

第4章 調査対象地域の環境および自然条件

4-1 調査対象地域の環境

4-1-1 本格調査における環境影響評価制度

(イ) 環境配慮実施の背景

マラウイ国では、農村部の森林破壊、土壌汚染、化学肥料や農薬による水質汚染等が問題化しつつある。他方、都市部のうち、特に首都リロングウェ (Lilongwe) 地区では、化学廃棄物及び工業廃棄物の処理施設や下水処理施設が未整備或いは老朽化しており、河川及び湖沼の汚染問題が深刻化している。

マラウイ政府は、このような問題に対処するため、1991年4月に大統領府に調査・環境局を設置した。その後、1994年には、調査・環境省と昇格して、天然資源の効果活用のための管理、環境汚染・破壊の修復、開発による環境汚染・破壊の防止、自然環境の保護及び環境調査の実施等を推進してきた。しかし、予算・人材不足等により、未だ満足すべき成果が上がっているとは言えない。また、1997年政府組織の再編成により、林業・水産・環境省 (Ministry of Forestry, Fisheries and Environmental Affairs: MOFF & EA) として統合されている。

環境法令については、国立公園法 (Act of National Parks)、保全地域法 (Act of Preservative Region) 及び森林法 (Act of Forests) 等が制定されているが、廃棄物処理については、関連法が未制定である。現在、世界銀行 (International Bank for Reconstruction and Development: IBRD, 通称 World Bank: WB) の援助を受けて、廃棄物処理方法に関する条令制定を進めると共に、上記の3法律についても見直しを行っている。

国家環境行動計画 (National Environmental Action Plan: NEAP) が、世銀の主導の元で1994年5月に作成された。これを受けて、環境支援プログラム (Environmental Support Program: ESP) が、世銀資金により実施されている。また、世銀は、無償による環境保全プログラムとして、地球環境施設 (Global Environmental Facility: GEF) により、マラウイ湖に対する環境保護、観光開発及び漁業資源開発等の多岐にわたる協力を実施中である。

(ロ) 法律・ガイドライン

マラウイ国では、道路及び都市交通プロジェクトに関する環境規制の法制化及び環境影響評価 (EIA) の実施は、林業・水産・環境省の下にある環境局の所管事項である。マラウイ国の環境法制は、1996年8月16日に国会より公布された環境管理法 (Environmental Management Act) が基本である。この法律では、下記に示す13章及び77箇条により、環境管理を規定している。

■ 第1章：序文 (1～2条)

■ 第2章：定義 (3～7条)

- 第3章：行政（8～20条）
- 第4章：環境立案（21条～23条）
- 第5章：EIA、監査及びモニタリング（24～29条）
- 第6章：環境基準（30条）
- 第7章：環境管理（31～41条）
- 第8章：汚染制御（42～44条）
- 第9章：検査、解析及び記録（45～52条）
- 第10章：環境基金（53条～60条）
- 第11章：刑罰（61～67条）
- 第12章：法の方策（68～75条）
- 第13章：その他の規定（76～77条）

なお、環境影響評価ガイドライン（Environmental Impact Assessment Guidelines）については、大枠以下の章立てで、付録A～H及び付属書類等に基づいて、EIAの手続を規定している。

- 第1章：序文
- 第2章：EIA手続、役割及び責務
- 第3章：既存プロジェクト立案及び承認手続にEIAへの統合

(ハ) 関連法令

マラウイ国には、環境関連事項及び自然資源に関して40以上の法令があり、下記の3タイプに分類される。

- 主として環境事項に適用される法令（例えば、広告法）；
- 環境対象のみではないが、環境を規制する法令（例えば、土地法）；及び
- 環境事項に直接関係する法令（例えば、漁業法、入植保護法）

また、調査対象地域に関連する特殊法は、次の通りである。

- 環境管理法：上述した(ロ)節に参照されたい。
- 土地法：同法は、慣習的、占有する公有地及び私有地について、それらの土地分類を確立している。また、所有規制及び形態は、それぞれ土地分類により決められる。
- 市町村計画法：同法は、土地利用計画及び土地利用規制を実施するため、政府の組織及び行動を規定している。
- マラウイ国水資源法：1969年水汚染管理条例及びこの条項を元に制定された同法は、水管理に関する基本法定構成を制定する。同法及び同条令は、取水とその利用及び廃水流出量を説明しているが、国内関連のみで国際共有水資源の考慮がなされていない。
- 国立公園・野生動物法：同法は、その管轄範囲及び組織において重要な規定であり、将

来立法のための潜在的モデルとして役立つかも知れない。1992年に適用された同法は、下記の項目を成し遂げる。

- 野生動物法を合併する：野生動物資源の利用及び管理の確証を目標とする；
- 代表的な野生共同体の保全のための対策を策定する；
- 稀少種、絶滅危機に瀕した種、また風土病に罹る種を保護する；及び
- マラウイ国に批准された国際条約を実行する。

しかし、何項目かの環境関連法律の重要条令が完全には実施されていないことか、幾つかの法律（例えば、水資源法）は、遵守及び実行のモニタリング手段を欠いていることが指摘されている。また、条令実施を阻害する多数の要因は、下記の項目を含む。

- 行政当局及び公団は、法定の条項実施のため十分な装備を持っていない（貧弱な組織、過労作業、或は制限された資源のため）；
- 実施担当する当局は、権利衝突や分担重複がある；
- 禁じられた慣例への現実的な法定代替措置の欠如が存在している；
- 環境法律は、違反者への教育及び矯正より、寧ろ違反者を有罪にすることに置かれている；及び
- 国民への環境教育が不十分なため、国民の理解を未だ十分に得ているとは言えない。

(二) プロジェクト実施に係わる環境審査制度

プロジェクト実施に関する環境審査制度は、前述の環境管理法の第5章及びEIAガイドラインに詳記されている。特に、環境管理法の第5章第24(2)箇条及びEIAガイドラインの付録C（EIA成果品の作成）において、EIAが必要とされるプロジェクトでは、下記項目を含む当該プロジェクトの概要書（A4用紙5枚程度）を、環境局長に提出しなければならない。なお、当該概要書のレビューは、EIAガイドライン第2章第2.2.1.1条に従って行われるが、最大15日の期間を要する。

- プロジェクトの記述（性質）；
- プロジェクト実施のため執行される活動；
- 環境に及ぼすそれら活動の予想インパクト（想定される産物及び副産物）；
- プロジェクト実施の目的のために雇用される従業員数；
- プロジェクト実施により影響される環境セグメント（土地、大気や水域等の面積）；及び
- 環境局長は、プロジェクトの関係情報を有するディベロッパー（開発会社）或いは任意の他者に対して、書面によりその情報提出を要求できる。

プロジェクトの概要書は、下記項目を含まねばならない。

- プロジェクト目的、規模、所在地及び考えられる代替案を含む予備設計等の基本記述

(例えば、サイト、技術、施工及び管理手順、並びに廃棄物の取り扱い等)；

- プロジェクト・サイクルにおけるプロジェクトの段階；
- プロジェクトサイトやサイト代替案の位置図、またはそのサイト計画(既知である場合)。
なお、図面及び計画について、次で討議される基準を確認しなければならない；及び
- 環境問題を誘起しそうなプロジェクト面及び提案される環境管理対策に関する討議

EIAを実施する前に、EIAに関するTOR (Terms-of-reference) を提出しなければならない。また、当該TORには、下記の内容を含むべきである。

- 序文；
- プロジェクト記述；
- EIAに記述される環境関連事項；
- 環境管理；
- EIAとプロジェクト立案・設計との関係；
- 公共審議；
- EIAレポートの内容；
- 報告書；
- EIAチームのメンバー

プロジェクトの最終報告書に含まれるEIAレポートを、C/P機関を通じて環境局に提出する。また、EIAレポートには、下記の内容を含むべきである。

- 実施概要書；
- 序文；
- プロジェクト記述；
- 環境における立案及び設計；
- 公共審議；
- 環境設定；
- 環境影響評価；
- 環境管理計画；
- 費用及び便益評価；
- 要約及び勧告；及び
- 付属資料

当該局長は、環境審査委員会 (Technical Committee on the Environment：10～20人の委員により構成されている。現在、林業・水産・環境省水産局長が委員長を担当している。) を召集して、このEIAレポートを審査することとなる。また、EIA審査手順におけるフローチャートは、図4-1-1に示す通りである。因みに、提出されたEIAレポートへのレビューには、EIAガイドライン第2章第2.2.1.3条に従って行われるが、最大50日の期間を要する。

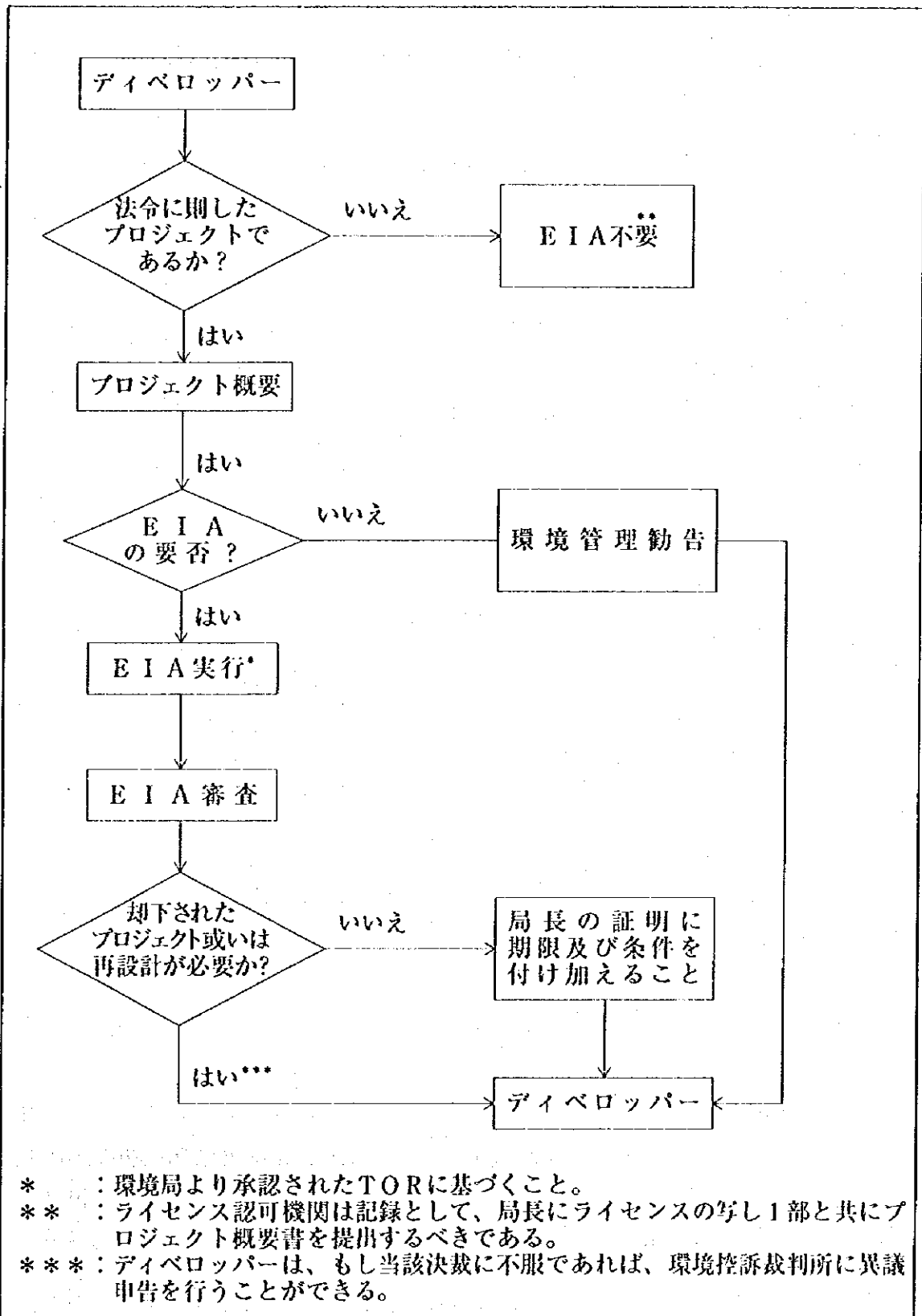


図4-1-1 EIA審査手順におけるフローチャート

(※) 国際条約への加盟状況

マラウイ政府が、多国間或いは二国間で批准または署名した条約を、表4-1-1にまとめる。

表4-1-1 マラウイにおける国際条約への加盟状況

条 約 名	加 盟 状 況	備 考
アフリカ保全条約	当事国	
生物多様性条約 (熱帯林/生物多様性の評価)	—	準備中
世界文化遺産・自然遺産条約	批准	
地球環境に関する情報システム (INFOTERRA)	加盟	
国別環境プロファイル	1982年加盟	
ウィーン条約 (オゾン層保護)	—	
モントリオール議定書 (オゾン層破壊物質)	—	
ラムサール条約 (水鳥生息地である湿地)	—	
国別自然環境保全戦略	—	準備中
国際海洋法条約	署名	
ワシントン条約 "CITES" (絶滅の恐れのある野生動植物の種の国際取引)	批准	
渡り鳥保護条約	—	
核実験禁止条約	批准	
生物・化学兵器条約	署名	

出典：1993—1995世界資源

4-1-2 マンゴチ橋架替予定地区の環境状況

(1) マンゴチ橋

マンゴチ橋は、マラウイ国南部のマンゴチ県 (Mangochi District) にあり、マラウイ湖の水の出口に当たるシレ川 (the River Shire) に架る。この橋梁は、約30年前に英国政府により建設されたが、その橋長は165mであり、往復一車線5スパンのベイリータイプ道路橋である。また、橋梁構造としては、床板は板敷、また基礎工にパイル・ベント (pile bent) を使用している。

この橋梁は、マラウイ湖東岸地域 (人口約30万人) とその他の国内地域を繋ぐ唯一の橋である。即ち、当該地域名産のチャンボ・フィッシュ (Chambo Fish) を始め、コメ、ワタ、チャヤタバコ及びマンゴ等農水産物、生活物資の流通のための交通の要衝として、重要な役割を担っている。また、東岸地域は、マラウイ国内でも開発の最も遅れた地域の一つであり、地域

住民にとって、同橋はライフラインになっている。更に、同橋梁は、モザンビーク (Mozambique) の東側海岸部とマラウイを挟んだ西側内陸部を結ぶ要衝でもある。

一方、同橋の上部構造は、木製でかなり老朽化しており、落橋の恐れがあるため、大型車両の通行が禁止されている。他方、モザンビークの内戦終結に伴って、モザンビークのインド洋 (The Indian Ocean) に面するナカラ港 (Nakara Port) とマラウイを結ぶ道路の復旧が進みつつある。更に、マラウイ政府の経済自由政策の影響もあって、内戦前にはマラウイ国にとり輸出入の主要ルートであったナカラ港経由の物流が、再び活発になってきている。しかし、同橋の交通容量がネックとなり、条件の悪い迂回路をとったり、積載量を規制する等、不経済な輸送状況にある。従って、マラウイ政府は、今後同ルートによる国際物流の急増が見込まれることと、マラウイ湖東岸地域の開発促進の声が強いこと等から、同橋の交通容量を架替により向上させて、同国の経済社会発展を図ろうとしている。

(2) マラウイ湖

マラウイ湖は、アフリカでは三番目の大きい湖であり、世界でも九位にランクされており、1100万人のマラウイ人口に経済的及び栄養的便益をもたらしている。その便益には、飲料水、工業利用及び水力発電のための給水、魚を主とする食糧生産、観光収入並びに水産貿易等が含まれる。

マラウイ湖は、長さ560km、幅50~80km及び水深273m (最大785m) であるが、湖水はよく澄んでおり、透明度は約17mである。この湖は、他のアフリカ大湖と共に、750年 (Bootsma & Hecky, 1993) の長い滞留時間即ち“フラッシュ・タイム” (Flushing time) を持つことが知られており、また、このタイムが汚染物質の保有能力に影響を及ぼす (因みに、摩周湖では84年、手賀沼では12日である。なお、滞留時間=湖容積÷流入量)。

マラウイ湖の水位は、1912年より上昇して、1980年には、1912年低水位より9m高いピーク水位に達していた。その後、この水位は一旦低下して、現在では1912年水位より6m弱高い。これらの水位変動は、気候状況に非常に敏感な水収支の降水量及び蒸発量の影響に、支配された結果と言われている (Bootsma & Hecky, 1993)。

マラウイ湖では、深さ約250mまでの表面水は、深水とは混合しない。しかし、5~7月の寒い月間では、強い南東風が吹いて、湖面の嵩上げ現象 (Upwelling) を発生させて、南方の浅い終端に水面の傾きを生じさせる (Eccles, 1974)。これらの現象によって、湖の南端が、何故最も豊かな漁場であるかを説明できる。

(3) 水産業及び動物

マラウイ湖、シレ川及びマロンベ湖 (Lake Malombe) は、重要な漁場であり、捕獲された魚は、国民の主な動物性蛋白資源となっている (表4-1-2参照)。特に、名産のチャンボ・

フィッシュ (Chambo Fish) は、マラウイ湖の固有種でもあり、重要な収入源となっている。今回の事前調査では、マンゴチ町東岸のオープン・マーケットで干し魚、またリゾート・ホテルの近辺やガソリン・スタンド等でチャンボ・フィッシュを販売している光景が見受けられた。

表4-1-2 マラウイ国における漁獲量

湖名又は 河川名	マラウイ湖	チルワ湖 (Lake Chilwa)	シレ川	マロンベ湖	チウタ湖 (Lake Chiuta)
漁獲量(%)	40~60	10~30	6~21	2~5	1~3

(National Environmental Action, 1994)

出所：Economic Feasibility Study, Detailed Design&Preparation of Tender Documents of Selected Rural Roads Development Project, Environmental Assessment, December 1996

現在、水産関連産業に約23万人が関わっているが、1988年には140トンあった輸出も1992年にはゼロとなっている。このため、水産局は持続的な水産業の振興を図ることを必要としている。他方、灌漑排水の流川と森林減少により、魚の卵床に泥の沈殿及び堆積が生じ、数種の魚が地域的に絶滅に瀕している。また、下水や農薬、工業廃棄物も、魚の生態を脅かしている。更に、野生動物に関しては、密猟によって象及び犀の生態が脅かされている。森林や野生動物の保護関係を担当する公務員と、食料・燃料用薪及び農耕地を求める地元住民とは、しばしば対立関係にある。因みに、調査対象地域周辺には、凡そ4000種類の動物がいると1994年に報告されている。この内、脊椎動物は下記のカテゴリに分けられる。

- 哺乳類：163種
- は虫類：92種
- 両生類：54種
- 魚類：538種
- 鳥類：651種

また、マロンベ湖の東南岸にあるリウォンデ国立公園 (Liwonde National Park) の象群は、シレ川増水期に、同公園から幹線道路M3を横切って、マンゴチ及びナミジム (Namizimu) 両森林保留地 (Forest Reserve) へ渡る。また、この時期において、象群の20%が、モザンビークに移動しているものと推定される。

(4) 農業

マラウイ湖東岸の湖畔地域及びマンゴチ県の山間部では、コメ、チャ、ソタ、タバコ及びマンゴ等が生産されている。また、1995/96年におけるバーレータバコ (Burley tobacco) の収穫量は、1994/95年出来高401,300キロの2.6倍になると予想されている。なおバーレータバコは、薄葉タバコの1種で赤白の2種類があり、米国Kentucky州やOhio州南部等で栽培されてい

る。主として巻きタバコに用いられるが、紙タバコ・パイプ用の混合タバコの原料ともなる。

しかし、マンゴチ町は、既存マンゴチ橋がボトル・ネックのため、近隣地域の農産品集散地としての役割を果たすことができない。今後、我が国の協力により、マラウイ湖西南部の湖畔平野（幹線道路M10沿い）の灌漑排水事業が着工されるならば、マラウイ国のコメの大産地になるであろう。

(5) 森林

マラウイ国においても、増加率3.2%（1988年）という高い人口増加に伴う農業開発と燃料需要の複合作用によって、容認し得ないほど高い減少率（年3.5%、1989年）で森林が退化している。この状況を改善するために、最も森林退化の原因を内在する慣行入会林の管轄権を、1985年に伝統的な地域社会共同体から林業・水産・環境省へ移管している。これによって、同国の森林は、全て中央政府の直接管理になった。

他方、高い人口増加率・人口密度、更にモザンビーク難民の流入が、マラウイの環境問題に大きな影響を与えている。また、マラウイでは、コートジボアール（旧名：象牙海岸）に次いで高い率で、森林の減少が起こっている。他方、森林被害は、中央及び南部地域で最も大きい。森林は燃料として、また耕作地の拡大のために伐採されている。従って、残りの森林地域を保護するため、強制措置が取られる必要がある。難民流入による森林破壊については、国連難民高等弁務官事務所（Office of the United Nations High Commissioner for Refugees: UNHCR）に、修復費として7千8百万米ドルを要請している。因みに、燃料使用のため、難民が多量の森林を伐採したので、マラウイの森林破壊が急速に進行して、土壌流出等の被害も起こっている。なお、UNHCR等の多額の援助にもかかわらず、依然として修復費が不足している状況にある。

この結果、土壌の質の低下により、沢山の難民がより狭い限界地に追いやられている。また、土壌の回復が不可能なため、農産物の産出量が低下していることが、アフリカでも最高水準の子供の栄養不良率に影響している。これにもかかわらず、最も肥沃な土地の多くは、地主農業によって生産される輸出用作物のために利用されている。

(6) 観光業

マラウイ湖のモンキー・ベイ（Monkey Bay）は、代表的な観光名所の1つであり、観光リゾートホテルがある。マンゴチ町よりモンキー・ベイを経由して、ケープ・マクレア（Cape Maclear）まで幹線湖畔道路M10沿いには、外資系を含む大規模なリゾート・ホテルがある。また、これらホテルに隣接して、セスナ（Cessna）専用滑走路及び空港がある。

一方、小さな明るい色彩の岩石と砂よりなる魚巣は、地元ではムブナ（Mbuna）として知られており、大きな外貨収入を得られる漁業の基盤を形成している。ムブナについては、マラウ

イ湖国立公園 (Lake Malawi National Park) で、シュノーケルリング (Schnorkelling) やスキューバ・ダイビング (Scuba diving) により、その自然生息地としての姿を観察できるので、観光客にとっては魅力的でもある。

(7) 地震

1990～1994年の間に、マラウイ国南部 (東経32.5～36.0及び南緯14.0～17.5の間) で記録されたマグニチュード2～5の地震は、1,020回以上を数えた。図4-1-2は、この期間にマラウイ南部で観測された地震の内、305回の地震の震源及び規模を示す。

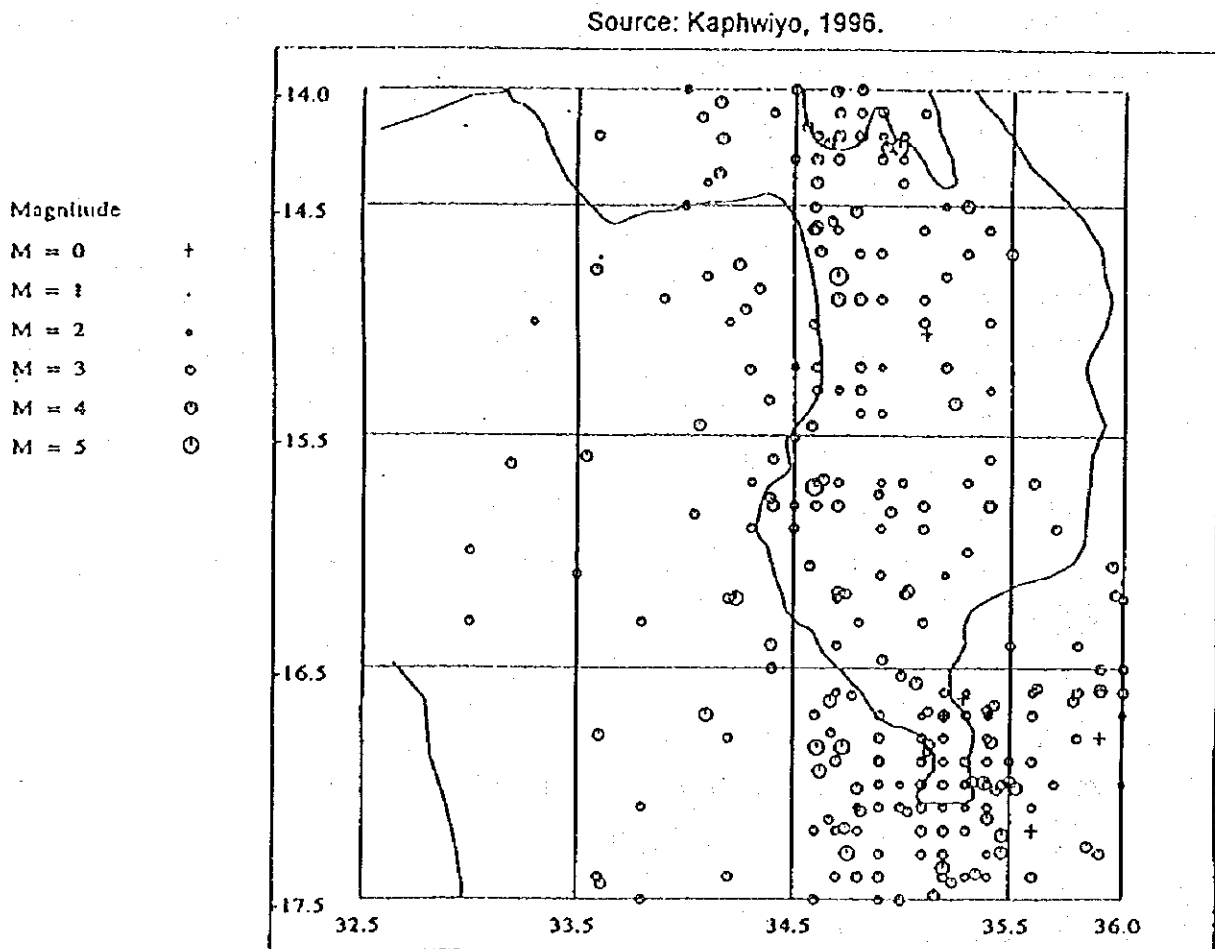


図4-1-2 マラウイ南部の地震記録 (その内305回の地震の震源及び規模)

4-1-3 プロジェクト概要及びプロジェクト立地環境

調査内容をもとに、本件のプロジェクト概要及びプロジェクトの立地環境を、表4-1-3及び表4-1-4に示す。

表4-1-3 プロジェクト概要「橋梁」

項 目		内 容
プロジェクト名		マラウイ国マンゴチ道路橋架替計画
背 景		マラウイ国のマラウイ湖を水源とするシレ川に架るマンゴチ橋は、隣国モザンビーク国のナカラ港を結ぶ主要幹線にある。しかし、往復1車線、ベイリタイプの橋長165mであり、建設後30年を経過して老朽化が進み、架替の必要がある。そこで、今般、マラウイ政府の要請に基づいて、マンゴチ橋架替に係るフィージビリティ調査（目標年次2005年）を実施するものである。
目 的		老朽化しつつあるベイリタイプのマンゴチ道路橋の架替
位 置		マラウイ共和国マンゴチ (Mangochi District) マンゴチ町 (Mangochi Town) シレ川 (The River Shire)
実施機関		マラウイ共和国公共事業省
裨益人口		30万人
橋 梁	計画諸元	
	計画の種類	新設 / 改良
	計画道路の性格	高速 / 一般、都市部 / 地方部、平地部 / 山地部
	計画年次/交通量	2005年 台/時 (台/日)
	延長/幅員/車線数	230m / 7.3m / 2車線 (歩道を計上せず)
	道路構造	盛土 / 高架 / トンネル / その他 (橋梁)
	付属施設	水位測定装置、取水鋼管、電話線ケーブル及び送水管
その他特記すべき事項		マラウイ湖は、世界遺産地域に指定されている。

注) 記述は、既存資料により判る範囲内とした。

表4-1-4 プロジェクト立地環境「橋梁」

項 目		内 容
プロジェクト名		マラウイ国マンゴチ道路橋架替計画
社 会 環 境	地域住民 (居住者/先住民/計画に対する意識等)	地元住民は、マンゴチ橋の架替を期待している。 また、地元の漁民は、関心を持っている。
	土地利用 (都市/農村/史跡/景勝地/病院等)	既存橋の西側には、記念碑及び博物館がある。また、モンキー・ベイ (Monkey Bay) は、代表的な観光名所の1つであり、観光リゾートホテルがある。更に、小さな明るい色彩の岩石と砂よりなる魚巣は、地元ではムブナ (Mbuna) として知られており、大きな外貨収入を得られる漁業の基盤を形成している。ムブナについては、マラウイ湖国立公園 (Lake Malawi National Park) で、シュノーケルリングやスキューバダイビングにより、その自然生息地としての姿を観察することができるが、観光客にとっては魅力的でもある。
	経済/交通 (商業・農漁業・工業団地/バスターミナル等)	マラウイ湖、シレ川及びマロンベ湖は、重要な漁場である。また、マンゴチ橋は、マラウイ東岸地域と他の国内地域を繋ぐ唯一の橋である。このため、当該地域での名産であるチャンボ・フィッシュ、コム、ワタ、チャヤタバコ及びマンゴ等農水産物、生活物資の流通に、交通の要衝として重要な役割を担っている。更に、東岸地域は、同国内でも開発の最も遅れた地域の1つであり、地域住民にとって、同橋はライフラインになっている。
自 然 環 境	地形・地質 (急傾斜地・軟弱地盤・湿地/断層等)	アフリカ大地溝帯に属するが、橋の東側は湿地からなり、地勢では西側よりやや低い。
	貴重な動植物・生息域 (自然公園・指定種の生息域等)	マラウイ湖は、恐らくは 600種類以上の魚を保有している。これら魚類(400~500種)の大部分は、ファミリカワスズメ科 (Cichilidae、鱒類で多骨の淡水魚) に属する。また、4種類を除く全てのカワスズメ科の淡水魚の種は、地方の固有種である。
公 害	苦情の発生状況 (関心の高い公害等)	不明
	対応の状況 (制度的な対策/補償等)	不明
その他特記すべき事項		既存橋右岸側には、記念碑がある。

注) 記述は、既存資料により判る範囲内とした。

4-1-4 スクリーニング及びスコーピングの結果

「事前調査用環境配慮手引書」及び開発調査環境配慮ガイドライン「道路編」(JICA、1994年1月)に従って、環境予備調査を実施した。環境予備調査は、事前調査の段階で実施する環境調査であり、当該プロジェクトの環境影響に関するスクリーニング(Screening)及びスコーピング(Scoping)を行うものである。

スクリーニング及びスコーピングは、自然条件/環境調査担当団員が、公共事業省道路局(Roads Department)構内にて、今後本格調査のカウンターパート(C/P)にもなる局長代理E.L.K.Mwakhwawa氏と共に実施した。スクリーニング及びスコーピングの結果を、それぞれ表4-1-5及び表4-1-6に示し、また今後の調査方針を表4-1-7にまとめた。

表4-1-5 スクリーニング「橋梁」

調査項目	内 容	評 定	備 考 (根 拠)	
社 会 環 境	1 住民移転	用地占有に伴う移転(居住権、土地所有権の転換)	有・無・不明	マングチ橋の西側には民家が多数あり
	2 経済活動	土地等の生産機会の喪失、経済構造の変化	有・無・不明	アプローチ道路における土地取得(買収)
	3 交通・生活施設	渋滞・事故等既存交通や学校・病院等への影響	有・無・不明	橋では重量制限制約及び信号制約による片方通行
	4 地域分断	交通の阻害による地域社会の分断	有・無・不明	交通阻害行為はない
	5 遺跡・文化財	寺院仏閣・埋蔵文化財等の損失や価値の減少	有・無・不明	損失や価値を減少させる行為はない
	6 水利権・入会権	漁業権、水利権、山林入会権等の阻害	有・無・不明	漁業権について再調査が必要である
	7 保健衛生	ゴミや衛生害虫の発生等衛生環境の悪化	有・無・不明	ゴミ等の発生可能性あり
	8 廃棄物	建設廃材・残土、一般廃棄物等の発生	有・無・不明	建設廃材・残土の発生、不法投棄・放置
	9 災害(リスク)	地盤崩壊・落盤、事故等の危険性の増大	有・無・不明	災害発生の可能性は考えられる
自 然 環 境	10 地形・地質	掘削・盛土等による価値のある地形・地質の改変	有・無・不明	大規模な地形改変はない
	11 土壌侵食	土地造成・森林伐採後の雨水による表土流出	有・無・不明	盛土からなる突堤による土壌侵食
	12 地下水	掘削に伴う排水等による枯渇	有・無・不明	地下水揚水はしない
	13 渇沼・河川状況	埋立や排水の流入による流量、河床の変化	有・無・不明	河川に橋脚が立つ(橋脚数の変動あり)
	14 沿岸・海域	埋立や海況の変化による海岸侵食や堆積	有・無・不明	内陸地にあり、沿岸地域は通過しない
	15 動植物	生息条件の変化による繁殖阻害、種の絶滅	有・無・不明	魚類の生息地への考慮を要する
	16 気 象	大規模造成や建築物による気温、風況等の変化	有・無・不明	気象変化を引き起こす行為はない
公 害	17 景 観	造成による地形変化、構造物による調和の阻害	有・無・不明	既存景観を維持する建設計画が必要である
	18 大気汚染	車両や工場からの排出ガス、有害ガスによる汚染	有・無・不明	供用開始後自動車排出ガス
	19 水質汚濁	土砂や工場排水等の流入による汚染	有・無・不明	突堤の土壌侵食による土砂流入
	20 土壌汚染	粉塵、農薬、アスファルト乳剤等による汚染	有・無・不明	粉塵、アスファルト乳剤の流出・浸透
	21 騒音・振動	車両等による騒音・振動の発生	有・無・不明	建設工事中及び交通量の増大
	22 地盤沈下	地盤変状や地下水位低下に伴う地表面の沈下	有・無・不明	地下水揚水はしない
	23 悪 臭	排気ガス・悪臭物質の発生	有・無・不明	多くの中古車による排気ガス・悪臭
総合評価: IEEあるいはEIAの実施が必要となる開発プロジェクトか		要・不要	影響を及ぼす可能性のある項目あり	

表4-1-6 スコーピング・チェックリスト「橋梁」

調査項目		設定	根拠	
社会環境	1	住民移転	A	橋梁の架替位置に関する代替案によっては、住民移転が考えられる。
	2	経済活動	A	東岸地域は、同国内でも開発の最も遅れた地域の一つである。
	3	交通・生活施設	A	地域住民にとって、同橋はライフラインになっている。
	4	地域分断	D	交通阻害行為はない。
	5	遺跡・文化財	D	損失や価値の減少は考えられない。
	6	水利権・入会権	C	不明
	7	保健衛生	B	ゴミ等の発生可能性が考えられる。
	8	廃棄物	B	建設廃材・残土の発生、不法投棄・放置等が考えられる。
	9	災害（リスク）	B	工事中リスクの増加の可能性が考えられる。
自然環境	10	地形・地質	D	大規模な地形改変はない。
	11	土壌侵食	B	東側のアプローチは、盛土からなる突堤で集中豪雨による土壌侵食が考えられる。
	12	地下水	D	マンゴチ水道公社は、シレ川から直接取水している。
	13	湖沼・河川状況	A	橋脚における洗掘現象が起っており、捨石工による保護を図っている。
	14	海岸・海域	D	内陸国にあり、海岸地域は通過していない。
	15	動植物	B	地元名産のチャンボ・フィッシュ等は、地方の固有種である。
	16	気象	D	気象変化を引き起こす行為はない。
	17	景観	D	既存景観より悪化しない。
公害	18	大気汚染	B	通過自動車の増加により、排ガスの増加が考えられるが、交通渋滞緩和による排ガス減少の可能性もある。
	19	水質汚濁	D	水質汚濁を引き起こす行為はない。
	20	土壌汚染	B	粉塵やアスファルト乳剤による汚染が予想される。
	21	騒音・振動	B	建設工事中及び交通量の増大による騒音・振動が考えられる。
	22	地盤沈下	B	アプローチである突堤には、地盤沈下が考えられる。
	23	悪臭	B	中古車（乗用車、マイクロバス及びトラック等）や有鉛ガソリンの使用が多いので、排ガスの悪臭が考えられる。

(注1) 設定の区分

A：重大なインパクトが見込まれる。

B：多少のインパクトが見込まれる。

C：不明（検討をする必要はあり、調査が進むに連れて明らかになる場合も、充分に考慮に入れておくものとする。）

D：殆どインパクトは考えられないため、IEE或いはEIAの対象としない。

(注2) 評定に当たっては、該当する項目別解説書を参照して、判断の参考とすること。

表4-1-7 総合評価「橋梁」

環境項目	設定	今後の調査方針	備考
住民移転	A	居住状況・補償制度の調査、移転先の現況調査	代替案選定の検討。
経済活動	A	農林水産物の物流現況	
交通・生活施設	B	定期路線バス、漁業ポート数	
地域分断	B	マンゴチ橋東西兩岸の町発展における比較	
遺跡・文化財	C	記念碑の移動可能性	文化省、地方自治省マンゴチ町への確認。
水利権・入会権	C	林業・水産・環境省水産局の方針・政策	
保健衛生	D	マンゴチ町住吸血虫患者の実態	
廃棄物	C	発生量を把握して、工事計画の参考とする	処分場の確保。
災害(リスク)	B	交通量の増加による事故発生増加率	
土壌侵食	B	突堤の盛土の土壌侵食における将来予測	
地下水	D	調査しなくても良い	地下水の利用はない。
河川流況	A	過去の洪水被害状況、橋脚の洗掘現況	1980年に洪水が起こった。
動植物	C	チャンボ・フィッシュ等魚類生息地の調査	
気象	D	調査しなくても良い	
景観	D	既存景観の詳細調査	既存景観とマッチするような橋の設計が望ましい。
大気汚染	B	排ガスの観測設備・施設等への確認	
水質汚濁	C	将来予測	ボーリング調査の際、水質汚濁を最小限に押さえる。
土壌汚染	C	将来予測	
騒音・振動	B	現況調査、将来予測	ボーリング調査の際、騒音及び振動を最小限に押さえる。
地盤沈下	B	突堤の盛土の地盤沈下における将来予測	
悪臭	C	将来予測	

(注1) 設定の区分

- A: 重大なインパクトが見込まれる。
- B: 多少のインパクトが見込まれる。
- C: 不明(検討をする必要はあり、調査が進むに連れて明らかになる場合も、充分に考慮に入れておくものとする。)
- D: 殆どインパクトは考えられないため、ISE或いはEIAの対象としない。

4-2 調査対象地域の自然条件

4-2-1 地形

(1) 一般

マラウイ国は、南緯9°22'より17°03'、東経32°40'より35°55'の間に位置するアフリカ中央部のインド洋より200km西方の内陸国である。その北部及び北東部はタンザニア (Tanzania)、東南部及び南西部はモザンビーク (Mozambique)、更に西部はザンビア (Zambia) に国境を接している。また、南北は約800km、東西は狭い所で10km、広い所で250kmと細長い形状をした国である。マラウイ国の国土面積118,484km²は、日本の北海道と九州を併せた面積 (日本国土の1/3) にはほぼ等しい (表4-2-1参照)。他方、国内には多数の湖沼や河川があり、東部にあるマラウイ湖 (Lake Malawi、旧名“ニアサ湖 [Lake Nyasa]”) は、アフリカで3番目の大きさであり (世界第9位)、国土の5分の1を占めている。マラウイ湖の西及び南側は高い台地で、西側は標高1,800~2,000m前後のヴィヴィア (Vivia) 及びニイカ (Nyika) の両台地が続いており、また南側はゾンバ台地 (Zomba Plateau) である。

表4-2-1 マラウイの国土

分 類		面 積 (km ²)	比 率 (%)
陸 地		94,276	79.6
湖 水	マラウイ湖 (Lake Malawi)	23,162	19.5
	マロンベ湖 (Lake Malombe)	303	2.6
	チルワ湖 (Lake Chilwa)	683	5.8
	チウタ湖 (Lake Chiuta)	60	0.5
湖水小計		24,208	20.4
全 国 土		118,484	100.0

出典：National Water Resources Master Plan, 1986, UNDP

(2) 地勢

マラウイ国は、紅海 (The Red Sea) よりザンベジ谷 (Zambezi Valley) まで不連続に続いている東アフリカ大地溝帯 (The African Great Rift Valley) の南端に位置しており、このことが地形及び地質に重要な影響を及ぼしている (図4-2-1参照)。大地溝帯は、マラウイを南北に走っており、この断層によってマラウイ湖が形成された。マラウイ湖 (湖面平均標高474m、注：湖水位は1990年以後低下しつつある。) の総面積23,162km²であり、長さ約560km、幅50~80kmの大きさであり、マラウイの大地溝帯断層谷の2/3を占める。また、湖の平均水深は273mで、最深部では785m (世界第3位) を越えるが、透明度は約17mである。湖水は、唯一の出口

であるシレ川 (The River Shire) より流出した後、地溝帯に沿って流れて、出口より約400km下流でモザンビークのザンベジ川 (The Zambezi River) と合流し、最後にインド洋 (The Indian Ocean) へと流出する。

マラウイ国の地形は、下記の4分類で区分できる (図4-2-2参照)。

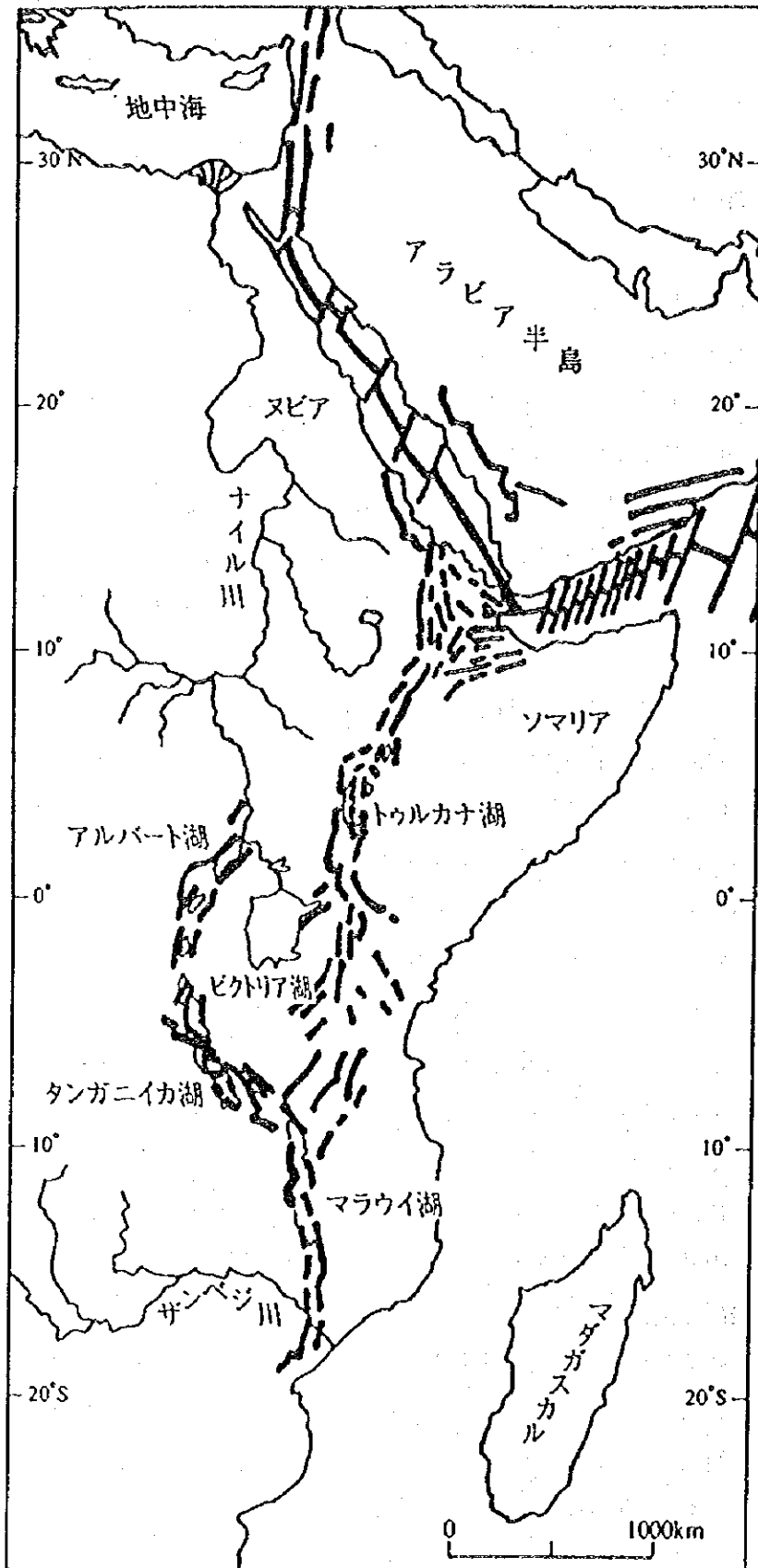
- 台地 (Plateau) ;
- 急傾斜地 (Escarpment) ;
- 高地 (Highland) ;及び
- 地溝帯床部 (Rift Valley Floor)。

台地部は、マラウイ全土の3/4を占めているから、標高900~1,300mの間に位置し、幅広い起伏のある準平原を形成する。その下部は、先カンブリア紀に構成された火成岩が、変成岩によって構成された基岩よりなる。地溝帯に沿って、隆起現象により、台地は一般的に急傾斜地帯より逆勾配で傾斜している。更に、殆どの台地上の河川は、急傾斜地を迂回して急傾斜地の方向へ流出している。しかし、台地上では、至る所で草で覆われた湿地谷 (通称ダンボ "Dambo") があり、その湿地谷には十分に判別できる流路はない。

高地部は、古世紀中頃より中世紀末期まで、南米、アフリカ、アジア南部及び豪州大陸を結合していたと考えられる南半球の大陸塊であるゴンドワナ (The Gondwana) 大陸の表面であったと考えられる。このため、高地部は、マラウイにおいて比較的若い年代に形成された他の表層に比べて、浸食作用に対してより抵抗力があり、殆ど浸食を受けていない。高地部は、しばしば標高2,000~3,000mの高さまで達していて、台地部より急に立ち上がる地帯である。ニイカ高原 (Nyika Plateau)、デザ山 (Mountain Dedza)、ゾンバ高原 (Zomba Plateau) 及びムランジェ山 (Mountain Mulanje) 等が、最も顕著な高地地帯に属している。高地は、主に花崗岩 (Granite)、千枚岩 (Phyllite) 及び閃長花崗岩 (Syeno-granite) により形成されている。高地には、平坦な高原地帯より、急に険しく立ち上がる浸食作用から取り残された独立した基岩の露頭が多く見られる。

急傾斜地帯は、台地と地溝帯との間に位置している。この地帯は、主に断層地帯であり、また表層は一連の破碎された地相を呈している。傾斜地帯は、著しく浸食作用を受けており、基岩が層及び表層の近くまで露出している。

大規模な地殻変動で形成された地溝帯部は、マラウイの湖及び谷を構成しており、第4紀の堆積土層で覆われている。地溝帯は、なだらかに傾斜しており、湖岸及び上部シレ谷 (Upper Shire Valley) に沿って広がっている。その標高は、一般的に600m以下であり、下部シレ谷 (Lower Shire Valley) で100m以下まで低下する。



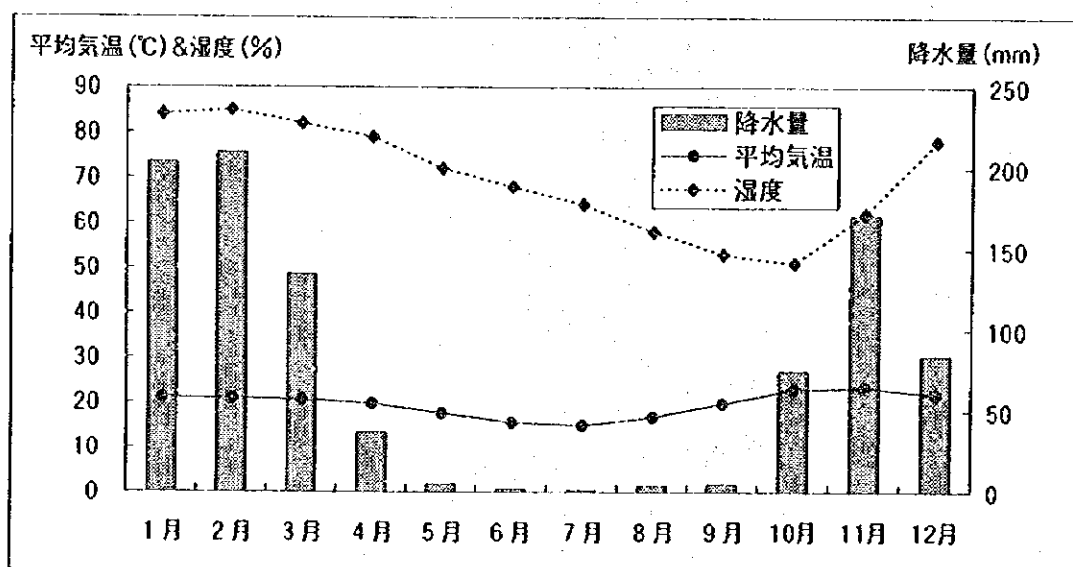
出典：裂ける大地「アフリカ大地溝帯の謎」、諏訪 兼位、講談社選書メチエ

図4-2-1 東アフリカ大地溝帯

4-2-2 気象

(1) 一般

マラウイ国は、熱帯サバンナ (Savanna) 気候に属するが、南北に長くて、起伏が多いので、気候は変化に富んでいる。一般に、低地部は、降水量が少なく気温が高いのに対して、高地部は、雨が多く気温は低くなっている。気温と降雨量は、標高36mから3,048m (即ち、ムランジェ山) に至り大きく変化する。季節は、概ね雨期と乾期に分かれ、雨期は11～4月、乾期は5～10月の間で、両季節の合間に、比較的涼しい時期がある。なお、首都リロングウェにおける気候特性を図4-2-3に示す。マンゴチ地域の年平均気温は、20～27℃であるが、夏季には最高気温が39℃まで上昇することもある。



項目 \ 月	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)	21.1	20.9	20.7	19.8	17.6	15.6	14.9	16.8	19.8	22.9	23.3	21.8
平均湿度 (%)	84	85	82	79	72	68	64	58	53	51	62	78
降水量 (mm)	204	210	135	37	5	2	1	4	5	75	171	84

出典：最新世界各国要覧8訂版、東京書籍株式会社、1995年
リロングウェ緯度13° 59' 東経33° 47'

図4-2-3 首都リロングウェにおける気候特性

(2) 降雨量

年平均降水量の約1,000mmのうち90%以上が、雨期に集中している。年平均降水量は、北部ではマラウイ湖沿岸の1,500～2,000mmから、内陸に入るに従って900mm以下に減少する。また、南部では、低地部で800～900mm、高原地域で900～1,300mm、山岳部では2,000mm以上となっている。

マラウイ国の降雨パターンは、前述のように雨期と乾期に分かれており、雨期は南部地方では11月より3月までであるが、北部地方では時期がずれて4月または5月まで続いて、6月より10月までが乾期である。マラウイの降雨形態を分類すれば、次の通りである。

■ 10月と11月に起こる主に雷雨を伴った初期降雨は、一般に東部及び南アフリカよりの湿気を含んだ風に起因しており、高地及び急傾斜地区に起こる。

■ 熱帯収束ゾーン (Inter-Tropical Convergence Zone: ITCZ) 及びコンゴ (Congo) 大気の東方への移動は、雷雨を伴って広範囲に降雨をもたらす。このパターンの雨は、12月より3月に生じて、比較的強い降雨強度である。

■ 4月と5月には、東南風が再び吹き始めて、高地及び東南面傾斜地に雨をもたらす。

上記季節風及びITCZの影響以外の降雨は、マラウイ湖及び内陸部の対流に起因することが多い。全土を通じて、熱せられた大気が、マラウイ湖上の飽和された大気にとって変わり、午後遅い時間帯に雲を形作り、局所的に驟雨及び雷雨をもたらす。

マラウイ国の降雨量の地域分布状況は、ほぼ一定の特性を示している。降雨量の多い地域は、一般的に高地の風上部であり、降雨の少ない地区は、風下側に見られる。マラウイの変化に富む浸蝕地形は、局所的に変化の大きい降雨量分布をもたらす。降雨の多い地区は、南部地区の高地、北部地区のソングウェ川 (The Songwe River) 流域下流に見られる。雨量の少ない地区は、カロンガ (Karonga)、南部のシレ谷、サウス・ルクル川 (The South Rukuru River) 上流部及びカシトゥ (Kashitu) のような山地に遮蔽されている谷、並びにマラウイ湖南端部で顕著である。中央部では、恒常的に降雨の少ない地区が、北西より南東方向に見られる。その地区は、カスング (Kasungu) の北からムポネラ (Mponela) ~首都リロングウェ (Lilongwe) へ、そしてサリマ (Salima) 南部、モンキー・ベイ (Monkey Bay) まで広がっている。

マラウイ全国の年平均降雨量は、約1,035mmであるが、地域及び年毎に降雨量は大きく変化する。下部シレ谷及び他の乾燥地域では、年平均降雨量が約800mmであるが、降雨量の多い地区では2,000mmを越える。図4-2-4は、マラウイ全土の平均年降雨の等雨量線図であり、その分布変化を詳細に示している。

調査対象地域であるマンゴチ地区における年平均降雨量は、786mmである (Vander Velden, 1979)。因みに、マンゴチ地区における暴雨強度は、34.3mm/15分であった。

(3) 気温

最暖期は10～11月、最涼期は6～7月で、気温の年較差は7～8℃程度である。年平均最高気温は26.7℃、年平均気温は22.2℃、低地では24～26℃、高原地域では19～22℃、山岳部では13～17℃となっている。

マラウイの気温は、一般に標高が高くなる程気温は下がり、全土の約75%を占めている台地部では、平均最高及び最低気温は、それぞれ23℃（11月）及び10℃（1月）である。他方、低地である地溝帯部は、最高及び最低気温は各々32℃及び14℃である。11月の最高気温と7月の最低気温の差は、殆どの観測所で約17℃前後である。一般に、最低気温は、6月又は7月に起こり、最高は10月又は11月に生じる。最高気温は、11月前後の降雨の始まりと共に、約3℃低下する。最低気温は、12月又は1月まで上昇し続け、1月より降雨の終わる3月又は4月まではほぼ一定を保つ。その後、最低気温は、6月又は7月まで下がり続け、6月又は7月に年最低気温を示す。

(4) 気象観測所

気象観測所網は、24か所の観測所、約70か所の観測支所及び約700か所の雨量観測所と整備されている。これら観測所では、気温、風、雨量、日照時間、気圧、雲量及び蒸発量等が測定されており、支所では気温、雨量及び風の気象データが観測されているが、気象データの整理は必ずしも良好とは言えない。なお、気象観測は、運輸省（Ministry of Transport）の気象局（Meteorological Department）の管轄下にある。表4-2-2は、主要観測所における年平均気温、降雨量及び蒸発量を示す。表4-2-3は、主要流域における年平均降雨量及び分布を示す。また、図4-2-5及び図4-2-6は、それぞれ等温線図及び等蒸発量線図を示す。

調査対象地域には、マンガチ（Magochi）気象観測所（1か所）が存在する。当該気象観測所は、通常的气象（雨量、風向・風速、蒸発量、最高・最低気温及び相対湿度等）を観測し、記録している。なお、ブランタイヤ（Blantyre）にあるチレカ国際空港（Chileka International Airport）の構内にある気象局（Meteorological Department）南部地域（Southern Region）支局の管轄下にあるため、全ての気象資料を同支局から入手できる。

しかし、データが膨大のため、JICA本格調査の際、自然条件担当団員が資料収集時に予めA4判（2～3セット）及びA3判（1～2セット）の複写用紙を用意し、持参することを勧告する。更に、同支局が空港構内にあるため、訪問する際、公共事業・供給省道路局長の紹介状又はIDカード、JICA調査団団長よりのデータ収集要請書を持参し、空港の入口で警備担当者から通過証を貰うこと。

表4-2-2 主要観測所における年平均気温、降雨量及び蒸発量

観測所名	南緯		東経		海拔 (E1.m)	平均気温(℃)			平均 年雨量(mm)	平均 年蒸発量(mm)
	°	'	°	'		年平均	最高(11月)	最低(7月)		
Bvumbwe	15	55	35	4	1,175	19.3	27.1	10.7	1,158.9	1,357.6
Chichiri(Blantyre)	15	48	35	2	1,135	19.9	27.6	11.5	1,122.1	1,742.5
Chileka	15	41	34	58	770	22.4	30.8	13.2	857.5	2,565.0
Chitedze	13	59	33	38	1,095	20.1	29.7	8.3	919.1	1,751.8
Chitipa	9	42	33	16	1,295	21.0	29.8	12.2	1,038.8	2,231.3
Dedza	14	19	34	16	1,615	17.7	25.2	8.9	905.2	1,615.8
Karonga	9	57	33	54	535	24.8	32.4	15.8	1,164.8	2,495.4
リロングウェ(Lilongwe)	5	59	33	46	1,135	20.2	29.7	8.5	847.5	1,864.0
Makhanga	13	31	35	9	52	25.6	35.6	13.9	764.5	2,203.6
Makoka	16	31	35	11	1,029	20.7	28.8	11.3	1,044.1	1,718.3
マンゴチ(Mangochi)	15	29	35	15	482	24.3	33.5	14.1	823.6	2,333.1
Mimosa	14	5	35	38	652	21.5	30.6	10.9	1,724.5	1,477.5
Monkey Bay	16	4	34	54	481	24.4	32.2	16.0	-	-
Mzimba	14	53	33	36	1,349	19.7	28.2	10.5	864.3	1,760.6
Mzuzu	11	27	34	1	1,251	18.0	27.1	6.8	1,218.3	1,566.8
Ngabu	11	30	34	54	102	26.3	36.4	14.8	811.4	2,251.8
Nkahata Bay	16	36	34	18	500	23.4	30.4	15.0	1,694.6	1,728.1
Nkhotakota	12	23	34	17	500	23.7	31.8	15.1	1,630.8	2,306.7
Salima	13	45	34	35	512	24.3	33.0	5.6	1,281.2	2,432.2
Thyodo	16	9	35	8	820	20.8	29.6	11.3	1,273.1	1,504.4

出典：マラウイ気象局、National Water Resources Mater Plan, UNDP, 1986

JICAプロ形成調査報告書、平成3年10月

註：上記データの観測基幹は、観測所によって変動するが、概ね1950～1980年のデータの平均である。

表4-2-3 マラウイ主要流域別年平均降雨量及び分布

(流域別年平均降雨量)

WRA	河 川 流 域		流域面積 (km ²)	降 雨 量 (mm)
1	シレ川	The Shire River	18,945	902
2	チルワ湖	Lake Chilwa	4,981	1,053
3	南西湖岸	South West Lakeshore	4,958	851
4	リンシベ川	The Linthipe River	8,641	964
5	ブア川	The Bua River	10,654	1,032
6	ズワンガ川	The Dwangwa River	7,768	902
7	南ルクル川	The South Rukuru River	11,993	873
	北ルンフィ川	The North Rumphu River	712	1,530
8	北ルクル川	The North Rukuru River	2,091	970
9	ルフィラ川	The Lufira River	1,790	1,391
	ソングウェ川	The Songwe River	1,890	1,601
10	南東湖岸	South East Lakeshore	1,540	887
11	チウタ湖	Lake Chiuta	2,462	1,135
12	リコマ島	Likoma Island	19	1,121
13	チスムル島	Chisumulu Island	3	1,121
14	ルオ川	The Ruo River	3,494	1,373
15	ンコタコタ湖岸	Nkhotakota Lakeshore	4,949	1,399
16	ンカタ湾湖岸	Nkhata Bay Lakeshore	5,458	1,438
17	カロンガ湖岸	Karonga Lakeshore	1,928	1,028
合 計			94,276	1,037

(降雨量別流域面積比)

降 雨 量 (mm)	流域面積 (km ²)	比 率 (%)
650 ~ 800	17,337	18.4
800 ~ 1,000	42,126	44.7
1,000 ~ 1,200	16,095	17.1
1,200 ~ 1,400	7,263	7.7
1,400 ~ 3,200	11,455	12.1
合 計	94,276	100.0

出典：JICA プロ形成調査報告書、平成3年10月

4-2-3 水文

(1) 一般

前項で記述の通り、マラウイ国における降雨パターンは、雨期（11～4月）と乾期（5～10月）に分けられており、年平均降雨量約1,000mmの90%が雨期に集中している。雨期に降った雨は、河川の表面流出、地下水又は湿地帯の溜水等となるが、表面流出は、殆どがマラウイ湖又はシレ川（The Shire River）に直接流れ込む。マラウイの全河川流域は、大きく17個の流域に区分できるが、これらの流域は、更に78個の流域に細分される（図4-2-7参照）。シレ川がマラウイにおける最大河川であり、マラウイ湖の唯一の出口となっている。マラウイ湖に流入する流域及びシレ川等その他流域面積は、表4-2-4に示す通りである。

表4-2-4 マラウイ湖及びシレ川の流域面積

流 域 別	流 域 面 積 (km ²)
マラウイ湖	64,364
シレ川等その他	29,912
合 計	94,276

出典：National Water Resources Master Plan, UNDP, 1986

一方、マラウイ湖に流入する河川は、マラウイ国のみならずタンザニア国及びモザンビーク国から構成され、これを考慮したマラウイ湖の流域面積は、表4-2-5の通りである。

表4-2-5 マラウイ湖の流域面積

流 域 別	面 積 (km ²)	占有比率 (%)
マラウイ国よりの流域	64,360	67.2
タンザニア国よりの流域	25,930	27.1
モザンビーク国よりの流域	5,460	5.7
合 計	95,750	100.0

出典：National Water Resources Master Plan, UNDP, 1986

(2) 湖水

マラウイ湖の唯一の出口であるシレ川への流出は、マラウイ湖の水位により大きく変動する。マラウイ湖の平均水位は、現在標高約474mであるが、この水位はこの70年間で4～5m変動している。なお、水位は、1900年頃より測定されており、水位変動を図4-2-8に示す。この変動図によると、1900～1920年までは、水位は470m前後であったが、その後水位は上昇して、1936年には水位は474mになっている。また、1970年代中頃までは、473～474mの範囲で変

動して、1980年になると475mを越えている。更に、1980年以降では、水位は下がって474m前後で変動している（表4-2-6参照）。因みに、雨期と乾期のマラウイ湖の水位差は、約1m前後である。

(3) シレ川

シレ川 (The Shire River) は、マラウイにおける最大で最も安定した川である。雨期及び乾期の流量比率がそれほど大きくなくて、年平均流量はマラウイ湖出口より約50km下流のリウォンデ (Liwonde) 測水所で、395ml/秒である。また、リウォンデ測水所でのシレ川の年平均流量は、表4-2-7にまとめられる。

表4-2-7 リウォンデ測水所でのシレ川の年平均流量 (単位：ml/秒)

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
平均流量	363	410	440	469	483	458	421	370	349	321	299	316	395

出典：National Water Resources Master Plan, UNDP, 1986

一方、新マンゴチ測水所は、マンゴチ橋の右岸側の第1橋脚に約8年前に設置された。同測水所は、シレ川の最高・最低水位及び流量を観測し、記録している。なお、同測水所は水開発省 (Ministry of Water Development) 水資源局 (Water Department) の管轄下にあるため、旧マンゴチ測水所を含む既存水文資料を同局から入手できる。しかし、JICA本格調査の際、自然条件担当団員が資料収集時に予めA4判及びA3判各1セットの複写用紙を用意し、持参することを勧告する。

上記シレ川を除いて、マラウイの殆どの河川は、雨期には洪水を伴っており、流量が多くなる。しかし、乾期になると、流量は雨期に比べ1/10~1/20程度に落ち込む季節的な流出形態を持つ。これは、降雨が雨期と乾期に分れた季節的な降雨形態であること、また殆どの流域が不透水層の基岩で覆われ、表土が少なく植生の貧弱に起因する。基底流出が極端に少ないことが、シレ川を除くマラウイの河川の特徴である。乾期の9~10月が最渇水期であり、2~3月が最も流量の多くなる時期である。全国レベルの平均年流出率は、19%である。主要流域に対する年雨量及び年流出量を、表4-2-8に示す。マラウイには、約200か所の測水所があり、前述した水資源局の管轄下にあるが、流量等のデータの整理は十分であるとはいえない。他方、シレ川の水質については、アルカリ度及び硬度が高く、塩分を含んでいるが、塩素及び伝導度は妥当なレベルにあり、また浮遊物質が少ない。

表4-2-6(1) シレ川マンゴチ測水所観測平均水位及び流量

年 度	日 付		観測水位高 (m)		平均水位 (El. m)	流 量 (m ³ /秒)
	月	日	最 高	最 低		
1947/48	6	1	7.849		475.499	
1948/49	2	19	6.934		474.584	
	10	26		5.969	473.619	
1949/50	4	25	7.239		474.889	
	12	8		6.766	473.416	
1950/51	4	30	7.087		474.737	
	12	28		6.172	473.822	
1951/52	5	10	7.468		475.121	
	11	30		5.944	473.597	
1952/53	7	1	7.188		474.841	
	12	19		6.514	474.167	
1953/54	7	1	6.645		474.298	
	11	24		5.791	473.444	
1954/55	4	29	6.398		474.048	
	12	3		5.377	473.027	
1955/56	5	19	7.132		474.782	
	12	5		5.456	473.106	
1956/57	5	5	7.907		475.557	
	12	17		6.111	473.761	
1957/58	6	2	7.690		475.340	
	12	13		6.846	474.505	
1958/59	4	8	7.081		474.740	
	10	29		5.989	473.648	
1959/60	4	25	6.928		474.587	
	1	5		5.870	473.529	
1960/61	5	17	6.767		474.426	
	12	13		5.819	473.478	
1961/62	4	27	7.495		475.154	
	11	13		5.791	473.450	
1962/63	5	15	8.147		475.806	
	11	29		6.550	474.209	
1963/64	3	30	8.419		476.078	
	11	7		7.209	474.868	
1964/65	4	25	8.025		475.684	
	12	28		7.077	474.736	
1965/66	4	16	7.897		475.556	
	10	23		6.684	474.523	
1966/67	5	2	7.495		475.154	
	10	30		6.584	474.243	
1967/68	5	2	7.647		475.306	
	11	24		6.550	474.209	
1968/79	5	6	7.775		475.434	
	11	20		6.614	474.273	
1969/70	4	13	7.583		475.242	
	10	27		6.517	474.176	
1970/71	4	27	7.858		475.517	
	11	26		6.407	474.066	
1971/72	5	3	7.382		475.041	
	10	31		6.370	474.029	

出典：水開発省水資源局、1997年11月14日、JICAマラウイ国マンゴチ道路橋架替計画事前調査

註1：測水所は、1940年に設置された。しかし、水位標精読は、1948年6月1日より始まった。

なお、マラウイ国における水文年は、11月1日から翌年10月30日になっている。

また、下記の年度について、当該測水所水位標のゼロ点の変更のため、各々のレーティング・カーブ(Qは流量、Hは水位高)を用いて換算された。

(1) 1976年～1984年 $Q=0.307(H-1)^{3.00}$

(2) 1984年11月2日～1989年 $Q=1.2(H-1)^{3.00}$

(3) 1989年11月～1997年11月 $Q=123.14(H-4.95)^{3.00}$

註2：データの出所は、水位書籍、台帳及び歴史ファイルである。

表4-2-6(2) シレ川マンゴチ測水所観測平均水位及び流量

(続き)

年 度	日 付		観測水位高 (m)		平均水位 (El. m)	流 量 (m ³ /秒)
	月	日	最 高	最 低		
1972/73	5	3	7.434		475.093	
	11	9		6.346	474.005	
1973/74	5	25	7.967		475.617	
	12	17		6.325	473.975	
1974/75	5	9	8.083		475.743	
	12	3		7.148	474.798	
1976/76	5	6	8.047		476.147	773.000
	1	10		7.186	474.846	368.000
1976/77	5	5	8.172		475.832	654.000
	10	31		7.225	474.885	377.000
1977/78	5	23	8.570		476.230	807.000
	11	30		7.199	474.859	371.000
1978/79	5	5	9.062		476.709	1,031.000
	11	1		6.873	474.443	283.000
1979/80	5	23	9.096		476.737	1,048.000
	11	12		8.225	475.866	673.000
1980/81	5	23	9.102		476.743	1,051.000
	10	29		8.115	475.756	634.000
1981/82	5	9	8.809		476.450	910.615
	10	31		7.833	475.474	541.723
1982/83	5	2	8.690		476.320	857.812
	11	18		7.700	475.360	510.643
1983/84	4	13	8.348		475.818	718.681
	10	19		7.150	474.780	359.636
1984/85	5	8	7.790		475.720	734.421
	10	20		6.710	474.120	269.434
1985/86	4	30	8.000		475.940	813.317
	11	9		6.650	474.590	396.774
1986/87	4	4	8.200		475.960	893.810
	11	16		6.970	474.910	477.194
1987/88	4	8	7.770		475.520	628.986
	10	26		6.720	474.480	302.316
1988/89	5	14	8.350		476.100	844.142
	11	16		6.590	474.347	268.132
1989/90	5	2	8.120		475.877	756.076
	10	27		7.000	474.750	380.880
1990/91	5	4	7.930		475.687	686.027
	12	26		6.810	474.567	326.846
1991/92	4	1	7.200		474.957	440.943
	10	1		6.260	474.017	183.307
1992/93	5	5	7.260		475.014	459.580
	11	27		< 6.000	473.757	< 132.963
1993/94	4	22	6.910		474.664	354.910
	10	23		5.690	473.444	76.683
1994/95	5	27	6.440		474.194	230.580
	1	13		5.000	472.754	
1995/96	5	26	6.420		474.169	174.920
	12	2		5.200	472.954	
1996/97	4	25	6.200		473.949	174.920

出典：水開発省水資源局、1997年11月14日、JICAマラウイ国マンゴチ道路橋架替計画事前調査

註1：測水所は、1940年に設置された。しかし、水位標精読は、1948年6月1日より始まった。

なお、マラウイ国における水文年は、11月1日から翌年10月31日になっている。

また、下記の年度について、当該測水所水位標のゼロ点の変更のため、各々のレーティング・カーブ(Qは流量、Hは水位高)を用いて換算された。

(1) 1976年～1984年 $Q=0.307(H-1)^{1.11}$ (2) 1984年11月2日～1989年 $Q=1.2(H-1)^{1.15}$ (3) 1989年11月～1997年11月 $Q=123.14(H-4.95)^{1.11}$

註2：データの出所は、水位書籍、台帳及び歴史ファイルである。

表4-2-8 マラウイ河川流域における年平均雨量及び平均流出量

WRA	河川流域		流域面積 (km ²)	降雨量 (mm)	流出(量、率)		
					(mm)	(m ³ /s)	(%)
1	シレ川	The Shire River	18,945	902	137	82	15.2
2	チルワ湖	Lake Chilwa	4,981	1,053	213	34	20.2
3	南西湖岸	South West Lakeshore	4,958	851	169	27	19.9
4	リンシペ川	The Linthipe River	8,641	964	151	41	15.7
5	ブア川	The Bua River	10,654	1,032	103	35	10.0
6	ズワンガ川	The Dwangwa River	7,768	902	109	27	12.1
7	南ルクル川	The South Rukuru River	11,993	873	115	44	13.2
	北ルンフィ川	The North Rumphu River	712	1,530	674	15	44.1
8	北ルクル川	The North Rukuru River	2,091	970	252	17	26.0
9	ルフィラ川	The Lufira River	1,790	1,391	244	14	17.5
	ソングウェ川	The Songwe River	1,890	1,601	327	20	20.4
10	南東湖岸	South East Lakeshore	1,540	887	201	10	22.7
11	チウタ湖	Lake Chiuta	2,462	1,135	247	19	21.8
12	リコモ島	Likoma Island	19	1,121	280	-	-
13	チスムル島	Chisumulu Island	3	1,121	280	-	-
14	ルオ川	The Ruo River	3,494	1,373	538	60	39.2
15	ンコタコタ湖岸	Nkhotakota Lakeshore	4,949	1,399	260	41	18.6
16	ンカタ湾湖岸	Nkhata Bay Lakeshore	5,458	1,438	461	80	32.1
17	カロンガ湖岸	Karonga Lakeshore	1,928	1,028	361	22	35.1
合計			94,276	1,037	196	588	18.9

出典：JICA プロ形成調査報告書、平成3年10月

(4) 地下水

マラウイ国の地下水開発は、1930年代に始まった飲料水確保のための井戸掘削が最初である。地下水層には、次の2つのタイプがある。

- マラウイ全土に広範囲に広がる風化岩を透水する地下水層。この地下水層では、それほど大きな地下水賦存量は期待できない。
- マラウイ湖畔及びシレ谷 (The Shire Valley) に広がる堆積層に賦存する地下水。この地下水層ではポテンシャルが比較的高い。

風化岩における地下水層の水量は、0.83~1.09リットル/秒にしか過ぎないが、堆積層における水量は、マラウイ湖畔のサリマ (Salima) 地区、ブワンジェ谷 (The Bwanje Valley) 及びシレ谷下流では、15リットル/秒の水量が見込まれる。マラウイの地下水開発は、主に地方の飲料及び生活用水のためになされており、約9,000か所 (1985年) の井戸が掘削されている。井戸には、殆ど手押しポンプが設置されており、0.25~0.5リットル/秒の汲み上げ量により、住民の飲料・生活用水として使用されている。水質については、一部の井戸は汚染されており、また幾つかの滞水層は塩分を含んでいる。

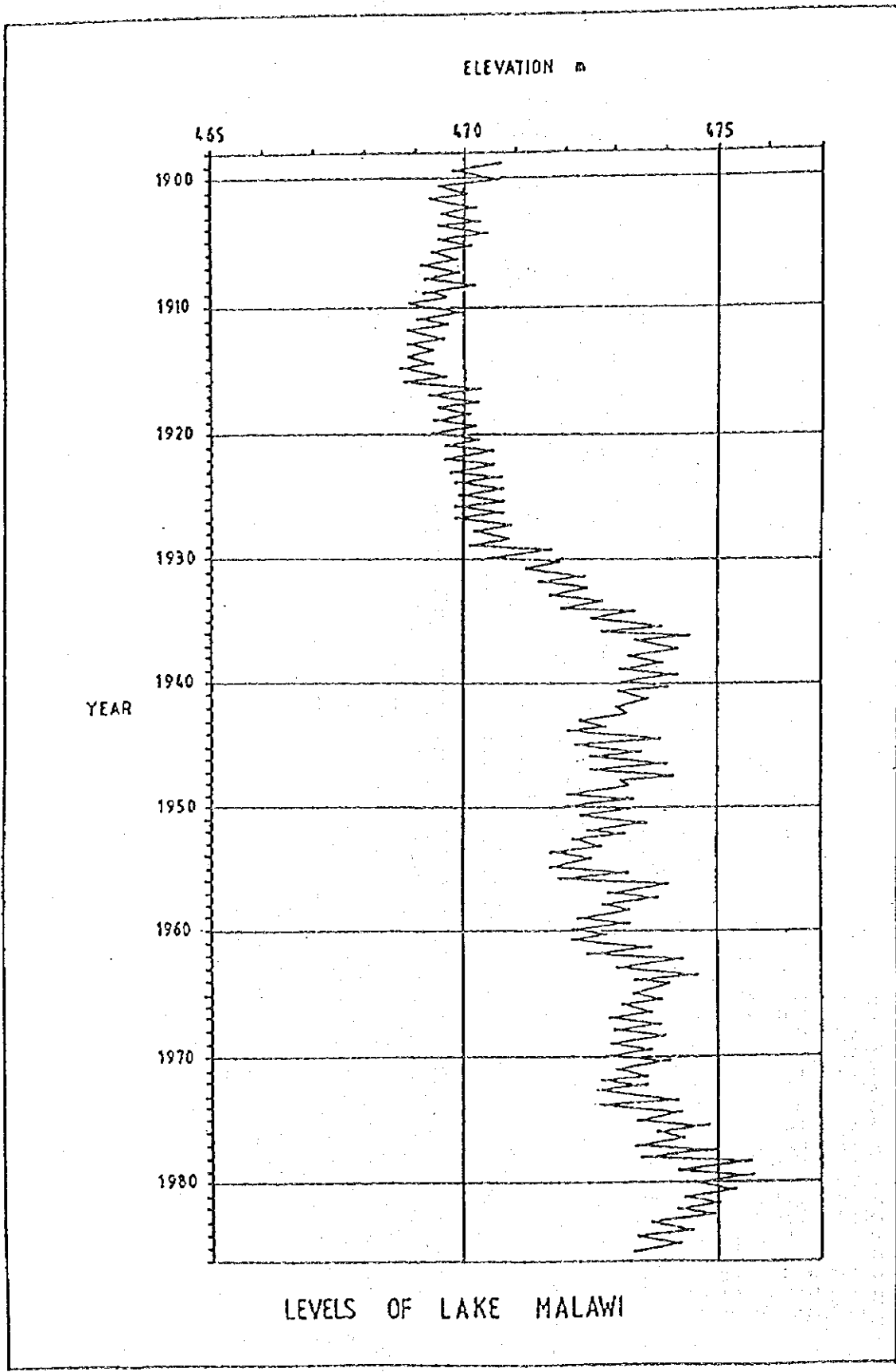


図4-2-8 マラウイ湖における水位変動

4-2-4 地質及び土壌

(1) 一般

マラウイ国の地質の大部分は、先カンブリア紀晩期～古生代時代早期 (Late-Precambrian～early Palaeozoic age) の4億5,000万～6億5,000万年 (以下では“m.y.”と略す) に変成作用を受けた造山帯であるモザンビーク・ベルト (Mozambique Belt) の一部である白粒岩 (Granulite) 相、または角閃岩 (Amphibolite) 相の結晶片岩・準片麻岩・白粒岩等より成っている (表4-2-9及び図4-2-9～4-2-11参照)。この最下部複合体 (Basement Complex) の一般方向は、南北であるが、北マラウイには北西方向のミスク・ベルト (Misuku Belt) がある。これは、タンザニア国のウベンディアン (Ubendian, 1,800m.y.) 及びザンビア国のイルミデス (Irumides) の延長に当たるが、モザンビーク・ベルト (Mozambiquian) との関係は明らかではない。

白粒岩 (Granulite) 相の岩石は、紫蘇輝石花崗岩質岩石と石榴 (ザクロ) 石-珪線石-石墨珪質片岩よりなり、白粒岩・大理石・高変成泥質岩を伴う。角閃岩 (Amphibolite) 相の岩石は、黒雲片麻岩・砂質岩・大理石・石榴石-珪線石-石墨珪質片岩・角閃岩等からなるものである。

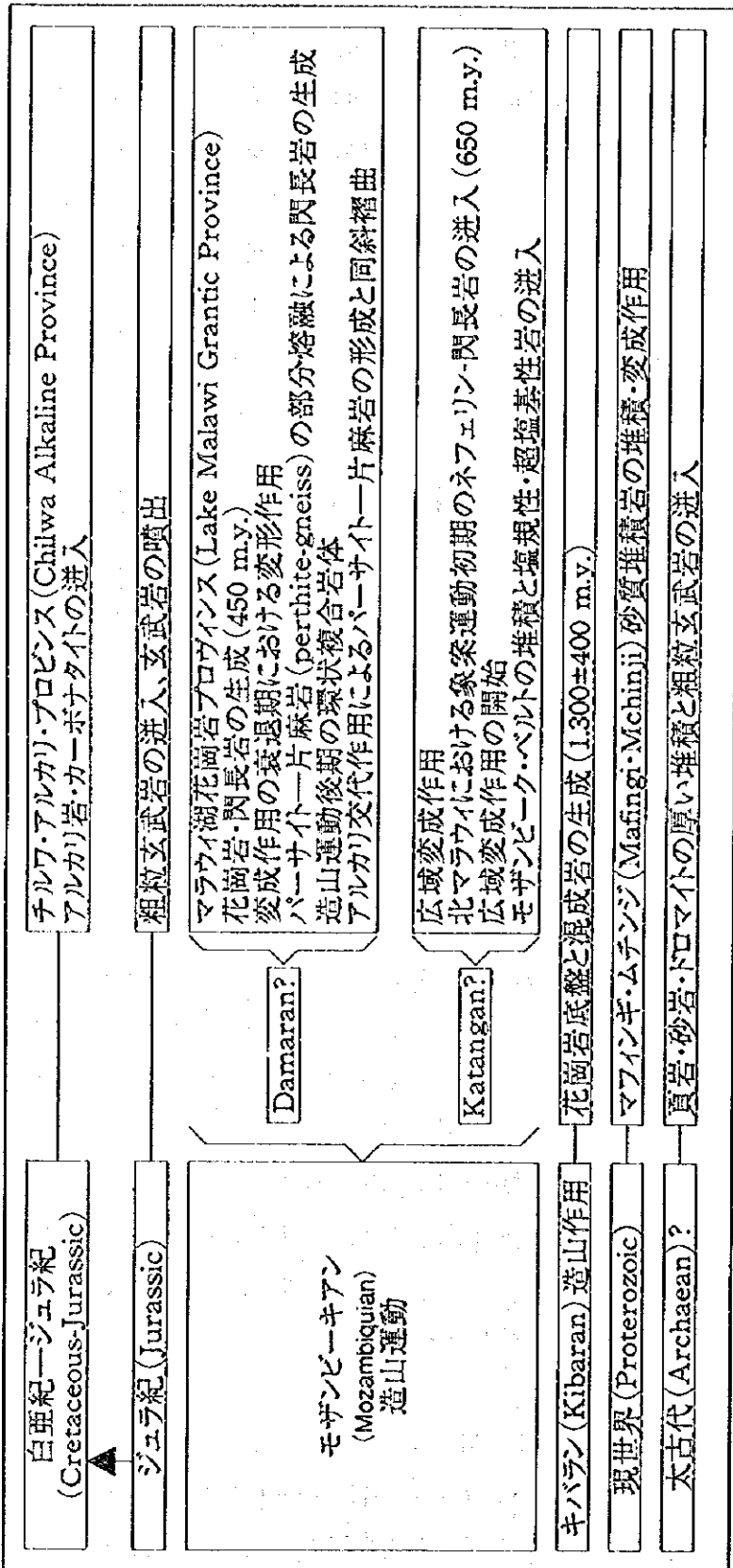
これらの基盤岩は、一般にCa及びMgに富んでおり、北の地域ほどK及びSiに富んでいるが、源岩の堆積環境の相違の結果であろう。北部マラウイの一部には、NE方向の輝緑岩 (Dolerite) ・斑禰岩 (Gabbro) 岩脈があるが、これは南タンザニアのブコバン噴出岩活動範囲 (Bukoban Eruptive Province) に相当するであろう。中央部・南部マラウイの基盤岩には、変輝岩・変斑礫岩等の超塩基性岩の運動時侵入した小岩体が多い。緑色片岩相の局部的熱水作用によって、これらの岩石が角閃岩・滑石岩に変化している。

中央部及び北部の一部には、基盤岩の上に不整合の原生界 (1,300m.y.以前の堆積) の砂質岩が乗っており、北部のものはマフィンギ・グループ (Mafingi Group)、中央部のものはムチンジ・グループ (Mchinji Group) と呼ばれているが、何れもモザンビーク造山作用の影響を受けている。

以上の基盤岩に、先カンブリア紀晩期であるキバラン (Kibaran, 1,300±400m.y.) の花崗岩が貫入しているが、これも晩期モザンビーク造山作用 (515m.y.) の影響で、激しい剪断と緑簾石化作用を受けている。マフィンギ・グループに貫入した岩体は、ニイカ花崗岩 (Nyika Granite) であるが、ムチンジ・グループに貫入した岩体は、ダラニャマ花崗岩 (Dzalanyama Granite) と呼ばれている。

北部マラウイのミスク・ベルト (Misuku Belt) には、先カンブリア紀晩期 (650m.y.) のネフェリン・閃長岩 (Nepheline-syenite) の小岩体が分布している。火成活動の晩期には、先に侵入したネフェリン・閃長岩中に、高温熱水作用による炭酸塩鉱物と方ソーダ石 (Sodalite, $\text{Na}_4\text{ClSi}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}$) の交代作用があった。このアルカリ岩活動は、南西タンザニアのムボジ・閃長岩-斑禰岩複合体 (Mbozi syenite-gabbro complex, 745m.y.)、北東ザンビアのンクンブァ・

表4-2-9 マラウイの地質



註：m.y.は百万年

出典：海外鉱業事情調査報告書(昭和47年度)、金属鉱物探鉱促進事業団、昭和48年3月

カーボナタイト (Nkumbwa carbonatite, 679m.y.)、ミブラ閃長岩 (Mivula syenite, 550m.y.) 等と共に、先カンブリア紀晩期アルカリ活動範囲 (Late-Precambrian Alkaline Province) を成しており、マラウイではイロンバ・アルカリ複合体 (Ilomba Alkaline Complex) と呼ばれている。また、イロンバ (Ilomba) 付近のアエジェリン-輝岩 (Aegerine-pyroxenite) 及びアエジェリン-ネフェリン閃長岩 (Aegerine-nepheline syenite) には、ピロクロレ (Pyrochlore)、含ニオブ (Nb) 屑石 (Sphene) 等が含まれている。また、閃長岩 (Syenite) 中の黒雲母には、Be 160ppm を含んでおり、これは他のアルカリ岩中の Be 10~80ppm よりかなり高い値である。

南部マラウイのマラウイ湖南方には、古生代早期 (Early Palaeozoic, 450m.y.) のパーサイティック閃長岩 (Perthitic syenite) の岩石区があり、マラウイ湖花崗岩活動範囲 (Lake Malawi Granitic Province) と呼ばれている。これらは、基盤岩にレンズ状或は深部輪状構造 (Infra-crustal ring-structure) を成して侵入している。この火成岩は、モザンビーク・ベルトの複雑な構造が熱変成過程の最後の活動によるものである。

上述のように、モザンビーク造山運動には、アルカリ火成岩の活動と U-Th 鉱化を伴ったカタンガン (Katangan, 600m.y.) と、基盤岩の準片麻岩等に見られるダマラン (Damaran, 450 m.y.) の 2 熱変成期がある。

他方、ジュラ紀には、特に南部マラウイに粗粒玄武岩岩脈の貫入と、玄武岩熔岩の噴出があった。ジュラ~白亜紀にかけては、チルワ・アルカリ活動範囲 (Chilwa Alkaline Province) と呼ばれるアルカリ性岩及びカーボナタイト (Carbonatite) の活動があり、火山類や小侵入岩体として分布している。

(2) マラウイ湖岸平野

主要地溝断層崖の山麓の丘と現有マラウイ湖の間に、幅 5 マイルまで湖の沈殿物の広がりがある。湖畔に沿って、これらの堆積物は、鰐が棲息している殆ど連続帯状の芦により縁を付けられる。チクロ (Chikulo) 及びマリンディ (Malindi) の付近のみにおいて、最下部複合体の岩石はマラウイ湖まで露頭しており、またカダンゴ (Kadango) にて顕著な砂質浜辺の連続した延びが見られる。

湖畔平野の特徴である自然植生は、沖積平地に大きな Hyphenae 椰子 (チチェワ語では "mgwalangwa" と呼ばれる) 林である。バオバブ樹 (Baobabs, "monkey bread" と称する瓢箪の食用果実が生える) が一般的であり、黒檀 (Ebony) は山麓の丘へ向かって石のような硬い土壌の所に生じている。Tamarind (チチェワ語で "gwemba") 及び Kirkia (チチェワ語で "mtumbu") が、やや肥沃の土壌に発見されているが、後者は丸木舟であるカヌーの構築に一部で重要である。バナナ及び砂糖黍は、主要河川がマラウイ湖へ流入する前に、洪水時に広がった急坂を流れる所に生産されている。また、これらの地域では、土壌の塩分が低下しつつあり、そして水位が地面に近い。毎年洪水で浸水するこれらの地域は、耕作されずに芦葦類の

パピルス (Papyrus、チチェワ語で “bango” 又は “njese”) と共に、また湖畔沿いも地元で “tsenjere” と呼ばれている一種の芦苇が占めている。

(3) 地溝断層崖

マラウイの中心を走り通るニアサ地溝 (Nyasa Trough) の南東壁の主要断層崖は、その西側地区の最頂点を形成するナミズム (Namizumu) 閃長岩を切断していることから、ナミズム断層 (Namizumu Fault) と呼ばれており、この断層により形成される顕著な地貌を示す。ナミズム (Namizumu) の南部及びナマラカ村 (Namalaka Village) の東部にあるこの主要な急坂は、複雑で且つ定義し難いが、マリンディ (Malindi) では再び主要地溝の地貌として目立つ。主要断層崖の下に、マリンディから8マイル離れたリングウェナ川 (the Lingwena River) の北側湖畔の沖積層下から出現する一連の山麓の丘を形成する逆行傾斜断層塊が横たわる。この断層塊が、マラウイ湖から離れる東向きの傾斜を示すのみならず、傾斜地の麓に堆積した土砂や岩屑等 (Colluvial) の累積がそれと主要断層の間に再進入角度で形成される基岩 (Basement rocks) を覆っている。更に、南向きの傾斜を示して、基岩が沖積層の下から出現する地点から南側まで、地面は北方へ急に上昇している。この断層パターンが西へ繰り返されることの証拠は、ンドカ (Ndoka) の湖畔村の東側にある基岩の類似的に傾斜する離層 (Outlier) の発生により示される。肯定的証拠が不足にも拘らず、ボアズル島 (Boadzulu Island) が、東向き断層塊の浸食された面に形成されたことが類推される。大河の幾つかが、高い台地より東側へ流れて、主要断層崖下の傾斜断層塊を横切っている。この断層塊での一般的な流向パターンは、南で少なくともその東向き及び南向きの傾斜を反映している。リングウェナ川自身は、湖畔沖積平野を避けて南方へ流れており、また北向きの次のムブワン川 (the Mbwaswi River) は、断層塊の傾斜していない縁を通して、マラウイ湖へ直行する水路を形成する。その北側及び南側を流れる支流は、浸食表面の一般的な盛り上がりを反映し、またリングウェナ川の支流の幾つの合流が指摘されている。同じく、高い台地から東流する活発な河川であるルテンデ川 (the Lutende River) は、断層塊のひっくり返った縁を切り通している。主要な断層崖の多数の南流する支流は、浸食表土の南向きの傾斜を立証している。あらゆる重要な支流は、北からルテンデ川へ流れていない。ウンガ流域 (Unga Catchment) の流向パターンは、これらの北側でナンブゴ (Nambungo) 閃長岩及びチシンゴ丘 (Chisimngo Hill) 等の障害により変更されて、この2つの系統の間に、1つ狭い峡谷を主な河川が切り通している。

主要断層崖の山麓の丘の土壌は、湖畔平野のそれらに似ていて、肥沃ではない。これらも、局所的に非常石のよう硬く、そこに段丘砂礫や浸食土砂が生じる。また、やや湿気のある地域なので、主要断層崖下にじかに、竹林を支える他、一年中涸れない河川沿いの Pterocarpus (チチェワ語で “mlombwa”) と共に、低地では Barachystetgia 及び Isoberkinia (チチェワ語で “mchenga”) の様々の種が生えている。

因みに、今回調査対象地域であるマンゴチ辺りの地質は、完新世 (Holocene) に属する。また、マンゴチ地区の近くにある断層崖の縁に位置しており、潜在的に最も危険と言われるチェンブレ断層 (Chembre Fault) については、考慮されるべきである。

(4) 土壌及び浸食

マラウイ国には、概ね4つの主要土壌群がある。つまり、i) Latosols、ii) Cacimorphic soils、iii) 地下水成の土壌 (Hydromorphic soils) 及びiv) 岩屑土 (Lithosols) である。Latosolsは、排水の良好な丘陵地に分布するが、Cacimorphic soilsは、マラウイ湖等の周辺に広がる平野部に分布する。一方、地下水成の土壌は、長期間湛水する底地を形成している土地に多く見られる。他方、岩屑土は、地溝帯と山岳部に分布している。なお、今回の調査対象地域であるマンゴチ地区の土壌は、岩屑土群に属する。

浸食及び堆積起源の第4紀は、マラウイに発見されているが、通常これらは限られた範囲にあり、地溝の床部及び両側部に制限される。第4紀堆積は、場所によって、より古年代のアフリカン (African) 及びポスト・アフリカン (Post-African) 浸食表面に覆われており、またそれによって化石になってしまう。第4紀浸食は、少なくともザンベジ谷 (Zambezi Valley) から北のシレ谷 (Shire Valley) の中流部までに貫通している (図4-2-12参照)。

シレ谷は、それ自身の下流側で、広く平らな河床の谷を流れている。シレ谷には、沖積土及び他の堆積物があり、あらゆる更新世 (洪積世) の浸食が起こったことを示す。他方、シレ谷中流部は、活発的な幼年期の第4紀浸食により特徴付けられている。即ち、河床は多くの急流の痕跡を残しており、また谷は狭くて両側の勾配が急である。これらの地勢は、シレ谷の主要道路が横断するムルチソン滝 (Murchison Falls) 付近のマトベ橋 (Matope Bridge) 及びムパタマンガ・ジョージ (Mpatamanga Gorge) の2か所で、はっきりと見受けられる。

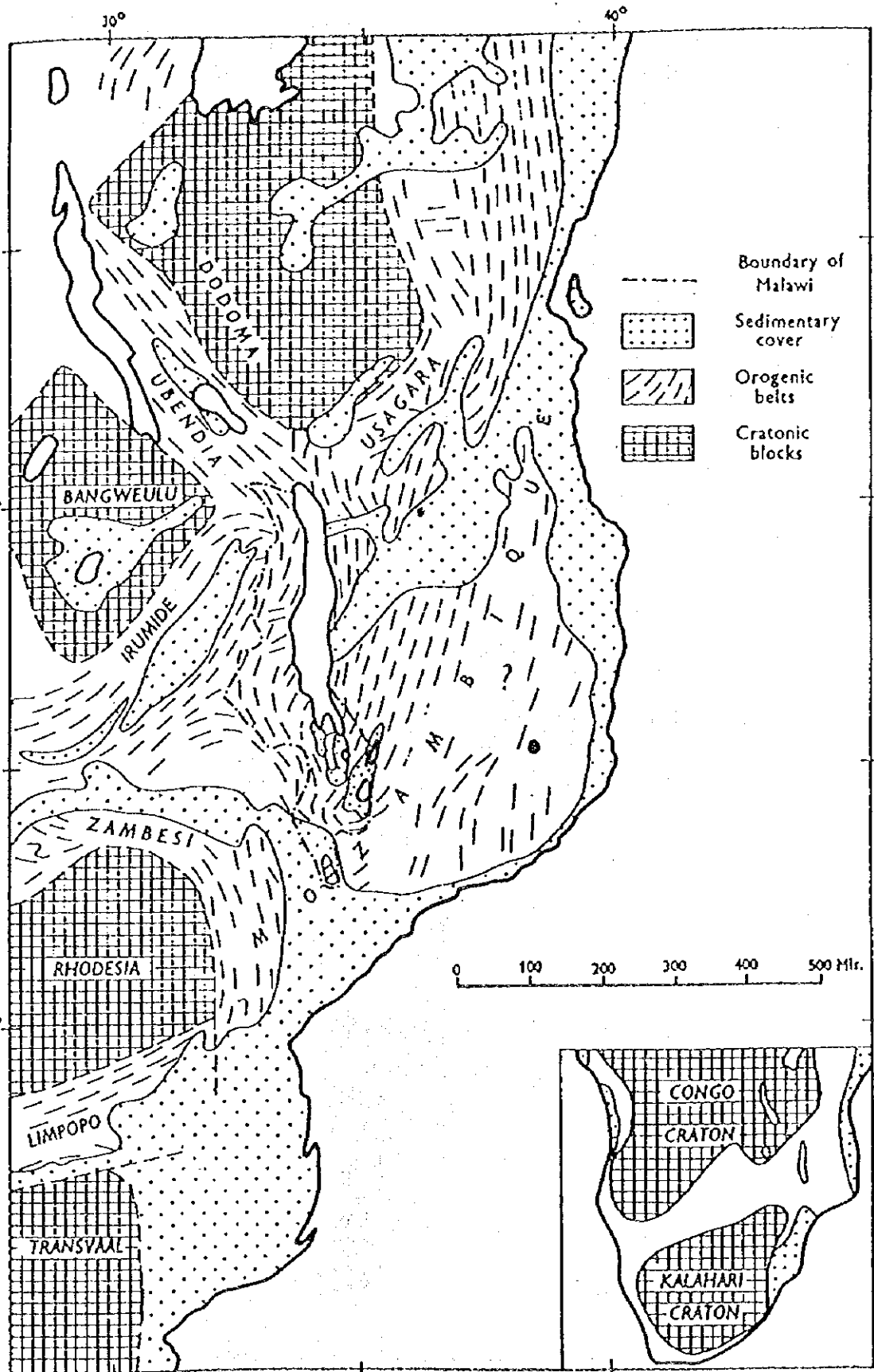
シレ谷の上流部は、典型的な広い平坦な河床であり、そして西方のバラカ (Balaka) まで延びる沖積土の新堆積により、大規模に覆われている。第4紀浸食の唯一の証拠は、川岸が切り落とされつつある状況であり、リウォンデ (Liwonde) ではっきりと見える。マロンベ湖 (Lake Malombe) の湖岸線の北側は、浸食帯の痕跡を残しているが、別の場所では湖岸平野で第4紀堆積を呈している。

一面に薄い第4紀堆積物として、チルワ湖 (Lake Chilwa) 地域の下辺 (Downwarped) をアフリカン表土で覆っている。シレ高地 (Shire Highlands) の別の所で、第4紀サイクルとして浸食の痕跡を残している。ある河川、例えばルチェンザ川 (The Luchenza River) は、アフリカン表土の下にその水路を刻んでおり、全長で30フィートほどの僅かな河床標高差のため、現在の河川水路上に、2つ以上の段丘を形成して通過の痕跡を残している。これらの不規則な上部は、恐らく浸食のポスト・アフリカン・サイクルによるが、低部の段丘及び川岸は疑いもなく第4紀に属する。

マラウイ湖を囲む第4紀湖岸平野の幅員は、1マイル或いは10マイルの範囲で、かなり変動している。従って、この平野の大部分は、第4紀堆積を代表する新しい砂 (Recent Sands) 及び沖積土に覆われている。しかし、浸食は、リビングストーン地溝崖 (Livingstonia Escarpment) の麓にある白亜紀地層 (Cretaceous Beds) のような先第4紀地層を横切る湖岸沿いに現われる。また、ンカタ湾 (Nkhata Bay) にある小さな浜辺は、砂州 (Shelves) が6段以上を示しており、各々の幅は10フィート以上である。恐らくこれは、様々な新しい湖水位を代表しているが、低水位の1~2は暴風雨による砂州 (浅瀬) であろう。

幼年期の第4紀浸食は、溪流及び河川が地溝の屋根及び表面を切り込む場合にも、大地溝帯の最高水位に沿って発生している。この浸食は、例えばブア川 (The Bua River) 及び南ルクル川 (The South Rukuru River) のような大河川の谷の断層崖で、その縁から崖の頭に向かって、時には数マイルも続いている。

カンドリ山脈 (The Kandoli Mountains) 及びヴィピア台地 (Vipya Plateau) の北端との間にあるンカタ湾の西部の地盤陥没は、リンパサ湿地谷 (Limpasa Dambo) に占有されている。この湿原は、新しい堆積により大規模に敷き詰められて、第4紀浸食により若返った南北地溝を占めている。この地盤陥没の南端に向かって、マラウイ湖から地溝を分離させるカンドリ山脈の沿岸洲 (バリア) は次第に消えて行くが、そしてリンパサ-マジネネ・湿地谷 (Limpasa-Majinene Dambo) は東へ向かってマラウイ湖岸まで延びている。従って、この地域にある第4紀堆積は、チンテチェ (Chinteche) から20数マイル離れた谷に沿って、北へ延伸している湖岸平野の舌状地形を形成している。谷床部に生じるこの起伏は、海拔1,000~1,200mにあり、不揃な堆積に起因している。



GSN 660

After Harpum (1955), Kennedy (1965) & Vail (1965 A & B) (Bloomfield, 1968)

図4-2-10 マラウイ周辺の造山帯

EROSION SURFACES IN MALAWI

PLATE II

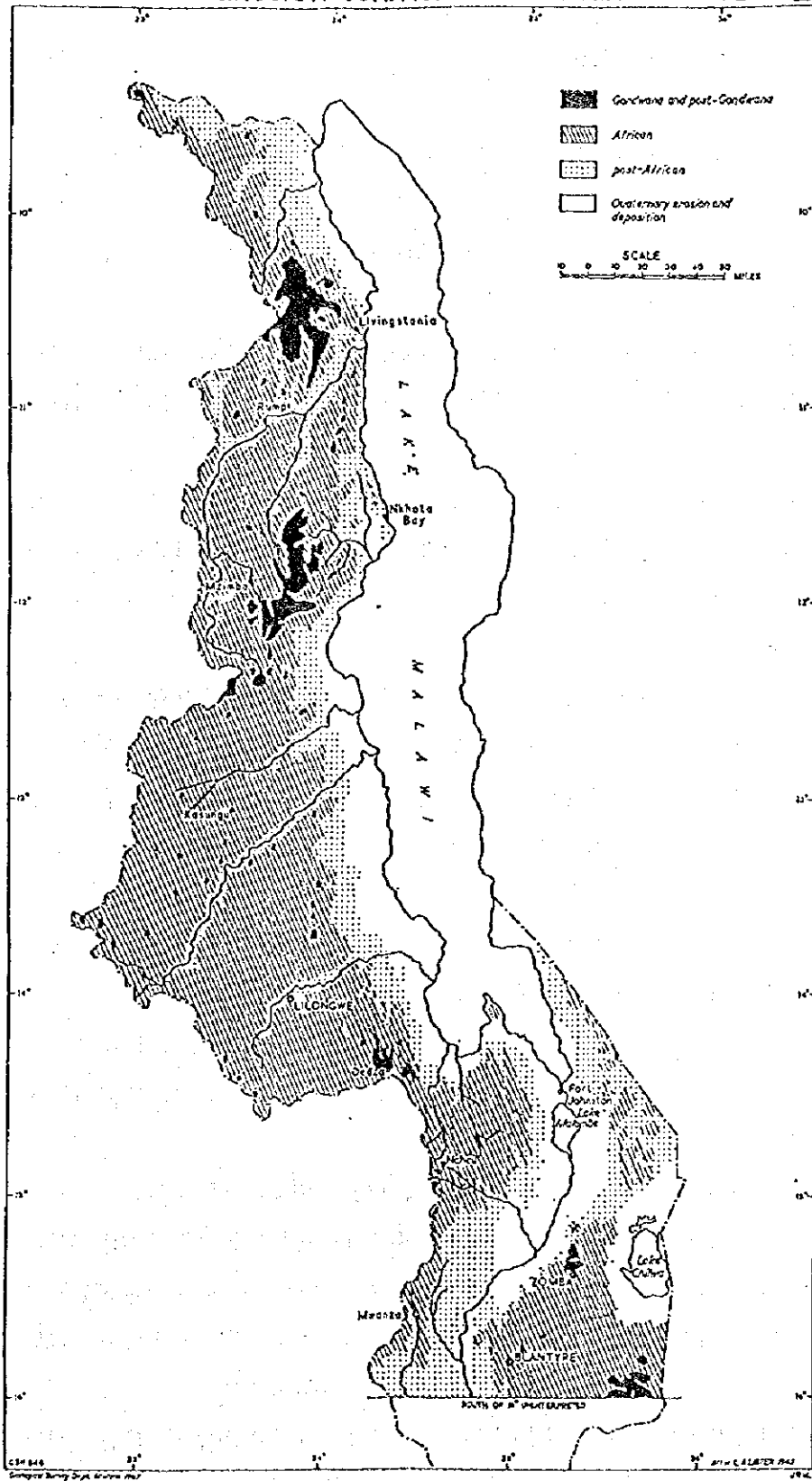


図4-2-12 マラウイの表土浸食

第5章 本格調査への提言と留意事項

5-1 調査の目的および基本方針

本格調査の目的は次の2点である。

- (1) マンゴチ橋および架橋位置周辺を対象として、国際交通、地域内交通のボトルネックの解消を図るため、2005年を目標としたマンゴチ橋架替に係るフィージビリティ調査を実施する。
- (2) フィージビリティ調査を通じて、先方実施機関である公共事業省に対する技術移転を行う。また、以下に本格調査の概要を述べる。

1) フィージビリティ調査は大別して社会・経済調査と橋梁設計、環境影響評価からなる。

社会・経済調査では社会・経済・開発計画等の情報収集、必要に応じて既往調査のレビュー、及び社会経済フレームの設定を行う。

プロジェクト評価のためには、マンゴチ橋周辺地区の開発計画の評価とともに、モザンビーク国境からマンゴチ橋以西地域を結ぶ国道3号線、他路線の整備計画の評価が必要である。

2) 橋梁計画調査は自然条件調査、ルート及び橋梁比較案の検討、最適案の計画策定という手順で進められる。

比較ルートについては、架橋地点での水深・河幅・河床の地質状況等の自然条件を基本として、現状の障害物、将来交通の流れを考慮して数案について検討することとなる。

また、数案の比較案から最適ルートを選定し、そのルートについて数案の橋梁形式案について工費、工期、施工性等を比較検討し、最適代替案を抽出する。

橋梁形式案の検討においては、上部工の橋梁形式及び基礎工の設計・施工計画が重要な検討事項になる。特に、工費・工期への支配要因としての重要項目としては、上部工の橋梁形式並びにシレ川の地形・地質状況、雨季の水位及び流速が挙げられる。

3) 自然条件調査のうち、地質調査は調査期間が限られている一方で、雨季にはボーリングに調査上の制約もあり得ると考えられるが、その場合には、既往資料（現橋設計図書等）で比較検討を進めることが望ましい。

4) 技術的検討から得られる工費・工期と経済、財務、環境の評価を行い、プロジェクトの評価を行う。環境影響評価については、97年の中央省庁の再編により管轄省庁が林業・水産・環境省に移管されたこと、環境管理法が発効されてまだ日が浅い（96年8月発効）ことから、EIA審査体制が十分に機能しているとは考えにくい。このため、実施に当たっては同省担当者と緊密な打合せを行い、手戻りのないよう進めることが肝要である。

5) 本格調査は約6か月の期間で実施する予定である。実施にあたっては、マラウイ国政府と緊密な協議を重ねて作業を進めることが重要であるとともに、クウェートファンドにより実施されたF/S及びD/Dは、本橋梁区間を除いた国道3号線の前後区間について調査を実施しているため、同調査結果を十分に活用するとともに整合を図ることが望ましい。

また、本プロジェクトの技術協力をより効果的なものにするため、マラウイ国側の技術上のニーズを分析し、必要と思われる技術分野についてカウンターパートの本邦研修を考慮する。

5-2 調査内容と実施方法

本格調査は、概ね以下の項目から構成されると考えられる。

(1) 関連資料・情報の収集・分析

(2) 調査の基本方針、方法、工程、手順等の検討

(3) 既存関連調査のレビュー

- ・ 交通運輸計画および関連計画
- ・ 現行道路計画および関連計画
- ・ 土地利用計画

(4) 現況調査及びデータ収集・分析

- 1) 社会・経済指標の収集
- 2) 関連組織の現況把握
- 3) 設計基礎データの収集・分析
 - ・ 設計基準等の技術資料
 - ・ 自然条件（土質・地質、測量、水文、気象）に関するデータ
 - ・ 環境に対する法律、規制及び環境基準等に関する資料
 - ・ 住民移転、用地買収等に対する法律等に関する資料
 - ・ 事業費、財務に関する資料

(5) 交通量調査

- 1) 路側OD調査
- 2) 一般交通量観測調査

(6) 自然条件調査

- 1) 測量調査
 - ・ 地形測量
 - ・ 河川縦断、横断測量
 - ・ 道路部：縦断測量、横断測量

2) 地質調査

- ・陸上ボーリング、河川内ボーリング
- ・標準貫入試験
- ・室内土質試験（比重、含水、粒度、液性・塑性限界）

(7) 社会経済フレームの設定（目標年次2005年）

(8) 交通需要予測（目標年次2005年）

(9) 設計基準および荷重の検討

- 1) 道路幾何構造
- 2) 橋梁設計荷重
- 3) その他の河川条件
- 4) 使用材料

(10) 調達事情調査

下記内容に関して基本設計レベルで調査を行う。

- 1) 労務状況
- 2) 現地施工業者の技術能力調査
- 3) 資材調達状況
- 4) 橋梁架設用重機、プラント、その他建設機械借上げ可能性の調査
- 5) 資機材の第3国調達の可能性調査

(11) 初期環境影響調査 (IEE)

(12) 先方負担範囲の確認

- 1) マラウイ国側の負担範囲、実施体制、予算措置（建設工事の相手国側の実施体制、技術レベル、建設用の用地借用または用地買収、必要に応じた家屋及び施設の移転、建設資機材の免税措置、現在供用中の橋梁の処置等）

(13) 代替案の作成

- 1) 橋梁形成代替案の予備的検討
- 2) 架橋ルート代替案の設定
- 3) 基本橋梁形式の代替案の検討

4) 橋梁計画代替案（含む取付道路）の設定

(14)概略経済・社会評価

各代替案について概略の経済・社会評価を実施する。

- 1) 経済評価
- 2) 社会評価

(15)最適代替案の選定

次の点に着目して最適代替案を選定する。

- ・建設・維持管理の概算費用
- ・構造特性
- ・現地資材の活用性
- ・社会・環境影響
- ・景観他

(16)基本設計レベルでの設計

- ・上部工、下部工、付帯工、盛り土、切り土、舗装等
- ・橋梁一般図
- ・上部構造図、下部構造図
- ・道路平面図、横断図
- ・舗装構造図
- ・付帯道路工図

(17)数量の積算

(18)施工計画の策定

(19)維持管理コスト、計画の策定及び提言

維持管理計画の提言に当たっては、本年3月に成立した道路会計特別予算の動向を十分に踏まえておく必要がある。

- 1) 点検・補修法
- 2) 維持管理体制
- 3) 維持・管理費用の予算措置

(20)事業費の積算

1) 橋梁・取付道路の概算事業費

- ・建設費
- ・機材費
- ・設計監理費

2) 維持管理費

3) 相手国負担範囲の費用

(21)環境影響評価 (EIA)

1) 環境保全目標の設定

2) 環境保全対策、環境対策施工にかかる提言、及び必要な費用の事業費積算の計上

(22)事業実施計画の策定

(23)経済・社会評価

(24)総合評価及び提言

5-3 調査団構成

本件調査を実施するに当たり、必要とされる専門分野は以下のものが考えられる。

(1) 総括／交通計画

業務全体の総括、重要事項の決定、他の交通計画との整合、橋梁基本計画の策定、最適代替案の選定、事業実施計画の策定等

(2) 交通調査／需要予測／経済分析

社会・経済指標の収集、交通量調査監督、調査結果の解析、将来交通需要予測、経済分析・評価等

(3) 橋梁設計／維持管理計画

現橋評価、設計基準の設定、橋梁基本計画の設定、橋梁設計、数量算出、維持管理状況調査、維持管理計画の策定等

(4) 施工計画／積算

概略費用算出、調達事情調査、施工計画の策定、事業費積算等

(5) 自然条件調査（土質）

既存データの収集、土質・地質調査（現地再委託）の計画、実施監理等

(6) 自然条件調査（水文／水理、測量）

既存データの収集、水文／水理調査及び測量（現地再委託）の計画、実施監理等

(7) 環境影響評価／社会分析

関連資料の収集、初期環境影響評価及び環境影響評価の実施、調査結果の解析等

5-4 留意事項

(1) 調査全般について

今回の案件に対する先方の期待は大きく、また関連する開発計画との関係においても、マンゴチ橋架替の重要性は高いと考えられる。S/W署名交換時には公共事業省大臣も出席し、同大臣からはF/Sの早期着手、日本の無償資金協力による早期事業化の強い要望が表明された。

他方、現在は国土全体の交通計画がなく（策定準備中とのこと）、また中央省庁数が20以上に及ぶため、開発のプライオリティ及び各計画の整合性を今後どのように図っていくかが非常に重要と思われる。また、マラウイ国の地理的条件から同国内部だけのみならず、他国との関係についても目配りが必要になってくるとと思われる。

今回の事前調査において、先方の公共事業省のカウンターパートは資料提供等、好意的に対応してくれたが、資料入手先が多岐に及ぶこと、また、今回の案件は、開発調査としては短期間で、しかも現地調査期間が雨季に当たることもあり、効率的な調査を行うよう十分に留意する必要がある。

また、今年の3月にマラウイ国では道路特別会計予算案が通過したこと、Road Authority Boardが編成されていることから、同国内での道路関係事業の運営方法・体制は従来より変化していくものと予想される。他の援助機関もこの流れに同調した支援計画を準備中である（EUは98年より3か年にわたって、Road Management Support Program：総額1,200万ドルを実施予定。）したがって、例えば、橋梁完成後の維持管理体制等の提言に際しても、そのような状況推移に配慮した内容とするべく注意を払う必要がある。

(2) 橋梁形式について

マラウイ国の国情、道路維持管理体制を考慮すると、経済的で維持管理の不要な橋梁形式を

選定する必要がある。自然条件に対しては特に、水深、流速、洗掘対策等を考慮し、最も経済的な橋梁の形式、支間割りが決定されなければならない。

先方は現マンゴチ橋の下流側に近接して新たに橋を建設する事を考えているようであり、クウェート案の予備設計においても橋のルートをそのようにしている。この案は橋の橋長が短くて済み、最も経済的な案と思われるが、マンゴチ側の橋の入り口近くにある記念碑への影響等に配慮する必要がある。

耐久性を高めた構造とするためには桁あるいは床版はRCあるいはPC構造とし、できる限り連続化して構造上の弱点となる伸縮装置、支承の数を減らすことが検討されるべきである。支承はゴム支承等耐久性のあるものを検討すると良いと思われる。

(3) 住民移転、用地補償について

MOWSによれば、用地補償に際しては当該地区のDistrict Commissioner（政府より任命）が補償額を決定する権限を有するとのことであった。MOWSは環境影響評価の重要性について認識はあるものの、審査制度、必要な手続き等については把握しておらず、専門知識を有するスタッフも抱えていない。

しかし、環境影響評価ガイドラインにおいてはEIA実施の中で“Public Consultation”として住民へのプロジェクト情報の開示を求めていることから、事業主体であるMOWSも相応の知識・認識は必要であり、本格調査ではMOWS幹部に対するEIA制度のブリーフィングを行うなど、環境に対する認識を高めるよう工夫を施す必要がある。

(4) 報告書内容構成について

S/Wの“Scope of the Study”に見られるように、先方は報告書内容を経済評価、概略設計、環境影響評価等に大別して構成してほしいとの意向を有しているため、この点に留意して作成する必要がある。

(5) ローカルコンサルタントについて

現在、マラウイ国のローカルコンサルタントは大半が中小企業であり、一般に技術者の人数が限られている。しかし、公共事業省の登録企業には本調査での現地再委託業務を遂行できる企業が存在する。

また、国内唯一の大学であるマラウイ大学工学部（POLYTECHNIC）も、コンサルタントと同等の能力があると考えられる。