


NO. 1

マダガスカル共和国
南部地方給水計画
基本設計調査報告書

平成8年2月

JICA LIBRARY

7 1131126 (3)

国際協力事業団
日本技術開発株式会社
(株)三祐コンサルタンツ

無調
CR(2)
96-047

LIBRARY



1131126[3]

マダガスカル共和国
南部地方給水計画
基本設計調査報告書

平成8年2月

国際協力事業団
日本技術開発株式会社
(株)三祐コンサルタンツ

序 文

日本国政府は、マダガスカル共和国政府の要請に基づき、同国の南部地方給水計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成7年6月7日より7月21日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、マダガスカル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いたしました。帰国後の国内作業の後、平成7年10月14日から平成7年11月6日まで実施された基本設計概要書案の現地説明と一部の追加調査を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

本報告書が、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。

終りに、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 8 年 2 月

国際協力事業団
総 裁 藤 田 公 郎

伝 達 状

今般、マダガスカル共和国における南部地方給水計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、事業団との契約に基づき弊社が、平成7年6月4日より平成8年2月26日までの9.0ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、マダガスカルの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

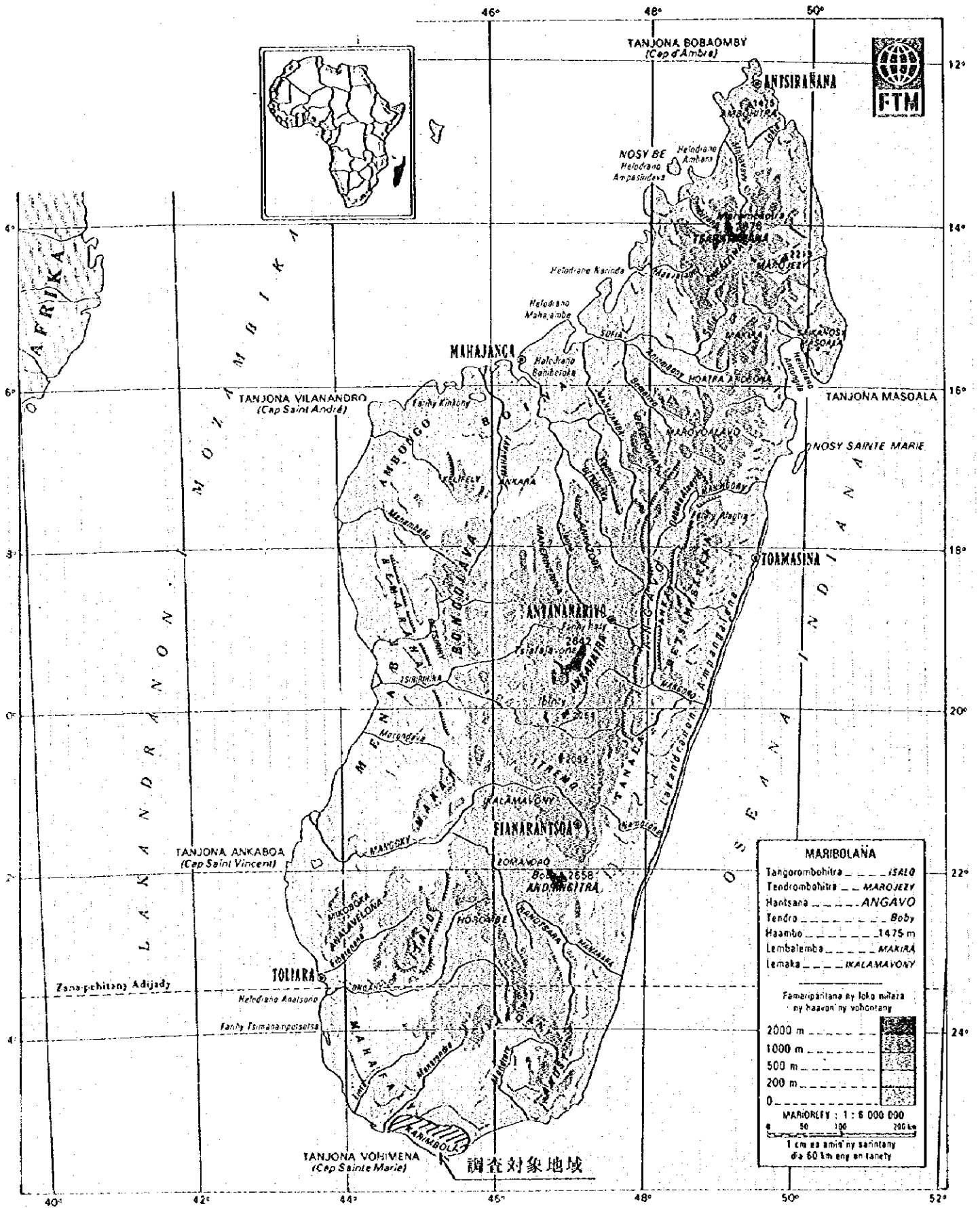
つきましては、本計画の推進にむけて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 8 年 2 月

日本技術開発株式会社
株式会社三祐コンサルタンツ

南部地方給水計画基本設計調査団
業務主任 森 憲

調查対象地域位置図



MARIBOLAÑA

Tangorombohitra	ISALO
Tendrombohitra	MAROJEZY
Hantsana	ANGAVO
Tendra	BODY
Haambo	1475 m
Lembelemba	MAKIRA
Iemaka	IKALAMAVONY

Fampiparitana ny loko mitaizany haavon'ny vohontany

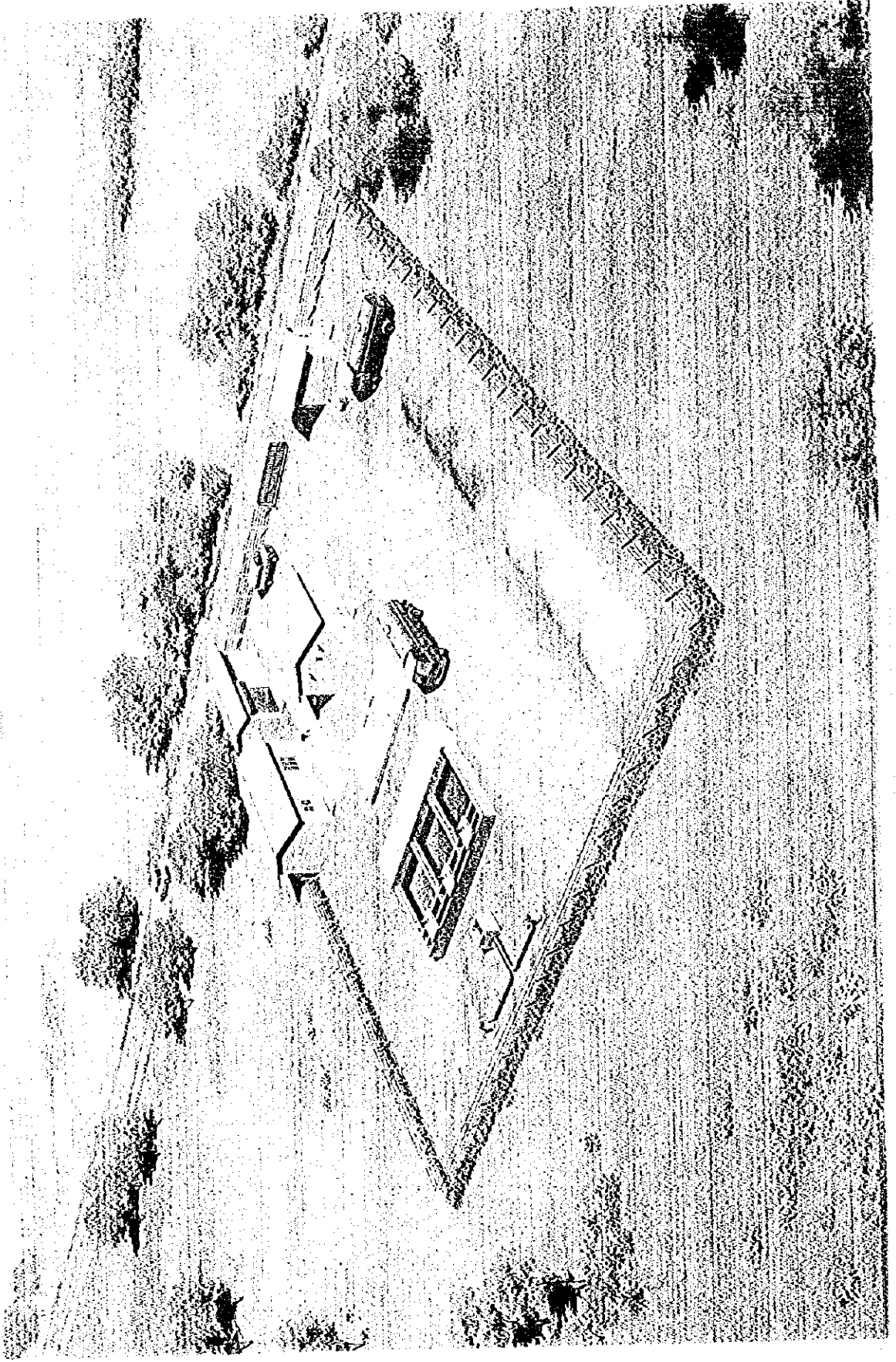
2000 m	[Dark shading]
1000 m	[Medium-dark shading]
500 m	[Medium-light shading]
200 m	[Light shading]
0	[White]

MARIORIFY : 1 : 6 000 000

0 50 100 200 Km

1 cm eo amin'ny sarintany dia 60 km eny an-tanany

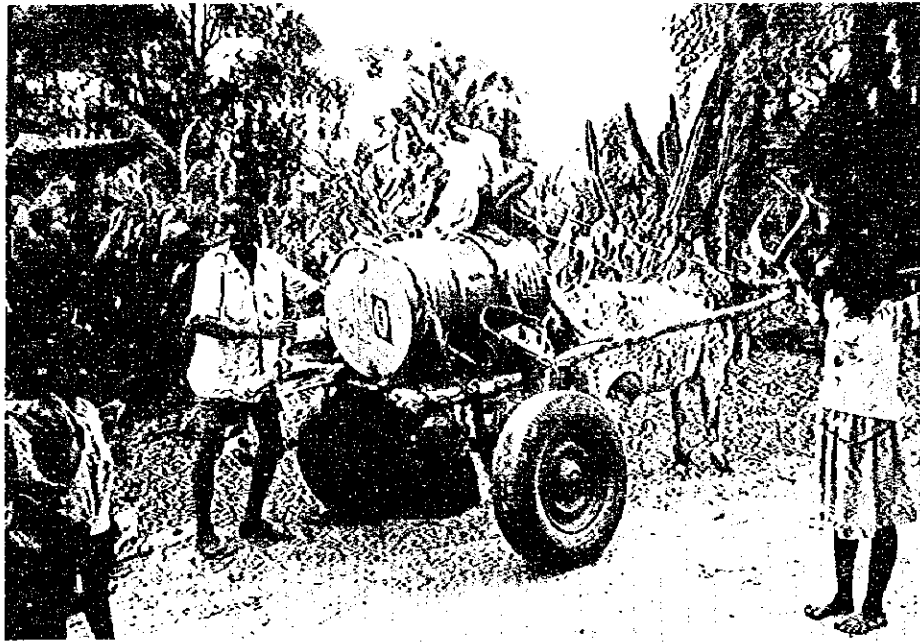
完成予想図



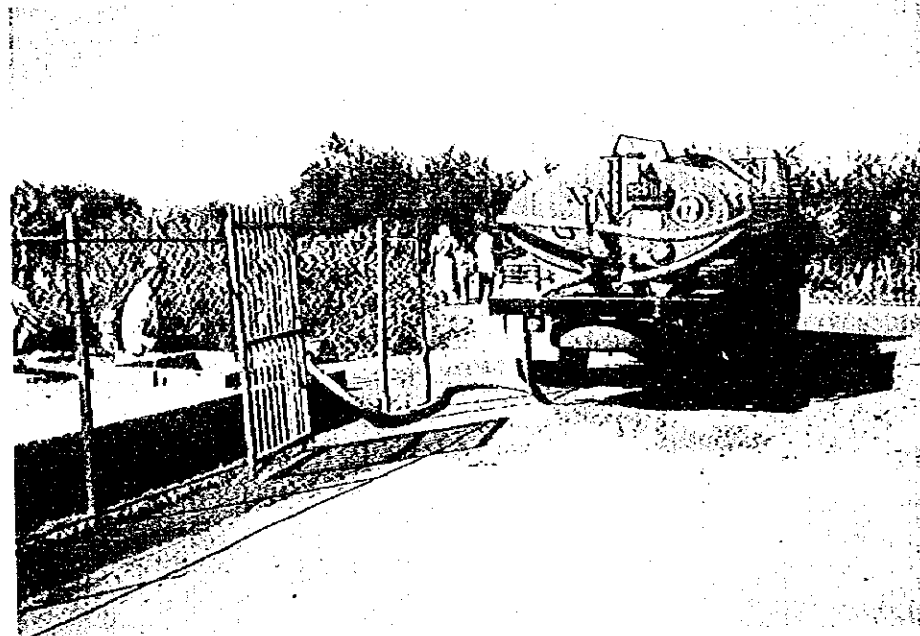


(現地状況)

乾期の
Manambovo川の
河床を掘って
取水する人

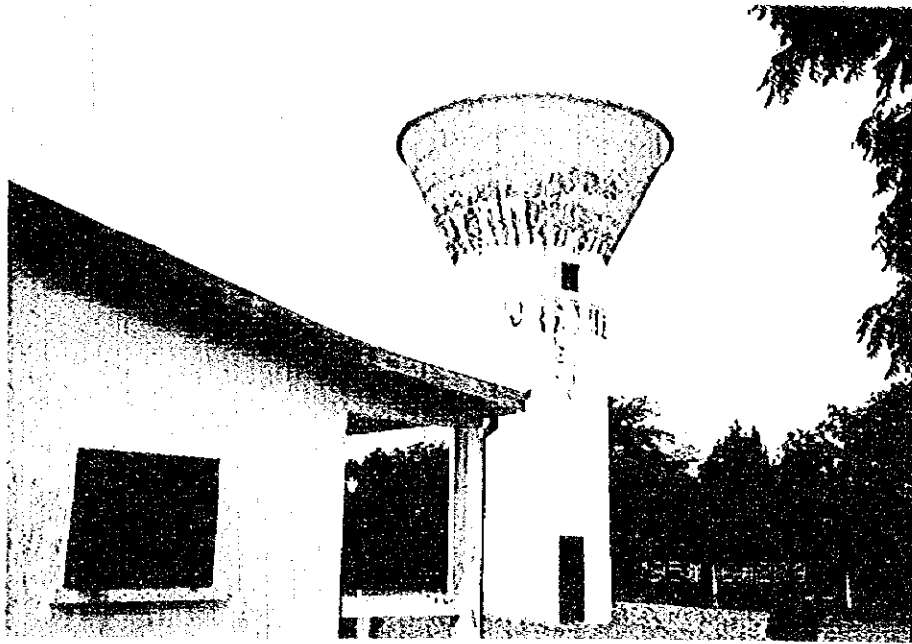


ドラムカンによる
水売人 Tsihombe

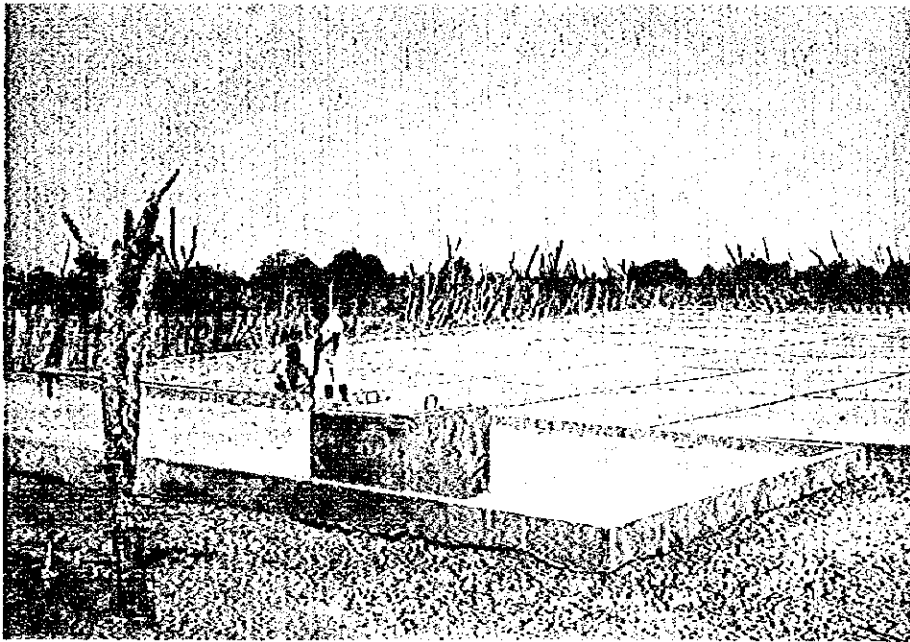


Amboasary浄水場
貯水槽から給水車に
水を汲み上げている

(現地状況)



Belohai市内の
送水管接続予定の
JIRAMA高架水槽



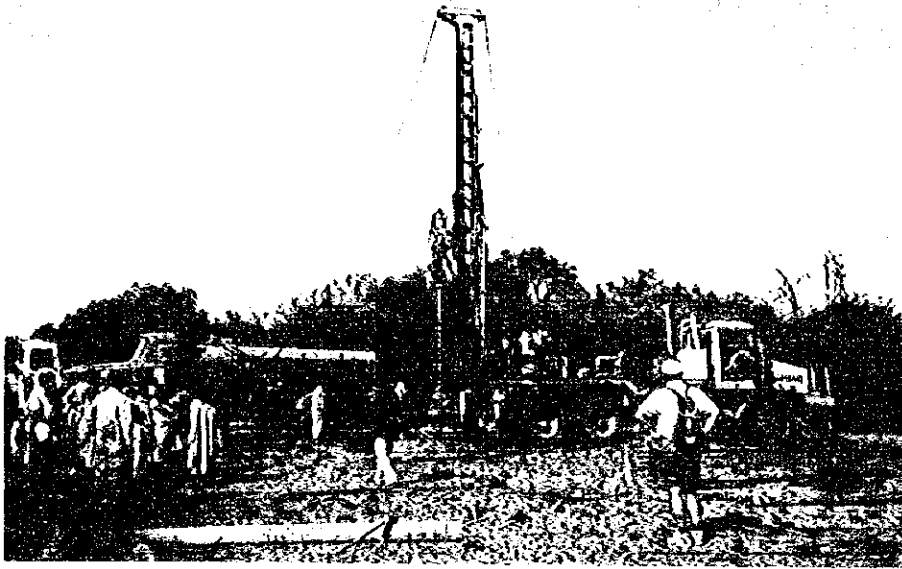
天水溜めの全景
Ambalanosy



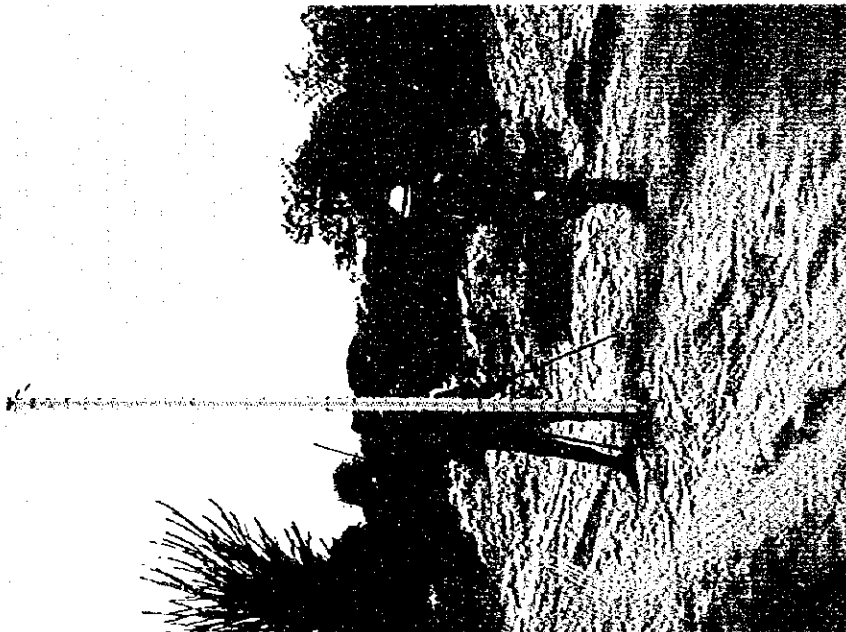
給水先の村落風景
Analamary

(作業状況)

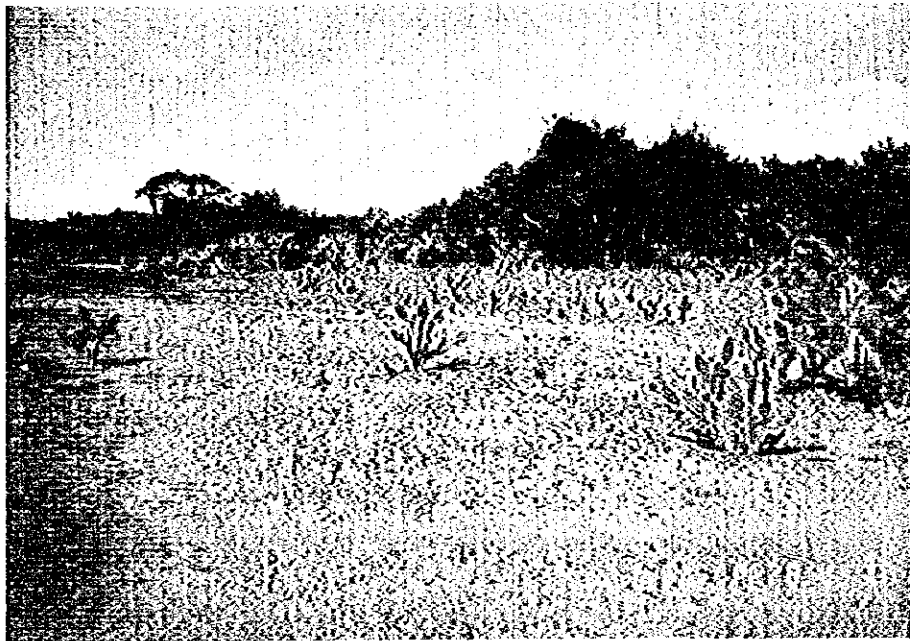
Ampotaka (取水点) の
ボーリング試験



Ampotakaにおける
揚水試験風景



管敷設道路の
路線測量
Manombo



(建設予定地)

浄水場建設
予定地
Ampotaka



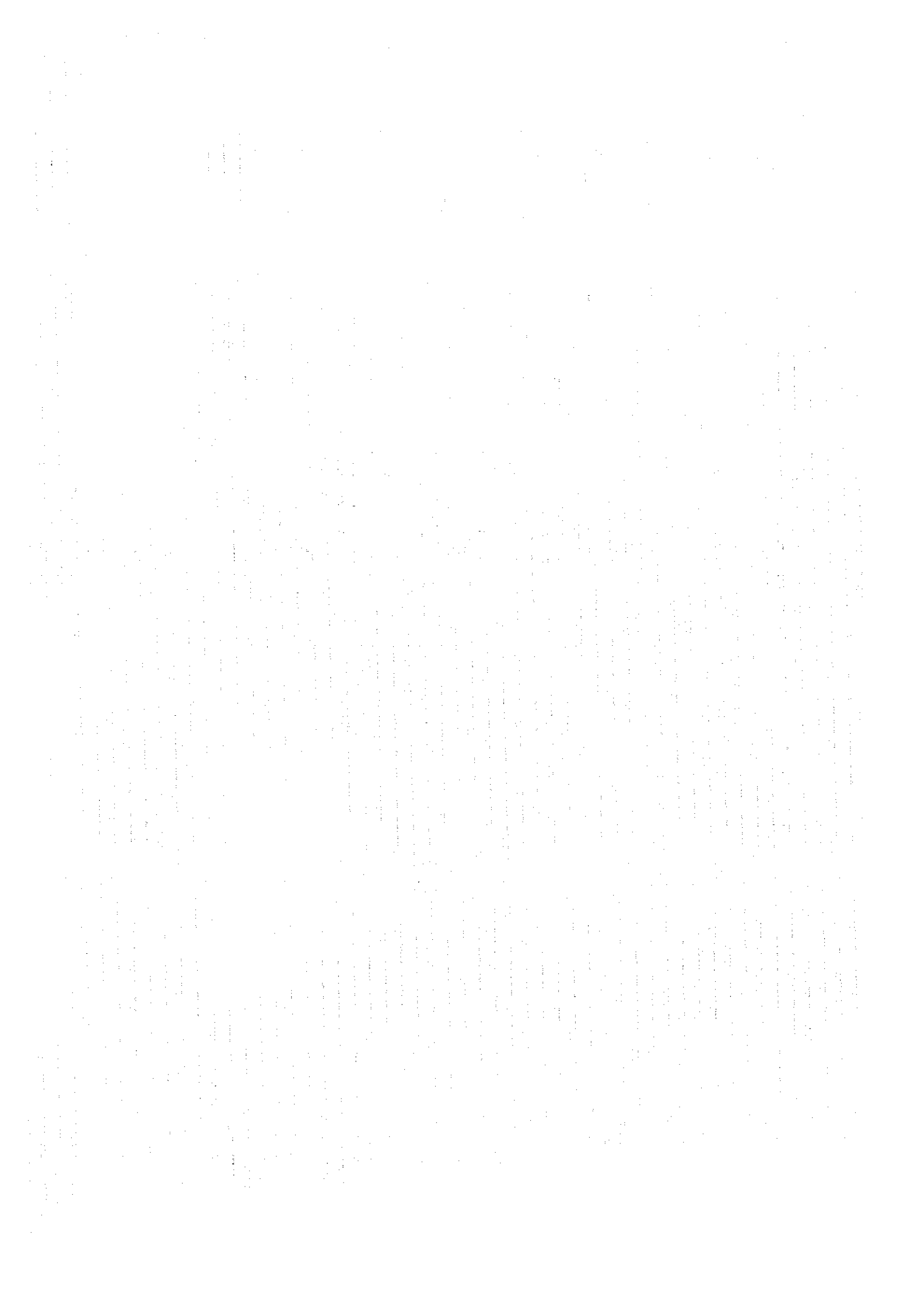
管敷設道路の状況
(砂道)
Zampongotra



管敷設道路の状況
(ラテライト道)
Bereny

略語集

AES	Alimentation en Eau dans le Sud (南部給水計画局)
BAD (AfDB)	African Development Bank (アフリカ開発銀行)
FAC	Fonds d'Aide et Cooperation (援助協力基金-仏)
FAD (AfDF)	African Development Fund (アフリカ開発基金)
FED (EDF)	European Development Fund (欧州開発基金)
IDWSSD	International Drinking Water Supply and Sanitation Decade (国際飲料水供給と衛生の10か年1991-2000)
JIRAMA	Jiro sy Rano Malagasy (マダガスカル水・電気公社)
MEM (MIEM)	Ministere de l'Energie et des Mines (エネルギー鉱業省)
PNUD (UNDP)	United Nations Development Programme (国連開発計画)
PIP	Programme d'Investissement Public (公共投資計画)
SSPA	Strategie Sectorielle et Plan d'Action (分野別戦略と行動計画：マダガスカル計画省)
UNICEF	United Nations Children's Fund (国際連合児童基金)
WHO	World Health Organization (世界保健機構)
FMG	FRANC MALAGASY



要 約

マダガスカル共和国（以下「マ」国とする）はアフリカ大陸の東海岸からモザンビーク海峡を挟んで390kmの距離にある島国で南緯11度57分～25度38分、東経43度12分～50度17分に位置する。島の形状は南北1,580km、東西580kmと南北に長く、面積は58.7万平方キロメートルで世界で4番目に大きな島である。気候は全体がほとんど熱帯に位置し南回帰線が島の南部を横断している。人口は1993年時点で13,006千人である。1993年のG N Pは一人当たり230US\$である。

「マ」国政府は、社会・経済発展の基本的な条件として生活水の安定供給を重要な課題としており、「国家計画」（1978～2000年）の長期目標及び「5カ年計画」（1986～1990年）の中期目標のなかで一貫して清潔な水の安定供給を最優先事項として取り上げている。この目標を達成すべく、「マ」国政府は自己資金に加え国際機関や外国の援助のもとに計画を推進しているが、適切な給水施設の普及率は全国平均で23%とサハラ以南のアフリカの平均値45%に比較しても著しく低い現状である。

国内の年間降雨量は300～3,600mmと地域により大きな違いがあり、特に南西部及び南端部は400～600mmと少なく、海岸に近づくにつれ少なくなる。調査対象地域のToliara州南部海岸地方は生活水の取得に昔からその労力の大半を費やしてきた。更に一人あたりの同地域内の生産額は一人あたり国内総生産額の1/3程度で、「マ」国でも最も貧しい地域となっている。

「マ」国は1980年に南部地方の給水問題を解決する目的でA E S（南部給水計画局）を設立し、自国資金や国際援助機関等の協力により、天水溜や井戸の建設を行い給水事業を推進してきた。1970年代以降に実施された天水溜を利用する給水計画は、降雨が少ないために天水溜の年間の利用期間が短く、地域の水不足の問題を解決するに至っていない。同地域内のAmbovombe県には、1990年、1991年の我が国の無償資金協力により実施となった「南部生活用水供給計画」で建設されたAmboasary浄水場・Ambovombe市内配水管施設及び給水車・整備機材からなる給水施設（以下Ambovombe給水システムとする）がある。同システムの建設によりAmbovombe県の住民6.7万人が衛生的な飲料水の供給を受けるようになった。Ambovombe県に隣接のTsihombe県及びBeloha県の住民は、雨期には住居から5km程度の範囲にある天水溜め、井戸及び地表の水溜りを利用して一人一日20リットル程度の生活用水を得ているが、乾期の7ヶ月には生存に必要な最低限の水量を得ることも困難な状況にある。

このような現状を解決するために、「マ」国は1995年1月に我が国に同地域のTsihombe県及びBeloha県における給水施設の建設と給水車等の調達について無償資金協力を要請した。この要請に対して国際協力事業団は1995年6月7日から7月21日まで基本設計調査と1995年10月14日から1995年11月6日までの補足調査のための調査団を同国へ派遣した。調査団は同国関係者と要請の内容等について協議を行い、計画対象地域において、給水人口、住民の給水事情、既存施設の状況、水理地質、測量等の調査及びAmbovombe給水システムの維持管理の状況の調査を行った。

(1) 給水地域、給水人口

本計画の給水対象地域は、Tsihombe県4郡のうちTsihombe郡の国道10号線以南とBeloha県5郡のうち3郡(Beloha、Kopoky、Tranovaho)で、面積4,800km²に合計77の村落があり、人口は8万人である。地域内では海岸線に沿った砂丘地帯に比較的人口の多い村落が点在する。

(2) 対象地域内の都市給水施設の概要

対象地域内でまとまった給水ができる施設は、Tsihombe市及びBeloha市の中心の市街部における水電気供給公社(JIRAMA)が管理する配水管によるものがあるが、水量と水質が住民の要望を満たすものではなく、利用者は両市を合わせて1,000人と両市の人口の6,000人に比べて極めて限られたもので、周辺の農村地帯の村落は対象外である。

(3) 対象地域全体の給水事情

雨期におけるTsihombe県の住民の水源は、Manambovo川を主として、天水溜め、水溜まり及び井戸である。Beloha市はManambovo川あるいはMenarandra川まで各々45~55kmと遠く、住民は水量の少ない浅井戸と天水溜めと地表の水溜まりを水源としている。乾期には6ヶ月間の合計降雨量が100 mm程度となり、天水溜や浅井戸による供給量も減少するので、住民は川及び井戸等数少ない水源地まで5~30kmの道のりを歩き、水汲みに多くの時間を費やしている。

乾期の飲料水取得量は5リットル/人日以下(住民アンケート結果)と生存に必要な最低レベルである。

周辺の農村地帯の村落への給水活動は、AESがTsihombe市及びBeloha市に給水車(容量6m³)各2台を配置して行っているが、乾期には水源の水量不足と給水車数の不足のために、希望村落への給水頻度は2~3週間に一度と極めて少ない。両県全体への日平均給水量は29m³に過ぎない。(1994AES給水レポート)これは給水車利用住民(アンケートでは45%)平均では0.8リットル/人日である。

農村部への給水はAESの他に、民間の水売りがドラム缶で水を運び小売りを行っている。これらの水はいずれも汚染され非衛生的であり、水の単価はAESが50FMG/15リットルに対し、民間の水売りでは100~1,000FMG/15リットルと高価で、貧しい地域の住民にとって大きな経済的負担となっている。

(4) 計画地域における水源開発の可能性

Tsihombe県の中心を流れるManambovo川の表流水は乾期7ヶ月間は涸れ、伏流水は塩分濃度が高く、本計画の恒久水源として問題がある。Tsihombe県で行った同川の上流沿いの井戸調査では、水源水質はいずれの地点でも高い塩分濃度を示した。

同川の下流域に帯水層が見られたが揚水試験の結果、可能揚水量が少なく海岸線に近いこともあり、水源として開発する場合に将来的に塩水化が起こる事が懸念された。

MIEM(エネルギー鉱業省)及びAESによるBeloha県の地下水調査の報告から、同県の帯水層は毎分15リットルと規模が小さく、揚水量が大きな地下水開発は期待できないことを示している。

対象地域内における調査団の水理地質調査の結果から、Tsihombe市の西方100kmに位置するMenarandra川の伏流水が本計画において利用できる唯一の水源であると判断した。

(5) Ambovombeシステムの運営維持管理の状況

・浄水施設、配水施設

南部地域が貧しい地域である理由により、A E Sは水料金を安く設定しており、1994年の統計によれば、水販売による収入は経費の40%に過ぎず、不足額は政府による補助金の枠でまかなっている。経費の中で大きな比率を占めるのは給水車の燃料費であり、A E Sでは給水量の増加に比例する赤字の増加対策として、給水車の走行を制限している。

Ambovombeシステムの浄水施設の現時点の利用率は5割程度であるが、この市の人口は周辺地区からの移住で増加しており、施設は水需要の増加に対処できる状況にある。

維持管理の体制についての調査では、常駐管理者による浄水場の機器の管理、緩速ろ過池の定期的な砂の管理、市内の20の配水池に送水するポンプ等の機器の管理及び車両整備工場の管理とも良好で、A E Sの管理が適切である事を確認した。

・給水車等の機材

給水車1台の廃車までの走行距離を20万kmとすると、24台の給水車は調達後平均40ヶ月を経て、平均走行距離は使用限度の43%にあり、全車とも整備状態は良好である。車両は休止車と運行車をローテーションさせて利用している。予備の部品の管理も台帳により厳格に行われており、A E Sの整備・点検の技術は機材の維持に必要な水準にある。

帰国後の解析では、本計画による施設の維持管理費を最少化することが、計画の持続性の観点から最も重要な課題であるとの判断から、計画における代替案を作成し、Ambovombeシステムの維持管理費を参考に、これらの案の維持管理費を比較検討した。

その結果、水源地のAmpolakaから地域内で最大需要地のTsihombe市まで140kmを管路により送水する場合に、給水施設の維持管理経費がAmbovombeシステムの維持管理費を下回るとの結果を得た。これにより本計画は以下のように取りまとめられた。

1. 計画概要

- (1) 給水対象地区は、Tsihombe県4郡のうちTsihombe郡の国道10号線以南とBeloha県5郡のうち3郡(Beloha、Kopoky、Tranovaho)の市街地ならびに農村集落とする。
- (2) 給水人口はTsihombe、Beloha市街の6,077人と周辺村落74,360人の計80,437人とする。
- (3) Ambovombeシステムの現況から、計画給水量は市街の住民に対し10リットル/人日、農村部の住民に対し3リットル/人日とする。
- (4) 水源としてMenarandra川の伏流水を取水し、河川流量が大幅に減少する乾期にも取水が可能な取水施設とする。
- (5) 衛生的な水質を確保するために、また維持管理が簡易かつ低廉な点で、浄水方法は緩速ろ過によるものとする。
- (6) 浄水の輸送はTsihombe市までの幹線を送水管によるものとする。送水管の経路は水源地从らBeloha市及び人口が多い南の海岸沿いの集落経由でTsihombe市へ結ばれる。
- (7) Tsihombe市、Beloha市及び送水管経路内にある行政組織の郡庁等拠点村落には配水池を設け、ここで直接に住民に給水する。

- (8) その他の村落への配水は給水車によるものとする。給水車は計画目標年次の1999年において地域全体に浄水の全量を配水可能な数量とする。
- (9) 給水車による配水の受水槽には、各村落の既存天水溜を利用する。

2. 施 設

(1) 取水施設 (Ampotaka) 水中ポンプ 1式	取水量 284 m ³ /日 2.2 kw
(2) 浄水場施設 (Ampotaka) 1) 緩速ろ過池 2) 浄水池 3) 送水ポンプ 4) 発電機 (取水兼用) 5) 付随施設	計画浄水量 284m ³ /日 20 m ² /池 3池 100 m ³ 5.5 kw 20 KVA 洗砂場、貯蔵場、ポンプ管理棟、事務所、管理人棟
(3) 送水施設 1) 送水管 2) 中継ポンプ場 3) 発電機 4) 配水池	塩化ビニールパイプ 径 75~160 mm L=140km 3ヶ所 (Manombo, Sampeza, Beza) 5.5kwポンプ 20 KVA 3ヶ所 (Ampotaka, Manombo, Kirimosa) 100m ³ 3ヶ所 (Sampeza, Tranovaho, Tsihombe) 50m ³ 3ヶ所 (Ankoraroka, Marovato, Antaritarika) 20m ³ 3ヶ所 (Kirimosa, Soamanitra, Nikoly)

3. 機 材

(1) 給水車 (6 m ³ 、4輪駆動)	7台
(2) 燃料車 (6 m ³)	1台
(3) ハトロー車 (ダンプトラック、4輪駆動)	3台
(4) 燃料貯蔵タンク 8キリットル 地上型	1基
(5) 連絡用無線機	8セット

本計画が実施された場合の効果は以下のような点があげられる。

- (1) Tsihombe市民及びBeloha市民やその周辺集落住民に対して安全で清潔な生活用水を安定的に供給できるようになる。
- (2) 民生の安定、保健衛生の改善等、農村の近代化に大きく寄与する。
- (3) 水汲みに要する長時間の労働が他の生産に向けられ、南部地区全体の発展が促進される。

計画は1991年から始まった国連の「第2次国際飲料水供給と衛生の10ヶ年(IDWSSD)」の目的に合致するものであり、同国における南西部地下水開発計画と合わせ、わが国が環境衛生分野の国際協力を推進するという方針に合致するものである。

これらのことから本計画の実施は極めて有意義であり、無償資金協力案件としては十分な妥当性を有すると判断される。

本件の実施は三期分けとし、工期は全体で実施設計には各々4ヶ月、建設工事に30ヶ月を必要とする。また、本計画の実施に必要な経費は日本側約20.15億円と見積られ、工事における先方負担は特になし。本計画の実施主体はAESが担当することになる。

マダガスカル共和国南部地方給水計画 基本設計調査報告書

目 次

序文

伝達状

位置図／完成予想図／写真

略語集

要約

第1章	要請の背景	1
第2章	プロジェクトの周辺状況	3
2-1-1	上位計画	3
2-1-2	財政事情	5
2-2	他の援助国、国際機関等の計画	6
2-3	我が国の援助実施状況	8
2-4	プロジェクト・サイトの状況	9
2-4-1	自然条件	9
2-4-2	社会・経済状況	11
2-4-3	計画対象地域の給水事情とAmbovombeシステムの現状	14
2-5	環境への影響	24
第3章	プロジェクトの内容	25
3-1	プロジェクトの目的	25
3-2	プロジェクトの基本構想	25
3-2-1	水源調査	26
3-2-2	水源から村落までの水輸送方法の概略検討	41
3-2-3	計画施設の水輸送方法の具体的検討	48
3-2-4	計画施設全体の規模の決定	59
3-2-5	結論	61
3-3	基本設計	62
3-3-1	設計方針	62
3-3-2	基本設計	64
3-4	プロジェクトの実施体制	104
3-4-1	組織	104
3-4-2	予算	105
3-4-3	要員・技術レベル	106

第4章 事業計画	107
4-1 施工計画	107
4-1-1 施工方針	107
4-1-2 施工上の留意事項	107
4-1-3 施工区分	108
4-1-4 施工監理計画	108
4-1-5 資機材調達計画	108
4-1-6 実施工程	110
4-1-7 相手国側負担事項	112
4-2 概算事業費	113
4-2-1 概算事業費	113
4-2-2 維持管理計画	114
第5章 プロジェクトの評価と提言	117
5-1 妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果	117
5-2 技術協力・他ドナーとの連携	117
5-3 課題	118

[資料-A]

A-1. 調査団員氏名、所属	資-1
A-2. 相手国関係者リスト	資-2
A-3. 調査日程	資-3

[資料-B]

B-1. 当該国の社会・経済事情	資-5
B-2. 給水アンケート集計表	資-7
B-3. 環境への影響評価	資-10
B-4. 河川データ	資-11
B-5. 既存井戸データ	資-13
B-6. ボーリング柱状図	資-18
B-7. 揚水試験データ	資-22
B-8. 給水車走行距離試算表	資-32
B-9. 参考資料	資-34

第1章 要請の背景

(1) 計画地域の給水事情

マダガスカル共和国（以下「マ」国とする）はアフリカ東海岸のインド洋上に位置する熱帯の島国である。国土面積58.7万km²に1,300万人(1993年)が住み、1992年の国民一人当たりのGNPは230 US\$である。「マ」国で安全な飲料水を得られる人々の比率は、1985～1992年において都市部では55%、農村部では9%、全国平均では23%(1995年UNDP資料)と、サハラ以南のアフリカの平均値45%と比較しても著しく低い水準にある。

「マ」国政府は長期計画のなかで農村部における飲料水の供給目標を15リットル/人日、住居から給水地点までの往復時間を15分(往復1km程度)としている。

要請のあったTsihombe県及びBeloha県が属するToliara州南部地域は、年間降雨量が400～500mmの乾燥地帯であることに加えて、透水性土壌のために雨水が地表に残り難い地域である。乾期における住民の飲料水の取得量は4.3リットル/人日、住居から給水地点までの距離は5km以内の住民はわずかに1割に過ぎず、政府の給水目標より著しく低い状況である。

(2) 問題点と要請の背景

「マ」国は南部の給水問題を解決する目的で、1980年に南部Toliara州21県のうち8県を管轄する大統領直轄の組織としてAESを設立し、自国資金とFED、FAD、ユニセフ等の援助を得て、天水溜め及び井戸の建設計画を進めてきた。さらに南部の中心地のAmbovombe県において、1990年及び1991年(平成2年及び3年)の我が国の無償資金協力による「南部生活用水供給計画」として、Ambovombe市の東のMandrare川を水源とする浄水場の建設、浄水場から40km離れた市街地及び周辺村落まで水運搬する給水車の調達、配水管で市街地に給水する施設の建設による給水施設計画(以下Ambovombeシステムと略記)を実施した。

しかしながら、AESは上記の一連の計画のなかでは、一部の地区(北に位置するBekily県、Betiocky県等井戸による給水地区及びAmbovombeシステムによる給水地区)を除いて、給水における困難な問題を解決できていない。

本要請の地域における給水の問題解決が特に難しいのは以下の理由によるものである。

- ① 地下水の帯水層が希少で井戸が掘れない。また、帯水層があっても容量が小さく、乾期における水切れにより通年の使用が困難である。
- ② 帯水層は地質的な影響を受け塩分濃度の高い水質の場合が多く、井戸が掘れても飲用に適さない。
- ③ Tsihombe県の中心を流れるManambovo川は乾季には6ヶ月以上表面が干涸れ、水源の量的な問題がある。水質は雨期においてもWHOのガイドラインを越える塩分を含み、表面水が干涸れる乾期に河床の砂に潜む水の塩分濃度はガイドラインの4倍にも達し、飲用ができない。
- ④ 地域内には1970年代から1980年代におもにFEDの援助により建設された多数の天水溜めがあるが、これらは貯水容量が小さいために地域の降雨量が少ないこともあり、利用

期間は年間の1～2ヶ月と短い。利用する人口が少なく貯水期間が長い場合には、貯水中の腐敗により水質が劣化し、利用者に病気を発生させることにもなり、1992年を最後に現在は建設されていない。

- ⑤ 対象地域の総面積は4,800km²と広域にわたり、住民の多くは雨期には5km程度の範囲にある天水溜め、井戸及び地表の水溜りから水を得ているが、乾期には一人数リットルの水を求めて川まで10～30kmの道のりを歩いている。地域内89ヶ村の村落間の距離は5～10km以上と大きいので、全村落に給水するには①～④の水源の問題とともに水輸送の方法で困難な問題がある。

このように水道水源の量と質の問題を抱える地域の給水計画において、我が国の援助によって実施されたAmbovombeシステムは、地区の住民6.7万人に清浄な飲料水を供給し、所期の目的を達成した。「マ」国では計画の実施後5年を経て、このAmbovombe地区の給水計画の実施が住民に多大な貢献をしていることを評価のうえ、Ambovombe県に隣接するTsihombe県及びBeloha県の住民を対象とする給水施設を要請するものである。

(3) 要請の内容

要請は給水施設の建設と給水に必要な機材の調達からなる下記の内容である。

①給水施設の建設

- ・ Manambovo川またはMenarandra川の伏流水の取水施設
 - 取水パイプ
 - 取水塔
 - ポンプ施設 (導水管を含む)
- ・ 浄水・給水施設
 - 浄水施設
 - 送水管
 - 浄水池 (配水池)

②給水用機材の調達

給水車	25 台
補修作業車	1 台
レッカー車	1 台
給油タンク車	1 台
巡回用四輪駆動車	2 台

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

「マ」国政府では独立以来、社会、経済活動全般に渡って充実、促進させることに力を入れており、1977年には「国家計画1978～2000年」において国家の長期的な目標を公表している。この計画は下記に示す様に3段階に分けられ、現在は経済活動の拡大と発展の段階に位置付けられる。

- 1) 第1段階 (1978～1984年)
社会発展のための基盤整備
- 2) 第2段階 (1985～1992年)
経済力の強化
- 3) 第3段階 (1993～2000年)
経済活動の拡大と発展

この長期計画のなかで、水利部門の2000年迄の努力目標として「各家庭への上水道の設置あるいは給水地点迄の距離の短縮」をかねており、農村部においては生活用水の供給量を平均15リットル/日人、給水地点までの距離を往復15分以内としている。

「マ」国では1992年の内政混乱により5ヶ年計画の作成は行われず、現在は毎年見直す3ヶ年のローリングプラン (PIP) により国家開発投資計画が行われている。最新の1995～1997年の計画は1995年2月に発表されている。このなかで1995年度飲料水供給分野の総額に占める割合は2.46%となっている。

上記の長期計画における実施計画は「分野別戦略と行動計画」(SSPA)として具体化が計られる。

また国連の「第2次国際飲料水及び環境衛生10ヶ年計画」(1991-2000年)の活動の枠で、「マ」国政府は既存給水施設のリハビリテーションと維持管理及び生活用水の最も困っている地域への適正な給水計画の実施を最優先事項としている。

全国的な給水状況は以下のとおりである。

(1) 都市部の給水

表 2-1 都市部における給水施設の状況 ()内数値は都市数に対する比率

都市の種類	都市数	JIRANA管理の上水道施設完備	地方自治体管理の上水道施設完備	上水道施設はあるが故障のため利用できない	上水道施設なし
県庁所在地	110	57(52%)	28(25%)	6(5%)	19(17%)
人口2,000人以上の都市	129	6(5%)	18(14%)	4(3%)	101(78%)
計	239	63(26%)	46(19%)	10(4%)	120(50%)

出所：NIEM資料(1988年)

都市部は県庁所在地又は人口2,000人以上の都市が該当し、上水道施設運営と管理は水エネルギー供給公社（JIRAMA）又は地方自治体（Firaisana）によって行われている。

県庁所在地における飲料水供給の現状については全体の83%以上が上水道施設の恩恵を受けている事になっている。しかし、全国239都市のうち飲料水供給施設が無い又は故障のため利用できない都市は130都市にのぼり、都市部の人口390万人のうち上水道のサービスを受けている数は230万人59%である。

また、これら上水道施設を持った都市のうち、地下水を給水源としている例は1981年現在で23都市、人口31万人、消費量1,171万 m^3 /年とされている。

「マ」国政府は、全都市に上水道施設を普及させるため、老朽施設のリハビリテーション及び施設のない都市に対する新設等に向けて計画中であるが、資金面での制約が計画を実現させる上で大きな障害となっている。

(2) 農村部の給水

農村部（人口2,000人未満の集落）では、人口の90%近くが自らの手で生活用水を得ており、飲料水の供給施設の普及率が極めて低く、衛生上の問題をかかえているため、WHOの提言に基づき給水分野の開発が急務と考えられている。

農村部における飲料水供給の一般状況は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 農村部飲料水供給の一般状況

州	郡数	村落数	飲料水給水の種別							村落数に対する施設普及率 (%)
			上水施設	井戸	※ Vovo	ボ-リング井戸	天水溜	その他	計	
Antananarivo	285	2,806	48	28	-	19	0	3	98	3.5
Toamasina	162	1,807	12	23	-	3	0	2	40	2.2
Toliara	210	1,647	16	416	203	152	177	98	1,062	64.5
Mahajanga	163	1,348	8	19	13	24	0	5	69	5.1
Fianarantsea	302	2,858	18	1	-	2	0	8	29	1.0
Antsiranana	126	908	7	24	-	11	0	4	46	5.1
計	1250	11374	109	511	216	211	177	120	1342	11.8

※素掘り伝統井戸

出所：1984年のMIEM資料に、1987年AESで施工したボ-リングと天水溜を補足

給水施設を有する村落は全国でわずかに109ヶ所に過ぎず、人口比率で換算すると1.5%となる。また、村落数に対する給水施設普及率は全国で11.8%と考えられているが、不衛生なVOVO（伝統的な手掘り井戸）を除くと普及率は10%に満たない。上表のうち本件対象のToliara州は年間降水量が数100mmの半乾燥地帯で、生活用水を表流水に依存することが困難な地域であるため各国援助機関による援助が多く、雨量の豊富な他州にくらべ給水施設普及率が群を抜いて高い値を示している。即ち、他州の大多数の住民は河川水等の表流水にその水源を求めているのが実情であり、「マ」国政府では、地下水を中心とする新規の水源地開発により衛生的な水の確保に取り組んでいる。

2-1-2 財政事情

計画省の公共投資計画(PIP)による部門別年次投資額は以下のとおりである。

表 2-3 部門別投資額

単位 百万FMG

年次	SECTEUR PRODUCTIF 生産部門		SECTEUR INFRASTRUCTURE 基盤部門		SECTEUR SOCIAL 社会部門		SECTEUR ADMINISTRATIF 行政部門		合計
	公共	民間	公共	民間	公共	民間	公共	民間	
1991	139,695	771.4	292,334	167.5	6,555	-	1,884	2,615.4	444,022.3
1992	163,657	3,010.7	253,049	2,834.2	78,493	-	83,501	9,205.5	593,750.4
1993	185,854	1,792	321,774	221.5	89,783	-	89,789	3,353.3	692,566.8
1994	147,906.3	3,875.2	299,877.3	3,459.5	98,911	-	60,549.6	9,132.3	623,711.2
1995*	236,622.3	-	417,048.7	-	213,037.9	-	113,291.1	-	980,000

*: 仮の金額(Montant provisoire)

また、同計画による飲料水・衛生施設分野への投資額は以下のとおりである。

表 2-4 飲料水・衛生施設分野公共投資額

	全体額(百万FMG)	水分野(百万FMG)	比率(%)
1991	444,022.3	15,481	3.84
1992	539,750.4	16,121	2.71
1993	692,566.8	16,169	2.33
1994	623,711.2	20,959	3.36
1995	980,000	24,110.7	2.46

PIP (1991-1995)

2-2 他の援助国、国際機関等の計画

「マ」国における給水関係の国家的プロジェクトは、首都Antananarivoや地方の主要都市を中心に短期、中期、及び長期の計画のもとに実施されてきているが、大きな国家プロジェクトは「マ」国の財政事情から独自で達成することが困難なため、外国又は国際機関の援助によって進められている。

このなかでAESが担当している南部地域は主としてFED/FAD及び日本の援助のもとに調査及び工事が進められ、今回の日本の給水プロジェクト地域と図上では重複しているため、FED/FADプロジェクトの概要について記載する。

FAD/FADのそれぞれの担当区域は図2-1に示すとおりで、地質条件の違いによって区分されている。

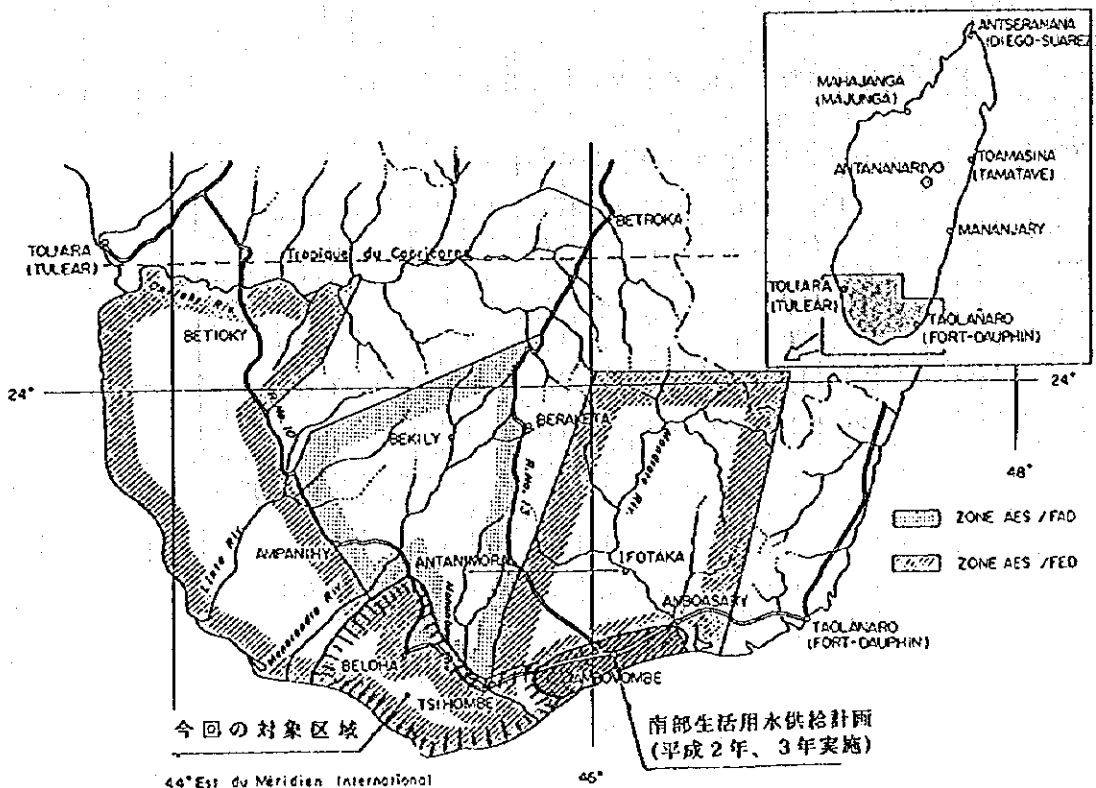


図 2-1 AES担当区域におけるFED、FADの分担範囲

〔FEDプロジェクト〕

- 対象面積 : 30,000km²
- 対象人口 : 350,000人(1989年時点)
- 援助の内容 : 井戸(FORAGE)120ヶ所 天水滴 85~100ヶ所
- 完了目標年次 : 天水滴は1992年完了、井戸調査/工事は現在も進行中

対象地域の地質は主に中生代以降の堆積物によって構成されており、地下水の開発が可能な区域と、困難か又は全く期待できない区域に分けられる。従って前者に対しては井戸、後者に対しては天水滴の工事を行ってきた。

〔FADプロジェクト〕

- 対象面積 : 12,500km²
- 対象人口 : 233,000人(1989年時点)
- 援助の内容 : 井戸(FORAGE, PUIT)143ヶ所 配水施設9ヶ所
- 完了目標年次 : 当初目標は1993年(現在も実施中)

対象地域の地質は主に片麻岩を主体とする変成岩の分布する地域で、表層部の風化帯や河川部からの伏流水を含む地下水の開発が期待できる。

その他、UNDPやユニセフ、NGO等の機関が小規模援助を行っている。

今回の日本のプロジェクト区域はFEDの対象区域に含まれているが、重複区域について見るとAmbovombe県、Beloha県、Tsihombe県を含む南部では、FEDは主に天水滴工事を行ってきたが、今ではこれを中止している。

従って南部でのAESを中心とする給水活動は、現在ではAmbovombeを中心とする給水車による給水活動にとどまっている。

AESは海岸に近い南部は日本の援助で給水計画を進めるべく、他の機関との調整を計っており、計画の重複等の問題は生じない。

AESが関与するこの南部地域の今後のプロジェクトについて予定しているものは次のようなものである。

表2-5

プロジェクト	資金源	内 容
・村落給水プロジェクト 現在継続中	FED	村落給水：井戸建設工事
・村落給水プロジェクト 現在継続中	FAD	村落給水：井戸建設工事
・南西部地下水開発計画 現在継続中	日 本	地下水開発：村落給水
・南部地方給水計画	”	村落給水(本案件)

2-3 我が国の援助実施状況

「マ」国に対するわが国の無償資金協力は、食糧援助・食糧増産援助、90年度の「東部零細漁業振興計画」等の水産分野、90年度及び91年度の「南部地下水開発計画」、92年度及び93年度の「南西部地下水開発計画」等の飲料水供給分野をはじめとする基礎生活分野を中心に、経済インフラ分野についても93年度の「公共自動車整備場設立計画」等積極的に援助を実施している。

これらのうち飲料水供給に関する協力の内容は以下のとおりである。

・南部地域生活用水開発計画1/2期	'80年度	5.00億円
2/2期	'81年度	5.00億円

生活用水確保のための給水車、トラック、浅井戸用ポンプ及びボーリング機材を調達する。

・北西部地下水開発計画	'87年度	4.53億円
・南部生活用水供給計画1/2期	'90年度	4.83億円
2/2期	'91年度	7.59億円

南部Ambovombe等を対象に給水事情改善のため、井戸堀削、給水塔を建設し、給水車などの機材を調達する。

・南西部地下水開発計画1/2期	'92年度	6.03億円
2/2期-1	'93年度	3.22億円

先に行われたフィジビリティ調査で策定された地下水開発計画に基づいて50村落を対象として井戸堀削、給水施設の建設及びこれらに付帯する機材を調達する。

2-4 プロジェクト・サイトの状況

2-4-1 自然条件

(1) 気候

国土の大部分が熱帯性気候に属し、南回帰線が島の南部のToliaraからYangaindranoにかけて横断している。

この国の気候に一番大きな影響を与えているのは南東の貿易風であり、冬期はこの貿易風が全面的に勢力をふるい、南の乾いた高気圧が島の一部を覆う。夏期にはこの高気圧は後退し、雲の多い気団を伴った赤道低気圧が前進して来る。この結果、雨期（11月～4月の暖かい季節）と乾期（5月～10月の涼しい季節）に分けられる。東海岸一帯の降雨量は、貿易風、季節風が中央高原でさえぎられるため、2,000～3,600mm/年と多い。中央高原及び西部海岸地帯の北部では降雨量は1,000～2,000mm/年である。島の南部地方は貿易風からも季節風からも影響を受けない位置にあり、しかも冷たい海流が沿岸を流れているため雨量の少ない半砂漠地帯が形成されている。

島の南部のTuliara州に限っていえば、南端部および西部に行くほど雨量は少なく、本計画地域のTsiombe県及びBeloha県はTuliara州21県のうち南端部にあたり、500mm/年あるいはそれ以下と極めて少ない。

Tsiombe県及びBeloha県の気候を表 2-6、表 2-7に示した。

表 2-6 Tsiombe県気象

項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
降雨(mm)	101	74	68	21	31	31	23	11	16	24	48	90	538
降雨日数(日)	8	6	7	4	5	6	4	3	3	3	5	8	62
日最大雨量(mm)	99	159	112	82	66	42	55	33	100	73	81	119	159
最高温度(°C)	33	33	32	31	28	26	26	27	30	32	33	33	33
最低温度(°C)	22	22	21	19	15	13	12	13	15	18	19	21	12

表 2-7 Beloha県気象

項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
降雨(mm)	112	76	44	26	30	20	18	8	14	32	36	87	503
降雨日数(日)	8	6	5	4	4	4	4	2	2	4	4	7	54
日最大雨量(mm)	144	74	46	51	141	23	40	29	46	50	47	98	144
最高温度(°C)	34	34	33	30	28	26	26	28	30	32	33	34	34
最低温度(°C)	22	22	20	18	15	13	12	13	14	17	18	21	12

(2) 地形・地質の概要

マダガスカル島の地形は、島の中央部を南北に伸びる標高1,000~2,000m程度の準平原状の中央高原地帯と、これを取り巻く沿岸堆積盆地に大別される。中央高原地帯は主に先カンブリア紀の変成岩類より構成され、沿岸堆積盆地は中生代以降の堆積岩類を主体として構成される。

調査対象地域であるTsihombe県及びBeloha県は島の南端部に位置し、中央高原地帯の山稜が緩い傾斜で沿岸地帯に移行する地域から、Manambovo川とMenarandra川に挟まれた丘陵地（KARIMBOLA台地）にかけて展開している堆積盆地である。盆地内は表層堆積物によって広く被覆され、全般的に標高150~200mの範囲で緩やかな起伏に富んでいる。

調査地区の地質は、中央高原地帯を形成する先カンブリア紀の変成岩類（片麻岩、花崗岩、及びレプチナイト）が、Manambovo川左岸からTsihombe及びSakamasy付近まで南北に伸張して分布している。

この基盤岩類からなる山稜を境として、東側にはAmbovombeを中心とするAmbovombe盆地、西側にはBelohaを中心とするBeloha盆地が堆積岩類を主体として広がっている。盆地内は下位に新第三紀層が位置し、それを被覆して第四紀の赤褐色砂層が広く分布している。これらを覆ってAmbondro周辺およびBeloha周辺に白砂層、海岸部に砂丘堆積物、及び河川沿いに沖積層が分布する。

2-4-2 社会・経済状況

(1) 村落分布、人口及び村落の組織

州(Faritany)、県(Fivondronana)、郡(Firaisana)、村(Fokontany)で構成される行政上の分類であらわすと、Tsihombe県は4郡45村により、Beloha県は5郡66村により成り立っている。本件の対象となるのは一部(Beloha県のMarolinta郡全体、Tranoroa郡全体及びTsihombe郡北部)を除く7郡77村である。

対象地域は州の幹線道路である国道10号線沿いにあり、東側のAmbovombe県境と西側のMenarandra川及び南の海岸線に囲まれた、面積4,800km²人口8万人の地域である。地域内では国道の北側のAntanimora方面は村落がわずかで人口密度が低く、海岸線に沿った砂丘地帯に人口が多い集落が点在している。

これらの村落を人口規模別に分類すると表2-8のように、人口2,000人以下の小村落が80%を占める。人口3,000人以上の比較的大きな村落はTsihombe及びBelohaの2市のみである。詳細は添付資料の人口表を参照。

村落の構成は各集落に代表者(Delegue Firaisana)が1名(人口2,500人以上の集落では2名)、下部組織として人口100~250人に1名の割合で世話役(Pourvoyeur)が配置されている。この上下部組織によって村内の意思統一が計られている。AESへの給水の要請、天水溜の管理、給水車によって運ばれた水の配給及び価格の決定等がなされ、村落毎の独自の運営が行なわれている。

表 2-8 人口レベルと村落数

人口レベル 単位(人)	599以下	600 ~1200	1200 ~1999	2000 ~2999	3000 以上	計
村落数	17	36	18	4	2	77
人口合計	7,986	28,325	27,966	10,083	6,077	80,437
人口比率(%)		79.9		20.1		100

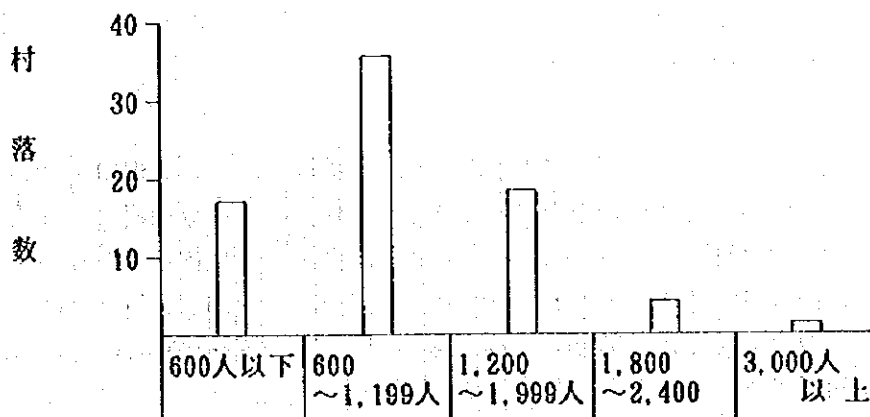


図 2-2 村落と人口分布

(2) 道路、交通

・幹線道路

対象地域内には州庁であるToliara市からBeloha市及びTsihombe市を通りAmbovombe市に向かう国道10号線が通っている。

この国道は国の中央を縦断するかたちで首都から南部地方最大の都市Fort Dauphin市に至る国道13号線とAmbovombe市で結ばれ、南部の物資輸送の幹線となっている。幅員は約6m以上あり国道の基準5mは確保されているが、本計画地域のAmbovombe市以西の路線は未舗装で、ラテライト道から北へ行くに従って砂岩混りの道路へと移っていく。

Mananbovo川や Menarandra川等の大きな河川には橋梁が架設されているが、小河川や谷部は河床をコンクリート等で固める程度で、増水時には車輛の通行が不可能となる区間がある。

全般に痛みが激しく、公共事業省では1995年7月までにTsihombe市の東方37kmの… Ambondro市までの補修を終了し、その後Ambondro市以西の本計画の2県を含み Ampanihy市まで順次補修する計画である。

・地方の主要道路及び連絡道路

県と郡が共同で管理する地方主要道路の幅員は5m程度で、この主要道路以外にも幅員3m程度の多くの村落間の連絡道路網があり、地域内の各集落への通行が可能な状態にある。

これらの連絡道路はその殆どが土漠工事であり、砂道の深い場所では、車輪が砂にとられ空転しやすいところもあり、給水車等の大型車輛をスムーズに運行させるには4輪駆動車が必要な状況である。

主要道路の路盤、路床の状態は全般的に車両の通行が少ないため国道筋の未舗装区間よりも傷みが少なく車両の通行にとって条件が良い。また、道路の両サイドの民家との境界にはサボテンの植えられていることが多く、村落に入っていく道幅のせまい道路では、サボテンが道路側に成長していて車体が棘によって傷つけられやすい状態にある。

・住民の村落間交通

国道にある大きな都市(村)間には小型トラックでの乗客輸送を行う業者があるが、不定期である。その他の村落間には定期便もなく、住民は30km程度の移動は牛車によるか歩行している。水汲みは牛車があれば牛車で、大部分の人はバケツを頭に寄せ、水源から遠方の住民では6～7時間(20～30km)は歩行している。

(3) 電力

Ambovombe市では1994年7月よりJIRAMAがジーゼル発電機による電力供給を開始したが、発電量が63KVAと小さく186軒の小口需要者と公共照明100カ所分程度しか供給していない。現在203軒が供給待ちの状態、大口需要者は自家発電に依るしかない現状にある。1991年に経済計画省は南部の電化計画をたてており、Tsihombe県及びBeloha県についても供給する予定であるが、時期と規模は未定であり、本計画の施設には専用の発電施設が必要な状況である。

(4) 経済状態

この地域は半乾燥地帯にもかかわらず、朝方にかかなりの夜露がみられるため、農業が盛んで、主にマニオク、さつまいも、とうもろこし等が栽培されている。住民は自給的農業と酪農を主体に暮らしている。農村部の現金収入は余剰農作物による限られたものであり、Tsihombe市、Beloha市および郡庁の市で週一回開かれる市の日に換金している。市には10~30km離れた近隣の集落からの人々が集まり物々交換も一般に行われている。

一方、セブ牛、山羊、羊、豚等が放牧されており、家畜全体の数は人口を上回っているが、この地区の住民にとって家畜は食糧としてよりも、財産として位置づけられ売買されることは少なく、住民の固定的な収入源とはなっていない。

このほか当地域の代表的な産業はMandrare川沿いの沖積平野地帯 (Amboasary Sud県) におけるロープ原料のサイザル栽培及びTsihombe県のSakamasyにおける黒雲母採取がある。これらの産業はいずれも企業によって運営されており、生産物は外国等に輸出され、貴重な外貨を獲得する産業となっている。

南部Tuliara州地方では住民の殆どが農業に従事し、地域経済は自給自足と物々交換の経済であるので、貨幣経済としての生産を集計すること困難であるが、地域の住民1人当りの生産額は国内平均の約1/3と評価され、対象地域は「マ」国の最貧地区となっている。

2-4-3 計画対象地域の給水事情と Ambovombe システムの現状

(1) 南部地域の給水事業と AES

「マ」国における上水道事業は、MEM(エネルギー・鉱業省)、JIRAMA(電気水道公社)、AES(南部給水計画局)、MA(農業省)、MSP(厚生省)及び地方自治体など多数の機関が実施している。本計画の実施機関である AES は、南部の給水問題を解決するために大統領府の直轄機関として1980年に設置され、その後1994年には政府の組織変更により全国組織のJIRAMA(水と電気を供給する)とならびMEM傘下の機関として計画地域の給水を行っている。AESは平成2~3年度のわが国の無償資金協力により実施となった「南部生活用水供給計画」の実施機関である。

(2) 計画対象地域の給水事情

1) 水源の種類と水汲みの距離

対象地域の住民は河川、井戸及び天水溜めを水源とし、家族で水汲み・運搬をすることで生活している。

アンケート調査によると、雨期と乾期の水源の種類についての質問に対する回答で、雨期の水源を雨水とするものが7割であったのに対して、乾期には河川水と井戸とする回答が8割を占め、雨期には住居の近くに水源があることが示された。

また水源までの距離についての質問には、雨期における住居から水源までの距離が500m以内との回答が半数を占めたのに対し、乾期には5km以上との回答が9割近くになり、乾期には住居の近くの天水溜めや井戸が利用できなくなるという地域の水源不足の事情とともに、住民が水汲みに長時間の労働を余儀なくされている実態が示された。

(添付資料アンケート集計結果参照)

2) 天水溜めの利用

対象地域の村落にはFED等の援助機関で建設された天水溜めが多数ある。(表2-9、図2-3位置図参照)

天水溜めの数が村落数より多いのは、広い村落のなかに集落が点在し、集落単位に天水溜めを持っているためである。天水溜めは村の300名の署名を集めた村に対してFEDの援助の基にAESが建設し、村に管理を委託している。

その構造は雨水を受ける1,000~1,300m²の集水板(コンクリート)とその下流に深さ2mの貯水槽で構成され、貯水容量70m³と100m³の2種がある。これらは雨水を利用する目的で、1970年代から1980年代に建設されたが、この地域の雨量が少ないので、集水量が少なく、年間で雨期の1~3ヶ月しか利用できない。また、貯水量の大きなものは、集水板にひび割が生じ易く建設が困難である、貯水期間が長期になると水の腐敗を生じ住民に下痢や腹痛を発生させる等の理由により、1992年を最後に現在は建設されていない。

天水溜の中には壁にひびが入っていて多量の貯水をすると漏水するものもあり、AESでは必要に応じて修理しているが徹底した調査と補修はなされていない。

調査で多量に漏水する貯水槽の数は把握できなかったが、大多数は雨期に利用されており、給水車による6m³程度の水では水深が大きくならないため、本計画における受水槽として利用可能である。

表2-9 対象地域の天水溜め

地区名		天水溜めの数	地区名		天水溜めの数
チ オ ン ベ 県	Tsihombe郡	27	ベ ロ ハ 県	Beloha郡	40
	Faux-cap郡	36		Kopoky郡	23
	Marovato郡	33		Tranovaho郡	30
	Antaritarika郡	16			
	合 計	112		合 計	93

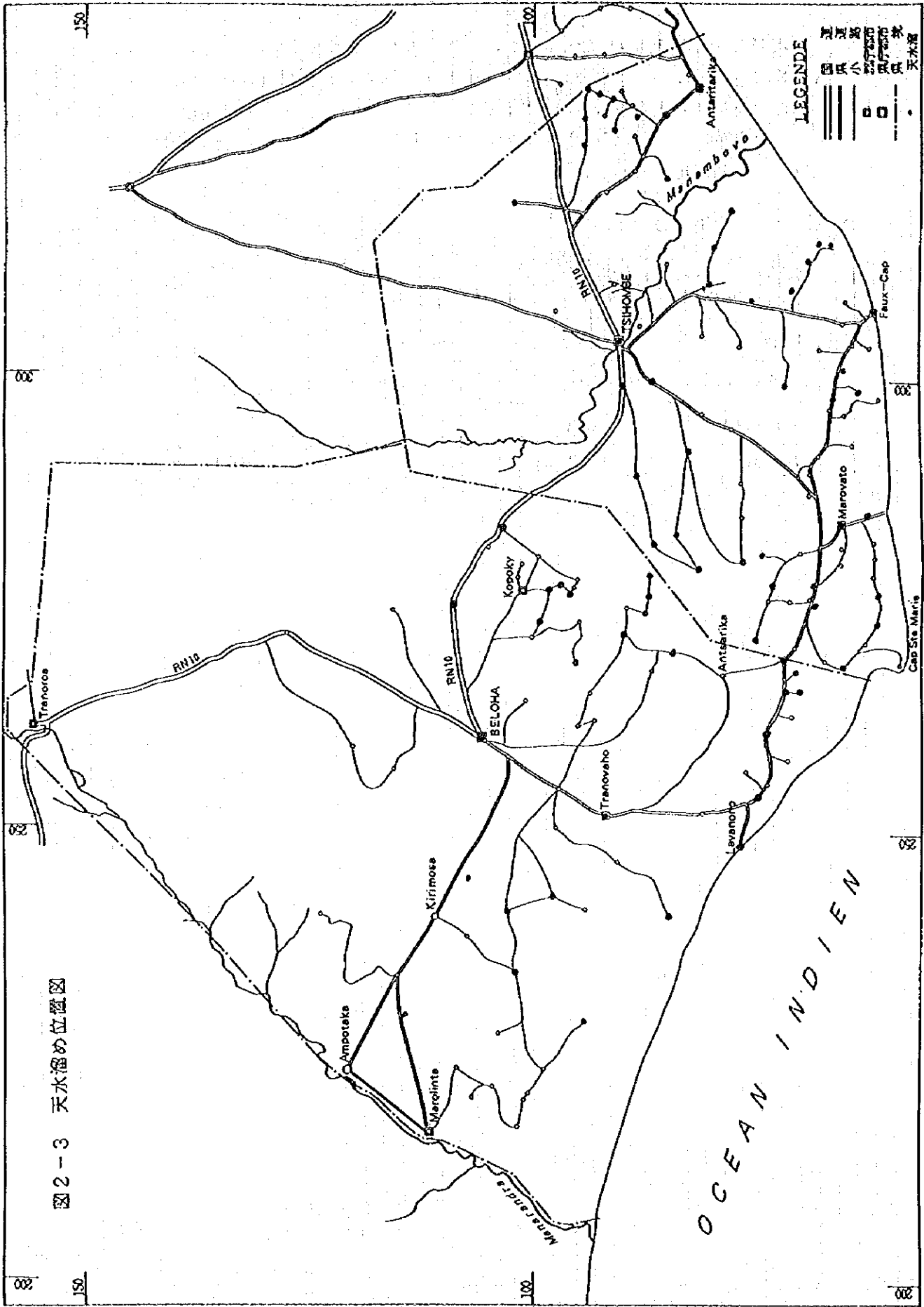


图 2-3 天水溜め位置图

3) 井戸の利用

対象地域内の井戸については3章の基本構想(3-2)に詳述するが、乾期にも使用可能な井戸はTsihombe県にはFaux-cap村に近隣4村が共用する生産量3リットル/分の浅井戸3井があり、Beloha市内には生産量1.2リットル/分程度の浅井戸が10井及びKirimosa村に1井があるが、その数は非常に少ない。

4) 事業体による給水

・JIRAMAの給水

事業体による給水施設は主要都市のTsihombe市とBeloha市にあり、JIRAMAが管理している高架水槽と配水管による給水施設である。両市の人口は各々約3千人で、そのうちの500人ずつが利用しているに過ぎない。

Tsihombe市ではManambovo川伏流水をポンプで揚水している。川から直接水を汲んだ場合には無料であるのに対して、JIRAMAの水は有料であることと、JIRAMAの給水は表流水または河床中の水よりも塩分濃度が2倍程度高い理由から住民への普及率は17%と低い。Beloha市では水源となる井戸の可能揚水量が3m³/日程度で給水は2日に一度と少なく、わずか共同水栓5個による利用者102世帯に過ぎない。

JIRAMAが給水している両市内へはAESは給水をしていないため、市内への給水は不十分である。JIRAMAの既存施設の仕様は表2-10のとおりである。JIRAMAは南部地域の給水事業から撤退する意向を持っているが、時期などについては未定である。

表 2-10 JIRAMAの給水施設仕様 (TsihombeとBeloha)

	Tsihombe市	Beloha市
1 取水量	19 m ³ /時 (ポンプ表示値)	不 明
2 浄水施設	沈でん池 φ3.2 m ろ過池 2.3m×1.6m×2池	な し
3 高架水槽用 揚水ポンプ 発電機	25 m ³ /mm×30 mH 380 V-5.5 kW 20 kW 380 V	2.0 m ³ /m 380 V - 0.75 kW 4 kVA 380 V
4 送水管	鋳鉄管 150~100 mm 0.7 km	鋳鉄管 80 mm 1.6 km
5 高架タンク	150 m ³ ×10 m(H)	80 m ³ ×10 m(H)
6 配水管	塩ビ管 63~50 mm 2.1 km	塩ビ管 75~50 mm 3.6 km

・AESの給水

JIRANAの給水活動は市内を対象としたもので、農村部をカバーするものではない。周辺地域へはAESが行う必要があるが、水源難と給水車の不足のために村落への給水頻度は極めて少ない。AESはTsihombe市及びBeloha市に給水車を各々2台配置するとともに、事務所を設置して村落からの給水要請を受け付けている。

1994年の年間給水回数は両県合計で1,457回、4台の給水車の走行距離合計は71,000kmであった。給水は常に6m³満水で申し込みのあった一つの村に行われており、給水回数から給水量が、給水車の走行距離合計から給水車一台当たりの走行距離が算出できる。

1994年の給水車の年間運行(給水)回数及び走行距離から給水状況を整理し表2-11に示した。月別の給水車運行回数は図2-4に示した。

表 2-11 給水車の年間運行(給水)回数及び走行距離

	運行回数 (回) 期間合計(日平均*)	給水量 (m ³)	給水車1台当たり 走行距離 (km)
年間	1,457 (4.8)	8,742	17,750
月間最大	191 (7.6)	1,146	—
月間平均	121 (4.8)	726	1,479
月間最小	27 (1.1)	162	—
日平均	4.8	29.0	59.2

*：年間給水日数を300日（日曜日及び祭日を除く）として算出

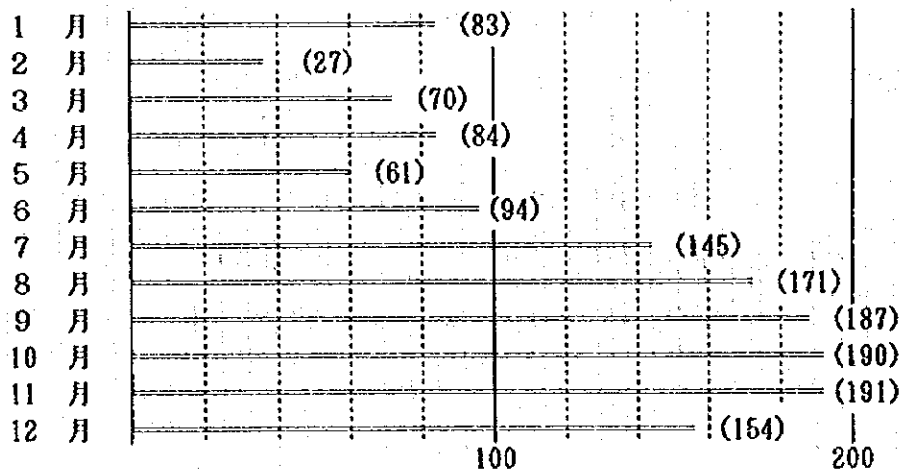


図 2-4 Tsihombe県及びBeloha県の月別給水車運行回数 (AES資料1994年)

対象地域全体の平均給水量は一日に29.1m³である。

アンケート調査の結果から、給水車から給水を受けている村の割合は5割、人口4万人と推定され、給水車の水を利用する住民への給水量は0.8リットル/人日に過ぎない。

対象地域内における給水車一往復当たりの平均往復走行距離は48.7km、一日一台当たり走行距離は59.2km、平均給水回数1.2回では、車両の利用効率が良いとは言えずこの点に関してA E Sは改善の必要を感じている。

月別の給水量の変動は9～11月に最大となり、月間平均121回は最大月の63%であった。

その他の給水

その他事業体によるものではないが、農村部への給水はA E Sの他に民間の水売りが牛車にドラム缶を積み、小売りを行っている。これらの水はいずれも汚染され非衛生的であり、水の単価はA E Sが50FMG/15リットルに対し民間の水売りでは季節により大きく変動し100～1,000FMG/15リットルと高価である。A E Sは民間業者の数を把握していないが、Beloha県には相当数がいると言われている。

以上計画対象地域の給水事情をまとめると表2-12のとおりとなる。

表 2-12 対象地域の給水現状

地	域	給水の種別	水源	利用者	価 格	摘要 (問題点、水質など)
市街部	Tsihombe市 (3,000人)	JIRAMA井戸	河川伏流水	約500人	500~1,200 FMG/m ³	配管2.8km、水栓は個別56栓、共同6栓。塩分強く利用者少。
		Manambovo川	河川水	全員	無料	乾期6~7ヶ月涸れ、河床砂中より汲む、塩辛い。
		民間水売り	河川水	資料なし (不明)	100~500FMG/15リットル	農村地区への運搬途中に売られる程度。川が近く利用者少。
	Beloba市 (3,000人)	JIRAMA井戸	浅井戸	500人	100 FMG/15リットル	配管5.2km、5栓で102世帯利用。60m ³ /日程度 (乾期には揚水益減少)。
		AES井戸	浅井戸 (ボボ)	上記以外全員	無料	10ヶの浅井戸合せて20m ³ /日程度 (乾期には揚水益減少)。
		民間水売り	井戸及水溜り	資料なし (不明)	100 FMG/15リットル	JIRAMAと同額、宅配に近い形態だが監督者なく水質は悪い。
農村部	Tsihombe 及び Beloba (87村落)	天水溜	雨水	7割程度 (7ヶ村) Tsihombe 112池 Beloba 80池	75~150FMG/15リットル (大雨~小雨)	容量が小さく (70~100m ³) 漏水も多い。降雨が少なく、年間に最大で3ヶ月間程度しか使用できない。他は降雨後数日間。乾期にはAES給水を受水するが給水不足。村管理。
		井戸	浅井戸	全村の2割以下 (7ヶ村)	ポンプ管理費 (月額で村が管理)	海岸沿いである村は少ないうえ乾期には濁れる。 例) マカップでは13村で共用
		AES給水車	Tsihombe Manambovo川 表流水を運搬	7割程度 (7ヶ村)	給水車単位の価格 (20,000 FMG/6m ³ =50FMG/15リットル) 村単位の小売価格 100~150FMG/15リットル	給水車により6m ³ 単位で注文した村に給水、村では天水溜に受け管理者が小売り。2~3週に1回の給水にすぎず住民に不満。川水は塩辛いが乾期需要は多い。
	民間水売り	Beloba 市内浅井戸 および Menarandra川 表流水	井戸、水溜り 表流水等	資料なし (不明)	100~1,000 FMG/15リットル	住民に小売りされるままの形態はTsihombe地区と同じ。 需要が多いが水源不足と配水体制不足で対応できない。 浅井戸の水質は色度が高く、飲料水として不適當。 乾期の水源が50km西の川であるため、給水車による配水は不可能。
						水需要により価格は大きく変動する。水売り業者の資格や管理制度がなく給水量、水質は不明。業者数を含め、実態が不明。

(3) Ambovombe県の給水状況及びAmbovombeシステムの維持管理の状況

Ambovombeシステムによる同県の給水状況は以下のとおりである。

Ambovombe県における1994年の給水実績は表2-13に、月別運行回数は図2-5のとおりである。

表 2-13 給水車の年間運行(給水)回数及び走行距離

	運行回数(回) 期間合計(日平均*)	給水量(m ³)	給水車1台当たり 走行距離(km)
年間	8,463 (28.2)	50,778	32,144
月間最大	1,129 (45.1)	6,774	-
月間平均	705 (28.2)	4,230	2,679
月間最小	290 (11.6)	1,740	-
日平均	28.2	169	107

*: 年間給水日数を300日(日曜日及び祭日を除く)として算出

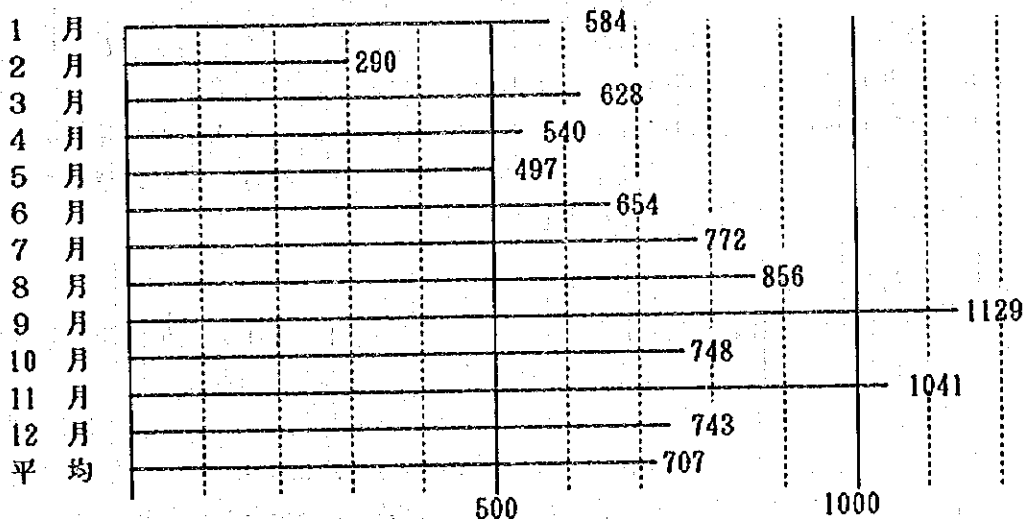


図 2-5 Ambovombe県の月別輸送回数(1994年AES)

1994年の年間給水回数8,463回は50,800m³を給水したことになり、年間の日平均給水量は169m³であった。

月間の変動では給水量が最大になるのは9月で、年間平均は最大に対して64%であった。これはTsihombe県及びBeloha県における63%の値と同様な結果であり、本計画における年間の施設利用率は最大給水量すなわち施設能力の60%台になるものと予想される。

Ambovombeシステムにおける建設施設と調達機材の維持管理の概要は以下のとおりである。

A 建設施設

A-1 Mandrare浄水場

浄水量 (1994年)	49,950 m ³ /年	(平均 163 m ³ /日)
浄水時間	2,520 時間/年	(平均 8.4 時間/日)
ろ過池砂管理	4 回/年	

A-2 高架水槽 (市内20の貯水槽への配水施設)

送水量 (1994年)	18,500 m ³ /年	(平均 61.8 m ³ /日)
揚水ポンプ及び発電機	651 時間/年	(平均 2.1 時間/日)

A-3 自動車整備場

給水車等の車輛の整備課は機材管理・調達部 (総員30名) の組織下にある。スペアパーツの出庫には倉庫責任者の承認が必要であり、なるべく新品を使わないように部品は修理して使用する方針を取っており、管理状況は良好である。

整備場は給水車の整備点検のほか、浄水場のポンプ施設、揚水ポンプ施設の機器の整備にもあたっている。整備技術は必要な水準にあり、旋盤、ボール盤等の工作機械及びコンプレッサー等整備機材の状態も良い。

B 給水車等の機材

車輛は5,000km毎に整備場で点検されていて、給水車24台は1995年7月現在修理中の1台を除いて全て運転できる状態にあり、整備状態は良好である。

各車の積算走行距離は表2-14に示す。調達後40.5ヶ月時点における平均走行距離は85,800kmで、使用限度を20万kmとすれば42%の走行距離にあたる。全給水車24台のうち16台がAmbovombeで、4台が本計画の対象地域のTsihombe市とBeloha市で、残り4台がA E S管轄のTuliara州内の給水に利用されている。

表 2-14 給水車積算走行距離 (1995年7月現在)

単位: km

車輦No	走行距離	車輦No	走行距離	車輦No	走行距離	車輦No	走行距離
1	191,160	7	108,282	13	87,626	19*	28,451
2	100,704	8	113,920	14	97,183	20	118,341
3	144,069	9	129,403	15	Tuliara*	21**	53,410
4	130,215	10	113,622	16**	51,522	22**	53,561
5	98,371	11	Tuliara*	17**	48,182	23**	49,559
6	108,977	12	101,900	18**	79,651	24**	50,000
*Tuliara県で使用(距離は未確認) **4WD車						総計	2,059,100

(4) 地域の水価格の実態調査

アンケートによるAmbovombe県、Tsihombe県及びBeloha県の水価格の現状と質の良い水に対する支払限度(Willingness to pay)についての回答は次のとおりである。

表 2-15 平均水価と支払限度額(アンケート結果の平均値)

	価 格 (単位 FMG)	
	Ambovombe県	Tsihombe県 Beloha県
現 状	96	75 (雨期) 280 (乾期)
支払限度額	96	162

(5) 消化器系疾病と飲用方法

アンケートによれば水を飲む時に沸かして飲む住民は2~3%に過ぎないが、水による腹痛を経験していると回答した住民の比率はAmbovombe県では極めて少なく、Ambovombeシステムの成果が現われている。これに対してTsihombe県及びBeloha県では4人に1人の割合で経験ありと回答している。

Ambovombe保健所の資料によれば1993年の消化器疾病の発生率はAmbovombe県、Tsihombe県及びBeloha県を併せて1,213例と報告されており、人口10万人に対して600人台と推定できる。

2-5 環境への影響

計画取水量は一日に284m³の小規模なものであり、本計画の施設によってもたらされる排水あるいは発電機の排出ガスによる環境環境影響、あるいは建設工事にともなう環境への影響はないものと判断される。また水源となるMenarandra川には水利権の設定はなく、計画の実施段階における障害とはならない。環境影響に対するスクリーニングの結果は資料に付した。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的

本計画は「マ」国南部地域の慢性的な水不足によってもたらされる住民生活の不安定を解決し、民政の不安定要素を解消することを目標としており、本プロジェクトは同計画の中で生活に必要な最低限の飲料水を提供するものである。

3-2 プロジェクトの基本構想

本給水計画は半乾燥地帯であるために、生活に必要な最低限の飲料水を得ることが困難なToliara州Tsihombe県及びBeloha県の住民に、安全で衛生的な飲料水を供給する目的で、浄水、送水、給水に必要な施設の建設と機材の調達を行うものである。

本地域における問題点は大きく分けて、二つあげることができる。

一つ目は、本計画地域の主要都市内には、飲用に適する水質でかつ年間を通じて安定した水量が得られる河川水や地下水など水源が少ないことで、給水にあたるA E Sが解決策を見いだせない点である。

二つ目の問題点は、本計画地域が貧困地区であることから、浄水・給水に要する費用の全てを受益者の負担とすることができない地域である点である。

このような地域の問題を解決するために、調査団は対象地域において、人口、計画地域全体の給水事情、既存施設の状況、水理地質、測量等の調査およびAmbovombe給水システムの維持管理の状況調査を行った。調査結果のうち一部はプロジェクトサイトの状況として前章に記述した。

帰国後の解析では、本計画による施設の維持管理費を最少化することが、計画の持続性の観点から最も重要な課題であると判断し、水輸送方法についての代替案を作成するとともにAmbovombeシステムの維持管理費をもとに、これらの案の維持管理費を比較検討した。

ここでは、水源調査の検討結果から水源を地域の西端のMenarandra川とした経緯および水源から村落への水輸送方法の選択の経緯等、本計画における施設の規模決定に至る検討結果を記す。

3-2-1 水源調査

(1) Manambovo川およびMenarandra川の水源としての可能性

地域内の河川は計画地区のTsihombeを流れるManambovo川と計画地域の西端でBelohaから50km離れたMenarandra川である。流域面積は各々2.7千km²及び5.3千km²でMenarandra川がManambovo川の2倍である。両河川の流量を表3-1、表3-2に示す。(詳細は資料に添付)

表3-1 Manambovo川流量 (1956~1976)

単位 m³/秒

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
平均流量	15.3	14.5	6.51	1.38	.356	.207	.222	.025	.231	.576	3.62	12.4	4.57
最大	38.4	39.4	38.4	6.88	1.89	1.59	3.60	.609	2.94	5.68	24.0	46.8	—
最小	.783	.123	.047	0	0	0	0	0	0	0	0	.286	—

流域面積 2,712 km²

(出典：マダガスカルの河川、ORSTOM社1993)

表3-2 Menarandra川流量 (1951~1983)

単位 m³/秒

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
平均流量	108	80.3	42.2	11.2	5.52	3.13	2.12	1.99	2.23	4.47	19.6	84.6	30.3
最大	304	316	199	51.7	28.3	15.6	7.90	9.51	8.09	13.3	50.1	215	—
最小	5.48	7.38	2.76	.489	.196	.159	.159	.140	.126	.259	3.60	.239	—

流域面積 5,330 km²

(出典：マダガスカルの河川、ORSTOM社1993)

Manambovo川では1956年から1976年までの19年間の記録によると5月から10月の月間平均流量は、極めて小さく本計画における水源として不適當であることが示されている。Menarandra川では1951年から1983年までの31年間で月間平均流量の最小流量は0.126m³/秒と、本計画施設の水源としての可能性が十分であることがうかがえた。水質については(3)項に述べる。

凡例

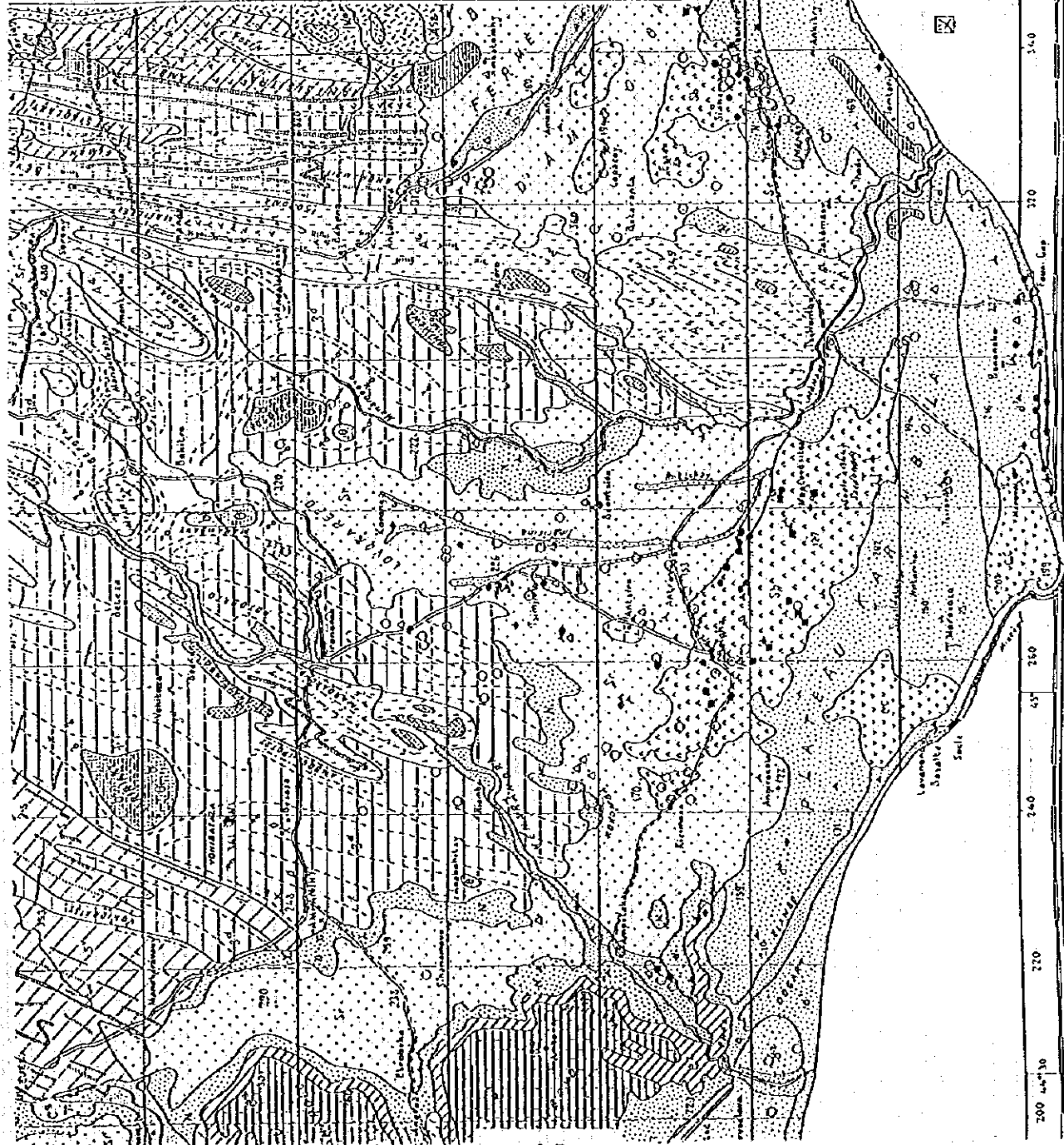
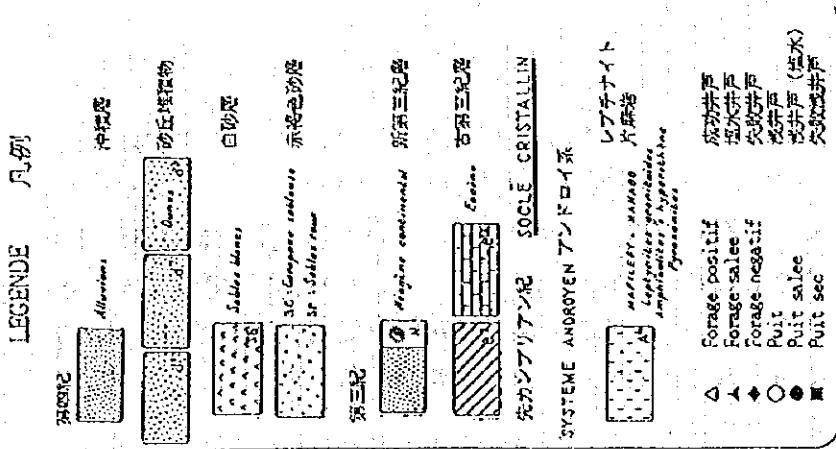


図 3-1 調査地域地質図

(2) 水理地質調査

A. 既存資料の検討

調査地区における水理地質調査は主として鉱工業エネルギー省=M I E M (現在は鉱山エネルギー省=MEM) によって実施され、その中で本地区の帯水層として、新第三紀の砂岩層、Beloha周辺に分布する白砂層と河川沿いの沖積層において地下水開発の可能性を指摘している。(M I E M 1976a, 1976b, 1992)。本地区には海性の新第三紀層が広く分布しており、塩水が各地で確認されている。水質に関して新第三紀層、第四紀層、砂丘堆積物では塩水により飲用に不適となる可能性を、白砂層及び沖積層の一部では比較的良好であり飲用に適していることを指摘している。

上記の他にA E Sがイタリアのコンサルタントに依頼して実施した地下水調査(LAND-SYSTEM 1993)では、Beloha周辺の白砂層に帯水層の可能性を指摘し、揚水量については最大 $20\text{m}^3/\text{日}$ 程度であるとしている。水質に関してはM I E M (1976a, 1976b, 1992)と同様に、新第三紀層、第四紀層、砂丘堆積層について塩水の危険性を指摘し、比較的水質の良好な地層としては、白砂層、沖積層を指摘している。

表3-3に本地区におけるボーリング及び浅井戸を帯水層、井戸種別、成功井(成功率)に区分して示す。揚水量に関しては村落給水等における $\text{m}^3/\text{分}$ の一般的な設置基準($Q=15\text{ l/分}=0.25\text{ l/秒}$ 以上)における成功井(成功率)を併せて示す。

表3-3が示す地区の帯水層の水理地質的特性を記すと以下のとおりである。

①新第三紀層:

浅井戸に関しては分布が限られており、井戸深度も深い(平均 33.3m)。ボーリングに関しては上位の赤褐色砂層、白砂層の分布地域でも掘削されているが、井戸深度(平均 84.6m)地下水位(平均 49.6m)とも深く、成功率も低く(29%)、塩水の可能性が大きい。揚水量 15 l/分 以上の井戸成功率は13.6%と低く、地下水開発の可能性は小さい。

②白砂層:

比較的水質は良好であるが、地下水の賦存量が小さく(浅井戸の平均揚水量 $0.02\text{ l/秒}=1.2\text{ l/分}$ 、ボーリングの平均揚水量 $0.01\text{ l/秒}=0.6\text{ l/分}$ 以下)、ボーリングの成功率も低い(20%)。揚水量 15 l/分 以上の井戸成功率は浅井戸、ボーリングとも0%であり、村落レベルでの給水源としての開発は困難である。A E Sの給水車はBeloha地区周辺の約10井を巡回して、2日をかけてようやく村落給水用に 6m^3 の水を得ている。

③沖積層:

一部塩水の危険性はあるものの成功率も高く(浅井戸61%、ボーリング90%)、井戸深度、地下水位とも比較的浅い。揚水量も大きく(浅井戸の平均揚水量 0.08 l/秒 、ボーリングの平均揚水量 9.43 l/秒)、揚水量 15 l/分 以上のボーリング成功率も80%と高く、地下水開発の可能性が期待される。

表 3-3 水理地質区分

帯水層	井戸種別	井戸数				成功率 (%)	井戸深度 (m)	地下水位 (m)	揚水量 (L/s)	成功井の内、揚水量 0.25 L/s=15L/m以上
		井戸数	成功井	空井戸	失敗井					
沖積層	浅井戸	18	11	0	0	61.1	11.07	7.19	0.08	4 (22.2%)
	※-リツク	10	9	0	0	90.0	22.59	5.97	9.43	8 (80.0%)
第四紀層	浅井戸	11	3	0	2	27.3	8.80	6.33	< 0.01	0 (0.0%)
	※-リツク	11	2	5	0	18.2	20.65	19.00	0.06	1 (9.0%)
砂丘追積物	浅井戸	4	2	0	1	50.0	6.85	4.40	< 0.01	0 (0.0%)
	※-リツク	4	2	1	1	50.0	18.25	-	< 0.01	0 (0.0%)
白砂層	浅井戸	50	24	10	8	48.0	6.19	4.94	0.02	0 (0.0%)
	※-リツク	10	2	4	1	20.0	9.70	2.60	< 0.01	0 (0.0%)
新第三紀層	浅井戸	4	2	-	-	50.0	33.33	27.83	0.28	1 (25.0%)
	※-リツク	66	19	13	0	28.8	84.60	49.59	0.35	9 (13.6%)
基盤岩類	浅井戸	0	-	-	-	-	-	-	-	- (-)
	※-リツク	12	6	0	0	50.0	26.30	13.25	2.15	4 (33.3%)

④その他：

上記以外の地層に関しては、砂丘堆積物、第四紀層とも揚水量が小さく、特に第四紀層は、水質に問題があり地下水開発の可能性は小さい。調査地域に広く分布する赤褐色砂層は、下位に新第三紀層が分布し、塩水の可能性が大きい。

以上より、本地区に分布する帯水層で特に有力とされていた地層の内、新第三紀層、白砂層は地下水開発が困難であり、沖積層は一部塩水の可能性はあるが揚水量も大きく地下水開発の可能性が期待された。(図3-1地質図参照)

B. 現地調査

既存資料の検討結果より、Manambovo川流域及びMenarandra川中流部のAmpotaka周辺を中心に現地踏査及び電気探査を実施した。

現地踏査では地質踏査と共に簡易水質試験(水温、pH、導伝率、塩素イオン、総硬度、鉄)を実施し、帯水層の分布、特性及び水源の飲料水としての適否の把握に努めた。

電気探査は現地踏査の結果選定した地点において、水理地質構造及び地下水の分布状況を把握するために実施した。探査は垂直比抵抗法を適用し、電極配列はウェンナー法及びエルトラン法を併用し探査の精度を向上させるよう努めた。電気探査結果は位置図と共に資料に添付する。

① Manambovo川流域(図3-2 Manambovo川現地調査結果図参照)

Manambovo川流域では、Tsihombe周辺及び以北に基盤岩類が分布しており、堆積岩類はManambovo川の右岸及び下流域に分布している。また沖積層はAmbohitysy周辺に分布しており、Ambohitysy以外では基盤岩類、新第三紀層等を薄く被覆しているにすぎない。

上流部・中流部(Tsihombe以北)では、沖積層が薄く電気探査結果及び既存ボーリング調査の結果によれば、下位に塩水を含む新第三紀層が広く分布している。中流部から下流部(Tsihombe以南)にかけては、Sakamasy川($EC=9,630\mu S/cm$, $Cl=19g/l$)が流入しており、かつIhodo塩湖($Cl=180g/l$)が左岸部に位置する。下流部(海岸部付近)には沖積層、第四紀層および砂丘堆積物が分布し、特にAmbohitysy周辺においては沖積層も比較的厚く(約10m程度)、浅井戸の水質も川沿いの他地点に比較的して良好である。溶解塩類の指標である導伝率(EC)はTsihombe付近の測定値が最大の $5,000\mu S/cm$ であり、その他は $1,000\sim 2,000\mu S/cm$ 程度である。

現地調査の結果、Manambovo川流域ではAmbohitysyにおいて沖積層が帯水層として期待され、ボーリング調査・揚水試験を実施することとした。

② Menarandra川流域 (図3-3 Menarandra川現地調査結果図参照)

Menarandra川流域は上流部には基盤岩類が広く分布しており、中流部Ampotaka周辺は赤褐色砂層、沖積層が、下流域は新第三紀層及び砂丘堆積物が分布している。

上流部は沖積層が薄く、下流域は塩水を含む新第三紀層及び砂丘堆積物が分布している。中流部のAmpotaka周辺は沖積層が比較的厚く(約25m程度)分布しており、地下水に富んでいる(M I E M 1976)。本地区周辺の浅井戸・深井戸の水質も比較的良好であり、ルートマップを作成し、電気探査によって沖積層の厚さを確認し、沖積層を帯水層としたボーリング調査・揚水試験を実施することとした。

C. ボーリング調査・揚水試験

既存資料の検討と現地調査を基に選定されたAmbohistry及びAmpotakaにおいて、ボーリング調査・揚水試験を実施した。ボーリング調査は地質状況及び帯水層の層相の把握を目的とし、揚水試験は揚水量、帯水層常数、水質等の水理地質特性の把握を目的に実施した。揚水試験は以下の方法により行った。

- イ. 段階揚水試験：揚水量を4段階に分けて、各段階の揚水及び回復状況を調査した。
- ロ. 連続揚水試験：最大揚水量で12時間の連続揚水を実施し、水位降下状況を調査した。
- ハ. 回復試験：連続揚水試験後の水位の回復状況を調査した。

① Ambohistry (井戸番号 F-1)

ボーリング調査は、Ambohistryの風車付浅井戸より20mの地点で実施した。深度9.43mにて下位の第三紀層の粗粒砂岩が分布しており深度10.11mで掘削完了とした。深度1.6mから粗粒砂層を主体として分布しており、白色粘土が混ざる。地下水位は1.04mである。(資料ボーリング柱状図 No.1 参照)

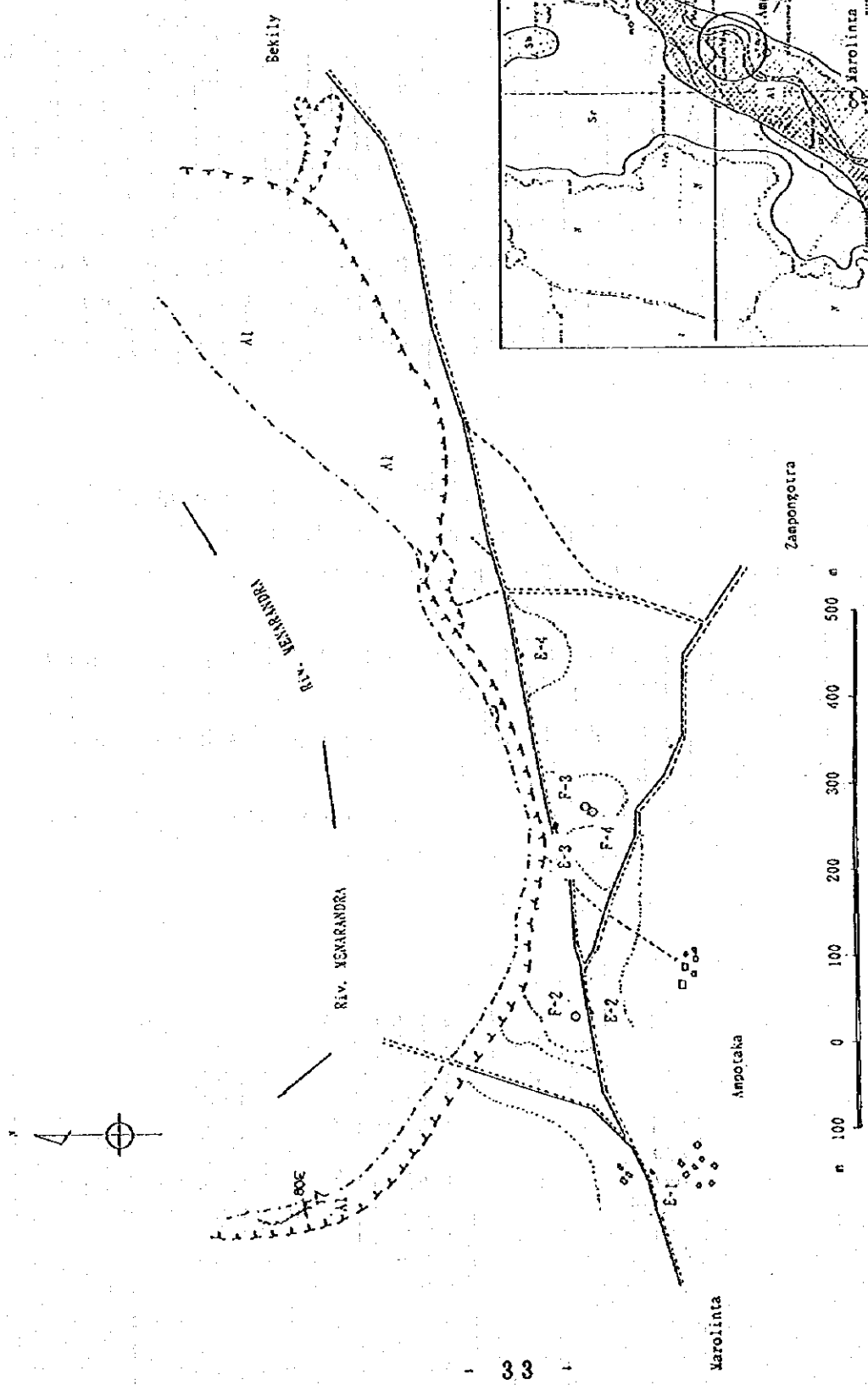
揚水試験は浅井戸を観測井として実施した。(資料Ambohistry揚水試験解析図参照)

段階揚水試験では約 $8\text{m}^3/\text{時}$ 以上の揚水を実施すると水位降下量が減少し、下位層からの地下水の補給が確認された。(資料Ambohistry段階揚水試験解析図 S_w-Q 曲線)

連続揚水試験では開始後約10分前後の水位降下量の減少(Ambohistry連続揚水試験結果解析図 S_w-t 曲線(Jacob))があり、連続揚水後の回復試験時では回復水位が試験開始時より約3cm上昇しており、(資料Ambohistry回復試験結果参照)下位層からの地下水の補給が確認された。

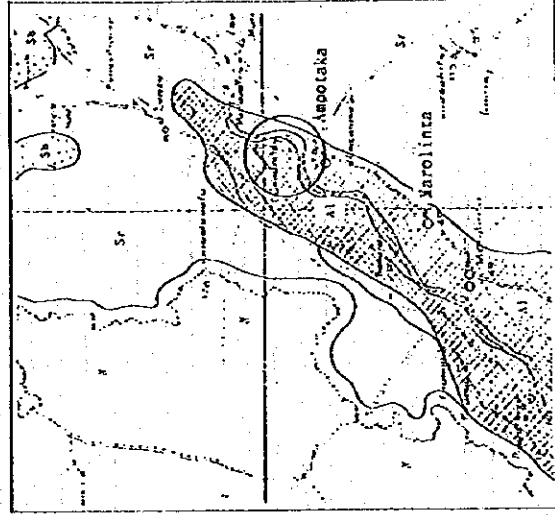
連続揚水試験と回復試験より得られた井戸常数は各公式より以下のとおり。

LEGÈNDE (LÉGENDE)	
Al	Alluvions 沖積地
Ss	Sables blancs 白砂地
Sr	Sables rouges 赤褐色砂地
N	Neogene 新第三紀地
○ P-2	Forage 探査P-2
○ E-1	Corelectrique 電気探査



Echelle 1: 5000

図 3-3 Menarandra川現地調査結果図



Carte Géologique ANPOTAKA (1958)
Echelle : 1/200 000

表 3-4 Ambohitsy井戸常数

公式	透水量係数(T)	貯留係数(S)	備考
タイス	0.651 m ² /分/m	2.17×10 ⁻¹	観測井
ストールマン	0.519	1.61×10 ⁻¹	観測井
ヤコブ	0.670	1.13×10 ⁻¹	観測井
〃	0.523	—	揚水井
回復法	0.490	5.51×10 ⁻³	観測井
〃	0.325	—	揚水井
ハンタッシューヤコブ	0.489	1.59×10 ⁻¹	観測井
平均	0.525	6.56×10 ⁻¹	

試験の結果、最大許容揚水量30m³/時、透水量係数0.525m²/分/m、貯留係数6.56×10⁻¹を得た。しかしながら、段階揚水試験では8m³/時以上の揚水時に下位の地層（新第三紀粗粒砂岩層—塩水を賦存する）より地下水の補給が確認され、海岸線に近いこともあり揚水量によっては、将来的には塩水化の危険性が懸念される。最大許容揚水量は8m³/時以下と判断される。

② Ampotaka (井戸番号 F-2、F-3、F-4)

ホーリング調査は、Ampotaka周辺において計3本実施した（内1本は揚水試験用観測井）。

地層は中粒砂層を主体とし2層の粘土層を挟んで、深度20m付近より下部の黑色粘土となる。地下水位は河床との比高差で6～7mである（資料ホーリング柱状図 No.2、No.3、No.4および地質断面図参照）。

揚水試験はホーリングNo.3を揚水井とし、10mの距離のあるNo.4を観測井として実施した。揚水試験試験結果は資料に解析図として示す（資料参照）。

段階揚水試験では限界揚水量に至らず、下位層から地下水の補給も認められなかった。（資料段階揚水試験解析図Sw-Q曲線）。

連続揚水試験及び回復試験によっても下位層からの地下水の補給を示す変化は確認されなかった。（資料連続揚水試験解析図Sw-t曲線(Jacob)）

連続揚水試験と回復試験の結果は以下のとおりである。

表 3-5 Ampotaka井戸常数

公式	透水量係数(T)	貯留係数(S)	備考
タイス	1.726 m ² /分/m	8.63×10 ⁻³	観測井
ストールマン	2.047	4.09×10 ⁻³	観測井
ヤコブ	1.663	1.50×10 ⁻³	観測井
〃	1.220	—	揚水井
回復法	1.397	8.03×10 ⁻³	観測井・揚水井
平均	1.558	5.56×10 ⁻³	

試験の結果、最大許容揚水量 $78\text{m}^3/\text{時}$ 、透水量係数 $1.558\text{m}^2/\text{分}/\text{m}$ 、貯留係数 5.56×10^{-3} を得た。MIEM (1976)では本地区の上流約 $800 \sim 1,000\text{m}$ の地点で同一の沖積層を対象としてボーリング・揚水試験を実施している。この調査で帯水層は、本調査と同一の2層の粘土層を挟む中粒砂層を対象としており、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験を実施した結果、最大揚水量 $113\text{m}^3/\text{時}$ 、透水量係数 $90\text{m}^2/\text{時}/\text{m}(=1.5\text{m}^2/\text{分}/\text{m})$ 、貯留係数 0.05 の各井戸常数を得ている。MIEM (1976)の調査での井戸常数は本調査結果と近似しており、Ampotaka地区における沖積層の水力常数として本調査結果で得られた井戸常数を採用することは妥当と判断される。

D. 可能取水量による最適規模

Ampotaka取水地点は沖積層を帯水層とし、Menarandra川の伏流水を水源とした井戸の取水方式が可能である。Ampotaka付近の河床の幅は $500 \sim 600\text{m}$ あり、河床の左岸側は標高差 $6 \sim 7\text{m}$ の急斜面が形成され、右岸側は標高差 3m と 6m の2段の平坦面が形成されている。河床部はルーズな河床砂で広く被覆されているが、河床には沖積層の粘土層が露出している。左岸側は沖積層が広く分布しており、右岸側は下位の新第三紀層が比較的浅所に位置し高位の平坦面を形成している。(図3-4 Ampotaka地点地質断面図)ボーリング調査によれば、沖積層は下位の比較的硬質な粘土層の上位に約 $20 \sim 25\text{m}$ 程度の層厚で左岸側に広く分布している。層相は砂層を主体とし、 $1 \sim 2$ 枚の粘土層を挟み、砂礫層、粘土混じり砂層等を含んでいる。

揚水試験の結果から本地区沖積層の井戸常数は最大許容揚水量 $78\text{m}^3/\text{時}$ 、透水量係数 $1.56\text{m}^2/\text{分}/\text{m}$ 、貯留係数 5.56×10^{-3} である。取水可能量は安全率を 0.6 と仮定して、最大許容揚水量 $78\text{m}^3/\text{時} \times 0.6(\text{安全率}) = 46.8\text{m}^3/\text{時} = 1,100\text{m}^3/\text{日}$ の揚水が可能と判断される。

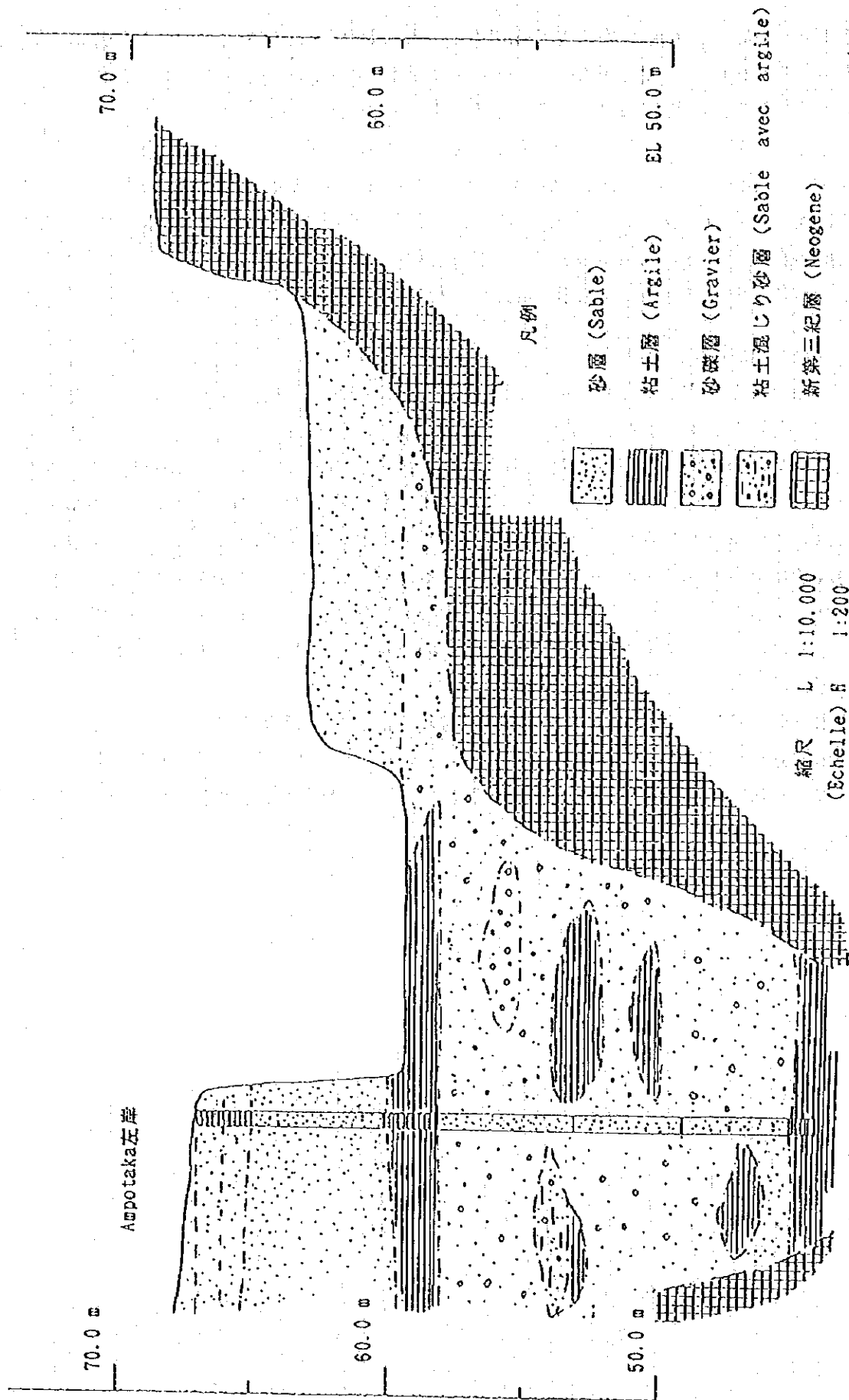


図 3-4 MENARANDRA川 中流部 AMPOTAKAKAにおける地質断面

(3) 水質調査

調査対象地域の水源水質は、塩分や硬度を含み導電率が高いものが多いので、電導度による水質判定と塩素イオンの簡易分析により水質調査をすすめ、重点となる試料について標準法 (Standard Method) による化学分析を行った。採水試料における導電率と塩素イオンの関係を図3-5のとおりである。本調査地域では導電率の値が2,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ を上回ると、塩素イオン濃度がWHOのガイドライン (水質試験成績表に記載) を越える結果となった。

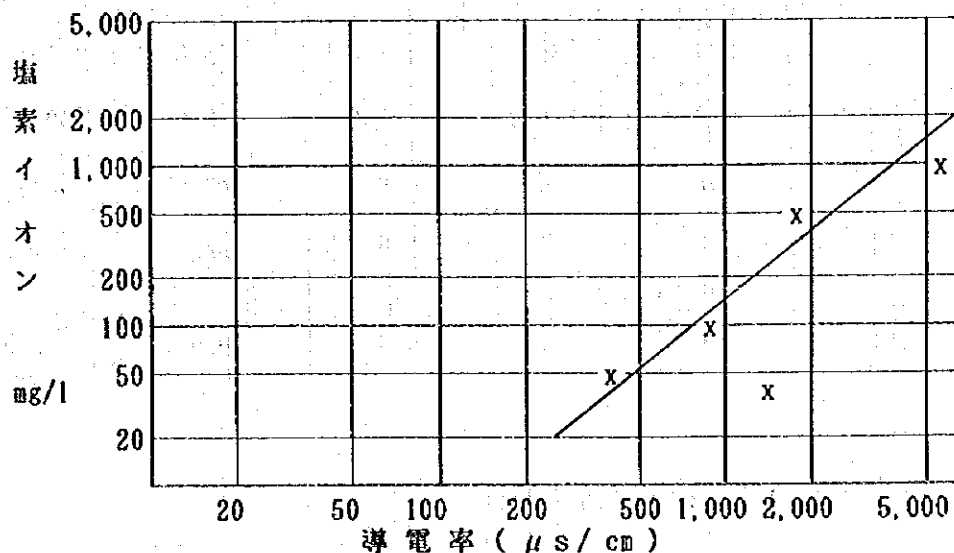


図 3-5 導電率と塩素イオンの関係

各試料の水質試験成績 (表 3-6) をWHOのガイドラインに比較して水質を判定すると、Manambovo川表流水は、1995年6月及び11月の2度の調査のいずれもナトリウムおよび塩素イオン濃度が高くなり、飲用に不適当と判断された。

Amputaka地点のMenarandra川表流水及び伏流水試料の塩分濃度に関しては、乾期 (11月) にも飲用が可能である。

Menarandra表流水、Ambohity井戸水に鉄がやや高く、これを水源とする場合には浄水施設が必要である。

なお、Menarandra表流水については現場試験によるCOD及び溶存酸素の測定を行い、水処理ができる水質であることを確認した。この試験成績も表に記入した。

表 3-6 水質試験成績表(1) 1995年6月

項目	試料	Manambovo (Tsihombe)	Tsihombe県 Ambohits井	Menarandra (Ampotaka)	Beloha県 Ampotaka井	Mandrare Amboasary	WHO ガイドライン
pH		7.8	8.5	7.6	7.8	8.2	-
導電率 $\mu\text{S/cm}$		1,900	1,400	400	400	450	-
カルシウム mg/l		141	54.4	61.2	51.2	44.0	-
マグネシウム mg/l		6.3	2.9	2.9	2.9	4.9	-
ナトリウム mg/l		256	28.5	85.4	32.4	25.5	200 >
硫酸イオン mg/l		80.0	3.0	6.0	5.0	5.0	250 >
塩素イオン mg/l		497	42.6	128	49.7	63.9	250 >
炭酸水素 イオン mg/l		212	198	214	183	122	-
全鉄 mg/l		< 0.01	0.01	0.6	< 0.01	0.03	0.3 >

表 3-6 水質試験成績表(2) 1995年11月

項目	試料	Manambovo (Tsihombe)	Tsihombe県 Ambohits井	Menarandra (Ampotaka)	Beloha県 Ampotaka井	Mandrare Amboasary	WHO ガイドライン
pH		7.7	7.4	7.2	7.5	7.5	-
導電率 $\mu\text{S/cm}$		5,100	1,900	900	500	1,100	-
カルシウム mg/l		98.0	83.6	48.1	35.2	59.6	-
マグネシウム mg/l		11.4	5.2	2.2	1.1	2.4	-
ナトリウム mg/l		664	207	131.1	61.0	124	200 >
硫酸イオン mg/l		240	50.0	40.0	15.0	40.0	250 >
塩素イオン mg/l		1,140	273	106	63.9	195	250 >
炭酸水素 イオン mg/l		383	529	375	200	197	-
全鉄 mg/l		< 0.05	0.60	0.10	< 0.02	0.02	0.3 >
COD mg/l					< 2.0		
溶存酸素 mg/l					6.5 (22°C)		

水源調査に関する検討結果をまとめると以下のとおりとなる。

Tsihombe県を流れるManambovo川の表流水は乾季6カ月間は濁れるうえ、雨期にも塩分が含まれる水質的な問題があり、水道水源として不適當である。

Tsihombe地区において地下水水源開発の可能性のあったAmbohitsy地点では、揚水試験の結果、水量が $8\text{ m}^3/\text{日}$ 以下と少なく、地区全体をまかなうには十分ではない。

Menarandra川沿いのAmpotaka地点における、揚水試験の調査結果からMenarandra川の伏流水は水量・水質とも本計画における水源として適切である。

この地点はここからBeloha市にいたる主要地方道に近く、地形的にも送水管敷設や給水車による水輸送に適する条件である。

以上によりMenarandra川伏流水が本計画地域で唯一の水源であるとの結論となった。

3-2-2 水源から村落までの水輸送方法の概略検討

水源がAmpotaka地点におけるHenarandra川伏流水に絞られたので、水源地のAmpotakaから給水拠点となるTsihombe市及びBeloha市への送水方法、ならびに拠点からの村落への給水方法選定のために、拠点と村落の距離について検討した。

Tsihombe市およびBeloha市は、Tsihombe県全4郡およびBeloha県全5郡の県庁で、行政の中心地である。村落位置と行政区分上の郡境界は図3-6のとおりである。図中に人口千人以上の村落を示した。南岸沿いの地方主要道路地帯に比較的人口が多い村落が連続している。

水源地のAmpotakaから拠点の一つとなるBeloha市までは50kmの距離があり、次の拠点であるTsihombe市まではさらに55kmの距離がある。

水源地、拠点としてのBeloha市及びTsihombe市、Tsihombe県及びBeloha県の給水地域の位置関係は図3-7に示すとおりであり、送水と給水の全てを給水車による場合に、給水車の一回あたりの平均走行距離はTsihombe県の村落では往復278km、Beloha県の村落では174kmとなり、給水車の全体走行距離は給水量によってはきわめて大きなものとなる。

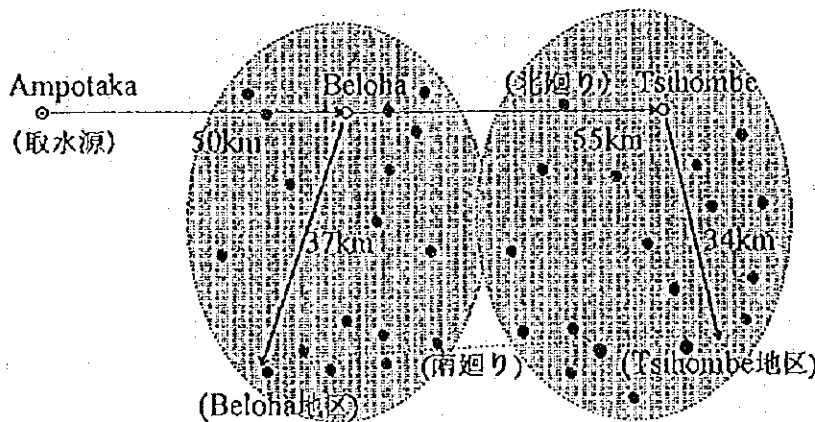


図 3 - 7 水源から給水村落までの距離 ● は村落

図3-7に点で示した村落を、郡単位に人口と郡庁からの平均距離を示すと以下のとおりである。

表 3-7 Tsihombe県およびBeloha県の村落

地区名		人口 (人)	県庁-村落平均距離(km)
チ オ ン ベ 県	Tsihombe郡	15,254	21
	Faux-cap郡	15,637	47
	Marovato郡	8,619	48
	Antaritarika郡	11,297	38
	小計(平均)	50,807	(34)
ベ ロ ハ 県	Beloha郡	12,839	32
	Kopoky郡	6,975	39
	Tranovaho郡	9,852	39
	小計(平均)	29,666	(37)
合計(平均)		80,437	--

(人口：1992世界食料計画を郡庁が修正)

〔水輸送における代替案の作成〕

給水車の全体走行距離試算のために、給水計画における対象人口8万人に対する一人一日の給水量（給水原単位）を市街部を10リットルとし、農村部については5リットルの場合と3リットルの場合を想定して、水輸送の代替案を作成した。

1-1案

水源から拠点への幹線輸送および拠点から村落への枝線の水輸送を全て給水車による案

1-2案

幹線の一部である水源地からBeloha市まで約45kmを送水管による方法とし、残りの幹線部のBeloha市-Tsihombe市間は55km及び枝線輸送を給水車による案

1-3案

水源地からTsihombe市までの幹線の全てを送水管による方法とし、Beloha市-Tsihombe市間の送水管敷設経路を最短距離である計画地域北側の国道沿いの108km（以下、北回りルートと記す）とし、枝線輸送を給水車とする案

1-3'案

Tsihombe市まで送水管によるが、Beloha市-Tsihombe市間の送水管敷設経路をBeloha南部のSampezaから南下して、人口の多い計画地域南側の県道沿いの140km（以下、南回りルートと記す）とし、枝線輸送を給水車とする案

参考2-1案

Ambovombeシステムの運営が赤字の現状に鑑み、本計画施設をAmbovombeシステムと接続するため、Amboasary浄水場から送水管によりTsihombe市まで送水し、給水車によりで給水する案

参考2-2案

水量的には十分ではないもののTsihombe県のManambovo川下流のAmbohitsy地点の地下水を水源としTsihombe県の一部に給水し、不足分をAmpotaka水源とする案

〔代替案による給水車走行距離〕

給水車のタンク容量が6 m³であるので、給水車の運行回数は必要水量を6で割った数となる。これに水輸送区間の往復距離を乗じて郡への給水距離とし、上記の各代替案に対する給水車走行距離を算出した。

枝線となる拠点から村落までの走行距離は表3-7の県庁からの平均距離によった。試算による各代替案に対する計画地域全体の一日給水車走行距離は以下のとおりである。走行距離試算の内訳は給水車推定走行距離表として資料に添付した。

表 3-8 代替案における一日給水車走行距離

	農村部給水原単位(1/日・人)	給水車走行距離 (km/日)
1-1案	5	16,500
	3	10,500
1-2案	5	9,700
	3	6,000
1-3案	5	4,500
	3	2,500
1-3'案	5	3,300
	3	1,600
2-1案	5	6,600
2-2案	5	5,400
	3	2,900
Ambvombeシステム	3.1 (推定)	6,600 (実績)

〔代替案における維持管理費用の試算〕

(1) 維持管理費試算の根拠

Ambovombeシステムの1994年の維持管理費は表3-9に示すとおり、425百万である。収入に占める水売り代金は29%で、71%にあたる3億FMGを国の補助金に頼っている。支出のなかで大部分は給水車の燃料、タイヤ及び潤滑油等の購入費が80%以上を占め、次いで約55名（'95の給水部人員）の人件費で17%である。

表 3-9 給水活動収支

単位 FMG

支 出		収 入	
燃料購入費	171,533,206	水販売代金	123,801,727
タイヤ等部品購入費	123,611,097	補助金	301,260,053
セメントその他購入品	48,061,200		
事務用品費	1,898,960		
外注庸人費、出張費	1,041,166		
給与、福利厚生、保険	78,916,152		
計	425,061,781	計	425,061,781

A E S 給水車事業報告書 (1994)

(イ) 給水費

上記のAmbovombeシステムにおける年間購入費は3.3億FMGであり、これを年間走行距離58万kmで割ると、給水車の走行単価は570FMG/kmである。また給水車の1日最大走行距離は給水量が最大となる9月に170km/台日である。

(ロ) 管理費

人件費は実働を年間300日とすると4,780FMG/人日であるが、間接部門の経費を5割と仮定してこれを加算すると、7,170FMGとなる。

(ハ) 浄水・送水費

燃料の軽油は1,300FMG/リットル（1995年9月）である。設置すべきポンプ・発電機などを概略設計して、燃料消費量及び燃料単価をもとに算出する。

(2) 代替案における維持管理経費

代替案についての、給水1m³あたりの維持管理費（給水単価）と必要給水車台数を表3-10に示した。

表 3-10 水源と給水方法による給水コスト検討資料

水源と給水方法	前提条件	問題点	給水原単位と給水量		給水量 走行距離 (km/日) B	給水量による配水費用			(e) 浄水・送水 単価 (F)(円/m ³) F	(f) 管理費 (円/m ³) G = 7.170 × (I+15) ÷ A	合計 給水単価 (円/m ³) E+F+G	給水量 必要台数 (台) I = B ÷ 150
			給水原単位 (リットル/人/日) A	給水量 (m ³ /日) A		運行単価 (円/m ³) C	配水費用 (千円/日) D = B × C	配水原価 (円/m ³) E = D ÷ A				
1-1 浄水場から村落までの 送水・配水とも給水車 による	給水対象人口は8万人とする。 給水車は6トン車を使用する。 給水車の運転手は職工として雇用 する。		市街地 10 村落部 5	431	16,500	570	9,400	21,800	720	2,100	24,600	110
1-2 浄水場からBelohaまで 送水管により以降を給 水車による送水・配水 する(管線延長 49km)	浄水・送水施設は季節の需要水量 の変動に応じて時間運転する。 Amotaka-Beloha間の3ヶ所(水 源から0.19, 4.2kmの地点)に配水 池を設け給水可能とする。		市街地 10 村落部 5	431	9,700	570	5,530	12,800	2,020	1,330	16,200	65
1-3 Tsiombeまでの幹線は 全て管で送水、配水は 給水車による 北回(配管延長 108km)	施設運転時間は同上。 上記に加えBeloha-Tsiombe間 の2ヶ所(Belohaから15.45kmの 地点)で配水可能とする。		市街地 10 村落部 5	431	4,500	570	2,570	5,950	2,600	750	9,300	30
1-3 同上のコースを変更 南回(配管延長 140km)	施設運転時間は同上。 1-2に加えBeloha-Tsiombe間 の5ヶ所(Belohaから15.31, 51, 59, 82kmの地点)で配水可能とす る。		市街地 10 村落部 5	431	3,300	570	1,880	4,350	3,470	620	8,450	22
2-1 (選定) Amboasary貯水場 -Ambovoabe-Tsiombe 間102kmを管で送水	280mの標高差を超えて送水する ため、ポンプ施設として45kWを2 段、30kWと55kWを各1段ずつ設置 Tsiombe, Beloha内は給水車利用		市街地 10 村落部 5 (本計画 地域の分 は284)	800	6,600	570	3,762	6,270	5,510	710	12,490	44
2-2 (仮設水道) Amboasary貯水場 -Amboasary貯水場 -Amboasary貯水場 とし、全量給水車によ り送水・配水する	Amboasary貯水場は概して192m ³ /日 この井戸からはTsiombeに給水。 Tsiombe及びBelohaへの不足分は Amotaka貯水場(新設)より水輸送		市街地 10 村落部 5	432	5,400	570	3,078	7,125	2,800	850	10,800	36
対 照 Ambovoabeシステム現況 (水輸送は浄水場-市街 間は全量給水車、市内は 配水車、周辺は給水車)	年間給水量約5万m ³ /日に対する 維持管理費をもとに単価算出 給水対象人口は、市街地は2万人 農村部は4.7万人と推定		市街地 5.3 村落部 2.6 47,000人	169	1,710	574 (実績値)	982	5,810	-	2,560	8,370 (実績値)	17

(注) * : 職員平均給与 円/m³/人日

① 幹線部水輸送方法の違い

1-1案は幹線と枝線のすべてを給水車で水輸送し、1-2案はBeloha市まで一部の幹線を送水管とする送水方法の違いである。

1-1案の給水単価は23,800~24,600FMGとなり、Belohaまでを管とする1-2案でも給水単価15,000~16,200FMGとなり、Ambovombeシステムの維持管理費を大きく上回る。

送水管を延長しTsihombe市までとする1-3案及び1-3'案では、給水単価は7,000~9,000FMGとなり、1-2案の約半額となる。

この場合には、維持管理経費の減少に加え、管の敷設費が給水車の調達費より大きくなるものの、必要給水車が給水車1-2案より20~30台減少する。一方管の耐用年数は給水車の耐用年数の4~5倍以上に長いことで、初期投資の観点からも管路案が妥当である。

② 管路の経路の違い

1-3案の北回りルートと給水単価8,400~9,400FMGに対して、1-3'案の南回りルートでは6,800~8,500FMGとなり、給水単価は代替案のなかで最小となる。

対照のAmbovombeシステムの給水単価は8,370FMGであり、1-3'では農村部の給水原単位を5リットル/人日としてもこれとほぼ同額となる。

③ 参考案

Tsihombeが東のMandrare川と西のMenarandra川のほぼ中央に位置することから検討したAmbovombeシステムの浄水場からTsihombeに送水する2-1案は管路が標高差270mの山越えをすることになり、送水の経費が大きく、給水単価は対照の3割増となる。

水源調査で検討されたAmbohitysy井戸をTsihombe地区の水源とする部分水源開発を行う2-2案は対照に近い単価となるが、初期投資がAmbohitysyポンプ場・浄水場とAmpotaka浄水場と二重になり妥当な案とはならない。

なおMenarandra川を水源とする場合に、Ampotaka以外の地点としてBelohaの北方61kmのTranoroaを選定することも検討したが、現地踏査の結果路線延長の約4割が岩露出地帯のため、工事費がかかることが容易に予想されたので詳細に検討を進めることを中止した。

以上、水輸送方法の概略検討結果をまとめると以下のとおりとなる。

給水車の全体走行距離試算のために、給水計画における対象人口に対する給水原単位を設定するとともに水輸送の代替案を作成した。これらの代替案における給水単価を算出し、幹線を送水管とする水輸送方法が、計画施設の維持管理費の最小化に有効であるとの結果を得た。

幹線の送水管の経路は都市間を最短で結ぶ北回りルートと人口の多い村落が連なっている南回りルートがあるが、南回りルートが送水案Ambovombeシステムの給水単価を下回る唯一の案であった。