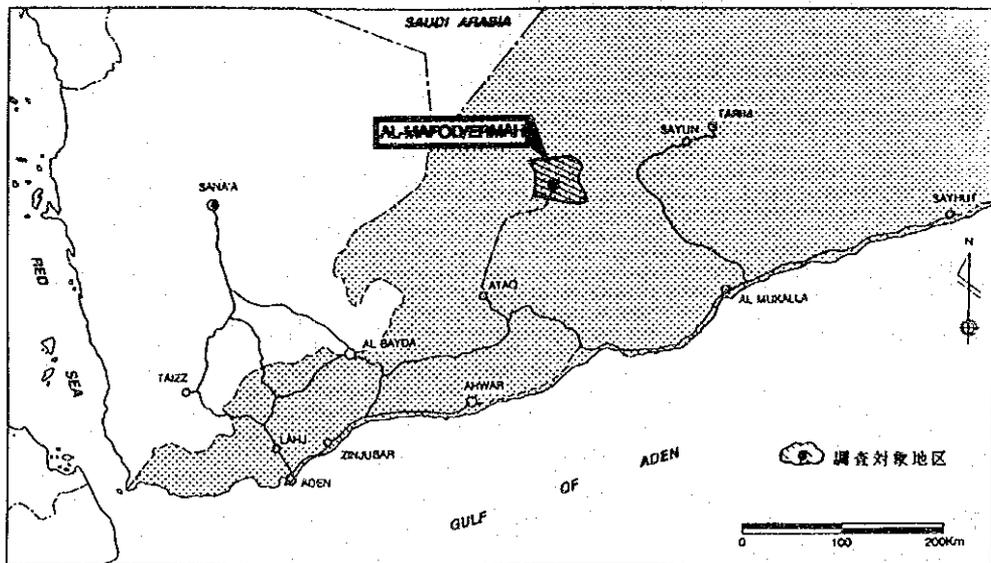


地区番号	6	サイト名	アルマフト/アルマ (Al-Mafod/Brmah)			
行政区分	州名	シャブワ	郡名	アルマ	準郡	—
集落数	15	給水世帯数	1,499	給水対象人口	8,470	
給水対象地区面積		19 km ²		給水人口密度	445 人/km ²	
主要収入源 (比率)	一位	出稼ぎ送金	50%	平均月収	YR 6,000	
	二位	日雇い	25%			
	三位	農業	10%			
医療機関	病・医院	1		教育施設	小学校	2
	医務員	26			中学校	1
	ベット数	30			高等学校	
食堂・商店		—		モスク数	15	
買水状況	買水量	6,800 ℓ / 30日 / 12人		: 19 ℓ / 日 / 人		
	買水価格	YR 520 / 6,800 ℓ		: YR 77 / m ³		
	購入先	アルマフト				
既存水道施設	水源	1井 (浅井戸)				
	配水槽	3基 (40,000gal.-1, 10,000gal.-2)				
	管路	3" ~ 1-1/2"				
	水道料金	—		平均水消費量	35 ℓ / 日 / 人	
発電施設	—					



1. 位置

当該地区名「アル・マフト／アルマ」は、シャブワ州アルマ郡アル・マフト（郡都）および周辺集落を対象とすることを示す。アルマ郡は州都アタックの北部、砂漠を縁どる丘陵～山岳地帯に位置し、石油開発のため、ジョイント・ベンチャーにより整備された北部砂漠地帯に向かう産業道路（ただし未舗装）を経由する。過酷な自然環境のため、国外への出稼ぎが主要収入となっている過疎地域である。本計画は郡都アル・マフトほか周辺12集落を対象とする。

2. 給水現況

a. 既存施設

当該地区には1970年代後半に掘さくされた深井戸水源が1本あり、長い間利用されてきたが、PWCはこの水源井を含む地区総合給水計画を作成し、現在までに同計画に基づき、以下のような施設が建設済みである（図-3.26参照）。

表-3.24 アル・マフト／アルマ地区既存施設一覧

施設内容	容量／数量	
水源井	4井	1井は、既存井のあるワジ流域に1989年PWCにより掘さくされたが、不成功。また他2井はシャブワ州政府により1993年掘さくされたが、空井戸であった。
貯水槽	20,000gal. × 1基	既存井の脇に建設され、周辺集落住民や家畜に飲料水を提供している。
配水槽	40,000gal. × 1基 10,000gal. × 2基	2基の10,000 gal. 水槽はアル・マフト市内にあり、市内給配水用。
管路	4" ~ 1-1/2" 約4 km	

調査時点における既存井の水量は、約 150 l/min程度でしかなく、また現在使用している水中ポンプは第1配水槽まで送水する能力がなく、いままでに大規模な施設が完成しているにも関わらず、水源問題のため全施設が遊休状態となっている。給・配水管は一端または両端が接続されないまま各所に放置されているため、各所で破損している状況が散見された。

b. 給水状況

当該地区の給水施設は、郡庁の給水関係委員会（5人構成）により管理されているが、現在唯一運転している既存井の水は周辺集落へ売水し、ポンプの運転費用に充当している。したがって、アル・マフトを始め当該地区の集落はすべて買水しか手段がなく、1月に使用する水代は、集落位置や家族数によって違うが、YR 500～YR 1,000にも達し、住民の生活を著しく圧迫している。

この地域一帯は浅い地下水も得られず、浅井戸は1本もない。この水不足に対処するための住民の古来からの知恵として、「カリーフ」と呼ばれる天水溜めが各所に作られており、降水状況にもよるが、年に数カ月は利用が可能である。また、地区内山間地に、少量ではあるが泉が1ヶ所あり、出稼ぎの成功者による肝入りで、配管と簡単な貯水槽が作られている。この湧水施設は3集落で隔日交互に共同利用しているが、年間5ヶ月だけ利用可能である。

3. 水源

a. 自然・水源環境

郡都アル・マフトの位置するアルマ郡はラブ・アル・ハリ砂漠南端と山地帯の接する地域に位置し、標高は1,000m～1,300mである。地区内にワジ・アルマ(Wadi Ermah)が西流するワジの兩岸には比高差50m～70mの急崖（殆ど垂直）が延々と連なり、小規模なグランド・キャニオンの様相を示す特異な地形を呈する。ワジ・アルマの平均勾配は1/300と緩やかであり、谷幅は最大1kmにも達するが、雨期を除き表流水はない。

この地区は古第三紀暁新世(Palaeocene)の海成層であるウン・エルールズマ層群(Umm Er-Rudhuma Formation)と山頂部に帽子状にのる始新世(Eocene)のルス層群(Rus Formation)によって構成されており、ワジ底には沖積層が帯状に分布している。本地域のウン・エルールズマ層群およびルス層群は、共に石灰岩優勢で泥灰岩や苦灰岩をはさむ。地層の層理はかなり明瞭で、ほとんど水平層である。断層やクラックはなく、一枚岩となっている。

アッドラ(Al Talluha)とアル・ホスン(Al Hoson)の中間付近で、ワジ・アルマの沖積面にある深さ178.6mの深井戸が、本地区唯一の採水可能な水源井である。

b. 水理地質特性

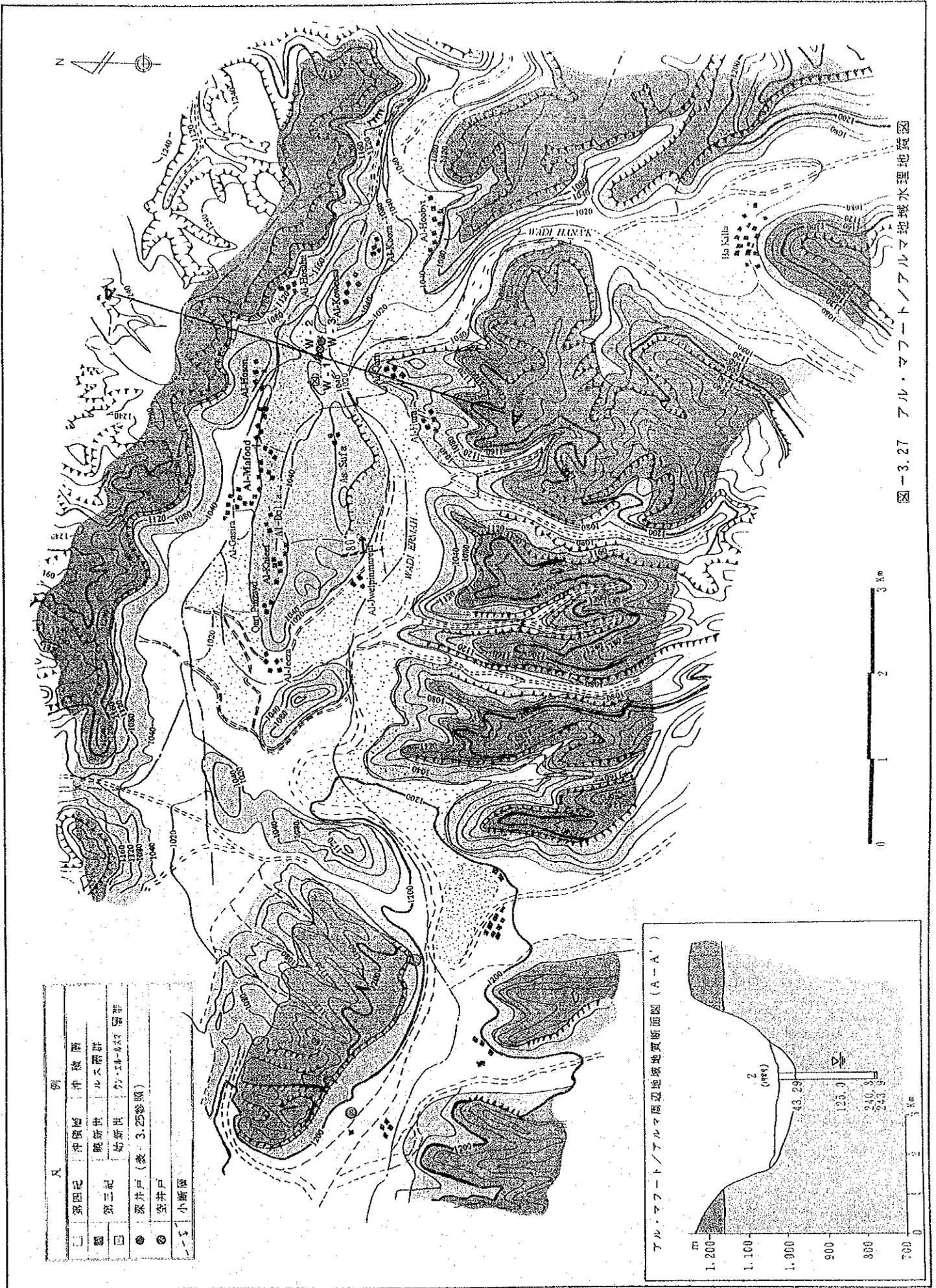
当該地区に分布するウン・エルールズマ層群やルス層群は地殻変動をうけない単調な水平構造を示し、断層やクラックもほとんどない。したがって湧水もなく、水利に恵まれない地域である。

アッドラとアル・ホスンの間付近のワジ面に、約15年前政府によって掘さくされた深さ178.6mの井戸がある。静水位は125mといわれ、ボアホール・ポンプで揚水しているが水量は150 ℓ/min位で午前5時間、午後4時間揚水している。これが本地区唯一の水源である（この深い静水位については、地区東端のパケイラ集落における手掘り浅井戸によっても裏付けられ、同集落ではかつて手掘りにより約100m地下まで掘り進んで、やっと水にぶつかったという。現在では同井は崩壊して廃井となったが、当時は少量の水量でも貴重な水源であった）。

1989年アデン水道公社により、本井の下流約150m地点（沖積層）に深さ243.9mの深井戸が掘さくされた。地表から43.2mまでがワジ堆積物である砂礫層であるが、43.2m～240.8mまでは石灰岩で以下井底まで(3.1m)は、砂岩であるという。この砂岩は白亜系のムカッラ層群(Mukalla Formation)の可能性が強い。揚水試験の結果は、水量は極めて微量であるため、利用されていない。また、1994年調査団が訪れる直前、水源井の下流約10Km地点のワジに、深さ250mの井戸がシャブワ州政府により掘さくされたが、空井戸で孔内より悪臭のある空気が上昇している。

また、集落の北方山地に小湧水があるが、水量は滲出水程度である（この湧水からパイプを引いてアル・コーラやアル・フバイト(Al-Hoobyt)の飲料水にしているが、年間最大5ヶ月間利用で、その他は買水利用となる）。なお、今回調査した当地区の地質図および既存井戸資料を図-3.27および表-3.25に示す。

既存井の状況や水理地質構造から判断すると、本地域での地下水開発は、極めて困難ということになるが、アル・ジュエルビルマリーフ(Al-Jwelpirmareef)付近の急崖にNW10°～80°の小断層があるので、これを対象にした井戸掘さく（深さ250m位）も、一つの方法と考えられるが、成功の確率は極めて低いと考察され、本地区の地下水開発はきわめて困難な状況にある。



凡	例
□	第四紀沖積層
■	沖積層
▨	第三紀
▩	始新世
▪	白堊紀
●	水井戸 (表 3.25 参照)
⊙	空井戸
- - -	小断面

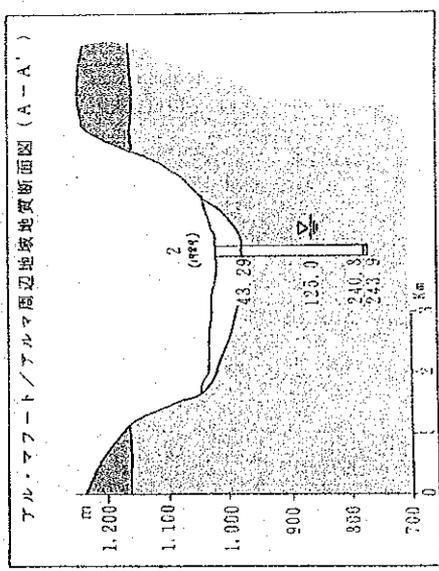


図-3.27 アル・マフート/アルママ地域水理地質図



表-3.25 既設井諸元一覧表（アル・マフート／アルマ）

番号	井種	戸別	名称	井戸径 (m)	深度 (m)	揚水機	採水対象層	静水位 (m)	揚水水位 (m)	採水量 (l/min)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (μs/cm)		備考
													測定値	25℃換算値	
W1	深井戸		アル・マフート井	0.20	187.6	ボアホールポンプ	石灰岩	125.0		150.	28.1	7.3	927	873	使用中の唯一の水源
W2	"		" 1989井	"	243.9	-	石灰岩 砂岩	?	?	微量で使用できず					廃井
W3	"		" 古井戸	"	?										"

3.4 水質概況

本基本設計調査における対象地区現地技術調査においては、本計画における採用予定水源および関連水源それぞれについて、現場でサンプリングを行い、即時電導度計およびpH計にて水質検査を実施するとともに、代表的サンプルは保管し、後日「イ」国および日本における公的試験機関により化学分析を行った。現場における簡易試験結果については、各調査対象地区の水理地質的特性にて一覧表によって示したが、後日の精密化学試験の結果を表-3.26にまとめて示す。

9 調査対象地区のうちで、特に水質に関して注目されるのは、「アハワル」、「ムディヤ」、「アッサダラ」および「トゥール・アル・バハ」の4地区であった。これらの地区で問題となる水質項目は、①全硬度②塩素イオン③フッ素の3項目であるが、これらは4地区に限らず、「イ」国の地下水全般にわたって比較的高い濃度分布を示す性質である。特に地下水の硬度の高さは全国的な現象であり、利用水源が限られている「イ」国では、WHOの許容値をはるかに越える場合でも、一般に飲料として利用されている。

南部における大きな特徴の一つとしては、塩素含有量の高い地下水が広く分布していることがあげられるが、前述した4地区においても、大きな問題を提起している。この高塩分の原因は様々であるが、塩化物を多量に含む地質条件に影響されることが多い。

「イ」国の最南端アデン湾に面する長い海岸線沿いには、南部の主要都市である旧都アデンを始め第二の都市アル・ムカッラを含む多数の大小集落が形成され、本計画の対象地区の一つであるアハワルもこのような沿岸集落であるが、これら沿岸地域では地下水が塩化しているため、遠隔山岳地から導水するなど、生活用水の確保に苦労を重ねてきている（現在のアデン、アル・ムカッラ二都市における水道水質は電導度が2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を越えている）。このため、南部における水源利用は、水質に関してかなりの宥度をもって、実際的に対応せざるを得ない状況が続いている。

本計画における調査の結果、水質の点で問題を含む4地区の概況は以下の通りである。

1) アハワル

現在アハワルの公共水源として運転されている深井戸の水質分析結果では、塩素濃度は844 ppmにも達しているが、本計画の予定水源である旧ソ連農業井はその1/2以下であることが表-3.26から明らかである（現場における電導度測定の結果は前者が4,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、後者は2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下のレベルであった）。ただし、この二本の井戸は現在

使用されておらず、サンプリングは密閉井戸蓋を開口して、最上部の水を取っているの
で、実際に揚水が始まると多少の水質変化が見られる可能性がある。 その場合でも、
これらの井戸が位置するワジ・アハワル流域地帯にあるアル・ハナッドやアンバスティ
集落の水源井は、電導度が2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下で飲料水として利用されているので、同様
なレベルの水質が得られると想定され、採用を決定したものである。 アハワル地区で
は、塩素が高い点だけが問題で、硬度、フッ素についてはまったく問題ない。

2) ムーディア

この地区でも地下水の大部分が高塩分であることは、すでに地区の概況で見た通りであ
るが、ワジ・ワジャル流域にある使用中の2井（中国井およびその近くの個人井）と本
計画の予定水源井3井の水質はまったく問題ないことが表から明らかである。 予定水
源井のうち(A-1)号井で硬度が高いこと、また(A-2)号井で鉄分が異常であるが、これ
はアハワル同様密閉井戸蓋を開口して長期間未使用の井戸水をサンプリングしたためと
推定される。

3) アッサグーラ

この地区の予定水源であるワジ・ハジャル上流の表流水と、現在利用されている水源で
ある集落内の湧泉の水質を比較すると、塩素、硫酸イオンそれぞれが後者では増大し、
人為的な汚染の影響がすでに現れている傾向が認められる。

4) トール・アル・バッハ

この地区ではワジ・アル・ファジャラ地域に1992年までに6本の深井戸が新設されたが、
本計画にて密閉蓋を開口してサンプリングした結果、硬度、塩素およびフッ素いずれの
要素もきわめて高濃度で、公共水源として使用できる地下水ではないことが表の水質試
験結果から明らかである。

これら4地区以外の5地区では特に水質上の問題は認められない。 硬度についてもW
HOの許容基準の範囲にある。

表-3.26 計画対象地区水源水質一覽表

サイト名	採水場所	位置	温度 (°C)	pH	全硬度 (mg/l)	F (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Na (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (mg/l)	電導度 (µS/cm)
1. トカール・7ル ・7ル・ワヤ	ウジ・7ル・ワヤ / 浅井戸	W-2	32	7.9	230 (235)	1.65 (0.6)	80 (74.2)	155	89.79	52	31.2	-	904
		市内 No. 4	25	6.7	714	1.3	306	330	200.20	132	92.16	-	2,230
		ウジ・7ル・ワヤ No. 1	30	7.1	844	1.42	592	675	434.70	-	-	0.08	3,575
		ウジ・7ル・ワヤ No. 4	29	8.0	950	3.06	680	1,075	647.68	-	-	-	4,481
		ウジ・7ル・ワヤ No. 6	29	8.1	1,248	2.02	820	1,075	616.86	-	-	0.01	4,481
2. 7ル・ワヤ / 日ニガシ	7ル・カヤ 浅井戸	W-1	31.5	7.9	640	2.05	460	600	379.73	-	-	0.32	3,850
		W-1	21.3	8.0	(358)	(0.8)	(111)	-	-	(80.3)	(38.3)	(0.03)	1,178
3. 7ル	市内井	W-1	33.7	7.8	(1,006)	(0.7)	(844)	-	(508)	(22)	(107)	(0.03)	4,045
		W-2	33.1	9.0	48 (55.2)	0.35 (0.2)	442 (446)	110	365.4 (334)	12 (8.8)	4.32 (8.0)	(10.1)	1,788
		W-4	30.4	8.7	100	0.34	174	130	143.06	20	12	-	876
		W-3	30.8	8.5	576	0.59	336	500	313.72	158.4	43.2	-	2,222
		W-4	29.9	7.5	(331)	(1.0)	(132)	-	-	(78.7)	(32.8)	(0.02)	1,133
4. 4-7	市内井 A-2 個人用 (中国井近く)	W-2	35.3	7.7	(257)	(0.9)	(103)	-	-	(59.4)	(26.4)	(13.2)	910
		W-5	31	8.3	300	0.5	180	80	-	200	100	0.3	1,071
		W-1	34.4	7.1	700	0.4	225	140	-	250	450	0.25	1,503
		W-3	28.1	7.3	330	0.8	220	100	-	240	110	0.3	1,281
		W-10	29.9	7.5	800	0.1	280	160	-	450	350	0.4	2,368
5. 5ル	市内井 No. 4 7ル・4ル/オ-ン・ウセル	W-15	29.7	6.7	900	0.1	490	180	-	490	410	0.2	2,505
		W-1	36	7.7	(425)	(0.4)	(86.0)	-	(55.6)	(115)	(32.8)	(0.07)	1,008
6. 7ル・ワヤ / 7ル	深井戸	W-1	28.1	7.3	(358)	(0.4)	(72.8)	-	-	(108)	(23.5)	(0.05)	873
		W-1	30	8.1	(307)	(1.2)	(88.4)	-	-	(66.2)	(34.5)	(0.11)	815
7. 7ル・レイ / 7ル	河川/上流	R-2	27.9	8.5	(393)	(0.8)	(216)	(170)	-	(90.3)	(40.8)	(0.09)	1,233
		S-1	26.2	7.1	(399)	(0.7)	(326)	(216)	(206)	(102)	(34.7)	(0.02)	2,275
		W-1	33	7.4	(317)	(1.2)	(64.8)	-	-	(63.8)	(38.3)	(0.16)	864
飲料水 水質基準	W H O 日本		6.5~ 8.5		500	1.5	250					0.3	2,000
			5.8~ 8.6		300	0.8	200						0.3

() は日本での日本工業用水協会による分析

第 4 章 計画の内容

第4章 計画の内容

4.1 計画の目的

本計画は、イエメン共和国の南部・東部5州において、過酷な自然条件や社会環境におかれ飲料水の確保がきわめて困難な状況にあり、緊急の給水施設整備を必要とする各州4地区、計20地区を対象とし、水源から給水サービスまでの効果的な施設を建設することにより、集落住民に対し衛生的で安定した生活用水を供給し、住民のBHNに応えるとともに、衛生環境の改善を図り、地方集落の生活水準を向上させることを目的とする。

4.2 要請内容の検討

4.2.1 計画の妥当性・必要性

「イ」国の地方給水事業は、1990年の統一後1993年に至り、全国地方給水事業を管掌するGAREWの支所が旧南イエメン地区に設置され、ようやく実質的に政府機関による全国的な事業管理体制が一元化し、今後本格的な事業の促進が期待される状況となった。本計画は、統一前後の時期からいままではほとんど放置状態にあった南イエメン地区の地方給水セクターに対する初の実際的な支援として位置づけられるものである。

同国は全国民の80%以上が地方集落を拠点として農業・牧畜を生業としているため、旧南北両イエメン政府にとって地方対策は最重点施策の一つであった。しかし、南イエメンでは、日本の国土より多少狭いが33.3万km²の面積に対する全人口が1,200万人という希薄な人文環境にあり、このような過疎地方集落に対する中央政府の生活関連投資は容易なことではなかった。統一政府はこのような状況に配慮して、統一直後1990年6月16日公表した経済政策大綱の中で、水資源開発および地方給水整備の必要、特に遠隔僻地集落に対し優先的に施設整備を実施する方針を強調した。本計画はこのような政府方針の一環として、地方住民の生活向上に寄与するものとして期待される。

対象地区の現在の給水事情は様々であるが、いずれの地区も安全で安定した水源が確保できないため、あるいは財政事情の逼迫から適切な給水施設を建設することができず、大多数の地区で買水が一般的な飲料水確保の手段となっている。水源地からタンク車で運搬される売水は、水源地と消費地区の距離により水価が大幅に変化するが、1m³あたり

YR100(=900円)程度が平均的な値段である。一世帯は7人から12人で構成され、地区の給水事情により買水量はまちまちであるが、困窮度の高い地区では一家族一月あたり6㎡以上を購入しなければならず、住民に重い経済的負担を課すものとなっている。さらに、いずれの地区でも消化器系統疾患が多発しており、主として幼小児が犠牲者となっているが、売水用水源や受け入れ側の買水を貯水する粗末なブリキ製タンク等が病原菌の培養槽となっている可能性もあり、衛生上大きな問題を提起している。このような地区に、本計画の実施を通じて安全で安定した給水サービスを行うことになれば、住民の経済的負担は大幅に軽減され、衛生環境の改善を図ることが可能となろう。

以上のような観点から、本計画は緊急を要するものであり、当該地区住民の福祉向上に大きな貢献を施すことが期待され、無償資金協力の適切な対象であると判断される。

4.2.2 計画対象地区の検討

本計画の当初の要請では、「イ」国南・東部5州20地区が計画対象であった。しかし、基本設計に先立つ「プロジェクト形成調査」および本調査において現地調査に先立ち要請内容を実施機関と共同検討した結果、9対象地区にて技術調査を実施したが、これらの9調査対象地区において、水源確保がきわめて困難な地区が3ヶ所あることが判明した。3地区名を以下に列挙する（各地区の概要については第3章第3.3節参照）。

- 1) トゥール・アル・バツハ (ラヘジ州)
- 2) アル・ファイド／バニ・バケル (ラヘジ州)
- 3) アル・マフート／アルマ (シャブワ州)

調査の結果、「イ」側から、これら3地区は重要対象地区であるので、水源開発につき「イ」側で対策を考慮する意向が表明されたので、現地調査の終了時点、実施機関との協議において、以下の要点を調査団から申し入れ「イ」側の了解を得た。

①現地調査の結果、これら3地区では、生活用水の困窮度、施設の必要性が、調査対象地区の中でもトップ・レベルの状況にあるものの、新規水源の確保がきわめて困難であるため、現状では本計画の対象とすることは難しいと判断される。

②これら3地区はいずれも大規模な給水計画を必要とし、新規水源開発は長期間にわたる綿密な広域調査が必要であると考えられ、無償資金協力よりはむしろ社会開発調査のような技術協力による方式が適切である。

③しかし、上記3地区において、「イ」側努力により、早急に何らかの解決方法が得られた場合は、再考の可能性がある。ただしその時期としては1994年1月末頃を目途とし、調査団に書面で結果を通知するものとする。

以上の過程を経て、予定された1994年1月末あらためて「イ」側と連絡をとったところ、再考を促す良好な結果は得られていないことが判明した。計画候補地区としては、上述の3地区を除く6地区とすることとなった。これら6候補地区の実態と施設整備の緊急性に関し、水源を始めとする諸条件により比較すると表-4.1の通りである。

表-4.1 対象候補地区の比較

	地区名	調査人口	現況問題点	本計画における対策	注記	投資効果	緊急性	総合判断
1	アハワル (アビアン州)	33,029	準郡都アハワルは海岸平野に位置し、給水施設の水源は1本の深井戸に依存しているが、水量が不十分で水質は高塩分のため、劣悪なサービスが続けており、水道経営も破綻をきたしている。	アハワルの4-6km北部のワ・アハワル流域に未使用の既存井が2基あり、水量・水質ともに良好であり、アハワル新水源として利用可能である。水量増大、水質改善により、給水サービスを改良し、水道経営の健全化を図る。	要請対象人口は周辺集落も含むもので、水源の可能採水量等の要素を検討して最適規模を決定する。	大	1	1
2	ムディア (アビアン州)	37,120	この地区は数給水区に分割されるが、いずれの給水区も水量や水質問題を抱え、特に中心地区ムディア(郡都)のサービスは悪化しており、住民は主として高価な買水に依存している。水道経営も支障をきたしている。	ムディアの10km東に水量・水質ともに良好な水源があり、この地区の未使用既存井3基と追加井新設により、既存給水施設の水源増強を図り、給水量の増大によるサービスの改良と経営の立て直しを図る。	要請対象人口は全給水区を網羅するもので、水源の可能採水量等の要素を検討して最適規模を決定する。	大	1	1

3	アル・レイダ/ シマリヤ (ハドラムート 州)	9,450	水利の悪い高原台地に位置し、構成集落は1村をのぞき、すべて高価な買水依存の生活を送っている。経済的負担が大きいだけでなく、非衛生的水源からの売水は健康上の問題発生源ともなっている。	近年この地区で深井戸水源が成功し、現在1村が利用している。本計画はこの井戸と新設追加井を水源として、7村に対する適切な給水施設を整備し、地区の水不足を解消する。	天水溜めからの売水は住民にヒルハリ住血吸虫を伝播している。	中	1	2
4	アッサダラ (ハドラムート 州)	11,050	当該地区は年中表流水を運ぶワ・ハヤル上流に位置し、集落には温泉が湧出する。住民はこれらの水を汲んで用を足しているが、準郡都であるアッサダラの発展とともに集落地内の流水利用は汚染の懸念があり、給水施設の整備が必要となってきた。	アッサダラ準郡都の5km北部、ワ・ハヤルの上流部流水は湧水源から湧し、水質もよいので、この地点を水源として、地区における初めての施設を整備し、地区の生活基盤整備と衛生環境の改善を図る。	本計画施設は当該地区で初めての施設となる。	中	2	3
5	アル・ラドゥード (ハドラムート 州)	8,980	地下水が豊富なワ・ハドラムートに位置する当該地区は各集落に浅井戸水源があり、付帯給水施設が整備されているが、浅井戸のため、水源が安定していない集落もあり、また住宅地の拡大とともに水源汚染の懸念が生じた。住民は深井戸を水源とする全域統合給水システムを希望している。	水源を深井戸とする統合給水施設を計画し、地区全体に安全で安定した給水を図る。	統合給水施設の最適規模は各集落給水現況と地域内における配置を考慮した経済的な観点からも考慮する。	中	3	4
6	ゲイヤン (アビアン 州)	4,490	当該地区は水源水質の良好なワ・アガマル地区と高塩分のワ・ラハブ地区に分かれるが、後者に対しては政府により施設が設置された。本計画は前者に対して施設を計画し、地区の給水整備を完成させる目的を持つ。	当該地区の水源は、地質条件により浅井戸となるが、既設井はすべて私有であるため、追加水源を新設し、既存配水槽を利用して対象集落に給水ネットワークを敷設する。	ゲイヤンは準郡都であるが、山岳地であり、給水対象人口が少ない。	小	3	5

6 地区の状況は、極度の水源難により生活用水に困窮している3地区と、自然条件に恵まれ地区特有の水利用が発達している3地区の両極端な2グループに分類されるが、前者については、その困窮度、緊急度から、本計画において対象地区として取り上げる必要性が十分認められる。一方他グループについては、「アッサダラ」は本計画対象地区の一つとして考慮することが可能であるが、「ゲイシャン」および「アル・ラドゥード」については、対象とする必然性が薄いと判断され、計画に含めないこととする。それぞれの判断理由は以下の通りである。

①「アッサダラ」

この地区は集落地一円において、ワジ・ハジャルの流水と温泉の湧出があるため、住民はこれらの水を汲んで生活用水に使うとともに、共同農場の用水として利用している。したがって、水資源自体は他地区と比較すると恵まれた条件にある。しかし、地区の中心地アッサダラはハドラムート州のハジャル郡アッサダラ準郡の行政拠点地区であり、人口約5,000人の密集した集落体を構成するが、住民が利用する温泉水源は雑踏する居住地の中心部にあり、近年の集落の発展により、汚染が心配される状態になった。またこの温泉源は温度が36℃以上で電気伝導度が2,300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ あり、全般的に水質が悪い南部では特に劣悪とはいえないが、水道水としては、適切なものではない。

この地区はアッサダラほか全7集落で構成され全体人口10,000、規模の大きい集落はアッサダラを含め3ヶ所あるが、住民は手近で水が手に入ることから、いずれも給水施設がまったくなく、昔からの水汲み作業に婦女子が従事している状況にある。地区の経済基盤は流水を利用して協同経営するアブラヤシ農園であるが、郡庁支局では、住民の福祉・衛生状況の向上をはかるため、給水施設計画を推進しており、水源としては水質の良い集落地から約5 km上流のワジ・ハジャル流水を第一候補としている。一方住民側でも給水施設が完成すれば、支払意思が十分ある。このような地区の現況から、当該地区には具体的需要があり、地区の生活基盤を整備するために実施の意義があると判断される。

②「ゲイシャン」

当該地区には、地下水が高塩分のため地区内で最も生活用水に困窮するワジ・ラハープ流域集落に対してすでにPWCにより施設が建設された。一方公共給水施設はないが、比較的地下水水源に恵まれたワジ・アダンマル流域の集落群は、各集落においてそれぞれ私設または共同の手掘り浅井戸を利用しており、水の確保に不都合は生じていない。

地下水の水質も良好である。集落の中には、単独で集落内各戸に給水管を引いて、独自の小規模給水ネットワークを作りあげている村落も見られた。

新規計画としては、後者の地域に対し、追加水源施設と配水管を建設する内容となるが、すでにワジ流域は上述した私設または共同井戸が密集しており、同流域に新たに地区特有の手掘り浅井戸水源を追加するより、既存井戸を利用することが合理的、経済的であることは明かである。給水組合によると、新規浅井戸を建設する土地は確保できるとの意見であったが、調査団としては、追加水源に関しては地域共同体で解決すべき問題と判断する。

また、PWCによって建設された既存配水槽はワジの最上流部に位置するため、ワジ流域に沿って散在する全集落に配水するためには約10kmの配水管延長が必要となり、給水対象人口約2,000人に対する投資としては、本計画の他地区と比較すると過大であり、投資効果が少ないと判断される。

③「アル・ラドゥード」

この地区は「イ」国でも有数の地下水流域ワジ・ハドラムートに位置するので、各所で浅井戸を利用して、全般的に見ると水不足の状況にはないと判断される。全域で13集落により構成され、それぞれの集落状況に相違はあるが、全集落がなんらかの施設を有し、給水サービスが普及している。同地区は、水が比較的容易に得られることから、現在公共施設と私有施設が混在し、集落の発展とともに、水源をより安定した深井戸に代えて給水施設を全域統一するグレードアップが目的となる。

このように同地区は、現在すでに他地区より進んだ施設整備状況にあるため、特に計画は緊急を要さず、本計画の対象とすることが困難と想定されることを、実施機関との協議時点調査団から申し入れ、了解を得たが、その後の詳細検討においても、その状況に変わりがなく、計画対象地区に含まないこととする。

以上のような検討の結果、本計画の対象地区としては、次表の4地区と決定する。

表-4.2 基本設計計画対象地区リスト

番号	対象地区名	州名
1.	アハワル (Ahwar)	アビアン (Abyan)
2.	ムーディア (Moodeyah)	同上
3.	アル・レイダ/シマリア (Al-Raidah/Shamalya)	ハドラムート (Hadramout)
4.	アッサダラ (As Sadarah)	同上

4.2.3 実施運営計画

「イ」国の地方給水事業は、法令で、施設計画、調査、建設までの資本投資事業をGAREWが管掌し、運営維持管理については受益者側の地方自治体または地区給水組合が責任を負う二重構造となっている。完成施設を地方自治体に委譲したあとのGAREWの機能は、施設の維持管理に関わる技術的支援、ただし予算措置を伴わない純然たる技術サービスの提供に留まり、維持管理費用は一切が自治体または給水組合の負担となる。したがって、本計画は、施設建設まではGAREWが実施機関として機能するが、施設完成後は各対象地区の給水組合が運営に責任を負う態勢となる。

本計画対象4地区の集落形態・機能は一樣ではなく、給水事情についても、既存施設を長期間運営してきた地区（アハワルやムーディア）と施設のまったくない地区（アッサダラ）が混在しており、住民への給水サービス態勢は多様である。次表に各地区の給水に関する現況態勢を示す。

表-4.3 計画対象地区の給水施設運営現況

	対象地区名	集落分類	給水サービス態勢
1.	アハワル	準郡都	郡庁支所の電気・水道事務所（給水関係職員13名）により市内給水サービスを行うが、集落が海岸平野に位置するため、水道水は高塩分で、飲料水は買水が主となっている。施設の老朽化がはなはだしい。経営は独立採算制で政府支援はまったくないため、職員給料も料金徴収に依存し、水道経営はその日暮らしの窮状となっている。

2.	ムーディア	郡都	既存施設は郡庁所属の電気・水道事務所（給水関係職員は10名）により運営され、郡都および周辺集落20ヶ所、給水人口34,000人が対象であるが、給水量不足のため、市内給水さえほとんど出来ず、市民の大部分は買水に頼るという窮状にあり、経営は破綻をきたしている。州政府は職員給料を支給するが、維持管理費の配分については、財政難のため、不定期、間欠的である。
3.	アル・レイダ/シマリア	地域複合集落	この地区は7集落から構成されるが、現在、施設としては、1本の深井戸と配水槽1基があるのみで、施設に近接する一集落が集落内給水組合を結成し、ポンプ運転管理、利用者から料金徴収などを行っている。全村に対する施設が整備された場合は各集落からの代表者による給水組合として再編を計画している。
4.	アッサダラ	準郡都	中心集落アッサダラを始めとする各部落は、集落内各所に湧出する温泉で必要な用水を汲んでおり、給水施設がまったくないため、組合組織はない。施設が整備された場合は、アッサダラの郡庁支所内に郡副長官をトップとする組合組織を編成する意向である。この地区は50万本に達するというアブラヤシの大農園を協同組合組織で管理しており、給水サービスに関しても組織的運営は問題ないと言明している。

対象地区の中で水道経営の経験が乏しいのは、「アル・レイダ/シマリア」と「アッサダラ」の2地区であるが、調査の結果によると、両地区とも同系統の部族意識に結ばれ、地域共同社会の結束は堅いので、住民の協力により組合制度を育てていくことは可能であると判断される。一方、規模の大きい地方水道を長期間経営している「アハワル」と「ムーディア」は、水源問題が原因で満足な給水サービスを行うことが不可能な状態に陥り、料金徴収にトラブルが多発し、経営に破綻をきたしている。したがってこの両地区は、通常の給水が可能な施設を早急に整備することにより、水道経営が軌道にのることを待望している。

地方自治体や地域共同体が運営する給水施設の維持管理については、法規上は「地方自治省」(Ministry of Local Government)を頂点とする州政府組織が支援する建前となっており、施設拡張や一部の建設費用が州政府から支給されることがあるが、予算配分は一切公表されておらず不明であり、施設の運転費用になるとすべて運営機関の裁量に委ねられている実状である。一方、運営機関側からは、各地域の郡庁支所および郡庁の最高責任者である郡長官に全権を委任することになるが、予算獲得は郡長官の政治手腕によるとこ

ろが大きい。上記4地区の中で州政府からの助成金が下りた例は「ムーディア」のみであり、近年の実績としては以下の通りであった。

- 1) 1,989年 SL 100,000(=YR 130,000)
- 2) 1,992年 YR 100,000

今回の調査においてはこの点について留意し、ラヘジ、アビアンおよびシャブワ州政府の関連代表者と会見したさい、それぞれ本計画に対する関心を喚起し、支援を要請した。

一方、このような行政区の中心地となっていない対象地区、上表で「アル・レイダ/シマリア」の場合は、地域社会だけで独立した運営を指向する傾向が強く、調査によると、前者はその方向で単独集落内に小組合が結成されており、後者は郡庁や準郡庁からなんらの支援も受けず、集落の給水組合により独立した給水サービスを展開している。注意すべきことは、「ムーディア」や「アハワル」のように都市化が進行している行政中心地でも、水道事務所による給水サービスが低迷しているため、周辺集落は数部落単位で自助努力による施設を完成し、郡庁の世話を受けない独自の給水組合により給水を行っている。

このような実態を検討すると、各地区における給水施設運営のための組合結成については、全国的な趨勢であり、本計画において、各地域特性や施設内容に応じた体制を推奨し、「イ」側の関連上級機関であるGAREWや地方自治体の指導を通じて、体制固めを行うことが肝要である。(参考として、従来我が国が旧北イエメンにおいて実施した有償および無償資金協力の完成施設はすべてこの方式に従っており、1988年にGAREWの前身である「電気・水省/地方水道局」に我が国から派遣された専門家による追跡調査があり、各集落体における維持管理努力が確認されている。)

実際に施設の操業が始まった段階で問題となる水源管理、取水・送水機器および管路保守に関しては、今回の対象地区で既存施設がある3地区では専従の操作員により、日常運転に対応する態勢がとられてきている。またポンプ機器等の予期しない故障については、技術的に組合内で対応が難しい場合は、旧PWCに技術指導をおおぎ対処してきているが、9対象地区の調査結果、現状では予備品、スペア・パーツの入手が困難なため、支障を来しているケースが少なくなかったため、本計画で対応策を考慮する必要があると考えられる(なお、従来の北部に対する無償資金協力第1～3期の完成施設に対しては、ほぼ10年経過後の1992年、国際協力事業団によりフォローアップ調査が実施され、1993年にはスペ

ア・パーツが供与されたが、一般的に施設の維持管理が良好であることが確認されている)。

総合的な判断としては、本計画の実施体制としては、「イ」国の現行態勢に従い、各受益地方共同体の現在の給水組合組織の強化をはかり、GAREWの技術的支援を増幅するとともに、本計画において適正規模の維持管理機材を供与して、各給水組合の経営を軌道にのせることが必要であろう。

4.2.4 要請施設、機材の内容検討

旧PWCでは1990年までに、レベルや熟度は各地区により異なるものの、要請20計画対象地区の大半に対し、給水施設の調査、計画および設計を行った。この計画に基づいて、一部の地区では現在までに、部分的に給水施設が建設されている。4計画対象地区に関するこれまでのPWCによる対応の経過を次表に示す。

表-4.4 4計画対象地区の要請計画内容と現状

	計画対象地区名	「イ」側による計画内容	現 存 施 設 状 況
1	アハワル	当該地区に対し、PWCは中心地アハワルを含む準郡内の全23集落を網羅する広域水道計画を策定し、計画書および計画図がある。	同計画に基づいて、1991年水源井が2本掘さくされたが、不成功に終わり、計画実施が不可能となったため、我が国に要請が行われた。
2	ムンディヤ	当該地区に対し、PWCは調査を重ね、概略計画図が存在するが、現時点入手できるものは地区の中心地ムンディヤを対象とする水源増強計画で、全体の集落を網羅する複合給水区に対する計画は未完成である。	当該地区における複数の給水区に対する総合給水計画が未完成のため、施設建設には着手していない。
3	アル・レイダ/シマリヤ	PWCによる基本計画図あり。	当該地区では、州政府により水源井が1本掘さくされ、同地区出身の国外帰帰成功者からの資金提供により、配水槽を含む給水施設が建設された。PWC計画はこの既存施設を利用して、7集落から構成される地区共同体に公共給水施設を建設する計画となっている。
4	アッサダラ	予備調査のみ。	給水施設なし。

上表から明らかなように、各対象地区の現況は一様でなく、①現在すでに各戸給水が普及しているが、水源問題により通常の給水サービスを行うことができなくなり、新規水源開発による水源増強計画を主目的とする地区（「アハワル」および「ムーディア」）、②一部施設を有するが、水源開発を含め地域給水施設の整備を目的とする地区（「アル・レイダ／シマリア」）および③まったく新規に地域給水施設を整備する必要のある地区（「アッサダラ」1地区）に分類される。

一方、各対象地区に対する要請施設内容を（地下水）水源施設とその他の地上給水施設に分けて検討すると以下の通りである。

1) 水源施設

現地調査の結果、計画対象地区の中で、現在の行政地区の範囲で将来にわたって対象給水人口全部の需要を満たす水源確保が可能と判断されるサイトはハドラムート州の「アル・レイダ／シマリア」と「アッサダラ」であり、アビアン州の2地区は水量、水質のいずれかまたはそれら両面で、水源に限界があり、その限界を越えて給水量を増加した場合は、水源枯渇や水質劣化を招く可能性が強い。そのような問題がある2地区について以下にその概要を述べる。

①「アハワル」

当該地区はアデン湾（Gulf of Aden）の海岸線に沿った砂丘地帯に立地し、地区の大部分の地域で地下水は塩水化している。わずかに、地区を貫流するワジ・アハワルの沿岸部分に比較的水質の良好な浅層地下水（ワジ・アハワルの伏流）が分布しており、本計画ではその流域に掘さくされた既設井2本を利用することが推奨される。その場合、大量に揚水して地下水位を下げると、周辺の塩分を含む地下水が流入することになるので、揚水量を制限して水位を高く保持することが肝要である。

②「ムーディア」

当該地区は内陸に位置するが、乾燥気候下における高い日中温度による地下塩分の濃縮プロセスにより地下水は塩水化がすすみ、良質の地下水分布地域はごく狭いワジ流域に限定されている。中心地ムーディアの西側周辺7集落は、現在では独立した給水システムにより供給されているが、水源が高塩分であるため、雑用水として利用し、飲料水は全部買水に依存している。良質の地下水が分布する水源地は中心地から10km以上の遠隔地となるが、これ以外の水源候補地はなく、本計画ではそこに掘さくされた3本の既設井を利用せざるを得ない。問題は、狭小な水源地にこれら3本の

ほか2本の現在使用中の水源井があり、計5本の井戸を同時運転した場合には、過剰揚水の事態を招き、水質劣化を誘引する懸念があることで、当該地区でも、揚水量を制限し、急激な水位降下を引き起こさないよう十分な水源保守管理を行う必要がある。当該地区は給水人口が多いため、この3本の水源井のほかに水源が必要であるが、現在の地区全域における農業用水も含めた地下水開発状況を検討し、可能性としては前述した水源井密集地域から約1km下流に追加井を1本新設する措置が限度と判断される。

なお、「アハワル」および「ムーディア」2地区の既存井は、掘さく後使用されずに鋼板蓋で密閉されたままとなっていたが、本調査では、開口して水質だけは確認できたが、水量試験は実施できなかった。このため、現地調査時点、実施機関のGAREWに対して早期に精確な揚水試験の実施を依頼し、了承を得たが、1994年1月末の通知によると、GAREW所有の試験装置が故障したため、調査団の解析に間に合わせる事が不可能であることが判明した。そのため、現地における他井の揚水状況の観察や入手可能な水量に関する既存資料の解析を通じ、安全採水量を推定する方法をとることとした。

なお、高原台地に位置する「アル・レイダ／シマリア」については、近年に至り当該地区および周辺他地区で地下深部の有力帯水層を対象とし400mを越える深井戸水源が設置され、成功しているが、この深部帯水層の分布については、まだ資料が限られているため、新規開発のための掘さく点の選定には周辺の地質環境を十分に検討することが重要である。

2) 給水施設

① 給水方式

水源から先の施設としては、送水施設、配水施設および給水施設に大きく区分されるが、PWCの計画内容は、各集落に対する給水の終点として、公共水栓（南部ではスタンド・パイプと呼ぶ）を基本とし、一人一日平均給水量は40ℓを基準としている。しかし、近年の趨勢として、地方集落も各戸給水が通常の給水形態となり、本計画の基本的な設計方針として各戸給水方式を採用することを要請された。この場合の平均給水量は60ℓcdが要求される。実際に「アハワル」や「ムーディア」のように都市化が進行して市民社会を形成している地区では、現在すでに各戸給水方式となっている。

一方、現在給・配水用の管路がまったくない「アル・レイダ／シマリア」や「アッサダラ」に対しては、本計画では、末端施設として公共水栓を設置し、完成後ただちに住民が利用できるようにする方針が適切であるが、これらの地区それぞれの構成集落は家屋が密集し、給水人口が多い集落形態であるため、いずれは住民側で個人用の給水管を接続し各戸給水になることが予想され、実際に集落代表者からもその意向が表明されているので、出来る限り住民の利便を図ることが必要となる。その場合、これら2地区に対しては、公共水栓数は最小限に留め、その代わりに大規模集落については、近い将来の給水管接続を考慮した配水支管のネットワークを考慮しなければならない。

このように各戸給水方式が基本となると、給水量に対する水源水量が問題となるが、この点に関しては、「アハワル」を始めとして、開発可能量が限られている地区に対しては、可能な取水量の範囲内で給水量を定めることで、「イ」側と合意した。

②給水範囲

計画対象地区はいずれの地区も拡散した複数集落から構成される広域給水区となっている。しかし、「アハワル」や「ムーディア」のような広域給水区の全集落を網羅する給水計画は、水源取水量が限定されているため不可能であるばかりでなく、現にこれらの給水区では、周辺集落ですでに独自の水源を開発し、各戸給水を行っている例が少なくないので、実際的、効果的な施設計画と考えられない。本計画では、このような独立給水施設を有する集落は計画に含まない方針とする。この方針の対象となる地区は「アハワル」および「ムーディア」の2地区である。さらに、「アハワル」と「ムーディア」は、取水可能量に対する給水人口が過大であるため、市街地を構成する中心地を優先的に給水対象とし、その他の集落に関しては、取水量の範囲内で、主施設から分岐が容易な集落のみに給水する計画とせざるをえない。この場合は、運転時間や給水量を調整することによって、周辺集落にも恩恵が届く割合を増大することが可能である（各地区における詳細は第5章で検討することとする）。

③給水施設

本計画において必要な施設として、計画給水量または水源からの最大取水量により決定される単位流量を送るための送水施設および配水槽と配水本管は基本的なものとして、施工まで含めて考慮しなければならない。しかし、本管だけでも、各地区の構成集落配置が拡散型であるために、いずれも長距離となり、資金を圧迫することにな

るため、「イ」側との協議のさい、この分野において可能な限り先方の自助努力を促し、基本的な了解を得ているが、この方針の対象となる配水支管（給水本管）以降に関しては、日本側としても、適切な設計に基づき、主たる配管材料を供与し、「イ」側の実施を出来るだけ支援する方向が望ましいと考えられる。実際に、従来の各地区における既存施設の配管は、材料をPWC等から支給され、各地区給水組合の自助努力により施工された部分が多いので、施工経験・能力は十分であると判断されるが、ドラフト・ファイナル協議時点で、先方に計画内容を提示し、「イ」側の具体的な対処方針を確認したうえで進める方針とする。

4.2.5 技術協力の必要性の検討

本計画の実施に関わる技術協力の必要性は特に認められないが、添付資料-1.a、基本設計調査時点の議事録に見られる通り、現在GAREWは、同機関による水源調査活動と関連し、水理地質調査機器の供与とそれに伴う技術協力を希望している。この要望は、本計画とは直接の関連性を持たないため、別の機会に考慮することが適切である。

一方、我が国政府は、これまで「イ」国地方給水セクターに対し、GAREW設立前の電気・水省地方水道局（RWSD）に水道行政専門家2名を派遣した。GAREW設立後、現在同様に水道行政専門家が1名赴任中である。

4.3 計画の概要

4.3.1 計画対象地区

本基本設計調査の計画対象地区は、前節で検討したように、計画の緊急度、優先度が高いイエメン南部2州4対象地区とする。

各地区の給水対象人口は、それぞれが要望する給水対象構成集落の人口に基づき、第5章で詳細に検討する基本設計基準諸元や開発可能水量により判断するが、「アハワル」や「ムーディア」のように大規模広域計画でありながら、新規開発水量が極端に限定されている地区では、全集落を包含する施設計画を策定することは困難であり、優先的な給水区に限定せざるをえない。このような対象地区では、地区内で小規模ながら独自の給水施設を持続的に運営している独立給水区に対しては、特別の問題がないかぎり給水区の中に含まないことを原則とする。限られた地下水資源を水源とする地域では、このような分散した資源利用が可能な場合は地下水保全のために有利であり、本調査の対象地区では、総体的に広域計画より小規模分散型給水施設が奨励されると考えられる。次表に計画対象地区名と本調査における検討結果、最適と判断される各地区の給水範囲および給水対象人口をまとめて示す（最適範囲に関する検討内容については、本節第4.3.3「施設・機材の概要」にて概要を示す）。

表-4.5 計画対象地区リスト

地区番号	地区名	州名 / 郡名	給水人口 (1993)	計画給水人口 (2008)	給水対象区 / 集落
1.	アハワル (Ahwar)	アビヤン (Abyan)	13,900	20,400	アハワルおよび周辺5集落
2.	ムーディア (Moodeyah)	同上	22,900	32,000	ムーディア給水区、 アル・クホルタ給水区の一部
3.	アル・レイダ/シャマリア (Al-Raidah/ Shamalya)	ハドラマウト (Hadramout)	9,400	12,700	当初計画全7集落
4.	アッサダラ (As Sadarah)	同上	11,000	14,900	当初計画全7集落

4.3.2 実施機関および運営体制

本計画は「イ」国の現行体制に従い、施設建設および以降の技術協力をGAREWが担当し、各施設の維持管理・運営は各対象地区の自治体水道事務所または地区水道組合が責任を担うことになる。すでに、「アッサダラ」以外の3対象地区には、既存施設を対象として、このような組織が存在し、給水サービスを行い、運営の基盤は受益者住民からの料金徴収に依存しているため、組織の熟成度は異なるものの、適切な施設規模・内容により住民サービスが可能となれば、運営が軌道に乗ることが予想される。

調査によると、現時点で相応な規模の専従要員を擁する給水機関、たとえば「アハワル」や「ムーディア」の郡庁所属水道事務所では、主としてこれまでに述べてきた水源問題のため、住民に対する給水サービスが破綻をきたし、経営状態は自転車操業を続けている。これらを管理、支援する立場の担当官庁である州政府では、現在これらの地区が抱えている問題を解決する資金、技術的背景がないため、旧PWCに適切な処置を要請し、今回の日本政府に対する無償資金協力の要請につながった。

各対象地区給水組織の要員の質的水準に関しては、旧PWCによるトレーニングの参加者を含め、大多数が各対象地区の出身者である。主たる業務は、給水台帳管理と料金徴収に関する事務関係業務と日常の施設・機器操作および高度な技術を要しない維持管理業務等の技術系業務に分かれ、施設内容に応じて人員を確保している。ただし、維持管理設備、たとえば溶接機、旋盤等の機材を保有する組織はなく、これらは地区の専門業者、特に各地区に必ず見られる車両修理工場を有料で利用している。実際に各地区で現在操業している施設・機器でもっとも日常的な対応が必要なものは、ポンプ動力機のエンジンであるが、全国的な車両の普及により、程度の差はあるが、いずれの地区でも、これに対応できる技能者は存在しているので、スペア・パーツを確保しておけば、ほとんどのトラブルは対処できる状況にある。しかし、高度の技術的判断を要し、これらの技能者では処置の困難な故障に遭遇した場合は、従来はPWCに技術指導を仰いでいたが、今後はGAREWアデン支所がこれらの相談に対応する態勢となる。本計画はこれら地方の実態を考慮して、施設・機器構成を出来る限り操作性の優れた簡単な内容とする必要がある。

次表に各地区の現行給水態勢と今後想定される体制についての要点を列挙する（必要な要員増強等具体的内容については、第4.3.4「維持管理計画」で述べる）。

表-4.6 現行運営体制と本計画実施体制の要点

	対象地区名	現行給水機関 形態	現行運営体制	実施体制要点
1.	アハワル	郡庁支局 電気・水道 事務所	所長(1) 事務員(2) 料金徴収係り(2) *電気関連 技能者(5) *給水関連 機器・配管技能者(6)	当該地区給水施設を10年以上運営してきた経験を有する組織で、配管工事や機器修理工事も手掛けている。 本計画が具現化した場合も同機関が運営に従事する計画となる。新規施設では送水施設関係が従来なかったものであるが、発電機の取り扱いは電気関連現有技能陣6名が担当可能である。一方、機械工は多段階の維持管理に関するトレーニングを受ける必要がある。
2.	ムンティ	郡庁水道事務所	所長(1) 事務員(3) 料金徴収係り(2) 配管技能者(4) 機器関連技能者(4)	アハワル同様、組織自体は要員数、経験も十分であるが、水源数がいっきよに増加し、全体の総合運転管理に、経験のある主任技能者が必要であるので、要員確保を計画する。
3.	アルレイダ/ シマリア	給水組合	現在既存施設のある アルカ集落単独で、 5人で構成される組 合で運営。既存施 設の操作は、旧PWC アルカ支所でトレーニング を終了した3名のう ち1名が専従。他 2名は予備要員。	構成7集落からそれぞれ代表者を1~2名選抜き組合を再構成するトレーニングを受けている3名は専従とし追加の要員を確保する必要がある。構成集落のうち給水人口の大きい4集落はそれぞれ別配水系統となるため、この4系統は各対象集落責任で管理する形態が適切である。
4.	アツガラ	給水組織現存せず。	存在せず。	本計画具現化の場合は郡庁支局内に水道事務所が設立され、中心地アツガラ支局在郡副長官が最高責任者として、監督機能責任を負う。操作要員の確保については、地区内にも動力機器、配管技能者が存在するが全体施設の技術面総括者を地区外から雇用する必要がある。

4.3.3 施設・機材の概要

調査の結果、各対象地区で必要かつ適切と判断される施設・機材の概要を、給水システムを構成する大分類別に、以下に記述する。

1) 地区番号 No. 1: アハワル

施設分類	主要施設・機材	数量	特記事項
水源施設	1. 深井戸水源（既存井） 2. 深井戸ポンプ 3. 深井戸ポンプ室 4. 導水管 4" : 2,800 m	2 基 2 台 2 棟	①海岸砂丘地帯に位置する当該地区では高塩分の地下水が分布し、水質が比較的良好と判断される水源は本計画で採用する2井しかない。既存資料によると、安全揚水量は2井で1.2 m ³ /min(20 l/sec)と判断されるが、この水量では、中心地アハワルほか周辺集落の給水に限定される。本計画を通じて、この水源地の性状がさらに明確になれば、他集落に対する新規水源開発の可能性が浮かび上がることも想定され、将来の給水網拡張が期待される。 ②本計画は生活用水確保に苦しむアハワル地区の窮状を軽減する緊急プロジェクトの性格を持つものである。
送水施設	1. 中継水槽: 100 m ³ 2. 送水ポンプ: 37Kw 3. 送水ポンプ室 4. 送水管 8" : 1,614m 6" : 2,500m	1 基 2 台 1 棟	
配水施設	1. 高架水槽、250m ³ ×20m H 2. 配水主管 6" ~ 3" : 5,185m 3. 配水支管 3" ~ 2"	1 基	①配水主管、支管とも、老朽化により盛大に破損しており、日本側では施工規模が大きい主管に関しては、取り替え工事を行う必要がある。 ②支管については材料供与とし、「イ」側施工とすることが適切である。
給水施設	-		すでに当該地区は各戸給水システムが確立しているので、各世帯の責任でつなぎ込みを行うのみである。

2) ムーディア

施設分類	主要施設・機材	数量	特記事項
水源施設	1. 深井戸水源（既存井） 2. 深井戸水源（新設井） 3. 深井戸ポンプ 3. 深井戸ポンプ室 4. 導水管 4" : 2,160m 3" : 200m	3 基 1 基 4 台 4 棟	①当該地区は内陸であるが、アワル地区同様高塩分の地下水が分布し、水質が比較的良好と判断される水源は本計画で採用する3井が位置するワジ流域しかない。下流に1本新設井を追加し、4井で1.36m ³ /m (22.5ℓ/sec) が安全揚水量と判断されるが、この水量でも、中心地ムーディアほか周辺集落の給水に限定される。当該地区は他に適切な水源地はなく、現状、多数の給水人口の需要を満たすには給水量を限定するよりほかに方法はない。 ②本計画は生活用水確保に極度に苦しむムーディア地区の窮状を軽減する緊急プロジェクトの性格を持つものである。
送水施設	1. 中継水槽：100 m ³ 2. 送水ポンプ 3. 送水ポンプ室 4. 送水管 8" : 1,245m	1 基 2 台 1 棟	
配水施設	1. 配水槽、300m ³ 2. 配水主管 8" および 2-1/2" : 11,895m	1 基	①8" 配水主管は水源からムーディアを中心とする給水区までの管路。一方、他の配水管は水源地にあるアル・カワラ給水区の水不足を軽減する接続配管である。 ②当該地区では、配水支管や他の給水管の管理状況が良好であり、取り替えの必要性は認められない。
給水施設	—		すでに当該地区は各戸給水システムが確立しているので、該当給水区の本管に接続するだけで給水可能。

3) アル・レイダ / シマリヤ

施設分類	主要施設・機材	数量	特記事項
水源施設	<p>(第1区)</p> <p>1. 深井戸水源 (既存井) 2. 井戸ポンプ 3. 深井戸貯水槽 (既設15m³) 4. 導水ポンプ 5. 水源ポンプ兼導水ポンプ室 6. 導水管 4"</p> <p>(第2区)</p> <p>1. 深井戸水源 (新設井) 2. 深井戸ポンプ 3. 深井戸ポンプ室 (送水ポンプ室兼用)</p>	<p>1 基 1 基 1 基 2 台 1 棟</p> <p>1 基 1 基 1 棟</p>	<p>①当該地区は給水区が広域であることと給水人口が大で水源井1井では給水量を満足することが出来ないので、全域を2給水区に分割し、1区には追加井を新設する計画とする。</p> <p>第1区-アル・スフィラ、アル・アッサーフ、アル・カー、アル・オカ、アッサーフ(5集落) 第2区-アル・ラハ、アル・スウェイドラ(2集落) この地区の帯水層は近年開発された地下深層部を対象とする。</p> <p>②この深層地下水は水位が極めて深く300m以深にあるため、ポンプは極限までの能力を持つ特殊製品が必要で、日本には該当製品がないため、第三国調達としなければならない。</p> <p>③導水ポンプは既存井貯水槽(既設)から既設配水槽に導水するため必要である。</p> <p>④現在既存井施設は外部に露出しているため、保護のため、導水ポンプ室に収容する。</p>
送水施設	<p>(第1区)</p> <p>1. 送・配水槽 (既設 750 m³) 2. 送水ポンプ (送水槽-アル・スフィラ) 3. 送水ポンプ室 4. 送水管 6" ~ 4" : 7,490m</p> <p>(第2区)</p> <p>1. 中継水槽、50m³ 2. 送水ポンプ 3. 送水管 4" ~ 3" : 2,650m</p>	<p>1 基 2 台 1 棟</p> <p>1 基 2 台</p>	<p>(第1区)</p> <p>①地元集落共同体では、自助努力により、貯水槽をかねて巨大な水槽を建造しており、同水槽を第1区用の送水兼配水槽として利用する。</p> <p>②第1区送水管は地区の東南約7km地点に位置するアル・スフィラ集落の新設配水槽に至る。</p> <p>(第2区)</p> <p>③第2区送水施設は新設井の脇に建設し、アル・ラハ集落の新設配水槽まで送水する。</p>
配水施設	<p>(第1区)</p> <p>1. 既設配水槽、750m³) 2. アル・スフィラ配水槽 200 m³ 3. 配水主管 6" ~ 3"</p> <p>(第2区)</p> <p>1. アル・ラハ配水槽 100 m³ 2. 配水管 4" ~ 3"</p>	<p>1 基 1 基</p> <p>1 基</p>	<p>(第1区)</p> <p>①アル・スフィラ集落配水は同集落の新設配水槽から、アル・アッサーフ集落は既設水槽から直接配水を計画する。</p>
給水施設	<p>1. 公共水栓 6 栓型 4 栓型</p>	<p>7 基 2 基</p>	<p>当該地区構成集落の給水用として、各集落に設置。アル・スフィラ、アル・ラハ、アッサーフ、アル・カー4集落には複数基を計画する。</p>

4) アッサダラ

施設分類	主要施設・機材	数量	特記事項
水源施設	1. 集水埋渠 2. 導水ポンプ 3. 導水ポンプ室 4. 導水管 6" : 590m	1 基 2 台 1 棟	中心地区アッサダラから約 5 km 北方にあるワジ・ハジャル上流部の流水を取水する。
送水施設	1. 中継水槽 No. 1 50m ³ 2. 送水ポンプ No. 1 3. 送水ポンプ室 4. 送水管, 6" : 3,090m 5. 中継水槽 No. 2 6. 送水ポンプ No. 2 50m ³ 7. 送水ポンプ室 8. 送水管, 6" : 3,447m	1 基 2 台 1 棟 1 基 2 台 1 棟 1 基	
配水施設	1. 配水槽, 300m ³ 2. 配水主管 6" ~ 2" : 11,659m	1 基	
給水施設	1. 公共水栓 6 栓型 4 栓型	9 基 4 基	当該地区構成集落の給水用として、各集落に設置。中心集落アッサダラおよびホスアル・ハッヤの大集落には複数基計画。

4.3.4 維持管理計画

(1) 維持管理体制

維持管理体制の中核となる組織は、計画対象地区に現存する水道事務所／給水組合 (Water Office) である。同組織は、給水施設を持たないアッサダラ地区をのぞき、熟成度は異なるが、既存施設の運営・維持管理経験があり、その知識と経験は本計画の施設に関するても有効である。

「イ」国の地方共同体による維持管理の実態について、我が国が1970年代後半から継続的に支援してきた旧北イエメン地区に対する有償および無償資金協力による地方水道整備事業における施設の維持管理状況を参考にすると、次の通りである。

1) 有償資金による事業は、1983年42対象地区の建設が完了し、1985年にOECDが評価調査を実施し、さらに1989年には我が国からRWS Dに派遣された水道行政の専門家により追跡調査が実施されたが、次のような実態が報告されている。

- ① 各集落共同体は施設運営の経験がないが、新規に給水組合を組織し、専従の操作要員（その多くは集落出身者）により、維持管理が実施されている。
- ② 各地区で、「イ」側の自助努力により配水管と給水管を引いて各戸給水を実施し、給水の利便が増大した。
- ③ 各地区とも受益者住民からの料金徴収により、独自の水道経営を実施し、要員報酬ほか維持管理費はすべて料金徴収によりまかなわれている。
- ④ 料金はメーターによる従量制と定額制があるが、料金の家計収入に占める割合は5%以下と算定され、おおむね妥当な範囲にある。
- ⑤ 多くの集落体では、料金の一部を修理費として貯金する習慣が定着しているが、スペア・パーツの不足と高額な修理費についての不満が多い。
- ⑥ 機器の故障、また水源の水量減退や枯渇による稼働停止地区が一部あり、RWS Dの早急な対応が必要である。

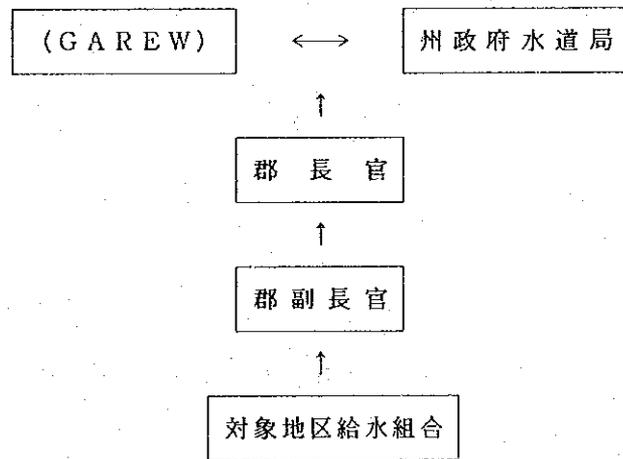
有償資金協力は、計画当初は深井戸水源とそのそばに配水槽および公共水栓を設置する内容で集落内配管網は含まれていなかったが、住民の強い要望に応え、実施中に設計変更が行われたもので、実態調査の結果、住民側の自助努力の成果もあがり、有効な施設利用が行われていると評価された。

2)無償資金協力事業に関しては、1981年から83年までの無償第1期から3期までの対象地区において、1992年我が国からフォロー・アップ調査団が派遣され、実態調査を実施したが、おおむね良好に維持管理されていると判断され、その結果各地区で要望の多かった発電機用エンジンのフィルター等消耗品を主体とするスペア・パーツが供与されることになった。

1993年のパーツ納入に際しては、ポンプと発電機それぞれの専門技術者が派遣され、代表的地区において、使用後約10年を経過した機器の点検と試運転、地区の専従操作員に対する機器保守管理の技術移転を実施したが、専門家の判定によると、機器の状態は全般的に良好で、定期的に①フィルター等消耗品の取り替え②機器周辺、ポンプ室内の清掃を心がければ、さらに持続的な操作期間を延長することが可能であると報告された。なお、ポンプ専門家は、GAREWの技術部スタッフに対し、横型多段ポンプの分解・組立のトレーニングを行った。

北部と南部では、いままでの社会体制や経済的基盤の相違が残っていると想定されるので、必ずしも同様な対応が取られるという保証はないが、上述した北部の集落体がまったく施設運営経験のない状態から出発しているのに対し、本計画の対象地区はそれぞれに経験を有し、施設の維持管理にも適切な対応をすることが期待されるが、そのためにも現状を再考し、維持管理体制を強化する必要がある。

各地区の特性により相違はあるが、現行制度に従う運営・維持管理の全般的構成としては、図化すると以下のような体制となる。



対象地区が郡（ムディリア）の場合、給水組合は直接郡長官（マムール）の指揮下にあるが、準郡（マルカズ）の場合また行政区の拠点ではない対象地区の場合は、準郡における郡庁支局のトップとしての郡副長官が、直接の監督官となる。この系統は給水組合内で解決の出来ない施設のトラブル・故障のさい、また水道料金の徴収方法の変更や、組合組織の改組など経営上の問題が発生した場合の最終判断や決定にともなうプロセスとなる。技術的問題の相談は郡長官を通じてGAREWと接触することになる（現在GAREWは、地方自治体首長を通じての要請しか受け付けない）。

(2)要員計画

各施設の持続的運営・維持管理のためには、給水組合の要員数、配置および技術水準が適正でなければならない。給水組合の構成は、大きくは資産管理、料金徴収などの経営事務担当と日常の施設運転・保守管理の技術分野に二分類されるが、両者を組合の最高責任者である所長が総括する。

本計画において、操業に関わる要員計画の留意すべき要点は以下の通りである。

- 1)各対象地区において、施設の一日運転時間は当初8～10時間であるが、計画目標年次には最長16時間に達し、2シフト運転が必要であり、少なくとも3作業班が必要となる。したがって当初から要員を余裕をもって確保し、トレーニングに参加させるなど、技術水準を高める努力をする。責任者には10年以上の経験を持つ熟練者が要望される。
- 2)全体施設の保守管理は、機械装置関係と管路システムに分けられるが、施設完成時点、日本側で要員に対する技術移転を行う。また、施工中、各地区、GAREWから派遣されるカウンター・パートと協同して、日本側施工の円滑化を支援する任務につくので、期間中の接触を通じて、知識や技術を吸収するよう努めるべきである。
- 3)要員の日常作業としては次のような内容となる。

①機械装置関係

a. 機器操作と保守管理

給水サービスのための取水（井戸）ポンプ／送水ポンプ等のポンプ運転と動力機を含めての定期的点検と保守管理（動力機は、発電機の場合もエンジンの保守点検が主であって、冷却水の補給、フィルター類の定期的交換など自動車エンジンの取扱いとほとんど変わらないので、比較的容易であり、対応できる熟練工の雇用は難しくない）。ポンプについては、水中モータ・ポンプは運転管理が主体

となる。また、送水ポンプは通常運転管理と潤滑油の補給程度である。したがって、日常の作業は特別な技術を要しないが、異常の発生を予防するためには、ポンプの特性に関する知識と適切な保守方法を習得する必要がある。

b. 水量調整

本計画では、適正な取水量および送水量の継続的運転を確実にするため、ポンプ室内に流量計を設備する。水量調整は、流量計の読みに応じて仕切弁を操作することにより容易にできるが、「イ」国地方給水施設ではまだ採用されていない。特に深井戸取水ポンプの場合は過剰揚水を防ぐために、頻繁に流量点検をすることが望ましく、水量調整はポンプと水源両者の保護に役立つので、流量計を設備し、有効利用する方針とする。

c. 水源保守

上記の適正取水量による水源保護のほか、水源状態を確認するため、携帯型簡易水位計により、井戸水位の日常定期的測定を実施する。異常が続く状態が発生した場合はGAREWと接触し専門技術者の判断をあおぐ。

d. 記録

以上の水量や水位の測定に関しては、逐一これを記録し、継続的な資料として保存する。

技術移転では、上記操作のほか、各機器に付属する計器類の取扱い方法を十分に習得させ、適正運転に役立たせるようにする。

②管路システム

a. 仕切弁調節

配水調整のため、また管路の一部修理の場合の水路遮断のため、管路に設置される仕切弁の配置とそれぞれの目的を十分に理解し、適切な配水対策をたてる。数日間に一回はこれら弁の開度などを点検する。

b. 漏水状態の確認と対応

本計画では、ポンプに付属する流量計のほか、配水管にも、集落または配水系統単位で流量計を設置し、給水区ごとの消費量が記録できるようにするが、有収水量との比較により、漏水の有無、程度を推定できる。特に漏水は配水支管や給水管において多発する可能性があるため、その監視と処置を速やかに行う。

c. 破損管路の補修

本計画で敷設される管路は10本に1ヶ所の割合で、フランジまたはユニオン継手部分を設けてある。その一部が万一破損した場合は、フランジ接続部からはじめて破損部を管路から着脱できるようにしてあるので、適切な処置を施す。

管路については、すでに熟練工を擁するアハワル、ムーディアのような地区もあるが、いずれの地区も長い管路となるので、それぞれ経験のある配管工を要員として確保しておく必要がある。

上述したように、本計画では技術移転は行いが、比較的長期間を要する要員研修コースは特に設けない。旧RWS Dでは、同局創設以来、同局強化のための支援を続けているWHOの主催により、サナ本部において地方給水施設の要員研修コースを定期的に開催した。いったん中断後、1991年からはオランダ政府の支援を得て再開したが、現在資金面の都合で中断している。トレーニング実施はGAREW設立要件の重要な一項目となっていることから、早期の再開が期待される。一方、組織は完全に分離したが、旧PWC現NWSAの南部各支所はトレーニングを与える施設や用意がそろっているため、GAREWはサナにおけるトレーニング中断中、本計画の要員トレーニングをNWSAに委嘱する可能性を検討することが望まれる。

前述した業務内容をふまえて、各地区における計画施設の持続的な運営に適切と考えられる要員を検討すると次表の通りである。

表-4.7 対象地区維持管理要員計画

() : 現行要員数

	所長	事務係	料金徴収係	機械装置	配管	合計 (現在数)	備 考
アハワル	1 (1)	2 (2)	3 (2)	6 (3)	6 (3)	18 (11)	現在、職員給与を含め独立採算制。
ムーディア	1 (1)	3 (3)	3 (2)	6 (4)	6 (4)	18 (14)	職員給与は州政府が支給。他はすべて料金徴収による。
アル・レイダ /シマリア	1	2 (5)	3	6 (3)	6	18 (8)	当該地区は5人の代表により組合を運営し、施設が小規模のため、3名の技術要員のうち、1人が専従している。独立採算制。
アッサダーラ	1	2	3	6	6	18	当該地区では給水組合がなく、当初の技術要員確保が難しい場合は、機械、配管をそれぞれ4名とし、5年間をめどに増員する。

(3)維持管理資機材

1)ポンプ設備

各対象地区における調査の結果、水道組合が維持管理上もっとも頭を悩ましているのが動力機を含めたポンプ機器の故障対策である。現在各地区で使用しているポンプの種類としては、水源取水ポンプとしてのディーゼル・エンジン駆動ボア・ホール型水中ポンプであるが、各地区とも単一の国際的なメーカーとして知られている企業の製品を採用している。このメーカーの代理店はアデンだけではなく北部でもサナに店があるが、全国各所の水源特性に合わせた機種選定を行わなければならない、機器が多種類にわたり、全機種のスペア・パーツを揃えることができず、取得に時間がかかったり、また持続している「イ」国の外貨事情の悪化から諸手続きが遅れるケースがあるという。しかし、調査によると、近年では「イ」国でもボア・ホール型に変わって、次第に電力を使用する水中モータ・ポンプが利用される傾向が見られる。水中モータ・ポンプは保守が容易であり、電力利用が可能な地区では経済的ではあるが、なんらかの異常によりモータが焼損するような事故が発生した場合、市販品はモータが密閉型構造となっているため、モータ部分をそっくり取り替えなければならない事態となる。このような不測の事態を生じないように、過剰揚水運転を避ける等、日常の操業には十分注意しなければならない。

以上のような観点から、ポンプおよび動力機で構成されるポンプ設備に関しては、各地区における給水組合の立ち上がり期間における運営維持管理を支援するため、操業開始から2年分程度のスペア・パーツを付属する装置が適切と判断される。

2)水源関係

水源関係の保守・維持管理としては、水位や流量測定が最適であり、適切な携帯型水位計を各対象地区給水組合に供与する。流量計は、管路の付帯設備であるが、地元ではまったく入手が不可能であるため、各サイズにつき予備品を1個ずつ含む必要がある。

3)管路関係

ポンプ室等に使用される空気弁、緩閉式逆止弁および高圧仕切弁等特殊な弁類は、「イ」国では入手ができない製品であるため、各地区専用使用品として、分類グループ毎に1個（空気弁の場合は1ないし2個程度）の予備品供与を計画する。

(4)維持管理費

1)各地区の給水現況

本計画において完成される施設は、住民からの水道料金徴収により、各地区の給水組合に運営されることになるが、持続的な施設運営計画を検討する前に、現行の給水事情、給水施設の運営状況を、調査結果に基づきまとめると次の通りである。

現在、アッサダラ以外の3対象地区では、形態は異なるものの既存給水施設により住民に対する給水サービスを行っている。そのうち、ムーディア地区では、州政府から要員給料を支給されているが、住民から水道料金を徴収し、燃料、補修費等維持管理費に当てている。その他の地区では政府の補助金はまったくなく、要員給料ほか維持管理費はすべて地区住民からの水道料金徴収によりまかなっている。

料金制度はメーター計量による「従量制」と月々定額を支払う「定額制」があるが、本計画対象の3地区は世帯単位の定額を徴収している。3地区の給水現況と現行水道料金を次表にまとめる。また、参考として計画地区以外の調査対象4地区における、現行水道料金もあわせて次表に示した。

表-4.8 対象地区現行水道料金

a ; 計画地区

対象地区	給水実施対象集落	戸数	人口	一日給水量	現行水道料金	1m ³ あたり料金	有効/有収率
アハワル (アハワル給水区)	アハワル ハイ・バディード アル・シャルワ 計	400 250 60 710	7,000 3,800 700 11,500	約230 m ³	YR60/ 戸/月	約 YR6.2/m ³	60%と 仮定
ムーディア (ムーディア給水区)	ムーディア アル・マダボ-ル ガセ・ハジャ 計	2,000 600 50 2,650	14,500 4,500 500 19,500	約80 m ³	YR52/ 戸/月	約YR 57.5/m ³	同上 80%
アル・レイダ/ シマリア	アル・ガ- 1 集落	100	1,000	約30 m ³	YR65/ 戸/月	約 YR7.0/m ³	管網 なし。

b ; 調査地区

対象地区	給水実施対象集落	戸数	人口	一日給水量	現行水道料金	1 m ³ あたり料金	有効/有収率
アル・ラドゥード	アル・ラドゥード	270 250	4,000 3,800	約180 m ³	YR10/ 100 gal.	約 YR 20/m ³	60%と 仮定
グイシャン	ワジ・ラハーブ 流域 10集落	139	1,300	約 52 m ³	YR 100/ 戸/月	約YR 12.2/m ³	同上 80%
トゥール・アル・ バッハ					YR3.0 / 100 gal.	約 YR6.0/m ³	同上 60%
アル・フアイド/ バニ・バケル			12,000	約180 m ³	YR6.5 / 人/月	約YR 14.4/m ³	同上 80%

これらの料金は、バラつきがあるものの、YR 3,000からYR 5,000（現地調査）にわたる一世帯平均月収と対比すると、ほぼ2.0%の水準にある。

しかし、現実には、これまでに見てきたように、アハワル、ムーディアおよびアル・レイダ/シマリアでは、清浄で安定した生活用水を現在の給水サービスを通じて確保することが不可能で、集落住民は、周辺の私設深井戸および浅井戸水源や乾燥地域特有の天水溜め（いろいろな呼び名があるが、南部では「カリーフ」が一般的である）から、水タンク車で運ばれてくる売水に頼る生活を続けており、重い経済的負担にあえいでいる。また浅井戸や天水溜め（特に後者）には、地表の汚水・汚物が流れ込むため、「イ」国に蔓延しているビルハルツ住血吸虫の培養池となっていることは周知の事実である。

調査によると、売水価格は9調査対象地区において、YR 100~130/m³のレベルにあるが、一人一日の給水量が10ℓ~20ℓに限定されているアハワルやムーディア、またほとんど依存する水源がないアル・レイダ/シマリア地域の集落住民は、買水依存率が50%~80%以上となっている。この売水価格は、1991年の旧北イエメン地区に対する我が国の無償資金協力による給水計画基本設計調査において、南部から遠く離れた「イ」国最北端地区でも同様なレベルにあった。また売水依存度については、給水サービスを受けている地区については正確な情報がないが、アハワルとムーディアにおける調査によると、住民の平均的な水消費量としては現在の推定給水量のおよそ2倍となっている。そこで、ムーディア（給水人口約20,000）、また端的な例として、給水網のないアル・レイダ/シマリアの最大集落アル・スフィーラ（人口5,000）における平均的家庭の水消費の実態を検討すると、以下の通りである。

ケース1:「ムーディア」

①一人一日給水量=10ℓ（「ムーディア給水区」では全域を二分して隔日給水しているが、配水槽容量と水源状況から算定すると一人一日給水量は10ℓ未満）

②一人一日消費量=35ℓ（調査結果推定平均値）

③a. 一人一日買水量=(35 - 10 ⇒) 25ℓ/日

b. 買水価格=YR130/m³（調査結果平均値）

c. 一人一日買水支出=(25 × 130/1,000 ⇒) YR 3.25

④一世帯家族構成=7.4（調査結果平均値）

a. 一世帯一月買水支出=(YR 3.25 × 7.4 人 × 30 日 ⇒) YR 720

b. 一世帯一月水道料 =YR 52

c. 一世帯一月給水支出=(720 + 52)=YR 772

⑤a. 一世帯平均月収=YR 3,000（調査結果平均値）

b. 一世帯給水支出比率=(772/3,000 ⇒) 25.7%

上記の計算で採用している数値にはそれぞれ誇張があると思われるので、実際はこの比率は相当小さくなると考えられるが、現在の当該地区の給水事情の傾向を示唆していると受け止められる。実際に、ムーディア地区各所において事情聴取したところでは、現在の給水サービスが改善されるならば、現在の一世帯あたり月水道代YR52の2～3倍は支払意思があることが即答で返ってきた。

ケース2「アル・スフィーラ集落-アル・レイダ/シマリア地区」

この集落には浅井戸があり、年間3ヶ月は利用可能であるが、その他の月は周辺の井戸や天水溜め（後者の方が4割ほど安価）からの買水に依存している。

①a. 集落人口=5,000

b. 集落全戸数=350

c. 一世帯平均家族構成=14.3 人

② a. 一世帯月平均買水量 = 6,000 ℓ

b. 一人一日平均消費量 = (6,000 / (14.3 × 30) =) 14 ℓ

③ a. 買水価格 = YR100/m³

b. 一世帯月平均買水支出 = (6 m³ × YR 100 × 9 月) / 12月 =) YR 450

④ a. 一世帯平均月収 = YR 4,000 (調査結果平均値)

b. 一世帯給水支出比率 = (450 / 4,000 =) 11.3%

アル・レイダ/シマリアでは、1基だけ現存する深井戸水源が所属するアル・ガー集落をのぞくと、他6集落は同様な状況にあり、対象地区全集落住民の水消費に伴う支出の概算は次のように算定できる。

① a. アル・ガー集落	戸数	100
	月間運営経費	YR 6,500
b. 他6集落	総戸数	713
	月間総支出	(713戸 × YR 450 =) YR 320,850

したがって全集落月間水消費支出 = (320,850 + 6,500 =) YR 327,350

② a. 一世帯月平均支出 = (327,350 / (100 + 713) =) YR 402

b. 一世帯給水支出 比率 = (402 / 4,000 =) 10.0%

IBRD/IDAでは、開発途上国の水道料金は収入の5%以下に抑えることを推奨しているが、本計画対象集落のうち3集落では、以上の試算例に見るように、悪化した給水サービスのため(アハワル/ムーディア)、また、給水施設が整備されていないため(アル・レイダ/シマリア)、高価な買水を余儀なくされ、それをはるかに上回る水消費支出を余儀なくされている現状である。

現在現在給水サービスを実施している地区の中では、アハワルとムーディア2地区が最も規模が大きいが、その給水事情は、水量が極端に少なかったり、水質が悪い水源問題だけではなく、住宅地が拡張するにつれて、水源問題を処理しないまま配水管網を拡大し、ますます給水量が減少したり、給水が届かない地区が発生するなど、様々な問題を抱えて、時には水道料金不払いのトラブルなども生じている。この両地区の維持管理の財務状況については、詳細は不明であるが、事情聴取により判明した範囲では以下の通りであった。

表-4.9 アハワル/ムーディア現行水道料金収支

地区名	月間料金収入	月間支出
アハワル	YR 42,600 (最大)	燃料・オイル 20,000 要員報酬 20,000
ムーディア	YR 132,500 (最大)	燃料/オイル 40,000 保守作業および事務所経費 90,000

アハワルでは要員給料が州政府から支給されていないという実状があり、特に経営はきびしく、市内の配管補修状態をみても、応急手当がほとんどで、漏水を助長している。しかも、満足な給水サービスが出来ないため、水道料金の値上げは不可能というジレンマに陥っている。なお、ムーディアでは過去2回ほど、州政府から補助金が支給されたが(1989年13万リヤル、1992年10万リヤル)、借入金の返済や管路の拡張などに費やされた。

2) 給水施設の運営方針

本計画対象地区における給水サービスは、アハワルやムーディアのような地方行政の拠点地区においても現在悪化の一途をたどっている状況であり、料金値上げはおろか低額の水道料金でも不払い騒動がおきるような事態も発生し、一方住民は高価な買水利用に依存するという、劣悪な給水事情に陥っている。

このように悪化した水利用慣習にある地区において、本計画で施設が完成した場合に、水道経営を健全化し、持続的な給水サービスを図るには、各地区において、日常の維持管理費用だけではなく投資費用の一部も回収できる適切な料金設定を行い、万一の故障や事故にも備えのある自立した水道経営を計画することが不可欠となる。

世界の開発途上国の水道セクターに援助を展開している諸国や国際機関でも、従来の水セクターの援助動向を検討し、以下のような諸点をプロジェクト実施の重要な要件としている。

- a. 持続的な施設の維持・運営を可能とする十分な費用の回収。
- b. 具体的需要が証明されていること、すなわち住民にサービス供給に伴う維持・管理費用を負担する意思があること。

c. コミュニティの計画・実施段階における参加。

d. 婦人の参加の促進。

本計画は、調査段階において、各給水組合を始めとする住民の意向を十分に汲むことを努め、現地の実態を詳細に把握することから、計画具現化の場合の住民の意思確認も行った（調査期間中、各地区において各構成集落を訪問して事情聴取を展開）。

一方、婦人の参加については、特にイスラムの伝統が強く持続している「イ」国では、婦人が表面に出る積極参加を望む現状にはないが、これまでの北部における実施を通じて、集落社会の中では実際に水使用にあたる家庭の主婦の意見がその伴侶を通じて常に住民意思として現れることを経験してきている（例としては共同水栓の位置の決定等があるが、端的には各戸配管が地方集落で急速に普及し始めたのは、永い間水汲みに従事してきた婦女子の労働軽減を目指すもので、女性からの働きかけが強いことは明らかである）。

本計画における主要施設の内容、規模は、特別な技術を要する構成機器は含まず、「イ」国でも一般的なタイプが選定されており、通常の保守管理により十分持続的な運営維持管理が可能であると考えられるが、健全な給水サービス運営の基盤となる水道料金に関しては、適切な料金設定と公平で合理的な徴収方法が不可欠であり、本計画では次のような方針に基づいて検討することとする。

①水道料金決定基準

水道料金は、適正な原価に基づいて決定されるが、原価の算出は一定期間内における総費用を有収水量で除して原価とする「総括原価主義」が一般的である。この総費用には、人件費、燃料費、消耗品費、修繕費等のほか、減価償却費または償還金等が含まれる。一般に補助金や負担金で取得した資産については、減価償却費として原価には算入しない場合がしばしばあり、実際「イ」国におけるGAREWから地方自治体に対する施設の引き渡しは財務処理を伴わないが、財務上の実際的な原価の判断指針として、また持続的な経営を可能とする水道料金のレベルを検討するため、参照することとする。

このように原価を基にして試算した水道料金の適否を判定する基準としては、IBRD/IDAが推奨する「開発途上国における水道料金は収入の5%以内」を参考にすることとする。住民の支払い意思については、各対象地区において住民の事情聴取を行ったが、いずれの地区においても、現行の給水サービスが改善される場合は十分支払い意思があること、すなわち具体的な需要が確認できたと考えられる。

住民の収入についても調査を実施したが、平均的な家族では、一日少なくともYR 100の支出が必要となるとのことで、調査結果の一家族一月平均収入YR 3,000は、高い基準ではないと想定される。したがって、YR 3,000の15% = YR 150を一家族の支払い意思のほぼ上限と見ることが出来ると考えられる。

②料金徴収方法

料金徴収方法には定額法と従量制があるが、すでに見てきたように、本計画地区では定額制が主流である。将来的には、各戸配管の場合は従量制に移行するのが適切であり、すでに「イ」国では都市水道はもちろん、地方集落でも北部、南部各所で従量制が採用されている。本計画では、実施対象となる4地区ではまだ定額制で、しかもアハワルおよびムーディアでは時間制限給水による給水量制限を実施し、いずれの家庭にも不十分な給水しか出来ない現状のため、他の定額制地区で一般に採用されている水栓数別料金や人頭別料金を採用できないで、各戸均等料金徴収の現状となっている。本計画が実施されると、従来と比較して使用水量が格段に増加することになるので、格差料金制を導入し、不公平な料金徴収とならないよう配慮が肝要である。

一例として、本計画の調査対象地区であった「アル・ファイド／バニ・バケル」のバニ・バケル集落（準郡都、人口12,000人）では、共同水栓方式による給水で、水源水量が全人口の需要にはまったく不足しているため、地区をさらに細分し制限給水を行っているが、全人口老幼男女区別なく一人あたり5リットル/月 (=6.5リットル) の均等定額を徴収している。1ヶ月の組合収入は約5万リットルとなるが、最近蓄積された剰余金により、50万リットルを投入し予備ポンプ設備を新設するという健全経営を実践している。一方、本計画の2地区は昼間の人口移動が多い行政中心地であるから、このほか、商店やレストラン等は割り増し料金とすることが必要である（この例として、やはり調査対象地区の一つ「トゥール・アル・バッハ」では従量制であるが、単位水量に対し、商店街は通常の家に対しての料金の3倍の率が課せられている）。一方、農村集落であるアル・レイダ／シマリアでは、村中で各世帯の内情が知れ渡っているような緊密な共同社会を形成しているので、家族数および水栓数の組み合わせで比較的公平な段階的料金を設定することが可能であると推定される。本計画では、単位水量1m³あたりの料金を基準として、一人一月あたりの基本料金を定め、計画対象地区の平均家族構成数9人を一戸として、一戸一月あたりの標準的な定額制料金を検討する。この基本料金は人頭別および戸別定額料金、従量制になった場合の単位水量料金の基準となるものである。

③有収水量

定額制料金徴収は、メーター計量による従量制と異なり、実際に利用されている水量が明確にならないので、利用者側にも多少の不公平感が残る。この方式がまだ「イ」国で広く採用されているのは、地方共同社会の連帯感がきわめて強いことを示すものである。この不確実性を少しでも軽減する客観的基準を導入するため、本計画では、各集落に分岐する配水本管にそれぞれ流量計を設置して、共同体単位への給水量を計量出来るような措置を講じてある。給水組合は、共同体への各供給量に対し、単位水量に対する従量制料金を適用してその共同体への全体料金を算定し、集落ではその金額を人口で除して人頭別定額料金を徴収するという方法をとることによって、広域給水システムにおける不公平感を多少なりとも軽減できるはずである。しかもこの方法は、各住民に水利用と漏水の関連についての意識を呼び起こし、自己の属する共同体における水利用についても注意を払う習慣を育てるきっかけを与えると考えられる。

このような料金徴収は、端末における漏水と関係なく高いレベルの費用回収率が可能となるので、給水組合にとっても有利な料金徴収方式であるが、生産量とこのような配水管系統の有効水量との比率を「有効率」と呼んで、実際の端末における計量に基づく従量制による費用回収と生産量を比較する「有収率」とは区別されている。したがって、本計画では、実際に従量制に移行するまでは、有効率に基づいての料金徴収を実践することが推奨される。ただし、市街地を形成するアハワルとムーディアの2地区では、配水管が管網を形成しているため、農村部の対象地区ほど厳密にブロック化することは出来ないが、両地区とも2ないし3の旧集落体に分離できるので、大まかな給水量割り当ては可能である。

水道料金の検討には有収水量の査定が重要であるが、本計画では、このような有効率を基準として有収水量を定めるので、80%程度のレベルで回収率を見込むことが可能となろう。しかし、現在のアハワルのように現実に漏水が各所に見られる地区もあるので、参考として、低レベルでの回収率も予測してみる。

(5)水道料金の検討

前項で述べたような本計画における要素を前提条件として、実施対象4地区における水道料金の試算を、次のような条件や細目に基づいて行う。

①維持管理費

維持管理費は次の項目により構成される。

a. 要員給料（各地区調査の平均として、以下のように定める）。

* 所長	YR 4,000
* 主任（各職種別1名）	YR 3,000
* 一般要員	YR 2,000

各組合の要員構成は第4.3.4-(2)における予定組織内容に準じるものとし、操業開始後目標年次に至る中間時点で2名程度の増員を考慮する。

b. 動力機維持管理費

* 燃料費（エンジンおよび発電機運転費用）= YR 3.1/ℓ（現行固定料金）

* 油脂代（同上機器の潤滑油）= 燃料費合計の10%

* 消耗品費 = 燃料費合計の5%

②補修費

補修費は主として管路補修のための費用とし、料金収入の約3%を充当する。これは管材料の購入や専門の技能者に修理を委託した場合の費用にあてられる。

③機材取替投資

ポンプ、動力機等可動装置は長期間稼働を継続すると、摩耗のため取り替えの必要が生じる。ポンプ装置の一般的な耐用年数としては15年であるが、中間で予期しない故障のため一部を取り替える必要が生じる可能性もあるので、5年程度の間隔で、電動機、エンジン等を全体構成機器の1/3ずつ取り替えるものと仮定する。

このような条件に基づく4地区における料金試算のプロセスを表-4.10に示す。算定の結果、各地区において持続的な水道経営が可能と判断される操業時の基本水道料金をまとめると次表の通りである。

表-4.10 4地区試算水道料金

	アハワル	ムーディア	アル・レイダ/ シマリア	アッサダーラ
現行水道料金 (徴収方法)	YR60/月/戸 (定額制)	YR52/月/戸 (定額制)	YR65/月/戸 (定額制)	- (施設なし)
計画一人一日 平均給水量	50 lcd	40 lcd	50 lcd	50 lcd
計画水道料金	YR7.8/m ³	YR8.3/m ³	YR11/m ³	YR 7.8 /m ³
一人一月	YR 12	YR 10	YR 16.5	YR 12
一戸一月 (収入比)	YR105 (3.5%)	YR90 (3.0%)	YR150 (4.9%)	YR105 (3.5%)
料金徴収方法	有効率を基準 とする定額法	同左	同左	同左
有効率	60%	60%	80%	80%

第 5 章 基本設計

第5章 基本設計

5.1 設計方針

5.1.1 自然・社会条件に対する方針

本計画は、イエメン共和国の旧南イエメン地区で、水不足が深刻化し、特に緊急を要する優先度の高い4地方集落を対象として、給水施設を整備することを目的とする。南部地方は北部と比較すると、年間の大部分は暑熱気候が支配的であるにも関わらず、極めて降水が微量であることや全域の半分を占める西域では先カンブリア紀の硬岩が広域に分布する等、過酷な自然条件のため、全般的にみて、さらに水源事情が悪く、要請20地区の調査の結果、極度の水源難のため本計画の対象外とせざるを得なかった地区が少なくない。また、計画対象地区であっても、要望されている給水対象人口全体を網羅する水源を確保出来ない地区もある。このような地区では、水源事情の許す範囲で最大の効果をもたらす適切な計画を策定する方針とする。水量の点では満足すべき水源の場合でも、先に述べたような厳しい自然環境により水質が劣化して高塩分となり、住民に対する清浄な飲料水供給が難しいと判断されるものは採用しなかった。

このように限定された水利用が大半のため、本計画で採用する貴重な水源は、住民の飲料水確保を主目的とする資源として留め、地域住民の重要な経済的基盤の一つではあるが、家畜の生育には充当しない方針とする。これは、調査の結果、対象地区の中で最も生活用水の確保に支障を来している3地区では、住民の飲料に適した水源は量的に限界があるため住民の総需要さえ満足出来ない状況にある。また残る1地区「アッサグーラ」では、地区全域で流水が利用でき、これまで実際に活用されてきているので、あらためて配管給水方式で家畜に給水を計画する必要はない状況にある。このような理由に基づき、本計画では家畜を対象外とする方針とした。

対象4地区では、程度の差はあるが、サウディ・アラビアを始めとする湾岸諸国への出稼ぎ労働者やベドウィン等の人口移動の影響が認められるが、各地区における給水対象人口は、現在の常住人口を基本とする。各地区における調査は短期間で限られた範囲であったが、国外労働者に関しては、1990年の湾岸危機時の大量強制帰還者が一時は大都市に溢れたものの、現在では国内、特に出身地における定着化が一段落した傾向が見受けられ、今後予期出来ない事態に至らない限り急激な大量移動は起こらないと判断された。

今回の計画は、地域社会の生活基盤の向上と健康の増進に役立てるべく、水源は安全で安定したものを採用する方針として、居住区から離れた遠隔地に水源を求めたり、汚染防止のために浅井戸に代えて深井戸水源を採用する地区が含まれる。全体的に、本計画の設計は、貴重な水資源や自然・居住環境の保全に対する住民の関心をたかめ、現在の水利用慣習が漸次改善される方向を目指すことを基本方針とする。

5.1.2 現地建設事情に対する方針

1991年の統一を境として、それまで社会主義経済の体制下、旧PWCの主導により進められてきた地方給水施設の建設分野にも、旧北イエメンの民間勢力が進出してきた。特に水源部門では、それまで公共機関で独占していたさく井工事に北の業者が積極的に乗り出し、全般的に市場経済の波及は目覚ましい。このような状況下、建設に対するアプローチや方法も次第に統一されていくことであろうが、南部で標準的な仕様や工法で本計画にも有用と判断されるものは積極的に採用する方針としたい。

一例として、地上型の配水槽は、内外壁に「イ」国ではどこでも入手出来る石材をはめこんで、堅牢性をもたせると同時に南部における酷暑に対する水の保冷性を獲得している。このデザインは、旧PWCの標準仕様として、南部地区全域に普及し、外観的にも周囲の自然環境に調和している。同工法に関しては、従来の実績から南部州各地において熟達した施工業者が存在し、完成度も高いので、建設工事において地域社会・住民の積極的な参加を奨励する方針からも、採用を考慮することとする。

本計画では、特に難度が高く特殊技術を要する設計はできるだけ排除することを根本方針として、地域住民の参加が容易となるよう配慮し、我が国からの技術とあわせ、持続的維持管理を可能とする施設建設内容を目指す。

5.1.3 維持管理に関する方針

本計画で完成される給水施設は、それぞれ対象地区の自治体や集落共同体で組織される給水組合により運営、維持管理される。すでに第4章で述べたように、対象地区に現存する給水組合の実態は多様な形態をとるが、新規に組織作りをしなければならない地区も含まれる。本案件の施設・機材計画は全体的に特殊な技術を必要としない方針で策定されるが、これら給水組合による日常的な保守・管理対策として、①水源②ポンプ・動力機③管路に特に重点をおいて、適切な計画を策定する方針である。

「イ」国では、本計画の対象地区に限らず、絶対的な水不足のため、各々の井戸水源特性を無視した最大揚水が一般的に行われているが、この慣習は早晚水源枯渇を招く最大の原因となる。本計画では、適正揚水量を判断する保守管理要素として、簡便な計測器を水源に設備し、直接見ることが出来ない水源状況を操作員が判断して早期対策を講じる一助とする。本計画に採用する水位計は、携帯用のバッテリー駆動によるタイプで、目盛りのついたケーブルの先端に接続した電極棒を井戸の中におろし、電極棒が水位に到達すると手元の水位計ランプが点灯したり、または信号音を発するもので、操作はきわめて容易である。さらに、特にトラブル発生が予想される機器類、ポンプと動力機は、特殊モデルの使用は避けて、従来から普及しているエンジン主体の動力機駆動によるポンプを選定するだけでなく、各機器の運転状況を示す必要計器を標準的範囲で付属し、日常の操業を的確で容易なものとする方針とする。

一般的に、本計画に含まれる施設・機材は日常の保守・管理に十分配慮すれば、簡単に故障するような要素はなにも含まれていないので、組合要員の質的レベルの向上と不断の注意さえあれば、持続的な維持管理は十分果たされるはずである。したがって、施設完成後、組合側に対する施設引渡の時点、組合を構成する操業員には十分な技術移転を計画する方針とする。

5.1.4 最適施設・機材選定方針

本節で以上述べてきたような方針を総合して、各対象地区の特性に相応する最適施設・機材を選定することとなるが、全体的な施設・機材計画を策定するにあたり、「最適規模」という要素に重点をおく方針とする。依存できる水源のないまま過大な地上設備を計画・建設するような過誤を避けるため、地区によっては当初要請された広域給水計画の規模を縮小する必要がある。確かに、方向性としてはより充実した給水サービスを目指す広域給水計画が推奨されるが、その実現にはいろいろな条件が満足されることが前提となり、現状の分析結果、持続的な運営・維持管理を期待できる範囲で施設・機材規模を提案することとする。

機材に関しては、建設材料加工品はすべて輸入に依存するため、従前から継続している外貨事情の逼迫から、品薄で入手に時間がかかる現状となっている。また近年の外貨不足の深刻化は輸入品の高騰を招き、一般的な管材料も必要な長さを確保するため、安価ではあるが、強度が十分でない二流品が主体となり、持続的な施設維持管理に影響が現れている。詳細は各施設計画で論じることとするが、調査結果を反映し、妥当な選定を行う方針とする。

5.2 設計条件

5.2.1 水源

計画対象地区の水理地質・水源特性については、第3章においてそれぞれ詳述したように多種多様であるが、本計画に採用する水源については以下のように整理される。

1) アハワル (アビアン州)

①地区水理地質特性

アハワル地区はワジ・アハワル流域にあり、地下水は全域に分布し水量的にも相当量期待できるが、海岸線に沿った砂丘地帯であるため塩水化している。わずかにワジ・アハワル両岸の狭小なベルト地帯にワジ伏流水によると推定される良好な水質の地下水域がある。

②計画水源

本計画では、上記地下水域、ワジ・アハワルの左岸に、旧ソ連による地区農業開発計画で掘さくされた2基の深井戸が未使用のまま残されており、調査時点現地で水質試験した結果では良好と認められたので、水源として採用する。同井の掘さく深度は70mで、帯水層としては地下約20mから50mの浅い沖積層を対象としている。

③計画取水量・水位

計画水源は、掘さく当時1988年、旧ソ連により揚水試験が実施され、試験資料が残っているが、最大で13.2ℓ/sec(800ℓ/min)を揚水し、この水量での水位降下は7.4mであった(ただし、運転継続時間は不明)。しかし、この地下水は浅層の伏流依存であり、連続的な安全揚水量としては、最大の80%以下で揚水することが望ましい。当該地区の給水対象人口が大きいことを考慮し、最大限近い水量を得るために、いまこの安全率を75%とするならば、揚水計画は以下の通りとなる。

a. 揚水量 : $13.2 \ell / \text{sec} (800 \ell / \text{min}) \times 0.75$

$\approx 10 \ell / \text{sec} (600 \ell / \text{min})$

b. 自然水位 : 10.9m (1993年12月調査時点実測値)

c. 揚水水位 : 15.9m (ソ連試験結果解析による予測値)

以上の計算結果に基づき、2井を水源として同時運転した場合、アハワル給水区には20ℓ/sec(1,200ℓ/min)の給水が可能である。

④留意事項

予定水源井の試験は現時点のものでないこと、試験時の揚水時間経過が不明であることなどから、採水の確証を得るためには再揚水試験が必要であるが、実施機関が所有するポンプが故障のため、現時点では試験が行われていない。この水域の井戸は、揚水により水位を下げた場合、周辺に広く分布する塩水侵入が強く懸念されるため、将来とも良質な水質を保全するため、水量との関連で、試験を実施しなければならない。現時点ではこの水域の水理地質状況が確定的となっていないので、可採水量を増やして地区の総需要に近づけるため、下流地点で新設追加井を開発する計画は保留とせざるをえない。本計画を契機としてワジ沿岸地下水開発の可能性がより明確となった場合は、将来アハワル集落に近い地点で追加井を掘さくして、総水量を増加することも考えられる。

2) ムーディア (アビアン州)

①地区水理地質特性

ムーディア地区は内陸の平原・丘陵地帯であるが、地下水は塩水化が進行し、中心地ムーディアの東方約10kmのワジ・ワジャル流域周辺にのみ水質の良好な地下水が分布している。この地下水域は旧河川道を通るベルト状の形態を示し、先カンブリア紀の基盤上の堆積層が帯水層となっており、浅層の地下水が採水の対象となる。

②計画水源

ワジ・ワジャル流域には現在までに5基の深井戸が掘さくされ、そのうち2基は利用されており、未使用の3基が本計画に採用可能である。調査時点、井戸蓋を開口して水質検査を行ったが、良質であることが判明した。いずれも掘さく深度は76m程度である。5基の既存井はいずれも近接して設置されているが、ワジ下流に開発可能地があるので、本計画では同様な仕様で追加井を1本新設する。

③計画取水量

既存井の資料としては、中国により開発され、アル・クォレタ地区公共水源として利用されている1井の簡単な揚水試験結果が入手できるが、ポンプが小型であったためか試験水量がごく少量であるため、参考程度にとどめ、現在の実際の揚水状況が判断の基準となる。調査時点、現在使用中の2井の運転状況を観察した結果では、7.5～8.3 ℓ/sec (400～500 ℓ/min) を日中継続的に運転している。

調査では、未使用井戸を開口時、自然水位を測定したが、井戸の掘さく深度76mに対し、大体45m付近にあり、非常に深い。現在ではこの狭い水域で2本だけ採水しているが、本計画で5本が同時運転となった場合は、掘さく地点が近接していることを考えると、相互干渉が大となり、水位はさらに低下し、ひいては水量の減退だけでなく周辺の塩水を引き込む恐れが大きいと判断される。このため、安全揚水量に限定して、持続的な採水を可能とする揚水方法を遵守する必要がある。そこで現在の揚水量の平均値を7.5 ℓ/sec(450 ℓ/min)とし、この75%取水を最大限とする計画内容とする。

- a. 揚水量：1井あたり $7.5 \text{ ℓ/sec}(450 \text{ ℓ/min}) \times 0.75$
 $\approx 5.6 \text{ ℓ/sec}(340 \text{ ℓ/min})$
- b. 自然水位：45m（調査時点未使用井3基の測定結果）
- c. 揚水水位は試験資料なし。

水量に関しては、新設追加井を含めた4井で、22.4 ℓ/sec(1,360 ℓ/min)の取水が可能となる。

④留意事項

上記ワジ・ワジャル水源地の既存井については、精確な揚水試験が必須であるが、現時点ではアハワル同様手がつけられていない。この地域唯一の良好な地下水域を保全するためには、操業に伴い、水源の不断の保守管理が必要であり、将来的には現在運転中の2基を含めてこの水源地を単一の機関、すなわちムーディア水道事務所で総合的に保守管理することが望ましい。現時点揚水試験が実施されていないため、この水源地特性に関しては限定された資料しか存在しないが、水源地面積から考察して、これ以上の開発は困難と推定されるので、十分留意する必要がある。

3) アル・レイダ／シマリア（ハドラムート州）

①地区水理地質特性

当該地区は、南部地域最大のワジの一つワジ・ハドラムートをはさんで、東西に延びる背斜構造の南側、南ハドラムート・アーチと呼ばれる高原石灰岩台地の一隅にある。このような台地上で安定した地下水源を確保することはきわめて困難と想定されていたが、近年周辺地区における石油開発の副産物として、400mを越える深井戸掘さくにより深層地下水の存在が確認された。厚い石灰岩の下部で透水性に富む砂岩層にあたったと想定されるが、未確認となっている。

② 計画水源

上記深井戸はこの地区の一集落アル・ガーの傍に設置され、現在主として同集落住民に利用されている。調査時点、簡易な水量測定を実施した結果では5ℓ/sec(300ℓ/min)の揚水量であった。問題は水位がきわめて深く、350mに達するため、ポンプ施設に特別な揚水能力が要求されることであるが、現在同集落ではイタリア製ポンプを使用して揚水にも成功している。当該地区を構成する7集落全体の給水計画には、同井1基では水量が不足なため、本計画では同井の下流地点に同様な仕様の追加井を計画する。

③ 計画取水量・水位

既存井は、ポンプ能力から判定すると、非常に小さい水位降下で安定した揚水が続けられており、高原台地の位置関係から水位が低い難点はあるものの、帯水層自体の性能は良好であり、特別な能力・構造のポンプがあれば、水量をさらに増大しても安全揚水量の範囲にあると判定される。したがって、1井の揚水量は現在の5ℓ/sec(300ℓ/min)をそのまま採用しても問題はない。

- a. 揚水量：1井あたり5ℓ/sec(300ℓ/min)
2井合計で10ℓ/sec(600ℓ/min)
- b. 自然水位：340m
- c. 揚水水位：350m

4) アッサダラ (ハドラムート州)

① 地区水理地質特性

アッサダラは、ハドラムート州のアデン湾に注ぐワジ・ハジャル河口から北方約100kmの最上流部に位置する。同ワジは年間を通じてアデン湾まで全流路に表流水が絶えることがないが、その水源発祥地はアッサダラから約10km遡った地点の湧泉である。この水源のほか、当該地区は各所に湧泉が分布しているが、地区を南北に貫く長い地熱帯が走っているため、全域にわたり数メートル地下を掘ると温泉が湧出する特殊な水理地質特性を示す。

② 計画水源

現在地区住民は、地域内のどこでも簡単に集められる温泉水を生活用水として利用しているが、地区全体の給水計画水源としては、汚染されていないワジ・ハジャル上流部の流水を集水することを希望している。ワジ・ハジャルはアッサダラ周辺まで

下ると途中の温泉湧水を集めて、水質が劣化し、塩分が増大する。また集落地およびその周辺における温泉湧出地域はワジ流域の平坦地にあり、地下3mで湧出するため、住民の生活関連排水による汚染が懸念される状況にある。以上のような観点から、本計画では、アッサダラから約5km上流部のワジ・ハジャル流水を簡易な集水埋渠を設置し、給水区まで導水する計画とする。

③計画取水量

ワジ・ハジャル上流部の計画取水地点におけるワジ流量は、今回の調査時点（1993年12月）乾期においても50ℓ/sec(3,000ℓ/min)以上あり、また地区の下流においては他の温泉湧水を集め、水量は豊富である。したがって、取水量は計画給水量に基づき16.5ℓ/sec(1,000ℓ/min)とする。

5.2.2 計画目標年次

計画目標年次は、施設規模決定の目標となるもので、①給水需要の動向②水源の種類と取水の見通し③建設費④施設の耐用年数などを考慮して決定する。その期間としては、10年から最長20年という範囲が通常取られるが、成長や発展の可能性を示す指標がほとんど存在しない村落地域では、実質的にその発展の内容や規模を推定することが不可能であるため、比較的短期間の年次設定が行われ（日本の簡易水道は10年）、都市に対しては長期的展望として20年計画をマスタープランとして設定するケースが多い。

このような先進国の一般的傾向に対し、「イ」国では、地方の過疎集落の場合、機器故障の場合修復に時間がかかることを予想し、また将来の増設や改良を実施することは困難と想定されるので、可能な範囲で施設（特に貯水槽）規模を最初から大きくとって、非常時や予期しない変化に対応する方針がとられてきた。このため、過去における日本の有償、無償資金協力による旧北イエメン地方給水計画では、「イ」側の要請により目標年次を20年に定めた例もある。一方、旧PWCによる1990年の給水計画基準では、実績に基づく判断により「イ」国地方集落に対しては10年から15年を適切な範囲と判定している。

本計画対象地区の集落規模、形態は多様であるが、行政的には地方の中心地であり、市街化が進む中心地を含む集落群で、集落規模が大きく安定した地域社会を形成している。このように全体地方社会の中で、都市と村落の間にある発達途上の地域集落特性や現在の地方給水事情を考慮すると、計画年次としては、中間的目標を焦点とする15年と定めることが妥当であると判断される。この目標年次は、計画年度すなわち1993年を起点として、2008年となる。

5.2.3 給水区域の設定

調査の結果に基づき各対象地区の最適施設規模を策定するにあたり、各地区の特性を検討したうえで、以下のような方針に基づき計画給水区を設定する。

- ①第5.2.1節にて検討した水源の一日取水可能量を供給限度とし、計画目標年次の給水対象人口に基づき、最適給水地区を定める。
- ②この場合、運転時間を長くすれば一日の取水量が増加するが、地下水位の維持や水源施設の保守等を目的として、揚水休止時間が必要であり、実際的な観点から計画目標年次において15時間程度を一日最長運転時間とする。
- ③原則的に地区中心地に対する給水計画を最優先とし、その他構成集落（群）はそれぞれの緊急度を調査結果により検討し、優先順位を定める。
- ④各地区には、独自に給水施設を整備して、水道経営している集落体が含まれている。調査の結果、地下水水源（さく井）が安定し、運営に大きな支障がないと判断される地区内独立給水区域は本計画の対象外とする。地下水資源が十分でない地域では、分散した水源からの取水可能量の範囲の小規模給水を行うことが、技術的にも経済的にも妥当と判断される。

このような設計方針に基づいて検討した各地区の計画給水範囲を計画給水人口とあわせて、表-5.1に示す（なお、給水区の検討に伴う「給水計画人口」を始めとする計画諸単元については、本節の各論を参照、また集落位置については第3.3節参照）。

5.2.4 計画給水人口

対象地区人口は、地区の自治体担当機関や給水組合に対する質問状の返答を基本とするが、それぞれの地区の各構成集落において、聞き取り調査をあわせて実施し、差違が大きい場合は実情を調べ確認する手続きをふんだ。

計画目標年次における計画給水人口は、現実には横ばいや減少するような集落も含まれると想定されるが、いずれの地区でも人口動態を把握する的確な資料がないため、一般的に行われている一律の人口増加率を乗じる手法をとった。その場合、増加率は、1990年

作成された旧PWCの給水計画基準に基づき、幹線道路沿いに位置し、市街地化が今後も進むと想定される「アハワル」と「ムーディア」の2地区の中心地および周辺集落は2.6%、その他の集落は2.0%として計算した。

本計画の目標年次における計画給水人口は、第5.2.3節で示した対象給水区の人口に等しく、表-5.1に全地区を対象給水区とともに整理して示す。

表-5.1 計画対象給水区域と給水人口

対象地区名	本計画対象給水区	本計画対象給水人口		
		集落名	1993	2008
1	アハワル	<p>①この地区では、本計画で緊急用として2本の水源井が利用出来るが、当初要請内容のアハワル準郡全域22集落の総需要を満足することはできない。 したがって、本計画では、中心地アハワルとその近隣集落に優先的に給水する。 給水対象集落：1) アハワル 2) ハイ・バディート 3) アル・シャルワ 4) アル・ガリーブ 5) ジョウル・ヒル 6) アル・スベール</p> <p>②要請に含まれる以下の集落ではすでに独立給水区が完成しており、本計画の対象外とする。 独立給水集落：1) アル・ハナッド 2) アル・ツィガ (アル・ミザニ/アル・ボンダルを含む) 3) アル・ラワッド (アル・ジョウルを含む)</p> <p>これら給水区の水源井水質は塩分も高くなく、水量は安定している(ただし、アル・ラワッド給水区では現在ポンプ駆動エンジンが故障したまま放置されており、関連機関による技術者派遣により、早急に適切な措置を講じる必要がある)。</p>	<p>1) アハワル 7,000 2) ハイ・バディード 3,800 3) アル・シャルワ 700 4) アル・ガリーブ 800 5) ジョウル・ヒル 1,300 6) アル・スベール 300 計 13,900</p>	<p>— — — — — — —</p>

2	ムーディア	<p>①当該地区は多数の給水区に分かれて給水サービスを実施しているが、本計画の予定水源取水量で全域の需要を満足することはできない。</p> <p>②本計画における給水の優先度は、中心地の「ムーディア給水区」および予定水源地在存在する「アル・クオレタ給水区」にある。後者では、既設配水槽の高さが十分でないため、新興住宅地区（給水人口の1/3）まで給水が届かない。本計画でこの不足分を補給する。給水対象集落：</p> <p>(1) ムーディア給水区 1) ムーディア 2) アル・マクバーバ 3) ガザ・ハジャ 4) アルナ・アシャル 5) カルナ・マラム</p> <p>(2) アル・クオレタ給水区 1) アル・クオレタ他</p> <p>③「アル・ジョアール給水区」は既設配水槽の高さ不足等の理由で、十分な給水サービスが行われていないが、水源は安定しており、水質も許容できる範囲となっているので、配管網を再整備する等の措置によって、サービスの改善を図るべきである。ただし、水源は1基だけであるため、ポンプ等故障の際、非常給水できるよう、本計画との連絡配管設備を提供する。</p> <p>④「アル・ハベル給水区」には、現在給水区からの配水管が延長されている。本計画でムーディア給水区が給水を開始したら、同配管を再接続し、非常給水やムーディア地区にて余裕がある場合には、バルブ操作によって分水する措置をとることを推奨する。</p> <p>⑤次の給水区・集落体は独自の給水施設により運営されており、本計画の対象としない。</p> <p>1) アル・コズイ/アル・ファラ 2) ソーバ</p>	<p>(1) アル・コズイ/ (2) ソーバ</p> <p>1) ムーディア 14,500 2) アル・マクバーバ 4,500 3) ガザ・ハジャ 500 4) カルナ・アシャル 1,500 5) カルナ・マラム 100 6) アル・クオレタ 2,000 (1/3) 計 他給水区については、添付資料-2.f参照)</p>		
3	アル・レイダ /シマリア	要請計画対象全7集落		8,470	11,400
4	アッサダラ	要請計画対象全7集落			11,050

5.2.5 給水原単位

地方給水計画における一人一日平均給水量としては、従来南部地区の計画に携わってきた旧PWCでは、公共水栓からの給水の場合40ℓ/人/日、各戸給水になると60ℓ/人/日を目標としている。要請の基礎となっている各対象地区の「イ」側給水計画は前者の公共水栓型給水となっているが、調査時点の協議のさい、「イ」側から、近年の地方住民生活基準の向上を背景として、本計画では各戸給水を目標としてもらいたいという要望が出された。

実際、調査の結果として、全域に各戸給水が普及している実態を確認したが、計画対象地区の給水方式の現状とこの方式による給水量（買水は除く）は次表の通りである。

表-5.2 計画対象地区の給水方式現状と給水量

	地区名	給水方式	給水量	備考
1	アハワル	各戸給水	アハワル集落： 約25ℓ/人/日	準郡都アハワルほか主要集落はすべて各戸給水。一部共同水栓型集落がある。
2	ムーディア	各戸給水	*ムーディア給水区： 10ℓ/人/日以下 *ジョアール給水区： 20ℓ/人/日以下 *アル・クアレク給水区： 30ℓ/人/日以下	構成集落の過半数が各戸給水。共同水栓型は数集落のみ。
3	アル・レイダ /シマリア	買水主体（1 村に共同水 栓1ヶ所あり）	共同水栓利用集落： 30ℓ/人/日	配管網なし。井戸の側近に共同水栓がある。
4	アッサダラ	施設なし	50ℓ/人/日	湧泉からの水汲み。

このような「イ」側要望の反面、「アハワル」と「ムーディア」では各戸給水システムでありながら、現実には水源水量不足のため給水サービスが十分でなく、住民は売水に依存しているというジレンマに陥っている。これら地区住民の買水の経済的負担は大きく、平均的には買水をいれても消費量は40ℓ/人/日を下回る。これら水源問題に悩む地区と水資源が比較的潤沢な「アッサダラ」を同レベルで論じることには問題があるが、本計画では以下のような方針で臨むことが適切と考えられる。

1) 「アハワル」および「ムーディア」

この2地区に関しては、新規配水管を既存の配管網に接続して、各戸給水を継続することになるが、本計画で利用できる水源水量は依然として限定されており、給水区の範囲にもよるが、第5.2.3節で論じた最優先区域を対象とした場合の目標年次における給水原単位は以下の通りである（ただし、配管網が老朽化している「アハワル」では水圧の上昇による漏水の増大が懸念される状況が観察されたので、本計画により配水本管を新しく敷設し、配水支管については材料供与により、「イ」側が取り替え工事を行う等の、漏水防止対策を考慮しなければならない）。

①アハワル 50ℓ/人/日

②ムーディア 40ℓ/人/日

2) 「アル・レイダ/シマリア」

この地区では、本計画により初めて給水施設が整備されることになり、地区における緊急の水需要に対応するためには、公共水栓給水方式が妥当である。しかし、将来的には、本計画で敷設される配水本管を利用して各戸給水が普及することになると考えられ、集落の一部住民はすでにその意向を表明しているので、将来の消費量増大を見込む必要がある。ただし、この地区では水源開発が限定されることなどから50ℓ/人/日とする。

3) 「アッサダーラ」

アッサダーラはアル・レイダ/シマリア同様に本計画で初めて施設が整備されるので、公共水栓方式とし、消費量増大を見込んだ給水量として、50ℓ/人/日を給水原単位とする。この地区の消費量はすでにこの水準に達しているが、本計画の主目的は、清浄な飲料水の供給にあり、雑用水について、将来不足する場合は居住地内で簡単に手に入る温泉水の有効利用が可能である。

5.2.6 計画給水量

水源水量の不足等から限定された給水を継続してきている地区が多い「イ」国地方給水では、通常の給水計画諸单元としての一日平均、一日最大および時間最大給水量を適用することは困難であるが、各戸給水の普及とともに、これらの要素が重要性を増してきており、本計画でも配管口径の選定を含む施設計画策定のため、以下のような基準に基づいて計画を策定することとする。

1) 計画一日平均給水量

各対象地区の目標年次における計画給水量で次式で計算する。

$$(\text{計画目標年次給水人口}) \times (\text{一人一日平均給水量})$$

ただし、「アハワル」および「ムーディア」を始めとして、本計画の対象地区の基本的な一日計画給水量は、水源の一日取水可能量による。

2) 計画一日最大給水量

一般的に平均給水量の1.3倍程度で、旧PWCの給水計画基準でもこの値を採用している。

(計画一日平均給水量 × 1.3)

3) 時間最大給水量

時間最大給水量は、使用する住民側の要素をいれた消費量の基準で、対象集落の水栓の数を基として、それが多数開栓される最も水消費の激しい時間帯の流量を定めたもので、この時の流量が配水管の口径を決める基準となる。「イ」国の場合は昼食の時間帯、2時間ほどがこの流量を要求する時間帯となっている。我が国の簡易水道施設基準では、集落人口数により、この流量比率の指標を与えており、これを利用する方針とする(算定例を添付資料-4.bに示す)。

(一日最大給水量) × (各集落人口数別時間最大比率) ÷ 24 時間

5.3 施設計画

5.3.1 水源施設

1) 水源施設の種類

本計画における水源施設としては、新規および既存施設として、機械掘さくによる深井戸、手掘り浅井戸（一般的にhand-dug well とかshallow wellと呼ばれるが、南部ではopen well と呼称されることが多い）、さらに流水を対象とする集水埋渠が計画される。対象地区別水源施設を表-5.3 に示す。

表-5.3 対象地区別水源施設

	地区名	状態	水源種類	深度	数量
1.	アハワル	既設	深井戸	70 m	2 基
2.	ムティア	既設 新設	深井戸 深井戸	76 m 75 m	3 基 1 基
3.	アル・レイダ/ シマリア	使用中 新設	深井戸 深井戸	418 m 450 m	1 基 1 基
4.	アッサダラ	新設	集水埋渠	—	1 基

上記施設の特徴と留意事項を以下に列挙する。

1. 既存水源

既存井のうち、未使用の井戸で本計画に採用するものは、揚水試験を実施し、それぞれの性能について再確認を行う。

2. 新設水源

① 深井戸

深井戸構造の特徴としては以下の諸点があげられる。

- a. 新設井は、対象となる掘さく地層の性質により、砂利充填構造の井戸と砂利充填を必要としない井戸に分類される。沖積層等の未固結層や軟岩を帯水層とする「ムーディア」、の水源井は前者のタイプで、井内に地層の砂が流入するのを防止する目的で砂利を人工的に充填する必要がある。一方、後者は硬岩を貫通するので、その必要はない（アル・レイダ／シマリア）。
- b. 井戸スクリーンは、ガス溶接器による穿孔スクリーンではなく、単位集水面積を大とする構造の巻線型スクリーンが推奨される。使用するスクリーン長さは、1井につき最大30mを考慮する。

②集水埋渠

「アッサダラ」ではワジ・ハジャル上流部を水源として流水を集水する施設を計画する。施設は、全体を鉄筋コンクリート構造とし、ろ材と巻き線型スクリーンから構成する集水部と導水・貯水施設から構成され、河川の氾濫時の溢水装置を備えるものとする。

これら施設の基本設計図を添付資料－5に示す。

5.3.2 揚水設備

本節では、水源施設の揚水機とそれに関連する付帯設備を検討する。

(1)揚水機の選定

「イ」国で普及している揚水機には、「ディーゼル・エンジン駆動／ボアホール型縦軸水中ポンプ」と「ディーゼル発電機駆動／水中モータ・ポンプ」の両タイプがある。両タイプの特徴を対比すると以下の通りである。

表-5.4 井戸ポンプの種類

	水中モータ・ポンプ	ボアホール・ポンプ
構造	水中堅型電動モータとポンプの一体構造。地上電源（発電機）から動力ケーブルを通じ電力運転する。	地上に動力機、水中にポンプを設置し、両者を接続する回転軸により動力伝達する。
動力源	電力（発電機）	エンジンを動力とする機械的動力電達または電力。
容量 性能	高速回転、高揚程ポンプが可能。	縦軸の構造上、高速回転は無理なため、高揚程は困難。
	揚水に異物（砂等）が多い場合、過負荷運転となりモータ焼損事故につながる。	機械的構造だけであるので異物に比較的強い。

「イ」国では、電力事情の関係もあって、今までエンジン駆動ボアホール・ポンプの普及が圧倒的である。維持管理も比較的容易に行われているので、特に高揚程を必要とする地区以外は、基本的にはエンジン駆動ボアホール・ポンプの採用が現状好ましい。本計画では揚程150m以下の揚水施設に本機を採用するものとする。ただし、本計画では地区状況により、近くに変電所等が位置し、三相交流電源の使用が近い将来に可能となると予想される地区（「ムーディア」「アハワル」が該当）では、発電機駆動の水中モータ型を採用することを考慮する。また、「アル・レイダ/シマリア」は、静水位が300m以深にあると想定されるので、このような深部からの揚水は、水中モータ・ポンプに限られる。

(2)揚水機の制御

地方水道における維持管理の現状を考慮すると、複雑なコントロール・システムの採用は故障時に問題が起きる可能性が高いので、本計画では最低限必要と思われる制御だけを取り入れるのが適切である。特に、過大揚水による水源井の水位低下は、水源保守やポンプ故障、モータ焼損等の大きなトラブルを引き起こす原因となるため対策を講じる必要があるが、水中モータ・ポンプでは電力が利用できるため、配電盤に低水位で自動運転停止する制御回路を組み込むこととする。ただし、水位回復による自動運転開始回路は含まないこととする。低水位自動運転停止が可能な場合でも、操作員による水位測定は基本的な保守作業として実施することを義務づける。

(3)取水ポンプ室

水源井ポンプ室は送水ポンプ室と異なり、井戸ポンプや井戸自体の故障が起きた場合、井戸に対し大型クレーン車やトラック搭載のさく井機による作業が必要となるから、井戸をポンプ室内に収容するのは得策ではない。「イ」国でよく見かける深井戸ポンプ室は、井戸は屋外露天におかれ、ポンプ室は井戸に向かいあう壁面を開放にした下図のような構造が普通である。

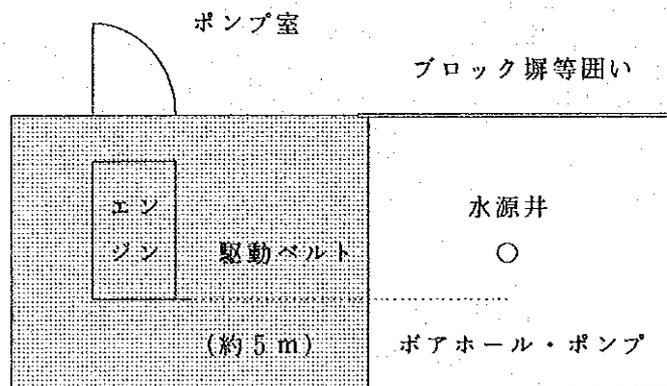


図-5.1 現地ポンプ室構造

このように水源井を屋外露天に置くことは施設保護、汚染防止上、好ましいことではない。したがって、本計画の水源井ポンプ室は、井戸を屋内に収容し、しかも作業に支障を来さないような構造を計画する。

すなわち、水中モータ・ポンプ室に対しては、井戸水源部分は、キーストン・プレート鋼材によるプレハブ製の井戸囲いによって保護し、これを本体ポンプ室と、ボルト締めによって一体構造とする。井戸作業が必要な場合にはこの井戸囲い部分だけ取り外しが可能である（添付基本図参照）。

5.3.3 送水施設

(1)送水ポンプの種類

井戸ポンプが縦軸により駆動される縦型ポンプであるのに対し、送水ポンプは水平軸により動力機と直結される横型ポンプである。本計画では①複数の水源井を同時運転し、

配水槽に送水する地区で、送水量を調節する必要のある「アハワル」および「ムーディア」2地区、②水源井から最終配水槽までの送水管路が長く（起伏がはげしい）「アッサダーラ」、③また、配水槽から対象集落までの管路が長く、同レベルの高さにあり、重力配水が不可能な「アル・レイダ／シマリア」地区にて送水施設を計画する。

送水ポンプ駆動のための動力源としては、エンジンまたはディーゼル発電機の2タイプがあり、エンジン直結駆動が簡便で経済的である。しかし、送水ポンプ保護のための制御システムを採用するには電力が必要であるため、基本的にポンプは電動モータ直結型とし、発電機により運転する方式とする。

(2)送水ポンプ制御装置

送水ポンプの制御方式の基本方針は、井戸ポンプの場合と同様で最低必要と考えられる自動制御に止める。下記の通りとする。

①送水槽低水位自動停止

送水ポンプの保護のためには、水槽水位の低下によりポンプが空運転しないよう、低水位の自動検知によるポンプ自動停止を組み込む必要がある。しかし、深井戸ポンプの場合と同様に、水位復帰による自動運転開始回路は不要である。

②配水槽満水警報装置

同国の配水槽の構造は、満水になってもポンプが送水を続けるとオーバーフロー管を通して余剰水が排水されるよう開放になっており、満水になるとポンプが自動停止する制御システムは地方水道では採用されていない。したがって、操作員は日常の経験により水槽が満水になる運転時間を心得て適当な時間が経過するとポンプを停止し、貴重な水を無駄に排水しないよう心がける習慣となっている。

本計画では、このような運転方法を改善する一案として、送水の到着先である水槽が満水となりオーバーフローし始めると送水管内の動水圧が高くなる現象を利用し、この管内圧変化を検知して警報音を発し操作員に満水状態を知らせる簡易な制御装置を採用することとする。

(3)送水ポンプ室

構造、仕上げ方法については、井戸囲いやパッチがない部分をのぞいて、水源ポンプ室と全く変わらない。送水ポンプを水源取水ポンプ場に設置する必要のある地区では、ポンプ室が兼用となり、発電機1台で井戸ポンプと送水ポンプを運転する。したがって、後者の場合は電動機直結送水ポンプ据え付け分だけポンプ室面積が多少増加する。

5.3.4 水槽施設

(1)水槽の機能

本計画に含まれる水槽の種類には以下のようなタイプがある。

①送水槽

- a. 目的地まで距離が長いため、また起伏の激しい地形のため、自然流下では計画水量を送ることが出来ない場合、中継貯水槽を設けて、送水ポンプにより圧送する計画となる。本計画では、「アル・レイダ/シマリア」と「アッサダーラ」地区でこの設備が必要である。
- b. 複数の水源井を同時に取水して配水槽に1本の管路を通じ送水する場合、計画水量を安定的に送るためには、水源地にいったん集水し、送水ポンプにて配水槽に送水する方式をとらなければならない。「アハワル」と「ムーディア」地区がこの方式に該当する。

②配水槽

集落への配水用貯水槽。自然流下による配水のため、地区の適切な高所に建設する。平坦地にある「アハワル」地区では高架水槽を計画する。

(2)水槽の構造

南部州地方給水計画の標準的な水槽構造は、現地で「stone tank」と呼ばれるもので、上下スラブは通常の鉄筋コンクリート構造であるが、側壁4面は、強度補強のため、

内外面に石材をモルタルで固定したいわば石材コンクリート製というべき地上型タンクとなっている。この石造タンクは、側壁が厚くなるので、内部における貯水温度が外気温度に影響される度合いを軽減できる利点があり、長期間炎暑が続く南部地区では適切な構造となっているだけでなく、石材外壁が周囲環境によくマッチする外観を呈している。同水槽は旧PWCの標準仕様であったので、南部全州いたるところに普及している。容量的には、10,000gal. (約50m³) から始まり1万加侖おきに60,000gal. (同300 m³) まで標準仕様・設計図が用意されてある。容量がきわめて大となると、この石壁では強度を十分とることが困難となるため、通常の鉄筋コンクリート製やパネル・タンクが採用される(アル・レイダ/シマリアの750 m³既設配水槽はコンクリート製、アデン市内クレーター地区配水槽は地上型パネル・タンク)。

一方、高架水槽は、英国製の「組立式鋼板製パネル・タンク」を採用している。このパネル・タンクは、我が国の先行プロジェクトで、高架式・地上式を問わず、採用してきたタイプで、有償資金協力で最初に設置された水槽はすでに約10年を越えるが、なんら支障なく住民に利用されている。同タンクは表面に防錆、耐食コーティングを施してあり、北イエメンのティハマ平野のような熱帯性海岸気候でも問題ない。このように、南部地区の水槽設備の実態を検討し、従来の我が国の実績を評価した結果、本計画には以下のような水槽構造を採用することが適切であると判断される。

- | | |
|--------|---------|
| ①地上型水槽 | 石造タンク |
| ②高架水槽 | パネル・タンク |

なお、現地では石造タンクに水槽水位の指示計がつけられていないが、本計画では適切な指示計を設備することとする。

(3) 水槽容量

① 送水槽

送水槽は送水の中継する一時的貯水槽として機能するので、各対象地区における送水量の滞留時間として60分間を基本として容量を決定する。送水槽は地上型石造タンクを採用し、各地区の容量は次の通りである。

- | | |
|---------|--------------------|
| a. アハワル | 100 m ³ |
|---------|--------------------|

- b. ムーディア 100 m³
- c. アッサダラ 50 m³

②配水槽

配水槽容量は、各戸給水方式を基準とし、水源からの送水量と水消費量の解析による必要貯水量が基本容量となる。

各対象地区の水消費の実態は多様であるが、「イ」国の典型的な水消費パターンを現地調査結果に基づいて作成し、添付資料-4.a に示した。本資料に例示するように、基本貯水量は一日の時間帯における水消費分布に基づく累積消費曲線および水源からの送水量累加曲線のグラフ解析により求められる。その結果としての各対象地区配水槽容量を次表に示す。

表-5.5 計画対象地区配水槽一覧

	地区名	状態	種類	容量
1	アハワル	新設	高架水槽	250 m ³
2	ムーディア	新設	地上型・石造	300 m ³
3	アル・レイダ/ シマリア	既存	地上型・鉄筋コンクリート	750 m ³
		新設	地上型・石造	100 m ³
		新設	地上型・石造	100 m ³
4	アッサダラ	新設	地上型・石造	300 m ³

5.3.5 管路設備

(1)管路の種類

水道施設の管路は機能に応じていろいろな名称で呼ばれるが、本計画では便宜的に水源から直接にまたは、中継水槽を経由して配水槽まで有圧で水を送るための管路をすべて「送水管」、配水槽から集落給水のために敷設される管路を「配水管」と「給水管」に分類する。配水管はさらに、「配水本管」（給水管が分岐しない配水管）、「配水支管」（給水管が分岐する配水管）に分かれるが、地方集落単位は都市域の配管と異なり、本管と支管を画然と区別することが出来ない場合がある。本計画では配水管までが対象となり、家庭に入る給水管は対象としないが、一部の地区には給水装置として公共水

栓を設置する計画であるので、配水管から分岐する水栓用配管を「給水管」として取り扱う。

(2) 管材の種類

給水用の配管として、実際に「イ」国で使用される管材の種類は以下の通りである。

- ①ダクタイル鋳鉄管（首都サナ等の大都市水道のみ）
- ②水道用塗覆装鋼管（90%以上がこの亜鉛メッキを施した鋼管を利用）
- ③水道用石綿セメント管（通称エタニット・パイプとも呼ぶ。北部では実例がないが、南部ではまだ利用されている。他管種と比較すると強度が小さい。）

上記管種のうち全国で鋼管の使用が圧倒的で、安価であってもビニール管は使用されない。これは、全国的に管路の地勢の大半が埋設不可能な硬岩の露頭で占められているため、強度が小さく温度変化に弱い配管は実用にならないからである。

我が国の「イ」国旧北イエメンに対する先行事業でも、鋼管が100%使用されてきたが、山岳地勢が優勢で起伏の激しい北部では、送水管用として「水輸送用塗覆装鋼管」(JIS G 3443)、管壁の厚いいわゆる高圧管を頻繁に使用せざるをえなかった。

本計画でも、強靱で、柔軟性を持つ管種を採用しなければならないが、送水・配水計画を検討した結果、以下のような管種を選定することとする。

1)ダクタイル鋳鉄管

本計画では、「アハワル」および「ムーディア」の2地区で200mm口径の送水・配水管路を採用しなければならない。「ムーディア」では、その管路の一部は険しい山地を通過し、露出配管となるので、200mm鋼管を溶接配管し、岩盤に固定した堅固な管路形成が必要となるが、両地区とも長距離の200mm主要部分は道路脇畑地の埋設管路となるので、この部分には施工性が優れている鋳鉄管T型を採用して、施工性を高めることが必要である。地方給水で鋳鉄管の採用はいままで実績がないが、現地では熟練した溶接工を確保することが困難であり、溶接鋼管に替わる強度と柔軟度を期待できる管種としては、ダクタイル鋳鉄管が最適である。

2) 水道用塗覆装鋼管

口径が200mm未満の管路には従来通りすべてネジ付き亜鉛メッキ鋼管を使用する。鋼管管路においては、「イ」国の標準工法となっている5.5m定尺もの10本ごとに1ヶ所はフランジまたはユニオン継ぎ手を採用し、部分的な保守・点検、修理が必要な場合、配管の取り外しが出来るような管路設計としなければならない。この管種の使用口径範囲は25mm～150mmとなる。

本計画では、屋外管路に高圧管を必要としないが、「アッサダラ」では送水ポンプ室におけるポンプ吐出し圧力が100mを超えるので、高圧弁とともに一部高圧管による溶接室内配管が必要である。

(3) 管径の決定

本計画の送水、配水および給水管には25mm～250mmの範囲の管径が採用される。管径の算定には、単位あたりの管内流量に基づいて、次の公式を採用する。

管径 50mm以下： 東京都水道局実験式
65mm以上： ウィリアム・ヘーゼン公式

算定にあたっては、所定流量の管内流速を考慮しなければならない。流速を早く取った場合は、管径を小さく出来るが、管内損失水頭が増大するため、逆にポンプ、動力機などの機器容量が大きくなる。管径に基づく配管工事費と対比した機器の設備費や維持費等諸経費計算に関し経済的バランスをとることができる流速を「経済流速」と呼ぶが、本計画に使用する150mm以下の配管サイズに対しては0.7～1.0m/秒が推奨流速である。本計画ではさらに、以下の要素を考慮して管径を最終決定した。

① 送水管

起伏ある地形の中の長距離送水管に対しては、水撃作用を防止するため、流速を小さくすることが効果的である。このため、必要な場所では、経済流速の下限を0.5m/秒程度までさげて、地形の変化に対応することとする。

② 配水管

配水管の管径決定には、各集落における給水圧を考慮しなければならない。本計画では、旧PWCの基準も参照して、10m以上の末端給水圧を確保するように配慮した。

(4) 付属設備

送・配水管路の必要箇所には下記の各種弁類、弁箱を設置する。

- ① 空気弁：地形の凸部に設置する。
- ② 排水弁：仕切弁（ゲート弁）を使用し、地形凹部の必要箇所に設置する。

(5) 管路事故対策

① 管膨張対策

「イ」国の地勢は堅い岩石が地表に広く分布しているため、水道施設配管は大半が地表に露出する「露出配管」を特徴とする。高地性気候の特色として、日中と夜間の気温差が激しく20℃を超えることも珍しくないため、露出管は常時伸縮を繰り返す、極端な場合には配管の一部にひずみが集中し、破損事故を起こすことがある。この伸縮率は概略100mにつき1cmにも達する。

配管の伸縮を吸収するためには、伸縮継ぎ手を使用する方法があるが、本計画のように複雑な地形に沿って距離の長い管路には施工性の問題があり、また、経済的にも大量の使用は実際的ではない。「イ」国ではこの種継ぎ手はいっさい使用されず、配管施工上の配慮によってこの問題を解決している。すなわち、配管は直線的に布設しないで、曲がり箇所を随所に作り、管の膨張を吸収する工夫を施す。またエルボとエルボをつないだ「エルボ返し」を多用するのも膨張による管のねじれを逃がす工夫のひとつである。我が国の先行事業もこのような施工上の工夫を積み重ねてきており、本計画でも露出配管部分の管路設計には先行事業の経験を活用するものとする。

② 水撃作用対策

本計画の送水管は管路が長く、地勢の変化も激しいので、水撃作用（Water Hammer）を起こす可能性が大きい。水撃作用は管路やポンプ設備の破壊事故につながる可能性がある。この防止策としては、下記のような措置を考慮する。

- a. ポンプの逆止弁に緩閉型を使用する。
- b. 送水管の管径を大きめにとり、流速を小さくする。

先行事業でもこれらを併用し、特に起伏の激しい地区は、特別な付属設備を利用して、水撃作用防止政策をとってきた。いずれの対策も通常の管路より経費がかさむ結果を伴うが、今回計画でも十分な検討を行い、上記の2項目の対策を中心として必要な措置をとることとする。

5.3.6 給水装置

本計画では、新規に配管網が整備される「アル・レイダ／シマリア」と「アッサダラ」には、施設効果を高めるため、配水施設に付属する給水装置として、「公共水栓」を、地区内各構成集落適所に1ヶ所ないし複数ヶ所設置する。将来的には、これらの地区では、一部は各戸配管に移行するが、共同で公共水栓を利用する住民階級が残ると想定され、継続して有効利用が期待される。その比率は地域差もあり一概には断定できないが、旧PWC計画基準によると、地方集落体における各戸給水は70%が最大比率となっている。

本計画における公共水栓のタイプは水栓数により3種類とする（詳細は添付基本設計図参照）。

一方、同施設に設置する給水栓に関しては、配水槽が高所に設置されるため、給水圧高い集落が多くなるので、通常市販されている5 kg/cm²型水栓ではなく、先行事業で採用しているボール弁式耐圧水栓を使用する計画とする。

5.4 対象地区別施設・機材計画

5.4.1 アハワル地区

施設名	内容		仕様	数量	備考
水源	深井戸	既存	70.3m	1基	
	深井戸	既存	70.0m	1基	
取水施設	深井戸 揚水ポンプ	新設	水中モータ・ポンプ 600ℓ/min×70m×11kw	1台	
	駆動装置	新設	ディーゼル発電機 37KVA, 400V	1台	
	ポンプ室	新設	鉄筋コンクリート/ 壁面コンクリート・ブロック構造	2棟	
	深井戸 揚水ポンプ	新設	水中モータ・ポンプ 600ℓ/min×115m×18.5kw	1台	
	駆動装置	新設	ディーゼル発電機 37KVA×400V	1台	
導・送水 施設	導水管	新設	1号井→中継水槽:SGP 100A 2号井→中継水槽:SGP 100A	620m 2,180m	
	中継水槽	新設	地上型(石造): 100m ³	1基	
	送水ポンプ	新設	横型多段ポンプ 1,200ℓ/min×77m×37kw	2台	
	駆動装置	新設	ディーゼル発電機 70KVA, 400V	1台	送水ポンプ 2台 兼用
	送水ポンプ室	新設	鉄筋コンクリート/ 壁面コンクリート・ブロック構造	1棟	送水ポンプ 2台 兼用
	送水管	新設	中継水槽→ DIP200A →配水槽 SGP150A	1,614m 2,500m	
配水施設	配水槽	新設	高架式パネル, 250m ³	1基	
	配水管	新設	SGP 150A SGP 100A SGP 80A	2,530m 545m 2,060m	

5.4.2 ムーディア地区

施設名	内容		仕様	数量	備考
水源	深井戸	既存	76m	1基	
		既存	76m	1基	
		既存	76.21m	1基	
		新設	75m	1基	
取水施設	深井戸揚水ポンプ	新設	水中モータ・ポンプ 340ℓ/min×100m×11kw	4台	
	駆動装置	新設	ディーゼル発電機 37KVA, 400V	3台	
		新設	ディーゼル発電機 130KVA, 400V	1台	送水ポンプ兼用
	ポンプ室	新設	鉄筋コンクリート/ 壁面コンクリート・ブロック構造	3棟	
導・送水施設	導水管	新設	W1→中継水槽 SGP 80A	60m	
			W2→中継水槽 SGP 80A	140m	
			W3→中継水槽 SGP100A	820m	
			W4→中継水槽 SGP100A	1,340m	
	中継水槽	新設	地上型(石造) : 100m ²	1基	
送水ポンプ	新設	横型多段ポンプ 1,200ℓ/min×77m×37kw	2台		
ポンプ室	新設	鉄筋コンクリート/ 壁面コンクリート・ブロック構造	1棟	深井戸-W2共用	
送水管	新設	中継水槽→配水槽 SGP200A	1,245m		
配水施設	配水槽	新設	地上型(石造) : 300m ²	1基	
	配水管	新設	DIP 200A SGP 200A SGP 65A	10,500m 615m 820m	