

マダガスカル民主共和国
南部地域生活用水開発計画
事前調査報告書

昭和54年6月

国際協力事業団

国際協力事業団	
入 期 84. 4. 17	409
登録No. 03474	61.8 SDS

は し が き

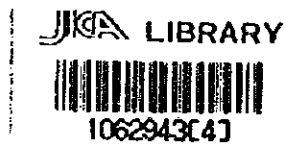
日本国政府は、マダガスカル民主共和国政府の要請に応え、同国南部地域住民の生活用水確保計画にかゝる調査を行うことを決定し、その調査は国際協力事業団が実施することになった。

事業団は、通産省工業技術院地質調査所の燃料部長曾我部正敏氏を団長とする6名からなる事前調査団を昭和54年3月22日から、同年4月11日まで現地へ派遣した。

今回の事前調査は、本格調査の対象となる南部のアンボボンベ盆地周辺における現況を概査し、プロジェクトの規模及び内容についての概略検討を行い、本格調査の必要性と実施可能性について確認すると同時に、本格調査が円滑に、かつ効果的に進められるようマダガスカル民主共和国政府と協議を行うことを目的としたものである。

本調査報告書が、今後の本格調査を立案検討し実施するに際して参考となることを期待するとともに、今回の調査実施にあたり多大の御協力をいただいた、マダガスカル民主共和国、同国在東京大使館、在タナナリブ日本大使館ならびに関係機関各位に対し厚くお礼申し上げる次第である。

昭和54年6月



国際協力事業団
社会開発協力部長

広 田 孝 夫

写真一 1

Ambondro 南西部での浅井戸
(洗濯用)



写真一 2

Ambondro 南西部での Vovo
で水を飲むゼブ牛

写真一 3

Ambondro 南西部の Vovo 群



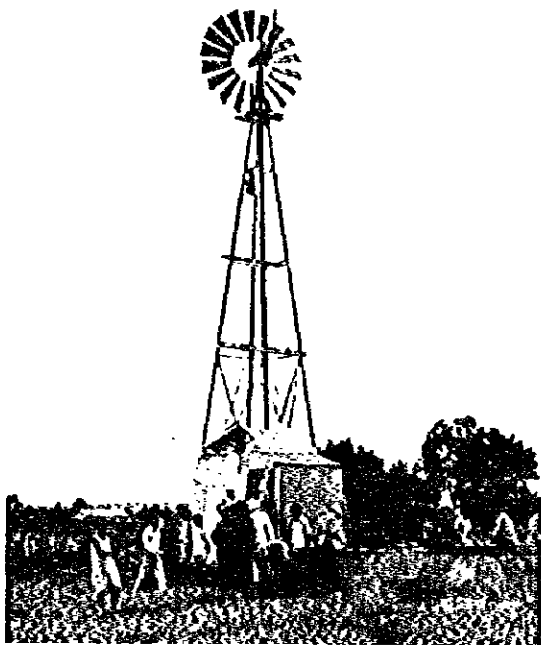


写真-4

Ambovonbe 南側町はずれの風車式揚水の
浅井戸

写真-5

井戸名“SI”の家畜用浅
井戸と家畜用水飲み場

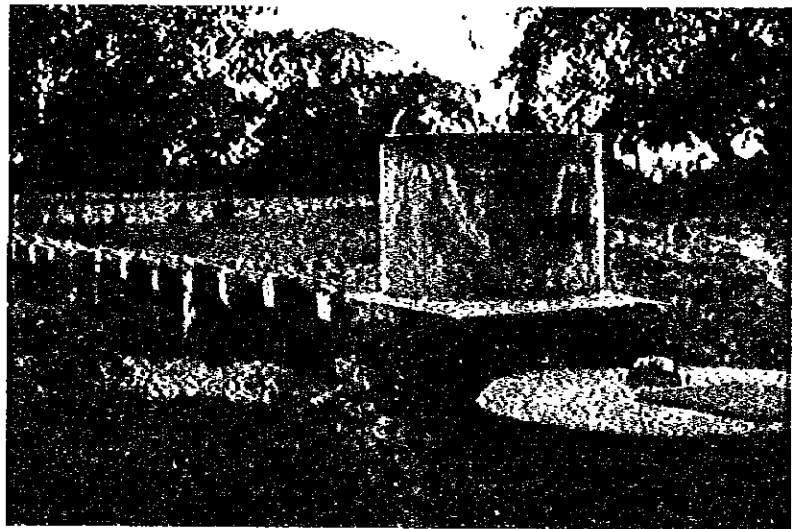


写真-6

井戸名“U”の素堀りの浅
井戸の滑車はついているが
井戸枠はない。

目 次

はしがき	1
第1章 総 論	1
1-1 プロジェクトの背景と経緯	1
1-2 本格調査に対する提言と勧告	1
1-2-1 基本方針	1
1-2-2 調査の内容	1
1-2-3 今後の調査スケジュール	6
1-3 事前調査団の派遣目的	8
1-4 〃 の構成と日程	8
1-5 Scope of Work	10
第2章 各 論	15
2-1 南部地域の概況	15
2-1-1 位 置	15
2-1-2 気象及び水文	15
2-1-3 河川の流況	20
2-1-4 人口分布	23
2-1-5 産 業	25
2-1-6 水の利用形態	27
2-2 地形・地質	30
2-2-1 地 形	30
2-2-2 地 質	32
(1) 地質概説	32
(2) Ambovombe 盆地の地質	33
(3) 地質構造	51
2-2-3 南部地域の帯水層	52
2-2-4 Ambovombe 盆地の地下水位の概要	52
2-3 深 井 戸	57
2-3-1 深井戸の現況	57
2-3-2 深井戸と深部地下水	58
(1) 水 位	58

(2) 揚水量	59
(3) 帯水層と基盤	59
(4) 水質	59
2-4 浅井戸	65
2-4-1 浅井戸の分布状況	65
2-4-2 ■ の利用状況	66
(1) Ambovombe 南西郊外の利用状況	66
(2) Ambovombe 市内と郊外の利用状況	67
2-4-3 浅井戸の課題と方策	69
(1) 浅層地下水の存在する地域の偏在性	69
(2) 量の不足	69
(3) 井戸の構造	69
(4) 揚水施設	70
(5) 井戸周辺の管理	70
(6) 井戸管理体制の整備	70
2-5 地下ダム	71
2-6 天水溜	71
2-6-1 天水利用の現況	71
2-6-2 天水溜による水対策の有効性	82
2-6-3 天水溜による水対策の方針	84
2-6-4 天水溜の規模と構造	85
2-7 河川水	86
2-7-1 河川水利用の現況	86
(1) 河川の流況と水質	86
(2) 河川水の利用現況	87
(3) Manambovo 川引水の Tsihombe 水道	87
(4) 欧州共同体 (E.C.) によるパイプライン導水計画	89
2-7-2 河川水利用	94
(1) 河川水利用の水対策方式	94
(2) 河川水の取水方法	95
2-7-3 給水車方式による水対策	96
2-7-4 パイプライン方式による水対策	97

第3章 付 章	99
入手資料リスト	99
文 献	101

第 1 章 総 論

1-1 プロジェクトの背景と経緯

マダガスカル国南部のカリンボラ高原、アンボボンベ盆地一帯は慢性的な水不足であり、地域住民の生活用水確保は、今や社会不安の大きな原因となりつゝある。

マダガスカル民主共和国政府（以下マ政府）は、この様な国内事情を背景として、1972年以来度々わが国に同地域の水不足対策に関する協力を要請してきた。

これに応え1978年6月にわが国は本計画に協力することを決定し、今回の事前調査団の派遣に至った。

マ政府の本計画に関するT/Rは、文書の型で明確に示されたものではなく、国内準備段階で資料として調査団が入手しえたものは、過去において日本の民間企業が概査したレポートのみであり、その内容も深井戸にのみ焦点をしばったものであった。

従って今回の調査は、事実確認及び本格調査の骨子を策定することとして実施した。

1-2 本格調査に対する提言と勧告

1-2-1 基本方針

本計画は、南部地域住民に対する生活用水の安定的供給を意図するものである。

現在、当該地域における水供給手段は、彼ら自身の努力による浅井戸、各国援助による深井戸、天水溜、給水車等を有している。然しそれらの大半は使用不能又は絶対量不足といった状況であり、地域住民の生活用水不足は大きな社会不安となっている。

わが国は、本計画の背景を踏まえ計画の可急的速な実現を図るべく、無償資金協力による協力を検討することとしている。

従って本格調査では、今回の事前調査においてしぼられた具体的用水確保手段について個々の計画、異なる手段の組み合わせによる計画等についてのフィジビリティを調査する。然しながら本計画の性格上、単に経済的・技術的フィジビリティの検討ではなく、具体的な建設計画が示されねばならない。

1-2-2 調査の内容

(i) 深井戸

- ① 浅井戸に頼れる地域は図 1-1 に示すように宙水地帯・河川水の伏流地帯などであり、地域全体からみると限られた小範囲の地域である。また天水溜めは、浅井戸地帯以外の主として盆地南半分の地域に広範囲に建設されているが、渇水期の後半には使用不能とな

り、遠距離まで水汲みに行くケースが多い。

深井戸についても図17に示した通り、盆地南半分の水不足地帯の大部分において、地下水位が地表から100m以深の地帯となっており、この地帯の現段階での深井戸開発は無理と考えられる。しかしManambovo河の両岸岸一帯また海岸側の若干低くなっている一帯などのおよそ標高100m付近以下の地帯では深井戸の開発は可能である。また北半部のD2 Erolyなどを中心とした一帯では、井戸の深度も100m以内で、水位も50m以内と揚水条件は良好と考えられる。また水質も良好である。

深井戸は年間を通じて水位の変動がそれ程無く、コンスタントに取水ができること、人畜による汚染がされにくいなどの利点がある。また1972～1973年のような異常渇水年における水源としては、最も頼りになるものである。

現在深井戸の揚水が殆んど行われていないことについては、先に触れたD19 Behonokaの井戸にみられるように、竣工時からある期間は稼働するが、一旦故障するとそれを修復できるような体制が全くないことにある。また公の機関でも修理費の支出は非常に困難であることなどから、そのまま放置されることになるようである。

今後の深井戸の開発に当り、このようなことを繰り返さない方法として、各井戸の揚水機をなるべく画一化すること、スペアの機器を当初から余分に準備すること、深井戸関係一切の修理および管理のできる技術者を養成し配置することなどが挙げられる。

従来の深井戸が6"程度の小口径のものであり、今後も6"～8"程度の口径のものを主とすること異存はない。しかし100m以内の深度で水量の確保ができる地帯などでは、例えば16"～20"の大口径の井戸を掘削し、ポンプの故障の場合は、つるべ井戸方式に変えられるといった、揚水方法に幅のある深井戸の開発を行うことも一案と考えられる。

② 地下水開発の本調査

(1) 現時点では深井戸・浅井戸の開発可能の地帯はそれぞれ限定されているが、その中から井戸位置の選定を行うため次のことを行う。

- 宙水地帯の浅井戸の開発については、その周縁部の地形・地質の調査および電気探査による容水基盤の形態などを明らかにする。
- 深井戸の開発についても上記と同様の調査により、できれば地下水位・水質の推定を行う。

(2) 部落別の水源の位置・種類(天水溜・天水槽・水溜・浅井戸・深井戸)および規模能力の調査を行う。部落別の過不足の状況を明らかにし、それに基づき水源計画を行う。

(3) 既存井戸(深井戸・浅井戸)の水位・水質などの測定を行う。また休止している深井戸についてもできる限り同様の測定を行う。

とくに深井戸について故障の原因を明らかにする。

(2) 浅井戸利用による水対策についての本格調査の要点

① 水収支解析

浅層地下水の涵養源は、フェクンの分布地域における降雨によるものが主であるので、降雨と蒸気、それに地下浸透との関係を量的に明らかにし、Ambovombe盆地における地下水涵養量を、フェクンの分布地区毎に把握する。

② 浅井戸の改修のための浅井戸の構造調査

浅井戸には、単に素掘りのものも多く、上から土砂などが入るほか、井戸壁の崩解により地下水が汚染されたり井戸が埋まったりするので、VovoとForagéを除いてはすべての井戸に井戸壁と井戸枠を設置するとともに追加掘りする必要がある。又井戸周辺より汚水が直接浸透しないよう井戸の周辺をコンクリートで被覆する必要がある。そのために必要な個所と数量を把握する。

なおVovoについては、追加掘りだけでよいので、実施することは適切である。

③ 揚水設備の構造調査

地下水位は5~20mであり、またディーゼルポンプなど動力設備は修理体制が出来ていないので、当面は滑車を使ったつるべ式が適切である。そこで井戸枠の構築とあわせて各浅井戸に滑車式のつるべを取り付けるための構造と個所及び数量を把握する。

Vovoについてはもちろん必要はないが、Foragéについては、現在ディーゼルポンプが故障中であり、修理可能か新たに新設の必要があるか把握する。

④ 井戸管理体制の整備のための基盤調査

深井戸の管理とも合わせて、井戸の管理が必要である。そのためには、個々の井戸の管理、県又は郡レベルでの管理、国レベルでの管理に分け、それぞれの任務分担と組織それに管理費用について把握する。

(3) 天水溜

① 既存天水溜の調査

- (イ) 天水溜の現有数と位置
- (ロ) 天水溜の利用状況(利用人口、使用水量)
- (ハ) 天水溜の水収支の実態(蒸発散等)
- (ニ) 天水溜の構造および諸元(細部構造等含む)
- (ホ) その他

② 天水溜設置に関する検討

- (イ) 天水溜の配置計画と位置選定

(c) 天水溜の規模および構造設計

(a) 集水部についてのコンクリート張とアスファルトコンクリート張の比較検討

(b) 集水部基盤検討（ソイルセメント基盤等）

(c) その他

(c) 天水溜の工費の概略積算

(c) 天水溜の実施施工計画の立案

(c) その他

(4) 河川水利用

河川伏流水取水井戸についての本格調査の要点

① 河川伏流水

河川伏流水を利用するため、取水井戸建設にあたって本格調査で実施すべき検討事項は次のようなものである。

(f) 河川の流量と水質調査

(c) 既存の伏流水取水井戸の調査

(c) 伏流水取水井戸の建設位置と個数の検討

(c) 揚水試験の実施による水量調査と水質測定。（揚水ポンプ水質分析器等が必要）

(c) 取水井戸の構造と規模の検討

(c) 取水井戸の付帯施設の検討

(c) 取水井戸の設計と概略工事費の積算

(c) 施工計画の作成

(c) 維持管理計画の作成

(c) その他

② 給水車

(f) 既存給水車の台数および規模

(c) 既存給水車の配水区域その稼働状況

(c) 干ばつ等渇水時の水不足状況の把握

(c) 給水車の規模および付帯設備の検討

(c) 日本国産給水車製造状況および価格の調査

(c) 給水車付与台数の検討

(c) 現地搬入、経過等の検討

(c) 概算費用の見積り

(c) その他

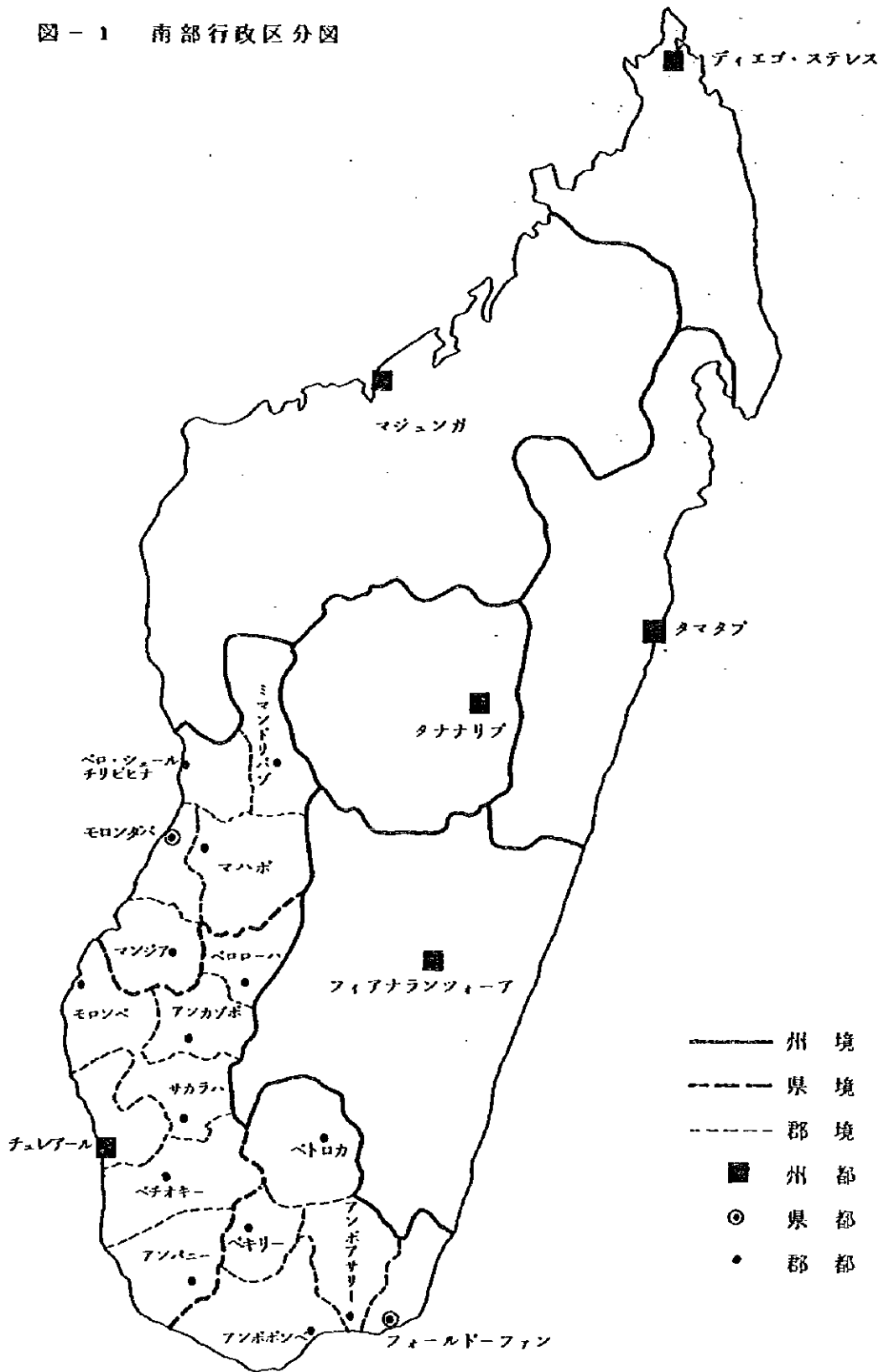
③ パイプライン

- (g) EC Pipe Line 計画の概要把握
 - (h) Tsihombe 水道の実態把握
 - (i) 導水ルート of 検討
 - 1) Amboasary ルート
 - 2) Ifotoka ルート
 - 3) その他上流山間部からの導入ルート (ポンプアップ揚程の少ないルート)
 - (j) 概略設計と工費概算
 - (k) 事業の経済妥当性の検討
 - (l) 管理費用および管理体制の検討
 - (m) 他の水対策との比較検討
 - (n) パイプライン方式による水対策の適否検討
 - (o) その他
- (5) 地 質
- 今回の調査によって得られた地質についての所見並びに今後の問題点を要約すると次の通りである。
- (1) 盆地内には広く第四系が分析し、露出がきわめて限定される。しかも、地層が緩傾斜 (ほとんど水平) であることも手伝って、連続した露頭によって地層を観察できる機会はほとんど皆無である。
 - (2) Ambovombe 盆地は、地形の起伏も少なく、詳細な層序、岩相の判定は井戸あるいはトレンチによる以外には不可能である。したがって、本格調査に当ってはマダガスカル地質調査所で地域内の試錐柱状図 (1/100) を収集し、十分な地層対比によって、層序関係、各地層の発達状態、帯水層の層準等を明らかにしておく必要がある。なお、地下水開発の立場からみると新第三系及び第四系の岩層についての透水性及び岩相変化に関する資料の取得が望ましい。
 - (3) すでに述べたように、一部の地域における地層の同定に関しては、UNDP とマダガスカル地質調査とでかなりの相違が認められる (特に Ambovombe 市街の新第三系)。地層の判定は岩相からも可能と思われるが、詳細な判定のためには古生物学的資料の収集・検討が必要である。
 - (4) 当地域の地下水位図は、新第三系、第四系のそれを総合したものであるが、各試錐資料について帯水層 (ストレイナー) の位置等を検討のうえ、地層別の地下水位及び水質等を総合的に明らかにする必要がある。

1-2-3 今後のスケジュール

	10	11	12	1	2	3	4	5
作 業 現地調査 国内取りまとめ	↓		↑			↑		
報 告 書 インセプション プログレス ドラフトファイナル ファイナル	△			△			△	△

図 - 1 南部行政区分図



1-3 事前調査団の派遣目的

今回の目的は、主として第一に本計画の背景を正確に把握すること、第二に現地の状況を理解し、わが国の協力範囲を明確にすること、第三に本格調査の骨子を作成すること等である。

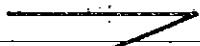

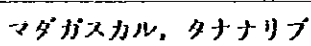

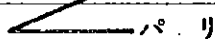
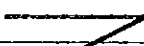

同国南部地域に関する資料は、わが国々内においては全て入手不可能であったので、本格調査に備えて、その所在を可能な限り多く確認することにも留意した。

1-4 調査団の編成と日程

(団員名簿)

	担 当	氏 名	所 属
団長	総 括	曾我部正敏	通産省工業技術院地質調査所 燃料部長
団員	水文・水理	寺 蘭 勝 二	建設省河川局開発課長補佐
"	深 井 戸	森 和 雄	通産省工業技術院地質調査所 主任研究官
"	浅 井 戸	三 村 清 志	建設省河川局河川計画課長補佐
"	業 務 調 整	美谷島克彦	国際協力事業団社会開発協力部
"	通 訳	加 藤 和 憲	国際建設技術協会

(調査日程)

日 順	月 日	行 程 及 び 調 査 内 容
1	3/22	東 京 
2	23	 パ リ
3	24	パ リ  マダガスカル, タナナリブ
4	25	
5	26	大使館, 経済商業省表敬, 調査打合わせ
6	27	経済商業省地質調査所にて調査打合わせ
7	28	#
8	29	# 欧州開発基金と意見交換
9	30	タナナリブ → フォルトドウハン
10	31	フォルトドウハン → アンボボンベ盆地と周辺の現地調査
11	4/ 1	#
12	2	# UNDP派遣専門家と現地にて意見交換
13	3	#
14	4	#
15	5	フォルトドウハン → タナナリブ
16	6	大使館, 経済商業省と会議
17	7	# 欧州開発基金と意見交換
18	8	資料整理  タナナリブ
19	9	 パ リ
20	10	パ リ 
21	11	 東 京

**SCHEMA ET OBJECTIFS DES ETUDES ET TRAVAUX DE FACTIBILITE
POUR LA MISE EN VALEUR DES EAUX A USAGE DOMESTIQUE
DANS LE SUD MADAGASCAR**

(SCOPE OF WORK)

Fait à Tokio, le 18 Mai 1979
Pour le Japon;
LE CHEF DE MISSION


Masatoshi SOGABE

I INTRODUCTION

I-1 A la requête faite par le Gouvernement Malgache, le Gouvernement Japonais a décidé qu'il y avait lieu d'exécution une étude de factibilité technique portant sur la mise en valeur des eaux à usage domestique destinées aux habitants du Sud de Madagascar.

La JICA (Agence japonaise pour la Coopération Internationale), organisme gouvernemental, a été chargée, en exécution de l'Accord intervenu entre les deux gouvernements susvisés, d'effectuer cette étude; à cet effet est prévu l'envoi d'une mission d'experts japonais et d'équipements nécessaires.

I-2 Le présent document définit le schéma et les objectifs relatifs à l'étude et aux travaux ci-dessus mentionnés.

II GRANDE LIGNE DE L'ETUDE

II-1 Objectifs de l'étude

L'étude précitée portera notamment sur les possibilités de revitailler en eau douce les habitants vivant dans la bassin d'Ambvombe de la province de Tuléar en mettant en valeur et en utilisant toutes les ressources en eau disponible, telles que eau souterraine, eau de surface et eau météorique, et ce, dans le cadre de la coopération du Gouvernement Japonais accordée sous forme de don qui prévoit la mise en place des installations, etc...

II-2 Zone d'intervention

Compte tenu des problèmes que posent les transports des équipements nécessaires à l'étude de factibilité et du matériel de construction, lors de la mise en place des installations, il a été proposé de retenir la zone du bassin d'Ambvombe comme zone d'intervention, en fonction du budget de coopération prévu sous forme de don.

III PORTEE DES ETUDES

III-1 Etudes de base

Il s'agit ici de

- (1) l'étude sur l'état actuel de l'approvisionnement en eau douce par l'utilisation des ressources telles que
 - (i) eau de puits
 - (ii) eau météorique
 - (iii) eau de surface
- (2) la sélection des points d'approvisionnement en eau douce
- (3) l'établissement des plans pour la remise en état des installations existant aux points précités, ainsi que leurs entretien et gestion
- (4) la préparation des plans relatifs à l'implantation de nouvelles installations et des dessins sommaires pertinents
- (5) l'estimation approximative du coût de construction
- (6) le recueil d'autres données et informations nécessaires

III-2 Détails des études

- (1) Etude de l'état actuel de l'approvisionnement en eau douce
 - (1-i) Eau de puits
 - (a) Etude sur la répartition des puits peu profonds et profonds, ainsi que les conditions d'exploitation actuelles des puits
 - (b) Problèmes que pose l'utilisation des puits (notamment en ce qui concerne la pollution de l'eau et les fluctuations saisonnières du niveau d'eau)
 - (c) Analyse de la qualité et essai de pompage
 - (1-ii) Eau météorique
 - (a) Etude sur la répartition et les conditions d'utilisation actuelles des impluvia
 - (b) Problèmes que pose l'utilisation des impluvia (notamment à l'emplacement où ils sont implantés et la fréquence de leur utilisation)

(2) Sélection des points d'approvisionnement en eau douce
Les points d'approvisionnement seront choisis, en tenant compte de la densité de la population du bassin Ambovombe, du mode d'exploitation et des considérations économiques.

(3) Etablissement des plans pour la remise en état des installations existant aux points précites, ainsi que leurs entretien et gestion (notamment en ce qui concerne les puits peu profonds et impluvia)

(3-i) Un plan relatif à la remise en état des installations existant aux points précites sera établi à partir des résultats obtenus de l'étude définie en III-2, (1) ci-dessus.

Les méthodes de la remise en état seront choisies selon les modes adoptés sur place.

(3-ii) Un plan relatif à l'entretien et la gestion des installations remises en état sera élaboré à partir des résultats obtenus de l'étude définie en III-2, (1) ci-dessus.

Le plan envisagé portera notamment sur les questions telles que la protection contre la dégradation de la qualité d'eau, le gaspillage et l'exploitation rationnelle des installations.

(3-iii) Etablissement des listes des équipements et du matériel nécessaires à l'exécution des plans définis en (3-i) et (3-ii) ci-dessus.

(4) Préparation des plans relatifs à l'implantation de nouvelles installations, des dessins sommaires pertinents, ainsi que du calendrier de construction.

(4-i) Etablissement du calendrier d'implantation des installations adaptées aux points précites, compte tenu de l'existence des sources d'eau.
Ce travail portera notamment sur l'étude des possibilités de combiner l'utilisation du puits, de l'impluvium et des eaux fluviales infiltrées, etc.

(4-ii) Préparation des dessins sommaires et établissement du calendrier de construction (notamment listes des équipements et du matériel nécessaires, devis estimatif du coût de construction).

(5) Recueil d'autres données et informations nécessaires

IV. ENGAGEMENT DU GOUVERNEMENT DE MADAGASCAR

(1) Assurer la fourniture des données et informations nécessaires à l'étude.

(2) Assurer la sécurité des membres de la mission japonaise et la protection de leurs biens, pendant le séjour de la mission dans le pays et notamment dans la zone d'intervention aux fins d'exécution des services.

(3) Exonérer les droits de douane sur le matériel et les équipements d'importation destinés à l'exécution du projet ainsi que sur les objets et effets personnels des experts japonais.

- (4) Mettre à la disposition de la mission japonaise du personnel de contrepartie malgache pendant la durée des travaux.

Qualification de ces homologues:

- o Un géologue
 - o Trois ingénieurs civils constitués par
 - o un expert en matière de l'exploitation des puits peu profonds
 - o un expert en matière de l'exploitation des impluvia
 - o un expert en matière de l'exploitation des eaux fluviales infiltrées
- (5) Fournir des véhicules (Trois LAND ROVER), recruter des conducteurs de véhicules, et ravitailler en carburant pour véhicules.
- (6) Mettre à la disposition des experts japonais à Ambóvombe des logements où sept à huit personnes peuvent s'installer et prendre le repas, ainsi que des bureaux pour leur permettre d'exécuter leur travail.
- (7) Faciliter l'approvisionnement en carburant et en eau.

V. ENGAGEMENT DU GOUVERNEMENT JAPONAIS

- (1) Détacher une mission d'experts japonais chargée des travaux d'étude.
- (2) Assurer le transfert de la technologie aux homologues malgaches pendant la durée de l'étude.
- (3) Admettre des stagiaires malgaches au Japon
Recevoir selon le plan proposé par le Gouvernement Japonais
- (4) Fournir le matériel et les équipements indispensables à la bonne exécution des travaux d'étude.

VI. RAPPORTS

- (1) Rapport sur le plan d'opération
Un rapport établi (en langue française) en dix (10) exemplaires sera soumis au Gouvernement de Madagascar pour approbation avant le commencement des travaux d'étude sur le terrain.
- (2) Rapport d'avancement des travaux
Un rapport établi (en langue française) en dix (10) exemplaires sera remis au Gouvernement de Madagascar à la fin des travaux d'étude sur le terrain.
- (3) Projet de rapport final
Un projet de rapport final établi (en langue française) en dix (10) exemplaires sera présenté

au Gouvernement de Madagascar dans un délai de trois (3) mois à compter de l'achèvement des travaux d'étude sur le terrain.

(4) Rapport final

Un rapport final établi (en langue française) en vingt (20) exemplaires sera soumis au Gouvernement de Madagascar dans un délai de cinq (5) mois à compter de l'achèvement des travaux d'étude sur le terrain.

VII CALENDRIER DE TRAVAUX D'ETUDE

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Travaux:									
"sur le terrain"		←	→						
"au siège social"				←	→	→			
Rapports:									
Rapport sur le plan d'opération	Δ								
Rapport d'avancement des travaux				Δ					
Projet de rapport final							Δ		
Rapport final									Δ

第 2 章 各 論

2-1 南部地域の概況

2-1-1 位 置

マダガスカルは、地域別に行政体が強い権限を有している。大きく分けると6つの州(州というのは仏語の province にあてはめているが必ずしもアメリカ合衆国の州のように明確に定義されているわけではない。同様に Préfecture を県, Scus-préfecture を郡と設けているが日本の県や郡と同一のものをさしているわけではない)があり、それぞれ州都が定められている。

調査団が対象とする南部は、州で言えばチュレアル州に含まれる(次頁の図-1 行政地図参照の事)。チュレアル州はフォル・ドーファン県とチュレアル県、モロンダバ県にわけられる。

水の特に不足している地域は南部の中でもアンパニー郡、ベチオキ郡、チュレアル郡(以上の郡はチュレアル県に含まれる)アンボボンベ郡、アンボアサリー郡、ベキリー郡ベトロカ郡(以上の郡はフォル・ドーファン県に含まれる)である。

チュレアル県についてはヨーロッパ開発基金(略称FED)によるパイプ送水計画があり、すでに feasibility study がおわり、資金の目度もついていることから本調査団の調査地域を東側フォル・ドーファン県とした。

南部地域で水の不足する地域はほぼ南緯線以南(南緯 23°26')からセント・マリ岬(南緯 25°35')までである。面積は約 60,400 Km² である。

この地域内を流れる主要な河川は西側からリクタ川、メナランドラ川、マナンボボ川、マンドラレ川である。

2-1-2 気象及び水文

(1) 気 象

南部地域の気候の特徴は、一言で言えば熱帯性半乾燥気候に属するということである。乾期と雨期に明確にわけられ、4月から10月迄続く乾期には、雨量が非常に少なく比較的湿度も低い。一方11月から3月迄続く雨期には湿度も高く雨も多い。

降雨は東あるいは北東から吹く貿易風やモンスーンによってもたらされ、東側に位置する山脈を端として、東側・西側の雨量分布を非常に異なったものになっている。風の吹き方によっては降雨不足となり旱魃が発生する。旱魃の発生は年に1~2回の頻度である。

一方、マダガスカル島の北東沖合に発生する熱帯性低気圧は再三非常に大規模な暴風雨(サイクロン)となり強力な風とともに多量の雨をもたらす。南部地域に被害をおよぼす

ようなサイクロンの来襲は10年に1~2回ある。

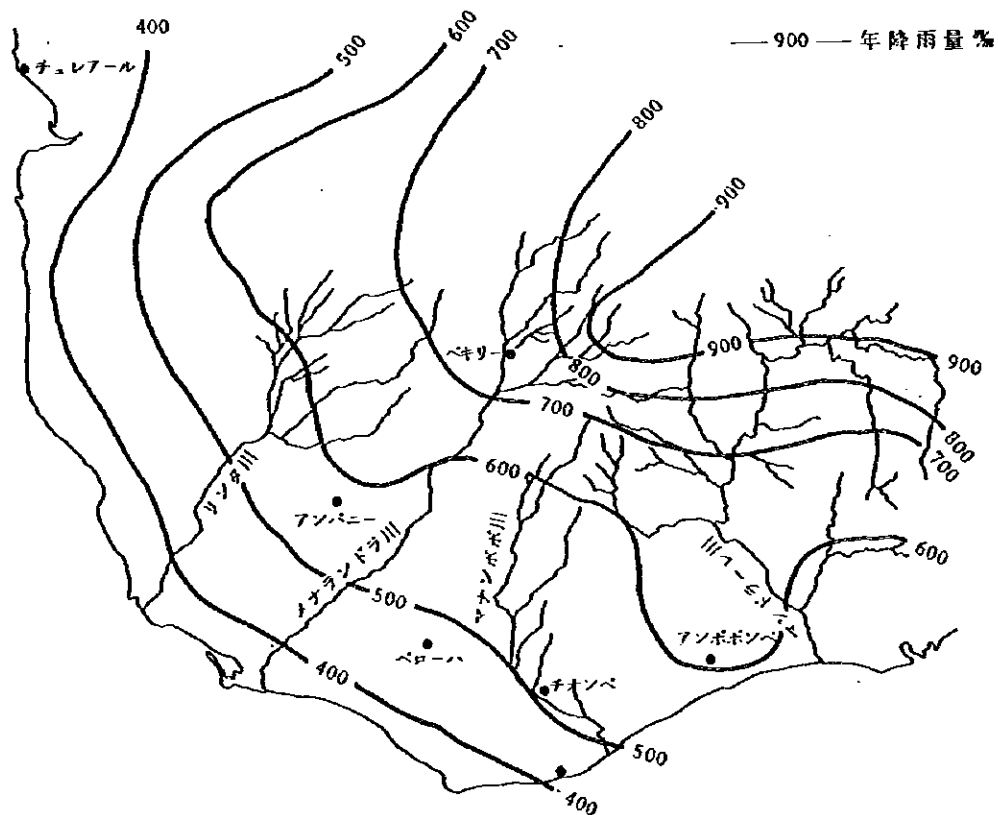
- 南部地域に発生する局地的な風も無視できない。この局地的な風は一年を通じて吹き、その強さもつよく、乾期での作物に対する影響も大きい。

(2) 雨量

南部地域は雨期、乾期にはっきりわかれており、雨は11月から3月の間に集中的に降る。この雨は東側、あるいは北東から吹く貿易風によって運ばれてくるため東側に位置した山脈で大部分さえぎられ、雨期といえども東側海岸部の降雨量(約2000mm/year)にくらべて著しく少ない。

図-2は南部地域の降雨分布と主要河川を示したものである。

図-2 南部地域の降雨分布と主要河川



降雨量は山脈を越した地域で900mm/yearであるが南西部に近づくに従って低下し、南西部海岸地域では400mm/yearを下まわる。

年間を通しての降雨分布をみると最大降雨量が記録されるのは12月~1月である。平均して100~200mmの降雨があり例外的には300mmも記録されることがある。

降雨が最も少ない月は8月・9月である。降雨が全くない時もあるし、あったとしてもせいぜい数mmである。

降雨日数は地域によって非常にばらつきがあるが、平均すると雨期では15日/month位であり、乾期では0～3日/month位である。

過去の降雨データをみると、年毎のばらつきが非常に大きい(次表アンボボンベ市の過去8年の降雨データを一例として示す)。たとえばアンボボンベ市の降雨をみると、雨期においても非常に雨量の少ない年(1974年、1969年)があるし、また乾期においても降雨量が大きい場合(1972年)もある。従って南部地域の雨量は平均雨量の僅少さのみならず年毎の大巾な変動をもその特徴として示すことができる。

次表に主な都市の年間降雨量と降雨日数を示す。

(3) 気 温

南部での気温変化は他の地域にくらべてその変動巾が大きい。平均気温の変化は19℃～28℃内におさまるが、非常に気温が高い時には夏で35℃にもなるし、その一方気温の低い場合には10℃にもなることがある。とりわけ南部でも季節間の気温変化が著しいのは西海岸であり、チュレアル市では内陸にあるアンボボンベ市よりも気温変化が大きい。この例外的な現象の原因はマダガスカル島の西側沖合いにある寒流の影響を受けるためである。

次表は南部地域の主要都市の気温変化を示したものである。フォ・キャップを除いて他の都市はすべて内陸部にある。西側にゆくにつれて気温の変動巾が大きくなっている。真夏の月平均気温は東京の8月の平均気温(26.7℃)より高いが、内陸部は湿度が低いので涼しく感じられる。

平均相対湿度は海岸部巾10Kmにわたって高い(80%)のを除くと、全般的に湿度は低い。乾期では50～60%に低下するが、それ以下30～40%になることはほとんどない。

南部での植物の乾燥を促す原因は、高い温度や低温度より局地的な強風に求められる。この局地的な風は日中はほぼ休みなく吹いており、特に乾期の始まる時期には強まる。この国の乾期は3月後半から4月初旬に始まる。

日中、夜間の温度差が大きく、かつ相対湿度が乾期においてもそう低くないので所によっては霧が発生する。しかし、この霧も局地的な強風によって追い払われるので植物に対する水の補給という点からは全く不十分である。従って通常の水を多量に必要とする植物は育ちにくく、砂漠性のシャボランが主要な植物となっている。

表一 1 アンボボンベ市の過去8年の降雨データ

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1967	129.9	39	207.9	81.6	24.7	17.0	88.1	7.0				
1968		108.5	31.6	130	460	30.1	38.4	30.7	53.5	20.7		95.4
1969	74.1	92.8	22.1		38.3	55.2	17.2	5.9	14.0		14.9	
1970	165.9	111.4	21.1	12.6	22.8		20.1	trace				
1971										15.4	45.6	128.7
1972			176.9	69.8	32.5	36.5	40.5	42.9	110.1	11.8	250.8	52.1
1973				47.9	101.9	43.7	53.0			8.3	130.1	63.0
1974	27.7	1.2	54.7	22.9	47.1	43.7	41.9	9.9	1.60	2.3	42.7	60.7
平均	99.30	70.5	85.71	41.26	44.72	37.7	42.74	160.6	48.4	11.72	96.82	79.98

表一 2 主要都市の降雨量と降雨日数

都市名	ベハラ	ザボサ	アンボボンベ	チボリ	イマンボ	アンボンドロ	アンタニモラ	チボヘ	フォ・キャップ	ベキリ	ベロハ	アンパニ	アンボタカ	チュレアル	イタンボロ	アンドロカ	エシダ
降雨量(mm/year)	533	592	604	972	724	591	555	504	409	748	470	581	444	342	357	350	580
降雨日数		82	83		65	65	58	71	54	54	54	67	56	33	30	38	49

表-3 南部主要都市の気温（単位℃）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
ベロ-ハ	27.96	27.16	26.70	24.47	23.27	19.20	20.10	20.31	21.56	24.63	26.23	27.10	24.05
フォ-キヤップ	26.97	27.30	26.03	24.20	22.55	20.40	20.22	20.43	21.20	22.87	24.23	25.96	23.53
アンボボンベ	24.05	26.70	25.66	22.80	21.46	18.35	18.35	22.1	20.20	23.1	23.8	24	22.54
アンタニモラ	27.05	27.30	26.20	22.70	21.90	19.00	19.60	20.10	20.80	24.80	25.40	27.20	23.54

2-1-3 河川の流況

南部地域で水の不足する地方は、西側オニラヒー川の左岸から東側マンドラーレ川流域までである。広さにして約60,500Km²である。この地域内で水資源として看過し得ない河川が3つある。西側からあげるとマファファリー高原の東端を流れるリント川、アンパニー市東方を流れるメナランドラ川、チオンベ市近傍を流れるマナンボボ川である(図-3参照の事)。

60,500Km²のうち71%にあたる43,000Km²については、上述の5河川(オニラヒー川、リント川、メナランドラ川、マナンボボ川、マンドラーレ川)によって地表水は集められる。

残り29%にあたる17,500Km²については河川は無い。マファファリー高原、カリンボラ高原、アンボボンベ地方がこの残り29%の地域に含まれる。

5河川のうち年間を通じて表流水がみられるのは、オニラヒー川、メナランドラ川、マンドラーレ川の3河川のみである。マナンボボ川は、2ヶ月は流量が零となる(6月と7月)。リント川にいたっては1年のうち4ヶ月しか流れない。過去最低の濁水流量はオニラヒー川(1963年に記録された21.0 m³/Sが最低である)を除いては、極めて少ないかまたはゼロである。リント川とマナンボボ川では最低濁水量はゼロで、メナランドラ川では、1963年に記録された0.15 m³/S、マンドラーレ川については1968年に記録された0.3 m³/Sが最低である。

河川長はオニラヒー川が最も長く(400 Km)、マナンボボ川が最も短い(165 Km)。平均河川勾配は、1~3%であり河川流域の大部分は基盤上にあり、一部が基盤上に堆積した堆積物上にある。流出係数は、平均10%前後であり、比流量は1.5~3 l/S/Km²である。

次表に5河川の主な特徴を示す。

本調査団の調査地域をフォール・ドーファン県に限定した理由は前述のとおりであるが、フォール・ドーファン県内を流れる河川はマナンボボ川とマンドラーレ川の2河川であり、ともに水資源上重要なので以下にその特徴を示す。

マナンボボ川は、マナンビエン山脈の西端に水源をもち、ほぼ真南に流れ途中チオンベ市近傍を通り、フォ・キャップの東側に河口をもつ長さ165 Kmの河川である。流域面積は、4,100 Km²でチオンベ市に流量観測所が設けられ流量が観測されている。この川は冬期6月、7月には表流水がゼロとなる『かれ川』である。1961~1965年まで5ヶ年の平均月流量は次の通り。

	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
月平均流量 (m ³ /S)	1.5	12.7	17.6	11	2.8	1.2	0.4	0	0	0.2	0.3	0.3

マンドラーレ川は、アノシエンヌ山脈とマナンビエン山脈にその源を発し、ラノマンティー市、イホトカ市、アンボアサリー市近傍を流れ海岸部にできているアノニー湖を通過してインド洋に流れこんでいる。河川の長さは270 Kmで、水源地帯が降雨の多い山の中にあるため流量も

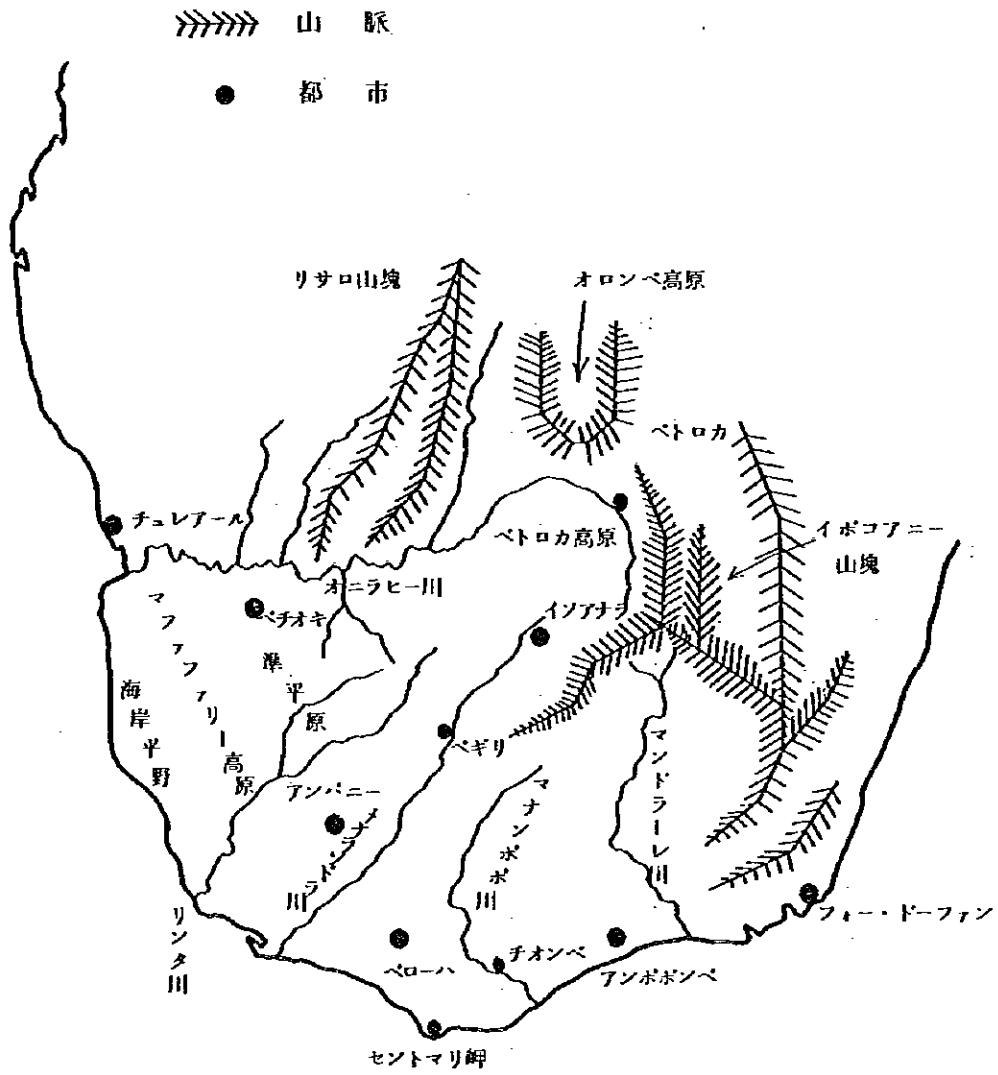


図 - 3 南部の主要河川と山脈

表 4 主要河川の水利特徴

河川名	河川長 (Km)	勾配 (%)	流域 (km ²)		平均降雨量 (mm/年)	年流量 (100万m ³)	の単位時間当り流量 (m ³ /S)	流出率 (%)	比流量 (ℓ/S/km ²)	められる期間と (月)	濁水流量 (m ³ /S)
			基底上流域 (km ²)	堆積物上流域 (km ²)							
オニラヒー川	400	1.2	9050	2950	500-800	2000	65.0	10	2-3	12	21.0
リンタ川	170	3	4220	1480	500	?	?	9	1.5	4	0
メナランドラ川	235	2.5	7600	650	500-600	420	14.0	13	2.5	12	0.15
マナソボボ川	165	3	4100	350	550	140	4.7	9	1.65	8-10	0
マンドラレー川	270	1.6	12330	270	650	575	19.0	11	1.45	12	0.3-22
				合計							

多く、年間を通じて表流水がみられる。流域面積は $12,600 \text{ km}^2$ でアンボアサリー流量観測所が設けられている。上流での土砂流入が激しく、水はにごっている。1951年～1966年迄15ヶ年の平均月流量は次の通り。

	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
月平均流量 (m^3/S)	22	200	200	140	150	50	22	16	98	14	13	12

2-1-4 人口分布

南部地域、水不足に悩まされている地方の人口総数は500,000人である。人口密度は平均すると $83 \text{ 人}/\text{km}^2$ であるが、地域あるいは都市間での人口密度の差は大きい。

東側アンボボンベ地域は人口密度が非常に高く ($50 \sim 100 \text{ 人}/\text{km}^2$)、その他の地域は大部分が人口密度 $5 \sim 10 \text{ 人}/\text{km}^2$ で、西側に広大な無人地帯が存在する(図-4、南部地域の人口分布図を参照の事)。無人地帯といっても河川の周辺部には少数ながら人が住んでいる。

都市間の人口密度差も大きい。主な都市の人口密度を大きい順にならべてみる。

フォール・ドーファン	$13 \text{ 人}/\text{km}^2$
ベモリ	12 #
アンボボンベ	11 #
チュレアール	9 #
アンボアサリー	7 #
ベチオキ	6 #
アンパニー	5 #
ベトロカ	4 #
アンカゾアボ	2.5 #
イオシー	2.5 #

都市における人口密度は、マダガスカルの中央部にある首都圏にくらべてかなり低い。都市の基幹設備、特に水の供給施設が極めて不備な状態にあるので都市機能からみてもすでに人口過剰な状態となっている。フォール・ドーファン市とチュレアール市、アンパニー市は一応水道施設がととのってはいるが、水道を利用できるものは事実上、一定水準以上の収入がある人に限られており、大部分の住民は町の共同水飲み場を利用する以外その恩恵を蒙ってはいない。

他の都市は水道施設は無いから降雨が少ない年には、水を求めて他地域への移動がおこなわれる場合もある。

このような不安定な自然環境に加えて、社会・経済的な面でもマダガスカル内で最も遅れた状態にあり、旧来から移民が繰り返された。またマダガスカル国としても南部地域を労働力供

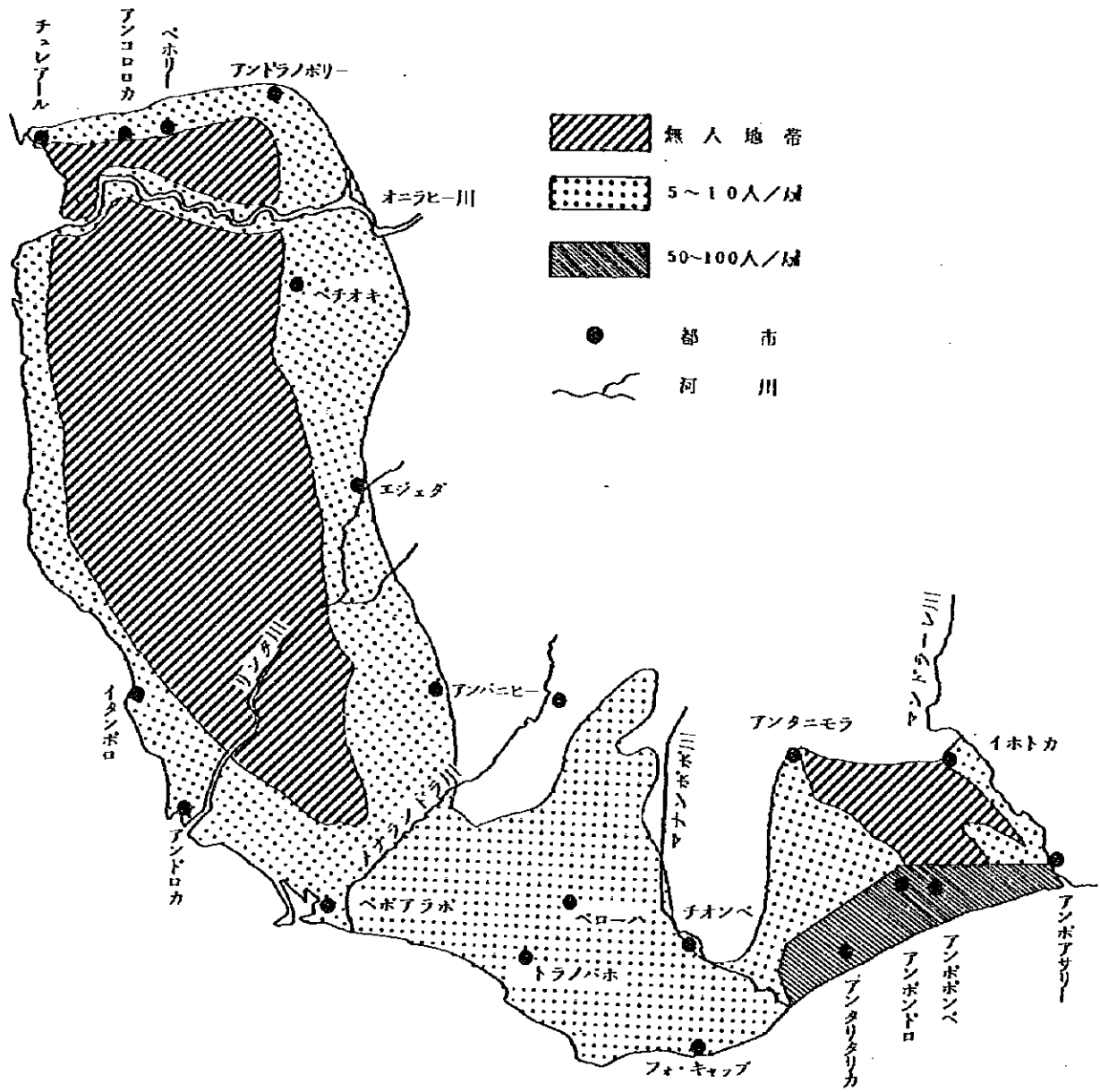


図 - 4 南部地域の人口分布

給の場として考えてきたので移民が他の地域で職をみつけることがそう難しくなく、このことが南部への定着を一層阻害している。

人口増加率は2%以上である。主な部族はアントンドロイ族とマハファリー族である。この2部族で南部地域の人口の75%を占める。その他アンタノジー族とバラ族が住んでいるが、その数は多くなく20%しか占めていない。

幼児期の死亡率が高いにもかかわらず、人口に占める若年者数は多い(20才以下の者が人口の56%を占めている)。

都市人口は少なく(南部地域の人口のうち4%しか都市部に住んでいない)、大部分は農村に住んでいる。人口50~200人の村が950村、500~1000人の村が250村、1000人以上の村はわずか7村しかない。人口の少ない村が散在しているために環境整備に要する費用が莫大なものとなり、環境改善は遅々として進んでいない。

2-1-5 産 業

南部には大工業はない。家内工業レベル以下のものばかりである。その中でも比較的大きいものとしてはアンドロイ地域のサイザル工業、マファファリー地域のモヘヤ工業がある。前者はアンボボンベ市が中心となっており、後者はアンパニー市が中心地である。

南部の経済活動の基本は農業によってさへえられている。しかし、農産加工業は発達していない。せいぜい搾油や精米業があるのみである。

地下資源は豊富なのにもかかわらず、ほとんど開発されていない。サコア地域には石炭が埋蔵されているが採掘は行われていない。マイカ・ガーネット、モナズ石がわずかに掘り出されているだけである。東海岸のボーキサイトや、西側地域のベザハ近傍の銅も埋蔵の確認はされているものの未開発である(図-5、南部の産業と道路網図を参照)。

南部の主要な経済活動は牧畜と農業である。

南部の牧畜は、マダガスカル全体でも重要な位置を占めている。家畜総数で2,600,000頭、そのうち牛が1,250,000頭で全島の80%を占め、山羊は900,000頭で全島の90%を占める。この値は放牧面積を考慮するならば、ほぼ放牧可能限界に達していると考えられる。従って、南部でこれ以上家畜数を増加させるにはあらたな放牧地を開拓しなければならない。

住民1人当りの家畜数ではマダガスカル島の中で最も多いが、家畜が住民の富の象徴とみなされているため住民の収入を得る手段とはなっておらず、牧畜が「盛ん」なように見える外観とは裏はらに、住民の年収は低い。その上、適正な放牧密度をこえて放牧されている所があるため、一部では草原の植生の質の低下が問題となって来ている。

農業は自然環境が厳しいにもかかわらず住民の生活の糧をえる上で重要な産業となっている。南部地域の気候の特徴は半乾燥性であり、土壌の肥沃度も低い(砂質土や熱帯性の鉄分を多

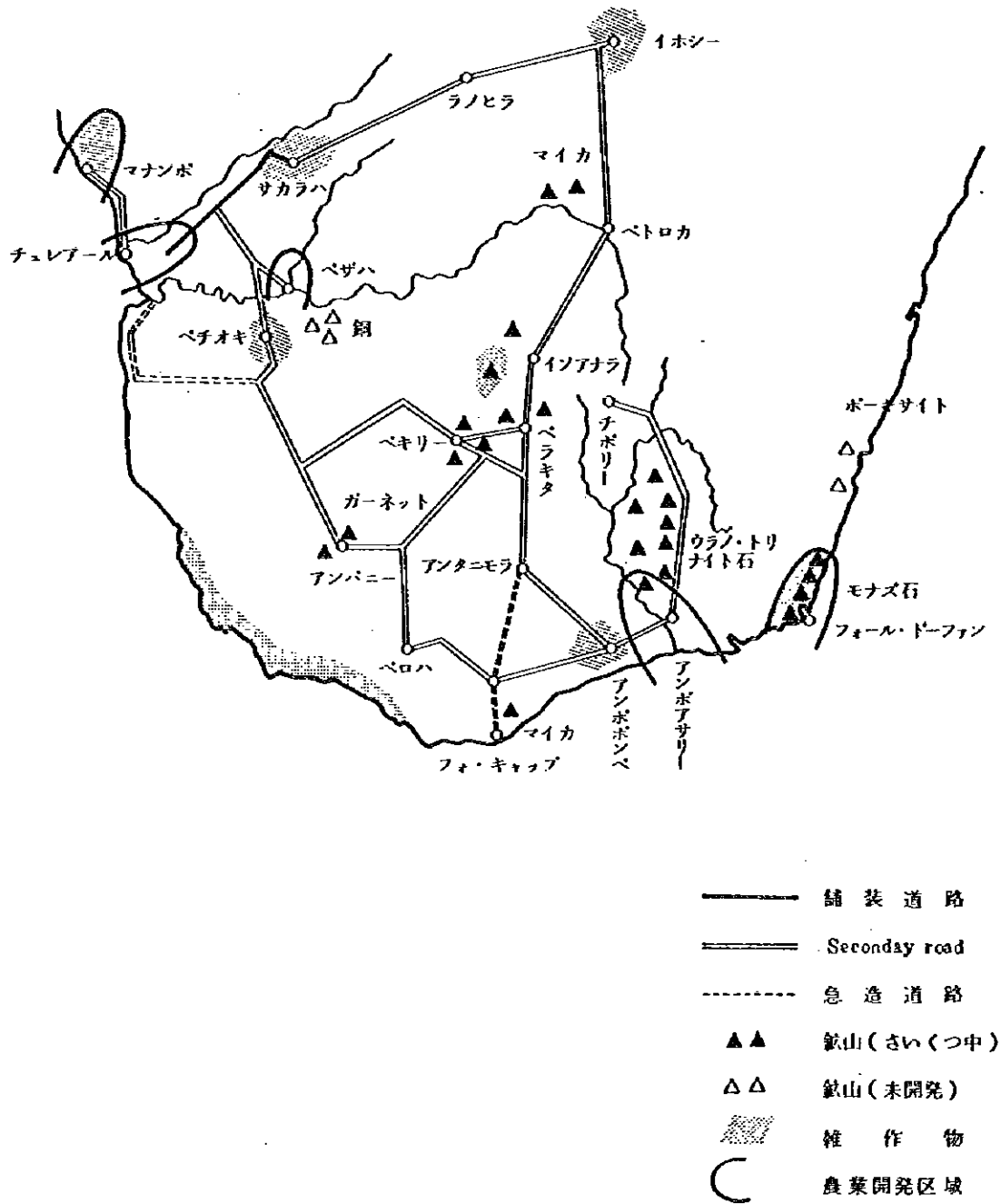


図 - 5 南部の産業と道路網

く含んだ土壌が一般的である)。特にアンドロイ地域は最も農業に適していない土壌によっておまわられている。比較的農業に適した土壌は沖積土で河川沿いにみられる。ノナランドラ川やマンドラーレ川流域には沖積土が多いため、比較的農業が発達している。特にマンドラーレ川下流域にはフランスの植民地時代にサイザルのプランテーションが設けられた。その後マダガスカル独立後もこのサイザル農園がひきつがれ、南部の重要な輸出品として送り出されている。

南部地域では基本的にはかんがい農業は行われていない。農業生産も専ら自給のために行われているのみで、農業技術も原始的で生産性も低い。降雨が少ない時(年降雨量が300mmを割った時)には早魃となる。

耕作面積は約15万haであり、主たる農産物はマニオク(年65,000t生産)、さつまいも(40,000t/年)、とうもろこし(40,000t/年)、米(30,000t/年)、豆類(5,000t/年)である。

商品作物としては、前述のサイザル(25,000t/年)、落花生(8,000t/年)、胡麻(1,000t/年)が栽培されている。これら商品作物はほとんどマンドラーレ峡谷で栽培されている。

土地の所有形態は明確ではなく、極めて慣習的な所有耕作形態が続いている。農家1戸当りの耕作面積も平均して、1ヘクタールで年1人当りの収入も極めて低く10,000マダガスカルフラン前後(日本円で約1万円)である。

南部地域の住民の生活レベルをあげるために国連の援助機関等のセンターがアンボボンベ市に設置されている。

2-1-6 水の利用形態

南部地域はマダガスカルの中でも最も水にめぐまれない地域で、水によって社会・文化・経済活動が制されている。以下、南部における水の利用形態を水源別に述べてみたい。

(1) 天水利用

南部地域は降雨量も少なく、かつ降雨期間がかたよっているので、乾季に備えて降水をたくわえるため様々な工夫がなされている。

公共用の貯水槽は約15ヶ所あり、すべて最南部地域に設けられている。また最南部地域には私的な貯水槽もつくられている。カリンボラ高原には伝統的な貯水槽(ラノバト=RANOBATOと呼ばれている)も10ヶ所位存在している。

ラノバトは完全に私的なものではなく公共用としても使われる。構造は、天然の空洞を利用して表面が不透水性の石灰質のカバーでおまわれ、その他の部分は石をもちいてつくられている。ラノバトは雨水のみならず、空気中の水分をも水滴として集水する能力をもっている。

部落の家には随所に私的な貯水槽が設けられている。屋根やテラスに降った雨をあまどい

を用いて1ヶ所に集め、貯水する方法をとっている。屋根が瓦やスレート張りの場合、最上の雨水を集めることができるが、トタンの場合には水に若干の色がつく。雨水を集める場合には、降り始めの水を排除する必要がある。しかし、そのための装置が設けられていることはなく、わずかに小石、砂をのぞくためのフィルターがあるのみである。

雨水は水質の上では最高のものであるが、降水量が限られており、乾期の必要量をまかなうには塩分の含んだ水を混合して使う必要がある。

私的な貯水槽は維持管理も不十分であるし、貯水槽の蓋もない場合が極めて多く、非衛生的である。

公共を目的としてつくられた貯水槽は一般的にアンプレビウム (Inpluvium) と言われている。一般的に緩傾斜地に設けられており、集水部分と貯水槽からなりたっている。周囲に柵がめぐらされ、動物が侵入出来ないようになっている。集水部分は主としてコンクリートモルタルでできており、貯水槽はレンガあるいはコンクリートブロックで表面がモルタル仕上げである。貯水槽は洗浄のために隔壁で2つの部分に区分されている。水を利用するためにはポンプが必要であるが、ほとんどの場合その維持、管理が行われていないため使用できず、住民はバケツを用いたくみあげ方式にたよらざるを得なくなっている。

集水部分は単にプレーンコンクリートを流したのみで維持、管理が不十分なためいたる所に亀裂が走り漏水も激しい。

(2) 地表水利用

南部地域は結晶質の基盤上に透水性の高い堆積物が重なった地質構造が主体となっているので池・沼沢・湖が極めて形成されにくい。従って地表水は河川水に限られる。

南部地域の主要河川は5河川である。結晶質の基盤上を流れる河川への流出が一番大きく、年降雨500~800mmがある。地域では流出率は1.5~2.5 l/S/Km²である。一方堆積物によってできている地域を通る河川への流出については多くを期待できない。年降雨300~500mmの記録される堆積物によってできている地域からは、1 l/S/Km²以下の流出率である。

河川の上流部、水源地帯の地質構造が基盤上に堆積物が積重なった構造となっているのはオニラヒー川のみで、他の4河川は水の流出を調整する表質構造を水源部にもっていない。従って河川流量の変動が非常に大きく、水がもっとも必要な乾期にはゼロとなることもしばしばである(マンドラーレ川は東部降雨量の多い山脈に水源をもっているため、乾期でも水が涸れることはない)。

河川水の水質は雨水に次いで良質であり、塩分濃度も低く、乾期においても飲料水として使用するには問題はない(乾期でも塩分濃度は0.075~0.1 gr/litreである)。しかし、土砂等の固形物の含有量が多いので濾過する必要がある。

河川水は南部地域住民にとって重要な水資源であるにもかかわらず、水路網の不備によっ

てほとんど利用されていない。

大ダムの建設も建設コストが大きいため行われていない。

小規模なダム（高さ5 m未満）が数ヶ所建設されたが、その目的はもっぱら最重要地区のかんがいと発電用であり、住民の生活用水のためではない。

河川の最上流部には高さ1～2 mの が部族の手によって設けられてはいるが、家畜用の水供給が主目的である？

その他洪水時、洪水の到達時間を遅らせるために谷底に fractional weir (barrage fractionnel) がつくられている。この堰は1～2 mの積み上げられた石でできており、川全市にわたる水制御を目的とせず、千鳥状に石積みを設置することによって部分的に水をコントロールしようとするものである。

しかし、いずれにせよ河川の利用は未だ原始的な状態にとどまっており、組織的な水供給計画の策定は今後の課題として残されている。

(3) 地下水利用

地下水の利用はマダガスカル国としても最も力をそそぎ、期待をし、開発を推進してきた。しかし、南部の特殊な条件（人口が散在しかつ偏在している、地下水の水質が場所によって非常に変化する、建設費用が場所によって大きく変わる、地下水位が極めて低い所にしかない地域もある、等々）により、現在困難な局面に到っている。

南部の水資源の開発に当って統一的な単一の解決方法をみつけ出すことはできない。地下水の開発においても同様に諸条件を考慮し、最適な利用方法を考えるしかないと思われる。

地下水の最も原始的な利用はボボ (Vo vo) にみられる。原始的な道具で人間の手をもって掘削されたくぼみである。深さは深くて5 m位である。ボボは南部地域全域にみられ、基盤上にも堆積物でおおわれた地域にもみられる。掘る地点の選定や掘削にあたっての傾斜度は数世代にわたっての伝承が基礎となっている。ボボの一部は年間を通じて水を供給できるが、大部分は乾期になると干上る。ボボの内壁はライニングされておらず、くずれやすい。

ボボの水資源の供給量は通常5～10 m³/日であり、水質は比較的よいが動物等の飲み水として利用されている場合にはバクテリア汚染が懸念される。ボボの設置場所についての正確な統計はないが南部地域で約900あるといわれている。

ボボに次いで重要な地下水利用方法として井戸の掘削があげられる。井戸の掘削技術はマダガスカル国でもよく知られているが、技術者や必要な機材が不十分なため井戸の数は多くない。南部地域で約200ヶ所、そのうち約50ヶ所は埋没や水涸れで使用できない。

井戸の供給水量は平均して10～20 m³/日である。くみ上げる方法は手動のポンプあるいは風車によるものがほとんどであるが、維持管理が悪く使用不能の井戸が多い。

2-2 地形・地質

位 置

調査地域の Ambovombe 盆地は、マダガスカル島の最南端部で、Tulear 州 Fort-Dauphin 県 Ambovombe 郡と Amboasary 郡とに属し、両郡の主要河川となっている Mandrare 川、Manambovo 川の下流部に位置している。すなわち、その東限及び西限は、それぞれ Mandrare 川と Manambovo 川に画され、Ifotaka と Antanimora とを結ぶ東西線を地域の北限とし、南限は印度洋に面している。それは東西約 100Km、南北が東側約 45Km、西側約 60Km (面積約 5,000 Km²) のほぼ梯形をなす地域である。

2-2-1 地 形

調査地域の東限西方約 10Km を北西から南東に走る台地性の山陵がある。この山陵は、東の Amboasary 郡と西の Ambovombe 郡とを分ける分水嶺で、標高約 280 m から 370 m の山が連なり、概して南の海岸に向かって高度を増している。

この分水嶺の東側は、標高 10~30 m の Mandrare 川の氾濫原に向かって低下する緩斜面を形成し、すべて第四系から構成されている。なお、この氾濫原にはシザルのプランティションが発達している。

盆地西側の Antanimora と Tsihombe とを結ぶ線と Manambovo 川に挟まれる範囲は、主として先カンブリア紀の変成岩類からなる標高 600~110 m の台地性山地で、南に次第に高度を減じている。これを細かくみると、その北部は、Manambovo 川の支流の Lalany 川を挟んで標高 690~360 m と標高 460~330 m のほぼ南北方向に雁行する山陵からなる山地であるが、Tsihombe 付近では標高 200~110 m の台地となっている。

東の分水嶺と西の基盤岩からなる山地との間は、主として第三系と第四系が作る標高 250~130 m の台地によって占められている。その台地の北部は、標高 250~180 m であるが、北限付近には白亜紀の流紋岩が作る標高約 450 m の 2 つの独立した山地が台地上にそびえ立っている。この台地は、南に高度を減じ、Ambovombe 付近で標高約 130 m、その北西部には標高 124 m の Sarinonto 沼が存在するほか、西に向かって次第に低くなっており、Tsihombe 付近は標高約 110 m で最も低い。しかし、この台地は海岸の内側約 5 Km 付近で、海岸線にほぼ平行して再び高度を増し、標高 230~150 m の台地となっている。これらを総合すると、この調査地域は、Sarinonto 沼から Tsihombe のかけての地域を底部とした盆地となっている。

東から西に高度の低下する海岸台地の南側は、かなり急な斜面を形成しインド洋に接している。なお、この海岸には高さ約 40 m の現世の砂丘が細長く発達する。

地域内の水系は、東限の Mandrare 川と西限の Manambovo 川及びその支流の Lalany 川が北から南に向かって蛇行しながら流れ、インド洋に注いでいる。

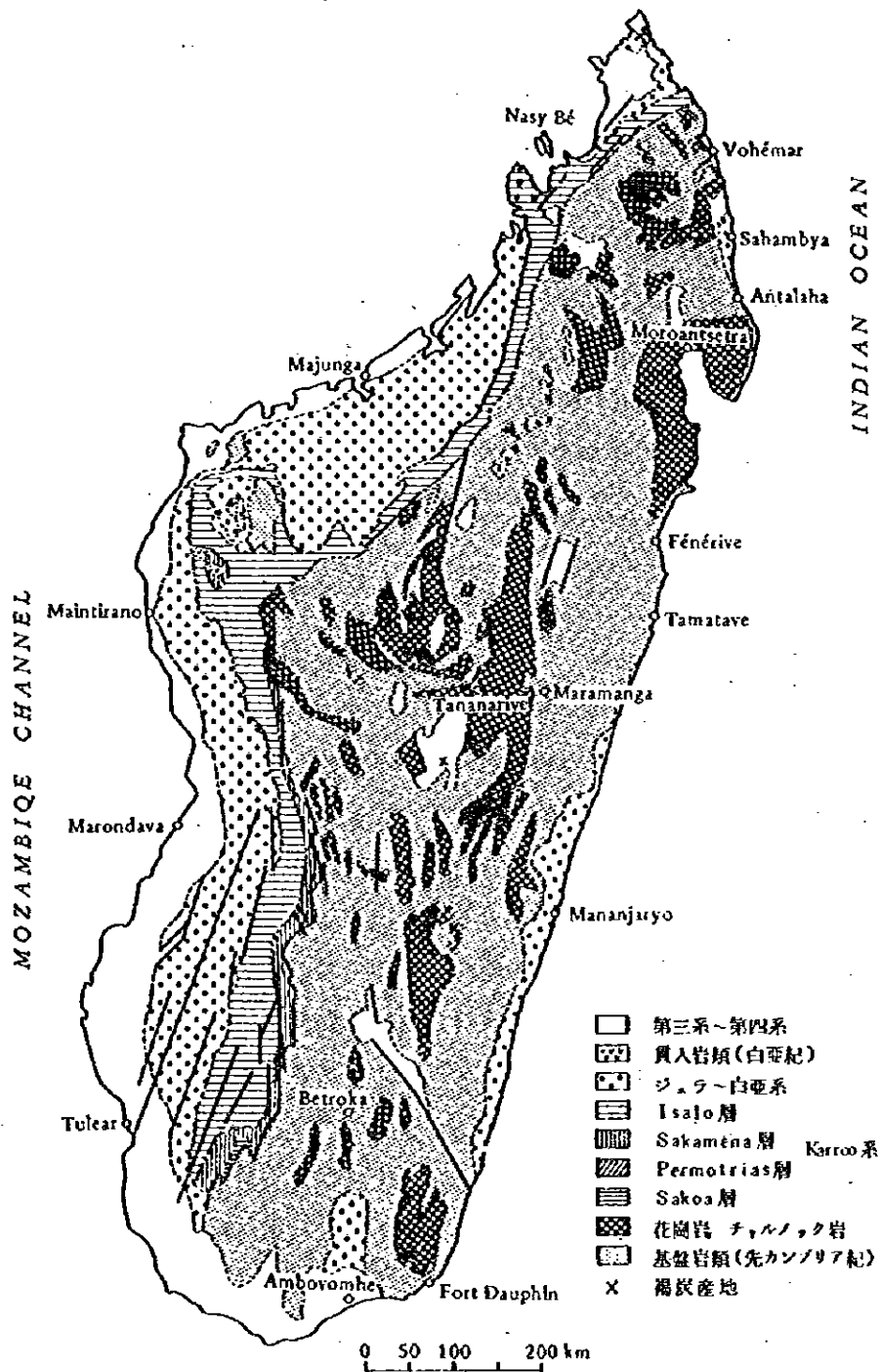


図-5 マダガスカルの地質概略図 (H. Besalrie(1960) から編集)

Mandrare 川は、州境をなす南に開いた半円形の *Ivankoany* 山塊 (標高 1300~1500 m) に源を発し、基盤の変成岩地域を南流し、*Ifotaka* 付近から流路を南東に変じ、第四紀の沖積地域を蛇行しながら流れている。盆地内におけるこの河川は、川幅も広く、水量も豊で、年間を通じて流水が認められると報告 (UNDP) されている。

盆地西限の *Manambovo* 川及びその右支流の *Lalany* 川は、前記 *Ivankoany* 山塊西端部の標高 500~710 m の山地に源を発し、*Lalany* 川の合流点まで基盤岩地域を南流している。その合流点から *Tishombe* 付近までの間は、ほぼ基盤岩と第四系の境界を縫って南~南東流し、*Tishombe* 以南では第四系分布地域を蛇行しながら南東流してインド洋に注いでいる。

UNDP の報告によると、*Manambovo* 川は、乾期の 4 ヶ月間涸れると記録されている。しかし地元民の談話によると、本河川の伏流水は、年間を通じて採水可能とのことであった。

Ambovombe 盆地は、概して緑が多く、茨の茂った地域が広く分布しているが、灌木林、牧草地、畑等もかなり広い面積を占めている。

2-2-2 地 質

(1) 地質概説 (図-6 参照)

マダガスカル島の地質は、大部分が先カンブリア紀の岩石からなり、東・西両海岸に沿って帯状にカンブリア紀以降の堆積岩がこれを不整合に覆っている。

基盤の先カンブリア紀の岩石類は上から次のように分けられている

Pegmatites

Granites

Granites et Charnockites

Complexe intrusif d' *Ambatofinandra*

Série des *Cipolins*

~~~~ Orogenèse majeure ~~~~ 不整合

Systeme du *Vohibory*

Systeme du *Graphite*

Systeme du *Andrayen*

*Androyen* 系は、本島の南部に分布し、主として *Gneiss* (片麻岩)、*レプチナイト*、輝岩からなり *Cipolins* 及び珪岩を伴っている。ミグマタイトはほとんどない。

*Graphite* 系は、マダガスカル島で最も広い分布範囲を占め、片麻岩、*レプチナイト*、雲母片岩及びミグマタイトからなり、黒鉛を伴う *レプチナイト* 及び片麻岩が優勢である。

*Vohibory* 系は、片麻岩、*レプチナイト*、雲母片岩及び角閃岩からなり、特に塩基性噴出岩及び貫入岩から変った角閃岩によって特徴づけられている。また、本系は、部分的にミ

グマタイト化作用、花崗岩化作用を受けている。

以上を貫いて花崗岩及びペグマタイトがあり、石英、緑柱石、柘榴石、コロンバイト、タンタライト等を産する。

上記の基盤岩を不整合に覆って分布する堆積岩は、主として西海岸に古生代の二疊紀以降の地層が分布し、西に向うに従い新しい地層がほぼ南北方向に帯状に配列している。

堆積岩の最下位のカルー層群（二疊紀～ジュラ紀）は、ゴンドワナ植物群を産することでも有名で、しかも本層群最下部の Sakao 層には稼行可能な炭層を数枚挟有している。

カルー層群を覆ってジュラ紀から新第三紀中新世にわたる海成層及び陸成層が西海岸に沿って帯状に分布している。以上を不整合に覆って鮮新世から現世の堆積物が島内のところどころに分布している。なお、白亜紀から現世にかた火山岩類が各所に認められる。

## (2) Ambovombe 盆地の地質

Ambovombe 盆地及びその周辺の地質は、図-7 に示す通りで、地質学的に大きく2つの地質単元に区分される。すなわち、(1)先カンブリア紀の変成岩類及びそれを貫く白亜紀の火山岩からなる基盤岩類と、(2)これらを不整合に覆って Ambovombe 盆地に広く分布している新第三系及び第四系からなる堆積岩とである。

### ① 基盤岩類

基盤岩類は、主として Ambovombe 盆地の周辺部一帯に広く分布している。すなわち、先カンブリア紀の変成岩類は、Mandrare 川の左岸一帯及びほぼ Antanimora と Tsihombe を結ぶ線と Manambovo 川とに囲まれた地域との2ヶ所には南北から北北東-南南西方向の褶曲構造を形成して広く帯状に分布している。変成岩類を貫く白亜紀の火山岩類は、上記変成岩類分布地域のほぼ中央部の Ifotaka 以北の Mandrare 川中流部に広く分布し、玄武岩、流紋岩及びマイクログラニット等からなっている。

地域東部の変成岩類は、主としてレプチナイト、輝岩からなり Cipolin、珪岩、シリマナイト等を伴う Androyen 系が主体となっている。

地域西部の変成岩類は、その東半分が片麻岩、レプチナイト、角閃岩、輝岩からなり、ガーネット、珪岩、コルデライトを伴う Androyen 系からなっている。その西半部は、大部分が Graphite 系で、黒鉛を伴うレプチナイトからなっている。

### ② 堆積岩

堆積岩は、基盤岩類を不整合に覆って海岸平野とこれに連なる台地を占め、Ambovombe 盆地に広く分布している。この堆積岩は、試錐によると新第三系と第四系からな

注1: この報告書では、新第三系と第四系の境界は、マダガスカル地質調査所による層序区分に基づいて記載した。

るが、地表調査で認められるものは第四系のみである。地質図によると、新第三系は、Ambondoro 西方と Tsihombe 東方の変成岩に接する付近の 2 箇所に分布することになっているが、調査時点ではその所在を確認できなかった。

図-8 及び図-9 は、試錐結果(図10, 図11-1, 2)や電気探査結果を総括して作成した新第三系基底の不整合面の等深線図(標高で表示)と断面図である。図-8によると基盤の深度は、Imangory 付近が標高 224 m で最も高く、Ambovombe 付近で北西-南東方向の基盤の高まりが認められるが、南東方にはほぼ一様な緩傾斜で沈降し、海岸付近では海水準下約 100 m に位置している。当地域の堆積岩の層厚は、基盤深度と地表面の高度との関係から推定され、Imangory 付近で 6~10 m、Frade 付近で約 120 m、Ambovombe 付近で約 170 m、海岸付近では 250 m と推算されている(図-9, 表-5 参照)。

試錐によると新第三系は、全体が陸成堆積物で、粘土岩、粘土質砂岩、砂岩、礫岩からなり粘土質砂岩と粘土岩が卓越するといわれている。マダガスカル地質調査所の資料によると、新第三系の層厚は、盆地北西部で 6~30 m、中央部の Ankatrafay (No 12), Amballandro (No 30), Tsianoha (No 91) 付近で 57 m~93 m に発達しているが、それより南東の海岸に向かって新第三系に不整合に重なる第四系基底の削剝によって次第に薄化し、Ambovombe ではわずかに厚さ 2 m にすぎない(第 4 図地質断面図参照)。

しかし、UNDP の報告書によると、Ambovombe を通り上記断面図にはほぼ平行する断面においては、新第三系は海岸付近で厚く発達しており、両者の地層同定には大きな差異が認められる(図-12 参照)ので、本格調査においては 1/100 試錐柱状図によって詳細な対比を行うとともに島内における Pliocene-Pleistocene (鮮新-更新世)の境界、層序関係を明らかにする必要がある。

マダガスカル地質調査所の資料によると、第四系はすでに述べたように、新第三系を不整合に覆い、主として砂からなり、一部石灰質砂岩を含んでいる。その層厚は、前述の新第三系とは逆に海岸地域で 100~200 m に厚く発達している(表-5 参照)。

第四系は、R. Battistine (1969) の地形学的研究から砂丘によって大きく 3 つに区別されている。すなわち、下から(1)古砂丘(一名 Aepyorrien), (2)中位砂丘(Karim-bolien), (3)現世の砂丘(Flandrien)である。古砂丘は、Ambovombe 盆地の内陸部で高度 124~270 m の台地に広く分布しており、主に黄褐色砂からなっている(図-13 参照)。

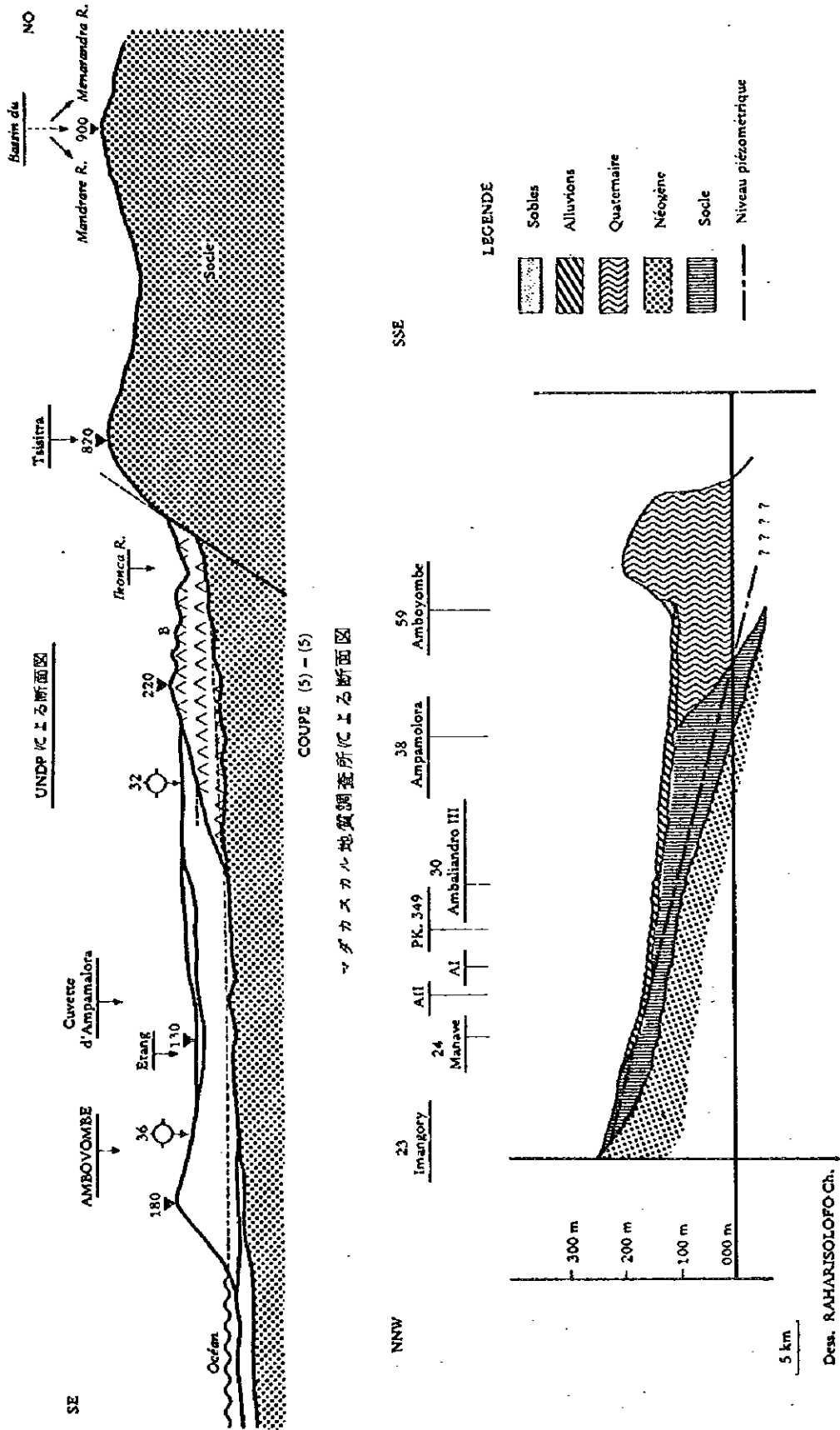
注 2: UNDP は、Grand dune (すなわち褐色砂)を Pleistocene としながらも(第 10 図参照)新第三紀に入れているがその根拠は明らかでない。マダガスカル地質調査所は上記地層を第四紀前期に取扱った。

表-5 Ambovombe 盆地の試錐結果総括表

|                     | 第 四 系 |     |            |     | 新 第 三 系 |     |            | 先カンブリア系 |            | 備 考   |      |                    |            |
|---------------------|-------|-----|------------|-----|---------|-----|------------|---------|------------|-------|------|--------------------|------------|
|                     | 砂 丘   | 沖積層 | 湖 成<br>堆積層 | 白色砂 | 褐色砂     | 第四系 | 基底の<br>深 度 | 層 厚     | 基底の<br>深 度 |       | 水 位  | 地下水<br>面の接<br>する地層 | 基盤岩<br>層 厚 |
| Ankatrafay (No.12)  |       |     |            |     |         | 18  | 18         | 74      | 92         | 51    | 新第三系 | 12.7               | 10.47      |
| Ankatrafay (No.12)  |       |     |            | 6   |         | 85  | 91         |         | 91         | 空井戸   |      |                    |            |
| Etoly (No.21)       |       |     |            |     |         | 60  | 60         |         |            | 33.25 | 第四系  |                    |            |
| Imangory (No.23)    |       |     |            |     |         |     |            | 6       | 6          | 空井戸   |      | 7                  | 13.0       |
| Manave (No.24)      |       | 6   |            |     |         |     | 6          | 30      | 36         | 空井戸   |      |                    |            |
| Ambaliandro (No.30) |       | 3   |            |     |         |     | 3          | 57      | 60         | 12.95 | 新第三系 |                    |            |
| Ampamolora (No.38)  |       | 14  |            |     |         |     | 14         | 45.1    | 59.1       | 空井戸   |      |                    |            |
| Ambovombe (No.59)   |       | 3   |            |     |         | 167 | 170        | 20      | 1720       | 1236  | 第四系  | 5                  | 177.0      |
| Erada (No.67)       |       |     |            |     | 73      | 12  | 85         | 38      | 123        | 89    | 新第三系 |                    |            |
| Tsianoha (No.91)    |       |     |            |     |         |     |            | 93      | 93         | 41.6  | 新第三系 | 16                 | 10.9       |
| Imongy (No.92)      |       |     |            |     |         | 27  | 32         | 38      | 70         | 5     | 第四系  |                    |            |
| Ankitry (No.93)     |       |     |            | 10  |         | 119 | 129        | 20      | 149        | 85    | 第四系  | 15.7               | 164.7      |
| Ampilofilo (No.103) |       |     |            |     |         | 60  | 60         |         |            | 46.72 | 第四系  |                    |            |
| Benonoka (No.107)   |       |     |            |     |         | 117 | 117        | 39      | 156        | 92    | 第四系  | 10                 | 166        |

\*: 地下水面の表示であって、滞水層の層厚ではない。滞水層はこの深さより下位となる。

図 - 1.2 地質断面図の比較

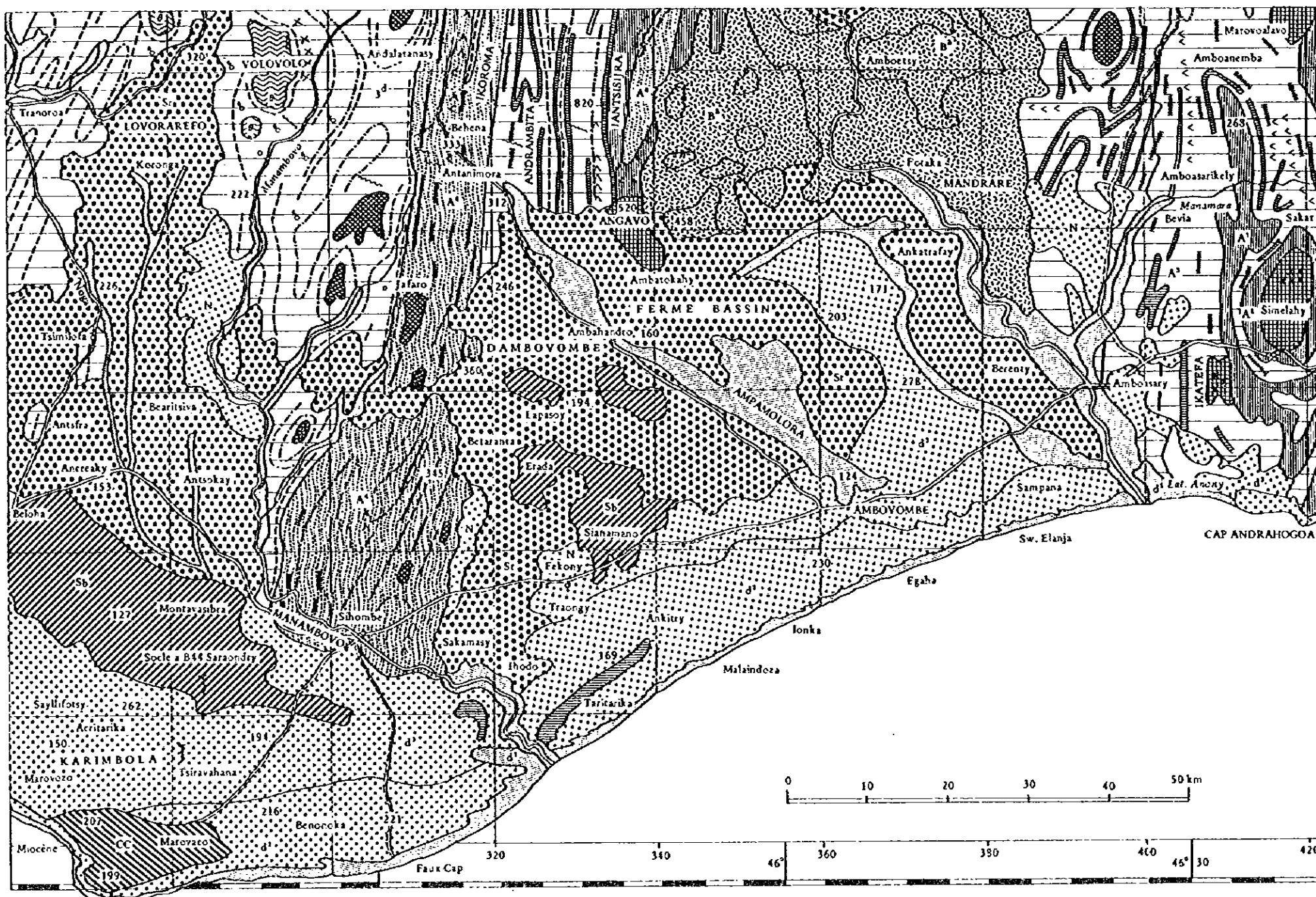


注：Ambovyombe 付近の新第三系の層厚に注意のこと。



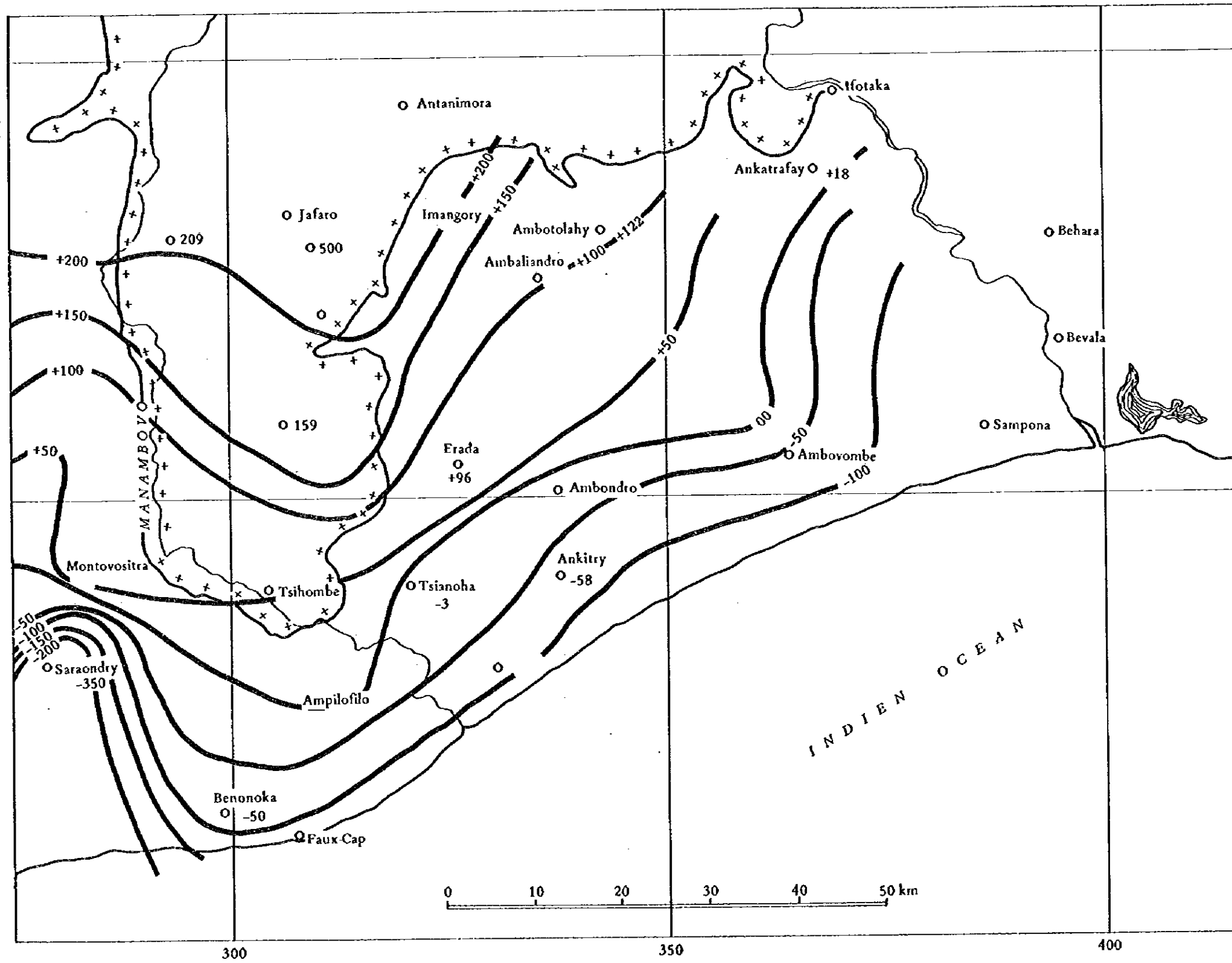


図 - 7 Ambovombe 盆地の地質図



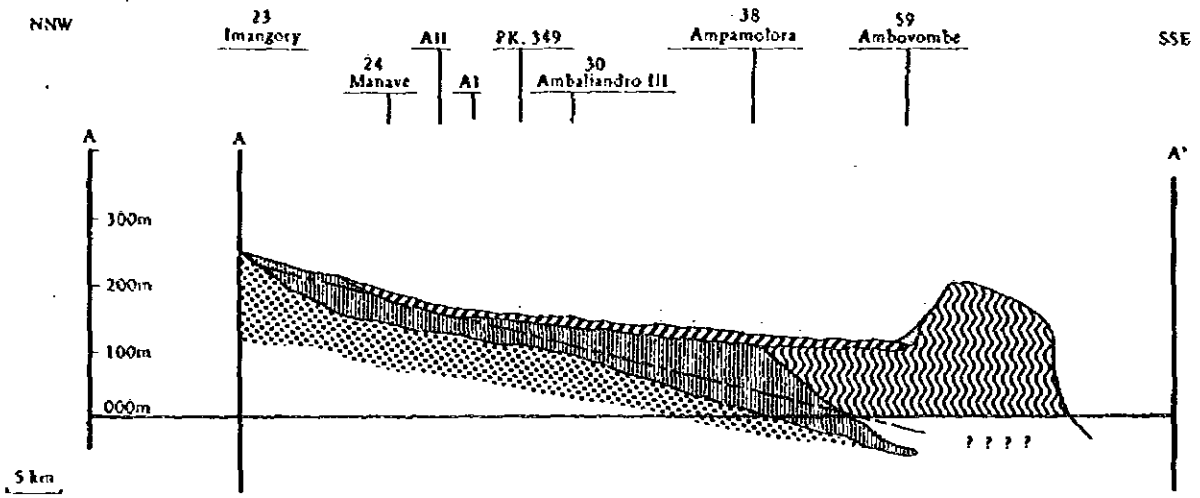
- |                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
|                           | Alluvions                         |
|                           | Sables blancs                     |
|                           | Grès à Aepyornis et Clavator      |
|                           | Dunes vives                       |
|                           | Dunes karimboliennes              |
|                           | Grande dune tatsimienne           |
|                           | ac: Carapace sablaise             |
|                           | sr: Sables rouges                 |
|                           | Carapace calcaire                 |
|                           | Néogène continental               |
| <b>Volcanisme Cretace</b> |                                   |
|                           | Basaltes supérieurs               |
|                           | Rhyolites                         |
|                           | Basaltes inférieurs               |
|                           | Microgranites                     |
|                           | Microsyénites                     |
|                           | Systeme du Graphite               |
|                           | Leptynites à graphite             |
|                           | Leptynites à granat               |
|                           | Leptynites granitoides            |
|                           | Amphibolites à hypersthène        |
|                           | Pyroxénites                       |
|                           | Wernérites, Pyroxénites, Cipolins |
|                           | Leptynites, Quartzites            |
|                           | Gneiss à cordiérite               |
|                           | Leptynites à bordiérite           |
|                           | Granite                           |
|                           | Anorthosite                       |
|                           | Granites et charnockites          |
| <b>Socle Cristallin</b>   |                                   |
|                           | Qu                                |
|                           | Ciq                               |
|                           | Py                                |
|                           | Gri                               |
|                           | Co                                |

図-8 新第三系基底の等深線図

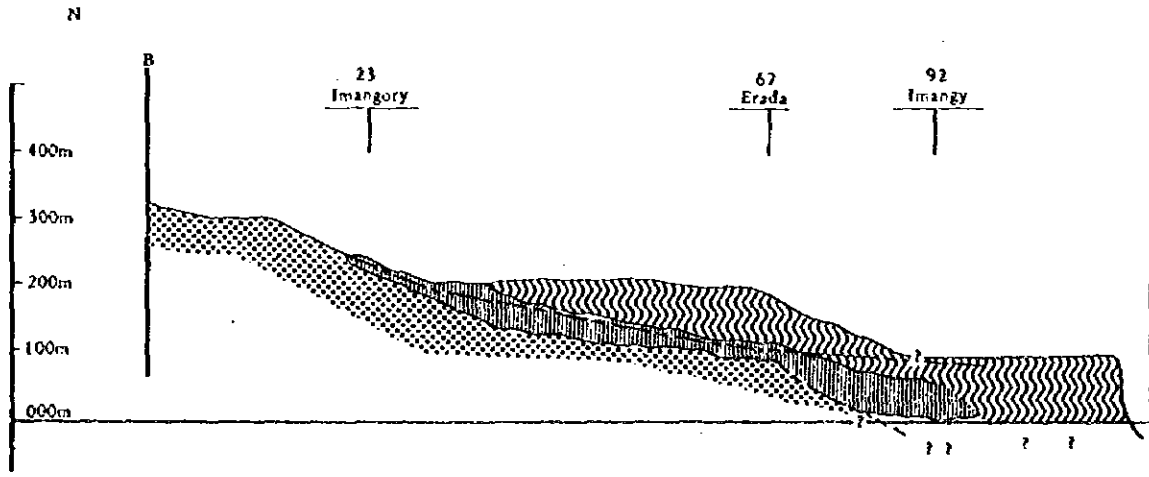




圖一 9 地質剖面圖



Dess. RAMARISOLOFO Ch.



Legende:







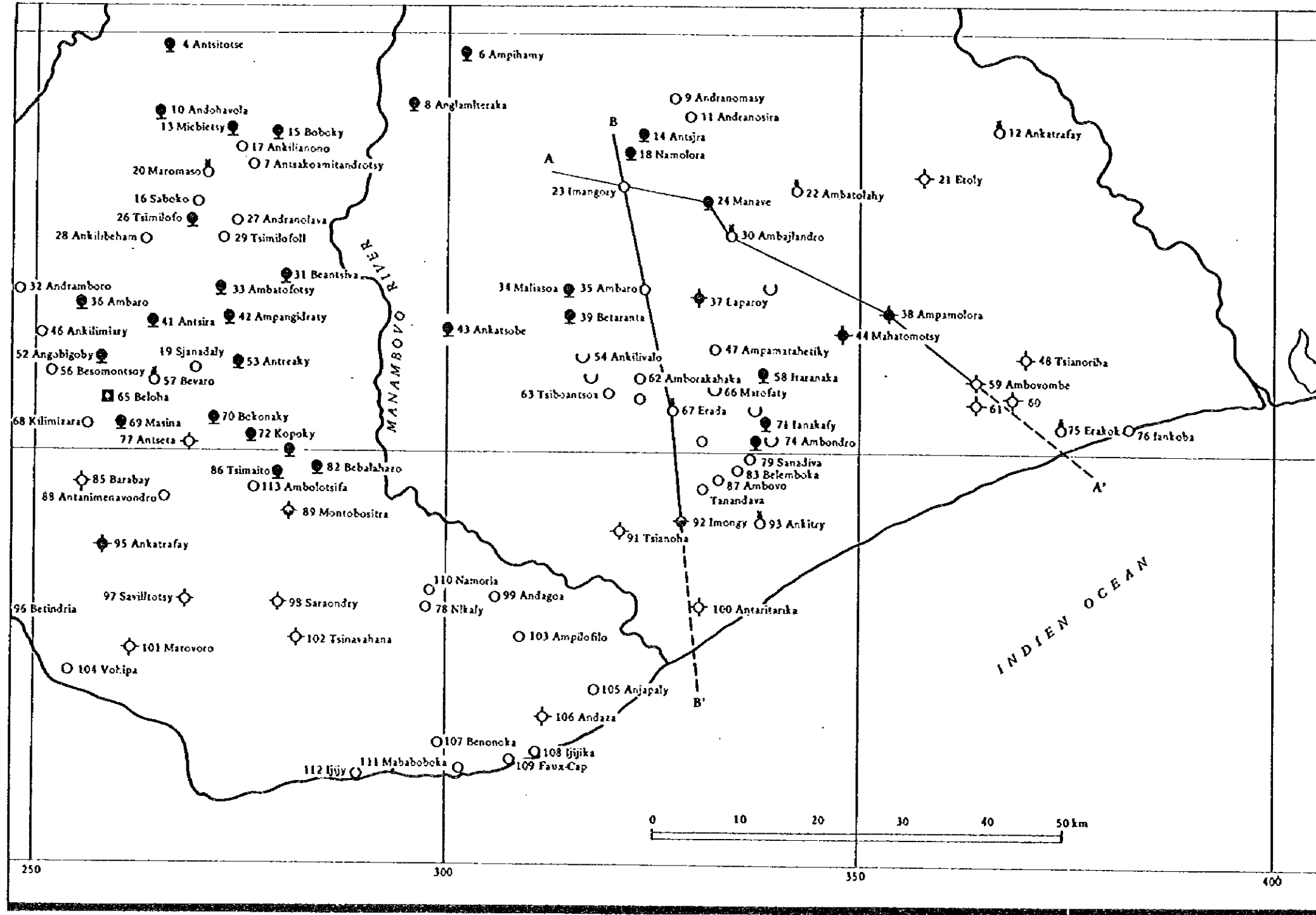
-  Sables
-  Alluvions
-  Quaternaire
-  Néogène
-  Socle
-  Niveau piézométrique

図-10 井戸の分布図



ECHELLE: 1/500.000<sup>e</sup>.

LEGENDE:

- A — o — A' 地質断面図
- U Vovo (素掘り井戸, 3m土)
- Puits maçonné (セメント枠井戸 径1.2m, 深度10~20m)
- Puits muni d'une pompe à main (全土井戸 手動式ポンプ付)
- ◇ Forage tubé récupérable (管井)
- ◆ Forage abandonné (塩分多く廃棄)
- ◆ Forage déclaré sec (空井戸)
- ◇ Forage muni d'une pompe à main (手動式ポンプ付)
- ◇ Forage muni d'une pompe à moteur (モーター付)
- Eolienne (風車付)
- Puits pour adduction d'eau (井戸, 都市送水水源)



圖-11-1 試錐模式柱狀圖

NNW

SSE

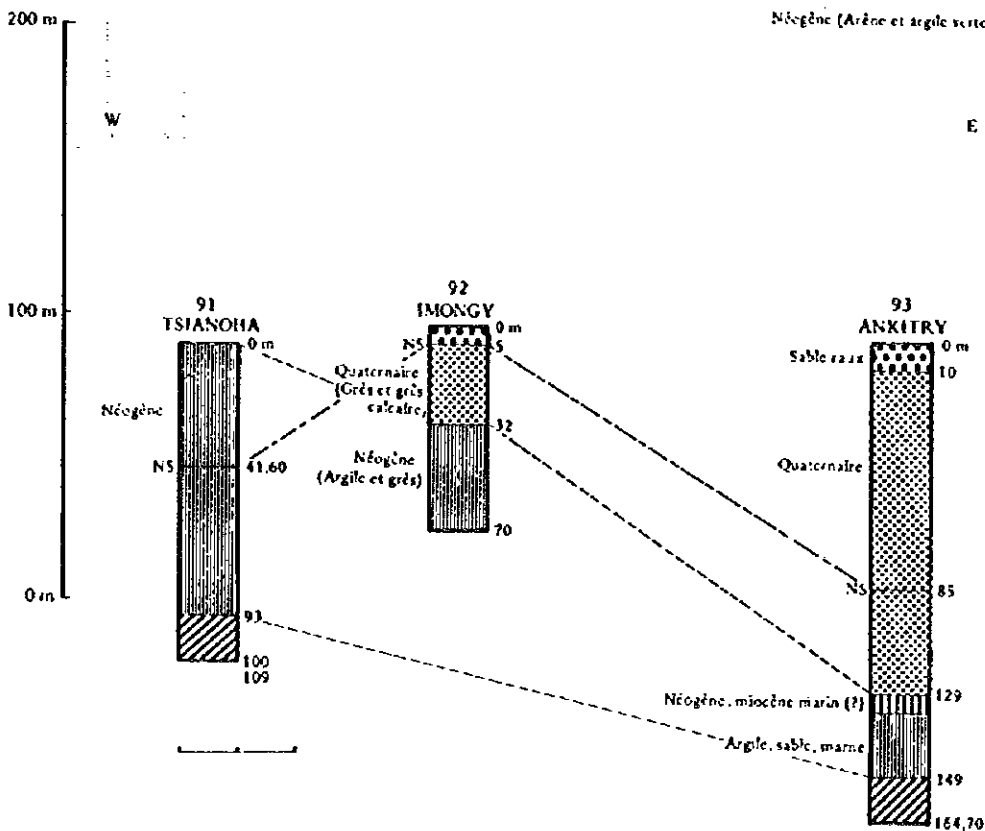
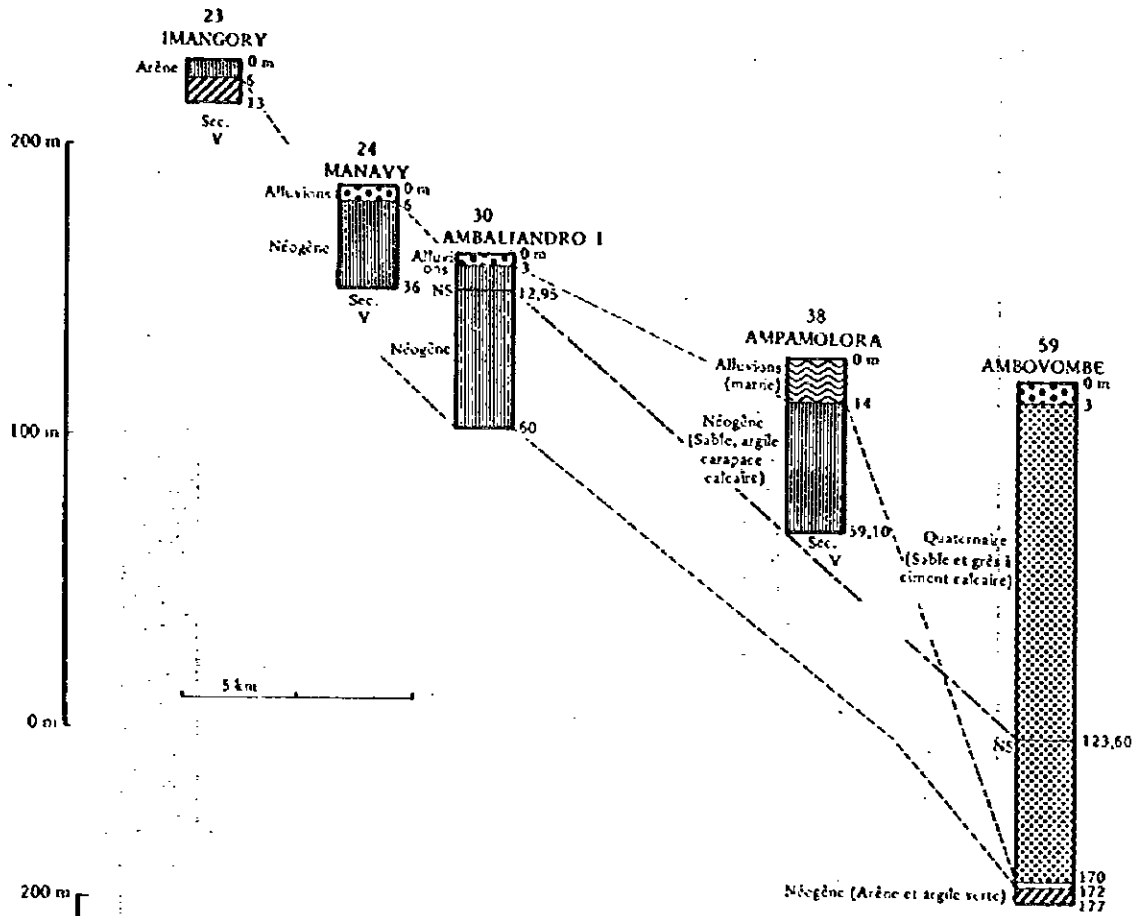




圖-11-2 試錐模式柱狀圖

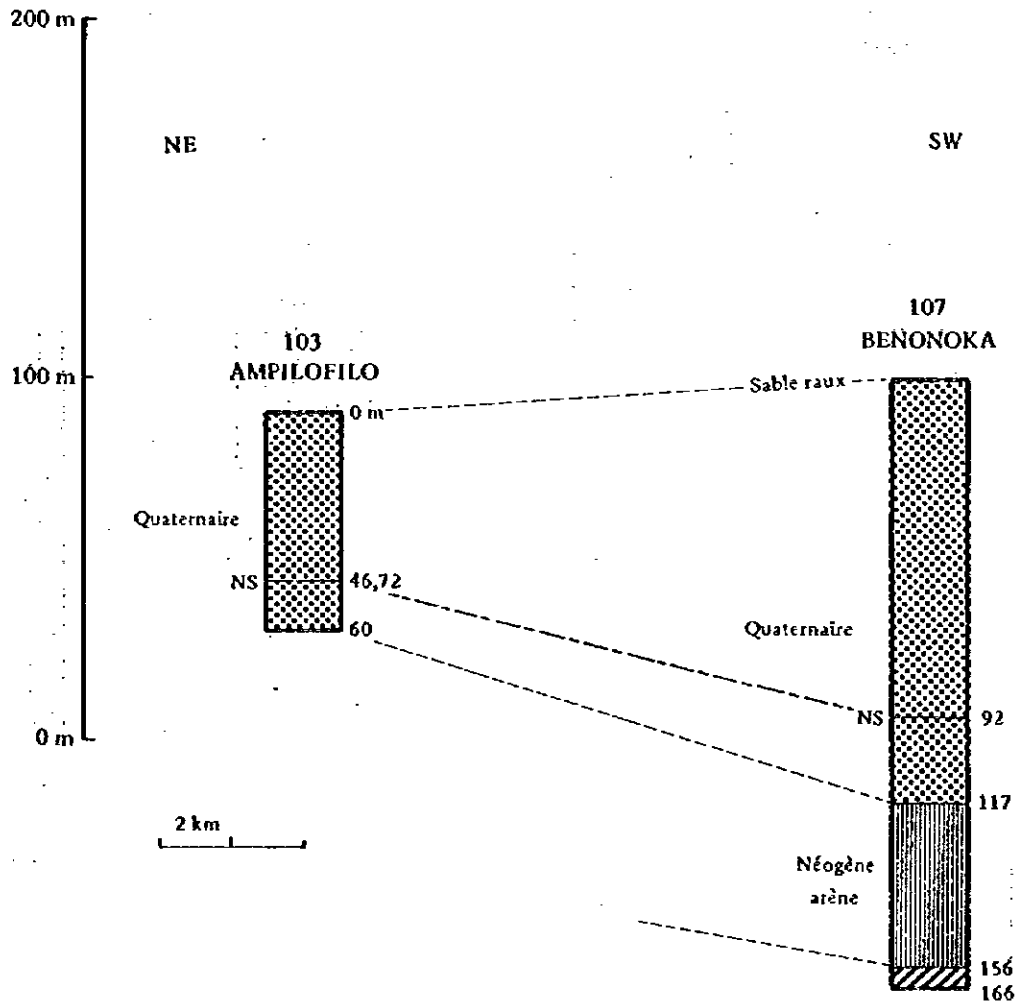




図-13 Ambovombe 盆地の地質構造図

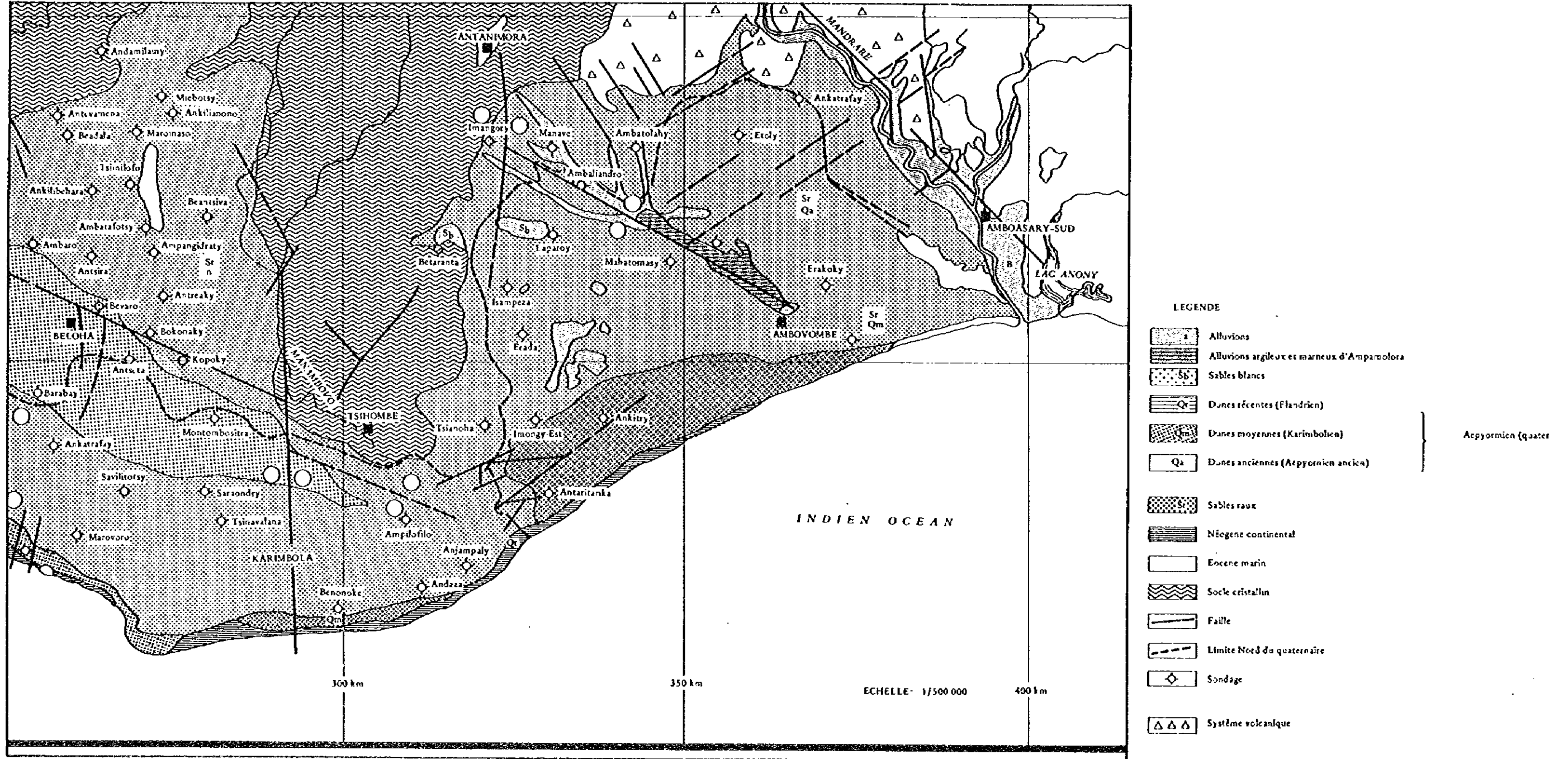
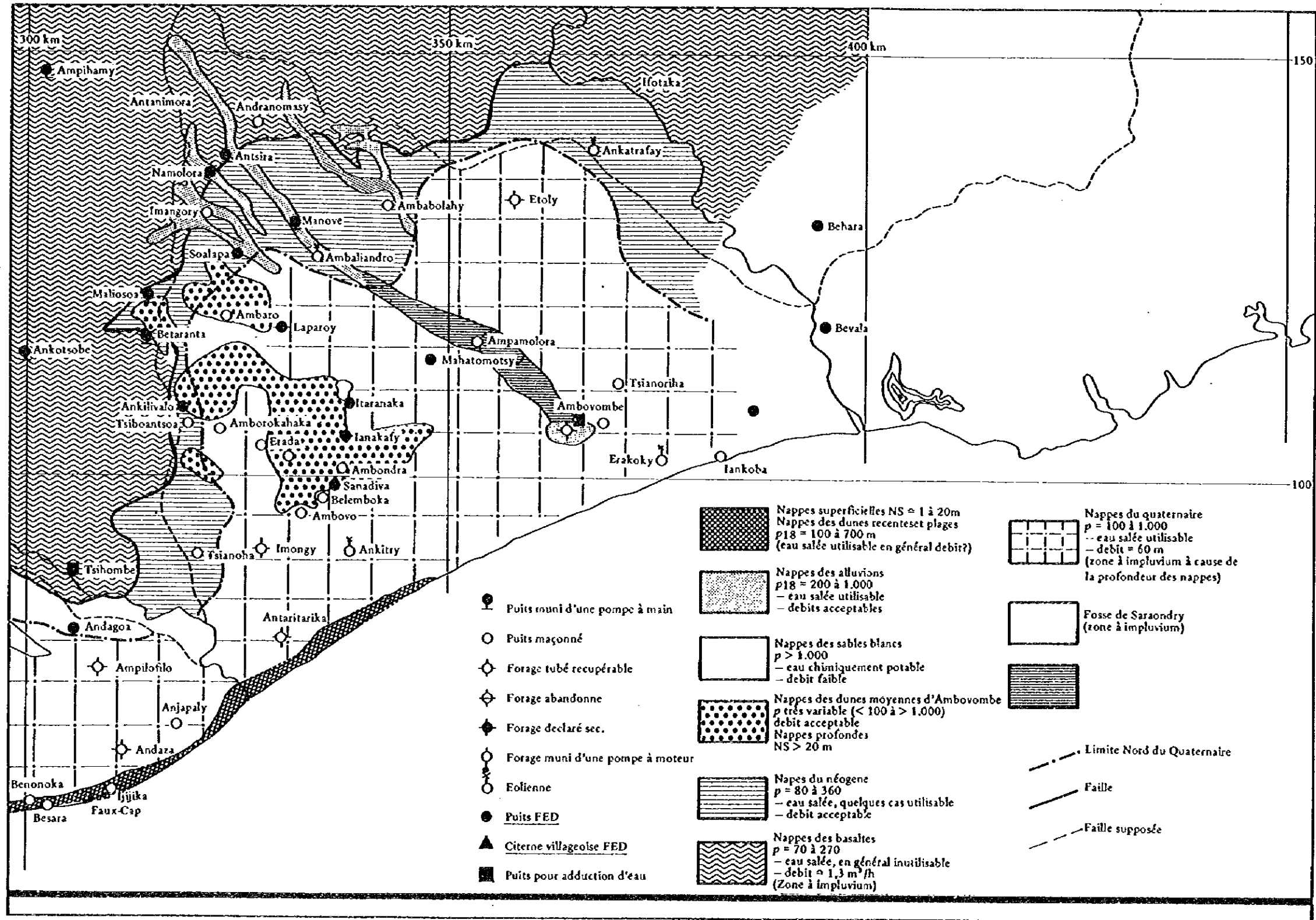


图-14 Ambovombe 盆地の地下水分布图





中位砂丘は、海岸線にはゞ平行した標高150～230mの台地に分布している。なお、すでに地形の項で述べたように、現世の砂丘は標高約40mで海岸に沿って細長く分布している。

また、第四系は堆積の場所、堆積物の種類などによって下位から次のように区分されている。図-14は、それぞれの地層に胚胎されている地下水の分布・水位・水質・水量・用途等を総括したものである。

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| 宙水    | (5) 海浜砂と現世砂丘砂                        |
|       | (4) BelohaとAmbovombe盆地における一時的な河川の沖積層 |
|       | (3) Ampamolora盆地の古い湖成堆積物             |
| 深部地下水 | (2) 白色砂(Sables blancs)               |
|       | (1) 褐色砂(Sables roux)                 |

褐色砂は、盆地の内陸部に広く分布し、第1表で明らかのように厚さ5～73mあるが、その下位に位置する第四紀層も恐らくこの褐色砂に属するものと考えられるので、本層の厚さは85～170mと推定される。この地層は、主として黄褐色の細粒砂からなり、かなりしまっていて素掘り井戸でも側壁の崩壊は少ない。

白色砂は、Ambondro (No 74) 西方及びLaparoy (No 37) 西方に小範囲に分布し、厚さ6～10mで主として石英に富む白色細粒砂(特殊な堆積環境が推定される)からなり、基底には硬質で不透水性の礫岩を伴い、この上位が滞水層となっている。

Ampamolora湖成堆積物は、Ambovombe北部からAmpamolora (No 38) にかけて北北西方向に延びる低地に分布し、堆積物は泥質物に富んでいる。しかし、その層厚は明らかにできなかったが、おそらく10m以下と思われる。

Ambovombe盆地の一時的な旧河川の沖積層は、Ambaliandro (No 30) から北北西～N S方向に細長く延びる旧河川の河道に堆積したもので、主として砂からなり、長さ3～14mを示している。

海浜砂と現世砂丘砂は、現世の海岸とそれに続く高さ約40mの砂丘地帯に分布し、細粒の砂からなっている。

### (3) 地質構造

すでに述べたように基盤岩類と新第三系との不整合面の地下構造は(第3図)、盆地北西部のImangory (No 23) から南東方向に向かって緩く傾斜しているが、Ambovombe付近でわづかな基盤岩の隆起が認められる。なお、UNDPによる電気探査の結果によると、本盆地には南北、北西-南東及び北東-南西方向の3系統の断層が推定されている(図-13)。これらのうちAmbaliandro (No 30) からAmbovombe (No 59) まで連続している沖積層分布地域に平行して走る南西側落下の断層は、新第三系基底の地下等深線図にも反映し、Amb-

ovombe 付近の基盤隆起とよく対応しており、南東部ほどその落差が大きくなっているものと推定される。なお、Imangory (No 23) 東方に位置する東側落下の断層は、第3図における地下等深線の接近によってその存在が裏付けられる。その他の断層については、基盤の地下構造図に著しい変化を与えておらず、その存在を指示する資料に乏しい。これは恐らく断層の落差が小さいか、新第三系のみを切り基盤に影響を与えていない断層か、あるいは断層の走向と電気探査測線とがほぼ平行した結果、十分な解析ができなかった等の原因が考えられる。

表 - 6 地下水の区分

|        |                                                                                                                                                                                          |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 河川の伏流水 | イ) Mandrare 河流域の沖積層の地下水<br>ロ) Manamboro 河流域の沖積層の地下水(イ)に比較して塩分が多い                                                                                                                         |
| 宙水     | イ) Anbobomve を中心とした東西に長い 10Km × 4 Km の範囲にあり、おむね 10 m から 20 m の深度の井戸、赤色砂が帯水層となっている<br>ロ) Anbondro から北へ伸びる南北に長い 26Km × 9 Km の広い範囲にあり、Anbondro では 5 m 前後の井戸である白砂を帯水層とし、下位の堅い砂礫層が不透水層となっている。 |
| 深部の地下水 | この地下水は盆地内の広範囲に分布している。基盤岩に近い北部では標高 + 200 m 付近、南部の海岸地帯では標高 ± 0 m 付近に水位がある。但し図 1 に示したように標高の高い盆地の南半分では地表から地下水面までの到達深度が大きくなっている。                                                              |

### 2-2-3 南部地域の帯水層

UNDP の報告によると、マダガスカル南部地域の帯水層は、地質的に図-15のように16層区分されている。

しかし、すでに述べたように、Ambovombe 盆地には Oligo-Miocene 以下の地層は分布していない。したがって、当地域の帯水層は新第三系(2層)と第四系(2層)に限られる。なお、当地域の飲料用水は、表-6のように区分される。

### 2-2-4 Ambovombe 盆地の地下水位の概要

当盆地において現在利用されている地下水の水位は、図-16及び表-5に示した通りである。すなわち、Anbondro 西方における白色砂の宙水の水位は、標高 170 ~ 211 m に位置し(地表

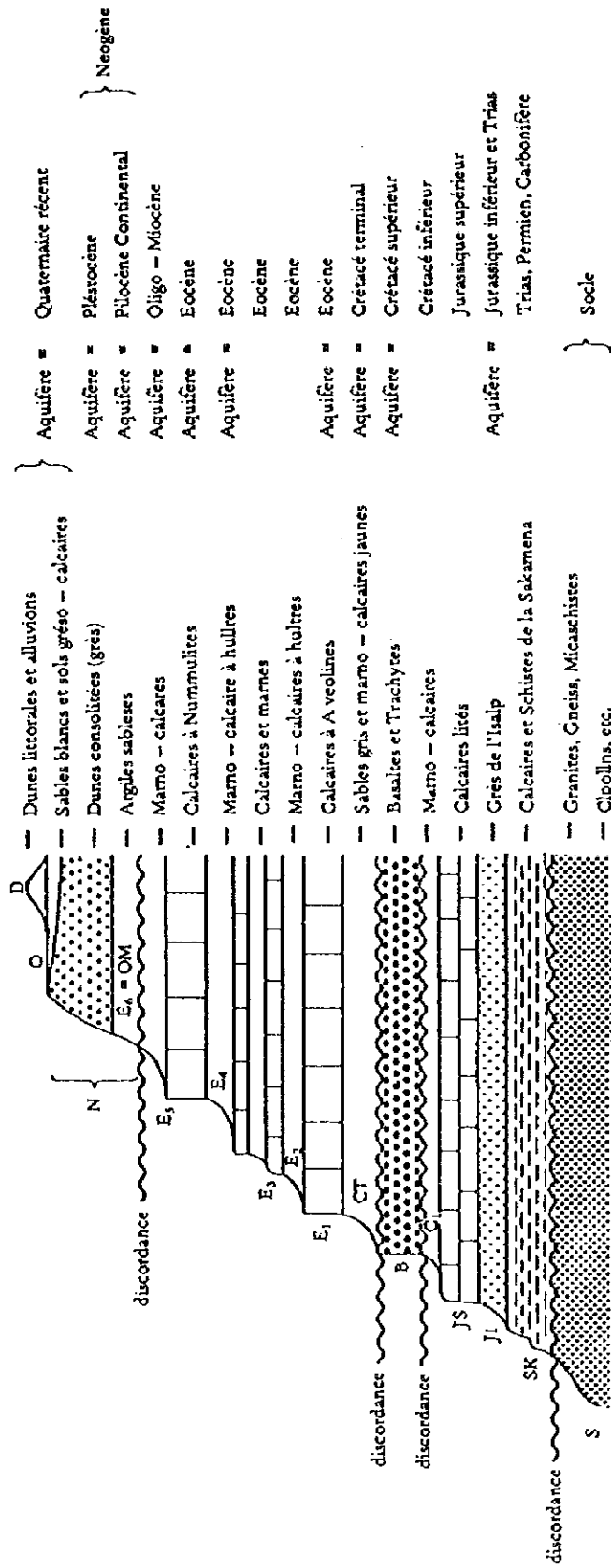
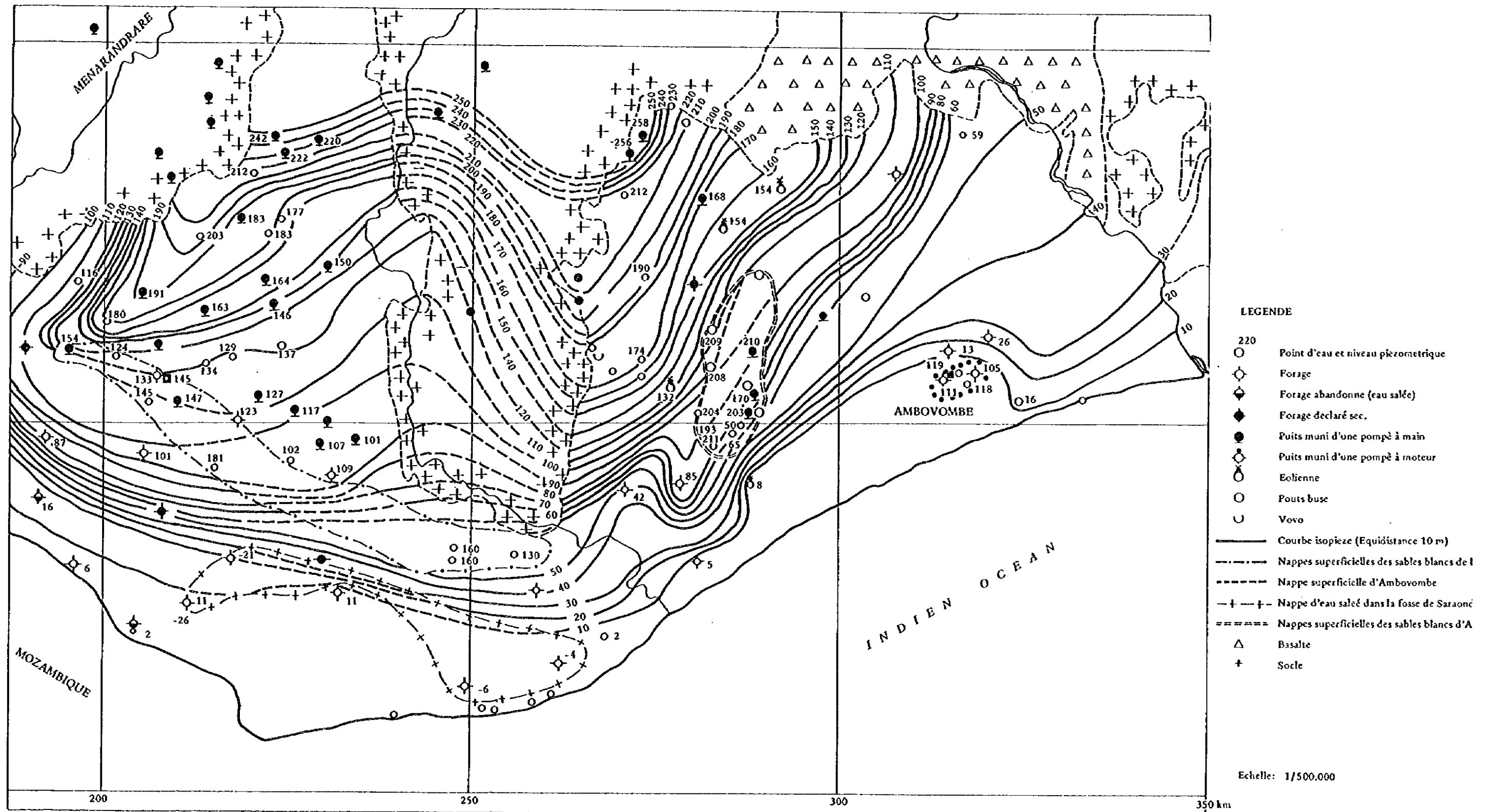


図 - 1 5 マダガスカル南部地域の帯水層



図-16 深部地下水の等水位線図



- LEGENDE
- 220
  - Point d'eau et niveau piézométrique
  - Forage
  - Forage abandonné (eau salée)
  - Forage déclaré sec.
  - Puits muni d'une pompe à main
  - Puits muni d'une pompe à moteur
  - Eolienne
  - Puits buse
  - U Vovo
  - Courbe isopieze (Equidistance 10 m)
  - - - Nappes superficielles des sables blancs de I
  - · · · · Nappe superficielle d'Ambovombe
  - + - + - Nappe d'eau salée dans la fosse de Saraoné
  - · - · - · Nappes superficielles des sables blancs d'A
  - △ Basalte
  - + Socle

Echelle: 1/500.000



下5~10mと推定される), かなり広い分布区域を占めている。また, Ambovombe 市街周辺における褐色砂の宙水の水位は, 標高105~119m(地表から12~21mに位置する)で, 小範囲に分布しているにすぎない。

以上のように Ambovombe 盆地における浅井戸の掘削対象地域はかなり偏在している。

一方, 深部地下水の地下水面は, 基盤の地下等深線図には $\simeq$ 平行した分布形態を示しており, 盆地北西部付近では標高200m以上に位置するが, 南の海岸付近では標高2~16mとなっており, 北西から南東方向に緩い勾配を示している。しかし, この地下水面は, 表-5から明らかなように第四系と新第三系の地下水面を一括したものであって, 地層別の帯水層準及び地下水位を示したものでない点に留意する必要がある。

今後の地下水探査に当っては, 新第三系, 第四系の層厚変化, 各地層の帯水層の層準及び地下水位, 水質等を確認しておく必要がある。

序関係, 各地層の発達状態, 帯水層の層準等を明らかにしておく必要がある。なお, 地下水開発の立場からみると新第三系及び第四系の岩層についての透水性及び岩相変化に関する資料の取得が望ましい。

すでに述べたように, 一部の地域における地層の同定に関しては, UNDPとマダガスカル地質調査とでかなりの相違が認められる(特に Ambovombe 市街の新第三系)。地層の判定は岩相からも可能と思われるが, 詳細な判定のためには古生物学的資料の収集, 検討が必要である。

当地域の地下水位図は, 新第三系, 第三系のそれを総合したものであるが, 各試錐資料について帯水層(ストレイナー)の位置等を検討のうえ, 地層別の地下水位及び水質等を総合的に明らかにする必要がある。

## 2-3 深井戸

### 2-3-1 深井戸の現況

当地域には図-17に示すように深井戸が約20井あるが, 現在使用されているものは, そのうちの1井だけということである。

この調査で2つの深井戸を巡検したが, そのうちの1つは Manambovo 河の右岸側, 同河の河口部から西南方向約25kmの距離に Benonoka 部落にある。この井戸は口径6", 深度166m, 水位は92mであり, 米国製のエンジン付きピストンポンプが設置されていた。またこの井戸は1973年にエンジンが故障し, 以後修理されることなく放置されている。当時は鉄骨の上に鉄製の高架水槽をも設置した立派な水源であったようであるが, 現在はその高架水槽も横倒しになり, 腐蝕し使用できない状態となっていた。

この井戸の竣工が1961年ということであるから, 稼働期間は約12年となろう。また記録によれば2m<sup>3</sup>/時の揚水が行われていた。当地の住民は, 現在海岸の Mahafoboka(片道4km)な

どから水を運んでおり、また給水車による給水も受けているということであった。

もう1つの井戸は Ambovombe の街中にあり、1959年竣工であるが、深度 177.8 m で水位が 123.6 m と記録されており、水位が深いため揚水がむずかしく、当初から殆んど使用されなかったようである。

### 2-3-2 深井戸と深部地下水

深井戸の対象とする地下水は、図-17の断面図に示す通り、地表近くの一部に分布する宙水の下位にあり、盆地の地下に広範囲に分布するものである。

深部地下水の地下水面は、北部の基盤に近い一帯では標高 + 200 m 以上にあり、南の海岸付近一帯では標高 ± 0 m 前後となっており、北北西から南南東方向へ、およそ 5/1000 程度の緩い勾配を示している。

一方当地域の地形は逆に海岸側が高く、内陸に向かって低くなる盆地状をなしている。従って当地域の南半部の地帯は、おむね地表からの深部地下水の地下水面への到達深度が深くなっている。

地下水位の深い場合、例えば 100 m 以上の場合でも水中ポンプ、エアーリフトなどの揚水機によって揚水は可能である。しかし当地域は送電が行われておらず、現段階での最も適した揚水機は、ピストンポンプ（動力は風車、エンジン、畜力）と考えられる。ピストンポンプの場合、揚程が 90 m 台が限度と考えられる。従って当域の深井戸の水位も 90 m 台以浅であることが絶対条件となる。

#### (1) 水 位

イ) 海岸線から約 38 km の内陸側に当り、基盤地帯に比較的近いところに位置する。D1 Ankatrafay, D2 Etoly, D3 Ambalolaby, D4 Ambaliando の各部落の深井戸は深度が 50 m から 104.7 m であるが、水位が 12 m から 51 m となっており、揚水は比較的容易であり、現在は稼働井はないが往時は風車揚水などが行われていたようである。

ロ) 今の地帯から南へ約 10 km ~ 15 km の D6 Ampamolora, D7 Mahatomtsy, D5 Laparoy の 3 部落の各井戸は、3 井ともに空井戸となっている。このうち D7 Mahatomtsy の井戸深度は不明であるが、他の 2 井については図-17、図-18 などから検討すると地下水面に達する深度までの掘削が行われていないものと考えられる。

ハ) D9 Ambovombe の深井戸の水位の深いことについては前述の通りであるが、その北東数 km の D8 Tsinoriha の井戸についても水位が 169 m と 100 m をはるかに越している。またこれらの東南方海岸に近い D10 Erahoky でも水位が 138 m となっており、Ambovombe を含むこの一帯では 100 m を越える水位であり、現段階で考えられる揚水方法では揚水は困難である。

二) Manambovo河の下流左岸側のうち、同河の河口から北北西へ約18KmのD14 Tsianhaの深井戸の水位は41.6 m、その西のD13 Imougyでは水が10 m、さらにその西のD12 Ankitryでは水位が85 mを示している。

ホ) Manambovo河の下流右岸側のうちD19 Benonokaの井戸は前述の通り水位は92 mである。またその東方のD18 Andazaでは水位が64.5 m、D17 Anfapalyでは水位が65.5 m、これらより北方に位置するD17 Ampilofiloでは水位が47.6 mとなっている。

イ)とホ)の地帯については、盆地南部の水不足地帯の一部を示めており、深井戸開発の可能な地帯であり、本格調査の重点調査地帯の1つとみなし得る。

## (2) 揚水量

深井戸の揚水量については、記録のないものが過半を占めている。記録されているものについては、1井当りの揚水量は1 m<sup>3</sup>/時以下のものもあるが、およそ1.5 m<sup>3</sup>/時~4 m<sup>3</sup>/時程度となっている。

水位降下の比較的大きな井戸の例では、D11 Eradaが水位降下21.7 mで、揚水量が1.5 m<sup>3</sup>/時、D12 Ankitryでは水位降下10.8 mで揚水量が1.7 m<sup>3</sup>/時となっている。

次に水位降下の少ない井戸ではD19 Bononokaの水位降下1 mで2 m<sup>3</sup>/時がある。

また水位降下は不明であるが、D4 Ambaliandrsの2つの井戸は4 m<sup>3</sup>/時と4.8 m<sup>3</sup>/時と記録されており、当地域の揚水量としては、大きな値となっている。いずれにしても当地域の比出量(水位降下1 m当りの揚水量)は小さな値を示しており、1井当りの取得量にはそれ程期待できないと考えられる。

## (3) 帯水層と基盤

当地域の深井戸の帯水層となっているものは、第四紀層および新第三紀層である。第四紀層は石灰質の砂からなり、新第三紀層は粘土、粘土質砂、砂、砂礫などからなっている。

また当地域の深井戸は基盤岩(結晶片岩その他)まで掘られているものが比較的数多く見受けられる。例えばD9 Ambovombeで172 m以下、D12 Ankitryで149 m以下、D14 Tsianahaで94 m以下、D11 Eradaで127.5 m以下、D1 Ankatrafayで92 m、Manambovo河右岸D19 Benonokaで156 mでそれぞれ基盤に達している。

盆地下の基盤の表面の勾配は図-17の断面に示したように非常に緩く、およそ6/1000程度と推定される。

## (4) 水質

深井戸の水質については、地層別にみると第四紀層の帯水層が、新第三紀層の帯水層より良質であるといわれている。また水平的な変化としては、当然のことではあるが内陸側から海岸方向に向かって塩分が多くなる傾向が認められる。例えば北部のD1 Ankatrafayで3,900 Ω-cm (T.D.S 180 mg/L)、D2 Etolyで1,650 Ω-cm (T.D.S 440 mg/L)、D3 A-

図-17 盆地の地下水分布概略図

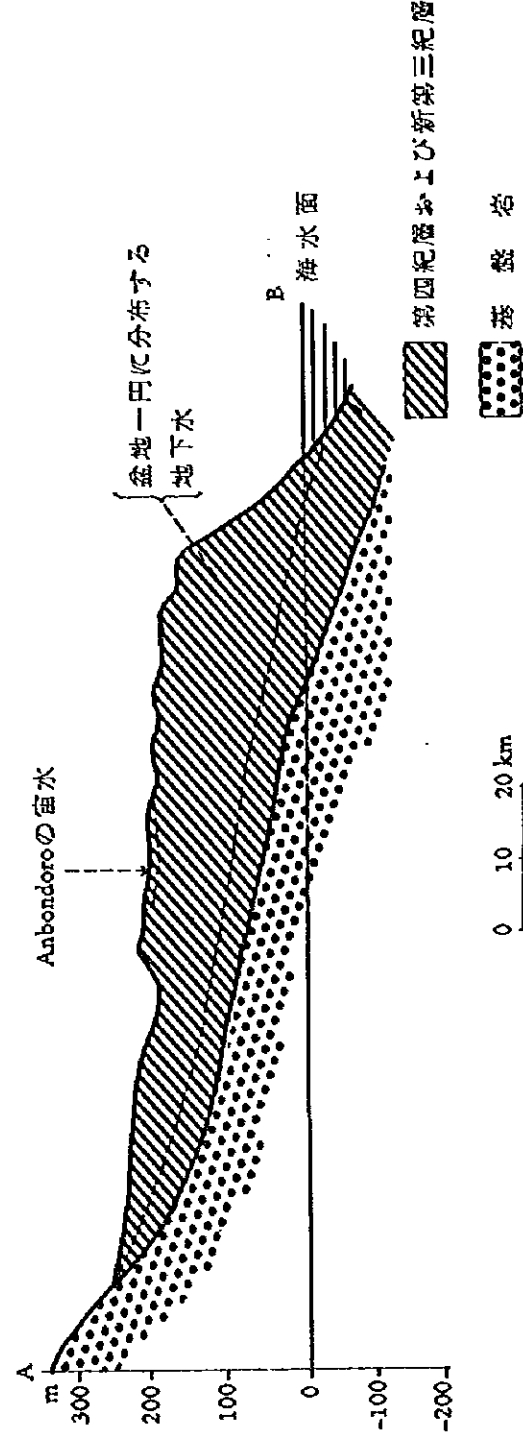
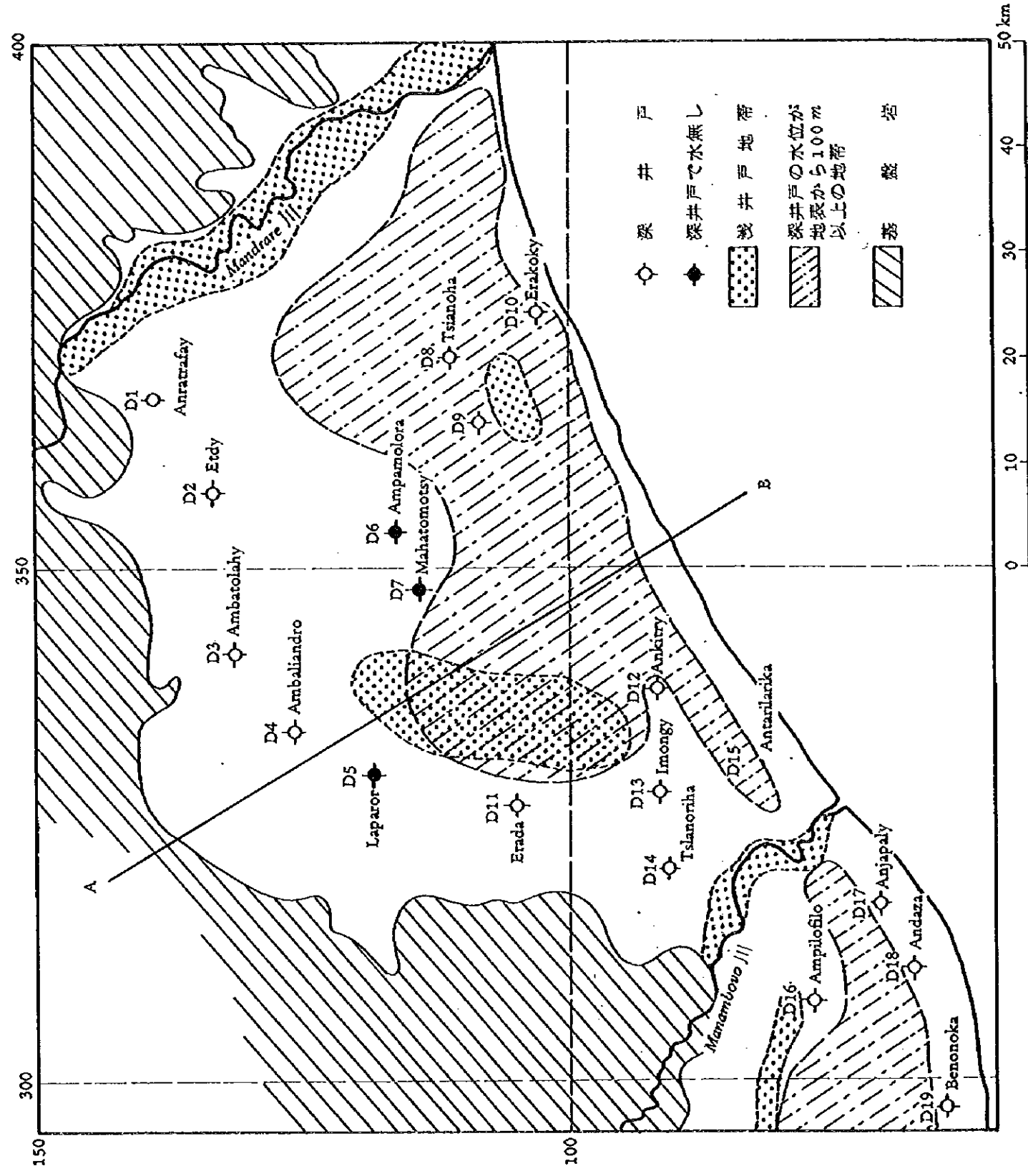
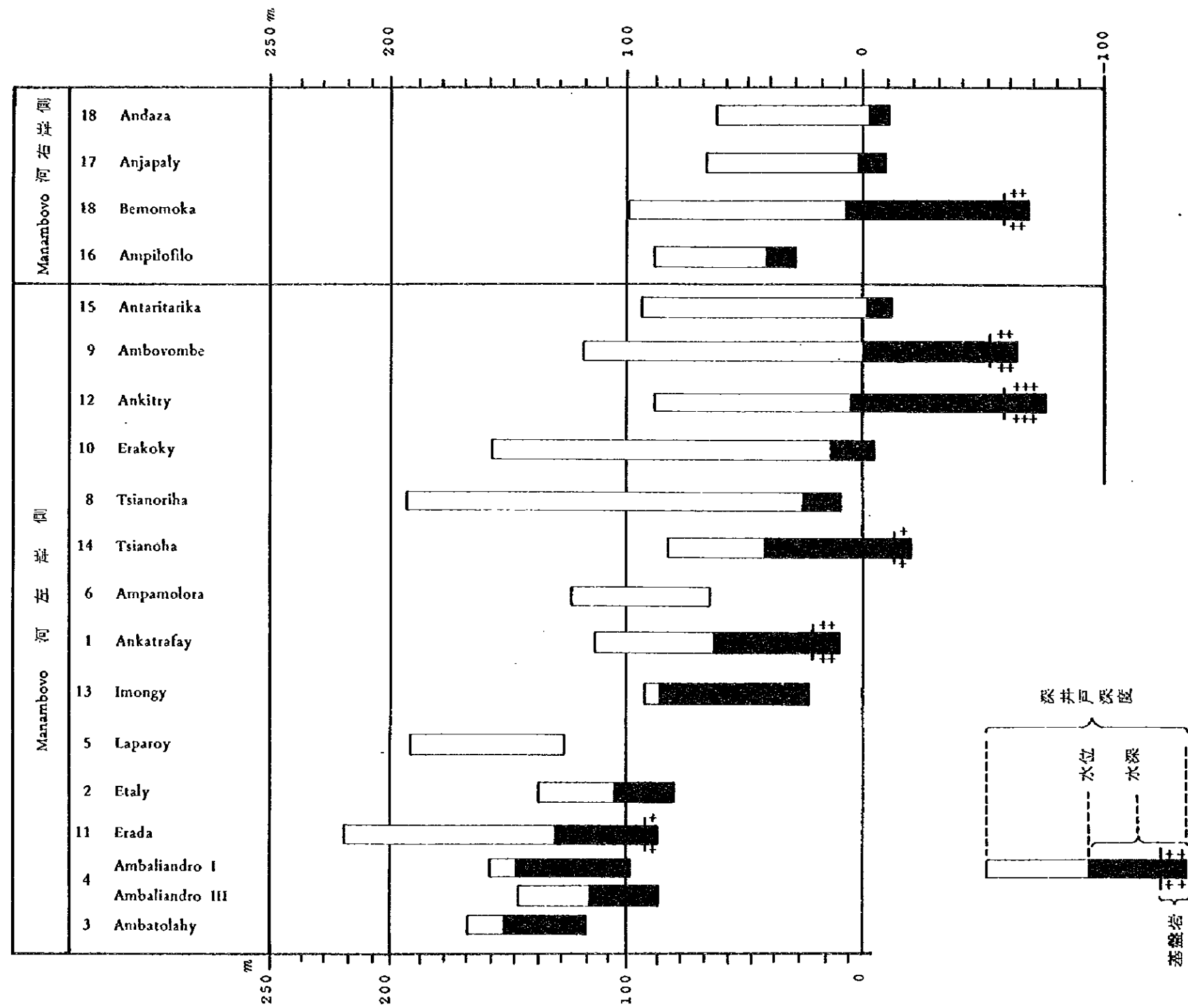


図 18 Ambovombe 盆地の深井戸の標高と深度および水位







mbatolahy で  $470 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $1,500 \text{mg}/\text{L}$ ) などに対し、中間部に位置する D8 Tsianorihaha で  $390 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $1,900 \text{mg}/\text{L}$ ), D14 Tsianoha で  $400 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $1,800 \text{mg}/\text{L}$ ) また Manambovo 河右岸の比較的内陸側の D16 Ampilofilo でも  $400 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $1,800 \text{mg}/\text{L}$ ) を示す。一方海岸際の東部の D10 Erakoky では  $150 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $4,800 \text{mg}/\text{L}$ ), D19 Benonoka では  $170 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $4,300 \text{mg}/\text{L}$ ), 最低値として D12 Anjapaly の  $70 \Omega\text{-cm}$  (T.D.S  $10,000 \text{mg}/\text{L}$ ) がある。また D13 Imongy では NaCl  $0.1 \text{g}/\text{L}$  となっており、水質は良好である。なお乾燥地域における飲料水の基準を表-7 に示した。

表-7 乾燥地域における飲料水の基準(文献 5, 6 による)

|                                | 恒久供給に対する適応性 |           |             |             | 1時供給の適応性    |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|                                | 秀           | 良         | 普通          | 可           |             |
| T.D.S ( $\text{mg}/\text{L}$ ) | 0~500       | 500~1,000 | 1,000~2,000 | 2,000~4,000 | 4,000~8,000 |
| cl ( $\text{mg}/\text{L}$ )    | 0~177.5     | 177.5~355 | 355~710     | 710~1,420   | 1,420~2,840 |

## 2-4 浅井戸

### 2-4-1 浅井戸の分布状況

マ政府地質調査所の資料によると、浅井戸の分布状況は図-19のとおりである。浅井戸には次の種類がある。① Vovo (すりばち状の素掘りの深さ数 m の井戸で、主に家畜が中に入って飲料としている井戸), ② Puits maçonné (セメント枠を付けた井戸で直径 1.2 m 前後、深度 10~20 m 位の井戸), ③ Puits muni d'une pompe à main (同上で手動式のポンプの付いている井戸), ④ Forage tubé récupérable (測管をつけた径の細い井戸で、手動のポンプをつけている井戸), ⑤ Forage déclaré sec (測管をつけた径の細い井戸で、地下水がないため廃棄された井戸), ⑥ 素掘りの井戸で枠もなにもない。このうち、④、⑤は少ない。

Mandrare 川以西で Manambovo 川に沿った 300 以東、150 以南における Ambovombe 盆地及び Karimbola 高原の一部における浅井戸の分布状況は、Ambovombe の町の周辺 Ambondre の町周辺から北部にかけてと Faux-Cap の町から西部に限定されており、深井戸の分布状況とは異なっている。この地域は一般に 100 m 程の砂層が第三紀層の上部に堆積しており、地表より 10~20 m 程度の所にフェクンと呼ばれる砂礫層が固結した地層があり、これが不透水層となって、不透水層より上部の砂層が帯水層となり、地下水は富水となっている。

地下水の水質は深井戸の地下水よりよく、Faux-Cap 付近で比抵抗が  $100\sim 500 \Omega\cdot\text{cm}$  を示して悪い他は、 $1000 \Omega\cdot\text{cm}$  を超すところが約半分を占め、一般に飲料に適している。又雨量が

年間600<sup>m</sup>程度と比較的少なく、帯水層（フェクン）も限られていることから揚水できる地下水量は限られている。

図-19によると、浅井戸の数は、Vovoが6ヶ所（1ヶ所に数個～数十個ある）、Puits maconnéが15ヶ所、Puits mvni d'une pompe a mainが10ヶ所、Forage tube recuperableが2ヶ所、Forage declare secが1ヶ所、計34ヶ所である。Ambondroでは、Vovoは1ヶ所に40個位あり、使用しているPuits maconnéが2井あったが、図-19ではVovo 1ヶ所、Puits mvni d'une pompe a main 1ヶ所が記載している。又Ambovombeでは現地調査などでは12ヶ所20井位があるが、第1図においてはForage tube recuperableが2ヶ所しか記載していないことから、実際はもっと多く浅井戸は存在していると考えられる。又素掘りの浅井戸は図-19には記載されていないが、Ambovombe周辺においては4ヶ所見ることが出来た。

これらのうち空井戸は、Ambondro北東のForage declare secで、現在使用されていないのがAmbondro周辺で2ヶ所、Faux-Capで1ヶ所、Ambovombe東方の海岸で1ヶ所である。

なお、文献より調べた富水地帯の分布は図-20のとおりである。

#### 2-4-2 浅井戸の利用状況

##### (1) Ambondro 南西郊外の利用状況

Ambondroの町は、人口1,000人位の町でAmbovombeとTsihombeの町中間に位置する。Ambondroの南西側200mにはVovo群（約40個）とPuits maconnéが4井あった。（写真-1, 2, 3参照）

分布の概念図は図-21のとおりであり、井戸の概要は第1表のとおりである。No 1は飲料用として使用されており、水質は比抵抗値で600 $\Omega \cdot cm$ で600 $\Omega \cdot cm$ と比較的よいが、水は少し濁っており、我々の感覚では飲料にはできない感じである。No 2は洗濯用として利用されており、180 $\Omega \cdot cm$ と非常に悪い。No 1の周辺は比較的清潔にしているが、No 2の周辺は洗濯した水が捨てられ、汗物が堆積している。しかもNo 1とは30m位しか離れていなく、又Vovo群とも隣り合わせであり、家畜のし尿も合わさって地下浸透して地下水を汚染しているものと思われる。No 3とNo 4は水質が悪くて（ $cl^-$ の濃度が高くて）放棄された井戸であり、中にとうもろこしや木が投げ入れてある。なお、いずれにもコンクリート枠が厚さ0.2mで設置されており、つるべで汲み上げる形式となっている。

Vovo群は、範囲100m $\times$ 100mのおおむね直角三角形の形をしており、その中に約40個のVovoが掘られている。それぞれ深さに違いがあり、1.5~5m位までで、地下水位の高い時と低い時とに使い分けて使用するものと思われる。現地に行ったときは半分以上が空で、地下水位は低かった時と思われる。構造はすりばち状であり、写真-2に見られるように、牛が中に入り込んで飲むように、1ヶ所だけ道が付けられた構造となっている。水

は緑色をしており、BODは高いと思われる。これは牛自身のし尿などによる汚染の他、たまり水的になっていることが原因と思われる。

このでのフェクン（砂礫層が固結してできた不透水層）は、地表面下約10mの所にある。フェクンは、地表面が白砂で、ゆるい盆地状の地形（図-22参照）の所にあるとのことであるが、Ambovombeではそうでないところもあることから一概には言えないと思われる。

盆地の底は雨期には雨水がたまり沼地化する。ボボはその盆地の底を中心に掘られており、飲料用の井戸は盆地の斜面に掘られている。これは、家畜のし尿等による地下水の汚染を防止するためであると考えられるが、№1の井戸が少し濁っていることなどから、あまり汚染防止になってはいないと思われる。

## (2) Ambovombeの市内及び郊外の利用状況

Ambovombe市は、Ambovombe郡の中心地であり、郡庁がおかれている。Ambovombe郡は、人口約82,000人で、中心地にはそのうち2,000人程住んでいる。Ambovombe市及び郊外には浅井戸が13ヶ所（約20井）掘られており、市及び周辺の住民の飲料用と一部家畜用に使用されている。図-23はAmbovombeの市及び周辺の井戸の位置と、地下水面の高さを示したものであり、Ambovombe市の北側付近が最も水位が高く、周辺に向かって低くなっている。なお地形は、Ambovombe市の中心地は標高130～135mでゆるい盆地地形の南斜面の中腹にあたり、北北西4km位のところが底になっている。その比高は約15m位で、地下水位も地表面下15～20m位であるので、この盆地の構造との関係も推定されるが、地表面の全体の傾斜と地下水位は逆となっている。

又Ambordro市の浅井戸では、地表面が白砂のところ掘られていたが、Ambovombe市においては、赤砂のところ掘られているところが多い。

表-9には、図-23の井戸の深さ及び1973年に測定した比抵抗値が示されている。13ヶ所あることとなっているが、調査できたのは7ヶ所である。この7ヶ所の井戸概況をとりまとめたのが表-10である。調査順にその概要をまとめると以下のとおりである。

### ① 井戸名「SP」（中心地）

Ambovombe市の中心近くにある井戸であるが、現在空井戸となっている。1973年の調査では360～511Ω・cmで比較的悪かった。井戸には、高さ1.2mのコンクリートの枠がある他、木で蓋がしてある。又市の中心地にあるためか、空井戸にしては井戸の周辺は清潔にしてある。

### ② 井戸名「TOTAL」（市の東側はずれ）

低いコンクリート枠（0.4m）のある滑車をつかったつるべ式の井戸であり、水質は比抵抗で1,200Ω・cmと良好である。井戸の周辺もきれいに管理されている。

③ 井戸名「K」(市の南側はずれ)

Perception Principaleを訪ねた際、フランスの調査では1日12m<sup>3</sup>地下水が取水出来るといわれた地点であるが、Forage tubeの浅井戸が3井ある。そのうち2井は、ディーゼルポンプが1975～76年に故障し、現在TANANARIVEにおいてジラマ(政府の電信関係の機関)が修理中であるとのことであった。しかし数年間故障が直らないことから修理する資金と部品がないものと思われる。一井はコンクリートでふたをしており、他の一井は、小屋がけの井戸であるが、共に使用されていない。両者とも水質は比抵抗で1500～2000Ω・cmと非常に良いとのことである。

他の一井は、キリスト教関係の援助によって作られた風車の力による押し上げポンプを付けた井戸であり、現在稼動しており、(写真-4)毎分5L位の揚水をしている。水質は比抵抗で450Ω・cmと比較的良くないが、水汲みには多くの人 coming。風車は約8mの高さに直径3m位の羽根がついており、やぐらは鉄でできています。揚水された水はふたをかぶせた水路約5m離れた水槽に運ばれ、そこから水を汲み出している。年中揚水できるとのことだが、常時汲み出しているので水槽から水があふれ出ることもあり、管理が必要と思われる。

④ 井戸名「A」(市の南側はずれ)

滑車を利用して揚水している井戸で、水質は比抵抗で450Ω・cmとあまり良くはないが一年中揚水出来るとのことである。しかし、井戸枠はなく、地表面より5～10cmの高さのコンクリートの枠取りがしてあるだけで、砂や汚水が直接入るようになっており、改良が必要である。

⑤ 井戸名「SI」(市の北北東側はずれ)

地質調査所が調査用ボーリングを行い、家畜局が掘った井戸で、写真-5のように家畜が飲料用に供せるように水飲み場が作ってある。しかも井戸枠もあり、上部には鏡もかけてあることから管理もしっかりしているものと思われる。

⑥ 井戸名「U」(市の東南東側はずれ)

10m以内に3井の素掘りの井戸があり、そのうち一井だけは中が石積みになっている。他は、すべてに井戸枠がない。すべて滑車で汲み上げる簡単な設備がついており、最も北側の井戸の深さは13.3m程で水深は0.2～0.3m程度である。水質は良好であり、水売り用の水としても使用しているとのことである。他の二井もほぼ同様である。

しかしこれらには井戸枠もなく、丸木をわたしてその上にすわり、滑車で水を汲み上げており、土砂などが井戸の中に落ちて徐々に埋められたり、地下水を直接汚染するおそれがある。

⑦ 井戸名「B」(市の南東側郊外)

素掘りの井戸が2井あり、一井は空井戸で、他の一井の水質は比抵抗で  $1,400 \Omega \cdot \text{cm}$  と良いが、ラテライトの土壌が混入しているためか赤茶色に若干濁っている。両者とも井戸枠はなく問題である。

2-4-3 浅井戸の課題と方策

(1) 浅層地下水の存在する地域の偏在性

Ambovombe 市及び郊外においては、浅井戸を主な水資源として利用しており、その水質も比較的良好である。このように浅層の地下水が存在する地域は、地下水位が低くて揚水に不便な深井戸よりも浅井戸が適し、利用されている。2-4-1で述べたように、浅層地下水は、主に宙水を使用しており、100 mの砂層の中に不透水層が存在している地域が限られている。特に Ambovombe 南部の海岸地帯においては、深井戸と天水だめしか水資源としてあてにできないなど地域的に偏りがある。たゞ大きな町である Ambovombe や Amboandro などには浅層地下水が存在している。逆に言えば、そういう所に大きな町が出来たとも言える。

(2) 量の不足

浅層地下水が宙水を使用していることから、その地下水の涵養源はその地域の雨によっていることとなる。しかしこの地域の雨量は、年間600 mm程度で絶対量も少ない。しかも雨期(10~3月)と乾期(4~9月)に分かれており、乾期には月に10~30 mm程度しか降らないので乾期に降った雨はほとんど蒸発してしまうと考えられる。そのため浅井戸の半数以上は乾期の終わりである8~9月頃には枯れてしまい、これ以上の開発はほとんど無理であると考えられる。それよりもこの限られた量を無駄なく、たれ流して蒸発量を増やしたりしないようにしていく必要がある。

(3) 井戸の構造

当地域の砂は、比較的良くしまっているためか、見てきた浅井戸の約半数は素掘りであり、井戸枠が作られていない。そのため、地表面や側面から砂が井戸の中に入り、井戸をうめていくとともに、地下水を汚染していくおそれもある。又人間も落ちるなど非常に危険である。そのため井戸壁に石積みをし、必要な所はコンクリートで固めるとともに、井戸枠を地表より最低1 mの高さまでコンクリートですべてに作る必要がある。

なお井戸壁を側管で作ることも考えられるが、浅井戸の特徴である人力で簡単に汲み出すことが出来るということを生かすためには側管を大きくしなければならず、費用もかかるので、避けた方がよいと思われる。

#### (4) 揚水施設

浅井戸については、地下水位が高いことから、つるべ式、滑車を使ったつるべ式が多いが、ディーゼルポンプや風車式ポンプのついている井戸もある。又実際には見なかったが、第1図では、手動式ポンプの付いている井戸が9ヶ所ある。

ディーゼルポンプの付いた浅井戸については、2井とも Ambovombe の町はずれにあるのに数年前に故障したまゝであり、現状においては、ディーゼルポンプの使用については維持管理の面で問題がある。風車式のポンプや手動式のポンプについては、構造も維持管理も容易であるが、故障した場合にはやはりそのまゝになっている場合が多い。深井戸の場合であるが、風車式が数年前からハリケーンで飛ばされたまゝとなっていたし、Ambondro の井戸も第1図では手動式ポンプが付いていることゝなっているが、実際には付いていなかったの、故障したので取りはずしたと考えられる。

よって、やはり滑車を付けた方式による揚水施設が最も適切であると考ええる。

#### (5) 井戸周辺の管理

浅層地下水の問題の一つに地下水の汚染がある。地表から不透水層まで透水性のよい砂であるので、汚水が井戸周辺にあると一部は土壤還元するとしても多くは地下水を汚染すると考えられる。Ambondro での井戸では若干白濁しており、これは周辺の Vovo や隣りの井戸での洗濯水の影響であると思われる。よって井戸の周辺では洗濯をさせない、家畜の水飲み場は井戸より遠ざけるなど、井戸の周辺には汚水が流れ込まないように注意しておくことが必要である。

#### (6) 井戸管理体制の整備

地下水が、地域住民の重要な水資源となっている現状から考え、地下水を住民共有の資産として管理する必要がある。もちろん住民に地下水の重要性は認識はされているが、それが管理の面にあらわれてきていない。それでは井戸の改修をし整備を行っても、それが充分にはいかされないことは明らかであり、Ambovombe の北北東の町はずれにある井戸名「S I」のようにふたをし、鍵をかける位の管理体制が必要であると思う。風車の井戸も常々動いており、不必要な時には揚水を停止させ、たれ流しを防止するなり、機械に油をさすなどの権限と義務をもった管理人を置いたり、井戸の周辺を常に清潔にする教育とともに、それを実行する管理人等の設置が必要である。

そしてこの管理人を管理するとともに、井戸の修理等を担当する政府部局の人員と費用、それに部品の充実が必要である。ポンプの故障が数年かゝっても修理できてない現状を考えると、現地と政府部局の両者の充実がなっはじめて井戸が住民の共有の資産として生かされていくものと思われる。

## 2-5 地下ダム

乾燥地帯において、地上ダムによる貯水はたゞでさえ流量が少なく、それに蒸発量も多いことから問題がある。又地上ダムを比較的安く設置するには、地形と地質の良い所を選ばざるを得ない。そうすると山地になり需要地まで遠く、水を輸送する手段が大変である。

そこで、水を地下に貯留したり、地下水の無汰な流出を防止する地下ダムの構想が考えられる。地下ダムは、地下の地質構造が盆地や谷地形の所で地下に水を貯留し、地下に止水壁を作って地下水の流出を防止する形の貯水施設である。これは、日本においては、地上のダムと違い地下の土地利用にほとんど影響を与えないということから最近技術開発が進められている手法であるが、乾燥地においては、蒸発も防止することができるという点で重要である。又地下の地質構造にもよるが、水需要地に比較的安価で建設できることも利点となっている。

今回の調査地域については、地下の地質構造から不可能であると考えられる。

すなわち基盤である第三紀層とその上に堆積している第四紀層の境界面は、北西から南東に向かってほぼ平行に傾斜しており、その上部の第四紀層の砂層の層厚は100~150mであり、ほぼ均質である。そのため適切な地下ダムのサイトがないこと、それに上部の砂層が厚いので止水をするのに費用がかかることなどである。又雨水の貯っているフェクンに止水壁を造ることも考えられるが、フェクンの分布範囲の把握と、把握しても範囲が広くて大規模な工事とならざるを得ないので不可能と考えられる。

なお、乾燥地において地下ダムを造る場合に、塩分が地表に堆積している場合もあり、地下水も塩水化していることも多いので、塩分の集積についても考慮する必要がある。

## 2-6 天水溜による水対策

### 2-6-1 天水利用の現況

Ambovombe 盆地で天水を溜めて利用している状況としては次の3つの形をみることができる。

- (1) 自然低地の「水溜まり」。
- (2) 屋根集水の「水溜め」。
- (3) いわゆる人工の「天水溜」。

まず「水溜まり」は自然の凹地に雨水が集約されるものであるが、盆地付近では Ambovombe 市の北に位置する Sarimoto 池のように大きな水溜まりから、極く小さな水溜まりまであって、その数は雨期と乾期ではかなり状況が異なるものと推察されるが、それらの実数は把握されていない。いずれにしても、水溜まりは一般には牛等の家畜用水に利用され、汚染、濁り、高塩分などにより飲料水としての利用はないと云われる。

屋根で集水する「水溜め」は官庁や病院のように雨樋のある所では、コンクリート製の水樋めにためて、貴重な水として飲料水等に利用している。一般家屋では家も小さく雨樋もないの

図-19 Ambovombe 盆地周辺の浅井戸の分布状況

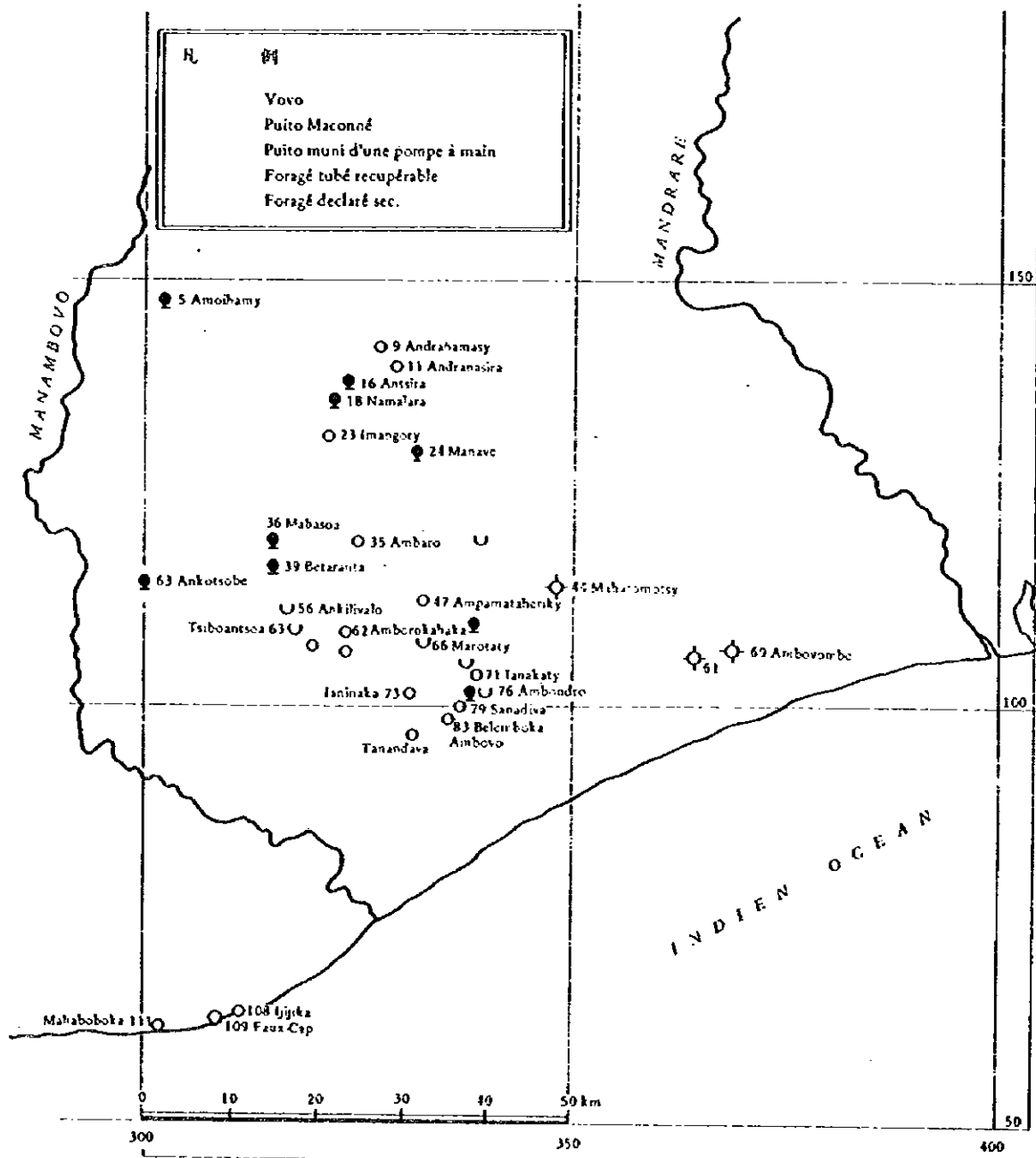






図-20 宙水地帯の分布

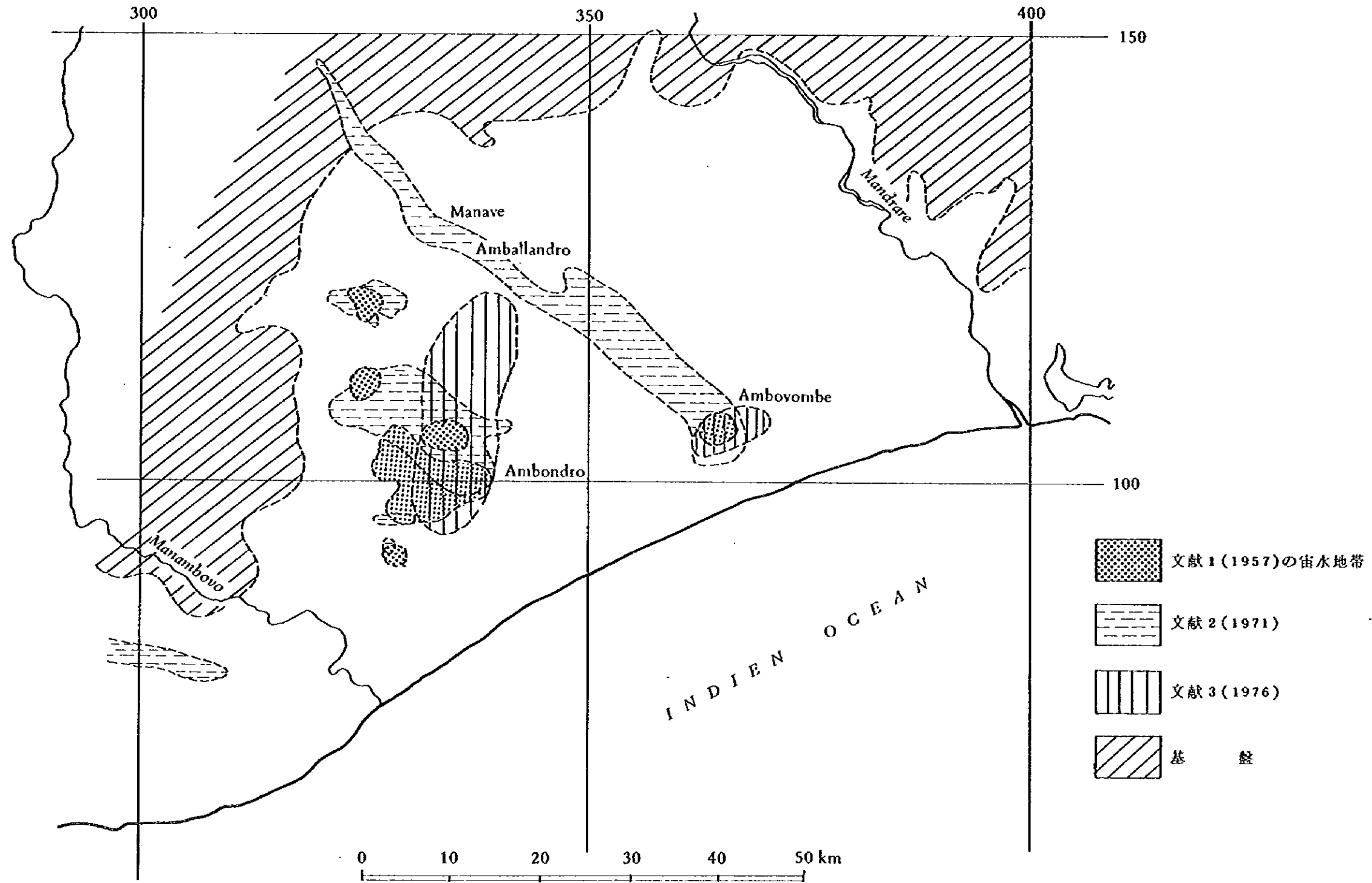




図-21 図 Ambonodro 南西郊外の浅井戸の分布概念図

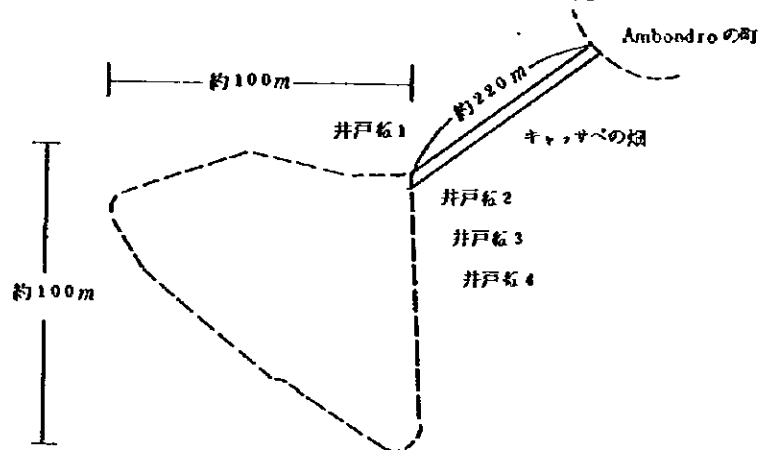


図-21 図 Ambonodro 南西郊外の地下断面概念図

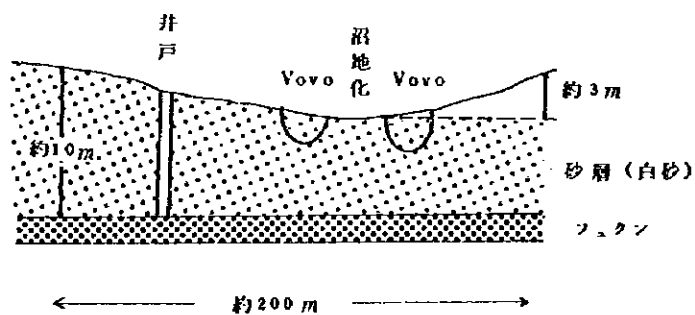


図-23 AMBOVOMBE 周辺の浅井戸の位置及び地下水位

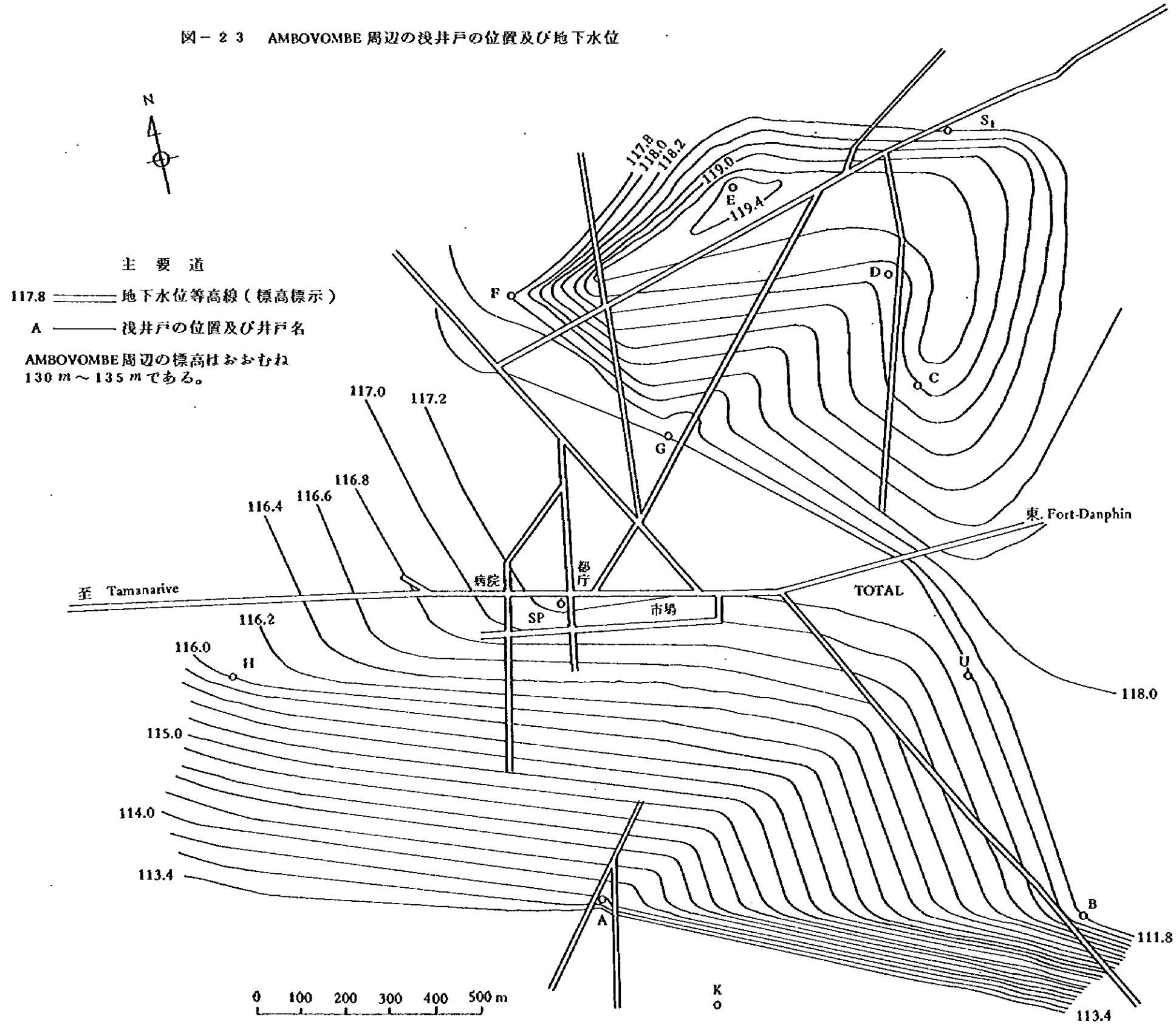




表-8 Ambondro 南西郊外の浅井戸の状況

| 井戸名   | 井戸の深さ   | 井戸径     | 井戸枠     | 水深        | 水質(比抵抗値)                     | 水温                      | 用途  | 備                    |
|-------|---------|---------|---------|-----------|------------------------------|-------------------------|-----|----------------------|
| No. 1 | 5 m     | 1.2 m   | コンクリート製 | 0.2~0.3 m | 600 $\Omega \cdot \text{cm}$ | 25.2 $^{\circ}\text{C}$ | 飲料用 |                      |
| No. 2 | 5.4 m   | 1.2 m   | コンクリート製 | 0.9 m     | 180 $\Omega \cdot \text{cm}$ | 24.2 $^{\circ}\text{C}$ | 洗濯用 |                      |
| No. 3 | 3.5 m位  | 1.2 m位  | コンクリート製 |           |                              |                         |     | トウモロコシや木<br>が投げ入れている |
| No. 4 | 4 m位    | 1.2 m位  | コンクリート製 |           |                              |                         |     | "                    |
| Yovo群 | 1.5~5 m | 5~1.0 m | なし      | 0~0.5 m   | 緑色化している                      |                         | 家畜用 |                      |

表 - 9 Ambovombe 周辺浅井戸の状況

(マダガスカル政府資料より)

| 井戸名   | 井戸の深さ   | 水質測定月<br>(1973年) | 水質(比抵抗値)              |
|-------|---------|------------------|-----------------------|
| A     | 13.50 m | 8月               | 905 $\Omega \cdot cm$ |
|       |         | 9                | 700                   |
| B     | 8.50    | 8                | 391                   |
| C     | 12.35   | 8                | 1621                  |
|       |         | 9                | 720                   |
|       |         | 10               | 828                   |
| D     | 10.20   | 8                | 518                   |
|       |         | 9                | 400                   |
|       |         | 10               | 455.6                 |
| E     | 7.94    | 8                | 357                   |
|       |         | 9                | 280                   |
|       |         | 10               | 318.9                 |
| F     | 7.52    | 8                | 250                   |
|       |         | 9                | 252.22                |
|       |         | 10               | 224                   |
| G     | 11.41   | 8                | 163                   |
|       |         | 9                | 140                   |
|       |         | 10               | 161                   |
| H     | 11.41   | 8                | 391                   |
|       |         | 9                | 340                   |
| U     | 12.35   | 8                | 2005                  |
|       |         | 9                | 1480                  |
| S P   | 18.43   | 8                | 511                   |
|       |         | 9                | 360                   |
|       |         | 10               | 425.8                 |
| TOTAL | 14.18   | 8                | 1091                  |
|       |         | 9                | 400                   |
| S I   | 9.58    | 8                | 506                   |
|       |         | 9                | 224                   |
|       |         | 10               | 460                   |



表-10 Ambovombe 周辺の浅井戸の状況

(今回調査より)

| 井戸名   | 井戸の深さ    | 井戸径         | 井戸枠       | 水深        | 水質(比抵抗値)         | 水温      | 用途  | 備考               |
|-------|----------|-------------|-----------|-----------|------------------|---------|-----|------------------|
| S P   | 1.7 m    | 1.2 m       | コンクリート枠   | 0 m       |                  |         |     |                  |
| TOTAL | 15.3 m   | 1.2 m       | 低いコンクリート枠 | 0.3 m     | 1200 Ω·cm        | 26.3 °C | 飲料用 |                  |
| K     | 2.1 m    | Forage tube |           | 2 m       | (1500~2000 Ω·cm) |         |     | ポンプが故障し、使用されていない |
|       | 2.9 m    | Forage tube |           | 1.1 m     | (1500~2000 Ω·cm) |         |     |                  |
| A     | 2.6 m    |             | コンクリート枠   | 2 m       | 450 Ω·cm         |         | 飲料用 |                  |
|       | 1.4.5 m位 | 0.75 m      | 繰取り程度     | 0.2 m     | 450 Ω·cm         |         | 飲料用 |                  |
| S I   |          |             | コンクリート枠   |           |                  |         | 家畜用 | 家畜用の水飲み場が併設されている |
| U     | 1.3.3 m  |             | なし        | 0.2~0.3 m | 1500 Ω·cm        | 25.2 °C |     |                  |
| B     | 8 m位     |             | なし        | 0 m       |                  |         |     |                  |
|       | 1.0.2 m  |             | なし        | 0.2 m     | 1400 Ω·cm        |         |     |                  |

注1. 空欄は未測定又は不明

2. ( ) 内は聞き取り等による

でその利用はほとんど見ることが出来ない。

人工の「天水溜」は、マダガスカル商業経済省のRAKOTONDRAINIBE氏によれば南部地区に80ヶ所あると云うが、調査対象地区内の天水溜の数は知ることが出来なかった。天水溜の所管省が農林開発省であるということであるので本格調査で実態を把握することとした。

我々はAmbovombe市の周辺で数ヶ所の天水溜の状況を調べたが、貯留状況についてはほとんどが使用しつくされていた。この理由については天水溜の水は塩分濃度や濁りなどの水質面から、きわめて良い水であるため、他の水源より先に利用されるためと考えられる。

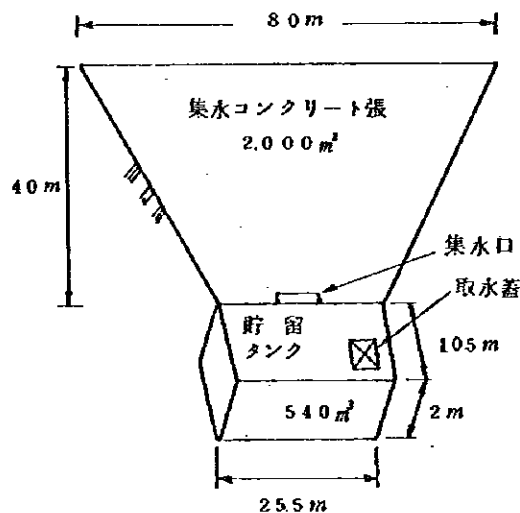
特にAmbovombe市とAmboasry市の間で海岸よりにある駐屯地にある天水溜は軍の管理によるためであろうが水が溜っており使用中であった。この天水溜の塩分濃度は測定の結果、ほとんど塩分を含んでおらず、かつ透明な水であった。

天水溜の構造はコンクリート舗装による集水部とコンクリート製の貯留タンクとからなり、集水面積は約2,000㎡で貯留タンクは約540㎡となっている。

アンボボンベ盆地の平均年雨量は600mm程度であり、雨期(11月～3月)の雨量はおおよそ400mm程度であるので、有効集水率を70%と仮定し、雨期の天水を全部貯留するとすれば貯留タンクはちょうど満杯となる規模である。

また、飲料水の原単位を1人当たり5ℓとすれば $(2000\text{㎡} \times 600\text{mm} \times 0.7) / (5\text{ℓ} \times 365\text{日}) \approx 460\text{人}$ となっており、500人程度の集落人口に対応する規模の天水溜である。

図-24 天水溜の規模



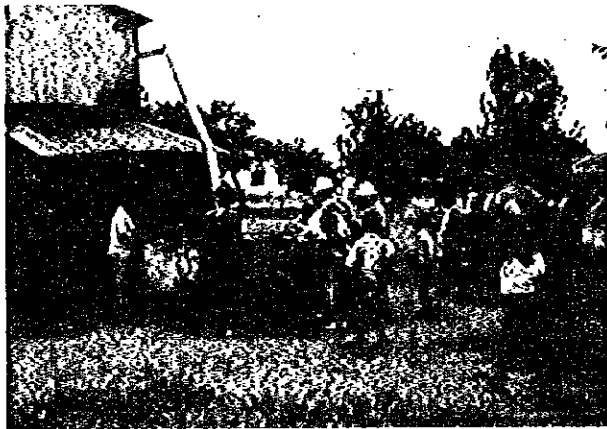
## 2-6-2 天水溜による水対策の有効性

Ambovombe盆地で現在水源として使用している浅井戸等の状況は先に述べたごとく、量的な問題より、むしろ塩分濃度が高く質的な問題が深刻である。

盆地の中心地であるAmbovombe市およびAmbondroで飲料水として利用している浅井戸の水の塩分濃度は800ppmから1,500ppmとなっており、800ppmの水質の浅井戸水はこの地域では良い方であるがその数も少ない。また、当地域で唯一の風車式揚水ポンプをそなえた浅井戸



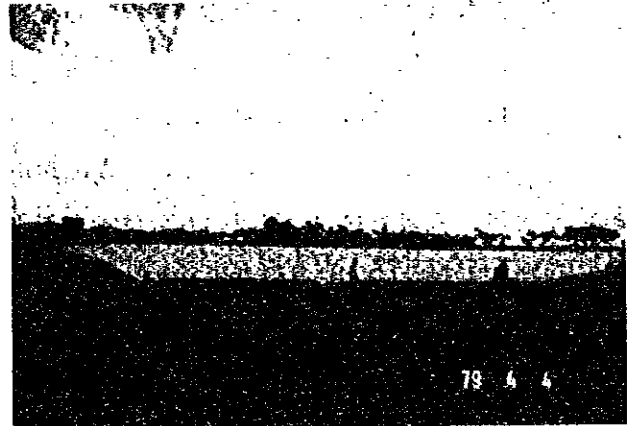
自然低地の水溜まりの水をのむ牛



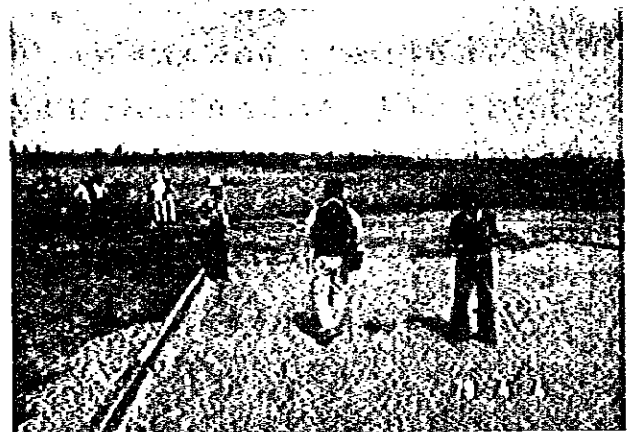
病院は屋根集水による水溜めを使う。



一般住家は雨樋による天水集水は見られない。



天水溜の集水用コンクリート舗装部の風景



天水溜の貯水槽の部分を見ている。

水も 1,500 ppm であり、生態学的な問題は別としても味も良いものではない。

このような状況下において天水溜は塩分も含まれない良質の水源として、需要が集中するものと考えられる。特に Ambovombe 市にある UNDP の技術の説明でも明らかなように病院では、良質の水源として天水溜の水にたよっているという。

要するに良質な水源としての天水溜は現在の設置数が少ないこと、あるいは規模が小さいことなどから、天水溜がたちまちにカラの状態になるものと考えられる。したがって、まず確実に良質な水源を確保するための手段としては天水溜の築造は有力である。

一方、盆地では水利用についての慣習ないしは規則のようなものが存在し、また守られているかは定かでないが、いずれにしても深井戸、浅井戸等の水源施設の管理状況はまことに粗雑であって、使用不能な施設が多い。この理由については種々考えられるが特に、機械やモーター等による複雑な取水設備のものはその損傷が大きいことからみて、取り扱いの徹底化が出来ないことがその主たる理由であると考えられる。このようなことからして、建設すべき水源施設は使用が簡単で、しかも施設が破損しにくく、長期間の使用に耐えることに主眼をおく必要がある。したがって、この視点に立った場合の水源地策としても天水溜は他の水源施設より使用が単純であり、維持管理も簡単であるので、水源施設として天水溜を建設することは有効であると考えられる。

天水溜は浅井戸等の水源施設に比べて、建設資材等の面から建設費が若干割高になることも考えられる。しかしながら天水溜は浅井戸や深井戸のように質と量の調査も不要であり、かつ不安なく目的とする水量と良質の水が確実に得られるという点で、特に水源地策として天水溜の有効性をあげることが出来る。

### 2-6-3 天水溜による水対策の方針

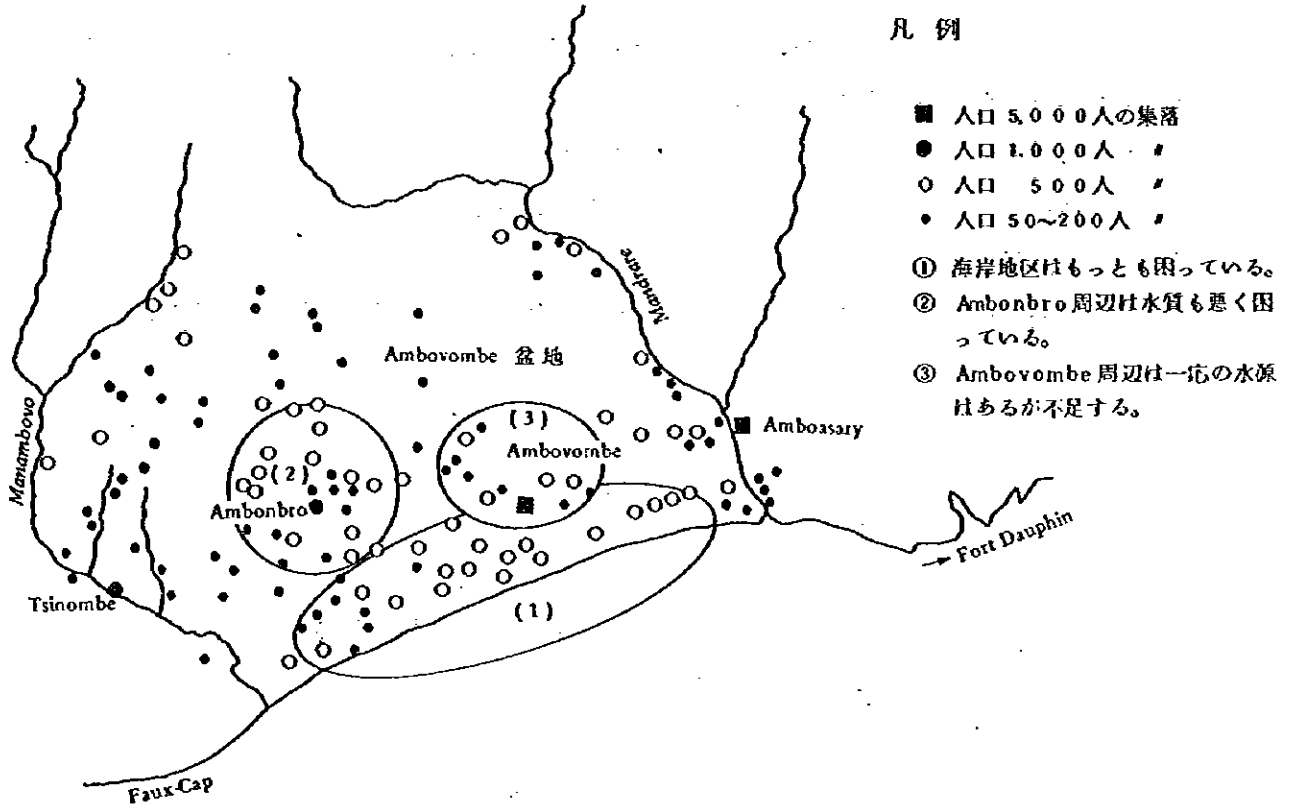
Ambovombe 盆地の中で水が最も困っている地区は降雨も少ない海岸に近い集落であると Ambovombe 市の市長は云う。たしかに現有の水源施設等は内陸部に比べて、海岸地区は少ない。これは地質的な面から浅井戸では水が得られずまた深井戸では財源のおよび水質的に問題があるためと考えられる。

したがって、天水溜の建設の可能性はまずこの海岸地区に該当するとしてよいであろう。

海岸地区には 500 人程度の集落がおよそ 20ヶ所もあるので一応これを対象にして天水溜の設置について、調査検討することが望まれる。

また、Ambovombe 市周辺および Ambovombe 市周辺では現有の水源施設も若干あるが水質的にも問題があり、量的にも不足しているので、天水溜の設置を一応念頭におきながらも、浅井戸等の設置の可能性について建設費用、水の量質等の面で比較し、どちらかまたはこれの組合せで水源地策を講ずるよう調査検討するのがよいであろう。

図-25 Ambovombe 盆地の水不足地区と順位



#### 2-6-4 天水溜の規模と構造

天水溜を設置する場合には雨水の集水面が適当な勾配をもつ必要があるが、Ambovombe 盆地では地表の起伏も大小あることから、緩傾斜の適地は多いので、地形上からの天水溜の立地条件は十分である。

次に天水溜の規模については水の使用目的を飲料水に限るものとし、原単位を1人1日当り5ℓと考えて大きさを決めてよいであろう。集水のための必要面積は蒸発散等のロスの見積りによって変わってくるので、既存の天水溜で測定を行うのがよいが、この場合当然雨期と乾期に分けるのが望ましい。また、貯溜タンクの大きさは他の水源施設からの水供給がある場合にはそれを勘案することになるが他の水源がなければ、降雨量、降雨パターン、ロス率および使用量から一義的に決定される。

天水溜の築造を計画するにあたっては、既存の天水溜の構造や構成材料を十分調査し、耐久性、経済性等の面を配慮して立案されなければならない。標準的には天水溜の集水部は水密継手のコンクリート板またはアスファルト板がよいであろう。集水部の基礎は地耐性も十分あり、地表の土質構成からみてソイルセメント工法による基礎も考えられるので検討の必要がある。天水溜の貯留タンク部はコンクリートないしは鉄筋コンクリートが標準的であろう。また構造としては蒸発散防止の面も配慮してカルバートボク型として、取水用のマンホール型蓋を取り付けるようにする。

これらはいずれも資材の入手および工事施工上の条件も十分反映して検討することが望まれる。

## 2-7 河川水

### 2-7-1 河川水利用の現況

#### (1) 河川の流況と水質

Ambovombe 盆地をとりまく河川は東側に流域面積約 4,000km<sup>2</sup>の Manambovo 川が流れ、西側を流域面積約 1,260km<sup>2</sup>の Mandrare 川がある。

表 - 11 河川の流量 (m<sup>3</sup>/S)

|                               | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 平均  | 統計期間      |
|-------------------------------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| Manambovo 川<br>(基準点 Tsihombe) | 1.5 | 12.7 | 17.6 | 11.0 | 2.8  | 1.2 | 0.4 | 0   | 0   | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 4.0 | 1961~65 年 |
| Mandrare 川<br>(基準点 Amboasary) | 2.2 | 20.0 | 20.0 | 14.0 | 15.0 | 3.0 | 2.2 | 1.6 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 7.1 | 1951~66 年 |

Mandrare 川の流域の降雨は年間 740mm にも達し、流量も年間を通じて消失しない。

また、我々は両河川の水質を測定したが塩分濃度も Mandrare 川はほとんど問題はなかったがラテライトによる濁りがあった。

表 - 12 河川の水質 (1979.4 月測定)

|                              | 塩分濃度    | 濁り     |
|------------------------------|---------|--------|
| Manambovo 川<br>(Tsihombe 地点) | 720 ppm | ほとんどない |
| Mandrare 川<br>(Amboasary 地点) | 200 ppm | 濁りがある  |

## (2) 河川水の利用現況

特に Mandrare 川の流量は豊富であり、また水質の方も塩分濃度では浅井戸等よりはるかに良質である。このため河川の濁りがあっても給水車や水売り馬車は Mandrare 川の水を直接汲んで Ambovombe 等まで運搬して利用している状況である。濁りの除去は沈澱によって除去し、塩分が少ないためほとんど飲料水として使用していると云う。

その他河川沿岸の住民は直接に河川水を汲んで利用しており、牛等の家畜は遠くから移動して飲みに来る。



## (3) Manambovo 川引水の Tsihombe 水道

調査対象地区の中で唯一の水道施設を Tsihombe 地区においてみる事が出来る。本水道はソ連の無償援助によって 1973 年総工費約 2 億 FMG で造られたという。

給水人口は Tsihombe 地区の 1,800 人を対象とし、施設能力も時間当り 10 立方メートルと比較的大きいものである。その水源は Manambovo 川の伏流水を集水井戸から取水しており、ポンプ動力はクレオンガス太陽熱利用によるものであるが、このエンジン部が故障しており、部品がなく修理が出来ない状況であった。このためサブジーゼルエンジンによって作動していたが燃料の調達も困難であるとのことであった。

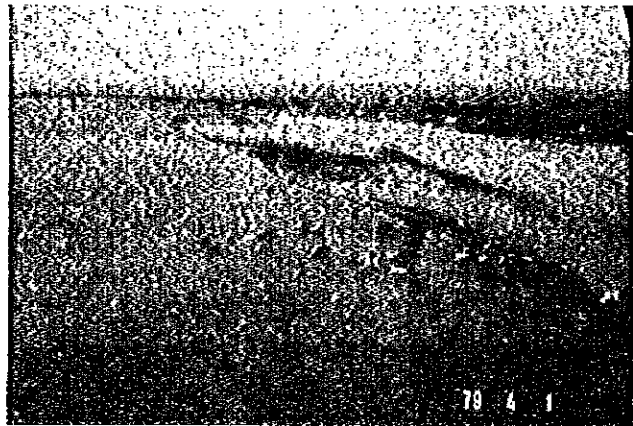
一方、浄水の電気比抵抗値は  $280 \Omega \cdot \text{cm}$  で総合塩分濃度は 2,600 ppm にも達しており、飲料水としてはほとんど使用できない水質の水と考えられる。我々が測定した Manambo-

雨期あけでも Ambovombe では給水車が稼働している(水源はMandrarem)



Ambovombe の市場で水売り馬車がとる。

Mandrarem で牛が水を飲む。



Mandrarem に水のみに来る牛。



vo川の水質は  $1,000 \Omega \cdot \text{cm}$  で塩分濃度 720 ppm を示していたが、この程度の水質ならば住民は飲料として一応使用できる。このように河川水を伏流水として取水する場合に地中の含有塩分により、伏流水の塩分濃度は 720 ppm から 2,600 ppm まで上昇していると理解される。このため、伏流水 水井戸を川側に移設する改良工事を検討しているとのことであった。しかし、Manambovo川は乾期には水量も激減し、塩分濃度も 1,500 ppm 以上に上昇すると云われるので、本来、Manambovo川の河川水を Tsihanbe 地点で伏流水として取水し飲料水とすることには若干問題があったのではないかと推察される。他の河川に比らべ Manambovo川沿岸には含有塩分の比較的高い Neogene がやゝ多く分布するために河川水の塩分濃度が高いと考えられる。このように Tsihombe 水道では維持管理面をはじめとしていくつかの問題点が存在しているが、特に河川水利用にあたっては Laterite による濁度が高いため、伏流方式で濾過作用により取水する場合に塩分汚染や目づまり等について十分な調査とその対策が必要であることを強く感じさせられた。

#### (4) 欧州共同体 (EC) によるパイプライン導水計画

EC は Mavarandra 川からパイプラインによって Kanmbora 高原地区に導水する計画を作成している。

現在、パイプライン工事の実施計画は完了しており、その財源措置の確定作業を行っている段階であるが総事業費 37.5 FMG をもって、1980年には2ヶ年計画で実施する予定であるという。

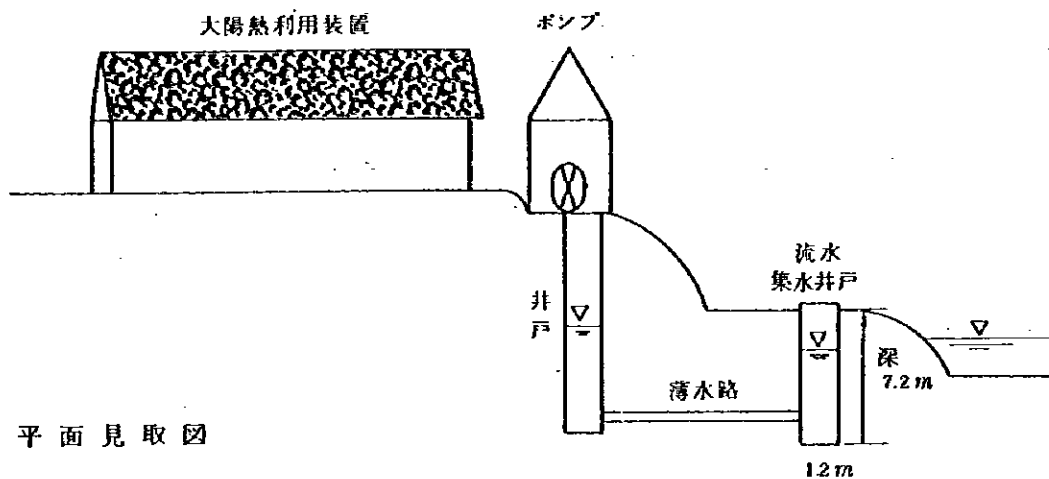
EC の水供給対象地区は南部地区のなかでも最も水が不足しているカリンボラ高原の集中居住地区をカバーしている。その幹線水路延長は約 150 Km におよび、導水能力は日当たり  $2,200 \text{ m}^3$  で規模が大きい。用水の対象は飲料用と家畜用といわれるが規模の大きさから判断してかんがい用水にも利用されることを想定していると考えられる。飲料用の原単位は今後5年間で  $5 \text{ l}/\text{人}/\text{日}$  とし、10年後には  $10 \text{ l}/\text{人}/\text{日}$  になるとしている。

パイプの大きさは Ampotaka から Beloha 付近までの幹線が直径 250 mm で、Faux-cup の末端幹線で直径 100 mm のパイプとなっており、パイプの材料も鋳鉄製、プラスチック製等と区間施工、現地施工を配慮して使い分けている点に特徴がある。また、送水ポンプについても Mavarandra 川の取水地では電動機を使い中間の2つのブースーポンプは火力および太陽熱利用の動力としている。このように工法に仕分けがあるのは EC 中で各国の分割施工を考えているのか、ポンプ負荷の違いに応じたものか、維持管理面を考慮した試行的なものなのかいずれかであろう。

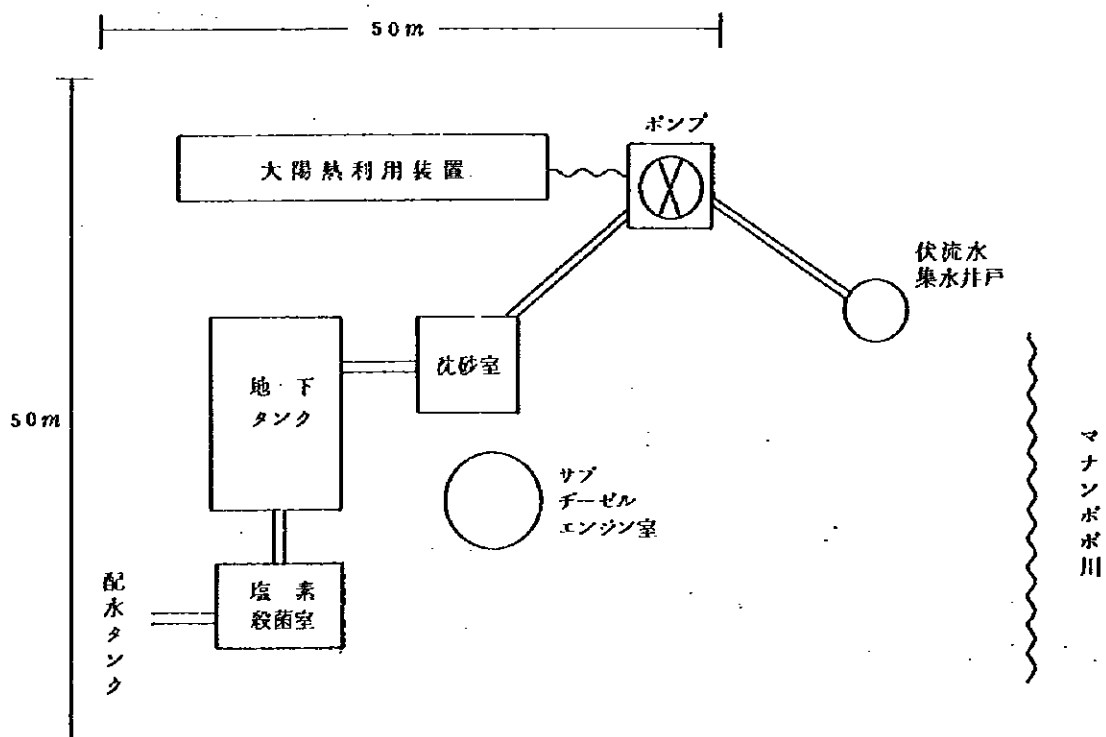
取水方式は Mavarandra 川の伏流水を直径 30 cm 深さ 20 m の井戸により取水するものでそのほか予備井戸を1つ設けている。Mavarandra 川は乾期に涸れるときがあるので伏流水取水方式としたと云うことであるが、水源の安定性については揚水試験により毎時  $129 \text{ m}^3$  が取

きるであろう。

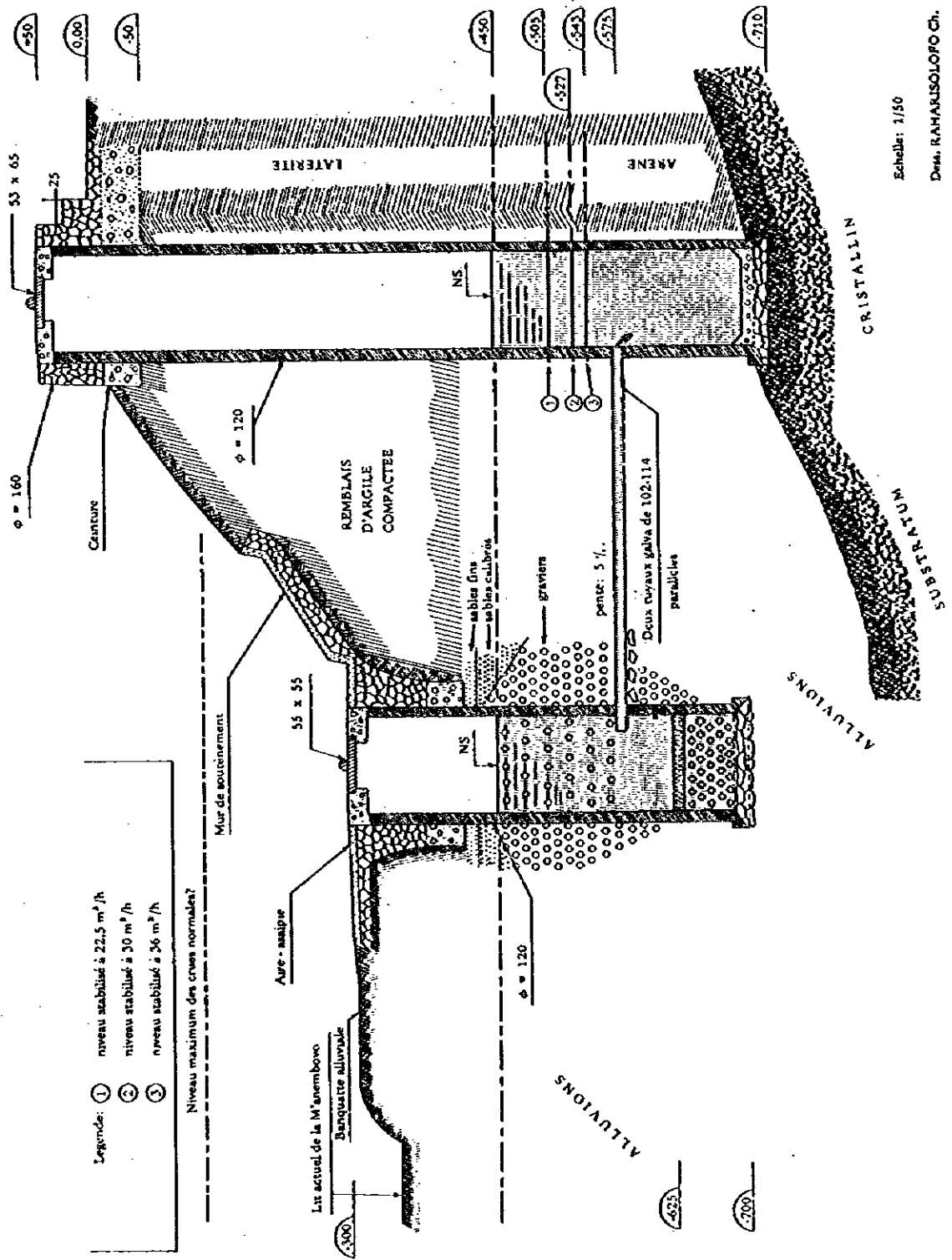
側面見取図



平面見取図



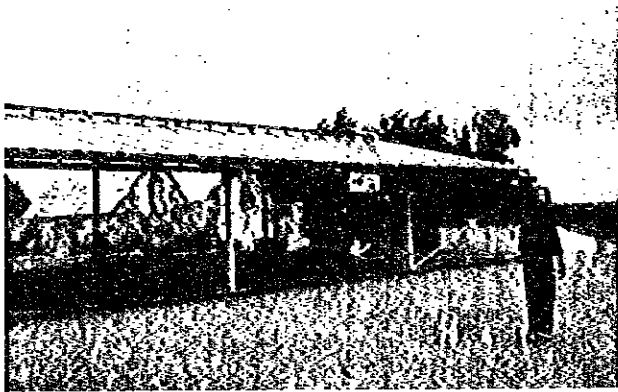
図一 2 8 Tsihombe 水道の Manambovo 川伏流水取水井戸の状況



- Legende:
- ① niveau stabilisé à 22,5 m<sup>3</sup>/h
  - ② niveau stabilisé à 30 m<sup>3</sup>/h
  - ③ niveau stabilisé à 36 m<sup>3</sup>/h
- Niveau maximum des crues normales?

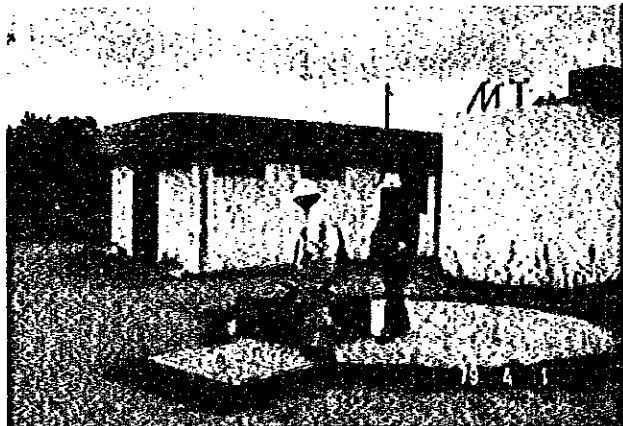
Echelle: 1/50  
Dess. RAHAKUSOLOFO Ch.

水源は Manambovom の伏流水



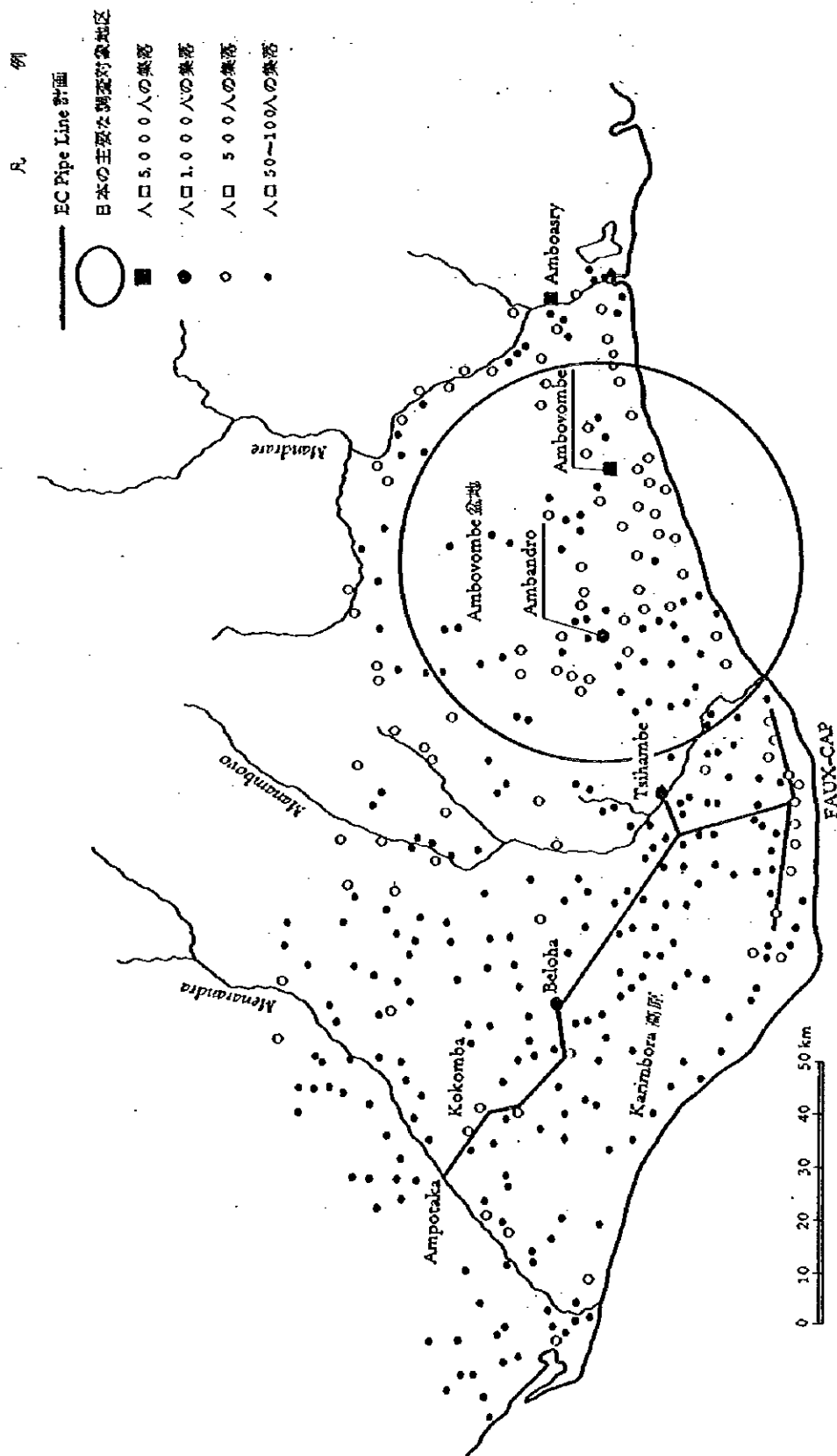
ポンプ動力は太陽熱利用であるが故障している。

浄水場（給水人口 1,800 人）



水の塩分濃度が高いため配水管の腐蝕がはげしい

図-29 EC pipe Line 計画地区と日本の調査対象地区の関係



水出来ることを確認している。

パイプラインによって運ばれる水は5 Kmおきに配水場があり村民に使用される。

TANANARIVOにあるFED (欧州開発基金) 出張所のHelb氏によればECパイプライン計画は政治的な配慮により実施が検討されているものであり、当然、カリンボラ高原地区に給水する経済的妥当投資が成立するものではないと云う。

このECパイプライン計画の大きな問題点は建設費の財源措置そのものより、建設後の維持管理体制および維持費の財源措置等であろうと考えられる。

## 2-7-2 河川水利用

### (1) 河川水利用の水対策の方式

Ambovombe盆地では、先に述べたように東にMandrave川があり、また西にManambovo川が流れている。特にMandrave川は中心地であるAmbovombeからわずか35Kmの距離にあって、河川の水は塩分濃度の面でも浅井戸や深井戸に比べてはるかに小さく、水量についても消失することなく海に注いでいる。そこで当然のこととして、アンボボンベ盆地の水対策を考える場合に、確実な水源である河川水の利用についてその可能性を十分検討することが要求される。

Manambovo川はTsihombe水道にもみるように、若干水質水量の面で条件が悪いので河川水の利用にあたっては、第1にMandrovo川に重点をおくべきであろう。

河川水利用の水対策の方式は種々あるが、水を運ぶ手段の部分に相違点があると考えられ、その主な方式として表一のように給水車方式とパイプライン方式の2つが想定されるので、これを中心として検討することが望まれる。

表-13 河川水利用の水対策の方式

|          | 水 対 策 の 内 容 |             | 無償協力のメニュー             | 適 応 度 |
|----------|-------------|-------------|-----------------------|-------|
|          | 河川水の取水方法    | 水の運搬方式      |                       |       |
| 給水車方式    | 伏流水取水井戸     | 給水車で運搬      | ①取水井戸建設<br>②給水車の付与    | 最 適   |
| パイプライン方式 | 伏流水取水井戸     | パイプラインによる導水 | ①取水井戸建設<br>②パイプラインの建設 | 要 検 討 |

② 河川水の取水方法

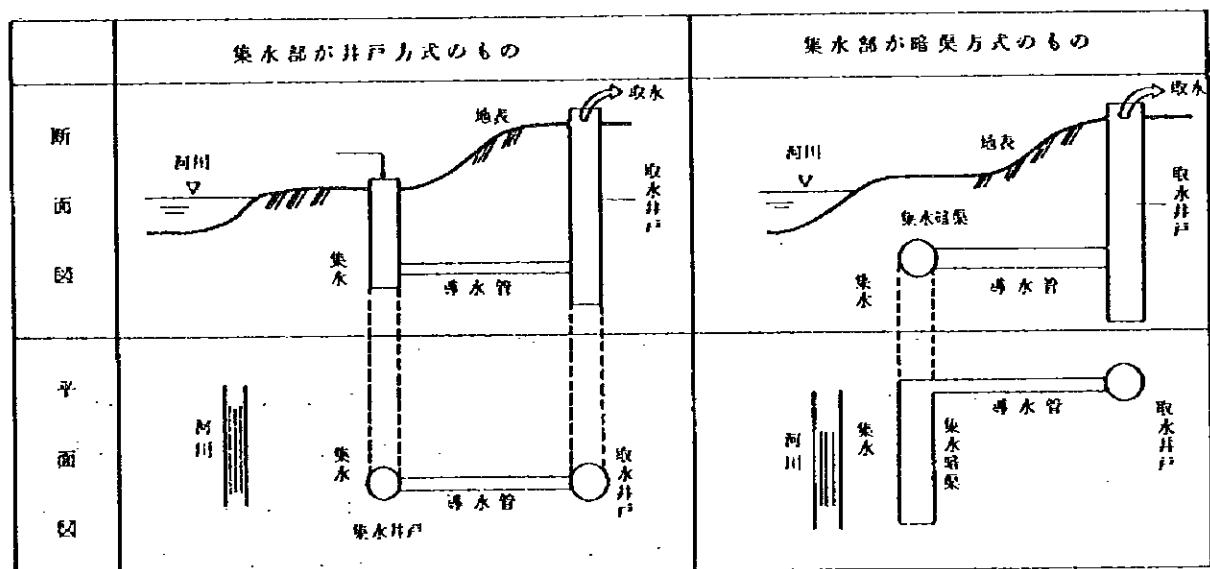
① 伏流水取水の有効性

給水車方式でもパイプライン方式のものでも、河川水の取水方法としては直接河川水を取り入れ、人工的に濾過して利用する方法もあるが、濁度が大きいので、EC pipe Line 計画や Tsihombe 水道にもみるように、河川水を伏流水として自然濾過形式で取水の方が建設および管理の面から見て経済的で手間がかからないことは明白である。このほか渇水時に河川の水量や水位が低下した場合に、伏流水として深い位置で集水することが出来るため、水量的により安定性のあることから河川水を直接取水するより、伏流水取水の方が有利である。以上のことから河川水の取水方法としては伏流水取水井戸の設置が最もよいであろう。

② 伏流水取水井戸の構造

伏流水を取り込む取水井戸の構造は図一に見るように集水部と取水部に分けることが出来る。特に集水部の構造は豊水時の流水による破損を受けないようにする必要があるので、同図に見るような井戸方式のもの、または暗渠方式のものが確実性が高いと思われる。このほか集水部の構造形式には集水井戸と取水井戸を一緒にしたものなども考えられるので検討の必要がある。また集水井戸等の構造やその規模は集水部地質の透水性や取水水量等に関係が深いので、経済性、耐久性等をも加味しながら十分に検討することが望ましい。

図 - 30 伏流水取水井戸の構造



井戸の材料は塩分等の腐蝕作用を受けにくいコンクリート製品等を使用することが望まれる。また、集水部はフィルター装置に十分配慮する必要があり、フィルター材としては小砂利等の使用のほか、細粒フィルター材として、ガラス繊維などの使用がよいと考えられる。

一方、取水井戸から取水する手段として、図-31のように想定することができるので、付帯施設としてポンプおよび貯水槽を設けることについても検討の必要がある。

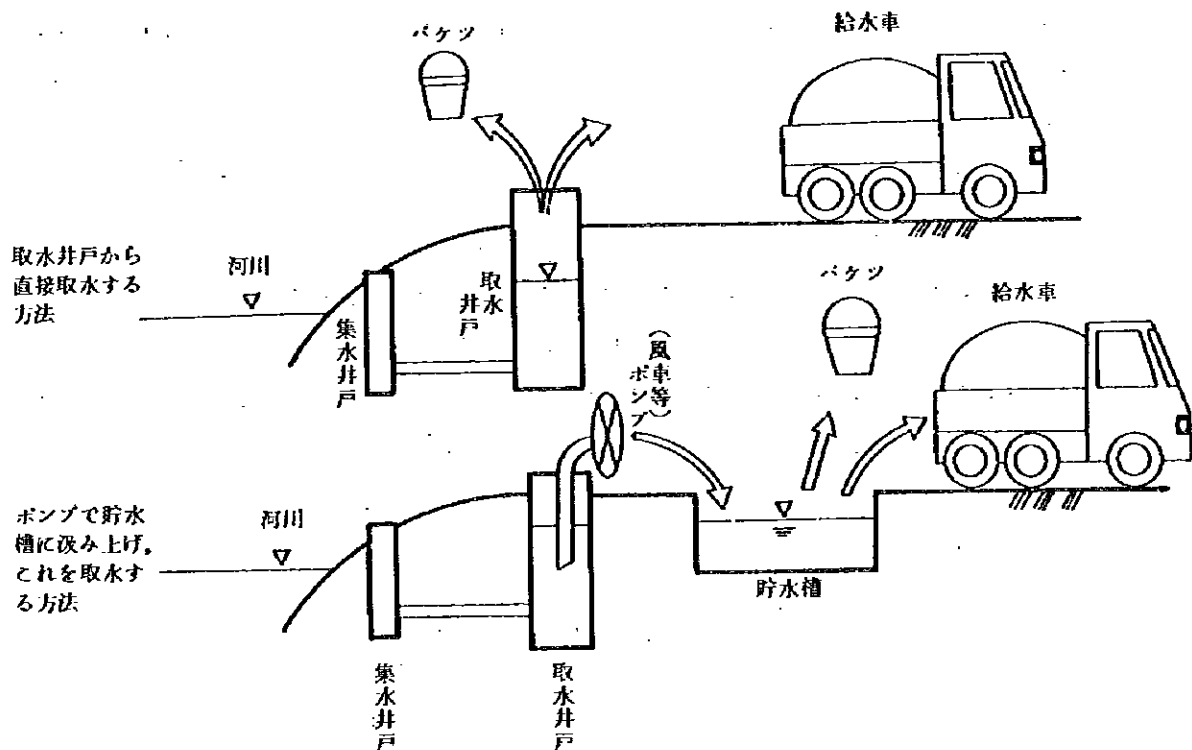


図-31 取水井戸からの取水方法

### 2-7-3 給水車方式による水対策

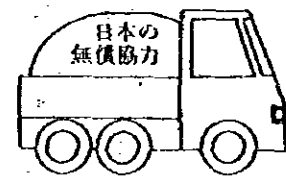
国全体およびこの南部地区の産業経済等についてはすでに述べたとおり、特に基礎産業としての農業生産も貧弱であることから住民の経済収入もかなり低いため、水を得るための支出資金も乏しいと云える。このような状況のなかで南部地区住民は渇水時に水を得るため収入の大半を支出すると云う。したがって、干ばつ等の渇水時の水対策を講ずることは、当該 Ambov-ombe 盆地住民の生活力の向上、さらには潜在的生産力の微増等も期待される。このため、渇水時にも確実に存在する河川水を伏流水取水井戸から取水し、渇水期間中において最小限の生活用水を運ぶ手段として、給水車による水対策が最も効率的であると考えられる。また給水車



による水対策は、平常時において天水溜、浅井戸等のない地区あるいは不足する地区に対して、も有効であると考えられるので、経済性等を考慮しその可能性について検討が望まれる。

また、給水車による水の配水方法には、住民に直接分配して行く方法、貯水槽を建設し、これに注水して住民が汲みにくる方法等が考えられる。なおこの貯水槽は天水溜が近くにある場合は天水溜の貯水タンクを使用することが出来るので、この検討も望まれる。

給水車の規模は集落進入道路の事情等にも左右されるが、日本の給水車は3～5 m<sup>3</sup>積みのタンクをもつものが多いので、日本からの輸送面も考慮し決定することが必要である。給水車は可能な限り、取水用ポンプを付帯する形式のものがよいと考えられる。給水車の付与台数については、アンボボンベ盆地の干ばつ時の状況を想定し、浅井戸、天水溜等の水源および渇水時の用水原単位から補給用水を勘定した必要台数および、無償協力の限界性や給水車の燃料等の維持管理の限界性の視点から考慮した所要台数等により、総合的に勘案し決定することが必要であろう。



#### 2-7-4 パイプライン方式による水対策

天水溜、浅井戸の建設、給水車の付与、既する浅井戸の改良などによる Ambovombe 盆地の水対策は恒久的、経済的な即地性のある対応策であるが、これに代替する根本的な水対策として Mondrare 川から、パイプライン方式によって導水することも提案される。

Mandrare 川からの導水ルートについては図-32のように Amboasary ルートおよび Ifotoka ルートなどが考えられる。Ambovombe 盆地のなかで最も水不足地域である海岸地帯を中心として導水するとすればこのいずれのルートでもポンプアップの高さは200～250 mでかなりの高揚程であり、中間地点にブースターポンプも必要である。また幹線延長も65～120 Kmと長距離となるため、これらの建設費も多大なものになることが予測される。さらに、このパイプライン方式による水対策は EC Pipeline 計画や Tsihombe 水道にもみるように維持管理の問題として、管理費が高いことに対するその財源手当および管理体制の確保の困難性が大きな障害として存在している。

パイプライン方式による水対策は建設費が高いこと、および維持管理上の問題があることから、これに見合うべき経済的な妥当投資性が成立するか、あるいは外交上の面から、経済性とは無関係に無償協力の妥当性が存在するかによって、当該パイプライン方式の事業の採択が決定されるべきであろう。

さらに、天水溜、浅井戸の建設、給水車の付与および既存浅井戸の改良の組合わせによる水対策の総投資額および管理上の問題と当該パイプライン方式による水対策との総合的な比較検討を実施したうえで、パイプライン方式の妥当性が位置付けられれば、この事業計画は採択で

図-32 Mandrare 川, 導水ルート案

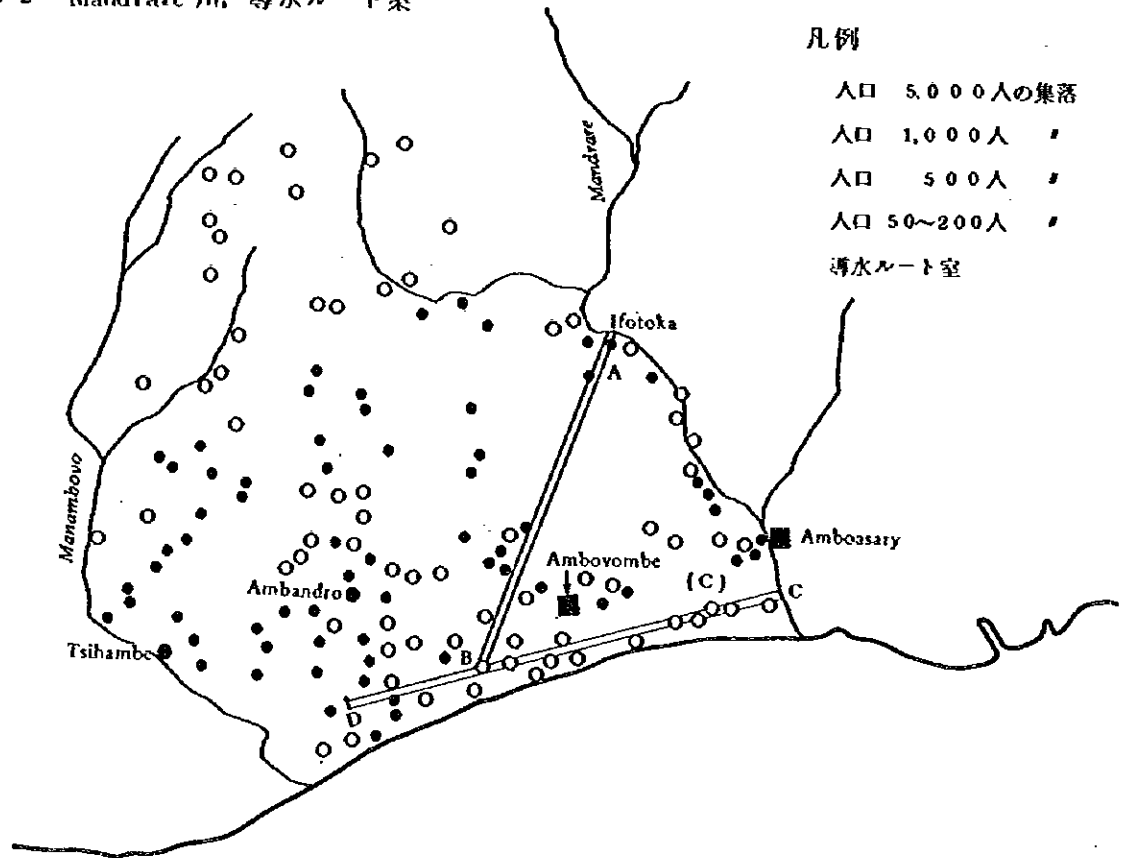


表-14 Mandrare 川導水ルート案の諸元

|        | ル - ト                           | 幹線延長<br>(Km) | ポンプアップの高<br>さ(標高差)例 |
|--------|---------------------------------|--------------|---------------------|
| Case 1 | Amboasary<br>導水ルート<br>(C~D)     | 65           | 250                 |
| Case 2 | Ifotoka<br>導水ルート<br>(A~B~(C)~D) | 120          | 200                 |

### 第 3 章 付 章

#### 入手資料リスト

- |     |                                                                                                                                                         |            |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1)  | RAKOTONDRAINBE, J.H. (1976): Hydrogéologie de L'Extrême-Sud (Zone Comprise entre Le Mandrare et Le Menarandra). MINISTERE de L'Economic et du Commerce. |            |
| 2)  | ( 河川水及び井戸 )                                                                                                                                             | 1 0 枚      |
| 3)  | Carte Hydrogéologique de Majunga 1/500,000<br>Carte Hydrogéologique de Tuléar 1/500,000                                                                 | 1 枚<br>1 枚 |
| 4)  | Carte des Points d'eau 1/500,000                                                                                                                        | 1 枚        |
| 5)  | Carte des Nappes (Bassins de Beloña et d'Ambovombe) 1/500,000                                                                                           | 1 枚        |
| 6)  | Carte No. 1 ( 地質 ) 地域区分図 1/500,000                                                                                                                      | 1 枚        |
| 7)  | Esquisse Géologique de L'Extrême Sud de Madagascar d'après les travaux                                                                                  | 2 枚        |
| 8)  | Isobathes du Substratum 1/500,000                                                                                                                       | 1 枚        |
| 9)  | 踏査計画図                                                                                                                                                   | 1 枚        |
| 10) | Isohyètes Annuelles (en mm) 1 0 年平均                                                                                                                     | 1 枚        |
| 11) | Nappe d'Ambovombe                                                                                                                                       | 1 枚        |
| 12) | Courbes Isopièzes de la Nappe profond 1/500,000                                                                                                         | 1 枚        |
| 13) | Répartition de la Population                                                                                                                            | 1 枚        |
| 14) | 総合試錐柱状図( 地下水位 ) 及び断面図<br><br>(Fig. 1a, 2b, 7, 8 9,<br>2a, 3b, 6, 1b, 4, 5, 3a)                                                                          | 計 1 2 枚    |
| 15) | 試錐柱状図 1/1 0 0 及び凡例                                                                                                                                      | 計 9 枚      |
| 16) | Données moyennes pour une période de 10ans (Fort-Dauphin, St. Marie, Tuléar)                                                                            | 計 3 枚      |
| 17) | Données de Base ( 報告書 )                                                                                                                                 | 1 部        |
| 18) | 1 / 5 0 万 地 形 図                                                                                                                                         |            |

購 入 資 料

- 1) 1 / 10 万 地 形 圖 (Marolinta, Jafaro, Kirinosa, Bekitro, Tranora, Apanihy, Ebelo, Imanombe, Amboasary-Sud, Erada, Cap Ste-Marie, Tsihombe, Ambovombe, Antanimora, Ambondro, Beloha, Lavanono ( 17 枚 1 組 )  
4 組

文 献

- 1) Service Géologique de Madagascar (1957): CARTE HYDROGEOLOGIQUE du Sud de Madagascar
- 2) PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT (1971): STRATEGIE DU DEVELOPPEMENT REGIONAL DE LEAU DANS LE SUD MADAGASCAR
- 3) RAKOTONDRAINIBE Jean Herivelo (1976): HYDROGEOLOGIE DE L'EXTREME-SUD (ZONE COMPRISE ENTRE LE MANDRARE ET LE MANARANDRA)
- 4) 日商岩井株式会社 (1973): マダガスカル南部地域の水資源調査ならびに地下水利用に関する勧告
- 5) Schoeller, H (1937): Essai sur la qualité chimique de l'eau destinée à l'alimentation de l'homme dans les pays arides chronique des mes mines coloniales, No. 15, November
- 6) (1955): Terres et eaux (Paris, Algiers), first quarter, p. 14 - 11.
- 7) Situation économique (1974 - 1978)
- 8) Premier plan (1978 - 1980)
- 9) Annuaire 1975/1976 Statistiques agricoles.
- 10) L'organisation politique, administrative, financière et judiciaire de la république malgache
- 11) Revue de géographie
- 12) Madagascar étude géographique et économique 1967
- 13) Inventaire socio-économique (1964 - 68)
- 14) Statistique du commerce extérieur de Madagascar
- 15) Projet de canalisation par pipe dans le Sud de Madagascar (Fond Europeens de Développement 1978)





JICA