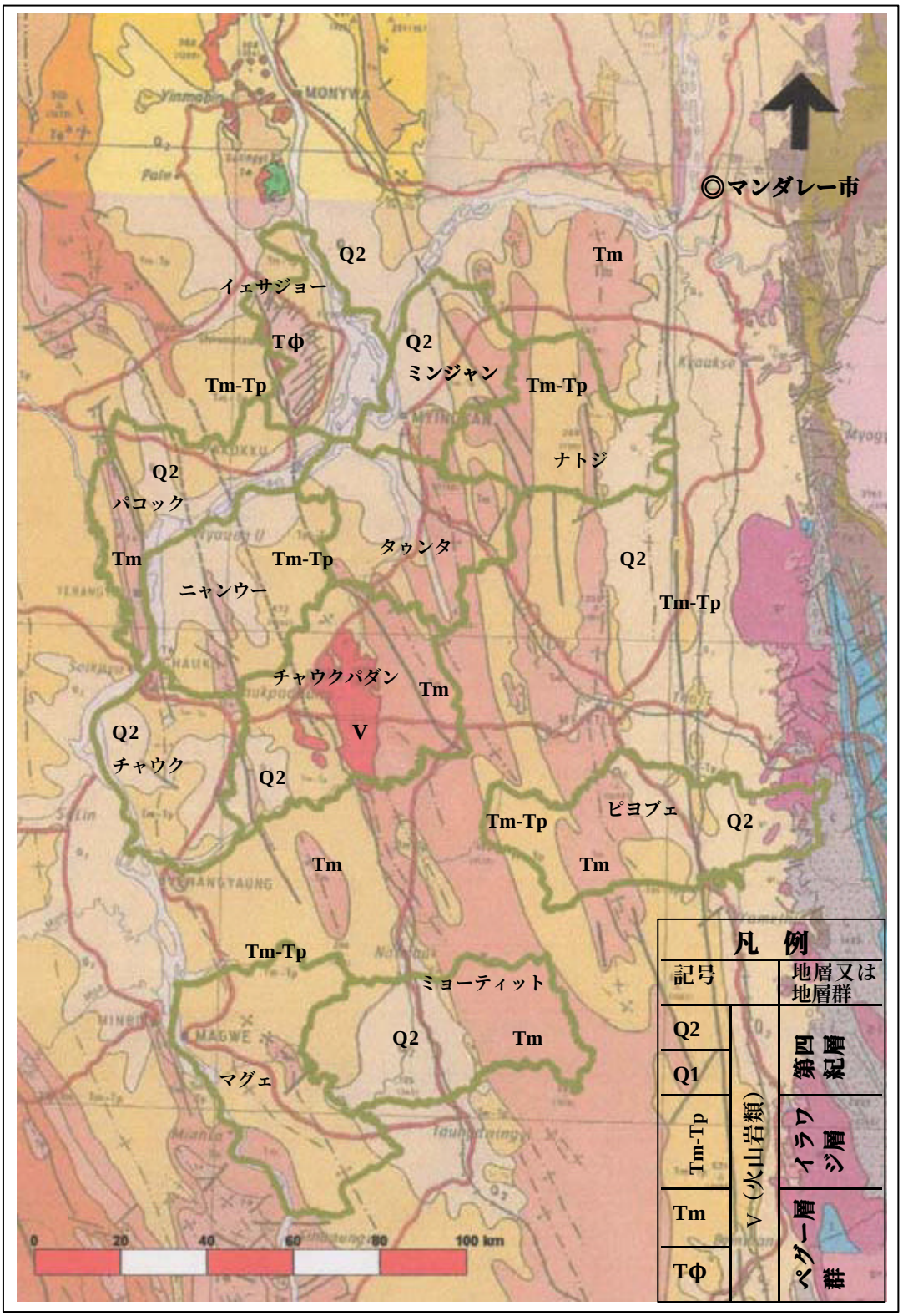


図 3.2.1 セントラルドライゾーンの地質図

Source: "Geological Map of The Socialist Republic of The Union of Burma, 1977." Prepared under The Auspices of The Earth Sciences Research Division

（2）セントラルドライゾーンの地下水分布

調査地域の地質は、新しいものから順に第四紀未固結体積物、主にイラワジ層およびペグ層群により構成される。調査地域の地下水分布と水質は、帯水層となっているこれらの地層ごとに異なっている。そのため、各地層中の帯水層は、地層の新しいものから順にそれぞれ沖積帯水層、イラワジ帯水層およびペグ帯水層と呼ばれ区別されている。また、地下水面の深さは、地表面の高低差に大きく影響を受けている。各帯水層の特徴を表 3.2.1 に、水質の代表例を表 3.2.2 に示す。

表-3.2.1　セントラルドライゾーンでの主な帯水層の特徴

帯水層名	構成岩種	分布地	水質	帯水層
沖積帯水層	砂、礫、泥	窪地、谷筋、盆地、山麓、河川沿い	☆ほとんどが淡水 ☆地表からの有機物汚染を受けやすい	☆地下水面の季節変動大きい ☆自由地下水 ☆帯水層は小規模
イラワジ帯水層	砂、礫、含礫砂岩、シルト岩、泥質砂岩	セントラルドライゾーン全域	☆鉄分と蒸発残留物がやや多い ☆塩分やや多い場合がある	☆帯水層は大規模 ☆層状水と裂か水
ペグ帯水層	砂岩、シルト岩、頁岩、石油、天然ガス	セントラルドライゾーン全域	☆ほとんどが塩水	☆帯水層規模は場所により様々に異なる ☆裂か水

表-3.2.2　帯水層の水質

管区	帯水層	E.C mS/cm	T.D.S*1) mg/l	pH	Total Hardness mg/l	Na+ mg/l	Cl- mg/l	SO_4^{2-} mg/l
マグウェイ	沖積	0.8	507	8.37	255	178.48	112.18	95.52
	イラワジ	1.0	666	8.41	254	135.01	147.32	87.84
	ペグ	3.5	2,368	8.44	485	365.47	235.01	173.28
マンダレー	沖積	1.5	935	8.26	257	330.51	200.22	136.8
	イラワジ	2.0	1283	8.52	268	430.79	237.14	195.36
	ペグ	3.4	2,247	8.84	330	504.62	298.91	198.72
NDWQS*2)		1.5	1,000	6.5-9.2	500	200	200-600	400

*1) Total Dissolved Solids
*2) National Drinking Water Quality Standard

ペグー帯水層は塩分を含む場合が多いため、飲用水にあまり適さない。イラワジ帯水層は、基準値（NDWQS）を超えない程度に溶存成分を含むものが多いが、場所により飲用に適さない水質も認められる。沖積帯水層は、大規模なものは主要河川沿いや盆地・地溝のみに分布する。しかし、小規模なものは村落周囲の小さな谷や窪地に多数分布するため、村落のほとんどのダグウェルや浅井戸は村落周囲の沖積帯水層から採水している。ペグ帯水層やイラワジ帯水層分布域で、これらの地下水が飲用に適さない場合の飲用地下水源としては、集落周囲の谷筋などにある沖積帯水層を対象にした浅井戸が考えられる。

3.3　水利用の現況

村落住民の多くは小作農である。調査地域では少ない降雨を利用してタバコ、ごま、その他穀類などを生産しているものの、過酷な自然ゆえにミャンマー国においても最も貧しい地域である。村落では生活用水は主として雨水を貯めた溜池に頼っている。水汲みは主として女性や子供たちが担当し、バケツをつるした天秤棒を担いで溜池から自宅へ水を毎日数度運ぶのが日課である。家々には直径１m程度の水甕が数個おかれ、汲んできた水を貯めている。乾期も半ばを過ぎると溜池の水位が浅くなり、泥混じりの茶色の水になるが村人は干上がるまでこの水を大切に使う。溜池の水がなくなると、村から数キロ離れた井戸まで牛車に水樽を載せて水買いに出かけることになるが、これは男の仕事である。

セントラルドライゾーンにおいて国際援助機関の援助により数千本を超える井戸が建設されてきた。このため多くの村落で水不足が改善されたものの、当地域においては依然として井戸がない村、井戸があっても塩水や高い鉱物含有のため飲めないなど生活用水に窮している村が多い。これらの村々では、井戸建設により良好な水が安く得られるようになることが強い願いとなっている。

井戸が建設された村では住民により水委員会が組織され、井戸の運転、料金徴収等の活動が村民の参加により実施されている。深井戸にはエンジン駆けポンプや水中ポンプ(発電機付)が設置され、燃料代を賄うため自村民から 10～25 ﾁｬｯﾄ/50 ｶﾞﾛﾝ（10～20 円/m^3）を徴収し、他村民からはその倍以上の料金を取るのが普通である。

3.4　村落給水事業の現状

村落給水の改善事業は主に UNDP や UNICEF 等の援助により 1960 年代から農業灌漑省の水資源利用局（WRUD）をカウンターパートとして実施されてきた。特に 1981～90 年までの「国際飲料水供給と衛生の 10 年」においては全国で 9,000 本を超える浅井戸と 3,100 本の深井戸が WRUD の技術陣によって建設されてきた。UNDP は村落住民の組織化と参加をベースに浅井戸用ハンドポンプや雨水利用の給水設備とトイレ、排水溝の設置等の小規模な施設整備を伴うコミュニティ衛生改善プログラムを実施してきた。UNICEF は 1995 年に「ミャンマー・UNICEF 協力プログラム 1996-2000」を策定し、井戸用ポンプの供与、国産ハンドポンプの製作やポンプ修理ワークショップ整備プログラム、全国の井戸データベース構築等の各種プログラムを実施してきた。現在、2001 年～2005 年を同プログラムの 2 期目実施段階に入っている。これらのプロジェクトの実施を通じて、WRUD には地下水開発に関する調査・建設機材が供与され、水理地質や井戸に関するデータベース化を始め、関連技術力の強化も図られてきた。しかし 2001 年、村落給水改善事業の実施権限が WRUD からそれまで地方都市の給水事業を担当してきた DDA に移管されたため、UNDP や UNICEF プログラムの主管局は DDA に一元化された。

対象地域内の Nyaung-U タウンシップ（マンダレー管区）では、JICA の開発パートナー事業の一環で NGO である BAJ（Bridge Asia Japan）が深井戸建設を主とする村落給水プロジェクトを実施している。本事業は平成 2000 年から 3 年間で 36 本の深井戸を建設する予定である。また、既存井戸のリハビリ、溜池の水質改善対策、電気探査技術移転、エンジンおよびポンプの修理技術移転、さらに村落住民の参加に基づく運営管理等が含まれている。本事業のための井戸掘削機械と関連機材及び掘削スタッフはミャンマー側カウンターパートである DDA が提供し、井戸資材、水中ポンプ、その他の建設資材、スタッフの活動等は BAJ が賄うこととなっている。

現在、DDA は村落の水事情の改善を最優先事業と位置付け、2000 年から 2010 年の 10 年間にセントラルドライゾーンの 3 管区を対象に村落給水施設の整備に関する「10 年計画」を策定し事業を推進している。同事業の対象は表 3.4.1、3.4.2 に示す通りである。

表-3.4.1　DDA による「村落給水整備 10 年計画」の対象

管区名	ﾀｳﾝｼｯﾌﾟ数	村落数	戸数	人口（2000 年）	人口（2010 年）
サガイン	34	5,460	716,384	3,913,874	4,678,262
マグエ	25	4,792	557,119	2,977,279	3,558,748
マンダレー	26	5,550	789,069	3,903,805	4,666,227
合計	85	15,802	2,062,572	10,794,958	12,903,237

表-3.4.2　村落給水の現状

	村落の水源の量と質			
	絶対的水量不足	期間的水量不足	量足るも水質不良	量質とも良好
サガイン	18	837	1,599	3,006
マグエ	220	766	514	3,292
マンダレー	297	2,100	1,722	1,431
合計	535	3,703	3,835	7,729
構成比（%）	3.4	23.4	24.3	48.9

DDA は村落給水整備 10 ヵ年計画において絶対的に水量が不足する村落から優先的に対応することとしている。計画では深井戸、浅井戸、手掘り井戸（dug well）、溜池、湧水利用等を、村々の自然条件、経済条件等に適合した対応策として想定している。

DDA は 2001 年 12 月から全国の村落の井戸建設のための民間からの募金活動を始めた。募金は新聞およびテレビなどで頻繁に宣伝され、個人や企業から寄付金が集まっている。募金により建設される井戸仕様は井戸口径 100mm、深さ 60**m**と 120m の 2 種類で、エアリフトによる揚水を行う比較的小規模な井戸施設である。DDA は募金により村落給水整備 10 ヵ年計画の達成が少しでも早まることを期待している。

3.5　調査対象地域の地下水分布調査

（1）既存井戸モニタリングと物理探査

対象地域の地下水ポテンシャルを把握するため調査対象 11 の各タウンシップにおいて、既存井戸から 10 本程度をモニタリング井と定め、カウンターパート出先事務所の職員の協力を得て、1 年間にわたり水位観測と簡易水質分析をおこなった。さらに、110 の対象村落において 2 ヶ所づつ電気探査を実施した。電気探査の結果と水理地質の所見から各村の地下水層の深さや広がりを想定し、地下水開発の可能性の目安をつけた。

（2）試験井建設村落の選定

試験井掘削村落の選定は、調査対象村落 110 村の全てについて、掘削機械のアクセス道路の良否、地下水の推定水質、推定適正揚水量、帯水層の種類、物理探査結果および社会経済因子の条件項目ごとにランク付けし、図 3.5.1 のフローチャートの手順に従い、それぞれの条件で基準に達しているか否かによって選考した。この選考結果を基に、各タウンシップの DDA、管区および本部 DDA と協議した。協議の中で両者の意見が異なる場合、フローチャートの手順に従って再検討を行い、最終決定された。

調査団による候補村落の抽出基準は次の通りである。

1）フローチャートにおいて、上位にある条件が下位の条件に優先する
2）各タウンシップで 2 ヵ村は必ず抽出する
3）アクセス道路の良否、水質および適正揚水量の 3 項目は優先条件とする。一方、帯水層の種類、物理探査結果および社会経済因子)の 3 項目は、参考条件とする。

これらの水理地質の所見、村落の水供給の逼迫度及び井戸掘削機械の搬入の難易度等を勘案し、各タウンシップ 2 村づつ、計 22 村の試験井の建設サイトが決定された（図 3.5.2 参照)。

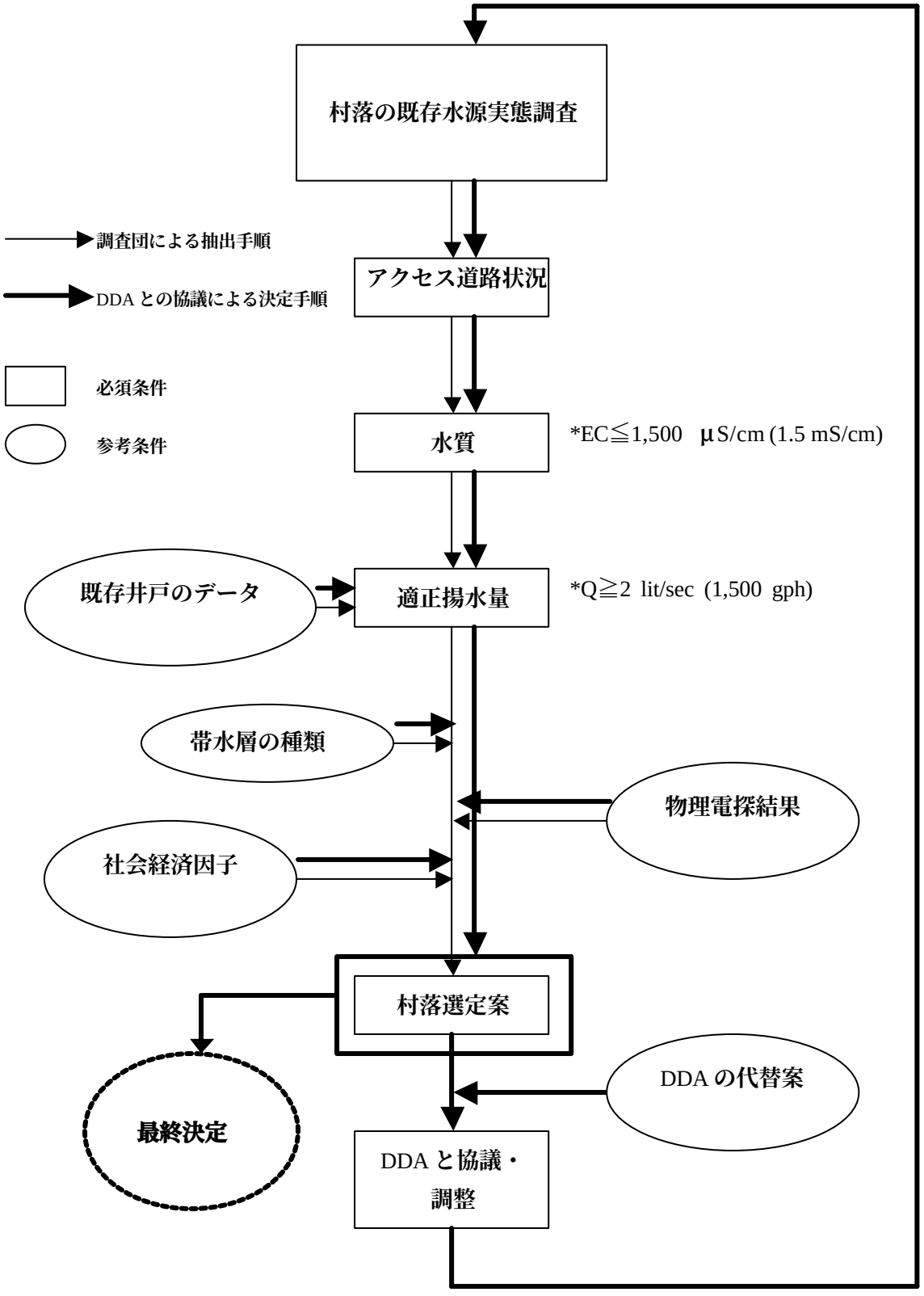
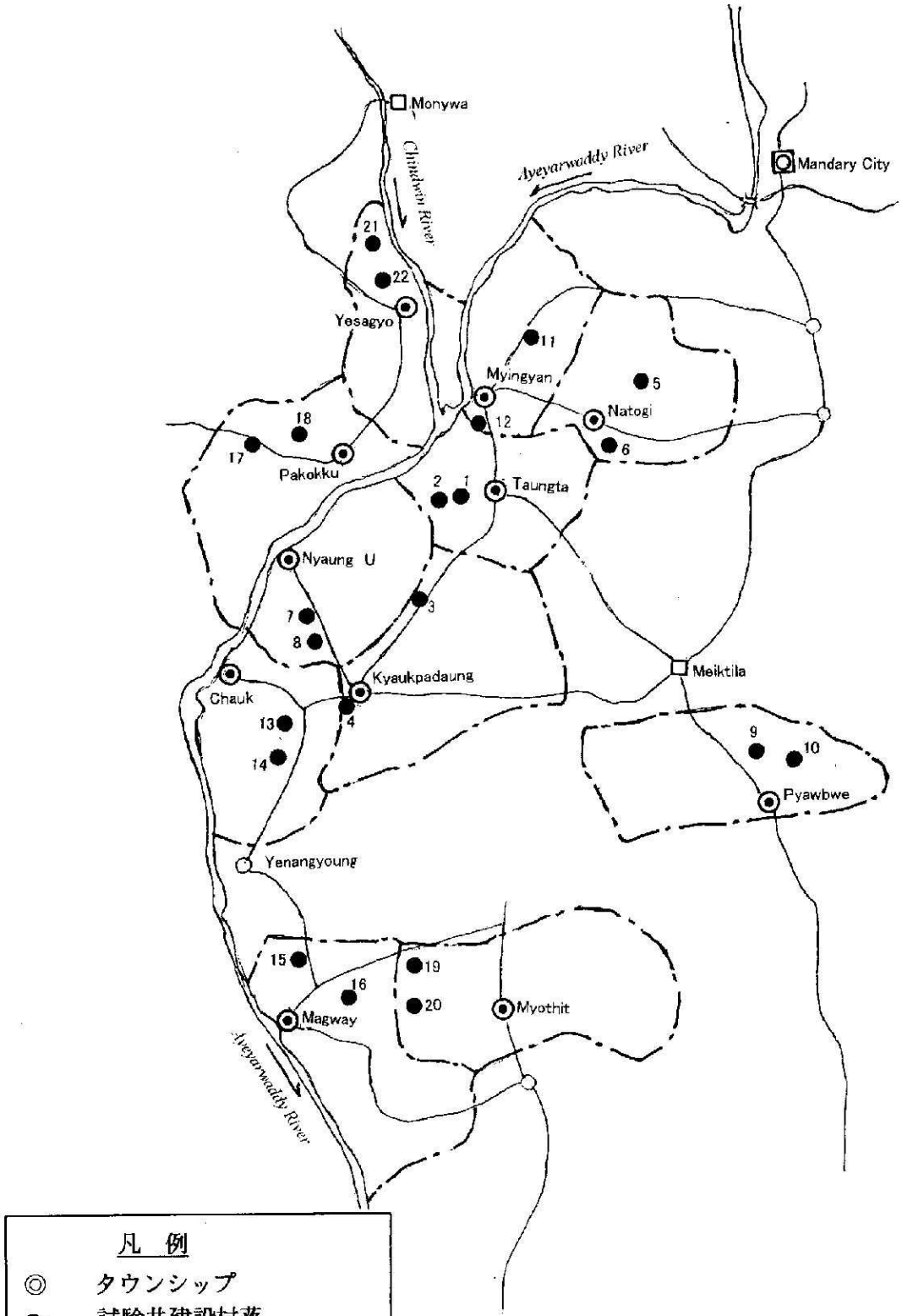


図 3.5.1　試験井建設村落の選定フロー



凡　例

◎　タウンシップ

●1　試験井建設村落
（番号は図 3.5.3　試験井掘削工程に対応）

タウンシップ境界

道路

図 3.5.2　試験井建設村落位置図

（3）試験井の建設

本調査の第 3 年次において、調査団員の指導の下、DDA の所有する 200m 深級井戸掘削機（1983 年から 86 年に日本が供与した）3 台を修理し、新たに事業団が投入した 300m 深級井戸掘削機を加えた 4 台体制とし、カウンターパート側の井戸掘削部隊への技術移転を兼ねて、試験井の掘削を開始した。工事は 2002 年 6 月から 2003 年 1 月まで継続され、21 本の深さ 200m～300m 井戸と 2 本の深さ 60m 井戸の合計 23 本が建設された。建設工程は図 3.5.3 に示すとおりである。

これらの井戸では水質試験、揚水試験を実施し、井戸性能を確認するとともに地域の地下水分布の開発可能性を判断するデータとした。また、試験後は生産井に転用する予定であったため、深井戸用ポンプ 21 セットが調達された。なお、60m 深度の井戸 2 本は推定揚水量が小さかったためエアリフトポンプ 2 セットを現地で調達し設置した。調査の結果、21 本の深井戸のうち、空井戸 1 本と揚水量が小さい井戸（5?/分）1 本 の 2 本は生産井として使用できない。さらに、1 本の井戸においては地下水位が調達ポンプの想定揚程をはるかに越えた 315mにあったため揚水を断念した。この井戸は十分な揚程を有するポンプを設置すれば使用可能となる。また、1 本は自噴井でありポンプが不要である。調査井建設の結果は表 3.5.1 に示す通りである。

上記の通り、調達された 21 セットの井戸ポンプのうち 4 セットは設置する必要がないため 17 セットの井戸ポンプを 2003 年 5 月から 2 ヶ月間で設置し、運転指導を行った。なお、生産井に転用される各井戸用に、井戸ポンプ小屋、地上貯水槽及びポンプ周りの小配管等はカウンターパート機関の責任で建設された。

生産井として転用しない 2 本の調査井は今後、モニタリング井戸として、水位/水質観測時に利用される。今回、設置されない井戸ポンプ 4 セットは DDA のヤードに一旦保管し、同地域で DDA が実施している「村落給水 10 年計画」の一環で完成される深井戸に設置され、有効利用されるものとする。なお、4 セットの井戸ポンプ規格仕様は以下の通りである。

表 3.5.2　今回設置しない井戸ポンプ仕様

揚程(m)	揚水量 (gal/hr)	対象井戸径 (mm)	揚水管長さ (m)	本数	エンジン(kW)
220	3,000 (227.5 l/min)	>120	220	1	15.5
170	1,500 (113.8 l/min)	>100	170	1	7.3
120	1,000 (75.8 l/min)	>120	120	1	3.0
100		>100	100	1	3.0

以上の各種調査を基に、各タウンシップにおける地下水の水位、EC、既存井深度等を記載した地下水ゾーニングマップ原案を作成した。

図 3.5.3　試験井掘削工程

	Township	NO	Village Tract	Village	Drilling depth (m) Planned	Actual	Road repairing	Machine type	Aquifer Condition
①	Taungta	1	Zagyan	Kanthonesint	200	203	○	TOP-300A	Good
		2	Zagyan	Tabaukkon	200	200		TOP-300A	Good
②	Kyauk-padaung	3	Gwaydaukkone	Gwaydaukkone	200	205	○	TOP-300B	Good
		4	Simdaikaun	Sudat	200	194		TOP-300B	Good
③	Natogi	5	Pegyet	Pegyet W	250	300		TOP-500	Good
		6-1	Yongon	Aungthar	60	60		TOP-300C	Good
		6-2	Yongon	Aungthar	60	72		TOP-300C	Good
④	Nyaung U	7	Letwar	Kangyikon(N)	300	310		TOP-500	Not found
		8	Zedae	Hta-naung-win	150	168		TOP-300C	Good
⑤	Pyawbwe	9	Thabyeyo	Thabyeyo	200	201	○	TOP-300B	Good
		10	Osanwe	Yonbingon	200	201	○	TOP-300B	Good
⑥	Myingyan	11	Koke	Koke	200	204		TOP-300C	Good
		12	Saka	Saka	250	303		TOP-500	Good
⑦	Chauk	13	Thittogan	Sangan	250	302	○	TOP-500	Good
		14	Wetthesan	Thayetpin	300	414	○	TOP-500	Good
⑧	Magway	15	Kanthagyi	Kanthagale	200	201		TOP-300A	Good
		16	Kyitsonbwe	Kyitsonbwe	200	200		TOP-300A	Good
⑨	Pakokku	17	Magyithonepin	Magyithonepin	210	203		TOP-300B	Small yield
		18	Kyathto	Anaukponekan	200	201		TOP-300B	Good
⑩	Myothit	19	Ledaingzin	Thamya	200	204	○	TOP-300C	Good
		20	Ledaingzin	Ledaingzin N & S	200	204		TOP-300C	Good
⑪	Yesagyo	21	Thitkyidaw	Thitkyidaw	200	201	○	TOP-300C	Good
		22	Zedaw	Seywa	200	201		TOP-300A	Good
	Mandary City	23			200	180		RC-1500	
	Total Length				4,830	5,132			

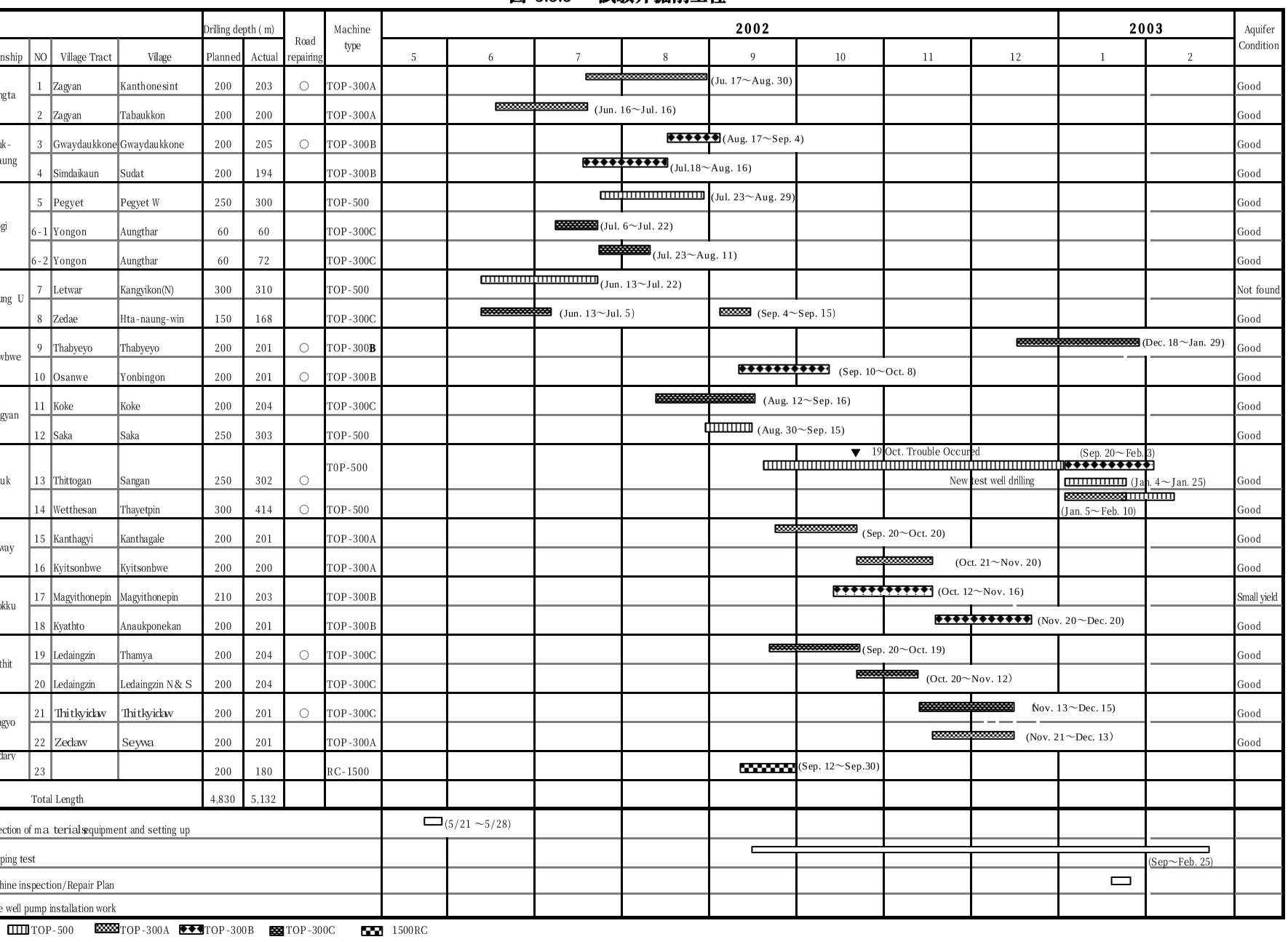


表　3.5.1　試験井の建設結果

Township	Village Tract	Village	Population		Water Demand		Pumping Test ResultWater Level			Pump to be installed			Ground Tank proposed Capacity (gallon)	
			Year 2001	Year 2010	Total Demand (gal/day)	Required Pump Rate (gal/hr)	Static Water Level	Dynamic Water Level	Discharge (gals/hr)	Discharge (gals/hr)	Head (m)	Installation Level (GL-m)		
Taungtha	Zagyan	Kanthonesint	1,332	1,564	23,460	2,932	-130.6	-130.6	3,165	3,000	220	-150	8,000	
	Zagyan	Tabaukkon	410	481	7,221	903	-149.0	-157. 0	2,255	1,800	200	-170	5,000	
Kyaukpadaung	Gwaydaukkone	Gwaydaukkone	1,560	1,832	27,476	3,434	-159.0	-160.0	2,110	2,000	170	-170	5,000	
	Simdaikan	Sudat	500	587	8,806	1,101	-121.0	-123.0	2,413	2,000	170	-180	5,000	
Natogyi	Pegyet	Pegyet W	1,261	1,481	22,209	2,776	-24.0	-46.0	7,530	5,000	170	-100	8,000	
	Yongon	Aungthar					-21.0	-50.0	264					エアコンプレッサー式ポンプ2式現地調達/設置
			902	1,059	15,886	1,986	-15.0	-56.0	343		-		2,000	
Nyaung U	Letwae	Kangyikon N	700	822	12,329	1,541			-	帯水層が確認できないため、井戸に転用しない。				
	Zedae	Htanaungwin	750	881	13,209	1,651	-99.0	-110.0	3,165	2,000	170	-130	5,000	
Pyawbwe	Thabyeyo	Thabyeyo	500	587	8,806	1,101	-24.0	-72.0	198	1,000	120	-130	3,000	
	Osanwa	Yonbingon	350	411	6,164	771			-	Artesian well				
Myingyan	Koke	koke	2,500	2,935	44,031	5,504	-14.0	-56.0	7,029	5,000	170	-100	15,000	
	Saka	Saka	1,001	1,175	17,630	2,204	-46.0	-54.0	8,176	3,000	220	-100	6,000	
Chauk	Thittogan	Sangan	700	822	12,329	1,541	-178.0	-181.0	1,055	1,500	270	-210	4,000	
	Wetthesan	Thayetpin	1,150	1,350	20,254	2,532	-315.0	-315.0	1,600	静水位がポンプ揚程より低いため、揚水できない。				
Magway	Kanthagyi	Kanthagale	1,146	1,346	20,184	2,523	-107.0	-108.0	3,560	2,000	170	-155	7,000	
	Kyitsonbwe	Kyitsonbwe	5,000	5,871	88,063	11,008	-163.0	-164.8	642	1,000	220	-175	3,000	
Pakokku	Magyithonepin	Magyithonepin	350	411	6,164	771	-194.0	-196.0	66	揚水量が少ないため井戸として転用しない。				
	Kyathto	Anaukponekan	950	1,115	16,732	2,091	-96.0	-110.0	3,560	2,000	170	-153	6,000	
Myothit	Ledaingzin	Thamya	2,500	2,935	44,031	5,504	-122.0	-124.1	1,780	2,000	170	-165	6,000	
	Ledaingzin	Ledaingzin N&S	3,000	3,523	52,838	6,605	-69.6	-72.5	5,934	3,000	170	-155	8,000	
Yesagyo	Thitkyidaw	Thitkyidaw	3,000	3,523	52,838	6,605	-15.7	-22.4	10,549	5,000	170	-100	12,000	
	Zedaw	Seywa	1,075	1,262	18,933	2,367	-25.1	-25.4	9,587	2,000	170	-100	6,000	

3.6　地下水ポテンシャルと水利用の開発方針

(1)　地下水ポテンシャル

各種現地調査の結果、対象地域における利用可能な主な地下水は、沖積帯水層、イラワジ帯水層及びペグー帯水層である。沖積帯水層は砂、礫等からなる未固結の地層に分布する地層水であり、一般に高い空隙性、透水性から、最も重要で、良好な帯水層（沖積帯水層）を形成する。しかし、対象地域においては、大河川や支川沿いの限られた地域に分布しているに過ぎない。一方、地域に広く分布しているイラワジ層とペグー層のうち、固結した砂岩や礫岩等の堆積岩類は帯水層としての可能性は低いが、褶曲部や断層部等の空隙が発達した地層部には裂か水があり、開発対象として主要な帯水層である。

現地調査結果から、セントラルドライゾーンの地下水は全体として水量的には村落給水を対象とする場合、十分な開発ポテンシャルを有しているといえる。ただし、対象となる裂か水は、一般的に面的な広がりが乏しく、深さ的にも狭い範囲にあるため、地域の水理地質や既存井戸のデータ等から地層の特性を十分に把握し、物理探査を入念に実施し、その区域の水理地質状況にあった適切な井戸形状を決定することが重要である。地域によっては塩味や鉄（Fe）等のミネラル含有が高い等の質的問題があるので、開発に当っては十分に配慮する。

(2)　水利用の開発方針

セントラルドライゾーンの村落における伝統的な水源としては溜池が一般的あり、地域よっては掘り抜き井戸を利用する村もある。乾期には溜池に水がなくなり、井戸も水位が低下し水量が減少するため、乾期の代替水源の有無が村の水利用状況を大きく左右する。イラワジ川は調査地域を縦断するように年間を通じて流れている。イラワジ川に流入する 2、3 の支川は乾期にもわずかながら水を保つものもあるが、殆どの支川は涸れ川となる。乾期でも水の涸れないこれらの河川に隣接する村落は比較的恵まれている方であるが、これらの河川から遠く離れた村落では、長時間をかけて他村に建設されている深井戸や他の利用可能な水源へ水汲みに行く必要がある。

セントラルドライゾーンの村落に対する地下水開発は、1980 年代以降、UNDP や UNICEF 等の外国の援助によって実施されてきており、井戸が建設された村やその周辺の村落にとって重要な水源として利用されている。既存の井戸施設は村民によって組織された水委員会によって運転管理され、そのための費用も水道料金として徴収されている。まだ井戸がない村々では、既存の井戸建設例を参考に、自村に井戸を建設することを強く希望している。それらの村では井戸の運転管理や費用を自分たちで賄う意欲も高い。調査対象地域の村落では人口が数百人から 2,000 人程度の規模が一般的あり、村落間の距離が数キロ離れている。以上の状況に加え、調査された地下水ポテンシャルを考慮すれば、本地域の給水状況を改善するためには、地下水開発に基づく村落ごとの給水整備（レベル Ⅰ：点水源システム）が経済的、運営管理上も有利であると判断される。

なお、これまで建設されてきた井戸の深さは、一般的に200m程度を限度としたが、本調査によって、300m を越える帯水層が確認された地域も存在しており、十分な掘削能力を有する機械を導入することにより、地下水開発の可能な地域が広がる。

3.7 計画の内容

(1)　計画の目的

計画の目的は、村内に生活用水を確保することにより、乾期に数時間かけて村外へ水汲みに行く負担を軽減する。これにより、衛生的な生活向上や余剰時間の有効利用による収入増等が期待される。

(2)　計画の位置付け

計画対象は本調査で対象とされたマンダレー管区及びマグエ管区にある11タウンシップに所属する110村落とする。村落の人口は2001年現在117,100人であり、人口増加率を年率1.8%と仮定すると、「10年計画」の最終となる2010年には総人口は137,500人に上る。本計画はDDAが推進している「村落給水整備の10年プロジェクト」の実施に欠かせないプロジェクトとして位置付けられ、本計画なくては「10年プロジェクト」の実現は不可能であると言える。

(3)　提案される施設内容

対象村落における生活用水の水源は主に溜池や掘抜き井戸である。特に溜池は主要な水源であり、雨期の雨水を溜池に貯めて乾期に備えるという基本的水使用方式は今後も続くものと想定される。従って、本計画の課題は、乾期に溜池の水がなくなった後、村民が数マイル離れた井戸等まで水汲みに行かなければない負担を軽減するため、自村の近郊に代替水源を確保することである。なお、計画対象村落の近隣には、利用可能な河川水や湧水は存在しないため、地下水が十分に利用できない村落においては溜池の水量をできるだけ長期間にわたって使用できる対応策を提案する。

以上から以下の基本方針に基づく対応策を立案する。

＊乾期の代替水源として地下水を利用する案

＊地下水の利用が十分にできない村に対する代替案

＊井戸とポンプ関連機械の維持管理のための機材整備と体制の強化策

これらのそれぞれに対して対応可能な施設形態や維持管理体制を提案し、必要な資機材を算定する。

(4)　地下水開発計画

現地調査の結果、対象村落の近隣には恒常的に利用可能な河川や湧水等の水源がなく、地下水の利用が最も安定的で現実的な水源とされる。本調査によって実施された水理地質調査や試験井の建設等の結果から、110の対象村落の中には、水理地質上、ペグー層の卓越地域

に位置しているため地下水が塩水傾向を示すものや、イラワジ層に分類されるような地域に位置していても地下水の可能揚水量がやや少ない地域もある。しかし、全般的には深さ200m から 300mの井戸建設を前提とすれば、概ね地下水の利用が可能であると結論づけられた。ただし、対象となる水源が水理地質上、狭い範囲に分布する裂か水となるケースが多く、井戸建設には電気探査や電気検層等の結果を綿密に解析し、良好な帯水層を見逃さないよう十分に配慮する必要がある。また建設サイトとして、高 EC 地区を避け、さらに低 EC 地区であっても高い鉄（Fe）含有量を示している地域があることに十分配慮することが必要である。

1）計画井戸施設

井戸構造は本調査の水理地質調査と試掘井調査の結果を踏まえ、井戸仕上がり口径を150mm とし、深度 200m と 300m の 2 タイプに分ける。試験井の結果から井戸の可能揚水量を推定し、各村落の計画年における水需要量を満たす場合は井戸 1 本を建設する。ただし、井戸 1 本当りの可能揚水量が水需要より小さい場合には、2 本目の井戸を計画する。2 本の井戸でも水需要を賄えない村落に対しては、今後の村落の発展動向や水需要の推移に基づき、将来 DDA が対処することとする。

各村落の水需要と可能揚水量から、各村における必要井戸本数を表 3.7.1 からもとめる。また本調査において建設した試験井のうち 18 本は生産井として使用するため、これを差し引き、計画における建設井戸本数は、下表に示す通り全体で 120 本とする。

表 3.7.2 計画井戸本数

管区	タウンシップ名	深度 200m 井戸	深度 300m 井戸	合計
マンダレー	Taungtha	12	1	13
	Kyaukpadaung	5	4	9
	Natogyi	14	-	14
	Nyaung-U	8	3	11
	Pyawbwe	8	-	8
	Myingyan	9	2	11
マグエ	Chauk	1	11	12
	Magway	9	-	9
	Pakokku	11	1	12
	Myothit	13	-	13
	Yesagyo	8	-	8
	Total	98	22	120

井戸の揚水方法は、地下水状況や実績を考慮して「電動機＋容積ポンプ」の組合せが望ましい。各井戸にはポンプ小屋を建設し、１基の貯水タンクと井戸周り小配管を敷設する。水はタンクに設置する蛇口から供給される。地下水に高い鉄濃度が示される場合には、必要に応じて除鉄施設を設置する。計画施設の構造図を図 3.7.1～3.7.6 に示す。

表3.7.1　対象村落における生産井の建設計画(1/4)

Township	No.	Village Tract	Village	Population 2001	Population 2010	Water Demand in 2010 (gal/day)	Proposed Well Structure (*Result of Test Well*) W. Level (GL-m) Static	W. Level (GL-m) Dynamic	Pumping test Discharge (gal/hr)	Well Depth (m)	Pump for Test Well Dischg. (gal/hr)	Pump for Test Well Head (m)	Proposed Pump Capacity Discharge (gal/hr)	Proposed Pump Capacity Head (m)	Proposed Pump Capacity Pump level (GL-m)	Proposed Ground Tank Capacity (gal)	Remarks
Taungtha Township	1	Magyi-pinte	Pegingyaw	881	1,034	15,517				200			1000 x 2	170		5,000	2 well facilities will be constructed.
	2	Zagyan	Kanthonesint	1,332	1,564	23,460	-130.6	-130.6	3,165	*200*	3,000	220	-	-		8,000	Test Well
	3	Zagyan	Tabaukkon	410	481	7,221	-149	-157	2,255	*200*	2,000	170	-	-		5,000	Test Well
	4	Aungtha	Aungtha	1,012	1,188	17,824				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	5	Thaputsu	Dahatan	453	532	7,978				200			1,000	170		3,000	
	6	Chauk-gwa	Twinbye	1,677	1,969	29,536				200			2000 x 2	170		5000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	7	Thaputsu	Kyaukpon	824	968	14,513				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	8	Simigan	Thazi	876	1,029	15,429				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	9	Panpaung	Magyigon	413	485	7,274				300			1,000	270		3,000	
	10	Magincho	Sizongon	558	655	9,828				200			1,500	170		3,000	
		Total		8,436	9,905	148,579											
Kyaukpadaung Township	1	Gwaydaukkone	Gwaydaukkone	1,560	1,832	27,476	-159	-160	2,110	*200*	2,000	170			166	5,000	Test Well
	2	Popa	Chaungbya	696	817	12,258				300			1,500	270		4,000	
	3	Tanga-kan	Tangakan	786	923	13,843				200			2,000	170		5,000	
	4	Letpanpin	Htantawgyi	780	916	13,738				200			2,000	170		5,000	
	5	Kanbauk	Kanbauk	1,456	1,710	25,644				200			3,000	170		9,000	
	6	Simdaikan	Sudat	500	587	8,806	-121	-123	2,413	200	1,800	200	-	-		5,000	Test Well
	7	Simdaikan	Sagyaw	461	541	8,119				200			1,000	170		3,000	
	8	Sonywa	Kanyai & Salindaung	500	587	8,806				200			1,000	170		3,000	
	9	Twinphyu	Inbingyi	850	998	14,971				300			1,500	270		4,000	Exst.1500gal/hr
	10	Kyauksayitkan	Lwinpinkone	800	939	14,090				300			1000 x 2	270		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
		Total		8,389	9,850	147,751											

表3.7.1　対象村落における生産井の建設計画(2/4)

Township	No.	Village Tract	Village	Population 2001	Population 2010	Water Demand in 2010 (gal/day)	Proposed Well Structure (*Result of Test Well*) W. Level (GL-m) Static	W. Level (GL-m) Dynamic	Pumping test Discharge (gal/hr)	Well Depth (m)	Pump for Test Well Dischg. (gal/hr)	Pump for Test Well Head (m)	Proposed Pump Capacity Discharge (gal/hr)	Proposed Pump Capacity Head (m)	Proposed Pump Capacity Pump level (GL-m)	Proposed Ground Tank Capacity (gal)	Remarks
Natogyi Township	1	Pegyet	Pegyet W	1,261	1,481	22,209	-24	-46	7,530	300	5,000	170				14,000	Test Well
	2	Thaminbe	Buthigyin	965	1,133	16,996				200			2,000	170		6,000	
	3	Mogan	Mogan W	699	821	12,311				200			1000 x 2	170		2000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	4	Thangwa	Thangwa	774	909	13,632				200			2,000	170		5,000	
	5	Gwegon	Thapandaw	856	1,005	15,076				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	6	Letwe	Letwe	2,087	2,450	36,757				200			5,000	170		13,000	
	7	Nyaungon	Nyaungon	774	909	13,632				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	8	Pyayachaung	Thintabaw	856	1,005	15,076				200			2,000	170		5,000	
	9	Ketlan	Ketlan	3,200	3,757	56,360				200			1000 x 2	170		3000 x2	2 well facilities will be constructed.
	10	Yongon	Aungthar				-21	-50	264	60	Air Compressor						Test Well
				902	1,059	15,886	-15	-56	343	200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
		Total		12,374	14,529	217,937											
Nyaung U Township	1	Kantharyar	Kantharyar	1,375	1,614	24,217				200			1,500	170		4,000	Exst.1200gal/hr
	2	Kuywa	Kuywa	1,000	1,174	17,613				200			2,000	170		6,000	
	3	Phalankan	Phalankan	1,500	1,761	26,419				200			1000 x 2	170		3000 x2	2 well facilities will be constructed.
	4	Setsetyo	Setsetyo	1,000	1,174	17,613				300			1000 x 2	270		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	5	Letwae	Kangyikon N	700	822	12,329	-	-		300							Test Well (Dry well)
	6	Letwae	Kangyikon S	570	669	10,039				300			1,500	270		4,000	
	7	Taungzin	Kaungpinsi	1,708	2,005	30,082				200			2000 x 2	170		5000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	8	Setsetyo	Myetkhataw	600	705	10,568				200			1,000	170		4,000	
	9	Htipu	Ywalu	600	705	10,568				200			1,000	170		4,000	
	10	Zedae	Htanaungwin	750	881	13,209	-99	-110	3,165	200	2,000	170	-	-	130	5,000	Test Well
		Total		9,803	11,510	172,655											
Pyawbwe Township	1	Thabyeyo	Thabyeyo	500	587	8,806	-24	-72	200	200	1,000	120	-	-		3,000	Test Well
	2	Osanwa	Yonbingon	350	411	6,164	Artesian Well		3500	200			-	-		-	Test Well
	3	Faungtan	Yebyu	535	628	9,423				200			1,500	170		3,000	
	4	Faungtan	Paukaingyo	535	628	9,423				200			1,500	170		3,000	
	5	Kyette	Kyette	1,000	1,174	17,613				200			2,000	170		6,000	
	6	Kongtha	Thabok	750	881	13,209				200			1,500	170		5,000	
	7	Magyigon	Magyigon	650	763	11,448				200			1,500	170		4,000	
	8	Sabaegon	Pegan N	420	493	7,397				200			1,000	170		3,000	
	9	Sabaegon	Pegan S	480	564	8,454				200			1,000	170		3,000	
	10	Sabaegon	Nyandaw	331	389	5,830				200			1,000	170		2,000	
		Total		5,551	6,518	97,767											

表3.7.1　対象村落における生産井の建設計画(3/4)

Township	No.	Village Tract	Village	Population 2001	Population 2010	Water Demand in 2010 (gal/day)	Proposed Well Structure (*Result of Test Well*) W. Level (GL-m) Static	W. Level (GL-m) Dynamic	Pumping test Discharge (gal/hr)	Well Depth (m)	Pump for Test Well Dischg. (gal/hr)	Pump for Test Well Head (m)	Proposed Pump Capacity Discharge (gal/hr)	Proposed Pump Capacity Head (m)	Proposed Pump Capacity Pump level (GL-m)	Proposed Ground Tank Capacity (gal)	Remarks
Myingyan Township	1	Pyawt	Chinmyikyin	476	559	8,384				200			1,000	170		3,000	
	2	Ywatha	Ywatha	2,800	3,288	49,315				200			3000 x 2	270		8000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	3	Koke	koke	2,500	2,935	44,031	-14	-56	5,275	200	5,000	170	-	-		15,000	Test Well
	4	Koke	Ywathaya	1,554	1,825	27,370				200			4,000	170		9,000	
	5	Taywinbo	Kyaungbyugan	1,000	1,174	17,613				200			2,000	170		6,000	
	6	Pya	Pya	3,038	3,567	53,507				200			3000 x 2	170		9000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	7	Kuywa	Kuywa	2,061	2,420	36,299				300			2500 x 2	270		6000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	8	Saka	Saka	1,001	1,175	17,630	-46	-54	8,176	300	3,000	170	-	-		6,000	Test Well
	9	Gwebinyo	Gwebinyo	236	277	4,157				200			1,000	170		2,000	
	10	Gwebinyo	Taungshe	1,000	1,174	17,613				200			2,000	170		6,000	
		Total		15,666	18,395	275,918											
Chauk Township	1	Gwegyo	Sharbin	1,200	1,409	21,135				300			1000 x 2	270		4000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	2	Thittogan	Sudat	1,058	1,242	18,634				300			1000 x 2	270		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	3	Thittogan	Sangan	700	822	12,329	-178	-179	1,200	300	1,500	270	-	-		4,000	Test Well
	4	Thalonthwe	Pyaywa	800	939	14,090				300			1000 x 2	270		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	5	Kywedat	Kywedatywama	1,000	1,174	17,613				300			2,000	270		6,000	
	6	Suyitkan	Kyeiksu S	456	535	8,031				200			1,000	170		3,000	
	7	Swebaukkan	Zigyobin S	450	528	7,926				300			1,000	270		3,000	
	8	Wetthesan	Thayetpin	1,150	1,350	20,254	-315	-315	1,600	300	-	-	1,500	330		4,000	Test Well
	9	Swebaukkan	Yela	957	1,124	16,855				300			2,000	270		6,000	
	10	Thanbo	Kyauktaing	557	654	9,810				300			1,000	270		3,000	
		Total		8,328	9,778	146,677											
Magway Township	1	Kanthagyi	Kanthagale	1,146	1,346	20,184	-107	-107.85	3,560	200	2,000	170	-	-		7,000	Test Well
	2	Kyitsonbwe	Kyitsonbwe	5,000	5,871	88,063	-163	-164.8	642	200	1,000	170	-	-		3,000	Test Well, Exst.10000gal/hr
	3	Payapyo	Payapyo N	1,045	1,227	18,405				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	4	Thabyesen	Minwa S	540	634	9,511				200			1,000	170		3,000	
	5	Thabyesen	Thabyesen N	250	294	4,403				200			1,000	170		2,000	
	6	Leya	Taungyartaw	470	552	8,278				200			1,000	170		3,000	
	7	Papaesan	Ywataw	224	263	3,945				200			1,000	170		2,000	
	8	Kunon	Yonekone	815	957	14,354				200			2,000	170		5,000	
	9	Alebo	Inbinkan	610	716	10,744				200			1,500	170		4,000	
	10	Alebo	Ywakuitsan	145	170	2,554				200			1,000	170		2,000	
		Total		10,245	12,029	180,440											

表3.7.1　対象村落における生産井の建設計画(4/4)

Township	No.	Village Tract	Village	Population 2001	Population 2010	Water Demand in 2010 (gal/day)	Proposed Well Structure (*Result of Test Well*) W. Level (GL-m) Static	W. Level (GL-m) Dynamic	Pumping test Discharge (gal/hr)	Well Depth (m)	Pump for Test Well Dischg. (gal/hr)	Pump for Test Well Head (m)	Proposed Pump Capacity Discharge (gal/hr)	Proposed Pump Capacity Head (m)	Proposed Pump Capacity Pump level (GL-m)	Proposed Ground Tank Capacity (gal)	Remarks
Pakokku Township	1	Padaingchone	Myauklukan	1,800	2,114	31,703				200			2,000	170		5,000	Exst. 2000gal/hr
	2	Magyithonepin	Magyithonepin	350	411	6,164	-194	-196	66	300			1,000	270		2,000	Test Well, Reconstruction
	3	Kanyet	Kyauksayitkan	750	881	13,209				200			1,500	170		5,000	
	4	Kyathto	Anaukponekan	950	1,115	16,732	-96	-110	3,560	200	2,000	170	-	-		6,000	Test Well
	5	Chaukkan	Chaukkan W	1,432	1,681	25,221				200			1,500	170		4,000	Exst. 3000gal/hr
	6	Kyathto	Kyathtoe	577	677	10,162				200			1,000	170		4,000	
	7	Palan O	Palan O	2,700	3,170	47,554				200			1000 x 2	170		3000 x 2	Exst. 1000gal/hr 2 well facilities will be constructed.
	8	Sabae	Sarkyin	800	939	14,090				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	9	Palan O	Kanpauksu	730	857	12,857				200			1,500	170		4,000	Exst. 2000gal/hr
	10	Sabae	Sabae W	1,444	1,695	25,432				200			1000 x 2	170		3000 x 2	Exst. 300gal/hr 2 well facilities will be constructed.
		Total		11,533	13,542	203,125											
Myothit Township	1	Ledaingzin	Thamya	2,500	2,935	44,031	-122	-124.1	1,780	200	2,000	170	*3000	*170		6,000	Test Well, *Exst. 3000gal/hr(damaged)
	2	Ledaingzin	Ledaingzin N&S	3,000	3,523	52,838	-69.6	-72.5	5,930	200	3,000	170	1,500	170		8000+4000	Test Well, Exst. 2440gal/hr
	3	Yebye	Natkan	1,200	1,409	21,135				200			1,500	170		4,000	Exst.1500gal/hr
	4	Ledaingzin	Aungmyinthar	750	881	13,209				200			1,500	170		5,000	Exst.1500gal/hr
	5	Ledaingzin	Pogyi	2,000	2,348	35,225				200			1000 x2	170		3000 x2	Exst.1000gal/hr 2 well facilities will be constructed.
	6	Yondaw	Myinsu	390	458	6,869				200			1,000	170		3,000	Exst.3000gal/hr
	7	Gwegyo	Gwegyo W	900	1,057	15,851				200			1000 x 2	170		3000 x 2	2 well facilities will be constructed.
	8	Yondaw	Yondaw	2,568	3,015	45,229				200			1500 x 2	170		5000 x 2	Exst.1500gal/hr 2 well facilities will be constructed.
	9	Wagyiaing	Wagyiaing	3,000	3,523	52,838				200			1000 x 2	170		3000 x 2	Exst.500gal/hr 2 well facilities will be constructed.
	10	Wagyiaing	Ngwelay	1,500	1,761	26,419				200			1,500	170		4,000	Exst.3000gal/hr
		Total		17,808	20,910	313,644											
Yesagyo Township	1	Pyiba	Byiba	804	944	14,160				200			1,000	170		2,000	Exst.1200gal/hr
	2	Thitkyidaw	Thitkyidaw	3,000	3,523	52,838	-15.7	-22.4	10,549	200	5,000	170	-	-		12,000	Test Well, Exst. 1800+500gal/hr
	3	Wetkdaw	Thitkaukseik	655	769	11,536				200			1,500	170		4,000	exst.2400gal/hr
	4	Zedaw	Seywa	1,070	1,256	18,845	-25.1	-25.4	9,587	200	2,000	170	-	-		6,000	Test Well, Exst. 400gal/hr
	5	Salingon	Sattwa	637	748	11,219				200			1,500	170		4,000	Exst.1350gal/hr
	6	Kyaukka	Chinyagone	692	813	12,188				200			1,500	170		4,000	Exst.2000gal/hr
	7	Kyaukka	kyaukka	420	493	7,397				200			1,000	170		3,000	Exst.?gal/hr
	8	Kyaukka	Kyauktaga	326	383	5,742				200			1,000	170		2,000	Exst.?gal/hr
	9	Tangedaw	Zidaw	640	751	11,272				200			1,000	170		4,000	Ex.750gal/hr
	10	Tangedaw	Kunthigan	700	822	12,329				200			1,500	170		4,000	Exst.6000gal/hr
		Total		8,944	10,502	157,526											
		Ground Total		117,077	137,468	2,062,020											

2）計画実施期間と実施の方法

本計画は DDA の「村落給水整備の 10 ヵ年計画」と連携し、その実施促進を図ることを目的とする。本計画の工事を 2004 年度から開始し、DDA が実施する工事に 5 年間程度要するものとすると 2008 年度に計画が完成する。これによって、DDA の「10 年計画」の最終年である 2009 年度には、各対象村落に水供給が実現することができる。

DDA が現在保有している既存掘削機械 5 台は、「10 ヵ年計画」の実施に組み込まれているが、これだけでは「10 ヵ年計画」の計画達成が不可能であり、さらに 7～8 台程度の井戸掘削機械を必要とする。本調査の試験井建設に投入された 3 台の機械も調査終了後、「10 ヵ年計画」に基づいて、現場に配備される予定である。また、2001 年に新規導入された北部シャン州給水計画用の 2 台も既に稼動している。従って、DDA が所有する既存掘削機には、ここに提案する計画の実施に投入する余裕はない。一方、JICA が本調査の試験井掘削のために 2002 年に投入した 300m 級の井戸掘削機械 1 台は、調査の過程で消耗したスペアパーツやアクセサリーを補充することを前提に、本計画に投入することが可能である。これらを前提として、計画井戸本数を 5 年間に完成させるためには、新たに深度 200m～300m級の井戸建設に対応可能な掘削機 2 台とその他の支援機材及び関連資機材が必要となる。

さらに、現地には数千に上る既存井戸があり、中には老朽化による揚水量の低下やポンプの故障により放置される場合もある。DDA には既存井戸の補修機材がなく、このような井戸に対処できない。よって、本計画において井戸補修機材を調達し、合わせて井戸補修技術の移転を行うことにより、能力の低下した既存井戸施設が改修され、揚水量が回復されれば、既存施設の再利用が可能となる。これにより、永続性のある地下水開発体制を構築することが可能となる。

DDA は 1983 年と 1986 年、前身である General Affairs Department として JICA が実施した 11 地方都市を対象とした２つの給水計画におい供与された、6 台の井戸掘り機械と関連機材及び井戸資材を使って、独自に計画を実施した経験を有しており、ここに提案する計画においても同様に必要な資機材が調達されれば、工事実施は自国の予算措置を講じて実施する事が可能である。

3）資機材調達計画と費用

本計画の内容を実施するために必要な機材調達は表 3.7.3 の通りである。これらには、井戸 120 本の建設に要する各種機械、支援機材、井戸材料、調査機器等がふくまれ、既存井戸の修復機材、井戸現場で発生する材料の加工や補修に対応できる移動式ワークショップが含まれる。

また、ミャンマー側の実施内容は、ポンプ小屋、貯水タンク、小配管等の建設及び井戸建設工事にかかる機材の燃料費、人件費及び全ての経費である。

表 3.7.3　計画調達資機材

	機械用途	機械名	仕様	数量
1	井戸掘削機械	1) トラック搭載型井戸掘削機	深度 300m 級	2 台
2	井戸掘削機械用ツール、アクセサリー	1) 掘削ツール、アクセサリー	深度 300m 級用	2 式
		2) 掘削ツール、アクセサリー	JICA 調達掘削機(Top 500)用（DDA 所有の既存リグの消耗部品含む）	1 式
3	関連支援機材	1)エアコンプレッサー		3 台
		2)重量運搬トラック		2 台
		3)中型資材運搬用トラック		2 台
		4)給水車	8m3、4WD	3 台
		5)作業用ピックアップ	4WD、W-キャビン	4 台
		6)移動式ワークショップ	アクセサリー、ツール含む	1 台
		7)トラック搭載型井戸補修機材		1 式
		8)揚水ポンプ機材		3 式
4	井戸資材	ケーシングφ12”		3,600m
		ケーシングφ6”		22,270m
		スクリーンφ6”	ステンレス巻線型	3,930m
		セントライザー等		1 式
		ベントナイト、CMC		1 式
5	井戸ポンプ	エンジン駆動式容積型ポンプ	1000gal/hr～5000gal/hr	121 台
6	調査機材等	孔内検層機	400m 深度対応	1 式
		水質分析機具		1 式

また、現地側にて調達すべき資材は以下の通りである。

表 3.7.4　現地調達資材

材料	数量
セメント	1 式
砂、グラベル	1 式
ジーゼル燃料	1 式
その他	1 式

これらの海外から調達されるべき資機材の予算は 9.0 百万 US ドルと見積もられる。現地側の建設費は 35 万 US ドルと見積もられる。

4）維持管理計画

本計画の主要施設は井戸及び井戸ポンプと付属機材及び貯水タンクであり、本地域の幾つかの村ではこれまでも同様な施設が建設され村人によって維持管理されてきている。対象村落においては、概ね水委員会が組織されており、既存の溜池や井戸等の施設の維持管理や衛生改善等の活動を実施している。本調査において建設される施設も同様に水委員会の責任に

負う事となる。対象村落では乾期に周辺にある深井戸まで水汲みにいっており、深井戸の管理運営に関する基本的知識は有していることから、実際の運営指導を通じて施設の維持管理が可能となることが期待される。各村落は本計画の実施機関である DDA が管轄するタウンシップ開発委員会に所属しているため、供用後に村落で対応できない事態が発生した場合には、タウンシップ開発委員会の支援を受けることができる。また、各タウンシップには技術員が常駐しており、各村落との良好な関係に基づいた支援体制が構築できる。また、村落に対する定期的な水使用や衛生に関する啓蒙、施設の維持管理方法の講習等についても、タウンシップが積極的に関与する必要がある。

井戸建設機械の維持管理は DDA の責任であるが、DDA には今のところ大型機械を修理できるワークショップが整備されていない。DDA は、関連機械を含めると 10 数台の大型車両や各種機械を有しており、今後の計画の遂行のためには更に関連機械を導入する必要があるため、これら機械の維持・補修体制が不可欠である。本計画の実施を前提とした場合、当面は他の省庁が有しているワークショップを利用することが有効である。地下水開発事業を実施してきてきた WRUD には、熟練した技術陣を擁したワークショップがあり維持補修体制が整えられている。他にも鉄道省、石油開発公社等のワークショップの協力も考えられるが、省庁間の調整に関するため中央政府の積極的な関与が重要である。

（2）地下水を十分に利用できない村落に対する代替案

対象村落の近隣には年間を通じて利用可能な河川はない。従って、地下水を十分に利用できない村に対しては、ア)従来利用してきた溜池をできるだけ長期間利用するための方法、イ)屋根に降った雨水の貯留方法、ウ)給水車による給水が考えられる。

これらのうちア）は溜池の浚渫や周辺水路の流向変更であり、掘削作業により対応可能である。ただし、水路の切り回しには地形条件を踏まえた技術的検討が必要である。イ）は、民家を対象とする場合と村の集会場等の公共施設を対象とする場合が想定され、どの場合も比較的簡易な構造物である。資材も現地で調達可能なものであり、建設方法も簡便である。建設費は 1 基当たり 1,000US＄から 1,500US＄と想定される。ア）、イ）案とも施設建設には、村民の労働提供を前提とすることが望ましい。

ウ）はあくまで非常時の対処には有効であるが、恒久的な対応策には適さない。よって、地下水利用が十分できない村においては、ア）及びイ）の採用により、雨水の利用率を向上する方法が有効である。これら方法の導入に当たっては、DDA の支援による住民参加型プロジェクトによる実施が望ましい。参考として屋根を利用した雨水集水装置の形態を図 3.7.7 に示す。

3.8　財務・経済分析

水料金は、施設の運転経費と一般的な補修費が賄えることと、住民の収入に占める水道料金の支出を考慮し、20～25Ks/50gallon 程度が妥当であると判断した。

事業実施において補助金を入れない場合、FIRR 7.0%程度を確保するためには、水料金を80Ks/50gallons 程度にする必要が有ると試算された。これは対象地域の村落の支払い可能額を大幅に越えているため、本事業の実施は補助金を前提とすることが妥当である。そこで、初期投資額のうち機材調達費、及びポンプ更新費の約半分を補助金で賄うと仮定した場合、水料金が 20Ks/50gallons で FIRR が 7.0%と算定された。

一方、経済分析において、本事業の便益として、乾期の他村への水汲み時間の減少分を賃金労働への転化、水料金の低減による使用水量の増加、および衛生環境の改善による医療費の低減等を考慮すると EIRR が 5.7%と算定された。これらの結果は十分ではないが、本事業が貧困農村への生活用水供給を目的とした BHN の案件であることを勘案し、その実施は妥当であると判断される。

3.9　技術移転

現地調査は調査団員とカウンタパート側技術者の連携の下、協力しながら実施された。主な技術移転は以下の通りである。

(1) 試掘井の建設

日本人技術者 2 名の指導の下、DDA の井戸掘削班 4 チームが約 8 ヶ月間にわたる 23 本の調査井建設を通して井戸掘削技術の再教育を実施した。DDA 井戸掘削技術者のこれまでの経験から現場における応用能力の高さを示したが、基礎的な掘削管理技術の知識と 200m 以深の井戸掘りの経験が不足していた。そのため、泥水管理や地層による掘削速度の管理、井戸検層等の基礎理論を中心に再教育した。この訓練によって、200m 以深の井戸を掘ることの実践的な掘削技術を習得した。

(2) 物理探査調査

これまで、DDA には水理地質用の探査機材がなかったため、地域の水理地質特性が十分に把握されないまま井戸が掘削されてきた。水理地質技術者も数名しかいなかったこともあり、全国で展開される井戸建設に対応することが難しかった。本調査において電気探査機と電磁探査機が 1 台づつ納入され、調査団は DDA 土木技術者との連携により 4 ヶ月をかけて 110 の全ての対象村落において電気探査を実施した。一方、電磁探査は DDA にとって未経験の技術であったが、1 ヶ月間にわたり電磁探査を実施し、電気探査では把握が難しかった 15 村落において精度の高い水理地質データを得ることができた。これらの現地調査を通じて、DDA の技術担当者は調査機材の操作方法および結果の解析手法等を習得した。DDA は、こ

れらの調査技術の優位性を認識し、サガイン管区における水理地質調査を計画している。

(3) 井戸データベースの構築

これまで建設された井戸資料の管理体制がなくデータの種類も統一した規格もないため、データを収集し解析して地域の水理地質状況を把握することが難しかった。本調査においてコンピュータと GIS ソフトを提供することにより、将来の井戸建設の基礎資料とするという明確な目的をもって、DDA の技術者との共同作業によりデータベースを構築した。また、記録すべきデータを厳選し収集データ表に基づいて、DDA の技術者の協力により、調査対象の 11 タウンシップから入手可能な 1200 本の既存井戸のデータを収集し入力した。今後データの拡充を図りより効率的な地下水開発のツールとしての利用が期待される。DDA はデータベースの完成に当り、その管理運営のため、本調査において提供したコンピュータを含め 10 台ほどのコンピュータと 10 名ほどの技術者とオペレータを擁するコンピュータ専門部署を創設した。現在、このデータベース構築で習得したノウハウを使って、全国に展開する州事務所及びタウンシップ事務所からのデータを収集し、地下水を始めとする生活基盤施設に関するデータベース化に取り組んでいる。

3.10　結論と勧告

セントラルドライゾーンにある村落は、その厳しい自然条件下において生活用水の確保のため多大な労力や費用をかけている。提案プロジェクトはミャンマー政府が当地域で推進している水供給改善事業の一環としてなくてはならないものと位置付けられる。当計画は地下水により、110 村落に住む 137,000 人（2010 年）に安全で十分な生活用水を提供することができる。本計画において深井戸による地下水開発を予定する 110 村は、「村落給水整備の 10 ヵ年計画」で予定している深井戸建設 967 村の約 11%に相当する。これらの村々では、計画の実施によって、長時間を要する水汲み労働が軽減され、農村社会の経済活動や保健・公衆衛生の改善に貢献することができる。

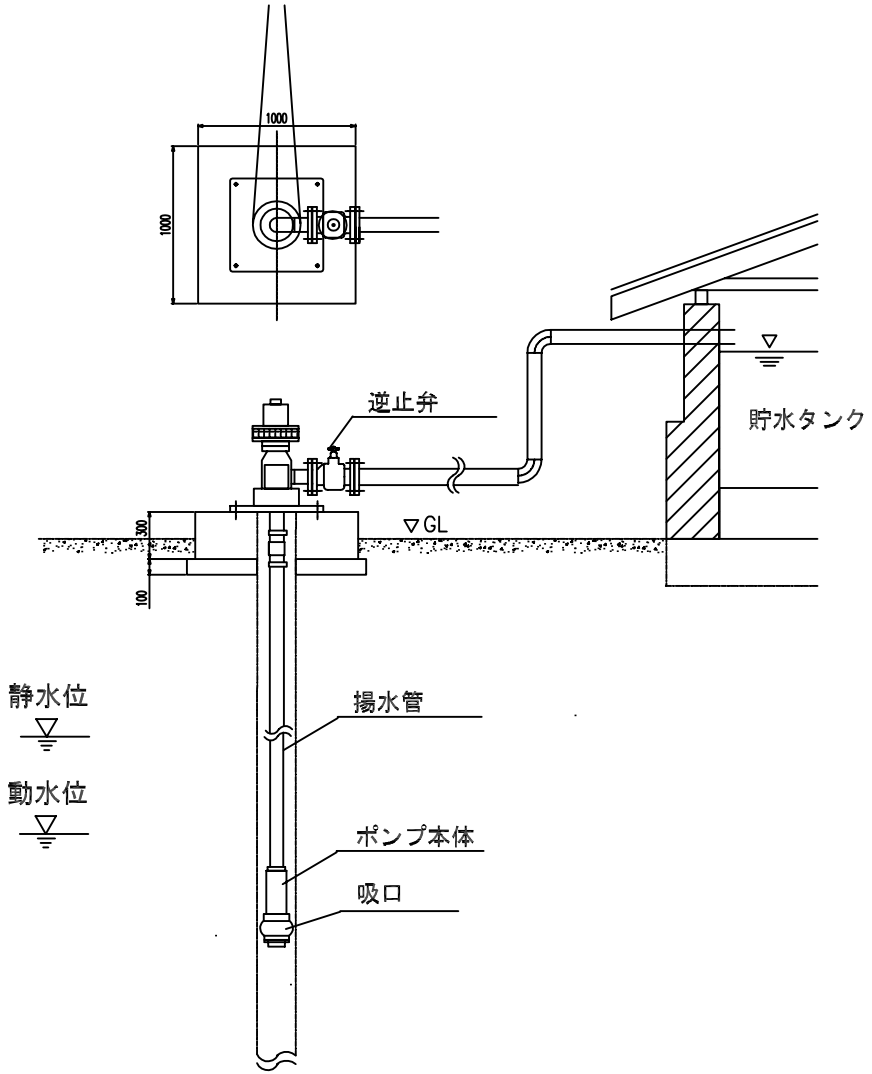
経済分析において、本事業の便益として、乾期の他村への水汲み時間の減少分を賃金労働への転化、水料金の低減による使用水量の増加、および衛生環境の改善による医療費の低減等を考慮すると EIRR が 5.7%と算定された。求められた数値の低さから、本プロジェクトを有償案件として実施するのは難しいが、本事業が BHN の案件であることの重要性を勘案すると、実施することの妥当性は高い。

先方実施機関は、本計画の実施のために経済的、技術的に十分な能力を有しているとは言えない。先方実施機関にとって本計画の実施に必要な資機材のうち、特に海外から調達すべき資機材の調達が困難である。また、過去の経験から豊富な井戸建設能力を有しているスタッフもいるが、井戸掘削機械の老朽化に加え、未熟な掘削技術者の訓練も必要である。DDA には資機材の修理体制も十分でなく、本計画の実施には他の省庁に所属するワークショップの利用を考

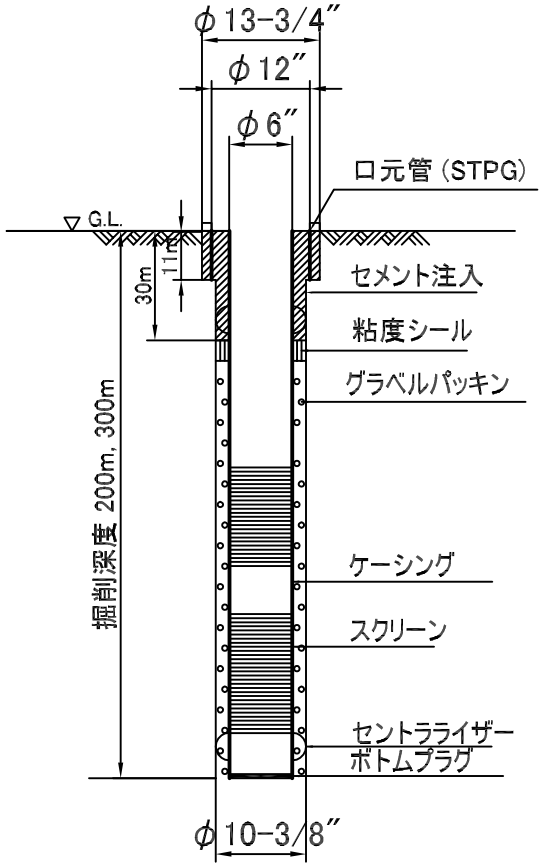
慮する。そのため、先方政府が各省庁間の調整を実施し、協力体制を構築することが求められる。

施設の完成後、村落の水委員会が水道料金の徴収を含め運営維持管理してゆく。本事業の安定的持続的運営を前提とした場合、水委員会の運営方針や財政管理の独自性は尊重されるべきではあるが、対象村落における財政力、技術力の未熟さを考慮し、実施機関である DDA の責務としての村落支援は不可欠である。そのため、DDA の本部機構に村落給水を担当する専属部署を設置し、タウンシップ事務所においても専門スタッフを置くことが望ましい。これにより、建設段階はもとより維持管理段階においても、対象村落に対する定期的モニタリングを実施し、必要に応じて施設の点検・修理、経理運営、運転技術の訓練等を実施することが望ましい。また、そのための予算措置を講ずることも不可欠である。

また、完成後のプロジェクト効果をより永続的なものにするためには、地域において活動している各種 NGO や国際援助機関の専門家ベースの連携支援等が効果的である。



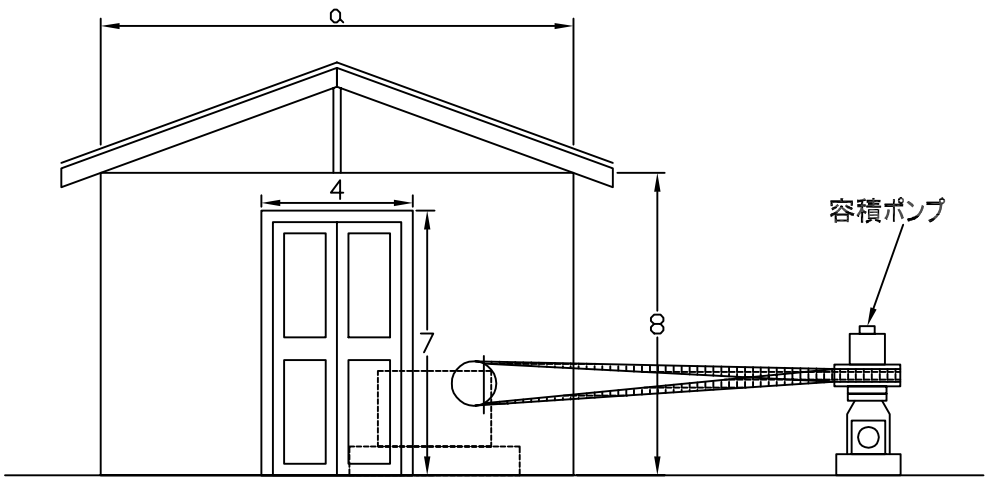
容積ポンプ



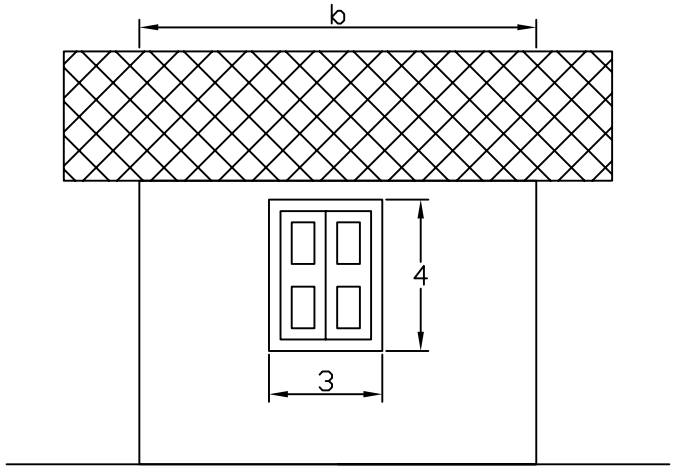
ケーシングプログラム

単位 ： mm

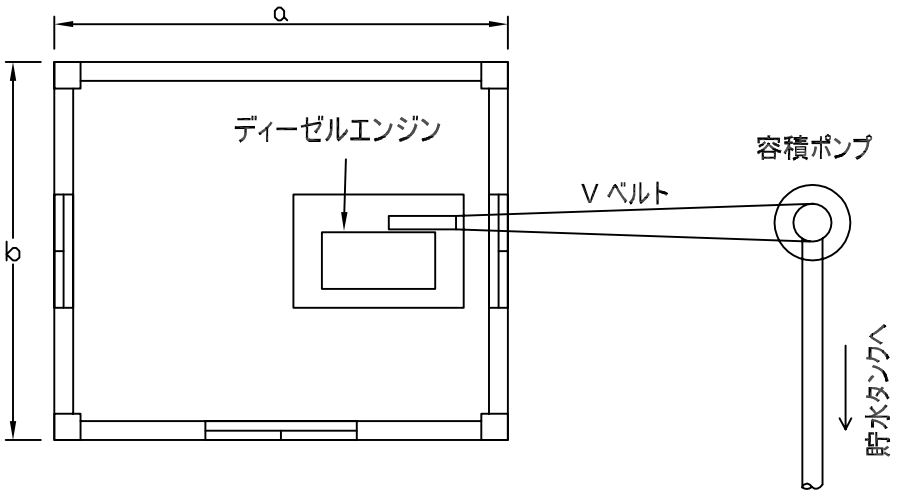
図3.7.1　井戸構造図



立面図



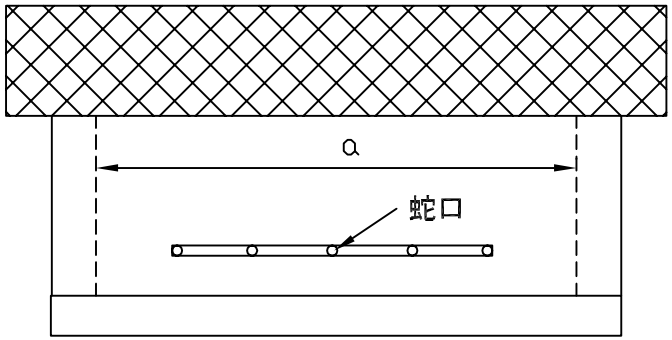
側面図



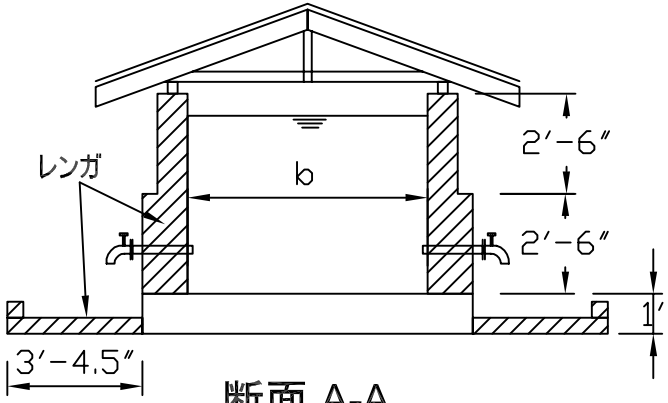
平面図

単位:feet

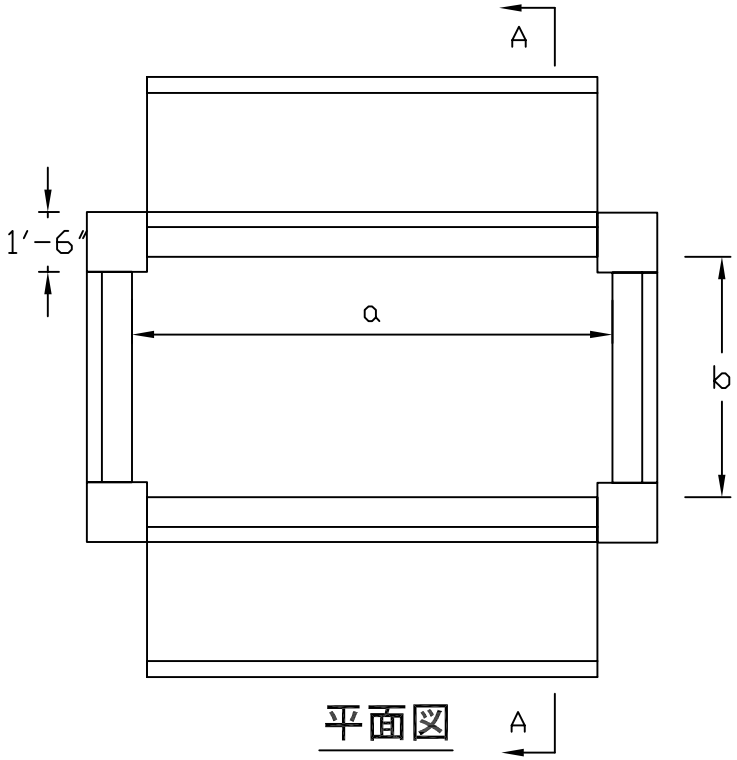
図3.7.2　ポンプ舎構造図



側面図



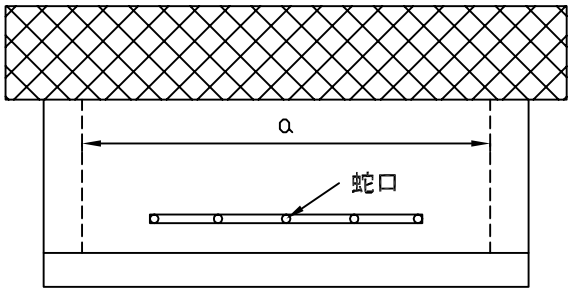
断面 A-A



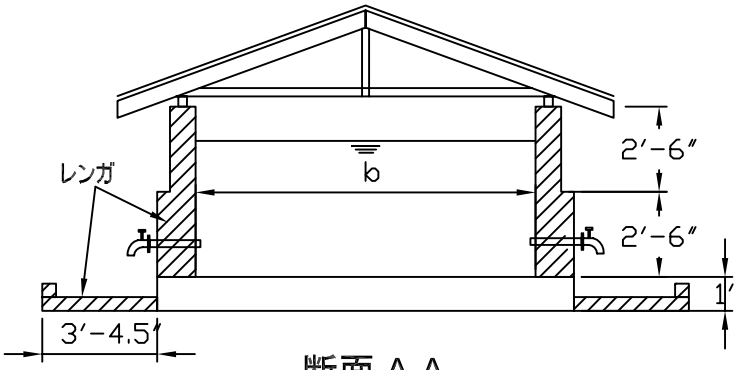
平面図

単位 : feet

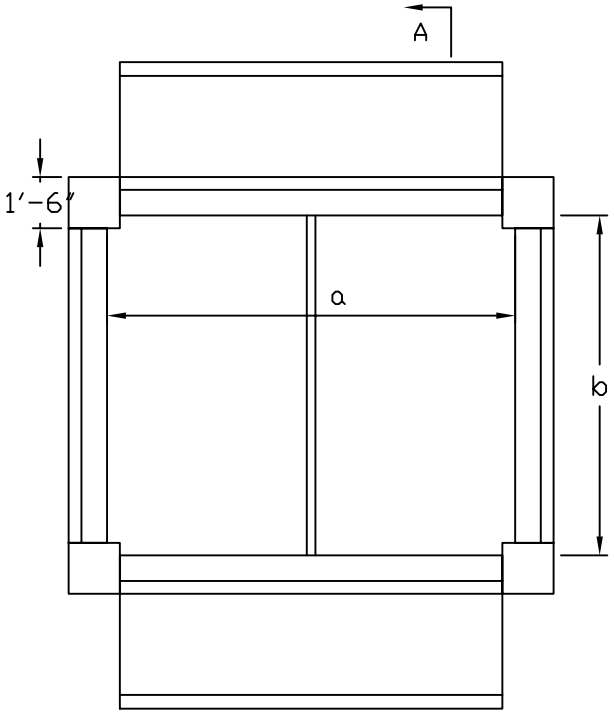
図3.7.3　配水タンク
（1000, 2000ガロン）



側面図



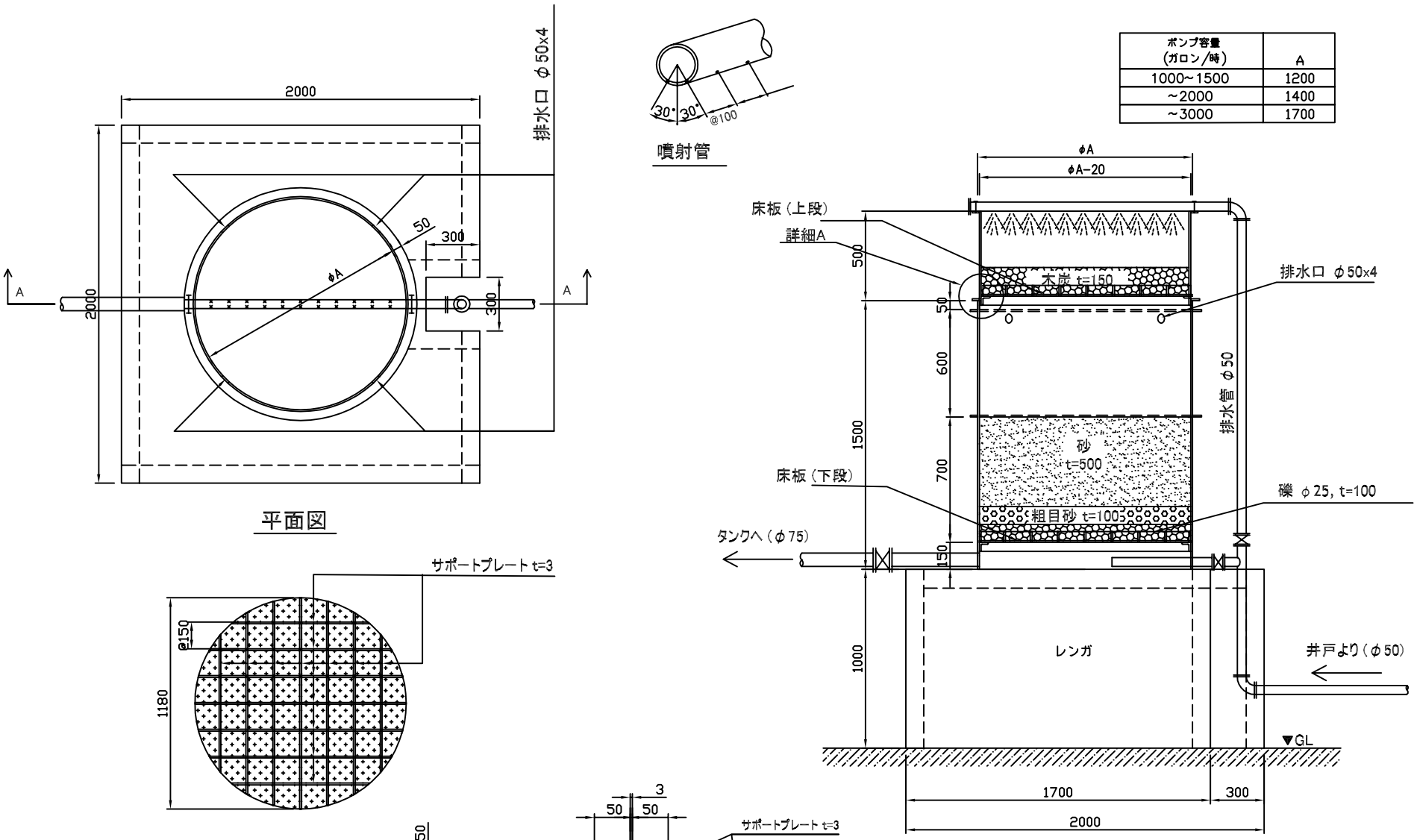
断面 A-A



平面図

単位：feet

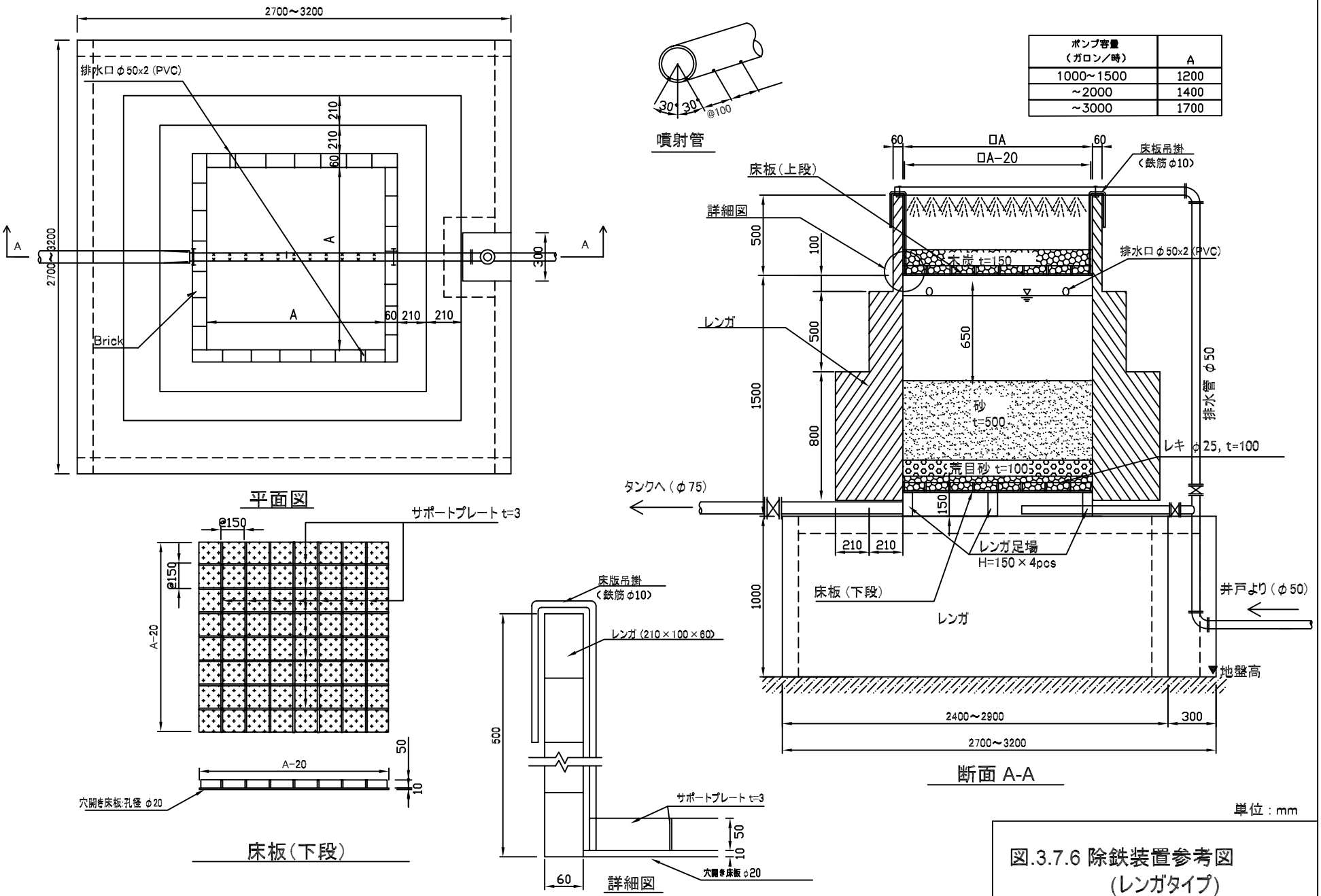
図3.7.4　配水タンク
（3000, 5000ガロン）



ポンプ容量（ガロン/時）	A
1000~1500	1200
~2000	1400
~3000	1700

単位：mm

図3.7.5 除鉄装置参考図


2700～3200
排水口 φ50x2 (PVC)
210
210
60
A
A
A
300
2700～3200
60 210 210
Brick
平面図
噴射管
30
30
@100
ポンプ容量
（ガロン／時）
A
1000～1500
1200
～2000
1400
～3000
1700
□A
□A−20
60
60
床板吊掛
（鉄筋 φ10）
床板（上段）
詳細図
500
100
木炭 t=150
排水口 φ50x2 (PVC)
レンガ
500
650
1500
砂
t=500
800
排水管 φ50
レキ φ25, t=100
荒目砂 t=100
タンクへ（φ75）
150
210
210
レンガ足場
H=150×4pcs
床板（下段）
1000
井戸より（φ50）
レンガ
地盤高
2400～2900
300
2700～3200
断面 A-A
サポートプレート t=3
φ150
φ150
A-20
50
A-20
10
穴開き床板:孔径 φ20
床板（下段）
床版吊掛
（鉄筋 φ10）
レンガ（210×100×60）
500
サポートプレート t=3
50
10
60
穴開き床板 φ20
詳細図
単位：mm
図.3.7.6 除鉄装置参考図
(レンガタイプ)