

マラウイ共和国  
ブランタイヤ水公社

## マラウイ国

# 都市給水分野に係る情報収集・確認調査 (QCBS)

## 最終報告書 要約

2022年2月

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

八千代エンジニアリング株式会社  
横浜ウォーター株式会社

環境
JR
22-014

マラウイ共和国  
ブランタイヤ水公社

## マラウイ国

# 都市給水分野に係る情報収集・確認調査 (QCBS)

## 最終報告書 要約

2022年2月

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

八千代エンジニアリング株式会社  
横浜ウォーター株式会社

通貨換算率

(2021年12月)

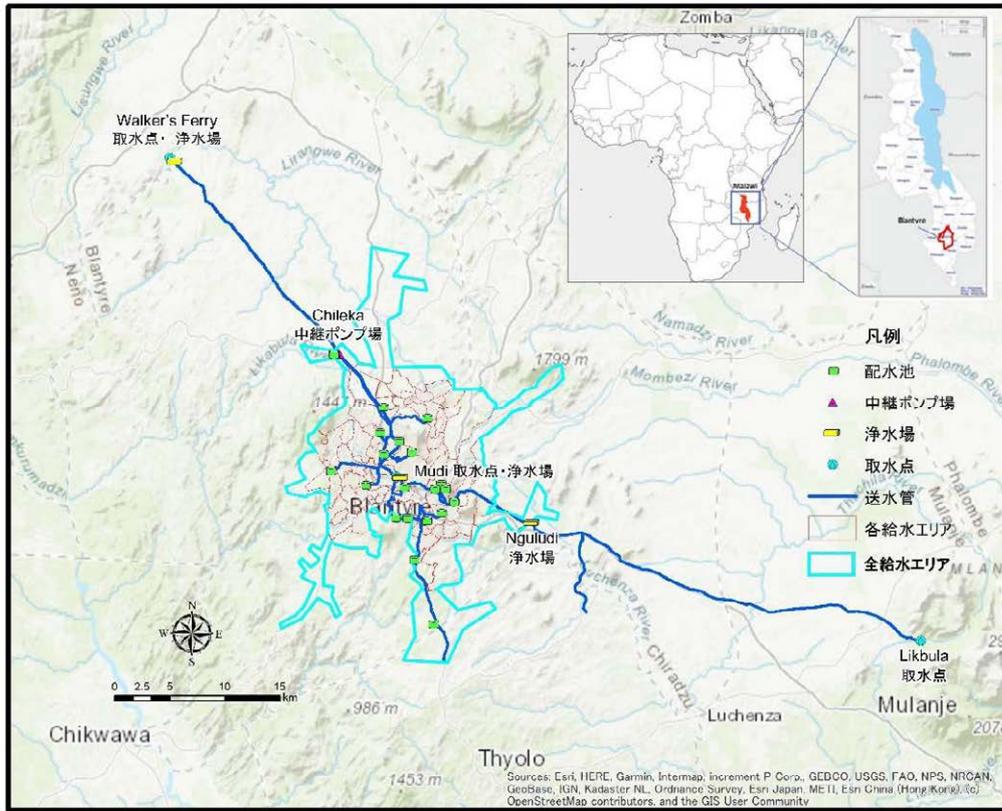
USD 1.00 = JPY 113.603

Malawian Kwacha (MWK) 1.00 = JPY0.14117

USD 1.00 = MWK 804.725

(出典: JICA 公式ホームページ)

# 位置図



# 目次

位置図

目次

略語表

第1章	調査の概要	1
1-1	本調査の背景と目的	1
1-1-1	本調査の背景	1
1-1-2	本調査の目的	2
1-2	本調査の概要と実施方針	2
1-2-1	本調査の概要	2
1-2-2	対象分野と対象地域	3
1-2-3	実施方針	3
1-3	本調査の実施体制とスケジュール	3
第2章	ブランタイヤ市水公社の概況・課題	5
2-1	BWBの経営・事業計画	5
2-2	BWBの組織体制	11
2-2-1	マラウイ国における水道行政の体制	11
2-2-2	組織のキャパシティ・アセスメント	11
2-2-3	組織体制	12
2-2-4	事務分掌	14
2-3	BWBの財務状況	14
2-3-1	損益の状況	15
2-3-2	資産及び負債等の財政状況	15
2-3-3	支払能力	16
2-3-4	水道料金収入及び費用構成の状況	17
2-3-5	長期借入金の状況	19
2-3-6	調査結果に基づく考察	20
2-3-7	現状の財務状況及びその改善に向けた方策に関するBWBの認識	21
2-4	BWBの人員構成・人事制度（人材育成含む）、職員の能力・技術水準	21
2-4-1	人員構成	21
2-4-2	人材育成責任部署、人材育成計画、OJT、Off-JT、研修プログラム	22
2-4-3	マニュアルの有無及び研修の実施状況及び管理体制	23

2-4-4	人員構成・人事制度（人材育成）・職員の能力、技術水準における考察.....	25
2-5	<b>BWB</b> の給水サービスの現状.....	27
2-5-1	浄水量及び使用水量.....	27
2-5-2	ダム水源及び取水量.....	28
2-5-3	配水区域.....	29
2-5-4	給水時間.....	30
2-5-5	顧客サービス.....	32
2-5-6	料金システムの連携.....	32
2-5-7	<b>NRW</b> 対策の実施状況.....	33
2-6	水道施設の現状及び維持管理状況.....	41
2-6-1	ダム水源（ <b>Mudi</b> ダム）.....	41
2-6-2	浄水場.....	46
2-6-3	送配水施設、既存の配管図や管種.....	53
2-6-4	給水装置.....	56
2-6-5	送水管、水圧の解析状況.....	57
2-7	配水池.....	68
2-8	他ドナーの支援状況.....	68
2-9	<b>BWB</b> における <b>COVID-19</b> の影響と対応.....	70
2-10	<b>BWB</b> における域内連携の取り組み.....	70
第3章	<b>ブランタイヤ市への協力方針案</b> .....	71
3-1	水需要予測.....	71
3-1-1	水需要予測.....	71
3-1-2	2030年の水需給バランス.....	77
3-2	電力原単位を下げる取り組み.....	78
3-2-1	主要ポンプ施設の電力原単位の整理（2020年における現況）.....	78
3-2-2	配水池毎に分配される電力費用の算出（2020年における現況）.....	78
3-2-3	2030年の水需要量予測に基づくポンプ運転に必要な電力費用.....	80
3-2-4	太陽光発電における補填（2030年における将来予測）.....	82
3-2-5	<b>Mudi</b> 浄水場の浄水能力を踏まえた電力費用の考察（2030年における将来予測）.....	82
3-3	既存浄水場の機能評価.....	86
3-3-1	<b>Mudi</b> 浄水場の変遷.....	86
3-3-2	<b>Mudi</b> 浄水場の現況能力の試算.....	87
3-3-3	<b>Mudi</b> 浄水場の現状.....	87

3-4	Mudi ダムからの取水可能量の検証 .....	89
3-4-1	検討方針.....	90
3-4-2	タンクモデル法による流域流入量の再現 .....	91
3-4-3	決定定数により再現した流況の特性.....	94
3-4-4	貯水池運用シミュレーションによる取水可能量の算定.....	95
3-4-5	ダムの取水可能量の増大策 .....	103
3-4-6	ダムの取水可能量の最適規模.....	108
3-4-7	最適取水量を踏まえた更新規模の Mudi 浄水場新設予定地.....	110
3-4-8	ダム改良に係る環境社会配慮.....	111
3-5	Mudi ダムの集水域の保全状況・保全計画 .....	114
3-5-1	保全状況.....	114
3-5-2	保全計画.....	116
3-6	BWB の協力ニーズ、課題の整理・分析.....	117
3-6-1	課題の整理と分析 .....	117
3-6-2	協力ニーズ.....	118
3-7	BWB への協力方針案 .....	120
3-7-1	開発の方向性.....	120
3-7-2	協力方針案の絞り込み.....	121
3-7-3	個別事業（案） .....	122
3-7-4	協力案の整理と最適なオプションの提案 .....	126
3-8	協力案の妥当性と効果.....	130
3-8-1	協力案の妥当性評価 .....	130
3-8-2	BWB の財務に与える影響.....	130
3-8-3	住民にとっての事業効果.....	133
3-8-4	開発事業のタイム・フレーム.....	134
第4章	域内連携.....	137
4-1	マラウイ国内における水道事業体連携.....	137
4-1-1	マラウイの水資源政策 .....	137
4-1-2	マラウイ国内における水道事業体連携の現状 .....	138
4-1-3	マラウイ国内における水道事業体連携の方針案 .....	139
4-2	サブサハラ・アフリカ域内における連携方針.....	139
4-2-1	域内連携に資するマラウイの経験.....	139
4-2-2	サブサハラ・アフリカ域内への連携方針案及び留意事項.....	141

## 略語表

略 称	全 表 記	和 訳
AC	Asbestos Cement	アスベスト
AfWA	African Water Association	アフリカ水協会
B/C	Cost Benefit Ratio	コスト便益比
BEA	Blantyre Environmental Affairs	ブランタイヤ環境局
BWB	Blantyre Water Board	ブランタイヤ水公社
CEO	Chief Executive Officer	最高経営責任者または総裁
CI	Cast Iron	鋳鉄
CRWB	Central Region Water Board	中部地域水公社
CS	Carbon Steel	炭素鋼
DEA	Department of Environment Affairs	環境局
DMA	District Metered Areas	配水管理区域
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EMA	Environment Management Act	環境管理法
EPANET	The United States Environmental Protection Agency's Network	管網解析ソフトウェアの固有名詞
ESAWAS	Eastern and Southern Africa Water and Sanitation	南部アフリカ水衛生規制・調整機関協会
EU	European Union	欧州連合
EWASCO	Embu Water and Sanitation Company	ケニア・エンブ上下水道会社
FDH	First Discount House	マラウイにおける商業銀行の固有名詞
GI	Galvanized Iron	亜鉛メッキ
GIS	Geographic Information Systems	地理情報システム
GWOPA	Global Water Operators' Partnerships Alliance	グローバル水道事業者パートナーシップ連携
HDPE	High Density Polyethylene	高密度ポリエチレン
HRD	Human Resource Development	人材育成
IASB	The International Accounting Standards Board	国際会計基準審議会
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IDA	International Development Association	国際開発協会
IFRSs	International Financial Reporting Standards	国際財務報告基準
IMIS	Integrated Management Information System	統合管理情報システム
IWA	International Water Association	国際水協会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	JICA Survey Team	JICA 調査チーム
KPI	Key Performance Indicator	主要業績評価指標
LCD	Liter per Capita per Day	L/人/日（一人一日あたり給水原単位）
LiSCaP	The Project for Strengthening the Capacity of Non-Revenue Water Reduction for Lilongwe Water Board	リロングウェ市無収水対策プロジェクト
LWB	Lilongwe Water Board	リロングウェ水公社
MFNR	Ministry of Forestry and Natural Resources	森林・天然資源省
MWK	Malawian Kwacha	マラウイ・クワチャ（現地通貨）
NBM	National Bank of Malawi	マラウイ国立銀行
NGO	Non-Government Organization	非政府組織
NRW	Non-Revenue Water	無収水
NRWB	Northern Region Water Board	北部地域水公社
O&M	Operation & Maintenance	運転維持管理
PVC	Polyvinyl Chloride Pipe	塩化ビニル

略 称	全 表 記	和 訳
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御とデータ収集
SRWB	Southern Region Water Board	南部地域水公社
ST	Steel Pipe	鋼管
SWOT	Strength, Weakness, Opportunity and Threat	強み・弱み・機会・脅威
TCE	Technical Committee on the Environment	環境技術委員会
TVET	Technical and Vocational Education and Training	職業技術教育・訓練所
UN	United Nation	国際連合
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund	国際連合国際児童緊急基金
USD	U.S. Dollar	米国ドル
VEI	Vitens Evides International	オランダ国際水事業者
VfM	Value for Money	バリュー・フォー・マネー
WASAC	Water and Sanitation Corporatio	ルワンダ上下水道公社
WASAMA	Water Services Association of Malawi	マラウイ水協会
WOP	Water Operation Partnership	水道事業体パートナーシップ
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WTP	Water Treatment Plant	浄水場
YWWB	Yokohama Waterworks Bureau	横浜市水道局

## 第1章 調査の概要

### 1-1 本調査の背景と目的

#### 1-1-1 本調査の背景

マラウイ国の村落部における給水率は約 47% (2000 年) から約 65% (2017 年) に改善している状況にあるが、都市部の給水率は約 85% (2000 年及び 2017 年) と横ばいである (WHO/UNICEF)。また、その改善が望まれる状況であることに加え、年間約 3% (世界銀行、2016 年) と著しく都市部人口が増加しており、今後も給水需要は増大し続けると見込まれる。

このような状況の下、マラウイ国政府は、「マラウイ国家成長・開発戦略 2017-2022 (MGDS III)」の中で、重点分野のうちの一つに気候変動に適応可能な水資源開発とその流域保全及び都市・地方への給水改善を掲げている。また、2021 年に策定された「マラウイ Vision 2063」では、2030 年までに都市部の給水率を 100 % とすることを目指している。さらに、給水やエネルギー分野における低い信頼性が生産原価を引き上げていることも指摘している。

本調査業務の対象地域であるブランタイヤ市は首都リロングウェから南東に約 320 km のところに位置し、周辺地域より標高が約 500~800 m 高い丘陵地域であり、平均標高は約 1,200 m である。また、同市 (都市部のみ) は約 84 万人<sup>1</sup> (2021 年時点) の人口を抱える南部州の州都であり、同国で首都リロングウェに次ぐ二番目に大きな商業・産業圏を有する同国経済の中心都市である。国連の「World Population Prospects 2019」によると、過去 10 年間では同市の人口増加率は 3 % 弱/年で推移しているが、2021 年から 2035 年までの年間増加率は 3~4.5% と予測され、2030 年に都市部の人口は約 96 万人に到達することが見込まれている。

2020 年現在、ブランタイヤ市の実使用水量は約 4.4 万 m<sup>3</sup>/日<sup>2</sup>であるが、給水量は約 9.5 万 m<sup>3</sup>/日、無収水 (以下「NRW」) 率は約 54%<sup>3</sup>となっている。また図 1-1-1 のように、必要水量の約 85% は同市から 40 km 以上離れた Walker's Ferry 浄水場 (Shire 川) から送水されている。標高が低い取水地点から約 800 m の標高差 (GL400 m ⇒ GL1,200 m) のある同市へポンプ送水するための電力料金の高さが、水道事業者であるブランタイヤ水公社 (以下「BWB」) にとって非常に大きな問題となっている。さらに、同市中心部に最も近く送水効率が良い場所に位置する Mudi ダムの堆砂問題も顕在化



出典: topographic-map.com

図 1-1-1 調査対象地域

<sup>1</sup> マラウイ国2018年人口センサス

<sup>2</sup> BWB 請求係からの入手データに基づく。但し水道メータが設置されていない等、一部顧客の使用水量が含まれていない。

<sup>3</sup> BWB の NRW 対策課から入手したデータに基づいた 2020 年の無収水率。

しており、取水可能量の低減や Mudi 浄水場の老朽化が問題となっている。

このように同市では給水量増加、送配水管路における漏水解消等の無収水の削減、電力料金の削減、Mudi ダム系統の有効容量の増加等の複合的な課題を抱えている。このため、課題解決を通じて BWB の財務の健全化につながるような支援についての提案が望まれる。

## 1-1-2 本調査の目的

調査の目的は、ブランタイヤ市における都市給水分野の優先課題や現地側のニーズを整理し、将来的な JICA による協力方針を検討することにある。

また、リロングウェ水公社（以下「LWB」）に対する JICA 技術協力の成果と、今後ブランタイヤ市で解決される可能性がある水資源ポテンシャル解析を通じた水源水量の確保や、浄水場の更新等による成果を通して、マラウイ国での支援成功モデルを確立し、同国内の他都市やサブサハラ・アフリカ地域における支援の水平展開についての検討を行うことを目的とする。

## 1-2 本調査の概要と実施方針

### 1-2-1 本調査の概要

本調査では、ブランタイヤ市における水道サービス全体の問題を分析し、BWB の課題と優先順位の整理を行い、BWB に対する協力方針を検討する。また、これまでの日本による協力成果の水平展開の観点から、マラウイ国内及び国を越えた知見・経験の共有を進めていくため、サブサハラ・アフリカ域内の水道事業者による域内連携の可能性検証についても本調査対象とする。本調査の概要図を図 1-2-1 に示す。

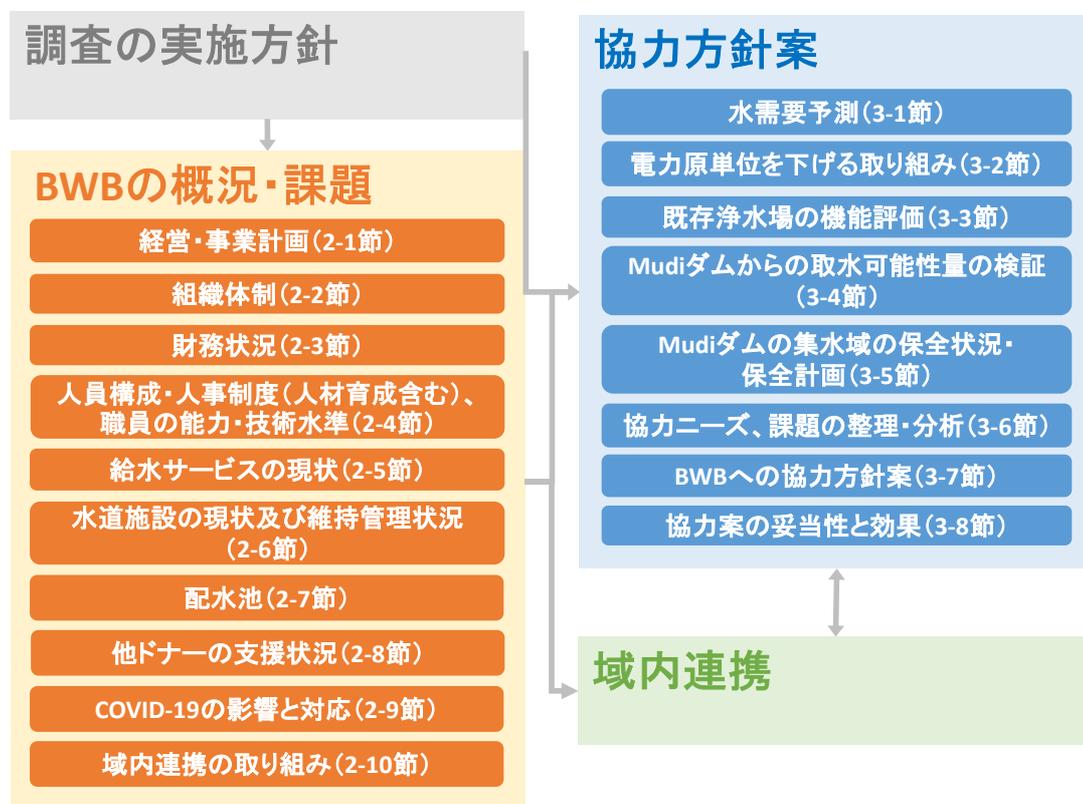


図 1-2-1 本調査の概要図

## 1-2-2 対象分野と対象地域

ブランタイヤ市における、水道事業の複合的な課題に鑑みた最適な水道施設整備事業を目指し、水源及び浄水場、送配水施設に係る調査が業務の対象となる。調査対象地域（ブランタイヤ市）を、図 1-1-1 に示す。

## 1-2-3 実施方針

下記の 6 つの実施方針に基づき、調査を実施した。

### (1) 2030 年の使用水量に見合う協力方針の検討

2030 年を目標年次とし、水需要予測の上、水需給バランスを把握し、将来的なインフラ整備事業に関する協力方針を検討する。

### (2) 水道事業の効率化と財政面の健全化に係る協力方針の検討

財政赤字が続く BWB の抱える重要課題の一つは、財政の健全化である。インフラ整備の面や水道事業経営面での改善策に関する協力方針を検討し、BWB の財政の健全化を目指す。特に Walker's Ferry 浄水場からの送水は BWB の全ポンプ場で消費する電力量の約 85% を占めるため、Walker's Ferry 浄水における電力量削減策について検討する。

### (3) 水道事業の運営維持管理体制改善に係る協力方針の検討

水道事業の効率化や組織能力の強化、ひいては BWB の財政の健全化を図るために、運営維持管理体制の改善に関し協力方針を検討する。

### (4) JICA ネットワークの活用及び強化促進

既往プロジェクトによって能力強化が図られた水道公社のノウハウを活用できるような仕組みづくりについて検討する。

### (5) 「水道事業体成長支援—都市水道—」クラスターを念頭においた協力案の整理

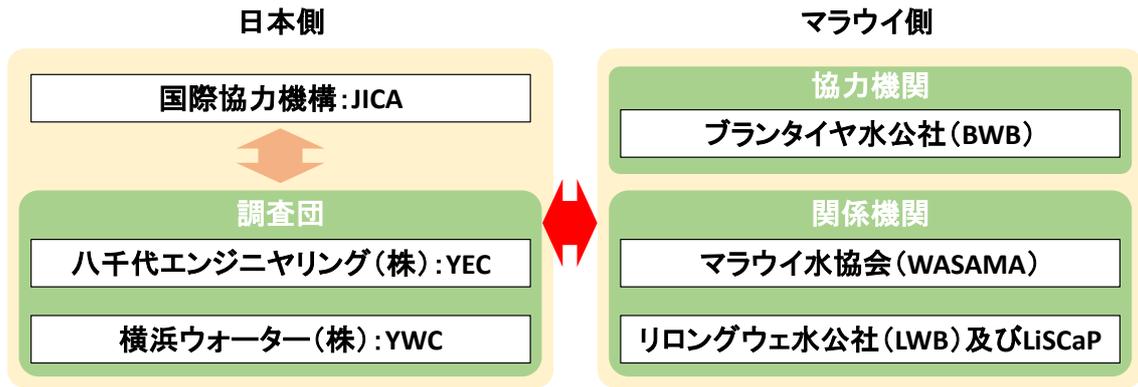
BWB の事業環境が改善されるために、個別事業（案）の協力方針だけではなく、他公社の既往プロジェクトにおける知見や開発パートナーによる支援等も念頭におき、協働の場の検討及び協力案の整理を行う。

### (6) イノベーション及び DX の活用

クラウドを利用した水道事業管理プラットフォーム、アセットマネジメント、インフラ管理システム、技術継承データバンク等の、BWB にとっての情報通信技術（以下「ICT」）活用の適用可能性、有効性を念頭において協力方針案を検討する。

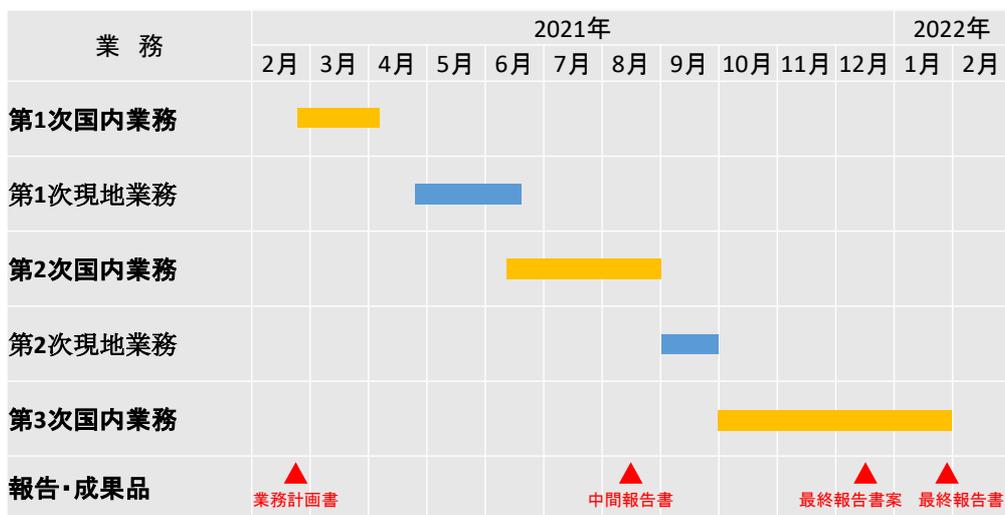
## 1-3 本調査の実施体制とスケジュール

本調査の実施体制を図 1-3-1 に、調査スケジュールを図 1-3-2 に、それぞれ示す。



出典：JICA 調査チーム

図 1-3-1 調査実施体制



出典：JICA 調査チーム

図 1-3-2 調査実施スケジュール

## 第2章 ブランタイヤ市水公社の概況・課題

### 2-1 BWB の経営・事業計画

BWB は、経営・事業計画として「BWB Strategic Plan 2020-2025」を策定している。同計画の策定・管理は総裁（以下「CEO」）直轄の「Planning, Monitoring and Evaluation Division」が担っており、計画期間は5年間としている。現行計画は「BWB Strategic Plan 2020-2025」であるが、同計画の冒頭で前計画の達成状況を分析し、未達成の目標は現行計画に引き継がれている。

計画には期間中に取り組みべき重点戦略分野、分野ごとの基本戦略、重点戦略分野及び基本戦略の達成状況を示す主要業績評価指標（以下「KPI」）が年度別に記載されている。重点戦略分野及び基本戦略を表 2-1-1、重点戦略分野における目標を表 2-1-2、KPI を表 2-1-3 に示す。

「BWB Strategic Plan 2020-2025」には、SWOT 分析<sup>4</sup>により組織の内部及び外部環境等について分析を行った上で、実現可能な戦略を記載している。

同計画における計画実施期間中は、目標の達成状況の振り返りを毎年行い、未達成項目については見直しを図りながら進捗管理を行う。

---

<sup>4</sup>競合や法律、市場トレンドといった自社を取り巻く外部環境と、自社の資産やブランド力、さらには価格や品質といった内部環境をプラス面、マイナス面にわけて分析する手法。戦略策定やマーケティングの意思決定、経営資源の最適化等を行うための有名なフレームワークのひとつ

表 2-1-1 「BWB Strategic Plan 2020-2025」における重点戦略分野及び基本戦略

戦略の視点	重点戦略分野	2020年-2025年における基本戦略
施設増強及び事業継続性	無収水削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NRW マスタープランの策定とそれに基づく計画の実施、供給地域の水需要予測の実施</li> <li>- 故障水道メータ等の交換・再校正、水道メータ精度テストの実施、低所得地域の特定地点への水道メータの再配置の検討</li> <li>- その他の地域での管網管理の民間事業者への委託の検討</li> </ul>
	代替エネルギーの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 独立した発電所の実現可能性調査、設計、建設の実施</li> <li>- 電気の特別料金のロビー活動と実施、EGENCO 社からの電力一括購入</li> <li>- ポンプの効率化</li> </ul>
	給水量の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shire 川の取水施設、浄水場、ポンプ場、パイプライン、貯水池の建設</li> <li>- Likhubula 浄水場の浄水処理を維持するための対策の実施</li> <li>- 他の水源（地下水）の調査</li> </ul>
	施設の更新・改築	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudi ダムと Hynde ダムの容量改善に向けた修繕の設計</li> <li>- ポンプ設備の修繕・交換、配水池の修繕、配水管の改良、管網の拡張、老朽送水管の更新、水質検査装置のアップグレード (Mudi 浄水場を含む)</li> <li>- 水道メータ・ワークショップの改修と水道メータテスト機器の調達、ゾーンオフィスの改装と拡張、新しいオフィスの建設</li> <li>- 下水道システムの修復とアップグレードの実施</li> <li>- 理事会のマスタープランの策定</li> <li>- データ・センターの建設、代替電源の検討</li> </ul>
	データ管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 統合管理情報システム (IMIS) の調達・導入</li> <li>- 水力モデリング・ソフトウェアの調達・導入、運用ソフトウェアの調達、SCADA/Telemetry システムの設計・導入</li> <li>- 包括的な資産管理システムの開発・導入</li> <li>- 品質保証のための能力強化、管理システムの開発・導入・文書化・記録</li> </ul>
	リスクマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エンタープライズ・リスク・マネジメント・フレームワークの導入、事業継続計画及び災害復旧計画の策定と実施</li> <li>- IT インフラのセキュリティ強化、水安全計画の策定、ISO 認定のための品質管理システムの導入</li> </ul>
財務の成長と持続性	収益の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 顧客基盤の拡大、違法な井戸や水道事業者の増加をなくすため関係者に働きかける</li> <li>- 関連するステークホルダーと協力して、コストを反映した料金体系を導入する</li> <li>- 収入の多様化のためのオプション (ボトルウォーター) の検討と実施</li> <li>- 自動計測インフラの導入検討</li> </ul>
	収益回収の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>- デット・コレクション・ポリシーの厳格な遵守、信用調査機関と連携した債務者からの回収の強化</li> <li>- 顧客請求書に関する問い合わせの顧客サービス憲章レベルの基準に従った解決、顧客インセンティブ・プログラムの開発と実施</li> <li>- 未払金のある顧客への対応</li> <li>- 水の値ごろ感を向上させるために、顧客に流量制限器を設置する</li> </ul>
	財政的に実行可能なプロジェクトへの投資	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 戦略的投資計画の見直し、投資資金を積極的に動員し主要なインフラ・プロジェクトの実現を加速</li> <li>- エネルギー効率、水の生産、化学物質の使用等の分野におけるスマート・テクノロジーの研究と導入</li> </ul>
	収益性の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 承認された予算の範囲内に業務上の支出を抑制及び調達におけるバリュー・フォー・マネー (VfM) の推進</li> </ul>
	キャッシュフローマネジ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 月々の現金予算の策定・遵守、予算通りの収益回収の実施</li> </ul>

戦略の視点	重点戦略分野	2020年-2025年における基本戦略
	メントの改善	- サプライ・チェーン・マネジメントの改善
	財務状況の改善	- ローンの再構築に着手、ローンの資本化のための株主への働きかけ - コストを反映した料金体系の導入 - プロジェクト資金調達のための助成金を得るためのプロジェクト提案書作成の強化
	コンプライアンスとガバナンス	- オペレーションの監視メカニズムの強化、理事会の方針と手続きの遵守の確保 - 事業環境の課題に沿った懲罰的措置を組み込むため、水道法及び細則の見直しを働きかける - すべての法定義務へのコンプライアンスの確保、目標とするVFMの監査の実施
	ICTソリューション	- 効率性とサービス提供の有効性を向上させるためのインハウス・アプリケーションの開発 - スマート・ストレージ・コンピューティングの導入、ITネットワークの接続性を最適化し最大99%の稼働率を確保する - 現場スタッフやお客様との間で情報を瞬時にやり取りするためのリアルタイム技術を拡大 - 様々なステークホルダーにサービスを提供するためのオンライン技術の利用を拡大 - モバイル技術を活用した顧客や分散した従業員との接続性の向上、デジタル技術を採用したステークホルダーとの関わりを強化 - ビジネス・インテリジェンスと予測分析を活用する
顧客とステークホルダーの満足度	顧客満足度と対応力の向上	- コミュニケーション戦略の策定と実施、顧客調査の実施と提言の実施 - 企業の社会的責任プログラムの策定と実施 - インタラクティブ（対話的）なウェブサイトの管理と更新、理事会の認知度を高めるためのマーケティング戦略の策定と実施 - 24時間365日の障害メンテナンス対応の改善、地域社会への働きかけと教育計画の策定と実施 - コールセンター機能の再定義と再構築、カスタマーサービス憲章レベルの基準を確実に遵守する
	ステークホルダー・エンゲージメント	- 革新的なステークホルダー参画及びリエゾン・プログラムの開発と実施 - 利害関係者の参加による革新的なアイデアの実行と監視
	スタッフ満足度の向上	- 改善されたスタッフの福利厚生スキームの見直しと実施 - スタッフ満足度調査の実施
	環境保全	- 環境保護活動へのステークホルダーの参加・参画の促進、集水域の保護のための適切な技術の採用 - 環境保護と持続可能性に関する計画の策定と実施、化学物質や廃棄物の排出に関する方針の策定と実施
	能力開発と生産性	- 5年間の戦略的人材育成プランの策定と実施、年間トレーニング・プランの策定と効果的な実施 - 組織の定期的な人員補充を実施する。
能力開発と生産性	スキル開発	- 5年間の戦略的人材育成プランの策定と実施、年間トレーニング・プランの策定と効果的な実施 - 組織の定期的な人員補充を実施する。
	研究・開発	- 堅牢な研究開発フレームワークの開発 - 特定された優先分野に関するアクションリサーチの実施
	ビジネス・リエンジニアリング	- ビジネス・プロセス・リエンジニアリングのためのフレームワークの確立 - 知識共有文化の促進
	スタッフの生産性向上	- オーダーメイド／インハウスの行動変革プログラム、パフォーマンス・マネジメント・システムの強化 - 適切なベンチマーキングによる人的資本の開発 - 取締役会の中核的価値観の遵守の促進 - 安全衛生プログラムの開発と実施 - 組織のニーズに合わせた職務内容の見直し

出典：BWB 提供資料に基づき JICA 調査チームが作成

表 2-1-2 「BWB Strategic Plan 2020-2025」における戦略目標

i 給水の信頼性の向上	vii 給水、運営、データ管理の改善
ii 給水戸数を6万から10万に拡大	viii 顧客満足度の向上
iii 無収水率を53%*から30%に削減	ix 統治の原則と実践のためのコンプライアンス徹底
iv 代替電源の開発による電力費の削減	x 企業ブランディングの促進
v 財務体質の改善	xi スタッフの生産性向上
vi 施設管理の再構築と改善	

出典：BWB 提供資料に基づき JICA 調査チームが作成

注記：BWB の 2020 年時の実績では 54%である。

表 2-1-3 「BWB Strategic Plan 2020-2025」における主要業績評価指標 (KPI) 及び  
年度別目標

業績評価指標	単位	現状	2021	2022	2023	2024	2025
普及率	%	86	88	90	92	94	95
給水量	m <sup>3</sup> /日	96,000	100,000	110,000	120,000	120,000	167,000
有収水量	m <sup>3</sup> /月	1,300,000	1,531,111	1,602,325	1,862,161	2,153,124	2,296,666
無収水率	%	53	45	43	37	32	30
料金回収率 (政府)	%	30	40	45	50	60	65
料金回収率 (民間)	%	75	80	83	86	88	90
債務者日数 (政府)	日	617	462	410	369	307	283
債務者日数 (民間)	日	84	79	76	73	71	69
水道管布設延長	km/年	45	50	55	60	65	70
年間新規水栓接続数	件	5,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
給水戸数	戸	58,000	66,000	74,000	82,000	90,000	100,000
マラウイ水質基準適合率 (残留塩素)	%	100	100	100	100	100	100
新規水栓の接続所要日数	日数	45	28	28	21	21	21
新規水栓接続申請に対する応答時間	日	7	7	7	7	7	7
顧客からの問い合わせへの応答時間	時間	72	24	24	24	24	24
常時給水時間	時間	22	23	23	24	24	24
顧客満足度	%	35	45	55	65	75	80
使用資本利益率	%	-11	-9	-7	-3	-1	0.5
債権者日数	日	330	290	220	180	140	120
流動比率	:	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0
当座比率	:	0.35	0.46	0.67	0.82	0.96	1.00
給水接続数対職員数 (1,000人単位) 比率	:	12	10	8	6	6	5
仕事に対する満足度	%	67	69	71	73	75	77

出典：BWB 提供資料に基づき JICA 調査チームが作成

このほか、BWB 内部で検討している具体的な施設整備案件を表 2-1-4 に示す。表中 No.3 から No.6 の案件実施のための財源は、調査時点で未定となっている。

表 2-1-4 BWB で検討中の施設整備案件

№	案件名	概要	案件実施の背景・目的	実施期間	事業費	その他特記事項
1	Shire 川における新規水源と関連インフラ整備事業	<p><u>第1フェーズ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>取水(299,000 m<sup>3</sup>/日: 100%)、沈砂池(100%)、導水管(4.1km: 100%)</li> <li>Walker's Ferry 浄水場(75,000 m<sup>3</sup>/日: 50%)、送水ポンプ(50%)、送水管(27 km x 1,200 mm: 100%)</li> </ul> <p><u>第2フェーズ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chileka ポンプ場から各配水池への送水管路の整備</li> </ul>	水需要の増加に対応するため、取水・浄水・送水施設を建設する。	<p><u>第1フェーズ:</u> 2020/6~2023/8</p> <p><u>第2フェーズ:</u> 未定</p>	USD 165,000,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>全事業費のうち USD 78,000,000 (全体の約 47%) はインド Exim からの財務支援</li> <li>上記支援のうち USD 49,000,000 はインド Exim からの融資</li> <li>USD 78,000,000 のうち、USD 29,000,000 は無償</li> <li>USD 165,000,000 のうちの残額について財源は未定</li> </ul>
2	太陽光発電システム整備事業	<p><u>第1フェーズ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Walker's Ferry 浄水場に 42 MW、Nguludi 浄水場に 11.4 MW、計 53.4MW の太陽光パネルを設置</li> </ul> <p><u>第2フェーズ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chileka ポンプ場に 29 MW の太陽光パネルの設置</li> </ul>	電力コストを削減するため、太陽光発電設備を建設する。	<p><u>第1フェーズ:</u> 2020/6~2023/2</p> <p><u>第2フェーズ:</u> 未定</p>	USD 112,000,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>全事業費のうち USD 72,000,000 (全体の約 64%) はインド Exim からの財務支援</li> <li>上記支援のうち USD 45,000,000 はインド Exim からの融資</li> <li>USD 72,000,000 のうち USD 27,000,000 は無償</li> <li>USD 112,000,000 のうちの残額について財源は未定</li> </ul>
3	Mudi ダムの改修・増築のための事前実現可能性調査及び詳細設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudi ダム容量増加の実現可能性の確立(設計及びコスト試算含む)</li> </ul>	水需要の増加と電力コストの増加に対応するため、Mudi ダムの容量と Mudi 浄水場の処理量の増加に向け、Mudi ダムの容量増加の可能性を確立する。	2021/6/1~2021/12/30	マラウイ・クワチャ (以下「MWK」) 1,500,000,000 (約 2.1 億円)	<ul style="list-style-type: none"> <li>財源は未定</li> </ul>

No	案件名	概要	案件実施の背景・目的	実施期間	事業費	その他特記事項
4	Mombezi 川及び Makuwa 川の新規水源の設計・開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiradzulu の Mombezi 川に容量 7,160 万 m<sup>3</sup> の多目的ダム建設 (Mombezi 川と Makuwa 川に取水口あり)</li> <li>日量 115,000 m<sup>3</sup> の浄水場の建設</li> <li>100 km の送水管 (直径 250 ~ 900 mm)、総容量 52,200 m<sup>3</sup> の配水池 3 つ、プランタイヤへの送水ポンプ 3 つの新設</li> </ul>	水需要の増加と電力コストの増加に対応するため、現在よりも電力コストが安価となる新規水源及び関連する取水・浄水・送水施設を建設する。	2020/10/1~2026/1/1	MWK 142,131,639,687 (約 199 億円) USD 190,780,724	・ 財源は未定
5	管路更新による無収水削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>460 km の配管の交換 (配管、掘削、埋め戻し、道路の復旧を含む)</li> <li>送・配水システムのバルブ、消火栓の交換</li> <li>1,000 個の弁室の新設・更新</li> </ul>	現状の配水管は 50 年以上前に敷設されたアスベスト (以下、「AC」) 管が大きな割合を占めており、管内で発生する高い水圧変動に耐えられず、水の損失が大きくなっているため、AC 管を更新する。	2020/7/30~2023/7/30	MWK 16,762,500,000 (約 23.5 億円) USD 22,500,000	・ 財源は未定
6	管網のモデル化と電力削減の検討による水道の効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>水供給システムの水力モデルを作成</li> <li>電力消費量の削減方法の研究</li> </ul>	現在、収益の 60% 以上をエネルギー・コストに費やしているとともに、水道システムの非効率性により、給水量の 50% 以上が無収水となっている。年間 MWK220 億 (約 30.8 億円) 以上の損失に相当することから、本事業を実施する。	2021/6/1~2022/6/1	MWK 2,500,000,000 (約 3.5 億円) USD 3,355,705	・ 財源は未定

出典：BWB 提供資料に基づき JICA 調査チームが作成

注記：BWB の生データには、内容や時間から判断し重複していると想定される案件が一部確認されたため、その案件については除外した。

## 2-2 BWB の組織体制

### 2-2-1 マラウイ国における水道行政の体制

マラウイでは農業・灌漑・水開発省 (Ministry of Agriculture, Irrigation and Water Development) が水道事業を所管していたが、新政権発足に伴い 2020 年 7 月 8 日に現在の森林・天然資源省 (Ministry of Forestry and Natural Resources: 以下「MFNR」) に改称された。同省には森林局 (Department of Forestry)、漁業局 (Department of Fisheries)、水資源局 (Department of Water Resources) の 3 つの局が配置されており、水資源局が都市給水の監督を担っている。

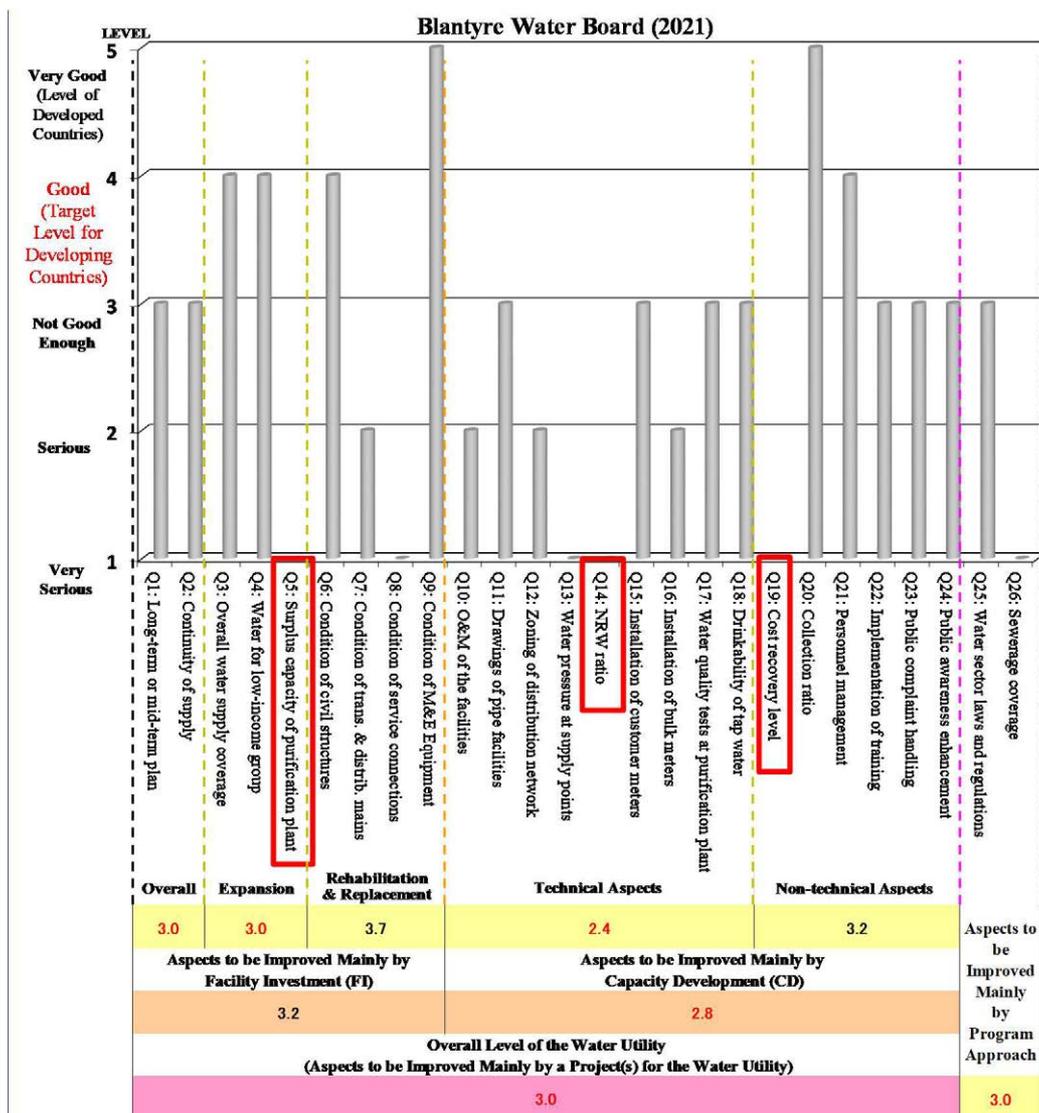
1995 年の水道法 (The Water Works Act) によって、半官半民の組織として、州 (北部州、中部州、南部州) の単位で水公社が設置された。また、リロングウェとブランタイヤの 2 都市にのみ、市のレベルで水公社 (LWB 及び BWB) が設置された。それ以前に市役所等の一部局として設置されていた水道部門が、独立した形になった。

水道法では、下水道・公衆衛生事業についても、水公社が担当するように明記されているが、実施に伴う関連法規が整備されていない状況のため、現時点では、マラウイ全土において、実質的には各自治体が下水道事業を請け負っている。ブランタイヤ市においても、下水道事業はブランタイヤ市役所の衛生局が管轄しており、下水道に掛かる費用は市税によって賄われている。

### 2-2-2 組織のキャパシティ・アセスメント

本業務を行うにあたり「BWB Strategic Plan 2020-2025」及び「途上国の都市水道セクター及び水道事業体に対するキャパシティ・アセスメントのためのハンドブック」を用いて BWB の基礎情報調査を行った。各項目の評価結果を図 2-2-1 に示す。

評価の結果から、特に Q5 浄水予備力：-30%未満、Q14 無収水率：50%以上、Q19 営業収支比率：1.0 未満と、3 項目に課題があることが判断できる。「Q8 給水管の状態」「Q13 顧客メータ」での水圧に関してはヒアリングの結果、現在の情報がないことから N/A とした。



出典：JICA 調査チーム

図 2-2-1 組織のキャパシティ・アセスメント

### 2-2-3 組織体制

現在の組織体制は 2019 年に見直しが図られたものであり、体制構築が完了されていないが、BWB Strategic Plan の期間である 2025 年までには完全実施を予定している。

BWB では職位が最高経営責任者（Chief Executive Officer：以下「CEO」）の BWB1 から単純労働員の BWB12 までの 12 階層で構成されている。

図 2-2-2 に BWB の全体の組織体制（部単位まで）を示す。理事会である Board of Directors（10 名で構成）は、BWB 内には常駐せず、BWB1 の CEO が組織内の最上位である。下位に財務(Finance)、技術サービス (Technical Services)、人材・総務 (Human Resource and Administration)、配水・コマース (Distribution and Commerce) の 4 つの部に部長 (Director) を配した部単位での運営に加え、4 つの CEO 直轄である ICT、計画・モニタリング・評価 (Planning, Monitoring and Evaluation)、調達 (Procurement)、内部監査 (Internal Audit) の課を設け、組織運営を行っている。

CEO 及び各部長 (Director) は 3 年の任期制 (再選可) となっており、課長 (Manager) 以下の職員は任期を定めない正規雇用職員で構成されている。



## 2-2-4 事務分掌

事務分掌についても組織改編と併せて 2019 年に刷新された。現行の事務分掌の事例を図 2-2-3 に示す。

職名、所属する部署、職位に加え、従来の事務分掌では不明確であった指揮系統が明確になり、自身の上司及び部下について明記されている。業務内容も細部まで指示があり、その職位に求められる資格についても詳細に明記されている。

**BLANTYRE WATER BOARD**  
JOB DESCRIPTION

Job Title : Care Taker

Post Holder :  
Department : Distribution and Commerce  
Grade : BWB 7  
Reporting to : Zone Engineer  
Responsible for : Plumber (Illegal Connections)  
: Faults Plumber

**PURPOSE, ROLES AND RESPONSIBILITIES**  
Purpose of the Job  
To manage District Metered Areas (DMAs) and keep NRW at agreed percentages.

**Key Duties and Responsibilities**

- Maintaining faults;
- Collecting readings on DMA bulk meters;
- Conduct DMA water balancing;
- Extension of pipelines to areas where there is demand;
- Installing new water connections;
- Installing and maintaining valves, fire hydrants, bulk meters, pressure reducing valves etc.;
- Replacing old and frequent bursting pipes;
- Lowering pipes;
- Replace faulty and aged meters;
- Supervising and appraising staff;
- Excavating buried valves and meters;
- Keeping GIS and GPS information up to date;
- Attending and solving no water or erratic water supply;
- Enforce safety regulations in all site undertakings;
- Regulating valves;
- Perform any other lawful duties as assigned from time to time.

**PERSON SPECIFICATIONS**  
Minimum Qualifications and Work Experience

- Diploma in Plumbing, Grade 1 National Trade Test Certificate in Plumbing, Advanced Craft Certificate in Plumbing
- Malawi School Certificate of Education,

Additional Skills and Abilities

- Minimum of 3 years of proven work experience in an organization of similar nature.
- Leadership and organization skills
- People management skills
- Planning and coordination skills
- Good interpersonal and customer care services skills
- Good analytical and problem solving skill

SIGNATURE OF POST HOLDER      SIGNATURE OF DEPARTMENTAL HEAD

出典：BWB

図 2-2-3 事務分掌

## 2-3 BWB の財務状況

BWB の経営・財務状況について、BWB の財務諸表により状況把握を行った。BWB の財務諸表は、国際会計基準審議会 (IASB) により設定された国際財務報告基準 (IFRS) に準拠して作成されている。BWB の財務諸表の構成は表 2-3-1 に示すとおり、日本の会計基準に準拠して作成される財務諸表と名称は異なるものの、その構成要素及び機能は大きく異なるものではない。

表 2-3-1 BWB の財務諸表の構成と日本基準による財務諸表との対応関係

BWB 財務諸表	日本基準による財務諸表
財政状態報告書 Statement of Financial Position	貸借対照表
包括利益計算書 Statement of Comprehensive Income	包括利益計算書 (損益計算書)
株主持分変動計算書 Statement of Changes in Equity	株主資本等変動計算書
キャッシュ・フロー計算書 Statement of Cash Flows	キャッシュ・フロー計算書
注記 Notes to the Financial Statements	注記

出典：JICA 調査チーム

これを踏まえ、BWB の財務状況を損益や財政状況、支払能力等の項目について、各財務諸表に記載された情報から状況把握・分析を行った。把握・分析項目とその根拠となる財務諸表の対応関係を、表 2-3-2 示す。

表 2-3-2 状況把握・分析項目と BWB の財務諸表対応関係

項目	BWB 財務諸表
1. 損益の状況	包括利益計算書 (Statement of Comprehensive Income)
2. 資産及び負債等の財政状況	財政状態報告書 (Statement of Financial Position)
3. 支払能力	財政状態報告書 (Statement of Financial Position) キャッシュ・フロー計算書 (Statement of Cash Flows)
4. 水道料金収入及び費用構成	包括利益計算書 (Statement of Comprehensive Income) 注記 (Notes to the Financial Statements)
5. 長期借入金の状況	財政状態報告書 (Statement of Financial Position) 注記 (Notes to the Financial Statements)

出典：JICA 調査チーム

### 2-3-1 損益の状況

2015～20 年度における BWB の純利益/純損失 (C) と水道料金収入 (D) の推移を、表 2-3-3 に示す。マラウイ国では会計年度末が 6 月末日とされており、2018 年度を例に挙げると、2017 年 7 月 1 日から 2018 年 6 月 30 日までが記載されている。

表 2-3-3 純損失と水道料金収入の推移 (2015～2020 年)

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
総収益 A	8,649,755	9,630,573	13,017,961	15,714,730	18,997,891	16,877,822
総費用 B	▲9,543,535	▲13,120,621	▲21,703,156	▲18,094,158	▲20,875,903	▲26,134,605
当期純利益/ ▲純損失 C=A+B	▲893,780	▲3,490,048	▲8,685,195	▲2,379,428	▲1,878,012	▲9,256,783
水道料金収入 D	7,677,224	8,863,166	12,134,700	14,844,521	17,260,916	16,138,867
水道料金収入対純 損失比率 C/D x -1	11.6%	39.4%	71.6%	16.0%	10.9%	57.4%

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

主な考察内容は、以下のとおりである。

- 毎年度、総収益 (A) を総費用 (B) が上回り、純損失 (赤字) (C) を計上している。
- 2020 年の純損失 (C) は同年の水道料金収入 (D) に対し 57.4%となっている。これは、純損失 (C) の解消を水道料金の値上げのみで行うと仮定した場合に 57.4%の値上げが必要ということになる。

### 2-3-2 資産及び負債等の財政状況

2015～2020 年度における BWB の資産 (A) 及び負債 (B)、累積欠損金の推移を、表 2-3-4 に示す。

表 2-3-4 資産及び負債、累積欠損金の推移 (2015~2020 年)

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
資産 A	27,525,031	30,549,890	36,716,562	40,457,375	53,409,470	58,167,450
負債 B	22,364,533	27,368,173	39,035,493	45,176,799	60,006,906	74,021,669
資本 A-B	5,160,498	3,181,717	▲2,318,931	▲4,719,424	▲6,597,436	▲15,854,219
累積欠損金	▲1,891,997	▲3,848,921	▲12,576,786	▲14,947,648	▲16,823,552	▲26,080,335

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

主な考察内容は、以下のとおりである。

- 2011 年度にはすでに累積欠損金 (BWB にこれまでに蓄積されている損失の累計額) が発生しており、2015 年では累積欠損金が MWK 約 18.9 億 (約 2.6 億円) となっているが、2020 年度期末時点でも未だ解消されていない<sup>5</sup>。
- 2017 年には負債 (B) が資産 (A) を上回る、いわゆる債務超過状態 (資本 A-B の欠損状態) となっており、2020 年も継続している。

### 2-3-3 支払能力

流動資産 (A) を流動負債 (B) で除することにより算出される流動比率 (A/B)、また財務諸表の一つであるキャッシュ・フロー計算書に記載されている現金及び現金同等物期末残高について、2015~2020 年度の推移を表 2-3-5 に示す。

表 2-3-5 流動比率、現金及び現金同等物期末残高の推移 (2015~2020 年)

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
流動資産 A	3,433,452	3,266,183	4,565,429	7,599,767	7,370,334	8,430,526
流動負債 B	4,143,212	9,399,053	18,195,593	20,438,874	21,580,278	32,892,033
流動比率 A/B	82.9%	34.8%	25.1%	37.2%	34.2%	25.6%
現金及び現金同等物期末残高	472,009	▲845,530	▲1,101,572	▲480,269	▲858,664	▲621,200

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

主な考察内容は、以下のとおりである。

- 流動比率 (A/B) は、短期の支払能力を表す経営分析指標であり、一般的には 100% 以上であることが望まれるが、2020 年の BWB の同比率は 25.6% と非常に低くなっている。
- 現金及び現金同等物期末残高は、現金預金残高に当座貸越<sup>6</sup>を考慮した額であり、マイナス状態となっている。
- このような流動比率の低い状況及び、現金及び現金同等物期末残高のマイナス状態から、BWB の支払能力は極端に低くなっており、財務状況は非常に悪い状態である。

<sup>5</sup> 2013 年に一度解消しているものの、2014 年には純損失の発生を受けて再び発生している。

<sup>6</sup> 日本においては金融機関が取引先の当座預金残高を超過して振出す小切手を一定限度 (当座貸越極度額) まで金融機関の資金で支払いをすることで、借入と同一であるとともに利率も通常の借入よりもやや高率となる

## 2-3-4 水道料金収入及び費用構成の状況

表 2-3-3 のとおり、水道料金収入は、2020 年は前年比で減収となっているものの、2015 年から増収の傾向が続いている一方で費用も増加していることから、毎年赤字を計上している。表 2-3-6 には BWB の水道料金表を示す。2018 年 8 月に料金表ベースで家庭用が 5%程度、その他で 10% の料金値上げを実施しており、その増収効果は 2019 年度以降に現れると思われる。水道料金の体系としては、以下のとおり基本水量を設定した用途別・逦増型従量料金体系を採用している。日本の多くの水道事業体と同様に、家庭用が低廉となるよう配慮した料金設定となっている。キオスクの料金は均一単価での従量料金である。

なお、料金の支払方法は通常の後払いに加え、プリペイドカード購入による前払いがある。前払いの場合の料金は、後払いの料金の基本料金及び従量料金単価に MWK 120 (約 17 円) が上乘せされる。

表 2-3-6 BWB の水道料金表 (後払い) (2018 年 8 月～)

単位：MWK

用途	基本料金	基本水量 (m <sup>3</sup> )	従量料金 (1 m <sup>3</sup> につき)			
			0-5 m <sup>3</sup>	6-10 m <sup>3</sup>	10-40 m <sup>3</sup>	40- m <sup>3</sup>
家庭用	2,305.42	5	-	490.00	580.00	640.00
行政機関	10,397.11	10	-	-	1,180.00	1,240.00
商業施設	13,618.37	10	-	-	1,500.00	1,650.00
工業施設	19,093.98	10	-	-	2,170.00	2,390.00
キオスク	-	-	225.00			

出典：BWB 提供資料から JICA 調査チームが作成

水道料金収入の徴収状況を表 2-3-7 に示す。2015～20 年度の徴収不能金額 (B) は毎年度 MWK 約 2 億～5 億 (0.28～0.70 億円) となっている。2015～20 年度の水道料金収入合計に対する徴収不能金額合計の割合 (B/A) は、2.6%となっている。

なお、徴収不能金額の割合の算出は、参考値として 6 年間の合計でのみ算出している。これは、例えば 2015 年度の徴収不能金額は、2015 年度の水道料金収入にのみ関連しているわけではなく、2014 年度以前の水道料金収入に対する徴収不能額も含まれているためである。

表 2-3-7 水道料金収入の徴収状況 (2015～2020 年)

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	計
水道料金収入 A	7,677,224	8,863,166	12,134,700	14,844,521	17,260,916	16,138,867	76,919,394
徴収不能金額 B	195,783	530,379	323,301	304,140	287,942	353,368	1,994,913
徴収率 1-(B/A)	-	-	-	-	-	-	97.4%

出典：BWB 財務諸表及び BWB 提供資料から JICA 調査チームが作成

BWB は Walker's Ferry の浄水場増強及び Nguludi 浄水場の新設と、総配水量の増強に取り組んでおり、2018 年以降、供給水量は年々増加をしている (2018 年を 100%とした場合、2019 年は 108.5%、2020 年は 121.8%) (表 2-3-8 参照)。顧客数も増加傾向にあり、2018 年を 100%とした場合、2019 年は 103.1%、2020 年は 115.3%となっている。以上のとおり市内における水需要は増えているのに対し、販売水量は微増後に減少している状況である (2018 年を 100%とした場合 2019 年は 103.0%、2020 年は 96.7%)。

供給水量が増え顧客数が増えている状況にありながら、販売水量が減少するのは成長過程にあ

る水道事業体としては不自然な現象であり、原因の究明、検証が必要である。またプリペイド・メータに関しても、一人一日あたり給水原単位 (L/人/日：以下「LCD」) 値が 2018 年の 90 LCD に対し 2020 年は 80 LCD となっており、こちらの値も検証が必要だと考える。

表 2-3-8 供給水量及び顧客数、販売水量の推移

項目	2018 年	2019 年	2020 年
供給水量	100%	108.5%	121.8%
顧客数	100%	103.1%	115.3%
販売水量	100%	103.0%	96.7%
プリペイド顧客の LCD 値	90	89	80

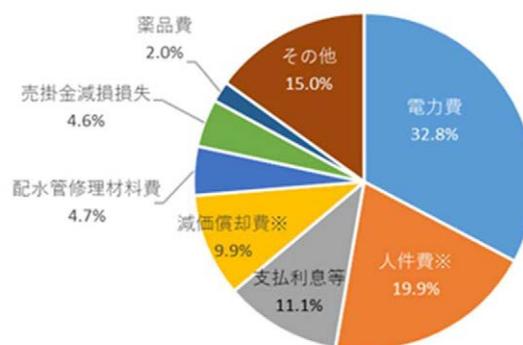
注記：表中の%値は 2018 年を 100%とした場合の相対比較。

出典：BWB 提供資料を基に JICA 調査チームが作成

BWB の 2020 年の費用構成比を図 2-3-1 に示す。

なお人件費及び減価償却費は、売上原価、販売費及び一般管理費の合計としている。主な考察内容は、以下のとおりである。

- 2020 年の費用構成は、図 2-3-1 のとおり、電力費・人件費・支払利息等・減価償却費で 7 割以上を占めている。特に電力費は 3 割を超えており、利益確保に向けては電力費の削減が必要である。
- 電力費に次いで割合が大きくなっているのが人件費で全体の約 2 割を占めている。この割合について、LWB (2016 年) では 23.5% となっており、LWB よりは割合が小さくなっている。



出典：BWB 財務諸表から調査チームが作成

注記：人件費及び減価償却費は売上原価・販売費及び一般管理費の合計

図 2-3-1 2020 年の費用構成比

なお、日本の水道事業体の経常費用に占める人件費割合の全国平均値 (令和元年度) は 10.7% であるが、業務委託が行われていることを考慮し、委託料を含めた割合で見ると 22.0% となっている。

一方、人件費の水準について、表 2-3-9 に示すとおり、給水量 1 m<sup>3</sup> あたりの人件費を用いて BWB と LWB と比較したところ、給水量に大差はないにもかかわらず、LWB の MWK 67.38 /m<sup>3</sup> (9 円/m<sup>3</sup>) (2016 年) に対し、BWB の MWK 82.65 /m<sup>3</sup> (12 円/m<sup>3</sup>) (同年) と高い水準となっている。したがって、効率的な業務執行による経費削減の余地はあると考えられる。

表 2-3-9 給水量 1m<sup>3</sup>あたり人件費 (2016 年) の比較

事業体	給水量 (m <sup>3</sup> ) A	人件費 (千 MWK) B	給水量 1m <sup>3</sup> あたり人件費 (MWK/m <sup>3</sup> ) B/A
BWB	30,300	2,504,328	82.65
LWB	33,732	2,272,825	67.38

出典：BWB 財務諸表及び JICA 資料から JICA 調査チームが作成

## 2-3-5 長期借入金の状況

長期借入金の状況を表 2-3-10 に示す。マラウイ国政府を通じた融資が長期借入金として計上されている。

なお、マラウイ国政府が当該融資を受ける場合は為替リスクが発生するため、これに備えて、マラウイ政府が BWB に再融資する際は金利に一定のプレミアムを上乗せしている。

表 2-3-10 マラウイ政府経由の長期借入金の状況

融資元	国際開発協会 (IDA)	欧州投資銀行 (EIB)	インド Exim	合計
貸付開始日	2011 年 11 月	2009 年 12 月	2018 年 3 月	-
返済開始日	2021 年 1 月	2015 年 2 月	2023 年 3 月	-
借入期間	35 年	20 年	20 年	-
返済方法	2 回/年	2 回/年	2 回/年	-
利率	10%	12%	1.5%	-
2018 年期末残高 (千 MWK)	10,201,452	6,138,314	3,532,799	19,872,565

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

主な考察内容は、以下のとおりである。

- 長期借入金のうち、IDA 及び EIB の融資は、返済開始日を過ぎているものの、返済及び利息は支払われていない。
- 表 2-3-11 のとおり、長期借入金の未払利息 (D) は財務諸表上、長期借入金の残高 (A+B-C+D) に加算され、年々増加している。上記「2-3-3」支払能力で述べた通り、BWB の財政状態 (事実上の債務超過状態) は非常に厳しく元利償還できる状況ではない。

表 2-3-11 マラウイ国政府経由の長期借入金の年度別残高

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
期首残高 A	6,249,709	10,699,133	13,634,868	14,754,682	19,872,565	32,529,295
追加借入額 B	3,520,771	1,815,921	-	3,532,806	10,739,650	3,922,578
返済額 C	-	-	-	-	-	-
未払利息の残高繰入額 D	928,653	1,119,814	1,119,814	1,585,077	1,917,080	2,120,396
期末残高 A+B-C+D	10,699,133	13,634,868	14,754,682	19,872,565	32,529,295	38,572,269

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

- BWB としても長期借入金を返済するため、増収のためのプロジェクト (設備投資) 実施に要する資金を確保する等、財務改善に向けて取り組んでいるとのことである。インド Exim 銀行からの融資によるプロジェクトもこの一環であると考えられる。
- 上記の政府経由の融資以外に、表 2-3-12 にあるとおり、2017 年度から First Discount House (FDH) 銀行等の市中銀行からの長期借入金が増加されている。この融資はプリペイド・メータ購入のために借り入れたものであり、返済は行われているようである。

表 2-3-12 市中銀行からの借入金の状況

単位：千 MWK

銀行	借入額	借入日	返済期日	借入期間	年利率	2020/6/30 時点残高
FDH 銀行	700,000	2017/5/10	2020/5/17	3 年	20%	返済完了
FDH 銀行	3,556,664	2019/5/27	2025/5/31	6 年	20%	3,198,204
FMB 銀行	700,000	2018/9/11	2022/9/11	4 年	20%	336,574
NBM 銀行	1,900,000	2019/5/7	2027/5/7	8 年	18%	1,764,531
NBM 銀行	3,040,623	2019/12/4	2027/12/4	8 年	15%	3,040,623

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

なお、マラウイ国における市中銀行から短期の融資を受ける際の条件、金利等については表 2-3-13 のとおりである。

表 2-3-13 マラウイ国における市中銀行からの短期融資を受ける際の条件（2021 年 9 月時点）

項目	内容
融資期間	3～5 年。優良企業であれば 7 年までの交渉が可能。
資金使途	融資を受ける前に資金の使用範囲を明確にした上で、銀行が融資実行可能かどうかを評価。
財務状況	融資を受ける前に過去 6 ヶ月間の銀行取引明細書の提出が必要。その他に財務状況について銀行が審査を実施。
担保・保証	全ての銀行が土地を担保。
金利	マラウイ準備銀行の参考レート 12.2%に各銀行が独自に設定したレート（プレミアム）を加えた実効レート。 例） 1.ナショナルバンク：プレミアム=10.1%、実効レート=22.3%。 2.FDH 銀行：プレミアム=11%、実効レート=23.2%（現金を担保にした場合、プレミアム=6%、実効レートは 18.2%）

出典：現地銀行へのヒアリングを基に JICA 調査チームが作成

## 2-3-6 調査結果に基づく考察

調査結果を踏まえ、BWB における当期純利益/▲純損失、長期借入金残高、資本の推移を、表 2-3-14 に示す。

表 2-3-14 当期純利益/▲純損失、長期借入金残高、資本の推移

単位：千 MWK

項目/年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020
当期純利益 /▲純損失	▲893,780	▲3,490,048	▲8,685,195	▲2,379,428	▲1,878,012	▲9,256,783
長期借入金期 末残高	10,699,133	13,634,868	15,454,682	20,401,386	38,885,109	46,912,202
資本（▲は債 務超過）	5,160,498	3,181,717	▲2,318,931	▲4,719,424	▲6,597,436	▲15,854,219

出典：BWB 財務諸表から JICA 調査チームが作成

注記：2017 年度-2020 年度の「長期借入金期末残高」には、各年度とも市中銀行からの借入金残高が含まれている。  
（2017 年度：MWK700,000 千、2018 年：MWK528,821 千、2019 年度：MWK6,355,814 千、2020 年：MWK8,339,933 千）。

主な考察内容は、以下のとおりである。

- BWB は水道料金収入で原価を賄うことが出来ておらず、毎年損失を計上している。このため、融資の元利償還に充てるべき資金を確保することができず、借入残高は年々増加し、

債務超過（資本がマイナス）の状態に陥っている。

- 損益状況の改善には、原価のうち大きな割合を占める電力費の削減や無収水率の低減による水道料金の増収または生産原価の低減が必要である。代表的な項目は以下のとおり。
  - 給水区域の近傍での安価な水源の開発：導水効率の改善→維持管理費の削減等
  - 無収水の削減：生産水量の有効活用→損益の改善
  - ポンプ施設の更新：ポンプ効率の改善→維持管理費の削減等
  - 業務執行方法等の改善：事業運営の効率化→維持管理費の削減
- 例えば、2018年はMWK約28億の純損失（税引前）を計上しているが、後述する「3-2」に記載するとおり、電力費は年間MWK約14億程度の削減余地があり、将来的な損益改善の一助になりうる。
- 上記のように費用削減することで資金を確保し、借入金の元利償還を行い、残高を減らしていくことが、財務改善のために必要である。

### 2-3-7 現状の財務状況及びその改善に向けた方策に関するBWBの認識

BWBの経営層及び財務部門の担当者に対して、現状の財務状況及び改善に向けた方策についてヒアリングを実施した。その結果を以下に示す。BWBは現状の財務状況に懸念を持っているが、現時点では対策の検討に留まっている。

財務改善に関する対策として、BWB財務部門の担当者は水道料金の値上げとコスト削減を対策が重要であると見解を示した。BWBは2015年から2018年には毎年水道料金の値上を行った。2019・2020年は森林・天然資源省から承認を得られず、値上げは行われていなかったが、2021年は承認が得られ、11月に65%の値上げを行った。

他方、コスト削減については、NRW対策の着実な実施、特にコマーシャル・ロスを挙げている。

## 2-4 BWBの人員構成・人事制度（人材育成含む）、職員の能力・技術水準

### 2-4-1 人員構成

2020年度のBWBの人員構成、職員定数上は719人となっており、内訳を表2-4-1に示す。

表 2-4-1 BWBの部署と職員数

部署名	職員定数
CEO	1
上級広報官（Senior Public Affairs Officer）	1
秘書（Personal Assistant）	1
顧問弁護士（Legal Counsel）	1
ICT課（ICT Division）	6
調達課（Procurement Division）	6
計画・モニタリング・評価課（Planning, Monitoring and Evaluation Division）	6
内部監査課（Internal Audit Division）	8
財務部（Finance Department）	30
人材・総務部（Human Resource and Administration Department）	89
技術サービス部（Technical Services Department）	309
配水・コマース部（Distribution and Commerce Department）	261
<b>合計</b>	<b>719</b>

出典：BWB New Establishment Warrant

各部署にヒアリングを行ったところ、人員不足の部署も散見された。また、繁忙の部署には暫定的に人員を配置していることも確認できた。調査期間中、新規採用の面接を行っていたこともあり、人員確保は積極的に行っている様子である。

また BWB は給水エリアを Limbe (72 名)、Soche (71 名)、Kabula (71 名) の各支所に分け、それぞれの担当地域の顧客サービスを担っている。

各支所の業務は多岐にわたり、技術系では「配水管理区域：以下「DMA」の各種管理」及び「漏水修理」、「小規模な管路更新」、「水道メータの交換」、「新規接続」等を行っており、事務系としては「検針及び料金確定」及び「請求書発行」、「未納停水執行」を行っている。

## 2-4-2 人材育成責任部署、人材育成計画、OJT、Off-JT、研修プログラム

### (1) 人材育成責任部署

人材・総務部 (Human Resource and Administration Department、89 名) が人事関連の業務を担っている。

BWB では「2-2-3」で述べた通り、12 階層に細分化された事務分掌に基づいて職員の階層を定めている。職員に対し年に 2 回 (中間期、期末) 業務評価を行い、高評価者には MWK50,000 (約 7,000 円) の報奨金制度を設けている。原則として「他部署への異動」(同一業務の職場間異動等は除く) や「他業務への配置転換」は行わず、職員は同一業務を続けるのが基本である。

空席となったポジションを埋める際には、組織内から適応する人材を人選して補充を行う。その際、条件を満たしていれば上位の職位に昇格する制度も設けられている。また定期昇給制度もあり、年間 5-10% の昇給が行われている。

このように BWB 内では士気向上に必要なインセンティブを職員へ与える体制は整っていると見える。

### (2) 人材育成計画

人材育成計画は、人材管理課 (Human Resource Management Division) が担当する。BWB では 2021 年 1 月に「Human Resource Strategic Plan 2020-2025」を策定した。BWB において、このような人材育成計画を作成するのは初めてのことである。副題で掲げられている「献身的で生産的な労働力を通じて飲料水を提供する」の達成に向け各部門の役割、求められる職員像、達成年次等が定められている。

### (3) OJT、Off-JT、研修プログラム

前述の計画に基づき、年度ごとに研修計画案を策定し、各種研修を (OFF-JT) を行っているが、予算の関係により計画通りに実施できない場合もあるとのことである。現場からの希望により計画外の研修を行うこともある。

新規採用職員向けの研修計画は、特に用意されておらず、オリエンテーション程度を実施するのみでその後の育成に関しては配属先に委ねている。

各部署にヒアリングを行ったところ業務マニュアルは整備されておらず、現場レベルでの効果的な研修は実施されていない。また OJT という考え方について、幹部レベルは理解しているが現場レベルには浸透していない。

### 2-4-3 マニュアルの有無及び研修の実施状況及び管理体制

各部門を対象にマニュアルの有無及び研修の実施状況についてヒアリングを行った。調査結果を以下に示す。

#### (1) 浄水場運転

Walker's Ferry 浄水場には、運転マニュアルは整備されていたが、マニュアルに沿った研修は実施されていない。一方、Mudi 浄水場及び Nguludi 浄水場は、運転マニュアルが整備されておらず、研修も行われていない。各浄水場の状況を表 2-4-2 に示す。

浄水処理に関する研修としては、マラウイ水道協会（Water Services Association of Malawi：以下「WASAMA」）が主催する「Plant Operator Training」（座学のみ）が2年に一度開催されている。講師は各水道公社のベテラン職員が担っており、資料も担当講師が作成する。BWB からはその都度数名が受講しており、今年度は20日間の研修期間に10名が受講を予定している。

表 2-4-2 各浄水場運転状況

	Walker's Ferry	Mudi	Nguludi
運転マニュアル	あり	なし	なし
運転研修	なし	なし	なし
*WASAMA による Plant Operator Training で浄水場運転の基礎を習得する。			

#### (2) 配水管及び施設/設備更新

BWB においては、施工管理に課題があると認識している。施工管理マニュアルは、横浜市水道局（以下「YWWB」）の短期ボランティアと BWB が協働で2018年に作成しているが、実際には現場職員まで浸透しておらず、活用がなされていなかった。現状としては、現場担当者の施工管理能力に依存している状況である。

また配管工向けの研修は行っているものの、十分ではないとのことであった。工事図面の管理は製図室が担っており、新しい施工分に関しては紙図面、電子データ共に参照できるように管理している。しかし過去の図面に関しては紙データしかなく、紛失しているものも多数あった。現存する紙データに関しては、デジタル化に取り組んでいる。

#### (3) NRW 対策

NRW 対策課は、計画人数に対して十分な人員配置がされていない（計画27名中配置10名）。活動内容としては、①施設間の流量測定に基づく漏水量の把握、②送水管の漏水調査、③配水量分析、④BWB 全体の無収水量の把握、⑤各支所から報告を受けた DMA ごとの配水量分析、⑥各支所の検針結果に基づく現場確認（水道メータ器差試験、違法接続確認）の実施の6項目が該当する。しかし当該業務に関するマニュアルは、整備されていない。

水道メータ器差試験、違法接続の疑いの顧客に対する立ち入り検査に関しては、各支所と連携して行っているが、具体的なマニュアルはない。NRW 対策課と各支所の責任分界点等を含めたマニュアルの整備が必要である。

#### (4) DMA の管理

BWB は市内を小規模な DMA に分割し、各 DMA に管理配管工（Caretaker Plumber）を配置することで管理を行っている。DMA 内におけるバルク・メータの検針、DMA の配水量分析表作成、弁類の管理、水の出不良対応、GIS データ更新等の業務は管理配管工の手配によって処理されるが具体的な DMA の管理マニュアルは存在せず、管理配管工の能力に依存したものとなっている。

「BWB Strategic Plan 2020-2025」では、各 DMA にバルク・メータを設置したとあるが、各支所へのヒアリングによると実際にはバルク・メータの不足や故障が確認されており、正確な計量は行われていない状況であった。水圧管理についても、BWB が所有するデータロガーが全て故障しており、水圧管理マニュアルもないことから、計画的な水圧測定は実施されていない。水圧測定の必要が生じた場合は北部地域水公社（以下、「NRWB」）から借用し測定を行っているとのことであった。

前述の様々な業務に加え、水圧管理、残留塩素管理を含めた DMA 全体の管理マニュアルの整備及び研修が必要である。

#### (5) 漏水修理及び小規模の管路更新

漏水修理、小規模な管路更新、水道メータ交換業務は、各 DMA を担当する管理配管工が担っている。定数上では各支所に4名の配置だが、実際には管理配管工補佐 (Assistant Caretaker Plumber) が追加で配置されており、一人当たりの受け持ち DMA が 5~7 箇所となるよう、負担の軽減が図られている。

漏水修理や小規模の管路更新の際は「施工管理マニュアル」を用いることになるが、「配水管及び施設/設備更新」と同様に、マニュアルは活用されておらず、管理配管工の能力に依存する状況である。漏水修理では現場での臨機の対応力が求められるが、既存の材料を再使用する等不適切な施工も見られ、施工管理の徹底が必要である。

#### (6) 新規接続

2019年の組織再編に伴い、給水申し込みにおけるルールが改変され、従来、BWB が準備していた材料調達及び布設個所の掘削の手配は申込者負担となった。申込者は材料の準備が整い次第、材料調達済みの領収書を BWB に提示し施工日を調整することとなっている。

BWB は配水管からの分岐-給水管の配管-水道メータの設置までを行う。配管完了後の埋め戻しは顧客が行い、通水までの施工が完了した後は給水管の権利は BWB に委譲される。

申込者が調達する材料に関しては品質管理の面から BWB による十分な材料検査が必要であり、そのための職員教育も必要となる。

BWB の顧客サービス憲章によると、給水申込から工事完了まで「料金支払い後 28 日以内」と記されている。毎月の新規申込み件数は、多い支所で「300 件/月」程度となっており、配管工 1 名あたりの施工能力平均 10 件/日程度、定数 2 名、月の稼働日数を 20 日とした場合の施工能力は  $10 \text{ 件} \times 2 \text{ 名} \times 20 \text{ 日} = 400 \text{ 件/月}$  となることから、雨天等による予備日を考慮したとしても現在の申請件数に対して適正な人員配置がなされている。

しかし、実際には顧客サービス憲章に掲げる期間内に行えていない事が実態として確認できた。水道メータ調達の遅れや、材料手配の遅れなど原因は様々であるが、各支所とも 3,000 件程度の工事受付後未完了の申込み件数を抱えており、早期解決が課題となっている。

上記の内容はヒアリングに基づく記載であり、ルールは改変されたものの改変に伴うマニュアル類は整備されていない。他の業務同様、担当者の能力に依存したものとなっている。

#### (7) 検針/調定/未納停水

各支所には調定責任者である請求員 (Billing Officer) が 1 名配置されており、その下に検針/未納停水の監督業務を行う検針・切断技師 (Meter Reading and Disconnection Technician) が 3~4 名配置されている。検針・切断作業員 (Meter Reader and Disconnection Driver) は、各支所 24 名とな

っているが、実配置は顧客数に応じて調整されている。検針担当者一人当たりの受け持ち件数は900～1,000件/月となっている。

検針員 (Meter Reader) は前月 27 日から 10 日間 (土日休日含む) の内に当月分の検針を終わらせ、報告を受けた検針・切断技師が検針結果を確認し、異常値等について再調査を命じる。最終確認は各支所の請求員が行い、当月分の請求データを 15 日までに確定させる。また、紙ベースの請求書の要求に対しては 17 日までに対応する。

未払い顧客に対する停水執行は、検針終了後に月の中旬～下旬で実施する。当該業務についても検針・切断作業員が行う。各支所における人員配置を表 2-4-3 に示す

表 2-4-3 ゾーンの規模とゾーン別人員配置

	Limbe	Soche	Kabula
顧客数*	23,523	14,227	26,134
DMA 数	44	34	53
管理配管工 Caretaker Plumber	7 (定数 4)	5 (定数 4)	9 (定数 4)
配管工 (新規接続) Plumber (New Connections)	2	1 (定数 2)	2
請求員 Billing Officer	1	1	1
検針・切断技師 Meter Reading and Disconnection Technician	4 (5,880 世帯/人) **	3 (定数 4) (4,742 世帯/人) **	4 (6,533 世帯/人) **
検針・切断作業員 Meter Reader and Disconnection Driver	26 (定数 24) (904 世帯/人) **	16 (定数 24) (889 世帯/人) **	27 (定数 24) (967 世帯/人) **
給水申込数 (件/月)	300 件/月 (聞き取りによる 平均)	172 件/月 (8 月実績)	272 件/月 (7 月実績)
給水申込受付済み未着手件数	約 3,000 世帯/各ゾーン		

注記：\*2021 年 5 月時点での登録顧客数。使用水量の整理に利用した顧客数には水道メータ未設置等の顧客が含まれていないため、ここで示す顧客数は必ずしも一致するとは限らない。\*\*( ) は職員あたりの世帯数  
出典：BWB ヒアリングにより JICA 調査チームが作成

また検針、未納停水に関するマニュアルは策定されていないが「Policy and Procedure Statements」がマニュアルに相当する。しかし策定年次 (見直し) が 2014 年 7 月と古く、事務分掌に近いものであることが確認できた。

BWB ではポストペイド・メータ料金システム「EDAMS」及びプリペイド・メータ料金システム「RAPIS」の、2つの料金システムが並行して運用されており、請求員及び検針・切断技師は両方のシステムを間違えることなく運用するスキルが求められる。しかし、両システムとも運用マニュアルは整備されていない。

#### 2-4-4 人員構成・人事制度 (人材育成)・職員の能力、技術水準における考察

BWB 職員の能力及び技術水準について、以下の通り考察する。

##### (1) ダム水源管理/浄水場運転

既存の浄水場は各施設が老朽化しており十分な施設能力を有していない。そのため、BWB は現有の施設で創意工夫を図ってきたが、ろ過池のキャリーオーバーやろ過池のマッドボールの形成等、浄水プロセスにおいて過負荷な運転を強いている状況である。そのため適切な浄水プロセス

の施設改修に加え、職員の浄水技術を養成し、適切な浄水管理を実施することが必要であると考ええる。

ダム水源に関しては、ダム管理専門の技術者はいない。

堆砂形状や堆砂容量は、把握されている。しかし、貯水池運転計画で必要となる貯水位や流入量の観測が実施されておらず、今回のような貯水池計画を検討する上でのデータが不足している。ダムは1955年の建設であり、取水塔は、老朽化が進み、改良が必要な状況である。このことから、ダム管理に関する組織能力は乏しい。

## (2) 送配水および施設/設備更新

管路更新工事は請負工事として発注しているが、施工管理マニュアルを活用していないことから監督員は請負事業者に対する指導力を十分に有していない状況にある。有用なマニュアルを整備することで職員の技術力向上を図る必要があると考える。

施設/設備更新に関しては、開発パートナーからの提案・報告書に対し、BWB内で詳細の検証が行われていないことが本調査で確認された。例えば、ポンプの選定、管路の口径選定、太陽光発電に関する計画等、JICA調査チームからの質問に明確に答えられる担当者が居ない状況であった。今のままでは各開発パートナーが作成した計画通りに疑問を持つこともなく多様なものの調達を余儀なくされ、無用な借金をすることで経営が厳しくなる一方である。各種計画や提案に対し鵜呑みにすることなく自らの目で見極める能力を養い、組織にとっての提案内容の要否に係る議論を行う能力が必要である。そのためには技術者としての質の向上が求められる。

## (3) NRW 対策

NRW課は配水量分析を行う上でLiemberger & Partners社の自動計算ソフトを用いているが各項目の入力について精度が担保されていない。ソフトを理解し、各項目の精度を上げることで正確な配水量分析が可能となる。Walker's Ferry浄水場やChilekaポンプ場、Mudi浄水場に設置された流量計はBWBが保有していた超音波流量計の転用であるが設置に関する条件（上流側10D、下流側5D）を満たしておらず、測定精度に関して検証が必要である。高価な電磁流量計を調達せず保有する機材を有効活用する姿勢は評価できるが、技術力の面では十分とは言えない状況である。

各支所との連携した違法接続顧客対策に関しては評価できる。

## (4) DMA 管理

各支所が設定するDMA全てで水理的分離が確保されている状況ではない。（DMAの条件を満たしていない）バルクメーターの不備や水圧管理ができないなど原因は理解できるがDMA管理に関する技術は不足していると言わざるを得ない。

## (5) 漏水修理および小規模な管路更新／新規接続

各支所の技術系職員は「漏水を修理する」「新規接続を行う」等の業務に対し、不十分な工具や材料の中で遂行しているが、正しい施工方法ではない場合もあり「技術力が高い」とは評し難い。しかしながら知恵と工夫をもってその場を収めている状況は評価できる。職員は概ね勤勉であることから正しい施工に関する研修と十分な工具、材料を与えれば改善が図られると考える。

## (6) 検針/調定/請求

料金系職員は検針員及び調定担当者を始め、料金主任までが検針及び調定のプロセスに問題意識を抱いていない。唯一請求プロセスのみが過剰に遂行され「料金回収率のみが高い」ことに満

足している状況である。原因は2017年及び2018年の横浜市水道局ボランティアスタッフが行ったワークショップからも「マニュアルがない」「研修が不十分である」ことが浮き彫りになっており、検針、調定マニュアルの策定、および研修の充実を図り、精度の高い検針/調定/請求業務を行える体制を整えることが急務であると考え。

#### (7) 技術力向上に向けた業務マニュアル及び研修体制の整備の必要性

本調査を通じて、人材育成計画は策定されたものの各業務に関するマニュアル整備ができておらず、研修体制も不十分であることが確認された。組織的な研修が行われないことから、新人職員はベテラン職員の業務を見て覚えることで業務を習得している状況である。

このような業務の習得方法は、ベテラン職員の行いを疑うことなく「是」として受け入れてしまいかねないため、場合によっては間違った知識を身に着けてしまう危険性が潜んでいる。

また形式知としてではなく、職員個々に暗黙知として積み上げられることは、当該職員の退職等により技術を喪失する恐れがあり、暗黙知から形式知への転換は喫緊の課題である。

対策としては各種業務マニュアル策定、研修による技術継承、職員のキャパシティ・アセスメントによる到達度評価を一連のサイクルとした人材育成体制を構築する必要がある。

## 2-5 BWB の給水サービスの現状

### 2-5-1 浄水量及び使用水量

#### (1) 浄水量

2003年から2020年までのBWBの浄水場別の浄水量を、表2-5-1に示す。3箇所の浄水場の設計能力の合計である133,000 m<sup>3</sup>/日に対し、過去5年間(2016~2020年)では浄水量の平均は、昨今のダムや河川水位の低下により、約89,000 m<sup>3</sup>/日と約67%となっている。特にMudi浄水場とNguludi浄水場の浄水量は設計容量に対し、それぞれ約34%、約37%と著しく低い。

表 2-5-1 浄水場別浄水量

年	年間浄水量 (百万 m <sup>3</sup> )				一日あたり浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	Walker's Ferry	Mudi	Nguludi	計	Walker's Ferry (設計能力: 96,000)	Mudi (設計能力: 17,000)	Nguludi (設計能力: 20,000)	計 (設計能力: 133,000)
2003	30.61	3.25	-	33.86	83,863	8,904	-	92,767
2004	26.52	2.25	-	28.77	72,658	6,164	-	78,822
2005	27.03	3.57	-	30.60	74,055	9,781	-	83,836
2006	26.90	2.09	-	28.99	73,699	5,726	-	79,425
2007	25.48	3.90	-	29.38	69,808	10,685	-	80,493
2008	26.64	2.00	-	28.64	72,986	5,479	-	78,466
2009	27.47	2.40	-	29.87	75,260	6,575	-	81,836
2010	28.07	1.97	-	30.04	76,904	5,397	-	82,301
2011	28.68	2.23	-	30.91	78,575	6,110	-	84,685
2012	28.24	2.42	-	30.66	77,370	6,630	-	84,000
2013	25.30	2.90	-	28.20	69,315	7,945	-	77,260
2014	21.33	2.37	-	23.70	58,438	6,493	-	64,932
2015	20.60	1.60	-	22.20	56,438	4,384	-	60,822
2016	28.18	2.12	-	30.30	77,205	5,808	-	83,014
2017	26.30	1.40	-	27.70	72,055	3,836	-	75,890

年	年間浄水量 (百万 m <sup>3</sup> )				一日あたり浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	Walker's Ferry	Mudi	Nguludi	計	Walker's Ferry (設計能力: 96,000)	Mudi (設計能力: 17,000)	Nguludi (設計能力: 20,000)	計 (設計能力: 133,000)
2018	26.50	2.10	-	28.60	72,603	5,753	-	78,356
2019	-	-	-	33.50	77,012*	6,295**	-	85,085
2020	-	-	-	33.50	80,904*	7,142**	7,422***	95,468
過去5年間(2016年~2020年)の 日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)					75,956 (85.2%)	5,767 (6.5%)	7,422 (8.3%)	<b>89,145</b> <b>(100%)</b>
過去5年間(2016年~2020年)の 設計能力に対する浄水量の割合 (%)					79.1	<b>33.9</b>	<b>37.1</b>	<b>67.0</b>

出典：BWB 年間報告書及び Nguludi 浄水場の運転管理データ

注記：

\* 2019年と2020年の Walker's Ferry 浄水場の浄水データが BWB において整理されていないため、Walker's Ferry 浄水場の浄水量は浄水総量から Mudi 浄水場及び Nguludi 浄水場の浄水量を控除して算出した。

\*\* データは Mudi 浄水場から提供された。

\*\*\* 2021年には一日あたり約 10,500 m<sup>3</sup>/日が浄水されている。

## (2) 使用水量

2018年から2020年までの浄水量と使用水量を、表 2-5-2 に示す。2020年の使用水量は約 43,700 m<sup>3</sup>/日となっているが、料金滞納等により給水管が一時的に切断された顧客、あるいは水道メータが設置されていない約 15,000 世帯の使用水量は含まれていない。これは、BWB では請求データとして整理されていないからである。したがって実際の使用水量は、2021年時点の顧客数から概算し、表 2-5-2 に示す使用水量よりも、最大で 10,000 m<sup>3</sup>/日 (70~80 LCD x 約 15,000 世帯 x 8 名/世帯) 多いものと想定される。

表 2-5-2 浄水量と使用水量

No.	項目	2018年	2019年	2020年
1)	浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	-	78,356	85,085
2)	生データに基づく使用水量 (m <sup>3</sup> /日)	-	45,429	41,563
3)	無収水量 (m <sup>3</sup> /日)	1) - 2)	32,927	43,522
4)	無収水率 (%)	(1) - 2) / 1) x 100	42.0	51.2

出典：BWB 年間報告書及び Nguludi 浄水場の運転管理データ、請求データに基づき JICA 調査チームが整理。

## 2-5-2 ダム水源及び取水量

2018年から2020年までの3年間の Mudi ダム取水量 (原水) は、表 2-5-3 の通りとなる。取水量の範囲は、月により異なるものの、4,700~8,800 m<sup>3</sup>/日の範囲となる。

表 2-5-3 月間原水取水量

月/年	2018年	2019年	2020年	合計 (m <sup>3</sup> )	月平均 (m <sup>3</sup> /月)	日平均 (m <sup>3</sup> /日)
1月	111,915	98,552	225,669	436,136	145,379	4,690
2月	154,582	67,316	245,218	467,116	155,705	5,502
3月	255,074	167,824	273,178	696,076	232,025	7,485
4月	240,496	261,129	251,870	753,495	251,165	8,372
5月	259,684	270,126	11,592	541,402	180,467	5,822
6月	268,955	214,704	N/A	483,659	241,830	8,061
7月	241,199	239,945	N/A	481,144	240,572	8,019
8月	262,680	244,873	N/A	507,553	253,777	8,186
9月	251,155	261,843	N/A	512,998	256,499	8,550
10月	171,659	263,052	305,960	740,671	246,890	7,964
11月	180,923	226,482	387,322	794,727	264,909	8,830

月/年	2018年	2019年	2020年	合計 (m <sup>3</sup> )	月平均 (m <sup>3</sup> /月)	日平均 (m <sup>3</sup> /日)
12月	130,939	162,833	513,583	807,355	269,118	8,681
				<b>年間合計</b>	<b>2,738,336</b>	<b>90,162</b>

出典：BWB 運転記録 (2018-2020)

上記のデータの中で雨期及び乾期で区分して、原水取水量を整理すると表 2-5-4 の通りとなる。平均的にみると、期別の取水量の違いはさほどない。

表 2-5-4 雨期と乾期の原水取水の範囲

期別	原水取水量範囲 (m <sup>3</sup> /日)	備考
雨期	8,830 ~4,690	11月から4月
乾期	8,550~ 5,820	5月から10月

出典：BWB運転記録をもとにJICA調査チームが作成

### 2-5-3 配水区域

BWB の配水網における配水池及び浄水池を表 2-5-5 に、給水区域図を図 2-5-1 にそれぞれ示す。

表 2-5-5 配水池及び浄水池

No.	名称	区別	貯留容量(m <sup>3</sup> )	配水区域
1	Walker's Ferry	浄水池	5,120	
2	Chileka	浄水池	4,551	
3	Chileka village / Airport	配水池	146+370	Lunzu
4	Kameza	配水池	5,000	Chileka, Lunzu, Ngumbe, Kameza, NGUMBE, Matindi
5	South Lunzu	配水池	5,749	Machinjiri, South Lunzu
6	Nyambadwe	配水池	13,500	Ginnery Corner, Kampala Manase, Mandala, Manyowe, Mount Pleasant, Nancholi & Baluti area, Naperi, New Naperi, Old Naperi, Soche East, Sunnyside, Zingwangwa, Zingwangwa Newlines, Blantyre Central, Chemusa, Chilomoni, Kabula Hill, Namiwawa, Nyambadwe High Pressure, Nyambadwe Low Pressure Zingwangwa, Sigerege, Mbayani
7	Ndirande	配水池	14,162	Ginnery Corner, Makata Industrial Estate, Njamba, Nkolokosa, Ndirande Newlines, Ndirande THA, Ndilande-Malaysia
8	Chirimba	配水池	2,250	Chapima Heights, Chirimba Industrial Area, Chirimba THA, Chilimba, Kameza, Likhubula, NGUMBE
9	Mt. Pleaant	配水池	2,500	Chikwawa Rd, Manase, Mpemba, Nancholi & Baluti area, Ntonda
10	Sanjika	配水池	600	Presidential Palace
11	Unicef	配水池	500	Ndirande Unplanned
12	Sochi (Chimwankhunda)	配水池	5,000	Chimwankhunda, Chimwankunda Newlines, Green Corner, Manja, Naotcha, Njamba, Nkolokosa, Ntonda, Angello Goveya, Chigumula, Chiwembe, Kanjedza, Manje, Soche Misesa
13	Mudi	浄水池	2,379	
14	Chichiri	配水池	4,958	Central Area, Limbe Central, Maoni, Maselema, Mudi Estate, Nkolokoti

No.	名称	区別	貯留容量(m <sup>3</sup> )	配水区域
15	Kanjedza	配水池	9,092	Chimwankhunda, Chilobwe, Chimwankunda Newlines, Manja, Njamba, Nkolokosa, Angello Goveya, Bangwe, BCA HILLS, Chigumula, Chinyonga, Chiwembe, Kanjedza, Limbe Central, Manje, Nguludi, Soche Misesa
16	Bangwe Clinic	配水池	305	Bangwe
17	B.C.A	配水池	252	BCA HILLS
18	Chigumula	配水池	5,000	Bvumbwe, Chigumula
19	Zomba road	配水池	9,000	Chichiri, Khama, Limbe Central, Maselema, Mudi Estate, Namiyango, Nkolokoti
20	Upper mpingwe	配水池	743	Mpingwe
21	Lower mpingwe	配水池	900	Chiradzulu, Kachere, Mapanga,
22	Mpingwe	配水池	5,000	
23	Nguludi	浄水池	240	
	<b>合計</b>		<b>97,317</b>	

出典: BWB 資料に基づき JICA 調査チームにより作成

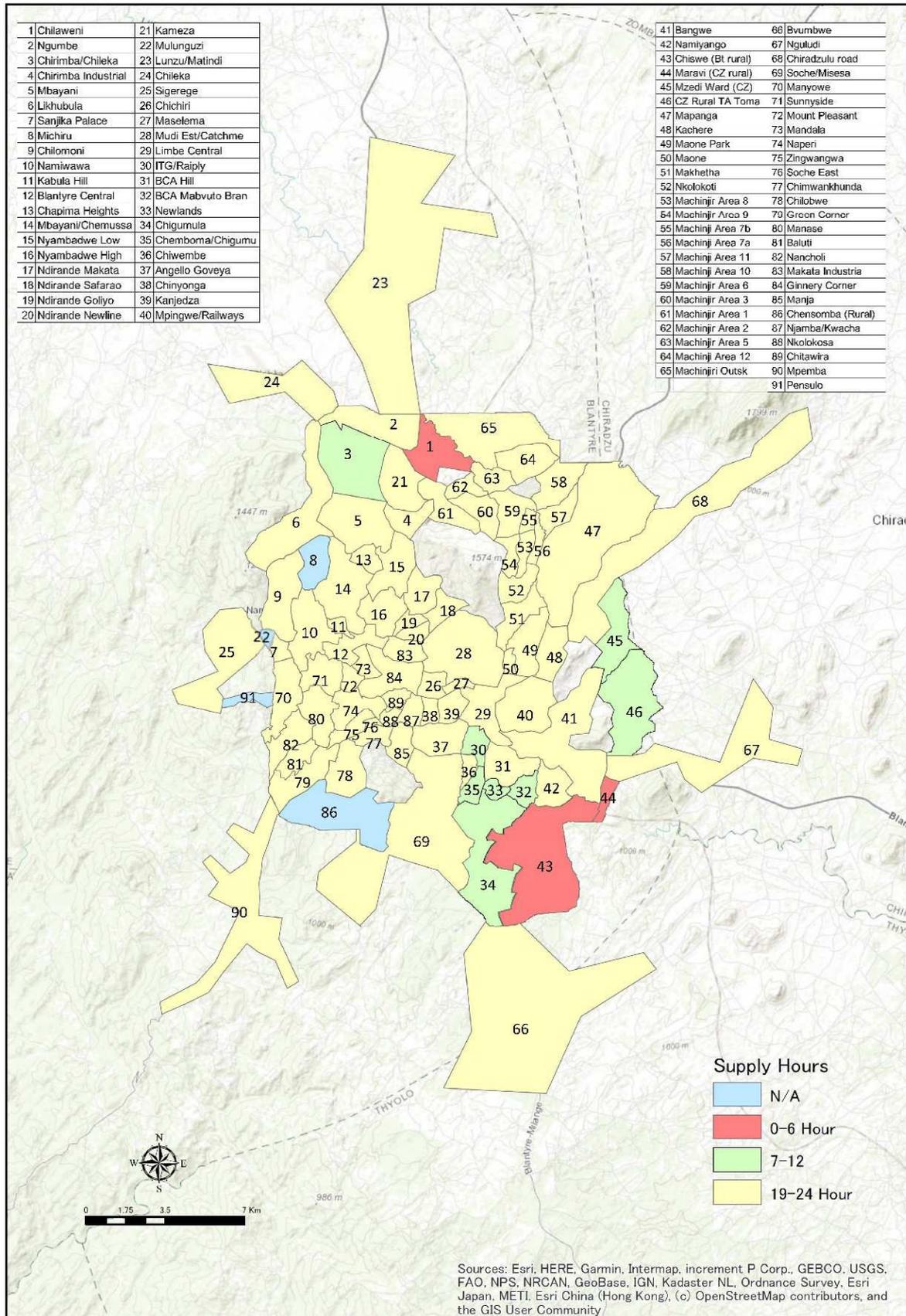
#### 2-5-4 給水時間

BWB の所轄する給水地域は、91 の給水区域から成る。そのうち 4 区域は給水時間が不明であるが、76 区域（全体の約 83.5%）では 19 時間以上の給水時間となっている。区域別の給水時間を、表 2-5-6 及び図 2-5-1 に示す。BWB が所管する給水区域は広域で都市部から外れた郊外の区域も含まれており、給水時間の短い 11 の給水区域はこのような郊外の区域に該当する。これらの区域では圧力管理や漏水管理のような配水管理が適切に行われていないことが原因で給水時間が限定的になっていることも推測されるが、その要因を特定するためにはさらなる調査が必要である。

表 2-5-6 給水区域別給水時間

ゾーン	給水区域数	給水時間				
		0-6	7-12	13-18	19-24	N/A
Soche Zone	22	0	0	0	20	2
Kabula Zone	25	1	1	0	21	2
Limbe Zone	44	2	7	0	35	0
合計	91	3	8	0	76	4
	100.0%	3.3%	8.8%	0.0%	83.5%	4.4%

出典：BWB の技術部とのインタビュー



出典：BWB とのインタビュー調査の結果をもとに JICA 調査チームが作成。

図 2-5-1 各給水区域における給水時間

### 2-5-5 顧客サービス

BWB では、ICT を活用したカスタマーサービスの機能強化を行っている。ホームページからの料金照会及び携帯電話による料金支払い、新規給水申し込みの受付等、顧客の利便性向上に向けた取り組みが導入されている。工事や断水、未納停水執行に関するお知らせは、ホームページへの掲載に加え、Facebook も積極的に活用した広報の取り組みを行っている。

料金支払い場所を増やす取り組みや24時間営業のプリペイド・メータのトークン購入場所の設置等、顧客の利便性向上に努めている。2019年にはフリーダイヤルによるコールセンターを設置し、問合せに対する対応力が強化された。

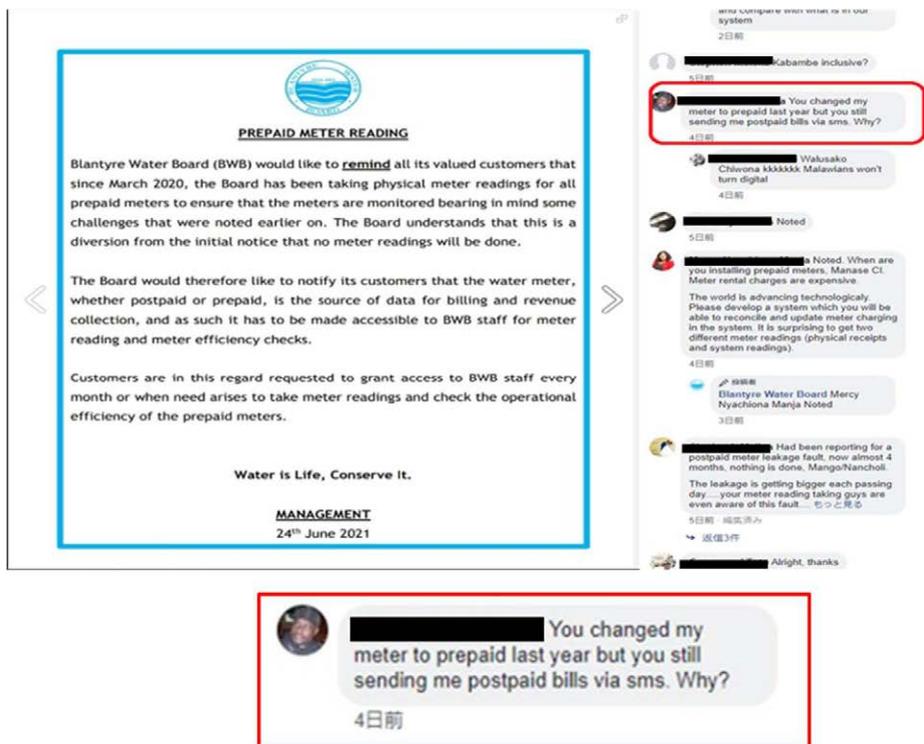
また顧客サービス憲章を作成、公表し、顧客満足度の向上に向けた取り組みがなされており、「BWB Strategic Plan 2020-2025」において顧客満足度はベースラインとなる2020年度で35%であるが、最終年度の2025年には80%を目指すと記載されている。なお、低い顧客満足度の背景として、請求書の未受け取りや時期の遅延、検針や料金の正確さを求める意見が多数あることが報告されている<sup>7</sup>。

### 2-5-6 料金システムの連携

各部署へヒアリングを行ったところ、ポストペイド・メータの料金システム「EDAMS」とプリペイド・メータの料金システム「RAPIS」は連携が図られていないことが確認された。同一事業体において複数の料金システムを導入する以上、各システムの連携は不可欠である。

実際に、BWB が2021年6月にFacebookにてプリペイド・メータの顧客宛に検針による立ち入りの協力依頼を掲載したところ、ある顧客から「昨年プリペイド・メータに切り替えたが、未だにポストペイド・メータの請求書が届く」（いわゆる二重徴収）との書き込みがなされていた。（現在はそのコメントは削除済み）システム連携がなされていれば、同一顧客に両方のシステムから請求書が発行されるというミスは防げるはずである。当時の情報を図2-5-2に示す。

<sup>7</sup> 2017年横浜市水道局より派遣されたボランティアによる顧客満足度調査の結果、約4割の顧客が請求書を毎月確実に受け取っていないと回答し、請求書の受け取り時期について、約6割の顧客が次回検針時または納入期限後と回答があった。また、意見や提案の欄では、検針や料金の正確さを求める意見が多数あり、水質・水圧・給水時間についての要望のほか、支払場所の拡充や請求書の適切配布の要望が多数見られたとのこと。



出典：BWB Facebook

図 2-5-2 二重徴収に関する顧客からのクレーム

### 2-5-7 NRW 対策の実施状況

BWB の無収水の実態を「(1) 無収水量の定義」及び「(2) 無収水量の区分」、「(3) 無収水量の現状評価」、「(4) NRW 対策の進捗」に沿って確認した。

#### (1) 無収水量の定義

国際水協会（以下「IWA」）の定義に基づく BWB の配水量分析表（2020 年平均）を表 2-5-7 に示す。一般的に Non-Revenue Water（無収水量）とは、紫色で網掛けしている「Unbilled Authorized Consumption（非請求認定給水量）」「Apparent Losses（商業的損失、以下「コマーシャル・ロス）」」「Real Losses（物理的損失、以下「フィジカル・ロス）」の総和を指す。

本調査を通じて、BWB の無収水量は IWA の定義に沿っていることを確認できたが、BWB はコマーシャル・ロスとフィジカル・ロスの数値根拠を保有していない。

表 2-5-7 IWA の定義に基づく BWB による配水量分析表 (2020 年平均)

<b>System Input</b> 91,775 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 5.0%	<b>Authorized Consumption</b> 43,099 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 0.1%	<b>Billed Authorized Consumption</b> 42,771 m <sup>3</sup> /day	<b>Billed Metered Consumption</b> 42,771 m <sup>3</sup> /day	<b>Revenue Water</b> 42,771 m <sup>3</sup> /day
			<b>Billed Unmetered Consumption</b> 0 m <sup>3</sup> /day	
	<b>Water Losses</b> 48,676 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 9.4%	<b>Unbilled Authorized Consumption</b> 329 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 8.3%	<b>Unbilled Metered Consumption</b> 55 m <sup>3</sup> /day	<b>Non-Revenue Water</b> 49,004 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 9.4%
			<b>Unbilled Unmetered Consumption</b> 274 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 10.0%	
		<b>Commercial Losses</b> 32,361 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 13.5%	<b>Unauthorized Consumption</b> 1,573 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 14.2%	
			<b>Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors</b> 30,788 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 14.2%	
<b>Physical Losses</b> 16,315 m <sup>3</sup> /day Error Margin [+/-]: 38.9%				

出典: BWB

(2) 無収水量の区分

IWA の無収水量の区分である「1)フィジカル・ロス (配管からの漏水等)」及び「2)コマーシャル・ロス (盗水、水道メータ誤作動等)」に沿って無収水の実態を整理した。

1) フィジカル・ロス (配管からの漏水等)

フィジカル・ロスの代表的な原因と特徴を表 2-5-8 に示し、以下に原因の詳細を記す。

表 2-5-8 BWB における代表的なフィジカル・ロスの原因と特徴

フィジカル・ロスの原因	特徴
a. AC 管に代表される老朽管の存在	管路蓄積データがなく、老朽管が多数存在すること
b. 高水圧地域の存在	ブランタイヤ市の特有の起伏の激しさ
c. 給配水管の施工方法	施工品質が悪いため、速やかに補修する必要があるが、予算不足のため、リスクの先送り

出典: JICA 調査チーム

a. AC管に代表される老朽管の存在

BWB における埋設配水管の概要としては、AC 管が給配水管路延長の約 46%を占めている。BWB では、各管路の基礎情報 (例えば、施工年度や修繕履歴等) は整理されていないが、耐用年数を超過した老朽管が多数存在していることは事実である。

b. 高水圧地域の存在

ブランタイヤ市の地形的な特徴として、都市全体の起伏が激しいことが挙げられる (表 2-5-9 参照)。写真-1 は、都市域の起伏の状況を示す。市街地は標高 1,000~1,200 m にあり、約 400 m の標高差がある。写真-2 は、新設配水池からの風景である。2019 年に標高 1,200 m 地点に建設されたが、極端に高い位置にあり、配水区域に高水圧をもたし漏水発生の原因となるため、本配水池からは直接顧客への給水は現在行われていない。

表 2-5-9 ブランタイヤ市の地形的な特徴 (例)

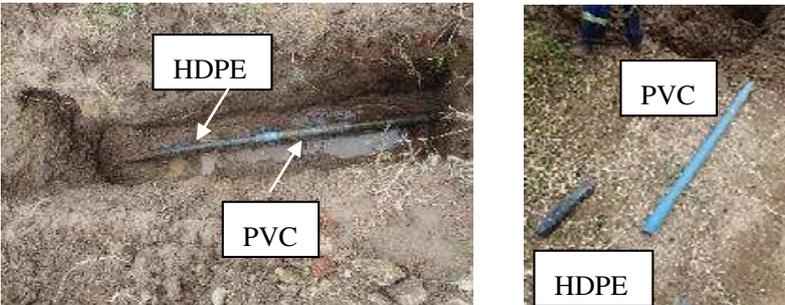
写真-1	写真-2
<p>都市域の至る所での起伏 (例)</p> 	<p>新配水池からの風景</p> 

出典: JICA 調査チーム

c. 給配水管の施工方法

現地での施工現場視察から把握した解決すべき課題を、表 2-5-10 に示す。管路更新に代表される施工全般において、BWB は十分な予算を確保できておらず、現場での応急処置的な対応を余儀なくされている。例えばコスト縮減の一環として、同表の写真のような異種管接続が行われていた。また埋設深が極端に浅い、あるいは露出した給水管も多く存在しており、漏水発生リスクの多くを摘み取れていない状態である。

表 2-5-10 施工現場視察から把握した解決すべき課題

施工方法	内容
<p>現場での異種管接続</p>	<p>高密度ポリエチレン (以下「HDPE」) 管と PVC 管の異種管接続事例。 異種管接続は各管材の強度/性能が異なるため、同種の管きよ接続と比較した場合に、専用のジョイント材を利用しない限り、一定の水圧が継続した際の漏水確率が高くなる。</p> 
<p>浅埋管きよ</p>	<p>埋設深が浅い、或いは露出しており、車の通行により漏水リスクが高まる</p> 

出典: JICA 調査チーム

2) コマーシャル・ロス (盗水、水道メータ誤作動等)

表 2-5-11 に BWB における代表的なコマーシャル・ロスの原因と特徴を示す。

表 2-5-11 BWB における代表的なコマーシャル・ロスの原因と特徴

コマーシャル・ロスの原因	特徴
a. 違法接続	無届接続による盗水やバイパス等
b. 水道メータ誤作動	水道メータの品質や老朽化、校正不備、顧客による水道メータの不正改造

出典: JICA 調査チーム

a. 違法接続

表 2-5-12 に示すとおり、ブランタイヤ市では、破壊行為や大規模利用者による違法接続が顕在化している。主な要因は、BWB の管理能力の脆弱さのみならず、管理範囲を超えた事例 (例えば、意図的な盗水等を指す) も多数あり、BWB 管轄内への住民啓発も並行して行うことが必要である。

表 2-5-12 BWB における違法接続の事例

違法接続の項目	内容
破壊行為	意図的な施設損傷により、水道機能そのものが停止する。
大規模の違法接続	違法接続の事例。写真は、BWB 検査実施前に不法接続を隠匿するために業者によって急遽水道メータが取り付けられたもの。 

出典: JICA 調査チーム

b. 水道メータ誤作動

BWB における水道メータ誤作動の事例を、表 2-5-13 に示す。誤作動の主な要因は、定期的点検やメンテナンス等の BWB の管理体制が十分でないことである。

表 2-5-13 BWB における水道メータ誤作動の事例

項目	内容
バッテリー消費	プリペイド・メータのバッテリー切れが原因で、水道メータ測定値 (上部) と実際の流量 (下部) が異なる。 

項目	内容
水道メータ精度の低下	水道メータ測定値と他機器による測定値に大きな乖離がある。 

出典：JICA 調査チーム

### c. 不正検針

2017年にYWWBのボランティアが行ったChiwembe DMAのベースライン調査報告書によると、“DMA内の1区画の検針に全件同行した結果、従来8m<sup>3</sup>/月であった地区の平均使用水量が10m<sup>3</sup>/月に増加した”と記されている（25%の有収水量の増加）。

その際、複数の顧客においてはその月の請求水量が100~200m<sup>3</sup>と、通常月の請求水量に比べ非常に多量となる事例が生じていた。ただしBWBによる水道メータ検査の結果、異常は見られなかった。上記のことから、現場で水道メータを確認せず推量による検針（＝不正検針）を行う等検針の正確性が担保されていない状況が示唆される。

Chiwembe地区においては当初（2017年10月）の無収水率が69.3%であったのに対し、翌月（2017年11月）の無収水率は49.1%まで減少した。これは、検針誤差の補正及び可視漏水（水道メータ上流の漏水）の修繕によるものである。水道メータ上流の漏水は、検針員が報告義務を負っていることから、「正確な検針」を行うことで無収水率が20ポイントほど改善されたこととなる<sup>8</sup>。

### d. 不正確な調定

調定担当者は検針員からの報告に基づき、システムが異常値と判断した顧客のみを再調査対象としている。しかし、「c. 不正検針の疑い」で述べたように検針の精度が担保されない状況では正確な調定が行われているとは考え難い。

高級住宅地等、敷地内に立入れず検針できない顧客（Gate Lock）に対し、BWBは「過去3か月の請求額の平均値を請求する」（システムによる自動計算）としているが、長期間検針できない顧客においては、システムが算出した推量による請求となる。こうした顧客は検針されないまま定額を払い続けることとなるが、未だ対応策は検討されていない。

配水量分析表における有収水量は料金システムに入力された数値であり、正確な検針を行うことでその数値が担保されるが、現在の状況では正しい調定が行われているとは考え難い。「正確な検針」及び「正確な調定」、「正確な請求」の3要素が水道料金収入の根幹だが、現在のBWBではこれらの要素を満たしているとは言い難い状況である。

## (3) 無収水量の現状評価

### 1) NRW 対策機材

BWBにおけるNRW対策機材を表2-5-14に示す。2016年にYWWBが行ったJICAボランティア業務時に確認された保有機材数と数量は変わらない。BWBのNRW対策において、機材操作等

<sup>8</sup>出典：横浜市水道局2017年JICAボランティア参加者作製「活動報告書」

に係る知見不足のため、これら機材はほとんど活用されておらず、効果的な NRW 対策活動に繋がっていない。

表 2-5-14 BWB における NRW 対策機材

項目	仕様	数量
超音波携帯式流量計 Ultrasonic portable flow meter	Flexim F601	2
水圧計 Pressure meter	複数仕様混在	17
ノイズ低減漏水探知器 Noise Reduction Leakage detector	FUJI TECOM DNR-18	3
漏水探知器 Leakage detector	FUJI TECOM LD-7	3
鋼管探知機 Steel pipe detector	GUTERMANN DETECTION DS82	2
音聴棒 Leak sound listening stick/bar	BWB 手製	4

出典: JICA 調査チーム (YWWB2016 年ボランティア調査結果をもとに加筆修正)

## 2) 送水管における無収水量

No.1 Walker's Ferry 浄水場と No.2 Chileka 中継ポンプ場に関連する、各送水管における実流量の比較結果を表 2-5-15 に示す。この実流量は、浄水場もしくは中継ポンプ場からポンプ圧送後の送水管に設置された流量計測定値を指す。JICA 調査チームは、これら流量計データを 2021 年 2~4 月の月単位で比較検証し、この区間の無収水量は最大で約 2%程度 (2021 年 3 月) と算定した。

表 2-5-15 各送水管における実流量の比較結果

送水管区間	No.1-No.2	No.2 - No.6 & No.7	No.2-No.4	No.2- No.3		無収水量	
測定箇所	Walker's Ferry 浄水場:A (m <sup>3</sup> /月)	Chileka PS (m <sup>3</sup> /月)				無収水量	
月		Main	Kameza Booster	Chileka Village	合計:B (m <sup>3</sup> /月)	流量:A-B (m <sup>3</sup> /月)	水量率 (%)
2021 年 2 月	2,460,034	2,206,758	230,479	8,350	2,445,586	14,448	0.6
2021 年 3 月	2,621,760	2,329,455	230,228	10,864	2,570,547	51,213	2.0
2021 年 4 月	2,443,521	2,186,282	223,518	11,565	2,421,365	22,156	0.9

出典: BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームにより作成

## (4) NRW 対策課の進捗

### 1) NRW 対策課の立ち上げ

BWB は、2019 年に職員定数 27 名から成る NRW 対策課を立ち上げた。業務内容としては、送水管を主とした漏水調査及び、配水量分析表の作成ほか、各支所と連携した DMA の流量測定支援、水道メータ検査、不法接続調査を行っている。以下に、a. 無収水率の推移、b. 日常業務を通じた無収水量の削減、c. DMA の構築を通じた無収水量の削減について、現在の進捗を整理した。

#### a. 無収水率の推移

BWB における無収水率の推移を、

表 2-5-16 に示す。2020 年度における公式値 (FY2020 の平均値) は約 54%である。2020 年度以降に無収水率が急上昇しているが、これは Walker's Ferry 浄水場での流量計設置により、より正確な値が算出されたことによる。

表 2-5-16 BWB における無収水率の推移

月	FY 2018 (2017年7月 -2018年6月)	FY 2019 (2018年7月 -2019年6月)	FY 2020 (2019年7月 -2020年6月)	FY2021 (2020年7月 -2021年6月)
7月	48%	39%	54%	54%
8月	43%	39%	51%	53%
9月	34%	33%	48%	51%
10月	33%	32%	57%	49%
11月	34%	32%	46%	51%
12月	43%	33%	51%	57%
1月	39%	40%	53%	57%
2月	34%	36%	58%	55%
3月	42%	39%	57%	56%
4月	41%	41%	55%	未確定
5月	39%	39%	59%	未確定
6月	38%	39%	54%	未確定
平均値	39%	37%	54%	54%

出典: BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームにより作成

#### b. 日常業務を通じた無収水量の削減

BWB では、日常業務を通じて 以下の NRW 削減対策を講じている。しかし、これにかかる人材及び予算投入が十分ではなく、無収水削減の目立った効果が出ていない。

- 管路接続箇所、老朽管による地表漏水対策の実施
- 住民からの通報を受けた水道メータ交換、もしくは違法接続の取り締まり

#### c. DMAの構築を通じた無収水量の削減

図 2-5-3 は BWB の DMA 構築状況であり、131 カ所の計画が存在する。BWB では、表 2-5-17 (Soche 支所: 21 年 6 月分抜粋) のとおり DMA 構築に取り組み、実際に DMA 内の流入水量と請求水量両方を把握している。各支所の担当者も無収水量がこれら差分であることまでは理解しているが、IWA の配水量分析や具体的な削減方法の確立までには至っていない。

以下「2)」と「3)」は、予防的保全の観点から、これら対策が充分に行われていないため、長期的な観点で対策が重要になる。



出典: BWB

図 2-5-3 BWB における DMA 構築状況

表 2-5-17 BWB における DMA ごとの配水量分析表

No	DMA 名称	水道メータ確認日 (1 <sup>st</sup> )	水道メータ確認日 (2 <sup>nd</sup> )	水道メータ値 (1 <sup>st</sup> )	水道メータ値 (2 <sup>nd</sup> )	DMA 流入量 (m <sup>3</sup> )	DMA 内水消費量 (m <sup>3</sup> )	NRW (%)
1	Mpemba	7-Jun-21	6-Jul-21	600,661	625,309	24,648	22,204	2,444 (10%)
2	Njamba	7-Jun-21	6-Jul-21	523,134	528,825	5,691	4,930	762 (13%)
3	Green Corner	7-Jun-21	6-Jul-21	146,544	153,333	6,789	5,873	916 (13%)
4	Manja Apostolic	7-Jun-21	6-Jul-21	59,638	76,766	17,128	14,172	2,956 (17%)
5	Sunnyside	7-Jun-21	6-Jul-21	580,678	637,641	56,962	44,997	11,966 (21%)
6	Chichiri	7-Jun-21	6-Jul-21	1,147,686	1,243,324	95,638	74,378	21,260 (22%)
7	MalingaMoyo	7-Jun-21	6-Jul-21	62,724	68,347	5,623	4,365	1,258 (22%)

出典: BWB

## 2) BWB における管路更新計画

管路及び設備の更新工事については、「Infrastructure Planning and Design and Construction Division」が担当しているが、年間施工計画は策定しておらず、各プロジェクトに応じて更新工事を実施している。BWB における管路資材の管理状況を、表 2-5-18 に示す。写真-1 はパイプやバルブ等の必要資材の管理状況の一例であり、写真-2 は老朽化した AC 管を再利用 (PVC 埋設時に、水路通過時に配管露出することが発覚し、AC 管を使い回し防護材として再利用した) している施工現場である。その要因としては、必要資材の管理状況が適切に行われていないこと、及び十分な予算が確保できないことが挙げられる。

表 2-5-18 ブランタイヤ市における管路資材の管理状況 (例)

写真-1	写真-2
NRW 対策用の資材管理(例) 	AC 管の有効活用(例) 

出典: JICA 調査チーム

無収水削減を目的とした、BWB が検討している管路更新事業概要 (提案) を、表 2-5-19 に示す。対象管は、老朽化した AC 管の管径 75 mm 以上で総計約 460 km (AC 管全体の約 80 %に相当)、概算は MWK 約 167.6 億 (約 22.7 億円) である。

表 2-5-19 BWB による管路更新事業概要 (提案) —抜粋

項目	内容
提案における主省庁	森林・天然資源省
プロジェクト名	配水管ネットワークのリハビリを通じた無収水削減
プロジェクトの概要	460 km の管路更新、1,000 カ所のバルブ建設/更新
対象位置	ブランタイヤ市
想定プロジェクト総額	MWK 16,762,500,000 (約 22.7 億円)

出典: BWB 資料に基づき JICA 調査チームにより作成

マラウイの公共事業の積算等で活用されている、単価表において、管路更新のコスト単価を MWK25,000/m (約 3,500 円) (配水管の平均的な管径) と確認しており、この単価は「地盤の掘削及び埋め戻し、既存管の撤去作業、及び PVC 管路の埋設」を含んでいる。

また、BWB の管路整備の実績 (通常の新設管路埋設のみならず更新も含む) は、50~60 km 程度であり、実際にプロジェクトを進める場合は、プロジェクト規模のみならず、施工業者が立案する施工計画の妥当性確認も重要になる。

### 3) 無収水削減を呼びかける教育、啓発等

BWB において該当する活動は行われておらず、経験・知見不足や 予算不足によるところが大きいと考えられる。

## 2-6 水道施設の現状及び維持管理状況

### 2-6-1 ダム水源 (Mudi ダム)

#### (1) Mudi ダム

Mudi ダムは、流域面積 8.9 km<sup>2</sup>、高さ 15 m、貯水池有効容量 150 万 m<sup>3</sup> (1955 年竣工時) のロックフィルダムである。貯水池の概要を図 2-6-1 に示す。



図 2-6-1 Mudi ダムの堤体、貯水池と BWB 本部

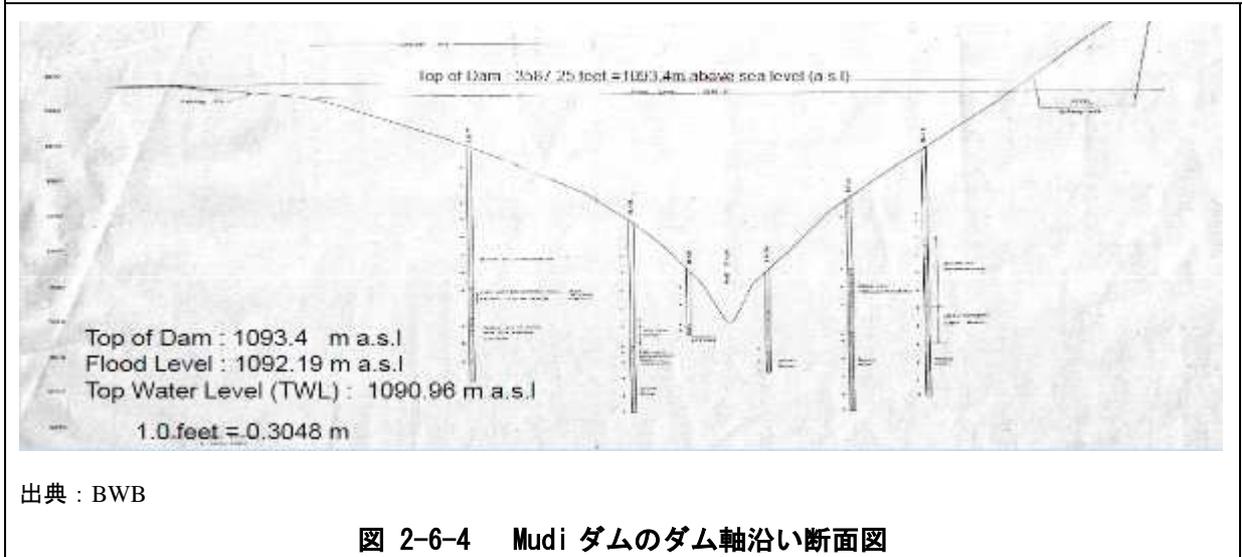
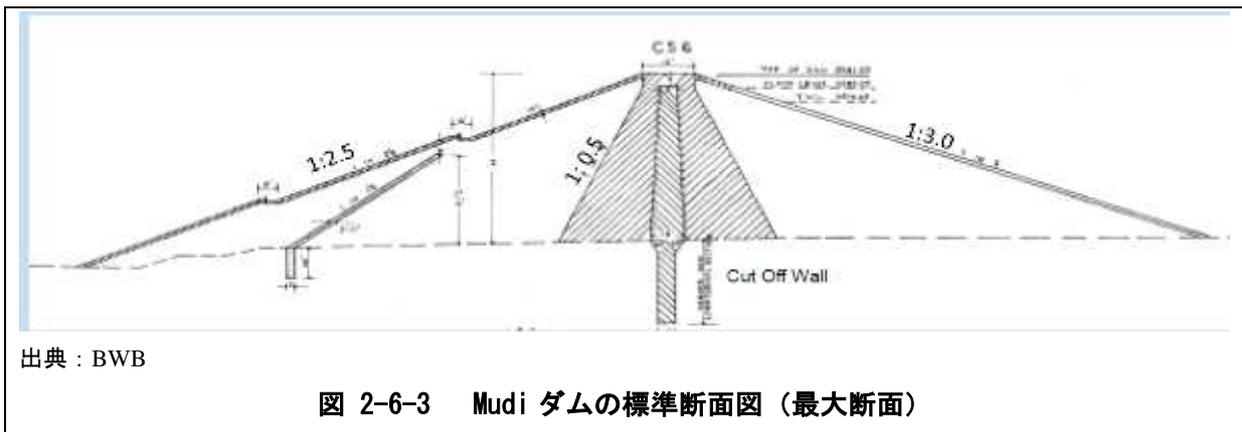
Mudi ダムの諸元を、表 2-6-1 に示す。

表 2-6-1 Mudi ダムの諸元

項目	諸元	備考
流域面積	8.9 km <sup>2</sup>	
ダム高	15.0 m	
有効容量	1,500,000 m <sup>3</sup>	1955年 竣工時点
貯水池面積	25 ha	標高1,092 m (平均海面潮位)
最高貯水位 (Top Water Level: TWL)	1,092.95 m	
最低取水水位	1,080.0 m	
最大貯水池水深	15.3 m	
洪水吐クレスト標高	1,096.96 m	

出典: BWB

Mudi ダムの主要図面として、平面図、標準断面図、ダム軸沿い断面図を図 2-6-2～図 2-6-4 に示す。



国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編 (ダム編) によると、「ダム施設は、ダムの堤体、洪水吐き及び基礎地盤等 (以下「堤体等」) の①土木構造物 (ダム本体、貯水池、洪水吐)、②放流設備 (取水設備) や係船設備等の機械設備、③電源設備や通信設備等の電気通信設備、④貯水池周辺斜面、⑤観測・計測設備、⑥その他の管理設備から構成されており、複数の設備等が一体となって、ダム施設の設置目的に応じた機能を発揮している。」としている。このうち Mudi ダムにおいては、電気通信設備 (③)、観測・計器設備 (⑤)、その他の管理設備 (⑥) は、設置されていない。

上記の分類に沿って、該当する Mudi ダムのダム施設並びに貯水池、ダム流域の現状と維持管理状況を整理すると、表 2-6-2 のとおりである。

表 2-6-2 ダム施設、貯水池、流域の現状と維持管理

施設	現状	維持管理状況	備考
1. 本体 (①) (ダム堤体)	堤体の沈下、漏水等は、見られない。	目視点検を実施	1955年竣工
2. 貯水池 (①)	堆砂が進行しており、1955年に比べて20%程度の堆砂量の増加	定期的な深淺測量を実施して監視	
3. 洪水吐 (①)	洪水吐の沈下やゲートの損傷はない。	目視点検を実施	2001年ゲート設置
4. 取水設備 (②)	取水塔は、堆砂が進み、上、中、下の3段のうち、上部標高からしか取水できない状況	定期点検は実施しているが堆砂が進み対策ができない現状。	2008年に改造を検討
5. 貯水池周辺斜面 (④)	完成後60年以上で、安定しており、不安定となる傾向はない。	BWBの定期的な点検を実施	
6. ダム流域	保全区域に指定され、一切の開発行為や住居の建設は禁止されている。	定期的な監視活動と植林活動を実施	

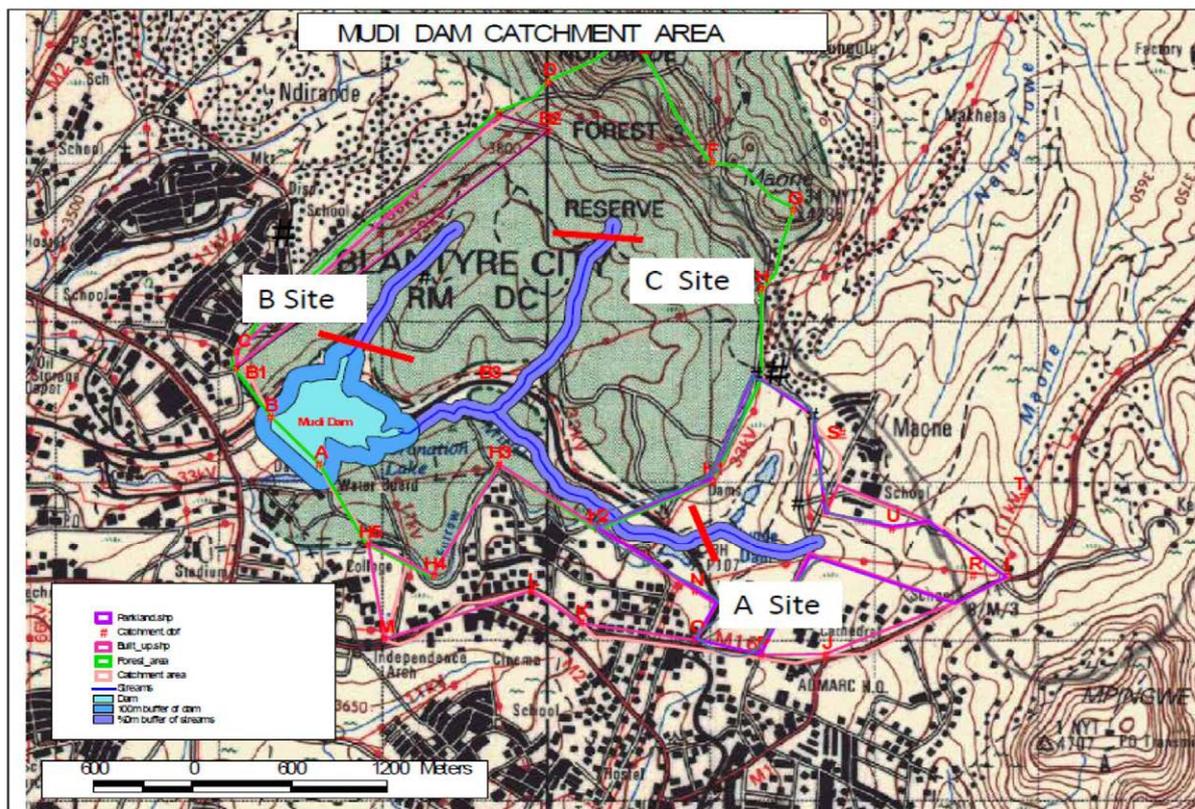
出典：JICA調査チーム

注記：①土木構造物、②放流設備、④貯水池周辺斜面

維持管理面での問題点としては、堆砂が進んだことによる貯水池容量の減少と堆砂による底部の貯水位での取水不能があげられる。ダム堤体に関しては、堤体の沈下や下流面法尻における浸透水の漏水等もなく、問題はみられない。

## (2) Mudi ダムの水質

図 2-6-5 に示す 3 地点 (A、B、C Site) 及び取水口から採水を行い、ポータブル型水質計及び簡易測定器 (パックテスト) を用いた簡易水質検査を実施した。水質測定結果を、表 2-6-3 に示す。



出典：BWB から入手した図面を JICA 調査チームが加工

図 2-6-5 Mudi ダムにおける採水地点 (A, B, C)

表 2-6-3 Mudi ダムにおける簡易水質測定結果

実施日 (2021 年)			2021 年	2021 年	2021 年		2021 年	
			5 月 12 日	6 月 1 日	5 月 13 日	5 月 13 日	9 月 7 日	
水質項目			取水口	取水口	Site A	Site B	Site C	取水口
ポータブル 水質計	温度	°C	19.0	19.0	21.0	22.0	20.0	21.0
	pH		8.9	8.4	7.0	7.2	7.4	-
	電気伝導度	μS/cm	174	170	129	156	197	-
	濁度	NTU	8.89	5.26	51.3	11.6	15.4	-
簡易測定器 (パケット)	生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/L	0-20	0-20	20-40	20-40	0-20	0-20
	全窒素*	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0-0.5
	りん酸イオン	mg/L	0.2 以下	0.5-1.0	0.2-0.5	0.2 以下	0.2 以下	0.2-0.5
	鉄イオン	mg/L	0.2 以下	0.2 以下	0.2-0.5	0.2 以下	0.2 以下	0.2-0.5
	マンガンイオン	mg/L	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
	化学的酸素要求量 (COD)	mg/L	-	-	-	-	-	8.0 以上

出典：JICA 調査チーム

\*全窒素：硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N)、亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N) 及びアンモニウム態窒素 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) の合計値

これらは雨期終盤の一時的なサンプルであるが、取水点においては良好な低濁水質であり、A～C 地点においても懸念されていた鉄・マンガンがほとんど含まれていないことを確認した。また、全窒素・リン酸が低濃度であったことから、農業用水やし尿の流入による影響はないと考えられる。

A 地点では濁度が 50NTU を上回ったが、採水地が湿地であるため、サンプルに泥土が混じったことが影響したと推察される。また BOD 値が環境基準に比して大きい、採水地点が湿地であり流下部で採水できなかったこと、簡易測定器の最小計測範囲が 0~20 mg/L である点に鑑み参考値として扱う。

2021 年 9 月に乾期のサンプルとして、取水口の水質を簡易測定器で検査したところ、全ての項目で、2021 年 5 月及び 6 月の結果と大きな違いは見られなかった。

また、Mudi ダムは停滞水域であることから、低レンジ用測定器（測定範囲：0~8.0 mg/L）を使用して COD 濃度を測定したところ、最大値の 8.0 mg/L 以上を示した。ただし、この濃度は湖沼における日本の環境保全基準値を満たしており、原水水質として安全性に問題がないことを確認した。

## 2-6-2 浄水場

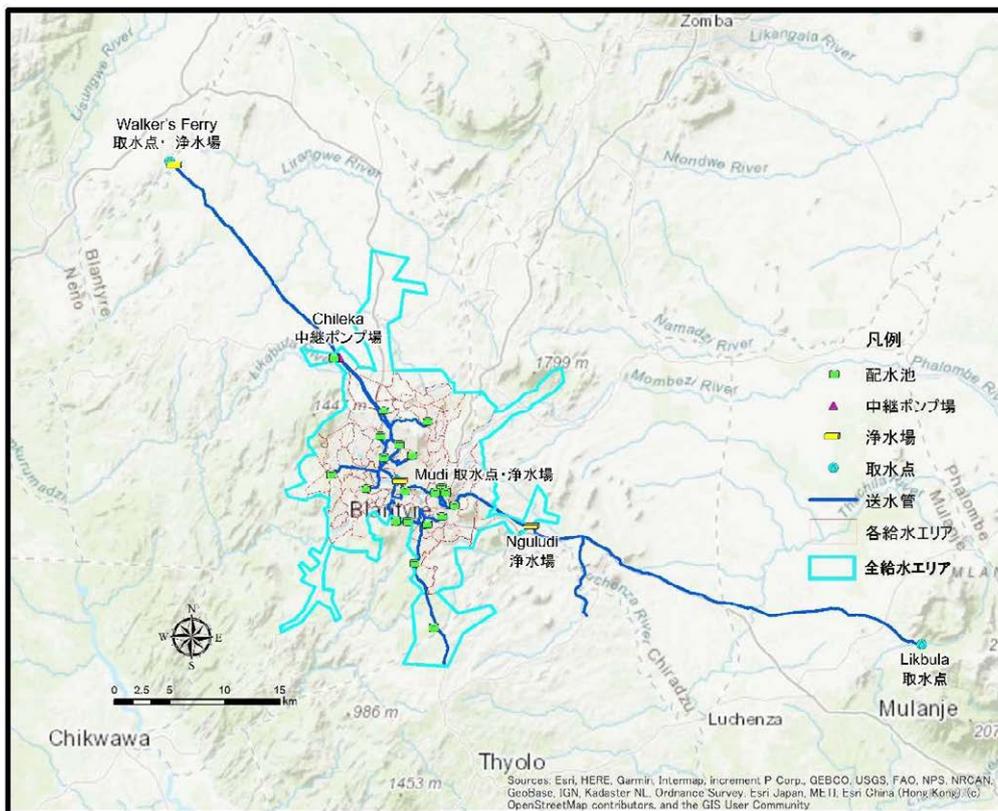
### (1) ブランタイヤ市の浄水施設

BWB は 1929 年からブランタイヤ市における水道事業を始め、現在は、Mudi 浄水場、Walker's Ferry 浄水場及び Nguludi 浄水場の 3 施設が主要な浄水施設となっている（図 2-6-6 参照）。

Mudi 浄水場は、貯水池（Mudi ダム）とともに 1955 年に同市のほぼ中心に建設され、1979 年に浄水場を拡張した。浄水方式は急速ろ過方式である。

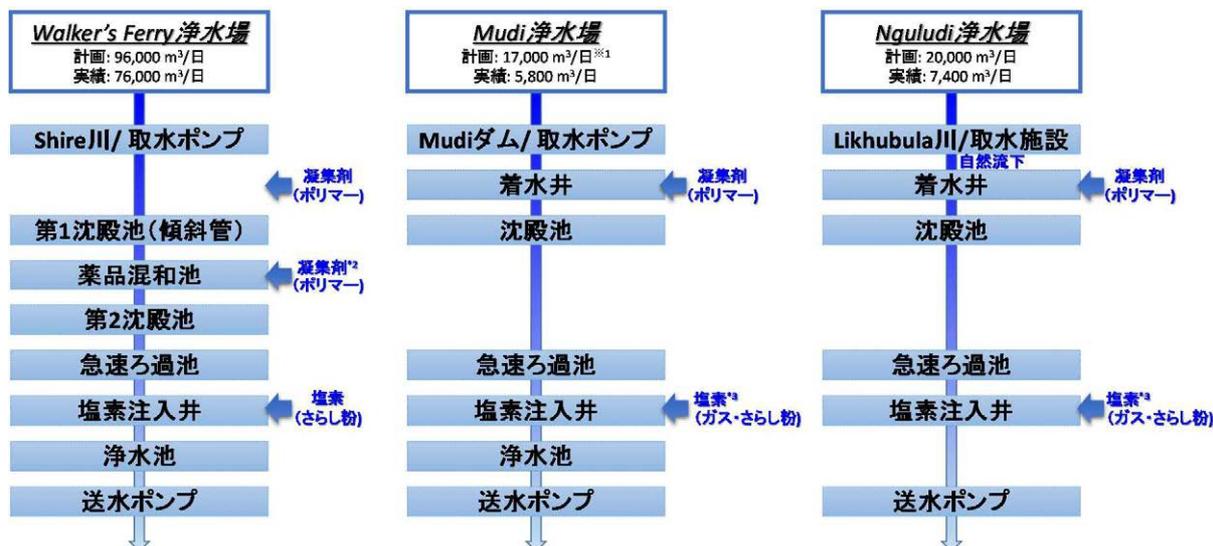
Walker's Ferry 浄水場は、1963 年に同市から北西へ約 40 km 離れた位置に建設され、Shire 川から取水・浄水し、同市へポンプ圧送している。浄水方式は急速ろ過方式である。

Nguludi 浄水場は、2019 年に同市から南東へ約 20 km 離れた位置に建設された。さらに、南東に 40 km に位置する Likhubula 川に取水施設が建設され、自然流下で導水している。浄水方式は急速ろ過方式であり、浄水場の送水ポンプで同市へ圧送している。また、各浄水施設の浄水フローを図 2-6-7 に示す。



出典：BWB の GIS データベースをもとに JICA 調査チーム作成

図 2-6-6 浄水施設位置図



出典：現地調査に基づき JICA 調査チーム作成

注記：

1: 浄水場は 1955 年に建設された古い施設であり、当時の設計書等が残っていない。しかし、取水ポンプ場の壁にポンプの運転方法（ポンプ台数の最大組合せ）に最大導水量が 45,600 m<sup>3</sup>/日と掲示（図 2-6-8 参照）されており、当時の設計能力は 45,000 m<sup>3</sup>/日であることは BWB 内の共通認識である。しかし、JICA 調査チームによって、浄水能力を検証した結果、約 17,000 m<sup>3</sup>/日であった。建設後の Mudi ダムの水資源ポテンシャルの減少は、シルト質の堆砂及び上流側の農地開発に伴う水質汚染流域を Mudi ダム流域から除外したことが一因と考えられる。なお、現状の浄水場能力評価は、「3-3」で詳述する。

2: 高濁度時等、必要に応じ追加注入される。

3: 塩素ガスが在庫切れの場合、さらし粉が注入される。

図 2-6-7 浄水施設のフロー図



出典：JICA 調査チーム

注記：(左) 取水ポンプの状況、(右) 取水ポンプの運転方法の掲示

図 2-6-8 Mudi 取水ポンプ場及びポンプ運転方法の掲示

## (2) ブランタイヤ市への送配水

エネルギー効率の観点で、同市中心部から近い Mudi 浄水場による浄水・送配水が効率的である。しかし、Mudi ダムの水資源ポテンシャルや Mudi 浄水場の施設能力の問題があり、Walker's Ferry 浄水場及び Nguludi 浄水場を活用している。一方、Walker's Ferry 浄水場は同市から 40 km 以上離れ、高低差約 800 m に位置するため、BWB は主にポンプ稼働による高い送配水コストを強いられている。

Nguludi 浄水場も、同市から 20 km 以上離れ高低差約 200 m に位置するため、同様に高い送配水コストを強いられているが、Walker's Ferry 浄水場と比べ原水水質が良好で、エネルギー効率の面からも好条件な立地である。Nguludi 浄水場は、20,000 m<sup>3</sup>/日の浄水能力があるが、現地調査時(2021 年 5 月：雨期終盤)は取水点の水位低下により半分の約 10,000 m<sup>3</sup>/日の浄水量に留まっていた。水源ポテンシャルが豊富でないことから、Nguludi 浄水場拡張の可能性はほとんどない。

## (3) 浄水場の維持管理状況

### 1) 運転体制

各浄水場の人員配置については Walker's Ferry 浄水場 (77 名。人事部の 20 名含む)、Chileka Pumping Station (43 名)、Mudi 浄水場 (88 名。中央監視室の 5 名、小規模なポンプ場及び井戸に勤務する 40 名を含む)、Nguludi 浄水場 (17 名) である。

運転管理体制は各浄水場及びポンプ場により異なる。Walker's Ferry 浄水場は 3 交代、Mudi、Nguludi の両浄水場は 2 交代で行っており年間計画のシフト表で管理されている。週当たりの労働時間は 40 時間までと労働法で定められており、超過しないようシフト内で調整を行っている。運転管理は全てを直営職員で行っており、外部委託は行っていない。また、各浄水場の運転記録は週例報告として本部に報告されている。浄水場における人員配置状況を表 2-6-4 に示す。

表 2-6-4 浄水場人員配置状況

浄水場名	Walker's Ferry	Mudi	Nguludi
職員数	77名	88名	17名
班体制	5名4班	4.5名4班	3名4班
勤務シフト	8-16時、16-24時、24-8時の3交代	7-16時、16-7時の2交代	7-16時、16-7時の2交代
運転記録	あり	あり	あり
運転計画責任者	水生産・水供給課長 Production and Supply Manager	水供給責任者 Supply Officer	水供給責任者 Supply Officer
水質管理責任者	水質試験室技師 Water Quality Laboratory Technician	同左	同左
薬品管理責任者	水質試験室技師 Water Quality Laboratory Technician	同左	同左

出典：BWB ヒアリングにより JICA 調査チームが作成

運転計画は、各浄水場の責任者が計画案を作成し、技術サービス部長 (Director: Technical Services) によって承認を受ける。水質及び薬品管理は水質・環境管理課 (Water Quality and Environmental Management Section) の水質試験室技師 (Water Quality Laboratory Technician) が行う。

## 2) 水質管理

水質・環境管理課が水質管理を担っており、①上級水質・環境責任者 (Senior Quality and Environmental Officer) (1名)、②水質責任者 (Water Quality Officer) (1名)、③環境責任者 (Environmental Officer) (1名、但し欠員中)、④水質試験室技師 (Water Quality Laboratory Technician) (2名)、⑤水質試験室係員 (Laboratory Attendant) (1名) で構成されている。

各浄水場の水質試験室における水質管理は、BWB の営業時間のみ実施され、夜間は検査されていない。各浄水場における水質管理状況を表 2-6-5 に示す。

表 2-6-5 各浄水場における水質検査項目

検査項目	水温、pH、色度、残留塩素 (浄水のみ)、濁度
採水担当者	水質試験室係員 Laboratory Attendant (1名)
採水箇所	原水 (着水井)、沈殿池後、ろ過池後 (2箇所)、浄水 (送水ポンプ)
検査頻度	Walker's Ferry 平日：8時～16時半の1時間ごと (12時～13時は測定なし) 休日：午前中に2回、午後には2回の検査を実施
	Mudi 平日：8時～16時半の1時間ごと (12時～13時は測定なし) 休日：8時～12時の間に2回、13時～16時半の間は、配水水質の検査を実施
	Nguludi 平日：8時～16時半の1時間ごと (12時～13時は測定なし) 休日：午前中に2回、午後には2回の検査を実施

出典：JICA 調査チーム

検査結果は、図 2-6-9 のように手書きで水質管理帳に記録され、日平均値を取りまとめた月例報告書として BWB 本部に提出される。



JUNE 2020 REPORT  
BLANTYRE WATER BOARD MUDI TREATMENT PLANT  
MONTHLY LAB RETURN

DATE	INFLUENT P (L/G)	EFFLUENT P (L/G)	LOSS M <sup>3</sup>	Output M <sup>3</sup>	INFLUENT NTU	EFFLUENT NTU	A/Turbid mg/L	Color PCU
1	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
2	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
3	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
4	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
5	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
6	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
7	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
8	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
9	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
10	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
11	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
12	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
13	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
14	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
15	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
16	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
17	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
18	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
19	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
20	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
21	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
22	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
23	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
24	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
25	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
26	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
27	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
28	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
29	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
30	10000	8500	1500	10000	2.00	0.50	25.0	15.0
TOTAL	300000	255000	45000	300000	2.00	0.50	25.0	15.0

注記：(左) 水質検査状況、(中) 水質管理記録帳（検査記録が手書きで記入されている）、(右) 水質の月例報告書（抜粋：日ごとの取水量、浄水量、濁度等が報告書に整理されている）

図 2-6-9 Mudi 浄水場における水質記録帳及び水質月例報告書

Mudi 浄水場では、浄水場内の水質検査に加え、配水管網における水質検査を毎日実施している。検査項目及び採水箇所を、表 2-6-6 に示す。採水箇所は指定されており、今後 GIS を用いて管理される予定である。

表 2-6-6 配水管網における水質検査

検査項目	pH、濁度、色度、残留塩素、大腸菌及び大腸菌群
採水担当者	水質試験室技師 Water Quality Laboratory Technician (2名)
採水箇所 (36地点)	Chadzunda, Mpemba, Green Corner, Nancholi, Manase, Sunnyside, Sanjika State House, Sigerege, Chilomoni, QECH, Chichiri, Namiwawa, Blantyre Central, Mt. Pleasant, Mudi Estate, Limbe Central, BCA, Midima, Newlands, Chigumula, Bvumbwe, Nguludi, Chikunda, Bangwe, Namiyango, Makhetha, Nkolokoti, South Lunzu, Chilimba, Kameza, Ngumbe, Ngumbe, Lunzu, Chileka, Mbayani
検査頻度	平日・休日を問わず、午前中に採水し、当日中に水質検査を実施する。少なくとも 12 地点/日の配水水質を検査。1 週間で全ての採水箇所の検査を完了する。

出典：JICA 調査チーム

また、マラウイ国水質基準及び世界保健機関（以下「WHO」）水質基準に基づき、21 の水質項目について、BWB は毎月精密な水質検査を実施している。対象施設及び検査項目については、表 2-6-7 に示すとおりである。

表 2-6-7 主要施設における月 1 回の水質検査

検査項目	pH, Turbidity, EC, SS, TDS, Calbonate, Bicarbonate, Total Alkalinity, Total Hardness, Chloride, Sulphate, Nitrate, Phosphate, Calcium, Magnesium, Silica, Manganese, Iron, Sodium, Potassium, Flouride, Chromium, Lead
採水箇所	Walker's Ferry 浄水場、Mudi 浄水場、Nguludi 浄水場（原水及び浄水） Bvumbwe Boreholes、Lunzu Boreholes
検査頻度	毎月中旬頃に採水をおこない、月末までにすべての水質項目について BWB のラボにて検査を実施する。分析結果は、翌月の 5 日までに技術サービス部長（Director: Technical Services）へ報告書として提出される。

出典：JICA 調査チーム

Walker's Ferry 浄水場の取水先である Shire 川及び、Shire 川の源流であるマラウイ湖においても 4 ヶ月に 1 回、表流水の汚染モニタリングを実施している。詳細は以下の通り。

表 2-6-8 表流水の汚染モニタリング

検査項目	Algae, Phosphate, Nitrate
採水担当者	水質試験室技師 Lab Technicians 及び水質責任者 Water Quality Officer.
採水箇所	Nkhata-Bay, Tukombo, Nkhotakota Boma, Senga-Bay, Chipoka, Monkey-Bay, Mangochi, Liwonde, Zalewa
検査頻度	1年に4回(例:3月、6月9月、12月) BWB のラボにて検査を実施し、分析結果は翌月の10日までに Director of Technical Services へ報告書として提出される。

出典: JICA 調査チーム

なお BWB による水質検査を検証するため、JICA 調査チームは簡易検査を3回実施した。BWB が実施した同時時間帯、同採水箇所の記録と比較し、表 2-6-9 に示すとおり、概ね同様の傾向を示した。また、Walker's Ferry 浄水場においても、簡易検査を1回実施し、同様の傾向を示すことを確認した。Nguludi 浄水場においては、時間の制約があり水質検査精度の検証が出来なかった。

表 2-6-9 Mudi 浄水場における水質検査結果の比較 (2021年6月1日10時)

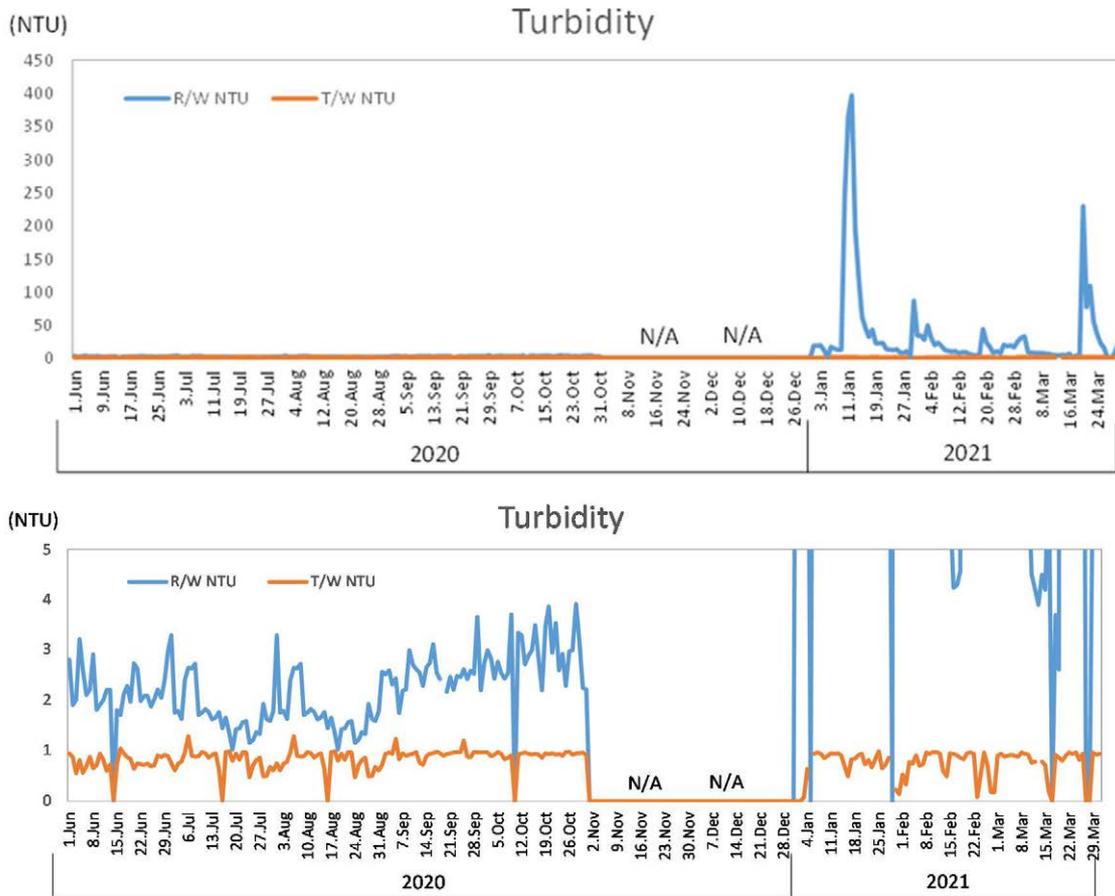
採水箇所	原水(着水井)	沈殿池後	ろ過池後1	ろ過池後2	浄水
濁度(BWB)	7.41	6.00	1.31	0.99	0.64
濁度(JICA 調査チーム)	5.26	8.39	8.63	1.58	0.39
pH(BWB)	7.17	7.14	7.10	7.10	7.44
pH(JICA 調査チーム)	8.4	7.7	7.6	7.5	7.8

出典: BWB 及び JICA 調査チーム

今回入手した Mudi 浄水場濁度データ(2020年6月~2021年3月(10ヶ月)のうち、2020年11~12月はデータ欠損)を、図 2-6-10 に示す。これによると、浄水濁度の期間中平均は 0.82 NTU であり、BWB が採用しているマラウイ国水質基準の 1 NTU 以下を満足する。ただし、上記期間 275 日間のうち 5 日間で基準値を上回る濁度(最大 1.29 NTU)が確認された。また BWB とのインタビューによると、雨期の原水濁度が高い日には取水ポンプの速度を落として運転し、著しいキャリーオーバーが確認された場合には、Mudi 浄水場の運転を停止しているとのことであった。なお運転停止を決定する原水濁度の基準値は、定められていない。

また、原水濁度について、乾期(2020年6月~2020年10月)は変動が小さく、平均値は 2 NTU である。一方で、雨期(2020年11月~2021年3月)は変動が大きく(最大値: 397 NTU、最小値: 3 NTU)、平均値は 37 NTU である。

凝集剤の滴定量を決定するジャーテストは、定期的実施し、原水水質の急変時等に迅速に行うのが一般的であるが、BWB は濁度の変動した場合のみに実施する管理方針としている。よって、乾期は 2020年5月19日に実施されて以来、期間中は実施されていない。一方で、雨期は降雨等による濁度の変動に合わせ、期間中(2020年11月~2021年2月)に18回(1週間に1回程度)実施され凝集剤の滴定量を決定している。決定後の凝集剤の滴定量は運転管理者に指示され、運転管理者により調整が行われる。



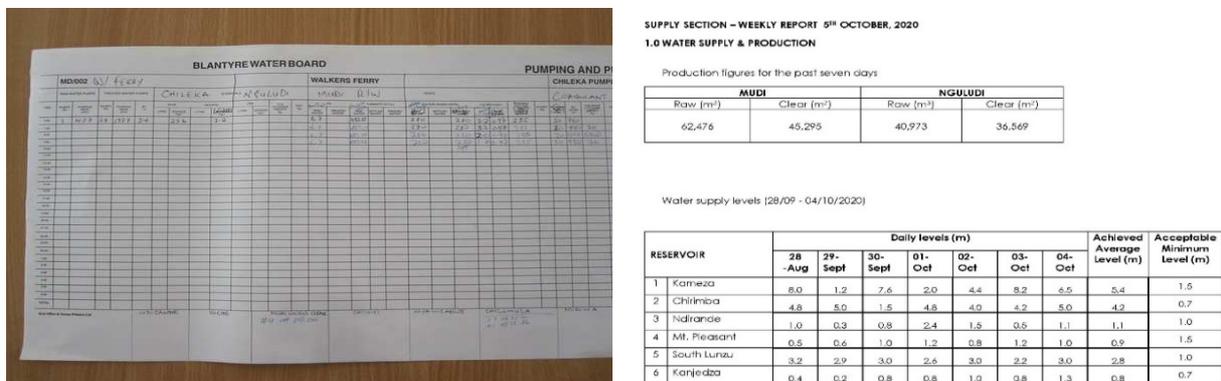
出典：BWB の水質管理記録をもとに JICA 調査チーム作成  
 注記：(上) 2020 年 6 月～2021 年 3 月濁度データ、(下) 2020 年 6 月～2021 年 3 月濁度データ（縦軸拡大）

図 2-6-10 原水及び浄水濁度の変化

3) 運転管理

Mudi 浄水場の運転管理は 24 時間体制で実施されており、BWB は浄水施設の運転管理のほか、ブランタイヤ配水システムの送配水量管理を一括で行っている。送配水の運転状況は、手書きで送配水管理帳に記録され（図 2-6-11 参照）、週例報告書として BWB 本部に提出される。

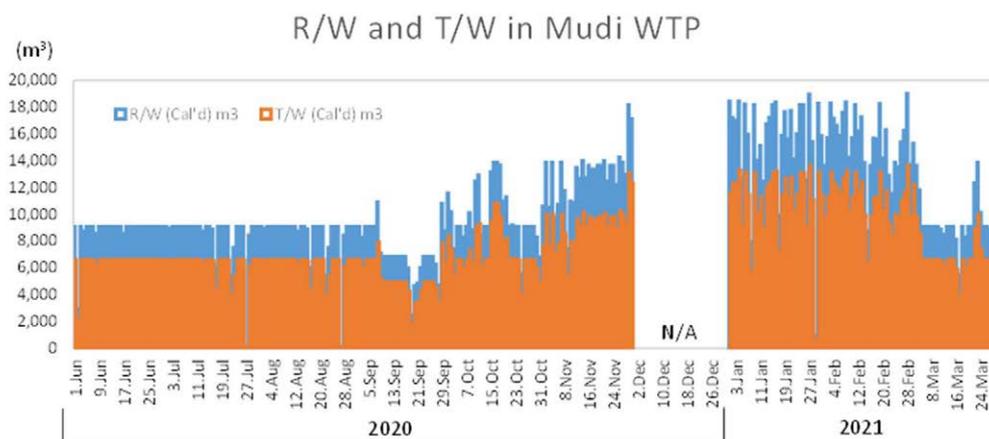
なお、他の浄水場及びポンプ場等からのデータは、無線通信により口頭で伝達される。



注記：(左) 送配水管理帳、(右) 運転管理週例報告書（抜粋）

図 2-6-11 送配水記録帳及び運転管理週例報告書

BWB による Mudi ダムからの取水量及び Mudi 浄水場の浄水量の記録（2020 年 6 月～2021 年 3 月。うち 2020 年 12 月はデータ欠損）を、図 2-6-12 に示す。乾期（2020 年 6 月～2020 年 10 月）における平均取水量は 8,600 m<sup>3</sup>/日、平均浄水量は 6,200 m<sup>3</sup>/日であり、雨期（2020 年 11 月～2021 年 3 月）における平均取水量は 13,400 m<sup>3</sup>/日、平均浄水量は 9,600 m<sup>3</sup>/日であった。また対象とした全期間の取水量は平均で 11,000 m<sup>3</sup>/日、浄水量は平均で 7,900 m<sup>3</sup>/日となり、取水量と浄水量の差は約 28%と水量ロスが多く発生していることが分かった。



出典：BWB の運転管理記録をもとに JICA 調査チーム作成  
 注記：R/W：取水量、T/W：浄水量

図 2-6-12 取水量及び浄水量の推移

Mudi 浄水場の水質管理及び運転管理のデータは、手書き等で記録されており、本部への報告用としてのデータは整理されているが、浄水場の課題を抽出し、改善計画を立案するようなデータは整理されていない。

#### 4) 維持管理

浄水場における日常点検としては、配水池の水位及び、薬品注入量が毎時確認されている。一部の配水池には、太陽光発電システムを用いた遠隔監視システムが導入されているが、電源が安定しないため十分に活用が出来ていない。浄水場の保全を目的とした毎月のメンテナンスとしては、漏水点検やバルブ操作パネルの確認が実施されている。また、毎月の電力コスト及び薬品コストは、水供給責任者（Water Supply Officer）によって記録されている。

### 2-6-3 送配水施設、既存の配管図や管種

BWB における埋設送水管の概要を、表 2-6-10 に示す。総管路延長に占める割合が最も高い送水管の管材は鋼管（ST）であるが、具体的な施工年度は不明である。しかし、代表的な Walker's Ferry 浄水場から Chileka ポンプ場までの区間は 1963 年に敷設され、市内全域の送水管路は老朽化が進行している。

表 2-6-10 BWB における埋設送水管の概要

管材	口径(mm)	管路長 (m)	割合 (%)
アスベスト管 (AC)	100	16	10.0
	200	2,637	
	250	2,966	
	300	1,019	
	350	1,092	
	450	1,768	
	525	1,699	
	<b>合計</b>	<b>11,197</b>	
鑄鉄管 (CI)	150	362	15.4
	250	11	
	350	2,683	
	400	26	
	450	1,960	
	525	5,861	
	600	4,813	
	900	1,381	
	<b>合計</b>	<b>17,097</b>	
炭素鋼管 (CS)	350	2	0.0
亜鉛メッキ鋼管 (GI)	100/150	700	0.6
塩化ビニル管 (PVC)	150	1,211	1.1
鋼管 (ST)	300	7,489	72.9
	600	48,316	
	700	25,577	
	<b>合計</b>	<b>81,832</b>	
<b>合計</b>		<b>111,589</b>	100

出典: BWB

BWB における埋設配水管の概要を、表 2-6-11 に示す。総管路延長に占める割合が最も高い配水管の管材は、AC 管である。送水管と同様に、具体的な施工年度等は情報がなく把握できていないが、本調査を通じて、老朽化が進行していることを確認した (図 2-6-13 参照)。



図 2-6-13 老朽化の進むアスベスト配水管

表 2-6-11 BWB における埋設配水管の概要

管材	口径(mm)	管路長 (m)	割合 (%)
アスベスト管 (AC)	25	759	46.3
	40	4,275	
	50	80,345	
	75	78,848	
	100	224,465	
	150	110,487	
	200	17,510	
	250	36,543	
	300	3,332	
	350	5,149	
	400	2,358	
	450	185	
	<b>合計</b>	<b>564,256</b>	
鋳鉄管 (CI)	100	16	0.3
	150	2,389	
	200	1,147	
	250	594	
	300	47	
	350	6	
<b>合計</b>	<b>4,199</b>		
炭素鋼管 (CS)	40	98	0.0
亜鉛メッキ鋼管 (GI)	15	201	16.7
	20	3,172	
	25	68,063	
	32	4,305	
	40	59,892	
	50	46,459	
	75	15,228	
	100	6,012	
	150	539	
	200	29	
	250	6	
	400	19	
	500	10	
700	16		
<b>合計</b>	<b>203,951</b>		
高密度ポリエチレン管 (HDPE)	20	833	14.6
	25	839	
	32	17,626	
	40	51,585	
	50	23,096	
	63	56,667	
	75	21,319	
	90	676	
	100	3,625	
	110	1,694	
<b>合計</b>	<b>177,960</b>		
塩化ビニル管 (PVC)	0	139	21.8
	15	259	
	25	541	
	32	30,107	
	40	54,783	
	50	57,102	

管材	口径(mm)	管路長 (m)	割合 (%)
	63	16,731	
	75	24,655	
	90	7,837	
	100	7,618	
	110	20,846	
	150	17,176	
	160	3,321	
	200	12,742	
	250	6,329	
	300	1,553	
	315	2,184	
	350	1,174	
	525	86	
	<b>合計</b>	<b>265,183</b>	
鋼管 (ST)	350	265	0.1
その他	記載なし	2,539	0.2
<b>合計</b>		<b>1,218,451</b>	<b>100</b>

出典：BWB

#### 2-6-4 給水装置

BWB では、ポストペイド・メータ（従来型の機械式水道メータ）及びプリペイド・メータの二種類の水道メータで料金徴収を行っている。水道メータ種別の 2020 年の顧客数を、表 2-6-12 に示す。ポストペイドは水道メータ総数の約 67%を占める。

表 2-6-12 水道メータ種別顧客数 (2020 年)

用途	顧客	ポストペイド・メータ	プリペイド・メータ	計
生活用	各戸接続	35,263	17,866	53,129
	キオスク	461	242	703
	小計	35,724	18,108	53,832
		66.4%	33.6%	100.0%
非生活用	事業用	678	298	976
	商業用	1,182	316	1,498
	工業用	105	7	112
	小計	1,965	621	2,586
		76.0%	24.0%	100.0%
<b>合計</b>		37,689	18,729	56,418
		66.8%	33.2%	100.0%

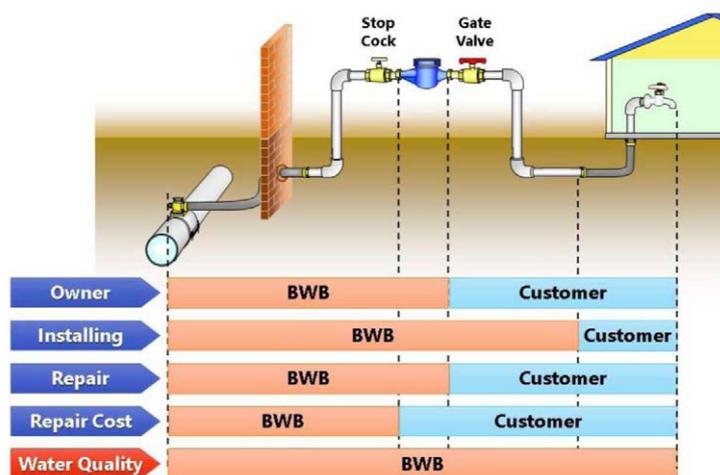
出典：BWB

ポストペイドの顧客による水道料金の支払い率が低いため、BWB は将来的にブランタイヤ市全体においてプリペイド・メータの普及政策を有している。しかし、BWB で利用されているプリペイド・メータの価格は USD240 (約 27,300 円) と高価であり、ポストペイドの価格 USD40 (約 4,500 円) の 6 倍となっている。

さらに、BWB においてプリペイド・メータに対する過度の信用が、水道メータ管理の欠如につながり、不法接続世帯の増加一因となっている。現在はプリペイド・メータの顧客に対しても検針を行う旨の方針を打ち出しており、違法接続の抑制が図れると考える。

給水装置の典型例と BWB と顧客との責任区分を、図 2-6-14 に示す。

- 1) 2つのバルブが存在し、BWBと顧客が管理する。メンテナンスを行う際は、BWB用のみを操作し、顧客用には触れない。
- 2) 給水装置の周辺からは、多くの漏水が確認されている。



出典：BWBの「Construction Management Manual & Standard Operating Procedures」

図 2-6-14 給水装置における BWB と顧客の責任区分

### 2-6-5 送水管、水圧の解析状況

現況（2020年）及び2030年の水需要予測をもとに送水管路を対象に水理計算を行った。

#### (1) 計算条件（2020年における現況）

JICA調査チームは、水理解析に必要な計算区域及び活用計算ソフト、計算方法、各施設の諸元等の条件を設定した（表 2-6-13 参照）。

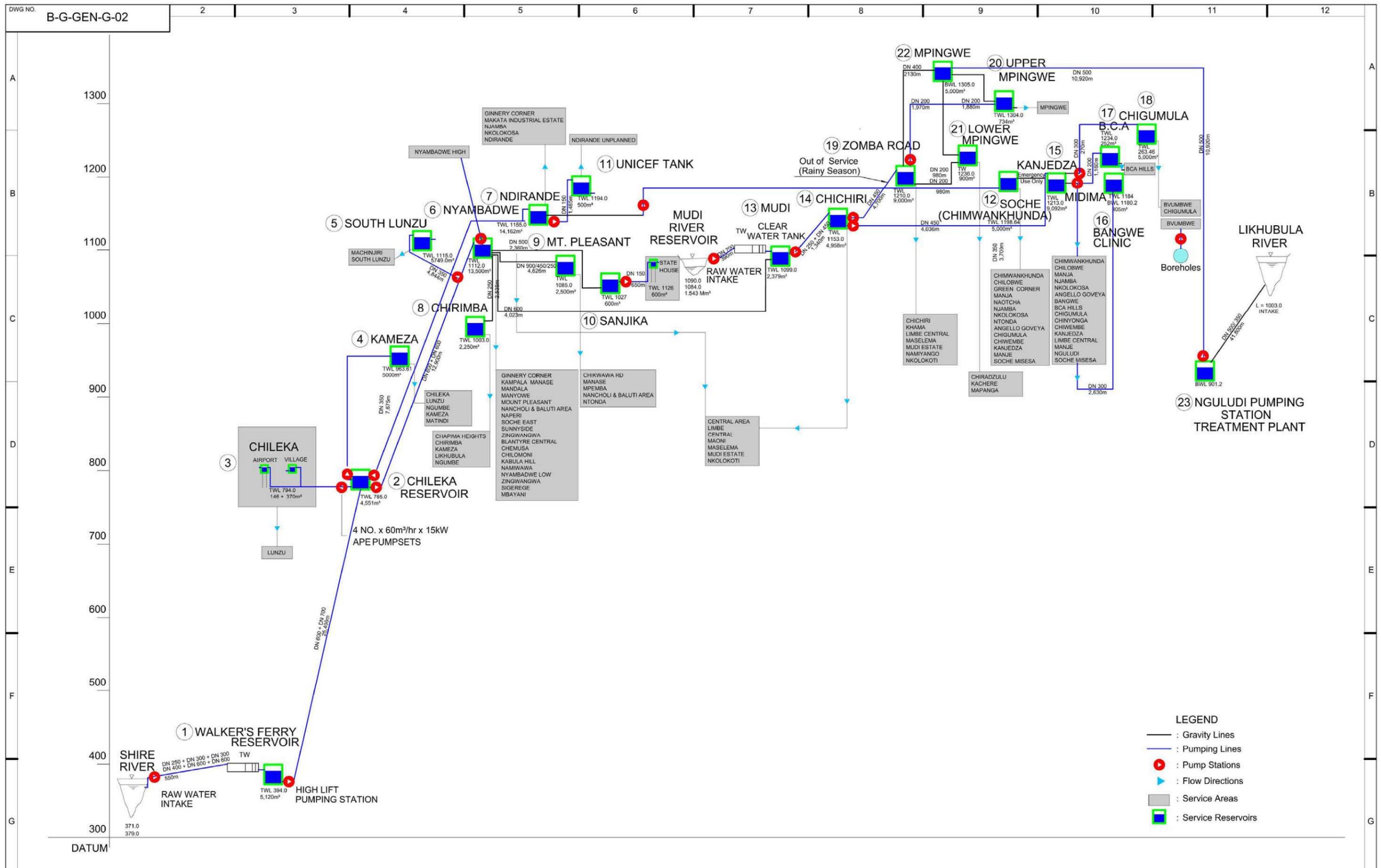
なお、計算対象は図 2-6-15 に示す BWB 水道システム概念図の送水管路やポンプ施設を対象とする。ただし、各施設の諸元は、BWB からの入手データ（計画値）及び現場踏査で得た情報（実績値）を適用した。

- 1) 送水管 No.14 Chichiri - 19 Zomba road 区間は、Nguludi 浄水場が稼働（2019年竣工）以降は、緊急時もしくは Nguludi 浄水量が不安定になる乾期に運用を限定している。よって、後述の「(4) 2030年の水需要予測をもとにした水理計算」では、同区間の管路を「運用しない」とした。
- 2) ポンプ施設については、スペアパーツ不足や修繕の予算不足が原因で、計画段階から稼働台数が少ない箇所が存在することを確認した。水理計算では、この実態を反映した。

表 2-6-13 水理計算条件

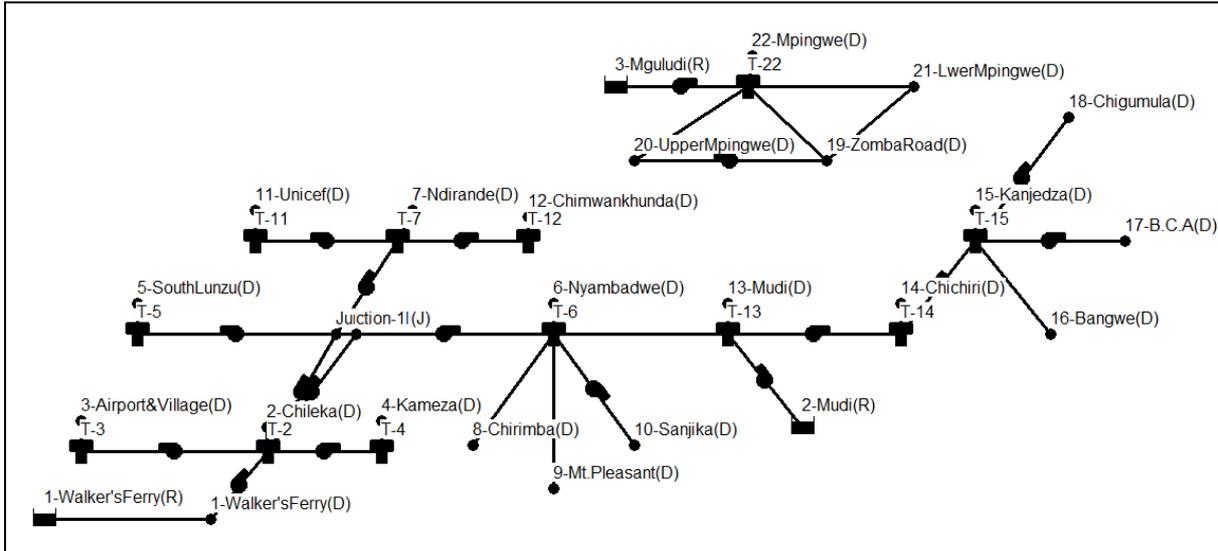
項目	内容															
計算区域	図 2-6-15 参照															
計算ソフト	EPANET ver 2.2 / 別手法での照査込み															
計算方法	ヘーゼン・ウィリアムズ式： $I=10.666C^{-1.85}D^{-4.87}Q^{1.85}$															
流速計数	C=100 (JICA 調査チームによる考察)															
配水池及び送水管、ポンプ施設の諸元	下表のとおり、各施設の計画諸元をまとめた。															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>計画値 (BWB 提供)</th> <th>実績値 (現場踏査)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水理計算計算モデル</td> <td>現場踏査情報と差異あり</td> <td>図 2-6-16</td> </tr> <tr> <td>配水池及び浄水池データ</td> <td>表 2-6-14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ポンプ施設データ</td> <td>現場踏査情報と差異あり</td> <td>表 2-6-15</td> </tr> <tr> <td>送水管データ</td> <td>表 2-6-16</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		計画値 (BWB 提供)	実績値 (現場踏査)	水理計算計算モデル	現場踏査情報と差異あり	図 2-6-16	配水池及び浄水池データ	表 2-6-14		ポンプ施設データ	現場踏査情報と差異あり	表 2-6-15	送水管データ	表 2-6-16	
		計画値 (BWB 提供)	実績値 (現場踏査)													
	水理計算計算モデル	現場踏査情報と差異あり	図 2-6-16													
	配水池及び浄水池データ	表 2-6-14														
ポンプ施設データ	現場踏査情報と差異あり	表 2-6-15														
送水管データ	表 2-6-16															
*ポンプ施設の運転時間：24 時間稼働																
水需要量 (2020 年の現況)	・ 2020 年の日平均水需要量：約 95,000 m <sup>3</sup> /日 (日最大：114,000 m <sup>3</sup> /日)															
	・ 各配水池から配水される給水量：2020 年時点の配水区 (配水池) 別顧客数の全体顧客に対する比率で分配															

出典: JICA調査チーム



出典: BWB 資料に基づき JICA 調査チームにより作成

図 2-6-15 BWB 水道システム概念図



出典: JICA 調査チーム (EPANET)

\*注記: 区間 2-Junction は二条管区間 (ひとつは 6.Nyambadwe へ送水、もう一つは Junction で 5.South Lunzu と 7.Ndirande に枝分かれする)

図 2-6-16 水理計算モデル (実績値-現場踏査)

表 2-6-14 配水池及び浄水池データ (計画値)

NO	名称	区別	H.W.L (m)	L.W.L (m)	貯留容量 (m <sup>3</sup> )
1	Walker's Ferry	浄水池	394.0	390.4	5,120
2	Chileka	浄水池	785.0	780.0	4,551
3	Chileka village / Airport	配水池	794.0	不明	516 (146+370)
4	Kameza	配水池	963.6	955.7	5,000
5	South Lunzu	配水池	1,115.0	1,111.5	5,749
6	Nyambadwe	配水池	1,112.0	1,106.7	13,500
7	Ndirande	配水池	1,155.0	1,149.4	14,162
8	Chirimba	配水池	1,003.0	998.0	2,250
9	Mt. Pleaant	配水池	1,085.0	1,080.0	2,500
10	Sanjika	配水池	1,126.0	1,122.8	600
11	Unicef	配水池	1,194.0	1,190.4	500
12	Chimwankhunda	配水池	1,198.0	1,190.6	5,000
13	Mudi (Clear water tank)	浄水池	1,099.0	1,095.5	2,379
14	Chichiri	配水池	1,153.0	1,146.0	4,958
15	Kanjedza	配水池	1,213.0	1,206.0	9,092
16	Bangwe Clinic	配水池	1,184.0	1,180.0	305
17	B.C.A	配水池	1,234.0	1,229.5	252
18	Chigumula	配水池	1,263.0	1,255.6	5,000
19	Zomba road	配水池	1,210.0	1,204.0	9,000
20	Upper mpingwe	配水池	1,304.0	1,299.0	743
21	Lower mpingwe	配水池	1,236.0	1,231.2	900
22	Mpingwe	配水池	1,313.0	1,305.0	5,000
23	Mgulugi	浄水池	903.7	901.2	240

出典: BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームにより作成

表 2-6-15 ポンプ仕様 (実績値-現場踏査)

No	名称	区間	運用数 (設置数)	ポンプ出力 (kW)	吐出量 (m <sup>3</sup> /時間)	全揚程 (m)
1	Walker's Ferry	1. Walker's Ferry to 2. Chileka	5 (8)	1,825	750	550
2	Chileka	2. Chileka to 3. Village / Airport	1 (4)	150	60	40
		2. Chileka to 6. Nyambadwe	4 (8)	1,650	750	590
		2. Chileka to 5. South Lunzu 2. Chileka to 7. Ndirande	1 (1)	1,000	450	600
4	Kameza	2. Chileka to 4. Kameza	2 (5)	185	245	230
6	Nyambadwe (Booster Pump)	6. Nyambadwe to High pressure	1 (4)	78	900	51
7	Ndirande	7. Ndirande to 11. Unicef	1 (3)	18.5	45	90
		7. Ndirande to 12. Chimwankhunda	1 (3)	110	241	90
10	Sanjika (Booster Pump)	10. Sanjika to State House	1 (3)	30	60	100
13	Mudi (Clear water tank)	13. Mudi to 14. Chichiri	2 (4)	250	664	66
14	Chichiri	14. Chichiri to 15. Kanjedza	3 (4)	133	438	102
		14. Chichiri to 19. Zomba road	0	250	428	93
16 17	Midima (Booster Pump)	15. Kanjedza to 17. B.C.A	1 (4)	55	239	68
18	Chigumula (Booster Pump)	Booster pump to 18. Chigumula	1 (3)	110	241	90
19	Zomba road	19. Zomba road to 20. Upper Mpingwe	1 (3)	55	190	112
			1 (3)	40	190	112

出典: BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームにより作成

注記: 計画値が確認できていない路線番号は、本表では欠番扱いとしている。

表 2-6-16 送水管データ (計画値)

No	区間	送水方式	材質	口径 (mm)	延長 (m)
1-2	Walker's Ferry to Chileka	ポンプ送水	鋼管	600 700	25,496
2-3	Chileka to Village / Airport	ポンプ送水	アスベスト管 メッキ管	アスベスト 250mm メッキ- 100mm メッキ- 75mm	アスベスト- 838m メッキ-667m メッキ-204m
2-4	Chileka to Kameza	ポンプ送水	鋼管	350	7,675
2-5	Junction of South Lunzu to South Lunzu	ポンプ送水	鋼管	350	4,844
2-6	Chileka to Junction of South Lunzu Junction of South Lunzu to Nyambadwe	ポンプ送水	鋼管	600	12,900
				600	3,594
2-7	Junction of South Lunzu to Ndirande	ポンプ送水	鋼管	600	2,095
6-8	Nyambadwe to Chirimba	自然落下	鋼管	350	2,535
6-9	Nyambadwe to Mt.Pleasant	自然落下	鋼管	900	4,626
				450 250	
6-10	Nyambadwe to Sanjika (途中 Booster Pump あり)	ポンプ送水	鋼管	150	650

No	区間	送水方式	材質	口径 (mm)	延長 (m)
6-13	Nyambadwe to Mudi (Clear water tank)	自然落下	鋼管	600	4,023
7-11	Ndirande to Unicef	ポンプ送水	鋼管	150	1,485
7-12	Ndirande to Chimwankhunda (途中 Booster Pump あり)	ポンプ送水	鋼管	350	3,700
13-14	Mudi (Clear water tank) to Chichiri	ポンプ送水	鋼管	250 450	1,340
14-15	Chichiri to Kanjedza	ポンプ送水	鋼管	450	4,036
14-19	Chichiri to Zomba road	ポンプ送水	鋼管	450	4,700
15-16	Kanjedza to B.C.A	自然落下	鋼管	200	1,160
15-17	Kanjedza to Bangwe (途中 Booster Pump あり)	ポンプ送水	uPVC	200	1,924
15-18	Kanjedza to Chigumula (途中 Booster Pump あり)	ポンプ送水	鋼管	375-400	9,317
19-20	Zomba road to Upper mpingwe	ポンプ送水	鋼管	200	1,880
19-21	Zomba road to Lower mpingwe	自然落下	鋼管	200	980
19-22	Mpingwe to Zomba road	自然落下	鋼管	400	2,130
20-22	Mpingwe to Upper mpingwe	自然落下	鋼管	200	1,970
21-22	Mpingwe to Lower mpingwe	自然落下	鋼管	200	980
22-23	Nguludi PS to Mpingwe	ポンプ送水	鋼管	500	10,920

出典: BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームにより作成

(2) 水理計算 (2020 年における現況)

水理計算による適用条件を表 2-6-17 に、水理計算の結果として節点毎の動水位、有効水頭を表 2-6-18 に、管路毎の流量、流速、損失水頭を表 2-6-19 に示す。

表 2-6-17 水理計算の適用条件

表の種類	算出項目	適用条件
節点 (配水池及び浄水池からの需要点)	配水池の L.W.L (m)	各配水池 L.W.L の計画値
	日平均需要量 (m <sup>3</sup> /日)	浄水量実績値 (2020 年における現況) (表 2-6-18 参照)
	日最大需要量 (m <sup>3</sup> /日)	日平均需要量 × 1.2 (最大係数) (表 2-6-18 参照)
管路 (送水管区間)	延長 (m)	送水管データ (表 2-6-16 参照)
	口径 (mm)	送水管データ (表 2-6-16 参照)
	流出係数	C: 100 (JICA 調査チームによる設定)

出典: JICA 調査チーム (EPANET)

表 2-6-18 水理計算の結果-節点

No	配水池及び浄水池からの需要点*	標高 (m)	日平均需要量 (m <sup>3</sup> /日)	日最大需要量 (m <sup>3</sup> /日)	動水位 (m)	有効水頭 (m)
		A	B	C = B × 1.2	D	E = D - A
1	Walker's Ferry(D)	390	0	0	545.4	155.4
2	Chileka(D)	780	0	0	790.0	10.0
3	Airport&Village(D)	794	952	1,142	804.8	10.8
4	Kameza(D)	956	7,652	9,182	959.5	3.5
5	SouthLunzu(D)	1,112	12,142	14,570	1,193.4	81.4

No	配水池及び浄水池からの需要点*	標高 (m)	日平均需要量 (m <sup>3</sup> /日)	日最大需要量 (m <sup>3</sup> /日)	動水位 (m)	有効水頭 (m)
		A	B	C = B x 1.2	D	E = D - A
6	Nyambadwe(D)	1,107	23,653	28,384	1,207.9	100.9
7	Ndirande(D)	1,149	7,087	8,504	1,251.5	102.5
8	Chirimba(D)	998	9,375	11,250	1,081.3	83.3
9	Mt.Pleasant(D)	1,080	5,897	7,076	1,097.0	17.0
10	Sanjika(D)	1,123	27	32	1,203.7	80.7
11	Unicef(D)	1,190	414	497	1,233.1	43.1
12	Chimwankhunda(D)	1,191	6,411	7,693	1,260.7	69.7
13	Mudi(D)	1,096	0	0	1,100.4	4.4
14	Chichiri(D)	1,146	2,751	3,301	1,149.4	3.4
15	Kanjedza(D)	1,206	10,255	12,306	1,221.4	15.4
16	Bangwe(D)	1,180	1,739	2,087	1,195.6	15.6
17	B.C.A(D)	1,230	485	582	1,269.0	39.0
18	Chigumula(D)	1,256	1,282	1,538	1,287.6	31.6
19	ZombaRoad(D)	1,204	3,003	3,604	1,297.9	93.9
20	UpperMpingwe(D)	1,299	935	1,122	1,307.7	8.7
21	LowerMpingwe(D)	1,231	1,047	1,256	1,262.2	31.2
22	Mpingwe(D)	1,305	0	0	1,318.3	13.3
	Junction-1(J)	1,050	0	0	1,260.0	210.0
	1. Walker'sFerry(R)	420		-101,700	420.0	0.0
	2. Mudi(R)	1,250		-6,300	1,250.0	0.0
	3. Nguludi(R)	901		-6,000	901.0	0.0

出典：JICA 調査チーム

注記：図 2-6-16 「水理計算モデル」参照

表 2-6-19 水理計算の結果-管路

No*	送水管区間*	延長 (m)	口径 (mm)	流速 係数	流量 (m <sup>3</sup> /日)	流速 (m/s)	損失水頭 (m/km)
1(R)-1(D)	Walker's Ferry WTP -> Reservoir	100	600	100	101,719	2.16	29.4
6 (D)-8 (D)	Nyambadwe – Chirimba	2,535	350	100	11,174	3.26	20.4
6 (D)-9 (D)	Nyambadwe -> Mt.Pleasant	4,626	450	100	7,077	1.19	4.7
6 (D)-13 (D)	Nyambadwe -> Mudi	4,023	600	100	13,515	0.88	3.3
15(D)- 16(D)	Kanjedza -> B.C.A	1,160	200	100	2,087	1.51	6.4
19(D)- 21(D)	Zomba road -> Lower mpingwe	980	200	100	3,603	1.62	14.8
19(D)- 22(D)	Mpingwe -> Zomba road	2,130	400	100	3,603	3.71	1.1
20(D)- 22(D)	Mpingwe -> Upper mpingwe	1,970	200	100	1,122	0.33	0.1
21(D)- 22(D)	Mpingwe -> Lower mpingwe	980	200	100	5,981	3.07	37.8
1(D)-2(D)	Pump 1-Walker'sFerry(P)	25,496	850	100	101,719	2.16	29.4
2(D)-3(D)	Pump 2-Chileka(P1)	667	100	100	1,142	10.64	35.2
2(D)-1(J)	Pump 2-Chileka(P2-1)	12,900	780	100	91,395	2.32	102.2
1(J)-5(D)	Pump 2-Chileka(P2-2)	4,844	350	100	14,570	2.75	63.6

No*	送水管区間*	延長 (m)	口径 (mm)	流速 係数	流量 (m <sup>3</sup> /日)	流速 (m/s)	損失水頭 (m/km)
1(J)-7(D)	Pump 2-Chileka(P2-3)	2,095	600	100	16,642	5.11	2.5
1(J)-6(D)	Pump 2-Chileka(P2-4)	3,594	600	100	60,183	4.59	47.1
2(D)-4(D)	Pump 2-Chileka(P3)	7,675	350	100	9,182	1.16	42.9
7(D)-12(D)	Pump 7-Ndirande(P)	3,700	350	100	7,641	2.38	14.7
6 (D)-10 (D)	Pump 10-Sanjika (P)	650	150	100	33	3.48	0.0
7(D)-11(D)	Pump 11-Unicef(P)	1,485	150	100	497	1.63	2.3
2(R)-13(D)	Pump 13-Mudi(P1)	1,340	450	100	6,300	0.46	0.1
13(D)- 14(D)	Pump 13-Mudi(P2)	1,340	450	100	19,815	1.72	9.1
14(D)- 15(D)	Pump 14-Chichiri(P2)	4,036	450	100	16,513	1.65	19.6
15(D)- 17(D)	Pump 17-B.C.A (P)	1,924	200	100	582	1.59	1.0
15(D)- 18(D)	Pump 18-Chigumula(P)	9,317	375	100	1,538	0.91	1.4
19(D)- 20(D)	Pump 19-ZombaRoad(P)	1,880	200	100	1,122	0.84	3.3
3(R)-22(D)	Pump 3-Nguludi(P)	10,920	500	100	5,981	0.72	4.9

出典: JICA 調査チーム (EPANET)

\*注記: 図 2-6-16 「水理計算モデル」を参照のこと

### (3) 水理計算結果 (2020 年における現況) の考察

No.6 Nyambadwe と No.22 Mpingwe との間、No.22 Mpingwe と No.19 Zomba Road との間の送水管では、高水圧 (約 1Mpa) が発生していることを確認した。実際には、No.22 Mpingwe と No.19 Zomba Road 間では、高水圧により管路が機能していない。

### (4) 2030 年の水需要量予測をもとにした水理計算

2030 年における水需要量予測の基礎条件を、表 2-6-20 に示す。また、配水池毎の水需要量予測を表 2-6-21 に、水理計算の結果 (有効水頭) を表 2-6-22 にそれぞれ示す。

表 2-6-20 2030 年における水需要量予測の基礎条件

項目	基礎条件
水理計算条件 (2030 年における水需要量を除く)	表 2-6-17 参照
2030 年の水需要量予測 (日最大量) *	Case 1: 114,000 m <sup>3</sup> /日 : 2020 年度現況、 Case 2: 185,000 m <sup>3</sup> /日 : 2030 年 (漏水率 : 12%) Case 3: 175,000 m <sup>3</sup> /日 : 2030 年 (漏水率 : 7.5%)

出典: JICA 調査チーム

注記\*: 水需要量は「3-1-1」参照。

表 2-6-21 配水池毎の水需要量予測

単位: m<sup>3</sup>/日

No	名称 (配水池及び浄水池)	貯留容量	Case 1	Case 2	Case 3
1	Walker's Ferry (Clear W. T.)	5,120	0	0	0
2	Chileka (Clear W. T.)	4,551	0	0	0
3	Chileka village/Airp't	146+370	1,142	1,853	1,753
4	Kameza	5,000	9,182	14,901	14,095
5	South Lunzu	5,749	14,570	23,645	22,367
6	Nyambadwe	13,500	28,384	46,062	43,572
7	Ndirande	14,162	8,504	13,800	13,054
8	Chirimba	2,250	11,174	18,133	17,152
9	Mt. Pleaant	2,500	7,077	11,485	10,864
10	Sanjika	600	32	52	49
11	Unicef	500	497	807	763
12	Chimwankhunda	5,000	7,641	12,401	11,730
13	Mudi (Clear W. T.)	2,379	0	0	0
14	Chichiri	4,958	3,302	5,358	5,068
15	Kanjedza	9,092	12,306	19,971	18,891
16	Bangwe Clinic	305	2,087	3,387	3,204
17	B.C.A	252	582	944	893
18	Chigumula	5,000	1,538	2,496	2,361
19	Zomba road	9,000	3,603	5,847	5,531
20	Upper mpingwe	743	1,122	1,822	1,723
21	Lower mpingwe	900	1,256	2,039	1,928
22	Mpingwe	5,000	0	0	0
23	Nguludi (Clear W. T.)	240	0	0	0
	合計	97,317	114,000	185,000	175,000

出典: JICA 調査チーム

表 2-6-22 に示す水理計算結果から、Case-2 と Case-3 では負圧が発生しており、送水管口径を増径する、もしくはポンプ施設の規模拡張を行う必要がある。

表 2-6-22 水理計算の結果 (有効水頭)

No	名称	有効水頭 (m)		
		Case 1	Case 2	Case 3
1	Walker's Ferry (Clear W. T.)	145.4	155.4	155.4
2	Chileka (Clear W. T.)	10.0	-200.7	-165.9
3	Chileka village/Airp't	10.8	-40.1	-31.7
4	Kameza	3.5	-58.7	-48.4
5	South Lunzu	81.4	-158.8	-119.1
6	Nyambadwe	100.9	-115.5	-79.8
7	Ndirande	102.5	-49.3	-24.2
8	Chirimba	83.3	53.8	58.7
9	Mt. Pleaant	17.0	10.2	11.3
10	Sanjika	80.7	80.7	80.7
11	Unicef	43.1	39.7	40.2
12	Chimwankhunda	69.7	48.3	51.9
13	Mudi (Clear W. T.)	4.4	-0.5	0.3
14	Chichiri	3.4	-9.9	-7.7
15	Kanjedza	15.4	7.1	9.8
16	Bangwe Clinic	15.6	6.4	7.9
17	B.C.A	39.0	37.6	37.8
18	Chigumula	31.6	29.7	30.0
19	Zomba road	93.9	92.3	92.6

No	名称	有効水頭 (m)		
		Case 1	Case 2	Case 3
20	Upper mpingwe	8.7	4.0	4.7
21	Lower mpingwe	31.2	-23.7	-14.6
22	Mpingwe	13.3	6.3	7.5

出典：JICA 調査チーム

#### (5) 配水池・浄水池への送水元浄水場

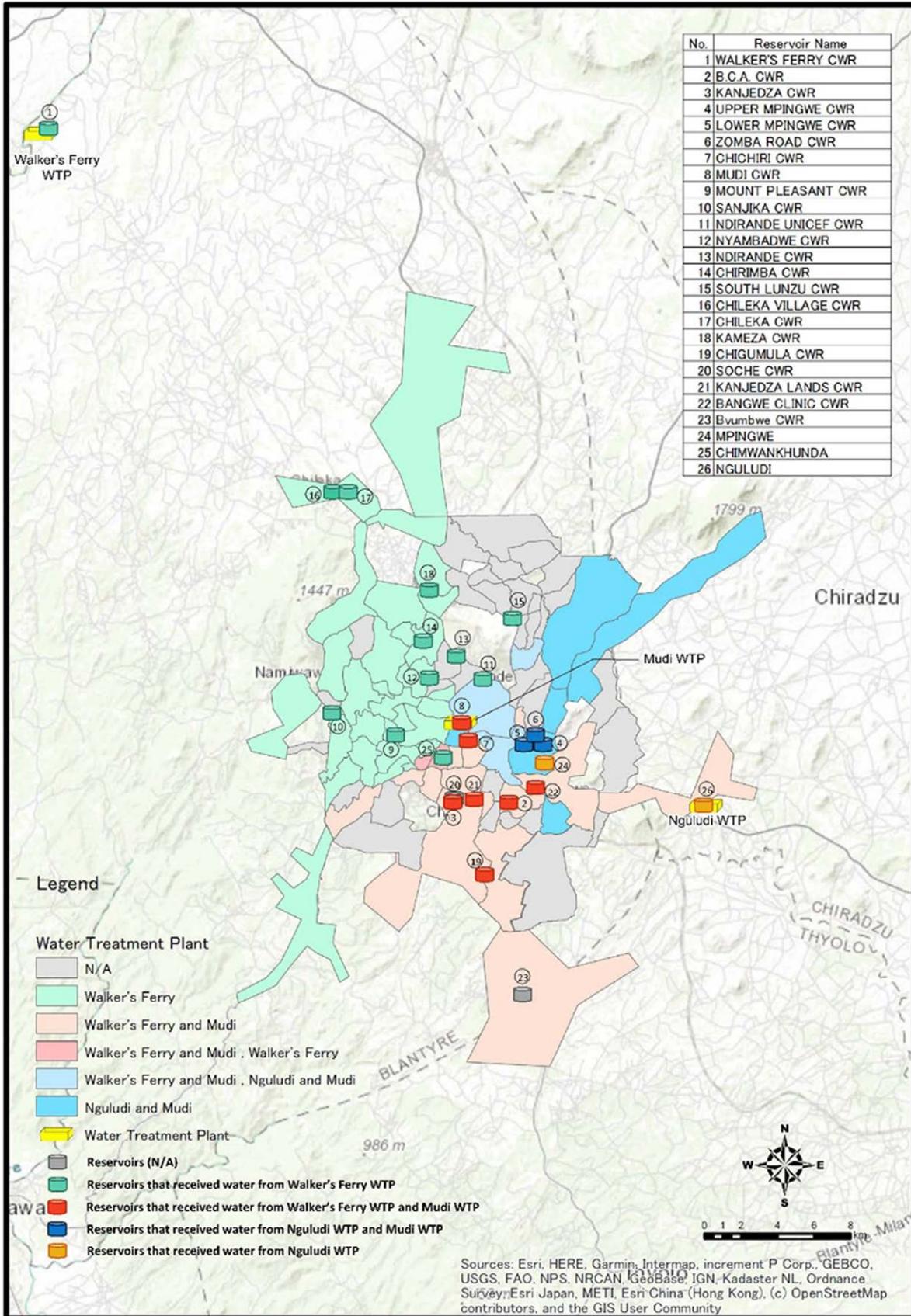
表 2-6-23 は配水池や浄水池への送水元浄水場の一覧を、図 2-6-17 には配水池と配水区域を示す。

当初 No.14 から No.21 までの配水池は、Mudi 浄水場から送水されることとなっていたが、Nguludi 浄水場が 2019 年にインドの財務支援で整備された以来、No.19 及び No.20、No.21 の配水池へは Nguludi 浄水場から送水されるようになった。しかし、No.14 から No.18 の配水池は依然として、Walker's Ferry 浄水場及び Mudi 浄水場の双方から送水されている。そのため、今後の課題の一つは、可能な限り Mudi 浄水場の浄水量を増加し、Walker's Ferry 浄水場の浄水量を低減させることで、電力原単位が非常に高い Walker's Ferry 浄水場の電力費を削減することである。

表 2-6-23 配水池及び浄水池毎の送水元（浄水場）

No	名称	区別	送水元（浄水場）
1	Walker's Ferry	浄水池	Walker's Ferry
2	Chileka	浄水池	Walker's Ferry
3	Chileka village / Airport	配水池	Walker's Ferry
4	Kameza	配水池	Walker's Ferry
5	South Lunzu	配水池	Walker's Ferry
6	Nyambadwe	配水池	Walker's Ferry
7	Ndirande	配水池	Walker's Ferry
8	Chirimba	配水池	Walker's Ferry
9	Mt. Pleaant	配水池	Walker's Ferry
10	Sanjika	配水池	Walker's Ferry
11	Unicef	配水池	Walker's Ferry
12	Chimwankhunda	配水池	Walker's Ferry
13	Mudi	浄水池	Walker's Ferry と Mudi
14	Chichiri	配水池	Walker's Ferry と Mudi
15	Kanjedza	配水池	Walker's Ferry と Mudi
16	Bangwe Clinic	配水池	Walker's Ferry と Mudi
17	B.C.A	配水池	Walker's Ferry と Mudi
18	Chigumula	配水池	Walker's Ferry と Mudi
19	Zomba road	配水池	Nguludi (<- Mudi)
20	Upper mpingwe	配水池	Nguludi (<- Mudi)
21	Lower mpingwe	配水池	Nguludi (<- Mudi)
22	Mpingwe	配水池	Nguludi
23	Mgulugi	浄水池	Nguludi

出典：JICA 調査チーム



出典： JICA 調査チーム

図 2-6-17 配水池及び浄水池毎の送水元整理図

## (6) 2030年の水需要量予測をもとにしたシステム効率化の検討

送水システム全体の効率化を図るために、Mudi 浄水場のリハビリを通して 2 つのオプションの送水ルートについて比較検討した。

送水ルート1：現行ルート

- No.13 Mudi WTP (ポンプ送水) (30,418 m<sup>3</sup>/日) → No. 14 Chichiri (ポンプ送水) (5,068 m<sup>3</sup>/日)  
→ No. 15 Kanjedza (18,891 m<sup>3</sup>/日) & No.16-No.18 (6,459 m<sup>3</sup>/日)

送水ルート2：見直しルート

- No.13 Mudi WTP (自然流下) (28,065 m<sup>3</sup>/日) → No. 10 Sanjika (49 m<sup>3</sup>/日) & No.9 Mt. Pleasant (10,864 m<sup>3</sup>/日) & No.8 Chirimba (Partially, 17,152 m<sup>3</sup>/日)
- No. 6 Nyambadwe (ポンプ送水) (30,418 m<sup>3</sup>/日) → No.14 Chichiri (5,068 m<sup>3</sup>/日) & No. 15 Kanjedza (18,891 m<sup>3</sup>/日) & No.16- No.18 (6,459 m<sup>3</sup>/日)

表 2-6-24 は、2 つのオプションの送水量の比較表を示す。オプション 2 は、送水量がオプション 1 より 25,349 m<sup>3</sup>/日少ないため、電力費用の削減に繋がる。

表 2-6-24 送水ルートの比較

配水池	オプション1		オプション2		(案2—案1)
	貯水槽	流量 (m <sup>3</sup> /day)	貯水槽	流量 (m <sup>3</sup> /day)	
No.6 Nyanbadwe			No.14 Chichiri & No.15 Kanjedza	30,418	30,418
No. 13Mudi	No.14 Chichiri	30,418		0	-30,418
No.14 Chichiri	No.15 Kanjedza	25,349		0	-25,349
No.15 Kanjedza	No.16-18	6,459	No.16-18	6,459	0
<b>合計</b>		<b>62,226</b>		<b>36,877</b>	<b>-25,349</b>

出典：JICA 調査チーム

## 2-7 配水池

表 2-6-21 に示す水需要量予測値から、配水先の水需要量と貯留容量を、「配水先の水需要量が時間最大 12 時間分 (本邦設計指針参照)」を目安に比較すると、No.4 Kameza、No.5 South Lunzu、No. 6 Nambadwe、No.8 Chirimba、No.9 Mt. Pleasant は、将来の需要量の半分程度とされる貯留容量も確保できていない。今後、各配水池及び浄水池の更新時に、現地の現状も踏まえ、これらの規模拡張を検討するべきである。

## 2-8 他ドナーの支援状況

ブランタイヤ市の水道分野において、インド国以外の開発パートナーによる活動はない。現在、BWB はインド国の財務支援で「New Water Source on Shire River and Associated Infrastructure (Shire 川における新規水源と関連インフラ整備事業)」と「Development of a Total of Grid Connected Solar PV-Power Plant for Blantyre Water Board (太陽光発電システム整備事業)」の 2 つのプロジェクトを実施している。表 2-8-1 と表 2-8-2 に示すように、前者のプロジェクトでは USD165 百万のうち USD78 百万、後者では

USD112 百万のうち USD72 百万が、インド国による二国間協力として財務支援承認が完了している。承認済み金額（計 USD150 百万）のうち、USD56.2 百万はインド国による無償支援分であり、残りの USD93.8 百万は融資である。融資については、BWB がマラウイ国の財務省経由で年率 1.5%の利子を含め返済する予定である。

2021 年 5 月の時点で、前者のプロジェクト（期間：2020 年 6 月～2023 年 8 月）は調達着手前の段階である。後者のプロジェクト（期間：2020 年 6 月～2023 年 2 月）は調達中であり、資金窓口の銀行である EXIM がコンサルタント・サービスのショート・リスト作成中である。

表 2-8-1 Shire 川における新規水源と関連インフラ整備事業

プロジェクト	主な仕様	事業費区分			スキーム	支援承認是非
第1フェーズ 2020年6月～2023年8月	<b>コントラクト-1:</b> 取水（299,000 m <sup>3</sup> /日：100%）、沈砂池（100%）、導水管（4.1km: 100%） <b>コントラクト-2:</b> 浄水場（75,000 m <sup>3</sup> /日：50%）、送水ポンプ（50%）、送水管（27 km x 1,200 mm: 100%）	USD165 百万	USD78 百万 (47%)	USD48.8 百万	融資	インド国により財務支援承認済み
				USD29.2 百万	無償	
第2フェーズ	Chileka ポンプ場から各配水池への送水管路の整備		USD87 百万 (53%)	-	-	開発パートナー未確定

出典：BWB

表 2-8-2 太陽光発電システム整備事業

プロジェクト	主な仕様	事業費区分			スキーム	支援承認是非
第1フェーズ 2020年6月～2023年2月	Walker's Ferry 浄水場に 42 MW、Nguludi 浄水場に 11.4 MW、計 53.4 MW の太陽光パネルを設置	USD112 百万	USD72 百万 (64%)	USD45.0 百万	融資	インド国により財務支援承認済み
				USD27.0 百万	無償	
第2フェーズ	Chileka ポンプ場に 29 MW の太陽光パネルの設置		USD40 百万 (36%)	-	-	開発パートナー未確定

出典：BWB

## 2-9 BWB における COVID-19 の影響と対応

BWB とのインタビュー結果によると、BWB は以下の点で COVID-19 の影響を受けた。

- COVID-19 により、顧客が BWB の顧客サービス・カウンターや銀行へ足を運ぶことを躊躇し、料金徴収額に影響が出た。
- 業務シフトが不規則となり、作業の継続を余儀なくされ、BWB 職員の労力に負担がかかった。
- COVID-19 を恐れた家主によって、BWB 検針員の敷地立ち入りを拒否された。
- 職場感染リスクを抑えるため、BWB 内の対面（従来）式の協議は最小限にされた。

これらを受けて昨年、BWB に影響を及ぼすリスク管理を行うための COVID-19 委員会を立ち上げた。同委員会は職員の安全確保に積極的に取り組み、職員に対してワクチン接種を奨励している。

また BWB は中央政府の政策に従い、少なくとも 2 週間おきに BWB 事務所を消毒している。さらに、職場感染対策として、BWB は手指洗浄設備を含む COVID-19 予防備品を各支所に配布している。

## 2-10 BWB における域内連携の取り組み

BWB の域内連携プログラムは 2009 年まで遡り、2009 年～2011 年に EU & European Investment Bank の出資により、BWB は GIS 分野で Vitens Evides International (VEI) から支援を受けることから始まった。2012 年以降、BWB は GIS の管理を自立して行っている。

マラウイ国内において BWB は、主要会員として所属する WASAMA を軸として各水公社と協力関係を有し、リロングウェ市無収水対策能力強化プロジェクト（以下「LiSCaP」）の知見共有活動への参画を通して国内連携に貢献している。また、域内において BWB は、JICA 支援のもとルワンダやケニアの水道事業体との知見共有の関係を築いている一方で、EU/UNHABITAT のプログラムを用いて南アフリカの水事事業体との提携関係を構築し、さらにその拡大を図ろうとしている。加えて、BWB は JICA ボランティア・スキームをきっかけに YWWB から継続的に支援を得ている。

これらの BWB のほかの水道事業体との連携について、第 4 章に詳述する。

### 第3章 ブランタイヤ市への協力方針案

#### 3-1 水需要予測

##### 3-1-1 水需要予測

###### (1) 計画諸元

JICA 調査チームは 2030 年の水需要量を算定するために、2018 年の人口センサスや表 3-1-1 に示す計画諸元に基づき BWB と協議を重ね、給水率、一人一日あたり給水原単位、無収水率等の主要な計画諸元を設定した。

表 3-1-1 計画諸元

No.	項目	設定値	根拠
1	目標年次	2030 年	
2	給水率（都市部）	95.3%	過去 3 年の実績の傾向に基づく。
3	一人一日あたり給水原単位 （生活用各戸接続）	100 LCD	2018 年～2020 年における実績に基づく。
4	一人一日あたり給水原単位 （生活用キオスク）	25 LCD	一つのキオスクを利用する世帯数に関連し、水利用委員会とのインタビュー結果に基づく。
5	非生活用水量の総使用水量 に占める比率	40%	2018 年～2020 年における実績に基づく。
6	無収水率	高：40% 中：30% 低：25%	2020 年の無収水率をベースラインとして 3 つのシナリオを設定。
7	漏水率	高：12.0% 中：9.0% 低：7.5%	無収水率の 30%。
8	日最大係数	1.20	「Detailed Designs for Water Intake on Shire River, Water Treatment Works, Pump Stations, Pipelines and Reservoirs (2015 年)」に基づく。

出典：BWB により提供された各種資料に基づき JICA 調査チームが整理。

注記：LCD: L/人/日

###### 1) 給水率

2030 年までの給水率を、表 3-1-2 に示す。BWB の請求データには、給水管が滞納によって一時的に切断されている顧客や、水道メータの故障や設置待ち等で水道メータが設置されていない顧客のデータは含まれていない。そのため、2018 年と 2020 年の給水率について、実際の給水率は高いと推測される。

JICA 調査チームは、2025 年と 2030 年の給水率を推定するために、BWB の請求データのうち精度面から唯一利用可能であった 2021 年 4 月の給水率をベースラインとして適用した。また、2018 年と 2020 年の顧客数に基づき、給水率の増加率を算定し、将来的な給水率を設定した。

その結果、2021 年 4 月時点のブランタイヤ市（都市部）の給水率は 74.6 % であり、2025 年と 2030 年の給水率はそれぞれ 83.2%、95.3% となる。

表 3-1-2 2030 年までの給水率

単位：%

2018	2020	2018年と2020年 間の年間増加率	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
67.0	70.7	2.76	74.6	76.7	78.8	81.0	<b>83.2</b>	85.5	87.8	90.3	92.8	<b>95.3</b>

出典：JICA 調査チーム

注記：2021年の給水人口は「水道メータ無しかつ給水接続顧客」及び「水道メータ設置かつ給水切断顧客を含む。一方、2018年と2020年の給水人口には含まれていない。そのため、2021年の給水人口をベースラインとして適用する。

## 2) 生活用の給水原単位

## a. 各戸接続

表 3-1-3 に示すように、2018年から2020年までの生活用各戸接続の一人一日あたり平均給水原単位は66~77LCDとなっている。しかし、プリペイド・メータの場合、給水原単位は80~90LCDであり、ポストペイド・メータのそれを上回っている。本調査では将来の各戸接続の生活用水需要予測にあたっては、BWBが目標としている100LCDを適用し、これは実績値との大きな開きはない。

表 3-1-3 水道メータ種別顧客数と使用水量の実績

項目		2018年	2019年	2020年	
顧客数	ポストペイド	各戸接続	41,392	37,472	35,263
		キオスク	592	550	461
	プリペイド	各戸接続	4,676	10,070	17,866
		キオスク	137	157	242
	各戸接続		46,068	47,542	53,129
	キオスク		729	708	702
計		46,797	48,250	53,831	
給水人口	ポストペイド	各戸接続	331,136	299,776	282,104
		キオスク	136,064	126,558	105,953
	プリペイド	各戸接続	37,408	80,560	142,928
		キオスク	31,491	36,187	55,564
	各戸接続			380,336	425,032
	キオスク			162,744	161,518
計			543,080	586,550	
生活用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)	ポストペイド	各戸接続	20,799	15,910	14,679
		キオスク	1,703	1,382	1,245
	プリペイド	各戸接続	3,364	7,158	11,419
		キオスク	273	313	423
	各戸接続			23,068	26,098
	キオスク			1,695	1,668
計			24,763	27,767	
一人一日あたり給水原 単位 (LCD)	ポストペイド	各戸接続	63	53	52
		キオスク	13	11	12
	プリペイド	各戸接続	<b>90</b>	<b>89</b>	<b>80</b>
		キオスク	9	9	8
	各戸接続の平均		<b>77</b>	<b>71</b>	<b>66</b>
	キオスクの平均		<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

出典：BWBの請求係から入手した請求データをもとにJICA調査チームが作成。

## b. キオスク

2018年から2020年までのキオスクの一人一日あたり平均給水原単位は10~11 LCDとなっている(表 3-1-3 参照)。マラウイ国の水資源管理ガイドラインによると、キオスクの一人一日あたり給水原単位は40~50 LCDとしている。しかし、BWBは、キオスクを利用している顧客はBWBからの水供給不足に備え、個別井戸のような他の水源を利用している、と分析している。そのため、BWBは原則25 LCDが妥当であろうとの見方を示した。これは、既存報告書(Sogreah レポート: Feasibility Study and Preliminary Design for Blantyre's New Water Source)でも適用された数値である。

JICA 調査チームは9つのキオスクを対象にし、それを管理する水利用委員会に対しインタビューを行った。インタビューでは一つのキオスクを利用している売上額、平均使用水量、世帯数について聴取した。その結果、一日あたり一つのキオスクを平均28世帯が利用していることが判明した。世帯構成人員を8名とすると、平均約224名が利用している結果となった。よって、キオスクの利用者として230名を適用し、表 3-1-4 に示すように現行の給水原単位を算定した。これはキオスクの給水原単位を25 LCDとして適用可能であることをほぼ裏付ける結果となった。

表 3-1-4 ブランタイヤ市におけるキオスク利用世帯数と給水原単位

No.	キオスク	一日あたり 平均売上額 (MWK)	キオスクあたり 平均使用水量 (L/日)	キオスクあたり 利用平均世帯数	給水人口	一日あたり給 水原単位 (LCD)
		a.	b. = a. / MWK25 x 20 リットル	c.		d. = c. x 8 人
1	Che Isa	10,000	8,000	50	400	20
2	Nkolokoti	5,000	4,000	30	240	17
3	Madulila	9,000	7,200	40	320	23
4	Hafford	6,000	4,800	20	160	30
5	Sikelo	3,000	2,400	15	120	20
6	Lamula	4,000	3,200	20	160	20
7	Mwase	6,000	4,800	20	160	30
8	Che Mussa	3,000	2,400	15	120	20
9	Kabula Development	6,000	4,800	40	320	15
	平均	5,778	4,622	28	224	21

出典：JICA 調査チーム

注記：全キオスクにおける20リットル・ポリ缶あたり平均水道料金はMWK25（約4円）である。

## 3) 使用水量に占める非生活用水量の割合

非生活用水は事業及び商業、工業用水から構成されている。2018年から2020年までの水道メータ種別非生活用水量を、

表 3-1-5 に示す。非生活用水量は2018年から2020年までの間で総使用水量の36.4%~42.5%を占めており、それらの平均値の40%を将来の非生活用水量の算定に適用する。また、各用途の水量配分は2020年の事業及び商業、工業のそれぞれの比率を適用する。

表 3-1-5 非生活用水量

項目	分類	2018年	2019年	2020年	
顧客数	ポストペイド	事業	975	733	678
		商業	1,590	1,189	1,182
		工業	90	79	105
	プリペイド	事業	85	251	298
		商業	86	279	316
		工業	1	5	7
		事業	1,059	984	977
		商業	1,677	1,469	1,498
		工業	91	84	112
		計	2,827	2,537	2,587
非生活用水量 (m <sup>3</sup> /日)	ポストペイド	事業	11,453	9,704	8,279
		商業	3,958	3,017	2,706
		工業	3,533	2,650	3,639
	プリペイド	事業	232	1,028	829
		商業	112	374	451
		工業	2	27	7
		事業	11,685	10,732	9,108
		商業	4,070	3,391	3,157
		工業	3,534	2,677	3,646
		計	19,290	16,800	15,911
総使用水量に占める非生活用水量の比率 (%)		42.5	40.4	36.4	
総使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		45,429	41,563	43,678	

出典：BWB の請求係から入手した請求データを基に JICA 調査チームが作成

#### 4) 無収水率

2017年7月から2021年3月までのBWB水道事業における無収水率を、表3-1-6に示す。2019年7月以降、流量計を設置し流量計測を開始したことにより無収水率の精度が高まった結果、無収水率が増加している。2019年7月以前では、BWB職員がポンプの運転時間と仕様流量を用いて流量を推定していた。将来の無収水率は無収水削減の具体的な活動計画、その財務計画等を十分考慮し設定することが重要である。

現在、無収水削減に係るプロジェクトは計画・実施されておらず、またBWBの新規に設置されたNRW対策課の体制も完全に整っていない状況である。したがって、JICA調査チームは将来の水需要を予測するために、ベースラインとなる2020年における無収水率を約54%とし、BWBの戦略目標とは異なるが、現実的な見込みからBWBとの協議の下、2030年時点での無収水率を高(40%)、中(30%)、低レベル(25%)の3つのシナリオで設定した。2021年から2030年までの無収水率は、2020年と2030年時点の比例配分で算定した(表3-1-7参照)。

表 3-1-6 無収水率

月	供給水量 (x 1000 m <sup>3</sup> )					販売水量 (x 1000 m <sup>3</sup> )					無収水 (x 1000 m <sup>3</sup> )					無収水率 (%)				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
1	-	2,334	2,591	2,562	2,965	-	1,332	1,564	1,208	1,274	-	1,002	1,028	1,354	1,692	-	42.9	39.7	52.9	57.0
2	-	2,134	2,340	2,749	2,863	-	1,323	1,487	1,156	1,291	-	811	853	1,593	1,571	-	38.0	36.4	58.0	54.9
3	-	2,367	2,123	2,737	2,902	-	1,289	1,302	1,190	1,291	-	1,078	821	1,547	1,611	-	45.5	38.7	56.5	55.5
4	-	2,342	2,451	2,960		-	1,298	1,452	1,337		-	1,044	999	1,623		-	44.6	40.8	54.8	
5	-	2,478	2,607	3,216		-	1,438	1,597	1,322		-	1,040	1,009	1,894		-	42.0	38.7	58.9	
6	-	2,345	2,640	2,970		-	1,368	1,605	1,369		-	977	1,035	1,601		-	41.7	39.2	53.9	
7	2,537	2,332	2,764	2,857		1,308	1,319	1,279	1,303		1,229	1,013	1,485	1,553		48.4	43.4	53.7	54.4	
8	2,472	2,505	2,810	2,825		1,420	1,432	1,375	1,336		1,052	1,073	1,436	1,489		42.6	42.8	51.1	52.7	
9	2,315	2,398	2,679	2,891		1,524	1,467	1,382	1,419		790	931	1,297	1,472		34.1	38.8	48.4	50.9	
10	2,515	2,420	2,756	2,896		1,678	1,475	1,198	1,483		837	945	1,559	1,413		33.3	39.0	56.5	48.8	
11	2,357	2,513	2,690	2,846		1,561	1,399	1,457	1,388		796	1,113	1,234	1,458		33.8	44.3	45.9	51.2	
12	2,381	2,449	2,603	3,337		1,360	1,339	1,279	1,427		1,021	1,110	1,324	1,910		42.9	45.3	50.9	57.2	
合計	14,576	28,616	31,056	34,846	8,730	8,850	16,480	16,976	15,939	3,856	5,725	12,136	14,080	18,907	4,874	39.3	42.4	45.3	54.3	55.8

出典：BWB の NRW 対策課

注記：無収水率に関するデータには滞納で給水管が一時的に切断されている世帯や水道メータが設置されていない世帯は含まれていない。

表 3-1-7 2030 年までの無収水率の推移

単位：%

ベースライン	シナリオ	NRW 率									
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 (目標)
54.0	高	52.6	51.2	49.8	48.4	<b>47.0</b>	45.6	44.2	42.8	41.4	<b>40.0</b>
	中	51.6	49.2	46.8	44.4	<b>42.0</b>	39.6	37.2	34.8	32.4	<b>30.0</b>
	低	51.1	48.2	45.3	42.4	<b>39.5</b>	36.6	33.7	30.8	27.9	<b>25.0</b>

出典：JICA 調査チーム

**高シナリオ：**

- AC 管の一部が PVC やダクタイル鋳鉄管、鋼管等の管路で布設替えされるシナリオ。
- BWB の「Non-Revenue Water Reduction through Pipe Network Rehabilitation」プロジェクトに基づき、物理ロスの削減目標を 5 年間で 37 % から 25 % まで 12 ポイントの削減を適用。
- 54 % (2020 年現在) - 12 ポイント = 42 % (配水管網延長の半数程度の布設替えであり、残存管も経年化するため、安全サイドで考え 2030 年における無収水率として 40 % (42 % の端数切下げ) を適用)。

**低シナリオ：**

- AC 管の一部が PVC やダクタイル鋳鉄管、鋼管等の管路で布設替えされ、かつ無収水削減活動が体系的・積極的に実施されるシナリオ。
- Sogreah レポートに基づき 2030 年の無収水率として 25% を適用。

**中シナリオ：**

- AC 管の一部が PVC やダクタイル鋳鉄管、鋼管等の管路で布設替えされ、無収水削減活動を講じるが、体系的に実施されないシナリオ。
- 高シナリオと低シナリオのほぼ平均値 (約 30 %) を適用。

## 5) 漏水率

BWB は浄水量と請求水量から無収水率を算定しているが、NRW 対策体制がまだ確実に整っていないため、配水量分析は定期的に行われていない。本調査では 2020 年の年間を通した平均的な配水量分析表を入手できたため、それをもとに無収水量に占める漏水量の割合を 30% とした。

## (2) 水需要量

## 1) 日平均水需要量

表 3-1-1 に示した主要諸元を適用し、2030 年の水需要量を予測した。その結果、表 3-1-8 に示すとおり、高、中、低シナリオの日平均水需要量はそれぞれ 154,000 m<sup>3</sup>/日、149,000 m<sup>3</sup>/日、146,000 m<sup>3</sup>/日となる。

表 3-1-8 水需要予測

No.	項目		2018	2020	2021	2025	2030	
1	ブランチヤ都市部人口		800,264	830,073	843,744	898,429	961,115	
2	ブランチヤ地方部人口 (一部)		451,220	474,284	485,967	532,697	591,431	
3	ブランチヤの総人口		[1]+[2]	1,304,357	1,329,711	1,431,126	1,552,546	
4	各戸接続世帯の給水人口		368,544	425,032	536,568	635,369	778,551	
5	キオスクの給水人口		167,555	161,518	92,920	112,124	137,391	
6	総給水人口		[4]+[5]	536,099	586,550	629,488	915,943	
7	BWB 管轄の給水率 (都市部)		[6]/[1]	67.0%	70.7%	74.6%	83.2%	<b>95.3%</b>
8	各戸接続の生活用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		24,163	26,098		63,537	77,855	
9	各戸接続の生活用一日あたり 給水原単位 (LCD)		[8] x 1000/[4]	66	61	100	<b>100</b>	
10	キオスクの生活用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		1,976	1,668		2,803	3,435	
11	キオスクの生活用一日あたり 給水原単位 (LCD)		[10] x 1000/[5]	12	10	25	<b>25</b>	
12	生活用使用水量計 (m <sup>3</sup> /日)		[8]+[10]	26,139	27,767	66,340	81,290	
13	事業用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		11,685	9,108		25,315	31,020	
14	商業用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		4,070	3,157		8,776	10,754	
15	産業用使用水量 (m <sup>3</sup> /日)		3,534	3,646		10,135	12,419	
16	非生活用使用水量計 (m <sup>3</sup> / 日)		[14]+[15]	19,290	15,911	44,227	54,193	
17	使用水量合計 (m <sup>3</sup> /日)		[12]+[16]	45,429	43,678	110,567	135,483	
18	無収水率	高シナリオ				47.0%	40.0%	
		中シナリオ	42%	54%		42.0%	30.0%	
		低シナリオ				39.5%	25.0%	
19	漏水率	高シナリオ	[18] x 30%			14.1%	12.0%	
		中シナリオ		-	-	12.6%	9.0%	
		低シナリオ				11.9%	7.5%	
20	水需要量 (m <sup>3</sup> /日)	高シナリオ	[17]/(1- [19])	78,325	94,952	129,000	<b>154,000</b>	
		中シナリオ				127,000	<b>149,000</b>	
		低シナリオ				125,000	<b>146,000</b>	

出典：BWB の請求係から入手した請求データや 2018 年の人口センサスをもとに JICA 調査チームが作成。

注記：2018 年と 2020 年のデータには滞納で給水管が一時的に切断されている世帯や水道メータが設置されていない世帯は含まれていない。一方、2021 年のデータには全ての顧客世帯が含まれている。

## 2) 日最大水需要量

日平均水需要量に最大係数の 1.2 を乗じて算定した日最大水需要量を、表 3-1-9 を示す。漏水率（高シナリオ：12.0%、中シナリオ：9.0%、低シナリオ：7.5%の順）別に 2030 年の日最大水需要量はそれぞれ 185,000 m<sup>3</sup>/日、179,000 m<sup>3</sup>/日、175,000 m<sup>3</sup>/日となる。

表 3-1-9 日平均及び日最大水需要量

項目		2025 年	2030 年
日平均水需要量 (m <sup>3</sup> /日)	漏水率: 12.0% (14.1%)	129,000	154,000
	漏水率: 9.0% (12.6%)	127,000	149,000
	漏水率: 7.5% (11.9%)	125,000	146,000
日最大水需要量 (m <sup>3</sup> /日)	漏水率: 12.0% (14.1%)	155,000	185,000
	漏水率: 9.0% (12.6%)	152,000	179,000
	漏水率: 7.5% (11.9%)	150,000	175,000

出典：JICA 調査チーム

注記：漏水の( )内の数値は 2025 年の漏水率を示す。

## 3-1-2 2030 年の水需給バランス

表 3-1-10 に示すように、既存の 3 箇所の浄水場の総浄水能力は 133,000 m<sup>3</sup>/日である。2023 年までに Walker's Ferry 浄水場の浄水能力が 75,000 m<sup>3</sup>/日拡張されるため、総浄水能力は 208,000 m<sup>3</sup>/日となる見込みである。表 3-1-8 に示された 2030 年の水需要（日最大）予測の全シナリオに対し、23,000～33,000 m<sup>3</sup>/日上回る結果となった（表 3-1-10 参照）。

しかし、ダムや河川の水位低下等により過去 5 年、浄水場稼働率が設計能力の約 67%となっているため、仮にその稼働率を 208,000m<sup>3</sup>/日に乗じると、約 140,000 m<sup>3</sup>/日の総浄水能力となる。結果、2030 年の水需給バランスは、高シナリオ、中シナリオ、低シナリオで約 45,000 m<sup>3</sup>/日、約 39,000 m<sup>3</sup>/日、約 35,000 m<sup>3</sup>/日それぞれ不足する。さらに漏水対策を行わなかった場合には約 54,000 m<sup>3</sup>/日が不足する見込みとなる。

表 3-1-10 水需給バランス

浄水場	浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	2023 年の Walker's Ferry 浄水 場拡張分 浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	Walker's Ferry 浄水場拡張後 の総浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	2030 年の水需要量 (m <sup>3</sup> /日)			2030 年の水需給バランス (m <sup>3</sup> /日)		
				漏水率（高・中・低シナリオ）					
				12.0%	9.0%	7.5%	12.0%	9.0%	7.5%
Walker's Ferry	96,000	75,000	171,000	-	-	-	-	-	-
Mudi	17,000	0	17,000						
Nguludi	20,000	0	20,000						
合計	133,000	75,000	208,000						

出典：BWB へのインタビュー及び現地踏査の結果に基づき、JICA 調査チームが作成。

注記：2019 年の運用開始以来、Likbula 川の水位低下により、Nguludi 浄水場では約 10,000 m<sup>3</sup>/日の浄水量が不足している。

### 3-2 電力原単位を下げる取り組み

#### 3-2-1 主要ポンプ施設の電力原単位の整理 (2020 年における現況)

表 3-2-1 に、主要ポンプ施設の電力費用 (2020 年 8 月～2021 年 7 月の月データ平均値を適用 : ESCOM 請求書より) に基づく電力原単位の算出結果を示す。BWB 水道システムの問題の一つは、「2-6-5」で前述したとおり、No.1 Walker's Ferry 浄水場内の浄水池からのポンプ送水負担の軽減をできないことである。この問題を受けて、表 3-2-1 に示すように、Walker's Ferry と Chileka 各ポンプ施設 (表 2-6-15 のポンプ仕様 No.1、2 に該当) の負担は重くなっており、電力費用でも MWK 約 9.87 億/月 (約 1.38 億円) と全体の約 84.4% を占めている。システム全体の電力費用を削減するためには、これらの 2 つのポンプ施設にかかる電力量、送水量及び電力原単位の削減が欠かせない。なお、Walker's Ferry および Chileka のポンプ施設の更新は比較的新しく、早期の更新ニーズは見込めないことが確認されている。

表 3-2-1 主要ポンプ施設の電力原単位

ポンプ施設	電力費用: A (MWK/月)	送水量: B (m <sup>3</sup> /月)	電力原単位: A/B (MWK/m <sup>3</sup> )
Walkers Ferry	590,492,579	2,460,034	240.0
Chileka	397,034,855	2,206,758	179.9
Nyambadwe	2,622,600	86,630	30.3
Mudi R/W	2,965,380	424,852	7.0
Mudi T/W	29,441,137	308,018	95.6
Chichiri	28,638,576	564,720	50.7
Zomba Rd.	6,521,760	239,762	27.2
Midima	6,077,041	35,332	172.0
Soche Booster	8,271,129	109,107	75.8
Nguludi Station	67,442,156	298,798	225.7
Kameza	22,034,108	222,312	99.1
Chigumula Booster	7,938,835	103,404	76.8
合計	1,169,480,155	7,059,727	165.7

出典：BWB 出典資料に基づき JICA 調査チームが作成

#### 3-2-2 配水池毎に分配される電力費用の算出 (2020 年における現況)

以下の(1)～(3)の過程に沿って、「3-2-1」で整理した電力費用を配水池毎に整理し、電力費用について考察した。

##### (1) 配水池及び浄水池への電力費用の配分

各主要ポンプ施設 (横軸) が、どの配水池及び浄水池 (縦軸) に送水しているかを、表 3-2-2 のとおり整理した。例えば、Walker's Ferry 浄水場のポンプ施設は、計 23 箇所の配水池及び浄水場のうち 18 箇所へ送水し、該当箇所には「x」を記している。

表 3-2-2 主要ポンプ施設（横軸）から配水池及び浄水池（縦軸）への電力費用の分配表

No	ポンプ場 配水池 ／ 浄水池	需要量 (m <sup>3</sup> /day)	Walkers Ferry	Chile ka	Nyam badwe	Mudi R/W	Mudi T/W	Chic hiri	Zomba Rd.	Midi ma	Soche Booster	Nguludi Station	Kameza	Chigumula Booster	原単位 (MWK/m <sup>3</sup> /day)
1	Walker's Ferry	0	x												240.0
2	Chileka	0	x	x											420.0
3	Chileka village / Airport	1,142	x										x		339.1
4	Kameza	9,182	x										x		339.1
5	South Lunzu	14,570	x	x											420.0
6	Nyambadwe	28,384	x	x	x										450.2
7	Ndirande	8,504	x	x											420.0
8	Chirimba	11,174	x	x											420.0
9	Mt. Pleaant	7,077	x	x											420.0
10	Sanjika	32	x	x											420.0
11	Unicef	497	x	x											420.0
12	Chimwankhunda	7,641	x	x							x				495.8
13	Mudi	0	x	x		x	x								522.5
14	Chichiri	3,302	x	x		x	x	x							573.2
15	Kanjedza	12,306	x	x		x	x	x							573.2
16	Bangwe Clinic	2,087	x	x		x	x	x		x					745.2
17	B.C.A	582	x	x		x	x	x		x					745.2
18	Chigumula	1,538	x	x		x	x	x						x	650.0
19	Zomba road	3,603							x			x			252.9
20	Upper mpingwe	1,122							x			x			252.9
21	Lower mpingwe	1,256							x			x			252.9
22	Mpingwe	0							x			x			252.9
23	Nguludi	0										x			225.7
	合計	114,000	18	15	1	6	6	5	4	2	1	5	2	1	448.2

出典：JICA 調査チーム

## (2) 配水池別の電力費用

配水池毎の水需要量（表 2-6-21 参照：Case-1 は 2020 年における日最大需要量）と電力費用（日平均需要量をベースにした月換算値）を、表 3-2-3 に示す。浄水池には水需要量が存在しないため、その電力費用はゼロと評価した。電力原単位は MWK225～745/m<sup>3</sup>/日（32～104 円/m<sup>3</sup>/日）の間で推移している。また、ひと月の電力費は MWK1 億（約 0.14 億円）を超えている配水池が、No.5 South Lunzu 及び No.6 Nyambadwe、No.8 Chirimba、No.15 Kanjedza の 4 か所である。

表 3-2-3 配水池別の電力費用

No	名称 (配水池及び浄水池)	水需要量 (m <sup>3</sup> /日)	電力原単位 (MWK/m <sup>3</sup> /日)*1	電力費用 (MWK/月)*2
1	Walker's Ferry (Clear W. T.)	0	240.0	0
2	Chileka (Clear W. T.)	0	420.0	0
3	Chileka village/Airp't	1,142	339.1	9,682,669
4	Kameza	9,182	339.1	77,851,368
5	South Lunzu	14,570	420.0	152,967,527
6	Nyambadwe	28,384	450.2	319,480,094
7	Ndirande	8,504	420.0	89,281,802
8	Chirimba	11,174	420.0	117,313,600
9	Mt. Pleaant	7,077	420.0	74,300,013
10	Sanjika	32	420.0	335,962
11	Unicef	497	420.0	5,217,904
12	Chimwankhunda	7,641	495.8	94,702,464
13	Mudi (Clear W. T.)	0	522.5	0
14	Chichiri	3,302	573.2	47,319,908
15	Kanjedza	12,306	573.2	176,353,358
16	Bangwe Clinic	2,087	745.2	38,882,137
17	B.C.A	582	745.2	10,843,030
18	Chigumula	1,538	650.0	24,992,583
19	Zomba road	3,603	252.9	22,781,094
20	Upper mpingwe	1,122	252.9	7,094,196
21	Lower mpingwe	1,256	252.9	7,941,453
22	Mpingwe	0	252.9	0
23	Nguludi (Clear W. T.)	0	225.7	0
	合計	114,000	448.2	1,277,341,161

出典：JICA 調査チーム

\*1：表 3-2-2 「電力費用の分配表」より引用。また、表 3-2-1 で示した各主要ポンプ施設の電力原単位を積み上げた。

\*2：(水需要量) x (電力原単位) x 30 / 1.2 (月換算のため 30 日間を乗ずる&日最大/日平均=1.2)

## 3-2-3 2030 年の水需要量予測に基づくポンプ運転に必要な電力費用

2030 年の水需要量予測を受けた電力費用について、計算条件を表 3-2-4 に示す。

表 3-2-4 2030 年の水需要量予測を受けた計算条件

項目	計算条件
主要ポンプ施設の電力費用	表 3-2-1 参照
主要ポンプ施設から配水池及び浄水池への電力費用の分配	表 3-2-2 参照
配水池の電力費用	表 3-2-3 参照
2030 年の水需要量予測（日最大需要量）	表 3-1-9 参照 Case 1：114,000 m <sup>3</sup> /日、2020 年度現況 Case 2：185,000 m <sup>3</sup> /日、2030 年（漏水率：12%） Case 3：175,000 m <sup>3</sup> /日、2030 年（漏水率：7.5%）

出典：JICA 調査チーム

2030年の水需要量予測を基づく、配水池別及びポンプ施設別の電力費用を表3-2-5と表3-2-6にそれぞれ示す。5.5%の漏水率の違いで、ひと月にMWK1.1億(約0.15億円)の電力費の差額が生じる。如何に漏水対策が財務改善に重要であるかがわかる。配水池別の電力原単位の分布を図3-2-1に示す。

表3-2-5 2030年の水需要量予測に基づく配水池別の電力費用

No	名称 (配水池及び浄水池)	水需要量 (m <sup>3</sup> /日) *1			電力 原単位*2 (MWK/m <sup>3</sup> /日)	電力費用 (MWK/月)*3		
		Case 1 (2020)	Case 2	Case 3		Case-1 (2020)	Case-2	Case-3
1	Walker's Ferry (Clear W. T.)	0	0	0	240.0	0	0	0
2	Chileka (Clear W. T.)	0	0	0	420.0	0	0	0
3	Chileka village/Airp't	1,142	1,853	1,753	339.1	9,682,669	15,711,020	14,863,151
4	Kameza	9,182	14,901	14,095	339.1	77,851,368	126,341,019	119,507,192
5	South Lunzu	14,570	23,644	22,367	420.0	152,967,527	248,233,645	234,826,677
6	Nyambadwe	28,384	46,061	43,574	450.2	319,480,094	518,446,047	490,442,014
7	Ndirande	8,504	13,800	13,054	420.0	89,281,802	144,883,451	137,051,345
8	Chirimba	11,174	18,133	17,152	420.0	117,313,600	190,374,754	180,075,431
9	Mt. Pleaant	7,077	11,485	10,864	420.0	74,300,013	120,578,727	114,058,972
10	Sanjika	32	52	49	420.0	335,962	545,938	514,441
11	Unicef	497	807	763	420.0	5,217,904	8,472,532	8,010,585
12	Chimwankhunda	7,641	12,401	11,730	495.8	94,702,464	153,697,849	145,381,482
13	Mudi (Clear W. T.)	0	0	0	522.5	0	0	0
14	Chichiri	3,302	5,358	5,068	573.2	47,319,908	76,783,788	72,627,890
15	Kanjedza	12,306	19,970	18,892	573.2	176,353,358	286,183,695	270,735,221
16	Bangwe Clinic	2,087	3,387	3,204	745.2	38,882,137	63,101,964	59,692,557
17	B.C.A	582	944	893	745.2	10,843,030	17,587,320	16,637,158
18	Chigumula	1,538	2,496	2,361	650.0	24,992,583	40,560,135	38,366,377
19	Zomba road	3,603	5,847	5,531	252.9	22,781,094	36,969,486	34,971,477
20	Upper mpingwe	1,122	1,822	1,723	252.9	7,094,196	11,520,165	10,894,206
21	Lower mpingwe	1,256	2,039	1,928	252.9	7,941,453	12,892,215	12,190,383
22	Mpingwe	0	0	0	252.9	0	0	0
23	Nguludi (Clear W. T.)	0	0	0	225.7	0	0	0
	合計	114,000	185,000	175,000		1,277,341,161	2,072,883,749	1,960,846,560

出典：JICA 調査チーム

\*1：表2-6-21「配水池別の水需要量予測」より引用

\*2：表3-2-3「配水池別の電力費用」より引用。2030年度の電力原単位は、2020年の実績値と変わらないものと仮定した。

\*3：(水需要量) x (電力原単位) x 30 / 1.2 (月換算のため30日間を乗ずる&日最大/日平均=1.2)

表3-2-6 2030年の水需要量予測に基づくポンプ施設別の電力費用

ポンプ施設	Case-1 (2020)		Case-2		Case-3	
	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)
Walkers Ferry	644,953,635	2,686,923	1,046,638,087	4,360,369	990,068,397	4,124,695
Chileka	433,653,330	2,410,287	703,737,551	3,911,441	665,701,275	3,700,032
Nyambadwe*	2,864,482	94,620	4,648,515	153,550	4,397,267	145,251
Mudi R/W	3,238,876	464,036	5,256,085	753,044	4,972,000	712,342
Mudi T/W	32,156,489	336,426	52,183,916	545,957	49,363,430	516,448
Chichiri	31,279,908	616,804	50,761,390	1,000,957	48,017,790	946,856
Zomba Rd.	7,123,261	261,875	11,559,709	424,974	10,934,918	402,005
Midima	6,637,525	38,591	10,771,451	62,625	10,189,266	59,241

ポンプ施設	Case-1 (2020)		Case-2		Case-3	
	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)
Soche Booster	9,033,974	119,170	14,660,436	193,390	13,868,055	182,938
Nguludi Station	73,662,337	326,356	119,540,078	529,614	113,079,062	500,989
Kameza	24,066,311	242,816	39,055,082	394,044	36,944,196	372,747
Chigumula Booster	8,671,032	112,941	14,071,450	183,282	13,310,903	173,376
合計	1,277,341,161	7,710,845	2,072,883,749	12,513,247	1,960,846,560	11,836,919

出典：JICA 調査チーム

### 3-2-4 太陽光発電における補填（2030年における将来予測）

太陽光発電事業の影響について、以下の通り考察した。表 3-2-7 のとおり、Walkers Ferry 及び Chileka の電力量は 2020 年実績で 96.6MW、将来予測においては Case-2 で 156.8 MW、Case-3 で 148.3 MW と試算されており、別途進行する太陽光発電事業（発電規模 42 MW：表 2-8-2 参照）が遂行されても、Walker's Ferry と Chileka が必要とする電力量を、十分に賄える発電量には至らないことが確認できた。Mudi ダム及び Mudi 浄水場の再整備を実施し、Walkers Ferry 及び Chileka の負担軽減が図られたとしても ESCOM 社からの買電が無くなるわけではない、電力自給のための太陽光発電事業と並行し、水道施設全体の電力量削減のための検討は必要であることから、本節以降の各種検討には影響しないと考える。

表 3-2-7 2030年の水需要量予測における太陽光発電による補填割合

ポンプ施設		Case-1 (2020)		Case-2		Case-3	
		電力量 (kWh/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力量 (kWh/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力量 (kWh/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)
Walkers Ferry*1	A	5,346,977	2,686,923	8,677,134	4,360,369	8,208,143	4,124,695
Chileka*1	B	4,314,413	2,410,287	7,001,479	3,911,441	6,623,057	3,700,032
各ポンプ施設 電力量合計	A+B	9,661,390	5,097,210	15,678,613	8,271,810	14,831,200	7,824,727
太陽光発電 総量*2	C	4,600,000		4,600,000		4,600,000	
補填割合(%)	C/(A+B)	47.6		29.3		31.0	

出典：JICA 調査チーム

\*1：（電力量 kWh/月）＝（電力原単位：Walker's Ferry 1.99 kWh/m<sup>3</sup>、Chileka 1.79 kWh/m<sup>3</sup>—BWB 提供データより）×（送水量 m<sup>3</sup>/月：表 3-2-6 より抽出）

\*2：太陽光発電事業 42 MW を月単位換算

### 3-2-5 Mudi 浄水場の浄水能力を踏まえた電力費用の考察（2030年における将来予測）

2030年の水需要予測時（表 3-2-4 の Case-3：便益が抑制される安全側のケース）を基に、季節別及び送水ルートの見直しによる電力費用の削減効果について検討した。

#### (1) 季節別電力費用の削減

表 3-2-8 には、電力費用算定の検討条件をまとめた。

表 3-2-8 電力費用算定の検討条件

項目	内容
2030年の水需要予測に基づく主要ポンプ施設別の電力費用	表 3-2-6 参照
2020年の水需要予測に基づく主要ポンプ施設の電力原単位	表 3-2-1 参照
Mudi 浄水場の浄水量	Case-3 : 5,700 m <sup>3</sup> /日 (2020年時 : Case-1 と同じ) Case-3-1 : 13,636 m <sup>3</sup> /日 (2030年時雨期の Mudi ダムの取水量 : 15,000 m <sup>3</sup> /日 ÷ 110% (水量ロス) ) Case-3-2 : 7,727 m <sup>3</sup> /日 (2030年時乾期の Mudi ダムの取水量 : 8,500 m <sup>3</sup> /日 ÷ 110% (水量ロス) )

出典 : JICA 調査チーム

表 3-2-9 に示すとおり、Mudi R/W については送水量が Case-3 (712,342 m<sup>3</sup>/月) に対し、Case-3-1 (950,433 m<sup>3</sup>/月)、Case-3-2 (773,161 m<sup>3</sup>/月) となり、それぞれ 238,091 m<sup>3</sup>/月、60,819 m<sup>3</sup>/月が Mudi 浄水場の浄水量増加分である。

また、Case-3 の MWK19.61 億/月 (約 2.75 億円) に対し、電力費用の削減額としては、Case-3-1 が MWK18.62 億/月 (約 2.61 億円)、Case-3-2 が MWK19.36 億/月 (約 2.71 億円/月) となり、それぞれ MWK0.99 億/月 (約 0.14 億円/月) (5.0%削減)、MWK0.25 億/月 (約 0.04 億円) (1.3%程度) が電力費用の削減額である。年間平均 (Case-3-1 と 3-2 の年間平均) すると、MWK7.41 億/年 (約 1.04 億円) の削減効果が見込まれる。

表 3-2-9 電力原単位の考察を受けた電力費用

ポンプ施設	Case-3		Case-3-1		Case-3-2	
	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)	電力費用 (MWK/月)	送水量 (m <sup>3</sup> /月)
Walkers Ferry	990,068,397	4,124,695	932,918,409	3,886,604	975,469,947	4,063,877
Chileka	665,701,275	3,700,032	622,864,503	3,461,941	654,759,007	3,639,214
Nyambadwe	4,397,267	145,251	4,397,267	145,251	4,397,267	145,251
Mudi R/W	4,972,000	712,342	6,633,824	950,433	5,396,498	773,161
Mudi T/W	49,363,430	516,448	49,363,430	516,448	49,363,430	516,448
Chichiri	48,017,790	946,856	48,017,790	946,856	48,017,790	946,856
Zomba Rd.	10,934,918	402,005	10,934,918	402,005	10,934,918	402,005
Midima	10,189,266	59,241	10,189,266	59,241	10,189,266	59,241
Soche Booster	13,868,055	182,938	13,868,055	182,938	13,868,055	182,938
Nguludi Station	113,079,062	500,989	113,079,062	500,989	113,079,062	500,989
Kameza	36,944,196	372,747	36,944,196	372,747	36,944,196	372,747
Chigumula Booster	13,310,903	173,376	13,310,903	173,376	13,310,903	173,376
合計	1,960,846,560	11,836,919	1,862,521,623	11,598,828	1,935,730,339	11,776,101

出典 : JICA 調査チーム

## (2) 送水ルート見直しによる電力費用の削減

表 2-6-24 で示した送水ルート検討の結果のうち、ポンプ送水量の差異があるところを抽出し、表 3-2-10 に示すとおり日単位の電力費用を比較した。送水ルート 1 案の MWK4,193,059/日 (約 59 万円/日) から 2 案の MWK2,311,692/日 (約 32 万円/日) への変更により、MWK 約 1,880,000/日 (約 26 万円/日) (MWK 約 6.87 億/年 (約 0.96 億円/年) : 表 3-2-10 の電力費用合計値の差分) の削減が可能となる。

ただし、送水ルート 2 案の実現には、No.6 Nyambadwe~No.15 Kanjezda 間で新設配管の整備が必要である。現在、具体的なルートや施工方法は特定されていないが、配水池の位置関係から最

大延長約 10 km、施工単価を MWK 約 35 万/m (約 5 万円/m) と仮定すると、MWK 約 35 億 (約 4.9 億円) の整備費用が別途必要になる。

表 3-2-10 送水ルート検討を受けた日単位電力費用の比較

№	配水池	電力原単位*1 (MWK/m <sup>3</sup> /日)	送水ルート 1 案		送水ルート 2 案	
			ポンプ送水量 (2030 年時の予測) (m <sup>3</sup> /日)	電力費用 (MWK/日)	ポンプ送水量 (2030 年時の予測) (m <sup>3</sup> /日)	電力費用 (MWK/日)
6	Nyanbadwe	76.0*2	0	0	30,417	2,311,692
13	Mudi(CW tank)	95.6	30,417	2,907,865	0	
14	Chichiri	50.7	25,349	1,285,194	0	0
	合計		55,766	4,193,059	30,417	2,311,692

出典: JICA 調査チーム

\*1: 表 3-2-1 「主要ポンプ施設の電力原単位」より引用

\*2: 表 3-2-1 のうち、Walker's Ferry と Chileka ポンプ施設以外の平均値を適用

### (3) 電力費用の考察結果

JICA 調査チームは、事業効果を合計 MWK14.28 億/年 (約 1.99 億円/年) と試算した。その内訳は以下のとおりである。

- 1) 季節別電力費用の削減: MWK 約 7.41 億/年 (約 1.04 億円/年)
- 2) 送水ルート見直しによる電力費用の削減: MWK 約 6.87 億/年 (0.96 億円/年)

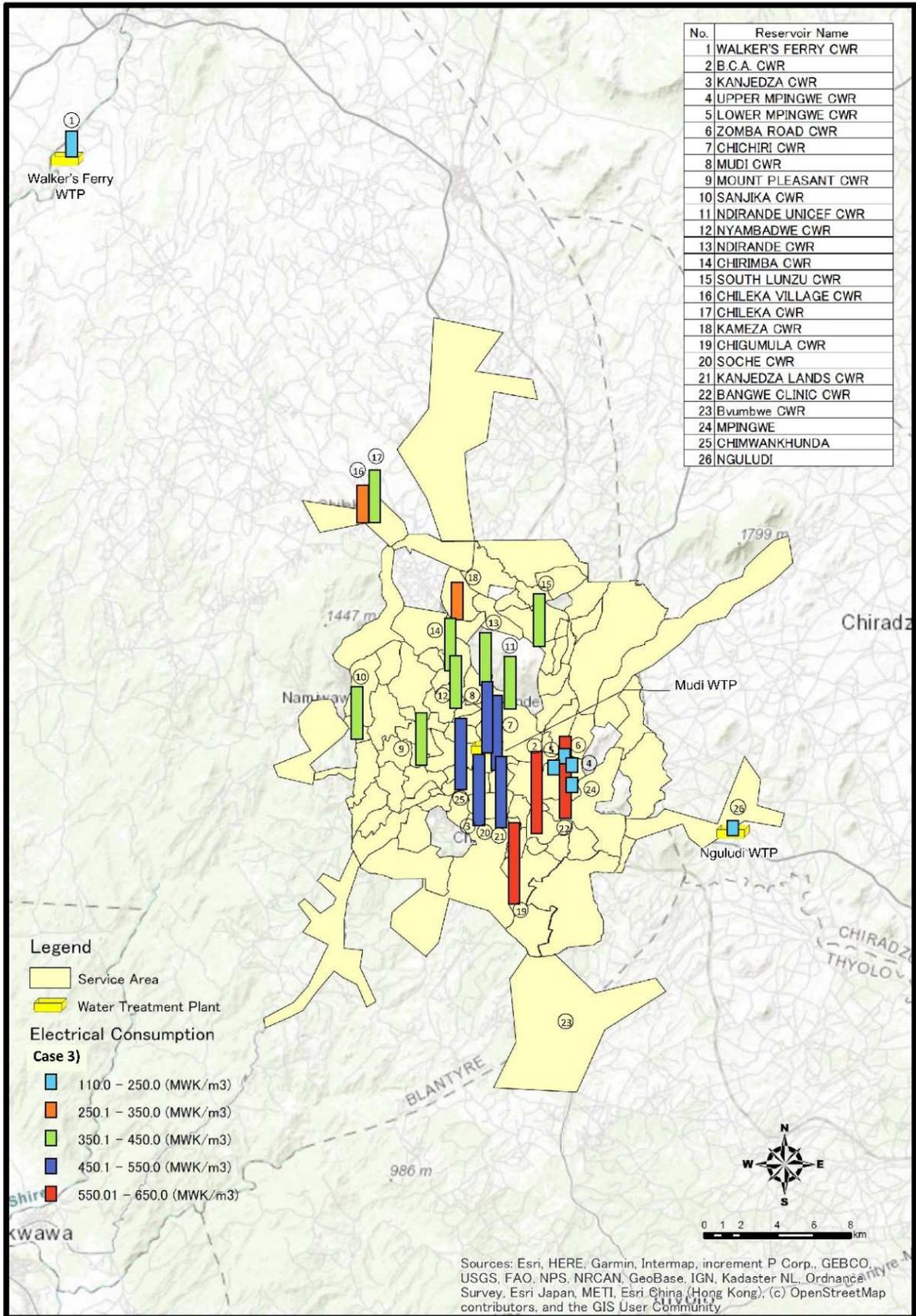


図 3-2-1 BWB における電力消費マップ

### 3-3 既存浄水場の機能評価

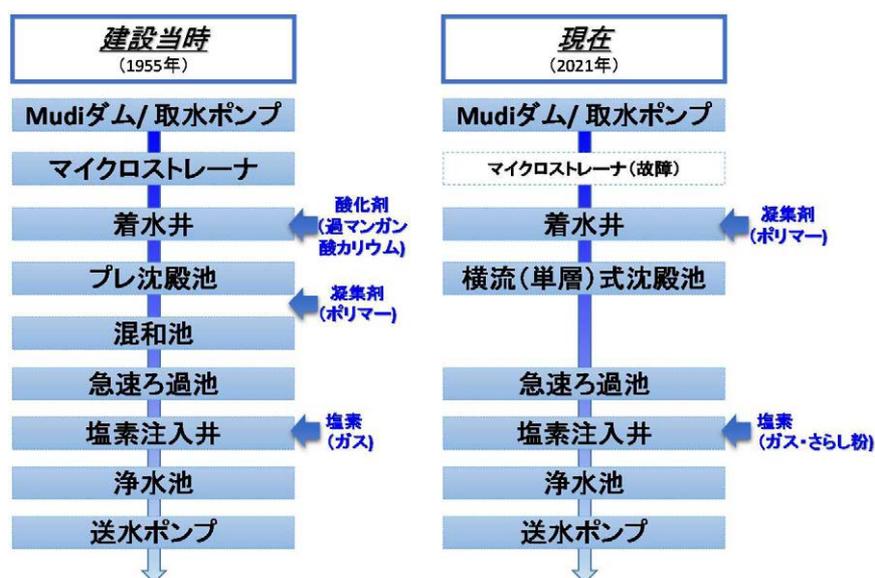
#### 3-3-1 Mudi 浄水場の変遷

Mudi 浄水場の配置図を、図 3-3-1 に示す。Mudi 浄水場は、1955 年に Mudi ダム堰堤左岸に BWB 本部と併設して建設された。建設当時の詳細な設計図、計算書等がないが、建設当時から改修が加えられ現在の状況に至っている。建設当時と現在のシステムフローを図 3-3-2 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 3-3-1 Mudi 浄水場の配置図



出典：JICA 調査チーム

図 3-3-2 建設当時及び現在の Mudi 浄水場のシステムフロー

### 3-3-2 Mudi 浄水場の現況能力の試算

「2-3-2」で述べたように、建設当時の Mudi 浄水場の浄水能力は 45,000m<sup>3</sup>/日と認識されているが、建設当時の詳細な設計図、計算書等は BWB に保管されていない。その後、改修が行われ現在のシステムに至っているため、現況の浄水能力について、一般的な急速ろ過池及び沈殿池の設計条件より試算する。

#### (1) 急速ろ過池

一般的な急速ろ過池のろ過速度は 120～150 m/日である。2008 年に実施された浄水場のリハビリ・プロジェクトの CAD データより、各種設計条件は試算すると以下のとおりである。

- ろ過池面積 : 8.648 m x 4.214 m x 8 池 = 291.5 m<sup>2</sup>
- ろ過速度 120 m/日の場合 : 120 m/日 x 291.5 m<sup>2</sup> = 34,980 m<sup>3</sup>/日
- ろ過速度 150 m/日の場合 : 150 m/日 x 291.5 m<sup>2</sup> = 43,725 m<sup>3</sup>/日

よって、急速ろ過池による浄水能力は、35,000～44,000 m<sup>3</sup>/日である。

#### (2) 沈殿池

現在の浄水システムは、フロック形成池がない横流（単層）式沈殿池として機能している。一般的な横流（単層）式沈殿池の表面負荷率は 15～30 mm/分である。2008 年に実施された浄水場のリハビリ・プロジェクトの CAD データより、各種設計条件は試算すると以下のとおりである。

- 沈殿池面積 : 4.570 m x 22.048 m x 2 x 2 系 = 403.0 m<sup>2</sup>
- 表面負荷率 15 mm/分の場合 : 15 mm/分 ÷ 1000 x 24 x 60 x 403.0 m<sup>2</sup> = 8,706 m<sup>3</sup>/日
- 表面負荷率 30 mm/分の場合 : 30 mm/分 ÷ 1000 x 24 x 60 x 403.0 m<sup>2</sup> = 17,411 m<sup>3</sup>/日

よって、沈殿池による浄水能力は、9,000～17,000 m<sup>3</sup>/日である。ただし、本システムはフロック形成池がない施設であるため、浄水能力をさらに過小評価する必要がある。

### 3-3-3 Mudi 浄水場の現状

#### (1) フロック形成池・沈殿池

図 3-3-2 に示すように、現在の Mudi 浄水場のシステムは、凝集剤注入後の混和池、フロック形成池がないことが、処理プロセス上の大きな問題点である。建設当時はフロキュレータを有す混和池であったが、現在は単に横流（単層）式沈殿池として機能している。そのため、沈殿池でフロックが沈降せずキャリーオーバーを起こしており（図 3-3-3 参照）、急速ろ過池に高負荷な運転を強いている。また、現況施設を活用してフロック形成池及び沈殿池に改築することは、配置や構造的に困難である。



出典：JICA 調査チーム

注記：（左）現状の横流（単層）式沈殿池（建設当時はフロキュレータを有す混和池）、（右）フロックのキャリーオーバー

図 3-3-3 フロックのキャリーオーバー

## (2) 凝集剤

Mudi 浄水場のシステムの凝集剤は、カチオン系の「Algaefloc」を使用し（図 3-3-4 参照）、着水井に滴定されている。アクリルアミドモノマーの毒性の懸念があるため 70 mg/L に使用が制限されている。現在、凝集剤を着水井上部より滴定しているが、混和池としての役割は不十分である。



出典：JICA 調査チーム

注記：（左）BWB で使用されている凝集剤「Algaefloc」、（右）凝集剤は着水井上部に滴定されている。

図 3-3-4 凝集剤の滴定

## (3) 急速ろ過池

現在の Mudi 浄水場システムは、前述のとおり沈殿池でフロックが沈降せずキャリーオーバーを起こし、急速ろ過池に高負荷な運転を強いている。加えて、ろ過池洗浄装置の据付け精度の悪化や経年劣化から、逆洗がろ過池内で均一化されておらず、ろ過砂の洗浄が不十分となっている（図 3-3-5 参照）。堆積したフロックは汚泥化（マッドボール化）し、処理水質の悪化のみならず、ろ過層の閉塞により洗浄頻度を増加させる要因となっており、処理プロセス上の大きな問題点である。

一般的なる材の交換頻度は 5～7 年に一度であるが、かかる状況から Mudi 浄水池の交換頻度は

1年に1回と高頻度である。

本施設は1955年建設と非常に古く、上述の状況を改善するための構造的改修は困難である。

また、砂層の充填厚さは、逆洗時の砂層の膨張率を考慮して砂層の天端高を決定するが、現状は排水トラフと同等の高さであり、逆洗時に多量のろ材が流出しているものと考えられる。

以上のように、Mudi 浄水場はキャリーオーバーやろ過池のマッドボール化等処理プロセスに関して大きな大きな問題があり、浄水場の損失水量は28%と非常に大きい。そのため、浄水プロセスにおけるキャリーオーバーや高い頻度のろ材・機器交換の解消を図るため、適切な浄水プロセスを有した浄水場の更新が必要である。



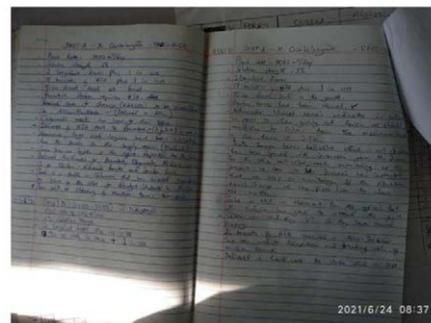
出典：調査チーム

注記：フロックのキャリーオーバー及び、逆洗が不均一なためろ層がマッドボール化している。

図 3-3-5 ろ層におけるフロックのマッドボール化

#### (4) 汚泥引抜き

沈殿池からの汚泥は、備え付けられたパイプから乾燥床まで送られている。汚泥引抜きのタイミングは、原水の濁度に基づき、水質・環境管理課 (Water Quality and Environmental Management Section) から、水供給責任者 (Supply Officer) へ助言がなされる。基本的には、2~3週間に1回のペースで引き抜きが実施される。引抜きの実施記録については、浄水場運転管理スタッフの間で、図 3-3-6 に示すように手書きで記録されている。



出典：調査チーム

図 3-3-6 汚泥引抜きの記録

### 3-4 Mudi ダムからの取水可能量の検証

現地調査で得られた雨量資料、流量観測資料を基に、水資源ポテンシャル検討のための流出モデルを定め、この流出モデル (タンクモデル法) で再現されたダム流入量 (11 か年) を基本として、ダム貯水池の運用による取水可能量を検証した。

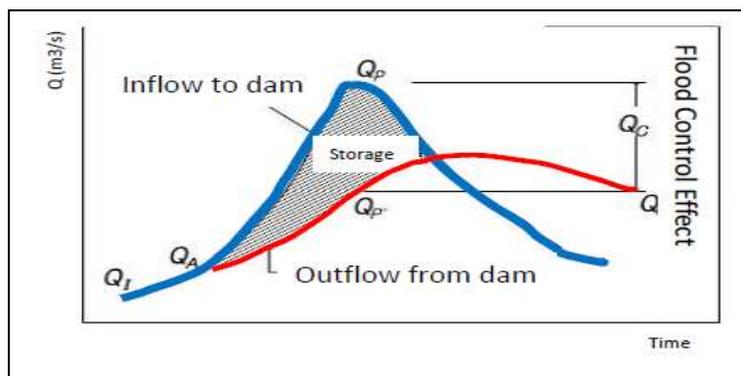
対象とした流量観測は、2019年と2020年の雨期に、Mudi ダムの洪水吐において、森林・天然資源省ブランタイヤ水資源局が実施したものである。(図 3-4-1 参照)



資料：流量観測結果レポート（ブランタイヤ水資源局）

図 3-4-1 Mudi ダムの洪水吐における流量観測

ダムの洪水吐における観測は、ダムの調節（貯留）後の流量（下図の赤色）を示しており、流域からの直接的な流出量（ダムの流入量）ではないので、低水流出解析のデータとしては、不十分であり、観測精度も劣ると判断せざるを得ないが、他に観測資料がない現状では、これらを前提として解析をおこなう。（図 3-4-2 参照）



注記：流入ハイドログラフ：青色、流出ハイドログラフ：赤色

図 3-4-2 Mudi ダムの洪水吐における流量観測の概念図

### 3-4-1 検討方針

Mudi ダムにおける取水可能量の検証方針は、以下のとおりとする。

(1) 低水流出モデルの検討（余水吐流出量を対象としてパラメーター検討）

2019年と2020年の流量観測結果に対して、日雨量、蒸発散量を入力することにより、低水流出モデルのパラメーターを定める。低水流出モデルは、タンクモデル法とする。

(2) 長期低水流出解析（貯水池運転シミュレーションのための日流入量の再現）

貯水池運転計画に用いる流域流出量（貯水池流入量）として、貯水池運用計画の検討の基本である11か年を対象として、長期の日単位の流出解析を行う。再現期間としては、2010年から2020年までの11か年とする。

(3) 貯水池運用計画シミュレーション

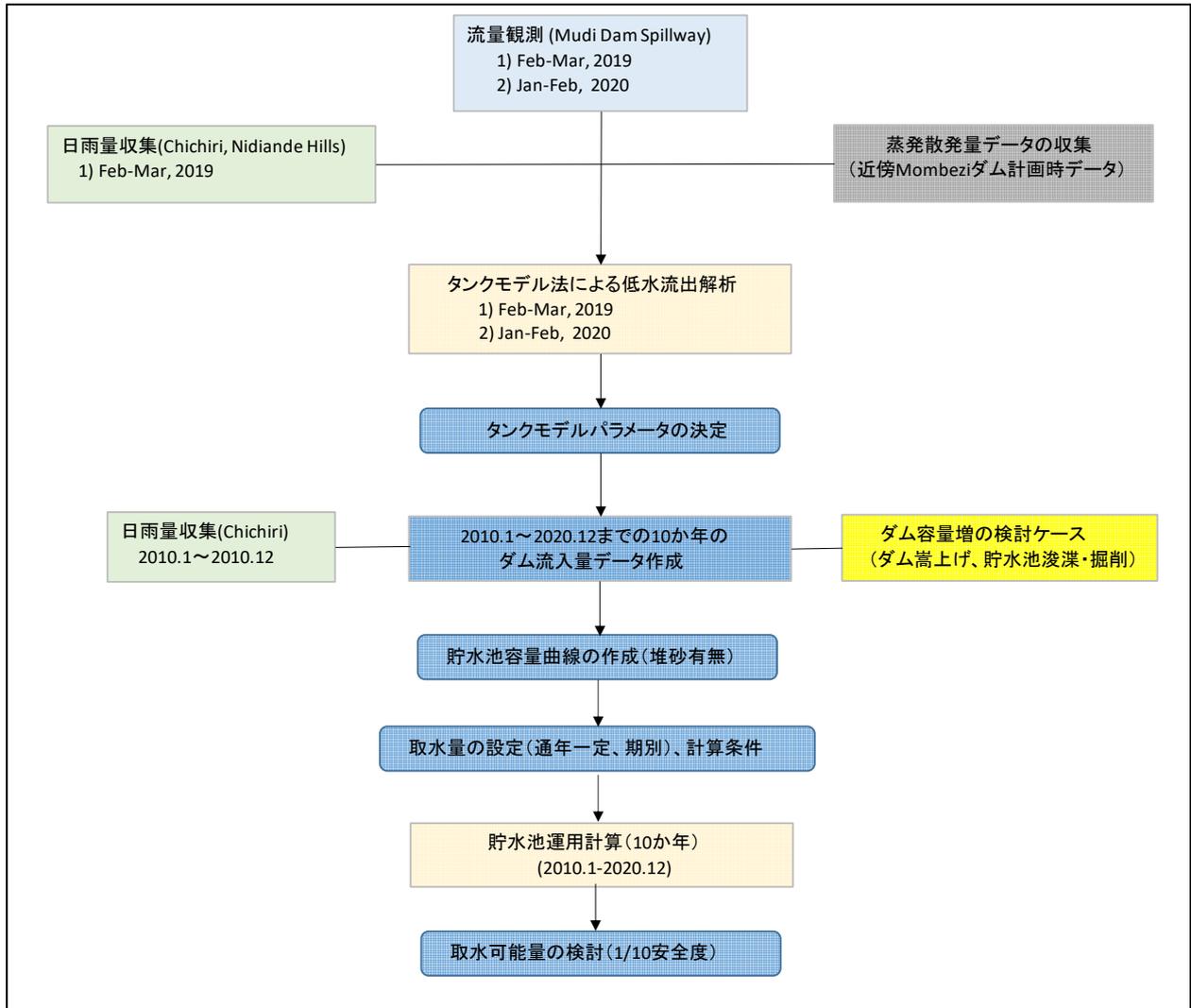
11か年のダム流入量に、貯水位 H-容量 V 曲線、原水取水量、ダム水位諸元を入力することに

より、11 年間の貯水池運転シミュレーションを行う。検討パラメーターとしては、①取水量（雨期、乾期を考慮）、②貯水池の掘削、浚渫を考慮した H-V 曲線とする。

(4) 取水可能量の検討

(3) の検討結果から、無効放流量を少なくするような取水可能量を設定して、これらの結果を基に Mudi ダムにおける取水可能量を検証する。

上記の方針に基づく検討フローを、図 3-4-3 に示す。



出典：JICA調査チーム

図 3-4-3 可能取水量算定までの検証作業フロー

3-4-2 タンクモデル法による流域流入量の再現

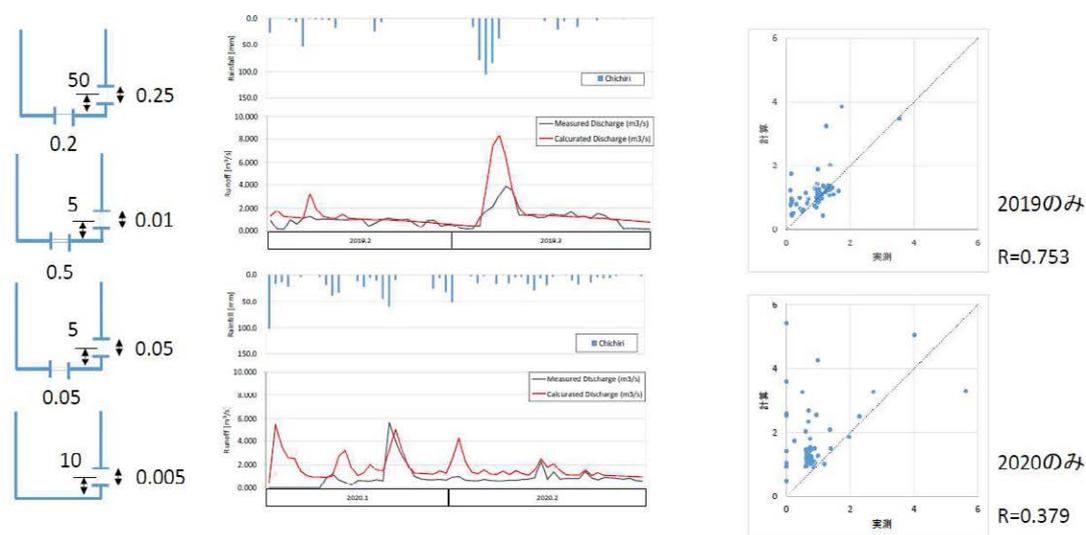
Mudi ダムにおける流量の観測データが、2 か月ずつ 2 か年にわたって得られていることから、この期間を対象として、タンクモデル法によりパラメーターを決定し、この決定したパラメーターを用いることにより、11 年間のダム流入量を再現する。タンクモデル法による入力データは日雨量と蒸発散量であり、これらのデータの概要を表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 タンクモデルのパラメーター決定のための雨量、蒸発散量、流量

項目	諸元 (場所)	備考
1. 日雨量	Chichiri観測所	
2. 蒸発散量	月平均蒸発量(Mombezi ダム)	Sogreah レポート(2010)
3. ダム放流量	Mudi ダム	2019.2-3, 2020. 1-2

出典：JICA調査チーム

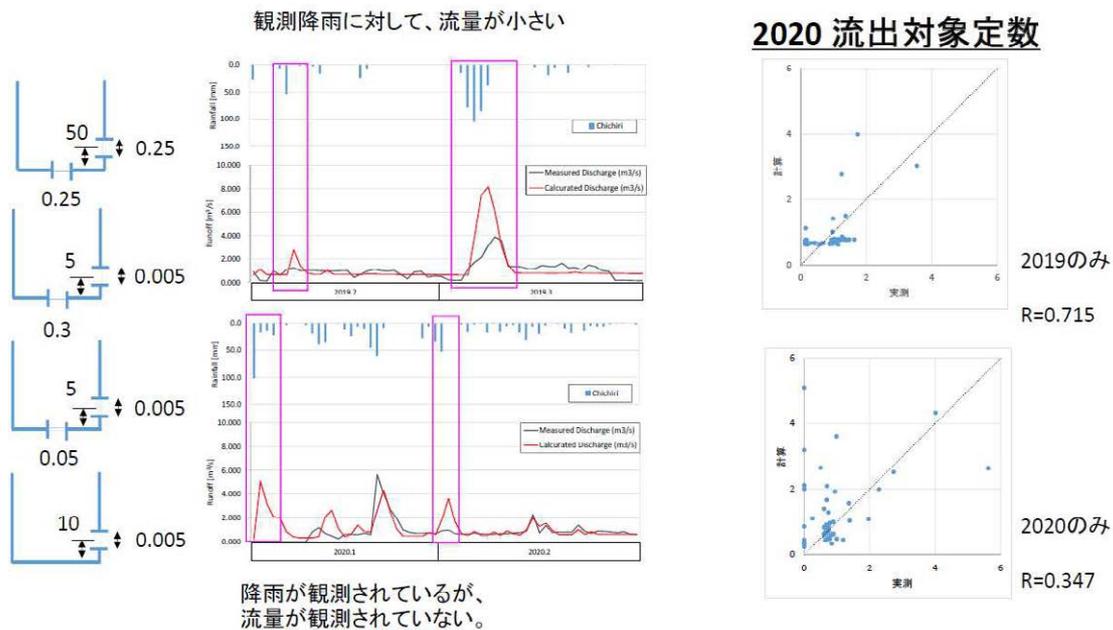
タンクモデルの検証過程では、2019年のハイドログラフで同定した定数に関しては、図 3-4-4に示す定数が比較の実績と合致する結果が得られた。これにより得られた定数を2020年に適用した場合、合致しない結果となった。相関係数も、2019年では0.753に対して、2020年のそれは0.379となっている。



出典：JICA調査チーム

図 3-4-4 タンクモデル法による 2019 年定数検証結果と 2020 年ハイドログラフへの適用

同様な同定・検証作業を2020年実績に合った定数により、2019年の実績ハイドログラフでも行った。その結果、図 3-4-5に示す結果となり、降雨は観測されているものの流量がない事象や、降雨量に対して流量が小さくなる事象がみられた。観測流量は、午前と午後の2回の平均流量としており、低水流量は把握できるものの、大きい時間雨量のピーク流量の大きいものに対しては、把握できていないものと想定される。



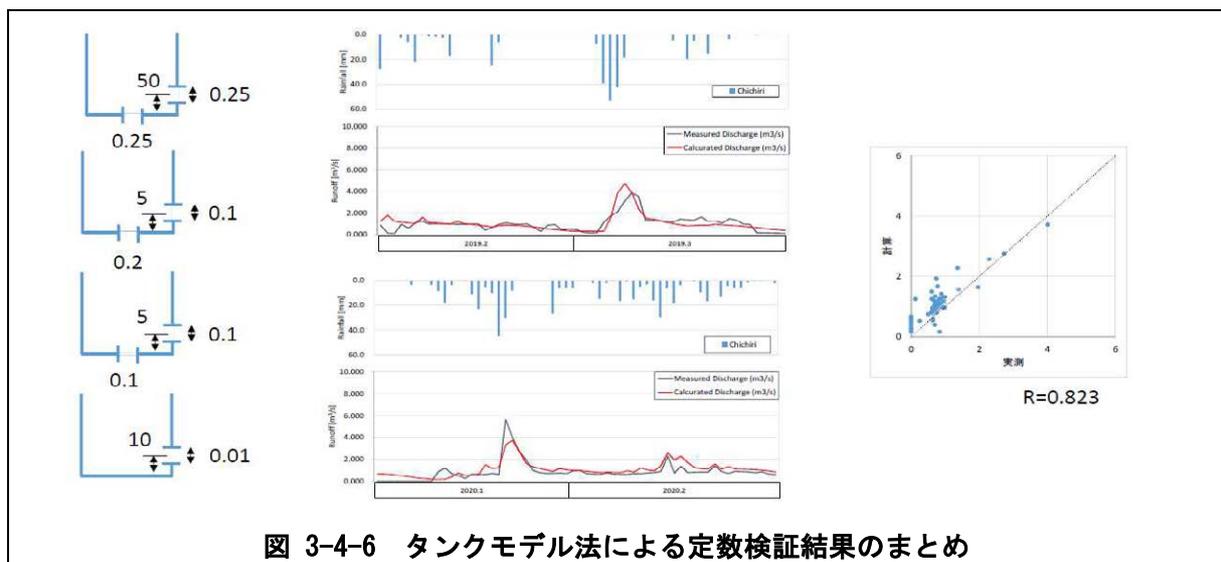
出典：JICA調査チーム

図 3-4-5 タンクモデル法による 2020 年定数検証結果と 2019 年ハイドログラフへの適用

以上を踏まえて、タンクモデル法による定数の同定方針を以下の通りとした。

- 2019 年で同定したモデル定数、比較の実績ハイドログラフに合致する傾向があるため、この定数を基本として同定作業を進める。
- 雨量が全くないのに対して、大きな流量がある期間や一部、流量観測がない期間では、日雨量そのものを除外する。
- 実測流量は、ダム流入に伴い Mudi ダムの貯留・低減効果を受けていると判断されるため、有効雨量の概念から、実績雨量に対するピーク流量を逆算して、日雨量を修正する。

上記の検討方針に基づき、同定・検証を行った。相関係数は、 $r = 0.82$ である（図 3-4-6参照）。



タンクモデル法による再現結果と決定されたパラメーターを、図 3-4-7に示す。

	<p>表面流出成分に関する係数(1段目)</p> <p>a1流出孔:0.25 s1流出高:50 g1浸透孔:0.25</p>
	<p>速い中間流出成分に関する係数 (2段目)</p> <p>a2:0.1 s2:5 g2:0.20</p>
	<p>遅い中間流出成分に関する係数 (3段目)</p> <p>a3:0.1 s3:5 g3:0.1</p>
	<p>地下水流出成分に関する係数 (4段目)</p> <p>a4:0.01 s4:10</p>

出典：JICA調査チーム

図 3-4-7 4段タンクモデルの各タンクパラメーター

### 3-4-3 決定定数により再現した流況の特性

再検証したタンクモデルの定数を用いて、11か年のダム流入量を再現した。以下に再現結果をまとめて示す。

#### (1) 年間流入量、渇水順位、貯水池回転率

タンクモデル法により11か年の日流量を再現し、その結果から年間の総流入量、渇水順位、貯水池の回転率（当初計画容量1.5百万 m<sup>3</sup>を基準）を、表 3-4-2に整理した。

表 3-4-2 年間流入量、渇水順位、貯水池回転率

年	総流入量 (m <sup>3</sup> )	渇水順位	貯水池回転率 (回/年) V= 1.5 Mm <sup>3</sup>
2010	18,167,524	9	12.1
2011	10,814,625	3	7.2
2012	12,859,369	5	8.6
2013	17,746,240	8	11.8
2014	10,149,435	2	6.8
2015	23,598,373	11	15.7
2016	11,521,901	4	7.7
2017	13,206,702	6	8.8
2018	18,167,524	10	12.1
2019	16,489,904	7	11.0
2020	7,692,830	1	5.1

出典：BWB

上表から、渇水年は2020年、2014年、2011年となる。また、貯水池の回転率は最小で5回程度、最大で12回程度である。

## (2) 年間の流況の整理

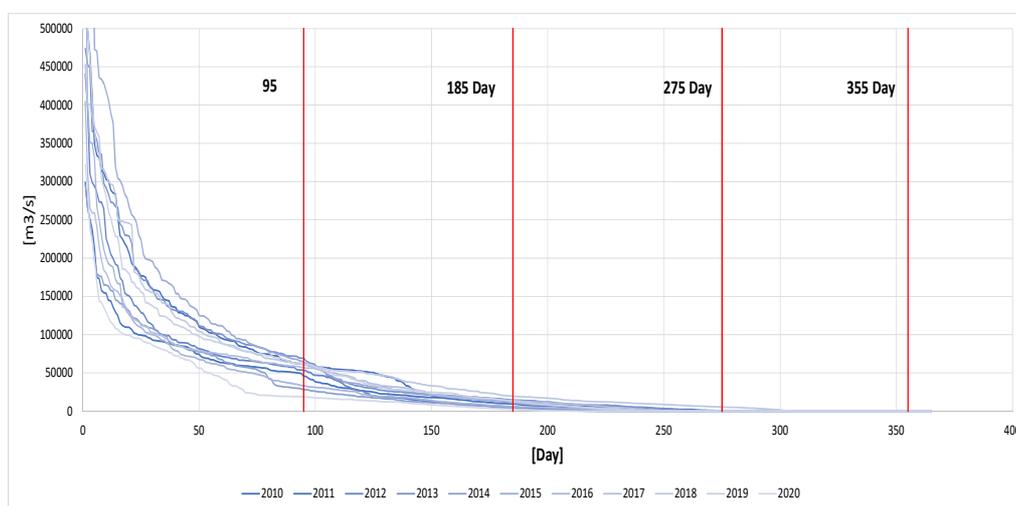
年間の流況の整理結果を、表 3-4-3に示す。ほとんどの年が平水量（185日流量）までの流量であることから、水利用に関しては厳しい流況である。

表 3-4-3 貯水池流入量の流況 (m<sup>3</sup>/日)

指標/年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
95日流量	60,653	45,619	53,309	69,206	28,166	63,763	33,178	56,938	61,085	61,517	18,576
185日流量	12,614	9,245	4,579	14,861	4,147	10,973	6,048	14,083	19,526	12,874	2,333
275日流量	259	0	0	86	0	0	0	0	5,443	0	0
355日流量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

出典：BWB から入手したデータをもとに JICA 調査チームが作成

各年の流況図を、図 3-4-8に示す。



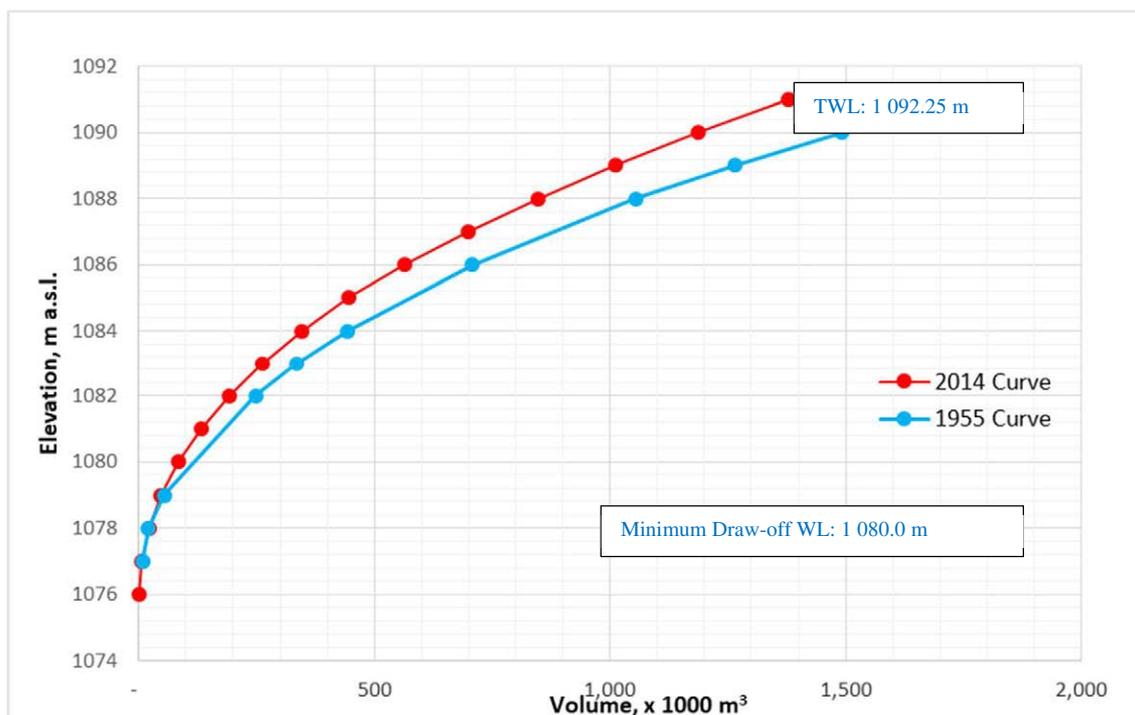
出典：BWB から入手したデータをもとに JICA 調査チームが作成

図 3-4-8 貯水池流入量の流況図 (各年)

### 3-4-4 貯水池運用シミュレーションによる取水可能量の算定

通常、利水計画では長期の計画を検討し、所定の安全度（10か年の第1位相当）を持って渇水年を決定するものとしている。そのため最低の検討期間として、10か年が必要となる。ここでは、2011年からの11か年の雨量を収集し、タンクモデルによるパラメーターにより、11か年ダム流入量を再現することにより、貯水池運用シミュレーションを実施した。

貯水池運用シミュレーションに用いる貯水位-貯水容量に関しては、2014年の貯水池深浅測量成果 (Nicholas O' Dmyer: NODレポート、2015年) を基本とする。掘削、浚渫を考慮したケースに関しては、建設当初のH-V曲線を用いて検討する (図 3-4-9参照)。

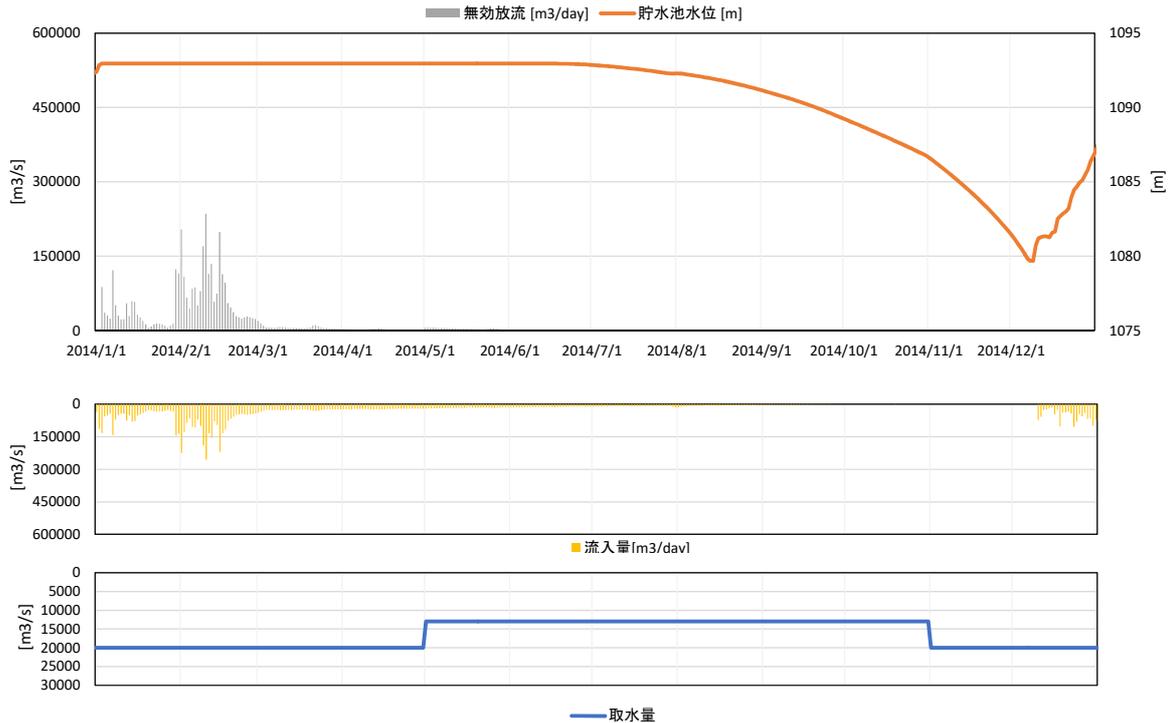


出典：Mudi and Hynde Dams Hydrographic Survey & Yield Verification (NODレポート, 2015)

図 3-4-9 貯水位・容量曲線 (1955 年及び 2014 年)

年間の貯水池の運用に関しては、図 3-4-10 (2014年を例) に示すように、ダム流入に対して貯留し、貯留した流水を取水する運用とする。この時の貯留の最大水位はダムの満水面 (現行運用水位+2.0 m、1,092.96 m) であり、この水位を超えた場合は無効放流となる。一方、貯水位低下時の水位の下限は最低水位の1,080.0 mと設定した。取水量よりもダム流入量が多い場合は貯水位が上昇し、取水量よりもダム流入量が少ない場合は貯水位が下降することとなる。

取水量の検討パターンに関しては、年間一定量の取水の場合と、無効放流が多い雨期と乾期にそれぞれ取水量を設定した場合の2つのパターンとする。上段図は貯水位と放流量を、中段図はダム流入量を、下段図は取水量を、それぞれ示している。



出典：JICA 調査チーム

図 3-4-10 貯水池の年間運用の例

2011年から11か年を対象とした計算ケース別の開発量の計算結果を、条件と共に、以下に記す。

なお開発量については、最渇水年（11か年の中での一番水位が低くなる年）においても、最も水位が低下する日が発生しないことを条件として定めた。

Mudiダムの流況は、雨期の1月から3月にかけて大きな流入量の増加が認められ、現状では、設定水位を超える水量はダムの余水吐から流出するいわゆる「無効放流量」となる。この無効放流量を有効に利用することを前提に、雨期においてより多くの取水量を得られるような貯水池運用を検討した。無効放流量の減少の概念は、取水量を多くすることで無効な放流量を減少させるよう取水量を多くした貯水池の運用で対応するものである。

したがって、計算ケースにおいては、通期だけの運用シミュレーションだけではなく、雨期を2、3期間区分別に取水可能量を増大した計算ケースの運用シミュレーションも実施した。一年間の期間区分を、表 3-4-4のとおり設定した。

表 3-4-4 期間区分

2 期間区分	雨期		乾期
	11~4 月 (6 か月)		5~10 月 (6 か月)
3 期間区分	雨期 1	雨期 2	乾期
	1、2 月 (2 か月)	3、4 月及び 11、12 月 (4 か月)	5~10 月 (6 か月)

出典：JICA 調査チーム

また、無効放流量を可能な限り有効に活用することを前提とした設定条件を、表 3-4-5 に示す。

表 3-4-5 取水可能量のケース別の設定条件

計算ケース	ダム運用水位		H-V 曲線 (年) (浚渫・掘削)
	最低水位 (m)	最高水位 (m)	
1) 現行の貯水池運用 (ゼロ・オプション)	1,080.0	1,090.96	2014
2) 嵩上げ高 1.0 m	1,080.0	1,091.96	2014
3) 嵩上げ高 2.0 m	1,080.0	1,092.96	2014
4) 掘削浚渫	1,080.0	1,090.96	1955
5) 浚渫掘削+嵩上げ高 1.0 m	1,080.0	1,091.96	1955
6) 浚渫掘削+嵩上げ高 2.0 m	1,080.0	1,092.96	1955
7) 現行+乾期雨期別の取水 (ゼロ・オプション)	1,080.0	1,090.96	2014
8) 嵩上げ高 1.0 m+乾期雨期別の取水	1,080.0	1,091.96	2014
9) 嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	1,080.0	1,092.96	2014
10) 浚渫掘削+嵩上げ高 1.0 m+乾期雨期別の取水	1,080.0	1,091.96	1955
11) 浚渫掘削+嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	1,080.0	1,091.96	1955

出典：JICA 調査チーム

貯水池シミュレーションにおける3期間区分と2期間区分の取水量は、表 3-4-6のとおりとなる。

なお、ダムの嵩上げに関しては、後述するマラウイ鉄道橋梁の改修を前提としないケースのダム嵩上げ高 (1.2 m) で検討を進めた。

表 3-4-6 ケース別の設定条件と可能取水量 (通年取水、雨期を期間区分したケース)

通年ケース			
計算ケース	通期		
1) 現行の貯水池運用 (ゼロ・オプション)	6,500		
2) 嵩上げ高 1.2 m	7,000		
3) 嵩上げ高 2.0 m	7,500		
4) 掘削浚渫	8,500		
5) 浚渫掘削+嵩上げ高 1.2 m	9,000		
6) 浚渫掘削+嵩上げ高 2.0 m	10,000		
2 期間区分ケース			
計算ケース	雨期 (m <sup>3</sup> /日)	乾期 (m <sup>3</sup> /日)	
7) 現行+乾期雨期別の取水 (ゼロ・オプション)	8,500	6,500	
8) 嵩上げ高 1.2 m+乾期雨期別の取水	10,000	7,000	
9) 嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	12,000	7,500	
<b>10) 浚渫掘削+嵩上げ高 1.2 m+乾期雨期別の取水</b>	<b>15,000</b>	<b>8,500</b>	
11) 浚渫掘削+嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	16,000	9,000	
3 期間区分ケース			
計算ケース	雨期 (m <sup>3</sup> /日)		乾期 (m <sup>3</sup> /日)
	雨期 1 1-2 月	雨期 2 3-4、11-12 月	5-10 月
12) 現行+乾期雨期別の取水 (ゼロ・オプション)	60,000	10,000	6,000
13) 嵩上げ高 1.2 m+乾期雨期別の取水	70,000	12,000	6,500
14) 嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	70,000	12,000	7,500
15) 浚渫掘削+嵩上げ高 1.2 m+乾期雨期別の取水	85,000	14,000	8,500
16) 浚渫掘削+嵩上げ高 2.0 m+乾期雨期別の取水	90,000	14,000	9,000

出典：JICA 調査チーム

検討結果のうち、通年での一定取水 (ケース1) ~6)、雨期2期と乾期の期別取水区分 (ケース7) ~11)、雨期1期と乾期の期別取水区分 (ケース12) ~16)) 表 3-4-6参照) の傾向をまとめると、以下のとおりとなる。

### (1) 通年一定量取水

貯水池容量が大きくなるにつれ取水量は大きくなる傾向があるが、通年の取水量では、乾期の流入量に左右されるために貯水池容量を増大した場合でも大きな効果は得られない。ケース1)では取水可能量6,500 m<sup>3</sup>/日であり、ケース6「浚渫・掘削＋嵩上げ2 m」の場合においても取水可能量は、10,000 m<sup>3</sup>/日である。

### (2) 雨期1期と乾期(2期間区分)の取水

雨期2期に対して、雨期の期間の取水を一定量とするケースである。貯水池容量が大きくなるにつれ、取水量は大きくなる。したがって、貯水池容量の最も大きいケース11「浚渫掘削＋嵩上げ高2.0 m＋乾期雨期別の取水」では、表 3-4-6に示すように、16,000 m<sup>3</sup>/日の取水量が最大で可能となる。嵩上げ高1.2 mとした場合では、15,000 m<sup>3</sup>/日の取水が可能となる。

### (3) 雨期2期と乾期(3期間区分)の取水

雨期には流入量が増大するために、雨期において流入量を貯留し取水量を増大する考え方であり、特に貯水池流入量の多い1月から2月に取水を多くして、その他の雨期に関しては取水量をやや小さくした手法である。貯水池容量が大きくなるにつれ、取水量は大きくなる。したがって、貯水池容量の最も大きいケース16「浚渫掘削＋嵩上げ高2.0 m＋乾期雨期別の取水」では、表 3-4-6に示すように90,000 m<sup>3</sup>/日の取水量が最大で可能となる。嵩上げ高1.2 mとした場合でも、85,000 m<sup>3</sup>/日の取水が可能となる。

主要なケースとして、2期間区分のケース7、8、10の貯水池運用シミュレーション結果を図 3-4-11～図 3-4-13に、3期間区分のケース12、13、15の貯水池運用シミュレーション結果を図 3-4-14～図 3-4-16に、それぞれ示す。

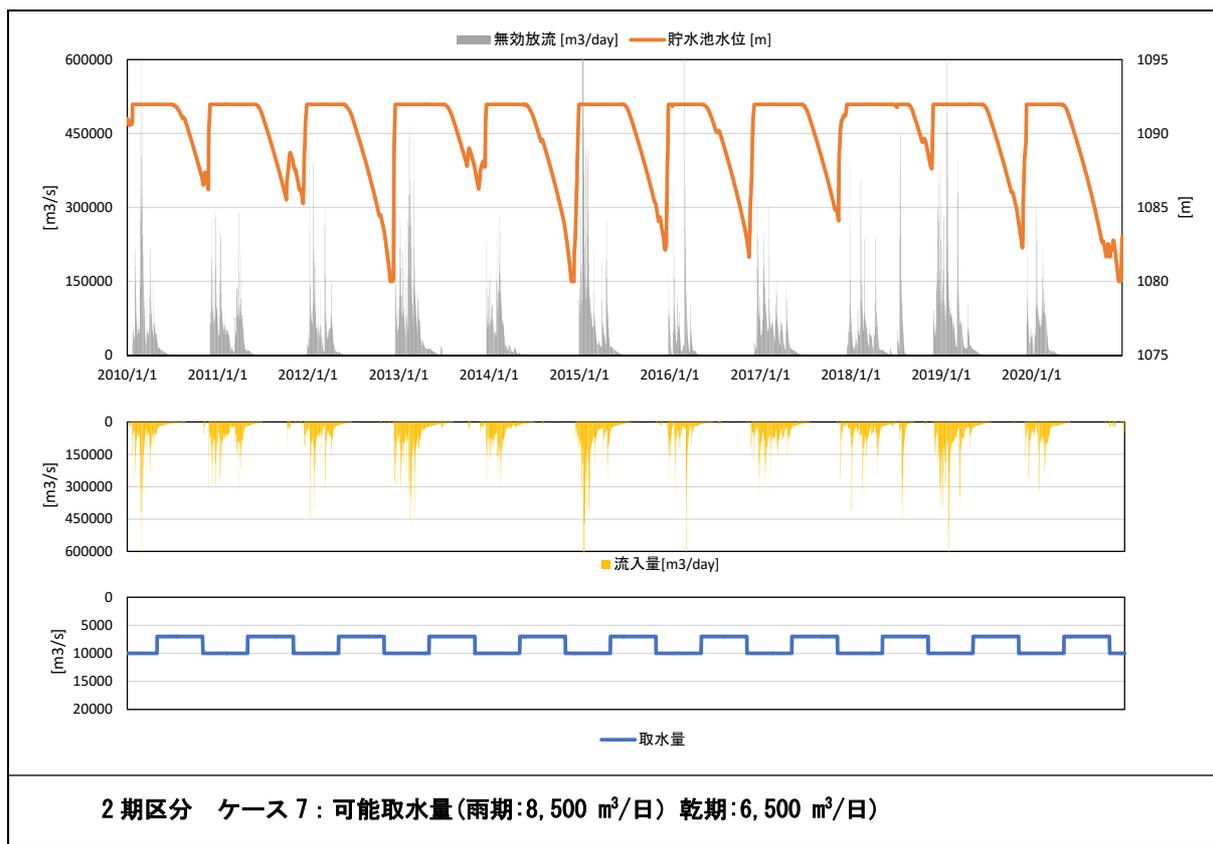


図 3-4-11 貯水池運用シミュレーション結果 (2期区分ケース7)

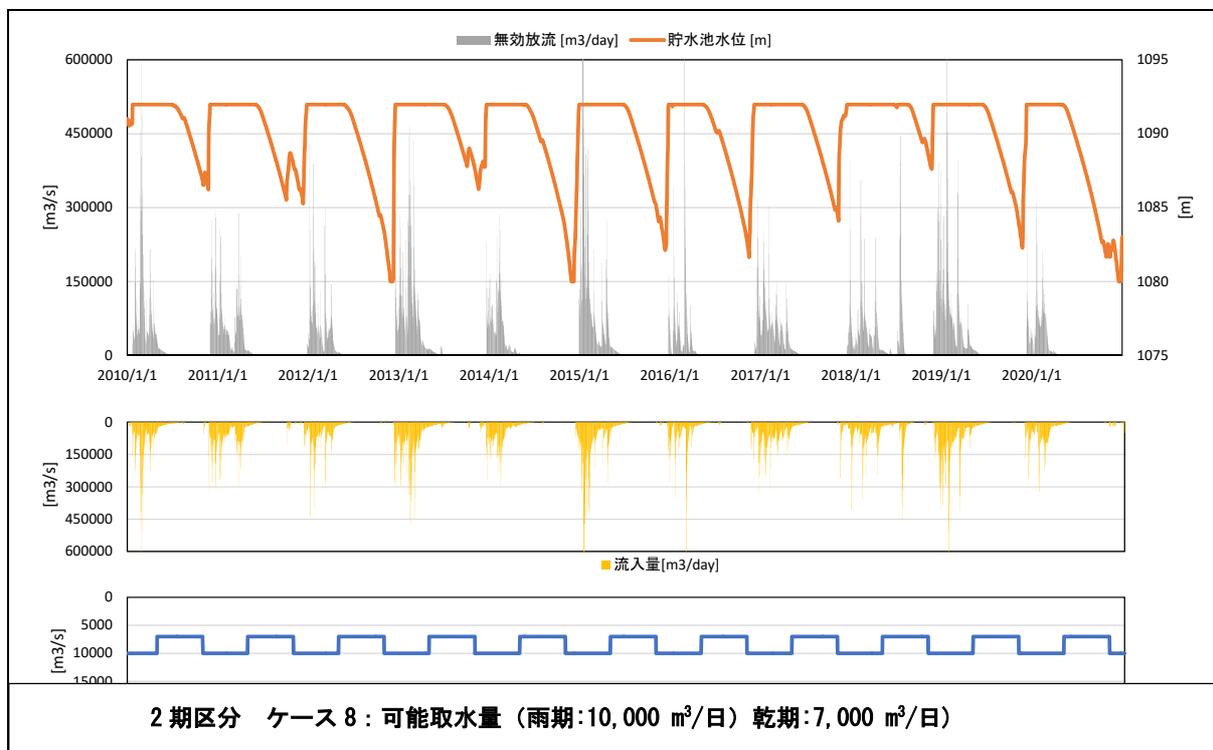


図 3-4-12 貯水池運用シミュレーション結果 (2期区分ケース8)

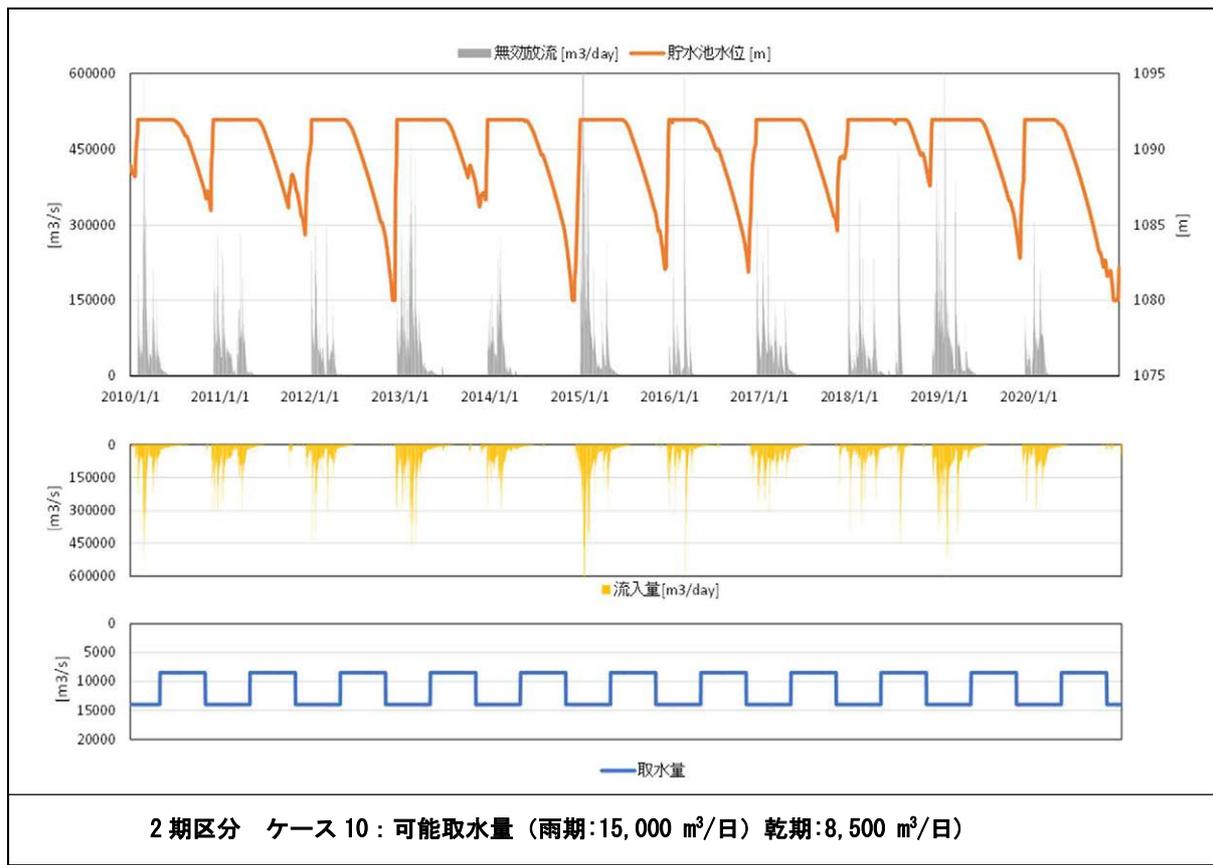


図 3-4-13 貯水池運用シミュレーション結果 (2 期区分 ケース 10)

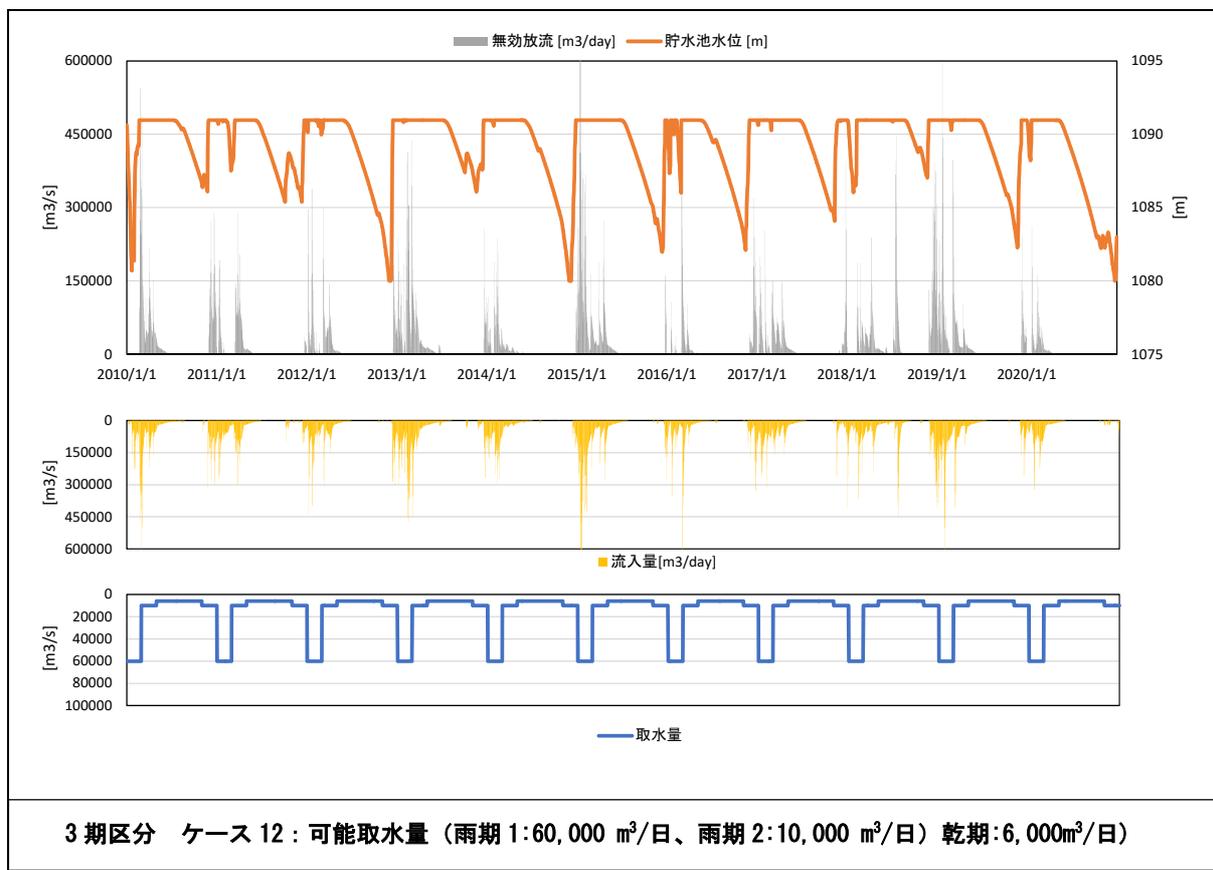


図 3-4-14 貯水池運用シミュレーション結果 (3 期区分 ケース 12)

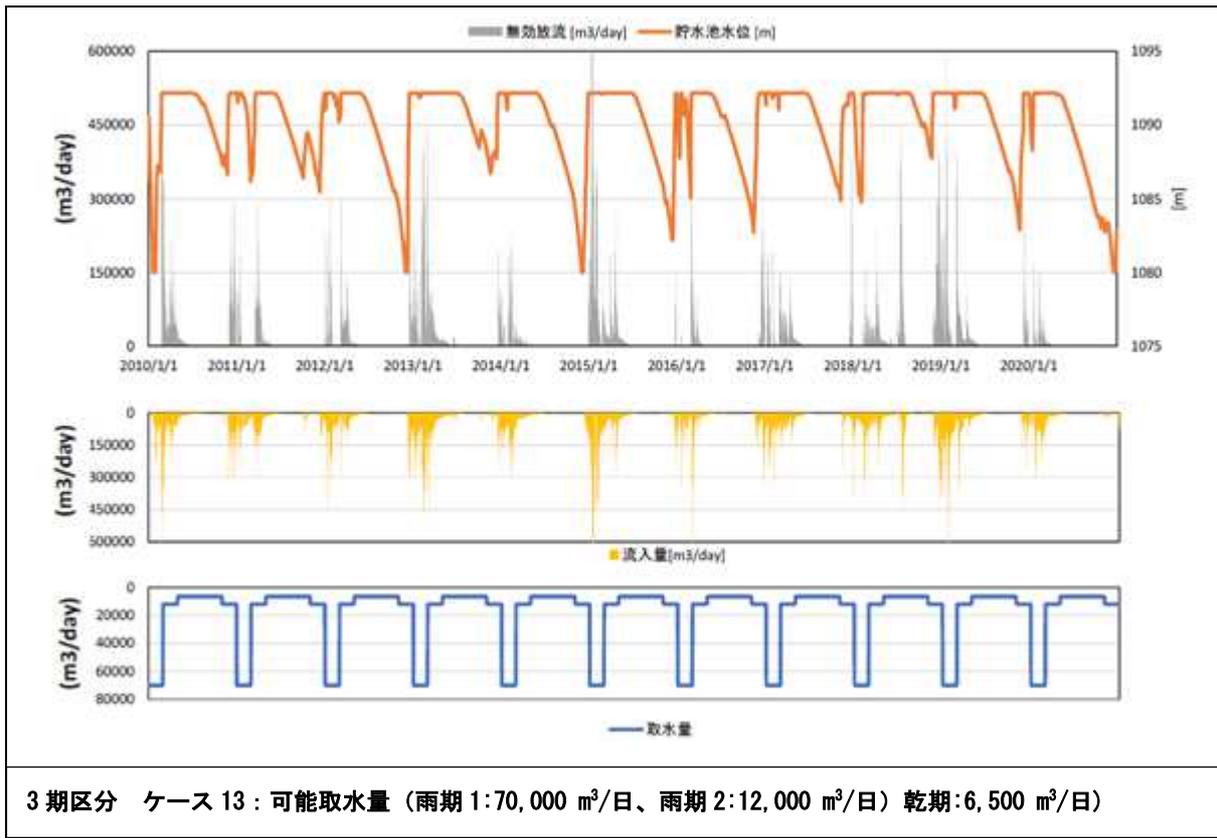


図 3-4-15 貯水池運用シミュレーション結果 (3期区分ケース 13)

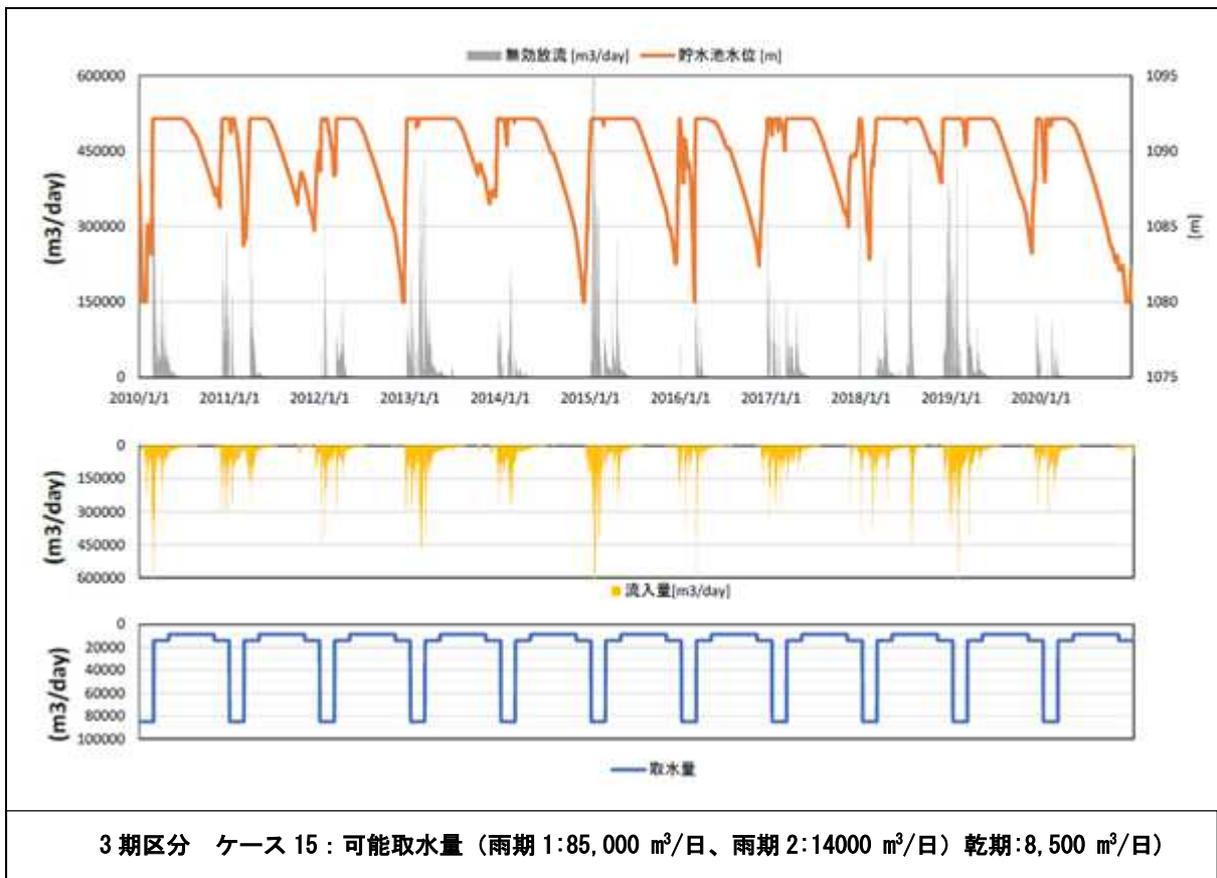


図 3-4-16 貯水池運用シミュレーション結果 (3期区分ケース 15)

### 3-4-5 ダムの取水可能量の増大策

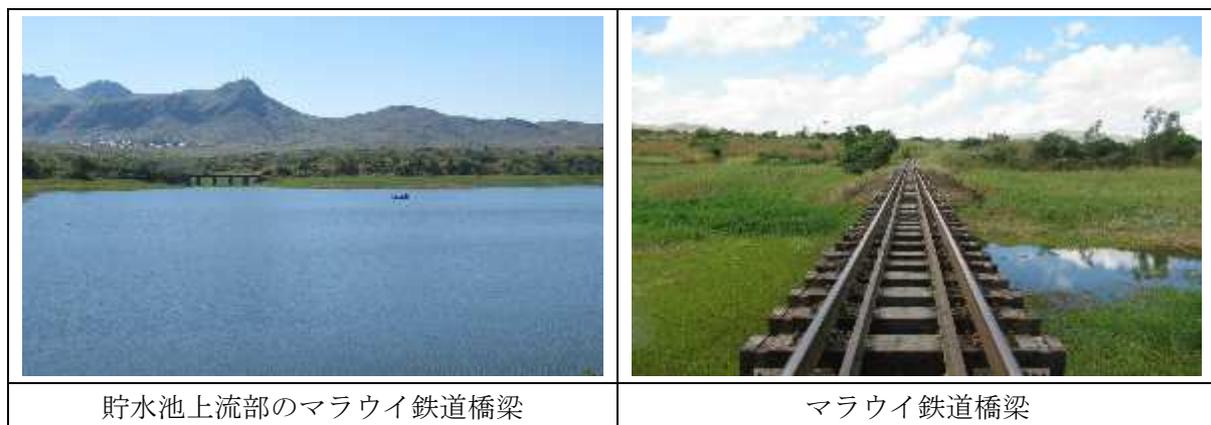
取水量の増大策としては、ダムの嵩上げや貯水池の浚渫、掘削による貯水池容量の増大がある。

- ダムの嵩上げ：ダム堤体を嵩上げすることによって、貯水量を増大させるものである。貯水量の増大は、雨期の無効放流を対象とする。貯水池の上流にはマラウイ鉄道の軌道があり、嵩上げ高の検討においては、これを考慮する（図 3-4-17及び図 3-4-18参照）。
- 貯水池内の掘削：貯水池内を掘削、浚渫するものである。本検討では、貯水位1,090 mにて設計容量の150万 m<sup>3</sup>程度を確保するような掘削、浚渫を想定する。



出典：JICA調査チーム

図 3-4-17 ダム上流面と取水設備、鉄道橋梁



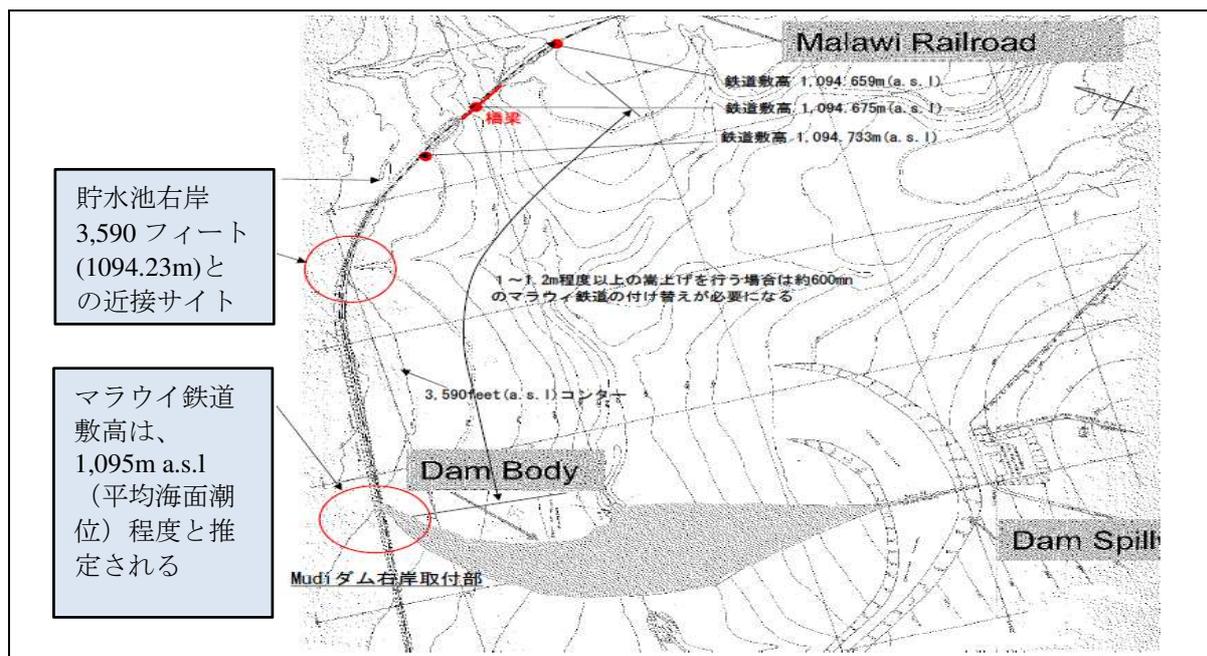
出典：JICA調査チーム

図 3-4-18 マラウイ鉄道橋梁

#### (1) ダムの嵩上げ規模の検討（暫定案）

Mudiダムのダム右岸から貯水池部はマラウイ鉄道が配置されており、上流の橋梁部及び貯水池右岸の標高3,590フィート（1,094.23 m）等高線との近接部で敷高が低いと考えられる。鉄道の敷高は、Mudiダムの天端標高1,093.4 mに対し、標高1,095 m程度である。

図 3-4-19に示すように、Mudiダム右岸取付部でも堤体とマラウイ鉄道は近接する。右岸取付部付近のマラウイ鉄道は、標高3,590フィート（1,094.23 m）等高線との位置関係、Mudiダム天端との高さの関係から、敷高は標高1,095 m程度にあると考えられる。また右岸部から貯水池部は、1.0～1.2 m程度の嵩上げ高さまではマラウイ鉄道を移設することなく対応が可能と考えられるが、これ以上の嵩上げが必要な場合は、橋梁の架け替えを含め600 m程度の移設が必要になる。



出典：BWBから入手の図面にJICA調査チームが加筆

図 3-4-19 Mudiダムの平面（右岸部）とマラウイ鉄道軌道、橋梁の標高関係

現地調査時におけるマラウイ鉄道のブランタイヤ工務事務所(Nakala Logistics Malawi, Blantyre)からの情報によると、輸送力増強に伴い新規の機関車を導入することとなったが、この機関車の車体高では、ブランタイヤ駅からムディダムまでの橋梁間にあるトンネル内でのクリアランスが不足することになった。そのため、クリアランスが確保できるように、この区間での軌道の低下工事を実施して、2021年9月にその工事を完了している。工事後の状況を以下に示す。

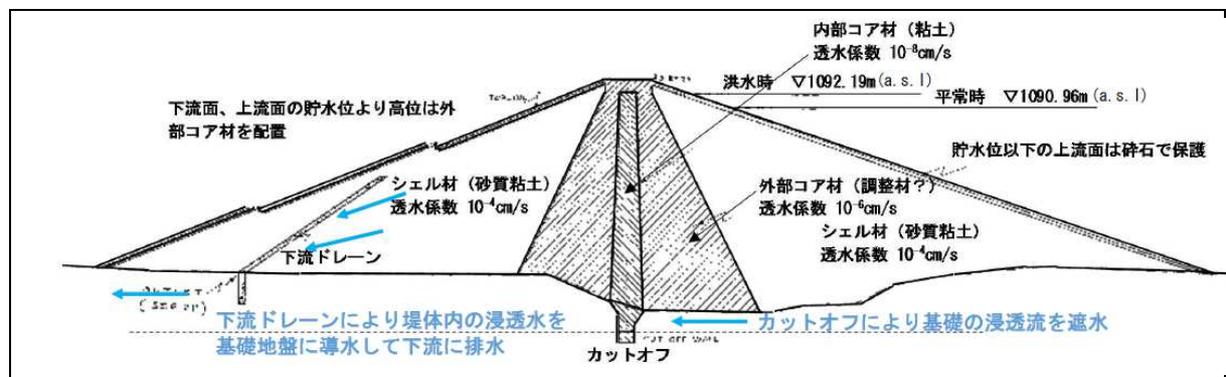


図 3-4-20 マラウイ鉄道軌道低下工事後現況 (2021.9現在)

前述したように、鉄道橋梁の現行高さを維持するとした場合のダム嵩上げ高は、1.2mが限度である。一方で、さらに、ダムを嵩上げとする場合は、橋梁の架替えを含めて前後区間の約600m（軌道低下工事前の条件での検討）が影響を受けることとなる。本検討では、積算面においては、2mまでの嵩上げを見込むものとするが、ダム構造図に関しては、嵩上げ高5mまでを検討する。

ダムの遮水、浸透水の構造は、下記に示すように、内部コア材に難透水性（透水係数  $10^{-8}$  cm/s）のコア材を薄く配置し、この上下流側には、やや透水性を落とした透水係数  $10^{-6}$  cm/s 程度の外部

コア材を配置している。基礎岩盤は、透水性の高い砂礫層と推定され、遮水は内部コア材を基盤まで掘り下げ、内部コア材で置き換えたカットオフにより実施されている。コア材の上下流は、砂質粘土のシェル材を配置して、堤体の安定性を確保している。上流からの浸透水は、上流シェル材→コア→下流シェル材までの流れとなり、下流ドレーンに集められる、ここから排水される。



出典：BWBから入手の図面にJICA調査チームが加筆

図 3-4-21 Mudi ダムの遮水構造（浸透水対策）

Mudi ダムの基礎地盤は、上記の通り、透水性の高い砂礫層と判断され、過去においては、堤体及び基礎地盤については、異常は発生していないが、嵩上げする場合は、現行よりも大きな水圧が基礎地盤に作用することとなり、以下のような事象の発生が想定される。

- ・ 基礎地盤からの漏水量の増大
- ・ 浸透流速の増大による基礎地盤の浸透破壊の懸念

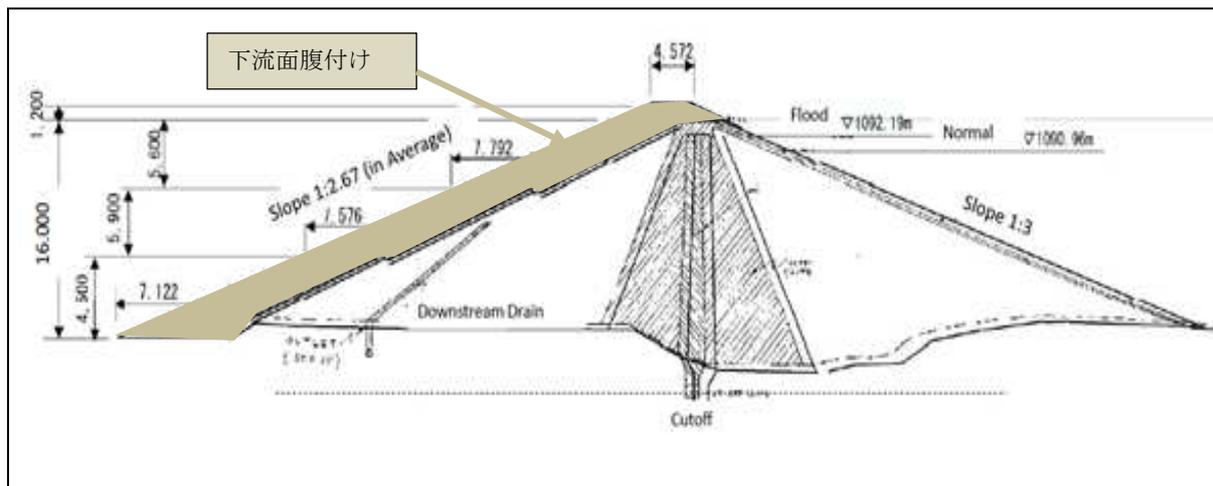
これらの対策としては、グラウト工（グラウチング）による止水ゾーンの増設、コアブランケット等の浸透抑制工の設置がある。嵩上げが小規模(1-2 m)と大規模(5 m)の場合の対策を述べる。

●嵩上げが小規模の場合

嵩上げ規模が小規模の場合は、基礎地盤に作用する浸透流の増加が小さいため、既設ダム貯水池が活用できるように、下流側に「腹付け」により嵩上げを行う。嵩上げ規模が小さい場合は、高さの調整は外部コア材によって行う。外部コア材の透水性は、 $10^{-6}$  cm/s程度であることから、十分な遮水機能は、確保できる。下流側に腹付けすることで、ダム天端の位置は下流側に移動するが、嵩上げ規模が小さいために、ダムの遮水機能への影響はない。

なお、影響の有無に関しては、堤体の浸透流解析を行うことで、限界流速、限界動水勾配を算出することにより、安定性の評価が可能となる。評価結果で安定性が下回る場合は、上流側にブランケット等を配置することにより浸透流を抑制することができる。本検討では、下記に示すように、下流側への腹付けで対応可能と判断される。

腹付け部の法面勾配（下流面勾配、現行 1:2.5）は、腹付けに適用する材料の物性に対し、所要の安定性が確保できるように、平均勾配「1:2.67」に、設定する（図 3-4-22参照）。



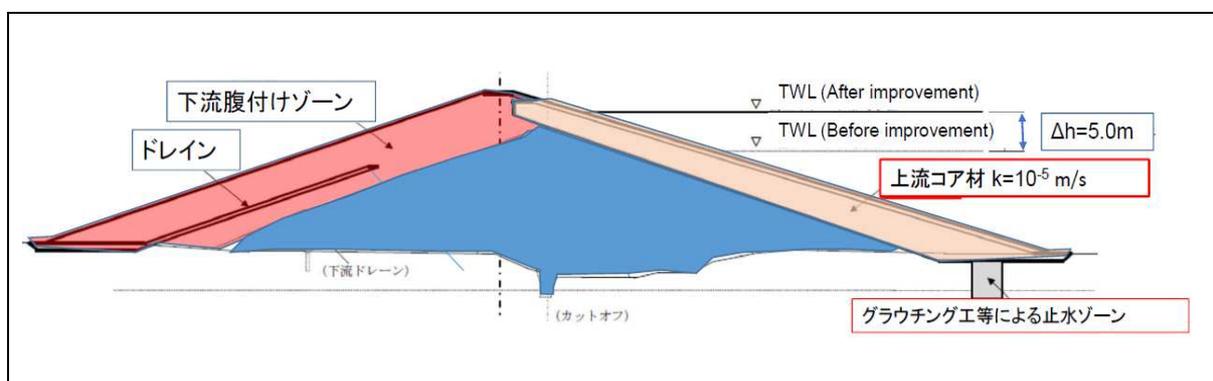
出典：JICA調査チーム

図 3-4-22 Mudi ダムの嵩上げ計画案（小規模な嵩上げ(1-2 m 程度)の場合、採用案）

●嵩上げが大規模の場合

嵩上げ規模が大規模の場合は、基礎地盤に作用する浸透流の増加を考慮して、既設ダムと同等の安全性を確保する必要がある。対策としては、グラウチングによる止水ゾーンの増設となるが、Mudiダムの場合は、コア材、カットオフをダム中央に配置して遮水する構造となっており、中央でのグラウチング、止水壁の増設はコアゾーンを痛めるため適用できない。

対策としては、以下のように、ダムの上流側に上流コア（透水係数 $10^{-5}$  cm/s）とグラウチングによる止水ゾーンを設置して、基礎地盤に作用する浸透流を抑制するものとする。



出典：JICA調査チーム

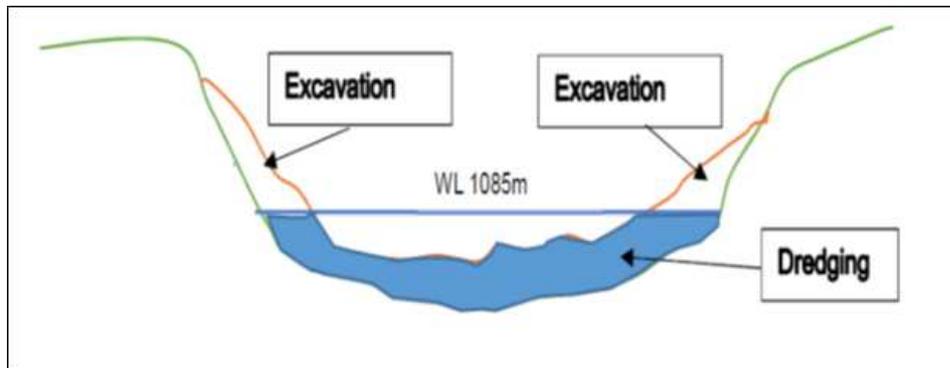
図 3-4-23 Mudi ダムの嵩上げ計画案（大規模な嵩上げ(5 m 程度)の場合）

透水性の高い地盤の場合のグラウチングとしては、高濃度のセメントミルク、モルタル等の注入を先行してうえで、入念な施工が必要である。こうした大規模を想定した場合の嵩上げを実施する場合の工費は、対策工の規模が大きくなることから、新規築造と同等以上の工事費が必要となる。

以上の検討結果から、Mudiダムの嵩上げ規模は、経済性の観点、マラウイ鉄道の軌道の付替えを避けることとして、大規模の嵩上げではなく、小規模な嵩上げを採用する。小規模な嵩上げの嵩上げ高さは、鉄道の軌道標高、後述する経済性を考慮して、1.2 mとする。

(2) 掘削浚渫（暫定案）

浚渫掘削工は、貯水位が低下した乾期の工事を想定して実施するものとする。対象水位は、1085 mとして、この所定水位（1,085 m）以上を掘削工事とし、この水位以下を浚渫工事とするものとする。対象とする堆砂量は、現行の堆砂容量(120万 m<sup>3</sup>)と設計堆砂容量(150万 m<sup>3</sup>)の差分の30万 m<sup>3</sup>とする（図 3-4-24を参照）。



出典：JICA調査チーム

図 3-4-24 Mudi ダムの掘削、浚渫計画の概要

(3) 概算工事費の算定

ダム工事費の算出ケースと貯水池の運用ケースとの関係は、以下のとおりである。鉄道軌道の嵩上げは、ダム嵩上げ高2 mの場合にのみ検討する。

表 3-4-7 ダム工事費の算出ケースと貯水池の運用ケースとの関係

貯水池運用ケース	事業費検討ケース	ダム嵩上げ	掘削・浚渫	鉄道嵩上げ
2 & 8 & 13	嵩上げ高 1.2m	○	×	×
5 & 10 & 15	同上	○	○	×
3 & 9 & 14	嵩上げ高 2m	○	×	○
6 & 11 & 16	同上	○	○	○

注：現行運用(ケース1、7、12)は事業費が発生しないため、除外している

出典：JICA調査チーム

堤体の嵩上げとこれに伴う洪水吐の改造の概算工事費は、以下のとおりとなる。

表 3-4-8 ダム嵩上げ費用のまとめ（嵩上げ費、浸透抑制、洪水吐改造）

No.	工事費項目	概算工費（億円）	
		嵩上げ高（1.2m）	嵩上げ高（2m）
1	嵩上げ工事費（単価：15,000 円/m <sup>3</sup> ） （嵩上げ容量、増工費 2 割を見込）	22,800 m <sup>3</sup> ×15,000 円/m <sup>3</sup> = 3.42 3.42×120% = 4.10	38,000 m <sup>3</sup> ×15,000 円/m <sup>3</sup> = 5.70 5.70×120% = 6.80
2	上流面の補強、浸透抑制工	1.2	1.5
3	洪水吐ゲート部の改良	1.2	1.5
4	堤体と洪水吐接合部対策工	1.2	1.5
合計額（億円）		7.7	11.3

注：2 m 嵩上げ関連の浸透抑制工、ゲート改造関連経費は、H=1.0 m の場合の「5 割増し」とした。

出典：JICA調査チーム

貯水池内の掘削、浚渫に関しては、BWBでは単価に関する情報を持ち合わせていないとの回答から、現時点では、JICAで実施中のチュニジア国シディサレム (Sidi Salem) 多目的ダム総合土砂管理事業準備調査 (以下「シディサレムダム土砂管理事業」とする) において設定した掘削単価を基に算定する。

対象土量は、30万 m<sup>3</sup>でこの内訳を浚渫、掘削で分ける。その概念図は、図 3-4-24に示したとおりであり、上部を掘削で対応し、下部を浚渫で対応する。

シディサレムダム土砂管理事業の掘削単価は約300円 /m<sup>3</sup>であり、土砂処分費を考慮して、2倍程度とし、これにさらに増工費用を見込み700円 /m<sup>3</sup>とする。また、浚渫単価は、不明であるが、日本の事例から掘削単価の8倍程度と設定する。したがって、8倍として2,400円 /m<sup>3</sup>、これを丸めて2,500円 /m<sup>3</sup>とする (表 3-4-9を参照)。

表 3-4-9 浚渫・掘削工事の費用

対象土量区分	対象土量 (円/m <sup>3</sup> )	単価 (円/m <sup>3</sup> )	工事費 (億円)
浚渫	100,000	2,500	2.5
掘削	200,000	700	1.4
	300,000		3.9

出典：JICA調査チーム

ダム嵩上げ2 mの場合は、ダム上流部の600 mの区間を付け替えることとする。このうち、52 mは橋梁部である。単価情報を基に、上記の条件による算定結果を以下に示す。

表 3-4-10 浚渫・掘削工事の費用表 5 浚渫・掘削工事の費用

施設区分	対象距離	単価 (円)	コスト (億円)
橋梁区間	52 m (L) × 3.5 m (b) = 182 m <sup>2</sup> ÷ 190 m <sup>2</sup>	400,000 円/m <sup>2</sup>	0.76
鉄道軌道付け替え区間	550 m	220,000 円/m	1.21
合計	600 m		1.97 (≒ 2.0 億円)

出典：JICA調査チーム

ダム工事費のまとめをケース別に以下に示す。

表 3-4-11 工事費の算出ケースと工事費(億円)のまとめ

貯水池運用ケース	事業費検討ケース	ダム嵩上	掘削・浚渫	鉄道改良	合計額(億円)
2 & 8 & 13	嵩上げ高 1.2 m	7.7	-	-	7.7
5 & 10 & 15		7.7	3.9	-	11.6
3 & 9 & 14	嵩上げ高 2 m	11.3	-	2.0	13.3
6 & 11 & 16		11.3	3.9	2.0	17.2

出典：JICA調査チーム

### 3-4-6 ダムの取水可能量の最適規模

表 3-4-6 に示した可能取水量を基に、検討ケースの組み合わせオプションから最適なオプションを選定する。Mudi ダムの水資源ポテンシャルは事業費に影響するため、その最適規模を検討する必要がある。本検討では、Mudi ダムの水資源ポテンシャルの最適値を示すにあたり、複数のダム取水可能量を計算することにより、Mudi 浄水場の施設利用率を算定した。さらに、これらの指標の他に、以下の条件により、便益(B)と費用(C)を算出することにより、浄水規模とコスト便益比

(以下「B/C」との関係を整理した。

- 便益(B)として、50年間の電力削減額を適用
- 事業費(C)は Mudi ダムの改造工事及び Mudi ダム取水塔の機能回復、Mudi 浄水場の更新から構成
- 浄水能力は、表 3-4-6 に示された雨期のピーク取水量から水量ロスを見込み 1 割減

表 3-4-6 に示された検討ケースのうち、無効放流量を可能な限り有効に活用できるケース 7～16 について算定した施設利用率を、表 3-4-12 に示す。施設利用率は、3 期間区分（ケース 12～16）では 27～28 % となり、2 期間区分（ケース 7～11）では 81～97 % となる。施設利用率が低いと無効放流量の有効活用が最大限期待できるが、Mudi 浄水場の遊休状況が多く投資が過大となる。一方、施設利用率が高すぎると安定的な給水に問題を残すことになる。

表 3-4-12 Mudi 浄水場の施設利用率と B/C

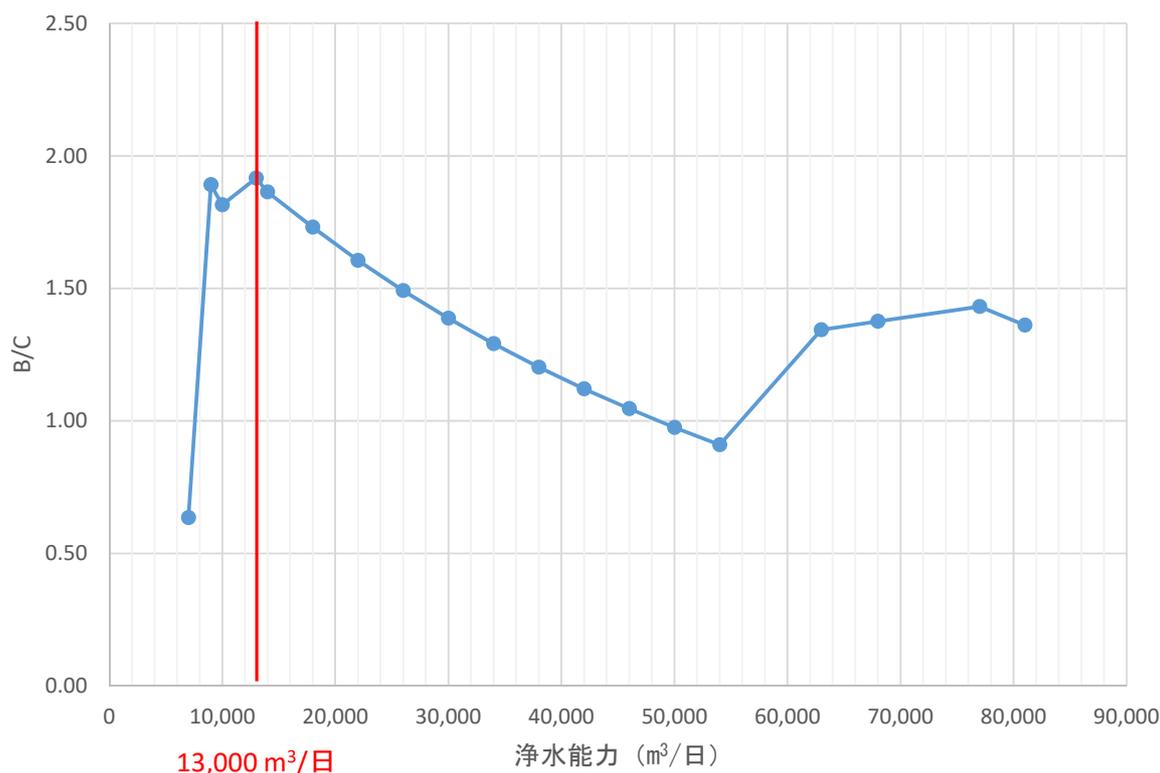
2 期間区分ケース										
項目	ケース 7		ケース 8		ケース 9		ケース 10		ケース 11	
浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	7,000		9,000		10,000		<b>13,000</b>		14,000	
月平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	6,800		7,700		8,900		<b>10,700</b>		11,400	
施設利用率	97%		86%		89%		<b>82%</b>		81%	
B/C	1.23		0.88		1.06		1.24		1.16	
2 期間と 3 期間区分の中間値 (予測)										
項目	予測 1	予測 2	予測 3	予測 4	予測 5	予測 6	予測 7	予測 8	予測 9	
浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	18,000	22,000	26,000	30,000	34,000	38,000	42,000	46,000	50,000	
月平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	11,700	12,000	12,300	12,600	12,900	13,200	13,500	13,800	14,100	
施設利用率	<b>65</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	
B/C	1.14	1.12	1.11	1.09	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	
3 期間区分ケース										
項目	ケース 12		ケース 13		ケース 14		ケース 15		ケース 16	
浄水能力 (m <sup>3</sup> /日)	54,000		59,000		63,000		72,000		81,000	
月平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	15,100		16,400		17,700		19,900		22,000	
施設利用率	28%		28%		28%		28%		27%	
B/C	1.02		1.01		1.02		1.07		1.02	

出典：JICA 調査チーム

注記：B/C は 50 年間の電力削減費と Mudi ダム・取水塔改良及び Mudi 浄水場の改修費用から算出。

2 期間区分の 7,000 m<sup>3</sup>/日から 3 期間区分の 81,000 m<sup>3</sup>/日までの、浄水能力の範囲において、B/C（費用便益比）と浄水能力との関係から最大限の効果が発現する浄水量を導いた図を図 3-4-25 に示す。この結果を見ると、浄水能力が約 13,000 m<sup>3</sup>/日（2 期間区分のケース 10）相当の時に最も B/C が高くなることがわかる。

ただし、今後の課題としては、Mudi ダム流入量の推定精度の向上とその場合のさらなる詳細な費用便益比（B/C）の検討がある。



出典：JICA 調査チーム

図 3-4-25 B/C と浄水能力の関係

以上の検討から、施設利用率が高く、B/C が最も大きいケースである浄水能力が 13,000 m³/日（最大開発水量 15,000 m³/日）のケースを Mudi ダム取水量の最適規模として、選定する。

### 3-4-7 最適取水量を踏まえた更新規模の Mudi 浄水場新設予定地

「3-4-6」より Mudi ダムの水資源ポテンシャルや水需要を検討した結果、浄水場の更新規模としては、13,000 m³/日程度が想定された。従って、新規浄水場の建設予定地としては、図 3-4-26 及び図 3-4-27 に示す既存 Mudi 浄水場北側の残地が適していると考えられる。

なお、現地調査時に BWB の敷地境界がブロック塀で仕切られていること、及び対象エリアに位置する資料室 (Archive Room) や資材保管庫は撤去・移設が可能であることを確認した。また Mudi ダム取水塔横のポンプ場から建設予定地までは、25 m 前後の標高差があり、既存浄水場とほぼ同じ標高であった。



出典：浄水場リハビリ・プロジェクト（2008年）CADデータをもとにJICA調査団作成

図 3-4-26 Mudi 浄水場更新予定地



図 3-4-27 浄水場建設予定地の現況

### 3-4-8 ダム改良に係る環境社会配慮

ダム改良に係る環境社会配慮に影響を与える事業コンポーネントは、ダムの嵩上げ（1.2m）と貯水池の掘削・浚渫工事（土工量 30 万 m<sup>3</sup>）である。ダム流域内は、後述するように、2007 年施行の「Nidrande-Mudi Dam Controlled Water Catchment Area Control Order (Nidrande-Mudi ダム管理流域区域管理命令)」に基づき、管理流域区域（Controlled Water Catchment Area）に指定されていることから、社会配慮事項としての住民の移転対策や住宅、建造物等の移転対策は必要としない。したがって、本調査では、主として、環境評価に関する法令と評価プロセス並びに掘削・浚渫に伴う残土処理の発生とこれらの残土の処分先についての調査結果を記載する。

(1) 環境影響評価に関する法令、ガイドライン等

環境ならびに環境影響評価に関連する法令を整理すると、以下のとおりとなる。

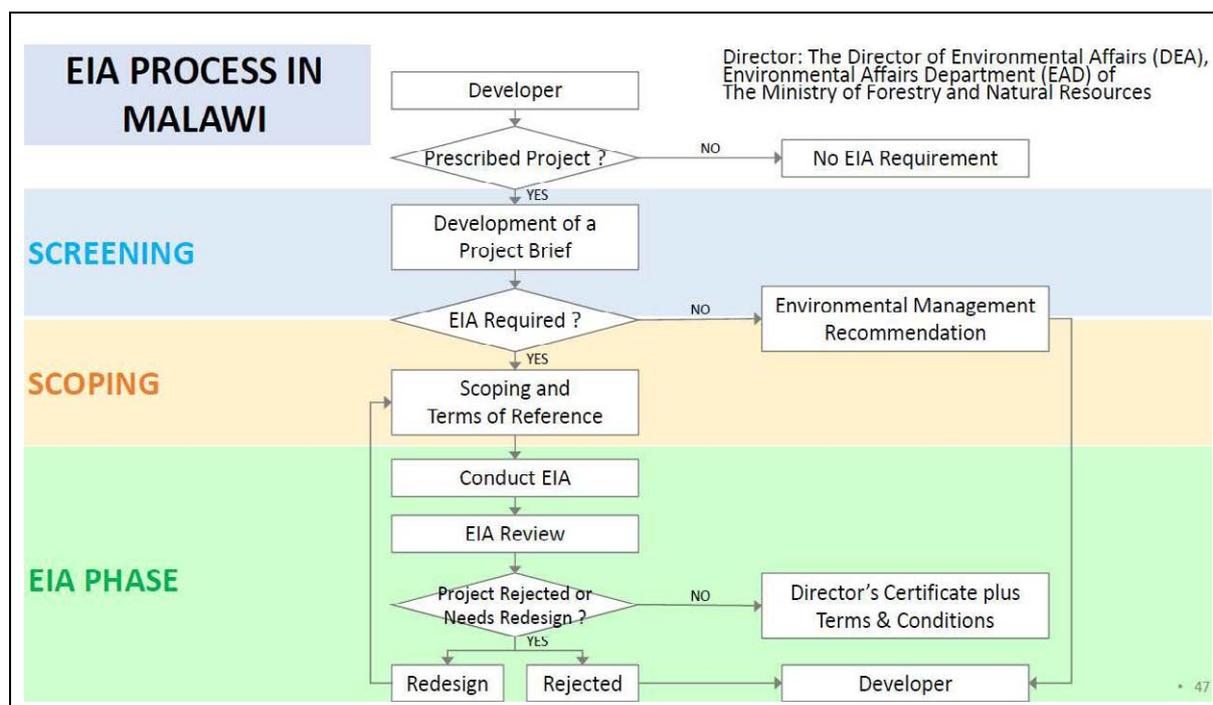
表 3-4-13 主なる環境関連の法令、ガイドライン

SN	主なる法令 (タイトル英文、和文訳)	策定・改定年
1	Environment Management Act (環境管理法)	2016
2	Forestry Act (森林法)	1997
3	National Parks and Wildlife Amendment Act (国立公園及び野生生物改正法)	2004
4	Water Resources Act (水資源法)	2013
5	Land Act (土地法)	2016
6	Customary Land Act (慣習土地法)	2016
7	Guidelines for Environmental Impact Assessment (EIAガイドライン)	1997

出典：Malawi: Environmental Law Context Report (2019.8)他

(2) 環境影響評価 (EIA の審査プロセスと審査期間)

スクリーニング、スコーピングを含む EIA の審査および承認プロセスは、図 3-4-28 のとおりである。



出典: Guidelines for Environmental Impact Assessment (EIA)

図 3-4-28 環境影響評価の審査プロセス

EIA 実施の要否は、プロジェクトブリーフの提出によって行われる。ガイドラインによると、森林天然資源省 (Ministry of Forestry and Natural Resources) の環境局 (Department of Environment Affairs) の局長 (Director) はプロジェクトブリーフを受け取ると、それを環境技術委員会 (Technical Committee on the Environment) に照会してアドバイスを求める。環境技術委員会は、プロジェクト概要と確立されたプロジェクトスクリーニング基準に基づいて、EIA の必要性を評価し、局長に一連の行動を推奨する。次に、ディレクターは EIA が必要かどうかを判断する。局長が文書を受け取った日から、主なる審査や検討に要する最大労働日数は、以下のとおりである。

表 3-4-14 審査検討に要する日数 (マラウイ国 EIA ガイドライン)

SN	主なる検討審査事項	必要日数(日間)
1	プロジェクト概要を受け取った後の EIA の必要性の判断	15
2	提出された EIA 委託条件の各ドラフトのレビュー	10
3	EIA レポートの最初のドラフトのレビュー	50
4	EIA レポートの 2 回目以降のドラフトのレビュー	25

注：日数は、就業日数(working days)である。

EIA が必要としない場合は、プロジェクトは EIA 要件へ準拠が免除される。局長はその趣旨の証明書を発行し、開発事業者と関連するライセンス当局に対し、必要に応じてプロジェクトの環境管理に関する推奨事項とともに免除について助言する。一方、EIA が必要な場合は、局長は開発事業者及び/または適切な政府当局に対し、EIA を実施の上そのレポートを作成する必要があることを通知する。

審査機関は、森林天然資源省 (Ministry of Forestry and Natural Resources) の環境局 (Department of Environment Affairs) であり、局長が最終的な承認を行う。ブランタイヤ市にも、環境局の出先機関があり、申請書類等の受付は行うが、審査は本省の環境局で行われ、通知される。

### (3) 浚渫・掘削土砂の処分場所の確認

ダム改良工事の事業コンポーネントである浚渫、掘削土砂の処分 (廃棄) 場所に関して調査した。本件に関しては、森林資源省のブランタイヤの環境調査関連の部局との協議の際に、聴取した Mzedi 処分場が候補の一つとしてあげられる。ダムからこの処分場までの直線距離は、6 km である (図 3-4-29 及び図 3-4-30 を参照)。



図 3-4-29 ムディダムの堆砂物の処分場 (候補)



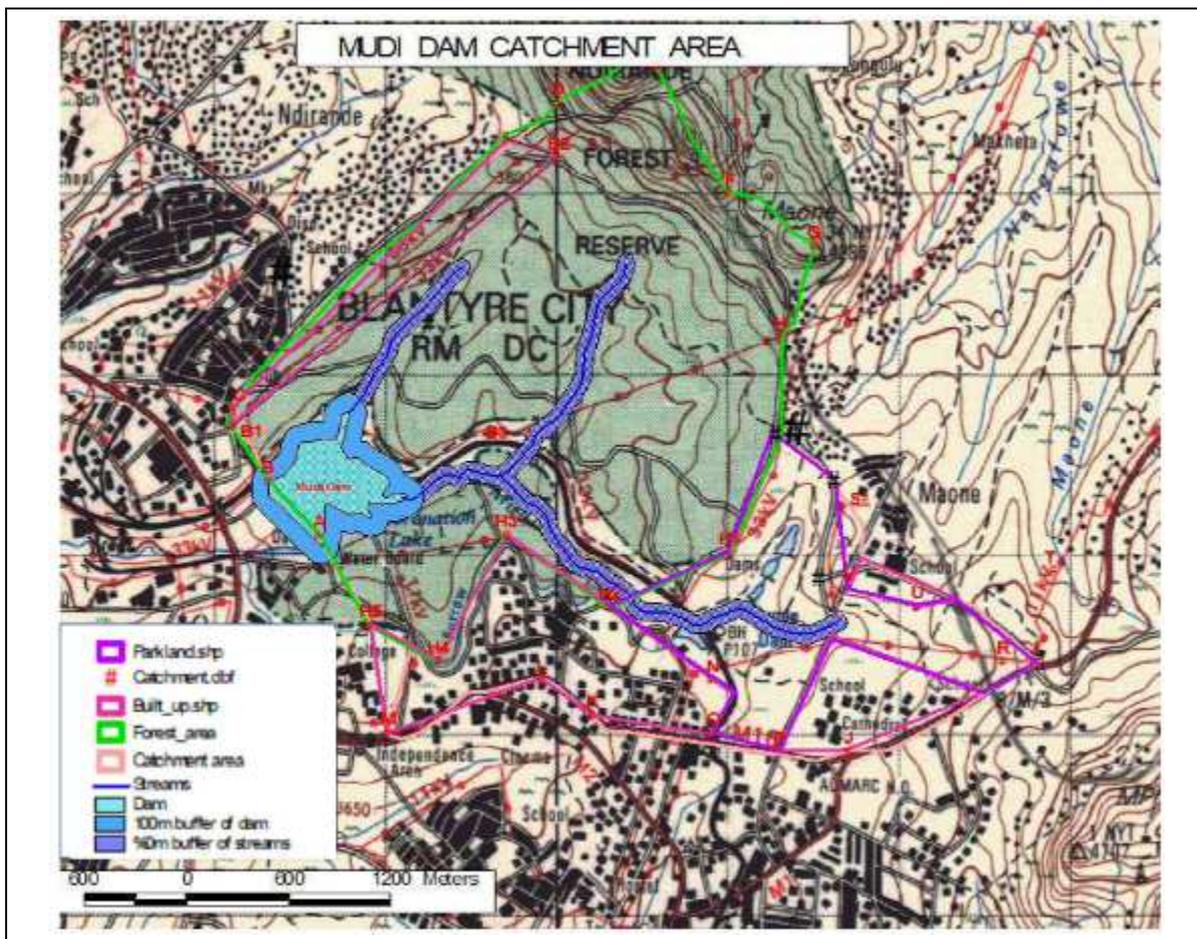
図 3-4-30 ブランタイヤ市処分場の状況

この処分場の管理者は、ブランタイヤ市役所の保健サービス部であり、責任者（保健・社会サービス・ディレクター）との面談結果では、化学的な試験を行って含有物に有害なものが含まれていないければ、搬入は問題ないとの説明であった。

### 3-5 Mudi ダムの集水域の保全状況・保全計画

#### 3-5-1 保全状況

流域内は保全区域に指定され、新たな開発行為や住居の建設は禁止されている。2007年施行の Nidrande-Mudi Dam Controlled Water Catchment Area Control Order (Nidrande-Mudi ダム管理流域区域管理命令)に基づく保全区域指定状況を、図 3-5-1 に示す。



出典：BWB GIS課

図 3-5-1 Mudiダムの流域保全区域区分（森林地域、河畔緩衝帯、溪流等）

BWB の担当者の案内のもと、流域の踏査を行った（図 3-5-2 参照）。外周道路があり、この道路から Mudi ダム流域内に住居はないが、外周道路の外側流域には多くの人家、学校、協会、モスク等が存在している。流域内には、大きな樹木はないものの、ブッシュのような背の高い草や低木が多く植生している。



流域西側周回道路から流域内

流域東側周回道路から流域内



出典：JICA調査チーム

図 3-5-2 現況踏査時の現況 (流域とダム群)

流域保全については、水質・環境管理課 (Water Quality and Environmental Management Section) が担っており、現在、集水域管理計画 (Catchment Management Plan) の策定に取り掛かっている。保全活動の一環として、2016年からの植林活動 (30,000本/年) を実施しており、現在では植林面積は 540 ha (全集水域の約 61%)、植林本数は 60 万本 (2020年までの BWB データ) である。樹種は、現地で植樹されている Mtangaranga、Mbawa、Mthethe、Katope、Gilisidia、Lunguzi である。

流域での植樹及び植苗活動は毎年行われており、学校、協会、ムスリム協会、銀行、ロータリクラブ、ライオンズクラブ、ユースクラブのようなステークホルダーにより協力支援されている。この中でも、ライオンズクラブの協力支援が大きいとのことである。



出典：Webサイト

図 3-5-3 現況踏査時の現況 (流域とダム群)

### 3-5-2 保全計画

「管理命令(Control Order)」に基づき、ダム流域では森林の伐採、開発行為、住居の建設等は禁止されている。したがって、現在の植林活動を継続して行うことにより、流域の保全は可能と考えられる。しかし、貯水池の堆砂の進む現状では、植林面積の増大により地被が森林により覆われた場合でも、流水による土砂流出は生じるものと想定される。

これらの対策としては、主要な流域の溪流に砂防ダムを建設することが有効と考えられる。また、貯水池の直上流に貯砂ダムを設置することにより、砂防ダムで捕捉できなかった土砂を堆積することができる。保全計画としては、これらの施設対策を提案する。貯砂ダムと貯砂ダム内の

土砂排除工を図 3-5-4に示す。



出典：国土交通省

図 3-5-4 貯砂ダムとダム内の土砂排除工

### 3-5-3 Mudi ダム開発の場合の承認

「管理命令」に基づく禁止行為としては、ごみの投棄、浄化槽、道路の建設、集落の建設、狩猟、農薬の散布等がある。建物や構造物の建設、新設の場合は、Nidrande- Mudi Dam Catchment Management Controlled Committee が審査して決定することとなっている。この Committee は、南部地域の林業担当官、ブランタイヤ市最高経営責任者、水関連の最高責任者、南部地域土地委員、水担当官で構成される。

Mudi ダムの場合においても、この Committee に建設（改良）を申請し、承認・認可を諮ることとなる。

### 3-6 BWB の協力ニーズ、課題の整理・分析

上述の調査結果から、BWB の水道事業運営の主要課題は「財務」「水量」「水質」に大きく分類され、それらに沿って各課題を整理した。

#### 3-6-1 課題の整理と分析

##### (1) 財務面での課題

2015 年から 2020 年にかけて、BWB では毎年財政赤字が続いている。直近 2020 年だけで年間 MWK9,256 百万（約 12 億円）の赤字となっており、債務が累積している状況である。電力費が全体の水道事業費の約 40% 占めており、財政圧迫の一因となっている。特に Walker's Ferry 浄水場の送水系統の電力費は、全送水系統における電力費の約 85% を占める。そのため、Walker's Ferry 浄水場の送水系統の電力費の削減が喫緊の課題となっている。また、供給水量や顧客数が年々増加傾向にあるものの、検針や請求管理システムの不備で販売水量が一向に増加しないことも BWB の財務に悪影響を与えている。

ブランタイヤ市全体において、ポンプ運転費等の電力費の削減に貢献できるような送水系統や浄水場を含めた水運用の見直しや、検針・請求管理システム等の改善を図ることによる BWB の財務の健全化が課題となっている。

また、同市内における無収水率も約 54% と高く、2030 年時点で約 30%（中シナリオの場合）まで削減することは財務改善に大きく貢献する課題と言える。

## (2) 水量面での課題

ブランタイヤ市では人口増加に伴い、年々水需要量は増加傾向にある。2030年時点での浄水能力は水需要（日最大）予測の全シナリオに対し、23,000～33,000 m<sup>3</sup>/日上回る結果となるが、水源水位の低下や浄水場の老朽化等により実際の浄水量が設計能力の約 67%と低下していることから、今後 35,000～45,000 m<sup>3</sup>/日程度不足することも想定される。Mudi 浄水場の経年劣化は著しく、頻繁な逆洗浄等を余儀なくされ、場内での水量ロスが一般的な作業用水として 10%を含め約 28%におよんでおり、異常な状況である。そのため、Mudi 浄水場の適正な機能回復は重要課題である。その一方で、BWB の無収水率が 50%を上回っている状況であるため、供給水量の確保に繋がる NRW 対策を含めた水需要管理の強化も課題となっている。

また、現行の水需要に対して送水能力は十分であるが、2030年の水需要に対する送水能力を確保し、安定送水が課題となっている。

## (3) 水質面での課題

Mudi 及び Walker's Ferry、Nguludi の 3 か所の浄水場における BWB 検査による浄水水質は、マラウイ国水質基準及び WHO 水質基準値に適合している。しかし、雨期において高濁原水に浄水能力が対応できない状況下では、浄水水質を確保するために浄水場への流入水量の制御をおこなっている。最も古い Mudi 浄水場では混和池、フロック形成池が設置されておらず、実際には沈殿池のキャリーオーバーやろ過池でのマッドボールも発生している。また、取水施設や浄水場に配置されている機器類の老朽化も著しく、故障で機能していないポンプ類も存在しているため、安定した供給能力ではない。正常な浄水プロセスを導入するため、Mudi 浄水場の抜本的な改善が課題となる。

また、Mudi ダムでは雨期には原水濁度が高くなることもあり、浄水場の浄水負担軽減のために集水域の土砂の流出抑制も課題である。

## 3-6-2 協力ニーズ

上述の課題に対し、協力ニーズを以下のとおり整理した。

### (1) 財務面での協力ニーズ

#### 1) 施設整備の視点（財-施）

電力費が水道事業支出の約 4 割を占めていることを考えると、電力消費量の大半を占めるポンプ類の電力消費量を削減することが、BWB の事業運営改善の特効薬である。その手段としては、ブランタイヤ市においてポンプの電力消費量が少ない Mudi 浄水場の浄水量の負担割合を増やすことにより、ポンプの電力消費量が最も多い Walker's Ferry 浄水場のポンプ（Chileka 含む）の電力消費量を可能な限り削減することである。これは、「インド支援による太陽光発電システムが整備されない場合には、Walker's Ferry 浄水場システムの電力費は BWB の水道事業支出の約 34%を占めるが、同システムが整備される場合でも約 11%を占めること」からも分かる。

しかし、現時点では Mudi 浄水場における平均的な実浄水量は、Mudi ダムの水源水位の低下や老朽化に伴う浄水機能の限界等により約 5,700 m<sup>3</sup>/日であり、既存施設の浄水能力約 17,000 m<sup>3</sup>/日（既存沈殿池のサイズから JICA 調査チームが推定）に対し約 34%に留まっている。また、Mudi 浄水場では通常時でも 3 割程度の水を捨てている状況である。そのため、取水量の増加を目的に、水源ポテンシャルを確保できるよう取水施設を含む Mudi ダムの改良や、浄水量の増加及び水量

ロス削減による収益増を目的に老朽化の顕著な Mudi 浄水場のリハビリがニーズとして挙げられる。

また、Mudi ダム改良及び Mudi 浄水場リハビリが実施され浄水能力が確保されれば、送水系統の見直しを行うことによってブランタイヤ市内に多く存在するポンプ場の箇所数を削減することで電力消費量を削減することが可能となる。このような送水系統の見直しも BWB の財務に与えるプラスの効果は高い。

電力費削減だけでなく、2030 年までに 24 ポイント（約 54%から約 30%へ）無収水を削減することが財務面の改善に直結することは言うまでもない。

## 2) 管理能力強化の視点（財-管）

Mudi ダム改良や Mudi 浄水場リハビリを実施するにあたっては、これまで体系的かつ日常的なダム管理や流域保全対策、浄水場の適切な運転管理が行われてきていなかったため、それらに対する BWB 職員の能力強化が必要となる。特に Mudi 浄水の浄水プロセスは旧式で特異なプロセスとなっており、一般的な浄水プロセスの導入には職員の混乱が想定されるため、相応の技術協力が必要となる。

他方、BWB の財務改善に寄与する検針・請求管理システムの課題について上述したが、正確な検針と水道メータの校正、確実な請求を行い、事業収入増に直結する業務遂行能力の強化への技術協力が必要である。この分野への協力については、事業収入増加に貢献できる事例が JICA 短期ボランティア (YWWB 職員) により実証済みであり、財務改善に即効性があるものと期待される。

## (2) 水量面での協力ニーズ

### 1) 施設整備の視点（量-施）

本調査で予測した 2030 年における水需要量に対し、2023 年までにインド国の財務支援により Walker's Ferry 浄水場が追加で計画通り 75,000 m<sup>3</sup>/日拡張されるものと仮定すると、ブランタイヤ市都市部の供給水量は満たされることになる。しかし、昨今のブランタイヤ市全体の取水量が設計能力より減少していることを考慮すると、供給水量の確実な確保への対応は必要となる。そのため、財政難に苦しむ BWB にとって、まずは高額な水源開発を進めていくことよりも、現在高止まりしている無収水量の削減を優先することが効果的である。具体的には、全配水管約 1,218 km のうち約 46%を占めている経年劣化した AC 管の布設替えが、健康対策に加えて、管路継手等が顕著に改善され無収水量の削減に多く期待できる。

一方、既存の Mudi 浄水場は老朽化も著しく、その浄水機能も低下しているため、Mudi ダムの水源水量を可能な限り確保した上で、浄水ロスの解消を図り浄水量を増加させるためにも浄水場のリハビリは必要不可欠である。

また、将来的な水需要量の増加に備え、安定した水供給が行えるような送水管路の増径更新も見据えた対応も必要となる。

### 2) 管理能力強化の視点（量-管）

上述の AC 管の布設替えが実施されても、依然として約 54%は既存管路として残る。供給水量を可能な限り確保するために、配水量の分析・モニタリング等の無収水管理に加えて、高止まりした漏水率の削減に寄与する漏水探知・補修等の日常的な活動が必要となる。

### (3) 水質面での協力ニーズ

#### 1) 施設整備の視点 (質-施)

通常、Mudi 浄水場の浄水水質はマラウイ国水質基準及び WHO 水質基準値に適合しているが、季節変動に伴い浄水水質を確保するために、浄水場への流入水量を制御することが確認されている。これは Mudi 浄水場が老朽化していることに加え、正常な浄水プロセスとなっていないことに起因する。そのため、安全かつ浄水量の安定化を図れるように、財務や水量面での協力ニーズで記述したことと同様、適正な浄水プロセスを備えた浄水場へのリハビリが必要となる。

#### 2) 管理能力強化の視点 (質-管)

新規浄水プロセスの導入にあたり、BWB にとって初めての浄水管理の経験となるため、適切な凝集管理、水量・水質管理、逆洗浄等のろ過池管理に関しては十分な能力強化が必要となる。

また、安定した原水水質を確保するため、Mudi ダムの堆砂や土砂の流出抑制対策を含むダム管理をはじめとする流域保全に係る技術支援が必要である。

## 3-7 BWB への協力方針案

### 3-7-1 開発の方向性

ブランタイヤ市では、BWB によって基本的な水道サービスは提供されている。しかし、顕著な人口増加率で人口が年々増加し、水需要も増えている。将来的な水需要に対応するために、今でも多くの債務を抱えている状況下、BWB は二国間協力によって資金を調達し、水需要を満たすべく水道施設の拡張整備を進めている。

上述のとおり、拡張整備を進め給水量の増量を図り、顧客数も増加しているものの、販売水量は横ばい、あるいは減少傾向にある。実際には、毎年事業支出が事業収入を上回っており、BWB は財政赤字に直面している。

このような状況の下、BWB は、自身の経営戦略に目標を掲げているとおり、将来水需要を満たせる状況にない現行の水道事業や、高額な水道事業支出が財政を圧迫 (2020 年の純損失約 MWK92.5 億 (約 13 億円)) し

ている状況を解消し、持続的な水道事業が実施可能となる安定的収入と効率的な水道システムを備えた水道事業体となる将来像を設定している。そのためには、BWB は水道施設の増強や水道システムの効率化、BWB 職員の能力開発や生産性の向上による純損失の解消、即ち財政の健全化を図ると共に、無収水削減による水道事業収入を増大させ (無収水率を現状の 53% から 30% に削減できれば約 9 年間で MWK205 億 (約 29 億円) の収入増が期待でき (数値は 2020 年基準を採用))、

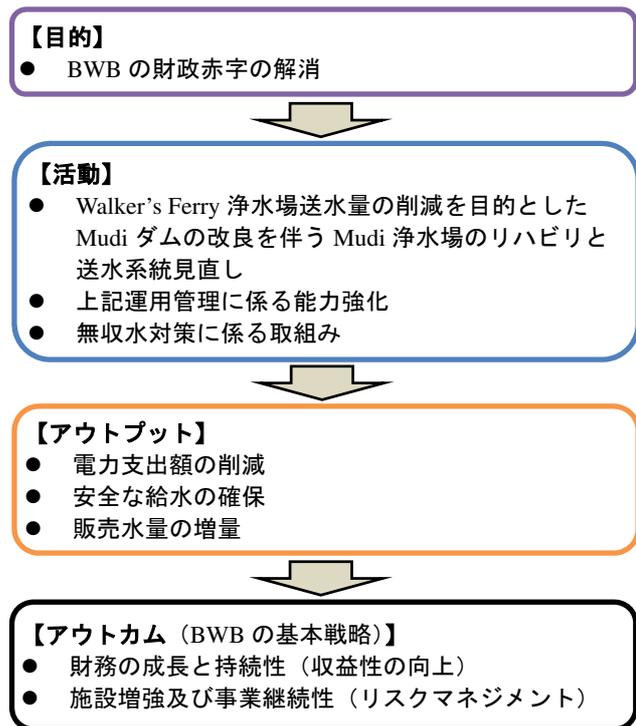


図 3-7-1 BWB の目指すべき方向性

基本戦略に則った BWB の事業計画や、JICA 等開発パートナーの支援を受けつつ水道事業の成長や持続性を目指すことが求められる (図 3-7-1 参照)。

そこで、BWB の財務改善に短期間で寄与できる可能性が高い対策が、Walker' Ferry 浄水場における電力費削減や、配水にかかる無収水削減の対策が肝要である。

### 3-7-2 協力量案の絞り込み

協力ニーズを受け図 3-7-1 に示す BWB の目指すべき方向性を踏まえ、図 3-7-2 に示すフローに沿って協力量案の絞り込みを行った。

協力ニーズに基づき、BWB の水道事業全体の改善に必要な対策案とその効果等を表 3-7-1 に整理した。また、事業の「緊急度<sup>9</sup>」、事業によって協力ニーズに与える「影響度<sup>10</sup>」、事業による効果の「即効性<sup>11</sup>」の視点で点数付けし、優先度を評価した。

その結果、「No.1 Mudi ダム改良と浄水場リハビリ」及び「No.2 浄水場のリハビリ (Mudi ダムの改良は伴わない)」、「No.3 ポンプ場箇所数の削減」、「No.6 浄水場管理能力支援」、「No.7 水道メータ校正や検針/調定/請求に係る教育及び請求管理システムの構築」が得点で上位三位となり、それらの対策案を可能な限り優先して取り組むことが有益であると考えられる。

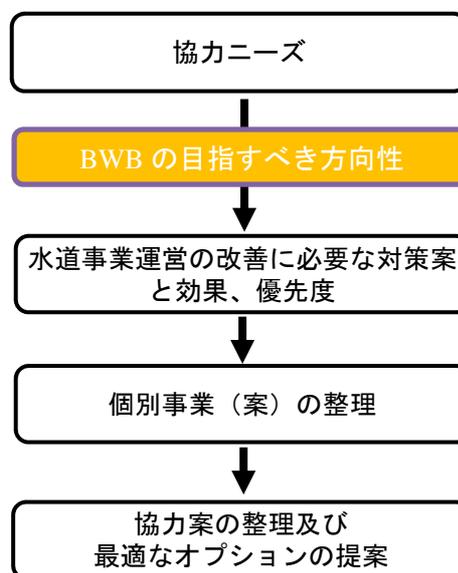


図 3-7-2 協力量案の絞り込みフロー

表 3-7-1 水道事業運営改善に必要な対策案と優先度

No.	協力ニーズ略称*	対策案	対策による効果	緊急度	影響度	即効性	計
1	財-施 量-施 質-施	Mudi ダムの改良と浄水場のリハビリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Walker's Ferry 浄水場のポンプ運転費用の削減</li> <li>● 浄水能力の増加による供給水量の確保</li> <li>● 浄水ロスの削減</li> <li>● 浄水水質の安定化</li> </ul>	3	3	3	9
2**	財-施 質-施	浄水場のリハビリ (Mudi ダムの改良は伴わない)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Walker's Ferry 浄水場のポンプ運転費用の削減</li> <li>● 浄水ロスの削減</li> <li>● 浄水水質の安定化</li> </ul>	3	2	3	8
3	財-施	ポンプ場箇所数の削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ポンプ運転費用の削減</li> </ul>	3	1	3	7
4	量-施	アスベスト管路網の布設替え	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 漏水量削減による供給水量の確保</li> </ul>	2	2	2	6

<sup>9</sup> 緊急度：早急に事業を実施しなければ BWB の事業運営に直接支障を与える可能性があるものを「高」として評価。

<sup>10</sup> 影響度：財務、水量、水質面の全ての面に影響があれば「高」として評価。一方、一つの面だけへの影響は「低」として評価。

<sup>11</sup> 即効性：事業実施すれば効果がすぐに発現できるものを「高」として評価。

No.	協力ニーズ略称*	対策案	対策による効果	緊急度	影響度	即効性	計
5	量-施	送水管路の増径更新	●水圧保持等安定給水の確保	1	1	3	5
6	財-管 質-管	Mudi 浄水場の管理能力支援	●浄水管理能力の強化 ●浄水水質の安定化	3	2	3	8
7	財-管	水道メータ校正や検針/調定/請求に係る教育及び請求管理システムの構築支援	●水道事業収入の増加	3	1	3	7
8	量-管	漏水探知活動支援	●漏水量削減による供給水量の確保	3	1	1	5
9	質-管	ダム・流域に関する管理能力支援	●ダム・流域管理能力の強化	2	1	3	6

出典：JICA 調査チーム

評点：高:3、中:2、低:1

\*「協力ニーズ」で示した略称

\*\*ダム改良は無償資金協力による実績がほとんどないため、Mudi 浄水場のリハビリのみの対策案を「1」とは別に提案。

### 3-7-3 個別事業（案）

表 3-7-1 に示した対策案に基づき、具体的な対策を述べた個別事業（案）とその事業配置図を表 3-7-2 と図 3-7-3 に示す。

ただし、表 3-7-1 に示す「Mudi 浄水場の更新」については、ダム改良を対象とする無償資金協力事業の実績がないため、今後の検討の参考材料として、上述のとおりダム改良を伴う場合とそうでない場合の二つの施設規模について提案した。

表 3-7-2 個別事業（案）の概要

支援形態	対策案	個別事業（案）の内容		スキーム	目的・事業（案）提案の理由	事業効果	BWB 水道事業改善に必要な優先度*
施設整備	No.1 Mudi ダムの改良と浄水場のリハビリ	A	<b>【Mudi ダムの改造】</b> ● 堤体嵩上げ ● 貯水池堆砂浚渫	無償支援	● Mudi ダム堤体の嵩上げし雨期の無効放流量を貯水することによって、貯水容量を増強する。 ● Mudi ダムの貯水池容量の増大策としては、浚渫、掘削し、堆砂によって、減少した貯水池容量を回復する。	● Mudi 浄水場における浄水量が 5,700 m <sup>3</sup> /日から 10,700 m <sup>3</sup> /日へ増加 ● 上記により間接的には Walker's Ferry 浄水場からの送水量の負担を軽減しポンプ運転費用の削減に貢献	高い
		B	<b>【Mudi ダム取水塔の機能回復】</b> 取水塔の取水口改善	無償支援	● 取水口が機能していないため、浚渫あるいは更新により取水塔を改善し機能回復を図る。		高い
		C	<b>【Mudi 浄水場の更新】</b> Mudi 浄水場リハビリ（ダム改良を伴う場合）	無償支援	● 電力原単位が低い Mudi 浄水場を利用することで Walker's Ferry 浄水場の負担を軽減し、電力量を削減する。 ● 沈殿池のキャリーオーバーや高い頻度のろ材・機器交換を解消するため、適切な浄水プロセス（着水井、混和池、フロック形成池、沈殿池、ろ過池から構成）を有した浄水場の更新を行う。	● Walker's Ferry 浄水場からの送水量の負担を軽減し電力費の削減 ● 浄水量の増加（5,700 m <sup>3</sup> /日から 10,700 m <sup>3</sup> /日へ）による供給水量の確保 ● Mudi 浄水場の増強を図ることで送水系統の見直しが可能となり、ポンプ場を削減し電力費の削減 ● 浄水プロセスの適正化に伴い安定した浄水水質の向上	高い
	No.2 浄水場のリハビリ	D	<b>【Mudi 浄水場の更新】</b> Mudi 浄水場リハビリ（ダム改良を伴わない場合）	無償支援	● 電力原単位が低い Mudi 浄水場を利用することで Walker's Ferry 浄水場の負担を軽減し、電力量を削減する。 ● 沈殿池のキャリーオーバーや高い頻度のろ材・機器交換を解消するため、適切な浄水プロセス（着水井、混和池、フロック形成池、沈殿池、ろ過池から構成）を有した浄水場の更新を行う。	● 浄水量の増加（5,700 m <sup>3</sup> /日から 6,800 m <sup>3</sup> /日へ）による供給水量の確保 ● Walker's Ferry 浄水場からの送水量の負担を軽減し電力費の削減 ● 浄水プロセスの適正化に伴い安定した浄水水質（高濁度時でも運転継続の実現）の向上	高い

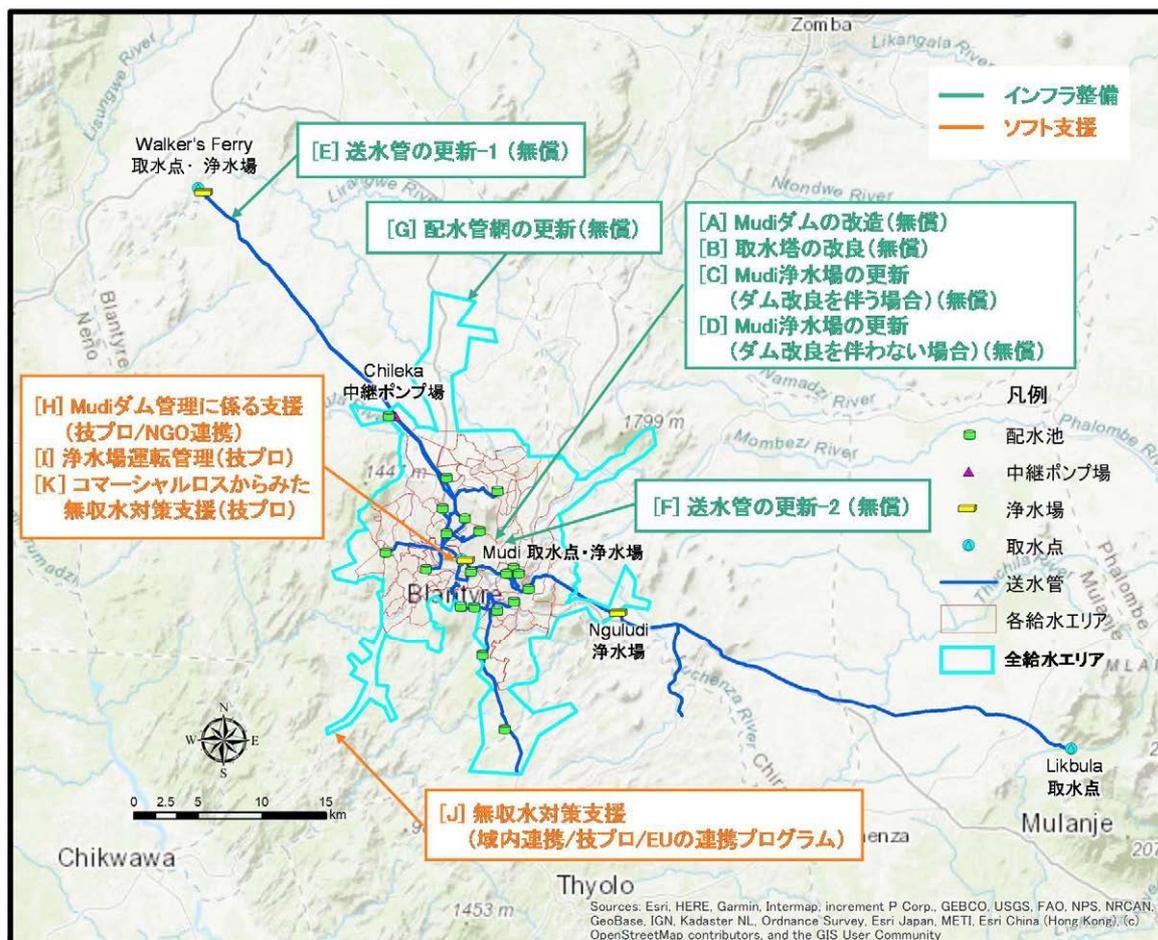
支援形態	対策案	個別事業(案)の内容		スキーム	目的・事業(案)提案の理由	事業効果	BWB 水道事業改善に必要な優先度*
	No.5 送水管路の増径更新	E	【送水管の更新-1】 送水管路の布設替え	無償支援	● 2030年の水需要量に対し一部既存送水能力が不足するため、送水管路の増径(2~3割増し程度)を行う。	● 2030年時点においても1日20時間以上水圧保持等安定給水の確保	
	No.3 ポンプ場箇所数の削減	F	【送水管の更新-2】 送水管路の布設替え	無償支援	● 送水ルートを見直すことで、Mudi 浄水場から Mt. Pleasant 方面へ送水する。逆に、これまで Mudi 浄水場から送水していた Kanjedza 配水池のポンプを停止することでポンプ送水を削減する。その場合、Kanjedza 配水池へは Walker's Ferry 浄水場からの送水に切り替える。	● ポンプ場の削減によりポンプ運転費用の削減	高い
	No.4 アスベスト管路網の布設替え	G	【配水管網の更新】 配水管網の布設替え	無償支援	● BWB が計画立案した配水管網更新事業(約 460 km、総事業費 25 億円程度) ● 漏水対策を行わなかった場合には、2030年で約 54,000 m <sup>3</sup> /日不足する可能性が想定されるため、敷設後 50 年以上経過した AC 管の布設替えを行い、無収水を大幅に削減する。	● 供給水量の確保 ● 「J」と組み合わせることで水道事業収入の増加	
ソフト支援	No.9 ダム・流域に関する管理能力支援	H	【Mudi ダム管理に係る技術支援】 ● ダム管理 ● 流域保全	技術協力・NGO 連携	● 水位やダム流入水量測定等、ダム管理が日常的に行われていないため、水資源ポテンシャルの検討が困難となる。そのため、適切なダム運用が可能となるように支援する。 なお、ダムの管理に関しては、観測資料を基礎としての乾期、雨期のダム管理技術につき Mudi ダムを基点として、マラウイ国内での技術移転を展開することも想定される。 ● 法制化により、Mudi ダム流域における開発や社会活動が以前に比べ減少したようであるが、今後も流域を保全するために住民啓発を行う。	● 適切なダム保全や水資源ポテンシャルの評価ができるようなダム・流域管理能力の強化	
	No.6 Mudi 浄水場の管理能力支援	I	【浄水場運転維持管理に係る技術支援】 ● 沈殿池・ろ過池等管理	技術協力	● 従来の構造と異なる浄水場への更新に伴い、一連の浄水管理に係る技術支援を行う。 ● 浄水場の運転管理に係る記録管理の体系化	● 適切な薬注管理、水量・水質管理、逆洗方法等、浄水場の運転・維持管理能力の	高い

支援形態	対策案	個別事業(案)の内容	スキーム	目的・事業(案)提案の理由	事業効果	BWB 水道事業改善に必要な優先度*
		● 記録管理(水量、水質、薬剤注入管理等)		や Information and Communication Technology (以下「ICT」)を活用した管理の効率化を図れるような技術支援を行う。	強化 ● Mudi 浄水場のリハビリに加え、適切な運転維持管理の強化による浄水水質の安定化	
	No.8 漏水探知活動	J 【配水管網の無収水対策支援】 配水量分析、漏水探知、水圧管理	域内連携技術協力/水道事業者パートナーシップ(以下「WOP」)	● 漏水対策を行わなかった場合には、2030年で約 54,000 m <sup>3</sup> /日不足する可能性が想定される。 ● 無収水率が依然として高止まりしている状況の下、BWB が2021年に立ち上げた NRW 削減チームを対象にした支援を行う。ただし、国内連携として、リロングウェ無収水対策プロジェクトで得られた知見の活用することを想定する。	● 供給水量の確保 ● 「G」と組み合わせることで水道事業収入の増加	
	No.7 水道メータ校正や検針/調定/請求に係る教育及び請求管理システムの構築	K 【コマーシャル・ロスからみた無収水対策支援】 トレーニングヤードを活用した検針指導、調定指導	技術協力	● 年々供給水量が増加し、接続顧客数も増える中で販売水量は減少している。プリペイド・メータに関しても年々給水原単位が減少していることから、検針/調定について精度向上を図るため技術支援を行う。	● 水道事業収入の増加 ● 「G」や「J」との相乗効果は高い	高い

出典：JICA 調査チーム

注記：

\*優先度は表 3-7-1 に基づき得点の上位三位



出典：JICA 調査チーム

図 3-7-3 個別事業（案）の分布

### 3-7-4 協力案の整理と最適なオプションの提案

#### (1) 「水道事業体成長支援—都市水道—」クラスターを念頭においた協力案の整理

個別事業（案）の組み合わせを念頭においた協力案を整理するために、協力カテゴリー毎の組み合わせを表 3-7-3 のように分類した。

- 「I.」は、インフラ整備の実施完了後に BWB が持続可能な運営を行っていくために、インフラ整備の実施期間の終盤から開発パートナーによる技術支援を投入するものである。技術支援には LWB 等から国内や域内からの技術支援も含まれる。水平展開支援については、有益な分野として、現在のところ LWB において LiSCaP が実施されているため、LiSCaP で得られた知見の共有が挙げられる。しかし、LWB 側の NRW 削減チームの陣容等が限られているため、オンライン等を通じたワークショップでの紹介に留まる可能性が高い。
- 「II.」は、「I.」とほぼ類似するが、国内・域内支援が含まれておらず、インフラ整備と開発パートナー等による技術支援である。
- 「III.」は、インフラ整備のみである。能力開発については、BWB の今後の方針に委ねられる。

表 3-7-3 協力カテゴリー毎の組合せ

協力カテゴリー 毎の組合せ	基本的サービス向上支援 (施設拡充)	水道事業体成長支援 (BWB 能力強化)	水平展開支援 (国内・域内連携)
I.	○	○	○
II.	○	○	
III.	○		

出典：JICA 調査チーム

協力ニーズを踏まえ、水道システム総体の改善を目的とする個別事業（案）の組み合わせからなる「a.」～「i.」の9のオプションを設定した（表 3-7-4 参照）。主に以下のような趣旨で個別事業（業）を組み合わせた。

- 全個別事業（業）
- 配水管路関連事業を除く全個別事業（業）
- 送配水管路関連事業を除く全個別事業（業）
- ダム改良事業及び送配水管路関連事業を除く全個別事業（業）
- ダム管理に係る技術支援及び配水管路関連事業を除く全個別事業（業）
- ダム管理及び浄水場運転管理に係る技術支援を除く全個別事業（業）
- 施設整備事業のみ

表 3-7-4 個別事業（案）の組み合わせオプション

協力カテゴリー毎の 組み合わせ	オプション	個別事業（案）										
		A. Mudi ダムの改造	B. Mudi ダム取水塔 の機能回復	C. Mudi 浄水場の更新 (ダム改良を伴う 場合)	D. Mudi 浄水場の更新 (ダム改良を伴わない 場合)	E. 送水管の更新-1	F. 送水管の更新-2	G. 配水管網の更新	H. Mudi ダム管理に 係る技術支援	I. 浄水場運転維持 管理に係る技術支援	J. 配水管網の無収 水対策支援	K. コマニシヤル・ ロスからみた無収水 対策支援
I.	a.	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
II.	b.	○	○	○			○		○	○		○
II.	c.		○		○					○		○
II.	d.	○	○	○		○			○	○		○
II.	e.	○	○	○			○			○		○
I.	f.		○		○			○		○	○	○
III.	g.	○	○	○								
III.	h.		○		○							
III.	i.	○	○	○		○						

出典：JICA 調査チーム

注記：下線の事業は高い優先事業。

(2) 協力案の考察

浄水能力が 13,000 m<sup>3</sup>/日（ケース 10）のところを最適規模と想定されるが、その規模を踏まえ協力案とその考察を表 3-7-5 に示す。考察の結果、費用便益の観点だけではなく、BWB にとって財務の健全化への貢献や水道事業の持続性から照らし合わせると、オプション「b.」が有望だと考える。それらの点に加えわが国の無償資金協力事業の過去の実績や迅速な同事業の形成の点を考慮すると、オプション「c.」が有望となり、BWB における事業計画の進捗度や事業への取組み易さまでを考慮すると、オプション「f.」がさらに有望となる。「c.」や「f.」の「b.」との大きな相

違点は、ダム改良とそれに伴うダム管理に係る技術協力、ダム改良が含まれないことで浄水量の大幅な増加は期待できないため、送水管路の系統見直しが含まれない内容となっている。そのため、将来的な水需要量の推移次第により、ダム改良やそれに伴う浄水場の拡張も次段階として検討することを推奨する。

なお、「3-8」では、オプション「b.」及び「c.」、「f.」について検証した。

表 3-7-5 協力案（水資源ポテンシャル：ケース 10<sup>12</sup>）とその考察

協力カテゴリー毎の組合せ	オプション	事業費 (億円)	50年間電力削減額 -1 (億円)	50年間電力削減額 -2 (億円)	無収水削減による 便益 (億円)	費用便益比	考察
			②	③			
I.	a.	83.0	24.5	48.5	28.9	1.23	費用便益比は上位三位と高い。しかし、無償資金協力によるダム改造事業については、過去の実績から議論が必要となる。
II.	b.	32.8	24.5	48.5		2.23	費用便益比は上位二位と高い。施設整備に伴い技術支援も行うオプションであり、施設運用の安定化が図れる。また、 <u>優先度の高い個別事業（案）が6件含まれており、財務改善の効果が期待できる。</u> しかし「a.」と同様に、無償資金協力によるダム改造事業については、過去の実績から議論が必要となる。
II.	c.	11.1	5.4			0.49	費用便益比が 1.00 未満であるが、優先度の高い個別事業（案）が4件含まれ、施設整備に伴う技術支援が充実している。また <u>ダム改良が含まれない本オプションは実績が豊富である。</u>
II.	d.	52.4	24.5			0.47	費用便益比が 1.00 未満である。送水能力は 2030 年における水需要量に対し不足するが、現在 AC 管は既存するものの漏水事故を引き起こしている状況ではないため、送水管路の増径・更新の緊急度はやや低い。
II.	e.	31.8	24.5	48.5		2.30	費用便益比は最も高い。「b.」と同様、優先度の高い個別事業（案）が6件含まれる。しかし「a.」と同様に、無償資金協力によるダム改造事業については、過去の実績から議論が必要となる。またダム改良を行うにしても、ダム管理の技術支援は含まれないため、適切なダム運用で課題が残る。
I.	f.	36.1	5.4		28.9	0.95	<u>ダム改良が含まれない本オプションは実績が豊富である。す</u>

<sup>12</sup> ダム改良が含まれないオプション「c.」及び「h.」はケース7を適用。

協力カテゴリー毎の組合せ	オプション	事業費 (億円)	50年間電力費削減額 -1 (億円)	50年間電力費削減額 -2 (億円)	無収水削減による便益 (億円)	費用便益比	考察
			②	③			
							でにBWBにおいて配水管路の更新については具体的な青写真を描いており、配水管網の無収水対策も LisCap で実績があり取組み易い。
III.	g.	22.7	24.5			1.08	既存の Mudi 浄水場は一般に見られる浄水プロセスではないため、適切な浄水プロセスを有する浄水場を更新した場合、技術支援を投入しない限り、これまで経験がないBWBの職員にとって、運転・維持管理が困難となる。
III.	h.	7.6	5.4			0.71	優先度の高い個別事業(案)は2件のみであり、また技術支援が全く投入されないため、「g.」と同様運用に難題が残る。
III.	i.	47.9	24.5			0.51	技術支援が全く投入されないため、「g.」と同様運用に難題が残る。

出典：JICA 調査チーム

注記：

- 「K. コマーシャル・ロスからみた無収水対策支援」による定量的便益についてはさらに詳細な調査が必要である。「a.」～「f.」に定量的な便益が付加されれば、費用便益比はさらに高くなる。
- 「c.」及び「h.」には Mudi ダムの改造とその関連の能力強化支援は含まれない。
- 本表では、便益は電力費削減額と無収水削減による便益のみを対象とした。「②」は Walker's Ferry 浄水場の負担軽減による電力費削減額。「③」は Mudi 浄水場からの送水系統の見直しによる電力費削減額。
- 無収水削減による便益の考え方としては、2022年から2030年までに無収水を54%から30%までに削減する場合、3年毎に無収水の復元を考慮し、水道料金を乗じて概算便益額を計上した。

表 3-7-4 の事業費内訳書を表 3-7-6 に示す。

表 3-7-6 事業費内訳書

単位：億円

オプション	A. Mudiダムの改造 (1.2 m嵩上げ&塗装)	B. Mudiダム取水塔の機能回復	C. or D. Mudi 浄水場(着水井、混和池、フロック形成池、沈殿池、ろ過池、逆水ポンプ等から構成)の更新	E. 逆水管(逆水ポンプ含む)の更新(管径2~3割増)	F. ポンプ場削減用逆水管(逆水ポンプ含む)の敷設	G. 配水管網の更新 (460 km)	H. Mudiダム管理に係る技術支援	I. 浄水場運転維持管理に係る技術支援	J. 配水管網の無収水対策支援	K. コマーシャル・ロスからみた無収水対策支援	合計
a.	10.3	1.0	11.4	25.2	5.6	25.0	1.0	2.0		1.5	83.0
b.	10.3	1.0	11.4		5.6		1.0	2.0		1.5	32.8
c.		1.0	0.0					2.0		1.5	11.1
d.	10.3	1.0	11.4	25.2			1.0	2.0		1.5	52.4
e.	10.3	1.0	11.4		5.6			2.0		1.5	31.8
f.		1.0	6.6			25.0		2.0		1.5	36.1
g.	10.3	1.0	11.4								22.7
h.		1.0	0.0								7.6
i.	10.3	1.0	11.4	25.2							47.9

注記：C と D の違いは浄水能力の違い。「C.」は 13,000 m<sup>3</sup>/日、「D.」は 7,000 m<sup>3</sup>/日  
事業費に設計監理費は含まれていない。

出典：JICA 調査チーム

## 3-8 協力案の妥当性と効果

### 3-8-1 協力案の妥当性評価

#### (1) BWB の政策

BWB は、「BWB Strategic Plan 2020-2025」で政策として「施設増強及び事業継続性」及び「財務の成長と持続性」、「顧客とステークホルダーの満足度」、「能力開発と生産性」を重視しており、健全な財務体制の下、安全かつ安定した水の供給事業は必要不可欠である。本協力案はこれらの政策と合致するものであり、BWB の水道事業において優先度の高い事業として位置付けられる。

#### (2) 我が国の政策

我が国の対マラウイ国別開発協力方針（2018年1月）によると、マラウイ国は、持続的な成長を目指し、第3次マラウイ成長開発戦略（MGDSIII）において「競争力・生産性・強靱性のある国家の構築」を掲げている。わが国はその重点分野に沿って、経済成長への基盤整備と自立的発展に向けた人材の能力開発に注力していくことにしている。マラウイ国の所得向上及び開発事業促進のための財政基盤の強化を後押しすべく、わが国がマラウイ国の持続的な成長のための取り組みを後押しすることは、我が国との良好な二国間関係を深化させる観点から重要である。

#### (3) 協力案の妥当性

Mudi ダムの改良や Mudi 浄水場リハビリ、ダム・浄水場の運転・維持管理支援、検針・請求管理システムの立て直し支援等から構成される本協力案は、無償資金協力整備による運転費用の削減や技術協力による水道事業収入の増額により BWB の財務の成長に向かつての財政健全化を目指すことに寄与するものであり、水道施設の増強や水道事業の持続性を担保していくものである。また、協力案がわが国政府のマラウイ国への協力方針にも合致するものであり、水道事業の持続性の後押しに貢献することから、協力案の実施意義は大きい。

### 3-8-2 BWB の財務に与える影響

#### (1) オプション「b.」

Mudi ダムの改良による取水量の増、Mudi 浄水場のリハビリを実施することで取水施設から浄水施設までの間の 25%の水量ロスが 10%まで改善できることによる収益増、送水系統の変更による電力費減、ろ材交換頻度の削減による支出抑制を便益と考え、最終的な便益額を算定した（表 3-8-1 参照）。その結果、50年間で MWK84,865 百万（約 120 億円）<sup>13</sup>の便益となり、費用便益比は 3.55 と見込まれる。これは、財務上においても料金収入の増加及び電力費とろ材交換費用の削減により、施設改修に伴う減価償却費を考慮しても年間 MWK1,233 百万（約 1.7 億円）（(MWK84,865 百万 - MWK 23,234 百万）/50 年）の利益を確保する効果がある。

#### (2) オプション「c.」

Mudi ダムの改良は行われませんが、Mudi 浄水場のリハビリを実施することでこれまで取水施設から浄水施設までの間の 25%の水量ロスが 10%まで改善できることによる収益増、一部送水系統

<sup>13</sup> 同様の計算で 40年、30年ではそれぞれ、MWK67,892 百万（約 96 億円）、MWK 44,421 百万（約 63 億円）が見込まれる。その時に便益はそれぞれ 2.84、1.74 となる。

の変更による電力費減、ろ材交換頻度の削減による支出抑制を便益と考え、最終的な便益額を算定した（表 3-8-2 参照）。その結果、50 年間で MWK25,326 百万（約 36 億円）の便益となり、費用便益比は 3.16 と見込まれる。これもオプション「b.」と同様に減価償却費を考慮しても年間 MKW349 百万（約 0.5 億円）（(MWK25,326 百万- MWK 7,863 百万) /50 年）の利益を確保する効果がある。

### (3) オプション「f.」

Mudi 浄水場のリハビリを実施することでこれまで取水施設から浄水施設までの間の 25%の水量ロスが 10%まで改善できることによる収益増、一部送水系統の変更による電力費減、ろ材交換頻度の削減による支出抑制、さらに配水管網の無収水対策による収益増を便益と考え、最終的な便益額を算定した（表 3-8-3 参照）。その結果、50 年間<sup>14</sup>で MWK45,811 百万（約 65 億円）の便益となり、費用便益比は 1.78 と見込まれる。これもオプション「b.」や「c.」と同様に減価償却費を考慮しても年間 MKW 404 百万（約 0.6 億円）（(MWK 45,811 百万- MWK 25,572 百万) /50 年）の利益を確保する効果がある。

なお、算定条件は以下のとおりである。

- 維持管理費用については、何れの浄水場を活用する場合においても、かかる費用は同額と考え、算定からは除外した。
- コマーシャル・ロス対策を講じた場合では理論上、毎月約 MWK1,801 百万<sup>15</sup>（約 2.5 億円）の増収となる見込みであるが、職員スタッフの活動姿勢に依拠するため、本表の便益計算では省略した。
- 表中④（両オプション）の 110%は基準浄水ロス、15%<sup>16</sup>は改善できる浄水ロスの比率、70%は有収水率（中シナリオの逆算値を適用）。
- 平均取水量（オプション「b.」）：11,000 m<sup>3</sup>/日（水量ロスを改善できる水量：11,000 m<sup>3</sup>/日 ÷ 110% x 15% x 70%（有収水率））
- 平均取水量（オプション「c.」）：7,000 m<sup>3</sup>/日（水量ロスを改善できる水量：7,000 m<sup>3</sup>/日 ÷ 110% x 15% x 70%（有収水率））
- 便益対象の水量は浄水量現行の平均浄水量（約 5,700 m<sup>3</sup>/日）を控除。
- Mudi 浄水場での電力原単位：MWK 7 /m<sup>3</sup>（1 円/m<sup>3</sup>）
- Walker's Ferry 浄水場からの送水系統での電力原単位：MWK190.7 /m<sup>3</sup>（27 円/m<sup>3</sup>）<sup>17</sup>
- 供給単価：MWK 1,667 /m<sup>3</sup>（235 円/m<sup>3</sup>）
- 無収水対策（管路更新）は、BWB の事業計画に基づいた
- ろ材交換費用：全池 1 回あたり MWK26,000 千（約 3,640 千円）（BWB から入手した予算措置用の単価適用）

<sup>14</sup> 無収水対策によるものは 2030 年までの 9 年間とする。

<sup>15</sup> 135,483 m<sup>3</sup>/日（2030 年時点での使用水量）÷ (1- (30%-9%)) = 171,497 m<sup>3</sup>/日、(171,497 m<sup>3</sup>/日-135,483 m<sup>3</sup>/日) x 30 日 x MWK1,667/m<sup>3</sup>（235 円/m<sup>3</sup>）（BWB の供給単価）

<sup>16</sup> 2020 年 1 月から 2021 年 3 月までの実績では浄水ロス率の合計は 28%であるが、ここでは改善できる浄水ロスを安全側で考え 15%とした。

<sup>17</sup> 実際には現在計画中の太陽光発電システムにより、Walker's Ferry 浄水場の電力は 95.5%賄われるため、ここでは Walker's Ferry WTP の残りの電力 4.5%の分と Chileka 中継ポンプ場における電力原単位を適用した。

表 3-8-1 Mudi ダム改良及び Mudi 浄水場リハビリ実施時の費用便益

No.	費目		仕様	コスト (MWK 百万) (C)	便益 (MWK 百万) (B)
①	建設費	一式	Mudi ダム+Mudi 浄水場改修他、 技術支援	23,234	
②	電力費	50 年間	Mudi 浄水場からのポンプ圧送	639	
③	電力費削減額	50 年間	Walker Ferry 浄水場からのポンプ 圧送		17,401
④	料金収入	50 年間	Mudi 浄水場における有収水量増 (取水量/110% x 15% x 70%)		31,944
⑤	電力費削減額	50 年間	送水系統見直しによる削減		34,350
⑥	ろ材交換費削減 額	50 年間	Mudi 浄水場リハビリによる削減		1,170
合計	Mudi 浄水場の リハビリ実施時		(C) ①+②	23,873	
			(B) ③+④+⑤ + ⑥		84,865
B/C			(B) / (C)	3.55	

出典：JICA 調査チーム

表 3-8-2 Mudi 浄水場リハビリ実施、技術支援に係る費用便益

No.	費目		仕様	コスト (MWK 百万) (C)	便益 (MWK 百万) (B)
①	建設費	一式	Mudi 浄水場改修他、技術支援	7,863	
②	電力費	50 年間	Mudi 浄水場からのポンプ圧送	141	
③	電力費削減額	50 年間	Walker Ferry 浄水場からのポンプ 圧送		3,828
④	料金収入	50 年間	Mudi 浄水場における有収水量増 (取水量/110% x 15% x 70%)		20,328
⑤	ろ材交換費削減 額	50 年間	Mudi 浄水場リハビリによる削減		1,170
合計	Mudi 浄水場の リハビリ実施 時		(C) ①+②	8,003	
			(B) ③+④+⑤		25,326
B/C			(B) / (C)	3.16	

出典：JICA 調査チーム

表 3-8-3 Mudi 浄水場リハビリ実施、配水管網更新実施、技術支援に係る費用便益

No.	費目		仕様	コスト (百万 MWK) (C)	便益 (百万 MWK) (B)
①	建設費	一式	Mudi 浄水場改修、 配水管網更新他、技術支援	25,572	
②	電力費	50 年間	Mudi 浄水場からのポンプ圧送	141	
③	電力費削減額	50 年間	Walker Ferry 浄水場からのポンプ 圧送		3,828
④	料金収入-1	50 年間	Mudi 浄水場における有収水量増 (取水量/110% x 15% x 70%)		20,328
⑤	料金収入-2	9 年間	配水管網における有収水量増		20,485
⑥	ろ材交換費削減 額	50 年間	Mudi 浄水場リハビリによる削減		1,170
合計	Mudi 浄水場の リハビリ実施 時		(C) ①+②	25,713	
			(B) ③+④+⑤ +⑥		45,811
B/C			(B) / (C)	1.78	

出典：JICA 調査チーム

### 3-8-3 住民にとっての事業効果

#### (1) 貧困世帯に対する水道料金の現状維持

Web サイトの「Salary Explore」の「Average Salary in Malawi 2021」によると、マラウイ国のひと月あたり平均世帯支出が MWK81,000<sup>18</sup> (11,340 円) となっている。BWB の水道料金表から 1 m<sup>3</sup> あたりの水道料金が約 MWK1,667<sup>19</sup> (約 235 円) だとすると、平均的な世帯 (8 名/世帯 x 60 LCD x 30 日) ではひと月当たりの水道支払額は約 MWK24,000 (約 3,388 円) となる。この場合、水道料金の世帯支出に占める割合が約 29.6% (MWK24,000 ÷ MWK 81,000) となるため、世界銀行が指標として示す途上国における可処分所得に占める割合を最大 4%としていることからすると、7 倍以上となり住民にとって水道料金の負担が非常に大きいものと考えられる。特に 2021 年時点でブランタイヤ市における全世帯の約 20%<sup>20</sup>を占める約 16,000 の貧困世帯にとっては、支払いが困難であることも想定される。

このような状況に対し、オプション「b.」では、事業実施による便益が年間約 MWK1,697 百万 (239 百万円) (MWK84,865 百万/50 年間) であるため、約 5,892 世帯 (MWK1,697 百万 / (MWK24,000 x 12 ヶ月)) に対する現行の水道料金を現状維持することができる。これは貧困世帯の 37% (5,892 世帯/16,000 世帯) に対し経済面での負担軽減に貢献する。

一方、オプション「c.」では、同様の算定で、約 1,757 世帯 (MWK506 百万 / (MWK24,000 x 12 ヶ月)) に対する現行の水道料金を現状維持することができ、貧困世帯の 11% (1,757 世帯/16,000 世帯) に対し経済面での負担軽減に貢献する。さらに「f.」では約 3,180 世帯 (MWK916 百万 / (MWK24,000 x 12 ヶ月)) に対する現行の水道料金を現状維持することができ、貧困世帯の 20% (3,180 世帯/16,000 世帯) に対し経済面での負担軽減に貢献する。

#### (2) 安全かつ良質な水の供給

オプション「b.」と「c.」では、Mudi ダム改良 (オプション「b.」のみ) や Mudi 浄水場リハビリによって、それぞれのオプションで約 10,700 m<sup>3</sup>/日、6,800 m<sup>3</sup>/日の平均浄水量が確保されることから、漏水率 (9% : 中シナリオの場合) と給水原単位 (100 LCD) を適用すると使用水量はそれぞれ約 9,700 m<sup>3</sup>/日、6,200 m<sup>3</sup>/日となり、97,000 人、62,000 人の住民に対し、年間を通じマラウイ国水質基準及び WHO 水質基準値に適用する安全かつ良質な給水が可能となる。

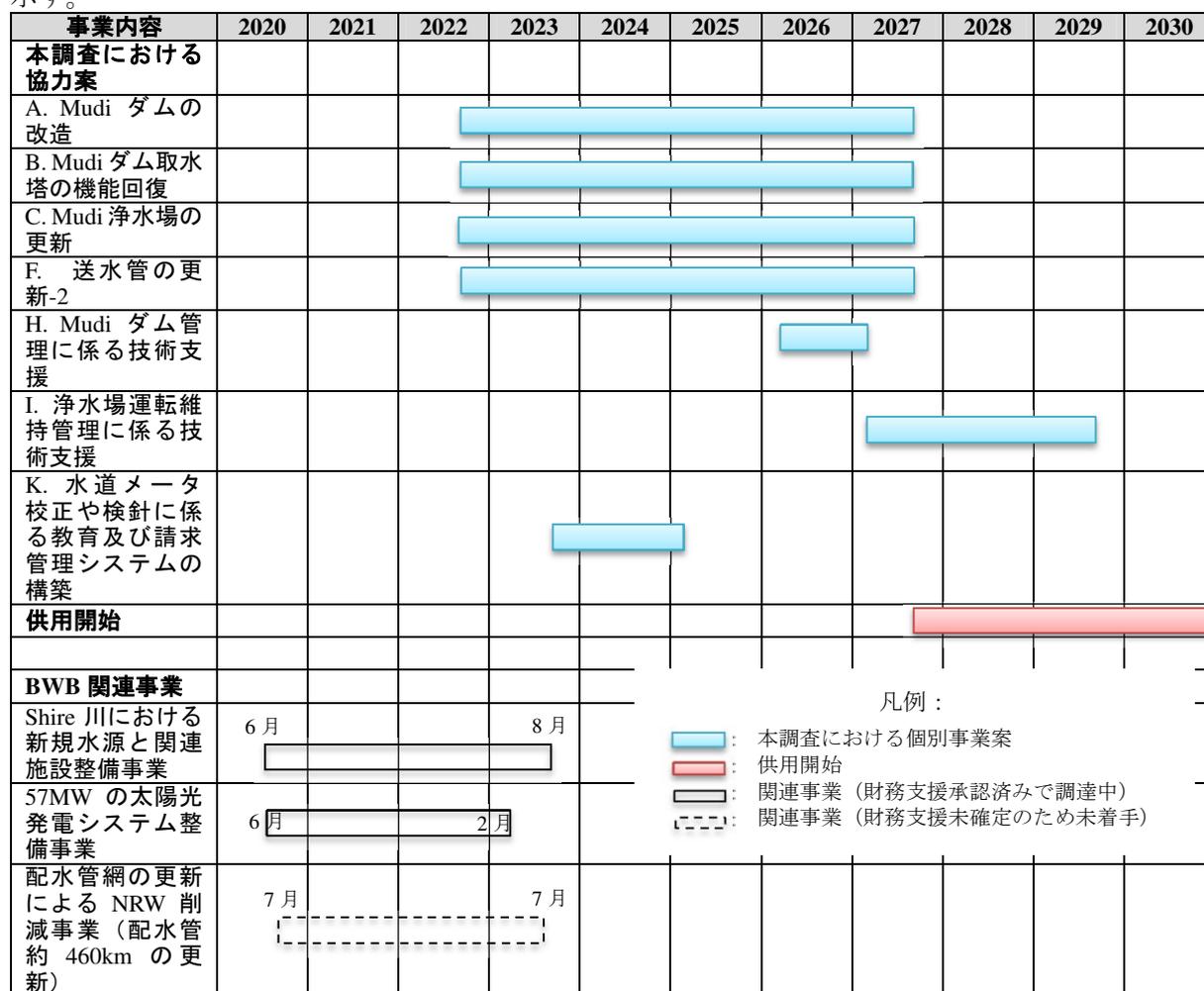
<sup>18</sup>National Statistical Office の「Malawi 2020 Poverty Report (<https://bit.ly/3wr5b0O>) 」

<sup>19</sup> 2021 年 11 月の料金改定後の料金に基づく。

<sup>20</sup>2020 Malawi Poverty Report

### 3-8-4 開発事業のタイム・フレーム

他の関連事業も含め、オプション「b.」、オプション「c.」及びオプション「f.」の協力支援を行った場合の準備調査を起点とするタイム・フレームをそれぞれ図 3-8-1、図 3-8-2、図 3-8-3 に示す。



注記：水色の横線工程表は概略設計及び詳細設計等に要する約2年間の調査期間も含む。

出典：JICA 調査チーム

図 3-8-1 開発事業のタイム・フレーム案 (協力案オプション「b.」)

事業内容	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>本調査における協力案</b>											
B. Mudi ダム取水塔の機能回復			[Blue bar from 2022 to 2027]								
D. Mudi 浄水場の更新			[Blue bar from 2022 to 2027]								
I. 浄水場運転維持管理に係る技術支援								[Blue bar from 2027 to 2029]			
K. 水道メータ校正や検針に係る教育及び請求管理システムの構築				[Blue bar from 2023 to 2024]							
<b>供用開始</b>								[Red bar from 2027 to 2030]			
<b>BWB 関連事業</b>											
Shire 川における新規水源と関連施設整備事業	6月	[Grey bar from 2020 to 2023]			8月						
57MW の太陽光発電システム整備事業	6月	[Grey bar from 2020 to 2022]		2月							
配水管網の更新による NRW 削減事業 (配水管約 460 km の更新)	7月	[Dashed bar from 2020 to 2023]			7月						

凡例：

- [Blue bar] : 本調査における個別事業案
- [Red bar] : 供用開始
- [Grey bar] : 関連事業 (財務支援承認済みで調達中)
- [Dashed bar] : 関連事業 (財務支援未確定のため未着手)

注記：水色の横線工程表は概略設計及び詳細設計等に要する約 2 年間の調査期間も含む。

出典：JICA 調査チーム

図 3-8-2 開発事業のタイム・フレーム案 (協力案オプション「c.」)

事業内容	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>本調査における協力案</b>											
B. Mudi ダム取水塔の機能回復			[Blue bar from 2022 to 2027]								
D. Mudi 浄水場の更新			[Blue bar from 2022 to 2027]								
I. 浄水場運転維持管理に係る技術支援								[Blue bar from 2027 to 2029]			
G. 配水管網の更新	BWB の配水管網の更新事業に準ずる。										
J. 配水管網の無収水対策支援	BWB と LiSCaP との連携に準ずる。										
K. 水道メータ校正や検針に係る教育及び請求管理システムの構築				[Blue bar from 2023 to 2024]							
<b>供用開始</b>								[Red bar from 2027 to 2030]			
<b>BWB 関連事業</b>											
Shire 川における新規水源と関連施設整備事業	6月	[Grey bar from 2020 to 2022]		8月							
57MW の太陽光発電システム整備事業	6月	[Grey bar from 2020 to 2022]		2月							
配水管網の更新による NRW 削減事業 (配水管約 460 km の更新)	7月	[Dashed grey bar from 2020 to 2022]		7月							

凡例：  
 : 本調査における個別事業案  
 : 供用開始  
 : 関連事業 (財務支援承認済みで調達中)  
 : 関連事業 (財務支援未確定のため未着手)

注記：水色の横線工程表は概略設計及び詳細設計等に要する約2年間の調査期間も含む。

出典：JICA 調査チーム

図 3-8-3 開発事業のタイム・フレーム案 (協力案オプション「f.」)

## 第4章 域内連携

### 4-1 マラウイ国内における水道事業体連携

マラウイにおける既存の国内・域内・国際連携を整理したものを、表 4-1-1 に示す。個々について、4-1-2 項以降の各項で詳述する。

表 4-1-1 マラウイにおける国内・域内・国際連携

	関係機関	状況	協力分野等
<b>国内連携</b>			
1	WASAMA～国内全 5 水公社	既存	定例会議、委員会、研修等。NGO 等も会員
2	LWB/LiSCaP～国内他 4 水公社等	進行中	技プロによる知見共有 (2021 年～) : NRW、人材育成、新技術、水源保全、環境教育
<b>域内連携</b>			
3	南ア eThekwni 市～BWB	進行中	EU-WOP プログラム：請求・料金収入、顧客サービス、NRW 削減 (2019 年～)
4	南ア eThekwni 市&Cape Town 市～BWB	申請中	EU-WOP プログラム：流域管理、NRW を含む水道全般
5	南ア eThekwni 市～LWB	完了	EU-WOP プログラム：パフォーマンス改善計画 (2013 年)
6	LWB～ルワンダ上下水道公社 (以下「WASAC」) ～ケニア・エンブ上下水道会社 (以下「EWASCO」)	進行中	アフリカ域内水道事業協力による知見共有
<b>国際連携</b>			
7	サブサハラ・アフリカ水道事業体 (8 か国 14 事業体)	進行中	サブサハラ・アフリカ水道事業体幹部フォーラム
8	YWWB～LWB/LiSCaP	進行中	JICA 長期専門家／無収水管理 (2019 年～)
9	YWWB～BWB	完了	JICA ボランティア。漏水対策に関する技術改善及び料金徴収、流域保全等 (2014～2019 年)
10	YWWB～BWB	進行中	協力継続確認／オンライン技術交流 (2020-2023)

出典：JICA 調査団 (BWB、WASAMA、LiSCaP 等への聞き取り結果を整理)

#### 4-1-1 マラウイの水資源政策

2005 年に制定された国家水資源政策 (National Water Resources Policy) の全体的な目標は、水資源の持続可能な管理と利用を確保することとしている。この中では、十分な量と品質の良い水を提供し、すべてのマラウイ人の基本的な要件を満たす効率的で効果的な水衛生サービスの可能性を確保し、国の自然生態系を強化するとしている。国家水資源政策では、集水域の保護を通して持続可能な管理の問題に取り組んでおり、その実施、実行の責任は、水、林業、土地資源保護局等の関連部門に委ねられている。

2013 年策定の国家水資源法 (National Water Resources Act) は、国家水資源委員会 (National Water Resources Board) と集水域管理委員会 (Catchment Management Committee) に代わる国家水局 (National Water Resources Authority) の設立を規定 (Act. Part II) している。さらに、この法律では、河川流域局 (River Basin Authority) の設立の方針も規定している。

上記の法律に施行の下での現在の組織に関して、聴取したところ、現地調査 (2021 年 9 月) 時

点では、河川流域局を設立している流域は少なく、依然として、集水域管理委員会が河川流域を管理統括しているとの情報である。水利権に関しては、水資源法の「セクション 38」に基づき付与されており、従来からの水利用者に関しては、取水の権利（慣行取水）は認められている。渇水時の流況調整に関しては、関係者からの聴取の結果、国家水資源委員会の下に、集水域管理委員会、農業、上水の各団体が集まって、協議して取水量や取水の優先順位を定めているとのことである。

水資源開発の方針としては、将来において増加する需要に対して、①乾期の効率的な利用、②雨期の豊富な水資源の有効利用、③豊富な水量を有するマラウイ湖からシレ川流域の水資源の利活用が持続的な開発の上で重要との認識である。水利用の優先順位としては、①上水（飲料水）、②農業（灌漑用水）、③畜産用水の順となっている。環境流量の設定の必要性も議論されているが、上水や農業用水の取水への影響が大きく、地域、流域別に検討しているのが現状である。

流域単位の水資源管理に関しては、2015年11月に国家レベルのガイドライン（Malawi National Guidelines: Integrated Catchment Management and Rural Infrastructure）が策定され、流域管理の必要性、流域管理の手順、プロセス、管理に必要な対策が示されるとともに、村落レベルの実用的な対策工も示されている。

#### 4-1-2 マラウイ国内における水道事業体連携の現状

##### (1) マラウイ水協会（WASAMA）

リロングウェ、ブランタイヤ、北部、中部、南部の各水公社を主要メンバーとする WASAMA を中心とした、水道事業体の国内連携プラットフォームがある。WASAMA は、水セクター管轄省庁（現森林・天然資源省）の主導で 1998 年に発足した協会で、全体会議及び各委員会の事務局、研修提供、広報・発信等の役割を有しており、IWA 及び東南部アフリカ水衛生規制・調整機関協会（以下「ESAWAS」）の一員である。ただし、WASAMA は水規制・調整機能は有していない。

WASAMA の概要を表 4-1-2 に示すが、課題として、財務及び資金の安定化（会費滞納もある）、組織の強化（現在、3 名体制）、収入確保のための会員数増（法人・個人で会員数 18）、水セクター管轄省庁からの支援等が挙げられている。

表 4-1-2 マラウイ水協会（WASAMA）の概要

組織体制	昨年は Executive Secretary を含む 4 名が在籍していたが、今年には 3 名体制（Finance & Administration Officer、Program Officer、Administrative Assistant）。協会会員組織からの出向職員はいない。
理事会	5 つの国内水公社の各 CEO に、管轄省（森林・天然資源省）からの Principle Secretary を加えた 6 名で構成。現在の理事長 President は BWB の CEO。
委員会	Engineering & Technique、Benchmarking、Water Quality、Public Relations、Human Resource Development、Scientific
会員	5 つの国内水公社を中心とした法人（国内・海外 NGO 等を含む）、個人等会員数 18
収入源	会費、水セクター雑誌、研修参加費、全体会議参加費、コンサル費、寄付金
研修提供	Plant operation、Plumbing、Supervisory、Customer Care、Area Mechanic、Finance、Delivery & Effectiveness、Financial Management and Book Keeping、Monitoring & Evaluation、Water Quality Monitoring、Water Monitoring Assistance。Mangochi に研修施設及び宿泊施設を所有。自前の研修施設で座学（Theory）を行い、研修内容によって南部水道公社の水道施設（浄水場等）を実技（Practices）に利用。研修講師は、職業技術教育・訓練所（Technical and Vocational Education and Training : TVET）から派遣員、国内水公社の職員等。

出典：JICA 調査団（WASAMA への聞き取り結果を整理）

## (2) JICA 技術協力プロジェクト (LiSCaP) による知見共有

LWB との技術協力プロジェクト「リロングウェ市無収水対策能力強化プロジェクト (LiSCaP)」における知見共有の取り組みにより、国内の水公社間での連携が図られている。

表 4-1-3 に示すとおり 2021 年 6 月には第 1 回ワークショップが開催され、同ワークショップでは、各水公社から NRW 削減、人材育成、新技術、広報等の事例が、森林・衛生省から水源保全、環境教育を題目として発表された。

現時点で LWB 内に正式な窓口担当者は未定となっているが、プロジェクトでは今後 2 年間で、開催場所を各水道公社が持ち回り、2 回のワークショップの開催を予定している。

表 4-1-3 技術協力プロジェクト LiSCaP における知見共有ワークショップ

回	時期	開催地／主催者	主な内容
第 1 回	2021 年 6 月	マラウイ・リロングウェ ／LWB	NRW 削減、人材育成、新技術、水源保全、 広報、環境教育の好事例・失敗の教訓の共有

出典：JICA 調査団 (LiSCaP への聞き取り結果を整理)

### 4-1-3 マラウイ国内における水道事業体連携の方針案

上述の WASAMA 及び LWB (LiSCaP) を中心とした国内連携プラットフォームを活用・推進していくことが基本的な方針になるが、いずれの機関も財源、体制・人員が限られており、人材派遣による一定期間の現場指導 (OJT) や技術移転は容易ではなく、座学研修 (一部の実技) もしくは知見共有・学び合いの機会提供が当面の連携になると見込まれる。

また、協会としての本来の責務の観点で、マラウイ国内の水道事業体ならびに水セクターの連携と持続性確保において、WASAMA のリーダーシップ、調整機能、資金調達に欠かせず、その体制及び能力の強化が必要である。

BWB に対する将来的な本邦支援において、協カスキーム (無償資金協力、技術協力プロジェクト等) や分野に拠らず、BWB における取組み・進捗を随時発信し、連携・協調し各プロセスでの知見共有・学び合いの機会を設けることが、マラウイ国内の水道事業体の能力強化に資する。

## 4-2 サブサハラ・アフリカ域内における連携方針

### 4-2-1 域内連携に資するマラウイの経験

#### (1) EU-UNHABITAT による WOP プログラム

欧州連合 (EU) が資金提供し、UH-Habitat の Global Water Operators' Partnerships Alliance (GWOPA) が主導する WOP プログラムに、BWB が参加及び新規申請している。BWB が関係する WOP プログラム<sup>21</sup>を表 4-2-1 に示すが、Mentor (助言側、講師) は主に南アフリカの水道事業体となっている。

<sup>21</sup> WOP プログラム：非営利で行われる 2 つ以上の水道事業者間のピアサポートのプログラム。目的は、メンターシップを通じて、WOP は、より良く更なる持続可能なサービスに繋がる運用・組織上の変化をもたらすために、管理、財務、及び技術レベルで受益事業体の能力と業績を段階的に強化すること。アフリカ地域のコーディネーターとして、アフリカ水協会 (以下、「AfWA」) も参加。

表 4-2-1 WOP プログラム

	関係機関 (助言側～被助言側)	状況	主な内容
1	南ア eThekweni 市～ BWB	進行中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2019年に開始され、コロナで対面が見合わせ中</li> <li>・分野：請求・料金収入、顧客サービス、NRW削減</li> <li>・2020年11月にオンライン・ワークショップ実施（提案書作成、パイロット活動の意見交換等）</li> </ul>
2	南ア eThekweni 市 &Cape Town 市～BWB	申請中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分野：流域管理、NRW配水、キャパビル、水安全計画、エネルギー効率、マスタープラン作成、広報等</li> </ul>
3	南ア eThekweni 市～ LWB	完了	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パフォーマンス改善計画（2013年）</li> </ul>
4	BWB～南部地域水公 社（SRWB）	不採用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分野：GIS</li> <li>・2009～2011年にEU&amp;European Investment Bankの出資により、BWBはGIS分野でVitens Evides International (VEI)から指導を受けおり、その経験・知見の移転。</li> </ul>

出典：JICA 調査団（BWB への聞き取り結果を整理）

### (2) JICA 支援によるアフリカ域内水道事業協力

マラウイのLWBは、WASAC、EWASCOの三国三事業体による「アフリカ域内水道事業協力」の関係性を有している。

JICAによる支援のもと、過去2回のワークショップの開催実績があり、第2回ではLWBが主催者となり、BWBを含む4つのマラウイ国内の水道事業体（BWB、北部地域水公社、中部地域水公社、南部地域水公社）やYWWBもゲストとして参加した。各ワークショップの内容を、表4-2-2に示す。

表 4-2-2 アフリカ域内水道事業協力における NRW 対策ワークショップ

回	時期	開催地／主催者	主な内容
第1回	2018年11月	ルワンダ・キガリ ／WASAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務指標を用いた水道事業体のベンチマーキングによる、強みや課題等の現状の共有</li> <li>・パフォーマンス改善計画の作成（事後）</li> </ul>
第2回	2019年9月	マラウイ・リロングウェ ／LWB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パフォーマンス改善計画の実践の共有</li> <li>・無収水削減にかかる好事例・失敗の教訓の共有</li> <li>・LWBのDMA、コールセンター、モバイル請求システム等の視察</li> </ul>

出典：JICA 調査団（LiSCaP への聞き取り結果を整理）

### (3) サブサハラ・アフリカ水道事業体幹部フォーラム

JICAによる「サブサハラ・アフリカ水道事業体幹部フォーラム」は、アフリカ各国の水道事業体のネットワークづくりを促進し相互の知識、経験、教訓等の共有を目的に、2019年11月、ルワンダ（キガリ市）にて8か国14事業体の総裁、CEOら経営陣が参加して第1回が開催された。

水道事業経営の視点からのプレゼンテーション、グループディスカッションが行われ、他事業体と比較することで得られた気づきを多くの参加者が実感し、「サブサハラ・アフリカ水道事業体幹部フォーラム」はアフリカの水道事業体同士の新たなネットワーク構築のきっかけとなった。第1回には、BWBは参加していないが、LWBが参加した。

#### (4) YWWB による協力・支援

YWWB は、LWB に対して上述した LiSCaP において長期専門家として職員を派遣する一方で、JICA のボランティア制度を活用し 2014～2019 年度の 2 期 6 年間に渡り、延べ 20 名の職員を BWB に派遣し、事業全般に渡り課題抽出と改善提案の活動を行ってきた。さらに、2020 年以降は、YWWB と BWB との双方確認のうえで、オンライン技術交流による協力が継続されている (表 4-2-3 参照)。

表 4-2-3 YWWB による協力・支援

	関係機関	状況	主な内容
1	YWWB ~ LWB/LiSCaP	進行中	JICA 長期専門家／無収水管理 (2019 年～)
2	YWWB～BWB	完了	JICA ボランティア。漏水対策に関する技術改善及び料金徴収、流域保全等 (2014～2019 年)
3	YWWB～BWB	進行中	協力継続確認／オンライン技術交流 (2020-2023) 配水分野 (無収水削減、施工監理、図面管理等)、料金分野 (料金管理、顧客管理、出前水道教室等) での職員派遣を想定

出典：JICA 調査団 (YWWB による情報を整理)

#### 4-2-2 サブサハラ・アフリカ域内への連携方針案及び留意事項

本調査において、BWB、LWB (LiSCaP)、WASAC、EWASCO らの関係者への聞き取り結果から、いずれの水道事業体も域内における連携が自身の水道事業運営の発展に寄与するものと位置づけている。具体的には無収水対策、水需要管理、配水管理、計画・設計、GIS データベース等の分野でのグッドプラクティスや知見の共有による、連携のニーズが高い。

##### (1) サブサハラ・アフリカ域内への連携方針案

EU-WOP が推進しているような二者の水道事業体間の協力に対して、更なる相乗作用と効果発現を高めるために日本による戦略的な支援も効果的である。例えば、進行中の南アフリカ eThekweni 市と BWB による水道事業体間協力に対し、両事業体と個々に交流のある YWWB を加えたマルチ関係をベースとした「南南協力+日本」の構図も採り得る。

特に YWWB によるマラウイ (主に BWB) に対する継続的な協力、構築されたネットワークとの協調を促進し、LWB をはじめとするほかの水公社にも知見を共有することは、マラウイ水道分野の発展において大変有益である。

さらに、JICA が従来支援してきた「アフリカ域内水道事業協力」、「サブサハラ・アフリカ水道事業体幹部フォーラム」に加え、マラウイの地理的条件からアフリカ南部の域内連携 (例：南アフリカの水セクターとの関係強化)、AfWA や ESAWAS 等の各種協会を軸にした域内・国際連携等のスケールアップが視野に入る。BWB も含めた水道事業体等の関係機関がこれらの域内・国際連携のプラットフォームに積極的に参画し、事業形態や問題が類似した組織との交流、相互の情報発信等を活性化することで、自らの事業運営の課題に気付き、改善活動に繋がることを期待できる。

BWB もこのような域内・国際連携への参画・協力 (ほかの水道事業体からの学び、一方で自身が有する知見の提供等) に前向きであり、これらの域内・国際連携を展開、具現化するうえで、広域的な技術協力による支援が考えられる。

## (2) サブサハラ・アフリカ域内への連携における留意事項

関係者への聞き取り結果から、以下のような域内における留意事項が挙げられる。

- ワークショップの開催費、参加者の宿泊費、交通費等の費用捻出が課題とされている。
- 組織としての連携は、定期的なワークショップ等で持続性を保つことは可能であるものの、個人レベルでの能力強化に繋がる実践的な連携においては限界があると認識されている。
- 仮に **WOP** のような実践的な連携において、所属組織における人員不足と自身の業務を有すること等の理由から、とくに一定期間職場を離れる **Mentor**（講師）となる立場の見地からはしっかりした制度設計が必要と認識されている。
- このような実践的な連携は、1～2 週間の期間での複数名 **Mentor**（講師）による座学・実技研修、最大 5 名の **Mentee**（研修員）参加のような形態が想定されているものの、**Mentor**（講師）の報酬、宿泊費、交通費等の費用捻出が課題とされている。
- 連携の広がりという観点で、東部アフリカ、南部アフリカの、特に英語圏の各国が参加した域内連携イメージが有されている。