

マラウイ共和国
灌漑・水資源開発省

マラウイ共和国
地下水開発計画
準備調査報告書

平成 23 年 1 月
(2011 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル

環境
JR(先)
11-011

マラウイ共和国
灌漑・水資源開発省

マラウイ共和国
地下水開発計画
準備調査報告書

平成 23 年 1 月
(2011 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル

要約

①マラウイ国の概要

マラウイ共和国（以下「マ」国という。）はアフリカ大陸南部に位置する人口1,307万人（2008年）、国土面積11.8万km²の内陸国である。

「マ」国の気候は熱帯サバンナに属し、12～3月の雨期と4～11月の雨期に区分され、年間降雨量はおよそ1000mm程度である。

地形は、南北に走るアフリカ地溝帯とそれに沿ったマラウイ湖（国土面積の約20%を占める。）に特徴づけられ、「地溝帯平地」、「地溝帯斜面」、「高原地域」、「山岳地帯」の4地域に区分され、地溝帯西側の高原地域で標高は900～1,200m、特に西側北部はニイカ高原と呼ばれる2,200m近い高原として知られている。山岳地帯には標高3,000mで中央アフリカ最高峰のムランジュ山がある。

地質は先カンブリア紀から古生代初期のモザンビーク帯に属しており、広域変成作用でできた片麻岩、片岩などの変成岩類とこれに貫入する同時代の花崗岩、斑レイ岩の深成岩から成っている。モザンビーク帯は度重なる造山運動で構造的な変化を受けており、新生代になって活動を開始した断層運動によって、「マ」国を縦断する地溝帯が形成され、この活動に伴って多くの破砕帯が形成されている。

マラウイ国の経済は、GDPが2009年で総額約US\$50億、5%強の経済成長率を示し、1人当たりのGNIはUS\$280である。第一次産業がGDPに占める割合は約35%であり、次いで第二次産業が約20%、第三次産業が残り約45%を占めている。第一次産業は労働人口の約90%（第二次、第三次で残り10%）、輸出の90%を占めており、経済面では最も重要な産業である。主要輸出農産物であるタバコ、茶、砂糖等は国際価格の動向に左右されやすく、経済基盤は脆弱である。2005年から2008年までは年率6%以上の実質経済成長率を達成していたが、2008年に発生した世界的な金融危機とその後の世界経済停滞の影響もあり、農産物の国際価格下落の要因等によって経済成長率は低下している。

②プロジェクトの背景、経緯、概要

地方給水事業における上位計画は、2005年に策定された「マ」国国家開発計画（2006-2011年）及び国家水政策であり、地方給水及び衛生サービスの促進、住民主体の給水施設維持管理プログラムの促進を方針としている。給水状況改善の目標を、家屋から500m以内で安全な水へアクセスできる人口の割合を2011年までに80%、2015年に85%、2025年までに100%としている。本プロジェクトは、上記目標を受けて、地方給水率の向上に資するプロジェクトの一環として位置づけられる。

現在、「マ」国での安全な水へのアクセス率は75%（2007年MDGレポート）とされているが、2008年に実施された「ジョイント・セクター・レビュー」では、農村部の給水施設のう

ち約30%は機能しておらず、実際のアクセス率は都市部と農村部でそれぞれ65%、46%であるという報告がなされており、村落部での給水への取り組みが重要となっている。

「マ」国灌漑・水資源開発省は、国家開発計画及び国家水政策に基づき、村落給水施設の建設実施を進めているが、「マ」国政府の予算は基本的に経常経費で費やされるため、これら新規事業への投資を実施するために必要な追加的予算を確保できないでいる。これに対し、日本政府は、これまで5回にわたり、無償資金協力で村落地域にて約1200本の深井戸建設を実施してきた。

プロジェクト対象地域であるムワンザ県（2008年センサス人口約9万5千人）及びネノ県（2008年センサス人口約10万9千人）では、村落人口が増加したことや集落が分散して配置される等の理由で小河川、湧水、手掘り井戸等が主要な水源として利用されている。社会状況調査の結果では、これらの在来水源を利用している割合はムワンザ県で55%、ネノ県で67%を占めていることが判明した。これらの在来水源はほぼ未処理で飲料水として利用されており、結果として水因性疾病の割合も高く、2009年末にモザンビーク国境沿いで腸チフスが発生して多くの死者を出すなど、水源の安全性は大きな問題となっており、両県の給水サービスの改善は急務とされている。このような状況を受けて、「マ」国はムワンザ県、ネノ県への井戸掘削及びハンドポンプ設置に関する「地下水開発計画」を策定し、日本国政府へ要請した。

③調査結果の概要とプロジェクトの内容

国際協力機構（以下、JICAという。）は2010年4月4日から6月3日まで概略設計調査団を派遣した。現地調査では、「マ」国関係者との協議を通じ、要請内容を再度確認するとともに、自然条件（地形・地質、地下水の開発可能性）、社会条件（村落の人口、経済状況等）、施設・設備、運営・維持管理体制、施工計画等の調査を実施した。

JICAは同調査の結果に基づき、日本国内で実施した概略設計調査計画をもって、2010年9月25日から10月5日まで概略設計概要説明調査団を派遣し、概略設計の内容、「マ」国側負担事項について協議し、合意を得た。最終的な計画の概要は以下のとおりである。

(a) 施設建設

表-3 深井戸給水施設建設計画

県	計画集落数
ムワンザ	59
ネノ	61
計	120

表-4 深井戸給水施設の概要

施設名	概要
深井戸	119箇所（※）、井戸口径（4"）、深度50～55m、PVCケーシング・スクリーン、揚水試験等
付帯施設	120箇所、エプロン、排水溝、浸透弁
ハンドポンプ	120箇所、アフリデラタイプポンプの購入、設置

※深井戸数が1箇所少ないのは、協力準備調査時に試掘した井戸を活用するため。

(b) 資機材調達

村落主体の給水施設維持管理プログラム実施に関わる普及員及び井戸の修理用道具、材料の運搬を行うため、運営維持管理用車両を調達するほか、本プロジェクトで建設される給水施設の正確な位置を把握するために、簡易型GPS装置を調達する。

表-5 資機材調達

機材	数量・仕様
運営維持管理用車両	2台（各県に1台） ダブルキャビンピックアップ、四輪駆動とする。
GPS装置	2台（各県に1台） 携行型の簡易なGPS装置とする。

(c) ソフトコンポーネント

本プロジェクトでは、設置された深井戸給水施設が住民により持続的に維持管理されるために、ソフトコンポーネントにより、村落衛生・水委員会、給水施設委員会の設立支援、組織強化支援（維持管理費徴収の実務、保守・点検係のハンドポンプ修理に係わる訓練）、衛生意識の向上を目指した衛生教育支援を行う。

活動は、灌漑・水資源開発省の維持管理コーディネーター（本省及び州水資源開発局）の協力を得ながら、本邦コンサルタントの下に現地リソースを用いて実施する。

表-6 ソフトコンポーネントの内容

目的	実施時期	内容
普及員の育成	施工前	・ムワンザ県及びネノ県普及員への研修
住民組織形成、住民啓発活動	施工前	・ムワンザ県及びネノ県の郡レベル関係者との協議 ・村落主体の給水施設維持管理活動の概要説明・協議関係者の役割確認 ・住民集会（給水施設委員会設立の必要性と役割、役員の選出、井戸建設地点の選定）
住民組織強化	施工前、施工中、運用開始前	・組織管理研修（水料金の設定方法、徴収・管理方法、帳簿管理） ・衛生教育（衛生意識の重要性、水因性疾病予防等） ・維持管理研修（施設運転・稼動状況の記録作成方法等） ・技術研修（定期点検・修理）
衛生教育	施工中	・保健衛生ワークショップ（保健衛生の基礎、給水施設と保健衛生、水因性疾病の予防、下痢症と予防法）
モニタリングによる活動の評価	運用開始後	維持管理状況のモニタリング・評価

活動成果は、ソフトコンポーネント完了報告書、ハンドポンプ付給水施設の維持管理マニュアル（維持管理指導普及員用および給水施設委員会用）、県水開発事務所所長による対象村落の維持管理および衛生状況に関する活動報告として確認される。

④プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクト実施に当たって必要とされる工期は、実施設計及び施設建設期間で約24ヶ月である。概略事業費は約458百万円（日本側約433百万円、「マ」国側約25百万円）と見積もられる。

⑤プロジェクトの評価

本プロジェクト対象地域の住民は地方村落の貧困層であり、裨益の対象となる人口は約28,700人である。対象地域の給水状況は小河川、湧水、手掘り井戸等の在来水源の利用が多い。このような在来水源が、ほぼ未処理で飲料水として利用される結果として水因性疾病の割合が高く、水源の安全性は大きな問題となっており、両県の給水サービスの改善は急務とされている。

この状況に対し、深井戸給水施設を建設し、安全で安定的な水が持続的に供給される給水人口及び給水率を向上させ、「対象地域に居住する住民の生活環境が改善される」ことがプロジェクトの目標である。

本プロジェクトによって設置される給水施設はハンドポンプ付の深井戸給水施設であり、深井戸毎に設立される給水施設委員会を中心に、村落民による水料金の支払いによって維持管理される事が可能であり、プロジェクト実施にあたっては、ソフトコンポーネントにより住民組織を支援する両県の水開発局の普及員等を技術支援する予定である。

地方給水事業における上位計画は、2005年に策定された「マ」国国家開発計画（2006-2011年）及び国家水政策であり、地方給水及び衛生サービスの促進、住民主体の給水施設維持管理プログラムの促進を方針としている。給水状況改善の目標を、家屋から500m以内で安全な水へアクセスできる人口の割合を2011年までに80%、2015年に85%、2025年までに100%としている。本プロジェクトは、上記目標を受けて、地方給水率の向上に資するプロジェクトの一環として位置づけられる。また、環境社会配慮の面では、環境・社会への望ましくない影響はほとんどない。

本プロジェクトによる定量的な効果として、ムワンザ県、ネノ県において、水質的に安全で、季節的にも安定した水へのアクセスが可能な人口は2010年の80,087人から約28,700人増加し、給水率は現状の41.6%が、計画年（2015年）には47.3%となり、5.7ポイント増加する。

また、定性的効果としては、対象地域において、下痢、赤痢等の水因性疾病の減少が期待されるとともに、水汲み労働が軽減される。なお、裨益人口のうち、女性人口は約14,950人、14歳以下の子供は約13,500人と想定され、現状では約2.0時間/日の水汲み労働が減少することが考えられる。更に、給水施設を運営維持管理する給水施設委員会が120箇所設置され、ソフトコンポーネント実施により、深井戸給水施設の運営維持管理体制が120箇所を整う事となる。

以上の内容により、本案件の妥当性は高く、また、有効性が見込まれると判断される。

目次

要 約

地 図

ハンドポンプ完成予想図

現地写真集

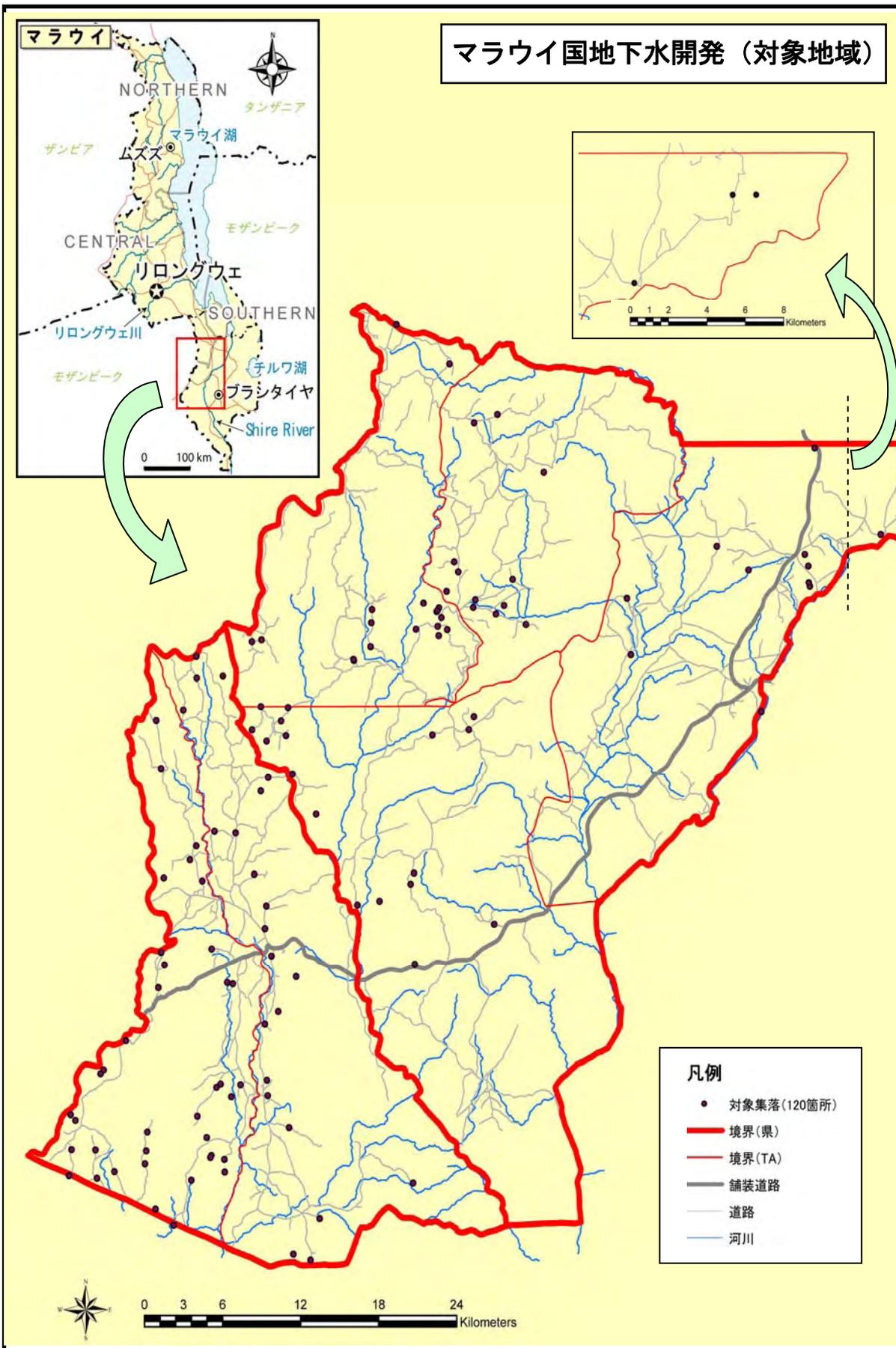
第1章	プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1	当該セクターの現状と課題.....	1-1
1-1-1	現状と課題.....	1-1
1-1-2	開発計画.....	1-1
1-1-3	社会経済状況.....	1-1
1-2	無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	1-2
1-3	我が国の援助動向.....	1-2
1-4	他ドナーの援助動向.....	1-2
1-4-1	世界銀行.....	1-2
1-4-2	UNICEF.....	1-4
1-4-3	NGO.....	1-4
第2章	プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1	プロジェクトの実施体制.....	2-1
2-1-1	組織・人員.....	2-1
2-1-2	財政・予算.....	2-4
2-1-3	技術水準.....	2-6
2-1-4	既存施設・機材.....	2-7
2-2	プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2-8
2-2-1	関連インフラの整備状況.....	2-8
2-2-2	対象地域の社会状況.....	2-9
2-2-3	対象地域の自然条件.....	2-15
2-2-4	環境への配慮.....	2-39
2-2-5	民間井戸掘削業者の活動状況.....	2-40
第3章	プロジェクトの内容	3-1
3-1	プロジェクトの概要.....	3-1
3-1-1	上位目標とプロジェクト目標.....	3-1
3-1-2	プロジェクトの概要.....	3-1
3-2	協力対象事業の概略設計.....	3-3
3-2-1	設計方針.....	3-3
3-2-2	基本計画.....	3-5
3-2-3	基本設計図.....	3-16

3-2-4	施工計画／調達計画.....	3-18
3-3	相手国分担事業の概要	3-25
3-4	プロジェクトの運営維持管理計画	3-26
3-4-1	給水施設の運営維持管理体制の現状.....	3-26
3-4-2	プロジェクトの運営維持管理体制の整備.....	3-29
3-5	ソフトコンポーネント計画	3-30
3-5-1	ソフトコンポーネントを計画する背景.....	3-30
3-5-2	計画の内容.....	3-31
3-6	プロジェクトの概略事業費	3-37
3-6-1	協力対象事業の概算事業費.....	3-37
3-6-2	運営維持管理費.....	3-37
3-7	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	3-39
第4章	プロジェクトの評価.....	4-1
4-1	プロジェクトの前提条件	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件.....	4-1
4-2	プロジェクトの評価	4-2
4-2-1	妥当性.....	4-2
4-2-2	有効性.....	4-2

添付資料

1. 調査団員氏名
2. 調査工程
3. 関係者リスト
4. 討議議事録
5. ソフトコンポーネント計画
6. 参考資料/入手資料リスト
7. その他の資料
 - 1) 調査対象村落リスト
 - 2) 社会条件調査概要
 - 3) 水質試験結果
 - 4) 物理探査結果
 - 5) 試掘結果

マラウイ国地下水開発（対象地域）





完成予想図



ネノ県：モザンビークとの国境、急峻な尾根筋。



ムワンザ県：準平原と島状丘。



ネノ県：尾根沿いの集中型村落。湧水を取水して村落内に共同水栓を作っていた。



ネノ県：広域で、分散型の村落。



ネノ県：水源が河川取水の場合。Shire 川の取水場所。



ネノ県：道路がないため、ムワンザ県側からしか入れない地域。NGO によって、ハンドポンプ付浅井戸が2年前に作られたが、乾期になると水位が低下して利用できない。



ネノ県：ハンドポンプ付の浅井戸があったが、水位が低下して空井戸になったので、利用していない。



ネノ県：水源が河川。ただし、雨期の場合で、乾期になると水がなくなるために、手掘りで1mほど掘り下げて取水する。



ムワンザ県：湧水地点を掘り下げた手掘り井戸。色は濁っている。



ネノ県：保護施設付の手掘り井戸。湧水地点に設置されている。深さは1mほど。白濁している。



ネノ県：2009年にマラウイ及びモザンビーク国境沿い24村落で43人が熱病で死亡しており、最終的に腸チフスが原因と判断された。これに対してUNICEFで5本の井戸が緊急的に建設されている。



ムワンザ県：尾根沿いの村落。水の出方は、少量であった。



ムワンザ県：ハンドポンプスペアパーツの販売所。ここを含めて、ハードウェアショップ4店で販売が行われていた。



ムワンザ県：エリアメカニックによるハンドポンプの修理状況。



ネノ県：ネノ県庁へ向かう主要道路の降雨後の状況。降雨後、1日経過しても4WD車両が横滑りする。



ムワンザ県：道路が河川で行き止まりとなっているケース。車両は入れない。



2005年 リロングウェ西地区 地下水開発で調達された掘削機。



1997年 ムジンバ西地区給水計画で調達された掘削機。

図表リスト

表 1-1	我が国の技術協力・有償資金協力の実績(水資源分野)	1-2
表 1-2	我が国の無償資金協力実績(水資源分野)	1-2
表 1-3	国家水資源開発計画の援助国・機関	1-3
表 1-4	MASAF事業の概要	1-4
表 2-1	ムワンザ県およびネノ県における水開発局の組織・人員	2-3
表 2-2	灌漑・水資源開発省の予算額	2-4
表 2-3	ムワンザ県およびネノ県の予算額	2-5
表 2-4	ムワンザ県およびネノ県給水関連予算	2-6
表 2-5	主要水源別村落数	2-7
表 2-6	我が国の無償資金協力にて調達した機材の活用状況	2-8
表 2-7	日本の無償資金協力により調達された機材の井戸掘削実績	2-8
表 2-8	各県の開発推進体制	2-10
表 2-9	ムワンザ県とネノ県の人口	2-11
表 2-10	ムワンザ県の医療施設数	2-11
表 2-11	ムワンザ県の疾病状況	2-12
表 2-12	ネノ県の医療施設数	2-12
表 2-13	ネノ県の疾病状況	2-12
表 2-14	ムワンザ県初等教育施設・人員	2-13
表 2-15	ネノ県初等教育施設・人員	2-13
表 2-16	調査対象村落の人口データ	2-13
表 2-17	家計所得と水代支払意思額	2-15
表 2-18	対象地域における既存井戸の分布	2-19
表 2-19	試掘結果の概要	2-30
表 2-20	Amosi段階揚水試験	2-30
表 2-21	電気探査のまとめ	2-32
表 2-22	WHO及びMoIWDの水質ガイドライン	2-34
表 2-23	水質試験結果(最大及び最小値)	2-35
表 2-24	地下水開発の留意点	2-39
表 2-25	掘削業者	2-40
表 3-1	協力対象事業の概要	3-1
表 3-2	プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)	3-2
表 3-3	プロジェクト対象村落数	3-7
表 3-4	プロジェクトによる給水人口の増加	3-10
表 3-5	要請内容と協力内容(案)の比較	3-12
表 3-6	自然条件調査に基づく地域別の深井戸掘削深度と成功率	3-15
表 3-7	工事全体の工事期間	3-19
表 3-8	資機材の調達先	3-24
表 3-9	研修項目とテスト項目	3-33
表 3-10	活動(投入計画、マラウイ側実施含む)	3-34

表 3-1 1	ソフトコンポーネント活動に必要な負担事項.....	3-3 6
表 3-1 2	水開発局運営維持管理費用(ムワンザ県及びネノ県).....	3-3 8
表 3-1 3	CBMプログラム実施に係わる経費(両県).....	3-3 8
表 3-1 4	村落の運営維持管理費.....	3-3 8
図 2-1	MoIWD組織図.....	2-1
図 2-2	対象地域の月別気温及び降雨量(1971年~2005年平均).....	2-1 6
図 2-3	「マ」国の地形特性.....	2-1 7
図 2-4	地形および集水域.....	2-1 7
図 2-5	「マ」国の地質.....	2-1 8
図 2-6	風化岩層模式図.....	2-1 8
図 2-7	既存井戸の分布図(WSSC調査).....	2-2 0
図 2-8	リニアメント判読結果.....	2-2 1
図 2-9	電極配置概念図(referenced from RES2DINV manual).....	2-2 2
図 2-1 0	電気探査測線位置図.....	2-2 3
図 2-1 1	断面による比抵抗のパターン分類.....	2-2 5
図 2-1 2	対象地域の比抵抗構造分布.....	2-2 6
図 2-1 3	(1) 推定地下構造図(A~D).....	2-2 8
図 2-1 4	揚水量と水位低下.....	2-3 1
図 2-1 5	風化層厚分布.....	2-3 3
図 2-1 6	水質調査結果.....	2-3 7
図 2-1 7	対象地域の水理地質構造モデル.....	2-3 8
図 3-1	村落の絞込み、優先分けフロー.....	3-8
図 3-2	プロジェクト対象村落位置図.....	3-9
図 3-3	給水人口の内訳.....	3-1 0
図 3-4	井戸構造図.....	3-1 6
図 3-5	施工のサイクルタイム.....	3-1 9
図 3-6	施工体制.....	3-2 0
図 3-7	業務実施工程.....	3-2 4
図 3-8	運営維持管理体制.....	3-2 8
図 3-9	ソフトコンポーネント活動の実施工程.....	3-3 5

略語一覧

ADC	Area Development Committee	地域開発委員会
AEC	Area Executive Committee	地域執行委員会
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
CBM	Community Based Management	村落主体の給水施設維持管理
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
DCT	District Coordination Team	県調整チーム
DEC	District Executive Committee	県執行委員会
DPD	Director of Planning and Development	計画・開発局長
EU	European Union	欧州連合
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HSA	Health Surveillance Assistant	保健調査員
IDA	International Development Association	国際開発協会（第二世銀）
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MASAF	Malawi Social Action Fund	マラウイ社会活動基金
MoIWD	Ministry of Irrigation and Water Development	灌漑・水資源開発省
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NWDP	National Water Development Project	国家水開発プロジェクト
OJT	On the Job Training	オンザジョブトレーニング
TA	Traditional Authority	伝統的首長又はその治める郡
UNDP	United Nations Development Program	国連開発計画
UNICEF	UN International Children's Emergency Fund	国連児童基金（ユニセフ）
VDC	Village Development Committee	村落開発委員会
VHWC	Village Health Water Committee	村落衛生・水委員会
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WPC	Water Point Committee	給水施設委員会

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

マラウイ国(以下、「マ」国という)は、アフリカ大陸南部に位置する人口1,307万人(2008年)、面積11.8万平方キロメートル(km²)の内陸国である。プロジェクト対象地域であるムワンザ県及びネノ県は「マ」国南部に位置し、2008年センサスによるとムワンザ県の人口は約9万5千人、ネノ県の人口は約10万9千人である。両県では、村落人口が増加したことや集落が分散して配置される等の理由で小河川、湧水、手掘り井戸等が主要な水源として利用されている。社会状況調査の結果では、これらの在来水源を利用している割合はムワンザ県で55%、ネノ県で67%を占めていることが判明した。これらの在来水源はほぼ未処理で飲料水として利用されており、結果として水因性疾病の割合も高く、2009年末にモザンビーク国境沿いで腸チフスが発生して多くの死者を出すなど、水源の安全性は大きな問題となっており、両県の給水サービスの改善は急務とされている。

1-1-2 開発計画

地方給水事業における上位計画は、2005年に策定された「マ」国国家開発計画(2006-2011年)及び国家水政策であり、地方給水及び衛生サービスの促進、村落主導型運営維持管理方式(以下、CBMプログラムという)の促進を方針としている。給水状況改善の目標を、家屋から500m以内で安全な水へアクセスできる人口の割合を2011年までに80%、2015年に85%、2025年までに100%としている。本プロジェクトは、上記目標を受けて、地方給水率の向上に資するプロジェクトの一環として位置づけられる。

1-1-3 社会経済状況

「マ」国の全国人口は1998年の993万人から2008年には1,307万人に増加し、過去10年間の人口増加率は年平均で2.8%であった。また、人口密度は1998年の105人/km²から139人/km²となった。

マラウイ国の経済は、GDPが2009年で総額約US\$50億、5%強の経済成長率を示し、1人当たりのGNIはUS\$280である。第一次産業がGDPに占める割合は約35%であり、次いで第二次産業が約20%、第三次産業が残り約45%を占めている。第一次産業は労働人口の約90%(第二次、第三次で残り10%)、輸出の90%を占めており、経済面では最も重要な産業である。

主要輸出農産物であるタバコ、茶、砂糖等は国際価格の動向に左右されやすく、経済基盤は脆弱である。2005年から2008年までは年率6%以上の実質経済成長率を達成していたが、2008年に発生した世界的な金融危機とその後の世界経済停滞の影響もあり、農産物の国際価格下落の要因等によって経済成長率は低下している。

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

「マ」国灌漑・水資源開発省は、国家開発計画及び国家水政策に基づき、村落給水施設の建設実施を進めているが、「マ」国政府の予算は基本的に経常経費で費やされるため、これら新規事業への投資を実施するために必要な追加的予算を確保できないでいる。

これに対し、日本政府は、これまで5回にわたり、無償資金協力で村落地域にて約1200本の深井戸建設を実施してきた。

現在、「マ」国での安全な水へのアクセス率は75%（2007年MDGレポート）とされているが、2008年の「Joint Sector Review」では、農村部の給水施設のうち約30%は機能しておらず、実際のアクセス率は都市部と農村部でそれぞれ65%、46%であるという報告がなされており、村落部での給水への取り組みが重要となっている。

このような状況を受けて、「マ」国は、ムワンザ県、ネノ県への井戸掘削及びハンドポンプの設置に関する「地下水開発計画」を策定し、日本政府に要請した。

1-3 我が国の援助動向

当該セクターにおけるわが国の支援は表 1-1、に示すとおりで、専門家派遣が2009～2010年に、無償資金協力は1978年より開始され、これまでに件の無償資金協力事業が実施されている。

表 1-1 我が国の技術協力・有償資金協力の実績(水資源分野)

協力内容	実施年度	案件名	概要
専門家派遣	2009～2010	水資源アドバイザー	灌漑・水資源省本省のモニタリング、評価及び計画策定の能力向上を行う。

表 1-2 我が国の無償資金協力実績（水資源分野）

年度	案件名	供与限度額（億円）	概要と金額
1987～1990	地下水開発計画（北カウインガ地区）	9.89	深井戸建設機材の調達及び深井戸建設工事（164本）
1992～1995	ムチンジ地下水開発計画	11.54	深井戸建設機材の調達及び深井戸建設工事（300本）
1997～2000	ムジンバ西地区給水計画	12.75	深井戸建設機材の調達及び深井戸建設工事（300本）
2001～2004	リロングウェ・デッサ地下水開発計画	10.16	深井戸建設機材の調達及び深井戸建設工事（177本）
2005～2008	リロングウェ西地区地下水開発計画	9.88	深井戸建設機材の調達及び深井戸建設工事（296本）

1-4 他ドナーの援助動向

1-4-1 世界銀行

（1）国家水資源開発計画（NWDP:1995～2004）

マラウイにおける水資源開発の総合的セクター・アプローチとして開始されており、主要コンポーネントは、1）都市給水・衛生プロジェクト、2）市場センターに対する地方水道・衛生プ

プロジェクト、3) 水資源管理、4) セクター管理及び都市部水セクター改革、及び5) 村落給水・衛生プロジェクト、である。

都市給水分野ではEU、欧州投資銀行、OPEC基金が、また村落給水分野ではアフリカ開銀、CIDA、UNICEF、JICAなどがNWDPに位置づけられる資金ならびに技術援助を行っている。

現在は第二次国家水資源開発計画（NWDP II:2007～2012/13）としてEIB（欧州投資銀行）、EU、AfDB、UNICEF、JICA、CIDAなど多くのドナーによる支援が含まれている。

表 1-3 国家水資源開発計画の援助国・機関

開発パートナー	予定金額 (百万 US\$)	都市給水	準都市給水	村落給水	水資源管理	プログラム 管理
IDA	50	7	21	2	12	5
オランダ/ UNICEF	30			30		
EU	20	20				
欧州投資銀行	20	20				
アフリカ開銀	25			19		2
CIDA	20			18		2
OPEC 基金	10		10			
UNDP	1					1
Water Aid	6	1		5		
DFID	未定					
JICA	未定					
マラウイ政府	未定					

出典：Second National Water Development Project, Project Appraisal Report, 2007

(2) MASAF

マラウイ社会活動基金（MASAF）は世界銀行（IDA）の借款により、貧困削減を目的として1995年から開始された全国的なコミュニティ開発プロジェクトであり、教育、保健衛生、給水、インフラ整備などを含む総合的な社会資本整備事業である。

第一次MASAF事業（MASAF I：事業費US\$56百万）の給水関連事業では921本の深井戸が建設され、CBM研修も実施された。つづいて1998年度から第二次MASAF事業（MASAF II：US\$66百万）が開始され、給水事業に関連して、水管理委員会メンバーへの研修を通じて、委員会への女性の参加促進が積極的に推進された。

表 1-4 MASAF 事業の概要

フェーズ	事業期間	主な事業内容
MASAF I	1995 - 1998	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社会インフラ整備（教育施設整備、給水・衛生施設整備、都市部・準都市部の下水施設整備） 2. 経済インフラ整備（小規模灌漑、農村道路整備）
MASAF II	1998 - 2003	<ol style="list-style-type: none"> 1. コミュニティ事業（US\$40.36 百万） - 農村部・都市部コミュニティ住民による参加型開発能力の向上を目指す 2. 公共事業（US\$13.28 百万） - 労働集約型の公共事業を通じて住民の雇用確保と所得向上を図る。 3. 能力向上事業（研修、セミナー、研修旅行）
MASAF III	2003 - 2015	<ol style="list-style-type: none"> 1. コミュニティ開発 2. 社会支援活動 3. コミュニティ貯蓄・投資支援 4. 透明性・説明責任の促進 5. 組織開発

出典：Third Malawi Social Action Fund、Appraisal Report, 2004

1-4-2 UNICEF

上記NWDPの一環として The Water, Sanitation and Hygiene Project（略称：WASH プロジェクト）がUNICEFによって全国12県を対象に実施されており、南部地域ではブランタイア県、マンガチ県、ムワンザ県が対象となっている。WASHプロジェクトは、新規及びリハビリテーションによって深井戸による飲料水の供給及び衛生施設の普及を目指したプロジェクトあり、オランダからの融資を基にUNICEFが実施している。（2006年～2015年に対して、総額で29,100千ドル（、オランダ：16,900千ドル、UNICEF：1,200千ドル、「マ」国：11,000ドル）。

2008年度の実績としては、ブランタイア県で28本、マンガチ県で30本、ムワンザ県で6本の深井戸が掘削されている。ムワンザ県で掘削本数が少ない理由としては、急峻な地形が多く、掘削機の故障が多いためと報告されている。また、CBM活動として、深井戸に関わる水管理委員会への研修も実施されており、南部地域ではムワンザ県など4つの県において、合計67委員会に対して研修が行われた。

1-4-3 NGO

NGOによる給水プロジェクトへの支援も行われており、ムワンザ県、ネノ県ではAction Aid、ADRA、Red Crossなどが活動している。1990年代前半はWater Aid、Save the Childrenなどの活動が多く見られたが、1990年代後半からはAction Aidの活動が目立っている。Action Aidは、ハンドポンプ付き深井戸の建設のほか、自然流下式管路給水システムの建設を多くの村落で手がけている。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

(1) マラウイ国の中央-地方の政府体制

マラウイ国の中央政府体制は、灌漑・水資源開発省をはじめとして、21の省から成っている。マラウイ国は北部、中部及び南部の3地域（Region）に分けられており、地域はさらに28県（District）に分けられる。地域レベルには行政組織はなく、各省の地方事務所がある。各県には県議会（District Assembly）があり、政治および行政の二つの機能がある。政治的な機能として、国会議員、県評議員、伝統首長（チーフ）ならびに住民受益者代表からなる協議会があり、行政機関としては県長官（District Commissioner）を筆頭に、県議会事務局（Secretariat）がある。事務局は計画・開発局長の下、各政府機関の担当部局を統括している。

(2) 灌漑・水資源開発省（MoIWD）

マラウイ国における地下水開発事業は、灌漑・水資源開発省（MoIWD）水資源局地下水部が村落給水における地下水開発、需要主導型アプローチ、コミュニティベースの村落給水施設の管理などを推進し、水供給局が村落コミュニティの水供給および水媒介の衛生に係る調整、開発、管理機能を実施する責任を有している。表 2-1 に灌漑・水資源開発省の組織図を示す。

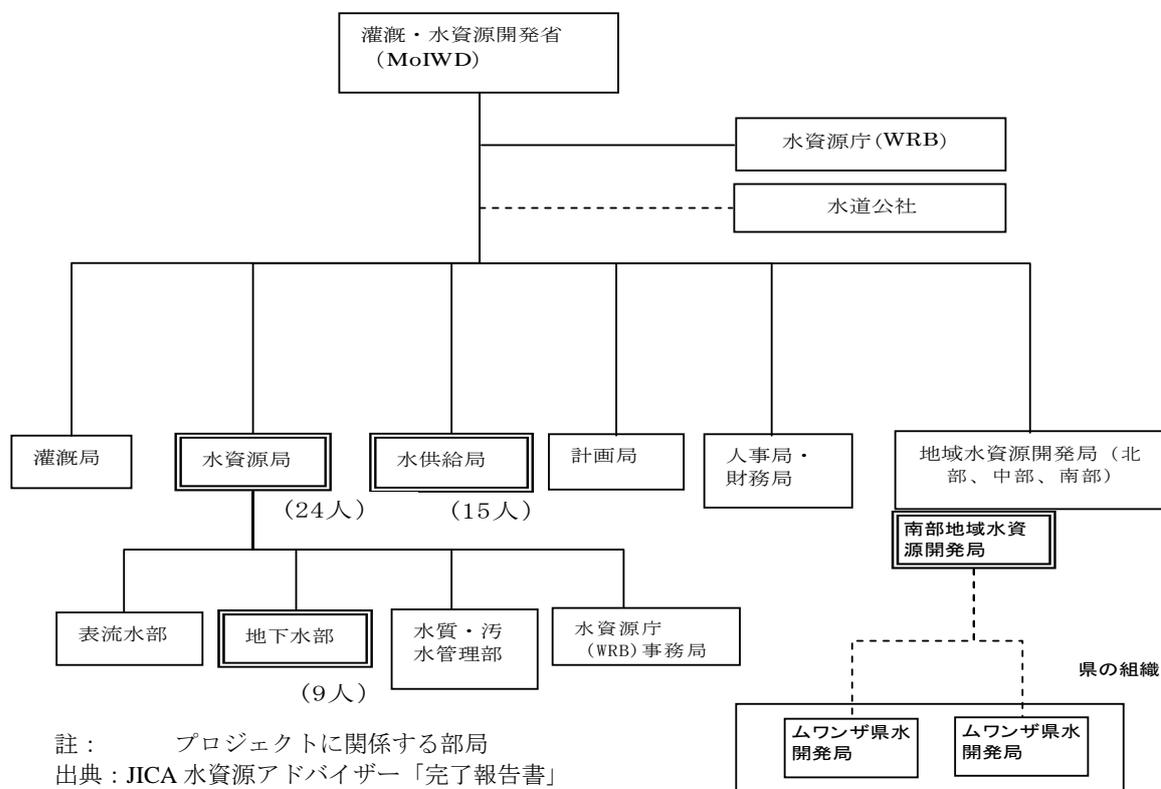


図 2-1 MoIWD 組織図

給水事業の実施主体は地方分権化の流れに沿い、現在は県政府傘下にある県水開発局に委譲されているが、実体としては、財政的には中央政府からの交付金、人材的には灌漑・水資源開発省からの技術者派遣、技術的には地域水資源開発局に依存する状態である。

県水開発局は県政府機関の中で給水衛生部門を担当しており、農村部における県全体の給水衛生に関する調整機関としての役割を果たしている。各県政府の給水衛生活動に対し、主として技術的助言を与える立場にあり、水開発担当官、水管理普及員、深井戸管理普及員などの専門的な知識をもった技術者が数名配属されている。

(3) 南部地域水資源開発局

南部地域水資源開発局はブランタイア市にあり、ムワンザ県、ネノ県、ブランタイア県、ゾンバ県等合計13県における水開発局を監督、管理している。局長、副局長の下に、水文部（職員数5名）、地下水部（同5名）、村落給水部（2名）、水質部（同4名）、CBM管理部（同1名）などがあり、それぞれ専門技術者が配置されている。村落給水部は自然流下式管路給水システムを扱う部門であり、ハンドポンプ付き深井戸の建設については地下水部が担当している。

各県に対する村落給水に関する技術支援としては、県水開発局との定期的な会合（年間4回）が開催されており、各県における給水関連プロジェクトの進捗状況についての報告、および問題点についての協議、助言を行っている。

(4) 県レベルでの実施体制

1998年の地方分権化政策により、深井戸建設を含む社会資本整備は県を中心に計画、実施、維持管理される方針に転換された。県レベルでの開発事業については県長官（District Commissioner）を筆頭に計画・開発局長（DPD）および各分野の担当官から成る県開発委員会（DEC）が設置されており、給水事業に関しては、その下部機関として、給水衛生部門を統括するための県調整小委員会（District Coordination Team）が設置されている。この小委員会の構成メンバーは、灌漑・水資源開発省、保健省、文部省、ジェンダー・児童・地域開発省等の各代表者から成っており、各県の給水・衛生分野における事業の計画、予算措置、調整、契約および管理などに関わっている。

しかしながら、県レベルでのプロジェクト支援体制は、技術力、要員数ともに十分とはいえず、本省ならびに地域水資源開発局からの技術支援が不可欠となっている。また、施設完成後の維持管理についてはCBMプログラムが全国的に展開されており、MoIWD水供給局の指導・監督の下、地域水資源開発局および県水開発局に所属するCBMコーディネーターや水管理普及員（Water Monitoring Assistant: WMA）がCBM活動の普及員として各村落に設置された給水施設の維持管理に関連する指導を行っている。村落レベルでのCBM活動においては、水管理普及員（WMA）、保健衛生普及員（HSA）および地域開発普及員（CDO）による指導、研修により、給水事業にかかわる住民の啓発および教育・訓練が実施されている。

(5) ムワンザ県およびネノ県水開発局

県水開発局は県政府機関の中で給水衛生部門を担当しており、農村部における県全体の給水衛生に関する調整機関としての役割を果たしている。各県政府の給水衛生活動に対し、主として技

術的助言を与える立場にあり、水開発担当官（WDO）、水管理普及員（WMA）、深井戸管理普及員（テクニシャン）などの専門的な知識をもった技術者が数名配属されている。

ムワンザおよびネノ両県における水開発局の組織・人員は表 2-1 の通りであり、両県の全村落への支援を実施するには人員は十分とはいえない。

表 2-1 ムワンザ県およびネノ県における水開発局の組織・人員

	ムワンザ県水開発局	ネノ県水開発局
水開発局長（WDO）	1名	1名
水管理普及員（WMA）	1名	2名
深井戸管理普及員 （Technician）	1名	1名
事務職	1名	0名
倉庫管理担当者	3名	0名
運転手	1名	1名
合計	8名	5名

（6） エリアメカニック（地域担当メカニック）

ハンドポンプなど給水施設の維持管理のため、県内をいくつかの地域に分け、維持管理業務の訓練を受けたエリアメカニックを配置している。ムワンザ県の場合は11地区に11名のエリアメカニックが、また、ネノ県の場合は4地区で合計12名のエリアメカニックが各村落の水管理委員会とのサービス契約にもとづいて、施設の点検、修理サービスを提供している。

このサービスは有料であるため、すべての水管理委員会が契約を締結しているわけではないが、ムワンザ県では全体の62%の委員会がこのサービス契約を締結している。なお、エリアメカニックはボランティアとして活動しており、収入源は各村落の水管理委員会との契約に基づく支払い額（給水施設あたり年間400MK）である。

（7） TA および村落レベルにおける実施体制

県下にはTA（Traditional Authority）という伝統的な地域分けがあり、この地域内の村落の長が集まる非公式な組合がある（2-2-2 対象地域の社会状況で参照）。従来から保健省はTAレベルには保健衛生士（Health Assistant: HA）、村落レベルでは衛生普及員（Health Surveillance Assistant: HSA）を配置して保健衛生サービスを提供しており、村落レベルには村落衛生委員会（Village Health Committee: VHC）が設置されていた。

村落給水事業の実施にあたり、給水施設（ハンドポンプ付き深井戸など）が建設された場合には、これらの施設を維持管理するための住民組織として、既存の村落衛生委員会（VHC）の組織を踏襲し、村落衛生・水管理委員会（Village Health and Water Committee: VHWC）として機能させることになった。また、一つの村落内に複数の給水ポイントがある場合には、それぞれ水管理委員会（Water Point Committee: WPC）を下部組織として設置することになっている。

村落衛生・水管理委員会は多少の例外はあるものの、原則として構成メンバーは10名で、男女5名ずつとなっている。メンバーの中から正・副委員長、書記、会計係、保守・点検係（ケアテーカー）などが任命される。保守・点検係は給水施設の近くに住む住民から選ばれるのが通常である。

る。水管理委員会の構成メンバーも10名で、おもな役割は水料金の徴収と施設の点検・補修である。

2-1-2 財政・予算

(1) 灌漑・水開発省

灌漑・水資源開発省の予算は国家予算の10%~15%を占めている。自前の開発予算 (B.) は非常に少なく、不足分は国際援助 (C.) によって補っている状況である。

表 2-2 灌漑・水資源開発省の予算額

単位：マラウイクワッチャ (MK)

	2008/2009	2009/2010
A. 経常予算		
1. 人件費	229,649,604	273,928,204
2. 経常費	175,000,000	205,925,080
小計	404,649,604	479,853,204
B. 開発予算	693,598,800	838,620,000
C. 国際援助	6,591,182,785	4,480,857,606
合計	7,684,700,705	5,799,330,810

出典：灌漑・水資源開発省財務部

2009年度開発予算のうち国際援助額は4,480百万MKであるが、そのうち、村落給水プロジェクトにかかわる予算額は1,680百万MK (37%) であり、その内訳は、世銀 (IDA) 59百万MK、アフリカ開発銀行1,300百万MK、UNICEF (オランダ資金) 321百万MKとなっている。

(2) ムワンザ県およびネノ県

ムワンザ県の2008年度予算 (承認額) は、歳入が234,823,010 MKであり、そのうち228,453,510 MK (91%) が中央政府からの地方交付金となっている。地方交付金のうち水開発部門の予算は1,257,765 MKであり、交付金全体の0.6%である。歳出は人件費が11,428,026MK (4.9%)、経常費が212,762,180MK (92%)、開発費が11,154,804MK (3.1%) となっている。

一方、ネノ県の2008年度予算は、歳入が102,640,854 MKであり、そのうち96,585,854 MK (91%) が中央政府からの地方交付金となっている。地方交付金のうち水開発部門の予算は1,240,194 MKであり、交付金全体の0.6%である。歳出は人件費が1,433,580 (4.9%)、経常費が86,061,710 (92%)、開発費が10,522,000 (3.1%) となっている。また、ムワンザ、ネノ県ともに、2007年~2009年の歳入は増加傾向である。

表 2-3 ムワンザ県およびネノ県の予算額

単位：マラウイクワッチャ (MK)

	2007/2008 (実施額)	2008/2009 (承認額)	2009/2010 (予算)
A. ムワンザ県			
1. 歳入			
1.1 地方交付金 (うち灌漑・水資源省関連予算)	216,886,029	228,453,510 (1,257,765)	257,237,433
1.2 地方政府歳入	5,589,400	6,369,500	8,361,500
計	222,475,429	234,823,010	265,598,933
2. 歳出			
2.1 人件費	11,270,760	11,428,026	12,543,416
2.2 経常費	199,563,698	212,762,180	248,120,626
2.3 開発費	6,967,887	11,154,804	5,444,891
計	217,802,345	235,345,010	266,108,933
B. ネノ県			
1. 歳入			
1.1 地方交付金 (うち灌漑・水資源省関連予算)	74,461,405	96,585,854 (1,240,194)	144,732,276
1.2 地方政府歳入	5,269,728	6,055,000	7,815,000
計	79,731,133	102,640,854	152,547,276
2. 歳出			
2.1 人件費	2,639,460	1,433,580	5,042,652
2.2 経常費	61,540,364	86,061,710	137,994,288
2.3 開発費	5,665,049	10,522,000	4,000,000
計	74,253,950	102,640,854	152,547,276

出典：ムワンザ県およびネノ県予算書

(3) 県水開発局

県水開発局は県政府の給水衛生部門担当部局として給水事業の実施および維持管理業務に当たっている。ただし、村落給水施設の通常の維持管理業務は国の方針により、各村落の水管理委員会が実施することになっているため、村落に対し、村落レベルでの維持管理業務（定期点検、簡単な補修など）ができるよう指導に当たっている。なお、既存給水施設の重大な故障については、各村落からの要請に応じて普及活動員(WMA、テクニシャンなど)を派遣して修理に当たっている。

県水開発局の予算は人件費のほかに給水施設維持管理費、教育訓練費、国内旅費、公共料金（電気・水道など）、事務用備品、車両維持費、などの諸経費からなっている。詳細は下記の表に示した。

表 2-4 ムワンザ県およびネノ県給水関連予算

単位：マラウイクワッチャ（MK）

県名	予算項目	支出経費	2008/2009	2009/2010	2010/2011
			支出額	承認額	予測
ムワンザ県	給水関連予算	国内旅費	241,600	292,800	315,000
		車両維持管理費	469,789	449,248	424,667
		水道・光熱費	66,250	117,200	115,000
		局備品等	105,300	148,000	93,000
		給水施設維持管理費	226,387	250,000	250,000
		その他諸経費	11,200	95,804	95,804
		給水関連予算計	1,120,526	1,353,052	1,293,471
ネノ県	給水関連予算	1. 既存給水施設の改修 (内訳：深井戸の維持管理、車両維持管理費、事務用品その他)	入手できず	702,000	772,200
		2. 深井戸及び浅井戸の建設及び改修 (内訳：車両維持管理費、事務用品その他)	入手できず	670,222	737,244
		給水関連予算計	入手できず	1,372,222	1,509,444

出典：各県財務部

(4) 村落衛生・水管理委員会（VHWC）および水管理委員会（WPC）

村落衛生・水管理委員会（VHWC）は対象村落のほとんどの村で結成されており、複数の給水源を持つ村落においては、それぞれ水管理委員会（WPC）が設置されている。

ムワンザ県水開発局の記録によれば、水管理委員会が担当エリア・メカニック（11名）と維持管理サービス契約を締結した委員会は238あり、全体の62%に達している。水管理委員会が準備している維持管理費の平均は2,350MKとなっている。

2-1-3 技術水準

本計画の実施機関は、灌漑水資源開発省であり、地下水開発による地方給水事業を担当する水資源局地下水部の職員は、マラウイ大学で地質、地下水または機械工学を修めた技師を中心に運営され、地下水を水源とする地方給水事業の計画、実施について多くの実績を持っている。また、給水局は、住民主体の維持管理体制を進めるCBMコーディネーターとして、海外で参加型開発等の研修を受けた要員を配置し、地域水開発局事務所や県出先事務所に配置された給水事業普及員（水管理官や深井戸テクニシャン）を統括している。

既述のように、深井戸建設を含む社会資本整備は県を中心に計画、実施、維持管理される方針に転換されたが、県レベルでのプロジェクト支援体制は、技術力、要員数ともに十分とはいえず、本省ならびに地域水資源開発局からの技術支援が不可欠となっている。

地域水開発局および県水開発局に所属するCBMコーディネーターや水管理普及員（Water Monitoring Assistant: WMA）がCBM活動の普及員として各村落に設置された給水施設の維持管理に関連する指導を行っているが、CBM活動推進のためには、今後も教育・訓練が必要と考えられる。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 調査対象村落の給水状況

今回の準備調査の対象村落における既存水源（入手源）の種別は次の通りである。

表 2-5 主要水源別村落数

	ムワンザ県（146 村落）		ネノ県（121 村落）	
	村落数	比率	村落数	比率
ハンドポンプ付き深井戸	63	43%	40	33%
在来水源（小河川、湧水、手掘り井戸等）	80	55%	81	67%
自然流下式管路給水システム（共同水栓）	2	1.4%	0	0%
周辺村落からの取水	1	0.6%	0	0%
合計	146	100.0%	121	100.0%

注：ハンドポンプ付き深井戸からの取水量が全体の50%の場合も主要水源として算定した。

上表に示すとおり、伝統的な手掘り井戸や未処理の湧水、河川水、池の水を主な水源とする村落が大部分であり、清潔な水の供給はあまり見られない。ハンドポンプ付き深井戸（ハンドポンプ）のある村はムワンザ県で約77%、ネノ県で約75%であるが、ハンドポンプは必ずしも主要水源となっていない。その主な理由は、多くの住民の家屋がハンドポンプ設置場所から遠いため、ハンドポンプよりも近い距離にある在来の手掘り井戸、小河川などを利用する世帯が多いためである。

また、ムワンザ県では表流水取水による自然流下式管路給水システム（共同水栓）が5村落で設置されているが、主要水源として活用されているのは2村落のみである。例えばKamphirimo村では乾期のみ住民の60%が共同水栓を利用しており、Govati村では住民のわずか1割が共同水栓を利用しているに過ぎない。村落踏査時の住民へのインタビューでは、雨期になると濁りが大きくなる、乾期になると水量が少なくなるか、完全に枯れてしまう事が指摘されていた。

2-1-4-2 灌漑・水資源開発省（MoIWD）の保有機材

（1）現在の保有機材及びその利用・管理状況

灌漑・水資源開発省（MoIWD）には、5組の井戸掘削チーム、1組の井戸仕上げ・揚水試験チーム及び2組のハンドポンプ設置及び上部工建設チームがありそれぞれのチームで必要な機材を保有している。掘削チームは国内各地で井戸掘削を行っており、その進捗状況に合わせて、引き続き井戸仕上げチームやポンプ設置チームが最終的な仕上げを行っている。

以下のとおり、現在、マラウイ政府保有の稼動可能なリグは、日本の無償資金協力で調達されたものである。

表 2-6 我が国の無償資金協力にて調達した機材の活用状況

プロジェクト名	北カウイング地区地下水開発計画	ムチンジ地下水開発計画	ムジンバ西地区給水計画	リロングウェイ・デッサ地下水開発計画	リロングウェイ西地区地下水開発計画
事業実施機関	灌漑・水資源開発省	灌漑・水資源開発省	灌漑・水資源開発省	灌漑・水資源開発省	灌漑・水資源開発省
基本設計調査年	1987	1992	1997	2001	2005
建設期間	1988～1990	1993～1995			
年数	3年間	3年間			
地域	南部	中部	北部	中部	中部
県名	マチンガ	ムチンジ	ムジンバ	リロングウェ、デッサ	リロングウェ
供与金額	9.89億円	11.54億円	12.75億円	10.16億円	9.88億円
井戸の数	255箇所（リハビリを含む）	300箇所	300箇所	177箇所	296箇所
資機材調達	トラック搭載型掘削機×2 トラック搭載型エアコンプレッサー×2、 デハローメント及び揚水試験機材×2、 クレーン付支援車両×2	トラック搭載型掘削機×1 トラック搭載型エアコンプレッサー×1 デハローメント及び揚水試験機材×1	トラック搭載型掘削機×1 トラック搭載型エアコンプレッサー×1 デハローメント及び揚水試験機材×1	トラック搭載型掘削機×1 トラック搭載型エアコンプレッサー×1 デハローメント及び揚水試験機材×1	トラック搭載型掘削機×1 トラック搭載型エアコンプレッサー×1 デハローメント及び揚水試験機材×1 クレーン付支援車両×1
稼働状況	1台は稼働中であるが、もう1台は交通事故により大破し稼働不能。	稼働中	稼働中	稼働中	稼働中

5組の機材により、5チームで全国に井戸を掘削しているが、管理は3ヶ月に1回程度、移動式のワークショップ車で維持管理を行いながら井戸を掘削している。しかし、調達からの経過年数は、4、8、13、17、21年であり、古いものは老朽化が著しく、殆どのスペアパーツ類が不足している。

(2) 井戸掘削実績と維持管理の現状

5チームある井戸掘削班のこれまでの実績は以下のとおりであり、1チーム当たり年間平均約24本（最大：52本/チーム）掘削している。また、年により変動があり平均掘削本数計とは一致しないが、5チーム全体で年間平均約82本（最大：150本/年）の井戸を掘削している。

表 2-7 日本の無償資金協力により調達された機材の井戸掘削実績

年	2005	2006	2007	2008	2009	年平均
ムジンバ西地区：1997年	3	52	27	7	—	23
リロングウェ西地区：2005年	—	47	48	52	27	44
北カウイング地区：1987年	—	41	2	27	11	21
リロングウェ・デッサ地区：2001年	—	10	—	—	3	7
ムチンジ地区：1992年	—	—	—	6	44	25
合計	3	150	77	92	85	82

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 道路

道路は、モザンビーク国境からブランタイアまで通じる東西に走る国道以外は舗装されておらず、多くの村落／集落が位置するのは丘陵地であることから、雨季の対象村落へのアクセス条件は悪化する。

(2) 電気

電気は、両県の県庁所在地及び幹線道路に沿った地域にしか供給されていない。また、慢性的な電力不足から停電が多い。

(3) 水道

水道は両県の県庁所在地では上水道により給水されているが、その他の地域では、ハンドポンプ付の深井戸、在来水源によって賄われている。

(4) 通信

電話回線はムワンザ県、ネノ県の県庁所在地に接続しているのみである。地方部でも携帯電話が利用可能であるが、一部の村落では通信が困難となるため、事業実施のための連絡体制を整備するためには、無線設備が不可欠である。また、緊急時の連絡体制を整備するために衛星電話を常備しておく必要がある。

2-2-2 対象地域の社会状況

(1) 地方行政組織

マラウイ国は北部、中部及び南部の3地域 (Region) に分けられており、地域はさらに28県 (District) に分けられる。地域レベルには行政組織はなく、各省の地方事務所がある。各県には県議会 (District Assembly) があり、政治および行政の二つの機能がある。政治的な機能として、国会議員、県評議員、伝統首長 (チーフ) ならびに住民受益者代表からなる協議会があり、行政機関としては県長官 (District Commissioner) を筆頭に、県議会事務局 (Secretariat) がある。事務局は計画・開発局長の下、各政府機関の担当部局を統括している。

県はTA (Traditional Authority) と呼ばれる伝統的なチーフ (首長) が管理する地区に分けられ、TAはさらにいくつかの集合村落 (Group Village) に分かち、集合村落はいくつかの村落に分かれる。

ムワンザ県は二つのTA (NthacheおよびKanduku) と一つのSub-TA (Govati) から成り、それぞれの伝統首長 (チーフ) が地区を管理している。

また、ネノ県は4つのTA (Symon、Mlauli、Dambe及びChekucheku) から成り、それぞれの伝統首長が地区を管理している。

なお、各県庁所在地はBOMA (British Overseas Military Administration) と呼ばれており、行政機関のほか各種の店舗、マーケットなどがあり、人口も比較的多い。

(2) 県政府の開発推進体制

県内の開発事業を推進する体制としては、県議会の下に県執行委員会 (DEC: District Executive Committee)、地域開発委員会 (ADC: Area Development Committee)、地域執行委員会 (AEC: Area Executive Committee)、村落開発委員会 (VDC: Village Development Committee) がある。

村落給水事業に関する開発推進体制としては、県レベルでは県調整小委員会 (DCT) があり、給水・衛生分野における事業の計画、予算措置、調整、契約および管理を行っている。また、村落レベルでは村落保健衛生・水委員会 (VHWC) が事業実施に必要な物的、人的資源の動員と事業実施中の事業管理 (運営維持管理) を行っている。

これらの機関、委員会の役割は表 2-8 の通りである。

表 2-8 各県の開発推進体制

	開発推進組織	構成員	役割
県レベル	県執行委員会 (DEC)	県行政官（委員長）、計画開発部長、各省部局長、NGO 代表など	各コミュニティのニーズの把握、優先順位付け、提案された事業の審査、事業の予算措置の支援、事業実施への支援、住民組織幹部のトレーニングなど
	県調整小委員会 (DCT)	灌漑・水資源開発省、保健省、ジェンダー・児童・地域開発省等の各代表者	給水・衛生分野における事業の計画、予算措置、調整、契約および管理
TA レベル ムワンザ県 3 個 ネノ県 4 個	地域開発委員会 (ADC)	TA 内の各村長、女性グループ・青年団等の代表者、国会議員、聖職者代表	各 VDC における住民のニーズの把握、優先順位付け、内容の確認を手助けし、それを DEC に提示すること
	地域執行委員会 (AEC)	各分野の普及員、各 VDC から選出された普及員、NGO 代表、その他	ADC と VDC に対する技術的助言
村落レベル ムワンザ県 51 個 ネノ県 103 個	村落開発委員会 (VDC)	集合村落長 各村落の村長	各コミュニティのニーズの把握、優先順位付け、事業費の外部機関への申請、村落負担による自助努力事業の推進、村落内の事業の管理・モニタリング・評価
	村落保健衛生・水管理委員会 (VHWC)	コミュニティが選定したメンバー	事業実施に必要な物的、人的資源の動員と事業実施中の事業管理（運営維持管理）

(3) 県の社会経済指標

a) 人口動態

マラウイ国における人口センサスは1998年と2008年に実施された。この間、ムワンザ県の人口は63,220人から94,476人へと増大し、ネノ県は同じく74,678人から108,897人に増加した。過去10年間の年間平均増加率はそれぞれ4.1%、3.8%となる（表 2-9 参照）。これは、全国平均の2.8%に比べると高い割合となっている。なお、ネノ県は2002年にムワンザ県から分離独立したため、1998年国勢調査時点ではムワンザ県に含まれていた。

表 2-9 ムワンザ県とネノ県の人口

県・TA	1998年センサス人口	2008年センサス人口	年間平均人口増加率
ムワンザ県			
TA Kanduku	23,735	35,816	4.2%
TA Nthache /1	31,296	44,109	3.5%
Boma (都市部)	8,189	14,551	5.9%
計	63,220	94,476	4.1%
ネノ県 /2			
TA Dambe	19,262	25,334	2.8%
TA Mlauli	17,153	24,671	3.7%
TA Symon	25,130	39,315	4.6%
TA Chekucheku	13,133	17,909	3.2%
Boma (都市部)	0	1,668	
計	74,678	108,897	3.8%

出典：国勢調査データ

注 /1 Sub-TA Govati の人口は TA Nthache に含まれる。

/2 ネノ県は 2002 年にムワンザ県から分離したため、1998 年センサス時はムワンザ県に含まれていた。よって、1998 年の BOMA は 0 人となっている。

b) 経済概況

ムワンザ県とネノ県の産業は農業が中心であり、人口のおよそ90%が農業関連の経済活動に従事している。その他の産業としては、水産養殖業、商業、小規模工業（製粉所、木材加工等）などがある。生産されている主な食用作物はメイズ（主食）、キャッサバ、豆類、ソルガム、サツマイモなどである。また、換金作物は南京豆、葉タバコ、綿などである。このほか両県ではみかん、マンゴ、アボガド、オレンジなどのかんきつ類を中心とした工芸作物が多く生産されている。とくにムワンザ県ではみかんの栽培が盛んであり、65万本のみかん樹が植えられている。

c) 保健医療

ムワンザ県の医療施設は病院、保健所（HC）、乳幼児クリニック、ヘルスポスト および診療所がある。各県の施設数は表 2-10 の通りである。（私立の診療所以外は公立の機関である）

ムワンザ県における主な水因性疾患の患者数および疾患別割合を、表 2-11 に示す。主な疾病はマラリア、呼吸器系疾患、下痢症、赤痢、眼病などであり、なかでも、マラリアは年々増加傾向である。また、2009年にはコレラの患者も200名強あり、これら疾患の主な原因は、不衛生な飲料水によるものと考えられる。

表 2-10 ムワンザ県の医療施設数

TA	病院	保健所 (HC)	診療所 (私立)	クリニック	Health Post
Kanduku	1	2	9	17	37
Nthache	0	0	32	5	21
Govati (Sub-TA)	0	1	0	0	0
計	1	3	41	22	58

出典：ムワンザ県社会経済プロフィール 2007

表 2-1 1 ムワンザ県の疾病状況

	2007年患者数		2008年患者数		2009年患者数	
	患者数	割合	患者数	割合	患者数	割合
下痢症	4,289	2.8%	2,241	1.3%	1,692	1.3%
下痢症（出血伴う）	n.a.	0.0%	853	0.5%	828	0.6%
マラリア	115,233	76.4%	124,489	74.7%	103,778	81.0%
呼吸器系疾患	12,550	8.3%	14,728	8.8%	10,578	8.3%
住血吸虫症	1,768	1.2%	1,000	0.6%	602	0.5%
眼病	5,680	3.8%	7,150	4.3%	4,208	3.3%
赤痢	2,392	1.6%	2,520	1.5%	904	0.7%
皮膚病	8,916	5.9%	13,563	8.1%	5,480	4.3%

出典：ムワンザ県保健衛生局

ネノ県の医療施設は病院、保健所（HC）、乳幼児クリニック、Health Post および診療所である。各県の施設数は次表の通りである。

また主な疾病はマラリア、下痢症、呼吸器系疾患などである。下痢症患者は特にLisungwi 保健所管轄地域（TA Symon）に多くみられる。下痢症患者が多い主な原因は不衛生な飲料水によるものと考えられており、Lisungwi地区は河川水を多く利用している関係で特に患者数が多いと思われる。

表 2-1 2 ネノ県の医療施設数

TA	病院	保健所（HC）	診療所（私立）	クリニック	Health Post
Dambe	1	2	n.a.	12	10
Kuchekuche	0	1	n.a.	3	5
Mlauli	0	2	n.a.	14	15
Symon	0	4	n.a.	20	24
計	1	9	n.a.	49	54

出典：ネノ県保健衛生局 註：n.a. = データ不明

表 2-1 3 ネノ県の疾病状況

	2007年		2008年		2009年	
	患者数	割合	患者数	割合	患者数	割合
下痢症	2,148	3.1%	2,842	3.2%	3,491	2.9%
下痢症（出血伴う）	1,599	2.3%	1,347	1.5%	1,904	1.6%
マラリア	62,759	89.7%	79,856	90.7%	112,396	92.5%
呼吸器系疾患 （肺炎等）	2,725	3.9%	3,316	3.8%	3,123	2.6%
住血吸虫症	770	1.1%	682	0.8%	619	0.5%

出典：ネノ県保健衛生局

d) 教育

ムワンザ県の村落数146に対し、小学校の数は43校であり、およそ3村落毎に1小学校の割合である。教師の数は259名であり、1校当たり平均6名となる。机や椅子が不足している学校が大部分であり、施設の改善が必要である。TA別の初等教育施設・人員の概要は次の通りである。

また、ネノ県の村落数121に対し、小学校の数は68校であるが、学校の配置にはばらつきがある。TA Dambeでは3村落に1校の割合であるが、TA Symonでは1村落に1校の割合である。教師の数は356名であり、1校当たり平均5名である。机や椅子が不足している学校が大部分であり、施設の改善が必要である。県別の初等教育施設・人員の概要は次の通りである。

表 2-1 4 ムワンザ県初等教育施設・人員

TA/Sub-TA	村落数	小学校数	教師数	生徒数	教室数
Nthache	46	13	n.a.	n.a.	81
Govati	40	7	n.a.	n.a.	42
Kanduku	60	23	n.a.	n.a.	108
合計	146	43	259	n.a.	231

出典：ムワンザ県教育局

表 2-1 5 ネノ県初等教育施設・人員

TA	村落数	小学校数	教師数	生徒数
Dambe	46	15	n.a.	5,320
Kuchekuche	26	11	n.a.	4,803
Mlauli	23	15	n.a.	6,310
Symon	26	27	n.a.	11,187
合計	121	68	356	27,620

出典：ネノ県教育局 註：n.a. = データ不明

(4) 調査対象村落の社会経済指標

1) 村落人口

マラウイ国政府からの要請村落リストに基づいて、社会条件調査を実施し、各村落の代表者から人口、世帯数などについての聞き取り調査を実施した。大部分の村落については聞き取り調査の数字を採用したが、一部人口、世帯数が不明な村落については各県保健衛生局の村落人口データを採用した。調査対象村落のTA別人口データは次表の通りである。

表 2-1 6 調査対象村落の人口データ

県	TA/Sub-TA	対象村落数	対象サイト数	村落人口	世帯数	一村落当たり平均人口
ムワンザ	Nthache	46	47	33,527	7,672	729
	Govati	40	46	17,738	3,908	443
	Kanduku	60	80	44,025	9,952	734
	小計	146	173	95,290	21,532	653
ネノ	Checkucheku	26	40	20,071	5,052	772
	Dambe	46	90	31,358	6,247	682
	Mlauli	23	45	20,214	4,641	879
	Symon	26	59	25,901	5,284	996
	小計	121	234	97,544	21,224	806
合計		267	407	192,834	42,756	722

出典：社会条件調査 2010 年 5 月

2) 経済概況

対象村落における経済活動は農業（作物生産）が中心であり、人口の90%が農産関連の経済活動に従事している。この他の産業としては、水産養殖業、商業、建設業および小規模工業がある。生産されている主な食用作物はメイズ（主食）、キャッサバ、ミレット、ソルガムなどであり、換金作物は葉タバコ、綿、じゃがいも、南京豆などである。

3) 社会インフラ

農村地域における医療施設としては県内の数カ所に保健所（HC）があり、数カ村に1箇所の割合で診療所（ヘルスポスト）が配置されている。医療施設のない村の場合は近隣の施設を利用することになる。また、教育施設については、およそ3村落に1か所の割合で小学校がある。いくつかの村落では小学校の校庭にハンドポンプ付深井戸が設置され、近隣の住民も利用している。

4) 水の運搬および保管方法

水を運ぶ容器は大部分が容量20ℓのバケツ（プラスチック製ないしポリ容器）であるが、10～15ℓ程度の容器も一部使用されている。水の運搬は大部分が頭上に乗せて運ぶ方法であるが、自転車による運搬も行われている。水を運搬する役割はほとんどの場合女性（女子児童含む）が担っているが、自転車による運搬では男性の割合が多い。各家庭での水保管は多くの場合は容量50ℓ程度の水がめとプラスチック製のバケツないしポリ容器を使用している。

水の平均運搬距離は水源によっても異なるが、ハンドポンプの場合はいずれも500mを超えており、比較的近いのはネノ県のTA Dambe（約520m）であり、ムワンザ県のTA Kandukuでは平均で1.2kmとなっており、ケニア国の目標値500mよりも低い水準にある。

5) 水使用量

一人当たり水の使用量は水源の種類や水源までの距離によって異なるが、水源までの距離が遠距離（片道2km以上）の場合は10ℓ程度となる。また、手掘り井戸などの水源が豊富で小河川なども併用できる村では30ℓを超えるところもある。対象村落の平均水使用量は一人当たり約23ℓ（TA Symon）ないし30ℓ（TA Kanduku）となっている。

6) 家計所得と水料金支払意思額

ムワンザ県の対象村落における平均家計所得（農業収入ほか）の平均はいずれも月額で2,000MKを超えており、STA Govatiで平均2,366MK、TA Ntacheで平均2,739MK、TA Kandukuで4,368MKである。ネノ県ではTA Mlauliの平均が1,939MK、TA Chekuchekuが2,618MK、TA Symonが2,598MK、TA Dambeが4,138MKとなっている。家計所得に占める水代の支出可能比率を4%と仮定した場合、一ヶ月の水代支払可能額は78MKないし175MKとなる。

一方、水代の支払い意思額について聞き取りをした結果は、いずれのTAにおいても月額51MK（TA Kanduku）から64MK（TA Dambe）の間であった。この金額はあくまでも平均であり、月額50MK以下の支払意思額を示した村落も入っているが、その比率は小さい（約15%）。従ってハンドポンプの設置を希望する村落においてはほとんどの村落において、月額50～60MK程度の負担を考えていることが判明した。この金額は家計所得から見ても妥当な数字であると考えられる。

表 2-17 家計所得と水代支払意思額

単位：MK/月額

県	TA/STA	家計所得	水代支払可能額	支払意思額
ムワンザ	Govati	2,366	95	49
	Nthache	2,739	110	59
	Kanduku	4,368	175	51
ネノ	Dambe	4,138	166	64
	Chekucheku	2,618	105	62
	Mlauli	1,939	78	64
	Symon	2,598	104	63

出典：社会条件調査（2010年5月）

註：水代支払可能額は所得の4%と仮定した。

7) 衛生状況

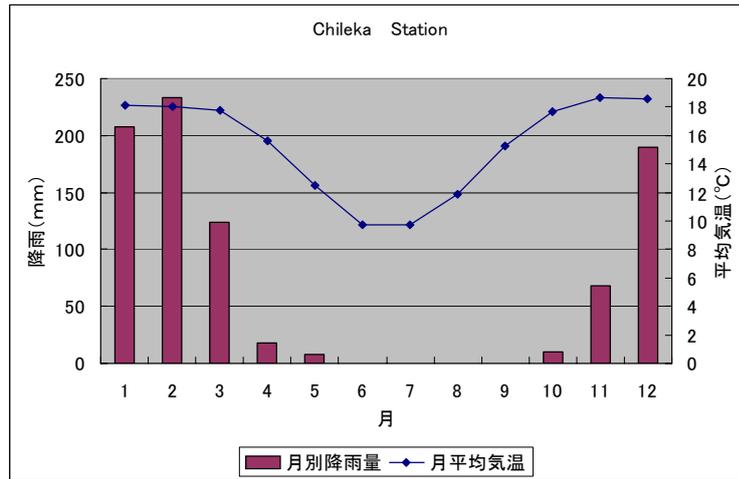
住民からの聞き取り調査では、最も疾病率の高いのはマラリアであるが、次いで下痢、赤痢、チフス、コレラなど水因性疾病にかかっている人の割合が比較的に高い（村落平均で30%前後）。病気になった場合に行く治療機関について聞いたところ、住民の多くは病気の場合には保健所（Health Center）または公立病院に行くケースが多い。

治療費の平均は一世帯当たり、月額で75MK（STA Govati）から135MK（TA Symon）の間であり、平均でおよそ100MKである。

2-2-3 対象地域の自然条件

2-2-3-1 気象、水文

「マ」国は、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、山地等一部の急峻地を除くほぼ全域が耕作可能地となり、自然条件に恵まれている。計画対象地域では、Mwanzaの南に位置するChileka観測所の降雨および気温は図2-2に示す通りである。



出典：マラウイ気象庁

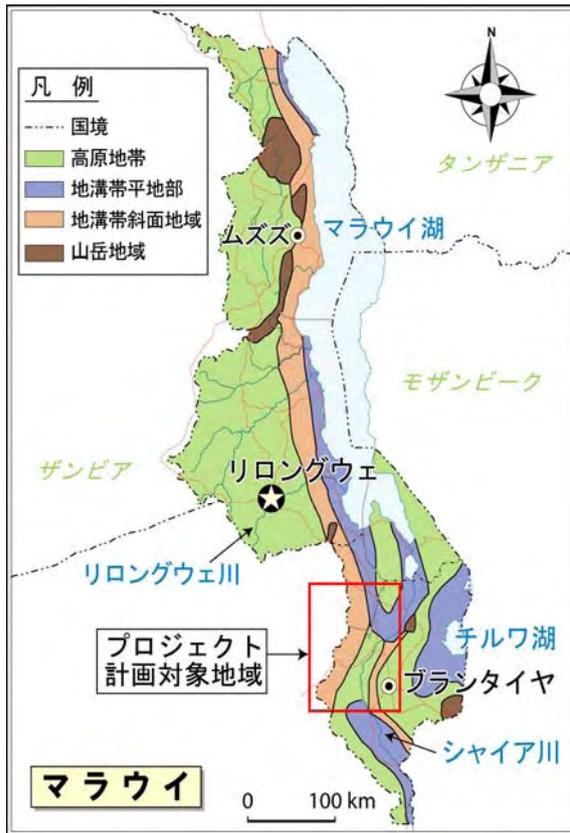
図 2-2 対象地域の月別気温及び降雨量 (1971 年～2005 年平均)

次頁の図 2-4 に示すとおり対象地域には、4本の主要な河川、Mwanza川、Mkurumadzi川、Lisungwe川、およびShire川が北から南方に流れており、それらの河川の間には南北系の山地が連なり分水嶺を形成している。そして地形から対象地域は4つの集水域に分けることができる。(図 2-4 参照)

2-2-3-2 地形

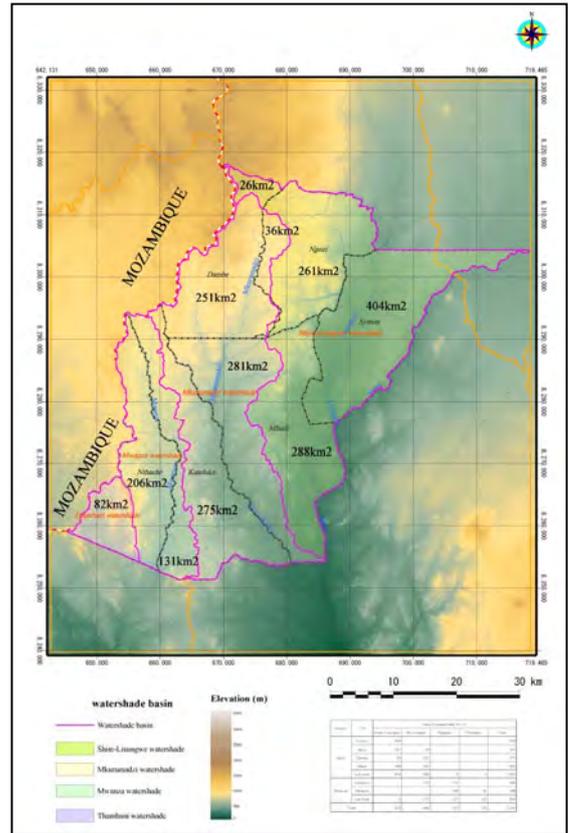
「マ」国はアフリカ大陸南東部に位置し、図 2-3 に示す通り南北に長い内陸国である。東部にはアフリカ地溝帯が南北に走り、それに沿ってマラウイ湖が形成されている。国土面積は118千km²で、約20%をマラウイ湖 (23千km²) が占めている。「マ」国はその地形特性から、「地溝帯平地 (Rift Valley Plain)」、「地溝帯斜面 (Rift Valley Escarpment)」、「高原地域 (Plateau Area)」、「山岳地帯 (Highland Area)」の4地域に分けられる。「マ」国の地形で特徴的なのは、度重なる造山運動による構造的変形と熱帯地域の諸条件下における長期にわたる風化作用によって形成された準平原 (peneplain) と島状丘 (inselberg hill) である。

対象地域は、西部の「地溝帯斜面 (Rift Valley Escarpment)」、東部の「地溝帯平地 (Rift Valley Plain)」と「高原地域 (Plateau Area)」に属し、西部は起伏の激しい山岳地形で、東部は緩やかな平坦地形である。標高は、北西端で約1,500m、南東端で約400mあり、その標高差は1,000m以上と大きい。



出典：P.J.Chilton,
「マ」国地溝帯斜面地域の地下水

図 2-3 「マ」国の地形特性



出展：調査団作成

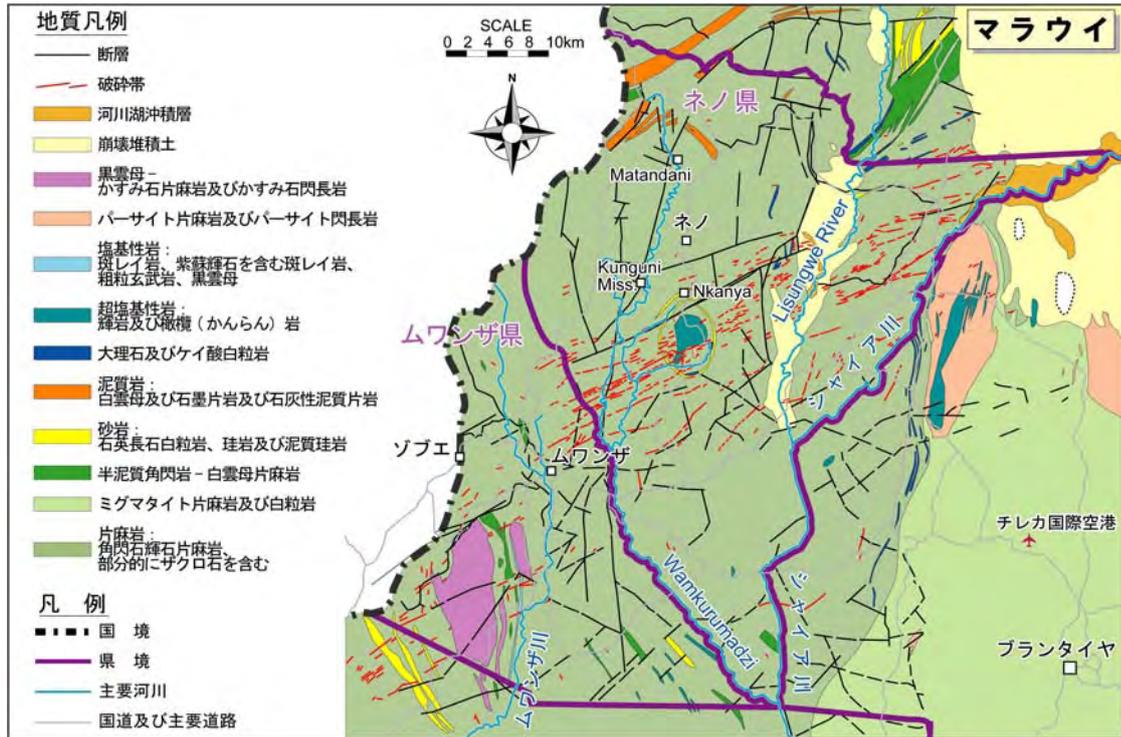
図 2-4 地形および集水域

対象地の北西部は、標高は1,200m～1,500m程度あり、尾根は狭く、その両側の谷は深く、急峻地形をなす。村落は主に尾根部に分布し、その周囲の山々では耕作地や草原が広がり、谷間には樹木が密生する。中央部は、標高600m～1,000mに位置し、地形は比較的緩やかな起伏をなす。

村落は緩やかな尾根部に分布し、周辺には耕作地や樹木が広がる。南西部は、標高は500m～600m程度であるが、その地形は非常に起伏に富んでいる。山は森林に覆われ、比較的植生が多い。南東部は、標高500m～600m程度であり、起伏は極めて緩やかで、谷も浅い。村落は平地に分布し、耕作地が多いが、樹木は少ない。東部の標高は400m～450mと平坦な地形であり、村落は平地に分布する。

2-2-3-3 地質

「マ」国の地質の大部分は、先カンブリア紀から古生代初期のモザンビーク帯に属しており、広域変成作用でできた片麻岩、片岩などの変成岩類と、これらに貫入する同時代の花崗岩、斑レイ岩の深成岩から成っている。モザンビーク帯は度重なる造山運動により、構造的な変形を受けている。構造体は北西—南東が卓越し、南北及び東西方向がこれに次いでいる。さらに新生代になって活動を開始した断層運動によって、「マ」国を縦断する地溝帯が形成され、この活動に伴い地溝帯の周辺は破碎され、数多くの断層破碎帯が形成されている。対象地北部を南北に流れる Lisungwe川沿いは崩壊堆積土に、北東端部のShire川沿いは河川湖沖積層にそれぞれ覆われている。

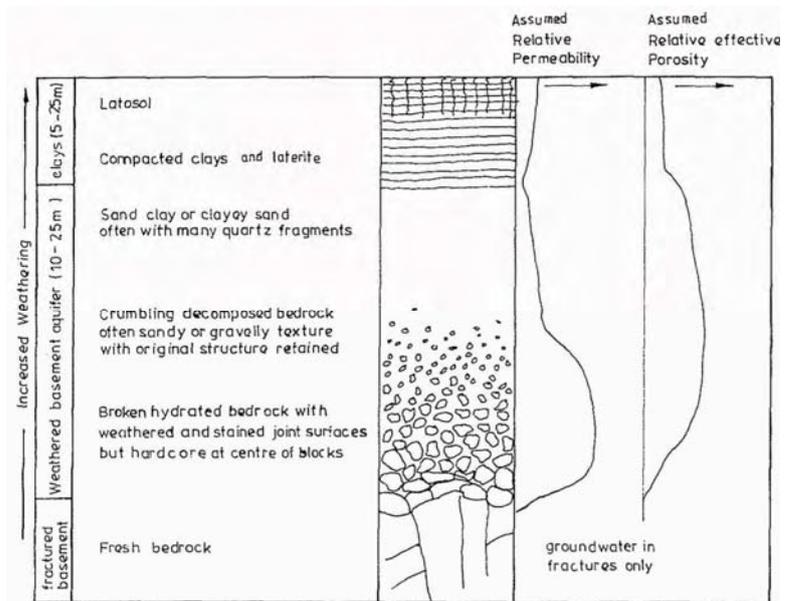


出典：「マ」国地質調査所

図 2-5 「マ」国の地質

2-2-3-4 水理地質

対象地域の地表面は、基盤岩が長期にわたってその場で風化して作り出された土砂や砂礫などに覆われている。風化の程度は深くなるに従って弱くなり、深部では未風化の新鮮岩を維持している。風化範囲は母岩の種類や成分によるが、次図に示すように、表層部は風化が進行してラテライト土壌化しているが、その深部は風化の程度が弱いため砂礫状となっており、良好な透水層を形成していると考えられる（P. J. Chilton, 「マ」国地溝帯斜面地域の地下水）。



出典：P.J.Chilton, 「マ」国地溝帯斜面地域の地下水

図 2-6 風化岩層模式図

ここで、風化層の厚さは15m～30m程度であるが、断層破砕帯あるいは亀裂のある場所では風化はさらに深く進むため、その厚さは大きくなると予想される。

また、風化帯は島状丘の基盤岩露出面方向へ薄くなっている。対象地域における風化層は、層厚は薄い但し広範囲に連続して広がっており、有望な帯水層を形成していると考えられる。

また、対象地域では、断層運動によって発生した多くの断層が存在し、それらは破砕帯を伴っていると予想される。破砕帯は空隙が多く透水性が良いため、地下水が周囲から流入することにより、地表面は浸食されやすい傾向となる。

このため、破砕帯は周囲よりは低くなり、地形的にくぼ地になっていると考えられる。よって、井戸位置を選点する場合の指標のひとつとしてこのくぼ地が有望となり、そして、くぼ地を形成する破砕帯を抽出する手段として衛星画像を利用したリニアメント解析が有効である。

以上の風化層に加え、Lisungwe川沿いの崩壊堆積土、北東端部のShire川沿いの河川湖沖積層も帯水層を形成していると考えられる。よって、対象地域において地質的には風化層、崩壊堆積土、河川湖沖積層、および破砕帯が地下水開発の対象となる。

2-2-3-5 既存井戸の分布

対象地域の既存井戸について、「マ」国水供給衛生協調会議（WSSC）が2006年に実施した給水施設マッピング調査結果を表 2-18に示す。

表 2-18 対象地域における既存井戸の分布

県	T/A	井戸本数	井戸稼働本数
ムワンザ県	Kanduku	197	166
	Nthache	308	240
ネノ県	Dambe	47	35
	Mlauli	168	126
	Chekucheku	103	62
	Symon	280	204

また、図 2-7にWSSCで調査された当時の井戸の分布図を示す（WSSC資料より、この井戸の数に浅井戸、何らかの原因で稼働停止あるいは不能の深井戸等が約25%含まれている）。

この結果、深井戸は主要な道路沿いにある村落を中心に、対象地域全体で約800本開発されている。これらの井戸は建設後に20年を経過した井戸が約25%含まれており、井戸のリハビリテーションやポンプの更新が行われていない場合、使用されていない可能性も高い。

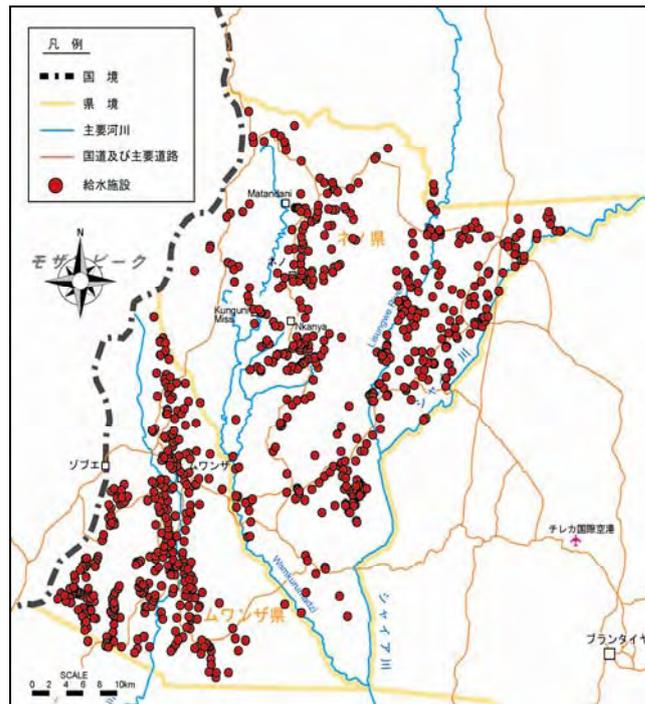


図 2-7 既存井戸の分布図 (WSSC 調査)

2-2-3-6 対象地域のリニアメント

リニアメントとは、画像上において明瞭に識別される線状特徴のうち、断層活動に起因する断裂の地表軌跡や地下の断裂を反映した直線・曲線であり、リニアメント解析によって対象地域における断裂の分布状況が推定される。

現地調査に先立ち、断層などを反映したリニアメントの判読作業を実施した。判読に用いた衛星画像はASTERおよびAVNIR-2であり、それぞれの分解能は15mおよび10mである。現地の地質図(1/250,000地質図ZOMBA)によれば、対象地域は片麻岩を主体とする基盤岩が露出し、風化による未固結堆積層が薄く分布している。判読結果を図 2-8 に示す。

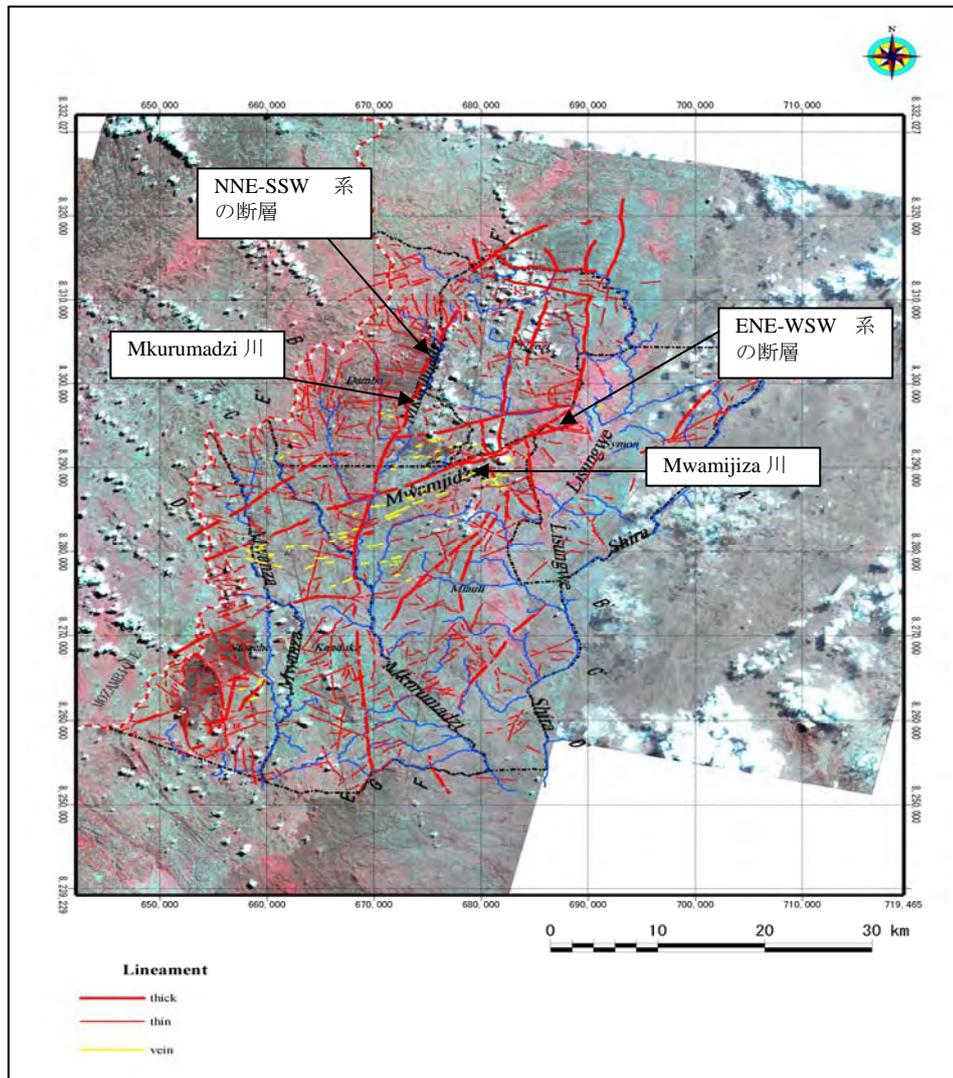


図 2-8 リニアメント判読結果

対象地域では、NNE-SSW系およびENE-WSW系の2系統の断層が顕著にみられる。NNE-SSW系の断層はMkurumadzi川沿い、ENE-WSW系の断層はMwamijidza川沿いに発達するものが最も顕著であり、加えてこれら断層に関連した小規模な断層および裂罅が多数確認できる。また、中央付近ではENE-WSW方向の断層に規制されるように同じ走向で特徴的な岩脈が多数発達している。

これら岩脈については活動時期などが不明であり、判読された断層や裂罅系との因果関係については確認できないが、その分布状況から断層運動と密接な関係がある（裂罅充填物）と考えられる。今回は裂罅水タイプを対象として、判読されたリニアメントに地形・地質情報を加え、主として以下の点を考慮して、物理探査対象地点を選定した。

- ① 断層・裂罅構造の有無
- ② 断層・裂罅構造が谷地形もしくは窪地に位置しているか
- ③ 断層・裂罅構造がありさらにそれが顕著に確認できるか
- ④ NNE-SSW および ENE-WSW 走向の2種類の断層・裂罅構造が会合しているか

2-2-3-7 物理探査

(1) 調査概要

本物理探査は、当該地域における地下水ポテンシャル把握のため、水理地質データの不明な箇所を重点的に選択して実施した。探査手法は、地下水の賦存形態が裂隙水であることを考慮し、従来地下水調査に多用される垂直電気探査ではなく、図2-9に示す高密度電気探査とした。

図2-10に、電気探査の側線位置を示す。

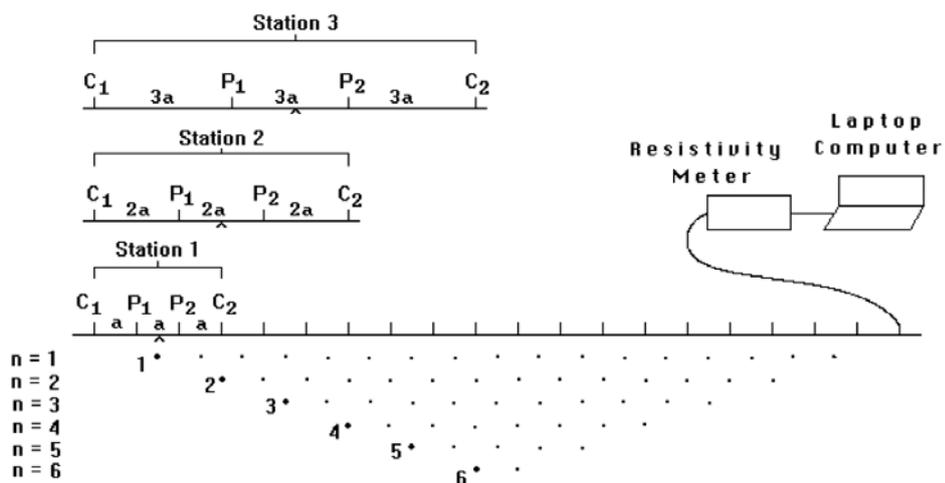


図 2-9 電極配置概念図 (referenced from RES2DINV manual)

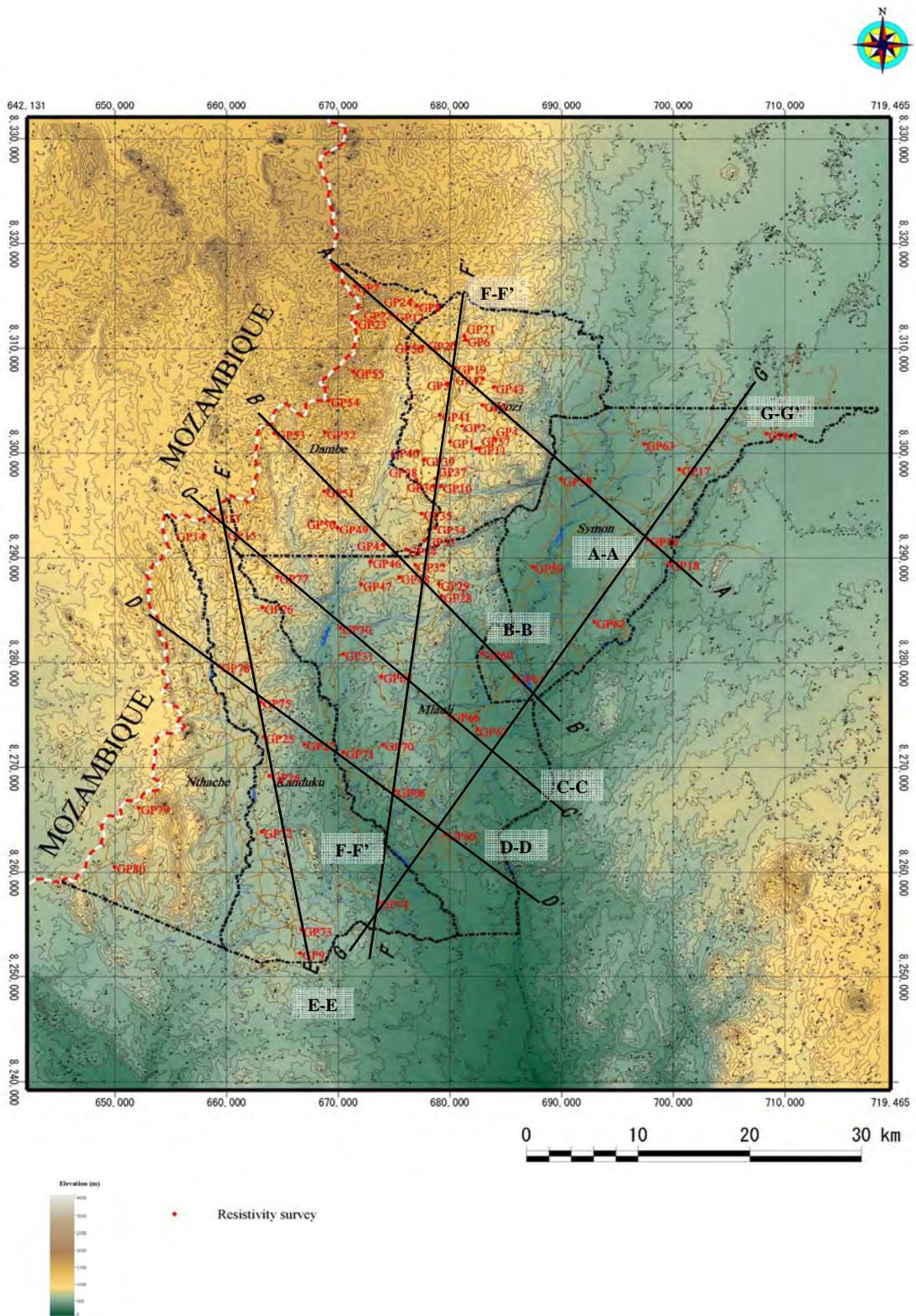


図 2-10 電気探査測線位置図

(2) 解析結果

解析は、測定データに地形データを加えた解析用データを作成し、RES2DINVによる2次元解析を実施した。全測線の解析結果については、測線位置情報、インデックスマップ、詳細位置図、現場写真を加えて付帯資料とした。

全測線の比抵抗断面を測線位置周辺に並べた分布図を図 2-11 に示す。比抵抗断面では、比抵抗の大きさにより赤系がおおよそ $1,000 \Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗を示し、青系がおおよそ $100 \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示している。ここで、便宜上、比抵抗値の大きさによって、 $1,000 \Omega \cdot m$ 以上を高比抵抗、 $100 \sim 1,000 \Omega \cdot m$ を中比抵抗、 $100 \Omega \cdot m$ 以下を低比抵抗と呼称する。

各断面の比抵抗構造は地表付近から深部までの比抵抗の分布状況から、以下のように5つのパターンに分類される。

i) 高一高の2層構造：調査地西部、モザンビークとの国境沿いの標高 $1,000m$ 以上の山岳地に分布する。これは、基盤岩新鮮部を透水性の悪い風化層（ラテライト）が覆っていると予想される。

ii) 高－中（低）－高の3層構造：調査地北西端部を中心に分布する。これは、基盤岩新鮮部を風化層が覆っているが、それらの中間層に透水性の良い弱風化層を挟んでいると予想される。

iii) 中（低）－高の2層構造：比抵抗断面のほとんどがこのパターンを形成しており、基盤岩新鮮部を透水性の良い風化層が覆っていると予想され、地下水の賦存状況により低比抵抗化が進むと予想される。

iv) 中（低）－中（低）の2層構造：調査東部を南北に流れるLisungwe川沿いに分布しており、基盤岩を透水性の良い風化層が厚く覆っていると予想される。

vi) 断層破砕帯や伏在する破砕帯を含む：以上の4つの大まかな比抵抗構造パターンに加えて、低（中）比抵抗帯が深度方向に発達する断面が局所的に分布するもので、それらはリニアメント解析によって予想された断層破砕帯や伏在する破砕帯が反映したものと考えられる。

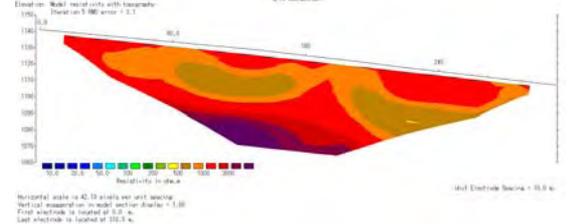
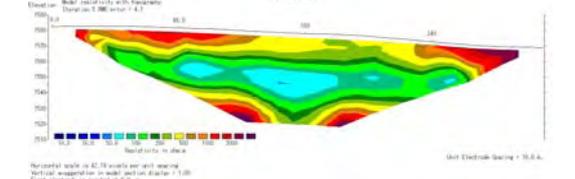
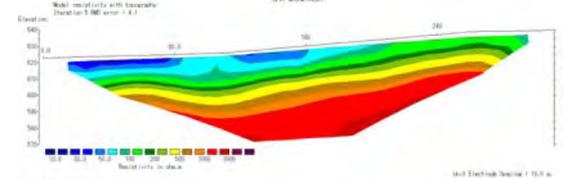
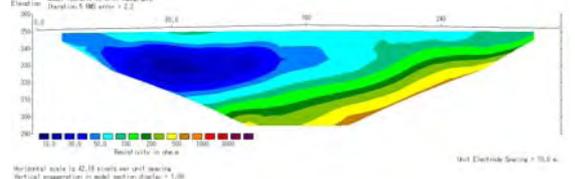
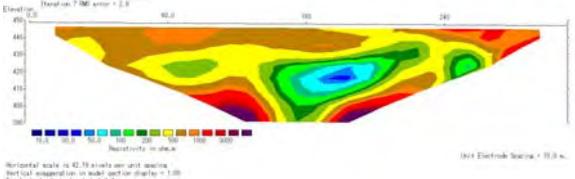
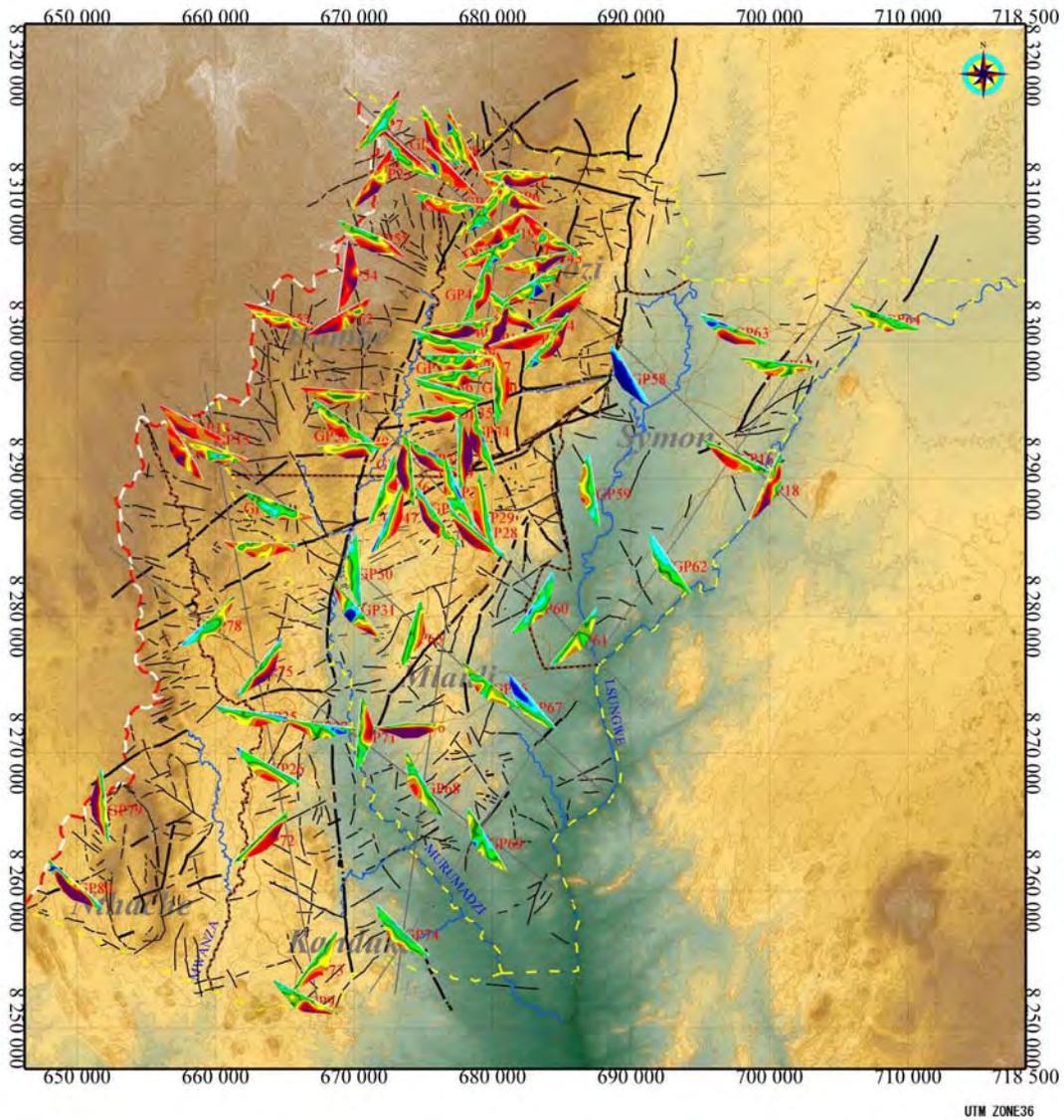
パターン	代表例	分布と特徴
高一高	 <p>Model resistivity with topography Elevation 5.000 error = 2.2 Horizontal scale is 42.75 units per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.00 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 375.0 m. Net Electrode Spacing = 150.0 m</p>	<p>モザンビークとの国境沿いの標高1,000m以上の山岳地に分布する。これは、基盤岩新鮮部を透水性の悪い風化層（ラテライト）が覆っていると予想される。</p>
高一中（低）	 <p>Model resistivity with topography Elevation 5.000 error = 4.2 Horizontal scale is 42.75 units per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.00 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 375.0 m. Net Electrode Spacing = 150.0 m</p>	<p>調査地北西端部を中心に分布する。これは、基盤岩新鮮部を風化層が覆っているが、それらの中間層に透水性の良い弱風化層を挟んでいると予想される。</p>
中（低） — 高	 <p>Model resistivity with topography Elevation 5.000 error = 4.2 Horizontal scale is 42.75 units per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.00 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 375.0 m. Net Electrode Spacing = 150.0 m</p>	<p>比抵抗断面のほとんどがこのパターンを形成しており、基盤岩新鮮部を透水性の良い風化層が覆っていると予想され、地下水の賦存状況により低比抵抗化が進むと予想される。</p>
中（低） — 中（低）	 <p>Model resistivity with topography Elevation 5.000 error = 2.2 Horizontal scale is 42.75 units per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.00 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 375.0 m. Net Electrode Spacing = 150.0 m</p>	<p>調査東部を南北に流れる Lisungwe 川沿いに分布しており、基盤岩を透水性の良い風化層が厚く覆っていると予想される。</p>
高一中（低） + 破碎帯	 <p>Model resistivity with topography Elevation 7.000 error = 2.8 Horizontal scale is 42.75 units per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.00 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 375.0 m. Net Electrode Spacing = 150.0 m</p>	<p>断層破碎帯を含むパターンがみられる。</p>

図 2-1 1 断面による比抵抗のパターン分類



LEGEND

-  lineament
 -  resistivity survey point
 -  section line
- 

Resistivity in ohm-m

図 2-1 2 対象地域の比抵抗構造分布

(3) 推定地下構造

解析によって求められた比抵抗構造を元に、対象地域を北西-南東方向に切る4断面(A-A'、B-B'、C-C'、D-D')、並びに、南北方向に切る3断面(E-E'、F-F'、G-G')について、推定地下構造図を作成し、図 2-1 3に示す。

図では、断面線周辺を通過する比抵抗構造断面を表示し、先の解析結果から深部における比抵抗値 $1,000 \Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗層を基盤岩の新鮮部として、その上位を風化部と想定した。そして、風化部はさらに地表近くにおける $1,000 \Omega \cdot m$ 以上を硬質粘土化のラテライト層、その下位の $1,000 \Omega \cdot m$ 以下の低・中比抵抗層を風化層に分類した。

この風化層はその風化の進行具合により砂礫状になっており、地下水を胚胎する帯水層に成りえると考えられる。なお、図において、縦横比は5:1である。以下に各断面の特徴について述べる。

A-A' 断面は対象地域北部、Dambe-Ngozi-Symonを通過する断面であり、標高は1,600mから400mへと変化し、標高差が大きい。標高1,200m以上では表層部がラテライトを反映した高比抵抗層に覆われるが、低地部では風化層-新鮮岩となり、特に南東側のSymonでは風化層の厚さが50m以上を示し、さらに比抵抗が $50 \Omega \cdot m$ 以下であることから有望な帯水層を形成していると予想される。

B-B' 断面は中央部のDambe-Mlauli-Symonを通過する断面であり、標高1,000m以上にてラテライトを反映した高比抵抗層が見られ、MlauliおよびSymonでは風化層の比抵抗が $75 \Omega \cdot m$ 程度であり地下水を胚胎する可能性が高い。

C-C' 断面は、Kanduku-Mlauliを通過する断面であり、B-B' 断面同様に1,000m以上にてラテライトを反映した高比抵抗層が見られ、低地部のMlauliでは風化層が $100 \Omega \cdot m$ 程度を示し、地下水胚胎の場としての可能性が考えられる。

D-D' 断面は対象地南部、Nthache-Kanduku-Mlauliを通過する断面でありC-C' 断面と同じ傾向を示す。

E-E' 断面は、Kandukuを縦断する断面であり、風化層は厚さ数十m~50m程度であり、その比抵抗は標高に応じて高くなる傾向が認められる。

F-F' 断面は、Kanduku-Mlauli-Ngoziを縦断する断面であり、やはり低地部ほど風化層が厚くなる傾向がある。G-G' 断面はKanduku-Mlauli-Symonの低地部を縦断する断面であり、A-A' 断面と同様に厚さ50m以上の風化層が形成されている。

以上、対象地の地下構造をまとめると、①標高1,000m以上では表層部は難透水性の硬質粘土のラテライトに覆われており、その厚さは数十mである。②帯水層になりうる風化層の厚さは数十mから50m以上あり、特に東側の低地部が厚い。③風化層の比抵抗は標高が低くなるにつれて低比抵抗化が進む。これは地下水自体の比抵抗が不純物の混入により低下したか、地下水の透水性が低下したためと考えられる。

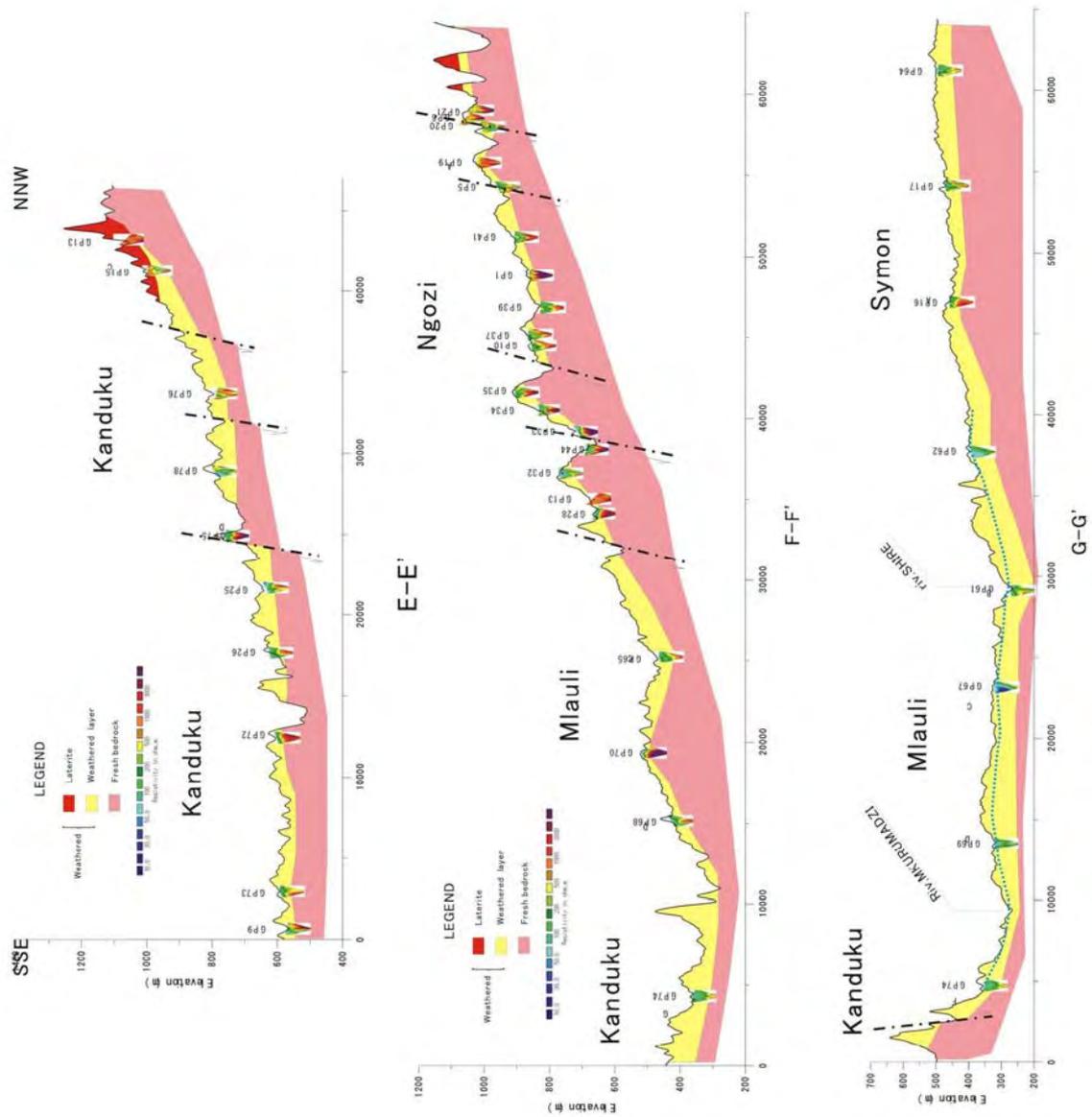


图 2-1-3 (2) 推定地下構造図 (E~G)

2-2-3-8 試掘

(1) 試掘位置の選定

試掘は対象村落のうち、水理地質情報の無い地域を選定し、掘削深度50～80mの掘削を実施した。これにより、地質情報および水質を把握し、給水計画および概略設計（無償）に資する情報を得るとともに、水源の確保および井戸水源としての適正（揚水能力、水質）を把握し、地質構造の把握、対象村落の選定等のための基礎資料とする。

試掘は限られた調査期間に実施しなければならないため、事前に地質図や衛星画像を用いてリニアメントを抽出し、調査候補地を選出、現地において物理探査を実施し決定した。探査結果において低比抵抗層が確認された地域を試掘位置として選定した。対象地域では、比較的平地や緩やかな丘陵地でも村落家屋が集まる道路（尾根部）からは少し離れた窪地、低地では既存の井戸も多く、資料からも地下水状況が確認できたため、村落家屋に近い尾根を中心に裂隙水や風化部の可能性を念頭に探査結果において低比抵抗層が確認された地域を試掘位置として選定した。

(2) 試掘

選定された試掘サイトは、ムワンザ県2本、ネノ県3本の合計5本である。試掘結果は以下に示すとおりである。

表 2-19 試掘結果の概要

No	場所	目的	結果	概要
1	Mwanza, Lopati	斜面途中の厚い風化層の地下水を確認する。	ドライ	50m まで掘削。10m～18m に風化岩。34m 以下は硬片麻岩。水は全くなし。
2	Mwanza, Amosi	尾根をリニアメントの延長上。尾根上に掘削して、地下水を確認する。	成功井	68m まで掘削。地質は片麻岩。42m 以下は硬片麻岩で水はない。静水位は 19m。揚水量 0.34L/sec。
3	Neno Chimbalanga 1B	尾根部で厚い風化層の地下水を確認する。	難透水層井	78m まで掘削。地質は片岩。風化帯は水を含むが、透水性が低く、十分な水量ではない。60m より下は硬片麻岩で、水はない。静水位 28m。
4	Neno, Hiwa	尾根をリニアメントが貫通。尾根上に掘削して、地下水を確認する。	ドライ	80m まで掘削。8m～12m に風化岩。50m 以下は硬片麻岩。水は全くなし。
5	Neno, Lumbe	尾根部で亀裂帯の地下水を確認する。	難透水層井	80m まで掘削。40m より下は硬片麻岩。透水性は低く、十分な水はない。静水位は 33.8m。

Amosiの成功井で、段階揚水試験を実施した。揚水量と120分後のほぼ平衡状態での水位降下の関係は下記の通り。

表 2-20 Amosi 段階揚水試験

揚水量 (ℓ /sec)	0.23	0.31	0.42	0.5
水位降下	5.00	9.75	12.30	26.00

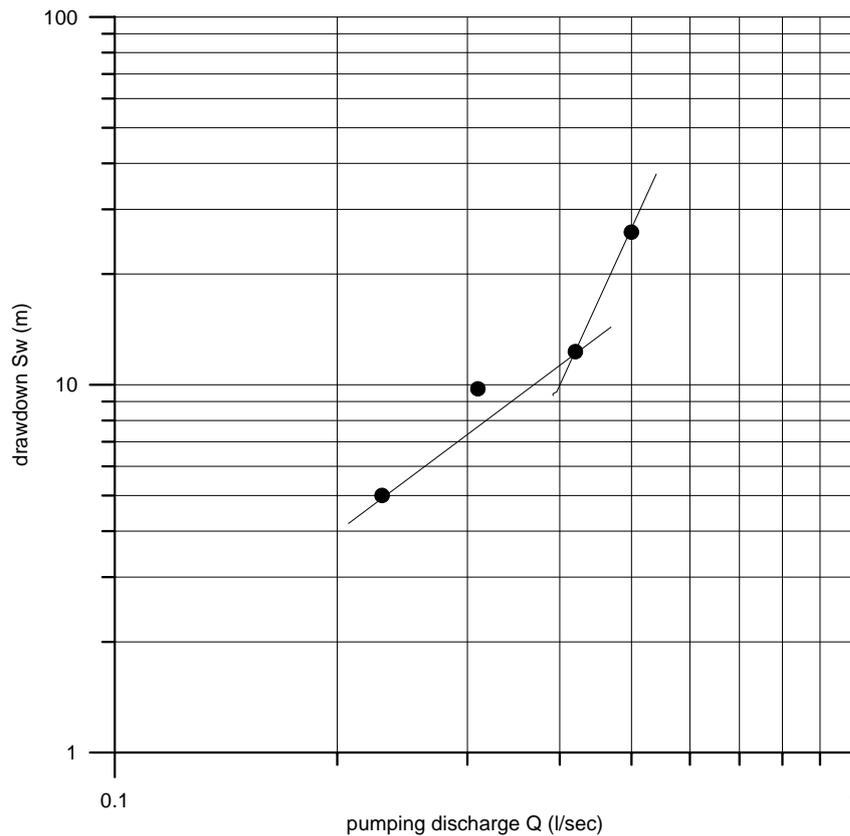


図 2-14 揚水量と水位低下

図 2-14 から、この井戸の限界揚水量を0.42 l/secと判断し、安全を見てその80%の揚水量で20時間の連続揚水試験を実施した。その結果、水位低下がほぼ定常で安定していることから、0.34 l/sec を安全揚水量と判定した。

対象地の北西部のように低地帯が無く尾根部を開発対象とする場合は、風化層が薄く分布するため断層破碎帯をターゲットとすることになる。今回の試掘場所は高密度電気探査の結果を元に断層破碎帯を反映したと考えられるやや低比抵抗部を狙って実施したが、結果は成功井1本、水量不足2本、空井戸1本であった。

これは、断層破碎帯であっても透水性の良い帯水層を形成していると言えず、尾根部における地下水開発の難しさが判明した。また、斜面部においても電気探査の結果より風化層中に胚胎する帯水層を狙って試掘したが空井戸であり、これは電気探査の章で指摘したとおり地下水の比抵抗は地域の変化を伴っており、ターゲットとなる地下水を反映した比抵抗値の基準は、地域別に予測する必要性が判明した。P. J. Chilton他 (1984) は、「マ」国の風化岩における帯水層について、一般的に15m~30mの厚さであるが、断層あるいは亀裂のある場所では風化はさらに深く進むと述べているが、今回の試掘では、平たん地で風化層は34mの深さまで、破碎帯と推定されるところでは40~60mの深さまで風化は進んでいることが確認できた。

地下水開発のポテンシャルを評価する際、風化層の厚さを考慮するため電気探査によって得られた比抵抗構造断面から風化層の厚さを求めた。その結果を表 2-21 にまとめ、層厚分布を図

2-15に示す。ここで、風化層の厚さは、表層のラテライトを除く帯水層になりえる部分を求めている。

風化層の厚さは、東部のSymonやMlauliの低地部ではほぼ50m以上と一定であり有望な帯水層を胚胎しているといえる。他方、西部の山岳地形にあたるchekucheku、Dambe、Kandukuでは層厚は一定でなく10～50m程度と変化している。これは、地表部の浸食や多数の断層の発達によって風化層の厚さが規制されているため風化層が不連続的になっているためであり、このことは地下水開発において水理地質構造の解明が重要な課題であると言える。なお、南西部のNthacheでは測定点分布が粗いこともあるが、風化層の厚さは20～30m程度とほぼ一定である。

表 2-21 電気探査のまとめ

県	郡	地形区分	風化部の厚さ (m)
ムワンザ	STA Govati	丘陵地	20-45
	Kanduku	尾根 (急峻)	45
		丘陵地	18-54
ネノ	Chekucheku	尾根 (急峻)	35-37
		丘陵地	19-51
		平地	28
	Dambe	尾根 (急峻)	11-54
		丘陵地	11-56
	Mlauli	丘陵地	17-56
		平地	57m 以上
	Symaon	平地	57m 以上

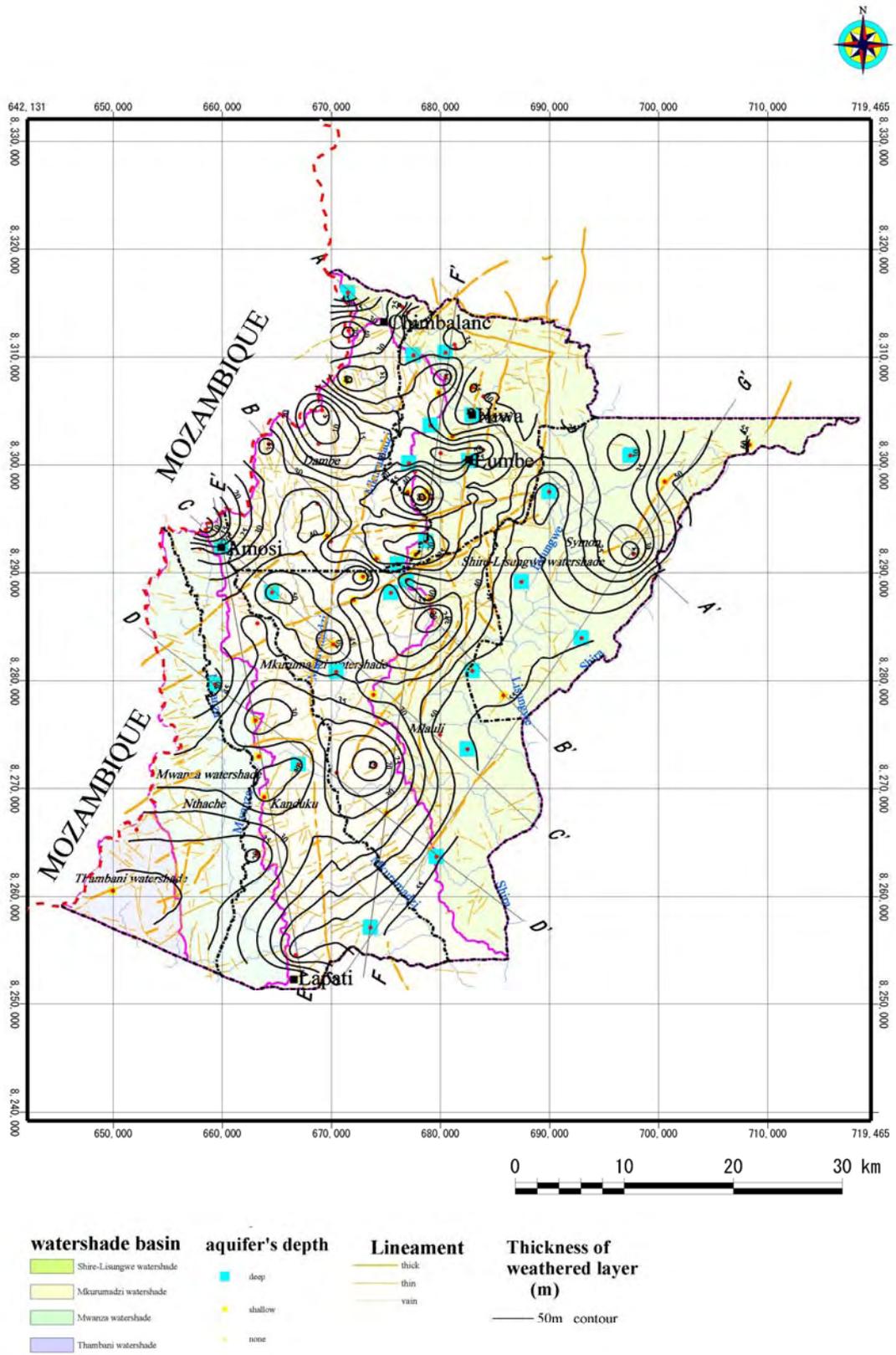


图 2-15 風化層厚分布

2-2-3-9 水質

(1) マラウイの水質基準

表 2-2 2にWHO及びMoIWD（暫定）の飲料水水質基準を示す。プロジェクトでは基本的に「マ」国基準を用いることとするが、MoIWDの基準はWHOに比較すると、フッ素や鉄等の水質項目で許容値が大きいため、特に健康被害に関わる項目についてはWHO基準をもとに判断することとし、「マ」国側と調整する。

表 2-2 2 WHO 及び MoIWD の水質ガイドライン

項目	単位	WHO (1993)	WHO (2004)	MoIWD (暫定)	備考
Arsenic as As	mg/l	0.01	0.01	0.50	暫定ガイドライン値(危害因子としての根拠があるが利用できる健康影響情報が限られている)
Cadmium as Cd	mg/l	0.003	0.003	0.01	
Cyanide as CN	mg/l	0.07	0.07	0.05	
Fluoride as F	mg/l	1.5	1.5	3.0	国の基準を設定する際には、飲料水摂取量および他の曝露源からの摂取量を考慮すべきである。
Lead as Ld	mg/l	0.01	0.01	0.05	
Nitrate as NO3	mg/l	50	50	100	短期曝露
Selenium as Se	mg/l	0.01	0.01	0.01	
Faecal coliform Treated Water	Number/ 100ml	0	0	0	
Untreated Water		0	0	50	
Faecal streptococci Treated Water	Number/ 100ml	0	0	0	
Untreated Water		0	0	50	
Calcium as Ca	mg/l	-	-	250	ガイドライン値なし
Magnesium as Mg	mg/l	-	-	200	ガイドライン値なし
Chloride as Cl	mg/l	250	250	750	
Aluminium as Al	mg/l	0.20	-	0.50	健康に基づくガイドライン値を導出することはできない。
Copper as Cu	mg/l	2	2	2.0	
Hardness as CaCO3	mg/l	500		800	500を超えても耐容している例あり
Colour	TCU	Not mentioned	15	50	
Sodium as Na	mg/l	200	200	500	飲料水中レベルでは健康上問題にはならない
Potassium as K	mg/l	-		-	
Iron as Fe	mg/l	Not mentioned	2	3.0	健康に危害因子となるものではない
Manganese as Mn	mg/l	0.50		1.5	
Conductivity at 25 0C	ms/m	-		-	
Total Dissolved Solids	mg/l	No guidelines		2000	飲料水中レベルでは健康上問題にならない。
Sulphate as SO42-	mg/l	500	500	800	健康に基づくガイドラインは提示しない
Zinc as Zn	mg/l	3 mg/l		15 mg/l	飲料水中で一般に検出される濃度では健康上問題にならない
pH Minimum	pH units	No guideline	6.5	6.0	飲料水レベルでは健康上問題にならない
pH Maximum	pH units	No guideline	9.5	9.5	
Turbidity	NTU	5		25	

対象地域の水質調査結果を、表 2-2 3に示す。

表 2-23 水質試験結果(最大及び最小値)

水質項目	MoIWD 基準	最小値	最大値
pH Value	6.5-8.5	6.01	8.6
CONDUCTIVITY ($\mu\text{S}/\text{cm}$ at 250C)	-	86	4249
TOTAL DISSOLVED SOLIDS, mg/l	2,000	57	2,098
CARBONATE (as CO_3^{2-}), mg/l	-	0	251
BICARBONATE (as HCO_3^-), mg/l	-	12	1044
CHLORIDE (as Cl^-), mg/l	750	5.8	342
SULPHATE (as SO_4^{2-}), mg/l	800	2.1	300
NITRATE (as NO_3^-), mg/l	100	0.003	14.3
FLUORIDE (as F^-), mg/l	3.0	0.3	1.88
SODIUM (as Na^+), mg/l	500	4.5	376
POTASSIUM (as K^+), mg/l	-	0.1	19
CALCIUM (as Ca^{++}), mg/l	250	5	374
MAGNESIUM (as Mg^{++}), mg/l	200	2	109
TOTAL IRON (Fe^{++}), mg/l	3.0	0.003	4.01
MANGANESE (Mn^{++}), mg/l	1.5	0.001	21.7
TOTAL HARDNESS (as CaCO_3), mg/l	800	22	1278
TOTAL ALKALINITY (as CaCO_3), mg/l	-	11	1236
TURBIDITY, NTU	25	0.01	23.9
SUSPENDED SOLIDS, mg/l	-	0.4	38
COLOUR, TCU	50	15	15
ODOUR	Not unpleasant	0	0
TASTE	Not unpleasant	0	0
COPPER (Cu), mg/l	2.0	0.004	0.218
LEAD (Pb^{++}), mg/l	0.05	0	0
ARSENIC (As), mg/l	0.50	0	0
BACTERIA TYPE ENUMERATED (FC/100 ml)	50	0	800
BACTERIA TYPE LEVELS (FC/100 ml)	50	0	288

主要な水質項目の結果及び考察は以下のとおりである。

1) 大腸菌 (streptococci)

サンプリングの対象が深井戸だったにも関わらず、全100サンプルのうち、7箇所で大腸菌が検出されている。最大値は、Mwanza県、(T/A) KandukuのSiledi村落で、深井戸のシーリング等に問題があり、周辺の表流水が浸入した事を示している。

2) 物理・化学項目

(a) pH、EC

pH値は8.6~6.0であり、一部で低い値となっているが、地質起源であることが明白である場合、「マ」国側と協議して飲料水として採用することは可能と考えられる。

電気伝導度 (EC) は、MoIWD暫定基準では水質基準に含まれていないが、塩味の目安として用いることができるが、対象地域では、Neno県の (T/A) Mlauli及び (T/A) Symonの東部低平地において、2000 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) を超える値が検出されており、3000 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) を超えると飲用時に塩味を意識する事となる。これらの井戸ではカルシウム濃度、TDS、高度も高く水質基準を超えている。

(b) 全鉄

全鉄は、比較的低い値であったが、2箇所（(T/A) Symon 及び (T/A) Chekucheku）で3.1（mg/l）、4.0（mg/l）が検出された。

(c) フッ素

フッ素は100サンプル中、Mwanza県（T/A）Thacheの2村落でWHO基準を超え、1.88（mg/l）、1.72（mg/l）の値となった。また、全体平均値も1.1（mg/l）と、比較的高い値を示している。

(d) 銅、鉛、砒素

銅、鉛、砒素はすべてMoIWD水質基準内であった。

(2) 地下水開発における対象地域水質の留意点

対象地域の高標高地域では、特に水質の問題はないと判断される。一方、東南部の低平地であるNeno県のT/A Mlauli、T/A Symonで塩分濃度が高くなる傾向がある（図中ではEC表現）。また、東部～南部にフッ素濃度が高くなる傾向があるため（図 2-16）、地下水開発にあたっては水質検査を実施して基準値に入ることを確認する必要がある。

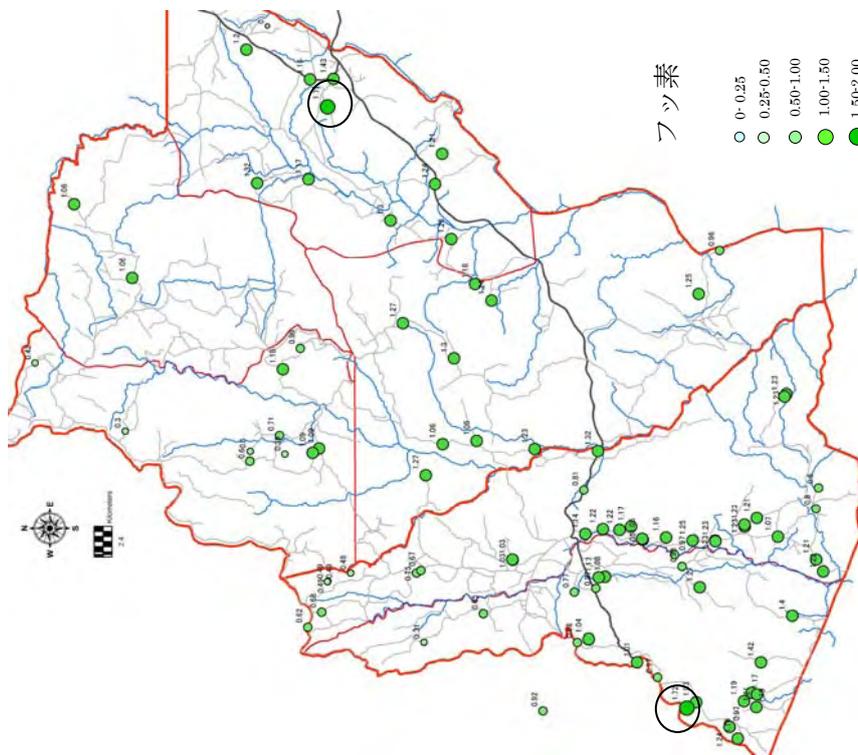
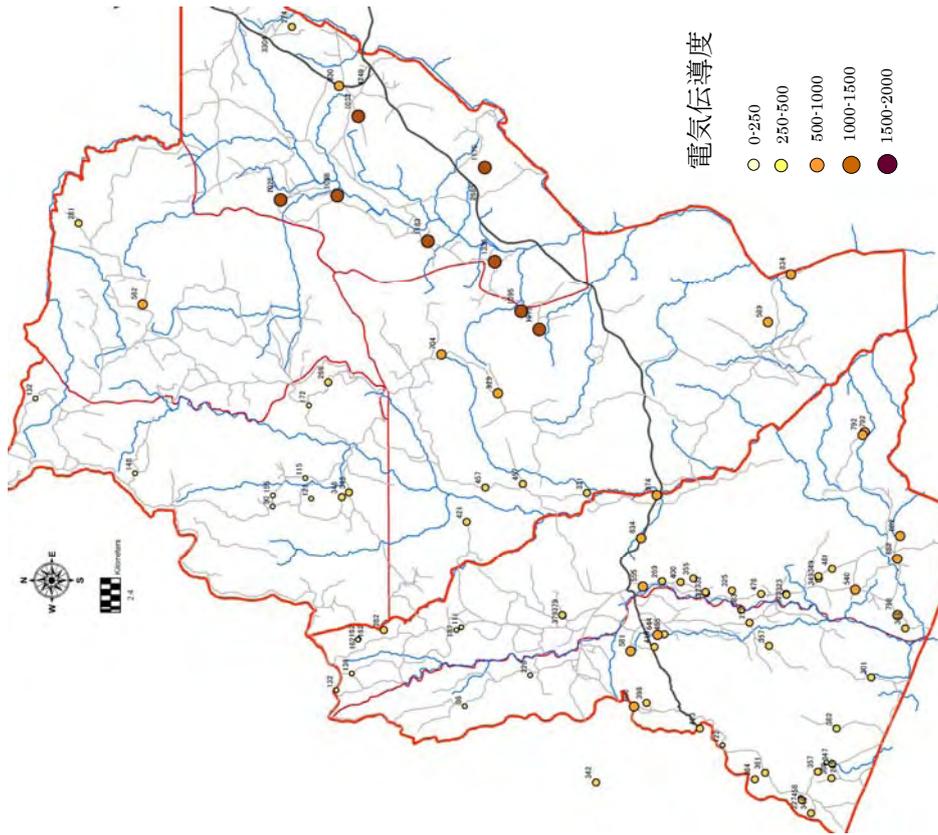


図 2-16 水質調査結果

2-2-3-10 地下水開発の可能性

対象地域の基盤は透水性の悪い片麻岩や片岩などの変成岩から成り、その地表付近は風化によって砂礫質の風化層を形成し、最上部の地表部は硬質粘土のラテライトに覆われている。東部の低地帯では河川沿いに第四紀の崩壊堆積土や河川湖堆積物が堆積している。また、新生代の断層運動によって対象地域内外には多くの断層が発達しており、基盤中に断層による破碎帯が発達している可能性が考えられる。

以上のことから水理地質的には、表層付近の砂礫質風化層、断層破碎帯、崩壊堆積土、および河川湖堆積物が地下水開発の対象となる。

これまでの既存資料解析、リニアメント解析、物理探査、および試掘の結果を元に、対象地域における水理地質構造モデルを作成し、下図に示す。対象地域の地形は、大地溝帯形成時に横方向に引っ張られたため西側から東側に向かって低くなる階段状になっており、その表層は風化層によって覆われている。地表水は高地から低地へ流れ、その一部は断層周辺などから地下へ浸透し、地下水として低地へ流下することになる。この際、風化層の厚いところほど地下水量が多いと予想される。

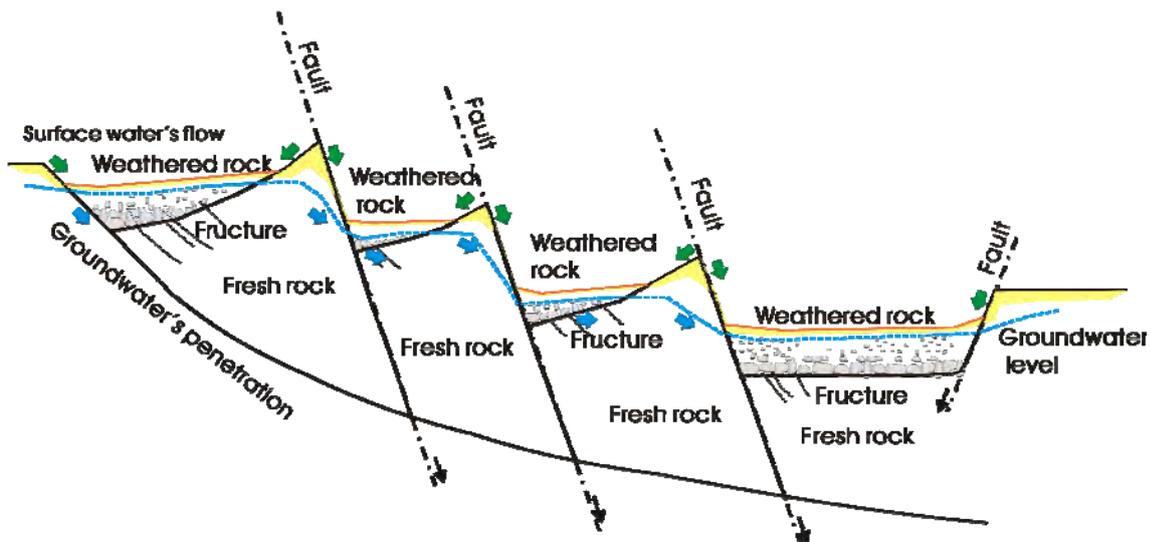


図 2-17 対象地域の水理地質構造モデル

今回の調査結果から、対象地域における地下水開発では井戸の位置選定が難しく、地形・地質条件に物理探査結果を加味しながら慎重に決定していく必要があると考える。その際、試掘場所を選定する上で考慮すべき点を以下に列記する。

地形的には尾根部よりもくぼ地のような平坦地の方が、可能性が高い。

山岳地においては帯水層の厚さが、場所により大きく変化する場合がある。そのため事前に物理探査による水理地質構造を解明する必要がある。

物理探査としては、2次元的に地下構造を求める高密度電気探査が有効な手法のひとつである。

リニアメント解析によって抽出された断層は破碎帯を伴わない場合もあり、逆にリニアメントとして抽出されなくても伏在する断層破碎帯もあるため総合的に判断する。

想定した断層破碎帯が捕捉されない場合に、電気探査測線方向を変えることも有効である。

帯水層の比抵抗は、地域によって変化するので基準値は地域ごとに設定する。

以上から、対象地域ごとに整理した地下水開発の留意点を表 2-2 4 に示す。

表 2-2 4 地下水開発の留意点

地域	地形・地質	電気探査の結果	地下水の可能性
西部、北西端部	地溝帯斜面：調査地西部、モザンビーク国境沿いの標高 1000m 以上の山岳地。この地域では、両側の谷は深く、急峻である。	高 (1000 Ω・m 以上) - 高の 2 層構造。基盤岩新鮮部を透水性の悪いラテライトが覆っている。 高-中 (100~1000 Ω・m) - 高の 3 層構造、基盤岩新鮮部を風化層が覆っているが、その中間に透水性のよい部分を含む。	尾根を貫通するリニアメントあるいはリニアメントの延長上や両側から谷が迫り浸食が著しい破碎帯または風化層が厚い場所と推定される場所などを選定せねばならない。
中央部、南部	地溝帯斜面：緩やかな丘陵地が多い。標高 500~1000m。山間に村落があり、起伏が緩やかであるが、谷が深く、起伏の緩やかな土地が狭い場所もある。	中 (100~1000 Ω・m) / 低 (100 Ω・m 以下) - 高の 2 層構造で、基盤岩新鮮部を透水性の良い風化層が覆っている。地下水の賦存状況によって比抵抗が低下する。風化層の厚みは数十~50m と変化している。	村落の周辺には、くぼ地帯が見られる。これらのくぼ地帯には小さな破碎帯があり、地下水が集中し、流れている可能性も高く、こうした場所は地下水開発が可能である。水質的には一部でフッ素濃度に注意する必要がある。
東部	地溝帯平地/高原地帯：標高 400~450m、極めて緩やかな起伏で、ほとんど平坦な地域である。この地域は、基盤岩の風化帯に崩落土が堆積し、あるいは河川湖沖積層が形成され、透水性の良い地層となっている。	風化層の厚さは Symon、Mlauli の低平地ではほぼ 50m 以上である。	本地域の平坦地は有望な帯水層となっており、地下水開発の可能性は高い。ただし、水質的には硬度やカルシウム濃度に注意する必要がある。

2-2-4 環境への配慮

本計画の実施による環境への負の影響はほとんどない。地下水開発に伴う一般的な考慮点として、地下水くみ上げによる隣接井戸、湧水などの水位低下の可能性、配水量増加による浅井戸水への汚染等があるが、当該地域に於いては村落間の距離が大きいため全く問題にならない。ただし、建設工事の騒音、振動などが一過性ではあるが社会環境への影響として考慮しなければならない点である。これらについては、MoIWD、ムワンザ県、ネノ県を通じての広報活動により村民の理解と協力を得ることが必要である。「マ」国における環境社会配慮制度上では、灌漑・水資源開発庁から「マ」国でEIAを管轄する環境省への手続きが必要である。しかし、過去に行われた無償

資金協力や他ドナーのプロジェクトでも村落給水は詳細なEIAの対象となっておらず、必要な場合も「マ」国側の責任として灌漑・水資源開発省によって実施される事となる。

2-2-5 民間井戸掘削業者の活動状況

マラウイ国には、以下のとおり民間井戸掘削業者が13社あり、灌漑・水資源開発省（MoIWD）の井戸ばかりではなく、広く民間の井戸を手がけている。会社の規模はさまざまで、大きなところではリグを5～7台保有し年間100～150本以上の井戸を掘削している。また、保有している機材により、掘削能力も深度80 mから250 m程度までとさまざまである。また大手掘削業者は、アクセス条件の悪いサイト用にトラクター等による牽引式掘削機等も所有している。

表 2-2 5 掘削業者

会 社 名	
Chitsime Drilling Company Ltd	COMGLOBAL
Hydro Water Well	Universal Borehole Drillers Ltd
Water Drilling Contractor	Select Drilling Company
J & F Drilling	Mozaqua Malawi Ltd
Water Boring Contractor	Commercial Borehole Drillers
Keiretsu Contractor Company	Saifro Drilling Company
China Gansil Engineering	

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

地方給水事業における上位計画は、2005年に策定された「マ」国国家開発計画（2006-2011年）及び国家水政策であり、地方給水及び衛生サービスの促進、CBMプログラムの促進を方針としている。給水状況改善の目標を、家屋から500m以内で安全な水へアクセスできる人口の割合を2011年までに80%、2015年に85%、2025年までに100%としている。本プロジェクトは、上記目標を受けて、地方給水率の向上に資するプロジェクトの一環として位置づけられる。

プロジェクト対象地域であるムワンザ県（2008年センサス人口約9万5千人）及びネノ県（2008年センサス人口約10万9千人）では、村落人口が増加したことや集落が分散して配置される等の理由で小河川、湧水、手掘り井戸等が主要な水源として利用されている。社会状況調査の結果では、これらの在来水源を利用している割合はムワンザ県で55%、ネノ県で67%を占めていることが判明した。これらの在来水源はほぼ未処理で飲料水として利用されており、結果として水因性疾病の割合も高く、2009年末にモザンビーク国境沿いで腸チフスが発生して多くの死者を出すなど、水源の安全性は大きな問題となっており、両県の給水サービスの改善は急務とされている

本件プロジェクトでは、ムワンザ県、ネノ県の120集落（人口約28,700人）を対象とし、120箇所のハンドポンプ付深井戸給水施設の建設を行い、安全で安定的な水が持続的に供給される給水人口及び給水率を向上させ、上位目標である「対象地域に居住する住民の生活環境が改善される」ことを目標とする。

3-1-2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、水源の安全性、安定性に問題のある要請地区のうち、優先性の高い120村落に深井戸給水施設を建設する。更に、建設された施設の効果的、持続的な利用を可能とするためにCBMプログラム実施に関わる運営維持管理用車両及び井戸位置等を正確に把握するためのGPS装置を調達するとともに、ソフトコンポーネントにより不足する指導員クラス及び各地域への普及員への研修を行う。これにより、プロジェクト対象地域に給水施設が建設され、プロジェクト対象地域の住民及び両県による給水施設の運営・維持管理能力が強化される事が期待される。以下に、協力対象事業の概要を示した。

表 3-1 協力対象事業の概要

項目	内容	概要
施設建設	深井戸建設及びハンドポンプ等の設置	ムワンザ県：59 村落（うち、1 集落は試掘成功井へのハンドポンプ及び付帯設備の設置） ネノ県：61 村落
資機材調達	運営維持管理用車両の調達	両県 W キャビンピックアップ 各 1 台、計 2 台
	GPS 装置の調達	両県各 1 個、合計 2 個
ソフトコンポーネント	ソフトコンポーネントによる組織強化、研修指導	1) 県水開発局普及員の養成 2) 水管理委員会形成への支援 3) 水管理委員会の管理能力強化 4) 水利用者に対する衛生教育

