

マラウイ共和国

ムジンバ西地下水開発計画

基本設計調査報告書

平成9年1月

1134989

マラウイ共和国
ムジンバ西地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成9年1月

JICA LIBRARY



J 1134989 (1)

国際協力事業団
日本技術開発株式会社

調 無 一

CR (1)

97-017

マラウイ共和国
ムジンバ西地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成9年1月

国際協力事業団
日本技術開発株式会社



1134989 [1]

序 文

日本国政府は、マラウイ共和国政府の要請に基づき、同国のムジンバ西地下水開発計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成8年8月25日から10月3日まで、基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、マラウイ国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成8年10月30日から11月11日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成9年1月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝 達 状

今般、マラウイ共和国におけるムジンバ西地下水開発計画基本設計調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社が、平成8年8月19日より平成9年1月31日までの5.5カ月間にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、マラウイ国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組に最も適した計画の策定に努めてまいりました。

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

平成9年1月

日本技術開発株式会社

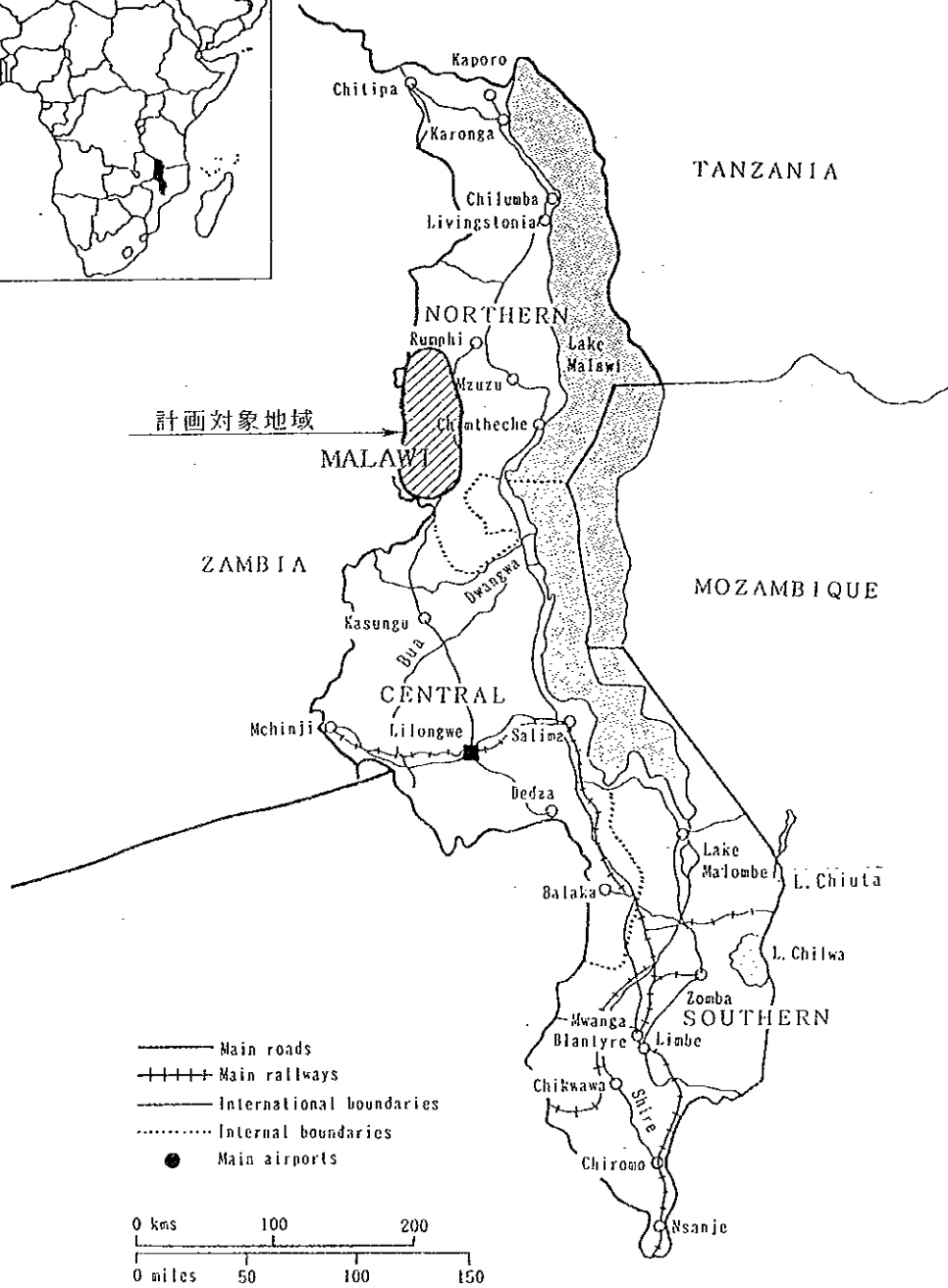
マラウイ共和国

ムジンバ西地下水開発計画基本設計調査団

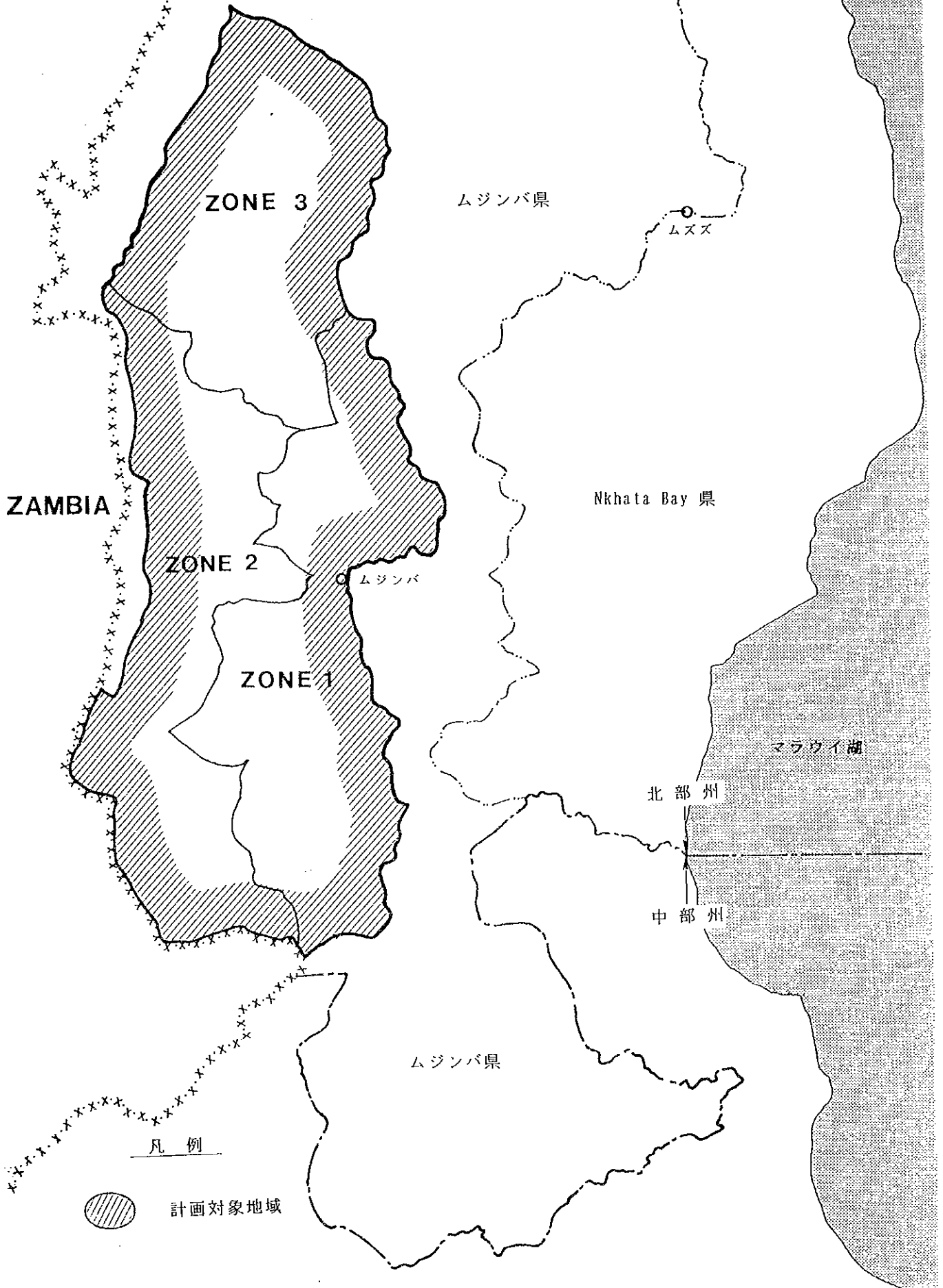
業務主任 高久 昭紀

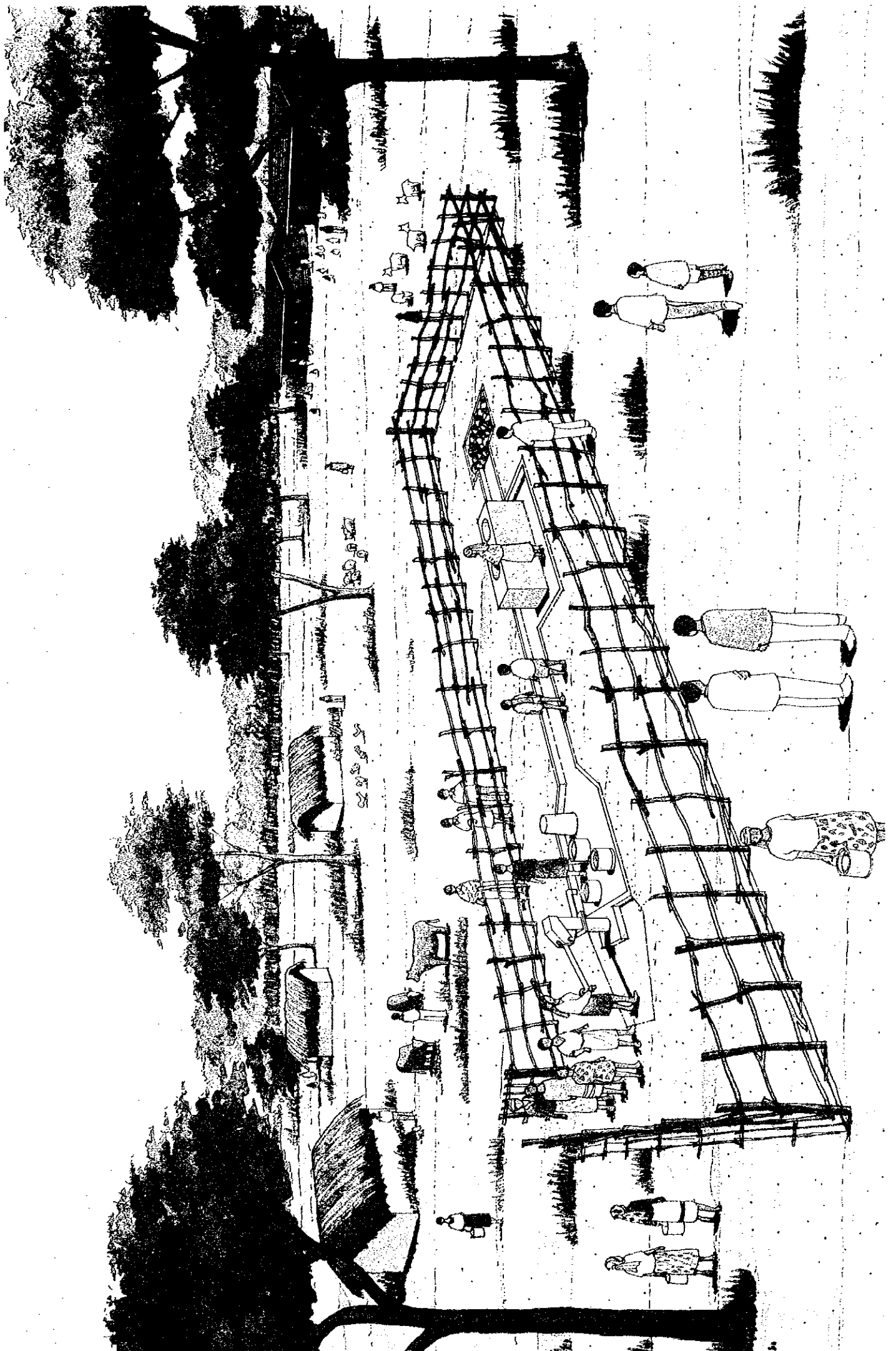
計画対象地域位置図

M A L A W I



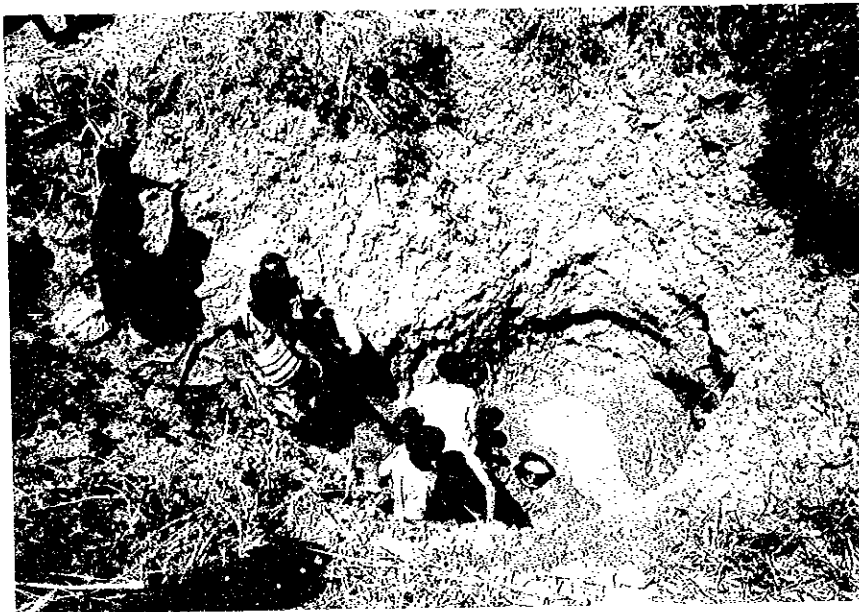
計画対象地域図



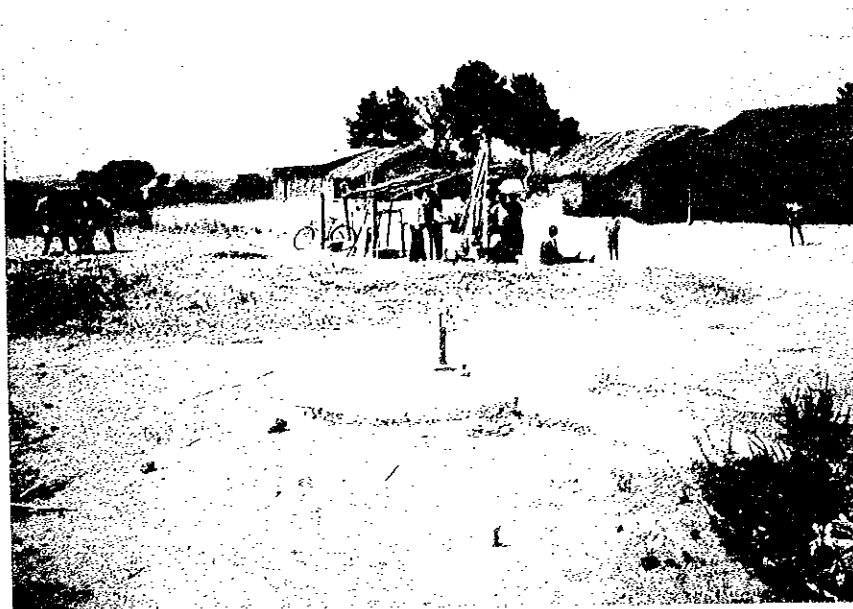




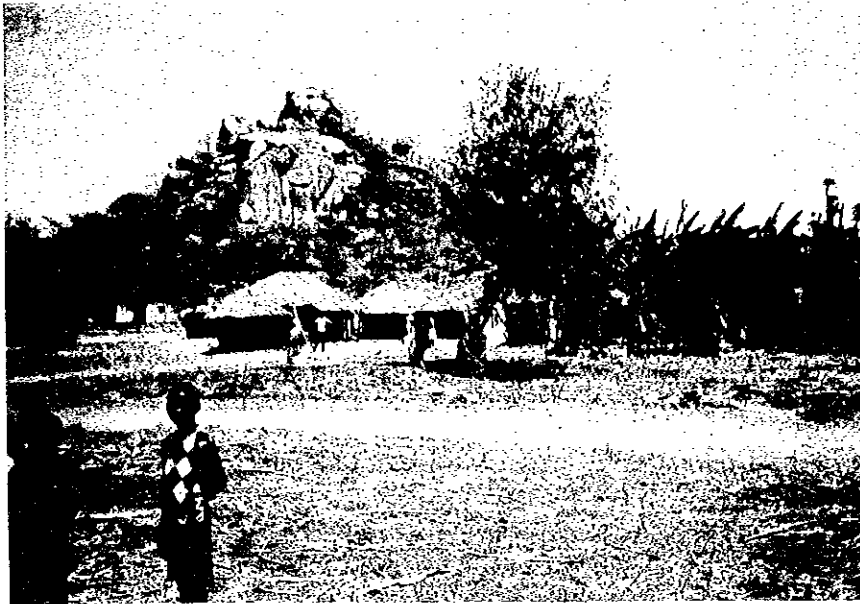
- ① 計画対象地域Mjingeの深井戸(GK-153)。IDAのリハビリプロジェクトによりアフリデフポンプが設置されている。



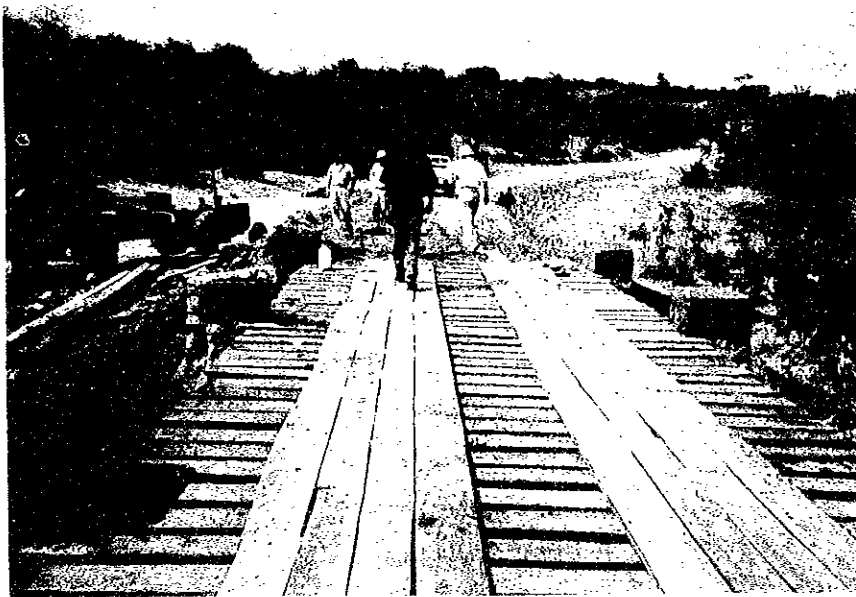
- ② 計画対象地域北部(Saimon Chisi)のDAMBO付近に掘られた浅井戸(深さ2.5m程度)子供達が茶濁した水を汲みあげている。



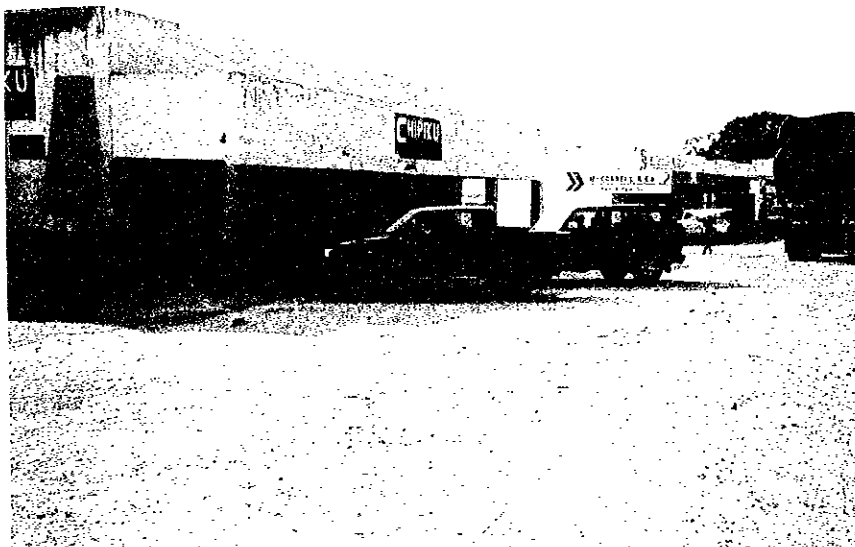
- ③ 計画対象地域南方のM1国道沿い村落にある自然流下式水道の蛇口。



- ④ 計画対象地域北部の
嶺(Vavela Nyonyagha)。
背面の山は黒雲母片
麻岩。
手前の道路は二級国
道から分岐した一般
道路。



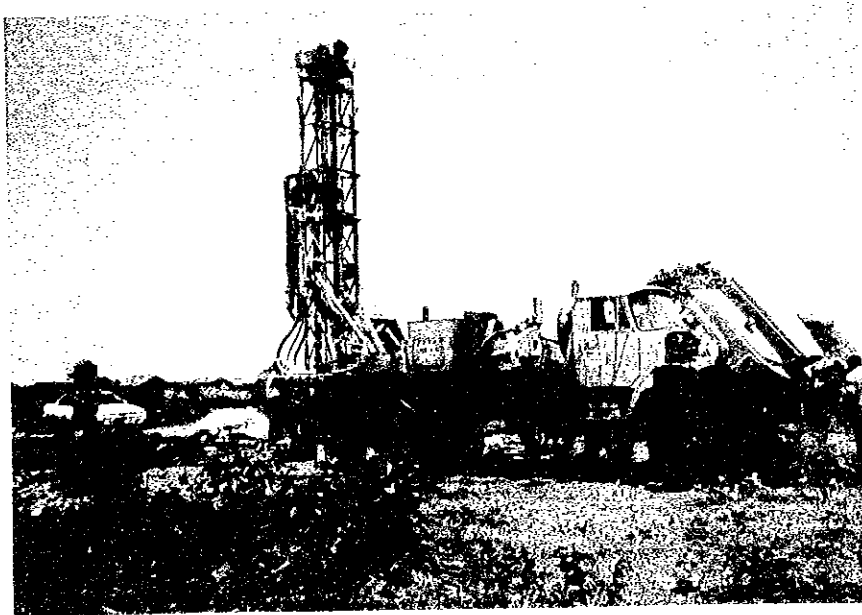
- ⑤ ムジンバ市西方の M 9
国道と小河川を跨ぐ
橋梁。
1996年雨期の洪水で
橋梁が流され、建設
省と軍隊の共同作業
で改修工事を行って
いる。橋梁の許容荷
重 20 t 。



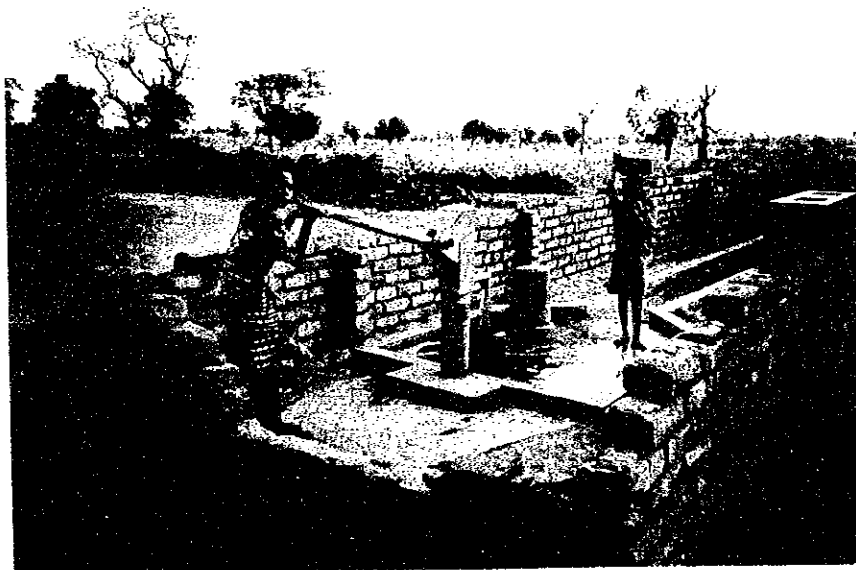
- ⑥ アフリデフポンプの
スペアパーツを販売
しているムジンバ市
内のCHIPKU STORE。
計画対象地域内では
4ヶ所で販売している。



⑦ 水利局北部州事務所
にあるアフリデフポン
プのスペアパーツ
保管庫内部。



⑧ 北カウインガ地区地
下水開発計画で調達
された掘削機。
農業省の資金により
Kasungu 県内で掘削
工事中。



⑨ ムチンジ地下水開発
計画で完成したBua TC.
の深井戸(井戸番号1-61)。
住民達によりレンガ
塀が建設されている
(工事中)。

略 語 表

ADD	: Agricultural Development Division (農業開発地方局)
AfDB	: African Development Bank (アフリカ開発銀行)
A/P	: Authorization to Pay (支払い授權証)
BHN	: Basic Human Needs (人間としての基本的ニーズ)
B/A	: Banking Arrangement (銀行間協定)
CBM	: Community Based Management (住民参加の維持管理)
DANIDA	: Danish International Development Agency (デンマーク国際開発局)
DDC	: District Development Committee (県開発委員会)
EEC	: European Economic Community (欧州経済共同体)
ESCOM	: Electrical Supply Commision of Malawi (マラウイ電力供給公社)
EP&D	: Ministry of Economic Planning and Development (経済計画開発省)
E/N	: Exchange of Noted (交換公文)
GDP	: Gross Domestic Product (国内総生産)
JICA	: Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)
IDA	: International Development Association (国際開発協会 (第2世銀))
IFAD	: International Fund for Agricultural Development (国際農業開発基金)
IMF	: International Monetary Fund (国際通貨基金)
KfW	: Kreditanstalt für Wiederaufban (復興金融公庫)
MOIWD	: Ministry of Irrigation and Water Development (灌漑・水開発省)
NGO	: Non-Governmental Organization (非営利民間団体)
OPC	: Office of the President and Cabinet (大統領府)
PSIP	: The Public Sector Investment Programme (公共投資計画)
SCF(UK)	: Save the Children Fund (児童救済基金)
UNCDF	: United Nations Capital Development Fund (国際資本開発基金)
UNCHS	: United Nations Centre for Human Settlements (国連人間居住センター)
UNDP	: United Nations Development Programme (国連開発計画)
UNICEF	: United Nations Children's Fund (国連児童基金)
VL F	: Very Low Frequency (周波数帯の1つ)
VLOM	: Village Level Operation and Maintenance (村落レベルでの深井戸運営・維持管理方式)
WID	: Women in Development (開発における婦人の役割)

要 約

マラウイ国は、アフリカ大陸の南東部に位置し、国土は南北に細長い総面積118,484km²（国土の20%がマラウイ湖）の小国であり、人口973万人（1994年、人口密度103人/km²）、国民1人当りのGNPは200US\$（1993年）である。マラウイ国では、就労人口の約87%（1992年）が農業に従事し、農業部門の国内総生産（GDP、250千万US\$、1992年）に占める割合は35%に及んでいる。現行の「国家長期開発政策（1987～1996年）」でも、雇用と輸出の面で主要な役割を担っている農業部門の発展を最重要としている。

マラウイ国経済の根幹となる農業の発展を促進する上で、生活基盤である衛生的で安定した生活用水の供給が大きな課題となっている。マラウイ国政府は、灌漑・水開発省を計画・実施機関とし、井戸掘削及び自然流下式水道施設の建設を2本の柱として全国的な給水施設の普及に努めている。しかし、地方における給水普及率の現状は45%程度（1993年）にしか過ぎず、このうち既存井戸については、構造の欠陥、老朽化、ハンドポンプの故障等が原因で、多くの井戸が使用できない状態になっており、実質上の普及率はこれ以下である。マラウイ国政府は前述の「国家長期開発政策」の中で、地方における給水普及率を1996年までに74%まで高めることを目標としていたが、1994年に「国家水開発計画」が策定され、人口増を考慮し、目標年次が2010年まで延長された。具体的には、2010年までに自然流下式水道の新設及びリハビリの他、ポンプ付き井戸5,500ヶ所のリハビリと、14,900ヶ所の新設が内容となっている。しかし、財政事情等から国家開発計画全体の立ち遅れが目立ち、地下水開発についても同国が独自で計画を実施することは困難なため、国際機関や先進国にその協力を要請している。このような背景のもとマラウイ国政府は、ムジンバ県西部地区での地下水開発に関する無償資金協力を1994年12月に日本政府に対し要請してきた。

この要請を受け、国際協力事業団は、1996年5月に事前調査団を派遣し、要請内容を確認した上で、1996年8月25日から10月3日まで基本設計調査団を派遣した。調査団は、先方政府関係者との協議、サイト調査を実施し、帰国後調査結果を検討解析のうえ、基本設計概要書にとりまとめた。この基本設計概要書説明のため、国際協力事業団は1996年10月30日から11月11日まで調査団を派遣した。

ムジンバ県は国内でも肥沃な地域の一つにあげられ、農業開発にとって重要な役割を担っており、全国における地域総合開発のモデル地区の一つとして、1987年に「ムジンバ県総合開発計画」も策定されている。しかし、現状はムジンバ県における本計画対象地域の人口が235,940人（人口密度59.3人/km²）であるのに対し、IDAのリハビリプロジェクト

ト後においても211本の深井戸しか稼働しておらず、井戸1本当りの給水対象人口は1,118人となり、井戸の絶対数が不足している。実際は地域内の22%の人口のみが利用しているに過ぎず、大多数の住民は、手掘り井戸や表流水を利用せざるをえなくなり、水系疾病の発生の原因となっている。さらに、乾期においてこれらの水源は涸渇し、数少ない他の水源を求めて女性や子供が遠距離の水運搬を強いられている。このように、日常生活に密着した「水」に関わる悪条件が地域住民に多大な影響を及ぼして社会問題となっているため、広範囲に分散する村落に対して安全な生活用水を供給できる地下水開発が急がれている。

一方、計画対象地域の水理地質条件は、西側（Type I）の高原地帯、東側（Type II）の山裾部及び丘陵周辺部の2地区に分けられる。Type Iでは、風化帯が厚く分布し滞水層を形成しており、地下水の開発には有利であるが、Type IIでは、風化帯の分布が相対的に浅く、新鮮な基盤岩が地下浅部から現れており、断層破碎帯の裂っか中に賦存する地下水も開発の対象となり、地下水開発に不利な地域に該当する。これらの地下水は、雨水から涵養されるものであるが、対象地域では年間800mm前後の雨量が期待でき、年間降水量の95%は11～3月の雨期に集中している。また、各村落へのアクセスは、国・県等の管理する道路網が一部の村落を除き概ね完備しているが、大半が舗装されていない土漠道路であるため、雨期になると河川横断、湿地、傾斜箇所において全体の50%程度の地域で車輛の通行が困難となる。

当プロジェクトの実施機関は、灌漑・水開発省が担当する。同省水利局の地下水開発部門は、580名の職員を擁し、全国的に州事務所、維持管理事務所等の出先機関が配置されている。地下水開発部門は8名の水理地質技術者を中心に運営されており、我が国の援助で実施された北カウイング地区及びムチンジ地区の地下水開発プロジェクトを初め各種援助案件を担当し、成功裡に完了させている実績もあり、実施能力を十分持ち合わせていると考えられる。井戸の維持管理については、IDA、UNDP、UNICEF、NGO等の協力を得て、住民参加の維持管理（CBM Program）を行うための啓蒙活動を推進しており、当プロジェクト完了後は啓蒙活動によって組織された水管理委員会による深井戸の維持管理が予定されている。

調査団は、先方政府関係機関との協議及びサイト調査の結果を踏まえ、出来る限り多くの村落住民に衛生的な生活用水が行き渡る裨益効果の高い内容とすることに留意し、以下の計画を策定した。

対象地域は、要請地域から地方都市給水と自然流下式水道給水区域を除く北部州ムジンバ県西部地区の約3,980km²の区域とし、1日1人当りの給水量27ℓ、深井戸1本当りの給水人口を500人以下を基本的な給水条件として、300本の深井戸を建設する。深井戸の構造

は深さ平均50m、内径100mmで水溜れのしない滞水層にストレーナを設け、維持管理が容易で、経済的に富むハンドポンプ（アフリデフポンプ）を設置する他、付帯構造物として受水ケブロン、排水路、洗い場、排水枡も含めた内容とする。

工事の工程は3年計画とし、1年目は機材の調達やワークショップの建設工事を含む準備工事とし、2、3年目に深井戸建設工事を実施する。深井戸工事の掘削機は、新しく調達される掘削機1台の他、過去の日本からの無償資金協力によって調達された掘削機2台を加えた3台体制とする。

また、対象地域は地下水開発の不利な水理地質条件の地域も含まれているため、詳細設計時の物理探査を前提として深井戸工事の成功率を80%とする。

計画の実施は、1期の詳細設計と2期（3年間A型国債）に分けられ、期毎の計画内容は次表のとおりである。

計画内容		詳細設計	機材調達	工事
期別				
1期目		現地調査&詳細設計1式	—	—
2期目 (A型国債)	1年目	—	(1) 繻織(標附品、ツール含む) 1式 (2) トラック懸垂エアコンプレッサー 1式 (3) 泥水剤、発泡剤 1式 (4) 電気探査器 1組 (5) 揚水試験機材 1組 (6) 支援車両 1) クレーン付カーゴトラック 2台 2) ピックアップ(シングルキャビン) 2台 3) ピックアップ(ダブルキャビン) 3台 4) モーターバイク 4台 (7) 手押しポンプ 330台 (8) 給水タンク 1台 (9) 燃料タンク 2台 (10) 通信機 1式 (11) 修理用機材含むワークショップ用設備 1式 (12) 調達済機材のスベアパーツ 2式 (13) 調達済機材ツール 180さ(粉)	(1) ワークショップ建設 1式 (2) 調達済機材の修理等準備工事 1式
	2年目	—	(1) ケーシング、スクリーン 180さ(粉)	(1) 深井戸建設工事 180本
	3年目	—	(1) ケーシング、スクリーン 120さ(粉)	(1) 深井戸建設工事 120本

計画に要する日本国側負担の概算事業費は、第1期74百万円、第2期（A型国債）1,203百万円の総額1,277百万円と見込まれる。一方、マラウイ国側負担の概算事業費は、深井戸建設技術者の提供とCBM Programのための啓蒙活動費用からなり、総額1.33百万MK（約9.5百万円）と見込まれる。

本計画を実現させることにより、下記のような効果が期待できる。

- ① ムジンバ西地区の深井戸給水率を22%から54%に向上する（井戸1本の給水人口250人として）。深井戸施設のない村落では水系疾病の罹患経験率が100%であるのに対して、深井戸のある村落では深井戸建設後ほとんど水系疾病の発生がないことから、上記の給水率の向上は、水系疾病の罹患率の減少に大きく貢献する。
- ② 非衛生的な水源の水汲み時間が日平均3時間、最大4時間以上の現状から、水汲み時間を日平均2時間以下に短縮する。
- ③ ワークショップの整備により、既存の井戸を含めた計画地域の井戸の維持管理体制が向上し、持続的な給水が可能となる。

以上のとおり、本計画は生活用水に困窮する地方住民に寄与するBHN案件であり、本計画を無償資金協力で実施することは妥当であると判断される。本計画の運営管理については、マラウイ国のスタッフ及び実施体制が整えられているので問題はないと考えられる。さらに、本計画をより効果的なものにするために、次の点に留意する必要がある。

(1) 啓蒙活動資金

建設される深井戸の維持管理は、村落レベルで設立される水管理委員会によって行われるよう計画しており、水利局は委員会の設立推進、管理技術の講習及び衛生教育を含めたCBM Programを作成している。本計画の実施にあたって、CBM Programに基づく啓蒙活動は重要な項目の一つであることから、灌漑・水開発省は、実施機関として必要な予算を確保し、適切な啓蒙活動を行う必要がある。

(2) プロジェクト終了後の深井戸維持管理

水管理委員会による深井戸の維持管理は、水利局職員によってモニタリングされることになるが、委員会設立後長期間を経れば管理技術の継承が十分行われな可能性があるため、定期的（数年に1度程度）に講習会開催等の適切なアフターケアを継続的に行うことが必要である。

(3) 今後の地下水開発計画の推進

本計画終了時においても、対象地域の給水普及率は54%である。2010年の国家目標（給水普及率74%）を満足させるためには、人口増加を見込んでさらに約550本の深井戸建設工事が必要となり、本計画の完了は国家目標を推進する上で第1段階の工事が終了したにしか過ぎない。国家目標を達成させるためには、本計画以降の人口動向を的確に反映させた地下水開発計画を策定し、同時に本件で調達された掘削機等の機材が長期的に活用できるよう、定期点検、スペアパーツ交換等の適切な維持管理を行い、計画を推進していくことが必要である。

マ ラ ウ イ 国
ムジンバ西地下水開発計画
基本設計調査報告書

目 次

序 文	
伝達状	
位置図	
計画対象地域図	
透視図	
写 真	
略語集	
要 約	
第1章 要請の背景	1
1-1 要請の背景及び経緯	1
1-2 要請内容	2
1-3 要請の確認	8
第2章 プロジェクトの周辺状況	11
2-1 当該セクターの開発計画	11
2-1-1 上位計画	11
(1) 国家開発計画	11
(2) 地域開発計画	12
(3) 国家給水計画	13
2-1-2 財政事情	14
2-2 他の援助国、国際機関の計画	15
2-3 我が国の援助実施状況	18
2-4 プロジェクトサイトの状況	19
2-4-1 位置及び人口	19
2-4-2 自然条件	22
(1) 気象・水文	22
(2) 地 形	27
(3) 地 質	30
2-4-3 水理地質状況	33
(1) 水理地質の概要	33
(2) 地下水の賦存状況（電気探査結果）	39
(3) 既存井戸と滞水層の状況	54

(4) 水 質	57
2-4-4 社会基盤整備状況	60
(1) 社会基盤状況	60
(2) 社会状況	62
(3) 経済状況	65
2-4-5 給水事情	67
(1) 生活用水給水の現状	67
(2) 深井戸の運営・維持管理	72
2-4-6 水系疾病	82
2-4-7 機材の状況	84
(1) 水利局手持ち機材の現況	84
(2) 過去に日本から調達された掘削機等の機材の状況	84
2-5 環境への影響	88
第3章 プロジェクトの内容	89
3-1 プロジェクトの目的	89
3-2 プロジェクトの基本構想	89
3-2-1 実施運営計画の検討	89
3-2-2 類似計画の検討	91
3-2-3 計画の構成要素の検討	92
3-2-4 要請施設・資機材の検討	102
3-2-5 プロジェクトの基本構想	103
3-3 基本設計	104
3-3-1 設計方針	104
3-3-2 基本計画	106
(1) 深井戸配置計画	106
(2) 資機材計画	109
1) 資機材選定の基本方針	109
2) 主要資機材の検討	111
3) 資機材計画	120
(3) 深井戸建設工法及び付帯構造物の設計	123
(4) ワークショップ建設計画	128
3-4 プロジェクトの実施体制	132
3-4-1 組 織	132
3-4-2 予 算	133
3-4-3 要員・技術レベル	134

第4章 事業計画	139
4-1 施工計画	139
4-1-1 施工方針	139
4-1-2 施工上の留意事項	139
4-1-3 施工区分	140
4-1-4 施工監理計画	141
4-1-5 資機材調達計画	141
4-1-6 実施工程計画	144
4-1-7 相手国側負担事項	146
4-2 概算事業費	147
4-2-1 概算事業費	147
4-2-2 維持管理計画	148
第5章 プロジェクトの評価と提言	153
5-1 妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果	153
5-2 技術協力・他ドナーとの連携	154
5-2-1 技術協力	154
5-2-2 他ドナーとの連携	154
5-3 課題	155

資 料 編

付録-1 調査団員氏名、所属	A-1
付録-2 調査日程	A-3
付録-3 相手国関係者リスト	A-7
付録-4 当該国の社会・経済事情	A-9
付録-5 その他のデータ	A-11
付録-6 参考資料リスト	A-85

第1章 要請の背景

第1章 要請の背景

1-1 要請の背景及び経緯

マラウイ国は、アフリカ大陸の南東部、南緯9°20′から17°10′、東経33°から36°の間に位置し、東側と南側はモザンビーク国と、東北側はタンザニア国と、西側はザンビア国と接する内陸国である。国土は、南北に約800km、東西に約145kmと南北に細長い総面積118,484km²（日本の約0.3倍、うち20%がマラウイ湖が占めている）の小国であり、人口973万人（1994年、人口密度103人/km²）、国民1人当りのGNPは200US\$（1993年）である。

マラウイ国政府は、独立（1964年）以来、一貫して農業の振興を重要な施策としている。現在、就労人口の約87%（1992年）が農業に従事し、農業部門の国内総生産（GDP、250千万US\$、1992年）に占める割合は35%に及んでいる。現行の「国家長期開発政策（1987～1996年）」でも、「人口増加率（3.7%）を上回る経済成長の達成」が謳われており、そのためには、雇用と輸出の面で主要な役割を担っている農業部門の発展が最重要とされている。

マラウイ国経済の根幹となる農業の発展を促進する上で、生活基盤である衛生的で安定した生活用水の供給が大きな課題となっている。マラウイ国政府は、国連の「国際飲料水及び環境衛生10ヵ年計画」（1981～1990年）に沿って生活用水の量的な確保（1日1人27ℓ）、住民250人当たり井戸1本、水運搬半径を500m以内とすることによる水運搬労働時間の低減、清潔で安定した生活用水の供給による水系疾病発生率の低減という目標を立て、灌漑・水開発省を計画・実施機関とし、井戸掘削及び自然流下式水道施設の建設を2本の柱として全国的な給水施設の普及に努めている。また、「5ヵ年公共投資計画（1993/94～1997/98年）」でも具体的に公共投資が計画され、1994/1995年には水道・衛生分野において開発予算の6.37%を配分している。

しかし、地方における給水普及率の現状は45%程度（1993年）にしか過ぎず、このうち既存井戸については、構造の欠陥、老朽化、ハンドポンプの故障等が原因で、多くの井戸が使用できない状態になっており、実質上の普及率はこれ以下である。このため、国際援助機関の資金でリハビリ工事を重点的に行っており、同時に受益者住民自身で深井戸の維持管理を行う運動（VLOM：Village Level Operation and Maintenance）を全国的なレベルで展開し、既存の給水施設が無駄なく有効に活用されることにも力が注がれている。

マラウイ国政府は前述の「国家長期開発政策」の中で、地方における給水普及率を1996年までに74%まで高めることを目標としていたが、1994年に「国家水開発計画」が

策定され、人口増を考慮し、給水普及率74%の目標年次が2010年まで延長された。具体的には、2010年までに自然流下式水道の新設及びリハビリの他、ポンプ付き井戸5,500ヶ所のリハビリと、14,900ヶ所の新設工事が内容となっている。しかし、財政事情等から国家開発計画全体の立ち遅れが目立ち、地下水開発についても同国が独自で計画を実施することは困難であり、国際機関や先進国にその協力を要請している。このような背景のもとマラウイ国政府は、ムジンバ県 (Mzimba District) 西部地区の地下水開発に関する無償資金協力を1994年12月に日本政府に対し要請してきたものである。

1-2 要 請 内 容

(1) 目 的

- 地方住民に対し、深井戸を建設し、衛生的で安定した生活用水を供給することによって、水系疾病を予防する。
- 非生産的な水運搬労働から解放し、余剰時間を農業や他の生産活動に転化する (W I D問題の配慮)。
- プロジェクトの実施に伴い、灌漑・水開発省職員がO J Tに参加し、技術力の向上を図る。

(2) 実施機関

灌漑・水開発省

(3) 対象地域

北部州ムジンバ県 (面積10,430km²、人口601,192人 (1996年推定)) のうち、西部地区 (面積3,980km²、人口235,940人 (1996年推定)、村落数689村)

(4) 要請の内容

1) 深井戸建設工事

マラウイ国側が要請しているムジンバ県西部地区の241村について、300ヶ所を限度として安全な飲料水を供給できる深井戸建設工事を実施する (表1-2-1参照)。

2) 要請地域における維持管理事務所の建設

要請地域のほぼ中央部に位置するBulalaに、完成した深井戸の維持管理のためのワークショップを建設する。

3) 深井戸建設工事に必要な資機材の調達

① 深井戸建設のための資機材

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ▪ ロータリー式掘削機 (トラック搭載式、トップドライブ型) | 1 台 |
| ▪ エアコンプレッサー (トラック搭載式) | 1 台 |
| ▪ ケーシング及びスクリーン (PVC φ110mm class 10) | 深井戸 300 本分 |
| ▪ 泥水剤及び発泡剤 | 深井戸 300 本分 |

② 試験器材	
▪ 電気探査器	1 組
▪ 揚水試験器材（トラック搭載型）	1 組
▪ 電気検層器	1 組
③ 支援車輛	
▪ ピックアップ（シングルキャビン）	2 台
▪ ピックアップ（ダブルキャビン）	2 台
▪ 8 tトラック（3 tクレーン付）	2 台
▪ モーターバイク	4 台
④ 手押しポンプ	300 台
⑤ 給水タンク（4 m ³ ）	1 台
⑥ 燃料タンク（4 m ³ ）	3 台
⑦ 通信器	1 式
⑧ 修理機材を含むワークショップ設備	
▪ 建家（2）で記載済）	1 棟
▪ 溶接機	1 台
▪ ペンチバイス及びクランプバイス	2 台
▪ トルクレンチ	2 台
▪ ヤスリ	4 個
▪ 雄ネジ切りダイス	2 台
▪ その他	1 式
⑨ プロジェクトに使用される調達済掘削機のスペアパーツ	2 式

4) 住民自身で深井戸を維持管理するための啓蒙活動

本計画の実施段階において、完成した深井戸を住民自身で維持管理していくための水管理委員会の組織づくりとトレーニングを実施する。

(5) 要請計画の諸元

- 1) 計画給水量は、1日1人当たり27ℓを目標とする。
- 2) 井戸1本当たりの給水人口は、250人を目標とする。
- 3) 水運搬距離は、500m以内を目標とする。

表 1-2-1 (1) 深井戸建設工事要請村落リスト

No.	村落名	戸数	備考	No.	村落名	戸数	備考
1	Ngoli School	2		31	Samuel Makwakwa	0	対象地域外
2	Samuel Moyo	2		32	Thunduwike School	(4)	"
3	Munyehere Chipeta	0	既存井戸で充足	33	Chivwera Mzumara	(1)	"
4	Kandodo Chisi	3		34	Thembai Mkandawire	(2)	"
5	Mtambalika Moyo	2		35	Emchisweni School	1	
6	Mzimba Boma	4		36	Simon Jere	3	
7	Mbongo Mwanza	2		37	Chidyake	2	
8	Jeremia Mahope	1		38	Kahalayi	(1)	対象地域外
9	Peter Ndaba X2	2		39	James Jere	(1)	"
10	Bokosi Dindi	3		40	Manolo	(1)	"
11	Mirara School	3		41	Thomas Mkandawire	(4)	"
12	Chaeles Chinula	1		42	Chibula Nguluibe	1	
13	Kafoteka Mkandawire	4		43	Mpocha Mtonga	1	
14	Yesaya Shumba	4		44	Vakaza Banda	0	既存井戸で充足
15	Chimombo Matimba	1		45	Mtuzu School	2	
16	Yohane Chisi	3		46	Kaphokoto Mwandira	1	
17	Samuel Shumba	1		47	Malanga Mtonga	1	
18	Emazwani School	3		48	Kamalibwe School	1	
19	Chisusu Nyirenda	1		49	Mabanga Mtonga	1	
20	Dolora Ngwira	3		50	Kachinjere Nyirongo	1	
21	kazithole Ziba	1		51	Mhifafuta School	0	既存井戸で充足
22	Tikatika Lungu	1		52	Malembo School	0	"
23	George Chelinbda	1		53	Kapopo Market	1	
24	Magogi Nyirenda	1		54	Mdima Mwandira	0	既存井戸で充足
25	Kanyeru Kadewa	1		55	Chisenga Chipeta	2	
26	Chirombo Jere	1		56	Malayi Phili	0	既存井戸で充足
27	Nthumba School	1		57	Chafisi	0	"
28	Hannock Ng'oma	1		58	Kaluwe School	0	"
29	Eneya Kumwenda	0	対象地域外	59	Gwanda Banda	1	
30	Kamangadazi	(1)	"	60	Hannock Hlanga	2	

表 1-2-1 (2) 深井戸建設工事要請村落リスト

No	村 落 名	戸数	備 考	No	村 落 名	戸数	備 考
61	Mzilikazai	2		91	Isaac Ngoyi	1	
62	Mavunguti Zimba	1		92	Mapanjira School	2	
63	Samuel Kanga	1		93	Chinjoka Nyirenda	2	
64	Chikondawanga Lusale	2		94	Chigurere Qutoto	2	
65	Mulupani Nyasulu	1		95	Yakobe Soko	1	
66	Robert Mwanda	1		96	Bwanari Nkhalipi	1	
67	Simon Musafire Jere	2		97	Zezeza Moyo	1	
68	Gongo Mkhata	1		98	Chikoweni Nyirenda	1	
69	Kamata	1		99	Matemanga Chikombola	1	
70	Eheleni	1		100	Muswamphira Muzwa	2	
71	Mtusani Jere	(1)	自然流下式水道 給水地域	101	Thoza School	1	
72	Chimuri Nyirenda	(1)	"	102	Mzoma Mithi	1	
73	Kamatabu School	0	"	103	Chizumba Nguluwe	1	
74	Zheze Chisi	(1)	"	104	Simon Gondwe	2	
75	Manyalu Banda	(1)	"	105	Nambambe Gausi	2	
76	Jenda	(2)	"	106	Yesaya Nkosi	2	
77	Siza Longo	(1)	"	107	Bauleni Sibande	1	
78	Zebediya Jere	(1)	"	108	Chibembe School	0	既存井戸で充足
79	Machilika Nyirenda	(2)	"	109	Ng'ombeyavuka Kamang	1	
80	Kamatadu Village	(1)	"	110	Chipata Moto	0	
81	Kanthudu Kanyinji	(1)	"	111	Zebedia Zighili	0	
82	Magaga Sezi	0	"	112	Mthapagwa Lungu	1	
83	Chisinga Nkhoswe	0	"	113	Mbwiriwiza School	1	
84	Luviri School	(1)	"	114	Edingeni School	1	
85	Machowani Nkhoswe	1		115	Gonani Ngwira	1	
86	Emchakeni School	2		116	Ndembara Ngwira	1	
87	Echingo Dhleni	1		117	Tadeyo Chikwira	1	
88	David Kumwenda	1		118	Bokala School	2	
89	Fimbo Moyo	1		119	Samuel Mapaso	2	
90	Zilahle Mphande	1		120	Patamo Kamanga	1	

表 1-2-1 (3) 深井戸建設工事要請村落リスト

No.	村落名	戸数	備考	No.	村落名	戸数	備考
121	Kadozo Mungutha	1		151	Matambo Ngulube	0	
122	Sauloai Tembo	1		152	Kabuku Phiri	0	
123	Mphongo School	0	既存井戸で充足	153	Paulosi Nthara	0	
124	Kasoti Phiri	1		154	Njebwa II	0	
125	Mzondi Ndhlovu	1		155	Mtezi Miti	0	
126	David Mumba	0	既存井戸で充足	156	Bichi Mumba	1	
127	Galela Shaba	1		157	Mpanga Visoti	1	
128	Hezeka Mwanza	0		158	Njoka School	0	
129	Chanunkha Shawa	0		159	Chisasa Village	0	
130	Edingeni	3		160	Chisasa Agriculture	1	
131	Daulire Moyo	2		161	Mpeni School	0	既存井戸で充足
132	Mpeyana Gondwe	1		162	Daniel Tembo	0	"
133	Malinyete School	0		163	Chimbwangandu	0	"
134	Kaudi School	2		164	Egalaweni	1	
135	Malangazi School	0	既存井戸で充足	165	Njinge Agriculture	4	
136	Visenthe School	0	"	166	Nthondanjala Nyirenda	0	既存井戸で充足
137	David Sibande	1		167	Njinge School	3	
138	Ching'aya School	1		168	Chuya School	(2)	対象地域外
139	Mzalangwe	1		169	Maloza Zimba	0	
140	Eswazini	2		170	Chibuwu Kumwenda	0	
141	Kapoli School	1		171	Kalweya	0	
142	Zebron Kamanga	0		172	Mlolabota	0	
143	Mbelwa Inst.	0		173	Dickson Sakala	0	
144	Kampingo Nyambose	1		174	Thomasi Nyirenda	0	
145	Nthumba Admarc	2		175	Yotamu Ng'oma	1	
146	Mabuka Hlongo	2		176	Zuwayumo Makamo	1	
147	Rufunkunika	1		177	Mateyo Ng'oma	0	
148	Stephano Mwanza	1		178	Manyamula school	1	
149	Sasa School	1		179	Manyamula Agriculture	3	
150	Kavululanga School	2		180	Zebedia Nyirenda	1	

表 1-2-1 (4) 深井戸建設工事要請村落リスト

No.	村落名	戸数	備考	No.	村落名	戸数	備考
181	Chibeku Ngulube	0		211	Embangweni Trading	2	
182	Chikonda Jonasi	2		212	Wilson Jere	0	
183	Chimutu	0		213	Kapoli Mtonga	0	
184	Phazima	0		214	Kasich Mvula	1	
185	Kamutepa	0		215	Isaac Lukhanda	0	
186	Vibangalala school	1		216	Chilomba	0	
187	Inkosi Mbelwa	33		217	Matekenya Jere	0	
188	Katambalala	0		218	Ephangweni Village	2	
189	Handle Ndhlovu I	1		219	Ephangweni HQS	2	
190	Handle Ndhlovu II	0		220	Vibangalala	0	
191	Mharaunda	0		221	Baleni Jere	0	
192	Ndabambe Gausi	1		222	Mapupo	0	
193	Malidadi Jere 2	0		223	Mabiri School	0	
194	Chimsebezo Banda	0		224	Swaswa School	0	
195	Katondo	1		225	Mlabamanda	0	
196	Njebwa I	1		226	Kabinga Banda	0	
197	Mbawa Admarc	0		227	Eliakimo Mwandira	2	
198	Mbawa School	1		228	Mpezeni Msimuko	0	
199	Kholwani Lungu	(1)	対象地域外	229	Makosikasi School	1	
200	Etcheyeni school	1		230	Timothy Mphaka	0	
201	kalungulu school	0		231	Kapinyuka Village	0	
202	Kambokoto	2		232	Qolocha Tempo	0	
203	Mzoma School	1		233	Kamteteka School	1	
204	Bongoya Msimuko	0		234	Daniel Mughogho	0	
205	Mhawi	0		235	Chisebe Village	0	
206	Malepa Manda	0		236	Kamteteka Admarc	0	
207	Dimi School	0		237	Wajingo Theu	0	
208	Mphosa Village	1		238	Mungoni Wambabvi	0	
209	Foster Jere	0		239	Chizungu School	0	
210	Embangweni Mission	1		240	Chizungu Village	1	
				241	Kholwani	(1)	対象地域外

1-3 要請の確認

調査団は、マラウイ国政府の要請書を基に、同計画の実施機関である灌漑・水開発省との協議を通じ、下記のとおり要請内容の確認を行った。

(1) 対象村落と井戸建設本数

- 1) 要請地域は、一部自然流下式水道給水区域及び地方都市給水区域（ムジンバ市）と重複するため、重複区域は計画の対象から除外する。
- 2) 要請村落には、要請地域外の村落が含まれており、これらの村落も計画の対象から除外する。
- 3) 上記 1), 2) を考慮しても、下記の理由から当初要請の対象村落は、国勢調査レベルの村落数では大幅に増えるため、深井戸建設本数300ヶ所を上限として、生活用水の困窮度（村落人口と既存給水施設数の関係）から深井戸建設地点を選定する。
 - ① 要請村落は、村落の集合体である村長代表（Group Village Headman）から広い地域の名称で要請が出されている場合が多く、国勢調査で記載されている村落名称で整理すると、大半がいくつかの村落に跨がっている。
 - ② 学校、ドレーディングセンター、農業協同組合等の名称で要請されている村落も、①と同様多くの村落を包括している。
- 4) 工事用車両のアクセスが困難な村落は計画の対象から除外する。
- 5) 水理地質条件の悪い地域（地下水開発が困難、水質に問題がある）は、計画対象から除外する。
- 6) 深井戸建設後、住民自身で給水施設を維持管理（料金を徴収し、住民自身でポンプ等の修理を行う）する水管理委員会の設立の意思のない村落は計画の対象から除外する。

(2) 深井戸建設工事のための資機材

- 1) 深井戸建設工事のための掘削機は、本計画のために調達される掘削機1台と、過去の日本からの無償資金協力によって調達された北カウイングプロジェクトの掘削機1台及びムチンジプロジェクトの掘削機1台の計3台体制とする。本計画のために使用される期間は、北カウイングプロジェクトの掘削機は1年以上、ムチンジプロジェクトの掘削機は工事の全期間とする。

- 2) マラウイ国側から、日本の工事業者に無償で提供される主な機材は次のとおりである。

表1-3-1 マラウイ国から本プロジェクトのために提供される調達済機材

	北カウイングプロジェクト	ムチンジプロジェクト
掘削機	1台	1台
コンプレッサー	1台	1台
揚水試験車	1台	1台
クレーン付きトラック	—	1台
電気検層器	1組	1組
給水タンク	1台	1台

(3) 維持管理用ワークショップの建設

マラウイ国の用意するBulalaの敷地を深井戸建設工事のベースキャンプとし、深井戸建設工事終了後、このベースキャンプは本計画で完成した深井戸維持管理のためのワークショップとする。このため、工事の準備期間中に、深井戸建設工事の一環として恒久的に使用可能な建屋を建設する。

マラウイ国側は、建屋の建設工事前にベースキャンプに必要な敷地の整地を終了させておく。

(4) 先方実施体制（維持管理）

井戸建設及び維持管理については、灌漑・水開発省が担当しており、現在も所有する機材によって独自に井戸建設を実施している。住民への啓蒙活動については、CBM（Community Based Management担当部署）を設置し、マラウイ国の政策である住民参加の維持管理（CBM Programme）を推進しており、IDAの援助による井戸のリハビリ及び各村落への啓蒙活動についても灌漑・水開発省が行っている。

しかしながら、灌漑・水開発省自体の予算は少なく、維持管理や啓蒙活動にかかる予算は各援助国に依存しているのが現状であり、マラウイ国も今後継続的に本件対象村落への啓蒙活動の予算措置に努めることを確認した。

第2章 プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

(1) 国家開発計画

マラウイ国では1987年の「国家長期開発政策」(Statement of Development Policies 1987~1996)において、急速かつ継続的な経済成長の達成により、貧困と無知の追放、疫病の撲滅、所得格差の改善、福祉の向上等の目標をかかげている。

この目標達成の為の施策として次の項目をあげている。

- ① 雇用及び外資獲得の面で最も重要な部門である農業の振興。
- ② 森林、鉱産物、水産、観光資源等の天然資源の発掘。
- ③ 道路、通信、電気、給水等インフラストラクチャーの整備。
- ④ 商工業分野における小企業の助成。
- ⑤ 教育施設の拡充と人材の育成。
- ⑥ 医療サービス網の改善と拡充。

地方住民に対する給水に関しては、水不足の解消、農民の生活安定と向上、村落住民の定着化、非生産的労働からの開放、保健衛生環境の改善等、農業開発の促進、保健衛生に係わるインフラストラクチャーの整備に結びつくテーマとして重視されている。

また、1996年の「公共投資計画」(The Public Sector Investment Programme 1996/97)によると、水と衛生部門では

- ① 清潔な生活用水の供給とそれによる水系疾病の予防
- ② 水源迄の運搬距離を500m以内とすること

を目標にしている。これにより、婦人の水汲みに要する労働時間の減少と余剰時間の他の経済活動への活用を期待しており、特に地方における水源開発のプライオリティは高いとしている。

この政策実施の方策として、具体的には

- ① 都市の公共水道計画の拡充
- ② 地方における地下水の供給計画と維持管理計画の拡充
- ③ 水利局の地方における組織の拡充と実施能力の強化

等があげられている。

1990年度以降の水・衛生部門の公共投資金額は次記のとおりであり、一貫して全体投資額の10%前後を占めている。

表2-1-1-1 マラウイ国における水・衛生部門の公共投資額

年 度 \ 項 目	水・衛生部門の 公共投資額 (百万MK)	水・衛生部門の 全体に占める割合 (%)
1990/91	15.63	5.02
1991/92	36.36	11.55
1992/93	64.07	13.70
1993/94	44.67	8.74
1994/95	44.58	6.37
1995/96 ※	305.10	19.14
1996/97 ※	197.73	10.86

無印：実績

※：予算

(2) 地域開発計画

ムジンバ県は、国内でも比較的肥沃な地域の一つにあげられ、かつ食料の大量消費地である北部州の州庁所在地ムズズが含まれているため、農業開発にとって重要な役割を担っている地域である。このような現状を踏まえ、ムジンバ県は全国における地域総合開発のモデル地区として1987年に「ムジンバ県総合開発計画(Mzimba District Physical Development Plan)」が大統領府/UNDP/UNCHSによって策定された。

この計画の目的は次に示すとおりである。

- 1) 社会・経済開発プログラム及びプロジェクトの調整及び実施に対する枠組造り。
- 2) 生産活動及び人口の理想的配分を確保できるバランスのとれた経済成長の促進。
- 3) 都市(Urban)、地方定着システムに伴う都市サービス拠点(Urban Service Centre)及び地方サービス拠点(Rural Service Centre)の開発促進。
- 4) 地方村落住民の定着及び地域開発を促進する輸送網の建設(生産活動の支援及び部落間の機能的リンケージ)。
- 5) 限られた資源を考慮したインフラストラクチャーサービスの位置選定ガイドラインの供与。
- 6) 他の政府開発プロジェクト及び私的投資の位置選定ガイドラインの供与。

7) 天然資源の保護と管理、環境保護及び生活ニーズに一致した土地の合理的活用の促進。

上記の目的を達成するため、農業、工業、旅行サービス、雇用問題、人口分布、都市機能、土地利用及び交通、電力、生活用水、医療、教育施設、郵便、電話のインフラストラクチャー等の各セクターに分けて総合的な開発を推進する方針を策定している。

しかしながら、地方住民に対するインフラストラクチャーサービスのうち、中・西部地区は生活用水の供給は特に立ち遅れが目立ち、早期の水源地開発が望まれている。

(3) 国家給水計画

「国家長期開発政策（1987～1996年）」において1996年における地方の給水普及率74%を目標としていたが、1994年に「国家水開発計画（1994～2010年）」(National Water Services Development Plan)を策定され、人口増加を考慮し、地方における給水普及率74%の目標年次が2010年迄延長された。

この目標を達成するために、現在（1993年）の地方における給水人口3,733,000人を、目標年次の2010年には9,372,000人にするとしており、5,639,000人分の新規水源地開発や給水施設のリハビリ工事が必要となる。その内訳は、

▪ 自然流下式水道のリハビリ	10 地域
▪ " 新設工事	12 地域
▪ ポンプ付き深井戸、浅井戸のリハビリ	5,500 ケ所
▪ " 新設工事	14,900 ケ所

とされている。

2-1-2 財政事情

マラウイ国の経済は、狭い国土の上に鉱物資源が乏しいため、農業に基盤を置き（GDPの35%：1992年）、労働人口の約87%（1992年）が農業及び農業関連産業に従事している。1981年から1986年までは、農園経営の地主農家（大農）を中心に輸出作物（主にたばこ）を主眼とした農業政策をとり、大多数を占める小農は疲弊した。1988年からの構造調整を基調とした地道な経済開発努力の結果、1991年には7.8%のGDP成長率を達成したが、1992年の旱魃被害と政治人権問題に起因するドナー諸国からの援助の減少により、同年成長率はマイナス7.9%と大幅に落ち込んだ。その後も旱魃の繰り返しにより、経済成長率も-12.4～+10.8%と上下し、農業のみに依存するマラウイ国経済の脆弱性を露呈している。

1995年のGDPは1,038百万クワチ(MK)、(117.3百万ドル(為替レート1US\$=8.8476MK('94.12.31)))、また一人当たりのGNPは200US\$(1993年)である。物価上昇率は、1991年までは年7～14%と比較的落ちついてきたが、1992年以降段階的な平価切下げや1994年2月の為替自由化などが原因して年23～42%と高い水準で推移している。

表2-1-2-1 実質経済成長率及び物価上昇率(%)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995*
実質経済成長率	4.4	4.8	7.8	-7.9	10.8	-12.4	10.1
物価上昇率	7.5	14.0	8.3	36.1	22.8	34.7	42.0

* 推定

出典：IMF

また、この政策を考慮して整備された1996年の「公共投資計画」(PSIP:1996/97)によると、96/97年の全投資計画は、18.20億MKと見積られ、このうち14.87億MKはローンや無償援助を含む海外からの資金を予定し、残る3.33億MKをマラウイ国政府が投資することになっている。PSIPの水と衛生部門では、① 清潔な生活用水の供給とそれによる水系疾病の予防、② 水源迄の運搬距離を500m以内とすること、を目標にしている。これにより、婦人の水汲みに要する労働時間の減少と余剰時間の他の経済活動への活用を期待しており、特に本計画のような地方における水源開発のプライオリティが高いとしている。

2-2 他の援助国、国際機関の計画

地方住民に対する給水関係の国家的なプロジェクトはマラウイ国の財政事情から独自で達成することは困難で、全て外国又は国際機関の援助によって進められており、各々のプロジェクト地域は重複しないよう調整されている。

自然流下式水道については、1968年以来今までに米国、デンマーク、カナダ、日本、UNICEF、AfDBの他、NGOからの援助を受け、すでに60地域で給水が行われており、現在7地域で新期水源開発のための工事が行われている。

一方、地下水に関する国家地下水開発計画としては、表2-2-1に示すプロジェクトがあげられる。このうち、現在稼働中又は開始が予定されている大規模地下水開発プロジェクトは、下記のとおりであり、今後約5年間で3,766本の井戸工事が行われることになっている。しかし、国家目標を達成するためには、2010年迄にさらに10,000本以上の深井戸新設工事が必要となり、本案件への期待が大きい。

① Kalembo	400本深井戸 (KfW)
② Drought Programme	206本深井戸 (IDA)
③ National Water Development	3,000本深井戸、1,000本深井戸リハビリ (IDA)
④ Mzimba East	160本浅井戸 (UNICEF) : オーガー掘削

表 2-2-1 水利局で担当する地下水開発の国家プロジェクト

No	対象地域	工 程	資金源	資金 (K)	実施機関	施 工	自前人口	進 捗 状 況			ポンプの型	備 考	
								深 井 戸	新 規	残 井 戸			
								新 規	リハビリ	新 規	リハビリ		
1	Dowa West	1982~1986	IFAD (Loan)	530,000	農業省	民間業者委託 水利局直営	70,000	115	29	135	54	MALDEV	
2	Lilongwe N.E.	1984~1990	IDA (Loan)	1,066,000	"	水利局直営	91,000	442	70	185	150	MALDEV/INDIAN MARK II /AFRIDEV	
3	Livvizi	1981~1982	DANIDA/UNICEF (Grant)	358,000	水利局	"	43,000	134	5	60	0	MALDEV/AFRIDEV /MIRA/INDIAN MARK II	
4	Karonga	1986~1991	DANIDA (Grant)	565,000	"	民間業者委託	75,000	300	0	0	0	AFRIDEV	
5	Emcisweni	1986~1989	UNICEF (Grant)	286,000	"	民間業者委託 水利局直営	22,500	40	0	20	0	MALDEV/INDIAN MARK II	
6	Dedza Hills	1987~1988	IDA (Loan)	650,000	農業省	民間業者委託	71,000	120	47	120	100	AFRIDEV	
7	N. Kawinga	1989~1990	日本 (Grant)	9.89 億円	水利局	"	41,000	164	0	0	0	VERONET	
⑧	Kalemb	(1992~1997) 工事中	KfW (Grant)	4,000,000 + α	"	"	100,000	210/400	26	0	0	AFRIDEV	
9	Kasungu/ Mchinji/Dowa East	1987~1990	IFAD (Loan)	820,000	農業省	"	62,000	0	248	0	—	AFRIDEV	
10	Salima-Bwanje	1987~1990	BEC (Loan)	1,600,000	"	"	48,250	97	96	0	—	AFRIDEV	
11	Salima-Nkhokhokota	1991~1992	BEC (Loan)	2,500,000	"	"	50,500	131	71	0	0	AFRIDEV	
12	Zomba West	要 査 中	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	Nsanje	1992~1996	UNICEF	※	—	NGO	70,000	80	100	100	0	AFRIDEV	※池の70%以上と併せてUS\$200万
14	Dowa/Kasungu/ Mchinji	1991~1992	IFAD (Loan)	900,000	農業省	水利局	16,250	65	0	0	0	AFRIDEV	
15	Namwera/Hangochi	1989~1992	KfW (Grant)	2,250,000	"	民間業者委託	46,250	185	0	0	0	AFRIDEV	
16	Northern & Central Region	1991~1994 1995~1997	IDA (Loan)	US\$ 440万 7,961,000	"	"	362,500	0	1,450	0	0	AFRIDEV	47ヶ所地区で197ヶ所の小規模工事が完了。
17	Southern Region	1994~1996	UNICEF/UNDP (Grant)	US\$ 605万	水利局	"	250,000	0	1,000	0	0	AFRIDEV	
18	Mchinji	1993~1995	日本 (Grant)	11 億円	"	"	75,000	300	0	0	0	AFRIDEV	
⑬	Malawi (Drought Programme)	1996~	IDA (Loan)	15,000,000	—	"	51,500	7/206	0	0	0	AFRIDEV	
⑳	Malawi (National Water Development)	1996~2000	IDA (Loan)	US\$9400万	—	民間業者委託 水利局直営	1,000,000	0/3,000	0/1,000	0	0	AFRIDEV	農業は、土木、灌漑工事等
㉑	Mzimba West	要 査 中	日本 (Grant)	—	—	—	—	—	—	—	—	Proposed AFRIDEV	
㉒	Mzimba East	1996~1998	UNICEF (Grant)	US\$27.7万	—	NGO	40,000	0	0	0/160	0	AFRIDEV	オーガー掘削

○印は工事中または近々工事開始が予定されているプロジェクト

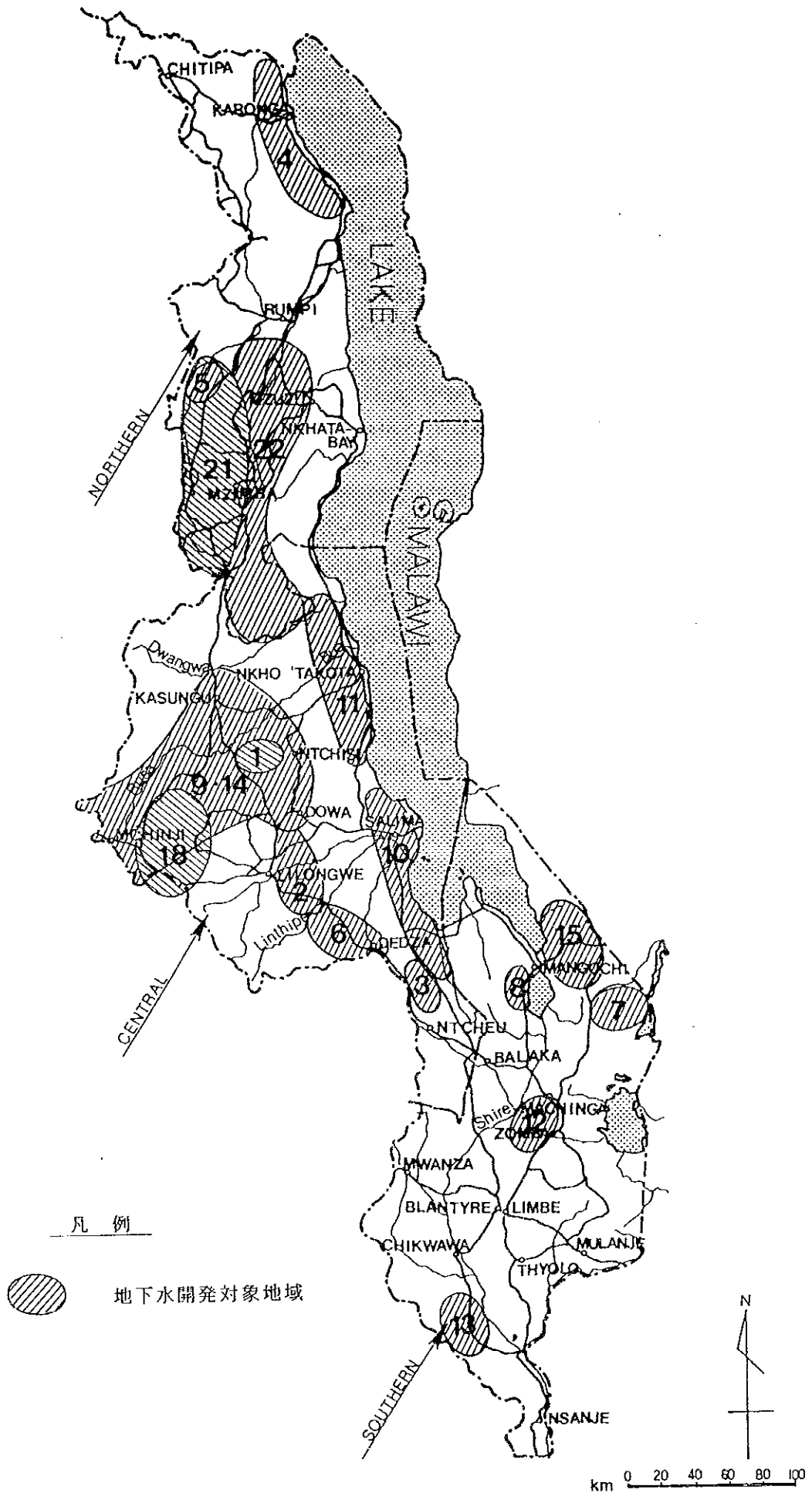


図 2-2-1 地下水開発国家プロジェクト位置図

2-3 我が国の援助実施状況

マラウイ国における我が国の援助による給水関係プロジェクトは、昭和62年度の地下水開発計画（北カウインガ地区）に始まり、現在までムチンジ地下水開発計画等継続的に行われてきた。これらの給水関係の案件を整理すると、表2-3-1に示すとおりである。

表2-3-1 我が国の援助による給水関係案件

年 度	案 件 名	金 額 (千円)	案 件 概 要
昭和62年	地下水開発計画(北カウインガ地区)Ⅰ期	677,000	深井戸建設関連機材(2式)の調達
昭和63年	地下水開発計画(北カウインガ地区)Ⅱ期	161,000	深井戸建設工事(82本)
平成元年	地下水開発計画(北カウインガ地区)Ⅲ期	151,000	深井戸建設工事(82本)
平成4年	ムチンジ地下水開発計画Ⅰ期	646,000	深井戸建設関連機材(1式)の調達 及び深井戸建設工事(80本)
平成5年	ムチンジ地下水開発計画Ⅱ期	237,000	深井戸建設工事(各期 110本)
平成6年	ムチンジ地下水開発計画Ⅲ期	271,000	

2-4 プロジェクトサイトの状況

2-4-1 位置及び人口

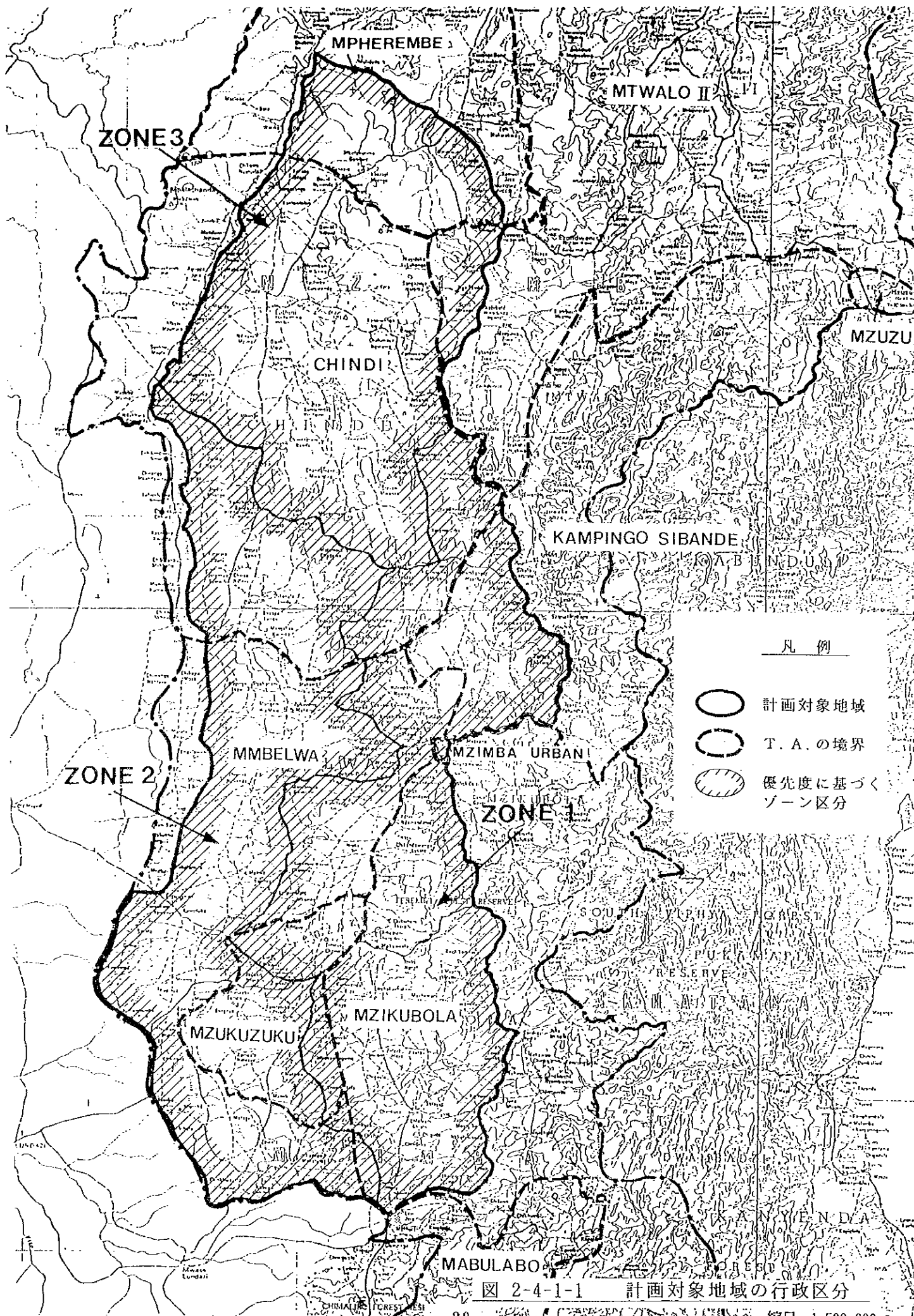
南北に長いマラウイ国の行政地域は、北から南へ北部州 (Northern Region)、中部州 (Central Region)、南部州 (Southern Region) の3つの州に分かれ、更に各州は5県 (District)、9県、10県の計24県に区分されている。

計画対象のムジンバ県は北部州に属しており、西側はザンビア国と国境で接している。県内には北部州の州庁所在地であるムズズ市と県庁所在地のムジンバ市があり、首都リロンゲとは舗装された国道 (M1) によりそれぞれ約250kmと約340kmの距離で結ばれている。

ムジンバ県は、行政的にムズズ市、ムジンバ市の他、8地区のT.A. (Traditional Authority) と2地区のS.T.A. (Sub Traditional Authority) に分けられている。計画対象地域は、ムジンバ県の西半分の約3,980km²の面積を占め、ムジンバ市と6地区のT.A.、1地区のS.T.A. に跨がって設定されている (図2-4-1-1参照)。

ムジンバ県の全体の総面積は10,430km²で、1987年の国勢調査に基づく1996年の推定人口は601,14人であり、計画対象地域の人口は235,940人となる。T.A./S.T.A. 毎の人口の内訳は、表2-4-1-1に示すとおりである (ムジンバ県の人口増加率3.7% (1977~1987年))。

また、要請書では計画対象地域をZone1~Zone3の3地区に分けており、Zone区分毎に1996年の人口を推計すると、表2-4-1-2に示すとおりである。



凡例




-  計画対象地域
-  T. A. の境界
-  優先度に基づくゾーン区分

図 2-4-1-1 計画対象地域の行政区分

表2-4-1-1 ムジンバ県及び計画対象地域の人口

行政区分 (T. A. / S. T. A.)	村落数 (ヶ村)	ムジンバ県全体の人口 (人)				計画区域の 1996年 推定人口 (人)
		1987年 国勢調査			1996年 推定	
		男	女	計		
M' MBELWA	213	30,642	34,235	64,877	89,970	81,092
MTWALO	538	38,643	40,958	79,601	110,389	4,902
KAMPINGO SIBANDE	176	16,252	17,286	33,538	46,260	10,453
JARAVI KUBA MUNTHALI	51	3,618	3,958	7,576	10,506	0
CHINDI	304	32,915	36,627	69,542	96,440	80,228
MZIKUBOLA	214	17,841	18,806	36,647	50,821	18,381
MABURABO	198	15,837	16,971	32,808	45,498	0
KHOSOLO GWAZA JERE	83	7,615	7,667	15,282	21,193	0
MPHEREMBE	202	11,551	11,385	22,936	31,807	13,309
MZUKUZUKU	122	9,090	9,821	18,911	26,180	26,180
MZIMBA URBAN	7	3,697	3,990	7,687	10,660	1,395
MUZUZU CITY	—	22,695	21,528	44,223	61,319	0
VWAZAMARSH GAME RESERVE	—	32	37	69	104	0
計	2,108	210,428	223,269	433,697	601,147	235,940

表2-4-1-2 計画対象地域のZone区分推定人口 (1996年)

行政区分 (T. A. / S. T. A.)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	計
M' MBELWA	21,356	59,736	—	81,092
MTWALO	—	—	4,902	4,902
KAMPINGO SIBANDE	10,453	—	—	10,453
CHINDI	9,449	17,619	53,160	80,228
MZIKUBOLA	18,381	—	—	18,381
MPHEREMBE	—	—	13,309	13,309
MZUKUZUKU	10,700	15,480	—	26,180
MZIMBA URBAN	1,395	—	—	1,395
計	71,734	92,835	71,371	235,940

2-4-2 自然条件

(1) 気象・水文

1) 気象

マラウイ国は、全般に熱帯性サバンナ気候に属し、11～3月の雨期と4～10月の乾期に分けられる。また、年間1,000mm前後の雨量が期待できるため、山地等の一部の急峻地を除く全域が耕作可能地となり、自然条件に恵まれた地域である。

計画対象地域内の気象観測所は、ムジンバ市（図2-4-2-1参照）にあり、長期的な観測データが備えられている。ムジンバ市における月別気象観測データを整理すると表2-4-2-1、表2-4-2-2に示すとおりである。

平均気温は、乾期の4～9月が15.3～19.4℃（最高気温23.0～26.9℃）のしのぎやすい日が続くが、乾期の終わりの10月頃より12月迄は気温が上昇し、平均20℃前後、最高気温30℃前後となる。しかし、雨量の集中する1～3月は、直接日光の当たる時間が短くなる関係上、最高気温は25.9～26.8℃の範囲で、平均気温も20℃未満となり比較的しのぎやすい。

計画対象地域における雨量は概ね800mm/年前後を示しており、国内では比較的降雨量の少ない地域に属している。ムジンバ市の過去10年間の年間平均雨量は864.8mmとなるが、降雨量の約95%が雨期の11～3月に集中している。

過去10年間の降雨量の推移は図2-4-2-3に示すとおりである。雨量は年によって極めて不規則であり、最も少ない1993年には594.6mm/年しか記録されていないが、最も多い1989年には1,336.4mm/年を記録している。

2) 河川流量

計画対象地域は、西流しマラウイ湖に流入するSouth Rukuru川の流域となり、本流及びその支流の3ヶ所において流量観測が行われている（図2-4-2-1参照）。流量観測の結果は、表2-4-2-2及び図2-4-2-4に示すとおりである。

年間の平均流量は、South Rukuru川の上流側源頭付近の観測点で年間降雨量の12～27%程度であるが、下流側のKazoni Bridgeの観測点にくると僅か6%に相当する流量しかなく、途中でDAMBO（次項の地形で説明）等の流表水の停滞する区域で蒸発等により多量に河川水が失われていることを示している。

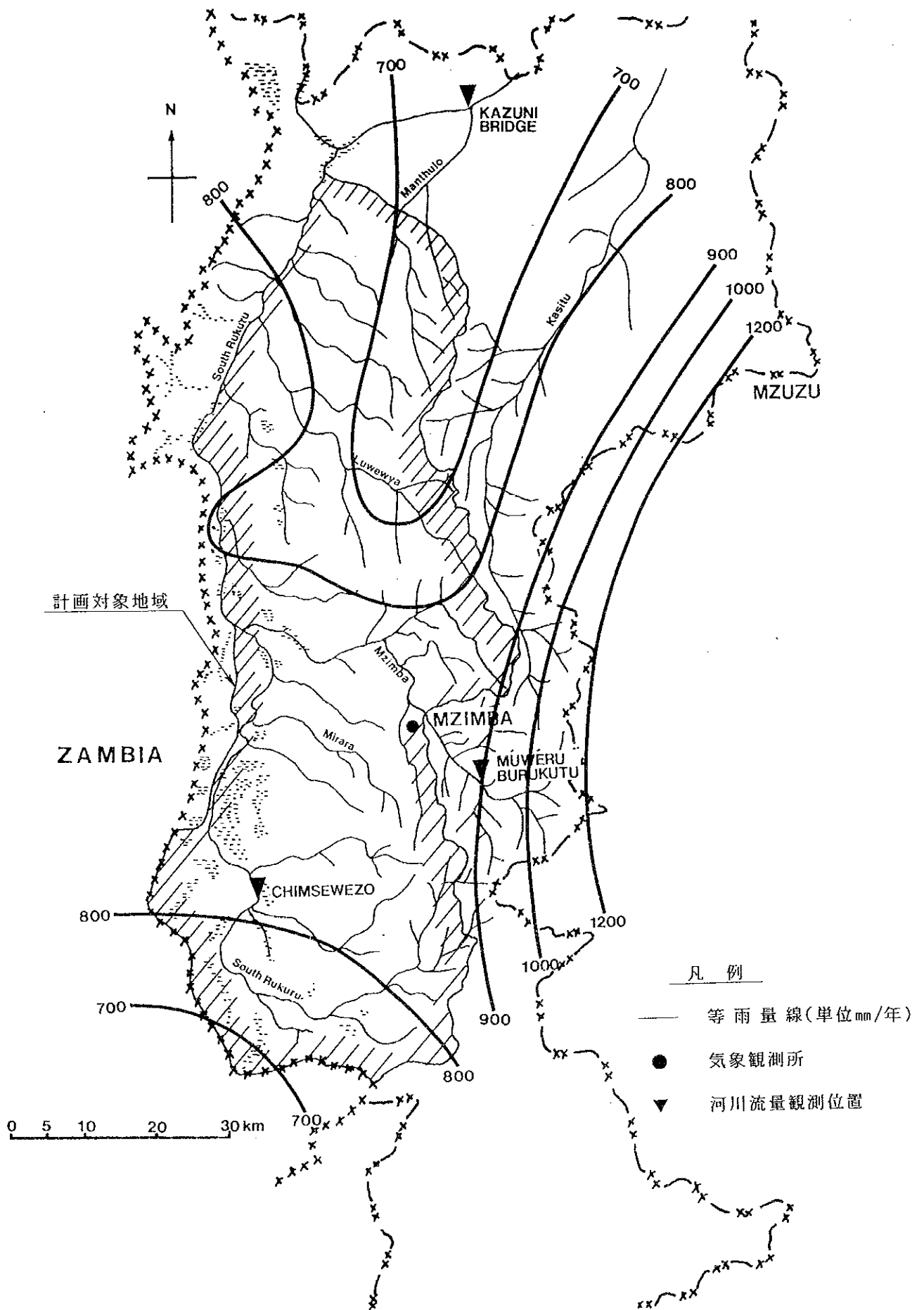


図 2-4-2-1 气象観測・流量観測点位置図

表2-4-2-1 ムジンバ市の月別平均気象データ
観測：ムジンバ市（標高1,349m）

項目	月												年間合計	
	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
気温 (°C)	平均気温	19.9	19.8	19.7	19.4	17.7	15.8	15.3	16.7	19.4	22.0	22.1	20.6	19.0
	平均最高気温*1	26.3	25.9	26.8	26.5	25.8	23.9	23.0	24.3	26.9	29.9	30.1	29.4	26.6
	平均最低気温*1	16.5	16.2	15.0	15.2	13.5	11.0	9.7	11.5	14.3	17.8	17.5	18.1	14.7
平均湿度 (%)	84	84	83	80	74	71	69	63	57	54	63	78	72	
平均雨量 (mm) *2	240.5	203.4	163.8	27.2	10.7	0.4	0.4	2.6	0.9	3.1	58.0	153.8	864.8	
平均 降雨日数 (日)	1mm 以上	18	15	13	5	1	1	0	0	1	5	15	74	
	10mm 以上	8	6	5	1	0	0	0	0	0	2	6	28	
平均蒸発計蒸発量 (mm)	113.0	111.5	110.9	114.0	121.4	120.9	132.5	143.5	183.8	251.9	211.5	145.7	1,760.6	

注 無印：マラウイ国気象庁で整理された長期観測の平均値

*1：1985～1994年の平均値

*2：1986～1995年の平均値

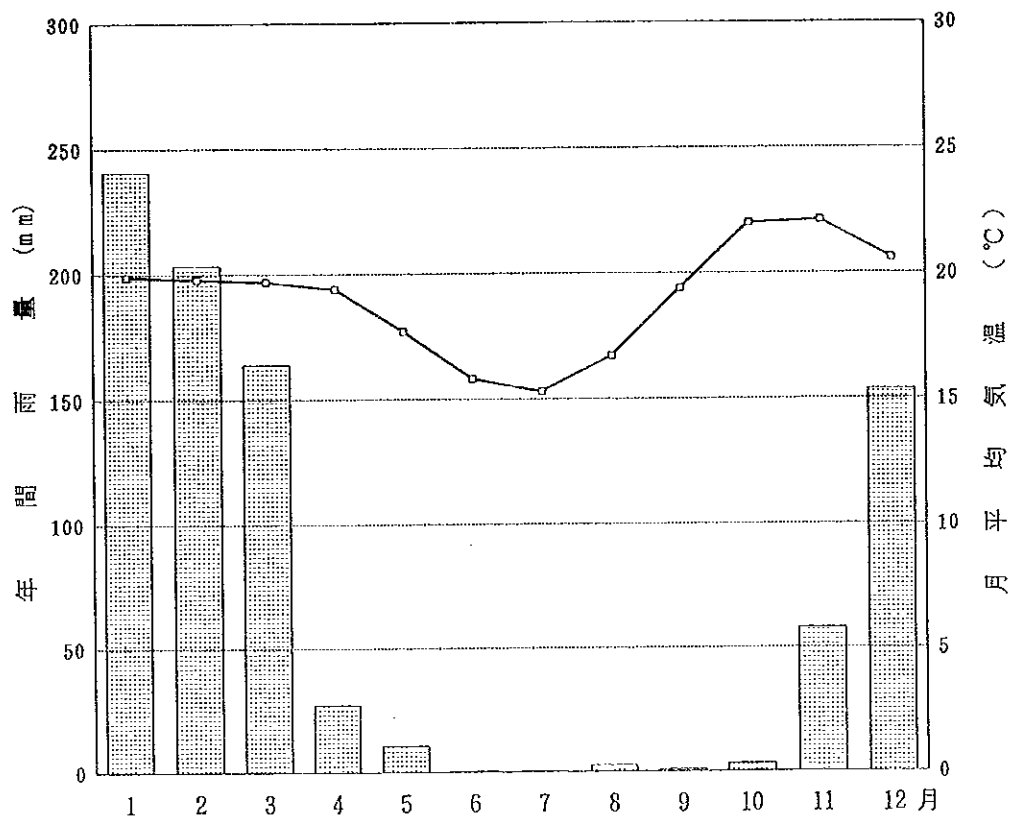


図2-4-2-2 ムジンバ市の月別平均気温と降雨量 (表2-4-2-1を図化)

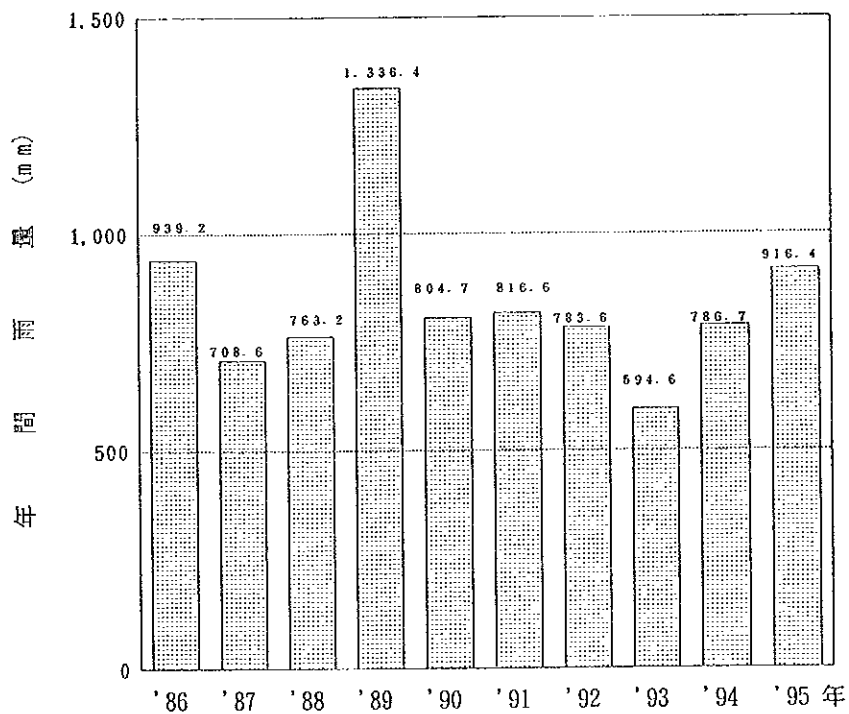


図2-4-2-3 ムジンバ市の年間降雨量の推移 (1986~1995年)

表2-4-2-2 South Rukuru川水系の月別平均流量 (1986-1995年)

河川名	Mzimba	South Rukuru		月平均雨量 (Mzimba) (mm)		
観測所	Muweru Bulukutu	Chimsewezo	Kazuni Bridge			
流域面積 (km ²)	269	958	6,640			
月平均流量 (m ³ /sec)	11月	0.31	0.28	0.51	58.0	雨 期
	12月	1.74	2.75	6.31	153.8	
	1月	3.55	6.08	21.11	240.5	
	2月	6.39	8.71	42.96	203.4	
	3月	6.52	8.28	42.50	163.8	乾 期
	4月	2.60	5.30	16.52	27.2	
	5月	0.80	2.17	5.60	10.7	
	6月	0.57	1.40	2.67	0.4	
	7月	0.74	1.00	1.82	0.4	
	8月	0.44	0.72	1.17	2.6	
	9月	0.33	0.39	0.61	0.9	
	10月	0.22	0.21	0.33	3.1	
月平均	2.00	3.08	11.68	——		
年間流量 (mm/年)	234.4	101.4	55.5	864.8		

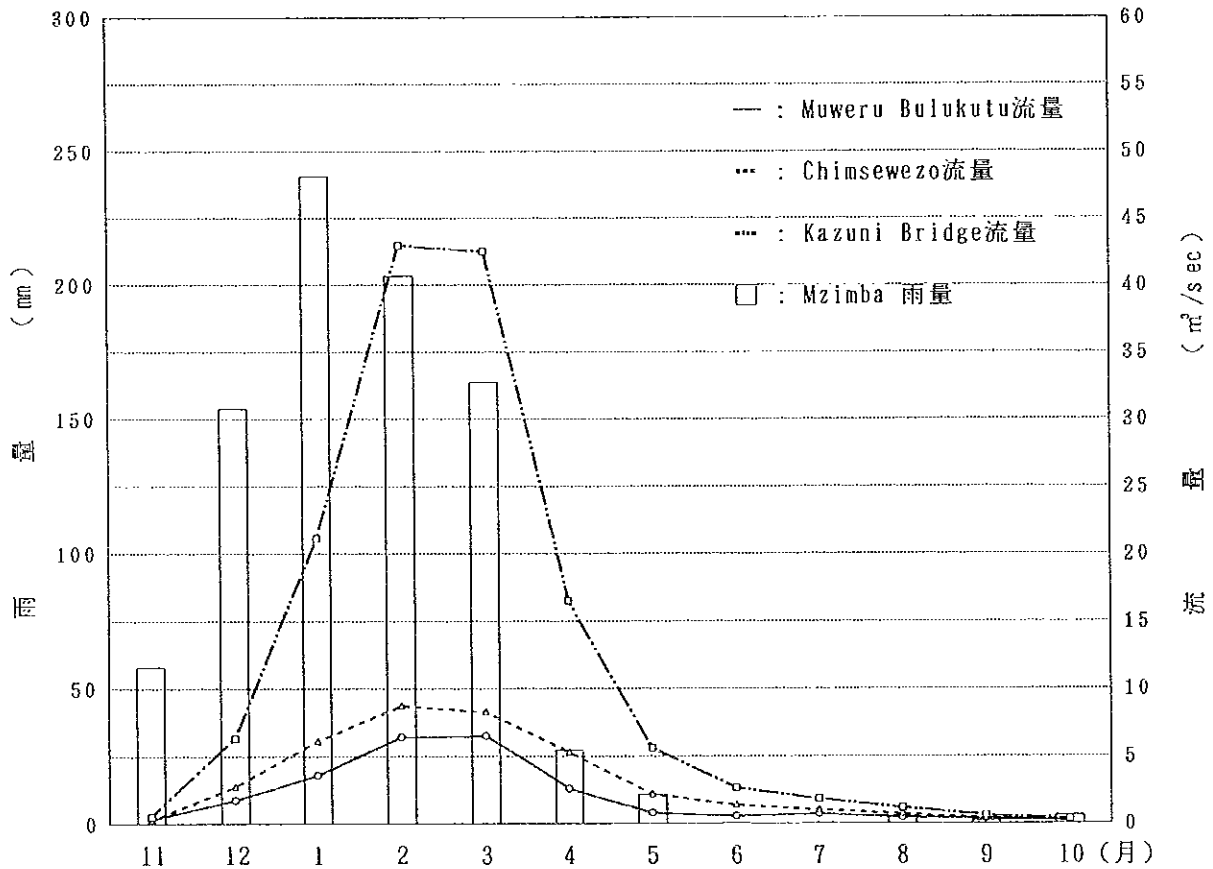


図2-4-2-4 South Rukuru川水系の河川流量

(2) 地 形

マラウイ国は、南北に延びる細長い国土であり、この南北方向に国土を縦断する地質学上著名なアフリカ大地溝帯（Great Rift Valley）が通過しており、地形の起伏に富んだ山・川・溪谷・平原等と自然の景観が豊かな地形を呈している。

アフリカ大地溝帯の陥没地形部は、北部州と中部州の東側の国境部にアフリカ大陸で規模が第3番目のマラウイ湖（東西30～75km×南北550km、22,490km²、標高475m）を配しており、南部州ではマラウイ湖を源頭とするShire川が南流し、モザンビーク国内でZambezi川に合流している。

地形の変化に富んだマラウイ国では、その地形特性から次の4タイプに区分されている（図2-4-2-5 地形分類図参照）。

1) 地溝帯低地部

マラウイ湖湖岸と南部のShire Valley及びChilwa湖周辺の起伏の少ない地域で、標高は600m以下である。地溝帯の断層崖は、海拔474mの湖面から水深500mの深さまで急落している。この断層崖はShire Valleyの両側に沿って南に延びている。

2) 地溝帯斜面地域

高原地帯と地溝帯低地部とに挟まれた急斜面をなす部分で、南北方向の帯状に国土を縦断している。標高は500～1,000mで開析が進行しており、浸蝕作用により地表面には基盤岩が露出している。

3) 高原地域

高原地帯は標高900～1,400mでザンビアとの国境に至る西部地方の大半とモザンビーク国境に至る南東部地方を占め、緩やかに起伏する平坦な地形を示す。本プロジェクトの対象地域であるムジンバ西地区は、この地形帯に属し、標高1,200～1,400mで全体的に起伏の少ない準平原的な地形を呈している。

4) 山岳地域

山岳地帯は標高1,400m以上で、高原地帯の中に孤立した形で存在する。北部のNyika Plateau（最高標高2,600m）、Viphya Plateau（最高標高2,058m）、中部のDedza Mountain（最高標高2,198m）、南部のZomba Mountain（最高標高2,085m）及びマラウイ最高峰のMulanje Mountain（最高標高3,000m）等が代表的である。ムジンバ西地区の東縁部は、Viphya Plateau西側山麓に位置している。

マラウイ国は標高から図2-4-2-6のように4つに区分できる。

計画対象地域は、地形分類ではRumphi-Mzimba Plainと呼ばれている高原地帯に、標高区分では600～1,200mと1,200～1,800mのゾーンに属しているが、大半が緩や

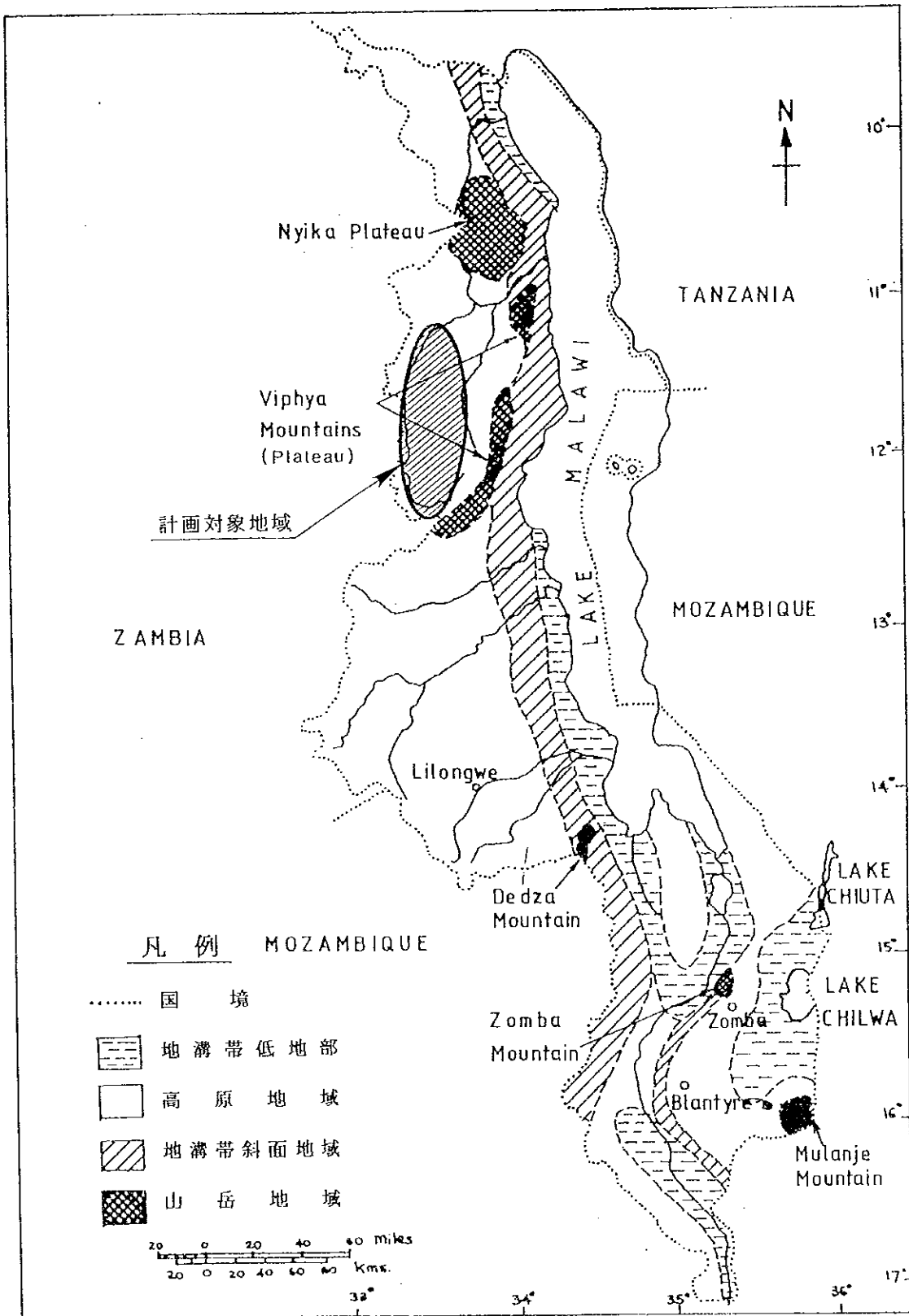


图 2-4-2-5 地形分類图

かな起伏を示す標高1,100~1,200mの平原地帯になっている。また、計画対象地域東側境界付近に標高1,600m以上の起伏に富んだ地形（Viphya Plateau、North Viphya Hills）も一部に認められる。

地域内には、Viphya Plateauやザンビア国との国境付近の高地を源とするSouth Rukuru川とその支流であるManthulo川、Luwewya川、Mzimba川、Wasozi川等の河川が発達している。South Rukuru川の本流やMzimba川等は、乾期でも水涸れすることはないが、支流の多くは部分的に干し上がり、所々に澱みをつくっているにすぎない。また、これらの水系に沿ってDAMBOと呼ばれる草原湿地が広がっているが、雨期にはこれが冠水状態となる。

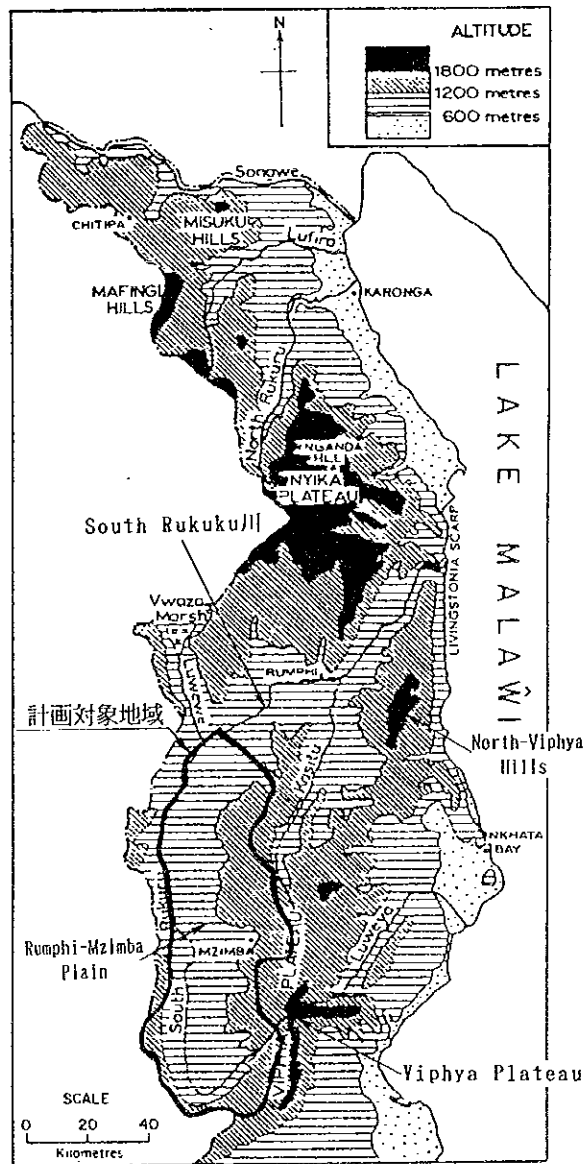


図 2-4-2-6 標高区分図

(3) 地 質

マラウイ国の大部分は、先カンブリア紀から古生代初頭に及ぶモザンビーク造山帯に属しており、片麻岩を主とする変成岩類と、これらに貫入する同時代の花崗岩、斑れい岩等の深成岩類が分布している。この他、二畳紀のカルー系堆積岩類、ジュラ紀のカルー系火山岩類、白亜紀以降の堆積岩類等が分布するが、基盤岩であるモザンビーク帯の分布区域に比べるとその分布範囲は極く狭く、北部と南部の一部に見られるのみである。

基盤岩類は、度重なる造山運動により、構造的な変形を受けており、構造線は北西-南東及び北東-南西方向が卓越し、南北及び東西方向がこれに次いでいる。白亜紀になって活動を開始した断層運動によって、マラウイを縦断する地溝帯が形成されたことに伴って地溝帯の周辺は破碎され、数多くの断層破碎帯や引っ張り割れ目群（走向は概ねNS方向を主体とする）が出来ている。

計画対象地域は、地溝帯の西側の高原地帯に位置し、地域の東部即ちViphya Plateauの西縁部周辺に基盤岩類が露出する他は、高原地帯は全般に基盤岩類の風化表土や湿地帯のDAMBO等に堆積した沖積層によって被覆されている。

計画対象地域の地質の分布状況は、図2-4-2-7に示すとおりである。

1) 基盤岩類

基盤岩は、モザンビーク帯に属する各種片麻岩、片岩、珪岩、グラニュライト、フィロナイト等の変成岩類を主体とするが、貫入岩体として基盤岩中に花崗岩、花崗閃緑岩、粗粒玄武岩、サイアナイト、ペグマタイト、変斑れい岩等が認められる。

変成岩は、大半が変麻岩類より構成され、縞状構造が顕著な黒雲母片麻岩が最も優勢である。これらの変成岩類は全般に硬質で空隙の少ないことを特徴としている。縞状構造は、計画対象地域の北部から中部はN-S性であるが、南部ではNE-SW性の走向が卓越している。

貫入岩体は、基盤岩中に万遍なく分布し、特にムジンバ市西方の花崗岩と計画対象地域南部の粗粒玄武岩の岩脈が顕著である。これら貫入岩類の分布する地域は風化を受けにくく、差別侵食により残丘状の特異な地形を形成する傾向が認められる。

〔 風化の状況 〕

基盤岩の風化帯は、Viphya Plateauの西麓にあたる計画対象地域の東縁部で表層より硬質岩が分布し極めて薄くなるが、中央部から西側の表層堆積物に被覆された地域は、上部に土砂状～軟岩状の脆弱な風化帯が分布し、その下部に亀裂の発達する弱風化帯が数10mの層厚で続いている。しかし、一般的に風化帯の厚さは変化に富んでおり、特に表層堆積物の下に岩脈類が分布するような場合は風化

帯がほとんど存在しない事が多い。

〔地質構造〕

基盤岩の分布地域において、弱線を形成する断裂系は、Viphya Plateau等の起伏のある山地において地形に比較的良好に反映されることが多く、地形図や現地踏査においてリニアメントとして観察することができる。最も卓越する断裂系は、全般にN20° E, N20° Wの走向であり、計画対象地域の南端部ではN60° ~ 70° Eが優勢となる。

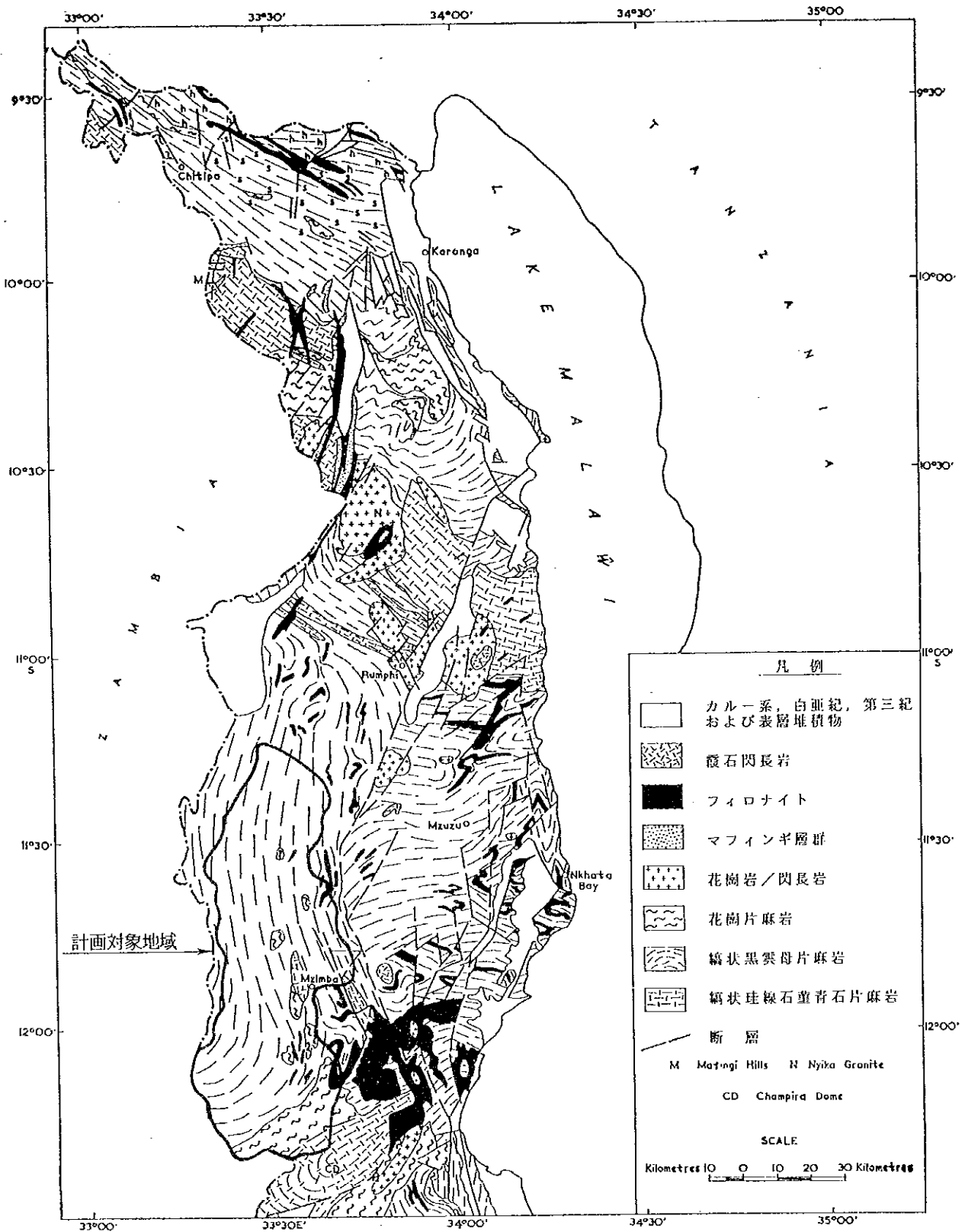
これらの断裂系は、破碎帯を伴っている場合が多く、地下深部まで地下水の賦存が可能な裂っかを伴うため、水理地質上重要な意味を持っている。

2) 表層堆積物

計画対象地域の中部から西部にかけて、Rumphi-Mzimba Plainが広がるが、全般に表層堆積物によって被覆されている。表層堆積物は、South Rukuru川沿いの低地やDAMBO沿いに分布する沖積層、DAMBO堆積物とこれら低地よりやや高い部分に分布する砂質土壤に区分することができる。

砂質土壤は、片麻岩類等基盤岩の風化残留土壤で、一般に灰黄色を呈し、石英粒子を多量に含むことを特徴とする。本層の下部には、一般にラテライト生成過程の鉄分に富んだ地層を挟んでいることが多い。

一方、沖積層やDAMBO堆積物は、停滞水域特有の灰色のシルト等粒径の細かい地層が主体となるが、河川の勾配が緩く流路の変化が激しいため、層相の変化に富み、随所で砂質分を多く含む地層を挟んでいる。



GSN.939E

出典：マラウイ地質調査所（1973）

図 2-4-2-7 マラウイ北部地質図

2-4-3 水理地質状況

(1) 水理地質の概要

1) 滞水層の分布

計画対象地域の水理地質の状況は、その地形及び地質的条件により次のとおり2地域に大別できる。

- ① 計画対象地域の中～西部、South Rukuru川及びその支流の流域に広がる平坦な高原地帯で、DAMBO等の低湿地が発達する地域。
- ② 計画対象地域の東側、Viphya Plateauの西縁部周辺の山裾部及び丘陵（Hills）周辺の基盤岩類を被覆する層の薄い地域。

高原地帯は、表層部に透水性の低い泥質土の分布する場合があるが、その下部には片麻岩類を主とする基盤岩の風化部（土砂状～亀裂発達）が厚く分布し、良好な滞水層となっている。

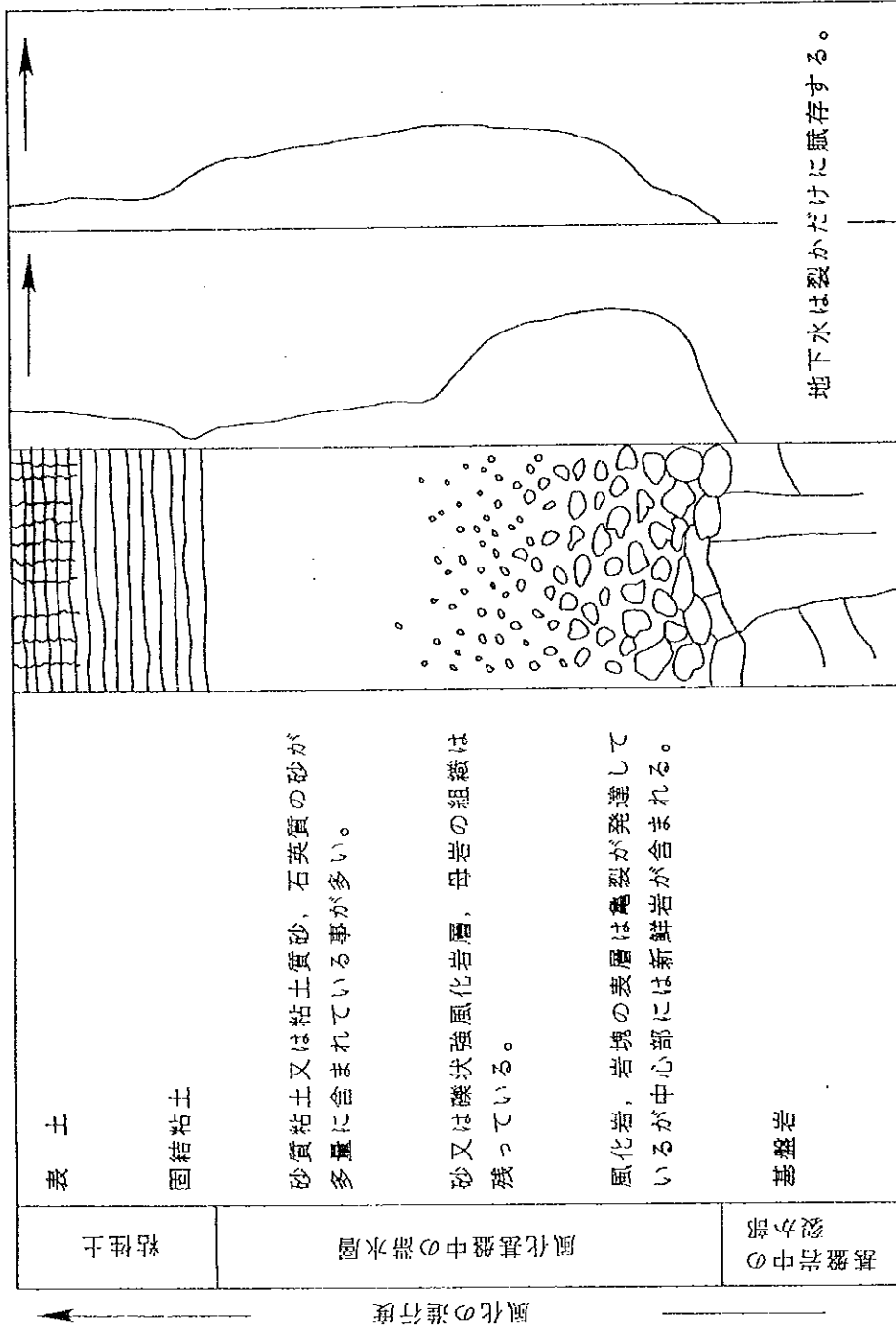
高地部は、地形が急峻で雨水が流出しやすく、また、表流水、雨水の地下への浸透があまり期待できない硬質岩を主体に構成されている。一方、山地の裾部は未固結土砂や亀裂の発達した風化岩等が分布する場合もあるが、相対的に滞水層の分布は貧弱となる。特に貫入岩体の分布する場合、風化帯が薄く、地下水の賦存がほとんど期待できない。

いずれの地域でも、滞水層となるのは亀裂の発達した風化岩層が主体となる。また、対象地域内の滞水層の分布状況は、一般に図2-4-3-1に示すとおりである。滞水層としては、基盤の裂っか（亀裂発達型）と強風化帯（土砂化型）に分けられる。亀裂発達型の滞水層は亀裂の発達した風化岩層で、硬質部も含まれているものであり、山裾部の滞水層は概ねこれに該当する。土砂化型の滞水層は風化が進行し、粘土状～砂礫状部が主となっている強風化岩層となる。滞水層中の地下水は、全般に雨期乾期の影響により水位が変動し易く、滞水層の分布条件は基盤岩の形状、地下水位に大きく左右される。

また、風化岩層以外では、断層等の構造線に沿って分布する基盤層中の破碎帯からも豊富な地下水が期待できる。このような亀裂の発達した断裂系は、前述の地質構造の項で記載した走向を示す谷筋等を通るものと予想されるが、破碎帯自身極く限られた帯（一般に巾数m～20m程度）が連続しているにしかすぎず、破碎帯の追跡には詳細な調査が重要となる。

以上の滞水層の他に、沖積層、DAMBO堆積物、風化残留土等表層堆積物中の砂質土、礫質土等、粒径の粗い部分が滞水層となっている。地下水は、自由面地下水の形態

岩石区分 模式柱状図 相對透水係数 相對有効空隙率



出 所 : 水利局

図 2-4-3-1 風化岩層中の滞水層模式図

を有し、降雨の多寡に左右されやすい水であるが、下部の滞水層への涵養源としての意味を持っている。現在、各所において手掘り井戸が掘られ、住民等に利用されているが、上記の理由から、乾期における地下水涸渇等の問題がある。即ち、その賦存量は、滞水可能な砂質土層の層厚も薄く連続性に欠けるため、永続的な地下水として活用される可能性は少ない。

2) 地下水の流動と地下水涵養量

地表より降雨等によって涵養された地下水は、計画対象地域の西縁部を南北に流れる South Rukuru川の本流に向かって西方に動水勾配 1/100 で流動し、本流沿いの地域では現在の河道と同じ動水勾配 (1/800) で北方へ向かっている (図2-4-3-2参照)。

また、一般に年間の水収支は次式によって概算する事ができる。

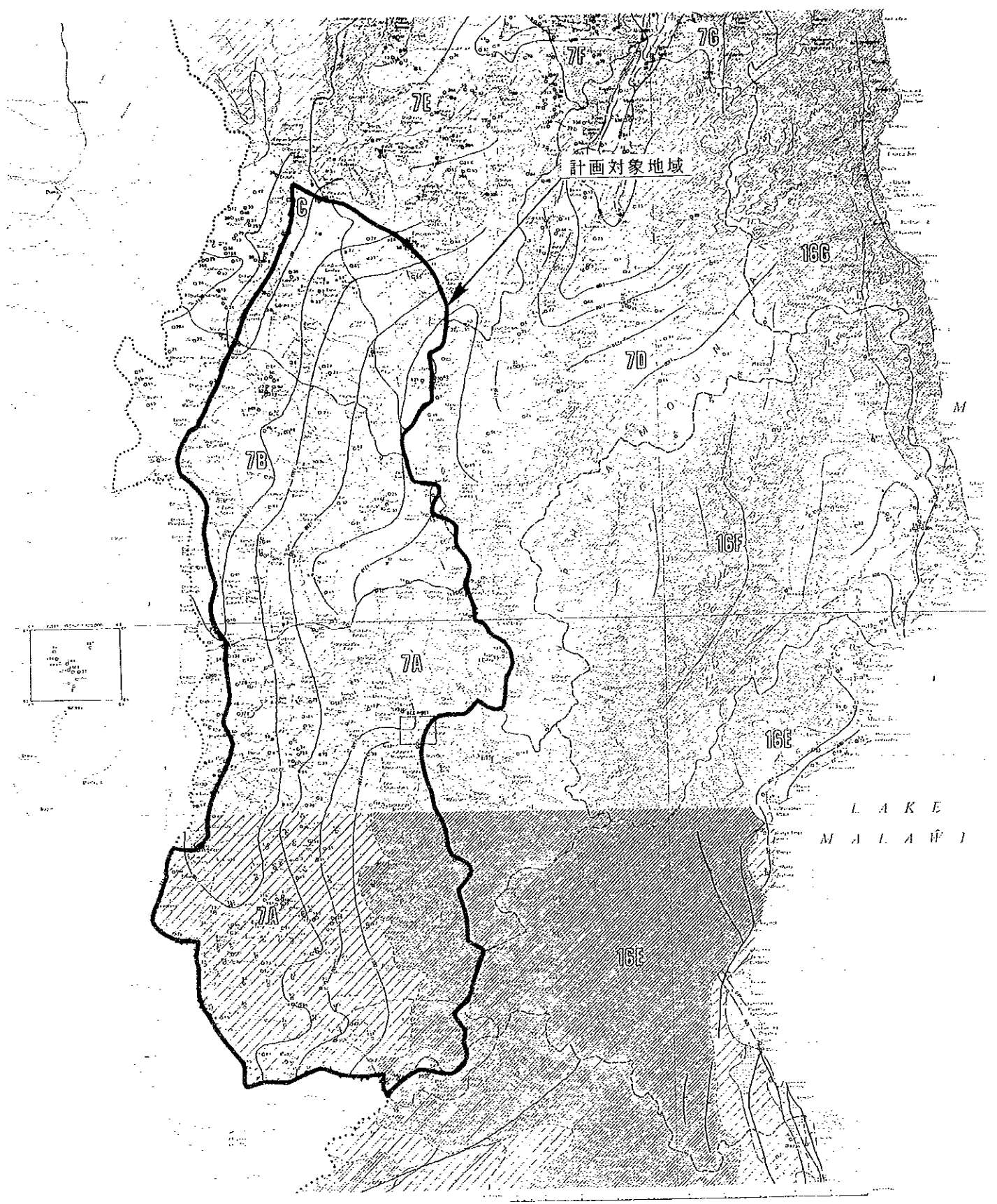
$$\text{降水量} \times \text{面積} = \text{蒸発散量} + \text{河川流出量} + \text{地下水涵養量}$$

このうち、蒸発散量については、過大な測定例しかないため、対象地域と水理地質条件の類似した Dowa West での資料を基に、目安としての地下水涵養量を試算する。

$$\begin{aligned} \text{対象地域の地下水涵養量} &= \text{面積} \times \text{平均地下水涵養量} \\ &= 3,980\text{km}^2 \times 20\text{mm}^*/\text{年} \\ &\approx 7.96 \times 10^7 \text{m}^3/\text{年} \end{aligned}$$

* : Dowa West の平均地下水涵養量
(4 ~ 36mm/年の平均値)

また、Dowa West 地区の地下水涵養量の最低値 4 mm/年を使って計算しても、対象地域において $1.59 \times 10^7 \text{m}^3/\text{年}$ 程度の地下水涵養量が期待できる。





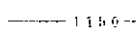
- 凡 例
-  裂か水を賦存する岩盤地帯
 -  自由面地下水を賦存する岩盤地帯
 -  115.6 地下水位等高線

図 2-4-3-2 水理地質図

(2) 地下水の賦存状況（電気探査結果）

対象地域内で電気探査を実施し、その結果及び既存井戸資料を参考にして、水理地質構造の検討を行った。探査地点は、対象地域全域の水理地質構造を把握するため、サイトの地形・地質条件等を考慮して、109地点を選定した。探査地点の位置及び内訳は、図2-4-3-3、表2-4-3-1に示すとおりである。

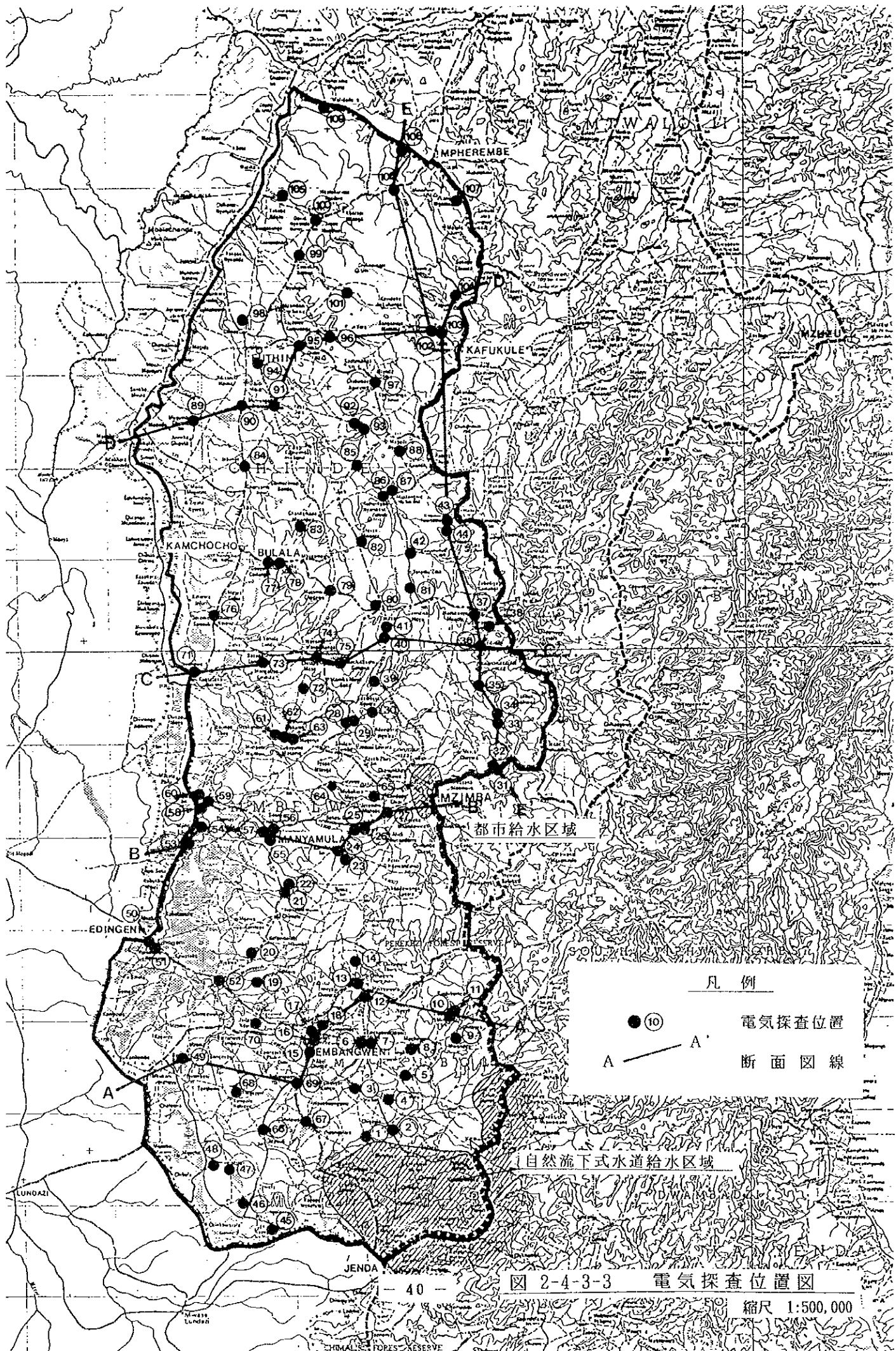
表 2-4-3-1 電気探査測点位置一覧表

T. A. / S. T. A.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	計
T. A. M'Mbelwa	11	21	—	32
T. A. Mtwalo	—	—	5	5
S. T. A. Kampingo Sibande	8	—	—	8
T. A. Chindi	6	8	23	37
T. A. Mzikubola	14	—	—	14
T. A. Mpherembe	—	—	3	3
T. A. Mzukuzuku	5	5	—	10
計	44	34	31	109

1) 測定方法及び使用機器

電気探査は、Schlumberger法により測定深度100mまでの垂直探査を実施した。地表面の接地抵抗が高いため、重合方式の機器に加えパワーブスターを使用し、S/N比の向上に努めると同時に、低比抵抗層を測定する場合は、電流電極の複数設置、電極付近への散水等を行い、測定の精度をあげた。

機器仕様は、表2-4-3-2に示すとおりである。



凡例

● (10) 電気探查位置

A — A' 断面図線

自然流下式水道給水区域

图 2-4-3-3 電気探查位置图

縮尺 1:500,000

表 2-4-3-2 電気探査測定器仕様 (McOHM Mark-2)

送信部	出力電圧	400 Vpp max.
	出力電流	1, 2, 5, 10, 20, 100, 200mA (constant current)
	動作電圧	12 V DC
受信部	入力インピーダンス	10 MΩ
	測定電位	±25mV, ±250mV, ±2,500mV (auto range)
	分解能	1 μV
	S/N比	90 dB (with 50/60 Hz)
	スタック回数	1, 4, 16, 64 (optional stop of stacking is feasible)
	測定サイクル	3.7 sec
データメモリー	最大ファイル数	128
	最大データ数	2,000
	1ファイル当り最大データ数	110
インターフェイス		RS-232C
外部コントロール		Power Booster (Model-2917)
電源		DC 12V (内蔵充電池 : 5 Ah、外部 : 12V バッテリー)
		0 ~ 50°C
寸法		(W) 206 × (H) 281 × (D) 200 mm
重量		約 9 kg (含む内蔵バッテリー)

2) 測定結果

各測点で計測された $\rho - a$ 曲線は、Schlumbergerの二層標準曲線及び補助曲線との照合法により解析し、比抵抗曲線として整理した(資料編参照)。また、調査地域内の水理地質状況については、既存井戸の柱状図を加え、図2-4-3-4の比抵抗断面図にまとめた。

地層は比抵抗値によりおおまかに4層構造として解析される。表層を第1層とし、以下第2, 3, 4層が続くものとする。第3層が主な滞水層となる。滞水層は前述のように、地質構成により亀裂発達型、土砂化型に区分され、第3層の比抵抗値が $70\Omega - m$ 以上の場合は亀裂発達型に、 $70\Omega - m$ 以下の場合は土砂化型になる。これに対し、電気探査で得られた比抵抗層の分布は、基盤層の比抵抗値によりA, B, Cの3つの型に分類される。

① A型

地表付近と地下深部が相対的に高い比抵抗値を示し、中間層が低い比抵抗値を示している。この中間層が滞水層にあたり、風化岩層と推定される。基盤層は、亀裂が少なく透水性は低い。基盤岩までの深度及び滞水層の比抵抗値と層厚により、水量が左右される。この型が最も多く、測定地点の6～7割を占める。

② B型

A型と似た比抵抗値の分布状況を示すが、基盤岩の比抵抗値がA型と比べて低くなっている。滞水層は、中間層の強風化岩～風化岩が主体となる。基盤岩も風化岩～弱風化岩と推定され、裂っか等に地下水の賦存が期待できる。

③ C型

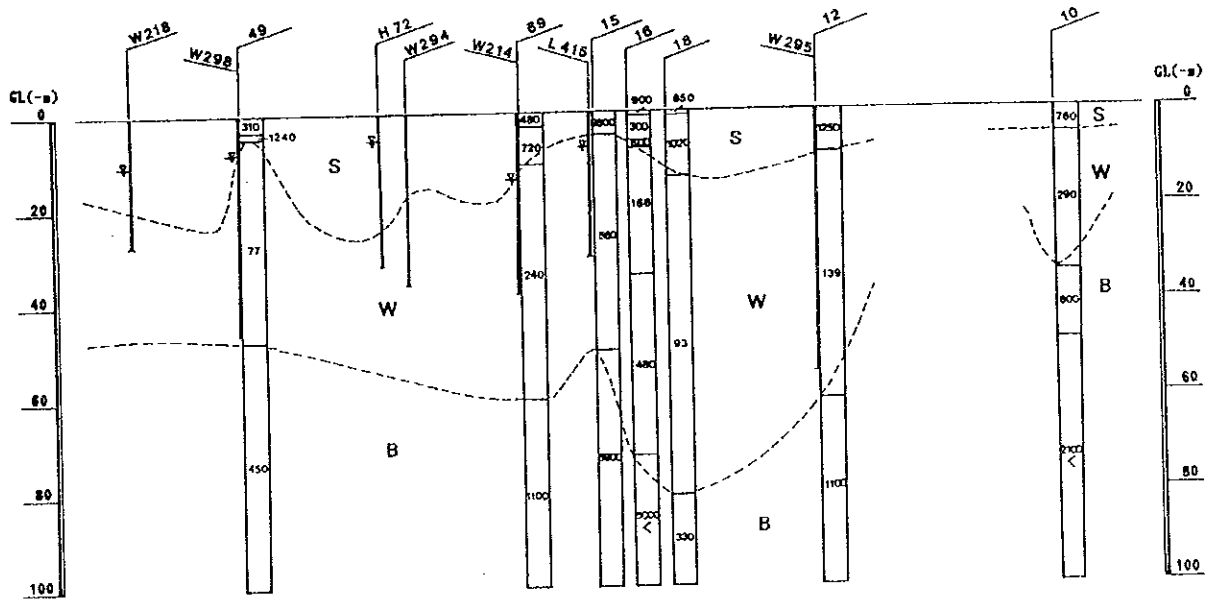
C型は、 $\rho - a$ 曲線の形状がA型と類似するが、第3層と第4層の境界が地表より10数m付近で極めて浅いことを特徴とする。強風化岩～風化岩層が薄く、比較的浅部より亀裂の少ない新鮮な岩盤が分布すると考えられ、地下水の賦存量は少ない。このような地区では、断層破碎帯や岩脈との境界部等、亀裂の発達した箇所地下水を賦存している。この場合、滞水層の比抵抗値は低めの値を示す。

A・B型は、調査地域のほぼ全域に分布しており、前述の土砂化型に属する滞水層の比抵抗値が $70\Omega - m$ 以下の地点は、A、B型の地質構成の地域でも計画対象地域南西部付近に集中している。C型は、調査地域東側のViphya Plateauの山地部及び調査地域内に点在する残丘状の高地の周辺に分布している。各比抵抗層と対応する地質は、次のようにまとめられる。

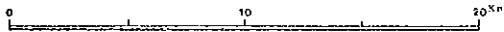
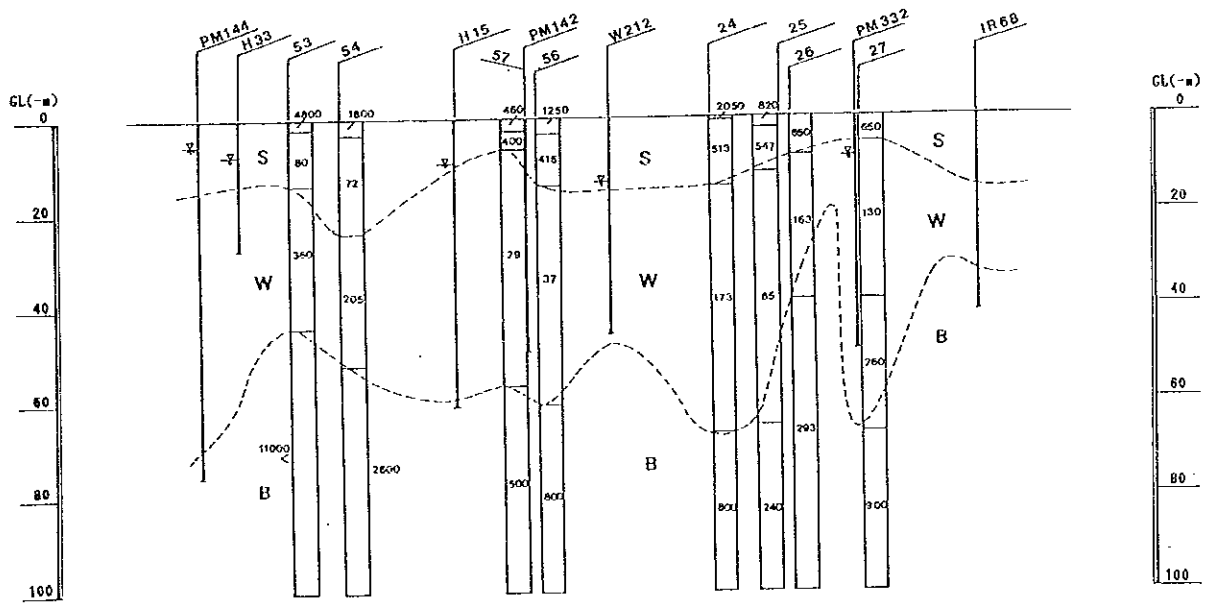
表 2-4-3-3 比抵抗値と地質の対比

比抵抗層		比抵抗値	対応する地質	
第1・2層		47～5,500	表土、粘性土、シルト、砂質土、風化岩	
第3層		28～692	強風化岩～風化岩 (粘土化部～新鮮部まで変化に富む)	
第4層	A・C型	800 <	基盤岩	亀裂の少ない岩盤
	B型	75～750		強風化岩～風化岩 (亀裂の発達した箇所)

A—A' 断面



B—B' 断面



凡 例

记号	比抵抗层区分	比抵抗值 (Ω-m)	地質
S	第1-2層	47-5,500	表層堆積物及砂風化岩
W	第3層	30-720	礫層化岩-風化岩
B	第4層	75-800以上	基盤岩

電気探査位置

既存深井戸位置

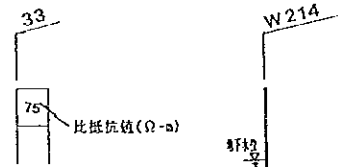
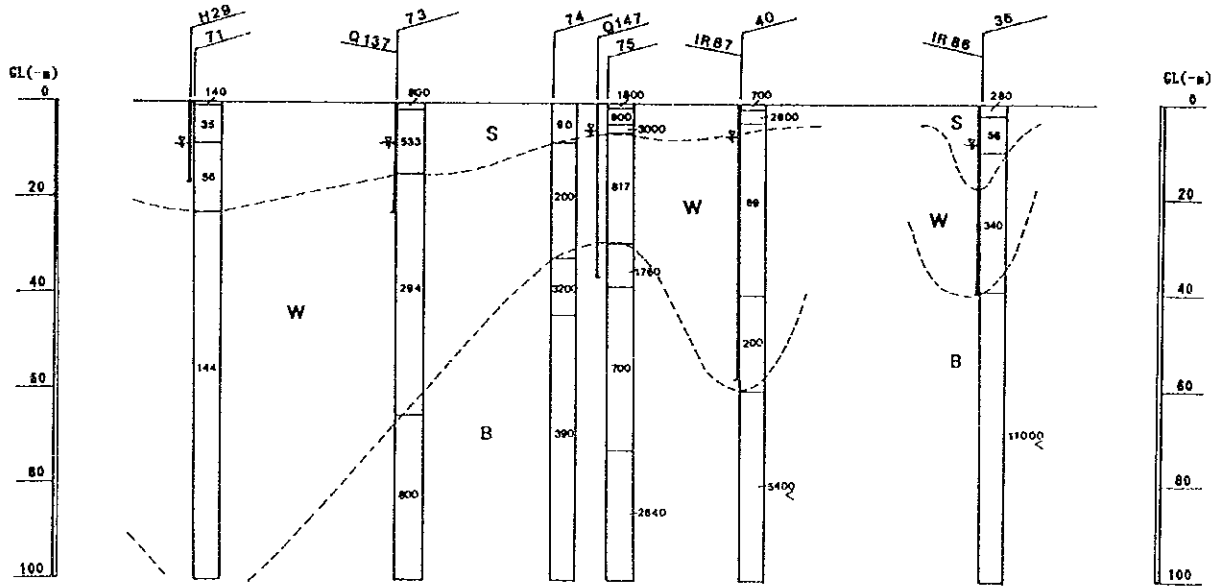
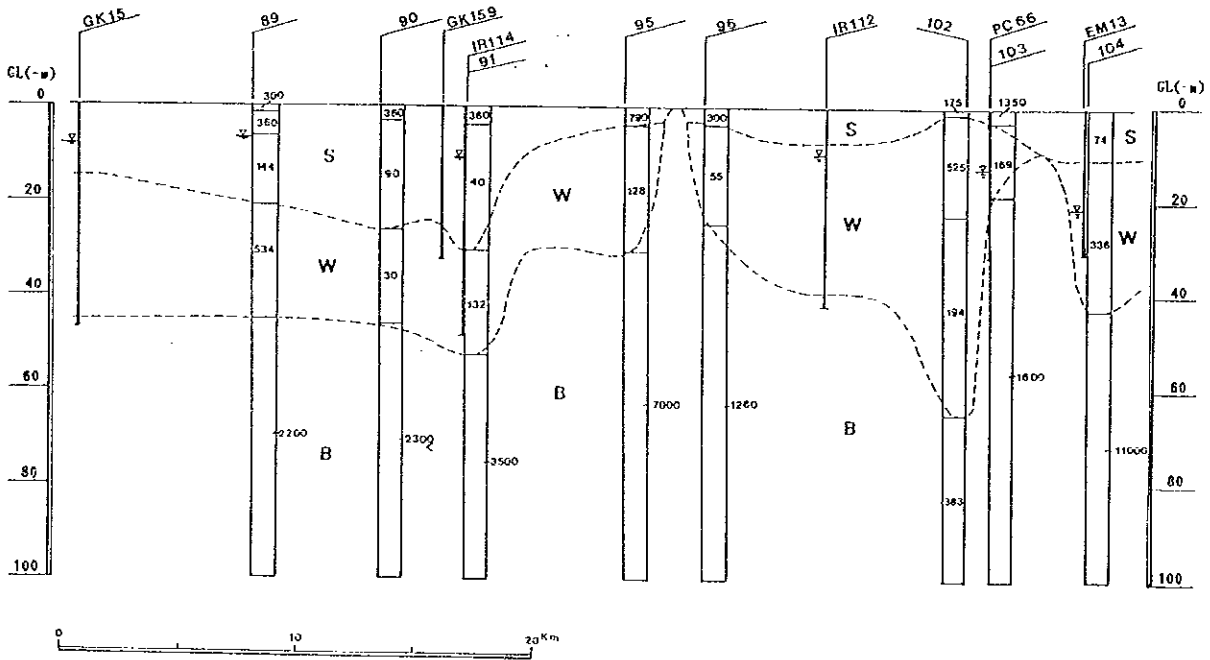


図 2-4-3-4(1) 比抵抗断面図 (1/3)

C—C' 断面



D—D' 断面



凡 例

记号	比抵抗層区分	比抵抗値 (Ω-m)	地質
S	第1・2層	47~5.500	表層堆積物及び強風化岩
W	第3層	30~720	強風化岩~風化岩
B	第4層	75~800以上	基盤岩

電気探査位置

既存深井戸位置

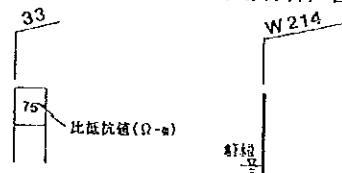
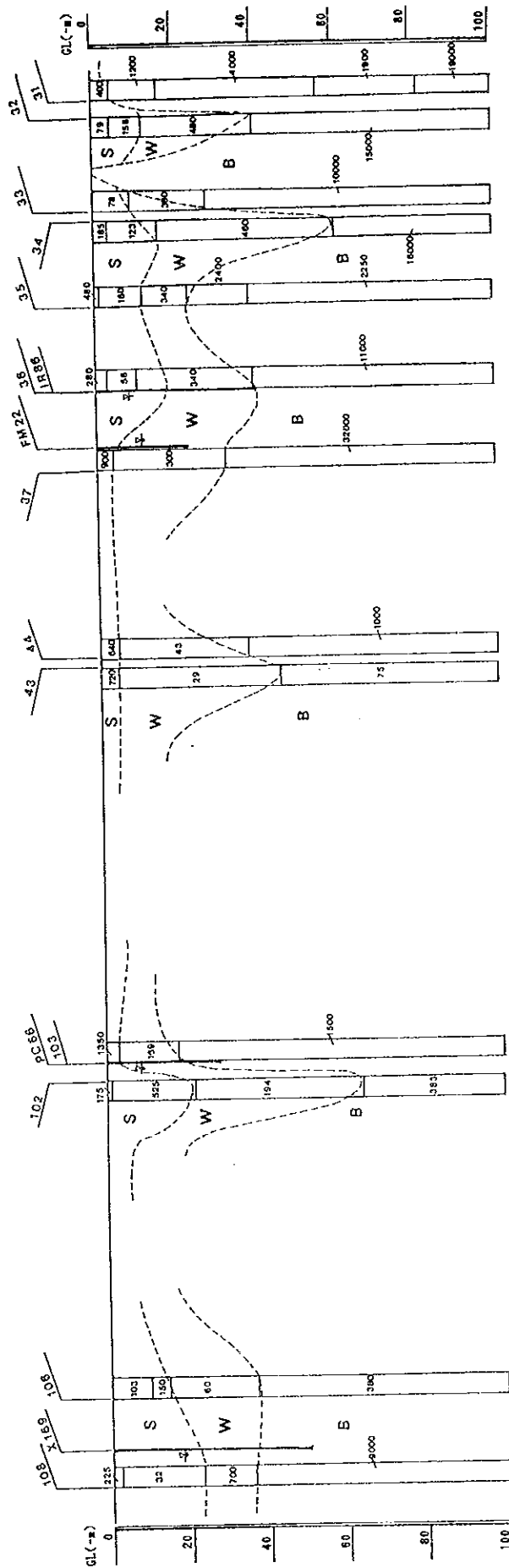


图 2-4-3-4(2) 比抵抗断面图 (2/3)

E—E'断面



凡例

記号	比抵抗層区分	比抵抗値 (Ω·m)	地質
S	第1・2層	47~5,500	表層堆積物及び強風化岩
W	第3層	30~720	強風化岩~風化岩
B	第4層	75~800以上	基盤岩

電気探査位置

既存深井戸位置

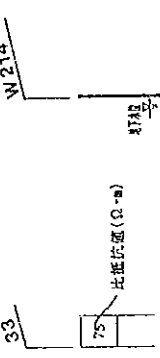


図 2-4-3-4(3) 比抵抗断面図 (3/3)

3) 滞水層の評価

滞水層の比抵抗値は、地下水の比抵抗値と密接な関係にあり、次の式で示される。

$$\rho = F \times \rho_w$$

ここに、 ρ : 地層の比抵抗値

ρ_w : 地下水の比抵抗値

F : 地層係数（地層の間隙率に関係し、滞水層の場合一般的に
1.0～8.0の値となる）

既存井の地下水比抵抗 ρ_w は、調査地域の北側の一部で高い電気伝導度を示す溶存成分の多い井戸が観測されており、これらを除いて考えると電気伝導度からの換算値で大半が30～90 Ω -m程度を示している。これを上式に代入すると、滞水層の比抵抗値 ρ は30～720 Ω -m程度となる。電気探査で滞水層と考えた比抵抗層（ $\rho = 29 \sim 692 \Omega$ -m）は地層係数から考えた滞水層の比抵抗値の範囲に入る。ただし、調査対象地域の地下水の電気伝導度は30～3,110 μ S/cmと、場所によってかなりの相違があり、この範囲の比抵抗値を示す地層を滞水する可能性のある地層として考えておく必要がある。

4) 電気探査のまとめ

対象地域内で実施した電気探査の結果は、まず表2-4-3-4(1)～(2)において既存井戸データと対比し、電気探査の各地点の調査結果を整理したものを表2-4-3-5(1)～(5)に示す。同表において ρ -a曲線の形状から地質構成のパターンをA・B・Cに分類し、地下水の開発の可能性について評価した。

以上の結果を整理すると、次記のとおりである。

- ① 想定する滞水層の比抵抗値は、30～720 Ω -mの範囲にある。
- ② 基盤層（第4層）までの平均深度は以下のようなになる。

A型	: 44.3m
B型	: 53.5m
C型	: 43.5m
- ③ B型の比抵抗分布が得られた測点では、基盤中に亀裂が発達していることが考えられるため、更に深く掘削することにより揚水量の増加が期待できる。
- ④ C型の比抵抗分布が得られた測点では、風化岩層までの深度がある程度深く、比抵抗値が低い場合、地下水を賦存していると考えられる。

また、C型の分布する地域では、水平電気探査、電磁探査（VLF探査）等、破碎帯の検出を目的とした探査を行って破碎帯位置を確認したのち、垂直電気探査を行い、井戸掘削のための資料を得るようにすることが望ましい。

表2-4-3-4(1) 電気探査結果と既存井の対比

No.	Zone	T. A.	村名	Borehole No.	掘削深度 (m)	揚水量 (t/min)	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	滞水層		地質		
								比抵抗 (Q-m)	深度 (m)			
12	1	MZIKUBOLA	Chikomeni Thole	W 295	54.8	180	111.2	139	60			
13			Thoza Sch.	JT 210	nd	nd	nd	188.9	266	61		
19			MZUKUZUKU	Eicheyeni Sch.	JT 195	nd	nd	nd	134.2	87/200	30/58	
21			M' MBELWA	Mapangavisoti	H 12	47.3	120	167.8	195	50	砂混り粘土、風化片麻岩	
36			KAMPINGO SIBANDE	Chibembe Sch.	IR 86	39.5	45	nd	340	39	砂混り粘土、風化岩	
38			Eswanjini	FM 20	nd	80	238.0	154	27			
40		CHINDI	Endindeni Disp.	IR 87	57.5	45	nd	69/200	40/60	砂 礫		
49		2	M' MBELWA	Mzoma Sch.	W 298	46.8	nd	nd	77	48	砂混り粘土、風化片麻岩	
50				Edingeni	IR 84	49.6	nd	nd	866.0	58	50	
54				Mjinge	GK 153	41.5	30	30	nd	205	52	
57	Manyamula Sch.			PM 142	48.3	60	60	nd	29	56	風化片麻岩	
67	MZUKUZUKU		Baleni Jere	HC 3	nd	nd	nd	146.7	31			
69			Ephangweni	W 214	38.0	180	180.0	240	60	硬質石英		
70			Mtezi Mithi	H 81	32.33	91	309.0	28	48			
73	CHINDI		Chizungu Sch.	Q 137	23.0	45	126.6	294	65	砂質土、風化片麻岩		
74		Chisasa ADMARC	Q 146	43.6	45	nd	200	32	片麻岩			
78		Bulala	FM 122	36.3	90	207.0	155/65	27/52				

表2-4-3-4(2) 電気探査結果と既存井の対比

No	Zone	T. A.	村名	Borehole No.	掘削深度 (m)	揚水量 (t/min)	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	滞水層		地質
								比抵抗 ($\Omega\text{-m}$)	深度 (m)	
83	3	CHINDI	Lwankhozi Sch.	RK 18	61.7	90	154.0	94/240	27/62	硅質片麻岩
87			Mzalangwe	PM 344	51.0	25	nd	70/170	28/60	花崗岩
89			Kanyakhunde Sch.	KK 223	nd	nd	426.0	144/534	21/45	
90			Rouben Lungu	GK 40	nd	nd	nd	30	46	
91			Chamunguwa	IR 114	48.8	20	972.0	40/132	30/52	
92			Nthumba ADMARC	CC 172	nd	nd	880.0	69	46	
95			Kajembe Kumwenda	E 139	30.0	60	nd	128	30	風化片麻岩、 風化岩
97			Musa Mango	PC 152	nd	nd	nd	387	55	
98			Nkhweta	PP 52	nd	nd	520.0	141	44	
100			Kapando Sch.	PM 341	nd	nd	1,880.0	42	18	
103	MTWALO II		Chamhaya Gondwe I	no number	nd	nd	386.0	169	18	
109			MPHEREMBE	Simon Jere	PM 542	nd	nd	3,110.0	200	25

表2-4-3-5 (1) 電気探査測点位置一覧表

No.	Zone	T. A. / S. T. A.	村名	滞水層		ρ-a 値 の分類	評価	備考
				比抵抗 (Ω-m)	深度 (m)			
1	1	MZYKUBOLA	Sumuel Kamanga	41	31	A	○	
2			Chigaule Qutoto	—	—	C	×	基盤岩までの深度が浅い
3			Chikondawanga II Lusale	315	35	C	○	
4			Zeleza Moyo	233/ 530	36/65	A	○	
5			Muswamphira Muzi	240	40	A	○	
6			Emchakachakeni Sch.	—	—	C	×	基盤岩までの深度が浅い
7			Emchakachakeni Sch.	420	65~	A	△	基盤岩までの深度が浅い
8			Machowani Nkhoswe	135/63	46/65	A	○	
9			Chinjoka Nyirenda	600	54	A	△	風化岩層までの深度が浅い
10			Mapanjila Sch.	290	34	A	○	
11			Mapanjila	390	30	A	○	
12			Chikomeni Thole	139	60	A	○	W 295 180l/m
13			Thoza Sch.	266	61	B	○	JT 210
14			William Muyawa	160	50	B	○	
15	1	MZUKUZUKU	Embangweni T. C.	560	52	A	△	風化岩層までの深度が浅い
16			Embangweni	168/ 480	23/72	A	○	
17			Embangweni	414	58	A	○	
18			Embangweni Distance Sch.	93	80	B	○	CSC
19			Etcheyeni Sch.	87/200	30/58	A	○	JT 195
20	1	M' MBELWA	Handle Ndklown I	60	23	A	△	基盤岩までの深度が浅い
21			Mapangavisoti	195	50	A	○	H 12 120l/m
22			Mapangavisoti	280	36	A	○	
23			Yohan Chisi	361	70	B	○	
24			Yesaya Shumba	183	66	A	○	
25			Mirara Sch.	65	65	B	○	

- : 有望な滞水層が分布する
- △ : 揚水量が少ないか又は水質が懸念される
- × : 掘削地点としては不適である

表2-4-3-5 (2) 電気探査測点位置一覧表

No	Zone	T. A. / S. T. A.	村 名	滞 水 層		ρ-a 値 の分類	評 価	備 考
				比抵抗 (Ω-m)	深 度 (m)			
26	1	M' MBELWA	Mirara Sch.	163	37	B	○	
27			Jeremia Mahobe	130/ 260	38/66	A	○	
28			Bokola Sch.	322	23	A	×	基盤岩までの深度が浅い
29			Bokola Sch.	60	34	A	○	
30			Samuel Mabaso	330	22	A	△	基盤岩までの深度が浅い
31			1	KAMPINGO SIBANDE	Mzondi Ndhlovu	—	—	C
32	Mzondi Ndhlovu	158/ 480			12/40	C	△	基盤岩までの深度が浅い
33	Tadeyo Chakwira	320			28	C	△	風化岩までの深度が浅い
34	Tadeyo Chakwira	123/ 460			17/60	C	△	風化岩までの深度が浅い
35	Zebediya Zighili	160/ 340			11/23	C	×	風化岩までの深度が浅い
36	Chibembe Sch.	340			39	C	○	IR 86 45t/m
37	Kapoli Sch.	300			32	A	○	
38	Eswanjini	154			27	A	○	FM 20
39	1	CHINDI			Yesaya Nkoshi	308/ 610/	17/42	A
40			Endindeni Disp.	69/200	40/60	A	○	IR 87 45t/m
41			Yesaya Nkoshi	200	32	A	○	
42			Ndabanbe Gausi	80	48	A	○	
43			M' mbelwa Farm Institute	29	45	B	○	
44			M' mbelwa Farm Institute	43	37	A	○	
45	2	M' MBELWA	Kapopo Mkt	37	25	A	△	基盤岩までの深度が浅い
46			Kachinjere Nyirongo	63	44	A	○	
47			Malanga Mtonga	58	45	B	○	
48			Mtuzuzu Sch.	56	74	B	○	
49			Mzoma Sch.	77	48	B	○	W 298
50	2	M' MBELWA	Edingeni Disp.	58	50	B	○	IR 84

○ : 有望な滞水層が分布する

△ : 揚水量が少ないか又は水質が懸念される

× : 掘削地点としては不適である

表2-4-3-5 (3) 電気探査測点位置一覧表

No	Zone	T. A. / S. T. A.	村名	滞水層		ρ-a 値 の分類	評価	備考
				比抵抗 (Ω-m)	深度 (m)			
51	2	M' MBELWA	Edingeni	44/100	34/48	A	○	
52			Chanjobvu	36	48	B	○	
53			Mjinge Sch.	360	40	A	○	
54			Mjinge	205	52	A	○	GK 153 30t/m
55			Manyamula	36	60	B	○	
56			Manyamula	37	60	A	○	
57			Manyamula Sch.	29	56	B	○	PM 142 60t/m
58			Engaraweni	140	60	A	○	
59			Engaraweni	59/168	27/60	A	○	
60			Engaraweni	76	22	A	×	基盤までの深さが浅い
61			Zubayumo Makamo	332	20	A	×	基盤までの深さが浅い
62			Zubayumo Makamo	—	—	—	—	解析不能
63			Zubayumo Makamo	360	50	A	○	
64			Ngori Sch.	52	35	A	○	
65			Kandodo Chisi	230	25	A	△	基盤までの深さが浅い
66	2	MZUKUZUKU	Aramu Mhone	93	42	A	○	
67			Baleni Jere	58	31	A	○	HG 3
68			Eliakimo Mwandira	81	34	B	○	
69			Ephangweni	240	60	A	○	W 214 180t/m
70			Mtezi Mithi	25	48	A	○	H 81 91t/m
71	2	CHINDI	Kamteteka Sch.	56/144	23/ 23~	B	○	
72			Chindindindi	40/115	23/46	A	○	
73			Chizungu Sch.	294	65	A	○	Q 137 45t/m
74			Chisasa ADMARC	200	32	C	○	Q 146 45t/m
75			Makurande Sch.	817	29	A	×	基盤までの深さが浅い 比抵抗値高い

○ : 有望な滞水層が分布する

△ : 揚水量が少ないか又は水質が懸念される

× : 掘削地点としては不適である

表2-4-3-5 (4) 電気探査測点位置一覧表

No.	Zone	T. A. / S. T. A.	村 名	滞 水 層		ρ-a 値 の分類	評 価	備 考
				比抵抗 (Ω-m)	深 度 (m)			
76	2	CHINDI	Chisengezi Sch.	155	65	A	○	
77			Bulala	175/ 380	21/70	A	○	
78			Bulala	155/65	27/52	A	○	FM 122 90t/m
79	3	CHINDI	Kanyeru Chadewa	692	65	A	△	風化岩までの深さが浅い
80			Kawdi Sch.	533	30	A	△	基盤岩までの深さが浅い
81			Makngazi Sch.	129	46	B	○	
82			Visente	105	70	B	○	
83			Lwankkhozi Sch.	94/240	27/62	A	○	RK 18 90t/m
84			Mbunge	35	40	A	○	
85			Mabuka Hlango	625	50	A	△	風化岩までの深さが浅い
86			Mzalangwe ADMARC	244	57	C	○	
87			Mzalangwe	70/170	28/60	C	○	PM 344 25t/m
88			Kavululanga Sch.	67	42	A	○	
89			Kanyakhunde Sch.	144/ 534	21/45	A	○	KK 223
90			Rouben Lungu	30	46	A	○	GK 40
91			Chamunguwa	40/132	30/52	A	○	IR 114 20t/m
92			Nthumba ADMARC	69	46	C	○	CC 172
93			Nthumba ADMARC	283/ 630	18/46	A	△	風化岩までの深さが浅い
94			Zebediya Nzima	100	32	B	○	
95			Kajembe Kumwenda	128	30	A	○	E 139 60t/m
96			Vavela Nyonyagha	55	24	A	△	基盤岩までの深さが浅い
97			Musa Mango	387	55	A	○	PC 152
98			Nkhweta	141	44	A	○	PP 52
99	James Kamtondowi Gondwe	190	32	A	○			
100	Kapando Sch.	42	18	A	○	PM 341 基盤岩浅い		

○ : 有望な滞水層が分布する

△ : 揚水量が少ないか又は水質が懸念される

× : 掘削地点としては不適である

表2-4-3-5 (5) 電気探査測点位置一覧表

No.	Zone	T. A. / S. T. A.	村名	滞水層		ρ-a 曲線の分類	評価	備考
				比抵抗 (Ω-m)	深度 (m)			
101	3	CHINDI	Chiminba Chipete	133	32	B	○	
102	3	MTWALO II	Chamhaya Gondwe II	194	64	B	○	
103			Chamhaya Gondwe I	169	18	A	○	B/II no number 基盤岩浅い
104			Mari Sawa	246	35	C	○	
105	3	MPHEREMBE	Timeyo	690	66	A	△	風化までの深さが浅い
106			Khozapi Mtonga II	60	37	B	○	
107			Mwamba Jere	220	42	C	○	
108			Simon Chisi	32/700	23/36	A	△	基盤岩までの深さが浅い
109			Simon Jere	200	25	C	×	PM 542 傾斜

- : 有望な滞水層が分布する
- △ : 揚水量が少ないか又は水質が懸念される
- × : 掘削地点としては不適である