

独立行政法人  
国際協力機構

マダガスカル共和国  
エネルギー鉱山省

No.

# マダガスカル国 南部地域における自立的・持続的 飲料水供給に係る調査

- ファイナル・レポート -

## 和文要約

平成 18 年 12 月  
(2006 年)

日本テクノ株式会社  
日本工営株式会社

環境

JR

06-073

本計画では、以下に示す交換レートを2006年10月より過去6ヶ月間の平均レートとして使用した。

通貨	交換レート
米ドル(US\$)	¥120
欧州ユーロ (Eur)	¥150
日本円(¥)	AR18
マダガスカル アリアリ (Ar)	¥0.056

## 序 文

日本国政府は、マダガスカル国政府の要請に基づき、同国の南部地域における自立的・持続的飲料水供給にかかる開発調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 17 年 1 月から平成 18 年 12 月までの間、4 回にわたり日本テクノ株式会社の香川重善氏を団長とし、同社及び日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、マダガスカル国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 18 年 12 月

独立行政法人 国際協力機構  
理 事 松本 有幸

# マダガスカル国南部地域における自立的・持続的飲料水供給に係る調査

## 伝 達 状

平成 18 年 12 月

独立行政法人 国際協力機構  
理 事 松本 有幸 殿

マダガスカル国南部地域における自立的・持続的飲料水供給に係る調査の最終報告書をここに提出いたします。本報告書は、日本テクノ株式会社および日本工営株式会社から構成される共同企業体が、貴機構とマダガスカル国政府エネルギー鉱山省の間で 2004 年 8 月 18 日アンタナナリヴォにおいて合意した調査内容(S/W)に基づき作成したものです。

本報告書は、以下の通り 4 分冊で構成されています。

- ・ 要約 調査結果の全容を簡潔に取りまとめたもの
- ・ 主報告書 本調査で実施した水資源調査、地下水開発、給水計画及びパイロットプロジェクトの実施とその運営・維持管理をモニタリング評価し、詳細を記述したもの
- ・ データ・ブック 水源、衛星画像データ、社会・経済調査、試掘、水質、物理探査、地下水モニタリング、セミナー、協議議事録、関係者リストを含むもの
- ・ 補助報告書 社会経済・世帯調査、物理探査解析、試掘調査、パイロットプロジェクト、地形測量、パイロットプロジェクトの運営維持管理・モニタリング評価を含むもの

本報告書の提出にあたり、ご指導・ご鞭撻をいただきました貴機構ならびに在マダガスカル日本国大使館に対して、深甚なる謝意を表します。さらに、全調査期間を通じて多大な協力と支援を賜ったマダガスカル国エネルギー鉱山省ほかマダガスカル国政府関係機関に対して、心から謝意を表します。

マダガスカル国南部地域における自立的  
持続的飲料水供給に係る調査団  
総 括 香川 重善



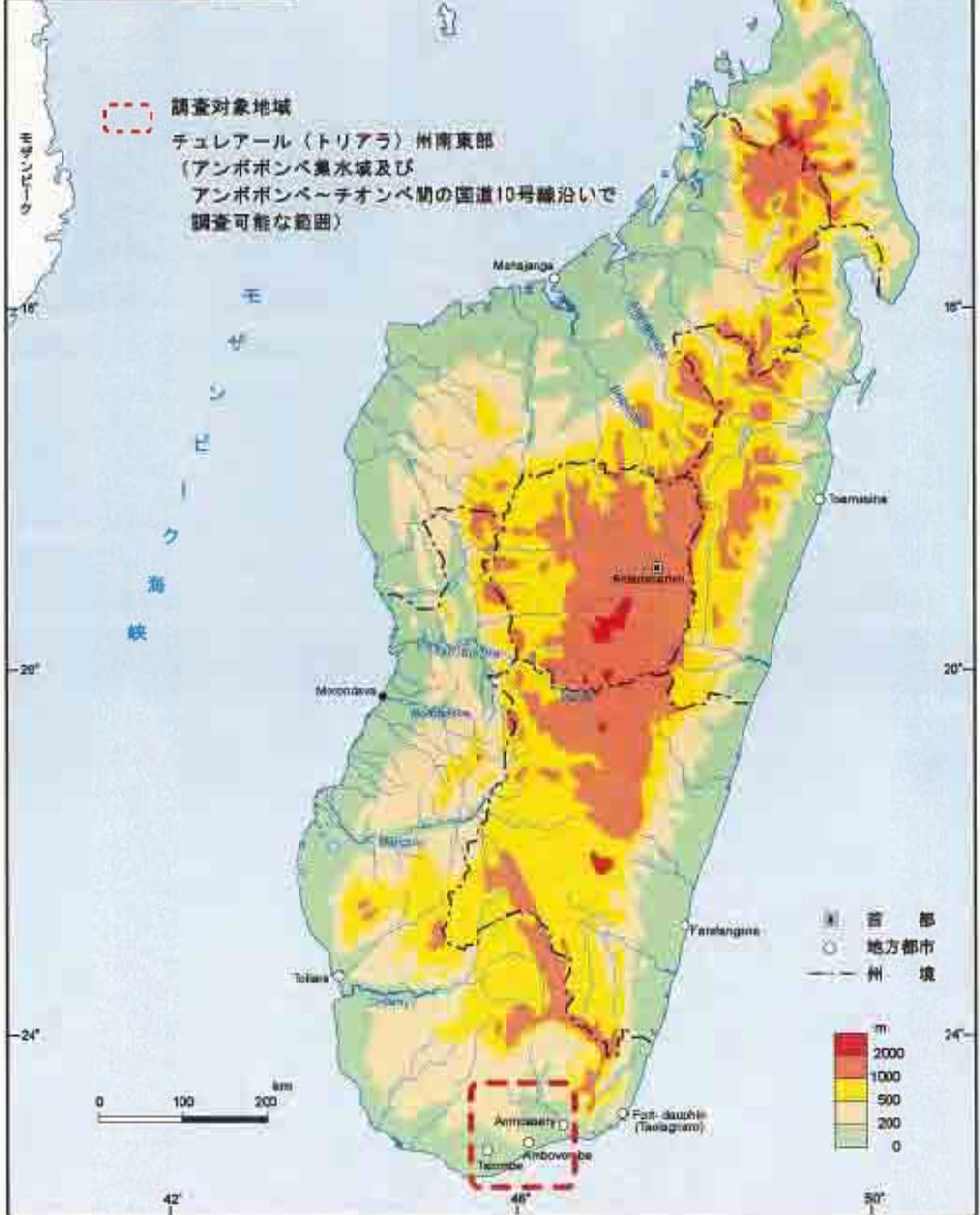
マダガスカル

マダガスカル国南部地域における  
自立的・持続的飲料水供給に係る調査

調査対象地域位置図



調査対象地域  
チュレアール（トリアラ）州南東部  
（アンボボンベ集水域及び  
アンボボンベ～チオンベ間の国道10号線沿いで  
調査可能な範囲）



プロジェクト対象地域内の自然・地域社会の状況

写真 1

	
Ambovombe 市内中心部の道路	毎週開かれるマーケット (Commune Center)
	
村落の状況	内陸の雨季にできる沼地 (Ambovombe 盆地)
	
海岸砂丘地帯	海岸砂丘地帯の海岸
	
森の状況(Ambovombe 盆地)	海岸砂丘地域の耕地



調査対象地域内の水環境

写真 2

	
<p>伝統的な手掘井戸: Vovo</p>	<p>雨季の水源 (雨季に発生する沼地)</p>
	
<p>簡易的な水源 (海岸の手掘井戸)</p>	<p>地域の給水: 牛車による水売り</p>
	
<p>太陽光利用揚水施設 ( Ambovombe Commune )</p>	<p>天水集水施設(Impluvium)</p>
	
<p>AES 給水車で給水</p>	<p>村落の天水貯水槽</p>

パイロットプロジェクトでの試掘調査、

写真 3

	
<p>既設井戸の水位測定、モニタリング</p>	<p>物理検層(電気探査、VWS)</p>
	
<p>深井戸の試掘</p>	<p>パイロットプロジェクトサイトでのワークショップ</p>
	
<p>パイロットプロジェクト、ロープポンプ ( Marobe P009 )</p>	<p>パイロットプロジェクト、太陽光揚水施設 ( Bemamba F006 )</p>
	
<p>パイロットプロジェクト、ヴェルニエポンプ ( Anjira F022 )</p>	<p>管路給水ルート測量調査</p>



## 調査結果の計画概要

調査期間：2005年1月～2006年12月

受入機関：エネルギー・鉱山省水衛生局

### 1. 調査の背景

マダガスカル国（以下、マ国）南部の調査対象地域は、河川や地下水の水資源の非常に乏しい乾燥気候に位置しており、住民の飲料水確保が非常に困難である。特に、Ambovombe 盆地と海岸砂丘地域においては、年平均降水量が約 543mm と非常に少ない。また、降水も雨季に限定され、住民は村落内に水源がなく、南部給水公社(AES)の給水車による活動も限られていることから、村落住民にとって非常に高価な飲料水を地域外の水売りから購入することを強いられている。2006年の AES 年次報告書によると、対象地域 278,000 人に対する公的な給水量は約  $100\text{m}^3/\text{日}$ 、燃料費の高騰に伴う営業経費の増大と、給水車の台数不足により、地域的な給水はわずか  $0.4\text{l}/\text{人}\cdot\text{日}$  であった。さらに、対象地域では入手可能な水であっても、水質的に衛生基準を満たしていない場合が多く、マ国政府は、調査対象地域の安全な水の確保を最優先課題として本調査を日本政府に要請した。日本国政府(JICA)は、南部地域における持続可能で自立的な飲料水供給に係る調査のため調査団を現地に派遣した。

本調査では、対象地域の地下水ポテンシャル確認のための試掘調査、村落住民による運営維持管理が可能な適切な給水施設として、手押ポンプや太陽光利用揚水施設をパイロットプロジェクトとして建設した。また、技術協力の一環として、裨益者による水料金の設定と運営維持管理体制の構築を、現地 NGO を起用して実施し、その経過をモニタリング評価した。これらの調査結果に基づいて、以下の水資源賦存量の把握及び運営維持管理を考慮した安全かつ持続的な水利用計画を策定した。

### 2. 水資源調査

当該調査対象地域は乾燥地域であるため、年間を通じて流れる表流水は無く、雨季にのみ河川水や沼、池が見られる。調査の結果、年平均降水量(C)は  $543\text{mm}/\text{年}$  で、Ambovombe 盆地(流域面積  $1,923\text{ km}^2$ )の水収支、水資源量(D)は、約  $1,044$  百万  $\text{m}^3/\text{年}$  と試算された。

## 1)流域降水量(水資源量)

降水観測所 6 箇所のティーセン分割法により算定した。

観測所	(A); ティーセン 分割面積	(B); (A)/ 総面積 (%)	(Pa); 地点平均降水量 (mm/年)	(C); 流域平均降水量 (B)×(Pa)	(D); 流域降水量算定結果 (水資源量) (m <sup>3</sup> /年)
1.Antanimora	604.0	31.4%	720.3	226.2	(C) = Σ (B) × (Pa) = 543mm/年 D=(C)×1,923km <sup>2</sup> = 1,044,189,000m <sup>3</sup> /年
2.Ambondro	317.0	16.5%	399.0	65.8	
3.Ifotaka	90.5	4.7%	506.6	23.8	
4.Ambanisarika	314.0	16.3%	480.9	78.4	
5.Ambovombe	496.0	25.8%	492.5	127.0	
6.Amoasary	101.5	5.3%	414.1	21.9	
Total	1,923 km <sup>2</sup>	100%	-	543	約 1,044 百万 m <sup>3</sup> /年

## 2)地下水涵養量

地下水涵養量 (R) は、下図の流域水収支モデルに示す通り、地下水揚水量 (Q) と地下水流出量 (GWout) との和である。地下水揚水量は、インベントリー調査の結果、Antanimora 地区の 68 井戸(Q1)から、51,977 m<sup>3</sup>/年、Ambovombe 地区の 78 井戸(Q2)から 28,288 m<sup>3</sup>/年、総計(Q)=(Q1)+(Q2) = 80,265 m<sup>3</sup>/年の地下水が揚水利用されている。一方、Ambovombe 盆地から海岸砂丘を経て海に流出する地下水量(GWout)は、ダルシーの法則により次式で算定した。

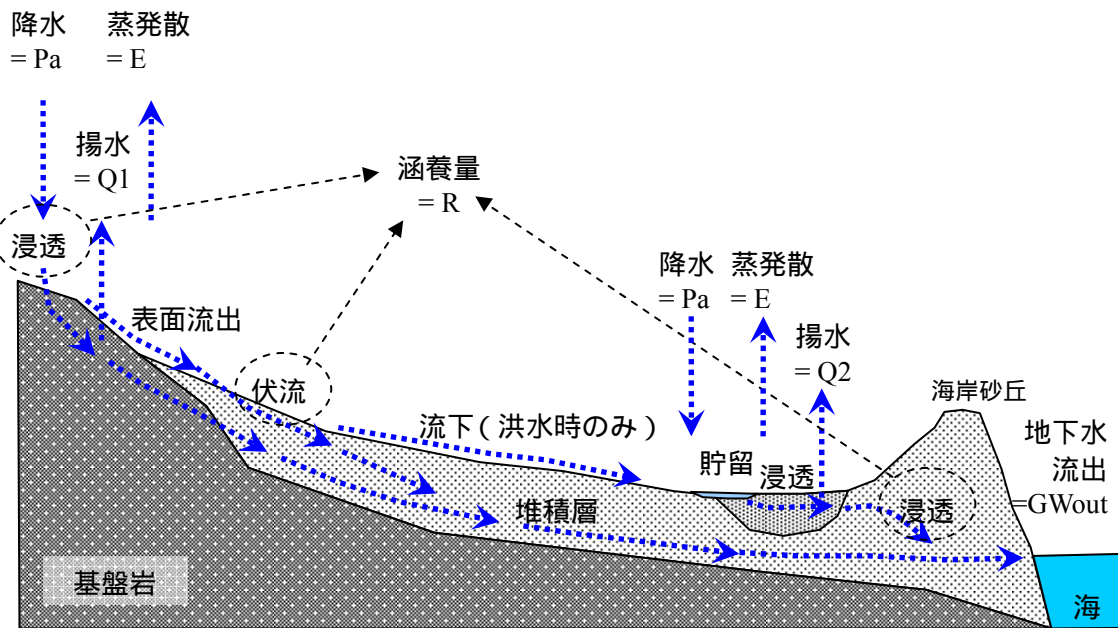
$$GWout = TixLxh = 0.08 \times 10^{-2} \times 0.0007 \times 30,000 \times 90 = 1.512(\text{m}^3/\text{秒}) = 47,682,432(\text{m}^3/\text{年})$$

但し、調査結果より、透水係数(T) : 8.0×10<sup>-2</sup> cm/秒、帯水層の幅(L) : 30km、帯水層の厚さ(h) : 90m、動水勾配(i) : 0.0007 において、地下水流出量(GWout)は、47,682,432 m<sup>3</sup>/年と試算された。

このため、流域の地下水涵養量 (R) は、地下水揚水量(Q) と地下水流出量 (GWout)の和である。

$$R = Q + GWout = 47,682,432 + 80,265 = 47,762,697 \text{ m}^3/\text{年}$$

よって、流域の地下水涵養量 (R) は、47,762,697 m<sup>3</sup>/年 (約 13 万 m<sup>3</sup>/日) と試算され、流域面積 (1,923 km<sup>2</sup>) で除すると 24.8mm/年となり、年平均降水量 543mm/年に対して、4.6%の降水が地下水として涵養されて Ambovombe 盆地の地下水ポテンシャルを形成する。



### 3) 蒸発散量

Ambvombe 盆地は閉鎖系の盆地で、年間を通じた河川水流出は無い。このため、蒸発散量 (E) は、降水量 (P) と地下水涵養量 (R) より、 $E = P - R = 996,506,568 \text{ m}^3/\text{年}$  と算定される。蒸発散量 (E) を流域面積 ( $1,923 \text{ km}^2$ ) で除すると  $518.2 \text{ mm}/\text{年}$  となり、これは流域降水量の 95.4% となり、流域の水資源量のほとんどが蒸発散量として消失している。

### 4) 水収支と水資源評価

Ambvombe 盆地の水収支は、乾燥気候のため  $P = E + R$  で示される。安定した水源としての水資源は地下水で、持続可能な水資源量は地下水涵養量 (R)  $47,762,697 \text{ m}^3/\text{年}$  (約 13 万  $\text{m}^3/\text{日}$ ) で、年平均降水量  $543 \text{ mm}/\text{年}$  の 4.6% である。Antanimora 地区の基盤岩分布域を涵養域とし、岩盤の亀裂中や、風化帯を主な帯水層として地下水は流動し、その後、盆地内の第三紀から第四紀の堆積層そして、最終的には海岸砂丘部の下部を通過して海に流出する。一方、Ambvombe 市内周辺に局地的に存在する Vovo (伝統的井戸) で取水されている浅層自由地下水(宙水)は、枯渇せず存在していることから、周辺の砂丘地帯からの降水の直接涵養や、内部の Sarimonto 湿地からの地下水で涵養されていると判定される。

## 3. 地下水ポテンシャル調査

本調査では水理地質調査、物理探査に基づき、深井戸 20 井と手掘り井戸 5 井の試掘調査を実施した。調査結果は、Antanimora 地区 (F006 と F006B) と Ambvombe 市郊外 (F015) の 2 地区のみに、水質が良好な地下水が発見された。地下水ポテンシャルは、水位降下 10m を仮定すると、Antanimora 地区では地下水可能揚水量は  $478 \sim 612 \text{ m}^3/\text{日}$  はある。一方、Ambvombe 市については、地下水可能揚水量は  $4,320 \text{ m}^3/\text{日}$  であり、水質は電気伝導度  $302 \text{ mS}/\text{m}$  と高いが、マ国の水質基準値上限である。水質プロファイリングの結果、上層部は淡水で下部に行くほど塩分濃度が増大するため、水位降下を 1m 以内を想定し、適正揚水可能量を  $300 \sim 400 \text{ m}^3/\text{日}$  と判定した。

番号	コミューン	井戸深度	揚水量	電気伝導度	静水位	揚水水位	比湧出量	地下水ポテンシャル
試掘井		m	m <sup>3</sup> /時	mS/m	m	m	m <sup>3</sup> /時/m	m <sup>3</sup> /日
F006	Antanimora	75.76	10.41	68	15.99	21.22	1.99	478
F006B	Antanimora	61.82	10.8	125	14.41	18.65	2.55	612
F015	Ambovomb e	150.00	7.2	302	134.00	134.40	18.00	4,320

Antanimora 地区の地下水揚水については、現在すでに 70 井の井戸から約 52 千 m<sup>3</sup>/年の地下水揚水があり、本計画で最大 1,600 m<sup>3</sup>/日(584 千 m<sup>3</sup>/年)を揚水すると、地域の地下水揚水の総計は、636 千 m<sup>3</sup>/年となる。一方、Antanimora 地域の地下水涵養総量(Ra)は、上流部の流域面積(A : 350km<sup>2</sup>)、流域の降水量 ( Pa : 720mm/年 ) 平均地下水涵養量 R : 4.6% ) から判定すると、以下の通りに試算される。

$$Ra = Pa \times R \times A = 11,592,000 \text{ (m}^3\text{/年)}$$

このため、Antanimora 地区で予想される計画地下水揚水量 636 千 m<sup>3</sup>/年は、地域の地下水涵養量 ( Ra ) に対して約 5.5%と評価され、僅少であるため、地下水障害など環境へ影響は発生しないと判断される。

Ambovombe 市内の井戸 : F015 は給水対象地域中心部付近に位置するため、開発は効率的・経済的である。ただし、帯水層は自由地下水で、上部が淡水で深くなるにつれて塩分濃度が増大し、静水位は 134m と深い。揚水試験結果の水質分析では、塩分濃度が飲料水 WHO 基準よりは高いが、マ国の水質基準値上限である。このため、緊急用の生活用水として経済的で効率の良い Ambovombe の地下水を開発し、長期的な水道水源としては、飲料水 WHO 基準を満足する Antanimora 地区の安全で安定した被圧地下水を、飲料用水源として開発することが望まれる。

## 4. 計画概要

### 4.1 給水人口と給水区域

調査対象地域の給水区域は、都市部の Ambovombe 市と村落部コミューンの 2 地区に区分される。

#### 1) 都市部の Ambovombe 市の人口予測

2005 年の人口 : 38,213 人、2015 年 : 42,000 人 ( 58 フクタン )

#### 2) 地方村落部のコミューンの人口予測

2005 年の人口 : 239,767 人、2015 年 : 358,000 人 ( 332 フクタン )

#### 3) 調査団による給水人口、給水区域の分類と自立的な給水施設の提案

-人口 300 人以下 : 1,183 村落 : 手押しポンプ揚水施設

-人口 300 人以上 1,000 人以下 : 164 村落 : 手押しポンプ、または太陽光利用揚水施設

-人口 1,000 人以上 : 3 村落 : 太陽光利用揚水施設



## 4) 住民の希望する水料金(支払い可能額) : 30 ~ 50Ar/バケツ(1.7 ~ 2.8¥/バケツ)

## 4.2 給水原単位と水需要

給水計画については、計画目標年次 2015 年、給水原単位を 10 ℓ/人・日として水需要予測を行い、給水施設計画を策定する。現在から 2015 年に向けての人口増加率は、ロジスチック曲線の分析の結果、3.7%/年と予測される。給水対象区域は、最優先の都市部 Ambovombe 市、および海岸砂丘地域の村落部で、これら地域の目標年次 2015 年の人口は 42,000 人と 358,000 人と予想され、その水需要量は、それぞれ 420m<sup>3</sup>/日と 3,580m<sup>3</sup>/日となる。

## 4.3 給水計画の検討

- 1) 本調査において水源の確保を目的とし、Ambovombe盆地と周辺域の地下水開発に係る総合的調査を実施した。しかしながら、飲料水として使用可能な地下水は、Ambovombe市の北西60kmのAntanimoraのみにおいて発見された。一方、Ambovombe市郊外においては、生活用水として利用可能だが塩分濃度がやや高く、マ国水質基準値上限の地下水が発見された。
- 2) このため、Ambovombe市を含む海岸地域400,000人のための給水施設は、飲料水水源のAntanimoraからAmbovombe市を經由して、アンタリタリカまで120kmの給水管路が必要となる。長距離の給水管路にも拘らず有利な点は、良質の飲料水を水源のAntanimoraから終点のアンタリタリカまで、自然流下式に送水が可能なことである。地下水ポテンシャル(F006B)は、井戸深度62m、静水位は14.4mと浅く、水位降下を10mと想定すると600 m<sup>3</sup>/日の揚水が可能である。水質は、WHO飲料水水質ガイドライン値以内の安全な水である。このため、太陽光利用揚水施設による1日平均6時間の稼働で、地下水量100 m<sup>3</sup>/日が揚水可能である。

本計画における1日最大給水量は1,600 m<sup>3</sup>/日、採算性を考慮した最低給水量は700 m<sup>3</sup>/日と設定される。動力源としては投資コストの最適化を考慮した給水案(D4) 太陽光発電施設4基とディーゼル発電施設1基により揚水し、給水管路120kmで自然流下式に給水すると、バケツ1杯の水生産コスト(動力費、人件費、修理費の合計)は、15 ~ 23Ar/バケツ(0.8 ~ 1.3¥/バケツ)と試算される。一方、1立方メートル当りに換算すると、1,154 ~ 1,769Ar/m<sup>3</sup> (65 ~ 99¥/m<sup>3</sup>)で、現在のAES水販売価格100Ar/バケツ(5.6¥/バケツ)を大幅に引き下げることが可能となる。

- 3) Ambovombe市郊外の地下水水源の早急な開発を行い、現在非常な水不足に困窮するAmbovombe市民約40,000人に対する給水案(D1)の建設を緊急給水計画として提案する。水源(F015)は、給水対象地域に近接するため、最も経済的な給水計画である。地下水ポテンシャルは、水位降下1mで300 ~ 400m<sup>3</sup>/日の揚水が可能であるが、井戸深度150m、静水位は134mと深く、水質は塩分濃度がやや高く、マ国水質基準値上限であるが、地域で利用される生活用水よりはるかに良質で安全な水といえる。このため、飲料水ではなく、生活用水として料理、洗い水、洗濯その他に利用価値がある。一方、地下水位が深いため太陽光利用揚水施設ではなく、ディーゼル発電施設となる。本計画における採算を考慮した最低給水量は400 m<sup>3</sup>/日で、

ケツ1杯(13リットル)の水生産コストは20Ar/バケツ(1.1¥/バケツ)ないし1,538 Ar/m<sup>3</sup> (86¥/m<sup>3</sup>)となり、現在のAES水販売価格100Ar/バケツ(5.6¥/バケツ)を大幅に引き下げることが可能となる。

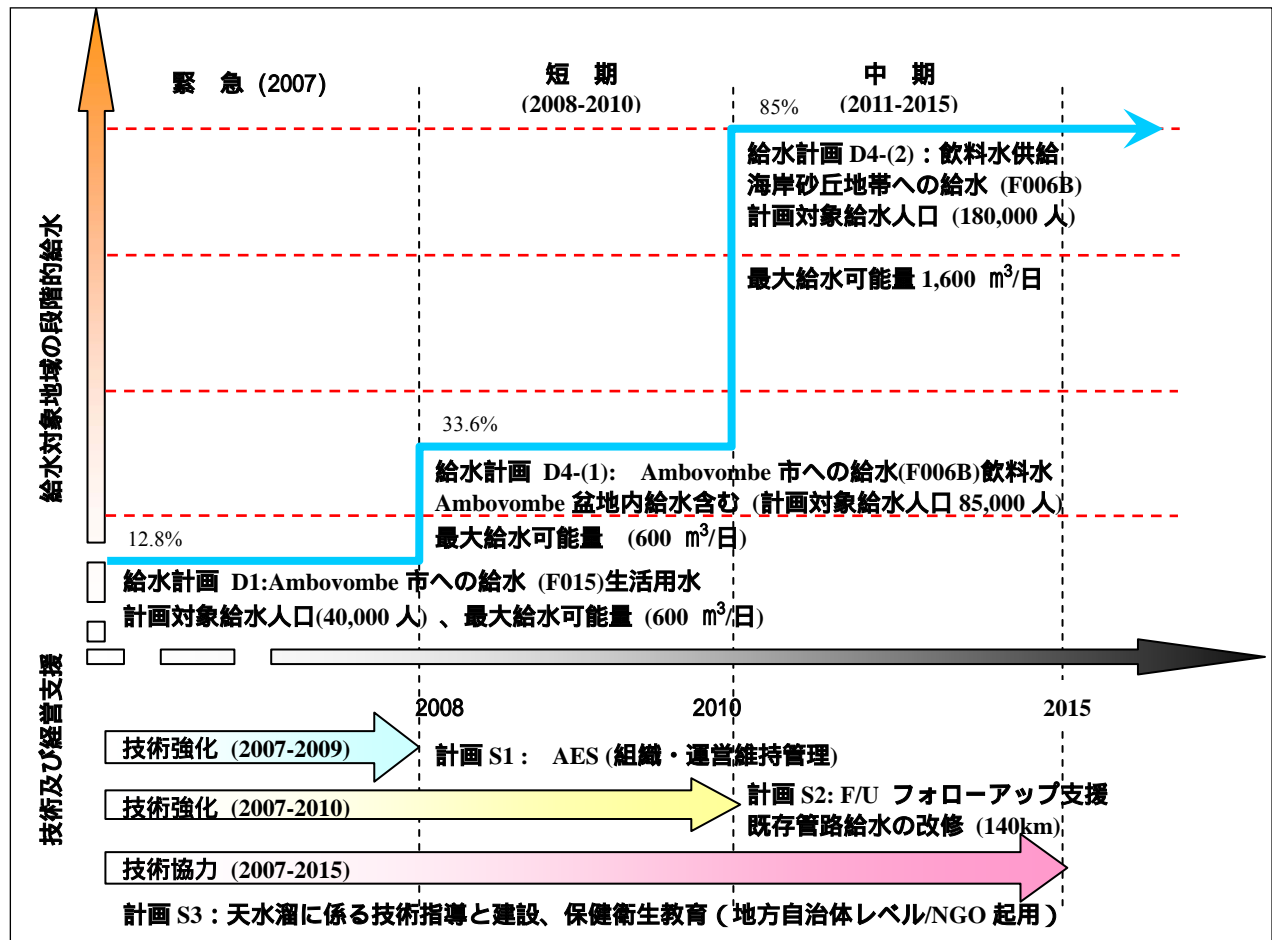
現在、JIRAMAによる商用発電がAmbovombe市にはあるが電力容量が小さいため、将来的な活用になる。南部給水公社はAmbovombe市に技術事務所を持ち、現在のバケツ1杯の販売価格は100Ar/バケツ(5.6¥/バケツ)であり、給水量はAmbovombe地域で20 m<sup>3</sup>/日、対象地域全域を含めても100m<sup>3</sup>/日程度の給水が、給水車、既存の140kmの給水管路施設、5ヶ所の給水センター(AEP/AES)で行われているに過ぎない。このため、安定して給水量400m<sup>3</sup>/日がAmbovombe市で実施されれば、地域の水不足解消に多大な改善をもたらす。また、困窮するAESの収入向上につながる。

- 4) 既存給水管路施設(142km)改修案(S2)は、1997年から1999年に完成したAmpotaka ~ Tsihombe市地域の給水管路施設で、燃料費の高騰と給水車両の老朽化のため、給水施設の運営維持管理と村落への飲料水供給が危機的状態にある。2006年現在、バケツ1杯の水料金は100 Ar/バケツ(5.6¥/バケツ)であるが、村落住民にとっては高価であるため、水販売量は、2,465m<sup>3</sup>/年(6.8m<sup>3</sup>/日)と非常に少ない。このため、水生産コストは、392Ar/バケツ(22¥/バケツ)になっており、販売価格の約4倍の赤字状態である。維持管理費の縮減や経済性を考慮した、太陽光利用揚水システムの導入による改修計画が必要である。

#### 4.4 給水計画マスタープラン

計画目標年次 2015 年に対する給水施設計画の方針は、緊急給水計画( 2007 年 )、短期給水計画( 2008 ~ 2010 年 )、そして中期給水計画(2010 ~ 2015 年)の三段階に区分し、段階的に対象地域の給水改善を提案する。また、給水施設建設と同時にソフト支援を実施して、効率的な給水と持続性を強化する。

給水計画マスタープラン実施工程(2007 - 2015)



## 給水計画マスタープラン (2007 - 2015)

実施段階	年次	水源	給水計画の内容	ソフト支援
1 緊急給水	2007	Ambovombe 水源 (生活用水:D1)	・ Ambovombe市4万人の生活 用水供給	・ AES強化のための運 営維持管理と技術経営 支援 (S1) ・ 水料金管理等の経営 改善技術支援 (S1/S2)
		既存取水施設(S2) (飲料用伏流水)	・ 既存施設改修8万人の飲料 水供給改善 ・ 省エネ運転コストの改善 (太陽光利用動力源と既存 動力源の保守)	
2 短期給水	2008 - 2010	Antanimora水源 (飲料水供給 - 1) (D4, Phase-1)	・ Antanimora 水 源 から Ambovombe市と盆地地域内 村落の8.5万人への飲料水供 給施設の建設 (海岸砂丘地帯、アンタリタ リカへの飲料水供給第1段 階) ・ 自然流下式管路系給水施設 (63km)	・ 保健・衛生教育の地方 自治体と住民に対する 技術指導と能力開発 (キャパシティ・ビル ディング) (S3) ・ 天水溜建設・改修のた め、現地NGO起用など 組織的なソフト技術強 化支援(S3)
3 中期給水	2011 - 2015	Antanimora水源 (飲料水供給 - 2) (D4, Phase-2)	・ Antanimora 水 源 を 利 用 し、Ambovombe市から延長 し、海岸砂丘地帯アンタリ タリカ18万人の飲料水供給 施設の建設 (短期給水・Ambovombe市 から継続で、飲料水供給第2 段階) ・ 自然流下式管路系給水施設 (52km)	・ 既存管路 (Sampona) の拡充に係る技術支援 による、Ambovombe市 や海岸砂丘地帯への給 水の連携と技術支援 ・ 実施機関 (MEM) や アフリカ開発銀行の給 水計画との調整 (S4) ・ Mini-Pipeの具体的な 運営維持管理体制のモ ニタリングとAES体制 強化の連携支援

## 5. 調査の結論と提言

- 1) 調査対象地域における貧困配慮の検討は、水と住民参加が重要なキーワードで、社会学的な視点を尊重し調査した。地方住民は、プロジェクトの住民参加型アプローチの導入によって、住民の主体的な発言と行動が促進された。特に、南部地域の水供給は、長い間、中央政府の公共サービスの一環として、地方自治体、コミューンそして村落レベルを通じて、政府の一方的支援に依存してきた。給水サービスの復旧や給水施設の運営維持管理の再建に向けて、「裨益者負担の原則」の導入により、持続的で自立的な運営を確実なものとする必要がある。このような目的に沿った住民の理解と概念を、地方自治体、コミューン、村落レベルの地方給水関係者間で取り付けることが必要である。調査団は、パイロットプロジェクト5ヶ所において、現地NGOを起用して、これら地方関係者の参加を促進するワークショップを開催し、計画に最適な上記のキーワードを焦点とした。村落の組織的な活動、住民の支払い可能な水料金、給水施設の運営維持管理体制の立上げ、地方自治体や南部給水公社の支援など、既存の運営体制強化が核心である。



- 2) 本調査で提案する計画に基づき、給水率 3% と非常に低率な対象地域の給水率を向上させることを目指して、まず、第一に県庁所在地である Ambovombe 市とその周辺村落部の改善が、日本の支援により、本調査の地下水開発と給水計画の策定と教訓を活用して実施されることが求められる。また同時に、地方自治体やコミュニケーションレベルにおいては、利用可能な水が雨季に限定される現状の早急な水環境の改善として、調査団や NGO の技術支援と協調した活動、天水溜の改修と建設、保健・衛生教育を主体的に実施することが求められる。
- 3) マ国南部地域における地方給水は、南部給水公社 (AES) が長年の経験を生かして主導権を持って調査対象地域の給水改善を行うことが求められる。調査団はパイロットプロジェクトの結果を検討し、それに基づき、技術的、社会学的、参加型や意識向上、財務、経済(補助金対策)、法律上の問題など、活動の必要性を提案した。実際に全国レベルでの給水改善計画においても、このような活動モデルの実施が求められる。地方都市や地方村落の給水計画の改善を目的として、実施機関 MEM は、現在進行中の南部給水公社の組織改革において、新規給水施設は商業ベースないしは中央政府や地方政府、県レベルでの支援が得られる効率的な組織とすることが求められる。また、財政的には、実施機関が経済的に脆弱である村落組織を、経済的に健全な地方都市ないし村落からの相互補助による運営により手助けする配慮が求められる。
- 4) 実施機関 (MEM) が優先して実施している Sampona への Mini-Pipe 計画は、2006 年 11 月送水が開始された。MEM の提案の通り、給水案 (S4) として、本計画がアフリカ開発銀行による Ambovombe 市経由海岸砂丘地帯 ( ) への管路系給水計画と協調ないし連携されれば、対象地域における給水改善がより増進されるため、具体的な技術協力を提案する。
- 5) 技術協力として、南部給水公社(AES)の早急な技術強化と能力開発を提案する。既存管路系給水(Ampotaka-Tsihombe)の現状モニタリングと水生産コストの低減、そして地方住民への保健・衛生教育を通じた既存天水溜の改修や住民参加型による建設の能力開発(キャパシティ・ビルディング)に優先順位が必要である。これらの技術支援は、それぞれが強い相互依存関係にあるため、単独の専門家派遣では対応しきれない多様な問題解決が求められる。このため、技術協力プロジェクトなどの総合的スキームとして、早急に対応すべき内容で、優先順位は高い。
- 6) 給水施設建設の優先順位第 1 位は、アンボンベ市の給水に必要な水源 (F015) を開発し、生活用水供給を実施することである。次に、対象地域の大多数住民に対する長期的に安定した、飲料水供給のための給水施設の建設である。安定し安全な飲料水供給は、Antanimora (F006B) の水源を利用した自然流下式の管路系給水施設で、Ambovombe 市や海岸砂丘地帯に給水することである。提案の計画における運営維持管理コストは、現在のバケツ 1 杯 100Ar ( ¥5.6 ) の水価格を 50%程度に値下げしても運営が可能な計画であり、村落住民の支払い可能な価格 (バケツ 1 杯 50Ar=¥2.8) に抑えることができるものと思われる。これは、住民に対する安定した水供給の実現のみならず、料金収入の増大による AES 運営の根本的な建て直しにもつながる。

- 7) 飲料水は人々の生活に必須のものである。水不足や水の欠乏は、貧困、乾燥気候や半乾燥気候、旱魃、気候変動に起因している。水供給計画は、人々の意識、参加、所有、教育、能力開発、協力関係の構築、運営、維持、管理などの多様な要素から構成され、貧困削減のための入口であると共に最も効果的なアプローチである。受益者は女性や子供たちで、毎日、朝から夕方まで、家族のための水運びをしている。水供給計画の成功の鍵は、自立的・持続的飲料水供給で、運営維持管理に必要な水料金が人々によって快く支払われることにある。
- 8) 貧困配慮の視点から、給水計画に係わり、村落住民の水料金支払いに必要な現金収入が得られる様なソフト支援について、注意を払うことが重要である。調査団は、ステアリングコミティ(政府監理委員会)や関係機関とのセミナーを通じて、それぞれの分野から村落住民の飲料水確保に必要な現金収入が得られる支援も検討することを提案した。そして、ハードとソフトの両面から同時にアプローチし、給水に係る自立的・持続的な活動の概念に沿って、対象村落に最適な支援が行われることが重要である。

\* \* \* \* \*

## 目次

序文	
伝達状	
調査対象地域図	
写真集	
調査結果の計画概要	
図表リスト	
略語表	
	<b>頁</b>
<b>第1章 序論</b> -----	1-1
1.1 調査の概要 -----	1-1
1.1.1 概要 -----	1-1
1.1.2 調査の背景 -----	1-2
1.1.3 調査の目的 -----	1-2
1.1.4 調査対象地域 -----	1-2
1.1.5 調査業務の範囲 -----	1-3
1.1.6 調査の基本方針 -----	1-3
1.2 調査の実施 -----	1-3
1.2.1 調査工程 -----	1-3
1.2.2 調査団、作業管理委員会、カウンターパートの構成 -----	1-8
<b>第2章 対象地域の一般環境</b> -----	2-1
2.1 自然条件 -----	2-1
2.1.1 気候 -----	2-1
2.1.2 水文 -----	2-1
2.1.3 地形 -----	2-1
2.1.4 地質と水理地質 -----	2-2
2.2 調査対象地域の社会経済状況 -----	2-2
2.2.1 行政機構 -----	2-2
2.2.2 人口 -----	2-3
2.2.3 経済状況 -----	2-3
2.2.4 社会インフラ及び関連する社会状況 -----	2-4
2.2.5 伝統と習慣 -----	2-4
2.3 給水事業実施機関 -----	2-5
2.3.1 水セクターの現状 -----	2-5
2.4 南部地域の援助機関 -----	2-7
2.5 南部地域の給水とマネジメント -----	2-8

<b>第3章 水資源に関わる調査と解析</b>	-----	3-1
3.1 既存データ	-----	3-1
3.2 既存水源のインベントリー調査	-----	3-1
3.2.1 分類	-----	3-1
3.2.2 水源	-----	3-1
3.2.3 天水溜インベントリー	-----	3-3
3.3 衛星画像解析	-----	3-3
3.3.1 衛星解析	-----	3-3
3.4 航空写真調査	-----	3-9
3.4.1 方法	-----	3-9
3.4.2 解析	-----	3-9
3.5 物理探査	-----	3-10
3.5.1 概要	-----	3-10
3.5.2 調査結果から推定されるアンボボンベ盆地内の地質構造	-----	3-10
3.6 地下水位観測	-----	3-12
3.6.1 概要	-----	3-12
3.6.2 観測井戸	-----	3-13
3.6.3 月別観測結果	-----	3-13
3.6.4 季節別観測結果	-----	3-16
3.6.5 試掘井戸観測結果	-----	3-17
3.7 既存水源の水質調査	-----	3-20
3.7.1 目的	-----	3-20
3.7.2 方法	-----	3-20
3.7.3 化学成分解析	-----	3-21
3.7.4 試料水の飲料水としての適合性	-----	3-29
3.8 試掘調査	-----	3-30
3.8.1 試掘計画	-----	3-30
3.8.2 試掘結果	-----	3-33
3.8.3 試掘評価	-----	3-35
3.9 水質プロファイル調査	-----	3-36
3.9.1 深度別プロファイル調査	-----	3-37
3.9.2 水質の時系列変化	-----	3-40
<b>第4章 社会経済状況の調査結果と分析</b>	-----	4-1
4.1 調査の概要	-----	4-1
4.2 調査対象地域の社会経済状況の分析	-----	4-1
4.2.1 経済状況	-----	4-1
4.2.2 グループ活動と共同作業	-----	4-1
4.3 調査対象地域の水利用の現況	-----	4-2
4.3.1 現在の水源	-----	4-2



4.3.2	水消費量	-----	4-2
4.3.3	水料金	-----	4-5
4.3.4	水利用の困難度の分類	-----	4-5
4.3.5	水利用に関わるジェンダー問	-----	4-8
4.4	水確保の現況	-----	4-10
4.4.1	天水利用に関して	-----	4-10
4.4.2	水売り	-----	4-11
<b>第5章 既存給水事業組織</b>			5-1
5.1	南部地域の給水組織 AES と JIRAMA	-----	5-1
5.1.1	AES の組織構造	-----	5-1
5.1.2	Amboasary と Ambovombe における JIRAMA の状況	-----	5-4
5.2	コミューン、フクタン、給水委員会(CPE)	-----	5-5
<b>第6章 パイロットプロジェクト</b>			6-1
6.1	計画と目的	-----	6-1
6.2	パイロット給水施設仕様	-----	6-2
6.3	パイロットプロジェクト対象地での社会経済状況	-----	6-4
6.3.1	パイロットプロジェクト対象地の社会状況	-----	6-4
6.3.2	パイロットプロジェクト対象地の経済状況	-----	6-5
6.3.3	水利用の現況	-----	6-5
6.4	住民の参加および給水委員会の運営能力開発	-----	6-7
6.5	給水委員会 (CPE) 設立および水料金	-----	6-7
6.5.1	給水委員会 (CPE) 設立	-----	6-7
6.5.2	水料金	-----	6-9
6.6	パイロットプロジェクトのモニタリング	-----	6-14
6.6.1	パイロットプロジェクトモニタリングの概要	-----	6-14
6.7	パイロットプロジェクト結果	-----	6-14
6.7.1	給水委員会による運営維持管理	-----	6-14
<b>第7章 地下水ポテンシャル</b>			7-1
7.1	水理地質の観点による地下水ポテンシャル評価	-----	7-1
7.1.1	解析	-----	7-1
7.1.2	開発可能性の分類	-----	7-2
7.2	水収支解析	-----	7-3
7.3	地下水シミュレーション	-----	7-9
7.3.1	目的	-----	7-9
7.3.2	地下水シミュレーションモデルの構築	-----	7-9
7.3.3	モデルの検証	-----	7-13
7.3.4	将来予測計算	-----	7-16

7.3.5	試掘井戸 F015 の地下水開発可能性評価	7-17
7.4	地下水モニタリング計画	7-23
<b>第 8 章</b>	<b>給水計画</b>	<b>8-1</b>
8.1	基本条件	8-1
8.1.1	給水区域	8-1
8.1.2	水需要	8-1
8.1.3	水源と給水区域	8-3
8.2	給水計画代替案	8-4
8.2.1	給水代替案の検討	8-4
8.2.2	給水計画代替案の選定手順	8-40
8.2.3	ロングリストの作成	8-40
8.2.4	ショートリストの作成	8-44
8.2.5	優先順位の決定	8-46
8.2.6	総合評価とその他考慮事項	8-49
8.3	給水計画の提案	8-50
8.3.1	給水計画代替案 (D1 ~ D7) および既存施設改修案 S2 の評価	8-51
8.3.2	給水施設水位高低図	8-55
8.4	直接工事費の概算	8-57
8.5	事業実施計画	8-57
8.6	水料金	8-58
8.6.1	現状の水料金評価(2005)	8-58
8.6.2	給水代替案における水料金の検討	8-60
8.7	施設計画図	8-61
<b>第 9 章</b>	<b>環境社会配慮</b>	<b>9-1</b>
9.1	背景	9-1
9.1.1	JICA の環境社会配慮制度	9-1
9.1.2	マ国環境影響評価制度の概要	9-1
9.1.3	マ国環境担当者とのヒアリング結果	9-1
9.1.4	本調査における環境社会配慮の実施方針	9-2
9.2	計画の概要	9-2
9.2.1	計画の背景	9-2
9.2.2	計画の目的	9-2
9.2.3	計画対象地域	9-2
9.2.4	給水計画の概要	9-3
9.3	対象地域の現状	9-3
9.3.1	自然環境	9-3
9.3.2	社会環境	9-4
9.4	環境社会配慮結果	9-5

9.4.1	雇用や生計手段等の地域経済	9-5
9.4.2	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	9-5
9.4.3	貧困層 / 先住民族 / 少数民族	9-6
9.4.4	被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性	9-6
9.4.5	地域における利害の対立	9-6
9.4.6	ジェンダー	9-7
9.4.7	水利権	9-7
9.4.8	地下水	9-7
9.4.9	表流水	9-7
9.4.10	生物・生態系	9-8
<b>第 10 章</b>	<b>給水施設の維持管理</b>	<b>10-1</b>
10.1	村落給水体制の整備	10-1
10.2	AES の組織	10-1
10.3	AES の財政	10-2
10.4	AES に対する提言	10-3
<b>第 11 章</b>	<b>プロジェクト評価</b>	<b>11-1</b>
11.1	本プロジェクトに対する経済、財政面の評価	11-2
11.2	環境影響評価	11-2
11.3	給水組織と施設の評価	11-2
11.4	本調査によるパイロットプロジェクト給水計画に関する技術的評価	11-3
11.5	経済評価	11-4
<b>第 12 章</b>	<b>技術移転</b>	<b>12-1</b>
12.1	技術移転	12-1
12.2	技術移転のためのセミナーの実施	12-1
12.3	パイロットプロジェクトに関する村レベル CPE への提言	12-2
<b>第 13 章</b>	<b>結論及び提言</b>	<b>13-1</b>
13.1	結論	13-1
13.2	提案	13-4

## 参考文献

## 図表リスト

## 第 1 章

表			
1.2.1-1	調査の実施工程		1-4
1.2.1-2	調査工程表		1-5
1.2.1-3	調査内容		1-6
1.2.1-4	調査業務計画表		1-7
1.2.2-1	調査団と作業監理委員会の構成		1-8
1.2.2-2	カウンターパート・チーム		1-8
図			
1.1.4-1	調査対象地域		1-2

## 第 2 章

表			
2.1.4-1	対象地域の地質と水理地質による分類		2-2
2.2.1-1	調査対象コミュニティ名		2-3
図			
2.1.1-1	最近 5 ヶ年の平均降水量図 (1999-2004 の平均)		2-1
2.1.3-1	Ambovombe 盆地地形図		2-1
2.1.4-1	対象地域の地質		2-2
2.2.2-1	村落の分布と人口規模		2-3
2.3.1-1	Ambovombe における AES 公共水栓での水販売と Ifotaka の太陽光 利用揚水システム		2-6
2.4-1	南部地域における国際機関の援助によるプロジェクト		2-7
2.5-1	日本の援助により完成した管路給水施設 (JICA, 1995-1999) と MEM による Sampona プロジェクト (IPPTE, 2004-2006)		2-8

## 第 3 章

表			
3.2.2-1	水源の特性		3-2
3.2.3-1	公共大型天水溜インベントリー		3-3
3.6.4-1	各観測データの比較		3-16
3.7.2-1	試料採取地点の概要		3-20
3.7.2-2	水質分析項目		3-20
3.7.3-1	主要成分間の相関係数		3-24
3.7.4-1	サンプルの主要化学成分の平均値・最高値とマダガスカ・WHO 基準 との比較		3-29
3.8.1-1	試掘計画		3-30
3.8.2-1	試掘結果の要約		3-34
3.9.1-1	調査地点一覧		3-37
3.9.2-1	調査地点一覧		3-40
図			
3.2.2-1	水源位置図		3-2
3.3.1-1	地形解析断面図		3-4
3.3.1-2	線形構造解析と標高データの図		3-5

3.3.1-3	Ambovombe 盆地の水系	3-6
3.3.1-4	Ambovombe 盆地の湖沼	3-6
3.3.1-5	調査地域の鳥瞰図	3-7
3.3.1-6	植生と土地利用図	3-7
3.3.1-7	村落分布	3-8
3.3.1-8	試掘地点	3-8
3.3.1-9	衛星データからの地形解析	3-8
3.3.1-10	地形図と衛星画像の重ね合せ	3-8
3.3.1-11	衛星画像解析による地質図	3-9
3.3.1-12	地質図と衛星画像の重ね合わせ	3-9
3.5.1-1	物理探査調査地点図	3-10
3.5.2-1	物理探査測線位置図	3-11
3.5.2-2(a)	解析地質断面図(測線 I)	3-11
3.5.2-2(b)	解析地質断面図(測線 II)	3-12
3.5.2-2(c)	解析地質断面図(測線 III)	3-12
3.5.2-2(d)	解析地質断面図(測線 )	3-12
3.6.2-1	観測箇所位置図	3-14
3.6.2-2	観測箇所位置図 ( Ambovombe 市内 )	3-14
3.6.2-3	観測箇所位置図 ( 試掘井戸 )	3-14
3.6.3-1	地下水位観測結果	3-15
3.6.4-1	4月と10月の季節別観測結果における地下水位変動量等高線図	3-17
3.6.5-1	地下水位観測結果	3-18
3.6.5-2	地下水位連続観測結果	3-19
3.7.3-1	対象地域の EC の空間分布 (インベントリー調査)	3-22
3.7.3-2	Ambovombe 地区の EC の空間分布(インベントリー調査)	3-22
3.7.3-3	試料水の EC の季節変動	3-23
3.7.3-4	主要成分間の相関係数図	3-24
3.7.3-5	対象地域内のヘキサダイアグラムの典型例	3-25
3.7.3-6	乾季試料のトリリニアダイアグラム	3-26
3.7.3-7(1)	既存井戸のヘキサダイアグラム	3-27
3.7.3-7(2)	Ambovombe 市内の既存井戸のヘキサダイアグラム	3-28
3.8.1-1	試掘位置図	3-31
3.8.1-2	Ambovombe 市街部周辺試掘位置図	3-31
3.8.1-3	試掘井の仕様	3-32
3.8.2-1	調査経過(2005-2006)	3-33
3.8.3-1	Ambovombe 盆地と地下水位	3-35
3.8.3-2	宙水の範囲	3-35
3.8.3-3	地下水ポテンシャル地域	3-36
3.9.1-1	調査地点位置図	3-37
3.9.1-2	測定結果	3-38
3.9.1-3	海岸地域での観測地点位置図	3-39
3.9.1-4	電気伝導度の比較	3-39
3.9.2-1	水位変動と電気伝導度調査結果	3-40
3.9.2-2	調査結果 ( 拡大 ) 2006 年 6 月の記録	3-41

#### 第 4 章

##### 表

4.3.2-1	水消費量 ( 日量 )	4-4
4.3.3-1	月額水料金の支払額と予算	4-4
4.4.4-1	距離及び単価による水源の分類	4-6

##### 図

4.3.1-1	給水施設数	4-2
---------	-------	-----

4.3.1-2	コミュニティ毎の水供給施設	4-3
4.3.4-1	調査対象地域で利用されている水源の水料金単価 (バケツ1杯当たり)	4-5
4.3.4-2	調査対象地域の水源への距離	4-5
4.3.4-3	調査対象地域の水質	4-6
4.3.4-4	コミュニティ毎の水源分類	4-7
4.3.5-1	水運搬に関わるジェンダーとその構成	4-7
4.3.5-2	水運搬に関わるジェンダーと水運搬方法	4-8

## 第5章

### 表

5.1.1-1	AES 財務状況 1999-2005	5-3
5.1.1-2	AES 財務状況 2004-2005	5-3
5.1.1-3	Ambovombe 地域の給水車と既存パイプライン施設の生産コスト 2005	5-3
5.1.2-1	JIRAMA (Amboasary) の財政状況(2004)	5-4
5.1.2-2	JIRAMA (Amboasary) の概要(2005)	5-4
5.1.2-1	JIRAMA (Amboasary) の組織図(2005)	5-5
5.2-1	調査対象地域における現在の給水システム (雨季) (1/2)	5-7
	調査対象地域における現在の給水システム (乾季) (2/2)	5-7
5.2-2	公共天水溜の様々な運営維持管理主体	5-8

### 図

5.1.1-1	AES 組織図	5-2
5.1.1-2	JIRAMA (Amboasary) の組織図(2005)	5-5
5.2-1	住民主体の運営維持管理機関 AAEP-組織図	5-9

## 第6章

### 表

6.1-1	パイロットプロジェクト対象 5 村落における運営維持管理上の基 本情報	6-1
6.1-2	パイロットプロジェクトに関する再委託概要	6-2
6.3.1-1	パイロットプロジェクト対象地の主な社会状況	6-5
6.3.2-1	パイロットプロジェクト対象地域の主な収入源	6-5
6.3.3-1	パイロットプロジェクト実施前の水利用状況	6-6
6.5.2-1	パイロットプロジェクト対象 5 村落における水料金徴収システム	6-9
6.5.2-2	月払い定額制料金試算の前提条件	6-10
6.5.2-3	月払い定額制の場合の水料金試算 (ロープポンプ)	6-11
6.5.2-4	月払い定額制の場合の水料金試算 (足踏みポンプ)	6-11
6.5.2-5	月払い定額制の場合の水料金試算 (太陽光利用揚水施設)	6-11
6.5.2-6	従量制料金試算の前提条件	6-12
6.5.2-7	従量制の場合の水料金試算 (ロープポンプ)	6-12
6.5.2-8	従量制の場合の水料金試算 (足踏みポンプ)	6-13
6.5.2-9	従量制の場合の水料金試算 (太陽光利用揚水施設)	6-13
6.7.1-1	想定される妥当な水価格	6-15

### 図

6.1-1	パイロットプロジェクト対象 5 村落の位置	6-1
6.2-1	太陽光利用揚水施設配置図	6-3
6.2-2	太陽光利用揚水施設ダイアグラム	6-3
6.2-3	ロープポンプ	6-3



6.2-4	ヴェルニエポンプ	6-3
6.5.1-1	典型的な給水委員会（CPE）の組織図	6-8
6.5.1-2	給水委員会立ち上げのプロセス	6-8
6.5.2-1	基本的な料金徴収体系（左：月払い定額制、右：従量制）	6-10
6.7.1-1	住民が支払い可能な最高水価格の分布	6-15
6.7.1-2	ステークホルダーの基本的な協力体制概念	6-16

## 第 7 章

### 表

7.2-1	面積降水量算定結果（mm/年）	7-6
7.2-2	地下水動水勾配算定結果	7-7
7.2-3	Antanimora 地区地下水揚水量算定結果	7-8
7.2-4	Ambovombe 地区地下水揚水量算定結果	7-8
7.3.3-1	使用した飽和透水係数	7-14
7.3.4-1	地下水開発計画	7-15

### 図

7.1.2-1	地下水ポテンシャルの地域性	7-3
7.2-1	Ambovombe 盆地の水循環機構	7-5
7.2-2	水収支モデル	7-5
7.2-3	地下水流出量算定モデル(1)	7-6
7.2-4	地下水流出量算定要素(2)	7-7
7.3.2-1	モデル化範囲	7-9
7.3.2-2	モデル化に用いた地表面標高	7-10
7.3.2-3	モデル化に用いた基盤標高	7-11
7.3.2-4	解析メッシュ	7-11
7.3.2-5	モデル化に使用した水理地質区分	7-12
7.3.3-1	電気伝導度測定結果（2005 年 11 月）	7-13
7.3.3-2	モデルに入力された初期塩分濃度分布	7-13
7.3.3-3	検証結果	7-14
7.3.4-1	モニタリング井戸設置箇所	7-15
7.3.4-2	計算結果	7-16
7.3.5-1	沿岸部低塩分濃度の分布状況	7-17
7.3.5-2	初期塩分濃度設定状況	7-18
7.3.5-3	モニタリング井戸設定状況	7-19
7.3.5-4(a)	塩分濃度分布状況（平面）	7-19
7.3.5-4(b)	塩分濃度分布状況（鉛直断面）	7-19
7.3.5-5	塩分濃度と電気伝導度の経年変化	7-20
7.3.5-6	F015 井戸第 4 層の塩分濃度と電気伝導度の変化	7-20
7.3.5-7	ケーススタディでの初期塩分濃度条件	7-21
7.3.5-8	F015 井戸第四層の塩分濃度と電気伝導度の変化	7-21
7.3.5-9	F015 井戸第 4 層の塩分濃度と電気伝導度の変化	7-22
7.4-1	地下水モニタリング地点位置図	7-23
7.4-2	地下水モニタリング地点位置図（Ambovombe 市内）	7-23
7.4-3	地下水モニタリング体制	7-24

## 第 8 章

### 表

8.1.2-1	給水対象コミュニティの人口と村落数（Fokontany）	8-2
8.1.2-2	給水対象人口と水需要量	8-3

8.2.1-1	給水計画代替案 (D1～D6)基本事項の比較	8-5
8.2.1-2	給水計画代替案 1/3	8-9,10
	給水計画代替案 2/3	8-11,12
	給水計画代替案 3/3	8-13,14
8.2.3-1	調査対象地域給水方法(案)一覧 (ロングリスト)	8-42
8.2.4-1	優先順位を検討する給水施設建設改善(案)一覧 (ショートリスト)	8-45
8.2.4-2	優先順位を検討する技術強化改善方法(案)一覧(ショートリスト)	8-46
8.2.5-1	給水施設改善評価項目	8-46
8.2.5-2	ソフト技術強化評価項目	8-47
8.2.5-3	点数評価による給水施設改善の順位付け	8-47
8.2.5-4	点数評価によるソフト技術強化の順位付け	8-49
8.3.1-1	給水計画代替案の基本事項の評価 (計画 D1～D6、S2、S4)	8-53
8.4-1	給水計画 D1、D4 と既存改修 S2 の概算費	8-57
8.5-1	計画給水人口と給水可能量	8-58
8.6.1-1	AES 2005 年の水生産コスト分析	8-59
8.6.2-1	給水代替案に係る水料金の検討調査の実施工程	8-60

## 図

8.1.1-1	給水対象地区	8-1
8.1.3-1	給水対象地区のゾーン区分	8-3
8.2.1-1	給水計画代替案 (D1～D6)	8-5
8.2.2-1	給水案選定の手順フロー	8-40
8.2.3-1	給水改善案の分類	8-41
8.2.4-1	ロングリストの評価図(施設建設)	8-44
8.2.4-2	ロングリストの評価図(ソフト技術強化)	8-45
8.3.2-1	計画 D1,D4 送水管施設と水位高低図	8-56
8.3.2-2	給水計画代替案	8-61
8.3.2-3	給水計画代替案 給水システム図	8-62

## 第9章

## 表

9.1.2-1	本プロジェクトに関連する EIA の対象となるプロジェクト	9-1
---------	-------------------------------	-----

## 第10章

## 表

10.3-1	AES の財政状況 1999-2005	10-2
10.3-2	AES 水の生産量と生産原価 (2005)	10-3
10.4-1	職員配置計画	10-4

## 第12章

## 表

12.1-1	技術移転の内容	12-1
--------	---------	------

## 略語表

機関名/ 項目	日本語	フランス語・英語
AAEPA	運営維持管理機関	Association d'Alimentation en Eau Potable d'Antandroy
AEP	飲料水供給	Alimentation en eau potable
AEPA	飲料水と衛生	Alimentation en eau potable et assainissement
AEPG	自然流下管路給水	Adduction d'eau potable gravitaire
AES	南部給水公社	Alimentation de l'Eau dans le Sud
AFD	フランス開発機構	Agence française de développement
ANDEA	国家水・衛生機関	Autorité nationale de l'eau et l'assainissement
Ar	アリアリ ( Ariary: Ar )	Ariary ( マダガスカル通貨 )
BAD	アフリカ開発銀行	Banque africaine de développement
BM	世界銀行	Banque mondiale
CGDIS	統合開発のための委員会	Commissariat Général au Développement Intégré du Sud
CNEA	中央水衛生委員会	Comité national de l'eau et l'assainissement
CREA	地方水衛生委員会	Comité régional de l'eau et l'assainissement
CPE	給水委員会	Comité de point d'eau
CSB	医療センター	Centre de santé de base
DEM	数値標高モデル	Digital Elevation Model
DEPA	水衛生局	Direction de l'eau potable et de l'assainissement
EC	電気伝導度	Electric Conductivity
EEP	環境配慮計画	Environmental Engagement Program
EIA	環境影響評価	Environment Impact Assessment
EU	欧州連合	European Union
FED	欧州開発基金	Fonds Européen de Développement
FMG	マダガスカルフラン(旧)	Franc malgache ( 旧マダガスカル通貨 )
FONDEM	フランス NGO	Fondation Energies pour la Monde
FTM	マダガスカル国土地理院	Foiben Taosarintani I Madagasikara
HDPE	高密度ポリエチレン管	High Density Polyethylene Pipe
IEC	情報 - 教育 - 通信	Information - éducation - communication
IEE	初期環境影響評価	Initial Environmental Examination
INSTA/DSN	国家原子力科学技術研究所	Institut National des Science et Techniques Nucleaires
IP	電気探査 ( IP 法 )	Induced Polarization
IPPTE	債務超過国支援計画	Initiative pays pauvre très endetté
JBIC	国際協力銀行	Japan Bank for International Cooperation (Coopération Japonaise - Prêts)
JICA	独立行政法人国際協力機構	Japan International Cooperation Agency (Agence Japonaise de Coopération Internationale)
JIRAMA	マダガスカル電気・水公社	Jiro sy Rano Malagasy (Société nationale d'eau et d'électricité)
MECIE	環境と調和した投資のための法令	Mise en compatibilité des investissements avec l'environnement
MEM	エネルギー・鉱山省	Ministère de l'énergie et des mines
O/M	維持管理	Operation and Maintenance
OMS	世界保健機構 ( WHO )	Organisation mondiale pour la santé
ONG	民間非営利団体	Organisation non gouvernementale
ONE	国家環境局	l'Office National pour l'Environnement

機関名/ 項目	日本語	フランス語・英語
(他)		
ORSEA	水と衛生基準機関	Organe de régulation de l'eau et assainissement
PAEPAR	農村飲料水供給パイロットプロジェクト	Projet pilote d'alimentation en eau potable et assainissement en milieu rural
PPTTE	債務超過国	Pays pauvre très endetté
PRSP	貧困撲滅戦略ペーパー	Poverty Reduction Strategy Paper
PWL	揚水位	Pumping Water Level
SAP	早期警報情報システム	Systeme d' Alerte Precoce
SC	比湧出量	Specific Capacity
SWL	静水位	Static Water Level
TD	井戸深度	Total Depth
TEM	電磁波探査 (TEM 法)	Transient Electromagnetic Method
UE	欧州連合	Union européenne
VES	電気探査 (垂直法)	Vertical Electric Sounding
WASH	水・公衆保健衛生	Water, Sanitation and Hygiene (Eau, Système sanitaire et Hygiène)

## 第1章 序論

### 1.1 調査の概要

#### 1.1.1 概要

本最終報告書(要約)は、「マダガスカル国南部地域における自立的・持続的飲料水供給に係る調査」として、2005年1月から2006年12月までに実施した調査結果を取りまとめたものである。調査は、エネルギー鉱山省(MEM)と独立行政法人国際協力機構(JICA)との間で、2004年8月18日首都アンタナナリヴォ市において合意されたS/W(調査内容)に基づき実施された。独立行政法人国際協力機構(JICA)は12人の多様な専門分野からなる調査団を2005年1月に結成し、マダガスカル国(以下、マ国)に派遣し、2006年12月に最終報告書を完成した。

調査は2段階(フェーズ とフェーズ )に区分され、下記の通り実施された。

- フェーズ : 基礎調査と水資源調査
- フェーズ : 給水施設代替案と水利用計画の分析と評価

本調査は、エネルギー鉱山省(MEM)や南部水公社(AES)のカウンターパートの協力の下で、調査期間を通じて、彼らへの技術移転を配慮して実施した。

#### 1.1.2 調査の背景

当該調査対象地域の特徴は、河川や地下水の水資源の非常に乏しい乾燥気候に位置し、住民の飲料水確保が非常に困難な地域である。マ国の安全な飲料水にアクセス可能な人口は、2000年の農村地域においては11.8%、2005年においてもわずか17%である。(PRSP 2005 及び MEM 2006) 特に、調査対象地域の Ambovombe 盆地と海岸砂丘地域においては、年間降水量が400mm～500mmと非常に少ない。また降水も雨季に限定され、住民は村落内に水源がなく、南部給水公社(AES)の給水車による給水活動も限られていることから、非常に高価な飲料水を地域外の水売りから購入することを強いられている。2006年のAES年次報告書によると、対象地域278,000人に対する公的な給水量は約100 m<sup>3</sup>/日で、燃料費の高騰に伴う営業経費の増大と給水車の台数不足により、一人当たりの給水量はわずか0.4ℓ/人・日となる。さらに、調査対象地域では入手可能な水であっても、飲料水水質基準を満たしていない場合が多く、マ国政府は、調査対象地域の安全な水の確保を最優先課題としている。

このため JICA は、南部地域における持続可能で自立的な飲料水供給に係る調査のために調査団を現地に派遣した。調査は、対象村落の地下水ポテンシャルの確認のための試掘調査、村落住民による運営維持管理が可能な適切な給水施設として、パイロットプロジェクトで手押しポンプや太陽光利用揚水施設を建設し、技術協力の一環として、住民による水料金の設定、運営維持管理体制の支援を含むモニタリング評価を実施した。

### 1.1.3 調査の目的

- (1) 南部地域において飲料水として利用可能な地下水を含む水資源を把握する。
- (2) Ambovombe市及び国道10号線沿いから沿岸にかけての村落に安定して安全な水を供給する計画を策定する。
- (3) 以上を通じて、水資源把握及び水利用計画の策定手法を、実施機関（エネルギー鉱山省）のカウンターパートに技術移転する。

### 1.1.4 調査対象地域

#### (1) 対象地域

給水対象地域は、Ambovombe市及び国道10号線沿いから沿岸にかけての村落

#### (2) 調査地域

調査地域は、以下の地域である。

- 1) Ambovombe 盆地（集水域）
- 2) Ambovombe～Tsihombe間の国道10号線沿い及びそれ以南の海岸地域



図 1.1.4-1 調査対象地域

### 1.1.5 調査業務の範囲

調査業務は、2004年8月18日エネルギー鉱山省と事前調査団(JICA)との間で合意した調査範囲(S/W)に沿って実施した。

### 1.1.6 調査の基本方針

調査の基本方針は、2005年2月3日、エネルギー鉱山省と調査団との間で合意したインセプションレポートの調査内容に基づいている。プログレスレポート1を2005年6月、プログレスレポート2を2005年11月、インテリムレポートを2006年6月、そしてドラフトファイナルレポートを2006年10月に作成し提出、調査結果と基本方針を関係機関に説明・協議した。

- (1) 既存データや情報を、合理的・システムの的に取りまとめる。地域の生活環境、給水状況、保健衛生、水理地質関連分野の野外調査結果を効果的に活用し、給水施設改善のための地下水水源を利用する最適な開発計画を策定する。さらに、本調査と関連した類似調査や他の援助機関そして以前に JICA を通じて実施された日本政府のプロジェクトをレビューし、本調査に反映させた。
- (2) 調査は、現在の給水条件、現地事情および技術移転に係る相互の理解を踏まえて、効果的に実施された。
  - a) 水資源開発計画のための最適な解決策の提案。
  - b) 地下水開発と給水施設について最適な給水改善計画の策定。
  - c) 試掘とパイロットプロジェクトの結果を踏まえた給水施設の最適な運営維持管理の提言。
- (3) 調査は、エネルギー鉱山省や AES など関係機関の協力により実施され、試掘やパイロットプロジェクトを通じて、地下水開発調査と給水計画、給水施設の設計と建設そして適切な運営維持管理のための人材開発と技術移転を目的として実施した。
- (4) この開発調査を通じて、試掘調査の結果と社会経済調査、既存給水施設の改善と維持管理計画、住民の水料金の支払い意志等を確認し、選定した 5 ケ所の調査サイトにおいて、パイロットプロジェクトを実施した。また、ワークショップやセミナーを通じて、調査結果を公開し、政府関係者、給水と衛生にかかわる関係援助機関、地方自治体、国際機関、NGO その他関係者との意見交換を実施した。



## 1.2 調査の実施

### 1.2.1 調査工程

調査は、2段階に区分され、現地と国内において、下記に示す通り2005年1月から2006年12月までの22ヶ月間で実施した。

表 1.2.1-1 調査の実施工程

フェーズ I: (2005年1月～2006年3月) 基礎調査と水資源調査	
1. 国内準備: 1) インセプションレポートの作成 (IC/R): 2) 既存データの分析と衛生画像の解析	2005年1月中・下旬
2. 現地調査 (1): 1) インセプションレポートの説明・協議 2) 基礎調査及び水資源調査 3) プログレスレポート(1) (P/R-1)の作成 4) プログレスレポート(1) (P/R-1)の説明・協議	2005年2月 2005年2月～6月 2005年6月 2005年6月中旬
3. 現地調査 (2)-1: 1) 試掘調査の実施 2) パイロットプロジェクトの計画 3) プログレスレポート(2) (P/R-2)の作成・協議	2005年7月～2006年3月 2005年10月～11月 2005年11月
フェーズ II: (2005年12月～2006年12月) 給水施設の代替案の検討と水利用計画の策定及びパイロットプロジェクトの実施	
4. 現地調査 (2)-2: 1) パイロットプロジェクトの実施 2) インテリムレポート(IT/R)の作成:	2005年12月～2006年3月 2006年3月
5. 現地調査 (3): 1) インテリムレポート(IT/R)の説明・協議 2) パイロットプロジェクトのモニタリング	2006年5月 2006年6月～9月
6. 国内作業 (1): 1) ドラフトファイナルレポート(DF/R)の作成	2006年7月～9月
7. 現地調査 (4): 1) ドラフトファイナルレポート(DF/R)の説明・協議 2) 技術移転セミナーの実施	2006年10月 2006年10月
8. 国内作業 (2): 1) ファイナルレポート(F/R)の作成と完成	2006年12月

表 1.2.1.1-2 調査工程表

担当 (現地部署)	氏名	所属	2021年												累計 進捗率	DF/R	FR
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
1 調査/地水計画	香川康善	日本テクノ						30(1.0)	45(1.5)	45(1.5)							45(1.5)
2 調査/水理地層A 地下水調査計画	永沼隆道	日本テクノ						45(1.5)	45(1.5)								45(1.5)
3 水理地層B/ 地下水調査計画	吉澤拓也	日本工営						30(1.0)	30(1.0)								30(1.0)
4 社会・経済	北内剛子	日本工営						30(1.0)	30(1.0)								30(1.0)
5 物理調査	小林敏政	日本工営 (補強)															
6 試掘調査	ERIC PAULVE (補強)	日本テクノ (補強)						20(0.66)	30(1.0)	70(2.33)							30(1.0)
7 水質調査/環境配慮	新島智司	日本テクノ						30(1.0)	30(1.0)								30(1.0)
8 施設設計/積算	小野塚保雄	日本テクノ						45(1.5)	45(1.5)								45(1.5)
9 運営・維持管理(住民)	森尾勝治	日本工営						45(1.5)	45(1.5)								45(1.5)
10 運営・維持管理 (水道行政)	須野俊一	日本テクノ						30(1.0)	30(1.0)								30(1.0)
11 通訳	新井志雄	日本テクノ (補強)						(現地通訳)									
12 業務調整		日本テクノ						15(0.5)	21(0.7)								16(0.5)
13 (現地業務)																	
14 (国内作業)																	
1 調査/地水計画	香川康善	日本テクノ															10(0.33)
2 調査/水理地層A 地下水調査計画	永沼隆道	日本テクノ															10(0.33)
3 水理地層B/ 地下水調査計画	吉澤拓也	日本工営															10(0.33)
4 社会・経済	北内剛子	日本工営															10(0.33)
5 水質調査/環境配慮	新島智司	日本テクノ															10(0.33)
6 施設設計/積算	小野塚保雄	日本テクノ															10(0.33)
7 運営・維持管理(住民)	森尾勝治	日本工営															10(0.33)
(国内業務)																	
報告書	提出時期																

表 1.2.1-3 調査内容フローチャート

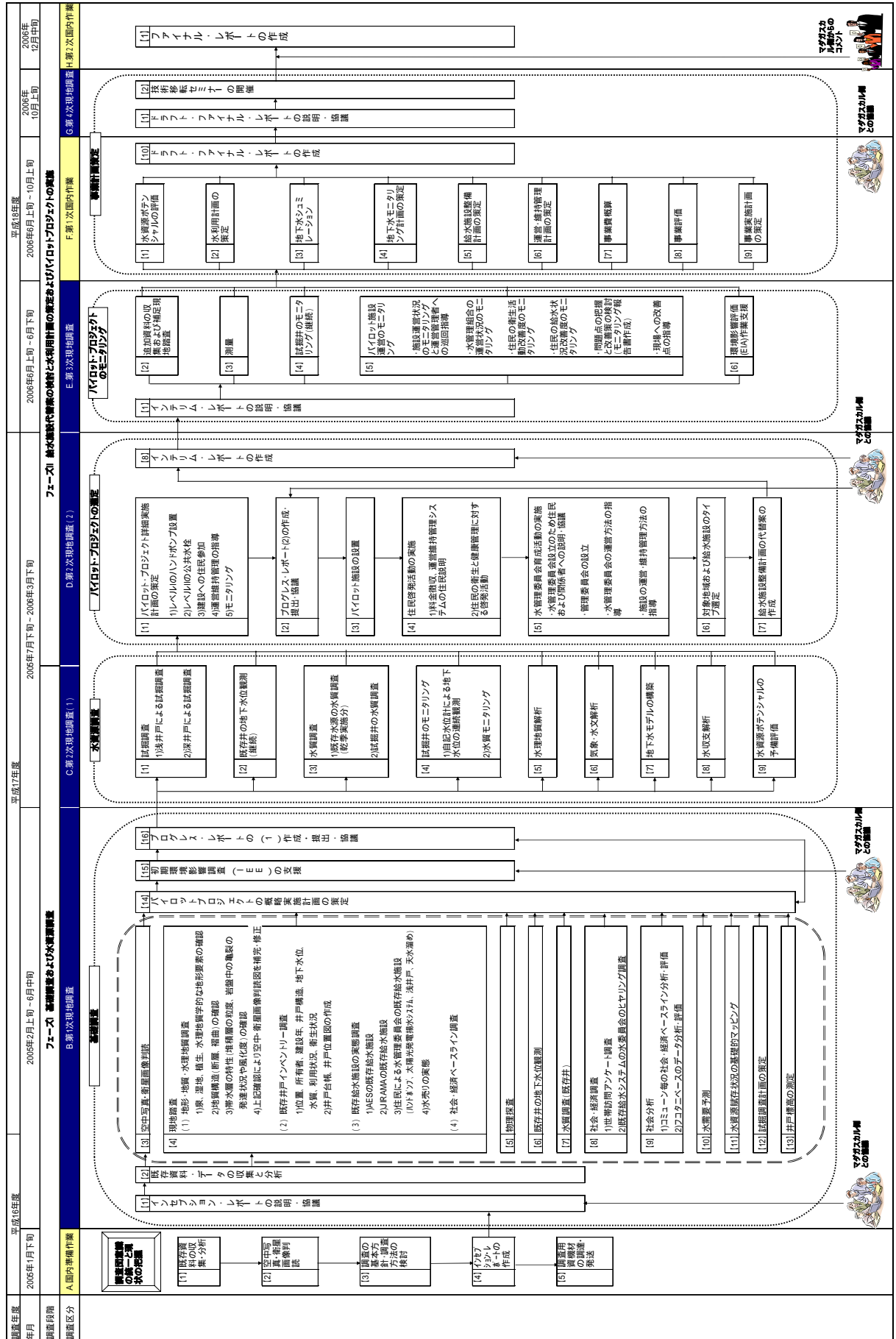


表 1.2.1-4 調査業務計画表

マダガスカル国南部地域における自立的・持続的飲料水供給計画調査

月数		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12																								
		平成16年度												平成17年度						平成18年度						
		2005年												2006年						2007年						
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
フェーズ1 基礎調査及び水資源調査	(1) 国内準備作業	1) 既存資料の収集・分析	[Gantt bar]																							
		2) 調査の基本方針・内容・方法の検討	[Gantt bar]																							
		3) イタビ・プロジェクトの作成	[Gantt bar]																							
		4) 調査資料の調達・発送準備	[Gantt bar]																							
	(2) 第1次現地調査	1) イタビ・プロジェクトの提出・説明・協議	[Gantt bar]																							
		2) 既存資料・データの収集・分析	[Gantt bar]																							
		3) 空中写真・衛星画像判読	[Gantt bar]																							
		4) 現地踏査	[Gantt bar]																							
		1) 地形・地質・水理地質踏査	[Gantt bar]																							
		2) 既存井戸インベントリー調査	[Gantt bar]																							
		3) 既存給水施設の実態調査	[Gantt bar]																							
		4) 社会・経済ベースライン調査	[Gantt bar]																							
		5) 物理探査	[Gantt bar]																							
		1) 水平探査(線形帯の探査・VLF電磁誘導法)	[Gantt bar]																							
		2) 垂直探査(地質構造の探査・電気探査及びIP探査法)	[Gantt bar]																							
		6) 既存井の地下水水位観測	[Gantt bar]																							
フェーズ2 給水施設代替案の検討と水利用計画の策定及びパイロットプロジェクトの実施	(3) 第2次現地調査	1) 一斉観測	[Gantt bar]																							
		2) 定期観測	[Gantt bar]																							
		7) 水質調査(既存水源)	[Gantt bar]																							
		8) 社会・経済調査(世帯調査及び水委員会の調査)	[Gantt bar]																							
	9) 社会分析(コミュニティの社会経済レベルの分析評価)	[Gantt bar]																								
	10) 水需要予測	[Gantt bar]																								
	11) 水資源賦存状況の基礎的マッピング	[Gantt bar]																								
	12) 試験調査計画の策定	[Gantt bar]																								
	13) 井戸精度の測定	[Gantt bar]																								
	14) パイロット・プロジェクト概略実施計画の策定	[Gantt bar]																								
	15) 初期環境影響調査(IEE)の支援	[Gantt bar]																								
	16) <b>プロGRESS・レポート(1)の作成、説明・協議</b>	[Gantt bar]																								
	(4) 第3次現地調査	1) 試験調査	[Gantt bar]																							
		1) 浅井戸による試験調査(5井) - 変更計画	[Gantt bar]																							
		2) 深井戸による試験調査(13井) - 変更計画	[Gantt bar]																							
		3) 試験井(深井戸16井)の水質深度プロファイリング	[Gantt bar]																							
2) 既存井の地下水水位観測(継続)		[Gantt bar]																								
3) 水質調査(既存水源と試験井)		[Gantt bar]																								
4) 試験井のモニタリング		[Gantt bar]																								
1) 自記水位計による地下水水位の連続観測(6ヶ所)		[Gantt bar]																								
2) 水質モニタリング		[Gantt bar]																								
A. 試験深井戸に水質モニタリングロブの設置(1ヶ所)		[Gantt bar]																								
B. 試験浅井戸に水質モニタリングロブの設置(2ヶ所)		[Gantt bar]																								
5) 水理地質解析		[Gantt bar]																								
6) 気象・水文解析	[Gantt bar]																									
7) 地下水モデルの構築 - 変更計画	[Gantt bar]																									
8) 水収支解析	[Gantt bar]																									
9) 水資源ポテンシャルの予備評価	[Gantt bar]																									
10) A・Bロブに詳細実施計画の策定	[Gantt bar]																									
11) <b>プロGRESS・レポート(2)の作成、説明・協議・変更</b>	[Gantt bar]																									
12) パイロット施設の実施	[Gantt bar]																									
13) 住民啓発活動の実施	[Gantt bar]																									
14) 水管理委員会育成活動	[Gantt bar]																									
15) 対象地域及び給水施設のタイプ選定	[Gantt bar]																									
16) 給水施設整備計画の代替案の作成	[Gantt bar]																									
17) <b>インテリム・レポートの作成</b>	[Gantt bar]																									
(5) 第1次国内作業	1) <b>インテリム・レポートの編纂・協議</b>	[Gantt bar]																								
	2) 追加資料の収集及び補足現地調査	[Gantt bar]																								
	3) 測量(現地+衛星解析)	[Gantt bar]																								
	4) 試験井のモニタリング(継続)	[Gantt bar]																								
(6) 第4次現地調査	5) パイロット施設運営のモニタリング	[Gantt bar]																								
	6) 環境影響評価(IEE)作業支援	[Gantt bar]																								
	1) 水資源ポテンシャルの評価	[Gantt bar]																								
	2) 水利用計画の策定	[Gantt bar]																								
(7) 第2次国内作業	3) 地下水シミュレーション	[Gantt bar]																								
	4) 地下水モニタリング計画策定	[Gantt bar]																								
	5) 給水施設整備計画の策定	[Gantt bar]																								
	6) 運営・維持管理計画の策定	[Gantt bar]																								
(7) 第2次国内作業	7) 專業費概算	[Gantt bar]																								
	8) 專業評価	[Gantt bar]																								
(7) 第2次国内作業	9) 專業実施計画の策定	[Gantt bar]																								
	10) ドラフトファイナル・レポートの作成	[Gantt bar]																								
(7) 第2次国内作業	1) ドラフトファイナル・レポートの説明・協議	[Gantt bar]																								
	2) 技術移転セミナーの開催	[Gantt bar]																								
(7) 第2次国内作業	1) ファイナルレポートの作成	[Gantt bar]																								
	報告書提出時期	[Timeline markers]																								
作業管理等	[Timeline markers]																									

## 1.2.2 調査団、作業管理委員会、カウンターパートの構成

### (1) 調査団

調査団は 11 名の各専門分野担当と 1 名の業務調整より構成され、作業工程は別表の通りである。

表 1.2.2-1 調査団と作業管理委員会の構成

団員名	担当分野	所 属
1. 香川 重善	総括 / 給水計画	日本テクノ株式会社
2. 永沼 俊道	副総括/水理地質(A)/地下水開発計画	日本テクノ株式会社
3. 吉澤 拓也	水理地質(B)/地下水シミュレーション	日本工営株式会社
4. 北内 陽子	社会・経済	日本工営株式会社
5. 小林 敏政	物理探査	日本工営株式会社
6. Eric PAULVE	試掘調査	日本テクノ株式会社
7. 新島 啓司	水質調査 / 環境配慮	日本テクノ株式会社
8. 小野塚 保雄	施設設計 / 積算	日本テクノ株式会社
9. 森尾 康治	運営・維持管理計画(住民)	日本工営株式会社
10. 旗野 俊一	運営・維持管理計画(水道行政)	日本テクノ株式会社
11. 新井 忠雄	通訳 (日本語 / 仏語)	日本テクノ株式会社
12. 末広 直子	業務調整	日本テクノ株式会社
<b>作業管理委員会</b>		
村上 雅博	高知工科大学教授/工学博士	

### (2) カウンターパート・チーム

カウンターパート・チームは、調査開始時の 2005 年 2 月、エネルギー・鉱山省水・衛生局(MEM/DEA)を中心に関係機関 15 名のメンバーから構成され、調査業務完成のための協調、相互理解のもとに調査を実施し、調査内容の進捗に沿って、調査業務を通じた技術移転を実施した。カウンターパート・チームの構成は、次表に示す通りである。

表 1.2.2-2 カウンターパート・チーム

氏 名	担 当 分 野	所 属
1. RANDRIAMANGA William Henri	チームリーダー / 水資源開発計画	DEA
2. MAHASOLO William	社会・経済	AES
3. RAKOTOMAZAVA Hery Tiana	水理地質 / 水資源開発計画	DEA
4. RAKOTONIRINA Jean de Dieu	物理探査 / 社会基盤	DEA
5. RANDRIANANTOANDROHARI-SOANARIVO Désiré	水質調査 / 品質管理	DEA
6. RANDRIAMANGA William Henri	井戸掘削技師 / 水資源開発計画	DEA
7. FAHAMBALA Jérémie	給水計画	MEM
8. FILAOMENY	社会調査 / WIDおよび住民参加担当	AES
9. RAKOTOMAVO Marcel	衛生教育 / 保健衛生 / データ管理環境配慮	DEA
10. RAKOTOMAZAVA Hery Tiana	水資源計画 / コンピュータ技師	DEA
11. RANJASON Hanitrinirina	調査事務員	DEA
12. VEROMANITRA Voahangy	秘書	AES
13. RAKOTOMAVO Paul	事務員	DEA
14. RAKOTOMALALA Edmond	事務員	DEA
15. DIMBIARISOA Irène	事務員	DEA

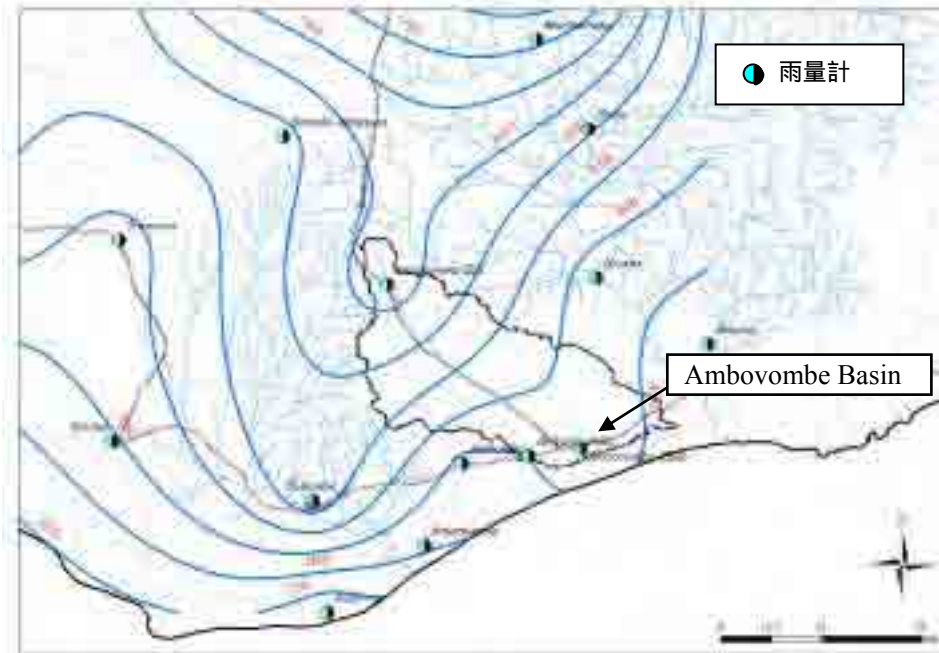
\*\*\*\*\*

## 第2章 対象地域の一般環境

### 2.1 自然条件

#### 2.1.1 気候

対象地域はマダガスカル島南部に位置し、サバナ気候である。図 2.1.1-1 に等降水量図を示す。



出典：SAP

図 2.1.1-1 最近 5 ヶ年の平均降水量図 (1999-2004 の平均)

#### 2.1.2 水文

対象地域周辺に 2 本の大きな河川がある。東縁を流れるマンドラレ川と西縁を流れるマナンブ川である。Ambovombe 盆地内はこの 2 河川の水系の中に位置し、海まで流れ出る河川を持たない。また、年間を通して流れる表流水はなく、雨季にのみ水流が観察される。図 2.1.1-1 は対象地域周辺も含めた水系を示す。

#### 2.1.3 地形

Ambovombe 盆地はマンドラレ川とマナンブ川の間に位置する。図 2.1.3-1 は盆地の地形図である。盆地内部は厚い堆積物で覆われ緩やかに傾斜し、標高は 250m から 120m である。



出典：DEM データ(SRTM)

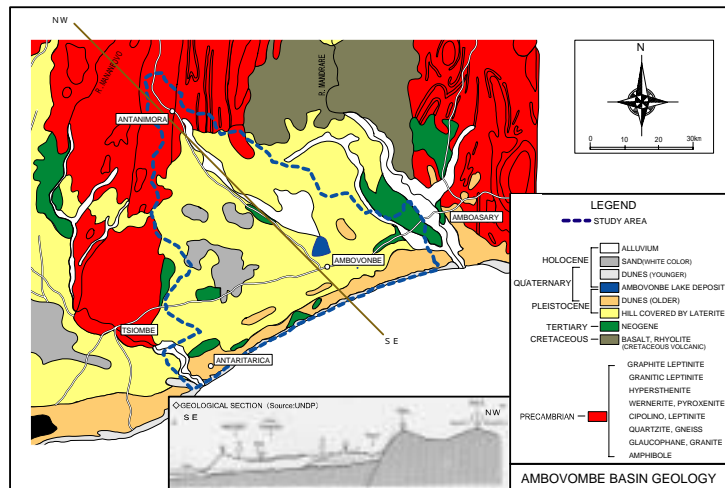
図 2.1.3-1 Ambovombe 盆地地形図

### 2.1.4 地質と水理地質

Ambovombe 盆地の対象地域と周辺は地質的に次の3区域に分類できる。

- 1) 北部の先カンブリア紀硬岩区域
- 2) Ambovombe 盆地中心
- 3) 南部海岸砂丘地域

図 2.1.4-1 は対象地域の地質区分を示し、表 2.1.4-1 は地質と1950年代から2005年までのデータ解析による水理地質区分を示す。



出典: Report A1475 Appendix Minute November 1958, by A. Besairie

図 2.1.4-1 対象地域の地質

表 2.1.4-1 対象地域の地質と水理地質による分類

地質年代		岩層	地下水区分	地下水ポテンシャル
第四紀	沖積世	沖積層	不圧地下水	
		白色砂	不圧地下水	
		砂丘砂(上部)	不圧地下水	
		Ambovombe 湖沼堆積物	不圧地下水	
	更新世	砂丘砂(下部)	半被圧地下水	
		ラテライト層(丘陵)	半被圧地下水	
第三紀	新第三紀	陸成堆積岩(灰白色石灰岩質シルト岩、砂岩)	半被圧 - 被圧地下水	
中生代	白亜紀	火山岩(玄武岩、流紋岩)	被圧地下水	
先カンブリア紀		花崗岩、花崗片麻岩類 レプチナイト(風化層)	被圧地下水	

注) シンボルは 図 2.1.4-1.に対応

: 良好な地下水ポテンシャル, : 中程度の地下水ポテンシャル, : 低い地下水ポテンシャル

## 2.2 調査対象地域の社会経済状況

### 2.2.1 行政機構

本調査は、チュレアル(現地名トリアラ)州南部の Androy 県 Androy 地方の Ambovombe 及び Tsihombe 県に位置する 15 市(コミューン)のうち、主に国道 10 号・13 号両線と海岸部との間に位置する地域を対象とするものである。さらに 3 市は、北方 Antanimora 町市街地に至る国道 13 号線沿いに位置している。調査対象コミューンを第 2.2.1-1 表に示す。

マダガスカルは地方行政区分は、市(コミューン)、村落(フクタン)からなっている。コミューンは選挙によって選ばれた市長が治めており、収税、住民登録、及び水供給を含む社会開発の分野で地方自治の中心となっている。フクタンは住民に税を課すことはないが、最下位の地方行政単位として機能しており、さらに伝統的な資産の管理も行っている。フクタンは自身の資産として、天水溜(impluvium)や学校を所有している。村落(tanana)は、あるフクタン内にすむ住民



( fokonolona ) の居住地であり、行政単位ではない。

表 2.2.1-1 調査対象コミューン名

Ambovombe Androy 県	Ambanisarika, Ambazoa, Ambohimalaza, Ambonaivo, Ambondro, Ambovombe Androy, Analamary, Antanimora, Beanantara, Erada, Maroalomainty, Maroalopoty, Sihanamaro, Tsimananada (アルファベット順)
Tsihombe 県	Antaritarika

## 2.2.2 人口

2005 年の 2 月から 4 月にかけて地方が実施した最新の人口調査によれば、調査を行った 15 コミューン  
の全人口は 277,980 人である。図 2.2.2-1 が示すように、人口の多い  
フクタンは海岸沿いの砂丘上に位置しており、一方で内陸部は人口  
過疎地帯となっている。

Ambovombe Androy 県の人口は 2002 年から 2005 年の間に、16,388  
人 (6.1%) 増加し、Tsihombe 県の人口は 19,568 人 (27.5%) 増加し  
た。

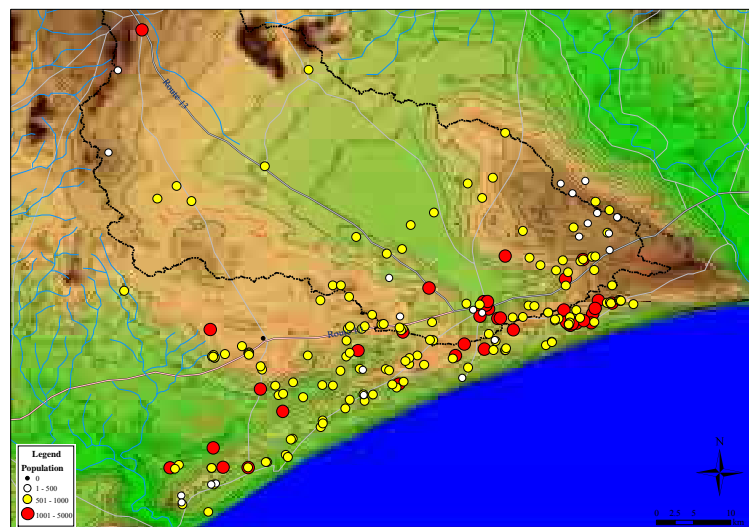


図 2.2.2-1 村落の分布と人口規模

## 2.2.3 経済状況

Ambovombe 市街地を除き、商業及び小規模工業は発達していない。対象地域の住民の主たる生計  
手段は農業であり、海岸地域のコミューンでは農業のほかに漁業も営んでいる。調査を行った世  
帯での第一の収入源はキャッサバ、第二位はサツマイモであるが、多くの住民はその年に栽培す  
る作物を、雨季の降水量によって決めている。これら作物に加え、対象地域では家畜 (ゼブ牛、  
ヤギ、ヒツジ) が一般的に飼育されている。家畜は生計のために売られることはなく、非常事態  
の時あるいは儀式のために必要な資金を得るために飼われている。

## 2.2.4 社会インフラ及び関連する社会状況

### (1) 道路状況と交通網

Ambovombe 市街地は州南部の交通の要衝である。国道 10 号線は Ambovombe 市と Andranobory 市  
を、国道 13 号線は Fort Dauphin 市と Ihosy 市を結んでいる。また地方道路網が Ambovombe 市街

地に集中しており、その道路網を通してタクシールース(乗合自動車)が多くの都市を結んでいる。

## (2) 商業地区

遠隔地ではコミューンの中心地(chef lieu de commune)であっても商店はほとんどない。住民の経済活動はコミューンの中心地で毎週 1 回開かれる定期市で行われており、人々はそこで地域の産物売り他のコミューンや他の地方から運ばれてきた物資を購入する。Ambovombe 市の市場は他の市場よりも格段に大規模である。

## (3) 教育機関と就学状況

調査対象地域には 156 の小学校がある。しかし、小学校の地理的な分布は学齢期児童の数には対応していない。1 校あたりの平均児童数は Antanimora の 67.5 人から Maroalomainty の 180.8 人と幅がある。純就学率の平均は 62.9%であるがやはりコミューンごとに差があり、Ambazoa は最低で 33%、Ambovombe Androy 県では最高で 97%である。1998 年から 1999 年にかけての全国平均就学率は 72%であるが、この値を超えているのは 15 コミューンのうち 5 コミューンだけである。すなわち、調査対象地域での基礎教育の水準は 6~7 年前の全国水準よりも低いといえる。

## (4) 保健医療の状況

基礎保健センター(CSB)は通常、Analamary と Tsimananada を除く各コミューンの中心地に設置されていて、住民の基本的な医療ニーズに応えている。各 CSB への聞き取り結果によると、2004 年に最も多くの住民が罹患した病気はマラリアである。これに、下痢と一般呼吸器障害が続く。一方、Ambovombe Androy 病院の最大の死亡原因は重症マラリアである。県医療サービス事務所によれば、6 歳未満の子供の死亡率は 2002 年時点の全国平均の 2 倍となっている。このことは、小学校の未就学率と同様に、医療状況、特に子供の場合は同国の一般的な水準よりも遙かに高い値を示している。

### 2.2.5 伝統と習慣

#### (1) 土地所有

土地は原則として国家が所有している。ただし、土地が登録されていれば個人所有も法的に認められている。しかし、次のような形態の土地所有も住民の間では行われている。土地の慣習的個人所有は、村の長老あるいはクランの長(olom-be)が、個々の住民が耕作に利用する土地を決める。また、土地の慣習的集団所有は、村の長老が耕作以外の土地の利用を決定する。不法な個人利用は、ある個人が登録せずに土地を利用することであり、共同所有は、土地がフクタンに所有されていることを指す。聞き取りを行ったうちの約 80%の村では、耕作地と家屋が立つ土地は慣習的個人所有の土地となっている。一方、墓地と聖なる森は調査を行ったうちの 4 分の 3 の村で慣習的集団所有となっている。

#### (2) 水利用と水開発に関わる Antandroy の慣習

Androy 地方の主要民族は Antandroy である。Antandroy の社会では、村の長老が村やフクタンのほ

とんどすべての事項を決定する役割と権力を持っており、その協力無しには住民の協力を得ることは難しい。Antandroy 社会ではタブーが生きており、日常生活へ強い影響を与えている。墓地や聖なる森などの広大な地域がタブー地として認識されており、墓地の近くに井戸を掘ることもタブーとして禁止されている。Antandroy 社会では、足踏で足の下から出てくる水は汚れているとされており、このタブーの観点から足踏みポンプも問題がある事になる。しかし、足踏みポンプを採用したパイロットプロジェクトの 2 サイトでは、住民はポンプの水を飲んでいる。なお調査を行った世帯のうち 4 分の 1 以上は伝統宗教を信仰しており、次いで、キリスト教プロテスタントが信仰されている。

### (3) コミュニティでのジェンダー

マ国の民法では、男性と女性は同等の権利と義務を持つと規定されている。しかし、人々は、女性の権利が男性より低いというマ国の伝統的な慣習をある程度の度合いで残しており、この傾向は特に Antandroy で強く残っている。相続の時にもっとも優先順位の高い相続者は息子であり、妻や娘(特に既婚者)は相続の可能性が低い。村の会合では、女性は奥の方に座り意見を述べる機会はありません。女性は、家庭レベルでの事項に関わるときにしか意志決定に加われない。しかし近年、NGO やドナーの支援によって女性グループが設立され、活動が支援されている村では、女性は以前よりも発言をするようになっている。

## 2.3 給水事業実施機関

水セクター、特に調査対象地域の Ambovombe 周辺における水行政に関わる主要機関は、カウンターパート機関である MEM 水衛生局 DEA と、1982 年から現在(2006 年)まで対象地域への水供給を担当している南部給水公社(AES)である。AES は地方小都市と村落の給水事業と運営維持管理を実施している。なお、全国の地方都市においては MEM の管轄下で JIRAMA (Jiro Sy Rano Malagasy)が給水サービスを提供している。

### 2.3.1 水セクターの現状

#### (1) 水衛生局(DEA), MEM

本調査のカウンターパート機関である DEA は、国家レベルでの給水衛生事業を司り、効果的な水資源管理と国民への安全な水供給をめざした水政策の制定と施行の責務を負っている。

#### (2) 南部給水公社(AES)

AES は MEM 直属の公社であり、マ国の中でも非常に乾燥し水資源に乏しい南部地域の水供給を担当している。AES は以下の給水事業の運営維持管理を行っている。

- 1) 5 センター (Antanimora、Andalatanosy、Beraketa、Isoanala、Tsivory) は、硬岩地域の地下水を管路で配水する独立採算制での給水サービスセンター (AEP)
- 2) Tsihombe、Beloha 地域の計 142.5km の管路系給水施設
- 3) Ambovombe 周辺地域、Beloha と Tsihombe の一部地域における給水車による水供給

なお、上述の AEP は、運転にかかる燃料費節約のために太陽光揚水システムを利用している。Tsivory、Antanimora、Andalatanosy の各地域ではフランスの FONDEM と AES の協力により 1999 年から 2002 年に太陽光揚水システムが導入された。人口 320 人 から 3,600 人程度の 8 村落においても、給水委員会への支援として太陽光揚水ポンプが設置され、6 年以上経った現在も問題なく運転されており、維持管理状況も良好である。

- Ambondro Nanahera (2 系統 44 m<sup>3</sup>/日)
- Mahavelo Mitsangana (Ambovombe、10 m<sup>3</sup>/日)
- Toby Mahavelo (Ambovombe、8 m<sup>3</sup>/日)
- Ifotaka (Amboasary Sud、18 m<sup>3</sup>/日)
- Ampomata (Ambovombe、浅井戸)
- Lovasoa Ranopiso (Fort Dauphin、12 m<sup>3</sup>/日)
- Andrebasy Ranopiso (Fort Dauphin、12 m<sup>3</sup>/日)
- Bemavorika Ranopiso (Fort Dauphin、12 m<sup>3</sup>/日)



図 2.3.1-1 Ambovombe における AES 公共水栓での水販売と Ifotaka の太陽光利用揚水システム(村落による自主管理)

\* 水料金は 100Ar/13 litter/bucket (左), Ifotaka, Amboasry Sud における太陽光利用の給水システム(右), 村の水管理委員会により運営され、AES により施設管理されている。水料金は 2000AR/月/世帯、公共水栓は住民管理で供給量は 18 m<sup>3</sup>/日である。

### (3) JIRAMA

JIRAMA は 2004 年までは 100%国営の企業であり、MEM の管轄化で全国レベル、とりわけ州都で給水と電力供給を行ってきたが、2005 年にドイツなど外資系の企業共同体によって民営化された。2004 年 10 月時点で 65 の地方都市において JIRAMA による水供給が行われ、2004 年の年間給水量は約 135 百万 m<sup>3</sup>/日であった。さらに Toliara 州の 11 都市では水と電力の両方が JIRAMA によって供給されている。しかしながら、調査対象地域の Ambovombe においては、電力のみが JIRAMA によって 1999 年から供給されている。Ambovombe 市内にある AES 井戸では JIRAMA からの給電を受け、地下水を揚水し、AES の給水車によって近隣に給水されている。一方、対象地域に隣接する Amboasary Sud と Tsihombe は JIRAMA による水供給を受けている。これらの地域の水源の容量は以下のとおりである。

- a) Amboasary Sud: 96 m<sup>3</sup>/日 (井戸深度: 14.5m, EC: 104 mS/m, pH: 7.99)  
 b) Tsihombe: 54 m<sup>3</sup>/日 (井戸深度: 27m, EC: 250 mS/m)  
 c) Ambovombe: 38 m<sup>3</sup>/日 (井戸深度: 30m, AES による手掘り)

## 2.4 南部地域の援助機関

南部地域において飲料水給水の活動をしているドナーと国際機関を図 2.4-1 に示す。2005 年 4 月に MEM と世銀による PAEPAR 開発プロジェクトが完了し、地下水開発とヴェルニエ (Vergent) の足踏みポンプ給水施設が整備された。また、MEM は 2005 年 8 月、アフリカ開発銀行(BAD)の支援を得て 700 本の深井戸建設を実施中である。一方、日本国政府は、1980 年から現在まで MEM と AES の給水事業を支援し、対象地域の飲料水供給に重要な役割を担っている。

UNDP、UNICEF、EDF、FAO、EU などの国際機関や NGO もまたマ国南部の飲料水不足の課題に取り組んでいる。UNICEF は Antanimora、Ambovombe と Tsihombe 地域において 150 本の井戸建設とハンドポンプ India Mark II の設置を 1994 年から 95 年にかけて実施し、さらに 2006 年にはそれらハンドポンプの地元住民による維持管理を目的とした AEP を組織した。



出典: MEM 提供, 2004

図 2.4-1 南部地域における国際機関の援助によるプロジェクト

## 2.5 南部地域の給水とマネージメント

現在、Ambovombe 周辺地域では、AES の給水車による飲料水供給が唯一の公共給水サービスである。EU は以前、Ambovombe 経由 Amboasary と Antaninohra を結ぶ大配管プロジェクトを計画したが、未だ実施されていない。MEM は、2004 年から 2006 年にかけて IPPTE による資金で、Amboasary と Sampona を結ぶ小規模のパイプラインシステム(配水管路とポンプ場)を建設した。しかしながら、対象地域は限られた地下水賦存量と塩分濃度の高い水質による水源不足が根本的な問題である。



出典：EU, 2005

図 2.5 -1 日本の援助により完成した管路給水施設 (JICA, 1995-1999) と MEM による Sampona プロジェクト (IPPTE, 2004-2006)

AES は、2005 年、Ambovombe 周辺地域の住民約 278,000 人に対して十分な水供給が出来なかった。給水車の台数の減少と、前年の 694 Ar/l から 2005 年の 1,680 Ar/l という燃料費高騰のため、年間 7,266m<sup>3</sup> しか給水されていない。さらに、2005 年 4 月に起きたサイクロンによって Mandrare 川が氾濫し、AES の運転する Amboasary 浄水場を直撃、深刻な被害を受けた。これによって AES は緊急に浄水場の取水口の補修と保護をしなければならなくなり、十分な水供給が出来なかった。この Amboasary 浄水場は、我が国の経済協力援助により 1999 年に建設されたものである。

\*\*\*\*\*

## 第3章 水資源に関わる調査と解析

### 3.1 既存データ

この地域では様々な調査が水資源開発を目的と実施されてきた。このような調査により多くの有益な水理地質情報が蓄積され、特に、下記のプロジェクトによる情報は Ambovombe 盆地を理解するうえで重要である。

- ・ 30年代から50年代 -- Mr. BESAIRIE による調査
- ・ 80年代 -- FED により実施されたプロジェクト
- ・ 70年代から80年代 -- M. RAKOTONDRAINIBE Jean Herivelo(MEM) による論文
- ・ 90年代 -- UNICEF によるプロジェクト
- ・ 90年代から2000年代 -- PAEPAR によるプロジェクト

### 3.2 既存水源のインベントリー調査

#### 3.2.1 分類

既存水源は水の起源と施設により下記のように分類できる。

##### (1) 地下水

- Vovo: コンクリート枠のない伝統的手掘り井戸
- 手掘り井戸: コンクリート枠が挿入された手掘り浅井戸
- 深井戸: 掘削機により建設される深井戸、ケーシング口径は4インチから8インチ
- 湧水: 自噴水または谷川の湧水

##### (2) 表流水

- 沼: 雨季に窪地に出現する
- 河川: 比較的大量に給水するため、伏流または直接取水される

##### (3) 天水

- 天水: 雨季に水槽に貯水される

#### 3.2.2 水源

##### (1) 概要

2005年3月より4月にかけて、地下水源に関するインベントリー調査を実施した。その結果、231水源を確認した。

インベントリー調査結果は下記のようにまとめられる。

- Ambovombe と Manave 間には利用できる水源はない。
- 海岸砂丘は波打ち際を除いて水源はない。
- Ambovombe と Ambosary 間の台地に水源はない。
- ほとんどの水源は堆積層である Ambovombe の水源に集中している。水源は浅井戸か vovo で



ある。

- Ambondro にも水源は集中しているが、ほとんどは枯れているか塩分濃度が高い。
- 枯れたほとんど井戸は 10m 以下の深度で、水のある井戸は深度 10m-25m である。
- JICA で建設した井戸と他の井戸の大きな相違は水位と井戸底との間隔である。安定して一定の揚水を行う場合は、水中モータポンプ設置のため最低 3-5m 厚さの水量が必要である。
- 硬岩地区である Antanimora 地区の水源は深井戸で、井戸深度は 30 - 50m である。
- 深井戸は村での汚染源から離れていても、塩分濃度と硝酸値はしばしば高いことがある。

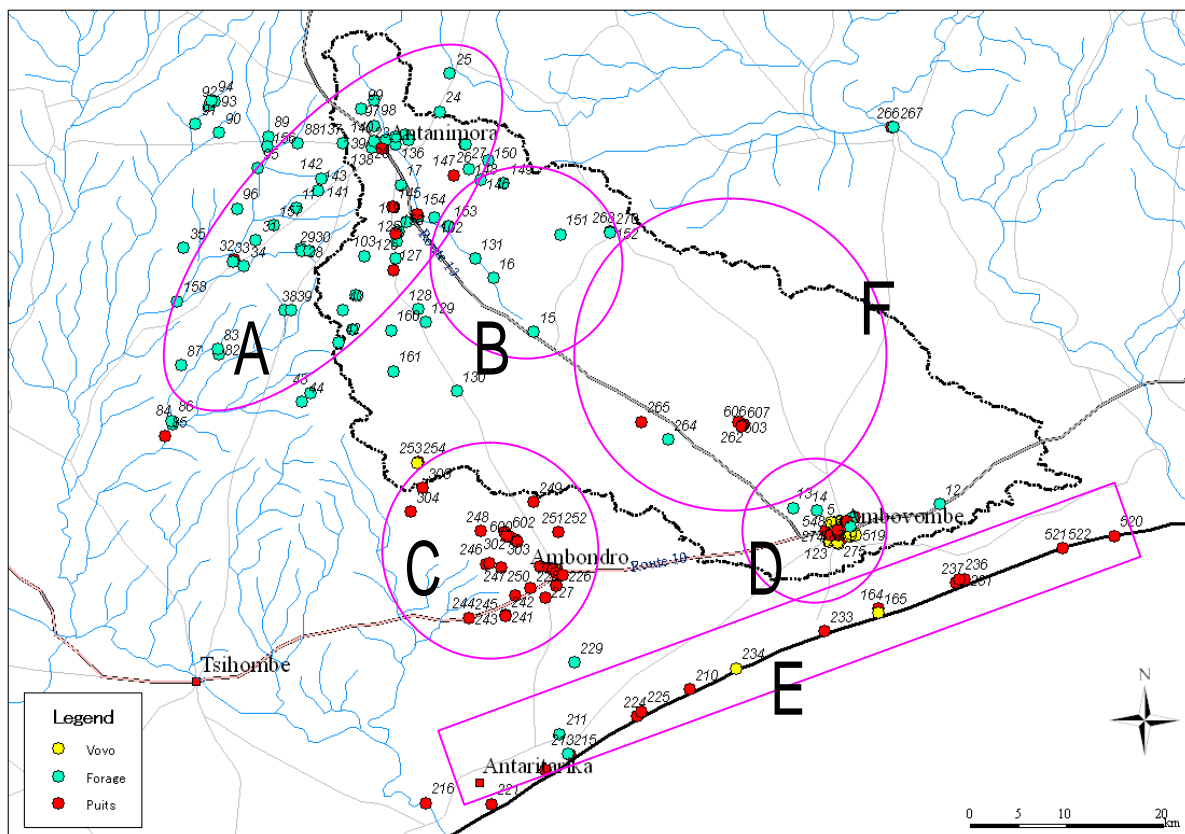


図 3.2.2-1 水源位置図

(2) まとめ

水源の特性は下記のようにまとめることができる。

表 3.2.2-1 水源の特性

記号	区域	井戸深度	水質
A	Antanimora 硬岩地帯	帯水層は 30 ~ 60m の風化・亀裂帯の被圧地下水で、静水位は 15m 前後の比較的浅い地下水である。	EC は 200mS/m 以下で低 NO3.
B	Ambovombe 盆地北部	対象帯水層の深度は 10-70m である。	EC は 200mS/m 以下で低 NO3.
C	Ambondro	不圧地下水のみ (深度 100m 以上)	EC は 200mS/m 以上で高 NO3.
D	Ambovombe 市	ほとんど不圧地下水のみ(深度 100m 以上)	EC は 200mS/m 以上で高 NO3.
E	海岸砂丘	ほとんど不圧地下水のみ	EC は 200mS/m 以上で高 NO3.
F	盆地中央部	不圧地下水までの深度 25m 以上	データなし

## 3.2.3 天水溜インベントリー

天水溜の利用は、個人用のものから公共のものまで様々な形態がある。大型の公共天水溜は「Impluvium」と呼ばれ、多くの村落人口に寄与している。既存の施設の状態を評価すると、「良」、「悪」、「部分的」の3つに分類できる。「良」は水槽から水漏れがなく、「悪」は水漏れがあり水が全く溜まらない。「部分的」は、分割された水槽のため一方が水漏れをしていたり、水漏れはあっても底面ではないため、ある一定の天水が貯留できる状態にある。

表 3.2.3-1 公共大型天水溜インベントリー

	フクタン数	公共大型天水溜数				地下 水源	必要数	比(数)		
		計	良	部分	悪			機能	所有率	
				-	-		= - -	/	/	
1	Ambazoa	20	12	5	2	5	0	15	25%	60%
2	Ambovombe	61	17	13	3	1	10	38	21%	28%
3	Ambonaivo	15	16	3	11	2	0	12	20%	107%
4	Tsimananada	10	3	2	1	0	0	8	20%	30%
5	Erada	17	9	3	0	6	0	14	18%	53%
6	Analamary	15	4	2	0	2	1	12	13%	27%
7	Maroalomainty	33	12	4	0	8	0	29	12%	36%
8	Maroalopoty	47	9	4	1	4	0	43	9%	19%
9	Ambanisarika	12	11	1	5	5	0	11	8%	92%
10	Beanantara	27	5	2	2	1	0	25	7%	19%
11	Ambohimalaza	15	9	1	3	4	2	12	7%	60%
12	Amobondro	23	7	1	6	0	4	18	4%	30%
13	Sihanamaro	28	8	1	2	5	10	17	4%	29%
14	Antaritarika	29	4	1	0	3	1	27	3%	14%
	Total	352	126	43	36	46	28	281	12%	36%

注) フクタン毎のインベントリーは Data book DP1.1-2 を参照

### 3.3 衛星画像解析

#### 3.3.1 衛星解析

##### (1) 地形

##### 1) Ambovombe 盆地

地形図からも判別できるように、Ambovombe 盆地は閉じた盆地であり、流出する河川や通年で存在する湖沼をもたない。Ambovombe 付近の最低標高は、近隣地域の高度と比較して 50m から 100m 程度低い。一方、Manave から Sakabe を経て Ifotaka を結ぶ線の高低差は 50m 以下であり、この線を表す地形断面図も平坦である。Manave と Ambaliandro 付近で地下水が不透水層によって遮断されるとすれば、地下水は東方へ向かって流れ、Mandrare 川へ流出すると考えられる。

##### 2) 海岸砂丘

海岸砂丘は 3 列の砂丘から構成され、衛星画像解析によって海岸線に平行な砂丘を観測することができる。砂丘地帯の水系は、小規模の海に開いた流域に分割されている。

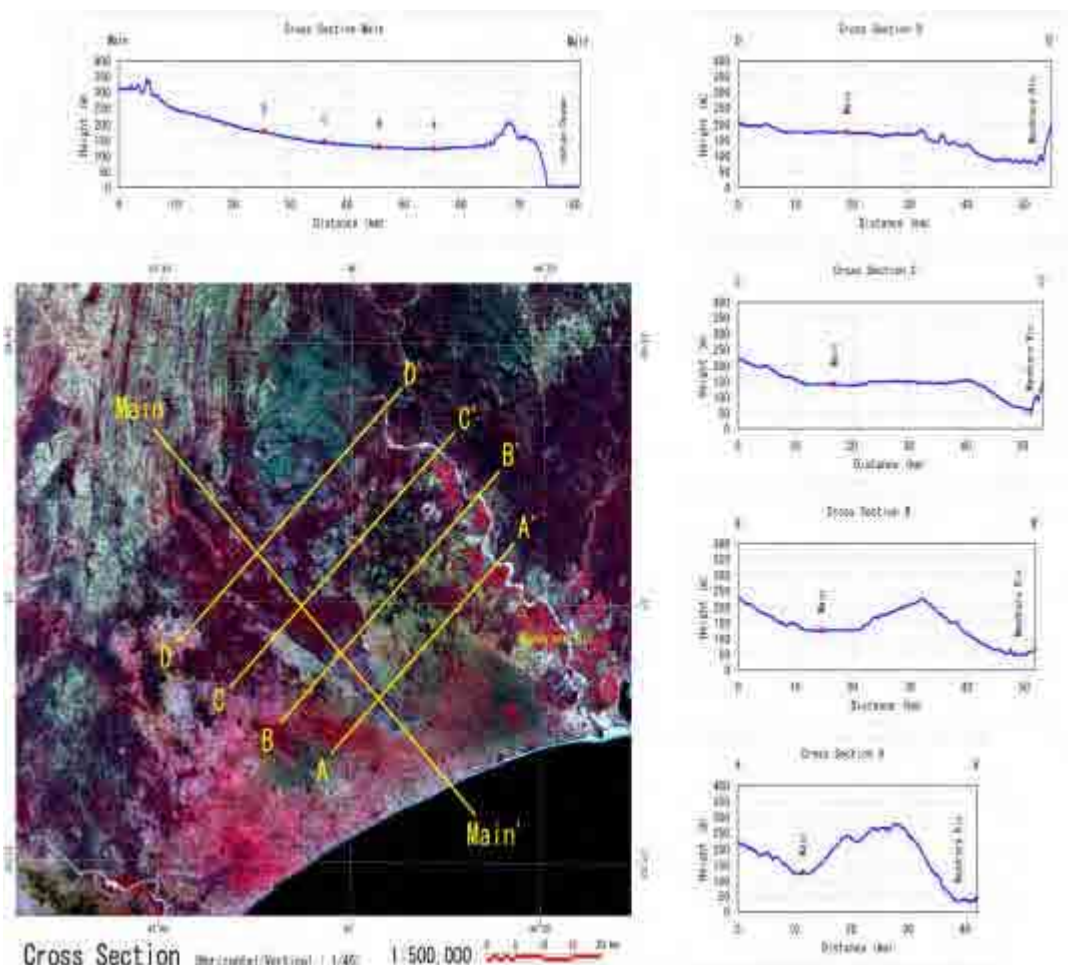


図 3.3.1-1 地形解析断面図

## 3) リニアメント（線形構造）

## i) Antanimora-Ambovombe リニアメント

リニアメントとは、不連続層や断層等の地形的特徴を示す線形地形のことである。この地形は、基盤地帯での地下水資源の開発に有望な地形である。Antanimora-Ambovombe での向斜谷は、北西から南東にかけて走る Mandrare川などの主要なリニアメントの方向と一致している。この谷は海岸砂丘のところまで終わっているが、地下水はこれに沿って海に流出している。

## ii) 海岸砂丘

観測された砂丘の列は、上述の Antanimora-Ambovombe リニアメントと同じ方向、北西 - 南東を呈している。しかしながら、この砂丘列は水の流れ方向を示しているのではなく、この地帯に卓越する風によって形成される砂の動きである。この砂の動線は、リニアメントと明確に区別される。

## iii) Antanimora 西域

Antanimora 北部のリニアメントは北 - 南と東 - 西方向であるが、Antanimora 南部ではリニアメントは北西 - 南東、北東 - 南西という方向を示している。Antanimora 中央部では、両方向のリニアメントが計測できる。したがって、この地帯の岩石は裂罅しているため、この地域は他の地点よりも湧出量の多い帯水層が存在する確率が高い。

## iv) Ambovombe 北東

視覚では認識が難しいが、衛星画像のコンピュータ解析によって、北 - 南と北東 - 南西方向のリニアメントを測定できる。この地帯は緩やかな傾斜で砂に覆われており、南側は岩石が露出する箇所があるが、リニアメントを識別することはできない。リニアメントは、深度 60-70m 以上の未固結の地層に埋まっている。

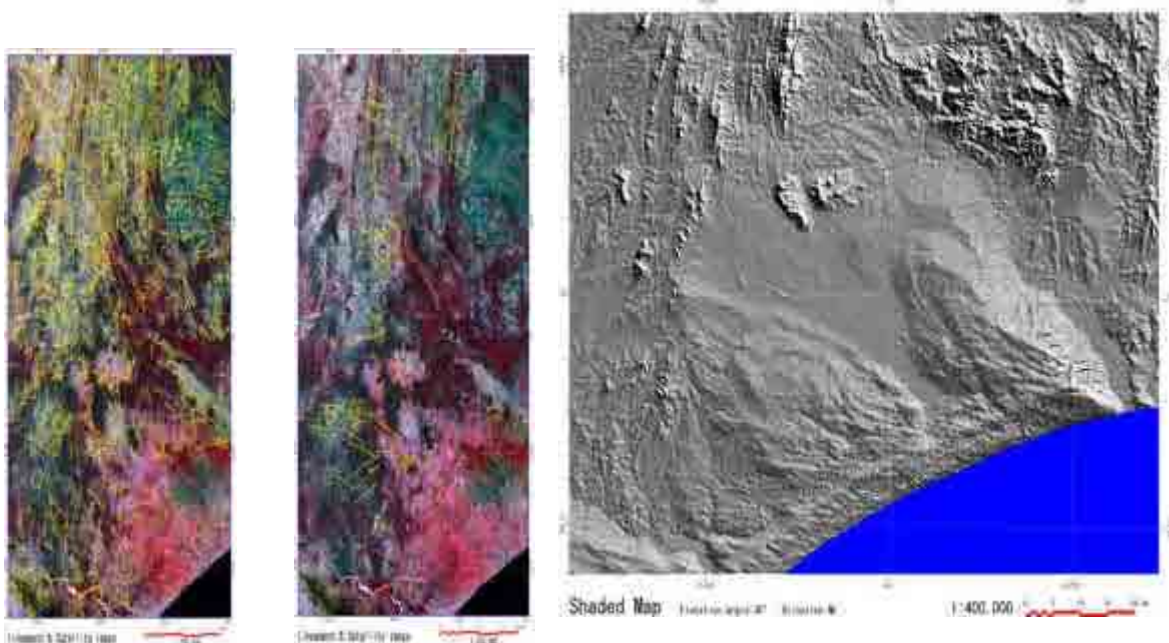


図 3.3.1-2 線形構造解析と標高データの図



## (2) 水系

水系は、衛星画像解析においては、最も高度の低い点をトレースすることによって得られる。地形図では盆地の西および東側は高低差のコントラストが低く明瞭ではないが、DEMデータの解析によって明確に把握できる。Ambovombeへ自然流下で送水する場合、水源開発をこの水系内の上流部に実施すると運転費を低減させることができる。水系の境界は Benantara - Sakave - Antanimora 周辺 - Namorola 西側 - Bevoty - Analamalaza - Ambanisarika 西側 - 沿岸砂丘を通っている。Ambondro 近辺は Ambovombe 盆地には属していない。この水系内を雨水の涵養の範囲として定義する。Ambovombe 盆地がもし、水で満たされるとすると水は東から流出し、Mandrare の水系に合流する。

## (3) 沼地、低地

沼地および低地の判別には DEM データを用いた。低地は、高度の最も低い点で、それ以上低い地点がない場所と定義される。対象地域においては、Ambondro、Ambanisarika 北側、Ambovombe と Benantara の間に小規模の低地がある。

## 1) Ambondro と Ambanisarika 北側

低地は、Ambondro 周辺に多い手掘り井戸の存在と関連している。シルトと粘土が低地に堆積して不透水の地層を形成する。低地の位置と井戸位置を重ね合わせることによって、浅い地下水の広がりを解析することが可能である。



図 3.3.1-3 Ambovombe 盆地の水系

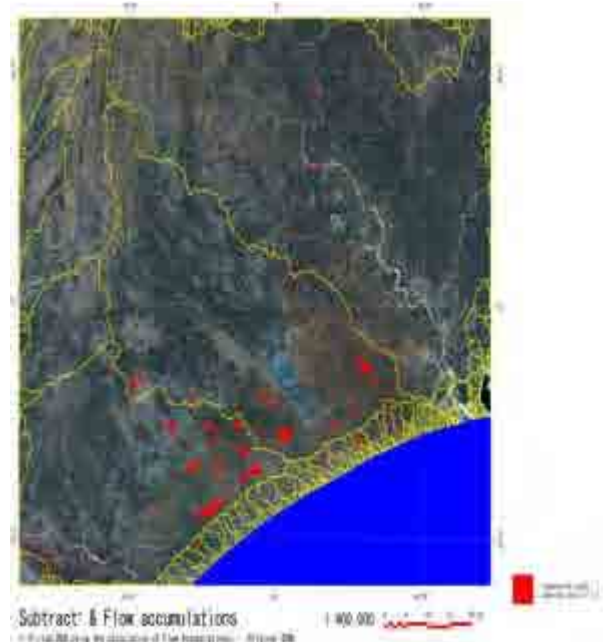


図 3.3.1-4 Ambovombe 盆地の湖沼

## 2) Ambovombe と Benantara の間

Ambovombe と Amboasary 間の傾斜は海岸線(南西 - 北東)と平行であるが、水の流線は海岸線と直交している。起伏は複雑であり、低地は傾斜のある場所にも形成されている。低地が存在すると、水はそこに停滞して沼地をつくるが、この地帯には沼地は存在せず、流れる水も見られない。表層からある深度まで砂丘性の透水層が広がっているため、地下水位は 100m 以上深い。

## (4) 植生

植生のレベルはフォールスカラー表示と NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)表示によって表される。フォールスカラー表示では、植生は赤で示される。NDVI は色の段階的变化によって植生レベルを表し、そのレベルは植物のクロロフィル II の作用を反映するものである。



図 3.3.1-5 調査地域の鳥瞰図

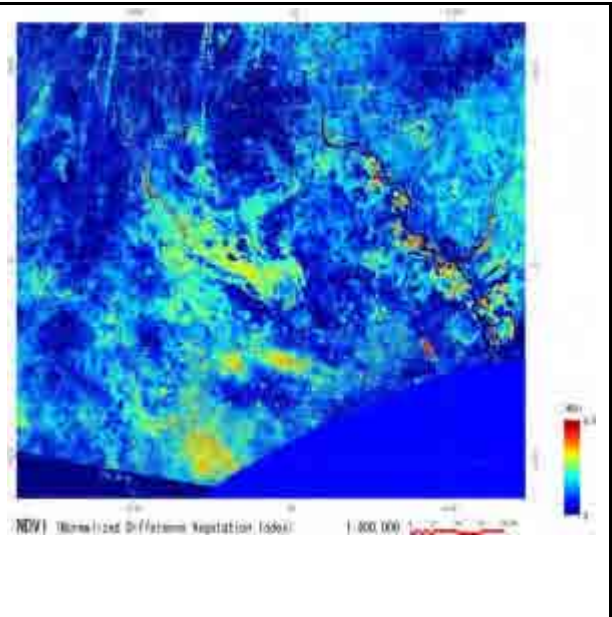


図 3.3.1-6 植生と土地利用図

- 1) 植物は鮮明な赤で示されている
- 2) Antaritarika 周辺以外の沿岸砂丘における植生は乏しい
- 3) 国道 10 号沿いと砂丘地帯に 0.5-1.0km 程の密な植生が見られる
- 4) Ambovombe の東北側は植生が乏しい
- 5) Ambovombe から Ampamolora にかけて植生は乏しい
- 6) Ampamolora から Antanimora の一帯は比較的植生が密である
- 7) 国道 13 号沿いは植生が乏しい
- 8) Ambanisarika から Sihanamaro までの植生は乏しい
- 9) Ambanisarika と国道 13 号の間に密な植生が見られる。
- 10) Antaritarika 北側は植生が密である。植生が密な地域では地下水が期待される。

衛星画像データは、約 100km x 100km にわたる広域において、土地利用などの総合的な情報分析と地下水ポテンシャルの解析に不可欠である。また、現地踏査においても衛星画像データは有効に活用できる。

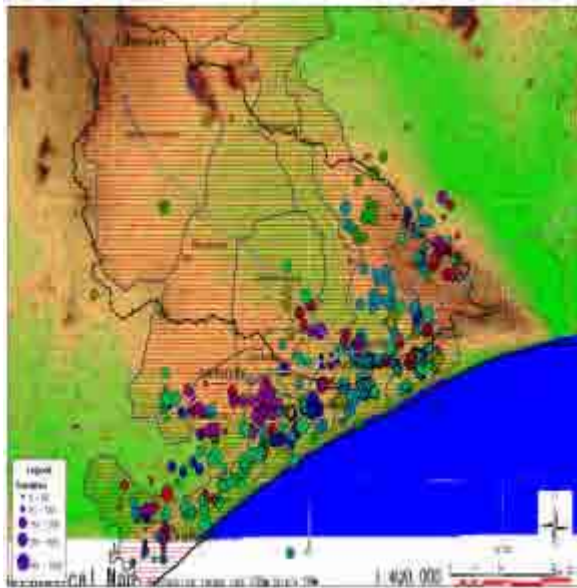


図 3.3.1-7 村落分布

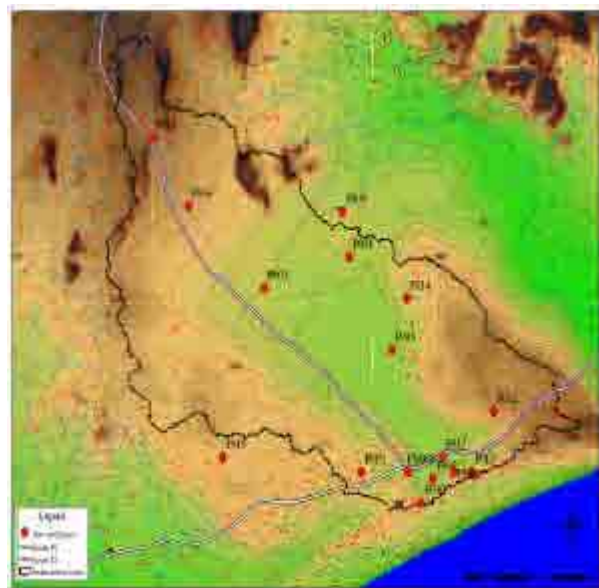


図 3.3.1-8 試掘地点

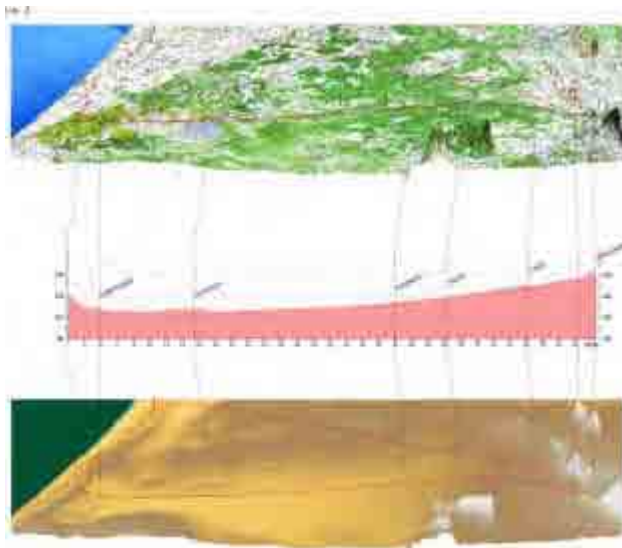


図 3.3.1-9 衛星データからの地形解析



図 3.3.1-10 地形図と衛星画像の重合せ





図 3.3.1-11 衛星画像解析による地質図



図 3.3.1-12 地質図と衛星画像の重ね合わせ

### 3.4 航空写真調査

#### 3.4.1 方法

航空写真は対象地域を網羅する全てを国土地理院(FTM)で購入した。対象地域を網羅するための全購入枚数は 272 枚である。航空写真位置は地形図にプロットされ、衛星画像解を補完するために、村落、水系、地質構造、アクセス状況、その他の特徴を特定するために利用した。

#### 3.4.2 解析

衛星画像解析で選定した特定地域を航空写真で更に解析した。また、地下水開発適地と判断された地点も検証した。各地で参照した航空写真には右表に示すとおり地形図 ID 番号と共に写真 ID 番号を示した。

地図図名	
地形図 ID	
写真 番号	写真 番号
写真 番号	写真 番号

- 1) Ambovombe 地域：内陸の雨季における洪水域と南部の砂丘域との境界にある村落に、地下水開発地点を設定した。
- 2) Lake Sarimonto 地域：乾季にはほとんど消失するが、雨季には Ambovombe 盆地の中心部に湖が、周辺には多くの沼や池が発達する。雨季には上流部からの急激な流れと土砂流のあることが、読み取れる。
- 3) Manave 地域：Manave 村落は上流部からの砂質堆積物による扇状地地形に位置する。雨季にのみ Bemamba 川が Manave 村落の南 2km まで認められるため、手掘り浅井戸の試掘地点を設定した。



## 3.5 物理探査

### 3.5.1 概要

物理探査は調査対象地域の地質構造を把握することを目的として実施した。本調査では3種類の調査手法を適用した。図3.5.1-1には3種類の手法による物理探査実施地点を示す。

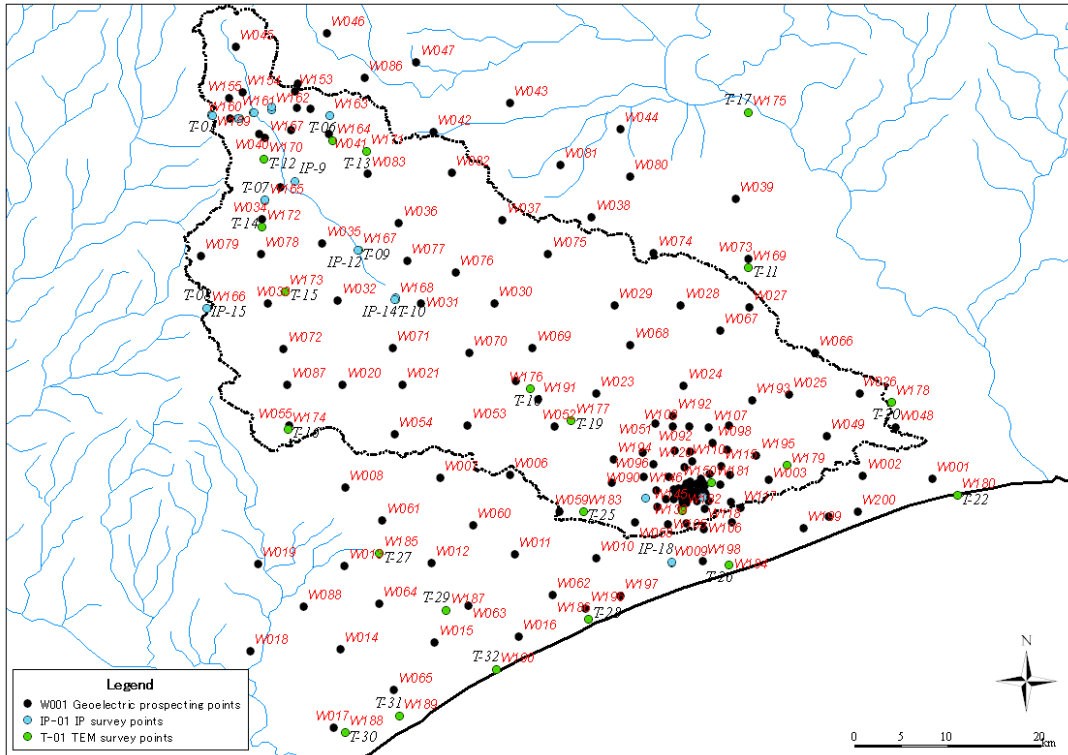


図 3.5.1-1 物理探査調査地点図

### 3.5.2 調査結果から推定される Ambovombe 盆地内の地質構造

図 3.5.2-1 の物理探査測線 ~ の位置とその解析地質断面図を示した。

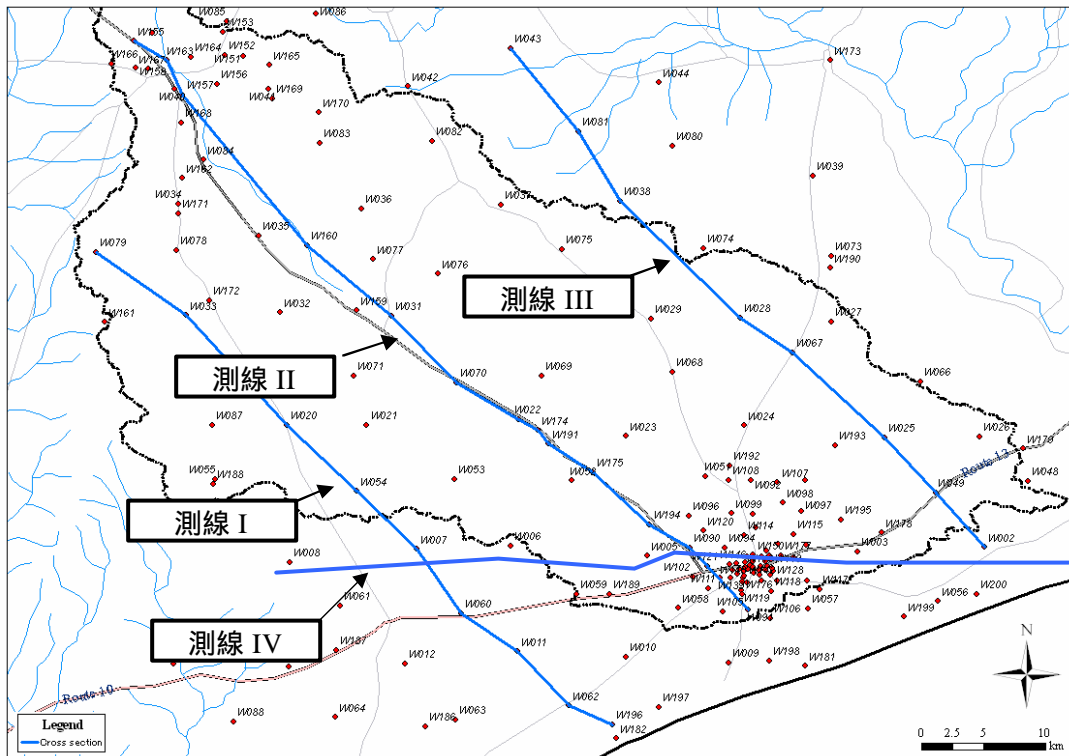


図 3.5.2-1 物理探査測線位置図

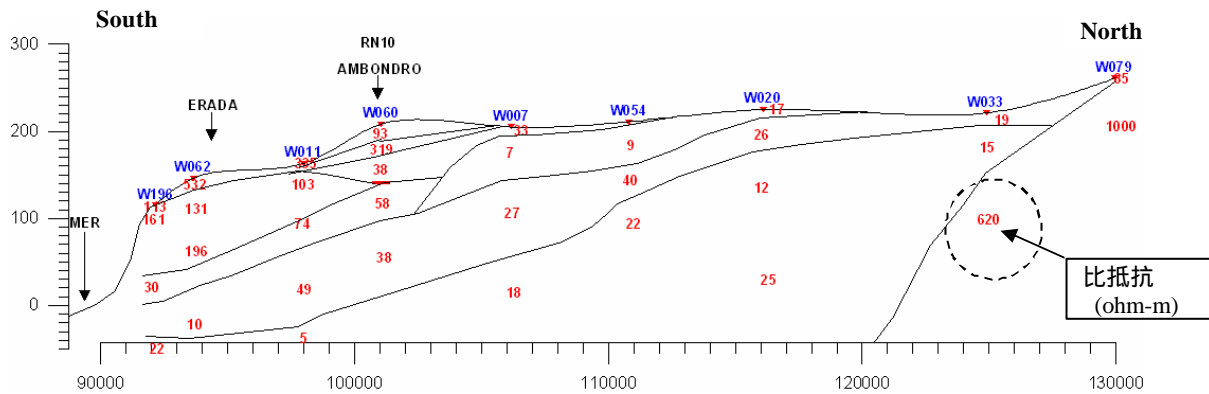


図 3.5.2-2 (a) 解析地質断面図 (測線 I)

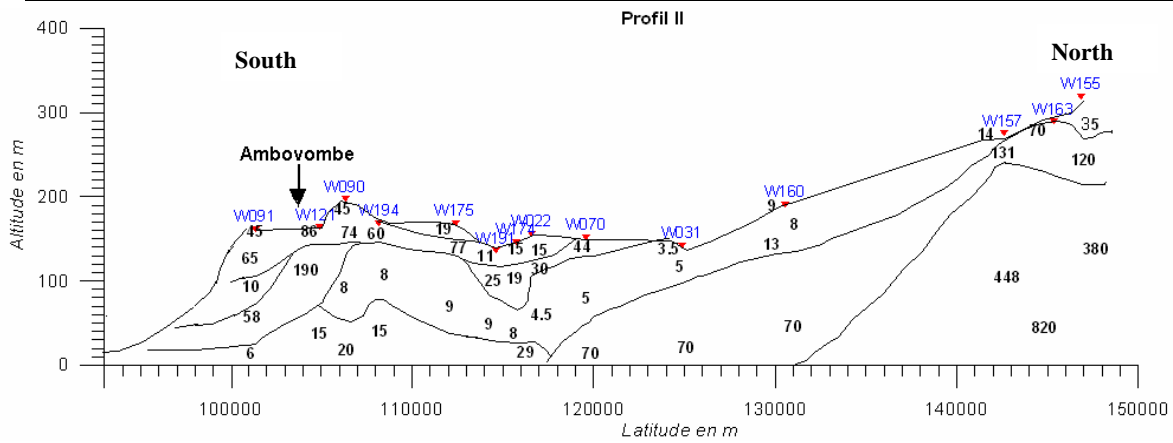


図 3.5.2-2 (b) 解析地質断面図 (測線 II)

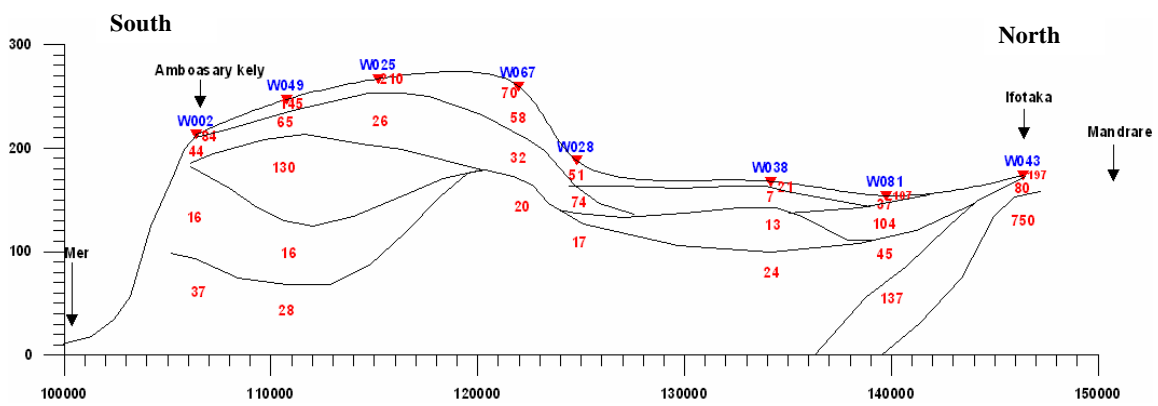


図 3.5.2-2 (c) 解析地質断面図 (測線 III)

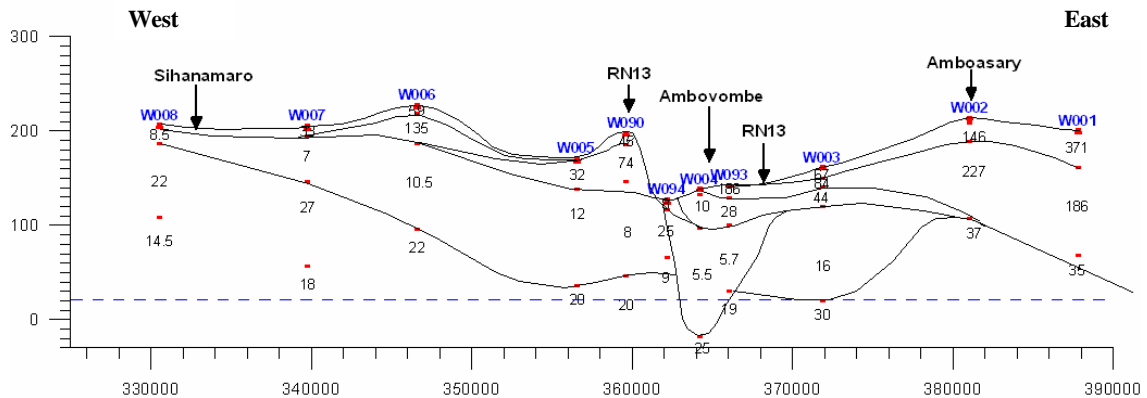


図 3.5.2-2 (d) 解析地質断面図 (測線 IV)

物理探査解析地質断面図には比抵抗値を示してあるが、200 (ohm-m) より高い地殻比抵抗分布ヶ所は基盤岩分布域に相当し、一方低地殻比抵抗分布ヶ所は堆積層分布域に相当する。しかしながら地層中の塩分濃度が高いため堆積層中の砂層と粘土層の境界を明確に分離することは困難である。

## 3.6 地下水位観測

### 3.6.1 概要

地下水位観測は調査対象地域内における地下水の分布と流動を把握する上で必要不可欠なものである。本調査では月別及び季節別の観測を、井戸インベントリー調査結果から選定した既存井戸を対象に実施した。調査結果は地下水ポテンシャルの分析に活用する。

また、調査のなかで設置された試掘井戸についても月別の地下水位観測を行った。さらに、試掘井戸については自動水位観測機器を設置し連続観測を行った。

### 3.6.2 観測井戸

#### (1) 季節別観測箇所

季節別観測箇所は調査対象地域の既存井戸から選定した。はじめに 60 ヶ所の井戸を Ambovombe 盆地内から均等に選定した。予備として 10 ヶ所の井戸も追加で選定した。図 3.6.2-1 及び 3.6.2-2 には選定した季節別観測箇所の位置を示す。

#### (2) 月別観測箇所

上述した季節別観測箇所のなかから 16 ヶ所を月別観測箇所として選定した。基本的にこれらの箇所は Ambovombe 盆地内の上流から下流まで均等に分布するように選定し、降水に対する影響を把握することとした。図 3.6.2-1 及び 3.6.2-2 には選定した季節別観測箇所の位置を示す。

#### (3) 試掘井戸の地下水位モニタリング

試掘井戸のうち、水位が確認できたものについては地下水位のモニタリング箇所として月別観測箇所に追加した。また、試掘井戸のうちの 5 ヶ所および既存井戸 No.604 については自記水位計を設置して地下水位の連続観測を行った。図 3.6.2-3 に位置図を示す。

### 3.6.3 月別観測結果

#### (1) 概要

月別観測は 2005 年の 5 月から 2006 年の 7 月まで実施した。観測は本調査団から技術移転を行った南部給水公社 (AES) Ambovombe 技術事務所の職員により継続して実施された。

月別観測結果を(2)に示す。

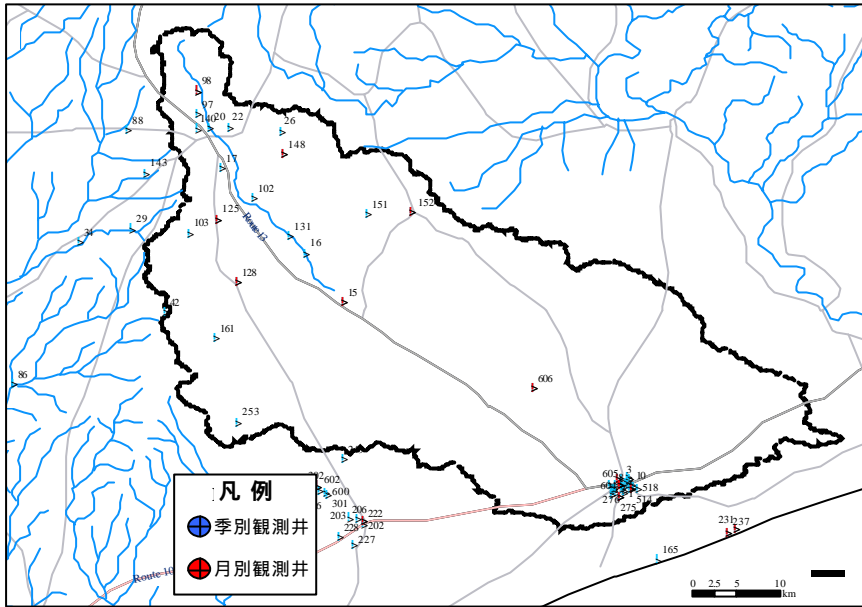


図 3.6.2-1  
観測箇所位置図

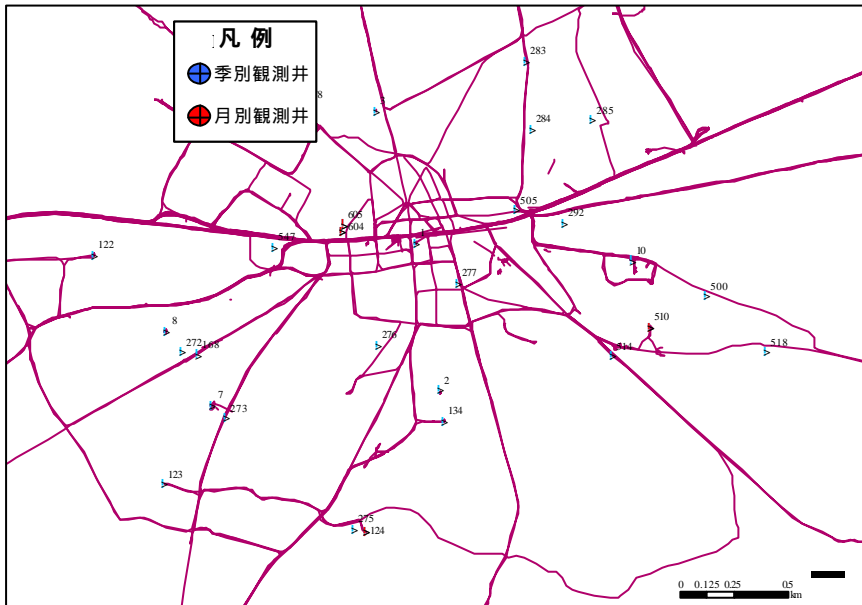


図 3.6.2-2  
観測箇所位置図  
( Ambovombe 市内 )



図 3.6.2-3  
観測箇所位置図  
( 試掘井戸 )

(2)月別観測結果

図 3.6.3-1 に月別地下水位観測結果を降水量データと共に示す。

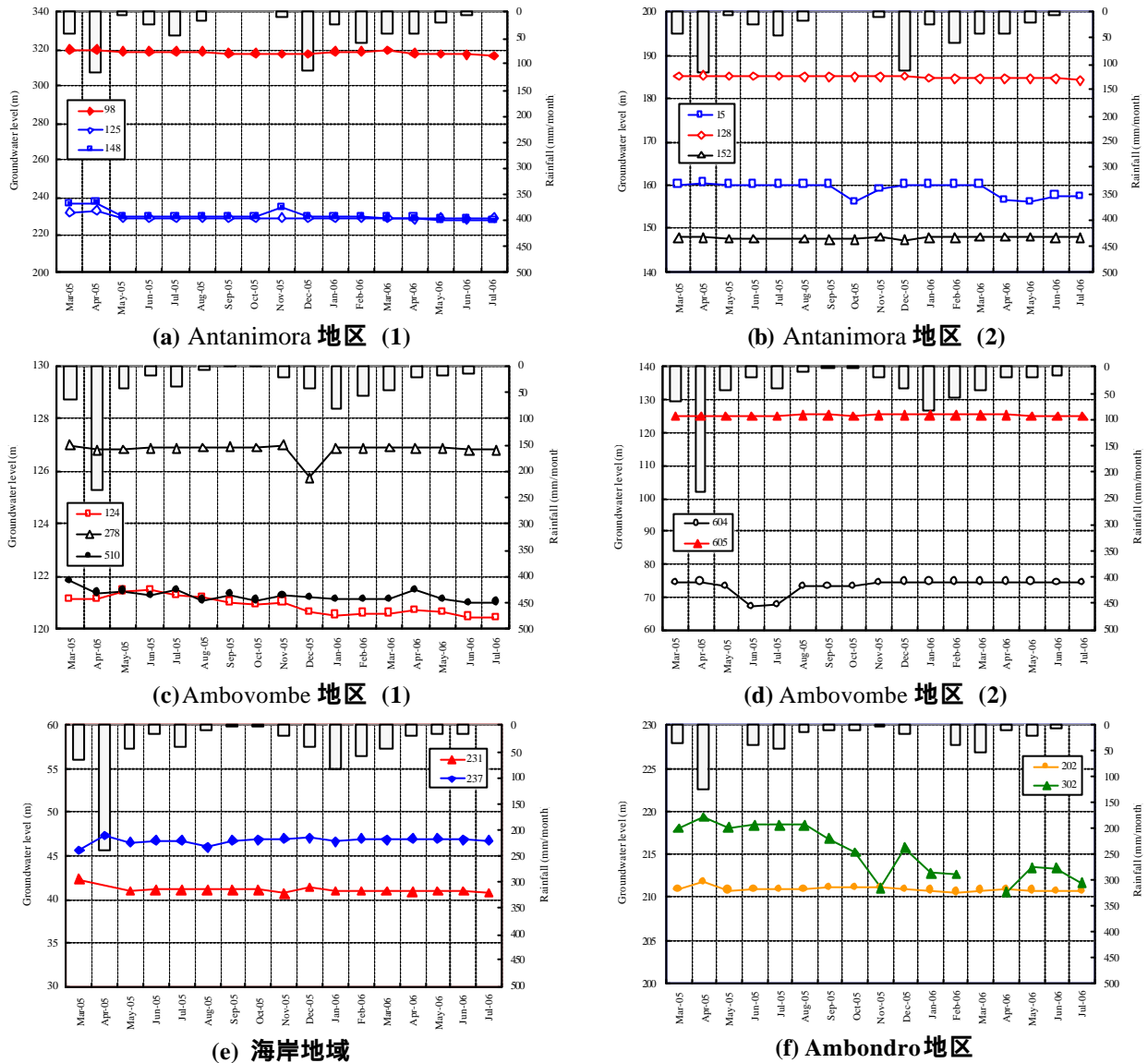


図 3.6.3-1 地下水位観測結果

図 3.6.3-1(a)によると、井戸 No.98 では 2005 年の 4 月から 10 月まで継続的に地下水位が低下している。その後、地下水位は上昇し、2005 年 4 月のレベルまで回復した。

また、井戸 No.125 及び No.148 では、2005 年の 5 月に急激な地下水位の低下が確認できる。これは降水量の低下によるものと考えられる。

図 3.6.3-1(b)によると、観測ヶ所の地下水位はほぼ一定である。しかし、井戸 No.15 では 2005 年 10 月に急激な水位の低下が確認できる。

図 3.6.3-1(c)によると、観測ヶ所の地下水位の挙動はそれぞれ異なったものである。井戸 No.278 では 2005 年の 4 月から 11 月まで地下水位は継続的に上昇しているが、一方残る 2ヶ所( No.124 及び No.510 ) では降水に対する直接的な反応が確認できる。

図 3.6.3-1(d)によると、井戸 No.604 及び No.605 では異なる地下水位の挙動が確認できる。両者は隣接した井戸であるが、No.604 は深度 130m の深井戸であり、一方 No.605 は深度 17.7m の浅井戸

である。地下水位の変動は、浅井戸の No.605 はほぼ一定であるのに対し、深井戸の No.604 では、2005 年の 6 月～7 月に地下水位の低下が確認できる。また、こうした挙動と降水との間には相関が確認できない。

図 3.6.3-1(e)によると、井戸 No.231 では地下水位は一定であり、井戸 No.237 では地下水位変動と降雨との間にわずかな相関が確認できる。

図 3.6.3-1(f)によると、観測ヶ所の地下水位の挙動はそれぞれ異なったものであることがわかる。2005 年の 5 月に急激な地下水位の低下が、また同年 8 月から 10 月にかけては水位の上昇が確認できるが、井戸 No.202 はそのまま水位は上昇し、その後低下に転じている。一方で井戸 No.302 では急激に水位は低下し、その後 2005 年の 12 月には水位は上昇している。

### 3.6.4 季節別観測結果

#### (1)概要

季節別観測は合計 3 回実施し、第一回は 2005 年 4 月に、第二回は同年 7 月に、そして第三回は同年 10 月に行った。

#### (2)各観測データの比較

表 3.6.4-1 には三回実施されたデータそれぞれを比較したものを示す。

表 3.6.4-1 各観測データの比較

項目	地下水位変動量 (m)		
	4月-7月	7月-10月	4月-10月
サンプル数	56	56	64
最大値	-12.62	-4.92	-7.59
最小値	2.19	5.76	1.86
平均値	-0.98232	-0.04054	-1.13328

表 3.6.4-1 は、雨季（4 月）から乾季（10 月）にかけての地下水位で基本的に低下していることを示している。しかしながら、いくつかの井戸では水位が上昇しているものがある。このことは、調査地域において乾季でも継続的に地下水の涵養が生じていることが分かる。

図 3.6.4-1 には Ambovombe 市内における 2005 年 4 月（第一回）と 10 月（第三回）の水位データ変動量の等高線図を示した。

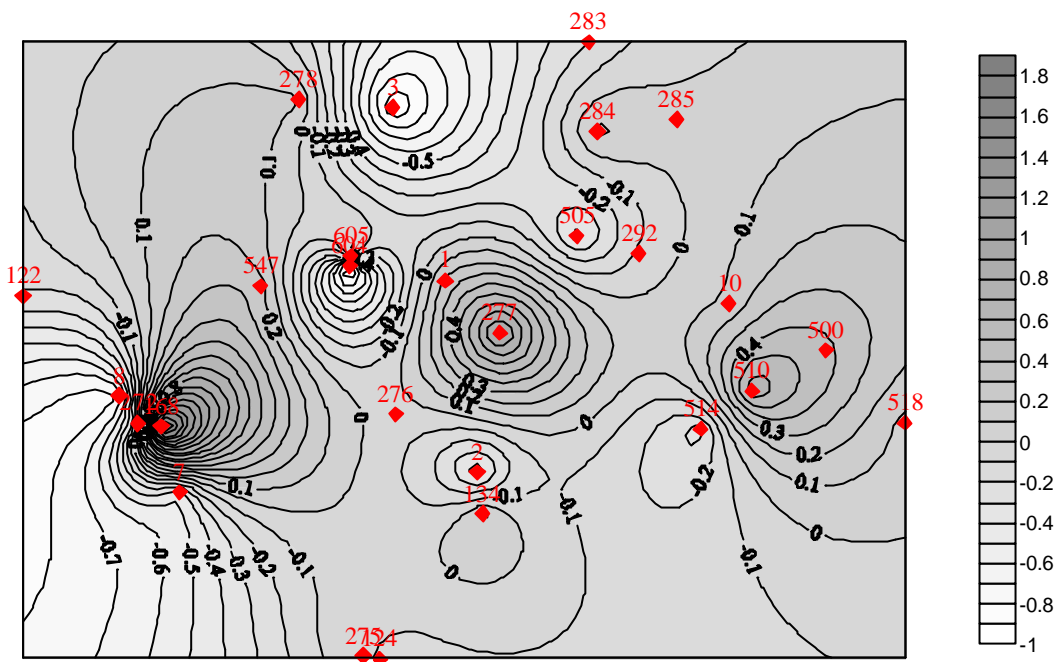


図 3.6.4-1 4月と10月の季節別観測結果における地下水位変動量等高線図（Ambovombe 市内）

図 3.6.4-1 は西方および東方に水位の上昇している箇所が確認できる。これらの箇所では、周辺から地下水涵養が生じていることが推定される。

### 3.6.5 試掘井戸観測結果

#### (1)月別観測結果

図 3.6.5-1 は、試掘井戸の地下水位観測結果を示す。Antanimora 地区では 3 ヶ所の試掘井戸で観測を行った。観測結果では 2006 年 4 月から 7 月にかけて地下水位が継続的に低下していた。これは降水量の減少によるものと思われる。

Ambovombe 盆地内部では 5 ヶ所の試掘井戸で観測を行った。F009 井戸以外の井戸では地下水位は一定しているが、F009 井戸では急激な水位の低下が確認されている。これは井戸からの揚水によるものと思われる。

海岸地域では 4 ヶ所の試掘井戸で観測を行った。このうち FM001 および F022 井戸では 2006 年 4 月から 7 月にかけて地下水位は継続的に低下しており、これは降水量の減少によるものと思われる。一方、F015 井戸および F030 井戸では地下水位は一定の値を示している。

Ambovombe 市内では 6 ヶ所の試掘井戸で観測を行った。NE-1 井戸以外では、地下水位は一定の値を示している。NE-1 地点では地下水位の上昇が確認され、これは周辺からの地下水涵養によるものと思われる。



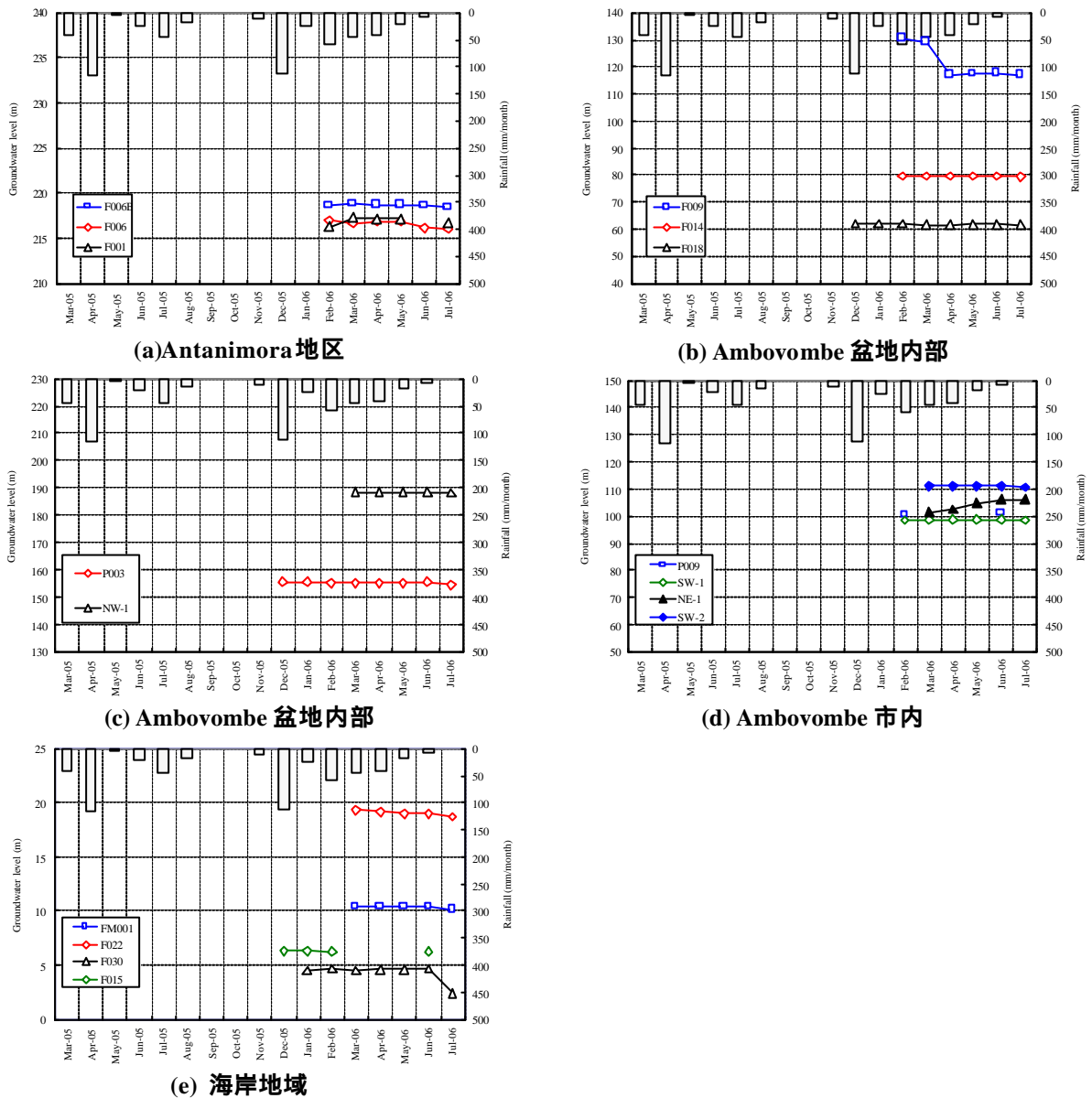


図 3.6.5-1 地下水位観測結果

(2)地下水位連続観測結果

図 3.6.5-2 は、試掘井戸の地下水位連続観測結果を示す。F018 井戸は、機器が適切に設置されていなかったためデータが得られなかった。

観測結果は降水量が 10 日毎の値のみ得られるため、地下水位データも同様に 10 日毎の平均値に換算してグラフに示している。

図 3.6.5-2 より地下水位は、2006 年の 3 月から 7 月にかけて降水量の減少に従って徐々に低下している。F015 井戸の地下水位は、他の井戸に比べ変動量が小さい。

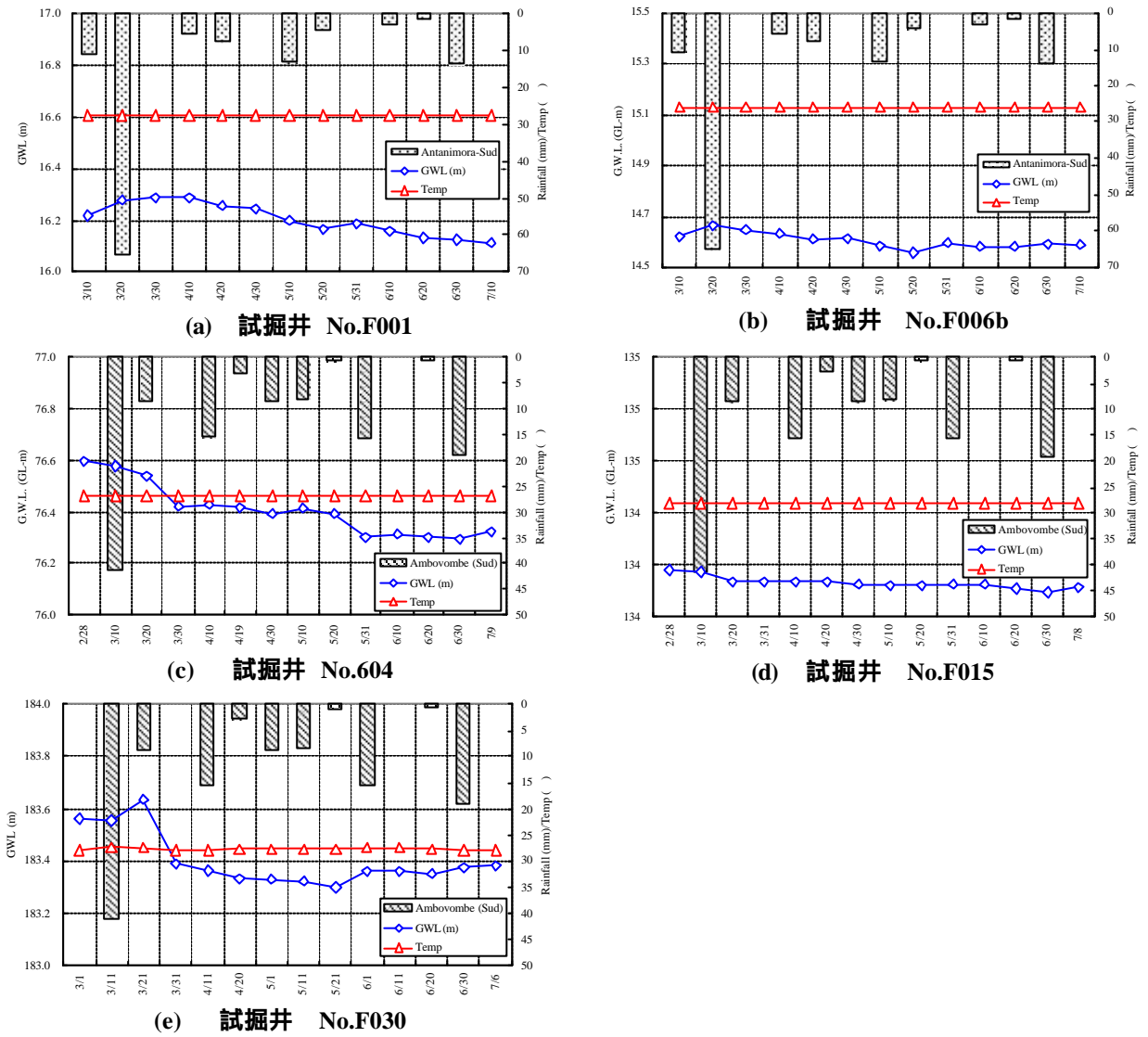


図 3.6.5-2 地下水位連続観測結果

### 3.7 既存水源の水質調査

#### 3.7.1 目的

水質調査の目的は下記の2点に集約される。

- 1) 既存水源の水質が飲料水として適合しているかどうかについて、WHO ならびにマ国の飲料水水質基準と比較すること。
- 2) 試料の化学的性質を分析し、化学成分の起源の検討、とりわけ人間活動の影響や、高塩分濃度の理由について検討すること。

#### 3.7.2 方法

##### (1) 試料採取地点

表 3.7.2-1 に水質調査の試料採取地点の分類別地点数を示した。

表 3.7.2-1 試料採取地点の概要

地区	分類	雨季(2005年5月)	乾季(2005年9月)
Ambovombe 市内	井戸	18	19
	天水溜	1	0
	池・沼	2	2
Antanimora 地区	井戸	13	13
	池・沼	1	1
	川	2	2
その他地区	井戸	9	11
	天水溜	2	0
	川	2	2

##### (2) 分析項目

水質分析は合計 29 項目について実施し、13 項目は現場分析、16 項目は首都 Antananarivo の JIRAMA 水質試験所にて室内分析を実施した。

表 3.7.2 -2 水質分析項目

目的	現場分析	室内分析
基本項目	pH, EC, 水温、におい、味、色、M-アルカリ度、二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )、溶存酸素	全硬度、濁度
飲料水としての適合性	ホウ素(B)、大腸菌群数、一般細菌群数	鉄(Fe)、マンガン(Mn)、ヒ素(As)、フッ素(F)
人為活動の影響	?	硝酸(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )、亜硝酸(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )、アンモニア(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
塩水化の起源の解析	?	ナトリウム(Na)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、塩素(Cl)、硫酸(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )、重炭酸(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )

### 3.7.3 化学成分解析

水質分析の結果はデータブックに示した。下記は分析結果に基づく考察である。

#### (1) 主要項目の空間分布

##### (a) 電気伝導度(EC)の空間分布（既存井戸のインベントリー調査結果から）

図 3.7.3-1 にインベントリー調査結果から得られた既存井戸の EC の空間分布を示した。図中赤色の?で示した地点は、EC がマ国飲料水基準 (300mS/m) より高い値を示した井戸である。

全般に、Antanimora 地区の EC は低く、Ambovombe 以南の井戸の EC は高い。Antanimora と Ambovombe の間の井戸の数は少ないため、EC がどのあたりで高くなるか線を引くことは難しい。しかしながら、Antanimora 南部の井戸番号 15( マナビ付近 )と 152( サカビ付近 )を結ぶ線上の井戸が 300mS/m を超えていることから、この線上より南で塩水化が進んでいると推測することができる。

Ambovombe 周辺の詳細な EC の分布状況をみると ( 図 3.7.3-2 ) Ambovombe 市内では市中心部にいくにつれ EC が高くなる傾向にある。全体的に、市街地の北東部から南西部にかけて EC の高い地域があり、一方南部には EC の低い井戸が分布し、特に市街地東南東部には EC が 100mS/m 以下の井戸が複数分布する。

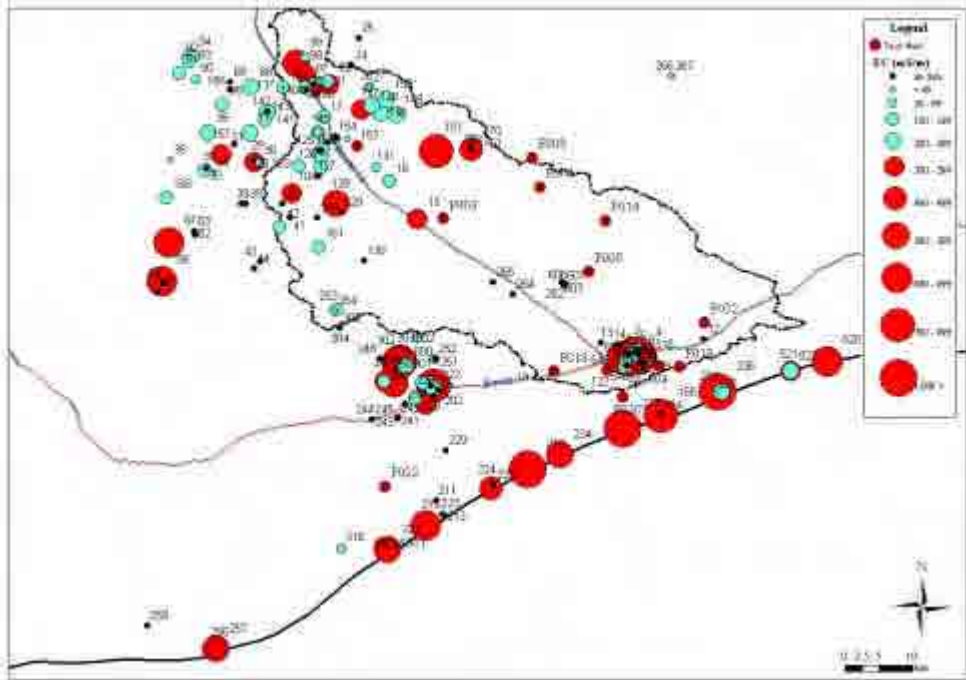


図 3.7.3-1 対象地域の EC の空間分布 (インベントリー調査)

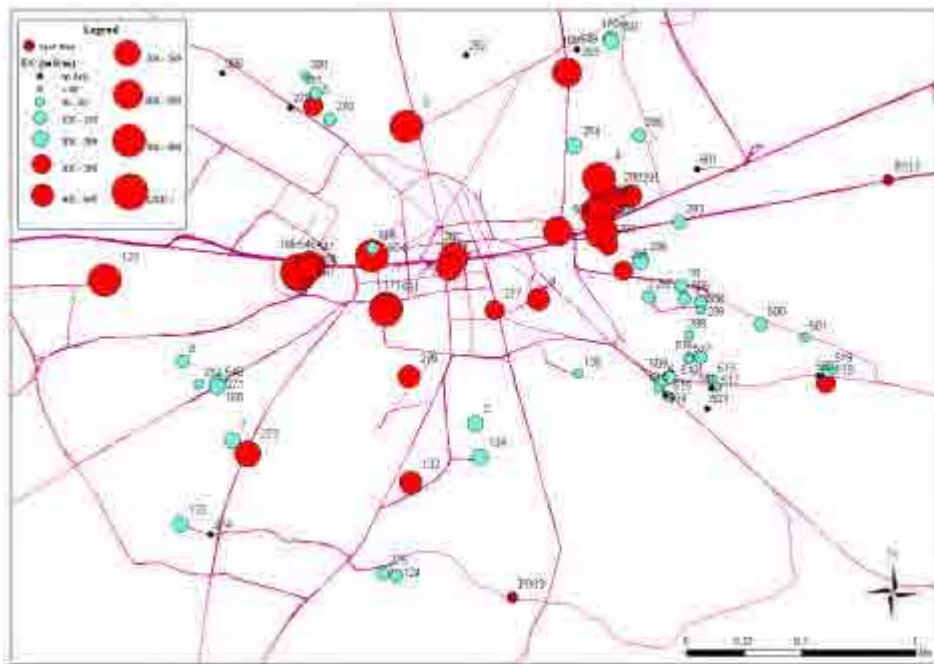


図 3.7.3-2 Ambovombe 地区の EC の空間分布(インベントリー調査)

(2) 季節変動

(a) 水質調査結果による季節変動

EC の季節変動 ( 2005/5 の乾季調査及び 2005/9 の雨季調査の分析結果の比較 ) を図 3.7.3-3 に示した。

図より、いくつかのサイトで乾季に濃度が上昇する傾向が見られたが、ほとんどのサイトでは変動は見られず、乾季・雨季にかかわらず一定であることが判明した。このため、当該地

地域の化学成分は平衡状態にあり、降水による変動は小さいことが推察される。特に、表流水サンプルの多くの EC 値が乾季に上昇していることは、基本的に濃縮効果が一般に見られることを示しており、このことから当該地域の地下水の化学成分が安定していることがわかる。

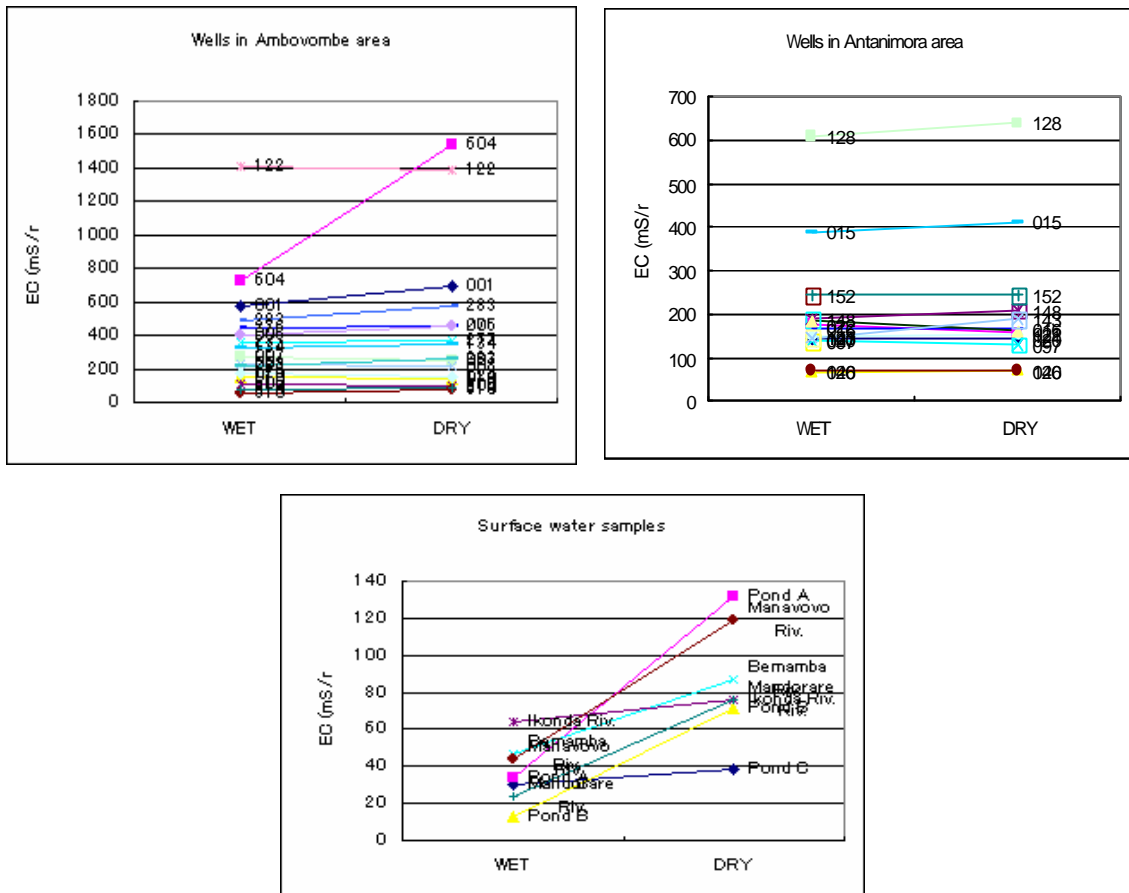


図 3.7.3-3 試料水の EC の季節変動

### (3) 化学成分間の関係性について

ここでは、化学成分の挙動を把握するために、主要成分( EC, Na, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> 及び NO<sub>3</sub>)間の関係性について検討した。

表 3.7.3-1 に主要成分間の相関係数を示した。一般に 2 成分間の相関係数が 0.7 を超えた場合に 2 成分間は強い関係性があると推察され、特に 0.8 を超えた場合に、当該 2 成分はほぼ一緒に挙動すると考えられる。図 3.7.3-4 に、いくつかの 2 成分間のプロット図を示した。

相関係数から、EC (電気伝導度すなわち、塩分濃度) と強い関係にある成分は Na, Ca, Mg 及び Cl であり、このことから、これらの成分、なかでもとりわけ濃度が一番高い Na と Cl が地域の地下水の EC を決定付けていると推察される。EC と Cl の関係を季節別にみると、乾季のほうがより強い相関関係にある。このことは、特に乾季においては高塩分化のメカニズムと塩素の発生メカニズムとがほぼ同じであることを示している。化学成分間においては、Na と Cl の相関係数が最も高い ( $r=0.9437$ )。このことは、Na と Cl はほぼ一緒に挙動していることを示している。このほか、Ca と Cl, Ca と Mg, Na と Ca も高い相関係数であり、これらの物質は同一のメカニズムにより地下水に溶存していることが推察される。一方、HCO<sub>3</sub> は他のどの物質とも相関係数は低い。陰

イオン間では、ClとSO<sub>4</sub>が比較的高い相関を示している。

表 3.7.3-1 主要成分間の相関係数

	EC	M-Alkalinity	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
EC	1.0000	0.1992	<b>0.7158</b>	<b>0.8198</b>	<b>0.8390</b>	<b>0.8483</b>	<b>0.8138</b>	<b>0.7186</b>	0.2131	0.4562
M-Alkalinity		1.0000	0.2793	0.2623	0.1032	0.2499	0.1268	0.3927	<b>0.9002</b>	0.1546
K			1.0000	0.4270	0.5430	<b>0.7996</b>	0.4105	0.4321	0.3535	<b>0.7120</b>
Na				1.0000	<b>0.8479</b>	0.6866	<b>0.9437</b>	<b>0.7903</b>	0.1983	0.2513
Ca					1.0000	<b>0.8729</b>	<b>0.9114</b>	0.6215	0.0653	0.3285
Mg						1.0000	<b>0.7350</b>	0.5836	0.2796	0.4854
Cl							1.0000	<b>0.7189</b>	0.0809	0.2929
SO <sub>4</sub>								1.0000	0.3691	0.2925
HCO <sub>3</sub>									1.0000	0.1941

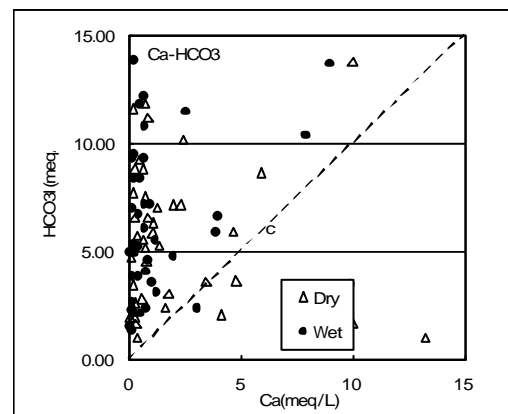
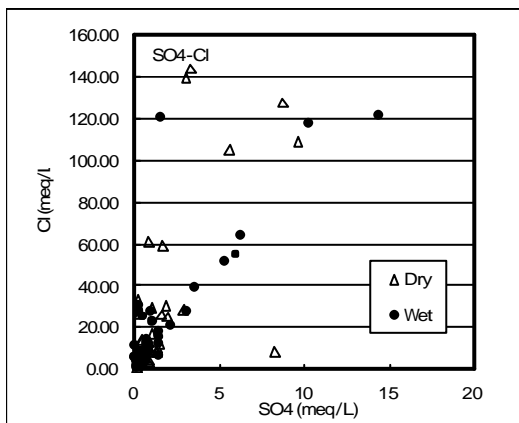
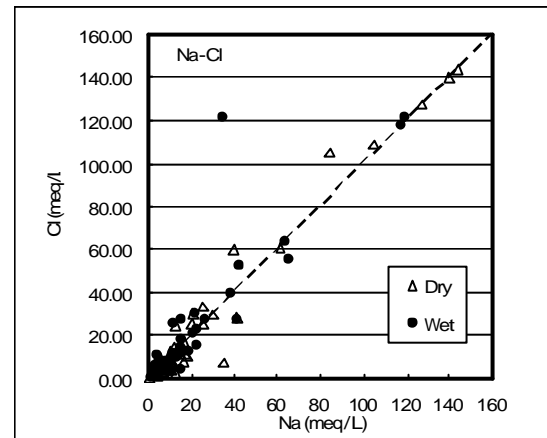
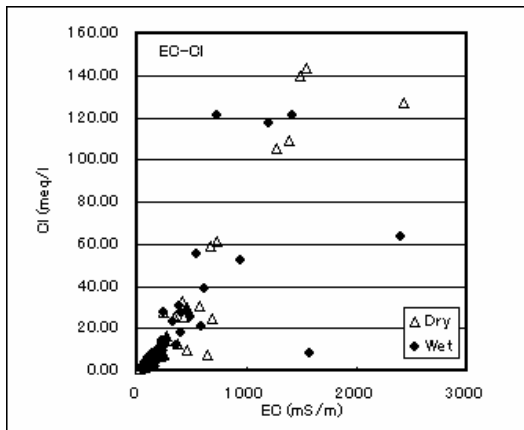


図 3.7.3-4 主要成分間の相関関係図

(4) 対象地域の地下水の水質タイプ

地域の地下水の水質タイプを把握するため、各サンプルの分析結果を元に、各地点のヘキサダイアグラムを作成した。(ヘキサダイアグラムの典型例を図 3.7.3-5 に、対象地域の地下水のヘキサダイアグラムを図 3.7.3-6(1)に、Ambovombe 市内のヘキサダイアグラムを図 3.7.3-6(2)に示した。)

また、トリリニアダイアグラムもあわせて作成した（図 3.7.3-7）。

まず、ヘキサダイアグラムに着目すると、当該地域内には二つの明確なタイプに分けることができる。一つは Na-HCO<sub>3</sub> 型で、Antanimora 周辺の硬岩地帯ならびに天水溜中の雨水および池・沼や河川水などの表流水に見られる。一方、Antanimora 南部より南部（Ambovombe、Anbondoro 及び海岸砂丘地帯を含む）の地下水は Na-Cl 型に明らかに変化する。Na-Cl 型の地下水の分布域は EC が高くなる地域とほぼ一致する。

ヘキサダイアグラムの型分布状況を地質図と重ね合わせれば、Na-HCO<sub>3</sub> 型（低 EC）は変成岩地帯に広がり、Na-Cl 型については、第三紀及び第四紀の堆積岩帯に分布している。

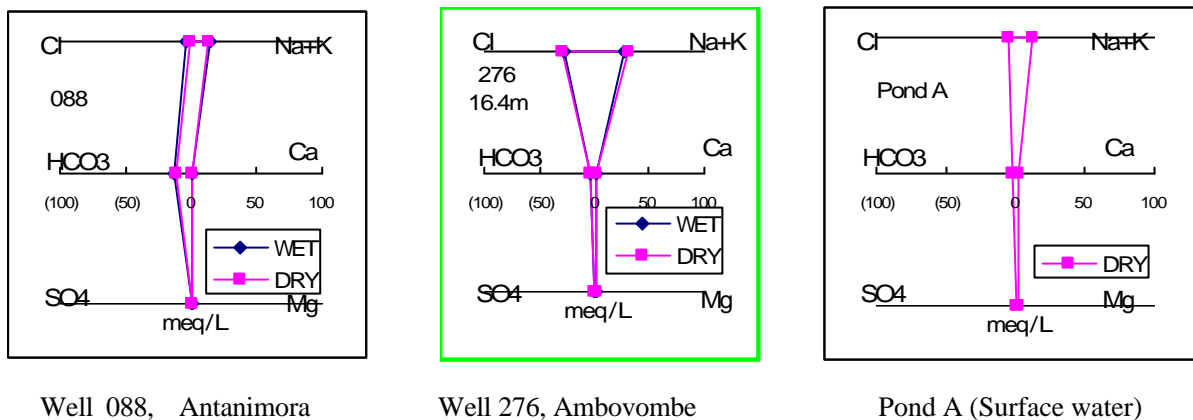


図 3.7.3-5 対象地域内のヘキサダイアグラムの典型例

トリリニアダイアグラムはこれらのタイプ区分をさらに明確にする。

まず、陽イオン（Na+K, Ca, Mg）構成比を示す左側の三角図に着目すると、ほとんどの試料が右側に集中しており、当該地域の地下水・表流水はすべて Na+K の構成比が高いことがわかる。次に、陰イオン（Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>）の構成比を示す右側の三角図に着目すると、HCO<sub>3</sub> の高いグループ（Antanimora 地区の地下水及び表流水）及び Cl の高いグループ（Ambovombe 地区を含むその他の地下水）にはっきりと区分することができる。

中央のキーダイアグラムは陽イオン、陰イオンをあわせた構成比を示している。一般に、ダイアグラムは 5 つの領域に区分することができ、Ⅰの領域は重炭酸カルシウム（マグネシウム）型（carbonate hardness type）で、普通の地下水は大半がこの型を示す。Ⅱの領域は重炭酸ナトリウム型（carbonate alkali type）で、停滞的環境の地下水がよくこの型を示す。Ⅲの領域は非炭酸カルシウム（マグネシウム）型（noncarbonated hardness type）で、温泉水・化石水などにみられる。Ⅳの領域は非炭酸ナトリウム型（noncarbonated alkali type）で、海水および海水に汚染された地下水がこの型を示す。Ⅴは中間型（intermediate type）で、河川水などはこの型に入るものが多い。採取されたサンプルのうち、Antanimora 周辺の井戸及び表流水はⅠ及びⅤの領域にプロットされ、浅層地下水及び表流水（河川水）の典型的な領域に属しているが、その他の地下水は領域Ⅳに属し、海水のタイプに酷似している。

以上の結果から、地域の浅層地下水の塩水化は下記のメカニズムよりなっていると推察される：

- 1) 雨水が地面に到達し、表層地質を通過する。
- 2) 変成岩地帯においては、滞留時間が短いことから、基盤岩と反応せず、塩分濃度が低い。



3) 第三紀砂層及び第四紀砂層においては、塩分 (NaCl) を含んだ砂と反応し、滞留時間が長いほど塩分濃度が高くなり、ECが高い。

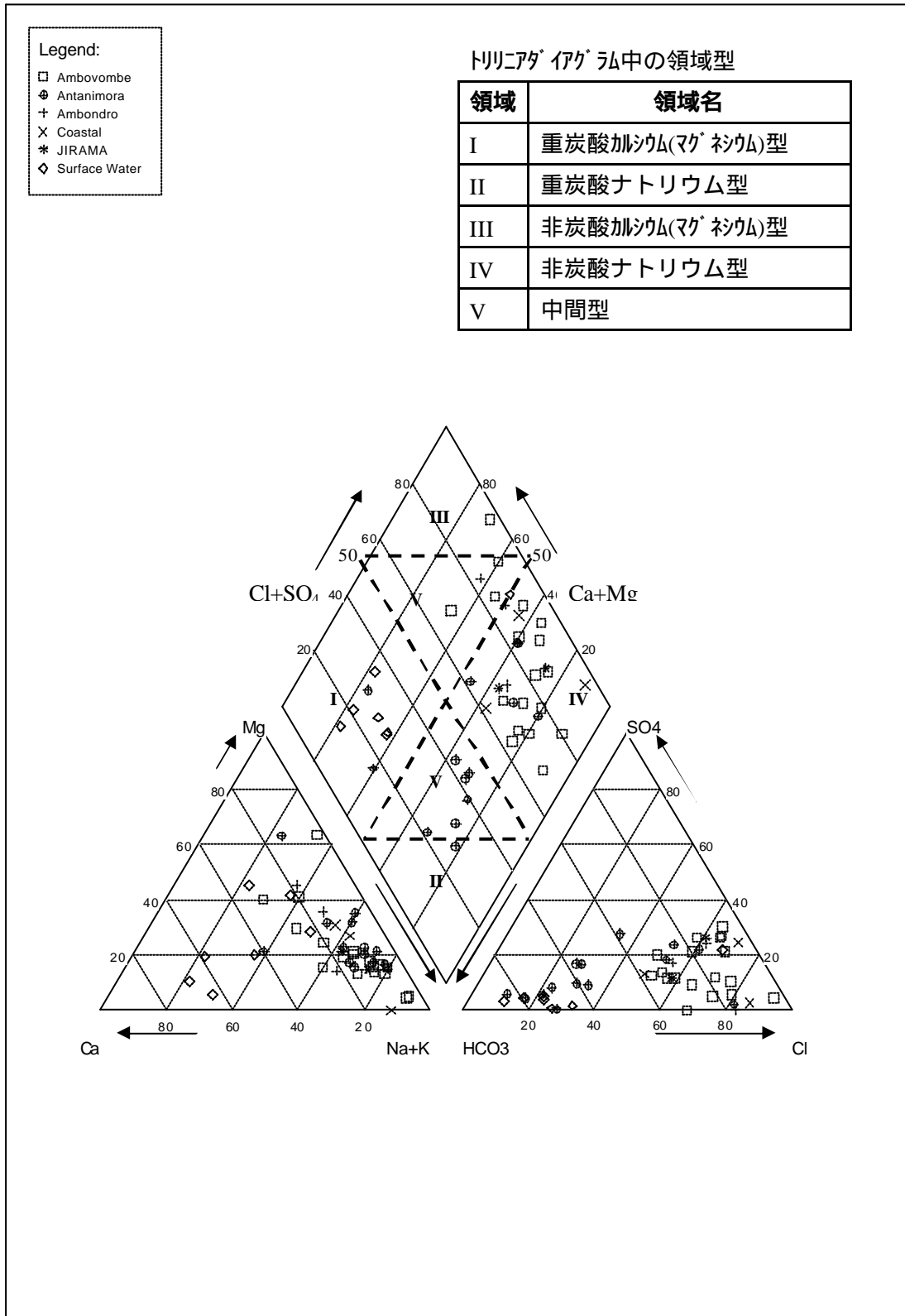


図 3.7.3-6 乾季試料のトリニアダイアグラム

3-27

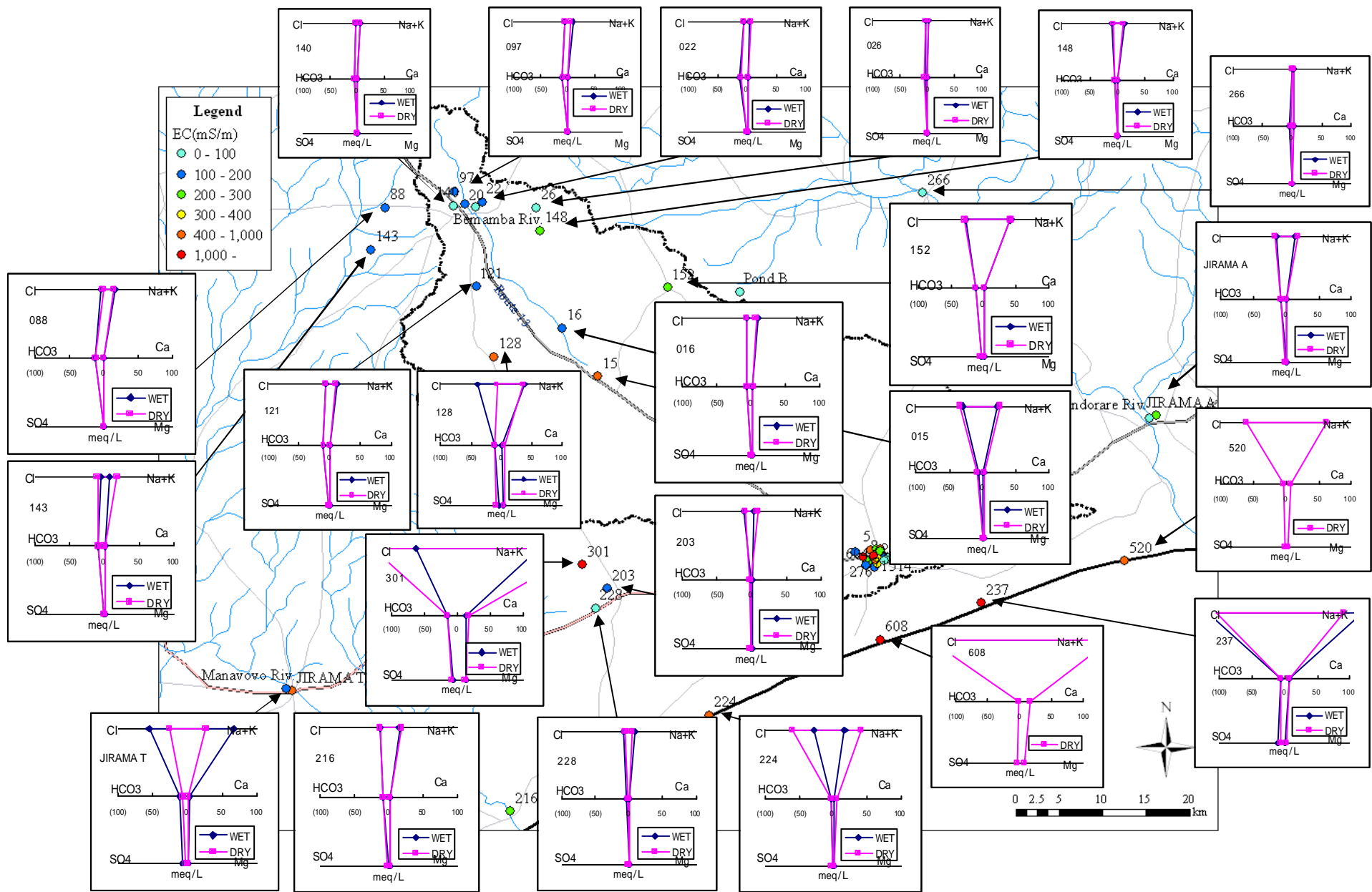


図 3.7.37(1) 既存井戸のヘキサダイアグラム

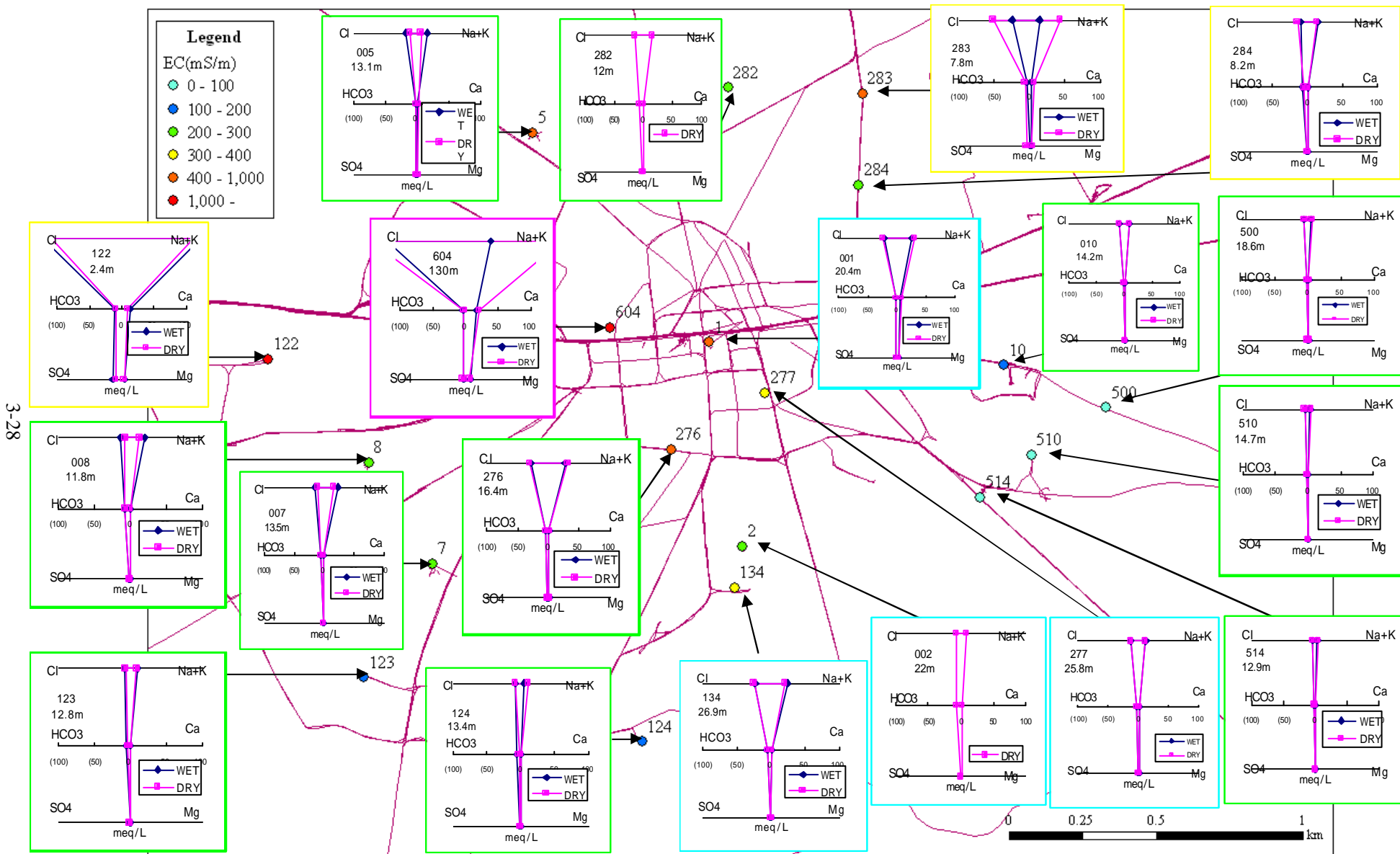


図 3.7.37(2) Ambovombe 市内の既存井戸のヘキサダイアグラム

## 3.7.4 試料水の飲料水としての適合性

採取された試料の飲料水としての適合性を概略把握するために、各試料を地域ごとに平均値・最高値を計算し、これらとマ国飲料水水質基準・WHO 飲料水水質ガイドラインとの比較を行った。その結果は表 3.7.4-1 に示した。

表 3.7.4-1 サンプルの主要化学成分の平均値・最高値とマ国・WHO 基準との比較

(主要化学成分, 単位: Acmes/m, その他: mg/l)

		EC	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	NH 4	Mn	Fe	NO 2	NO3	As
マ国基準		300.0	-	200.0	50.0	250.0	250.0	0.5	0.05	0.5	0.1	50.0	0.05
WHO 基準		-	200.0			250.0	250.0	1.5	0.10	0.3	3.0	50.0	0.01
Ambovombe	Max.	<b>1572.0</b>	2727.6	<b>636.0</b>	<b>459.3</b>	<b>4295.5</b>	<b>2761.5</b>	0.2	<b>0.24</b>	<b>44.2</b>	<b>9.4</b>	<b>100.3</b>	0.00
	Ave.	<b>397.4</b>	444.3	102.7	<b>79.2</b>	<b>712.8</b>	<b>289.5</b>	0.0	0.05	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>	15.7	0.00
Antanimora	Max.	<b>640.0</b>	950.8	<b>196.0</b>	<b>318.3</b>	<b>1391.6</b>	<b>1590.4</b>	0.2	<b>0.71</b>	<b>28.0</b>	<b>6.3</b>	5.1	0.00
	Ave.	196.0	310.7	49.4	<b>71.5</b>	<b>331.3</b>	194.4	0.0	<b>0.08</b>	<b>1.1</b>	<b>0.5</b>	1.3	0.00
Ambondro	Max.	211.0	206.5	61.6	<b>69.0</b>	<b>383.4</b>	145.4	0.1	<b>0.08</b>	0.1	<b>2.4</b>	<b>194.0</b>	0.00
	Ave.	158.3	154.2	36.8	37.5	<b>295.5</b>	97.8	0.0	0.02	0.0	<b>0.6</b>	<b>52.1</b>	0.00
JIRAMA	Max.	<b>541.0</b>	1496.9	209.6	<b>164.0</b>	<b>1956.1</b>	<b>1146.6</b>	0.1	<b>0.46</b>	0.0	<b>2.7</b>	46.1	0.00
	Ave.	<b>368.0</b>	702.2	110.8	<b>120.5</b>	<b>988.7</b>	<b>442.6</b>	0.0	<b>0.14</b>	0.0	<b>1.1</b>	13.5	0.00
海岸地帯	Max.	<b>1487.0</b>	3206.2	<b>800.0</b>	<b>551.6</b>	<b>4948.7</b>	<b>1972.0</b>	0.3	<b>0.11</b>	0.0	<b>3.0</b>	5.3	0.00
	Ave.	<b>779.9</b>	1410.0	<b>293.1</b>	<b>183.3</b>	<b>2370.1</b>	<b>576.1</b>	0.1	0.04	0.0	<b>1.1</b>	2.8	0.00
表流水	Max.	131.8	441.6	175.2	138.5	<b>947.9</b>	<b>406.4</b>	0.1	<b>1.34</b>	<b>28.0</b>	<b>1.8</b>	6.2	0.00
	Ave.	53.7	67.5	41.5	33.7	102.0	49.6	0.0	<b>0.21</b>	<b>2.8</b>	<b>0.2</b>	0.6	0.00

注) マ国基準: 法 2003-941, 修正 No. 2004-635

WHO 基準: Guidelines for drinking water quality (イタリックで示した値は「消費者から苦情が生じるかもしれない飲料水の成分やパラメーターの値」)

太字: マ国基準を超えているデータ

Ambovombe の井戸の平均値でマ国基準を超えている成分は EC, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, Fe 及び NO<sub>2</sub> である。しかしながら、WHO では Ca 及び Mg の基準がないこと、WHO の NO<sub>2</sub> の基準がマ国の基準の 30 倍あること、WHO の Cl と SO<sub>4</sub> の基準が「消費者から苦情が来るかもしれない基準」であることの 3 点を踏まえれば、最も重要な項目は EC ならびに NO<sub>3</sub> であると言える。この観点から、Ambovombe の地下水で留意すべき項目は EC である。一方、同地域では、EC の平均値さえもマ国の基準を超過している。海岸地帯の井戸水は、その高塩分濃度のために飲料用ではなく、生活用水や牛などの家畜用として利用されている。

Antanimora 地区の地下水は、他のどの地区の地下水よりも飲料用に適していると言える。

## 3.8 試掘調査

### 3.8.1 試掘計画

#### (1) 試掘場所の選定

試掘位置は以下の目的で選定した。

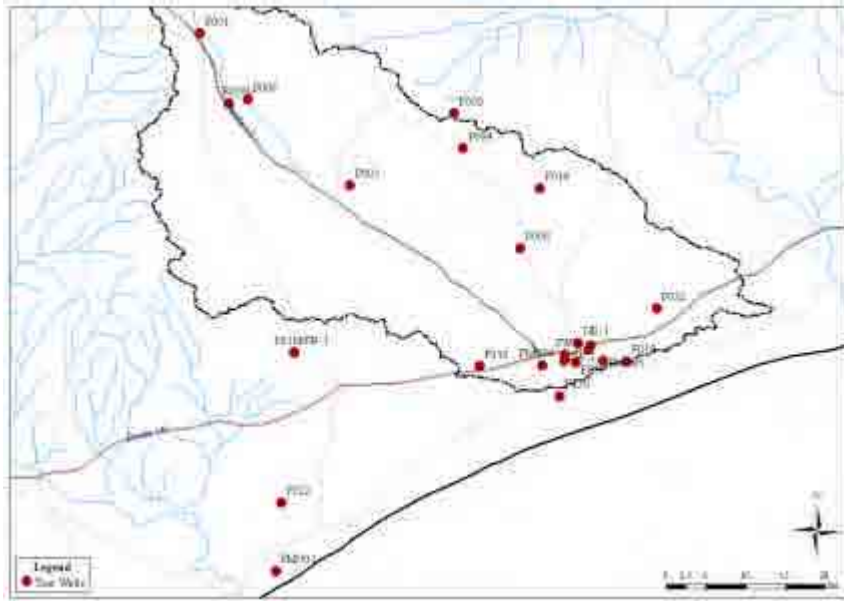
- 静水位と帯水層深度の確認
- 水質の分布と飲料水としての性状（特に塩分濃度について）
- 基盤深度とそれに関わる帯水層有無の確認
- 給水計画策定に利用できる水源の確定

表 3.8.1.1-1 は試掘計画を示す。試掘は浅井戸と深井戸(Type-I と Type-II)、追加された井戸で、全 25 ヶ所である。

表 3.8.1-1 試掘計画

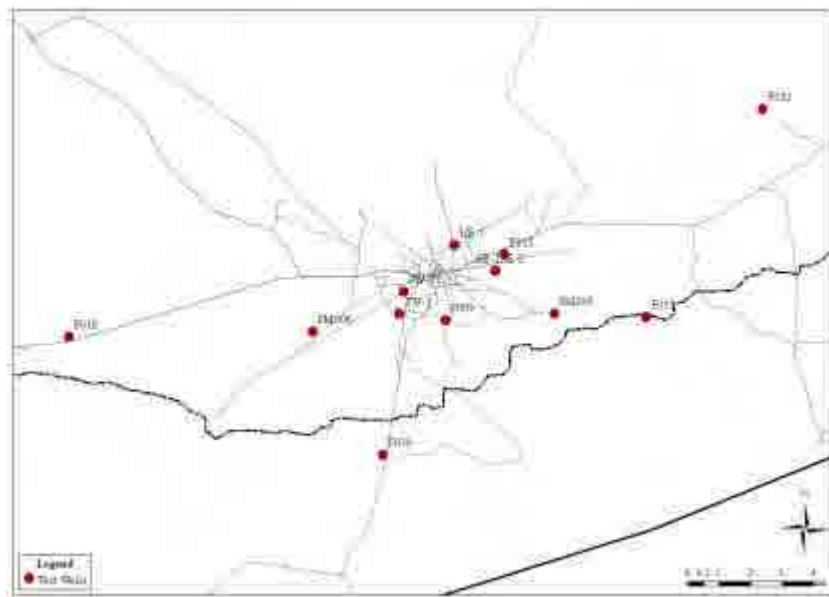
No	コミュニティ	村	盆地内位置	予定深度 (m)
<b>手掘浅井戸(深度 25m)</b>				
P 003	Sihanamaro	Ambalantsaraky	Upstream center basin	25
P 004	Ampanihy	Ambohimalaza	Upstream center basin	25
P 008	Betioky	Ambohimalaza	Center basin	25
P 009	Ambovombe	Marobey	Ambovombe	25
P 010	Ambondro	Analaisoke	West basin	25
小計				125
<b>Type-I 深井戸 (深度 50-100m)</b>				
FM 001	Antaritarika	Marofo	Coastal sector	100
PM 005	Ambovombe	Lavaadranda	Ambovombe south dune	50
PM 006	Tsimananada	Tsimihevo	Ambovombe south dune	50
小計				200
<b>Type-II 深井戸 (深度 80-200m)</b>				
F 001	Antanimora	Fianrenantsoa-Amposy	Upstream sector basin	80
F 006	Antanimora	Bemamba Antsatra	Upstream sector basin	120
F 009	Ambovombe	Lefonjavy	Oriental upstream basin	100
F 014	Ambovombe	Ankoba-Mikazy	Oriental Center of basin	120
F 015	Ambovombe	Mangarivitra Tananbao	East of Ambovombe	150
F 018	Ambanisalika	Ambanisarika	West of Ambovombe	200
F 019	Ambovombe	Ambazozmirafy	Ambovombe southern dune	200
F 022	Antaritarika	Anjira	South west coastal dunes	120
F 030	Ambovombe	Ekonka	South of Ambovombe	200
F 032	Ambovombe	Behaboobo	East of Ambovombe	200
小計				1,490
<b>Additional 深井戸 (深度 30-100m)</b>				
F 006B	Antanimora	Bemamba Antsatra	Upstream of basin	Appraisal of F006
FP 010	Ambondro	Analaisoke	Oriental upstream basin	Appraisal of P010
NBASE1	Ambovombe	AnjatakaIII	伝統井戸(Vovo) Ambovombe	浅い帯水層
NBASE2	AnjatakaIII	AnjatakaIII	Vovo in Ambovombe	浅い帯水層
NBASW1	Mitsangana	Mitsangana	Vovo in Ambovombe	浅い帯水層
NBASW1	Ambaro	Ambaro	Vovo in Ambovombe	浅い帯水層
NBANW	Beabo	Beabo	Vovo in Ambovombe	浅い帯水層

試掘地点は目的を明確にするため、インベントリー調査結果、既存データや報告書を踏まえて、基礎調査と水資源調査後の 2006 年 6 月に選定した。試掘地点を以下に図示する。



出典: GPS

図 3.8.1-1 試掘位置図



出典: GPS データプロット

図 3.8.1-2 Ambovombe 市街部周辺試掘位置図

## (2) 試掘方法

### 1) 深井戸建設

深井戸の試掘は、堆積岩地域ではロータリー工法でポリマー泥水を使用して行った。硬岩地域では DTH 工法により行った。

### 2) 手掘り浅井戸建設

平均深度 25 m とし、井戸口径 1,500mm にセメントリング 1,200mm X1,000mm が挿入可能な仕様とし、人力で掘削した。図 3.8.1.2-1 に深井戸と浅井戸の仕様(構造図)を示す。

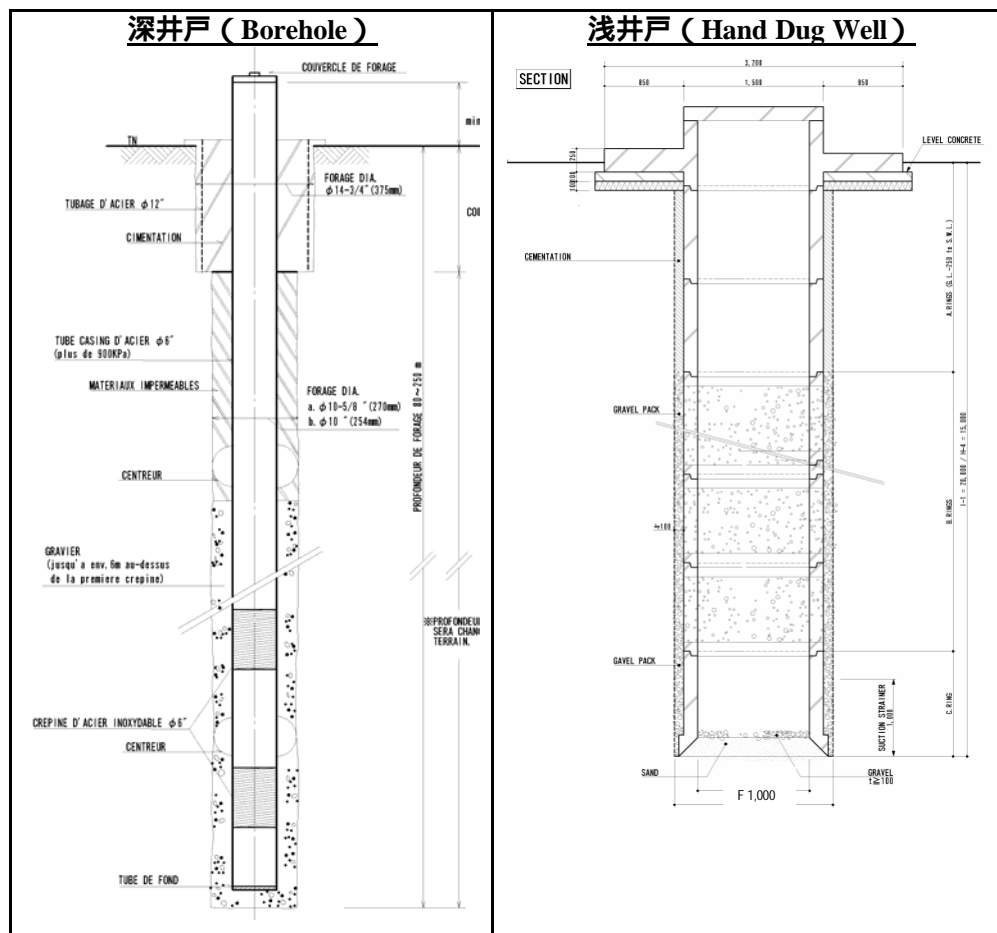


図 3.8.1-3 試掘井の仕様

## (3) 検層

## 1) 電気検層

掘削完了後、検層を実施した。検層器は新規に調達された、米国 CENTURY 社製である。

## 2) 水質プロファイリング

ケーシングを設置し、泥水洗浄、揚水試験後に水質プロファイリングを実施した。測定項目は温度、電気伝導度で、In-site 社 TROLL9000.を利用した。

## (4) 揚水試験

全ての井戸で揚水試験を実施した。段階揚水試験は帯水層の揚水量評価と、定水量連続揚水試験は帯水層の水理定数を試算するために行った。

## (5) 水質試験

揚水試験中、電気伝導度、温度と pH を現場で測定した。また、揚水試験後に、採水された水は首都 Antananarivo に有る JIRAMA 本部において 17 項目の水質分析を実施した。

### 3.8.2 試掘結果

#### (1) 結果一覧

試掘結果を以下に図示する。工事期間は掘さく深度や地層の安定性により異なった。最も難度が高かったのは PM005, F019 で、井戸崩壊が幾度も発生し、新規に掘り直す必要があった。

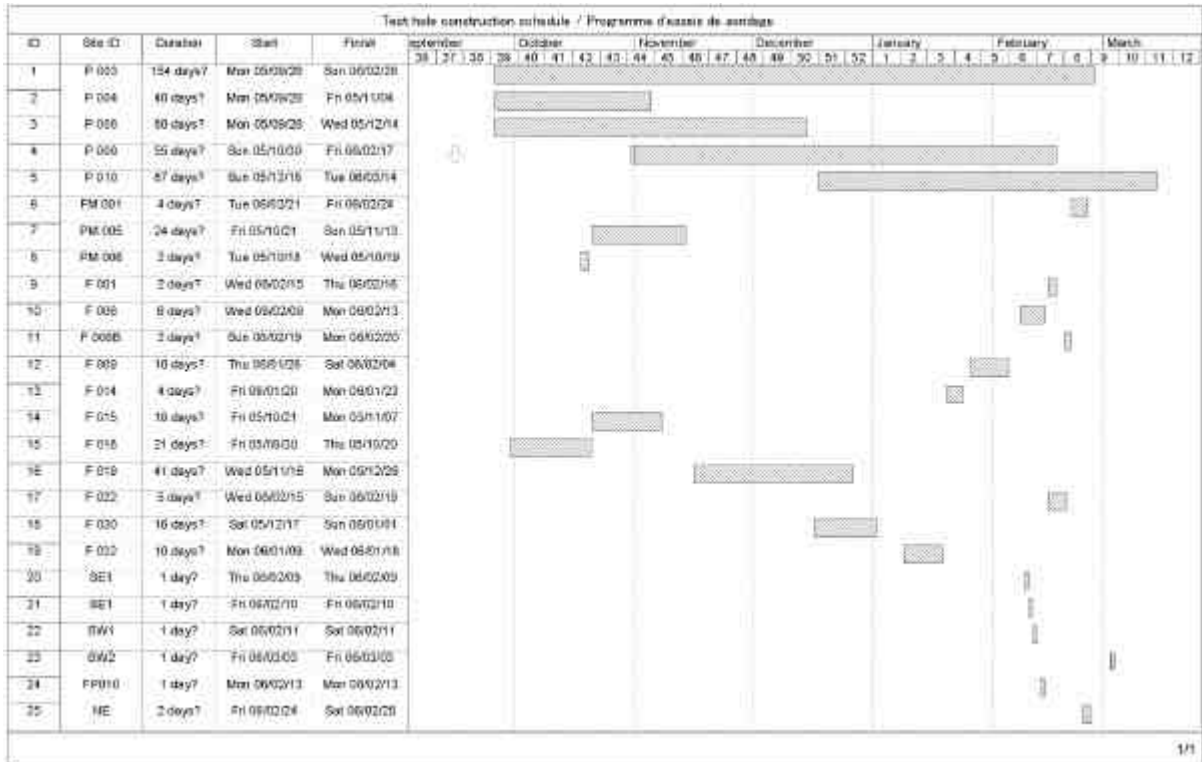


図 3.8.2-1 調査経過(2005-2006)

主要データを次表に示す。掘削の詳細データはデータブックとサポーティングレポートに掲載する。



表 3.8.2-1 試掘結果の要約

ID	村落名	標高(m)			掘削作業		深度 (m)	ケーシング (m)	揚水試験			
		井戸位置	底位置	静水位(m)	開始	完成			Q m <sup>3</sup> /時	μS/cm	静水位(m)	揚水位(m)
<b>Dug wells</b>												
P 003	Ambalantsaraky	161	140.75	141.56	26-Sep-05	27-Feb-06	20.3	20.25	0.02	10,350	19.44	19.6
P 004	Ampanihy	162	158.3	NA	26-Sep-05	5-Nov-05	3.7	3.7	DRY	530	3.25	NA
P 008	Betioky	138.3	113.3	NA	26-Sep-05	15-Dec-05	25	25	NA	NA	NA	NA
P 009	Marobey	130	109.79	110.69	30-Oct-05	17-Feb-06	20.2	20.21	<0.02	2,200	19.31	19.54
P 010	Anlaisoka	130	109	<109	18-Dec-05	15-Mar-06	21	15	NA	NA	NA	NA
<b>Boreholes</b>												
FM 001	Marofo	82.82	-17.18	2.08	21-Feb-06	25-Feb-06	100	96.84	1.8	10,000	80.8	90
PM 005	Lavaadranda	211	129	<129	21-Oct-05	14-Nov-05	82	81.65	<0	2,550	<80	DRY
PM 006	Tsimihevo	156.1	104.96	<104.96	18-Sep-05	20-Oct-05	51.1	50.69	0	NA	<51	DRY
F 001	Fianrenantsoa-Amposy	292.13	212.13	276.13	15-Feb-06	17-Feb-06	80	67.74	8.18	1,556	17	62
F 006	Bemamba-Antsatra	228.17	150.17	212.22	8-Feb-06	14-Feb-06	78	75.76	10.41	680	15.95	21.22
F 006B	Bemamba-Antsatra	234.23	171.08	219.93	19-Feb-06	21-Feb-06	63.2	61.8	10.8	1,250	14.4	18.6
F 009	Lefonjavy	179	97	130.65	26-Jan-06	5-Feb-06	82	78.48	0.06	2,820	48.4	74.4
F 014	Ankoba-Mikazy	181	56.82	79.85	20-Jan-06	24-Jan-06	124.2	120.3	2.18	5,040	101.23	114.7
F 015	Mangarivotra Tananbao	140.12	-9.88	6.08	21-Oct-05	8-Nov-05	150	150	7.2	3,060	134.0	134.4
F 018	Ambanisariika	203.4	3.4	50.45	30-Sep-06	21-Oct-05	200	199.8	0.08	15,240	153	193
F 019	Ambazozmirafy	220	17	<17	16-Nov-05	27-Dec-05	203	189.5	<0.1	2,870	179	DRY
F 022	Anjira	77.8	-48.2	19.00	15-Feb-06	20-Feb-06	126	114.5	2.01	3,780	59	67
F 030	Ekonka	180	-25	4.46	17-Dec-05	2-Jan-06	205	188.1	<0.02	2,760	181.4	DRY
F 032	Behabobo	229	24	<24	9-Jan-06	19-Jan-06	205	193.3	<0.02	3,400	191.87	DRY
<b>Shallow boreholes</b>												
SE1	Anjatoka III	130	86	<86	9-Feb-06	10-Feb-06	44	NA	NA	NA	NA	DRY
SE1	Anjatoka III	130	106	<86	10-Feb-06	11-Feb-06	24	24	<0.02	3,060	22	DRY
SW1	Mitsangana	130	97	107.65	11-Feb-06	12-Feb-06	33	30.3	<0.01	6,650	22.4	26.8
SW2	Ambaro	130	106	<106	3-Mar-06	4-Mar-06	24	20.32	<0.01	2,350	17.2	DRY
FP010	Analaisoka	130	99	<99	13-Feb-06	14-Feb-06	31	30.16	<0.01	770	NA	NA
NW	Beabo	130	111	<111	24-Feb-06	26-Feb-06	19	15.9	<0.01	1,245	NA	DRY

地下水開発候補地は Antanimora (F001, F006, F006B) と Ambovombe (F015)のみで確認された。他地域での地下水は塩分濃度が高いか空井戸で開発可能性は低い。先カンブリア紀硬岩地域では 500 ~ 600 m<sup>3</sup>/日/井戸の開発可能性が確認された。その井戸の標高は約 250m から 300m であり、それに対し Ambovombe 市街の標高は約 150m である。よって、Antanimora から自然流下による送水が可能である。

沖積層地域での地下水開発は F015 のみで、揚水量 18 m<sup>3</sup>/時で EC 306 mS/m で水位降下が非常に少ないため 300 m<sup>3</sup>/日/井戸の揚水は十分可能である。Ambovombe 市街地とその周辺の人口約 40,000 人の給水水源となる。しかし、静水位は 134m と深く、水質は塩分があるが安全な水で、電気伝導度は「マ」国飲料水基準の限度いっぱいである。

試掘結果より、給水計画は Antanimora と Ambovombe の地下水を水源として検討する。

### 3.8.3 試掘評価

#### (1)確認できた事項

本調査により水理地質に関する Ambovombe 盆地の詳細が判明した。

帯水層の存在。帯水層の分類は(i) 海水標高面にある不圧帯水層 (ii) Ambovombe 周辺の宙水

(iii) Ambariandro 周辺の宙水(iv) 硬岩地域の被圧帯水層

泥水の電気伝導率変化と掘さく片より判明した地中の強い塩分濃度

Ambovombe 盆地下部で海水標高面での強い塩分濃度の集積(塩水)

Ambovombe 東縁部の海水面標高の不圧帯水層は上部が淡水で下部に向かって塩分濃度が増大する、透水性の良い地下水ポテンシャルの高い帯水層

盆地内は砂質堆積層であるが、ほとんどの堆積層の透水性が低い

石灰質砂(砂岩、シルト岩)は地表から地下深部(海水面の標高)まで厚く分布している。例えば海岸砂丘地帯の深度 200m までも確認された。

透水性の非常に良い帯水層は、カルスト性地形の形成された地域の地下水で報告されている。(1955 年 J Archambault, Burgéap) 一方、Ambovombe 盆地中央部の新生代の礫岩や砂岩、盆地下部の第四紀の石灰質砂層に観察される透水性の非常に良い帯水層は、均質淘汰のよい孔隙率と浸透性の高い円礫、石英質砂層である。F015 はこの特性を示す。

Ambovombe の浅部の「ミルフィーユ」(薄層の互層)構造の確認。これは J.H. Rakotondrainibe により提案されていた。この構造は保水する砂と不透水の粘土層の存在を示す。

Ambovombe 南東部と南西部での宙水の存在範囲が 3 本の試掘により確認された。

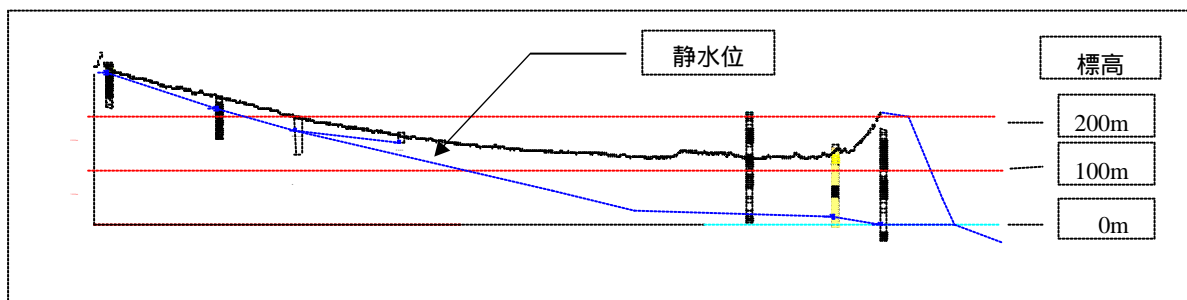


図 3.8.3-1 Ambovombe 盆地と地下水位

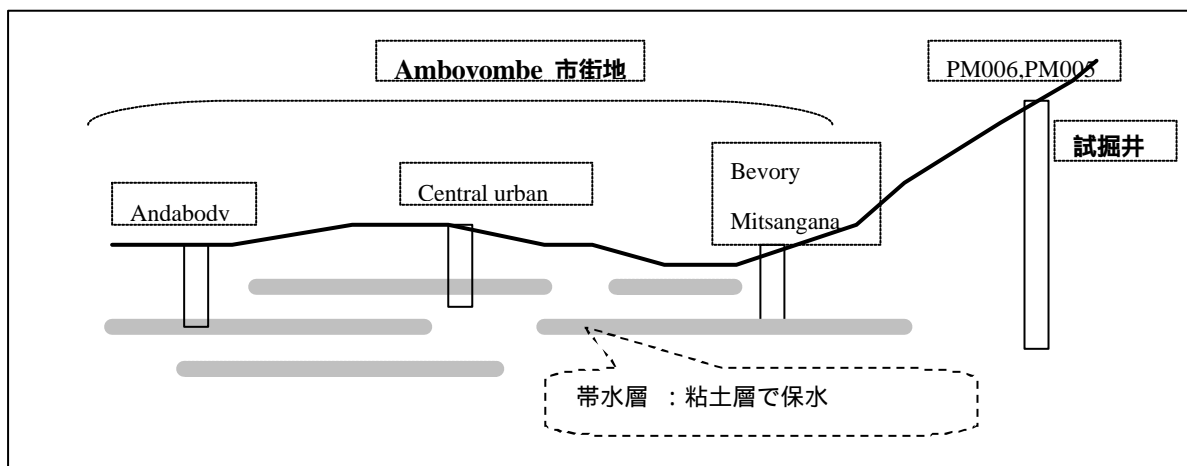


図 3.8.3-2 宙水の範囲

(2)想定する地下水開発区域

1) 地下水分布

試掘結果やインベントリー調査により、対象地域の地下水分布は次のようにまとめられる。

Bemamba 周辺の帯水層

Antanimora 周辺帯水層

Imongy 周辺帯水層

Mananvovo 川沿い堆積層の帯水層

Ambondro 周辺宙水層

Ambovombe の高塩分宙水層

Ambovombe の低塩分宙水層

Ambovombe 深部不圧帯水層で電気伝導度 3,000 $\mu$ S/cm 程度

Ambaliandro 周辺高塩分宙水層

静水位は海水面までの浸透に依存する不圧帯水層で、電気伝導度 10,000 $\mu$ S/cm(大部分の盆地内に広く存在する)。

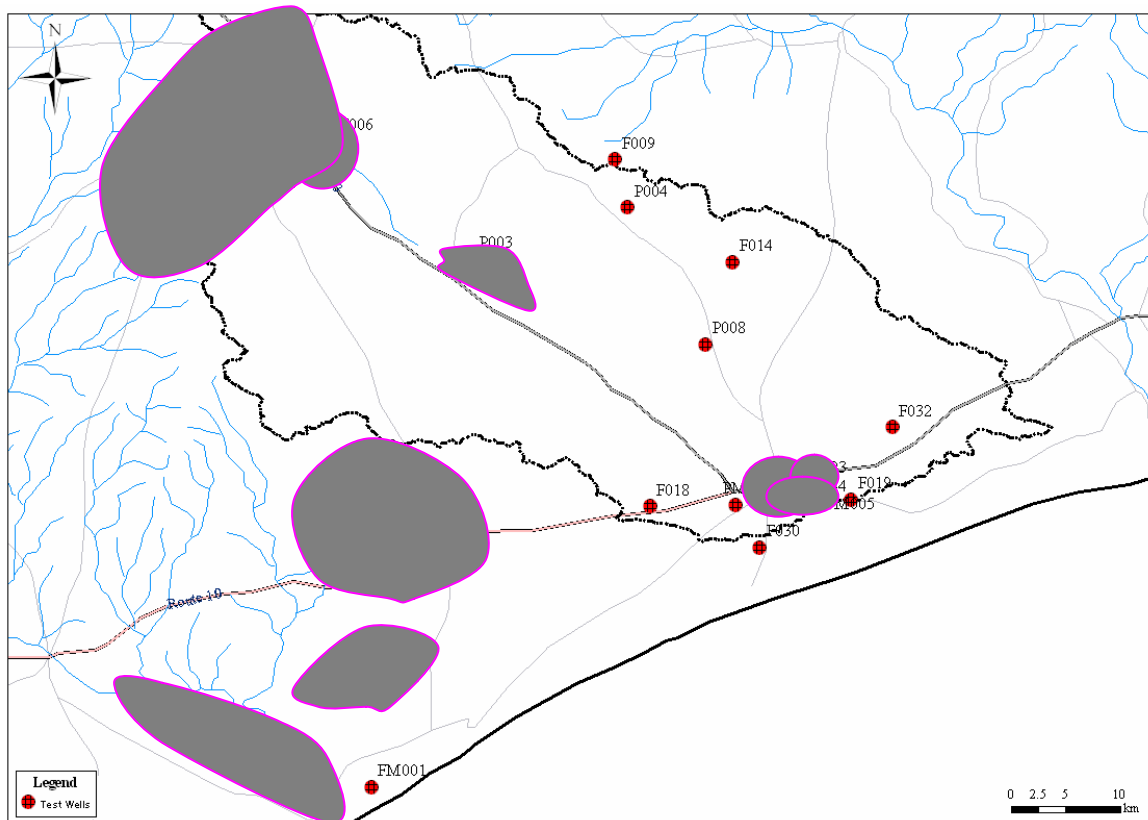


図 3.8.3-3 地下水ポテンシャル地域

### 3.9 水質プロファイル調査

調査対象地域の地下水水質を把握することは、地下水開発ポテンシャルを評価する上で必要不可欠な事項である。本調査では地下水水質の垂直方向の分布および時系列変化を観測した。

#### 3.9.1 深度別プロファイル調査

##### (1)目的

深度別プロファイル調査の目的は、調査対象地域の地下水水質の深度方向の垂直分布を把握する

ことである。本調査は2006年の3月中旬に実施され、測定には携帯型の水質測定プローブ（MP TROLL 9000）を使用した。調査では電気伝導度、水温の測定を行い測定深度は水圧計により把握している。

## (2)調査地点

図 3.9.1-1 は調査地点位置図を示した。図に示すとおり合計 12 ケ所（11 ケ所は試掘井戸、1 ケ所は既存井戸）で調査を実施した。表 3.9.1-1 には調査ヶ所の一覧を示す。

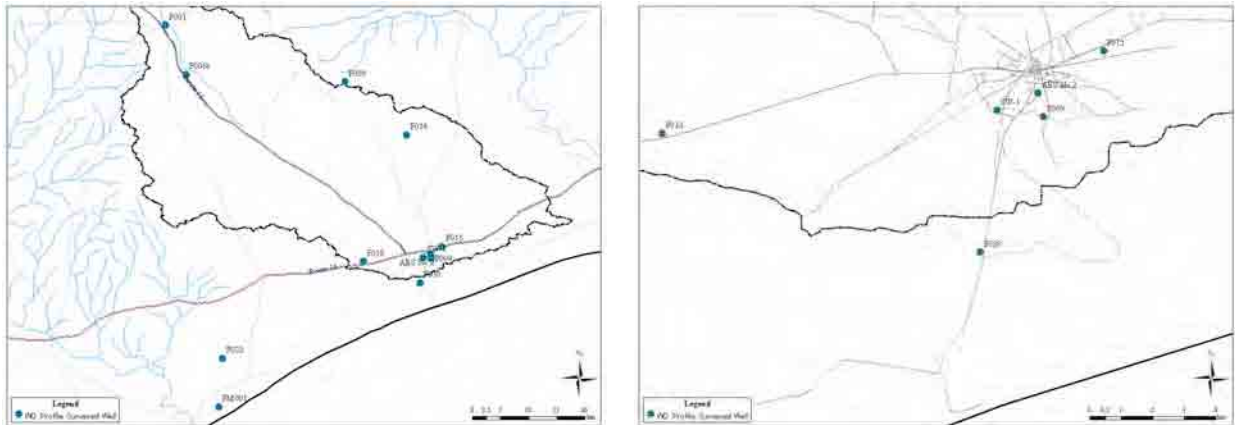


図 3.9.1-1 調査地点位置図

表 3.9.1-1 調査地点一覧

No.	井戸 No.	コミューン	井戸深度 (m)	地下水位(地表 から)(m)	備考
1	P009	Ambvombe	21	19.5	試掘井戸（浅井戸）
2	F001	Antanimora	80	16.9	試掘井戸（深井戸）
3	F006b	Antanimora	63	14.4	試掘井戸（深井戸）
4	F009	Ambvombe	82	48.3	試掘井戸（深井戸）
5	F014	Ambvombe	124	101.2	試掘井戸（深井戸）
6	F015	Ambvombe	153	134	試掘井戸（深井戸）
7	F018	Ambanisarika	202	152.9	試掘井戸（深井戸）
8	F022	Antaritarika	126	58.8	試掘井戸（深井戸）
9	F030	Ambvombe	205	181.4	試掘井戸（深井戸）
10	FM001	Antaritarika	100	80.7	試掘井戸（深井戸）
11	SW-1	Ambvombe	33	23.3	試掘井戸（深井戸）
12	AES No.2	Ambvombe	22	20.3	既存井戸（手掘井戸）

## (3)調査結果

図 3.9.1-2 は、電気伝導度の測定結果を示す。測定結果は2つのタイプに分類できる。第一のタイプは（P009, F001, F006b, F009 および F014）上部から下部まで一定した分布を示している。一方、第二のタイプでは（F015, F018, F022, F030, FM001, SW-1 および AES No.2）深度が深くなるにつれて電気伝導度の値が大きくなっている。

Antanimora 地域にある井戸（F001, F006b）は、200ms/m より小さな電気伝導度の値を示している。また、Ambvombe 盆地内の井戸（F009, F014）は、500 から 1,000ms/m といた大きな海水に近い電気伝導度を示している。さらに、海岸地域の井戸（FM001, F018 および F022）では 1,000ms/m よりも大きな電気伝導度を示している。一方で F015 および F030 井戸では海岸近傍に位置するに

も関わらず、比較的小さな電気伝導度を示している。浅井戸 (P009, SW-1 および AES No.2) での観測結果は、200mS/m から 600mS/m 程度の値を示している。

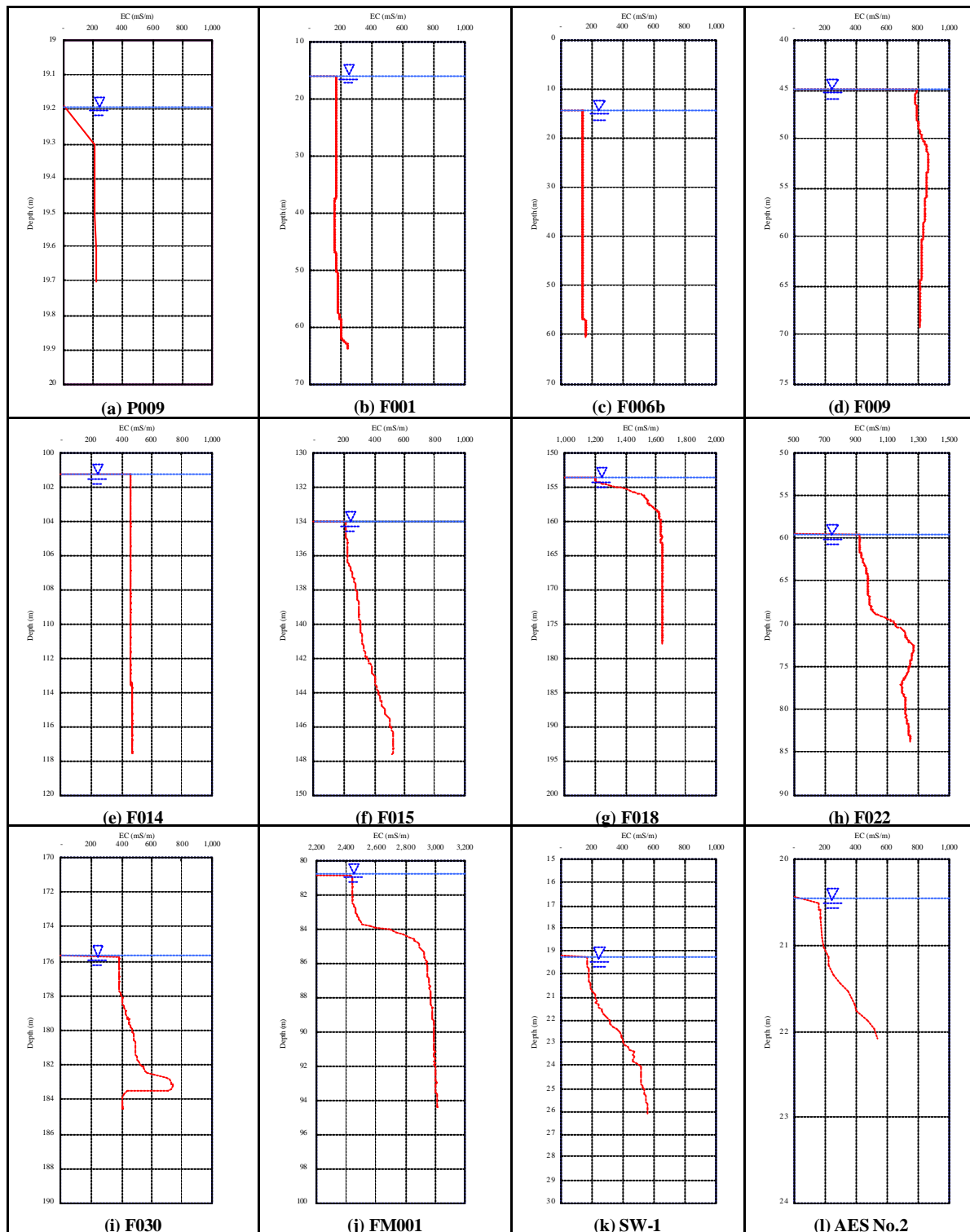


図 3.9.1-2 測定結果

## (4)考察

図 3.9.1-3 は海岸地域での観測地点位置図を、また図 3.9.1-4 には FM001 井戸と F022 井戸、および F015 井戸と F030 井戸の値について、深度を標高に変換して比較した。

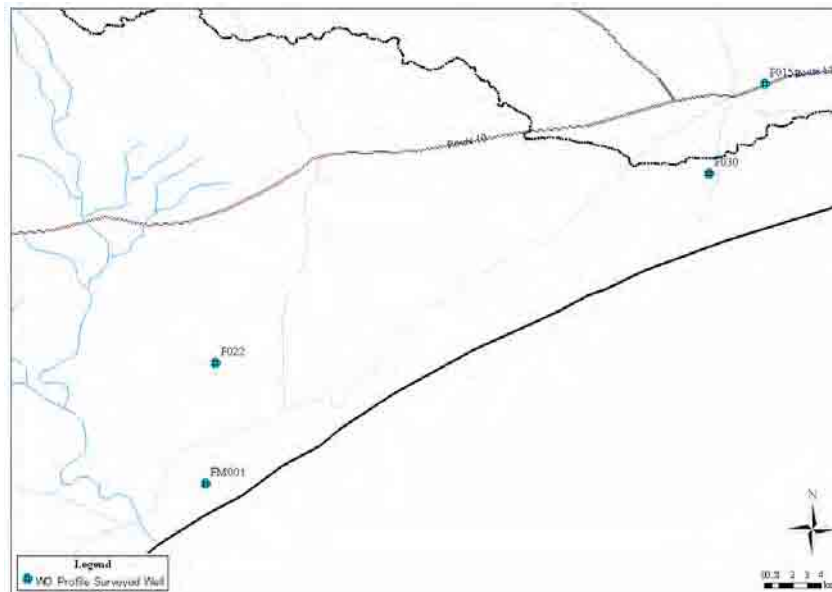


図 3.9.1-3 海岸地域での観測地点位置図

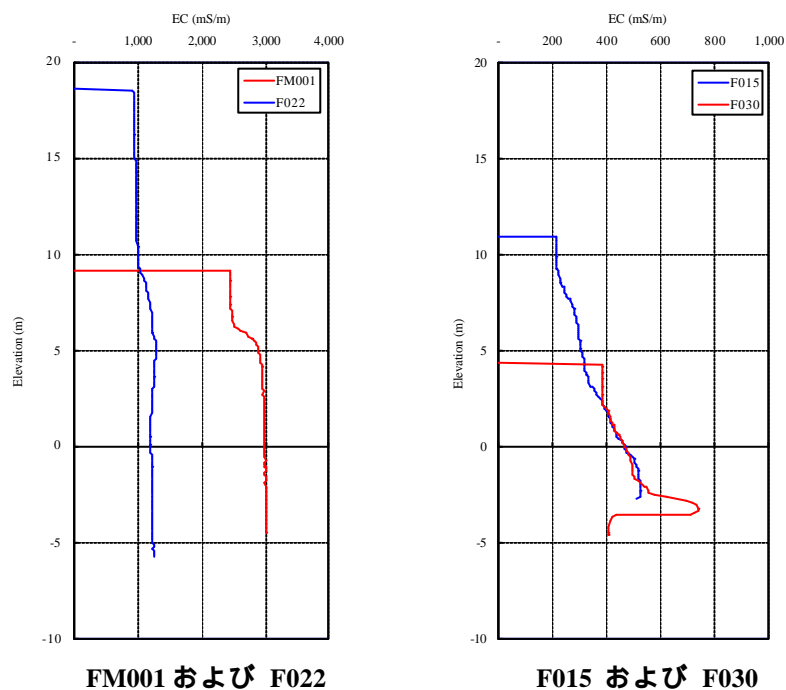


図 3.9.1-4 電気伝導度の比較

図 3.9.1-4 から、FM001 井戸と F022 井戸の比較では両者の値に連続性は確認できず、FM001 井戸では F022 井戸の電気伝導度の値の 3 倍に急激に増加している。このことから、FM001 井戸付近では海水の侵入が生じているために、極端に大きな電気伝導度を示していると思われる。

一方、F015 井戸と F030 井戸の比較では両者の値に連続性が確認され、F015 井戸では F030 で確認されたやや大きな電気伝導度の地下水の上部に 5m から 10m 程度の厚さで低電気伝導度の地下



水が存在していることがわかる。この低電気伝導度の地下水は、地表からの降水が直接涵養していると考えられる。

### 3.9.2 水質の時系列変化

#### (1)目的

水質の時系列変化に関する調査は、水質の季節別変動を把握することを目的として実施した。調査は2006年3月中旬から開始され、水質の深度別プロファイルで用いた機器を使用した。

#### (2)調査地点

表 3.9.2-1 には調査地点一覧を示す。合計3ヶ所で調査は行われ、うち2ヶ所は試掘井戸から、1ヶ所は既存井戸から選定されている。

表 3.9.2-1 調査地点一覧

No.	井戸 No.	コミューン	深度 (m)	地下水位 (m)	備考
1	P009	Ambvombe	21	19.5	試掘井戸 (浅井戸)
2	F015	Ambvombe	153	134.0	試掘井戸 (深井戸)
3	AES No.2	Ambvombe	22	20.3	既存井戸

#### (3)調査結果

図 3.9.2-1 に2006年3月から7月までの5ヶ月間の調査結果を示す。

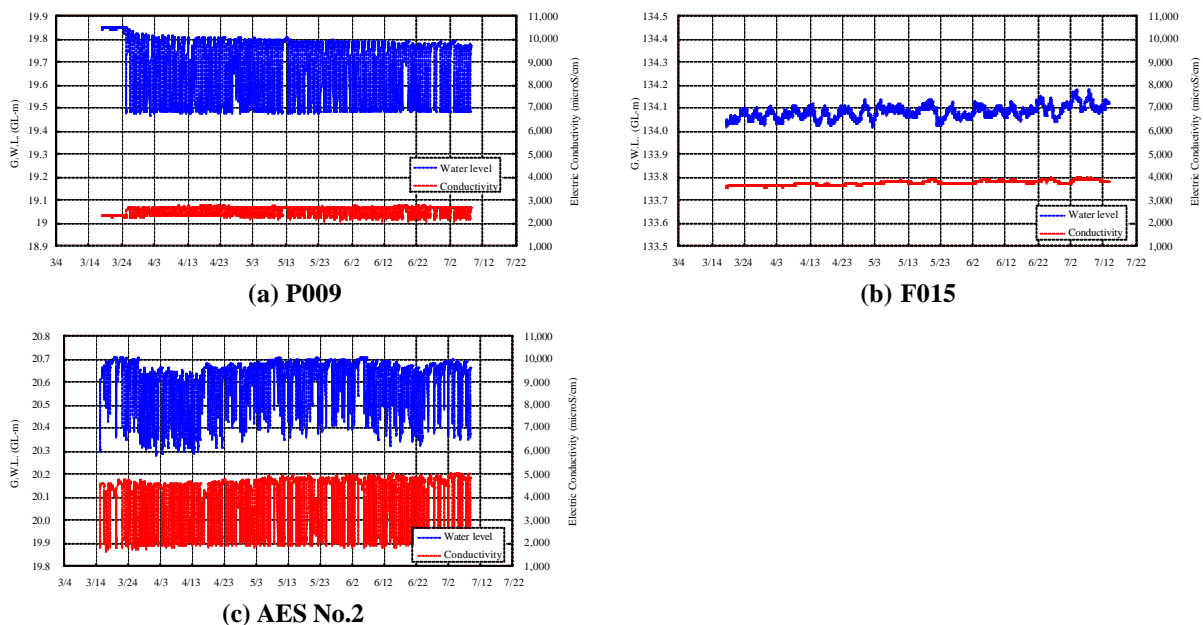


図 3.9.2-1 水位変動と電気伝導度調査結果 (2006年3月から7月)

P009 および AESNo.2 地点にはポンプが設置されており、日常的に揚水が行われている。これら井戸の調査結果では、地下水位と電気伝導度が同調して変動していることが確認できる。一方 F015 井戸では揚水は行われておらず、水位と電気伝導度との間には明確な関係は確認できない。



## (4)考察

図3.9.2-2は、2006年6月22日深夜から25日深夜までの3日間の測定結果を拡大したものを示す。

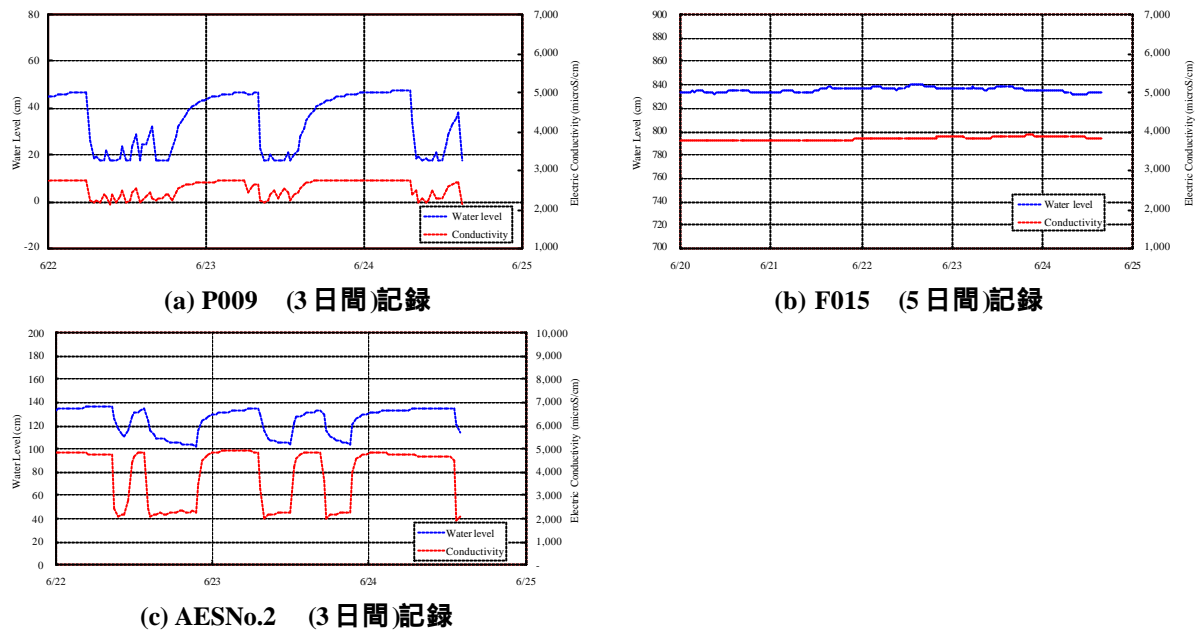


図 3.9.2-2 調査結果(拡大) 2006年6月の記録

上図から、Ambovombe 市周辺の P009 および AESNo.2 井戸での地下水位と電気伝導度との関係が明確に把握でき、地下水位の上昇・低下に従い電気伝導度も上昇・低下し、正の相関があることが確認できる。

このことから、両井戸ともに揚水中に帯水層の表層から低電気伝導度(200mS/m 以下の淡水)の地下水が、下部のポンプ揚水口に向かって優先的に流入していることが明瞭となった。F015 の試掘深井戸(井戸深度 150m、静水位 134m)の揚水試験においても、水質的变化(電気伝導度の低下傾向)に同様の現象が確認されている。地下水の揚水に伴う静水位の低下とともに、水質プロファイリングから確認されている、上層部の淡水が下部層のより塩分濃度の高い地下水よりも優先的に移動するために、井戸内部の水質的变化は電気伝導度の低下現象が発生している。

\*\*\*\*\*

## 第4章 社会経済状況の調査結果と分析

### 4.1 調査の概要

調査対象地域の水利用と社会経済的な背景を明らかにすることを目的として、調査団は再委託によりベースライン調査と社会経済条件調査を実施した。対象としたのは15 コミューン、329 フクタン、1,349 村、及び359 世帯である。

### 4.2 調査対象地域の社会経済状況の分析

#### 4.2.1 経済状況<sup>1</sup>

##### (1) 家計

調査対象地域の世帯の主たる収入源はキャッサバ、トウモロコシ、サツマイモ、及び、ニエベ(豆の一種)の栽培である。

調査対象地域の世帯収入は、マダガスカルの中でも最低水準とされている。調査を行った359世帯の平均年収は549,348 Ar(¥30,763)、中央値と最頻値はそれぞれ199,440 Arと200,000 Arである。すなわち、調査対象地域の世帯の年収は約20万 Ar(¥11,200)であり、単純計算を行うと、マダガスカルの2005年のGDPである約900米ドルの8分の1となる(出典:CIA World Fact Book, Internet Version, 2006)。

なお調査結果によれば、水に対する支出は収入の17.5%と異常に高い数値である。

##### (2) コミューンの経済状況

各コミュニティは、業務を遂行するためにそれぞれの独自財源を持っている。歳入は、税金(特に市場税)および国からの助成金で構成されている。経済状況が明らかな11コミュニティでは、2004年に歳入が最大であったのはAmbovombé Androyで74,679,155Ar、(¥4,182,033) 最低はBeanantaraの11,756,800Ar(¥658,381)である。

歳入の大部分は経常経費で支出されている。政府の助成金は、職員の給与およびコミュニティ所有施設の維持に支出され、補助的な助成金は特定の目的のために支出されている。しかし、水供給システムの開発や管理のための予算は組まれておらず、また水供給に関する職員の能力は高くはない。

#### 4.2.2 グループ活動と共同作業

調査対象地域の住民は、生計向上や生活改善のためにグループ活動を行っている。調査を行った329フクタンのうち約30%で住民組織が設立されている。ただしその60%は2003年以降に設立された若い組織であり、2~3年の活動歴しかない。これらの組織の過半は、農業や漁業などの活動を通じての生計向上を目指している。そのうち4割以上の組織ではcotisation(メンバーの定期的

<sup>1</sup> 円貨算出適用レート ¥ = 0.056 Ar

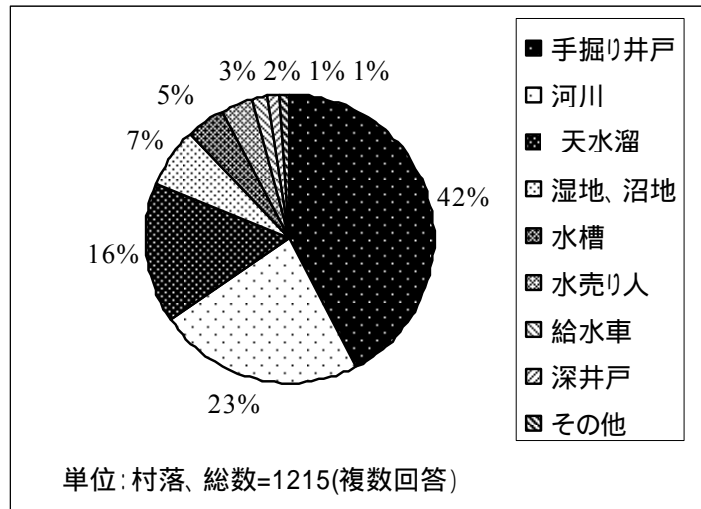
な会費支払い)に依存しており、生産物の販売による収入を活動経費に用いている組織は1割以下である。いくつかの組織は、政府やNGOからの支援を受けて活動をしている。

### 4.3 調査対象地域の水利用の現況

#### 4.3.1 現在の水源

##### (1) 飲料水

調査を行った村落の42%では、住民は手掘り井戸と伝統井戸(vovo)の地下水を利用し、約23%の村では川の水を飲んでいる。さらに、約6分の1の村では、雨季に天水溜の水を飲んでいる。湿地や池なども雨季の貴重な水源となっている。さらに、乾季には水売り人から水を購入する地域もある。4.3.1-1 図は主要な水源を示したものである(複数回答)。



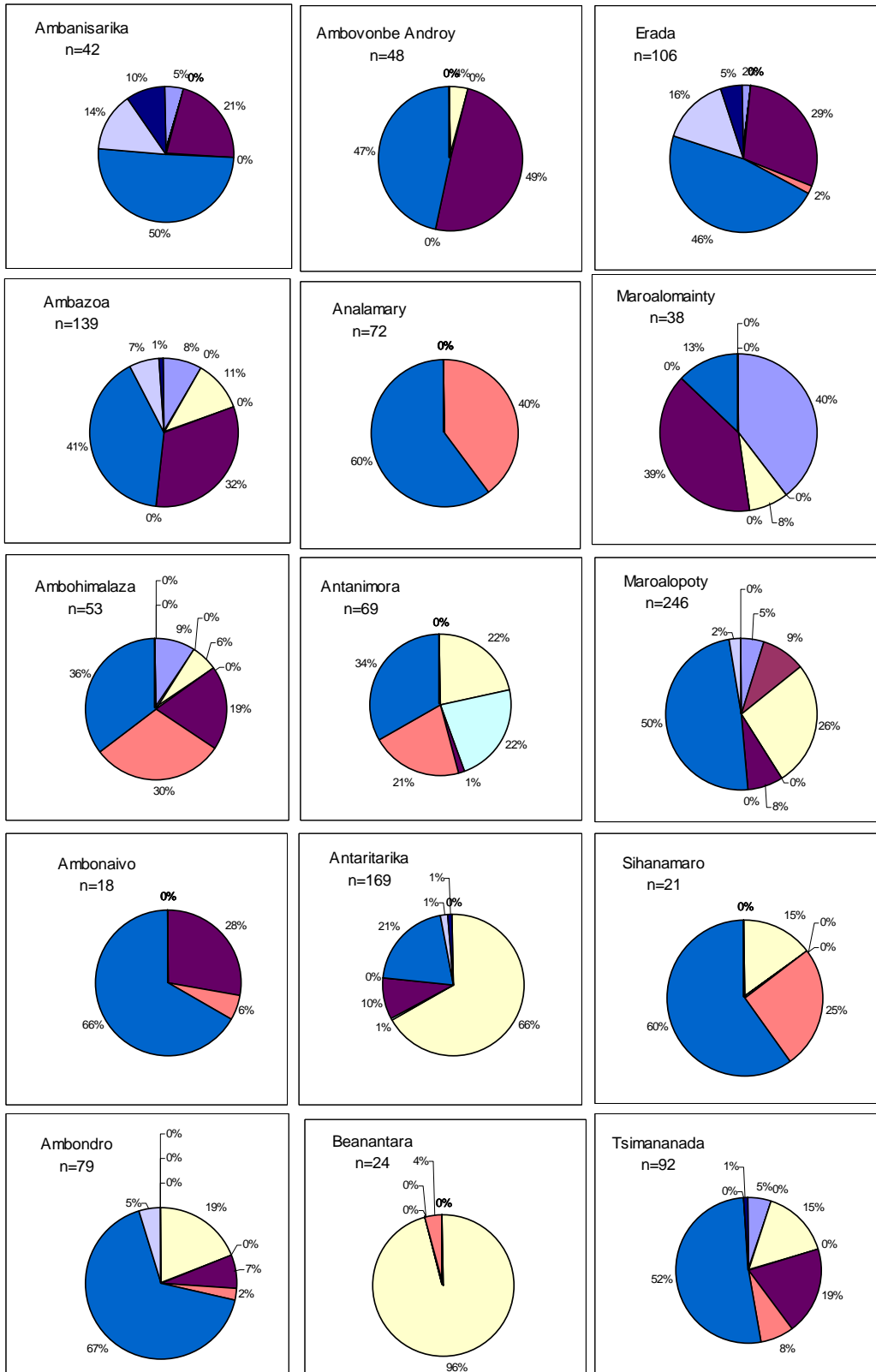
出典: JICA 調査団

図 4.3.1-1 給水施設数

##### (2) 水供給施設の分布

主たる水源はコミューンによって異なる。

調査対象地域の東端と西端のコミューンである Beanantara と Antaritarika では、河川水が主要な水源として用いられているが、これら以外のコミューンでは井戸が重要な水源となっている。また海岸部のコミューン及び国道10号線沿いのコミューンでは、天水溜(impluvium)がもう一つの重要な水源となっている。海岸部の住民は、特に乾季に水売り人の水を購入して利用している。Maroalomainty では、雨水を溜める水槽が最も重要な水源となっている。調査対象地域の中央部及び北部では、池や湿地帯といった表流水が水源となっており、一部は乾季でも利用されている。Antanimora の住民は、他のコミューンの住民よりも高い頻度で深井戸の水を利用している。4.3.1-2 図は、各コミューンにおける主要な水源の利用度を示したものである。



凡例

水槽	(Dark Blue)
給水車	(Purple)
河川	(Yellow)
深井戸	(Cyan)
天水だめ	(Dark Purple)
湿地帯	(Red)
手掘り井戸	(Blue)
水売り人	(Light Blue)
その他	(Dark Blue)

注) 複数回答

出典: JICA 調査団、2005

図 4.3.1-2 コミューン毎の水供給施設

### 4.3.2 水消費量

世帯調査の結果によると、一世帯は乾季に一日に平均 114ℓ の水を消費し、雨季には 108ℓ の水を消費している。この数値では乾季の方が多く消費されていることになるが、日消費量の中央値は乾季に 60ℓ、雨季には 75ℓ である。世帯の規模を考慮して推計すると、乾季には一人あたり 11ℓ を消費し雨季には 14ℓ を消費している（中央値）。これらの数値は 70 村落で抽出した世帯を対象とした調査の結果によるものである。調査対象地域における一般的な水消費量は一人当たり 11ℓ から 14ℓ の間と推定される。第 4.3.2-1 表に、乾季雨季の水消費量を示す。

表 4.3.2-1 水消費量（日量）

単位：ℓ/日

データ	世帯あたり		一人あたり	
	乾季	雨季	乾季	雨季
最大	3,800	1,350	422	375
最小	0	0	0	0
平均	114	108	20	21
中央値	60	75	11	14
最頻値	60	60	15	15

出典：JICA 調査団、2005

### 4.3.3 水料金

#### (1) 水への支払い額と予算

世帯調査によると、回答した 356 世帯のうち 203 世帯（57%）は水料金を支払っていないと回答している。これらの世帯は河川、池、湿地などから無料の水を汲んでいる。このことは、月額水料金の統計数値にも反映しており、水料金の中央値と最頻値はそれぞれ 0Ar となっている（ただし平均値は 7,996Ar）。

1 世帯が水に対して支払える額は、176 世帯（49%）で 1Ar も払わないと回答している。平均値と最頻値はほぼ支払額と同等であるが、1 世帯が水に対して支払える予算の中央値は 120Ar となっている。表 4.3.3-1 は、世帯の水への支払額と予算を示している。

表 4.3.3-1 月額水料金の支払額と予算

Ariary	支払い額		予算		統計数値	支払い	予算
	世帯数	%	世帯数	%			
20,000<	26	7.30%	34	9.50%	最大値	180,000 Ar	250,000 Ar
10,000<=<=20,000	42	11.80%	31	8.60%	最小値	0 Ar	0 Ar
5000<=<=10,000	28	7.90%	33	9.20%	平均値	7,996 Ar	7,959 Ar
2,500<=<=5,000	22	6.20%	47	13.10%	中央値	0 Ar	120 Ar
0<=<=2,500	35	9.80%	38	10.60%	最頻値	0 Ar	0 Ar
0	203	57.00%	176	49.00%			
計	356	100.00%	359	100.00%			

出典：JICA 調査団、2005

## (2)収入と水料金

調査開始時には、世帯の収入、現況水料金及び水のための予算の間に強い関係があるものと想定されたが、調査結果によれば、収入と水料金間、及び、収入と予算の間には有為な関係は得られなかった。しかし支払額と予算の間に相対的にある程度の相関関係がみられた。この結果からは、水料金支払い額や予算に対して収入は重要な要素では無く、むしろ水に対する予算は現況の水料金に依存しているということがいえる。また現況の水料金の差は現況の給水施設（給水施設が自然水か）の差によって生じる。もし他に水を獲得する手段が無ければ、貧しい住民は他の支出を抑えてでも高価な水を購入せざるを得ない状況である。もし、給水施設も水売り人もいなければ、住民は遠い河川や湿地に水を汲みに行かざるを得ないことになる。

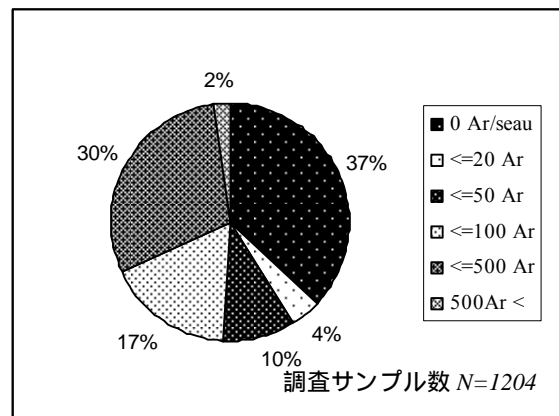
### 4.3.4 水利用の困難度の分類

調査対象地域の住民が日常利用している水源の水利用の困難度と便利さを明らかにするため、水料金、距離、水質の3点により分類した。

#### (1) 水単価

水料金の単価は大きな幅がある。図 4.3-1 に示すように、回答を得た 815 村の住民が利用している 1,204 水源のうち、37%の水源の水が無料である。一方、30%以上の水源の単価は 13ℓ のバケツ 1 杯あたり 100Ar 以上である。

Ambanisarika, Ambondro, Analamary, Tsimananada の 4 コミューンでは、利用されている水源の過半数が、13ℓ バケツ一杯で 100Ar 以上である。一方、Antanimora, Antaritarika, Beanantara, Sihanamaro の各コミュニティでは、半数以上の水源は無料である。



出典：JICA 調査団 2006

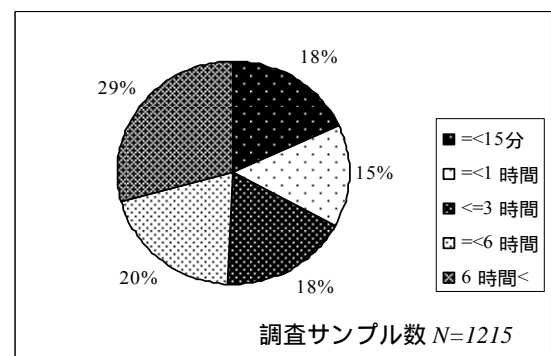
図 4.3.4-1 調査対象地域で利用されている水源の水料金単価(バケツ 1 杯当り)

#### (2) 距離

調査対象地区の住民は、水が居住地区で得られるということはほとんどない。

利用されている水源の約半分は、徒歩または牛車で片道 3 時間以上かかる場所にある。4.3.4-2 図が示すように、約 29%の水源は居住地から遙かに遠くにあり、取水して家に戻るの一日仕事である。居住地から 15 分以内 (1km 以内) にある水源は全体の 18%である。

居住地と水源との距離という観点から見ると、全 15 コミューンのうち 8 コミューンでは他の 7 コミューンと比較して遠距離水源の割合が高い。特に、Analamary と Beanantara では、居住地から 1 km 以内に水源は無い。



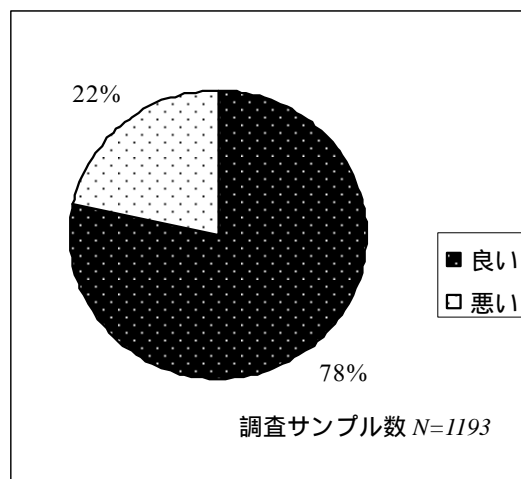
出典：JICA 調査団 2006

図 4.3.4-2 調査対象地域の水源への距離

## (3) 水質

ここで用いている水質という語句は科学的な質を指すのではなく、住民が感じている質を指しているもので、泥が混じらない水や塩分濃度の高くない水のことである。調査を行った村落利用している 1,193 水源のうち 78%の水源は「良い」と評価される一方、22%の水源は「悪い」と評価された(図 4.3.4-3 参照)。湿地の水を含む他の水源と比較すると、井戸の水は「悪い」と評価される率が高い。

地域的な差をみると、Ambazoa と Tsimananada 2 コミューンでは日常利用している水源の水質は悪いと評価する村落が多い。



出典：JICA 調査団 2006

図 4.3.4-3 調査対象地域の水質

## (4) 水利用の困難度によるコミュニティの分類

調査対象地域で住民に利用されている水源のうち、データが得られた 1,185 水源を対象として、水料金と距離の観点から分類を行った。分類に当たって最も利用しやすい水源は、「13ℓ バケツ一杯 30Ar 以下、居住地から 15 分以下の水源」、最も利用困難な水源は「バケツ一杯あたり 50Ar より高く、1 時間以上かかる水源」と設定した。分類基準及び該当する水源数を表 4.3.4-1 に示す。分類の結果、89 水源 (7.5%) が最も利用しやすい水源に、488 水源 (41%) が最も利用しにくい水源に分類された。水質の項目を評価に加えれば、最も利用しやすい水源 (水質が良い) は 80 水源に減る。

海岸砂丘地帯及び後背砂丘地帯のコミュニティでは最も利用しにくい水源が 50%を超えている。特に Maroalomainty と Maroalopoty では、最も利用しやすいクラスに分類された水源は皆無である。最も利用しやすいとされる水源の率は、Erada と Ambanisarika が相対的に高い。Ambovombé Androy と Antanimora でも利用しやすい水源の率は高い。各コミュニティの水利用の容易さ・困難度を図 4.3.4-4 に示す。

なお、住民は季節、経済状態、その他の理由によって異なる水源から水を得ていることに留意する必要がある。このことは裏を返せば、調査対象地域で安全な水を安定して得ることができないことを意味している。

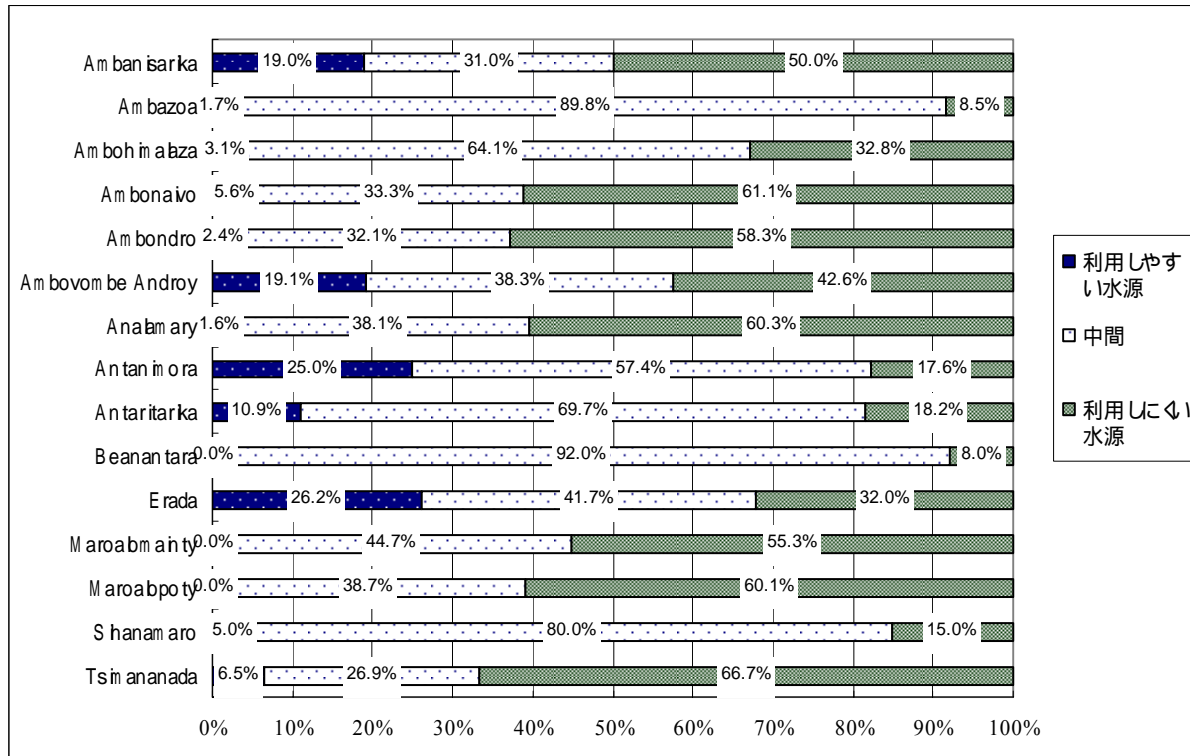
表 4.3.4-1 距離及び単価による水源の分類

距離	単価				計
	0 Ar	30 Ar以下	50 Ar未満	50 Ar以上	
15分以下 (水質がよい)	46 (37)	43 (43)	52 (51)	67 (65)	208 (198)
1時間未満	100	5	33	35	173
1時間以上 (水質がよい)	286 (210)	4 (3)	26 (22)	488 (356)	804 (591)
計	432	52	111	590	1,185

出典: JICA 調査団 2006

注) 左上の囲みは最も利用しやすい水源、右下の囲みは最も使いにくい水源





(JICA 調査団 2006)

調査水源数 N=1,185

図 4.3.4-4 コミューン毎の水源地分類

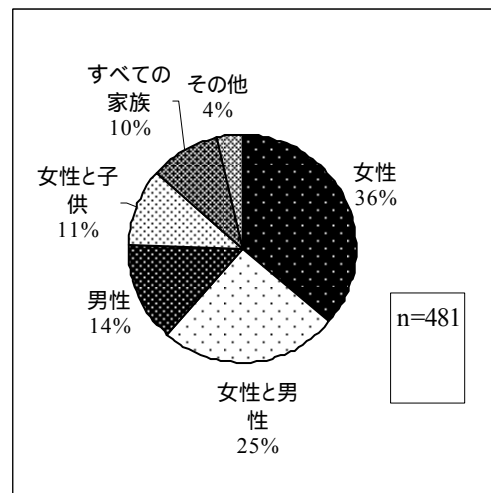
### 4.3.5 水利用に関わるジェンダー問題

女性が主要な水汲み従事者であるが、男性も従事している。世帯調査結果によると、約半数の水源地では男性も水汲みに従事している。特に 14%の水源地では、男性のみが従事している。一方、女性は 80%の水源地で水汲みに従事している。(図 1 参照)

水源地から家までの水の運搬手段は、男性と女性で異なっている。男性は女性よりも頻りに牛車を使う。調査を行った世帯の 4 分の 3 以上の世帯では、女性は徒歩で水源地まで往復するが、男性は 3 分の 2 以上が牛車を利用する。もし男女が一緒に行く場合は、半分以上の率で牛車を利用する。このことから、男性は女性よりも遠い水源地まで水汲みに行くと考えられる。しかし女性が家の近くの水源地の水を汲んでいるということはいえないが、女性だけで牛車を利用することは多くはない。(図 4.3.5-2 参照)

これらの点を考慮すると、本調査で提案する計画は、「両性の平等」という観点から見ると長所と短所を持っている。

提案する計画は、水汲みに要する時間を軽減し住民が家から近い水源地で給水できるようにするこ



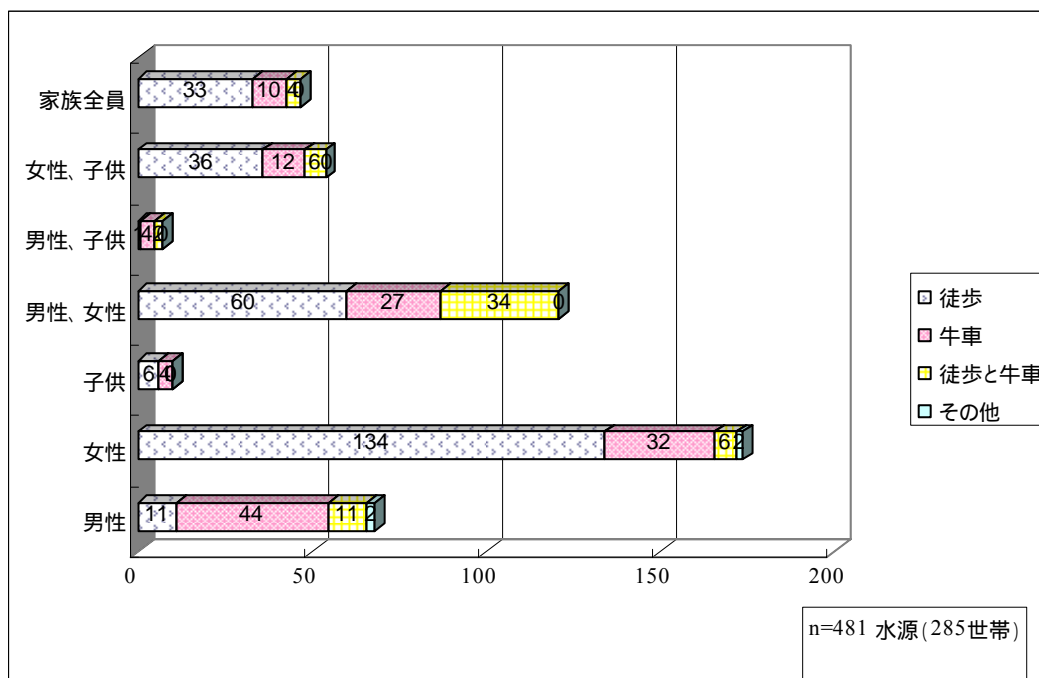
出典：JICA 調査団 2006

図 4.3.5-1 水運搬に関するジェンダーとその構成

とを目指している。近くの水源であれば牛車を利用する必要はないが、男性の多くは牛車で水汲みに行っている。もし男性が家の近く、例えばパイロットプロジェクト F006 Bemamba Antanimora では 0.6 km から 0.8 km に水源があると、水汲みは女性の仕事となる可能性が高い。遠隔地に男性が水汲みに行っている現在よりも、女性のみが水汲みに従事する率が高まる可能性があるということである。

一方、女性が家の近くで水汲みができるようになると、女性がグループを作って水を管理する機会が増える。水量が許せば、その水を使って生計向上の活動を始められることもできる。近年は、NGO や援助機関の活動が行われた村落で女性の発言力が高まっていると言われている。したがって、本調査方針で提案のように、家から近距離の給水施設と、その施設を管理運営する給水委員会を設立することにより、女性の立場を改善することが可能となる。

本パイロットプロジェクトにより新たな井戸水源と公共水栓が設置された Bemamba Antanimora では、直後から村の女性が率先して施設の周囲で野菜栽培を開始し、他の村人がそれに習い、新たな収入源となっている。このように、身近なところにある水源開発は女性活動の開始・高揚のきっかけとなる可能性が高い。



出典：JICA 調査団 2006

図 4.3.5-2 水運搬に関わるジェンダーと水運搬方法

## 4.4 水確保の現況

### 4.4.1 天水利用に関して

#### (1) 調査の目標

- 天水集水施設での水質悪化と利用者への影響
- 滅菌のための薬品利用の現状
- 売上金の利用
- フクタンで必要とされる大型天水溜
- 水運搬用コンテナの寿命
- コンクリートの補修
- 利用期間
- 個人用天水集水施設の現状

#### (2) 調査結果

##### 1) 水質悪化

天水集水施設に貯留された水は、降雨より2ヶ月以内に使いきってしまう。よって、村人は水質悪化は無いと考えている。

##### 2) 薬品添加

「SurEau」は「マ」国内で広く流通する添加薬品である。教会が推奨しており、対象地域の薬局や小さな雑貨屋でも販売されている。しかし、利用者は Ambovombe 市街でも限定されている。村落では認知はされているが利用されていない。

##### 3) 売上金の利用

水は課金され、売り上げは蓄えられているが、村民からは貯蓄額などについて明確な回答が得られなかった。

##### 4) フクタンで必要とされる大型天水溜

既存の大型天水溜は、各フクタンには無く、平均して約3ヶ所のフクタンに1基の割合で設置されている。しかし、コミュニティの試算によると、2基の大型天水溜で1フクタンの需要が賄える規模ということである。

##### 5) 水運搬用 160L-200L のコンテナの寿命

樽型のコンテナは高密度ポリエチレン（HDPE）製で、寿命は判明しないほど長い期間使用可能である。エンジンオイルや不凍液の容器の再利用品である。

##### 6) コンクリートの補修技術

住民はコミュニティ内で発注をして、天水溜のコンクリート修理をした経験がある。方法は亀裂

にセメントを塗りこめている。

#### 7) 利用期間

大型の公共天水溜は他の水源が無くなってから使い始め、1から2ヶ月で使いきってしまう。水槽はサイクロンが襲来しない限り、滅多に満杯になることはないが、水槽が満杯になった場合、貯水量が半分になるまで利用制限はしない。

#### 8) 個人用天水集水施設の現状

トタン屋根の家は雨水を集めるのに適しているが、村落内での利用数は少ない。またトタン屋根の多くは雨水を集める構造となっていない。

### (3) その他

#### 1) コンクリート

水槽は1年のうち数ヶ月間は完全に空となる。このような条件はコンクリートを短期間に劣化させ、コンクリートの品質が完璧であっても耐用年数を著しく短くする。このような理由で、JICA で建設した公共大型天水溜も、数ヶ所で漏水を起こしている。また、別のコンクリートを劣化させる原因としては、コンクリートのクラックのすき間に植物の根が入り込んで、完全に水槽を破壊する例も多い。

#### 2) 他の設計留意事項

地元の NGO は、建設から5年以内に修繕が必要になると認識しており、村落内の資材・人材でこの問題を解決するため、建設プログラム中に村民の研修を取り入れ、また、水の売上金の利用は修繕のみを対象とし、他用途への利用を禁止している。

地元の NGO で建設した施設の耐用年数が短い理由は以下と考えられる。

- 鉄筋が側壁に挿入されておらず、石灰質砂岩のブロックで構成されている。
- 一旦引張り応力が生じ、亀裂が入ると、亀裂は容易に拡大していく。地元の NGO では強度を向上させるために矩形に代わり、円柱状の水槽も試している例もある。

## 4.4.2 水売り

### (4) 調査目的

- 牛車による水売りの組織化
- 牛車での運搬距離
- 水価の安定
- 規制導入のためのライセンス制度

### (5) 調査結果

#### 1) 牛車の水売り組織化について

水供給を効率的に実施するための組織化は容易ではない。

- 牛車は毎日稼働できない。水運搬は牛にとっても重労働である。牛は一度運搬に使用すると1日~2日間休ませる必要があり、持ち主が牛の状態を判断して使役する。
  - 牛は守護神として扱われているため、住民は可能ならば牛を使役に使いたくないと思っている。使役によって牛が弱ったり死んだりするのを恐れている。
  - 道路は砂地で急な傾斜で起伏が多く、牛にとっても水などの重量物の運搬には適しておらず、整備状況も悪い。
- 2) Ambovombe に十分な水が供給された場合、自然発生的に水運搬システムが構築される可能性はあるか？
- 現在、水供給量は不足しており、井戸のくみ上げにおいても取水後、水位回復を待って、次の取水を行っている。また、いくつかの井戸を廻って水を確保している。このため、必要な水量の確保と水価格の安定のために効果がある。
  - 牛車による運搬距離は牛の体力による限界がある。20km以上の距離を運搬することはまれで、住民も牛を気遣い、運搬距離を短くするようにしている。Ambovombe から20km以上の距離に居住する住民、盆地周縁部住民や、他に水源があるような住民はAmbovombe で水源が開発されてもあまり利用しないと考えられる。
  - 村落への水売りの活動は、水価がバケツ1杯300Ar以上に上昇すると活発になる。よって、この水価が商業的な水売りが行われるかどうかの分岐点となる。しかし、水価の低減が本計画の目的でもあるため、本計画が水売りに魅力的な計画とはならない。
- 3) 水価の低価格安定
- 水価安定は十分に水を供給することで達成できる。これは、自らAmbovombe に水を買いに來る住民にとって利益となる。一方、水価が低価格に安定すると、水売りが村まで水売りに行く興味は減退すると思われる。
- 4) ライセンス導入
- Ambovombe 市街ではコミューンの税収確保のために水売りにライセンス制度がある。ここでは専業の水売り業者があり、水売りが盛んに行われている。一方、他コミューンでは水価の上昇要因となることを懸念して、水売りのライセンス制度は導入されていない。
  - 村落内の比較的裕福な住民がAmbovombe 等に水を買いにいき、必要量以外の残りの水を村内の運搬手段を持たない住民に販売する。時には無料で近隣の住民の水コンテナを運搬し、支援している。村落内での水売りシステムは、商業ベースではなく、貧者救済の側面が強い。よって、ライセンス導入制は村落に適合しない。
  - コミューンには制度を管理する予算も人員も無い。
- (6) その他、補完事項
- 1) 水売りの機材構成
- 水源近傍を拠点とする水売りを除いて、ほとんどの水売りは自分の村で水を販売する。自分で消費する以外の水を販売する。例えば、コンテナの半分を自分で消費して、残り半分を販

売している。

- 村落外から来る水売りの活動は、水価が上昇する時期に始まる。特にバケツ1杯が500Arとなる9月より活動が増大する。
- 運搬距離は利用する水源選択の制約となる。例えば、伝統的地域間の関係や行政区分などである。

## 2) 水消費のスタイル

- 水消費量は可能な家計支出額によっている。通常、村民は世帯あたりバケツ2杯を購入しているが、水価が上昇するとバケツ1杯に減らすなどしている。
- 水消費の傾向は Ambovombe 市と村落では異なる。Ambovombe 市街でも周辺部は村落と同様な消費形態に分類される。井戸の所有者でさえも、村落民のように水浴や洗濯をほとんどしない。
- 村落住民は洗濯や水浴のためにほとんど水を消費しない。コミュニケーションや人により頻度は異なるが、洗濯は3~4ヶ月に一度である。海岸部浅井戸の水は水浴には問題ないが、塩分が衣類を傷める理由で、洗濯には適さないと考えている住民もいる。
- 水売りは効率的に販売することを好むため、市が開く時だけ来る場合もある。このことは、通常、村での生活では水需要が低いことを示している。(水料金が高額なため)
- 住民は購入した水を牛には与えない。牛にはサポテンを与えたり、川などの無料の水源に連れて行ったりしている。よって、家畜による水需要は給水計画より除外するべきである。

\*\*\*\*\*

## 第5章 既存給水事業組織

### 5.1 南部地域の給水組織 AES と JIRAMA

#### 5.1.1 AESの組織構造

AES 本部は首都 Antananarivo にあり、総裁と職員 18 人が勤務している。また Ambovombe には AES の技術事務所があり、南部地域のセンターとして給水事業を行っている。このオフィスには、技術主任と 114 人（2006 年現在、2005 年は 120 人）の職員が給水施設の運営と維持管理を担当している。

我が国無償資金援助による給水プロジェクトの一環として、1995 年から 1997 年にかけて Beloha-Tsihombe パイプライン（管路系給水システム）が敷設されたが、その給水対象地域である Beloha には AES の地方事務所、Tsihombe には地域事務所がある。配管路沿いには給水槽が設けられ、各給水所には水売りのためのサービス・職員が配置されている。さらに、遠隔の村落住民を対象に、Beloha と Tsihombe の AES 事務所所有の給水車による給水サービスも行われている。しかしながら、給水車の台数不足と高い水価のために、村落への給水は不十分である。13ℓ のバケツ一杯の値段が 100Ar(¥5.6)<sup>1</sup>、これは 1 m<sup>3</sup> 当り 6,600Ar(¥370)で、JIRAMA の 2005 年の価格である 400Ar/m<sup>3</sup> (¥22/m<sup>3</sup>)の約 16.5 倍である。

世銀のコンサルタントおよび AES 自らの調査結果に基づいて、MEM と関連支援機関は 2005 年 9 月から AES の組織改革を提案、検討してきた。MEM 主催の重要なシンポジウムが 2006 年 3 月 24～25 日に Ambovombe 市にて開催され、南部地域の安全な飲料水の確保について協議が行われた。技術的にも経済的にも AES の現状を改善することは可能であるが、効果的な組織改革には、既存の給水システムへの投資、技術面の改善、経営の刷新が不可欠である。現在 AES の主な収入源は売水によるものであるが、技術面と経営面の両方に問題があるため、十分な収入を得ていない。2005 年、AES による水供給量は年間わずか 36,000 m<sup>3</sup>、一日当り約 100 m<sup>3</sup>のみであった。運営と経営改善には、効率的な水販売の拡大が必要である。

#### (1) AES の現状

AESは25年以上にわたって、マ国南部地域における日本や他ドナーの実施する給水プロジェクトの主要な受け入れ機関であった。AESの管轄する主な給水施設は、以下の通りである。

1) Ambovombeの給水車

2) Beloha - Tsihombe間の管路系給水システム

3) AEPセンター5ヶ所における地下水を水源とした太陽光揚水利用の地下水供給と、世銀と UNICEFの支援による地下水開発・給水計画ほか

AESの給水施設は、給水車の台数の減少と運転にかかる燃料費の上昇のため、十分な給水が行わ

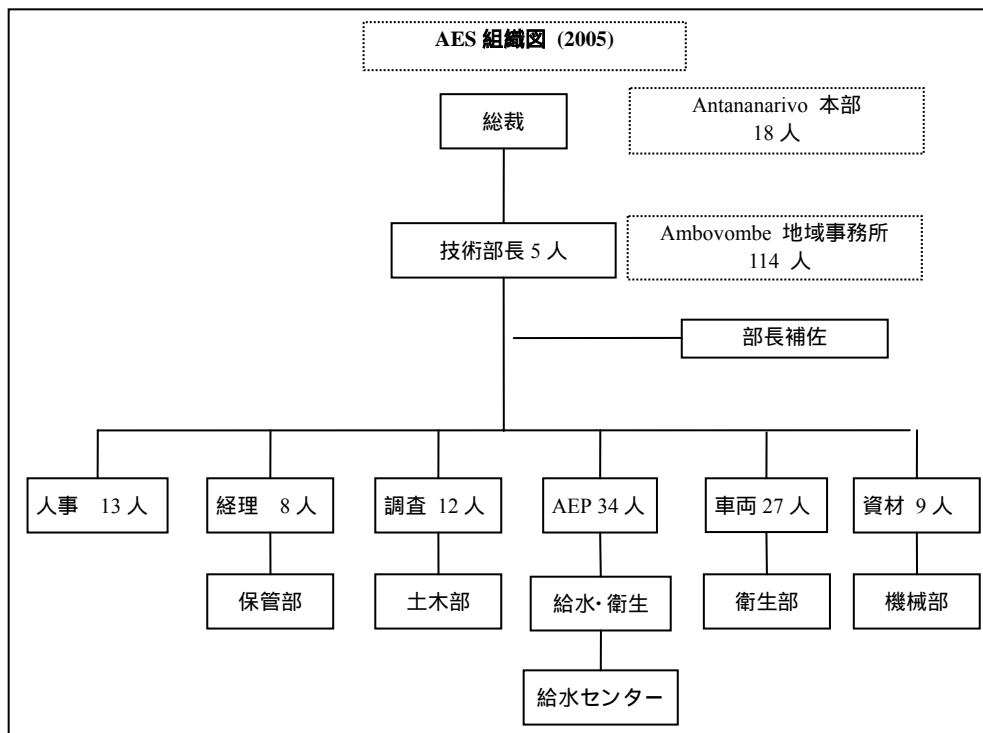
<sup>1</sup> 円貨算出適用レート ¥ = 0.056 Ar



れていない。給水車は現在、Ambovombe技術事務所に2台とBelohaの管路系給水施設に1台のみが稼働している。Ambovombe周辺地域は、この2台の給水車により給水されているが、その水源の一つであるAmboasary浄水場においては、その処理能力に対する稼働率は低く、また、他の水源であるAmbovombe市内の手掘り井戸からの水源量は38 m<sup>3</sup>/日程度である。

Belohaの既存配管施設は、燃料費高騰のため2006年2月から、殆ど運転されていない。このため、現在AES事務所の職員の多くは停職中である。

## (2) 2005年のAES組織図



出典：AES, 2005

図 5.1.1 - 1 AES 組織図

## (3) AES の財務状況

AES の支出の大部分は、表 5.1.1-1、表 5.1.1-2 に示すように、Ambovombe 地域の給水車の運転と Tsihombe - Beloha 管路系給水システムの運営にかかる費用である。2004 年の支出合計は 251,329,333Ar (約 14 百万円) であったのに対し、同年の収入は 106,682,323Ar (約 6 百万円) のため 2004 年の収支欠損は 144,647,010Ar (約 8 百万円) である。

AES は、2000 年と 2001 年の年間赤字、約 320 百万 Ar(約 18 百万円)を国庫からの補助金によって補っている。近年の AES の財務収支を表 5.1.1-1 に示す。2005 年の収支欠損は、24.1%とまだ高い値を示しているが、国庫の補助金による補填は改善の傾向にある。表 5.1.1-2 は、給水システム別に収支を示しているが、AEP センター方式の給水事業は収支の均衡が取れていることが読み取れる。

表 5.1.1 -1 AES 財務状況 1999-2005 (単位:Ar)

年	水料金収入	運営費	収支 (1999-2004)	国からの補助金
1999	107,601,955	372,327,788	236,535,100	(63.5%)
2000	190,421,539	495,501,068	312,719,400	(63.1%)
2001	184,558,000	496,677,400	312,119,400	(62.8%)
<b>2004</b>	<b>106,682,323</b>	<b>251,329,333</b>	<b>-144,647,010</b>	<b>- (57.6%)</b>
<b>2005</b>	<b>57,212,675</b>	<b>58,626,171</b>	<b>-1,413,495</b>	<b>- (24.1%)</b>

出典: AES, 年次報告 2006 年 2 月

表 5.1.1 -2 AES 財務状況 2004-2005

施設	年	収支	支出	収入	収支	単位
Ambovombe 給水施設	2004		122,522,200	39,325,070	-83,197,130	(Ar)
			48.75%	36.86%	57.52%	
	2005	5,976,128	272,051,595	277,874,582	153,141	(Ar)
AEP センター(5ヶ所)	2004		39,365,889	39,906,952	541,064	(Ar)
			15.66%	37.41%	-0.37%	
	2005	445,789	445,789	891,578	1,783,156	(Ar)
パイプライン (Tsihombe - Beloha)	2004		89,441,244	27,450,301	-61,990,943	(Ar)
			35.59%	25.73%	42.86%	
	2005	1,194,598	13,565,993	14,364,696	395,895	(Ar)
合計	2004		251,329,333	106,682,323	-144,647,010	(Ar)
			100%	100%	100%	
	2005	7,616,515	286,063,377	293,130,856	2,332,192	(Ar)

出典: AES, 年次報告 2006 年 2 月

Ambovombe 地域の給水車と既存パイプライン施設の単位量当り生産コストの概算を表 5.1.1-3 に示す。

表 5.1.1 -3 Ambovombe 地域の給水車と既存パイプライン施設の生産コスト 2005

費目	給水量 (m <sup>3</sup> /日)	支出 (Ar)	販売 (Ar)	水単価 (Ar/バケツ <sup>2</sup> )	補足
	A	B	C	原価	
<b>AES 合計</b>	<b>36,116</b> <b>(98.9 m<sup>3</sup>/日)</b>	<b>293,130,856</b>	<b>286,063,377</b>	<b>105</b>	補助金を含む (全支出の約半分)
<b>内訳</b>					人件費を除く
Ambovombe 給水施設	7,266 (19.9 m <sup>3</sup> /日)	34,974,200	-	63	給水車による 6,612 m <sup>3</sup> /年を含む
Tsihombe-Beloha パイプライン	2,465 (6.8 m <sup>3</sup> /日)	37,116,021	14,061,738	196	
小計	9,731 (26.7 m <sup>3</sup> /日)	72,090,221	-	96	
上記 2 施設平均				100	
5ヶ所 AEP/AES	26,385 (72.3 m <sup>3</sup> /日)	63,300,592	54,489,605	32	

出典: AES, 年次報告 2006 年 2 月

<sup>2</sup> バケツ一杯 = 13ℓ

### 5.1.2 Amboasary と Ambovombe における JIRAMA の状況

地方都市 Amboasary の電気と飲料水、Ambovombe の電気は JIRAMA によって供給されている。Amboasary の電気供給は原油の高騰により赤字経営の状況であるが、Mandrare 川直近の地下水源を利用した給水は良好に運営されている。

電気料金と水料金ともに首都 Antananarivo にある JIRAMA 本社によって設定されており、全国共通の料金システム体系である。電気水道代は前月の使用量に応じて請求され、未払いには 8 日間の猶予期間が設けられている。利用者が 8 日間以上滞納すると、その週にサービスが止められる仕組みになっている。

#### (1) Amboasary における状況

JIRAMA による Amboasary の給水は、地下水を水源としており、井戸深度は 14.5m、良好な水質の水源である。水料金は、二段階の定額制をとっており、月間使用量 10 m<sup>3</sup> までは月 195Ar(約 11 円)、10 m<sup>3</sup> 以上は月 440.6Ar (約 25 円) という設定である。JIRAMA は、18 基の公共水栓を設置したが、9 基の水栓が各戸給水に接続されたため、現在は使用されていない。残りの 9 基は、JIRAMA との契約によって 10ℓ 当たり 20Ar(¥1.1)で民間の水売り業者が販売している。

表 5.1.2-1 JIRAMA ( Amboasary ) の財政状況 (2004) (Ar)

年		収入	支出	収支
2004	水	16,130,400	1,600,000	130,400
	電気	79,075,600	126,897,200	-47,821,600

表 5.1.2-2 JIRAMA ( Amboasary ) の概要 (2005)

Amboasary の JIRAMA (給水と電気供給)		
1. 給水	各戸給水数	193
2. 給水量	供給量	83,897 m <sup>3</sup> /年 (230 m <sup>3</sup> /日)
	収入水量	57,732 m <sup>3</sup> /年 (68.8%)
	未収水量	13%
3. 水質	EC: 104 mS/m, pH: 7.99, 濁度 0.54, Cl: 156 mg/l,	
4. 水料金 (平均 : 309.2 Ar/ m <sup>3</sup> )	0-10 m <sup>3</sup> /月	195 Ar (定額) (約 11 円)
	10 m <sup>3</sup> /月以上	440.6 Ar (定額) (約 25 円)
5. 電気料金	0-20 kWh/月	115 Ar (定額) (約 6.4 円)
	20 kWh/月以上	395 Ar (定額) (約 22 円)

Amboasary の JIRAMA 職員は 12 人のみである。2005 年の JIRAMA 組織図を以下に示す。

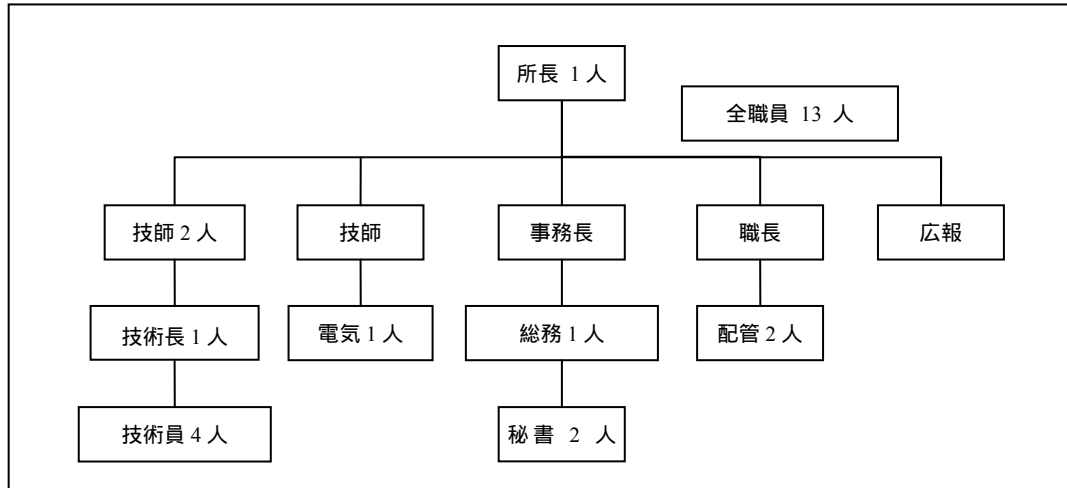


図 5.1.1-2 JIRAMA ( Amboasary ) の組織図 (2005)

## (2) Ambovombe の状況

Ambovombe における JIRAMA サービスは最近の 1999 年に開始された。サービスは都市部への電力供給のみである。しかしながら、燃料費の高騰と発電機の新規購入のために、財務状況は以下のように不安定である。

表 5.1.1-3 JIRAMA ( Ambovombe ) 財務状況(2004-2005) (Ar)

年		収入	支出	収支	補足
2004 (月平均)	電気	6,600,000	10,000,000	-4,000,000	-
2005 (3月)	電気	7,037,000	16,991,000	-	発電機 新規購入

電気は、送電によるロスが大きく、また、24 時間連続供給としている。しかし、現在は、燃料不足のため、停電や深夜の送電を行っていない。AES は、2005 年に Ambovombe 市内の井戸のディーゼル発電によるポンプ揚水設備を JIRAMA からの給電によるポンプ揚水設備に切り替えた。これによって、運転コストは減少し、38 m<sup>3</sup>/日の給水が行われている。

## 5.2 コミューン、フクタン、給水委員会(CPE)

### (1)現在の給水システム

現在の給水システムを、乾季・雨季別、コミュニティ別に示すと、表 5.2-1 の通りである。

雨季には、Sihanamaro コミュニティを除く全てのコミュニティで、一般に公共天水溜 (impluvium) が広く利用されている。天水を溜る私設の樋付き水槽、公共水槽、浅井戸も一定の条件の下に利用されている。AES の給水車は 3 コミュニティに対して給水を行っている。その他、自然に存在する水に頼る住民も多く、現地で rano vato と言われる岩場に溜まった天水、路上の水溜まり、河川水等が利用されている。

乾季には、調査対象地域内の15 コミューン全てが、AES の給水車に頼っている。しかしながら、需要量に対して供給量が絶対的に不十分なため、特に Ambovombe 市街から遠く離れた村落に居住する住民は、他の水源を求めざるを得ない。例えば、彼等は、水売りによって遠隔地から運ばれてくる高価な水を買わなければならない。濁度・塩分の高い水にもかかわらず、長時間かけて河川や井戸にでかける住民もいる。このような状況下で、Sihanamaro コミューンだけは、天水溜に関して他のコミュニティと異なる方針を取っている。すなわち、雨季の間は天水溜を利用せずに雨水を貯留しておき、水のない乾季に入ってから、それを利用し始めるのである。

しかし、住民が必要な水量を確保できるのはほんの一部で、調査対象地域全体が慢性的水不足に悩んでいるといえる。特に、周辺部の水源から 10km 以上はなれた遠隔地の村落に住む人々は、Ambovombe や Ambondro の中心部の住民に比べて、より一層厳しい給水状況に直面しているといえる。恒常的に使える給水地点を持たないコミュニティ周辺村落では、水売りに対してバケツ 1 杯 (13ℓ) 当り 500 ~ 1,000 Ar (¥28 ~ ¥56) もの高価な代金を支払ったり、日常的に住居から遠く離れた河川等へ、1 日近くの工程をはるばる水汲みに出かけたりする生活を強いられている。

表 5.2-1 調査対象地域における現在の給水システム(雨季) (1/2)

(): バケツ1杯あたりの水価格

雨季	コムーネ	給水車	牛車での水売り	天水だめ(共同)	天水だめ(私有)	貯水槽(共同)	備付き貯水槽(共同)	備付き貯水槽(私有)	深井戸	浅井戸	池	Rano Vato (岩の中の溜り水)	河川	水たまり
	Ambanisarika	-	-	10 (100Ar)	-	-	-	(200 - 400Ar)	-	-	-	-	-	-
	Ambazoa	-	-	5 (50Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ambohimalaza	-	-	8 (50Ar)	-	-	-	-	-	-	人造池 ザリモンド池の 省費 家畜用	-	-	-
	Ambonaivo	-	-	15 (50Ar)	-	建設中	-	(250Ar)	-	-	-	-	-	-
	Ambondro	-	-	7基のうち2基のみ利用可 (50Ar)	-	太陽光 (50Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ambovombe	町中心部、貯水 槽への給水 (100Ar)	近隣の井戸が水 源 (100Ar)	28基のうち23基 が利用可、郊外 (50Ar)	-	給水車 (100Ar) 太陽光 (20Ar)	(100Ar)	(100Ar)	-	-	-	-	-	-
	Analamary	-	-	3 (50Ar)	-	-	-	(200 - 300Ar)	-	-	-	-	-	-
	Antanimora	-	-	-	-	-	-	(AESの公共水栓 40Ar) (UNICEFポンプ 1400Ar/世帯/年)	-	-	-	-	-	-
	Antaritarika	(100Ar)	-	9 (300Ar)	-	-	(無料)	-	-	-	-	-	-	-
	Beanantara	-	-	3基のうち2基が 利用可能 (20Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	必要な場合は Mandrare川	私有貯水槽への 配水
	Erada	-	-	6 (100Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Maroalainity	(100Ar)	-	10 (50 - 100Ar)	-	-	-	(200 - 500Ar)	-	-	-	-	-	-
	Maroalopoty	(100Ar)	-	8 (50Ar)	-	-	-	(200Ar)	-	-	人造池	-	-	-
	Sihanamaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tsimananada	-	-	3 (50Ar)	-	-	-	(200Ar)	-	-	自然池及び人造 池 (50Ar)	-	-	-

表 5.2-1 調査対象地域における現在の給水システム(乾季) (2/2)

(): バケツ1杯あたりの水価格

乾季	コムーネ	給水車	牛車での水売り	天水だめ(共同)	天水だめ(私有)	貯水槽(共同)	備付き貯水槽(共同)	備付き貯水槽(私有)	深井戸	浅井戸	池	Rano Vato (岩の中の溜り水)	河川	水たまり
	Ambanisarika	(100Ar) 不十分	(Ambovombeか ら - 500Ar) (Ambondroから - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ambazoa	(100Ar) 不十分	-	-	-	-	-	-	-	Eau saline près de mer	-	-	Manambovo川 (600Ar)	-
	Ambohimalaza	(100Ar) 不十分	Ambovombe、 Ambondroから (600Ar)	10基のうち1基は AESによって給水 (100Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ambonaivo	(100Ar、車両年 費がないときは 200 - 500Ar) 不十分	牛車の所有者数 人が水売り (500 - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ambondro	23フクタンニの うち15フクタンニ (600 - 800Ar)	-	-	-	太陽光 (50Ar) 不十分	-	(150 - 200Ar)	-	600-800Ar (priv é)	-	-	-	-
	Ambovombe	町中心部、貯水 槽への給水 (100Ar)	(3000Ar/1ヶ 镇中心部) (6000Ar/1ヶ : 郊外)	ほとんどAESに購 入されていない (100Ar)	-	給水車 (100Ar) 太陽光 (20Ar)	(300Ar)	町中心部 (150Ar) 郊外 (300Ar)	-	-	-	-	-	-
	Analamary	(100Ar) 不十分	(D'Ambovombe から - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Antanimora	-	-	-	-	-	-	(AESの公共水栓 40Ar) (UNICEFポンプ 1400Ar/世帯/年)	-	-	-	-	-	-
	Antaritarika	(100Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Manambovo川 (500Ar)	-
	Beanantara	(100Ar) 不十分	Mandrare川から (600Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mandrare川	-
	Erada	(100Ar) 不十分	(300Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Maroalainity	(100Ar) 不十分	(500Ar)	-	-	-	-	-	-	Eau saline près de la mer	-	-	-	-
	Maroalopoty	(100Ar) 不十分	(300Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sihanamaro	不十分な場合 (150Arのうち 50Arはコミュニ の利益のために 貯蓄される)	Ambondroから (800Ar)	5 (20 - 50Ar、乾季 の終わりには 200Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	Manambovo川 (非販売用)	-
	Tsimananada	(100Ar) 不十分	Ambovombeから (300Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## (2) 運営維持管理状況

コミューンやフクタン等の地方自治体が関与する現在の給水インフラの運営維持管理状況を以下に列挙する。

## (a) 公共天水溜

全 15 コミューン中 14 コミューンが、独自の天水溜を所有しており、雨季の間、住民によって利用されている。表 5.2-2 は、天水溜の管理主体をコミューン別に示したものである。地下水の豊富な Antanimora コミューンは、天水溜を利用しないため、深井戸の管理主体を示している。

表 5.2-2 公共天水溜の様々な運営維持管理主体

No.	コミューン	管理委員会 (コミューン主体)	管理委員会 (フクタン主体)	CPE (給水委員会) (住民主体)
1	Ambanisarika	X	-	-
2	Ambazoa	X	-	-
3	Ambohimalaza	-	X	-
4	Ambonaivo	-	-	X
5	Ambondro	-	-	X
6	Ambovombe-Androy	-	X	-
7	Analamary	-	X	-
8	Antanimora *Deep Well	-	-	X
9	Antaritarika	-	-	-
10	Beanantara	-	X	-
11	Erada	X	-	-
12	Maroalomainty	X	X	X
13	Maroalopoty	-	-	X
14	Sihanamaro	-	X	-
15	Tsimananada	-	X	-
	計	4	7	5

一般に、公共天水溜は、コミューンによって、上表の 3 パターンのいずれかによって運営維持管理がなされている。Maroalomainty コミューンのみ、天水溜によってその管理主体が異なっている。通常、天水溜の水は有料である。13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの料金は、雨季で 50 ~ 100 Ar (¥2.8 ~ ¥5.6)、乾季で 100 ~ 500 Ar (¥5.6 ~ ¥28) である。天水溜の水料金はコミューン毎に異なっており、共通の価格制度は無い。

天水溜が各地に建設されてから既に長い年月が経過しているため、コンクリート製の集水床にひび割れが生じているものが見られ、効率的な集水に支障をきたしている。

## (b) 公共水槽

Ambondro コミューン中心部には、ソーラーシステムで汲み上げた地下水を配水するため、1,500 世帯が加盟する給水委員会 (CPE: Comité de Point d'Eau) がある。委員会の構成は、委員長 (président)、副委員長 (vice-président)、会計 (trésorier)、秘書 (secrétaire)、監査役 (commissaire aux comptes) (以上各 1 名)、顧問 (conseiller) (以上 4 名)、守衛 (gardien) (以上 2 名)、水栓番 (fontainier) である。このうち、守衛と水栓番のみが労働対価を支給される。

2000 年当時バケツ 1 杯当たりの水料金は 10 Ar (¥0.6) であった。その後、徐々に値上げが繰り返



され、2005年4月現在、同水料金は50 Ar(¥2.8)となっている。

現在までのところ、ソーラーパネル等全ての部品は問題なく稼働している。委員長によれば、現在の水料金で日常の運営は十分まかなえている。しかし、将来の修理や部品交換等に備えて、組合資金を積み立てるには不十分である。

雨季には、井戸に十分な水がある。しかし、乾季には井戸の水位低下が起きるため、十分に水を汲み上げることができない。したがって、人々はバケツ1杯当たり600~800 Ar(¥33.3~¥44.4)という法外な金額を支払って、私有の浅井戸から水を汲まざるを得ない状況にある。

### (c) 手押しポンプ付き深井戸

調査対象地区の北部に位置し、比較的地下水が豊富な Antanimora コミューンにおける、既存手押しポンプ付き深井戸の運営維持管理システムを調査した。

Antanimora コミューンでは、1990年代に UNICEF の資金によって、150の深井戸が掘られ、手押しポンプ“India Mark II”が設置された。

当初は、フランスの NGO がプロジェクトのモニタリングを担当していたが、2000年5月になって、住民主体の運営維持管理機関 AAEPA (Association d’Alimentation en Eau Potable d’Antandroy)が発足し、業務を引き継いだ。その組織構成は、図 5.2-1 に示すとおりである。

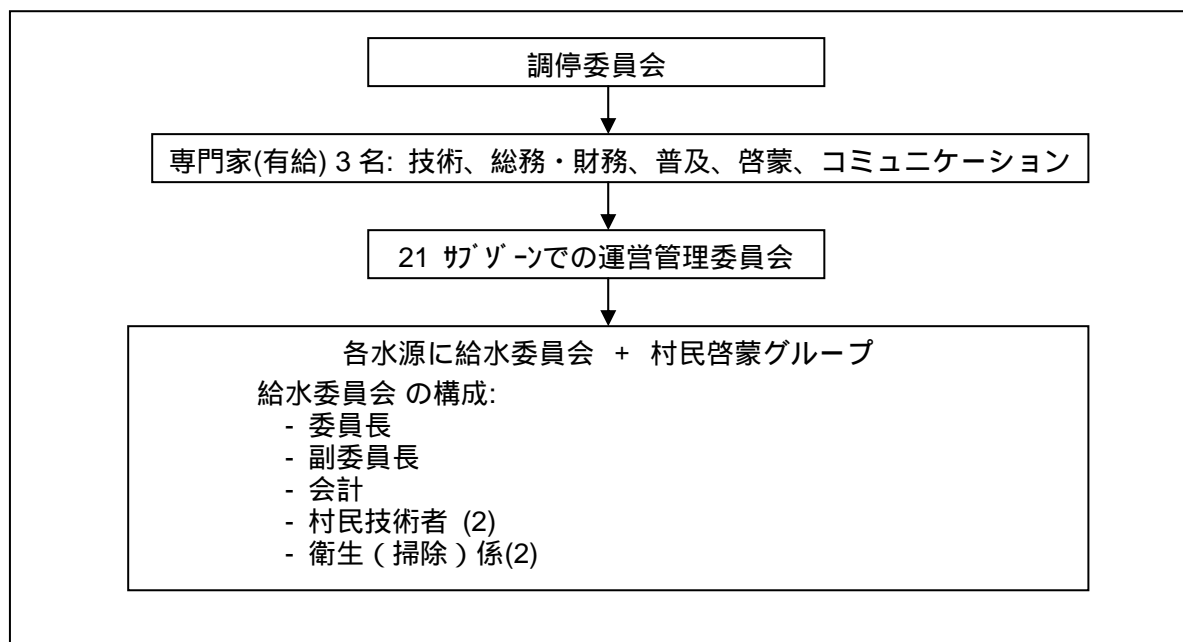


図 5.2-1 住民主体の運営維持管理機関 AAEPA - 組織図

上組織図によれば、調停委員会 (Comité de coordination) が最上位に位置する機関である。この機関は、委員長 (président)、副委員長 (vice-président)、会計 (trésorier)、顧問 (conseiller) から成っており、組織全体を調整している。次位に来るのが、3名の有給専門家 (技術・運営・財務、啓蒙、コミュニケーション) から成る実部隊グループであり、日常の修理等を担当している。その次に、21のサブゾーンの代表から成る運営維持管理委員会が来る。そして、最下部に位置づけられるのが、各サブゾーンの給水地点毎に存在する組織であり、給水委員会 (CPE) および村民啓蒙グループ (CVA) から構成されている。給水委員会は、委員長 (président)、副

委員長 (vice-président) 会計 (trésorier) (以上 1 名) 村民技術者 (réparateur villageois) 掃除係 (Femme d'assainissement) (以上 2 名) から成っている。

3 名の有給専門家 (技術・運営・財務) から成る実部隊グループの話によれば、現在運営維持管理上直面している最大の問題は資金不足である。唯一の収入源は、住民からの水料金支払いであるが、現行料金は 1 世帯 1 年当たりわずか 1,400 Ar(¥78.4)であるため、AAEPA の年収は 5,000,000 Ar(¥280,000)を下回る額に止まっている。

\*\*\*\*\*

## 第6章 パイロットプロジェクト

### 6.1 計画と目的

試掘地点のうち、成功井の近隣に位置する5村落において、調査対象地の社会条件にふさわしい住民自身による運営維持管理システムを構築することを目的としたパイロットプロジェクトを実施した。このパイロットプロジェクトを通して、住民による給水委員会を設立し、試験的に啓発活動の効果とその能力を確かめることができた。表 6.1-1 は、パイロットプロジェクト対象5村落の運営維持管理に関する基本情報を示している。

表 6.1-1 パイロットプロジェクト対象5村落における運営維持管理上の基本情報

No.	井戸番号	サイト名	コミューン名	人口	給水システム	水料金徴収手段/金額
1	P009	Marobe Marofoty	Ambvombe	570	ローブポンプ	従量制 20 Ar/バケツ ¥1.1
2	P010	Analaisoke	Sihanamaro	850	ローブポンプ	定額制 100 Ar/世帯/月 ¥5.6
3	F009	Lefonjavy	Ambohimalaza	630	ヴェルニエ ポンプ	定額制 1,000 Ar/世帯/月 ¥56
4	F022	Anjira	Antaritarika	315	ヴェルニエ ポンプ	従量制 20 Ar/バケツ ¥1.1
5	F006	Bemamba Antsatra	Antanimora	410	太陽光利用	定額制 1,000 Ar/世帯/月 ¥56



図 6.1-1 パイロットプロジェクト対象5村落の位置

パイロットプロジェクトは、首都アンタナナリボに拠点を置く現地 NGO への再委託により、先述の5村落において約10ヶ月間(2005年12月上旬~2006年9月下旬)をかけて実施した。再委託概要は、表 6.1-2 に示すとおりである。

表 6.1-2 パイロットプロジェクトに関する再委託概要

再委託	主な内容	目的	期間
第1部	住民啓発活動 - 水料金の概念 - 給水方法・運営維持管理方法	住民に運営維持管理・保健衛生の概念を持ってもらうこと	2005年12月 - 2006年3月
	給水委員会設立	各対象村落に首尾よく給水委員会を設立すること	
第2部	給水委員会モニタリング	- 住民啓発活動内容の理解度・実行能力のチェック - 現場で認められた運営維持管理関係要修正項目の再訓練・意識高揚	2006年6-9月

## 6.2 パイロット給水施設仕様

パイロット給水施設の仕様を示す。住民参加を前提とした維持管理システムについて評価する。

### (1) 太陽光揚水システム、1 サイト, F006 - Antanimora (可採水量 30m<sup>3</sup>/日)

- \*給水人口: 650
- \*給水量: 20m<sup>3</sup>/日
- \*ポンプ容量: 4.0m<sup>3</sup>/hr
- \*揚程: 50m
- \*水槽: 10m<sup>3</sup> x 2 式
- \*公共水栓: 4 栓 x 1 式
- \*太陽光揚水システムに関して 5 年保証

### (2) ローブポンプ 2 サイト ( P009 – Ambovombe、 P010 – Sihanamaro )

- \*静水位: 約 10m ~ 20m
- \*手掘り井戸
- \*井戸口径 φ120mm

### (3) ヴェルニエポンプ 2 サイト

- \*HPV-60 (静水位 60m 以内) :F009 - Ambovombe
- \*HPV-100 (静水位 100m 以内) :F022 – Antaritarika
- \*修理工具

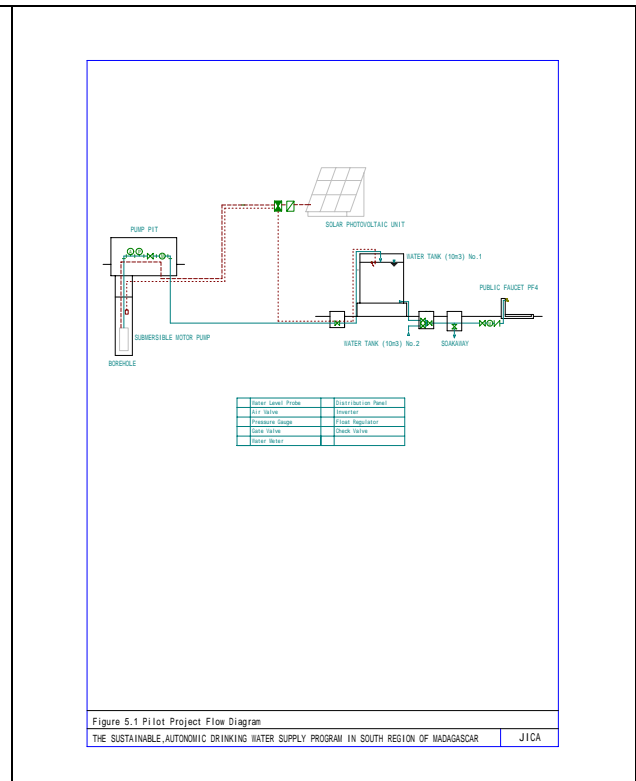
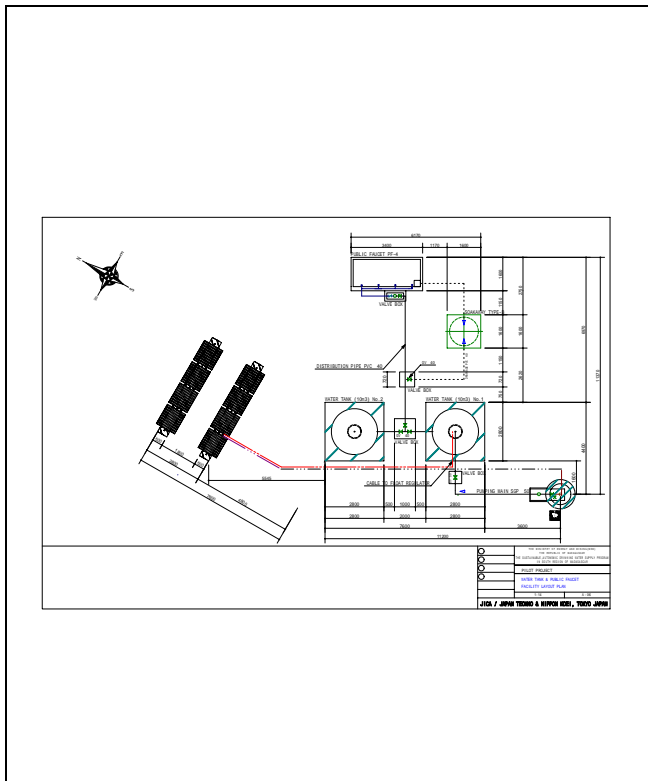


Figure 5.1 Pilot Project Flow Diagram  
THE SUSTAINABLE, AUTONOMIC DRINKING WATER SUPPLY PROGRAM IN SOUTH REGION OF MADAGASCAR JICA

図 6.2-1 太陽光利用揚水施設配置図

図 6.2-2 太陽光利用揚水施設ダイアグラム

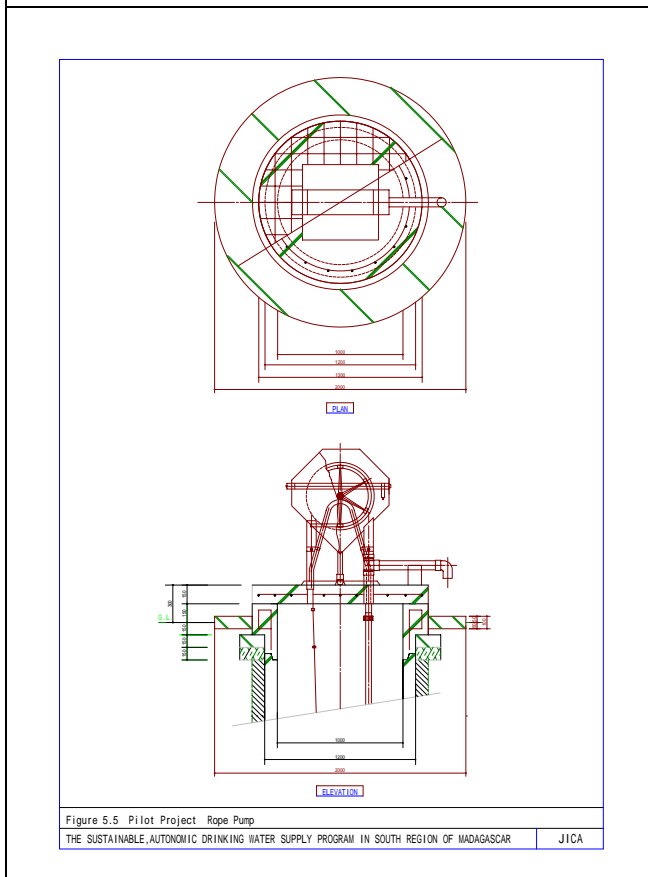


Figure 5.5 Pilot Project Rope Pump  
THE SUSTAINABLE, AUTONOMIC DRINKING WATER SUPPLY PROGRAM IN SOUTH REGION OF MADAGASCAR JICA

図 6.2-3 ロープポンプ

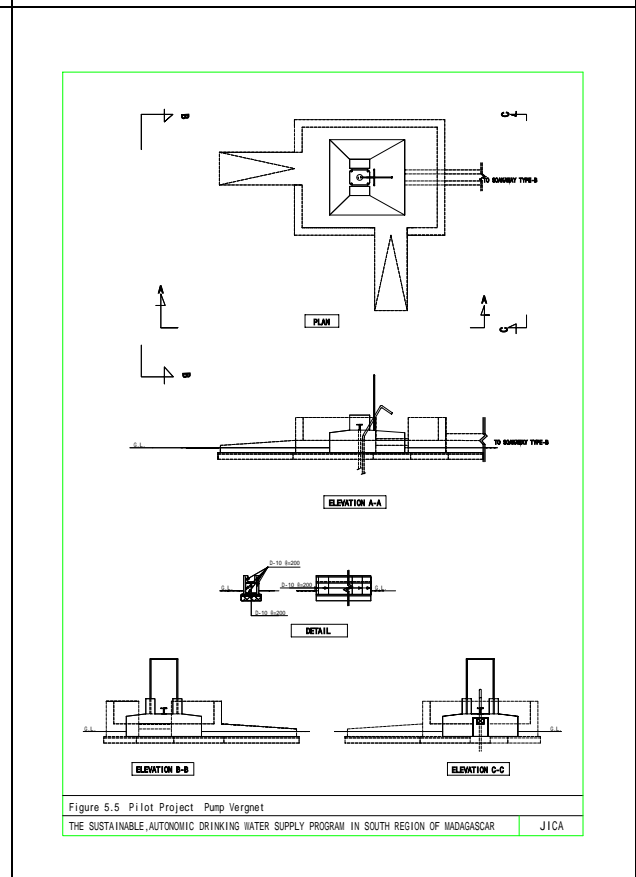


Figure 5.5 Pilot Project Pump Vargnet  
THE SUSTAINABLE, AUTONOMIC DRINKING WATER SUPPLY PROGRAM IN SOUTH REGION OF MADAGASCAR JICA

図 6.2-4 ヴェルニエポンプ

## 6.3 パイロットプロジェクト対象地での社会経済状況

### 6.3.1 パイロットプロジェクト対象地の社会状況

試掘を行った地点の中で 5 地点がパイロットプロジェクト実施対象地として選定された。各地点は、調査対象地域を水理地質的に区分した 6 つの AEP 給水区域の中で、ゾーン A を除く 5 つのゾーンにそれぞれ属している。

行政的な観点から見ると、各地点はそれぞれ特徴的な状況にある。

- Marobe Marofoty は Ambovombe 市の郊外
- Analaisoke と Anjira はフクタンの中心地
- Lefonjavy はフクタンの中心地から 1 時間以上離れた村落
- Bemamba Antsatra は、居住地(フクタンの中心地)から数百メートル離れた森の中である。

Anjira には 1,000 人以上の人口があるが、Bemamba Antsatra の人口は 400 人以下であり、他の 3 地点の人口は 500 人から 1,000 人の間である。「水利用者はすべて、施設の維持管理のために料金を支払い、また施設の更新のための資金を積み立てる」という原則が推奨されている。人口規模(給水施設の利用者数に反映)はその施設の水需要に影響するだけでなく、水料金の徴収額にも影響する。

基本的な社会インフラをみると、各地点の状況は次の通りである。

- Marobe Marofoty、Analaisoke、Anjira には小学校がある。
- Marobe Marofoty と Anjira には医療機関がある。
- Marobe Marofoty だけ定期市と店舗がある。
- すべての地点とも通年通行可能であるが、Bemamba Antsatra 及び Lefonjavy への道路は狭小であり、雨季には中型トラックでは通り抜けが難しい。

他の地点と比較して、Marobe Marofoty は相対的に社会インフラが豊かであるといえる。各地点の状況を第 6.3.1-1 表にまとめた。

表 6.3.1-1 パイロットプロジェクト対象地の主な社会状況

ID	P009	P010	F009	F022	F006	
地名	Marobe Marofoty	Analaisoke	Lefonjavy	Anjira	Bemamba Antsatra	
ゾーン	D Ambovombe 市街地と周辺	C Ambondr 町と周辺	F Ambovombe 盆地	E 海岸砂丘	B Antanimora 南部	
コミューン	Ambovombe Androy	Sihanamaro	Ambohimalaza	Antaritarika	Antanimora	
フクタン人口	570	806	630	1,093	400	
社会インフラ	小学校	Ambovombe 市街地の学校	小学校 1	-	小学校 1	-
	医療機関	Ambovombe 市街地の医療機関	-	-	CSB 1	-
	市場	Ambovombe 市街地の定期市、店舗	-	-	-	-
	道路状況	市街地に国道 10 号線と 13 号線	コミューン中心地への地方道	小道、国道 13 号線から 16 km	コミューンの中心地への地方道	小道、国道 13 号線から 3 km

出典：JICA 調査団, 2006

### 6.3.2 パイロットプロジェクト対象地の経済状況

Lefonjavy の一世帯は年に 1,366,017Ar の収入を得ているが、一方、Marobe Marofoty の世帯年収は 328,250Ar である。しかし村落を観察したところでは、一部の村人は収入を FMG (以前用いられていた通貨単位、1FMG は 0.2Ar に等しい) で回答している可能性がある。収入源は農業、牧畜、商業及び鉱山への一時的あるいは季節的な収穫である。世帯の主な収入源を表 6.3.2-1 にまとめた。

表 6.3.2-1 パイロットプロジェクト対象地の主な収入源

主な収入源		P009 Marobe Marofoty	P010 Analaisoke	F009 Bemamba Antsatra	F022 Anjira	F006 Lefonjavy
農業	世帯数	10	11	2	10	15
牧畜	世帯数	6	10	17	15	17
商業	世帯数	7	0	16	0	0
その他	世帯数	8	13	3	3	0
年平均収入 (Ar)		328,250	382,514	747,089	1,130,469	1,367,017
年平均年支出 (Ar)		231,317	322,503	299,589	1,092,506	458,806

出典: JICA 調査団 2006

### 6.3.3 水利用の現況

試掘地点 14 ヶ所で実施した住民への聞き取り調査結果によれば、現在の水利用の状況は以下の通りである。

- (1) 住民の使用水量は、14 地点すべて 1 日 1 人当たり 10ℓ 以下である。
- (2) パイロットプロジェクト対象地 5 地点の中で、Analaisoke と Lefonjavy (ゾーン C とゾーン F)

は無料の水を利用している。他のパイロットプロジェクト実施地では住民は井戸、公共水栓、水売り人から水を購入している。

(3) 水が有料である場合は、住民は、従量制または定額制という二通りの方法のいずれかで料金を支払っている。定額制の水料金は、従量制の水料金に比べて低い。従量制の例では、Anjira の世帯は月額平均 46,000Ar を水売り人に支払っており、Marobe Marofoty の世帯は月額平均 12,667Ar を水売り人ないし公共水栓に支払っている。定額制の例では、Bemamba Antsatra の世帯が水料金として支払っているのは年額 1,400Ar である。

(4) Bemamba Antsatra の住民のみが水源管理のための組織を経験している。Marobe Marofoty の住民は、自身では組織を構成していないが、日常水を汲んでいる公共水栓の維持管理のために設置されている給水委員会の存在は認識している。第 6.3.3-1 表は、パイロットプロジェクト実施前の各地点での水利用の状況をまとめたものである。

表 6.3.3-1 パイロットプロジェクト実施前の水利用状況

地点名		P009	P010	F006	F009	F022
		Marobe Marofoty	Analaisoke	Bemamba Antsatra	Lefonjavy	Anjira
水源	無料の水源	-	- 雨水貯水槽 - 天水溜 - 伝統井戸 - 池・湿地	- 河川 - 池・湿地 - 伝統井戸	- 河川 - 池・湿地	- 河川
	有料の水源	- 公共水栓 - 伝統井戸	-	- 公共水栓	-	- 水売り人 (河川水)
水源の評価	水源管理の組織	-	-	住民は給水委員会に所属	-	-
	距離	公共水栓: 1.5km 伝統井戸: 0.8km	井戸: 村内 天水溜: 村内 貯水槽: 村内	河川: 0.3km 池・湿地: 0.2km 伝統井戸: 村内 公共水栓: 5 km	河川: 30 km 池・湿地: 1 km と 6 km	河川: 12 km 水売り人: 村内
	水量	- 不十分	- 不十分	不十分(河川、池・湿地、伝統井戸) 平均的(公共水栓)	- 不十分	- 不十分
	水質	平均的(公共水栓) 悪い(伝統井戸)	- 悪い	平均的(河川、池・湿地、伝統井戸) 悪い(公共水栓)	- 悪い	- 悪い
	水料金	100 Ar/ バケツ (13ℓ)	-	1,400Ar/世帯/年	-	300 ~ 400 Ar/バケツ (13ℓ)
水利用料及び支出額	一人あたり給水量 (各地点で調査を行った 18 世帯の平均)	6.26 ℓ/人・日	10.8 ℓ/人・日	6.59 ℓ/人・日	9.91 ℓ/人・日	5.79 ℓ/人・日
	水料金支払い方法	従量制(通常は 20Ar/バケツ)	-	定額制	-	従量制
	水料金支払額 (各地点で調査を行った 18 世帯の平均)	12,667Ar/世帯/月	-	1,400 Ar/世帯/年	-	46,000Ar/世帯/月

出典: JICA 調査団、2006



## 6.4 住民の参加および給水委員会の運営能力開発

### (1) マ国の方針

2005年6月、MEMは、国内の農村部における給水プロジェクトを効率的に実施・管理するための「給水・浄水プロジェクト実施マニュアル（Manuel de Procedure 2005）」を策定した。本マニュアルによれば、手押しポンプ付き給水地点および自然流下の導水・ポンプ加圧給水に係る運営維持管理は、専ら裨益住民によるべきものとされている。

### (2) 住民啓発活動

マ国の基本方針に則り、パイロットプロジェクト対象各村落において給水委員会の研修を実施した。まず、委員会設立、自立的運営維持管理体制、保健衛生等の重要性について理解を深めるためのワークショップを行った。この活動は、以下の2つの意味を持っている。

- 水料金の概念、運営維持管理システム、住民中心の委員会設立等の重要性・必要性理解のための住民の意識向上および水運営能力強化
- 日常生活における保健衛生の重要性に係る住民の意識向上および給水施設運営能力強化

## 6.5 給水委員会（CPE）設立および水料金

### 6.5.1 給水委員会（CPE）設立

給水委員会（CPE）は、給水地点において運営維持管理体制を自立的に保証する、住民を中心とした組織であり、下記の責務を有する。

- (a) 住民を代表すること
- (b) 啓発活動およびモニタリング
- (c) 財務管理

図 6.5-1 は、典型的な給水委員会の組織図であり、委員および補助員の構成、ならびに各職務の責任内容を示している。

各パイロットプロジェクト対象村落において、2006年2～3月に、給水委員会を立ち上げた。委員会立ち上げのプロセスは、図 6.5.1-1、図 6.5.1-2 に示すとおりである。

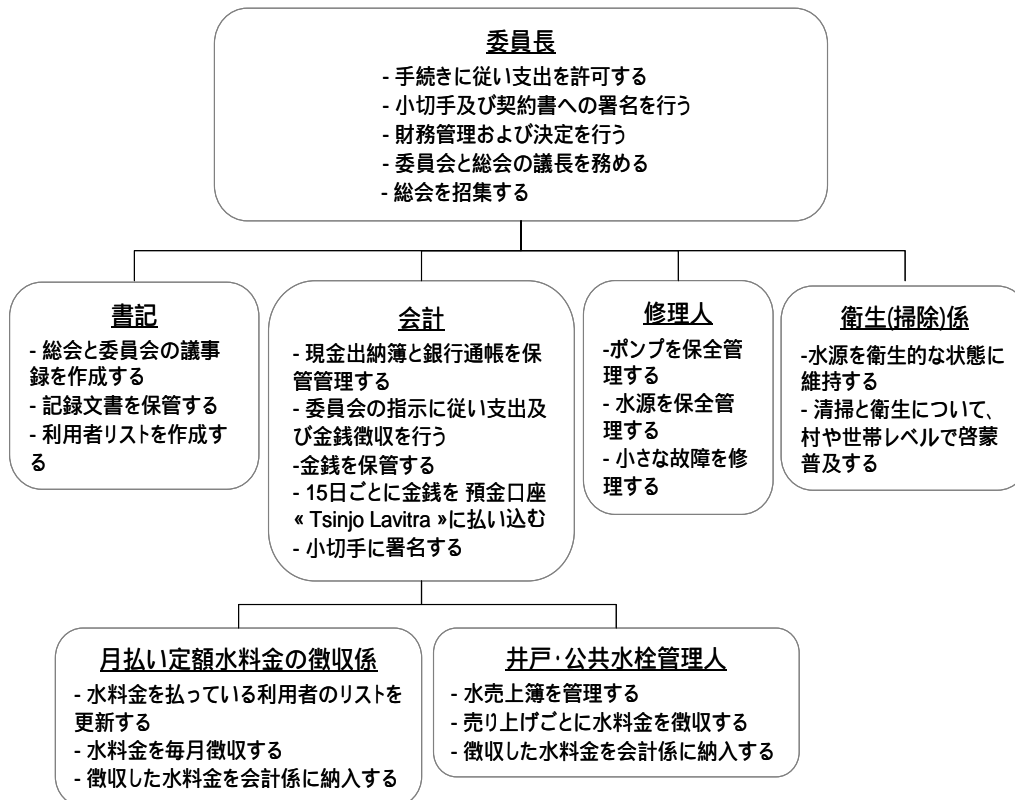


図 6.5.1-1 典型的な給水委員会 (CPE) の組織図

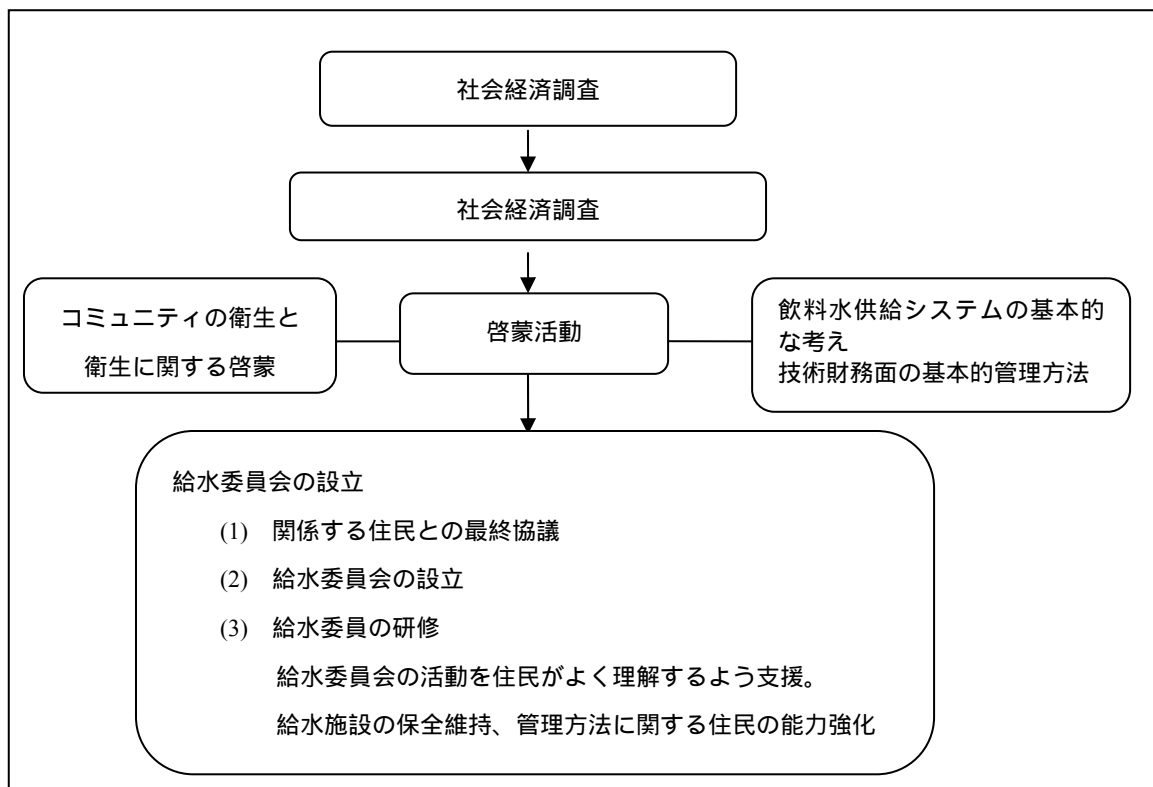


図 6.5.1-2 給水委員会立ち上げのプロセス

## 6.5.2 水料金

## (1) 販売方法

啓発活動と研修に続いて、各パイロットプロジェクト対象村落の給水委員会は、それぞれに水料金を設定した。すなわち、従量制 (volumetrique) を導入した委員会は 13ℓ 入りバケツ 1 杯の値段、月払い定額制 (cotisation mensuelle) を導入した委員会は、1 世帯 1 ヶ月当たりの定額料金を、それぞれ設定した。

表 6.5.2-1 パイロットプロジェクト対象 5 村落における水料金徴収システム

No.	井戸番号	村落名	コミューン	人口	給水システム	加入費	水料金 (村落民)	水料金 (対外部)	家畜用水料金
1	P009	Marobe Marofoty	Ambovombe	570	従量制	-	10Ar/小バケツ 20Ar/中バケツ 30Ar/大バケツ	-	-
2	P010	Analaisoke	Sihanamaro	850	定額制	-	100 Ar/世帯/月	-	-
3	F009	Lefonjavy	Ambohimalaza	630	定額制	-	1,000Ar/世帯/月	-	-
4	F022	Anjira	Antaritarika	315	従量制	-	20Ar/バケツ 50Ar/バケツ(乾期)	50Ar/バケツ	-
5	F006	Bemamba Antsatra	Antanimora	410	定額制	500 Ar	1,000Ar/世帯/月	1,000 Ar/世帯/月	加入金:1,200Ar/月 定額料金:1,000Ar

## (2) 運営の基本パターン

給水委員会による運営の基本パターン、すなわち料金徴収体系は、図 6.5.2-1 に示すとおりである (左側が月払い定額制の、右側が従量制の、それぞれ料金徴収の仕組みを示している)。

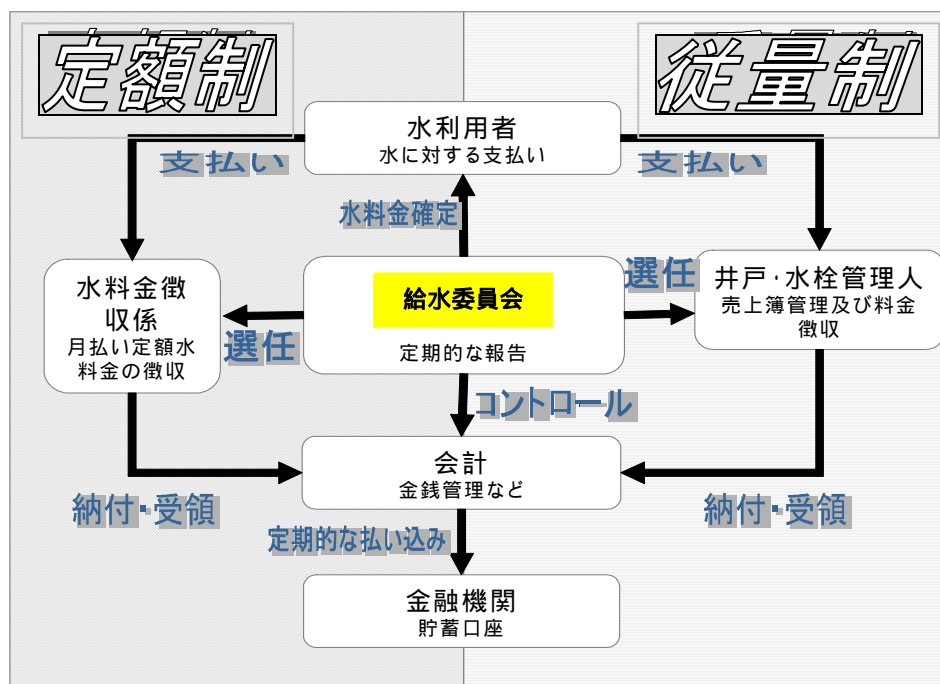


図 6.5.2-1 基本的な料金徴収体系（左：月払い定額制、右：従量制）

### (3) 一般的な水料金試算

ここで、料金徴収システム毎、また裨益人口毎に、水料金の試算結果を示す（個々のパイロットプロジェクト対象村落における試算ではなく、一般的な試算である）。なお、一般的に、採算性の観点から、人口 500 人程度以下の村落には、ロープポンプ、または足踏みポンプを、人口 1,000 人以上の村落には太陽光揚水システムを導入するのが妥当となる。

#### 1) 月払い定額制の場合

月払い定額制の場合における料金試算の前提条件は、表 6.5.2-2 に示すとおりである。

表 6.5.2-2 月払い定額制料金試算の前提条件

条件	数値
平均世帯規模	6.4 人
ポンプの平均耐用年数	8 年
維持管理費（スペアパーツ）	ポンプ価格の 5%

#### (a) ロープポンプ

表 6.5.2-3 に示すとおり、裨益人口 300 人の場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、1 世帯あたり月に 467 Ar を支払わなければならない（最大の場合）。一方、裨益人口 1,000 人の場合、日常の維持管理費用のみまかなえればよいとするれば、1 世帯あたり月に 40 Ar 払えば済むことになる（最小の場合）。

表 6.5.2-3 月払い定額制の場合の水料金試算（ロープポンプ）

項目	初期施設建設費	ケース 1	ケース 2	単位
初期施設建設費(ポンプ設備)	1,500,000	-	-	Ar
更新費		187,500	-	Ar/年
維持管理費		75,000	75,000	Ar/年
合計		262,500	75,000	Ar/年
定額制: 裨益人口 = 300		467	133	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 500		280	80	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 1,000		140	40	Ar/世帯/月

## (b) 足踏みポンプ

表 6.5.2-4 に示すとおり、裨益人口 300 人の場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、1 世帯当たり月に 1,493 Ar を支払わなければならない（最大の場合）。一方、裨益人口 1,000 人の場合、日常の維持管理費用のみまかなえれば良いとするれば、1 世帯当たり月に 128 Ar 払えば済むことになる（最小の場合）。

表 6.5.2-4 月払い定額制の場合の水料金試算（足踏みポンプ）

項目	初期施設建設費	ケース 1	ケース 2	単位
初期施設建設費(ポンプ設備)	4,800,000	-	-	Ar
更新費		600,000	-	Ar/年
維持管理費		240,000	240,000	Ar/年
合計		840,000	240,000	Ar/年
定額制: 裨益人口 = 300		1,493	427	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 500		896	256	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 1,000		448	128	Ar/世帯/月

## (c) 太陽光利用揚水施設

表 6.5.2-5 に示すとおり、裨益人口 300 人の場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、設備保険金、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、1 世帯当たり月に 27,464 Ar を支払わなければならない（最大の場合）。一方、裨益人口 1,000 人の場合、日常の維持管理費用のみまかなえればよいとするれば、1 世帯当たり月に 672 Ar 払えば済むことになる（最小の場合）。

表 6.5.2-5 月払い定額制の場合の水料金試算（太陽光利用揚水施設）

項目	初期施設建設費	ケース 1	ケース 2	ケース 3	単位
初期施設建設費(太陽光発電機器、ポンプ設備)	54,000,000	-	-	-	Ar
更新費		3,388,235	-	-	Ar/年
修理費		540,000	540,000	540,000	Ar/年
太陽光揚水システム修理補償費		10,800,000	10,800,000	-	Ar/年
人件費		720,000	720,000	720,000	Ar/年
合計		15,448,235	12,060,000	1,260,000	Ar
定額制: 裨益人口 = 300		27,464	21,440	2,240	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 500		16,478	12,864	1,344	Ar/世帯/月
定額制: 裨益人口 = 1,000		8,239	6,432	672	Ar/世帯/月

注) 太陽光発電修理補償費：当初 5 年間はメーカー保障、5 年後から発生

## 2) 従量制の場合

従量制の場合における料金試算の前提条件は、図 6.5.2-6 に示すとおりである。

表 6.5.2-6 従量制料金試算の前提条件

条件	数値
1人1日平均給水量	10ℓ/人・日
ポンプ平均耐用年数	8年
維持管理費	ポンプ価格の5%

## (a) ロープポンプ

表 6.5.2-7 に示すとおり、裨益人口 500 人が 1 人 1 日 10ℓ 使用する場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、裨益者は 1ℓ 当たり 0.146 Ar を支払わなければならない。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、1.9 Ar となる。一方、日常の維持管理費用のみまかなえればよいとするれば、裨益者の支払う額は 1ℓ 当たり 0.042 Ar で済むことになる。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、0.54Ar となる。

同計算結果は、1 人 1 日平均給水量が多くなればなるほど漸減する。すなわち、1ℓ 当たり（あるいは 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たり）の単価が低くなる。

表 6.5.2-7 従量制の場合の水料金試算（ロープポンプ）

項目	初期建設費	更新費用含む	維持管理費	単位
初期建設費(ポンプ設備)	1,500,000	-	-	Ar
更新費用		187,500	-	Ar
維持管理費		75,000	75,000	Ar
合計		262,500	75,000	Ar
人口500人の場合				
10ℓ/人・日		0.146	0.042	Ar/ℓ
15ℓ/人・日		0.097	0.028	Ar/ℓ
20ℓ/人・日		0.073	0.021	Ar/ℓ
30ℓ/人・日		0.049	0.014	Ar/ℓ
10ℓ/人・日		1.9	0.54	Ar/バケツ

## (b) 足踏みポンプ

表 6.5.2-8 に示すとおり、裨益人口 500 人が 1 人 1 日 10ℓ 使用する場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、裨益者は 1ℓ 当たり 0.5 Ar を支払わなければならない。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、6.1 Ar となる。一方、日常の維持管理費用のみまかなえればよいとするれば、住民の支払う額は 1ℓ 当たり 0.1 Ar で済むことになる。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、1.7 Ar となる。

同計算結果は、1 人 1 日平均給水量が多くなればなるほど漸減する。すなわち、1ℓ 当たり（あるいは 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たり）の単価が低くなる。

表 6.5.2-8 従量制の場合の水料金試算（足踏みポンプ）

項目	初期施設建設費	ケース 1	ケース 2	単位
初期建設費(ポンプ設備)	4,800,000	-	-	Ar
更新費用		600,000	-	Ar
維持管理費		240,000	240,000	Ar
合計		840,000	240,000	Ar
人口500人の場合				
10 ℓ/人・日		0.5	0.1	Ar/ℓ
15 ℓ/人・日		0.3	0.1	Ar/ℓ
20 ℓ/人・日		0.2	0.1	Ar/ℓ
30 ℓ/人・日		0.2	0.04	Ar/ℓ
10 ℓ/人・日		6.1	1.7	Ar/バケツ

## (c) 太陽光利用揚水施設

表 6.5.2-9 に示すとおり、裨益人口 1,000 人が 1 人 1 日 10ℓ 使用する場合、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、設備保険金、日常の維持管理費用を全て保証しようとするれば、住民は 1ℓ 当たり 1.6 Ar を支払わなければならない。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、20.7 Ar となる。一方、日常の維持管理費用のみまかなえればよいとすれば、住民の支払う額は 1ℓ 当たり 0.4 Ar で済むことになる。すなわち 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たりの水価格は、4.6 Ar となる。

同計算結果は、1 人 1 日平均給水量が多くなればなるほど漸減する。すなわち、1ℓ 当たり（あるいは 13ℓ 入りバケツ 1 杯当たり）の単価は安くなる。例えば、裨益人口 1,000 人が 1 人 1 日 15ℓ、20ℓ、30ℓ 使用する場合の 1ℓ 当たりの水価格は、耐用年数経過後のポンプを含む設備更新、設備保険金、日常の維持管理費用を全て保証するとして、それぞれ 1.1 Ar、0.8 Ar、0.5 Ar である。

表 6.5.2-9 従量制の場合の水料金試算（太陽光利用揚水施設）

項目	初期施設建設費	ケース 1	ケース 2	ケース 3	単位
施設建設費(太陽光発電機器、ポンプ)	5,400,000	-	-	-	Ar
更新費		3,388,235	-	-	Ar/年
修理費		540,000	540,000	540,000	Ar/年
太陽光発電修理補償費		1,080,000	1,080,000	-	Ar
人件費		720,000	720,000	720,000	Ar/年
合計		5,728,235	2,340,000	1,260,000	Ar
人口1,000人の場合					
10 ℓ/人・日		1.6	0.7	0.4	Ar/ℓr
15 ℓ/人・日		1.1	0.4	0.2	Ar/ℓr
20 ℓ/人・日		0.8	0.3	0.2	Ar/ℓr
30 ℓ/人・日		0.5	0.2	0.1	Ar/ℓr
10 ℓ/人・日		20.7	8.5	4.6	Ar/バケツ

注) 太陽光揚水システム修理補償費：当初 5 年間はメーカー保障、5 年後から発生

## 6.6 パイロットプロジェクトのモニタリング

### 6.6.1 パイロットプロジェクトモニタリングの概要

#### (1) 目的

本パイロットプロジェクトの目的は、設立した給水委員会および裨益住民の運営維持管理能力を強化することのみならず、当初の期待値と対する実際の結果の比較をもって住民の現在の運営維持管理能力を見極め、将来の効果的な運営維持管理計画に反映させるための情報をそこから得ることである。

#### (2) 実施方法および内容

モニタリング活動は、Antananarivo に拠点を置くマ国籍の NGO に再委託して行った。同活動の主な内容は、下記のとおりである。

- 1) 施設運営状況のモニタリングと運営管理者への巡回指導
- 2) 給水委員会の運営状況モニタリング
- 3) 住民の衛生活動改善度モニタリング
- 4) 住民の給水状況改善度モニタリング
- 5) 問題点の把握と改善策の検討
- 6) 現場への改善点の指導

上記6項目につき、1.5ヶ月の時間をおいて2度チェックする方式をとった。2度の現場チェック結果は、比較が容易な表にまとめ本編に記載している。

#### (3) 期間

モニタリング活動期間は、2006年7～9月である。



## 6.7 パイロットプロジェクト結果

### 6.7.1 給水委員会による運営維持管理

#### (1) 水料金

パイロットプロジェクトを通して住民の支払い能力を考慮しつつ、給水システムの持続性を確保するために適切な水料金試算を行った。

##### 1) 社会調査から得られた数値

2005年12月に、14の試掘現場村落で行った追加社会調査の結果によれば、住民が受け入れられる(13ℓバケツ1杯当たりの)水価格は、1~100 Arの幅におさまった(図6.7.1-1)。すなわち、住民が支払ってもよいと思える価格は、平均で29.6 Arであった。

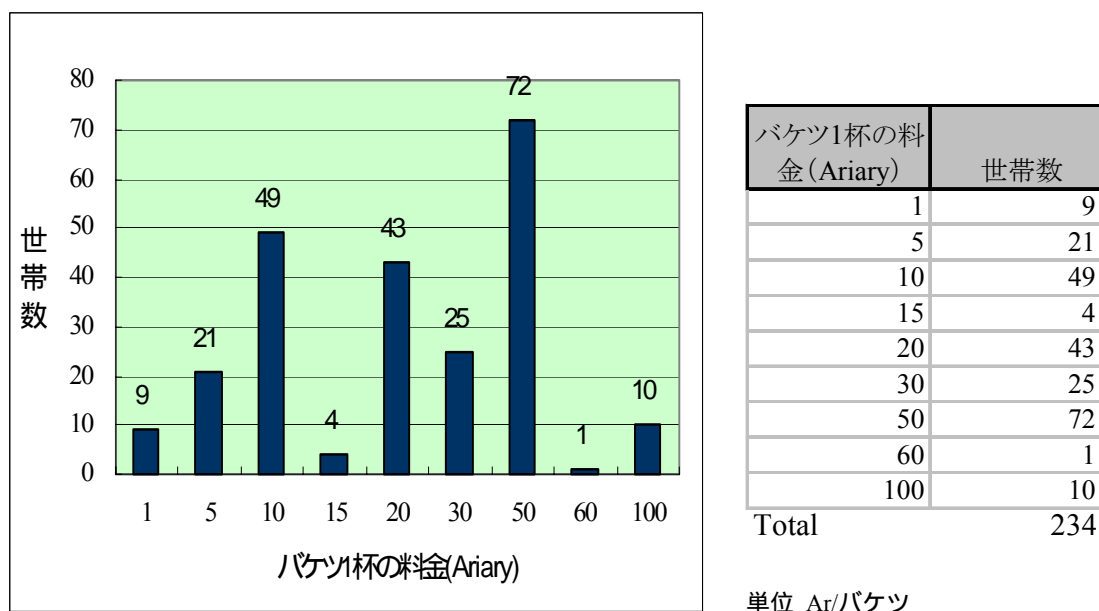


図 6.7.1-1 住民が支払い可能な最高水価格の分布

##### 2) 妥当な水価格設定

社会調査の結果、妥当な水価格は、概ね、表6.7.1-1のとおりと想定される。すなわち、従量制の場合は、13ℓバケツ1杯当たり、最大で50 Ar程度、月払い定額制の場合は、1世帯・1ヶ月当たり、最大で1,000 Ar程度が、住民が現在の経済状況で負担できる限界ということになる。ただし、これは給水システム導入時の値であり、導入後時間が経過するに連れて、価格の見直しも可能であろう。特に、余剰効果が顕著であったF006のように、住民のインセンティブが明確な場合には、その実現可能性も高いと思われる。

表 6.7.1-1 想定される妥当な水価格

支払い方法	水価格 (Ar)	単位
従量制	30 ~ 50	13ℓバケツ1杯
月払い定額制	500 ~ 1000	1世帯・1ヶ月

## (2) 運営維持管理システムの枠組み

## 1) 運営維持管理システムの枠組み

図 6.7.1-2 は、給水地点の運営維持管理に係る 3 給水地点の基本的な協力体制概念を示している。すなわち、日常の運営は給水委員会が中心となっており、技術的側面および運営指導・啓蒙等を、地域公益機関や NGO、機材納入業者が支援する形を取る。初期の段階では、給水委員会には特に運営面（正確な料金徴収）に主体性を持たせることが重要である。

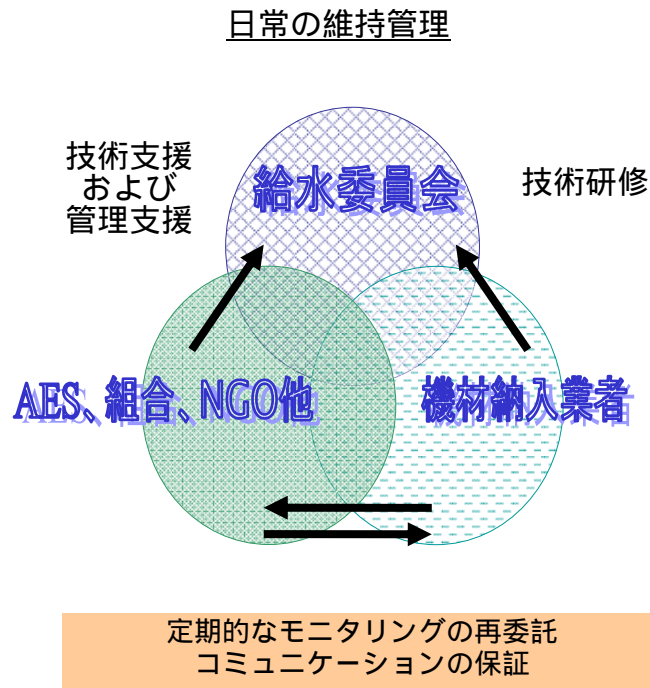


図 6.7.1-2 ステークホルダーの基本的な協力体制概念

## 2) 給水システムの持続性確保に係るキーポイント

運営維持管理主体が住民自身である給水システムの持続性確保には、下記のポイントが特に重要である。

- (a) リーダーシップ
- (b) 会計の透明性
- (c) 給水委員会の研修・啓蒙
- (d) 他のステークホルダーとの協力体制確立

\*\*\*\*\*