

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的・対象

1990年、大多数の国民の圧倒的な支援を受けて成立した統一政府は、社会基盤の荒廃した旧南部地域に対し、特に給水施設整備促進を公約し、我が国政府に対し無償資金協力による本計画実施を要請した。計画自体は、それ以前に旧南イエメンにおいて全国給水事業を管轄していた旧公共水道公社が調査、策定したもので、本計画対象集落にとってみると十年越しのプロジェクトとなっている。「イ」国はその後湾岸戦争に巻き込まれ、さらに南北が敵対する内戦を経て、国土の社会・経済発展が逆行する現状となっている。1996年、統一後初めて発表された第一次五ヶ年計画は、なによりも国土の立て直しを目標とし、給水施設と電力供給という生活基盤の基本要件の整備を最優先政策の一つに掲げた。対象としてはとりわけ荒廃した地方の状況を憂慮し、農村地帯の社会基盤整備と生活水準の向上を重視している。本計画の実施機関である公社はこの政府方針に呼応し、同じく1996年給水五ヶ年計画を発表し、現在の地方給水普及率約45%を64%まで高める目標を設定した。

本事業は、このような「イ」国政府の最優先政策を支援するため、特に生活用水確保に窮状を来し、給水施設整備の緊急度が高い南部・東部州の4地区を対象として、水源・送水・配水施設から構成される飲料水供給施設を建設することを目的とする。

3-2 プロジェクトの基本構想

3-2-1 協力の方針

本調査は、本プロジェクトに関し1993年11月から1994年4月にかけて実施された基本設計調査の結果、実施の妥当性が認められたイエメン国南部・東部州4対象地区における給水施設整備計画の事業化審査を目的とし、1997年3月に実施された。本調査は、その協力の方向性として現地調査の結果に基づき、先行基本設計調査の結論を再検討し、必要がある場合は対応可能な範囲で計画及び設計変更を行い、事業実施に向けた業務を実施する方針とする。また、戦禍の後遺症として、安全の確保が困難な情勢にあると判断された場合の協力は困難と想定されたが、本調査の結果、対象地区における建設工事に伴う安全の確保は問題ないと判断される。

調査によると、当時最優先の実施対象と判断されたこれら対象地区の給水現況は、アハワルとムーディアにおいては、施設事故・故障が頻発し給水事情が一層悪化していた。一方、アル・レイダ/シマリアは、「イ」側自助努力が進展し、対象地区の一部に施設が完成し、運営・維持管理も順調に進んでいることが確認されたが、施設未完成の対象地区を含む同地域周辺集落では、全住民が非衛生的かつ高価な買水に依存しており、計画を変更し、未整備地区への施設拡張が要請された。アッサダーラの場合は、基本的に施設構成を変更する必要のある変化はないが、住民の生活水準向上による要望で小規模の施設拡張が要請された。

本調査の結果判明したこれらの現況と要請内容については、各要素について検討し、必要性和協力の範囲を検証するが、基本設計調査におけるサイトの施設建設条件としての、①施設整備の緊急度、②水源確保の確実性、③裨益効果、および④運営・維持管理能力の各条件に基づいて再検討を行う方針とする。

3-2-2 要請内容の検討結果

1) 要請内容

4地区における給水現況に基づく「イ」側要請内容の要点を、先行調査結果と対比して次表に示す。

表3-1 「イ」側要請内容要点

対象地区名	基本設計調査結果(1993~94)	事業化審査結果 (1997)
1. アハワル (アビアン州)	<p>①当該地区中心地アハワルには市内と周辺集落を対象とする既存施設があるが、高塩分の飲料不適の水道水で給水サービスを実施中。</p> <p>②基本設計は未使用既存井2基の利用を計画したが、水源地能力に限界があるため、当初要請全域17集落のうち中心地アハワル市を主対象とする6集落に限定し、給水施設を更新する。</p>	<p>①既存高架水槽が破損し使用不可となる等、既存施設状況が急速に悪化した。現在まで「イ」側による顕著な施設改良はなく、基本設計内容の早急な実施が必要。</p> <p>②特に、配水管の老朽化が進行し、日本側施工範囲の拡大と供与配管材料の増量が必要。</p>

表3-1 「イ」側要請内容要点 (続き)

対象地区名	基本設計調査結果(1993～94)	事業化審査結果 (1997)
2. ムーディア (アビアン州)	<p>①当該地区は独立した4給水区により構成され、各地区に既存施設があるが、いずれも水量か水質、またはその両方が劣悪な窮状にある。</p> <p>②基本設計で決定した計画水源はアハワル同様水源能力に限界があるので、全域4給水区のうち中心地ムーディア市を含むサービスが最悪の「ムーディア給水区」および「アル・クォレタ給水区」の2給水区を対象とし、各既存配水網に接続し、既存施設を効果的に改善する施設建設を計画する。</p>	<p>①基本設計は未使用の既存井3基と追加新設井1基を水源施設に計画したが、その後、実施機関「公社」により本計画のため新設井2基が追加建設されたので、日本側による新設井掘さくは不要と判断される。</p> <p>②当初計画対象2地域の給水事情は悪化し、さらに「アル・ジョアル給水区」では既存水源井が崩壊し給水中止となったので、残る高塩分地域である「アル・ハピール給水区」も含め4給水区全体に対する給水計画とする見直しが必要とされた。</p>
3. アル・レイダ /シマリア	<p>①当該地区は高原台地に位置し、約25集落により構成される。しかし水源開発の難度が高い地域であるため、すでに深井戸水源(1基)の開発が成功した地域の7集落に限定して、給水システムを完成する計画とする。</p>	<p>①「公社」は、当該地区にその後4基の深井戸水源を完成した。</p> <p>②基本設計調査時点完成していた深井戸が位置する地域は、集落住民の自助努力で給水施設を完成し、当初基本設計対象の4集落が施設運営を実施している。</p> <p>③「公社」は完成した深井戸水源を基に、当初対象地区の未整備3集落およびその他の同地区内18集落に対する給水計画を策定し、当初計画の変更を要請した。</p>
4. アッサダーラ	<p>①住民は湧水や手掘り浅井戸水源を利用し、公共給水施設がないため、中心地アッサダーラをはじめとする7集落に対する新規給水計画を策定。</p>	<p>①基本設計時点の給水事情に変化なく、早急な実施が必要。</p> <p>②当該地区において、計画対象地域の延長上にある3集落を追加する要請が地元住民から出たので、検討が必要。</p>

前表に見られるように、本計画対象4地区の給水事情は、アル・レイダ/シマリアのように特別の検討が必要なサイトを含み、いずれも緊急度が逼迫している状況にある。これら各対象地区の現況の検討は次の通りである。

① 施設整備の緊急度

本計画の4対象地区は、1993年のプロジェクト形成調査以来、当初要請20地区のうちでも特に施設整備の緊急度が優先するサイトとして、最終的に基本設計の対象となったが、「イ」国南部・東部の拠点集落であるムーディアとアハワルにおいては、1996年後半から本年にかけて、重大な施設事故が発生し、住民に対する給水サービスが基本設計調査時点よりさらに悪化した。このため、本調査時点両地区を管轄するアビアン州政府と協議したさい、調査団は州知事より両地区に対する緊急支援の要請を受けた。両地区の現況は次の通りである。

a. アハワル

既存施設は現在の水道水が高塩分水質であるため、腐食・目詰まり等の老化現象が急速に進行し、本1997年1月、高架水槽を満水にしたところ、鋼製パネル水槽の接続部分がさく裂し、使用不可能となった。現在井戸ポンプからの送水管を配水管に直結して給水サービスを実施しているが、圧力が高いため老朽配水管からの漏水事故が頻発している。

b. ムーディア

当該地区を構成する4給水区はいずれも既存給水サービスが劣悪化しているが、特に「アル・ジョワル給水区」では、昨年後半水源深井戸が崩壊し、使用不可能となった。同給水区を構成する6集落住民5,100人は高価な買水依存に切り替えた。

一方、アル・レイダ/シマリアでは近年ようやく深井戸水源が完成したが、広大な高原台地に散在する21集落住民約2万人は安全で安定した給水に恵まれず、生活用水はすべて買水に依存する生活を継続している。事情は多少異なるが、アッサダーラでは、比較的容易に手に入る浅い地下水の人為的汚染に不安が増大している。

以上の現状に見られる通り、本調査の結果、4地区の困窮度は先行調査時点より増大し、早急な施設整備実施が必要な段階にある。

② 水源確保の確実性

基本設計調査時点水源確保が特に問題となったのは、高原台地に位置するアル・レイダ／シマリア地区であったが、「公社」によりすでに4基の深井戸が完成し、それぞれ給水に必要な湧水量が確保されたので、日本側による新設井掘さくは必要ないと判断される。またムーディアに対しては、既存井3基では人口が集中する同地区の給水に十分ではないため、日本側による追加井1基の新設を計画したが、これまでに「公社」により追加井2基が完成したので、この地区でも深井戸掘さく工事は不要となった。

一方アハワルの未使用既存井は先行調査時点からそのまま保存され、当初計画通り本計画に採用可能である。また集水埋渠を計画するアッサダーラにおける湧水からの流水状況にも変化がない。したがって、本計画4対象地区における水源確保は先行調査時点からさらに確実な現状となった。

③ 裨益効果の評価

「イ」国における地方給水整備事業は、水源開発の難度が高いこと、また給水対象地区が複雑で広大な地勢の中に拡散しているため投資額が大きくなるが、そのわりに裨益人口が少ないので投資効果が薄く、国際機関・各国支援を得ることが困難な分野であるが、本計画対象地区は特に当初要請20対象地区の中から選抜され、いずれも同国南部・東部の拠点集落を含み、計画対象給水人口は全体で94,230人に達する。それぞれの地区の統計的資料は次表の通りである。

表3-2 計画対象地区における行政区分・対象村落数・給水対象人口

対象地区名	行政区分	計画給水対象 村落数	計画給水 対象人口
アハワル	準郡(中心集落アハワルは 郡庁支所所在地)	6	21,420
ムーディア	郡(中心集落ムーディア は郡庁所在地)	23	37,800
アル・レイダ／ シマリア	準郡(中心集落アル・オレ イブは郡庁支所所在地)	21	19,620
アッサダーラ	準郡(中心集落アッサダー ラは郡庁支所所在地)	10	15,200
合計		60 村落	94,040人

基本設計では、調査対象9地区のうち水源確保が困難と判断された4地区が実施対象外となった結果、5地区の費用対効果比較を行い、効果の水準が一段低い1地区が最終的に対象外となったが、現況から想定される4地区に対する建設費用対効果は当初と比較しても遜色のない水準にあり、効果が高いと評価できよう。

④ 運営維持管理能力

「イ」国における地方給水施設は、大統領令により、各地区で設立する給水委員会により運営維持管理される規則となっている。本事業における4対象地区のうち、アハワルとムーディアでは既存施設が給水委員会により経営されている。また施設を持たないアル・レイダ/シマリアとアッサダラでは、類似の委員会が形成され地域開発に従事しており、組織的経営に問題はないと判断される。

以上の検討結果、各対象地区は基本設計調査における実施対象のための基本条件を十分に満足し、本事業実施の妥当性を有すると判断されるが、4地区のうち特に大きな内容変更が要請されたアル・レイダ/シマリア地区に関しては、次のような判断に基づき、本計画対象とする必要が認められる。

- a. 当該地域は当初計画時点水源開発が困難と判断され、すでに開発が成功した一部地域だけを対象とする部分的プロジェクトであった。しかし、その後公社により複数の水源開発計画が成功した地域に対する追加要請集落群は当該地区の行政・社会的拠点集落を含むので、地域主要部を対象とする計画に変身し、効果がより大きいプロジェクトとなった。
- b. 要請された当該地区計画は、実施機関「公社」が近年州都アル・ムカッラに新設した公社ハドラムート支所の最優先プロジェクトの一つであり、本計画の基本方針である公社による給水事業支援の目的に合致する。
- c. 同地区には定着以来給水施設がなく、住民は生活用水の取得に労苦を重ねてきた。人道的見地から施設整備の対象とする必要がある。

ただし、同サイトに対する計画は4地区の中で最大の広域施設となるため、当初計画時の規模と比較して過大な投資とならないよう、施設内容・規模に留意して計画内容を策定することとする。

2) 施設内容・規模の検討

本調査の結果、各対象地区で給水事情の悪化による給水範囲拡大が要請され、施設内容としては、特に配水管延長が長大となる。基本設計では、各地区に対する施設計画が広域簡易水道施設の規模を持つので、プロジェクト規模が過大とならないよう、可能な限り「イ」側に自助努力を求め、特に配水管については、日本側施工範囲を配水本管までとし、支管以降は一部管材供与により「イ」側の自助努力による建設を基本方針とした。本調査では、各対象地区において現時点給水整備に必要とされる配管系統を検討した結果、日本側施工分および機材供与分それぞれ増量する必要があると判断し、基本設計の方針を継承し、可能な範囲で機材供与分を増量する計画とした。次表に、本調査の結果、対象4地区の給水整備に必要と判断される計画内容・規模の概略を、基本設計と比較する。

表3-3 本計画と基本設計の内容・規模の概略および比較

村名	水源		機械室/ポンプ		水槽		配管(機材供与分)	
	基本設計	本調査	基本設計	本調査	基本設計	本調査	基本設計	本調査
7894	既存井 x 2 基	変更 なし	機械室 x 3 棟	変更なし	250 m ³ x 1 基	変更なし	φ80~ 200mm	φ80~ 200mm
			深井戸 ^ホ 77° x 2 台	変更なし	100 m ³ x 1 基	変更なし	12,100m (φ50~ 100mm x 6,600m)	17,500m (φ50~ 80mm x 10,000m)
			送水 ^ホ 77° x 2 台	変更なし				
6-7-17	新設井 x 1 基	取やめ	機械室 x 4 棟	機械室 x 5 棟	300 m ³ x 1 基	変更なし	φ80~ 200mm x	φ80~ 200mm
	既存井 x 3 基	既存井 x 5 基	深井戸 ^ホ 77° x 4 台	深井戸 ^ホ 77° x 5 台	100 m ³ x 1 基	変更なし	15,300m 供与なし	19,600m (φ50mm x 6,000m)
			送水 ^ホ 77° x 2 台	変更なし				
78-147 12217	新設井 x 1 基	取やめ	機械室 x 3 棟	機械室 x 3 棟	200 m ³ x 1 基	200 m ³ x 2 基	φ50~ 150mm x	φ80~ 200mm
	既存井 x 1 基	既存井 x 3 基	深井戸 ^ホ 77° x 1 台	深井戸 ^ホ 77° x 3 台	100 m ³ x 1 基	150 m ³ x 1 基	20,690m	36,700m
			送水 ^ホ 77° x 4 台	計画変更 取やめ			(φ50~ 80mm x 2,880m)	(φ50~ 80mm x 20,880m)
779-1	集水埋渠 x 1 基	変更 なし	機械室 x 3 棟	変更なし	300 m ³ x 1 基	変更なし	φ80~ 200mm x	変更なし (φ50~
			送水 ^ホ 77° x 6 台	変更なし	50 m ³ x 2 基	変更なし	21,800m (φ50~ 80mm x 2,200m)	80mm 6,460m)

前表において、給水範囲の拡大に起因する配管工事の増量が顕著であるが、各地区における配水管布設工事の日本側施工部分を決定するにあたっては、各地区の給水状況ならびに社会・経済条件の特性を考慮した。判断基準の要点は次の通りである。

アハワル、ムーディアの既存給水委員会にはそれぞれ4名の配管技能工が所属し、既設管の維持管理に従事しているが、委員会は機械装備を所有せず、ねじ加工・溶接等の作業は市内の専門業者に依頼する慣行となっている。この場合、給水委員会が即応できる規模・範囲としては、市域一円でねじ加工は80mmまで可能であり、同口径以下であれば量にもよるが、比較的容易に対処できる。したがって、これら2地区に対しては、80mmを超える口径の配水幹線を日本側が施工することを方針とする。アハワルに対しては150mmおよび100mm、ムーディアは200mmが主体となる（ただし、新設システムの重要箇所には、日本側施工に一部80mm配管を含む）。

アル・レイダ/シマリアとアッサダーラでは給水委員会が未整備であり、集落内に専門業者がないため、実際の施工にあたっては州都の業者等への外注となる。その場合でも、技術上比較的対処が容易である80mmまでを原則とするが、アル・レイダ/シマリアの場合は、対象集落数が全体で23集落に達し、これら集落間の連絡配水幹線は80mmまで含めるときわめて長大となるので（80mm幹線だけで12,000m）、「イ」側経済負担を軽減することを主目的とし、80mm以上を日本側が施工する方針とする。

これら配管資材による「イ」側の施工能力については、先行基本設計調査で本計画の実施機関である電気・水省に所属する「地方電気・水公社」（以後「公社」と略す）が必要な予算措置および技術者派遣に合意しているが、本調査においても同様な支援方針が確認されている。公社の1996年度確定予算YR 13億（=約12億円、YR:イエメン・リヤル）のうち施設建設投資額はYR 5億の水準であったが、本配管工事に必要な工事費は年間その2%程度と見積もられ、予算確保は困難ではないと判断される。

各対象地区の計画、設計内容の変更を、図3-1～3-4に示した。

以上の検討結果を総合すると、4地区はいずれも施設整備の緊急度が高く、本事業の対象とする妥当性を有し、施設内容・規模については、すでに深井戸水源が「イ」側の努力により完成し、配水管建設の一部を「イ」側の自助努力に委ねる方途により、当初と比較して過大な規模とならない予算で実施することが可能であると判断される。

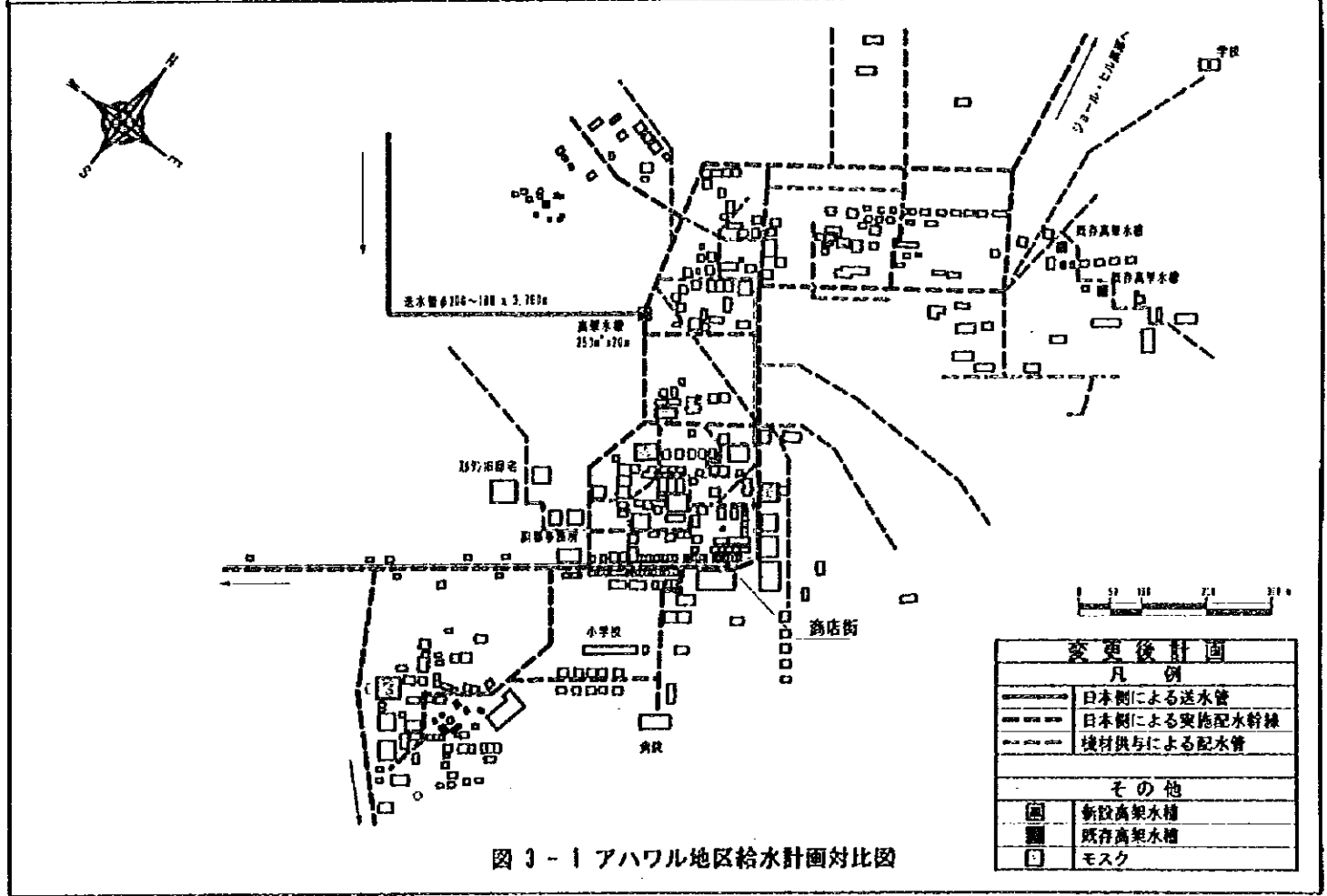
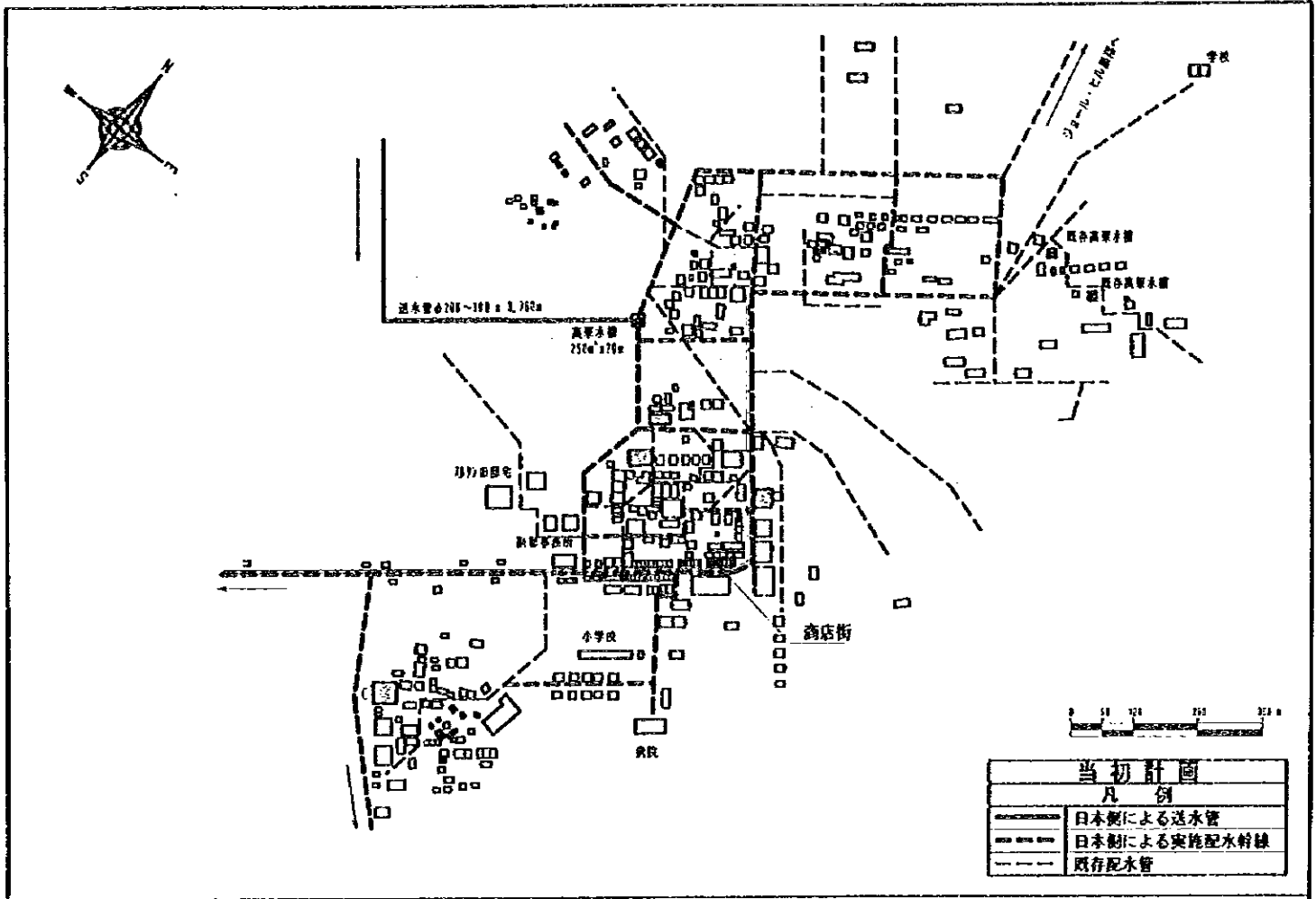


図 3 - 1 アハワル地区給水計画対比図

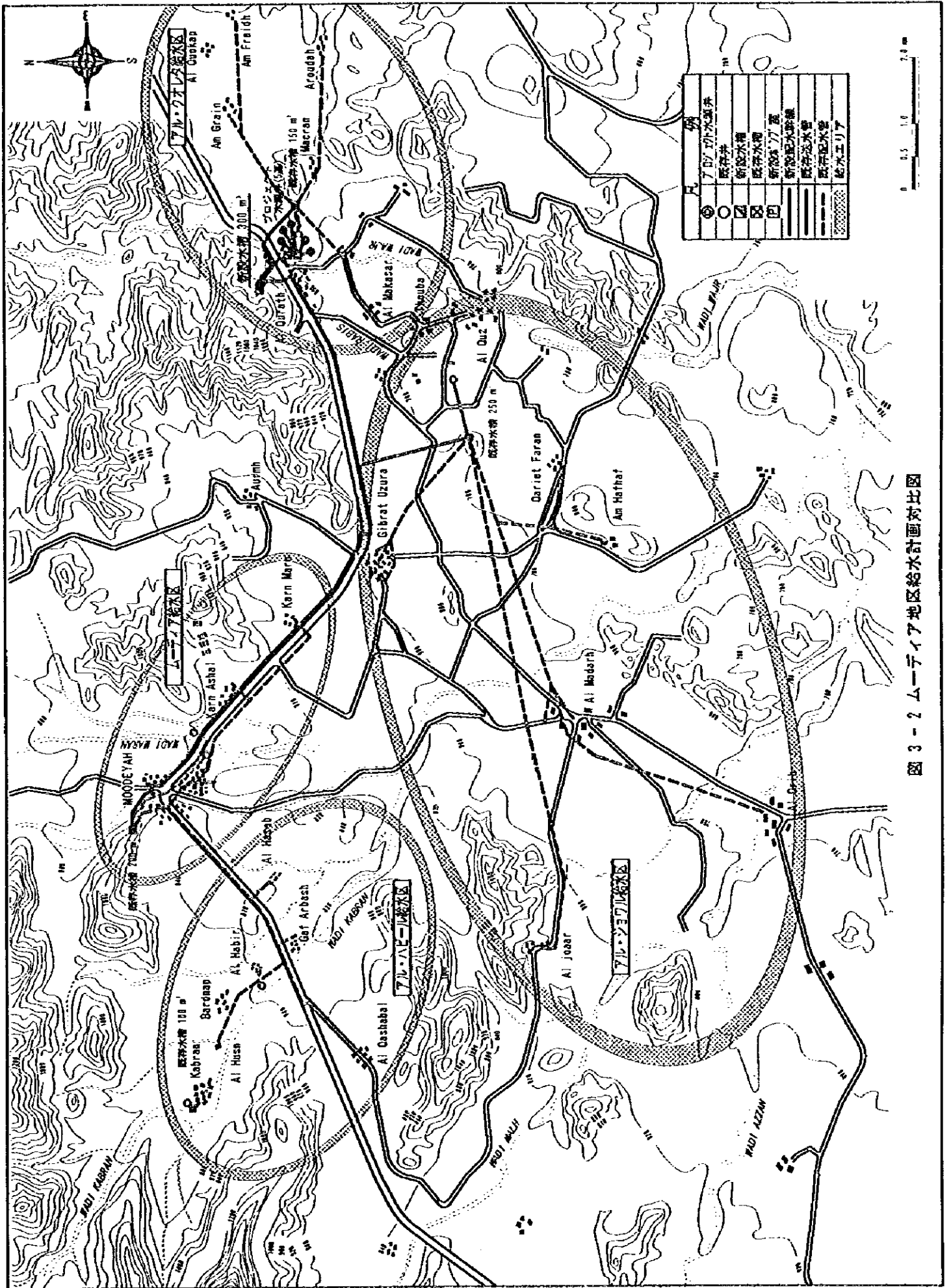


図 3 - 2 ムーディア地区給水計画対比図

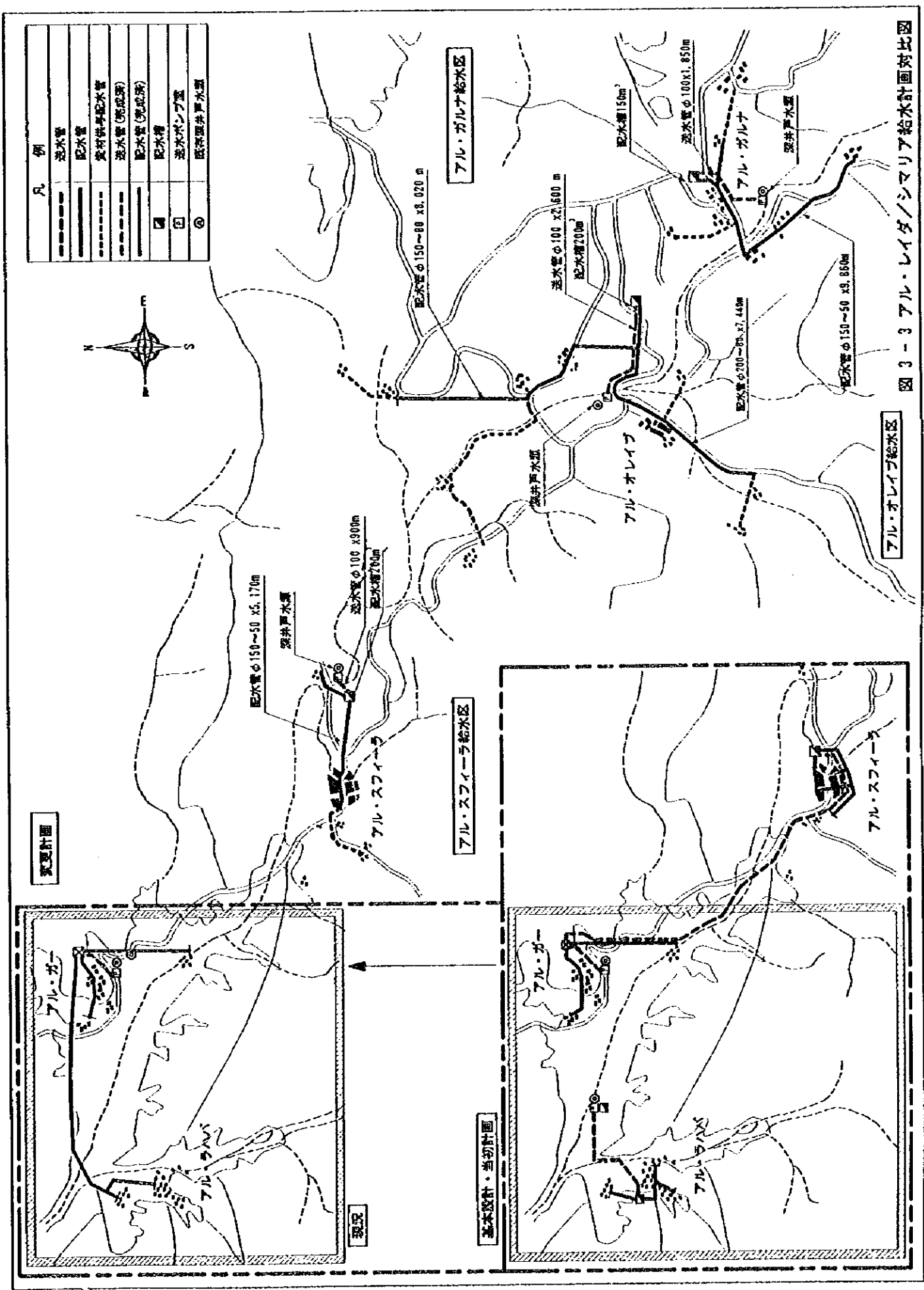


図 3 - 3 アル・レイダ/シマリア給水計画対比図

3-3 基本設計

3-3-1 設計方針

1) 自然・社会条件に対する方針

「イ」国南部・東部州は、北部の各州と比較すると、年間を通じ12月から2月までの温暖期をのぞくと長期間酷暑に支配され、年平均気温は北部の18°Cに対し、南部では27°Cに達する。さらに北部より後背山地が小規模であるため、降水は年間100mmから200mm程度の微量に限られる。これらの過酷な自然条件のため、水源事情は北部よりさらに劣悪で、水量だけでなく水質が全般的に悪い特徴が際立っている。本計画のアハワルおよびムーディアは既存施設の水源がいずれも水量または水質、あるいはその両方が劣悪なため、既存給水サービスが危機的状態となっている現状は、南部における水源事情を端的に示す一例である。海岸から10km地点のアハワルは塩水分布地帯で、現在の深井戸水源からの水道水は薄い塩水である。また、内陸のムーディアも高塩分の地下水分布地帯で、かつ水量が少ない。先行する基本設計調査の結果、これら悪条件の地域の中に、比較的水量・水質が良好で、飲料水として利用できる地下水が流動する小規模帯状流域があることが判明し、本事業は同流域に建設された既存井をプロジェクト水源として採用する計画とした。しかし両地区におけるこれら良質の地下水分布地帯は限定された地域であり、多数の深井戸により過剰揚水した場合は周辺の塩水に次第に汚染される心配がある。このため本計画では、すでに水量確認が終わり、揚水能力の概略が判明しているアハワル2基、ムーディア5基の既存井のみを効果的・効率的に運用し、追加井掘さくは実施しない方針とした。これら水源地の産水能力については、既存井相互の干渉試験等を含む水理学的な詳細揚水試験の実施により資料を得るため、本計画でこれら試験を公社技術者に対する技術移転を含めコンサルタントが実施する方針とする。その結果として、さらに同水源地が開発可能であることが判明すれば、「イ」側の自助努力により開発が続行され、基本設計で水量不足から対象外となったそれぞれ地区内の周辺集落にも給水範囲を拡大することが可能となるかもしれない。

本計画で採用する貴重な水源は、このように限定された資源であるため、住民の飲料水確保を主目的とし、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、アハワル、ムーディアおよびアル・レイダ/シマリアでは、飲料に適する水源は量的に開

発の限界があり、アハワルのように住民の総需要さえ満たすことが出来ず、当初要請17対象集落を最終的には6集落に限定せざるを得ない状況にあることによる。残る1地区「アッサダラ」では、地区全域で湧水や流水が利用でき、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。

本事業において最も難度が高い計画要素は水源であるが、基本設計から本調査までの期間に「イ」側によるムーディアおよびアル・レイダ/シマリアにおける追加深井戸水源建設の努力を含め、それぞれの対象地区に水源を確保することができた。この水源を基として、本事業は地域社会の生活基盤の向上と健康の増進を図る効果的な給水施設を計画・建設し、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。

2) 現地建設事情/現地資機材活用に対する方針

本事業では、現地資機材の積極的な活用と現地専門業者の採用が推奨される。しかし、「イ」国の建設業はまだ近代産業として確立しておらず、その中の一分野としての給水施設工事は近年小規模の地元企業が形成されてきたが、経済的・技術的基盤が脆弱であるため、日本企業の直営方式により施工し、品質管理を徹底する必要がある。「イ」国建設業の近代化が遅れている原因は、建築様式が在来工法を主体としてきていること、都市における大規模建設工事はプロジェクト方式で先進国や湾岸諸国の企業が入り込んだが、これら外国企業が継続的な営業基盤を置く土壌がなかったことによるもので、わずかに、主として道路建設を対象に同国に進出している中国が、1,2の中規模地元合弁会社を経営している程度の現状である。

現地建設業界の概況は以上のとおりであるが、本計画では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、一例として、南部全域に普及している石積式地上型配水槽をとりあげた。同水槽は、水槽壁面を「イ」国でどこでも入手出来る石材を積み上げコンクリートで固め、外面は成形した石版の石張り構造とし、堅牢性をもたせると同時に南部における酷暑に対し水槽内の水を保冷する効果をねらったものである(本計画で採用する300 m³水槽の場合、石積み壁厚は底辺で2.2mもある)。同デザインは、南部給水事業を統括した旧公共水道公社の施設基準として普及し、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。

一方現地資機材については、近年ヨーロッパやアジア諸国から各種の建設材料が入り込み、市場は活況を呈している。国産セメントは、日本の支援で完成した2プラントがフル稼働しており、全国的な流通状況も良好である。鋼材は韓国やロシア製品が出回っている。現況、本計画における一般土木・建築資材は現地調達で十分間に合うと判断される。ただし、コンクリート工事については、「イ」国の租骨材はシルト分の混入が多く、配合に注意しないと粗悪なコンクリートとなり易いので、十分な品質・施工管理を必要とする。

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。

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委員会により運営、維持管理される。したがって、本案件の施設・機材計画は全体的に高度な特殊技術を必要としない方針で策定されるが、これら給水委員会要員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。特にポンプ機器については、本調査において、住民側から電力機器使用よりエンジンによる機械式駆動の要望が強かったので、基本設計の内容を見直し、適所にはエンジン駆動ポンプを採用する方針とする。

「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、委員会に対する施設引渡の時点、委員会の操作員には十分な技術移転を計画する方針とする。

一方、給水委員会の現状として、操業開始時点は経済的余力がないので、機器および大口径用配管付属品等現地の流通状況では入手することが困難な資機材については、スペア・パーツ、予備品を用意する方針とする。

4) 施設範囲・規模に関する方針

本計画対象地区はいずれも広域給水施設が必要であり、施設規模が過大となるおそれがあるため、一部施設は「イ」側の自助努力により施工することを基本方針の一つとした。具体的に「イ」側に期待することができる施設整備としては、水源施設整備の一部（新規掘さく工事）、および配水施設の一部（集落地における各戸配管のすべて、および配水主管からの分岐管である配水支管）等がある。すでに水源は「イ」側努力により、最も難度が高いと想定されたアル・レイダ／シマリアにおいても4基の深井戸が完成された。一方、配管工事に関しては、今後の「イ」側努力を支援するために、本計画の中で日本側が管材料を供与することにより、施設完成を円滑に進める方針とする。

各地区における配水管布設工事の日本側施工部分を決定するにあたっては、それぞれの給水状況ならびに社会・経済条件の特性を十分に考慮した。判断基準の要点は本章第3-2-2節で述べた通りである。これら各地区における「イ」側配水管布設工事は、全部埋設管となるアハワルの場合、日本側施工本管に接続するため、日本側施工と同時点に実施されると予想される。その際施工業者はその派遣専門技術者により、「イ」側に必要な技術指導、助言を与え、相互の協力により施設完成を促進する方針とする。特に本計画では、配管材料として日本製品を採用する方針であるので、「イ」側に対する協力は有用であると考えられる。また、施工が同時に行われなくても、日本側は給水委員会や集落代表者に、施工上の注意点を十分に説明し、理解を得ることが重要である。

3-3-2 基本計画

1) 水源能力の検討

本計画では、対象地区の水源能力がそれぞれの計画の出発点となっているので、設計条件の基本として、本計画に採用する各地区水源について以下のように整理する。

① アハワル（アビアン州）

a. 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。

b. 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。

c. 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13.2 lit/sec(800 lit/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。

$$\begin{aligned} * \text{揚水量} &: 13.2 \text{ lit/sec}(800 \text{ lit/min}) \times 0.75 \\ &\approx 10 \text{ lit/sec}(600 \text{ lit/min}) \end{aligned}$$

* 自然水位：10.9m (1993年12月調査時点実測値)

* 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、20 lit/sec (1,200 lit/min) の給水が可能である。

d. 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、現時点まで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、水理学的揚水試験を実施しなければならない(コンサルタントによる詳細調査時点、実施を予定)。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。

なお、基本設計調査時点、静水位測定と水質確認のため、給水委員会の協力を得て溶接鉄蓋を撤去し、測定を実施したが、本調査時点確認したところ、当時の鉄蓋の再接が完全でなく、砂利・砂が入る隙間が開いていた。このアハワル流域は1996年「イ」国で広範囲に発生した洪水の被害があった地域であり、井戸が冠水したさい井内に砂・砂利が侵入したおそれがある。これら井戸に対する最初の試験のさい状況を確認し、必要であれば建設工事時点、水源浚渫工事を実施する方針とする。

② ムーディア (アビアン州)

a. 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。

b. 計画水源

基本設計当時、ワジ・ワジャル流域には5基の深井戸が既存し、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った。同調査時点、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、同様な仕様で追加井を1本新設する計画とした。しかし、本調査時点、公社アデン支所長およびムーディア給水委員会の案内で現地調査したさい、公社により同地域内に追加井が2基完成していることが判明したので、日本側による追加井の掘さくは不要となった。

c. 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する。基本設計調査時点、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 lit/sec(400～500 lit/min)を日中継続的に運転していた。しかし本調査で現地踏査したさい、これらの水源井で水量がやや減退している状況が確認された。実際にアル・クォレタ地区はこの水源井1基では給水量が不足し、構成集落に対し時間制限給水を実施している。

基本設計調査では、未使用井戸を開口して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5～6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を守る必要がある。現在の揚水量の平均値を平均的な揚水量400 lit/minの75%取水を最大限とする計画内容とする。

* 揚水量：1井あたり $6.7 \text{ lit/sec}(400 \text{ lit/min}) \times 0.75$

$\approx 5.0 \text{ lit/sec}(300 \text{ lit/min})$

* 自然水位：45m (基本設計調査時点未使用井3基の測定結果)

* 揚水水位は試験資料なし。

本地区水源池においては、アハワル同様産水能力確認のため、水理学的揚水試験が不可欠であり、いずれも近接して設置された本計画用の5本のうち何本を同時揚水するか最終判断はその揚水試験結果定めることとするが、現時点では基本設計時の検討にしたがい4本同時運転とし、1本は休止井戸として交互運転する方法が、地下水保

全のためにも最適と判断される。その場合、可能取水量は4井で20 lit/sec (1,200 lit/min) と算定される。

d. 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給水委員会で総合的に保守管理することが望ましい。現時点詳細な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)

a. 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、当時未確認であった。その後同地区住民の運動により、公社は4本の深井戸を完成し、いずれも旧井と同程度の揚水量を確認している。

b. 計画水源

旧井はこの地区の一集落アル・ガーの傍に設置され、その後同集落の主導により、基本設計が対象とした7集落のうち4集落が参加して、昨1996年度給水施設を完成した。

基本設計調査時点、簡易な水量測定を実施した結果では5 lit/sec(300 lit/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。

公社で最近完成した4本の新設井は、広大な台地上に離れて位置し、それぞれ旧井のそばに1基(410m)、アル・スフィーラ集落周辺に1基(260m)、アル・オレイブ集落1基(266m)、アル・ガルナ集落1基(310m)となっている。300mに達しない井戸は上層

の石灰岩破砕帯が水層となっており、西部の旧井では下層の砂岩に達していることが近年の掘さくで判明した。揚水量は400 lit/minから500 lit/minで良好である。

c. 計画取水量・水位

本計画では、西部アル・ガー地区の水源は使用せず、他の3集落およびその周辺を独立した給水区として、水源深井戸を1本ずつ利用する計画とする。水層能力は安定しており、井戸間隔も数km離れているので、揚水量下限値の6.7lit/sec(400 lit/min)を採用することとする。

* 揚水量：1井あた6.7lit/sec(400lit/min)

* 自然水位：100～180 m

* 揚水水位：資料なし。

④ アッサダーラ（ハドラムート州）

a. 地区水理地質特性

アッサダーラは、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140 km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ーラから約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。

b. 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ー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3 m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、アッサダーラから約5 km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。

c. 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、乾期における基本設計調査時点(1993年12月) 50 lit/sec(3,000 lit/min) 以上あり、また本調査(1997年3月、小雨季)においては80lit/sec(4,800 lit/min) 以上と推定され、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。取水量は計画給水量に基づき、16.5 lit/sec(1,000 lit/min) として差し支えない。

2) 計画要素の検討

① 計画目標年次

基本設計においては4対象地区の計画目標年次を15年と定め、本調査においても基本的に先行調査の方針を踏襲することとする。しかしながら、4地区のうちムーディアは、先行調査では独立施設により採掘していた1給水区で水源事故があり、給水不可能となったため、非常事態に対処するため、本計画に含む必要性が生じた。さらに同地区には、水道水が高塩分のため、飲料水をすべて買水依存している給水区があり、本調査時点対象に追加することが要請された。ムーディアでは、第3-2-2項で述べたとおり、「イ」側の自助努力により追加井が2基建設され、給水量増加の可能性もあるが、現時点水層能力が証明されていないため、当面限定された水量を基本として計画しなければならない。当該地区の非常事態に対する緊急対策としては、要請された全地区に対しこのような可能採水量の範囲で給水する必要があるので、15年の中期目標とはせず、10年の計画年次として設定することが妥当と考えられる。したがって、4地区の計画年次としては次の2通りとなる。

表3-4 対象地区計画目標年次

対象地区名	行政区分	計画目標年次
1. ムーディア	郡区	10年(2007年)
2. アハワル 74•114' 12317 アッサダーラ	準郡区	15年(2012年)

② 給水区域設定方針

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。

- a. 前節第3-3-2項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。ただし、本調査時点範囲拡大の要請があり、対象地域の再検討が必要となったムーディアとアル・レイダノシマリアの場合は、以下のように対処する方針とする。

* ムーディア

本調査で追加要請された2給水区は劣悪な給水状態にあり、緊急の対応が必要であるので、先行調査で対象とした2給水区ともども、全区を対象として、可能採水量を公平に分配する方針とする。

* アル・レイダノシマリア

当該地区では、施設未整備集落に対して公社が4本の深井戸水源を完成し、同水源を基として、すでに次のような独自の給水計画を策定した。

・アル・スフィーラ給水区

アル・スフィーラ集落はこの準郡中最大規模の集落で、当初基本設計対象7集落に含まれていたが、そのうち4集落が既存井により給水施設を完成したため、3集落の一つとして施設が未整備のままとなっている。公社ではこの地域に深井戸を基完成し、3集落を対象とする施設計画を策定した。

・アル・オレイブ給水区

アル・オレイブ集落は同準郡における郡庁支所所在地として拠点行政集落の役割を果たしている。同集落を中心として、およそ18の中小規模集落が高原台地に散在しているが、施設未整備のため、住民はこれまですべて買水に依存してきた。近年公社では、同地域の離れた地点に2本の深井戸を完成したので、この水源から地域のほぼ中央にある山上配水槽に送水し、同水槽から18集落に配水する計画を策定した。

本調査では、上記の公社計画を検討した結果、次案が適切と判断する。

- ・アル・スフィーラ地区は公社計画通りとし、3集落で1給水区を構成することとする。
- ・アル・オレイブ地区計画は、それぞれ1基の深井戸を水源とする2給水区に分割

する。その理由としては、2基の深井戸から同一水槽に送水する場合より、それぞれの井戸に近い適所に水槽を設置して送水する場合の方が、配管距離が短い。したがって、ポンプ機器の馬力も小さくできる。また広域に散在する集落に対する配水管距離も短くできる。(参考として、アル・オレイブ給水区公社計画案と日本側計画の対比模式図を図3-5に示す。)

- b. 井戸からの取水量は、運転時間を長くすれば一日あたりの水量が増加するが、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20時間程度を一日最長運転時間とする。
- c. 原則的に対象範囲の中心集落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。

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3-5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位については、本節の各論を参照、また集落位置について本節給水平面図を参照)。

③ 計画給水人口

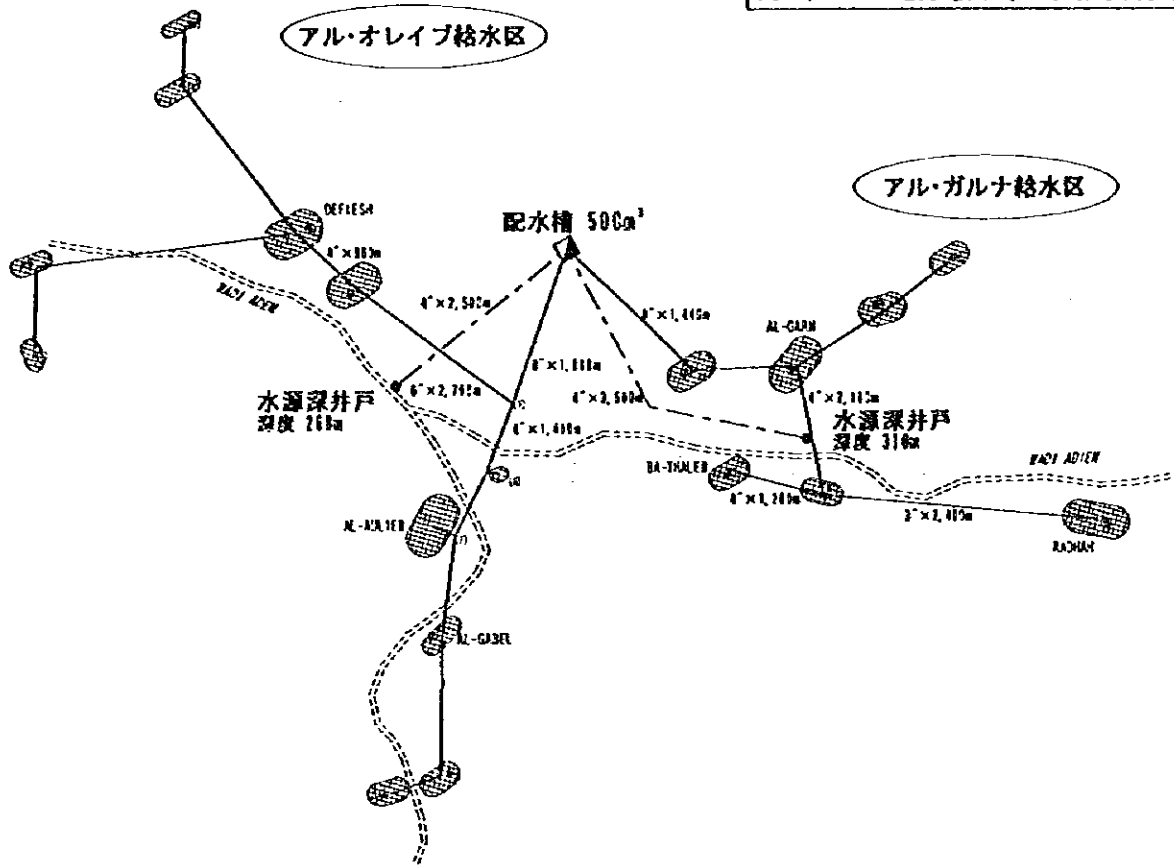
対象地区人口は、先行基本設計調査時点の資料と本調査における調査結果を双方比較して決定した。追加要請集落の人口は今回調査分である。

これら現在人口の成長率については、計画目標年次における計画給水人口は、1994年の人口調査によると、1980年代後半に実施された田南北イエメンの調査と比較して、全国平均成長率は3.5%に達する。一方1996年策定された公社給水五ヶ年計画では人口調査の結果を検討し、平均的な地方人口の成長率として、1999年までは年率2.8%、それ以降は2.7%となると想定し、総合計画の基本にした。これら成長率は地域により大差があるが、本計画対象地区はいずれも人口動態を把握する確かな資料がないため、基本設計が準拠した旧公共水道公社の給水計画基準に基づき、国道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(郡庁および郡庁所在地)は2.6%、その他の集落は2.0%として計算した。

本計画の各対象地区の現在人口と目標年次における計画給水人口については表3-5を参照。

図 3 - 5 アル・レイダ/シマリア給水計画案対比

1. イエメン地方電気・水公社給水計画案



2. 日本側給水計画案

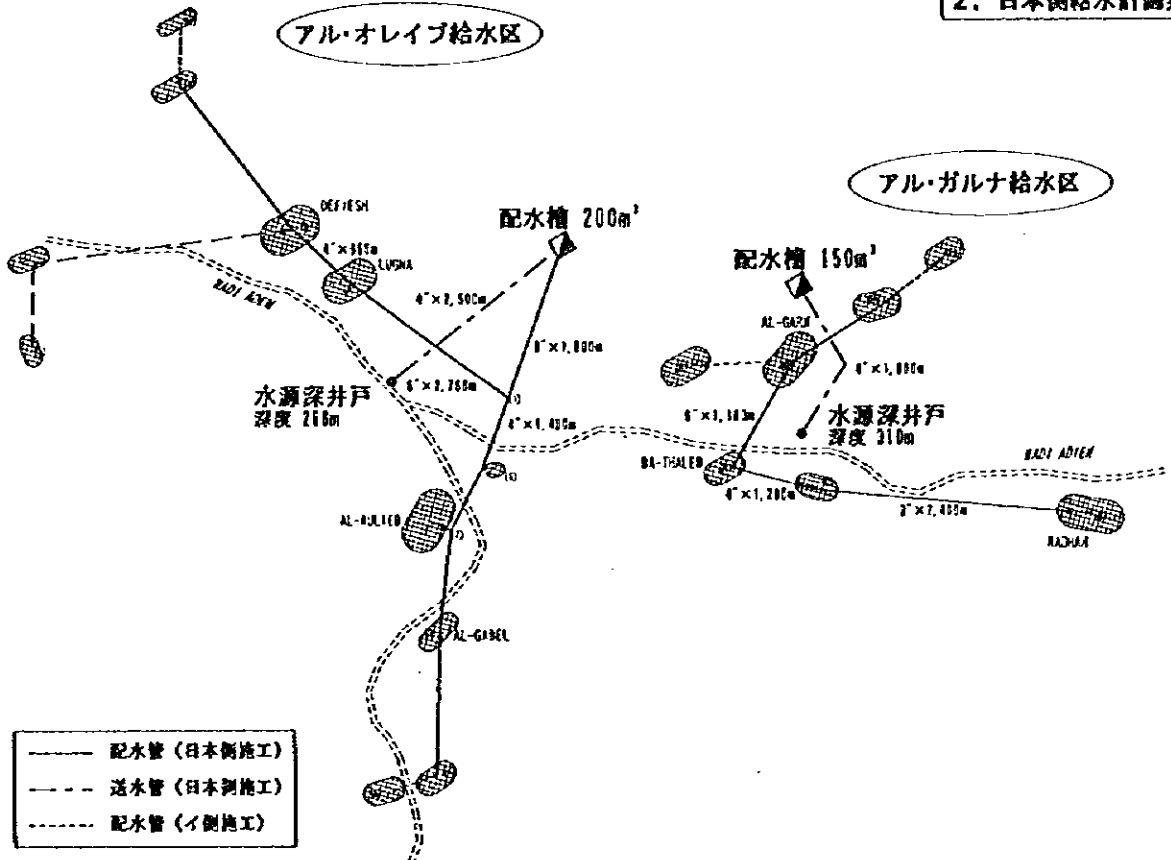


表 3-5 各サイト給水対象集落名と計画対象人口

サイト名	サイト内給水区	対象集落名	現在人口 (1997)	計画給水 人口 (2012)	サイト名	サイト内給水区	対象集落名	現在人口 (1997)	計画給水 人口 (2012)
アハワル	アハワル給水区	アハワル	9,000	11,950	アル・レイダ/ シマリア	アル・オレイブ 給水区	アル・オレイブ	1,180	1,590
		ハイ・パディード	4,120	5,840			アル・ガベル	200	270
		ジョウル・ヒル	1,890	1,880			アル・マジス	120	160
		アル・ガリーフ	860	1,160			アル・サルビア	210	280
		アル・シャルワ	780	1,010			ドゥールベン	200	270
		アル・スベイル	330	480			ルグナ	1,225	1,650
ムーディア (ムーディアの 計画目標年度 は2007年)	ムーディア給水区	計	15,430	21,420	アル・スフイーラ 給水区	デフィシユ	1,000	1,350	
		ムーディア	12,000	15,410		7th AS, 7th-17th	588	790	
		カレン・アシャル (ムーディア を含む。)				7th AS, 7th-7th	266	360	
		カルン・マラム ジュズ・ハガ)				アル・ハドバ	200	270	
		アル・マダバ	4,770	5,820		スプーヘ	200	270	
		小計	16,770	21,280		小計	5,390	7,260	
		アル・クオレタ マクラン				アル・ガルサ ラドハ	1,021	1,370	
		アル・クオレタ アローダ	(8,250/2) = 4,130	5,050		アル・ガザ-	1,145	1,540	
		アル・ゴライン				バーサレブ	619	830	
		アル・ゴライン アム・ゴライン アム・ゴライン アム・ゴライン アム・ゴライン ほか4集落				ガラ-	120	160	
小計	4,130	5,050	バーバルヘイダ	200	270				
アル・ジョウル 給水区	アル・ジョウル 給水区	ジアラ・ウズラ	5,100	6,240	アル・オムーン	250	340		
		ガリア・ワアルアン			小計	3,905	5,250		
		アム・ハフハフ			アル・スフイーラ	4,860	6,540		
		アル・マダラ			ワディ・アル・チド	200	270		
		ジョアール			ワディ・アル・スディフ	220	290		
		アル・コリア			小計	5,280	7,100		
		小計	5,100	6,240	3給水区 計	14,575	19,610		
		アル・ハビール バーダナツ			アッサダラ	4,850	6,380		
		ゲフ・アルバッシュ アル・ガシキール カバラン	4,300	5,270	ホスン・バシラーマン	2,450	3,300		
		アル・ホスン アル・ハサブ			アル・カシヤ	2,340	3,150		
小計	4,300	5,270	アル・ハルジャ	260	350				
4給水区 合計	30,300	37,790	スィロン	150	200				
合計	48,730	69,210	7th AS, 7th-7th	200	270				
			バムセブリン	360	480				
			ガウル・アル・シェイク	220	300				
			アル・ナセリア	120	160				
			アイン・バジャマ	360	480				
			計	11,310	15,220				
			合計	71,615	94,040				

④ 給水原単位

1996年の給水五ヶ年計画によると現在の全国地方集落の平均水消費量は30～35 li/人/日程度とされている。本計画における一人一日平均給水量の決定は、旧公共水道公社の給水施設基準、「公共水栓からの給水の場合40 l/人/日、各戸給水の場合60 l/人/日」を参照し、基本設計調査時点「イ」側からの「各地区は各戸給水を目標とする」という要望を考慮した結果、次のように定めた。

表3-6 対象地区計画給水量

地区名	現在の消費量 (lit/人/日)	給水方式		計画給水量 (lit/人/日)
		現在	本計画	
アハワル	25	各戸給水	各戸給水	50
ムーディア	10～30	各戸給水	各戸給水	40
アル・レイダ/シマリア	20	買水	公共水栓	50
アッサダーラ	30～40	湧水・浅井戸	公共水栓	50

上表で、ムーディアが他地区より水量が少ない理由は、給水対象人口に対し、定められた可能採水量の限界が小さいことによる。アル・レイダ/シマリアとアッサダーラでは、新規に施設を建設し、給水装置としては、各集落単位に少なくとも1基の公共水栓を設置する計画とする。ただし、両地区とも多数の住民が施設完成後、自己資金により家庭までの給水管を用意する態勢にあり、漸次各戸給水に移行することが予想されるため、水量を大き目に設定した。

⑤ 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、通常の給水計画諸単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。

* 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は次式で計算する。

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

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。

***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、旧公共水道公社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)

***時間最大給水量**

時間最大給水量は、最も水消費の激しい時間帯の流量を定めたもので、対象集落家庭の水栓の数を基として計算されることが多い。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(算定例を資料-8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

3) 施設計画

① 水源施設

本計画における水源施設としては、「イ」側で建設済みの既存深井戸と一地区のみ湧泉からの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3-7に示す。

表3-7 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.	ムーディア	既設	深井戸	76 m	3基
3.	Al-Viday / Al-Vay	既設	深井戸	260~310m	3基
4.	アッサダーラ	新設	集水埋渠	-	1基

上記施設の特徴と留意事項を以下に述べる。

a. 既存深井戸水源

アハワルおよびムーディアの既存井は、1988～1990年頃に建設され、いままで未使用のまま保存されてきた。深井戸を揚水しないまま長期間放置すると、掘さく時点に使用したベントナイトや地層中の粘土分により水路が塞がれ、しばしば水が出なくなる現象が発生するため、これら地区の旧井は、高圧コンプレッサーによる仕上げ工事、必要な場合はスクリーンを機械的にクリーニングするブラッシング工事、薬品洗浄工事等により、井戸の更生工事を実施し、予定水量を確保しなければならない。

b. 集水埋渠

「アッサダーラ」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。

② 深井戸ポンプ

a. 深井戸ポンプの選定

「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 3-8 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	水中縦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伝達または電力。
特徴	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。したがって、井戸が浅いアハワルとムーディアでは基本的にボア・ホール型とする。一方、「アル・レイダ/シマリア」は、既存井は3基とも井戸深度が260m以上あり、高所の配水槽まで直接送水する計画で高揚程が必要なため、発電機駆動の水中モータ・ポンプを採用しなければならない。

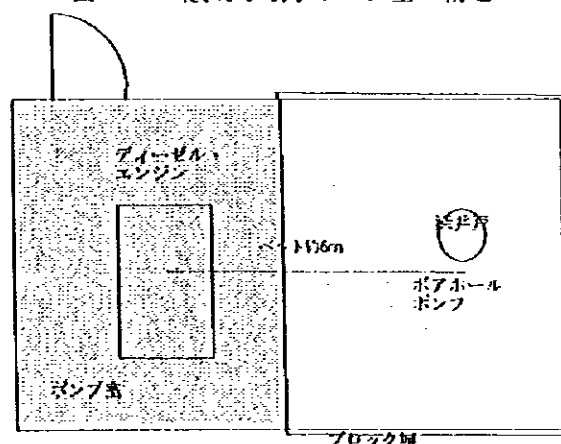
b. 深井戸ポンプの制御

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降下は、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。

c. 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、井戸が屋外露天におかれ、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一般的である。

図3-6 一般的な取水ポンプ室の構造



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、しかも大型車輛がアクセスする作業に支障を来さないような構造を計画する。これは、井戸水源部分は、鋼板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となる（添付基本図参照）。

③ 送水施設

a. 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）「アッサダラ」にて送水施設を計画する。アル・レイダ/シマリアの場合、中間施設の維持管理の手間を省くため、送水施設なしで井戸から配水槽まで直送する。

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。ただし、アッサダラの場合は、住民要請によりエンジン駆動型で計画する。

b. 送水ポンプ制御装置

送水ポンプの制御方式は、井戸ポンプの場合と同様に最低必要と考えられ自動制御に止め、下記の通りとする。

*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。

*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。

c. 送水ポンプ室

構造、仕上げ方法については、井戸囲いやバ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がある地区では、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。

④ 水槽施設

a. 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。

* 送水槽

- 目的地まで距離が長い場合、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。「アッサダーラ」地区でこの設備が必要である。
- 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。

* 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。

b. 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、石材を積み上げコンクリート・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。同水槽は旧公共水道公社の標準施設基準であったので、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1万ガロンおきに60,000gal. (同300 m³) まで標準仕様・設計図が用意されている。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500 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」が普及している。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と同種のもので、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。

- | | |
|--------|---------|
| *地上型水槽 | 石造タンク |
| *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。

c. 水槽容量

*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。

- ・アハワル 100 m³
- ・ムーディア 100 m³
- ・アッサダーラ 50 m³

*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。

その結果としての各地区配水槽容量を次表に示す。

表3-9 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・レイダノ	新設	地上型・石造	200 m ³ x 2基
	シマリア	新設	地上型・石造	150 m ³
4	アッサダーラ	新設	地上型・石造	300 m ³

⑤ 管路設備

a. 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、アル・レイダ/シマリアとアッサダラ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。

b. 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。

- ・ ダクタイル鋳鉄管 (首都サナ等の大都市水道のみ)
- ・ 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)
- ・ 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。安価であるが、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、値段は安い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。

*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性を期待

できる管種としては、ダクタイル鋳鉄管が最適である。

*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、配管の取り外しができ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。ムーディアとアル・レイダ/シマリアのアル・オレイブ給水区では急勾配の急崖配管に200mm鋼管を布設するが、急勾配のためコンクリート支持構造物を各所に堅牢に設置し、足場の悪い配管地点のため各定尺パイプ両端にフランジを溶接し、現地に運搬した後、各パイプをフランジ接続する方法としなければならない。

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を越えるので、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。

c. 管径の決定

本計画の送水、配水および給水管には25mm～200mm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。

*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

程度まで上げて、地形の変化に対応することとする。

*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（公共水道公社）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。

d. 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。

*空気弁：地形の凸部に設置する。

*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。

e. 管路事故対策

*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し、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。

*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。

- ・ポンプの逆止弁に緩閉型を使用する。
- ・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。

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「アッサダーラ」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給水計画基準によると、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2種類とする（詳細は添付基本設計図参照）。

一方、公共水栓に取り付ける給水栓に関しては、配水槽が高所に設置されるため、給水圧が高い集落が多くなるので、通常市販されている5kg/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(10kg/cm²)を使用する計画とする。

4) 機材計画の検討

本計画では、基本設計において、日本側施工を口径が大きい配水本管までとし、それ以降の配水支管と給水管は「イ」側の自己資金による施工を協力の方針とした。ただし、「イ」側施工を円滑に進めるため、配水支管の一部は機材供与により支援する計画とした。同方針に基づいて、対象地区に対する配管材料の機材供与が決定された。

本調査においてもこの方針に変更なく配管材料を供与する計画とする。アハワルとムーディアでは、1993年実施された基本設計調査後の施設事故による給水事情悪化に対処するため必要な管材である。アル・レイダ/シマリアの場合は、広大な高原台地に散在する21集落に給水するため、配水本管だけで約50kmに達する大規模な計画となる。しかし、全長の約40%は65mmと50mmの小口径となり、「イ」側による施工に大きな困難はないと考察されるので、

日本側機材供与により「イ」側施工を支援する計画内容とした。

これら各地における配管工事に関する「イ」側施工能力の経済的・技術的妥当性としては、本調査の結果、本章第3-2節で検討したとおり公社の予算確保は困難ではないと判断されるほか、公社は職員である施設関連技師および配管技能工の派遣により現地工事を支援する態勢にあり、また対象地域周辺における専門業者の確保は困難ではないので、技術上の問題点はないと予想される。

各対象地区における現状調査の結果、必要と判断された機材計画を表3-10にまとめる。

表3-10 調達機材一覧

対象地区名	基本設計 (1993)	本調査 (1997)	説明
アハワル	φ50~100mm x 6,600 m	φ50~80mm x 10,000m	既存高架水槽事故の後、井戸ポンプを配水管につないで直接配水しているが、管路老朽化のため漏水・目詰まりにより断水が頻発。取替の必要な管長を増量する必要がある。
ムーディア	供与なし。	φ50 x 6,000m	1993年調査時点以降開発された新興住宅地に対する配水支管設置のため小口径管が必要。
アル・レイダ /シマリア	φ50~80mm x 2,880	φ50~80mm x 20,880 m	基本設計時の計画は7対象地区のうち大規模集落内部の配水管布設を目的としたが、本調査変更分は大部分が対象集落間の連絡配水本管で、「イ」側施工分として計画した小口径本管の布設を支援するものである。
アッサダラ	φ50~80mm x 2,200 m	φ50~80mm x 6,460 m	基本設計は、地区内大集落内部の配水管布設用として計画。本調査で給水範囲に3村を追加することが要請され、同集落への配水本管布設用の資材が追加となった。

5) 対象地区施設一覧

以上に検討した基本計画に基づき策定された4対象地区それぞれの施設内容・規模を次表にまとめらる。

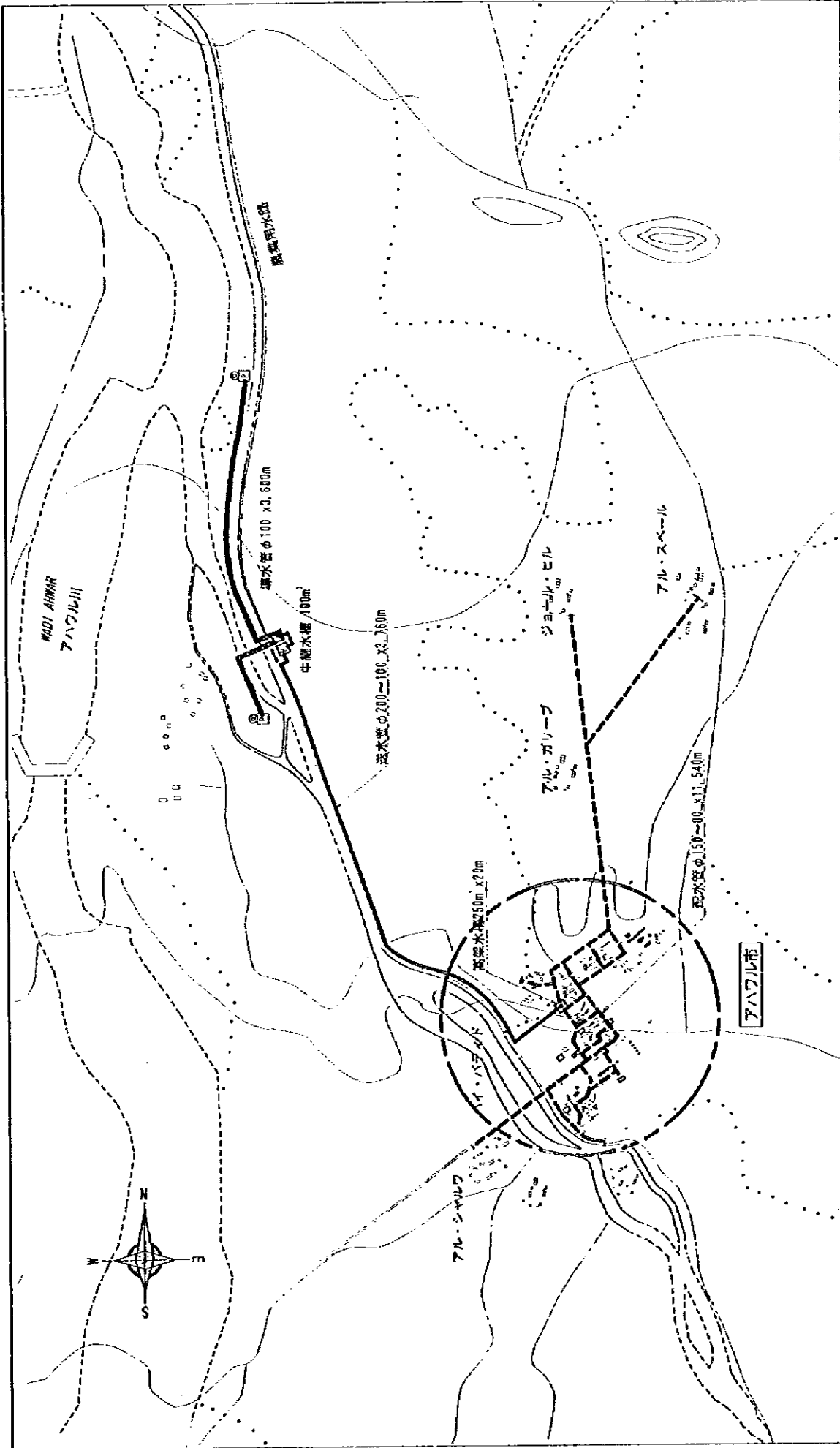
表3-11 各計画対象地区における施設内容・規模








地区名	施設名	内容	仕様	数量
アハワル	水源施設	(*既存深井戸)	(深度70m) 改修工事	2基
	取水施設	深井戸揚水ポンプ	ボア-4型600 lit/m x 110 m x 31kw	2式
		取水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	2棟
		導水管	SGP φ 100mm	3,600 m
	送水施設	送水ポンプ	横型多段ポンプ 1,200 lit/m x 77m x 37 kw	2式
		送水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	1棟
		中継水槽	100 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	1基
		送水管	DIP φ 200mm	1,610 m
			SGP φ 150mm	2,100 m
	SGP φ 100mm		50 m	
	配水施設	配水槽	高架水槽250 m ³ x 20 m	1基
		配水管	SGP φ 150 mm	2,880 m
			φ 100 mm φ 80 mm	3,050 m 4,260 m
ムーディア	水源施設	(*既存深井戸)	(深度75m) 改修工事	5基
	取・送水施設	深井戸揚水ポンプ	ボア-4型: 340lit/m x 100 m x 27kw 水中モーター型340lit/m x 100 m x 11kw	4台 1台
		送水ポンプ	横型多段ポンプ 1,200 lit/m x 100m x 45kw	2台
		ディーゼル発電機	130 KVA, 400 V	1式
		取水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	4棟
		取水・送水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	1棟
		中継水槽	100 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	1基
		導水管	SGP φ 100 mm	2,200 m
		送水管	SGP φ 200 mm	1,245 m
	配水施設	配水槽	300 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	1基
		連絡配水幹線	DIP φ 200 mm	10,270 m
			SGP φ 200 mm φ 100 mm φ 80 mm	815 m 2,530 m 2,565 m

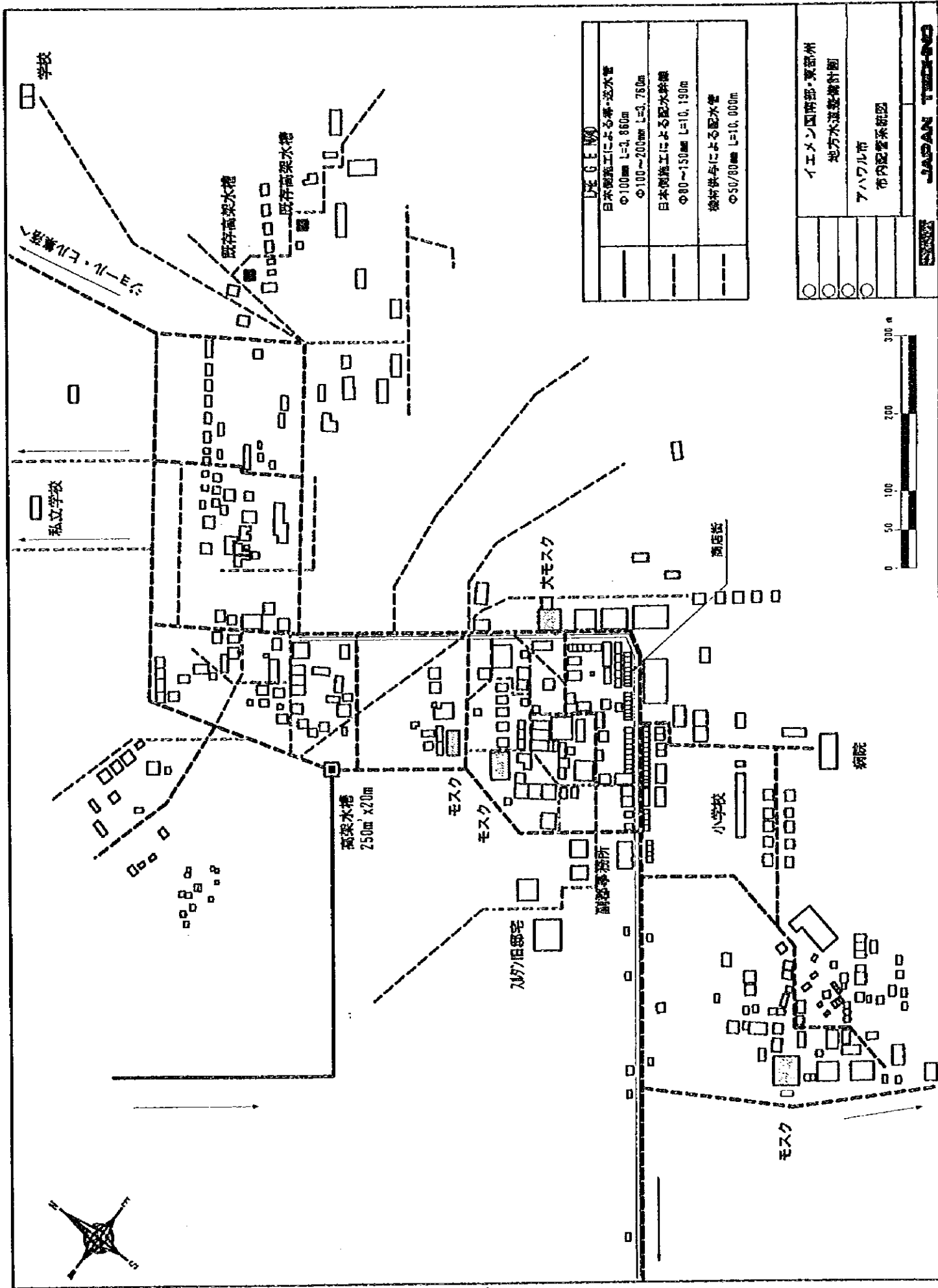
地区名	施設名	内容	仕様	数量
Tn・v19' / 7177	水源施設	(*既存深井戸)	(深度270~310m) 改修工事	3基
	取水・送水 施設	深井戸揚水ポンプ	水中E-型400lit/m x 380 m x45kw	3式
		ディーゼル発電機	130 KVA, 400 V	3基
		取水ポンプ室 送水管	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り SGP φ100	3棟 5,350 m
	配水施設	配水槽	200 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	2基
			150 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	1基
		配水管	DIP φ200 mm	350 m
			SGP φ200 mm	1,450 m
			φ150 mm	8,260 m
	φ100 mm		6,560 m	
φ80 mm	11,910 m			
φ50 mm	1,960 m			
給水施設	公共水栓	4栓型	9基	
		2栓型	6基	
7177-7	水源施設	集水埋渠	鉄筋コンクリート構造、集水スクリーン	1基
	取水・送水 施設	取水ポンプ	インバータ駆動横型多段ポンプ 1,000 lit/m x 50 m x 40ps	2式
		送水ポンプ (1)	インバータ駆動横型多段ポンプ 1,000 lit/m x 50 m x 40ps	2式
	取水・送水 施設	送水ポンプ (2)	インバータ駆動横型多段ポンプ 1,000 lit/m x 140 m x 37kw	2式
		取水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	1棟
		送水ポンプ室	鉄筋コンクリート/壁面ブロック造り	2棟
		中継水槽	50 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	2基
		送水管	SGP φ150 mm	7,000 m
	配水施設	配水槽	300 m ³ , 鉄筋コンクリート/壁面石積構造	1基
		配水管	SGP φ150 mm	3,640 m
			φ125 mm	1,030 m
			φ100 mm	4,020 m
	φ80 mm		1,660 m	
	φ50 mm	1,550 m		
給水施設	公共水栓	4栓型	9基	
		2栓型	4基	

施設平面図および主要施設構造図

- ① 「アワハル」給水計画平面図
- ② 「アワハル市」市内配管系統図
- ③ 「ムーディア」給水改良計画平面図
- ④ 「アル・レイダ/シマリア」給水計画平面図
- ⑤ 「アッサラーダ」給水計画平面図
- ⑥ 深井戸ポンプ据付図
- ⑦ 集水埋渠構造一般図
- ⑧ 高架水槽：250m³構造一般図
- ⑨ 石積型水槽：300m³構造一般図
- ⑩ 石積型水槽：100m³構造一般図
- ⑪ 機械室：タイプA立面/側面図
- ⑫ 機械室：タイプC立面/側面図
- ⑬ 公共水栓：4栓構造一般図
- ⑭ 配管一般標準図-1
- ⑮ 配管一般標準図-2

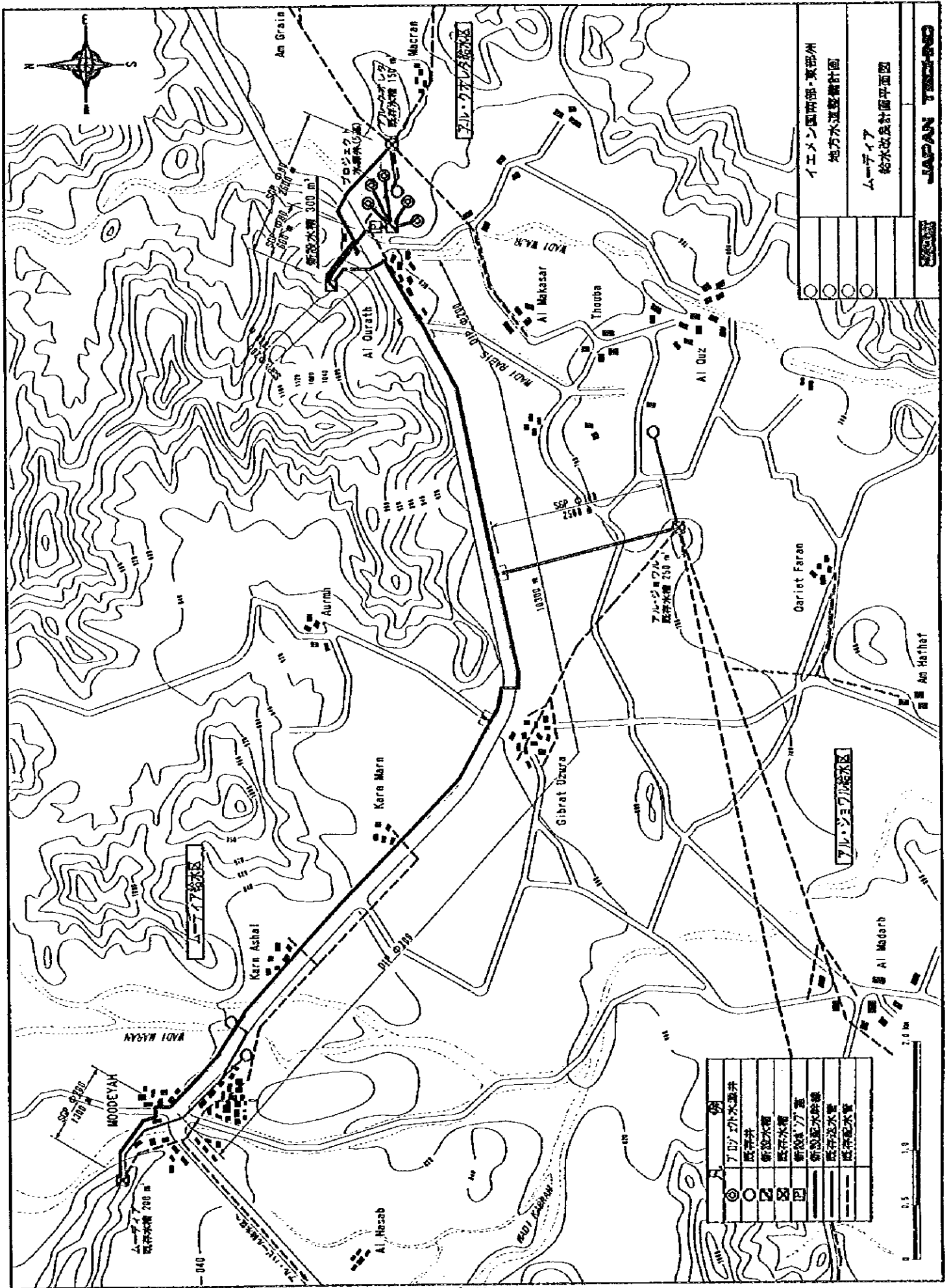


 取水管  配水管  高築水塔  中継水塔  ポンプ室  既存深井戸水源	イエメン圏南部・東部州 地方水道整備計画 アハワル 給水計画平面図		JAPAN TECHNO
---	--	--	--------------



J E E W	
日本側施工による導・送水管	
Φ100mm L=3,860m	
Φ100~200mm L=3,760m	
日本側施工による配水幹線	
Φ80~150mm L=10,190m	
検封供与による配水管	
Φ50/80mm L=10,000m	

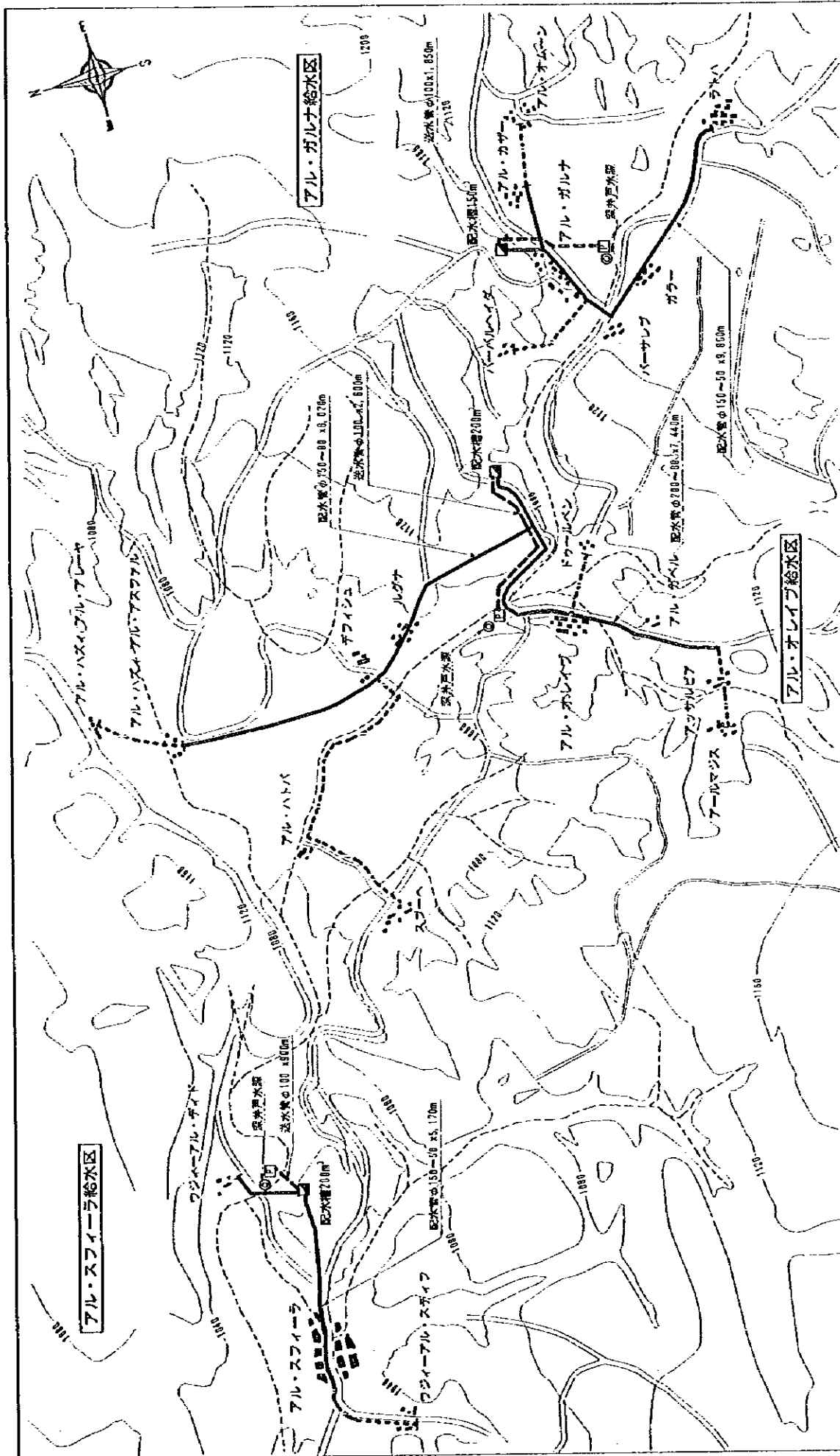
イエメン国南部・東部州	
地方水道整備計画	
アハフル市	
市内配管系統図	
JAPAN TECHNICAL	



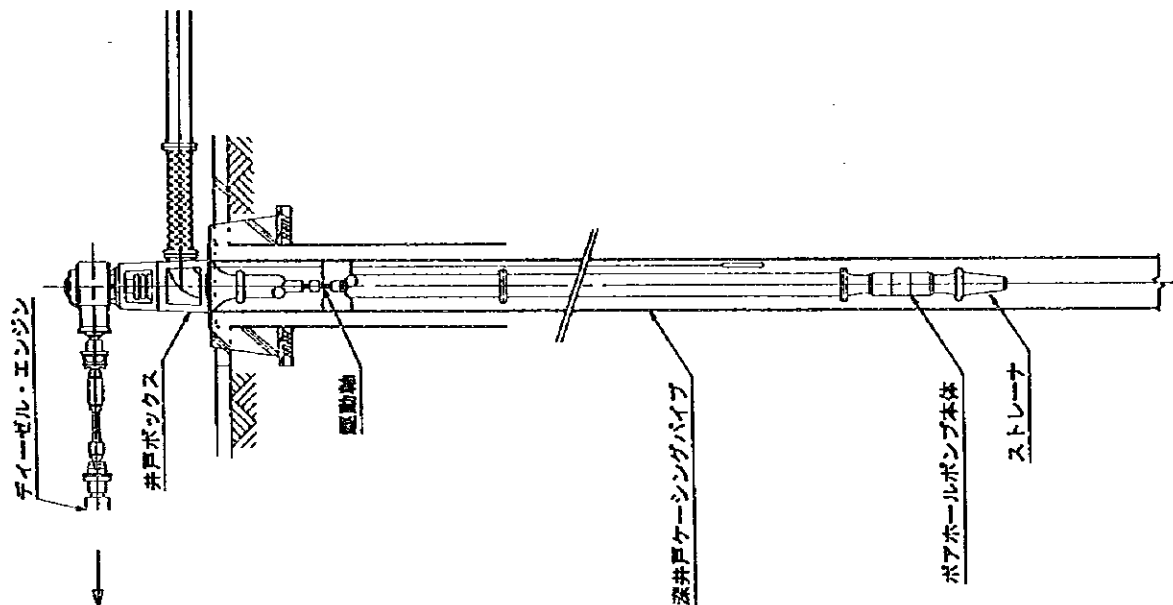
イエメン国南部・東部州
 地方水道整備計画
 ムーディヤ
 給水改良計画平面図

JAPAN TECHNICAL CO.

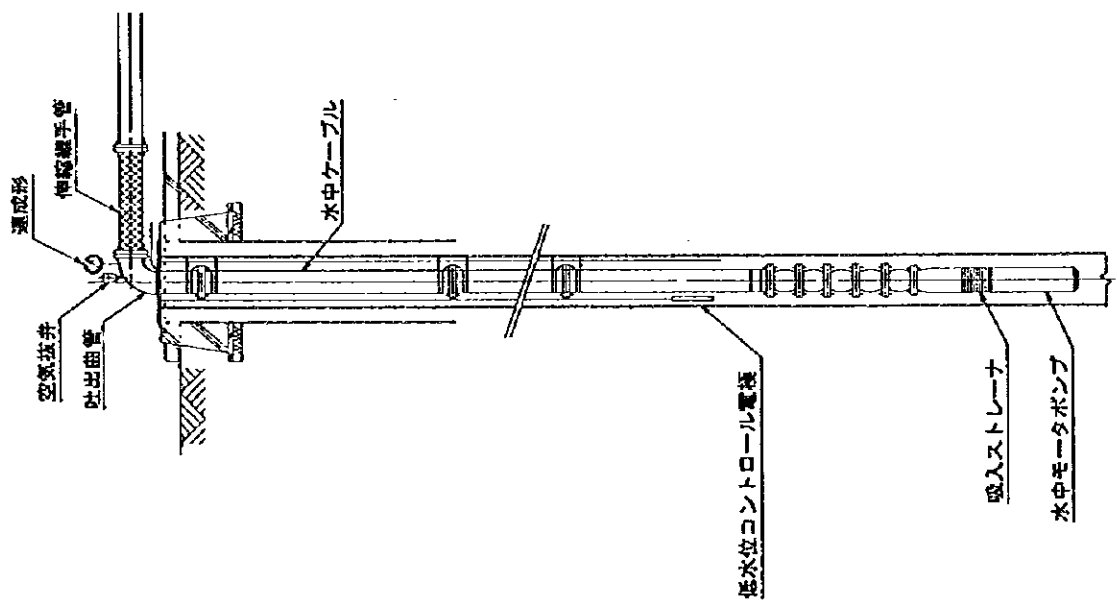
例	
○	7.5リットル水塔井
●	既水井
○	新設水塔
□	既井水塔
□	新設7.5リットル
□	新設配水管線
—	既井送水管
- - -	既井配水管



イエメン国南部・東部州		地方水運整備計画	
アル・レイダノシマリア		給水計画平面図	
送水管	送水管		
配水管	配水管		
送水ポンプ	送水ポンプ		
既設深井戸水源	既設深井戸水源		
配水塔	配水塔		
送水ポンプ	送水ポンプ		
既設深井戸水源	既設深井戸水源		
JAPAN TECHNO			

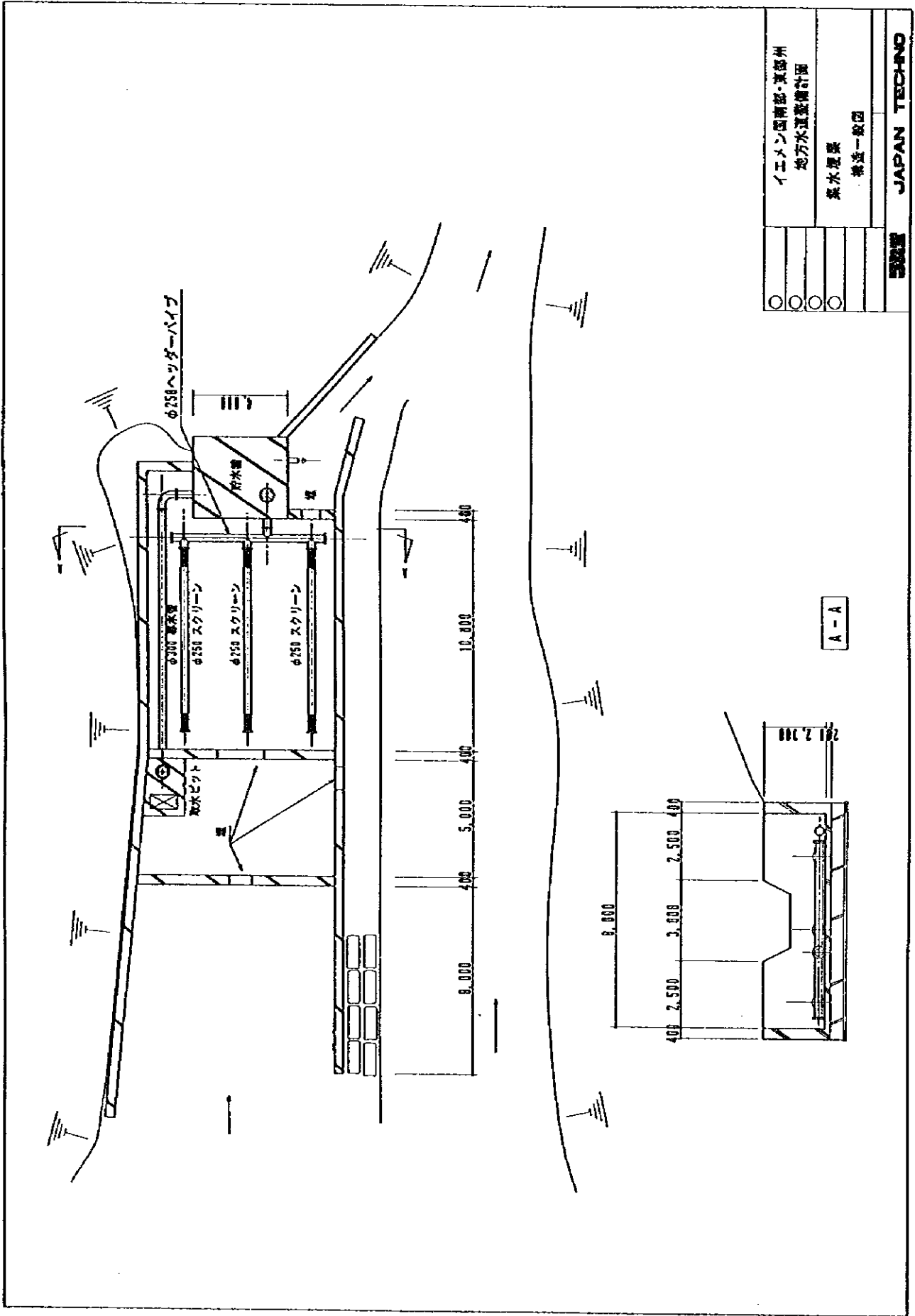


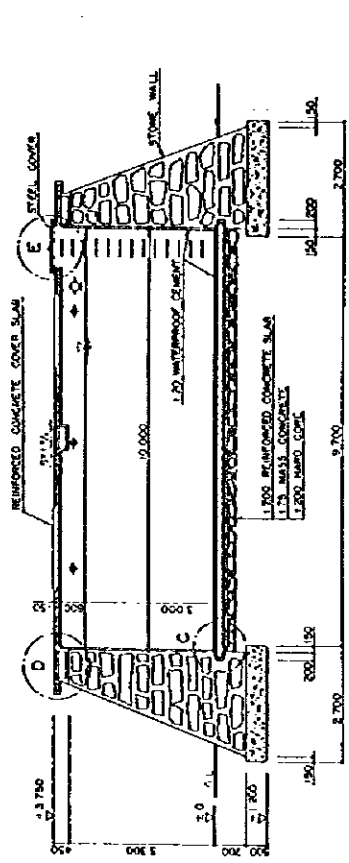
ポアホール・ポンプ



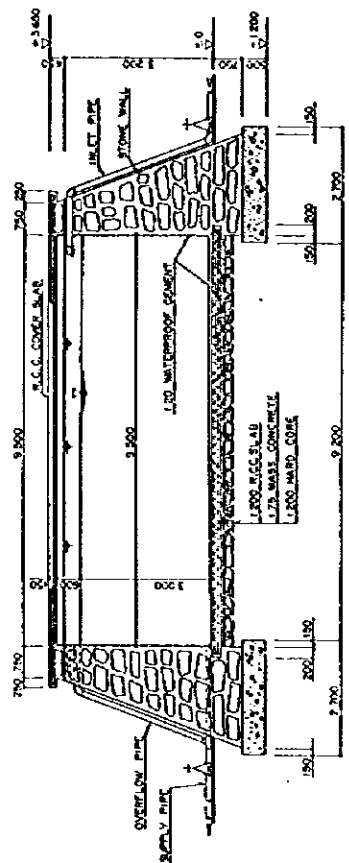
水中モータ・ポンプ

○	イエメン国南部・東部州
○	地方水道整備計画
○	深井戸ポンプ製作区
○	
JAPAN TECHNO	

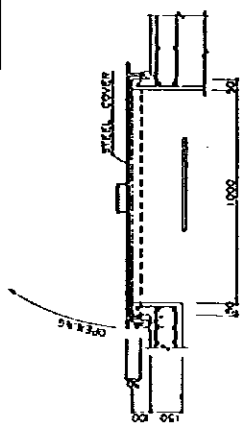




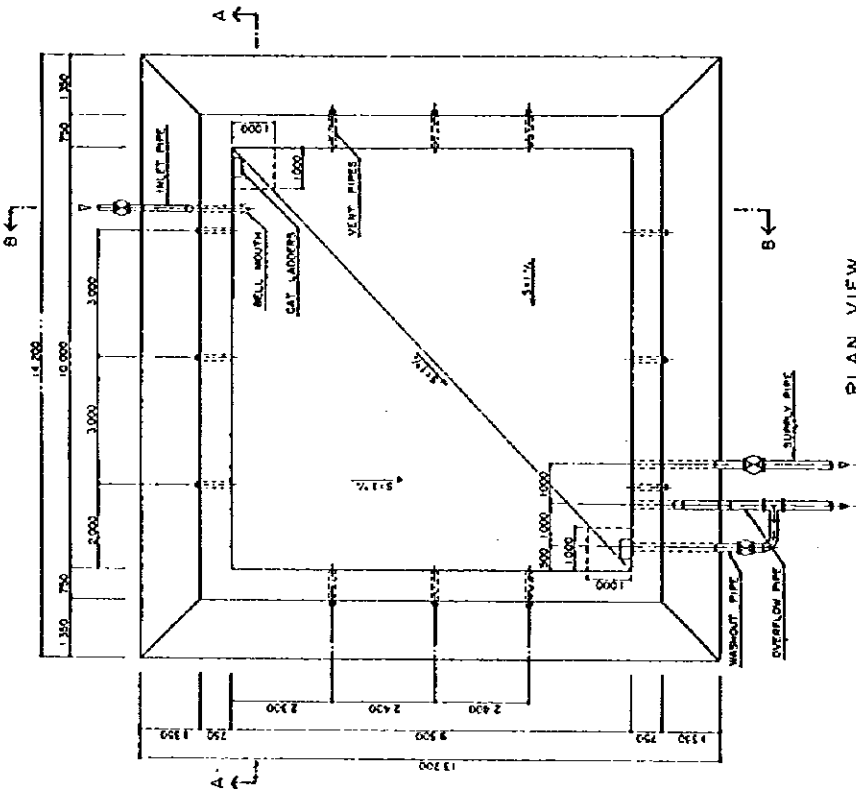
SECTION A-A



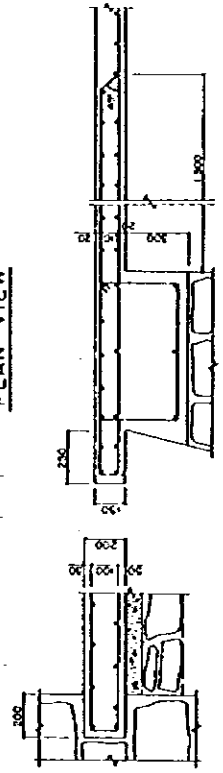
SECTION B-B



DETAIL E
MANHOLE COVER



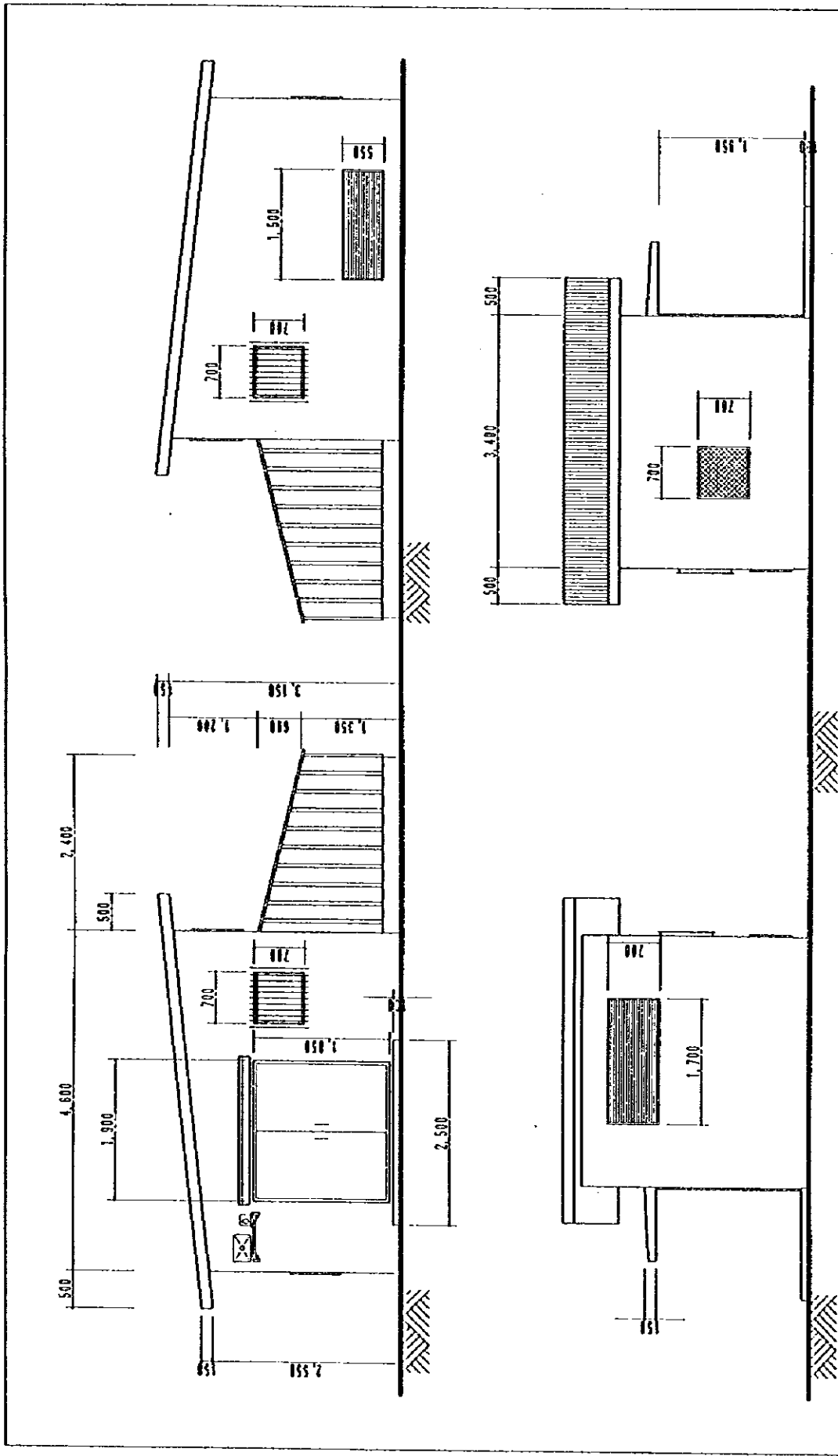
PLAN VIEW



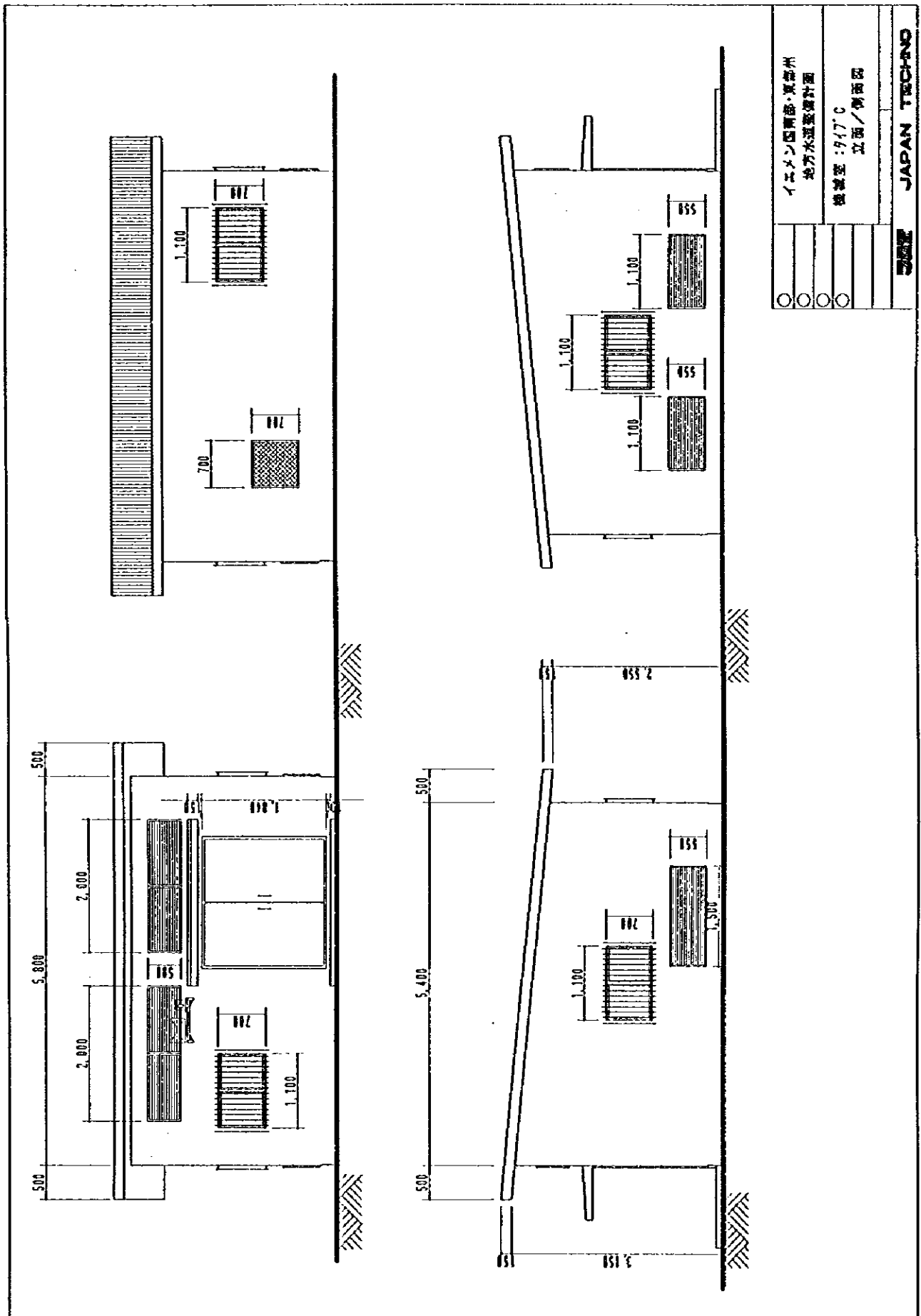
DETAIL C
RCC SLAB

DETAIL D
RCC COVER SLAB

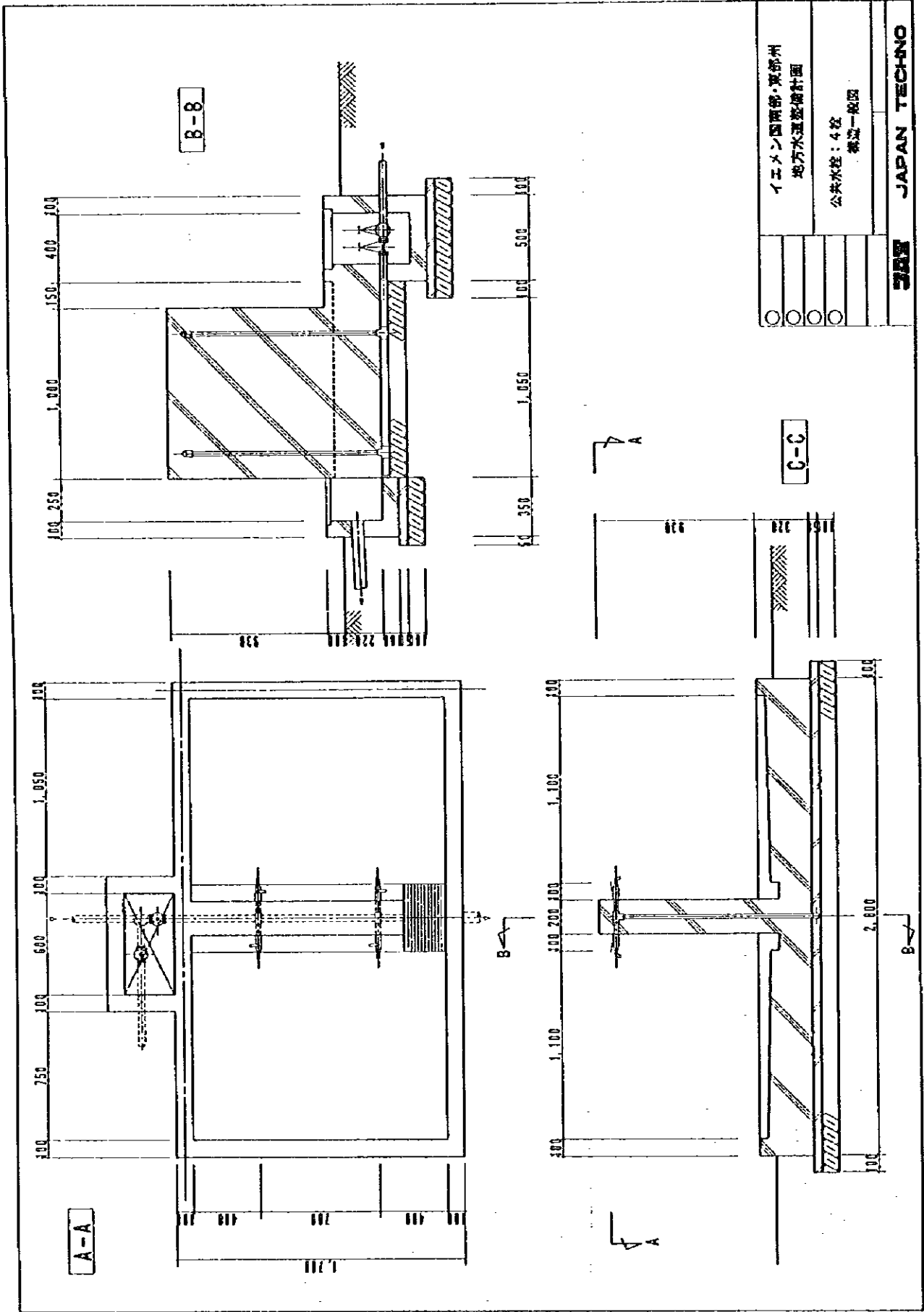
○	イエメン国南部-東部州
○	地方水道整備計画
○	石積記水塔: 300m ³
○	普通一般図
JAPAN TECHN	



○	イエメン四両部・東部州
○	地方水道整備計画
○	棟号: 717-A
○	立面/断面図
JAPAN TECHNO	



イニメン図南館・東館州
地方水温室備設計圖
機室室 : 717°C
立面/側面図
5/21
JAPAN TECHN



イエメン国産部・東部州
 地方水道設備計画
 公共水栓：4栓
 構造一般図

JTB JAPAN TECHNICO

3-4 プロジェクトの実施体制

3-4-1 組織

1) 地方電気・水公社

本計画の実施機関は、中央政府電気・水省に属する「地方電気・水公社」である。同公社の母体は1972年旧北イエメン公共事業省に設立された地方水道局で、同局はWHOの全面的な技術協力・指導のもとに、古来からの水汲みを中心とする地方の給水事情の改善をめざし、同国ではじめて深井戸掘さくに着手した。その後電気・水省に移籍し、統一後の1992年、大統領令第230号により、南北両イエメン地区の地方給水事業を統括する組織として改組されたものである。大統領令によると、公社は人口3万人以下の地方集落を管轄し、それ以上の集落は同じく電気・水省に属する「国家上下水道公社」の担当となる。旧南イエメンにおいて一元的に給水事業を統括していた旧公共水道公社は解体され、一部が地方電気・水公社アデン支所となったが、大部分は国家上下水道公社アデン支所として、旧都アデンや南部・東部州の都市上下水道整備事業を継続している。

図3-7に地方電気・水公社の現行組織図を示す。1997年3月、総職員数は、支所職員を含め462人である。公社はその給水五ヶ年計画で、広大な全国的事業に対応するため、地方支所の充実を目標としているが、現在までに設立された支所は次の通りである。

旧北イエメン地区	*ダマール州ダマール市 (首都の南100 km) *ホデイダ州ホデイダ市 (首都の西250 km、紅海に面するイエメン第一の港湾都市) *タイズ州タイズ市 (首都の南250 km、北イエメンの旧都で、旧南イエメンとの国境に位置する) *アル・マフイート州アル・マフイート市 (首都の東南160 km)
旧南イエメン地区	*アデン州アデン市 (南イエメンの旧都) *ハドラムート州アル・ムカッラ市 (アデンから850 km、南部部区においてアデンに次ぐ第二の都市)

本事業は、組織図のうち本部の二国間援助プロジェクト部が窓口となるが、建設が行われる現地サイトとの普段の接触は、アビヤン州の2地区、アハワルとムーディアは公社アデン支所、ハドラムート州のアル・レイダ/シマリアとアッサダーラは同ハドラムート支所が行うことになる。組織図に示される各部門のうち、トレーニング部、環境衛生および企画・統計部はまだ机上の組織で、実際の業務は開始されていない。これらの部門、特にトレーニングは大統領令でも公社の主要業務の一つと規定され、本事業と直接の関連がある重要部門であるが、財政上の制約により業務開始が遅れている現状にある。

公社設立に関する大統領令の中で、注目すべき規定としては、地方電気・水公社を地方給水施設整備の唯一無二の機関として定義している一方、同令に定められている公社の責任範囲は、プロジェクトの計画・調査・建設までであり、完成施設の運営・維持管理に関しては、施設の操作要員のトレーニング実施および採業に関わる技術的助言と指導のみが責務とされ、施設運営・維持管理は公社から施設の引き渡しを受けた地方共同体に全責任があるとする部分である。現実これまで全国に建設された多数の地方給水施設は、住民により独立採算を建前として運営されており、日本がこれまでに無償資金協力により建設した北イエメン地区の施設もこの慣行に従ってきている。同令は、実際に行われている慣行を明確に規定化したものといえよう。

しかしながら、1996年水セクターに焦点をあてた国家五ヶ年計画（世銀指導により作成された）と公社による給水五ヶ年計画策定に続いて、世銀は地方給水・衛生に関するセクター調査団を「イ」国に派遣したが、同調査団は、上記の規定に注目し、たとえば1万人以上の規模の集落に対する給水施設を、一地方共同体がイエメンの伝統的スタイルで財政的・技術的に持続的管理を行うことは困難ではないかと疑問視している。本事業の対象地区は規模としてまさに世銀の疑問視する範疇に属し、すでに本章第3-1-2節で述べたように、ムーディアやアハワルの給水委員会は給水サービスの劣悪化にも無為のままである事実がある。ただし、ムーディアの場合、市外10km地点に公共水道に適する水源地在存在することを十分承知しており、水源深井戸は用意したものの、給水区までの接続施設は一地方共同体では対処できない投資を必要とするため、今日まで経過した。

過去の日本プロジェクトにおける同規模広域給水施設の例を参考にすると、北イエメン地区に対する無償資金協力第5期および第6期における海岸平野の地方都市ハラダとアッダヒ、また山岳地帯のチハラのように、十分な計画・調査に基づいて建設された施設は、全住民に代替のない地域全体の共有財産として評価され、運営・維持管理が今日まで持続的に行われてきている。公社も監督官庁として、施設の故障等問題があったさいは、実践的に住民を支援して

きた（ハラダにおける深井戸の日詰まりによる水量減退に対しては新規深井戸掘さくを実施、またチハラにおける道路整備に伴う管路変更工事に対する支援等）。

本事業のアハワル、ムーディアに対する施設改善は、「イ」国で容易に対応できない施設整備を完成し、さらに給水委員会の運営建て直しを可能とするもので、地方共同体の生活基盤を向上・充実させる効果が期待されるゆえんである。

2) 給水委員会

施設完成後、施設の運営・維持管理を担当する各地給水委員会の現状は、次の通りである。

① アハワル

アハワルで1993年基本設計調査実施時点施設を運営していた委員会は、その後経営が行き詰まって解散し、現在の委員会は1995年に組織された新機関である。同組織委員の中に政府職員はおらず、地方政府の財政支援もなく、市民の中からの選抜メンバーやボランティアで経営する民間企業体の性格を持つ。同委員会は発電機によるアハワル市内電力サービスも担当し、総数24名で操業するが、給水関連メンバーおよび報酬は次の通りである。

委員長	1名	(市民代表で無給)
副委員長	1名	(同上)
一般事務員	1名	(YR 6,000/月)
会計	1名	(YR 10,000/月、水道・電気の会計兼務)
料金徴収係	1名	(YR 5,000/月)
操作員(機械工)	2名	(YR 5,000/月)
操作員(配管工)	3名	(YR 6,000/月)
警備員	1名	(YR 4,000/月)

委員会は市中に材料置き場が付属する事務所を所有する。完成施設の運営は同委員会に委ねられることになるが、現在の構成要員を検討すると、新規施設により料金改正が行われると現行の倍以上の高額収入を取り扱うことになるので、電力サービスと会計を分離するために、水道専属の会計係を雇用する必要がある。また、操業開始時点は現在の操作員数で間に合うが、人口増加とともに2交替制とする必要があるので、操業後まもなくトレーニングの目的もかねて補充要員を1ないし2名増員するべきである。本計画で採用する深

井戸ポンプは、現在委員会で運転しているエンジン駆動ボア・ホール型と同機種であるので、特別な技能工を必要としないが、増大する消費量に対応するため、全システムの効果的・効率的運転を図る必要があり、システム全体を総合管理する主任技師を1名配置することが望ましい。

② ムーディア

ムーディアはアハワルと異なり、既存給水委員会が郡庁に所属し、事務・会計関連要員はすべて政府職員が任命されており、給料も政府から支給される。アハワル同様、市中に事務所を構えるが、給水事業だけを担当している。現在の構成員は次の通りである。

委員長	1名	(政府職員)
副委員長	1名	(同上)
一般事務員	1名	(同上)
会計	1名	(同上)
料金徴収係	1名	(同上)
操作員(機械工)	4名	(同上)
操作員(配管工)	3名	(YR 6,300/月)
警備員	1名	(YR 6,000/月)
合計	13名	

当該地区はそれぞれ5,000人から1万人を擁する独立4給水区から構成される大世帯であるが、各給水区でそれぞれ固有の問題が発生し、給水サービスに支障をきたし、大多数の住民が買水に依存しているため、経営状態はどん底で、構成員の大部分が報酬を政府からもらっているでなんとか遣り繰りできるという経営水準にある。本事業により給水サービスが改善されると、ほとんどの住民は現在の買水から市水道に戻ってくると予想されるが、順調に水道接続が進行すると、施設運転は3交替が必要となるので、操作員を機械・配管とも2名ずつ増員する必要がある。また当該地区は、新規施設として水源深井戸が5基により構成され、これらの操作管理と広域給水区における住民ニーズに対応するため、専門的知識を有する主任技師の雇用が不可欠である。

③ アル・レイダ/シマリア

本調査において、追加要請されたアル・レイダ/シマリア準郡内集落は、公社により最近完成された深井戸水源以外既存施設がなく、給水委員会は現存しない(新設深井戸4本の

うち、1基は売水業者がポンプを設置して稼働しているが、3本は井戸蓋を溶接して未使用の状態にある)。一方、1993年基本設計調査時点、自助努力によりすでに深井戸水源と付帯施設を所有していた集落は、その後自己資金により1996年給水施設を完成し、周辺4集落で給水委員会を組織して給水サービスを開始した。同地における委員会は、4集落からの代表10名により構成され、これら代表者の合議に基づく運営・管理下、専従員として会計、料金徴収係および施設操作員各1名を雇用し、運営にあっている。同地域におけるこの先例を範として、本計画対象集落地域は、施設完成後各集落からの代表者による委員会を設立する計画である。

当該地区はそれぞれ独立した3給水区から構成されるが、各施設はいずれも深井戸から水中モータ・ポンプで直接配水槽に送水し、配水槽からの配水管により各集落に給水されるという単純な施設構成となっているため、操作要員は少数で十分である。本事業では、給水区を構成する各集落内部の給水維持管理にそれぞれの集落住民の積極的な参加を促すため、各集落入り口の分岐管に親メータを設置して、集落内消費量が集計できるよう工夫した。この措置は住民の給水に関する不断の注意を喚起し、各集落単位で漏水や水の浪費を防ぐ手段となり、委員会の操作要員数を抑え、維持管理費の節約をもたらす。

④ アッサダーラ

当該地区は公共給水施設がないため、給水委員会は設置されていない。しかし、同行政区では構成集落からそれぞれ代表を選出し、計20名の委員による地域開発委員会が設立され、道路補修等の地域全体の開発事業促進に従事している。アッサダーラ準郡の上位機関であるアル・ハビール郡庁長官によると、給水施設運営は同委員会内部に特別委員会を設けることを考慮している。同委員会は意思決定機関であるので、アル・レイダ/シマリアのように専従操作員を雇用して日常の操業にあたる必要がある。当該地区の水源は深井戸ではなく、湧水からの流水を取水する集水埋渠であるため、2ヶ所の送水ポンプ場操作以外に、水源施設を継続的に維持する専従者が必要である。

3-4-2 予算

地方電気・水公社の開発予算は、統一後の国家財政窮乏から計画に見合う予算獲得が困難であり、今後もよほど国庫の状況が改善されないかぎり、給水五ヶ年計画の目標達成は困難と評価されている。

同公社の過去3ヶ年の予算は次表の通りであった。

表3-12 実施機関の過去3年間の予算推移

年度	予算額 (百万YR)	1994年(=100) からの増加率
1994	207	100
1995	308	149
1996	748	361

(出典：世銀セクター調査報告書 1996)

注：YR(イエメン・リヤル)は1997年約0.9日本円の水準で推移している。

「公社」予算は、単純な数字の比較上は増額となっているが、世銀分析によれば、1991年からの物価上昇率(約10倍)を加味すると、実際は1991年からほとんど予算が変わっていないことになる。一方、近年公表された国家予算は1995年だけであり、以下の通りとなっている。

表3-13 「イ」国国家予算

イエメン国家予算(1995)		金額(百万YR)
歳出	全支出	124,000
	(うち開発予算)	60,000
歳入		87,000
収支		-37,000

これらの資料を比較すると、1995年地方電気・水公社に配分された開発計画予算308百万YRは、全体60,000百万YRの約5%に過ぎない。

一方、給水委員会の経営状況は、前項で述べたようにアハワル地区で旧委員会が経営破綻を来したことで示されるように、既存委員会はいずれも経営維持に苦慮している。その原因としては、既存施設が量・質ともに市民のニーズとはかけ離れた劣悪なサービスしか提供できないため、適正な料金改定ができず、かろうじて採業を継続するための収入を確保する低料金で、市民の了解のもとに運営を続けているのが現状である。ムーディアの場合は、最近水源の減量や事故のため

慢性的な長期間断水の連続となり、しかも改善の見通しがたたないため、2万人を越す人口の60%以上が買水に依存する最悪の事態となった。このため料金収入も現在最低水準となっている。両委員会とも施設改善のための貯蓄や余裕はまったくない現況にある。ただし、両地区住民はこれら地区唯一の給水サービスの存続と改善に協力的であり、先行基本設計調査および本調査時点、給水サービスが改善されれば、相応の料金支払い意思があることを表明している。

3-4-3 要員計画

各施設の持続的運営・維持管理のためには、給水委員会の要員数、配置および技術水準が適正でなければならない。給水委員会の構成は、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、両者を最高責任者である委員長が総括する。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20時間に達し、3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余裕をもって要員を確保し、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、日本側で要員に対し、日常運転・保守管理に関わる技術指導を行う方針とする。また、各地区における施工中、これら要員は公社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

深井戸ポンプ/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. 取水・送水量調整

本計画では、適正取水量および送水量の継続的運転を確保するため、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い。流量計の確認による水量調整はポンプと水源両者の保護に役立つので、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公社と接触し専門技術者の判断を仰ぐ必要がある。

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、また管路を一部修理する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ので、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、日本側は本計画で実践的な技術指導は行うが、比較的長期間を要する要員研修コースは特に設けない。公社の前身である旧地方水道局では、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で開催した。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公社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。

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 3-14 対象地区維持管理要員計画

サイト名	委員長 (副委員長)	事務係	会計係	料金徴収	主任技師	操作員 (機械工)	操作員 (配管工)	警備員
アハワル	1	1	1	2	1	3	3	1
ムーディア	1	1	2	2	1	4	4	1
ブル・レダ / マリヤ (1給水毎)	1	1	1	1	-	2	2	-
アッサダーラ	1	1	1	2	1	4	2	1