

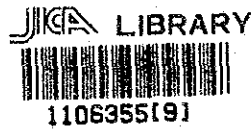
フィジー国
ヴァイティ・レヴ島北部地下水開発計画調査
事前調査報告書

平成5年2月

国際協力事業団

フィジー国

ヴイティ・レヴ島北部地下水開発計画調査
事前調査報告書



25205

平成5年2月

国際協力事業団



国際協力事業団

25205

序 文

日本国政府は、フィジー共和国政府の要請に基づき、同国のヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画にかかる調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することといたしました。

当事業団は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成4年12月5日より12月20日までの16日間にわたり、国際協力専門員、丸尾祐治氏を団長とする事前調査団（S/W協議）を現地に派遣しました。

調査団は本件の背景を確認するとともにフィジー国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関するS/Wに署名しました。

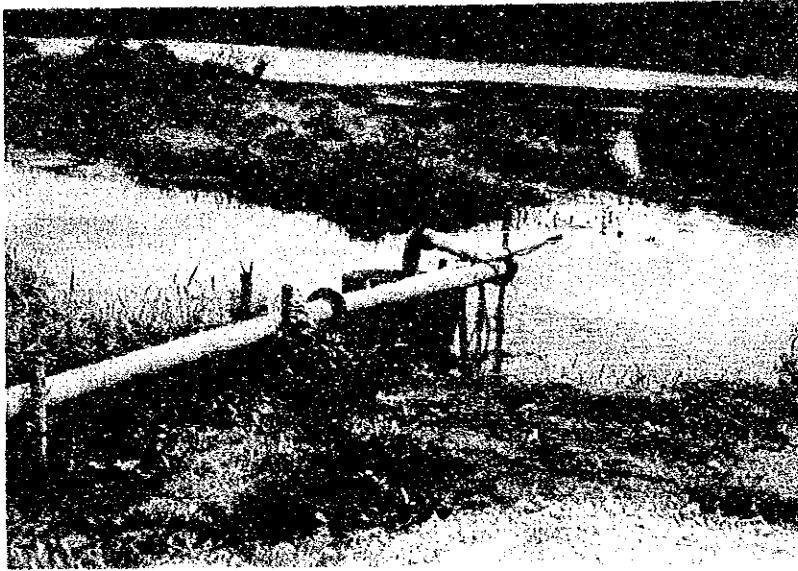
本報告書は、今回の調査をとりまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

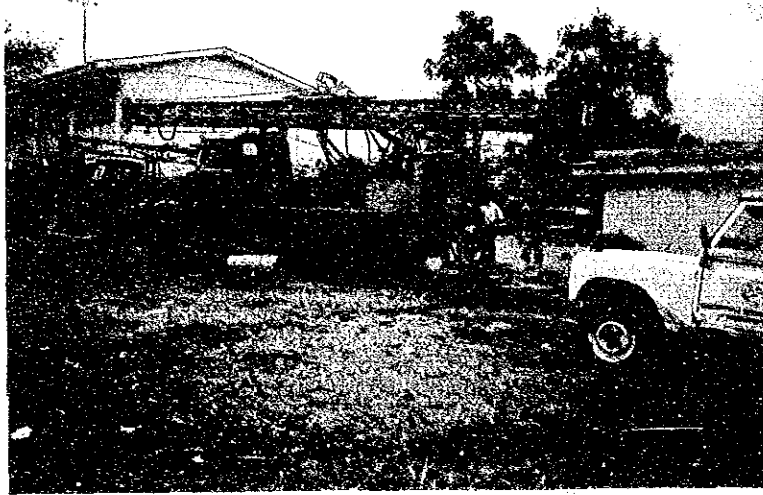
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成5年2月

国際協力事業団
理事 佐藤 清

水源地状況

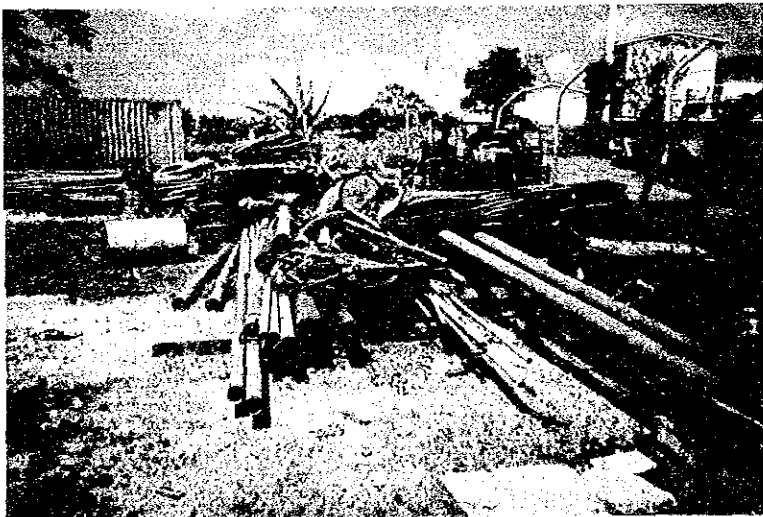




井戸削井機



削井用機材



削井用機材

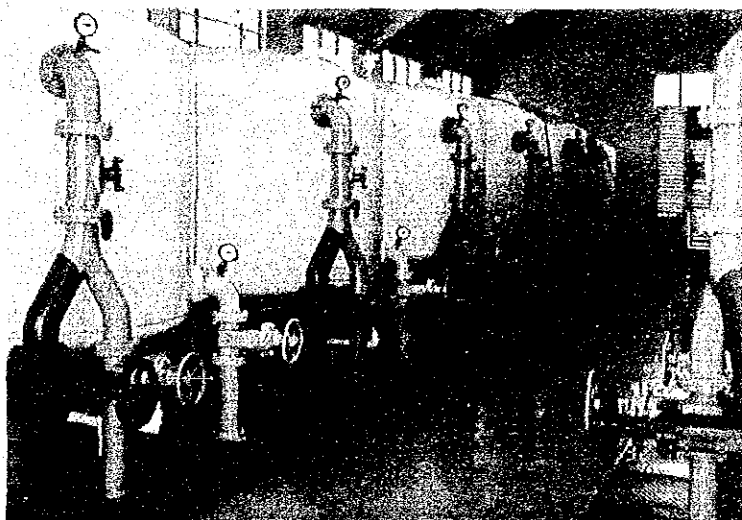
バ市給水施設



ポンプ場

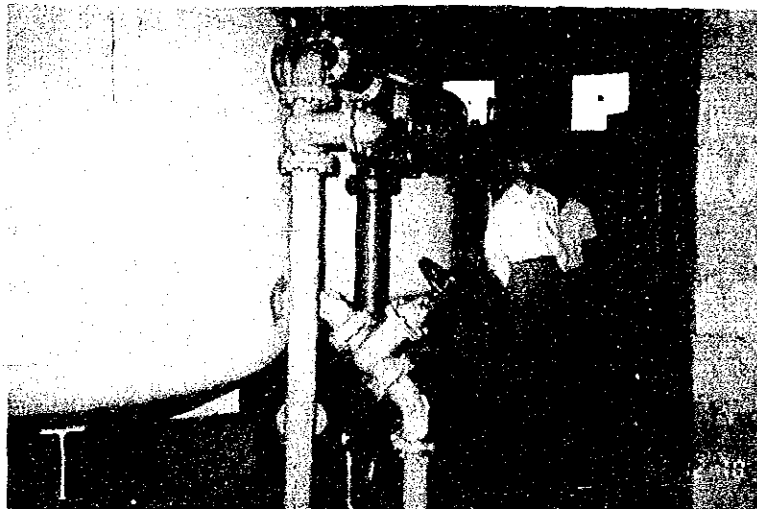
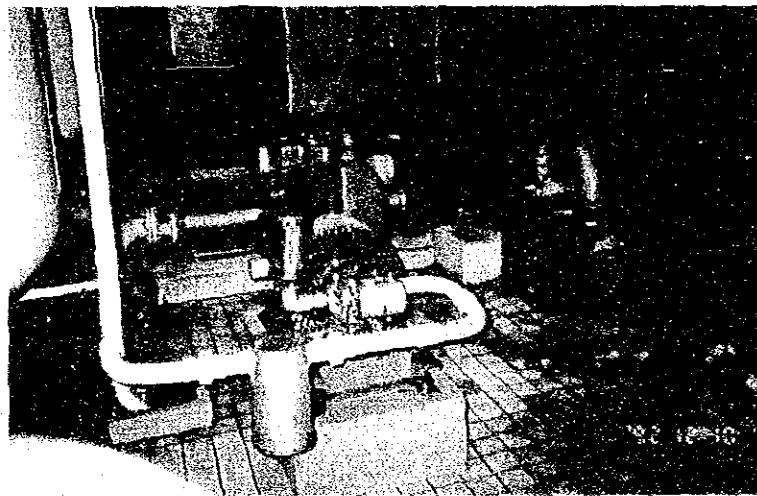


沈砂池

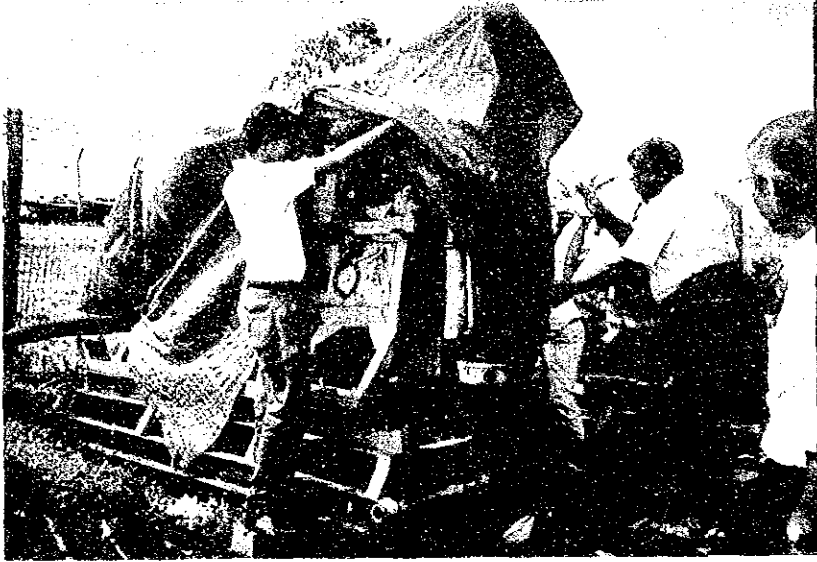


浄水施設

ラキラキ浄水場



鉱物資源局



コアボーリング
マシン

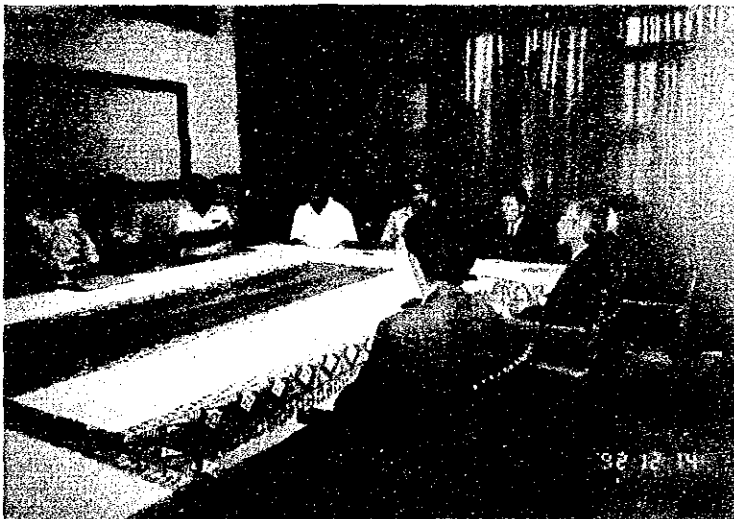


水質試験室

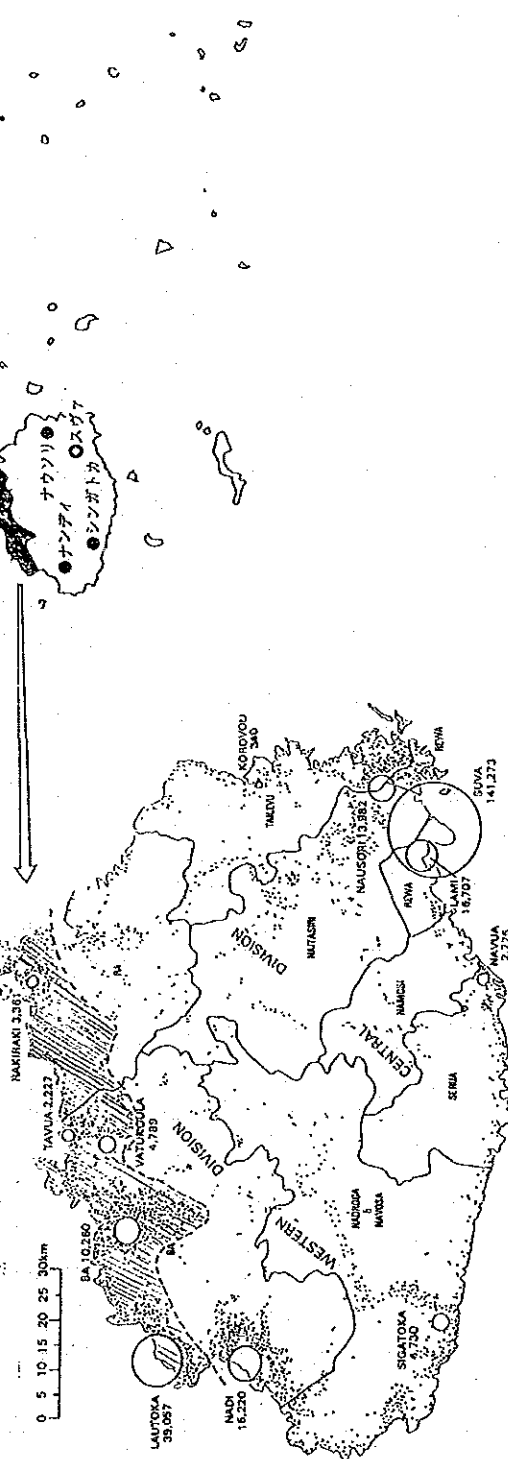
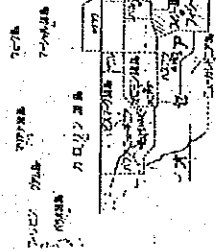


物理探査機器

SW調印式



調査対象地域図



One dot represents 100 persons. Compiled using 1988 census, based on 1976 distribution of population.

— District boundary
 — Provincial boundary

目 次

序文

写真

調査対象地域図

第1章 事前調査の概要	1
1-1 事前調査の目的	1
1-2 事前調査団の構成	1
1-3 相手国受入機関	1
1-4 事前調査行程	2
1-5 事前調査内容	3
第2章 事前調査結果の概要	5
2-1 要請の背景及び経緯	5
2-2 要請の内容	5
2-3 日本側調査対処方針	6
2-4 S/W 協議の経緯及び結果	7
第3章 調査対象地域の概要	11
3-1 自然環境	11
3-1-1 位置及び地形	11
3-1-2 人口	14
3-1-3 地質	14
3-1-4 気象	16
3-1-5 水文・地下水	16
3-2 社会・経済環境	33
3-2-1 交通	33
3-2-2 通信	34
3-2-3 電気事情	34
3-2-4 教育事情	34
3-2-5 経済	34
3-3 給水事情	36

3-3-1	水資源開発状況	36
3-3-2	給水体制	37
3-3-3	給水計画	37
3-4	関連機関の概要	41
3-4-1	MRD 及び PWD	41
3-4-2	MRD 地下水部門	41
3-4-3	MRD 保有資機材	44
3-4-4	民間井戸業者の現況	45
第4章	本格調査の概要	49
4-1	調査の基本方針	49
4-2	調査対象地域とその範囲	50
4-3	調査項目及び内容	50
4-4	調査行程並びに要員計画	55
4-5	報告書作成等	57
4-6	本格調査資機材計画	58
4-6-1	井戸計画	58
4-6-2	資機材計画	58
4-7	調査実施体制	59
付属資料		
1.	要請書	69
2.	S/W	79
3.	議事録 (M/M)	91
4.	面談者リスト	99
5.	質問状及び調査結果	103
6.	収集資料リスト	115
7.	補給及び新規資機材詳細リスト	121
8.	環境配慮にかかるスクリーニング結果	135
9.	環境保護に関する政策と法律	141
10.	全国土地利用図	153
11.	全国人口分布図	157
12.	対象地域の人口統計表と郡位置図 (1986)	161

13. 価格調査結果	173
14. PWD 村落給水指導マニュアル	187

図表目次

図-1 位置図	12
-2 地形区分図	13
-3 調査地域の人口分布図	15
-4 ヴィティ・レブ島の地質図	17
-5 地質構造図	20
-6 気象データ (スバ・ナンディの年間雨量と全国雨量分布図)	21
-7 気象データ (月別降水量)	22
-8 気象データ (月別平均気温)	23
-9 気象データ (月別蒸発散量)	24
-10 流域と流量観測所位置	25
-11 水文地質図	27
-12 民間井戸の深度, 静水位, 湧出量	29
-13 MRD による調査位置 (1987~1990)	30
-14 電磁波探査結果	32
-15 給水管施設図	39
-16 調査地域における MRD 掘削井戸構造図	60
-17 地質柱状図	63・64
-18 井戸掘削作業工程フロー	65
-19 本格調査における井戸構造図	66
表-1 調査地域の人口と世帯数	14
-2 概算流域面積と流量観測所	16
-3 MRD 掘削の井戸諸元	31
-4 電力供給普及率	34
-5 産業指標	35
-6 水源毎の給水率	36
-7 給水受益人口と給水能力	37
-8 土地・鉱物資源省組織図	42
-9 公共事業局組織図	43

-10	MRD 地下水部門の予算	44
-11	MRD 保有資機材リスト	47
-12	全体調査計画 (案)	56
-13	作業別施工日数及び揚水試験結果	61
-14	調査地域における水井戸掘削実績	62
-15	調査用資機材リスト	67

第1章 事前調査の概要

1-1 事前調査の目的

先方政府関係者との協議、現地踏査、既存資料の分析を通じ、本プロジェクトにかかる先方政府の意向、要請の背景及び要請内容、調査の範囲等の確認を行う。また、わが国の協力可能性の検討を踏まえ我が方対処方針を説明し、S/W案の協議及び署名をする。また、あわせて、調査対象地域の状況も調査する。

1-2 事前調査団の構成

事前調査団は、以下の5名から構成された。

- | | | |
|-------------|-------|----------------------|
| 1) 総括／地下水開発 | 丸尾 祐治 | 国際協力事業団国際協力専門員 |
| 2) 水文地質／環境 | 中村 晴彦 | 株式会社三祐コンサルタンツ |
| 3) 水文・水理 | 濱田 巖 | 株式会社三祐コンサルタンツ |
| 4) ボーリング計画 | 高橋 真二 | 株式会社アーステックス |
| 5) 調査企画 | 館林 史子 | JICA 社会開発調査部社会開発調査二課 |

1-3 相手国受入機関

DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES,
MINISTRY OF LANDS AND MINERAL RESOURCES
(鉱物資源局)

1-4 事前調査行程

12/5 (土) 団員移動

成田(18:55)✈→(NH913)

6 (日) シドニー(06:15) シドニー(07:30)✈→ナンディ(12:25)(FJ913)

ナンディ(14:00)✈→スバ(14:30)(FJ252)

7 (月) 大使館表敬, JICA 事務所打ち合わせ

鉱物資源局, 公共事業局表敬・打ち合わせ

8 (火) 鉱物資源局 S/W 説明

協議参加関連機関

土地・鉱物資源省, インフラストラクチュア・公共事業・海事省

住宅・都市開発省, 外務・民間航空省, 大蔵・経済企画省

9 (水) 現地踏査

Lautoka 井戸施設

Ba 取水上, 浄水場及び井戸施設(Veisaru, Vaturuka)

Wai Wai ダム

10 (木) 現地踏査

Tavua 配水池

Raki Raki 取水施設

11 (金) S/W 協議, 環境配慮合同スクリーニング及び M/M 作成・協議

12 (土) 資料収集

13 (日) 資料整理

(官ベース)

(コンサルベース)

14 (月) S/W・M/M 署名

資料収集

15 (火) 大使館・JICA 事務所報告

資料収集

スバ(12:30)✈→ナンディ(13:10)(PC125)

16 (水) ナンディ(07:25)✈→シドニー(10:45)(FJ912)

資料収集

シドニー(22:30)✈→

17 (木) 成田(06:05)(QF021)

資料収集

18 (金)

資料収集

19 (土)

資料収集

20 (日) スバ(12:00)✈→ナンディ(12:40)

ナンディ(14:30)✈→成田(20:20)(FJ302)

1-5 事前調査内容

(1) 事前国内作業

- a. 資料、情報収集と事前検討
- b. 調査対処方針、S/W案の検討
- c. 環境配慮にかかるスクリーニング準備
- d. 質問書の作成（環境配慮を含む）

(2) 現地調査（I）：主として現地踏査

- a. 既存資料の収集・整理
- b. 既存データ（気象、水文、地形図、衛星写真、航空写真、地質、井戸情報、環境、水質等）の賦存状況
- c. 水質状況
- d. 井戸及び給水施設等現況調査
- e. 対象地域の自然環境、社会環境の現況
- f. 問題点把握・分析

(3) 現地調査（II）：主として協議

- a. フィジー国政府の意向確認
 - ア 調査の内容、範囲及び精度
 - イ 上位計画および関連計画との関係
 - ウ 事業実施の目途（自己資金）
 - エ 事業実施の緊急度
- b. 他の援助機関の協力内容と本プロジェクトとの関係
- c. フ側調査実施体制、フ側負担事項の確認
- d. 現地踏査及びこれまでの協議結果を踏まえ、国内で検討したわが方対処方針、S/W案の説明・協議
- e. 環境配慮にかかるスクリーニング、スコーピングの実施（予備環境調査）
- f. 本格調査の実施計画に必要な各種資料・情報の収集および資料の有無の確認
- g. 地質調査、測量、ボーリング調査、環境調査等の現地業者の有無、能力、経費

(4) 帰国後国内作業

- a. 収集資料の整理、検討
- b. 本格調査実施計画の立案
- c. 事前調査報告書の作成

第2章 事前調査結果の概要

2-1 要請の背景及び経緯

フィジー国の首都スバが位置するヴィティ・レヴ島は（面積10,429km²）、中央山地により南部及び北部に分けられている。その南部は年間を通じた豊富な降水量（2,000～3,000mm）により熱帯雨林が生い茂るのに対し、北部は1,000～2,000mmと比較的多雨にもかかわらず、雨季及び乾季がはっきりと分かれているせいか、年間を通じて乾燥した草原地帯となっており、パイナップルやさとうきび栽培が盛んである。

ヴィティ・レヴ島では地下水の開発はあまりなされておらず、現在のところ主に表流水に依存しているため、毎年乾季（5月～11月）には深刻な水不足及び旱魃に見舞われており、地下水開発は急務となっている。

一方、ヴィティ・レヴ島は火山性堆積物に覆われているため、降雨等の地下への透水率は比較的良いが、北部は山地が海岸線まで迫っているという地形的な要因から、浸透した水がすぐに海洋に流れてしまう可能性があるなど水文地質及び地形的に様々な制約があり、現在の同国の技術レベルでの対応は難しく、地下水開発調査上技術協力が必要である。

また、同国政府は2000年を目標年次とする国家開発戦略の中で「安全な水の安定供給」を最重要課題の一つとして位置付けている。

このような状況の中で、鉱物資源局（DMR）は地下水開発調査におけるわが国の協力を1986年より要請し続け、1992年7月の正式要請を持って調査実施を決定し、同年12月S/W署名を目的とした事前調査団を派遣した。

2-2 要請の内容

鉱物資源局（DMR）からのT/R（TERMS OF REFERENCE）の骨子は次のとおりである。

(1) 調査目的

ヴィティ・レヴ島北部における地下水賦存量の評価及び安全な地下水供給20カ年計画の策定

(2) 調査対象地域

ヴィティ・レヴ島北部（西部ラオトカから東部ラキラキにかけて）

(3) 調査期間

2～3年

(4) 調査内容

フェーズ1

①既存資料・データのレビュー

- ②航空・衛星写真判読
- ③物理探査サイト選定
- ④水理地質予察図検討
- ⑤物理探査・水文調査・水質調査・水供給調査
- ⑥物理探査・水文調査・水質調査・水供給調査結果解析
- ⑦水理地質予察図再考
- ⑧試掘調査サイト選定
- ⑨フェーズ2の調査計画策定

フェーズ2

- ①地質・水文地質・地球物理に関する詳細調査
- ②試掘調査・揚水試験（少なくとも20本）
- ③収集データの解析・水収支解析・水理地質図作成
- ④地下水ポテンシャル評価・地下水開発計画策定

2-3 日本側調査対処方針

(1) フィ側の要請は、ヴィティ・レブ島北部全体をひとつの地下水盆と想定し、その地域における地下水ポテンシャルの把握及び地下水開発計画の策定となっている。しかし、わが方対処方針としては、以下の理由で、対象地域を地形、水理地質特性及び水需要等よりタイプわけをし、それぞれのタイプより代表的及び緊急性のある地域において、地下水のポテンシャルを定量的に把握し、地下水開発計画及び給水計画を策定する事とした。

- ①国内事前検討の結果、地形及び水理地質的制約により、上記地域をひとつの地下水盆として想定し、定性的に全体の地下水ポテンシャル把握することは可能であるが、定量的に計測することは難しいことが判明した。
- ②村落は、約200~300存在するため、それぞれについて、開発計画及び給水計画を策定することは、期間及び調査費用の面から不可能である。

(2) フィ側は、地下水ポテンシャル把握のための試掘調査において、20本のボーリングを要請してきているが、事前調査において、調査地域の状況を確認した上で本数について検討する事とした。

(3) フィ側は、地下水給水の20年計画策定を要請しているが、地下水ポテンシャルがはっきり把握できないこと、また、村落給水においては人口予測に困難があることから、計画の目標年次は、本格調査にて検討する事とした。

(4) 調査対象地域は、ヴィティ・レヴ島北部地域であり、要請書に添付されている地図を検討した結果、LAUTOKA から RAKIRAKI に渡る海岸地域からその南部の山地となっているが、境界線が地形的なものか、地域的なものかはっきりしないので、S/W 協議時に確認し、S/W または M/M に記載する事とした。

(5) 本格調査期間は、24カ月程度とする事とした。(TENTATIVE STUDY SCHEDULE 参照)

(6) 地下水の開発に関しては鉱物資源局が、水供給に関しては公共事業局が管理していることから、調査がスムーズに実施されるためにもステアリングコミッティ等の設置を考慮する必要がある。相手国政府と協議し、その設置の有無及びコミッティメンバーを決定し、M/M に記載する事とした。

(7) 調査用資機材の持込については、その必要性、フィ側の所有状況等を調査・検討のうえ、フィ側の要望は M/M に記載し持ち帰り検討する事とした。

(8) 詳細協議内容については大使館・JICA 事務所に逐次報告し、大きな問題点が出れば請訓するが、特に、フィ側便宜供与における免税関係について発生する可能性のある問題については、大使館と事前に打ち合わせておき、最終結果については報告のうえ本省に公電（公信）発出を依頼する事とした。

2-4 S/W 協議の経緯及び結果

事前調査団は、日本にて打ち合わされた対処方針及び S/W (案) を基に、土地・鉱物資源省鉱物資源局及びその他関連機関との協議、現地踏査等の結果を踏まえて、12月14日土地・鉱物資源省 RATU OVINI BOKINI 大臣及び丸尾祐治事前調査団長との間で S/W 及び S/W 協議にかかる M/M の署名、交換を行った。主な協議内容は以下のとおりである。

(1) 調査対象地域

調査対象地域は、ヴィティ・レヴ島北部地域の一部の LAUTOKA 東部から RAKI RAKI までの海岸部であるが、要請書添付図における南部の境界がはっきりしていないので、それらが地形的なものか地域的なものか、また、その中に含まれる村落名、数等を明らかにできるか質問したところ、その南部の境界線は、水理地質及び地形を考慮して引いたものであり、調査対象地域における全村落名または数等を明確にすることは難しいとの回答を得た。

(2) 調査方法

調査方法に関し、S/W に補足して、以下のとおり実施することを確認した。

全調査対象地域において一般的な水文地質調査を実施し、地下水ポテンシャルを把握した上で物理探査及び試掘調査候補地域を選定し実施する。また、調査対象地域に存在する都市部から1カ所選定し、コンピュータによるシミュレーション解析を実施する。最終的に、地下水ポテンシャル及び水需要等を考慮して優先地域を選定し、地下水開発計画及び水供給計画を策定する。

(3) 調査期間

調査期間は約24カ月とS/Wに示しているが、雨期における現地調査は調査地域へのアクセス等困難が予想されるため、季節を考慮した調査工程の作成が必要であり、場合によっては、期間を延長する可能性があることを確認した。

(4) 計画目標年次

要請書には20年後を目標とした計画策定とあるが、村落において20年後の人口予測を行うことは困難であること等説明し、計画目標年次は、本格調査開始後検討することを確認した。

(5) 初期環境調査 (IEE)

合同環境スクリーニングの結果、地下水開発においては、地下水過剰揚水による塩水浸入及び肥料や農薬の浸透による水質悪化等の環境影響が考えられるため、本格調査において水質に関し初期環境調査を実施することとした。

(6) 調査用資機材

調査に必要な機材に関し協議し、それらをM/Mに記載した。特にボーリング機材に関し、現地業者の掘削能力等を考慮すると掘削作業の現地業者委託は期待できないため、本件調査実施には少なくとも掘削機2台用意することが必要であることを確認した。

また、フィ側は、調査終了後も継続して調査及び開発を実行していくために、フィ国に持ち込まれた調査用資機材の譲渡を強く要望した。

(7) 日本国における研修員受入

フィ側は、日本における研修を強く要望し、また、本件調査にかかる短期研修のみならず、集団研修のような長期研修を水文地質及び削井の分野において参加できるよう希望を述べた。

(8) ステアリング・コミッティ

本件調査には、地下水開発及び給水計画が含まれており、それぞれ鉱物資源局及び公共事業局が管轄している。スムーズな調査の実施及び調査終了後の計画実施等を考慮してステアリング・コミッティの設置を提案したところ、フィ側はこれに応じ関連機関を含めてステア

リング・コミッティを設置することとした。

(9) 調査用持ち込み機材にかかる税金

フィ国では税制が変更されたことから、免税等の手続きで問題発生が予想されたが、S/Wのフィ側便宜供与の記載通り調査用資機材等にかかる税金は、一切免除されることを確認し、これらに関しては、鉱物資源局は責任を持って便宜を図ることを同意した。

第3章 調査対象地域の概要

3-1 自然環境

3-1-1 位置及び地形

フィジー国は、南太平洋のおよそ東経177度～西経178度、南緯16度～20度の範囲に点在する300以上の島嶼群よりなる。このうち109島に住民が居住する。領海の面積は141,800km²に及ぶが、国土面積はその13%の18,272km²であり、ほぼ四国の面積に匹敵する。フィジー国最大のヴィチ・レブ島は面積10,429km²であり、面積が第2のバヌア・レブ島を合わせると全国土の87%を占める。

火山諸島からなるフィジー国の地形の特徴は、一般に急峻で起伏に富んだ山地からなる事である。群島の中で最大の面積を有し、首都スバの位置するヴィチ・レブ島は、東西方向の長さ146km、南北方向の長さ106kmの長円形を成す。火山活動によって起伏に富んだ地形を成す島の中央部には、島を南北に2分する標高1,000m以上の台地が形成され、台地上には国の最高峰トマニビ (Tomanibi, 標高1,323m) を初めとする1,100m前後の山嶺が分布する。この台地は、島を乾燥地域と湿潤地域に2分する。即ち、東側の土地は熱帯雨林で覆われ、西側では樹木が少なく丈の高い草や葦で覆われている。

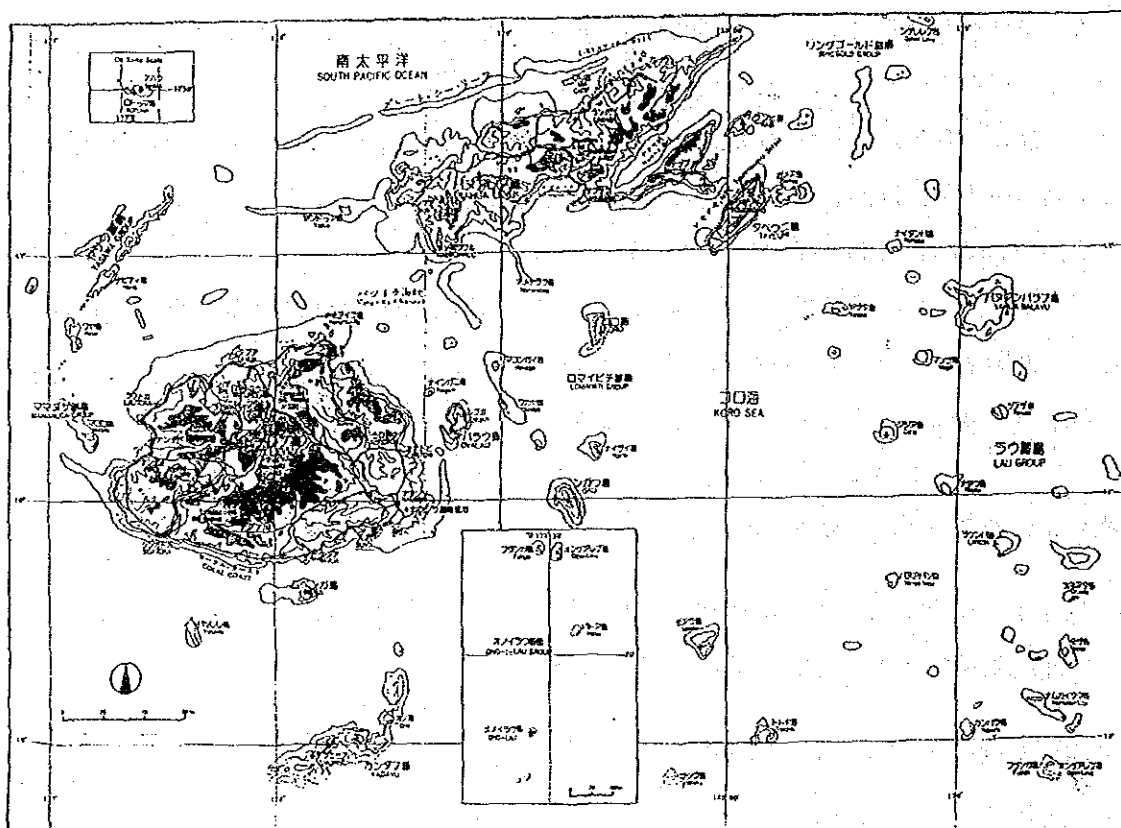
調査対象地域は、ヴィチ・レブ島の北部に位置するバ及びラ県にまたがる地域である。地域に含まれる主要な都市は、バ、タブア、ラキラキである (図-2 参照)。地域は地形から次の3つのタイプに区分される。

- (1) 海岸沿いの幅1～2 kmの地域。海岸沿いの平坦地を含む緩やかに起伏する丘陵地で、沖積堆積物及び細粒な火山砕屑岩が分布する。
- (2) 平坦あるいは緩やかに傾斜する内陸火山盆地で、主に細粒な火山砕屑岩と砂岩、泥岩からなる。
- (3) 火口を取りまき急傾斜を成す丘陵あるいは侵食を受けた丘陵。

図-2に示すように(1)及び(2)のタイプは、標高0～150mの高さにあり、調査対象地域の大部分の人口は、市街地及び広範囲に砂糖黍の栽培が行われているこのタイプの地域に居住する。一方、(3)のタイプの地域は人口密度は希薄で、一部は松の植林あるいは牧草地として利用されているが、大部分は荒蕪地である。

調査対象地域の水系は、多くの火口の存在や火山岩類からなる地質を反映して、樹脂状あるいは平行状の複雑な様相を呈する。地域内で最大のバ川以外は、何れも小規模な河川である。

図-1 位置図



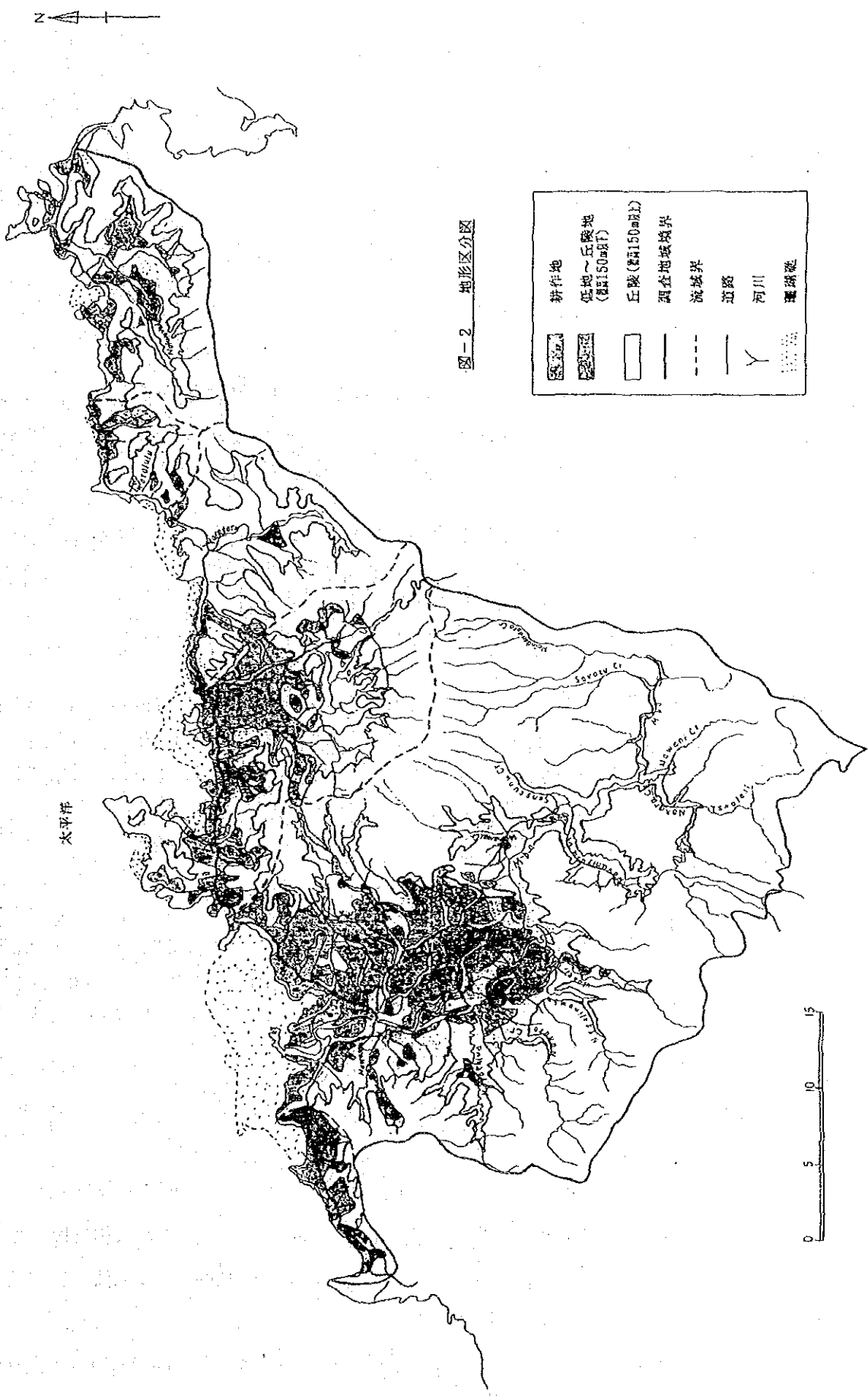


图-2 地形区分图

	耕作地
	低地~丘陵地 (標高150m以下)
	丘陵 (標高150m以上)
	調査地域境界
	流域界
	道路
	河川
	鐵路線

太平洋



3-1-2 人口

1986年の人口統計による全国の概況は以下のとおり、

- ・総人口 ; 715千人
- ・地域別：都市部 ; 38.7%
- ・ 地方 ; 61.3%
- ・人口密度 ; 39.15人/km²
- ・人口増加率 ; 1.97% (1986年)
- ・15才以上の就業人口 ; 241千人 (内女性51千人)
- ・1戸当たりの人数 ; 5.8人

ヴィティ・レブ島及びその周辺の小島嶼を含む中央地域には、36.4%の住民が居住する。調査地域は、行政上のバ及びラ県 (Ba & Ra Province) に含まれるが、調査地内の郡 (Tikina) 毎の人口を下表に示す。また調査地域の人口分布図を図-3に示した。

表-1 調査地域の世帯数と人口 (1986年統計)

郡	村落部		都市部		計	
	世帯数	人口	世帯数	人口	世帯数	人口
<u>バ県</u>						
バ	5,755	34,156	1,920	10,260	7,675	44,416
ブンダ	693	3,802	1,917	10,329	2,610	14,131
タブア	2,942	17,611	1,225	7,016	4,167	24,627
マゴンド	745	4,680	-	-	745	4,680
ナボサ	96	612	-	-	96	612
<u>ラ県</u>						
ラキラキ	1,906	11,083	626	3,361	2,532	14,444
サイボア	321	1,897	-	-	321	1,897
計	12,458	73,841	5,688	30,966	18,146	104,807

3-1-3 地質

調査対象地域に分布する地層は、沖積堆積層および第三紀鮮新世のバ及びコロイマブア火山岩類よりなる (図-4参照)。

バ及びコロイマブア火山岩類

バ火山層群は、浅海性の玄武岩質・安山岩質溶岩及び角礫岩、陸生の細粒火山碎屑岩及び溶岩からなり、調査対象地域の大半を覆って分布する。バ火山岩類は、安山岩質及び玄武岩質溶岩、火山角礫岩、砂岩、泥岩等からなる。

コロイマブア火山岩類は、バ川の東方に分布する。バ火山層群より以前の火山岩類である

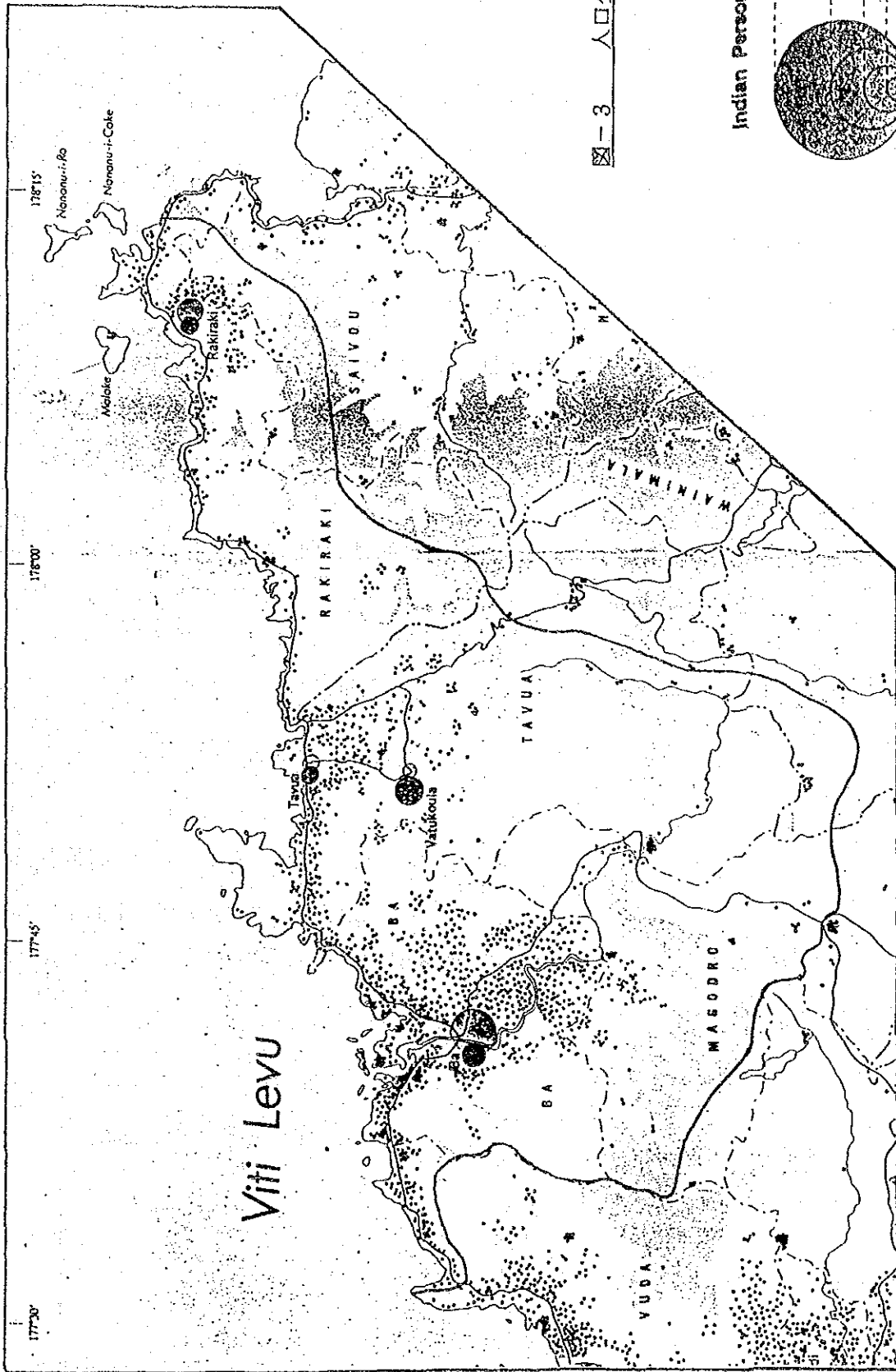


图-3 人口分布

出典：人口統計（1986）

が、バ火山岩類と同様な岩質を示す。地域内には火山岩類をもたらした火山が多く存在する。現在の処、タブア火山がもっとも古いと考えられており、タブアカルデラ南方の火山岩層中の枕状溶岩の存在は、浅海性の堆積環境にあった事を示している。タブア火山の活動は、ラピラビ、ナシラウ、ナモサウと続いた。貫入岩類は全ての火口付近に分布する。

空中写真とレーダー映像による地質構造の解析が行われている（図-5参照）。これによるとバ川の西方では、北西方向と北東方向に卓越する線状構造が、バ川の東方では、西方向及び北西方向の線状構造が認められる。

沖積堆積層

沖積堆積物は、現在の海岸線や河床付近に見られる。沖積堆積層の深さは確認されていないが、海岸付近の古い河床堆積物は50mを越えると考えられている。海岸沿いの平地は平坦な部分は少なく、また広大でもないが、主要な農業と都市開発に土地を提供している。図-2地形分類図に見るように現在の農業活動は海岸地域と主要な河川沿いで営まれている。

3-1-4 気象

気候は、南東貿易風の影響を強く受ける熱帯雨林気候帯に属し、年間降雨量は1,800~4,000mmを記録する。ヴィティ・レブ島北部に位置する対象地域は、2,000mm前後の雨量であり、5月から10月の乾期にかけては月平均100mm程度である。気温は年平均26度であり、年間を通じて大きな変化はない。蒸発散量は、4~6mm/日程度である。気象データを図-6~9にまとめた。

3-1-5 水文・地下水

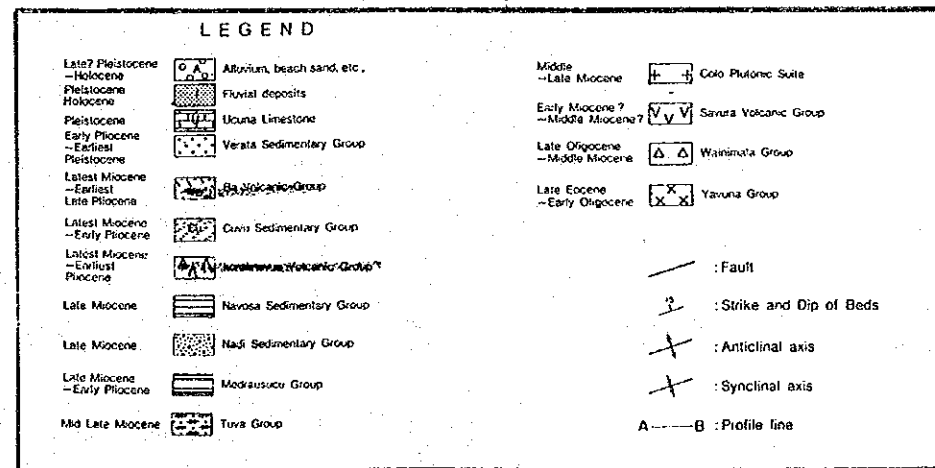
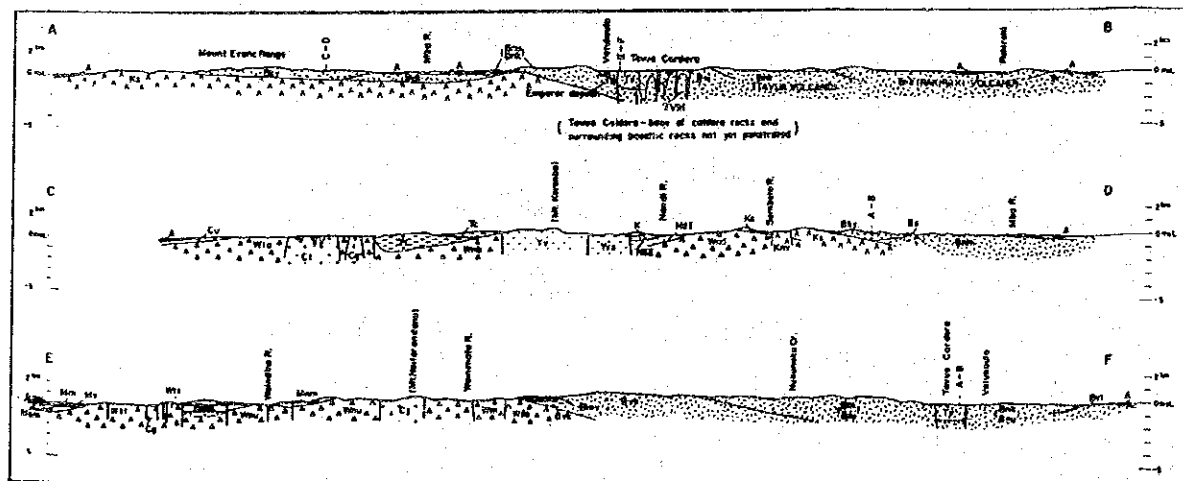
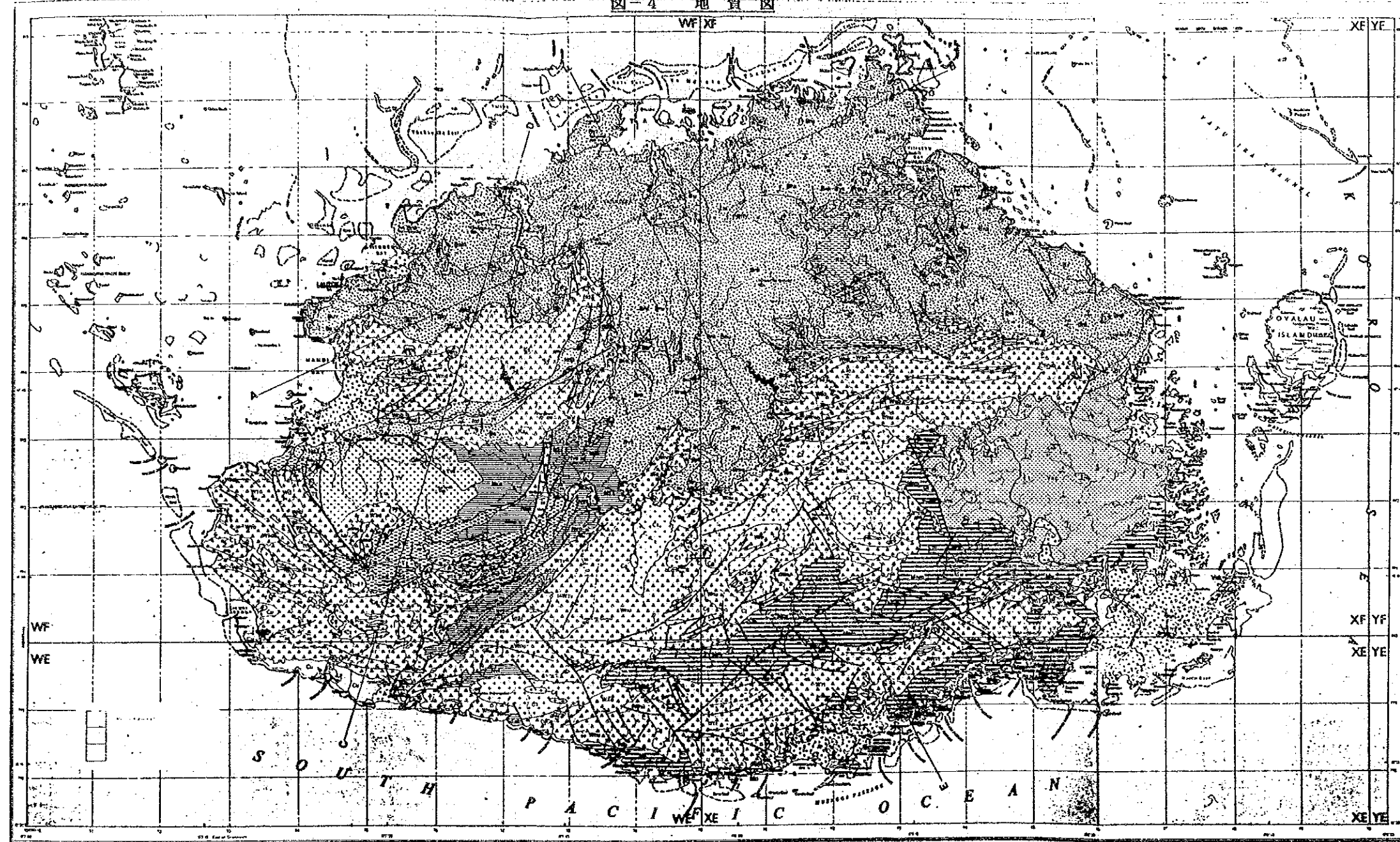
(1) 水文

調査対象地域の流域は、図-10に示すように大きく6つに分類される。そのうちバ川流域が最大であり、その流域面積は1,288km²に及ぶ。また、地域内の流量観測所は全部で7カ所あり、観測記録はラウトカにあるPWD西部管轄局に報告され、保管されている。概算の各流域面積及び流量観測所数は下表のとおりである。

表-2 流域面積（概算）と流量観測所数

流 域	面積 (km ²)	流量観測所数
1 バ川	1,288	4
2 ナシビ川	456	1
3 ペナン川	244	1
4 ヤンガラ川	219	1
5 ワロア川	94	0
6 東部小河川	113	0
計	2,414	7

圖-4 地質圖



出典 : MMA J (1991)

(2) 地下水

調査対象地域の滞水層は図-11に示すように、バ火山岩類及び沖積堆積層であり、バ火山岩類は溶岩類、火山角礫岩、細粒な火山碎屑岩などからなる。地域の水文地質調査はMRDによって、主としてバ火山岩類の地下水ポテンシャルを評価するために1980年代から行われている。以下に関係する既往調査の報告書を列挙する。

地域内の調査として；

1. タプア〜バ〜バツコウラ地域の地下水調査 (1982年)
2. 個人用井戸調査 (1985年)
3. バテイア〜ピロロ地域の水文地質と地下水開発の為の地下水賦存量調査 (1987年)
4. バテイア〜ピロロ地域の物理探査 (1987年)
5. タバラウ〜ラビラビ地域の物理探査 (1989年)
6. ヤンガラ地域の物理探査 (1990年)
7. ヴィティ・レブ北部の地下水調査 (1990年)

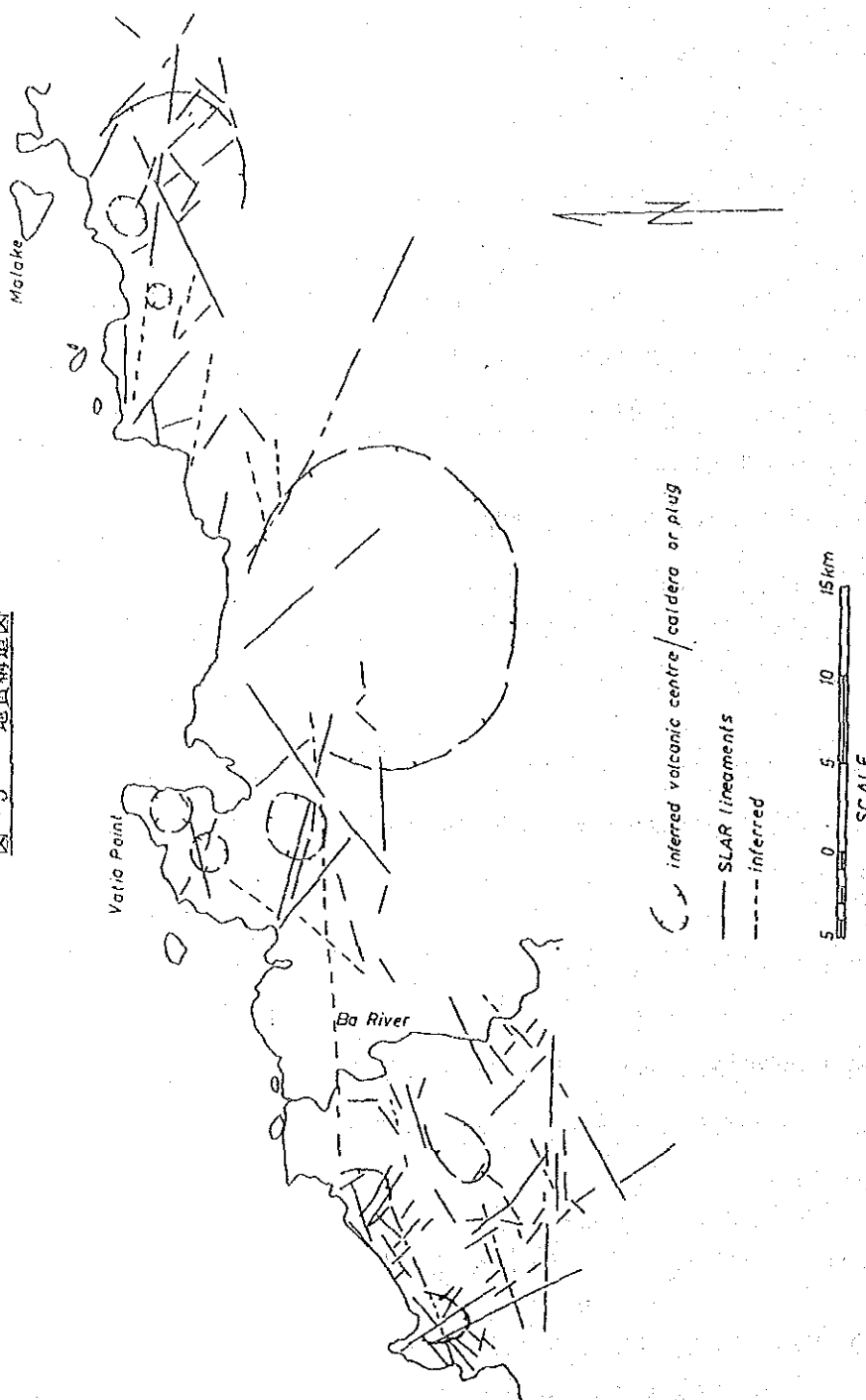
全国的な調査として；

8. フィジーの地下水評価 - 水文記録を用いて - (1987年)
9. フィジーの地下水 (1991年)

これらの調査結果をとりまとめると以下のようになる。

- ・1985年現在、地域には300本以上の井戸がバ火山岩類を対象に掘削されている。これらはほとんどが民間用井戸である。
- ・民間用井戸の正確な掘削記録はない。地質も不明。聞き取りによる井戸深度、静水位、湧出量のヒストグラムを図-12に示す。
掘削深度は30.5mの井戸が最も多いが、これは水文地質的要因からではなく、30.5m (100ft) が掘削に都合が良いからである。静水位は10~15mが一般的である。湧出量はほとんどが0.3~1.1lit/secである。
- ・1985年以降、MRDによって行われた調査位置を図-13に示す。
- ・上記調査位置でMRDにより19本の試験井が掘削されている。その井戸諸元を表-3に示す。MRDでは、一部を除いて掘削記録に地質を記載していない。そのため、入手できた記録を整理して図-17に示す。
- ・試験井の掘削に当たり、SLARや空中写真の解析、地表踏査を実施、さらに井戸位置決定に電磁波探査、電気探査を行っている。その結果、民間井戸より数倍高い湧出量(3.8~8.3

圖-5 地質構造圖



SLAR INTERPRETATION OF NORTHERN VITI LEVU

(註: MRD NOTE BP 44/5)

図-6 フィティ・レブ島の降水量

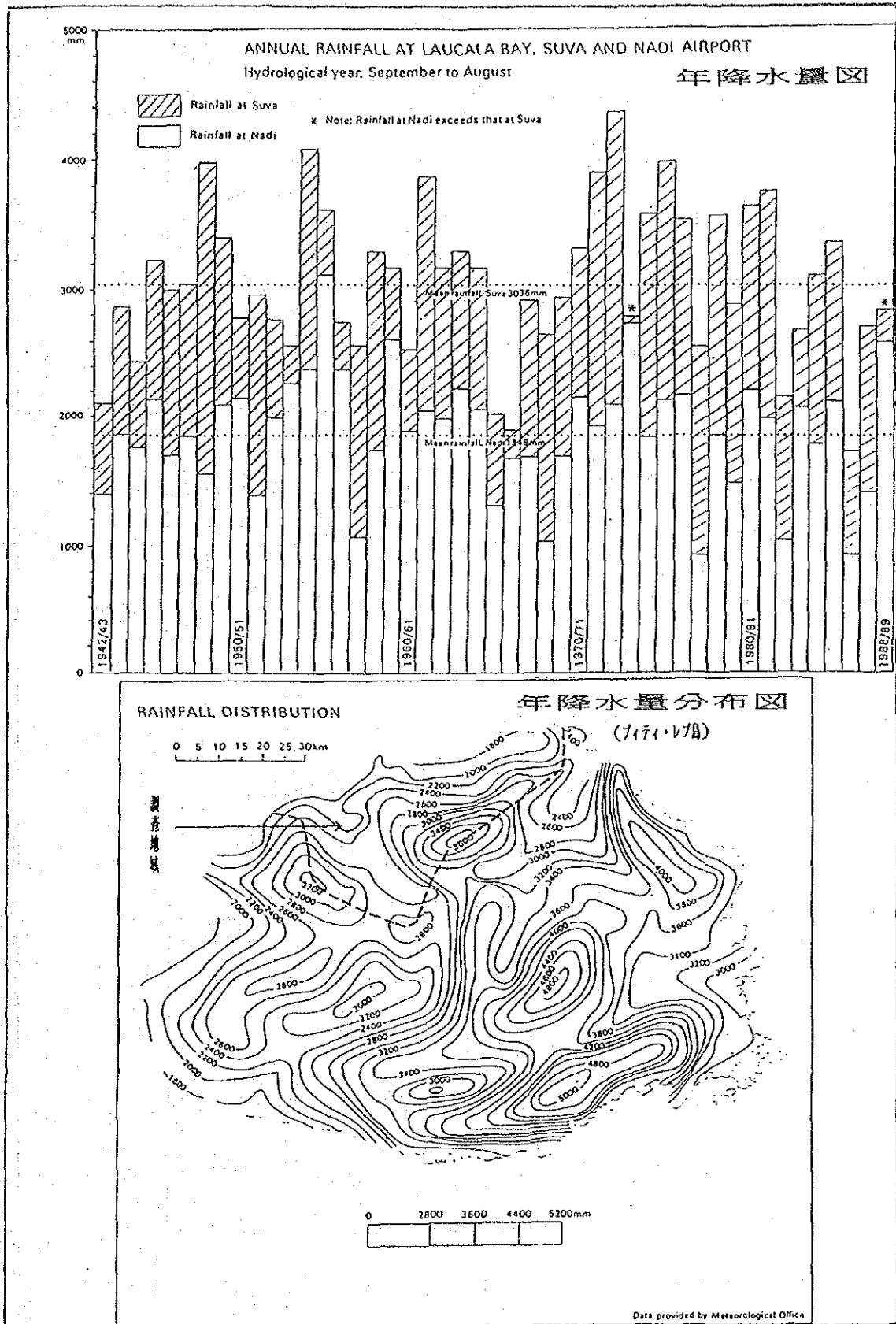


図-7 月別降水量図

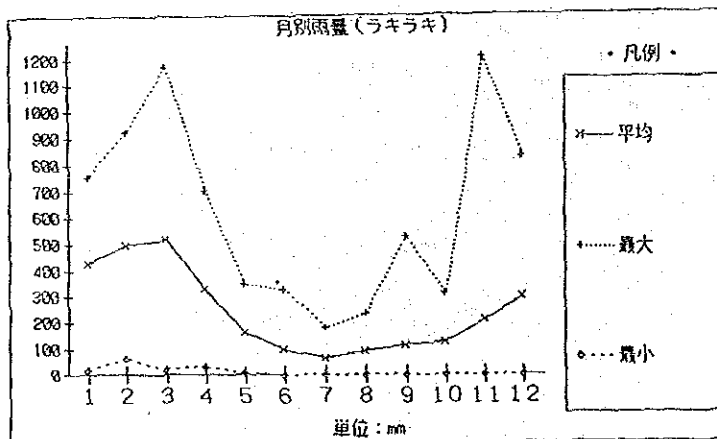
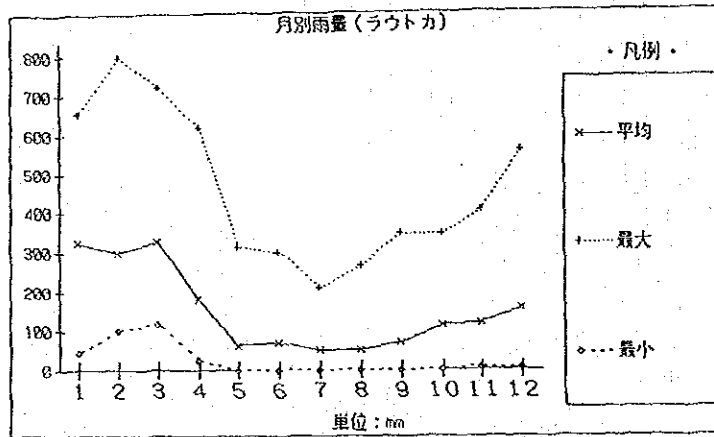
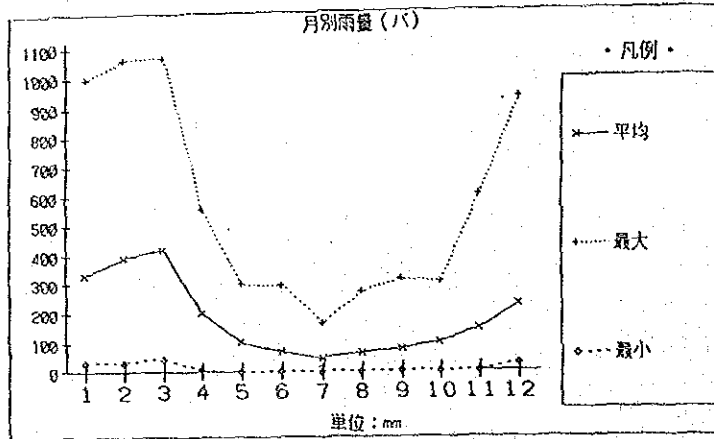


図-8 月別平均気温図

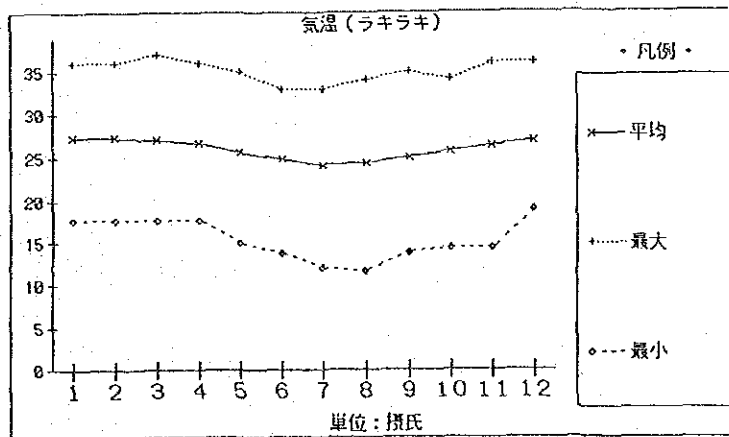
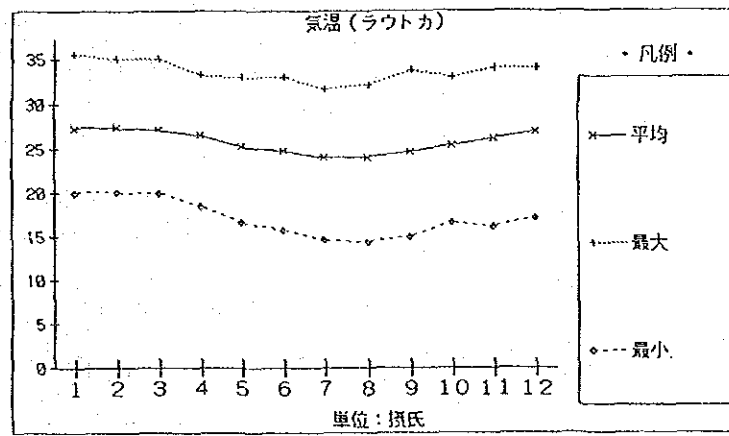
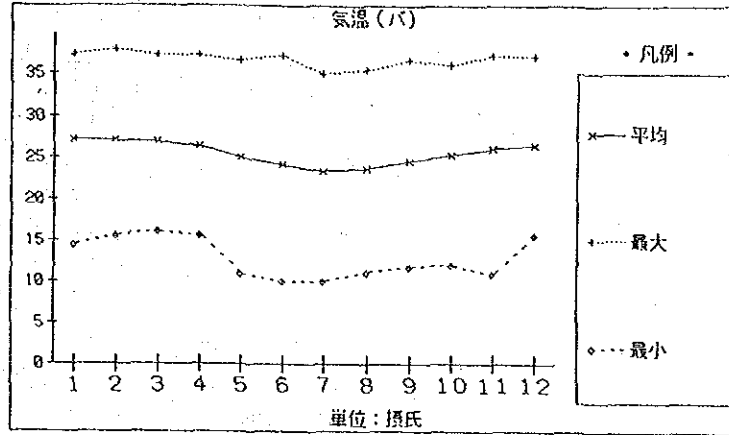


図-9 月別蒸発散量図

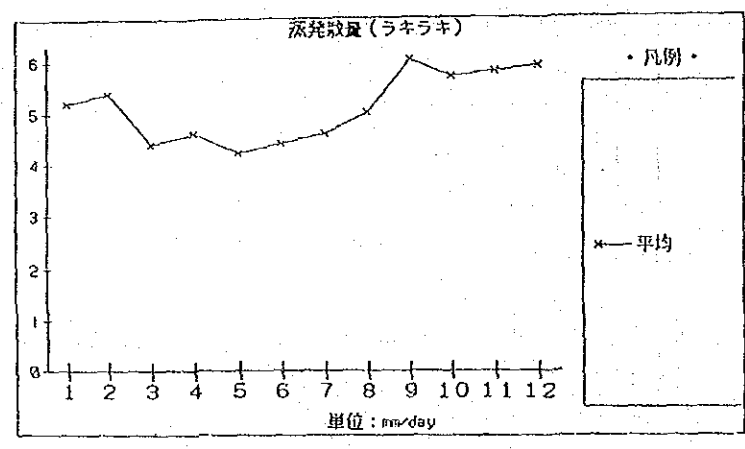
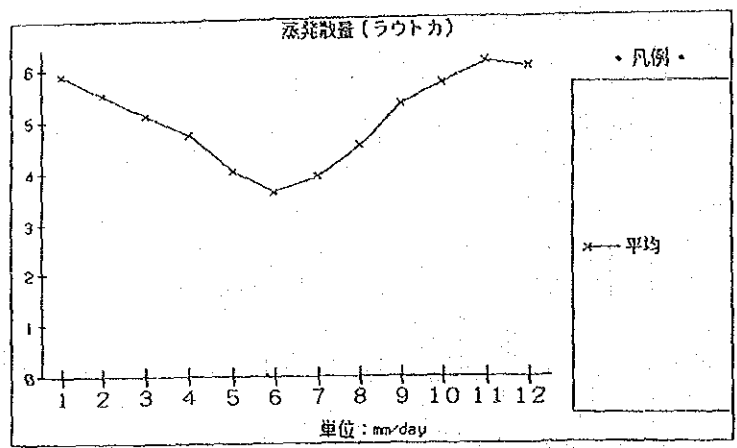


図-10 流域区分図 F XF

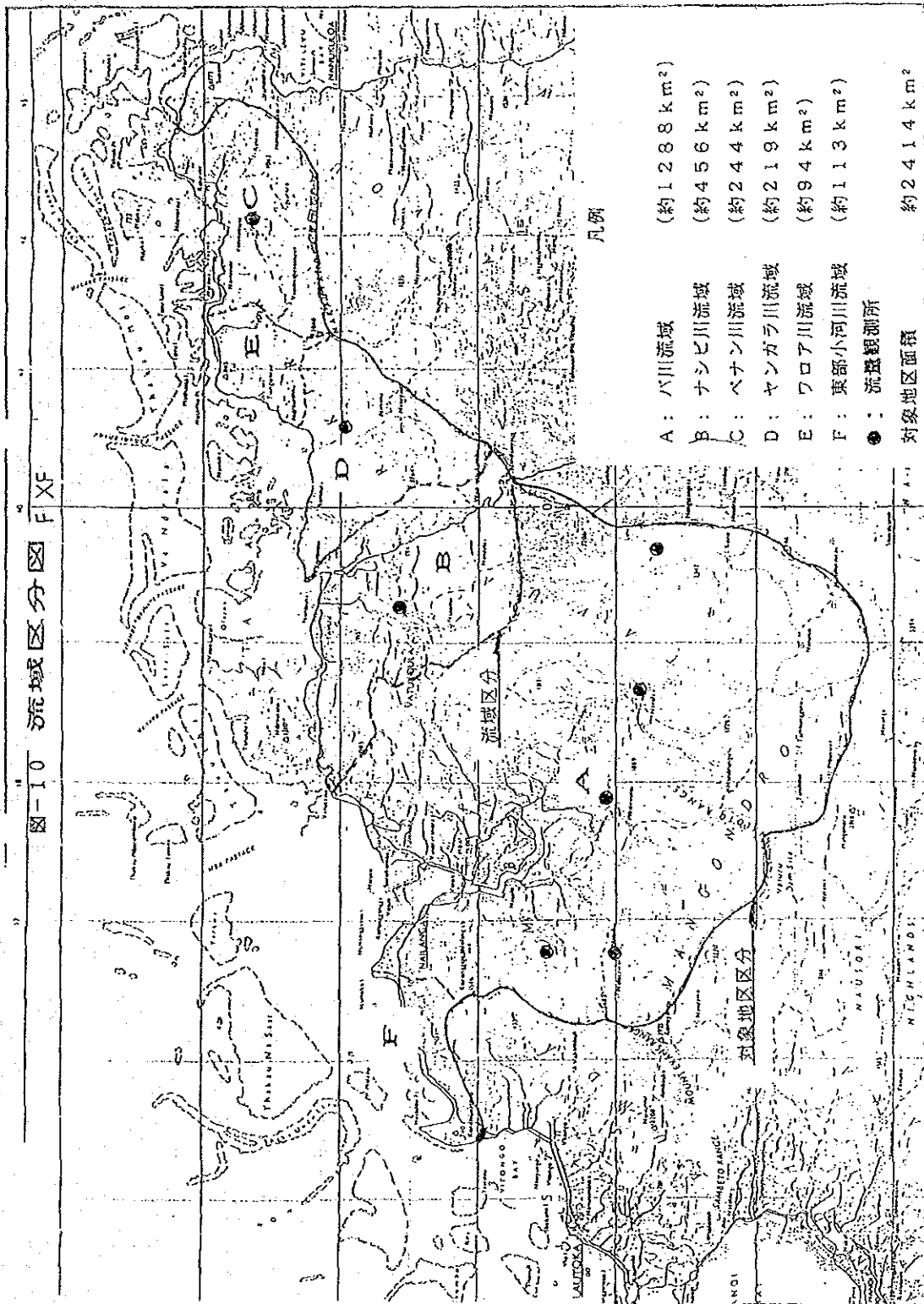
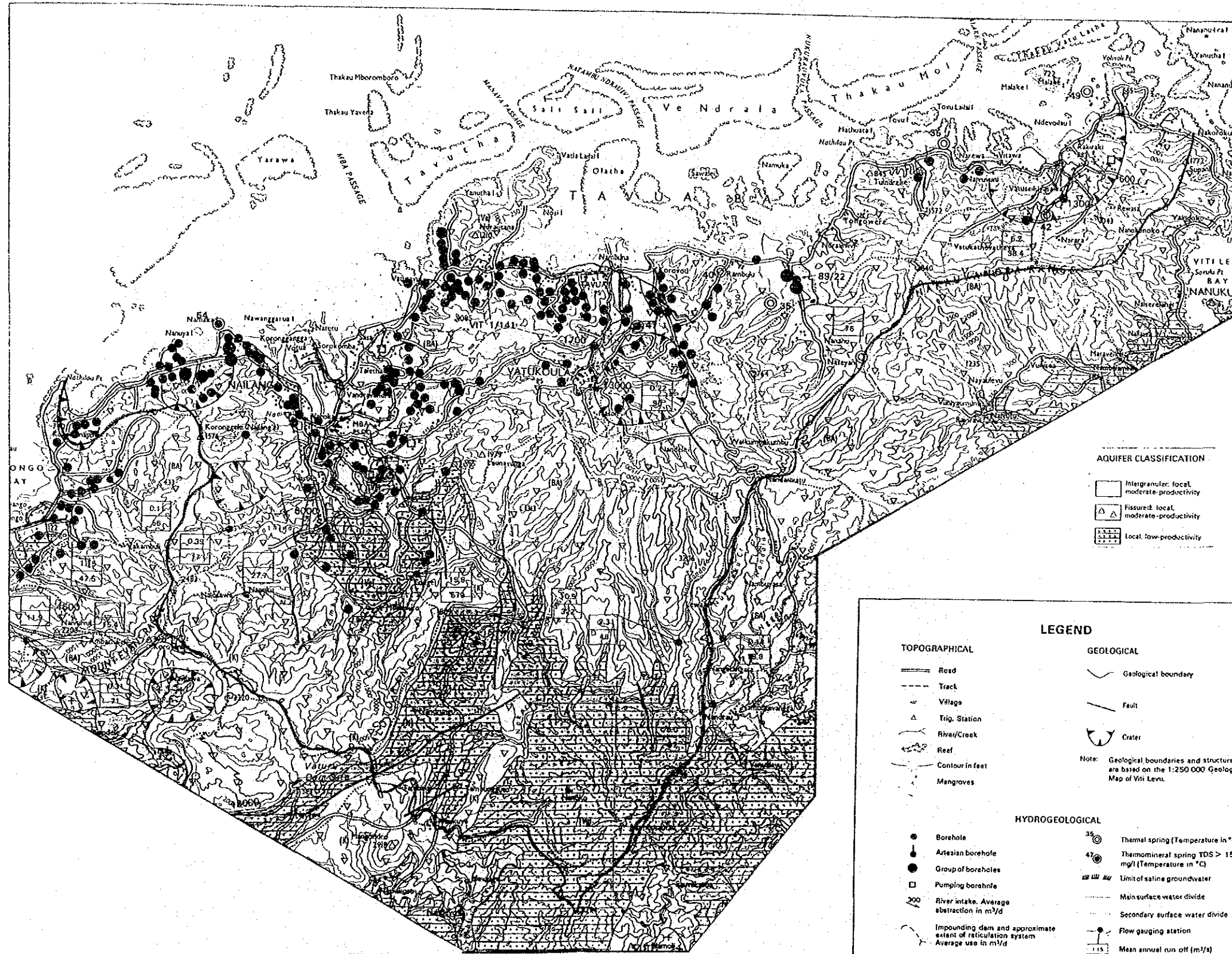


図-1.1 調査地域の水文地質図



AQUIFER CLASSIFICATION

- Intergranular, local, moderate-productivity
- Fractured, local, moderate-productivity
- Local, low-productivity

LEGEND

TOPOGRAPHICAL	GEOLOGICAL
Road	Geological boundary
Track	Fault
Village	Crater
Trip Station	
River/Creek	
Reef	
Contour in feet	
Mangroves	
	HYDROGEOLOGICAL
Borehole	Thermal spring (Temperature in °C)
Artesian borehole	Thermomineral spring TDS > 1500 mg/l (Temperature in °C)
Group of boreholes	Limit of saline groundwater
Pumping borehole	Main surface water divide
River intake. Average abstraction in m ³ /d	Secondary surface water divide
Impounding dam and approximate extent of reticulation system. Average use in m ³ /d	Flow gauging station
Aqueduct (with diversion weir or river intake)	Mean annual run off (m ³ /s)
	Catchment area (km ²)

Note: Geological boundaries and structures are based on the 1:250 000 Geology Map of Viti Levu.

SCALE 1:250 000

METRES 5000 0 5 10 15 20 25 30 35 40 KILOMETRES

(出典: GRADU 1991)

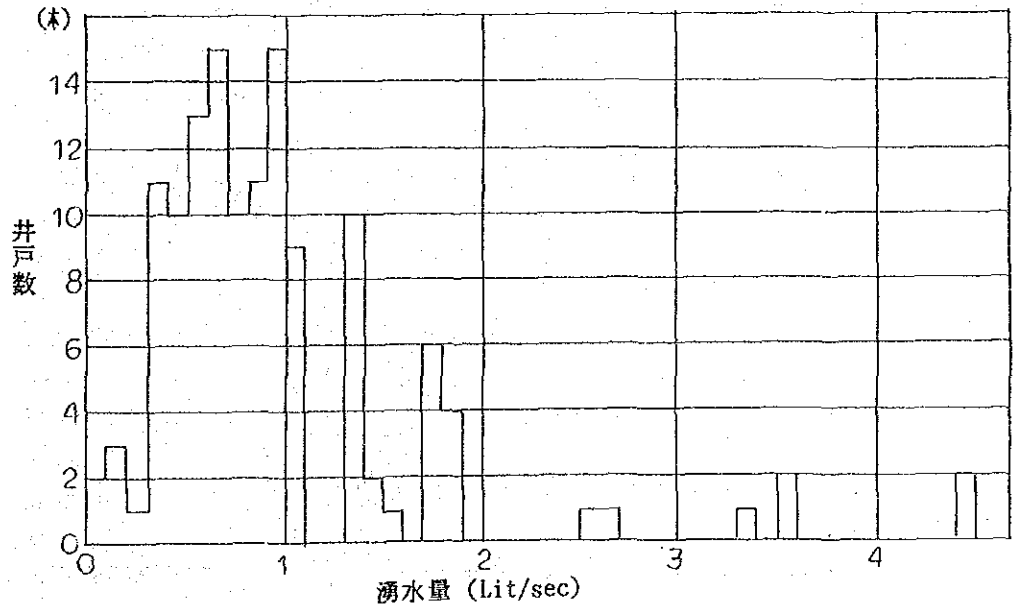
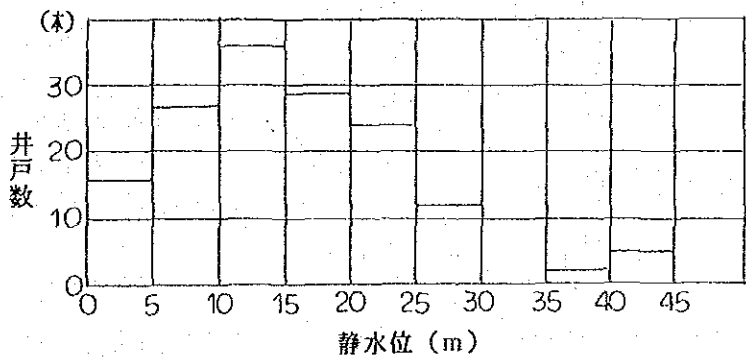
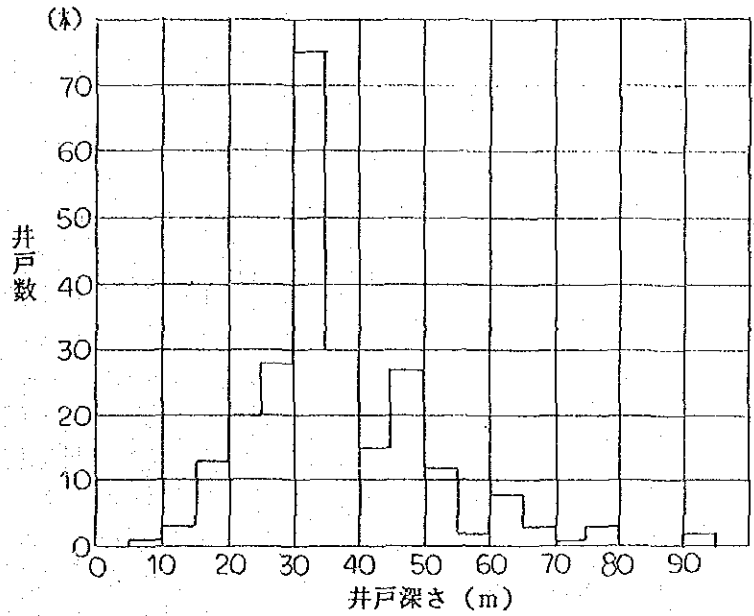


図-12 民間井戸の深度, 静水位, 湧水量
頻度図

表-3 井戸諸元 (MRDデータ)

井戸番号	88/1	88/18	88/13	VITI/146
位置	Tavarau	Tavarau	Raviravi	Vatuyaka
掘削深度 (m)	25	25	40	60
静水位 (m)	3.14	0.68	2.12	12.96
スクリーン(m)	8-25	6-23	14-26 26-35	6-60 OPEN
揚水試験		エアリフト		
揚水時間 (hrs)	5	2	2	5
揚水量 (l/s)	5.4	3.2	3.2	1.4
水位降下 (m)	1.24	10.53	6.51	0.37
透水量係数 (m ² /d)	285	-	25-50	134-491
比湧出量 (l/s/m)	4.35	0.30	0.49	3.78

井戸番号	VITI/144	VITI/141	VITI/145	VITI/142
位置	Bilolo	Qalela	Qalela	Vatia
掘削深度 (m)	60	56	56	60
静水位 (m)	11.0	flowing	?	3.28
スクリーン(m)	3.5-60 OPEN	4.8-60 OPEN	5.8-56 OPEN	1.8-60 OPEN
揚水試験		エアリフト		
揚水時間 (hrs)	24	24	24	24
揚水量 (l/s)	3.2	5.4	3.9	3.5
水位降下 (m)	1.42	4.13	4.1	5.2
透水量係数 (m ² /d)	676	96	109	126-167
比湧出量 (l/s/m)	2.25	1.31	0.95	0.67

井戸番号	VITI/143	89/22	89/24	89/32
位置	Lousa	Yaqara	Yaqara	Yaqara
掘削深度 (m)	56	38.29	60	56
静水位 (m)	8.99	5.92	8.46	10.04
スクリーン(m)	5-56 OPEN	OPEN	OPEN	OPEN
揚水試験		エアリフト		
揚水時間 (hrs)	24	4	4	4
揚水量 (l/s)	2.6	7.32	8.3	5.3
水位降下 (m)	2.96	0.2	0.4	5.48
透水量係数 (m ² /d)	247-283	1962	1544	280
比湧出量 (l/s/m)	0.88	36.6	20.5	0.97

圖-14 EM-34 Profile (電磁波探查結果)
Line 16

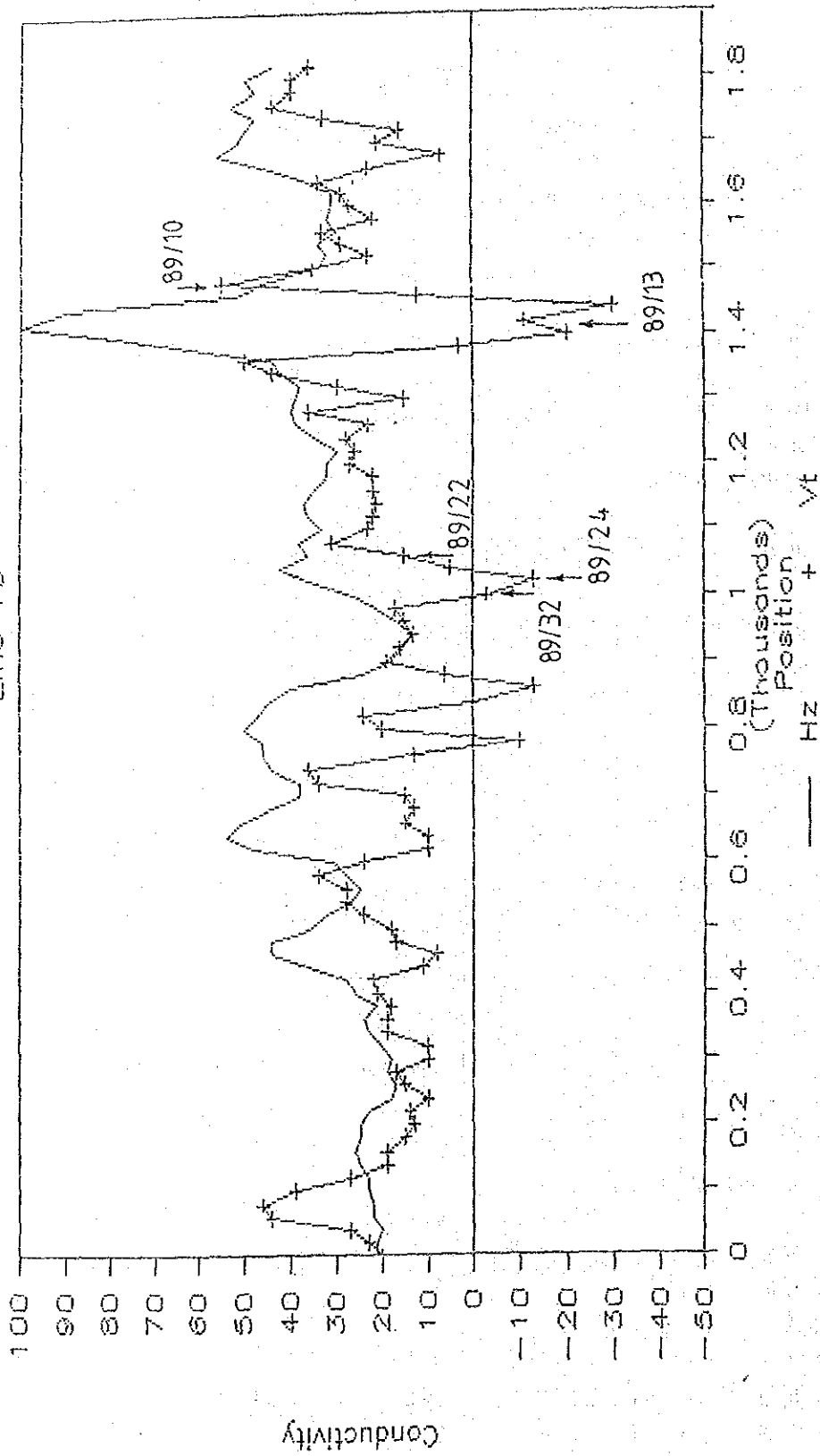


FIGURE 14 RESULTS OF EM TRAVERSE AT YADARA (ALONG NASEYANI ROAD)

lit/sec) が得られている。36.6lit/s/m の比湧出量を得られたヤングラの電磁波探査の結果を図-14に示す。

- ・民間井戸及びMRD試験井の水質試験結果から、地域の地下水は飲用に適している事が判っているが、一部地域（バータブア間のロウサ及びラヒラビ地区）で海水侵入の兆候を示している。
- ・MRDの一連の調査結果から調査対象地域の地下水について次のように考えられる；
 - 一火山岩類にはポテンシャルの高い亀裂系地下水が存在し、これは岩盤の亀裂や溶岩に規制されている。断層に規制された谷で大きな湧出量を得られている。
 - 一地域に十分な地下水を供給するためには、亀裂系地下水を対象とした適切な調査が必要である。
 - 一揚水試験はエアリフトにより短時間行われているが、滞水層の性状を把握する為に今後は、水中ポンプを用いるなど試験方法を改める必要がある。
- ・民間では沖積層にも井戸が建設されているが、データが得られておらず詳細は不明である。

3-2 社会・経済環境

3-2-1 交通

1986年時点での全国の道路網は、幹線が約5,000km、一般及びその他が約2,700kmである。ヴィティ・レヴ島では、島の外周をKINGS ROAD, QUEENS ROADと呼ばれる国道が通じている他、島を横断する道路もある。これらの一部は未舗装である。調査対象地域の町、バ迄の主要都市からの距離は下表のとおりである。西回りルートはスバまで舗装されているが、東回りルートは大部分が未舗装である。

西回りルート (Km)	東回りルート (Km)
Ba	Ba
38 Lautoka	29 Tavua
62 24 Nandi	70 41 Rakiraki
259 221 197 Suba	227 198 157 Suba

調査対象地域にもっとも近い港湾はラウトカ港であるが、陸揚げ施設や倉庫が小さいため、大型貨物や重量物はスバ港で陸揚げされている。

3-2-2 通信

通信網は良く整備されており、主要都市間と海外の電話・ファックス、国内の電話の通話状態は良好である。

3-2-3 電気事情

電力供給の大半は FEA (Fiji Electricity Authority) によって行われている。この他、PWD でも主に発電機による給電を一部の村落に対して行っている。また民間による発電も主に工場で行われている。全国の発電量419MKWHの内、水力発電が約80%を占め、残りの20%は石油、砂糖黍の絞り粕 (Bagasse) によっている。

調査対象地域では、モナサブダムからの電力を広い範囲で供給されている。

全世帯の電力源別、地域別の比率は次表のとおりである (1986年統計)。

表-4 電力供給普及率

種 類	世帯数	(%)	都市 (%)	村落 (%)
電力供給の無い世帯	63,917	51.5	24.5	69.4
電力供給のある世帯				
F E A	53,574	43.2	74.6	22.3
村落共同体	1,847	1.5	0.1	2.4
P W D	1,060	0.8	0.2	1.3
個人発電	2,553	2.1	0.3	3.2
その他	1,147	0.9	0.3	1.4
計	124,098	100.0	100.0	100.0

3-2-4 教育事情

全国に672の小学校があり、6才から13才までの就学期の児童の95%以上が就学している。中学校は、全国に140校あり、14才から17才の生徒が就学できる。有料であり (授業料は親の収入により異なる)、17才では約50%が就学している。中学校終了後、さらに上級学校で就学する者は、同年代の約4%である。

3-2-5 経済

フィジー国のもっとも代表的な産物は砂糖であり、政府の管理するフィジー砂糖協同組合 (Fiji Sugar Cooperation) は生産物の大部分を輸出に当てている。その他の輸出用の主要な産品は、金、コブラ、魚、ココナッツ油、材木、しょうが等である。その他、過去5年間に無税区 (Tax Free Zones) を設定した為に急速に成長した産業に衣類がある。これらの産品の主要な輸出国は輸出量の多い国から順に、イギリス、アメリカ、オーストラリア、ニュージーランド、日本などである。産業指標を表-5に示した。

調査対象地域のもっとも代表的な産物は沿岸地域で行われている砂糖黍栽培とナシビ川上流で稼行している金鉱山である。砂糖黍栽培には主にインド人が家族を含めて約2万人従事している。金鉱山には約1600人の労働者が、その鉱山町には約五千人が居住する。

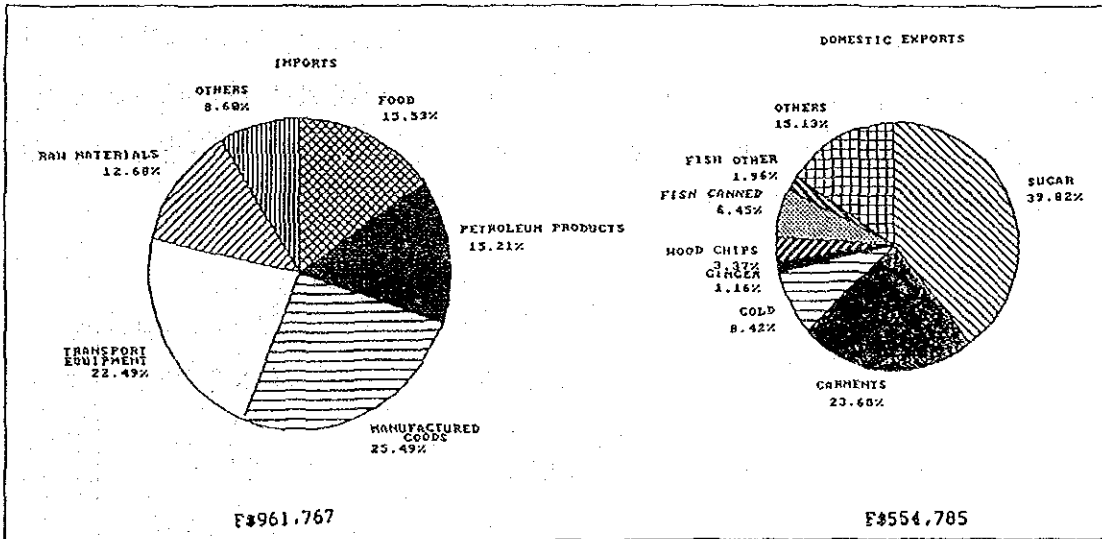
表-5 産業指標

産業構造 (GDP構成比)

(単位 %)

業種	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
農業・林業・漁業	19.3	17.6	18.5	17.6	19.9	21.9	18.5	18.5
鉱業	0.6	0.6	0.1	1.1	1.3	2.2	4.1	3.2
製造業	10.2	8.8	9.4	9.1	9.8	11.2	9.0	9.9
電気・ガス・給水業	2.1	2.5	3.5	3.3	3.5	3.2	3.4	3.1
建設業	7.5	7.0	5.1	5.2	4.6	3.6	3.9	3.8
貿易業	16.9	17.0	17.1	17.2	16.1	14.9	18.6	21.6
運輸業	8.4	9.1	9.1	9.9	9.5	9.5	10.7	9.6
金融・不動産業	13.0	13.0	12.9	13.6	13.1	13.0	13.0	12.3
サービス業	21.3	23.7	23.6	22.2	21.5	19.7	18.0	17.3
その他	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1人当りGDP(5)	1551	1535	1678	1690	1857	1844	1993	2301

貿易構造



労働産業別雇用者構成

(単位 %)

業種	1976			1986		
	男性	女性	計	男性	女性	計
農業・林業・漁業	47.7	23.2	43.6	49.6	23.8	44.1
鉱業	1.1	0.2	0.9	0.7	0.1	0.6
製造業	7.7	5.9	7.4	7.2	8.6	7.5
電気・ガス・給水業	1.1	0.2	0.9	1.1	0.2	0.9
建設業	7.5	0.5	6.3	6.1	0.4	4.9
貿易業	8.8	15.0	9.9	9.3	16.3	10.8
運輸業	5.8	2.0	5.1	6.3	2.2	5.5
金融・不動産業	1.7	3.5	2.0	2.1	3.8	2.5
サービス業	13.1	35.2	16.8	11.7	28.2	15.2
その他	5.6	14.1	7.0	5.9	16.4	8.2
計 (人数)	100.0 (146,823)	100.0 (29,499)	100.0 (176,322)	100.0 (189,929)	100.0 (51,231)	100.0 (241,160)

3-3 給水事情

3-3-1 水資源開発状況

フィジー国は1970年の独立以来、給水及び下水道事業を重視し続けてきたが、十分な開発を行うには資金不足であった。他の開発途上国に比べて、給水に関する少ない援助もその一因である。しかしながら、給水及び下水道の事業主体であるPWDは、1992年時点で国家予算の3.5%に当たる1,900万F\$の予算でこれらの充実に努めてきた。

政府が過去20年間にわたり実施してきた給水計画に「自助村落給水計画」(Self-help Rural Supply Scheme)がある。この計画は、村またはコミュニティが給水施設を建設しようとする場合、村またはコミュニティが材料費の1/3と一般労務費を負担し、政府が材料費の2/3と技術労務費を負担するものである。PWDは設計と施工管理を担当している。政府はこの計画に対し毎年予算措置をし、1992年時点では80万F\$が予算化された。また、個人用取水施設(井戸を含む)を建設する際には、1,000F\$を限度として建設費を補助する制度がある。

その結果、1986年の人口統計によれば、下表に示すように村落部の61%、都市部の93%の世帯が、人口比にすると79%の人口がパイプラインによる給水を受ける迄に改善されつつある。しかしながら残りの21%の主に村落地区の住民は、季節的に水量が不安定な水源を利用している為に、干ばつ時には政府から給水を受けている。

表-6 水源毎の給水普及率率

水 源	都市部 (%)	村落部 (%)
Piped Metered	90.7	28.5
Piped Communal	2.0	32.6
Roof Tank	1.3	4.8
Borehole	0.5	2.0
Well	2.1	20.1
River/Creek	0.6	8.2
Others	2.9	3.8
Total	100.0	100.0

調査対象地区の都市給水はバ、タブア、ラキラキの3都市において行われている。水源は主に表流水であるが、バでは一部地下水も利用している。河川からの取水は、小規模な頭首工や直接河川からポンプ揚水して浄水場へ送っている。給水ネットワークへは、配水池から重力送りを行っている。

下表に 3 都市の受益人口と給水能力を示す。

表一七 受益人口と給水能力 (河川)

地域	受益人口 (人)	給水能力 (m ³ /day)	lit/day/capita
バ	36,900	5,454	148
タブア	13,700	5,500	400
ラキラキ	7,400	1,090	147
計	58,000	12,044	207

給水基準量 (PWD 1990) 都市部 : 200 lit/day/capita

村落部 : 160 lit/day/capita

上表に見るようにバ及びラキラキでは PWD の給水基準量を下回っている。ラキラキでは基準量を大幅に上回る給水能力を持つ。しかしながら、図一15に示すように給水管施設の遅れから都市全域に給水されている訳ではない。加えて貯水池の給水水頭の不足から、標高60メートル以上の地域には給水が出来ない状況にある。

対象地域の井戸を水源とする水道給水は、バ市周辺の5カ所とタブア市周辺の1カ所で実施されている。合わせた給水能力は約800m³/day、受益人口は約8,600人、一人当たりの給水量は平均で93lit/dayある。

地域内のパイプラインによる給水人口は約67,000人、人口比率にすると64%である。全国平均の79%と比較すると、普及率はかなり低いと言える。

残りの36%の住民に対しては組織だった給水はなく、深井戸や手堀井戸或いは雨量タンクを水源とした個々の給水によっている。手堀井戸やクリークを水源としている場合は、乾期にはこれらから水を得られず、渇水時の緊急給水は PWD による週に2ドラム缶/人の給水に頼っている。

多くの各種水源を現地で視察したが何れも清潔で良く保守されており、現地住民の給水施設に対する関心の高さを感じた。

3-3-2 給水体制

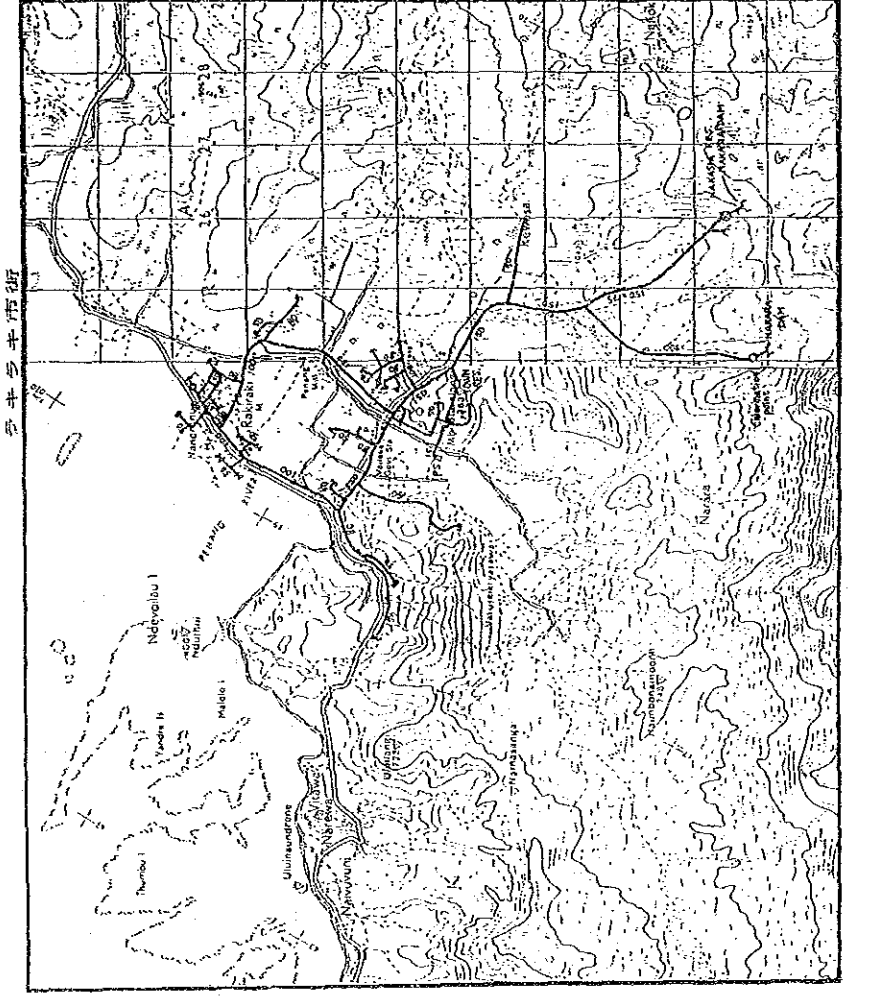
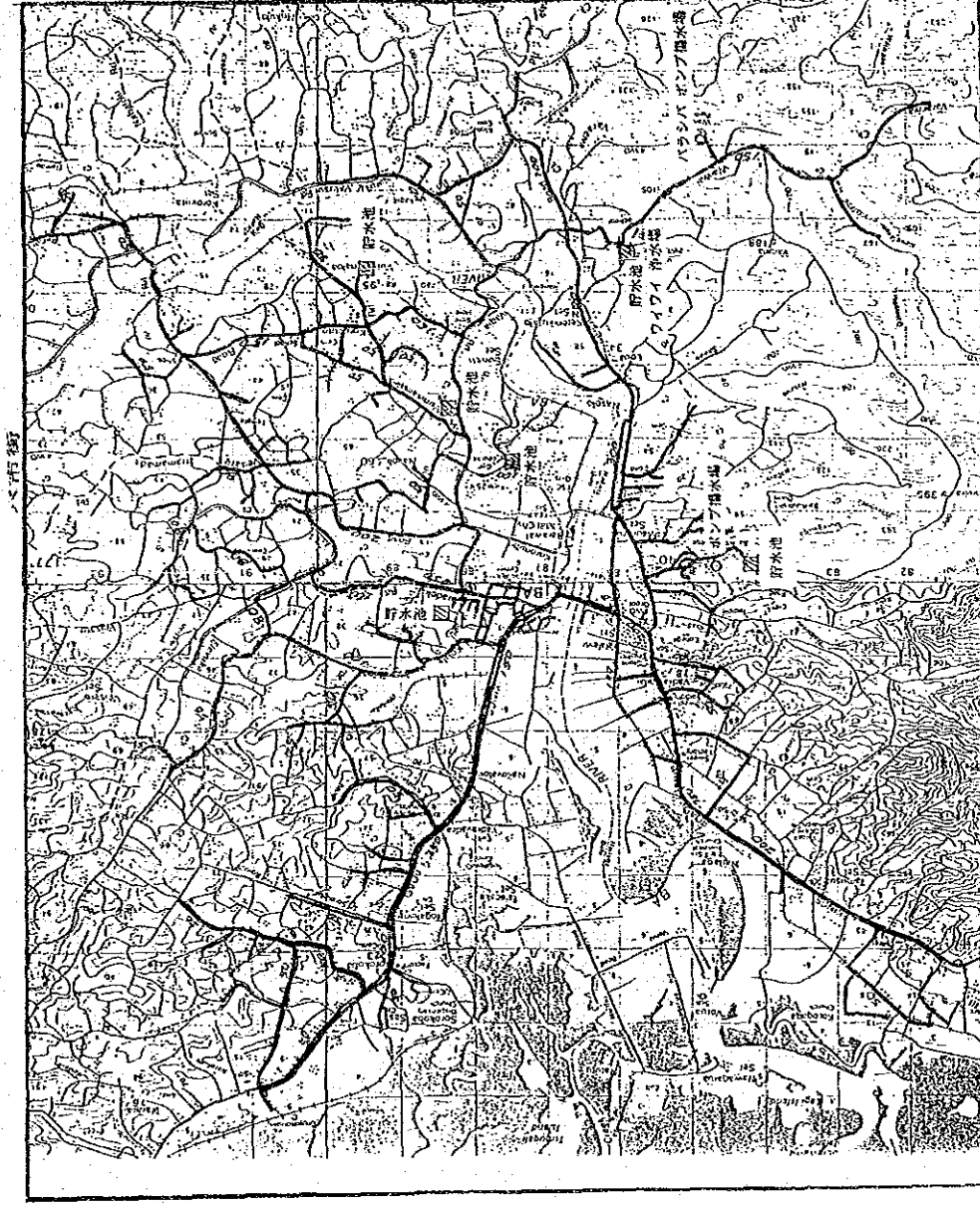
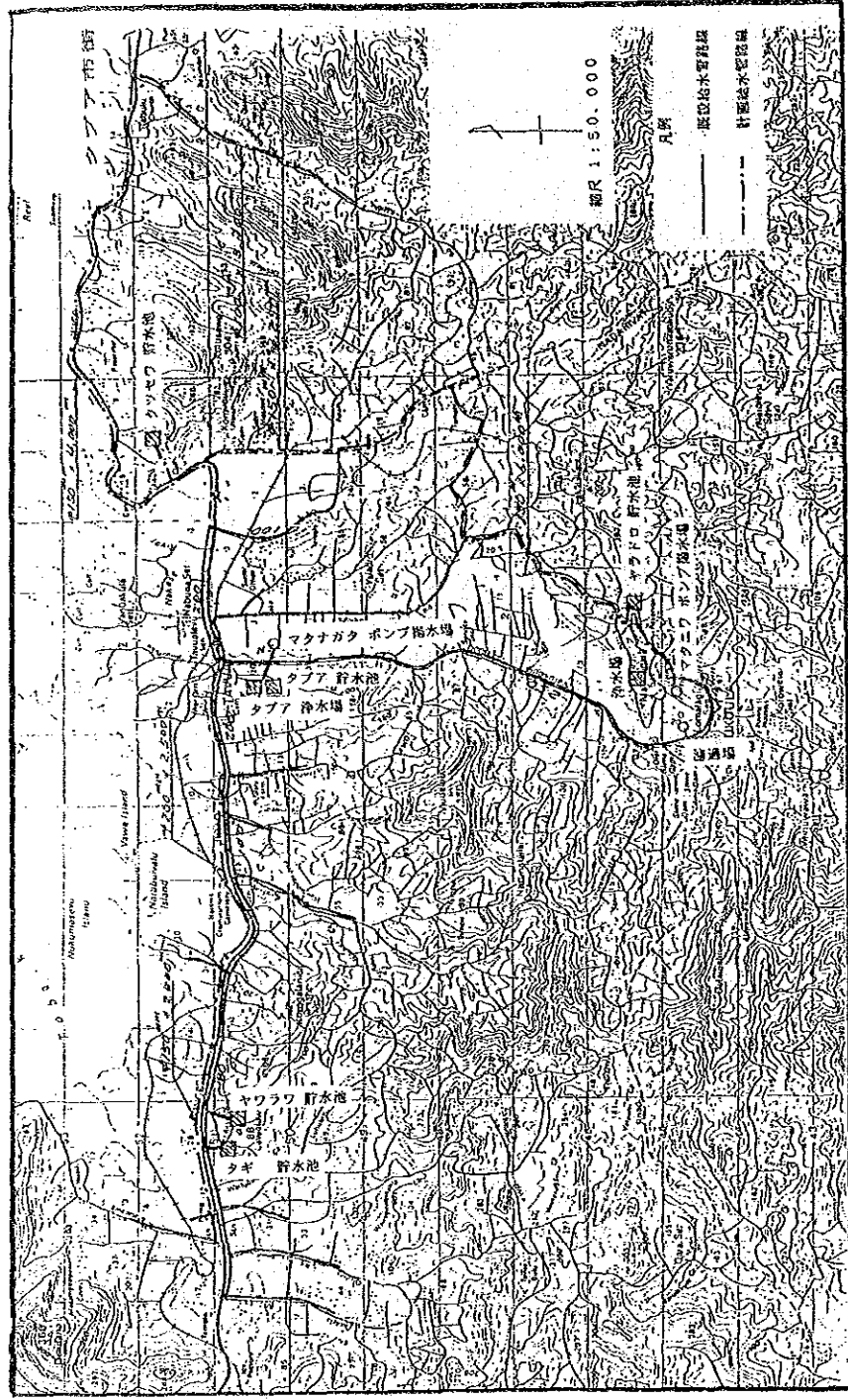
フィジー国の給水事業は、PWD 各地方管轄局によって行われている。調査対象地域は、ラウトカ市にある西部管轄局の管轄区域内にある。同管轄局は、対象地区内にある8センターを含む13の給水施設センターを統括している。給水施設センターは、施設の運転・保守及び料金徴収を行っている。

政府の補助を受け個々に建設した給水施設は、個々の責任で運営している。

3-3-3 給水計画

PWD によって運営されているパイプラインシステムの拡張は、要望されてはいるが具体的な計画はない。

図-15 給水管敷設図



有力な河川が常流河川である事を考えると、地域の安定した給水は表流水給水システムの拡張が最も有効であろう。

しかしながら、現地視察の限りにおいては、バ及びラキラキの現在の取水及び配水施設の能力は限界である。その為、パイプラインネットワークの拡張には流域の水文評価を初め、取水及び配水施設を含めた根本的な改良計画の策定が必要と判断される。

地下水開発計画については、対象地域の1987年の大干ばつに対応するため、PWDはMRDの協力により、地下水開発を目的に1987年から1991年にかけてバ火山岩層の地下水賦存量評価のための調査を行った。しかし、1992年以降の調査は予算化されず中断している。また開発のための具体的な計画はない。

MRDの調査では、バ火山岩層は開発可能なポテンシャルを有すると結論している。

しかし、地域への地下水供給のためには次のような問題点がある；

1. MRDの調査は一部地域で行われているのみで、地域住民が利用可能な開発の策定までに到っていない。
2. バ火山岩層以外の滞水層、例えば沖積層などはかなり広範囲に分布するにも関わらず調査が行われていない。
3. 調査対象地域の井戸は、主に民間井戸業者によって建設されているが、正しい水理地質的判断に基づいていない為、何れの井戸も小さな湧出量しか得られない。
4. 村落部では部落を形成している処は少なく、家屋が散在している。このため、クリーク、湧泉を含めた木目の細かい給水計画が必要である。
5. 約36%のパイプラインによる給水を受けていない地域住民に安定した給水をするため、早急な開発計画と関係官署への指導が求められている。

給水関係でPWDに対する各援助機関からの援助はない。MRDには、アドバイザーとしてイギリスから水文地質技術者が1名、小島嶼地下水開発計画にUNDPから1名の技術者が派遣されている。

3-4 関連機関の概要

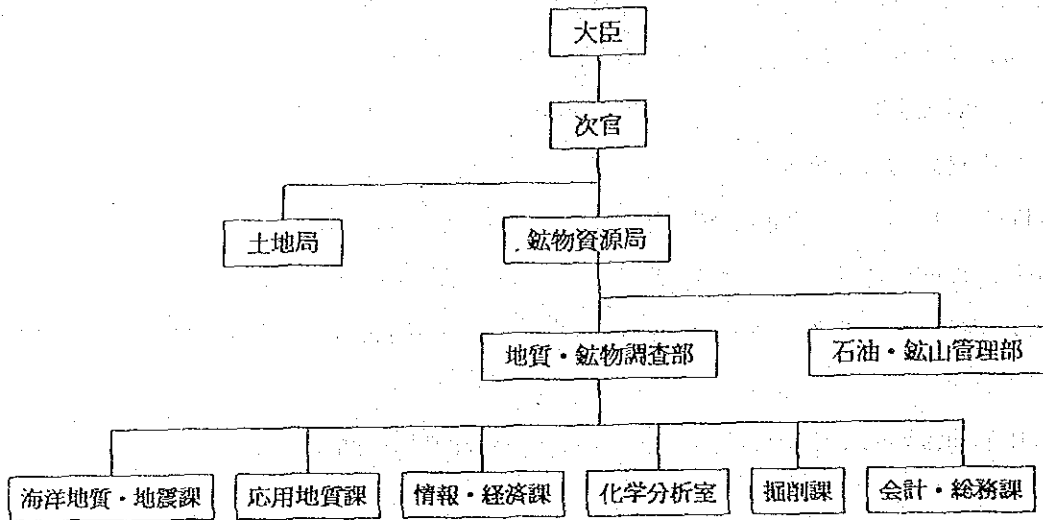
3-4-1 PWD及びMRD

PWD及びMRDの組織表を表-8~9に示した。給水部門は、PWDでは給水・下水道課(Water and Sewerage Section)が、MRDでは応用地質課(Applied Geology Section)が担当している。

3-4-2 MRD地下水部門

MRD地下水部門のスタッフは、組織表に示したように、水文地質部門にアドバイザーを含め12名、掘削部門に17名である。

表-8 土地資源省組織図



応用地質課、掘削課組織図

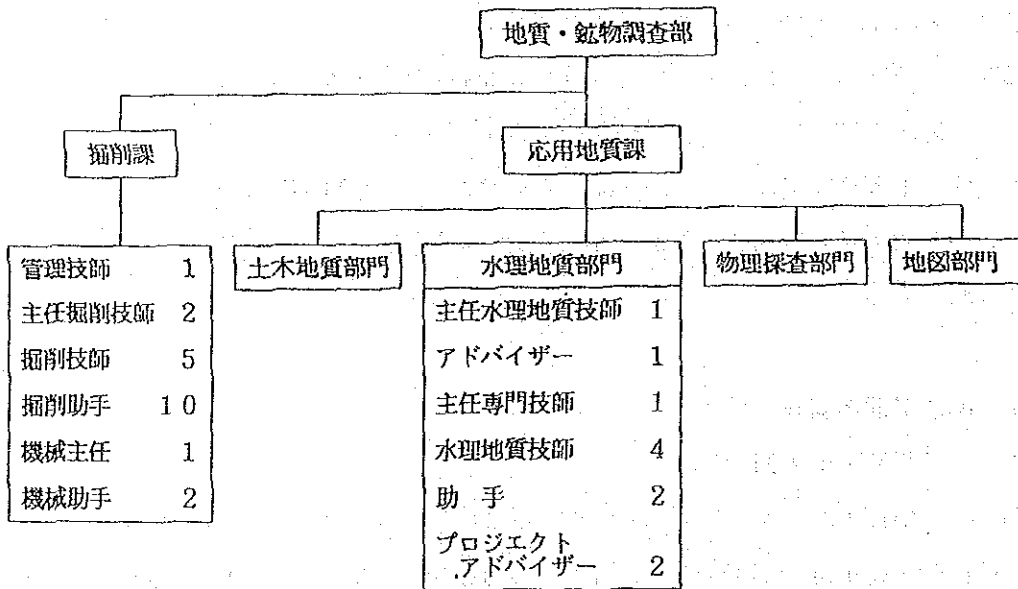
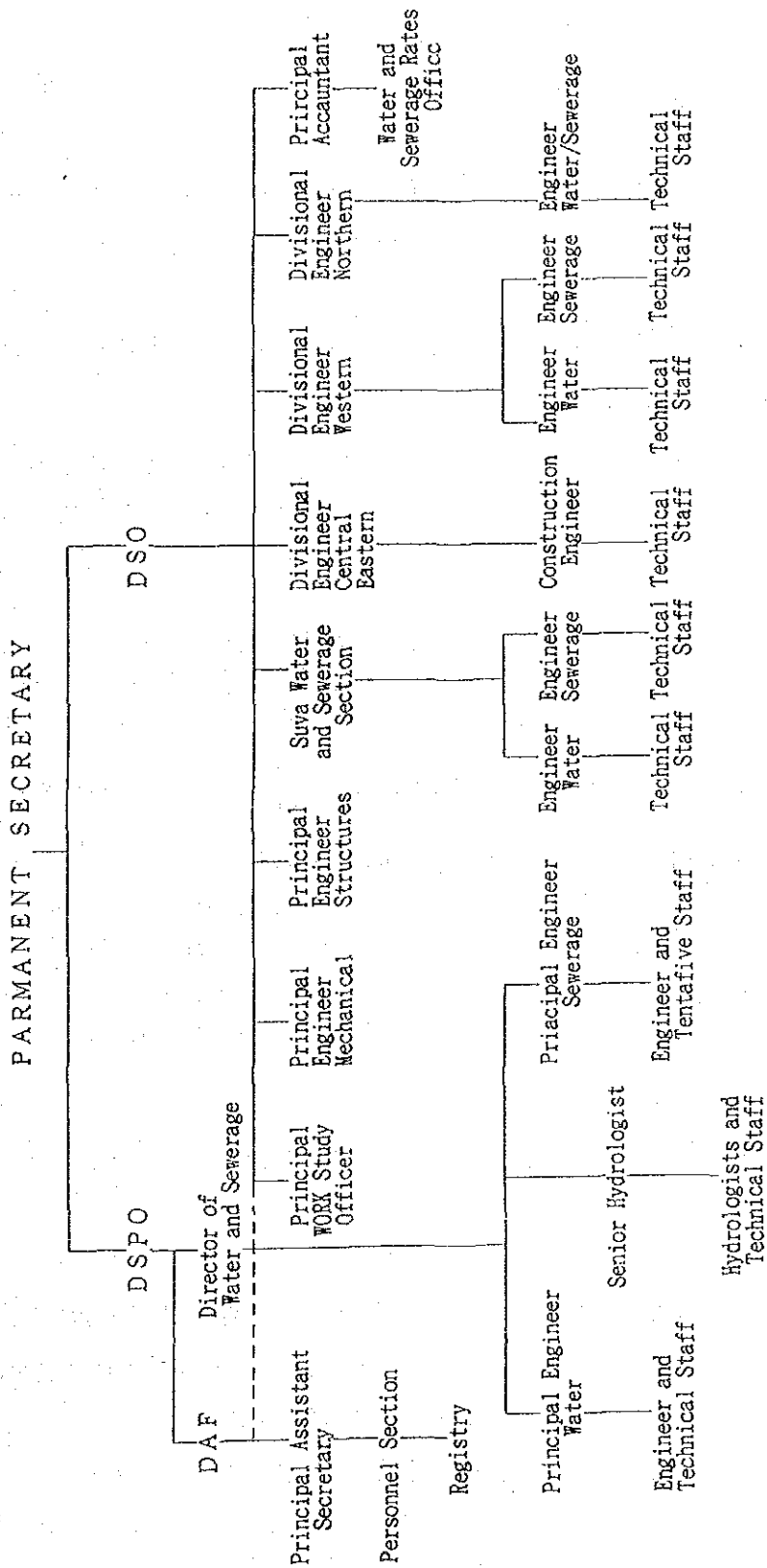


表-9 基本設備・公共事業省
公共事業局組織図



DSPO: Deputy Secretary of Planning and Design
 DSO : Deputy Secretary of Operation
 DAF : Director of Administration and Finance

MRDにより全国で継続的に実施されている地下水関係のプロジェクトは、次の2件である。

1. 小島嶼地下水開発計画

1991年よりヤサワ、ナヴィティで井戸掘削を開始。

2. フィジー地下水評価及び開発

1985年にイギリスの援助で始まった GRADU (the Groundwater Resources Assessment and Development Unit) 計画の一環で、全国の地下水モニタリング、調査、測定機器の調達を行っている。

その他、短期的な地下水開発が、PWD 及び MPI (Ministry of Primary Industries) の要請により実施している。

地下水部門の過去4年間の予算を下表に示す。MPIの予算は、主にシンガトカ地域の灌漑のための地下水開発の為に費用である。掘削機の稼働率の低下により、1990年以降の他省庁からの予算が減少している。

表-10 MRD地下水部門の予算 (F\$)

年度	予算の出所			計
	MRD	PWD	MPI	
1989	28,500	196,000	108,000	332,500
1990	110,000	294,000	360,000	764,000
1991	96,000	265,000	60,000	421,000
1992	93,100	164,000	6,300	263,400

(MPI: Ministry of Primary Industries)

3-4-3 MRD保有資機材

MRDの所有する資機材は、現地にて調査した結果下記の様な状況であった。(表-11「保有機材リスト」参照)

<掘削機>

掘削機は、全部で5台保有しており、その内井戸掘削に使用可能な掘削機は、1981年に日本より供与された、利根製のTOP-200型とオーストラリアGEMCO製H22Aの2台である。TOP-200は1982年より稼働を開始し年間8~10本程度の掘削を行ってきたが、1991年は故障のため稼働せず、1992年は1本を掘削後2本目にて故障を起こしている。現在は、修理を終え一応使用可能な状態にあるが、現在までの故障箇所のほとんどが油圧系統に集中している。

<コンプレッサー及び支援車両>

コンプレッサーは3台保有しているが、ハンマー掘削用に使用できるのは、掘削機と同じ

く1981年に日本より供与された北越製 PDSH-500が1台であるが、本格工事の為にはスペアパーツの補充が必要である。他の2台は圧力・容量とも小さい。

支援車両は、大型トラック（6～8トン）が4台あるが、内2台は現在故障の為修理中であつた。小型車に関しては掘削班が所有のものは計2台あるが現在故障中である。

〈掘削ツールズ〉

掘削ツールズに関しては、ドリルパイプ関係が、ネジ部の摩耗が激しいものも多く、また、ワークケーシングは10" 8" 6" が在庫としてあつた。溶接機、発電機、水中ポンプは使用不可能な状態であつた。

ビット関係は、ほとんどが中古品で数量は少ない。

掘削用の泥剤はオーストラリア製のものがあるが、ハンマー掘削用の発泡剤の在庫はない。

以上、掘削用資機材に関して全体的に言える事は、機材の大半がかなり老朽化しており、掘削機、コンプレッサーとも十分なスペアパーツの補充と修理が必要であり、また、掘削ツールズ等の補充も必要である。

〈調査用機器〉

電磁波探査、電気探査、井戸検層、水位計、トランシット、レベル、測量用テープなど調査に必要な機器は複数在庫し、整備されており使用可能な状態にある。

3-4-4 民間井戸業者の現況

フィジー国内に3者の井戸掘削業者があるとの情報を得て調査した結果、以下のような状況であつた。

1. Fiji Drilling

現在営業を停止

2. Radial Drilling Pacific

所在地：スバ

ニュージーランドに本社があり、フィジー、ヴァヌアツ、インドネシアなどに出先を持つ。鉱山関係の傾斜ボーリングを得意としている。現在フィジーには3台のボーリング機械を持ち込んでいるが、何れもコアボーリング専門機で、井戸掘削用のリグはない。スバにある資材倉庫を見る事が出来たが、部品・工具類とも十分に整理・整頓されており、技術者の質は高いと思われる。

しかし、フィジーには水井戸用のリグは配置されておらず、また過去にフィジーで井戸掘削の経験もない。

3. G.Nadan, G.N.S. Well Drilling

所在地：バ

調査対象地域のバを中心に、民間用の井戸を専門に掘削している。会社の設立は1985年で、

それまでこの地域で井戸の掘削を行ってきた業者のリグを譲り受けて営業をしている。そのため、保有している3台のリグは、何れも老朽化が激しく、また掘削ツールの保管状況も劣悪である。現在稼働している現場を見学する事が出来、フォアマンに技術的なインタビューを行ったが、質は良くないと判断された。完成した井戸も見学したが、砂の混入やグラウトの不完全さ等問題が多い。井戸構造は通常、5-1/2ビットで掘削し、4"pvc ケーシングパイプを設置するというもので、掘削深度は40m 程度との事である。水井戸仕上げに使用するには問題があると判断された。

表-11 MRD保有資機材リスト

名 称	仕 様	数 量	備 考
トラック搭載式ボーリングマシン	TONE TOP-200E	1台	DTH専用として使用
	GEMCO H22A	1台	泥水工法専用として使用
一般ボーリングマシン	MINDRILL F34	1台	77-ボーリング専用
	MINDRILL F52	1台	"
パーカッション用ボーリングマシン	BOURNE	1台	
コンプレッサー	北越 PDSH-500	1台	150PSI 477cfm
	COMPAIR CR370A	1台	75PSI
	SULLIIR	1台	75PSI
大型トラック (修理中)	HINO 8t KB-322	1台	HIAB 3t エック付
	NISSAN 8t	1台	
	TOYOTA 7t D-5	1台	HIAB 3t エック付
(修理中)	TOYOTA 7t	1台	
	MATSUDA 3t T3500	1台	
小型車 (修理中)	LAND CRUISER	1台	
	MINISUBISHI 1.5t	1台	
ワークケーシング	10" × 3m	5本	
	8" × 3m	23本	
	6" × 3m	43本	
ドリルカラー	7" × 3m (3-1/2IF)	2本	
	5" × 3m (3-1/2IF)	2本	
ドリルロッド	φ120.7mm × 3m (3-1/2IF)	40本	
	φ88.9mm × 3m (2-3/8IF)	40本	
	HW (φ88.9mm) × 3m	96本	
	NW (φ66.6mm) × 3m	156本	
	BW (φ53.9mm) × 3m	270本	
	AW (φ43.6mm) × 3m	132本	
	EW (φ34.9mm) × 3m	200本	
ワイヤーラインロッド	NQ (φ70.0mm) × 3m	20本	
	BQ (φ55.6mm) × 3m	60本	
泥水ミキサー	VILKERS 300L	1台	
鋼製水タンク	3m ³	1台	
	5m ³	2台	
送水ポンプ (修理中)	FMC 1122B	1台	140L/min, 1000PSI
発電機 (修理中)	クボタ	1台	
溶接機 (修理中)		1台	
トリコンビット	12-1/4" MH、H	2ケ	中古
	9-5/8"	2ケ	中古
	" MH	1ケ	新品
	7-5/8" MH H	5ケ	中古
エアハンマー	AD-115H 5-1/8~5-1/2用	1台	
ハンマービット	5-1/2" クロスビット	2ケ	中古
泥剤	Bio-Vis 15kg	80缶	
	Well-Clean 15kg	80缶	
PVCケーシング	8" × 4m	80本	
	6" × 4m	50本	
ワイヤネットスクリーン	6"	7本	

第4章 本格調査の概要

4-1 調査の基本方針

事前調査団と土地・鉱物資源省との間で締結されたS/Wによれば、本格調査の目的は次のとおりである。

- (1) ヴィティ・レブ島北部における地下水資源開発賦存量の評価を行う。
- (2) ヴィティ・レブ島北部における充分確実で安全な給水のための地下水開発計画を策定する。
- (3) 日本側は本調査の期間中、調査に参加するフィジー側専門家に対して技術移転を行う。

ヴィティ・レブ島北部における給水は、PWDの都市部への上水道による給水、村落共同体による表流水及び地下水のパイプラインによる給水が行われている。しかしながら、住民の36%は未だこれらによる安全で確実な給水が受けられないばかりでなく、1987年の干ばつ等、表流水への依存が大きいために乾期にはしばしば地域全体が深刻な水不足に見舞われている。

この為、地下水開発が急務となっているが、対象地域における地下水開発のための調査は、PWD/MRDにより一部地域で行われているのみで地域全体の地下水開発計画策定には到っていない。さらに、今後は海岸沿いの地域での塩水侵入、砂糖黍栽培の為の農業の大量使用による地下水の汚染などの問題が生じる可能性もある。

本格調査の実施に当たっては、以上の点に留意して、以下の方針のもとに、調査、解析、計画策定を行う事が必要である。

- (1) フェーズI第1段階に於いて、既存資料の収集、整理、解析を行うとともにランドサット映像解析、航空写真判読を行い第2段階の現地踏査のための資料を作成する。

フェーズI第2段階に於いて、第1段階の資料解析を参考に地形・地質踏査、自然環境調査、物理探査を行う。また井戸台帳の作成を目的とした利水調査を行う。これらの結果に基づき、予備的な水理地質図を作成し、流域及び滞水層の分布を勘案した地下水開発地域区分を行う。地域区分の決定後、各開発区域毎にボーリングサイトを選定する。

- (2) フェーズII第1段階に於いては、第2次現地調査を行う。すなわち、設定されたボーリングサイトに於けるボーリング、揚水試験、水質試験、地下水位一斉観測、地下水位長期観測、河川流量測定である。

フェーズII第2段階に於いては、今までの調査を基に検討と解析を行う。即ち、水質特性の分析、水収支シミュレーション計算、水需要予測、地下水資源評価、最終的な水理地質図の作成である。

- (3) フェーズIII第1段階に於いては、地下水開発計画と水供給計画の策定を行う。水供給計画

の策定に当たっては、地下水以外に表流水や湧泉の利用も可能である事、既に地域住民の60%以上がパイプラインからの供給を受けており、PWDに具体的な計画はないが将来これを拡張する意志がある事などを考慮し、関係官署や地域共同体と充分協議する事が必要である。

(4) フィジー国は、原住民のフィジー人とインド人の間に政治的、経済的な確執がある。現地調査に当たっては、このような抗争に巻き込まれないように注意が肝要である。また、土地の立ち入りについては、事前にMRDスタッフによる交渉と契約が必要である。土地の権利に関しては、原住民に特別な慣習があり、またインド人はほとんどが借地であるなど権利関係が複雑で外国人には理解が難しい。

4-2 調査対象地域とその範囲

要請書に示された調査対象地域は、線引きの根拠は特に明確ではない為、S/W協議に於いて南側境界は北流する河川の南側分水嶺まで、北側は海岸線まで、東はペナン側の東側分水嶺まで、西側はラウトカ市東方のラウトカ給水パイプラインの終点までとした。(図-10流域図参照)

4-3 調査項目及び内容

本格調査に於ける必要な調査項目及び解析検討は次のとおりである。

- (1) 資料収集・整理
- (2) ランドサット映像解析
- (3) 空中写真判読
- (4) 地表踏査 (地形・地質調査, 自然・社会環境調査)
- (5) 利水・水文調査
- (6) 電気探査
- (7) 電磁波探査
- (8) 試掘・揚水試験
- (9) 地下水収支シュミレーション
- (10) 水需要予測
- (11) 地下水資源評価
- (12) 地下水開発基本計画策定
- (13) 給水基本計画の策定
- (14) 環境影響評価

(1) 資料収集・整理

対象地域での過去の地下水調査は、MRDにより1980年代から本格的に行われており、報告書も作成されている。ただMRDの調査地域は限定されている上、地域の大半を占める民間井戸の資料に乏しい。MRDでデータベースを作成中の井戸データの確認が必要である。これらの過去のデータを整理収集して、既存の水理地質図の検討を行う（MRD製作のものは1/25万）。

資料収集・整理項目は次のとおりである。

- ①気象・水文資料：降水量，気温，湿度，風向，風速，日照，蒸発散量，潮位，河川流量
(注：資料は台帳から引き移しの為，入手までに2週間程度を要する。)
- ②地形・地質関連資料：収集リスト参照
- ③社会・経済資料：一部収集済み，収集リスト参照
- ④地下水関連：調査報告書，井戸位置，ボーリング柱状図，揚水試験記録，水質分析結果，一部収集済み，収集リスト参照
- ⑤給水関連資料：給水施設，取水・配水量，受益人口，水質分析結果
- ⑥環境行政資料：収集リスト参照
- ⑦その他関連プロジェクト資料

(2) ランドサット映像解析

リモートセンシング手法により地形，地質，地質構造，植生，土地利用等をマクロ的に把握し，現地調査の目安とする。

解析項目は次のとおりである。

- ・地形区分
- ・表層地質分類
- ・断層，リニアメントなどの地質構造
- ・植生
- ・土地利用

(3) 空中写真判読

ランドサット映像解析結果に基づき，さらに詳細な地形・地質構造を空中写真より判読する。調査地域は多くの断層が，北西及び北東方向にあり，これが地下水の胚胎と重要な関係を持つと言われている。空中写真判読により，その存在の確認，位置の特定を現地で行い，1/10万程度の判読図にまとめ水理地質図作成のための基礎資料とする。今回の資料収集でMRDから調査対象地域全域の1/5万の空中写真の提供を受けている。

(4) 地表踏査（地形・地質調査，自然環境調査）

調査地域をカバーする1/5万，1/25万の地質図があるが，空中写真判読結果と地質踏査により1/10万の地質図を作成する。現地踏査から水文地質の地下水域単元を明確にし，水理地質図及び断面図に取りまとめる。合わせて環境影響評価のための調査，特に塩水侵入の予想される地域や農地の村落の特質や生態系を把握する。

(5) 利水・水文調査

地下水の賦存形態，流動方向，涵養状況及び水質特性，開発／利用状況，地下水障害の現況，河川の流量，水質特性，河川環境を把握するため次のような調査，観測を行う。

① 利水調査

井戸台帳の作成を目的として，浅井戸，深井戸，溜池，湧水，雨水，表流水等利用施設の現況調査を行う。調査は関係官署へのアンケート方式とし，アンケートの様式を設定，準備し，配布，整理を行う。

諸元：水源タイプ，利用人口，建設時期，利用状況，運営・管理体制，衛生状況，疾病状況，水源周辺的环境等

② 地下水位の一斉観測

既存井及び本調査で掘削した試掘井を利用して地下水位の一斉観測を実施する。一斉観測は，乾期の初及び終末期の2回，雨期の1回，計3回実施する。

③ 地下水位の長期観測

既設井及び本調査で掘削した深井戸の代表的なものについて，自記水位計による地下水変動の長期観測を行う。自記水位計は日本より20台携行する。

④ 河川流量の測定

調査地内のバ川，ナシビ川，ペナン川，ヤンガラ川は流量観測所があり流量記録を入手できる。小河川であるワロア川と東部の小河川の2カ所で流量測定を行う。流量測定は，地下水位の一斉観測と同時期に行う。

⑤ 水質分析

既存井及び試掘井より採取した地下水について水質分析を行い，水質の地域特性・滞水層特性を明らかにする。特に地下水汚染がみられる地域については精査を行い，その状態を明らかにする。必要に応じて表流水についても行う。

一般項目：温度，電気伝導度，酸化還元電位，PH， HCO_3^{2-} ， Cl^{2-} ， SO_4^{2-} ， K^+ ， Na^+ ， Ca^{2+} ， Mg^{2+} ，総硬度

水道項目： NO_3^{2-} ， NO_2^{2-} ， NH_4^+ ， F^- ，Cr，Fe，Cu，Zn，Mn，Pb，etc.

(6) 電気探査

地下地質構造の把握及びボーリングサイトを決定するために垂直電気探査を行う。探査深度は100～200m程度とする。

—探査数量—

深 度	測定能率	稼働日	測定数
100～200m	5点/日	20日/月	100点/月

(7) 電磁波探査

調査地を構成する地質は海岸沿い及び河川流域の沖積層を除いてバ火山岩類からなり、その亀裂や破碎帯に賦存する烈カ水が開発の対象となる。資料解析や現地踏査などで特定された地下水ポテンシャルの高い地区で、断層破碎帯の探査に有効と考えられる超長波(VLF)を利用した電磁波探査を行う。測定は、測点上を5～10m間隔で測定する。

—測定能率—

測定時間	1測線当たり点数	測定能率
5秒/測点	200点/1000m	4測線/日

(8) 試掘・揚水試験

地表踏査、物理探査等により地下水開発の可能性が高いと想定される地点に於いて試掘と揚水試験を行う。試掘数量は20本とする。フェーズIIが雨期にかかり施工能率が低下するため、2台の掘削機が必要である。内1台はMRDが提供し、あと1台は中型のトラック搭載型掘削機を日本より現地へ送る。ただし、MRDが使用予定のTONE TOP-200は1981年に日本より供与されたものであり、消耗が激しく稼働率が悪い場合の部品の供給が必要である。必要な供給部品明細は、付属資料7に示した。

①井戸仕様

4～8項に詳述

②坑内検層

—比抵抗検層

—自然電位検層

—電導度検層

—温度検層

③揚水試験

段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験を実施

④採水及び分析

連続揚水時の中間と終了時に計2回採水し、全項目の水質分析を現地にて行う。

(9) 地下水収支シミュレーション

水理地質及び水文環境から区分した地下水域の内から1地区を選択し、コンピューターによる水収支シミュレーションとそのモデルの構築を行う。選定する地区は、都市部（バ、タブア、ラキラキ）を含む流域とする。その為、パーソナルコンピューター及びレーザープリンターを日本より携行する。パソコンは現地の実状に合わせてIBM仕様とする。

(10) 水需要予測

地域人口、人口増加率、土地利用計画、給水計画、社会・経済環境等から地下水開発優先地域の水需要予測を行う。

(11) 地下水資源評価

実施した調査、データ解析を総合して、調査対象地域全体の地下水資源評価を行う。水理地質図を完成するとともに、地下水資源評価図を作成する。何れも縮尺は1/10万程度とする。

(12) 地下水開発計画の策定

水需要予測、地下水資源評価に基づき、地下水開発の優先地区を選定し地下水開発計画を策定する。優先地区の選定に当たっては、給水に関する責任官庁である PWD との十分な協議が必要である。

① 村落給水優先地区の選定

水需要の緊急度、地下水ポテンシャル、水質、表流水利用の可能性、地下水開発用途の各要素について設定した地区毎のランク分けを行い、地下水開発の優先順位を決め、地下水開発計画地区を選定する。

② 地下水開発計画の策定

開発の為の調査フローチャート、詳細調査項目、調査方法、削井方法、に付き提案を行うとともに、取水施設、配水施設の計画をする。

③ 初期環境評価 (IEE)

JICA の環境配慮手引書に基づいて、選定された地域の施設建設にともなう初期環境評価を行う。環境影響評価 (EIA) が必要と判断された場合、調査内容を明確にする。EIA 迄必要がないと判断された場合はインパクトの緩和策に付いて検討を行う。

当該地区で環境インパクトが懸念される項目は

- － 過剰揚水による塩水侵入
- － 農薬や殺虫剤による地下水汚染等である。

④ 事業評価