

マラウイ共和国
リロングウェ～デッサ地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成13年10月

国際協力事業団
日本技術開発株式会社

無償一

CR3

01-162

序 文

日本国政府は、マラウイ共和国政府の要請に基づき、同国のリロングウェ～デッサ地
下水開発計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を
実施しました。

当事業団は、平成13年3月26日から、5月22日まで基本設計調査団を現地に派
遣しました。

調査団は、マラウイ共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における
現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成13年8月16日から8月26
日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとな
りました。

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

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

平成13年10月

国際協力事業団
総裁 川上 隆 朗

伝達状

今般、マラウイ共和国におけるリロングウェ～デッサ地下水開発計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成13年3月より平成13年10月までの7ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、マラウイの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

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

平成13年10月

日本技術開発株式会社

マラウイ共和国
リロングウェ～デッサ地下水開発計画
基本設計調査団

業務主任 山貝 廣海



計画対象地域



マラウイ国

- 1964年英国より独立 ■ 首都:リロングウェ
- 言語(公用語): チェワ語, 英語
- 面積等: 南北約 800km、東西約 145km
総面積: 118,484km²(日本の約 0.3 倍)
- 総人口: 1,080 万人
人口密度: 103 人/km² (共に 1998 年)
- 対象地域の気候: 熱帯性サバンナ気候
年間降雨量 700~800mm



水を運ぶ村の女性たち
水汲みはほとんど女性の
仕事である



マラウイ政府により建設さ
れた深井戸施設（1988建設）
アフリデフポンプと水場
1995年前後以前に建設され
た深井戸には、住民による管
理組織はない



日本の無償資金協力で供与
されたリグ

（1992年 ムチンジ地下水
開発計画）



計画対象地域の風景
高原の平坦地と残丘
平坦地の一部は湿地となる
残丘地形と同様に、平地の
地下深部の基盤岩は起伏に
富み、帯水層となる風化岩
厚さも変化に富む



計画対象地域内の橋の状況
重量車は迂回路を通る必要
がある



川から水を汲む村人
北部の丘陵地帯では川
のみを水源とする村が
多い。

略語表

| | | |
|--------|--|----------------|
| ADC | : Area Development Committee | 地域開発委員会 |
| ADMARC | : Agricultural Development and Marketing Corporation | 農業開発流通公社 |
| AEC | : Area Executive Committee | 地域執行委員会 |
| BH | : Borehole | 深井戸 |
| CBM | : Community Based Management | 村落主体の給水施設維持管理 |
| CDA | : Community Development Assistant | 地域開発アシスタント |
| CIDA | : Canadian International Development Agency | カナダ国際開発庁 |
| DAC | : Development Assistance Committee | OECD開発援助委員会 |
| DC | : District Commissioner | 県知事 |
| DDC | : District Development Committee | 県開発委員会 |
| DEC | : District Executive Committee | 県執行委員会 |
| DPD | : Director of Planning and Development | 県計画・開発局長 |
| HESP | : Hygiene Education and Sanitation Programme | 衛生教育・衛生施設プログラム |
| HSA | : Health Surveillance Assistant | 保健管理アシスタント |
| IMF | : International Monetary Fund | 国際通貨基金 |
| KfW | : Kreditanstalt für Wiederaufbau | 独、復興金融公庫 |
| MASAF | : Malawi Social Action Fund | マラウイ社会活動基金 |
| MoGYCS | : Ministry of Gender, Youth and Community Services | ジエダ - 青年地域福祉省 |
| MoHP | : Ministry of Health and Population | 保健・人口省 |
| MWD | : Ministry of Water Development | 水開発省 |
| NDF | : Nordic Development Fund | ノルディック開発基金 |
| NGO | : Non-Governmental Organization | 非政府組織 |
| OPC | : Office of President and Cabinet | 大統領・内閣府 |
| PC | : Pump Caretaker | ポンプ管理人 |
| PRSP | : Poverty Reduction Strategy Paper | 貧困削減戦略ペーパー |
| TA | : Traditional Authority | 伝統的首長又はその治める郡 |
| UNCDF | : United Nations Capital Development Fund | 国連資本開発基金 |
| VDC | : Village Development Committee | 村落開発委員会 |
| VHWC | : Village Health Water Committee | 村落衛生・水委員会 |
| WDT | : Water Department Tentative Standard | 水開発省暫定基準 |
| WMA | : Water Monitoring Assistant | 水モニタリングアシスタント |
| WPC | : Water Point Committee | 水管理委員会 |

要 約

マラウイ国は、給水セクターに係る国家計画である「国家水開発計画」(1994年)において、地方部における安全で安定的な給水普及率を2010年までに74%以上確保することを目標として掲げている。地方給水事業は、水開発省(Ministry of Water Development: MWD)が主管し、手押しポンプ付きの深井戸と沢水等を利用した自然流下式水道の建設が進められている。しかし、1998年の国勢調査の結果、国民の85.7%(8,474,000人)が居住する地方部における水道と深井戸の普及率は、41.6%と目標を大きく下回っていた。政府は、1998年の国家長期開発ビジョン(Malawi Vision 2020)において、質・量とも満足する水源への全国民の容易なアクセスを謳い、水開発省は2004年の地方給水率の暫定的な目標値を84%とし、1998年より自国予算による3,000本深井戸建設計画を新たに開始した。マラウイ国は1人当たりGNPが210US\$という最貧国であり、貧困削減のため世界銀行の融資を受けたマラウイ社会活動基金(MASAF)による深井戸建設も開始されたことから、1998年以降深井戸は合計5,000本以上建設されている。しかし、これを加えても現在の地方人口(8,990,000人)に対する地方給水普及率は56%(4,990,000人)にとどまっていると推定される。今後、暫定目標達成のためには、2000年~2004年に7,000本以上の深井戸建設が必要とされ、水開発省は2004年まで引き続き国家予算による深井戸建設(計2,500本)を計画しているが、財政難から国家予算のみによる目標達成は困難である。この他の実施機関としてMASAFやNGOの活動にも期待されているが、国際機関に要請されている給水計画の実施(2,000本)は、目標を達成するための不可欠な要素となっている。

以上の背景のもと、マラウイ国政府は、我が国の無償資金協力による過去3件の地下水開発計画が成功裏に実施されている実績を踏まえ、リロングウェ川流域とリンティペ川流域のリロングウェ~デッサ地域における地下水開発計画に関し、1999年9月我が国に無償資金協力を要請してきた。

この要請を受け、国際協力事業団は2001年3月26日から5月22日まで基本設計調査団を派遣した。調査団は、先方政府関係者との協議、サイト調査を実施し、帰国後調査結果を検討・解析のうえ、基本設計概要書に取りまとめた。この基本設計概要書説明のため、国際協力事業団は2001年8月16日から8月26日まで調査団を派遣した。

要請内容は、リロングウェ県南東部の4TA(Traditional Authority: 伝統的首長による郡相当の行政単位)とデッサ県西部の5TAを対象に500本の深井戸を建設し、掘削機2台など深井戸建設関連機材を調達することであった。調査団は、要請地域内においてNGOにより比較的大規模な井戸建設と衛生教育が行われていることや過去のプロジェクトにより深井戸が建設された地域が含まれていることから、より必要度の高いと考えられるリロングウェ県TA Chadza、デッサ県TA Tambala, STA(Sub-TA) Chauma, TA Kachere, STA Chilikumwendoの計5TAを調査対象地域とした。調査団は、これらTA内のマラウイ国側から示された234ヵ村の深井戸建設要請村落を対象候補村落として、基本設計に必要な現地調査を実施した。

調査対象地域には、推計人口317,900人に対して既存井戸657本(給水普及率52%)があるが、現地確認の範囲で約3割が老朽化やポンプの故障により機能していないため、実質的な給水率は40%程度と推定される。住民の過半数は、手掘りの浅井戸や沼、河川等の表流水を利用せざるを得ない状態であり、

乾季の水不足や水因性疾病の発生の危険性にさらされている。広範囲に分散する村落に対して安全な水を安定的に供給できる地下水開発が急がれている。

計画対象地域の水理地質条件は、南西部の平坦な高原地帯と北東部の起伏に富んだ丘陵地帯（地溝帯斜面地域）に分けられる。高原地帯の地表は粘性土からなる沖積層で覆われ、河川の上流部では Dambo と呼ばれる湿地が枝状に発達している。高原地帯の地下では新鮮な基盤岩の起伏が激しく、帯水層を形成する風化帯の厚さも変化に富んでいるが、概ね帯水層が広く分布して地下水の開発には有利である。一方、丘陵地帯では風化帯の分布が相対的に薄く、未風化の基盤岩が地下浅くに分布しているため、破碎帯などの中に賦存する裂っか水も開発の対象となる状態であり、地下水の分布が限られるため不利な条件となる。これらの地下水は、年間 900mm 前後の降雨によって涵養されているが、年間降雨量の約 95% が 11 月～3月の雨季に集中しているため、浅い帯水層は季節変動が激しく乾季に涸渇するものも多い。水質は地表水からの影響を受けやすい浅い地下水を除いて概ね良好であるが、対象地域における過去の水質試験結果には高いフッ素濃度（マラウイ国基準の 3 mg/l を超える）が散見される。高フッ素地下水は、基盤岩に貫入した南北性の岩脈（石英またはペグマタイト）に影響されていると推定されるが、岩脈は小規模で地表に現れないものも多いため、これを予測することは困難である。

各村落へのアクセスは、主要国道以外ほとんどが未舗装道路であるが、乾季には概ね大型車の通行が可能である。ただし、丘陵地帯の T A Tamba la と T A Chadza の北部の道路は、狭隘で起伏に富み、河川横断部には橋がないため、大型車両の通行は乾季においても困難な状況であり、拡幅や河床への石積みなど、地元住民の協力の範囲での改良が必要である。雨季には河川、湿地、坂路では車両の通行は不能となり、地方幹線道路沿いの村落へのみアクセス可能となる。

要請された 234 村落のうちアクセスができない 11 村落を除く 223 村落について行った現地調査の結果に基づき、井戸掘削機のアクセス、既設の深井戸給水施設の有無、維持費確保のための最少利用人口、地下水帯水層の可能性を検討し、154 村落に合計 177 本（完了時の裨益人口約 50,400 人）の深井戸施設を建設する計画とした。

深井戸掘削機材の調達の必要性和数量については、無償資金協力で調達した既存機材の使用状況と協力対象事業実施後の水開発省による地下水開発計画での必要性を重視し、実施機関の組織力、技術力、維持管理能力等を検討して決定した。また、掘削機の仕様については、軟らかい粘性土から硬質岩まで変化に富む地層に対応するため、ロータリー掘削とエアハンマー掘削の併用できる機種とし、対象地域のようなマラウイの地方山間地における機動性・走行安定性および本プロジェクトでの掘削孔径と深度等に基づいて設定した。

深井戸建設後の施設の運営・維持管理は、村落レベルで組織される衛生・水委員会（複数井戸がある場合は井戸毎の水管理委員会）が行い、県レベルに駐在する水開発省職員がサポートする。このために行う住民啓発活動である Community Based Management (C B M) プログラムは、1994 年より地方給水プロジェクトの一環として実施されてきた。1999 年には県レベルの地方行政組織の関与を明確にした実施マニュアルと参加型手法を導入したトレーニングガイドが作成され、現在の C B M 活動はこれに沿った内容に移行しつつある。本協力対象事業では、ソフト・コンポーネントとして、水開発省が行う啓発活動に対して、活動案の作成、県組織との協議、普及員の養成、住民へのアプローチ、委員会形成、運営・

深井戸建設工事の内容

| 項目 | 要請内容・国家目標 | 基本計画 | 決定根拠 |
|--|--|--|--|
| 協力対象地域 | 岡山県 4TA 徳島県 5TA | 岡山県 1TA 徳島県 4TA | NGO による給水衛生活動範囲や過去の大規模地下水開発プロジェクトの実施範囲を除く |
| 深井戸建設 | 500 本 | 154 村落 177 本 | 決定された協力対象地域についての要請村落(234 村落)に対し、現地調査により以下の村落を除外した(各項目で重複を含む) アクセス不可能な村落・実在しない村落 11 村落 井戸掘削機のアクセスが不可能な村落 5 村落 既存の深井戸等で十分給水される村落 48 村落 周辺住民を含めても利用者が少ない(100 人以下)村落 3 村落 電気探査等から地下水がほとんど期待できない村落 17 村落 また、人口の多い村落では、ポンプ能力に対して過度の利用を避けるため、1 本当たり 500 人以上とならないように同一村落に複数本(2 本 21 村、3 本 1 村)を計画した。 |
| 井戸給水諸元 1 本当たりの利用人口 1 人当たりの給水量 運搬距離 基準揚水量 | 国家目標 250 人/1 本 27 lpcd 500m 以下 - | 100~500 人/本 最低 13.5 lpcd 概ね 500m 以下 0.2 (l / sec) | より多くの住民に安全な水を供給するため、平均値を目標に近づけることとして、深井戸 1 本当たりの利用人口は 100~500 人(現況で平均約 270 人)とし、利用者が多く、揚水量が基準最小値程度しか得られない場合には 1 人当たり最低 13.5 lpcd として他に在来水源を雑用水に限り使用を許す計画とした。 1 日 10 時間の利用で 250 人に 27 lpcd(国家目標)が給水可能である。 |
| 掘削深度 | - | 30~90m 平均 45m | 電気探査(各村落 1 箇所)の結果による帯水層基底深度から設定。 対象村落における掘削地点は、村落衛生・水委員会(VHWC)の選定する候補地点において、物理探査を行って深い帯水層の期待できる位置を推奨し、委員会の合意のもとで決定される。 |
| 成功率 | - | 80 % | 電気探査結果による帯水層の評価と対象地域における過去の施工実績(地域別の空井戸発生率)を対比・検討し、また対象地域に点在する高フッ素地下水(3mg/l 以上)を考慮して、計画井戸本数に対して空井戸 23%、高フッ素で棄却される井戸 4%を想定。 |

調達機材の内容

| 機材名 | 仕様・内容 | 数量 |
|--------------|---|--------------------------|
| ・深井戸建設機材 | | |
| 深井戸掘削機 | ・トラック搭載型(4×4、GVM 16 t 以下) (100~150m 級) | 1 台 |
| 高圧エアコンプレッサー | ・トラック搭載型(4×4、GVM 16 t 以下) 17.5kg/cm ² ×20m ³ /min 以上 | 1 台 |
| ・試験機材 | | |
| 電気探査器 | 探査深度最大 200m 以上、解析ソフト付 | 1 台 |
| デベロップメント機材 | トラック: 4X4、GVM 10t、積載能力 3 t、3t クレーン付 コンプレッサー: 7kg/cm ² ×3.5m ³ /min 以上 発電機: 17KVA (50Hz) / 20KVA (60Hz) エアリフトツールズ | 1 台 1 台 1 台 1 式 |
| 電気検層器 | 水中ポンプ、水位測定器(100m)、PHメーター、電気伝導度計(温度計付) 自動記録、100m コード付 | 各 1 台 1 台 |
| ・支援車輛 | | |
| カーゴトラック | 4×4、GVM 13t、積載能力 5.5 t、3 t クレーン付 | 1 台 |
| ピックアップ | シングルキャビン、4×4、積載能力 1t | 1 台 |
| ・移動式ワークショップ | | |
| ワークショップ用トラック | 4×4、クレーン(3t/2.7m 以上)、アルミニウムボディ | 1 台 |
| 修理機材・用具 | 発電機、溶接機、モーターコンプレッサー、グラインダー、ドリル、プレス、ジブクレーン等 | 1 式 |
| ・啓発活動用支援車輛 | | |
| ピックアップ | ダブルキャビン、4×4、積載能力 0.7 t | 1 台 |
| モーターバイク | オフロード用、100~125cc クラス | 3 台 |

維持管理と衛生に関する住民トレーニング及びモニタリングを通して、技術面、資金面で支援し、マラウイ国側は、要員の日当など活動資金の一部を負担する。また、日本側は啓発活動及びモニタリングに必要な車両を調達する。なお、工事完了時点で残る住民トレーニングについては、マラウイ国側で実施する。

本プロジェクトは、無償資金協力の2期分け事業として実施される。第1期は、機材調達と現地業者を活用した深井戸建設(36本)及び第2期で使用する既存井戸掘削機材の修理を行う。第2期では調達された機材、修理した既存機材及び現地業者を活用して深井戸建設(141本)を行う。必要工期は、実施設計、入札業務に9.0ヵ月、調達機材の製作、輸送等に9.0ヵ月、深井戸建設工事(177本)と既存機材の修理(修理部品等の製作・輸送を含む)に19.5ヵ月、またソフト・コンポーネントは約20ヵ月を要し、全体工期としては約25ヵ月となる。本プロジェクトの実施に係る概算総事業費は、10.18億円(日本国側10.09億円、マラウイ国側918万円)である。

対象地域の深井戸給水率は、現在推定人口317,900人に対して約40%と推定され、国家目標や他の地方の給水率を下回り、過半数の住民が非衛生的で不安定な水源に頼っている。プロジェクトで154村落に177本の深井戸給水施設(ハンドポンプ、エプロン、排水路、洗濯場付き)を建設することにより、約50,400人の給水人口増加が期待され、2004年に当地域の深井戸給水率は55%に向上する。また、間接効果として、衛生的な給水施設の増加と啓発活動による施設の持続性や衛生意識の向上により、地域の水因性疾患罹患率が低減することが期待される。また、調達機材によって協力対象事業実施後に予定される水開発省の地下水開発計画を効率的に進めることが期待できる。深井戸施設は、プロジェクトで実施する啓発活動により住民主体の運営・維持管理体制が確立し、水開発省の県レベルの職員がモニタリング等を通して深井戸施設の運営・維持管理をサポートする体制が構築される。調達機材は、過去の無償資金協力による調達機材が老朽化する中でこれに代わるものとして、実績に基づき運営・維持管理する人員、予算が確保されると判断される。これにより、本プロジェクトは2010年の国家目標(地方給水率74%)やMalawi Vision 2020で示された質量とも満足する水源への容易なアクセスを確保するという目標達成に資することができる。したがって、本プロジェクトを我が国の無償資金協力による協力対象事業として実施することは妥当であると判断される。さらに、以下の点が改善・整備されれば本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうると考えられる。

- ・ 水開発省が既存井戸を含めた深井戸のモニタリング及びフォローアップに対する予算を確保してこれを実施するとともに、県レベル以下の地方行政組織が、プロジェクトの実施及び施設建設後のモニタリングに対して協力する体制が整備される。
- ・ 現在、ポンプの交換部品の流通が民営化される過程にあるが、プロジェクト開始時に適正な価格と十分な量が確保され、その後もこれが維持される。
- ・ 保健・人口省が進める地域の衛生改善活動やジェンダー青年地域福祉省の地域振興活動との協力関係が得られる。

目次

序文

伝達状

位置図/写真

略語表

要約

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 - 1 - 1 | 現状と課題 | 1 - 1 |
| 1 - 1 - 2 | 開発計画 | 1 - 2 |
| 1 - 1 - 3 | 社会経済状況 | 1 - 4 |
| 1 - 2 | 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要 | 1 - 5 |
| 1 - 3 | 我が国の援助動向 | 1 - 7 |
| 1 - 4 | 他ドナーの援助動向 | 1 - 8 |

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 |
| 2 - 1 - 1 | 組織・人員 | 2 - 1 |
| 2 - 1 - 2 | 財政・予算 | 2 - 5 |
| 2 - 1 - 3 | 技術水準 | 2 - 7 |
| 2 - 1 - 4 | 既存の施設・機材 | 2 - 7 |
| 2 - 2 | プロジェクト・サイト及び周辺の状況 | 2 - 15 |
| 2 - 2 - 1 | 関連インフラの整備状況 | 2 - 15 |
| 2 - 2 - 2 | 自然条件 | 2 - 18 |
| 2 - 2 - 3 | その他 | 2 - 43 |

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 |
| 3 - 2 | 協力対象事業の基本設計 | 3 - 3 |
| 3 - 2 - 1 | 設計方針 | 3 - 3 |
| 3 - 2 - 2 | 基本計画 | 3 - 11 |
| 3 - 2 - 3 | 基本設計図 | 3 - 45 |
| 3 - 2 - 4 | 施工計画/調達計画 | 3 - 51 |
| 3 - 2 - 4 - 1 | 施工方針/調達方針 | 3 - 51 |
| 3 - 2 - 4 - 2 | 施工上/調達上の留意事項 | 3 - 58 |
| 3 - 2 - 4 - 3 | 施工区分/調達・据付区分 | 3 - 59 |
| 3 - 2 - 4 - 4 | 施工管理計画/調達監理計画 | 3 - 60 |

| | | |
|---------------|--------------------|--------|
| 3 - 2 - 4 - 5 | 品質管理計画 | 3 - 62 |
| 3 - 2 - 4 - 6 | 資機材等調達計画 | 3 - 63 |
| 3 - 2 - 4 - 7 | ソフトコンポーネント計画 | 3 - 65 |
| 3 - 2 - 4 - 8 | 実施工程 | 3 - 74 |
| 3 - 3 | 相手国分担事業の概要 | 3 - 77 |
| 3 - 4 | プロジェクトの運営・維持管理計画 | 3 - 79 |
| 3 - 5 | プロジェクトの概算事業費 | 3 - 83 |
| 3 - 5 - 1 | 協力対象事業の概算事業費 | 3 - 83 |
| 3 - 5 - 2 | 運営・維持管理費 | 3 - 84 |
| 3 - 6 | 協力対象事業実施に当たっての留意事項 | 3 - 86 |

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

| | | |
|-------|------------|-------|
| 4 - 1 | プロジェクトの効果 | 4 - 1 |
| 4 - 2 | 課題・提言 | 4 - 2 |
| 4 - 3 | プロジェクトの妥当性 | 4 - 4 |
| 4 - 4 | 結論 | 4 - 4 |

[資料]

| | | |
|-------|----------------------|---------|
| 1 | 調査団員・氏名 | A-1-1 |
| 2 | 調査行程 | A-2-1 |
| 3 | 関係者（面会者）リスト | A-3-1 |
| 4 | 当該国の社会経済状況（国別基本情報抜粋） | A-4-1 |
| 5 | 討議議事録（M/D） | A-5-1 |
| 6 | 事業事前評価表 | A-6-1 |
| 7 | 参考資料／入手資料リスト | A-7-1 |
| 8 | その他の資料・情報 | |
| 8 - 1 | 対象村落及び深井戸掘削計画リスト | A-8-1 |
| 8 - 2 | 対象村落評価結果 | A-8-7 |
| 8 - 3 | 社会経済調査結果データ | A-8-15 |
| 8 - 4 | 物理探査結果 | A-8-43 |
| 8 - 5 | 水質検査結果 | A-8-109 |
| 8 - 6 | 道路改良必要箇所と対象村落 | A-8-113 |
| 8 - 7 | 保健所、病院の位置図 | A-8-117 |
| 8 - 8 | 既存井戸資料 | A-8-119 |

第1章 プロジェクトの背景・経緯

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

マラウイ国の給水セクターに係る国家計画は、1994年の「国家水開発計画」である。この中で2010年までの目標が示され、国際援助および国家予算による水供給計画が進められている。このうち地方給水計画は、水開発省(Ministry of Water Development : MWD)が主管し、手押しポンプ付きの深井戸と沢水等を利用した自然流下式水道により、2010年までに安全で安定的な水の普及率を74%以上に向上することを目標としている。

しかし、1998年の国勢調査の結果、国民の85.7%が居住する地方部における水道と深井戸の普及率は、地方人口847,400人に対して41.6%と目標を大きく下回っている(表-1.1.1)。1998年以降、世界銀行の融資を受けたマラウイ社会活動基金(Malawi Social Action Fund : MASA F)の深井戸建設計画も加わり、MWDの地方給水事業などとあわせて深井戸が約5,000本建設されており、これは深井戸1本当たりの給水人口を250人(国家目標)とすると1,250,000人の給水人口増加に相当する。しかし、地方部の給水人口は、2001年の推計人口8,990,000人に対して、既存施設の給水人口とあわせて4,990,000人(給水率55.5%)にとどまっている。

一方、1994年以降の深井戸建設プロジェクトにおいては、利用者である住民が深井戸を自主的に運営・維持管理するよう啓発活動が行われているが、それ以前に建設された深井戸については住民による維持管理体制が確立していないものが多く、ポンプが故障したまま放置される割合が多いといわれ、このことが普及率を低めている一つの原因と考えられている。

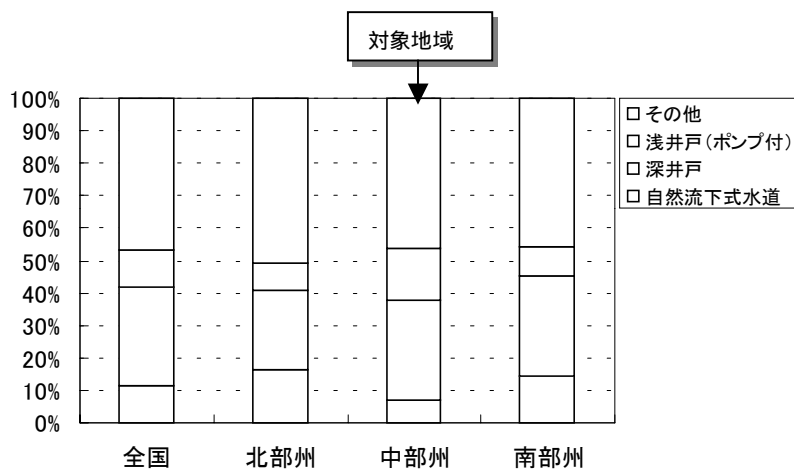


図-1.1.1 地方部の給水率 (出典: Malawi Population and Housing Census, 1998)

表-1. 1. 1 飲料水の水源別人口構成 (1998 Malawi Population and Housing Census)

| <乾季> | 全国 | | 地方(全人口の(85.7%)) | | | 都市(全人口の(14.3%)) | | |
|----------|-----------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|
| | | % | | % | % | | % | % |
| 人口 | 9,883,222 | | 8,474,166 | | | 1,409,056 | | |
| 水道(戸別屋内) | 248,087 | 2.5 | 51,281 | 0.6 | 11.7 | 196,806 | 14 | 79.8 |
| 水道(戸別屋外) | 663,276 | 6.7 | 247,792 | 2.9 | | 415,484 | 29.5 | |
| 水道(共同水栓) | 1,202,662 | 12.2 | 690,478 | 8.1 | | 512,184 | 36.3 | |
| 深井戸 | 2,651,429 | 26.8 | 2,531,684 | 29.9 | 29.9 | 119,745 | 8.5 | 8.5 |
| 浅井戸(蓋付き) | 1,074,798 | 10.9 | 1,002,070 | 11.8 | 11.8 | 72,728 | 5.2 | 5.2 |
| 浅井戸(蓋なし) | 2,495,711 | 25.3 | 2,429,196 | 28.7 | 46.6 | 66,515 | 4.7 | 6.5 |
| わき水 | 116,726 | 1.2 | 111,597 | 1.3 | | 5,129 | 0.4 | |
| 河川・沢水 | 1,279,531 | 12.9 | 1,264,103 | 14.9 | | 15,428 | 1.1 | |
| 湖・ダム | 151,002 | 1.5 | 145,965 | 1.7 | | 5,037 | 0.4 | |

1-1-2 開発計画

(1) 近年の地方給水計画

1998年に策定された国家長期計画(Malawi Vision 2020)では給水分野における具体的な達成目標は示されないものの、マラウイ国政府はこれに関連して2004年までに地方給水率を84%とする暫定目標を設定している。政府は全国的にこの計画を促進するため、国家予算による「3,000本計画(Dispersed Borehole Construction)」を1998/99年度から実施し、一部のポンプ設置を除き1999/2000年度までに計画を終了している。

MWDは、暫定目標の達成には、さらに7,000本以上の深井戸建設を必要とするとして、2001年以降も引き続き全国で毎年600~800本(2004年までに計2,500本)の深井戸建設を計画している。この他MASAFやNGO等による深井戸建設が2,500~3,500本程度期待できるが、国際援助機関による支援なくしては暫定目標の達成は困難な状況にあり、2,000本の深井戸建設を国際機関に要請している(通称「7,000本計画」)。

1997年以降の地方給水事業の動向は以下のとおりである。

- ・ MWDが管轄する深井戸建設計画は、従来援助機関が実施する特定地域の給水計画が中心であったが、1998/1999年度から選挙区単位の要請に基づいて全国展開される「分散深井戸建設(Dispersed Borehole Construction)計画」が国家予算により実施され、MWDの地下水開発予算における自国予算の割合が急増し、外国援助と肩を並べる規模となった。
- ・ 1997年から貧困削減を目的として世銀の融資を受けたMASAFがコミュニティベースの開発の一環として深井戸建設を行っている。2001年現在まで全国で2,731本、2001/02年度は更に約1,456本の深井戸建設が計画されている。計画は、各県均等に建設本数が割り当てられ、コミュニティからの要望に対して優先順位付けを行って対象村落を決定しているもので、これも「分散型」の給水事業であ

る。

- ・ 大統領府(Office of President and Cabinet: O P C)も政治的な活動に関連して、散発的に井戸を建設し、その数は全国で年間 100 ~ 200 本に達する。
- ・ 以上のような深井戸建設の急増に対応する形で民間の井戸掘削会社も急増し、これらの井戸建設のほとんどを消化している。
- ・ MWDの管轄する地方都市の自然流下式水道事業の運営は、独立事業体として設立された3つの「州水道公社」に移管された。

以上のように、近年深井戸建設事業は急進し、1998年以降5000本以上が掘削され、2001年現在の稼働している全国深井戸総数は約15,000本あまりに達しているといわれる。

(2) 貧困削減戦略

マラウイ政府は、1995年10月“Policy Framework for Poverty Alleviation Programme”を策定し、本格的に貧困削減政策を開始した。この中で、水供給に関しては2005年までに全ての国民が飲料、料理、洗濯そして個人の衛生を確保するために、十分な量と許容できる質の安全な水源に容易にアクセスできるようになることを目指している。施策としては、

- 1) 給水率向上のための資金や要員の準備、
- 2) 私企業、NGO等の参加、
- 3) コミュニティと修理チームの継続的なトレーニング、
- 4) コミュニティの努力が有効に働くためのスタッフのトレーニングと十分なスペアパーツの供給、
- 5) 給水施設を維持するため、料金支払いを含むコミュニティへの動機付け、
- 6) 都市周辺住民の共同水栓自主管理、
- 7) 水資源のマネージメント

をあげている。

また、世銀、IMFの政策に呼応して貧困削減戦略ペーパー(Poverty Reduction Strategy Paper: PRSP)の作成を手がけ、2000年5月には暫定PRSPとして“Interim Poverty Reduction and Growth Strategy Paper - A Road Map”を作成し、同年8月にこれを改訂している。この中で、適切で信頼のおける清潔な水へのアクセスと良好な衛生習慣は、経済発展を刺激し、公衆衛生改善のキポイントであると位置付けて、貧困削減のための給水・衛生施策として、「貧困層を対象とした給水事業が地方、都市ともに経済活動の基礎を向上させるものである」という認識を広める必要があると分析している。

しかし、その後包括的開発のフレームワークおよび国際機関との協調体制については、明確な方針は示されていない。

1-1-3 社会経済状況

マラウイ国の人口は 9,934,000 人（1998 年）であり、国民 1 人あたりの G N P は 210 US\$（1998 年）、人口の 60%以上は年収 40 US\$以下で、D A C による貧困ライン（370 US\$）を大きく割り込んだ絶対的貧困層が大多数を占める。就労人口の約 87%は農業に従事し、G D P（16 億 US\$、1998 年）に占める農業の割合は 37%に及んでいるが、農業従事者の大半は貧困層である。しかも独立以前から定期的に発生している旱魃は農業生産高だけでなく、農民の生活、村落の永続自体にも大きな影響を及ぼしてきた。

マラウイ国政府は、1980 年代始めより I M F、世界銀行による構造調整政策を受け入れて経済建て直しを図り、政府支出の抑制、財務部門の改革、政府部門の民営化促進などの政策を進めてきた結果、1989 年～1991 年の平均実質成長率は 6%に達した。しかし 1990 年代前半に頻発した旱魃は、輸出の 90%を占めるタバコや紅茶、砂糖など農産物の大幅な収穫減をもたらし、さらに政治上の人権問題に起因する海外ドナーからの援助減少が追い打ちをかけて、外貨収入は減少し、財政赤字は G D P の 15%にまで増加した。このため 1995 年から新たな財政措置を投入し赤字の削減を図っているが、国家財政は今もなお不安定な状況にある。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

マラウイ国政府は早くから農業生産高の安定化ひいては増加を促進するための農村基盤整備の一環として、地方村落に衛生的で安定した生活用水を供給することを主要な国家政策の一つとしてきた。1987年には農村の基盤整備を最重要政策とする「国家長期開発政策」を策定し、飲料水供給については地方部の給水普及率を1996年までに74%まで高めることを目標とした。しかし資金難から給水施設建設ははかどらず、このため1994年には「国家水開発計画」を策定して、これまでの水政策を見直し、給水普及率74%の目標年次を2010年まで延長するとともに、国際機関や先進国に対し積極的に援助を要請した。

我が国は、地下水による地方給水計画について1987年より1999年までに南部州、中部州、北部州各1件、計3件の無償資金協力を実施し、マラウイ国政府から高い評価を得ている。このような背景のもと、マラウイ国政府はリンティペ河流域のリロングウェ〜デッサ地域における地下水開発計画に関し、1999年我が国に無償資金協力を要請してきたものである。

要請対象地域はリロングウェ県南東部及びデッサ県西部で、両県は中部州に属し、首都リロングウェの南東部に位置している。この地域は国内でももっとも肥沃な地域の一つにあげられ、マラウイ国の農業開発にとって重要な役割を担っている。しかし、要請対象地域の総人口52万人（1999年）のうち、過半数が生活用水の確保にDamboと呼ばれる沼地、河川の表流水あるいは手掘りの浅井戸を主に使用している。しかも乾季にはこれらの水源は涸渇し、数少ない他の水源を求めて女性や子供が遠距離の水運搬を強いられている。

マラウイ国から要請のあった本プロジェクトの全体的な枠組みは以下のとおりである。

上位目標

適切な飲料水へのアクセスにより、住民の生活環境が改善される。

住民が水因性疾患と健康・衛生的生活習慣の関係を理解し、給水施設の主体的な維持管理が実施される。

■ プロジェクト目標

対象村落に徒歩500m以内のアクセスで安全・安定的な給水点が提供される。

衛生環境が改善され、コレラなどの水因性疾患の発生を防止する。

我が国への要請内容

【施設建設】

ハンドポンプ付き深井戸給水施設 500カ所

（付帯施設：エプロン、排水施設、洗濯場）

【機材調達】

車載型掘削機(2台)、支援車両、関連機材等

対象地域：リロングウェ県、デッサ県内の以下の郡(Traditional Authority: TA)

リロングウェ県 : Mazengera、Chitekuwere、Kalumbu、Chadza

デッサ県 : Tambala、Chauma、Kaphuka、Kachere、Chilikumwendo

■ 相手国実施機関：MWD水資源局

(Department of Water Resources, Ministry of Water Development)

施設計画と受益者

500カ所の深井戸建設により、12万5千人の村民が恩恵を受ける。

1-3 我が国の援助動向

マラウイ国における我が国の援助による地方給水関係プロジェクトは、昭和 62 (1987) 年度の地下水開発計画 (北カウインガ地区) に始まり、平成 11(1999)年度まで以下の無償資金協力が実施されている。これらの他、地方給水分野では1996 年以来N G Oや地方村落に対して 8 件 (22.2 万 US\$) の草の根無償資金協力が実施されている。

表-1. 3. 1 我が国の無償資金協力による地方給水プロジェクト

| 年度 | 案 件 名 | 金額(千円) | 概要 |
|-----------------|----------------------|---------|-------------------------------------|
| 昭和62年 (1987) | 地下水開発計画 (北カウインガ地区) 期 | 677,000 | 深井戸建設機材 (2式) の調達 |
| 昭和63年 (1988) | 地下水開発計画 (北カウインガ地区) 期 | 161,000 | 深井戸建設工事 (82本) |
| 平成元年 (1989) | 地下水開発計画 (北カウインガ地区) 期 | 151,000 | 深井戸建設工事 (82本) |
| 平成 4年 (1992) | ムチンジ地下水開発計画 期 | 646,000 | 深井戸建設機材 (1式) の調達 及び深井戸建設工事 (80本) |
| 平成 5年 (1993) | ムチンジ地下水開発計画 期 | 237,000 | 深井戸建設工事 (110本) |
| 平成 6年 (1994) | ムチンジ地下水開発計画 期 | 271,000 | 深井戸建設工事 (110本) |
| 平成 8年 (1996) | ムジンバ西地区給水計画 | 74,000 | 実施設計調査 |
| 平成 9年 (1997) | ムジンバ西地区給水計画 国債1/3期 | 633,000 | 深井戸建設機材 (1式) の調達 |
| 平成10年 (1998) | ムジンバ西地区給水計画 国債 2/3 期 | 330,000 | 深井戸建設工事 (180本) |
| 平成11年 (1999) | ムジンバ西地区給水計画 国債 3/3 期 | 238,000 | 深井戸建設工事 (120本) |

1-4 他ドナーの援助動向

(1) MWDに対する地方給水プロジェクト

MWDが管轄する地方給水セクターの国際援助は以下の通りである。

表-1. 4. 1 MWD管轄の地方給水国際援助 (2000/2001 年度 国家予算資料による)

| 計画 | 援助機関 | 種別 | 計画規模 MK (1MK 0.02USD) | 備考 |
|----------------------------|-------|----|--------------------------|-------------|
| 1. 水資源管理 (地下水関連) | | | | |
| 新規井戸建設 | IDA | 借款 | 207,592,328 | |
| Mangochi 東部深井戸建設 | KfW | 無償 | 440,000,000 | 深井戸 300 本 |
| 2. 給水・衛生 (地下水関連) | | | | |
| 2-1 国家深井戸維持管理 | | | | |
| コミュニティ給水計画 | CIDA | 無償 | 460,000,000 | 衛生・井戸建設 |
| 2-2 地方コミュニティ井戸維持管理 | | | | |
| 南部州深井戸修理計画 | UNCDF | 借款 | 40,360,000 | 深井戸 1,000 本 |
| 2-3CBM (村落ベースの維持管理) | | | | |
| Community Based Management | IDA | 借款 | 12,000,000 | |

MWDは、実施機関として水資源の開発と管理を担当する水資源局と給水と衛生を担当する給水・衛生局からなる。予算は、上表のように局組織の区分同様に「水資源管理」と「給水・衛生」に分けられているが、ともに深井戸建設と衛生を組み合わせたプロジェクトが主体である。

(2) 世銀融資による社会活動基金 (Malawi Social Action Fund: MASAF)

MASAFは、貧困削減の主たる実施機関として1995年に設立され、コミュニティの主導と要望に基づく、開発を支援するマラウイ国政府の基金であり、世銀の融資を受けて運営されている。実質的な活動は1997年に開始され、2001/2002年度は全直接投資予算(約4,700百万MK)のうち、約1割が深井戸建設に投資される予定である。

MASAFの活動は、目的別に以下の3項目に分けられる。

- 1) コミュニティ支援：教育、衛生、通商
- 2) 公共投資：農民に対する収穫までの資金融資、道路建設・補修、ダム建設、コミュニティ形成
- 3) SSP (Sponsored Sub Project: ストリートチルドレン、HIV感染者/ AIDS患者、身体障害者などコミュニティを形成できない不遇な弱者グループに対する支援)

給水セクターは、1)のうち、衛生改善の一環として行うもので、深井戸建設や自然流下式水道の建設を含んでいる。深井戸建設は、1997年より開始され、2000年現在累積で2,731箇所が建設されている。さらに2001/02年度の深井戸建設については、リコマ島を除く全ての県(26県)に各56カ所、計1,456カ所の深井戸建設予算が承認されている。深

井戸建設の計画にあたっては、M A S A Fの支援を受けるために設立された開発コミュニティ（多くは学校の通学範囲の単位）からの要望に基づき、各県で県長官(District Commissioner : D C)、伝統的首長（郡長：T A）および地方選出国會議員をまじえて具体的な支援対象コミュニティが選択される。また、各県の採択リストに基づきM A S A F本部がこれらをまとめ、井戸掘削業者へ発注する。

このように世銀が全国レベルでの井戸建設規模について承認した後は、M A S A Fが井戸の配置計画を含む計画の実施主体となっている。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

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

地下水開発事業は、MWDの本部において水資源局が計画及び実施を担当し、給水・衛生局が給水施設の運営維持管理を担当している。本プロジェクトの主管部局は、水資源局である。深井戸施設の運営・維持管理は、これを利用するコミュニティが管理委員会を組織して行うが、コミュニティへの啓発活動は、給水・衛生局が担当する。MWDは、計画・設計・管理を行う本部組織と計画を実施する州水開発事務所（北部、中部、南部）以下の組織からなる。

MWD内の組織は、数年前から改編中であり、計画段階の組織図を図-2.1.1に示す。改組の主な点は以下のとおりである。

- 1) 地方都市給水を行う水道事業の運営を、独立した州水道公社（3州）に移管し、MWDはこれを監理する。
- 2) 給水局は、給水・衛生局に改組し、啓発教育、深井戸の運営・維持管理部門を水資源局から引き継ぐ。
- 3) 水資源局及び州水開発事務所の井戸掘削班や機材班など現業部門を独立した法人として、MWDはこれを指導、監理する。

上記 1) については、既に北部、中部、南部の州水道公社(Region Water Board)が設立され、運営が移管されている。

2) については、組織の改編は行われたが、計画に対して要員、特に本部の職員は不足している。2001年中にこれを補充する職員の採用が予定されている。

3) については、1997年の政府の民営化政策に従い、資本（日本の無償資金協力によって調達した機材を除く）をシェアするために「The National Waters Supply (Malawi) Limited」という会社組織のドラフトを作成し、資本参加を募ったが応募者が無く、民営化は中断している。現段階では、洪水やコレラの発生地域に対する緊急対策や農業・灌漑省からの委託による灌漑用井戸の開発などにおける省内現業部門の役割を考慮し、従来の組織体制を維持している。

プロジェクトを実施する水資源局は、水資源の調査、開発、管理を行い、深井戸の計画・開発を行う地下水部は次の職務内容について、水理地質技術者（本部5名、州事務所計5名、計10名）を中心に運営されている。

- ・ 水理地質に関するデータの整理
- ・ 地下水資源に関する開発計画の策定、開発及び管理
- ・ 地下水を水源とする井戸等の給水施設の建設

また、プロジェクトの一部として実施するコミュニティへの啓発活動を実施する給水・衛生局の職務は以下のとおりである。

- ・ 給水・衛生計画の計画・設計・監理
- ・ 運営、維持管理、修理、モニタリング、評価の実施
- ・ 給水施設を所有するコミュニティに対する運営・維持管理の啓発教育

完成後の深井戸施設は、受益者住民が自ら組織する村落衛生・水委員会 (Village Health Water Committee : V H W C) および同一村落内に複数の井戸がある場合は、井戸毎の水管理委員会 (Water Point Committee : W P C) が運営・維持管理を行う。このため、地方給水事業の一環として、井戸建設時に水に係る衛生教育と施設の運営、維持管理についての住民への啓発教育を行う C B M (Community Based Management) プログラムが実施される。MWD の州事務所及び県出先事務所に所属する C B M コーディネーターや水モニタリングアシスタント (Water Monitoring Assistant : W M A) は、C B M 活動の普及員となり、V H W C / W P C の活動や井戸状態のモニタリング及び技術的アドバイスを行う。

地域開発計画の受け入れ先である地方行政組織は、県長官 (District Commissioner) を議長とする県開発委員会 (District Development Committee : D D C) が中心となっているが、実務的には D D C に対する技術的助言を行うために、各省庁の県事務所長により構成される県執行委員会 (District Executive Committee) が組織されている。

県以下には、伝統的行政区があり、伝統的首長 (Traditional Authority : T A) により治められている。このレベルでは、T A を議長とする地域開発委員会 (Area Development Committee : A D C) が組織される。さらに T A 以下には、グループ村長 (Group Village Headman) を議長とする村落開発委員会 (Village Development Committee : V D C) が組織される。地域での必要な小規模プロジェクトは V D C から A D C に申請され、A D C での協議を経て D D C で採択され、資金調達が模索される制度となっている。

上記の V H W C は、グループ村長以下の各村長の下に形成されることになる。

地方行政組織の概略は図 - 2 . 1 . 2 に示すとおりである。

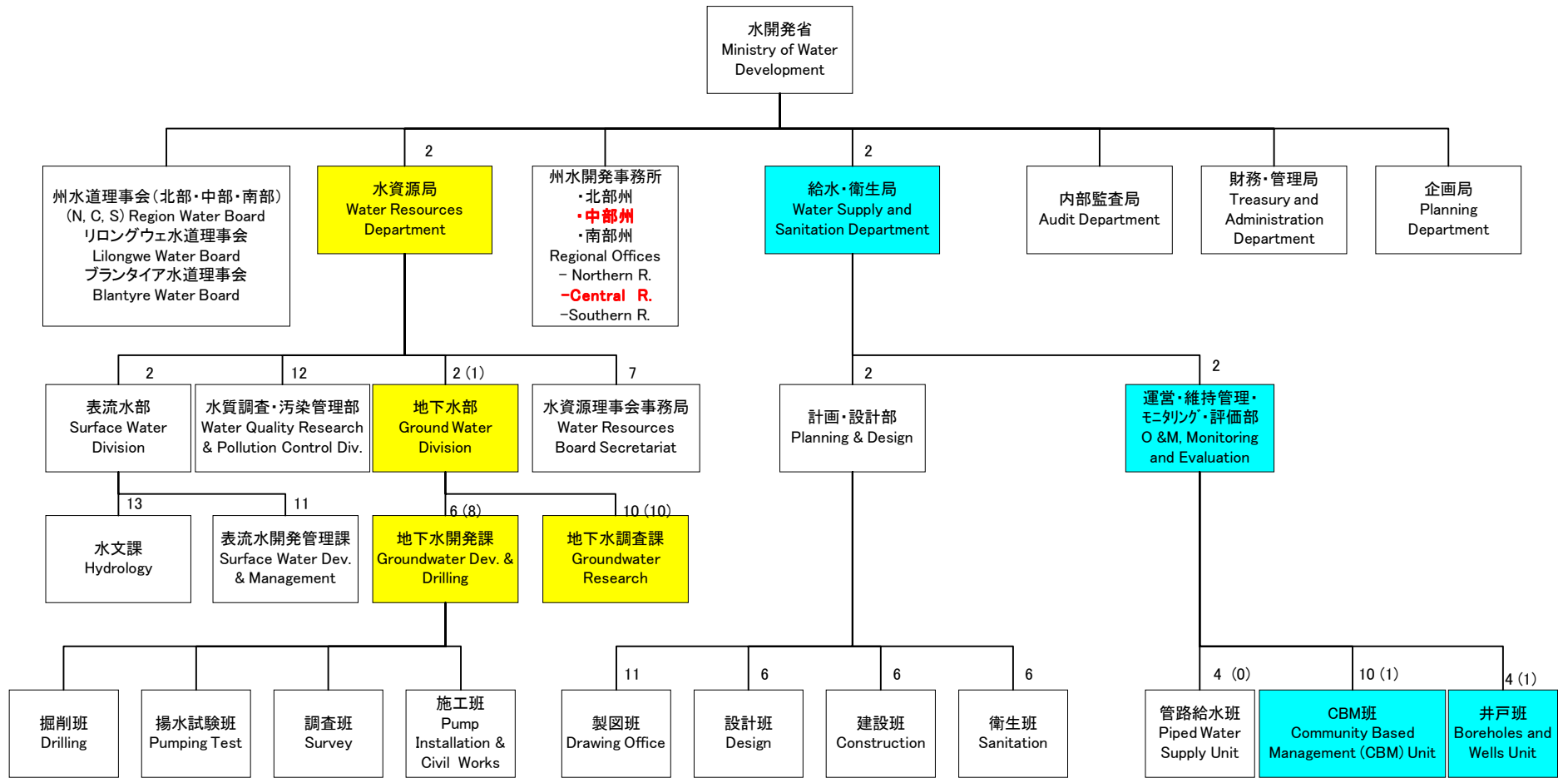
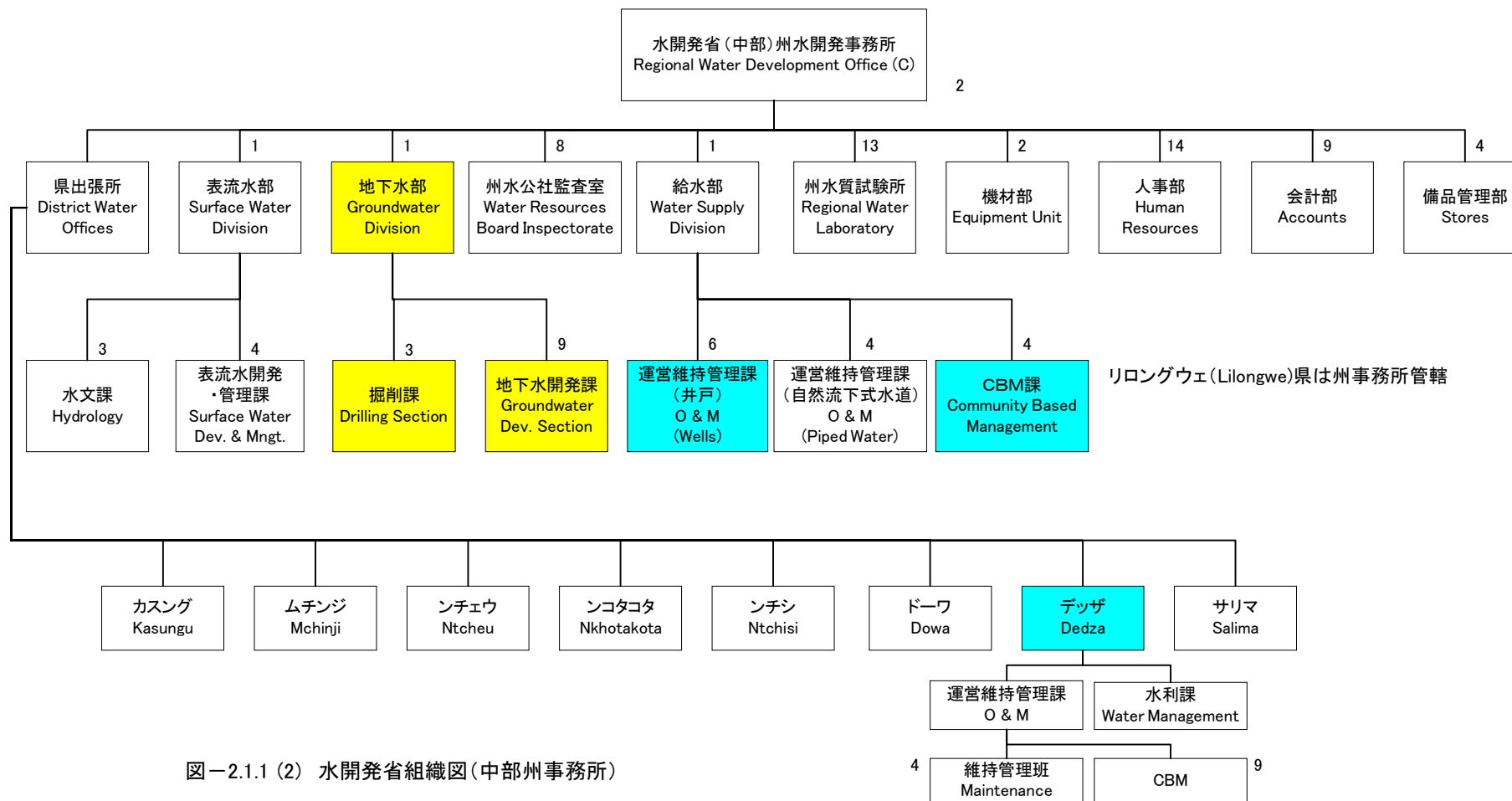


図-2. 1. 1 (1) MWD組織図(本部:計画)

: 深井戸建設に係る担当部署
 : 深井戸の運営・維持管理に係る担当部署
中部州水開発事務所 : 本プロジェクトの対象地域管轄事務所 (図-2.1.1(2)参照)
 数字 : 各部署の計画要員数 ()内は現況要員数



図一2.1.1 (2) 水開発省組織図(中部州事務所)

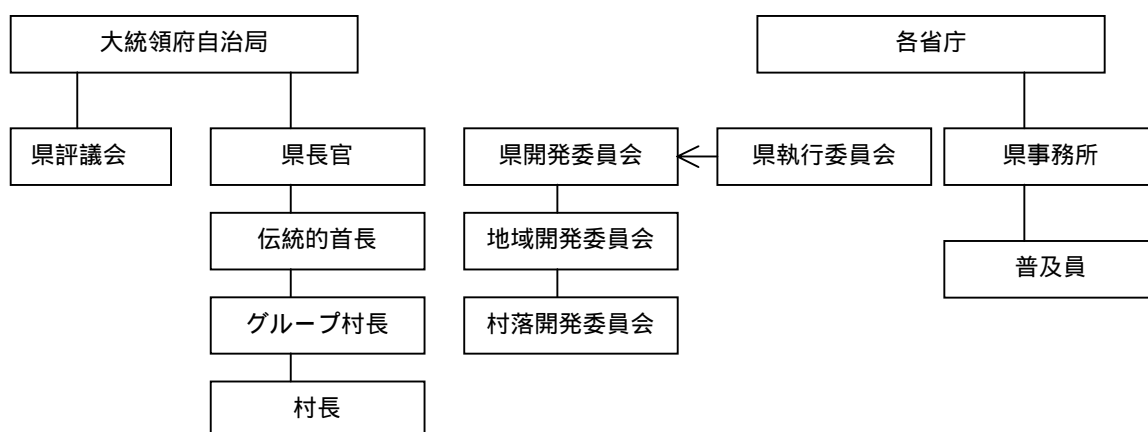


図-2. 1. 2 地方行政組織図

2-1-2 財政・予算

経常予算と開発予算を含めたMWD全体の予算は、国家予算の4~5%に相当している。また、国家開発予算のうち、給水・衛生セクターは、2000/01年度で約1,800百万MK（マラウイクワチャ）であり、全体の14.7%を占めている。同予算の主体は、MWDの給水・衛生プロジェクトである。

MWD全体予算と地方給水の主体となる地下水関連予算について過去5年間の予算推移を表-2.1.1及び図-2.1.3に示す。

MWDの予算は、経常予算、開発予算に分けられ、これにMWD独自の収入として、井戸掘削や水質試験などの他省や民間からの受託収入（Treasury Fund）が加わる。

開発予算は、MKベースで年20~75%の伸びを示しているが、年度当初のレートで推定した米ドルベースでは、21~31百万US\$で増減している。特に98/99年度にドルベースで約30%の増加が認められるのは、この年から「3,000本深井戸建設計画」と呼ばれるマラウイ国の自国予算による開発計画が開始された（98/99年度予算約240百万MK、9百万US\$相当）ためであり、以降予算を漸減させながらも3年間で15百万US\$規模を投じている。これは、政策的に決定された特別予算である。

上記の「3,000本計画」を除き、開発予算のうちの自国予算は、すべて外国援助プロジェクトに対する自国負担分であり、プロジェクト毎に借款の場合その20%前後、無償援助の場合数%~10%程度の自国予算が配分されている。近年の実績では、MWD全体として1~3百万US\$（平均約2百万US\$）、地下水に関連するプロジェクトとして0.1~0.5百万US\$（平均0.3百万US\$）の自国予算が計上されている。

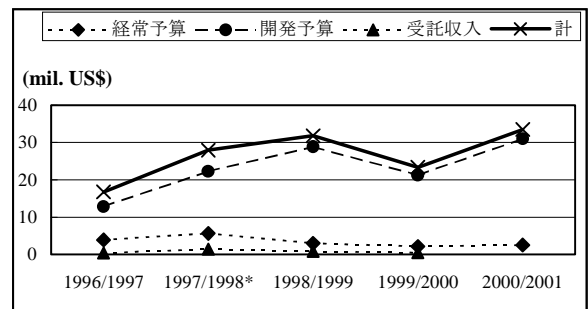
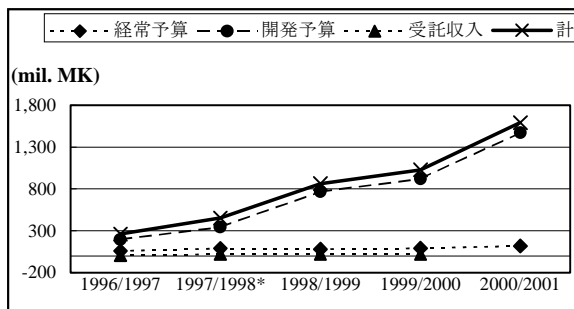
表-2. 1. 1 MWDの予算

単位: MK

| 予算区分 | | 年度 | 1996/1997 | 1997/1998* | 1998/1999 | 1999/2000 | 2000/2001 |
|---------------------------------|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| MWD ('99/00年度まで 灌漑・水開発費) | 経常予算 | | 59,247,318 | 87,368,808 | 79,082,517 | 92,400,000 | 117,263,100 |
| | 開発予算 | | 195,178,057 | 344,351,598 | 768,273,296 | 920,790,000 | 1,474,880,000 |
| | 第1部(海外援助) | | | 292,957,994 | 500,878,798 | 693,430,000 | 1,200,000,000 |
| | 第2部(国内予算) | | | 51,393,604 | 267,394,498 | 227,360,000 | 274,880,000 |
| | 省受託収入 | | 5,704,280 | 21,189,575 | 21,180,254 | 17,729,516 | |
| | 計 | | 260,129,655 | 452,909,981 | 868,536,067 | 1,030,919,516 | 1,592,143,100 |
| 省予算のうち地下水関連予算 | 地下水資源関連予算 | 経常予算 | 2,294,263 | 124,556 | 11,529,938 | 33,998,744 | 40,745,489 |
| | | 開発予算 | 14,120,537 | 36,766,000 | 280,663,151 | 257,737,233 | 314,929,685 |
| | | 第1部(海外援助) | 10,343,000 | 34,134,000 | 39,000,000 | 93,200,000 | 124,254,349 |
| | | 第2部(国内予算) | 3,777,537 | 2,632,000 | 241,663,151 | 164,537,233 | 190,675,336 |
| | | 地下水資源関連 計 | 16,414,800 | 36,890,556 | 292,193,089 | 291,735,977 | 355,675,174 |
| | 地下水給水関連予算 | 経常予算(深井戸維持管理) | 9,820,100 | 29,342,188 | 21,152,985 | 10,591,427 | 15,289,451 |
| | | 開発予算 | 0 | 0 | 520,000 | 0 | 4,550,000 |
| | | 第1部(海外援助) | 0 | 0 | 260,000 | 0 | 4,550,000 |
| | | 第2部(国内予算) | 0 | 0 | 260,000 | 0 | 0 |
| | | 経常予算(CBM/衛生) | ----- | ----- | 3,021,979 | 35,580,023 | 54,737,243 |
| | | 開発予算 | 6,001,000 | 12,289,240 | 38,240,000 | 9,315,470 | 121,997,187 |
| | | 第1部(海外援助) | 5,614,000 | 9,398,000 | 33,670,000 | 7,420,669 | 108,393,279 |
| | | 第2部(国内予算) | 387,000 | 2,891,240 | 4,570,000 | 1,894,801 | 13,603,908 |
| | | 地下水給水関連 計 | 15,821,100 | 41,631,428 | 62,934,964 | 55,486,920 | 196,573,881 |

*: 15ヶ月予算(April '97~June '98)

Minnistry of Water Development



Water Resource Management for Groundwater

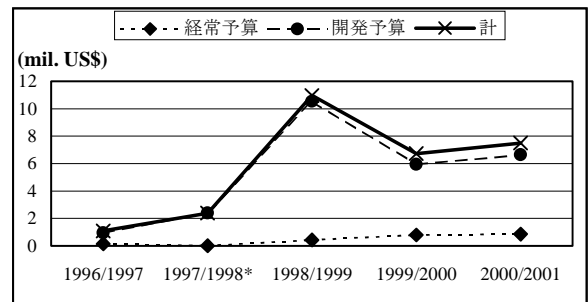
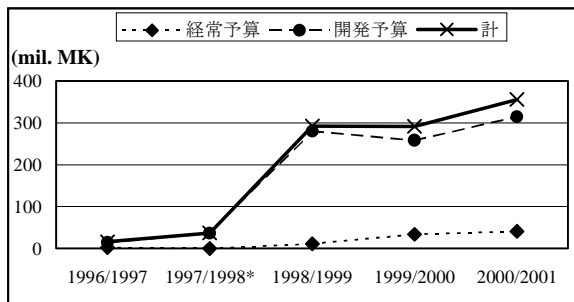


図-2. 1. 3 MWDの予算推移 (左 MK, 右 US\$換算, 上段:MWD全体, 下段:地下水開発)

2-1-3 技術水準

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は、マラウイ大学で地質、地下水の専門課程を修めた水理地質技師（本部5名、州事務所5名）を中心に運営され、3,000本深井戸建設計画や国際援助機関によるプロジェクトなど、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・衛生局の運営・維持管理、モニタリング、評価部は、住民主体の維持管理体制を進める啓発活動（CBM）班に、海外で参加型開発等の研修を受けた要員を配置しているが、組織改編中であり要員数が不足している。本年度中に学歴、経験とも兼ね備えた管理職員を採用する予定である。また、州事務所や県出先事務所に配置された水モニタリングアシスタント（Water Monitoring Assistant: WMA）は、深井戸の維持・修理技術を身につけているほか、NGOやMASAF等他の給水・衛生プロジェクトにおいて住民への啓発活動の実績を有する。

2-1-4 既存の施設・機材

(1) 既存の深井戸給水施設

要請地域の9TAに対して後述するように、相手国政府と協議を経て、以下のTA、小郡Sub-TAを協力対象地域とした。

リロングウェ県：TA Chadza

デッサ県：TA Tambala, STA Chauma, TA Kachere, STA Chilikumwendo

MWD、MASAF、NGOなどの資料にもとづいて、協力対象地域内の既存の深井戸施設を集計すると、推計人口317,900人に対して657箇所が数えられる。これらは、実施主体によって表-2.1.2のように分類される。

表-2. 1. 2 協力対象地域内の既存井戸

| 実施主体 ^{*1} 郡/小郡(TA / STA) | A | B | C | D | E | F | 計 | 推定稼働率 (%) | 推計人口 (2001年) | 普及率% (稼働率考慮) |
|--------------------------------------|-----|----|----|----|---|---|-------------------|-----------|--------------|--------------|
| リロングウェ県 | | | | | | | | | | |
| Chadza | 126 | 13 | 20 | 0 | 4 | 3 | 166 | 82% | 84,800 | 48.6 (40.1) |
| デッサ県 | | | | | | | | | | |
| Tambala/Chauma | 201 | 5 | 4 | 0 | 4 | 2 | 216 ^{*2} | 59% | 72,200 | 74.8 (44.1) |
| Kachere/Chilikumwendo | 165 | 9 | 2 | 97 | 1 | 1 | 275 ^{*3} | 61% | 160,900 | 42.7 (26.1) |
| 計 | 492 | 27 | 26 | 97 | 9 | 6 | 657 | 65% | 317,900 | 51.7 (33.6) |

*1 : A: 国家計画、B: MASAF、C: OPC、D: Concern Universal (NGO) E: PROSCARP (NGO) F: その他

*2 1993/94年に林業開発のため多くの井戸が掘削された(対象地域内では141)が、稼働率が低い(50%以下)。

*3 : これ以外に1990年前後にモザンビーク難民キャンプを対象として多くの井戸が建設されたが、ポンプタイプが異なるため(Aquadev)、管理されておらず、多くが稼働していない。

掘削井戸のリストから、深井戸1箇所当たり250人の使用を想定すると深井戸給水率は約52%と算出されるが、現地で確認できた既存井戸157箇所のうち、55箇所(約35%)が稼働していなかったことから実際の給水率は34%程度と推定される。現時点で稼働していない井戸の中には、修理可能なものも含まれるが、これらを修理しても40%程度の普及率にとどまるものと考えられる。

既存深井戸給水施設の運営・維持管理状態は、以下のような問題点がある

- 1) 維持管理責任の体制は、政府・ドナーへの依存から、94年以降WPCによる初歩的維持管理と政府による重大な故障(ポンプ本体や揚水管など)の修理の組み合わせ体制に移行し、更に99年以降WPCの全管理責任体制へ方針転換された。しかし、94年以前に建設された井戸についてはWPCの設置がないところが多く、財政不足(要員や移動手段の不足など)から政府による修理も十分行われてこなかった。また、住民主体の運営・維持管理という新たな方針がそれ以前に建設された施設まで遡って啓発されることが少ない。
- 2) 統一規格となっているAFRIDEVポンプは、シリンダーやフットバルブなどが簡単に取り外せ、消耗部品の交換が簡便である反面、ロッドの継ぎ手や揚水管等が破損しやすい欠点がある。これらの部位についてはかつてMWDが交換品を用意し、修理する方針であったが、財政難から十分な補給、修理体制がとられていなかった。
- 3) MWDは、井戸の維持管理の指導、モニタリングにあたるWMAを配置し、住民の要望に応じていたが、近年移動手段となるモーターバイクが故障して、十分な活動ができていない。

- 4) ポンプの交換消耗品の流通は、政府が輸入して全国的な小売店チェーンを通して販売されていたが、最近これが滞っているため、住民が容易に購入できない状態が続いている。
- 5) N G Oには独自の軽量掘削機を用いて、給水点の設置および衛生改善の啓発活動を行っているものもあるが、深井戸（Borehole）と称している給水点もその多くが 20m 以浅の浅い井戸であり、中には乾季に水位が低下して使用できなくなるものや、掘削後早期に使用できなくなるものも認められる。

MWDは、これらの問題に対して、給水・衛生局職員の増強、村レベルまで地方職員が多い保健・人口省（Ministry of Health and Population: M o H P）や県組織との連携を図り、モニタリングの強化を行う方針である。ポンプ部品の流通については、これを改善するため、今年度U N I C E Fの協力で輸入から販売に至る民営化に移行しつつある。また、井戸の掘削方法の技術についてはマニュアルを作成中であり、N G Oを含めた井戸掘削技術の基準化を図る方針である。

(2) その他の給水施設の現況と計画

MWDの管轄していた地方都市の水道施設は、民営化された中部州水道公社に移管されている。計画地域に係る水道施設は、対象地域東南端に隣接するデッサ市街地および西端部にあるマラウイ大学ブンダ校とその農場を対象とするものであり、要請村落との重複はない。

なお、公社ではこれらの拡張計画および地方市場を中心とする新規の水道事業計画に対して、基本設計または実施設計を終えており、プロジェクトプロポーザルを提出して資金援助を探している。これらの計画をまとめれば表 - 2 . 1 . 3 に示すとおりであり、本計画に直接関係するものはないが、対象地域内のMi tundu市場（T A Chadza）を中心とする計画では計画村落に近接する上水道が計画されている。公社の上水道は、共同水栓の場合 MK 6 /m³ の料金設定がされており、一般家庭の使用量を想定して井戸の維持費と比較すると 10 倍程度の料金となるため、上水給水範囲と村落給水の明確な区分が必要と考えられる。

表-2. 1. 3 Lilongwe 県及び Dedza 県内の上水道プロポーザル(中部州水道公社)

| 計画の名称 | 県 | 内容 | 実施段階 (資金) | 本件との関係 |
|--------------------|----------|--------------------------|------------------|---------------------------|
| Likuni W.S. | Lilongwe | Reh. / Exp. | 施工中 (AfDB) | なし |
| Natenje New W.S. | Lilongwe | New Const. | DD (IDA) 終了 | 対象地域内, 要請村落なし(TA Chadza) |
| Nkhoma New W.S. | Lilongwe | New Const. / Reh. & Exp. | 既設の所有者(CCAP)と交渉中 | 当初要請地域(TA Mazengera) |
| Chimbiya New W.S. | Dedza | New Const. | F/S, PD (CIDA)終了 | 当初要請地域(TA Kaphuka) |
| Linthipe W.S. | Dedza | DD / Const. | F/S, PD (CIDA)終了 | 当初要請地域(TA Kaphuka) |
| Mitundu New W.S. | Lilongwe | DD / Const. | F/S, PD (CIDA)終了 | 計画域内。近隣に要請村落1村(TA Chadza) |
| Mtakataka New W.S. | Dedza | DD / Const. | F/S, PD (CIDA)終了 | なし |
| Thete New W.S. | Dedza | DD / Const. | F/S, PD (CIDA)終了 | 対象地域内, 要請村落なし(TA Kachere) |

(3) 既存深井戸掘削機材

1989年の北カウインガ地区、1992年のムチンジ地区、および1997年のムジンバ西地区の各地下水開発計画で日本から調達された掘削機等の機材状況は、表-2.1.4に示すとおりである。

MWDで深井戸用に稼働している主たる掘削機は、日本のプロジェクトで調達した機材である。

1989年に調達した2機は相当に老朽化しており、1台は使用可能であるが頻繁に修理が必要であり、他の1台は舗装道路をようやく走行できる程度で通常の掘削作業に使用できる状態ではない。2台の高圧コンプレッサーは使用可能な状態であるが、十分な機能を発揮するためには、経年的な磨耗・損傷している主要部分(エンジン本体、燃焼循環系、冷却系、電気系、空気圧制御系、動力伝達系等)の部品の交換及び整備等が必要である。また、搭載車輛についても主要な部位について部品の交換が必要である。

1992年にムチンジ地区用として調達された掘削機1台および高圧コンプレッサー1台は、使用可能な状態に維持されているが、9年間の使用を経て、主要な部位が老朽化しているため、十分な掘削機能を回復して延命化を図るためには、主要部位を含む各部の部品交換とともに整備が必要である。

1997年にムジンバ西地区で調達した掘削機および高圧コンプレッサー各1台は、比較的良好な状態に保たれている。

表-2. 1. 4 過去の無償資金協力による調達機械の状況

| 機械 | プロジェクト名 (調達年) | Work Shop | 車両番号 | | 調査結果 |
|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------|--------------------|---|
| | | | 旧 | 新 | |
| 掘削機 (リグ) | 北カウインガ地区 地下水開発 (1989) | Balaka | ME- 177L | 021- MG- 081 | 車両: 走行距離: 32, 931 km エンジン及び車体の老朽化著しく、多大な部品交換、整備を要する上に、完全な性能を取り戻すことは難しい。 リグ: 形式: FSW-7T-S22 運転時間: 675 hr (積算計故障) 油圧系の能力低下著しく、消耗部品の交換、整備が必要。 |
| | | Likuni (Lilongwe) | MG- 178L | | 車両: 走行距離: 55,524 km エンジンの出力低下著しく、60 km/hr 以上の速度が出ない状態であり、全面的交換が必要。また、足回りの整備も必要。 リグ: 形式: FSW-7T-S22 運転時間: 3,457 hr 油圧系統の能力低下著しく、ドリルヘッドもこのままでは使用に耐えず、徹底的なオーバーホールをしても能力回復は困難。 |
| | ムチンジ地区 (1992) | Balaka | MG- 930P | 021- MG- 084 | 車両: 走行距離: 30,410 km 稼動状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、動力伝達系、制動系、シャシー(摺動部)、電気系等に経年的な磨耗・損傷等が進んでおり、部品の交換、整備が必要。 リグ: 形式: FSW-7T-S30 運転時間: 5,340 hr 稼動状態にあるものの、ドリルヘッド、油圧回路、コントロールバルブ、マスト・プルダウン機構、各シリンダー、エアウインドケース、泥水ポンプ等に経年的な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品交換、整備が必要。 |
| | ムジンバ西地区 (1997) | Balaka | MG- 254U | | 車両: 走行距離: 11,691km エンジン、足回り等良好。定期整備程度のスペアパーツの補充で充分使用可。 リグ: 形式: FSW-7T-S38 運転時間: 2,053 hr 定期整備程度の消耗部品の補充が必要。 |
| 5 トラック 車 | 北カウインガ地区 | | (MG- 167L) | | 1990年に転覆事故を起こし、廃車状態。 |
| | | Lilongwe | MG- 168L | | 走行距離: 199,894 km ギアボックス、プロペラシャフト、サスペンション等の重要部分が損傷著しく徹底的な重整備が必要であるが、走行距離から判断し、廃車が望ましい。 |
| | ムチンジ地区 | Lilongwe | MG- 929P | 021- MG- 096 | 走行距離: 161,333 km 稼動状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、動力伝達系、制動系、シャシー(摺動部)、電気系等に経年的な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 |
| 3 トラック 車 | 北カウインガ地区 | Lilongwe | (MG- 175L) | | 走行距離: 距離計無く不明 プロペラシャフト、ディファレンシャルギア、後部スプリング無し。廃車状態。 |
| | | Zomba | (MG- 176L) | | 走行距離: 88,325 km 車軸、後部スプリング破損、廃車状態。エンジンは整備すれば使用可能なので、リグ MG-178L に交換取付けの予定。 |
| | ムチンジ地区 | Balaka | MG- 932P | 021- MG- 092 | 走行距離: 148,150km 稼動状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、動力伝達系、制動系、シャシー(摺動部)、電気系等に経年的な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。また、左側のアウトリガーの油圧系統部が故障しており、MG-176L車の同部品を水資源局で取外し、整備の予定。 |
| | ムジンバ西地区 | Lilongwe | MG- 251U | | 走行距離: 69,440km 状態は良好。サスペンションの整備が必要。 |
| | | | MG- 252U | | 走行距離: 73,972 km 状態は良好。サスペンションの整備が必要。 |

| 機械 | プロジェクト名 (調達年) | Work Shop | 車両番号 | | 調査結果 | |
|----------------------|------------------|--------------|--------------------|--|--|--|
| | | | 旧 | 新 | | |
| コンプレックス トラック 用 | 北カウイング 地区 | Balaka | MG- 179L | 021- MG- 080 | 走行距離：61,568 km 稼働状態にあるが、エンジン本体、燃料循環系、動力伝達系、冷却系、制動系等に全面的な経年的磨耗・損傷が進んでおり、大規模なオーバーホールが必要。 | |
| | | Mzuzu | MG- 180L | 021- MG- 085 | 走行距離：73,604 km 稼働状態にあるが、エンジン本体、燃料循環系、動力伝達系、冷却系、制動系等に全面的な経年的磨耗・損傷が進んでおり、大規模なオーバーホールが必要。 | |
| | ムチンジ地区 | Balaka | MG- 931P | 021- MG- 087 | 走行距離：35,099 km 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、動力伝達系、制動系等に経年的な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 | |
| | ムジンバ西地 区 | Balaka | MG- 253U | | 走行距離：13,320 km 状態はほぼ良好。定期整備程度の消耗部品があれば良い。 | |
| 揚水試験車 | 北カウイング 地区 | Lilongwe | MG- 173L | | 走行距離：60,981 km 稼働状態にあるが、エンジン本体、燃料循環系、動力伝達系、冷却系、制動系等に全面的に経年的磨耗・損傷が進んでおり、大規模なオーバーホールが必要。 | |
| | | | (MG- 174L) | | 走行距離：17,459 km 事故車で、ディファレンシャルギア、プロペラシャフト、タイヤ等無し。廃車状態。 | |
| | ムチンジ地区 | Lilongwe | MG- 928P | | 走行距離：36,301 km 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、動力伝達系、制動系、シャシー（摺動部）、電気系等に経年的な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 | |
| | ムジンバ西地 区 | Lilongwe | MG- 021U | 021- MG- 097 | 走行距離：14,488 km 状態は極めて良好。定期整備程度で良い。 | |
| ステー ション ワゴン | 北カウイング 地区 | Blantyre | (MG- 181L) | | 走行距離： 事故により廃車。ボディのみ残存。 | |
| | | Lilongwe | (MG- 145L) | | 走行距離：距離計無し 1996年以降に事故、廃車。ボディのみ残存。 | |
| | ムチンジ地区 | Lilongwe | (MG- 927P) | | 走行距離：距離計無し 1996年以前に事故、廃車。ボディのみ残存。 | |
| | | Blantyre | MG- 103M | 021- MG- 079 | 走行距離：317,774 km ほぼ良好の状態。サスペンション、トランスミッション、燃料ポンプ系統の交換整備が必要。 | |
| ピッ クア ップ | 北カウイング 地区 | | | | 2台とも廃車状態。 | |
| | ムチンジ地区 | | | | 2台とも廃車状態。 | |
| | ムジンバ西地 区 | ダブル キャビン | Blantyre | | 021- MG- 035 | 走行距離： エンジンのトラブル多し、オーバーホールの要あり。 |
| | | | Lilongwe | | 021- MG- 074 | 走行距離：11,691 km エンジンに亀裂入りスクラップ。ただし、車体、足回りは良好。 |
| | | Mzuzu | | 021- MG- 081 | 走行距離：176,204 km 概して良い状態であるが、ラジエーター、トランスミッション、サスペンション等の部品交換が必要。 | |
| | | シングル キャビン | Lilongwe | | 021- MG- 072 | 走行距離：12,644 km エンジン、オーバーヒートし、シリンダーヘッドに亀裂入り使用不能。ただし、車体、シャシー、足回り等は良好。 |
| Mzimba | | | 021- MG- 082 | 走行距離：133,600 km 概して良い状態にあるが、トランスミッション、サスペンション等の部品交換が必要。 | | |

| 機械 | プロジェクト名 (調達年) | Work Shop | 車両番号 | | 調査結果 |
|---------|--------------------------------------|-----------------------------|----------|---|---|
| | | | 旧 | 新 | |
| コンプレッサー | 北カウインガ地区 | 高圧 コンプレッサー PDSH-750 | Balaka | (製造番号) 4110066 | 運転時間: 1,413 hr 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、電気系、空気圧制御、動力伝達系、レザーパー、セパレーター等に経年な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 (現在: 021-MG-080トラックに搭載) |
| | | | Mzuzu | 4110067 | 運転時間: 2,365 hr 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、電気系、空気圧制御、動力伝達系、レザーパー、セパレーター等に経年な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 (現在: 021-MG-085トラックに搭載) |
| | | ポ-ダブル コンプレッサー PDS-125 | Lilongwe | 5041786 | 運転時間: 989 hr 落下事故により大破、スクラップ。 |
| | | | Lilongwe | 54-5060742 | 運転時間: 696 hr コンプレッサー、エンジンともに定期整備の要あり。エンジンは多少の交換部品が必要。 (現在: MG-173L車に搭載) |
| | ムチンジ地区 | 高圧 コンプレッサー PDSH-750 | Balaka | 4110084 | 運転時間: 1,442 hr 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、電気系、空気圧制御、動力伝達系、レザーパー、セパレーター等に経年な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 (現在: 021-MG-087トラックに搭載) |
| | | | Lilongwe | 54-5046964 | 運転時間: 2,392 hr 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、電気系、空気圧制御系、セパレーター等に経年な磨耗・損傷が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 (現在: MG-928P車に搭載) |
| | | 高圧 コンプレッサー PDSH-750 | Balaka | 4010125 | 運転時間: 691 hr 状態は良好。コンプレッサー及びエンジンの定期整備が必要。 (現在: MG-253Uトラックに搭載) |
| | | | Lilongwe | 54-5A11106 | 運転時間: 1,228 hr 状態は良好。コンプレッサー及びエンジンの定期整備が必要。 (現在: 021-MG-097車に搭載) |
| | (形式 D C A ゼネレーター 27 P I) | 北カウインガ地区 | Lilongwe | 1327576 | 運転時間: 1,538 hr スクラップ。 (廃車(MG-174L)に搭載) |
| | | | Zomba | 1327577 | 運転時間: 1,153 hr ダイナモ損傷でスクラップ。 |
| ムチンジ地区 | | Lilongwe | 5182076 | 運転時間: 938 hr 稼働状態にあるものの、エンジン本体、燃料循環系、冷却系、電気系、空気圧制御、セパレーター等に経年な磨耗・破損等が進んでおり、各部の部品の交換、整備が必要。 | |
| ムジンバ西地区 | | Lilongwe | 1327575 | 運転時間: 4,634 hr エンジン等の整備必要。 (現在: 021-MG-097車に搭載) | |

表 - 2 . 1 . 5 に示すように、稼働している3台の掘削機により、年間 150 本程度の深井戸を建設している。過去の無償資金協力で調達された機材は、悪路走行が一般的な条件の中で比較的良好に維持管理され、マラウイ国の地方給水事業に貢献していると判断される。

表-2. 1. 5 井戸掘削機の使用状況

| 車輛 No. | 供与プロジェクト及び調達年次 | 期 間 | プロジェクト | 井戸本数 |
|--------|------------------|----------------------------|--|---|
| MG178L | 北カウインガ (1989) | ~ 1999 | - | 国家 3,000 本プロジェクト実施 (1999)以降稼働していない |
| MG177L | 北カウインガ (1989) | 1998 ~ 2000 | 国家 3,000 本計画 農業省 MoHP 私企業/教会 など | 計 76 本/1.5 年 |
| | | 2001 | 緊急 62 本計画 | 継続中 |
| MG930P | ムチンジ (1992) | June 2000 ~ March 2001 | UNDP 国税局 国家 3,000 本計画 緊急 62 本計画 私企業 | 新設 4 本 新設 1 本 新設 8 本 新設 20 本 (継続中) 新設 2 本 計新設 35 本 |
| MG254U | ムジンバ西 (1997) | March 2000 ~ March 2001 | 国家 3,000 本計画 UNDP 緊急 62 本計画 大蔵省 私企業/教会 | 新設 21 本 新設 11 本、リハビリ 25 本 新設 6 本 (継続中) 新設 1 本 新設 3 本 計 新設 42 本、リハビリ 25 本 |

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

対象地域内の道路は、一級国道(Main Road)、二級国道(Secondary Road)、三級道路(Tertiary Road)、県道(District Road)、一般道路(Other Road)に分類され、対象地域内での概況は以下のとおりである。

1) 一級国道(アスファルト舗装)

首都リロングウェとマラウイ最大の南部州ブランタイアを結ぶM1道路が、T A Chadzaの北部をとおり、デッサに至っている。M1道路は、幅員8mで常に補修、整備が行われ、1年を通して大型車の通行に問題ない。

2) 二級国道(アスファルト舗装 / 碎石舗装 / 未舗装)

リロングウェから来たM1道路が、T A Chadzaに入る地点(Bunda 交差点)から南へ延びるS125は、交差点からマラウイ大学 Bunda 校舎に至る約16.4km区間は、舗装された幅員8mの道路であり、M1道路同様の通行が可能である。

これ以外の二級国道は、一部碎石舗装であるがほとんど未舗装であり、幅員5~7mである。対象地域内の主な二級国道は以下のとおりである。

- S125: Bunda 分岐点(M1) = Bunda - Mitundu (T A Chadza) - Chisendera (T A Chiseka)
- S124: Chisendera (T A Chiseka) - Chidewere(T A Chilikumwendo) - Lobi (T A Kachere) - Dedza
- S126: Linthepe (M1) - Lobi (T A Kachere)

これらは、対象地域の南部の主要な町を結んでいるが、北部のT A Tambala, S T A Chauma には二級国道はない。舗装区間以外は、雨季には通行車両により路面が泥濘化する区間があり、車両の運行速度がかなり低下する。二級国道は河川横断部がすくなく、リロングウェ県とデッサ県の境界を流れる Diamphe 川の横断部では、ドリフト(増水期に川がオーバーフローする形式の通水構造物)が設けられ、その他の河川横断部においては20tの耐荷重の橋梁がかけられている。

二級国道に沿っては、雨季において能率がかなり低下するものの車両のアクセスが可能と判断される。

3) 三級国道、県道、一般道路(未舗装)

対象地域内の比較的大きな村落は、上記の幹線道路以外、三級国道、県道によって結

ばれているが、図 - 2 . 2 . 1 に示す道路網の他にも車両の通行が可能な一般道路があり、大方の村落はこれにより結ばれている。これらの道路は、3.0~5.5m 程度の幅員であるが、T A Tambala の北部地域は、三級道路を含めて徒歩のほか自転車やモーターバイクによる交通手段しかない地域であり、一般道路は幅員 2 m 程度が多い。

また、湿地や河川横断部の橋梁は貧弱な場合があるが、乾季であれば回り道をすれば村落にアクセスできる。ただし、T A Tambala、S T A Chauma では急峻な地形のため、回り道もできない範囲がある。

深井戸建設作業は、ほとんどの地域で乾季での施工を条件とすればアクセス可能であり、雨季においても幹線道路に沿っては、施工能率は低下するものの施工可能である。ただし、道路が狭隘で起伏に富み、小河川の渡河を必要とする T A Tambala、T A Chauma の北部（対象地域の約 10%程度）では、乾季の施工であってもアクセス道路の拡幅（必要幅員約 3.0m）と均し、河川横断部での岩塊によるマウントの築造、スロープを緩めるための切土と盛土などが必要である。



図 - 2 . 2 . 1 プロジェクト対象地域及び周辺の道路網状況

| 凡 例 | |
|-----|------------|
| | 国境 |
| | 県境 |
| | TA 境界 |
| | プロジェクト対象範囲 |
| | 主要都市 |
| | 1 級国道 舗装済み |
| | 2 級国道 舗装済み |
| | 2 級国道 未舗装 |
| | 3 級国道 未舗装 |
| | 県道 未舗装 |

2-2-2 自然条件

(1) 気象・水文

マラウイ国は、熱帯性サバンナ気候に属し、11～3月の雨季と4～10月の乾季に分けられる。また、年間1,000mm前後の雨量が期待されるため、山地等の一部急峻地を除くほぼ全土が耕作可能地となり、自然条件に恵まれている。

対象地域に近く、地形条件の近似したリロングウェ（標高 1,229m）の気象データによれば、月平均気温は乾季の4～9月が15～19℃で低く、10月より上昇して3月まで22～23℃となる。対象地域東南端のデッサ（標高 1,632m）では標高が高いので、リロングウェより1～2℃低いがほぼ同様の気温である。

対象地域付近の年間雨量分布を図-2.2.2に、リロングウェの月平均降雨量と河川流量の推移を図-2.2.3に、また最近10年間の年間降雨量の推移を図-2.2.4に示す。

対象地域の年間降雨量は、900mm前後であり、年間降雨量の約95%が11～3月の雨季に集中している。過去10年間の年間降雨量は、年によって不規則であり、干ばつの続いた1992～1995年には600～700mmであったが、翌1996年は1,200mm以上の降雨が記録されている。

対象地域のうち北西部のリロングウェ県T A Chadzaは、リロングウェ川支流のNanjiri川流域にあたる。南東側のデッサ県の対象地域は、Linthipe川流域にあたる。各流量観測点の平均流量は、雨量の15～30%で、上流は下流に比べて流出量が多い。

表-2.2.1 流域毎の流出量及び流出係数

| 流域名 | | Linthipe流域 | | Lilongwe流域 | | |
|--------------|-----------------------------------|------------|-------|------------|-------|-------|
| 測点名 | | 4B-9 | 4B-4 | 4C-2 | 4C-11 | |
| 流域面積 | (km ²) | 2930 | 1640 | 4940 | 510 | |
| 平均流量 (月別) | (m ³ /s) | 11月 | 1.96 | 5.54 | 7.91 | 0.50 |
| | | 12月 | 14.42 | 9.44 | 24.06 | 5.82 |
| | | 1月 | 45.01 | 17.41 | 76.93 | 12.01 |
| | | 2月 | 66.01 | 26.67 | 75.25 | 17.23 |
| | | 3月 | 47.04 | 20.86 | 55.06 | 14.12 |
| | | 4月 | 17.83 | 6.25 | 25.37 | 2.18 |
| | | 5月 | 7.57 | 2.58 | 11.23 | 0.65 |
| | | 6月 | 3.77 | 0.97 | 5.22 | 0.40 |
| | | 7月 | 2.05 | 1.16 | 4.50 | 0.31 |
| | | 8月 | 1.97 | 0.39 | 3.16 | 0.26 |
| | | 9月 | 1.07 | 0.23 | 1.91 | 0.18 |
| | | 10月 | 1.51 | 0.09 | 1.52 | 0.13 |
| 年平均 | | 17.52 | 7.63 | 24.34 | 4.48 | |
| 年総流量 | (百万 m ³) | 581 | 255 | 811 | 150 | |
| 単位面積当り流出量 | (m ³ /m ²) | 0.189 | 0.147 | 0.155 | 0.277 | |
| 年平均流出係数 * | | 0.21 | 0.16 | 0.17 | 0.31 | |

* 年間降雨量 900mmとする

出典： MWD水資源局水文課 観測資料

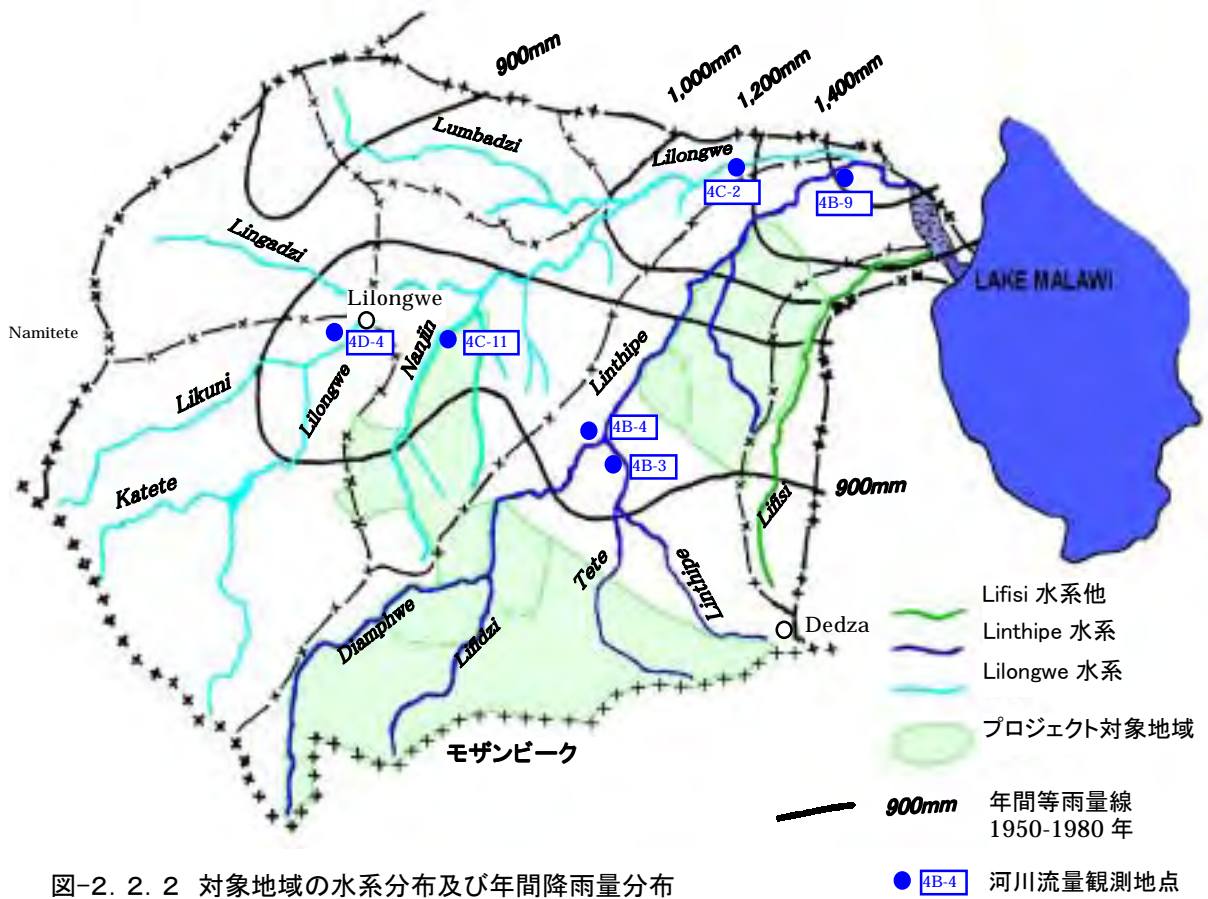


図-2. 2. 2 対象地域の水系分布及び年間降雨量分布

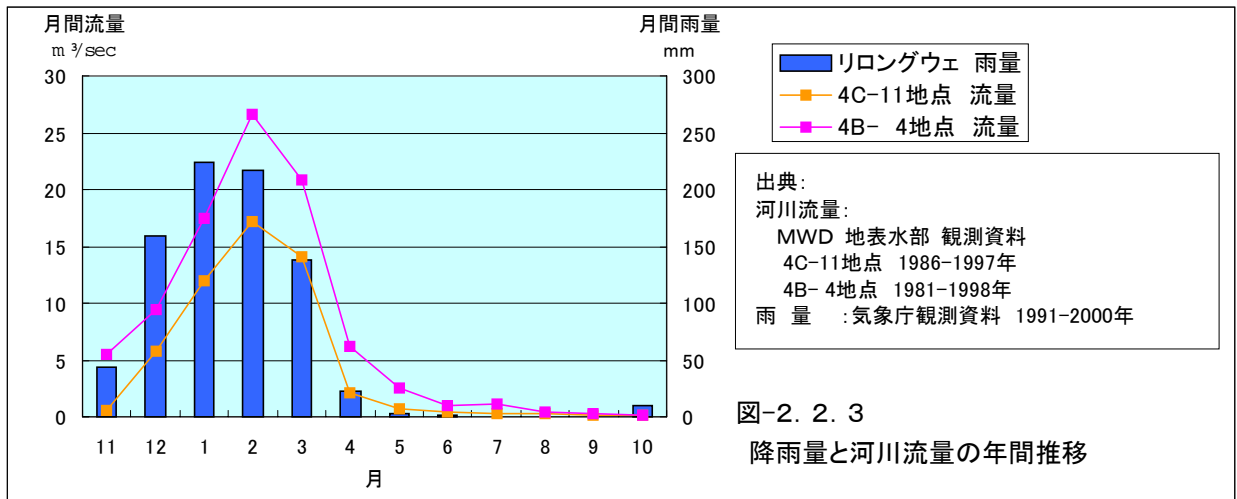


図-2. 2. 3 降雨量と河川流量の年間推移

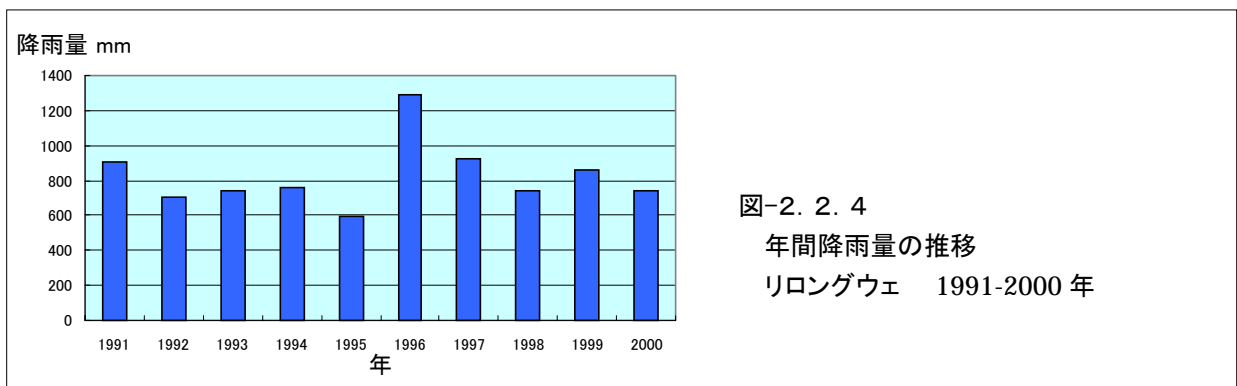


図-2. 2. 4 年間降雨量の推移
リロングウェ 1991-2000年

(2) 地形・地質

1) 地形

マラウイ国は南緯 9° ~ 17°、東経 33° ~ 36° のアフリカ大陸南東部に位置する内陸国で、全国土面積は 118,000 km² であるが、そのうち 23,000 km² はマラウイ湖が占めている。国土は南北に細長く延び(855 km)、北東部でタンザニア、北西部でザンビア、東部及び南部でモザンビークに接している。マラウイ国東部には地質学上著名なアフリカ大地溝帯(Great Rift Valley)が南北に走っており、その陥没部がマラウイ湖(東西 30 ~ 75 km × 南北 550 km、海拔 474 m)となっている。

マラウイ国はその地形特性から次の 4 つに区分できる。(図 2.2.5 地形分類図参照)

地溝帯低地部

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

地溝帯斜面地帯

地溝帯低地部と高原地帯とに挟まれた急斜面をなす部分で、南北方向の帯状に国土を縦断している。標高は 500 ~ 1,100 m で、開析が進行しており、侵食作用により地表面には基盤岩が露出している。

高原地帯

高原地帯は標高 1,100 ~ 1,400 m で、ザンビアとの国境に至る西部地域の大半とモザンビーク国境に至る南東部地域を占め、緩やかに起伏する平坦な準平原的な地形を示す。

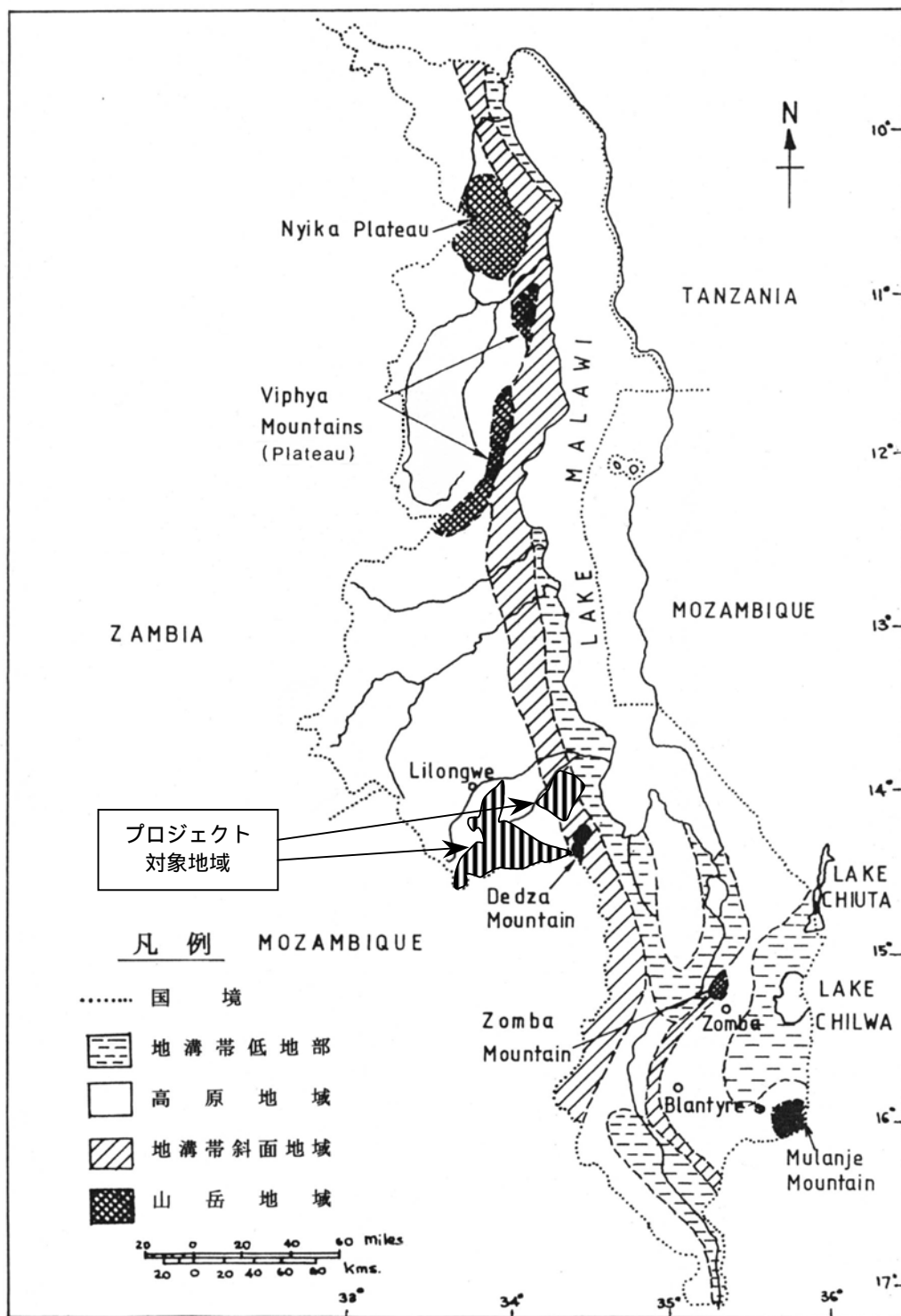
山岳地帯

山岳地帯は標高 1,400 m 以上で、高原地帯の中に孤立した形で存在する。北部の Nyika Plateau (最高標高 2,600 m)、中部の Viphya Mountain(最高標高 2,058 m)、及び Dedza Mountain (最高標高 2,198 m)、南部の Zomba Mountain(最高標高 2,085 m)及びマラウイ最高峰の Mulanje Mountain (最高標高 3,000 m)等が代表的である。

プロジェクト対象地域のうち東端部の T A Tambala だけが「地溝帯斜面地帯」に属し、開析の進んだ起伏に富む地形を示しているが、対照的に、その西側の大半の地域は South Lilongwe Plain と呼ばれる、標高 1,100 ~ 1.300m 程度の「高原地帯」に属し、緩やかな平坦面が形成されている。

South Lilongwe Plain は、厚く岩盤の風化土壌や沖積層に覆われ、耕地として適しており、広く畑地として活用されている。この高原地帯頭部から南東部の Dedza Mountain に近い地域には、比高差 100～400m 程度の植生の貧弱な残丘状の岩山 (Hill) が所々に認められるのが特徴的である。また、South Lilongwe Plain には Linthipe 川水系の支流が樹枝状に発達しており、この水系に沿って Dambo と呼ばれる草原湿地が形成されており、雨季には冠水状態となる。

T A Tambala は標高 700～1,875m の東側の地溝帯低地に向かって傾斜した斜面地帯で、マラウイ湖に流入する Linthipe 川等南西から北東に流下する数多くの河川によって深く開析されているが、本流と直交方向の北西 - 南東方向の支流が顕著である。これらの河川や谷の発達、後述する地質構造を反映するものと推定され、前者は地層の境界方向と、後者は地溝帯の断層の方向と一致している。



図—2. 2. 5 地形分類

2) 地質

マラウイ国の大部分は先カンブリア紀～古生代初期のモザンビーク帯に属しており、片麻岩を主とする変成岩類と、これらに貫入する同時代の花崗岩、斑れい岩等の深成岩類が分布している。この他、古生代二畳紀のカルー系堆積岩類、中生代ジュラ紀のカルー系火山岩類、中生代白亜紀以降の堆積岩類などが分布するが、基盤岩であるモザンビーク帯の分布区域に比べるとその分布範囲は極めて狭く、北部と南部の一部に見られるのみである。

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。構造線は北西-南東方向が卓越し、南北及び東西方向がこれに次いでいる。マラウイでは新生代第三紀後期に始まった断層運動によってマラウイ国を縦断する地溝帯が形成されたことに伴って地溝帯の周辺は破碎され、数多くの断層破碎帯や引っ張り割れ目群（走向は概ね南北方向が主体）ができています。

（プロジェクト対象地域の地質）


プロジェクト対象地域は、T A Tambala の地溝帯斜面地域で地層の露頭をよく観察することができるが、地溝帯の西側の高原地帯は、所々に見られる残丘部分に基盤岩類が露出している他は、全般に基盤岩類の風化土壌や湿地帯の Dambo 等に堆積した沖積層によって覆われている。

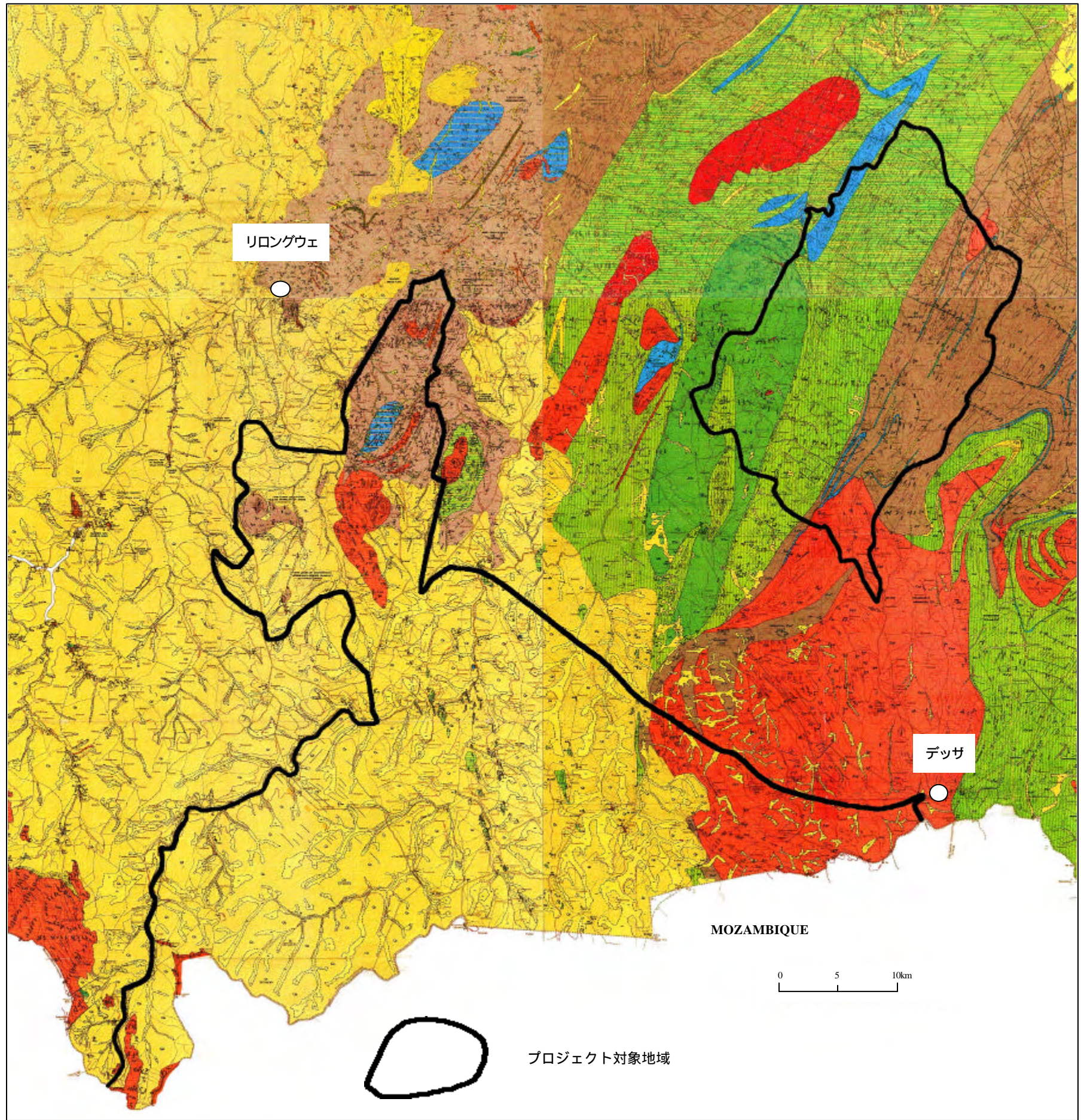
基盤岩類

プロジェクト対象地域に分布する基盤岩類は、先カンブリア紀から古生代初期のモザンビーク帯に属するチャーノカイト質グラニュライト及び片麻岩（黒雲母片麻岩が主体）斜長岩、パーサイト閃長石等の変成岩類及び深成岩類が主体である。この他、局所的な小規模岩体としてペグマタイト岩脈及び石英脈が貫入している。

以上のプロジェクト対象地域の地質変遷は下表のように考えられている。

表-2. 2. 2 プロジェクト対象地域の基盤岩類の地史

| 地質時代 | 地 質 事 象 |
|---|---|
| 第三紀 | 断層に沿った浸食地形の発達 大地溝帯の断層運動の開始に伴う東部の隆起と断層群の発達 |
| 古生代初期  先カンブリア紀 | 6. ペグマタイト脈及び石英脈の貫入 5. 東西ないし北西-南東方向の褶曲軸を持った第二次褶曲(F2) 4. 第一次主褶曲(F1)の褶曲軸に沿ったパーサイト質閃長岩の主岩体 (Dedza Perthitic Complex)の貫入 3. 高度の広域変成作用、北西-南東方向の軸を持った第一次等斜褶曲 (F1)、アルカリ同化作用 2. 塩基性岩及び超塩基性基岩(はんれい岩)、斜長岩の貫入(餅盤状) 1. 泥岩、硬砂岩、砂岩、石灰岩の堆積 |



地質図凡例

| 地質年代 | 記号・色 | 地層の説明 |
|----------------------|------|-------------------------------------|
| 新生代 第四紀～第三紀 | | 沖積層、ダンボ土壤、砂質土壤、赤褐砂質粘土土壤他 |
| 古生代初期 | | ペグマタイト脈、石英脈 |
| | | 花崗岩質片麻岩、パーサイト質閃長岩、パーサイト質モンゾニ岩他 |
| | | 変はんれい岩、変斜長岩、角閃岩他 |
| 先カンブリア紀 (モザンビーク帯) | | 石灰質 - 珪質のグラニュライト及び片麻岩、大理石他 |
| | | 珪岩、珪長質グラニュライト、角閃石 - 石英 - 長石グラニュライト他 |
| | | 珪岩、(角閃石) - (輝石) - 黒雲母片麻岩他 |
| | | チャーノカイト質片麻岩、グラニュライト他 |

図-2.2.6 プロジェクト対象地域地質図

出典：The Geology of the DEDZA AREA (1966)
ditto SOUTH LILONGWE PLAIN AND DZALANYAMA RANGE (1966)
ditto LILONGWE - DOWA AREA (1972)
ditto SALIMA - MVERA MISSION AREA (1972)

Geological Survey Department, Ministry of Agriculture and Natural Resources

地質図裏ページ

(3) 水理地質

1) 水理地質の概要

計画対象地域の水理地質状況は、地域により非常に変化に富んでいる。良質な地下水の賦存が考えられ地下水採取の対象となる基盤岩の強風化部～風化部の分布状況は、その地形及び地質的条件により次のとおり2地域に大別できる。(図-2.2.8 水理地質図参照)

計画対象地域の南西側、T A Kachere 中部～西部、T A Chadza 南部、T A Chilikumwendo のほぼ全域にわたる平野部。なだらかな地表部を覆う沖積層下部に、風化部が深くまで分布する。地域内に点在する丘の周辺部付近では、基盤岩が浅く分布する。

計画対象地域の北～東側、T A Tambala/T A Chauma のほぼ全域、T A Kachere 東部、T A Chadza 北東部を含む丘陵部。破碎帯等に伴い風化部が発達する部分の他では、硬質な基盤岩が浅くから分布する箇所が多く見られる。

計画地域の水理地質構造を模式的に示せば図-2.2.7のように表され、安全な地下水の賦存する帯水層となるのは亀裂の発達した風化岩層が主体となる。前述の平野部では深部まで礫状を呈する強風化帯において、丘陵部では地質構造的な弱線(破碎帯等)に付随する裂か帯において地下水の賦存が期待できる。後者の分布はかなり限られた範囲に限定されるが、丘陵部には亀裂の発達した弱風化帯が認められ、確率的あるいは量的にやや劣るが地下水採取の可能性が期待できる。

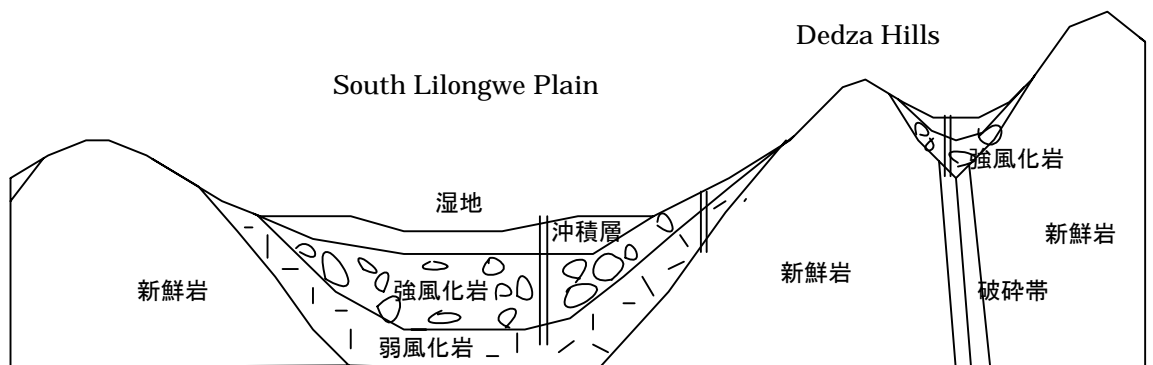


図-2.2.7 計画地域の模式的な地質断面図

後述する電気探査の結果からは、同様の地形条件下においても風化帯の深度は変化に富み、風化帯の分布は基盤岩の凹凸にも左右され、何れの地域においても狭い範囲で帯水層の分布深度が変化していると予想される。

基盤岩が露出または浅く分布する丘陵地域は、T A Tambala/S T A Chauma のほぼ全域、T A Kachere 東部、およびT A Chadza 東部に分布し、破碎帯などに伴って強

風化帯が厚くなる区域の他では、概して亀裂の発達する弱風化帯が認められるのみで、深い帯水層から地下水を得ることが容易ではない。対象村落においてより詳細な物理探査により井戸掘削成功率の向上に努める必要がある。

地表より降雨によって涵養された地下水は、計画対象地域に樹枝状の水系を形成しながら南から北に流れる Linthipe 川や Li longwe 川の本流にむかって動水勾配 1/100 から 1/150 で流動し、本流に沿っては Linthipe 川では動水勾配 1/700 程度で北東方向へ向かって流動している。

対象地域内の地下水涵養量は、年間を過去の資料より試算すると以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{地下水涵養量} &= \text{対象地域 (約 2,000km}^2\text{)} \times \text{年間平均涵養量 (20mm/年}^*\text{)} \\ &= 4.0 \times 10^7 \text{ (m}^3 \text{ / 年)} \end{aligned}$$

* : リロングウェ北方の Dowa West の資料で平均 4 ~ 36(mm/年)



出典：Hydrogeological Reconnaissance Map, DEDZA and LILONGWE (1987)

0 10 20 km

凡 例



-  裂か水を賦存する岩盤地帯
-  自由面地下水を賦存する岩盤地帯
- 1300 — 地下水位等高線

図-2.2.8 水理地質図

2) 地下水の賦存状況（物理探査結果）

対象地域内で電気探査を実施し、その結果及び既存井戸資料を参考にして、水理地質構造の検討を行った。探査地点は、対象地域全域の水理地質状況を把握するため、1村落当たり1測点を基本とし、人口が1,000人程度以上の村落では、2測点を設定した。またアクセスが不可能な村落は、測定対象より除外した。また、一部村落において、破碎帯の検出を目的とした電磁探査を実施した。

電気探査位置は図 - 2.2.9 に、内訳は表 - 2.2.3 に示す通りである。

表-2.2.3 電気探査測点内訳

| DISTRICT | TA (STA) | 測定村落数 (測点数) |
|----------|---------------|-------------|
| LILONGWE | CHADZA | 71 (72) |
| DADZA | TAMBALA | 52 (55) |
| | CHAUMA | 16 (16) |
| | KACHERE | 46 (46) |
| | CHILIKUMWENDO | 41 (41) |
| 計 | | 226 (230) |

[測定方法及び測定機器]

電気探査は、ウェンナー法電極配置を主とし、一部村落においてはMWDにて広く用いられているシュランベルジャー法電極配置を採用し、測定深度70~130mまでの垂直探査を実施した。

地表面の接地抵抗が高い場所が在るため、重合方式の機器を使用しS/N比の向上に努めると同時に、低比抵抗層を測定する場合には、電極棒の複数接地・接地電極棒周囲への撒水等を行い測定の精度を高めた。今回は McOHM Mark-2 を2台、SYSCAL Junior を1台、の計3台を使用し、3班体制で測定作業にあたった。

電磁探査は、断層破碎帯等の導電性の高い比抵抗異常体検出を目的に実施した。

T A Tambala、S T A Chauma 地域の対象村落周辺では平坦部が少なく、限られた一部の村落においての実施となった。

V L F送信局としては、イギリスのG B R局(16.0KHz)が良好に受信できた。測線はリニアメントと出来るだけ直交する方向に設定し、測定間隔は10mで実施した。測定は二次磁場の傾斜、楕円率を収録し、フレイザー関数の計算を行い断面図に整理し、比抵抗異常体の検出に努めた。

機器仕様は、表 - 2.2.4、2.2.5 に示す通りである。

表-2.2.4 電気探査測定機器仕様

| 機能 | | 型式 | McOHM Mark-2(Model-2115A) : OYO (日本) 製 | SYSCAL Junior : IRIS (仏) 製 |
|----------|-----------|----|---|---|
| 送信部 | 出力電圧 | | 400V-pp max. | 50V, 100V, 200V, 400V |
| | 出力電流 | | 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200mA | 800mA |
| | 最大出力 | | | 50W |
| 受信部 | 入力インピーダンス | | 10 M | 10M |
| | 測定電位 | | ±25mV, ±250mV, ±2500mV (auto range) | -5V ~ +5V |
| | 分解能 | | 1 μV | |
| | S/N 比 | | 90 dB (with 50/60 Hz) | |
| | スタック回数 | | 1, 4, 16, 64 (optional stop of stacking feasible) | Min.3 ~ Max.250 |
| | 測定サイクル | | 3.7 sec | 500ms, 1000ms, 2000ms |
| データファイル | | | 最大ファイル 128、最大データ 2,000 | |
| インターフェイス | | | RS-232C | |
| 外部コントロール | | | Power booster (Model-2917) | |
| 電源 | | | DC 12V (内蔵充電電池:5Ah, 外部:12V BATT.) | DC 12V (内蔵充電電池 : 7Ah, 外部 : 12V BATT.) |
| 動作温度範囲 | | | 0 ~ 50 | -10 ~ +70 |
| 寸法・質量 | | | (W)206 × (H)281 × (D)200mm 約 9 kg (内蔵バッテリーを含む) | (W)310 × (H)215 × (D)250mm 約 7 kg (内蔵バッテリーを含む) |

表-2.2.5 電磁探査測定機器仕様

| 型式 | | T-VLF 型測定機 : BRGM (仏) 製 |
|---------|--------|---|
| 受信モード | 傾斜モード | 傾斜角(%)・楕円率(%)・傾斜のルイザ ^o -導関数 水平・垂直磁気コンポ ^o -ネント振幅(μA/m) |
| | 比抵抗モード | 見掛比抵抗値(Ω-m) 電場振幅(μA/m)・磁場振幅(μV/m) 磁気コンポ ^o -ネントと電気コンポ ^o -ネントの位相角(°) |
| スタッキング | | 利得レンジ自動設定及び自動スタッキング(任意停止可) |
| 測定周波数 | | 10KHz ~ 30KHz(2ch 同時測定可能) |
| 動作温度レンジ | | -20 ~ +50 |
| 寸法・電源 | | センサーユニット : 43 × 24 × 24cm 6kg、9V(単 1 乾電池 6 本) コントロールユニット : 27 × 20 × 4cm 0.85kg、9V(006P 積層乾電池 1 本) |

[測定結果]

電気探査結果

各測点で計測された a 曲線の解析は、標準曲線及び補助曲線との照合法により、比抵抗曲線として整理した（資料編参照）。対象地域内の水理地質状況については、解析結果を基に既存井戸の資料等を参考に、図 - 2 . 2 . 1 0 ~ 2 . 2 . 1 2 の比抵抗断面図に示す。

電気探査の結果、4~7 層の比抵抗層に区分でき、比抵抗値は 0.6 ~ 24,000 Ω -m の広い範囲に分布する。帯水層の比抵抗値は、20 ~ 700 Ω -m 程度の範囲の地層と想定されるが、地下水の賦存は地層の成層状態によって左右されるもので、測定された a 曲線の形状が目安となる。ここでは比抵抗層の分布状況（測定された a 曲線の形状）により、大きく A、B、C、D の 4 つの曲線タイプに分類した。各探査地点の探査結果、帯水層深度、曲線タイプ区分及び a 曲線は資料編として巻末にまとめて示す。

・ A 型

沖積層、風化岩層が厚く分布し、基盤岩までの深度が比較的深い。これら沖積層、風化岩層が良好な帯水層となる。基盤岩までの深度及び帯水層の比抵抗値と層厚により水量が左右される。基盤層の比抵抗値が高い場合は亀裂が少なく透水性は低い。比抵抗値が低い場合は亀裂の発達が予想され、地下水を賦存することが考えられる。

この型は計画対象地南西部の T A Kachere、S T A Chilikumwendo 等の平野部において主に見られ、T A Tambala の一部に僅かに見られる。帯水層の比抵抗値は、概ね 20 ~ 300 Ω -m 程度、帯水層の分布深度は 35 ~ 55m 程度になる。

・ B 型

A 型と比較して表層部分で低い比抵抗値を示す。また、基盤岩までの深度も比較的浅い。帯水層は基盤岩の風化部が主体となる。最下層である基盤岩の比抵抗値は、後述する C 型と比べて低めの値を示しており、風化岩 ~ 弱風化岩と推定され、裂か等に地下水の賦存が考えられる。

この型は、ほぼ全域にわたって見られる。帯水層の比抵抗値は、概ね 20 ~ 500 Ω -m 程度、帯水層の分布深度は 30 ~ 45m 程度と A 型と比較して浅い分布となる。

- ・ C型

この型の最下層である基盤岩の比抵抗値は、前述のB型と比べて高い値を示しており、風化部の発達も良くなく、地下水の賦存状況はあまり良好とは言えない。風化部が厚く、比抵抗値が低い程、好条件と言える。

この型の中にも、最下層の基盤岩の高比抵抗層中に低比抵抗部を挟在するものがあり、風化部・破碎部にあたることが考えられる。この場合、亀裂の発達した箇所には地下水を賦存することが考えられる。

この型は、ほぼ全域にわたって見られるが、T A Chadza、T A Tambala、S T A Chaumaにおいて多く見られる。帯水層の比抵抗値は、概ね20~700 -m程度と高いものとなり、帯水層の分布深度は20~30m程度と浅い分布となる。

- ・ D型

この型は基盤岩の比抵抗値が低いことを特徴とする。地下水は期待できるが、地下深部の比抵抗値が低過ぎる場合は水質の悪化や、破碎帯粘土等導電性の岩質が分布する可能性がある。

この型は、ほぼ全域にわたって散在し、T A Chadzaにやや多いが、総数は少ない。帯水層の比抵抗値は、概ね25~400 -m程度であり、帯水層の分布深度は40~50m程度となる。

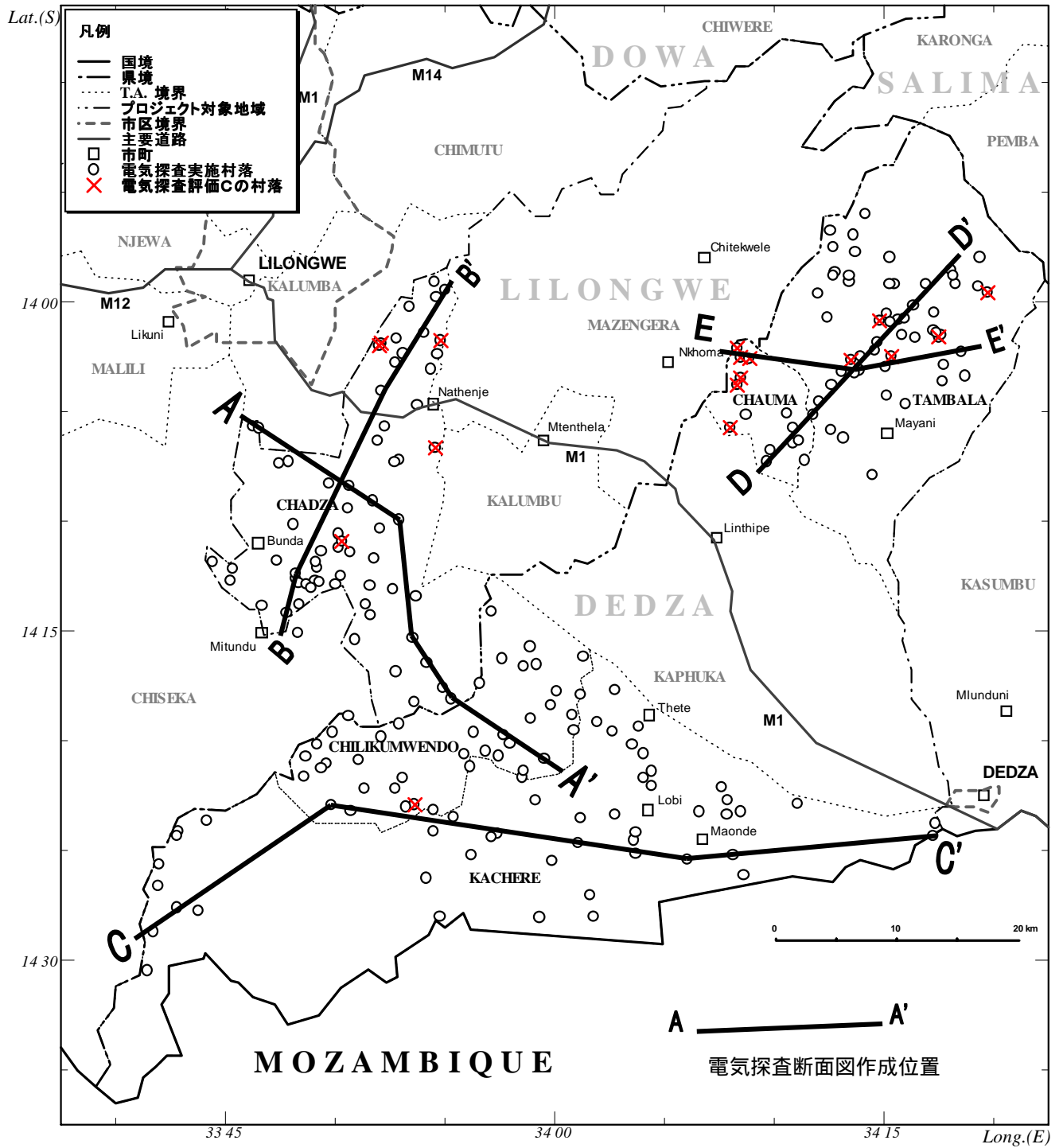
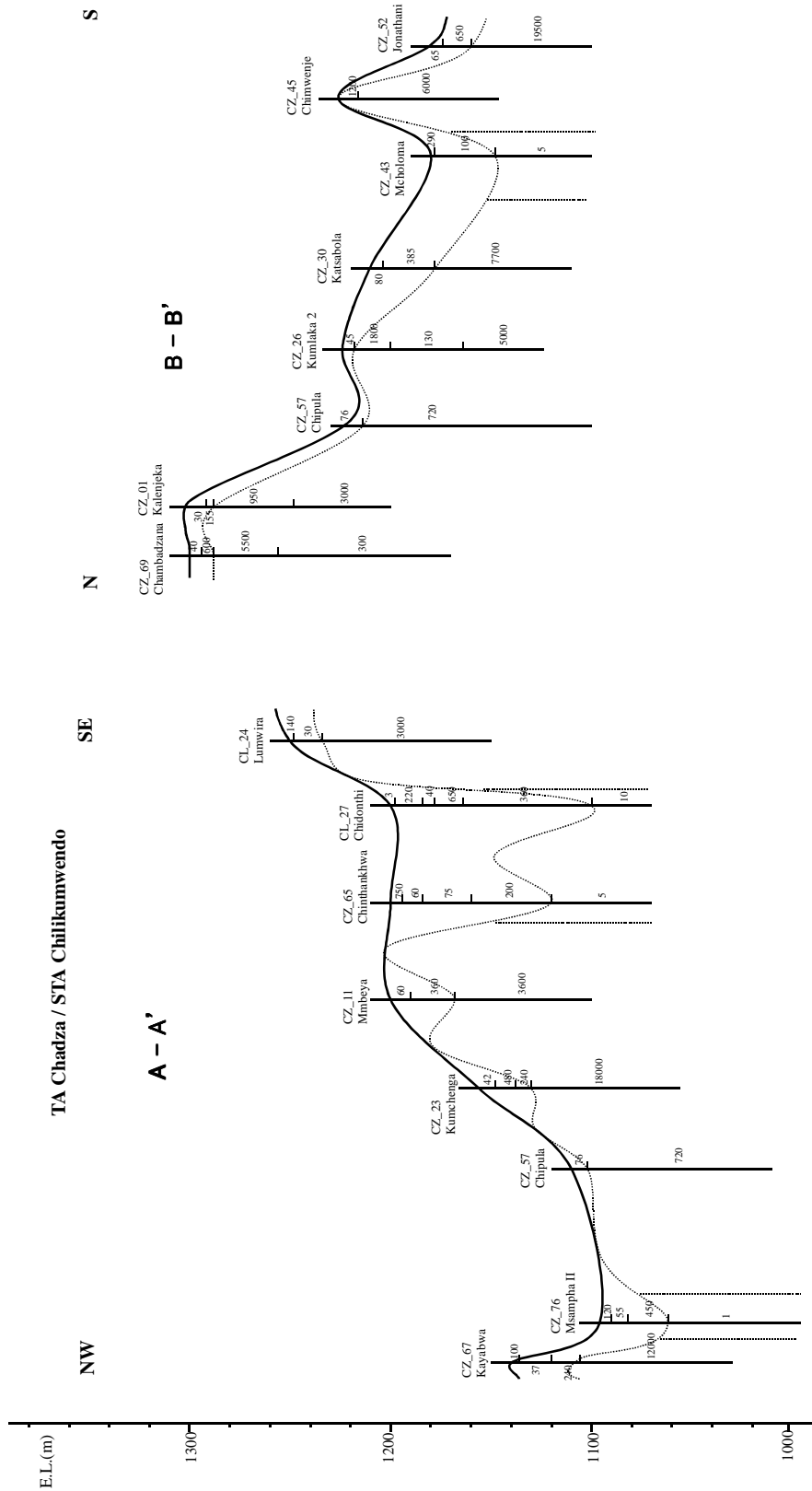
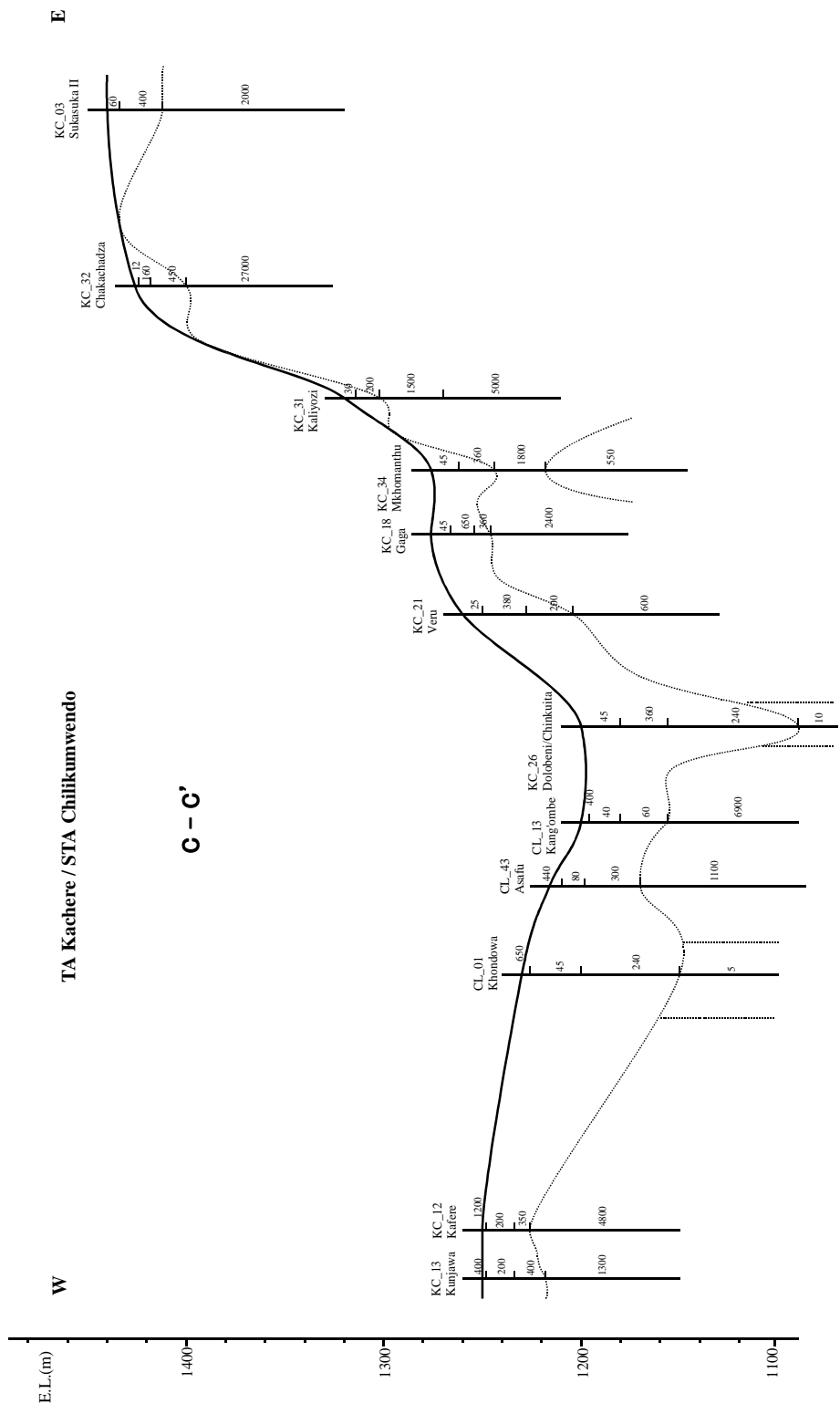


図-2.2.9 電気探査位置図



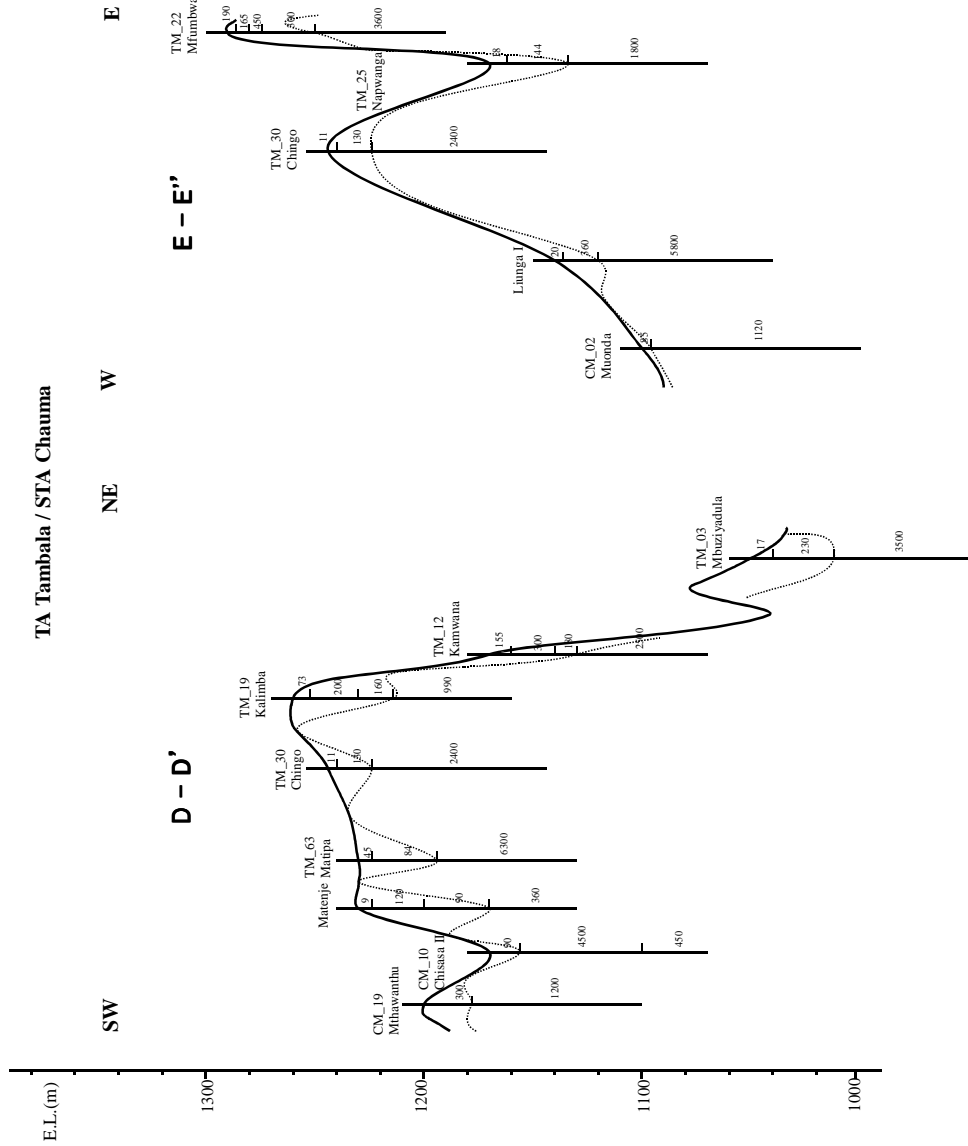
図一2.2.10 電気探査による水理地質断面図
(TA Chadza / STA Chilikumwendo)

----- : 帯水層推定基底面
数字 : 比抵抗値 (単位 -m)



图一2.2.11 電気探査による水理地質断面図
(TA Kachere/ STA Chilikumwendo)

----- : 帯水層推定基底面
数字 : 比抵抗値 (単位 -m)



図一2.2.12 電気探査による水理地質断面図
(TA Tambala / STA Chauma)

----- : 帯水層推定基底面
数字 : 比抵抗値 (単位 -m)

電磁探査の結果

電磁探査を実施した村落では、破碎帯等の高導電性構造を横断する異常体の位置を測線上で検出し、この付近で電気探査を実施した。前述のように、対象村落周辺では測線を設定できる平坦部が少なく、T A Tambala、S T A Chauma 地域の3村落での実施となった。

[帯水層の評価]

帯水層の比抵抗値は、地下水の比抵抗値と密接な関係にあり、次式で示される。

$$= F \times w$$

ここに、 F : 地層の比抵抗値

w : 地下水の比抵抗値

F : 地層係数 (地層の間隙率に関係し、帯水層の場合は一般的に $F=1.0 \sim 8.0$ の値が適当と考えられている)

電気伝導度からの換算値では、調査対象地での地下水の比抵抗値 w は $11.2 \sim 82.0$ $\Omega\text{-m}$ 程度を示している。これを上式に代入すると、帯水層の比抵抗値は凡そ $11.2 \sim 656$ $\Omega\text{-m}$ 程度となる。電気探査結果で帯水層と考察した比抵抗値 ($= 20 \sim 800$ $\Omega\text{-m}$) は、地層係数から考察した帯水層の比抵抗値の範囲に概ね含まれる。

[物理探査のまとめ]

既存井戸付近で実施した電気探査の解析結果は、表 - 2 .2 .6 に示すとおりであり、既存井戸データを参考に、調査地域における帯水層の比抵抗特性を検討した。探査結果において a 曲線の形状から地質構成のパターンを分類し、地下水の開発の可能性について評価した。

その結果を整理すると、以下の通りである。

想定する帯水層の比抵抗値は、 $20 \sim 800$ $\Omega\text{-m}$ の範囲にあり、特に $70 \sim 400$ $\Omega\text{-m}$ 程度が有望である。

探査地点における基盤岩までの平均深度は以下のものである。

- A型 約 45m
- B型 約 39m
- C型 約 26m
- D型 約 42m

B型の比抵抗分布が得られた地点では、基盤岩中に亀裂が発達していることが考えられるため、更に深く掘削することにより揚水量の増加が期待できる。

風化帯の薄いC型の比抵抗分布が得られた地点でも、基盤岩以下の深部において風化部・破碎部が分布する場合、地下水を賦存していることが考えられる。

C型の分布する地域では、水平電気探査、電磁探査（VLF探査）等、破碎帯の検出を目的とした探査を行って破碎帯位置を確認したのち垂直電気探査を行うことが望ましいと考える。

表-2. 2. 6 既存井戸付近での電気探査結果

| District | TA | EA | Site No. | Village | BH No. | Depth (m) | Pump (m) | Water Level | | MaxYld (lts/s) | 物理探査結果と滞水層 | | | |
|----------|---------------|-----|----------|-----------------------|-----------|-----------|----------|-------------|---------|----------------|----------------|----------|-----------|------------|
| | | | | | | | | Static | Dynamic | | ρ (ohm-m) | Depth(m) | w (ohm-m) | VES曲線 Type |
| LL | CHADZA | 069 | 19 | Nakuyere | WDC 62 | - | - | - | - | - | 24, 300 | 10, 50 | - | C |
| LL | CHADZA | 011 | 41 | Ntcherelo | RSC2/125 | 52.00 | - | 12.05 | 34.31 | 0.25 | 300, 400 | 60, 80 | - | B |
| LL | CHADZA | 001 | 52 | Jonthani | LFP 83 | - | - | - | - | - | 65, 650 | 6.5, 20 | - | C |
| LL | CHADZA | 013 | 58 | Kamundi | RS 442 | - | - | - | - | - | 55, 20 | 30, 55 | 11.9 | D |
| LL | CHADZA | 052 | 65 | Chinthankwa | OM 269 | 18.00 | - | - | - | - | 60, 75 | 16, 40 | - | D |
| DZ | TAMBALA | 019 | 8 | Gwengwe | DZ 276 | - | - | - | - | - | 450 | 30 | 53.1 | C |
| DZ | TAMBALA | 039 | 16 | Mapemba | DH 21 | - | - | - | - | - | 380 | 24 | - | B |
| DZ | TAMBALA | 009 | 19 | Kalimba | GT 260 | - | 34.00 | 13.00 | - | - | 200, 160 | 30, 45 | 23.6 | B |
| DZ | TAMBALA | 009 | - | Katete | GT 258 | 43.00 | - | 28.00 | - | - | 180 | 40 | - | C |
| DZ | TAMBALA | 013 | 26 | Kumaunda(1) | DH 4 | - | 27.70 | 7.70 | - | - | 72 | 10 | - | C |
| DZ | TAMBALA | 015 | 48 | Kaole | DH 26A | 50.50 | - | 16.80 | - | - | 700 | 24 | - | C |
| DZ | TAMBALA | 014 | 49 | Msanyama | GT 264 | - | 32.20 | 23.50 | - | - | 140 | 32 | - | B |
| DZ | TAMBALA | 015 | 50 | Bowa | DZ 24 | - | - | - | - | - | 225 | 40 | - | B |
| DZ | TAMBALA | 003 | 52 | Maganga 2 | SB/07/281 | - | - | - | - | - | 180 | 24 | 43.9 | B |
| DZ | TAMBALA | 017 | 58 | Gwengwe Chilungusi | PI 418 | - | - | - | - | - | 280 | 16 | 30.7 | C |
| DZ | TAMBALA | 034 | 61 | Likangala | DZ 82 | - | - | - | - | - | 320 | 30 | - | C |
| DZ | TAMBALA | 007 | 63 | Matipa | - | - | - | - | - | - | 84 | 36 | 25.1 | C |
| DZ | TAMBALA | 022 | - | Liunga I | DZ 175 | - | - | - | - | - | 360 | 20 | 14.7 | C |
| DZ | TAMBALA | 002 | - | Moyo | - | - | - | - | - | - | 90, 60 | 16, 28 | 13.8 | C |
| DZ | CHAUMA | 014 | 10 | Chisasa II | DZ 225 | - | - | - | - | - | 90 | 16 | 21.7 | C |
| DZ | CHAUMA | 003 | 17 | Gonkho | DH 6 | 41.00 | 39.00 | - | - | - | 240 | 35 | - | C |
| DZ | CHAUMA | 007 | 18 | Kudoko | RS/073 | 40.00 | 30.00 | 2.00 | 27.00 | 1.00 | 350 | 25 | 45.7 | C |
| DZ | CHAUMA | 012 | 19 | Muthambwe | E.P. 055 | - | - | - | - | - | 80 | 24 | 19.9 | B |
| DZ | CHAUMA | 005 | - | Chiwala | GT 239 | - | - | - | - | - | 150 | 24 | - | B |
| DZ | CHAUMA | 014 | - | Matenje | GT 247 | - | 35.40 | 2.00 | - | - | 120, 90 | 30, 60 | - | C |
| DZ | KACHERE | 093 | 2 | Sukasuka I | PI 423 | - | - | - | - | - | 300 | 36 | 55.6 | D |
| DZ | KACHERE | 093 | 3 | Sukasuka II | PM 744 | - | - | - | - | - | 400 | 28 | 49.3 | C |
| DZ | KACHERE | 002 | 7 | Kachikoti | PI 23 | - | - | - | - | - | 65 | 24 | - | A |
| DZ | KACHERE | 005 | 12 | Kafere | PM 345 | 48.80 | - | 3.60 | - | - | 200, 350 | 16, 24 | - | A |
| DZ | KACHERE | 007 | 13 | Kunjawa | PM 805 | - | - | - | - | - | 400 | 32 | - | A |
| DZ | CHILICUMWENDO | 026 | 27 | Chidonthi | BH 226 | - | - | - | - | - | 40, 360 | 22, 100 | 82.0 | B |
| DZ | CHILICUMWENDO | 003 | 35 | Willinda | - | - | - | - | - | - | 160 | 28 | - | C |
| DZ | CHILICUMWENDO | 009 | 36 | Malonikansepa/Kansepa | LP 455 | - | - | - | - | - | 80 | 32 | - | B |
| DZ | CHILICUMWENDO | 008 | 38 | Mphoozi | RK 69 | - | - | - | - | - | 420, 280 | 32, 70 | - | B |
| DZ | CHILICUMWENDO | 006 | 42 | Chimutu/Woyera | CUEM 204 | 16.00 | 13.00 | 4.64 | - | 0.36 | 75, 100 | 32, 90 | 34.5 | B |
| DZ | CHILICUMWENDO | 037 | 43 | Asafu | PC 50 | - | - | - | - | - | 300 | 45 | - | A |

(4) 水質

計画対象地域の地下水の水質を調べるために、対象地域内の 15 地点の深井戸から井戸水を採取し、水資源局（DWR）の水質試験所に委託して詳細水質試験を実施した。

試験項目と試験結果およびWHOガイドライン値（健康項目）、マラウイ国MWD暫定基準との対比は、以下のとおりである。

表-2.2.7 詳細水質試験結果概要

| 試験項目 | 単位 | 試験結果の範囲 | WHO ガイドライン | WDT マラウイ国 暫定基準 | 考察 |
|-------|-------|----------------|---------------|----------------------|---|
| 大腸菌類 | | 0 ~ 800 | 0 | 50 | 一部試料がマラウイ国暫定基準を大きく越える。原因として地表からの汚染が考えられる。 |
| ヒ素 | mg/l | <0.001 ~ 0.008 | 0.01 | 0.05 | WHOガイドライン値以下である。 |
| ホウ素 | mg/l | <0.01 ~ 0.62 | 0.5(P) | | 2試料がWHOガイドラインを越えているが、飲料水による摂取量としては安全レベルにある。 |
| カドミウム | mg/l | <0.001 ~ 0.01 | 0.003 | 0.01 | 9試料がWHOガイドラインを越え、1試料がマラウイ国暫定基準を超える。 |
| 銅 | mg/l | 0.008 ~ 0.21 | 2.0 | 2.00 | WHOガイドライン値以下である。 |
| フッ素 | mg/l | 0.47 ~ 1.6 | 1.5 | 3.0 | 1試料がWHOガイドラインを越えるが、マラウイ国暫定基準内にある。 |
| マンガン | mg/l | <0.01 ~ 0.03 | 0.1 | 1.5 | WHOガイドライン値以下である。 |
| 硝酸塩 | mg/l | 0.05 ~ 1.9 | 50 | 100 | WHOガイドライン値以下である。 |
| 亜硝酸塩 | mg/l | 0.01 ~ 0.88 | 3 | | WHOガイドライン値以下である。 |
| 色度 | TCU | 5 ~ 18 | 15 | 50 | 1試料がWHOガイドラインを越える |
| 濁度 | NTU | 0 ~ 8 | | | |
| pH 値 | | 6.4 ~ 7.5 | 6.5 ~ 8.5 | 6.0 ~ 9.5 | WHOガイドラインの範囲内である。 |
| 電気伝導度 | μs/cm | 90 ~ 640 | | | 一般的地下水の範囲 |
| 塩化物 | mg/l | 27 ~ 51 | 250 | 750 | WHOガイドライン値以下である。 |
| 総硬度 | mg/l | 44 ~ 290 | | | |
| 鉄 | mg/l | <0.01 ~ 0.33 | 0.3 | 3.0 | 1試料がWHOガイドラインを越えるが、マラウイ国暫定基準内にある。 |
| ナトリウム | mg/l | 3 ~ 22 | 200 | 500 | WHOガイドライン値以下である。 |
| 硫酸塩 | mg/l | 4 ~ 11 | 250 | 800 | WHOガイドライン値以下である。 |
| カリウム | mg/l | 0.1 ~ 0.4 | | | |
| 蒸発残留物 | mg/l | 52 ~ 420 | 1,000 | 2,000 | WHOガイドライン値以下である。 |
| 重炭酸塩 | mg/l | 39 ~ 466 | | | |
| シリカ | mg/l | 20 ~ 56 | | | |
| 浮遊物 | mg/l | 0 ~ 15 | | | |

上記の試験結果は、大腸菌群とカドミウムを除き、マラウイ国の基準に適合するものである。大腸菌群は、付近にトイレや家屋がある場合や、井戸周りが排水で汚れている場合に多く検出されている。井戸水を浅い帯水層から得ている場合や口元付近の井戸周りの遮水が不十分な場合に、このような地表の汚染が影響するものと考えられる。

カドミウムは、自然界において亜鉛鉱石に伴って微量に存在するが、対象地域の地質に亜鉛鉱石は認められていないため、何らかの人工的な原因も考え得る。健康被害については、基準値(0.01 mg/l)の1,000倍にあたる10 mg/lを飲料水として短期間摂取した場合

に、消化管からの鉄吸収が一部抑制されたとの報告があるが、低濃度レベルでは健康障害を生じた報告はないため、特に問題を生じないと考えられる。しかし、基準値以上の濃度を示す原因が明確でないため、今後のプロジェクトの実施段階で検討を行う必要がある。

既往水質試験結果では、調査地域全般に高フッ素の水質が散見されていたため、既存井戸調査、電気探査および社会経済調査と並行して、フッ素含有量について現場簡易試験を計 191 箇所で行った。

試験結果を TA 別、地質別に整理すれば表 - 2.2.9、表 - 2.2.10 のとおりであり、TA CHADZA の黒雲母片麻岩の分布地域に高濃度フッ素が比較的多い。

フッ化物が WHO ガイドラインを超えている 1 サンプルは 1.6 mg/l であるが、常飲すると班状歯が発生するといわれる 3~4 mg/l 以下であるため、実質的な健康被害を発生させる程度ではないといえる。対象地域に存在する含フッ素鉱物としては黒雲母、白雲母、電気石の 3 鉱物が考えられる。黒雲母はプロジェクト地域に最も多く分布している片麻岩類の構成鉱物で、特に黒雲母片麻岩に多く含まれている。白雲母及び電気石は基盤岩に貫入したペグマタイト岩脈及び石英脈の構成鉱物である。高フッ素地下水の分布が、不規則に散らばっていることから、その起源はこれらの岩脈による可能性が高い。岩脈は、小規模で数多くあり、地表に現れないものも多い。このため、高フッ素地下水の分布を予測することは困難と判断される。

表-2.2.8 フッ素分析結果 TA 別集計

| TA | 水源別試料数 | | | | フッ素含有量別 | | |
|---------------|--------|-----|----|-----|---------|-----------|-------|
| | 深井戸 | 浅井戸 | 河川 | 計 | F 1.5 | 1.5<F 3.0 | 3.0<F |
| Chauma | 21 | 3 | 3 | 27 | 23 | 2 | 2 |
| Tambala | 29 | 5 | 10 | 44 | 33 | 9 | 2 |
| Kachere | 29 | 6 | 1 | 36 | 36 | 0 | 0 |
| Chilikumwendo | 14 | 11 | 3 | 28 | 28 | 0 | 0 |
| Chadza | 27 | 25 | 4 | 56 | 36 | 13 | 7 |
| 計 | 120 | 50 | 21 | 191 | 156 | 24 | 11 |

表-2.2.9 フッ素分析結果地質別集計

| 地 質 | フッ素含有量別 | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-----|
| | F 1.5 | 1.5<F 3.0 | 3.0<F | 計 |
| フェルシイト質グランジオリイト片麻岩 | 77 | 8 | 3 | 88 |
| 黒雲母片麻岩 | 33 | 10 | 5 | 48 |
| ハースト質片麻岩・閃長岩 | 16 | 5 | 1 | 22 |
| 斜長岩・斜長岩質片麻岩 | 12 | 0 | 2 | 14 |
| 珪長質グランジオリイト・片麻岩 | 11 | 0 | 0 | 11 |
| 石灰質-珪質グランジオリイト(含黒雲母片麻岩) | 4 | 1 | 0 | 5 |
| 垂泥質片麻岩 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 計 | 156 | 24 | 11 | 191 |



図-2.2.11 水質試験位置図

凡例

| | | | |
|------------|-------|--------------------------|----------------|
| 国境 | — | ◇ 13 今回調査地点 (地点番号) | フッ素濃度 3mg/l 未満 |
| 県境 | - - - | ● 14-B 水資源局既往調査地点 (地点番号) | フッ素濃度 3mg/l 以上 |
| TA境界 | ⋯ | ○ 9-B 同上 | フッ素濃度 3mg/l 未満 |
| プロジェクト対象範囲 | ◊ | — (太) 1級国道 舗装済み | |
| 主要都市 | □ | — (中) 2級国道 舗装済み | |
| | | ⋯ (太) 2級国道 未舗装 | |
| | | - - - (太) 3級国道 未舗装 | |
| | | ⋯ (細) 県道 未舗装 | |

2-2-3 その他

(1) 村落の社会・経済状況

社会経済調査として、要請された候補村落 234 ヲ村のうちアクセス可能な 225 ヲ村について村長と村人各 3 人に聞き取り調査を行った。各調査項目について T A 毎にまとめれば以下のとおりである。

村人にとって家族(Family)とは、同じ姓を持つ大家族を指し、収入等を管理する単位は核家族化された世帯(Household)となっている。聞き取り調査の対象村落では 1 村落当たりの世帯数は、9~370 (平均 80)であり、1 世帯の構成は 2~11 人、ほとんどが 3~6 人で平均 4.7 人である。これは、1998 年の国勢調査におけるマラウイ国の平均 4.3 人、中部州の平均 4.5 人よりやや多い。世帯収入は、聞き取りによるものであるが、年間 300~11,000MK と答えており、農民のほとんどは 1,000~3,000MK の範囲である。首都への交通が便利な T A Chadza や S T A Chilikumwendo では、商人等の現金収入を得る人が含まれるため、平均を押し上げている。国道へのアクセスが悪い T A Tambala や S T A Chauma では、ほとんどが農民であり、その平均的な現金収入も少ないため、他の対象地域との格差が認められる。

水源は、地形条件を反映して、平原地帯の T A Chadza や T A Kachere, S T A Chilikumwendo では浅井戸に依存する割合が高く、浅い地下水も得にくい丘陵地帯の T A Tambala や S T A Chauma では河川水しか水源がない場合が多い。調査時期が雨季直後であったため、沼や川から水が得やすく、浅井戸の水位も高いため、平均水運搬時間 17~45 分と短い結果が得られている。

表-2.2.10 社会経済調査総括

| 項目 | | TA / STA | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|--------|---------|---------------|
| | | Chadza | Tambala | Chauma | Kachere | Chilikumwendo |
| 村落数 | | 71 | 51 | 16 | 46 | 41 |
| 平均世帯数(家族) | | 74 | 81 | 97 | 108 | 52 |
| 平均世帯人数(人/家族) | | 4.8 | 4.2 | 4.7 | 5.3 | 4.6 |
| 平均年収(MK) | | 2,274 | 1,168 | 1,234 | 1,688 | 1,962 |
| 水源 | 深井戸 | 3 | 4 | 1 | 6 | 3 |
| | 浅井戸(ポンプ付) | 2 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| | 浅井戸(蓋なし) | 46 | 8 | 6 | 31 | 22 |
| | 川、沼 | 20 | 39 | 9 | 6 | 12 |
| 水使用量(l/日・世帯) | | 82 | 78 | 81 | 97 | 86 |
| 飲料水量(l/日・世帯) | | 38 | 37 | 39 | 52 | 45 |
| 雑用水量(l/日・世帯) | | 44 | 41 | 42 | 45 | 41 |
| 水汲み時間(時間/回) | | 0:45 | 0:31 | 0:25 | 0:21 | 0:17 |
| 水汲み時間(時間/日) | | 1:51 | 1:44 | 1:47 | 1:29 | 1:11 |

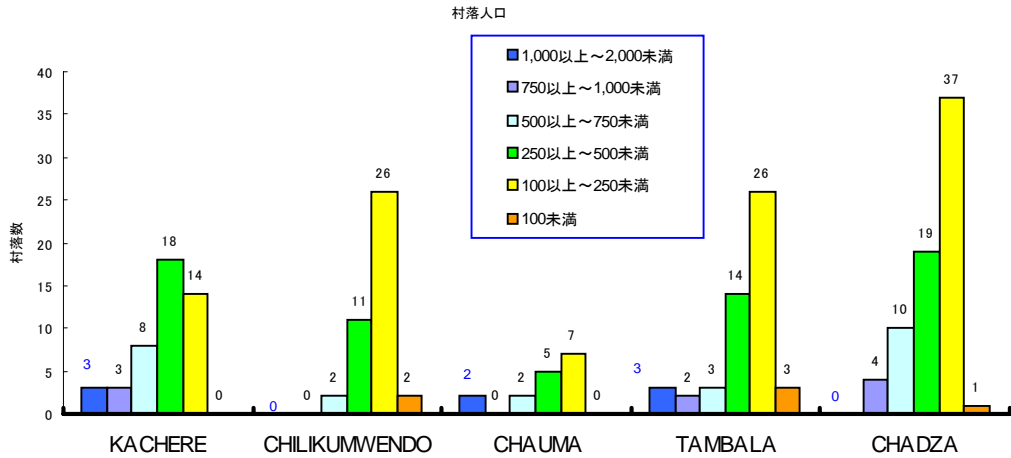


図-2. 2. 12 候補村落の人口

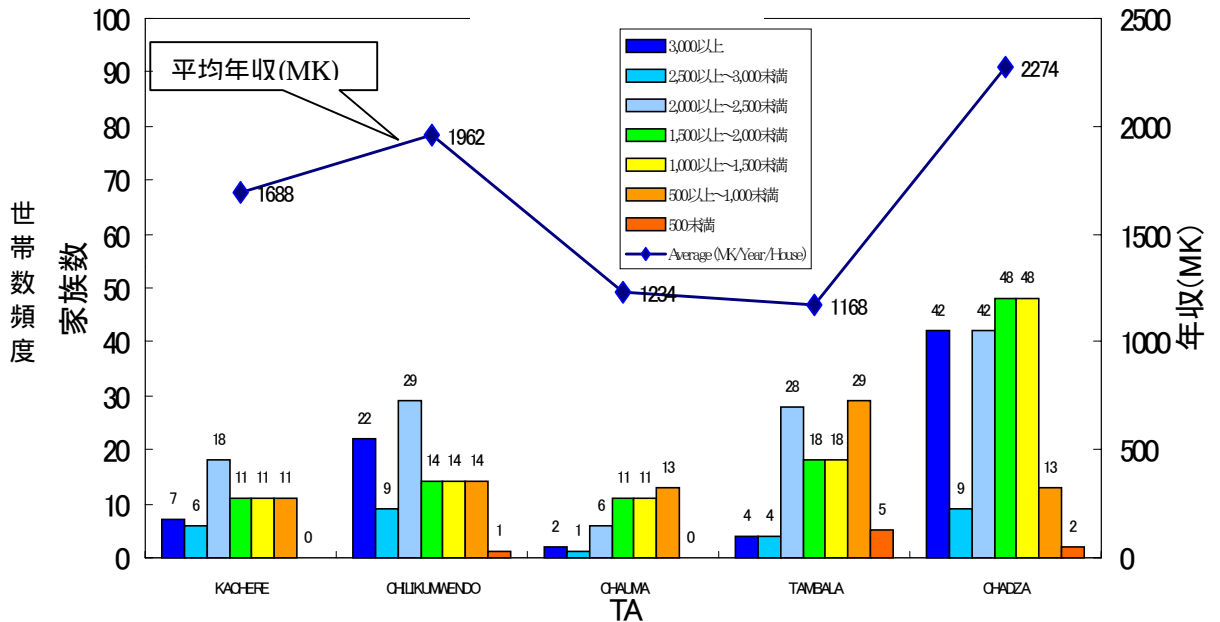


図-2. 2. 13 世帯収入の聞き取り結果

(2) 水因性疾病

社会経済調査を行った 225 村落について、各村落 3 人の村人からの聞き取りにより 1 世帯年間当たりの下痢症の罹患回数を水源、T A 毎に整理した(表 - 2 . 2 . 1 1、図 - 2 . 2 . 1 4、図 - 2 . 2 . 1 5 参照)。

下痢症は、飲料水のほか食物を通しての発症もあるため、深井戸から飲料水を得ていても罹患するが、全体的に深井戸水源で最も少なく、蓋付き浅井戸、蓋なし浅井戸、川・沼 (Dambo) の順に罹患回数が増えている。川や沼の水を利用する世帯の平均罹患患者数は、深井戸の 2 倍程度である。

したがって、本プロジェクトの実施により深井戸による給水率が上昇すれば、下痢症の発生が減少すると予測され、その他の水因性疾患（コレラ、赤痢等）についても発生が減少する効果が期待できる。

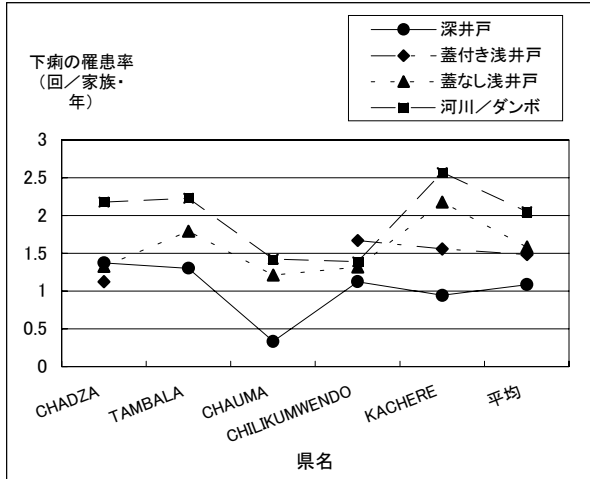


図-2. 2. 14 県毎の下痢罹患率

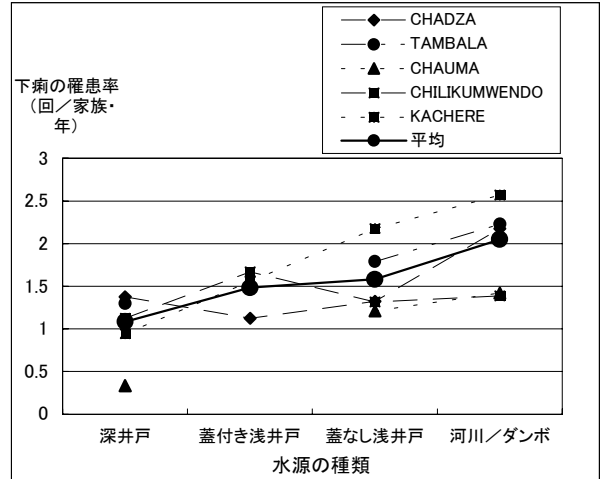


図-2. 2. 15 水源種類毎の下痢罹患率

表-2. 2. 11 水源・TA 毎の下痢罹患回数

| TA. | | 県名 | CHADZA | TAMBALA | CHAUMA | CHILIKUMWENDO | KACHERE | 計/平均 |
|--------------|--------|--------------|--------|---------|--------|---------------|---------|------|
| 水源 種 別 | 深井戸 | 全調査世帯の罹患回数/年 | 11 | 13 | 1 | 9 | 17 | 51 |
| | | 調査世帯数 | 8 | 10 | 3 | 8 | 18 | 47 |
| | | 世帯当たり罹患回数 | 1.38 | 1.30 | 0.33 | 1.13 | 0.94 | 1.09 |
| | 蓋付き浅井戸 | 全調査世帯の罹患回数/年 | 9 | 0 | 0 | 20 | 14 | 43 |
| | | 調査世帯数 | 8 | 0 | 0 | 12 | 9 | 29 |
| | | 世帯当たり罹患回数 | 1.13 | - | - | 1.67 | 1.56 | 1.48 |
| | 蓋なし浅井戸 | 全調査世帯の罹患回数/年 | 176 | 43 | 23 | 87 | 196 | 525 |
| | | 調査世帯数 | 133 | 24 | 19 | 66 | 90 | 332 |
| | | 世帯当たり罹患回数 | 1.32 | 1.79 | 1.21 | 1.32 | 2.18 | 1.58 |
| | 河川・ダンボ | 全調査世帯の罹患回数/年 | 135 | 263 | 37 | 50 | 54 | 539 |
| | | 調査世帯数 | 62 | 118 | 26 | 36 | 21 | 263 |
| | | 世帯当たり罹患回数 | 2.18 | 2.23 | 1.42 | 1.39 | 2.57 | 2.05 |

(3) 環境への影響

地下水開発プロジェクトでは、地下水の涵養量と揚水量のバランスが保たれ、他の井戸や河川流出量に大きな影響を与えないことが重要である。

対象地域内(約 2,000km²)の地下水涵養量は、年間 4.0 × 10⁷ (m³ / 年)程度が期待できる。

一方、対象地域内の人口がすべて地下水水源を利用する場合の揚水量は以下のように試算される。

$$\begin{aligned} \text{全揚水量} &= \text{総人口(2004年推計 332,000人)} \times \text{1人当たり給水量(国家目標 27 l/day)} \\ &= 8.96 \times 10^6 \text{ (l/day)} \quad = 3.3 \times 10^6 \text{ (m}^3 \text{ / 年)} \end{aligned}$$

この揚水量は、涵養量の約 1/12 であり、地方給水で地下水を利用することは地下水涵養量に対して小規模であり、広域的な地下水環境への影響は軽微であると判断する。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) 上位目標とプロジェクト目標

1998年の国勢調査によれば、全国民の85%（約847万人）が居住する地方において、安全な飲料水とされる自然流下式上水道と深井戸による給水人口は約352万人であり、給水率は41.5%である。マラウイ国は「国家水開発計画(1994)」において独自の国家計画のほか、国際援助やN G Oの協力を得て2010年までに地方における安全な飲料水の普及率を74%まで引き上げることを目標としている。

1998年の国家長期開発ビジョン(Malawi Vision 2020)は、すべての国民が質・量とも満足する水を容易に得られるという国家の将来像を示した。MWDは、これに沿う暫定目標として、地方給水率を2004年までに84%とすることとし、1998年から国家予算による「分散深井戸建設計画(通称3,000本計画)」を実施し、2000年にほぼこれを終了した段階にある。現在、これを引き継ぐ計画として、2001/2002年度以降、年間600~800本、合計2,500本の深井戸建設をMWD独自の国家予算で実施する予定である。2001年開始のこの計画も「分散深井戸建設計画」と呼ばれ、他の国内・国際機関やN G Oによる水衛生プロジェクトとあわせて2000~2004年に7,000本以上の深井戸建設を目指している通称7,000本計画に含まれる。

マラウイ政府は、首都リロングウェに近いリロングウェ県内のChadza、Mazengera、Kalumbu、Chitekwereの各郡およびデッサ県内のTambala、Chauma、Kachere、Chilikumwendo、Kaphuka（上水道施設のあるDedza市街を除く）の各郡に対して策定した「リロングウェ~デッサ地下水開発計画」の中で、給水施設の不足する村落に新規の井戸を建設して、安全で安定的な飲料水の給水率を向上させ、国家目標の普及率に近づけることを目標としている。この計画は、7,000本計画の一部として位置づけられている。本プロジェクトは、上記の地域内における他のドナーの活動を考慮し、Chadza、Tambala、Chauma、Kachere、Chilikumwendoの各郡を対象地域とする。対象地域の現在人口は約317,900人であり、過去に掘削された既存の深井戸は657本を数えるが、既存井戸の中には故障している井戸を含んでいるため実質的には全国平均と同等の約41%の給水率と推定される。本プロジェクトでは、マラウイ国から提示された深井戸建設要請村落を検討し、妥当と判断された村落を対象として深井戸を建設することにより、給水率を実質55%まで引き上げることを目標とする。

また、「国家水開発計画(1994)」では受益者住民自身による深井戸の維持管理が謳われ、1994年以降の地下水開発計画では、給水施設の建設と一体としてコミュニティレベ

ルの維持管理体制を確立する啓発普及（Community Based Management：C B M）プログラムが実施されてきている。本プロジェクトでは、C B Mプログラムを実施することにより、建設された深井戸の持続的な利用が図られることを目標とする。

（2）プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、対象地域における給水率の向上（41%を55%）を達成するため、給水施設の不足する村落に深井戸施設を建設し、C B M活動を実施することとしている。これにより、約50,400人が安全な水に容易にアクセスすることができるようになることが期待されている。

この中において協力対象事業は、深井戸建設に必要な井戸掘削関連機材（掘削機、支援車輛等）1式の調達を行うとともに、この調達機材とマラウイ国からの提供機材等を活用して、既存機材の修理を含む深井戸建設（154ヵ村に177本）を実施するものである。

また、協力対象事業では、建設した深井戸の持続的な利用を確実なものとするため、マラウイ国側が実施するC B Mプログラムに対して、ソフト・コンポーネントとして技術者を派遣し、参加型手法を導入しながら活動の計画、実施、評価について技術的支援と活動資金の支援を行い、その一環として、啓発活動用の車両の調達を行う。

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) マラウイ国からの要請内容及び現況

マラウイ国からの要請は、以下に示すリロングウェ県およびデッサ県に位置する9つの郡(Traditional Authority: T A)において合計500ヵ所の深井戸建設を実施するとともに必要な資機材の調達を行うことであった。

リロングウェ県 : Mazengera、Chitekuwere、Kalumbu、Chadza (2001年に追加)

デッサ県 : Tambala、Chauma、Kaphuka、Kachere、Chilikumwendo

しかし、リロングウェ県の4 T A (Mazengera、Cahadza、Kalumbu、Chitekwele)のうち、Chadzaを除く3 T Aでは既にN G O (Inter Aide)が比較的規模の大きな井戸建設活動を実施しているため、調査対象地域から除外した。さらに、デッサ県については国道M 1沿いのT A Kaphukaには多くの既存井戸が存在していることから、これも調査対象から除いた。また、デッサ県南西部ではN G O (Concern Universal)が井戸建設活動を実施していることから、この活動範囲を除くT A Kachere、S T A (Sub- T A) Chilikumwendo及び既存井戸の少ない県北部のT A Tambala、S T A Chaumaの4 T Aを調査対象地域とした。

従って、最終的に合意された調査対象地域は、Chadza (リロングウェ県)、Tambala、Chauma、Chilikumwendo、Kachere (デッサ県)の5 T Aとなった。

マラウイ側からは、合意した調査対象地域に対して、改めて234箇村の深井戸掘削要請村落のリストが示された。本計画においては、このリストを調査対象村落として水質、物理探査等に基づく水理地質条件、人口、既存井戸、他のプロジェクトとの重複、深井戸施設の維持管理責任に対する住民の同意及びサイトへのアクセス可能性について検討し、協力対象として妥当な深井戸建設村落と建設本数を計画する方針とした。

また、深井戸建設機材については、本プロジェクトをはじめMWDが計画する今後の地方給水事業における深井戸建設能力を拡充するため、トラック搭載型掘削機2台及び関連機材、支援車輛等の調達が要請された。本計画では、MWDが所有する過去の無償資金協力で調達した深井戸掘削機材の状況、維持管理体制、及び本プロジェクトの深井戸建設数を考慮し、深井戸掘削機1台とこの掘削機を用いて深井戸を建設する際に必要となる最小限の関連機材1式を新規に調達する方針とした。

(2) 自然条件に対する方針

対象地域の地質は、全般に先カンブリア紀から古生代初期の片麻岩とこれに貫入する

花崗岩類及びはんれい岩が基盤を構成して所々に突出した丘陵を形成するほか、対象地域南部を中心に比較的平坦な高原地帯では基盤岩を覆って風化した表層土や湿地に堆積した沖積層が分布している。また、対象地域北部は大地溝帯西側斜面にあたり、地溝帯運動による断層破碎帯や引っ張り亀裂帯が分布するため、これらに沿った谷が発達して起伏の多い地形を示している。

水理地質条件は、北部では帯水層が破碎帯等の地質構造に規制され、南部では帯水層となる風化帯の厚さが変化に富んでいるため、いずれも狭い範囲で帯水層分布が変化している。対象地域全般には住民が利用する飲料水量に対して十分な地下水涵養量があると考えられるものの、このような地下水の偏在から地下水の得にくい村落や同じ村落の中でも地下水の得にくい範囲がある。

物理探査の結果と周辺の地質図や地質文献から想定される地質の特性と、現地での地形や地質の観察結果を総合的に判断し、詳細調査を行っても良好な帯水層を得ることが困難と判断される村落については計画の対象から除外した。計画対象村落についてはさく井工事の成功率を高めるため、設計・施工監理の一環として詳細な物理探査を実施し、C B Mプログラムで形成される給水施設コミュニティの意向を勘案して施工位置の選定を行うこととする。設計上の成功率は、基本設計調査の物理探査結果と過去の施工実績に基づいて設定する。

掘削深度は、質量ともに良好な地下水を水源とし、乾季においても水涸れしないよう考慮し、帯水層の基底までスクリーンを設置するために必要な深度とする。設計上の掘削深度の検討においては、まず基本設計調査の電気探査地点について、帯水層基底深度にポンプの設置に必要なケーシング長さを加えた深度を暫定の掘削深度として設定する。暫定掘削深度は、必ずしも対象村落における最適な深さを確保していないので、サイティングの調査でより深い、良好な帯水層が得られる地点を選択することとする。したがって、設計上の掘削平均深度は、暫定深度の平均値よりやや深い深度に設定する。

マラウイ国内での深井戸による地方給水施設の水質については、WHOのガイドラインを参考にマラウイ国の実情と健康障害の発生を勘案した「MWDの暫定基準」が定められている。施工時には、この暫定基準が設けられた項目について現場における簡易水質試験を実施する。特にフッ化物濃度については、基本設計調査で暫定基準（ $F=3\text{ mg/l}$ ）を超える結果は出ていないが、既往の試験結果にこれを超える値が多く認められている。WHOガイドラインでは $F=1.5\text{ (mg/l)}$ を基準値としているため、現場試験で $F=1.5\text{ (mg/l)}$ を超える結果が得られた場合には、室内詳細試験を実施する（基本設計調査における深井戸水の簡易試験結果では、20%が $F=1.5\text{ (mg/l)}$ ）。詳細水質試験結果が「暫定基準値（ $F=3\text{mg/l}$ ）」を上回る場合は不成功井戸とし、ポンプセットは行わないこととする。

一方、既存井戸の水質試験では、大腸菌群が検出されたため、地表からの汚染の影響があると判断し、本プロジェクトでは帯水層以浅のケーシング周りをセメントで確実に埋め戻すこととする一方、地表の影響を受けやすい浅い帯水層（地質により判断するが10m以浅）では、スクリーンを10m以浅に設けない井戸構造とする。このため、余掘りを含めて井戸深度は30m以上を確保する方針とする。

年間降雨量（600～900mm）の約95%が雨季の11月後半～3月に集中し、この期間サイトへのアクセス条件が著しく悪化し、作業効率が低下するため、雨季の施工条件を考慮した施工計画とする。

(3) 社会経済に対する方針

対象地域の人口規模・人口構成、既存水源、既存給水施設状況、必要生活用水量、水運搬距離・時間、アクセス状況、給水状況に対する住民の問題意識、村落衛生水委員会（Village Health Water Committee：VHWC）および水管理委員会（Water Point Committee：WPC）^{*1}の設立意志、維持管理活動への参加意志等を十分考慮し、対象村落を決定する。

なお、対象地域内の村落は数十人～1,000人程度の規模でパラツキがあり、特に人口が極端に少ない(100人以下)村落については、小村落が集って一つの集落を形成していることが多い。これらの村落で井戸を建設する場合、いくつかの村で共同使用することとする。

利用人口が極端に少ない場合には、引渡し後の日常管理を行う給水施設コミュニティにおいて1家庭当りの料金負担が過大となり、維持管理が十分に行われないおそれがある。周辺の既存井戸の利用実態から判断して、計画深井戸の完成後に利用が想定される近隣村の住民も含めた人口を対象人口と見なした上で、日常管理に必要な維持費の確保が困難となる少人数（100人以下）の村落は本計画の対象村落から除外する。

反対に利用人口が多すぎると、水場で待つ時間が増え、利便性が低下するだけでなく、過度な使用頻度によりポンプ及び井戸自体の老朽化を早める。したがって、水汲み上げに要する時間から推定した利用人口限界を考慮した上で、人口の多い村落では井戸1本当たりの利用人口が500人を超えないように複数本の井戸を建設する方針とする。

以上のように最少100人、最多500人の利用人口を設定することにより、対象村落における深井戸1本当たりの平均利用人口は約285人となり、国家計画の250人に近づけることができる。

*1：VHWCは、村落毎に形成される衛生教育や衛生設備の普及活動を行う自治組織である。WPCは、村に複数の井戸がある場合に、VHWCの下に深井戸単位で形成される施設維持管理を中心とする委員会である。

井戸1本の基準揚水量は、アフリデフポンプの揚水能力から判断して、0.2 l/sec (12 l/min) とする。

井戸までのアクセス距離は、500m 以内とすることが国家計画に謳われている。国勢調査結果から推定される対象村落周辺の人口密度と利用人口から、この目標は達成されると判断されるが、水理地質条件から必ずしも村落の中心に設けることが適当でない場合も生じる。実際の掘削位置選定にあたっては、V H W C / W P C との協議により、アクセス距離を考慮して利用者にとって利便性のよい施設となる位置を決定する方針とする。

(4) 建設事情に対する方針

1) 現地掘削業者の水準と活用方針

1980 年の後半から 1990 年の前半にかけて民間井戸掘削業者は 2～3 社しか存在しなかったが、1998 年以來、国家の進める井戸掘削事業が急激に増加したことを受け、民間業者は数十社を数えるに至っている。特に M W D が 1998～99 年に実施した 3,000 本プロジェクトでは、11 社の井戸掘削業者が各々 87～887 本の深井戸を建設している。実際に掘削した 2,880 本のうち 2,843 本は検査に合格したが、その後に、揚水が間欠になる、水位が低下して揚水ができなくなる、泥水が混入する、井戸孔壁が崩壊するなど、計 295 本で問題が生じている。

しかしながら、上述の問題はサイティング、深度の不足、不十分な洗浄、グラベルパッキングの不良等に起因すると考えられるものの、表 - 3 . 2 . 1 に示したように、民間井戸掘削業者は深井戸掘削の実績は有しており、掘削それ自体の基礎能力は十分であると考えられる。したがって、計画深井戸建設の一部に対し日本業者の監督下で民間井戸掘削業者をサブ・コントラクターとして活用する方針とする。

表 - 3 . 2 . 1 現地井戸掘削業者による掘削本数と問題井内訳 (3,000 本計画)

| SL. No. | 掘削業者 | 支払いを受けた深井戸数 | 断続的にしか水が得られないBH数 | ポンプ設置後の空BH数 | 崩壊したBH数 | 混濁した水しか得られないBH数 | 孔曲がりのあるBH数 | ポンプ未設置、付帯構造物工事未着工の空BH数 |
|---------|------------------|-------------|------------------|-------------|---------|-----------------|------------|------------------------|
| 1 | Scandrill | 248 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | National BH | 326 | 24 | 11 | 4 | 14 | 0 | 11 |
| 3 | BH Fund | 155 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Chitsime | 887 | 38 | 3 | 2 | 7 | 0 | 1 |
| 5 | Universal | 145 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 6 | Dell tech | 87 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | Central Africa | 251 | 38 | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 8 | Contract Driller | 127 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 9 | Drill Tech | 171 | 10 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 10 | Select | 260 | 7 | 2 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 11 | Water Boring | 186 | 12 | 0 | 5 | 2 | 0 | 2 |
| | Total | 2,843 | 189 | 32 | 11 | 26 | 5 | 32 |

BH: Borehole (深井戸)

2) 現地土木建設業者の水準と活用方針

ポンプヘッドの設置及び付帯施設(水場)の工事に関しては、これまでの日本の無償資金協力では現地工法が採られており、3000本プロジェクトにおいても類似工事を経験している10社の建設業者が存在している(表-3.2.2参照)。したがって、ポンプ設置及び水場工事に関しては、その施設のグレードから施工が可能であると判断できるため、現地土木建設業者を活用する方針とする。

表 - 3 . 2 . 2 現地土木建設業者リスト

| SL. No. | 現地土木業者 | 契約BH数 |
|---------|---------------------------------------|-------|
| 1 | Gar Engineering Contractor | 649 |
| 2 | Boazi Khumbisa Engineering Cotractors | 384 |
| 3 | Boazi Khumbisa Contractors | 272 |
| 4 | Sweetwater Contractors | 218 |
| 5 | Khaco Civil Eng. | 220 |
| 6 | Chitsime Civil Engineering | 230 |
| 7 | J & S Construction | 286 |
| 8 | Azele Civil Engineering Company | 224 |
| 9 | Mable Building Construction | 258 |
| 10 | Borehole Hund | 188 |

3) 労働力の水準・量及び労働条件

マラウイ国では、職種、職階に応じた工事従事者の確保が可能で、労働条件としては週2日制が採用されている。現業部門では、休日も作業が行なわれている例が多く、作業従事者には割増賃金が支払われることになる。本計画では工期短縮を図るため、土曜日も工事を行うこととし、月間作業日を25日とする。

(5) 現地資機材の活用に係る方針

施工に必要な資機材は、過去に日本の無償資金協力によって調達されたMWDの既存の掘削機材（掘削機、コンプレッサー、デベロップメントユニット各1台）を活用するとともに、本計画のために各1台を新たに調達し、計2台で工事を実施する。ただし、現地井戸掘削業者による施工と並行する期間は、合計3台体制となる。

現地で入手可能な資機材は積極的に活用することとし、生産量、品質、納期等に問題のない、セメント、骨材(砂利・砂)、レンガ、鉄筋、燃料(ガソリン・軽油)、ケーシング、スクリーン、揚水管等は現地調達とする。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

1) 実施機関

地方給水業務はMWDの水資源局が建設を、また、給水・衛生局が施設の運営維持管理を統括する。本プロジェクトを直接担当するのは、水資源局である。

水資源局は、これまで我が国からの無償資金協力として「北カウインガ地下水開発計画（1987～1989年）」、「ムチンジ地区地下水開発計画（1991～1994年）」及び「ムジンバ西地区地下水開発計画（1997～1999年）」を実施してきた経験から、無償資金協力のシステムを十分理解しており、本計画を遂行する上で支障のない組織とスタッフを備えている。実施予算に関しては、啓発活動費、施工監理・OJT費等（MK5,818,000）の確保を約束しており(付属資料5．討議議事録参照)、また完成後の給水施設の維持管理費（MK806,000/年）についても、同局の一般予算（MK79,000,000～117,000,000）の中から支出可能な範囲と判断する。

2) 深井戸完成後の運営・維持管理

マラウイ国では、1994年以降の地方給水プロジェクトにおいては、深井戸毎に受益者住民自身で組織するWPCを設けて施設の初歩的な日常の維持管理ができるように教育を行うCBMプログラムが適用されてきた。CBMプログラムは、ムチンジ及びムジンバ西地区地下水開発計画等を含む1994年以降「マ」国内で実施された地下水開発プロジェクトにおいて全国的に実施されている。主に、給水施設コミュニティの設立、

給水施設管理方法・修理方法の訓練、住民への衛生教育、住民による水料金の決定、住民による給水施設の運営維持管理等について啓発活動の実績が積み重ねられてきており、C B Mプログラムが実施された給水施設コミュニティでは概ね所定の成果をあげている。

従来、W P Cは普及員の指導によって設立され、ポンプの消耗部品を定期的に交換する程度の責任を負わされていたが、1999年1月MWDは、計画段階から完成以降にわたって住民参加を更に進め、村単位で給水施設の運営・維持管理の責任を持つようにV H W Cを設ける方針とした。これに伴って、W P Cは村に複数井戸がある場合に設けられることとなった。V H W C/W P Cには故障の修理を含む長期的な維持費に相当する資金の確保と管理が指導される。

行政側は、T A毎の普及員(MoH P, MoG Y C S, MWDの各アシスタント)からなる地域執行委員会(Area Executive Committee: A E C)や県レベルの執行委員会(District Execution Committee: D E C)やコーディネーターチームを組織し、給水施設や衛生状態をモニタリングしながら、コミュニティの運営・維持管理をサポートすることとしている。

施設の維持管理に係る啓発活動やモニタリングの新たな方針に対しては、トレーニングガイドなどテキスト類はあるが、予算は給水・衛生プロジェクトの一環としてドナーの資金に依存しており、普及員となるMWDや関係する省の地方職員も参加型手法の経験を持つものは少ない。本プロジェクトでは、旧来のC B M活動に相当する活動資金をMWDが負担し、日本側は参加型手法を取り入れた活動の計画、普及員の養成、コミュニティのトレーニング及びモニタリング体制への提言など啓発活動全般にわたり、プロジェクトのソフト・コンポーネントとして技術的、資金的支援を行う。

また、啓発活動及びモニタリングに必要なモーターバイク、ピックアップトラックを調達する。

3) 機材の運営・維持管理

深井戸掘削機材は、MWD水資源局地下水開発・掘削課のもとで維持管理され、3州の事務所(北部州ムズズ、中部州リロングウェ、南部州ブランタイヤ)に配置されたワークショップにおいて、それぞれ3～5名からなる機材部の機械工、電気士(計11名)がメンテナンスを行っている。

MWDは、他省のプロジェクトや一部民間から深井戸建設等の委託業務を行っている。ここで得た資金は、トレジャリーファンドとしてプールされ、各業務遂行の経費(職員給与等一般予算分は除く)として支出される。この支出は、過去3年15～20百

万 MK/年であり、一部が機材の維持修理に充当されている。

掘削機材は、国際機関の援助によるプロジェクトや国家予算による 3,000 本計画、コレラ発生地域の緊急対策などに使用され、1 台当たり年 50 本程度の深井戸建設を行っている。MWD が所有する掘削機 4 台は、すべて過去の無償資金協力で調達したものであり、地方給水事業に充分貢献してきている。しかしながら、4 台の掘削機のうち 1989 年度調達機材 2 台は標準的使用年数を超え、うち 1 台は油圧系統の能力低下が著しく、これを搭載するトラックもエンジン・車体の老朽化が激しく、舗装路上でも 60km/hr 以上の速度で走行できないため 1999 年から稼働していない。もう 1 台は、稼働しているものの同様に油圧系統、エンジン、車体の老朽化が激しいため故障が多く、稼働率や能力が低下しているだけでなく修理費も高くなっている。

また、1992 年度調達の掘削機材 1 台は整備されて比較的良好な状態で維持されている。しかし、標準的使用年数にほぼ達しており、全般的な掘削能力の低下は避けられず、ドリルヘッドなど主要な部分について相当の修理・整備が必要である。

最も新しい 1997 年度調達の掘削機は、良好な状態を維持しており、定期整備程度のスペアパーツ・消耗品の補充が必要な程度である。

修理用の機材については、ワークショップに車輛修理用架台等があり、主要な修理機材が配置されている。ただし、技術的には油圧系統の修理などには一部対応できない場合があり、民間業者へ修理を委託している。

以上の点から、車輛を含めた掘削機材の維持管理については、通常の使用に耐える程度の技術レベルを有しており、また予算面においても上述したトレジャリーファンドの一部が充当されるため、確保できるものと判断する。ただし、さらに技術的レベルや修理機材を補強すれば、なお機材の使用年数を延命化し、修理にかかる維持費を軽減することが可能と考えられる。

本プロジェクトでは、一部既存機材の提供を受けて施工する予定であるが、深井戸工事の準備工として修理・整備部品の補充と施工業者の機械工による修理・整備を行い、あわせてマラウイ側の機械技術者を修理に参加させ、OJT で修理技術の向上の一助とする。また、故障の多くなる原因の一つとして掘削現場が概してワークショップから遠く、その間の道路状況が良くないため、適時の修理ができないで作業を続けていることが考えられる。機材の維持管理能力を向上し、掘削関連機材を良好な状態に維持するため、調達機材に移動式ワークショップ車を導入する。

3-2-2 基本計画

(1) 全体計画

本プロジェクトは、マラウイ国の首都リロングウェから南ないし東へ 10~80km の直線距離の範囲に位置するリロングウェ県の T A Chadza、デッサ島の T A Tambala、 S T A Chauma、 T A Kachere、 S T A Chilikumwendo を対象地域とし、安全で安定的な給水施設の不足する 154 の地方村落に対して 177 本のハンドポンプ付深井戸給水施設を建設するものである。併せて、これに必要な機材の調達と給水施設コミュニティへの啓発普及活動の支援を実施する。

計画に当たっては、国家目標である給水率 74%、1 カ所当たりの利用人口 250 人に近づけるため、社会経済条件から深井戸 1 本当たりの利用人口 100~500 人を設定し、水理地質条件、既存井戸分布、アクセス条件等から深井戸建設に妥当な村落を選定した。また、選定された協力対象村落における具体的な井戸掘削位置選定については、より確実な帯水層をとらえ掘削の成功率を高め、且つ住民の意向を考慮するため、施工監理時に詳細な物理探査と住民との協議を実施することとする。

本基本設計調査と過去の施工実績および対象地域に点在する高フッ素地下水を考慮し、計画井戸本数に対して空井戸 23%、高フッ素 4%、計 27%の不成功井戸が発生するものと推定し、計画上の成功率を 80%とした。

$$\begin{aligned} \text{成功率} &= \text{成功井戸数} / (\text{成功井戸数} + \text{空井戸数} + \text{高フッ素井戸数}) \\ &= 1.0 / (1.0 + 0.23 + 0.04) \quad 0.8 \end{aligned}$$

掘削深度は物理探査結果より 30~90m、平均 45m の計画掘削深度とした。

深井戸建設工事は、マラウイ国側から過去の無償資金協力で調達した掘削機 1 台とこれに付随する関連機材の提供を受けて使用する。また、本プロジェクト実施後のマラウイ国における深井戸建設計画において有効に利用され、安全で安定的な飲料水の給水率向上に資するため、新規の掘削機材を調達して、本プロジェクトの深井戸建設工事にも使用する。さらに、近年、掘削能力が拡充した現地掘削業者を機材調達期間を中心にサブコントラクターとして活用し、工期の短縮を図る計画とした。

ソフト・コンポーネントとして、マラウイ政府が 1994 年から導入してきた C B M プログラムの補強と改良をおこない、本プロジェクトにおいても工事と連携して効率よく参加型手法を導入した C B M 活動が実施できるよう支援を行う。

(2) 施設計画

1) 目標年次

本プロジェクトは、給水施設のない村落を対象に緊急的に深井戸施設を建設するものであり、計画目標年度を上位計画である「7,000本計画」と同じく2004年とする。

2) 給水諸元

給水原単位

「国家水開発計画(1994)」に示される地方の給水目標は以下のとおりである。

- a) 深井戸1本当たりの利用人口を250人以下とする。
- b) 1人当たりの給水量を27 lpcd (liter per capita a day 1人1日当たりのリットル)とする。
- c) 安全な水の運搬距離を500m以下とする。

この数値を使用すると、井戸1本当たりの1日の使用水量は6,750 lとなり、井戸使用時間を1日10時間と想定すると、1時間に20 l入りバケツ約34杯の水汲みとなる。汲み上げに要する時間を考慮すると、この程度の利用人口が妥当な値と考えられている。

本プロジェクトでは、対象地域でより多くの住民に安全な水を供給することを目標とするため、対象村落での深井戸建設本数を計画するにあたり、個々の井戸の利用は250人に限らず、対象村落全体として「1本250人」の目標に近づける方針とする。1人当たりの給水量は27(lpcd)とし、井戸1本あたりの可能揚水量は、250人が使用する1日6,750 l以上とする。

井戸1本あたりの利用人口

[最多利用人口]

社会経済調査の結果、現在の水使用量は1人1日当たり飲料水約9(lpcd)、雑用水約9(lpcd)、計18(lpcd)である。

表-3. 2. 3 計画対象地域における用途別使用水量(社会経済調査結果より)

| T A | 調査家族数 | 平均構成員数 | 平均水使用量 (l) | 飲料水量 (l) | 雑用水量 (l) |
|---------------|-------|--------|------------|----------|----------|
| Chadza | 212 | 4.73 | 80 | 37 | 43 |
| Tambala | 149 | 4.19 | 78 | 37 | 41 |
| Chauma | 48 | 4.69 | 81 | 39 | 42 |
| Kachere | 132 | 5.30 | 97 | 52 | 45 |
| Chilikumwendo | 122 | 4.59 | 86 | 45 | 41 |
| 合計/平均 | 663 | 4.69 | 84.1 | 41.6 | 42.5 |
| 1人当たり | | | 17.9 | 8.8 | 9.1 |

雑用水といえども安全な給水源から取水することが基本ではあるが、限られた建設井戸数からより多くの住民に安全な水を供給するため、本計画では、利用人口の多い協力対象村落では深井戸建設後も、深井戸での給水が不足する場合には、雑用水への利用に限定して在来の水源を使用することもやむをえないと考える。ただし、利用人口が多い給水施設については、在来水源から水を得る場合、ソフト・コンポーターメントによる啓発活動において、洗濯、水浴等の雑用水に使用を限定することを指導する。また、水汲みの待ち時間が過度に増える場合には給水施設コミュニティ内で協議して、井戸からの個人当たりの利用量の制限や利用時間の割り振りなどを自主的に設定する必要があることを注意するものとする。

現在の水使用状況が飲料 9 (lpcd)、雑用 9 (lpcd)であることを踏まえ、250 人を超える村落に対しては、国家目標の給水量 27 (lpcd)のうち最大半量 (13.5 lpcd)を雑用水として在来水源から取水することを許し、飲料水給水量を 13.5 (lpcd)以上とすれば、深井戸 1 ヲ所あたり基準とする日量 6,750 l の揚水量で 500 人に給水することが可能である。

以上の検討の結果、プロジェクト完了時までの人口増加も考慮し、本計画では社会経済調査の現在人口に基づく井戸利用者が 1 本当たり 500 人を超えないように井戸数を決定した。人口が 500 人を超えるため 1 村落に複数本の井戸を必要とする村落は、表 - 3 . 2 . 4 に示す 23 村落であり、これらの村落に対して 46 ヲ所の深井戸を計画する。

一般に複数の井戸が近接すると、汲み上げに伴う周辺地下水位の低下が相互に影響することが懸念される。要請村落を含む周辺地域 (E A : 国勢調査の統計区画) の人口密度と村落の人口から推定される村の面積は、複数の井戸の間隔が 500 ~ 1,300m 程度確保できることを示している。計画地域のような自由面地下水の場合、影響半径は 100 ~ 300m とされるため、相互干渉による水位低下の問題が発生しないように掘削位置を決定することが可能と判断される。

実際の掘削位置選定にあたっては、詳細な物理探査結果と給水施設コミュニティの意向を検討し、既存井戸または新設する同村落内の深井戸と 300m 以上の離隔が確保されるよう配置を決定することとする。

[最少利用人口]

井戸の利用者が少なすぎる場合、井戸 1 本の利用効率が低くなるほかに、日常管理に必要な維持費を利用者が負担する C B M の原則から、現金収入の少ない村落ではその徴収が困難になり、持続的な利用に支障を来す危険性がある。

社会経済調査の結果、プロジェクト地域の 1 家族当たりの平均年収は MK 1,200

～MK 1,500 程度である。一般に年収の 5%程度までならば水料金の負担が可能であると言われている。深井戸施設完成後の C B M プログラムに従い実施される住民レベルのメンテナンスで 1 年間に必要な費用は、MK 1,200～MK 1,500 程度である。したがって、深井戸 1 本あたり最低 100 人以上の利用者が必要となる（即ち、社会経済調査によれば対象地域の平均家族構成は 4.7 人であり、100 人では $MK 1,200 \times 0.05 \times 100 / 4.7 = MK1,277$ の維持費が徴収できる）。本計画地域に近い既存井戸のコミュニティで実施した聞き取り調査の結果においても、給水施設コミュニティ当たりの年間徴収料金は、MK 1,200～5,000 であり、上記のメンテナンス費とほぼ同程度またはそれ以上の金額を徴収しているとの結果を得ている。なお、人口が 100 人以下の村落においても、計画深井戸完成後、隣村からの利用世帯も含めて給水施設コミュニティが形成されると予想される場合は、隣村の人口も合わせて利用人口と見なすものとする。この点についても、V H W C / W P C 設立時点において、維持費確保に十分な利用人口となるよう必要に応じて近隣村落を含めた給水施設コミュニティを形成するよう留意する必要がある。

本計画では、周辺既設井戸の利用者数の実態と維持管理費徴収の観点から、要請村落に井戸を建設した場合の利用者が 100 人以下の場合は対象から除くこととした。

水運搬距離

表 - 3 . 2 . 4 に示した村落の周辺を例にとれば、対象地域の人口密度は 115～890(人/km²)である。深井戸 1 本に対し 500 人を最大利用人口とすれば、水運搬距離は 700m 程度に達する可能性が一部の村落にあるが、概ね 500m 以下の運搬距離を確保できると考えられる。

表-3. 2. 4 1 村落に複数本の深井戸を必要とする要請村落と村の規模から推定される井戸間距離

| T A | No. | 村落名 | 人口 | 必要数 | 既存井数 | 計画数 | *2 E/A No. | 居住地域の 人口密度 (人/km ²) | 村の推定 面積 (km ²) | 村のおおよ その直径 (km) | 井戸間の 想定距離 (m) |
|--------------------|-----|--------------------|-------|-----|------|-----|---------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Chadza | 1 | Kamchedzera | 512 | 2 | 0 | 2 | 64/65 | 512 | 1.0 | 1.1 | 550 |
| | 2 | Kapatuka | 645 | 2 | 0 | 2 | 28 | 751 | 0.9 | 1.1 | 550 |
| | 3 | Mlinga | 839 | 2 | 0 | 2 | 27 | 628 | 1.3 | 1.3 | 650 |
| | 4 | Mchizampheta | 860 | 2 | 0 | 2 | 57 | 790 | 1.1 | 1.2 | 600 |
| | 5 | Kadambe | 628 | 2 | 0 | 2 | 19 | 680 | 0.9 | 1.1 | 550 |
| | 6 | Mphete | 976 | 2 | 0 | 2 | 7 | 398 | 2.5 | 1.8 | 900 |
| | 7 | Marichi | 529 | 2 | 0 | 2 | 68 | 362 | 1.5 | 1.4 | 700 |
| Tambala | 8 | Mapemba | 516 | 2 | 0 | 2 | 38 | 457 | 1.1 | 1.2 | 600 |
| | 9 | Mfumbwa | 1,066 | 3 | 0 | 2*1 | 7 | 198 | 5.4 | 2.6 | 1,200 |
| | 10 | Gwengwe Chilungusi | 1,591 | 4 | 2 | 2 | 17 | 514 | 3.1 | 1.7 | 600 |
| | 11 | Matipa(Mkundi) | 1,290 | 3 | 2 | 1 | 7 | 319 | 4.0 | 2.2 | 1,000 |
| Chauma | 12 | Chikumba | 1,032 | 3 | 0 | 3 | 13 | 272 | 3.8 | 2.2 | 1,000 |
| | 13 | Mthawanthu | 516 | 2 | 0 | 2 | 12 | 442 | 1.2 | 1.2 | 600 |
| Kachere | 14 | Kafere | 1,200 | 3 | 1 | 2 | 5 | 173 | 6.9 | 2.7 | 1,250 |
| | 15 | Chikalungeni | 645 | 2 | 0 | 2 | 64 | 889 | 0.7 | 1 | 500 |
| | 16 | Veru | 658 | 2 | 0 | 2 | 57 | 352 | 1.9 | 1.5 | 750 |
| | 17 | Yonani | 645 | 2 | 0 | 2 | 28 | 144 | 4.5 | 2.4 | 1,200 |
| | 18 | Geleman | 516 | 2 | 0 | 2 | 14 | 195 | 2.6 | 1.8 | 900 |
| | 19 | Chapukuta | 538 | 2 | 0 | 2 | 54 | 256 | 2.1 | 1.9 | 950 |
| | 20 | Mtende | 559 | 2 | 0 | 2 | 49 | 296 | 1.9 | 1.6 | 800 |
| Chiliku- mwendo | 22 | Chatondeza 1 and 2 | 507 | 2 | 0 | 2 | 27 | 338 | 1.5 | 1.4 | 700 |
| | 23 | Chimanbamtengo | 624 | 2 | 0 | 2 | 14 | 115 | 5.4 | 2.6 | 1,300 |
| | | | | 52 | 5 | 46 | | | | | |

*1 : Mfunbwa では電気探査結果より、一部帯水層の得にくい範囲があり、3本の計画は困難と判断した。

*2 : E/A; Enumeration Area (国勢調査統計区画)

3) 深井戸配置計画

要請村落を調査結果に基づき検討し、水理地質条件から良好な帯水層が期待できない村落、井戸掘削機のアクセスが困難な村落、および人口に対して十分な既存井戸（深井戸及び蓋付き浅井戸）が存在する村落並びに他のプロジェクトによる深井戸建設が予定されている村落を除外して協力対象村落を選定した。

また、利用人口が井戸1本当たり500人以下となるように選定村落での建設本数を決定した。

各T A毎の深井戸建設村落と建設数量及び計画位置は、表-3.2.5及び図-3.2.1に示すとおりである。また、深井戸建設の村落名は資料編8に示した。

なお、計画地域は地形及び水理地質条件から 南部の平坦地と 北部の起伏に富んだ丘陵地に区分され、前者は概して基盤岩の風化帯が帯水層として期待できる地域であるが、後者は新鮮岩が地下浅部から現れるところが多く、破碎帯等の限られた地質条件下でなければ地下水が期待できない地域となっているため、この地形地質区分毎の井戸計画本数もあわせて示した。

[プロジェクト候補村落の絞込み]

- a) プロジェクト候補村落の絞込みは表-3.2.6に示したように、電気探査、既存井及び他の井戸建設計画、社会経済調査及びアクセス状況に係る条件に基づいて総合的に評価した。
- b) 要請のあった村落234カ村の中から、実際に存在していない、或いは重複している村落（5カ村）、アクセス不可能な村落等（6カ村）を除く223カ村において協力村落絞込みのための検討をおこなった。調査結果に基づき、上記～の各項目についてa、b、cレベルに判別し総合的に評価した結果、表-3.2.5のように5T A（Chadza、Tambala、Chauma、Kachere、Chilikumwendo）中で協力対象村落として154カ村、総深井戸建設本数で177本が妥当と判断される。
- c) また、社会経済調査で使用した人口データはVillage Headmanから聴取したものと、1998年の国勢調査データに基づく2001年の推定人口を併記した。しかしながら、国勢調査データは必要以上に細分化されており、杓子定規に国勢調査区分地区毎に生活しているものではなく、実生活面では周辺の村落の一部を取り込んだ集落を形成していることが多い。したがって、本プロジェクトにおいては、Village Headmanからの聞き取りをより現実を反映した人口データとして使用する。

表 - 3 . 2 . 5 TA 毎の計画村落と計画井戸建設本数

| TA | 要請 村落数 | 調査対象 村落数 | 協力対象 村落数 | 深井戸1本 (人口100～500) | 深井戸2本 (人口500～ 1,000) | 深井戸3本 (人口1,000～) | 計画深井戸本数 | | |
|---------------|-----------|-------------|-------------|----------------------|----------------------------|---------------------|---------|----|-----|
| | | | | | | | | | 計 |
| Chadza | 71 | 71 | 58 | 51 | 7 | 0 | 47 | 18 | 65 |
| Tambala | 59 | 49 | 29 | 26 | 3 | 0 | | 32 | 32 |
| Chauma | 16 | 16 | 7 | 5 | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| Kachere | 47 | 46 | 27 | 19 | 8 | 0 | 35 | | 35 |
| Chilikumwendo | 41 | 41 | 33 | 31 | 2 | 0 | 35 | | 35 |
| 村落数 計 | 234 | 223 | 154 | 132 | 21 | 1 | | | |
| 深井戸本数 | | | | 132 | 42 | 3 | | | 177 |

：南西部平野地帯、 ：北東部丘陵地帯

4) 裨益人口

選定された対象村落の現在人口は、約 49,600 人であり、対象村落内の既存井戸による推定給水人口 1,400 人を差し引けば、裨益人口は約 48,200 人である。計画目標年度(2004 年)における裨益人口は、人口増加率を年 1.5%(デッサ県 1987～1998)とすれば、約 50,400 人となる。

表-3. 2. 6 各条件による候補村落の絞り込み結果

| | | TA | Chadza | Tambala | Chauma | Kachere | Chiliku- mwendo | Total |
|--------|---|---|--------|---------|--------|---------|--------------------|-------|
| 電気調査 | a | 良好な滞水層の発達が予想される。 | 24 | 15 | 4 | 22 | 21 | 86 |
| | b | 詳細な調査により地質状況を把握することが必要。 | 42 | 30 | 6 | 24 | 19 | 121 |
| | c | 村落及び周辺で地下水を得ることは困難 | 5 | 4 | 6 | 0 | 1 | 16 |
| 既存井 | a | 既存の深井戸は無し、または井戸があってもリハビリ不可能。 或いは、既存深井戸があっても、人口が多い村に対しては500人未 満1本の割合とし、既存井戸のカバーできない人口については、 井戸の新設が必要。 | 60 | 37 | 13 | 25 | 30 | 165 |
| | b | 既存の浅井戸(PSM)があるが、水質、水量、乾期の水涸 れ、のいずれかに問題がある。 | 3 | 0 | 0 | 2 | 4 | 9 |
| | c | リハビリまたは水管理委員会で復旧可能な故障中の深井戸があ る。または建設中若しくは計画中の深井戸がある。 | 8 | 12 | 3 | 19 | 7 | 49 |
| 社会経済調査 | a | 深井戸建設に係る村人のコンセンサス及びU/M費支払いの意志があ る。 | 70 | 46 | 16 | 46 | 40 | 218 |
| | b | 深井戸建設に係る村人のコンセンサス及びU/M費用支払いの意志が ある。また人口が極端に少ない(100人未満)が、近隣の集合人口 として考慮した場合は、100人以上となる。 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | c | 深井戸建設に係る村人のコンセンサス及びU/M費支払いの意志がな い。若しくは人口が100人未満であり、かつ近隣の集合人口を考慮 しても100人未満となる。 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| アクセス状況 | a | 村落へのアクセスに問題は無し。 | 68 | 25 | 5 | 46 | 39 | 183 |
| | b | 村落へのアクセスには道路・橋梁の補修・整備が必要。/乾期で あれば村落へのアクセスに問題は無し。 | 3 | 22 | 11 | 0 | 2 | 38 |
| | c | 村落への車輛(掘削リグ)のアクセスは、非常に困難 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 評価 | | 上記評価面a若しくはbであるもの。掘削対象とする。 | 58 | 29 | 7 | 27 | 33 | 154 |
| | x | 上記評価面で1つ以上cがあるもの。掘削の対象外とする。 | 13 | 20 | 9 | 19 | 8 | 69 |
| Total | | | 71 | 49 | 16 | 46 | 41 | 223 |



計画深井戸位置図

図-3.2.1 深井戸掘削計画位置図

5) 水理地質条件とさく井工事の成功率

[空井戸の発生率]

本調査においては、要請村落のうちアクセス可能な 226 箇村で 230 点の電気探査を実施した結果、帯水層構造は比抵抗値の特徴から 4 タイプに分類された。各タイプの特徴と空井戸（揚水量が基準の 0.2 l/sec に満たない場合を含む）の発生する可能性は表 - 3 . 2 . 7 に示すとおりである。

帯水層となる基盤岩の強風化部～風化部の分布状況は、地域により、また同一村落内の狭い範囲においても非常に変化に富み、探査地点における電気探査結果が良好であっても、空井戸が発生する可能性はある。このため、各タイプの空井戸の発生率を直接設定することは難しいが、「国家 3,000 本計画」の実績を参考に以下のように設定する。

ほぼ同数の A 型と B 型からなる T A Kachere、S T A Chilikumwendo においては、成功井戸 29 ヲ所に対して空井戸は 4 ヲ所であり、約 15% の空井戸率であった。本調査では、A、B 型の平均空井戸率が 15% に相当するものとし、良好な帯水層を期待できる A 型では空井戸率 10%、A 型よりやや条件の悪い B 型では 20% の空井戸率を設定する。

B 型が 1/3、より帯水層が期待できない C 型が 2/3 を占める T A Tambala では、14 ヲ所の成功井戸に対して 4 ヲ所の空井戸があり、空井戸率は 28.6% であった。上記のように B 型の空井戸率を 20% とし、C 型 / B 型の割合から、C 型の空井戸率は 33% と設定する。

また、D 型は主たる帯水層以下の基盤岩の比抵抗値が低いことによって特徴づけられるため、空井戸の割合としては A 型と B 型の中間と考えられるため、D 型の空井戸率は 15% と設定する。

計画対象地域内では、水理地質条件によって大きく 2 つの地区に分けることが出来る。即ち、協力対象地域の南西部を占める平野部、協力対象地域の北～東部を占める丘陵部、の 2 地区である。

計画井戸に対する比抵抗タイプ別の箇所数は、表 - 3 . 2 . 8 に示すようにまとめられ、上記のタイプ別空井戸発生率から想定される全計画井戸本数に対する空井戸発生率は 23% である。

[基準揚水量]

給水の目標値(1 本当たり 250 人、27lpcd)より、基準となる日揚水量は 6,750 l /day である。実際の水汲みは、日の出前から日没までにわたり、間断的に行われることが一般的である。上記の日揚水量が 10 時間で揚水されるとすれば、平均 0.19(l/sec) の

揚水量となる。本プロジェクトでは、既存井戸の実績から 0.2(1/sec)を基準揚水量とし、深井戸掘削後に行う連続揚水試験で、0.2(1/sec)以上の揚水量で安定水位が保たれることを確認する。揚水試験時間は 4 時間とし、安定水位が確認できない場合は最大 10 時間まで延長するか、揚水量を減らして、安定水位を確認する。また、水位降下量は、同様に既存井戸の実績に基づき静水位から 30m 以上降下しないものとする。このときの動水位はアフリデフポンプの揚程を考慮し、地表から 40m より深くないこととする。

表-3. 2. 7 電気探査に基づく比抵抗タイプと不成功井戸の発生確率

| 比抵抗値の型 | 想定地質 | 各地層の帯水層特性 | 主たる帯水層の非抵抗値と基底の深度 | 主要な分布域 | 空井戸の推定想定発生率 (空井戸 / 計画井戸) % |
|--------|--------------|---|---------------------------|--|-------------------------------|
| A | 沖積層 | 厚く分布し、下部は一部帯水層となる。 | 20 ~ 300(-m) 35 ~ 55m | 主に、南西部の平原地域 (TA Kachere、STA Chilikumwendo、STA Tambala の一部) | 10% |
| | 風化岩 | 厚く分布し、低比抵抗値から良好な帯水層となる。 | | | |
| | 基盤岩 | 比抵抗値が低い場合はこの岩の上部も帯水層となる。 | | | |
| B | (沖積層) 風化岩 | A 型より薄く、帯水層となる基盤岩まで深度がやや浅い。 | 20 ~ 500(-m) 30 ~ 45m | ほぼ全域 | 20% |
| | 基盤岩 | やや比抵抗値が高いが、裂っかなどに一部地下水が期待できる。 | | | |
| C | 風化岩 | 比抵抗値がやや高く、良好な帯水層が少なく、薄い。 | 20 ~ 700(-m) 20 ~ 30m | ほぼ全域 TA Chadza、 TA Tambala、 STA Chouma に多い | 33% |
| | 基盤岩 | 全般に高比抵抗値で帯水層とはならないが、一部に低比抵抗層が夾在し、破碎帯に地下水が期待できる。 | | | |
| D | (沖積層) 風化岩 | 表層部は、A、B 型と同様で帯水層が期待できる。 | 25 ~ 400(-m) 40 ~ 50m | 総数は少ないが、 TA Chadza ほかほぼ全域 | 15% |
| | 基盤岩 | 低い比抵抗値を示し、地下水が期待できるが、10 -m 程度以下では水質の悪化や粘土など導電性の岩質が想定され、要注意。 | | | |

表 - 3 . 2 . 8 計画対象地域の水利地質条件と不成功井戸の発生確率

| 地域区分 | 条件 地形・地質 | 滞水層条件 | 電気探査の比抵抗タイプと村落数 | | | | | | 不成功率 | |
|---|---|--|-----------------|---------------|-----|-----|-----|-----|------|-----------------|
| | | | 型 | 比抵抗型別計画井戸本数 * | | | | | | |
| | | | | CDZ | TMB | CUM | KCR | CKM | 計 | |
| 平野部 TA Kachere 中部～西部 TA Chadza 南部 STA Chilikumwendo ほぼ全域 | [地形]モザンビーク国境に至る、緩やかに起伏する平坦な準平原的地形を示す高原地帯。残丘が点在する。 [地質]Dambo 付近の表層は、沖積層のシルト及び粘土。 Dambo より高い部分では基盤岩の風化した土壤が主体。片麻岩類を主体とする基盤岩類。 | なだらかな地表部を覆う沖積層下部に、風化部が深くまで分布する箇所(A、B型)が多く見られる。地下水賦存層の概略深度は20～80m程度の範囲に分布する。但し、地域内に点在する丘の周辺部付近では、基盤岩が浅くなる箇所(C型)が分布する。 | A型 | 0 | 0 | 0 | 13 | 10 | 23 | 0.10 |
| | | | B型 | 13 | 0 | 0 | 13 | 14 | 40 | 0.20 |
| | | | C型 | 24 | 0 | 0 | 6 | 8 | 38 | 0.33 |
| | | | D型 | 11 | 0 | 0 | 3 | 3 | 17 | 0.15 |
| | | | 計 | 48 | 0 | 0 | 35 | 35 | 118 | 0.215 (加重平均) |
| | | | | | | | | | | |
| 丘陵部 TA Tambala ほぼ全域 STA Chauma ほぼ全域 TA Kachere 東部 TA Chadza 北東部 | [地形]高原地帯から地溝帯低地部へと推移する縁辺部で、開析が進行しており浸食作用により地表面より基盤岩が露出する。 [地質]表層付近では基盤岩の強風化岩。全般に片麻岩類を主体とする基盤岩類が露出または浅く分布する。 | 破砕帯等に伴い風化部が発達する部分(B型)の他では、硬質岩盤が浅くから分布する箇所(C型)が多く見られる。地下水賦存層の概略深度は15～50m程度の範囲にあり、と比べやや浅い分布となっている。 | A型 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.10 |
| | | | B型 | 8 | 10 | 8 | 0 | 0 | 26 | 0.20 |
| | | | C型 | 8 | 19 | 2 | 0 | 0 | 29 | 0.33 |
| | | | D型 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0.15 |
| | | | 計 | 17 | 32 | 10 | 0 | 0 | 59 | 0.260 (加重平均) |
| | | | | | | | | | | |

*CDZ: TA Chadza、TMB: TA Tambala、CUM: TA Chauma、KCR: TA Kachere、CKM: TA Chilikumwendo

合計 177 0.23

[水質基準による不成功井戸の発生率]

対象地域では高フッ素の地下水が懸念されている。マラウイ国では、無処理で給水する深井戸水についてWHOの水質ガイドラインをもとに、自然条件や社会条件を勘案した「MWD暫定基準（Water Department Tentative Standard：WDT）」を設定している。フッ素に関しては、健康障害として、3～4（mg/l）以上の水を大量に常飲すると斑状歯症の発生する恐れがあるとされるが、国内に含フッ素岩盤が分布することや深井戸について脱フッ素処理が困難であることを考慮して、MWDでは健康障害を発生させない3（mg/l）を基準値としている。本プロジェクトでは、3（mg/l）の基準を上回るフッ素が検出された場合は、不成功井戸とする。この場合、施工監理の一環としてフッ素の起源である岩脈の方向など地質構造を考慮して代替候補地点を検討し、同一村落内で2本目の代替井戸を掘削するものとするが、3本目の掘削は実施しない。

基準を超える高フッ素水が出る確率は、地域や地質特性と関連しているようであるが、フッ素の起源が基盤岩形成の最終期に貫入した薄い岩脈（石英脈、ペグマタイト脈）と推定され、数多く点在して必ずしも地表に現れていないため、予め高フッ素地下水を予測することは困難である。

本調査で行った15試料の詳細水質試験では、MWD暫定基準の3（mg/l）を超えるものはなかったが、既往の水質試験結果では多くに3（mg/l）以上の値が認められている（6試料中4試料）。既往資料と本調査の詳細試験結果（合計21試料）を単純平均すると、基準値以下17試料に対して24%（4試料）が3（mg/l）を超えている。また、調査の試験結果だけから判断すれば、3（mg/l）を超える確率は1/15（約6%）以下である。一方、現地における簡易水質試験の結果、120ヵ所の深井戸水のうち10試料（8.3%）が3（mg/l）を超え、特にT A Chadzaにそのうち7試料（27試料中の26%）が集中し、T A Tambala 及び S T A Chaumaに残り3試料（50試料中の6%）があり、T A Kachere、S T A Chilikumwendoには認められていない。簡易試験は値の正確さに欠けるものの、フッ素を多く含む地下水の分布は、地域的偏りがあることを示している。

表-3. 2. 9 水質試験による高フッ素出現確率のバリエーション

| 試験 / 調査 | | 試験数 | 3 (mg/l)以下 | 3 (mg/l)以上 | / | 備考 |
|-------------|---------------------------------|-----|------------|------------|-------|-------------|
| MWDの既往資料 | | 6 | 2 | 4 | 2.0 | 試験試料の選定根拠不明 |
| 本 BD 調査詳細試験 | | 15 | 15 | 0 | 0 | |
| 本 BD 調査簡易試験 | | 120 | 110 | 10 | 0.083 | 地域地質による偏りあり |
| 地域区分 | TA Chadza | 27 | 20 | 7 | 0.26 | 精度は低い |
| | TA Tambala STA Chauma | 50 | 47 | 3 | 0.06 | |
| | TA Kachera STA Chilikumwendo | 43 | 43 | 0 | 0 | |

フッ素濃度が 3 (mg/l) を超える確率を T A ごとに以下のような推定の下に設定する。

対象地域全体の発生確率は詳細試験の結果である「6%以下」より、その半分の3%とする。

地域の偏りを反映するため、簡易試験での確率(8.3%)と詳細試験での確率(3.0%)の比率(36%)を各T Aでの簡易試験での発生確率に乘じる。この結果、各T Aの高フッ素による不成功井戸の確率は以下のように設定される。

表-3. 2. 10 高フッ素地下水による不成功井戸の発生確率

| TA | 設定確率 | 計画井戸本数 | 不成功井戸数 |
|------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| TA Chadza | $26\% \times 0.36 = 9\%$ | 65 | 6 |
| TA Tambala、STA Chauma | $6.0\% \times 0.36 = 2\%$ | 42 | 1 |
| TA Kachere、STA Chilikumwendo | $= 0\%$ | 70 | 0 |
| 計 | 計画井戸 177 カ所に対し 7 カ所 (4%) | | |

[不成功井戸に対する対処]

掘削予定深度に至っても、地下水帯水層が得られない場合の対処は以下のとおりとする。

- a) 電気探査結果と掘削結果を対比し、掘削の終了、または掘進の延長について、施工監理者と協議により決定する。また、予定深度以浅でも、想定する帯水層がそれ以深で明らかに得られないと判断される場合には、協議により中止とすることができる。
- b) 深度を延長しても地下水が得られない場合、または上記の協議により掘削終了とされる場合、不成功井戸とする。

- c) 地下水が得られても、ケーシングを挿入したあとの揚水試験で基準の揚水量（0.2 (l/sec)）が確保できない場合、不成功井戸とする。
- d) 現場における簡易水質試験を実施し、マラウイ国の水質暫定基準を超える場合は、その項目について室内試験を実施し、基準値を超えることが再度確認された場合は、不成功井戸とする。特に、フッ素については、簡易試験で基準値の 1/2 を超える場合は室内試験で確認するものとする。
- e) 以上の結果、不成功井戸とされた場合は、同村落、同給水施設コミュニティ内で代替地点を追加電気探査等で選定し、V H W C / W P C の了解の下、2 本目の掘削を行う。なお、高フッ素地下水に対する代替位置は、地質構造を考慮して、フッ素の起源と考えられる岩脈方向に対して、直交する方向へ移動して上記の空井戸に対する対処と同様に再掘削を行う。
- f) 2 本目で上記 b) ~ d) の理由で不成功井戸とされた場合は、この対象村落での再掘削はしない。

6) 計画井戸の平均掘進長

本調査の電気探査結果に基づき設定された、協力対象村落における電気探査地点の帯水層基底深度と電気探査位置で掘削するとした場合の暫定掘削深度を資料編 8 に示す。暫定掘削深度は、帯水層基底までをスクリーン設置深度とし、これにポンプの設置に必要なケーシング長さを加えた深度である。

協力対象とした村落においても、地表から汚水の影響を考慮して帯水層深度 20m 以上の地点を選択し、最低 30m の掘削深度を確保するものとする。また、電気探査による帯水層基底深度は最大 85m であったため、余堀を加えて暫定掘削深度を最大 90m とする。

ただし、前述の比抵抗タイプ D については、帯水層以下の深部に水質の不良が懸念されるため、ポンプ設置深度を含めて帯水層基底付近を井戸掘削深度としている。T A 毎の暫定掘削深度の平均値を示せば以下のとおりである。

| <u>T A / S T A</u> | <u>深井戸計画箇所数</u> | <u>暫定掘削深度 (平均)</u> |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| Chadza | 65 | 44 m |
| Tambala | 32 | 38 m |
| Chauma | 10 | 38 m |
| Kachere | 35 | 45 m |
| Chilikumwendo | 35 | 46 m |
| ----- | | |
| 計 | 177 | 43 m |

片麻岩類の風化帯からなる帯水層の下底は非常に凹凸があり、安定的に地下水を得るためには帯水層が厚く、深くなる地点を選定し、掘削工事に当たっては帯水層基底の基盤岩を数m確認するまで掘削すべきである。本調査の電気探査は、候補村落1村1ヵ所を原則（大村落では2点）として実施したため、必ずしも地下水理条件のよい地点を選んでいない。施工監理として行う詳細調査では、より確実な水源を得るため、複数の電気探査等を実施し、帯水層がより深く期待できる地点を選定する。したがって、実際に選定される掘削位置での帯水層基底深度は、基本設計調査で確認した深度より深くなると考えられ、詳細調査で決定される掘削深度は、基本設計の電気探査で得られた暫定掘削深度より深く設定する必要がある。

詳細調査によって決定される掘削深度は、暫定掘削深度以上に深くなるため、上記の43mに対して45mに設定する。

(3) 機材計画

1) 機材選定の基本方針

調達機材の機種及び数量の選定については、地下水開発を円滑に遂行するため次の点を基本方針とする。

調達する機材は、本プロジェクトの深井戸建設工事に使用する機材のうちから、MWDの今後の地下水開発計画における必要性和維持管理体制等から判断される妥当性を基に選定する。

MWDの組織、要員、実績、保有資機材等を参考に選定する。

対象地域北部では起伏に富む丘陵地での移動が多くなり、その大半が舗装された国道から10～50km以上離れているため、機動性・走行安定性に優れた機材を選定する。

掘削対象の地質は、平野地帯の表層に分布するルーズな土砂から破碎帯を夾在する硬岩まで多様であるため、これらの地質に適用できる機種を選定する。

その選択については、施工能率、工期、経済性等本プロジェクトにおける妥当性とプロジェクト実施後の利用計画、維持管理体制等から判断される長期的な妥当性を検討する。

操作性、耐久性、将来性、交換部品の調達難易度、維持管理、実績、輸送梱包を含めた価格、アフターサービス等を考慮して選定する。

対象地域北部丘陵地域の道路条件（起伏の多い狭隘な未舗装路と橋梁の耐荷重（20t））を考慮し、掘削機を含め、調達するトラック類の重量はGVM 16t またはそれ以下とする。

以上の機材選定の基本方針及び設計方針に基づき、MWD保有の深井戸建設用機材を考慮し、本プロジェクトを実施するために必要な機材と調達する機材をリストアップすると表 - 3 . 2 . 1 1 のとおりである。

表-3.2.11 機材計画

<工事用機材>

| 名称 | 要請 | 必要機材 | 既存機材の提供 | 持込機材等 | 新規調達 |
|---|-----|-------------|---------|----------------|------|
| 1) 深井戸建設機材 | | | | | |
| 1-1 トラック搭載型掘削機* ¹ | 2台 | 2 | 1 | | 1 |
| 1-2 トラック搭載型コンプレッサ* ² | 2台 | 2 | 1 | | 1 |
| 1-3 テレロップメント・揚水試験機材 トラック搭載(GVM 10t) | 2台 | 2 | 1 | | 1 |
| 1-4 給水タンク(可搬 4m ³) | 2台 | 2 | 1 | 1 | |
| 1-5 燃料タンク (地上設置 6m ³ 1基) (可搬 4m ³ 1~2基) | 2台 | 2 | 2 | | |
| 1-6 手押しポンプ(Afridev型) | 1式 | 177 | 0 | 直接工事費 | |
| 1-7 スクリーン・ケーシングパイプ | 1式 | 1式 | | 直接工事費 | |
| 2) 試験機材 | | | | | |
| 2-1 電気探査機 | 2台 | 2 | 0 | 1~2 | 1 |
| 2-2 孔内検層器 | 2台 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 3) 支援車輛 | | | | | |
| 3-1 クレーン(5t)付トラック | 2台 | 0 | 0 | | |
| 3-2 クレーン(3t)付トラック | 2台 | 5 | 1 | 3 | 1 |
| 3-3 ピックアップトラック(ダブルキャビン) | 3台 | 2 | 0 | 2 | |
| 3-4 ピックアップトラック(シングルキャビン) | 3台 | 3 | 0 | 2 | 1 |
| 3-5 移動式ワークショッブ車(GVM 10t) | 1台 | 1 | 0 | | 1 |
| 3-6 ステーションワゴン | - | 2 | | 2 | |
| 4) その他 | | | | | |
| 4-1 GPS | 10台 | 3 | 0 | 3 | |
| 4-2 通信機 | 1式 | 本部1、 移動3 | | 本部1、 移動3 | |
| 4-3 ワークショッブ車用修理機材 | 1式 | 1式 | | | 1式 |
| 4-4 上記機材の交換部品 | 1式 | 1式 | | 直接工事費 | |
| 4-5 提供既存機材の修理部品等 | 1式 | 1式 | | 交換部品は 直接工事費 | |

<啓発活動用機材>

| 名称 | 要請 | 必要機材 | 既存機材の提供 | 持込機材 | 新規調達 |
|-----------------------|----|------|---------|------|------|
| 1 ピックアップトラック(ダブルキャビン) | 1台 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 モーターバイク | 6台 | 3 | 0 | 0 | 3 |

* 1 : 調達機材としては、深度 100~150m / 孔径 171~270mm、トラック : 4x4、GVM 16t

* 2 : 調達機材としては、吐出圧力 17.5kg/cm²以上、吐出空気量 20m³/min 以上、トラック : 4x4、GVM 16t

なお、施工体制は3 - 2 - 4項で記述するが、概略は以下の通りであり、標準的な車輛編成は表 - 3 . 2 . 1 2 に示すとおりである。

[第1期]

現地民間業者の掘削機材と要員により 36 本の深井戸を掘削することとし、工程上の理由から2台体制とする。

掘削後、土木建設班（2班程度）が付帯施設の建設とハンドポンプの設置を行う。

第2期で使用する、マラウイ国からの提供機材の修理・整備を行う。

[第2期]

新規調達機と既存提供機の2台と現地業者掘削機1台の3台体制で141本の深井戸を建設する。作業は掘削班と揚水試験班に分ける。

掘削後、土木建設班（3班程度）が付帯施設の建設とハンドポンプの設置を行う。

表-3. 2. 12 深井戸建設工事標準車輛編成

| 作業実施体制 主要機材 及び車輛 | 第1期 | | | | | 第2期 | | | | |
|------------------------|-------|-----------|-------------------|------------------|----------------|-------|-----------|-------------------|------------------|----------------|
| | 掘削チーム | | 土木 建設班 (2班) | 総括/ 渉外/ 監理 | *1 合計 台数 | 掘削チーム | | 土木 建設班 (3班) | 総括/ 渉外/ 監理 | *1 合計 台数 |
| | 掘削班 | 揚水 試験班 | | | | 掘削班 | 揚水 試験班 | | | |
| ロータリー・エア ハンマー掘削機 | (2) | | | | 0 | 2+(1) | | | | 2 |
| コンプレッサー | (2) | | | | 0 | 2+(1) | | | | 2 |
| 揚水試験機 | | (2) | | | 0 | | 2+(1) | | | 2 |
| クレーン(3t)付 トラック | (2) | | | | 0 | 5+(1) | | | | 5 |
| ステーション ワゴン | | | | 2 | 2 | | | | 2 | 2 |
| ピックアップ (シングルキャビン) | (1) | | (2) | 3 | 3 | 2+(1) | | (3) | 1 | 3 |
| ピックアップ (ダブルキャビン) | | (1) | | | 0 | | 2+(1) | | | 2 |
| 移動式 ワークショッブ車 | | | | | 0 | 1 | | | | 1 |

()内は、現地業者の想定機材

*1: ()内に示す数字を除く日本側の機材

2) 調達機材の検討

掘削機材及びその関連機材については、下記に示すように本プロジェクト実施後、MWDの地方給水事業に有効かつ持続的に活用され、遅れている地方給水率向上の目

標達成やコレラの発生・洪水災害に対する緊急的な給水施設建設等、マラウイ国の貧困削減策の基礎となる安全で安定的な飲料水の確保に対して多大な貢献が期待できるため、将来計画に対して妥当な範囲について新規調達を考える。

[既存機材の利用実績と現状]

過去3件の日本の無償資金協力で調達された既存の掘削機材（掘削作業班4チーム分）は、それぞれのプロジェクトの実施後、他の援助機関による地方給水計画、モザンビーク難民キャンプ用給水及び1998年からの独自予算による「国家3,000本計画（1998～2000）」などで充分活用され、1台あたり年間50本前後の施工実績を示し、マラウイ国の地方給水事業に多大の貢献をしてきた。

ムジンバ西地区（1997～98年施工）以後、掘削機の近年の利用状況は、表-2.1.5に示すとおりであり、施工実績は年50本前後であることから、年間の供用日数も標準とされる110日以上使用されていると考えられる。北カウインガプロジェクトで1989年に調達された2台は標準的な耐用年数（9.3年）を過ぎ、うち1台は修理に多大の費用が必要なため、1999年以降稼働していない。もう一方の北カウインガ機は、ムジンバ西地区プロジェクトで使用した時にオーバーホールしたため、12年を経過した現在も稼働しているものの、能力は低下しており、今後修理費が高むことが予想される。

1992年に調達した掘削機は、本プロジェクト開始時点で耐用年数を迎えるが、全体的に老朽化は進んでいるものの1997年の機材とともに現状では稼働中である。しかし、現在稼働可能な北カウインガ機1台は能力低下から今後長期間の使用に耐えられなくなる可能性が高く、次項に示す今後の国家計画の深井戸建設を遂行するためには、MWDの掘削機を補充する必要がある。

[マラウイ国の深井戸建設に係る将来計画]

MWDでは、本プロジェクト実施中から実施後に以下の深井戸建設計画を実施する予定である。本プロジェクトで調達される掘削機材等は、これらの計画で十分活用され、マラウイ国における安全で安定的な飲料水の確保に貢献すると判断される。

MWDは7,000本計画の中で、2,500本の深井戸建設については国家予算で実施する計画であり、2001/2002～2004/2005年度までに年間各々600本、800本、800本、300本を建設する予定である。すでに第1年次計画の600本分の予算は確保されている状況にある。建設にあたっては、MWD保有の掘削機を可能な限り使用する計画である。

農業・灌漑省は、従来の天水農業だけでは食糧需要を維持できないと考えており、MWDに対して高揚水量を期待できる深井戸掘削への協力を要請している。

MWDは現在洪水等の災害を被り易い地域において、深井戸の掘削計画を作成中であり、これらの掘削には、MWD保有の掘削機を使用する予定である。

最も被害を被り易い計画地域としては以下の地域があげられる。

- a) Shire 河下流の Nsanje 及び Chikwawa
- b) 北部州の Karonga 及び Chitipa
- c) 北部州の Rumphi 及び Nkhata

2001年3月現在、全国で深井戸18,795本のうち3,507本が稼動しておらず、その大半が全体リハビリテーション（掘直し）を要すると考えられることから、MWDは現状分析後、その全ての深井戸に対して保有の掘削機により掘直しを実施する予定である。

[機材の維持管理体制]

既存の深井戸掘削機材は、基本的に1989年の機材2台が中部州、1992年の機材が北部州、1997年の機材が南部州に配属され、それぞれの州事務所配下のワークショップで維持および車両関係の修理を行う維持管理体制が取られている。近年の掘削機の使用状況では、コレラ発生の緊急対策や洪水災害対策など、短期間に集中して深井戸を建設する機会が多いため、実際の運用は各州事務所所管の機材を有機的に活用している。

計画対象地域を所管する中部州事務所のワークショップには車両修理用架台、屋根付の整備場などがあり、機材修理担当者が5名、倉庫管理が5名配置されている。さらに、州事務所では対応が困難な故障（油圧システムの修理、エンジン、シャーシ、特殊な電気機材の修理等）に対しては、設備の整った民間の修理会社（リロングウェ及びブランドタイヤ）にあり、これらに委託して修理する体制がとられている。

1997年の調達機材が、概ね良好に維持・修理され、年間50本程度の深井戸掘削やリハビリテーションの工事を行っていることは、維持管理技術レベルをある程度有することを示すものと考えられる。

MWDはその組織機構を、全面的に見直している過程であり、機械・電気技術者を含む井戸掘削実施要員を政府出資の独立法人の職員とする計画がある。組織改編後、各州事務所には機材班としてそれぞれ数名の業務監理技術者をおき、この法人を含む民間業者への委託修理業務を管理することとなる。また、井戸建設工事については政府が引き続き所有する井戸掘削機材をこの法人に貸与して国家プロジェクトを実施す

ることになる。法人化した後は、現在トレジャーファンドに組み込まれる委託業務費が法人の会計となるため、今後政府と法人の管理責任を明確にし、効率的な機材の維持管理体制を確立する必要がある。

3) 主要資機材の検討

掘削機の機種と掘削機に付随する機材

掘削機材の機種選定については、日本の業者の掘削班 2 チームが 1 年間で 110 本の井戸建設を行うことを前提に、次の事項に留意する。

- ・ 過去に日本から調達した深井戸建設用機材の施工実績（掘削能力、能率）
- ・ 対象地域の自然条件、インフラストラクチャー等
- ・ マラウイ国政府の掘削機に対する要請内容と今後の地下水開発計画における使用予定

本計画の主たる機材となる掘削機については、各種の特徴を整理し、評価する。評価にあたっては計画対象地域の地質状況及び計画の内容より、次の条件を満足する必要がある。

- a) 対象地域の地質条件は、表層に比較的軟らかい未固結堆積物と強風化岩が分布し、下部は先カンブリア紀～古生代初期の片麻岩類等を主とする硬質岩によって構成されている。地下水の賦存は、強風化帯から硬質岩上部の裂っか帯に跨って期待される。したがって、これら多種多様の地質に適用できる機種である必要がある。
- b) 水資源局が現在保有する掘削機と同レベルの作業効率を得られる機種であること。
- c) 崩壊性の軟弱な地層から硬質岩の分布する基盤岩まで比較的大口径で掘削できる能力を有する泥水正循環工法が採用できること。
- d) 硬質岩を高能率で掘進できる能力を有するエアハンマーの使用が可能なこと。
- e) 深井戸建設計画地が広範囲にわたり散在し、特に北部では計画地まで起伏に富んだ丘陵地を通過する必要がある。したがって、掘削機は機動性、操縦安定性に優れたトラック搭載型とし、泥水ポンプ、インジェクションポンプ（フォームドリリング用）、油圧起倒式槽を備えたものとする。

具体的には、表 - 3 . 2 . 1 3 に示す各種掘削工法の特徴の比較と、表 - 3 . 2 . 1 4 に示す掘削機種の特性比較のとおり、計画の孔径、深度、対象地質および作業効率のうえから、以下のタイプが選定される。

掘削工法としては、200mm 前後の掘削孔径に対して効率よく、硬質岩対応のエア掘削も併用できる泥水正循環ロータリー式を採用する。

ロータリーの駆動方式としては、数 100m までの中程度の掘削深度に対して能率がよいトップドライブ型を採用する。

計画の掘削長が最終掘削孔径 6-3/4 ” で 30 ~ 90m であり、掘削能力としては 100m 程度必要であるが、掘進中のジャーミングに対してロッドを引き上げる際には、掘削能力以上の引き上げ力を必要とし、公称の掘削能力としては計画掘削深度より余裕を持った能力を設定する必要がある。本計画では、トラック搭載型掘削機で、掘削孔径 6-3/4 ” に対して 100 ~ 150m の掘進能力を設定する。

掘削作業には掘削機本体以外に標準付属品と最小限の掘削作業に必要なツールを付随させるものとする。なお、本プロジェクトの掘削工事で消耗される掘削ツール（ビット類）は直接工事費に計上する。

また、エアハンマー掘削には高圧コンプレッサーが必要であり、トラック搭載型掘削機と対で使用されるため、本プロジェクトで選定する掘削機にも、トラック搭載型高圧コンプレッサーを付随させる。エアコンプレッサーの能力は、孔径（6-3/4 ” ~ 10-5/8 ” ）と深度（100 ~ 150m）及び既存機の能力を基に以下のように設定する。

吐出し圧力 1.72Mpa (17.5kg/cm²) 以上

吐出し空気量 20m³/min 以上

表-3.2.13 掘削工法の特徴比較



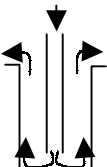
| 区分 | 特徴及び概要 | 掘削工法 | 回転掘削 | 上下掘削 | 排泥正循環 |
|----------------------------------|---|-------|---|---|---|
| | | |  |  |  |
| パーカッションボーリング | ビットを一定の高さに吊り上げてから自由落下させ、その衝撃により掘進する。深いボーリング方法の中で最も古い歴史がある。機器は安い、固結層には不適である。 | 打撃 | しない | ワイヤー | 採泥器 |
| スピンドル型ダイレクトロータリーボーリング | ドリルパイプを固定したスピンドルを回転及び上下させて掘進する。コンパクトな機械でコア掘に適する。 | 回転 | スピンドル | スピンドル | 泥水正循環 |
| テーブル型ロータリーボーリング | ロータリーテーブルにより回転し、吊り上げワイヤーにより上下し、掘進する。大きな回転力を与えることができるが、大型機となる。 | 回転 | ターンテーブル | ワイヤー | 泥水正循環 |
| トップドライブ型(パワーヘッド型)ダイレクトロータリーボーリング | ドリルパイプの上部の油圧モーターにて回転し、油圧ジャッキにより上下して掘進する。比較的小型軽量となり、ドリルパイプの操作等能率が良い。 | 回転 | 油圧モーター | 油圧ジャッキ | 泥水正循環 |
| リバースロータリーボーリング | ロータリーボーリングとは、掘削泥水の流れが全く逆の方法。多量の泥水を使用し、比較的大口径に適する。 | 回転 | スピンドル ターンテーブル 油圧モーター | スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ | 泥水逆循環 |
| エアロータリーボーリング | ロータリーボーリングの泥水の代わりに圧縮空気を用いて排泥する。能率は良いが、深掘はできない。 | 回転 | スピンドル ターンテーブル 油圧モーター | スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ | 圧縮空気 発泡剤 正循環 |
| エアパーカッションボーリング | エアロータリーのドリルパイプの先端のハンマーにより回転を与えながら、打撃して掘削する方法である。能率は極めて良いが、深掘はできない。 | 回転と打撃 | スピンドル ターンテーブル 油圧モーター | スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ | 圧縮空気 発泡剤 正循環 |

表-3.2.14 掘削機種の特性比較

最も良い 良い やや劣る ×劣る

| 機種・工法 | | 掘進能力 | | 適応地質 | | | 地下水適合性 | f、gに対する適合性 | 資材の入手難易度 | 操作性 | 耐久性 | 維持管理 | 工事期間 | 運転経費 | 価格 | 総合評価 |
|-------|------------------------------------|--------------------------|-------------|---------------|-----|-----|--------|------------|----------|-----|-----|------|------|----------|----------|------|
| | | 深さ(m) | 孔径(mm) | 土砂 | 堆積岩 | 基盤岩 | | | | | | | | | | |
| a | パーカッション (ケーブルツール) | 採泥器仕様 タイプ | 100~ 200 | 100~ 600 | | | × | | | | | | × | | 安い | × |
| b | ダイレクトロータリー スピンドル型 | 泥水正循環 タイプ | 500 以上 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 安い | |
| c | ダイレクトロータリー テーブル型 | | 500 以上 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 高い | |
| d | ダイレクトロータリー トップドライブ型、 パワーヘッド型 | | 500 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 安い | |
| e | リバースロータリー型 | 泥水逆循環 タイプ | 100 | 450~ 1,500 | | | | × | × | | | | - | 最も 高い | × | |
| f | エアロータリー | 圧縮空気のみ 使用したとき の条件 | 100 | 100~ 200 | | | | - | | | | | - | - | - | - |
| g | エアパーカッション | | 100 | 100~ 200 | × | | | | - | | | | | - | - | - |
| h | スピンドル型 エアロータリー、 エアパーカッション | 泥水正循環と 圧縮空気の併 用タイプ | 500 以上 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 最も 高い | |
| i | テーブル型 エアロータリー、 エアパーカッション | | 500 以上 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 最も 高い | |
| j | トップドライブ型 エアロータリー、 エアパーカッション | | 500 | 46~ 1,500 | | | | | | | | | | | 最も 高い | |

注) h = b + f + g
i = c + f + g
j = d + f + g

その他の導入機材の検討

a) デベロップメント・揚水試験機材

掘削班による井戸掘削後に行う孔内の洗浄、揚水試験による揚水可能量の判定及び水質試験は、揚水試験班により施工される。これら一連の作業を行うため洗浄（デベロップメント）と揚水試験の機材を1つの車輛に搭載して作業を行う。搭載する機材は、コンプレッサー、発電機、エアリフトツールズ、水中ポンプ、水位測定器、pHメーター、電気伝導度計、簡易水質試験キットである。

過去の無償資金協力で調達されたデベロップメント機材・揚水試験機材は、車輛に搭載された形式で合計4台である。1989年に調達された2台のうち1台は、車輛事故によりコンプレッサー、発電機とも廃車されており、残り3台は、使用可能な状態である。

井戸の洗浄・揚水試験は、掘削作業に引き続いて行うため、掘削機1台に1セットのデベロップメント機材と揚水試験機材が必要である。MWDにおいても2台の掘削機に対して2セットのデベロップメント機材と揚水試験機材が必要であるため、残りの1台の提供を受け、且つ、新規にデベロップメント用機材と揚水試験機材を調達する。ただし、提供を受ける1台には、水位測定器、pHメーター、電気伝導度計および簡易水質試験キットは付属していないため、これらは持ち込み資材とする。

これらをサイトへ運搬する方法としては、既存機材のようなトラック搭載以外に、トラクター等による牽引が考えられる。しかし、現場は丘陵地斜面に沿う道路や谷越え道路を走行するため、牽引タイプでは、転倒の危険性が高く操縦安定性の高いトラック搭載が優位である。

b) 試験機材

電気探査器は既存の4台のうち、1988年に調達した2台が修理不能の故障により使われておらず、2台が中部州、南部州で年間各150～200(点)と高い頻度で使われており、施工期間中に提供されることは期待できない。

電気探査器は、空井戸が発生したときの補足調査のため、必要であることから、1台の調達を行う。なお、詳細調査では、2台の電気探査器が必要であるが、不足分は持ち込み機材で電気探査を行う。

電気検層器は、既存4台のうち1989年に調達した2台は故障し、メーカーに問い合わせたが、修理不能であり廃棄した。1992年に調達した検層器1台は、ムジンバ西プロジェクトの工事中に故障し施工業者が日本に持ち帰ったがこれも

メーカーによる修理が不能であり、マラウイ側の了解の下廃棄している。1997年に調達した検層器1台は、使用可能であり、MWDが実施する井戸掘削の一部で使用している。

検層器は、スクリーンの深度を決定するために必要な機材であり、掘削班1班に1台の配置が必要である。したがって、既存機材1台の提供を受けるものとし、新規に1台調達して2台を使用する。しかし、検層器は使用中に適宜のメンテナンスが必要と判断され、スペアパーツの補給が難しい現地状況を勘案し、新規の1台については交換部品を付属するものとする。

また、現地業者は検層器を持っていないので、3台体制となる2年目工事の前半では、持込み機材で対応する。

c) 支援車輛

施工計画の項に示すように、2班の掘削班と2班のデベロップメント・揚水試験班に対して、資材の運搬と要員の移動及び現場での機材の修理のために以下の支援車が必要である。

本プロジェクトで調達する掘削機材がプロジェクト実施後に運用されるための最小限の支援車輛として、3t クレーン付きトラック1台及びピックアップトラック（シングルキャビン）1台を調達する。移動式ワークショップ車の必要性については、後述する。

表-3. 2. 15 深井戸工事における主要機材と車輛の標準編成(2年目工事)

| 主要機材 及び車輛 | 作業実施 体制 | 編成と必要台数 | | | | | | | | MWD より 提供 | 持込み | リス/ 現地 業者 C、D | 調達 | |
|----------------------|------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|----|------------------------|------------------|-----------------|-----|------------------------|----|----------|
| | | 井戸建設チーム | | | | | | D 付帯 構造物 (3班) | 総括/ 渉外/ 監理 | | | | | 合計 台数 |
| | | A | | B | | C | 共通 | | | | | | | |
| | | 掘削 班 | 揚水 試験班 | 掘削 班 | 揚水 試験班 | 掘削・ 試験 | | | | | | | | |
| トラック搭載型 掘削機 | 1 | | 1 | | 1 | | | | 3 | 1 | | 1 | 1 | |
| トラック搭載型 高圧コンプレッサー | 1 | | 1 | | 1 | | | | 3 | 1 | | 1 | 1 | |
| トラック搭載型 揚水試験機 | | 1 | | 1 | 1 | | | | 3 | 1 | | 1 | 1 | |
| クレーン(3t)付 トラック | 1 | (1)*1 | 1 | (1)*1 | 1 | 3*2 | | | 6 | 1 | 3 | 1 | 1 | |
| ステーションワゴン | | | | | | | | 2 | 2 | - | 2 | - | - | |
| ピックアップ(S) | 1 | | 1 | | 1 | | 3 | 1*3 | 7 | - | 2 | 4 | 1 | |
| ピックアップ(D) | | 1 | | 1 | 1 | | | | 3 | - | 2 | 1 | | |
| 移動式 ワークショップ車 | | | | | | 1 | | | 1 | - | - | | 1 | |

*1 掘削と揚水試験は並行するため、揚水試験班への資材運搬は、掘削班、共通で使うトラックを一時共有する。

*2 共通使用には、給水、給油用、計2台及びグラベルの遠隔採取場からの運搬用1台。

*3 付帯構造物Dの監理用。

また、ソフト・コンポーネントの項で述べるように、MWDが進める啓発活動（CBMプログラム）を本プロジェクトで建設した深井戸給水施設に対して行うにあたり、以下の車輛が必要である。

・ピックアップトラック（ダブルキャビン） 1台

用途： 啓発活動要員（4名）の移動と機材運搬

期間： 住民のトレーニング 5日間、計46コース延べ12.5ヵ月

CBMプログラム用ピックアップトラックは、今後、MWDが国家予算で実施する深井戸建設計画（7,000本計画の一環）において利用が予定され、給水施設の維持管理を確実なものとするために必要性が高いことから、新規に調達する。

・モーターバイク

VHWC/WPCの設立とモニタリングなど啓発普及活動においてはモーターバイクによるサイト訪問が効率的であるが、財政的問題からWMA（Water Monitoring Assistant）には配置されていない。施設建設後の施設維持管理に

必要となることから、必要台数を新規に調達する。

計画対象地域は、県とT Aによって管理体制が以下の3地域に分けられるため、各地域用に1台とし、3台を調達する。

- ・リロングウェ県 T A Chadza (計画 65本)
- ・デッサ県 T A Tambala、S T A Chauma (計画 42本)
- ・デッサ県 T A Kachere、S T A Chilikumwendo (計画 70本)

d) G P S

井戸の計画位置と実際の掘削位置を同定する手段として、また既存井戸との関係を確認して空井戸の代替位置を選定する場合の補助としてG P Sは有効である。

各掘削班に1台、施工監理用に1台、計3台が必要となるが、これらは、工事中に必要な機材であるため施工業者の持ち込み機材とする。

e) 通信機

対象地域は、固定及び移動電話設備のない地域であり、工事中の定期連絡、緊急連絡等が可能な実施体制を確立し、調達資機材の効果的な運用と施工の効率化を図るため、リロングウェ及び支援車輛に通信機を設置する必要がある。

既存の機材は、リロングウェとムジンバにアンテナ、マスト他の付属品が付いた本部用機材があるほか、ピックアップに3台設置されている。ムジンバとピックアップ搭載機は現在使用中であるが、リロングウェの通信機は故障している。

本計画では、工事に必要な通信機を業者持ち込みとする。

f) 修理機材を含む移動式ワークショップ車

[プロジェクト実施後の必要性]

現在、3台稼働している深井戸掘削機は、3州事務所に各1台配置されるものであるが、近年の実績の上では、3台が1地域に集中して短期に多くの深井戸を建設する業務が主体となっている。このため、度々発生する現場での故障や修理のため、その都度、最寄のワークショップや民間修理工場へ移動したり、ワークショップからの機械技術者と修理用具の運搬が必要となっている。現場で発生する必要な修理の多くは、パンク修理やコンプレッサーの油漏れ、空気漏れ等、重修理を必要としないものであるが、概して施工現場がワークショッ

プや修理工場のある都市（リロングウェ、プランタイア等）から遠隔地にあるため、費やされる時間と経費が進行の遅延の原因となる。また、各ワークショップに移動用車輛が不足していることも不十分な修理体制の原因となっている。

以上の現状に鑑み、また、後述のように今後も年間 100 本以上の深井戸建設計画が予定されていることから、MWDは遠隔地での修理体制の確立を可能にする移動式ワークショップ車を投入することにより今後の深井戸建設、特に災害対策やコレラ発生に対する緊急対策等、集中的な深井戸建設に対して有効活用する計画としている。

[本プロジェクトでの必要性]

計画地域は首都リロングウェに比較的近いものの、国道から 20km 程度の未舗装道路を移動する必要がある、特にデッサ県北部は起伏が多く悪路のため片道 2~3 時間の移動を要する。このような地域での事故や故障は、故障機の運搬に困難を来し、掘削作業の致命的な遅れの原因となる。また、使用する既存の掘削機材は、9 年以上使用して相当に老朽化して、頻繁に修理・補修が必要となる。このような点から、現場で機材が修理できる体制を確立することが必要となり、工事の効率化を図るため、現場での修理を可能にする移動式ワークショップ車が必要である。

上記の将来計画と本プロジェクトでの有用性から、移動式ワークショップ車 1 台を新規に調達する。

[各設備の必要性]

収納する主な修理機材は、工事中に必要な修理を想定し、表 3 - 2 - 16 のとおりとする。

表-3. 2. 16 移動式ワークショップ車の装備と必要性

| 機材・用具 | 必要性 |
|-------------------------|---|
| ワークショップ用トラック | 現場への搬入路は、悪路であり 4 × 4 とする。また、エンジン等重量部位を持ち上げて修理する為に 3t クレーンが必要である。 |
| ディーゼルエンジン・ジェネレーター/ウェルダー | 金属部品の破損は、頻発するため溶接設備は必要である。また、コンプレッサー、電動エアグラインダー、電動ベンチドリルを使用するため発電設備が必要となる。 |
| アセチレンガス溶接/溶断器具 | 薄い金属部品の補修には、アセチレンガス溶接が必要となる。(車両の燃料タンク、排気管は、悪路走行によるダメージで破損が多い。)また、金属製品の切断は、応急部品の製作等に多用される。 |
| 電動モーターコンプレッサー | 悪路走行によるタイヤの破損は多く、タイヤの空気挿入に使用される。また、現場は非常に細かい埃が多く、エンジンなど精密な部品には、圧縮空気による洗浄も必要である。 |
| 電動ベンチグラインダー | 金属部品の溶接部の仕上げに必要となる。 |
| 電動ベンチドリル | 応急部品の取り付け等に多用される。 |
| 油圧プレス | 悪路走行のダメージから特に車両部部品（シャーシ、ボディ関係）の変形は多い。 |

| | |
|--------------|--|
| | これらの修理に必要である。 |
| 充電器 | 過酷な状況で使用されるため、バッテリーの消耗も早い（特に車両用）。 |
| ポータブル油圧ジャッキ | 車両を持ち上げて修理する場合に必要である。 |
| ジブクレーン | ボディー内への重量物の積み降ろしに必要である。 |
| 燃料トラムポンプ | 燃料補給用および修理時の燃料抜き取り。 |
| オイルバケットポンプ | オイル補給用。オイル交換は頻繁に行われる。 |
| グリースガン | グリス補給用。グリスは頻繁に行われる。 |
| ポリウムポンプ | 潤滑油補給用。 |
| ノズルテスター | 車両エンジン修理時、必要となる。 |
| タイヤ修理用具 | 悪路走行によるタイヤ破損は、日常的に発生するため修理工具は、必要である。 |
| サーキットテスター | 掘削機、車両、検層器、無線機など、悪路走行の振動による電気機材の破損も数多くある。このためサーキットテスター及び電気工具は、必要である。 |
| 電気工具 | |
| エンジンサービス器具 | 掘削機材のエンジン整備に必要である。 |
| 機械工具 | ドライバー、ペンチ等の工具類は、基本的な修理には必要不可欠である。 |
| 電線コードリール | 大型機材の修理部位に直接、電動エアグラインダーや電動ペンチドリルを使用する場合必要となる。また、夜間の作業では、投光機を使用するため必要である。 |
| フラッドライト（投光機） | 夜間、緊急で作業しなければならないこともあるため、投光機は必要である。また、日中であっても、機械の内部は影になって作業が難しいことが多くある。 |
| 作業台 | 修理機械の組み立て、応急部品の製作に必要である。 |

g) 給水タンク

井戸掘削作業に必要な循環水を運搬するためのタンク（4 m³）であり、3 t クレーン付きトラックで積み卸し、運搬できる型式とする。

既存の機材は、現有掘削機に付随して使用しているため、提供される掘削機に付随して1台が提供されるものとし、これを各掘削班で共有するものとする。

h) 燃料タンク

国道1号（M1）上での給油所は、デッサとブンダの分岐点にあるが、対象地域内にはない。作業の効率化を図るため、プロジェクトエリアの中心に位置する Linthipe キャンプ内に大型6 m³の燃料タンク（既存の機材）を設置し、トラックによる可搬式4 m³（既存機材）で燃料を運搬する。これらは、提供されるものとする。

i) 調泥剤・発泡剤

掘削中の孔壁保護に必要な循環泥水用の調泥剤・発泡剤は、工事中の消耗品であり工事費に含める。消費量は、空井戸率を考慮して計画本数分より算出する。

- ・調泥剤はベントナイトより輸送費が安く経済的な液体製化学薬品を使用する。
- ・発泡剤は、スライム（掘り屑）の排出を促すために使用する。使用量はマラウイでは過去の実績を参考に計上する。

j) 新規調達機材の交換部品

工事に必要な交換部品は、直接工事費に計上する。

k) 過去の協力による調達掘削機等の修理部品

本プロジェクトの実施には、マラウイ国側から既存掘削機 1 台を含む掘削機材等の提供を受けて、これらを修理して工事する。本プロジェクトでは、1992 年に調達したムチンジ地区の掘削機材（掘削機、コンプレッサー、デベロップメントユニット、トラック）についての修理部品、修理機材、ツールズおよび工事中の交換部品を必要とする。

工事に必要な交換部品は、直接工事費の維持修理費に計上する。ただし、提供される機材は、調達してから 9 年間を経て標準的使用年数に達しているため、主要な部分（ドリリングユニット、ドリルヘッド、油圧系統など）にも老朽化が進んでいる。本プロジェクトで十分能力を発揮するためには、提供機材について全面的な部品の交換・整備が必要である。したがって、工事費の一部として必要な修理部品を計上する。

1) 資機材計画

以上の基本方針と検討結果に基づいて、工事に必要な機材および提供を受ける既存機材の種類と数量に基づき、資機材の調達計画を表 - 3 . 2 . 1 7 にまとめる。

表-3. 2. 17 資機材の仕様及び数量

| 資機材名称・仕様 | 調達数量 |
|---|------|
| I. 深井戸建設のための資機材 | |
| 1. 掘削機及びツールズ | |
| 1-1 掘削機 トップドライブ型トラック搭載、泥水ロータリー・エアハンマー工法併用型 トラック仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル 4x4、GVM 16,000kg 以下、リグ駆動用 PTO 付 (PTO 無しの場合デッキエンジンでも可) エンジン出力 215PS 程度 掘削機能力 : 最終掘削孔径 6-3/4" (170mm) 深さ 100~150m (エアハンマー) ロータリーヘッド : 最大荷重 5,500Kg 以上 プルダウン : ホールドバック力 5,500Kg 以上、ストローク 4.0m 以上 ドローワークス : 巻上力能力 1,700Kg 以上 泥水ポンプ能力 : 吐出量 600 l/min 圧力 20kg/cm ² 程度 | 1 式 |
| 1-2 同上特別付属品 | 1 式 |
| 1-3 同上ツールズ | 1 式 |
| a) 掘削ツールズ (泥水掘削ツールズ及びダウンザホールハンマー掘削ツールズ他) | |
| b) ケーシングツールズ (サーフェスケーシング、ケーシングホルダー、パイプバンド他) | |
| c) フィッシングツールズ (ジャッキ、インサイド・アウトサイドタップ他) | |

| 資機材名称・仕様 | 調達数量 |
|--|------|
| d) 一般掘削工具 (パイプレンチ、スーパートング、スレッジハンマー他) | |
| 2. トラック搭載型エアコンプレッサー コンプレッサー能力: 17.5kg/cm ² ×20m ³ /min 以上 特別付属品付 トラック仕様: 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル 4×4、GVM 16,000kg 以下、エンジン出力 215PS 程度 | 1 式 |
| . 試験器材 | |
| 1. 電気探査器 (探査深度最大 200m 以上、断面 2 次元解析ソフト付) | 1 組 |
| 2. 井戸デベロップメント機材 | |
| 2-1 トラック仕様: 4X4、3t クレーン付、GVM 10t 程度、積載能力 3t、エンジン出力 190PS | 1 台 |
| 2-2 コンプレッサー: 7kg/cm ² ×3.5m ³ /min 以上 | 1 台 |
| 2-3 発電機 : 17KVA (50Hz) / 20KVA (60Hz) | 1 台 |
| 2-4 エアリフトツール ディスチャージパイプ 2" } 100m 分 エアパイプ 3/4" } | 1 式 |
| 2-5 水中ポンプ: 揚程 50m、吐出力 100 l/min 以上、揚水パイプ 1-1/2" | 1 式 |
| 2-6 水位測定器: 100m | 1 式 |
| 2-7 pHメーター | 1 式 |
| 2-8 電気伝導度計 (温度計付) | 1 式 |
| 3. 電気検層器 | 1 組 |
| 形状 : 自動記録、100m コード付 検層項目 : 自然電位、比抵抗、自然放射能 (マイクロ、ログ付) 付属品 : バッテリー、記録用紙等 | |
| . 支援車輛 | |
| 1. クレーン付カーゴトラック トラック仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル、 4×4、GVM 13,000kg、エンジン出力 190PS 積載能力 : 5,500kg 以上 クレーン能力 : 3t クレーン付 | 1 台 |
| 2. ピックアップ (シングルキャビン) ピックアップ仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル 4×4、GVM 2,650kg 程度、エンジン出力 77PS 積載能力 : 1,000kg 以上 | 1 台 |
| . 修理機材を含む移動式ワークショップ | |
| 1. ワークショップ用トラック トラック仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル 4×4、 エンジン 出力 190PS、GVM10,000Kg 程度 クレーン能力 : 最大吊上 3t/2.7m 以上 アルミニウムボディ: LWH 各 4,200×2,300×2,000 以上 | 1 台 |
| 2. 修理用機材&用具 | 1 式 |
| 2-1 ディーゼルエンジン・ジェネレーター/ウェルダ ジェネレーター: 電圧&キャパシテイ 3相 380V/50Hz、10KVA 電圧 単相 220V/50Hz、3KW ウェルダ : カレントレンジ 30-270A エンジン : エンジン冷却エアダクト及び車外排気管装備 | 1 台 |
| 2-2 酸素 - アセチレンガス溶接/溶断器具 酸素ポンベ : 7m ³ アセチレンシリンダー : 7Kg | 1 台 |
| 2-3 電動モーターエアコンプレッサー モーター : 3相 380V/50Hz、1.5KW コンプレッサー : 最大圧力 7Kg/cm ² 、レシーバー 83 l | 1 台 |
| 2-4 電動ベンチグラインダー (作業台固定) グラインディングホイール : 205mm 径 電源 : 単相、220V/50Hz | 1 台 |

| 資機材名称・仕様 | 調達数量 |
|--|------|
| 2-5 電動ベンチドリル（作業台固定） 最大ドリル径 : 13mm 電源 : 単相、220V/50Hz 回転速度 : 500-3,000rpm テーブルサイズ : 240×240mm | 1台 |
| 2-6 油圧プレス（作業台固定） 能力 : 10t シリンダーストローク : 240mm 作業スペース : 高さ 417mm、幅 450mm | 1台 |
| 2-7 充電器 電源 : 単相、220V/50Hz 出力 : 12V/70A、24V/35A | 1台 |
| 2-8 ポータブル油圧ジャッキ 能力 : 10t 最大高 : 390mm | 2個 |
| 2-9 ジブクレーン（バンボデイ後端装着） 能力 : 250Kg ジブ長 : 1,100mm ジブ高 : 1830mm | 1台 |
| 2-10 燃料ドラムポンプ 能力 : 30 l/min/1000rpm、回転式 | 1個 |
| 2-11 オイルバケットポンプ 潤滑能力 : 40cc/stroke、回転式 | 1台 |
| 2-12 グリースガン 能力 : 300cc、手動式 | 1式 |
| 2-13 ポリウムポンプ 潤滑量 : 20cc/stroke 能力 : 50Kg/cm ² 、15 l | 1個 |
| 2-14 ノズルテスター（作業台固定） 圧力ゲージ : 500Kg/cm ² 径 : 100mm | 1式 |
| 2-15 タイヤ修理用具 | 1式 |
| 2-16 サーキットテスター | 1個 |
| 2-17 エンジンサービス器具 | 1式 |
| 2-18 電気工具 | 1式 |
| 2-19 機械工具 | 1式 |
| 2-20 電線コードリール | 1式 |
| 2-21 フラッドライト | 1台 |
| 2-22 作業台（キャビネット、引出し付） | 1台 |
| . 啓発活動用支援車輛 | |
| 1. ピックアップ（ダブルキャビン） ピックアップ仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン、右ハンドル 4×4、GVM 2,650kg 程度、エンジン出力 77PS 以上 積載能力 : 最大 700kg 以上 | 1台 |
| 2. モーターバイク オフロード用 : 100～125cc クラス、エンジン出力 12PS 程度 | 3台 |