

アフリカ地域地下水開発・利用調査研究

国別情報ファイル

マラウイ

平成 7 年12月

国際協力事業団

## 目 次

	頁
I. 管轄機関、関連機関-----	3
II. 地下水開発実施体制、施設維持管理体制	
1. 地下水開発実施体制概要-----	7
2. 村落給水施設維持管理体制概要-----	8
III. 地下水及び関連情報	
1. 地形-----	1 1
2. 地質-----	1 5
3. 気象・水文-----	1 8
4. 主たる帶水層-----	2 2
5. 水資源／地下水／給水開発計画-----	3 1
6. 水資源分野における各ドナーの援助動向-----	3 3
7. 水資源／給水分野におけるこれまでの J I C A 援助の概要-----	3 6
8. 水資源・給水関連民間企業-----	3 7
9. 給水普及状況-----	4 0
10. 現地視察報告-----	4 2
11. 水資源分野での今後の J I C A 援助への提言-----	5 2
12. 水資源分野での調査対象国への提言-----	5 3

## A N N E X

1. 収集資料リスト -----	5 7
2. 実施体制調査表 -----	6 1

## 図一 位置図

対象国(マラウイ)



## I. 管轄機関、関連機関

マラウイ共和国における水資源開発、給水、環境・衛生事業に係わる省庁は、大統領府経済計画開発局、建設省水利局、農業省、保健省であり、その他大統領府管轄下の公社組織である2つの給水局がある。これらの所管は次のとおりである。

### 1. 大統領府経済計画開発局 (Office of the President & Cabinet, Economic Planning and Development Division)

- ・国全体の水資源政策の策定と各省庁間の調整
- ・水資源開発プロジェクトの審査と承認

### 2. 建設省水利局 (Ministry of Works, Dept. of Water [DW])

- ・政府への水資源開発(表流水・地下水)に係わる助言
- ・大都市(リロングウェ、ブランタイヤ)を除く、全国の水資源開発(表流水・地下水に関する評価及びコンサルタント等業務を含む)、生活用水の給水及び施設の維持管理
- ・水質・環境基準等の検討

建設省及び水利局の組織図を図 I -1,2,3 に示す。

### 3. 農業省 (Ministry of Agriculture)

- ・灌漑用水資源の調査・開発

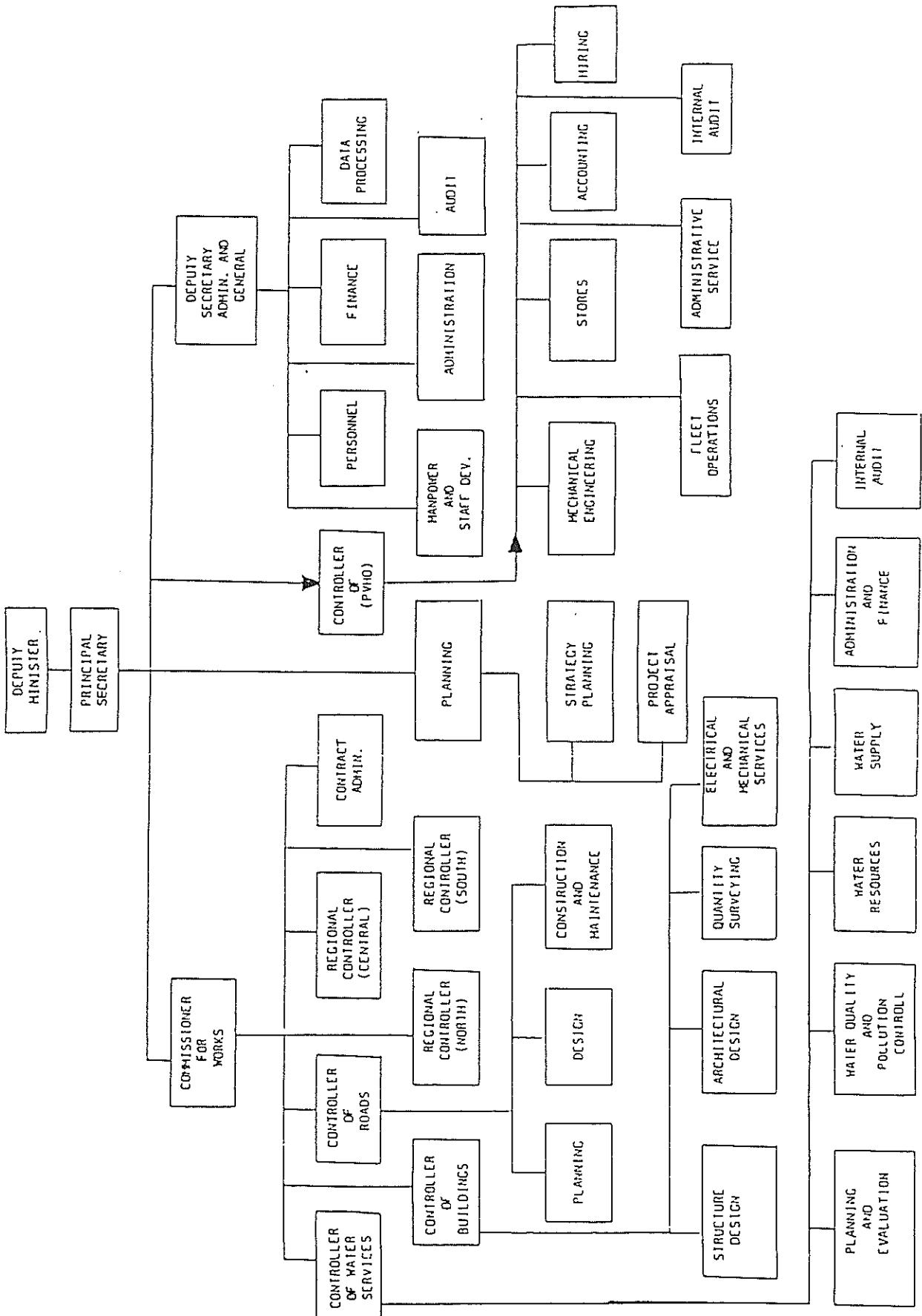
### 4. 保健省 (Ministry of Health)

- ・保健衛生教育
- ・水因性疾病の統計・研究等

### 5. リロングウェ給水局及びブランタイヤ給水局 (Lilongwe Water Board 及び Blantyre Water Board)

- ・リロングウェ及びブランタイヤの2大都市における上下水道事業
- ・給水事業のためのダム建設・維持管理  
(リロングウェにおいては、リロングウェ川 Kamuzu I, II ダムより取水、ブランタイヤではシル川より取水、また一部地下水も利用している。)

図 I-1 建設省組織図



*Fig I-2 Organisation of Department of Water*

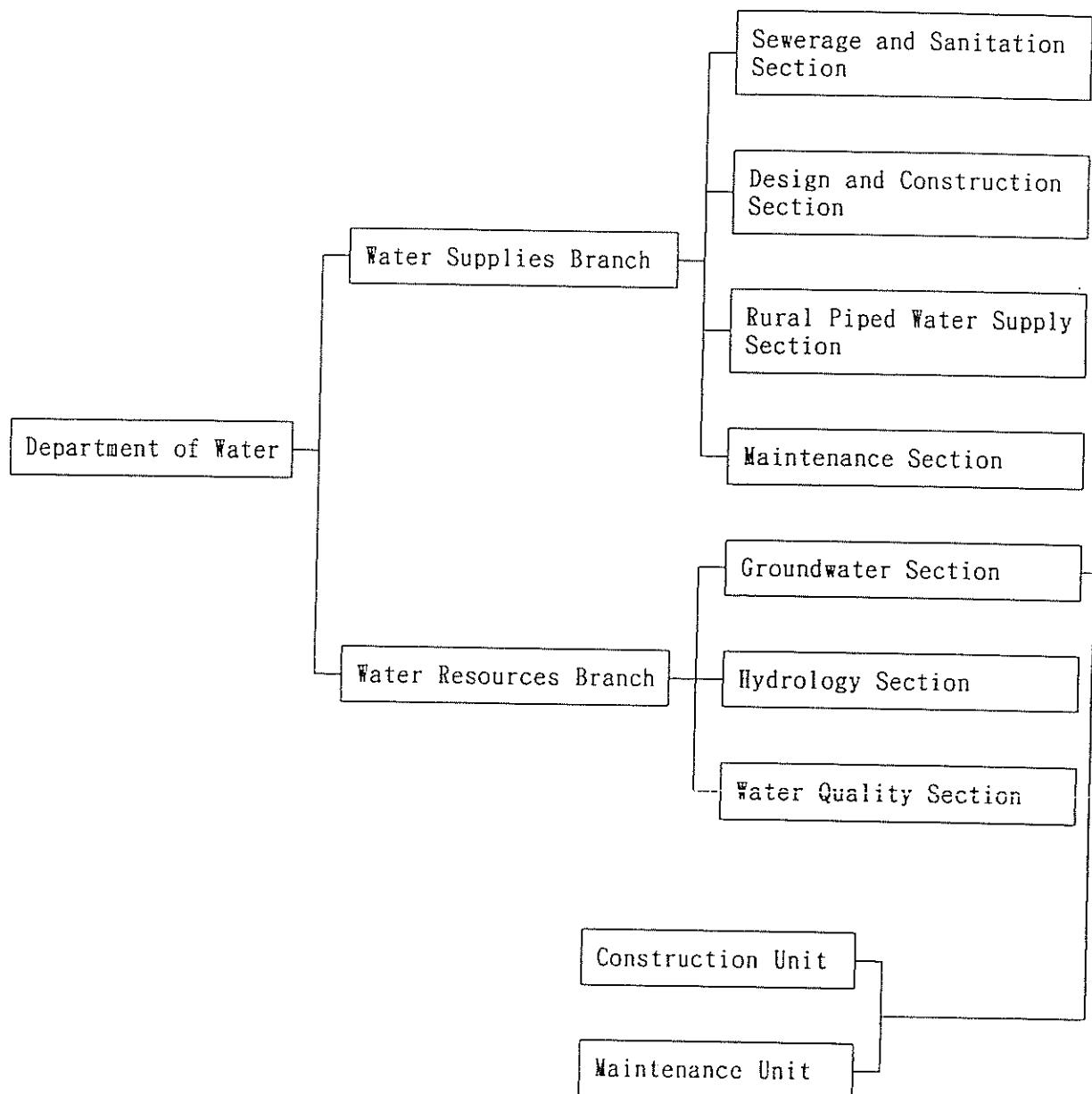
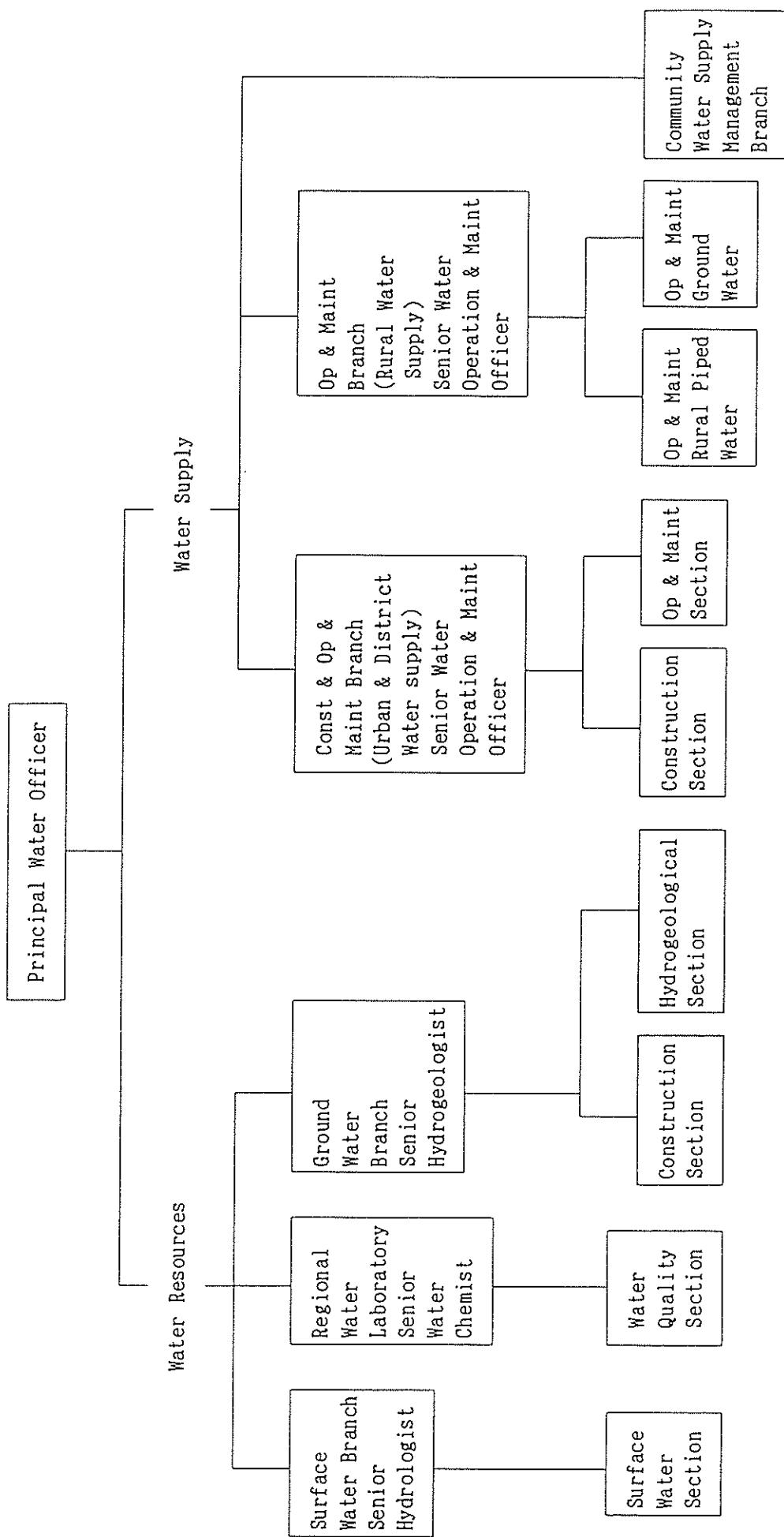


圖 I - 3 水利局地方事務所組織圖



## II . 地下水開発実施体制、施設維持管理体制

### 1. 地下水開発実施体制概要

項 目		コメント
一 般	a) 開発予算	93/94開発予算230.9百万USドル中、水資源開発12.1百万ドルで5.2%であり、かつ84%は援助によるものである。ただしリオングウェアラウアの2大都市は政府直轄の水利委員会が独立採算制で経営している。
	b) 地方分権化政策	地方事務所、地区事務所に維持管理体制は整っており権限を委譲している。ただし新規事業は水利局が統括している。
	c) 他省庁との調整	大都市給水は政府直轄の水利委員会、地方都市・村落給水は建設省水利局、灌漑関係は農業省と業務分担は確立しており、省庁間の調整はなされている。
	d) その他	水利局により援助機関各々のプロジェクト地域が重複しないよう調整されている。
企画・計画	a) 企画・立案能力	要望書・要請書、開発政策声明(1987)、公共投資計画(1993~97)等の内容から判断し、担当者は企画・立案能力を有する。
	b) 短・中・長期計画	開発政策、5ヶ年投資計画、年間計画はそれぞれリーズナブルであり達成の可能性は高い。
	c) 現地の状況把握	エンジニア以上の人員交流は行われており、中央と地方事務所・地区事務所とのミュニケーションは良好で、地方事務所の担当者は現地の状況をほぼ良く把握している。
	d) その他	
調査・地下水管理	a) 調査能力	人員(エンジニア以上50名)、物探機器、組織、技術(ドイツ、日本、デンマーク等より技術移転)等からみて調査能力を有する。
	b) 水理地質調査実績	全国水理地質図(1/25万)があり、また各援助機関による各援助地域について水理地質調査が実施されている。
	c) 水理地質及び井戸のデータベース化	地下水、井戸情報のデータベース化は、全国規模で進んでいる。
	d) 地下水盆地管理	数点でのモニタリングしか実施しておらず、全国規模でのモニタリング及び地下水盆地管理計画策定が要望されている。

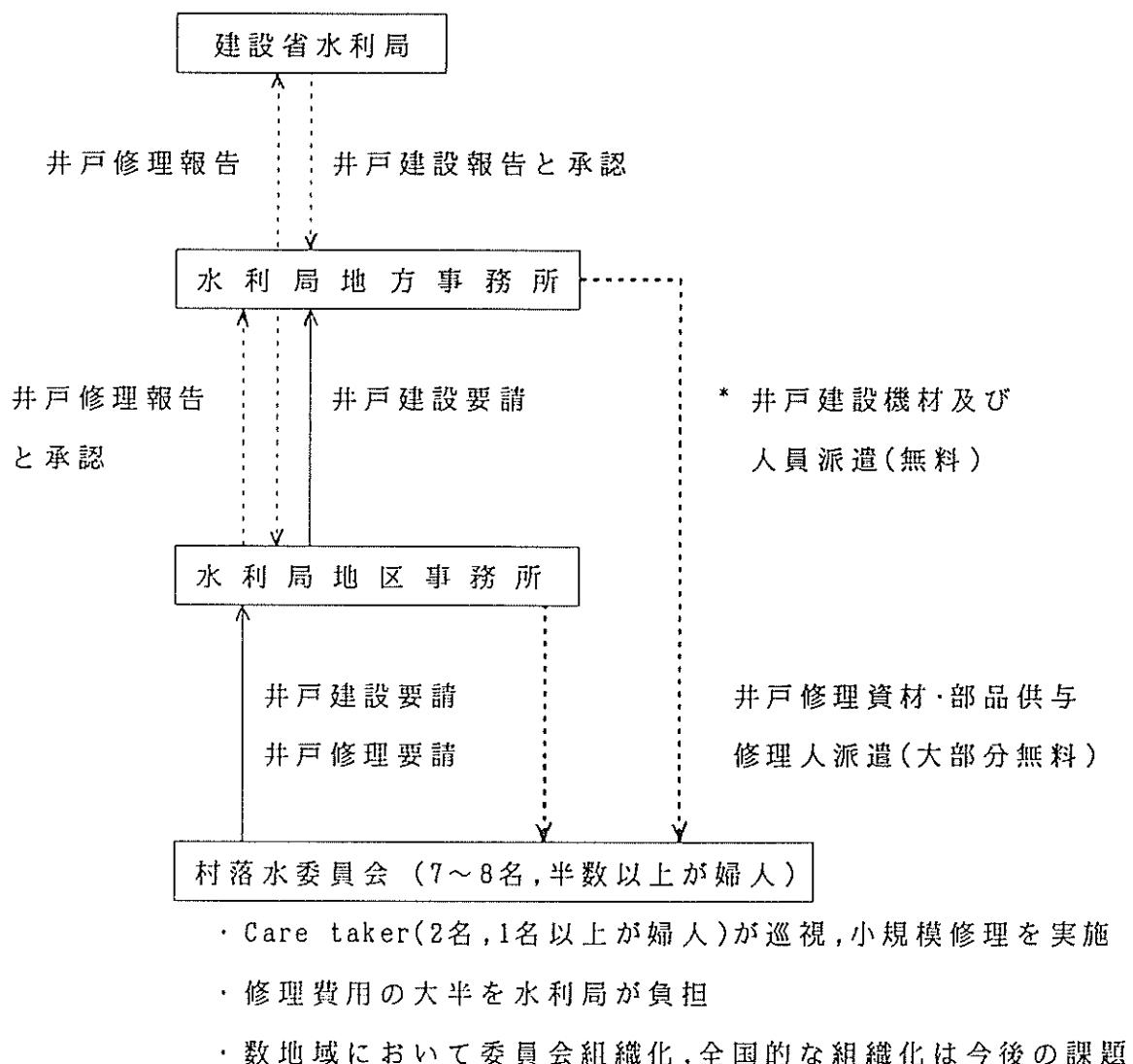
項目	コメント
e) 関連分野(気象・水文・地質・地形等) 資料蓄積状況	気象・水文とともに10年分の資料がある。地形図は1/5万, 1/25万, 1/100万、空中写真は1/4万, 1/25万があり、全国を100%カバーしている。地質図は1/10万, 1/25万, 1/100万があり、全国を100%カバーしている。
f) その他	
a) 実施能力	人員(経験ある技術者以上42名)、機材(エアハンマー型リグ4台他)、技術(ドライ、日本、デンマーク等より技術移転)からみて実施能力はある。
b) 事業(井戸建設・掘削)実績	井戸建設までは作業はスムーズに進行しているが、井戸引揚げが十分でない地域があり、今後は井戸の維持・管理及び引揚げに力を注ぐ必要がある。
c) ワークショップ能力	地方事務所にこの能力があるが、エアハンマー型リグの修理は不可能であり、他機材・車両についても簡単な修理しかできない。
d) 民間企業の技術レベル	井戸作成においては、政府・援助機関の作業の多数を請負っており、その技術レベルは高い。
e) その他	これまでに実施された事業内容についてのデータベースも作成されている。

## 2. 村落給水施設維持管理体制概要

項目	コメント
a) 維持管理システムの整備状況	水利局の地方事務所(3ヶ所)、地区事務所(24ヶ所)がその役割をはたしており大きな問題はないが、予算は0.53百万USドルと充分ではない。
b) 巡回修理人/村落開発普及員の訓練	マニュアルは作成されており、数地域に対応できる人員の教育はなされている。全国に対応する人員の教育は将来の課題である。
c) 援助機関との連携	UNDP、UNICEF、Save the Children(UK)など井戸引揚げ、維持管理、住民教育などに力を注いでいる。
d) 地方展開	地方事務所、地区事務所への人員配置もほぼ適正であり、井戸台帳なども整備されており地方展開が計られている。
e) その他	

項目		コメント
巡回修理人開発村普及員	a) 巡回修理人	数地域においては機動性のある(モーターサイクル利用)修理人が1人当たり100~150本の井戸を受け持っている。全国への普及は将来的な課題である。
	b) 村落開発普及員	
	c) その他	
受益者	a) 組織化	利用井戸毎に7~8名(内半数以上婦人)からなる水委員会が組織されている。ただし組織化は現在数地域においてであり、全国的な組織化は将来的な課題である。水くみは主に婦人の仕事であり、将来的には水委員会はすべて女性との意向、女性に対するトレーニングも積極的。(図II-1参照)
	b) 経費負担	大部分政府(水利局)負担となっている。
	c) 住民参加	各援助地域(援助機関)により、住民参加の状況は異なる。日本援助の北カインガ地域については住民参加はほとんど無く水委員会も組織されていない。一方UNICEF等は住民参加を重要視しており浅井戸(Vonder Well)は住民が掘削している。
	d) 共有意識	水委員会が組織されている地域あるいは公共機関(病院・学校)が管理している地区等については共有財産の意識は高い。
	e) その他	マラウイについても、住民参加の維持管理に対する日本の取り組み(教育指導)は小さい。
資機材の国内調達状況	a) 手動ポンプの標準化	1992年よりAFRIDEVポンプ(インド製)に標準化する努力がなされている。他にVERGNET(フランス製), Climax(オーストラリア製)など使用。
	b) ポンプの国産化	国産のBlown & Clapperton社製のB&Cポンプは、完成度は高いが、価格面でAFRIDEVより高く競争力がない。
	c) 輸入ポンプ	AFRIDEVは、井戸作成会社が直接インドから完成品を輸入、又は国産ポンプメーカーが部品を輸入し組立て販売している。VERGNETはリバーリのため水利局がフランスより部品購入を予定している。
	d) パーフ等関連資材	塙ビのパーフは国産を利用できる。 またセメント等関連資材も国内での自給が可能である。
	e) その他	AFRIDEVポンプの維持管理につき、パンフレットによりあるいは水利局地方事務所において教育している。

図 II - 1 地下水開発・村落給水機関と受益者組織との関係  
(マラウイ)



\* 浅井戸(Vonder Well)は住民が掘削(UNICEF援助地域において)

### III. 地下水及び関連情報

#### 1. 地形

##### 1.1 地形

マラウイ共和国は南緯 $9^{\circ}$ ～ $17^{\circ}$ 、東経 $33^{\circ}$ ～ $36^{\circ}$ のアフリカ大陸南東部に位置する。全国土の面積は $118,000\text{ km}^2$ であり、その内 $23,000\text{ km}^2$ はマラウイ湖が占める。国土は南北に細長く伸び（ $855\text{ km}$ ）、北西部でタンザニア、北西部でザンビア、南部でモザンビークと国境を接する。

マラウイの地形は次の4つに区分できる（図1-1参照）。

- 1) 地溝帯低地
- 2) 地溝帯斜面地域
- 3) 高原地帯
- 4) 山岳地帯

##### 1) 地溝帯低地

南部のShire河谷及びChilwa湖周辺低地に2分され、標高は $0\sim 500\text{ m}$ で平坦な地形を呈す。地溝帯の断層崖は海拔 $473\text{ m}$ の湖面から水深 $500\text{ m}$ の深さまで急降下している。この断層崖はShire河谷の両側に続きサンベジ川との合流点に達する。

##### 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部分で南北方向の帶状に国土を縦断している。標高は $500\sim 1000\text{ m}$ で開析を受け比較的緩傾斜を示す。

##### 3) 高原地帯

高原地帯は標高 $900\sim 1300\text{ m}$ 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を占め、緩やかに起伏する平坦な地形を示す。

##### 4) 山岳地帯

山岳地帯は標高 $1300\text{ m}$ 以上で、高原地帯の中に孤立した形で存在する。北部のNyika高地（最高標高 $2600\text{ m}$ ）、中部のViphya高地（最高標高 $2058\text{ m}$ ）及びDedza高地（最高標高 $2198\text{ m}$ ）、南部のZomba山地（最高標高 $2085\text{ m}$ ）及びマウライ最高峰の

Mulanje山地（最高標高3000m）等が存在する。

## 1.2 水系

水系は大きく3系統存在する（図1-2参照）。それは、

- 1)マウライ湖の西側に存在し、最終的に東流しマラウイ湖へ流入する系統
- 2)マラウイ湖南部に存在し、南流するShire川に合流しモザンビークへ流出する系統
- 3)南東部のChilwa湖へ流入する系統

の各々である。

## 1.3 地形図・空中写真等の整備状況

地形図・空中写真等の整備状況は次の通りである。

	縮 尺	被覆範囲 (%)
地形図	1/5万, 1/25万, 1/100万	約100
空中写真	1/4万と1/25万により全国を被覆している	

地形図はDepartment of Surveysで入手可能である。

図 I-1 地形区分

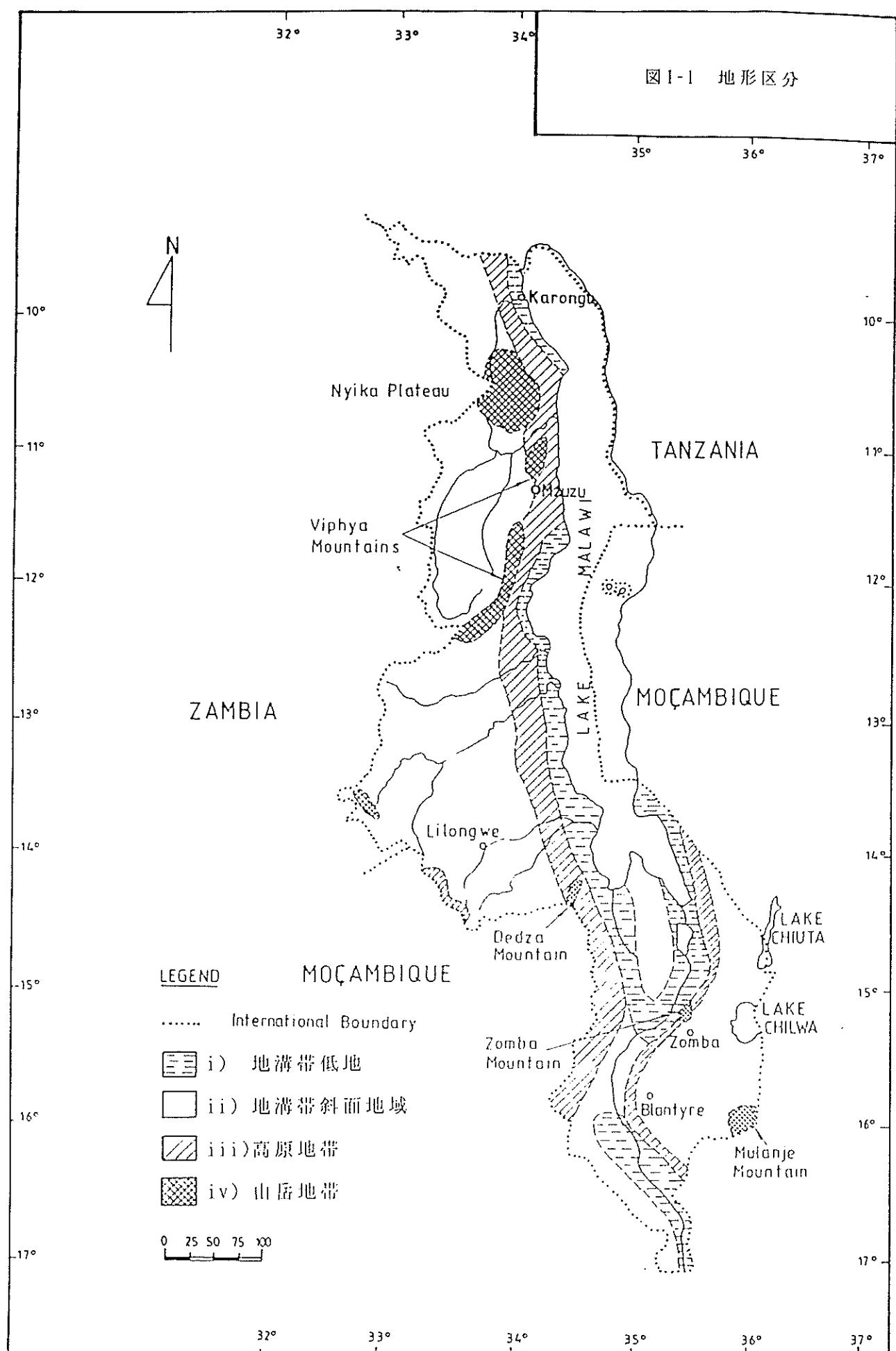
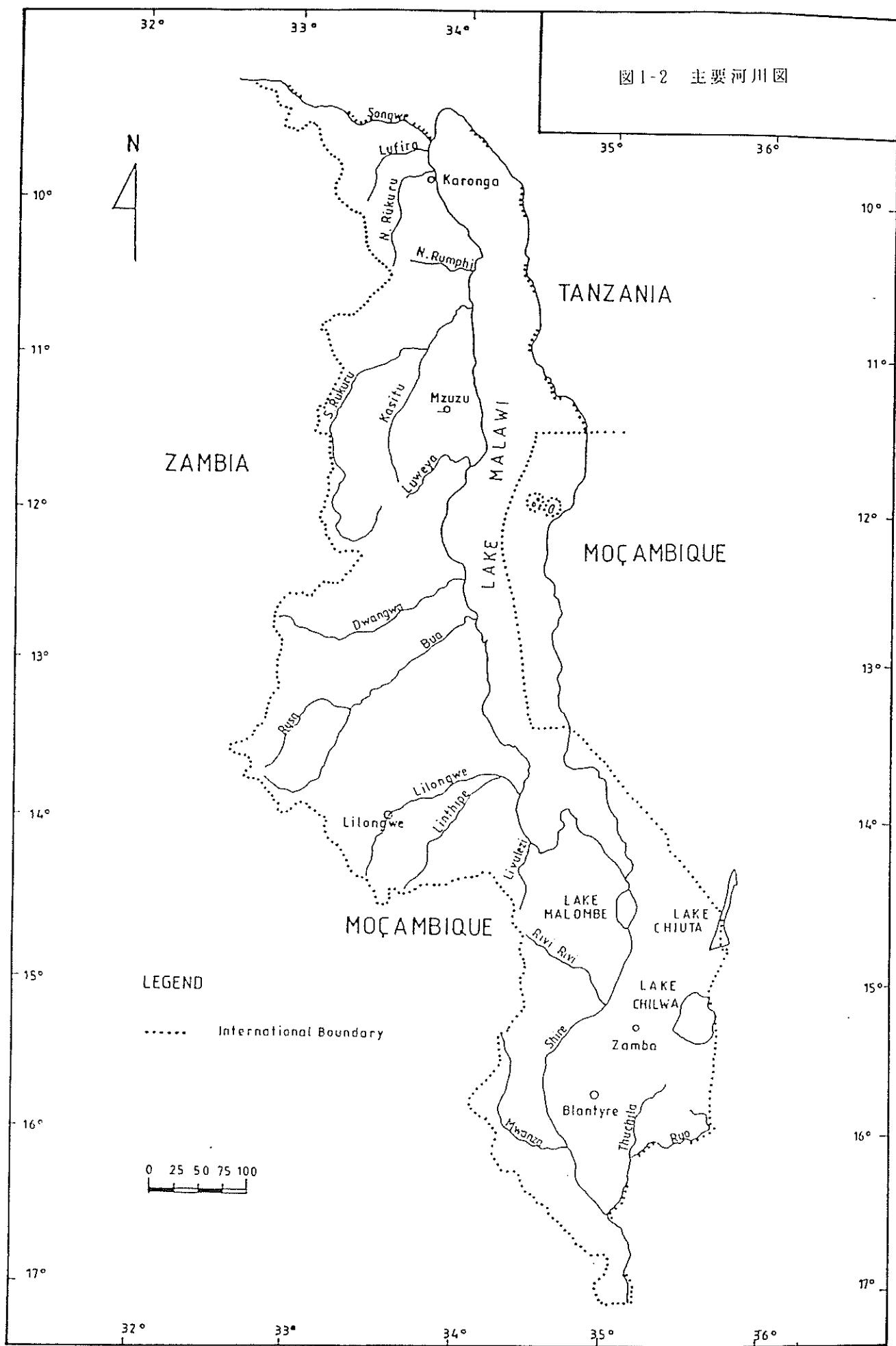


図1-2 主要河川図



## 2. 地質

### 2-1 地質概況

マラウイの地質の大部分は、図2-1のように先カンブリア紀～古生代初めに形成された変成岩、火成岩からなる基盤岩類であり、これらを古生代二疊紀以降の堆積岩、火山岩が不整合におおう。二疊紀以降の岩層は、北部と南部に小規模に分布し、これらは二疊紀～三疊紀のカル-層堆積岩類、ジュラ紀カル-層Stormberg火山岩、白亜紀～更新紀の堆積層からなる。

またジュラ～白亜紀の貫入岩類が南部マラウイの数カ所に存在するが、これらの地域はチルワーアルカリ岩石区と呼ばれている。

湖岸沿い及びシレバレーの大部分は第四紀沖積層におおわれている。

一方地質構造について、基盤岩類は何回かの造山運動により変成と変形を受けており、構造方向もいくつか存在するが、NW-SE及びNNE-SSW方向が一般的である。各層は一般に褶曲しているが単斜構造で、急傾斜している。

また東部アフリカ大地溝帯の南端を形成するマラウイ湖がタンザニア、モザンビークの国境沿いに南北に延びており、中生代～新生代に形成された断層の主要方向もこの地溝帯の方向に一致するNS又はNNW-SSEである。

### 2-2 岩相

#### (1) 基盤岩類

グラニュライト相または角閃岩相の結晶片岩、片麻岩などの変成岩類からなっている。

また基盤岩類中に、花崗岩、閃長岩等の貫入が認められる。

#### (2) カル-層堆積岩類

下位に礫岩・砂岩、中位に砂岩・泥岩・頁岩・石炭薄層、上位にはクリット・アコス質砂岩、頁岩、泥岩及びマルが存在する。南部において層厚は3,500m以上と推定されている。

#### (3) カル-層Stormberg火山岩類

カル-層の上位に存在し、玄武岩質溶岩からなり、場所によっては凝灰岩や砂岩の薄層をはさむ。

#### (4) ジュラ～白亜紀貫入岩類

マラウイ南部のこれら貫入岩類が分布するチルワーアルカリ岩石区には、閃長岩、花崗岩及び種々の岩脈が存在する。

(5) 白亜紀～更新世堆積層

礫岩，砂岩，砂質マール，団結していない砂，粘土からなる。

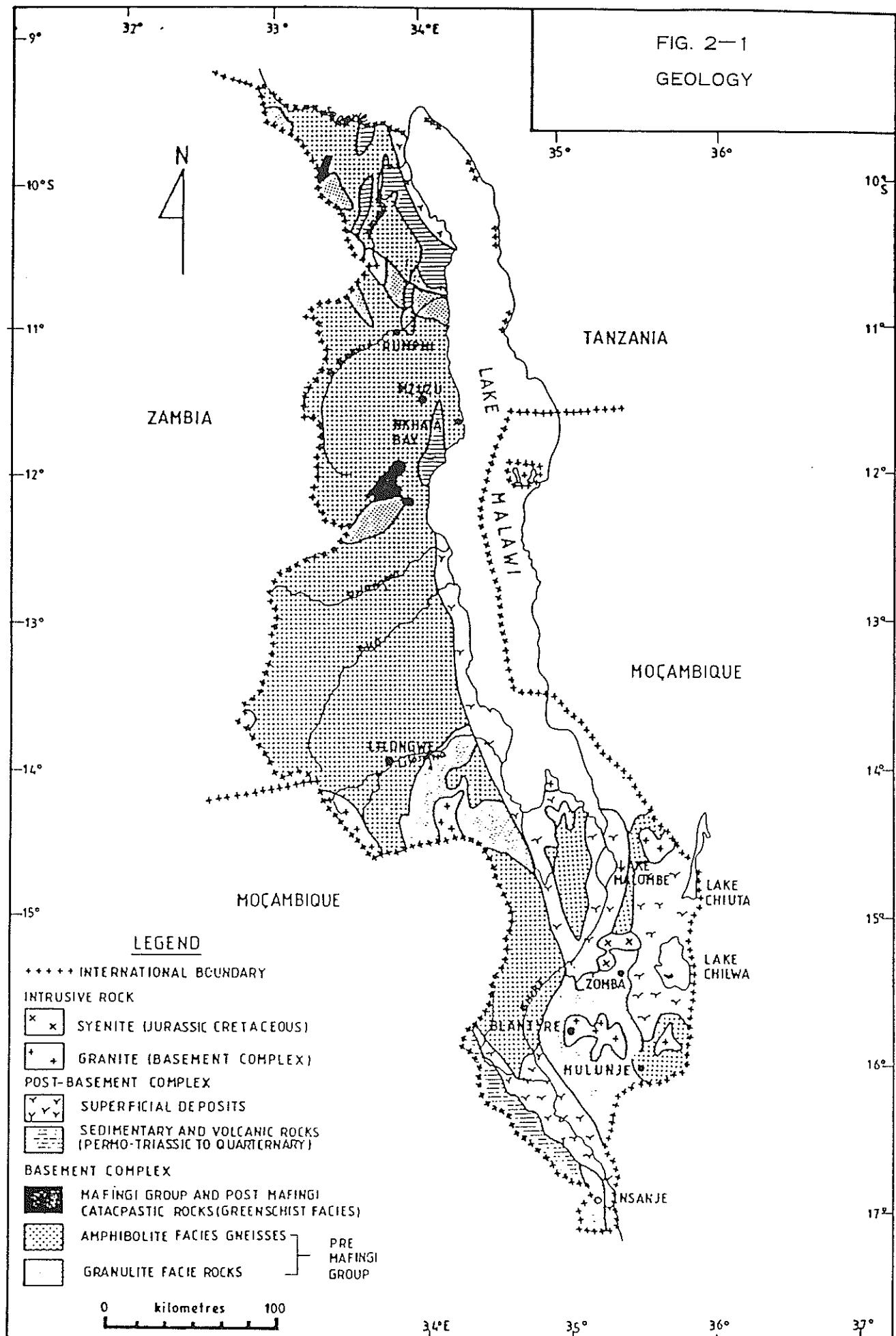
なお，地質図（1/1,000,000及び1/250,000）はZombaのGeological Surveyで入手できる。

表2-1 地質層序

AGE	FORMATION	DOMINANT LITHOLOGIES
Quaternary	Alluvium	clays, silts, sands and occasional gravels
Cretaceous to Pleistocene	Sungwa, Chiwondo and Chitimbe beds Dinosaur beds Lupata series	sandstones, shales, marls and conglomerates
Jurassic	Chilwa Alkaline Province	syenite-granites pultons
Jurassic	Karoo Stormberg volcanics	basalt
Permo-Triassic	Karoo sedimentary Series	sandstones, conglomerates shales with coal seams
Precambrian-Lower Paleozoic	Basement Complex	gneisses and granulites with granite and syenite intrusions

FIG. 2—1

## GEOLOGY



### 3. 気象・水文

#### 3.1 気象

マラウイの気候は季節変化に富み、地形・標高・マラウイ湖の存在等の影響を強く受ける。一般的に山岳・高原地帯は温暖・多雨であるのに対し、地溝帯低地部は高温・半乾燥気候となっている。

気候は雨期と乾期に区分される。雨期は11月～4月の期間であり、高温多湿で年降雨量の90%以上が雨期に集中する。乾期は5月～10月の期間で、前半は低温乾燥（5月～8月）、後半は高温乾燥（9月～10月）な気候となる。

降雨量分布は地形の影響を受け、山岳・高原地帯は卓越風にさらされ一般に多雨であるが、地溝帯低地域は山陰となるため、降雨量は少ない。国土の90%以上は年平均降雨量800mmを上回る。年平均雨量は、北半部ではマラウイ湖沿岸の1500～2000mmから内陸に向かって900mm以下に減少する。南半部では低地部で800～900mm、高原地帯で900～1300mm、Zomba山・Mulanje山等の山岳地域で2000mm以上となっている。

図3-1に降雨量データを示す。

降雨の経年変化のパターンとしては、多雨の年と寡雨の年が繰返す傾向が認められる。また降雨の季節変化のパターンとしては、雨期の開始時は断続的降雨であり最盛期（1月）は多量且つ連続的降雨となるが、その後漸減し雨期は終了する。

気温分布は標高と密接な関係を持つ。月平均気温は Nyika山岳地帯で10～16℃、中央高原地帯で16～26℃、マラウイ湖岸地域は20～21℃、地溝帯低地は21～30℃である。年間最高気温は、地溝帯低地沿いでは10～11月の40℃程度、高原地帯では7～8月の30℃程度である。一方最低気温は、山岳地域で7～8月の0℃、高原地帯では7～8月の4～6℃、マラウイ湖沿岸では10℃以上でありマラウイ湖の存在が年間気温の変動を緩和している。

年間可能蒸発散量は高原地帯で1500～2000mm、地溝低地帯では2000～2200mm程度である。

### 3.2 水文

マラウイの水系は、 i)マラウイ湖に流入する水系、 ii)マラウイ湖から流出するShire川水系及びその他の水系、に大別される。それぞれの集水面積は、

i)マラウイ湖に流入する水系・・・・・・・・・・・・64,364(km<sup>2</sup>)

ii)マラウイ湖から流出するShire川水系及びその他の水系・・・29,912(km<sup>2</sup>)

マラウイ全土の降雨量、河川流出量、表流水利用量の概略を図3-2に示す。

Shire川を除く多くの河川の流量は季節変化にパターンを持っている。雨期の開始に伴って11月から流量が増え始め、12月～3月にかけて流量は増加する。南部地方では4月、5月から流量が減少し始めて、北部地方でも5月、6月には減少し始める。6月～10月、11月は乾期で流量は極めて少なく基底流出のみとなる。この期間は、高原地帯の多くの小河川や、大河川の上流部で流水はない。

Shire川の多くの支流やChilwa-Phalombe平原の河川も恒常的な流水はない。それに対し、マラウイ湖沿岸の河川は年間を通じて降雨があるため恒常に流水がある。Shire川の流量はマラウイ湖の水位により支配される。マラウイ湖の水位変化を図3-3に示す。

マラウイの主要な湖の面積は次の通りである。

マラウイ湖・・23,162(km<sup>2</sup>)

Malombe湖・・・303(km<sup>2</sup>)

Chilwa湖・・・683(km<sup>2</sup>)

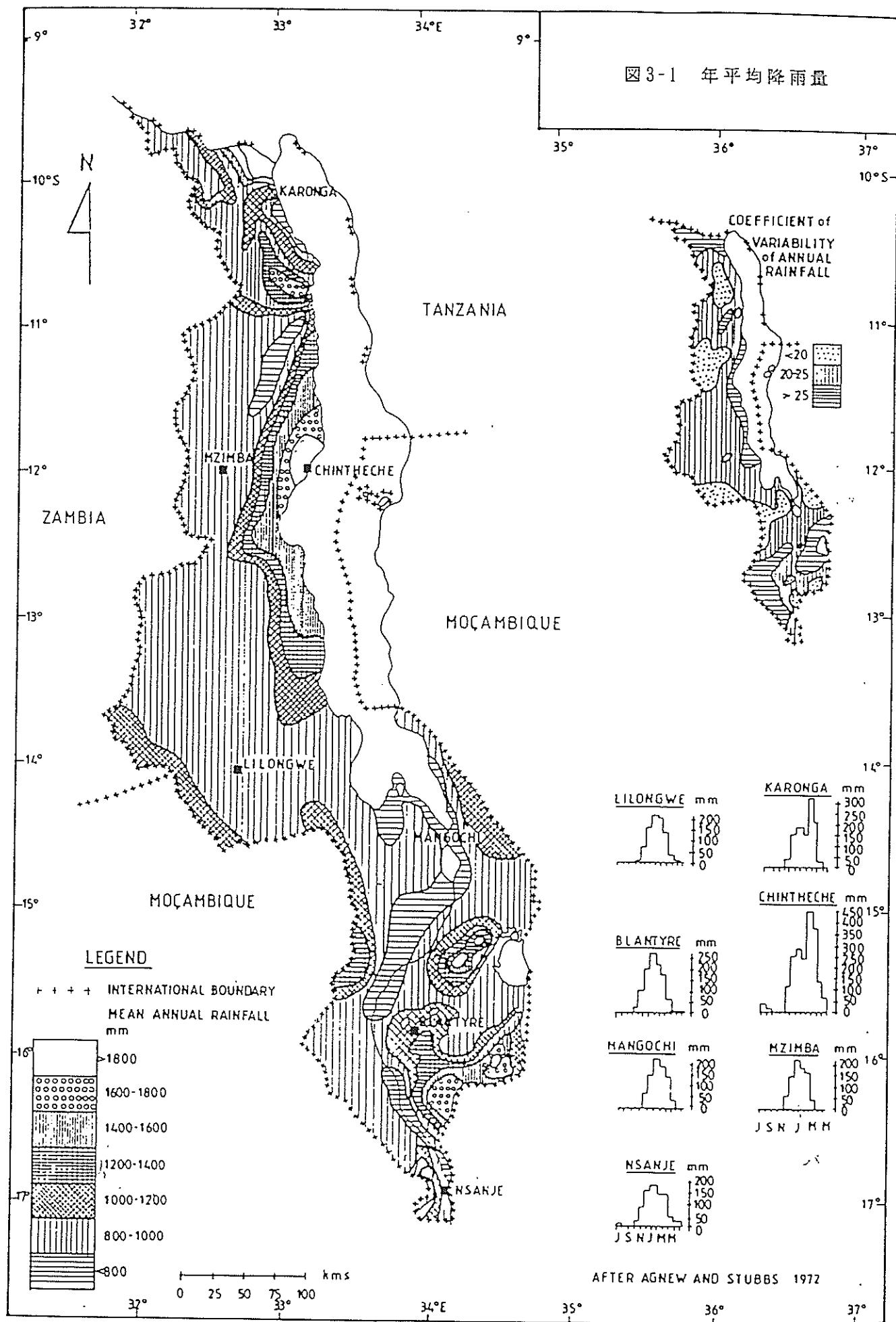
Chiuta湖・・・60(km<sup>2</sup>)

上記4湖への年間流入量は918(m<sup>3</sup>/s)、年間流出量は395(m<sup>3</sup>/s)であり、その差は523(m<sup>3</sup>/s)である。すなわち、流入量の43%が流出し、残り57%が地下水として漏出した後蒸発する。

### 3.3 気象、水文データ

マラウイでは過去10年分の気象・水文データが蓄積されている。これ等のデータは Meteorological Departmentで入手可能である。

图 3-1 年平均降雨量



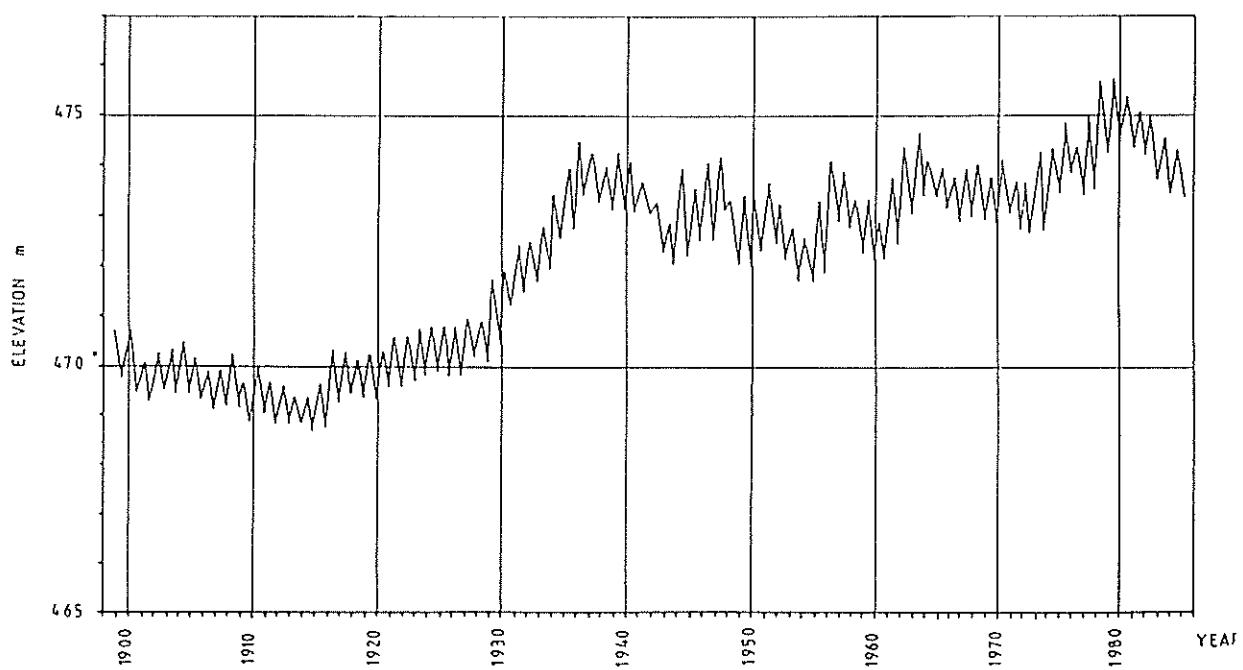
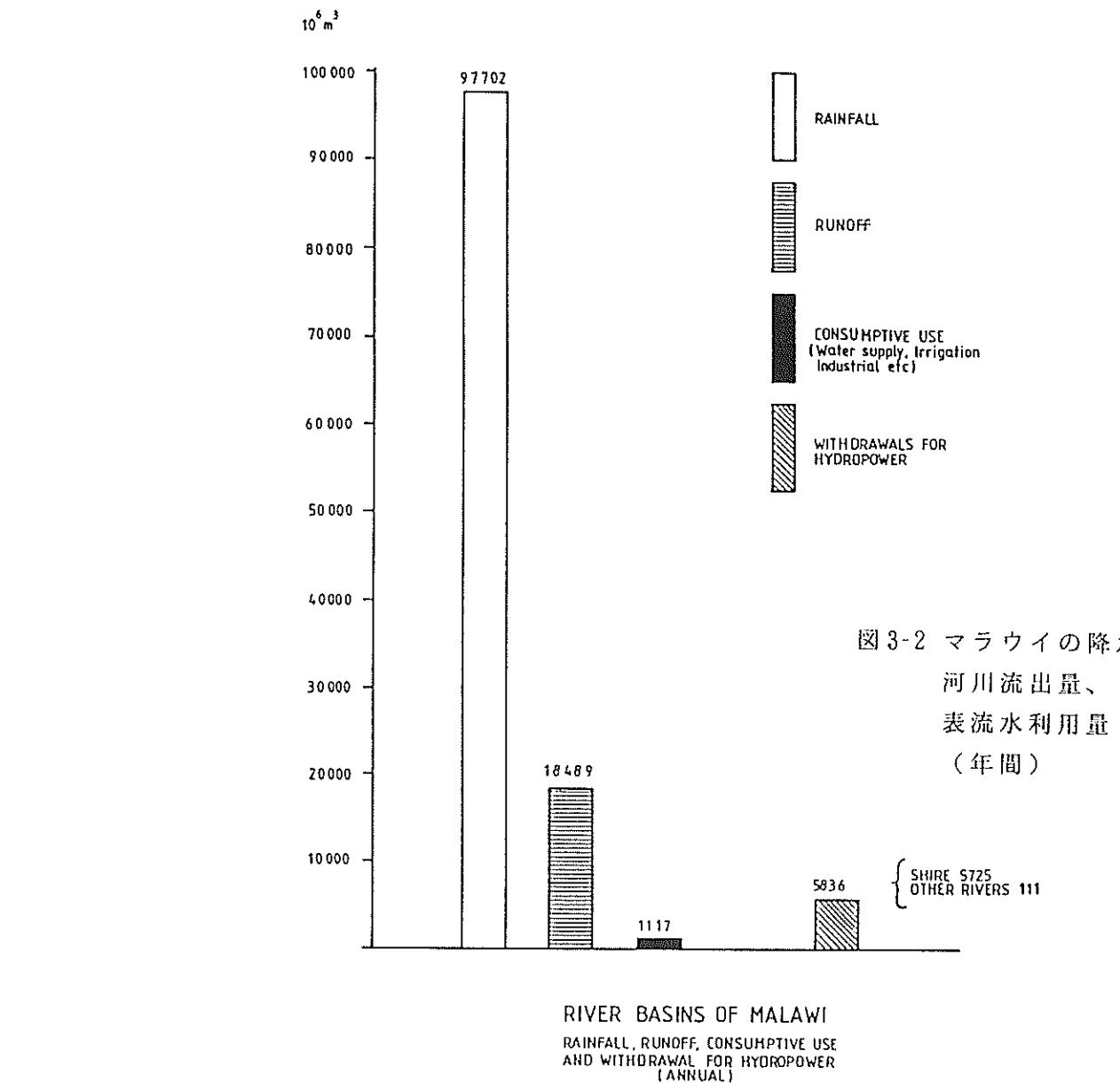


図 3-3 マラウイ湖の水位変化

## 4. 主たる帶水層

### 4.1 帯水層

帶水層は次の様に区分される(図4-1参照)。

- 1)基盤岩類
- 2)カルー系
- 3)中生代～更新世の堆積層
- 4)沖積層

#### 1)基盤岩類

先カンブリア紀の片麻岩や花崗岩・閃長岩の貫入岩から成る。基盤岩類で帶水層となるのは風化帯と亀裂発達部の両者に限定される。風化帯は高原地帯で厚さ15～30mであるが東方の地溝帯斜面に向かってその厚さを減する。地溝帯の谷底では風化帯が厚く発達し、また、山岳地帯の平頂峰でも厚い。

風化の程度は岩種、組織、地形的条件に左右され帶水層となり得る風化帯の連続性は限定されるが、粗粒の鉱物組成を有する岩石ほど砂状に風化し易いため透水性が高く良好な帶水層を形成している。一般的な基盤岩風化部帶水層の地質断面は図4-2のようである。風化帯最下部は核石を取り囲む形で風化部が発達する。その上位は岩盤が砂礫状に風化した部分で高い透水性と間際率を有する。更にその上位は石英片を含み粘土質砂状に風化している。以上帶水層の厚さは全体で通常10～25mである。またこの帶水層は不透水性の硬質な粘土層(厚さ5～20m)により覆われ被圧している場合がある。

井戸からの生産量は帶水層の厚さに関係し、村落給水用としては最低10mは必要とされている。

風化基盤岩地域では表層部に硬質で透水性に乏しいラテライトが発達し、降雨浸透を防げるため、降雨の大部分は表流水として流出してしまう。その他、基盤岩分布地帯における水理地質特性として次の事項がある。

- ・浅井戸は河谷底の半被圧性の地下水を賦存する粘土層に掘られている。粘土層の透水性は低く井戸は貯水層の役割も担う。地下水の一部は下位の透水性が高い風化部

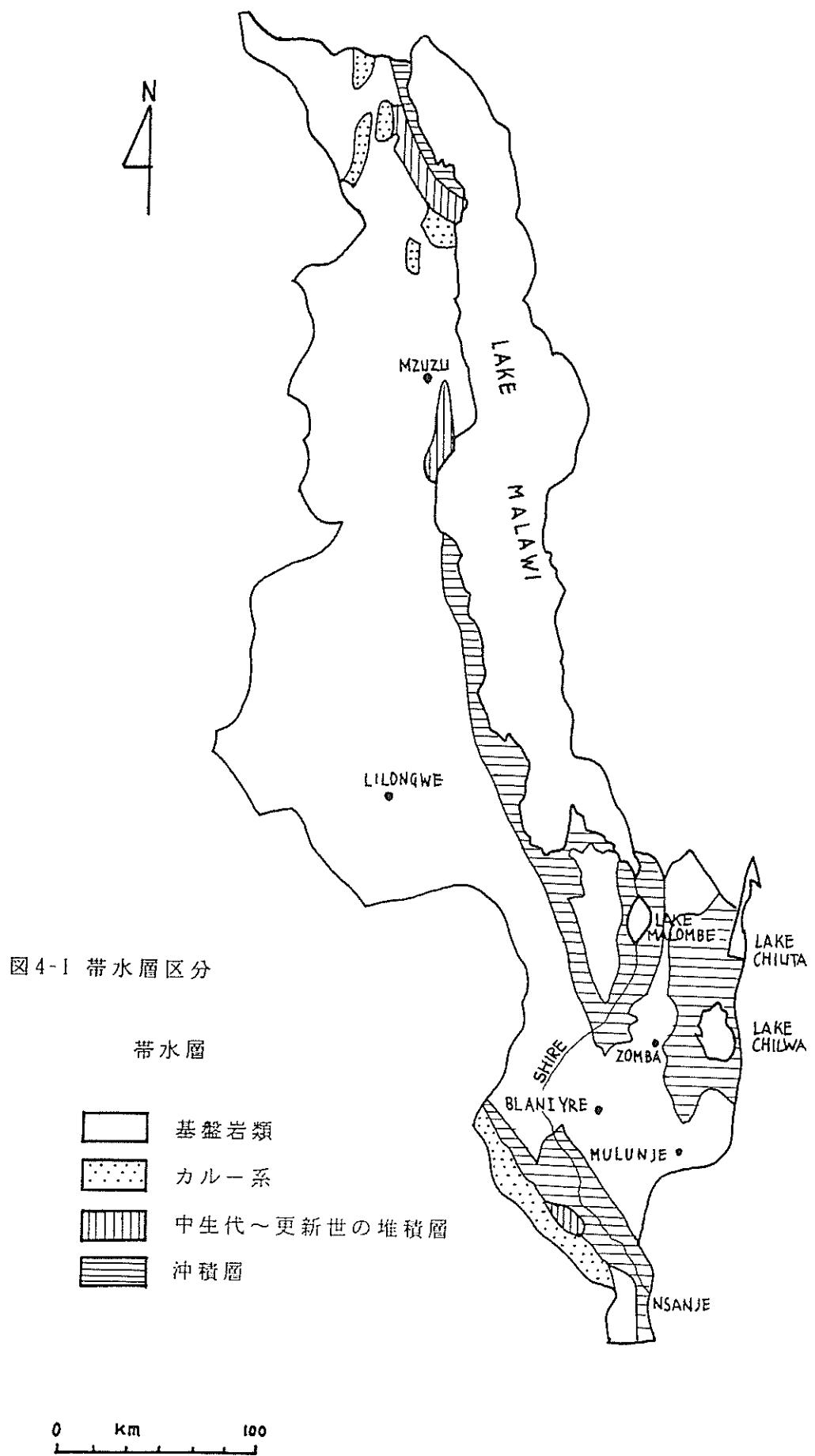
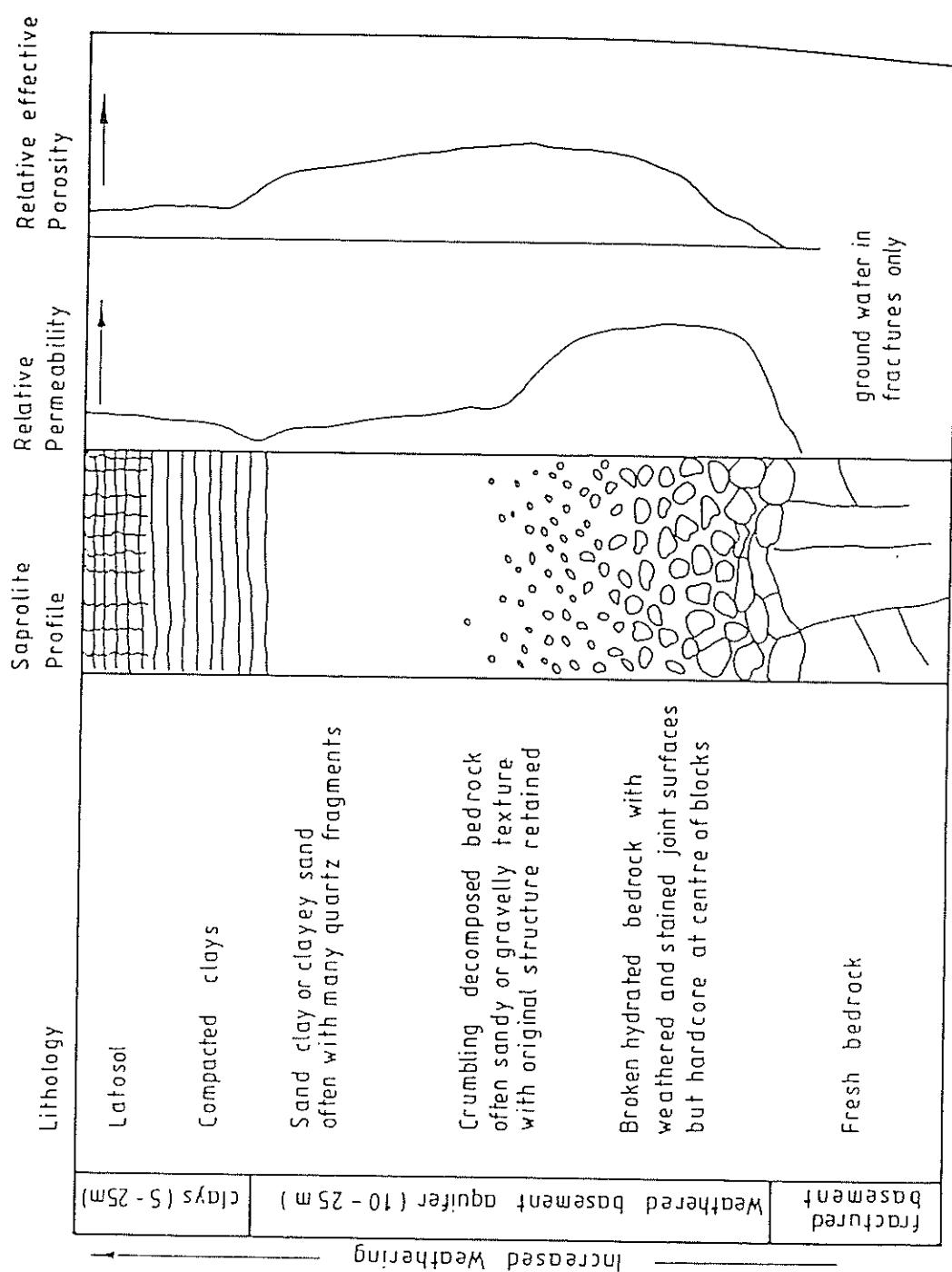


図4-1 帯水層区分

TYPICAL PROFILE OF WEATHERED BASEMENT AQUIFER

図 4-2 風化基盤岩帶水層の模式的断面図



に浸透する。

- ・ペディメントが発達する地帯では、ペディメント表面には粗粒な堆積物が多く透水性が高いので、洪水による涵養を受け地下水を賦存している可能性がある。しかし現在のところ、その層厚や連続性に関して未知の部分が多く賦存量も不明である。
- ・風化帯の下位に存在する新鮮な岩盤では亀裂集中部以外は地下水が存在しない。新鮮な基盤岩は地溝帯斜面や山岳地帯に露出しているが、侵食作用のため土壤・風化帯は未発達である。一般にこれ等の地域では岩盤内の亀裂の本数・連続性に乏しく、仮に充分な涵養を受ける条件にあったとしても貯水能力が低いため地下水開発は困難である。図4-3に帶水層の模式図を示す。

## 2)カルー系

中生代の砂岩、礫岩、頁岩、玄武岩から成る。カルー系堆積物は広大な層厚を有するが、地層構成粒子間は細粒な物質で膠結されているため、通常間隙率は小さく透水性も低い。カルー系砂岩は風化帯に乏しく、地下水は割れ目、節理、層理面にのみ存在する。これ等の帶水層は高原地帯の未開地に露出することが多く、地下水開発の対象となっていないため、帶水層に関する資料は南部地方に若干存在するのみである。

南部地方ではカルー系内の断層破碎帯が地下水を貯留している。Shire河谷では地下水位はGL-20~30mの被圧地下水で、井戸からの産出量は小さく放棄された井戸も多い。

一方、カルー系でもShire川下流のStormberg玄武岩の中には多孔質で透水性が高い溶岩の地層が存在し帶水層となっている。この玄武岩は地表に近いものほど地下水の産出量が大きいが、深部に向かって風化生成物が孔隙を充填するため産出量が減少する。井戸からの産出量は0.25~2 l/Sである。

## 3)白亜紀~更新世の堆積物

砂岩、頁岩、マール、礫岩から成る。この帶水層の分布域は狭く、その水理特性に関しての資料は少ない。一般に堆積物の膠結作用は弱く、地下水水面下の砂礫層には地下水を多量に賦存するが、水質上に問題があり地下水の利用は制限される。Shire川下流域では地層中の石灰質鉱物や蒸発岩からの溶出により地下水中の塩分濃度が高い。

#### 4) 沖積層

沖積平野の堆積物は未固結の粘土・シルト・砂から成り種々の水理特性を示す。

主な分布地は次の通りであり、Chilwa湖の堆積物以外はすべて地溝帯低地に堆積している。

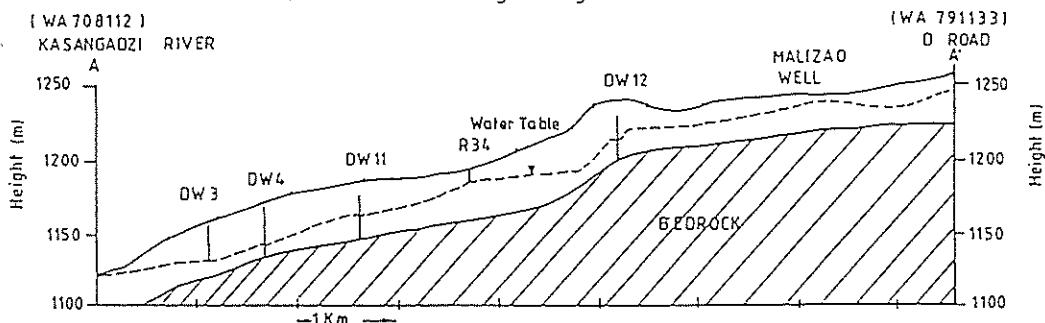
- a) Salima-Nkhotakota湖岸
- b) Karonga湖岸
- c) Bwanje河谷
- d) Shire河谷上流
- e) Shire河谷下流
- f) Chilwa湖盆地

沖積層には多数の井戸が掘削されているが、帶水層を貫通した井戸がないため層厚は不明である。一般には湖岸付近や河谷の中央で最も厚いと推定される。沖積層の堆積物は粘土が優勢ではあるが、帶水層となる砂層も充分な厚さを有している。良好な帶水層となるのは旧河道と湖岸沿いの堆積物（砂州及び砂丘堆積物）であり、これ等の砂層は粗粒で良く分級されているが、一般に沖積堆積盆中の帶水層の分布は複雑であり、被圧地下水層となっている。地溝帯斜面の基部では沖積層は薄く、地下水は下位の岩盤風化帯に存在する。また両者は水理的に連続しており、また地質的な区別も容易でない。

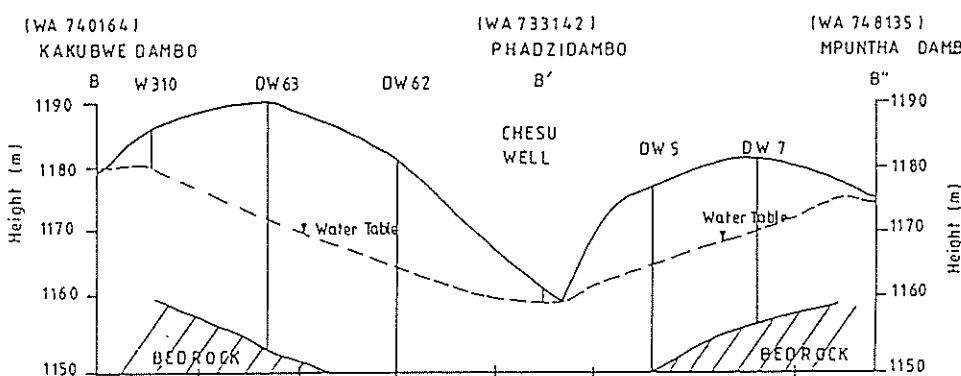
Chilwa湖盆地は地溝帯の東縁に位置し、その沖積層は厚い粘土層で占められるため井戸からの産出量は極めて少ない。地下水は旧河道の砂礫層にのみ賦存され、Domasi河谷では旧河道から多量の地下水を産出した。図4-3に帶水層の模式図を示す。

CROSS SECTIONS THROUGH THE WEATHERED BASEMENT AQUIFER  
DOWA WEST INTEGRATED PROJECT

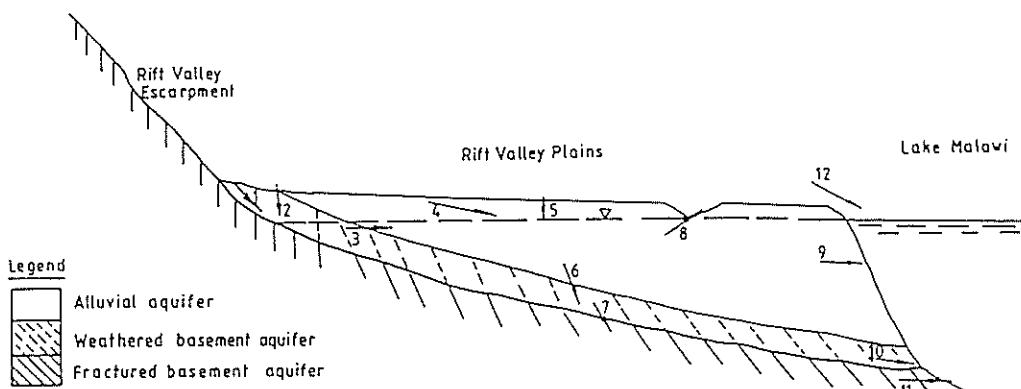
A. Section along length of interfluvium



B. Section across interfluvium



SCHEMATIC DIAGRAM TO SHOW RECHARGE AND DISCHARGE IN ALLUVIAL AQUIFERS



- 1 Recharge to weathered basement aquifer from rivers at foot of escarpment
- 2 Recharge to weathered basement aquifer from rainfall
- 3 Recharge to alluvium from underlying weathered basement aquifer
- 4 Recharge to alluvium from river beds on rift valley plains
- 5 Recharge to alluvium from rainfall
- 6 Recharge to weathered basement from alluvium
- 7 Recharge to fractured basement aquifer from weathered basement aquifer
- 8 Discharge of ground water from alluvium to rivers on rift valley plain
- 9 Discharge of groundwater from alluvium to Lake Malawi as underflow
- 10 Discharge of ground water from weathered basement to Lake Malawi as underflow
- 11 Possible discharge of ground water from fractured basement to Lake Malawi as underflow
- 12 Discharge of surface run off (including component of ground water) into Lake Malawi

図4-3 基盤岩帯水層（上図）  
 及び  
 沖積層帯水層（下図）の  
 模式断面

#### 4.2 地下水開発状況及び開発上の留意点

マラウイでは水資源開発マスタープラン（National Water Resources Master Plan 1986年）に基づき地下水開発を推進している。これによると1985年までに掘削された井戸の内訳は次の通りである。

ハンドポンプ付き深井戸-----5,139

電動ポンプ付き深井戸----- 683

放棄された深井戸----- 778

合 計-----6,600

地表水混入防止付きの浅井戸-----3,201

その他の浅井戸----- 455

合 計-----3,656

今回の調査(1993年)結果では深井戸の総数は8,670となっており、深井戸の深度は20m~50mのものが全体の65%を占める。また井戸による給水人口は深井戸114万人、浅井戸50万人(1990年)である。地下水開発は自國の他に、デンマーク、UNICEF、UNDP、日本等の外国援助によってなされている。

基盤岩類に属する変成岩や、より新期の火山岩等において主要な帶水層となる風化帯の性状をまとめると表4-1のようになる。

各地質毎の平均的産出量を表4-2に示す。

粗粒な鉱物からなる基盤岩で風化帯が厚く発達している場合は井戸からの産出量は多くなり、また風化帯の下位の岩盤に亀裂が発達していれば産出量は最大となる。それ等の地域は空中写真のリニアメント判読から抽出できる。亀裂発達部と井戸との距離が産出量に及ぼす影響は明確ではないが、地形的影響とともに産出量を支配する因子の1つである。

表4-1. 変成岩や火山岩等の風化特性

岩種	岩石の組織	節理の発達状況	風化生成物	相対的 風化部厚さ	貯水性
片麻岩	粗粒	普通	粘土鉱物 石英	中～深部	良
片岩	葉理状	壁開状に発達	粘土鉱物	深部	不良
珪岩	細～粗粒	良好	石英	浅部	不良～ 不良
花崗岩・花崗 閃緑岩	粗粒	良好	粘土鉱物 石英・雲母	深部	良
閃長岩	粗粒	普通	粘土硬質	中	不良
ハンレイ岩	粗粒	小さい	粘土硬質	中	不良
粗粒玄武岩	細粒	良好	粘土硬質 酸化鉄	中～深部	不良
玄武岩	細粒	良好	粘土硬質 酸化鉄	中～深部	不良

表4-2. 既存井戸の帶水層と揚水量

地 域	帶水層タイプ	井戸本数	平均揚水量 (ℓ /S)
S. Rukuru	基盤岩風化帯	234	0.76
Lilongwe area	基盤岩風化帯	403	1.02
Lilongwe area	基盤岩風化帯	600	1.20
Salima area	沖積層	240	0.91
Lower Bwanje	沖積層	104	1.09
Upper Bwanje	沖積層	170	0.82
Lower Shire	沖積層	260	0.94

#### 4.3 水理地質図の整備状況

水理地質図の整備状況は次の通りである。

縮 尺	被覆範囲 (%)
水理地質図	1 / 25万

## 5. 水資源/地下水/給水開発計画

### 5.1 中長期計画

マラウイ共和国は、「国際水道と衛生の10ヶ年計画(1981-90)」に沿って水資源開発・給水分野で長期方針を立てており、その目標は次のとおりである。

#### (1) 都市給水

・各戸給水または共同水栓で、全人口に滅菌処理された水を給水する。

#### (2) 村落給水

・1996年までに生活用水27㍑/人・日の確保及び水運搬距離片道500m以内とし、婦女子の水運搬労働時間を低減する。

・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をはかる。

これまで、これらの目標達成のために給水施設建設、地下水開発等が進められてきたが、都市給水普及率75%、村落給水普及率62%が現状である。とくに1992年は未曾有の大干ばつであったため村落給水は大きな痛手を蒙った。

1987年の開発政策声明 (Statement of Development Policies 1987~96)においても、全人口の約90%を占める村落住民の生活水準の向上と農業生産性向上を第1の目標としており、公共投資計画 (1993~97) における水資源開発・給水分野では次のような計画が策定されている。

- ① 全国における深井戸2,000本以上の修復
- ② Mchinjiにおける地下水開発
- ③ Mzimba Westにおける地下水開発
- ④ Zombaにおけるダムと給水施設の建設
- ⑤ 地方都市・村落給水施設の修復

これら計画への投資額は MK387.9百万 (90.2百万USドル, 交換レート1USドル=MK4.3) であり、このうち地下水関連が MK113.3百万 (26.3百万USドル) である。公共投資計画総額は MK3,038.3百万 (706.6百万USドル) であり、水資源開発・給水分野は全体の13%となっている。

またマラウイ国はその財政事情から独自で水資源開発・給水計画を達成することは困難であり計画の大半について経済援助を要請している。

## 5.2 年間計画

リロングウェ、ブランタイヤの2大都市給水を除く、水資源開発・給水分野の1993年の開発予算（建設省水利局関係）は、MK51.9百万（12.1百万USドル）であり、そのうち援助がMK43.8百万（10.2百万USドル）で84%を占める。

この年間開発計画の主要なものは次のとおりである。

### ・表流水関係

- ① 地方都市における給水施設建設、改善、修復等

Ntcheu(MK1.6百万), Kasungu(MK3.4百万), Mzuzu(MK13.6百万), Zomba  
(MK6.8百万)

### ・地下水関係

- ① Kalembにおける深井戸作成と修復（1993年MK5.8百万，1992～94深井戸200本作成，26本修復）

- ② Mchinjiにおける深井戸作成（1993年MK2.5百万，1993～95 深井戸300本作成）

- ③ Nsanjeにおける深井戸作成（1993年MK1.9百万，1992～95 深井戸200本作成，100本修復）

- ④ マラウイ北部・中部における深井戸修復（1993年MK6.5百万，1992～94 深井戸1,050本修復）

- ⑤ マラウイ南部における深井戸修復（1993年MK5.1百万，1993～95 深井戸1,000本修復）

ブランタイヤ給水局の1992年の投資額は、MK9.1百万であり、内容は需要増に対処するための給水施設増強に MK5.4百万、給水施設更新に MK2.3百万、その他 MK1.4百万であった。リロングウェ給水局の同年の投資額は MK2.7百万であった。

## 6. 水資源分野における各ドナーの援助動向

地方都市、村落に対する水資源開発・給水関係の大規模プロジェクトはマラウイ国の財政事情から独自に達成することは困難であり、すべ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基本的には重複しないよう調整されている。

重力式水道による給水については、1968年以来 デンマーク、カナダ、米国、日本、UNICEF、CSC(Christian Services Committee)、WVI(World Vision International)等から援助を受けており、1976年～1989年の間に41地域について無償資金援助を受け、また1990年～1995年の間に6地域で約1,700万USドル（内 約980万USドルはADBからのローン）の援助を受ける予定である。

地下水開発に関する援助は、表6-1に示すとおり、デンマーク、日本、ドイツ、UNICEF、UNCDF/UNDP等の無償資金協力を受け、これまで6地域で井戸作成及び井戸修復を実施、1993年7月現在 Kalembo, Mchinji, Southern Regionの3地域で実施中である。

またローン方式の資金協力としては、IFAD、IDA、EECから資金を借り入れすでに7地域で井戸作成、修復を実施、現在 Central & Northern Malawiで主に井戸修復を実施中である。

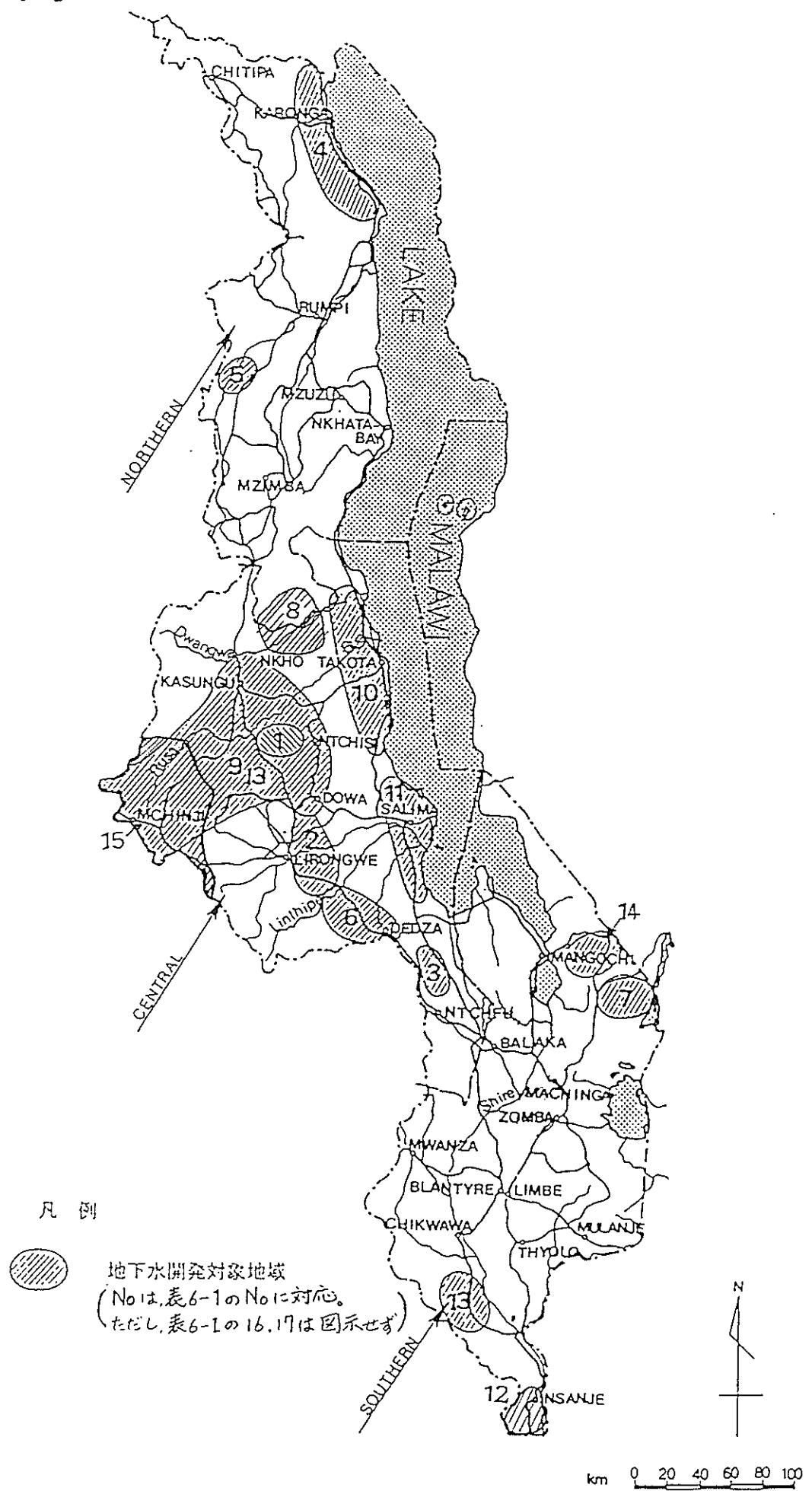
また The Save the children Fund (UK)、AFRICARE等のNGOの活動も行なわれており、前者は1988年よりモザンビーク難民水対策としてUNHCRより資金援助を受け（30～40万USドル/年）、これまでに1,700本の深井戸及び浅井戸作成、また干ばつ対策としてUSAIDより資金援助を受け（110万USドル）、マラウイ南部で71本の深井戸作成及び70本の井戸修復を実施、今後はEEC等の援助を受け、マラウイ中部・南部において107本の深井戸作成及び150本の井戸修復を実施する予定である。

後者はUSAIDより資金援助を受け、マラウイ南部で1992年～1993年に約300本の浅井戸作成、北部・中部で今後浅井戸作成及び泉の保護施設作成を実施していく予定である。

表6-1 水利局で担当する地下水開発の国策プログラム

No.	対象地域	期間	援助機関名	資金 (K)	天端横閘	目標人口	70年度内容		ナ・シフの型
							新規	既存	
1	Dowa West	1982-86	IFAD(Loan)	530,000	農業省	70,000	115	29	138 54
2	Lilongwe N.E.	1984-90	IDA(Loan)	1,066,000	〃	91,000	442	70	195 150
3	Livulezzi	1981-82	DANIDA/UNICEF (Grant)	358,000	水利局	43,000	134	5	60 0
4	Karonga	1986-91	DANIDA(Grant)	4,200,000	〃	75,000	300	0	0 AFRIDEU
5	Engsween	1986-89	UNICEF(Grant)	286,000	〃	22,500	40	0	0 AFRIDEU
6	Dedza Hills	1987-98	IDA(Loan)	650,000	農業省	71,000	120	47	120 100
7	N.Kawinga	1989-90	日本(Grant)	989million	水利局	41,000	164	0	0 Urgnet
8	Kalembo	1992-94	KFW(Grant)	4,000,000	〃	56,500	200	26	0 AFRIDEU
9	Kasungu/ Mchinji/Dowa East	1987-90	IFAD(Loan)	820,000	農業省	62,000	0	248	0 AFRIDEU
10	Salima-Bwanje	1987-90	EEC(Loan)	1,600,000	〃	48,250	97	96	0 AFRIDEU
11	Salima-Nkhotakota	1991-92	EEC(Loan)	2,500,000	〃	50,500	131	71	0 AFRIDEU
12	Nsanje	1992	UNICEF(Grant)	3,000,000	水利局	不明	200	100	0 AFRIDEU
13	Dowa/Kasungu/Mchinji	1991-92	IFAD(Loan)	900,000	農業省	15,250	81	0	0 AFRIDEU
14	Namwera-Mangochi	1989-92	KFW(Grant)	2,260,000	水利局	47,500	190	0	0 AFRIDEU
15	Mchinji	1993-95	日本(Grant)	10億円	〃	75,000	300	0	0 AFRIDEU
16	Central & Northern Malawi	1992-94	IDA(Loan)	US\$4.4million	〃	262,500	10	1,050	0 AFRIDEU
17	Southern Region	1993-95	UNICEF/UNDP (Grant)	US\$7.0million	〃	不明	10	1,000	0 AFRIDEU

図 6-1 開発援助動向



## 7. 水資源／給水分野におけるこれまでの JICA 援助の概要

JICA の過去の水資源、給水に関する援助実績の概要を以下に記す。

(1) チティバ地区自然流下式水道計画（1979年、無償資金協力 2 億円）

(2) 地下水開発計画（1988～1990年、無償資金協力 10.23億円）

カワインガ地区を対象とした地下水開発で（I）、（II）、（III）期に分かれる。農業開発、旱魃対策を目的とする北カワインガ地区に対する深井戸施設建設と資機材の供与。

協力内容は次の通り。

- ・井戸掘削機 2 台、高圧コンプレッサー 2 台、揚水試験機 2 台、電気探査器 2 台、トラック 2 台、通信機 6 セット、足踏みポンプ 160台、その他の掘削用資材 160本分の供与（I 期）
- ・深井戸施設建設80箇所（II 期）
- ・深井戸施設建設80箇所（III 期）

1990年に竣工。

(3) ムチンジ地区地下水開発計画（1993年、無償資金協力）

国家開発計画（1987～1996年）の目標に掲げた地方給水率74%達成の一環として、他地区より給水率が低いムチンジ地区に対する井戸施設建設と資機材供与。

対象面積1,730km<sup>2</sup>、給水人口 7 万 5 千人。

実施は 3 年度に分かれ、1993年現在で第 1 期の井戸施設80箇所建設中。

協力内容は次の通り。

- ・深井戸施設建設 300箇所
- ・トラック搭載型掘削機 1 台、高圧コンプレッサー 1 台、揚水試験機 1 台、電気探査器 1 台、検層器 1 台、支援車輛（ワゴン、ピックアップ、クレーン、トラック、バイク）11台、ケーシング類 300本分、手押しポンプ 330台等の供与

## 8. 水資源・給水関連民間企業

### 8.1 コンサルタント

政府関係及び民間に対する地下水開発に関するコンサル業務は、建設省水利局地下水部門及び援助国のコンサルタントが実施しており、民間の有力コンサルは存在しない。

### 8.2 ポーリング、井戸作成業者

ポーリング業者が、井戸作成も合わせて行っており、本業者は5社存在する。

これら5社の名称は、それぞれScandrill Limited, Water Boring Contractor, Borehole Drillers, Contact drillers, Well drillersであり、前3社は建設省水利局・農業省など政府関係の業務実績がある。後2社は民間を対象とした業者である。

これら5社のポーリング機保有台数合計は、エアハンマー型8台、ハドーカッション型23台（一部は古く、非能率）であり、とくに政府関係の実績がある前3社は、技術レベルも高く、業務遂行能力が充分あると判断される。

このうち2社について、その概要を記す。

#### 1) Borehole Drillers

- ・ 設立 1947年
- ・ 資本金 不明（ただし100%自国資本）
- ・ 人員 計140名（内マネージャー+エンジニア4名、オペレーター10名）
- ・ 保有機 エアハンマー型 2台（Failing [USA]製、Abras Copco[スウェーデン]製ハドーカッション型13台
- ・ 月商 エアハンマー型による井戸 14～18本/月  
ハドーカッション型による井戸 40～50本/月  
(井戸の深度は、最大80m、平均35～40m/本)
- 1993年 Central Region での井戸550本のリバーリテーションを  
World Bank より受注
- ・ 掘削コスト 20,000MK/1本・40m（約4,650\$, ただしハンド・ポンプ設置を  
含まず）
- ・ ホンフ 政府が標準化を進めている Afridev ハンド・ポンプを直接イン

トより輸入し使用するが、顧客が希望する場合他のホンダも設置可能。

## 2) Scandrill Limited

- ・ 設立 1986年
- ・ 資本金 不明（ただしデソマク資本、Intertec社 51%，Industrialization Fund for Developing Countries 49%）
- ・ 人員 計15名（内マネージャー+エンジニア2名、テクニシャン5名）
- ・ 保有機 イアラソマ-型 3台（Abras Copco]製）
- ・ 月商 10～20本/月  
能力としては25～30本/月（過去40～50本/月掘削した月もあり）
- ・ 掘削コスト 20,000MK～22,000MK/1本・40m（約5,000\$, 手押しほんどう設置を含む）
- ・ ホンダ 主に Afridevハンドホンダを使用（図8-1参照）

### 8.3 ハンドホンダメーカー

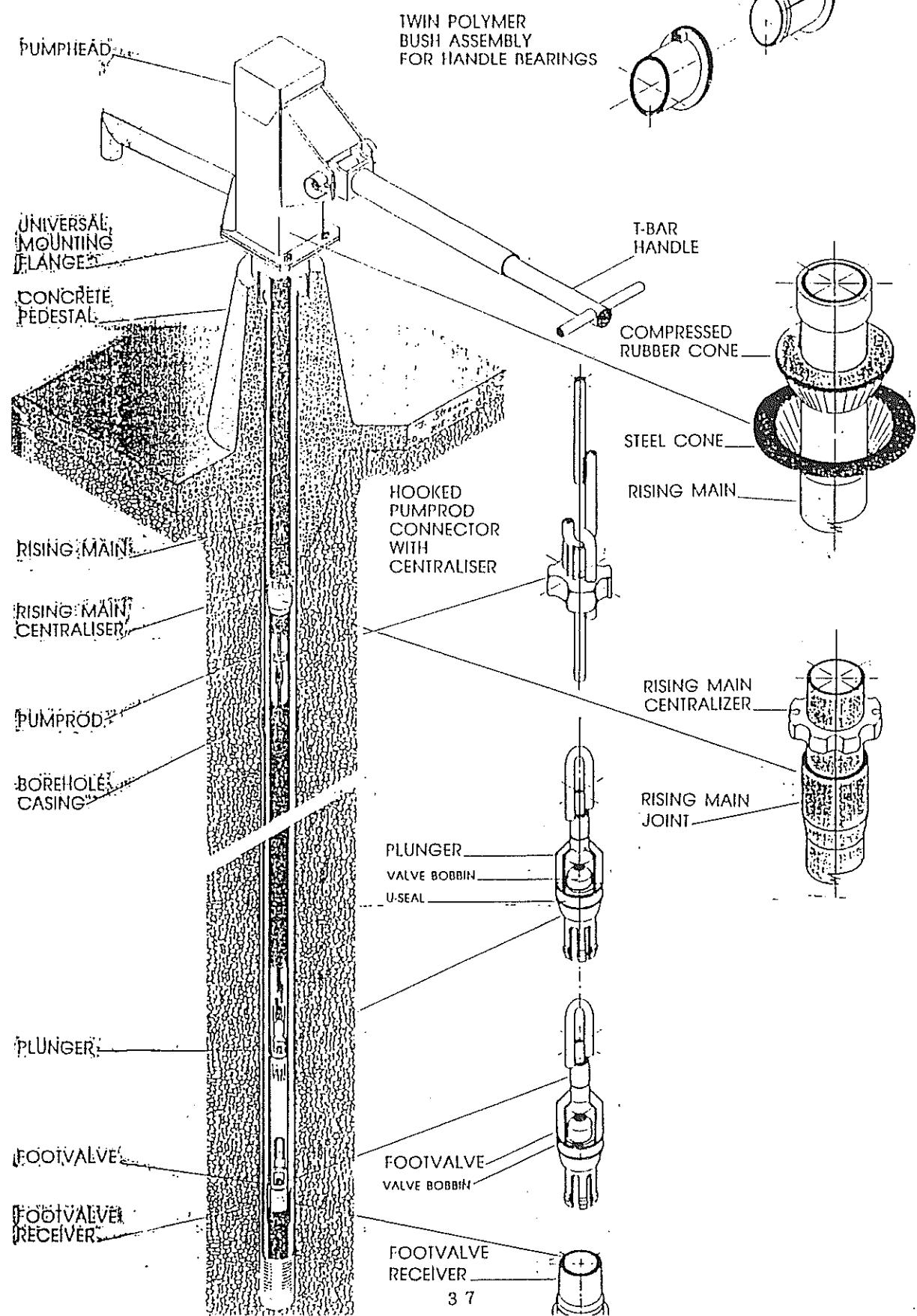
ハンドホンダメーカーは、Petroleum Services (MW) LTD, Blown & Clapperton Groupの2社が存在するが、これらは主にホンダ以外のスチール製品・工具等の作製会社であり、ハンドホンダの売上げに占める割合は数%にすぎない。

ホンダは、1992年より政府が標準化を進めているメンテナンスが容易なAfridev手押式ハンドホンダの部品をインドのInalsa社より輸入し組立てている（部品の50%は国産のものを使用）。

またBlown & Clapperton Groupは、B&C 手押式ハンドホンダを作製しているが、本ホンダは Afridevハンドホンダに比し価格が高く競争力がない。

なお、一部の地域においては（北カウイントン地区等）フランス・VERNGNET社製足踏式ホンダを輸入使用している。（本ホンダは、シリスターのコム部の破損が多くメンテナンスが困難である。）

Fig 8-1



## 9. 給水普及状況

### 9.1 給水普及率

マラウイ共和国の水供給の実情は、リロングウェ、フランタイヤの2大都市給水、他の都市給水、村落給水に分けることができる。

1992年における2大都市及び他の都市の給水普及率は75%で、村落での普及率は62%，全国的には63%である。

また村落での普及率62%の内訳は、重力式水道25%，深井戸29%，浅井戸8%となっている。

### 9.2 上水道普及率

上水道普及率は、1992年リロングウェで71%であり、他の都市部においても70%前後と推定される。村落では、重力式水道を上水道として扱えば25%であり、全国的には約30%と推定される。参考までにリロングウェの給水現況を表9-1に示す。

### 9.3 給水量

大都市（フランタイヤ及びリロングウェ）における目標給水量は、200ℓ/人・日（目標年次2000年）であり、1993年現在目標達成率は80%と推定される。また他の都市、村落（重力式水道）、村落（井戸）における目標給水量はそれぞれ55ℓ/人・日、36ℓ/人・日、27ℓ/人・日（目標年次2000年）であり、1993年現在目標達成率は、それぞれ65%前後と推定される。

給水の水源としては、表流水、湖水、地下水が利用され、都市の給水は表流水が主体となっており、フランタイヤではシレ川、リロングウェではリロングウェ川より取水している。一方村落では表流水を利用した重力式水道と地下水利用の深井戸、浅井戸によつて飲料水の給水が行われている。

また深井戸では、手押・手回・足踏ポンプ。（水利局は、1992年手押式AFRIDEV型に標準化することを決定），浅井戸ではローブによる手汲みが一般的であり、8,670の深井戸と5,000の浅井戸が設けられるとされているが、井戸の老朽化、ポンプの故障により実質50～60%しか稼働していないといわれている。

Table 9-1

	91/92	90/91	89/90	88/89	87/88	86/87
Statutory Area of Supply (sq.km)	350	350	350	350	350	350
Population Supplied ('000)	241	225	215	200	187	179
Number of Metered Supplies	14500	13263	12549	11120	10967	9767
Average Daily Production (Ml/day)	39.39	34.25	33.38	30.31	28.74	26.65
Treatment Capacity (Ml/day) (Nominal)	62	35	35	35	30	30
Plant Capacity (Ml/day) (Pk Wk Avl.)	69	63	63	47	40	40
Maximum Daily Supply	51.38	41.15	41.10	38.10	35.77	33.78
Date of Maximum Supply	21/9	8/10	21/8	9/10	18/11	21/10
New Connections	1054	861	732	456	679	599
Burst Mains	580	575	386	358	404	632
Meter Repairs	1701	1570	784	847	919	1217
Length of Mains (km)	633	599	583	579	571	553
Number of Pumping Stations:						
Sources	2	1	1	1	1	1
Repumping	6	6	6	6	6	6
Electrical Power Consumed (mega Kwh)	10.60	11.03	9.57	8.22	n/a	n/a
Average Number of Employees (Excluding Kiosk Attendants)	395	392	436	456	476	475
Kiosk Attendants	113	149	162	188	220	226

## 10. 現地視察報告

### 10.1 北カウィンガ地方（既開発地域）

北カウィンガにおいて1989～1991年に日本の無償資金協力による深井戸施設約80サイトが建設された。北カウィンガ地方（図10-1、10-2参照）はマラウイ南東部のマチンガ県の北部を占め、MALOMBE湖と国境沿いのCHIUTA湖の中間に位置する。地形区分上は地溝帯東側の高原地域に属し標高600～1500mであり、中央～北部は1000～1500mの急峻な山岳地帯、南部はCHIUTA湖にかけて広がる平坦な沖積平野となっている。山岳地帯は島状丘から成りその急崖をなす斜面は特徴的である。

地質は、先カンブリア紀の片麻岩を主体とする基盤岩類、島状丘を形成している先カンブリア～古生代前紀の花崗岩質な貫入岩類、平野を構成する洪積世・沖積世の未固結堆積物で構成される。

年間降雨量は990～1100mmで12月～3月が雨期となる。

帶水層となるのは裂力の発達する風化帯であり、その他表層付近に分布する未固結砂礫層も雨期には帶水層となる。

現地視察で訪れた地区は村落の密集地であり、洗濯場付きの井戸が道傍の空地に設置され非常に目立つ。1本の井戸を約250人で使用する設計であり各村々に1～2本の深井戸施設が設置されている。婦女子が頻繁に井戸を訪れ水汲みをしており井戸の使用頻度は非常に高いという印象を受けた。当プロジェクトで使用しているポンプはフランス製の足踏式ポンプであり、非力な婦女子の水汲みに適している。反面使用頻度が特に高い井戸は足踏式ポンプの先端水中部分の吸引部ゴムに亀裂が入り使用不能となることが多い。現地担当者の話しによると約180本の井戸のうち、11本は使用不能となっており住民から修理の要請が出ているが、交換部品がない為修理不能である。実際には更に多くの井戸が同様の理由により故障したまま放置され、使用不能になっている可能性がある。

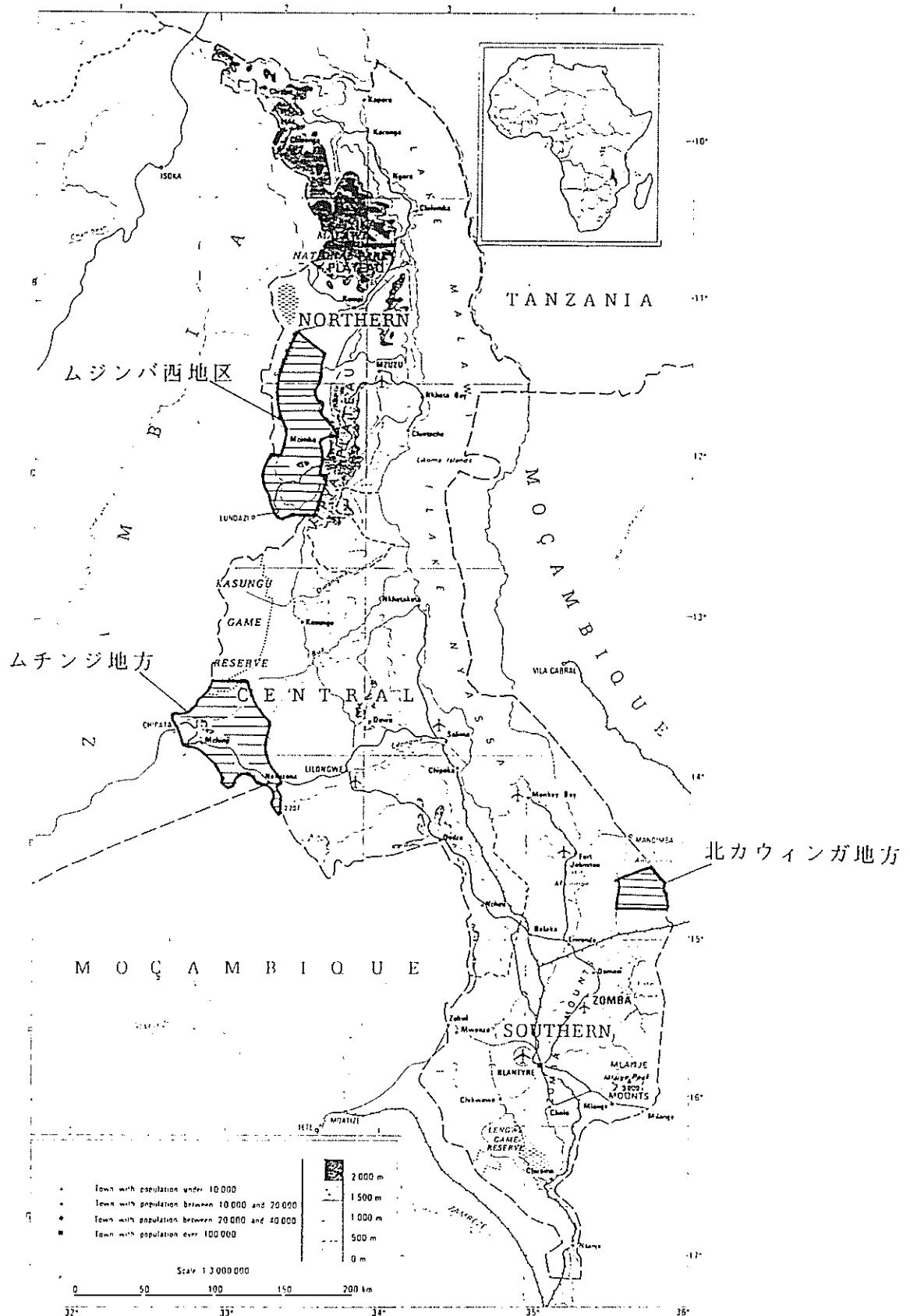


図10-1 現地視察地

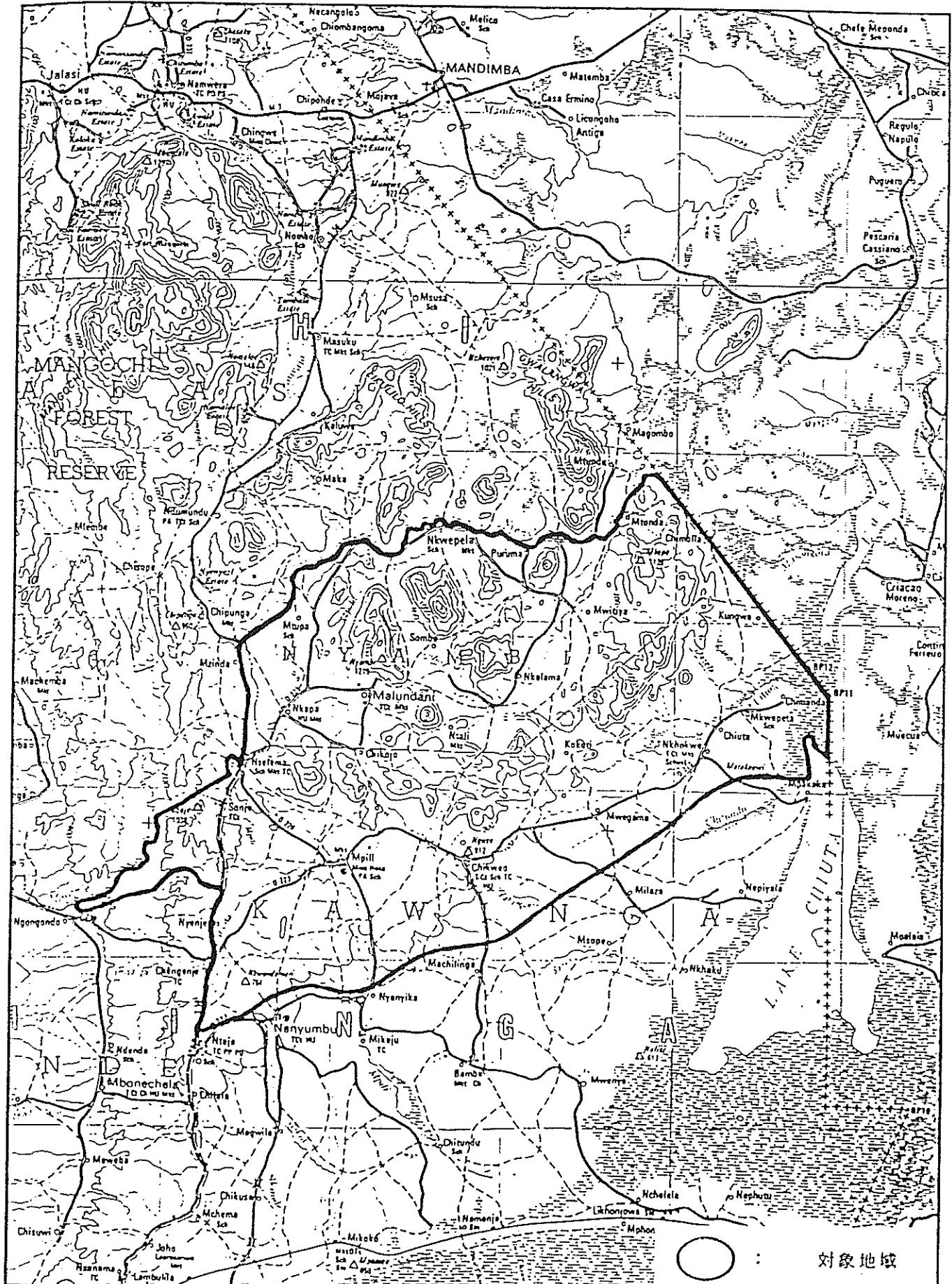


図10-2 北カウインガ既開発地区

Km 0 5 10 15

足踏式ポンプはその構造上耐久性が低くまたフランスからの部品輸入という問題があり、より構造が単純で安価なアフリディフポンプへの標準化が図られている。マラウイでは国の方針として村落の井戸利用者組織作りを掲げているが、今回現地視察を行った北カウインガ地域では、今のところ利用者組織が作られていないないため、井戸使用料金の徴収、維持管理に対する教育がなされていないのが現状である。井戸が故障した場合は村長の要請により水利局の支所から係員が出向き対処するが、部品の購入が困難であり修理には長時間をする。

## 10.2 ムチンジ地方（開発実施中の地域）

ムチンジ地方（図10-1、10-3参照）において1993年から日本の無償資金による300サイトの深井戸施設建設が開始された。プロジェクトは3期に分けて実施され、1993年現在で第1期80サイトの深井戸施設建設が進行中である。

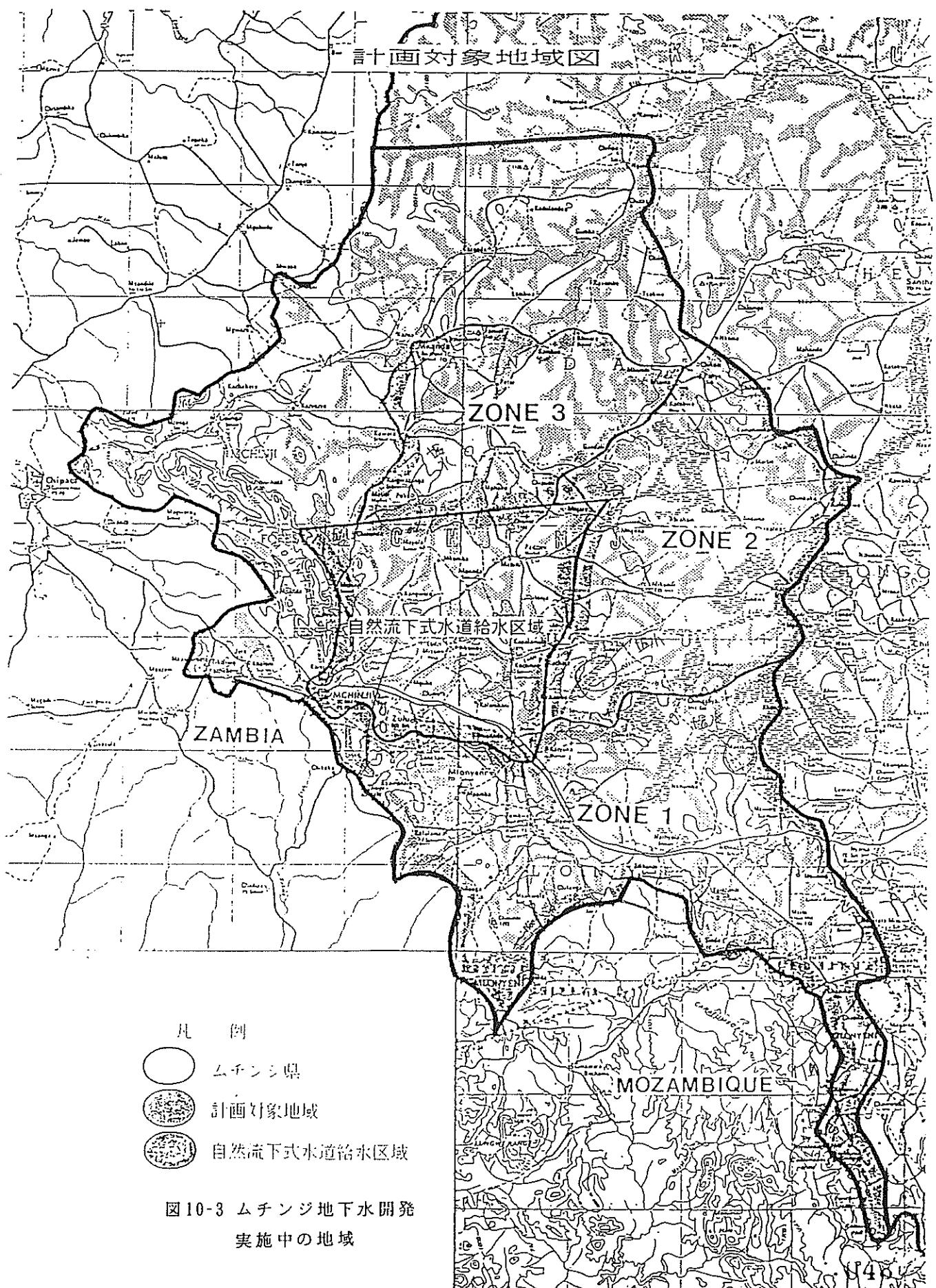
対象地域のムチンジ県はマラウイ中西部のザンビアとの国境付近に位置し、首都リロングエの西方50kmの距離にある。地形区分上はマラウイ湖西側の高原地帯と国境山岳地帯に属し、ザンビアとの国境の山岳地帯は分水界を形成している。国境付近の山岳地帯の標高は1300～1700m、高原地帯は1200～1300mの小起伏で平坦な地形を示し、西側の国境に向かって徐々に高度を増す。地質は先カンブリア紀の片麻岩や珪岩から成る基盤岩類、先カンブリア紀～古生代前期の花崗岩、班れい岩の貫入岩類、低地に分布する泥質堆積物から成る。

年間降雨量は国境山岳地帯で1000～1200mm、東側の高原地帯で800～1000mmとなっている。

帶水層となるのは基盤岩や貫入岩の風化部、断層・破碎帶、褶曲構造に関連した亀裂系、貫入岩と基盤岩との境界部亀裂系等である。井戸掘削に先立ち1サイト平均3点の電気探査により掘削地点を選定する。井戸掘削は2台のトラック搭載型掘削機で実施し、1サイトの井戸本体建設は3～5日で終了する。地質条件が良好な場合は40m／日の掘進が可能であった。井戸掘削後に別の2班の揚水試験班が揚水試験を実施する。掘削チームには現地人スタッフも組み込まれ技術移転が行われている。掘削班は8～10名、揚水試験班は3名で各々構成されている。1993年7月16日の現地視察時点での掘削本数は16本でその内5本が空井戸であり成功率は70%であった。掘削済み16本の地質状況は、地表から30m区間は強風化带でその下位の厚さ10mの風化帶が帶水層となっている。風化帶の下位は亀裂の少ない新鮮な岩盤であり地下水は存在しない。したがって井戸平均深度は40～50mとなっている。

深井戸建設の対象となるのは人口200以上の村落であり、250人に井戸1本の割合で建設し、1人当たりの給水量は27ℓ／日を目指している。当プロジェクトではアフリディフポンプを使用している。

日本側削井業者の資機材置き場は整理整頓が行き届き、2名の警備員を現場に常駐させ夜間の盗難防止に努めている。



対象地域南端にあるモンシンビーク難民キャンプでは、井戸に回転手押式ポンプ（クライマックス型ポンプ）が設置されており、キャンプの住民が使用する際に汲み上げた井戸水の半分は近傍の診療所の水槽へ送水される仕組みになっている。

### 10.3 ムジンバ西地区（地下水開発候補地）

ムジンバ西部地区（図10-1、図10-4参照）の199村に対する合計300本の無償資金協力による深井戸施設建設の要望が提示された。ムジンバ西部地区はマラウイ南西部のムジンバ県の西部を占めその面積は約 4500km<sup>2</sup>で、中核都市は要望地域の東縁に位置するムジンバである。主な産業は、農業（メイズ、タバコ）、牧畜（牛、ニワトリ、ヤギ）であり、タバコ等の換金作物以外は豊作時には若干の現金収入があるが、通常は時給自足の生活をしている。

対象地域の西縁はザンビアとの国境となり東縁にはVIPHYA山脈が南北に伸びている。地形区分上は高原地帯に属し標高は1400～1600mで、ザンビアとの国境沿いに丘陵地が南北方向に伸び分水界を形成している。全ての河川は国境沿いに北流するSouth Rukura川に合流し最終的にはマラウイ湖に流入する。上流部の町Edingeni周辺は雨期にはダンボと呼ばれる湿地帯となる。

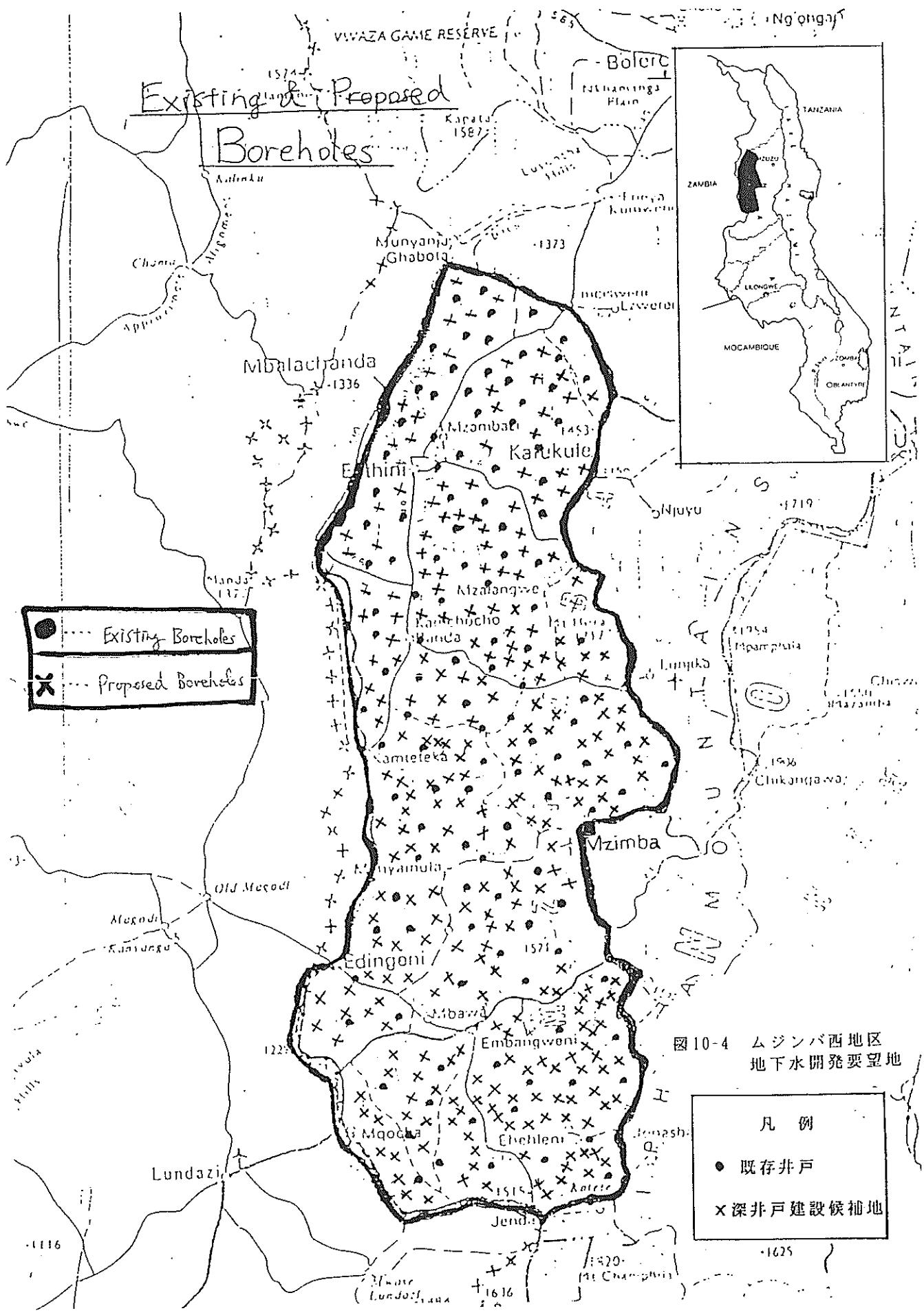
対象地区の地質は、先カンブリア紀の片麻岩を主体とする基盤岩類、先カンブリア紀～古生代前期の花崗岩、班レイ岩の貫入岩類で構成される。

年間降雨量は800～1000mmで、11月～3月が雨期となっている。

対象地域内では10軒前後の集落が未舗装道の 200m範囲内に散在している。深井戸を有する集落は少なく、浅い素掘り井戸に依存して生活している。素掘り井戸の水源となる浅層地下水は比較的安定しており、渇水期でも涸渇しないが大旱魃時には涸渇する。

起伏に乏しい丘陵地形の低地には多数の小河川が存在し、周辺は沖積地となっている。河川は現地視察を行った7月でも流水があり、河川沿いに湿地・沼地が分布し、河川沿いの沖積地の地下水位は高く浅井戸の利用が可能である。一方家畜・農薬に起因した地下水の汚濁が認められるため、これ等を水源とした浅井戸は水質上に問題がある。丘陵地は片麻岩や花崗岩から成るが、植生が豊富であり岩盤が露出していることは少ない。丘陵地の粘土質砂状に風化した岩盤中の井戸の地下水位はGL-7m程度であり、岩盤地下水としては水位は比較的高い。深井戸の帶水層は片麻岩や花崗岩の風化部であるが、その厚さは場所により異なるものの、比較的広範囲且つ均質に分布するものと思われる。

給水は深井戸、浅井戸、自然流下式水道により実施されている。人口2000人以



上のEdingeniのような町では深井戸給水施設が3～5個所存在する。井戸の深さは50～60mが多く岩盤風化部から取水している。山麓部に湧水がある近辺の集落では自然流下水道を利用している。対象地域南部のEhehleniでは視察時に自然流下式水道の共同水栓の蛇口から十分な水量を放出した。ハンドポンプ付き深井戸は対象地域内に均等に配置されているが、1本の井戸を500人以上で使用しているため井戸の絶対数は不足している。バツケを持った婦女子が遠方から来て井戸の前に列をなす光景が各所で見られ、水汲みに要する時間と労力は相当なものである。

対象域内には299本の既存井戸が存在するが、その大半が使用不能とされており、井戸修復による井戸再生は新規深井戸建設と共に給水事情改善に有効である。

IDAの井戸修復プロジェクト(1991～1992年)によりムジンバ西地区の若干数の井戸が修復再生され、また修復不能な場合は近傍に新規の井戸が掘削された。また当地区ではWorld Bankの資金により井戸修復が計画されている。しかし、井戸修復や修復不能な場合の新規掘削には旧式の掘削機を使用するため、作業は非効率的で多大の時間を要する。したがって短期間での給水状況改善は困難であり、日本の援助による新規井戸建設が最も有効であると思われる。

## 11. 水資源分野での今後のJICA援助への提言

### 11.1 短期的アプローチ

- ・ムジンバウエスト地域は地下水開発の遅れが目立つマラウイ北部（各國援助も中南部に集中）の一地域（人口125,000）であり、深井戸利用も500人以上／井戸と過剰で、不衛生な手堀井戸の利用も多く、今後十分な衛生的飲料水の確保が必要である。従って井戸掘削機材供与とともに井戸掘削、ハンドポンプ設置等の無償協力援助を早急に実施することが望まれる。

### 11.2 中期的アプローチ

- ・将来予想される地下水位低下や水質汚染等の地下水障害が、今後地下水の有効利用及び新規開発を推進する上での課題となっている。
- ・従って地下水位・水質のモニタリング、及び地下水賦存量の把握に基づく全国を対象とした地下水管理計画を策定してゆくことが必要である。

### 11.3 長期的アプローチ

- ・わが国の援助は、井戸建設、資機材供与等のハード面が主体となっているが、最近の各國及び国際援助機関においては、施設の維持管理といったソフト面を重視している。わが国の無償資金協力による援助に関しても、その点で問題が生じており、今後はフォローアップにも力をいれ、開発後の維持管理にかかる専門家、海外青年協力隊員の派遣、開発調査を利用した維持管理計画の推進あるいはUNICEF等の援助機関との連携を考慮するべきである。

## 12. 水資源分野での調査対象国への提言

### 12.1 地下水開発実施体制

(1) 実施体制は他国と比較して、かなり確立しているように見受けられるが、今後は人材育成に力を注ぎトレーニングセンターの拡充を進めるべきである。また、掘削会社の民営化も支援していく方が今後の開発には合理的である。

### 12.2 村落給水施設維持管理体制

- (1) 数地域においては、巡回修理人が配置されているが、今後は全国に対応する人員の教育と配置が必要である。
- (2) 受益者の水委員会が組織されているのは、現在わずか数地域のみであり、今後全国的に組織化を計っていくべきである。またそのためには各援助機関に対し井戸建設のみならず水委員会の組織化をサポートするよう調整すべきである。
- (3) 維持管理の経費負担は大部分政府が行っているが、井戸の共有財産意識を高めるためにも経費の受益者負担をUPしてゆくべきである。

### 12.3 要望案件について

- (1) 将来予想される地下水位低下や水質汚染等の地下水障害が、今後の地下水の有効利用及び新規開発を推進する上での課題となっており、地下水管理に関しては、その重要性が認識されているが、たとえ、モニタリングシステムが建設されても、その体制が整っていなければ、モニタリングを継続していくことが不可能であり、まずは人員の配置、計画の構想等を立て、システムの建設等自国のみで対応できない部分を要請する必要がある。

A N N E X

1. 収集資料リスト -----	5 7
2. 実施体制調査表 -----	6 1

1. 収集資料リスト

< 地図・図面類 >

ANNEX 1 収集資料リスト

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
1	Topographical Map(Scale 1:1,000,000)	Department of Survey	1991	JICA/WB 所	原本
2	Reconnaissance Map(Sheet 9)(Scale 1:250,000)	Ministry of Works, Department of Water	1993	Department of Water	原本
3	Reconnaissance Map(Sheet 6)(Scale 1:30,000)	Ministry of Works, Department of Water	1993	Department of Water	原本
4	水位観測片位置図(1:1,000,000)	Ministry of Works, Department of Water	1993	Department of Water	コピー

< フィーダット報告書 >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
5	Draft Project Brief for Third Lilongwe Water Supply Project	Lilongwe Water Board	1993	Lilongwe Water Board	原本
6	Lilongwe Outline Zoning Scheme Monitoring Report for 1986-1992	Office of the President and Cabinet	1992	Lilongwe Water Board	原本
7	Dowa West Rural Development Project (Executive Summary)	International Fund for Agricultural Development	1984	Ministry of Agriculture	コピー
8	Kasungu Agricultural Development Project (Executive Summary)	International Fund for Agricultural Development	1992	Ministry of Agriculture	コピー
9	Third Lilongwe Water Supply Project Inception Report 1993	Snowy Mountains Engineering Corporation Ltd	1993	Lilongwe Water Board	原本

< 一般刊行物 >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
10	Tours Pamphlet	Soche Tours and Travel Ltd	(不翌年)	Capital Hotel	原本

< 政府刊行物及び文書 >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
11	The Geology and Mineral Resources of Malawi	Geological Survey Department	1973	Geological Survey Department	原本
12	Laws of Malawi, Volume X. Water Resources Act		1985	Department of Water	コピー
13	Economic Report 1993	Office of the President and Cabinet	1993	Department of Economic Planning and Development	原本
14	Brief on Water Resources Development	Department of Economic Planning and Development	1993	Department of Economic Planning and Development	コピー

< 政府刊行物及文書 (続き) >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
15	Water Resources Statement of Development Policies 1986-1996	Malawi Government	1993	Department of Economic Planning and Development	コピー
16	The National Health Plan of Malawi 1986-1995	Ministry of Health	1993	Ministry of Health	原本
17	Lilongwe Water Board Annual Report 1992	Lilongwe Water Board	1992	Lilongwe Water Board	原本
18	Blantyre Water Board Annual Report 1991/1992	Blantyre Water Board	1992	Blantyre Water Board	原本
19	KMWU DAY II	Lilongwe Water Board	1990	Lilongwe Water Board	原本
20	Annual for Integrated Projects for Rural Ground Water Supplies			Department of Water	原本
21	Videndum of Ground Water Irrigation Potential 1982 (Summary and Recommendations)	Ministry of Agriculture	1982	Ministry of Agriculture	コピー
22	Lilongwe Water Board Corporate Plan(1993-1998)	Lilongwe Water Board	1992	Lilongwe Water Board	原本
23	Monitoring the Implementation of the Lilongwe Outline Zoning Scheme, 1993	Office of the President and Cabinet	1993	Lilongwe Water Board	原本
24	Water Tariff Increase	Lilongwe Water Board	1993	Lilongwe Water Board	コピー
25	アカイ国開発計画資金一覧表 1994/95~1998/99	Department of Economic Planning and Development	1993	Department of Economic Planning and Development	コピー

< 援助機関刊行物及び文書 >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本/コピー
26	National Water Resources Master Plan(ANNEX6) Ground Water Resources of Malawi, 1986	UNDP/Ministry of Works	1987	Department of Water	原本
27	The Yonder Shallow Borehole Project 1993	UNICEF	1993	UNICEF	原本
28	Shallow Well Rehabilitation Project	UNICEF	1993	UNICEF	原本
29	United Nations Capital Development Fund Assistance to a Project of the Government of Malawi(Borehole Rehabilitation)	UNDP	1992	UNDP	コピー
30	Relief Borehole Drilling Programme in Southern Malawi	The Save the Children Fund (UK)	1992	The Save the Children Fund (UK)	コピー
31	UNICR Water Programme Central Region Water Point Database-1993	The Save the Children Fund (UK)	1993	The Save the Children Fund (UK)	コピー
32	Borehole Rehabilitation Technique ANNEX1	The Save the Children Fund (UK)	1993	The Save the Children Fund (UK)	コピー

)

)

< 援助機関刊行物及び文書(続き) >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本／コピー
33	Final Report to USAID	The Save the Children Fund (UK)	1993	The Save the Children Fund (UK)	コピー
34	The Africdev Hand Pump Designed for Community Management	UNDP/World Bank	1987	UNDP	コピー

< その他 >

No.	資料名	著者(発行者)	発行年	入手先	原本／コピー
35	Reflections(The In-Flight Magazine of Air Malawi)	Air Malawi	1993	Capital Hotel	原本
36	Malawi Economic Brief 1992	National Bank of Malawi	1992	National Bank of Malawi	原本
37	B&C Rural Water Supply Handpumps ハンドポンプ	B&C Engineering	1993	B&C Engineering	原本