

マラウイ共和国  
農業・灌漑・水開発省  
中部地域水公社

マラウイ共和国  
中西部地方給水整備計画  
準備調査報告書

平成24年2月  
(2012年)

独立行政法人国際協力機構  
(JICA)

株式会社エイト日本技術開発

環境
CR(2)
12-012



## 序 文

独立行政法人国際協力機構はマラウイ国の中西部地方給水整備計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社エイト日本技術開発に委託しました。

調査団は、平成 22 年 8 月から平成 23 年 11 月までマラウイの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踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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し、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、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 24 年 2 月

独立行政法人国際協力機構  
地球環境部  
部長 江島 真也



## 要 約

### 1. 国の概要

マラウイ共和国（以下「マ」国）は、人口 1,526 万人(2009 年)の伝統的な農業国であり、労働人口の約 80%が農業及び農業関連事業に従事している。また、一人当たりの GNI が 330 米ドル（2010 年、165 ヶ国中 162 番目、世銀）で最貧国のひとつである。2007～2009 年にかけては、天候や主要輸出産品であるタバコの買い付け価格が安定したため、経済成長率は 7.6～9.7%と高く、インフレ率も一桁台を維持したが、2011 年には外貨獲得の 7 割を占めていたタバコ価格の急落により外貨不足に陥り、輸入に頼る燃料の流通が滞るなど、農産物価格の国際市況に外貨収支が大きく左右されるため、経済基盤は脆弱である。今後の開発課題としては、貧困削減に資する持続的経済成長を達成するための農業分野のタバコ生産への依存脱却、生産性の拡大、経済インフラ整備や小規模ビジネスの振興策などが求められている。

### 2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

「マ」国での安全な水へのアクセス率は 72%（2006 年）とされており、特に農村部では約 50%（2008 年）と低く、開発協力パートナーの支援も得て、井戸等の点給水施設の建設に力を入れてきているが、修理されずに放置される給水施設の割合が高く、実質的な給水率を引き下げている。また、小規模な地方の商業拠点であるマーケットセンターの給水状況は、依然村落部と同様にハンドポンプ付の深井戸と伝統的な手掘りの浅井戸に頼っているため、人口に対して給水点数が十分ではない。これらの地域の住民は、安全な水が近くで確保できないことから、生活水の確保に多大な時間と労力を費やさざるを得ず、やむなく衛生的でない浅井戸や表流水を利用する住民も少なくない。このため、安全で身近な給水施設の不足が社会・経済に深刻な影響を及ぼしており、安全な水の供給は基礎教育・保険医療・農村開発・地方経済の発展等と密接に関連する横断的な課題となっている。

「マ」国には 2 万 3 千本以上の深井戸が普及してきた(2005 年)が、施設の老朽化と相まって、故障して放置される井戸も少なくなく、実質的な給水率を低下させていることが明らかになった。

「マ」国は、2009 年、深井戸の低い稼働率を改善するため、我が国が 1990 年代前半に深井戸建設を支援したムチンジ県を対象として、適切な井戸の修繕と修繕できない井戸に対する代替井戸の建設を要請してきた。

一方、「マ」国は国家開発計画（2006-2011）において農村地域の発展を目指すため、地方の経済拠点を「マーケットセンター」と位置付け、これまで農村部と都市部の間で整備が進まなかった社会基盤整備のターゲットとしている。給水施設については、世界銀行などの支援による国家水資源開発計画（NWDP）の下で 1998 年に中部州 26 の地方小都市などについて管路給水施設のフィージビリティスタディが実施され、2008 年以降そのうちの 2 地区が第 2 次 NWDP で計画実施に移されている。

「マ」国は、中部地域水公社を実施機関として、フィージビリティスタディの実施されたマーケットセンター（上記 2 地区を除く）から、西部に位置し、県の要望の高い 3 地区（カスング県サンテ

地区、ムチンジ県ムカンダ地区、リロングウェ県ナミテテ・チレカ地区) について管路給水施設建設の実施に対する支援を我が国に要請してきた。

以上の経緯を踏まえ上記2つの給水案件は、対象地域が近接し、一部が重なることから1件の調査として無償資金協力の適正な事業計画を策定するため調査を実施することとした。

### 3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

国際協力機構(以下、JICAという。)は2010年8月29日から11月2日まで概略設計調査団をまた、2011年4月17日から6月22日まで第2次現地調査団を派遣した。現地調査では、「マ」国関係者との協議を通じ、要請内容を確認するとともに、自然条件、社会条件、既存の施設・設備、運営・維持管理体制、施工計画等の調査を実施した。

JICAは同調査の結果に基づき、日本国内で実施した概略設計調査計画をもって、2010年10月16日から10月25日まで概略設計概要説明調査団を派遣し、概略設計の内容、「マ」国側負担事項について協議し、合意を得た。最終的な計画の概要は以下のとおりである。

#### (1) マーケットセンター給水計画

- ① 本計画は、農業・灌漑・水開発省(以下 MoAIWD)を主管官庁とし、中部地域水公社(以下 CRWB)が建設される施設の運営・維持管理を行う。
- ② 施設の運営・維持管理に必要な体制の整備および各戸給水栓の接続工事は「マ」国側の責任と費用負担で行う。
- ③ 水源は、下表に示すとおりムカンダ地区、サンテ地区では地下水とし、深井戸から取水した原水を塩素消毒して高架水槽あるいは配水池に一旦貯水した後、自然流下により計画給水区域に配水する。表流水・地下水とも調査期間中に十分な水量と水質が確認できなかったナミテテ/チレカ地区は、無償資金協力対象事業から除外する。

要請地区	当初の水源案	計画水源	選定理由・備考
ムカンダ	河川 (Liwerezi 川)	深井戸 2 本 (691 m <sup>3</sup> /日 x 2)	河川水は急速ろ過浄化装置を必要とし、経済性、運転・維持管理技術の上で、試掘で水量・水質が確認された地下水が有利
サンテ	地下水	深井戸 6 本 (計 714 m <sup>3</sup> /日)	計画年の需要は試掘井戸 6 本の揚水量で満たすが、将来施設の点検等でポンプを休止する場合の代替井戸は必要
ナミテテ /チレカ	河川 (Nmitete 川)	—	表流水のデータ・井戸試掘 3 本の結果から、調査期間中に十分な水量を確定できないので協力対象事業から除く

- ④ 計画の基本条件は以下のとおりとする

目標年次 : 2020 年

計画給水人口 : ムカンダ地区 7,051 人、サンテ地区 7,485 人

各計画地区の人口(2008年)とそれぞれの県の人口増加率で推計

給水原単位 : ムカンダ地区 46.2 リットル/人日、サンテ地区 57.1 リットル/人日

各計画地区の住居形態別単位給水量と人口割合の加重平均

公共用水 : 家庭用水（給水原単位×給水人口）の25%を見込む  
 漏水率 : 10%（送配水管は本計画で新設）  
 負荷率・時間係数 : 1.20 ・ 2.40（「マ」国基準）  
 計画給水量（一日最大給水量） : ムカンダ地区 544 m<sup>3</sup>/日, サンテ地区 712 m<sup>3</sup>/日  
 浄水方法 : 高度さらし粉による消毒処理のみ

⑤ 協力対象施設の概要は以下のとおりである

施設名		ムカンダ地区	サンテ地区
取水施設	取水ポンプ設備	2台	6台
	操作盤（屋外型）	2面	6面
	外構（フェンス）	2箇所	6箇所
送水施設	送水管	φ100mm ×0.4km	φ150～75mm ×2.5km
	流量計	1基	1基
浄水設備	塩素溶解注入設備	2台	2台
配水施設	配水池	高架水槽：180m <sup>3</sup> ×1基	地上タンク：240m <sup>3</sup> ×1基
	配水管	φ150～75mm×11.3km	φ150～75mm×16.1km
	公共水栓（2栓型）	6箇所	8箇所
建屋	管理棟及び事務所	各1棟	各1棟

(2) ムチンジ井戸修繕計画

井戸調査の結果、建設後15～17年を経過した300本の井戸のうち、水量の減少した10本を含む211本（70%）が稼働し、89本（30%）が稼働していなかった。土砂や障害物による井戸の閉塞が14本認められたが、その他の不稼働の主な原因は、ポンプ部品の損傷、変形、摩耗等、ポンプの耐用年数を越えた老朽化と判断された。また、稼働中でも、井戸底の土砂の堆積（シルテーション）が進めば近い将来揚水能力を低下させる危険性があると判断された。

問題のある消耗部品の交換によりほとんどの故障井戸が応急的に稼働するようになるが、摩耗、損傷は消耗品に限らずポンプ本体の様々な箇所に見られ、利用者負担による過去の修理の形跡から故障・修理の繰り返しも確認されたことから、調査した全てのポンプは全体を更新する時期を迎えていると判断された。「マ」国では、利用者住民がポンプの維持管理費を負担する原則であるが、ポンプ一式の更新は住民にとっての多大な負担であり、更新時機を逸すると致命的な井戸の故障につながる恐れがあるため、300本全ての井戸を修繕計画の対象とする。

ポンプの引出しが可能な井戸に対して健全なポンプスタンドを除き、ハンドポンプ（アフリデフタイプ）を更新する。ポンプは建設時と同じ深度に設置するが、耐久性を考慮し、ロッドをステンレス製、プランジャーを真鍮製とする。ただし、利用者に修繕の希望の無い場合、井戸周辺の地下

水が微生物学的に汚染されていて、修繕しても安全な水を供給できないと推定される場合、およびマーケットセンター給水計画の給水区域に存在する井戸は修繕計画から除く。

ポンプの引き上げができず、修繕ができないと判断される井戸に対しては、同村落内に代替井戸を建設する。修繕の可能性が不明な井戸については、詳細設計調査により修繕工事を試行し、代替井戸の可否を判断する。修繕した井戸や建設した代替井戸に対して、利用人口が多すぎる場合には同村落内に追加井戸を各1本建設する。

井戸底堆積物の除去を主な目的とする井戸修繕機材は、井戸修繕工事に使用して対象地域の井戸の寿命を延ばし、ひいては「マ」国の井戸修繕能力の向上に資するため、1式を調達する。

調査・検討の結果、以下の井戸修繕・建設工事、および機材調達を協力対象事業とした。

#### ムチンジ井戸修繕計画（代替・追加井戸掘削を含む）

計画区分	対象 と 対策	井戸数	対象村落
ムチンジ地下水開発計画で建設された井戸		300	276
1) 修繕工事	井戸内洗浄、ポンプの更新（ポンプスタンドを除く）	272	250
	井戸内洗浄、ポンプの更新（ポンプスタンド付替含む）	8	8
2) 代替井戸建設	閉塞し修繕が不可能な井戸、及び修繕の可能性が不明な井戸。同村落内に代替井戸掘削	最大 15	最大 15
3) 修繕工事の試行（詳細設計調査時）	上記修繕の可能性が不明な井戸を対象に、井戸内の落下物の回収等の修繕工事の試行を行い、修繕可能ならば代替井戸建設から除く	うち 4	うち 4
4) 修繕対象外	パイプ給水計画との重複（2本）、放棄後独自の代替井戸建設（1本）、細菌類による地下水汚染（2本）	5	4
上記井戸への利用人口が増加し、改修した井戸に過度利用が予想される村落			
5) 追加井戸建設	利用人口が井戸1本当たり450人程度以上と推定される村落に追加井戸	39	39

#### ムチンジ井戸修繕計画 機材調達リスト

No.	内容	数量
(1)	クレーン付きトラック	1台
(2)	エアコンプレッサー	1台
(3)	発電機	1台
(4)	電動ウィンチ	1台
(5)	水中モーターポンプ（標準付属品付き）	1台
(6)	デベロップメント用工具（ベイラー及びエアリフト用）	1台
(7)	携帯用水質試験器	1式
(8)	支援車両（ピックアップトラック シングルキャビン）	1台
(9)	揚水試験用工具	1式

調査した井戸の95%以上は、村落レベルで何らかのポンプ修理を行った経験があるが、修繕・建設される井戸の維持管理を担う村落の給水点委員会（WPC）の多くが資金管理や井戸管理技術の不安



や問題を抱えている。新設される井戸の WPC 形成を含めて、全ての井戸を対象として WPC の能力強化が必要と判断され、本プロジェクトのソフトコンポーネントとして、住民啓発活動と啓発普及員の養成を行う。「マ」国で採用されている CBM プログラムに基づき、MoAIWD が普及員養成と住民啓発活動を行うこととし、日本のコンサルタントは 1) 新設井戸を基本とする活動内容の井戸修繕計画への適用、2) 民間のエリアメカニクスの活用、3) WPC の能力や修繕と新設の区分に応じた啓発活動内容の計画、4) 対象地区を同じくする JICA の技術協力プロジェクトとの連携、5) 実施状況の評価、6) ポンプの盗難対策などの諸点について技術支援を行う。

#### 4. プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトは、無償資金協力の単年度案件として実施される。必要な工期は、実施設計に 5 ヶ月、施設建設及び機材調達期間に約 15 ヶ月、計 20 ヶ月である。本プロジェクトの総概略事業費は約 6.09 億円（日本側約 580.1 百万円、「マ」国側約 28.6 百万円）と見積もられる。

#### 5. プロジェクトの評価

##### (1) マーケットセンター給水計画

「マ」国政府が社会基盤整備に重点を置く地方の経済拠点（マーケットセンター）における給水施設は、依然として村落部と同様に深井戸、浅井戸が主であり、一部では河川水の使用も余儀なくされている。ムカンダ地区（人口 4,666 人/2008 年）、サンテ地区（人口 5,437 人/2008 年）でも安全な水源とされる深井戸は 21 本であり、その給水人口は 5,250 人と推定され、現在人口（10,100 人/2008 年）に対して約 52%と「マ」国における地方部の安全な給水率(72%)を下回っている。これら 2 地区（計画給水人口 14,536 人/2020 年）への給水を可能にする本プロジェクトは、BHN の観点から民生の安定や住民の生活改善のために緊急性が高く、国家の地方経済振興の開発方針とも整合する。

##### (2) ムチンジ井戸修繕計画

本プロジェクトはムチンジ県の村落部を対象とし、井戸の修繕と代替井戸や追加井戸の建設によって給水人口の増加と井戸寿命の延長を期待するものであり、老朽化したポンプの利用者を頻発する故障と修理の繰り返しから解放する。「マ」国政府は、現在 30%といわれる井戸の不稼働率を 2015 年に 25%まで低下させることを目標としており、本プロジェクトの実施によりムチンジ県において 2015 年にほぼこの目標を達成することができるため、「マ」国の開発計画の目標達成に資する。本プロジェクトは、修繕にあわせて井戸の利用者住民組織に対して再度の啓発教育を実施して、自立的に井戸の運営・維持管理を行う所有者意識が醸成されることを期待しているため、村落レベルでの運営・維持管理能力の向上を目指してきた我が国の援助方針と整合している。

##### (3) 定量的効果

協力対象事業では、マーケットセンター 2 地区（ムカンダ、サンテ）にそれぞれ給水能力 544 m<sup>3</sup>/日、712m<sup>3</sup>/日の施設を建設し、ムチンジ県で最少 280 本の井戸修繕と最大 54 本の井戸建設を行う。

マーケットセンターにおける現状の安全な給水施設は深井戸 21 本のみであり、計画年（2020 年）には対象地域の住民全て（計画人口 14,536 人）に管路給水施設による安全な給水が可能になる。また、ムチンジ県にかつての無償資金協力で建設した井戸 300 本による給水は、現状で稼働している 209 本に限られるが、協力対象事業により、修繕井戸、代替井戸、追加井戸の合計 334 本が稼働するようになり、井戸 1 本当たり 250 人（「マ」国の標準値）を給水人口として、31,250 人の給水人口の増加が期待される。

プロジェクトの定量的効果

指標名	プロジェクト	基準値（2010 年）	目標値（2015 年）
安全な水の 給水人口 (人)	ムカンダ・サンテ両地区の 管路系給水施設建設	5,250 人 (深井戸給水)	14,536 人*
	ムチンジ県の深井戸修繕・ 建設	52,250 人	83,500 人

\* 設計年次に合わせ 2020 年の計画値としている

#### (4) 定性的効果

- ① 安全で安定した水が供給されることにより、衛生状況が改善され、水因性疾患が減少することが期待される。
- ② 水汲み労働が軽減され、子どもの就学機会・女性の就労機会の拡大等、生産・経済活動へ参加しやすくなることが期待される
- ③ 耐用年数を過ぎて故障の頻発していたハンドポンプが更新されることにより、故障頻度が減少し、長期的に井戸の稼働状況が改善する。
- ④ ソフトコンポーネントの実施により、深井戸給水施設の運営維持管理体制が整備される。

以上の内容により、本プロジェクトの妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

# 目次

序文	
要約	
目次	
位置図／完成予想図／写真	
図表リスト	

第1章 プロジェクトの背景・経緯.....	1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1
1-1-1 現状と課題.....	1
1-1-2 開発計画.....	1
1-1-3 社会経済状況.....	2
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	2
1-3 我が国の援助動向 .....	3
1-4 他ドナーの援助動向.....	4
第2章 プロジェクトを取り巻く状況.....	7
2-1 プロジェクトの実施体制.....	7
2-1-1 組織・人員.....	7
2-1-2 財政・予算.....	8
2-1-3 技術水準.....	9
2-1-4 既存施設・機材.....	10
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	18
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	18
2-2-2 自然条件.....	19
2-2-3 環境社会配慮.....	29
2-3 その他.....	30
第3章 プロジェクトの内容.....	31
3-1 プロジェクトの概要.....	31
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標.....	31
3-1-2 マーケットセンター給水計画.....	31
3-1-3 ムチンジ井戸修繕計画.....	33
3-2 協力対象事業の概略設計(マーケットセンター給水計画) .....	35
3-2-1 設計方針.....	35
3-2-2 基本計画.....	41
3-2-3 概略設計図.....	54
3-2-4 施工計画.....	145

3-3 協力対象事業の概略設計(ムチンジ井戸修繕計画) .....	156
3-3-1 設計方針.....	156
3-3-2 基本計画（施設計画／機材計画） .....	164
3-3-3 概略設計図.....	174
3-3-4 施工計画／調達計画.....	178
3-4 相手国側分担事業の概要.....	191
3-4-1 マーケットセンター給水計画.....	191
3-4-2 ムチンジ井戸修繕計画.....	192
3-5 プロジェクトの運営・維持管理計画.....	193
3-5-1 マーケットセンター給水計画.....	193
3-5-2 ムチンジ井戸修繕計画.....	197
3-6 プロジェクトの概略事業費.....	199
3-6-1 協力対象事業の概略事業費.....	199
3-6-2 運営・維持管理費.....	201
第4章 プロジェクトの評価.....	209
4-1 事業実施のための前提条件.....	209
4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担） .....	209
4-3 外部条件.....	210
4-4 プロジェクトの評価.....	210
4-4-1 妥当性.....	210
4-4-2 有効性.....	211

## 【資料】

1. 調査団員氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
5. ソフトコンポーネント計画書
6. 参考資料
7. その他の資料・情報
  - マーケットセンター給水計画
    - 7-1 水源評価
    - 7-2 水質検査（既存給水施設）
    - 7-3 社会条件調査（マーケットセンター給水計画）
    - 7-4 取水ポンプ設備の検討
    - 7-5 水理計算書
  - ムチンジ井戸修繕計画

7-6 井戸調査

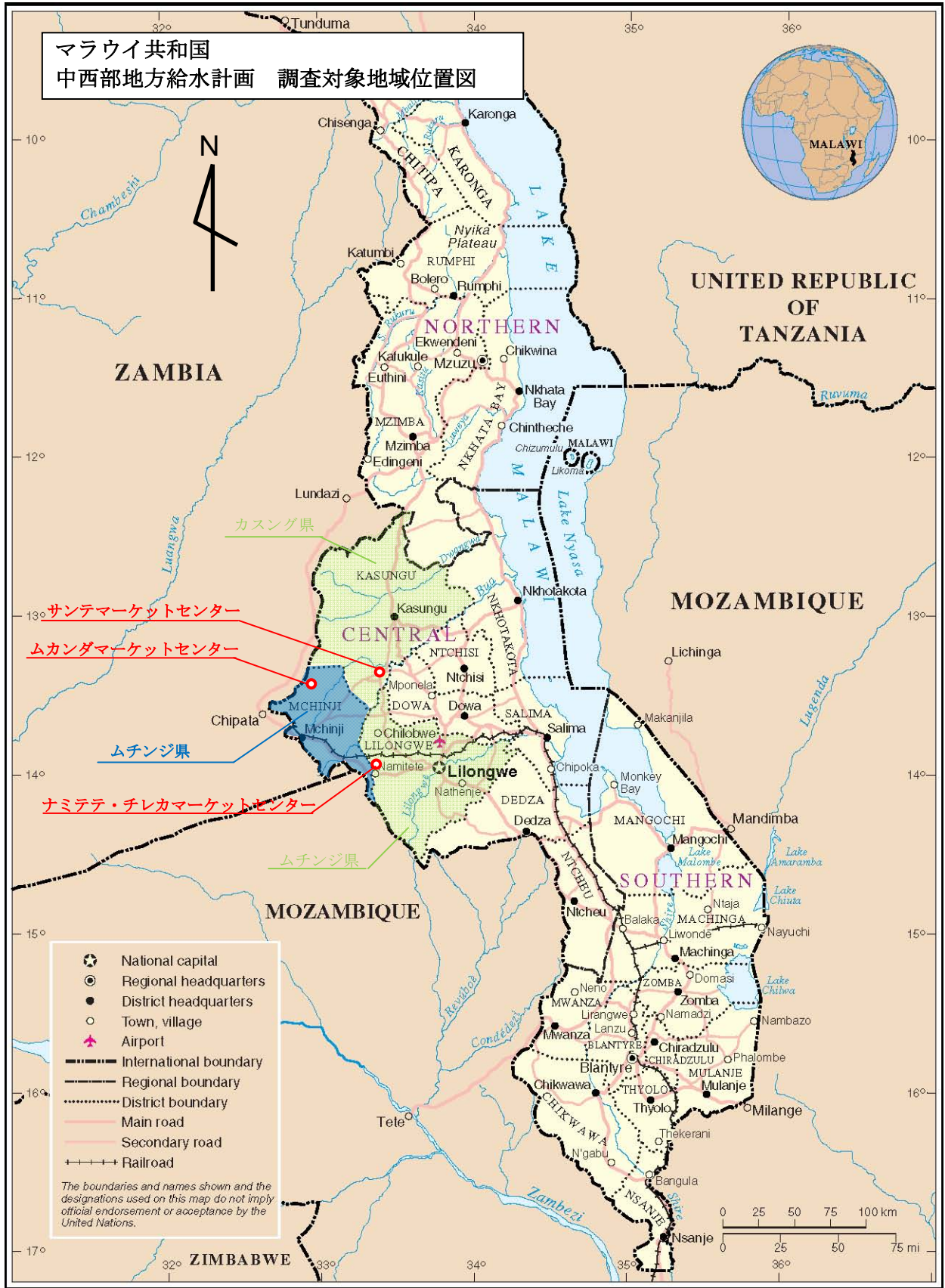
7-7 水質検査

7-8 井戸環境調査

7-9 社会条件調査（ムチンジ井戸修繕計画）

7-10 井戸修繕、建設計画





Map No. 3858 Rev. 3 UNITED NATIONS Department of Peacekeeping Operations January 2004 Cartographic Section







完成予想図（マーケットセンター給水計画）



完成予想図（ムチンジ井戸修繕計画）



## 写 真

### (1) マーケットセンター給水計画



写真-1：ムカンダ地区マーケットセンター内の既存水源。我が国の無償資金協力「ムチンジ地下水開発計画」(1992-1995)で建設された井戸。



写真-2：リウェレジ川。ムカンダ地区マーケットセンター北側に隣接して流れる。水源の候補だが濁度が高く、大腸菌類が多い。



写真-3：サンテ地区マーケットセンター内の既存水源（ハンドポンプ付き深井戸）。



写真-4：サンテ地区マーケットセンター内の既存水源（浅井戸）。



写真-5：ナミテテ川。 ナミテテ・チレカ地区マーケットセンターの水源として要請されたが、乾期後半の数ヶ月は流量が0になる年が多い。



写真-6：ナミテテ・チレカ地区マーケットセンターに隣接する中学校の水道施設（高架タンク）。近傍で3本の試掘を行ったが揚水量は大きく需要を下回った。

ムチンジ井戸修繕計画



写真-7：我が国の無償資金協力「ムチンジ地下水開発計画」(1992-1995)により建設されたハンドポンプ付き井戸。全300本のうち現在約7割が稼動している。



写真-8：揚水管（PVC製）に発生した亀裂。腐食、変形した軟鋼製ポンプロッドが揚水管の内面に接触することにより発生したと考えられる。稼動している井戸でも潜在的に同様な損傷が想定される。



写真-9：ポンプヘッド上部が撤去され、ケーシング内部まで土砂で埋まった井戸。修繕は不可能。



写真-10：腐食により設置時より細くなった軟鋼製ポンプロッド。稼動している井戸でも半分程度の径となっていて、折れる寸前のロッドが散見される。



写真-11：揚水量の減少した井戸から取り出されたプランジャー（白色のプラスチック製ピストン）U-シール（中央の輪状ゴム）が磨耗し、正規の位置から外れている。



写真-12：周辺部が破損している付帯構造物。利用者（村落住民）による修理・補修を基本原則とし、本プロジェクトでは修理しない。

## 図表一覧

図 2-1-1	「マ」国農業・灌漑・水開発省組織図 .....	7
図 2-1-2	中部地域水公社の組織図 .....	8
図 2-1-3	ムチンジ県の井戸総数と稼働井戸の変遷 .....	11
図 2-1-4	ロッドの不具合による揚水管の破損 .....	13
図 2-1-5	ハンドポンプ故障部位ヒストグラム .....	14
図 2-1-6	井戸底部の堆積物厚さヒストグラム .....	15
図 2-1-7	水質検査実施位置図 .....	16
図 2-2-1	ムチンジ県及び周辺地域の主要道路図 .....	19
図 2-2-2	月平均雨量および雨量の年較差 (Tembwe, Mchinji 県) .....	20
図 2-2-3	河川水系図 .....	21
図 2-2-4	ナミテテ川、リウェレジ川の月別流量 .....	21
図 2-2-5	ナミテテ・チレカ地区河川水採水地点 .....	22
図 2-2-6	ナミテテ・チレカ地区採水地点 .....	22
図 2-2-7	対象地域の地質図 .....	24
図 2-2-8	風化岩中の帯水層模式図 .....	25
図 2-2-9	計画対象地域の水理地質図 .....	26
図 2-2-10	地質柱状図 (左：ムカンダ 右：サンテ) .....	28
図 3-2-1	ムカンダ地区の給水施設全体配置計画 .....	48
図 3-2-2	サンテ地区の給水施設全体配置計画 .....	49
図 3-3-1	工種別対象村落位置図 .....	174
図 3-3-2	エアリフト浚渫による井戸修繕工事概念図 .....	175
図 3-3-3	ベアラ浚渫による井戸修繕工事概念図 (調達機材使用箇所のみ) .....	175
図 3-3-4	井戸標準構造図 .....	176
図 3-3-5	付帯構造物 (新設) 構造図 .....	177
図 3-5-1	中部地域水公社 (CRWB) の組織図 .....	194
図 3-5-2	ムカンダ及びサンテ給水施設の組織図 .....	196
図 3-5-3	維持管理に係る県レベルのプロジェクト実施体制 .....	198
表 1-1-1	我が国の無償資金協力による地方給水プロジェクト .....	3
表 1-1-2	我が国の技術協力・有償資金協力の実績 (給水分野) .....	4
表 1-1-3	第二次国家水資源開発計画の援助国・機関と支援の分野別規模 .....	4
表 1-1-4	MASAF 事業の概要 .....	5
表 2-1-1	灌漑・水開発省の予算 .....	8
表 2-1-2	中部地域水公社の収支 .....	9
表 2-1-3	水利用の現状 .....	10

表 2-1-4	ムチンジ県の既存管路給水施設 .....	11
表 2-1-5	ムチンジ県を対象とする給水施設インベントリ調査結果 .....	12
表 2-1-6	設置されたハンドポンプ及び付属品の詳細 .....	12
表 2-1-7	ムチンジ地下水開発計画建設井戸の施工完了年と経過年数 .....	12
表 2-1-8	今回の調査により判明した井戸の稼働状況概要 .....	13
表 2-1-9	井戸内の堆積物調査結果 .....	15
表 2-1-10	井戸周辺の衛生施設調査結果 .....	17
表 2-2-1	室内試験結果一覧 .....	28
表 3-2-1	マーケットセンター給水施設の基本計画 .....	41
表 3-2-2	マーケットセンターの計画給水人口 .....	43
表 3-2-3	カテゴリー別給水原単位（家庭用水） .....	43
表 3-2-4	既存調査で使用している居住形態別人口割合 .....	44
表 3-2-5	本プロジェクトの計画給水量 .....	45
表 3-2-6	ムカンダ地区の取水井の揚水量 .....	46
表 3-2-7	サンテ地区の取水井の揚水量 .....	46
表 3-2-8	コンサルタントの要員計画 .....	151
表 3-2-9	品質管理に係る分析・試験方法 .....	152
表 3-2-10	資機材の調達先 .....	153
表 3-2-11	業務実施工程表（マーケットセンター給水計画） .....	155
表 3-3-1	ムチンジ地下水開発計画時の井戸掘削成功率 .....	158
表 3-3-2	ムチンジ井戸修繕計画 施設（修繕・建設）概要 .....	164
表 3-3-3	機材調達(井戸リハビリテーション機材) .....	164
表 3-3-4	運営・維持管理体制 .....	165
表 3-3-5	井戸の状況概要（2010年10月） .....	165
表 3-3-6	ムチンジ地区大腸菌群検査の結果 .....	169
表 3-3-7	修繕対象から除外する井戸 .....	170
表 3-3-8	井戸修繕計画（代替・追加井戸掘削を含む） .....	170
表 3-3-9	機材の仕様と数量 .....	171
表 3-3-10	深井戸の仕様 .....	180
表 3-3-11	コンサルタントの要員計画 .....	185
表 3-3-12	品質管理項目（井戸修繕工事） .....	186
表 3-3-13	品質管理項目（深井戸掘削工事） .....	186
表 3-3-14	品質管理項目（付帯構造物工事） .....	187
表 3-3-15	資機材の調達先 .....	188
表 3-3-16	業務実施工程表（ムチンジ井戸修繕計画） .....	190
表 3-5-1	ムチンジ県およびその他県の普及員数 .....	198
表 3-6-1	料金表（水量当り） .....	201

表 3-6-2	各戸給水栓基本料金（1 栓当り月額） .....	201
表 3-6-3	計画目標年次の居住形態別人口と各戸給水栓接続数 .....	202
表 3-6-4	居住地域別給水量.....	202
表 3-6-5	ムカンダ及びサンテ地区の運営・維持管理費（1 ヶ月当り） .....	205
表 3-6-6	利用者が負担する深井戸の維持管理費.....	207
表 3-6-7	リハビリテーション機材の運営・維持管理費 .....	207
表 4-4-1	プロジェクトの定量的効果 .....	211

## 略語表

ADMARC: Agricultural Development and Marketing Corporation	農業開発流通公社
AfDB : African Development Bank	アフリカ開発銀行
BHN : Basic Human Needs	ベーシックヒューマンニーズ
CBM : Community Based Management	村落主体の給水施設維持管理
CDA : Community Development Assistant	コミュニティ開発アシスタント
CIDA : Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
CRWB : Central Regional Water Board	中部地域水公社
DCT : District Coordination Team	県調整チーム
DfID : Department for International Development	(イギリス)国際開発庁
EIB : European Investment Bank	欧州投資銀行
EU : Europe Union	欧州連合
ESCOM : Electricity Supply Commission of Malawi	マラウイ電力供給公社
HSA : Health Surveillance Assistant	保健調査アシスタント
IDA : International Development Association	国際開発協会 (第二世銀)
JICA : Japan International Development Agency	国際協力機構
JSR : Joint Sector Review	ジョイントセクターレビュー
NWDP : National Water Development Programme	国家水資源開発計画
MASAF : Malawi Social Action Fund	マラウイ社会活動基金
MGDS : Malawi Growth and Development Strategy	成長開発戦略 (国家開発計画)
MoAIWD: Ministry of Agriculture, Irrigation and Water Development	農業・灌漑・水開発省
OPEC : Organization of Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
PMU : Programme Management Unit	プログラム管理ユニット
RWB : Regional Water Board	地域水公社
SWAp : Sector Wide Approach	セクターワイドアプローチ
UNICEF : UN International Children's Emergency Fund	国連児童基金 (ユニセフ)
VHWC : Village Health Water Committee	村落衛生・水委員会
WMA : Water Monitoring Assistant	水モニタリグ・アシスタント
WPC : Water Point Committee	給水点委員会
WRB : Water Resources Board	水資源管理委員会



# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

マラウイ共和国（以下「マ」国）での安全な水へのアクセス率は72%（2006年）とされており、都市部に比べ農村部における安全な水へのアクセス率が約50%（2008年）と低く、開発協力パートナーの支援も得て、井戸等の点給水施設の建設に力を入れてきているが、修理されずに放置される給水施設の割合が高く、実質的な給水率を引き下げている。また、小規模な地方の商業拠点であるマーケットセンターの給水状況は、依然村落部と同様にハンドポンプ付の深井戸と伝統的な手掘りの浅井戸に頼っているため、人口に対して給水点数が十分ではない。これらの地域の住民は、安全な水が近くで得られないことから、生活用水の確保に多大な時間と労力を費やさざるを得ず、やむなく衛生的でない浅井戸や表流水を利用する住民も少なくないため、貧弱な給水施設が貧困を助長する一因となっている。特に近年成長戦略を掲げる「マ」国では、安全で身近な給水施設の不足が社会・経済に深刻な影響を及ぼしており、安全な水の供給は基礎教育・保健医療・農村開発・地方経済の発展等と密接に関連する横断的な課題となっている。

### 1-1-2 開発計画

「マ」国は、2006年11月に制定された同国の国家成長開発計画（Malawi Growth and Development Strategy (2006/07-2010/11)）（以下MGDS）においては、安全な水へのアクセス率を2011年までに80%まで改善することを目標に掲げている。また、同計画では、全国の地方小都市及びマーケットセンターの活性化と発展を重点施策の一つとしているが、給水施設をはじめとする社会基盤の整備が課題となっている。一方、「マ」国と開発支援機関や支援国と開催した2008年のJoint Sector Review (JSR)では、地方給水施設の31%が稼働しておらず、実際のアクセス率は都市部65%、地方部46%であるとの報告がなされ、地方部での給水施設の稼働率の改善が重要な開発目標となった。その後のJSRでの討議を経て、第2次MGDS（2011-2016）（Draft）において「マ」国政府は井戸の不稼働率を2016年までに25%に下げることが打ち出した。

MGDSでは、灌漑・水資源開発を6つの優先分野の一つとして挙げており、コミュニティから給水施設へのアクセスを500m以内とすることが中期的成果として期待されている。また、水・衛生セクターの課題として1) モニタリング・評価の不適切さ、2) 確固とした給水点データベースや情報管理システム(MIC)の欠如、3) 水セクターのキャパシティ欠如、4) 給水施設の維持管理・修復の脆弱さに繋がる(人的・機材・予算など)資源の不適切さ、5) コミュニティベースの管理の不効率さ、6) 給水・衛生施設に対するバンダリズムや盗難、7) 水資源管理に対する調整機能の欠如、8) 地方のコミュニティプログラムで使える技術の選択の制約、9) 給水施設建設の強化の一方で、修復や持続

性向上に対する努力の少なさ、などが指摘されている。これらの問題に対する施策として、統合水資源管理に基づくアプローチを行う国家事業機関の強化、水質改善や汚染管理システムの開発、及び都市・都市近郊及び地方経済の拠点での給水・衛生への持続的なアクセスの改善などを挙げている。また、国家水政策 (National Water Policy (2005)) と国家衛生政策 (National Sanitation Policy (2008)) に基づいて、これらの取組みを円滑に実施していくこととしている。

一方、援助効果の向上に向けたパリ宣言 (2005 年) を受けて、水・衛生セクターでも農業・灌漑・水資源開発省 (MoAIWD) はドナーとの協議を経て第 1 回 Joint Sector Review (2008 年 12 月) において、セクターワイドアプローチ (SWAp) を導入することを明らかにし、その基本を以下のように定めた。

- 1) 村落給水、町やマーケットセンターのパイプ給水、都市給水の全てにおいて、統一した共通の戦略を採用する。
- 2) MoAIWD 内のプログラム管理ユニット (PMU) を共通して活用する。
- 3) セクターの計画、モニタリングは、毎年の Joint Sector Reviews (JSRs) によって調和したものとする。
- 4) 「マ」国とドナーとの間で、能力強化のコストを分担する。

また、SWAp における優先投資の対象を、1) 組織・能力開発、2) 都市給水、町とマーケットセンターの給水、村落給水そして生産活動のための水源開発、3) 水資源管理、4) 衛生設備と公衆衛生、の 4 項目としている。

### 1-1-3 社会経済状況

「マ」国は、人口 1,526 万人 (2009 年) の伝統的な農業国であり、労働人口の約 80% が農業及び農業関連事業に従事している。また、一人当たりの GNI が 330 米ドル (2010 年、165 ヶ国中 162 番目、世銀) で最貧国のひとつである。タバコ、紅茶、砂糖等の農産物が全輸出の 8 割を占めており、これら農産物価格の国際市況に外貨収支が大きく左右されるため、経済基盤は脆弱であり、安定した食糧確保は、マラウイ経済の課題となっている。近年、天候に恵まれ農業生産が非常に好調であったことや、主要輸出品であるタバコの買い付け価格が安定していること、また政府の肥料助成金制度が功を奏して、好調な経済実績を示し、経済成長率は、2007 年 8.6%、2008 年 9.7%、2009 年 7.6% と高い成長率を記録した。インフレ率においては、2009 年 8.4% と 2007 年以来引き続き一桁台を達成している。しかし、外貨獲得の 7 割をタバコの輸出に依存しており、2011 年には価格の急激な下落により外貨不足に陥り、輸入に頼る燃料の流通が滞るなど、経済に深刻な影響を受けている。今後の開発課題としては、貧困削減に資する持続的経済成長を達成するための農業分野の生産性の拡大と多角化、経済インフラの整備や小規模ビジネスの復興策などが求められている。

## 1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

「マ」国は都市部、地方部それぞれに、給水状況の改善に向けた取組を進めているが、「マ」国政府予算の大部分が経常経費であるため、これらの投資を実施するために必要な追加予算を確保できな

いでいる。このような状況の中、我が国は、これまで1987年より5回にわたり、無償資金協力で村落地域に1200本以上の深井戸建設を実施してきた。

「マ」国が進める全国的な深井戸建設と、我が国をはじめとする多くの開発援助により「マ」国の地方部には2万3千本以上の深井戸が普及してきた(2005年<sup>1)</sup>)が、一方では施設の老朽化と相まって、故障して放置される井戸も少なくなく、実質的な給水率を低下させていることが明らかになった。

「マ」国は、2009年、深井戸の低い稼働率を改善するため、我が国が1990年代前半に深井戸建設を支援したムチンジ県を対象として、適切な井戸の修繕と修繕できない井戸に対する代替井戸の建設を要請してきた。

一方、「マ」国は国家開発計画(2006-2011)において農村地域の発展を目指すため、地方の経済拠点を「マーケットセンター」と位置付け、これまで農村部と都市部の間で整備が進まなかった社会基盤整備のターゲットとしている。給水施設については、世界銀行などの支援による国家水資源開発計画(NWDP)の下で1998年に中部州で26の地方小都市などについて管路給水施設のフィージビリティスタディが実施され、2008年以降そのうちの2地区が第2次NWDPで計画実施に移されている。「マ」国は、中部地域水公社を実施機関として、フィージビリティスタディの実施された中小都市(上記2地区を除く)から、西部に位置し、県からの要望の高い3地区(カスング県サンテ地区、ムチンジ県ムカンダ地区、リロングウェ県ナミテテ・チレカ地区)について戸別給水と共同水栓の組合せで配水する管路給水施設建設の実施に対する支援を我が国に要請してきた。

以上の経緯を踏まえ上記2つの給水案件は、対象地域が近接し、一部が重なることから1件の調査として無償資金協力の適正な事業計画を策定するため調査を実施することとした。

### 1-3 我が国の援助動向

「マ」国における我が国の援助は1987年度の地下水開発計画に始まり、これまでに以下の無償資金協力が実施されている。

表1-1-1 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(億円)	概要
1987-1990	地下水開発計画(北カウインガ地区)	9.89	深井戸建設機材(2式)の調達及び深井戸建設工事(164本)
1992-1995	ムチンジ地下水開発計画	11.54	深井戸建設機材(1式)の調達及び深井戸建設工事(300本)
1996-2000	ムジンバ西地区給水計画	12.75	深井戸建設機材(1式)の調達及び深井戸建設工事(300本)
2001-2004	リロングウェ・デッサ地下水開発計画	10.16	深井戸建設機材(1式)の調達及び深井戸建設工事(177本)
2005-2008	リロングウェ西地区地下水開発計画	9.88	深井戸建設機材(1式)の調達及び深井戸建設工事(296本)
2011-	地下水開発計画 (ムワンザ、ネノ県)	4.26 (供与限度額)	深井戸建設工事(120本)

<sup>1</sup>出典: Government of Malawi (2008), Integrated Water Resources Management and Water Efficiency (IWRM/ME) Plan 2008 - 2012, Abridged Version

一方、技無償資金協力以外の援助として以下に示す専門家派遣及び技術協力プロジェクトの実績がある。

表 1-1-2 我が国の技術協力・有償資金協力の実績（給水分野）

年度	案件名	概要
2009-2011	水資源アドバイザー	水資源にかかわる情報収集、計画策定等にかかわる技術的支援
2011-2015	地方給水運営維持管理プロジェクト	地方給水の運営維持管理フレームワーク強化にかかわる活動

#### 1-4 他ドナーの援助動向

##### (1) 国家水資源開発計画（NWDP）

世界銀行（IDA）は、「マ」国における水セクターの総合的セクター・アプローチとして開始されている「国家水資源開発計画（NWDP）」を主導し、その主要ドナーの一つとなっている。NWDPの主要コンポーネントは、1）都市給水・衛生プロジェクト、2）準都市・マーケットセンターに対する地方水道・衛生プロジェクト、3）水資源管理、4）セクター管理及び都市部水セクター改革、及び5）村落給水・衛生プロジェクト、である。

都市給水・準都市給水の分野では世界銀行のほか、EU、欧州投資銀行、OPEC 基金が、また村落給水分野ではアフリカ開発銀行、CIDA、UNICEF、JICA などが資金ならびに技術援助を行っている。

現在は第二次国家水資源開発計画（NWDP II, 2007-2012）が進められており、EIB（欧州投資銀行）、EU、AfDB、UNICEF、JICA、CIDA など多くのドナーによる支援が含まれている。

表 1-1-3 第二次国家水資源開発計画の援助国・機関と支援の分野別規模

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

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

UNICEF は、上記 NWDP の一環として District Rural Water Supply and Sanitation Program (略称：WASH Project) を全国 12 県を対象に実施しており、ムチンジ県でも 2009/2010 年度に 76 本の井戸が掘削されている。

## (2) MASAF

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

第一次 MASAF 事業 (MASAF I：事業費 USD56 百万) の給水関連事業では 921 本の深井戸が建設され、CBM 研修も実施された。つづいて 1998 年度から第二次 MASAF 事業 (MASAF II：USD66 百万) が開始され、給水事業に関連して、給水点委員会メンバーへの研修を通じて、委員会への女性の参加促進が積極的に推進された。しかし、給水セクターは NWDP に移行し、現在は MASAF 事業に含まれていない。

表 1-1-4 MASAF 事業の概要

フェーズ	事業期間	主な事業内容
MASAF I	1995 - 1998	1. 社会インフラ整備 (教育施設整備、給水・衛生施設整備、都市部・準都市部の下水施設整備)
		2. 経済インフラ整備 (小規模灌漑、農村道路整備)
MASAF II	1998 - 2003	1. コミュニティ事業 (USD40.36 百万) - 農村部・都市部コミュニティ住民による参加型開発能力の向上を目指す
		2. 公共事業 (USD13.28 百万) - 労働集約型の公共事業を通じて住民の雇用確保と所得向上を図る。
		3. 能力向上事業 (研修、セミナー、研修旅行)
MASAF III	2003 - 2015	1. コミュニティ開発
		2. 社会支援活動
		3. コミュニティ貯蓄・投資支援
		4. 透明性・説明責任の促進
		5. 組織開発

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

## (3) NGO

NGO による給水プロジェクトへの支援として、InterAide が中部地域 4 県において Management System Project により、民間の地域井戸修理人 (Area Mechanic) の活動支援、ハンドポンプスペアパーツ供給網の整備を行っている。

ムチンジ県における Management System Project では、UNICEF の支援で灌漑・水開発資源省が選定した 19 人の修理人を地域ごとに担当させ、住民維持管理組織（Water Point Committee）と定期的な井戸点検業務を契約するように進めたり、依頼を受けて修理をした活動について、月例の報告会により省の県水開発事務所に報告させたりして、給水施設のデータベースを作成に寄与している。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

本プロジェクトの「マ」国側主管官庁は、農業・灌漑・水開発省（MoAIWD）である。同省は、2011年9月に農業省と灌漑・水開発省の統合により発足したが、本プロジェクトの実施機関は旧灌漑・水開発省（ムチンジ井戸修繕計画）とその管理下にある中部地域水公社（マーケットセンター給水計画）である。同省は、日本をはじめ、国際機関、他援助国による給水分野の整備事業の実績を数多く有し、本プロジェクトの実施も問題ないものと考えられる。

MoAIWD の内、給水と水源の開発・管理に当たる職員は、本部の水資源局に 86 名、給水局に 144 名、中部地域水開発事務所に約 26 名が在籍する。このほか、ムチンジ県では MoAIWD の県水開発事務所の 4 名が県の職員として出向し、県下の地方給水セクターを担当している。また、井戸の建設職人など産業労働者を全国に 150 名以上雇用している。ムチンジ井戸修繕計画は、MoAIWD 水資源局地下水部（20 名）を中心に、MoAIWD 中部地域水開発事務所、県水開発事務所の代表者を動員して進められる。

図 2-1-1 に農業・灌漑・水開発省の組織図を示す。

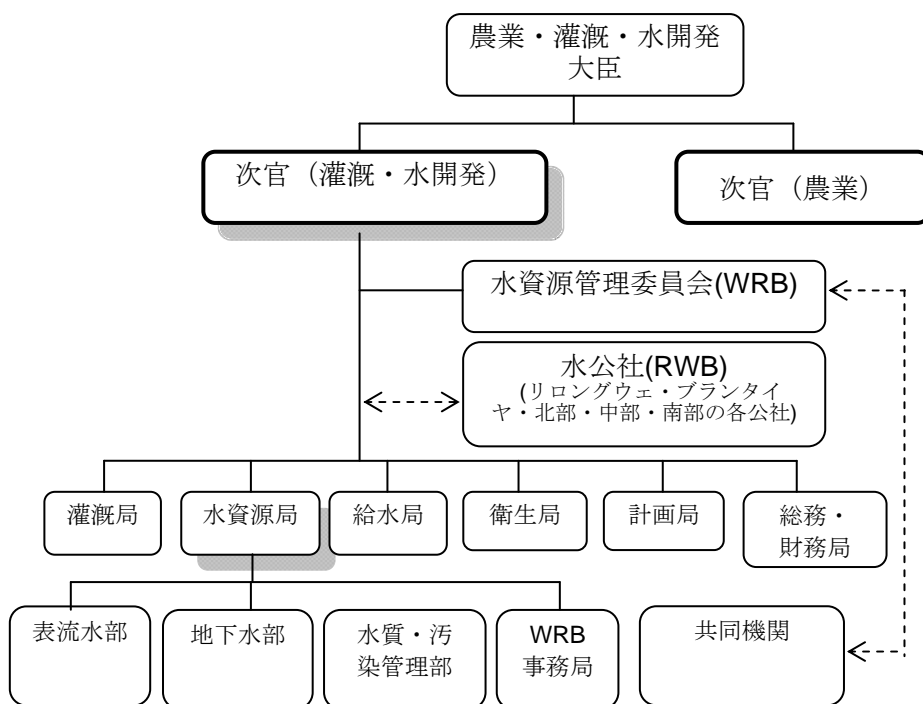


図 2-1-1 「マ」国農業・灌漑・水開発省組織図

一方、中部地域水公社は約 300 名の職員を擁し、技術サービス部門の計画技術者がプロジェクトを担当する。我が国の無償資金協力を実施するのは初めてであるが、国家水資源開発計画において国際機関の支援のもとに水道施設の計画、建設、運営維持管理を行っており、十分な技術的レベルにある。

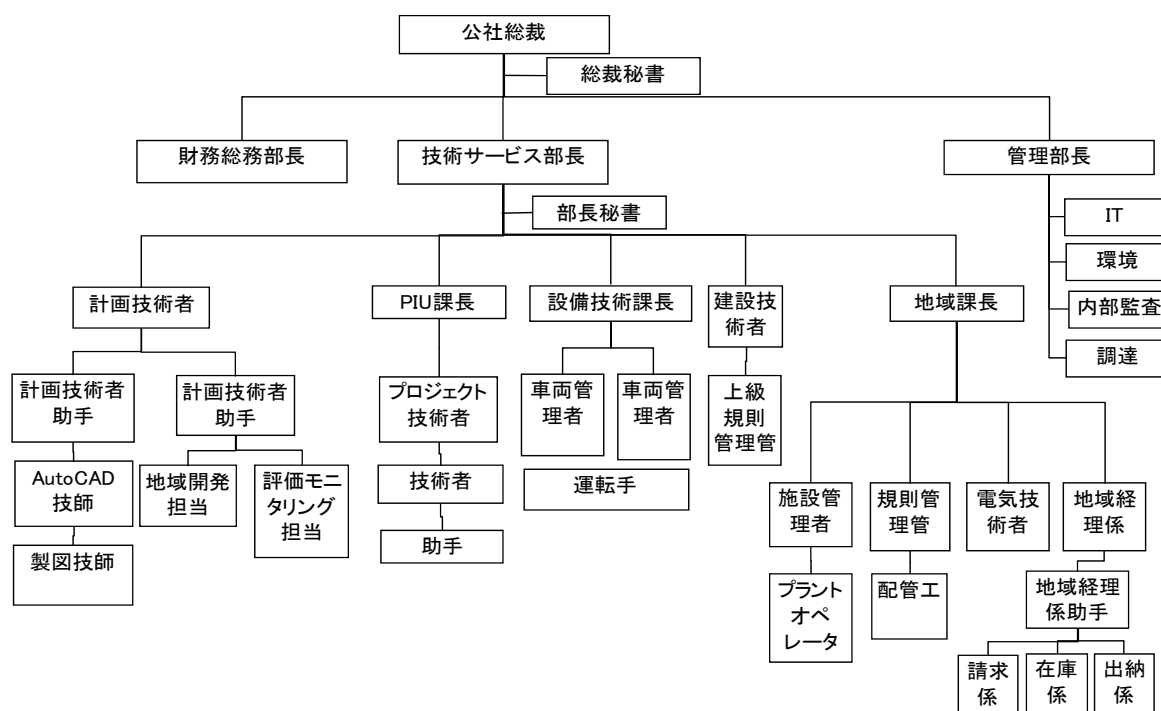


図 2-1-2 中部地域水公社の組織図

## 2-1-2 財政・予算

実施機関である灌漑・水開発省(2011年9月より農業・灌漑・水開発省)の2008/09年から2011/12年にかけての予算は表 2-1-1 に示すとおりである。開発予算は外国からの援助に頼らざるを得ない状況にあるが、実績ベースでは増額の傾向を示している。

表 2-1-1 灌漑・水開発省の予算

(単位：千マラウイクワチャ, MK ,000)

年度	経常予算	開発予算(政府)	開発予算 (援助)	合計
2008/09	404,650	693,599	6,591,183	7,684,700
2009/10	479,853	838,620	4,480,858	5,799,331
2010/11	483,601	1,142,566	3,320,035	4,946,202
2011/12	526,179	1,374,560	5,369,684	7,270,423

注) 予算執行期間は7月から翌年6月まで。



マーケットセンター給水計画の実施機関である中部地域水公社の財政状況は、表 2-1-2 に示すとおり健全であり、プロジェクト管理経費や初期運転費用の負担は、年間収益に比較しても十分可能と考えられる。

表 2-1-2 中部地域水公社の収支

(単位：千マラウイクワチャ, MK ,000)

年度	1. 収入			2. 支出 (人件費は間接費を含む)			3. 収益 (損失)	
	料金	その他	計	直接費	間接費	計		
2006/07	343,871	4,876	348,747	102,151	218,850	321,001	27,746	109%
2007/08	408,797	6,860	415,657	105,971	253,952	359,923	55,734	115%
2008/09	493,721	11,756	505,477	132,239	289,024	421,263	84,214	120%
2009/10	571,057	14,605	585,662	157,342	360,124	517,466	68,196	113%

### 2-1-3 技術水準

#### (1) マーケットセンター給水計画

本計画を担当する CRWB は、大学卒業のエンジニア及び設備のメンテナンスを行う技能者を多数雇用し、発足以来政府から移管された 20 系統の給水施設 (総給水能力 18,800m<sup>3</sup>/日) を 200 人以上のスタッフで運転・維持管理しているほか、12 サイト以上の地方都市管路給水施設の開発に対して、世界銀行などの資金による NWDP の実施機関として事業を完了または進行させている。これらのことから CRWB は本計画を実施するのに十分な技術水準を持つと判断される。

#### (2) ムチンジ井戸修繕計画

本計画を担当する MoAIWD 水資源局は 1980 年代から過去 5 件の無償資金協力案件を実施してきた実績を持つため、本計画を実施するのに十分な技術水準を持つと判断される。

ソフトコンポーネントとして住民啓発活動を行う普及員は、関連する中央省庁から県に出向している水モニタリングアシスタント(WMA)、保健調査アシスタント (HSA) およびコミュニティ開発アシスタント(CDA)等から編成され、何らかの住民啓発活動の経験を有する。しかしながら、これらの地方職員は本来の業務とその他のプロジェクトも兼務していることが予想される。また、本計画では 300 以上のコミュニティに対する啓発活動を短期間に集中して行う必要がある。したがって本プロジェクトの実施期間中に住民啓発活動 (CBM プログラム) に従事する普及員を特定し、組織として活動できるようにトレーニングを受ける必要がある。本計画では、従来井戸の新設に際して実施してきた CBM トレーニングを基に、井戸修繕工事や村落内の追加井戸建設にあわせた内容に簡略化し、効率的なリフレッシュトレーニングを行うという特殊性がある。このため、普及員トレーニングや施工計画に整合する啓発活動の計画およびその実施管理については、日本側のコンサル

タントによる技術支援が必要であるが、これまで CBM プログラムを実施してきた MoAIWD 給水局の管理、指導の下に養成される普及員が計画的に活動することにより、プロジェクトのソフトコンポーネントの実施が可能である。

MoAIWD では、井戸掘削チーム（5 班、延べ約 50 人）が過去に我が国の無償資金協力によって調達した井戸掘削機材を運転・管理している。本プロジェクトで調達する井戸修繕機材は、掘削機材の一部と類似するため、井戸掘削チームの職員は井戸修繕工事についての初歩的な技術指導を受けることにより、十分調達機材の運転・維持管理ができる技術レベルにある。

#### 2-1-4 既存施設・機材

##### （１） マーケットセンター給水計画

マーケットセンター住民へのアンケート調査結果（表 2-1-3）によれば、住民の利用している水源は、深井戸、保護浅井戸、保護されていない浅井戸、小川・ため池などの表流水である。管路給水施設は、ナミテテ中学校とチレカの農業開発流通公社（ADMARC）にあるが、いずれも施設内の給水施設であり、住民には使用されていない。

住民の利用する給水施設種類の割合は、地区毎に異なる。安全な水とされる深井戸の利用者はチレカで 100%であるのに対し、ナミテテやサンテでは 2/3 以下、ムカンダでは約 1/3 となる。明らかに非衛生的であるとされる保護なしの浅井戸や表流水の利用者も、ナミテテで 16%、サンテで 10%見られ、ムカンダでは 30%近くにのぼる。チレカ地区を除く 3 地区で 1/5～1/3 の住民が利用する保護浅井戸は、蓋とハンドポンプが設置されているため、人の手や粉じんなどによる汚染は防げるが、地表からの浸透水による汚染や水位の季節変動による枯渇が懸念される。

表 2-1-3 水利用の現状

	深井戸		保護浅井戸		保護なし浅井戸		小川、ため池など	
	回答者	%	回答者	%	回答者	%	回答者	%
ナミテテ	32	64.0	10	20.0	8	16.0	0	0.0
チレカ	51	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
サンテ	33	66.0	12	24.0	3	6.0	2	4.0
ムカンダ	19	37.3	17	33.3	11	21.6	4	7.8

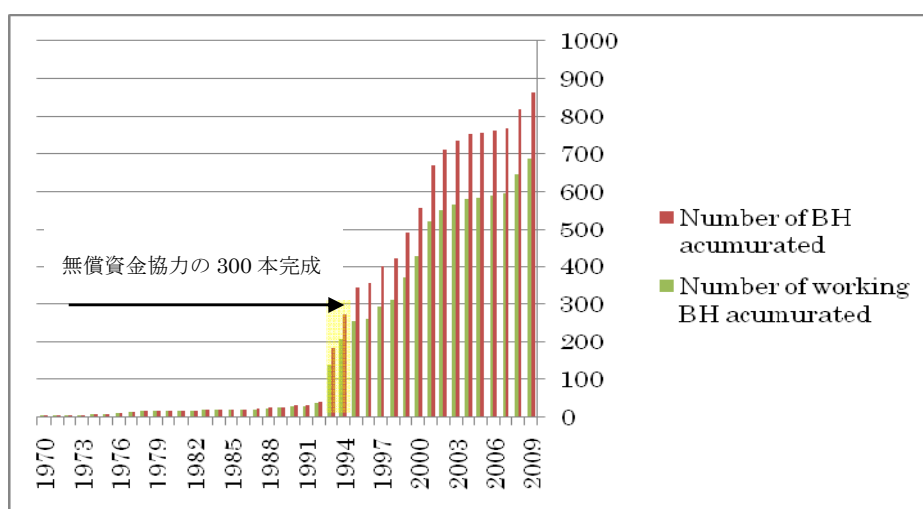
また、マーケットセンター住民へのアンケート調査の結果、住民の約 9 割が管路給水施設を要望し、希望する給水栓の内訳としては公共水栓が 22%、各戸給水栓の内、屋外給水が 48%、屋内給水栓が 30%となっている。また、約 8 割の住民が現状の水利用水量を基に計算される CRWB の水道料金を支払っても、管路による給水施設を利用したいと答えている。

##### （２） ムチンジ井戸修繕計画

ア. ムチンジ県の既存給水施設

<深井戸施設>

ムチンジ県全体の深井戸施設は、現存する施設の建設年代分布（図2-1-3）に示すように1992-1995年にかけて我が国の無償資金協力「ムチンジ地下水開発計画」による300本の深井戸建設により、それまで数十であった施設数が飛躍的に増加し、その後「マ」国政府や他ドナーによる井戸建設が継続したため、2010年現在ムチンジ県全体で約1,100本のハンドポンプ付深井戸が存在する。したがって、我が国無償資金協力によって建設された井戸群は、ムチンジ県内の深井戸の27%を占め、その中で最も古い井戸群に相当する。



(Maintenance System Project 2010)

図2-1-3 ムチンジ県の井戸総数と稼働井戸の変遷

<その他の給水施設>

ムチンジ県には、井戸以外に以下の3系統の管路給水施設がある。「ムチンジ地下水開発計画」の全ての井戸およびその後建設されたほとんどの井戸は、これらの管路給水施設の給水地域以外に分布している。なお、コチリラ地区の給水施設については、NWDPの下でその南方のカムウエンド地区への拡張が計画されている。

表2-1-4 ムチンジ県の既存管路給水施設

施設	計画給水人口 (人)	計画給水量 (m <sup>3</sup> /日)	給水区域	備考
ムチンジ (旧)	10,689	1,231	ムチンジ県中～西部	1998年政府よりCRWBに移管
ムチンジ (新)	17,000	-	ムチンジ市街地	AfDB資金により2007年完成
コチリラ	1,531	35	県中央部に位置する病院施設とその周辺地域	1998年政府よりCRWBに移管

イ. 既存井戸の稼働率

ムチンジ県で近年行われた給水施設のインベントリー調査には、Water Point Mapping (WSSCC: 2003 年)、District Water Atlas (UNICEF: 2008 年)及び Maintenance System Project (InterAide: 2010 年 1 月)があり、深井戸の稼働率は 76%~79%で推移して、2 割以上の深井戸が稼働していない状態が継続している。

表 2-1-5 ムチンジ県を対象とする給水施設インベントリー調査結果

施設種類	WPM (2003)	DWA (2008)	MSP (2010)
深井戸	862 (79%)	923 (76%)	1,118 (79%)
保護浅井戸 (ポンプ付)	16 (75%)	31 (65%)	25 (100%)
共同水栓 (スタンドパイプ)	150 (60%)	107 (67%)	152 (74%)
その他、記載なし	3	-	38
計	1,046 (77%)	1,061 (74%)	1,333 (78%)

Note: ( )内は、施設の稼働率を示す。WPM: Water Point Mapping (WSSCC: 2003), DWA: District Water Atlas (UNICEF: 2008), MSP: Maintenance System Project (InterAide: 2010/01)

ウ. 「ムチンジ地下水開発計画」で建設された井戸の現状

「ムチンジ地下水開発計画」で設置されたハンドポンプ及び付属品の詳細と、建設の施工完了年と現在までの経過年数を表 2-1-6、表 2-1-7 に示す。

表 2-1-6 設置されたハンドポンプ及び付属品の詳細

ハンドポンプ種類	Afridev
ロッド	軟鋼製、アイ・フック ジョイント
プランジャー、フットバルブ	プラスチック製
揚水管	PVC 製

表 2-1-7 ムチンジ地下水開発計画建設井戸の施工完了年と経過年数

区分	井戸本数	施工完了年	経過年数
Phase I	80	1993 年	17 年
Phase II	110	1994 年	16 年
Phase III	110	1995 年	15 年

上記 300 カ所の井戸調査の結果、稼働率は 70%となり、2008 年の DWA (District Water Atlas) の結

果(74%) 及び 2008 年の Joint Sector Review で示されていた農村部の給水施設稼働率 70% とほぼ同様であった。また、地下水の枯渇やシルテーション（井戸底への土砂の堆積）によるスクリーン部の閉塞はなく、不稼働の原因は揚水管を含むハンドポンプの不具合によるものであった。

表 2-1-8 ムチンジ地下水開発計画で建設された井戸の稼働状況概要

井戸の状態	数量	判定	数量	%	ムチンジ県全体 (%) (DWA 2008 年)
稼働 (揚水量 ≥ 10 L/min)	201	稼働	211	70	74
稼働 (揚水量 < 10L/min)	10				
不稼働 (ポンプ修理で回復*)	69	不稼働	89	30	26
不稼働 (修理の可能性不明**)	6				
井戸閉塞	14				

\* 揚水管、シリンダー、ポンプロッド、消耗品等の交換、および異物除去により回復すると推定される井戸

\*\*孔内に落下したパイプの回収ツール、吊り上げ機などにより改修工事を試行しないと修繕可能性が判明しない井戸

#### エ. ハンドポンプの故障原因

ハンドポンプの故障原因は大きく以下の 2 つに分けられる。

- ① 軟鋼製ポンプロッド、揚水管等の磨耗、破損によるもの（製品の寿命）
- ② U-シールやボビン、ロッドセントライザーなど消耗品の磨耗、破損によるもの

このうち、軟鋼製ポンプロッドの磨耗、破損に関しては、設置後 15 年以上経過していることによる腐食がおもな原因で、これは製品の寿命であると考えられる。また、PVC 製揚水管に確認された亀裂や内部の線条の削跡は、ポンプロッドが折れたり、曲がったりして内側より接触して擦れることを繰り返して生じたものと観察された。（図 2-1-4 参照）

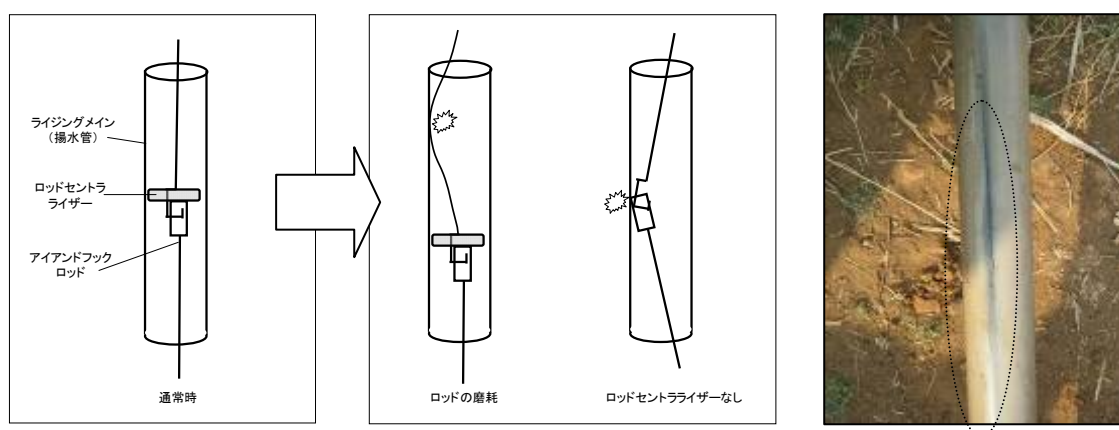


図 2-1-4 ロッドの不具合による揚水管の破損

また、故障したハンドポンプのロッド、パイプの引き上げにより判明した、不稼働の原因となっ

ているパーツのヒストグラムを図2-1-5に示す。故障箇所は上記のポンプロッドを除いてU・シールが最も多く、次いでロッドセントライザー、O・リングが多く、定期的に交換が必要な消耗品が予防的に、適時に交換されていないことが故障を招いていると判断された。また、プランジャーやフットバルブなど、プラスチック製部品も変形や破損などにより故障や漏水による揚水量の減少を引き起こす原因となっている場合が少なからず認められた。これらも、定期的な点検の結果により交換されるべき部品ではあるが、一方では部品の耐久性の向上も故障に対する対策の一つと考えられた。

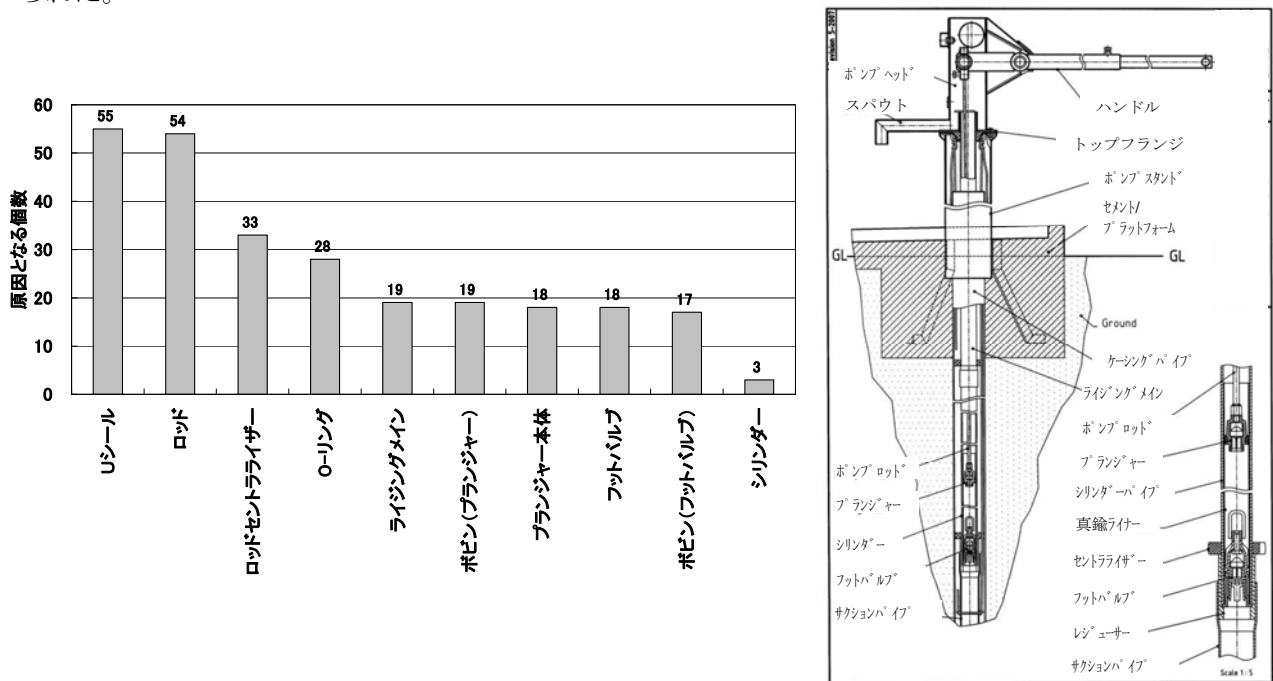


図2-1-5 ハンドポンプ故障部位ヒストグラム

稼働していない井戸のポンプや揚水管を引き上げた際には、消耗品の交換によって応急的に揚水できるようになる井戸も多く認められた。一方で、いずれの井戸でもロッドの腐食・摩耗や揚水管の損傷は多少なりとも認められた。調査時点で稼働していた井戸の内部は観察していないが、ヒアリングによれば修理や部品交換を繰り返し、ハンドルが横方向にずれたり、異音を発する井戸も多い。これらの点から、ロッド、揚水管、ポンプヘッドなどポンプの主要な部分の劣化は15年以上使用した井戸には普遍的に存在すると推定される。このことから、稼働している井戸を含めた全てのポンプについて更新することが妥当と考えられる。

#### オ. 井戸内部の堆積物（シルテーション）

300本の調査対象井戸のうち、28本で井戸底部の堆積物（シルテーション）をサンプル調査した。調査結果を図2-1-6及び表2-1-9に示す。この調査結果より、井戸底の堆積物の厚さは0～1mの範囲にある井戸が最も多く、現時点で井戸底部の堆積物がスクリーン部を覆うほど堆積している井戸はなかった。井戸の建設後15～17年間を経て、1m以下のシルテーションはほとんど問題とならないが、2本の井戸（No.2-039 および No.3-040）では、シルテーションの上端がスクリーンの下端まで40～50cmに至り、堆積物の厚さから想定される堆積速度で除すると、あと1～3年の後には堆

積物がスクリーンを塞ぎ始めると予想された。調査対象井戸全体としては、5～10%程度の井戸に同様の懸念がある。

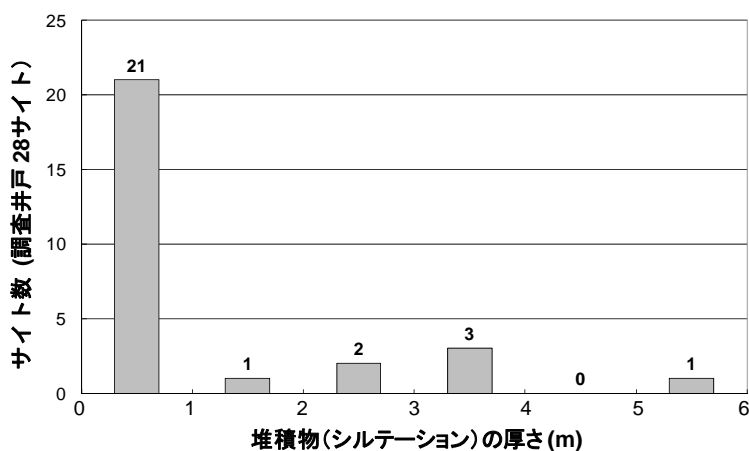


図 2-1-6 井戸底部の堆積物厚さヒストグラム

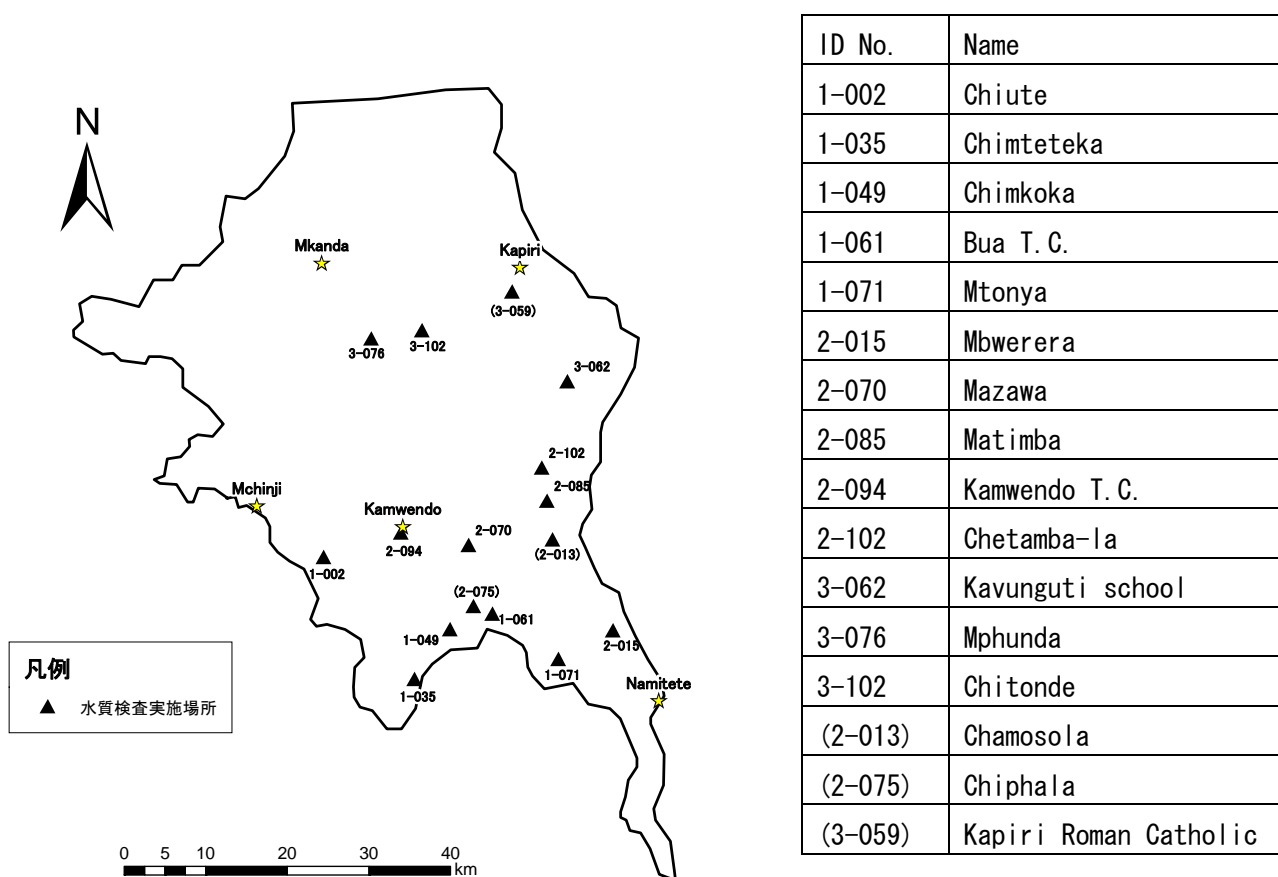
表 2-1-9 井戸内の堆積物調査結果

単位:m

井戸 No.	施工時 孔底深度	今回の 孔底深度	堆積物の 厚さ	スクリーンポジション	スクリーン下端 までの間隔
1-030(2)	39	35.09	3.91	9-12, 21-24, 37-30	5.09
1-063	27	26.9	0.10	18-24	2.90
1-080	35.5	35.05	0.45	23.5-29.5	5.55
2-002	45	44.4	0.60	15-18,27-36	8.40
2-004	33	30.21	2.79	15-21, 24-27	3.21
2-020	37	36.95	0.05	22-28,31-34	2.95
2-034	30	29.2	0.80	12-15,18-24	5.20
2-039	36	33.4	2.60	15-18,24-27,30-33	0.40
2-053	36	34.8	1.20	12-15,18-21,24-27,30-33	1.80
2-067	32	31.15	0.85	20-29	2.15
2-076	30	29.8	0.20	15-21,24-27	2.80
2-079	27	26.69	0.31	6-12,15-18	8.69
2-087	23	22.65	0.35	9-15,18-21	1.65
2-103	45	44	1.00	6-18	26.00
2-108	33	30	3.00	6-18	12.00
3-024	39	38.07	0.93	27-36	2.07
3-040	36	30.5	5.50	18-24,27-30	0.50
3-065	36	36.8	-0.80	21-30	6.80
3-067	30	29.7	0.30	21-27	2.70
3-072	39	38.52	0.48	30-36	2.52
3-074	42	41.1	0.90	27-33,36-39	2.10
3-075	39	38.85	0.15	24-33	5.85
3-086	36	35.7	0.30	24-33	2.70
3-095	30	30	0.00	21-27	3.00
3-097	45	44.75	0.25	30-39	5.75
3-098	32	31.58	0.42	20-29	2.58
3-100	39	35.56	3.44	24-33	2.56
3-103	36	35.4	0.60	24-33	2.40

## カ. 井戸の水質

井戸の水質試験は、サンプル調査として無償資金協力で建設した 300 箇所の井戸から 24 箇所を選定し、その井戸が稼働していない場合は、代替水源として利用されている他の深井戸、または浅井戸から採水した。それぞれ採水した数は、修繕対象の深井戸 13 箇所、その他の深井戸 3 箇所、浅井戸 8 箇所である。水質検査実施位置図を図 2-1-7 に示す。試験結果一覧は資料編に添付する。物理・化学的水質の検査結果を「マ」国の井戸水質基準：MS733:2005 と比較すると、修繕対象井戸では基準値を超過する項目はないが、その他の深井戸では pH が 1 箇所で低く (No.2-075)、他の 1 箇所で濁度が基準値を超過している (No.2-013)。また、浅井戸の水質は、深井戸に比べ全般的にナトリウム、カリウムが低い傾向にあるが、2 箇所で濁度が基準値を超過する以外、大きな差異は認められなかった。



( )はプロジェクト対象井戸周辺の井戸で  
水質検査を行った場所を示す

図 2-1-7 水質検査実施位置図

微生物学的水質検査では、糞便性大腸菌群(Fecal Coliform: FC)及び糞便性連鎖球菌群(Fecal



Streptococci: FS)に関し、調査時稼働しているすべての井戸（226 箇所）において実施した。調査法は第一段階では通常の使用状態で（吐出し口を洗浄して 5 分汲出した後）採水したサンプルについて検査を実施し、採水後、井戸内を殺菌するため、塩素剤（HTH;塩素 70%）4g を約 350ml の水に溶かして投入した。その後上記細菌類が検出された井戸に関しては塩素による井戸内洗浄後 2 日以上汲み上げた後の水を採水して、再検査を実施した。これにより、細菌類の検出が井戸孔内の汚れによるものか、地下水自体の汚染によるものかを判断した。

第 1 段階で FC、FS はそれぞれ 6 箇所検出されたが、塩素投入後の再検査においても、それぞれ 1 箇所サイトから検出された。前者は、井戸近傍のピットラトリンに、後者は浸透枘から溢れた水溜りに水浴びする豚などの家畜の糞尿により井戸周辺の地下水が汚染されていることが疑われる。

FC の検出井戸： No.3-043 Chalunda T.C.

FS の検出井戸： No.3-102 Chitonde

#### キ. 井戸周辺の衛生施設

WHO ガイドライン及び SKAT(Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management)のアフリデフポンプ設置ガイドラインによると、ハンドポンプ付き深井戸の建設時には汚染源となりうる衛生施設等から 30-40m（SKAT ガイドラインではトイレで 40m、畜舎で 30m）以上離れた場所を選定することを推奨している。ムチンジ地下水開発計画で建設した井戸周辺の衛生施設の配置現況を確認するため、衛生施設の分布を調査した。井戸周辺で確認を行った施設はピットラトリン（掘り込み式トイレ）、ゴミ捨場、畜舎の 3 種類である。調査結果の概要を表 2-1-10 に示す。ピットラトリンが 0-15m 以内に存在する井戸は 48 箇所（20%）、30m 以内に存在する井戸は 156 箇所（66%）に上った。

表 2-1-10 井戸周辺の衛生施設調査結果

調査井戸数:236 井戸

汚染源総数 (井戸箇所数)	井戸中心からの距離		
	0-15m	0-30m	0-45m
トイレ	61 (48)	277(156)	664 (209)
ゴミ捨場	3 (3)	30 (23)	54 (41)
畜舎	33 (30)	122 (85)	123 (132)

## 2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 道路交通網

「マ」国中西部における主要国道は、リロングウェから西方のムチンジを通過してザンビア国境に向かう国道（M12）と北部州の中心地であるムズズに向かう国道（M1）であり、M12 上のムチンジ県内カムウェンドから M1 のカスング県カスングまで主要国道（M18）として舗装されている。主要国道以下の道路は、2 次国道、3 次国道、県道、その他に区分され、2 次国道は各県の地方経済の拠点を結んでいる。

要請されたマーケットセンター給水計画の対象地区のうち、ナミテテ／チレカ（リロングウェ県）は国道 M12 上でリロングウェ県の西端部に位置し、サンテ（カスング県）は国道 M18 上にあつてカムウェンドとカスングの中間点に位置する。また、ムカンダはムチンジ県ムチンジ市街地から 2 次国道（S118）で北上して約 35km の位置にあり、現在ムチンジからムカンダの 10km 手前（Kawere）まで舗装改良工事が施工中である。さらに、ムカンダから東方約 25km のカピリ（M18 上）まで舗装改良工事が計画されている（この間は、現在 2 次国道（S118）、3 次国道（T330）である）。このように要請された 3 地区は、リロングウェ、ムチンジ、カスングの各県の中心地を結ぶ幹線道路上に位置し、今後物流や地方経済の発展の拠点として期待されている。ただし、国道を除いてこれら地区内の道路は未舗装であり、オフロード用車両での通行が一般的である。

一方、ムチンジ県内には上記のような国道のほか、トレーディングセンターと称する町や各村落を結ぶ県道以下の未舗装道路が網目状に発達しており、少なくとも乾季には中小村落まで車両によるアクセスが可能である。ただし、これらの未舗装道路は、樹枝状に発達する湿地（“Dambo”と呼ばれる）を横断する箇所では一般車両の通行が困難となり、湿地以外の区間でも雨季には泥ねい化して随所で通行不可能となる。

#### (2) 電力網

現在、主要国道に面するナミテテ／チレカ地区、サンテ地区には公共電力網がある。また、ムカンダ地区は現在配電されていないが、電力会社（ESCOM）が配電工事を進めており、2011 年末までには電力が供給される予定である。

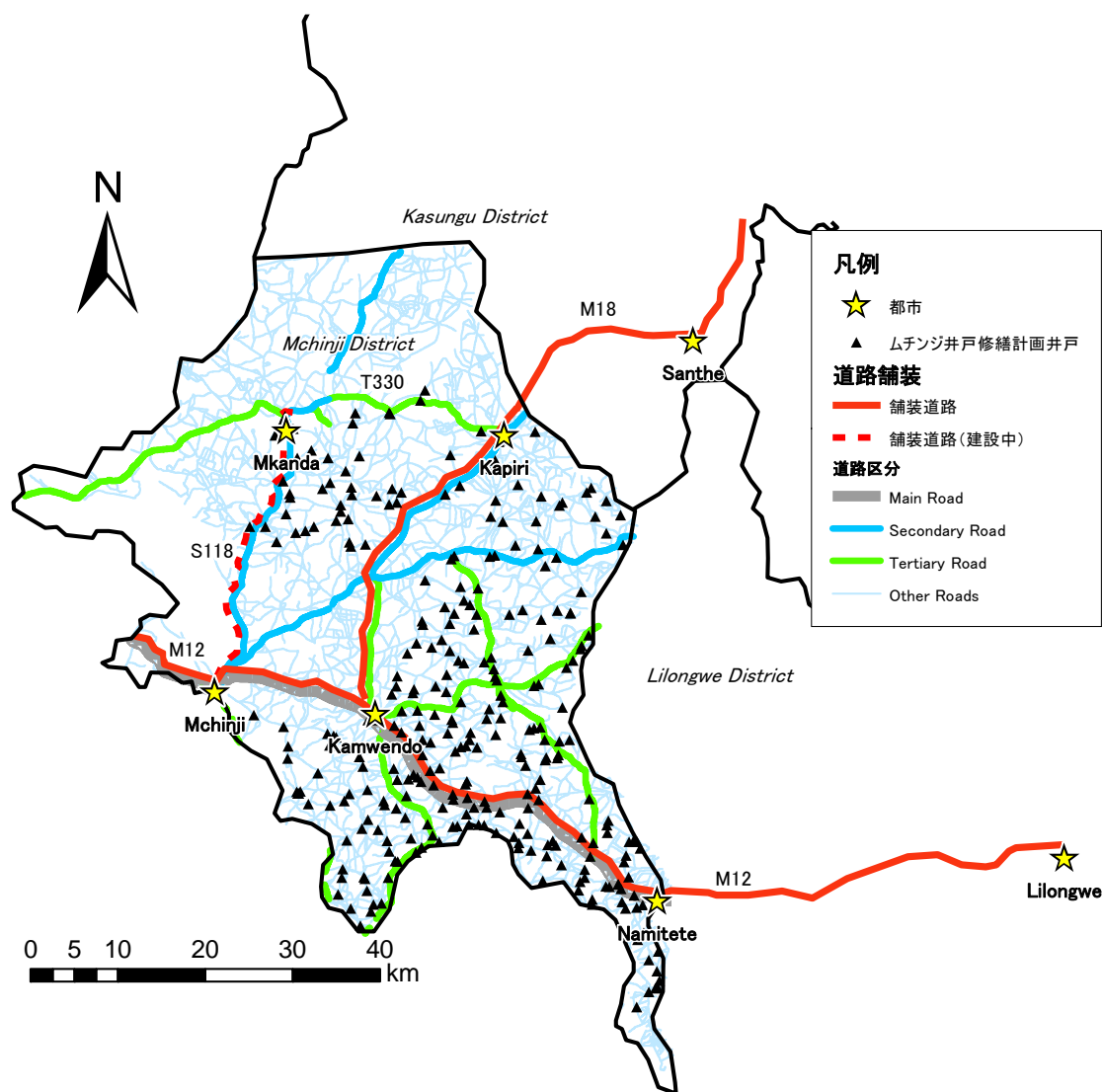


図 2 - 2 - 1 ムチンジ県及び周辺地域の主要道路図

## 2-2-2 自然条件

### (1) 気象・水文

「マ」国の気候は、熱帯サバンナに属し、12月～3月の雨季とその他の乾季に分けられる。年間1,000mm前後の雨量を記録し、山地など一部を除き国土のほとんどが耕作可能地となっている。地形は、南北に長い国土の東部から南部を占める大地溝帯、その東西両側に連なる山地、及び山地背後の高原平地に分類される。

調査対象地域は大地溝帯西側の高原平地（標高 1,050～1,300m）に相当し、最も西側にザンビア

との国境をなす山塊（Mchinji Ridge 最高標高 1,750m）が分布している。調査対象地域の中央部に位置する Tembwe の過去 8 年間では年間雨量は平均 922mm で、数年おきに 800mm 以下の渇水年が見られる。また 12～3 月の 4 ヶ月間に年間雨量の 94%が降り、この 4 ヶ月間で日雨量 10mm 以上の日は 29 日である。

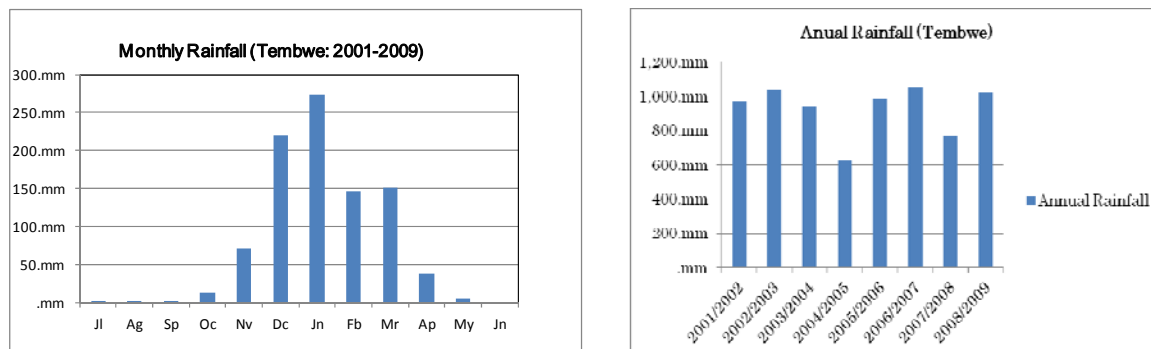


図 2-2-2 月平均雨量および雨量の年較差 (Tembwe, ムチンジ県)

山地の後背部に広がる平原に発する河川は、河川勾配が緩く、樹枝状の水系を示し、多くの支流が合流したのち、山地部に数少ない峡谷を形成して急勾配で大地溝帯のマラウイ湖や低地に至る。このような地形の特性から、高地平原に降った雨は、地表に滞留する時間が長く、雨期には Dambo と呼ばれる湿地を形成する。

## (2) 河川

計画対象地域は、マラウイ湖に流入するブア川水系の流域に当たり、各々のマーケットセンター近くには下記の河川が流れている。

ナミテテ/チレカ	: ナミテテ川
サンテ	: ブア川
ムカンダ	: リウエレジ川

ナミテテ川は、ムチンジに発するブア川に合流し、ブア川はサンテの南を流れ、ムカンダから流れるリウエレジ川はサンテの下流でブア川に流入する（図 2-2-3）。ナミテテ川観測所（流域面積 147 km<sup>2</sup>）及びリウエレジ川観測所（流域面積 278 km<sup>2</sup>）について月平均流量（1998 年）を図 2-2-4 に示す。ナミテテ川は、リウエレジ川と比較して流出率が高く、雨季、乾季の流量変化が激しい。また、月最大流量でも乾期の後半の 4 ヶ月（8 月～11 月）は流量が 0 (l/sec)となる。

ただし、リウエレジ川では 10 年間（1992～2001 年）の流量記録の最小値である 0.054 m<sup>3</sup>/sec は、月最小流量として 10 ヶ月に記録されており、特に 1992 年 11 月、1995 年 10 月、11 月の 3 ヶ月は、月最大流量も同じ値である。このことから、0.054 (m<sup>3</sup>/sec)は観測できる下限値、あるいは精度の限界である可能性があり、実際の流量はそれ以下である可能性もある。

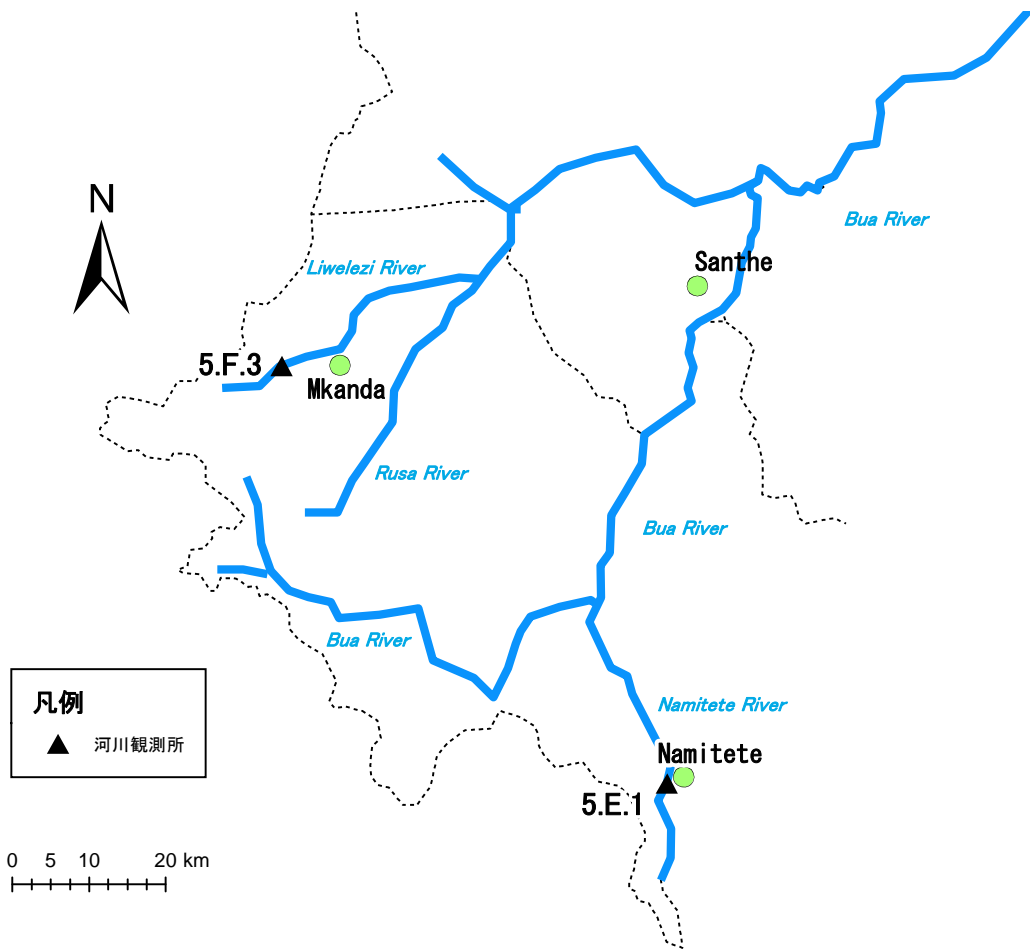


図 2 - 2 - 3 河川水系図

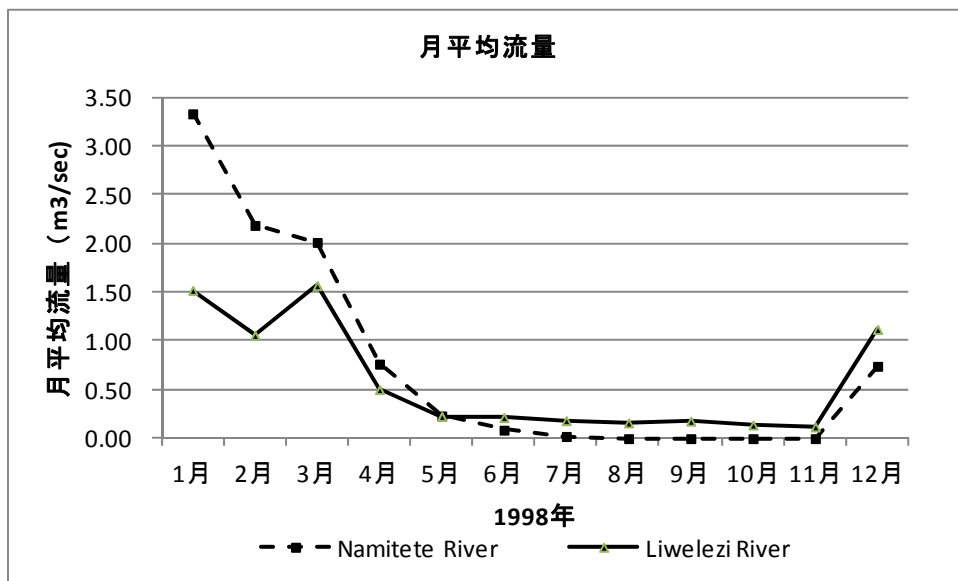
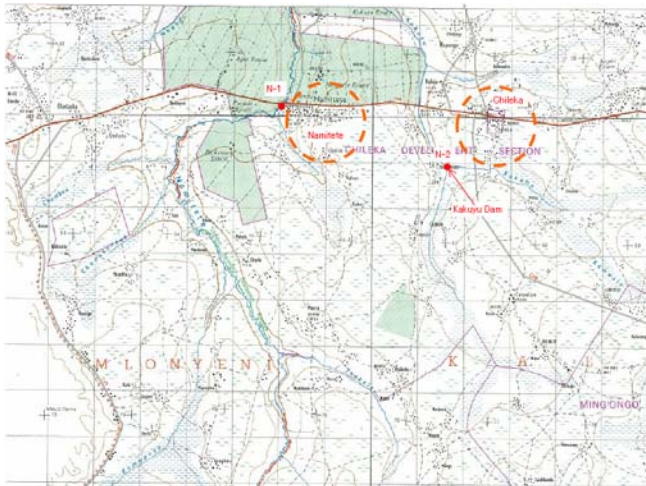


図 2 - 2 - 4 ナミテテ川、リウエレジ川の月別流量

また、河川の水質を確認するため、ナミテテ・チレカ地区2ヶ所（ナミテテ川及び、その支流にある Kakuyu ダム）、ムカンダ地区で2ヶ所（リウエレジ川マーケットセンター付近及び上流約5 km 地点）で採水を行い、水質試験を実施した。各地区の採水場所を図2-2-5、図2-2-6に示す。



No.	採水地点
N-1	ナミテテ川 M12 道路橋梁
N-2	Kakuyu ダム (ナミテテ川支流)

図2-2-5 ナミテテ・チレカ地区河川水採水地点



No.	採水地点
L-1	リウエレジ川 マーケットセンター付近
L-2	リウエレジ川 L-1 より約 5km 上流

図2-2-6 ナミテテ・チレカ地区採水地点

水質試験項目は、一般項目22項目、農薬9項目である。試験結果一覧は、N-1 地点、L-2 地点の過去の水質試験データとともに、資料編7-1（水源調査）に示す。各地区の河川の水質をマラウイ国の水道水基準（MS214:2004）と照らし合わせると、鉄分、濁度、細菌類の超過が見られる。また、農薬に関しては、乾季のみの試験であるが、両地区とも検出されなかった。

### (3) 地質・水理地質

対象地域の地質・水理地質状況を「ムチンジ地下水開発計画 基本設計調査報告書」に基づいて記せば、計画対象地域を構成する地質は以下の3種からなる。

#### 1) 基盤岩類

先カンブリア紀から古生代前期の黒雲母片麻岩、石英・長石質片麻岩を主体に構成され、珪岩等を挟んでいる。岩質は硬質で、空隙の少ない岩盤よりなり、調査地域全域に分布している。綫状構造はN-S性又はNW-SE性の走向を持ち、傾斜は全般に垂直に近い。平坦な高原地帯では基盤岩類の表面は堆積層に覆われてほとんど露出しないが、井戸資料等から表層0～数10mは風化して亀裂帯、砂、粘性土となっている。この風化帯の表面深度や厚さ、風化の程度は、変化が激しく、地表からの観察では把握できない。

#### 2) 貫入岩類

基盤岩類と同時期の貫入岩類が認められ、主に花崗岩類と変斑レイ岩類によって構成されている。花崗岩類は対象地域の西部からザンビアとの国境をなす山塊(Mchinji Ridge)およびムチンジ県南端部に分布している。一方変斑レイ岩類は対象地域の東部が主な分布地域である。貫入岩類の分布する地域は風化を受けにくく、差別浸食により残丘状の地形を形成している傾向が認められるが、堆積層に覆われて露出しない貫入岩類もある。

#### 3) 堆積層

堆積層は風化岩から土壌生成作用を受けた残留堆積物が主体で、次の4種類となる

##### i. 赤色砂質粘土

対象地域北東から東部に分布し、鉄分を含み、薄いラテライト層を伴う。

##### ii. 砂質土

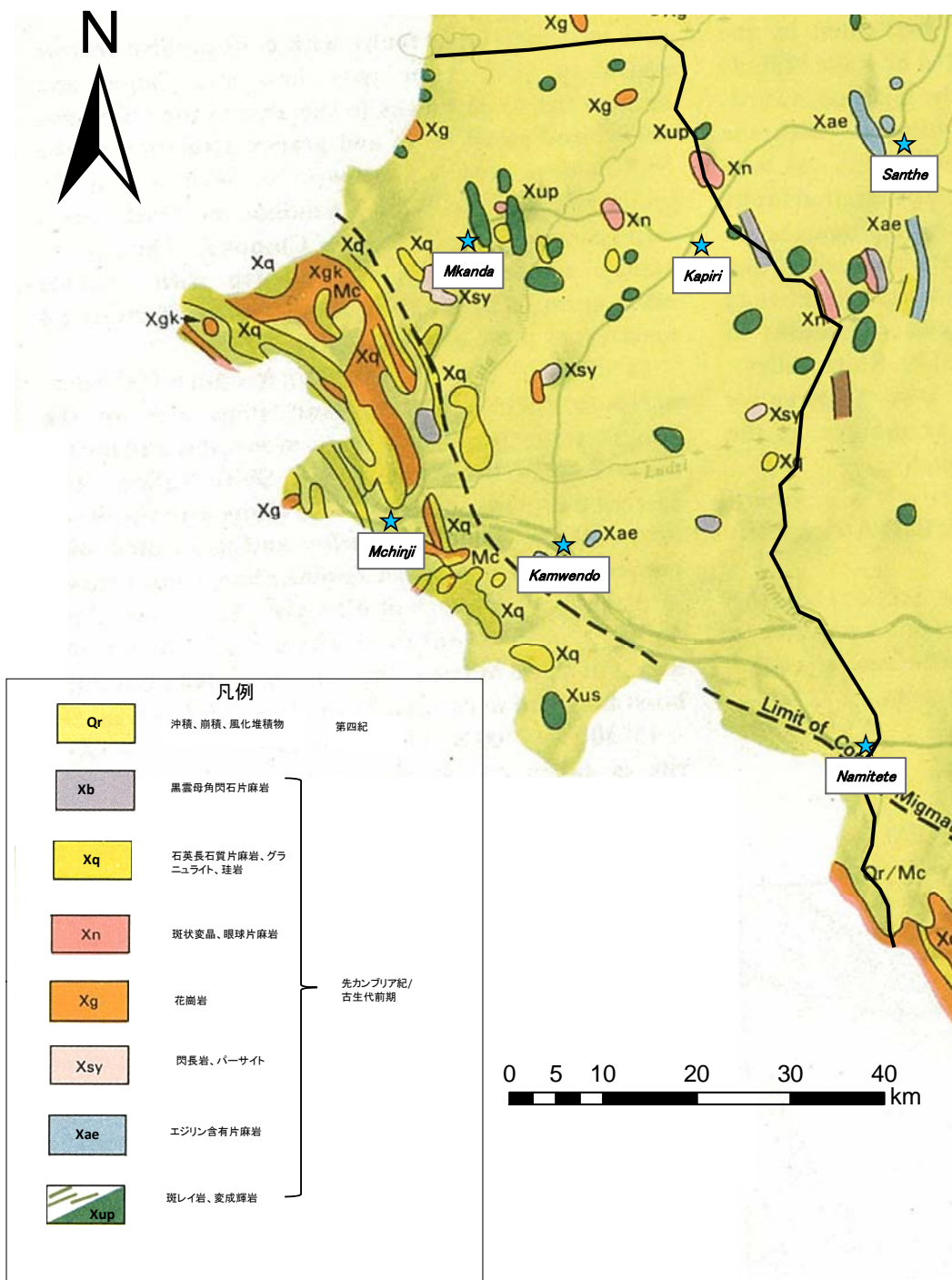
西部から南部にかけて急峻地の山麓部に分布し、花崗岩起源の崩積土で石英を多く含む。

##### iii. ラテライト

熱帯特有の風化土壌で、対象地域全体に分布する。西側では上部が崩積土で覆われている。

##### iv. 泥質土

Dambo(雨季に冠水する湿地)、水路等の低湿地帯の表層に分布し、主に微細砂、シルト、粘土などの細粒子分によって構成されている。



出典：Malawi Government (1983), The National Atlas of Malawi

図 2 - 2 - 7 対象地域の地質図



対象地域の水理地質の状況は、その地形及び地質的な条件より次の通り大別できる。

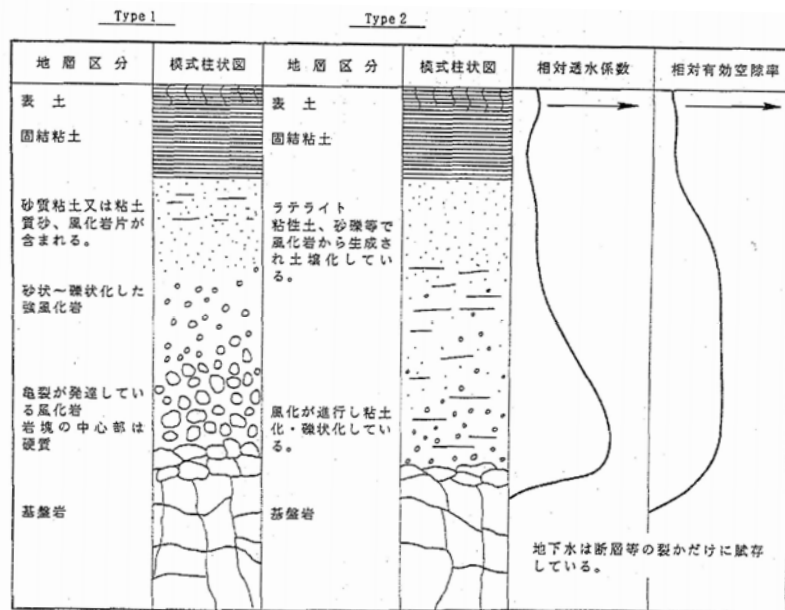
- 1) Dambo 等の低湿地が発達する平坦な高原地帯。対象地域の大半を占める。
- 2) 主に貫入岩体により構成される山地で Muchinji Ridge およびムチンジ県南部および南東に位置する丘陵地帯。

高原地帯は表層部に透水性の低い泥質土（シルト、粘土主体）の分布する機会が多いが、その下位には風化した片麻岩（土砂状～亀裂発達）が分布し、厚さやポテンシャルの変化する帯水層となっている。

山塊部は、地形が急峻で雨水が流出しやすく、しかも表流水、雨水の地下への浸透がほとんど期待できない硬質岩を主体に構成されている。山裾では砂質土を主体とする未固結土砂、強風化岩、裂罅の発達した風化岩が分布し、帯水層となっている。しかし、未風化岩が浅所より分布する場合は、帯水層の分布は極めて貧弱となっている。

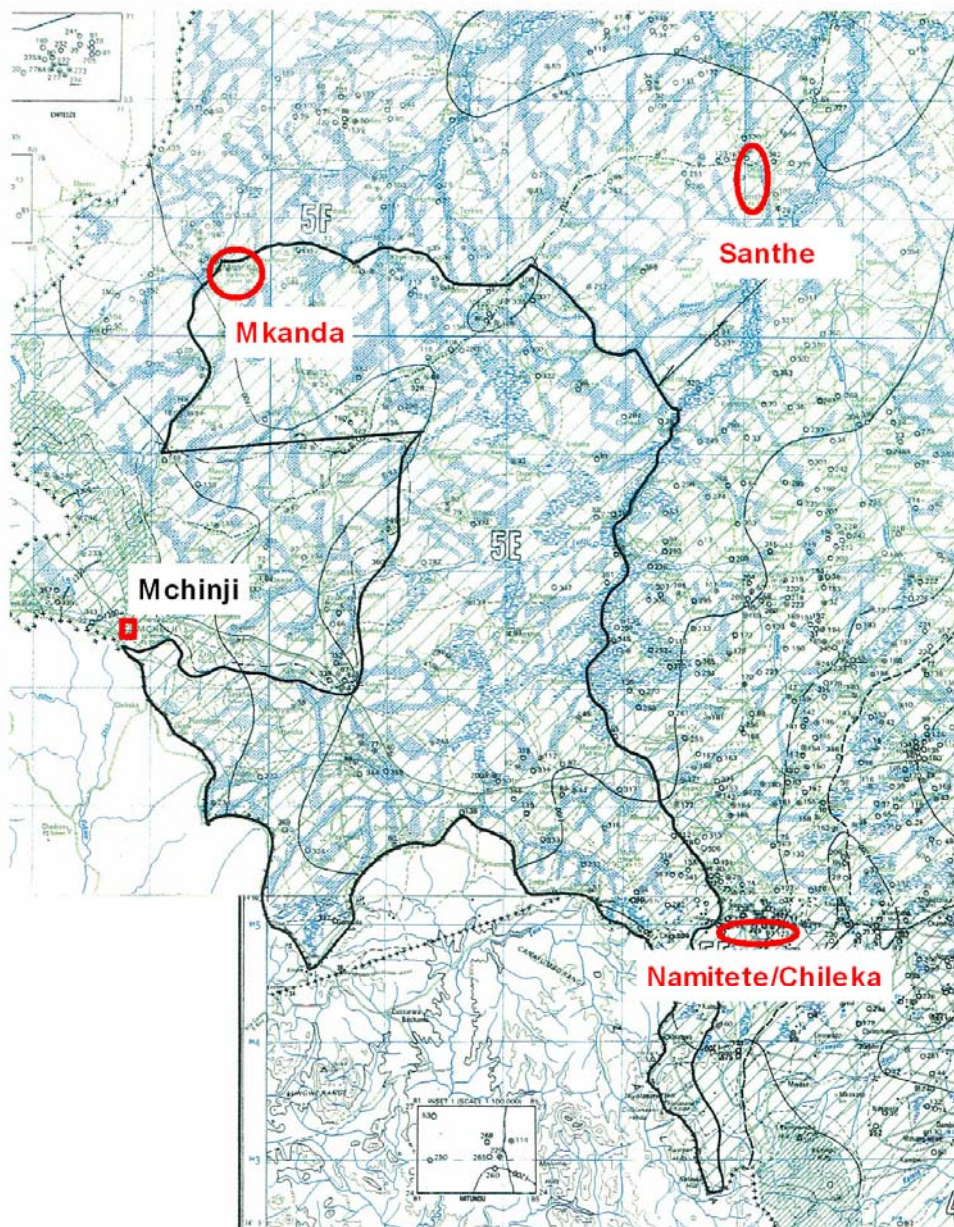
いずれの地域でも、安定した帯水層となるのは亀裂の発達した風化岩層が主体となる。また、高原平坦地では風化の進行により図 2-2-8 に示すように硬質な亀裂帯、礫状～砂状、粘性土と徐々に風化が進んでいるタイプ 1 から、風化がさらに進行して亀裂帯の発達が少なくなり、砂礫上～粘土状が主となっているタイプ 2 まで変化が見られ、それぞれの厚さも一定ではない。地下水は、挟まれる粘土層などで被圧されている場合もあるが、雨期乾期で変動し易く、帯水層の分布は基盤岩の形状、風化帯の発達形状、地下水位等に大きく左右される。

また風化岩層以外に、局部的には断層等の構造線に沿う基盤層中の破碎帯からは豊富な地下水が期待できる。






出典：ムチンジ地下水開発計画基本設計調査報告書

図 2-2-8 風化岩中の帯水層模式図



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風化岩地帯
-  1150 地下水位等高線

出典：Department of Water (1987), Hydrogeological Reconnaissance Map

図 2 - 2 - 9 計画対象地域の水理地質図

#### (4) 地盤調査

計画される構造物基礎の地質を確認するために、下記に示す地盤調査を実施した。

ボーリング： サンテ地区配水池予定地（11m）、ムカンダ地区事務所棟予定地（7m）

標準貫入試験：深度 1 m 毎

室内土質試験：自然含水比、土粒子の比重、粒度分布、アッターベルグ限界：6 試料

表 2-2-1 に室内試験結果一覧、図 2-2-10 に地質柱状図及び標準貫入試験結果を示す。

ムカンダ地区事務所棟計画地は平坦地であり、深さ 2.55m まで硬いラテライトが確認されているが、ラテライトの分布厚さは一般に不規則であるため、直接基礎の地盤としてはそれ以下に分布する風化岩（N 値 18 の粘土・シルト）に相当する地層を想定する。高架水槽計画地も同様の平坦地であるが、詳細設計調査により基礎地盤の確認が必要である。

サンテ地区配水池予定地は丘陵地中腹の緩やかな斜面であり、直接基礎の底面としては、深度 2.65m 以下の風化岩（N 値 15 の砂混じりの粘土・シルト）となる。

Location : Mkanda  
 GWL : GL-2.60m  
 DATE : 29th May 2011

Location : Santhe  
 GWL : -  
 DATE : 28th May 2011

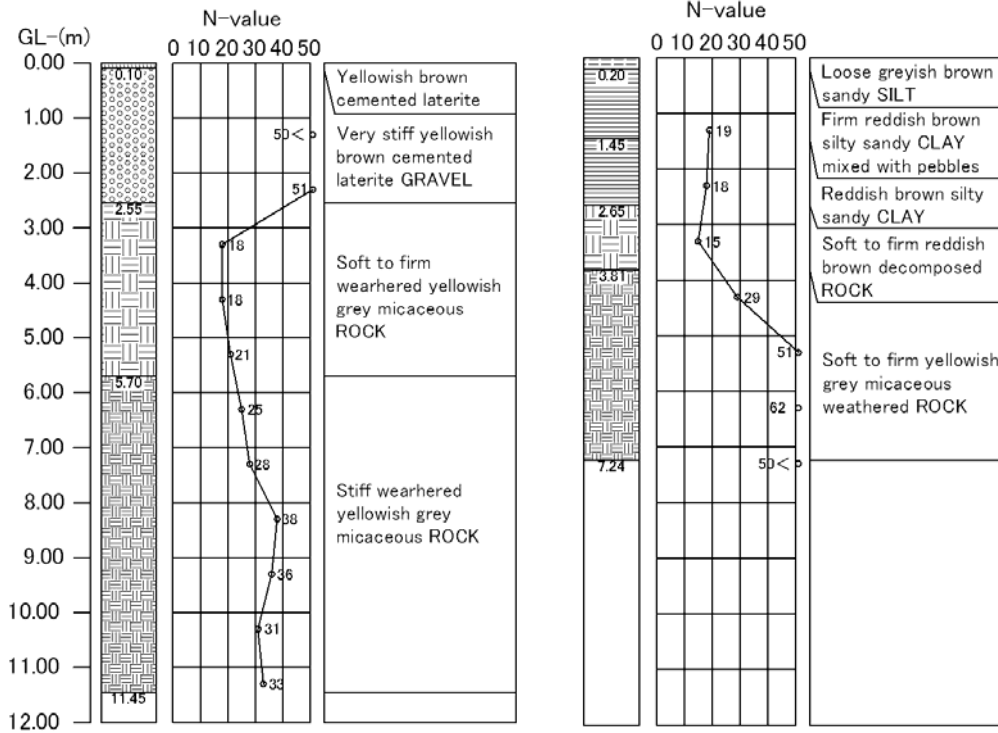


図 2-2-10 地質柱状図 (左:ムカンダ 右:サンテ)

表 2-2-1 室内試験結果一覧

位置	No.	深度(m)	粒度分布(ふるいサイズ(mm)毎の通過重量比 %)			アッターベルグ限界 WL: 液性限界 Ip: 塑性指数		土質分類 (AASHTO)
			粘土・シルト	砂	礫	WL	Ip	
Santhe	S-1	2.65-3.88				51	29	A-7-6 粘土質土
	S-2	5.01-6.22				49	22	A-2-7 粘土質砂
	S-3	6.22				27	15	A-2-6 粘土質砂
Mkanda	M-1	2.40-3.00				31	17	A-6 粘土質土
	M-2	6.30-6.75				71	32	A-7-5 粘土質土
	M-3	8.10-9.02				61	36	A-7-6 粘土質土

## 2-2-3 環境社会配慮

### 2-2-3-1 環境影響評価

「マ」国では全ての開発プロジェクトは環境管理法(Environmental Management Act, Act NO, 23, 1996)に基づいて環境アセスメント (EIA) の手続きを実施する必要がある。具体的には、環境アセスメントガイドライン (Environmental Impact Assessment Guidelines (Malawi)) に従い、国土・天然資源・環境省の環境局 (Department of Environmental Affairs) が事業者の提出するプロジェクト準備書 (スリーニング・フォーマット) に基づき、プロジェクトに対して EIA の必要、不要を判断するか、あるいはスリーニング・フォーマットの再提出を求める。

上記ガイドラインによって EIA を要求される水資源開発プロジェクトの基準は以下のとおりであり、本計画と対比すると、マーケットセンター給水計画では井戸の深度と配水管網の延長が、それぞれの給水施設で基準を上回るため EIA の実施が必要とされる。

EIA を必要とするプロジェクトの基準	本計画の内容
地下水利用のプロジェクトで、水利用が 15 L/sec を越える、または 60 m 以上の井戸	水利用量：Mkanda 地区 6.3 L/sec, Sante 地区は 8.3 L/sec 井戸深度：Mkanda 地区 51～80 m (2 本平均 65.5 m)、Santhe 地区 72 ～94 m (6 本平均 76.5 m)
断面積 20m <sup>2</sup> 、送水量 50 m <sup>3</sup> /sec を越える新しい水路または管路を 1 km 以上建設する	左記に該当する大規模な水路、管路の建設はない
湖水、河川、貯水池から 2 m <sup>3</sup> /sec 以上の揚水	地表水からの取水は計画していない
給水人口 10,000 人以上、または 10 km 以上管路網の飲料水給水施設	給水人口：Mkanda 7,051 人、Santhe 7,485 人 管路網： Mkanda 11.3 km, Santhe 16.1 km
貯水面積 100 ha 以上の貯水池	貯水池は計画していない
高さ 4.5 m 以上のダムの新設・拡張	ダムは計画していない

「マ」国の実施機関である CRWB は、本概略設計の内容に基づきプロジェクト準備書を作成して DEA に提出し、EIA の実施の必要性と実施内容について指示を受ける。CRWB は同規模の給水施設建設の実施機関として EIA 実施の経験があり、実施済みあるいは実施中のプロジェクトに準じて EIA を実施する。

CRWB は、NWDP の実施機関として同様の水道施設について EIA の実績があり、本プロジェクトについても必要な手続きをとることが了解されている。

### 2-2-3-2 用地取得・住民移転

マーケットセンタープロジェクトでは、事務所、取水施設とその管理施設について用地取得が必要である。これらの用地は、地元の伝統的権威者である郡長とグループ村長の了解に基づいて設定され

た候補地であり、実施機関の交渉により買収に問題は予想されない。また、これらの用地には住民、家屋ともない。

## 2-3 その他

### (1) マーケットセンター給水計画

マーケットセンターは地方の経済活動の中心地でありながら、村落と同様に生活用水を井戸あるいは河川から得ており、衛生的とされる数少ない深井戸に利用者が集中し、未だ過半数の住民が衛生的でない浅井戸ないし河川の水を利用している。

本計画は、地方経済活動の拠点としてふさわしい利便性の高い給水施設をマーケットセンターの全住民に供給できるようにし、住民の生活環境の改善に貢献する。マーケットセンター周縁部は農業地域に移行するゾーンであり、各戸給水栓の水料金が大きな負担となる現金収入の低い住民も少なくない。このような支払い能力の差を配慮し、本計画では低料金で水を販売する複数の共同水栓をマーケットセンター周縁部に設けることとした。

### (2) ムチンジ井戸修繕計画

既往の井戸を利用するコミュニティには、維持管理費の徴収方法にピースワーク (piece work: 役務による貢献) や貧困世帯の免除など、貧困層対策を講じている場合が見られる。ソフトコンポーネントとして支援する CBM 活動において、このような例を示しながら、コミュニティ内の弱者への配慮を促すよう指導する。

また、CBM プログラムのマニュアルに従い、住民啓発活動において給水点委員会 (WPC) のメンバー10名の内半数以上を女性とすることが指導される。水汲み労働は、主に女性の役割とされているところ、井戸の利用と維持管理に対して女性の主体的な参加が促されると期待される。

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

「マ」国での安全な水へのアクセス率は72%（2006年）とされており、2006年11月に制定された同国の国家開発計画（Malawi Growth and Development Strategy : MGDS）では、これを2011年までに80%まで改善することをの目標に掲げている。また、同計画では、全国の地方都市及びマーケットセンターの活性化と発展を促進することを重点施策の一つとしている。一方、2008年のJoint Sector Review (JSR) では、地方給水施設の31%が稼働しておらず、実際のアクセス率は都市部65%、地方部46%であるとの報告がなされて地方部での稼働率の改善が重要であることが明らかとなり、その後のJSRでの討議を経て、MGDS (II) (Draft) において「マ」国政府は井戸の不稼働率を2016年までに25%に下げることが打ち出した。

本プロジェクトは、上記の国家政策への貢献として以下2つのサブ・プロジェクトを通して、1) ムカンダ及びサンテのマーケットセンターにおいて給水施設の建設と運営・維持管理体制の整備を行い、2) ムチンジ県においてハンドポンプ付き深井戸の修繕と建設、運営・維持管理体制の整備および井戸修繕機材の調達を行い、それぞれの住民に安全で清浄な水を安定的に供給することを目的とする。

サブ・プロジェクト（1）： マーケットセンター給水計画

サブ・プロジェクト（2）： ムチンジ井戸修繕計画

本プロジェクトの目標は、以下のように整理される。

- ① 上位目標                   ： 対象地域の社会・経済発展が促進される。
- ② プロジェクト目標： 対象地域において給水施設・体制が整備されることにより、住民の安全な水へのアクセスが改善される。

#### 3-1-2 マーケットセンター給水計画

本サブ・プロジェクトは上記目標を達成するため、給水施設の建設を行うとともに同施設の運営・維持管理体制の整備を実施することとする。これにより、ムカンダ及びサンテの2つのマーケットセンターの給水施設が整備されるとともに適切な施設の運営・維持管理が行われることが期待される。この中において、協力対象事業は給水施設の建設を行うものである。

本サブ・プロジェクトで計画されている必要な投入及び活動、プロジェクト目標を達成するために期待される成果は以下のとおりである。

## 1) 投入

<日本側>

### 【施設建設】

ムカンダ地区

- |        |           |                                    |
|--------|-----------|------------------------------------|
| ① 取水施設 | ・取水ポンプ    | 0.38m <sup>3</sup> /分×48m×5.5W×2 台 |
|        | ・操作盤      | 2 面 (屋外型)                          |
|        | ・外構       | 2 箇所 (フェンス及びゲート)                   |
| ② 送水施設 | ・送水管      | DCIP φ 100mm×0.4km                 |
|        | ・流量計      | 1 基                                |
| ③ 浄水施設 | ・塩素溶解注入設備 | 2 台 (注入ポンプ、貯槽／攪拌機付)                |
| ④ 配水施設 | ・高架水槽     | 180m <sup>3</sup> ×1 基             |
|        | ・配水管      | PVC φ 150mm～75mm×11.3km            |
|        | ・公共水栓     | 6 箇所 (2 栓タイプ)                      |
| ⑤ 建屋   | ・管理棟 1 棟  | (6.3m×7.1m)                        |
|        | ・事務所棟     | 1 棟 (9.7m×13.2m)                   |

サンテ地区

- |        |           |                                      |
|--------|-----------|--------------------------------------|
| ① 取水施設 | ・取水ポンプ    | 0.120m <sup>3</sup> /分×66m×4.0KW×3 台 |
|        |           | 0.054m <sup>3</sup> /分×92m×1.5KW×1 台 |
|        |           | 0.046m <sup>3</sup> /分×87m×1.1KW×1 台 |
|        |           | 0.036m <sup>3</sup> /分×83m×1.1KW×1 台 |
|        | ・操作盤      | 6 面 (屋外型)                            |
|        | ・外構       | 6 箇所 (フェンス及びゲート)                     |
| ② 送水施設 | ・送水管      | DCIP φ 150mm～75mm×2.5km              |
|        | ・流量計      | 1 基                                  |
| ③ 浄水施設 | ・塩素溶解注入設備 | 2 台 (注入ポンプ、貯槽／攪拌機付)                  |
| ④ 配水施設 | ・配水池      | 240m <sup>3</sup> ×1 基               |
|        | ・配水管      | PVC φ 150mm～75mm×16.1m               |
|        | ・公共水栓     | 8 箇所 (2 栓タイプ)                        |
| ⑤ 建屋   | ・管理棟      | 1 棟 (6.3m×7.1m)                      |
|        | ・事務所棟     | 1 棟 (9.7m×13.2m)                     |

### 【人材】

- ・コンサルタント会社 (本邦法人)
- ・施工会社 (本邦法人及び現地サブコントラクター)

<「マ」国側>

### 【施設建設】



- ・給水施設（井戸、管理棟、事務所棟）への電力引き込み工事

#### 【人材】

- ・中部地域水公社（CRWB）カウンターパート

#### 【ローカルコスト】

- ・中部地域水公社（CRWB）のプロジェクト運営管理費用
- ・ムカンダ及びサンテ地区給水施設の運転・維持管理に必要な当面の運営資金
- ・工食用輸入資機材の免税措置に関する費用

### 2) 活動

#### 【給水施設の工事】

- ・給水施設の施工を行う。
- ・給水施設への電力引き込み工事を行う。

#### 【運営管理体制の整備】

- ・CRWB が職員をムカンダ及びサンテ給水施設に派遣する。
- ・上記要員に対する施設の運転・維持管理、運営管理に係る教育訓練を行う。
- ・対象地域の住民啓発活動を行い、水道事業の導入に対する合意形成を行う。

### 3) 成果

- ・ムカンダ及びサンテ地区に給水施設が整備される。
- ・上記給水施設の適切な運営・維持管理が行われる。
- ・致傷地域住民の水道事業導入の合意形成がなされる。

#### 3-1-3 ムチンジ井戸修繕計画

本サブ・プロジェクトでは、ムチンジ県の深井戸に対し、井戸の故障原因の把握に基づいた適切な井戸の修繕および建設、また井戸修繕機材の調達を行い、あわせて井戸を運営・維持管理する利用者組織への啓発活動を行うことにより、井戸の不稼働率を低減させて実質的に安全な給水施設へのアクセス人口が増加し、利用者住民の運営・維持管理能力が強化されることが期待される。

本サブ・プロジェクトで計画されている必要な投入及び活動、プロジェクト目標を達成するために期待される成果は以下のとおりである。

#### 1) 投入

<日本側>

#### 【施設建設】

我が国が 1992~1994 年度の無償資金協力で建設した 300 本の深井戸を対象とする<sup>1</sup>

修繕工事（孔底土砂の浚渫と主要なポンプ部品の更新）： 井戸 280 本

<sup>1</sup> マーケットセンター給水計画と重複する井戸（2本）、井戸周辺の地下水が汚染されている井戸（2本）、住民により放棄され、代替井戸が既に建設されている井戸（1本）を除外する。

代替井戸建設工事（修繕できない井戸を対象）： 井戸 15 本<sup>2</sup>  
追加井戸建設工事（上記井戸の利用人口が過大な村落）： 井戸 39 本

#### 【機材調達】

井戸修繕機材の調達： 1 式

内訳：クレーン付きトラック／エアコンプレッサー／発電機／電動ウィンチ／水中モーターポンプ（標準付属品付き）／デベロップメント用工具（バイラー及びエアリフト用）／携帯用水質試験器／支援車両（ピックアップトラック シングルキャビン）／揚水試験用工具

#### 【人材】

- ・コンサルタント会社（本邦法人）
- ・施工会社（本邦法人及び現地サブコントラクター）

< 「マ」国側 >

#### 【施設建設】

- ・代替井戸及び追加井戸の用地確保

#### 【人材】

- ・農業・灌漑・水開発省 水資源局・水供給局（カウンターパート）
- ・同省 地域水開発事務所（中部州）
- ・ムチンジ県 県調整チーム（水・衛生セクター）

#### 【ローカルコスト】

- ・農業・灌漑・水開発省のプロジェクト運営管理費用
- ・井戸の運営・維持管理のための利用者住民啓発活動（CBM プログラム）費
- ・調達機材の初期運転指導（OJT）に動員される職員の人件費
- ・工食用輸入資機材の免税措置に関する費用

## 2) 活動

#### 【給水施設の工事】

- ・深井戸の修繕・建設工事を行う。
- ・井戸建設用地の確保

#### 【運営管理体制の強化】

- ・給水点委員会（Water Point Committee）の設立と維持管理能力強化を行う。
- ・上記活動の普及員を養成する。

## 3) 成果

- ・対象井戸の修繕・建設により村落給水施設が整備され、安全な水の給水人口が増加する。
- ・機材による井戸修繕能力が強化される。
- ・対象井戸について住民による運営・維持管理能力が向上する。

---

<sup>2</sup> 内 4 本については、詳細設計調査で修繕工事を試行する。修繕に成功した井戸は、代替井戸建設計画の対象外とする。

## 3-2 協力対象事業の概略設計(マーケットセンター給水計画)

### 3-2-1 設計方針

#### (1) 基本方針

マーケットセンター給水計画では、ムチンジ県ムカンダ地区及びカスング県サンテ地区を対象地域とし、同地区の住民の安全な水へのアクセスを改善する。

本プロジェクトの「マ」国側主管官庁は、農業・灌漑・水開発省 (MoAIWD) である。一方、マーケットセンター給水計画で建設される給水施設の運営・維持管理は、中部地域水公社 (CRWB) が同公社の職員を各施設に派遣して行う。

マーケットセンター給水施設の概略設計に係る基本方針は以下のとおり。

- ① ムカンダ地区は「マ」国側の要請では、リウェレジ川から取水して、急速ろ過施設を備える浄水場によって水処理を行う計画であったが、試掘調査の結果、水量・水質の両面で良好な地下水源が開発できることが判ったため、同地区は深井戸を水源とする給水施設の整備を行う。
- ② サンテ地区は、深井戸の試掘調査の結果、建設した 6 本の深井戸の能力で計画目標年次までの給水量を賄うことができるが、取水ポンプの故障や点検でポンプの運転を休止する場合に代替する予備水源を備えた施設とすることはできない。この対応として給水区域を縮小し、水源能力に余裕を持たせる案も考えられるが、本プロジェクトでは「マ」国側の要望を受け入れて、現地調査で確認された深井戸の最大能力で給水する施設を整備する。
- ③ ナミテテ/チレカ地区は、河川流量データおよび井戸試掘調査の結果、表流水 (河川水)、地下水とも対象地域の需要量を賄う新規の水源開発が困難であると判断されることから、同地区は本プロジェクトの対象地域から除外する。(各地区の水源の評価は、資料 7-1 参照)
- ④ 本プロジェクトでは上記の方針に基づき、深井戸から取水した原水 (地下水) を塩素消毒し、高架水槽あるいは配水池に一旦貯水した後、公共水栓を経由して住民に給水する給水施設を建設する。

無償資金協力による協力対象事業では、上記の給水施設の工事を行う。一方、建設される給水施設の運営・維持管理に必要な体制の整備 (要員の派遣及び教育訓練)、各戸給水栓の接続工事は「マ」国側の責任及び費用負担によって行われるものとする。

給水施設の施工は、本邦施工業者の管理の下に現地企業を活用して行うものとし、限られた投入で最大限の効果が得られる実施体制とする。施工監理は本邦コンサルタントが実施し、施工に係る品質管理及び工程管理等を行う。

## (2) 自然環境条件に対する方針

### 1) 気象条件

「マ」国の気候は熱帯サバンナに属し、12月～3月の雨期とその他の乾期に大別される。対象地域は、同国中部の高原平地（標高1,050m～1,300m）に位置し、年間約900mmの降雨がある。年間降雨量の約94%は雨期の4ヶ月間に集中する。

このため、雨期にはトレンチ掘削を伴う配管工事、その他の工事についても作業効率が落ちる。本プロジェクトの工事工程等の検討にあたっては、降雨等による作業休止日数を見込んで適切な工程とする。当該地域には雨期に大型車輛の通行が困難となる未舗装道路があるが、ムカンダ及びサンテの両地区は舗装された幹線道路で結ばれており、雨期でも資機材の輸送には支障はないものと判断する。

### 2) 地質条件

ボーリング調査の結果、ムカンダ地区の高架水槽及びサンテ地区の配水池の建設予定地点は、地表下2m程度までN値18以上の地層が確認されている。十分な地耐力を有していると判断されるため、計画施設の基礎形式は直接基礎を採用する。配管ルートは固結度の高いラテライト層がある箇所が一部あるため、トレンチ掘削のための岩掘削（延長の約1割程度）を行うものとし、適切な施工機械の選定を行うとともに工事費の積算に反映させる。

### 3) 水理地質・水質条件

深井戸の試掘調査の結果、ムカンダ地区は、毎秒8.0リットルの揚水能力を有する井戸2本と、毎秒3.5リットルの井戸1本が建設され、計画給水量を十分に賄える水量を確保できることが確認された。一方、サンテ地区はムカンダ地区に比べて井戸の能力が低く、毎秒2.0リットルの井戸3本と、毎秒0.90、0.76及び0.60リットルの井戸各1本を建設した。これら井戸の揚水能力の合計は、毎秒8.26リットル（＝714m<sup>3</sup>/日）で、同地区の計画給水量を賄うことができるが、水源能力に余裕を取ることにはできない。水質的には両地区の井戸とも水道用水源として問題はなく、塩素による消毒処理のみで給水可能である。

## (3) 社会経済条件に対する方針

### 1) インフラ状況

対象地域のサンテ地区は舗装された幹線道路沿いに位置している。ムカンダ地区についても2011年末までに幹線道路の舗装工事が完了する予定であり、両地区とも首都リロングウェからのアクセスに問題はない。一方、これらの地区の市街地道路及びその周辺地域の道路は舗装されておらず、本プロジェクトの工事に当っては、四輪駆動車による移動が必要である。現在、ムカンダ地区は給電されていないが、電力会社（ESCO）が工事を進めており、2011年末までには電力が供給される予定である。従って、ムカンダ及びサンテの両地区に建設する給水施設は公共の電力網から受電す

る計画とする。

## 2) 社会・経済状況

「マ」国では一般に住居の居住環境を 1) 伝統的な居住地域、2) 高密度の居住地域、3) 中密度の居住地域、4) 低密度の居住地域、の 4 つに分類している。低密度は、住居間の距離が十分に保たれ、生垣や柵で囲まれた住居で、敷地が広く富裕な家庭である。他方、伝統的な居住地域は土間と簡素な壁、屋根からなる。高密度の居住地域は同じく簡素ではあるが、床がコンクリートなどで固められている住居を指す。中密度の居住地域は両者の中間に位置する居住形態である。現在、対象地域のムカンダ及びサンテ地区では、高密度あるいは伝統的な居住環境の住居が約 80%を占めている。

ムカンダ及びサンテの両マーケットセンターは、当該地域の経済活動の中心地であり、自ら商業を営む自営業者や商業関連の就労者が約 75%を占める。農業を生業とする住民は約 22%に過ぎず、その多くはメイズやタバコの生産者である。現地調査時に実施した社会条件調査によると、ムカンダ及びサンテ地区の年間の家計収入の平均は各々、MK146, 152、MK167, 248 であった。

## 3) 給水・衛生状況

現在、ムカンダ及びサンテ地区には各々、6 本、11 本のハンドポンプ付深井戸がある。比較的衛生的と考えられるこれらハンドポンプ付深井戸の利用人口は、ムカンダ地区 1,700 人 (34%)、サンテ地区 3,500 人 (61%) と推定される。その他の住民は、不衛生な伝統的浅井戸や小川、ため池等の水を給水源として利用している。

対象地域の主要な水因性疾病は、下痢、赤痢、コレラである。ムカンダ・ヘルスセンターの資料によると 2008 年～2010 年の 3 ヶ年に赤痢 485 件、コレラ 15 件が報告されている（下痢はデータなし）。一方、同期間のサンテ・ヘルスセンターの資料によると、下痢 1,252 件、赤痢 48 件、コレラ 0 件が報告されている。このように当該地域は、水因性疾病が多発しており、本プロジェクトの実施により給水・衛生環境の早期の改善が望まれる。

## 4) 給水形態と料金支払い意思

現地調査時に実施した社会条件調査の結果、ムカンダ及びサンテ地区の住民が希望する給水形態は、公共水栓が 22%、各戸給水栓の内、屋外給水栓 (Yard tap) が 48%、屋内給水栓 (Full plumbing) が 30%であり、各戸給水栓の接続希望者が約 8 割に達している。一方、料金の支払いについては、水道料金の「支払い意思あり」が 89%、「支払い意思なし」が 5%、「分からない」が 6%であり、高い支払意思を示している。

各戸給水栓の接続を希望するとした上記の回答者に対して、現状の水利用水量を基に想定される水道料金を試算し、その料金を示した上で水道料金の支払いについて質問を行った。その結果、「支払い可能」が 78%、「支払い不能」が 9%、「分からない」が 13%であり、上記の支払い意思に対する回答よりも支払い可能とする回答者の率は下がるが、それでも約 8 割が支払い可能としている。

このことから、本プロジェクトの実施に関して住民との水道料金支払いに係る合意形成は可能であると判断する。

#### (4) 建設事情／調達事情に対する方針

##### 1) 関連法規、基準・規格

「マ」国では、給水施設の建設に係る基準の整備や設計の標準化が進んでおり、取水井、配水池、配水管、建屋等については標準的な設計がある。本プロジェクトの給水施設の概略設計に当っては、「マ」国の設計基準により標準化されているものについてはそれらを踏襲した設計とする。一方、設計基準が明確でないものについては、我が国の設計基準である「水道施設設計指針・解説」（日本水道協会、2000年）、「水道事業実務必携」（全国簡易水道協会、平成22年度版）等の関連する設計基準に準拠した設計を行う。本プロジェクトで使用資機材の仕様については、JIS（日本工業規格）及びISO（国際標準化機構規格）に合致したものを選定する。

##### 2) 現地業者の水準

「マ」国では、ドナー国や国際機関等の協力で実施中あるいは過去に実施された給水施設の工事に係る経験を有する多くの建設業者がある。このため、同国では特殊な工事を除く一般土木工事の範囲であれば、技術的にも信頼できる業者の調達が可能である。

##### 3) 労働力の水準

「マ」国では、経験を積んだ現地業者のエンジニアや専門的な技術を有する作業員（大工、左官、鉄筋工、配管工等）を確保することは比較的容易である。しかし、単独では我が国の無償資金協力の工事で要求される技術水準を満足することは難しい。このため、本プロジェクトの実施に当っては、日本人技術者や必要に応じて各工種の日本人技能工を派遣して現地労働者の指導を行う。また、事業費の積算では、労働力の水準を勘案して歩掛の割増し等の調整を行う。

##### 4) 現地資材の質・調達の難易度

「マ」国では、国内のマーケットでセメント、コンクリート用骨材、鉄筋、型枠材等の土木資材、配管材料が調達可能である。また、深井戸用の水中モーターポンプや鋼製パネル式の配水池等の資材についても「マ」国内の代理店を通じて調達可能である。本プロジェクトの実施に当っては、我が国あるいは「マ」国で必要な資材を調達できることから、第三国からの調達は不要である。

#### (5) 現地業者の活用に係る方針

「マ」国の現地業者は、上記のように給水施設の建設に係る経験を有し、ある程度の技術水準に達しているものと判断するが、品質管理や工程管理の面で我が国の無償資金協力で要求する水準に達していない。本プロジェクトでは、限られた投入で最大限の効果をを得るため、現地業者を活用する方針とするが、本邦施工業者の管理・指導の下にサブコントラクターとして工事に参加させ、施

工に係る適切な品質と工程が担保される実施体制とする。

## (6) 運営・維持管理に対する対応方針

本プロジェクトで建設される給水施設の運営・維持管理は、中部地域水公社（CRWB）が行う。同公社は、「マ」国中部の主要地方都市及びマーケットセンターの給水を担当している。組織的には、農業・灌漑・水開発省（MoAIWD）の管轄下にあり、CRWBの総裁は同省によって任命されるが、他の職員については独自に採用することが可能であり、独立採算を基本とする独立性の高い組織である。

CRWBはムチンジやデッサ等、人口規模の比較的大きい県庁所在地で、急速ろ過の浄水施設を備える給水施設の運転・維持管理や水道料金の徴収などの業務を実施しており、水道事業の技術面・運営面での経験とノウハウを持っている。本プロジェクトで建設されるムカンダ及びサンテ地区の給水施設は、同公社が専門性を有する職員を各地区に派遣して運営・維持管理を行うことになる。本プロジェクトの給水施設は地下水を水源とし、塩素消毒のみで給水する簡易な施設であることから、CRWBに対して、協力対象事業の中でソフトコンポーネントによる給水施設の運転・維持管理に係る指導を実施する必要はないと判断する。

本プロジェクトで建設される井戸ポンプあるいは塩素消毒設備の操作方法は、竣工時に請負業者の技術者が「マ」国側（ムカンダ及びサンテ地区に派遣されるCRWBの運転要員及び同公社本部のエンジニア）に指導を行うものとし、協力対象事業では特段の技術指導、運用指導は行わないものとする。

## (7) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

本プロジェクトで建設する給水施設は以下の条件に合致したグレードとする。

- ① 対象地域の気象条件下で十分な耐久性を有すること。
- ② 本邦施工業者の指導・管理の下、「マ」国のサブコントラクターが施工可能な工法・仕様で建設可能なこと。
- ③ CRWBから派遣される職員が有する知識やスキルで運転・維持管理ができること。
- ④ 給水の水量・水質及び水圧、給水時間、水の運搬距離等について、住民が給水サービスの利便性を十分に認識でき且つ水道料金の支払い意志が形成できること。
- ⑤ 運転・維持管理の費用が安く且つ住民が支払い可能な料金水準で給水サービスが提供できること。

## (8) 工法／調達方法、工期に係る方針

### 1) 工法・調達方法に係る方針

本プロジェクトの施工では、特殊な工法は採用せず、一般的な建設用機械と人力の併用で工事を行う。セメント、鉄筋等の土木・建築資材及び建設機械の調達は「マ」国内での調達を基本とする。

取水ポンプや配水池／高架水槽（鋼製パネル式）は、同国内の代理店を通じて調達を行う。

## 2) 工期の設定に係る方針

本プロジェクトは、取水施設、配水池／高架水槽、配管等の土木工事と、管理棟、事務所などの建築工事から成る。この内、配管工事は延長が約 30km あり、施工期間に配管材料の調達期間を加えると、本工事のクリティカルパスになると判断される。このため、他の工事の必要工期を含めた工程を勘案しつつ、適切な配管工事のチーム編成を計画する。また、作業効率の落ちる雨期などの自然条件等についても留意して本工事の全体工程を策定する。



### 3-2-2 基本計画

#### 3-2-2-1 全体計画

現地調査の結果、マーケットセンター給水施設の基本計画（給水区域、給水人口、給水量算定に係る諸元、施設配置、施設内容等）及び運営・維持管理体制は、表 3-2-1 に示すとおりである。

表 3-2-1 マーケットセンター給水施設の基本計画

項目	ムカンダ地区	サンテ地区
1. 給水区域	ムチンジ県ムカンダ地区の内、「マ」国政府との協議で合意された範囲。	カスング県サンテ地区の内、「マ」国政府との協議で合意された範囲。
2. 目標年次	2020 年	同左
3. 計画給水人口	7,051 人 ・ 2008 年の人口： 4,666 人 ・ 人口増加率： 年率 3.5%	7,485 人 ・ 2008 年の人口： 5,437 人 ・ 人口増加率： 年率 2.7%
4. 給水原単位	46.2リットル/人/日（家庭用水） ・ 「マ」国基準を採用。居住形態別原単位及び人口割合の加重平均値。	57.1リットル/人/日（家庭用水） ・ 同左
5. 公共用水	家庭用水総量の 25%を見込む。	同左
6. 漏水率	10% ※送配水管はすべて本計画で新設。	同左
7. 負荷率	1.20 ・ 「マ」国の基準を採用。	同左
8. 時間係数	2.40 ・ 「マ」国の基準を採用。	同左
9. 計画給水量	一日平均給水量： 453m <sup>3</sup> /日 一日最大給水量： 544m <sup>3</sup> /日 時間最大給水量： 45.3m <sup>3</sup> /時	一日平均給水量： 593m <sup>3</sup> /日 一日最大給水量： 712m <sup>3</sup> /日 時間最大給水量： 59.3m <sup>3</sup> /時
10. 水源	準備調査で建設された 3 本の井戸の内、能力 8.0リットル/秒（=691m <sup>3</sup> /日）の井戸 2 本を水源として整備する。 2 本の内、1 本は予備井（常用予備）。	準備調査で建設された 6 本の井戸の最大能力 8.26リットル/秒（=714m <sup>3</sup> /日）を水源として整備する。 ※予備井は将来計画として「マ」国側が建設することとする。
11. 浄水方法	水源（地下水）の水質分析の結果、水道用水源として問題なし。 高度さらし粉による消毒処理のみを行う。	同左

項目	ムカンダ地区	サンテ地区
12. 施設配置	取水井： 2 井 高架水槽： 1 基 管理棟： 1 棟 事務所： 1 棟 公共水栓： 6 箇所 配置計画は、図 2.1 参照。	取水井： 6 井 配水池（地上型）： 1 池 管理棟： 1 棟 事務所： 1 棟 公共水栓： 8 箇所 配置計画は、図 2.2 参照。
13. 施設内容	<p><b>【取水井】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>取水ポンプ設備： 2 台</li> <li>操作盤（屋外型）： 2 面</li> <li>外構（フェンス）： 2 箇所</li> </ul> <p><b>【送水施設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>送水管：φ100mm×0.4km</li> <li>流量計： 1 基</li> </ul> <p><b>【浄水設備】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>塩素溶解注入設備： 2 台</li> </ul> <p><b>【配水施設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高架水槽：180m<sup>3</sup>×1 基</li> <li>配水管：φ150～75mm×11.3km</li> <li>公共水栓： 6 箇所</li> </ul> <p><b>【建屋】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>管理棟： 1 棟</li> <li>事務所： 1 棟</li> </ul>	<p><b>【取水井】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>取水ポンプ設備： 6 台</li> <li>操作盤（屋外型）： 6 面</li> <li>外構（フェンス）： 6 箇所</li> </ul> <p><b>【送水施設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>送水管：φ150～75mm×2.5km</li> <li>流量計： 1 基</li> </ul> <p><b>【浄水設備】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>塩素溶解注入設備： 2 台</li> </ul> <p><b>【配水施設】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>配水池： 240m<sup>3</sup>×1 基</li> <li>配水管：φ150～75mm×16.1km</li> <li>公共水栓： 8 箇所</li> </ul> <p><b>【建屋】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>管理棟： 1 棟</li> <li>事務所： 1 棟</li> </ul>
14. 運営・維持管理体制	CRWB（中部地域水公社）が職員を派遣して施設の運転・維持管理、事業の運営を行う。想定される要員は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>マネージャー： 1 人</li> <li>経理： 2 人</li> <li>保守管理： 2 人</li> <li>運転管理： 2 人</li> <li>検針員 3 人</li> </ul>	CRWB（中部地域水公社）が職員を派遣して施設の運転・維持管理、事業の運営を行う。想定される要員は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>マネージャー： 1 人</li> <li>経理： 2 人</li> <li>保守管理： 2 人</li> <li>運転管理： 2 人</li> <li>検針員 3 人</li> </ul>

上記の表の内容に関して、その検討経緯及び調査団と「マ」国側の協議内容等については次項で詳述する。

### 3-2-2-2 基本計画

#### (1) 給水区域の設定

本プロジェクトの対象地域は、ムカンダ及びサンテ地区の2つのマーケットセンターであり、その給水区域は、現地調査時に調査団と「マ」国側で協議を行い、双方で合意した各地区の既存市街地とその周辺地域とする。

#### (2) 目標年次

我が国の無償資金協力事業の場合、計画目標年次を施設の竣工後3年程度に取るのが一般的である。一方、「マ」国側は現在他ドナーの協力で進行中の「国家水開発プログラム」(National Water Development Programme : NWDP II) で建設される給水施設の設計目標年次との整合性を考慮して目標年次を2025年にしたい旨の申し入れがあった。協議の結果、最終的に目標年次を2020年とした。

#### (3) 給水人口

国勢調査の結果(2008年)に基づくムカンダ及びサンテ地区の人口と、人口増加率を基に推定した計画目標年次2020年の給水人口は下表のとおりである。

表3-2-2 マーケットセンターの計画給水人口

地区名	現在人口 (2008年)	人口増加率* (%)	推定人口 (2020年)	備考
ムカンダ	4,666	3.5	7,051	
サンテ	5,437	2.7	7,485	

※ ムカンダはムチンジ県、サンテはカスング県の人口増加率を使用。

#### (4) 給水原単位

給水原単位の内、家庭用水の原単位はCRWBの基準に従って、下表に示す4つの居住地域の形態別の給水原単位を採用する。

表3-2-3 カテゴリー別給水原単位(家庭用水)

地域区分	給水栓の種類	給水原単位 (リットル/人/日)	1栓当り給水 人数(人)
伝統的な居住地域 (Traditional Housing Area)	公共水栓 (Communal Tap)	36	200
高密度の居住地域 (High Density Housing Area)	ヤードタップ (Yard Tap)	50	20
中密度の居住地域 (Medium Density Housing Area)	各戸給水栓 (Full Plumbing)	80	6
低密度の居住地域 (Low Density Housing Area)	各戸給水栓 (Full Plumbing)	125	6

また、ムカンダ及びサンテ地区に関する既往の給水計画調査では、給水原単位の算定に当って、居住形態別の人口割合として下表の値を採用している。本プロジェクトでもこれらの値を踏襲した計画とする。

表 3-2-4 既存調査で使用している居住形態別人口割合

地域区分	ムカンダ <sup>※1</sup>	サンテ <sup>※2</sup>
伝統的な居住地域 (Traditional Housing Area)	68%	30%
高密度の居住地域 (High Density Housing Area)	16%	43%
中密度の居住地域 (Medium Density Housing Area)	14%	20%
低密度の居住地域 (Low Density Housing Area)	2%	7%
合計	100%	100%

出典： ※1：Detailed Design for New Urban and Rural Gravity Fed Water Schemes Report

※2：16 New Water Supply Schemes Feasibility Study Report

## (5) 公共用水

「マ」国の基準では、計画給水量を算定するに当たって、上記(4)で述べた家庭用水の他に、学校、病院、ホテル、政府施設、事務所、商業施設、工場等で使用される用水を「公共用水」として分類し、家庭用水との比率で同用水量を算定する手法と採用している。この比率は各都市の特性によって異なり、基準としての値はないが、既存の調査報告書では20～30%程度の値が採用されている。本プロジェクトでは公共用水として家庭用水の25%を見込むものとする。

## (6) 漏水率

給水システムからの漏水量は、配水管の老朽化の度合いや給水圧の大小等によって変動する。「マ」国のカスング県カスング地区の既存調査 (Design of Rehabilitation and Expansion Works for Kasungu Water Supply Scheme, 2009年) によれば、同地区の漏水率は31.1%と推定されている。このように高い漏水率は、同地区の配水管が1950～70年代に布設された老朽管であるためだと考えられる。同地区の配水管は、2025年までに順次更新され、漏水率を18%まで低減する計画である。

本プロジェクトの対象地域であるムカンダ及びサンテ地区には既存の給水施設はなく、本プロジェクトで管路を含めて全ての施設が新設される。このため、計画の給水施設からの漏水はほとんどないものと判断される。しかし、本プロジェクトでは、経年変化による漏水の発生を見込んで漏水率として10%を採用する。

## (7) 負荷率と時間係数

上記(4)で述べた家庭用水の給水原単位は年間の平均値である。年間の需要水量は気温の変化等により変動し、乾期の気温の高い時期に需要のピークを迎える。給水施設の設計に当っては、この年間の変動率(負荷率)を考慮した「一日最大給水量」を給水できる施設として設計する必要がある。

また、配水管の規模(口径)の決定に当っては、朝夕の配水量のピーク時に所要の水圧が確保できるように、一日の内の変動率(時間係数)を定め、「時間最大給水量」を配水できる施設とする必要がある。「マ」国の基準及び進行中の他ドナーの計画では、負荷率を1.2、時間係数を2.4として計画されていることから、本プロジェクトでも同値を採用する。

## (8) 計画給水量

上記(3)～(7)で検討した給水量の算定に係る各諸元を用いて本プロジェクトの対象であるムカンダ及びサンテ地区の目標年次2020年の計画給水量を算定すると下表のようになる。

表3-2-5 本プロジェクトの計画給水量

	ムカンダ	サンテ	備考
1. 人口 (人)	7,051	7,485	2020年
2. 給水原単位 (lcd)	46.2	57.1	家庭用水*
3. 家庭用水量 (m <sup>3</sup> /日)	326	427	1×2÷1000
4. 公共用水量 (m <sup>3</sup> /日)	82	107	3×25%
5. 需要水量合計 (m <sup>3</sup> /日)	408	534	3+4
6. 一日平均給水量 (m <sup>3</sup> /日)	453	593	5÷(1-0.10)
7. 一日最大給水量 (m <sup>3</sup> /日)	544	712	6×1.2
8. 時間最大給水量 (m <sup>3</sup> /時)	45.3	59.3	6×2.4÷24

※：平均給水原単位(家庭用水)

$$\text{ムカンダ： } 36 \times 68\% + 50 \times 16\% + 80 \times 14\% + 125 \times 2\% = 46.2 \text{ lcd}$$

$$\text{サンテ： } 36 \times 30\% + 50 \times 43\% + 80 \times 20\% + 125 \times 7\% = 57.1 \text{ lcd}$$

上記(4)のカテゴリー別給水原単位及び人口割合に基づいて算定。

## (9) 水源

現地調査時にムカンダ地区で3本、サンテ地区で6本の深井戸の試掘調査を実施した。これらの井戸の揚水試験の解析結果から、各地区で建設した取水井の揚水量を下表のとおり評価した。

表 3-2-6 ムカンダ地区の取水井の揚水量

井戸 No.	取水井揚水量		地盤高 (m)
	リットル/秒	m <sup>3</sup> /日	
MK-1	3.5	302	1096.40
MK-2	8.0	691	1095.55
MK-3	8.0	691	1095.25
合計	19.5	1,684	

表 3-2-7 サンテ地区の取水井の揚水量

井戸 No.	取水井揚水量		地盤高 (m)
	リットル/秒	m <sup>3</sup> /日	
ST-1	2.0	173	1091.77
ST-2	2.0	173	1089.14
ST-3	2.0	173	1088.51
ST-4	0.90	78	1087.63
ST-5	0.76	65	1082.48
ST-6	0.60	52	1084.84
合計	8.26	714	

ムカンダ地区は、取水井 3 本の内、2 本が同地区の目標年次 2020 年の一日最大給水量 544m<sup>3</sup>/日を 1 井で賄うことができるため、これら 2 井（内、1 本は予備井）を本プロジェクトの取水井として整備する。

一方、サンテ地区は、試掘した 6 本の能力の合計が 714m<sup>3</sup>/日であり、予備井を考慮しなければ、目標年次 2020 年の一日最大給水量 712m<sup>3</sup>/日を賄うことができる。本プロジェクトでは、上記の 6 井を取水井として整備し、同地区の 2020 年の計画給水量を給水する給水施設の建設を行うものとする。予備井については「マ」国側が適切な時期に建設するものとする。

#### (10) 浄水方法

上記の取水井の水質分析の結果、ムカンダ及びサンテ地区の両地区とも水道用水源として問題ないことが確認されている。従って、本プロジェクトでは水処理として塩素（高度さらし粉）による消毒のみを行うものとする。

#### (11) 給水方法

本プロジェクトでは、公共水栓及び各戸給水栓による給水を行う。公共水栓については、現地調査時に「マ」国側と合意したムカンダ地区 6 箇所、サンテ地区 8 箇所の計 14 箇所の公共水栓（2 栓タイプ）を協力対象事業で建設する。一方、各戸給水栓は「マ」国側の負担により接続されるものとする。

#### (12) 施設配置

## 1) 取水施設

本プロジェクトの取水施設は、現地調査時に試掘した深井戸を取水井として整備する。ムカンダ地区は試掘井3本の内、2本（MK-2及びMK-3）を、サンテ地区は試掘井6本の地点の用地収用を実施し、施設の建設を行う。

## 2) 高架水槽／配水池

ムカンダ地区の給水区域は起伏の少ない全体的に平坦な地形であるため、配水に当っては、高架水槽を建設して所要の給水圧を確保するものとする。当該地区の測量調査の結果に基づいて地区全体の地形及び標高を勘案すると、井戸の試掘を行ったMK-1地点に高架水槽を設けるのが適切であると判断される。一方、サンテ地区は取水井の建設地点近傍に丘陵地があるため、同丘陵部に配水池（地上型）を設置する。

## 3) 公共水栓

現地調査時に「マ」国側及び地元住民と合意したムカンダ地区6箇所、サンテ地区8箇所の計14箇所に公共水栓を建設する。

## 4) 送水管

ムカンダ地区は取水井として整備する試掘井MK-2及びMK-3から高架水槽まで送水管を布設する。サンテ地区は試掘井6本から配水池まで送水管を布設する。これらの送水管は、現道下あるいは畑の下に布設可能であり、工事に当って住民移転等の問題はない。

## 5) 配水管

ムカンダ及びサンテ地区は両地区とも市街地の中を幹線道路が通過し、地区を分断する形となるため、幹線道路の区間は道路の両側に配水管を布設する。市街地の人口密度の高い箇所については、適切な間隔で配水管を布設し、管網を構成するように配置する配水管は現道下あるいは道路用地内に布設するため住民移転等の問題はない。ムカンダ及びサンテの両地区とも配管のためのトレンチ掘削時に布設延長の約1割程度の区間で岩掘削（固結したラテライトで軟岩程度）が必要となる。

## 6) 管理棟及び事務所棟

管理棟は、井戸の取水ポンプの操作盤及び消毒のための塩素溶解注入設備を設置するための小屋である。本プロジェクトでは取水井が複数箇所になるため、取水ポンプの操作は各井戸に屋外型の操作盤を設置し、ポンプの操作を管理棟に集約しないものとする。一方、塩素の注入操作は複数の井戸の原水が集まる高架水槽あるいは配水池の地点で行うのが合理的であるため、管理棟は高架水槽あるいは配水池と同じ地点に建設する。事務所棟は、水道料金の支払いのための料金所も兼ねているため、市街地の中心部で「マ」国側と合意した地点に建設する。

上記の検討結果に基づくムカンダ地区及びサンテ地区の給水施設（取水施設、高架水槽、配管等）の全体配置計画を各々、図3-2-1及び図3-2-2に示す。

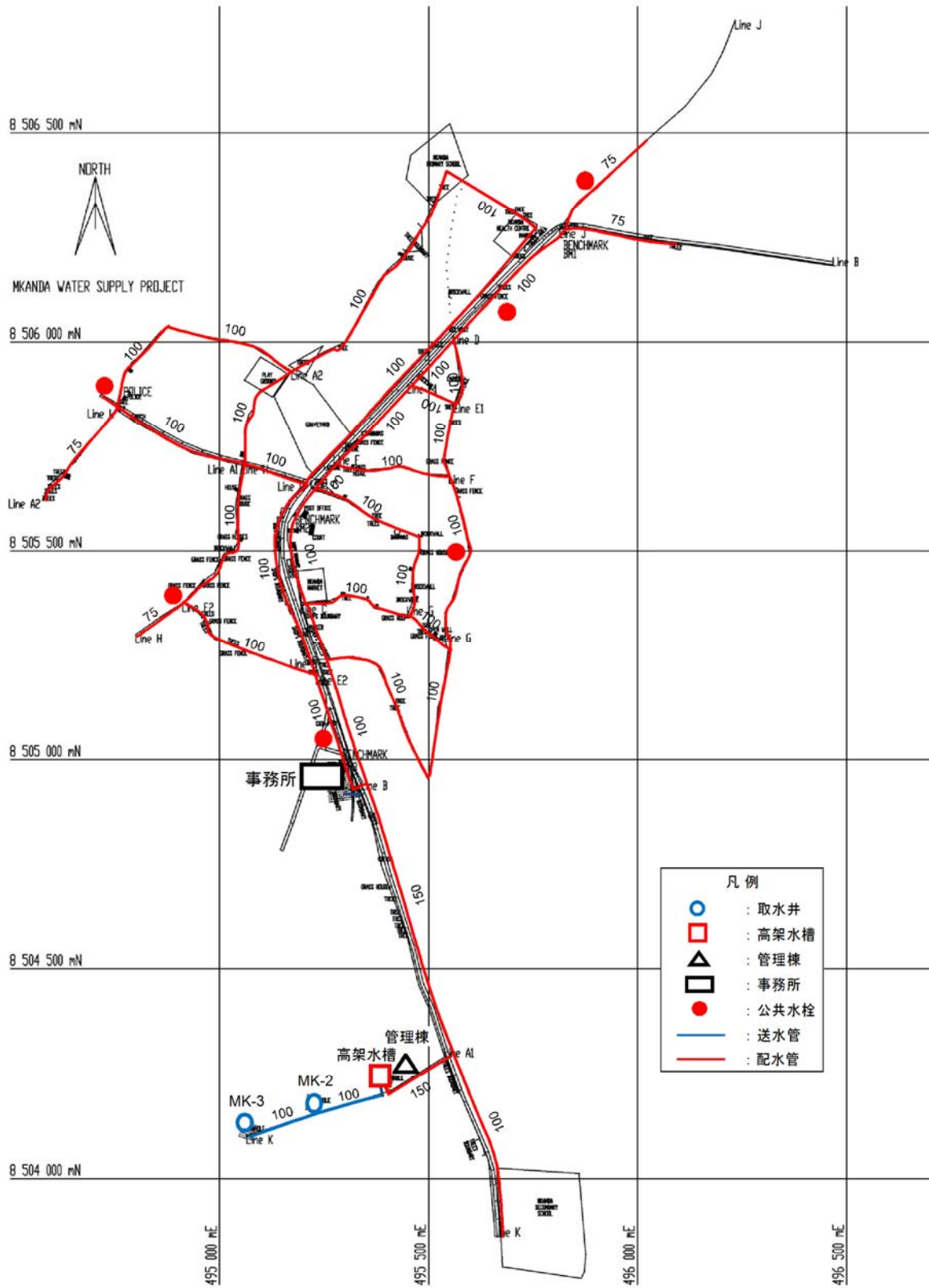


図 3-2-1 ムカンダ地区の給水施設全体配置計画



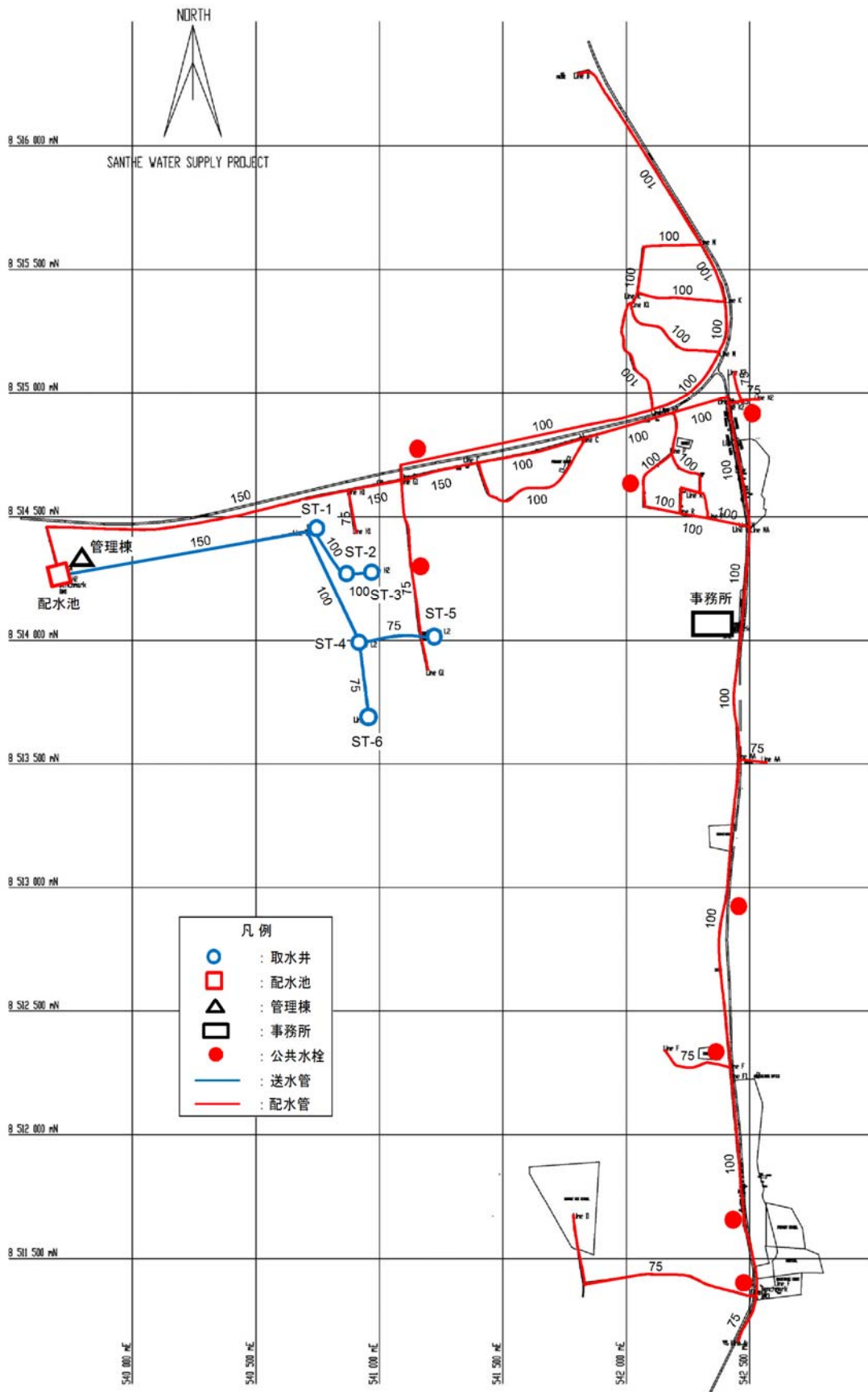


図3-2-2 サンテ地区の給水施設全体配置計画

### 3-2-2-3 施設計画

前項で述べた本プロジェクトの基本計画及び現地調査（測量調査、地盤・地質調査等）で得られたデータ・情報に基づいて給水施設の設計を行う。本プロジェクトで建設する計画施設の設計条件及び施設規模は以下のとおりである。

#### (1) 取水施設

##### 1) 取水ポンプ

取水井から高架水槽あるいは配水池に揚水する。取水ポンプ（深井戸用水中モーターポンプ）の設計条件、施設規模は以下のとおり。

###### <設計条件>

- ・ 標高 各取水井の乾期の動水位と高架水槽あるいは配水池のHWLの標高差を実揚程とする。
- ・ 距離 管路の測量結果に基づいて送水管延長を算定する。  
井戸内の配管延長は動水位－10mにポンプを設置するものとして算定する。  
取水場内の配管延長は井戸と送水管の位置を基に適切に定める。
- ・ 流速係数 ダクタイル鋳鉄管及び鋼管の流速係数は $C=110$ とする。
- ・ 管径 送水管の管径は、水理計算に基づいて適切な管径を定める。  
井戸の揚水管及び場内配管は、ポンプの呼び径とする。
- ・ 計画取水量 ムカンダ地区のMK-2及びMK-3は各々、 $0.38\text{m}^3/\text{分}$ ( $=544\text{m}^3/\text{日}$ )とする。  
サンテ地区は表2-1-7に基づき、各取水井の最大能力とする。
- ・ 全揚程 実揚程に送水管及び井戸内・取水場内の損失水頭を加算して算定する。  
詳細は巻末の水理計算書参照

###### <施設規模>

- ・ 取水ポンプ ムカンダ地区  
 $0.38\text{m}^3/\text{分} \times 48\text{m} \times 5.5\text{KW} \times 2$  台（深井戸用水中モーターポンプ）  
サンテ地区  
 $0.120\text{m}^3/\text{分} \times 66\text{m} \times 4.0\text{KW} \times 3$  台（深井戸用水中モーターポンプ）  
 $0.054\text{m}^3/\text{分} \times 92\text{m} \times 1.5\text{KW} \times 1$  台（同上）  
 $0.046\text{m}^3/\text{分} \times 87\text{m} \times 1.1\text{KW} \times 1$  台（同上）  
 $0.036\text{m}^3/\text{分} \times 83\text{m} \times 1.1\text{KW} \times 1$  台（同上）
- ・ 付属品 空気弁、仕切り弁、逆止弁、圧力計
- ・ 操作盤 ムカンダ地区：2面（屋外型）  
サンテ地区：6面（同上）

## (2) 送水施設

### 1) 送水管

取水井から高架水槽あるいは配水池へ送水する送水管を布設する。

#### <設計条件>

- ・管種                      ポンプによる圧送管であるためダクタイル鋳鉄管(DCIP管)を使用する。
- ・流速係数                ダクタイル鋳鉄管の流速係数はC=110とする。
- ・管径                      水理計算に基づいて適切な管径を定める。複数の井戸を同時に運転するサンテ地区については、運転するポンプの台数が変化してもポンプの揚程(揚水量)が大きく変化しないように配慮する。
- ・埋設深度                重量車輛が通行する幹線道路とその他の市街地道路の配管の埋設深(土被り)は各々、1.20mと1.00mとする。

#### <施設規模>

- ・送水管                    ムカンダ地区：φ100mm×0.4km  
                                サンテ地区：φ150mm～75mm×2.5km  
                                詳細は巻末の水理計算書参照

### 2) 流量計

給水量の把握及び消毒のための塩素注入量の目安とするため送水管の高架水槽あるいは配水池の流入管に流量計を設置する

#### <設備規模>

- ・流量計                    ムカンダ地区：1台(φ100mm)  
                                サンテ地区：1台(φ150mm)

## (3) 浄水施設

処理水の消毒を行うため、さらし粉を溶解・注入するための設備を設置する。

#### <設計条件>

- ・処理水量                712m<sup>3</sup>/日 (サンテ地区の一日最大給水量)
- ・注入率                    1～5mg/l
- ・有効塩素濃度            60% (高度さらし粉)
- ・溶解濃度                3%
- ・比重                      1.05
- ・注入量(最大)             $712 \times 5 \times (100/60) \times (100/3) \times (1/1.05) \times (1/24) \div 1,000$   
                                = 7.8リットル/時 (≒10リットル/時)

#### <施設規模>

- ・塩素溶解注入設備      ムカンダ地区サンテ地区に各2セット(1セット予備)

- ・付帯設備 溶解槽：1,000リットル（4日分）、攪拌機（0.2KW）  
注入ポンプ：10リットル/時

#### （４）配水施設

##### １）高架水槽

ムカンダ地区は地区全体が平坦地であるため、地区内に高架水槽を設け、取水井から取水する地下水を一旦貯水した後、自然流下で同地区に配水する。

###### <設計条件>

- ・容量 計画一日最大給水量（544m<sup>3</sup>/日）の8～12時間分。
- ・有効水深 2～3m

###### <施設規模>

- ・高架水槽 180m<sup>3</sup>×1基（=544m<sup>3</sup>×8/24）、有効水深：2.25m、高さ：10m（HWL=1108.80m）、「マ」国の標準設計に基づき、鋼製パネル式水槽とする。  
鋼製パネル（8枚×7枚×2枚、1枚1.2m×1.2m）  
9.6m×8.4m×2.25m=181m<sup>3</sup>>180m<sup>3</sup>

##### ２）配水池

サンテ地区は取水井の近傍の丘陵地に配水池を設け、取水井から取水する地下水を一旦貯水した後、自然流下で同地区に配水する。

###### <設計条件>

- ・容量 計画一日最大給水量（712m<sup>3</sup>/日）の8～12時間分。
- ・有効水深 2～3m

###### <施設規模>

- ・配水池 240m<sup>3</sup>×1基（=712m<sup>3</sup>×8/24）、有効水深：2.32m（HWL=1127.32m）、  
「マ」国の標準設計に基づき、鋼製パネル式水槽とする。  
鋼製パネル（9枚×8枚×2枚、1枚1.2m×1.2m）  
10.8m×9.6m×2.32m=241m<sup>3</sup>>240m<sup>3</sup>

##### ３）配水管

高架水槽あるいは配水池から各給水区域に給水するための配水管を布設する。

###### <設計条件>

- ・管種 埋設部は水道用硬質塩化ビニール管（PVC管）、水路等の横断部で露出配管となる箇所はダクタイル鋳鉄管（DCIP管）を使用する。
- ・流速係数 塩ビ管の流速係数はC=130とする。

- ・ 給水圧 配水システムの末端で最低 5m (0.5kgf/cm<sup>2</sup>) 以上の水圧が得られるよう配慮する。
- ・ 時間係数 「マ」国の基準に準拠して 2.4 を採用する。
- ・ 管径 水理計算に基づいて所定の給水圧が得られるように管径を定める。配水システム内の急激な水圧変動を避け、給水圧の安定を図るため、配管網を構成する配管の口径は最低 100mm とする。
- ・ 埋設深度 重量車輛が通行する幹線道路とその他の市街地道路の配管の埋設深（土被り）は各々、1.20m と 1.00m とする。

< 施設規模 >

- ・ 配水管  
ムカンダ地区： φ 150mm～75mm×11.3km  
サンテ地区： φ 150mm～75mm×16.1km  
管径及び給水圧の詳細は巻末の水理計算書参照

### 3) 公共水栓

住民へ給水するための公共水栓を設置する。

< 設計条件 >

- ・ 設置数 「マ」国側及び地元住民の要請に基づいて設置。
- ・ 給水栓数 2 栓タイプ

< 施設規模 >

- ・ 公共水栓 現地調査で「マ」国側及び地元住民と合意したムカンダ地区 6 箇所、サンテ地区 8 箇所の合計 14 箇所に設置する。  
公共水栓の構造は「マ」国の標準設計を採用する。

### (5) 建屋

塩素溶解注入設備を設置する管理棟と事務所（料金所併設）をムカンダ地区及びサンテ地区に各 1 棟ずつ建設する。所要面積及び設計は「マ」国の標準設計を採用する。

< 施設規模 >

- ・ 管理棟 2 棟（補強レンガ造平屋建 6.3m×7.1m）  
ムカンダ及びサンテ地区に各 1 棟
- ・ 事務所棟 2 棟（補強レンガ造平屋建 9.7m×13.2m、ガードハウス(約 9m<sup>2</sup>)付）、  
同上