

ジンバブエ国

チトウングザ市

ジンバブエ国
チトウングザ市
上下水・廃棄物管理改善プロジェクト
(開発計画調査型技術協力)

ファイナルレポート
(和文要約)

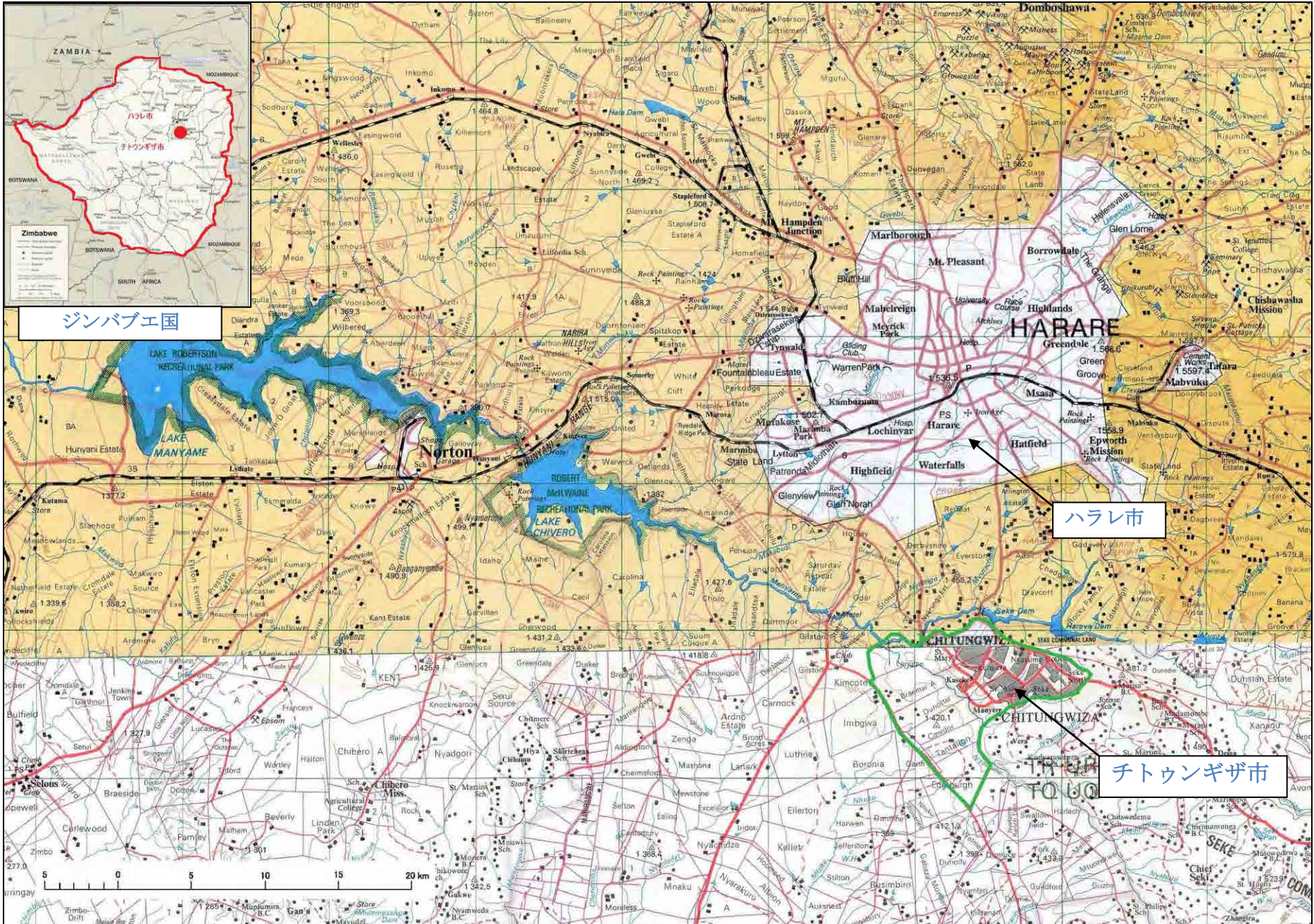
平成 25 年 9 月

(2013 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ

事業費は2012年7月時点の市場価格により積算した。換算率1 USD = 77.98 円



略語表

AfDB	African Development Bank (アフリカ開発銀行)
ATP	Ability to Pay (支払い能力)
AWF	African Water Facility (アフリカ開発銀行下のプロジェクトファンド)
BNR	Biological Nutrient Removal (生物学的栄養塩除去プロセス)
EIRR	Economic Internal Rate of Return (経済的内部収益率)
EMA	Environmental Management Agency (環境局)
ENPV	Economic Net Present Value (経済的現在価値)
FIRR	Financial Internal Rate of Return (財務的内部収益率)
FNPV	Financial Net Present Value (財務的現在価値)
F/S	Feasibility Study (フィージビリティスタディ)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GNI	Gross National Income (国民総所得)
GOZ	Government of Zimbabwe (ジンバブエ国政府)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
JPY	Japanese yen (日本円)
M/P	Master Plan (マスタープラン)
NGO	Non-Governmental Organization (非政府組織)
NRW	Non Revenue Water (無収水)
ODA	Official Development Assistance (政府開発援助)
O&M	Operation and Maintenance (運転・維持管理)
PPP	Public Private Partnership (官民連携)
PSIP	Public Sector Investment Program (公共事業投資プログラム)
SAPROF	Special Assistance for Project Formation (案件形成促進調査)
STP	Sewage Treatment Plant (下水処理場)
STW	Sewage Treatment Works (下水処理場)
TA	Technical Assistance (技術協力)
UNDP	United Nations Development Programme (国連開発計画)
UNICEF	United Nations Children's Fund (ユニセフ)
USD, US\$	United States dollar (米ドル)
VAT	Value Added Tax (消費税)
WB	World Bank (世界銀行)
WHO	World Health Organization (世界保健機構)
WTP	Willingness to Pay (支払い意志)
WTP	Water Treatment Plant (上水処理施設)
WWTP	Wastewater Treatment Plant (下水処理場)
ZIMSTAT	Zimbabwe National Statistic Agency (ジンバブエ国統計局)
ZINWA	Zimbabwe National Water Authority (ジンバブエ国水資源局)
ZSTP	Zengeza Sewage Treatment Plant (ゼンゲザ下水処理場)

目 次

地図
略語表

<第一篇 基礎調査>

第1章 緒言	1
1.1 調査背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査対象地域及び調査範囲	2
1.4 調査実施上の留意点	2
1.5 フィージビリティ・スタディ（F/S）の実施について	3
第2章 調査地区の社会及び物理的特徴	4
2.1 対象地区の概要	4
2.2 調査に関連する組織	5
2.3 調査の対象分野の関連事項	5
2.4 プロジェクト地域の環境の現況	6
第3章 水質管理における法制度及び財務面の現況	7
3.1 法制度	7
3.2 財務状況	7
第4章 水道、下水及び固形廃棄物管理の現況	11
4.1 水道	11
4.1.1 水道システムとハラレ地区の水供給	11
4.1.2 チトゥングザ市の水道施設	12
4.1.3 配水地区の人口	12
4.1.4 対象地区の水消費	12
4.2 下水	13
4.3 廃棄物管理	14
4.3.1 チトゥングザ市の廃棄物管理の現況	14
4.3.2 ハラレ市の廃棄物管理の現況	14
4.3.3 ごみ量・ごみ質調査	15
4.3.4 不法投棄調査	15
4.4 チトゥングザ市の社会経済状況	15
第5章 現状の問題点の検討	17
5.1 水道	17
5.1.1 ハラレ首都圏	17
5.1.2 チトゥングザ市	18
5.2 下水道の問題点	19

5.3 廃棄物管理における現況の問題.....	19
第6章 マニヤメ流域における水量と水質の検討.....	21
6.1 水質環境基準.....	21
6.2 検討方法.....	21
第7章 パイロット・プロジェクト.....	23
7.1 水道.....	23
7.1.1 ハンドポンプ設置.....	23
7.1.2 漏水調査及び水量測定調査.....	24
7.1.3 地下水源調査.....	26
7.2 下水道.....	27
7.2.1 砂発生量調査.....	27
7.2.2 知見.....	28
7.2.3 ゼンゲザ下水処理場における砂量の確認.....	28
7.2.4 将来の砂の流入想定量.....	29
7.2.5 啓発活動.....	29
7.3 廃棄物管理.....	29
7.3.1 パイロットプロジェクト実施方法.....	29
7.3.2 パイロットプロジェクト実施結果.....	30
<第二編 マスタープラン>	
第8章 水道の改善.....	32
8.1 需要予測.....	32
8.2 水資源及び浄水能力と需要との対比.....	32
8.3 ハラレ水道局の改善計画.....	33
8.4 チトウングザ市の水道の改善計画.....	34
8.4.1 水資源の確保.....	34
8.4.2 市の水道施設の改善計画.....	34
8.4.3 2030年の改善計画.....	34
8.4.4 維持管理.....	35
第9章 下水の改善.....	36
第10章 廃棄物管理における改善計画.....	38
10.1 改善計画策定方法.....	38
10.2 廃棄物管理において考えられる改善策.....	38
10.3 廃棄物管理改善計画のための技術オプションの選定及び評価.....	38
10.4 計画フレームワークの設定.....	38
10.4.1 将来ごみ量の推定.....	38
10.4.2 目標収集率及びウエースト・ダイバージョン率の設定.....	39
10.5 機材整備計画.....	39
10.6 施設整備計画.....	40
10.6.1 中間処理施設.....	40

10.6.2 最終処分施設	41
10.7 事業費	42
10.8 実施工程	42
第 11 章 概算事業費	43
11.1 一般事項(積算条件等)	43
11.2 概算事業費	43
11.2.1 建設事業費	43
11.2.2 維持管理費	45
11.3 実施計画	45
第 12 章 財務・経済分析	46
第 13 章 結論と提言	47
13.1 背景	47
13.2 上水道現状分析	47
13.3 下水道現状分析	47
13.4 固形廃棄物現状分析	48
13.5 水循環と水環境の現状分析	48
13.6 水質の現況と将来予測	48
13.7 上水道改善案	49
13.8 下水道施設改善案	49
13.9 廃棄物管理改善案	50
13.10 財務分析	50
13.11 今後の見通しについて	50

図表リスト

第1章	
表 1.1 調査における留意点	2
第2章	
図 2.1 ジンバブエの地形図	4
図 2.2 チトウンギザ市	5
図 2.3 チトウンギザ市役所の組織図	5
図 2.4 マニャメ上流域の概要図	6
表 2.1 マニャメ上流域の水理地質の概要	5
第3章	
表 3.1 2011年度経常予算比較	8
表 3.2 チトウンギザ市とハラレ市の業績指標比較	10
第4章	
図 4.1 チトウンギザの現在の水道システム	12
第5章	
表 5.1 浄水場取水量と取水可能量との比較	17
表 5.2 浄水場の水質(2010年)	17
第6章	
表 6.1 水質変化シミュレーションのシナリオ	21
表 6.2 水質予測結果 チベロ湖	22
表 6.3 水質予測結果 マニャメ湖	22
第7章	
図 7.1 選択地区の位置	23
図 7.2 流量測定点の位置	25
図 7.3 地区「e」の測定結果	25
図 7.4 候補地の位置図	25
表 7.1 試験井戸の揚水試験結果	26
表 7.2 井戸の水質試験結果	27
写真 7.1 エレファントポンプ	23
第8章	
図 8.1 水需要と水資源の対比	33

図 8.2 水需要と浄水能力の対比.....	33
表 8.1 需要予測結果	32
第9章	
表 9.1 ゼンゲザ処理場における必要となる追加的措置	36
表 9.2 プロジェクトコストの検討.....	36
第10章	
図 10.1 廃棄物管理改善計画における事業実施工程	41
表 10.1 廃棄物管理における改善策.....	38
表 10.2 将来推計ごみ発生量.....	39
表 10.3 目標収集率及びダーバージョン率の設定	39
表 10.4 発生源毎の収集システム計画.....	39
表 10.5 目標年度における収集機材数量.....	40
表 10.6 セントラル・コンポスト施設概要	40
表 10.7 資源回収施設概要	41
表 10.8 現オープンダンプサイトの安全閉鎖の概要	41
表 10.9 新規衛生処分場施設概要.....	42
第11章	
表 11.1 上水施設建設事業費（対象年：2020年）	43
表 11.2 上水施設建設事業費（対象年：2030年）	43
表 11.3 上水補足施設建設事業費（緊急）	43
表 11.4 下水施設更新案の建設事業費.....	44
表 11.5 廃棄物管理施設案の建設事業費.....	44
表 11.6 緊急対策事業費.....	45
表 11.7 2020年及び2030年を目標年とする各事業の建設費.....	45
第12章	
表 12.1 マスタープラン事業の内部収益率と現在価値	46

第1章 緒言

1.1 調査背景

1990年代後半から、ハラレ首都圏における人口増加、急速な都市化と産業の振興に伴う生活排水、産業廃水等の増加は圏内の下水処理施設の能力を上回り、同地域における水源であるチペロ湖やマニャメ湖の水源地汚濁が深刻となっている。さらに2000年以降の社会経済インフラの機能不全はチトゥンギザ市の上下水道衛生環境の悪化に直結した。

こうした状況改善のために、我が国は無償資金協力「チトゥンギザ市下水処理施設改善計画」により、下水処理場施設を整備して2000年にジンバブエ国側に引渡しを完了した。しかし、2000年の同国における土地改革以降、急激に経済状況が悪化し、国家全体の社会経済インフラが機能しない状態に陥り、上下水及び廃棄物処理の施設整備、維持管理に十分な予算が確保できなくなった結果、環境悪化をもたらした。

この結果、チトゥンギザ市下水処理施設の維持管理が困難となり、2012年現在において完全に機能不全状態となっている。こうした背景の中で、2008年における同地域内のコレラの発生、上水道原水水質の悪化及びそれに伴う処理費用の増大等のネガティブなインパクトを同社会にもたらしている。政治面では、2000年以降与野党の対立に起因する暴力等への国際的批判が高まり、欧米諸国による経済制裁を受けていた。しかしながら、2008年の連立政権発足を契機に安定化傾向を見せたことから、我が国は人道支援を中心とした二国間援助を限定的に再開することとなった。

こうした背景を踏まえ、JICAは2011年1～2月にかけて「チトゥンギザ市衛生環境改善に係る基礎情報収集・確認調査」を実施し、同市の衛生状況改善を検討するために必要な基礎情報の収集・分析を行った。この調査の結果、チトゥンギザ市では、下水道、廃棄物管理のみならず、上水道施設も十分に機能していない状況が判明した。

これを受けて、ジンバブエ政府は、上下水及び廃棄物処理を含む同市の衛生環境改善のためのマスタープラン(M/P)を作成し、今後の具体的な改善策を検討することが必要であるとの認識のもと、我が国に開発協力型技術協力(ジンバブエ国チトゥンギザ市上下水・廃棄物管理改善プロジェクト)を要請するに至った。この要請の採択を受け、JICAは2011年6月に詳細計画策定調査を実施しプロジェクト内容を固め、これに基づき8月25日にジンバブエ国政府との間で実施細則(S/W)の署名を行った。

1.2 調査の目的

本調査(ジンバブエ国チトゥンギザ市上下水・廃棄物管理改善プロジェクト)では、チトゥン

ギザ市の上下水・廃棄物管理に関する M/P を作成し、うち優先プロジェクトについて F/S を実施する。その結果が、我が国及び他ドナーによる具体的な案件形成の検討過程において活用されると同時にジンバブエ国カウンターパート (C/P) の開発計画策定の能力が強化されることを目的とする。

1.3 調査対象地域及び調査範囲

調査対象地域は、チトゥングザ市全域とする。ただし、後述の通り、衛生環境改善を目的とする M/P 段階においては、汚濁負荷量削減の視点に基づいて、チトゥングザ市域を越えてチベロ湖流域を調査対象 (自然条件・汚濁源 等) とする。これには首都であるハラレ市域及び水源であるチベロ湖が含まれる。

M/P 策定においては、改善策の有効性、施設の運転・維持管理、住民に対する必要な援助、施設整備費及び運転管理費面の観点から分析・評価が行われた。調査は統合管理手法を採用し、乾季及び雨季における表流水の汚濁解析、面源汚染及び廃棄物管理における調査及び解析が実施された。

1.4 調査実施上の留意点

本プロジェクトの留意事項は表 1.1 に示すとおりである。

表 1.1 調査における留意点

留意事項	留意点 (1/2)
1. 実施体制について	・本プロジェクトの C/P はチトゥングザ市役所であり、M/P の作成や F/S の実施に責任を持つ。 ・地方都市の公共事業を管轄する地方政府・都市・農村開発省 (MoLGURD)、上下水道政策を管轄する水資源開発・管理省 (MoWRDM) 等が委員となるステアリングコミティーを設置して、このメンバーとして助言並びに指導を実施する。
2. 調査の工程	・第1年次に基礎情報の収集と分析 (フェーズ I)、M/P の作成 (フェーズ II) を行い、第2年次に F/S の実施 (フェーズ III) を行う事とする。 ・F/S の対象とする優先プロジェクトは 2 件程度とし、対象とする優先プロジェクトについては JICA と相談の上ジンバブエ国側に提示・確認を行う。
3. C/P の能力向上	・M/P 作成、F/S の実施を通じて C/P の能力向上を図るため、上下水、廃棄物分野に関する運営維持管理能力が向上することに留意した業務計画を作成する。
4. パイロットプロジェクトの実施	・M/P の作成に際し、上下水・廃棄物管理の改善を行うに必要な組織強化・人材育成をパイロットプロジェクトとして実施し、その結果の検証、評価を行って M/P に反映させる。
5. 計画の具現化に係る潜在的なドナーの検討	・本業務によって計画されるプロジェクト (群) のうち、優先プロジェクトについては JICA による実施と共に潜在的なドナーからの協力についても検討を行う。 ・現地の各ドナーに対して調査の進捗等をドナーミーティング等の機会を活用して随時情報の提供を行う。
6. 既存下水処理施設の扱い	・無償資金協力により整備された下水処理施設の改修をどのような形で調査対象とするかを、フェーズ I の結果に基づいて検討する。
7. ジンバブエ国既存排水基準の扱い	・ジンバブエ国の現在の経済状況及びインフラ状況では、現行の排水基準を満たすことが困難と判断されることから、下水道計画については多面的に検討を行う。
8. アフリカ開発銀行 (AfDB) の活動との連携	・AfDB がチトゥングザ市における上下水道施設整備の支援を予定していることから、AfDB から情報を収集して、同機関が行う事業を本プロジェクトに反映させるよう配慮を行う。

留意事項	留意点(2/2)
9. 運用・効果指標の提案	<ul style="list-style-type: none"> ・事業効果の定量的・定性的な評価に係る指標の設定に必要な情報・データを収集する。その上で、M/Pで提案するプロジェクト完成2年後を目途とした目標値を設定する。 ・目標の設定に当たっては、将来的にモニタリングが可能であることを確認し、M/Pで提案されるプロジェクトの受益者の範囲等を確認すると共に、直接的なプロジェクト実施の効果のみならず、間接的な効果・開発インパクトについても確認を行う。
10. 経済・財務分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・M/Pで提案されるプロジェクトについて、ジンバブエ国側と協議の上、経済的内部収益率 (EIRR) 及び財務的内部収益率 (FIRR) を算出する。
11. 環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・事業対象地域における環境影響評価等の実施状況、用地取得・住民移転等の状況を正確に確認し、JICAが使用する環境社会配慮ガイドラインに則った対応がなされるよう、適切な支援、提言を行う。 ・事業地の選定に当たっては、用地取得や住民移転など社会配慮面に十分留意して、適切な助言を行う。

1.5 フィージビリティ・スタディ (F/S) の実施について

本プロジェクトのフェーズ I (基礎調査)、フェーズ II (マスタープラン) の実施を通して、チトゥンギザ市の深刻な財政状況問題が顕在化した。それを受けて、ジンバブエ側及び日本側の協議を通して、プロジェクトにおいて将来建設される施設の持続性を保証することを目的に、F/S 実施の前に財政状況の改善・機構改革を観察・確認するための期間を置くこととした。この決定に基づき、フェーズ III である F/S の実施は、チトゥンギザ市財政の建て直しが確認された後に再度検討することとしたため、本報告書は、M/P までをファイナルレポートとしてまとめた。

第2章 調査地区の社会及び物理的特徴

2.1 対象地区の概要

ジンバブエの地形図及び調査対象であるチトゥングザ市の位置を図2.1に示す。



出典：howstuffworks.com 図2.1 ジンバブエ国地形図

ジンバブエの面積は 290,757km² であり我が国よりやや大きい。同国は主要な河川であるザンベジ川とリンポポ川の間の高原に位置し、全体に平坦でその面積の 21%は標高 1200m を上回る。ハラレ市と対象地区であるチトゥングザ市は高原地区に位置する。対象地区は熱帯性気候で 10 月末から 3 月まで雨季である。この地区が属するマニャメ上流域の気温は平均 12~20℃であり、降雨量は 750-900mm である。

ジンバブエは 1980 年に「ジンバブエ共和国」として、57 年間の白人支配独立国の時代を経て独立した。独立後、同国は有名なハイパーインフレーション及びコレラやエイズの流行に見舞われた。しかし、前者はアメリカドル (USD) を導入することで解決し、後者は国の厚生機関と国際援助機関の努力により抑え込むことができた。

同国は 10 の県に分れ、そのうちハラレ県は首都ハラレ市及びチトゥングザ市を含む地区から成る。総人口は 11,632 千人 (2002 年センサス) であり、総平均人口密度は 30 人/km² であるが、ハラレ県の人口密度は 2,134 人/km² に達している。

チトゥングザ市がその市制を獲得したのは 1981 年であるが、大部分の市域は高密度住宅地 (250 人/ha) で構成されており、総人口は 323 千人 (2002 年センサス) である。市内の家屋はほとんどすべて水道管及び下水污水管に接続されており、ごみの収集も実施されている。しかし、水道の給水状況は量・給水時間ともに不足しており、下水については下水処理場及び污水ポンプ

場は劣化・破損により停止している他、廃棄物処理については市内のいたるところに不法廃棄物の集積がある。

2.2 調査に関連する組織

ジンバブエ政府には32の省があるが、そのうち本調査に直接関係するのはカウンターパートとしてのMoLGURDの他、MoWRDM等である。

チトゥンギザ市はハラレ県に含まれ、図2.3に示すように、市長、タウンクラーク（助役）の元に6つの部が構成されている。

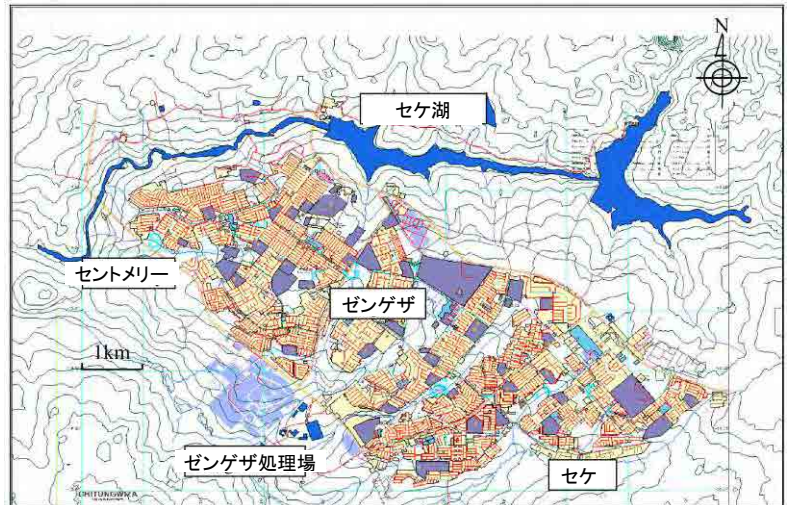


図2.2 チトゥンギザ市

水道・下水課は工務部で管理され、廃棄物は衛生サービス部で管理される。

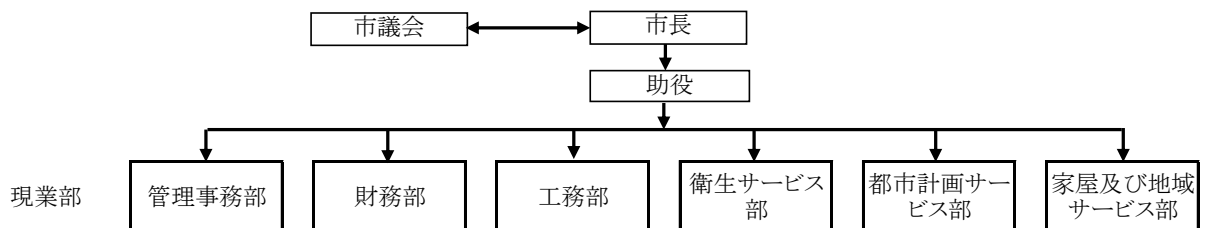


図 2.3 チトゥンギザ市役所の組織図

2.3 調査の対象分野の関連事項

ハラレ県はマニャメ上流域に含まれ、県内の水源を供給する支流域CH4に位置する。その支流域には同県が排出するほとんどの汚水が流入する。流域における主要なダム湖とチトゥンギザ市の位置関係は図2.4に示し、マニャメ上流域の水理地質の概要を表2.1に示す。

表 2.1 マニャメ上流域の水理地質の概要

支流域	流域面積(km ²)	単位流出量 (mm)	貯留量 (百万 m ³)	10% 流出 (百万 m ³)	有効流出量 (%)	降雨量 (mm/y)	蒸発量 (mm/y)
CH4	1,959	83	753	149	91	799	1,631
CH5	1,817	91	90	71	43	821	1,696
計	3,776		842	220			
平均		87			68	809	1,662

支流域 CH4 には、地域の主要な水源になっている2つの大きなチベロ及びマニャメダム湖が位置する。これらのダム湖については、すべての汚水がほとんど処理されずに流入するため、汚染が進んでいる。

歴史的に、ジンバブエの都市部の水道衛生サービスは本来高いレベルかつ高い水準ですべての住民に提供されてきた。しかし、経済的な苦境のため、この状況は悪化し、たとえば都市給水

の供給が 1990 年の 97%から 2008 年の 60%に、衛生
汚水排出に関しては同時期に 99%から 40%に下がっ
ている。

中央政府と都市局及び ZINWA（水資源局）は、水
道・衛生に関するサービスの供給、料金、排出の制
度を含む制度的な改善を策定する“回復期間”を

定めた。この実現のために、このセクターの財務部門が、水道衛生サービス料金の確保、運転・
管理効率の改善の奨励、投資資金の確保等を通じて設立される必要があるとしている。

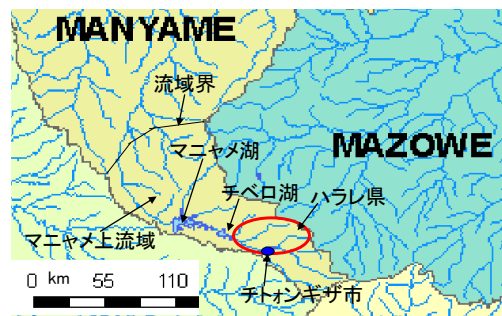


図 2.4 マニャメ上流域の概要図

2.4 プロジェクト地域の環境の現況

水源地域は、下水処理場の未処理排水が流入する地域となっているため、水質悪化が進行して
いる。また、水の供給が定常的に実施されないため、一部の住民は、浅井戸に頼っているが、
これらの浅井戸は、コレラや腸チフスの発生の原因になっている。こうした水質悪化は、地下
水に悪影響を及ぼす恐れのある不適切な汚水の排出や高い地下水位によって一層進展してい
る。環境汚染は、オープンダンプサイトにおける無秩序な投棄や不法投棄によっても引き起こ
されており、これが河川の水質汚濁の一因になっている。

水源地域では、1) 環境管理局（EMA）による表流水及び排水に対するモニタリング計画、2)
チトゥンギザ市保健局（DOH）による地下水に対するモニタリング計画が策定されている。水
質モニタリングに係る問題として、1) 環境省やチトゥンギザ市保健局等行政当局が水質モニ
タリング計画についての総合的な計画をもってない、2) こうした行政当局が水質に係るデー
タベースをもってない、3) 法律や施行規則に規定された遵守事項がほとんど実行されない、
4) 一部の環境基準が未だに設定されてない、さらに、5) 農業、灌漑及び畜産での再利用に向
けた下水処理場の排水に対して微生物学的モニタリングが実施されてないことがあげられる。

マニャメ川上流地域においては、2007 年以降 5 地点の水質監視地点が EMA により設定された。
水質環境基準が設定されてないため、モニタリング結果は、排水基準を用いて評価されたが、
これらの地点での水質は、BOD（生物学的酸素要求量）（全地点超過）、DO（溶存酸素濃度）（2
地点超過）、TSS（総浮遊粒子状物質）（2 地点超過）、TDS（総溶解性物質）（1 地点超過）、リン
酸塩（2 地点超過）、鉄（2 地点超過）及びマンガン（3 地点超過）に示されるように、排水基
準を超過する結果を示した。ゼンゲザ下水処理場の排水下流地点となっているセケ橋やニャツ
メ川における水質は、これらの水質項目の排水基準に適合しない結果となっている。

2012 年に 35 箇所の浅井戸や深井戸に対して水質モニタリングが実施され、このうち、8 箇所
で大腸菌群数、3 箇所で糞便性大腸菌を検出した。他の物理化学水質項目は、3 箇所が硝酸塩
で高い値を示したことを除いて基準内に収まっていた。

第3章 水質管理における法制度及び財務面の現況

3.1 法制度

水質管理においては、中央政府、県、自治体、政府関係機関及びNGOグループ等、様々な組織が関係している。国家レベルでは、水質管理に直接従事している機関が4つあり、水質管理計画や財務管理に関係している機関が2つある。また、いくつかの機関が水質汚濁防止に直接的、間接的に住民に教育や研修活動を行なっている。

下水処理施設の計画、建設及び運転に関する財源は、公共セクター投資計画 (PSIP: Public Sector Investment Programme) 基金 (政府系ローン)、自治体予算、市場で調達される資金及び国際機関からの援助資金があげられる。施設の新設、改修や拡張事業のための資金については、上記 PSIP や外国や国際機関からの援助資金から出される。

政府は、ボトムアップ・システムの策定を目指し、現行政システムの地方分権化を促進させる方針をとっている。社会経済面の発展を目指すため、政府は経済政策、優先順位、プロジェクトや計画の概要を定めた国家開発計画を策定しており、最近では、2011～2015年の中期計画がある。自治体レベルでは、地方開発計画が策定されている。地方自治体は、持続可能な開発及びコミュニティへの権限強化という方針から、地方環境活動実施計画を策定することが求められている。

中央政府及び地方自治体も、法的な権限や義務を果たす時には、国家政策や法制度面の要件を遵守するように求められている。水域環境の保全や湖沼、貯水池、河川、地下水や公衆衛生の水質環境を保全するために、関連の法律、施行規則及びガイドラインの制定が求められている。

環境影響評価制度は、EMA が審査したプロジェクトに対してプロジェクトの実施前に実施される。住民参加は、環境影響評価手続きの要件の一つであり、環境影響評価書案の作成や修正を行う段階での住民参加の実施を規定している。

3.2 財務状況

ジンバブエの財政規模は中央政府の歳出が27億USD (2011年予算) である。これは同年GDPのおよそ3割に相当し、比較的小さな政府であるといえる。歳出のうち人件費が占める割合が52%と高く、その他の経常費用が24%、開発予算への移転が22%となっている。ジンバブエ政府では累積債務の不払いや、西側諸国から受けている経済制裁などにより、新たな国債発行や借款による資金調達が難しい状況にある。そのため政府予算の策定にあたっては、税収などの現金的歳入の範囲内でのみ歳出予算が決められており、基本的に歳出超過となることはない。政府歳入 (2012年実績) は付加価値税 (33%)、個人所得税 (21%)、法人税 (14%)、物品税 (12%)、関税 (11%) などで構成されている。

ジンバブエに対する公的開発援助も限定的である。2012年の1月から9月までの援助額は二国間供与が約4億USD、多国間供与が約2億USDであった。これらの援助資金はおもに信託基金により支払われている。主要な基金としてアフリカ開発銀行が委託管理するZim Fundや国連によるグローバルファンドなどが存在する。ユニセフが調整役となっている上下水道と衛生分野支援グループ (WASH Cluster) による援助は都市部の上下水道施設復旧の分野が多い。

ジンバブエ政府、ハラレ市、チトゥングザ市の経常予算、両市の水道事業、下水道事業、廃棄物管理事業の財政規模の比較を表3.1に示す。

表3.1 2011年度経常予算比較

(百万ドル、予測・計画値)

政府単位	経常歳入	経常歳出	黒字/赤字
ジンバブエ政府	3,020.4	2,744.9 *	275.5
ハラレ市合計	250.4	246.4	4.0
うち水道事業	81.8	103.6	-3.3
うち下水道事業	18.5		
うち廃棄物管理	20.1	20.1	0.0
チ市合計	20.1	24.5	-4.4
うち水道事業	5.9	4.4	1.5
うち下水道事業	2.2	1.6	0.6
うち廃棄物管理	2.9	3.1	-0.2

出所: JICA調査団編集

* 開発予算への配分が含まれる

中央政府と同様に、ハラレ市やチトゥングザ市などの地方自治体においても、現金歳入ベースでの予算策定が行われている。国からの補助としては自治体のインフラ整備投資に充てられる中期ローンである公共部門投資プログラム資金 (PSIP)が存在するが、国の予算枠は限られており、PSIPは自治体にとって限定的な開発予算の資金源にとどまっている。銀行借入や債券発行も困難なため、自治体にとって適正なサービスを提供するために財政資金を確保することが大きな課題となっている。

一方で自治体の主たる歳入源である地方税収入も不安要素を抱えている。ハラレ市では住民のみならず、企業や政府機関までもが地方税を多く滞納しており問題となっている。チトゥングザ市でも状況は同じで、水道などの公共サービスの不備に不満を持つ多くの住民、企業が水道料金や地方税を滞納している。税収不足のため抑制された歳出のなかで、削減の難しい人件費が占める割合が増加し、公共サービスの運営費が不足する。住民は自治体の人件費割合の増加とサービス低下に憤り、税の滞納がさらに増えるという悪循環である。

チトゥンギザ市とハラレ市の上下水道とゴミ収集サービスの月額換算料金比較を行った。ハラレ市は低密度(高収入)地区と高密度(低収入)地区で料率が異なるが、チトゥンギザ市では共通料金である。一ヶ月30m³の水道使用を標準とすると、チトゥンギザ市標準世帯の月間水道料金は15.89USDで、これはハラレ市高密度地区での標準世帯料金15.75USDを僅かに上回っているが、ハラレ市低密度地区での料金28.65USDに比べると約半分である。下水道料金はチトゥンギザ市が一世帯で月額4.51USD、ハラレ市の高密度地区で5.75USD、低密度地区で12.65USDとなっており、チトゥンギザ市の料金はハラレ市高密度地区料金の8割程度、低密度地区料金の3割程度と安い。ゴミ回収料金もチトゥンギザ市のほうが安く、チトゥンギザ市月額3.36USDに対し、ハラレ市高密度地区は7.48USDとチトゥンギザ市の二倍以上、低密度地区では三倍以上の10.93USDである。

その他の公共料金、サービス料金はいずれも上下水道料金、ゴミ回収料金に比べて高額である。世帯あたり月額推定標準電気料金は37.30USD、LPガス代は30USD、薪代は30USDとなっている。チトゥンギザ市とハラレ市の上下水道事業、廃棄物管理事業の業績比較を表3.4.2に示す。おもな着目点は下記の通りである。

- 上下水道の普及率ではチトゥンギザ市が99%とほぼ全域カバー、ハラレ市も80%台と比較的高い。しかし両市とも連続給水が確保されているわけではなく、給水時間は多くの地域で限定されている。また水圧が不足しているなど不完全な給水地域の世帯も給水対象人口に含まれている。
- 上下水道の営業収支比率を見ると、チトゥンギザ市(1.36)では営業収益が費用を上回っているのが良好、ハラレ市(0.97)はその逆で不芳といえる。ハラレ市は浄水施設を運営して自市内への配水を行うと同時に、水道用水をチトゥンギザ市など周辺地域に供給しているが、チトゥンギザ市はハラレ市から供給された用水を市内に配水するのみの営業形態であり、この形態の違いと用水料金が営業収支比率の差に表れている。
- 廃棄物管理事業の営業収支比率はチトゥンギザ市が1.18でハラレ市は1.00である。営業収益がチトゥンギザ市では営業費用を僅かに上回っているが、ハラレ市では営業費用と均衡しているということである。サービス人口一人あたり年間営業費用もチトゥンギザ市は7.57USDでハラレ市の12.71USDに比べて安い。ただし廃棄物管理サービスの充足度が不明なため、コストパフォーマンスの比較は難しい。

表3.2 チトウンギザ市とハラレ市の業績指標比較

指標	チトウンギザ	ハラレ
人口	354,500	1,581,900
水道普及率 (%)	99	85
水道生産量 (m ³ /日)	30,000	640,000
下水道普及率 (%)	99	80
水使用量 (リットル/人/日)	64	205
無収水 (%)	25	57
有収水量1立米あたり営業費用-上下水道(ドル/立米)	0.73	1.03
有収水量1立米あたり営業収入-上下水道(ドル/立米)	1.00	1.00
サービス人口一人あたり年間営業費用-廃棄物管理(ドル/人)	7.57	12.71
サービス人口千人あたり水道事業要員数(人)	0.15	0.83
サービス人口千人あたり廃棄物管理事業要員数(人)	0.49	0.65
水道未収料金回収期間(日)	766	不明
水道料金徴収効率 (%)	65	不明
営業収支比率 - 上下水道	1.36	0.97
営業収支比率 - 廃棄物管理	1.18	1.00

出所: JICA調査団編集

第4章 水道、下水及び固形廃棄物管理の現状

4.1 水道

4.1.1 水道システムとハラレ地区の水供給

ハラレ水道局は、ハラレ市街地・郊外、チトゥンギザ、エプワース及び他の周辺地区に給水している。同水道局の給水人口は2012年センサスの予備集計結果によると2,213千人であり、うちチトゥンギザ市は354,472人である。ハラレ市の水道水源はチベロ、マニヤメ、セケ、ハラバダム湖であり、これらすべてはマニヤメ川流域に位置する。SAPROF 調査 (“Harare Water Supply Project” 1993-1996) によると、2005年までにこれらダムにより15%リスクで537,050 m³/日の水量が得られ、更に高度処理を行える下水処理場の放流水によるリサイクル水163,200 m³/日に加わる。しかし、有名なハイパーインフレーションの後、チトゥンギザのゼンゲザ処理場を含む、マニヤメ流域のすべての高度処理下水処理場は故障し停止した。このことは、150,000 m³/日以上汚水が直接マニヤメ川に直接流入していることを意味し、2012年にはわずか10%程度の高度処理施設が稼働しているのみである。

ハラレ水道局にはプリンス・エドワード (PE) 浄水場及びモートン・ジェフレイ (MJ) 浄水場の2つの浄水場がある。PE 浄水場の計画処理量は90,000 m³/日であるが、実際の処理量は通常は55,000 m³/日、乾季は40,000 m³/日になる。この浄水場はチトゥンギザ市境界からわずか1km北の位置にあり同市水道施設に給水している。この浄水場の原水はセケ及びハラバダム湖から取水しているが、その合計容量(12.5百万 m³)が小さいため、取水可能量は浄水量に対し十分ではない。

浄水場は1950年に完成し、1973年に拡張改修されているが、適切な更新を欠いてきたこともあって施設が老朽化していた。しかし、主要な施設については一部、2009年から2012年にかけてドナーにより更新・改修された。本浄水場は、スラジブランケットタイプの沈殿池と急速ろ過池を設置し、水源の著しい汚染のために硫酸バンド、ソーダ灰、塩素や凝集助剤に加え粉末活性炭を注入している。もし、PE 浄水場が停電または水源の枯渇によって停止すると、チトゥンギザ市より標高の高いハラレ市東部から自然流下で同市内に給水される。MJ 浄水場はハラレ水道局の主要水源であり、実浄水量は計画処理量600,000 m³/日(内80,000 m³/日は故障中)に対し585,000 m³/日とされる。

原水はチベロダム湖(60%取水)及びマニヤメダム湖(40%取水)であり、流域のほとんどの排出された汚水が無処理で流入するためひどく汚染されている。大部分の処理水は4本の送水管によってワレンコントロールポンプ場に移送され、その後市内全体に配水される。この水はチトゥンギザ市に対してはPE 浄水場が停止している時のみ給水される。

4.1.2 チトゥンギザ市の水道施設

先に述べたように、チトゥンギザ市は原則として PE 浄水場から給水を受けており、平均給水量は水量測定結果から 30,000m³/日である。図 4.1 は、市内の現在の送・配水システムの構成を示す。このシステムは特異な仕組みで、本来、PE 浄水場の処理水はすべて一旦セケ配水場の地上配水池に流入し、その後配水池から直接または高架水槽から市内の高所へ配水するべきであるのに対し、実際、大部分の水は PE 浄水場内の送水ポンプから直接市内へ圧送している。地上配水池は高架水槽への揚水ポンプのポンプピットとしてのみ使用されており、このことで配水池の約 41,000m³/日の容量は水量の調整に使われていない。配水流量は需要に応じて刻々と変化するべきであるのに対し、実際はポンプによる圧送であるため定量となっている。

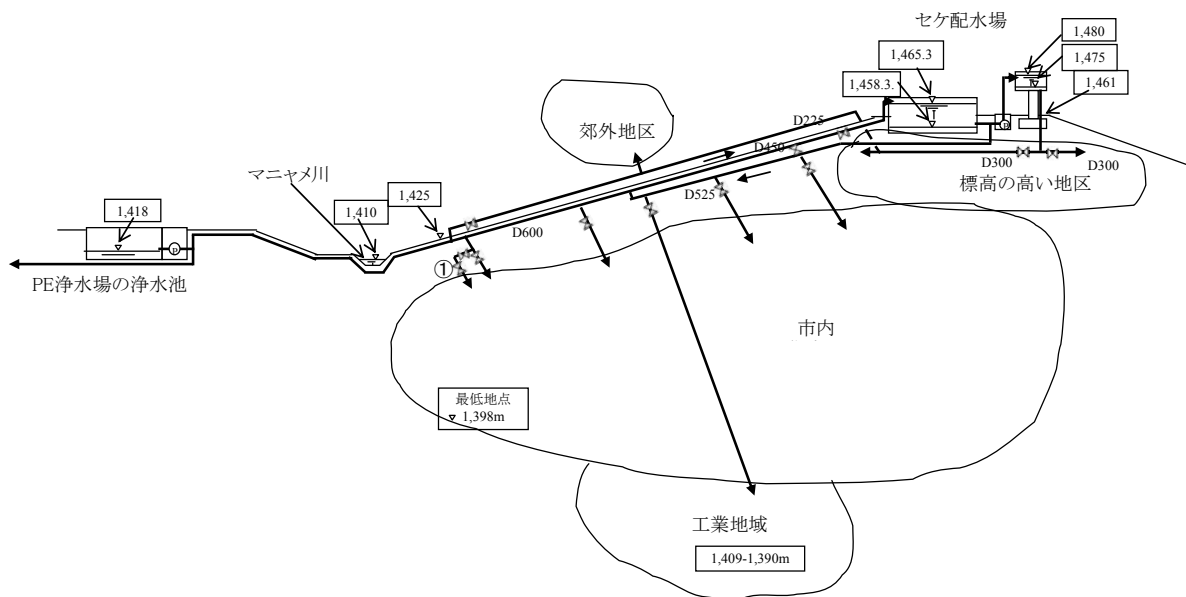


図 4.1 チトゥンギザの現在の水道システム

このような水道システムと不足する市内への給水量のために、市内の給水状況は非常に劣悪である。市内の半分の人口は週間の半分以下の日数しか給水を受けていない。

4.1.3 配水地区の人口

ハラレ首都圏の現在の人口は、ハラレ水道局は現状の給水人口を 4,500 千人と想定しているが、2012 年センサスによりチトゥンギザ市の 354.5 千人を含んで、2,213 千人となった。チトゥンギザ市ではその人口推定のため、グーグルマップで家屋数を数え、現地調査で 1 戸当たりの平均住民数を調査したが、この結果 337 千人はセンサスの結果に近似している。

4.1.4 対象地区の水消費

ハラレ水道局の給水地区において、現状の浄水量は MJ 浄水場及び PE 浄水場合計で平常時に 640,000 m³/日であり、一方で水需要量は 374,000 m³/日 (家庭: 252,000, 工業: 90,000 and 商業/官庁: 32,000) である。ハラレ水道局は無収水量率を 57% と推定しているため、配水量は 870,000m³/日が必要になるため、現状の浄水量は需要に対して十分でない。

チトウンギザ市水道課はハラレ水道局から給水を受けているが、その平均受水量 $30,000\text{m}^3/\text{日}$ は需要に合わせているわけではなく、ハラレ水道局の都合で操作されている。市内の家庭給水量の記録は検針をほとんど定期的に行っていないため信頼できないが、商業/官庁及び工業等の使用量は大体検針の結果に基づいているため比較的信頼できる。従って、一部の地区での給水量調査結果から一人当たり平均給水量を算出すると、 $56\text{L}/\text{人}/\text{日}$ となって、人口 354.5 千人を乗じると $19,800\text{m}^3/\text{日}$ になる。これに対し給水量 $30,000\text{m}^3/\text{日}$ として事業用水 $2,200\text{m}^3/\text{日}$ を考慮すると、漏水率は約 27% と計算される。一方、市内にある深井戸 50 数本及び浅井戸 3,000 本以上をフルに活用すると住民への全給水量は $22,760\text{m}^3/\text{日}$ となって、単位給水量は約 $64\text{L}/\text{人}/\text{日}$ となる。

4.2 下水

(1) 下水道整備状況

チトウンギザ市は、全面積 $1,519.5\text{ ha}$ であり、以下の 4 地区からなっている: St. Mary's, Zengeza、セケ、Tilcor 工業地帯。これらの地区は下水道整備が完了しているものの、一部の地区はポンプ場 (4 か所) の故障・管渠の閉塞等により下水処理場に接続されていなかった。現在ポンプ場・管渠の一部は AfDB による AWF プロジェクト¹の結果リハビリテーションが完了し、下水処理場についても Zim Fund²プロジェクトにより改修中である。これらの改修が完了すれば、チトウンギザ市の下水のほとんどは、散水ろ床法による処理を受け、放流水は流域外の農場に牧草用の灌漑用水として送水される予定である。この結果、チトウンギザ市由来の汚濁負荷のほとんどは流域から除かれるものと考えられる。

(2) 管渠・ポンプ場

チトウンギザ市の中のセントメリー地区、セケ・ノース地区、及びセケ・サウス地区の一部は、管渠の閉塞・ポンプ場の故障により下水処理場に接続されていなかった。この原因の一つは、管渠内への砂の堆積である。これは住民が調理器具等の洗浄に砂を使用するためである。チトウンギザ市では AWF プロジェクトにおいて管渠・汚水ポンプ場のリハビリが実施された。

(3) 下水処理場

チトウンギザ市にはゼンゲザ下水処理場が既設であり、その中に 2 つの下水処理施設がある: 1978 年に建設が開始された旧施設、散水ろ床法 ($20,000\text{m}^3/\text{日}$) 及び日本 ODA により建設された BNR³施設 ($20,000\text{m}^3/\text{日}$)。ゼンゲザ下水処理場が故障・破損のため稼働を停止しているため、下水は全量が河川に未処理で放流されている。既設の旧散水ろ床施設について Zim Fund のプロジェクトにより改修中である。

¹ アフリカ開発銀行の無償資金協力 (African Water Facility)

² アフリカ開発銀行管理のマルチドナーファンド

³ 生物学的栄養塩除去プロセス (Biological Nutrient Removal)

BNR 施設については、躯体等は比較的健全な状態にあると判断され、このため設備等の補修・交換を実施すれば復旧は可能と考えられる。ただし、維持管理コスト・維持管理作業の難しさから、BNR としての復旧再使用は困難と考えられる。

4.3 廃棄物管理

4.3.1 チトウンギザ市の廃棄物管理の現況

(1) 廃棄物管理の実施組織

チトウンギザ市の廃棄物管理は、現在、市保健部の廃棄物管理セクションで実施されている。

(2) 収集・運搬システムの現況

チトウンギザ市の収集システムは、道路際に各家庭が排出した袋を市の収集トラックによる住宅地域における戸別回収と商業地域等に配置されるコンテナ内の廃棄物をコンテナ車が収集するコンテナ収集と、大きく分かれる。収集されたごみは、現在運用されている市中心部から約3～5km離れたオープンダンプサイトまで運搬されている。

(3) 最終処分場

1) 既存オープンダンプサイト

チトウンギザ市の最終処分場は、市中心部から約 3～5km に位置する。最終処分場は、台貫（トラックスケール）、管理事務所、フェンス、雨水排水施設、浸出水処理施設及び遮水シートを設置されてない、オープンダンプサイトである。

2) 新規最終処分場計画

チトウンギザ市は、市中心部から約 4.5km 離れた位置に国有地である約 38ha の新規最終処分場の候補地を含む土地利用計画を策定している。この最終処分場候補地は、住宅地や学校に近接するため、採取処分場としては不適と考える。

(4) リサイクル及び中間処理

チトウンギザ市においては、1つのグループが資源の回収を行っており、プラスチック類やガラス類の回収を行っており、こうした有価物をハラレにある業者に販売している。

4.3.2 ハラレ市の廃棄物管理の現況

ハラレ市の廃棄物管理は、アメニティ部に属する廃棄物管理及び最終処分セクションにより行われており、総勢、1,030 人のスタッフが廃棄物管理に従事している。

住宅地域では、戸別訪問による収集が行われ、商工業地域では、コンテナ収集が行われている。しかしながら、チトウンギザ市と異なり、住宅地域では、コンパクター車による収集が行われている。

市の最終処分場は、市中心部から北に約 10～15km に位置する。最終処分場は、フェンス、遮水シ機能、台貫、雨水排水施設及び浸出水処理施設のないオープンダンプサイトである。処分

場内には、ウエスト・ピッカーがごみを拾っている。

4.3.3 ごみ量・ごみ質調査

(1) ごみ量

住宅ごみ及び事業系ごみ発生量原単位

住宅ごみ及び事業系ごみの発生量原単位は、各々、平均、0.43 kg/人/日及び 2,283.4 kg/事業所/日であった。

チトゥンギザ市ごみ発生量

チトゥンギザ市の1日当たりの推定ごみ発生量は、187.5 t/日であり、その多くは住宅地域からの発生である。

(2) ごみ質

チトゥンギザ市のごみ発生量のほとんどを占める住宅ごみのごみ質のうち、中高所得者地域のごみ質は、厨芥ごみが殆どを占め、低所得者地域のごみ質は、剪定ごみが多くを占めていた。

4.3.4 不法投棄調査

チトゥンギザ市全体で 390 箇所の不法投棄場が確認された。そのほとんどは、ゼンゲザ地区であり、セケ・サウス地区が次に占めた。不法投棄場は、総面積で約 100,000m²、総量で 60,000m³の規模が推定された。

4.4 チトゥンギザ市の社会経済状況

チトゥンギザ市の平均世帯人員は約 6 人であり、中央値は 5 人/世帯となっている。概して、多くの家では 3 世帯の家族によって占められ、中央値は 2 世帯となっている。世帯主の月額収入は、250～500USD の範囲にあり、平均で 390.16 USD となっており、世帯主の月額収入の中央値は、200 USD となっている。世帯当たりの月平均支出額は 334.51 USD であり、支出額の中央値は 299.00 USD となっている。

ほとんどの家庭は、水道管と接続しており、漂白剤や塩素を付加することにより飲料水として利用している。多くの世帯は、水道を利用できない機関があることを認識しており、その場合、代替の水源として浅井戸を利用している。

1 世帯当たりの平均水消費量は、100～200 L の範囲である。1 人当たりの平均水消費量は、16.7 L/人/日で、この値は、WHO における必要最小水量の勧告値、20 L/人/日に対しても低い数値となっている。水消費量が低い世帯数の割合は 55% (50～100 L/人/世帯が 39%、50 L/人/世帯未満が 16%) となっており、これは、人口の半分が、16.7 L/人/日未満の消費に過ぎないことを示している。

世帯数の 97% が、水の供給サービスに対して支払う意思のあることを示しており、支払意思額

の月額平均値は 17.09 USD/世帯/月で、中央値は、15.0 USD/世帯/月となっている。半数の世帯は水洗トイレを利用しているが、必ずしも給水がいつもあるとは限らないので、その場合はバケツを使っている。ほとんどの世帯では、破損した下水管からの汚水が敷地周辺に垂れ流しになっている。衛生面から、多くの世帯ではトイレの使用後や食前の手洗いを実施している。最も頻繁に発生している水因性の病気は、腸チフスとコレラである。半数以上の世帯が、健康や衛生面での教育を受けていない。

事業所に対する社会経済意識調査の結果は以下のとおりとなっている。廃棄物が主たる排出物であり、汚濁物質を含む廃水は多くの場合、食品工場で発生している。周辺河川に放流する前に処理を行なっている食品工場は1社のみであり、他の1社はプロセス排水のリサイクルを行い畜産用の飼料を製造する工場に販売しており、他の食品工場は無処理で周辺の排水路に直接放流している。

事業所で発生する廃棄物の多くは、市役所の収集サービスにより収集・処分されている。リサイクルを行なっている事業所はほとんどない。ほとんどの事業所においては市から供給される水道水が事業活動に対する主要供給元であり、住宅地域と異なり、ほとんど、一日中断されることなく供給されている。一部の事業所では、コストがかかるが、他の代替水源を確保することを検討している。水の購買単価は、1,000 L 当たり 120~260 USD となっている。事業所の多くは、水洗トイレを利用している。トイレの設備をもっていない事業所は、一部のレストランに限られている。概して、事業所は市の下水管に接続しており、接続していない事業所は、腐敗槽を使っている。全体として、事業所は衛生教育を受けており、調査した会社全ては、腸チフス、コレラ及び下痢等の水因性の病気の原因や予防について認識している。これらの事業所は、こうした水因性の病気の原因が、汚染された水や食品及び不適切な衛生管理にあると把握している。

事業所の多くは、チトゥンギザ市に供給される水源については把握していないが、一部の事業所は、水源が汚染されていることを認識しており、水処理施設を設置すべきだと考えている。全ての事業所からは水汚染の原因についての回答を得られなかった。

水汚染に対する対策として、事業所からは、1) 工場での1次処理の実施、2) 市による不法投棄に対する規制強化、3) 排出に対する支払の強化、4) 下水処理システムの改善、5) 汚水や廃棄物に対する確実な収集及び6) 環境汚染に対する予算措置 といった提案が回答された。

第5章 現状の問題点の検討

5.1 水道

5.1.1 ハラレ首都圏

ハラレ首都圏の水道に関する主要な問題点は以下の通り。

(1) 水源の不足と汚染

ハラレ水道局の浄水場の水源は、モートン・ジェフレイ (MJ) 浄水場のチベロ、マニャメ・ダム湖及びプリンス・エドワード (PE) 浄水場のセケ、ハラバ・ダム湖である。浄水場の取水量と取水可能量との対比を表5.1.に示す。

表5.1 浄水場取水量と取水可能量との比較

浄水場/項目	取水量 (千 m ³ /日)		取水可能量 (千 m ³ /日)			容量 (百万 m ³)	貯留時間 (年)	
	計画	実	4%	10%	20%		Design	Actual
モートン・ジェフレイ	630	643.5*1	422.7	559.6	743.1	727.4	3.16	3.62
プリンス・エドワード	95	60-45*2	13.9	26.4	31.5	12.6	0.36	0.63

*1: 浄水量585,000 m³/日 (2011年) × 1.1 = 643,500 m³/日

*2: 平常期取水量60,000m³/日、一方乾期 45,000m³/日

MJ浄水場に関し10%リスクのダム湖取水量と下水高度処理リサイクル量 を合わせて759,600m³/日 の取水可能量、PE浄水場は20%リスクの取水量として31,800m³/日は取水できると考えられる。この場合、MJ浄水場の水源量は十分であるが、PE浄水場は不足する。

しかし、給水区域の日平均需要量374,000 m³/日及び日最大430,000m³/日と、無収水率57%を考慮すると必要な配水量 (浄水量) は、実際の 640,000m³/日に対して、日平均、日最大それぞれ813,000m³/日及び932,000m³/日となる。従って、配水量が大幅に不足するのでクンズイ・ダム開発計画 (開発水量は約200千m³/日) はハラレ水道局にとって最も優先度の高い計画に位置付けられている。

表 5.2 浄水場の水質 (2010 年)

MJ浄水場の水源は、チベロ湖 (60%)、マニャメ湖 (40%) であるが、チベロ湖には4.1章に述べたようにハラレ首都圏からのほとんどの汚水が処理なしにマニャメ川を通じて直接流入する一方、マニャメ湖には雨季のみチベロ湖の越流水といくつかの河川水が流入する。これが、チベロ湖の汚染が極端にひどい一方で、マニャメ湖の汚染が限定的である理由である。セケ、ハラバ・ダムの上流域の都市化はそれほど進んでいないので、これらのダム湖の水質汚濁はチベロ・マニャメ湖ほどには進んでいない。

項目/浄水場	MJ 平均	PE 平均
pH	8	7.3
全固形物 (mg/l)	266	152
溶解物質 (mg/l)	258.9	100.1
懸濁物 (mg/l)	56.4	78.9
濁度 (NTU)	19.5	3.6
色度 (Hazen Units)	>70	30
全硬度 (mg/l CaCO ₃)	152	61
溶存酸素 Dissolved Oxygen	1.9	5.9
BOD ₅	1.1	1.2
遊離アンモニア NH ₃ (N)	0.61	TR
鉄 (mg/l Fe)	Nil	Nil
マンガン (mg/l Mn)	0.17	0.135
伝導度 (ms/m)	303	143
水温 °C	26.8	24.7

(2) 老朽化した施設と不十分な修理や更新

PE浄水場では2009年から2012の間に主要な施設は更新または修理がなされたので、自動機能やモニタリング機能は回復することは無かったものの、その実質的な処理能力 $55,000\text{m}^3/\text{日}$ は担保された。

MJ浄水場の最も古い第1プラントの半分は、老朽化のため運転していないことから水不足に拍車をかけている。加えて他のプラントの施設も老朽化が進んでいることから、ハラレ水道局経営層は、更新計画を策定し必要な資金を調達のため努力し、下水を含む処理場とポンプ場更新のための中国の融資を受けることが出来た。

送水及び配水管の関連施設も、無収水率57%にもなることに示されるように、極端に老朽化しているため、ハラレ水道局は同様に更新計画を策定している。これらの著しい老朽化は予算の不足による不十分な維持管理と修理が継続してきた結果である。

5.1.2 チトゥンギザ市

(1) 不十分な市内への給水量

頻発する断水の原因は、ハラレ水道局が意図して行う場合と、単純に水が不足することによる場合と両方ある。もし、同市が $36,000\text{m}^3/\text{日}$ の給水を確保できれば、同時にではないにせよ市内全体に配水が可能である。最も大きな問題は、給水料金のハラレ水道局に対する滞納による意図的な給水量の減少またはハラレ自体の水不足による量の絞り込みである。

(2) 未完成の送配水施設

チトゥンギザ市内では、配水は基本的にはPE浄水場からセケ配水池への送水管から分岐した配水枝管により行われるが、もし供給水を地上配水池に送水する場合は圧力を上げるために配水枝管の弁を閉める必要がある。本来、配水池は変化する水需要に合わせて給水量を変化させるための調整の他の役割を果たすものなので、本システムは未完成であることになる。しかも、既存配水管に関する平常時の最大流量 $45,000\text{m}^3/\text{日}$ での水理計算の結果は、多くの配管で負の圧力が生じるので、もし十分な水量が得られても、市内に多くの配水できない地区があることになる。

(3) 不十分な施設の維持管理及び低い料金徴収率

市が管理する水道施設は、送水管とさまざまなバルブ類、4基の地上配水池、揚水ポンプ場及び高架水槽に加えて 50mm ～ 525mm に渡る配水管から成る送配水施設である。これらの施設の内、ポンプ場は老朽化が非常に進み、他にも故障しているバルブもあり古い管で詰まっているものもある。2011年の市の水道課の料金収入は、予算が 5.5 ～ 5.7 百万USDに対し 3.7 ～ 3.9 百万USD/年であるが、ハラレからの給水料金は約 3.4 百万USDである。他の水道課の費用は約 0.6 百万USDであるため、実際の収入は必要費用である 4.0 ～ 4.3 百万USDに対し十分でない。

市は、過去3年間の給水の請求額12.7百万USDに対し、わずか1.2百万USDしか払っていないので2013年の2月の段階で11.5百万USDの給水料金の不払いを抱えている。

5.2 下水道の問題点

(1) 流域内下水道の機能回復

ハラレ、チトゥンギザ、エプワース、ノートン、ルワの5自治体のうちルワを除いて下水道施設がある。

ハラレにおいては、施設容量は約200,000m³/日、施設の60%がBNRで、残りが散水ろ床法である。ただし、BNRはすべて停止中である。また散水ろ床施設の大部分が稼働指定ない。放流水は灌漑用水として送水される量以外はすべて河川放流である。チトゥンギザ市ではゼンゲザ処理場があり、BNR及び散水ろ床法があるが両者とも稼働していない。約34,000m³/日の未処理の生下水の河川放流が続いている。その他、ノートンでは散水ろ床施設が非稼働となっている。ルワにおいては酸化池が設置されているが、管理が不十分で、機能を果たしていない。

6章における汚濁解析の結果にあるとおり、一刻も早くこれらの施設の稼働が望まれるところである。また、結果に示される通り、ハラレの影響が最も大きく、ハラレの下水道施設のリハビリが最も望まれる。

(2) 水質モニタリング

ジンバブエ国内での水質モニタリング及びその結果に基づく規制等が機能していない。下水道施設のリハビリとともに、水質モニタリングが必要である。

(3) 管渠施設リハビリテーション

チトゥンギザ市では、AWFプロジェクト等により管渠・ポンプ場の改修が行われた。工業地帯であるティルコー地区の管渠が破損しており、下水の垂れ流しが続いている。この地区については今後、Zim Fundプロジェクトの中で扱うことになっているが、確実に実施することが求められる。

(4) 管渠内の砂の堆積

砂の堆積による下水の管渠からの溢れ出しが起こっているため、管渠内の砂の除去を行う必要がある。原因は家庭内の砂による食器洗浄と想定されるため、管渠内の砂の除去に加えて、砂の使用の規制・住民啓発を行う必要があると考えられる。

5.3 廃棄物管理における現況の問題

(1) 不法投棄

ごみの不法投棄がチトゥンギザ市の至るところで確認された。住民の意識欠如、市の収集サービスのアクセス上の問題、市の収集能力の不足及び不法投棄削減に対する市の統括的な計画のなさ等が、原因として考えられる。

(2) 廃棄物の収集・運搬

1) 収集・運搬能力の欠如

チトゥンギザ市が保有する収集車は調達後10年以上を経過しており、そのほとんどは故障しているか機能不全となっている。市におけるごみ発生量に対する収集率は36%と少なく、市の収集能力が欠如していることを示している。

2) 収集頻度

住宅地域におけるチトゥンギザ市の収集サービスにおける収集頻度は、週1回となっており、衛生上問題となっている。

3) 運営・維持管理能力の欠如

適切な収集サービスを行う上で、収集車に運転に必要な燃料が常時供給されてない。廃棄物管理に必要な予算が確保されていない。

(3) 最終処分場

現最終処分場は、フェンス、台貫（トラックスケール）、浸出水処理施設及び遮水機能のなく、また、病害虫管理に必要な覆土が行われていないオープンダンプサイトである。場内には、ウエースト・ピッカーがごみをあさっており、健康リスクへの影響が懸念される。市はEMAから改善命令を受けているが、具体的な実施計画はない。

第6章 マニャメ流域における水量と水質の検討

6.1 水質環境基準

ジンバブエにおいては、水質環境基準は制定されていない。現在は下水処理場の放流基準が代用されている。今後の制定の予定はない。

6.2 検討方法

水質環境の変化について以下の通り、5つのシナリオを想定し、水質改善のシミュレーションを行った。

表6.1 水質変化シミュレーションのシナリオ

シナリオ名	内容及び説明
シナリオ0	何も改修しない
シナリオ1	緊急的措置 Crowborough 下水処理場、Firle 下水処理場の BNR 及び散水ろ床の改修 (Zim Fund)、ゼンゲザ下水処理場の散水ろ床 (AWF)、及び Norton、Ruwa 下水処理場の改修
シナリオ2	BNR 法へのアップグレード Firle、Crowborough、ゼンゲザ下水処理場すべての下水を BNR 法で処理
シナリオ3	下水の農地灌漑使用
シナリオ4	ゼンゲザ下水処理場 (チトゥンギザ市) “以外” の改修

計算の結果は表 6.2 以降に示す。これによると、いずれの指標においても、何も処置を施さないシナリオ 0 が当然のことながら水質の悪化が予想される。一方、シナリオ 1~4 の比較においては、シナリオ 3 において、若干の優位性がみられるが、大差はないとの予想となっている。同様に、チトゥンギザ市のゼンゲザ下水処理場を改修しないシナリオ 4 においても、水質には大きな影響はない。

これらから、水系の水質を改善するためには、まずはハラレ市からの下水の処理をすることが優先であり、その処理方法は必ずしも BNR 法にこだわる必要はないと判断される。

表 6.2 水質予測結果 チベロ湖

Items	Scenario Number	Water Quality (mg/L)		
		2012	2020	2030
COD	Scenario 0	9.2	9.5	10.2
	Scenario 1		8.3	8.3
	Scenario 2		8.5	8.5
	Scenario 3		8.1	8.1
	Scenario 4		8.4	8.4
T-N	Scenario 0	9.0	9.1	9.6
	Scenario 1		8.6	8.7
	Scenario 2		8.9	9.0
	Scenario 3		8.4	8.4
	Scenario 4		8.7	8.7
T-P	Scenario 0	0.7	0.7	0.7
	Scenario 1		0.7	0.7
	Scenario 2		0.7	0.7
	Scenario 3		0.7	0.7
	Scenario 4		0.7	0.7

表 6.3 水質予測結果マニャメ湖

Items	Scenario Number	Water Quality (mg/L)		
		2012	2020	2030
COD	Scenario 0	17.5	17.8	18.5
	Scenario 1		16.7	16.7
	Scenario 2		16.9	16.9
	Scenario 3		16.5	16.5
	Scenario 4		16.8	16.8
T-N	Scenario 0	17.8	17.9	18.4
	Scenario 1		17.4	17.4
	Scenario 2		17.6	17.7
	Scenario 3		17.2	17.2
	Scenario 4		17.4	17.5
T-P	Scenario 0	1.5	1.5	1.5
	Scenario 1		1.4	1.4
	Scenario 2		1.4	1.5
	Scenario 3		1.4	1.4
	Scenario 4		1.4	1.4

第7章 パイロット・プロジェクト

7.1 水道

7.1.1 ハンドポンプ設置

チトウンギザ市には 3,000 を超える井戸が設置されている。ほとんどの井戸はバケツをロープで吊るして汲みあげているが、これは大変非効率的で非衛生的である。調査団はハンドポンプを設置することで、この非効率性と非衛生性の改善を計画した。選択した地区は、水道による給水は週に数時間に過ぎず、多くの井戸があって井戸の汲み上げ可能量が比較的多い図 7.1 に示すユニット L とした。



図 7.1 選択地区の位置

対象地区では、1)揚水可能量が比較的大きい、2)周辺の家が当該井戸を利用している、を条件として 10 か所の井戸が選定された。また、写真の「エレファントポンプ」が地域に普及し、かつ一般的な部品で構成されて、かつ市内で製作されていることから設置するポンプとして選ばれた。設置の前後に、アンケートが行われると共に、水質の問題や基本的な使用上のマナーを含む広報が行われた。

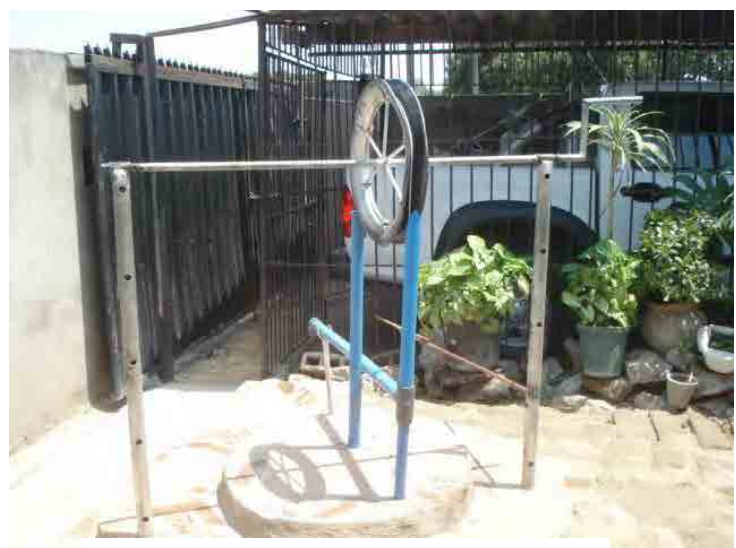


写真 7.1 エレファントポンプ

アンケート結果を分析した結果を、対象の井戸を用いている家族の特徴等を含めて以下に要約する。

- 1) 各井戸を用いている家族数は7~30 (平均 16.4)
- 2) 調査対象家族は全 164 の内 68 で 41.4%
- 3) 調査対象家庭の平均人数は 8.7 人
- 4) 各井戸の揚水量は 284 L/日
- 5) 平均の井戸の水汲み時間は 55.4 分
- 6) 飲み水の衛生及び安全に関し、57%の人々は地区のマーケットから買うか又はドナーから無料で配られた殺菌錠剤を用いている

ハンドポンプ取り付け後以下のように効果が確認された。

- 1) 水の消費量は 1.17 倍と少し増加した (333/284L)
- 2) 所要時間は 0.36 倍と大幅に短くなった (19.6/55.4 分)
- 3) 消毒錠剤の使用率は配布されたリーフレットによっては変らなかった
- 4) いくつかの家族は設置したポンプの低品質に抗議したが、当チームの要求に応じて調整後は収まった

7.1.2 漏水調査及び水量測定調査

(1) 方法

漏水量調査のため、2 か所について夜間水量測定が行われた。夜間には水道水の使用量はわずかであるため、ある地区の夜間の流量は漏水とみなせるものとした。

また、市の水道課の要望に応じて、各枝線の流量測定が行われた。チトゥンギザ市についてはプリンス・エドワード (PE) 浄水場からの市内への送水量は、送水管の場内 1 か所でのみ測定されているが、これは本調査における測定結果を分析するため非常に重要なデータになる。

当初、2 台の超音波流量計を使う計画であったが、残念ながら日本から持ち込んだ流量計は結局使えなかったため、地元の専門家が用いる流量計 1 台のみによる測定となった。測定点は図 7.2 に示す通りであり、「e」と「f」は配水管が閉じている地区の入り口の管の位置であり、その流量を測ることで漏水調査を行った。測定点①~⑩は当初選ばれた測定点であったが、使える流量計が 1 台になったためと、測定した週の市内への給水量が低流量であったために、実際は①~⑤及び⑧のみが測定された。

(2) 調査結果

1) 漏水調査

「e」地区は 1980 年代後半に建設された住宅団地であり、他の地区に比べ常時配水されてきた地区である。これは、この地区への配水枝管のバルブが開いた状態で固定されて故障していたことによるものであるが、8 月にこのバルブが更新されたため、他の地区へのバルブと同様に必要に応じて市職員により閉められることになった。

「f」地区は 1976 年建設の市内最大の病院と住宅団地から成り、その病院のために市内でも水供給の第 1 優先地区になっており、同地区へ配水するバルブ⑤は完全に閉められることはない。

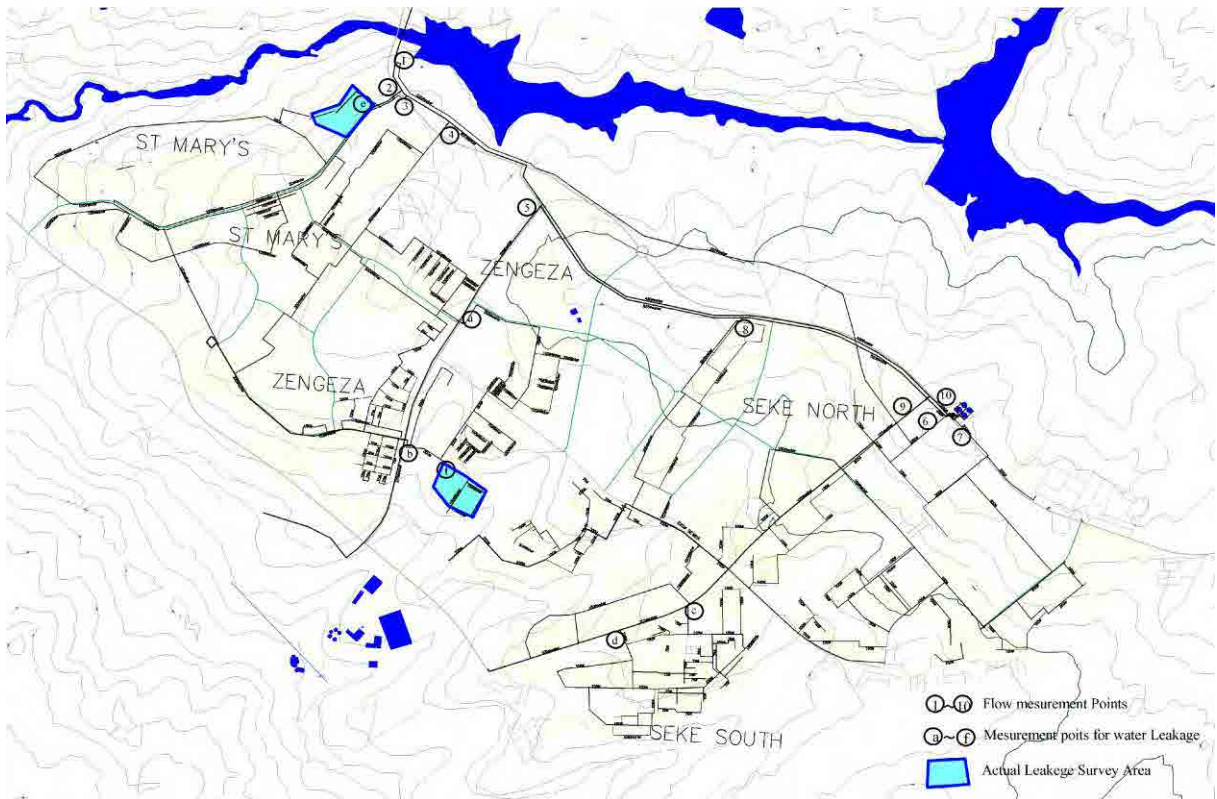


図 7.2 流量測定点の位置

漏水調査のための流量測定結果は「e」地区について図 7.3 に例として示す。夜間に流量は歴然と減少することを確認し、日平均水量は 2 時間ごとの測定で確認した。図から、夜間流量が漏水とすれば、漏水率は以下の通りとなる

地区「e」：最小流量 4.5m³/時/日
 平均流量 14.5m³/時 = 31.0%
 地区「f」：最小流量 6.5m³/時/日
 平均流量 20.5m³/時 = 31.7%

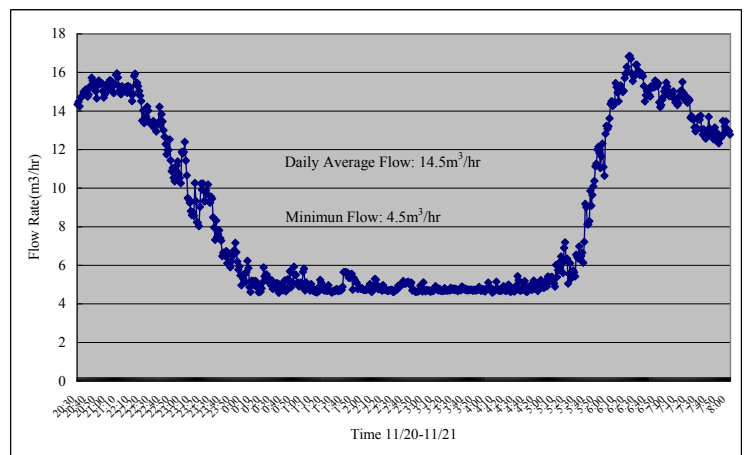


図 7.3 地区「e」の測定結果

2) 流量測定結果

測定した週には低流量であったため給水は配水池に到達できず、また標高の高い地区に届かなかった。枝管の流量は、流量が少なく、バルブ⑤が完全に閉められることが無かったため、限られた枝線のみしか測定できず、計画したいろんな条件での測定も出来なかった。市内への流量は月曜日から木曜日が 15,000m³/日、週末金曜日になって 18,000m³/日となった。流量は枝管⑤が最大 400m³/日、他は 100~300m³/日であった。

7.1.3 地下水源調査

チトゥンギザ市には、3,000の浅井戸と約50の深井戸があり、週に数時間しか給水されないセケ北地区及びセケ南地区及びゼンゲザ地区の東寄りに住む人々に主として使われている。これらの井戸は乾季であっても日々の使用により空になることはない。従って、調査団は市の周辺で地下水源調査を行った。現地の水理地質専門家を雇用した調査の結果、試験井戸が掘られ揚水試験が行われたが有用な地下水源は見いだせなかった。そこで、他の専門家を雇って再調査を行い、図7.4に示すような候補地が示され、候補地3について電気抵抗試験が行われその内の最も有望と思われる3地点に試験井戸が掘られた。

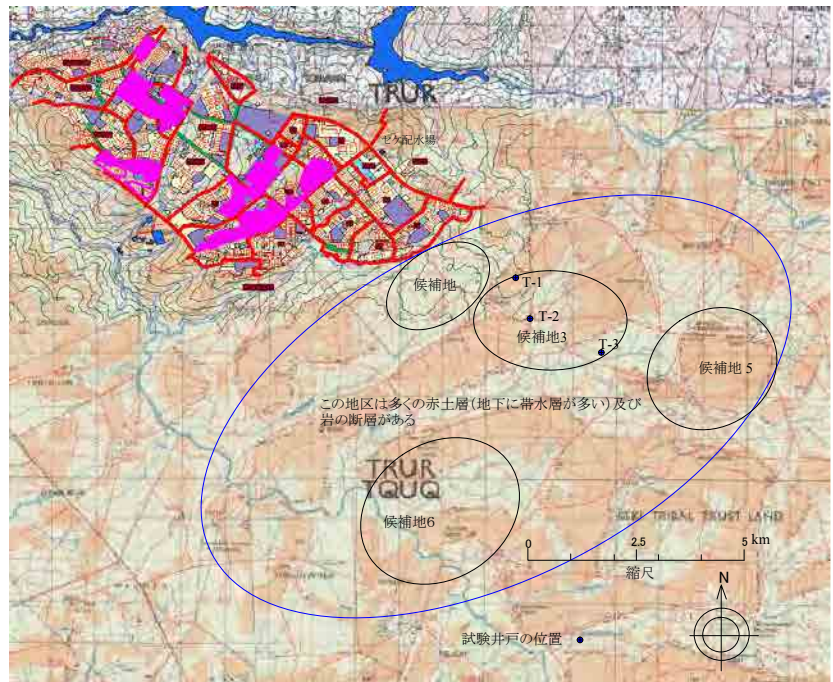


図 7.4 候補地の位置図

見いだせなかった。そこで、他の専門家を雇って再調査を行い、図7.4に示すような候補地が示され、候補地3について電気抵抗試験が行われその内の最も有望と思われる3地点に試験井戸が掘られた。

表 7.1 試験井戸の揚水試験結果

No.	土質分類	標高 (m)	井戸深さ (m)	水位(GL-m)		揚水量		
				当初	汲上時	L/秒	m ³ /時	m ³ /日
T-1	赤土	1,458	60	7	33	0.3	1.1	26
T-2	花崗岩の割れ目	1,442	60	1.8	24	3.5	12.6	302
T-3	玄武岩の割れ目	1,440	60	1.4	15	3.9	14.0	337

その結果、表 7.1 に示すように 1 本は失敗であったが 2 本は有望であったため、これら 2 本については表 7.2 に結果を示すように水質試験が行われた。この水質は、低すぎる pH 及び高い濃度の細菌と大腸菌のため良好とは言えないが、これらの処理は塩素とソーダ灰の注入で容易に行える。

しかし、この調査を担当した水理地質専門家は、水源の補給の面から 10,000m³/日を超えるような大規模地下水源をこの地区に求めるこ

とは無理であり、4 つの候補地全部からでもせいぜい 5,000m³/日の取水が限度で、さらに各井戸の平均揚水量は 72~120m³/日程度という結論を得た。

表 7.2 井戸の水質試験結果

水質項目	単位	WHO 基準	T2	T3
pH	---	6.5-8.9	5.7	5.7
伝導度	µs/cm	1,600	14	70
溶解性物質	mg/L	1,000	10	49
アルカリ度	mg/L	---	10	20
総硬度	mg/L	250	15	13
カルシウム	mg/L	250	3.1	3.2
濁度	NTS	5	0.2	0.1
鉄	mg/L	0.3	0.10	0.08
マンガン	mg/L	0.1	0.03	0.05
銅	mg/L	0.30	0.03	0.02
亜鉛	mg/L	0.10	0.02	0.02
硝酸	mg/L	50	0.93	0.93
カリウム	mg/L	---	1.7	4.6
マグネシウム	mg/L	150	1.7	1.2
ナトリウム	mg/L	200	4.5	6.7
イオウ	mg/L	250	6	18
塩素	mg/L	250	6	18
細菌	no./ml	100	2,900	110
大腸菌	no./100ml	Nil	209	109
糞便性大腸菌	---	不検出	不検出	不検出

7.2 下水道

7.2.1 砂発生量調査

パイロットプロジェクトにおいては以下の事項について、カウンターパート及び住民の協力を得て調査を実施した。

- 1) マンホールと下水管渠の現況
- 2) チトゥンギザ市における砂発生量原単位

このうち、本項では 2) について記述する。

(1) 砂発生量調査

砂による管渠の閉塞あるいはポンプ場施設の砂による不具合が頻発してきた。これらの原因は家庭における砂の使用（調理器具の砂による洗浄）と考えられてきたが、その原因は明確には分からずその発生量も明らかではなかった。施設不具合の問題を解決するため、その原因を明らかにするべくフィールドにおける調査を実施した。同時に現在の処理場への下水流入区域等を明らかにした。

(2) 調査区域

調査対象として 150 戸を全 5 地域より選んだ。

(3) サンドトラップ

厨房の排水設備に設置可能なサンドトラップを開発し、各戸に設置した。サンドトラップの網

目は425 micro meter以下の粒子は通過させるものとした。これ以下の粒子の重量・容量は別途、洗浄に使用している現地砂質土の粒度分布を調べて、推定を行った。

(4) モニタリング

乾期を選定して、降雨の影響を排除した。また期間は住民の協力を得られる2週間とした。

(5) 水道の供給実態

区域4及び5について水道供給は、2週間に3日だけであった。住民は水道が供給されない日には、戸外の井戸を使い、同時に排水を戸外に行うためサンドトラップは使用されなかった。このため水道供給と砂の下水への流入は密接に関係していることがわかった。

7.2.2 知見

実地調査から得られた知見は以下の通りである：

- 1) 150戸のうち137戸からサンドトラップによるデータを得ることができた。137戸のすべての住居が調理器具洗浄に砂を使用していた。
- 2) 調査期間中水道供給があったのは、全区域でわずかに3、4日であった。水道使用可能なのは、ある期間中のわずか20%であることが確認された。
- 3) したがって、80%は井戸ないし貯留水に依存していることが分かった。
- 4) 水道が使用可能な時、排水は下水に流出するが、そうでないときは下水は戸外あるいは庭に投棄されていた。
- 5) 一人一日あたりおよそ10g、一家庭一日あたりおよそ90gの砂が使用されていることが分かった。(人口調査より一家庭あたり約9人)
- 6) 停電しているときの薪・ガス・灯油による食器・調理器具の煤汚れが、砂の使用の原因であることがインタビューにより確認出来た。ただし、薪・ガス等の使用は慣例的であると考えられるので、電力があってもこれらを使用している可能性はある。ただし停電と砂の使用に関連のあることは認められる。

水の有無に関わらず、調理器具洗浄に砂を使うことは変わらないので、水道の供給が増えれば下水への砂の流入が増大すると想定される。

7.2.3 ゼンゲザ下水処理場における砂量の確認

調査はゼンゲザ下水処理場の沈砂池入口において、2週間にわたり行われた。同期間に流入部で計測された堆砂量を計測した。同時に管渠の破損・閉塞により下水処理場に接続していない区域を確認し、さらにその区域の人口を今回人口調査の結果と合わせて、下水に接続している人口を確認した。これらの結果から、7.2.2で得られた知見の妥当性を確認した。

砂の流入は7.2.2で得られた知見と区域内人口から3.837 m³と想定された。一方処理場の現場

で計測された堆砂量は 4.875 m³であった。想定よりも 27%ほど大きい結果であった。管渠内に 10 年以上堆積している砂の流出があること、原単位のデータの誤差等もあり、比較的近似したデータであると言える。

7.2.4 将来の砂の流入想定量

上水利用率が 100%とすれば、一日当たり 2.115 m³/日の砂の流入があると想定された。年間、約 700 m³と想定される。これは既設の嫌気性酸化池及び散水ろ床が過去に砂で閉塞した事実を裏付けるものである。また施設の維持管理による砂の除去の重要性を物語るものである。

7.2.5 啓発活動

下水道施設における維持管理による砂の除去は重要であるが、砂の由来がほとんど家庭によるものと考えられる以上、発生元である各家庭における砂の使用を規制するあるいは砂の使用方法を指導する等の啓発的活動が必要であると考えられる。住居地域に対するセミナーの開催・小中学校に対する継続的教育活動が必要であると考えられる。

この結果として施設機能の保全が図られ、水源の保全が図られると考えられる。

7.3 廃棄物管理

7.3.1 パイロットプロジェクト実施方法

(1) プロジェクトサイト選定

プロジェクトサイトは、チトゥンギザ市の収集サービスがアクセス出来ない地域を地図上で確認を行い、市役所関係者と協議を行い選定した。その結果、ゼンゲザ 4 及びセケ・サウス・ユニット J 地区の 2 サイトを選定した。

(2) コミュニティ住民に対する事前説明

パイロットプロジェクトの実施に当たり事前にプロジェクトサイトの関係住民に市役所及びローカルコンサルタントが家庭を訪問することにより事前説明を行なった。

(3) 住民啓発

パイロットプロジェクトでは、廃棄物管理に対する住民意識の確認及び衛生意識向上のための住民啓発も実施した。

(4) 1 次及び 2 次収集からなる収集システムの提案

プロジェクトサイトに対し、コミュニティ住民 (CBOs: Community Based Organization) の手押し車を使った 1 次収集と収集ポイントまでの運搬、収集ポイントから市の収集車による 2 次収集からなる収集システムが提案された。

(5) プロジェクト実施前後のモニタリング / ステークホルダー協議

プロジェクトの実施前後に、プロジェクトサイト住民に対し質問票調査を行い、廃棄物管理やパイロットプロジェクトに関する意識、成果及び問題点等の確認を行なった。

7.3.2 パイロットプロジェクト実施結果

(1) モニタリング結果

プロジェクト実施前

以下の結果を得た。

- 住民のほとんどは、廃棄物管理及び不適切な廃棄物管理に起因する病気に対し関心をもっている
- 住民のほとんどは、発生源でのごみの減量化、リサイクル及びコンポスト化の活動に参画したいと考えている
- 住民のほとんどは、道路等のインフラの整備が根源的な解決法であり、市の収集サービスが来なくなるとごみの不法投棄が発生する

プロジェクト実施後

住民意識に関し以下の結果が得られた。

- 住民のほとんどは、パイロットプロジェクトは良い試みだと認識している
- 住民のほとんどは、プロジェクト実施後は実施前より衛生的な環境が得られたと考えている
- 住民のほとんどは、不法投棄を行なった場合、罰金（20USD）が課せられることは承知しているが、市の収集サービスが来ないため仕方なくごみを投棄している
- 住民のほとんどは、リサイクル可能なごみから生計の糧となる工芸品を作りたいと願っており、これは、ごみの減量化にも繋がると考えている

(2) ステークホルダー協議

以下の意見が出された。

- ごみの減量化を行う住民意識の改善に繋がる住民啓発が必要である。
- NGOグループがごみの分別を含む住民教育を行うのに重要な役割を果たすことが可能である
- 市の収集サービスが十分でない、週2回収集を行う必要がある

(3) 成果と課題

成果

パイロットプロジェクトを実施した結果、以下の成果が得られた。

多くの住民がパイロットプロジェクトに関心を持ち、良い試みだったと認識した

- 住民のほとんどは、プロジェクト実施後は実施前より衛生的な環境が得られたと考えている
- 住民のほとんどは、発生源でのごみの減量化、リサイクル及びコンポスト化の活動に参画したいと考えている
- 住民のほとんどは、リサイクル可能なごみから生計の糧となる工芸品を作りたいと願っており、これは、ごみの減量化にも繋がると考えている
- 1次収集のオペレーターは、プロジェクト終了後も1次収集の仕事をしたいと願っている
- プロジェクトを実施していない他のコミュニティも彼らのコミュニティでプロジェクトを実施したいと願っている

課題

以下の課題が確認された。

- 一部の住民が人糞をごみと一緒に排出した（家にトイレ設備がないため）
- 市役所職員によるストライキやゴミ収集車の故障及び燃料が調達できないことにより、数日間市の収集サービスによる2次収集が出来なかった
- 一部の住民は、今回の試みがチトゥンギザ市のほんの一部の人口しか恩恵を受けていないと考えている

第8章 水道の改善

8.1 需要予測

人口予測、日平均需要量、日最大需要量（無収水量含む）の結果を表 8.1 に示す。

表 8.1 需要予測結果

地区名	項目	2012	2020	2030
ハラレ地区	人口(千人)	2,213	2,697	3,920
	日平均需要量(千 m ³ /日)	388.8	515.6	821.9
	日最大需要量(千 m ³ /日)	952.9	860.3	1,186.9
チトゥンギザ	人口(千人)	354.5	389.1	440.8
	日平均需要量(千 m ³ /日)	30.5	35.4	40.5
	日最大需要量(千 m ³ /日)	46.8	47.9	54.0

人口予測の条件

マスタープラン (M/P) の計画年は、日本政府とジンバブエ政府の合意で 2030 年であるが、中間年としてフィージビリティ調査の計画年を 2020 年とする。ハラレ市の人口増加率は、主として 2002 年から 2012 年の間のセンサスデータによる増加率を参考にしたので、ハラレ都市圏の増加率は非常に低く設定され、その郊外及び周辺地区はチトゥンギザ市を除き高くなっている。チトゥンギザでは 2020 年までには現在の市内の開発済みの地区がすべて埋まり、2030 年に新開発地区のワード 1 の 70%が埋まると考えた。

日平均需要量予測の条件

ハラレ地区の 2012 年から 2020 年まで、及び 2020 年から 2030 年までは、家庭単位需要量 (L/人/日) の増加率を 10%、工業用水量を各期間 50%、商業・役所等を各 20%とする。現在チトゥンギザ市の給水量は、需要を満たしていないが、検討の結果、家庭単位需要量を 80L/人/日とする。また、同市は全体が非常に高密度地域であり、市内に多くある井戸からの取水を見込めることから、同単位需要量は増加しないとした。さらに、ハラレと同様に工業用水量を各期間 50%、商業・役所等を各期間 20%とする。

日最大需要量予測の条件

配水網の日最大需要量の算定のためには、NRW（無収水率）及び日変動係数 f_1 を決める必要がある。無収水率は、ハラレ市の市街地及び郊外で 2012 年 57%、2020 年 35%（ハラレ水道局の管渠改修計画文書より）としており、2030 年は 20%とした。また、日変動係数 f_1 は 1.15 とした。チトゥンギザ市水道職員は、市内の漏水は非常に少ないと言っており、これについては下水処理場の流入水量と対象地区の給水量を対比して算定した漏水率 0.25 を用いる。また、日変動係数 f_1 はハラレと同様 1.15 とした。

8.2 水資源及び浄水能力と需要との対比

ハラレ地区では、水源としてはチベロ、マニヤメ、セケ及びハラバの 4 つのダム湖がある。そ

の資源量は無収水量を考慮すると十分でないため、クンズイ・ムサミダムがハラレ大都市圏の水資源として計画されている。これらの計画されているダムを考慮して、需要と水資源を対比すると図 8.1 となる。図に示すように現状の水資源量は需要に対し大幅に少なく、クンズイ・ムサミダムが建設された当初には水資源量は十分であるが、需要量の増加によりすぐに不足する。

浄水能力と需要量との対比を図 8.2 に示すが、その傾向は水資源の場合と同様である。チトゥンギザ市では、その不十分な水供給から、周辺の地下水源が探索されたが、

5,000m³/日程度の量が限界であることが分った。テスト井戸による試験結果は 300m³/日以上の上有望な井戸 2 本が見出されたが、お互いに近い距離に配置はできないのでその数は限られる。

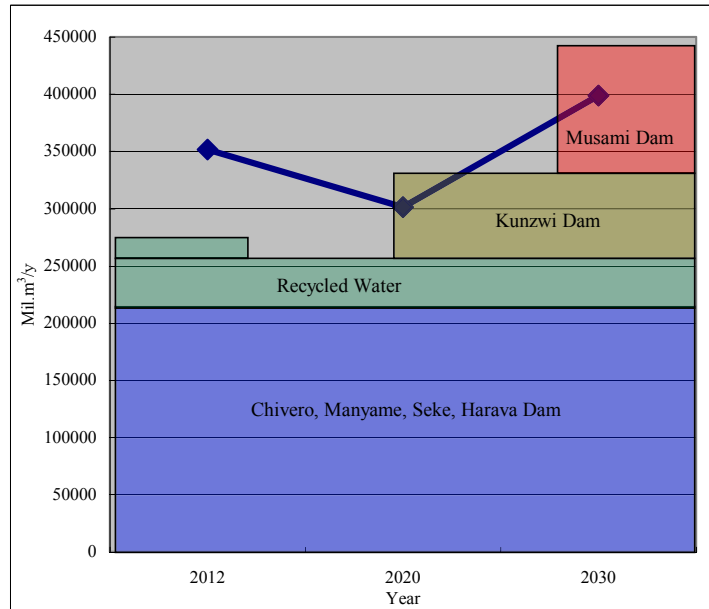


図 8.1 水需要と水資源の対比

8.3 ハラレ水道局の改善計画

ハラレ水道局による改修計画は、緊急に必要であるが、浄水場、下水処理場及びポンプ場のリハビリテーションのための中国からの融資が合意された。この融資の元で 2 箇所の浄水場、及び 13 箇所のポンプ場のリハビリテーションが行われる。一方、無収水率を現在の 57%から 35%に減じようとする 75.3 百万 USD を要する「無収水削減プログラム」を計画している。

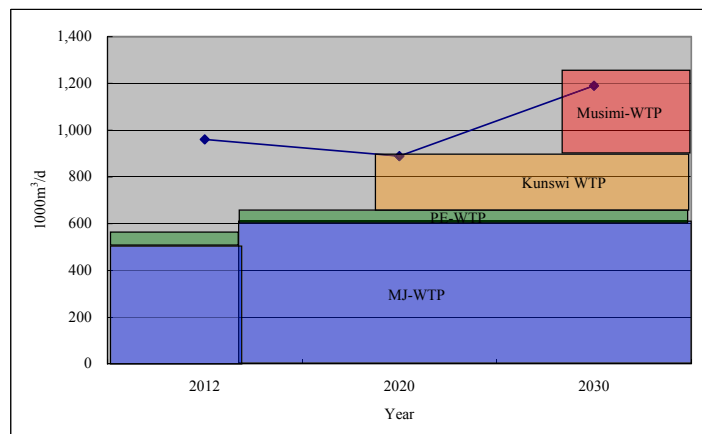


図 8.2 水需要と浄水能力の対比

また、過去の SAPROF 調査チームによって策定された、クンズイダム及び浄水場、導水管、更に配水施設の拡張、配管の更新計画を含む包括的な改善計画（約 350 百万 USD）を同様に実施する計画である。しかし、これら水源開発計画については、未だドナーが見つかっていない。先に述べたように、クンズイダムは 2020 年の需要に対応し、ムサミダム（事業費約 422 百万 USD）が 2030 年の需要に対応する。

8.4 チトウンギザ市の水道の改善計画

8.4.1 水資源の確保

先に述べたように、市内周辺にはまとまった地下水源はないが、市内の 30km 南に位置するムダダムの開発計画が市の水源計画として適用できる。しかし、この計画は極めて高コストであり、ハラレ市のクンズイ・ダム開発を待ち、その開発費用を分担した場合の費用 19 百万 USD に比べ、93 百万 USD (プリンス・エドワード (PE) 浄水場を用いた場合) 及び 109 百万 USD (新設浄水場を建設した場合) と大幅にコストが上がる。従って、基本的には水源は引き続きハラレ水道局からの給水に頼るものとする。

このため、市はハラレ水道局への供給水の料金を必ず支払い (現状ではもう少し徴収率を上げれば、水道会計は他の費用を除いても供給水料金を支払う余裕はある)、供給水を安定的に確保する必要がある。

しかし、ハラレ自体の給水の逼迫、機器の故障の頻発等から今後もハラレからの給水は不安定であることが予想されるので、井戸による追加水源を確保する。

8.4.2 市の水道施設の改善計画

限られた水資源の効率的な活用のために、ハラレ水道局から全送水はセケ配水池に一旦受水して、その後地上配水池及び高架水槽から市内に送るものとする。そのための既設施設の改善項目を以下に挙げる。

- 1) PE 浄水場から配水池まで径 600mm の送水管を補強する
- 2) 配水管ネットワークは流下能力不足を解消するため補強が必要
- 3) セケ配水場の揚水ポンプ場は老朽化のため更新が必要
- 4) セケ配水場の配管は改修が必要
- 5) 古い配水管は閉塞が生じているので更新が必要

さらに、追加水源のため、以下の項目の実施が必要である。

- 1) 市周辺で見出された地下水源 3,000m³/日を開発し、セケ配水池に移送する
- 2) 既存の 3,000 箇所の浅井戸と深井戸 52 箇所をより効率的に活用するために、手動ポンプ (420 台) 及び電動ポンプ (約 10 台) を設置する
- 3) 浅井戸の数の少ない地区に浅井戸 280 箇所を設置し、公的施設の学校や役所に 51 箇所の深井戸を設置する

8.4.3 2030 年の改善計画

新開発地のワード 1 のための配水施設は、2030 年までに必要である。この計画において、配水の枝管は開発者により敷設されるが、セケ配水池からの配水本管は本事業により実施される。

この地区については、セケ配水池からの配水は自然流下で行うことができる。
チトゥンギザ市のための増加する水源は、ハラレ水道局が開発するクンズイ・ダムやムサミ・ダムの水源を使って給水されることになる。

8.4.4 維持管理

電力消費については、消費機器はセケ配水場の揚水ポンプ、追加水源の井戸の井戸ポンプや送水ポンプであり、薬品については同様に追加地下水源の滅菌のために必要になる。

しかし、これらの電力・薬品消費による費用はハラレからの給水料金（現在 $0.3\text{USD}/\text{m}^3$ の料金は水源開発費用の分担により $0.35\text{USD}/\text{m}^3$ に上がると考えられる）に比べれば非常に小さい。プロジェクト完成後には、料金徴収を確実にするため、水道メータの検針を水道課として行うものとするので水道職員の人数は現在 59 人から 91 人に増加する。

第9章 下水の改善

マニャメ湖流域は、他国の例と比較して比流量が小さく、しかも系内水循環の大きさから言えば閉鎖度が高い流域である。こうした条件下では流域の水質改善という観点からみるともっとも望ましいのは清澄な水を水系に導いて、希釈の効果によって浄化することである。この流域で、これが不可能である以上、自然の浄化機能を十分に利用すること及び循環する処理水の処理の度合いを可能な範囲で上げることが重要な点である。

本流域では、ハラレ市の Crowborough, Firle 下水処理場やチトゥンギザのゼンゲザ下水処理場の散水ろ床施設といった緊急度の高い施設の改修（いずれも Zim Fund プロジェクト）が行われている。これらは、汚濁解析の結果に示されたように、改善の効果が高い計画である。これらの事業の完了後は、水系の水質の改善が進むと想定される。その他、ノートンでは散水ろ床の施設リハビリテーションが必要である。同様にルワでは既設酸化池の施設リハビリテーションが必要である。ゼンゲザ下水処理場では、当面はこの応急措置によって対応出来るものとみられるが、給水人口の増加に伴い、追加的な措置が必要となる。この追加的な措置として以下に検討を行った。ここで選択肢としては、以下の3つの推奨案を検討する。

表 9.1 ゼンゲザ処理場における必要となる追加的措置

オプション1	酸化池の新規増設（現廃棄物処分場付近に用地確保可能）
オプション2	既存 BNR 施設の OD 法への改修（低動力費、容易な維持管理）
オプション3	既存 BNR 施設の改修

Option1 は酸化池を新たに建設する案であるが、維持管理費は安価であるが建設費が高い。（岩掘削と遮水シート） Option2 は、既存の BNR をオキシデーショナルディッチ（OD）に改修して、維持管理性を高めたうえで再使用するものである。Option3 は BNR 施設そのものを復旧する案であるが、維持管理費（電気代）が高額であり、維持管理における機器の補修・調達が困難である。総合的に見て、Option2 が最も妥当な案とみられる。ただし、緊急的には Zim fund による散水ろ床の改修プロジェクトが進行中であり、喫緊の課題ではない。

表 9.2 プロジェクトコストの検討

施設	事業内容	処理容量 m ³ /日	実施計画			建設費 (K USD)	
			施設	開始	完了		
ZENGEZA STP (2020)	OPTION 1 酸化池	酸化池新設	36,000	NSP	2018	2019	128,619 (100.3 億円)
	OPTION 2 散水ろ床+OD	既設 BNR を OD に改造+ 散水ろ床	20,000+21,750 (Ex. TF)=41,750	Ex TF	2013	2014	20,121 (15.7 億円)
				BNR	2020	2022	
OPTION 3 散水ろ床+BNR	既設 BNR 復旧+散水ろ 床	20,000+21,750 (Ex. TF)=41,750	Ex TF	2013	2014	15,377 (12.0 億円)	
			BNR	2020	2022		

維持管理面については以下の通りである。

チトゥンギザ市の下水道管理部門では、現在135名（下水処理場約60名、管渠約75名）の維持管理人員を抱えている。AWFプロジェクトによる改修完了の結果、ポンプ場の維持管理作業及び管渠内土砂の除去作業が発生しており、同部門の人的資源の再配分が行われている。それでも、下水処理場が処理を休止が続いている現状では、その再配分は完了していない。

本年、Zim Fundプロジェクトの実施により既存の散水ろ床施設及び灌漑施設への送水ポンプ施設の改修が実施されれば、最終的な人員配置が定まり、本格的な下水道施設全体の維持管理作業に入る予定である。その結果、チトゥンギザから発生する汚濁負荷は、チベロ湖流域から除かれる見込みである。

散水ろ床施設の運転は、定期的な沈砂池の土砂除去・嫌気性池の汚泥除去と、ポンプ運転の管理がメインとなり、特に人員数・職員資質に問題はない。ただしその経費の確保が課題となると思われる。

また、将来、規模拡大への対処においてOption2が採用されれば、さらに人員の再配分・拡充を行う必要があると考えられる。中期的拡張に必要となる上記のOption2は、オキシデーションデイチ施設であるため、所定の水質を得るための操作はBNRからは、比較的容易である。ただし、緊急対策と同様、維持管理経費の確保が課題となるものと思われる。

第 10 章 廃棄物管理における改善計画

10.1 改善計画策定方法

廃棄物管理に係る改善計画策定は、廃棄物管理に係る現況の問題点、パイロットプロジェクトの結果及び法制度や国家戦略の面から、改善オプションを選定する。その後、オプションの評価を行い、優先付けを行う。目標年度における将来ごみ発生量、目標収集率及びウエースト・ダイバージョン (3R を通じて最終処分場に搬入されるごみ量を減らす) 率及びごみフローを設定し、各目標年度における改善計画を策定する。

10.2 廃棄物管理において考えられる改善策

廃棄物管理における問題は、排出、収集・運搬、中間処理及び最終処分の各段階に対して表 10.1 に示す改善策を講じる。

表 10.1 廃棄物管理における改善策

廃棄物管理における段階	問題	考えられる改善策
排出	<ul style="list-style-type: none"> 環境悪化や健康リスクを高めるごみの不法投棄が市の至るところで確認される ごみ減量化がなされていない 	<ul style="list-style-type: none"> 不法投棄ごみのクリーンアップ 法制度施行面の強化 ごみの分別 ホーム・コンポストの実施
収集・運搬	<ul style="list-style-type: none"> 市収集サービスを受用できないことによる不法投棄 収集関連機器の故障による収集能力の欠如 	<ul style="list-style-type: none"> 不法投棄ごみのクリーンアップ 収集・運搬機材の整備 コミュニティ (CBOs) による 1 次収集の実施
中間処理	<ul style="list-style-type: none"> ウエースト・ダイバージョン、3R 計画及び中間処理計画に係る具体的な実施計画がない 	<ul style="list-style-type: none"> 中間処理施設の整備 (ホーム・コンポスト、コミュニティ・コンポスト、セントラル・コンポスト、有価物回収施設等)
最終処分	<ul style="list-style-type: none"> 環境上及び衛生上問題となる恐れのあるオープンダンプサイトでの処分が行われている 	<ul style="list-style-type: none"> 現オープンダンプサイトの安全閉鎖 衛生処分場の整備

注) CBOs: Community Based Organizations

10.3 廃棄物管理改善計画のための技術オプションの選定及び評価

不法投棄場のクリーンアップ及び収集・運搬機材の整備は、最も優先的に整備される必要がある。EMA から改善命令を受けている既存ダンプサイトの改善及び衛生処分場の整備は、これに次ぐ。有価物回収施設やセントラル・コンポスト施設のような中間処理施設は、廃棄物管理能力が十分に成熟した段階で整備される必要がある。発生源でのホームコンポストやコミュニティ・コンポストの整備は、ごみの減量化の観点から早期に実施されるべきであると考えられる。

10.4 計画フレームワークの設定

10.4.1 将来ごみ量の推定

将来のごみ発生量は表 10.2 に示すとおりである。

表 10.2 将来推計ごみ発生量

単位：トン/日

	目標年度				
	2012	2015	2020	2025	2030
発生総量	187.5	205.7	234.5	261.9	291.5

10.4.2 目標収集率及びウエスト・ダイバージョン率の設定

目標収集率及びウエスト・ダイバージョン率は、表 10.3 に示すとおりである。

表 10.3 目標収集率及びダイバージョン率の設定

改善目標		目標年度			
		2012 (現況)	2020	2025	2030
収集・運搬の改善	目標収集率 (%)	38	100	100	100
	提案される改善計画	-	<ul style="list-style-type: none"> 収集・運搬機材の整備 収集コンテナの整備 1次収集及び2次収集の実施 	<ul style="list-style-type: none"> 収集コンテナの更新 1次収集及び2次収集の実施 	<ul style="list-style-type: none"> 収集コンテナの更新 1次収集及び2次収集の実施
ウエスト・ダイバージョンの強化	目標ウエスト・ダイバージョン率 (%)	-	10	15	28
	提案される改善計画	-	<ul style="list-style-type: none"> MRFの整備(2) ホームコンポストの実施(3) コミュニティ・コンポストの実施(5) 	<ul style="list-style-type: none"> MRFの整備(3) ホームコンポストの実施(5) コミュニティ・コンポストの実施(7) 	<ul style="list-style-type: none"> MRFの整備(3) ホームコンポストの実施(7) コミュニティ・コンポストの実施(8) セントラル・コンポスト施設の整備(10)

注) () 内の数字は、総発生量に対する各ウエスト・ダイバージョンの比率を示す。

10.5 機材整備計画

表 10.4 に収集システム計画を示す。

表 10.4 発生源毎の収集システム計画

発生源		収集車タイプ	収集頻度
住宅地域	市収集サービス地域	<ul style="list-style-type: none"> 昇降式トラック (目標収集量の50%) コンパクター車 (目標収集量の50%) 	週2回
	未収集サービス地域	CBOsによる1次収集(手押し車)+ 市による2次収集(マルチローダー)+ 収集コンテナ	週2回
事業所		マルチローダー + 収集コンテナ	毎日

各目標年度において必要な収集機材の数量を、表 10.5 に示す。

表 10.5 目標年度における収集機材数量

収集機材	目標年度		
	2020	2025	2030
昇降式トラック (10 m ³)	10	-	-
コンパクター車 (8 m ³)	8	-	-
マルチ・ローダー	20	-	-
コンテナ (5 m ³)	364	364	364

10.6 施設整備計画

10.6.1 中間処理施設

(1) ホーム・コンポスト

ホーム・コンポストは、100 世帯の家庭を対象にして、ファシリテーターを通じて、ごみ容器及びコンポスト生成用の種菌を支給することにより、ホーム・コンポストの普及を図るものである。

(2) コミュニティ・コンポスト

破砕機、秤及び清掃装置 (ジェット・クリーナー) を備えた処理量 250 kg/日の小規模の施設を、CBOs を通じて 10 コミュニティでパイロット的に整備する。

(3) セントラル・コンポスト施設

施設概要は表 10.6 に示すとおりである。

表 10.6 セントラル・コンポスト施設概要

No.	内容	単位	数量
1.	処理能力 : 35.0 トン/日	-	-
2.	計画位置 : 現オープンダンプサイト敷地	-	-
3.	敷地面積	m ²	7,700
4.	プロセス : ウインドロー (山積み) 方式	-	-
5.	施設面積 <ul style="list-style-type: none"> • コンポスト・プロセス建家 • 管理棟 • 原材料受入れ所 • 1次選別エリア • 他施設 (駐車場等) 	m ²	約 5,700
6.	機器類 <ul style="list-style-type: none"> • トラックスケール • ベルトコンベア • ドラム・カッター、スクリーン等 • ホイール・ローダー • オープン・ダンプトラック (2 トン、4 トン) 	式	1

(4) 資源回収施設 (MRF :Material Recovery Facility)

施設概要は、表 10.7 に示すとおりである。

表 10.7 資源回収施設概要

No.	内容	単位	数量
1.	処理能力：11.0 トン/日	-	-
2.	計画位置：現オープンダンプサイト敷地	-	-
3.	敷地面積	m ²	1,500
4.	建築面積 <ul style="list-style-type: none"> • 処理棟 (分別、洗浄) • 管理棟 	m ²	約. 420
	他施設用地: <ul style="list-style-type: none"> • 受入れ有価物一時貯蔵所 • トラックスケール敷設箇所 • 分別後製品貯蔵所 • 駐車場 	m ²	-
5.	機器類 <ul style="list-style-type: none"> • トラックスケール • ベルトコンベア • 破砕機 • ホイール・ローダー • オープン・ダンプトラック (2 トン) 	式	1

10.6.2 最終処分施設

(1) 不法投棄場のクリーンアップ

現地調査で確認された不法投棄場は、良好な衛生状態や都市美観を保つために、早急にクリーンアップされる必要がある。現地調査では、約 90 万 m³ の投棄ごみが推定され、ホイール・ローダーやダンプトラック等の重機を用いて、クリーンアップが実施される必要がある。

(2) 現オープンダンプサイトの安全閉鎖

計画の安全閉鎖は、現処分場の埋立てごみの除去、移動及び覆土、ガス抜き管や排水装置を備えた施設への改善を図るものである。現オープンダンプサイトの概要は、表 10.8 に示すとおりである。

表 10.8 現オープンダンプサイトの安全閉鎖の概要

項目	数量
安全閉鎖敷地面積	約 8.2 ha
現処分場埋立てごみの除去	約 724,000 m ³
安全閉鎖すべきごみ量	約 724,000 m ³
最終覆土厚さ	50 cm
雨水排水施設	約 1,300 m
フェンス (H=2.5 m)	約 1,300 m
ガス抜き管	40 本

(3) 新規衛生処分場の整備

1) 新規処分場候補地の選定・評価

チトゥンギザ市都市計画局が提示した候補地と現処分場の 2 箇所の候補地が、新規衛生処分場のサイトとして適正が評価された。チトゥンギザ市が提示した候補地は、将来の住宅地及び学

校に隣接し、また、河川敷に近接するため、新規の衛生処分場としては適切でない。従って、現処分場用地を活用せざるを得ない。

2) 新規衛生処分場の施設計画

新規衛生処分場の施設概要は、表 10.9 に示す通りである。

表 10.9 新規衛生処分場施設概要

項目	内容
1. 構造	<ul style="list-style-type: none"> 既存オープンダンプサイト掘削廃棄物埋立 計画埋立用地：200m×380m
2. 埋立方法	<ul style="list-style-type: none"> 覆土実施による準好気性埋立
3. 浸出水集水システム	<ul style="list-style-type: none"> 遮水シート敷設 浸出水集水管敷設（母管、枝管） 浸出水集水ピット
4. 浸出水処理	ポンプを使った循環方式
5. 雨水排水処理	雨水排水水路設置
6. 道路施設	取付け道路及び場内道路
7. 地下水管理	地下水監視用井戸の設置
8. 搬入ごみ計量システム	台貫施設（トラックスケール）の設置
9. 埋立ガス処理	ガス抜き管の設置

10.7 事業費

廃棄物管理において提案するシステム整備に要する費用の合計は、71,086 K USD と見積もられる。2030年度における運転・維持管理費は、3,910 K USD と見積もられる

10.8 実施工程

実施工程は、図 10.1 に示すとおりである。

図 10.1 廃棄物管理改善計画における事業実施工程

コンポーネント	年度																	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
不法投棄場のクリーンアップ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
収集関連機材の整備	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
現オープンダンプサイトの安全閉鎖	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
新規衛生処分場の整備	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ホームコンポストの普及	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コミュニティ・コンポストの普及	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
資源回収施設(MRF)の整備	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
セントラル・コンポストの整備	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Notes:

- 1) ■■■■ 準備 (F/S、実施計画、詳細設計及び入札等)
- 2) ■■■■ 実施 (建設、機材調達等)

第11章 概算事業費

11.1 一般事項(積算条件等)

本プロジェクトにおける事業費の積算は、為替レートを1 USD=77.98 円、税金として VAT15%、輸入税として 10%とし、コンサルティングサービスを直接工事費の 7%、予備費をコンサルティングサービスの 5%、価格上昇予備費をコンサルティングサービスの 5%として計上した。

11.2 概算事業費

11.2.1 建設事業費

(1) 上水道施設

8 章において Plan1 が提案されている。以下に、チトゥンギザ市における上水給水システムの改善に関するコストの概要を示す。

表 11.1 上水施設建設事業費 (対象年 : 2020 年)

No	施設	事業の概要	建設費 (千 USD)
1.1.1	給配水管網	既設の給配水管網による給水量を増加させるため、以下の施設の建設を行う。 <ul style="list-style-type: none"> 管路の新設 (DI管:φ350~700 mm、uPVC管:φ160~355 mm) ゲートバルブの新設 (100~700 mm) 	12,551
1.1.2.	セケ貯水池	既設のセケ貯水池を効率的に活用するため、以下の改良等を行う。 <ul style="list-style-type: none"> 送水管 (φ600mm) の補強 ポンプステーションの改修 消毒装置、中和装置の新設 調整池内配管の改修と流量計の設置 	13,494
1.1.3	井戸群	補給水としての井戸水の確保に向けて、以下の建設を行う。 <ul style="list-style-type: none"> 深井戸と送水管ネットワークの新設 (3グループ) 送水管路の新設 	3,726
合計			29,771

表 11.2 上水施設建設事業費 (対象年 : 2030 年)

No	施設	事業の概要	建設費 (千 USD)
1.2.1	将来開発のための配水管網	既存給水システムによる給配水量を増加させるため、以下の施設の建設及び機器の供給を行う。 <ul style="list-style-type: none"> 管路の新設 (φ400 mm) ゲートバルブの新設 (サイズ400 mm) 機械設備の更新 	13,116

表 11.3 上水補足施設建設事業費 (緊急)

No	施設	事業の概要	建設費 (千 USD)
1.3.1	補給給水設備	補給水設備および配水管網の更新 <ul style="list-style-type: none"> ハンドポンプ付き浅井戸の設置と深井戸建設 既設配水管網のうち、閉塞箇所を更新 	2,747

(2) 衛生・下水道施設

2020 年以前に、旧ゼンゲザ下水処理場の既設散水ろ床が AfDB による更新事業が 2013 年に開始され 2014 年に完了する予定である。本 M/P においては、検証のために 3 つのオプションについて建設コストを算定し比較を行った。

表 11.4 下水施設更新案の建設事業費

施設	事業の概要	処理容量 (m ³ /日)	実施計画			建設費 (千 USD)	
			施設	開始	完了		
ゼンゲザ下水処理場 (2020)	オプション 1 安定化池の新設	安定化池 (SP) の新設	36,000	新設 SP	2018	2019	128,619
	オプション 2 既設散水ろ床 (既設 TF) + オキシデーションディッチ法 (OD)	既設 BNR を改良し嫌気好機槽を OD として利用 + 既設 TF の利用	20,000 + 21.750 = 41,750	既設 TF OD	2013 2020	2014 2022	20,121
	オプション 3 既設散水ろ床 (既設 TF) + 既設生物学的栄養塩除去法 (既設 BNR)	既設 BNR の更新 + 既設 TF の利用	20,000 + 21.750 = 41,750	既設 TF BNR	2013 2020	2014 2022	
施設	事業の概要					建設費 (千 USD)	
ポンプ場 (2030)	ポンプの設置 (3.3m ³ /min × 30kW × 3 sets)					2,592	
ティルコー工業地帯 (緊急)	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプの設置 (27 kW × 3 sets) ・水管橋 (鋼管 φ 200 mm、RC サポート × 2 L=100 m) ・工業地帯内配管 (ACP φ 300 mm × 2, L=100 m) 					384	

(3) 廃棄物管理施設

チトゥンギザ市における廃棄物管理改善のための対策について、概算事業費は以下の表の通りである。

表 11.5 廃棄物管理施設案の建設事業費

No	施設・事業	事業の概要	事業費 (千 USD)			
3.1.1	不法投棄場の清掃	チトゥンギザ市内に多数ある不法投棄場から廃棄物の撤去および清掃	6,403			
3.1.2.	ごみ回収機材の調達	廃棄物回収のための重機等(回収車、スキップ瓶等)の購入	18,160			
3.1.3	既設最終処分場の閉鎖	既設最終処分場における改良工事と安全閉鎖 (ガス排出設備、管理用道路、排水渠およびフェンス)	21,378			
3.1.4	最終処分場の新設	最終処分場の新設 (管理棟、倉庫、浸出水対策(集水管、貯留池、処理池、排水渠)、モニタリング用井戸およびフェンス)	14,645			
3.1.5	家庭コンポスト	パイロットプロジェクトとして、プラスチックコンテナによるコンポストの設置および機材供与	88			
3.1.6	地域コンポスト	パイロットプロジェクトとして、地域コンポストステーションの新設 (コンポスト処理棟、守衛小屋、機材供与)	199			
3.1.7	資源化施設(MRF)	資源化施設(MRF)の新設 (管理棟、機材供与)	1,485			
3.1.8	中央コンポストセンター	中央コンポストセンターの新設 (管理棟、処理・貯蔵エリア、機材供与)	8,668			
合計						71,086

(4) 建設事業費合計

緊急対策及び2020年または2030年を目標年とする各対策の事業費をまとめると以下の通り。

表 11.6 緊急対策事業費

項目	事業費 (千USD)
上水道	2,747
衛生・下水道	384
合計	3,131

表 11.7 2020年及び2030年を目標年とする各事業の建設費 (千USD)

目標年	オプション1			オプション2			オプション3		
	2020	2030	計	2020	2030	計	2020	2030	計
上水道	29,771	13,116	42,887	29,771	13,116	42,887	29,771	13,116	42,887
下水道	128,619	2,582	131,211	20,121	2,592	22,713	15,377	2,592	17,969
廃棄物	51,864	19,222	71,086	51,864	19,222	71,086	51,864	19,222	71,086
合計	210,254	34,920	245,184	101,756	34,930	136,686	97,012	34,930	131,942

11.2.2 維持管理費

(1) 上水道施設

上水道施設に関する年間 O&M 費の概算額は 2020 年目標施設に関しては 6,983 千 USD/年、2030 年目標施設に関しては 7,803 千 USD/年となる。

(2) 衛生・下水道施設

衛生・下水道施設の各オプションの O&M 費の概算は以下の通り。

ゼンゲザ 下水処理場...オプション1:1,077 千 USD/年、オプション 2:2,405 千 USD/年、オプション3:4,687 千 USD/年

ポンプ場及び下水管網...133 千 USD/年、ティルコー工業地帯...77 千 USD/年

(3) 廃棄物管理

廃棄物管理に係る年間 O&M 費の概算は 3,910 千 USD/年である。

11.3 実施計画

チトゥンギザ市における各改善計画の実施計画は本 M/P においては検討段階であり、将来の F/S においてより詳細な検討がなされる必要がある。

12章 財務・経済分析

JICA調査団による積算事業費をベースにして、マスタープラン事業の財務分析における財務費用データを算定した。財務便益データについては現行の料金と徴収状況を勘案している。人口データはJICA調査団による予測値を用いた。財務分析の指標として財務的現在価値(FNPV)と財務的内部収益率(FIRR)を算定した。これらの指標を分析するための割引率となる、資本の加重平均コストは2.8%と算出された。経済分析において着目した主要な経済便益は、障害調整生命年(DALY)と支払意思額(WTP)である。また貿易データなどを基に算出した変換係数を用いて財務費用を経済費用に変換した。経済分析の指標としては、経済的現在価値(ENPV)と経済的内部収益率(EIRR)を算定した。これらの指標を算出、分析するための割引率となる資本の機会費用は12%とした。

財務・経済分析の結果は表12.1の通りである。水道、下水道、固形廃棄物処理のいずれの事業においても財務的内部収益率及び財務的現在価値は負数となり、財務的に実現不可能であることを示している。これらの事業を財務的に実現可能にするためには、チトゥンギザ市に対するジンバブエ政府の補助金や外国政府の無償資金供与などの支援が必要である。

表 12.1 マスタープラン事業の内部収益率と現在価値

	財務的 内部収益率	財務的 現在価値 (百万米ドル)	経済的 内部収益率	経済的 現在価値 (百万米ドル)
水道	- 5.2%	- 40.6	28.5%	29.8
下水 (代替案2)	- 17.1%	- 41.4	22.8%	13.2
固形廃棄物処理	- 12.0%	- 76.2	6.1%	- 9.2

一方、経済的内部収益率と経済的現在価値を見ると、水道事業と下水道事業において高い値を示しており、これらの事業を実施することは経済的に正当化される。固形廃棄物処理事業においては、経済的内部収益率は目標値の12%を下回っているが、正数値は維持している。

これが意味するところは、固形廃棄物事業は経済的には実現困難であるが、負の影響を経済に与えるものではなく、収益率目標値を下げれば実行可能になるということである。また水道、下水道、固形廃棄物事業をまとめて実施するならば、合体した事業の経済的内部収益率(18.1%)、経済的現在価値 (25.7百万USD) とともに目標値を上回ることになり、経済的に実行可能な事業と認められる。

13章 結論と提言

13.1 背景

- チトウンギザ市ゼンゲザ下水処理場は、日本 ODA により 2000 年に完成引き渡されたが、維持管理及びその予算不足の問題から 2004 年以降稼働を中止した。
- 2011 年 1 月から 2 月にかけて、チトウンギザ市衛生環境改善に係るデータ収集スタディが実施された。その結果、同市の環境改善のためには下水だけでなく上水・廃棄物管理も含めて総合的なアプローチが必要であることが認識された。
- JICA は 2012 年からの 2 年間の予定で開発調査型技術協力プロジェクトを実施した。本プロジェクトは、フェーズ I 基礎調査、フェーズ II マスタープラン策定、フェーズ III フィージビリティスタディ実施で構成される（ただし、フェーズ III の実施は見送りとなった）。
- 世界銀行（WB）による「ジンバブエ水セクター投資枠組み策定調査」が 2013 年 9 月に完了予定であり、本マスタープランを取り込んだ形で、本流域 5 都市の投資枠組みが策定されると想定される。
- この中で投資者会議が開催される予定で、こうした広報活動の結果として多くの投資者がプロジェクトに参画することが望まれる。

13.2 上水道現状分析

- ハラレ水道公社の上水生産能力は 2012 年において約 640,000m³/日であった。一方水需要は 383,000m³/日と想定された。ハラレ地区の NRW57%から必要生産能力を推定すると、890,000m³/日となり能力が不足していると判断された。
- チトウンギザ市（2012 センサスによれば 354,000 人）は、その上水供給をハラレ水道公社に依存している。従前、常時の供給量は 30,000m³/日だったが、頻繁に 12,000-15,000m³/日に減少している。
- チトウンギザ市には容量 41,000m³ の配水池が設置されているが、これらは十分に使われておらず、現在流量調整の機能を果たしていない。ハラレ水道公社の送水量の変動にも関わらずプリンス・エドワード浄水場からの直接給水が行われている。
- チトウンギザ市はハラレ水道公社に対して、この 3 年間の総額 12.7 百万 USD の水道料金のうち、約 10%である 1.2 百万 USD を支払ったのみである。
- チトウンギザ市に対する水道水供給は、この未払い料金の問題のため、制限を受けている。住民は、水不足と頻繁な施設の故障に見舞われており、上水道を補完するものとして浅井戸が使用されている。

13.3 下水道現状分析

- ハラレ市及びその他の自治体から、流域に生下水が流出している。

- チトゥンギザ市には2つの下水処理施設がある。それらは、1978年に建設が開始された旧施設、散水ろ床法 (20,000m³/日) 及び日本 ODA により建設された BNR 施設 (20,000m³/日) である。
- チトゥンギザ市内の セントメリー地区、セケ・ノース地区、及びセケ・サウス地区の一部は、管渠の閉塞・ポンプ場の故障により下水処理場に接続されていない。この原因の一つは、管渠内への砂の堆積である。これは住民が調理器具等の洗浄に砂を使用するためである。
- チトゥンギザ市では AfDB 支援による AWF⁴ プロジェクトにおいて、管渠・汚水ポンプ場のリハビリが実施された。既設の旧散水ろ床施設についても Zim Fund のプロジェクトにより改修中である。(2013年8月現在)

13.4 固形廃棄物現状分析

- 収集頻度は週一回、方法は各戸収集及びスキップビン収集である。収集廃棄物は、5km の距離にある処分場に運搬処分される。
- 道路状況が良くないため、収集は全域をカバーしていない。
- 廃棄物は無管理でオープンダンプサイトに廃棄されている。
- 調査において、不法投棄 390 箇所 (60,000m³) が確認された。

13.5 水循環と水環境の現状分析

- チベロ湖に対する日平均流入水量は約 1,000,000m³/日である。そのうち約 640,000m³/日が水道水源として取水されている。年間降雨量の変動が激しく、将来の河川水量予測は困難である。
- ハラレ市の人口は約 1,600,000 人で、市内の主な下水処理場は Crowborough 下水処理場 (54,000m³/日) と Firle 下水処理場 (144,000m³/日) である。およそ、その 60% は BNR 法 (生物学的栄養塩除去法) で処理されており、それ以外は散水ろ床法により処理されている。ただし BNR 法の施設は設備故障のため機能していない。
- マニャメ流域ではおよそ 230,000 m³/日の下水が発生しており、その 90% がハラレ市由来 (約 200,000 m³/日) で 10% がチトゥンギザ市由来である。(約 22,000 m³/日)
- ハラレ市の排出する BOD 負荷量は 110,000kg-BOD/日であり、チトゥンギザ市のそれは 13,000kg-BOD/日である。

13.6 水質・水量の現況と将来予測

⁴ アフリカ開発銀行の無償資金協力 (African Water Facility)

- 現況においてチベロ湖等の水質の悪化は顕在化しており、浄水場の取水等に影響が出始めている。改善が行われない場合、汚濁解析の結果の通りあらゆる水質パラメータの将来の水質悪化が想定される。
- 本流域は、比流量が小さく降雨量の変動が激しい気候特性であるため、今後も表流水の確保は容易ではないと考えられる。地下水の確保も、本調査の結果では今後も困難であると考えられる。したがって、閉鎖水域の水循環を前提とした下水道施設の整備の進捗、同時にその十分な維持管理を行うことが肝要である。
- AWF プロジェクト・Zim Fund プロジェクトによる下水道リハビリ事業は、汚濁解析の検討の通り、本流域の水環境の改善に対して有効であると判断される。これは当該事業がハラレ及びチトゥンギザ市が対象であり、これら2市が流域内汚濁負荷の主な排出元であるためである。ただし今後の下水道施設の適切な維持管理及び汚水量の増大に対応した拡張等が必要である。
- 流域の水質改善という観点からみると、もっとも望ましいのは清澄な水を水系に導いて、希釈の効果によって浄化することである。この流域では、これが困難であるので、自然の浄化機能を十分に利用すること及び循環する下水処理水の処理の度合いを可能な範囲で上げることが重要な点である。
- 将来の水質改善のためには、ハラレ由来の下水を処理することが重要である。汚濁解析の結果の通り、処理方式はBNR法にこだわらず散水ろ床法であっても効果があると考えられる。ただし閉鎖した水域であること、水循環利用を考慮すれば、栄養塩（窒素、リン）の除去が可能な処理方式に進めるべきであると考えられる。

13.7 上水道改善案

- 配水能力の増強により、水需要に対する対処は可能である。チトゥンギザ市に対する送水量が仮に不十分でも、需要者に対して公平に配水が可能となる。このプランはハラレ公社の送水量によるところが大きいため、チトゥンギザ市は水道料金の支払いを確実に実施することが求められる。
- 井戸新設による取水量は3,000m³/日と小さいが、送水量が減少した場合の補完的な水源となる。
- これらの方策をとれば、ハラレ公社からの送水が不安定かつ不十分であっても、少量ながら公平な上水供給が可能となる。

13.8 下水道施設改善案

- 現在散水ろ床施設のリハビリがZim Fundにて進行中であるため、下水道施設の改修等は喫緊の課題ではない。本事業の流域環境改善の効果が高いことは汚濁解析により確認された。

- チトゥンギザ市のリハビリは既設散水ろ床法の改修であり、各種プロセスの中では最少の費用による処理が可能である。ポンプ動力費・設備補修費は多額ではないがチトゥンギザ市が捻出しなければならない。これに Zim Fund は関与しない。
- これには水道料金の改訂による増収あるいは他の収入源が必要となる。他の収入源として有望な案は下水処理水の灌漑用水としての販売である。周辺の農場では処理水の送水を強く要望している。水道料金の改訂とともに適切な灌漑用水単価の設定が望まれる。
- 近い将来、下水量の増大に応じて、既設の BNR 施設をオキシデーションディッチ法に改修して供用することが、コスト面・維持管理面において望ましい案であると考えられる。オキシデーションディッチ法による栄養塩の除去は BNR 法同様に可能であり、将来の高度処理への要求に対して対応が可能となる。その維持管理費は BNR に比して著しく低廉である。

13.9 廃棄物管理改善案

- 既設処分場の安全な閉鎖及び衛生埋立て施設の新設、収集車両・機械等の調達が必要であると考えられる。

13.10 財務分析

- 新設コスト、維持管理費について FIRR 及び EIRR を 40 年のプロジェクト期間で検討した。
- どの改善案についても FIRR はマイナスであるが、EIRR についてはプラスであることが確認された。
- 下水処理後の灌漑用水の販売が可能となれば、下水関係の FIRR は改善されることが考えられる。

13.11 今後の見通しについて

- JICA 調査団は、フェーズ I (基礎調査) フェーズ II (マスタープラン) を通して、チトゥンギザ市の住民環境に関する喫緊の課題が下水にあるのではなく、むしろ上水道にあることを見出した。(下水道改善事業は、チトゥンギザ市においてすでに進行中) その一方で、JICA 調査団はチトゥンギザ市が財政面において深刻な状況にあることを調査において確認した。
- ジンバブエ及び日本側の協議を経て、将来建設される施設の持続性を保証することを念頭に、F/S の実施まえに財政状況を観察・確認するための期間を置くこととした。F/S の実施は、将来的にチトゥンギザ市財政の建て直しが確認されたことを確認後に再度検討するものとする。