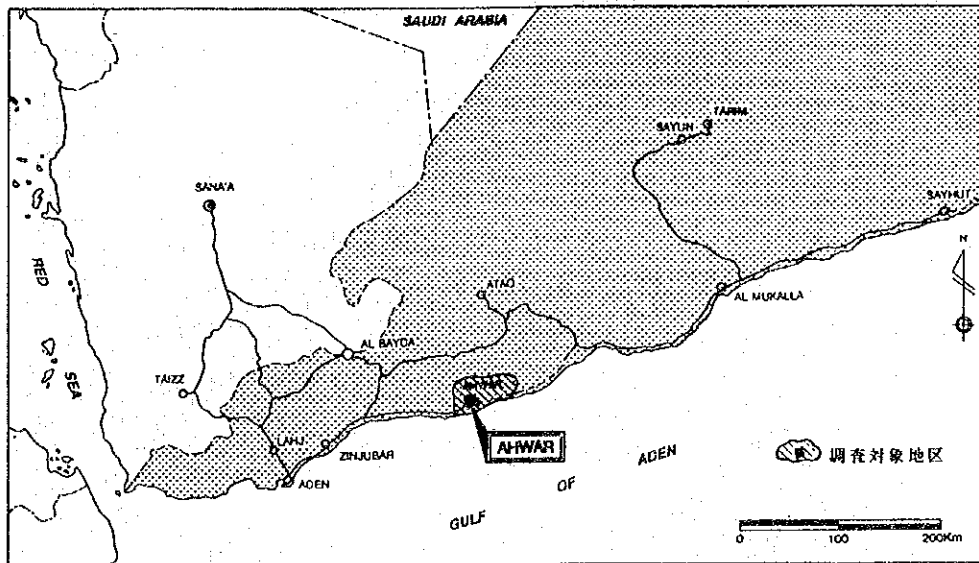


### 3.3 各調査対象地区の水源と給水現況

#### 3.3.1

地区番号	3	サイト名	アハワル(Ahwar)			
行政区分	州名	アビアン	郡名	カンファル	準郡	アハワル
集落数	17	給水世帯数	1,927	給水対象人口	33,029	
給水対象地区面積		42 km <sup>2</sup>		給水人口密度	785 人/km <sup>2</sup>	
主要収入源(比率)	一位	農業	50%	平均月収	YR 3,500	
	二位	日雇い	40%			
	三位	給与所得	10%			
医療機関	病・医院	1		教育施設	小学校	8
	医務員	86			中学校	1
	ベット数	48			高等学校	—
食堂・商店		—		モスク数	13	
買水状況	買水量	—				
	買水価格	—				
	購入先	—				
既存水道施設	水源	1井(深井戸) 1960年掘さく				
	配水槽	1基(36,000gal.) 1980年建設				
	管路	4" ~ 2"				
	水道料金	YR60/月/家	平均水消費量	40ℓ/日/人		
発電施設	1ヶ所(500kw 東方) 85世帯に供給					



## 1. 位置

アハワルはアデンの東約230 kmの海岸平野に位置する準郡都である。全域で集落数は20を越え、対象人口は40,000人以上となるが、郡庁支局の水道事務所では、約33,000人を給水人口としている。旧ソ連は、1970年代から、地区を貫流しアデン湾に注ぐワジ・アハワルを対象として、ダム築造と用水路を含む平野部一帯の開発計画を展開した。PWCは1990年までに、地区総合給水計画を策定したが、水源開発が成功せず、計画は中断している。

## 2. 給水現況

当該地区で操業している給水施設は、図-3.5に示すように地区中心地「アハワル」のほか、数集落で独立運営している「アル・ハナッド」および「アル・シャガ」に存在する。「アル・ラウッド」にも管路まで含む施設が建設されたが、現在は水中ポンプの故障により、運転が中断されている。その他の集落では、主として買水に依存しているが、周辺の浅井戸から人力、ロバ等で運搬しているところもある。この地区は、海岸平野に位置する水理地質条件により、水質は塩分を多量に含み劣悪である。

### a. アハワル給水施設

アハワルは深井戸を水源とするが、1993年3月までは2本の井戸を運転していた。しかし、1本は多量の砂が流入するため水中ポンプに障害が発生し、現在では1本だけの運転となっている。水源井のそばには、1980年に建設された高さ12m、容量36,000gal.の市内給水用鋼板パネル製高架タンクが、老朽化し、漏水が激しいものの現在もそのまま使用されている。市内給水網も同時期に建設され、タンクから4"石綿管/鋼管の幹線と3"~1-1/2"鋼管を使用した給水本管により、市内給水網を形成している。しかしながら、水源水質は塩水を含むため、4,950  $\mu\text{S}/\text{cm}$ という高い電気伝導度を示し、鋼管タンクおよび配管は腐食により方々で漏水が発生している。最近はその修理が間に合わず、配管修理は廃棄自動車タイヤのゴムチューブを巻き付けた応急修理を施している現状である。また高架水槽の高さ不足や、管路配置、老朽化等の原因が相乗して、地区内でも標高が相対的に高い地域には給水が届かない状態となった。

1本の既存水源井による生産量は、16時間連続運転し日量約230  $\text{m}^3$ であるのに対し、当該給水区における現在の給水対象人口は10,000人以上である。したがって、必要な生産量は、一人一日消費量を40  $\text{l}$ 、現在の漏水率を30%程度と仮定した場合、少なくとも600  $\text{m}^3$ に達し、慢性的な供給不足となっている現状がうかがわれる。このため、給水網は市域北東部のアル・ガリーブ、ジョウル・ヒルおよびアル・スベールの3集落まで延長されていたが、5年前に水量不足のためバルブが閉じられ、給水は中断されたままとなっている。

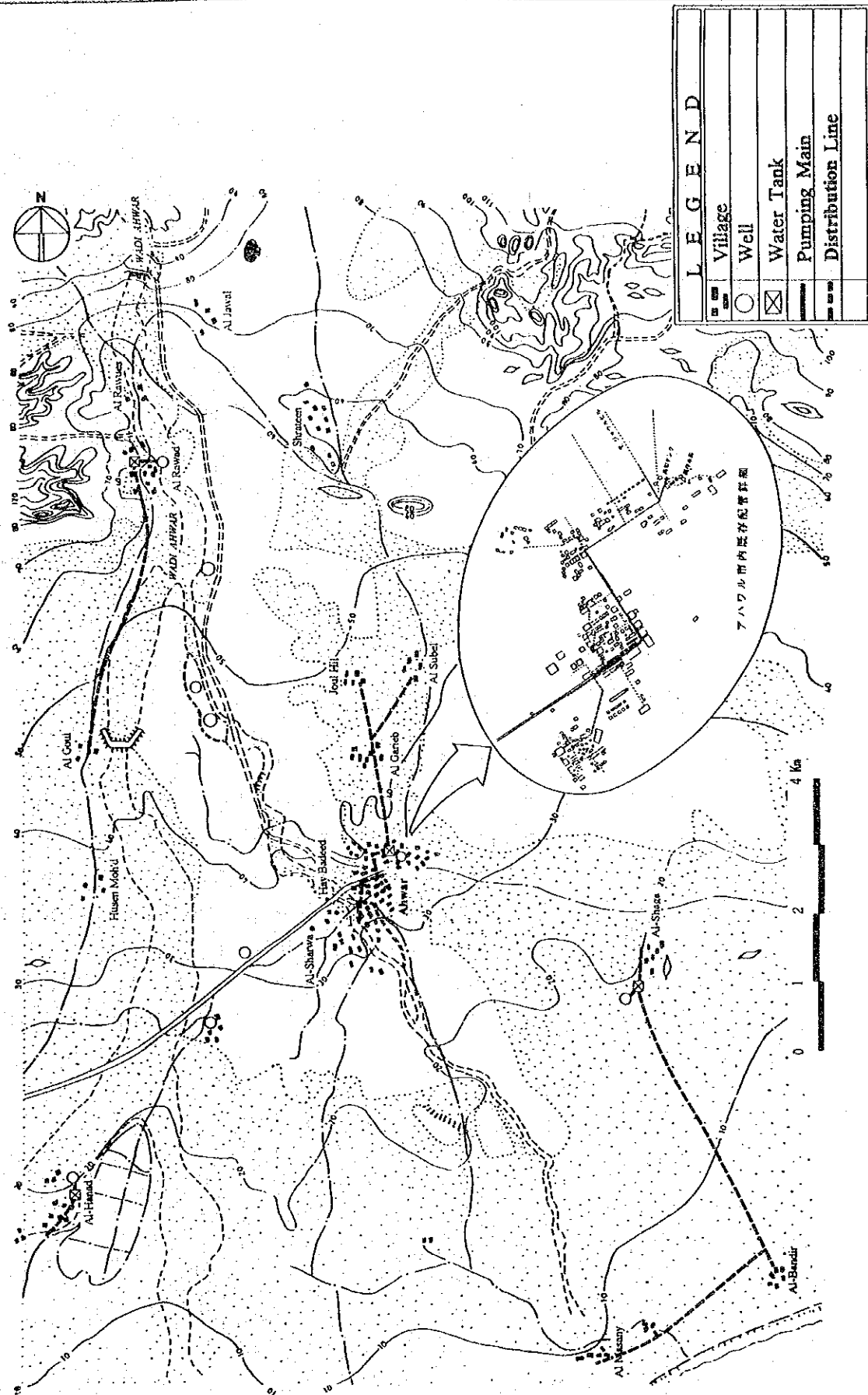


図-3.5 アハワル既存給水施設位置図

水道料金は一世帯当たりYR60/月の均一料金で、徴収対象戸数は約 600軒であるが、水量、水圧不足等の問題から料金徴収もままならず、料金収入のほとんどは水道の維持管理費に費やされ、職員の給料は自治体の方から全額支給されるかたちになっている。

### 3. 水源

#### a. 自然・水源環境

アハワルはアデンから海岸に沿って東に約200km に位置する海岸平野にあり、海拔標高は約35mである。市街地の西側をワジ・アハワルが南流し、その両岸は沖積層とこれより3m～4m高い段丘面となっている。平野の平均勾配は南に1/250である。アハワルの北方約7kmのアル・ラウッド (Al-Rawad) およびアル・スベール (Al-Subel) 東方から北には比高差40m～100mの丘陵が分離丘陵列をつく、さらにシャラteen (Shrateen) 付近には比高差20m～40mの小山が、段丘中に残島状に残っている。

アハワル市街地周辺は、第四紀の堆積物（沖積層・段丘堆積層）が一面を覆っており、地下を構成する地質の露頭はない。しかし、北方の丘陵や残島状小山には先カンブリア系の花崗岩・片麻岩・片岩、ジュラ系のコーラン層群 (Kohlan Formation) が露頭している。コーラン層群やタイラー層群はN60°位の走向で南東に20°～40°の傾斜をもち、アル・スベール (Al-Subel) とシャラteen (Shrateen) を結ぶNW30°方向およびこれに斜交するNW50°方向で、東または北東落ちの正断層が推定される。ワジ・アハワル左岸にある旧ソ連が実施したワジ・アハワル流域農業開発井の1号井によれば、地表から3.7m迄は沖積層、3.7m～20.46mが粘土質砂礫からなる段丘堆積層で20.46m～50.8mが更新統～鮮新統の砂礫・粘土となり、以下井底の70.03m迄が礫混じり粘土～粘土の中新統～漸新統であるという。現在この地域で水源として使用される井戸は、段丘堆積層や更新統～鮮新統を対象とする深井戸およびオープン・ウェルである。

表-3.6 アハワル付近の地質層序表

地質時代		地層名	層相
第四紀	完新世	沖積層	砂・礫・泥土
	更新世	段丘堆積層	砂礫、粘土混じり砂礫
第三紀	鮮新世	更新～鮮新統	砂岩・砂礫
	中新～漸新世	中新～漸新統	礫混じり粘土・粘土
白亜紀		タイラー層群	砂岩・礫岩
ジュラ紀		コーラン層群	砂岩・礫岩
先カンブリア紀		先カンブリア系	花崗岩・片麻岩・片岩

b. 水理地質特性

本地域の既存井状況を表-3.7 に示す。 深井戸は9井でオープン・ウェルは5井である。 深井戸のうち現在使用されているのは井戸番号1のアハワル井と12のアル・ハナッド (Al-Hanad) 井の2井で、井戸番号2、4の旧ソ連農業井および5の試験井は未使用、井戸番号7、8のPWC井は水質が悪く廃井、井戸番号9のアル・ラワッド (Al-Rawad) 井はポンプ故障で休井となっている。 オープン・ウェルは集落の飲雑用と農業用水源として使用されている。

これ等既存井の採水対象は深井戸が鮮新統の砂礫層、オープン・ウェルが沖積層および段丘堆積層で電気伝導度は25℃換算で  $876 \mu\text{s}/\text{cm} \sim 4,966 \mu\text{s}/\text{cm}$  の間にある。 図-3.6 は測定された電気伝導度を25℃に温度補正した数値を用いて作図した電気伝導度等値線図である。 同図から判明することは、ワジ・アハワルに沿って低伝導度帯が分布し、ワジから離れるにつれて電気伝導度は高くなっていることである。 これはこの地区の蒸発散が大であるため、地下水が濃縮されて高電気伝導度となるが、ワジ・アハワルには毎年雨期に大量の河川水が流れ、これが地下に浸透して地下水質を希薄化していると考えらるべきである。

本プロジェクトの対象となる旧ソ連農業井は、1号井 (井戸番号2) で  $1,788 \mu\text{s}/\text{cm}$ 、2号井 (井戸番号4) で  $876 \mu\text{s}/\text{cm}$  となっており、アハワル水源井 (井戸番号1) の  $4,046 \mu\text{s}/\text{cm}$  に較べはるかに良質であることがわかる。

旧ソ連農業井1号の揚水試験結果から求めた揚水量  $Q$  ( $\ell/\text{sec}$ ) と水位変動量  $S$  (m) の関係は、図-3.6 の通りである。

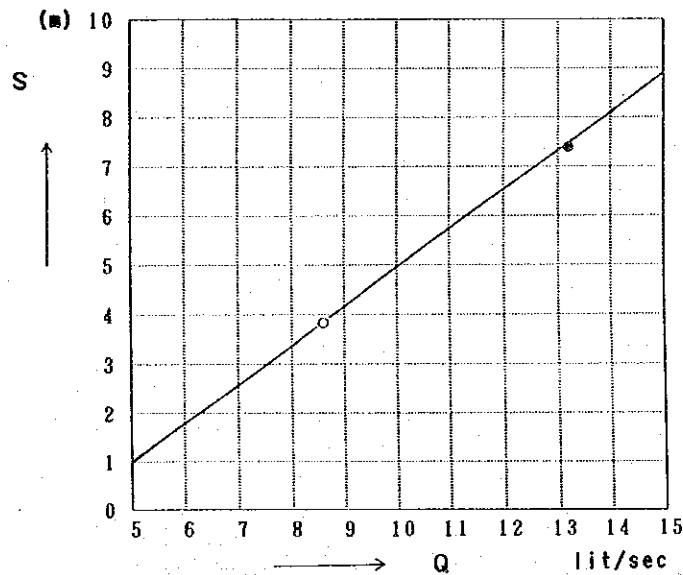
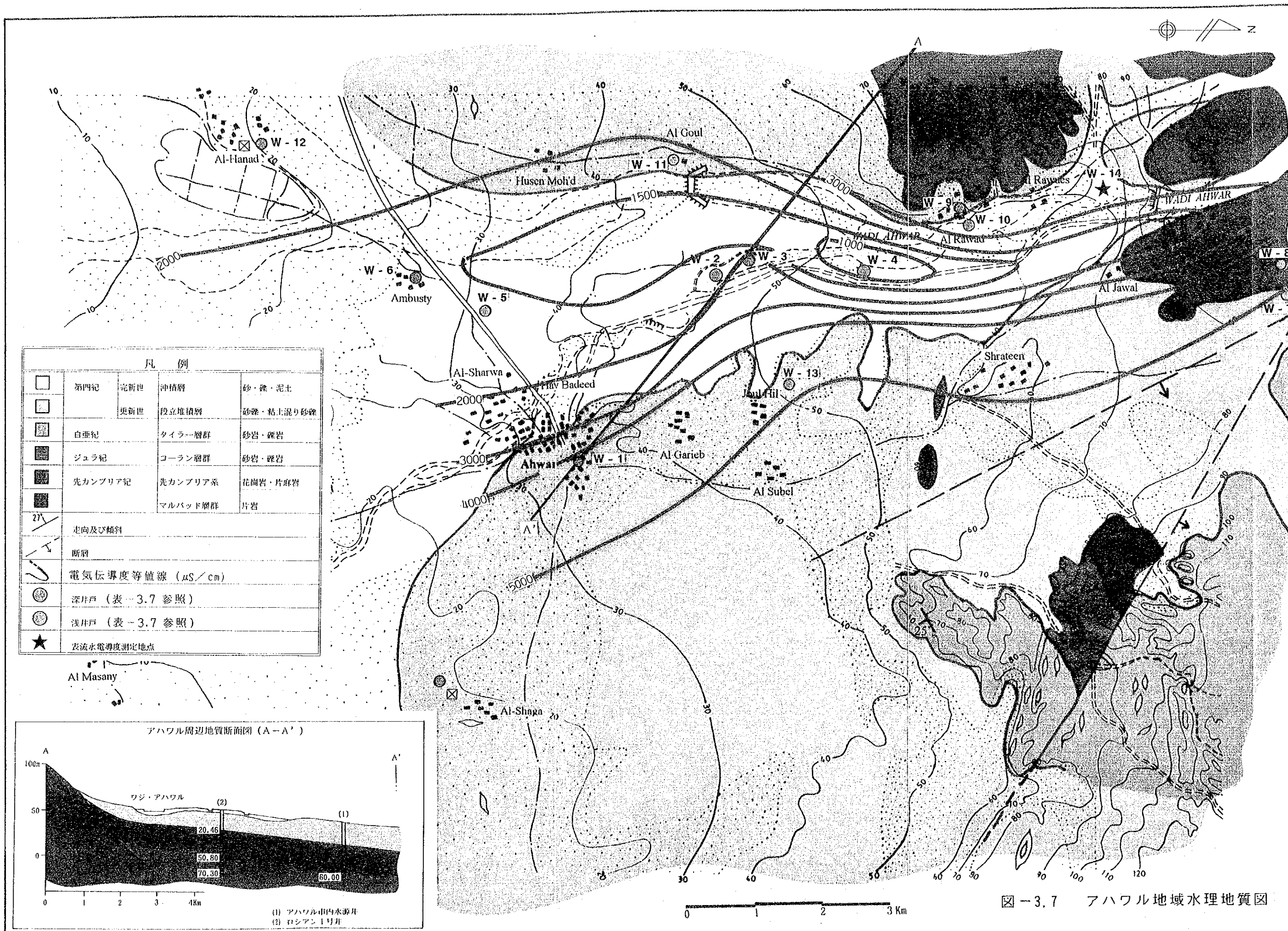


図-3.6 旧ソ連農業井1号の  $S-Q$  関係図

なお井戸番号5、旧ソ連の農業プロジェクト試験井は深度が300mに達しているが、電気伝導度試験の結果、水質上は使用可能と判断されるが、詳細は揚水試験を実施しないと不明である。なお、地区の地質断面図を図-3.7、既存井柱状図を添付資料-3.aに示した。

当時の試験では最大約 800 ℓ/min (13.2 ℓ/sec) を揚水し、水位降下は7.4mであった。しかし、この地域では水位降下をできるだけ少なくして、周囲の高塩水の浸入を引き起こさないように揚水量を限定することが不可欠である。したがって試験最大量の75%、すなわち600 ℓ/min (10 ℓ/sec) を安全揚水量とするが、今後実際に行われる揚水試験の結果により、さらに水量を限定する必要があると判断される場合は再調整しなければならない。





凡 例

	第四紀	完新世	沖積層	砂・礫・泥土
		更新世	段立堆積層	砂礫・粘土混り砂礫
	白亜紀		タイラー層群	砂岩・礫岩
	ジュラ紀		コーラン層群	砂岩・礫岩
	先カンブリア紀		先カンブリア系	花崗岩・片麻岩
			マルバッド層群	片岩
	走向及び傾斜			
	断層			
	電気伝導度等値線 ( $\mu S/cm$ )			
	深井戸 (表-3.7 参照)			
	浅井戸 (表-3.7 参照)			
	表流水電導度測定地点			

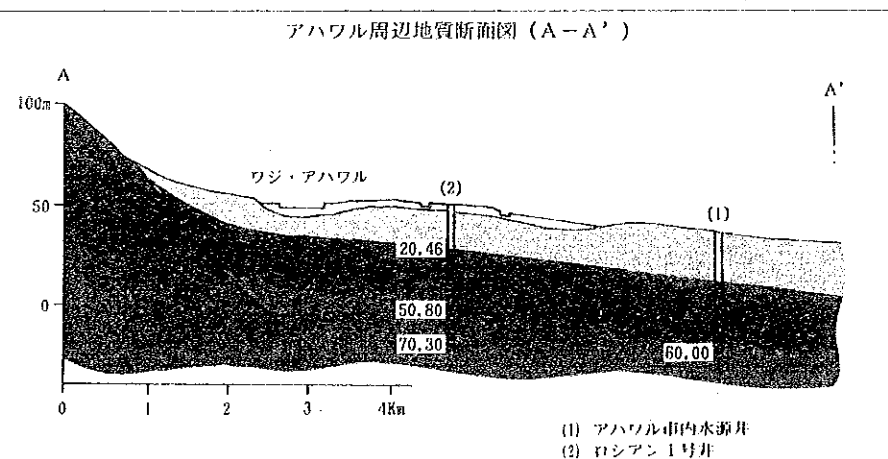
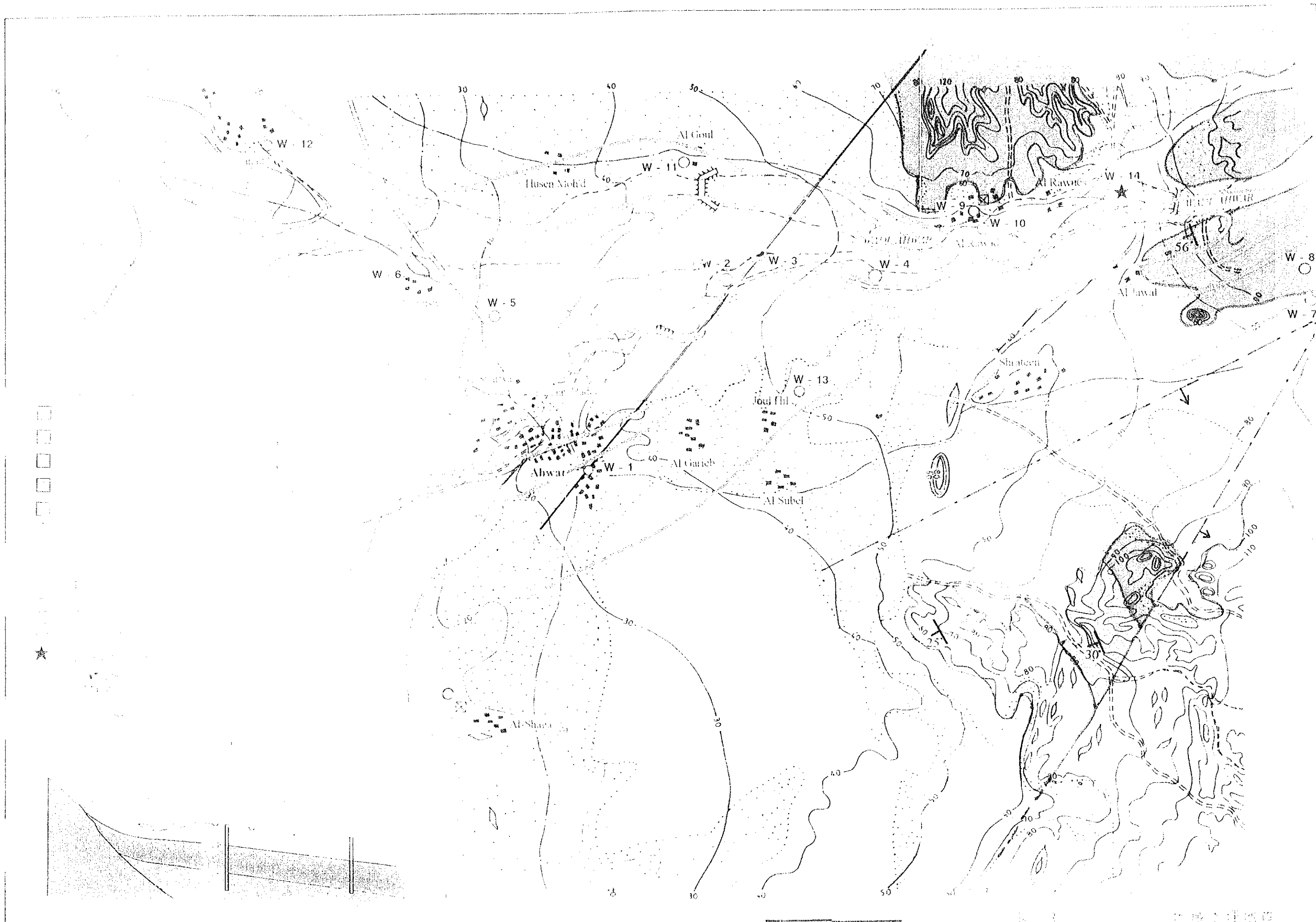


図-3.7 アハワル地域水理地質図





比例尺 1:50,000



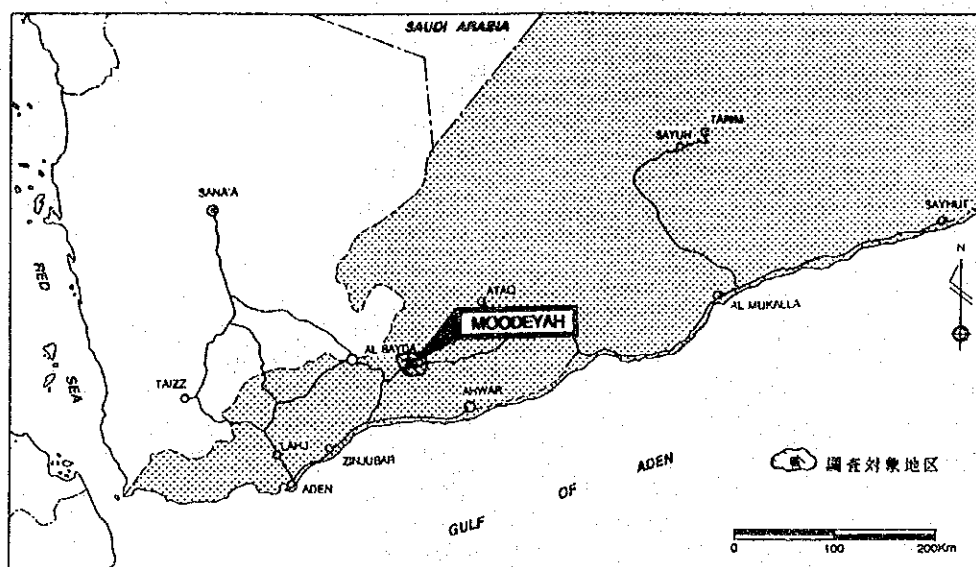


表-3.7 既設井諸元一覧表 (アハワル)

番号	井種別	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	アハワル水源井		0.2	60.0	ボアホール ポンプ	鮮新統				33.7	7.8	4,750	4,046	市の水源
W2	"	旧ソ連農業用1号井		0.2	70.3	-	"	10.90	18.3	792.	33.1	9.0	2,078	1,788	未使用
W3	オープン・ ウエル	個人用農業井			30.0	ボアホール ポンプ	段丘堆積層				30.8	8.5	2,480	2,222	農業用
W4	深井戸	旧ソ連農業用2号井		0.2	70.0	-	鮮新統	9.71			30.4	8.7	971	876	未使用
W5	"	試験井		0.3 0.3	90.0 300.0	-	"	17.16 16.49			37.6 35.5	7.8 7.4	3,080 2,220	2,460 1,835	"
W6	オープン・ ウエル	アムバステイ井			24.0	ボアホール ポンプ	沖積層 段丘堆積層	18.20			32.7	7.4	2,067	1,791	農業用
W7	深井戸	PWC NO.7		0.2	200.00		タイラ層部						6000?		廃井
W8	深井戸	PWC NO.8		0.2	200.00		フレコンクリ						6000?		廃井
W9	"	アル・ラフッド井		0.2	100.0?		"						?		休井
W10	オープン・ ウエル	"			10.0		沖積層	2.00			30.5	7.3	3,720	3,351	飲雑用
W11	オープン・ ウエル	アル・ジョカ井			15.0	ボアホール ポンプ	段丘堆積層	8.00			30.9	7.2	2,100	1,469	飲雑用
W12	深井戸	アル・ハナッド井		0.2	57.0	"	鮮新統	?			30.1	7.7	2,670	2,423	"
W13	オープン・ ウエル	ジョウウルヒル井			12.0	"	段丘堆積層	?			33.8	7.4	5,840	4,966	農業用
W14		河川表流水									30.5	7.3	3,720	3,351	未使用

3.3.2

地区番号	4	サイト名	ムーディア (Moodeyah)			
行政区分	州名	アビアン	郡名	ムーディア	準郡	-
集落数	21	給水世帯数	4,717	給水対象人口	37,120	
給水対象地区面積		48 km <sup>2</sup>		給水人口密度	736 人/km <sup>2</sup>	
主要収入源 (比率)	一位	農業	70%	平均月収	YR 3,000	
	二位	日雇い	10%			
	三位	給与所得	20%			
医療機関	病・医院	14		教育施設	小学校	13
	医務員	106			中学校	5
	ベット数	48			高等学校	
食堂・商店				モスク数	32	
買水状況	買水量	2,000ℓ / 30日 / 12人 : 5.51ℓ / 日 / 人				
	買水価格	YR 26 / 200ℓ : YR 130 / m <sup>3</sup>				
	購入先	ムーディア、アル・クォレータ				
既存水道施設	水源	4井 (深井戸)				
	配水槽	3基 (50,000gal. -1, 40,000gal. -2)				
	管路	6" ~ 1"				
	水道料金	YR52 / 月 / 家	平均水消費量	35ℓ / 日 / 人		
発電施設	アル・ローダーの発電所 (40Km東方) から配電					



## 1. 位置

ムーディアはアデンと南部第二の都市アル・ムカッラを結び、さらに内陸ワジ・ハドラムートに位置するセイウンまで伸びる南部の幹線道路に沿って、アデンからちょうど200 km地点の交通の要衝にあたり、近年の発展に伴って、二級都市 (Secondary Town) の様相を帯びるに至っている。当該地区はアビアン州ムーディア郡の郡都を中心にして、周辺一円の集落を含むが、水源問題のため給水状況が切迫しており、住民はプロジェクトによる施設整備を切望している状況にある。

## 2. 給水現況

この地区の給水区域は、それぞれ独立した給水施設を持つ4区、すなわちムーディア給水区 (21,000人)、ジョアール給水区 (6,000人)、アル・クォレータ給水区 (4,000人)、アル・ハビール給水区 (2,400人) に分かれ、そのほか集落独自の施設で給水を実施している地区が数ヶ所ある。これら給水区の既存給水施設はそれぞれ図-3.8～図-3.10に示している。

### a. ムーディア給水区

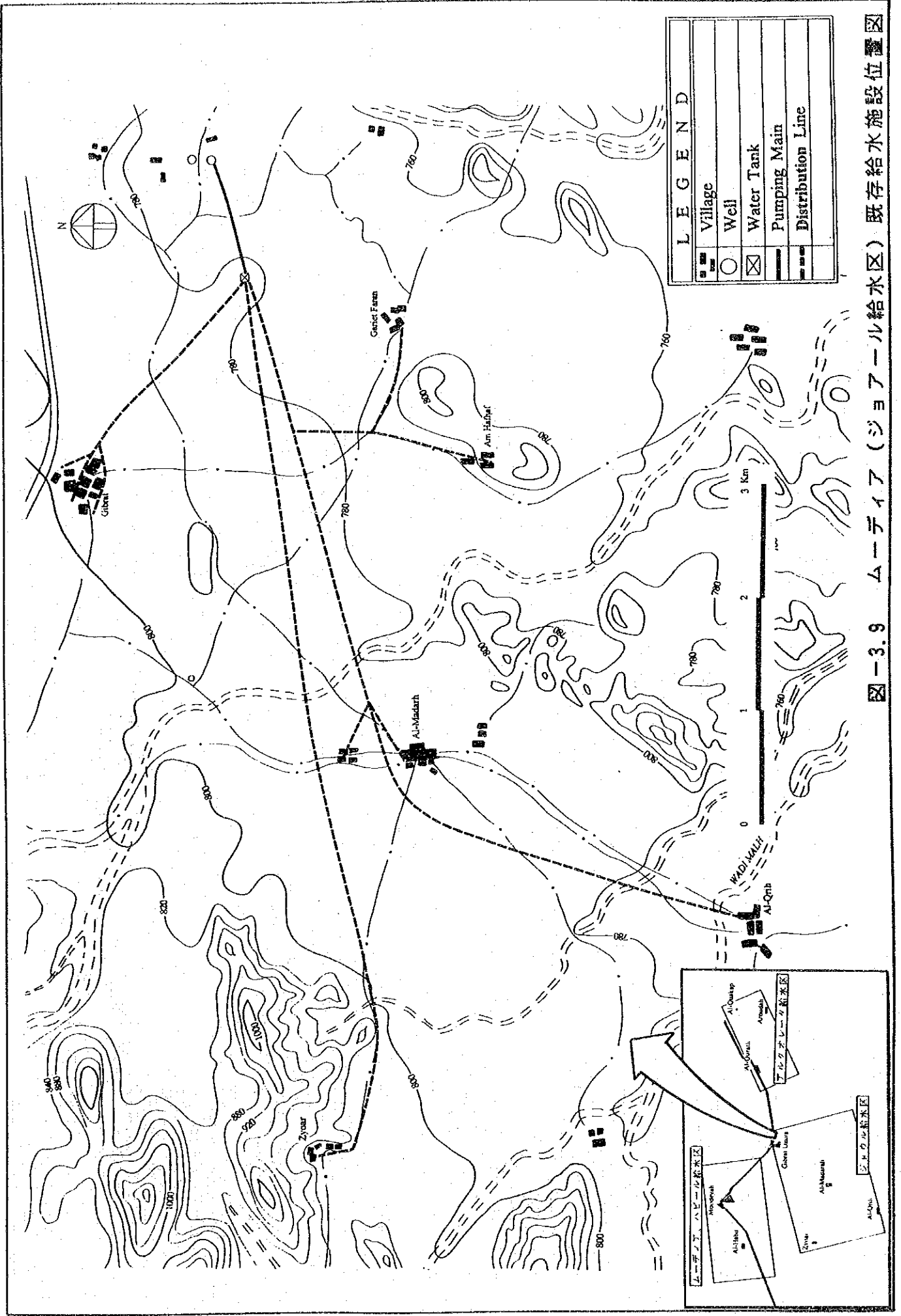
当該地区は、ムーディアの町中にある2本の深井戸を水源とし、町北端の丘の上に設置された配水槽 (40,000gal.) に送水し、この水槽から給水網を通じて住民に給水する。しかし、この2本の水源井は日量合計90tしか生産出来ず、13,000人という給水人口の需要を満たすにはほど遠く、水道を運営する郡水道局は、全体をさらに3区に分割し、交互に一日30分程度の制限給水を実施している実情である。その日程を下表に示す。

表-3.8 ムーディア給水区給水システム操作現況

給水日	ポンプ運転時間	給水時間	給水区域
第1日目	始 5:00 ~終 24:00	6:00~ 6:20	6" 区域
第2日目	始 5:00 ~終 18:00	6:00~ 6:30 12:00~12:10	4" 区域 アル・マグバーバ地区
以後交互に給水		※給水区域は図-3.8 参照	

配水槽からの給・配水管は4"～6"鋼管を主配管とし、それから2"～1"さらに1/2"鋼管で各戸に配管されている。配管の管理状況は比較的良好である。バルブボックスは各要所に配置されており、毎日のバルブ操作により給水区域の変更が可能である。町中の主要管は露出配管ではなく地下3'に埋設されている。但し一歩町を出ると露出配管となる。





LEGEND

	Village
	Well
	Water Tank
	Pumping Main
	Distribution Line

図-3.9 ムーディア (ジョール給水区) 既存給水施設位置図



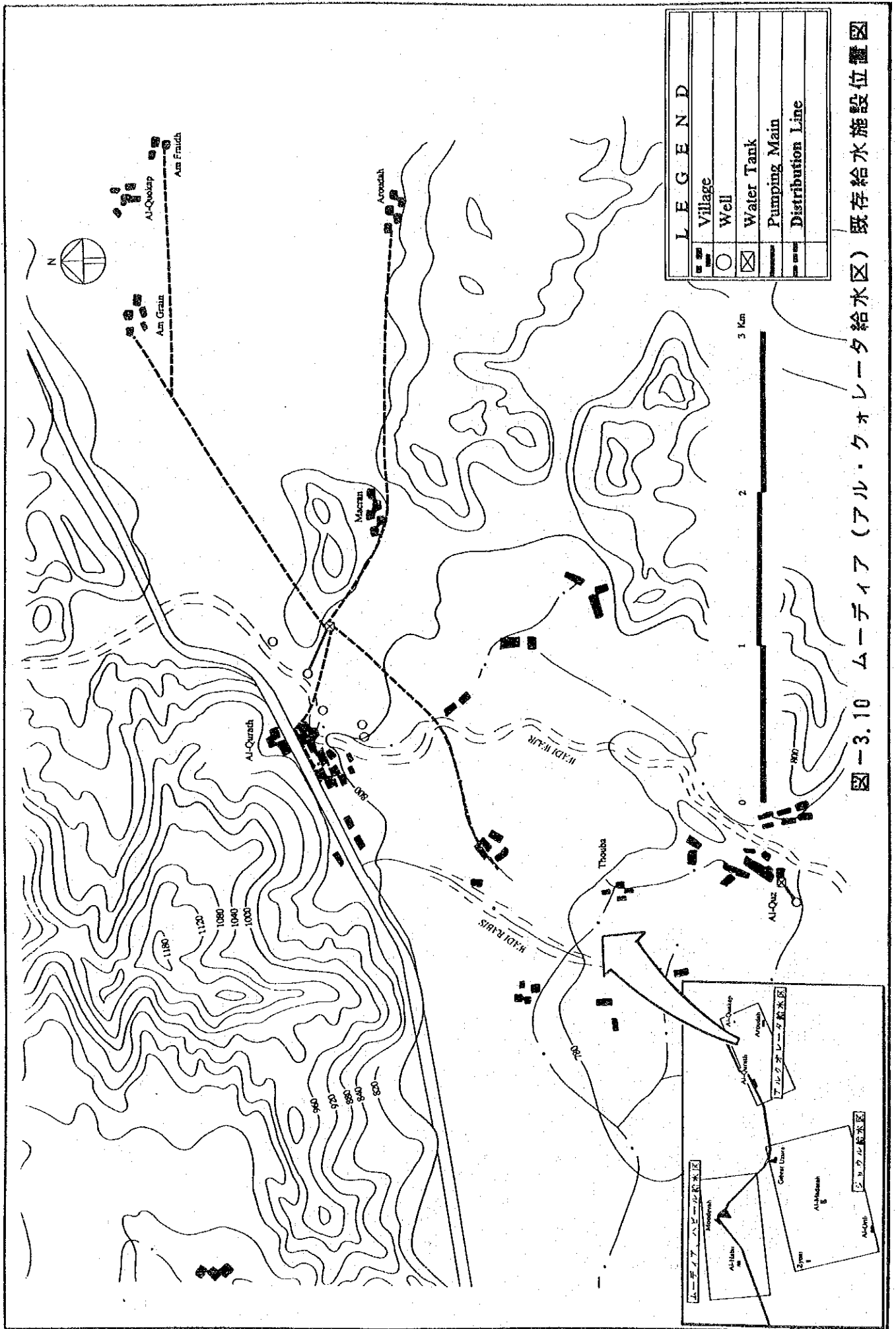


図-3.10 ムーディア (アル・クォレータ給水区) 既存給水施設位置図

ムーディア郡水道局は、オペレータ4人、配管工4人、料金徴収係2人、事務3人、局長1人の合計14人で運営されており、当該給水区のほかジョアール給水区も直轄経営している。

水道料金は均一料金でYR52/月/戸となっているが、現在料金が徴収出来るのは400家族ぐらいとなっており、この収入は施設のメンテナンス、燃料代に消費されてしまう。一方、住民はこの需要とかけ離れた微量の給水量のため、買水に大きく依存せざるを得ない現状である(1m<sup>3</sup>-YR70)。

このほか、ムーディア給水区には、後述するハビール給水区が含まれていたが、水源の生産量がどん底状態となり、水をまわすことが不可能となったため、配管を途中で切断し、現在ムーディアからは給水されていない。

#### b. ジョアール給水区

1本の深井戸を水源とし、50,000gal.の配水槽から3系統の配管路が布設されている。3系統は、ジブラ、アル・マダーラ、ジョアールの各集落方向に分かれている。

4"鋼管でそれぞれの集落近くまで持って行き、口径を減じ最終的には1/2"となり各戸に接続されている。この給水区も給水量が充分でないため、系統毎に2日おきに給水されることになっている。しかしこれは目安であって必ず水が来るとは限らず、管路の末端等では水の出が悪いために常に開放の状態(水栓は使用されていない)にある。住民の間にはいつ水が来るか不安なので水栓のない水道の形態が生じてしまい、水源の水量不足をさらに深刻にしている。

#### c. アル・クォレータ給水区

1本の深井戸を水源とし、40,000gal.の配水槽からアル・クォレータとその周辺9集落に給水を行なっている。同給水区域をさらに3つに分け、それぞれ2日おきに給水している。しかし、タンク位置が低いために地盤の高い地区では水圧不足となり、約1/3が水不足に悩む現状となっている。

#### d. アル・ハビール給水区

元来この地域はムーディア給水区に含まれていたが、水量不足により配水管は途中で切り離されてしまった。しかし1990年統一後アビアン州へ北部から来た軍の駐屯部隊のために、アル・ハビール集落に水源井が掘さくされ、その後ムーディア郡水道局により配管網が整備された。しかし水質は高塩分で雑用水にのみ使用し、飲用水は主としてアル・クォレータ地区から買水している(YR300/m<sup>3</sup>)。

それぞれの給水区の現存施設を下表に示す。

表-3.9 ムーディア地区各給水区施設一覧表

給水区	水源	配水槽	送水管	給水管
ムーディア	深井戸 1井	40,000 gal.	6"	6" ~ 1"
ジョアール	深井戸 1井	50,000 gal.	4" 1,464m	6" ~ 1" 5,822 m
アル・カホレータ	深井戸 1井	40,000 gal.	4" 1,406m	3" ~ 1" 13,444 m
アル・ハビール	深井戸 1井	-	6"	6" ~ 1"

### 3. 水源

#### a. 自然・水源環境

ムーディアは山地帯と丘陵地帯の接点に位置し、市の中心部の標高は海拔830m~850mである。幹線道路の南側は、ワジ・ワジャール(Wadi Wajar)、ワジ・ラビース(Wadi Rabis)、ワジ・マラン(Wadi Maran)、ワジ・カブラン(Wadi Kabran)、ワジ・メルヘ(Wadi Malh)等の河川が形成した古い複合扇状地性の氾濫原となっており、その中に比高差20m~60mの小山が残島状に残っている。地区北部の山地は鋭角の稜線と深いV字形の浸食谷をもつ壮年期の地貌を呈するが、氾濫原中に点在する残島状小山は鈍角の稜線をもち、山腹もかなり緩傾斜を示している。アル・コーズ(AI Quz)やマ・ハフハフ集落(Am Hafhaf)の小山は第四紀の火山活動で形成された玄武岩の溶岩丘で、火山体は破壊されず原形に近い形を残している。氾濫原の平均勾配は南東に約1/125ある。

この地域の構成地質は図-3.11に示したように、先カンブリア系の黒雲母片岩・石英片岩・片麻岩・変質砂岩と、第四紀の火山活動で噴出された玄武岩溶岩および同質スコリア、多くのワジ堆積層が形成した古い扇状地性氾濫原堆積層等で、ワジ底には沖積層が帯状に分布している。かつて、この地域の地質調査を実施した、旧ソ連のマゼロフスキー博士(1985)は本地域の先カンブリア系を岩相から炭酸塩岩質変質砂岩・片麻岩を主とするワッサル型(Wasr type)、黒雲母-石英-長石片岩を主とするアズ型(Ads type)、黒雲母片岩優勢のマシャル型(Mashar type)および、黒雲母片麻岩、黒雲母片岩からなるバラク型(Barak type)の4型に区分しているが、水理地質的にはこれ等変成岩は全て不透水層であるので、水理地質的観点ではこのような細分はあまり意味がない。アル・コーズやマ・ハフハフに見られる玄武岩は地区南方および東方に広大な分布を見せる第四紀の火山噴出物の一部であるが、本地区ではその分布もせまく、あまり問題にはならない。対象地区の主要部を占める氾濫原堆積層はワジ

・ワジャルやワジ・マラン等の複合扇状地性の砂、礫、粘土層でアル・コース集落の南側では、玄武岩溶岩が本層の上ののっている。したがって本層の一部は、アル・コースの溶岩丘形成よりも古いことになる。玄武岩の溶岩やスコリアで示されるこの地域の火山活動は第四紀更新世～完新世と考えられているので、氾濫原堆積層の堆積開始は更新世の中期位には始まっていたと考えられる。層厚は60m～70mにおよび、本地区の有力な帯水層となっている。沖積層はワジ底に帯状に分布する砂、礫層で、その層厚は5m～6m程度と考えられるが、氾濫原と共に地表部には風成の細砂が覆っている。

表-3.10 ムーディア地区の地質層序表

地質時代		地層名	層相
第四紀	完新世	沖積層	風成砂・砂・礫
	更新世	氾濫原堆積層	風成砂・砂・礫・粘土
		玄武岩類	玄武岩溶岩・スコリア
先カンブリア紀	先カンブリア系	ワッサル型	変質砂岩・片麻岩が主
		アズ型	黒雲母-石英-長石片岩
		マシャル型	黒雲母片岩優勢
		バラク型	黒雲母片麻岩・黒雲母片岩

b. 水理地質特性

当該地区には16の深井戸と10以上のオープン・ウェルが既存している。それ等既存井の採水対象は全て氾濫原堆積層で、電気伝導度は25℃換算値で  $819\mu\text{s}/\text{cm} \sim 4,667\mu\text{s}/\text{cm}$  の間にある。図-3.11は25℃換算値を用いて作図した電気伝導度等値線図である。同図からワジ・ワジャル沿岸にある既設井1, 2, 3, 4, 5から9, 10を結ぶ  $1,000\mu\text{s}/\text{cm}$  の低数値帯があり、その東および西側は  $4,000\mu\text{s}/\text{cm} \sim 3,000\mu\text{s}/\text{cm}$  と大きくなっていることがわかる。これは、この低数値帯は基盤上面に刻まれたワジ・ワジャルの古い河道で、ワジ上流部からの伏流水の良好な通路となっているため、地下水は希薄されて低電導度となったと考えてよいであろう。また、ムーディアの東側にも  $1,400\mu\text{s}/\text{cm}$  の低数値帯が存在するが、ムーディア水源井の状況から判断すると、水量は極めて少量で、本プロジェクトの水源地とはならない。これに反し、アル・クォレータ (Al Qurath) 地区の既設井 (井戸番号1, 2, 3, 4, 5) は水質・水量共に良好で、アル・コース地区の既設井 (井戸番号9, 10) もこれに準じている。

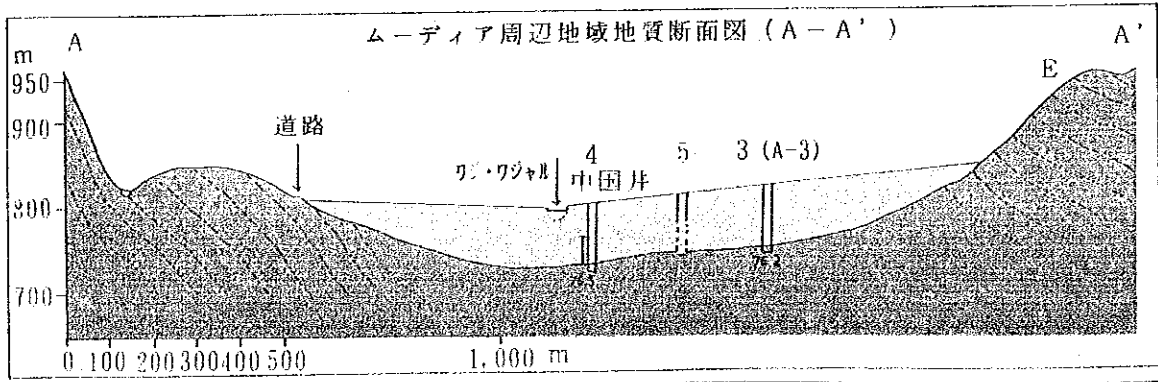
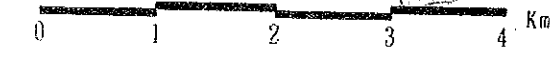
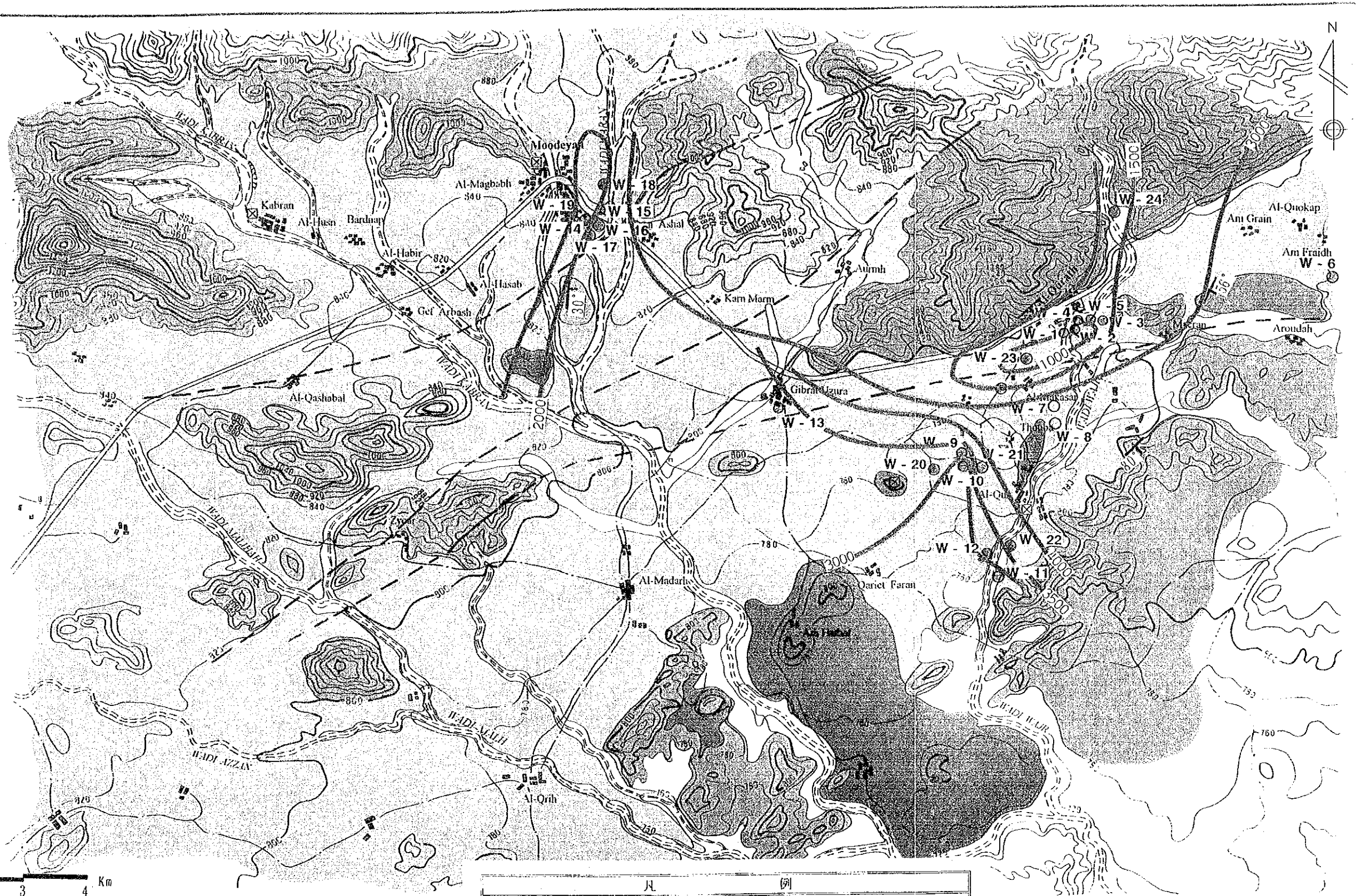
井戸番号4は、中国により開発されたアル・クォレータ地区公共水源井で、深さ76.51m、65.59m以深は基盤となっており、静水位は40.51mである (この地域の静水位は予想以上に深い、今回調査時点井戸番号1, 2, 5を開口して確認した)。また、この地区の可能採水量については、調査時点、アル・クォレータ地区の5井のうち、現在

稼働中の2井(井戸番号3,4)における揚水量の観察から、1井あたり400 ℓ/m~500 ℓ/m、平均して450 ℓ/m(7.5 ℓ/sec)を継続して揚水することが可能と判断した。

本計画には、アル・クォレータ地区にある既存井5基のうち、アル・クォレータ公共水源井及び私有井(No.3)を除いて、未使用の3基(No.1,2,5)を採用することが可能である。しかし、これらの既存井はいずれも接近した地点に密集しており、これら5井を同時運転した場合は、井戸相互の干渉が大きくなり、ひいては、周辺の高塩分地下水をこの良好な水源地に誘引するおそれが多分にある。したがって、設計上の水量は安全な揚水量を確保するため、7.5 ℓ/secの80%~75%程度に限定しておくことが必要である。

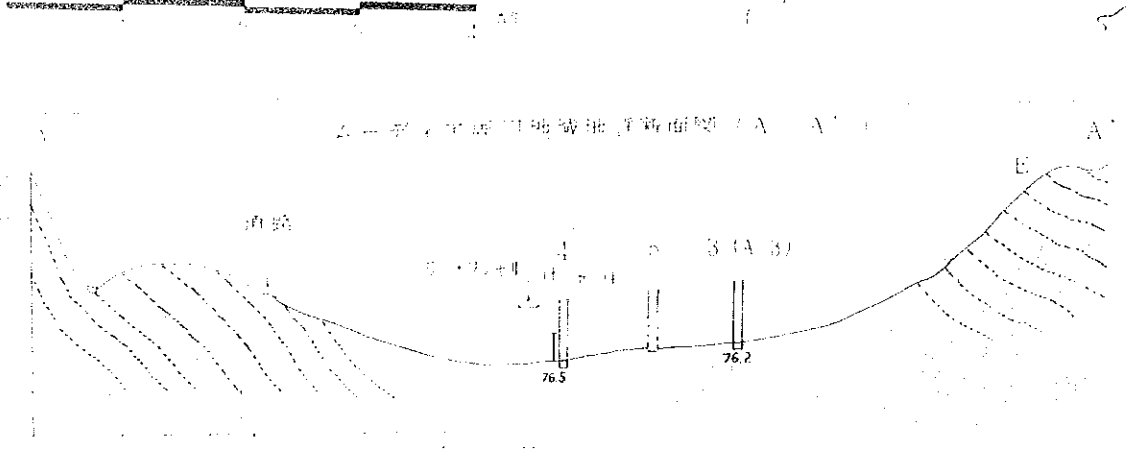
このように算定された可能採水量によると、当該地区は対象給水区、給水人口がきわめて大規模なので、本計画に利用可能な3井では、将来はおろか、現在における総需要を満足することも困難であるため、1井に限り追加井として新設することを計画する。調査の結果、この水源を将来にわたって開発を続行することは、水源地の規模から考慮すると、困難と想定される。このような将来計画については、水源計画を実施するさい、その見通しや、適正規模の決定に関わる資料が得られるような揚水試験方法を策定、実施し、日本側から「イ」側に適切な提案を行う措置をとらなければならないと考察される。





凡		例		
□	第四紀	沖積層	風成砂・砂・礫	
■		氾濫源堆積層	風成砂・砂・礫・粘土	
■		玄武岩類	玄武岩溶岩・スコリア	
■		ワッサル型	変質砂岩・片麻岩が主	
■	先カンブリア紀	アズ型	黒雲母-石英-長石片岩	
■		マシャル型	黒雲母片岩優勢	
■		バラク型	黒雲母片麻岩・黒雲母片岩優	
↗ ↘	走向及び傾斜		●	深井戸 (表-3.11参照)
---	断層		●	浅井戸 (表-3.11参照)
~	電気伝導度等値線 (μS/cm)		○	空井戸 (表-3.11参照)
			●	新設井

図-3.11 ムーディア地域  
水理地質図



第四紀	沖積層	風成砂、砂、礫
	泥礫堆積層	風成砂、砂、礫、粘土
	玄武岩類	玄武岩岩片、スコリア
	ワケサル型	変質砂岩、片麻岩が主
先紀	ワケサル型	黒雲母、石英、長石が主
先紀	ワケサル型	黒雲母、片岩優勢
	ワケサル型	黒雲母、片麻岩、黒雲母片岩優勢
走向及び傾斜		深井田 (表-3. 参照)
断層		浅井田 (表-3. 参照)
電気伝導度等値線		深井田 (表-3. 参照)
		新設井

図-2 地質断面図 (A-A) 及び電気伝導度等値線







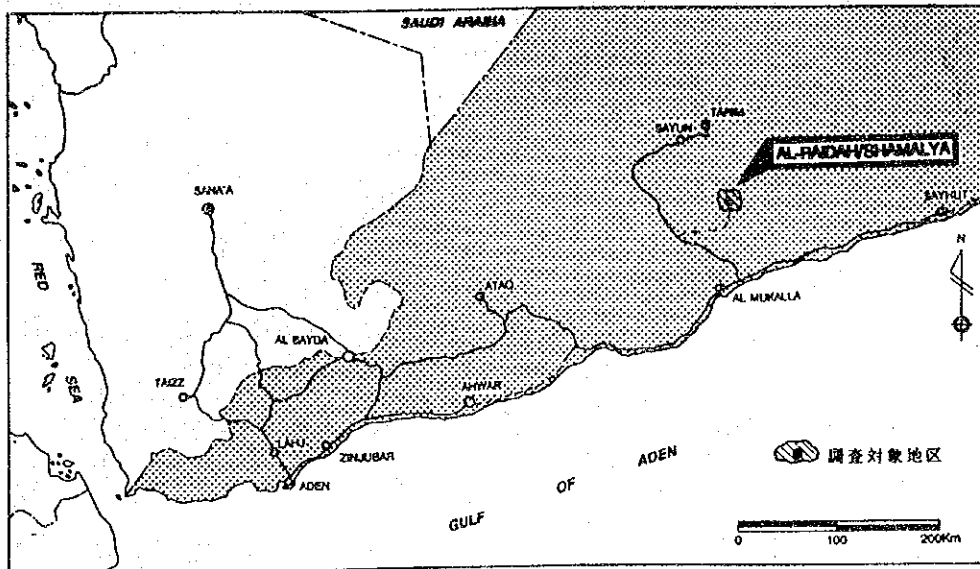
表-3.11 既設井諸元一覧表 (ムーディア)

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 (°C)	pH	電気伝導度 (μS/cm)		備考
													測定値	25℃換算値	
W1	深井戸		PWC A-1	0.20	76.0		氾濫原堆積層	44.20			34.4	7.1	1,786	1,503	未使用
W2	"		" A-2	"	76.0		"	43.50			35.3	7.7	1,098	910	"
W3	"		" A-3	"	76.21		"	45.73		600.0	28.1	7.3	1,360	1,281	"
W4	"		チャイニーズ井	"	76.51	ボアホールポンプ	"	40.51		152.0	29.9	7.5	1,244	1,133	付近の上水道水源
W5	"		個人用井	"	?	"	"	?		300.0?	31.0	8.3	1,200	1,071	売水
W6	"		コーカパン井	"	?	"	?	?		?	31.1	7.0	3,595	3,204	洗濯用
W7	"		PWC井	"	?										空井戸
W8	"		"	"	?										"
W9	"		"	"	120.0										未使用
W10	"		"	"	"	ボアホールポンプ	氾濫原堆積層				29.9	7.5	2,600	2,368	周辺の水源井69m井深基盤
W11	"		アル・コース農業井	"	60.0?	"	"				26.9	7.6	2,730	2,630	使用中
W12	"		"	"	"	"	"				24.0	7.5	3,160	3,224	"

番号	井種別	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	
W13	深井戸	ジブラ井	0.20	?	ボールド ポンプ	氾濫原堆積 層				36.0	6.9	4,400	3,607	使用中
W14	"	ムーディア 1号井	"	33.0	"									5分揚 水1分 休
W15	"	" 4号井	"	108.0	"					29.7	6.7	2,740	2,505	"
W16	"	" 2, 3号井	"	32.0		氾濫原堆積 層								廃井
W17	オーブン・ ウエル	個人用農業井	3.00	35.0	ボールド ポンプ	"				28.2	7.4	2,920	2,744	使用中
W18	"	"	"	39.0?	"	"	35.50		200.0?	28.0	7.7	1,553	1,465	"
W19	"	ムーディア モスク井	"	30.0?	"	"	28.70			28.5	6.9	2,950	2,757	" 5分で 水がなくなる
W20	"	個人用農業井	5.00	"	"	"	28.20			27.0	7.6	4,070	3,913	使用中
W21	"	"	"	30.0	"	"	27.84			27.5	7.0	4,900	4,667	"
W22	"	"	3.50	?	"	"	27.30			26.9	7.6	4,610	4,441	"
W23	"	"	5.00	?	"	"	47.80			28.5	7.3	876	819	" タンクあり
W24	"	"	3.00	32.0	"	"	29.70			29.3	7.2	1,450	1,335	"

3.3.3

地区番号	7	サイト名	7ル・レイダ/シャリア (Al-Raidah/Shamalya)			
行政区分	州名	ハドラムト	郡名	アッシュハル	準郡	ゲルビシ・イメン
集落数	7	給水世帯数	800	給水対象人口	9,300	
給水対象地区面積		14 km <sup>2</sup>		給水人口密度	664 人/km <sup>2</sup>	
主要収入源 (比率)	一位	出稼ぎ	50%	平均月収	YR 4,000	
	二位	日雇い	30%			
	三位	農業	20%			
医療機関	病・医院	1		教育施設	小学校	3
	医務員	2			中学校	1
	ベット数	0			高等学校	—
食堂・商店		—		モスク数	11	
買水状況	買水量	6,000 ℓ / 30日 / 12人 : 17 ℓ / 日 / 人				
	買水価格	780YR / 6,000 ℓ : YR127 / m <sup>3</sup>				
	購入先	—				
既存水道施設	水源	1井 (深井戸418m)				
	配水槽	1基 (150,000gal.)				
	管路	—				
	水道料金	—	平均水 使用量	23 ℓ / 日 / 人		
発電施設	—					



## 1. 位置

当該地区はアデン湾の海岸線に面する港湾都市アル・ムカッラからおよそ1,000m以上昇った広大なハドラムート高原台地の一隅に位置する複合集落体である。ハドラムート州はシャブワ州とともに、近年の南部における石油開発のメッカとなっているが、最近生産を開始し、脚光を浴びているアル・マシーラ油田は当該地区からも近い距離にあり、地域内を石油開発道路が貫通している。大きな地質構造として、台地の北側はイエメンでも有数の地下水の豊富なワジ・ハドラムート溪谷(Wadi Hadramout)に落ち込んでいるが、当該地区の西端は、ワジ・ハドラムートの一支流であるワジ・アデム(Wadi Idim)の最上流部を形成し、州政府がこの地区の油田開発に乗り出した石油企業カナディアン・オクスンに掘さくを依頼して成功した深度410mの既存井がある。PWCはこの成功井を水源井として、当該地区に対する給水計画を策定した。

## 2. 給水現況

当該地区は7つの集落で構成され総人口9,300人であるが、給水施設としての一貫したシステムを備えている集落はない。唯一アル・ガー集落に深井戸と水槽施設があるだけで、その他の集落は天水および買水に依存している。

この水源井は政府の依頼で石油開発企業アル・ガー集落脇に掘さくした井戸で、その深度が418mにも達する深井戸である。同井は自然水位320mと深いため、ボアホール・ポンプ等では対応できないので高揚程のイタリア製水中ポンプ(18.5Kw)を挿入し、現在揚水量300ℓ/minの水量を得ている。また、水中ポンプ駆動のために、2台の発電機(容量はそれぞれ50KVAと70KVA、イタリアと中国製)が設置されている。

井戸脇には、容量3,300gal.の小水槽と公共水栓が用意され、住民に井戸元で水が供給されている。一方、この小水槽にはポンプが接続されており、この加圧ポンプにより比高差30mの台地上に最近建設された150,000gal.の大容量配水槽に送られる。井戸以外のこれらの施設は、同集落出身のサウディ・アラビアでの成功者による資金提供により建設されたばかりで、大水槽はまだ集落では使用されておらず、管路はまったくない。

現在この井戸の水を利用しているのは、アル・ガー集落住民のみであるが、料金さえ払えば誰でも利用できる態勢となっている。この水源施設は現在アル・ガー集落の5人の代表者による委員会により運営されている。操業開始にあたって、同集落出身の3名が、PWCアル・ムカッラ支所でポンプ、発電機の操作修理等の訓練を受け、現在そのうちの1名が専従として施設の運転を管理している。この集落では水源運営費とし

て1ヶ月YR6,500を要員報酬と燃料費に支出している。

アル・ガーを除く、他の集落では雨水、浅井戸を利用しているが、これは年に数ヶ月利用できるだけで、後は買水が主になってしまう。平均一戸当たりの水使用量は6,000ℓ/月前後でその支出はYR520～YR1,000の間となっている。住民の間からは、将来給水プロジェクトが施行され、水道が利用できるようになった場合は均一料金ではなく水道メーターによって料金を徴収して欲しいという意見が出た。その理由は、この地区は産業がほとんどなく出稼ぎ送金に頼っており、貧富の差があるので均一料金では貧しい者にしわ寄せが来るということであった。

アル・ガーとアル・ラハバ集落の中間付近にはUNDPプロジェクトによって1970年代に掘さくされた深度240mの深井戸がある。現在はポンプ故障と水量不足のため使用されていない。この井戸が使用されていた当時は、各世帯に20ℓ/日だけの割り当て制で給水が行われていた。

### 3. 水源

#### a. 自然・水源環境

アル・レイダ/シマリヤは海拔標高980m～1,600mの高距平原にあり、比高差50m～60mのゆるやかな晩老年期の地貌を呈している。区域内をワジ・アデン(Wadi Adden)とワジ・ビエカ(Wadi Bieka)が北西流～北流し、アル・ヌワイダラ(Al-Nuwaidara)集落の北方で合流し、最終的には、ワジ・ハドラムートに注ぐワジ・アデム(Wadi Idim)を形成する。ワジ幅は最大1.5kmにも達し、その両岸は緩やかな丘陵となっている。

地層の露頭は悪く、丘陵斜面に石畳状に石灰岩が露出しているにすぎないが、ワジ・ヌワイダラの合流点付近には、比高差5m位の石灰岩崖が見られる。この地区に分布している石灰岩は、古第三紀始新世の海成層であるルス層群(Rus Formation)で、中に薄い泥灰岩や苦灰石をはさんでいる。地層の走向はNE20°～30°で東に4°～6°の緩い傾斜を示している。露頭が少なく、断層やクラックの発達状況は明らかでないが、ワジ・アデンやワジ・ヌワイダラは断層河川の可能性が強い。

地域内には深井戸2井とオープン・ウェル2井がある。深井戸の1つ(W-1)は水中モータ・ポンプで揚水(約300ℓ/min)、周辺住民の飲雑用水源となっているが、他の1井(W-2)は掘さく時には水があり、ピストン・ポンプで揚水したというが、現在は廃井となっている。オープン・ウェルはアル・スフィラー(Al Sufilah)集落

のワジ部に設けてあり、1井は飲雑用水源となっているが、他の1井は水質が悪く、洗濯用に使われている。このオープン・ウェルは100m位しかはなれていない。当地区の地質図を図-3.12、今回調査した既設の状況を表-3.12に示す。

b. 水理地質特定

地区内に既存する深井戸のうち、現在揚水中のW-1は深さ418m、静水位は340mであり、ポンプ設置は350m地点とのことである。揚水量は約300ℓ/minで24時間継続運転可能という。地表から350m迄はルス層群の石灰岩で、350m～井底の418mまでに見られる砂岩は、白亜系のムカッラ層群(Mukalla Formation)に相当するらしく、有力な地下水はこの砂岩に発達した網状裂かに賦存するものと考えられる。25℃補正の電気伝導度は815  $\mu\text{S}/\text{cm}$ と良好である。現在廃井となっているW-2は井底まで244mで、まだ砂岩層に達していない。本井で揚水したといわれる地下水は、石灰岩中の裂か水と考えられ、W-1と同様砂岩まで掘さくすれば、200ℓ/min～300ℓ/minの採水は可能と考えられる。

本区域の計画給水人口は9,300人に達しており、需要を賅うためには2井の水源井が必要となる。1井はW-1を使用することにしても、新設井1井を設けなければならない。新設井位置は現在廃井となっているW-2付近で、深度は420mと考察される。



凡 例	
□	第四紀
■	中新世
■	ルネザン
■	第三紀
■	始新世
■	ジュネザン群
■	カ・カ・カ群
■	白亜紀
■	ムッカラ群
—	走向及び傾斜
●	深井戸 (表-3.12参照)
●	浅井戸 (表-3.12参照)
○	新設井

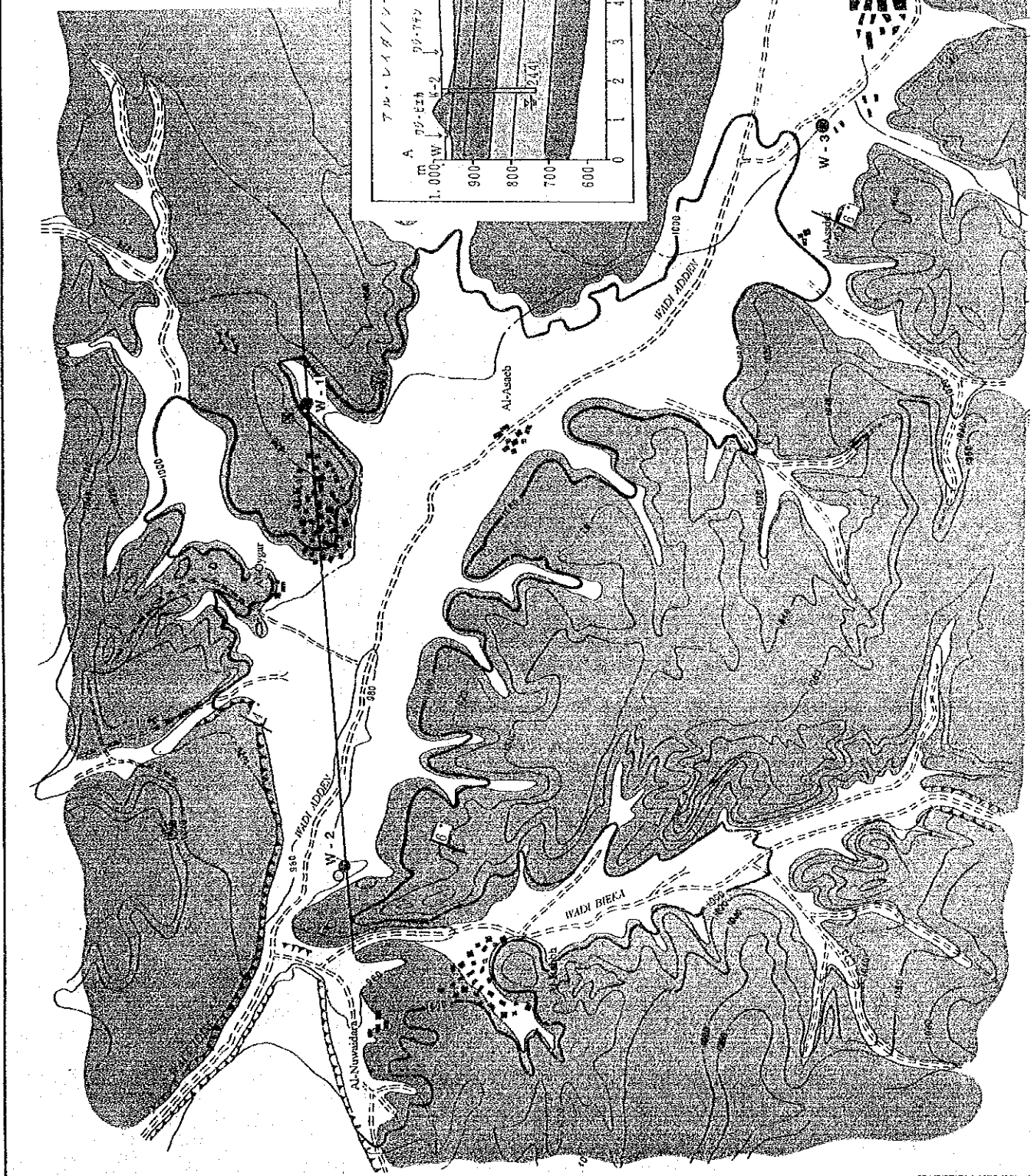
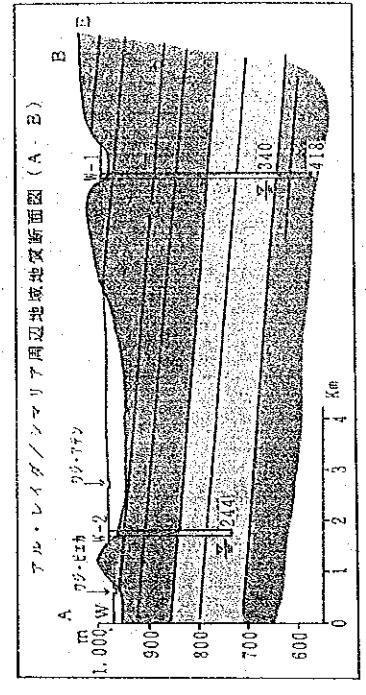


図-3.12 アル・レイダ/シマリア地域水質地質図



Figure 3.12



表-3.12 既設井諸元一覧表 (アル・レイダ/シマリア)

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		W-1	0.20	418.0	水中モーターポンプ	ムツカ層群の砂岩	340.0	350. 未満	300.	30.0	8.1	897	815	水源として稼働中
W2	"		W-2	0.20	244.0	-	ルス層群の石灰岩								廃井
W3	オーブンウェル		アル・スファイラー1号				沖積層	7.36			28.8	7.6	2,810	2,612	飲雑用
W4	"		アル・スファイラー2号				"	6.40			26.5	7.5	3,840	3,728	洗濯用