447.7
	144	0.557	52,560	42.2	〃	〃	4,464.9
	168	0.741	59,130	63.1	〃	〃	4,485.8
	216	1.18	78,840	133.96	〃	〃	4,556.7
	240	1.43	87,600	180.4	〃	〃	4,603.1
	360	3.04	131,400	575.2	〃	〃	4,997.9
	480	3.18	175,200	802.3	〃	〃	5,225
	600	7.83	219,000	2,469.3	〃	〃	6,892
	840	14.6	206,600	6,446.0	〃	〃	10,868.7
6″GSP-W	120	0.0552	43,800	3.5	417	8,498	8,918.5
	168	0.1029	61,320	9.1	〃	〃	8,914.1
	216	0.164	78,840	18.2	〃	〃	8,933.2
	240	0.199	87,600	25.1	〃	〃	8,940.1
	480	0.719	175,200	181.4	〃	〃	9,096.4
	360	0.422	131,400	79.85	〃	〃	8,994.9
	600	1.09	219,000	343.7	〃	〃	9,258.7
	720	1.52	262,800	575.2	〃	〃	9,490.2
	840	2.03	360,600	896.3	〃	〃	9,811.3
	1,200	3.92	438,000	2,472.4	〃	〃	11,387.2
	1,680	7.31	613,200	6,454.8	〃	〃	15,369.8
	1,920	11.7	700,800	11,807.1	〃	〃	20,722.1
	2,400	14.2	897,900	18,807.1	〃	〃	27,275

図6－3　パイプラインの年間資本経費

耐用年数：２０年　　金利：８％／年

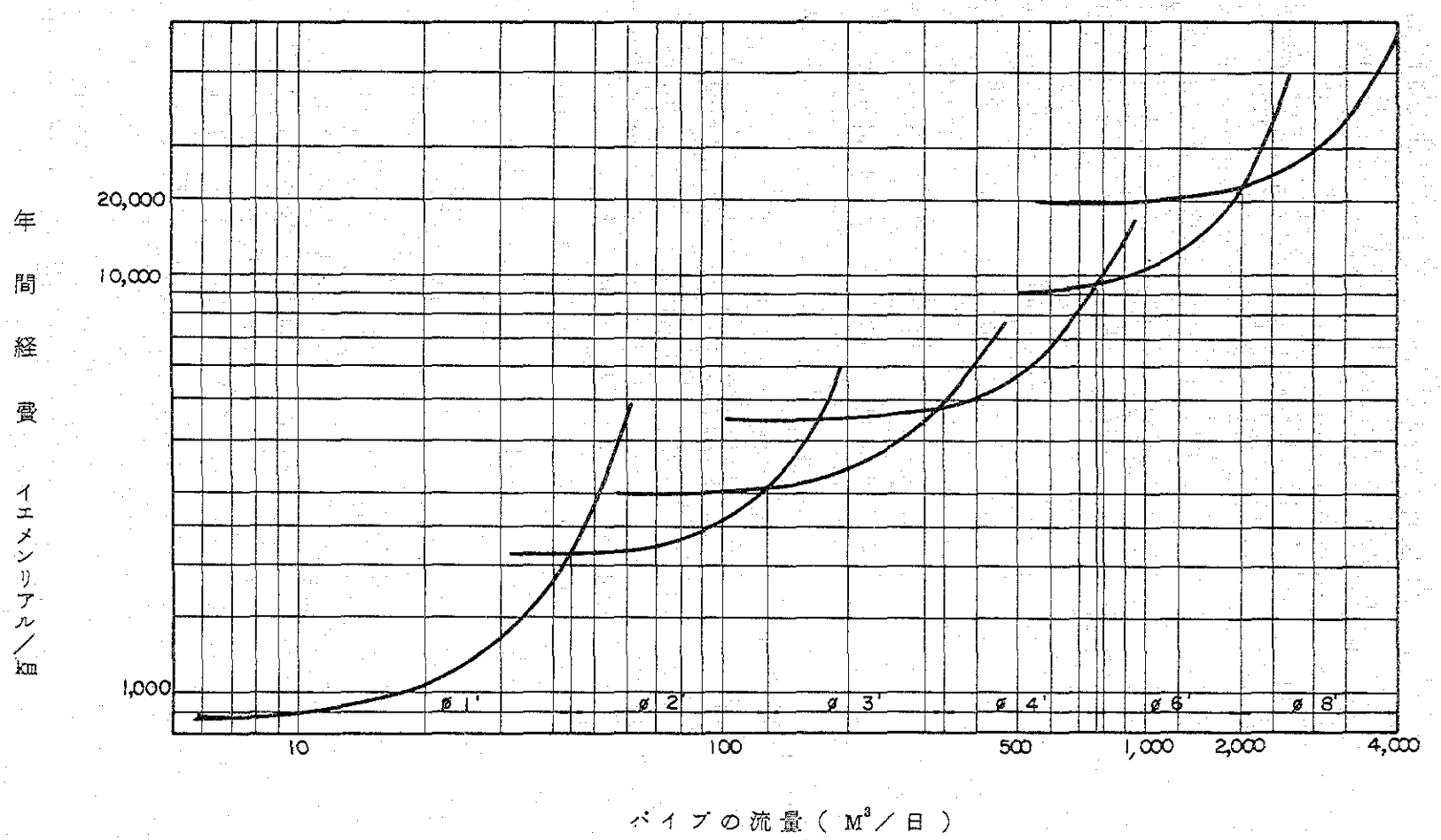


表6－4　パイプラインの年間経費

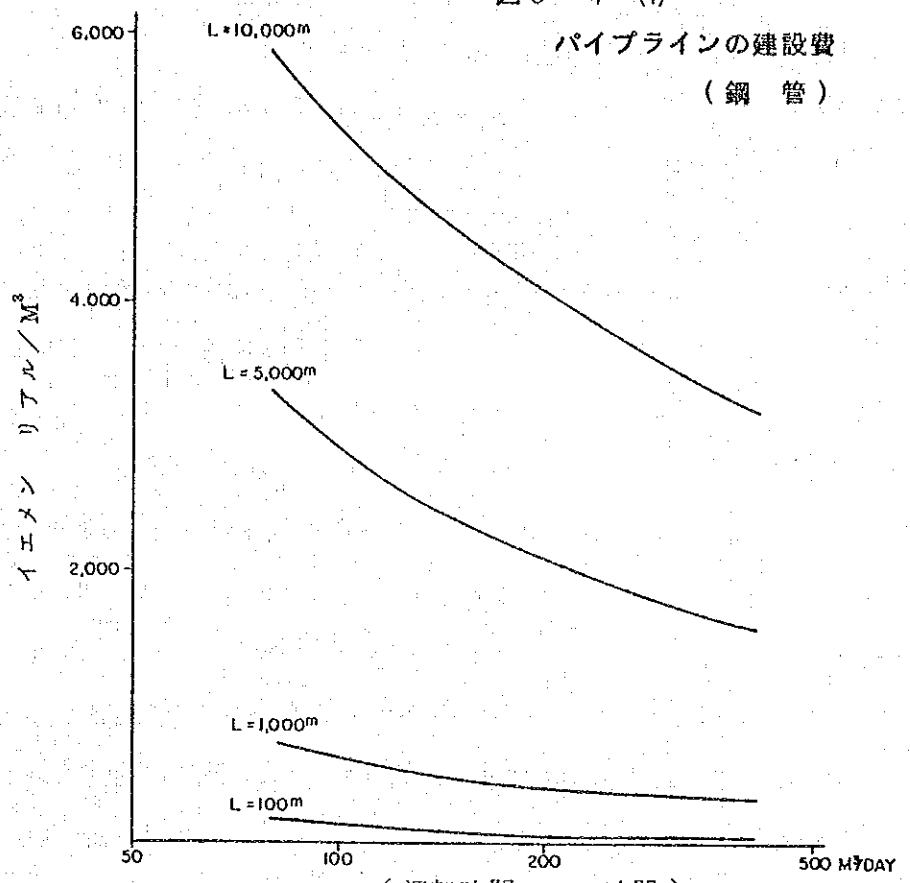
（鋼管及石綿管）　　YR：イエメンリアル

口径(φ)（M³／日）	距離（m）	建設費（Y.R）	年間資本経費（Y.R）	維持・運転経費（Y.R）	年間経費計（Y.R）
2インチ G.S.P (45～120)	100	4,200	428	21	449
	1,000	42,000	4,278	210	4,488
	5,000	210,000	21,388	1,050	22,438
	10,000	420,000	42,778	2,100	44,878
3インチ G.S.P (120～340)	100	10,000	1,018	50	1,068
	1,000	100,000	10,186	500	10,686
	5,000	500,000	50,926	2,500	53,426
	10,000	1,000,000	101,850	5,000	106,850
4インチ G S P (340～780)	100	13,200	1,344	66	1,410
	1,000	132,000	13,444	660	14,104
	5,000	660,000	67,222	3,300	70,522
	10,000	1,320,000	134,442	6,600	141,042
3インチ A.C.P (120～340)	100	6,000	610	30	640
	1,000	60,000	6,110	300	6,410
	5,000	300,000	30,550	1,500	32,050
	10,000	600,000	61,110	3,000	64,110
4インチ A.C.P (340～780)	100	9,000	920	40	960
	1,000	90,000	9,170	450	9,620
	5,000	450,000	45,830	2,250	48,080
	10,000	900,000	91,660	4,500	96,160
5インチ A.C.P (780～1620)	100	12,000	1,220	60	1,280
	1,000	120,000	12,220	600	12,820
	5,000	600,000	61,110	3,000	64,110
	10,000	1,200,000	122,220	6,000	128,220

図６－４－(1)

パイプラインの建設費

（鋼　管）

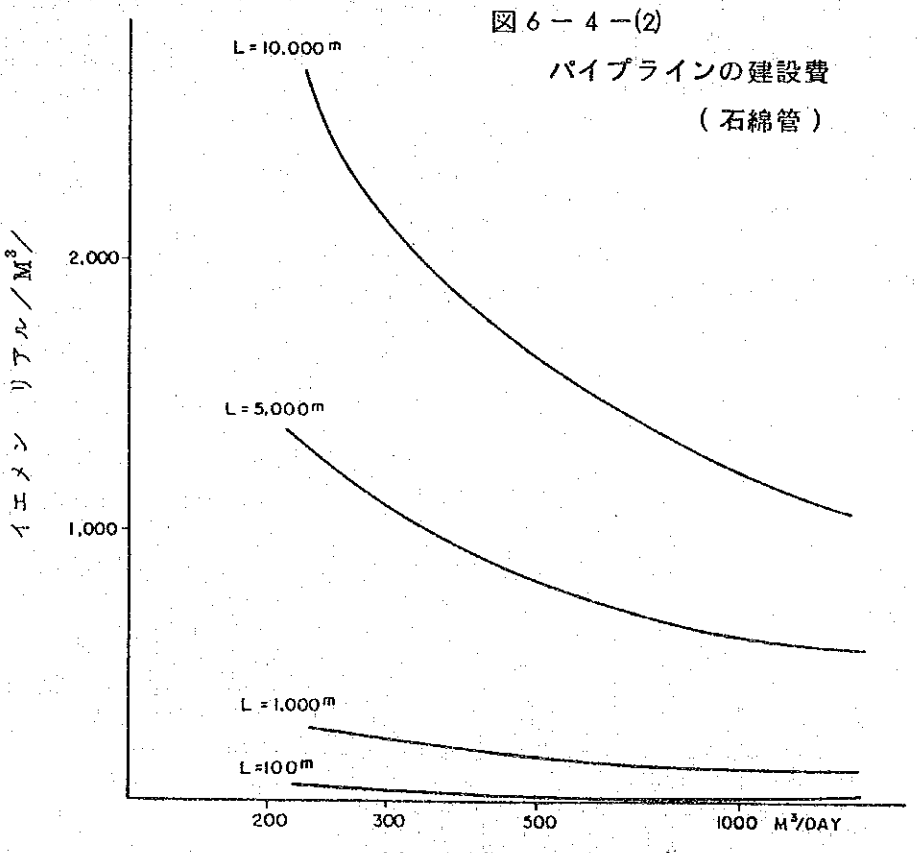


（運転時間　１０時間）

図６－４－(2)

パイプラインの建設費

（石綿管）



（運電時間　１０時間）

6－3－5. ポンプ施設のコスト

公共事業省(MPW)が出している設計基準にもとずいて給水栓の配置は給水を受ける家庭から250 m以内の距離に指定されている。本プロジェクトの場合、多くの調査対象地域が山の頂上に位置している。

このような場合、給水源と給水サービスエリアとの間の相対的な比高が言うに1,000 mを超えている。ブースターポンプの設置を決定するに当ってどの程度のものにするかは政策面からの判断になるが、いずれにしてもこのプロジェクトにおける地方給水計画の要になってくるのがこのブースターポンプステーションである。

各計画対象地区で必要とされるブースターポンプの所要ヘッドの巾が50 m～1,2000 mと開いているため、コスト計算を行う場合、50 m, 100 m, 250 mヘッドのそれに対して必要な機械設備関係のコストをもとにして見積もることになる。1基のブースタポンプを使って水を3,000 mの高さにまで引き揚げることは技術的には可能であるが、本地方水道計画における給水事情を考えた場合、パイプやジョイントの費用やそのメインテナンスコストの面からこの方法は適当ではない。

したがって250 m以上のポンプヘッドを要するようなサイトに対しては、50 m, 100 m, 250 mヘッドによるマルチポンプシステムが妥当と考える。

第6－5表ならびに第6－5図に示してあるのは各ポンプヘッドと設計容量別にして出したブースターポンプ施設の投資額(YR/m^3)で、この中にはポンプハウスとディリーキャパシティ設計値30分の容量を有するタンクが含まれる。

表6－5(1)　中継ポンプ場の経費

（全揚程　50m～250m）

運転時間10時間
イエメンリアル

全揚程	m³／日	m³当りの建設費	m³当りの年間経費	m³当りの維持，運転費	m³当りの年間経費計
50m	80	1,958	292	98	390
	125	1,252	186	62	248
	170	922	138	46	184
	200	844	126	42	168
	250	676	100	34	134
	290	582	86	30	116
	330	522	78	26	104
	375	460	68	22	90
	415	416	62	20	82
100m	80	2,178	324	108	434
	125	1,394	208	70	278
	170	1,024	152	52	204
	200	906	134	46	180
	250	724	108	36	144
	290	624	94	32	126
	330	610	92	30	122
	375	538	80	26	106
	415	486	72	24	96
250m	80	3,050	454	152	606
	125	1,952	290	98	388
	170	1,436	214	72	286
	200	1,422	212	70	282
	250	1,138	170	56	236
	290	980	146	50	196
	330	1,116	166	56	222
	375	982	146	50	196
	415	888	132	44	176

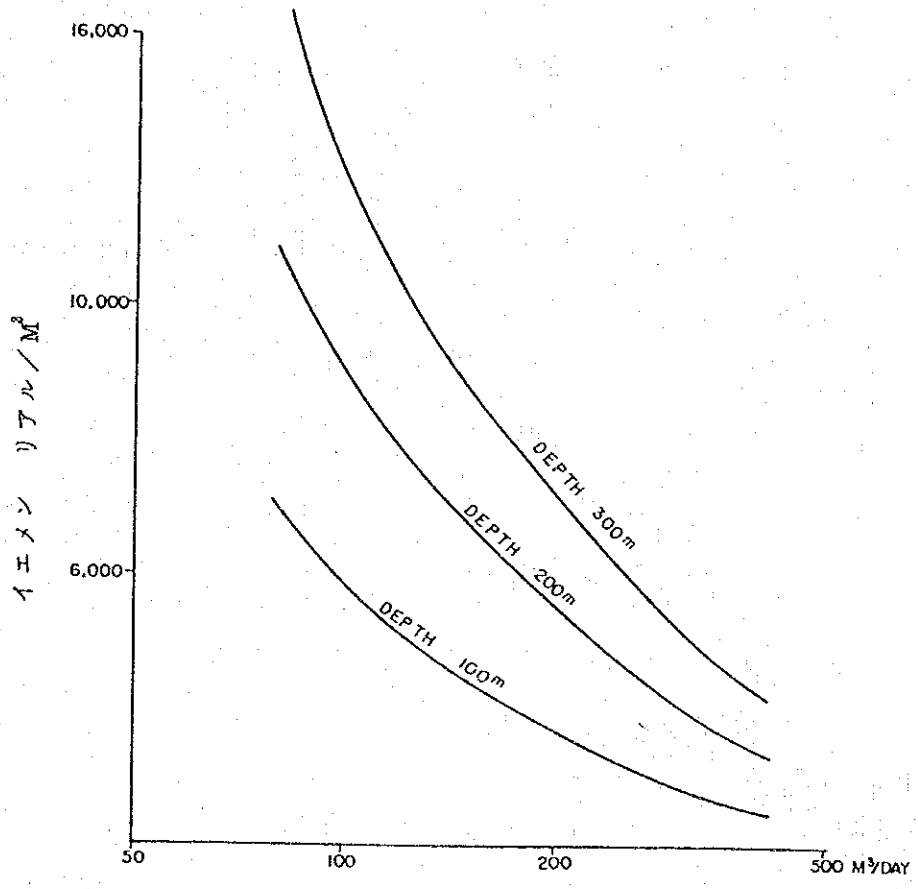
表6－5(2)　中継ポンプ場の経費

（全揚程　600m～1200m）

運転時間10時間
イエメンリアル

全揚程	m³／日	m³当りの建設費	m³当りの年間経費	m³当りの維持，運転費	m³当りの年間経費計
600m	80	9,150	1,364	458	1,822
	125	5,856	872	292	1,164
	170	4,306	642	216	858
	200	4,266	636	214	854
	250	3,412	508	170	678
	290	2,942	438	148	586
	330	3,350	500	168	668
	375	2,948	440	148	588
	415	2,664	398	134	532
1,200m	80	18,300	2,728	912	3,640
	125	11,712	1,746	586	2,332
	170	8,612	1,234	430	1,714
	200	8,532	1,272	426	1,698
	250	6,826	1,018	342	1,342
	290	5,884	876	294	1,170
	330	6,702	998	336	1,334
	375	5,898	878	294	1,172
	415	5,330	794	266	1,060

図6－5　中継ポンプ場の建設費



（運転時間　１０時間）

6－3－6. 共同水栓および、家畜給水施設の工事費

共同水栓および、家畜用給水施設の設計容量は、給水タンクの容量に比例するので、これら施設の工事費は、給水タンク工事費の３０％と仮定し積算した。

6－4 地方水道施設の建設費

地方水道施設建設費の分析を夫々異った設計条件での各単位給水施設毎に行い、全体として給水施設の建設費の構成を検討した。

水タンク建設費の全体の建設費に占める割合は比較的小さい。全建設費に最も大きな影響を与えるのは、水源費であり９００YR/m^3から14,000YR/m^3 の大きな巾に分布し、多くの site で、水源費が全体の給水施設の建設費の５０％近くを占める。

送水管の建設費も延長が１０kmを越える site では水源費に相当する費用が必要となる。

又、水源と給水地域との比高が1,０００mを越えると、全体の建設費に占めるブースターステーションの建設費が非常に大きくなる。したがって、各 site に平等な給水計画を建設費の面から考察し、投資々本の最大効果を目指すことが必要である。

6－5. 地方水道施設の年間コスト

年間給水費用の算出に当って、前節で見積りを行った建設費を基にして各給水ユニットごとの年間資本コストを計算して出す。

この計算に当って次のような前提を立てる。

耐用年数

機械設備およびボアホール（穿孔）	10年
パイプおよびタンク	20年

金利の割引率

0.14903	10年
0.11683	15年
0.10185	20年

第6－6図～第6－9図に地方給水システムの各ユニットごとの年間コスト（メインテナンスコストならびにオペレーションコストを含む）を示しておく。

オペレーションコストならびにメインテナンスコストは次のような見積りになる。

機　械　類	建設費の5％
パイプ及びタンク	建設費の0.5％
その他の構造物	建設費の0.5％

地方給水システムの年間コストは、システムの各ユニットごとの年間資本コストの合計にオペレーションコストとメインテナンスコストを加えたもので表わされる。具体的には第6－10図，第6－11図，第6－12図に示してあるとおりである。

図６－６　水源の年間経費

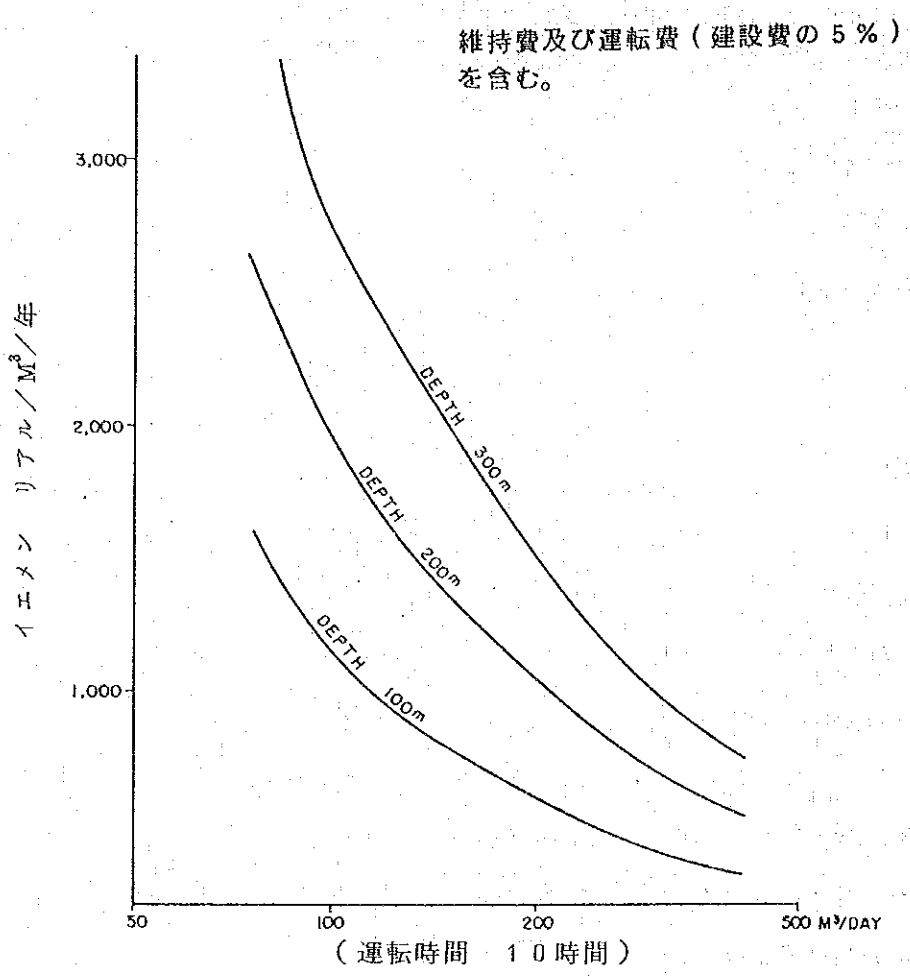


図６－７　給水タンクの年間終算

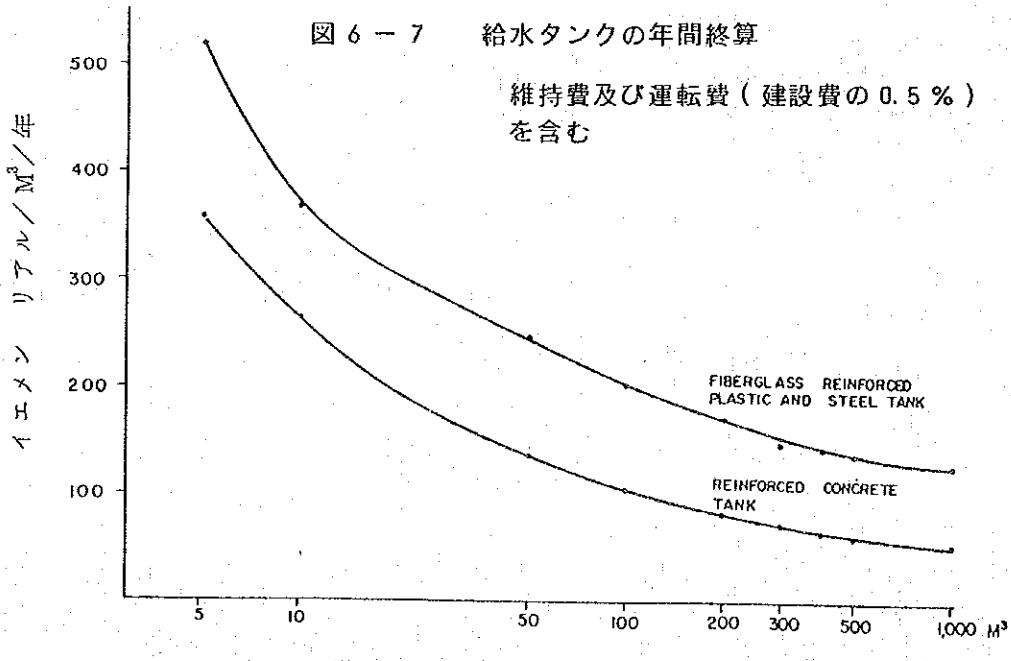
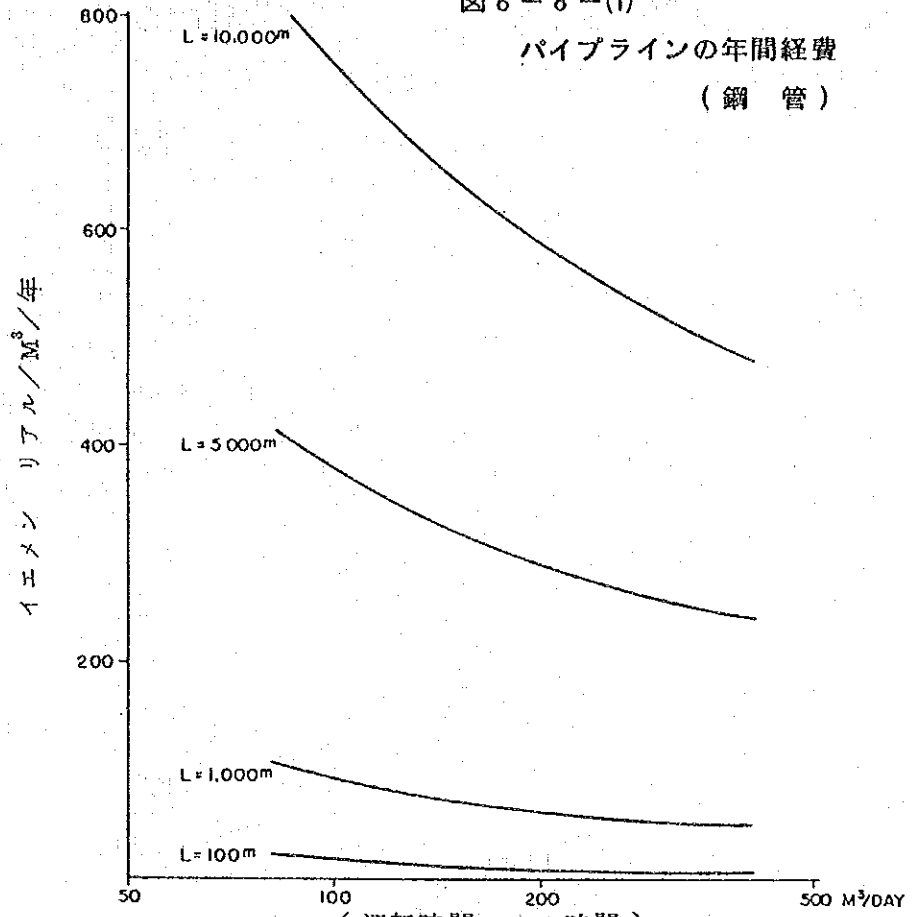


図６－８－(1)

パイプラインの年間経費

（鋼　管）

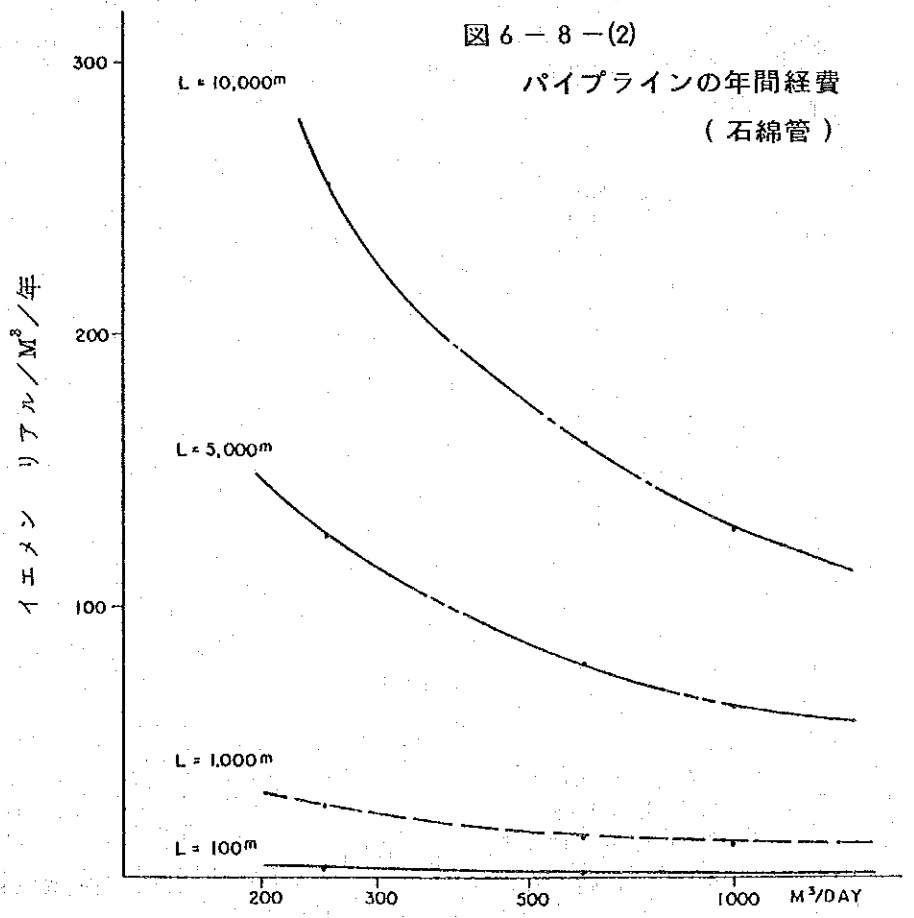


（運転時間　１０時間）

図６－８－(2)

パイプラインの年間経費

（石綿管）



（運転時間　１０時間）

図６－９　　中継ポンプ場の年間経費

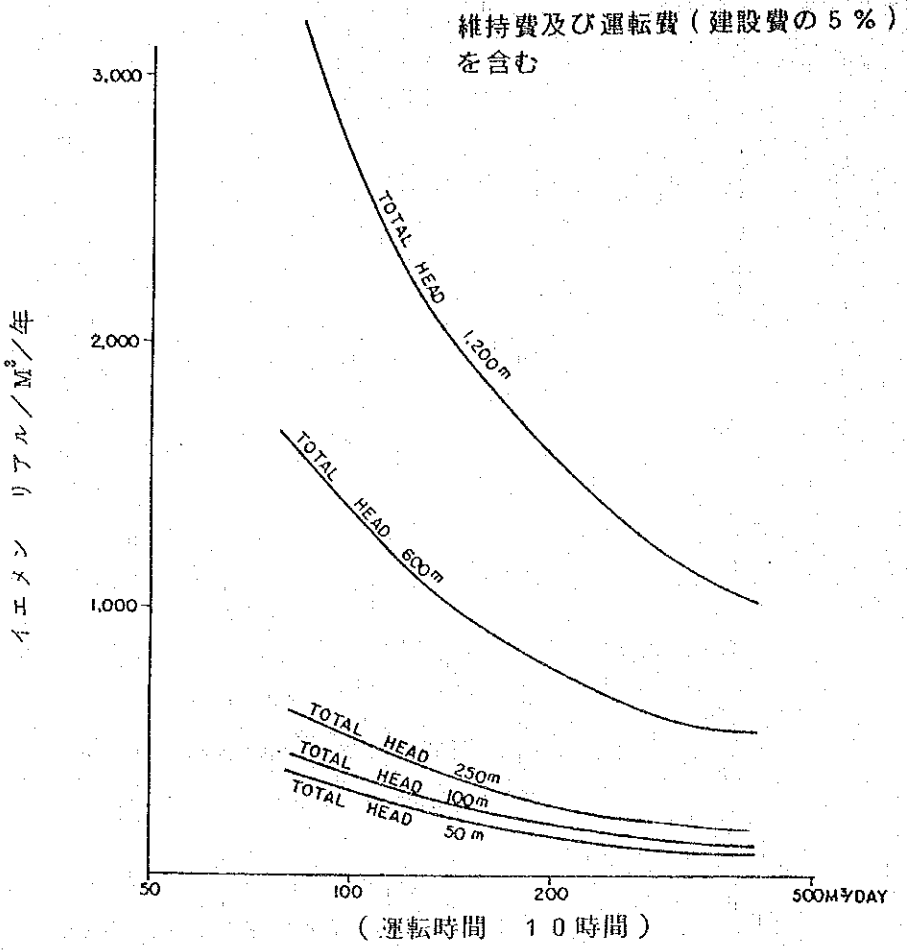


図６－１０　　総　年　間　経　費

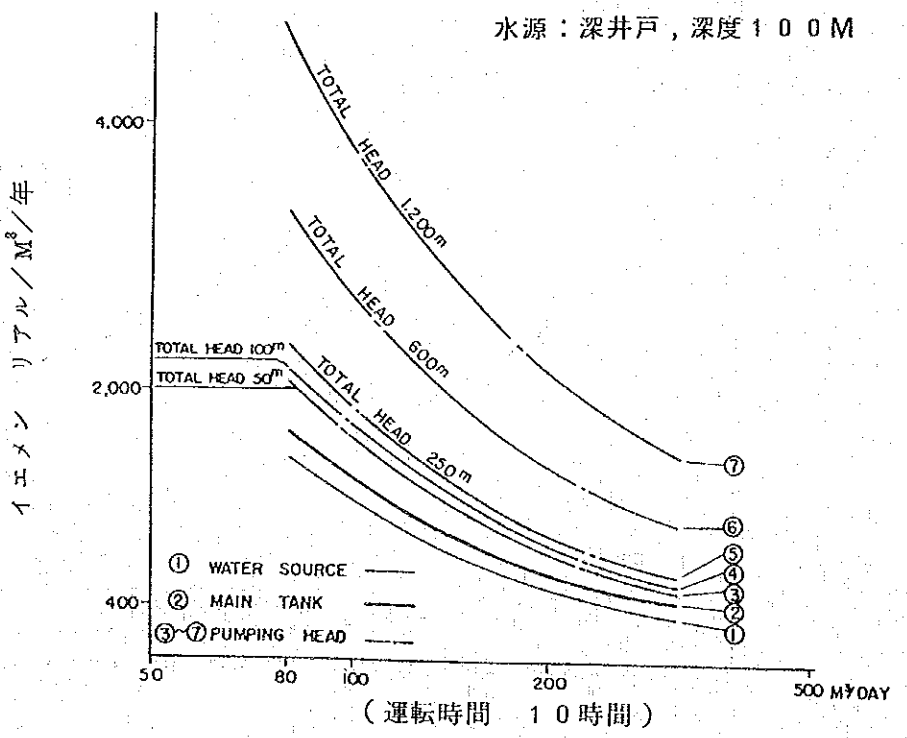


図6－11　総年間経費

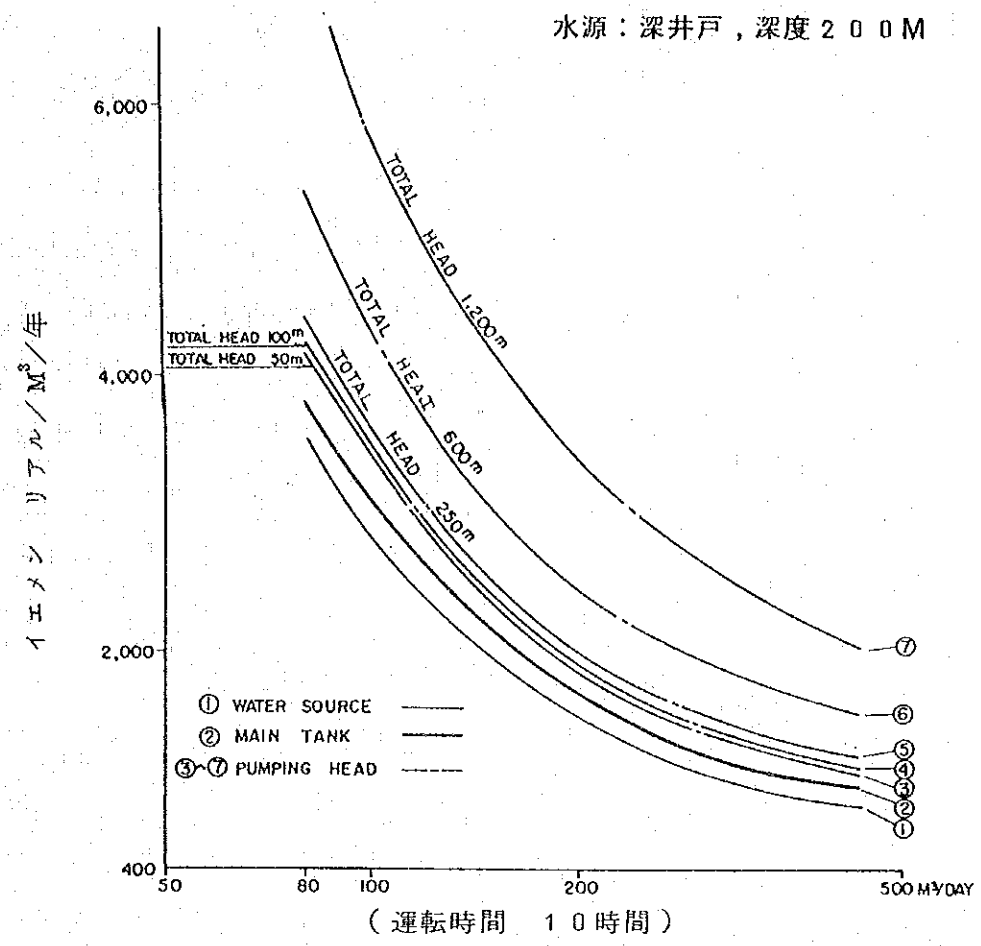
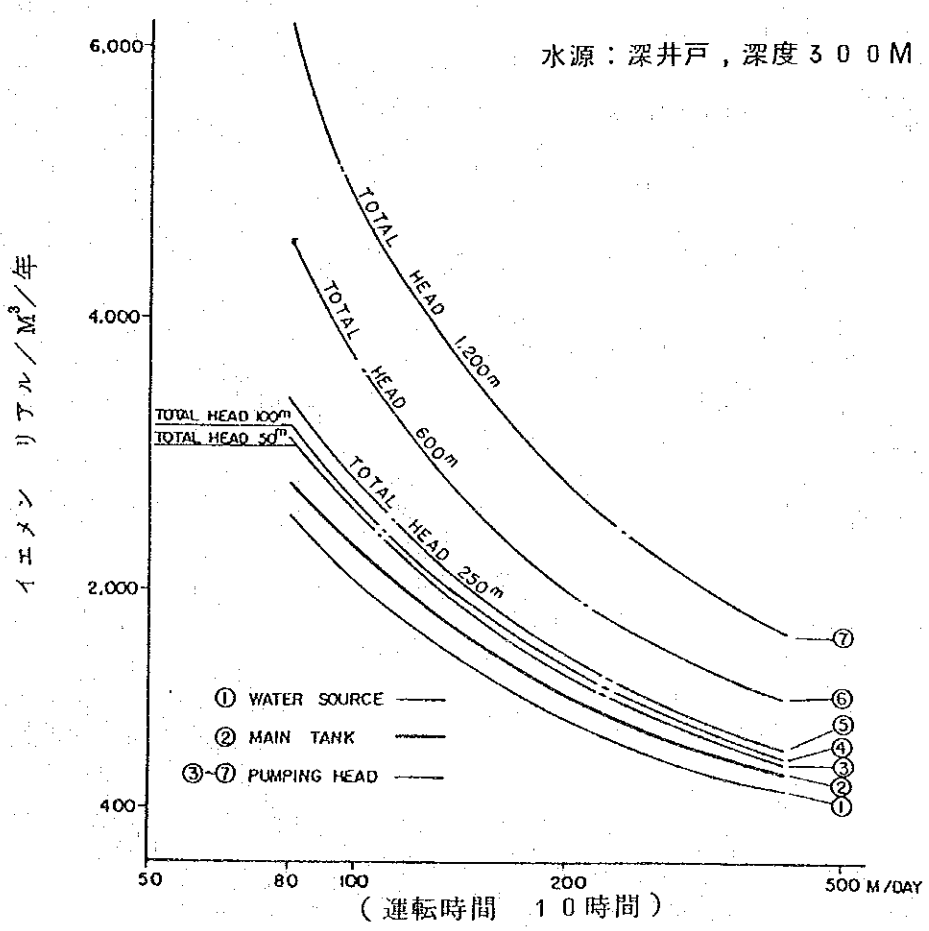


図6－12　総年間経費



第７章　地方給水事業のプランニング

７－１　概　　論

第５章ですでに述べて来たように本プロジェクトにかかわってくるすべての調査対象地域は、地方水道計画に関して何らかの形の問題を含んでいる地域である。またこれらの調査対象地域の条件もまちまちで、たとえばある場合は高い山の頂上に位置していたり、またある場合は極端な低地に位置していて乾燥がひどく、かつ塩分の多い環境条件になっている。地方水道計画作成に当ってまず最初に手掛けるべきことは、これらのサイトに対して費用効率の原則にもとずいて適正な給水システムを確立するための方法を決定することである。

1970年代の初めからイエメン共和国の経済は飛躍的な伸展を示して来たのであるが、はたしてこのような状態が長期的に継続して推移して行くものかどうかを判断できる決め手は何ら存在していない。しかるにこのプロジェクトに関する限り、今後の問題に対してあまり先までの見通しを考慮に入れることも妥当ではないと考えられる。

技術的な観点からは、今回のプロジェクトに含まれる主要設備はボアホールとそれに附随する機械である。これらの機械設備の耐用年数を一応１０年と見た。パイプラインとか貯水槽といった比較的構造が簡単なものの場合は耐用年数を２０年とした。この両方の耐用年数を含め、２０年の計画期間を採ることにした。（第Ⅵ－１節）

7－2. 地方給水需要

7－2－1. 概　　論

地方水道の今後の需要動向を決める大きな要因になってくるのは、単位当りの需要率と人口規模で、その中には今後の伸び率を加味して決められる人口と家畜の飼育数が含まれる。

7－2－2. 人口の伸び率

過去においてはイエメンの人口の年間成長率は2.5％～３％と見られていた（セントラル・プランニング・オーガニゼーション1975年）のが、最近のオールマンアンドヒル（Allman and Hill 1977）の調べでは年間1.8％の伸び率となっており、一方スイス技術協力チームの1980年に対する見通しは2.4％となっている。

しかしながらこのプロジェクトではそれぞれのサイトによって社会経済条件がまちまちになっている。

したがって３つの異なったレベルの将来の成長率を考えてみることにした。

６％：　社会的経済的に主要な役割を果たしている地域で、公共事業省指定のサイトで交通の拠点であり、経済の中心地となっている特定のサイト。次の地域がこのカテゴリーに入る。

HA－3A	Sihara
HA－4	Harad
H－2	Al－Dahi
H－3	Al－Mounirah（Ebn－Abbas と Al－Harunia に送る）
T－8	Yahkhtol

３％：　人口が3,000～5,000人と比較的大きく、都市化を進めている段階にあるサイトで、次の地域がこのカテゴリーに含まれる。

HA－1	Al－Ma′dan と８つの村落
HA－3B	Thari
A－1	Al－Mahweet 市
S－3	Al－Sheab　Al－Aswad
T－6	Al－Zakira
T－9	Makbana

2.5%： 普通の地方のことで次の地域がこのカテゴリーに属する。

HA－2	Elman と 4 つの村落
A － 2	Hufash
A － 3	Al-Rajam
A － 4	Al-Khabet
S － 1	Bany Shaker　Bait Abo Saba′a
S － 2	Bait Abo Hashem
S － 4	Bany Farhan　Bany Saria′a
H － 1	Ghulayfagah
T － 1	Al-Mashjab
T － 2	Al-Manara　Al-Dukum
T － 3	Al-Maydan , Al-Jubail Sheibd Hamud
T － 4 A	Hadad , Qahfa
T － 4 B	Al-Kudha , Al-Hagl
T － 5	Shohat , Al-Kadash

7－2－3. 一日当りの使用水量

一人一日当りの水の総使用量は種々の要因によって決まる。たとえば水源の有無，水質，水の価格，家族の収入と大きさ，文化的な慣習，生活水準，配水方法，気候等々である。一人一日当りの水の使用量についての調査は数多く行われている。世界保健機構（WHO）から1973年度の世界の地方水道における一人一日当りの平均使用量に関するデータが出ているので第7－1表にそれを示す。

第7－1表　地方地域における一日当りの水の平均使用量

（単位＝リットル／人／日）

アフリカ	13－35	ラテンアメリカ及びカリブ海沿岸	70－190
東南アジア	30－70		
西太平洋地域	30－75	発展途上国の世界平均	35－90
東地中海沿岸	40－85		

1977年度のFeachem st al．がまとめた統計は第7－2表に示してある。これは発展途上国の地方地域における各種給水形態別の一人一日当りの家庭用水の平均使用量を示したものである。

第7－2表　一日当り平均水使用量：リットル／人／日

給水形態	一日平均使用量	一日当り使用範囲
パイプがない状態	15	5－ 25
スタンドパイプ	30	10－ 50
パイプ接続		
シングルタップ（蛇口1箇）	50	10－100
マッチプルタップ（複数蛇口）	150	50－300

イエメン共和国では最近になって公共事業省(MPW)から次のように地方水道の給水に対する一日当り使用量の設計基準が設けられた。

40リットル／人／日……配水システムの完備していない地域

70リットル／人／日……配水網が一部整備されている準都市地域
人口3,000～5,000人の範囲

80リットル／人／日……人口5,000人以上の都会地域

比較対照の意味でアフリカ以外の発展途上国の平均値と比べてみると、イエメン共和国の地方における一人当り一日の水使用量は相対的に少ない。イエメン共和国の大部分の地域を占める乾燥した気候条件ならびに地方の給水システムの共同水栓の利用といった状況を考え合わせてみれば、40リットル／人／日という水準は十分妥当性のある数字である。

今回の調査対象として選んだ地域の全数のうち19サイト（73%）が地方地域になっている。

そのうち若干のサイト（HA－1……Al-Ma′danと8つの村落，HA－4……Harad，T－9……Makbana）は地方と準都市との混合移行段階にあると考えてよい。こういった地方では、その地域の中心部がある種の準都市化の構造を示していて、その周辺部は小さな農家のまばらな居住形態をなしている。このような理由により準都市地域とい

う基準はその地域に対しては中心部に適用し、周辺部に対しては地方地域という概念を適用する。

準都市と見なされる地域は次の通りである。

HA－1	AL Madan & 8 Villages
HA－3A	Sihara
HA－4	Harad
T－4B	AL Kvdha & AL Hagl
T－6	AL Zakira
T－9	Makbana

水の使用量という設計基準を適用した場合の都市地域と見なされるサイトはA－1（Al-Mahweet市），H－2（Al-Dahi），T－7（Bad-Al-Mandab）である。

今回のプロジェクトのもう一つの重要な側面は家畜の飼育用の給水である。サイトではいろんな種類の家畜がいる。家畜の総数は10万頭をこえる。今後の家畜飼育用の給水需要を見通すに当って家畜単位の使用量という概念を適用する。羊1頭当りの一般的使用水量，6リットル／1頭／日を水使用量に関する「家畜単位」とする。

別の家畜の場合の一日の水の使用量については以下のようになる。

動物の種類	家畜単位の水使用量	リットル／日
羊または山羊1頭	1	6
ロバ1頭	2	12
牛またはらくだ1頭	4	24

7－2－4. 設計基準にもとずく将来の需要動向

これまでに述べて来た人口の伸び率と一日当りの水の使用量にもとずいて、それぞれの地域ごとに20年間にわたって一日の水の総使用量を算出することができる。その結果を第7－3表に示す。

表 7 − 3 (1)　M P.Wの地方水道設計基準に基づく将来の水需要

（単位＝m^3／日）

調査地	地域	区分	1979	5年	10年	15年	20年
HA−1 Al−Madan	SU：47%	H	405.0	469.5	544.3	631.0	731.5
& 8 Villages		L	22.1	25.6	29.7	34.4	39.9
	R ：53%	T	427.1	495.1	574.0	665.4	771.4
HA−2 Elman &	R	H	60.0	67.9	76.8	86.9	98.3
4 Other		L	8.8	10.0	11.3	12.8	14.5
Villages		T	68.8	77.9	88.1	99.7	112.8
HA−3A Sihara	SU	H	315.0	421.5	564.1	755.0	1,010.2
		L	53.0	70.9	94.9	127.0	169.9
		T	368.0	492.4	659.0	882.0	1,180.1
HA−3B Thari	R	H	600.0	695.6	806.4	934.8	1,083.7
		L	90.0	104.3	121.0	140.2	162.6
		T	690.0	799.9	927.4	1,075.0	1,246.3
HA−4 Harad	U ：57%	H	720.0	1,124.1	1,289.4	1,725.5	2,309.1
		L	39.7	53.2	71.1	95.2	127.3
	SU：43%	T	759.7	1,177.3	1,360.5	1,820.7	2,436.4
A−1 Al−							
Mahweet City	SU	H	500.0	579.4	672.0	779.0	903.1
		L	37.9	44.0	51.0	59.1	60.5
		T	537.9	623.4	723.0	838.1	971.6
A−2 Hufash	R	H	60.0	67.9	76.8	86.9	98.3
		L	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2
		T	63.8	72.2	81.6	92.4	104.5
A−3 Al-Rajam	R	H	32.0	36.2	41.0	46.4	52.4
		L	3.8	4.3	4.8	5.5	6.2
		T	35.8	40.5	45.8	51.9	58.6
A−4 Al−Khabet	R	H	60.0	67.9	76.8	86.9	98.3
		L	5.3	6.0	6.8	7.7	8.7
		T	65.3	73.9	83.6	94.6	107.0
S−1 Bany	R	H	20.0	22.6	25.6	29.0	32.8
Shaker & Bait		L	5.2	5.8	6.6	7.5	8.5
Abo Saba′a		T	25.2	28.4	32.2	36.5	41.3

表7－3 (2)

単位＝m^3／日

調査地	地域	区分	1979	5年	10年	15年	20年
S-2 Bait Abo Hashem	R	H	15.2	17.2	19.4	22.0	24.9
		L	9.6	10.9	12.3	13.9	15.7
		T	24.8	28.1	31.7	35.9	40.6
S-3 Al-Sheab & Al Aswad	R	H	80.0	92.8	107.5	124.6	144.5
		L	52.8	61.2	71.0	82.3	95.4
		T	132.8	154.0	178.5	206.9	239.9
S-4 Bany Farhan & Bany Saria's	R	H	26.0	29.4	33.3	37.6	42.6
		L	7.8	8.8	10.0	11.3	12.8
		T	33.8	38.2	43.3	48.9	55.4
H-1 Ghulay-fagah	R	H	20.0	22.6	25.6	29.0	32.8
		L	3.0	3.5	3.9	4.4	5.0
		T	23.0	26.1	29.5	33.4	37.8
H-2 Al-Dahi	U	H	840.0	1,124.2	1,504.3	2,013.1	2,694.0
		L	46.3	61.9	82.8	110.9	148.4
		T	886.3	1,186.1	1,587.1	2,124.0	2,842.4
H-3 Al-Mounirah	R	H	68.0	91.0	121.8	163.0	218.1
		L	3.9	5.1	6.9	9.2	12.3
		T	71.9	96.1	128.7	172.2	230.4
T-1 Al-Mashjab	R	H	32.0	36.2	41.0	46.4	52.4
		L	40.0	45.3	51.2	58.0	65.6
		T	72.0	81.5	92.2	104.4	118.0
T-2 Al-Manara & Al-Dukum	R	H	24.0	27.2	30.7	34.8	39.3
		L	37.4	42.4	47.9	54.2	60.7
		T	61.4	69.6	78.6	89.0	100.0
T-3 Al-Madan & Al-Jubail	R	H	40.0	45.3	51.2	57.9	65.6
		L	16.4	18.6	21.0	23.8	26.9
		T	56.4	63.9	72.2	81.7	92.5
T-4A Hadad & Qahfa	R	H	72.0	81.5	92.1	104.3	118.0
		L	16.4	18.6	21.0	23.9	26.9
		T	88.4	100.1	113.1	128.2	144.9
T-4B Al-Kudha & Al-Hagl	SU	H	100.0	113.2	128.0	144.8	163.9
		L	20.6	23.3	26.3	29.8	33.7
		T	120.6	136.5	154.3	174.6	197.6

表7－3 (3)

単位＝m^3／日

調査地	地域	区分	1979	5年	10年	15年	20年
T—5 Shohat	R	H	80.0	90.5	102.4	115.9	131.1
& Al-Kadash		L	22.4	25.4	28.7	32.5	36.8
		T	102.4	115.9	131.1	148.4	167.9
T—6 Al-	SU	H	280.0	324.6	376.3	436.2	505.7
Zakira		L	49.3	57.2	66.3	76.8	89.1
		T	329.3	381.8	442.6	513.0	594.8
T—8 Yahkhtol	R	H	100.0	133.8	179.1	239.6	320.7
		L	41.1	55.0	73.6	98.5	131.8
		T	141.1	188.8	252.7	338.1	452.5
T—9 Makbana	SU:43%	H	370.0	429.0	497.2	576.5	668.3
		L	16.4	19.0	22.1	25.6	29.6
	R :57%	T	386.4	448.0	519.3	602.1	697.9

註

地域	R ＝地方域	（2.5% 人口の年間成長率）
	SU＝準都市地域	（3 % 人口の年間成長率）
	U ＝都市地域	（6 % 人口の年間成長率）
区分	H ＝人間の水消費量	
	L ＝家畜の水消費量	
	T ＝全体の水消費量	

7－3. 水源の確保

イエメン共和国のほとんど全土を支配している乾燥した気候条件とけわしい地形とから、地表水を利用する一般的な方法は地方の給水計画の現段階では妥当ではない（第Ⅴ－3－3節および第Ⅴ－5節参照）。

このような状況の下でいろいろな形態の給水源についてのフィージビリティスタディを行った結果、結論として多くの地域で現在のところ利用しうる水源は地下水以外には考えられないという結論が得られた（水理地質調査報告書）。

地下水確保の可能性を現存のボアホール（穿孔）とその帯水層について水理地質学的に調査対象地域を分析して得た結果は、第7－4表にまとめたとおりである。

第7－4表では地下水の滞水層を3つのカテゴリーに分類している。

カテゴリーA： 現存する深井戸に関する情報ならびにデータと水理地質学的分析によって期待できる水量が算出されたケース。

カテゴリーB： カテゴリーAと同じ条件であるが、既在の深井戸の例が少く水量の確認が十分できないケース。

カテゴリーC： 水理地質学的な分析の結果のデータにもとずいて予想水量の判定を下すにはむつかしい要素があり、現存する深井戸（穿孔）の数も限定されているケースで、上の2つのカテゴリーに比較して水理地質学的一般条件ははるかに劣っているもの。

調査対象地域の約38パーセントが"カテゴリーA"に該当し、50パーセントが"カテゴリーB"に該当する。残りの12パーセントのサイトについては、地下水の確保の可能性からも問題のある地域と見なされるものである。

カテゴリーCに該当する地域（Al Kudha／Al Hagle（T－4B），Shohat／Al Kadash（T－5），Al Zakira（T－6））はTaiz行政区の南部外辺地域にあって、そこは年間雨量が400㎜に達していない。その上この地域はちょうどイエメン火山岩類が部分的に覆ったTawila砂岩台地になっている。

一般的に考えて、比較的軟弱な構造線に沿って発達した断崖や谷がみられる硬い岩質から成っている台地状の地形を有する上位面では地下水の涵養ならびに貯溜にとっては不利な条件である。

事実、これらの地域の特徴として何百メートルもの高さの断崖が、ある程度水があるような滞水層に対しても自然の貯留効果を消去させている。水が得にくい理由はこの場合の上記３つの地域に共通している。したがってそれぞれ個々の集落別に少ない水量の水源を考慮するよりも、地域的レベルにもとずく総合的な水源の開発が必要となってくる。

第７－４表に示す如く、１箇所の深井戸から期待できる水量が200～1,000 m^3／日であるのに対し、調査対象地域における今後見込まれる水需要は今回の計画期間の終了時点で40～2,500 m^3／日と大きく巾がある。５箇所の調査地点では1999年における水需要は1,000 m^3／日を超える筈である。15箇所の調査地点においては計画終了時点まで深井戸１本当りの給水量で十分水需要をまかなえる。しかし公共事業省が提案している基準を満足させるべく将来の水需要を考慮した場合、深井戸数本を設計しなければならない調査地点も多い。

Al-Ma'dan と８つの村（HA-1），Sihara（HA-3A），Thari（HA-3B），Al-Mahweet 市（Ａ－１），Al-Dahi（H－２）のサイトにおける単一の深井戸での水量では、かりに現在の最高19時間ポンプと機械を運転させたとしてもなお給水基準値を満足させられるような水需要にマッチさせることはむずかしい。給水量を決定する場合は、コスト効果原則にのっとって行うコスト分析によるが、それは水源コストが本プロジェクトの場合、地方水道のトータルコストの50パーセントも占めることになるから水源にかかるコストの比較検討が必要である。

表7－4　調査地の水源のタイプと容量

番号	調査地	容量による分類	深井戸の径 (%)	深度 (m)	揚程 (m)	容量 (m³/日)	備考
HA－1	Al-Madan & 8 Villages	B	200	300	200	300	既存の深井戸により判定
HA－2	Elman & 4 Other Villages	B	200	300	200	300	
HA－3－A	Sihara	B	200	300	200	300	
HA－3－B	Thari	B	200	200	150	300	
HA－4	Harad	A	200	120	100	1,000	
A－1	Al-Mahweet City	B	200	200	150	300	
A－2	Hufash	B	200	200	150	300	
A－3	Al-Rajam	B	200	300	200	200	
A－4	Al-Khabet	B	200	200	150	200	
S－1	Bany Shaker & Bait Abo Saba'a	B	200	200	150	200	
S－2	Bait Abo Hashem	B	200	200	150	200	既存の深井戸により判定
S－3	Al-Sheab Al-Aswad	B	200	100	100	300	〃
S－4	Bany Farhan & Bany Saria'a	B	200	100	100	300	〃
H－1	Ghulayfagah	A	200	30	150	100	
H－2	Al-Dahi	A	200	80	50	1,000	
H－3	Al-Mounirah (to supply Ebn-Abbas and Al-Harunia)	A	200	60	50	1,000	
T－1	Al-Mashjab	A	200	110	100	400	既存の深井戸の平均揚水量により判定
T－2	Al-Manara & Al-Dukum	A	200	110	100	400	
T－3	Al-Maydan, Al-Jubail Sheibd Hamud	B	200	200	150	700	イエメン火山岩類(Trap.series)の既存深井戸の平均揚水量を採用
T－4－A	Hadad. Qahfta	A	200	180	150	500	
T－4－B	Al-Kudha. Al-Hagl	C	200	250	200	100	
T－5	Shohat, Al-Kadash	C		10		200	地下ダム
T－6	Al-Zakira	C	200	250	200	100	
T－7	Bab-Al-Mandab	A	200	(85)	50	500	既存深井戸の揚水量により判定
T－8	Yahkhtol	A	200	100	50	1,000	
T－9	Makbana	A	200	300	200	700	イエメン火山岩類(Trap series)の既存深井戸の平均揚水量を採用

7－4. 適正給水システムの確立

7－4－1. 概　　況

コスト効果原則にもとずくこれらの地域の妥当な給水システムを確立するためにさらに別の分析を行った。

前節でも検討してきたように、地域によっては地下水の複数の水源が必要になるところもあって、そのような場合、水源のコストが、プロジェクトにかかわる地方水道のトータルコストの半分近くも占めることになる。（第Ⅵ－4節および第Ⅵ－5節）

複数の地下水源の設置とその場所は100パーセントその地域の水理地質上の条件の影響を受けることになる。良い条件の場合であれば一群の深井戸（穿孔）を互に近い距離で掘削できるが、水理地質上の条件が好ましくない場合であれば、深井戸同士の間隔を大きくとることになり、ひいては給水費用面ではマイナスの効果になる。

このような理由で、地方水道の適正な給水容量を決めるに当ってはどうしても地方水道水の使用量と水源の給水能力の分析が必要となってくる。

7－4－2. 地方水道の水の使用目的別消費量

調査対象地域における現在の水の使用量は5～40リットル／人／日の間の値と推定されている。（第Ⅴ－3－3節参照）

給水が困難な状態であるがために、水の利用目的は飲料水と料理と洗濯といったような日常生活の基本的な必要範囲に限られることになる。現地調査ならびにサイトの住民に対するインタビュウを通して特定な目的に使用する水の量を算定し、平均的な中型規模の町の同じ形態の水の使用状況と比較することができた。（第7－5表）

第7－5表　目的別水の使用例

目　的	調査地域 25リットル／人／日の量	平均的中型規模の町 Q≦300リットル／人／日
1. 飲料水，料理	12%（3ℓ）	19%（57ℓ）
2. 洗　面	8%（2ℓ）	9%（27ℓ）
3. 浴　場	－（－）	17%（51ℓ）
4. 洗　濯	60%（15ℓ）	30%（90ℓ）
5. 水洗便所	－（－）	16%（48ℓ）
6. その他	20%（5ℓ）	5%（15ℓ）

上記のような水の利用方法の分類にしたがって調査対象地域における家庭用水の役割は

次の3つのカテゴリーに分けられる。

I　人間の健康に直接影響を与える水（1－3）

II　洗濯のように日常生活の他の分野に利用される水（4－6）

III　家畜の飼育用水は第3のカテゴリーに入り、これも本プロジェクトでは不可欠の要素になっている。

この点に関しては、人間の健康保持の意味から言ってカテゴリーIの水には第1級の水質基準が要求されるが、カテゴリーIIおよびカテゴリーIIIの水質にはカテゴリーIの水に要求するのと同じ基準を必ずしも適用する必要はない。

生活水準が上昇するにしたがって調査対象地域の水の利用パターンが平均的中規模都市型に近くなるという点を考えに入れた場合、当然飲料水とか料理とか洗濯とか浴場用の水の利用度が増えていくであろうと予測される。平均的中規模都市においては、カテゴリーIに該当する水の使用量が全体の使用量のうちでおよそ45パーセントを占めている。したがって人間の健康保持のためには安全な水質基準を満足させる水量は少なくとも一日の水の需要量の50％パーセントは見込んでおく必要があろう。

したがって水の利用目的にもとずいて水の形態を次の3つのカテゴリーに分類することができる。

カテゴリーI：人間の健康関連使用対象の水50％

カテゴリーII：上記以外の人間の目的で使用する水50％

カテゴリーIII：家畜の飼育用の水

さらに次のように地方,水道の給水量別に3つのレベルに分類することができる。

レベルA：水使用目的の3つのカテゴリーの全部に対して給水するもの

レベルB：カテゴリーIとカテゴリーIIに必要な給水

レベルC：カテゴリーIのみを対象とした給水

7－4－3.　給水価格比較対照

プロジェクトの対象地域における水の単価の比較と、発展途上諸外国の水の価格とを比較するために各サイトごとの地方水道の年間コストを推定した。このために水源のキャパシティが第7－4表でまとめてあるような水理地質上の条件に左右されるということと、前節で述べたように設計年限である15年の最終においてレベルAの需要をまか

なえるようにするということを前提とした。

この場合、単一の深井戸（穿孔）では必要な水量をまかない切れない場所では数本の深井戸水源方式を考える。Al－Madan と８村落（ＨＡ－１）の場合、１０時間運転の前提で必要な水量をまかなうためには５本の深井戸（穿孔）が必要となる。また Thari（ＨＡ－３Ｂ）の場合は９本の深井戸（穿孔）である。

第７－１図に示すように年間給水コスト（ＹＲ／m^3／年）は500ＹＲ／m^3から7,900ＹＲ／m^3までの範囲に大きく差がある。最高価格の場合をとっても年間18,250ＹＲ／m^3（50～60ＹＲ／m^3／日相当分）の値段で水を買い取る場合に比べると安くなっているものの、諸外国の値段と比較すればそれでもなおかなり高価なものである。

（アジア太平洋地域経済社会委員会が1979年に発行している地域センター計画ガイドラインによれば平均建設費用は60ドル／人と見積られている）。大体半数のサイトで10～12ＹＲ／m^3に相当する値段かあるいはそれ以下の値段で安全な水の給水が受けられるようになるのであるが、この10～12ＹＲ／m^3という値段は50～60ＹＲ／m^3という販売水価と比べれば共和国内では格段の有利な価格条件と考えてよい。しかしながら地域間の極端な水価格の不均衡の是正が必要でもある。第７－１図における年間コストは、公共事業省の設計基準で決められている必要給水量を得るため、水源と建設資金が用意されているという前提でまかなう給水単価曲線と比較したものである。（第７－２図，第７－３図，第７－４図）

この図の中では、各調査対象地域全部の標準化した平均的条件の水単価（ＹＲ／m^3／年）の曲線を示してある。水単価の算出は、各サイト全体に対する標準化した条件の下で500ｍまでのポンプ揚水を含む深井戸（ボアホール）の100ｍの深さから200m^3／日の水量を給水する場合を前提として1,800ＹＲ／m^3／年という値になる。（第７－２図）

また一方この同じ図の中でプロットしてある点はそれぞれの具体的な条件の下でのサイトごとの単価を表わしている。Al－Mounirah（Ｈ－３）の給水範囲とそこの給水量との高さが比較的小さい（30ｍ）が、水単価の方は単価曲線に比べるとかなり高くなっている。その理由はこの場合の給水計画によれば23kmにおよぶパイプラインが必要になるという事実にもとずくものである（第7-2図）。深井戸（ボアホール）給水量が需要量をかなり上回っている Bany Shaker & Bait Abo Saba'a（Ｓ－１）とか Bait Abo Hashem（Ｓ－２）とか Al－Maydan，Al－Jubail Sheibd Hamud（Ｔ－３）とか Hufash（Ａ－２）

の水価格（第７－３図）も高くなっている。これは水源に対する投資が十分利用されていないためである。

Thari（HA－３B）とかAl-Mahweet市（A－１）とかAl-Ma′danと８村（HA－１）では、公共事業省が決めた設計基準による給水需要をまかなうためには多数の深井戸（ボアホール）が必要となり、それによってさらに水の標準単価と比べてこれらの地域の給水単価はかなり高くつくことになる。

ポンプ揚水設備に要するコストが給水単価におよぼす影響は４つの地域－Elmanと４つの村（HA－２），Al-Khabet（A－４），Al-Mounirah（H－３），Al-Maydan，Al-Jubail Sheibd Hamud（T－３）－のみにみられるこれらのサイトでは給水地域と水源との比高が非常に大きいことによる。したがって今回プロジェクトではポンプ揚水コストを低く抑えることが必ずしも給水単価を下げるための有効な手段とは言えない。

しかるに給水源に対するコストの面での検討が必要となってくる。給水サービスレベルの検討と併行してポンプおよび機械設備の運転時間を増やすことによってある程度までの解決の見通しが得られる。（第７－４－２節）

７－４－４　計画規模の決定

一応機械設備の耐用年数を10年とし、パイプラインとか貯水タンクといった比較的構造が単純で寿命の長い設備類の場合は20年と決めてはいるが、イエメン共和国の現在のような経済成長の傾向が今後とも続くかどうかの判断になる決め手は存在しない。かかる事情を加味した場合、計画期限を15年として、現時点からスタートして10年ないし15年経過後にもう一度地域給水計画の必要な再検討を行うのが妥当であると考えられる。

前節で検討してきたように、水源開発に要するコストが水単価におよぼす影響は今回のプロジェクトの場合特に大きいので、水源開発コストの削減の検討が必要になってくる。このようなわけで、水需要の面から見て比較的給水量が十分に取れるような地域は別として、ポンプや機械設備の運転時間をできるだけ長く取れるように設計する。〔Bany Shaker & Bait Abo Saba′a（S－１），Bait Abo Hashem（S－２），Al-Rajam（A－３），Al-Manara & Al-Dukum（T－２），Al-Maydan，Al-Jubail Sheibd Hamud（T－３），Elmanと４つの村（HA－２）〕

ポンプ及び機械設備の運転時間は長い程水価が有利であるが、給油時間等の休止時

図7-1　水道事業の年間経費(地区別)

給水施設の年間経費
(割賦償却費，金利，維持費,運転費を含む)

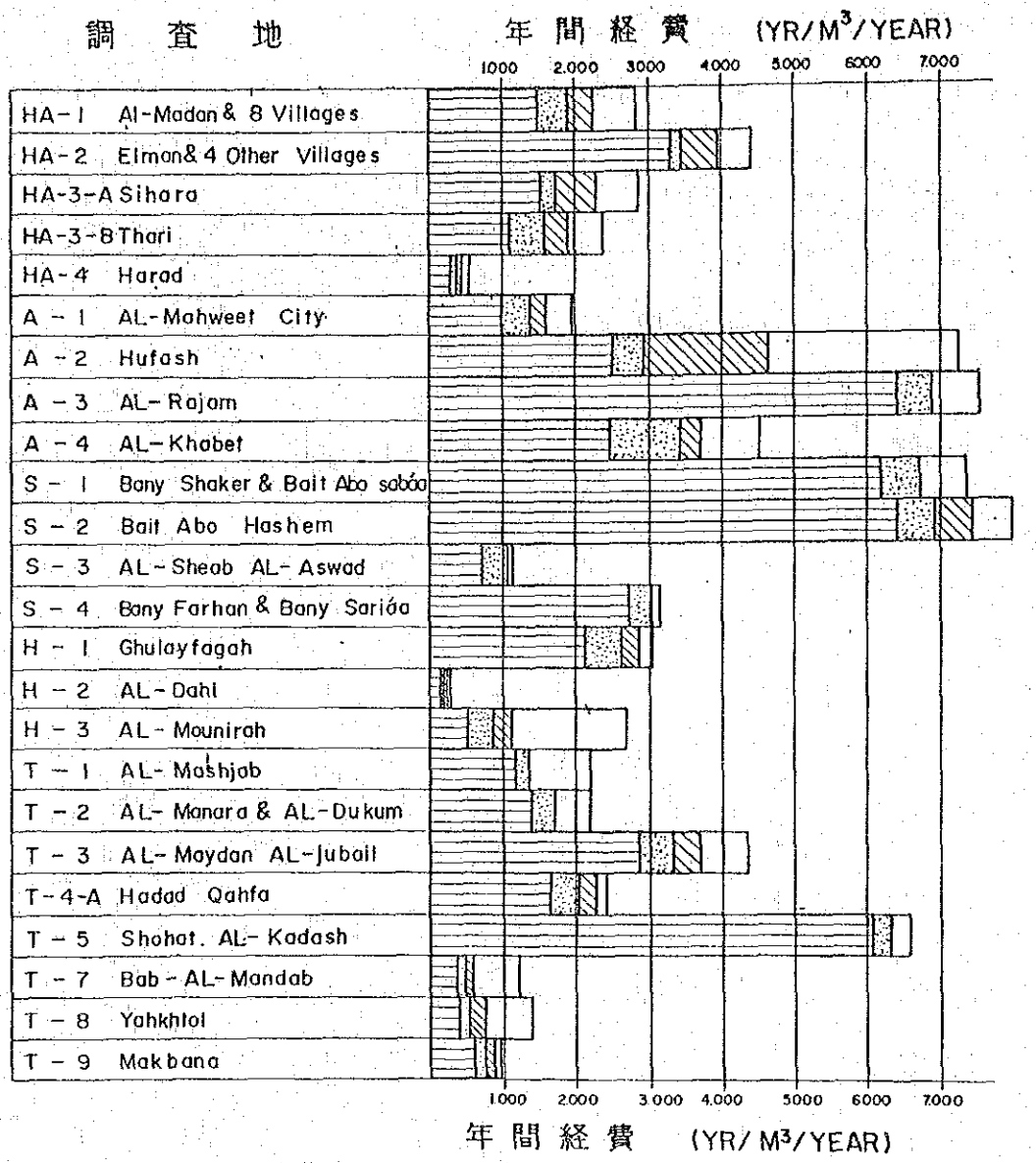


図7－2　揚程別年間経費

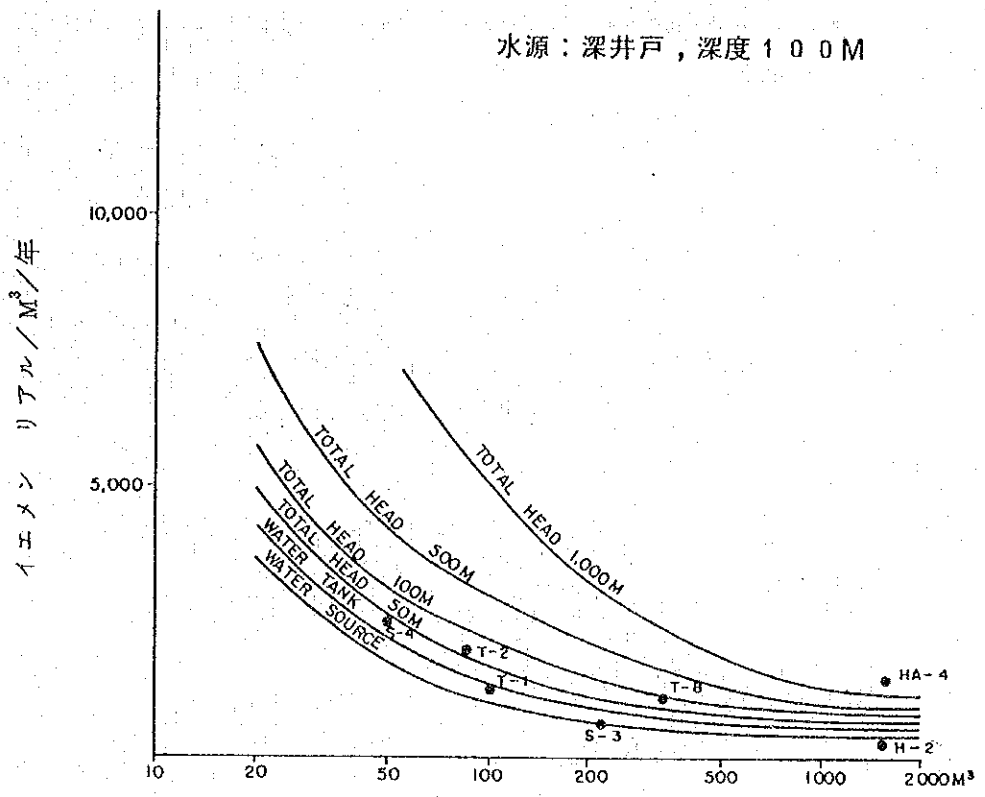


図7－3　揚程別年間経費

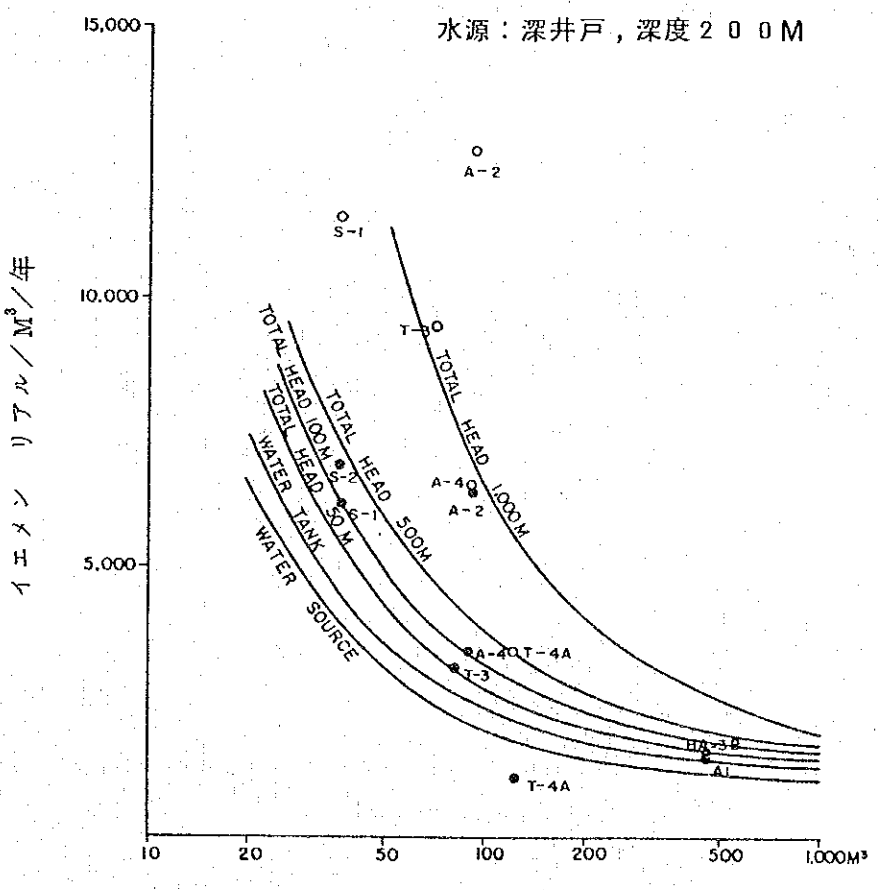
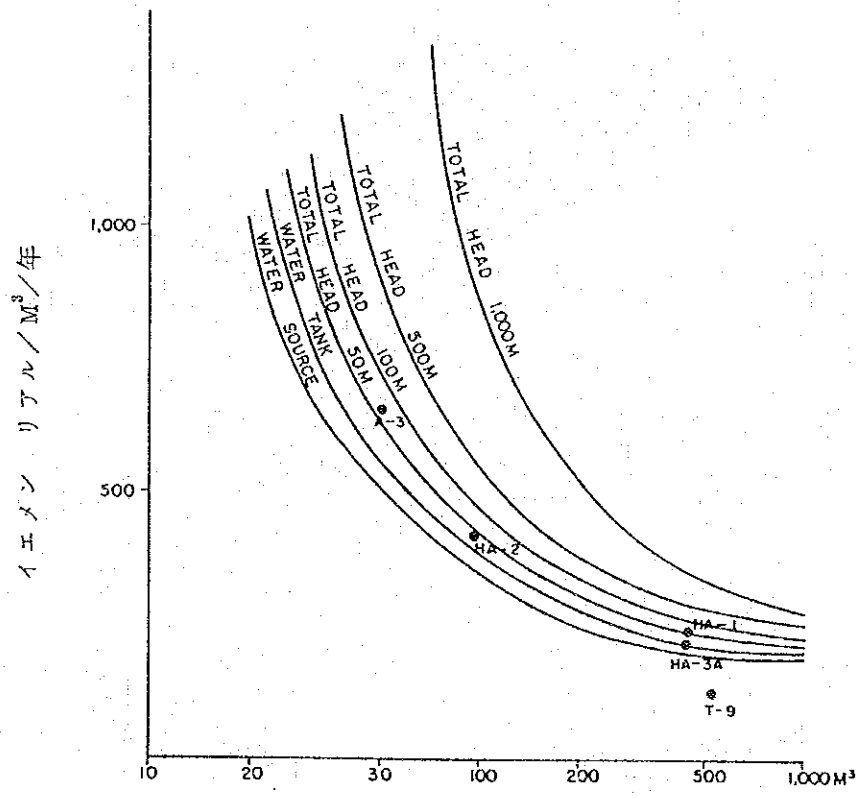


図７－４　揚程別年間経費

水源：深井戸，深度３００Ｍ



間を一応５時間とみて、１日当り最長１９時間とした。

なおイエメンにおける平均運転は５～８時間／日とのことであるが、これは、短時間の運転で水切れを起す浅井戸も含んでの平均時間であり、深井戸を主とする当projectには参考にならない。

ポンプおよび機械設備の運転時間を10時間から19時間に増やすことによって、７箇所の地域では必要な深井戸（ボアホール）数を減らすことができ、政府が出している設計基準の見積りによる１５年経過後においてもなおレベルＡの給水サービスの需要に応じられることになる。以下に示すのはこれらの地域における深井戸（ボアホール）本数の変化を示したものである。

必要ボアホール（穿孔）数

	10時間操業	19時間操業
Al-Ma′dan と８村（HA－１）	5	3
Sihara（HA－３A）	7	4
Thari（HA－３B）	9	4
Harad（HA－４）	4	2
Al-Mahweet 市（A－１）	7	4
Al-Sheab Al-Aswad（S－３）	2	1
Al-Dahi（H－２）	5	3
Makbana（T－９）	2	1

ポンプおよびエンジンを19時間運転させる場合のそれぞれの異なる給水サービスレベルでの各調査対象地域における地域給水の今後の需要動向に見合う一応の安全な給水量の確保が比較して示してある。（第７－５図参照）

図示した如く、ほぼ50パーセントの地域では２０年後においても単一の深井戸からの給水で給水レベルＡの需要をまかなうだけの給水量を確保できる。該当地域は次のとおり。

Elman と４村（HA－２），Hufash（A－２），Al-Rajam（A－３），Al-Khabet（A－４），Bany Shaker & Bait Abo Saba′a（S－１），Bait Abo Hashem（S－２），Al-Sheab Al-Aswad（S－３），Bany Farhan & Bany Saria′a（S－４），Ghulayfagah（H－１），Al－Mounirah（H－３），Al-Mashjab（T－１），Al-Manara & Al-Dukum（T－２），Al-Maydan，Al-Jubail Sheibd Hamud（T－３），Hadad，Oahfa（T－４－A），Makbana（T－９）

上記のいずれの場合でも給水量を十分に確保できる決定的な要因は、比較的需要が少ないという理由であり、水源の給水量が豊富なためではない。

これらの地域では、計画給水量の規模を決定するに当って、現時点から15年後の給水サービスレベルAの需要量と同じ給水量を設計規模容量として、水源に対する投資効率を最大限に持って行くようにする。

一方では、次に示す地域の場合、15年後の給水サービスレベルAで需要をまかなうには単一の深井戸方式の給水量では不十分である。

Makbana（T－9），Al-Madanと8村（HA－1），Thari（HA－3B），Al-Mahweet市（A－1），Al-Dahi（H－2），Al-Kudha，Al-Hagl（T－4B），Shohat，Al-Kadash（T－5），Al-Zakira（T－6）

上記の地域のうちAl Kudha，Al Hagl（T－4B）とShohat，Al Kadash（T－5）とAl Zakira（T－6）の最後の3地域は、水理地質学的条件によってカテゴリーCに分類され有望な地下水源が得られないため、水資源開発の統合化を図ることによって総合的な解決策をとることが要求される。

この場合、それぞれの村ごとに水源を配置する代りに地域全体をひとまとめにした地域レベルの考え方を採り入れることが必要であろう。（第7－3節）

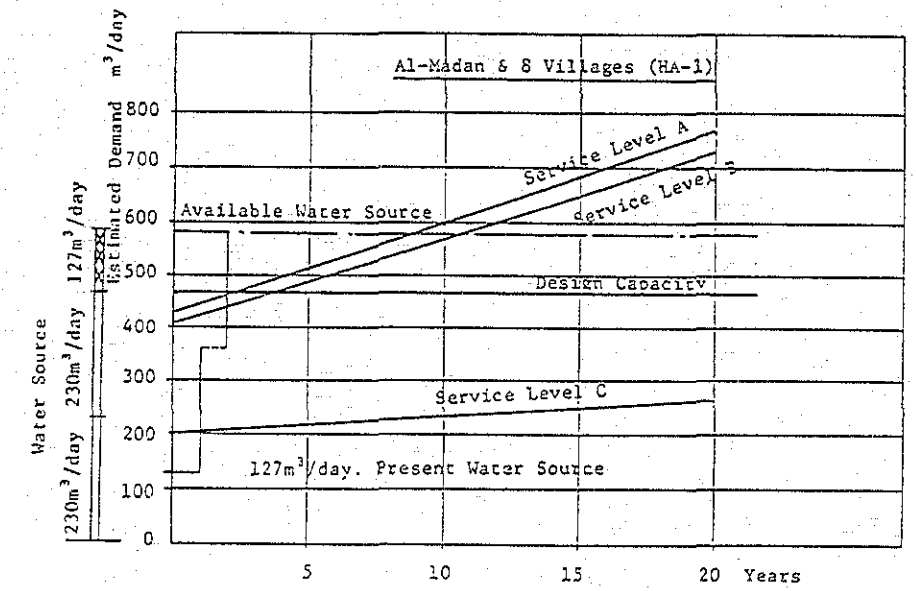
以上のような問題を解決するに当って、Shohat，Al-Kadash地区（T－5）に地下ダムを提案するが、まずはとりあえずこの台地における地元の水不足の窮状を打開するための水源に関するデータ収集ならびに分析が急がれているわけである。

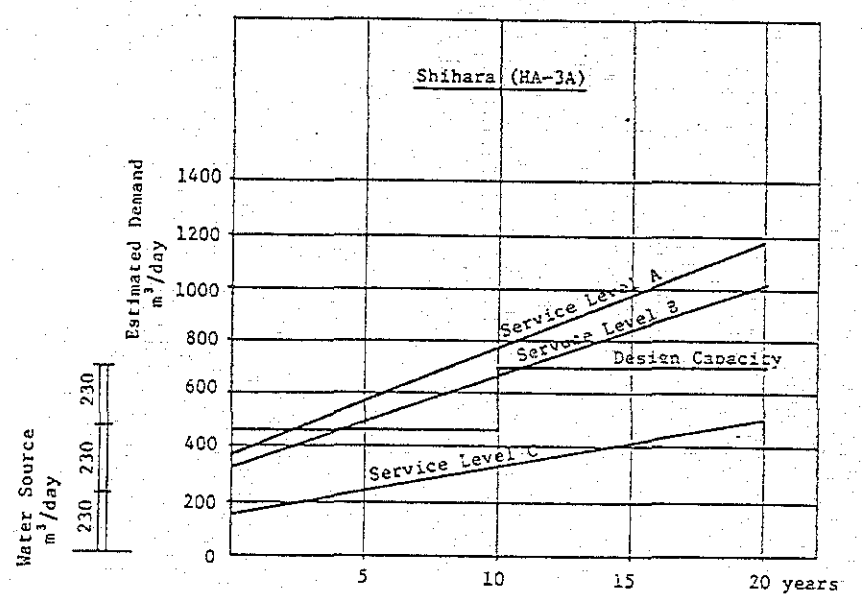
上記の地域のうち残りの5地域については計画年限（20年間）の最終段階での給水サービスレベルCを確保できるような給水量の規模を設定するとともに、現在利用している安全な水源をも十分に活用するような計画とする必要があろう。

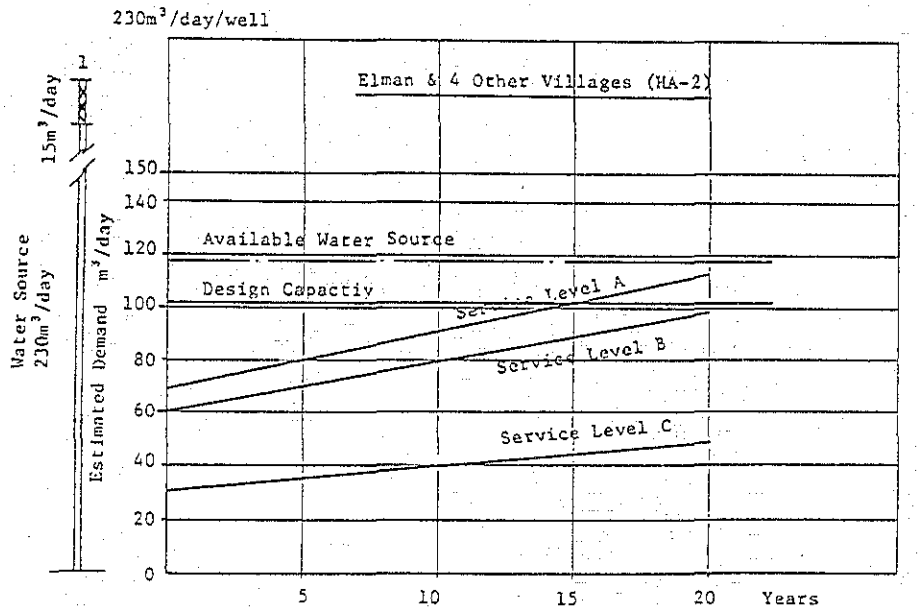
改善された給水施設の設計給水規模と需要の全体量との間にギャップが存在している場合は、別の水源でまかなう方針である。そのための湧水（泉）とか浅井戸とかシスターンなどを有効に利用すべきである。ほとんどの地域が乾燥地域に属してはいるが、年に20～30㎜の雨量による地表水をシスターンに集めて家畜の飼育用あるいは洗濯用として利用することも考えられる。ここでの伝統的なシスターンの建設技術を改良して水損失と汚染を防ぐようにすればよい。このような提案内容については5－4節ならびに水理地質調査報告書に掲載してある。

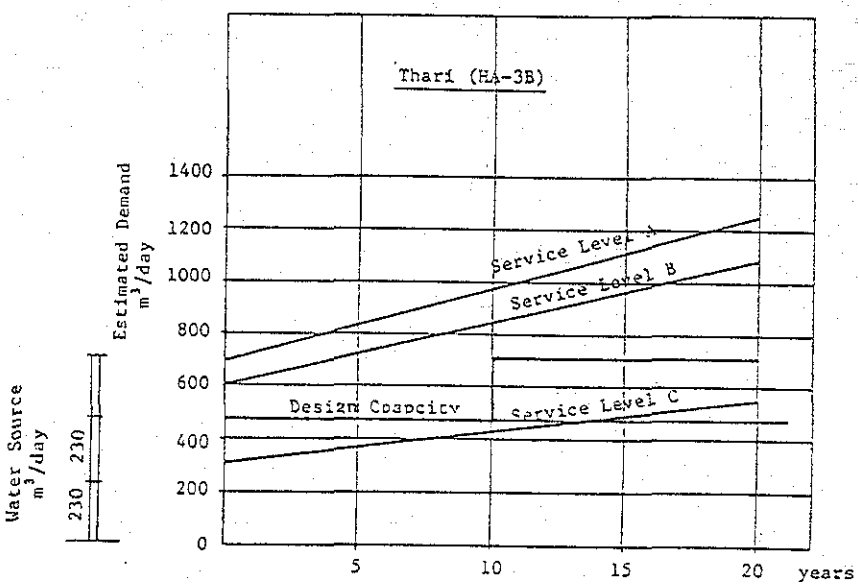
図 7 － 5

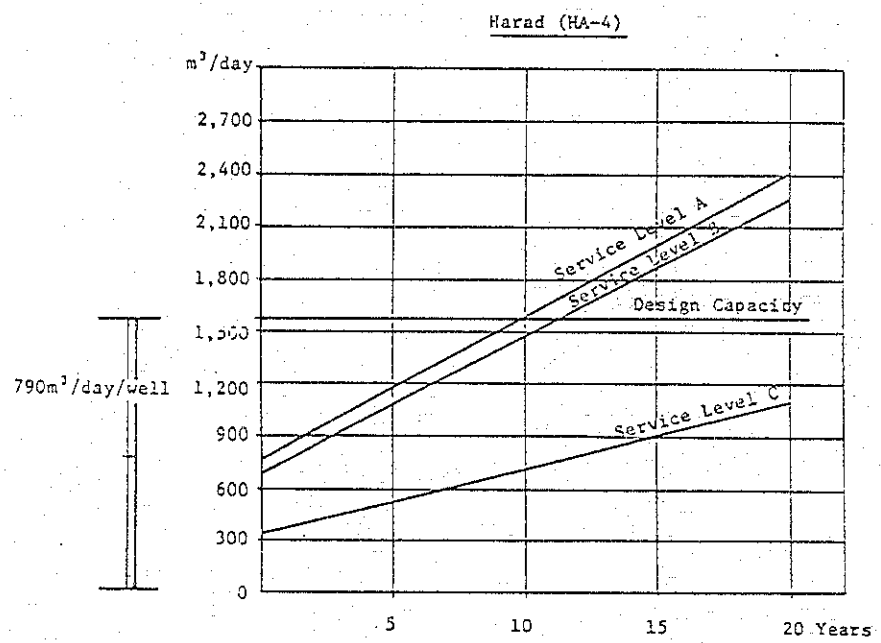
地方水道の将来の水需要と設計給水量

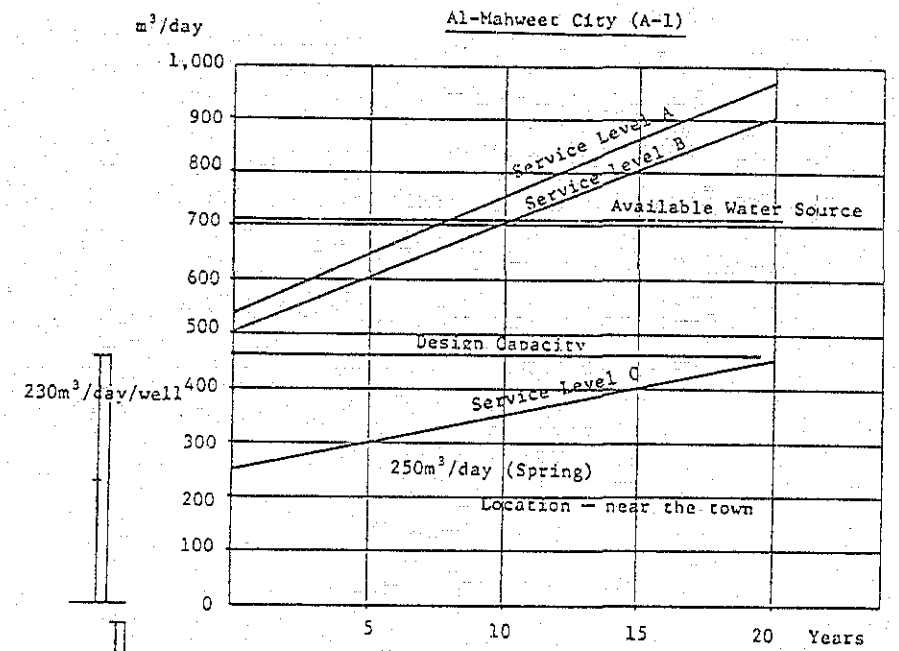


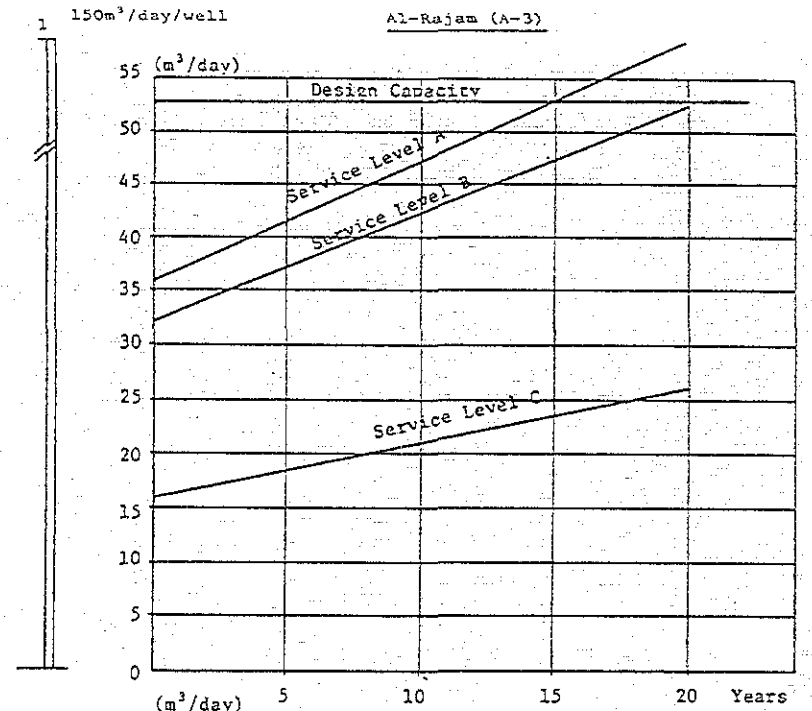


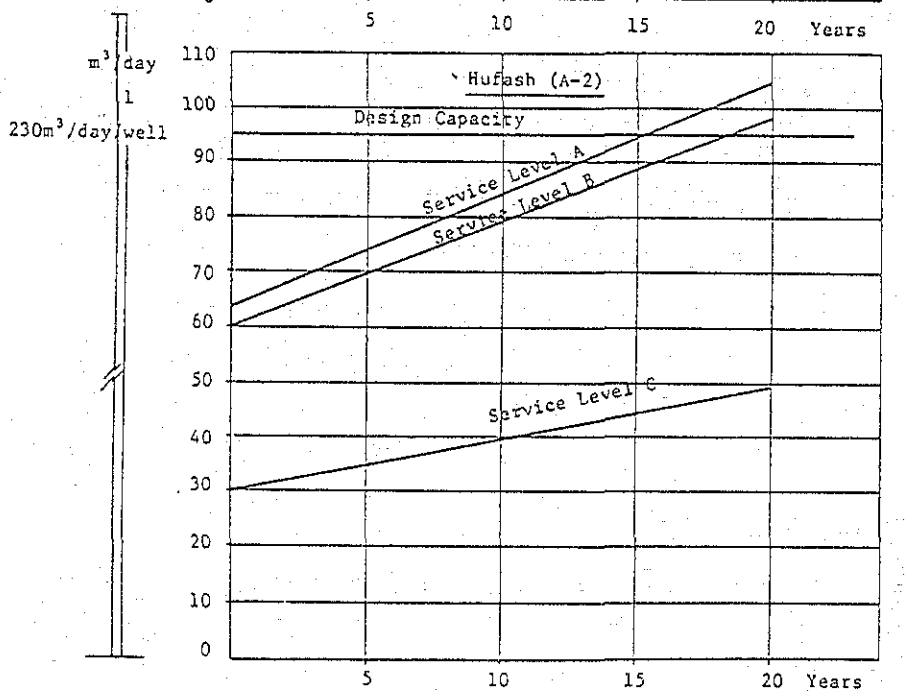


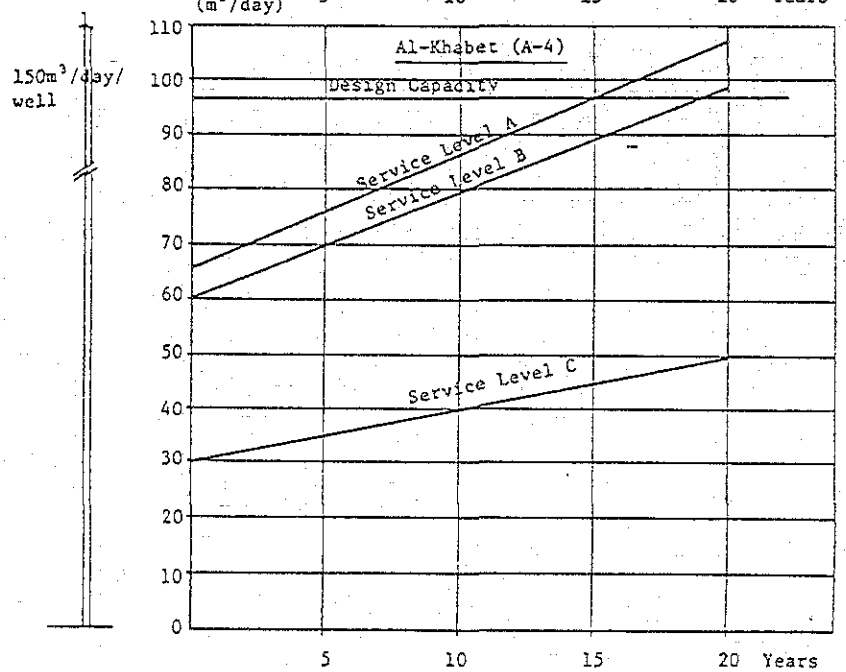


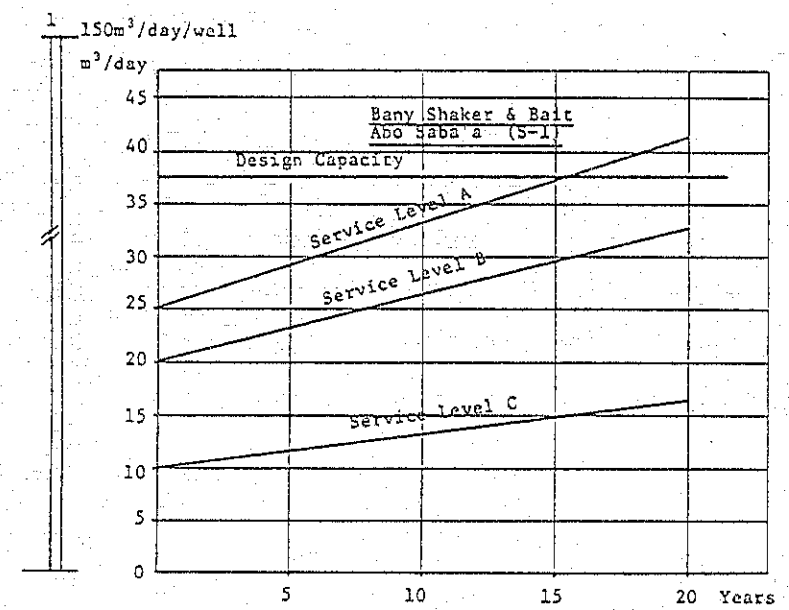

Harad (HA-4)
m³/day
2,700
2,400
2,100
1,800
1,500
1,200
900
600
300
0
790m³/day/well
Service Level A
Service Level B
Design Capacity
Service Level C
5
10
15
20 Years

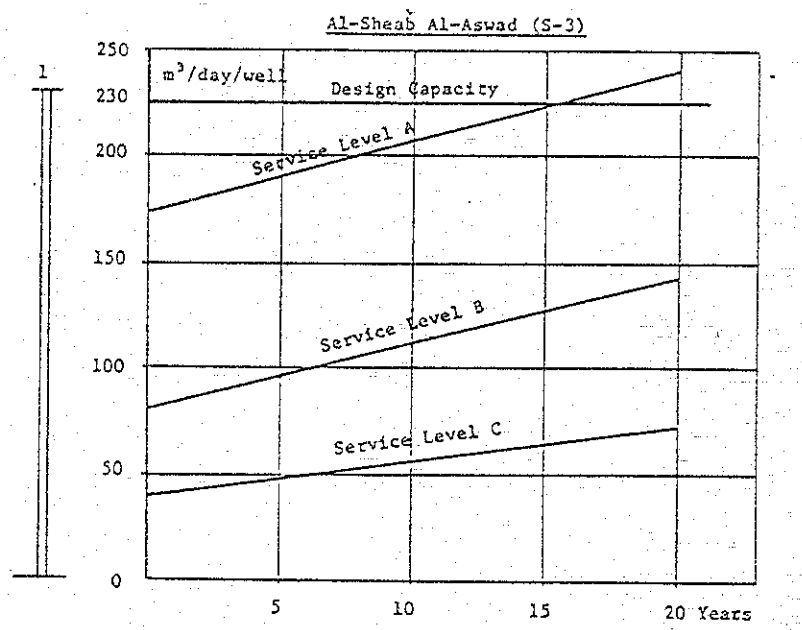

Al-Mahweet City (A-1)
m³/day
1,000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
230m³/day/well
Service Level A
Service level B
Available Water Source
Design Capacity
Service Level C
250m³/day (Spring)
Location — near the town
5
10
15
20
Years

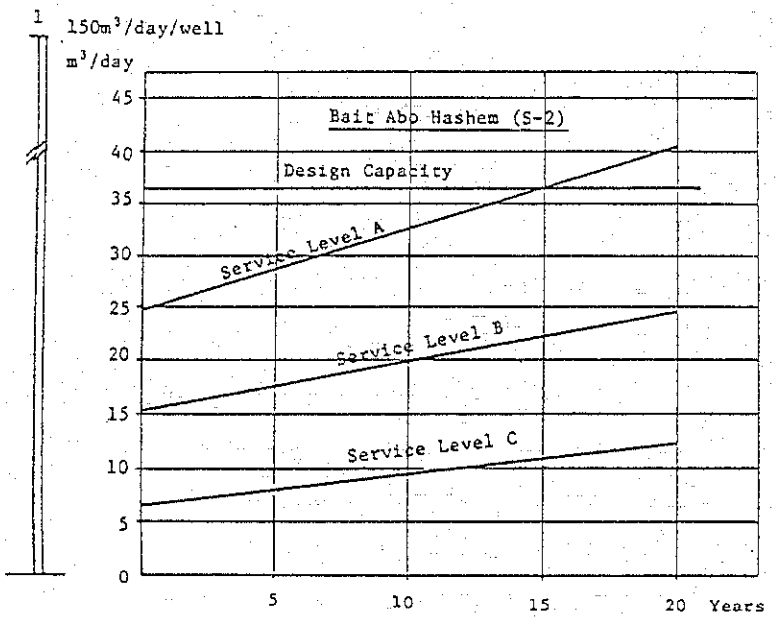

Al-Rajam (A-3)
150m³/day/well
(m³/day)
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

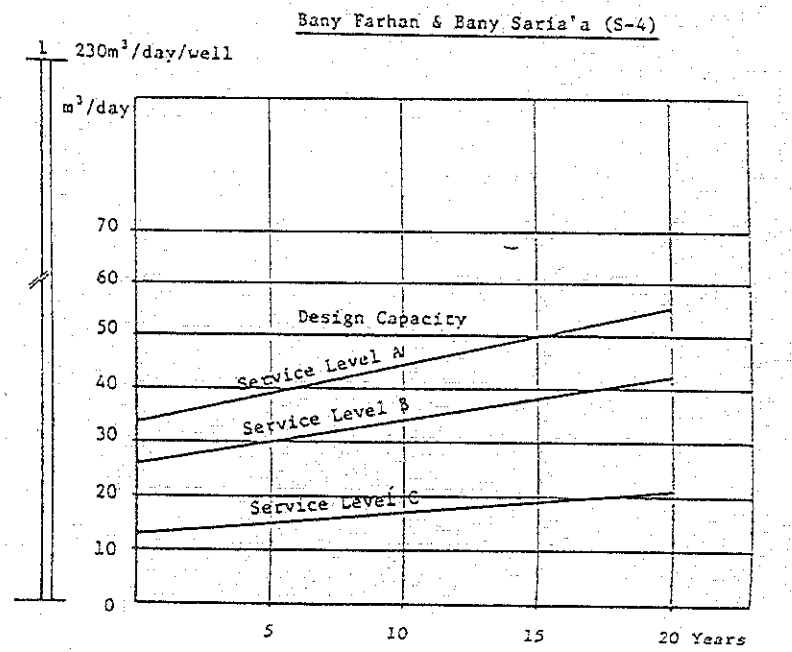

Hufash (A-2)
m³/day
230m³/day/well
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

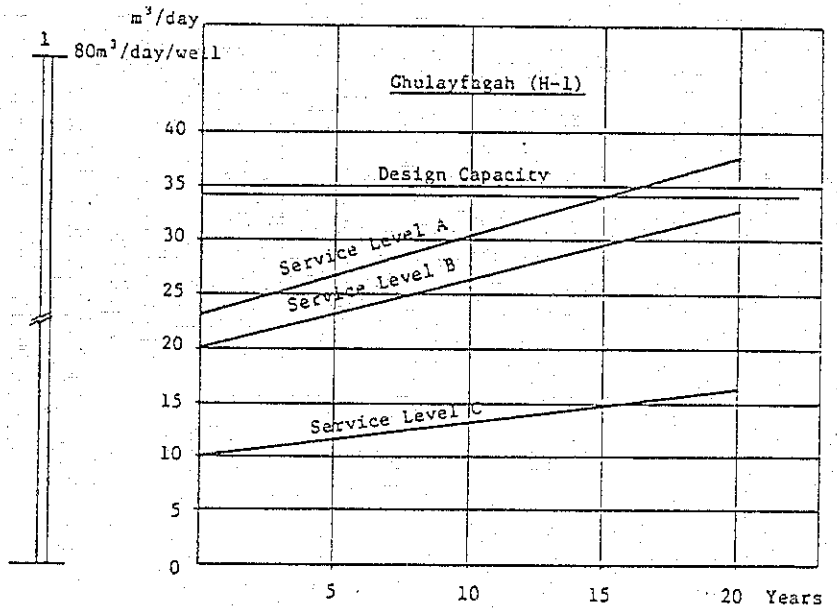

Al-Khabet (A-4)
150m³/day/well
(m³/day)
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Design Capacity
Service Level A
Service level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

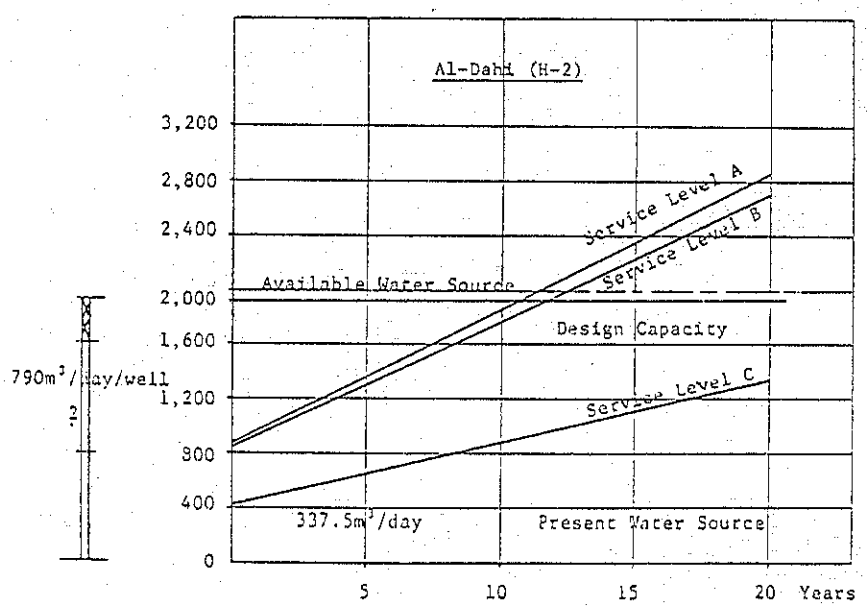

150m³/day/well
m³/day
Bany Shaker & Bait Abo Saba'a (S-1)
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
5
10
15
20 Years

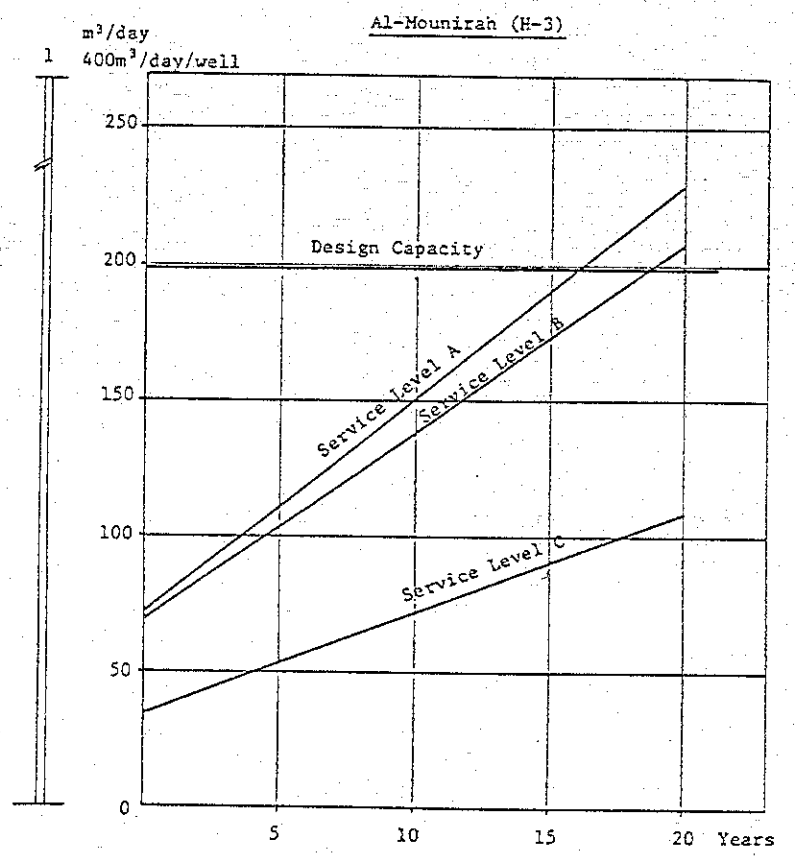

Al-Sheab Al-Aswad (S-3)
m³/day/well
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
250
230
200
150
100
50
0
5
10
15
20 Years

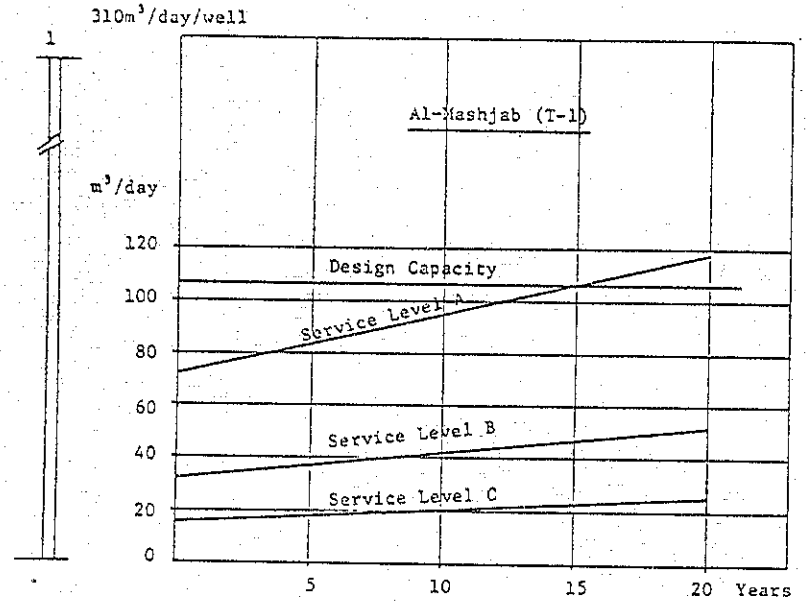

150m³/day/well
m³/day
Bait Abo Hashem (S-2)
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
5
10
15
20 Years

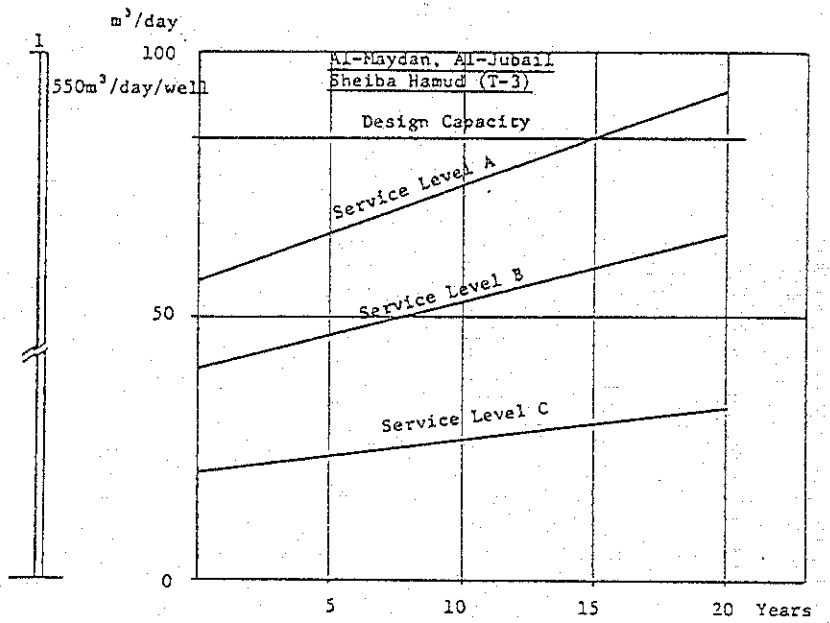

Bany Farhan & Bany Saria'a (S-4)
230m³/day/well
m³/day
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
70
60
50
40
30
20
10
0
5
10
15
20 Years

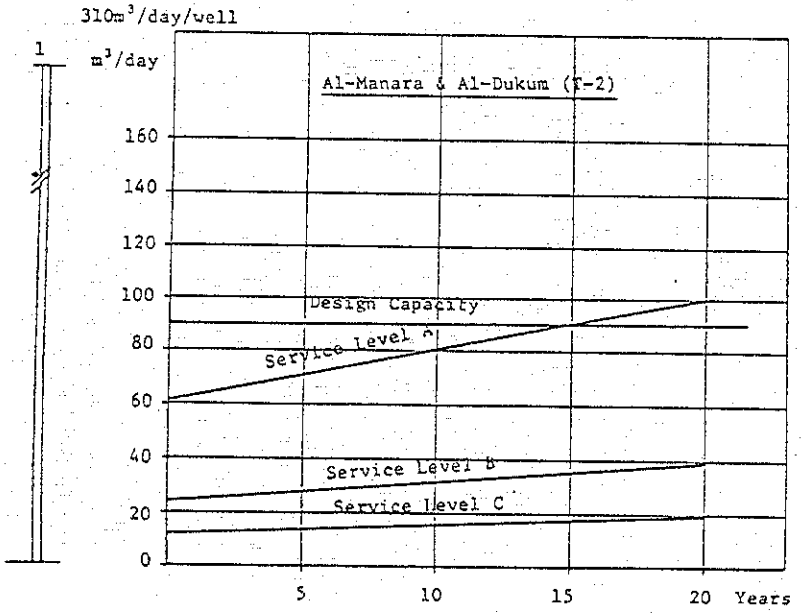

m³/day
1
80m³/day/well
Ghulayfagah (H-1)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

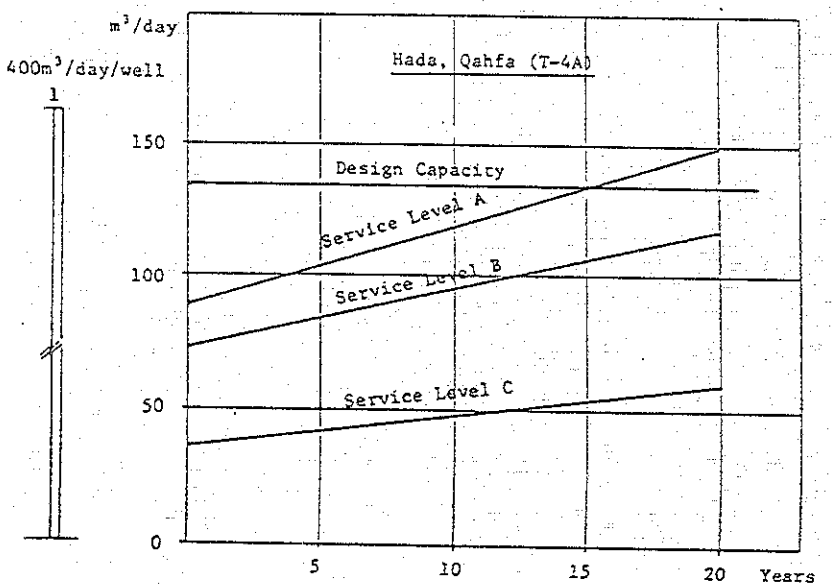

Al-Dahi (H-2)
3,200
2,800
2,400
2,000
1,600
1,200
800
400
0
Available Water Source
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
790m³/day/well
2
337.5m³/day
Present Water Source
5
10
15
20
Years


Al-Mounirah (H-3)
m³/day
1
400m³/day/well
250
200
150
100
50
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years


310m³/day/well
1
m³/day
Al-Mashjab (T-1)
120
100
80
60
40
20
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

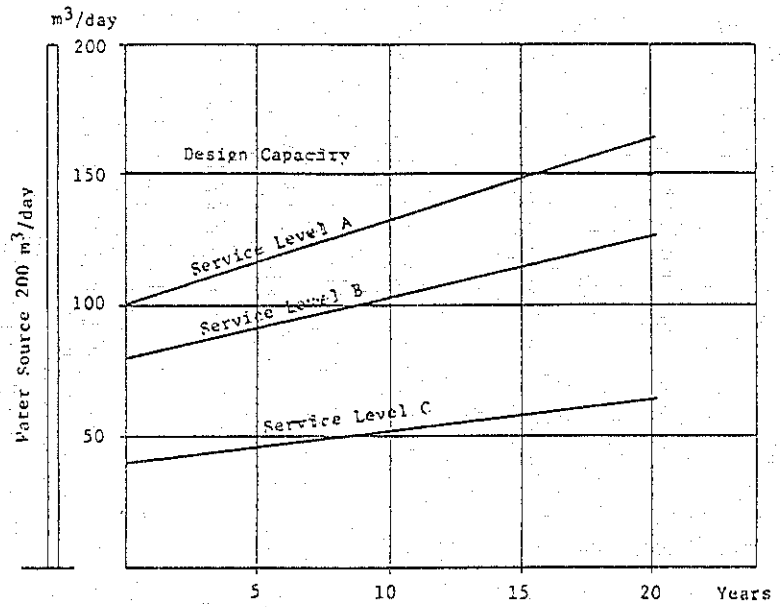

m³/day
1
100
550m³/day/well
Al-Maydan, Al-Jubail
Sheiba Hamud (T-3)
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
50
Service Level C
0
5
10
15
20
Years

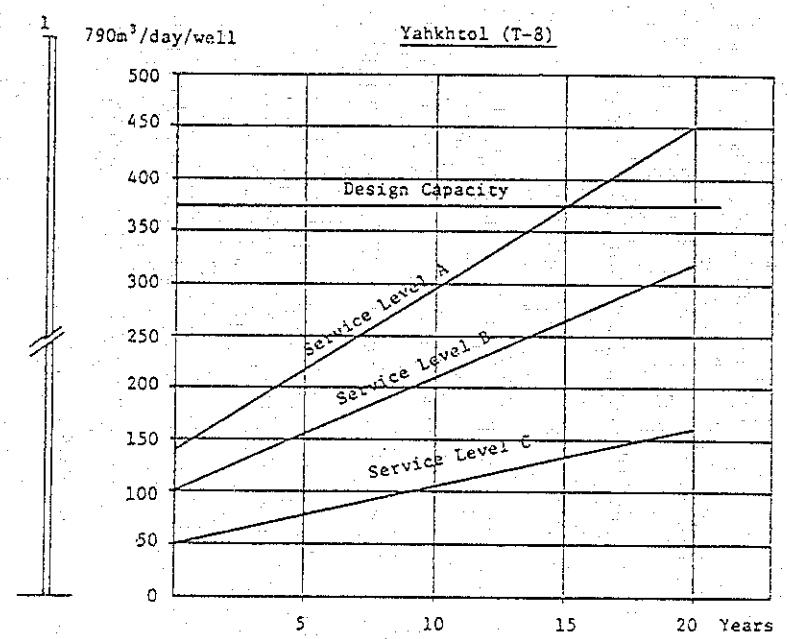

310m³/day/well
1
m³/day
Al-Manara & Al-Dukum (T-2)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Design Capacity
Service Level A
Service Level B
Service Level C
5
10
15
20
Years

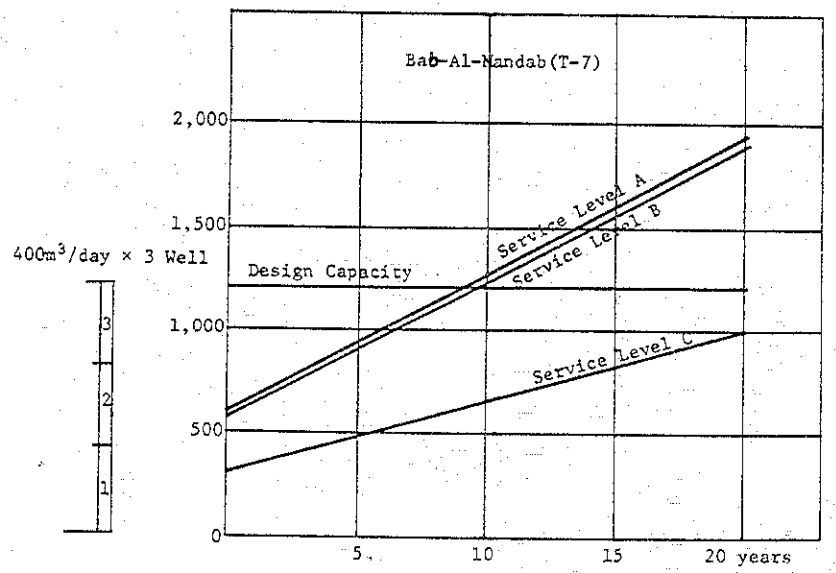

m³/day
400m³/day/well
1
Hada, Qahfa (T-4A)
150
Design Capacity
Service Level A
100
Service Level B
50
Service Level C
0
5
10
15
20
Years

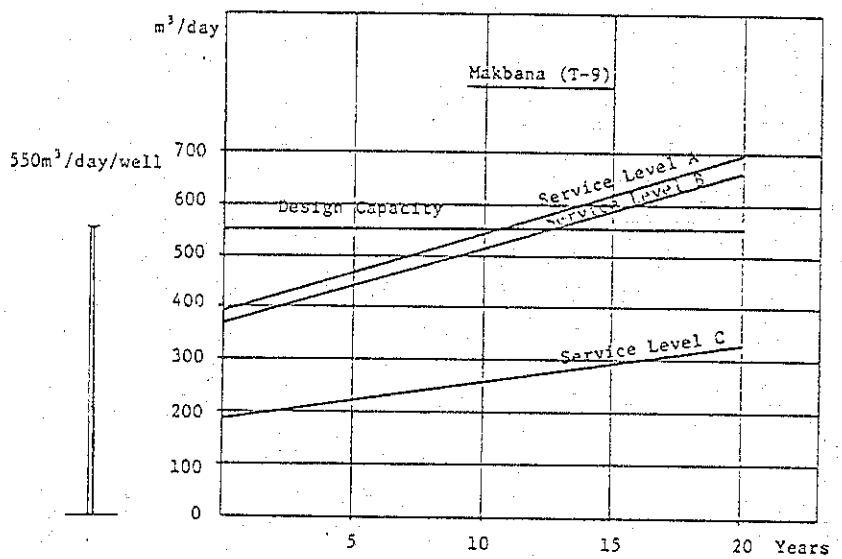
T-5 Shohat & AL-Kadash

(Under Ground dam)









7－4－5　水道施設建設費および、水価

投資々本の最大効果を得られる各siteの設計容量を決定し、夫々の設計容量に必要な各siteの給水施設に必要な建設費を図7－6に示す。全年間費用は、500－7,900 YR/m³/yearと大きな巾に分布するが、全site数の70%である16 siteでは3,500YR/m³/year以下である。最も年間費用の大きいのは、Hafash（A－2），Al-Rajam（A－3），Bany Shaker／Bait Abo Sabaa（S－1），Bait Abo Hashem（S－2）であり、単位水量当り年間に必要な費用は6,000YR/m³/yearである。しかしながら、これらsiteの給人口は他に比して著しく小さいので、夫々の建費は小さく、したがって、単位水量に必要な費用に比して、これらsiteの建設費の全siteの総建設費に与える影響は、さ程大きくない。

7－5.　運転及び整備

水道施設のうち機械設備の耐用年数を10年とし、パイプラインや貯水タンク等の比較的構造の簡単で寿命の長い設備類は20年として設計を行なっているが、この耐用年数は適正な運転と適格な整備が行なわれた場合に言えることである。

若し、運転に関する貧弱な技術力と不完全な整備しか行なわない場合には、いくらか優秀な機械を使用したとしても、設備の耐用年数は大巾に短かくなることに繋がり、この事はこの事業計画そのものに致命的な影響を及ぼすことになる。

従って、設備の運転と整備を設備に対する技術力や知識の不足している地方自治体に任せるのはかなりの危険を伴なうことになる。施設の運営が計画通りに行なわれるためには、新たに組織した運転及び整備のための特別チームを、公共事業者の直轄下に設ける必要がある。

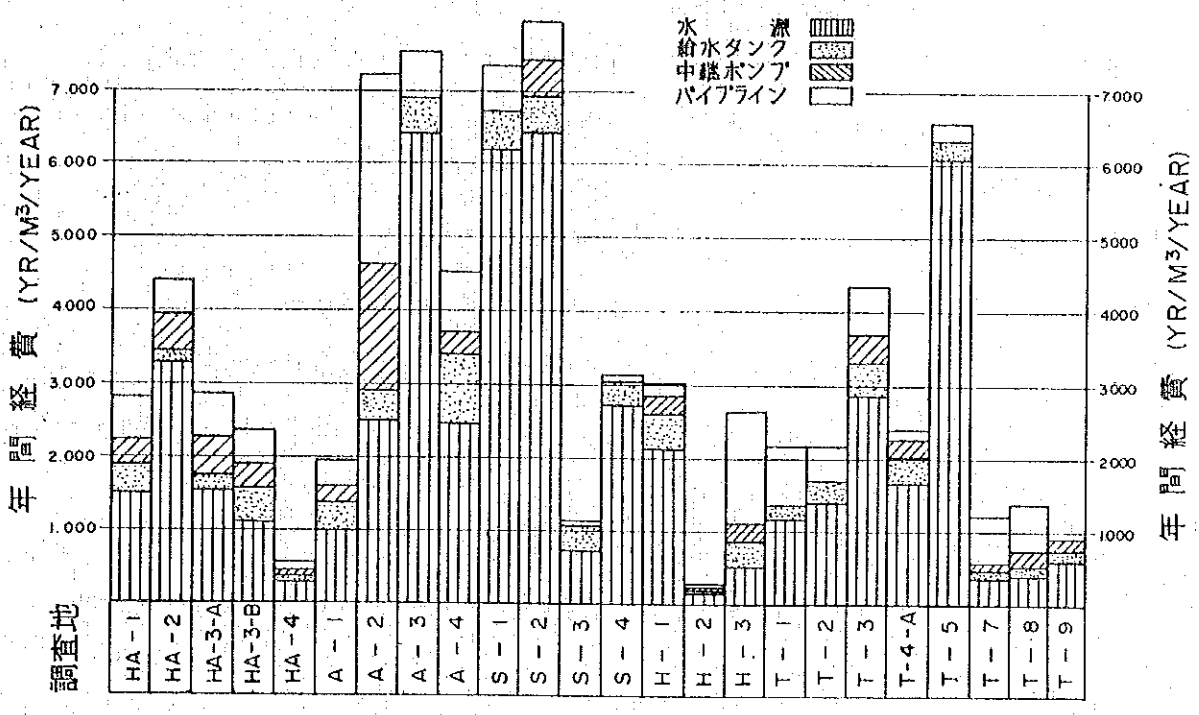
この新チームは設備についての豊富な知識を有し、又技術的によく訓練された人員で構成される。設備に故障が発生した場合には、このチームら技術者が派遣され、その対処に当ることになる。

全国に散らばる水道施設の運転及び整備に関しては、この特別チームの管轄に入るので、このチームはチーム活動に必要な充分な人員と機械を備える必要がある。

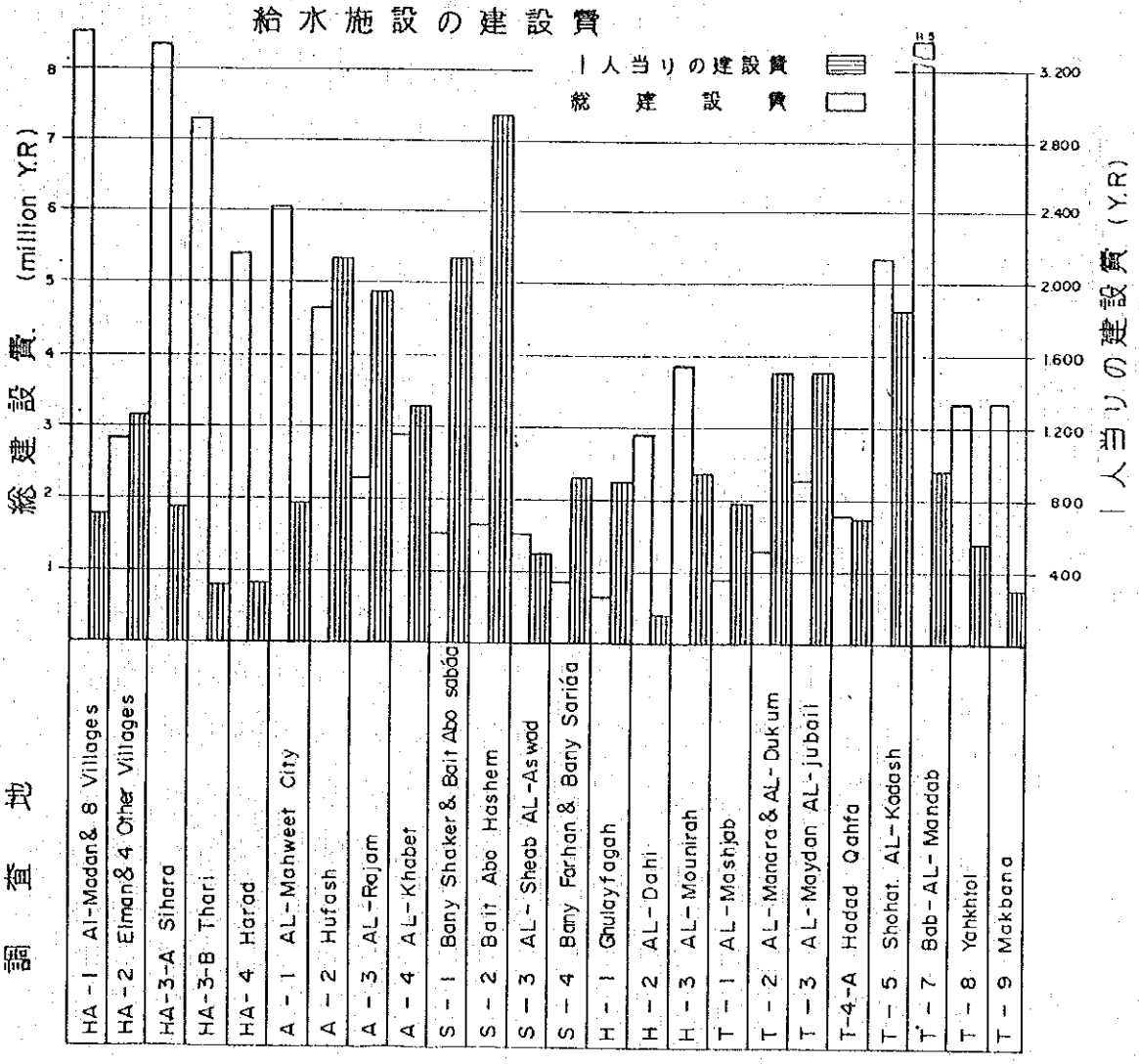
又、この特別チームの組織，人員，機能等についての検討を行なう必要がある。

図7-6　調査地区毎の年間経費と総建設費

給水施設の年間経費
（割賦償却費，金利，維持費，運転費を含む）



給水施設の建設費



第８章　一般的設計の考察と設計基準

８－１．設計計画年数

今から10年から15年先で、地方水道計画の再検討をせまられることになるが、７－４－４で述べたように１５年の設計計画年数が好ましいと考えられる。この設計計画年数は現在とは異なると思われる１５年後の経済状態にあわせて現在の計画が再検討できるという利点を持つ。又、その時点では、このプロジェクトに使われる大部分の機械は古くなるので修理又は交換が必要となろう。

８－２．給水の設計容量

このプロジェクトにおける給水施設は比較的多くの投資を必要とする。これは水量不足及び水を供給する地域と、低地にある水源との比高が非常に大きいことによるものである。

又、水の供給を受ける人口の数が場所により異なり３８０人から15,000人に及ぶ。各サイトの水理地質学的条件により、１つの井戸から産出される水量は限られており、公共事業省より提案されている設計基準に基づく需要に見合うためには、多くの井戸が必要となるサイトもある。このため最大投資効果を目指した、給水事業を行う為にいくつかのサイトでの水源に要するコストを押えることへの一層の考慮が必要である。（７－４－４参照）

設計計画年数の間、供給レベルＡでの需要に見合う為に１つの井戸からの産出量で充分なサイトでは、設計容量は、水源への投資を最大限に利用し得るものになるよう決定される。なぜならば、水源が充分にあるということは、豊富な水量より、むしろ比較的少ない需要という観点で決まるからである。この設計容量は下記のサイトで適用される。

Elman & Other Villages, Al－Rajam, Al－Khabet, Bany Shaker & Bait Abo Saba'a, Bait Abo Hashem Al－Sheab Al－Aswad, Bany Farham & Bany Saria'a, Ghulayfagh, Al－Mounirah (Ebu Abbas 及び Al Harunia への供給) Al－Manara & Al Dukum, Al－Mashjab, Al－Maydam, Al－Jubail, Sheibd Hamud, Hadad, Qahfa,

一方、設計計画年数の間、供給レベルＡでの需要をまかなうのに１つの井戸からの産出量では充分でないものは、下記のサイトである。

Al－Madan & 8 Villages, Thari, Al－Dahi,

Al－Mahweet City, Makbana.

これらのサイトでは、計画期間の終了時において設計容量は少なくとも、供給レベルCの需要（人体の健康上最小限必要とする量）を満足させるような設計にすべきである。

改善された給水の設計容量と絶対的需要とのギャップは他の水源によって補うような考慮が必要である（水理地質調査報告書の中に提案されている）。そしてそれは既存の水源を十分に活用することも必要である。

それに応じて各サイトにおける地方水道の設計容量は７－５図で示されたように８－１表の中に要約される。

従って、このプロジェクトの地方水道の設計容量は将来の需要または水源容量のいずれかによって決定される。この設計容量は各調査地の基本設計容量を意味する。

８－３．　１日の消費

現地調査の期間、現在の現地で観察される水の消費のパターンは８－２図の中に示したように要約される。

将来１日の水の消費は増加するだろうが、水使用のパターンは、居住者の生活様式にいくつかの本質的変化が生じない限り８－２図に示されたものと変わらないであろう。水使用パターンの日々のピークは下記の如くなる。

午前中における水使用の最初のピークは朝の礼拝に使われる水、次のピークは朝食の準備のための水を示す。最も高いピークは昼食時に観察され、それに午後早いうちに行われる洗濯のための集中的な水使用が続く。１日の水使用の最後のピークは夕食のための水の消費である。

水の消費パターンによると合計10時間にわたる集中的水使用期間を含めて現地に住む人々の１日の活動は14時間続くものと推測される。

これらの数字に基づいて１日の最大需要と時間毎の最大需要は８－３図のように推測される。

この図では時間毎の最大量は平均時間需要の1.5倍、そしてその平均時間需要は１日の平均需要の約1.4倍と推測される。総需要と可能なる水の供給とに基づいて１人あたりの１日の水の消費量は20から40リットル（Ｌ／人／日）の範囲にある。

８－３図に示されるように機械の最大の運転時間を19時間とした場合、実際の給水平均時間は１日約１０時間と推定される。従って下記のような設計容量が実質的給水単位の設計に使われた。

図8-1　　日消費量のパターン

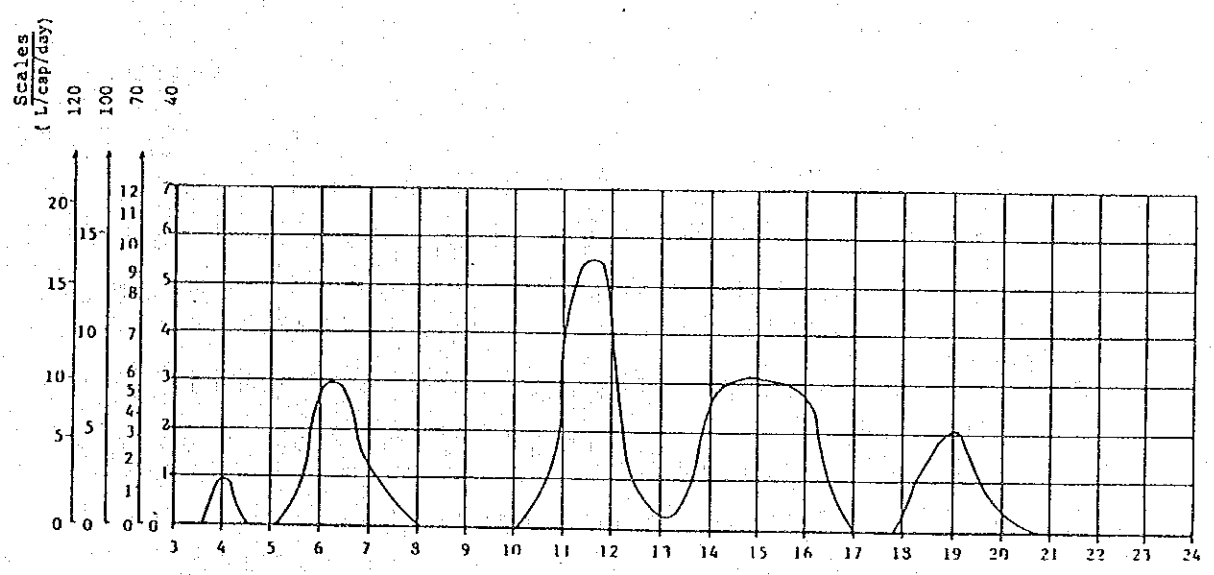
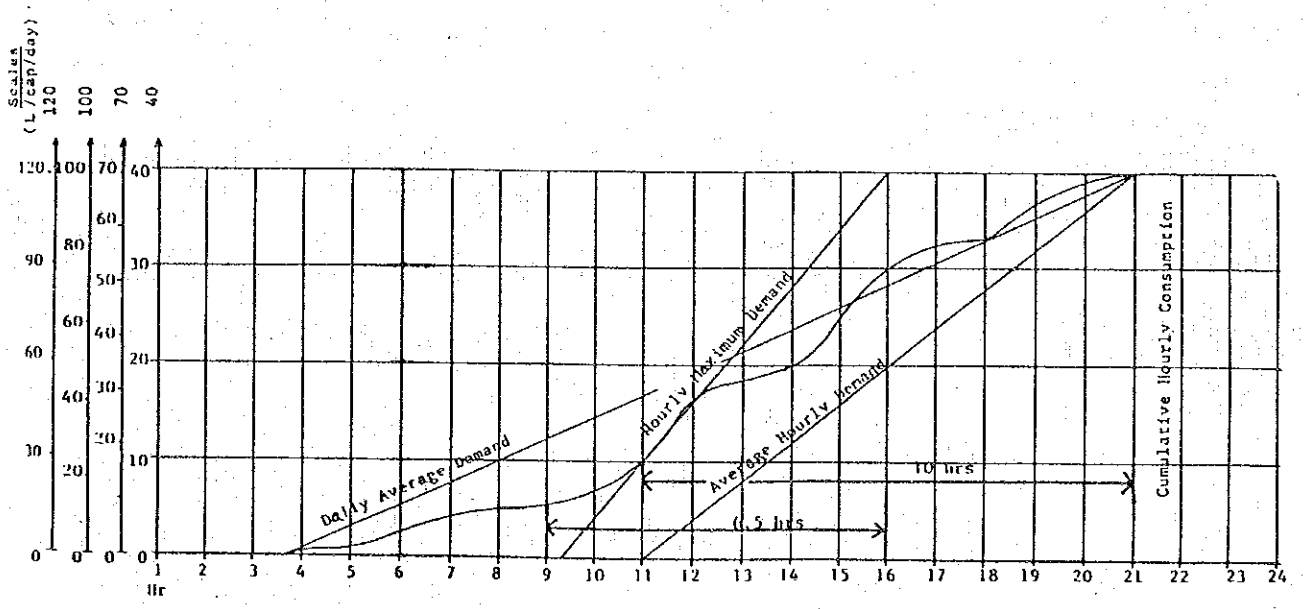


図8-2　　日消費量のパターンの累加曲線



$$平均時間容量(Qhr) = \frac{基本設計容量(Qo)}{10}$$

$$時間最大容量(Qp) = 1.5 \times Qhr$$

8－4. 配水タンクとサービスタンクのための設計基準

8－4－1. 給水タンクの建設資材

イエーメン国においては石工技術が非常に発展したが、コンクリートを使う建設工事は未だ未発達とみられる。

しかしながら、コンクリートタンクの建設費は、ＦＲＰタンクやスチールタンクよりも安価であるので、海岸地方では地上型のコンクリートタンクを使うよう要請された。コンクリートタンクを使うためには、海岸地方の高い塩分によって生じる、コンクリート構造物の鉄筋の腐植を防ぐ必要がある。

コンクリート構造物の鉄筋の腐食を防ぐ方法として次の２つに分類できる。

1. コンクリート厚を多くすることによる鉄筋の防護
2. コンクリートに化学製品を添加することによる鉄筋の防護

このプロジェクトのもとでは２番目の方法がコンクリートの腐食から防ぐ方法として好ましいと考えられる。

又、山岳地方におけるサイトでは組立式のスチールタンクが良いと考えられる。この場合には施工性，材料輸送を減少する利点がある。

各調査地の貯水タンクの型式は図面集のGenral Layout Planの項目で示してある。

更に、図面集に示してあるように、貯水タンクの位置を最適な地形状況に合せて利用することを提案する。

ほとんどの貯水タンクは地上タンクかコンクリート支柱による半高架タンクである。又高架タンクは海岸地方だけに計画されている。

8－4－2. 給水タンクの設計容量

給水タンクの設計容量は1日の水の需要と一般の家庭用水の需要に加えて他の目的のための需要とによって決定される。

他の目的とは次の様なものである。

公共目的： 基本設計容量の20％

消火目的： 基本設計容量の25％

緊急目的： 2.5 L／cap／day

基本設計容量は将来の需要か各サイトの限られた水源の量によって決まるので、基本設計容量の大きさは場所により異なる。更に消火の必要性が生じるのはごくまれなことである。従って公共又は消火のどちらか大きい方の容量がQrとして、給水タンクの設計容量に加えられる。

地方水道施設は多種多様の事故も発生する。

このため遇発的に起こる緊急な需要に対する考慮が必要である。イエメン国では過去の経験によると給水施設の修理作業は地方で平均7～8日かかった。

大人1人に必要とされる1日の基本的水量が2.5リットルと仮定すると緊急の場合9日分の需要に応じる水量が必要となろう。女性と子供が総人口のかなりの部分を占めているので緊急目的の設計容量は上記水量の70％と推定した。

Qe=2.5 L／cap／day×総人口×0.7

給水タンクの設計容量を決めるうえで前述した3つの目的のための水の準備が必要であるが、家庭需要の目的のための給水タンクの設計容量に比べて必要な水量がかなり大きい。従って実際の設計容量ではこれら3つの目的の水量の最大のものだけが含まれる。

8－4－3. 給水タンクの種類

このプロジェクトのもとでの地方水道の給水タンクは次の4つに分類できる。

1. サービスタンク

このタンクの主な役割は、家庭用水に使われる水の必要量を貯蔵し共同水栓を通し

て給水を行なうことである。サービスタンクの設計容量は3時間の時間最大需要（Qp×3）と2つの追加量（QrかQe）のどちらか大きい方を加えた総量に等しい。サービスタンクのはっきりした設置場所は各村の将来の開発計画に合った詳細設計の段階で決定する必要がある。

2. 配水タンク

このタンクの主な役割はサービスタンクに水を送り届けることにある。このタンクは枝管（分岐機能）の役目を果たすもので大きな設計容量は必要とされない。この種のタンクの設計容量は1時間の時間最大需要として決定された。

3. 中継ポンプステーションタンク

このタンクは中継ポンプステーションに設置され、その重要な役割はパイプを継ぎ合わせることである。

最小限の設計容量で空気のパイプへの流入を防ぐに充分である。タンクの設計容量は30分の平均時間需要で（Qhr×0.5）で決定された。

4. 給水栓付き中継ポンプステーションタンク

このタンクは中継ポンプステーションに備えられる。そこでは中継ポンプステーションタンクに接続する給水栓を通して水が必要とされる。設計容量は3時間（Qp×3）の時間最大需要にポンプの設計容量は1時間の需要（Qhr）を加えたもので決定された。

水位標示器がすべてのタンクに備え付けられなくてはならない。

8－4－4. パイプラインの設計基準

調査地のほとんどは岩の多い山の斜面かまたは広く相当の塩分を含む土壌の海岸沿いの平地に位置する。

従って地表にパイプラインを設置するのが好ましい。これは、岩の多い地形上での土工がコスト高であることと、高い塩度によって生じるパイプの腐食を防ぐためでもある。この配管方式は漏水を容易に発見し、容易に修理できるという利点をもつ。このプロジェクトの山岳地方のパイプラインは亜鉛引きスチールパイプが好ましい。更に地表の大きな温度変化によって生じる事故を防ぐために伸縮継手を250m間隔で設置する必要がある。

海岸地方のパイプラインは石綿セメントパイプが好ましい。これは海岸地方の高い塩分によって生じる問題を防ぎ、又地方水道の経済性の点でも利点がある。石綿セメント

パイプのコストはパイプを地中に埋設するのに必要な土工費を含めても亜鉛引きスチールパイプに比べて安くなる。

石綿セメントパイプは高圧管（１種管，水圧28㎏)が好ましい。しかし外圧による安全度を考え（路面荷重の小さい場所で）最小0.6ｍの土被り厚、道路を横断する場所で1.20ｍの土被り厚が必要である。

石綿セメント管の接合法は異形管には鋳鉄継手が、同径管には石綿セメントカラー継手が使われる。

6－3図に基づいて必要な水量と最適な口径のパイプの選択は下記のように決定される。

最適パイプサイズ	必要水容量
φ1′	15～ 75 L/min
φ2′	75～ 217 L/min
φ3′	217～ 583 L/min
φ4′	583～1,250 L/min
φ6′	1,250～1,783 L/min

8－4－5. ポンプ施設の設計基準

水源には水冷式ディーゼルエンジンを動力源とする電動水中ポンプが好ましい。ポンプハウスが備えられなくてはならないし、ディーゼルエンジンの土台はポンプハウスの床板とは独立していなければならない。井戸がポンプハウス内にある場合は修理する時のためにふた付きの開口部が備え付けられなくてはならない。但し、水源ポンプと揚水パイプの重量計算の結果クレーン等の設備は必要ない。水源より高い位置にあったり遠隔の地にあるような給水地区では中継ポンプステーションが備えつけられる。水源と揚水ポンプステーションでのポンプとエンジンの運転は自動電気システムでコントロールされる。自動システムは電磁気弁とボールタップによりコントロールされる。このシステムを保護するために電線にパイプが備え付けられる。

配電盤は設置環境を考慮して継電器の仕様を「熱帯仕様」型にすると共に、防湿及び防塵対策に充分配慮を払った構造とする。

又、管理者が容易に運転状況を把握する為に運転故障表示装置を配電盤に備えよ。

一方、外部の人が施設にいたずら出来ない様に、安全対策を考慮し、配電盤はロック機構とする。

8－4－6. 供給施設の設計基準

供給施設は共同水栓，家畜用水飲場，浸透槽から成り立つ。共同水栓は200人に1つの割り合いで設置される。1つの供給地点での最低4つの蛇口を持つ。

家畜用水飲場の長さは200頭あたり1メートルとした。これの最小限の長さは4メートルと設計した。

浸透槽は蛇口から50メートル以上離れた場所に設けられ表面積の大きさは1蛇口，削1平方メートルの割合で蛇口の数により決定された。表面積は最低4平方メートルとなる。

浸透槽の表面の位置は小石と砂との15センチメートルの厚さの層をもつ地表から1.5メートル低い所に設計した。

このプロジェクトのいくつかの地域、特にHajjaとAl Mahweetは給水地区の比高が極めて高い。従って異った型の揚水ポンプステーションが必要であり、これらの揚水ポンプステーションの建設費はこれらのサイトの水道計画の中で高コストの割合いを示している。

揚水ポンプステーションの投資額を減少させるために、コスト分析を異った型の揚水方法で行った。これらは500mの揚程で（設計揚程の異なる）3種類の揚水ポンプのコストの構成要素を積算し、表8－1と図8－4,5,6に示した。

図に示されるように、揚水ポンプステーションの最大コスト構成成分は発電機で、高揚程ポンプほど大きな投資額となる。

異った型の揚水ポンプの各々の建設費の比較を行い図8－7に示した。これは、100m揚程の抵揚程ポンプが設計容要0.55m^3/min以上では明らかに経済的であることを示している。しかし設計容量の小さい範囲では250m揚程ポンプ2段による方が投資額は小さくなる。

これらの調査地の必要設計容量は100m^3/day（0.1m^3/min）より460m^3/day（0.4m^3/min）であり、計画稼動時は19時間としてある。

従って、これらの調査地では揚水ポンプステーションの最適経済設計は100m揚程ポンプと250m揚程ポンプの組合せである。

図8－4,5,6に示されるように揚水ポンプステーションの建設費に対する発電機の割

合いが最大であるので、発電機の個別コントロール方式と集中コントロール方式の２つの場合のコストの比較を行った。

図８－８に示されるように異なる容量の発電機の投資額は全容量が数１００ＫＶＡ以上の場合、集中コントロール方式の方が個別コントロール方式に比べて安くなる。しかし少ない発電機で小さい容量を必要とする場合は高くなる。全容量が非常に小さい場合は集中コントロール方式は経済的である。

図８－９に示されるように発電機の必要容量と建設費が給水地域までの高揚程が必要な全調査地で比較を行った。図に示されるように、これらの多くの調査地はAl Mahweet City(Ａ－１)とHufash(Ａ－２)を除き、個別コントロール方式が集中コントロール方式に比べてより経済的である。

集中コントロール方式は送電ケーブルのコストを加える必要があるので、各個の揚水ポンプステーションへの電力供給は個別コントロールが好ましい。

なお、パイプについては、岩盤地帯の場合、埋込みが出来ないから、気温変化に対する曲管を使用しなければならない。此の場合、超高圧用の肉圧管は曲げ作業が困難である故、ブスターステーションは多くなっても水圧を減ずる措置として、数段に区切る必要がある。

表8－1　中継ポンプ場の建設費

（パイプ長　1,000 M）
（全揚程　500 M）

ポンプ	容量 (m^3/min)	建設費（イエメンリアル）			
		ポンプ	発電機	パイプ	合計
500 m×1 set	0.2	238,000	106,000	400,000	744,000
	0.4	308,000	520,000	500,000	1,328,000
	0.6	380,000	660,000	620,000	1,660,000
	1.5	600,000	1,200,000	700,000	2,500,000
250 m×2 sets	0.2	136,000	136,000	86,000	358,000
	0.4	154,000	198,000	100,000	452,000
	0.6	214,000	308,000	132,000	654,000
	1.5	480,000	1,320,000	700,000	2,500,000
100 m×5 sets	0.2	146,000	186,000	86,000	418,000
	0.4	180,000	246,000	100,000	526,000
	0.6	198,000	300,000	132,000	630,000
	1.5	270,000	530,000	160,000	960,000

図8－3　中継ポンプ場の建設費（５段）

パイプライン長　1,000M
実　揚　程　500M
5段階揚程：100M×5台

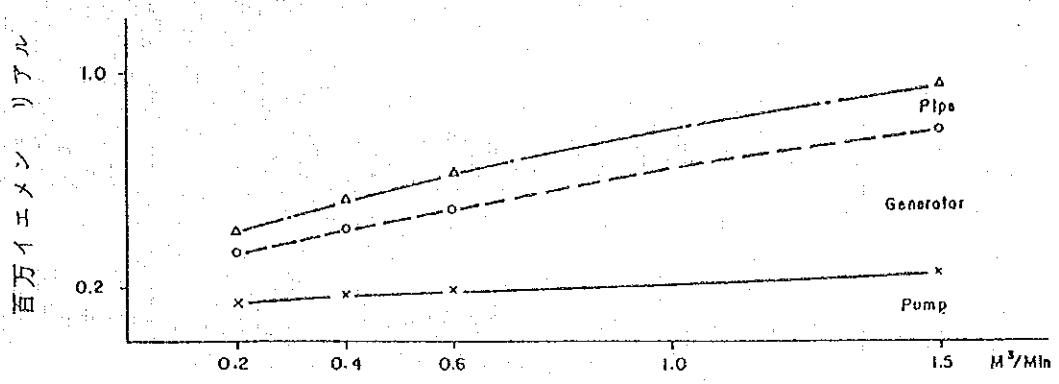


図8－4　中継ポンプ場の建設費（２段）

パイプライン長　1,000M
実　揚　程　500M
2段階揚程：250M×2台

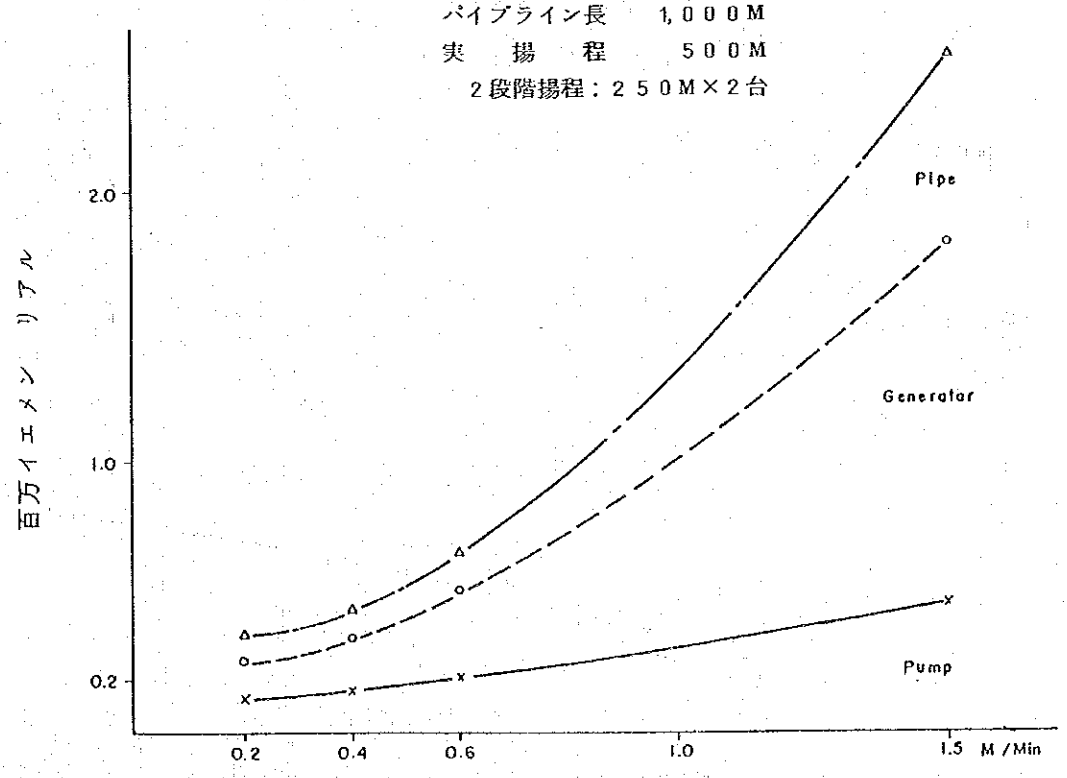


図8－5　中継ポンプ場の建設費（１段）

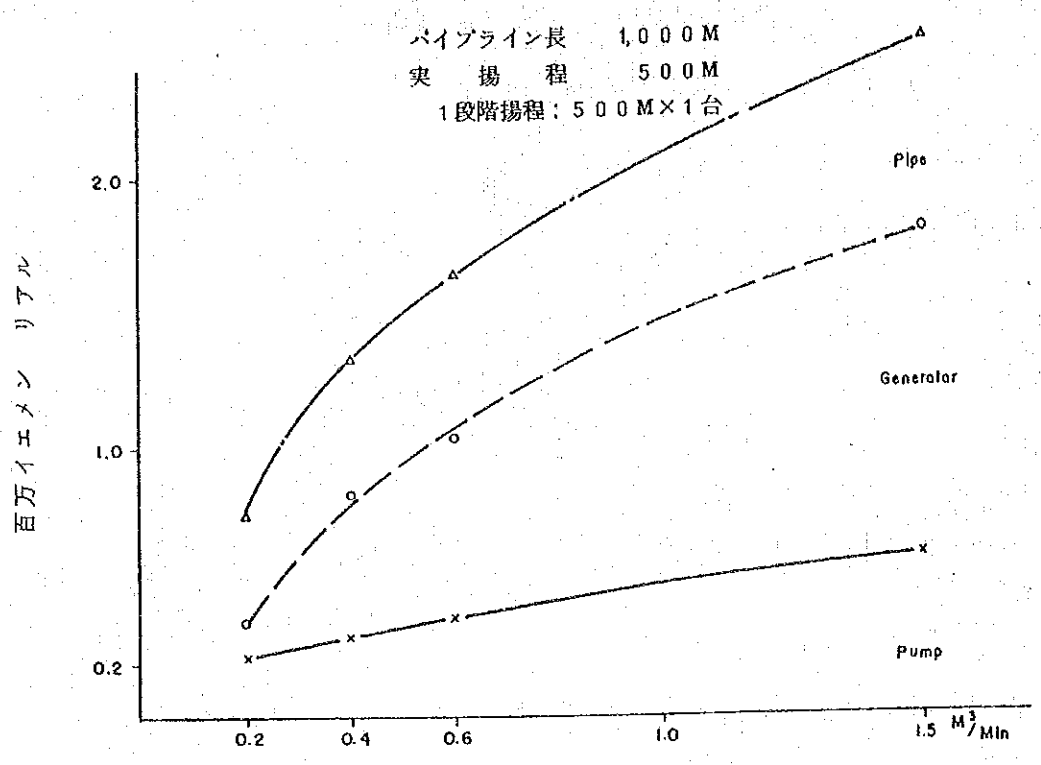


図8－6　中継ポンプ場の建設費の比較

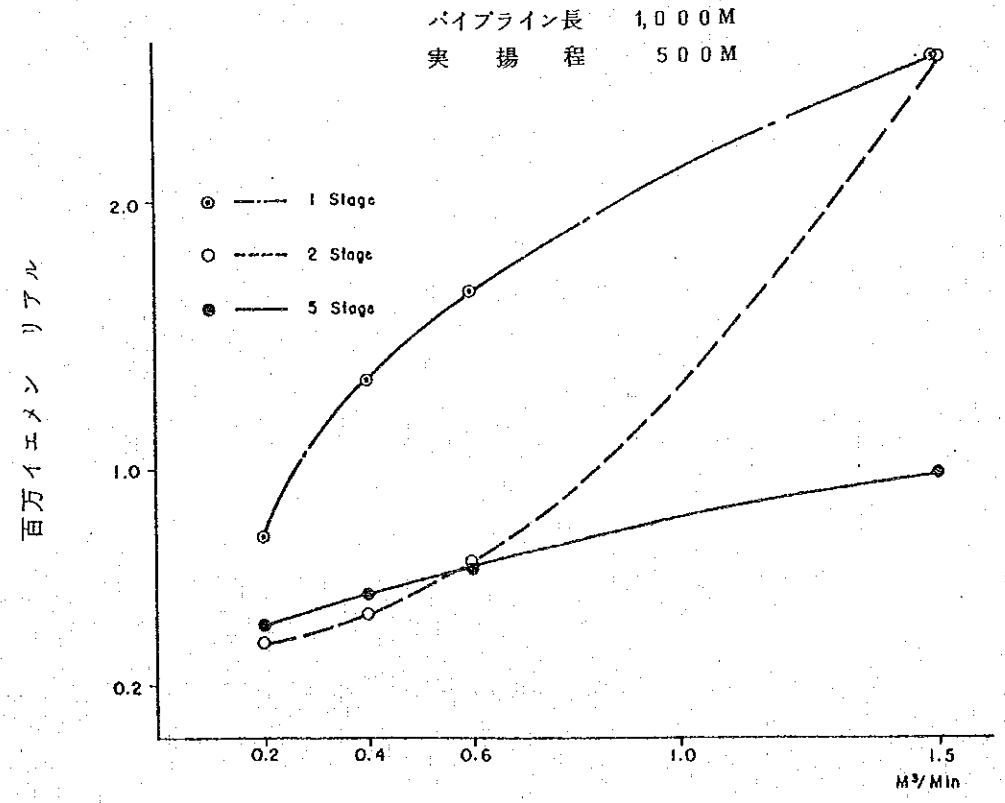


図8－7　発電機の建設費

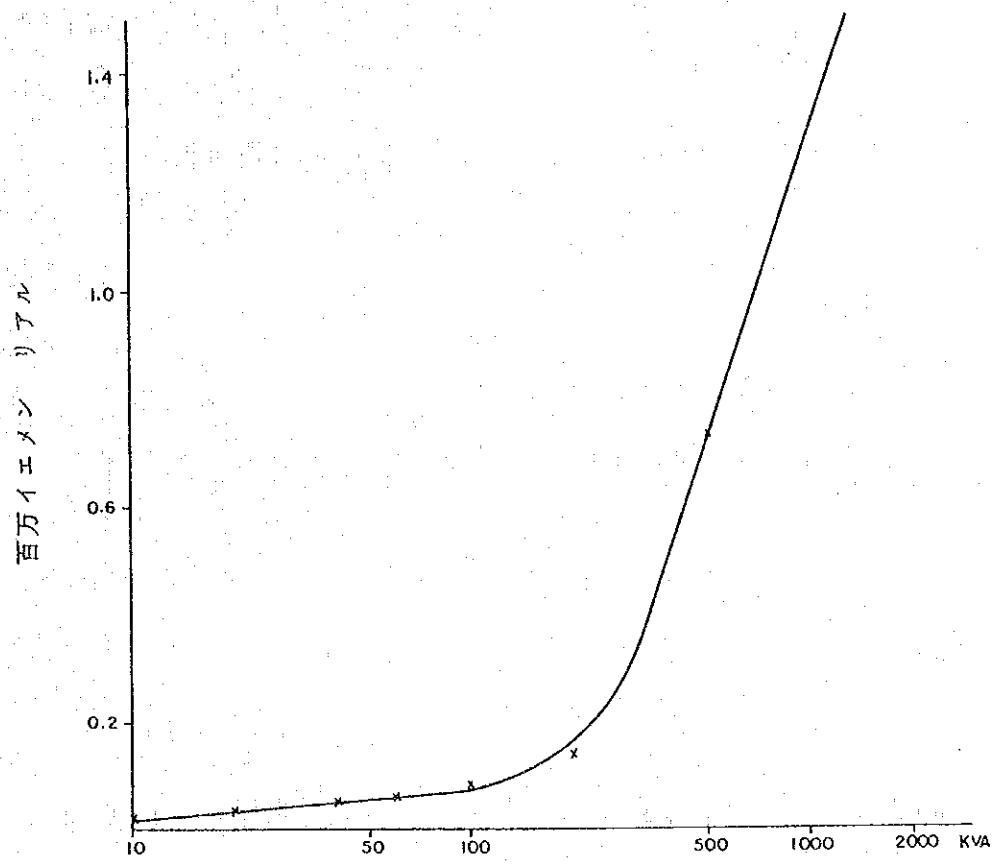
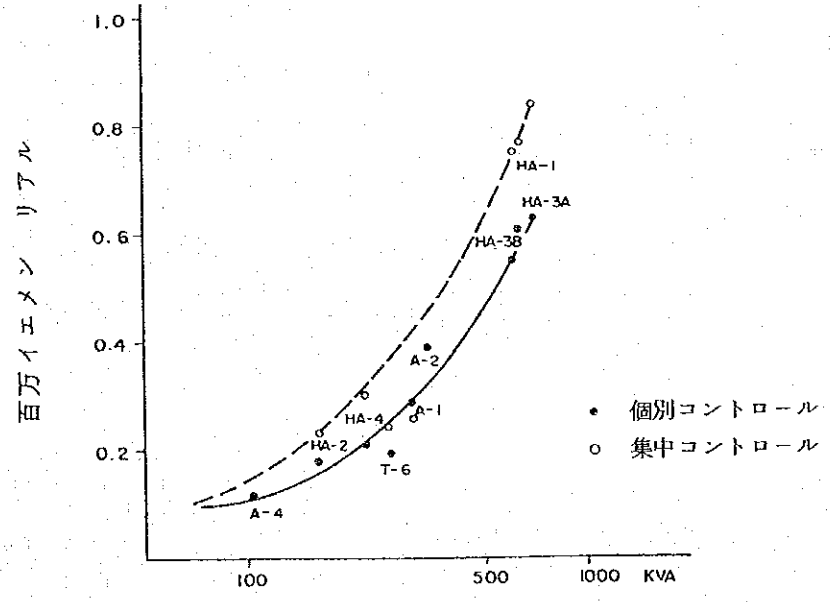


図8－8　制御方式による
発電機の建設費比較図



第９章　調査地と基本設計のために計画された給水システム

９－１　概　　論

全ての調査地での家庭用水のきびしい不足を解決するために最大投資効果を目指して、各調査地に基本設計を決定した。

しかしながらAl—Kudha，Al—Hagl及びTaiz GovernarateのAl—Zakiraのサイトでは基本設計は行わなかった。

なぜならば現段階においての調査では各サイト近辺には有望な水源は発見されないためである。（７－４－１参照）これら各サイト別に小さな水源を配置するより地域単位での総合的解決策のための水マスタープランを緊急に作ることが望まれる。

しかしながらShohat，Al—Kadashのサイトでは地形と地質的条件が良いので地下ダムを提案した。

別添の図面集中に、水源，ポンプステーション，給水タンクの大まかな位置がそれぞれのサイト毎に示されている。

しかし施設の確かな位置は詳しい地形調査の結果に基づいて詳細設計の段階で決定される。また、供給施設（給水栓，共同水栓，家畜用水飲場）の最終設計はそれぞれのサイトの将来計画に合わせた詳細設計の段階で決める必要がある。

それぞれの提案する給水システムの建設費を見積った。このための資材及びその他のコストは1979年公共事業省（M.P.W）によって発行された「プロジェクトコストの見積り単価と建設物価」の第一巻より採用した。

しかし、上記資料には十分な種類の揚水ポンプ，水中ポンプのコストは載っておらないので、これらの資材の見積りは1979年４月のF.O.B東京（本船渡し）価格を適用している。これらコストは輸送費，物価上昇の影響で変更もありうる。

水源の主なタイプは地下水であるので、見積もる上でボーリング費用が重要なものとなる。ボーリング，資材，ポンプ試験の費用単価は６－３－２で示されたように見積もられる。これらボーリング機械と資材がサナで入手できるという考えに基づいている。

9－2. 地方水道建設に関するサイトの一般条件

調査地は広範囲に分布するので、各サイトの一般条件は場所によって異なる。地方水道計画実施にあたって重要な点は、充分な水源の確保、水源と供給地域間の地形条件、そして各サイトへのアプローチの容易さである。

この観点に立って各地方水道計画の実施にあたっての必要なる一般条件を9－2節に述べる。

9－2－1. Al－Madan & 8 Villages：№ HA－1

このサイトはハジャ地区の険しい山岳地域にある。給水地区は山頂と約10平方キロメートルにおよぶ険しい山地上部斜面に位置する。この地で開発可能な水源は給水地区よりはるかに下のワジ（かれ谷）の川床に求めざるを得ないので、揚程の高い揚水ポンプが必要となる。

このため、パイプラインの建設ルート，揚水ポンプステーションの建設位置を決定するために一層細かな調査が必要であろう。更に村からワジガマン（Wadi Gaaman）に計画されている水源地までの約３００メートルにわたる道路の拡幅が必要である。

9－2－2. Elman and 4 Villages：Site № HA－2

このサイトの給水地区もワジナハールの上流地域にある山斜面にあり、250メートルの崖でワギ底から隔離されている。

給水地区とワジ底の水源との高度差は約６００メートルある。このため高揚程の揚水ポンプが必要とされる。さらに、パイプラインの構造，揚水ポンプステーションの位置を決定するため細かな調査が必要となろう。

更にワジナハールの支流の１つに計画されている水源まで約２キロメートルにわたって道路建設が必要である。

9－2－3. Shihara Site № HA－3A

この用地の給水地区は山頂（海抜2,500メートル）から海抜1,300メートルの高さにある山のふもとの丘までの約18平方キロメートルの広大な地域に及ぶ。村の中心は海抜2,300メートルの高度の山頂に位置する。

山々は谷で深く切り裂かれ、急勾配の崖が多く見られる地形的特色をもっており、狭く険しい岩の多い道が村の中心への唯一の進入路である。

水理地質学条件と水源への出入りの容易さを考慮すると、海抜1,200メートルあたり

のワジの底にボーリングするのが適当と考えられる。給水施設の最終的な配置を決めるのには詳細地形測量が必要である。

9－2－4. Thari : Site No. HA－3B

このサイトの給水地域の地形学上の条件はShiharaに等しい。Shiharaでも人口の大部分が山頂に集中している。しかし、この給水地区の面積は26平方キロメートルに広がっている。

このサイトの可能性のある水源は西側ではWadi Nahar，東側ではWadi Swuarで得られる。しかし、両方のワジは海抜1,500メートルの高度を越え、ワジの川床の勾配はかなり急である。地形条件を考慮するとこのサイトへの水源は海抜1,400メートルの高度のWadi Naharの川床にが適当であろう。

Shiharaと同様、給水地区，水源，揚水ポンプステーションの建設現場への道路事情は険しく岩の多い地形のため非常に悪い。

9－2－5. Harad : Site No. HA－4

この調査地は海抜100メートルの高度のティハマ沿岸平原にあるOld and New Haradの2つの村からなる。New and old Harad 間の距離は約1.5キロメートルでWadi Haradは2つのHaradの間を西に流れる。このサイトは国境線における輸送交通の要衝として急速な発展が予想されるため生活用水が緊急に必要となる。

この用地の水源に3つの井戸が計画される。詳細設計の準備のために地形測量が必要である。サイトへの道路事情は良いと考察された。しかし建設は乾季に行われなければならない。

9－2－6. Al－Mahweet City : Site No. A1

このサイトは海抜2,000から2,100メートルの高度の上部斜面と山頂に位置する。この地域での地形的特色は険しく岩の多い山斜面ということである。

このサイトはthe Almahweet Governorateの中心なので安全で充分な家庭給水が緊急に必要とされる。

このため公共事業省では給水システムの改善のための設計を行った。しかし計画された水源は町よりかなり下にあるSael Al Eyownにある小さな泉であり、泉の湧水量を裏付けるに充分な資料はない。

泉と給水地区の高度差は約500メートルで一年に幾度かは洪水の生じるSael Al Eyownの底に水源が位置しているので他に水源を提案した。（水理地質調査報告書参照）

現在のところ考えられている水源への道はなく、詳細設計段階でパイプラインと揚水ポンプステーションの位置の最終決定のために地形測量がなされなくてはならない。

従って深井戸を計画するが公共事業省計画の Sael Al Eyown 泉利用の場合についても比較設計することゝした。

9－2－7. Hufash : Site A－2

この用地の供給地域は広大な地域に及ぶ。村の中心は海抜2,100メートルの山頂に位置する。山はこの地域を占める谷，崖，険しい斜面によって深く切り込まれている。

いくつかの泉が現在その地域の主要水源となっている。

しかしながら、将来の永続的水源計画のためにこれらの泉を使用するのは好ましくない。なぜならば泉は山頂のすぐ下にあり、泉の水の源集水域が非常に限られている。従って Madeh 周囲の WadiSheache に沿う断層の破砕帯における井戸がこのサイトの水源としては適当と考えられる。

現在、水源，パイプライン，揚水ポンプステーションの建設現場給水地域への道路事情は非常に悪い。

9－2－8. Al Rajam : Site No A－3

このサイトの給水地域は海抜2,000メートルの高度の盆地のような地形の隅に位置し、狭い地域である。

現地調査に基づくと地方水道の永久的水源として得られるのは地下水だけだという結論が得られた。井戸の位置は村の中心で東の方向へ、2つの断層が交差する地域に予定されている。

この用地の周囲の一般的地形はなだらかな起伏であり、井戸や他の施設の建設には何ら困難は予想されない。しかしながら、サイトへの道路事情非常に悪い。

9－2－9. Al Khabet : Site No A－4

この用地の給水地域はワジの底から山頂まで広範囲な領域に及ぶ。村の中心は海抜1,200メートルの高度のなだらかな起伏の山の斜面にある。

用地の近くに2つのワジがある。しかし、出水が定期的で水流が季節ごとにしかおこらないため、これらのワジはこのサイトの家庭用水の永久水源としては向いていない。ワジ沿いにこのサイトのための井戸が計画されている。

サイトと水源への道路事情はよいが、パイプラインの建設現場と、揚水ポンプへの道路事情が悪い。

9－2－10. Bany Shaker and Bait Abo Saba'a ; Site №S－1

このサイトの給水地区は高山に囲まれた小さな谷沿いに位置する。山頂の高度は海抜2,300メートルに達する。

現在主要道路から用地までの約2キロメートルの道路事情は非常に悪いが、道路改修工事が行われている。しかしながら、パイプラインの建設現場と揚水ポンプステーション予定地への道路事情は依然と悪い。

井戸が地方水道の水源のために計画されているが、貯水池建設と水平ボーリングのための予備調査と検討が将来の水源のために必要であろう。

9－2－11. Bait Abo Hashem : Site №S－2

このサイトの給水地区は海抜2,200メートルの広大な台地上にある。台地の周辺地域は約50メートル下にワジに流れており谷によって深く切り込まれている。

このサイトの家庭用水の水源として井戸が計画されている。サイトへの道路事情は良いがパイプラインの建設現場と水源までの進入路には改善を要す。

9－2－12. Al Sheab and Al Aswad : Site №3－3.

このサイトの給水地区は山の台地上にある。サイトから下部の斜面は深く谷により切り込まれている。現地調査の結果にもとづいてボーリング地点は調査班によって決められ、地元の人々の手で試掘が行われた。結果は満足のいくものであった。しかし、パイプライン等建設現場への進入路は、この計画の実施時に改善を要す。

9－2－13. Bany Farhan and Bany Saria'a Site №S－4

このサイトの地形的条件はAI-Shead, AI Aswad に等しくワジ沿いに井戸がこの地域の水源として計画された。サイトへの道路事情は集落内の数百メートルを除いて良いが、パイプラインの建設現場への道が悪い。現段階ではこのサイトに他の水源は期待できない。

9－2－14. Ghlayfagah : Site №H－1

海岸から数キロの地点で紅海に沿った平地にある。村の近くで地下水が得られる。サイトへの道路事情は良い。

9－2－15 Al Dahi : Site №H－2

このサイトも海岸沿いの平地に位置している。現在一部各戸給水が見られた。現存の給水施設の改善と給水計画がなされている。従って地元の計画と整合性のある水源と貯水タンクの準備が必要である。このため井戸が村の近くに計画された。

9－2－16. Al Mounirah ; Site No H－3

ここは水源から16～22キロメートル離れた所にあるEbn AbbasとAl Harunia村のための水源地である。2つの村の給水地区で得られる唯一の水源は（地下水）高い塩分を含んでいるので、海岸線から内地へ約15キロメートルのこのサイトに水源を求めた。給水地区と水源への道路事情はよいと見られる。

9－2－17. Al Mashajab : Site No T－1

このサイトは山岳地域から樹木のない平地へと続くWadi Mashjabの入口にある。給水地区は海抜1,200メートルの高度の低い山の斜面にある。

ワジの川床に水源の井戸を堀ることが計画されている。給水地区と水源までの道路事情は良いがパイプラインの建設現場までの道路事情は現在悪い。

9－2－18. Al Manara & Al Dukum : Site No T－2

このサイトはPre－Cambrian rockの斜面及び山頂に位置している。このサイトの一般の地形はAL－Mashjabと同様であり、水源として井戸が計画されている。

水源と給水地区への道路事情は良いがパイプラインの建設現場への道路事情が現在かなり悪い。

9－2－19. Al Maydan, Al Jubail, Sheibd Hamud : Sit No T－3.

このサイトの給水地区は海抜1,500メートルの高度のわずかに丘陵性の地形の上にある3つの村で構成されている。それぞれの村は互いに数キロメートル以内に離れて分布している。低い丘と丘の間を流れる小さいワジに沿って木々が見られる。Al MaydanとAl Jubailとの間の平らな地形の上にこの地域の水源として井戸が計画された。

この計画の実施のために現存の道路の改善が数か所で必要となるであろうし、パイプラインの建設現場への進入路が建設されなくてはならない。

9－2－20. Harad and Oahfa : No T－4A

このサイトの給水地区は、Taiz Townから約5キロメートルの所にあるTorba道路に沿っているため、道路事情はよい。このプロジェクトのもとで、このサイトの水源として井戸が計画されたが将来の水需要の増加に対してQahfaの南部の谷沿いに貯水池の建設が適切で予備調査が必要である。

9－2－21. Shohat and Al Kadah ： Site No T－5

このサイトの給水地区は1,600メートルの高度の比較的平らな地形の上にある。Al-Kudha，Al-Hagl，Al-Zakira同様このサイトは水源に問題のある所であり、将来の水源開発において問題を解決する予備調査を行う必要がある。

しかしながら、今回の調査結果に基づいて、当地の水源には地下ダムが計画された。

帯水層の最大厚み10メートル、有効空隙率の20%を想定すると、この用地の地方水道の水源に約100,000立方メートルの純貯水容量が得られるであろうと考えられる。

この計画の実施にあたっては、一層、細かな水文地理学的調査が必要であろう。更にサイトへの既存の道路の改善が約300メートルに渡って必要であろう。

9－2－22 Bab Al Mandab

給水地区は海岸沿いの紅海の入口付近にあり、附近の地下水は高い塩分を含んでいる為、現在は海水を脱塩して飲料水に使用している。

しかしながら、水価が高いとの判断で部落からの距離は遠くなっても他の水源を求めることが要望された。

従って部落より北に約30km離れた処に、井戸を計画した。

9－2－23. Yakhtol ： Site No T－8.

給水地区は海岸沿いの平地に位置しており、そこでは地下水が高い塩分を含んでいる。従って水源は村から16キロメートル離れた所に、井戸が計画されている。道路上の問題は見られない。

9－2－24. Makbana ： Site No T－9

このサイトの給水地区は、その地域の低い山の斜面に広範囲に広がっている。そして村の中心は山頂の最高点に位置している。集落の南方には大きなワジがある。数多くの浅井戸がワジの川床にあり灌漑に充分活用されている。しかしながら井戸の水位は季節によって大幅に変動するのが観察される。

したがって、ワジに沿った地点にサイトの水源としての深井戸が計画された。

9－3　将来の水道水需要と設計容量

投資々本の最大効果を得るための水価の分析には、公共事業者により提案された設計基準としての1人1日消費水量（40人／cap／day）を使用した。（表7－3）

しかしながら、各siteは、乾燥地に分布し、水源の得にくい土地柄でもある。又、全給水施設の建設費に占める水源費が非常に大きい。

この様な状況下で、立地条件の夫々異った各siteに平等な給水事業を行うために、水源費を出来得るかぎり、小さくするする事が必要である。

しかしながら、如何に水源の確保又は給水方法が困難な場合でも、最低、人間の日常生活を建康な状態で行うに必要な水量は給水されなければならない。

以上の如き考察に基づき各siteの設計容量が決定された。（表9－1）

9－4　水源の選定

第四章にも述べた様に、本事業の目的は、極めて酷しい自然環境下にある、各Siteの緊急に必要な家庭用水の供給である。したがって、将来は開発利用が可能な水源である。湧水，浅井戸，表流水等の利用は水量の推定を行うために十分な資料が得られないため、切迫した、地方水道水源としては現在の段階では利用することができない。したがって、本事業計画の水源は出来得る限り、深井戸を水源として選定した。上記深井戸以外の水源は、近い将来に、十分有効利用できるよう、観測その他必要な調査を行い、将来の水需に備えることが必要である。本事業計画のために選定した各Siteの水源は表9－1に示す。

9－5　地方水道計画の基本設計

以上の考察および、分析の結果本事業計画にマッチした、各サイトの地方水道計画の基本設計の要約を表9－2に示した。詳細は、図面集に示してある。

9－6　地方水道計画建設費見積

各Site毎の水道施設の建設費の見積の要約を表9－3に示した。

各Siteに必要な総建設費は、夫々の給水人口，給水レベルおよび、各Siteの立地条により決まるものであるが、本計画では、60万リアル～1,150万リアルの巾に分布する。又、1人当りの投資額は173～2,954リアルである。全Site数の半分は1人当りの投資額は1,000リアル以下であり、他の35％のサイトでは、1人当りの投資額は1,000リアルから2,000リアルの間にある。

Bany Shaker／Bait Abo Saba'a とBait Abo Hashem の2Siteでは、1人投資額が2,000リアルを越えるが、この2つのSiteの建設費は全Siteの建設費の約4％にしかすぎない。

全建設費の65％に担当する額は、1人当り投資額が1,000リアル以下のSiteの水道建設に当てられることになる。

全サイトを通じての1人当りの平均建設費は594リアルであり、全Siteの総建設費は9,073万リアルと見積られる。

総建設費にはコンサルタンツ費用（総建設費の10％）と予備費（総建設費の10％）は含まれていない。

9－7.　勧　　告

イエメン共和国の水文気象について考察してみると、降水は降雨強度の強い短時間のシャワーとなる。又この降雨は岩の露出した急峻な地形と相まって河川流出は、降雨直後の洪水となる場合が多い。

この様な水文条件では水資源の賦存量の推定及び水資源の有効利用を計るために、水文気象上の観測及びその分析に関する機関の整備が急務である。

この機関の構成としては、観測所，分析及び応用の部門からなるが、それ等に必要な人員の養成訓練も又、急務の一つである。

通常水文気象資料の収集に当っては、山地の資料が欠けがちであるが、イエメン共和国

では山の頂上や山腹に集落が分布するため資料集めに有利であるし、又、観測所の新設にもあまり困難を伴なわない。

必要な水文気象資料としては、日雨量，河川と湧水の流量，既存のボーリング孔や井戸を利用しての地下水位の変化や、一般的な気象資料である。

又、利用可能な水資源調査を、地下水の挙動も含めた流域の水収支の解明作業と共に早急に行なう必要がある。

表9－1　将来の水需要と設計容量

調査地		NPWの設計基準に基づく将来の水需要量（m³／日）	設計容量（m³／日）	サービスレベル
HA—1	Al-Madan & 8 Villages	665	460	C
HA—2	Elman & 4 Villages	900	100	A
HA—3A	Sihara	882	460	C
HA—3B	Thari	1,075	460	C
HA—4	Harad	1,205	1,508	A
A—1	Al-Mahweet City	831	460	C
A—2	Hufash	93	93	A
A—3	Al-Rajam	52	52	A
A—4	Al-Khabet	95	95	A
S—1	Bany Shaker & Bait Abo Saba'a	37	37	A
S—2	Bait Abo Hashem	36	36	A
S—3	Al-Sheab, Al-Aswad	207	207	A
S—4	Bany Farhan & Bany Saria'a	49	49	A
H—1	Ghulayfagah	34	34	A
H—2	Al-Dahi	2,124	1,580	A
H—3	Al-Mounirah	172	172	A
T—1	Al-Mashjab	105	105	A
T—2	Al-Manara & Al-Dukum	89	89	A
T—3	Al-Maydan, Al—Jubail Sheibd Hamud	82	82	A
T—4A	Hadad Qahfa	128	128	A
T—5	Shohat ,Al-Kadash	150	150	A
T—7	Bab-Al-Mandab	1,078	1,078	A
T—8	Yahkhtol	338	338	A
T—9	Makbana	602	550	A

表９－２　地方水道における基本設計の要約

調査地 No.	調査地	Sana'a からの距離 (km)	道路の状況	既存給水の概要				給水計画の概要				計画給水施設					
				人口	家畜換算頭数	水消費量 ℓ/人/日	水源及び水源迄の距離	人口	家畜換算頭数	設計容量 ℓ/人/日	計画水源及び計画水源迄の距離	深井戸の数量と深度	水中ポンプの容量	貯水タンク (ton)	実揚程 (m)	パイプ長 (km)	配水タンク (ton)
HA-1	AL-MADAN & 8 VILLAGES	177	Improvement Req.	7,500	3,680	14.3	Spring／S.Well (2km)	11,685	5,734	20	D.Well (0.5-1.0km)	2-300m	30kW	15	1190	9.3	600
HA-2	ELMAN & 4 OTHER VILLAGES	174	Improvement Req.	1,500	1,470	10.0	Spring／S.Well (2km)	2,173	2,129	40	D.Well (0.5-1.0km)	300m	30kW	10	450	3.1	120
HA-3-A	SIHARA	172	Good	4,500	8,830	11.4	Cistern (1km)	10,785	21,162	20	D.Well (0.5-1.0km)	2-300m	30kW	15	1200	11.0	420
HA-3-B	THARI	180	Improvement Req.	15,000	15,000	6.0	Cistern／Spring (10-15km)	23,370	23,370	20	D.Well (0.5-1.0km)	2-200m	19kW	15	1000	8.0	324
HA-4	HARAD	377	Good	7,000	6,620	21.4	S.Well (1-2km)	16,776	15,865	40	D.Well (0.5-1.0km)	3-120m	26kW x 2.30kW	Old 396 New 864	10	0.8	Old 156 New 156
A-1	AL-MAHWEET CITY	173	Improvement Req.	5,400	6,320	40.0	Spring／Cistern(2km)	7,790	9,847	40	D.Well (0.5-1.0km)	2-200m	19kW	15	470	7.7	672
A-2	HUFASH	160	Construction Req.	1,500	630	25.0	Cistern／Spring (1-2km)	2,173	912	40	D.Well (0.5-1.0km)	200m	19kW	10	1100	14.1	120
A-3	AL-RAIAM	198	Construction Req.	800	630	25.0	Spring／Cistern (1-2km)	1,159	912	40	D.Well (0.5-1.0km)	300m	30kW	5	20	3.5	60
A-4	AL-KHABET	163	Good	1,500	880	31.0	Spring／Surface Water (1km)	2,172	1,275	40	D.Well (0.5-1.0km)	200m	11kW	10	380	6.1	120
S-1	BANY SHAKER & BAIT ABO SBA'A	56	Construction Req.	500	860	3.8	Spring (2-5km)	724	1,246	40	D.Well (0.5-1.0km)	200m	19kW	5	50	0.8	40
S-2	BAIT ABO HASHEM	57	Good	380	1,600	11.3	S.Well (6km)	550	2,317	40	D.Well (0.5-1.0km)	200m	19kW	10	30	1.2	40
S-3	AL-SHEAB & AL-ASWAD	68	Good	2,000	8,800	23.8	Cistern／Spring／S.Well (15km)	3,116	13,710	40	D.Well (0.5-1.0km)	100m	19kW	40	50	1.3	240
S-4	BANY FARHAN & BANY SERIA'A	77	Good	650	1,300	16.0	Spring (6-10km)	941	1,883	40	D.Well (0.5-1.0km)	100m	19kW	40	20	0.3	—
H-1	GHULAYFAGAH	261	Improvement Req.	500	510	26.0	S.Well (1km)	724	739	40	D.Well (0.5-1.0km)	30m	3.7kW	30	10	0.0	10
H-2	AL-DAHI	266	Good	7,000	7,710	41.6	D.Well (1km)	16,776	18,477	40	D.Well (0.5-1.0km)	2-80m	19kW	984	10	0.7	156
H-3	AL-MOUNIRAH	293	Good	1,700	640	13.3	D.Well (1km)	4,075	1,534	40	D.Well (0.5-1.0km)	60m	19kW	60	50	25.1	225
T-1	AL-MASHJAB	295	Good	800	6,670	16.7	S.Well (2km)	1,159	9,660	40	D.Well (0.5-1.0km)	110m	19kW	75	55	0.7	—
T-2	AL-MANARA & AL-DUKUM	297	Good	600	6,240	15.0	S.Well／Spring (2-4km)	869	9,037	40	D.Well (0.5-1.0km)	110m	30kW	40	50	3.6	40
T-3	AL-MAYDAN AL-JUBAIL SHEIBD HAMUD	284	Improvement Req.	1,000	2,740	15.0	Spring／S.Well (3-10km)	1,448	3,968	40	D.Well (0.5-1.0km)	200m	26kW	15	30	3.0	80
T-4-A	HADAD, QAHFA	310	Good	1,800	2,740	30.0	Spring (2-3km)	2,607	3,968	40	D.Well (0.5-1.0km)	180m	19kW	30	61	1.3	135
T-4-B	AL-KUDAH, AL-HAGL	330	Good	2,500	3,430	45.0	D.Well／S.Well (2km)	3,621	4,968	20	D.Well (0.5-1.0km)	250m	19kW	15	40	1.1	120
T-5	SHOHAT, AL-KADASH	334	Construction Req.	2,000	3,740	40.0	S.Well (5-10km)	2,897	5,417	40	U.G.Reservoir／S.Well (0.5-1.0km)	10m	7.5kW	10	200	1.6	135
T-6	AL-ZAKIRA	340	Construction Req.	4,000	8,220	10.0	Cistern／Spring (3km)	6,232	12,807	20	D.Well (0.5-1.0km)	250m	30kW	90	455	1.3	235
T-7	BAB-AL-MANDAB	396	Good	5,000	410	43.0	Seawater Desalination Plant／S.Well(15km)	11,983	983	40	D.Well (0.5-1.0km)	85m	11kW x 27.5kW	903	80	52.5	406
T-8	YAHKHTOL	366	Good	2,500	6,850	8.0	S.Well (15km)	5,991	16,416	40	D.Well (0.5-1.0km)	100m	26kW	210	80	16.5	60
T-9	MAKBANA	321	Good	7,000	2,740	33.3	S.Well (2km)	10,906	4,269	40	D.Well (0.5-1.0km)	300m	30kW	156	100	0.6	360

註　D.Well＝深　井　戸　　＊地下水の利用区分については第５－４－２章参照
　　S.Well＝浅　井　戸

表９－３(1)　建設費の内訳（リアル）

（単位：イエメンリアル）

調査地	水源	ポンプ他	給水タンク	中継ポンプ パイプライン他	配水タンク他	合計
HA-1	3,036,000	600,000	48,000	3,273,000	1,505,000	8,462,000
HA-2	1,518,000	197,000	42,000	689,000	340,000	2,786,000
HA-3-A	3,014,000	600,000	48,000	3,679,000	893,000	8,234,000
HA-3-B	2,058,000	600,000	48,000	2,967,000	1,618,000	7,291,000
HA-4	1,603,200	1,188,000	1,390,000	430,000	800,000	5,411,200
A-1	1,857,000 (40,000)	600,000 (315,000)	48,000 (109,000)	1,927,000 (1,678,000)	1,618,000 (272,000)	6,050,000 (2,414,000)
A-2	1,018,000	197,000	42,000	3,047,000	340,000	4,644,000
A-3	1,527,000	197,000	34,000	327,000	178,000	2,263,000
A-4	1,017,000	197,000	42,000	865,000	800,000	2,921,000
S-1	1,007,000	187,000	34,000	183,000	127,000	1,538,000
S-2	1,015,000	187,000	42,000	254,000	127,000	1,625,000
S-3	569,000	126,000	127,000	95,000	620,000	1,537,000
S-4	580,000	126,000	127,000	27,000	—	860,000
H-1	264,000	126,000	108,000	108,000	48,000	654,000
H-2	819,000	526,000	972,000	240,000	360,000	2,917,000
H-3	356,000	126,000	168,000	2,766,000	415,000	3,831,000
T-1	514,000	126,000	197,000	77,000	—	914,000
T-2	523,000	126,000	127,000	393,000	127,000	1,296,000
T-3	1,040,000	186,000	48,000	630,000	310,000	2,214,000
T-4-A	965,000	126,000	109,000	241,000	340,000	1,781,000
T-4-B	—	—	—	—	—	—
T-5	4,346,000	282,000	42,000	335,000	340,000	5,345,000
T-6	—	—	—	—	—	—
T-7	1,796,800	418,000	1,640,000	7,109,000	534,000	11,497,800
T-8	496,000	146,000	367,000	2,136,000	178,000	3,323,000
T-9	1,467,000	315,000	415,000	243,000	893,000	3,333,000
Total	32,406,000	7,505,000	6,265,000	32,041,000	12,511,000	90,728,000

表9－3(2) 建設費の内訳（円）

（単位：1000円）

調査地点	水源 (A)*	ポンプ他 (B)*	給水タンク (C)*	中継ポンプ パイプライン他 (D)*	配水タンク他 (E)*	合計 (F)*
HA－1	151,800	30,000	2,400	163,650	75,250	423,100
HA－2	75,900	9,850	2,100	34,450	17,000	139,300
HA－3－A	150,700	30,000	2,400	183,950	44,650	411,700
HA－3－B	102,900	30,000	2,400	148,350	80,900	364,550
HA－4	80,160	59,400	69,500	21,500	40,000	270,560
A－1**	92,850 (2,000)	30,000 (15,750)	2,400 (5,450)	96,350 (83,900)	80,900 (13,630)	302,500 (120,730)
A－2	50,900	9,850	2,100	152,350	17,000	232,200
A－3	76,350	9,850	1,700	16,350	8,900	113,150
A－4	50,850	9,850	2,100	43,250	40,000	146,050
S－1	50,350	9,350	1,700	9,150	6,350	76,900
S－2	50,750	9,350	2,100	12,700	6,350	81,250
S－3	28,450	6,300	6,350	4,750	31,000	76,850
S－4	29,000	6,300	6,350	1,350	—	43,000
H－1	13,200	6,300	5,400	5,400	2,400	32,700
H－2	40,950	26,300	48,600	12,000	18,000	145,850
H－3	17,800	6,300	8,400	138,300	20,750	191,550
T－1	25,700	6,300	9,850	3,850	—	45,700
T－2	26,150	6,300	6,350	19,650	6,350	64,800
T－3	52,000	9,300	2,400	31,500	15,500	110,700
T－4－A	48,250	6,300	5,450	12,050	17,000	89,050
T－4－B	—	—	—	—	—	—
T－5	217,300	14,100	2,100	16,750	17,000	267,250
T－6	—	—	—	—	—	—
T－7	89,840	20,900	82,000	355,450	26,700	574,890
T－8	24,800	7,300	18,350	106,800	8,900	166,150
T－9	73,350	15,750	20,750	12,150	44,650	166,650
計	1,620,300	375,250	313,250	1,602,050	625,550	4,536,400

＊詳細はアペンディックス4を参照のこと。**A－1 ( )内は水源を表流水に求めた場合の値。

註)建設費にはコンサルタント費用及び予備費は含まれていない。

第10章　地方水道計画・パートIIの評価

1970年代中頃の市民戦争終了以来、北イエメン国の経済活動は、勢いよく拡大してきた。さらに最近、1974年初めの4倍にも達する国際石油価格の上昇以後、サウジアラビアやペルシャ湾岸諸国で働く、イエメン人によって、送金が行なわれ個人の現金収入の増加は先例のないものとなっている。この様な現金流入の結果、北イエメン国の個人当り国民総生産額は、1967～1977年において390ドルに達して、1969～1970年の2倍以上になっている。

最近の個人の現金収入は急激に上昇し、各家庭でも実質的に生活水準が高くなったにもかかわらず、社会福祉面で、特に地方水道供給は現在において個人収入の増大に同調したものとはなっていない。

ほとんどの地方住民はいぜん基準以下の状態で生活しており、しばしば他の地方と離れた状態にあるため、人口に対する基礎的要求水量の窮乏はたいへんなものである。

付表III－3に見られるように、1874年において地方における給水率は全人口の4.7％である。そして、1981年までに施工計画のあるものを含めても、ほんの14％の地方の人が地方水道計画のおんけいにあずかるにすぎない。

本調査対象地域は北イエメン国の広い地域に分散しており、ほとんどが生活用水の安定した水源確保に窮乏している地域である。

現在、調査地の一般的水源の種類は、シスターン，湧水，そして手掘りの浅井戸である。これらの水源による産出水量は季節的に変動が大きく限られたものであるため、可能な限り数種の水源を併用している。調査地における生活用水の量は、多くの場合、生活用の最低限度に留っているのが現状である。

調査地域における生活用水の1日当り個人消費量は、極端に少い4ℓ／人／日から50ℓ／人／日程度である。

調査地域における生活用水の1日当り個人消費量が20ℓ／人／日以下の地域は13サイトあり、それは全調査地域の50％に当っている。最近公共事業省が提案した設計基準と同程度の40ℓ／人／日1日個人当り水消費が確認出来たのは、全調査地の20％に当る5サイトのみである。（表5－3参照）

さらに、多くの乾燥地域において、可能な水源はシスターンのみ、ないしは手掘り浅井戸

であって、これらの水源は有機物質による汚染が重要な問題である。現在、調査地域における生活用水の２０％しか良質で安定した水源によってまかなわれているものはみられない(図5-4参照)

しかしながら、良質で安定供給可能な水は、高い販売価格がある。全調査地域の35％に当る９サイトで、住民は遠く離れた水源からの輸送された良質で安定した生活用水のために金を支払っている。水価は20km位の輸送を含んで８リヤル／m^3から300リヤル／m^3である。最も一般的価格は50～60リヤル／m^3であり、１日の水消費量を40ℓ／人とすれば、１日１人当り2.2リヤル，年間では約20,000YR/M^3/Yの費用がかかるという計算になる。

この様な生活用水の現実的不足を解決するために、費用便益（cost — effectivevess concept）に基づいて、それぞれ調査地域の基本設計を提案する。（第６章及び第９章参照）

基本設計の検討は、水源費用にかかわる水単価を最小にするようなことで行なった。設計容量は主として可採水量を基にして決定せざるを得ない場合もある。

結果として、設計規模は調査地域15サイトにおいては、現在公共事業省が提案している40ℓ／人／日の設計基準の15年先の将来需要を考慮したものの採用となった。他のサイトにおいて設計規模は、20年先の人間の健康増進に必要な水需要量を考慮したものを適用できた。

一方、北イエメン地方水道計画パートⅡは計画当初 84,000 人に水を供給し、計画の最終段階では１５３,０００人の住民に水を供給することになる。

１９８１年においては、720,000人つまり地方住民の14％が地方水道の計画中の設計規模によって水の供給を受けることになっている。

したがって、このプロジェクトの貢献によって安定した生活用水の供給を受ける地方住民は、１９８１年の全地方給水人口の１０％以上と予想される。

結論として、地方水道計画地域の便益の増大は、実質的に以下の様に要約される。

	現　状	プロジェクトによる便益
水　源	水供給の安定及び安全度	100％の安定で安全な水の供給によって住民の健康は大いに改善される。
１日当り水消費量	4—40ℓ／人／日	20~40ℓ／人／日
水　価	0.32～12 リヤル／人／日	0.03～0.87 リヤル／人／日
生活用水への距離	1～20km	0.5～1.0km

アペンディックス

（その１）

アペンディックス III-1

地方開発庁１９７８年迄の事業実績

				Up to FY 76	FY 77-78
1.	Roads	a)	km	5567	6520
		b)	costs: YR min	134	389
2.	Water 2/	a)	Projects	881	643
		b)	costs: YR min	13	25
3.	Schools	a)	Projects 3/	1667	347
		b)	costs: YR min	35	65
4.	Health	a)	Projects	46	30
		b)	costs: YR min	2	4
5.	Other	a)	Costs	6	25
	TOTAL COST:			190	508

Gov. Dev. Expenditures (YR min) of which	1741
government budget share	873
External sources	868
Customs Duties	1625

1/: Official figures given by CYDA to foreign aid agencies in 1979 for the period after the official establishment of LDAs in 1973.

2/: The Five Year Plan, 1976/77 - 1980/81, (p. 2) puts the number of water projects at 852 and costing not less than YR 11 million.

3/: This designation most likely refers to the number of classrooms as the Five-Year Plan cites the number of classrooms and schools as more than 1596 and 580, respectively.

アペンディックス III-2

県別・規模別の居住地数

県	居住地規模 750-1000	1000-2000	2000-5000	5000-10,000	10,000-25,000	25,000-100,000	100,000+	小計 2000人以上	計 750人以上
Sana'a	49	19	8	-	-	-	1	9	77
Sa'adah	4	7	1	-	-	-	-	1	12
Hajjah	30	24	5	1	-	-	-	6	60
Marib	1	-	1	-	-	-	-	1	2
Mahweit	4	4	2	-	-	-	-	2	10
Hudaydah	51	37	18	7	2	1	-	28	116
Dhamar	23	10	1	-	1	-	-	2	35
Ibb	49	36	3	3	1	-	-	7	92
Taiz	115*	91	13*	-	-	1	-	14	220
Beidha	20	8	3	2	-	-	-	5	33
TOTAL:	346	236	54	13	4	2	1	75	656

注　居住地の中には小集落も含む

資料　Berger－Kampsax 編集による１９７５年人口センサスより

アペンディックス III-3

水道及び下水

	Population served in 1975		Population served in mid 1981	
	Population	Coverage	Population[d]	Coverage
Water supply[b]				
Urban	222,000[c]	42.4	438,600	52.0
Rural	220,000[c]	4.7	720,000	14.0
TOTAL	442,000[c]	8.4	1,158,600	19.2
Sewage disposal				
Urban	negligible	-	370,000	43.8
Rural	negligible	-	negligible	-
TOTAL	negligible	-	370,000	6.1

a: All figures are rough estimates.

b: Water supply may include house connection or systems by which water is easily accessible to the population.

c: Present water supply is not considered safe.

d: (i) Projected population within the country for mid 1981: 6,037,618
Projected percentage of rural population: 86%

(ii) Projections based on on-going and planned programmes

アペンディックスV－1

調　査　地

県	郡	No	調査地名
HAJJA	Al-Ahnoom	1	Al-Madan & Eight Villages
	Al-Ahnoom	2	Elman & Four Other Villages
	Shehara	3	Shihara & Thari
	Harad	4	Harad
AL-MAHWEET	Al-Mahweet	1	Al-Mahweet City
	Al-Mahweet	2	Hufash
	Al-Mahweet	3	Al-Rajam
	Al-Mahweet	4	Al-Khabet
SANA'A	Sehman	1	Bany Shaker & Bait Abo Saba'a
	Sehman	2	Bait Abo Hashem
	Banishadad	3	Al-Sheab Al-Aswad
	Banishadad	4	Bany Farhan & Bany Saria'a
HODEIDAH	Dlifum	1	Ghulayfagah
	Zahrah	2	Al-Dahi
	Zahrah	3	Al-Mounirah
TAIZ	Al-Sely	1	Al-Mashjab
	Al-Sely	2	Al-Manara & Al-Dukum
	Kadier	3	Al-Maydan, Al-Jubail Sheiba Hamud
	Al-Torba	4	Hada, Qahfa Al-Kudha, Al-Hagl
	Al-Torba	5	Shohat, Al-Kadash
	Al-Torba	6	Al-Zakira
	Bab-Al-Mandab	7	Bab-Al-Mandab
	Moka	8	Yahkhtol
	Makbana	9	Makbana
TOTAL			
5	14		24

アペンディックス（その2）

目　　次

アペンディックス1.　交換公文 …… A－ 7

アペンディックス2.　水質に関する一般的考察 …… A－13

アペンディックス3.　地方水道設計のための基準 …… A－22

アペンディックス4.　基本設計の要約 …… A－53

アペンディックス5.　地方水道に関する太陽エネルギーの応用 …… A－64

アペンディックス1

交　換　公　文

1. MINUTES OF DISCUSSION

The Preliminary Survey Team for the Rural Water Supply Project Part II dispatched by the Government of Japan stayed in the Yemen Arab Republic from November 30, 1978 to December 15, 1978. Concerning the Project, the Team examined on the necessary matters and consulted with relevant authorities of the Government of Yemen Arab Republic.

The Preliminary Survey Team had a final joint meeting with representatives of Central Planning Organization and Ministry of Public Works on December 13, 1978 in the Central Planning Organization office and discussed on the draft of Scope of Work of Feasibility Study of Rural Water Supply Project Part II, prepared by the Japanese Team.

Both sides agreed on the matters stated in the Scope of Work attached herewith.

December 14, 1978

Sana'a, Y.A.R.

ALI ABDUL RAHMAN AL-BAHR Deputy Chairman Central Planning Organization	GAMAL M. ABDU Deputy Minister Ministry of Public Works	SHIZUO SHINDOU Leader Japanese Preliminary Survey Team.

2. SCOPE OF WORK

ON

FEASIBILITY STUDY OF RURAL WATER SUPPLY PROJECT PART II

I. INTRODUCTION

In response to the request made by the Government of the Yemen Arab Republic (YAR), the Japan International Cooperation Agency (JICA), an official agency responsible for the implementation of technical cooperation programme of the Government of Japan, will carry out the study of the Rural Water Supply Project Part II in close cooperation with the Government of the Yemen Arab Republic and authorities concerned.

II. OBJECTIVES OF THE STUDY

The objectives of the Study are to conduct survey and study in order to assure water supply for residents in the fourteen (14) rural areas. Prior to the implementation of the plan, it is considered highly important to make the feasibility study, for the purpose of furnishing the project with a firm basis in technical and economical aspects and also in environmental assessment.

III. PROJECT AREAS

The study areas are as follows:

	District	Governate
1.	Al-Ahnoom	Hajja
2.	Shehara	"
3.	Haradh	"
4.	Al-Mahweet	Al-Mahweet
5.	Al-Taweela	"
6.	Al-Sehman (Kholan)	Sana'a
7.	Banishadad (Kholan)	"
8.	Al-Selo	Taizz
9.	Kulaifah	Hudeidah
10.	Khadier Al-Bourahie	Taizz

11.	Al-Zorikatayn	Taizz
12.	Al-Zakkayra	"
13.	Makbana	"
14.	Bayt Al-Ashwal	Ibb

IV. SCOPE OF WORK

The scope of work are as follows:

1. Water Resources Survey

Survey and evaluation of available water resources such as groundwater, stream, spring and stored water and optimum method of their development to meet various conditions of individual areas. The first priority should be given to the underground water resources and their improvement.

(a) Meteorological and hydrological survey
(b) Physical geographical survey
(c) Geological survey
(d) Geophysical survey
(e) Others

2. Human Geographical Survey

Studies and evaluation of present and future population and water demands.

(a) Population
(b) Tradition of water usage
(c) Water demands
(d) Water cost
(e) Land use
(f) Income of population
(g) Others

3. Survey of Water Supply and Conservation System

Examination of existing water system and a rough study for layout of water supply facilities including pipeline and reservoir.

(a) Water facilities
(b) Water quality and quantity

(c) Assessment for water supply facilities

(d) Others

4. Programming of Project Implementation

Preparation of outline of preliminary design on recommended scheme.

Preparation of cost estimate for engineering, construction, operation and maintenance of the project recommended for implementation. Preparation of financing programme for proposed work.

5. Transfer of Knowledge

During the execution of the study, transfer of technical knowledge to the Government staff of the Yemen Arab Republic concerned.

V. REPORTS

1. Inception Report

The JICA will prepare and submit to the Government of the YAR 20 copies of Inception Report (in English) within 15 days after the commencement of the survey.

2. Progress Report

The JICA will prepare and submit to the Government of the YAR 20 copies of Progress Report (in English) after the field survey.

3. Draft Report

The JICA will prepare and submit to the Government of the YAR 20 copies of Draft Report (in English) within 10 months after the commencement of the survey.

The Government of the YAR will provide the JICA with its comments within 30 days after the receipt of the Draft Report.

4. Report

The JICA will prepare and submit to the Government of the YAR 30 copies of Report (in English) within 60 days after

the receipt of the comments on the Draft Report.

VI. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF THE YAR

To secure the smooth performance of the study, the Government of the YAR will agree:

(a) to provide the study team with and to assist them to get data and information available for the study.

(b) to exempt all equipments and materials from taxes and custom duties including personal effects.

(c) to assure security of team during their services in Yemen.

(d) to assign the necessary number of counterpart personnel to co-operate and assist the team, as well as to be trained during the implementation of the project.

(e) to provide and arrange the study team with suitable office and accomodation.

(f) to assist the team in hiring 4-wheel-drive vehicles.

(g) to make necessary arrangements for the study team bring the data and materials concerning the study into Japan.