

1-7 既存の生活用水施設の状況

(1) 天水溜

(a) 分布状況及び建設時期

調査対象地域内には 39ヶ所の天水溜があり、その分布状況は 図1-23 に示す通りである。既存の天水溜は、国産筋から海岸側に広がる地域で、アンボボンベ及びアンボンドロの地下水及び マンボボンベ、マンドラレリの水が利用できる地域特に アンボボンベとアンボンドロの中間地帯に多く分布している。これを県郡別に整理すると次の通りである。

県郡別 天水溜 分布状況

県	郡	個数
Ambovombe	Ambanisarika	10
	Ambonivo	5
	Ambondro	5
	Ambovombe	6
	Erakoka	3
	Sihanamaro	3
	小計	32
Tsihombe	Antaritarika	6
Amboasary	Sampona	1
合計		39ヶ所

二以上の既存天水溜の建設された時期は

- ① 1973年以前は 3ヶ所
- ② 1974 ~ 1977年 31ヶ所
- ③ 1978 ~ 1979年 4ヶ所

とされており、特に 1975 ~ 76年の4ヶ所大部分の24ヶ所が建設されており、これは FED 資金により施工されている。

(b) 天水溜の規模

既存天水溜の規模は表 4-9 に示す通りであり、平均的規模は、

集水面積	910 m ²
貯水槽容量	145 m ³

とされている。この規模の天水溜は、1人用 5日分の生活用水の使用可能とすると、約 230人の住民の生活用水を確保できることになる。

(c) 施設の現状

既存天水溜 39ヶ所の施設の現状は、下記の通りである。

現状のまま使用可能	31ヶ所
集水庭の補修必要(植物繁茂)	3ヶ所
貯水槽の補修必要(亀裂による漏水)	3ヶ所
集水庭・貯水槽の補修必要	1ヶ所
集水庭の補修・貯水槽の改修必要	1ヶ所

揚水方法としては 35ヶ所の天水溜に手動ポンプが設置されていたが、全て故障しており使用不能であり、全ての天水溜においてバケツによる汲み上げ方式であった。

周辺の柵については、家畜の進入を阻止するためにサボテン、サゲル等による防護柵があるものの、水汲みのための出入口より家畜が進入でき、集水庭が家畜の糞尿により汚染されているヶ所が多々見られた。

貯水槽の蓋はコンクリート製・木製とあるが、施錠できるようにしており、夜間の盗水を防ぐ等の管理はされており、限られた貴重な水であるとの意識が感じられる。

(d) 利用状況

天水溜が設置されている地域には井戸はほとんどないか或いはあっても塩分濃度が高く飲料水として不適当な水であるため、各村共に天水溜は大事に使用している。

天水溜が使用される期間は、それを使用する人数若人への配水量により差はあるが、年間を通じて5~6ヶ月間程度である。天水溜の水は雨水を貯溜したものであるから水質が良好なため、管理者を置いてはいるが、配水量が自然と多くなると、1ヶ所の天水溜の利用人口が多すぎること等から、乾季まで貯溜水を保持することができない状態となっている。

乾季において水が不足する時には、河川に近い住民は河川を利用し、河川から遠い住民は Amboumbe, Ambondro からの売水に頼っている。従って、売水に頼っている住民の場合には、飲料水を購入するために費す金額は必然的に家計の中で大きな比重を占めることとなる。かなりの部落では年間の収入の大半を水の購入にあてている状況である。

このような状況を見聞するにつけて、天水溜の水の利用に関する管理体制の確立或いは強化と共に1ヶ所天水溜の利用人口を今より減らすことが、住民への飲料水の供給と共に住民の経済負担を軽減することになると痛感する次第である。

图 1-23 既存天水溜位置图

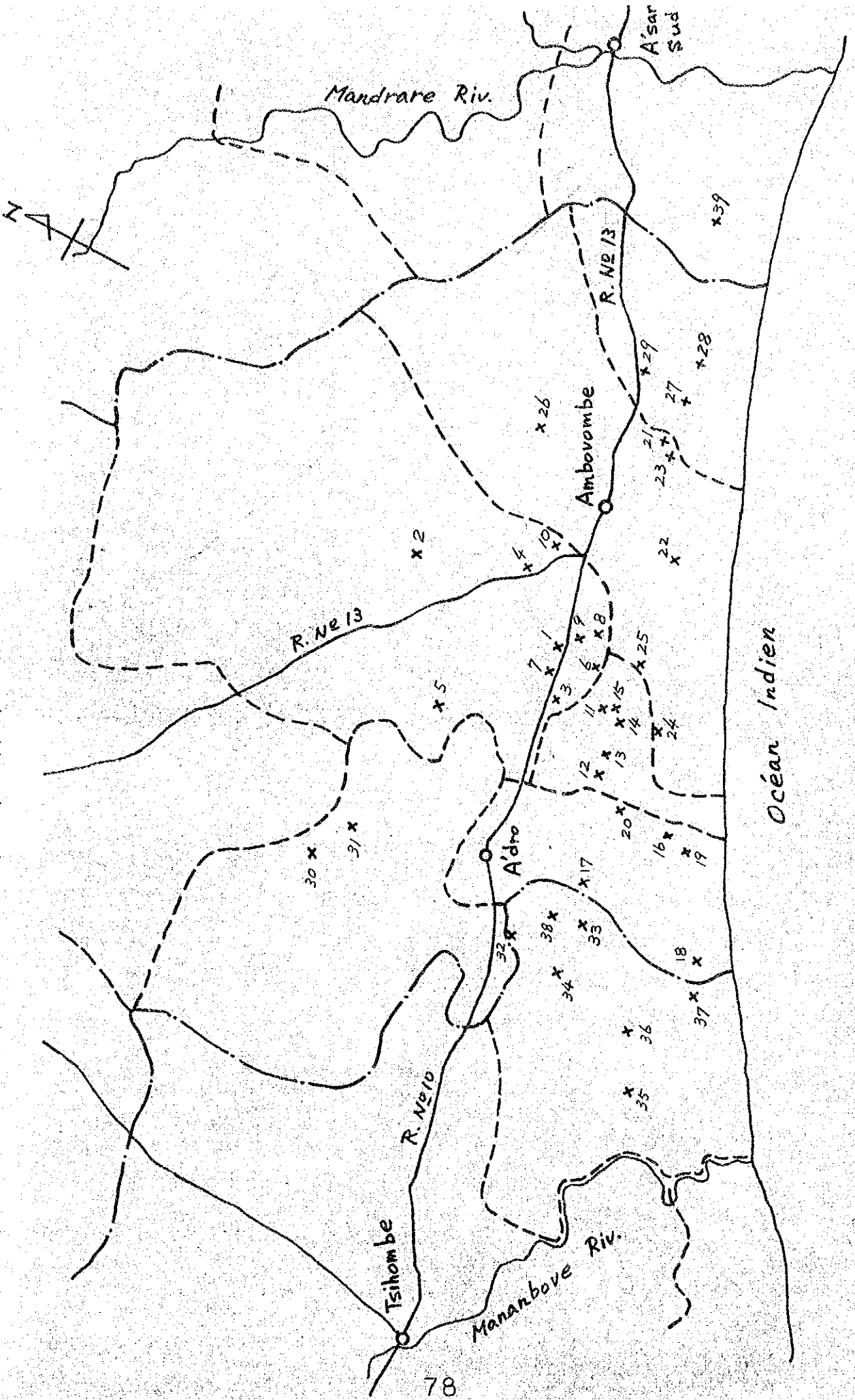


表1-8 既存天水池一覽表

No.	所在地(村)	郡	建設年月	施設規模			備考
				果水庭 m ²	貯水槽 m ³	泥溜の H×B×D	
1	Ambarisariky	Ambarisarika	1971	925	186	H×B×D 1.1×0.9×1.2	
2	Ampamolora	"		1211	124	1.0×1.0×0.9	
3	Anafondraoay	"	1973~5	799	132	"	
4	Androhondroho	"	1975~6	822	141	0.5×1.5×0.7	
5	Ankazomarinitsy	"	1977	722	141	0.5×1.5×0.6	要補修
6	Ankiliabo	"	1976	978	153	0.6×1.5×1.0	
7	Etsoka	"	1977.7	983	156	1.2×1.55×0.9	
8	Mahaloto	"	1977.1	997	135	0.8×1.35×0.95	
9	Morofoty	"	1976	995	161	0.9×1.65×0.95	
10	Safiry(Salamena)	"	1979-6	797	147	0.95×1.35×0.9	
11	Anandraosa	Ambarivo	1976-7	793	134	0.9×1.6×0.95	
12	Ankaran-doha	"	1976-12	997	140	"	
13	Belalitsy	"	1977-3	995	142	0.9×1.5×0.9	
14	Marolava	"	1976-11	1017	153	0.9×1.7×0.9	
15	Sitanamaie	"	1978-6	1007	136	0.9×1.5×0.8	要補修

NO	所在地(村)	郡	建設年月	施設規模			備考
				集水庭	貯水槽	泥溜り	
16	Ambazoa	Ambondro	1975~6	1470	194	0.9x1.5x1.0	字補修
17	Ankilimiarjo	"	1975	783	130	0.95x1.5x0.95	
18	Berehaka	"	1972-4	893	162	1.0x1.0x0.7	貯水槽天井破壊
19	Malaindoza	"	1975-8	784	145	0.8x1.6x0.85	
20	Tsifatara	"	1978	970	128	0.95x1.7x0.9	
21	Ambazoamirafy	Ambovombe	1976-2	818	166	0.87x1.45x1.0	
22	Ikanka	"	1975-3	1262	198	0.7x1.6x0.83	
23	Maromalay	"	1975-8	800	140	0.8x1.65x0.95	
24	Mitreaky	"	1977	798	157	0.9x1.5x0.95	
25	Mokofo	"	1975-10	1018	143	1.0x1.6x0.9	
26	Sarihangy	"	1975~6	782	129	0.9x1.5x0.95	Sarihangy Sud
27	Ankilihogo	Eraokoka	1976-11	985	164	1.1x1.7x0.95	
28	Antanisoa	"	1975~6	799	138	0.9x1.6x1.0	
29	Betsimeda	"	1976-3	660	115	0.9x1.65x0.9	
30	Ampamatahetiky	Shihanamaro	1974	983	180	0.95x1.05x1.1	
31	Benonoka	"	1976	1020	150	0.85x1.65x0.95	Ankilimiharotsy

No.	所在地(村)	郡	建設年月	施設規模			備考
				基水庭	貯水槽	泥溜り	
32	Miandra (Manja)	Shitanamaro	1976-4	792	135	0.8x1.6x0.8	
33	Ambaro	Antaritarika	1979-5	980	131	0.65x1.3x0.8	
34	Ambatovato	"	1976	816	131	0.9x1.5x0.8	
35	Ananakania	"	1975	785	129	0.9x1.5x1.0	
36	Anjira	"	1976-6	793	131	0.55x1.4x0.35	
37	Antanimihery	"	1975	818	127	0.5x1.5x0.9	
38	Antsakamanga	"	1975~6	780	147	0.9x1.5x0.9	
39	Sampona	Sampona	1961	884	93	1.7x1.4x0.8	

表 1-9 天水溜 水質分析一覽表

名 称	Ambanisarika	Mokoko	W H O	
			最大限值	最大許容値
採 水 日				
採 水 層				
水素イオン濃度 (PH)			7.0~8.5	6.5~9.2
重 炭 酸 HCO_3 (PPm)	82.3	103.7		
塩 素 Cl (PPm)	12.0	17.3	200	600
亜硝酸性窒素 (PPm)				
硝酸性窒素 (PPm)			10.2	
アンモニア性窒素 (PPm)	< 0.5	< 0.5		
硫酸 SO_4 (PPm)		0	200	400
全 硬 度 (PPm)			500	1000
カルシウム Ca (PPm)			75	200
マグネシウム Mg (PPm)			50	150
マンガン Mn (PPm)	< 0.05	<< 0.05	0.1	0.5
鉄 Fe (PPm)	< 0.1	<< 0.1	0.3	1.0
電気伝導度 $\mu S/cm$	570	550		
蒸発残留物 (PPm)	151	142	500	1500
産熱残留物 (PPm)	66	70		

WHO : 国際保健機構 国際水道水質基準

(2) 井戸

調査対象地域内で調査した井戸は全部で119ヶ所である。このうち、現在稼働中の井戸は98ヶ所であり、残り21ヶ所の井戸は、既存のポンプに付録されているが、ポンプの故障、地下水の枯渇、井戸の埋没等が原因で利用されていないのである。

揚水方法は大半が「バケツによる汲み揚げ」が行なわれている。ポンプが使用されているのは、Tsihombe Iの上水道水源、Ambovombe Kの風車ポンプ（数回関係のみ利用）、Ambondro V（病院内）の手押しポンプ、Manavo Iの足踏ポンプのみである。

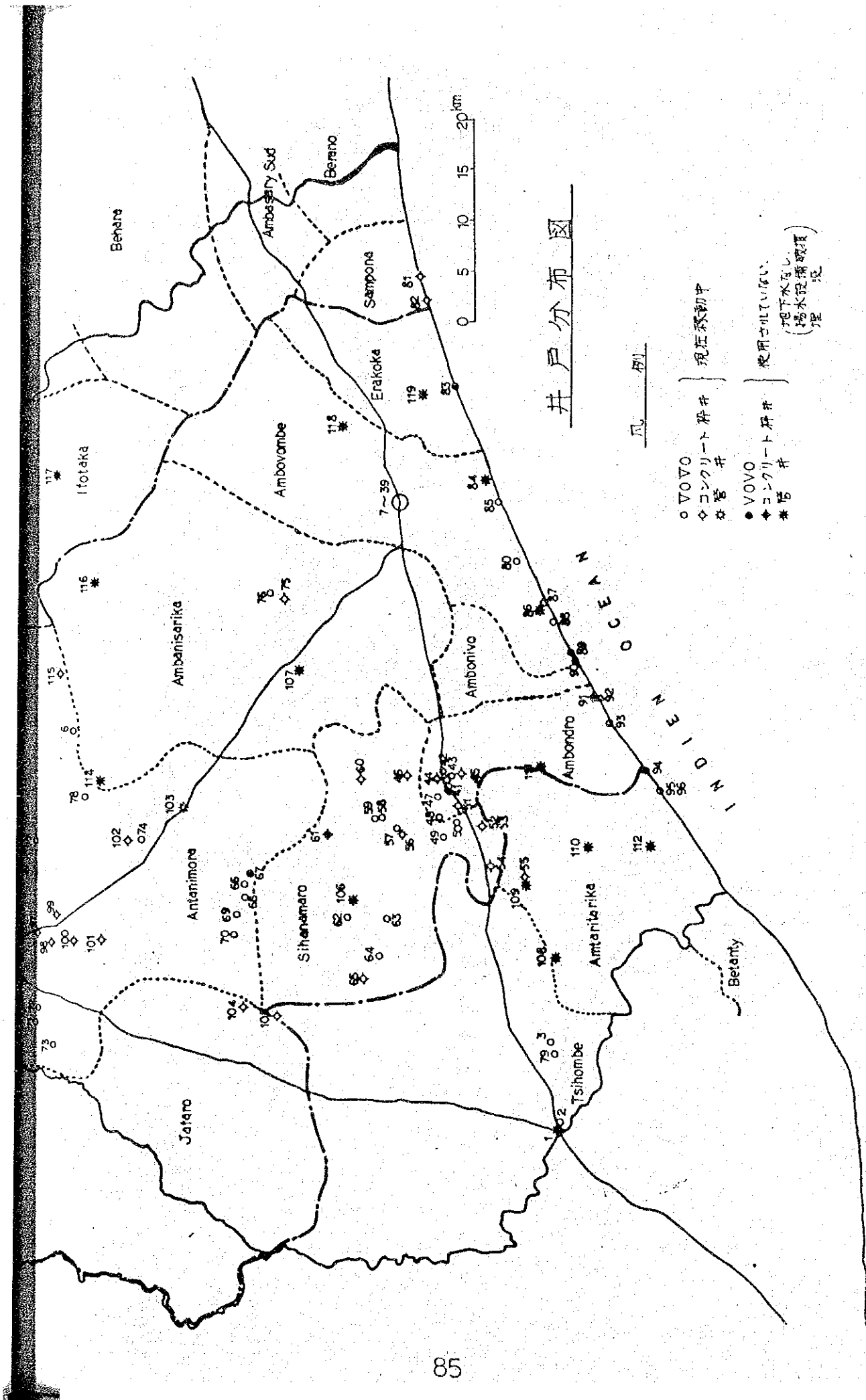
表に各行政区域別の井戸の分布状況を示したが、揚水方法はポンプを利用する4井を除き、残りの井戸がバケツによる汲み揚げが行なわれているので、井戸の個所数が各地域の水事情を判定する目安になると判断される。

なお、海岸沿いのSampona, Erakoka, Ambovombeの海岸地帯、Amboni vo, Ambondroの海岸地帯、Antarilarikaは、人口密度が高く、井戸があつて海岸線の塩かき地下水を利用しているのに、最も水不足をきたしている地域である。

また、Ambovombe市街地周辺、Ambondro市街地周辺、Sihanamaro, Antaninaraは、井戸も比較的多く、相対的に地下水に恵まれた地域と判断される。

表1-10 井戸の有無調査

県	郡	人口	井戸の口数				備考	
			7070	玉川	管井	合計		
Ambovombe	Ambovombe	28,527	21	13	1	7	42	
	Era koka	7,830	1			1	2	
	Ambanisarika	4,890	1	1		3	5	
	Ambonaiyo	3,466					0	
	Ambondro	12,595	7	4		2	13	
	Siamamapo	7,521	8	7		2	17	
Tsihombe	Antanimora	4,116	12	9	1	1	23	Jafaro 地域は井戸は新設地帯の 外は井戸は殆ど0707000に 分布の傾向を示す。
	Jafaro	9,706		1			1	
	計	78,851	50	35	2	16	103	
	Tsihombe	13,061	3	1	1		5	Tsihombeは岡の注之水道水源が あり、水事情がよいため、 Tsihombeは井戸は非常に不足している。
Amboasary	Amantitarika	14,772	3	1		4	8	
	計	27,833	6	2	1	4	13	
	Amboasary Sud	5,856					0	井戸は少ないが、Samponeに 除く地方はMandirare川に隣接 しており、河川の灌漑水が 利用されている。
Sampone	Sampone	6,363		2			2	
	Berano	2,731					0	
Ifotuka	Ifotuka	5,793				1	1	
	計	20,943	0	2	0	1	3	
合計		127,427	56	39	3	21	119	



井戸分布図

凡例

- VOVO 現在稼働中
 - ◇ コンクリート井
 - ☆ 管井
 - VOVO 使用されていない
 - ◆ コンクリート井
 - * 管井
- (地下水なし、揚水設備破損)

井戸番号	所在地 (地区名)	井戸の 深さ(m)	水位 (m)	井戸番号	所在地 (地区名)	井戸の 深さ	水位
1	TSIHOMBE (1) (MANZBEVE水系)			33	AMBOVOMBE (1)-6	13.0	12.90
2	TSIHOMBE (2)			34	" (1)-7	12.55	12.50
3	EDREHA III	1.3	1.2	35	TOTAL (1)	15.6	15.3
4	ANDRONOBE III (BEMANBA水系)			36	" (2)	14.2	14.0
5	ANTANIMURA	7.1	6.1	37	AMBOVOHBE 病院内	15.05	15.00
6	SAKAVE (LAMPASY水系)			38	" 市場内	19.65	19.55
7	AMBOVOHBE (A)-1	12.1	—	39	" 加1.7の深さ	14.75	掘削中
8	" (A)-2	13.9	13.9	40	AMBONDORO I	5.5	5.4
9	" (B)-1	12.4	12.2	41	" II	5.0	4.8
10	" (B)-2	13.5	13.4	42	" III	6.2	6.0
11	" (B)-3	7.45	7.3	43	" IV	4.5	4.1
12	" (B)-4			44	" 病院 ^(V) 井戸	掘削中	10.31
13	" (C)	11.7	11.95	45	SIANADIVA	6.0	5.9
14	" (C')	11.2	11.0	46	JANAKAFY	17.2	15.8
15	" (D)	9.45	9.3	47	NANAHIERA	約2.5	2.4
16	" (E)	13.25	12.5	48	FOMEHY	1.5~2.5	1.2~2.2
17	" (E')			49	AMBOHITSY	約2	1.7
18	" (F)	7.6	7.45	50	ANTANANDAYA	4	3.7
19	" (H1)	11.65	11.90	51	BELENBOKA	2.80	2.75
20	" (H2)	9.60	9.45	52	MIANDRA (1)	4.2	—
21	" (H3)	7.0	6.2	53	" (2)	4.15	4.15
22	" (K)-1	掘削中	22.9	54	FECONY	7.3	7.3
23	" (K)-2	20.7	20.6	55	IHONGY	15.4	15.35
24	" (K)-3	掘削中		56	SIVINAMARO JANTINAKA	6.0	5.7
25	" (K)-4	21.37	21.12	57	AMBOVOPETSY	2.5~3.0	2.3~2.8
26	(L)-1	12.7	12.4	58	TSIARAKA	約2.5	—
27	(L)-2	18.9	18.65	59	MAROFOTY	約5	約7.5
28	(U)-1	13.2	10.8	60	ITARANAKA		
29	(U)-2	13.3	13.15	61	AMPANATAHETIKY	4.1	—
30	(U)-3	11.7	11.65	62	MAROVATO	約5	約7.8
31	(U)-4	12.23	12.20	63	AMBOROKAFIKA	3.0~4.5	—
32	(U)-5	12.20	12.10	64	TSIBOASOA	約3	約2.7

井戸番号	地名	井戸の深さ	水位	井戸番号	地名	井戸の深さ	水位
65	ANKILIVALO	9.95	9.10	97	ANTSIRA 北	5.0	4.55
66	ANBARARATA	約7	6.9	98	" 南	9.80	9.60
67	LAPAROY	—	—	99	BEMANBA	11.5	8.5
68	AMBARO			100	NANCLORA	18.1	14.8
69	ANOGISA			101	IMANGORY	13.9	13.9
70	MALAINSAIKOKY			102	MANAVE (1)	27.5	20.0
71	BETAINY (I)	0.6	0.3	103	AMBARIANDRO	22.5	13.4
72	" (II)	0.5	—	104	MALIOSOA	6.65	4.10
73	AMBATORATSY	1.5	1.0	105	BETARANTA	9.25	4.00
74	MANAVE (II)	約3.3	2.8	106	ERADA		—
75	AMPANCLORA	21.5	16.8	107	MAHATOMOTSY		—
76	ANDOHALANBO	2.85	2.8	108	TSIANOHIA		—
77	ANDRANOSIRA	5.1	4.9	109	IMONGY		—
78	MITSORIAKA	約3	2.95	110	ANJIRA		—
79	SAKAMASY			111	ANKITRY		—
80	VATOBÉ			112	ANTARITARIKA		—
81	ELANJA	10.0	9.9	113	ANDRANOMASY	7.70	7.45
82	JANKOBA	14.6	14.5	114	AMBATOLAHY		—
83	AMBRETREBTREKA	7.65	7.5	115	IFOTABE	17.55	17.30
84	YOHIMAOLA	28.0	—	116	ETOLY		
85	IKONKA	6.8	6.7	117	ANKATRAFAY		
86	IONKA (I)	15.5	—	118	TSIANORITIA		
87	" (II)	4.1	3.7	119	ERAKOKY		
88	LAHINALY	4.4	4.0				
89	ANKOBAMAMY	4.7	4.5				
90	ANKOBA ANDOHILOLA	3.15	2.80				
91	MALAINDOZA (1)	20	—				
92	" (2)						
93	ANKOPAKOPAKA	4.2	4.0				
94	KOTOALA	約3	2.8				
95	ANKOBABE (1)	約3	3.9				
96	" (2)	7.5	7.0				

(3) 河川表流水及伏流水

調査対象地域の東端に流れる Mandrere 川の水は、アボ
サリーストドからイワタカに続くササリフランチンにおいて、ササリ
ンセンに湧き出る水として利用されている。アボサ
ン Bw Mandrere 川近くの集落からの牛車用水の水も、給水車による
取水地点として利用されている。また、近くの住民は、直接川にまで
流す及生活用水の取水を行っている。取水施設としてササリフランチ
ン工場の取水施設及給水車の取水場以外は、構造物はない。
ササリフランチンも、給水車取水場（この集水井戸は）直接ポン
プで揚水している。

また、西端に流れる Manambovo 川には Tsihoube の水通
として JIRAMA が利用している。この Manambovo 川は、その河川は表
流水の^{（がせいに近く）}とあり、またこの表流水は、集水井戸は
伏流水と取水の構造物はない。この以外の施設はなく、近くの住民
は Mandrere 川と同様、流す、生活用水のみに利用
している。

(4) 給水車

施設は不十分。現在、生活用水供給の一手段、即ち給水車の現行の次の通りである。

給水車の台数は、アボボに3台、Tsihombeに4台ある。現在の故障は使用可能な車両のうちの1台はアボボに1台、Tsihombeに3台ある。給水車の年式も古く故障寸前の状態である。給水車の4と5は容量超過である。

アボボの物件は Mandrare 11ms. 又 Tsihombe は、水運より給水を受ける、必要に応じて配水している。道路事情の悪さ及び燃料の不足(費用及容量比)等の事情により満足な配水が行われていない。給水車は配水の道路事情が悪ければ全く行かない。不区域が多い。

アボボと Tsihombe とは、給水車の1回当り走行距離は1回当り 100km 以上あり、運転経費が高額である。また、(詳しく金額不明) 大層者から直接支出の費用は不明である。

給水車は水の価格が同一の地域で同一価格で、200L 以下は 150 FMG (1.77 litrer) 15 FMG) の車である。

現在アボボに居住している住民の一部(本数不明)は自家用給水車(アボボに水運車)を所有している。現在アボボの住民は自家用給水車に水運車を使っている。

第2章 水資源開発の可能性

2-1. 概論

調査対象地域における水源としては、次に示す、河川、
地下水^地帯が考えられる。

- (1) アボボンベ周辺の地下水地帯
- (2) アボンドロ " " "
- (3) マンドラーレ川
- (4) マナンボボ川
- (5) ベマンボ川 (伏流水)
- (6) 深層地下水

これらの水源について、開発の可能性について述^{べる}と、次頁以下の面がある。

42 掘削と水ポンプ周回の地下水帯(潜水)

上部のI層の地下水を取水の対象とする井戸の分布は調査可能であり、(調査期において)ほとんど1000か新設(掘削)しか、毎々の地下水位の低下傾向が5年間に、新しい開発の対象となるような場合には水源と考えるのは難かしい。

一方、II層を対象とした井戸は現在Kの井戸群の4井のみで、しかくK₂井では比較的大きい透水係数($k=5.7 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$)を示している。このうち、K₁、K₂、K₃の各井戸は互に接近し、現在K₁井のみが稼働し、揚水量約17 m^3/day と推定されるが、3井が一斉に揚水を行なう場合井戸相互の干渉が生じ、地下水潤湿を伴う恐れがある。参考としてK₂井の揚水試験結果と基に試算すると、1井当たり約29 m^3/day の揚水を1年間継続すると、その影響圏は約300mに及ぶと推定される。したがって、Kの井戸群から離れた地域に、II層に連通する良好な滞水層の分布が確かである(掘削)新しい地下水源を開発する余地が残されている。

したがって、地下水の逐量が無水のみ依存していると考えられる当該地区においては、地下水収支からの検討を行ない、バランスのある地下水利用を計る事が肝要である。

地下水収支の検討上重要な蒸発散量、地下水利用量に関する信頼性の高いデータは得られなかったが、(既存データに基づき)以下諸数値を参考に大胆に仮定して試算する。

(I層分布区域での収支)

地下水逐量は地区外への流出がほとんど考えられるので、次式により計算される。

$$(\text{地下水逐量}) = \{ (\text{降雨量}) - (\text{蒸発散量}) \} \times (\text{面積})$$

これ、降雨量 = 626 mm/year (気象データ)

蒸発散量 = 561 mm/year (J. Requier氏の実測値)

面積 = $2,000,000 \text{ m}^2$ (井戸の分布状況から)

よって

$$\text{地下水涵養量} = (0.626 - 0.561) \times 2,000,000$$

$$= 130,000 \text{ m}^3/\text{year}$$

また、地下水涵養量に対する利用可能量を歩留り80%とすると、 $104,000 \text{ m}^3/\text{year}$ が地下水利用可能量と計算される。

一方、毎年の地下水利用量は、 $110,000 \text{ m}^3/\text{year}$ 程度と推定され、水収支の面で、 $6,000 \text{ m}^3/\text{year}$ のマイナスとなる。

この水収支の不足分が地下水位などの様に反映するか、有効定着率^{*}を0.1と仮定すると、1年間の地下水位降下量は 60 m/year 、10年間で 30 m/10 years と計算される。この数値は、井戸調査において「この10年間に約2mの水位降下があった」との調査結果[※]と最近6年間の降雨量の減少傾向を考慮合わせると、Ambovombe地区での水不足の傾向を示している[※]なのである。

即ち、計算条件として推定した蒸発散量、地下水利用量等の諸数値は、あるが現実から多少にかけは存在価値を示すものではないと判断される。

(II層分布地域への地下水利用可能量)

II層の分布範囲は、Kの井戸群の分布する種く狭い領域でしか確認されておらず、地下水涵養面積の設定のしかたによって

※ 自由面地下水の場合、有効定着率 = 貯留係数となる。

II層は、I層に比し、帯水層の条件が悪いので有効定着率を0.1と仮定する。

将来の地下水開発計画が大きく左右される。

正層への地下水浸透区域は Amboumbé の南部地区の $700,000 \sim 1,000,000 \text{ m}^2$ の区域と推定された。

正の帯水層への浸透は同一条件で $700,000 \text{ m}^2$ と $1,000,000 \text{ m}^2$ の二種類の浸透面積に試算する(次表の通り)である。

正層に対する地下水浸透量の計算

浸透面積 (m^2)	降雨-蒸発量 (m^3/year)	浸透量 (m^3/year)	地下水利用可能量 (浸透量 $\times 0.8$) (m^3/year)	既設井からの 利用量 $\times 2$ (m^3/year)	新開発可能量 (m^3/year)
① 700,000 場合	0.065	46,500	36,400	16,500	19,900
② 1,000,000 場合	0.065	65,000	52,000	16,500	35,500

* K_1, K_2, K_3 井の合計汲み揚げる可能量。
 K_2, K_3 井は現在使われていないが、1979年7月の report では $29 \text{ m}^3/\text{day}$ の汲み揚げる可能とされ、将来利用される計画がある。
 K_1 井の現在の汲み揚げる量は $10 \text{ m}^3/\text{day}$ と推定される。

ここで、仮に新開発量を1日当り $80 \text{ m}^3/\text{day}$ と設定して試算すると、年間 $29,200 \text{ m}^3/\text{year}$ の地下水が「汲み揚げる」能力、②の場合には開発可能量を上回り水収支のバランスが保たれるが、①の場合には $9,300 \text{ m}^3/\text{year}$ 不足となる。

①の場合、地下水値の平均的な低下量は、有知定降率 0.13 (揚水試験川と仮定)で、年間 $10 \text{ m}^3/\text{year}$ と計算される。

結論

また、②の条件に2ヶ井ある場合と仮定人口増、人的な水需要の増大等の社会的現象を考慮すると、永久的な対策と為り難いと推定される。故に、新期の井が開発し、極く限られた浸透量に留まるか、井戸の開発はあくまで暫定的措置と推定されるのか、適宜と判断される。

。安全貯地下水回復量について

以上の通り、Amboumbe 地区の地下水回復量は、地下水の過剰区域と、降雨量との差に等しい。当地の裁量性、降雨量は、最近10年間の平均値を換算したが、最も多量に降った年、地下水収支を1年間の平均値と基準とし、最近10年間の最近雨量から地下水回復量を求めていくのが適当である。

Amboumbe 地区の10年間の雨量は、1974年の370.5mm が最も少ない値である。一方、蒸発散量は、J. Keguier 氏の実測値は、561 mm/year となり、水中の降水量を上回す。しかし、現実的を解釈するに、渇水年でも地下水涵養量をゼロと考へたわけではない。ここでは、渇水年における蒸発散量に同じ値を用いる。このため、地下水涵養量を、平均降雨量と渇水年の降雨量の比率より、次式を用いて求める。

$$(\text{渇水年の地下水涵養量}) = (\text{平均地下水涵養量}) \times \frac{(\text{渇水年の降雨量})}{(\text{平均降雨量})}$$

$$\therefore \text{平均地下水涵養量} = 65 \text{ mm/year}$$

$$\text{渇水年の降雨量} = 371 \text{ mm/year}$$

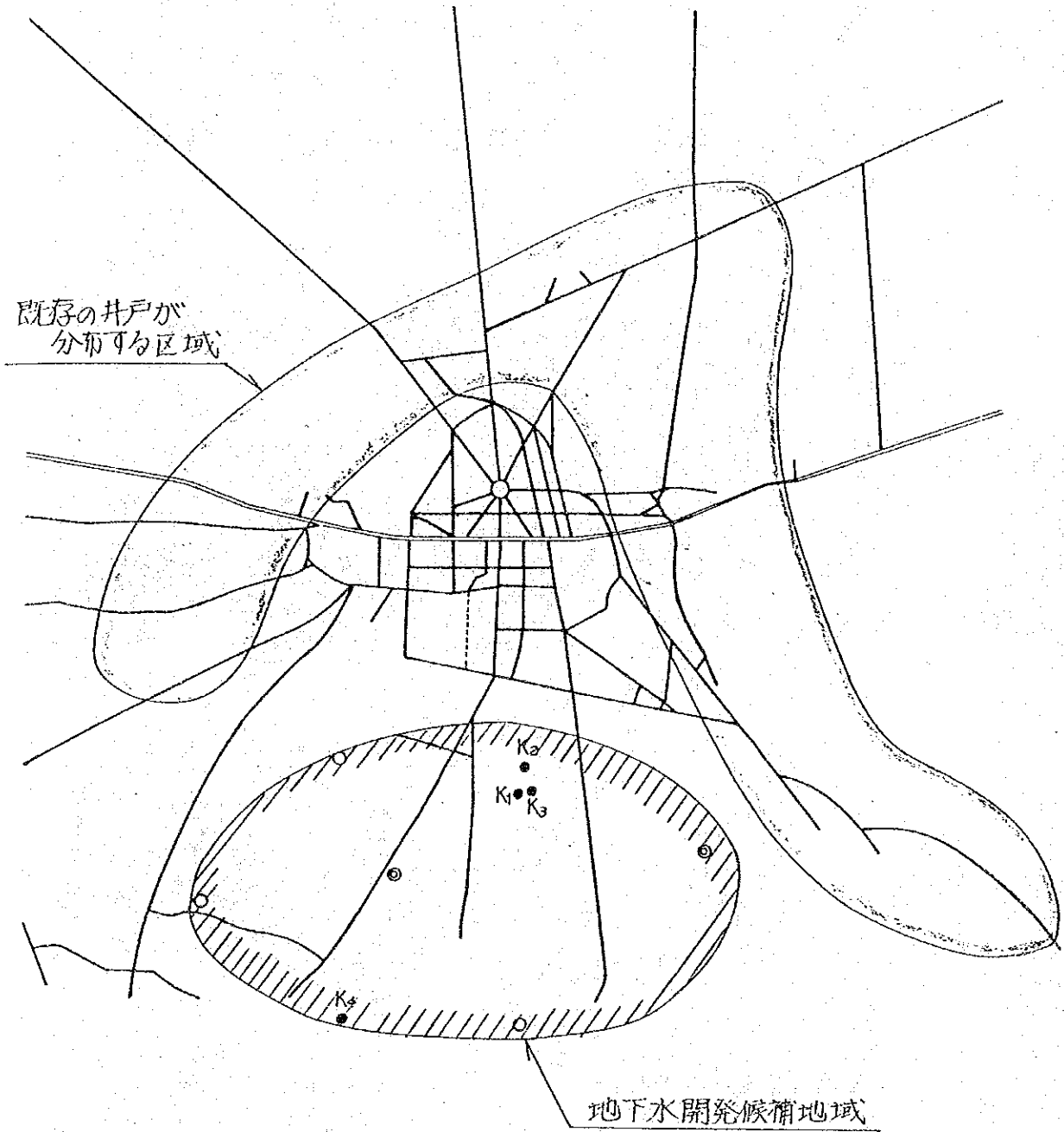
$$\text{平均降雨量} = 626 \text{ mm/year}$$

上式に、各数値を代入すると渇水年の地下水涵養量は、39 mm/year と計算された。

故に、涵養面積を、1,000,000 m² とし、前記の計算手順を基に計算すると、安全貯新製地下水回復可能量は、14.70 mm/year が求められる。1日当たりの揚水量と換算すると、40 m³/day である。

一方、直列を対象にした井戸の揚水量は、経験的に、1日1井あたり、20 m³ と考へて、新しい井戸の設置を2井程度に留めれば、渇水年でも、急激な地下水回復を最小限に（1日）単位に考へて判断された。

図2-1 Ambovombe 地下水開発候補地域



凡 例

- 既設井 (K₁, K₄は稼動中)
- 井戸新設の候補地 [◎は2井設ける所(0案)の候補地]

2-3 アンボンドロ地区の留水

Ambondro 周辺の白砂地帯は、表層部にルースな砂層が賦存しているため、素掘りの P.O.P.O. を含む限り、この地帯は、孔壁が崩れやすく、白砂層の安定角が、緩い勾配で急状に振動してより、水深 / 不透水層に達するもの、
 10° ~ 20° のものが大半で、非常に浅く、
 (したがって、埋没の P.O.P.O. の水は、孔底から湧出する地下水であるが、下部の不透水層に近く掘削の深度を下げ、孔壁から取水が可能な井戸が掘りやすくなる。) 井戸の揚水量を増加可能と判断される。

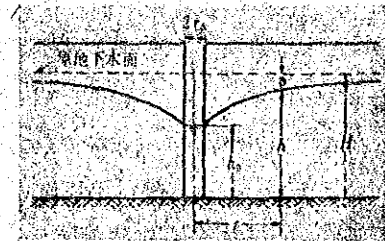
現在 P.O.P.O. の掘り出しは、場所が比較的標高の低い窪地に隣接した所に位置している。これは、地下水面が浅く掘削が容易な位置から経験的に選定されたものと推定される。従って、新たな地下水開き、既存の P.O.P.O. 群に影響を及ぼすおそれがある。将来的に窪地(窪地に対して)に向って行くのが適当と見なされる。

現在の井戸調査では、Ambondro から Fomehy 地区が最も地下水の豊富な地域と判断された。Fomehy での透水試験の結果に基づいて図に示す標準断面を想定し揚水量の試算をした。

井底が不透水層にまで達する場合

$$Q = \frac{\pi K(H^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10}(R/r_0)}$$

ここに Q : 揚水量 (m³/min), r_0 : 井戸の半径 (m), h_0 : 井戸の水深 (m), H : 原地下水深 (m), K : 透水係数 (m/min), R : 影響半径 (m)



(水理公式集 P.568 参照)

計算条件、と12

$$r_0 = 50 \text{ cm}$$

$$h_0 = 300 \text{ cm}$$

$$H = 500 \text{ cm}$$

$$K = 2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} \quad (\text{Fomenko の } \rho_0 \rho_0 \text{ を用い、不透水層を仮定)} \\ \text{とすると,}$$

$$R = 5000 \text{ cm}$$

$$Q = 218 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

$$= 0.78 \text{ m}^3/\text{hour} \quad \text{とある。} \quad \text{1日 12時間揚水すると、} Q = 9 \text{ m}^3/\text{day}$$

程度の揚水量が期待できる。

二つ、1年間の揚水量に換算すると、 $3,400 \text{ m}^3/\text{year}$ とある。

一方、自砂地帯の地下水涵養量は限られた雨水にのみ依存している。井戸相互の干渉を回避するためには、井戸間隔を300m程度に離すことが必要である。二つ、仮に単位面積当たりの地下水涵養量を 40 mm/year (気象条件から Ambouombe 地区の地下水涵養量 65 mm/year より少ない) と予想すれば、涵養量に対する揚水量の歩留まり 60% とすると、1井戸あたり、年平均涵養面積は $140,000 \text{ m}^2$ とある。この面積は、半径 212 m の円形の地域に相当し、井戸を集中的に設けた場合、約 400 m 程度間隔が必要である。

2-4. Mandrare川の表流水及び伏流水

Mandrare川の流量については「4-2. 気象・水文」の項で述べたように、月平均流量で見れば $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の流量がある。しかし、利水上の観点から湧水量が問題となるので、Mandrare川の湧水量を求めれば次のとおりである。

1967-68	0.05 m^3/sec
1968-69	5.9 "
1969-70	—
1970-71	3.0 "
1971-72	4.4 "
1972-73	5.4 "
1973-74	2.6 "
1974-75	—
1975-76	—
1976-77	0 "
1977-78	0 "

以上の如く、近年 Mandrare川においても表流水がゼロとなる日が多くなっており、今後とも流量が僅か或いはゼロとなる事が予想される。そこで、新規水源としての Mandrare川の可能性について十分な調査が必要になると思われる。

現在、Mandrare川の河川水の取水状況は Ambassador 近傍におけるサイサル工場の用水、又 Ambovombe 市内の病院或いは土地の富豪が自家用タンクローリーにより取水しているのみである。

これ等の取水量は僅かであるので、新規取水を行なう場合 ($Q = 0.018 \text{ m}^3/\text{sec}$) でも、既得権を侵すものではないと判断される。

水質については、現在既に生活用水として使用されている事、或いは水質検査等の結果より、何等問題はない。但し、清澄な水の取水及び湯水に対する措置として伏流水取水が有効であらう。

利水方法の観点からは、Mandrare川と計画対象地域との間には 250 ~ 300m の高低差があるため、ポンプアップ方式を考へなければならず、建設費・運転経費・維持管理費等が高額となり、現時点においては多少問題があると思われる。

2-5. Mananbovo川の水流量及び伏流水

Mananbovo川の水流量が最小となるのは8月で $0.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。よって、Mandrare川と同様に湯水量で見れば次のとおりである。

1967-68	0 m^3/sec
1968-69	0.18 "
1969-70	0 "
1970-71	0 "
1971-72	0 "

1972 - 73	0.09 m ³ /sec
1973 - 74	" "
1974 - 75	0.18 "
1975 - 76	0 "
1976 - 77	0 "
1977 - 78	0 "
1978 - 79	0 "

以上の如く, Mananbovo川では湯水量がゼロとなる年の方が卓越している。しかし, Mananbovo川においても伏流水は豊富と見られ, Tsihombe市においては、この伏流水を取水し JIRAMAが給水を行っている。又、周辺の住民も河床を50 cm程度掘削しこの伏流水を使用している。

従って、当計画程度の取水量であれば、新規にMananbovo川に水源を求めても可能と思われるが、上述の如く、既存の取水施設があることから、計画に際しては慎重な水源調査が必要となる。

水質については、塩分濃度が若干高いが、生活用水としては十分利用可能な範囲にあるので水源としては考えられるが、施設計画を行なうに際しては防食の面での配慮が必要となる。

利水方法の観点からは、Mandrare川と同様に、地形上の制約から現時点での利用には問題があると思われる。

2-6. Bemamba川の伏流水

Antanimora付近を流れる Bemamba川は、現在水無し川と記しているが、Antanimora付近（河床部）10~20m 掘ると河床層中に伏流水が認められる。この伏流水も下流側では、SocleやNeogeneに浸透し、従って、この伏流水の水源として利用するためには、取水に有利な、Antanimora川の主流部と、取水地点が限定される。

この伏流水の流量は、Bemamba川の支流である、Tsimanila川の流量（腐植地堆積物の半端部より湧水しており、以前はAntanimora市の上水道水源として利用されていた）の流量が約66m³/dayあり、流域面積等から推定すると、それ以上の伏流水が期待できると判断される。

このLVL, Mandrare川, Manabovo川等は、大河川と異なり、川中は50m程度と浅く河床部にSocleが露出している大河川心がある。上記以上の大量の伏流水を望むのは難しい。

2-7 深井地下水

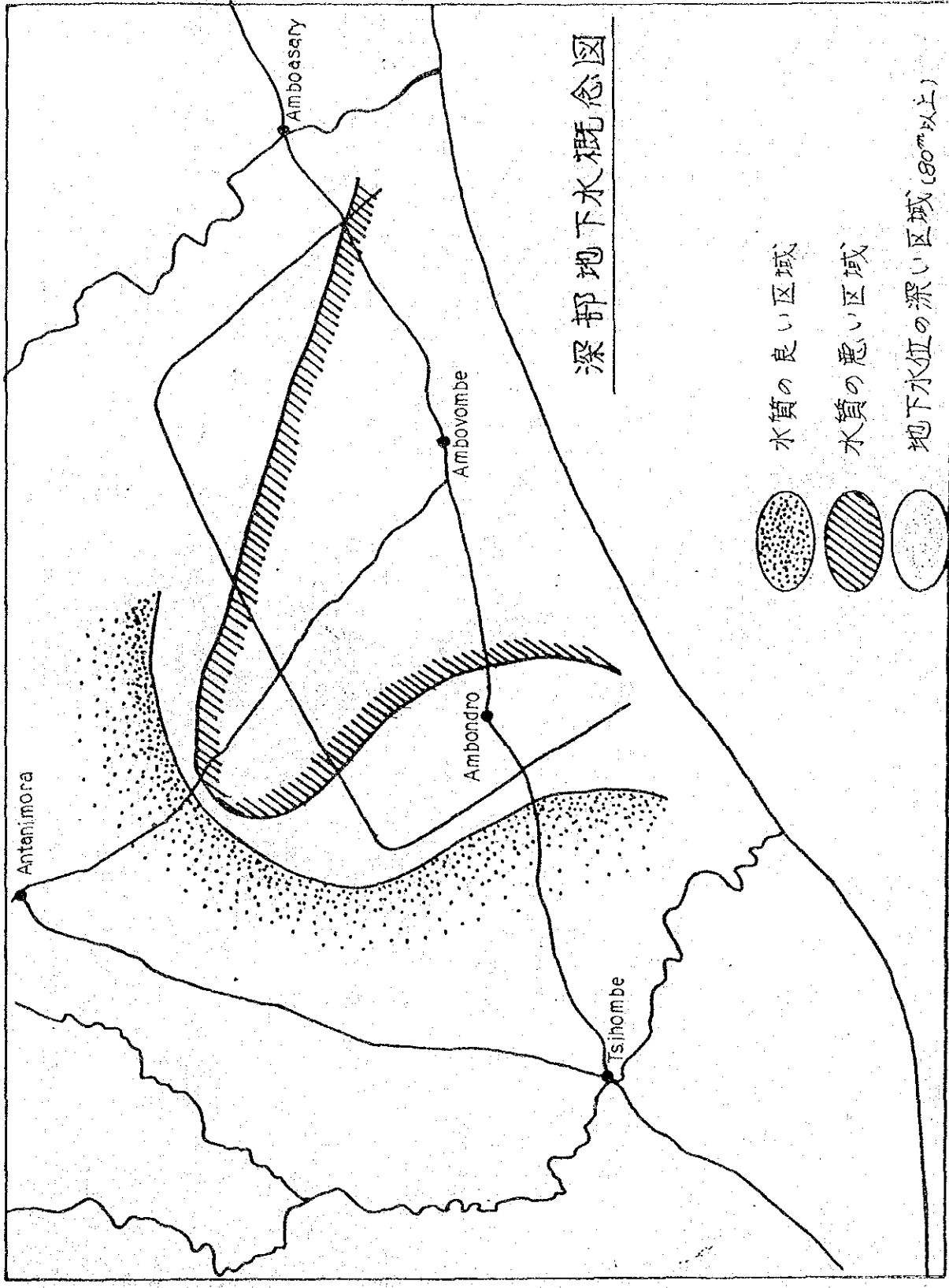
深井戸と開路がりに対して、水質、地下水位、等の条件を満足する必要がある。

まず水質について見ると、水質の良い区域は北から西側の地域に広がっている事が確認されている。一方、アンボホツへ、その他中央部のアンバツアンバツロからアンボホツへにかけての広い地域は、全般的に水質が悪く、飲料水に適していない。




また、雨季に開路の維持管理（燃料、修繕、ポンプの検査等）を怠ると、地下水位が80mよりも浅い井戸に落ちることが多い。U.K.V. Ambovombe, Ambondroを中心とする広い区域が地下水位の浅い区域となる。

調査地域で最も水の不足している地域は Tsihombe と Ambasary を結ぶ道路筋沿いの南側の地域である。従って以上の条件を満足し、かつ深井戸開路の余地が狭まっている区域は調査地域南西部の極くせまい範囲に限定される。

しかし、この地域には、現在はポンプの故障等が原因で使用されていないが、既設の深井戸が数ヶ所に設けられており、これ等の井戸の改修等が当面の課題と考えられる。



深部地下水概念図

- 
 水質の良い区域
- 
 水質の悪い区域
- 
 地下水位の深い区域 (80m以上)

第3章 生活用水調査計画

3-1. 生活用水確保のための計画対象地域の選定

(1) 水不足地域 及び人口分布

調査対象地域のうち、最も生活用水の不足している地帯は、国道筋から海岸にわたる東面に細長い地帯にある。

Mandrare 川 及び Mananbovo 川 沿いの地帯は、二川の河川の表流水 及び 伏流水 を利用しており、その取水も容易である。また Antanimora 周辺は、若盤が浅いため、地下水も伏流水の方が容易に取水でき、人口も希少なため、人口に対して水が絶対的に不足している状態ではない。しかし 過去に FED が援助により建設した井中の多数はポンプ等が故障しているため、取水は容易とはいえず、二川の施設から無料で生活用水を取得することは可能である。

しかし、国道から海岸にわたる地域のうち、Mandrare 川 及び Mananbovo 川 の水を利用している地域と除いた地域には、調査対象地域の全人口 127,500 人の約 60% に相当する約 75,000 人の人口が住んでいる。この地域には、過去に FED が ^{地域} 農業指導員により建設した天水溜が、30 数箇所、FED が USAID より建設した井中の 6 箇所程あり、生活用水源とされているが、井中では、揚水ポンプの網故障、又は水枯れのためは全く利用されていない。天水溜の中には貴重な水源があるが、人口に比べて程数少ないため、満足な効果は発揮していない。海岸近くには、Vovo が数多く散在しているが、人間が飲める水の出る Vovo は多く、家畜用は利用されている。このため、この地域に住む住民は、雨季、乾季とにかかわらず、ポンプ、ポンプ等から来る

3 水売り商人から生活用水を買取り水が乏しい。

アンボボン心、アンボボン口周辺には、数多くの浅井中及Vovoがあるが、アンボボン口の3井を除き、全てが個人所有となっている。2井5井中の、自家用として使用しているものが、水売り用にも利用しており、水不足地帯への水の供給源となっており、井中所有者の大きな収入源となっている。

(2) 水価の現状

アボテンベ 及び アボテンベ周辺の井戸又は Vovo の水は、自家
 用と水売り用とに利用されている。水価は井戸渡しで ^{200ℓ以上を1本割} 250~300 FMG
 水売り商人は水不足地域の集落へ売付場合は アボテンベ 又は アボテン
 ベに近い距離にても 500~800 FMG (200ℓ以上を1本割)
 とされている。中でも JIRAMA が供給している アボテンベの水価と
 比較すると次の様になる

アボテンベ 1m ³ が 40 FMG であるから	1ℓ当り	0.04 FMG
アボテンベ 又は アボテンベ周辺の井戸渡し	1ℓ当り	1.25~1.5 FMG
水不足地域の集落へ	1ℓ当り	2.5~4.0 FMG
果しては 900~1000 の場合は 水不足地域の集落へ	1ℓ当り	0.75 FMG

以上の様に 南部地域の水不足地帯に住む人々の 非常に高い水代
 負担に悩んでいる。その上、収入の大部分を水代に支払わなければならない、その
 負担は非常に大きい。

南部地域に在住する住民の生活用水確保計画が立てば、その様に 非
 常に高い水価を下げ、住民の水代に与える負担を軽減することも、目的
 の一つであると考える。

(3) 計画対象地域の選定.

地域的水不足の状況, 人口の分布状態などから, 本計画においては, 最も水不足に存在する水, 生活用水を賈す付加価値がある地域の住民の生活用水を確保することを目的とする。従って, 計画対象地域として, 国道筋から海岸にいたる地域を, Maudmare川, Aw Manambovo川からの水^{比較的}容易に利用できる地帯を除く地域とする。この地域には P=ポポバ 及び P=ポインバを含む。一方, P=ポポバ, P=ポインバの町中の生活に必要とする水, 井中を掘るなど, 同様の水売り商人より水を購入し付加価値がある状態にある。P=ポポバ盆地の政治, 経済, 文化の中心地である P=ポインバは 公衆的に利用可能な水施設があるため, 用水源と用途との地方の発展に役立っている必要があるため, 計画対象地域の給水組合と考慮して計画するため, 給水用の水源として用水源と用途が必要があるためである。

その他の地域の人口も少ない。また此距離にある無料の生活用水を入手出来る。従って, 比較的愚水であり, 施設の改修整備が必要状態にあると考へた。

計画対象地域の図示は 図3-1 の通りである。

3-2. 生活用水開発計画

(1) 水源

調査対象地域における水源の現状と開発の可能性については、以下の通りである。計画地域に隣接する水源としては、ア・アホンバ、B・アホントロの地下水(備水)が考えられる。C・L、=45の地下水は、過去からの水位変動状況等から推定して、決して将来にわたって有望な水源とは言えない。C・L、=0の地下水は、計画地域に最も近いという利点があり、許容範囲内の最大の開発が計画できる。

マントラレ川及びマナホホ川の河川水は、マントラレはほぼ年間を通じて表流水があり、マナホホ川は、8、9月に表流水がなくなるほか、伏流水として流れているため、利用は可能であり、重要な水源である。しかし、計画地域への取水には、施設費及び年間経費とも高頻度と予想される。本計画においてア・アホンバ及びアホントロの浅井やB・天水溜りの不足部分を給水車により供給する水源と考える。

ア・アホンバ周辺の伏流水、地下水は、計画地域の北部にあり、マントラレ川及びマナホホ川より運ぶ場合の運搬距離が長くなり、不利と見られる。本計画において、この水源は計画から除く。

(2) 開発計画の比較

計画地域内の生活用水の開発計画として、天水溜、残井中、給水車、河川水利用等の組合せを種々、案が考えられる。

天水溜建設は、建設費がかかるが、維持管理費中の燃料代が少く不層のため、マ政府、住民にとっては有利である。天水溜による開発水量が少いため、建設費の対して効率は悪い。

給水車による供給は、容易な方法であるが、燃料代が多くなり、維持管理費が高くなる。水価が高くなるため、マ政府、住民にとっては不利である。事業費が限られてゐる場合には、事業費に対する効率は良く、早期にその効果を發揮する。

以上の事を考慮して、投資効果が大で、早期に効果があらわれるものとして、次の3案を比較検討するものとする。

(A) 計画地域内は配水用の貯水槽を22ヶ所新設し、既存の天水溜31ヶ所と合せて配水施設とし、生活用水は、既存天水溜の不足部分をマンドラレ川及びマナマナ川より給水車にて運ぶ案。マンドラレ川及びマナマナ川には、取水施設を新設する。

(B) アンボンベ川及びアンボント川において、許容可能な範囲で最大の残井中を開発し、水源とする。計画地域内には18ヶ所の貯水槽を設け、既存天水溜と合せて配水施設とする。生活用水は、既存天水溜のほか、残井中によるが、不足部分はマンドラレ川及びマナマナ川より運ぶ案。マンドラレ川及びマナマナ川には取水施設を新設する。

(C) ア=ホホシA B=ホホシD において、B等同時、浅井
中を調査し、水質を調査。計画地域内には、74戸の天水
溜を新設し、同時に新設する貯水槽32戸と既存天水溜31
戸と合せて配水施設とする。天水溜と浅井中では不足する
分をマンローレリより給水車にて運ぶ案。

マンローレリは取水施設を新設し、既存のものも
利用する。

以上の各案の比較一覽表を付添した表3-10に
示す。

表 3-1 開發計畫 比較一覽表

比較項目	A 案	B 案	C 案
水源	全工給水率に供給形式あり、そのうち、ポンプから取水し、中央から東に、マニホールドより、西はマニホールドより運ぶ。地城内の貯水塔、河川取水施設を新設す。	下水管、パンプ、ポンプにて、果林道の進行を調査し、給水率に供給形式。現地のマニホールド及びマニホールドより給水率を運ぶ。地城内の貯水塔、河川取水施設を新設す。	下水管の貯水率に供給形式あり、そのうち、ポンプから取水し、中央から東に、マニホールドより、西はマニホールドより運ぶ。地城内の貯水塔、河川取水施設を新設す。
ポンプ	なし	① 人口 16,000 ② 需要水量 42.0 m ³ /d ③ 建設費 2本	同左
ポンプ	なし	① 1,600 ② 36.0 m ³ /d ③ 4本	同左
ポンプ	① 人口 16,194 ② 需要水量 35.5 m ³ /d ③ 6m ² x 3台 x 2台	同左	同左
ポンプ	① 7033 ② 17.6 m ³ /d ③ 2台 x 2台	同左	同左
ポンプ	① 27,258 ② 29.12 m ³ /d x 1台 ③ 68.2 m ³ /d	① 23,091 ② 29.26 m ³ /d x 2台 ③ 52.7 m ³ /d	① 21,208 ② 29.26 m ³ /d x 2台 ③ 52.1 m ³ /d
ポンプ	① 12,470 ② 29.8 m ³ /d x 1台 ③ 42.7 m ³ /d	① 15,767 ② 30.2 m ³ /d x 2台 ③ 42.0 m ³ /d	① 12,900 ② 29.8 m ³ /d x 2台 ③ 32.3 m ³ /d
貯水塔	6m ² x 25台	18台	15台
貯水塔	なし	なし	① 4.7 m ² ② 7.4 m ² ③ 12.5 m ²
水施設	マニホールド 14台 マニホールド 14台 計 28台	同左	なし
水施設	22台 (40m ²)	18台	3台
費用 (元)	913,000,000 FHG (10億6,000万円) 53,113,000 FHG/年	909,000,000 FHG (10億9,000万円) 38,767,000 FHG/年	907,000,000 FHG (9億9,800万円) 32,371,000 FHG/年
1m ² 1人あたり	2,675 FHG/m ² 996 FHG/m ² = 20 FHG/人	2,265 FHG/m ² 918 FHG/m ² = 18 FHG/人	2,065 FHG/m ² 606 FHG/m ² = 12 FHG/人
注	1 既設貯水塔の施設、ポンプの取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。	1 P.T.ポンプ、ポンプ、ポンプの取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。	1 貯水塔の取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。 2 貯水塔の取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。
注	1 燃料費の増加による水価の高騰。 2 取水塔の取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。 3 給水率の増加による取水塔の取水率の増加。	1 A案と同様、取水塔の取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。	1 マニホールドの取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。 2 貯水塔の取水率は、70 Dの取水率に比べ、2倍の取水率に短縮。

表3-1 計画地域内の給水計画比較一覧表の注意事項。

- (1) アホホンペロ²¹⁷¹² 約 $\frac{1}{3}$ の人口は、既存の個人用井中により、^{追加}給水されているものと考え、残り $\frac{2}{3}$ の人口に対して新規開発水量 $2.5 \text{ l}/\text{人}\cdot\text{日}$ と給水する計画とする。
- (2) アホントロ²¹¹²¹⁷ $\frac{1}{2}$ の人口は、既存の井中により追加確保されているものと考え、残り $\frac{1}{2}$ の人口に対して新規開発水量 $2.5 \text{ l}/\text{人}\cdot\text{日}$ と給水する計画とする。
- (3) 既存天水溜(32ヶ所)のうち利用可能な31ヶ所に、次の人口は生活用水は確保されていると仮定する。
- $$31 \text{ ヶ所} \times 230 \text{ 人} = 7130 \text{ 人}$$
- (4) 新規開発される浅井中の能力は次の通りとする。
- ① アホホンペ $20 \text{ m}^3/\text{日}/\text{本}$
- ② アホントロ $9 \text{ m}^3/\text{日}/\text{本}$
- (5) 新設の天水溜規模は次の通りとする。
- 集水面積 1500 m^2 、貯水槽容量 200 m^3
- $2.5 \text{ l}/\text{人}\cdot\text{日}$ とすると 700 人 は給水可能である。

(3) 南谷計画の決定

比較一覧表から解り得る、単米費を合算した水価は 2000 FMG/m^3 と越え、殊に投資効率の良し計画は否。
 全て給水率に依ると、給水率の耐用年限が短くと、燃料費が多くなることから水価の高し。地域内は又水溜を建設し、多量の水を貯水を集めること、給水率に依ると少くしてC案が、総単米費は同じく変らずと、投資効率の良し。又、維持管理費が少くため水価も低くなる。水価は $20 \text{ lit} \times 77 \text{ lit} \text{ 当り } 約 12 \text{ FMG}$ と、現行の 15 FMG より高しとる。

従って、本計画に於ける南谷計画は、C案を採用するの良しと考ふる。

第4章 事業計画

4-1 計画の基本条件

(1) 新規南発水量

現在進められている FED 資金による南部地域の生活用水南発計画では、現在は 1人1日当り 5ℓ、将来 10年後を目途として 10ℓ の生活用水を住民に供給することを目的として計画されている。これは、FED 資金による計画がパイプラインによる供給が主体であるため、既存の施設からパイプライン利用への移行を予測し、既存施設の利用可能水量を無視しているものがある。

しかし、本計画は、主体が井戸給水であるため南発計画があるため、既存施設からの移行は起りにくいものがある。

従って、既存の天水管、井戸の施設を利用して、当面 5ℓ/人日の生活用水の水準を^{年間を通じて}維持するものと新規生活用水を南発するものとする。既存施設の利用可能水量は 2.5~3.0ℓ/人日(年間平均)と推定されるため(1-6項参照)、本計画においては、毎年およそ 2.5ℓ/人日の生活用水を新規に南発した地域の住民に供給するものとする。

(2) 給水人口

計画地域内の住民 75,752人のうち、ア・ホ・ホ・バ及&ア・ホ・ホ・バ内の個人所有の井戸より十分給水できていると考えられる人口及び計画地域内に存在する利用可能な天水溜 31ヶ所より給水可能な人口を差し引いた残りの人口に対して、新規に開発された生活用水を供給するものとする。

ア・ホ・ホ・バにおいては 住民 6251人のうち約 $\frac{1}{3}$ である 2084人の、またア・ホ・ホ・バでは 住民 3,003人の $\frac{1}{2}$ である 1503人の生活用水 (1人1日5ℓ) は確保できていると考えられる。また既存の天水溜の規模は、集水面積 1,000 m^2 、貯水容量が 150 m^3 が平均的であり、この規模では 1人1日5ℓとすると 230人の生活用水を確保できる。31ヶ所では 7,130人分の生活用水が確保できていることになる。

従って 給水人口は次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{給水人口} &= 75,752 - 2084 - 1503 - 7130 \\ &= 65,035 \text{ 人} \end{aligned}$$

また南新地域における人口増加率は詳しく調査された資料は入手出来ず加圧が、2.5%程度とされている。従って将来計画地域の人口も増加可能とされているが、本計画は、無償資金協力の早期に工事完成を目的としているため、現人口数に對して計画可能としている。

