

フィジー共和国
フィジー水道公社（WAF）

フィジー共和国
フィジー国西部地区
污水处理マスタープラン策定
プロジェクト

ファイナルレポート
Part 2：西部地区污水处理マスタープラン

2024年10月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 日水コン
八千代エンジニアリング株式会社

環境
JR
24-075

序文

フィジー国西部地区汚水処理マスタープラン策定プロジェクトのファイナルレポート（F/R）は次に示す 4 部構成になっている。

- Part 1：要約
- Part 2：西部地区汚水処理マスタープラン
- Part 3：都市下水道マスタープラン
- Part 4：優先事業の Pre-F/S

このレポートは、F/R の「Part 2：西部地区汚水処理マスタープラン」である。

目 次

目 次.....	i
表リスト.....	vi
図リスト.....	xi
写真リスト.....	xiv
調査位置図.....	xv
略 語 表.....	xvi
第 1 章 プロジェクトの概要と背景.....	1-1
1-1 背景.....	1-1
1-2 業務の成果と目的.....	1-1
1-3 事業のフェーズ分け.....	1-2
1-4 対象地域.....	1-2
1-5 C/P 機関.....	1-3
1-6 プロジェクトの実施体制.....	1-3
1-7 JICA 専門家チーム (JET).....	1-4
1-8 プロジェクトの主要な会議.....	1-6
第 2 章 汚水処理に関する上位計画と関連規程.....	2-1
2-1 汚水処理セクターの現状.....	2-1
2-1-1 汚水処理施設の整備状況.....	2-1
2-1-2 汚水処理関連法規.....	2-2
2-1-3 汚水処理関連組織.....	2-4
2-2 国家政策等の上位計画.....	2-9
2-3 フィジー国の国家財政.....	2-12
2-4 汚水処理セクターにおける他ドナーの協力.....	2-14
第 3 章 計画対象地域の現況及び計画.....	3-1
3-1 計画対象地区.....	3-1
3-2 自然状況.....	3-1
3-2-1 位置.....	3-1
3-2-2 地形・地質.....	3-2
3-3 社会経済状況.....	3-4
3-3-1 人口.....	3-4
3-3-2 経済状況.....	3-4
3-4 水環境.....	3-7
3-5 他関連分野の開発状況・開発計画.....	3-12
3-6 Informal Settlement.....	3-17
3-6-1 フィジー国における土地所有.....	3-17
3-6-2 非正規居住者の状況.....	3-18

第4章	西部地区汚水処理セクターの現状	4-1
4-1	集合処理システムの状況	4-1
4-1-1	全体の概要	4-1
4-1-2	Navakai 下水処理場 (Nadi)	4-2
4-1-3	Natabua 下水処理場 (Lautoka)	4-5
4-1-4	Votua 下水処理場 (Ba)	4-7
4-1-5	Olosara 下水処理場 (Sigatoka)	4-10
4-1-6	下水処理場流入水量の推定 (参考)	4-11
4-1-7	WAF により近年策定された計画/設計	4-13
4-2	分散処理システムの状況	4-13
4-2-1	生活系 (セプティックタンク)	4-13
4-2-2	営業系 (商業施設、ホテル等)	4-23
4-2-3	特殊排水系 (工業排水、病院等)	4-25
4-3	発生汚泥の処分状況	4-26
4-3-1	下水汚泥の処分状況	4-26
4-3-2	腐敗槽汚泥の処分状況	4-28
4-4	下水道料金体系・腐敗槽汚泥収集料金	4-33
4-4-1	下水道料金体系	4-33
4-4-2	腐敗槽汚泥収集料金	4-33
4-5	下水道施設の運転維持管理状況	4-34
4-5-1	下水処理場	4-34
4-5-2	下水管路施設	4-36
4-5-3	機械・電気設備維持管理	4-38
4-6	MIMS/WAF の下水道部の組織および能力	4-38
4-6-1	能力強化のプロセス	4-39
4-6-2	能力評価	4-40
4-7	WAF の財務状況	4-56
4-7-1	WAF 向け政府予算	4-56
4-7-2	WAF 財務諸表	4-57
4-7-3	下水道事業の予算	4-61
4-7-4	下水道事業の採算	4-63
4-7-5	WAF 財務状況の要旨	4-67
4-7-6	ATP 料金支払い可能額 (Affordable to Pay : ATP) による参考料金水準	4-67
第5章	集合処理区域・分散処理区域の設定	5-1
5-1	計画諸元のまとめ	5-1
5-1-1	目標年次	5-1
5-1-2	将来人口	5-1
5-1-3	各種水量原単位	5-5
5-2	集合処理の検討	5-7

5-2-1 目標	5-7
5-2-2 集合処理区域の検討項目	5-7
5-2-3 集合処理区の設定	5-7
5-2-4 計画汚水量	5-12
5-2-5 下水道整備による河川水質改善効果の推定	5-12
5-3 概略施設検討	5-22
5-3-1 下水処理方式	5-22
5-3-2 下水管路	5-42
5-3-3 概略建設費・維持管理費の算定	5-48
5-4 下水道整備優先順位と整備スケジュール	5-51
5-4-1 整備優先都市の選定のための評価項目	5-51
5-4-2 整備都市の優先順位	5-56
5-4-3 全体整備スケジュール	5-57
5-5 分散処理の検討	5-60
5-5-1 分散処理の目標	5-60
5-5-2 分散処理対象人口	5-61
5-5-3 腐敗槽汚泥量収集量の算定	5-62
5-5-4 腐敗槽汚泥の収集	5-66
5-6 汚水処理施設整備構想図	5-71
第6章 環境社会配慮	6-1
6-1 環境社会影響を与える事業コンポーネント	6-1
6-2 ベースとなる環境・社会の状況	6-1
6-2-1 自然環境	6-1
6-2-2 水利用	6-2
6-2-3 水害	6-2
6-2-4 自然保護・文化遺産保護の指定地域	6-2
6-2-5 生態系	6-4
6-2-6 社会経済状況	6-5
6-2-7 先住民族	6-5
6-3 環境社会配慮制度・組織	6-6
6-3-1 環境関連法制度の概要	6-6
6-3-2 環境関連政策及び計画	6-7
6-3-3 環境関連組織	6-7
6-3-4 EIA プロセス	6-8
6-3-5 戦略的環境アセスメント (SEA)	6-9
6-3-6 気候変動に関する取り組み・施策	6-9
6-3-7 用地取得・住民移転に係る法的枠組み	6-10
6-4 スコーピング	6-11
6-5 重要な環境社会配慮項目と調査方法	6-14

6-6	代替案の検討.....	6-16
6-6-1	事業を実施しない案	6-16
6-6-2	西部地区 M/P における開発シナリオ	6-16
6-6-3	調査方法	6-17
6-6-4	調査結果及びシナリオ評価	6-18
6-7	ステークホルダー会議.....	6-25
6-7-1	ステークホルダーの特定	6-25
6-7-2	ステークホルダー協議の開催	6-27
第 7 章	経済財務分析	7-1
7-1	経済財務分析の目的.....	7-1
7-2	財務分析.....	7-1
7-2-1	財務分析の指標	7-1
7-2-2	財務分析の前提条件	7-1
7-2-3	財務分析の結果	7-6
7-3	経済分析.....	7-7
7-3-1	経済分析の指標	7-7
7-3-2	経済分析の前提条件	7-7
7-3-3	経済分析の結果	7-9
7-4	経済財務分析結果からの提言.....	7-10
第 8 章	国家開発目標達成のための提案	8-1
8-1	技術的課題・提案.....	8-1
8-1-1	下水収集システム	8-1
8-1-2	下水処理法と推奨される技術	8-1
8-1-3	腐敗槽汚泥と下水汚泥の管理	8-1
8-2	WAF 下水道部の組織・能力改善に関する提案	8-1
8-2-1	能力の継続的な強化	8-1
8-2-2	施設規模に合わせた人員配置	8-2
8-2-3	予算確保	8-2
8-3	WAF 下水道部門の財務改善計画	8-3
8-3-1	下水道料金計画	8-3
8-3-2	民間資金導入の可能性	8-4
8-3-3	各戸接続促進策	8-4
8-4	分散処理システムの改善策.....	8-4
8-4-1	分散処理システムの課題	8-4
8-4-2	分散処理システムの改善策	8-5
8-4-3	定期汚泥引き抜きの実施	8-7
8-5	法制度/基準等への提案.....	8-16
8-5-1	Industrial/Commercial Waste 処理の監督官庁の明確化.....	8-16
8-5-2	下水汚泥の最終処分地の確認	8-16

APPENDIX

APPENDIX 1-1 Minutes of Meeting on JCC	A-1
APPENDIX 3-1 Water Quality Analysis.....	A-49
APPENDIX 4-1 Population per Household	A-67
APPENDIX 4-2 Record of Training Implementation Related to Output 4.....	A-68
APPENDIX 5-1 Wastewater Treatment Process Description	A-82
APPENDIX 5-2 Wastewater Treatment Plant Calculation Input Parameters.....	A-84
APPENDIX 5-3 IDEA Treatment Capacity	A-89
APPENDIX 5-4 Stabilization Pond/Aerated Lagoon Calculation	A-91
APPENDIX 5-5 Oxidation Ditch Calculation.....	A-113
APPENDIX 5-6 Calculation of Septic Tank Capacity (1).....	A-175
APPENDIX 5-7 Calculation of Septic Tank Capacity (2).....	A-176
APPENDIX 5-8 Standards for Frequency of Septic Tank Desludging	A-177
APPENDIX 5-9 Study of Septage Treatment in Ra Province.....	A-178
APPENDIX 7-1 FIRR EIRR Calculation	A-183

表リスト

表 1-7.1	調査メンバー	1-5
表 1-8.1	第 1 期の主要な会議内容	1-6
表 2-1.1	フィジー国における既存下水処理場一覧.....	2-1
表 2-1.2	Public Health Act に定める”Local Authority”となる者又は組織	2-7
表 2-1.3	地域別の衛生施設所管省庁（MIMS*ヒアリング結果）	2-8
表 2-2.1	国家開発目標（20 年計画）	2-10
表 2-2.2	5 か年事業計画のプログラム	2-11
表 2-3.1	フィジー国の国家財政・予算状況.....	2-12
表 2-3.2	フィジー国対外経常収支	2-12
表 2-3.3	対外債務状況	2-13
表 2-3.4	通貨別対外債務残高	2-13
表 3-3.1	国勢調査人口の推移	3-4
表 3-3.2	西部地区・各州の人口推移	3-4
表 3-3.3	フィジー国観光業の主要データ	3-6
表 3-4.1	河川流量観測結果（雨季前）	3-9
表 3-4.2	河川流量調査結果一覧（雨季）	3-9
表 3-4.3	比流量	3-10
表 3-4.4	水質調査結果一覧（雨季前）	3-11
表 3-4.5	水質調査結果一覧（雨季）	3-12
表 3-5.1	他分野における開発計画	3-12
表 3-5.2	TLTB GWCR Master Plan における計画分野.....	3-16
表 3-5.3	TLTB GWCR Master Plan におけるインフラ分野の策定方針.....	3-17
表 3-6.1	フィジー国における土地所有の状況.....	3-17
表 3-6.2	西部地区における非正規居住地の一覧.....	3-18
表 4-1.1	集合処理施設の一覧	4-1
表 4-1.2	Navakai 下水処理場の施設概要	4-2
表 4-1.3	Navakai 下水処理場の水質試験結果	4-4
表 4-1.4	Natabua 下水処理場の施設概要	4-6
表 4-1.5	Natabua 下水処理場の水質試験結果	4-7
表 4-1.6	Votua 下水処理場の施設概要	4-8
表 4-1.7	Votua 下水処理場の水質試験結果	4-9
表 4-1.8	Olosara 下水処理場の施設概要	4-10
表 4-1.9	Olosara 下水処理場の水質試験結果	4-11
表 4-1.10	既存下水処理場の推計流入下水水量.....	4-12
表 4-1.11	近年策定された計画・設計.....	4-13
表 4-2.1	衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（州合計）	4-14
表 4-2.2	衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（Urban）	4-14

表 4-2.3	衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（Rural）	4-15
表 4-2.4	腐敗槽の寸法基準（Fiji National Building Code）（抜粋）	4-18
表 4-2.5	現地聞き取り調査の概要	4-21
表 4-2.6	商業施設、レストランの聞き取り調査結果	4-24
表 4-2.7	ホテルの聞き取り調査結果	4-24
表 4-2.8	下水道への排出基準値	4-25
表 4-2.9	国家排水基準値	4-25
表 4-3.1	余剰汚泥の処分状況	4-26
表 4-3.2	フィジー国西部地区に営業拠点を持つ業者一覧	4-28
表 4-3.3	腐敗槽汚泥の処分状況	4-29
表 4-4.1	上水道及び下水道料金	4-33
表 4-4.2	腐敗槽汚泥収集料金の聞き取り結果	4-34
表 4-5.1	西部地区下水処理場における汚泥処理方法	4-35
表 4-5.2	西部地区の下水処理場職員	4-35
表 4-5.3	西部地区下水処理場の BOD 放流基準遵守率の経年変化	4-35
表 4-5.4	情報収集確認調査における下水処理場の課題と現状	4-36
表 4-5.5	西部地区における下水管路施設	4-37
表 4-5.6	西部地区における下水管路維持管理職員数	4-37
表 4-5.7	下水管路施設における課題	4-37
表 4-5.8	西部地区の機械・電気設備維持管理職員数	4-38
表 4-5.9	機械・電気設備維持管理における課題	4-38
表 4-6.1	能力評価を実施する組織の主な業務内容	4-40
表 4-6.2	評価項目	4-41
表 4-6.3	DWS の能力評価	4-41
表 4-6.4	WAF の計画・設計・建設部門に係る能力評価	4-42
表 4-6.5	WAF 西部の下水道管路維持管理に係る能力評価	4-43
表 4-6.6	WAF 西部下水処理場の O&M に係る能力評価	4-44
表 4-6.7	WAF 西部の機械・電気設備維持管理に係る能力表	4-45
表 4-6.8	WAF 西部の事業所排水規制に係る能力評価	4-46
表 4-6.9	プロジェクト終了時における能力目標	4-47
表 4-6.10	研修実施における WAF の要望	4-48
表 4-6.11	研修実施における JET と福岡市の協力分担	4-49
表 4-6.12	研修プログラム（案）	4-50
表 4-6.13	各研修分野の研修実施における留意点	4-51
表 4-6.14	遠隔研修の実施方法	4-51
表 4-6.15	活用が期待される課題別研修	4-52
表 4-6.16	下水道事業運営に係る研修概要	4-53
表 4-6.17	下水道計画・下水管路設計に係る研修概要	4-54
表 4-6.18	下水処理場設計（機械・電気・土木）に係る研修概要	4-55

表 4-7.1	WAF 向け政府予算額.....	4-56
表 4-7.2	WAF 損益計算書.....	4-57
表 4-7.3	上下水道事業売上	4-58
表 4-7.4	WAF 上下水道事業の営業損益.....	4-58
表 4-7.5	WAF 貸借対照表.....	4-59
表 4-7.6	キャッシュフロー表	4-61
表 4-7.7	WAF 上下水道事業の営業、投資キャッシュフロー	4-61
表 4-7.8	WAF2017 年予算.....	4-62
表 4-7.9	WAF2018 年～2022 年下水関連予算	4-63
表 4-7.10	顧客別の下水道料金売上額、接続数.....	4-64
表 4-7.11	下水道事業の推定営業収益.....	4-66
表 5-1.1	西部地区人口、州別人口の予測値.....	5-3
表 5-1.2	州別の Urban、Peri-Urban、Rural 区域内の人口	5-3
表 5-1.3	District 別の将来人口	5-4
表 5-1.4	生活系有収水量	5-6
表 5-1.5	市町別用途別有収水量（2019 年値）	5-6
表 5-1.6	市町別営業用水率	5-6
表 5-1.7	汚水量原単位等一覧	5-7
表 5-2.1	地区別の集合処理・分散処理の人口.....	5-8
表 5-2.2	処理区概略規模一覧	5-12
表 5-2.3	モデルの概要と使用データ	5-13
表 5-2.4	土地利用の再定義	5-15
表 5-2.5	原単位の設定	5-16
表 5-2.6	Nadi の年間降水量と年平均気温.....	5-19
表 5-2.7	年平均流量と BOD.....	5-20
表 5-2.8	検討ケース	5-21
表 5-2.9	各ケースの年平均値 BOD 濃度（最下流地点）	5-22
表 5-3.1	放流水質基準	5-22
表 5-3.2	放流水質基準の設定	5-23
表 5-3.3	各下水処理場における放流水質基準の設定.....	5-23
表 5-3.4	日本における標準活性汚泥法等の 7 処理法の概要.....	5-24
表 5-3.5	維持管理面と日本での採用事例に基づく選定.....	5-25
表 5-3.6	本検討対象処理プロセス	5-25
表 5-3.7	下水処理場の検討における流入水量.....	5-29
表 5-3.8	下水処理場の検討に用いる流入水質・水温.....	5-29
表 5-3.9	各処理場・処理方式の概略用地面積.....	5-30
表 5-3.10	【Case 1】各処理場に適用可能な処理方式の概略用地面積.....	5-41
表 5-3.11	【Case 2】各処理場に適用可能な処理方式の概略用地面積.....	5-41
表 5-3.12	下水管路概略延長（計画区域 50%達成時）	5-42

表 5-3.13	下水管路概略延長（計画区域 70%達成時）	5-45
表 5-3.14	各処理場・処理方式の概略建設費	5-49
表 5-3.15	各処理場・処理方式の概略建設費（用地取得費込み）	5-50
表 5-3.16	各処理場・処理方式の概略維持管理費	5-50
表 5-3.17	各処理区における下水管渠の概略建設費・維持管理費	5-51
表 5-3.18	各処理区におけるポンプ場の概略建設費・維持管理費	5-51
表 5-4.1	対象 6 市町の優先順位付けのためのクライテリアとデータの出典	5-52
表 5-4.2	クライテリアの解説	5-52
表 5-4.3	クライテリア	5-53
表 5-4.4	一対比較アンケート集計結果	5-54
表 5-4.5	重みづけ一覧	5-55
表 5-4.6	各市町の配点一覧	5-56
表 5-4.7	6 市町の点数と優先順位	5-57
表 5-4.8	スケジュール検討条件	5-57
表 5-4.9	全体整備スケジュール	5-59
表 5-5.1	定期汚泥引き抜き実施率の設定	5-63
表 5-5.2	分散処理施設 1 基当たりの人口	5-63
表 5-5.3	腐敗槽の寸法基準（Fiji National Building Code）（抜粋）、（再掲）	5-64
表 5-5.4	腐敗槽汚泥収集計画代替案の比較	5-68
表 5-5.5	各下水処理場への汚泥持ち込み量及び汚泥混入率（代替案 1）	5-69
表 5-5.6	各下水処理場への汚泥持ち込み量及び汚泥混入率（代替案 3）	5-70
表 6-1.1	西部地区 M/P で想定される事業コンポーネント	6-1
表 6-2.1	フィジー国及び西部地区の社会経済状況	6-5
表 6-2.2	フィジー国における民族グループ毎の貧困率	6-6
表 6-3.1	フィジー国における主な環境関連法制度	6-7
表 6-3.2	フィジー国における主な環境関連政策文書	6-7
表 6-3.3	フィジー国における用地取得関連法制度	6-10
表 6-4.1	スコーピング（西部地区 M/P 段階）	6-12
表 6-5.1	重要な環境社会配慮項目と調査方法（案）	6-14
表 6-6.1	Lautoka における開発シナリオ調査結果及び評価	6-19
表 6-6.2	Nadi における開発シナリオ調査結果及び評価	6-21
表 6-6.3	Tavua における開発シナリオ調査結果及び評価	6-22
表 6-6.4	Rakiraki における開発シナリオ調査結果及び評価	6-23
表 6-6.5	Ba における開発シナリオ調査結果及び評価	6-24
表 6-6.6	Sigatoka における開発シナリオ調査結果及び評価	6-25
表 6-7.1	M/P 策定に係るステークホルダー協議	6-26
表 7-2.1	平均処理水量、下水処理場、管渠、ポンプ場の建設期間及び接続準備期間	7-2
表 7-2.2	一般家庭、ビジネス顧客の接続者数と未接続者数	7-2
表 7-2.3	下水処理場の建設費用	7-3

表 7-2.4	管渠とポンプ場の建設費用	7-3
表 7-2.5	下水処理場の維持管理費	7-4
表 7-2.6	管渠とポンプ場の維持管理費	7-4
表 7-2.7	残余価値	7-5
表 7-3.1	標準変換係数算出表	7-8
表 7-3.2	費用変化に係る EIRR 感度分析	7-10
表 8-2.1	下水道施設規模に応じて必要となる人員.....	8-2
表 8-2.2	下水道施設 O&M における必要な予算	8-3
表 8-4.1	分散処理システムにおける課題	8-5
表 8-4.2	分散処理システムの改善策と役割分担.....	8-6
表 8-4.3	定期汚泥引き抜き実施のための 14 ステップ（説明）	8-9
表 8-4.4	定期汚泥引き抜き実施に向けて必要な法制度の整備.....	8-14
表 8-4.5	定期引抜き事業を開始するためのスケジュール（案）	8-16

図リスト

図 1-2.1	業務の成果と目的	1-2
図 1-3.1	事業のフェーズ分けと内容	1-2
図 1-4.1	西部地区汚水処理 M/P の対象区域.....	1-3
図 1-6.1	本業務の実施体制	1-4
図 2-1.1	既存下水処理場位置	2-1
図 2-1.2	MIMS の組織図.....	2-5
図 2-1.3	DWS の組織図	2-5
図 2-1.4	WAF の組織図.....	2-6
図 2-2.1	フィジー統計局にて定義される Urban エリア	2-10
図 2-3.1	財政赤字と債務残高の対 GDP 比率	2-13
図 2-3.2	経常赤字と対外債務の対 GDP 比率	2-14
図 3-1.1	フィジー国の国土及び地区	3-1
図 3-2.1	Viti Levu 島の地形	3-2
図 3-2.2	Viti Levu 島の地質概略図	3-3
図 3-3.1	フィジー国における GDP の推移 (USD)	3-5
図 3-3.2	フィジー国各産業セクターの GDP 貢献 (2013)	3-5
図 3-3.3	海外からの観光客数	3-6
図 3-3.4	観光収入の GDP 比率	3-6
図 3-4.1	観測地点と自動気象観測地	3-7
図 3-4.2	各河川の流域図	3-7
図 3-4.3	調査期間と降雨量の関係	3-8
図 3-5.1	Nadi・Lautoka システムの浄水場拡張計画 (NLWMP33)	3-13
図 3-5.2	FRA による GSA 交通戦略の位置図.....	3-14
図 3-5.3	EFL による送電網の現況及び計画	3-15
図 3-5.4	TLTB GWCR Master Plan の対象地域.....	3-16
図 4-1.1	西部地区の主な市町、及び集合処理施設の位置図(黄点)	4-1
図 4-1.2	Navakai 下水処理場の処理区域	4-2
図 4-1.3	Navakai 下水処理場の施設配置図	4-3
図 4-1.4	Natabua 下水処理場の処理区域	4-5
図 4-1.5	Natabua 下水処理場の施設配置図	4-6
図 4-1.6	Votua 下水処理場の処理区域	4-7
図 4-1.7	Votua 下水処理場の施設配置図	4-8
図 4-1.8	Olosara 下水処理場の処理区域.....	4-10
図 4-1.9	Olosara 下水処理場の施設配置図	4-11
図 4-1.10	既存下水処理場の推計流入下水流量	4-12
図 4-2.1	Water sealed toilet (封水式トイレ)	4-15
図 4-2.2	腐敗槽構造基準例 (Fiji National Building Code)	4-17

図 4-2.3	腐敗槽の設置方法 (Fiji National Building Code)	4-18
図 4-2.4	Pit Latrine(ピットラトリン)	4-21
図 4-2.5	現地聞き取り調査結果	4-22
図 4-3.1	WAF 下水処理場における汚泥受け入れ状況 (トラック台数)	4-31
図 4-6.1	能力強化の実施プロセス	4-39
図 4-6.2	MIMS 及び WAF における能力評価組織	4-40
図 4-7.1	WAF 予算額の推移	4-56
図 4-7.2	WAF 主要な下水関連項目の支出金額の推移 (1000 FJD)	4-57
図 4-7.3	営業収入、営業経費、営業損出、営業経費率	4-58
図 4-7.4	自己資本、累積損失、自己資本比率	4-60
図 4-7.5	当座比率、固定比率	4-60
図 4-7.6	WAF 年次予算承認プロセス	4-62
図 4-7.7	WAF2017 年予算配分比率	4-62
図 4-7.8	2018 年～2022 年下水処理と汚水収集整備事業予算の推移	4-63
図 4-7.9	下水道事業が WAF 全体の有形資産と売上請求に占める割合	4-64
図 4-7.10	下水関連売上	4-65
図 4-7.11	売上顧客区分 (2021 年)	4-65
図 4-7.12	顧客別の下水道料金支払い額の推移	4-65
図 4-7.13	下水道事業の推定営業収益	4-66
図 5-1.1	フィジー国全体人口の過年度と予測値	5-1
図 5-1.2	過年度実績を踏まえた人口予測	5-2
図 5-1.3	西部地区の人口比率および西部地区 3 州の人口比率	5-2
図 5-1.4	西部地区 3 州と District	5-4
図 5-1.5	用途別有収水量の経年変化 (6 市町合計)	5-5
図 5-2.1	集合処理対象地区 (Nadi、Lautoka)	5-9
図 5-2.2	集合処理対象地区 (Ba、Tavua)	5-10
図 5-2.3	集合処理対象地区 (Rakiraki、Sigatoka)	5-11
図 5-2.4	評価手順	5-12
図 5-2.5	シミュレーションモデルの構成	5-13
図 5-2.6	対象水系の河道網	5-14
図 5-2.7	対象水系の標高	5-14
図 5-2.8	河川流量の検証	5-17
図 5-2.9	観測値と解析値の比較	5-18
図 5-2.10	ハイドログラフ	5-19
図 5-2.11	BOD 濃度	5-20
図 5-2.12	BOD の経日変化の比較 (最下流地点)	5-21
図 5-3.1	安定化池法の処理フローイメージ	5-26
図 5-3.2	AL 法の処理フローイメージ	5-26
図 5-3.3	IDEA 法の処理フローイメージ	5-26

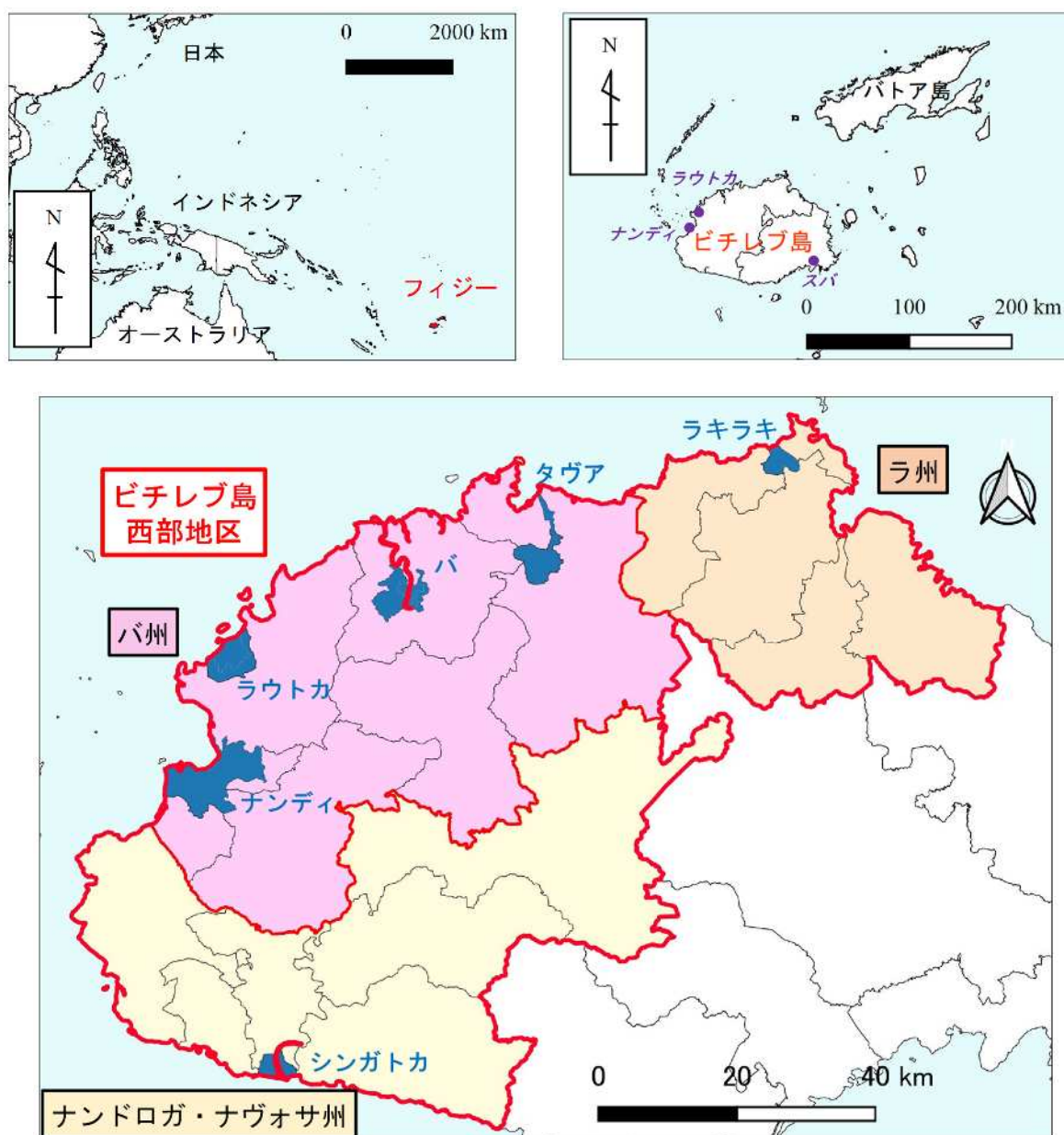
図 5-3.4	OD 法の処理フローイメージ.....	5-27
図 5-3.5	下水処理場のフロー（腐敗槽汚泥受け入れあり）	5-28
図 5-3.6	下水処理場のフロー（腐敗槽汚泥受け入れなし）	5-28
図 5-3.7	Tavua 下水処理場の概略候補地.....	5-31
図 5-3.8	Rakiraki 下水処理場の候補地.....	5-31
図 5-3.9	Navakai 下水処理場（Nadi）：OD 法.....	5-32
図 5-3.10	Natabua 下水処理場（Lautoka）：安定化池法	5-32
図 5-3.11	Natabua 下水処理場（Lautoka）：AL 法.....	5-33
図 5-3.12	Natabua 下水処理場（Lautoka）：OD 法	5-33
図 5-3.13	Votua 下水処理場（Ba）：安定化池法.....	5-34
図 5-3.14	Votua 下水処理場（Ba）：AL 法	5-34
図 5-3.15	Votua 下水処理場（Ba）：OD 法.....	5-35
図 5-3.16	Tavua 下水処理場：安定化池法.....	5-35
図 5-3.17	Tavua 下水処理場：AL 法	5-36
図 5-3.18	Tavua 下水処理場：OD 法.....	5-36
図 5-3.19	Rakiraki 下水処理場：安定化池法.....	5-37
図 5-3.20	Rakiraki 下水処理場：AL 法	5-37
図 5-3.21	Rakiraki 下水処理場：OD 法.....	5-38
図 5-3.22	Olosara 下水処理場（Sigatoka）：安定化池法	5-38
図 5-3.23	Olosara 下水処理場（Sigatoka）：AL 法.....	5-39
図 5-3.24	Olosara 下水処理場（Sigatoka）：OD 法	5-39
図 5-3.25	処理プロセスの選定フロー	5-40
図 5-3.26	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Nadi 処理区）	5-42
図 5-3.27	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Lautoka 処理区）	5-43
図 5-3.28	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Ba 処理区）	5-43
図 5-3.29	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Tavua 処理区）	5-44
図 5-3.30	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Rakiraki 処理区）	5-44
図 5-3.31	概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Sigatoka 処理区）	5-45
図 5-3.32	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Nadi 処理区）	5-46
図 5-3.33	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Lautoka 処理区）	5-46
図 5-3.34	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Ba 処理区）	5-47
図 5-3.35	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Tavua 処理区）	5-47
図 5-3.36	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Rakiraki 処理区）	5-48
図 5-3.37	概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Sigatoka 処理区）	5-48
図 5-5.1	分散処理対象人口の推移	5-61
図 5-5.2	「安全に管理された衛生サービ」ス人口比率の推移.....	5-61
図 5-5.3	腐敗槽の調査結果（外寸）	5-64
図 5-5.4	腐敗槽汚泥発生量（西部地区合計）の推移	5-66
図 5-5.5	腐敗槽汚泥の運搬ルート（現況）	5-67

図 5-5.6	下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移（代替案 1）	5-69
図 5-5.7	下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移（代替案 3）	5-70
図 5-5.8	中継ステーションを利用した汚泥運搬ルートのイメージ	5-71
図 5-6.1	2036 年における整備状況図	5-72
図 5-6.2	2053 年における整備状況図	5-73
図 6-2.1	Viti Levu 島における保護区	6-3
図 6-2.2	Viti Levu 島における KBA 及び IBA	6-4
図 6-3.1	フィジー国における EIA プロセス	6-8
図 6-3.2	Viti Levu 島西部（西部地区を含む）の土地所有分類	6-10
図 6-6.1	新設処理場の候補地案	6-17
図 7-2.1	一般家庭、ビジネス顧客の接続者数と未接続者数の推移	7-3
図 7-2.2	M/P 実施に要する維持管理費と現在の予算額の対比	7-7
図 8-4.1	サニテーションサービスチェーン	8-5
図 8-4.2	定期汚泥引き抜き の 7 つのアスペクト	8-8
図 8-4.3	定期汚泥引き抜き実施のための 14 ステップ	8-8
図 8-4.4	Fecal Waste Flow Diagram の例	8-11
図 8-4.5	WASH (Water, Sanitation and Hygiene) Program で作成された資料の例	8-12
図 8-4.6	実施体制のイメージ	8-14

写真リスト

写真 4-1.1	場内で故障停止した機器	4-4
写真 4-2.1	Septic Tank の外観、施工写真	4-20
写真 4-2.2	Drum System の施工状況	4-20
写真 4-2.3	ライニングが劣化した事例	4-23
写真 4-3.1	Olosara 下水処理場における浚渫汚泥脱水の様子	4-27
写真 4-3.2	Natabua 下水処理場（Lautoka）	4-29
写真 4-3.3	収集腐敗槽汚泥の投入状況（Olosara 下水処理場）	4-30
写真 4-3.4	汚泥受け入れ記録	4-30

調査位置図



西部地区の各州の人口

州・地区	人口 (人)		
	Urban	Rural	合計
バ州	165,411	82,297	247,708
ラ州	5,987	24,445	30,432
ナンドロガ・ナボサ州	10,293	48,638	58,931
西部地区小計	181,691	155,380	337,071
フィジー全国合計	494,252	390,635	884,887

出典) Fiji Population & Housing Census 2017

西部地区の既存下水処理場名

行政区名	既存下水処理場名
ナンディ	ナバカイ
ラウトカ	ナタンブア
バ	ボツア
シンガトカ	オロソラ

略 語 表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AHP	Analytic Hierarch Process	階層化意思決定法
AL	Aerated Lagoon	エアレーテッドドラグーン
ATP	Affordable To Pay	支払い可能額
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CAPEX	Capital Expenditure	初期投資費用
CD	Capacity Development	能力強化
CHB	Central Health Bureau	中央保険局
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	ワシントン条約
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counter Part	カウンターパート
CWIS	Citywide Inclusive Sanitation	包括的污水管理・污水处理サービス
DF/R	Draft Final Report	ドラフトファイナルレポート
DOE	Department of Environment	(水路環境省) 環境局
DOL	Department of Land	(国土鉱物資源省) 土地局
DWS	Department of Water and Sewerage	(インフラ・気象サービス省) 上下水道局
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
ESC	Environmental and Social Considerations	環境社会配慮
FBoS	Fiji Bureau of Statistics	フィジー統計局
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
FOG	Fats, Oil, Grease	油脂類
F/S	Feasibility Study	事業実施調査
F/R	Final Report	ファイナルレポート
GCF	Green Climate Fund	緑の気候資金
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
HQ	Headquarters	本部
IBA	Important Bird Area	重要野鳥生息地
IC/R	Inception Report	インテリムレポート
IDEA	Intermittent Decant Extended Aeration	間欠排水長時間曝気
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整会議
JET	JICA Expert Team	調査団
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JPP	JICA Partnership Programs	草の根技術協力事業
KBA	Key Biodiversity Area	生物多様性重要地域
KCCP	Knowledge Co-Creation Program (JICA)	課題別研修
L&D	Lecture & Discussions	講義・討論
LMMA	Locally Managed Marine Area	地域主導型管理海域
MBBR	Moving Bed Biofilm Reactor	移動床式生物膜
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MHCD	Ministry of Housing and Community Development	住宅地域開発省
MHMS	Ministry of Health and Medical Services	保健・医療サービス省

MIMS	Ministry of Infrastructure and Meteorological Service	インフラ・気象サービス省（組織改編前、現公共事業・気象サービス・運輸省（MPW））
MIS	Management Information System	管理情報システム
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japanese)	国土交通省（日本）
MLMR	Ministry of Lands and Mineral Resources	国土鉱物資源省
MOE	Ministry of Economy	経済省（組織改編前、現財務省（MOF））
MOF	Ministry of Finance	財務省（組織改編後、旧経済省（MOE））
MoF	Ministry of Forestry	森林省
MOWE	Ministry of Waterways and Environment	水路環境省
MPW	Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport	公共事業・気象サービス・運輸省（組織改変後、旧インフラ・気象サービス省（MIMS））
M/P	Master Plan	マスタープラン
MWCPA	Ministry of Women, Children and Poverty Alleviation	女性子供貧困軽減省
NPO	Non-Profit Organization	非営利団体
NLWMP33	Nadi/Lautoka Regional Water Supply Scheme Master Plan 2013-2033	Nadi/Lautoka 上水道マスタープラン（2013-2033）
OD	Oxidation Ditch	オキシデーションディッチ
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	オン・ザ・ジョブ・トレーニング
O&M	Operation and Maintenance	運転維持管理
PG/R	Progress Report	プロGRESSレポート
PI/R	Project Implementation Report	業務計画書
Pre-F/S	Pre-Feasibility Studies	事業実施事前調査
R/D	Record of Discussion	討議議事録
SCF	Standard Conversion Factor	標準変換係数
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SOP	Standard Operation Procedure	標準作業手順書
SP	Stabilization Pond	安定化池
SPREP	Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme	太平洋地域環境計画事務局
SS	Suspended Solids	浮遊物質量
TC	Technical Committee	技術委員会
TLTB	iTaukei Land Trust Board	伝統的土地信託委員会
T-N	Total Nitrogen	全窒素
TOR	Terms of Reference	委託事項
T-P	Total phosphorus	全リン
TSS	Total Suspended Solids	全浮遊物質量
UNICEF	United Nations Children's Fund	ユニセフ（国際連合児童基金）
WAF	Water Authority of Fiji	フィジー水道公社
WASH	Water, Sanitation and Hygiene	水、トイレ、衛生サービス
WDPA	World Database on Protected Areas	世界保護地域データベース
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場

第1章 プロジェクトの概要と背景

1-1 背景

フィジー共和国（以下、「フィジー国」という。）の人口第 2、第 3 位の都市である Lautoka、Nadi が位置する西部地区は、ナンディ国際空港を擁する観光産業の重要拠点である。西部地区は人口や観光客の増加に下水道整備が追い付いておらず、都市の発展を見越した下水道施設の整備が急務である。

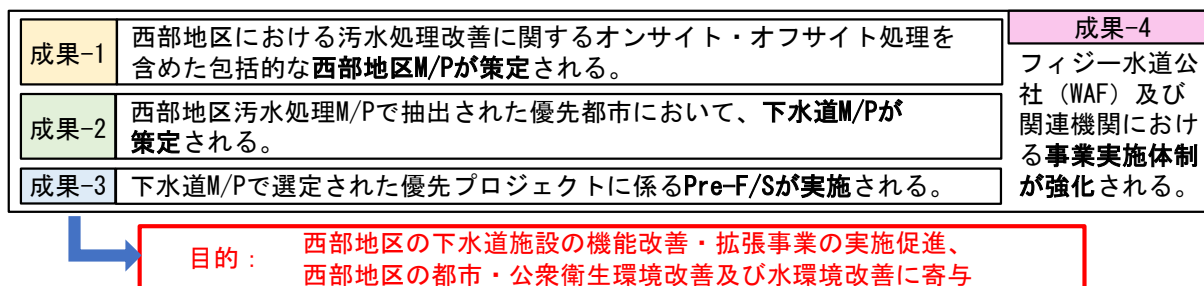
フィジー国政府が 2017 年に策定した「国家開発計画 (2017-2036)」では、2036 年までに人口の 70% が下水システムへのアクセスが可能となるよう、下水処理システムの整備と拡張を全ての都市部で進めるとしている。JICA が 2019 年に実施した「フィジー共和国上下水道セクター基礎情報収集・確認調査」では、西部地区の 4 か所の下水処理場の多くで汚水が十分に処理されないまま放流されている事が確認された。原因としては、下水処理場の過負荷運転と不適切な運転・維持管理（以下、「O&M」という。）が挙げられている。過負荷運転は下水道のマスタープラン（以下、「M/P」という。）の策定年度が古く、施設の適切な増改築計画が策定できないこと等に起因している。また、不適切な O&M は運転データや水質データに基づく O&M が実施されていない、O&M マニュアルが整備されていない等の課題に起因していることが明らかとなった。

フィジー国の西部地区の下水道整備を戦略的に行うため、JICA は「フィジー国西部地域下水道マスタープラン策定プロジェクト詳細計画策定調査」を行い、下水道事業に関連した関係機関の役割を確認し、下記に示すプロジェクトの構成や内容を協議した。

- ✓ 西部地区の集合型、分散処理を考慮した「西部地区污水处理マスタープラン」（以下、西部地区污水处理 M/P という。）
- ✓ 「西部地区の優先都市のための下水道 M/P」（以下、「都市下水道 M/P」という。）
- ✓ 優先プロジェクトのためのプレ F/S（以下、「Pre-F/S」という。）
- ✓ 下水道施設の維持管理強化

1-2 業務の成果と目的

本業務は、プロジェクト名「西部地区污水处理マスタープラン策定プロジェクト」として、フィジー国西部地区を対象に次頁に示す 4 つの成果を達成すべく各種の活動を行う。これらの成果の達成を通して、西部地区の下水道施設の機能改善・拡張事業の実施が促進され、西部地区の都市・公衆衛生環境改善及び水環境改善に寄与することを目的とする。



出典：R/D に基づき JET 作成

図 1-2.1 業務の成果と目的

1-3 事業のフェーズ分け

本プロジェクトは3年間で予定している。上記で述べた成果-1 西部地区汚水処理 M/P と成果-4 事業実施体制の強化は1年次に第1期として行う。成果-2 と成果-3 の活動は本プロジェクトでは第2期として2年次、3年次で行う。

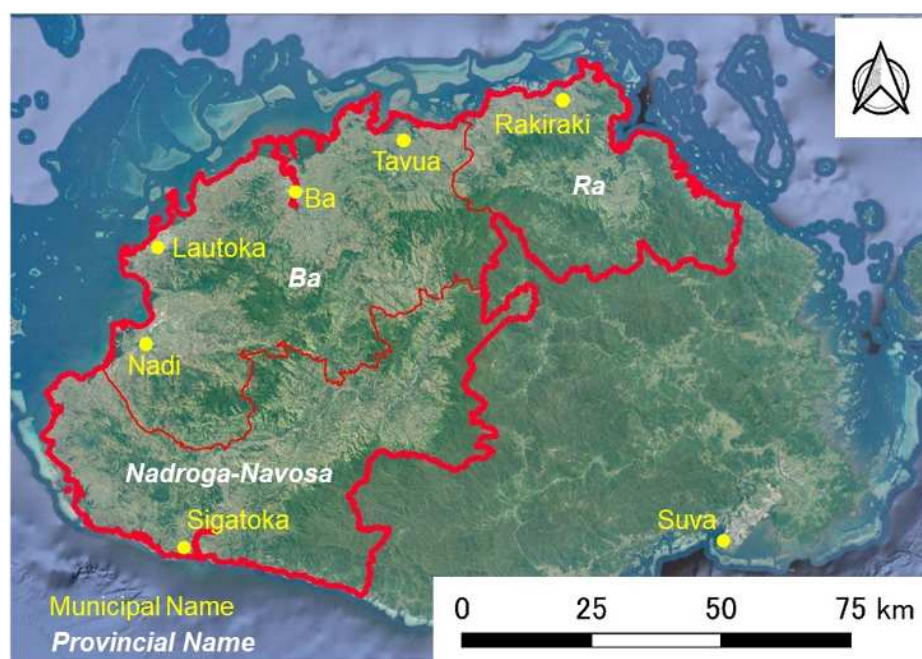
事業	第1期				第2期							
	2021	2022			2023				2024			
	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q
西部地区汚水処理マスタープラン（成果-1）												
都市下水道マスタープラン（成果-2）												
優先事業のPre-F/S（成果-3）												
事業実施体制の強化（成果-4）												

出典：R/D に基づき JET 作成

図 1-3.1 事業のフェーズ分けと内容

1-4 対象地域

本業務の対象地域はフィジー国西部地区である。2017 年のセンサスによれば、西部地区の人口は約 337,000 人で、都市域（Urban）に約 182,000 人、郊外部（Rural）に約 155,000 人が居住している（巻頭業務位置図参照）。西部地区にて下水道等へのアクセス率 70%を達成するためには郊外部を含めて広範囲の汚水処理普及率を上げる必要がある。



出典 : JET

図 1-4.1 西部地区污水处理 M/P の対象区域

1-5 C/P 機関

本業務の C/P 機関は以下のとおりである。2021 年 1 月からの第 1 次調査にて、第 1 期における重要性から 2 つの C/P 機関が追加された。

主要実施機関	フィジー水道公社 (Water Authority of Fiji : WAF) ・ ・ ・ 下水道 (集合型污水处理。以下、「集合処理」という。) を所管
関係機関	インフラ・気象サービス省 (Ministry of Infrastructure and Meteorological Service : MIMS¹) 上下水道局 (Department of Water and Sewerage : DWS) ・ ・ ・ 分散型污水处理 (以下、「分散処理」という。) を所管 水路環境省 (Ministry of Waterways and Environment)、経済省 (Ministry of Economy : MOE^{2*2})、国土鉱物資源省 (Ministry of Lands and Mineral Resources)、住宅地域開発省 (Ministry of Housing and Community Development)、健康保険省 (Ministry of Health and Medical Services (Central Board of Health: CBH))、フィジー統計局 (Fiji Bureau of Statistics)、伝統的土地信託委員会 (iTaukei Land Trust Board)、地方自治省 (Ministry of Local Government)、地方自治体、(Municipal Councils、Provincial Councils) 等

1-6 プロジェクトの実施体制

(1) 合同調整委員会 : Joint Coordination Committee

本プロジェクトは図 1-6.1 に示す合同調整委員会 : Joint Coordination Committee (以下、「JCC」とい

¹ 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))

² 現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

う。)を実施体制の中核とし、この JCC を用いて JET とフィジー国側の双方向の情報発信や意思疎通により、策定した計画の速やかな承認を働きかける。JCC の主な役割は以下のとおりである。

- ✓ 第 1 期の西部地区汚水処理 M/P、第 2 期の都市下水道 M/P 及び Pre-F/S の進捗確認や承認
- ✓ プロジェクトの全体の方針性の議論及び各機関との合意形成



*1 MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))

*2 MOE : 現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

出典 : R/D に基づき JET 作成

図 1-6.1 本業務の実施体制

(2) アドバイザー

本業務はマスタープランの策定と研修を含む技術移転に係る部分において、福岡市道路下水道局よりアドバイザーとして協力を得ている。福岡市は長年フィジーにおいて上下水道事業に係る協力を実施しており、WAF とのネットワークを有し、事業体制に係る知見を有している。

1-7 JICA 専門家チーム (JET)

本プロジェクトの日本側の関係者は以下のとおりである (表 1-7.1 参照)。また、JICA より福岡市道路下水道局に対してアドバイザーとして参画を依頼しており、福岡市道路下水道局はプロジェクトの活動や計画の内容について適宜助言を行っている。

表 1-7.1 調査メンバー

JICA	
氏名	所属
松岡 秀明	JICA 本部 地球環境部環境管理グループ 課長
保坂 幸也	JICA 本部 地球環境部環境管理グループ 技術主任
大場 隆	JICA フィジー事務所 所員
難波 茂基	JICA フィジー事務所 企画調査員
(アドバイザー:福岡市)	
八島 弘倫	道路下水道局総務部 政策調整課 課長
森川 真伍	道路下水道局総務部 政策調整課 主査
橋爪 将治郎	道路下水道局総務部 政策調整課 主任

コンサルタントチーム		
氏名	担当	所属
中嶋 宜信	業務主任者/総合的汚水処理計画	株式会社日水コン
林 潔彦	副業務主任者/組織経営分析・強化	株式会社日水コン
和田 徹雄	下水道計画	株式会社日水コン
川嶋 幸徳	分散処理計画	株式会社日水コン
佐々木 伸一/小手川 陽子	下水処理場計画・設計	株式会社日水コン
五十嵐 英幸	下水管路計画/既存排水路調査	八千代エンジニアリング株式会社
松本 恭明	機械設備	株式会社日水コン
若本 丈二	電気設備	株式会社日水コン
今野 雄一郎	積算/施工計画	株式会社日水コン
長曾 善之	経済財務分析	株式会社日水コン
工藤 ゆり子	環境社会配慮/住民啓発	八千代エンジニアリング株式会社
飯島 康夫	自然状況調査	八千代エンジニアリング株式会社
岡崎 浩一	上水道計画アドバイザー	株式会社日水コン
Divesh SAMI	下水道計画	NRW Macallan (Fiji) Ltd
Andrew BANNER	土木エンジニア	NRW Macallan (Fiji) Ltd
Aneshwar AMIT	経済財務分析	NRW Macallan (Fiji) Ltd
Ashika SINGH	秘書	NRW Macallan (Fiji) Ltd

出典：JET

1-8 プロジェクトの主要な会議

2021 年 10 月に開始したプロジェクト第 1 期で開催した主要な会議は表 1-8.1 のとおりである。JCC のミニッツは APPENDIX 1-1 に添付した。

表 1-8.1 第 1 期の主要な会議内容

会議名	会議の概要
キックオフミーティング 2021 年 11 月 17 日 (WAF) 2021 年 11 月 18 日 (MIMS* ¹ 、 MOE* ²)	・ JET よりプロジェクトの概要と実施計画の説明 ・ 第 1 回派遣 (2021 年 11~12 月) の活動内容の説明 ・ フィジー側からの実施計画、活動内容に対するコメントの収集 ・ プロジェクトのロジに関する WAF との協議
第 1 回 JCC 2021 年 12 月 20 日	・ プロジェクトの活動内容とスケジュールの説明 ・ 住宅・地域社会省と中央保健委員会 (CBH) の JCC メンバーへの追加に関する協議 ・ 西部地区汚水処理 M/P の対象 6 都市の確認
テクニカルコミッティ 2022 年 4 月 19 日	・ 第 2 回派遣 (2022 年 3~4 月) の活動内容の説明 ・ 西部地区 6 都市の人口・汚水量予測、下水道計画区域設定、優先都市の選定等に関する協議
第 2 回 JCC 2022 年 7 月 22 日	・ 西部地区汚水処理 M/P の骨子 (目標年次、目標人口、発生汚水量、下水処理方式、建設・O&M コスト、優先都市、実施スケジュール、70% 下水道接続の代替案、分散処理) の説明 ・ フィジー側のコメント収集
第 3 回 JCC 2022 年 9 月 19 日	・ フィジー側コメント (下水処理方式への MBBR 法の追加、建設コストへの土地取得費の加算) を反映した西部地区汚水処理 M/P の説明とフィジー側の承認 ・ WAF CEO が欠席のため、9 月 23 日に別途 CEO に内容説明と承認

*1 MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))

*2 MOE : 現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

出典 : JET

第2章 汚水処理に関する上位計画と関連規程

2-1 汚水処理セクターの現状

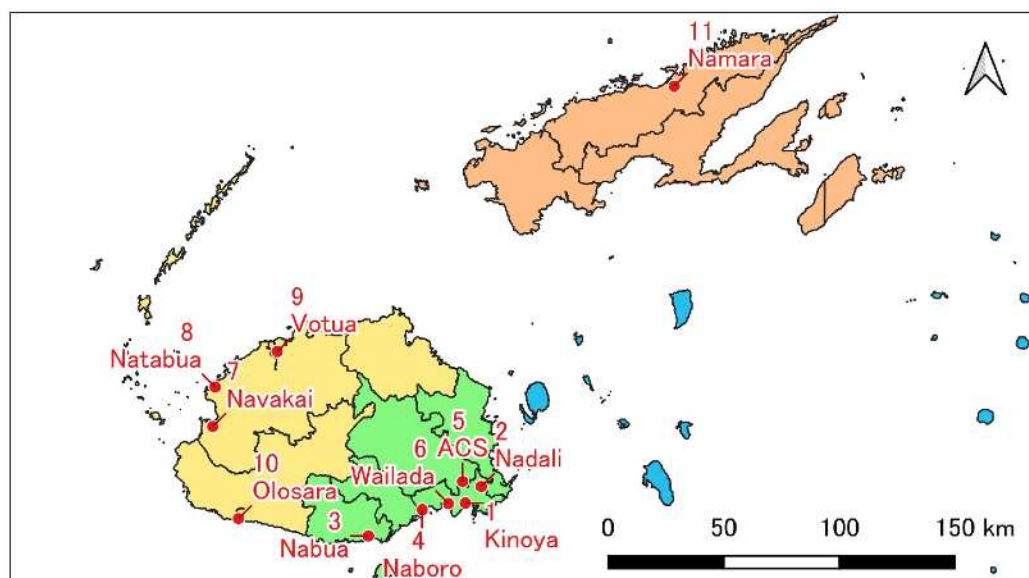
2-1-1 汚水処理施設の整備状況

フィジー国には現在 11 か所の既存の下水処理場が存在し、その概要を示せば表 2-1.1 のとおりである。中部地区に 6 か所、西部地区に 4 か所、北部地区に 1 か所整備されており、最大規模の下水処理場は中部地区の Kinoya 下水処理場で処理規模は 180,000 換算人口程度とされるが、多くの処理場において、老朽化や機器故障により本来の処理能力を発揮できていない。下水処理場の位置を図 2-1.1 に示す。なお、汚水収集方式は分流式が採用されている。

表 2-1.1 フィジー国における既存下水処理場一覧

No.	地区	処理場名（都市名）	処理法	処理能力（換算人口）	収集方式
1	Central	Kinoya (Suva)	High Rate Trickling Filter + IDEA	180,000	Separated System
2		Nadali (Nausori)	Extended Aeration and Polishing Ponds	2,500	
3		Nabua (Pacific Harbor)	High Rate Trickling Filter	2,500	
4		Naboro (Suva)	Extended Aeration Activated Sludge	5,000	
5		ACS (Nausori)	Trickling Filter	800	
6		Wailada (Lami Industrial)	Extend Aeration Package Plant	5,000	
7	Western	Navakai (Nadi)	IDEA	35,000	
8		Natabua (Lautoka)	Oxidation ponds	43,000	
9		Votua (Ba)	Oxidation ponds	8,000	
10		Olosara (Sigatoka)	Oxidation ponds	4,000	
11	Northern	Namara (Labasa)	Oxidation ponds	11,000	

出典：WAF 提供資料に基づき JET 作成



出典：JET

図 2-1.1 既存下水処理場位置

2-1-2 污水处理関連法規

(1) 環境関連

- 環境管理法-2005 では環境影響評価、廃棄物管理、汚染防止および罰則に関する法的枠組みが示されている。
- 環境管理（廃棄物処理およびリサイクル）規則 2007 では各種施設からの固形廃棄物の排出、液体廃棄物の排出、汚染ガス、煙、蒸気、煤塵等の排出、管理、保管が示されている。
- 環境管理（EIA プロセス）規則 2007 ではスクリーニング、EIA の実施について示されている。
- 環境影響評価（EIA）ガイドライン 2008 では EIA プロセスに関する情報が含まれている。

(2) 下水道関連

- WAF 法-2007（Water Authority of Fiji Act 2007）では WAF の機能、権限等を定めている。第 4 章 27 項では、一般家屋は 30m 以内に下水管路が敷設されれば、30 日以内に下水道に接続する義務のあることが示されている。
- 国家液体廃棄物管理戦略(Fiji National Liquid Waste Management Strategy and Action Plan 2007)で生活排水、事業所排水について量の削減、水質改善のための処理機能の向上、市民の意識改革の実施の重要性が示されている。
- WAF 所有・管理の下水道システムへの排出のための国家液体事業所廃棄物政策(National Liquid Trade Waste Policy for Discharge to Wastewater Systems Owned and Operated by Water Authority of Fiji) では下水管路が 30m 以内にある場合は下水道に接続する義務が示されている。また事業所が排水を下水道に排出する際の水質基準、排水に係る特別料金、罰則規定を定めるとあるが、現在のところ、水質基準、特別料金、罰則規定は国会の承認待ちの状況である。

(3) 公衆衛生関連

- 公衆衛生法（Public Health Act 1936 (2020 Amended)）の 30 条では下水道に接続しない家屋については「十分な機能を有する便所」（Sufficient Privy）の設置が義務付けられている。
- 公衆衛生（国家建築基準）規則 2004（Public Health (National Building Code) Regulation 2004）には便所の標準図として、家庭用セプティックタンクと、水道が普及していない地域で用いる Pit Latrine（堅穴式便所）の図が示されている。そのため、水道の給水区域外では基本的に堅穴式便所が、水道の給水区域内で、下水道に接続しない建築物についてはセプティックタンクが設置されている。
- 公衆衛生法の監督官庁は保健医療サービス省（Ministry of Health and Medical Service。以下「MHMS」という。）の中央保健委員会（Central Board of Health。以下「CBH」という。）であるが、同法の 34 において、地区内の全ての便所と排水設備が健康を阻害しないように建設され、維持管理されるようにするのは地方自治体の責務であると記されており、「十分な機能を有する便所」の管理監督は地方自治体が行っている。

- この法 (Act) は、CBH 及び Local Authority の責任と権限、建物 (Building) の要件 (Privy, Dustbin and Drain)、Offensive Trade (不快を与える、不衛生な事業) に対する CBH の同意 (Consent in writing) 及び本法に基づく条例・規則等について規定している。
- この法律において、フィジー国全土は Urban Sanitary District 及び Rural Sanitary District に分類され、City/Town は Urban Sanitary District になる。一方、Rural Sanitary District は CBH の議決及び大臣の承認により決定される。なお、Urban Sanitary District 及び Rural Sanitary District は、それぞれこの法律により権限を与えられた Local Authority がこれを管轄する。なお本条には Urban と Rural のどちらにも含まれない地域が存在する旨は記載されていない。(Article 9)
- この法律において Local Authority とは、City/Town Boundary においては City/Town Council、Rural District においては大臣 (1965 年の告示により Division Commissioner に委任) により指名された個人又は組織である。また、Urban、Rural のどちらの Sanitary District にも含まれない地域は CBH が当該地域における Local Authority となる。(Article 10)
- Local Authority は、CBH の承認を条件として、必要に応じ、Sanitary Inspector を任命することができる。また、CBH に提出し大臣の承認を得るための規則案を作成することができる。(Article 11) なお、分散処理システムに関しては、Sanitary Inspector の他に、Health Inspector、Building Inspector という名称が資料中に出現するが、それぞれの役割、権限については整理できていない。
- この法律に基づき、新設、再構築又は住居として改造されたすべての建物は、Local Authority の規則を満足する適切な便所 (Privy)、ゴミ箱 (Dustbin) 及び排水路 (Drain) を備えなければならない。(Article 31)
- この法律に基づき、そのエリア内の便所や排水路が健康に害を及ぼす可能性が無いように建設、維持管理されるようにすることは Local Authority の義務である。(Article 34)
- 何人も、CBH の文書による同意なしに、Local Authority の地域内において、Offensive Trade (不快を与える、不衛生な事業) を設立又は実施することはできない。(Article 90)

(4) 土地収用

- 国家土地法 (Crown Land Act) は国家の土地の使用および管理を示している。
- 公共用地取得法 (Crown Acquisition of Lands Act) は公共事業のための用地の取得に関する法律で、下水道処理場やポンプ場の建設で用地取得が必要な際に準拠しなければならない。
- 先住地法 (iTaukei Land Act) は先住民が所有する土地の権利を示している。
- 先住地信託法 (iTaukei Land Trust Act) は先住地信託委員会 (iTaukei Land Trust Board) の権限、先住地の借地に関して示されている。下水道事業で先住民の土地を借りる場合にはこの法に従う必要がある。
- 土地譲渡法 (Land Transfer Act) は自由に使用できる土地 (Free Hold Land) の使用、管理と売買について示されている。

(5) 地方自治体関連

- 地方自治体法 (Local Government Act 1972 (2009 Amended)) で、「自治体は大臣の承認を得て、単独または政府、企業またはその他の法人、またはその他の法的公的機関と連携して、自治体にとって必要または有益であると思われる公共事業を構築または維持する。」「し尿処理、ごみ収集、その他の衛生に関するすべてのスキームは、自治体の承認を得る必要がある。」そのため、下水道事業の実施にも地方自治体の許可が必要である。

(6) 廃棄物関連

- 環境管理 (廃棄物処分及びリサイクル) 条例 (Environmental Management (Waste Disposal and Recycling) Regulations 2007) では下水処理場で発生する汚泥を含む固形廃棄物の適切な処分が必要なことが示されている。現在、下水処理場で発生する汚泥は場内に投棄されているが、場外に搬出して処分する場合には、同条例を所管する DOE の許可が必要となる。

2-1-3 汚水処理関連組織

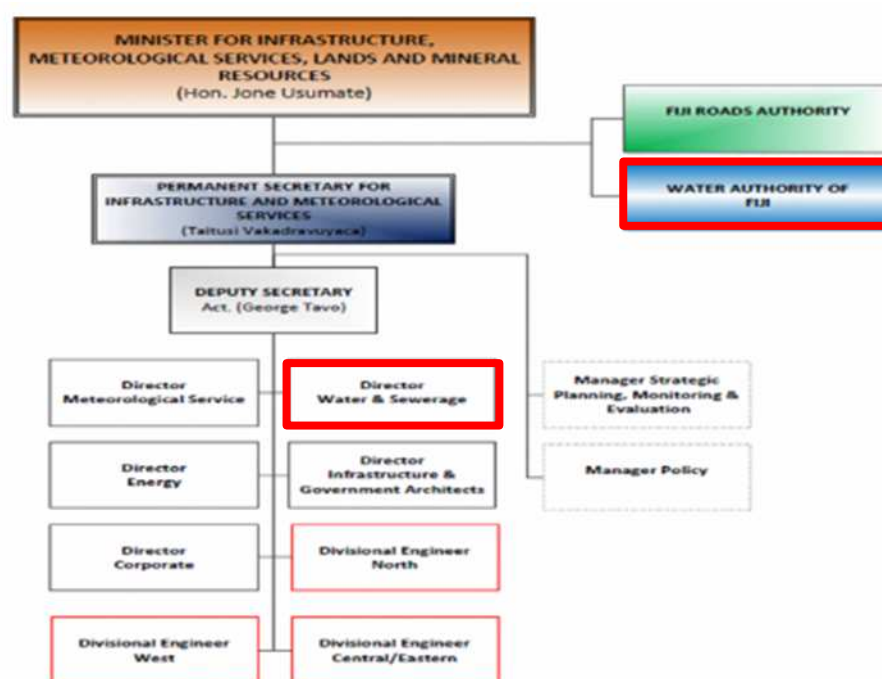
フィジー国行政機関は、大統領府、首相府、司法長官室の下に、先住民関係省、外務省、インフラ気象サービス省、地方自治省、教育省、保健省、環境省など 23 省から構成されており、下水道セクターに関係する組織は以下のとおりである。

(1) 主要な汚水処理関連組織

i) インフラ・気象サービス省 (MIMS) ³

フィジー国における下水セクターはインフラ・気象サービス省 (Ministry of Infrastructure and Meteorological Service。以下、「MIMS」という。) が所管している。MIMS の組織図は図 2-1.2 のとおりである。事務次官補 (Deputy secretary Act) の下に 8 部門があり、その一つが上下水道局 (Department of Water and Sewerage。以下、「DWS」という。) である。また、省には外部団体としてフィジー道路公社とフィジー上下水道公社 (以下、「WAF」という。) がある。

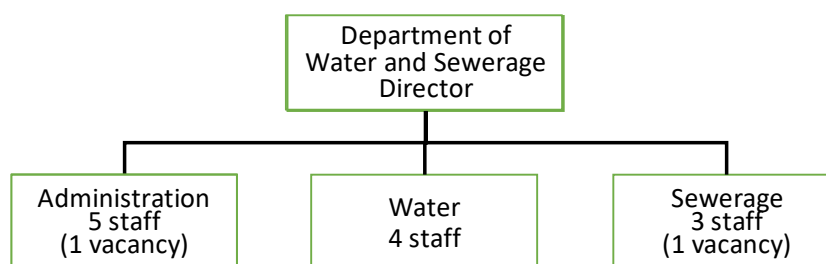
³ MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))



出典：MIMS

図 2-1.2 MIMS の組織図

DWS は持続可能な上下水道事業のために、政策及び法令の策定、及び水道未整備地区の水供給、汚水処理整備を所管する。また、DWS は WAF が実施する事業の監督を行うとともに、事業者が分散型汚水処理施設を設置する際の承認審査において、技術的支援を提供する役割を有している。図 2-1.3 は上下水道局の組織を示している。局は管理部、水道部、下水道部に分かれている。水道部は部長を含め 4 人の技術職員が在籍するが、下水道部は技官（Technical officer）1 名が空席のため、部長を含めて 3 名で業務を実施している。



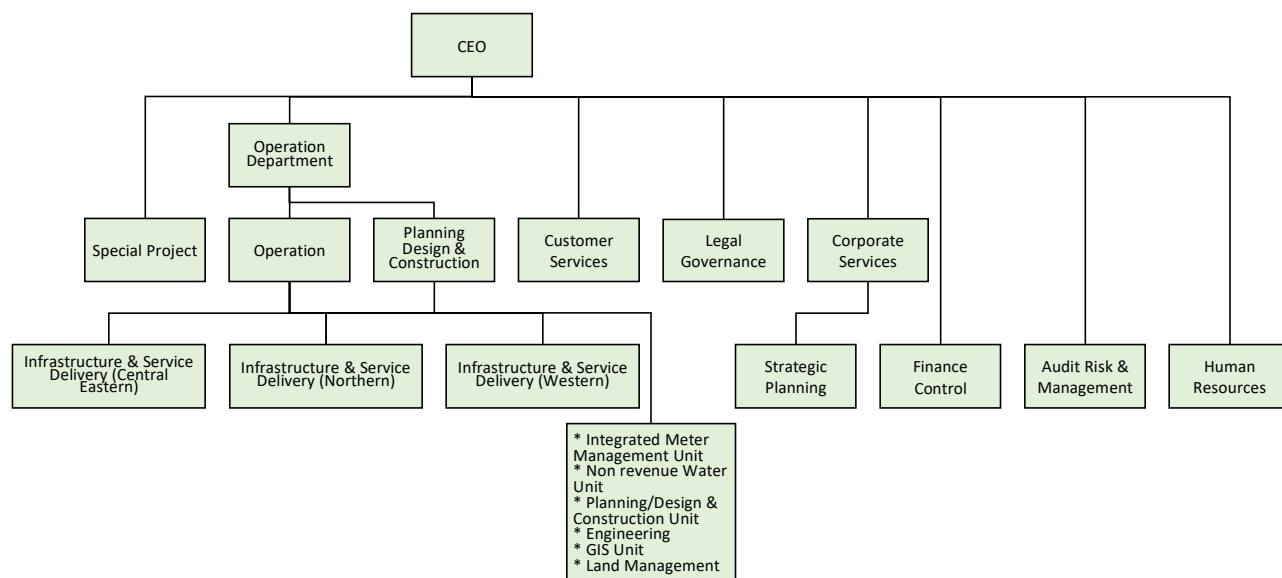
出典：MIMS の資料を基に JET 作成

図 2-1.3 DWS の組織図

ii) フィジー水道公社（WAF）

フィジー国における上下水道事業は 2007 年までフィジー国上下水道局（Fiji Water and Sewerage Department）が実施してきたが、「健全で持続可能な方法で効率的かつ効果的な上下水道サービスの提供のために」（WAF による）、2007 年に「WATER AUTHORITY OF FIJI PROMULGATION 2007」を制定し、フィジー水道公社（WAF）が設立された。3 年間の引継ぎ期間の後、2010 年 1 月 1 日から上下水道事業の実施を WAF が正式に引き継いだ。

WAF の組織図は図 2-1.4 のとおりである。



出典：WAF の資料を基に JET 作成

図 2-1.4 WAF の組織図

下水道事業の計画・設計・建設は、運転局（Operation Department）の計画・設計・建設部の計画・設計・建設ユニットが水道事業と一緒に担当している。また、下水道施設の O&M は運転部の下に地区毎に設置されたインフラ・サービス提供（Infrastructure & Service Delivery）が担当している。

(2) その他汚水処理関連組織

計画から O&M に至るまでで下水道事業に関わる機関は以下のとおりである。

i) 水路環境省環境局（MOWE-DOE）

水路環境省（Ministry of Waterways and Environment。以下「MOWE」という）の環境局（Department of Environment。以下「DOE」という）は 2005 年の環境法（Environmental Management Act 2005）に基づいて、環境保護の取り組みと EIA プロセスを管理している。そのため、下水道施設の建設や増設における EIA が必要な際には DOE に提出し、承認を得る必要がある。また、下水処理場の放流水質は DOE がモニタリングしている。既存の下水処理場では放流基準の遵守ができないことが多く、DOE から改善が求められている。

ii) 経済省⁴

フィジー国の予算は経済省（Ministry of Economy。以下「MOE」という）が管理しており、下水道事業に係る毎年の建設予算、運営予算は MOE の査定の下に WAF に配分されている。また、新規の下水道事業については予算的な裏付けを得るために、MOE から実施の承認を得る必要がある。

⁴ MOE：現財務省（Ministry of Finance（MOF））

iii) 土地・鉱物資源省

国土鉱物資源省（Ministry of Land and Mineral Resources。以下「MOLMR」という。）は、国の土地管理、鉱物や地下水資源の管理を所管している。

公共用地の収用は MOLMR の権限で行われるが、WAF が上下水道施設用地を収用する場合は、WAF の権限で実施している。ただし、収用する土地が先住民の所有の場合は MOLMR が収用する。

iv) 保健医療サービス省

公衆衛生法（Public Health Act）により、し尿、廃棄物、衛生に係る事業者は、MHMS の CBH から設置に係る承認を得る必要がある。そのため、WAF が新たに下水道事業を実施する際や、ホテル等が個別の汚水処理施設を設置する際には CBH の承認が必要である。

v) 地方自治体

フィジー国の法第 125 章「地方自治体」の 90 項によれば、「議会（Council）は、大臣の承認を得て、単独または政府、その他の法定公的機関と連携して、(a) 公共交通機関を含む公共事業を促進または確立し、維持する。(b) 議会の意見で、自治体にとって必要または有益である可能性のある公共事業を建設または維持する。」となっており、域内の公共事業は法定公的機関との連携のもとに自治体の実施する。そのため、WAF が実施する上下水道事業は地方自治体の許可を必要とする。

また、公衆衛生法（Public Health Act）では、全ての便所と排水設備が健康を阻害しないように建設され、維持管理されるようにするのは地方自治体の責務であると記されている。そのため、汚水の分散型汚水処理、即ちセプティックタンクや浄化槽等の個別汚水処理設備の設置については地方自治体の許可を得る必要がある。

(3) 分散型汚水処理の関連組織

Public Health Act に定める”Local Authority”となる者又は組織を整理すると表 2-1.2 のようになる。

表 2-1.2 Public Health Act に定める”Local Authority”となる者又は組織

地域	分類	Local Authority
City / Town Boundary	Urban Sanitary District	City/Town Council
Out of City / Town Boundary	Rural Sanitary District	大臣によって指名された者又は組織
	上記のどちらでもない	CBH

出典：JET

City / Town Boundary に接する Periphery Area（または Pre-urban Area）については、人口の増加が顕著で、Informal Settlement も多く存在する。この地域における行政の統制、サービスについての責任は明確でなく、City / Town Council による行政サービスも制限されている。ただし、JET によるヒアリングでは、2018 年以降、この地域における Waste Collection 及び Building Control（National Building Code に基づく汚水処理施設の Inspection を含む）は City / Town Council の業務となったということであった。以下に関連組織について分散型汚水処理への関わりを整理する。

1) MIMS

MIMS へのヒアリング(2021 年 11 月 18 日)では、分散型汚水処理システムの分野においても MIMS が責任省庁であり、衛生施設（Sanitation Facility）に関する MIMS 以外の機関の所管地域は以下のと

おり説明されている。ただし、WAF を所管する立場として、Centralized System の建設、維持管理における MIMS の役割は大きい、分散型汚水処理システムにおけるその具体的な役割は明確ではない。

なお、Informal settlement については、Town / City Boundary であっても Centralized System への接続はされない。また、Informal Settlement の Formalization 事業は MHCD が実施しており、この中で Communal Septic Tank の設置も行われている。

表 2-1.3 地域別の衛生施設所管省庁 (MIMS*ヒアリング結果)

地域	所管機関
Urban Formal Community	WAF (Water Authority Fiji)
Urban Informal Community	MHCD (Ministry of Housing and Community Development)
Rural Formal Community	CBH (Central Board of Health) Sharing information and requests for approval with MIMS
Rural Informal Community	Self-managed by communities

*MIMS: 現 Ministry of Public Works, Transport, and Meteorological Services (MPW)

出典 : JET

2) WAF

WAF は、2007 年に WAF Act に基づきフィジー国政府により水道供給及び汚水処理サービスの提供を目的に設立された「Commercial Statutory Authority (CSA)」である。WAF の汚水処理サービスは、Urban エリアにおける集中型汚水処理システム (Centralized System) に係る建設 (管渠、ポンプ場、処理場) 及びその維持管理である。

分散型汚水処理システムに関しては、WAF が管理する下水処理場において民間業者が収集した糞便汚泥 (腐敗槽 (Septic tank) 汚泥のほか Pit Latrine など腐敗槽以外の引き抜き汚泥も含む) の受け入れを行っている。西部地区では Navakai 下水処理場 (Nadi) を除く 3 箇所の既存下水処理場で糞便汚泥の受け入れを行っている。

3) MHMS、CBH

Public Health Act は、MHMS の所管である。腐敗槽などの衛生設備 (配管を含む) の構造を規定する National Building Code は Public Health Act に基づいている。また、腐敗槽の National Standard Design は、MHMS による策定作業が 2022 年の早い時期に始まる予定である。

4) MHCD (Ministry of Housing and Community Development)

Informal Settlement における Communal Septic Tank の設置事業を実施している。

5) City / Town Council

City / Town Boundary 内において、Public Health Act の規定に基づく Local Authority として、そのエリア内の便所や排水路が健康に害を及ぼす可能性が無いように建設、維持管理されるよう管理することに責任を持つ。また、Boundary に接する Peri-Urban Area における Waste Collection 及び Development (Building) Control (National Building Code に基づく汚水処理施設の Inspection を含む) は City / Town Council の業務である。このため、各 City / Town Council には、Sanitary Inspector、Building Inspector が置かれる。Inspector の業務内容は明確にできていないが、新設、再構築又は住居として改

造されたすべての建物について基準を満足する衛生設備が備えられているかを調査している。

6) Private Sector (Waste Clear West 社へのヒアリング結果)

糞便汚泥の引き抜き（フィジー国では一般に”Bailing”と呼ばれる。）、下水処理場への輸送はすべて民間業者が行っている。西部地区には、Waste Clear West 社を含めて 9 社程度の民間業者が 20 台の Bailing Truck (Vacuum Car) を使ってサービスを行っており、最大規模が Waste Clear West 社で 4 台、他社は 1～3 台である。サービスの形態は、いわゆるオンコール (on-call) ベースである。Waste Clear West 社のトラックベースは需要の多い Lautoka にあり、西部地区全体（離島を含む）をカバーしている。離島でのサービスを行う場合、バージ (Barge) 船に複数の民間業者のトラックを積み、共同して作業するということであった。

- Environmental permit (MOWE)
- Sanitary certificate for offensive trades (MHMS)
- Registration for dumping (WAF) (car number, capacity)

2-2 国家政策等の上位計画

国家開発計画 (National Development Plan。以下「NDP」という。) は、「フィジーの変革」をビジョンとしており、フィジー国と全てのフィジー人の将来への道筋を示す計画として、経済省の主導により策定された。20 年間の開発計画 (2017-2036) と包括的な 5 年間の開発計画 (2017-2021) があり、長期的な 20 年間の開発計画に沿った特定の目標とポリシーを備えた 5 年間の開発計画にて詳細なアクションプランが示されている。

20 年間の開発計画における、汚水処理セクターについては 2036 年までに集合処理への接続率を人口の 70% まで引き上げる目標が設定されている。また、具体的な数値は設定されていないものの、すべての都市中心部を対象とした集合処理システムの整備と拡張、および地方部における集合処理及び公衆衛生確保の方策が検討されると記述されている。

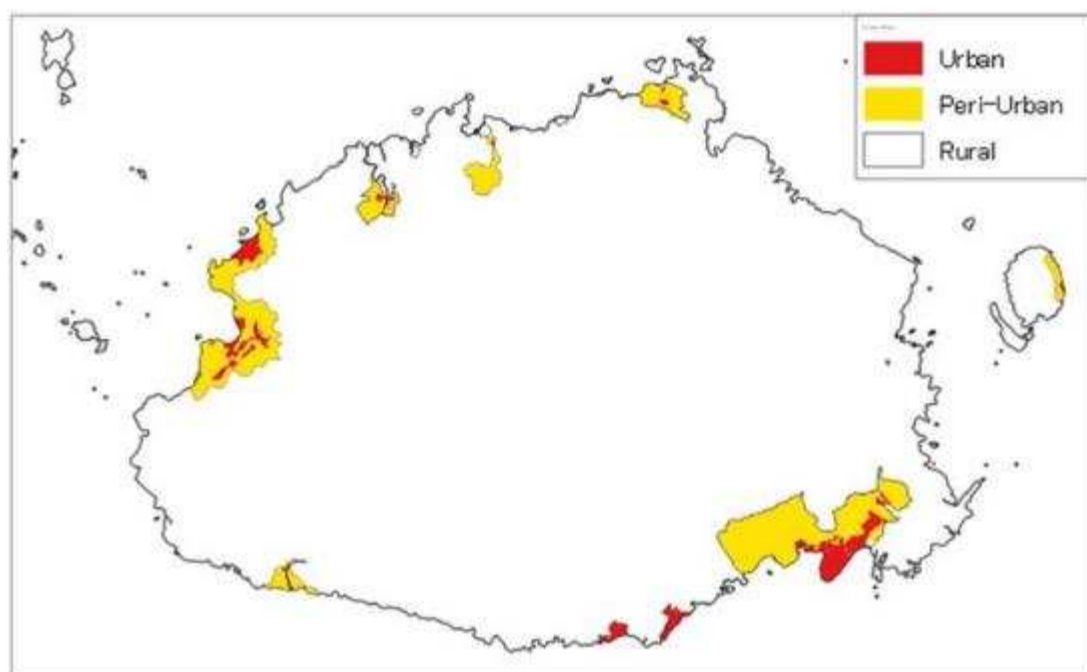
具体的な数値は表 2-2.1 のとおりであり、都市域 (Urban) と農村地域 (Rural) の両地域において、2036 年までに 70% のアクセス率を示している。なお、NDP にて使用される都市域、農村地域の定義はフィジー統計局 (Fiji Bureau of Statistics) の定義に準じており、図 2-2.1 に示す Urban、Peri-Urban を合わせて都市域と定義し、その他の Rural を農村地域としている。

表 2-2.1 国家開発目標 (20 年計画)

Table 1: National Development Targets

	2015	2021	2026	2031	2036
Inclusive Socio-economic Development					
Access to clean and safe water in adequate quantities (% of population) (SDG 6.1)	78	90	95	100	100
Access to clean and safe water in adequate quantities, rural (% of population) (SDG 6.1)	58	85	90	100	100
Access to clean and safe water in adequate quantities, urban (% of population) (SDG 6.1)	98	100	100	100	100
Access to central sewerage system (% of population) (SDG 6.2)	25	40	50	60	70
Access to central sewerage system, urban (% of population) (SDG 6.2)	25	40	50	60	70
Access to central sewerage system, rural (% of population) (SDG 6.2)	0	40	50	60	70

出典 : NDP



出典 : フィジー統計局

図 2-2.1 フィジー統計局にて定義される Urban エリア

5 年間の事業計画 (5-Year National Development Plan 2017-2021) では、集合処理への接続率を現状から 40%まで引き上げることを 2021 年までの目標として設定しており、その方策として以下の項目が挙げられている。

- 腐敗槽 (Septic Tank) から計画的に下水処理システムへ移行するための投資
- 都市部における下水処理場の処理能力拡張、および効率的な機器の導入
- 地方及び沿岸部における小規模下水処理施設の新設

各プログラムは表 2-2.2 に示すとおりであり、達成されていないプログラムが多い。

表 2-2.2 5か年事業計画のプログラム

プログラム	スケジュール					アウトプット	主導機関
	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	2021- 2022		
Greater Suva Area Regional Scheme	M/P の実施					M/P の実施	WAF
Nadi/Lautoka Regional Scheme	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Sigatoka	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Ba	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Navua	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Pacific Harbour	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Tavua/ Vatukoula	M/P 及び F/S 策定	詳細設計		建設工事の開始		建設工事の開始	WAF
Korovou	M/P 及び F/S 策定					M/P 及び F/S の策定完了	WAF
Labasa	M/P の策定					M/P の策定完了	WAF
Savusavu	詳細設計		処理場の建設			処理場（1施設）の竣工	WAF
Nabouwalu			F/S 策定				WAF
Seaqqa			F/S 策定				WAF
Levuka		F/S 策定	詳細設計		建設開始		WAF
Trade Waste	Trade Waste Policy の施行						WAF/ DWS
Programee							WAF
Wastewater System Extension Programee	60.8 km	32.3 km	29.0 km	19.2 km		141.3km の管網拡張	WAF
WWTP Upgrade	下水処理場 11 施設のアップグレード					11 施設のアップグレード	WAF

注釈) アウトプット列の緑網掛は未達成
出典 : NDP

2-3 フィジー国の国家財政

(1) 国家財政予算

フィジー国の国家財政・予算を以下の表 2-3.1 に示す。

表 2-3.1 フィジー国の国家財政・予算状況

(単位 : Million FJD)

年度	2018-2019 年	2019-2020 年	2020-2021 年 予算	2021-2022 年 目標	2022-2023 年 目標
歳入	3,181.1	2,699.1	1,673.6	1,805.7	1,886.2
GDP 比率	27.0%	26.4%	16.9%	16.4%	16.3%
税収	2,819.8	2,189.3	1,465.7	1,626.9	1,708.3
非課税収入	361.3	509.8	207.9	178.8	177.9
歳出	3,600.3	3,536.4	3,674.6	2,357.1	2,233.6
GDP 比率	30.9%	34.6%	37.1%	21.4%	19.3%
財政赤字	(419.2)	(837.2)	(2,001.0)	(551.4)	(347.4)
財政赤字比率	-3.6%	-8.2%	-20.2%	-5.0%	-3.0%
債務	5,735.2	6,705.4	8,256.4	8,807.8	9,155.1
債務/GDP 比率	49.3%	65.6%	83.4%	79.9%	79.1%
GDP	11,635.9	10,214.9	9,905.3	11,027.5	11,578.9

出典 : Ministry of Finance FIJI Economic and Fiscal Update Budget Supplement July 2020

フィジー国経済は COVID-19 が与えた影響により、2020 年より GDP マイナスとなり、その結果、税収は大きく減収し、国家財政赤字は増加している。政府の見込みでは 2022 年以降は GDP、財政赤字とも改善に向かうが、それでも 2023 年時点ではまだ COVID-19 以前の 2019 年の水準には戻らない。

(2) 対外経常収支

フィジー国の対外経常収支を以下の表 2-3.2 に示す。景気後退による債務比率の上昇が示されている。

表 2-3.2 フィジー国対外経常収支

(単位 : Million FJD)

年度	2018	2019	2020 Forecast	2021 Forecast	2022 Forecast
経常収支赤字	-841.0	-572.5	-992.4	-941.7	-418.8
GDP 比率	7.2%	5.6%	10.0%	8.5%	3.6%

出典 : Ministry of Finance FIJI Economic and Fiscal Update Budget Supplement July 2020

(3) 政府の対外債務

政府の対外債務状況と通貨別対外債務残高を以下の表 2-3.3、表 2-3.4 に示す。

対外債務の対 GDP 比率は 2019 年の 12.5%から 2020 年に 17.1%と急激に上昇している。通貨別の対外債務構成については、2020 年時点では米ドル建てローンが引き続き対外債務総額の 73.2%を占めると予測されており、人民元が 23.8%、円が 2.9%、ユーロは 0.1%である。

表 2-3.3 対外債務状況

(単位 : Million FJD)

年度	2016	2017	2018	2019	2020
借入	846.9	968.6	1,037.2	1,023.8	1,314.6
債券	415.7	402.3	420.3	433.0	435.7
対外債務合計	1,262.6	1,370.9	1,457.5	1,456.8	1,750.3
対外債務 GDP 比率	12.50%	12.80%	12.80%	12.50%	17.10%

出典 : Ministry of Finance FIJI Economic and Fiscal Update Budget Supplement July 2020

表 2-3.4 通貨別対外債務残高

(単位 : Million FJD)

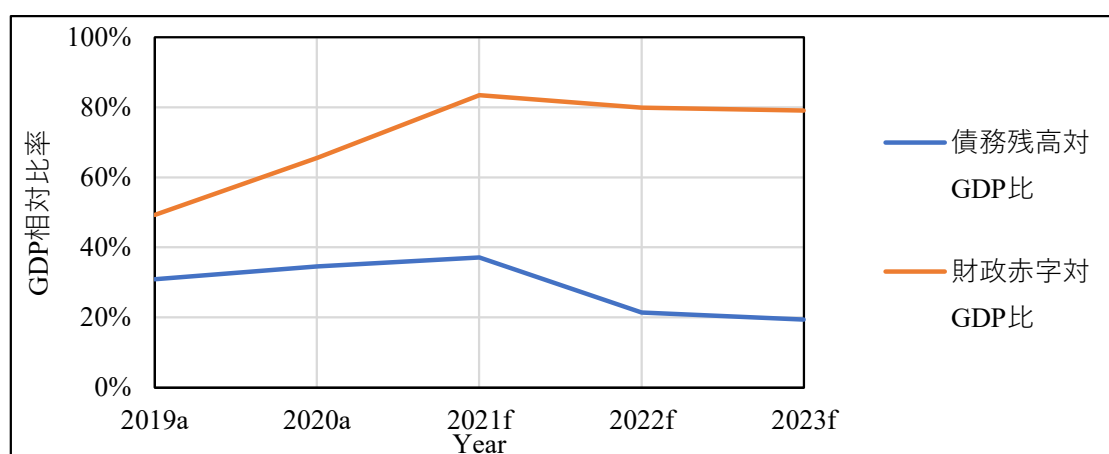
	Jul-16	Jul-17	Jul-18	Jul-19	Jul-20
USD	684.0	854.2	954.5	982.6	1,281.4
CNY	557.9	501.3	489.3	462.0	415.7
JPY	20.7	13.2	11.5	9.7	50.9
EUR	0.0	2.1	2.2	2.5	2.3
Total External Debt	1,262.6	1,370.9	1,457.5	1,456.8	1,750.3

出典 : Ministry of Finance FIJI Economic and Fiscal Update Budget Supplement July 2020

上記の表 2-3.4 に示すように、米ドル建てのローンは、政策プログラムと継続的なインフラストラクチャー整備ローンに起因しており、長年にわたって上昇傾向にある。また、中国からの人民元建ローンは 2019 年まで残高の 3 割～5 割と高比率である。

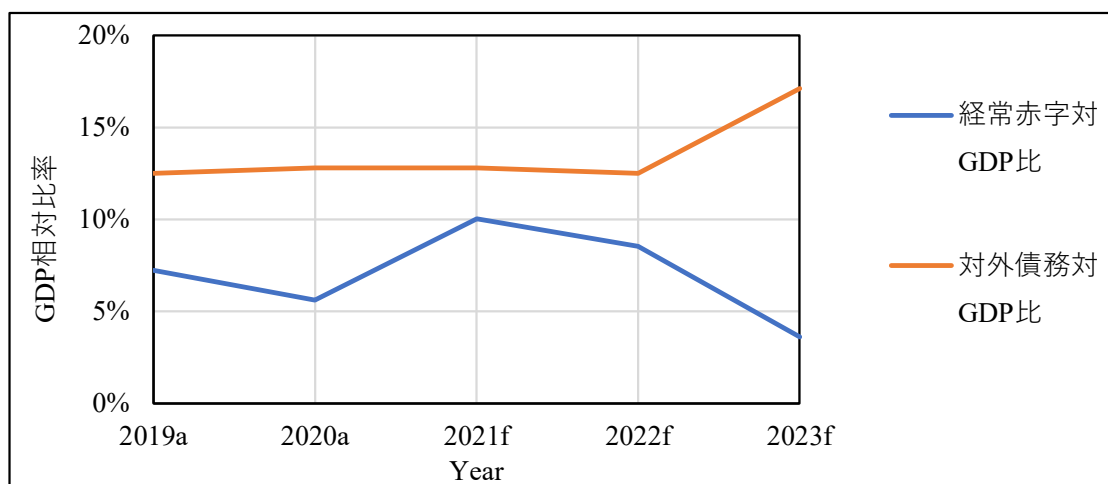
(4) 国家財政と債務状況

フィジー国は 2015 年の中期財政方針として「財政赤字を 3.0%以下の水準に管理する」、そして「政府債務残高を 45%に引き下げる」を掲げていたが、COVID-19 による景気落ち込みの影響もあり、どちらも達成されていない。2020 年予算書によると近年上昇した債務比率を下降トレンドに戻す方針であるが、具体的なターゲット数値は示されていない。予算書によると財政赤字は 3%に改善するが、GDP に占める債務残高比率は 80%と高水準である（以下の図 2-3.1、図 2-3.2）



出典 : JET

図 2-3.1 財政赤字と債務残高の対 GDP 比率



出典：JET

図 2-3.2 経常赤字と対外債務の対 GDP 比率

2020 年時点の対外債務比率は一般的に返済に注意を要する 20%以下であり、政府は経済回復見通しに伴い、債務比率の更なる上昇は回避できると予測している。しかしながら、COVID-19 のパンデミック化が今後も長期間にわたり経済に悪影響を及ぼす場合は、対外債務比率改善の進捗に注視が必要である。

2-4 汚水処理セクターにおける他ドナーの協力

現在、フィジーで下水道事業を支援しているドナーはアジア開発銀行（Asian Development Bank。以下、「ADB」という。）のみである⁵。「フィジー都市水道・廃水管理プロジェクト」は ADB のマルチトランシェ融資ファシリティ（Multitranche Financing Facility）のスキームを用いて実施されている。

予定期間は 2016 年から 2026 年で、上水道が主な対象である第 1 期は 2016 年から 2022 年、下水が主な対象である第 2 期は 2022 年から 2026 年の予定である。第 1 期は GCF（Green Climate Fund）（3,104 万 USD）、ADB（4,211 万 FJD）、EIB（European Investment Bank）（2,606 万 USD）の協調融資で、水道施設の建設（取水口変更、貯水池、浄水場）（有償）と下水を含めた技術協力（無償）を実施中である。第 2 期は 2022 年に実施の決定がなされることになっているが、下水処理場の増改築（既存の散水ろ床＋回分式活性汚泥法に、新規の回分式活性汚泥法施設を建設予定）が予定されている。

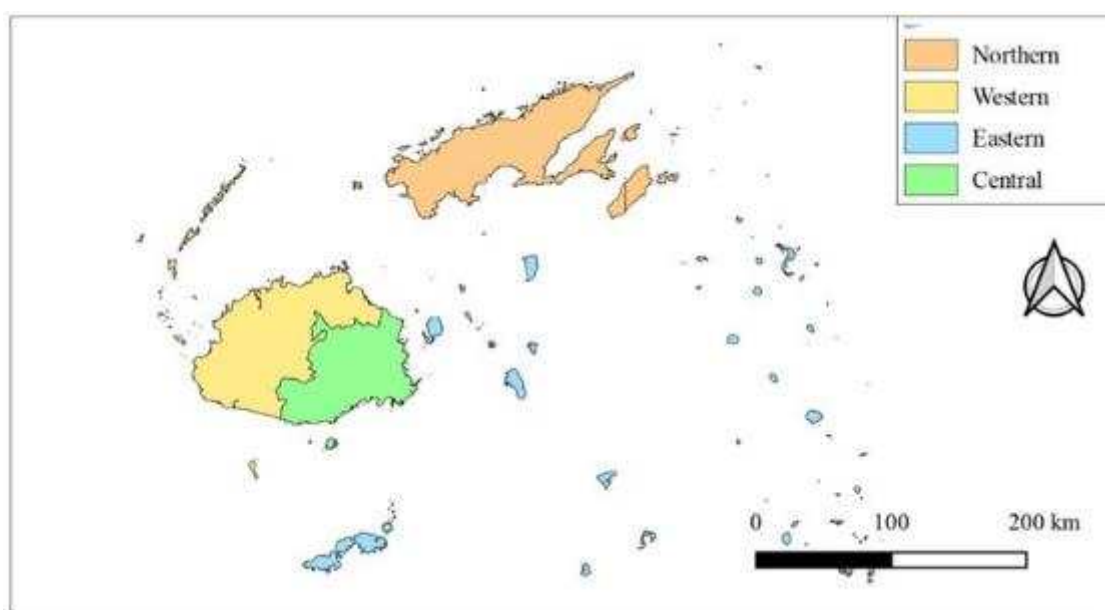
⁵ 2024 年時点では United Nations Development Programme（UNDP）も下水道事業を支援

第3章 計画対象地域の現況及び計画

3-1 計画対象地区

フィジー国の国土面積は1万8,270km²であり、332の島々から成る。その内110島に国民が居住している。国土は下記の4地区から成り立っており、首都は中央地区 Rewa 州に位置する Suva である。Suva を含む人口の大半は Viti-Levu 島に居住しており、西部地区には Viti Levu 島ならびに北西部の Yasawa 諸島・Mamanuca 諸島等の小さな島々が属する。本業務の対象となる西部地区は Ba 州、Ra 州、Nadroga-Navosa 州の3州から成る。

- 中央地区 (Viti Levu 本島)
- 西部地区 (Viti Levu 本島)
- 北部地区 (Vanua Levu 島 + Taveuni 島)
- 東部地区 (Kadavu 島)



出典：JET

図 3-1.1 フィジー国の国土及び地区

3-2 自然状況

3-2-1 位置

フィジー国は南西太平洋の中央部にあり、東経 174° から西経 177°、南緯 15° から 22° の間の島々からなる国である。総国土面積のうち Viti Levu 島がその面積の 57%にあたる 10,389 km² を占める。Viti Levu 島は東西 146 km、南北 106 km の楕円形の島からなる。

3-2-2 地形・地質

(1) 地形

フィジー諸島は、主に古第三紀始新世から新第三紀中新世に活動した火山活動により形成された島々からなる。各島の中央部は急峻な地形からなり、海岸線に向けて地形勾配が徐々に緩やかになる。海岸付近ではサンゴ礁や沖積低地が広がる。Viti Levu 島も同様の火山の島で、中央に最高峰ビクトリア山（海拔 1,323m）を有するナンドラウ高原が位置する。この高原は山脈状に南北に連なるため、島を東西に分けている。この高原の東西には海拔 300～600m の台地が分布し、さらに海岸に向けて丘陵地地形、扇状地形が広がり、海岸付近の低位段丘地形を経て海に至る。特に河川沿いではかつての氾濫原と思われる扇状地状の平坦面が広がっている。Suva、Nadi、Lautoka、Ba、Tavua、Rakiraki、Sigatoka といった主な町は、丘陵地～低位段丘面に位置する河川沿いに発展してきた。

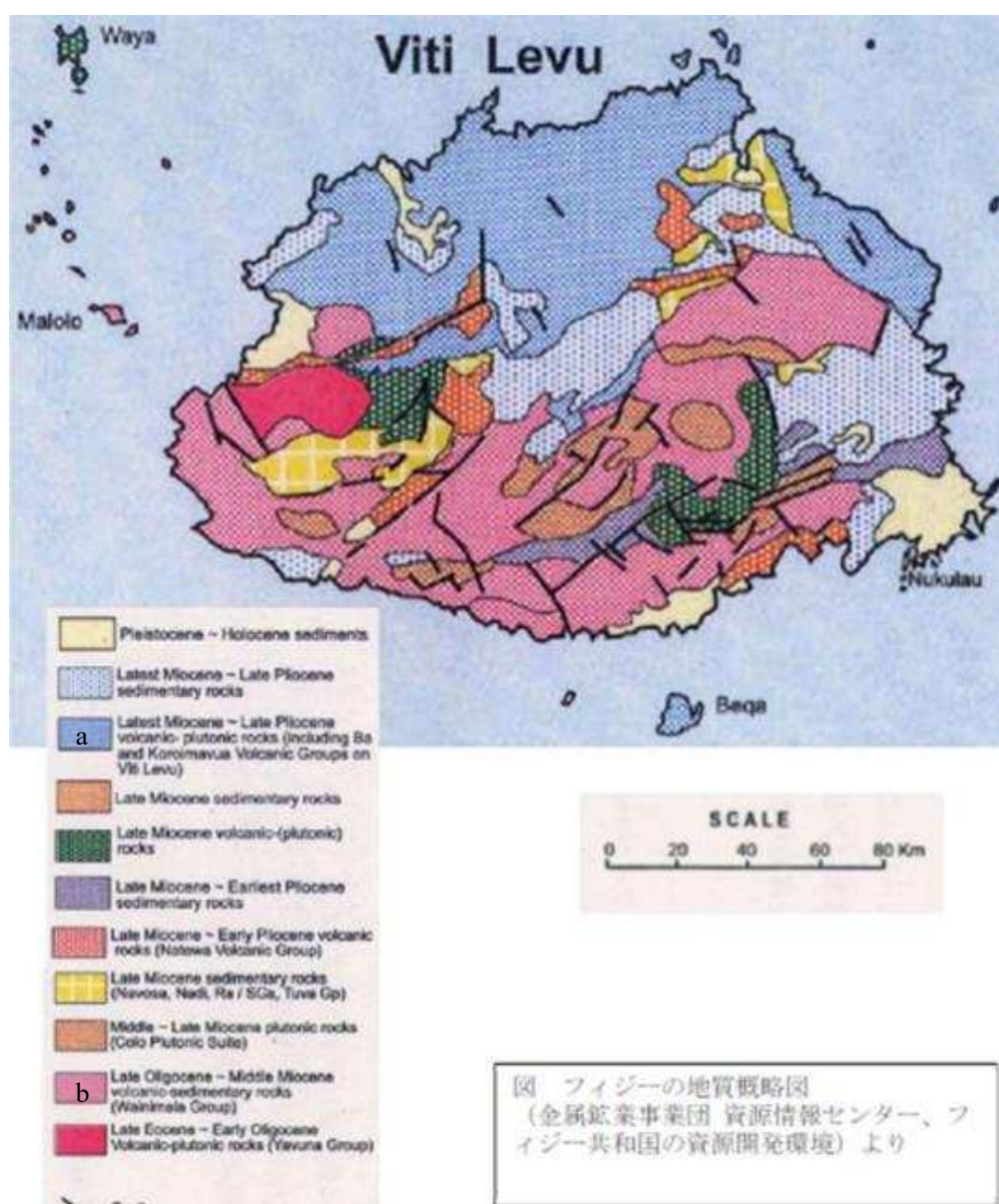


出典： JICA フィジー国河川流域管理及び洪水制御計画調査（1998）

図 3-2.1 Viti Levu 島の地形

(2) 地質

Viti Levu 島は図 3-2.2 に示すとおり、古第三紀始新世後期～新第三紀中新世後期の火成岩類から構成される。このうち、最も古い岩石（図の赤の部分）は Nadi の南方 10 km 程の山地を形成する古第三紀始新世の深成岩である。この岩石以外は玄武岩質の火山岩および火山砕屑岩（火山灰、凝灰質礫岩～シルト岩）からなる。北部域に広く分布する新第三紀中新世の火山岩類（図の青の部分、凡例 a）は玄武岩グループと称される。島の南側には凝灰質堆積岩（凝灰質礫岩～シルト岩）が広く分布する（図の薄い赤の部分、凡例 b）は古第三紀漸新世後期～新第三紀中新世中期の長い期間堆積した堆積岩（火山角礫岩、角礫凝灰岩など）で、ワイニマラ層群と称される。これらの基盤を覆って、扇状地堆積物（土石流堆積物）、段丘堆積物、沖積低地堆積物が分布する。海岸には隆起サンゴ礁、現生のサンゴ礁もみられる。



出典：金属工業事業団資源情報センター、フィジー共和国の資源開発環境

図 3-2.2 Viti Levu 島の地質概略図

3-3 社会経済状況

3-3-1 人口

フィジー国におけるセンサス人口の経年変化を表 3-3.1 に示す。過年度から人口は増加傾向を示しており、2020 年には約 90 万人に達している。人口は増加しているものの人口増加率は減少傾向であり、1986 年までは約 2%であったが、直近では 0.6%程度である。

表 3-3.1 国勢調査人口の推移

	1976	1986	1996	2007	2017	2020※
人口 (1000 人)	588.068	715.375	775.077	837.271	884.887	901.0
年間増加率 (%)	1.98%	0.80%	0.70%	0.55%	0.60%	

※) 2020 年値は統計局

出典: Census、統計局

また、フィジー国全土に対する西部地区ならびに州の人口の推移を表 3-3.2 に示す。フィジー国全土に対する西部地区の人口比率は過年度から大きく変動は無く、約 4 割の人口が西部地区に属している。

西部地区内の 3 州の人口分布も概ね変動は少ないが、Ba 州の人口比率が増加傾向で、Ra 州と Nadroga-Navosa 州の人口比率が減少傾向である。Ba 州に属する Nadi、Lautoka におけるホテル・リゾート等の開発により、西部地区内の他 2 州の人口が引き寄せられている。

表 3-3.2 西部地区・各州の人口推移

年	フィジー 全土	西部地区		Ba 州		Nadroga-Navosa 州		Ra 州	
	人口 (人)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)
1986	715,375	283,349	39.6%	197,633	69.7%	54,431	19.2%	31,285	11.0%
1996	775,077	297,184	38.3%	212,197	71.4%	54,083	18.2%	30,904	10.4%
2007	837,271	319,611	38.2%	231,760	72.5%	58,387	18.3%	29,464	9.2%
2017	884,887	337,041	38.1%	247,685	73.5%	58,940	17.5%	30,416	9.0%
2020	901,000	342,700	38.0%	252,900	73.8%	59,100	17.2%	30,700	9.0%

注) 2020 年値は統計局

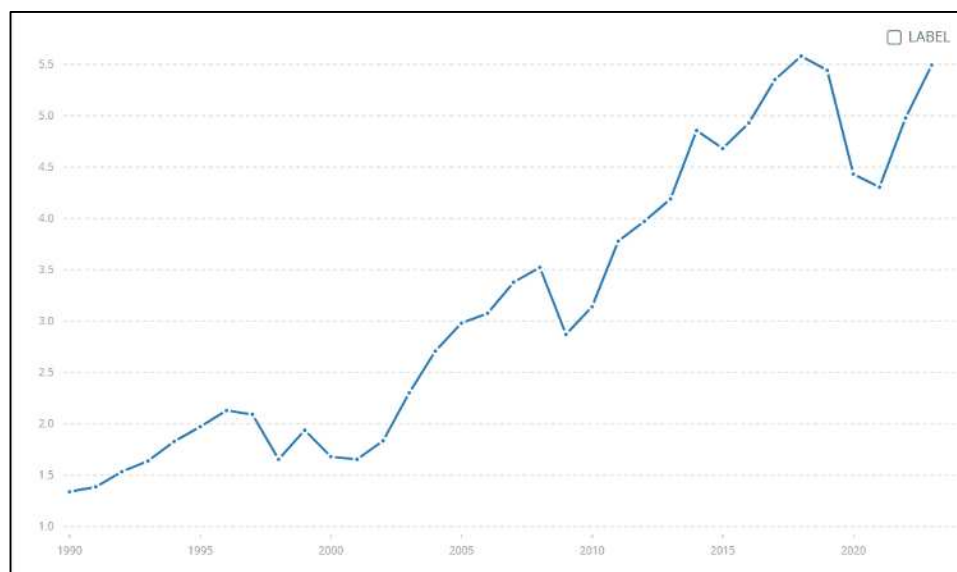
出典: Census、統計局

3-3-2 経済状況

(1) 経済状況全般

フィジー国は太平洋島嶼国の中では商業の中心となる経済規模を有し、オセアニア地域においての 2020 年 GDP はオーストラリア、ニュージーランド、パプアニューギニアに次ぐ第 4 位である⁶。

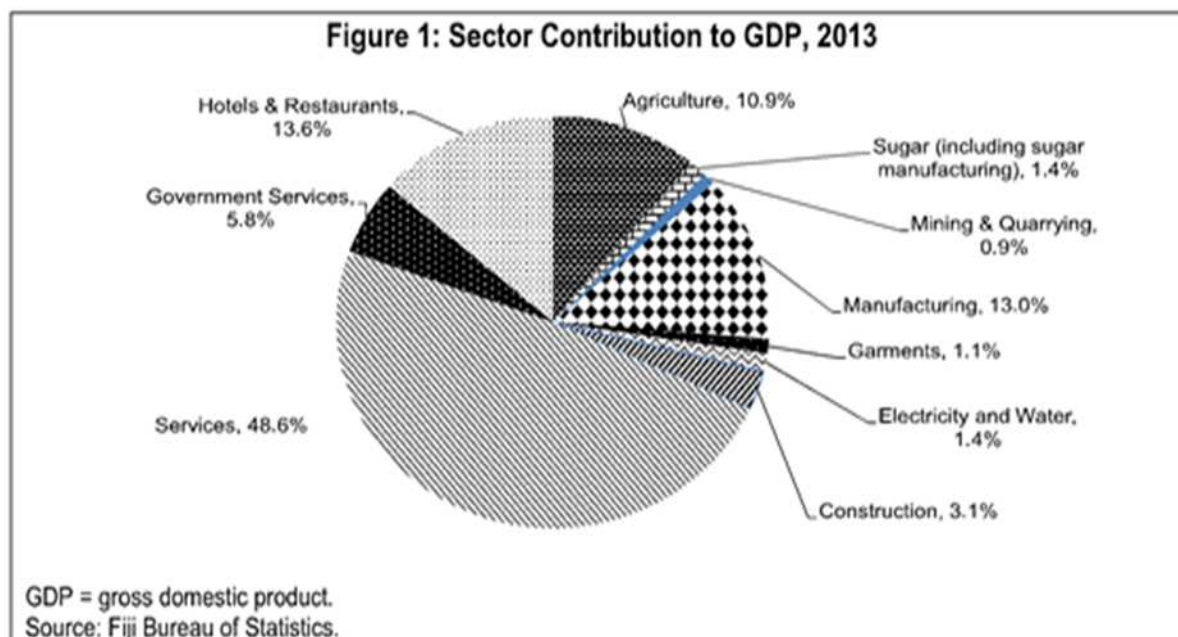
⁶ World Bank, 2021



出典：“GDP (current US\$-Fiji),” The World Bank (<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?contextual=default&end=2023&locations=FJ&start=1990&view=cha>)

図 3-3.1 フィジー国における GDP の推移 (USD)

2013 年に実施された ADB の調査によれば、主要産業のうち最も大きいセクターは観光産業であり、次いで製造業（砂糖、繊維、食品加工、木材加工等）、農業が GDP へと大きく貢献している。このうち砂糖及びそれに関連する産業は地方部における主流産業であり、その他にも漁業、林業、鉱業等がフィジー国の経済を支えている。



出典：“Economic Analysis: Summary (Country Partnership Strategy: Fiji 2014-2018),” Asian Development Bank (2018) (<https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/cps-fij-2014-2018-ca.pdf>)

図 3-3.2 フィジー国各産業セクターの GDP 貢献 (2013)

(2) フィジー国経済における観光業の位置づけ

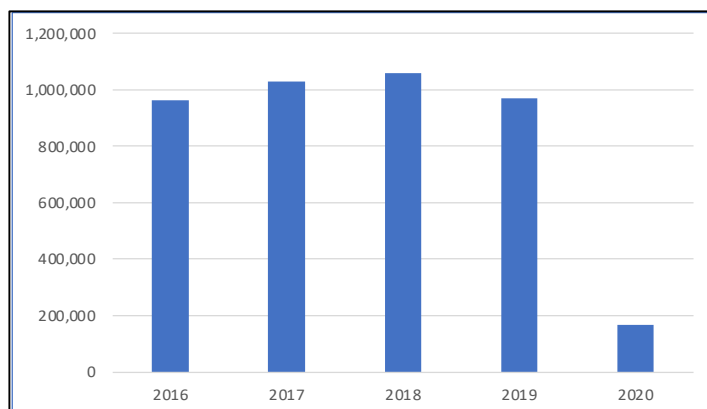
観光業はフィジー国の経済活動の重要な推進力であり、約 118,500 人のフィジー人が観光業に従事している。

以下の表 3-3.3 に主要な観光データを示す。2020 年に COVID-19 の影響で観光客数と観光収入が落ち込むまでは、毎年約 100 万人の観光客が海外より訪れており、観光客一人当たりがフィジー国経済にもたらす収入は約 1,400USD である。2019 年までの観光収入は国内総生産（GDP）の約 25%と大きく貢献しており、観光客数の回復は、フィジー国経済回復に欠かせない。

表 3-3.3 フィジー国観光業の主要データ

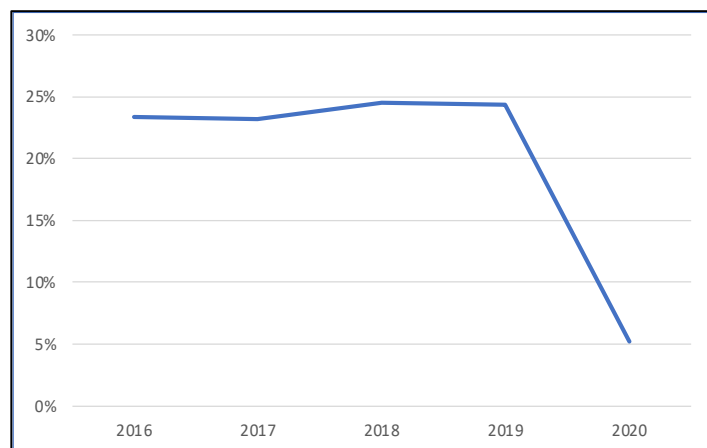
Year	2016	2017	2018	2019	2020
国際観光収入（百万 USD）	1,150	1,240	1,370	1,340	236
GDP（百万 USD）	4,930	5,350	5,580	5,500	4,530
収入／GDP	23%	23%	25%	24%	5%
海外からの観光客数	963,000	1,027,000	1,058,000	969,000	168,000
国際観光客一人当たりの観光収入（USD）	1,194	1,207	1,295	1,383	1,405

出典：世界銀行データを基に JET 作成



出典：JET

図 3-3.3 海外からの観光客数



出典：JET

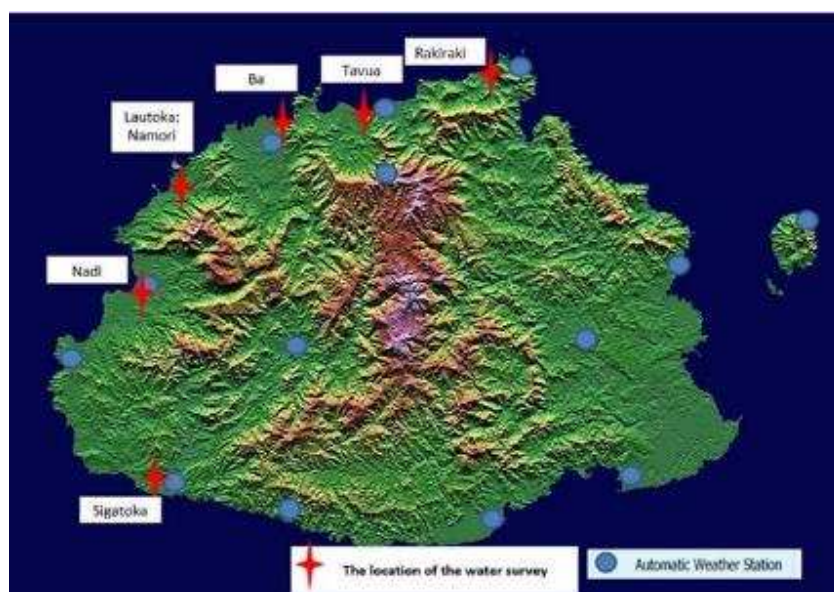
図 3-3.4 観光収入の GDP 比率

3-4 水環境

フィジー国の公共用水域のモニタリングは水路環境省が担当するが、平常時の定期的な水質調査は行なわれておらず、フィジー国内の河川・海域の水質を示す資料は利用できない。本業務では西部地区の6市町を対象とした河川流量調査、水質調査を実施した。

(1) 調査地点

河川水量測定ならびに水質分析は、市街地を通る6河川を対象に、各市街地に近い橋梁地点で行った。観測地点を図 3-4.1 に星印で示し、図 3-4.2 に流域図を示した。



出典：MIMS より JET 作成

図 3-4.1 観測地点と自動気象観測地

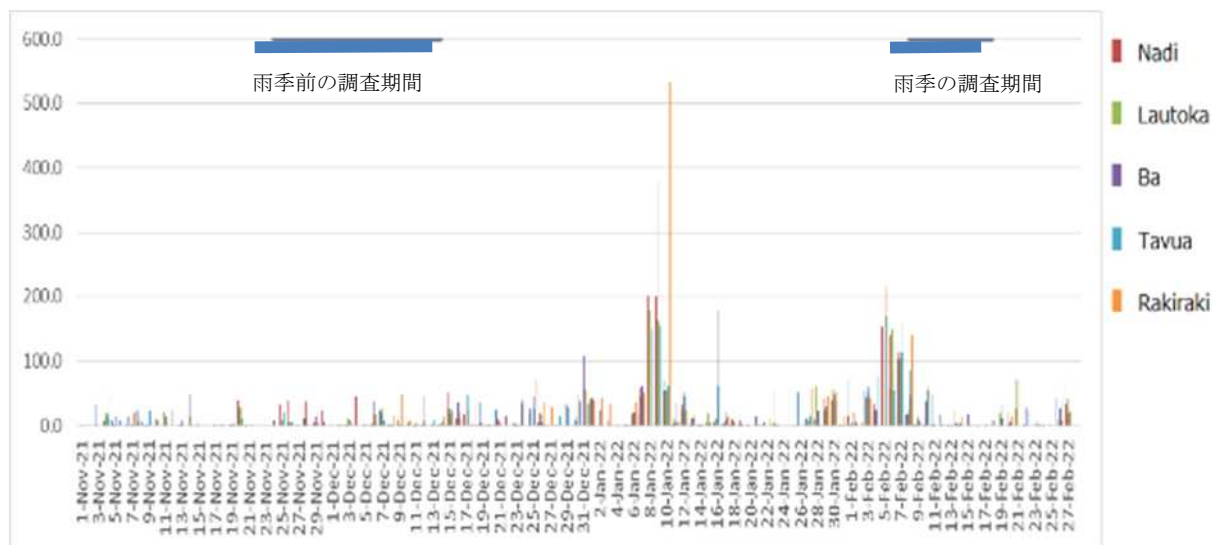


出典：JET

図 3-4.2 各河川の流域図

(2) 調査期間と降雨量との関連

雨季前の河川調査（2021 年 11 月 29 日～12 月 13 日）ならびに雨季の河川調査（2022 年 2 月 8 日～2 月 18 日）時の降雨量を図 3-4.3 に示した。50mm/日以上雨は Nadi で 12 月 15 日から始まり、100mm/日以上雨は Nadi で 12 月 30 日以降に確認され、その後は豪雨と少雨を繰り返す。このため、本格的な雨季は 12 月 15 日以降と考えられる。特に 1 月 6 日～13 日、1 月 16 日、1 月 27 日～2 月 10 日は各地でほぼ 50mm/日以上雨の豪雨が続く、300～500mm/日を記録する地域もあった。2 月の調査は雨季の豪雨とその直後に相当する。



出典：MIMS

図 3-4.3 調査期間と降雨量の関係

(3) 河川流量調査結果

河川流量調査結果を表 3-4.1 及び表 3-4.2 に示す。

1) 雨季前の調査結果

- Nadi、Lautoka ならびに Sigatoka の代表流量は、水質試験の結果が比較的安定している N-d2、L-d1、S-d2 のサンプル採取日の水量が代表水量であると考えられる。
- Ba、Tavua、Rakiraki は流量と水質ともに安定しているため、代表値は 2 回の計測の平均値と考える。

表 3-4.1 河川流量観測結果（雨季前）

河川名	観測日	流量 (m³/s)	導電率 (mS/cm)	サンプル No.
Nadi River	7/Dec/2021	30.6	0.23	N-d2
	13/Dec/2021	24.4	0.24	N-d3
Lautoka	30/Nov/2021	0.06	0.23	L-d1
Namoli Creek	13/Dec/2021	0.21	0.21	L-d2
Ba River	25/Nov/2021	76.5	0.23	-
	2/Dec/2021	70.4	0.11	Ba-d1
	7/Dec/2021	88.0	0.51	Ba-d2
	Average	79.2		
Tavua River	6/Dec/2021	0.4	1.05	T-d1
	9/Dec/2021	0.7	0.85	T-d2
	Average	0.55		
Rakiraki River	6/Dec/2021	0.28	0.32	R-d1
	9/Dec/2021	0.39	0.33	R-d2
	Average	0.34		
Sigatoka River	8/Dec/2021	180.9	2.20	S-d1
	14/Dec/2021	158.7	0.21	S-d2
	29/Nov/2021	24.7	4.20	S+7km-d3

出典：JET（赤字：代表値）

2) 雨季の調査結果

- Nadi、Lautoka、Ba ならびに Sigatoka の代表値は、水質試験の結果が安定している N-d2、L-d2、Ba-r2、S-d2 のサンプル採取日の水量を代表値と考える。これら流量は 100mm を超える大雨から一週間ほどたった日の流量である。
- Tavua、Rakiraki の 2 回の観測流量は安定しており、また値も近いので、サンプル日の水量を代表値と考える。

表 3-4.2 河川流量調査結果一覧（雨季）

河川名	観測日	流量 (m³/s)	導電率 (mS/cm)	サンプル No.
Nadi River	8/Feb/2022	673.6	0.23	N-r1
	17/Feb/2022	79.8	0.23	N-r2
Lautoka Namoli Creek	8/Feb/2022	1.0	0.26	L-r1
	17/Feb/2022	0.4	0.26	L-r2
Ba River	9/Feb/2022	809.8	0.76	Ba-r1
	15/Feb/2022	224.0	0.79	Ba-r2
Tavua River	14/Feb/2022	5.4	0.20	T-r1
	18/Feb/2022	5.8	0.30	
Rakiraki River	14/Feb/2022	9.7	0.31	R-r1
	18/Feb/2022	7.7	1.93	
Sigatoka River	10/Feb/2022	382.0	0.162	S-r1
	16/Feb/2022	222.7	0.30	S-r2

出典：JET（赤字：代表値）

3) 比流量

流量観測結果を流域面積で除した比流量を表 3-4.3 に示した。流域が比較的小さい Lautoka (Namoli)、Tavua、Rakiraki は流域の大きな Ba、Nadi、Sigatoka に比べて比流量が小さく、雨季と乾季の差も大きい。

表 3-4.3 比流量

場所	観測日	流量 (m ³ /s)	河川流域の面積 (km ²)	比流量 (m ³ /s/km ²)
Nadi	7/Dec/2021	30.6	516	0.059
Nadi	13/Dec/2021	24.4	516	0.047
Nadi	8/Feb/2022	673.6	516	1.305
Nadi	17/Feb/2022	79.8	516	0.155
Lautoka: Namoli	30/Nov/2021	0.06	8	0.008
Lautoka: Namoli	13/Dec/2021	0.21	8	0.026
Lautoka: Namoli	8/Feb/2022	1.0	8	0.125
Lautoka: Namoli	17/Feb/2022	0.4	8	0.050
Ba	2/Dec/2021	76.5	946	0.801
Ba	25/Nov/2021	70.4	946	0.074
Ba	9/Feb/2022	809.8	946	0.856
Ba	15/Feb/2022	224.0	946	0.237
Tavua	6/Dec/2021	0.4	193	0.002
Tavua	9/Dec/2021	0.7	193	0.004
Tavua	14/Feb/2022	5.4	193	0.028
Tavua	18/Feb/2022	5.8	193	0.030
Rakiraki	6/Dec/2021	0.37	107	0.003
Rakiraki	/9/Dec/2021	0.39	107	0.004
Rakiraki	14/Feb/2022	9.7	107	0.091
Rakiraki	18/Feb/2022	7.7	107	0.072
Sigatoka	8/Dec/2021	180.9	1499	0.121
Sigatoka	14/Dec/2021	158.7	1499	0.106
Sigatoka	10/Feb/2022	382.0	1499	0.255
Sigatoka	16/Feb/2022	222.7	1499	0.149

出典 : JET

(4) 水質調査結果

水質調査結果を表 3-4.4、表 3-4.5 に示す。個別の水質分析結果は APPENDIX 3-1 に示した。

1) 雨季前の水質

- Nadi (N-d3) と Lautoka (L-d2) の Coliform の値は異常に大きく、Nadi は (N-d2)、Lautoka は (L-d1) が代表値と考える。
- Sigatoka の代表値は塩分濃度が低い (S-d2) と考える。
- Ba、Tavua、Rakiraki はばらつきが比較的少なく、平均値が代表値と考える。

表 3-4.4 水質調査結果一覧（雨季前）

Test results(Befpre Rainy Season)			pH	Conductivity (Chem)	Total Suspended Solids	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	Total Phosphate	Chemical Oxygen Demand	Dissolved Oxygen	Biochemical Oxygen Demand	Total Coliform
Location	Number	Date		EC μ S/cm	TSS mg/L	T-KN mg/L	T-P mg/L	COD mg/L	DO mg/L	BOD mg/L	T-Col cfu/100ml
Nadi	N-d1	30-Nov	8.09	123.7	61.8	0.36	0.72	36	8.5	1.72	7,200
	N-d2	7-Dec	7.47	223.5	62.7	0.2	0.42	N/D	8.36	2.52	5,200
	N-d3	13-Dec	7.88	202.5	103.9	0.18	0.39	N/D	9.08	3.16	86,000
Lautoka Namori	L-d1	30-Nov	7.69	237.4	13.7	0.64	0.8	28	8.44	4.92	360
	L-d2	13-Dec	7.89	211.5	9.8	0.3	0.32	N/D	9.09	3.55	72,000
Ba	Ba-d1	2-Dec	7.34	137.2	23	0.12	0.74	N/D	7.93	3.15	9,800
	Ba-d2	7-Dec	7.48	493	63.2	0.38	0.49	N/D	7.93	3.15	3,400
Tavua	T-d1	6-Dec	7.65	989	14.5	0.31	0.63	N/D	8.91	4.18	2,400
	T-d2	9-Dec	7.48	847.2	15	0.27	0.58	N/D	8.24	3.83	2,400
Rakiraki	R-d1	6-Dec	7.74	333.8	3.5	0.08	0.49	N/D	8.97	1.77	8,200
	R-d2	9-Dec	7.81	322.6	9.4	0.09	0.49	N/D	8.7	3	5,600
Sigatoka	S-d1	8-Dec	7.63	2515	28.5	0.09	0.41	44	8.39	2.46	4,200
	S-d2	14-Dec	7.72	213.6	57.3	0.17	0.66	4	7.78	2.35	10,400
Sigatoka+7km	S+7km-d3	29-Nov	7.57	4200	25.7	0.12	0.74	4	7.11	1.7	68,000

出典：JET

2) 雨季の水質

- Nadi (N-r1)、Lautoka (L-r1)、Ba (Ba-r1) は大雨（洪水）直後の水質、Nadi (N-r2)、Lautoka (L-r2)、Ba (Ba-r2) は大雨から 1 週間ほどのちの水質である。
- 雨季は 50～100 mm/日（Max300 以上）を超える豪雨が 1 週間ほど続き、残り 3 週間は少雨から中雨程度（数 mm/日～50 mm/日）が断続的に続き、再び豪雨となる特徴がある。このため、代表値は少雨から中雨程度（数 mm～50 mm/日）が断続的に続く期間に採水した Nadi (N-r2)、Lautoka (L-r2)、Ba (Ba-r2) が適当と考える。
- Sigatoka は (S-r1) が 100 mm/日を超える豪雨の 4 日後、(S-r2) がさらに 6 日後にあたる。(S-r2) は 5 日前に 50 mm/日程度の降雨を経験しているが、雨季の一般的な降雨季間であり、代表値は (S-r2) と考える。
- Tavua、Rakiraki は 100 mm/日を超える豪雨のおおむね 1 週間後に採水し、数 mm～50 mm/日程度の雨が継続している雨季の一般的な降雨季間にあたる。このため代表値と考えてよい。

表 3-4.5 水質調査結果一覧（雨季）

Test results(Rainy Season)			pH	Conductivity (Chem)	Total Suspended Solids	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	Total Phosphate	Chemical Oxygen Demand	Dissolved Oxygen	Biochemical Oxygen Demand	Total Coliform
Location	Number	Date		EC μ S/cm	TSS mg/L	T-KN mg/L	T-P mg/L	COD mg/L	DO mg/L	BOD mg/L	T-Col cfu/100ml
Nadi	N-r1	8-Feb	7.47	95	450.7	0.38	0.85	36	9.47	2.85	62,000
	N-r2	17-Feb	7.19	248.8	22.5	0.1	0.1	8	8.08	0.95	4,400
Lautoka Namori	L-r1	8-Feb	7.47	118.2	58.6	0.31	0.27	32	8.89	2.79	56,000
	L-r2	17-Feb	7.12	220.1	7.9	0.95	0.1	12	7.84	2.31	56,000
BA	Ba-r1	9-Feb	7.31	84.8	97.3	0.15	0.13	8	9.32	2.43	144,000
	Ba-r2	15-Feb	7.38	113.9	1.4	0.08	0.11	4	8.38	0.64	4,200
Tavua	T-r1	14-Feb	7.44	328.9	7.9	0.26	0.13	40	8.68	1.29	4,600
Rakiraki	R-r1	14-Feb	7.62	299.6	59.4	0.12	0.15	20	8.46	1.19	12,600
Sigatoka	S-r1	10-Feb	7.14	154.6	153.7	0.19	0.09	60	8.66	1.53	4,000
	S-r2	16-Feb	7.48	215.3	0.09	0.11	14.7	16	8.39	0.89	620

出典：JET

3-5 他関連分野の開発状況・開発計画

水道やフィジー道路公社（Fiji Road Authority。以下「FRA」という。）等、下水道に関連する他事業の開発計画の一覧を表 3-5.1 に示す。

表 3-5.1 他分野における開発計画

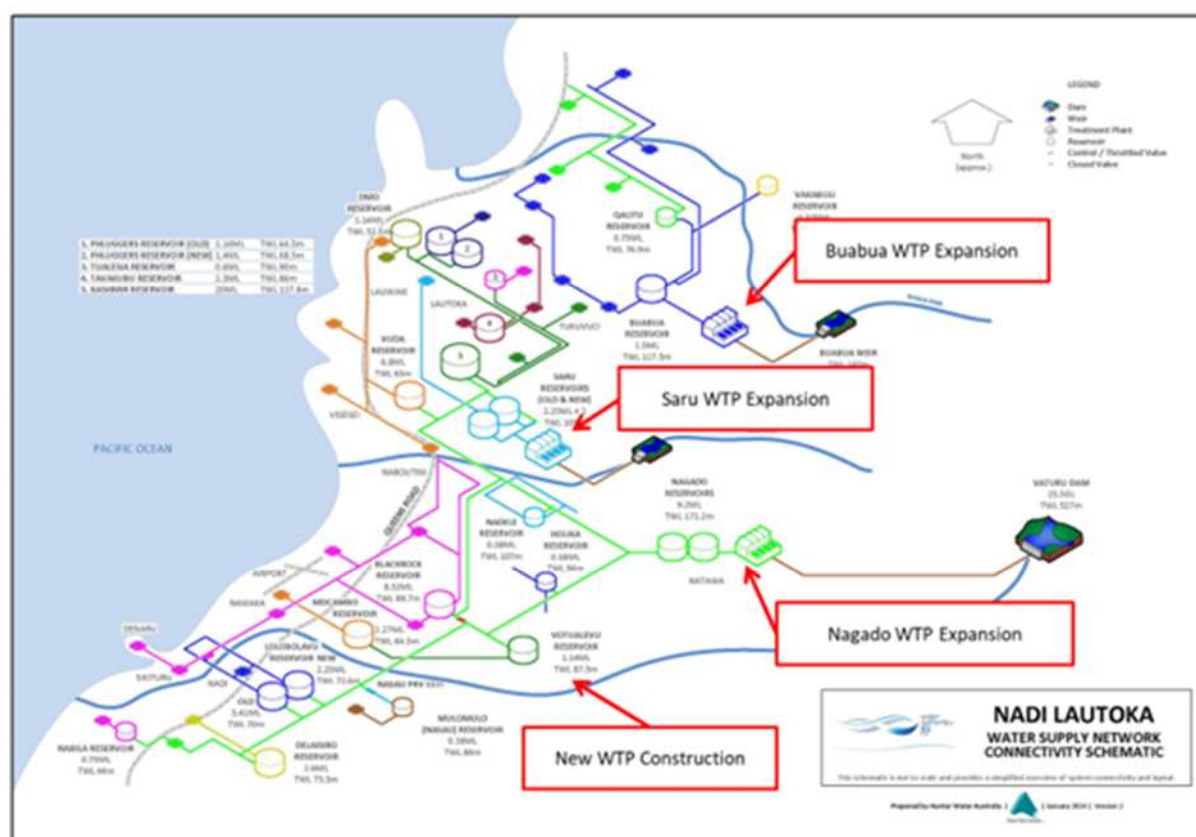
分野	組織	計画名
水道	Water Authority of Fiji (WAF)	Nadi/Lautoka Regional Water Supply Scheme Master Plan 2013-2033
道路	Fiji Road Authority (FRA)	Greater Suva Transportation Strategy 2015-2030
電気	Energy Fiji Limited (EFL)	Annual Report EFL 2020
iTaukei 土地開発	iTaukei Land Trust Board (TLTB)	Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region (2019-2039)

出典：JET

(1) 水道計画（WAF）

上水道セクターについては Nadi・Lautoka の上水道マスタープラン Nadi/Lautoka Regional Water Supply Scheme Master Plan 2013-2033（以下、「NLWMP33」という。）が 2013 年に WAF により作成され、2015 年に最終化された。しかし、実施可能な対策となっていない箇所もあるため近年その見直しが行われ、現在は役員会の承認中となっており、見直し版の計画は公表されていない。

見直し前の NLWMP33 においては、2033 年に日平均 142.05 ML/日の需要が予測され、将来の水需要の増加に対応するために水源及び浄水場等の施設能力の拡張が必要という結果である。

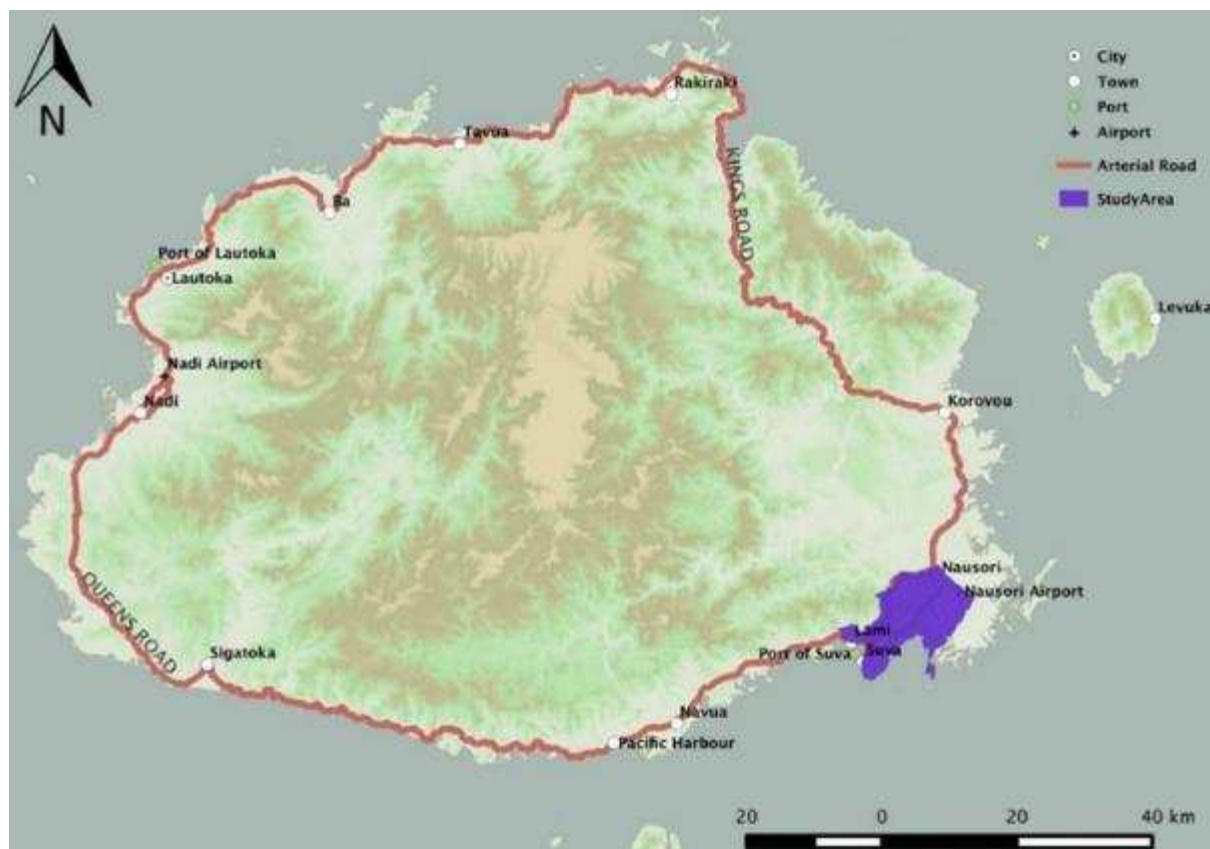


出典 : WAF

図 3-5.1 Nadi・Lautoka システムの浄水場拡張計画 (NLWMP33)

(2) 道路計画 (FRA)

FRA は Nadi-Denarau 島間や Suva-Nausori 空港間の 4 車線化への取組みを終え、未舗装道路の舗装化に取り組んでいる。現在は大 Suva 地域の交通戦略を策定し、経済成長による一般車両の増加に対応する策として、バスの専用レーン・バスターミナルの改良が立案されている。なお、西部地区における交通戦略は未だ策定されていない。



出典：Greater Suva Transportation Strategy 2015-2030

図 3-5.2 FRA による GSA 交通戦略の位置図

(3) 電気計画 (EFL)

EFL による現況の送電網を図 3-5.3 に示す。西部地区の 6 市町を含む主要都市には送電網が網羅されており、33kV の送電は確保されている。今後は山間部集落への 11kV の送電網の構築が主な計画である。

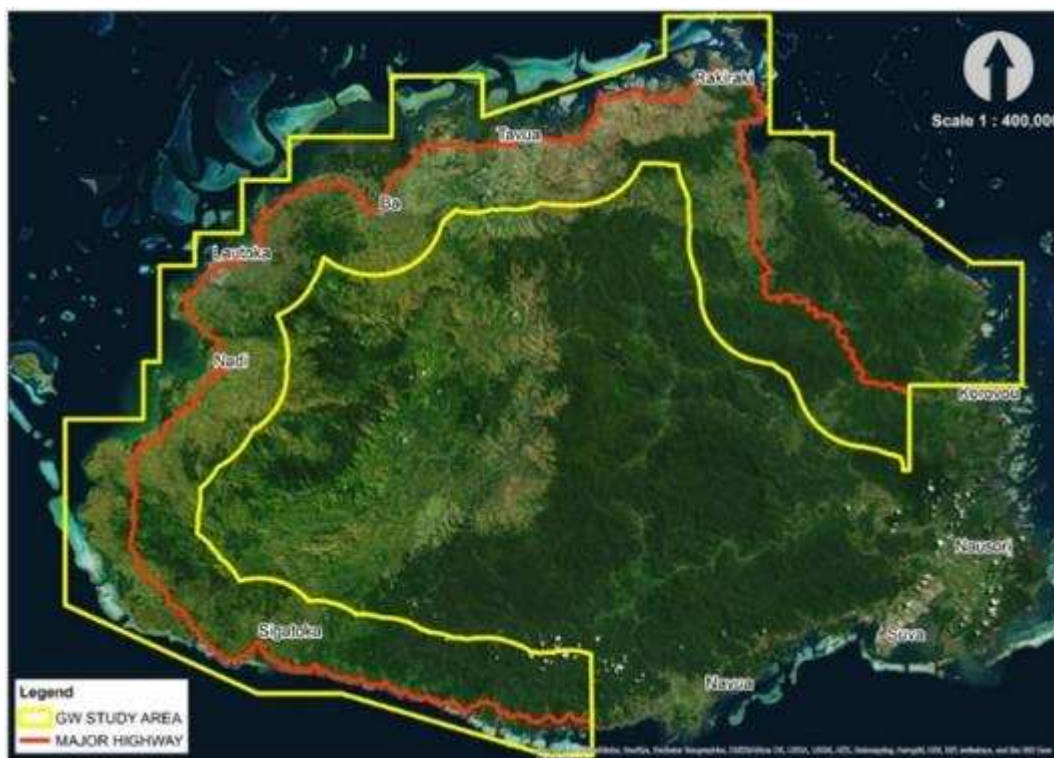


出典：Annual Report EFL 2020

図 3-5.3 EFL による送電網の現況及び計画

(4) iTaukei 土地開発計画 (TLTB)

フィジー国国土における iTaukei Land とは、フィジー国の先住民族である iTaukei が所有する土地であり、その開発については iTaukei Land Trust Board（先住民土地信託委員会。以下、「TLTB」という。）が管理を行っている。TLTB にて Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region (2019-2039)（以下、「TLTB GWCR Master Plan」という。）を策定しており、Greater West Coastal Region と呼ばれる、主に西部地区の海岸沿いの土地を対象としており、399,334ha のうち 76%が iTaukei Land となっている。



出典 : Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region (2019-2039)、TLTB

図 3-5.4 TLTB GWCR Master Plan の対象地域

TLTB GWCR Master Plan の意図は、今後 10～20 年間 iTaukei Land において適切な土地利用／開発を推進していくにあたって、関連機関の連携を図り方針を統一することにより、歴史的／伝統的に重要な土地や自然資源等の保護とバランスを取りながら、対象地域における人口増加とそれに伴うニーズや課題を解決し、計画的な土地開発と資源のマネジメントに寄与することである。本業務において直接的な関わりがあるインフラ分野における方針を下記に抜粋する。

表 3-5.2 TLTB GWCR Master Plan における計画分野

No.	分野	No.	分野
1	Residential	15	iTaukei Reserve Land
2	Commercial	16	Special Economic Zone
3	Industrial	17	Green Belt
4	Agriculture	18	Forestry
5	Sugar Industry	19	Environment
6	Civic& Community Development	20	Climate
7	Growth Centre	21	Infrastructure Development
8	Neighborhood Centre	22	Telecommunication facilities
9	Local Area Planning	23	Land Use
10	Tourism	24	Growth Strategy
11	Housing	25	Rezoning
12	Heritage	26	Compatibility of Different Land Use
13	Open Space and Recreation	27	iTaukei Land Trust Board

出典 : Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region (2019-2039)

表 3-5.3 TLTB GWCR Master Plan におけるインフラ分野の策定方針

ID1: 新たな開発に対応可能な、適切なインフラを確実に提供する。
ID2: GWCR 内の将来的成長に対応可能なインフラの改善に関する費用分担ソリューションを模索する。
ID3: 以下の方法により、GWCR 内の現在および将来的な住民ニーズに対応可能な、十分な水資源と廃水処理能力を確保する。 a) Water Authority of Fiji の上下水道改築/拡大マスタープランを支援する。 b) 都市部および都市周辺部での上下水道整備地区の拡張を優先し、その後農村部に拡大する。 c) 水資源を侵入および汚染から保護する。これは WAF や他関連機関と緊密に連携し、水資源周辺の開発に関する政策とガイドラインを策定することで実現する
ID4: 以下の方法により、GWCR 内の現在および将来的な住民ニーズに対応可能な効率的かつ安全に対応可能な交通システムを確保する。
ID5: 以下の方法で確実な排水/及び雨水管理を実施する: a) LDVC に提出されるすべての開発計画案に、排水準備金が組み込まれていることを確認する。 b) 雨水及び汚染物質の排出を低減させる為、GWCR 内の適切な場所で持続可能な排水システムを推進する。
ID6: 新しい道路プロジェクトが提案されている土地は、他種の開発から保護・保全する。
ID7: 上下水道整備区域は、将来的に GWCR 内の混合使用ノード・サイトやその他の成長地区に拡張する

出典：Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region (2019-2039)

3-6 Informal Settlement

3-6-1 フィジー国における土地所有

フィジー国の土地所有タイプには、一般的に下記の 3 種類に分類され、それぞれの割合は表 3-6.1 の通りである。

- 先住民保有地 (Native/iTaukei land)
- 自由保有地 (Freehold land)
- 国有地 (State/Crown land)

表 3-6.1 フィジー国における土地所有の状況

土地の種類	割合概数 (%)
先住民保有地(Native Land/ iTaukei Land)	83
自由保有地(Freehold Land)	10
国有地(State Land/ Crown Land)	7

出典：Department of Town Country Planning

先住民族は、「トカトカ」(家族)、「マタンガリ」(氏族)、「ヤブサ」(部族)、「バヌア」(連邦)などの階層的な村落グループまたは「土地所有単位」に属している。先住民の土地のリースは、フィジー一人の所有者に代わってそれらすべての土地を管理する法定当局である TLTB を通じて利用可能となる。自由保有地は、土地売却法の条件に従って、購入、譲渡、またはリースすることが可能である。国有地は、国に所有権が属し、MOLMR の土地局 (Department of Land: DOL) が管理する。

3-6-2 非正規居住者の状況

フィジー国政府は、TLTB との適切な手続きを経ずに先住民保有地 (iTaukei Land) の土地に居住する場合、非正規居住者 (Informal Settlers) として分類され、多くの都市でそれら非正規居住者の問題を抱えている。M/P では、市/町自治体との協議の上で、それら非正規居住者/居住地について配慮する必要がある。フィジー国では、先住民保有地の使用は TLTB の登録プロセスが必要であり、TLTB との適切なプロセスなしに、先住民保有地に居住する場合、「非正規居住者 (informal settlers)」と呼ばれる。用地取得の補償では、通常の場合、彼らは補償受給資格を失う可能性がある (補償されない)。先住民保有地については、フィジー国の通常の場合、補償において使用者と TLTB の間の合意が求められる。2017 年の国勢調査では、フィジー国全土 191,910 世帯のうち 8,067 世帯 (4.2%) が「非公式 (バカバナア) 協定で先住民保有地 (iTaukei Land) を占有する」という状況下で居住している。

表 3-6.2 西部地区における非正規居住地の一覧

No.	居住地名	市町	土地の種類	面積 (ha)	世帯数
1	Valewaquyaya	Ba	iTaukei Land	3.56	38
2	Field 4	Lautoka	iTaukei Land	7.94	88
3	Nabare	Nadi	iTaukei Land	4.53	38
4	Tavela (Korovuto)	Nadi	iTaukei Land	3.99	68
5	Tore	Lautoka	iTaukei Land	3.23	60
6	Lovu	Lautoka	iTaukei Land	8.93	79
7	Delaisaweni	Lautoka	iTaukei Land	9.53	197
8	Tukutora	Lautoka	iTaukei Land	14.5	178
9	Tauvegavega	Ba	iTaukei Land	32.96	366
10	Tomuka	Lautoka	iTaukei Land	24.27	496
11	Ledrusasa	Nadi	iTaukei Land	4.06	76
12	Cuvu	Sigatoka	State Land	24	105
13	Sauyaro (Varavu)	Ba	iTaukei Land	12.63	158
14	Lawaki	Lautoka	iTaukei Land	11.26	137
15	Ulusila (Nadroumai)	Sigatoka	iTaukei Land	7.73	81
16	Vunarewa	Nadi	iTaukei Land	5.08	41
17	Delainamasimasi	Vuda	iTaukei Land	2.02	Survey in progress
18	Lovu & Tore 2	Lautoka	iTaukei Land	19.18	Survey in progress
19	Tukutora 2	Lautoka	iTaukei Land	9.28	Survey in progress
20	Tobabalavu (Tovilavila)	Vuda	iTaukei Land	6.67	Survey in progress

出典 : Ministry of Housing

第4章 西部地区汚水処理セクターの現状

4-1 集合処理システムの状況

4-1-1 全体の概要

現在西部地区にある 6 つの主な市町のうち、集合処理を用いた下水道事業が実施されているのは Lautoka 市、及び Nadi、Ba、Sigatoka の 3 町である。これらの市町における集合処理施設の一覧を表 4-1.1 にまとめる。



出典：WAF ヒアリングより JET が作成

図 4-1.1 西部地区の主な市町、及び集合処理施設の位置図(黄点)

表 4-1.1 集合処理施設の一覧

項目		Nadi	Lautoka	Ba	Sigatoka
下水管路網	合計延長(km)	129	80.5	26	16
	管材	ヒューム、PVC、AC、Clay	ヒューム、AC DIP、PVC	AC、PVC	DIP、AC、PVC
	管径(mm)	100~550	150~750	150~375	100~300
ポンプ場	箇所数	42	12	8	6
	設置ポンプ数／ポンプ場	2~3	2~3	2	2~3
下水処理場	処理場名	Navakai	Natabua	Votua	Olosara
	稼働開始年	1974	1983	1996	1986
	処理方式	IDEA 法	安定化池法	安定化池法	安定化池法
	処理能力	8,200 m ³ /日	8,200 m ³ /日	1,100 m ³ /日	2,600 m ³ /日

出典：WAF ヒアリングより JET が作成

4-1-2 Navakai 下水処理場（Nadi）

(1) 処理区域

Navakai 下水処理場の処理区域を図 4-1.2 に示す。2017 年に実施された国勢調査によれば Nadi の Urban および Peri-Urban の人口は 71,048 人であり、また同調査では 1 世帯当たりの世帯人口は約 4.5 人である（APPENDIX 4-1）。WAF で徴収している上下水道接続世帯リストより下水道接続済み世帯数（生活系）は 3,525 件であることから、下水道接続人口は約 15,800 人と推定される。



出典：JET

図 4-1.2 Navakai 下水処理場の処理区域

(2) 処理施設

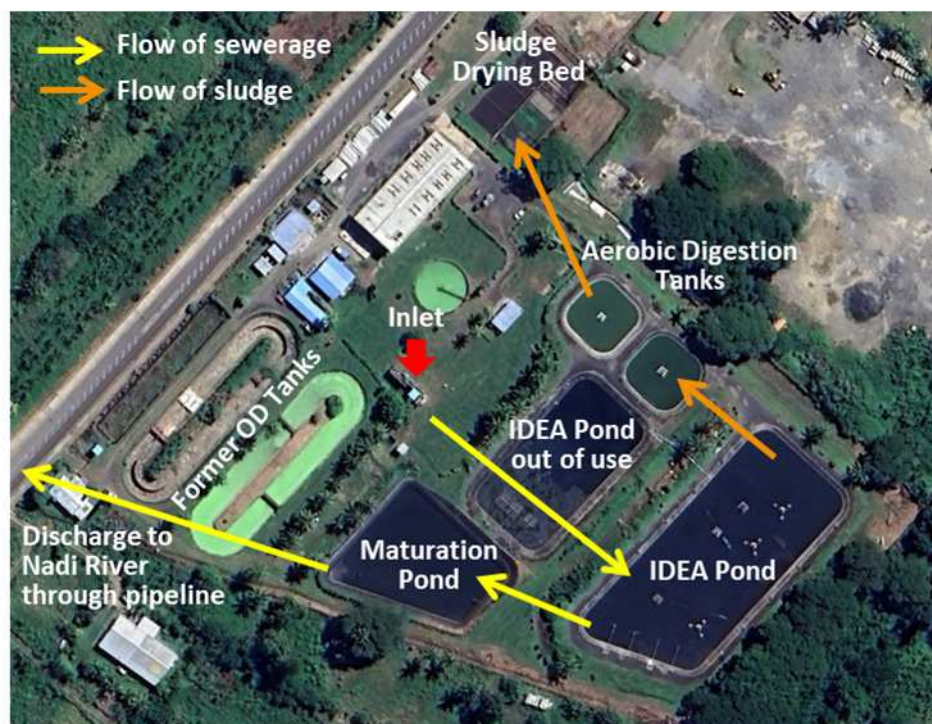
1) 施設概要

表 4-1.2 Navakai 下水処理場の施設概要

名称	Navakai 下水処理場
稼働開始年	1974 年
処理能力	8,200 m ³ /日
処理水量	流量計未設置のため記録なし
下水処理方式	IDEA 法
構成	IDEA 池：2 池 （1 池休止） 仕上げ池：1 池 好気性消化槽：2 池 乾燥汚泥床：1 基
下水処理フロー	流入→機械スクリーン*→IDEA 池→仕上池→放流
汚泥処理フロー	IDEA 池から余剰汚泥の引き抜き→好気性消化槽 →機械式汚泥脱水*→汚泥乾燥床（天日乾燥）→処理場内に投棄
腐敗槽汚泥の受け入れ	なし
放流先	ナンディ川

*2021 年 12 月時点において故障停止

出典：JET



出典：JET

図 4-1.3 Navakai 下水処理場の施設配置図

Navakai 下水処理場では、稼働当初には OD 法を採用していたが、流入下水量の増加に伴い処理能力が不足したため、1997 年に 10,000 人相当の IDEA 法（間欠排水長時間曝気法）の処理施設を導入し、OD 法施設は停止した。その後、流入下水量が増加したため、2008 年に 25,000 人相当の IDEA を稼働した。旧施設（10,000 人相当の処理能力）については、IDEA の反応槽で用いるエアレータが経年劣化と維持管理不足により 4 台すべてが故障停止したため、現在は使用されていない。

一方、IDEA 法の新施設（25,000 人相当の処理能力）については、計画では 8 台のエアレータを設置する予定であったが、理由は不明であるが 6 台しか設置されず、そのうちの 5 台が 2021 年 12 月時点までに故障・停止した。2022 年 1 月以降に 3 台が設置され、現在は 4 台のエアレータが稼働している。WAF 西部へのヒアリング調査では、現在設置されているエアレータは、台風被害で一時的に停止する事故は発生したが、特に問題なく稼働している。

汚泥については、計画では IDEA 池からの引き抜き・好気性消化後、ベルトプレス式の機械脱水を経て天日乾燥されたのち、処理場の敷地内に投棄する。ただし、2021 年 12 月の調査時点において汚泥脱水機は 2011 年以来故障停止しており、消化後に直接天日乾燥されている状態にあった。

2) 流入下水及び放流水質

WAF の中央水質試験室では、各下水処理場の各処理過程における水質分析を月に 1 回行っている。表 4-1.3 に 2014～2021 年の流入下水と放流水の年度別平均値を示した。

表 4-1.3 Navakai 下水処理場の水質試験結果

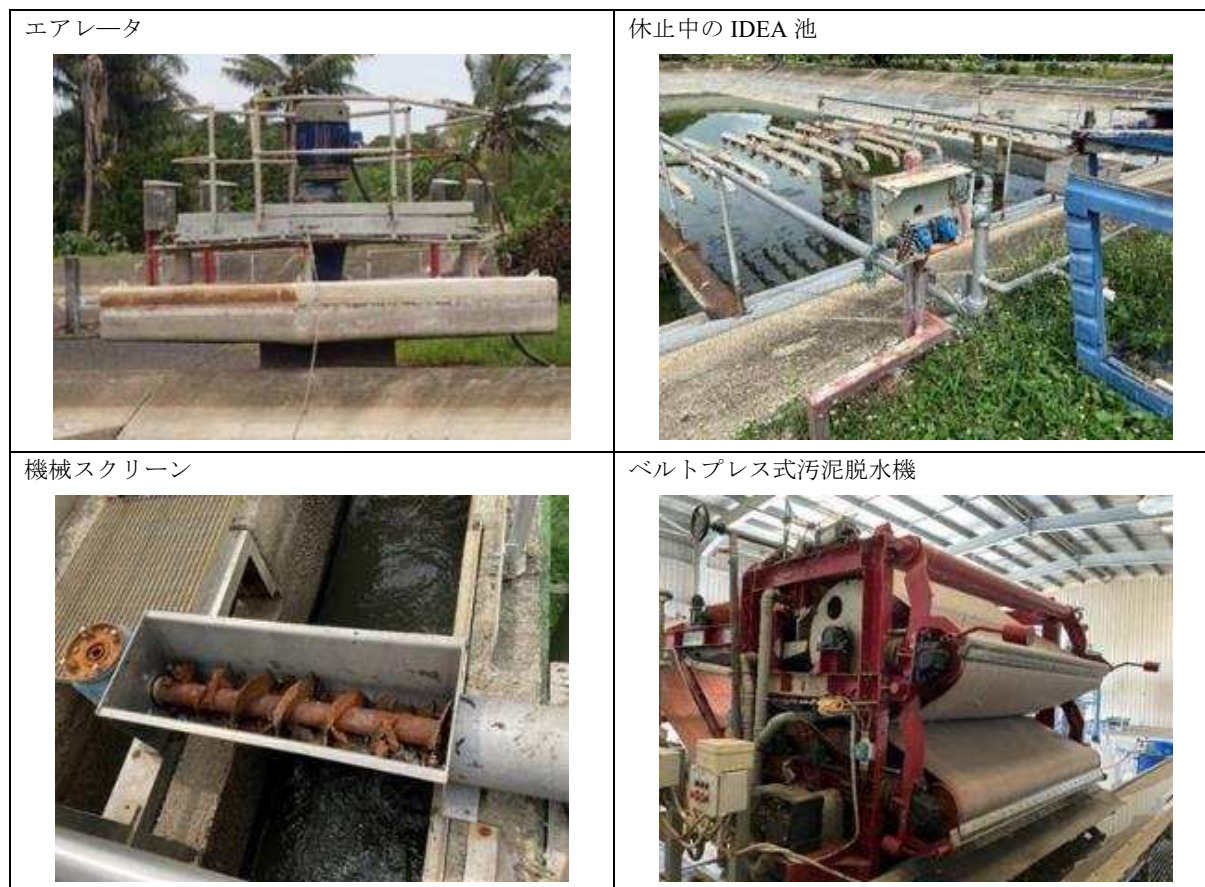
年	流入下水 (mg/L)						放流水 (mg/L)					
	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG
Standard							60	40	—	25	5	5
2014	965	503	934	9.2	3.5	257	80.3	54.9	138	5.4	2.8	51.6
2015	926	355	884	9.2	2.8	187	43.5	41.4	90.8	5.6	2.3	55.3
2016	589	451	1310	12.8	2.3	23.8	54.4	49.2	124	10.9	1.6	10.7
2017	513	317	648	57.9	3.3	16.5	155	84.7	233	32.0	1.5	10.3
2018	447	241	586	47.2	3.2	57.2	122	68.2	176	29.4	2.4	22.8
2020	198.8	143.4	432.6	20.4	7.6	132.8	24.3	20	103.3	15	2.8	35.6
2021	201.5	131.6	287.5	20.6	9	153.9	29.2	31.3	54	20.3	4.3	53.7
平均* (~2018)	688	374	873	28	4	109	92	60	153	17	3	31
平均 (~2021)	549	306	727	26	5	119	73	50	132	17	3	35

*COVID-19 パンデミック以前の平均値

出典：WAF データに基づき JET が作成

3) 機器の故障

機器の故障、施設の稼働休止の状態は情報収集確認調査が実施された 2019 年から大きく変更は無く、**写真 4-1.1** に示す通り、エアレータ、脱水機、機械スクリーンの故障や 1 池が休止している。



出典：JET

写真 4-1.1 場内で故障停止した機器

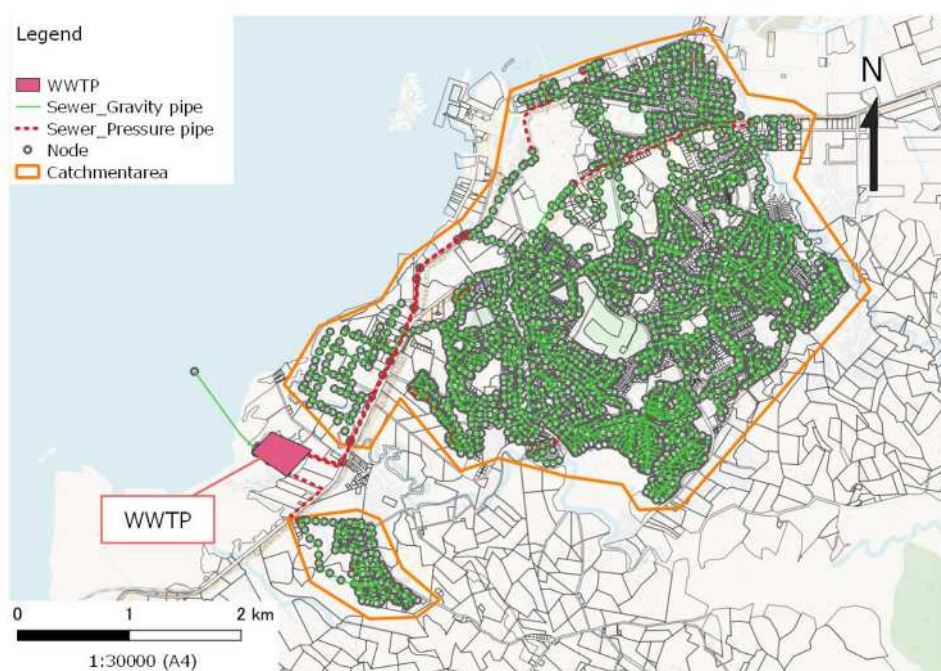
WAF 中央、及び Navakai 下水処理場の保全班にヒアリングを行った結果、以下の点が故障の原因と考えられ、本業務の研修や計画策定における課題として位置づける。

- 設備の適切な予防保全の欠如
- 予防保全に関する現場職員の能力不足
- 設置当初より、維持管理方法を記したマニュアルの欠如
- フィジー国国内における交換部品調達ルートの未確立

4-1-3 Natabua 下水処理場 (Lautoka)

(1) 処理区域

Natabua 下水処理場の処理区域を以下に示す。2017 年国勢調査の Lautoka の Urban および Peri-Urban の人口は 71,573 人である。上下水道接続世帯リストより下水道接続済み世帯数（生活系）は 6,440 件であり、1 世帯当たり 4.5 人とすれば、下水道接続人口は約 29,000 人である。



出典：JET

図 4-1.4 Natabua 下水処理場の処理区域

(2) 処理施設

1) 施設概要

表 4-1.4 Natabua 下水処理場の施設概要

名称	Natabua 下水処理場
稼働開始年	1983 年
処理能力	8,200 m ³ /日
処理水量	流量計未設置のため記録なし
下水処理方式	安定化池法
構成	嫌気性池：2 池 通性池：2 池 仕上げ池：2 池 腐敗槽汚泥投棄ピット：1 箇所
下水処理フロー	流入→嫌気性池→通性池→仕上げ池→ポンプ施設→放流
汚泥処理フロー	1~2 年ごとに池を浚渫*→機械脱水（移動式）→処理場内での埋め立て
腐敗槽汚泥の受け入れ	素掘りピットへの投棄
放流先	海中放流（場内より 1.2km 沖合までポンプ圧送）

*池の浚渫は 処理場の開始より 30 年以上実施されていなかったが、2021 年度に実施された。

出典：JET



出典：JET

図 4-1.5 Natabua 下水処理場の施設配置図

2) 流入下水及び放流水質

表 4-1.5 に 2014～2021 年の流入下水と放流水の年度別平均値を示す。

表 4-1.5 Natabua 下水処理場の水質試験結果

Year	流入下水 (mg/L)						放流水 (mg/L)					
	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG
Stand.							60	40	—	25	5	5
2014	533	318	594	8.4	4.6	236	81.6	64.3	170	4.4	3.4	38.2
2015	482	303	575	10.6	3.7	149	44.2	65.3	125	4.9	2.2	32.7
2016	439	394	828	-	0.6	22.4	52.3	43.6	117	—	0.8	4.2
2017	846	329	603	50.7	3.6	24.4	114	68.6	191	26.0	2.3	7.3
2018	295	207	517	41.3	2.3	71.4	54.8	51.1	140	21.6	1.2	32.3
2019	369	215.3	412.6	27.7	5.8	86.2	52.6	38.7	110.9	20.2	4.0	15.4
2020	874.5	217.6	526	19.8	8.1	168.8	58.1	35.7	124.1	14.7	5.7	40.1
2021	425.8	169.5	483.0	21.8	7.0	128.4	57.4	83.4	213.5	1.9	3.9	49
平均 (~2018)	519	311	624	28	3	101	70	59	149	15	2	23
平均* (~2021)	557	277	590	26	5	115	67	59	155	13	3	30

*COVID-19 パンデミック以前の平均値

出典：WAF データに基づき JET が作成

4-1-4 Votua 下水処理場 (Ba)

(1) 処理区域

Votua 下水処理場の処理区域を以下に示す。2017 年国勢調査の Ba の Urban および Peri-Urban の人口は 15,846 人である。上下水道接続世帯リストより下水道接続済み世帯数（生活系）は 709 件であり、1 世帯当たり 4.5 人とすれば、下水道接続人口は約 3,200 人である。

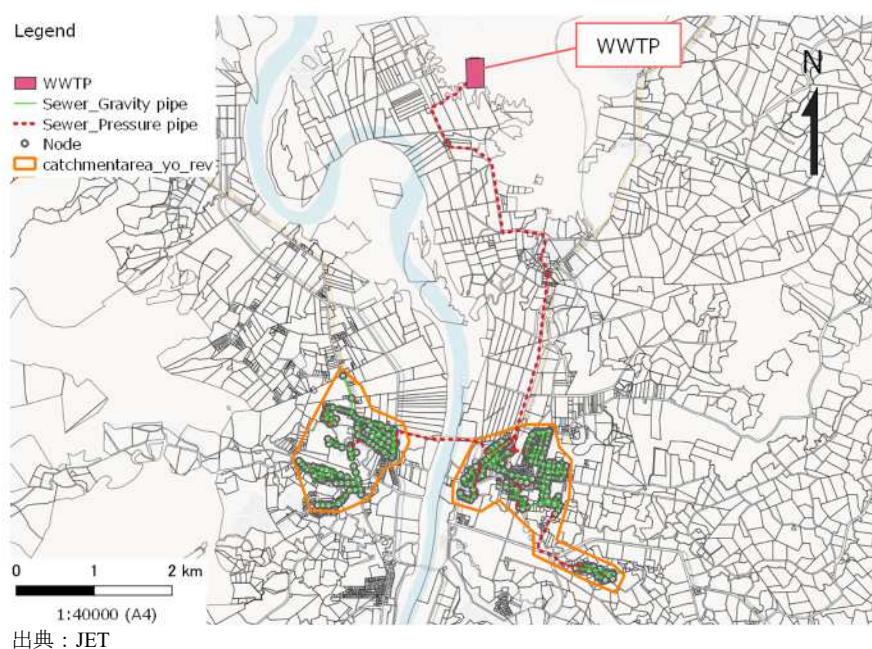


図 4-1.6 Votua 下水処理場の処理区域

(2) 処理施設

1) 施設概要

Votua 下水処理場の概要を以下に示す。

表 4-1.6 Votua 下水処理場の施設概要

名称	Votua 下水処理場
稼働開始年	1996 年
処理能力	1,100 m ³ /日
処理水量	流量計未設置のため記録なし
下水処理方式	安定化池法
構成	嫌気性池：2 池 通性池：2 池 仕上げ池：1 池
下水処理フロー	流入→嫌気性池→通性池→仕上げ池→放流
污泥処理フロー	1~2 年ごとに池を浚渫*→機械脱水（移動式）→処理場内での埋め立て
腐敗槽汚泥の受け入れ	嫌気性池への投入
放流先	下水処理場付近のマングローブ林に覆われた水路

*池の浚渫は 処理場の開始より 20 年以上実施されていない。

出典：JET



出典：JET

図 4-1.7 Votua 下水処理場の施設配置図

2) 流入下水及び放流水質

表 4-1.7 に 2014～2021 年の流入下水と放流水の年度別平均値を示す。

表 4-1.7 Votua 下水処理場の水質試験結果

Year	流入下水 (mg/L)						放流水 (mg/L)					
	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG
Stand.							60	40	—	25	5	5
2014	471	290	749	8.5	4.6	172	86.2	40.5	136	5.1	3.4	43.1
2015	543	308	795	7.8	2.5	116	78.1	52.7	156	3.9	1.9	31.8
2016	589	273	909	11.2	2.6	13.7	42.0	49.2	126	9.8	1.7	6.0
2017	2240	285	655	31.7	3.1	22.2	69.9	50.4	138	16.7	2.0	10.5
2018	951	274	667	36.0	2.8	59.2	53.8	52.5	144	14.6	1.9	22.3
2019	126.9	116.4	203.6	24.5	4.8	52.2	46.8	31.6	94.5	10.8	3.0	26.7
2020	184.4	125.8	320.8	22.5	9.1	74.9	46.8	46.0	160.8	9.9	9.0	47.9
2021	133.9	129.6	258.9	20.0	8.9	120.4	69.7	47.2	117.6	8.8	6.4	49.8
平均* (~2018)	959	286	755	20	4	77	66	50	140	11	3	23
平均 (~2021)	655	226	570	21	5	79	62	47	135	10	4	30

*COVID-19 パンデミック以前の平均値

出典：WAF データに基づき JET が作成

4-1-5 Olosara 下水処理場（Sigatoka）

(1) 処理区域

Olosara 下水処理場の処理区域を以下に示す。2017 年国勢調査の Sigatoka の Urban および Peri-Urban の人口は 10,509 人である。上下水道接続世帯リストより下水道接続済み世帯数（生活系）は 107 件であり、1 世帯当たり 4.5 人とすれば、下水道接続人口は約 480 人である。

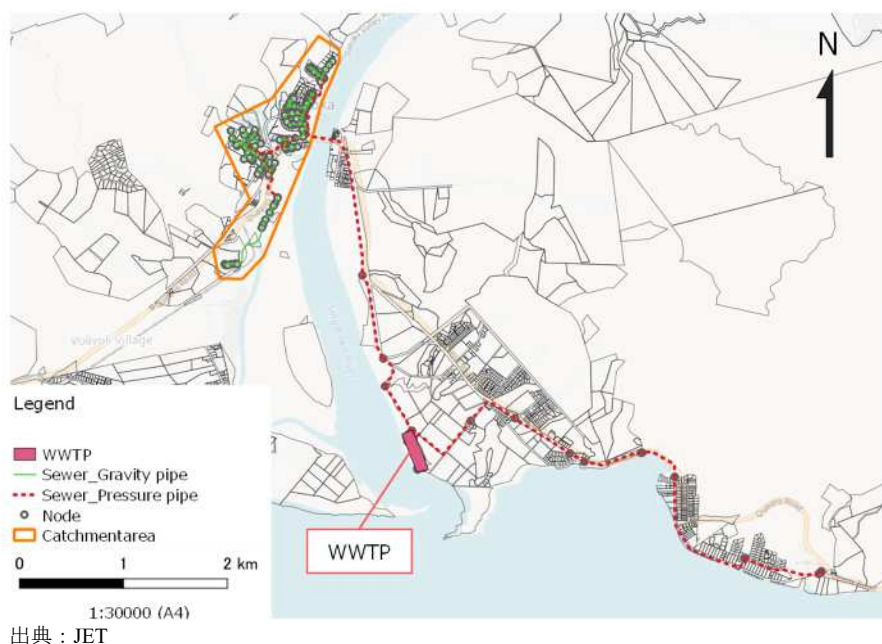


図 4-1.8 Olosara 下水処理場の処理区域

(2) 処理施設

1) 施設概要

Olosara 下水処理場の概要を以下に示す。

表 4-1.8 Olosara 下水処理場の施設概要

名称	Olosara 下水処理場
稼働開始年	1986 年
処理能力	2,600 m ³ /日
処理水量	流量計未設置のため記録なし
下水処理方式	安定化池法
構成	嫌気性池：1 池 通性池：1 池 仕上げ池：1 池
下水処理フロー	流入→嫌気性池→通性池→仕上げ池→放流
污泥処理フロー	1~2 年ごとに池を浚渫*→機械脱水（移動式）→処理場内での埋め立て
腐敗槽汚泥の受け入れ	嫌気性池への投入
放流先	シンガトカ川

*池の浚渫は 処理場の開始より 30 年以上実施されていなかったが、2022 年度に実施された。

出典：JET



出典：JET

図 4-1.9 Olosara 下水処理場の施設配置図

2) 流入下水及び放流水質

表 4-1.9 に 2014～2021 年の流入下水と放流水の年度別平均値を示す。

表 4-1.9 Olosara 下水処理場の水質試験結果

Year	流入下水 (mg/L)						放流水 (mg/L)					
	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG	T-SS	BOD	COD	T-N	T-P	FOG
Stand.							60	40	—	25	5	5
2014	736	414	1220	9.1	3.4	225	78	57.2	124	4.3	1.7	39.9
2015	347	242	526	9.1	3	68.8	44.8	55.4	157	5.1	2.4	37.3
2016	437	263	550	29.8	2.5	12.4	42	41.2	135	23.5	1	7.3
2017	409	289	583	47.5	4.2	82.1	59.7	40.2	129	17.5	1.5	37
2018	512	374	873	46.4	3.3	71	49.2	54.5	142	19.9	1	18.8
2019	126.9	116.4	203.6	24.5	4.8	52.2	41.9	32.1	92.3	7.8	1.6	17.4
2020	204.9	652.5	376.7	77.9	113.4	147.2	31.8	32.5	140.9	6.5	26.2	70.9
2021	6.2	383.2	19.1	152.6	434.7	114.1	3.9	57.4	1.9	83.4	213.5	49
平均* (~2018)	489	317	751	29	4	92	55	50	138	15	2	29
平均 (~2021)	348	342	544	50	72	97	44	47	116	21	32	35

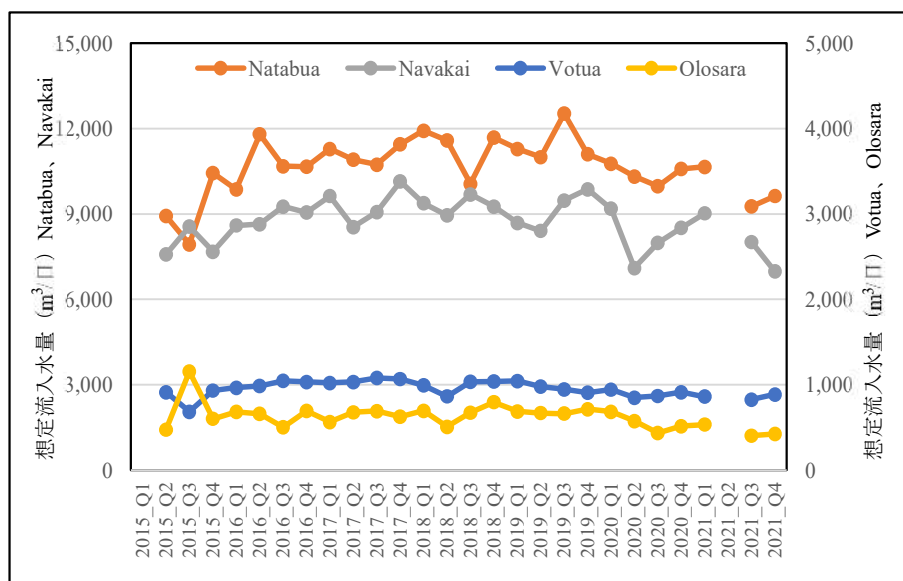
*COVID-19 パンデミック以前の平均値

出典：WAF データに基づき JET が作成

4-1-6 下水処理場流入水量の推定（参考）

現状、既存の下水処理場では流量計を設置していないことから、実流入水量は把握されていない。ここでは WAF が所有している上下水道の顧客リストより、下水道料金を徴収している接続（生活系、営業系、政府系含む）の使用水量が流入下水水量に概ね等しいと仮定して、下水処理場流入水量の推定を行った。

図 4-1.10、表 4-1.10 は各処理区における使用水量の合計を整理したものである。Nadi の Navakai 下水処理場で平均 8,800 m³/日程度、Lautoka の Natabua 下水処理場で平均 11,000 m³/日程度であり、COVID-19 の流行した 2020 年から両下水処理場の流入水量は減少傾向にあると推計される。



出典：JET

図 4-1.10 既存下水処理場の推計流入下水水量

表 4-1.10 既存下水処理場の推計流入下水水量

(単位：m³/日)

期間	Navakai 下水処理場 (Nadi)	Natabua 下水処理場 (Lautoka)	Votua 下水処理場 (Ba)	Olosara 下水処理場 (Sigatoka)
2015_Q2	7,581	8,928	912	477
2015_Q3	8,557	7,933	686	1,155
2015_Q4	7,678	10,441	935	602
2016_Q1	8,601	9,867	966	684
2016_Q2	8,649	11,805	986	661
2016_Q3	9,265	10,677	1,046	503
2016_Q4	9,054	10,663	1,034	695
2017_Q1	9,632	11,287	1,022	565
2017_Q2	8,541	10,910	1,033	678
2017_Q3	9,066	10,735	1,082	694
2017_Q4	10,141	11,450	1,070	628
2018_Q1	9,380	11,927	994	696
2018_Q2	8,950	11,578	866	509
2018_Q3	9,692	10,062	1,036	675
2018_Q4	9,262	11,687	1,039	797
2019_Q1	8,690	11,287	1,044	690
2019_Q2	8,407	11,001	978	669
2019_Q3	9,478	12,526	948	663
2019_Q4	9,870	11,098	907	714
2020_Q1	9,186	10,765	946	687
2020_Q2	7,103	10,320	849	575
2020_Q3	7,987	9,970	871	435
2020_Q4	8,514	10,578	913	516
2021_Q1	9,026	10,661	862	535
2021_Q2	N/A	N/A	N/A	N/A
2021_Q3	8,015	9,270	829	406
2021_Q4	6,988	9,633	888	426
平均	8,743	10,656	952	628

出典：JET 注) 2021 年第二四半期のデータは大半の数値が 0 となっていたため欠損扱いとした。

ここで推計した処理場流入水量には地下水等の侵入水は含まれていないため、1割程度の地下水量としての加算が見込まれる。一方で、散水や洗車等の水使用を考慮すれば、分流式下水道を採用しているフィジー国では使用水量のすべてが下水処理システムに流入することはない⁷。これらの増減の要素を踏まえれば、ここで推計した処理場流入水量はオーダーとしては妥当なレベルであると想定する。

4-1-7 WAF により近年策定された計画/設計

WAF により近年策定された計画・設計を表 4-1.11 に示す。1 の Rakiraki Wastewater M/P は Urban 区域のみを対象とした下水道計画であり、人口が集中する地区のみを整備する効率的な污水収集のシステムではあるが、NDP との関連は記されていない。処理施設の検討においてはいずれの下水処理場においても IDEA 法の採用が推奨される結果になっているが、WAF によれば Kinoya 下水処理場が先行して IDEA 法を採用する事から、維持管理面で有利になると考えているとの事である。

表 4-1.11 近年策定された計画・設計

No.	計画・設計	策定年度	策定者	概要
1	Rakiraki Wastewater Master Plan	June 2021	Hunter H2O	Rakiraki地区を対象とした全体計画の策定
2	Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua, Natabua WWTP Capacity Assessment Report	October 2019	GHD	既存処理場施設・設備の定性的、定量的状況の確認
3	Votua Wastewater Treatment Plant Site Condition Assessment	February 2020	Hunter H2O	既存処理場施設・設備の定性的状況の確認
4	Olosara Wastewater Treatment Plant Site Condition Assessment	February 2020	Hunter H2O	既存処理場施設・設備の定性的状況の確認
5	Detailed Design for Navakai wastewater treatment plant	2019	Hunter H2O	IDEA 法による改良設計（設計結果について WAF 上層部による承認待ち）
6	Option Assessment for Upgrade Works for Navakai WWTP	2017	WAF	増設のための処理プロセス比較検討
7	Option Assessment for Upgrade Works for Natabua WWTP	2019	WAF	増設のための処理プロセス比較検討

出典：JET

4-2 分散処理システムの状況

4-2-1 生活系（セプティックタンク）

(1) 衛生施設（トイレ）の設置状況

フィジー国西部地区（Ba、Nadroga-Navosa、Ra）における衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況を 2017 年の人口・住宅センサスのデータから整理して表 4-2.1～表 4-2.3 に示す。

⁷ 使用水量に対する下水道システムへの流入水量（汚水回収率）の一般値は 0.7～0.9 の範囲

表 4-2.1 衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（州合計）

衛生施設（トイレ） （州合計）	Ba 州		Nadroga-Navosa 州		Ra 州		西部地区	
	設置数	%	設置数	%	設置数	%	設置数	%
Flush to piped sewer system 水洗トイレ：下水道管へ排出	13,712	24.4	499	3.8	81	1.2	14,292	18.7
Flush to septic tank （水洗トイレ：腐敗槽へ排出）	35,857	63.9	9,284	70.9	4,497	63.9	49,638	65.1
Flush to pit latrine （水洗トイレ：堅穴へ排出）	936	1.7	348	2.7	457	6.5	1,741	2.3
Pit latrine with slab （スラブ付き堅穴式便所）	1,818	3.2	1,333	10.2	786	11.2	3,937	5.2
Pit latrine without slab (open pit) （スラブなし堅穴式便所）	986	1.8	610	4.7	455	6.5	2,051	2.7
Water sealed （封水式トイレ）	2,365	4.2	913	7.0	565	8.0	3,843	5.0
Shared toiled （共同トイレ）	388	0.7	69	0.5	178	2.5	635	0.8
Other （その他）	50	0.1	33	0.3	15	0.2	98	0.1
合計	56,112	100	13,089	100	7,034	100	76,235	100

出典：Fiji 2017 Population & Housing Census を元に JET 作成

表 4-2.2 衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（Urban）

衛生施設（トイレ） （Urban）	Ba 州		Nadroga-Navosa 州		Ra 州		西部地区	
	設置数	%	設置数	%	設置数	%	設置数	%
Flush to piped sewer system （水洗トイレ：下水道管へ排出）	13,283	35.4	270	11.0	28	2.0	13,581	32.8
Flush to septic tank （水洗トイレ：腐敗槽へ排出）	22,622	60.2	2,093	85.4	1,209	86.6	25,924	62.6
Flush to pit latrine （水洗トイレ：堅穴へ排出）	300	0.8	1	0.0	27	1.9	328	0.8
Pit latrine with slab （スラブ付き堅穴式便所）	486	1.3	30	1.2	56	4.0	572	1.4
Pit latrine without slab (open pit) （スラブなし堅穴式便所）	184	0.5	13	0.5	12	0.9	209	0.5
Water sealed （封水式トイレ）	487	1.3	34	1.4	48	3.4	569	1.4
Shared toiled （共同トイレ）	198	0.5	9	0.4	13	0.9	220	0.5
Other （その他）	15	0.0	2	0.1	3	0.2	20	0.0
合計	37,575	100	2,452	100	1,396	100	41,423	100.0

出典：Fiji 2017 Population & Housing Census を元に JET 作成

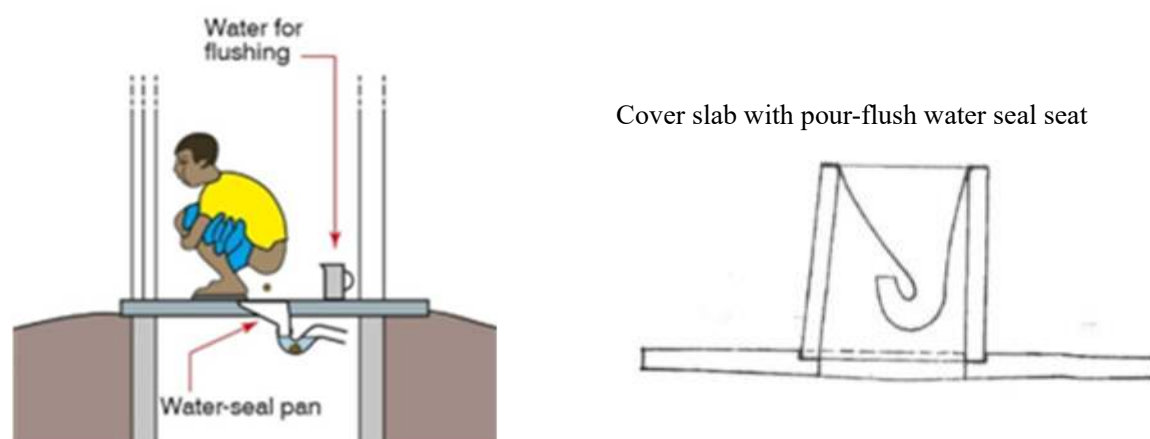
表 4-2.3 衛生施設（トイレ）の設置（接続）状況（Rural）

衛生施設（トイレ） （Rural）	Ba 州		Nadroga-Navosa 州		Ra 州		西部地区	
	設置数	%	設置数	%	設置数	%	設置数	%
Flush to piped sewer system 水洗トイレ：下水道管へ排出）	429	2.3	229	2.2	53	0.9	711	2.0
Flush to septic tank （水洗トイレ：腐敗槽へ排出）	13,235	71.4	7,191	67.6	3,288	58.3	23,714	68.1
Flush to pit latrine （水洗トイレ：堅穴へ排出）	636	3.4	347	3.3	430	7.6	1,413	4.1
Pit latrine with slab （スラブ付き堅穴式便所）	1,332	7.2	1,303	12.2	730	12.9	3,365	9.7
Pit latrine without slab (open pit) （スラブなし堅穴式便所）	802	4.3	597	5.6	443	7.9	1,842	5.3
Water sealed （封水式トイレ）	1,878	10.1	879	8.3	517	9.2	3,274	9.4
Shared toilet （共同トイレ）	190	1.0	60	0.6	165	2.9	415	1.2
Other （その他）	35	0.2	31	0.3	12	0.2	78	0.2
合計	18,537	100	10,637	100	5,638	100	34,812	100.0

出典：Fiji 2017 Population & Housing Census を基に JET 作成

表 4-2.1 より、西部地区にて下水道システムに接続している世帯比率は 18.7%であることから、統計上の資料として下水道人口普及率は約 20%となる。

なお、Fiji Bureau of Statistics（フィジー統計局。以下、「FBoS」という。）によると、データは Eating arrangement（家計を同じにする世帯）を単位としている。したがって、1つの建物に数世帯が居住する場合、それぞれの世帯単位で集計される。なお、この数世帯がトイレを共同使用している場合、Septic tank を使用していても Shared toilet に分類される。また、Septic Tank の中には後述する Drum system 等 National Building Code に定められた規格を満たさないものも含まれている可能性があることに留意しておく必要がある。Water sealed は、図 4-2.1 に示すような構造を持つトイレである。



出典：Fiji 2017 Population & Housing Census を基に JET 作成

図 4-2.1 Water sealed toilet（封水式トイレ）

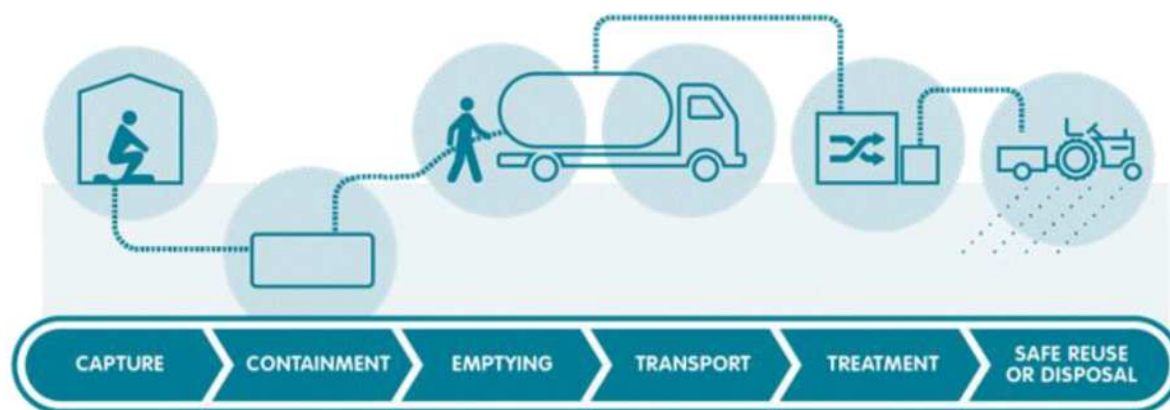
施設の種別ごとの比較では、Provincial Total、Urban Area 及び Rural Area において Flush to Septic Tank の割合が 60%を超え、最も多い。Piped sewer system への接続人口は、西部地区の平均で 20%未満であり、最も高い Ba 州でも 25%未満である。WAF が管理する都市型下水道は Urban Area でのみ実施されており、Urban Area の接続状況を見ると、西部地区の平均で約 33%、最も高い Ba 州では約 35%となる。なお、Ra 州には WAF が管理する下水処理場は存在しないにも拘らず Piped sewer system に接続している人口が計上されていることから、Communal Septic Tank 等への接続もこのカテゴリに含まれていると考えられる。なお、CBH へのヒアリングにおいて Village 単位のシステムとして Small System に言及された。これは Communal Septic Tank 等の小規模システムを含むものと解釈されるが具体的な設置状況に関する情報は得られていない。

このデータを見ると、国連のミレニアム開発目標（以下、「MDGs」という。）の目標の一つである「安全な衛生へのアクセス」に関連してユニセフ（以下、「UNICEF」という。）と世界保健機関（以下、「WHO」という。）が設けた指標である「Basic Sanitation Service (基本的な衛生施設) : Use of improved facilities which are not shared with other households (他の世帯と共有していない改善された衛生施設)」の条件に満たない施設 (Pit latrine without slab (open pit)、Shared toilet、Other) も州によっては 10%以上存在する。

なお、WHO の集計では、フィジー国の「Population using at least basic sanitation services」は 99.16% (2020) となっている。一方、SDGs 6.2.1a の指標である「Proportion of population using safely managed sanitation services」については、2022 年 5 月の段階では公開されていない。「Safely managed sanitation services」は以下のように定義されている。

Safely managed sanitation service:

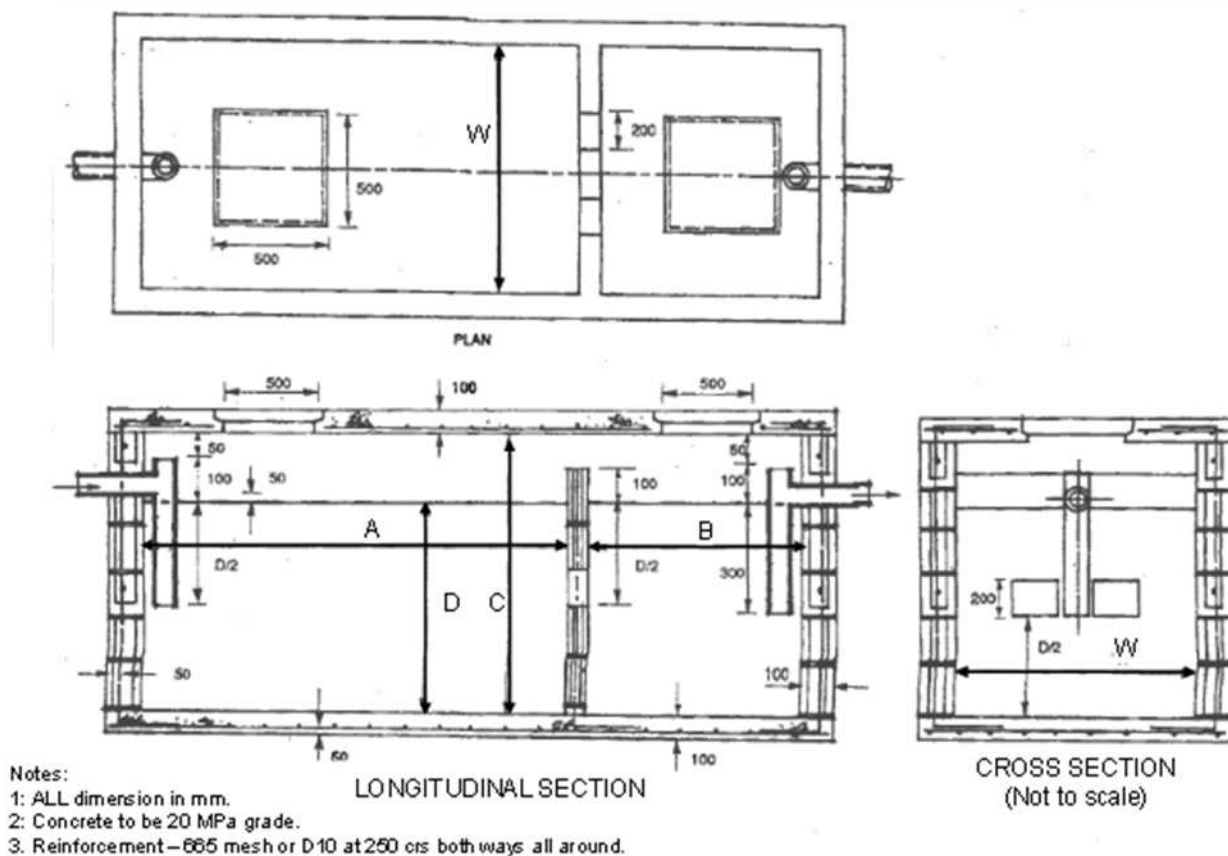
- i) People should use improved sanitation facilities which are not shared with other households,
- ii) The excreta produced should either be:
 - ・ Treated and disposed on-site.
 - ・ Stored temporarily and then emptied and transported to treatment off-site.
 - ・ Transported through a sewer with wastewater and then treated off-site, and
- iii) Human waste needs to be safely managed across the entire sanitation service chain.



出典：WASH Discussion Paper - What do safely managed sanitation services mean for UNICEF programmes?

(2) 衛生施設の構造

National Building Code には、Sanitary Plumbing and Drainage、Latrines for areas with no piped water supply、Pit latrines (dry and wet types)及び Septic tanks for domestic use について、施設の配置、構造の基準が示されている。



出典 : Fiji National Building Code

図 4-2.2 腐敗槽構造基準例 (Fiji National Building Code)

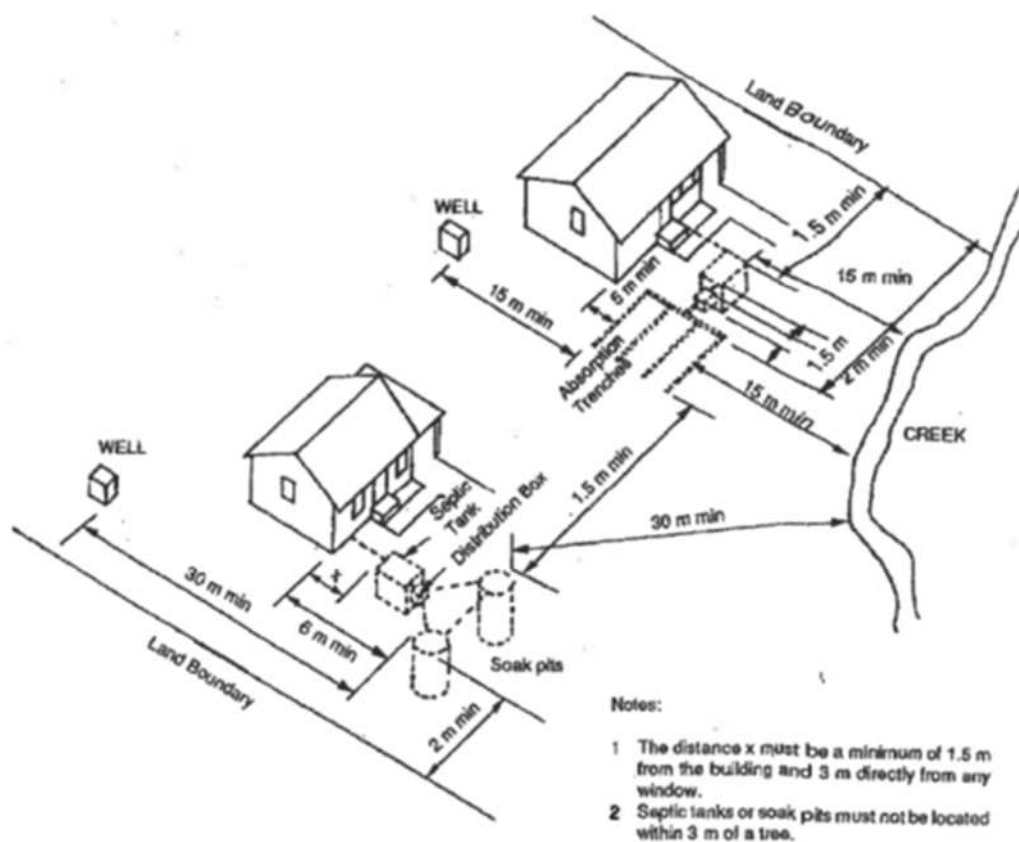
表 4-2.4 腐敗槽の寸法基準 (Fiji National Building Code) (抜粋)

使用人数	Only Soil Waste (し尿のみ)						
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	W (mm)	V (m ³)	F (m ³)
8	1000	400	1000	850	800	0.95	0.02
10	1000	600	1000	850	800	1.22	0.02
12	1000	600	1000	850	800	1.22	0.02
15	1000	600	1200	1050	800	1.34	0.03
25	1200	800	1200	1050	1000	2.10	0.05
50	1600	800	1400	1250	1000	3.00	0.06
...	...	...	...	...	...	...	...
600	4400	2400	2000	1850	2400	30.19	0.61

使用人数	All Domestic Waste (し尿+雑排水)						
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	W (mm)	V (m ³)	F (m ³)
8	1400	800	1000	850	1000	1.87	0.04
10	1400	800	1200	1050	1000	2.31	0.05
12	1800	800	1200	1050	1000	2.73	0.06
15	1800	800	1200	1050	1200	3.28	0.07
25	2000	1200	1400	1250	1400	5.60	0.11
50	3200	1600	1600	1450	1600	11.14	0.22
...	...	...	...	...	...	...	...
600	9000	4800	4000	1850	5200	132.76	2.66

V= Volume of Septic Tank (working Capacity), F= Volume of Aerobic Filter

出典 : Fiji National Building Code



出典 : Fiji National Building Code

図 4-2.3 腐敗槽の設置方法 (Fiji National Building Code)

図 4-2.3 は National Building Code に示されている腐敗槽の設置方法である。ここでは、腐敗槽からの流出水は、Soak Pit（浸透槽）または Absorption Trench（浸透溝）を設けて土壌浸透させる方法が示されている。

腐敗槽の構造、材質については、鉄筋コンクリート構造又は補強ブロック積み構造が一般的である。ブロック積み構造の場合、鉄筋コンクリート製の底版の上にブロック積みの側壁及び仕切り壁（バップル）が設けられ、不透水性のライニングが施される。タンクの形状は長方形（直方形）が一般的であるが、National Building Code では上部が開いた円筒形（両端が開いた円筒を積み重ねたものも含む）も示されている。

タンク容量については、蓄積した汚泥の流出やそれによる浸透施設の閉塞を避けるため、相当期間（for considerable period）の汚泥を蓄積できる十分な容量の Primary（Liquefying）Chamber を設けると、流入量に対して 24 時間の滞留時間を保持できるように管理することが示されているが、具体的な汚泥除去頻度（汚泥引き抜き（Bailing）間隔）の目安は示されていない。

なお、現地での訪問調査（2022 年 4 月）の結果、ドラムシステム（Drum System）と呼ばれる、44 ガロン（200 リットル）ドラム缶を用いた施設が多く設置されており、フィジー国内ではこれも Septic Tank として扱われている。このシステムでは、一般に上部及び底部に穴をあけた 2 つのドラム缶を水平方向に直列で並べることで、2 つの隔室（chamber）からなる Septic Tank として使用するものである。この施設は、鉄筋コンクリート等のタンクに比較して容易かつ安価に設置できるため広く用いられているが、タンクの容量が National Building Code に示された容量より不足すること、検査（Inspection）や汚泥引き抜きのための開口が無いことなどの問題がある。

写真 4-2.1 に、一般的な Septic Tank の外観、施工写真を、また写真 4-2.2 にドラムシステムの事例を示す。なお、写真③に示すブロック積み工法の例では、内壁にライニングが施される前に内部の仕切り壁が設置されていることから、不適切な例として紹介されているものである。



出典 : ① JET チーム、②③④ KoroSan Guideline #3_On-site Household Sanitation Guidelines for Fiji (WASH Koro)

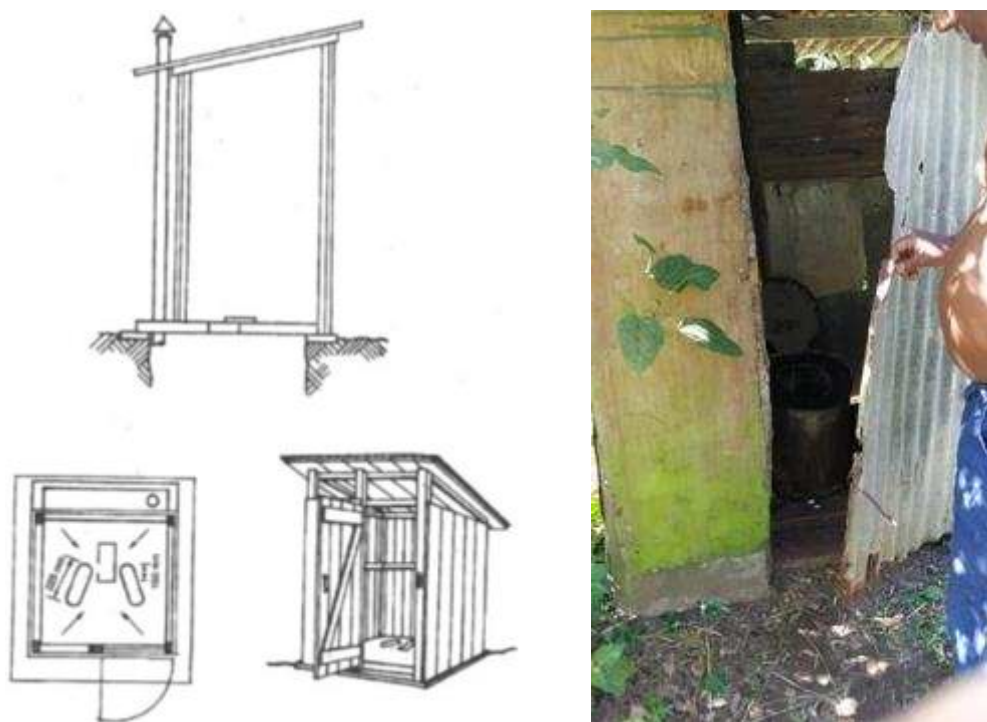
写真 4-2.1 Septic Tank の外観、施工写真



出典 : <https://www.thegreywaterguide.com/>

写真 4-2.2 Drum System の施工状況

Septic Tank はし尿を水でフラッシュする必要があるため水道（Piped water supply）が普及している地域での利用に限定される。National Building Code では、水道未普及地域での便所（Latrine）の形式として、Composting latrine、Dry Pit Latrine、Wet Pit Latrine、Biogas Digester、Aqua Privy が紹介されている。



出典： Fiji National Building Code、写真は JET 撮影

図 4-2.4 Pit Latrine(ピットラトリン)

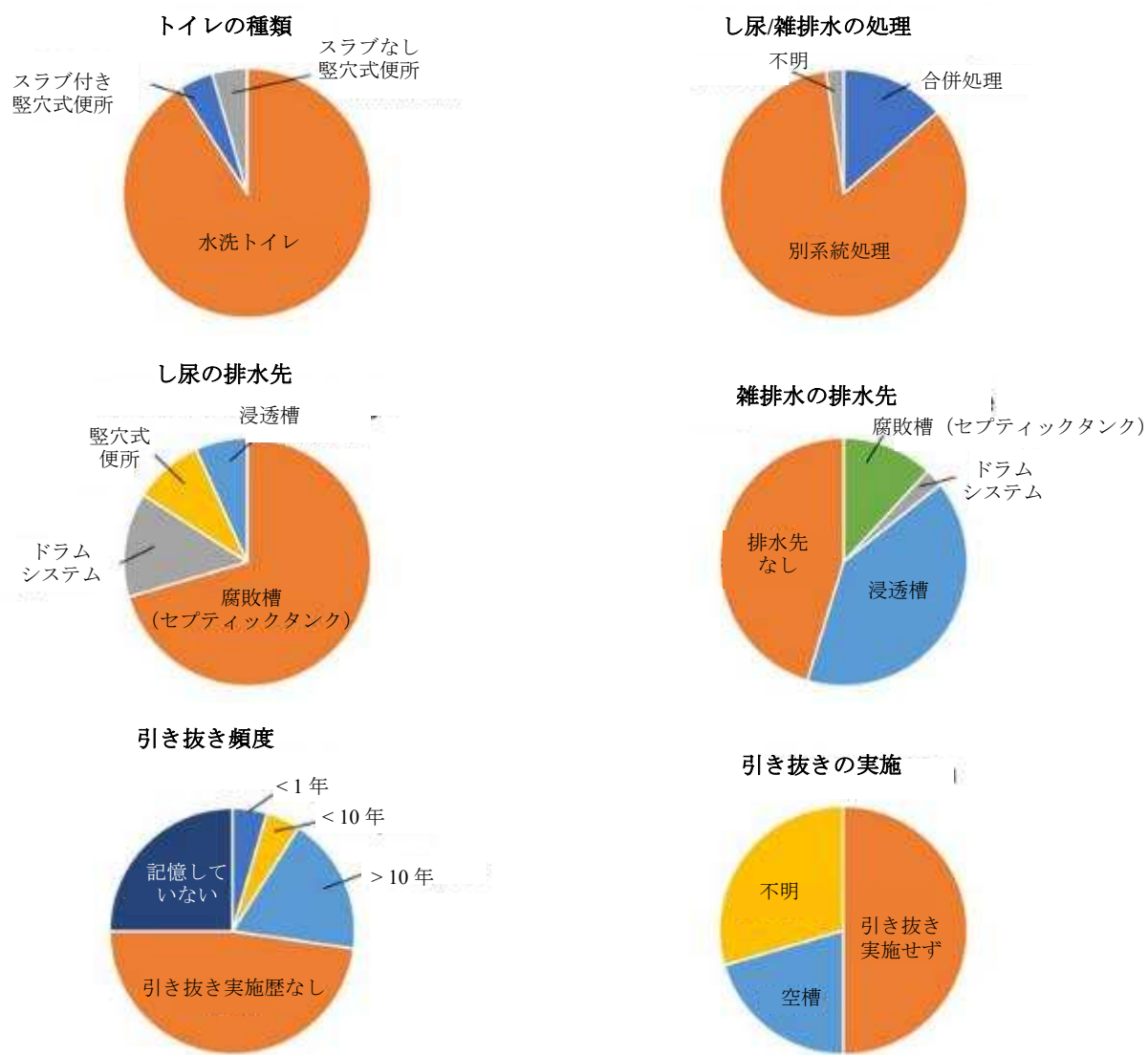
(3) 衛生施設の使用状況及び維持管理状況

表 4-2.5 及び図 4-2.5 に、現地での衛生施設の使用状況、維持管理状況に関する調査の概要と結果を示す。調査は Provincial Council 及び Town Council の Building、Health Department の協力を得て実施し、可能な場合は Building Inspector、Health Inspector が調査に同行した。

表 4-2.5 現地聞き取り調査の概要

District (Tikina)	調査機関	村/コミュニティ数	世帯/家数
Rakiraki	2022/4/9 – 13	4	18
Nadi	2022/4/14 – 19	2	12
Sigatoka	2022/4/21 - 23	3	14
合計		9	44

出典：JET



出典：JET、現地聞き取り調査結果をもとに作成

図 4-2.5 現地聞き取り調査結果

図 4-2.5 に示す調査結果を見ると、調査が WAF の給水サービス区域を中心に行われた結果、大部分の調査対象で Flush Toilet（水洗トイレ、Pour Flush を含む）が使用されていた。Flush されたし尿（Black Water）は大部分が Drum System を含む Septic Tank で処理されている。一方、雑排水（Grey Water）がトイレ排水と合併処理（Combined）されている割合は少なく、大部分はトイレ排水とは別の系統（Separate）で処理され、その多くは Soak Pit（浸透槽）で地中に浸透されるか、または無処理（No Connection）で排水溝等に放流されている。

Septic Tank 等からの汚泥引き抜きの状況を見ると、「引き抜きを行ったことがない（Never）」と回答した対象が約半数を占め、次いで「記憶していない（Uncertain）」、「10 年以上の間隔で実施（>10 years）」であった。10 年以下の間隔で実施しているケースは 10%以下で、その中で 1 年以下の間隔で

実施していると回答したのは、商店とレストランがそれぞれ 1 件のみであった。なお、「10 年以上の間隔で実施 (>10 years)」と回答したケースについても、多くは漏れやオーバーフロー等のトラブルが発生した際に引き抜きを行ったもので、一般世帯では汚泥引き抜きはほとんど実施されていないのが実情と考えられる。

また、聞き取り調査では Septic Tank 等の設置時期についても聞いているが、設置時期が明確でないという回答が多い中、20 年以上経過しているものも少なくなかった。写真 4-2.3 は、ブロック積工法のライニング（外側）が劣化して剥離している例であるが、槽内でも嫌気性雰囲気の中で発生する硫化水素（ H_2S ）に長期間暴露されることによるライニングの劣化、防水性の低下が生じている可能性がある。また、低地に住居が建設されている場合、Septic Tank 及び Soak Pit に地下水が浸入したり、洪水によりタンクそのものが水没するトラブルも聞かれた。



出典：JET 撮影

写真 4-2.3 ライニングが劣化した事例

(4) Communal Septic Tank

フィジー国では、集落（Settlement）での Communal Septic Tank の設置プロジェクトが実施されている。ただし、これまでの設置数、進行中のプロジェクト数、利用者数等は把握できていない。なお、Communal Septic Tank の設置は、Informal Settlement の Formalization Project として住宅地域開発省（Ministry of Housing and Community Development。以下、「MHCD」という。）が実施しているほか、NGO や他のドナーによるプロジェクトとしても実施される。NGO や他のドナーによるプロジェクトとしても実施される場合、Community が申請を MIMS に提出し、MIMS が援助機関を探すことになる。

4-2-2 営業系（商業施設、ホテル等）

表 4-2.1～表 4-2.3 のデータは Eating Arrangement（世帯）単位の衛生施設（トイレ）の設置状況を示しており、一般住宅以外の商業施設、ホテル、レストラン等は含まれていない。現地での訪問調査では、Rakiraki、Nadi 及び Sigatoka においていくつかの商業施設、レストラン、ホテルの聞き取り調

査を行った。以下にその概要を示す。

(1) 商業施設、レストラン

商業施設、レストランについては、Rakiraki 及び Sigatoka において聞き取りを行った。Rakiraki における調査対象は、Rakiraki Market の他、Rakiraki Town Council、Ra Provincial Council 等が存在する Ra 州及び Rakiraki の中心となっている地区である。Sigatoka においても Town Council、Provincial Council の位置する中心市街地に近い地区で調査を行った。Sigatoka には Olosara 下水処理場が存在するものの、一般住宅の下水道接続は遅れており、同地区も下水道には接続されていない。なお、これらの施設は住居と一体となっているもので、前項の生活系衛生施設の現地調査結果に含めている。

表 4-2.6 商業施設、レストランの聞き取り調査結果

No.	施設	市町	トイレ 設置数	処理施設	処理施設数	雑排水の 処理	引き抜き 頻度
1	Restaurant	Rakiraki	7	Septic Tank	1	Septic Tank	Uncertain
2	Store	Rakiraki	5	Septic Tank	1	No	< 1 year
3	Store	Rakiraki	4	Septic Tank	1	Septic Tank	Never
4	Restaurant	Rakiraki	4	Septic Tank	1	Septic Tank	Uncertain
5	Restaurant	Rakiraki	5	Septic Tank	1	Soak Pit	< 1 year
6	Restaurant	Sigatoka	5	Septic Tank	1	Soak Pit	Uncertain

出典：JET による聞き取り調査

(2) ホテル

ホテルについては、Rakiraki、Nadi 及び Sigatoka で聞き取りを行った。このうち、Nadi、Sigatoka では大型のリゾートホテルは優先的に下水道に接続されており、今回は下水道区域からやや離れたホテルを対象に調査を行った。また、Rakiraki では、中心市街地に近い場所に位置するホテル1件と半島の先端部に位置するリゾートホテル2件について調査した。また、Sigatoka のホテルは工場製作と思われる大型のタンク式設備が設置されていることから対象としたが、担当技術者が不在で詳細の確認はできなかった。なお、Nadi のホテルは大型のリゾートホテルで、独自の汚水処理施設（安定化池）により処理を行っている。

表 4-2.7 ホテルの聞き取り調査結果

No.	市町	部屋数	処理施設	処理施設数	引き抜き 頻度	維持管理 コスト (FJD/年)	グリース トラップ
1	Rakiraki	6 villas	Septic Tank	2	5 years	200	Yes
2	Rakiraki	32 villas	Septic Tank	5	1 year	Uncertain	Partly
3	Rakiraki	43 rooms	Septic Tank	2	3 years	7,200	Yes
4	Nadi	60 rooms 10 villas	Stabilization Pond	1	Never	Uncertain	Yes
5	Sigatoka	20 rooms 5 villas	Septic Tank	1	Uncertain	Uncertain	Uncertain

出典：JET による聞き取り調査

4-2-3 特殊排水系（工業排水、病院等）

下水道区域内の工場や病院等の特殊排水系の事業所が下水道に排水する場合は国家事業所排水方針（National Liquid Trade Waste Policy）において設定された下水道への排出基準（National Liquid Trade Waste Standards）で規制される。基準は BOD、COD、重金属類、有害物質等 47 項目（内 3 項目は数値表示なし）に対して設定されている。基準の一部は表 4-2.8 のとおりである。

表 4-2.8 下水道への排出基準値

項目	基準値 (mg/L)
pH	7~10
BOD	600
COD	1,500
SS	600
NH4-N	50
油脂	200
シアン (CN)	1
水銀	0.03
鉛	2
農薬類	0.01
フェノール化合物	10

出典：Schedule 3 of the Waste Disposal and Recycling Regulations of Fiji (Environment Management (Waste Disposal and Recycling) Regulations, 2007).

下水道区域外の事業所が環境域に排水する場合は、環境管理（廃棄物処理とリサイクル）規制 2007（ENVIRONMENT MANAGEMENT (WASTE DISPOSAL AND RECYCLING) REGULATIONS 2007）の Schedule-3 国家排水基準（National Liquid Waste Standards）に示された BOD、SS、窒素、りん、重金属類等 32 項目の基準値を遵守する必要がある。基準値の一部は表 4-2.9 に示すとおりである。

表 4-2.9 国家排水基準値

項目	基準値 (mg/L)
BOD	40
SS	60
T-N	25
NH4-N	10
T-P	5
油脂	5
シアン (CN)	0.1
水銀	0.02
鉛	0.05
カドミウム	0.05

出典：Schedule 3 of the Waste Disposal and Recycling Regulations of Fiji (Environment Management (Waste Disposal and Recycling) Regulations, 2007).

排水基準を遵守するために事業所が排水処理施設を設ける際には、公衆衛生法（Public Health Act）により、MHMS の CBH から承認を得る必要がある。また、地方自治体から設置に係る建設許可を得る必要がある。処理施設の稼働については環境法 2005 年（Environmental Management Act 2005）に基づいて、MOWE の環境局（Department of Environment。以下、「DOE」という。）がモニタリングを実

施する。

事業所で発生する汚泥を含む有害廃棄物の処分については、西部地区の病院では有害廃棄物をラウトカ病院の焼却炉で焼却処分している。

4-3 発生汚泥の処分状況

4-3-1 下水汚泥の処分状況

(1) 余剰汚泥（下水処理場由来）

下水処理場にて発生した余剰汚泥及び安定化池の浚渫汚泥についての処分状況の概略を表 4-3.1 に整理した。

表 4-3.1 余剰汚泥の処分状況

下水処理場（処理地域）	処理方式	発生汚泥	発生汚泥の処分
Navakai (Nadi)	IDEA 処理法	余剰汚泥	好気性消化→機械脱水*→天日乾燥→敷地内投棄
Natabua (Lautoka)	安定化池処理法	浚渫汚泥	(池浚渫時) 機械脱水→敷地内投棄
Votua (Ba)	安定化池処理法	浚渫汚泥	(池浚渫時) 機械脱水→敷地内投棄
Olosara (Sigatoka)	安定化池処理法	浚渫汚泥	(池浚渫時) 機械脱水→敷地内投棄

*現在故障のため稼働しておらず、汚泥は直接天日乾燥されている状況にある。

出典：WAF ヒアリングより JET が作成。

処理により余剰汚泥が発生する IDEA 処理方式の Navakai 下水処理場は、計画上では汚泥を好気性消化・機械脱水した後、天日乾燥し、敷地内に投棄している。2021 年 12 月の調査時には脱水装置が故障のため稼働が停止しており、汚泥は消化後に天日乾燥された後、敷地の一角に積み上げられる形で投棄されていた。ゴムシート等が敷かれていないため、雨季の風雨によって近隣海域へ流出する可能性がある。

安定化池処理法を採用した Navakai、Votua、Olosara 下水処理場については、施設の稼働開始以来実施されていなかった池の浚渫が調査時に実施されており、浚渫された汚泥は委託業者が所有する機械脱水機によって脱水後、処理場の敷地内に積み上げられる形で投棄されていた（写真 4-3.1）。Navakai 同様、投棄場所にはゴムシート等が敷かれていないため、風雨によって近隣の河川、海域、浚渫完了後の安定化池へ流出する可能性がある。



出典：JET

写真 4-3.1 Olosara 下水処理場における浚渫汚泥脱水の様子

WAF は Lautoka の Vunato 処分場をはじめとした各市町の一般廃棄物処分場での埋め立て処分を要望しているが、下水汚泥中の重金属汚染が懸念されているため、汚泥の受け入れを行っている廃棄物処分場は現状においてない。また、WAF では独自の汚泥処分地を確保するよう環境部局と調整を行っているが進展はない状況である。

(2) 参考：Kinoya 下水処理場（Suva）における発生汚泥処理と農業への利活用展望

首都 Suva（中央地区）にある Kinoya 下水処理場では、余剰汚泥は嫌気性消化後に脱水・天日乾燥され、過去にはその一部が肥料として農家に提供されていた（汚泥中の重金属等の有無が確認されていないとして、現在では中止）。処理後の汚泥を肥料または土壌改良材として利用した場合における農産物の重金属吸収についても研究が実施されている。

WAF は 2020 年に農業省（Ministry of Agriculture。以下、「MOA」という。）と下水汚泥を農業用のバイオソリッドとして活用する MOU を締結している。この MOU は 2020 年～2022 年に渡って更新されており、Liquid Trade Waste（以下、「LTW」という。）チームによれば、2021 年には MOA により Kinoya 下水処理場の汚泥成分分析が実施された結果、下水汚泥は肥料または土壌改良材として使用可能であるという報告が口頭にてなされた。

今後は MOA の管轄にて肥料化及び土壌改良材化の手法を検討し、作物への適用等の実験を行う予定である。2022 年 9 月時点では、Kinoya での汚泥処理に支障が発生したため一時的に作業が中止しているものの、MOA により下水汚泥の肥料化及びその実地試験が予定されている。

また、WAF については ADB プロジェクトの一環として下水汚泥の処理・最終処分受け入れ・利活用のマーケットサウンディング調査を 2022 年 6 月から開始する予定であったが、WAF 新 CEO による承認が得られなかったため、実施時期の見通しは不明である。

4-3-2 腐敗槽汚泥の処分状況

(1) 腐敗槽汚泥の収集

フィジー国では、腐敗槽汚泥の収集（引き抜き、運搬）サービスは民間業者が実施している。WAFに登録され、西部地区の下水処理場に汚泥を持ち込んでいるのは9業者（合計20台のトラック）で、いわゆる「オンコール（On-call）」ベースでのサービスを提供している。なお、この中には西部地区以外に拠点を持つ業者も含まれている。また、民間の事業場からの汚泥を専門にしている業者も含まれる。フィジー国では、2018年に廃棄物業認可（Waste Business Permit）が廃止され、現在はDOEの所管するEnvironmental Permit（環境事業認可）を取得すれば全国どこでも営業可能となっている。

表 4-3.2 フィジー国西部地区に営業拠点を持つ業者一覧

業者	所在地	保有トラック台数
Waste Bailers	Nadi	1
Honey Dew	Lami	4
Paradise Beverages	Lautoka	1
Waste Clear Fiji Ltd.	Nausori	1
ZAH Environment Waste Solution	Ba	2
Waste Clear West	Lautoka	4
Vinits Transport	不明	3
Sudesh Transport Ltd.	Sigatoka	1
Carpenters Carry Clean	Lautoka	3

出典：WAF 提供資料より JET 作成

なお、これらの汚泥引き抜き業者のうち3社に聞き取り調査を行った結果、以下に示す情報を得ることが出来た。これらの情報は、現地聞き取り調査で得られた内容とほぼ符合する。

- 民間の汚泥引き抜き業者の顧客の中心は商業施設や事業所等で、一般の住宅は少ない。
- 一般住宅に設置されているコンクリート製の Septic Tank の容量は2～4m³程度で、Rural においては Drum System が多く使われている。前者は10年、後者は5年に1回程度引き抜きが行われる。
- ほとんどの Septic Tank はトイレ排水のみを処理しており、雑排水は無処理で放流される。
- ホテルの場合、通常2つの Septic Tank を持っており、一方はトイレ排水、もう一方は雑排水を処理する。汚泥引き抜きは6ヵ月～1年ごとに行っている。
- 通常、ホテルやレストランにはグリーストラップが設置されており、3カ月に1回程度の頻度で清掃が行われる。除去された油や汚泥は腐敗槽汚泥とともに下水処理場に搬入されている。
- 1箇所当たりの平均的な汚泥引き抜き時間は約1時間であるが、汚泥がタンクの底で固結している場合はこれを棒状の道具で砕くために2時間程度かかる場合もある。
- 汚泥引き抜きの料金は、会社のトラック基地と引き抜きを行う施設との距離で決まる。トラックが駐車する最寄りの道路と Septic Tank 等との距離には関係しない。
- 汚泥引き抜きは Septic Tank 内の汚物（汚泥、スカム及び汚水で、一般にはこれを総称して Septage と呼んでいる。）を全量除去（Empty）している。

(2) 腐敗槽汚泥の処分

民間業者が収集した腐敗槽汚泥は、WAF が管理する下水処理場に処分されている。西部地区では WAF が管理する 4 処理場のうち、下記に示す 3 施設で汚泥を受け入れている。これら下水処理場の汚水処理法はいずれも安定化池（Stabilization Pond）で、Votua 及び Olosara では汚水処理施設（嫌気性池）に腐敗槽汚泥を直接投入している。また、Natabua 下水処理場では、汚水処理施設に隣接する湿地に投入している。Natabua 下水処理場の汚泥投入は自然湿地で、投入ピットは合計 2 箇所あるが、人工的な排出口は設けられておらず、地中もしくは隣接する海洋に流出している。

表 4-3.3 腐敗槽汚泥の処分状況

汚泥受け入れ施設	市町	処理方法
Natabua 下水処理場	Lautoka	汚泥投入ピット
Votua 下水処理場	Ba	汚水処理施設（安定化池）への投入
Olosara 下水処理場	Sigatoka	汚水処理施設（安定化池）への投入

出典：JET



Natabua 下水処理場の汚泥投入施設及び投入ピットの位置



汚泥投入状況



汚泥投入ピット

出典：Google Map、JET

写真 4-3.2 Natabua 下水処理場（Lautoka）



污泥投入位置



安定化池堆積汚泥の脱水処理

出典：JET

写真 4-3.3 収集腐敗槽汚泥の投入状況（Olosara 下水処理場）

先に示した汚泥引き抜き業者からの聞き取りでは、引き抜きの顧客の中心は商業施設や事業所等であるとの情報が得られていたが、これを確認するため、Natabua 及び Olosara 下水処理場において汚泥投入の記録を閲覧した。(写真 4-3.4) また、WAF より提供された受け入れ記録をもとに、COVID-19 の影響が無い 2019 年度における月別、排出元分類別の受け入れトラック台数を図に示す。

[illegible]

Natabua 下水処理場の受け入れ記録
出典：JET

09013
 No of Disposal: [redacted]
 Agency Name: [redacted]
 Date Truck Registration: [redacted]
 Date of Waste: 17/11/2014
 Date of Security on Duty: [redacted]
 Water Authority of PG Tankered Waste Disposal Document
 Time In: [redacted]
 Time Out: 12:00
 Tanker Truck Volume: 10,000
 Driver's Signature: [redacted]
 Signature: [redacted]

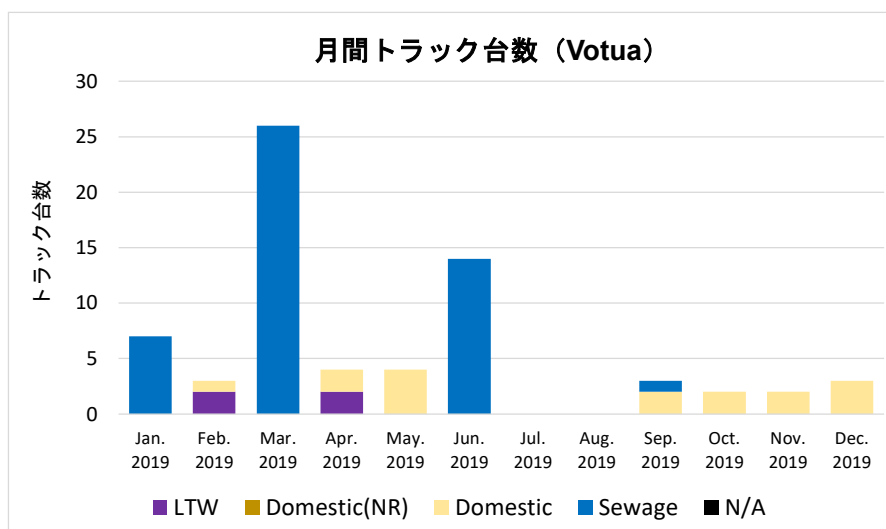
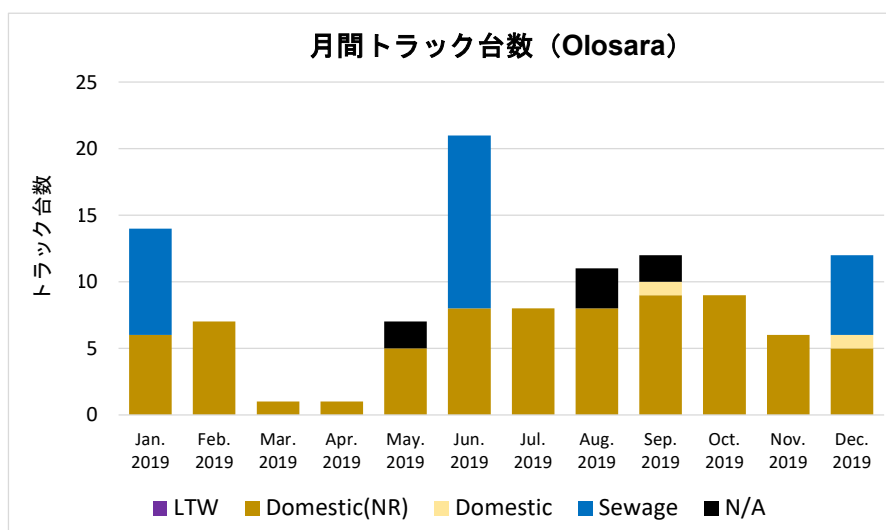
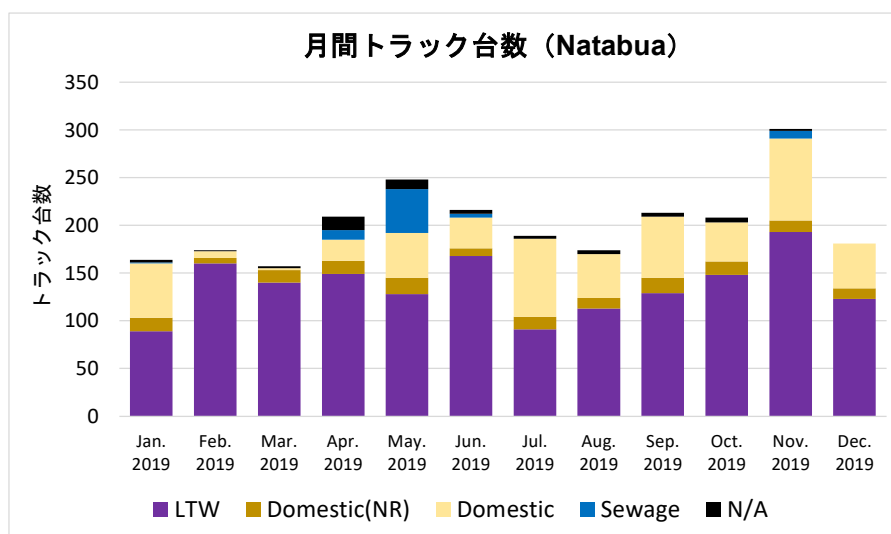
09014
 No of Disposal: [redacted]
 Agency Name: [redacted]
 Date Truck Registration: [redacted]
 Date of Waste: 17/11/2014
 Date of Security on Duty: [redacted]
 Water Authority of PG Tankered Waste Disposal Document
 Time In: [redacted]
 Time Out: 12:00
 Tanker Truck Volume: 10,000
 Driver's Signature: [redacted]
 Signature: [redacted]

09015
 No of Disposal: [redacted]
 Agency Name: [redacted]
 Date Truck Registration: [redacted]
 Date of Waste: 17/11/2014
 Date of Security on Duty: [redacted]
 Water Authority of PG Tankered Waste Disposal Document
 Time In: [redacted]
 Time Out: 12:00
 Tanker Truck Volume: 10,000
 Driver's Signature: [redacted]
 Signature: [redacted]

09016
 No of Disposal: [redacted]
 Agency Name: [redacted]
 Date Truck Registration: [redacted]
 Date of Waste: 17/11/2014
 Date of Security on Duty: [redacted]
 Water Authority of PG Tankered Waste Disposal Document
 Time In: [redacted]
 Time Out: 12:00
 Tanker Truck Volume: 10,000
 Driver's Signature: [redacted]
 Signature: [redacted]

Olosara 下水処理場の受け入れ伝票

写真 4-3.4 汚泥受け入れ記録



出典 : JET 作成

図 4-3.1 WAF 下水処理場における汚泥受け入れ状況 (トラック台数)

図 4-3.1 における各汚泥排出元分類は下記に示すとおりである。なお、WAF から提供されたデータは不完全で排出元分類にも混乱があったため、JET において推定、修正を行っている。

LTW : 事業場での事業活動によって発生した汚泥 (産業系汚泥)

Domestic (NR) : 非住居 (商業施設、公共施設等) の生活系排水 (し尿及び雑排水) 汚泥

Domestic : 住居の生活排水 (し尿及び雑排水) 汚泥

Sewerage : 下水管渠、ポンプ場の清掃によって発生した汚泥

N/A : 排出元不明

このデータから、Natabua 下水処理場では、1 月当たり 150~300 台のトラックが汚泥を搬入しており、その 1/2 以上が産業系汚泥である。それ以外は生活系 (Domestic) 汚泥が大部分となっており、そのうち非住居系 (Non-residential) の割合は多くはない。ただし、提供されたデータでは非住居系が明確に分類されておらず、先に示した一般世帯や汚泥引き抜き業者への聞き取り調査の結果を合わせて考えると、相当割合の汚泥は一般世帯以外のホテル、レストラン、事業所等の非住居系のものと推定される。

Olosara 及び Votua 処理場での汚泥受け入れ量は少なく、LTW の受け入れはほとんど無い。なお、Olosara では非住居系の生活系汚泥が多いが、これは下水道に接続されていないリゾートホテルからの受け入れが多いことによる。また、各処理場で見られる下水系汚泥は管渠やポンプ場の清掃によって発生した汚泥で、WAF のデータでは、特定のポンプ場から数日間にわたって多数のトラック搬送が行われている事例も見られた。

なお、現在は Natabua 下水処理場で受け入れている LTW は生活系汚泥と共に下水処理施設とは別に湿地処理が行われているが、適切かつ安全な処理のためには、将来 LTW の取り扱い (処理及び料金) を別扱いとすることも考えられる。なお、本来は日本で行われているような産業廃棄物としての法制度、収集、処理体制を整備することが望ましい

(3) 参考 : Liquid Waste の定義とその管轄機関

Environment Management Act 2005 において、液状廃棄物 (Liquid Waste) は下記のとおり定義されている。また、上記法令では廃棄物処理及び公害防止の管理機関として、環境部局に Waste management and pollution control unit の保有義務を課している。

"liquid waste" means any discarded or abandoned material which maintains the physical state of continuous volume relatively independent of pressure and which takes the shape of its container at ambient temperature.

出典 : Environment Management Act 2005 Part 1 Preliminary [EM2] Interpretation

- (1) The Department must have a unit responsible for the waste management and pollution control consisting of the following public officers –
 - (a) The Waste and Pollution Control Administrator; and
 - (b) Other public officers

(4) The functions of the unit are-

(a) to administer Part 5 (Waste management and pollution control)

出典：Environment Management Act 2005 Part 1 Preliminary [EM14] Waste management and pollution control unit

よって上記のとおり工業排水処理由来の汚泥やグリーストラップ汚泥を Liquid Waste と定義するのであれば、フィジーの法令上その処理やマネジメントは環境部局の管轄下となる。一方、現状においては既述したとおりこれらの汚泥は腐敗槽汚泥と共に民間業者によって回収され、WAF 管轄の下水処理場に搬入されている。

4-4 下水道料金体系・腐敗槽汚泥収集料金

4-4-1 下水道料金体系

上下水道料金体系を表 4-4.1 に示す。上水道料金単価は一般家庭に対しては逓増制の料金単価を採用し、その他商業や政府用には一律単価が適用されている。下水道料金は一般家庭においても逓増制は適用されず一律単価が設定されているが、上水道料金単価に比較してかなり低く設定されている。

表 4-4.1 上水道及び下水道料金

用途	種別	使用水量	料金 (FJD/m ³)
一般家庭	水道	0 - 50m ³	0.153
		51 - 100m ³	0.439
		100m ³ -	0.838
	下水	一律	0.200
商業	水道	一律	1.060
	下水	一律	0.200
政府・学校	水道	一律	0.529
	下水	一律	0.200

出典：WAF

4-4-2 腐敗槽汚泥収集料金

(1) 汚泥引き抜き・運搬料金

汚泥引き抜き業者への聞き取りでは、引き抜きサービスの料金は引き抜き汚泥量に関わらず 1 回あたりの料金で、それぞれの業者のトラック基地から引き抜き現場までの距離により決定され、料金は依頼者から業者に直接支払われるとのことであった。表 4-4.2 は Lautoka 市内に拠点を置く業者に対して行った西部地区の主な地域ごとの料金の聞き取り結果である。なお、このデータは過去の実績に基づく概算で、料金は各地域の中心市街地を想定したものである。

表 4-4.2 腐敗槽汚泥収集料金の聞き取り結果

地区	1 回当たり引き抜き料金 (FJD/箇所)
Rakiraki	1,000 - 1,500
Tavua	500 - 600
Ba	300 - 330
Lautoka	200 - 250
Nadi	300 - 330
Sigatoka	500 - 600

出典：JET による聞き取り調査

これとは別に、Lautoka 市内にある業者への聞き取りを行った際には、Lautoka 市内では約 200 FJD/箇所、Rakiraki では約 550 FJD/箇所という回答を得ていた。これについて、同社に引き抜きを依頼している商店に確認したところ、1 回の引き抜きの料金は 1,000 FJD 以上であるが複数の世帯や商店で共同して依頼した場合は 500 FJD 程度になるとのことで、上の表の結果とほぼ同程度となる。また、Sigatoka に拠点を置き、同地区を中心に営業している引き抜き業者への聞き取りでは、Sigatoka 地区（中心市街地）での料金は 350 FJD/箇所程度ということであった。この結果から、地区によって料金の格差が大きく、この格差の解消が大きな課題である。

(2) 汚泥受け入れ（処分）料金

一方、WAF が管理する下水処理場への汚泥投棄料金は 6 FJD/m³ で、実際に投棄する汚泥量に関わらず運搬するトラックの容量に応じて課金される。トラックスケールによる計量は行われていない。各世帯の腐敗槽容量を平均 2 m³ とした場合、1 戸当たりの投棄料金は 12 FJD/回となり、汚泥引き抜き業者が受け取る料金に比較して非常に小さい。このため、他の途上国で見られる引き抜き業者による河川等への不法投棄についての問題は聞かれなかった。

4-5 下水道施設の運転維持管理状況

4-5-1 下水処理場

(1) 汚泥処理・処分と浚渫

西部地区 4 下水処理場のうち、Navakai 下水処理場（Nadi）で運転操作が必要な IDEA 法を用いているが、他の 3 下水処理場では運転操作が殆ど必要のない安定化池法を用いている。

また、Natabua 下水処理場、Votua 下水処理場、Olosara 下水処理場では市町域で発生する腐敗槽汚泥を受け入れており、Votua と Olosara 下水処理場では嫌気池の入り口に汚泥を投入しているが、Natabua 下水処理場では下水処理への悪影響を考慮して、敷地内の湿地に投入している。

下水処理過程で発生する汚泥処理は表 4-5.1 に示したとおりである。Navakai 下水処理場では汚泥脱水機が故障中（少なくとも 2019 年以来）で、汚泥乾燥床を使用して脱水している。安定化池法における嫌気池の汚泥は通常数年に 1 回の頻度で浚渫されるが、フィジー国では予算不足のため、2020 年にニュージーランドの企業に委託してようやく開始された。なお、浚渫された汚泥は機械脱水後に場内に埋め立て処分されている。

表 4-5.1 西部地区下水処理場における汚泥処理方法

下水処理場	市町	汚泥処理方法
Navakai	Nadi	好気性消化→機械脱水（機器故障により乾燥床使用中）→場内埋め立て処分
Natabua	Lautoka	嫌気池汚泥浚渫（1983 年稼働後初めて 2021 年に浚渫）
Votua	Ba	嫌気池汚泥浚渫（1996 年稼働後、未浚渫）
Olosara	Sigatoka	嫌気池汚泥浚渫（1986 年稼働後初めて 2022 年に浚渫）

出典:WAF

(2) O&M

下水処理場の運転管理は WAF が直営で実施しており、Navakai 下水処理場では運転操作と日常点検を、その他の 3 下水処理場では運転操作が殆どないため日常点検を実施している。機械・電気設備の維持管理は Natabua 下水処理場（Lautoka）の敷地内にある作業所で機械電気設備維持管理ユニットが上下水道施設の全ての設備に対して実施している。また、水質試験も直営で実施しており、Suva にある水質試験室で月に 1 回の頻度で、BOD、SS、窒素、りん等の分析を実施している。

西部地区の下水処理場では表 4-5.2 のとおり、技術責任者（Technical Officer）を筆頭に運転員（Water Fitter）、技術補助員（Technical Assistant）が配置されている。Votua 下水処理場と Olosara 下水処理場は施設規模が小さいため、職員は 1~2 名の技術系の職員だけが配置されている。職員の多くは高等教育を受けておらず、WAF の中で経験を積んだり、短期の外部研修に参加したりして現場の知識を習得している。職員の経験年数は概ね 5~10 年である。

表 4-5.2 西部地区の下水処理場職員

下水処理場	市町	技術責任者	運転員	技術補助員
Navakai	Nadi	1	3	3
Natabua	Lautoka	2	2	1
Votua	Ba	1	-	-
Olosara	Sigatoka	2	-	-

出典：WAF

(3) 放流水質

表 4-5.3 には西部地区の既存下水処理場の BOD に係る放流基準（BOD=40mg/L）の遵守率の経年変化を示した。

表 4-5.3 西部地区下水処理場の BOD 放流基準遵守率の経年変化

（単位：％）

年	Navakai (Nadi)	Natabua (Lautoka)	Votua (Ba)	Olosara (Sigatoka)
2014	45.5	16.7	63.6	27.3
2015	57.1	0	50.0	30.0
2016	22.2	40.0	42.9	54.5
2017	18.2	8.3	54.5	58.3
2018	21.4	40.0	27.3	18.2
2019	72.7	63.6	72.7	77.8
2020	88.9	70.0	50.0	80.0
2021	63.6	0	50.0	44.4

出典：WAF

表の中で、Navakai 下水処理場については 2014 年から 2018 年までは BOD の遵守率は 18.2~57.1% であったが、2019 年は 72.7%まで改善している。WAF へのヒアリングによれば、2020 年は COVID-19 の影響で経済活動が低下したため、流入下水量が減少し、下水処理場での処理効率が高くなり、放流水質が改善した。

WAF の見解が正しければ、COVID-19 の影響がなくなり、経済活動が増加すると流入負荷が増大し、放流水質は再度悪化することが予想されるため、十分に対応できる処理能力を有する下水処理場を計画する必要がある。

(4) 下水処理場における課題

2019 年に実施した「フィジー国上下水道セクター情報収集確認調査」において明らかとなった下水処理場における課題と現状は表 4-5.4 のとおりである。

表 4-5.4 情報収集確認調査における下水処理場の課題と現状

	課題	時期	状況
1	既存下水道 M/P	2019 年	4 下水処理場ともに策定年度が古く使用不可
		現状	プロジェクトで検討
2	流入下水量の測定	2019 年	流量計が設置されず、測定不可
		現状	流量計購入済も未設置、工事時期不明
3	放流基準の低遵守率	2019 年	低遵守率
		現状	COVID-19 で一部改善、プロジェクトで適切な処理方法提言
4	エアレータ不足 (Navakai)	2019 年	8 基設置予定のところ 4 基の設置
		現状	エアレータ購入し 5 基設置
5	機器故障 (Navakai)	2019 年	設備の予防保全未実施と予算不足により故障機器の修繕実施できず
		現状	改善見られず、プロジェクトで予防保全方法を研修
6	O&M マニュアル (Navakai)	2019 年	機械・電気設備の O&M マニュアルが未整備で適切な運転できず
		現状	改善見られず、プロジェクトで O&M マニュアル作成方法研修
7	嫌気池堆積汚泥の浚渫 (Natabua, Votua, Olosara)	2019 年	1980 年代の稼働以来嫌気池、通性池の堆積汚泥浚渫せず
		現状	Natabua で浚渫完了、現在は Olosara で浚渫準備中
8	腐敗槽汚泥の不適切 投棄 (Natabua)	2019 年	下水処理への影響を考慮して、受入腐敗槽汚泥を敷地内の湿地に投棄、環境への悪影響の懸念
		現状	改善見られず、プロジェクトで提言

出典：JET

4-5-2 下水管路施設

(1) 西部地区の管路施設

下水管路施設は表 4-5.5 に示すとおりである。4 都市共に分流式下水道であるが、実際には雨天時の浸入水によりポンプ場からの溢水が生じ、近隣住民から苦情が発生している。Nadi と Lautoka では下水道整備が 1970~1980 年代に開始されたため、老朽管が年々増加している。

表 4-5.5 西部地区における下水管路施設

項目		Nadi	Lautoka	Ba	Sigatoka
下水管	総延長 (km)	129	80.5	26	16
	幹線 (重力) (km)	32.1	26	14	10
	幹線 (圧力) (km)	38.5	34	9	5
	管種	コンクリート PVC, AC, 陶管	コンクリート DIP, AC, PVC	AC, PVC	DIP, AC, PVC
	口径 (mm)	100~550	150~750	150~375	100~300
ポンプ場	数	40	12	8	5 (建設中 1)
	ポンプ台数 (/場)	2~3	2~3	2	2~3
	ポンプ能力 (kW)	3~45	1.3~54	4.4~30	1.3~13.5

出典:WAF

(2) 維持管理業務

ポンプ場を含む下水管路施設の維持管理は WAF が直営で実施している。維持管理業務は住民からの通報を受けて実施する管路、ポンプ場施設における詰まり除去作業が主である。住民から管路詰りの連絡があると WAF の管路維持管理職員が現場に行き、①ワイヤー式排水管清掃機で除去を試みる、②除去できない場合はコンプレッサーで除去を試みる、③それでも除去できない場合は、民間に委託して高圧洗浄車で除去を行っている。高圧洗浄車とテレビカメラについては 2017-2019 Strategic Plan に購買予算が計上されているが、WAF 内部にも管路の維持管理作業は民間委託した方が安価にできるという考えもあり、導入には至っていない。維持管理作業の SOP は現場で作成されているが、WAF の承認は得られておらず、現在は職員の経験に基づいて作業が実施されている。

管路施設維持管理職員数は表 4-5.6 に示すとおりで、各市町に置かれた WAF の倉庫事務所 (Warehouse) 内に上水道施設の維持管理職員と一緒に駐在している。

表 4-5.6 西部地区における下水管路維持管理職員数

市町	作業員	技術補助員	技術労務員	労務補助員
Nadi	3	3	1	1
Lautoka	2	3	-	-
Ba	4	2	-	-
Sigatoka	1	1	-	-

出典:WAF

(3) 下水管路施設の課題

下水管路、ポンプ場における課題は表 4-5.7 のとおりである。

表 4-5.7 下水管路施設における課題

	課題	状況
1	ポンプ場からの溢水	4 都市共に分流式下水道であるが、雨季には浸入水によりポンプ場から溢水が発生し、近隣住民から苦情が多い。 浸入水対策及び、暫定的に溢水の処理法の検討が必要である。
2	作業実施方法	WAF では高圧洗浄機を有していないため、管路の詰まりが解消できない場合は民間企業に委託して除去作業を実施しており、非効率である。 WAF が高圧洗浄機等を保有して作業するか、最初から民間企業に作業を委託するか、どちらかを選択して作業を実施するのが効率的である。

出典: JET

4-5-3 機械・電気設備維持管理

(1) 維持管理業務

WAF の上下水道施設における機械・電気設備維持管理は、基本的に WAF が直営で実施している。西部地区では、Lautoka の Natabua 下水処理場敷地内には表 4-5.8 に示した機械・電気ユニットが設置され、上水道と下水道設備の維持管理を担当している。

WAF によれば古い設備については機器台帳が整備されておらず、維持管理に支障が出ている。また、人員と予算不足により、機器のグリースやオイル交換は全く実施しておらず、設備が故障してから修繕により機能回復を図っている。そのため、機械・電気ユニットでは予防保全を実施できるように増員を要求している。

現在の職員は技術責任者（Technical Officer）を筆頭に、機械整備士（Mechanical Fitter）、電気整備士（Electrical Fitter）等が配置されている。技術責任者 2 名は共に電気の高等教育を受けているが、他は職業訓練校等で学んでいる。職員の多くは WAF に 10 年以上在籍しており、経験を積んでいる。

表 4-5.8 西部地区の機械・電気設備維持管理職員数

場所	技術責任者	機械工	電気工	技術補助員	その他
Natabua 下水処理場敷地内	2	2	2	1	1

出典：WAF

(2) 機械・電気設備における課題

機械・電気設備の維持管理における課題は表 4-5.9 のとおりである。

表 4-5.9 機械・電気設備維持管理における課題

	課題	状況
1	機器台帳	古い機械・電気設備の機器台帳がなく、設備維持管理に支障が生じている。WAF によれば、新しい設備には機器台帳があるので、それに準じて古い設備も可能な範囲で台帳整備する必要がある。
2	設備の予防保全	機械・電気設備は点検も実施せずに故障してから修繕を行う事後保全で対応。そのため、突然の稼働停止となり、施設の運転管理に重大な影響を与えている。予防保全や将来的な予知保全の導入に向けた検討が必要である。予防保全や予知保全では定期的な部品交換等を実施するため、作業工数と維持管理予算が増加することを十分に認識して、増員と予算確保を図る必要がある。

出典：JET

4-6 MIMS/WAF の下水道部の組織および能力

本プロジェクトの成果-4 は「フィジー水道公社（WAF）及び関連機関における事業実施体制が強化される。」であり、下水道部門の組織体制の強化及び O&M を含む事業運営能力の強化について検討する。このうち、組織体制の強化については、策定する M/P の中で検討する下水処理場の規模、下水・汚泥の処理方式等と必要な組織体制、人員が連動するため、第 2 期の都市下水道 M/P の中で検討する。そのため、ここでは下水道事業運営に係るキャパシティの強化についてのみ検討する。

4-6-1 能力強化のプロセス

本プロジェクトの成果4は「フィジー水道公社（WAF）及び関連機関における事業実施体制が強化される。」であり、下水道事業実施におけるDWSとWAFの現在の能力レベルに応じて、どの程度の能力強化が求められるか判断したうえで、3年間のプロジェクト期間で図4-6.1に示したプロセスにより活動を実施する。



出典：JET

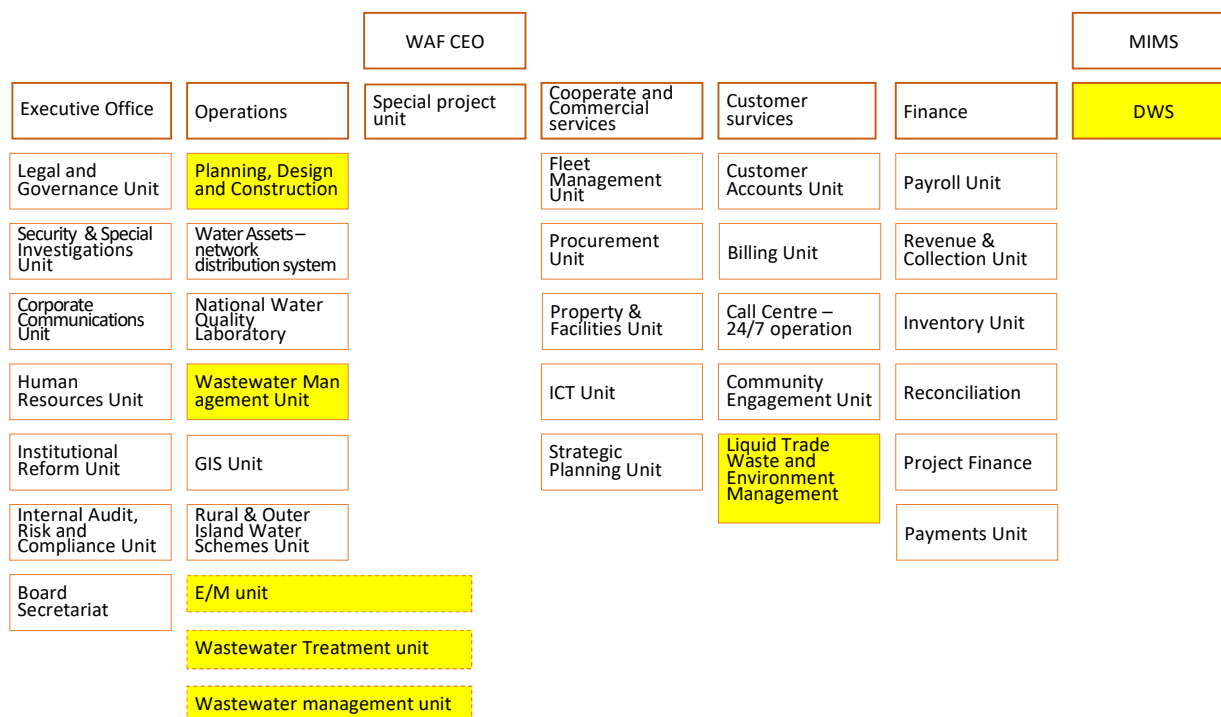
図 4-6.1 能力強化の実施プロセス

図のように、まず①JETとC/Pが協働で現状の能力評価を行い、②その結果に基づいてプロジェクト終了時における能力の目標を設定する。そして、③WAF、DWSの研修に対する要望調査を実施し、④目標を達成するための研修計画をJETとC/Pが協働で作成する。そして、⑤研修を効果的、効率的に進めるための研修実施体制を構築し、⑥目標達成のための適切な研修資料を作成する。そのうえで、⑦研修資料を用いた研修を実施する。研修の終了後は、⑧研修結果の評価を実施し、改善に向けた検討を行い、フィジー国の下水道セクターが継続的に関係職員に研修を実施する際の参考にする。

4-6-2 能力評価

(1) 実施方法

図 4-6.2 は MIMS と WAF の組織図で、下水道事業に関係するのは黄色で示した組織単位である。



*MIMS: 現 Ministry of Public Works, Transport, and Meteorological Services (MPW)
出典 : JET

図 4-6.2 MIMS 及び WAF における能力評価組織

また、表 4-6.1 にはそれぞれの組織単位の主な業務を示した。

表 4-6.1 能力評価を実施する組織の主な業務内容

組織	評価単位	主な業務
1	MIMS*	DWS
2	WAF	運輸局
3		計画・設計・建設
4		WAF 西部
5		顧客サービス局
		事業所排水
		下水処理
		機械・電気
		事業所排水のモニタリングと指導

*MIMS: 現 Ministry of Public Works, Transport, and Meteorological Services (MPW)
出典 : JET

評価項目は下水道事業を実施するのに必要な能力として、JET が表 4-6.2 に示した 10 項目を選定した。

表 4-6.2 評価項目

評価項目	
1	組織体制
2	予算
3	資器材
4	能力向上
5	関連知識の理解
6	環境対策
7	安全衛生
8	業務実施
9	コミュニケーション
10	能力強化策

出典：JET

(2) 評価結果

結果をまとめると以下のとおりである。

1) DWS

DWS の能力評価結果は表 4-6.3 のとおりである。

表 4-6.3 DWS の能力評価

評価項目		評価結果
1	組織体制	◇ 下水道担当は元々4名のところ1名欠員状態であったが、コロナ禍でさらに1名削減された。
2	予算	◇ DWS は Rural 地区（DWS では水道の未普及地区を Rural と呼ぶ）における上水と衛生設備の導入促進を担当しているが、コロナ禍による緊縮財政の影響で予算が削減され、各種計画に遅れが生じている。
3	資器材	◇ 現業部門を有しないため特に資器材はない。
4	能力向上	◇ 職員の能力向上のための取り組みは行っていない。
5	関連知識の理解	◇ 多くの分散型汚水処理方式に対して技術的承認を実施しており知識を有している。
6	環境対策	◇ Rural 地区の水と汚水整備に係る事業実施の際には MWWE の指導により環境対策を実施している。
7	安全衛生	◇ 現業部門を有しないため特に対策は実施していない。
8	業務実施	◇ コロナ禍による予算不足により業務実施に遅れが生じている。 ◇ Rural 地区の集落単位で大型のセプティックタンク（Communal septic tank）の導入促進に取り組んでいる。 ◇ 日本の浄化槽の試験的な導入計画があるがコロナ禍で計画が遅れている。 ◇ 過去5年間で11件の分散型汚水処理方式について技術的承認を与えている。
9	コミュニケーション	◇ Rural 地区の上水と汚水整備に係る事業実施の際には住民説明を実施している。
10	能力強化策	◇ DWS は Rural 地区の衛生設備導入促進、及び多くの分散型汚水処理施設の技術的承認を実施しており、知識と経験は有している。そのため、日本における浄化槽等の分散型汚水処理に係る法令、基準、O&M 等について情報を得ることで、政策面における能力、技術面における能力の向上を図るのが適切である。

出典：JET

2) 計画・設計・建設

WAF の計画・設計・建設部門に係る能力評価結果は表 4-6.4 のとおりである。

表 4-6.4 WAF の計画・設計・建設部門に係る能力評価

評価項目		評価結果
1	組織体制	- 現在の職員数は 23 人で技術系上級職員 (upper technical officer) は 12 人 (土木工学、機械工学等のエンジニア) である。 - 職員数は慢性的に足りていない。しかし、COVID-19 の影響で予算が削減されて委託業務量が減少したため、見かけ上職員数は足りている。 - 職員の離職率は現状では高い。
2	予算	業務量に見合った予算は確保できている。
3	資器材	現業部門を持たないため特に資器材はない。職員の PC が古くなっている。
4	能力向上	能力向上のための職員研修は少ないながら毎年 2~3 件が実施されている。(研修内容は不明)
5	関連知識の理解	- 関連法令、基準等については特に新しい職員の理解度が低い。 - 下水道事業計画に関する知識は、計画策定経験がないため不足している。
6	環境対策	- 下水道事業実施においては環境影響評価の実施は必須であり常に実施している。 - 計画段階における住民説明会は概ね必要時に実施している。
7	安全衛生	- 下水道計画においては下水道施設の安全対策は十分に注意を払っている。 - 建設工事における周辺住民の安全対策は必須事項として取り組んでいる。
8	業務実施	- 下水道計画・設計業務は必ずしも明確な目標をもって施しているとは言えない状況にある。 - 関係機関との協議記録は適切に作成され保存されている。 - コンサルタントや建設業者とは定例会議を開催している。
9	コミュニケーション	関係機関とは常に良好な関係を維持している。
10	能力向上方法	WAF によれば、多くの職員が実際に下水道計画に携わった経験がなく、知識も不足している。そのため、本プロジェクトの中で JET と協働で M/P 策定、Pre-F/S 実施作業を行うことで、知識と経験を得るのが適切な能力強化策である。

出典：JET

3) 下水処理（下水管路維持管理）

WAF 西部の下水管路施設維持管理に係る能力評価結果は表 4-6.5 のとおりである。

表 4-6.5 WAF 西部の下水道管路維持管理に係る能力評価

評価項目		評価結果
1	組織体制	- 西部地区の下水管路維持管理担当者は作業員（Water Fitter）10 名、技術補助員（Technical Assistant）9 名、技術労務員（Service Technician）1 名、労務補助員（Trade Assistant）1 名が配置されている。職員の多くは教育的な資格は有しておらず、WAF の中で経験を積んだり、短期の外部研修に参加したりして現場の知識を習得している。職員の経験年数は概ね 10 年以上である。 - 人員不足のため、作業は管路の詰り等のトラブル解消のみであり、管路調査はできていない。
2	予算	予算不足により人員、資器材共に不足している。
3	資器材	- 管路検査用のテレビカメラ、洗浄用のジェット洗浄機は保有していない。 - ワイヤ型管路清掃機とコンプレッサー及び移動用の車両を保有している。
4	能力向上	- 現場の技術は暗黙知により先輩から後輩に伝承される。 - 現場作業の SOP（案）は作成されているが、理由は不明であるが未承認の状況にある。
5	関連知識の理解	管路の詰まりは毎日発生しており、その解消の作業を実施しているため、知識と経験は有している。ただ、保有しないテレビカメラやジェット洗浄機に関する知識はない。
6	環境対策	住民からの通報により速やかに管路清掃作業を実施し、周辺環境の保全に努めている。
7	安全衛生	- 三角コーンの設置と交通整理は実施している。 - 閉所作業における安全性以外の研修は受けていない。
8	業務実施	- 管路施設やポンプ場におけるトラブルに対して迅速に補修等の対応を実施している。 - 一部の管路清掃はジェット洗浄機を保有する西部地区で 1 社しかない民間企業に委託しなければならないため、対応に遅れが出る場合がある。
9	コミュニケーション	- 作業報告は定型ではないが一応作成している。 - WAF では管路、ポンプ場における補修等のデータベース化に取り組んでいる。
10	能力強化策	多くの下水管路施設の補修を実施しており、一定の能力と経験は有している。そのため、日本における下水管路施設保全作業の実施方法を研修で紹介することにより、現在の保全作業を改善するためのヒントを得ることが重要である。

出典：JET

4) 下水処理（下水処理場の O&M）

WAF 西部下水処理場の O&M に係る能力評価結果は表 4-6.6 のとおりである。

表 4-6.6 WAF 西部下水処理場の O&M に係る能力評価

評価項目		評価結果
1	組織体制	- 西部地区の 4 下水処理場では技術責任者（Technical Officer）6 名を筆頭に運転員（Water Fitter）5 名、技術補助員（Technical Assistant）4 名が配置されている。パの Votua 下水処理場と Sigatoka の Olosara 下水処理場では巡回監視で管理されているため、職員は 1~2 名の技術系の職員だけが配置されている。 - 職員の多くは高等教育を受けておらず、WAF の中で経験を積んだり、短期の外部研修に参加したりして現場の知識を習得している。
2	予算	- 予算不足により、Navakai 下水処理場の汚泥脱水機は故障したまま少なくとも 4 年は修理が行われていない。また、本来は 8 基設置されるはずの IDEA 槽のエアレータが 5 基しか設置されていない。 - 安定化池法を用いる 3 下水処理場の嫌気池の堆積汚泥は、数年に 1 回浚渫すべきところ予算不足のため 30 年近く実施されてこなかった。（2020 年に Natabua WWTP の浚渫が実施され、2021 年からは Olosara 下水処理場で浚渫が実施予定）
3	資器材	O&M に必要な最低限の機材、薬品等の消耗品は確保されている。
4	能力向上	- 現場の技術は暗黙知により先輩から後輩に伝承される。 - 技術研修は実施されていない。
5	関連知識の理解	- Navakai 下水処理場以外の 3 下水処理場では運手操作因子がないため、下水処理に関する知識は殆ど必要ない。 - Navakai 下水処理場では IDEA 施設の運転操作のために必要な活性汚泥濃度や溶存酸素濃度については測定に必要な機材が整備されておらず、職員に運転操作に関する知識が不足している。
6	環境対策	周辺住民から臭気に対する苦情がある場合は、下水処理場の流入口に脱臭剤の添加を実施している。
7	安全衛生	- 閉所作業に係る安全研修が 1 回開催された。 - 職員に安全衛生に関する知識はないため、研修が必要である。
8	業務実施	- 現場点検は毎日実施しており、運転日報は作成している。 - IDEA 槽の曝気、沈殿時間や余剰汚泥引き抜き時間等の運転操作条件は設定されているが、処理水質に応じた操作条件の変更は行われていない。 - O&M マニュアル、SOP は整備されていない。 - エアレータが故障して酸素供給ができない、汚泥脱水機が故障して十分な汚泥排除ができないなどの要因のため、運転操作により水質改善を図りたくてもできない状況にある。
9	コミュニケーション	- 周辺住民からの苦情には迅速に対応している。 - 各下水処理場の O&M 状況や設備故障については WAF 西部の下水処理場管理部門に常時報告されている。
10	能力強化策	下水処理場では O&M に必要なマニュアル類、SOP 等が整備されておらず、また O&M に関わる職員に下水処理に関する知識が不足している。そのため、適切な技術研修による知識の習得及び、マニュアル類、SOP の作成方法の指導が必要である。

出典：JET

5) 機械・電気設備

WAF 西部の機械・電気設備維持管理部門に係る能力評価結果は表 4-6.7 のとおりである。

表 4-6.7 WAF 西部の機械・電気設備維持管理に係る能力表

評価項目		評価結果
1	組織体制	- 西部地区の機械・電気設備維持管理ユニットが設置され、水道と下水道設備の維持管理を実施している。職員は技術責任者 (Technical Officer) 2 名を筆頭に、機械整備士 (Mechanical Fitter) 2 名、電気整備士 (Electrical Fitter) 2 名等の合計 9 名が配置されている。技術責任者 2 名は共に電気的高等教育を受けているが、他は職業訓練校等で学んでいる。職員の多くは WAF に 10 年以上在籍しており、経験を積んでいる。 - 人員不足により予防保全が全くできない。そのため、16 人に増員を要求している。
2	予算	保全や修繕に必要なスペアパーツや部品が予算不足により入手が遅れる、または入手できない。
3	資器材	予算不足から、最低限必要な資器材しか整備されていない。
4	能力向上	- 機器の保全や修繕に関する技術は先輩から後輩に暗黙知の形で伝承されている。 - 技術研修等を実施されていない。
5	関連知識の理解	- 予防保全の重要性は認識しているが、実施した経験がないため、実施方法が分からない状況。 - 各種ポンプやエアレータ等の修繕を実施しており、技術と経験はあると考えられる。
6	環境対策	特に講じていない。
7	安全衛生	WAF で実施した閉所作業の安全研修を受講したのみで、機械・電気に係る作業における安全衛生に関する取り組みは実施していない。
8	業務実施	- 西部地区の上下水道施設に設置された機械・電気設備の事後保全（即ち故障対応）を実施している。 - 設備保全に必要な機器台帳は、最近導入された機器に対しては作成されているが、多くの機器で未作成である。 - 作業報告は、定型ではないが作成している。
9	コミュニケーション	- 業務上で対外的なコミュニケーションは特に必要ない。 - 作業報告は作成して上司に提出している。
10	能力強化策	予防保全については実施した経験がないため、どのように実施すればよいのか分からない状況にある。そのため、日本の下水道施設における機械・電気設備保全作業の実施方法について研修を実施することで、保全作業のヒントを得ることが重要である。

出典：JET

6) 事業所排水規制

WAF 西部の事業所排水規制に係る能力評価結果は表 4-6.8 のとおりである。

表 4-6.8 WAF 西部の事業所排水規制に係る能力評価

評価項目		評価結果
1	組織体制	✧ WAF 顧客サービス部の下にある課で、職員数は 8 名である。その中の 2 名が西部地区担当で Lautoka にある WAF 西部事務所に常駐して西部地区事業所のモニタリングと指導を実施している。
2	予算	✧ 予算不足のため、以前に実施していた小規模事業所の排水チェックを止めている。
3	資器材	✧ 事業所排水の採水に必要な資器材は用意されている。
4	能力向上	✧ 研修等は特に実施されていない。
5	関連知識の理解	✧ 排水基準を超える悪質な事業所排水に対して改善指導を実施しており、経験と知識は有している。 ✧ 日本における事業所排水規制に係る法令、排水基準、罰則規定や改善のための指導方法等について研修の実施を希望している。
6	環境対策	✧ 特に実施していない。
7	安全衛生	✧ 閉所作業に係る安全研修を受講しただけで、他に取り組みはない。
8	業務実施	✧ 西部地区の下水道に排出している 11 事業所（大中規模）の排水を定期的（通常は 3 ヶ月毎、高濃度排水は毎月）にモニタリングしている。 ✧ 担当者が事業所で採水し、Suva の WAF 水質試験室に送付して水質試験を実施する。試験結果は水質試験室から事業所排水担当者に送付され、担当者が事業所に提示し、必要に応じて改善指導を実施する。（現在のところ国家事業所排水方針（National Liquid Trade Waste Policy）の特別汚水料金と罰則規定は国会承認が得られていないため、高濃度汚水に対する超過料金は徴収できず、また悪質排水に対して排水停止等の罰則も課せられない。）
9	コミュニケーション	✧ WAF によれば、事業所に対する継続的な指導により、排水の改善に応じる企業も多くなっており、指導の効果が発揮されている。 ✧ 事業所の近隣住民からの事業所排水に対する苦情対応も実施している。
10	能力強化策	✧ フィジー国における事業所排水規制は 2007 年に UN により策定された、「Fiji National Liquid Waste Management Strategy and Action Plan」に基づいて策定された「National Liquid Trade Waste Policy- for Discharges to Wastewater System Owned and Operated by Water Authority of Fiji」に依っており、歴史は新しい。そのため、事業所排水規制に携わる職員は日本における事業所排水規制に係る法令、基準や実際の規制方法についての情報を望んでいる。

出典：JET

(3) 目標設定

能力評価の結果に基づいて、WAF の C/P と協議を実施し、本プロジェクト終了時における各下水道事業実施分野の能力目標を以下のとおり設定した。

表 4-6.9 プロジェクト終了時における能力目標

分野		能力目標
1	下水道事業管理	✧ WAF と DWS の経営層は、日本の自治体とのディスカッションを通じて、日本の下水道事業の管理方針・管理方法を理解する。
2	計画／設計	✧ WAF の計画・設計担当職員が JET との協働により下水道 M/P の策定手順を理解し、M/P の策定を開始する。
3	プロジェクト管理	✧ WAF の「特別プロジェクト」職員は JET と情報を共有することにより、海外における下水道プロジェクトを実施する際の課題を把握し、それを自らのプロジェクト実施の参考にする。
4	下水道施設 O&M	
①	下水管路維持管理	✧ 下水管路維持管理職員は、下水道の点検、清掃、修理の手順を理解し、それらの標準作業手順書を作成する方法を理解する。 ✧ 下水管路維持管理職員は、下水管路維持管理作業の危険性を認識し、作業を安全に実施する。
②	下水処理場 O&M	✧ WWTP 運転職員は、下水・汚泥処理技術の基礎知識を理解する。 ✧ WWTP 運転職員は、処理施設の O&M マニュアル、SOP、チェックリストの作成方法を理解し、作成に取り組む。 ✧ WWTP 運転職員は、運転作業の危険性を認識し、安全に作業を実施する。
③	機械・電気設備維持管理	✧ 機械・電気機器の維持管理職員は、機器の予防保全の意味と機器の維持管理計画の策定方法を理解する。 ✧ 機械・電気機器の維持管理職員は、機械・電気作業の危険性を認識し、安全に作業を実施する。
5	事業所排水	✧ 事業所排水ユニット職員は、日本における事業所排水規制に係る法律、規制、基準を理解する。 ✧ 事業所排水ユニット職員は、日本における事業所排水の規制方法を理解する。
6	分散型汚水処理	✧ DWS 職員と WAF の計画/設計担当職員は、日本の分散型汚水処理に関する法律、規制、基準を理解する。 ✧ DWS 職員と WAF 計画/設計担当職員は、オンサイト排水処理方法の機能と効率を理解する。

出典：JET

(4) 要望調査

WAF との協議で研修実施に係る要望の確認を行った。結果は表 4-6.10 のとおりである。

表 4-6.10 研修実施における WAF の要望

分野		要望
1	下水管路施設維持管理	➤ 下水管路維持管理の経験は十分にあるが、今後の業務の参考にするため、日本における管路施設維持管理方法の紹介を要望 ➤ WAF では閉所作業における安全研修は実施し始めたが、それ以外の広範囲の安全衛生に関する研修を要望
2	下水処理場維持管理	➤ 現場で実際に O&M を実施する Fitter や Technical Assistant は下水道に関する知識を全く持っていないため、下水道に関する基本的な知識の紹介を要望 ➤ 下水処理場の現場には O&M マニュアルや SOP が整備されておらず、作成が必要である。作成方法について指導を要望
3	機械・電気設備維持管理	➤ 機械・電気設備は全て事後保全で対応しているため、日本における予防保全の実施方法の紹介を要望
4	事業所排水規制	➤ WAF は下水道に排出される事業所排水のモニタリングを実施しており、悪質排水事業所に対しては改善指導も行っているが、経験や知識が不足している。日本における事業所排水規制に関する紹介を要望
5	調達	➤ 2020~2021 年に実施された「フィジー国西部地域下水道マスタープラン策定プロジェクト詳細計画策定調査」において、WAF では物品の調達に長い時間がかかり問題であるとして、能力強化のための職員研修課題として取り入れるように提案されていたため、今回の要望調査で再度必要性について確認を行った。その結果、WAF において調達が遅れる原因は次の 2 点であることを WAF は認識している。 i) 調達品は殆どが輸入品であるが、フィジー国では市場が小さく、国内の代理店は在庫を置かず、契約後に輸入するため時間がかかる ii) 海外製造業者と直接契約することは可能ではあるが、入札に参加してもらえないことが多い。 ➤ WAF ではこれらの改善に向けて検討している。 ➤ 海外ファンドによる上下水道プロジェクトにおける調達はファンド独自の調達方針に基づいて実施されており、問題は発生していない。 ➤ 以上により、調達に関する研修は必要ない
6	下水道プロジェクト管理	➤ 下水道プロジェクト管理では「予算管理」、「スケジュール管理」と「調達管理」を研修内容として提案していたが、上記(3)で調達管理の研修が必要ないとされた一方で、関係機関との調整を含めた「ステークホルダー管理」について他国における事例の紹介を要望

出典：JET

以上の要望については、それぞれの研修計画、研修資料の中に反映する。

(5) 研修実施体制

下水道事業運営や下水道施設 O&M に関する能力強化では、日本で下水道事業を実際に実施している地方自治体の協力を仰ぐのが効果的である。

フィジー国では福岡市が草の根技術協力事業として 2013 年～2016 年に「ナンディ・ラウトカ地区水道事業に関する無収水の低減化支援事業」を、2018 年～2021 年に「ナンディ・ラウトカ地区給水サービス強化事業」を実施しており、WAF と福岡市には強い結びつきがある。また、2020 年に実施された「フィジー国西部地域下水道マスタープラン策定プロジェクト詳細計画策定調査(下水道計画、環境社会配慮)」では福岡市道路下水道局は調査団員として活動しており、フィジー国の下水道事業について十分な知識と情報を有している。表 4-6.11 には JET と福岡市の研修実施における協力分担を示した。

表 4-6.11 研修実施における JET と福岡市の協力分担

項目	JET	福岡市
得意分野	下水道事業の計画・設計 下水道事業の施工管理	下水道事業運営 下水道施設の運転維持管理
関わり方	得意分野の研修実施 現地における活動	得意分野の研修の遠隔実施 本邦研修の受け入れ

出典：JET

表のとおり、福岡市は講義形式の研修における講師、本邦研修の受け入れ機関として活動を実施する。

(6) 研修計画作成

1) 研修プログラム

能力評価と要望調査結果に基づいて、JET は DWS 及び WAF と協議を重ね、表 4-6.12 の研修プログラム（案）を作成した。

表 4-6.12 研修プログラム（案）

研修分野		研修プログラム		実施方法	研修対象	実施機関
1	下水道事業運営	下水道事業の現状と課題		情報交換	DWS、WAF 幹部クラス	福岡市
2	下水道計画、設計	下水道計画		情報交換 OJT	WAF 計画、 設計担当 (+DWS)	福岡市 OJT:JET
		下水管路設計				
		下水処理場設計（土木、機械、電気）				
		工 事 管理	施工管理、出来高管理			
安全衛生計画						
緊急事態対応						
3	プロジェクト管理	予実管理		L&D	WAF プロジ ェクト管理 担当	JET
		進捗管理				
		ステークホルダー管理				
4	下水道施設運営維持 管理	下水処理・ 汚 泥 処 理 技術	下水処理技術の基本	L&D		福岡市
			汚泥処理技術の基本			
			水質管理方法			
		機 械 電 気 設備保全	機械保全計画	L&D		福岡市
			機械保全方法の指導	OJT		JET
		下 水 管 路 施 設 維 持 管理	管理維持管理計画	L&D		福岡市
			安全衛生計画			
			緊急事態対応			
			維持管理方法の指導	OJT		JET
		下 水 処 理 場 運 転 維 持管理	下水処理場運転計画	L&D		福岡市
			日常点検	L&D OJT		
			安全衛生計画	L&D		福岡市 JET
			緊急事態対応			
		5	事業所排水	事 業 所 排 水		法律、規制、指導の手順
6	分散型汚水処理事業	浄化槽	設置基準、維持管理	L&D	DWS 管理職 員 (+WAF)	福岡市

L&D：講義とディスカッション
出典：JET

2) 研修実施方法

各研修分野は表 4-6.13 に示した点に留意して実施する。

表 4-6.13 各研修分野の研修実施における留意点

研修分野	留意点
1	下水道事業運営は DWS、WAF の上層部を対象にした研修で、日本及びフィジー国における下水道の歴史、事業経営の現状と課題等について報告し、その後に意見交換を行い情報の共有を図る。
2	下水道計画・設計は基本的に WAF の計画・設計担当者を対象とするが、DWS の職員についても分散型の汚水処理事業を所管するため、必要に応じて対象に加える。そして、福岡市より日本における下水道計画、下水管路設計、下水処理場設計に関する情報を提供し、その後にフィジー国側と意見交換を行い情報の共有を図る。現場での M/P 策定や Pre-F/S の実施においては、JET が OJT により情報提供を行いながら協働で業務を実施することにより能力向上を図る。
3	プロジェクト管理については、海外でのプロジェクト管理の経験を有するコンサルタントが実施することで福岡市と調整を行っている。
4	下水処理施設運営維持管理は基本的に WAF の運営維持管理担当職員を対象として、表 4-6.12 に示した各プログラムについて日本における情報を提供し、意見交換により共有を図る。現場においては、JET が OJT により各種マニュアル、作業手順書等の作成の支援を行う。また安全衛生に関しては、現場で安全パトロールを実施する中でリスク管理等について助言、意見交換を行って能力向上を図る。
5	事業所排水規制は基本的に WAF の顧客サービス局事業所排水規制担当を対象とするが、排水が流入する下水処理場の職員も加えて実施する。福岡市より日本における事業所排水規制に係る法令、実際の規制や指導方法に関する情報を提供し、意見交換により共有を図る。
6	分散型汚水処理事業は基本的に事業を所管する DWS を対象とするが、将来的に小規模下水道の計画を WAF が策定する可能性もあるため、WAF 計画設計担当者も加えて実施する。福岡市より日本における浄化槽事業や農業集落排水事業の計画、運転維持管理について情報を提供し、意見交換により共有を図る。

出典：JET

講義と意見交換は基本的に遠隔で実施する。実施方法は表 4-6.14 のとおりである。

表 4-6.14 遠隔研修の実施方法

No.	実施事項	担当
1	講義資料（日本語）作成	福岡市
2	同資料の英訳	JET
3	フィジー国側英文資料（必要に応じて）作成	WAF
4	同資料の和訳	JET
5	講義（英訳資料による）	福岡市、JET
6	意見交換（日本側通訳の活用）	福岡市（英語通訳）、JET、WAF

出典：JET

3) 本邦研修

コロナ禍における実施について関係機関と協議した結果、2023 年 12 月に本邦研修を実施した。研修では福岡市の下水道事業についての紹介に加えて、現場視察における職員との意見交換による情報共有、さらに浄化槽や汚泥脱水機の工場視察においてフィジー国に導入可能な日本の技術を紹介した。

4) JICA 課題別研修

JICA 課題別研修では課題について集中的に研修が実施され、日本とフィジー国の視点だけでなく、

他国の研修員の視点から複眼的な気づきを促し、重要な示唆や発見を与える観点から極めて効率的・効果的である。本プロジェクトで活用が期待される課題別研修としては表 4-6.15 に示した 5 課題がある。コロナ禍における課題別研修の実施状況を踏まえながら、関係機関と協議の上、研修への参加を検討する。

表 4-6.15 活用が期待される課題別研修

	課題別研修名	予定される研修生
1	水環境行政	DWS の下水道政策担当幹部職員、WAF 幹部職員
2	下水道システム維持管理	WAF の下水道施設 O&M 担当の幹部職員
3	下水道・都市排水マネジメント	DWS、WAF の計画設計担当の幹部職員
4	分散型汚水処理システム導入・普及	DWS、WAF の C/P、分散型汚水処理施設の認証所管の CBH (MHMS) 職員
5	開発事業における環境社会配慮実務	環境社会配慮に関係する DOE 等の基幹職員

出典：JICA

(7) 研修の実施状況

表 4-6.12 に示した研修プログラム（案）に従い、2022 年 4 月 20 日に第 1 回目として、「下水道事業運営」に係る研修をオンラインで実施した。研修結果の概要は表 4-6.16 に示すとおりである。

表 4-6.16 下水道事業運営に係る研修概要

主題	オンライン研修「下水道事業運営」
日時	2022 年 4 月 20 日 10:00-12:00 (JST)、13:00-15:00 (FJT)
場所	WAF 中央、西部、北部会議室、DWS 会議室、福岡市、JICA 地球環境部
出席者	DWS 2 名 WAF 中央、西部、北部 計 25 名 JICA 地球環境部 2 名 JICA フィジー事務所 2 名 JET 3 名
議事次第	1.開会の挨拶 JICA 地球環境部、WAF、福岡市道路下水道局 2.研修の実施方法の説明 (JET) 3.日本における下水道事業運営 (福岡市) 4.フィジーにおける下水道事業運営 (WAF) 5.ディスカッション 6.閉会の挨拶 WAF
概要	本研修は Water Authority of Fiji (WAF)、福岡市道路下水道局 (福岡市)、JET の協働により開催された。オブザーバーとして JICA 地球環境部及び JICA フィジー事務所が参加した。 第 1 回目研修の議題は『下水道事業運営』である。
発表概要	1. 日本における下水道事業運営 (福岡市) ◇ 下水道の歴史と関連法令の紹介 ◇ 下水道の抱える課題解決のために、支出抑制策と収入改善策の取り組みの紹介 2. フィジーにおける下水道事業運営 (WAF) ◇ WAF の歴史、運営する下水処理場、ポンプ場、下水道管渠の概要紹介 ◇ 現状と課題の概要、及び WAF で計画される対応計画等を紹介
質疑応答	1. 浸入水／不明水 WAF は 2021 年 6 月から 5 年計画で浸入水対策計画を実施している。福岡市は研修を通して雨天時浸入水等に関する市の有する知見をフィジー側と共有する。 2. 安全衛生・緊急対応に係る研修実施方法 フィジーで多発している老朽管の陥没事故について、WAF 職員及び一般市民に対する安全衛生・緊急対応について研修を実施する。 3. 福岡市における気候変動レジリエンスへの取り組み フィジーでは気候変動レジリエンスを下水道施設等の設計に考慮する動きが始まっている。日本では計画的な事前防災が推進されるようにガイドラインが改定され、福岡市でも具体的な対策・計画を実施予定である。 4. 汚泥処理計画 フィジーは汚泥の最終処分・利活用についての基準が設定されていない。福岡市における下水汚泥の利活用の事例が紹介された。

出典：JET

第 2 回目として「下水道計画・設計」に関する研修を 7 月にオンラインで実施した。7 月 19 日に「下水道計画」及び「下水管路設計」の研修を実施したが、管路施設のトラブル発生により下水道担当者がその対応に出て、出席者が少なかったため、7 月 27 日に再度実施した。そして、7 月 28 日に「下水処理場設計（機械）、（電気）、（土木）」の研修を実施した。研修結果の詳細を Appendix 4-2 に示す。概要は表 4-6.17 及び表 4-6.18 に示すとおりである。

表 4-6.17 下水道計画・下水管路設計に係る研修概要

主題	オンライン研修「下水道計画・下水管路設計」
日時	2022 年 7 月 19 日 10:00-12:30 (JST)、 13:00-15:30 (FJT) 2022 年 7 月 27 日 14:00-16:45 (FJT) →再研修 (19 日は事故現場対応により下水道担当者の出席が少なかったため再研修を実施)
場所	WAF 中央、西部、福岡市道路下水道局 (再研修は JET が実施)
研修対象	WAF 計画設計担当職員
研修次第	1. 下水道計画講義 (福岡市) 2. 下水管路設計講義 (福岡市) 3. WAF 下水道プロジェクトの現状 (WAF)
講義概要	1. 下水道計画 ♫日本における下水道の基本知識の紹介 ♫下水道計画の概要 ♫全体計画の策定 2. 下水管路設計 ♫管路設計における条件設定 ♫設計において考慮する事項 ♫マンホール ♫工法の選定 3. WAF 下水道プロジェクトの現状 (WAF) ♫WAF における各種規約・標準規定の紹介 ♫旗艦プロジェクト (設備投資) の紹介 ♫設備投資の実績 ♫計画設計の実施 ♫計画設計/現場における課題
質疑応答	講義に対するフィジー側からの主な質問事項 1. 下水道計画 ♫ 計画汚水量の算定方法 ♫ 流入下水水量の実測値の計測方法 ♫ 観光汚水量の算出方法 ♫ 日本における雨水整備の財源 2. 下水管路設計 ♫ 日本における圧送管の使用状況 ♫ 日本における雨水の混入程度 3. フィジー側発表に対する福岡市質問事項 ♫ フィジーにおける研修実施状況 ♫ 本プロジェクトで策定する M/P の位置づけ ♫ M/P の実現に向けた予算確保

出典：JET

表 4-6.18 下水処理場設計（機械・電気・土木）に係る研修概要

主題	オンライン研修「下水処理場設計（機械・電気・土木）」
日時	2022 年 7 月 28 日 10:00-13:00（JST）、13:00-16:00（FJT）
場所	WAF 中央、西部、福岡市道路下水道局
研修対象	WAF 計画設計担当職員
研修次第	1. 下水道の設計・監督/機械（福岡市） 2. 下水道の設計・監督/電気（福岡市） 3. 下水道の設計・監督/土木（福岡市）
講義概要	1. 下水道の設計・監督/機械 ✧下水処理の流れ ✧下水処理場における各施設の機械設備 2. 下水道の設計・監督/電気 ✧電気設備の構成と概要 ✧下水処理場における各施設の電気設備 ✧福岡市における FORViS（リモート監視システム）の紹介 3. 下水道の設計・監督/土木 ✧下水道の役割と仕組み ✧計画下水量の設定 ✧ポンプ場の構成 ✧下水処理場
質疑応答	講義に対するフィジー側の主な質問事項 1. 機械 ✧ 日本における収集汚泥の処理方法 ✧ 下水処理水の消毒工程における前処理の有無 ✧ 日本における汚泥脱水機の種類 ✧ 下水処理場における臭気対策 ✧ 汚泥の焼却温度 ✧ 消化ガスの焼却への利用 ✧ 消化ガスの有害成分の除去 2. 電気 ✧ FORViS システムの内容 ✧ 下水処理場の受電圧 ✧ 非常用発電設備の容量 3. 土木 ✧ ポンプ場設計における浸入水の検討 ✧ 最初沈殿池の沈殿効率改善方法 ✧ 次亜塩素酸ソーダの添加率の設定方法

出典：JET

4-7 WAF の財務状況

4-7-1 WAF 向け政府予算

以下の表 4-7.1 に WAF 向け政府予算額を示す。毎年により政府より運営資金と設備投資資金が予算計上され WAF に投入されている。上水道、下水道事業とも顧客利用者への販売収入が事業運営の財務リソースでなく、政府予算が WAF 事業運営の基盤となっている。

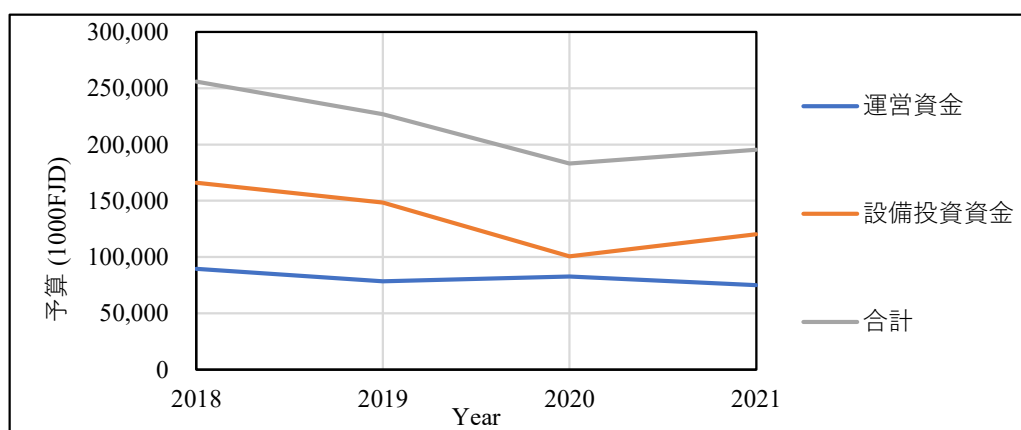
表 4-7.1 WAF 向け政府予算額

(単位 : Million FJD)

年度	2017-2018	2018-2019	2019-2020 予測	2020-2021 予測
運営補助金および譲渡金	89,577.3	78,401.5	82,506.7	75,138.7
資本補助金および譲渡金	166,226.2	148,640.3	100,512.6	120,255.1
支出合計	255,803.6	227,041.7	183,019.3	195,393.8
廃水処理のための主要な設備投資				
水源・浄水場	14,700.0	33,700.0	30,685.2	24,500
配水システム	54,000.0	51,700.0	25,182.3	4,800
下水処理場拡張	19,200.0	18,600.0	10,550.0	7,300
下水道管網の拡張	14,000.0	20,400.0	10,317.9	4,500

出典 : FIJI National Budget Estimate 2020-2021

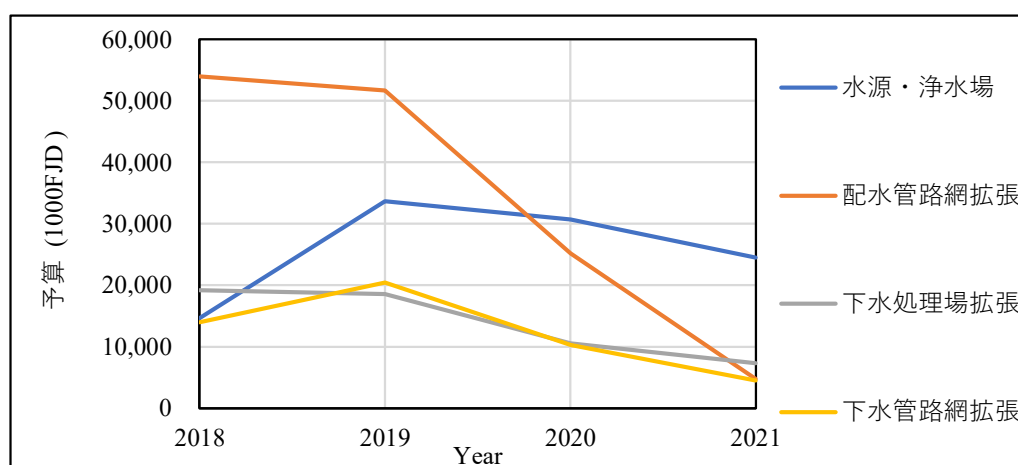
以下の図 4-7.1 に WAF 向け合計予算、資本費、そして運営費の推移を示す。職員の給料や顧客サービス等を含む運営費は大きくは削減できないため、資本費の削減で予算の減少分をカバーする状況が見て取れる。



出典 : JET

図 4-7.1 WAF 予算額の推移

資本費の中で金額が大きいのは水道事業では水源・水処理プラント拡張、配水システム改善で、下水道事業では下水処理場拡張、下水管路網拡張である。それら予算状況を図 4-7.2 に示す。水源・水処理プラント拡張以外は予算減少が大きく、例えば 2020-2021 年の下水処理場拡張予算は対 2018-2019 年で 60%減である。



出典：JET

図 4-7.2 WAF 主要な下水関連項目の支出金額の推移 (1000 FJD)

4-7-2 WAF 財務諸表

2017 年までの WAF 財務諸表を以下に示す。2018 年以降の財務諸表は監査完了後に提供される予定である。

(1) 損益計算書

監査済み損益計算書は表 4-7.2 以下の通り。

表 4-7.2 WAF 損益計算書

(単位：FJD)

年	2015	2016	2017
売上	87,329,457	72,071,657	78,899,685
その他収入	22,497,780	49,326,460	48,747,566
収入合計	109,827,237	121,398,117	127,647,251
人件費	(19,515,199)	(26,026,267)	(33,950,443)
運営費	(62,452,610)	(94,936,223)	(98,732,047)
減価償却前営業利益	27,859,428	435,627	(5,035,239)
減価償却費	(58,300,576)	(59,288,328)	(56,892,377)
金融収入	50,315	103,454	154,410
当期損失	(30,390,833)	(58,749,247)	(61,773,206)
年間の包括損失合計	(30,390,833)	(58,749,247)	(61,773,206)

出典：WAF Annual Report 2017

政府補助金のみが上記の損益計算書の収入として計上されており、本来の収入であるべき上水道使用売上は収入として計上されずに、政府統合基金口座に預け入れられている。これでは WAF 上下水道事業の経営状況を反映した損益は把握できない。そこで、政府補助金を除いた損益状況を把握す

る必要がある。

まず、上下水道の利用者に請求される上下水道事業売上額は以下の表 4-7.3 の通りである。

表 4-7.3 上下水道事業売上

(単位: FJD)

年	2015	2016	2017
上水道	29,125,910	36,959,496	40,357,604
下水道	3,284,743	4,649,850	4,143,910
新規接続料や修理費などのその他の料金	1,541,856	3,042,419	3,434,807
上下水道総収入	33,952,509	44,651,765	47,936,321

出典: WAF Annual Report 2017

次に売上から政府補助金を除き、上記の上下水道売上を収入に置き換えると減価償却費を除く営業損益は以下の表 4-7.4 となる。

本来の上下水道事業からは全く利益が出ておらず、2017 年時点の営業損失は 84 百万 FJD (約 50 億円) である。

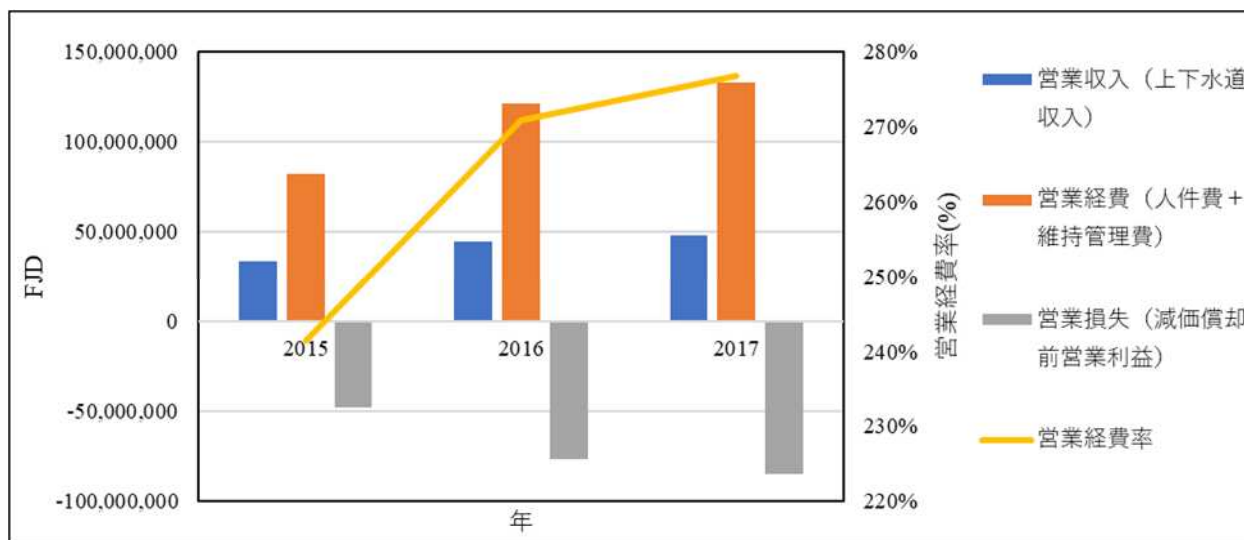
表 4-7.4 WAF 上下水道事業の営業損益

(単位: FJD)

年	2015	2016	2017
上下水道収入	33,952,509	44,651,765	47,936,321
人件費	(19,515,199)	(26,026,267)	(33,950,443)
維持管理費	(62,452,610)	(94,936,223)	(98,732,047)
減価償却前営業利益	(48,015,300)	(76,310,725)	(84,746,169)

出典: WAF Annual Report 2017 を基に JET 作成

売上は運営維持管理費用をカバーできていない。2017 年の経費は売上を大きく上回り、売上に対する経費率は 250%を超えている (図 4-7.3)。



出典: JET

図 4-7.3 営業収入、営業経費、営業損失、営業経費率

(2) 貸借対照表

監査済み損益計算書は表 4-7.5 の通り。

表 4-7.5 WAF 貸借対照表

(単位 : FJD)

年	2015	2016	2017
固定資産			
有形固定資産	1,761,711,340	1,746,069,527	1,769,830,071
無形資産	823,273	967,501	825,440
固定資産合計	1,762,534,613	1,747,037,028	1,770,655,511
流動資産			
現金および現金同等物	35,464,433	34,241,532	62,578,916
売掛金およびその他の債権	12,235,959	6,818,766	22,246,585
在庫	16,565,503	28,939,985	31,273,648
満期保有投資	50,000,193	1,323,742	1,326,710
その他の資産および前払金	1,513,407	887,838	922,430
流動資産合計	70,779,495	72,211,863	118,348,289
資産合計	1,833,314,108	1,819,248,891	1,889,003,800
資本金			
拠出株式	1,747,699,848	1,746,452,278	1,746,440,815
累積損失	(232,852,610)	(301,827,102)	(363,600,308)
資本合計	1,514,847,238	1,444,625,176	1,382,840,507
流動負債			
ファイナンスリースの義務	422,551	91,458	
営業債務およびその他の支払債務	15,268,669	18,820,909	28,938,966
従業員の権利に関する規定費	683,010	775,140	405,078
繰延収益 - 資本補助金		47,512,310	43,891,010
ADB 供与金		1,613,149	3,807,243
流動負債合計	16,374,230	68,812,966	77,042,297
固定負債			
ファイナンスリースの義務	88,350		
繰延収益 - 設備投資補助金	231,992,329	239,025,086	365,701,621
ADB 供与金	70,011,961	66,785,663	63,419,376
固定負債合計	302,092,640	305,810,749	429,120,997
負債合計	318,466,870	374,623,715	506,163,294
総資本および負債	1,833,314,108	1,819,248,891	1,889,003,800

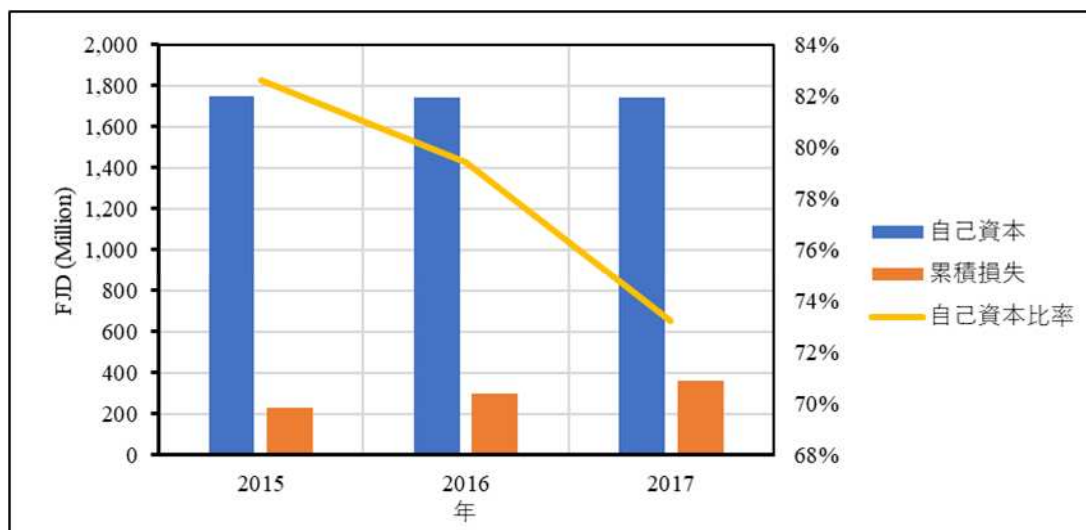
出典 : WAF Annual Report 2017

資本金は政府からの投下資本であり、一方で負債項目に占める短期負債は買掛金と前受け政府補助金、そして固定負債は前受けの政府補助金と ADB 供与金である。負債項目には、外部借入金はなく、政府予算によって事業運営されている。

自己資本額、累積損失、そして、ストックバランスに関する比率を以下の図 4-7.4 と図 4-7.5 に示

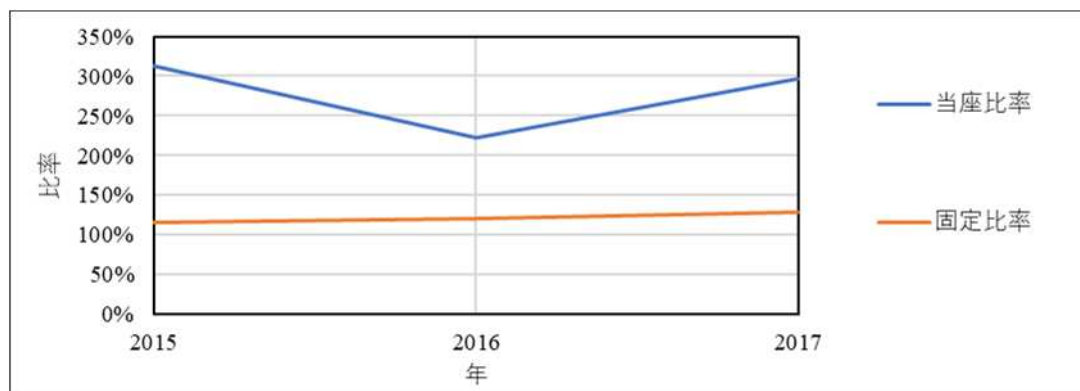
す。

自己資本比率は 70%超であるが、累積赤字は毎年増加しているため、自己資本は減少傾向にある。しかしながら、政府補助金による資本投入の効果により、当座比率は 200%以上であり、一般的に当座比率が 90%を上回っていれば短期的に安全であるとされる水準を大きく上回る。一方で固定比率は 100%以上であり、固定資産が自己資本より大きい。会社が長期的に保有する固定資産を自己資本だけではカバーできていない状況である。



出典：JET

図 4-7.4 自己資本、累積損失、自己資本比率



出典：JET

図 4-7.5 当座比率、固定比率

(3) キャッシュフロー表

監査済みキャッシュフロー表は表 4-7.6 の通り。

表 4-7.6 キャッシュフロー表

(単位：FJD)

Year	2015	2016	2017
営業活動			
政府収入の受取	31,257,761	36,753,022	45,673,267
政府補助金およびその他の収入	54,918,804	72,071,657	78,899,685
サプライヤーと従業員への支払い	(71,842,149)	(92,628,548)	(140,218,285)
政府への支払い - 統合基金口座	(31,257,761)	(36,753,022)	(45,673,267)
営業活動に使用された純キャッシュフロー	(16,923,345)	(20,556,891)	(61,318,600)
投資活動			
政府からの収入 - 資本補助金	116,500,872	104,576,413	169,576,635
農村団体からの収入 - 農村プロジェクト	441,560	3,738	
有形固定資産への支払い	(80,284,187)	(84,606,430)	(79,983,603)
投資活動による純キャッシュフロー	36,658,245	19,973,721	89,593,032
財務活動			
ファイナンスリースの返済	(377,710)	(419,443)	(91,458)
利息収入	50,315	103,454	154,410
財務活動による純キャッシュフロー	(327,395)	(315,989)	62,952
現金および現金同等物の純増加/ (減少)	19,407,505	(899,159)	28,337,384
1 月 1 日時点の現金および現金同等物	16,056,928	35,140,691	34,241,532
12 月 31 日時点の現金および現金同等物	35,464,433	34,241,532	62,578,916

出典：WAF Annual Report 2017

上記の表には営業、投資キャッシュフローとも政府補助金が計上されているため、事業本来のキャッシュフローは把握できない。政府補助金を除いた事業、投資キャッシュフローは以下の表となる。マイナスとなるキャッシュフロー額は政府より毎年計上されている WAF 向け予算とほぼ同額であり、結果として政府予算により事業に必要なキャッシュフローは維持されている状況が浮かび上がる。

表 4-7.7 WAF 上下水道事業の営業、投資キャッシュフロー

(単位：FJD)

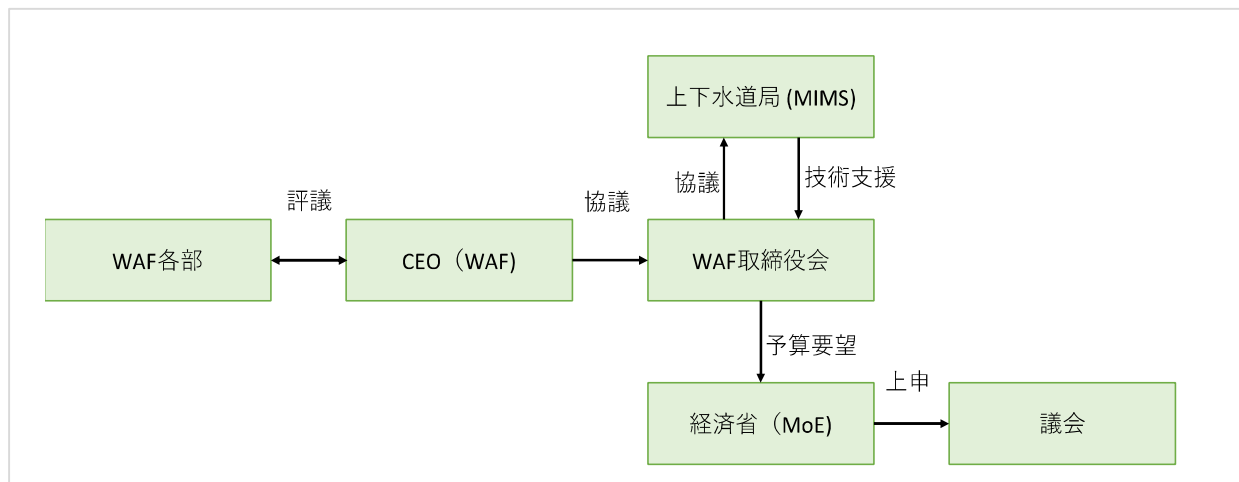
年	2015	2016	2017
水道・下水道総収入	33,952,509	44,651,765	47,936,321
サプライヤーおよび従業員への支払い	(71,842,149)	(92,628,548)	(140,218,285)
有形固定資産および設備への支払い	(80,284,187)	(84,606,430)	(79,983,603)
水道・下水道総収入	(118,173,827)	(132,583,213)	(172,265,567)

出典：WAF Annual Report 2017 を基に JET 作成

4-7-3 下水道事業の予算**(1) 予算承認のプロセス**

フィジー国全ての公共の上下水道事業を実施する WAF の事業予算は全て国からの予算配分に依っている。そのため、年次予算の承認プロセスは図 4-7.6 のとおり、WAF 各部の予算要望を CEO と評議して決め、それを WAF 取締役会に諮り承認を得てから、経済省に提出して選定されたのち議会に

諮られる。議会にて承認された予算は WAF の取締役会の承認を得てから執行可能となる。



*上下水道局 (MIMS)：現現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Transport, and Meteorological Services (MPW))

*経済省 (MOE)：現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

出典：フィジー国西部地域下水道 マスタープラン策定プロジェクト 詳細計画策定調査

図 4-7.6 WAF 年次予算承認プロセス

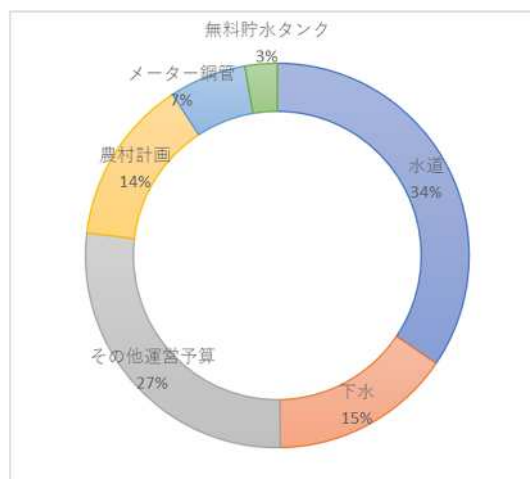
(2) 2017 年予算

年次報告書による WAF2017 年予算額を以下の表 4-7.8 に示す。合計予算額は 217 百万 FJD、うち下水関連設備投資の予算は 33 百万 FJD である。予算比率は設備投資関連が 73%、運営予算は 27% である。下水道事業の設備投資額は全体予算の 15%を占める (図 4-7.7)。

水道	74,938,423
下水	33,184,000
その他運営予算	58,993,825
農村計画	30,254,877
メーター交換	14,119,200
無料貯水タンク	5,875,000
合計	217,365,325

出典：2017 年 Annual Report を基に JET 作成

表 4-7.8 WAF2017 年予算



出典：2017 年 Annual Report を基に JET 作成

図 4-7.7 WAF2017 年予算配分比率

(3) 2018 年～2022 年予算

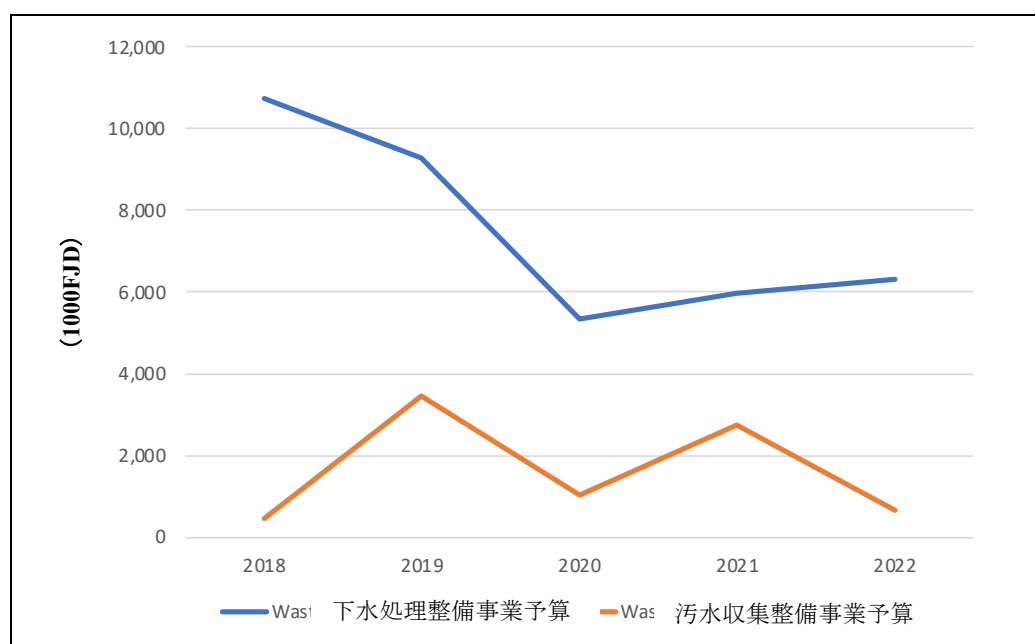
WAF 内部資料による 2018 年～2022 年の下水関連予算を以下の表 4-7.9 と図 4-7.8 に示す。政府からの WAF 向け資本費予算 (表 4-7.1) の減少を反映して、下水処理予算額は横ばい、汚水収集施設予算は減額である。

表 4-7.9 WAF2018 年～2022 年下水関連予算

(単位: 1000FJD)

Year	2018	2019	2020	2021	2022
下水処理					
下水統合工事	6,213	5,281		5,966	
新プラントの実現可能性調査	2,030	0			
汚泥除去	1,543	2,158			
下水処理	937	1,844			6,300
パッケージプラント工事			4,710		
ロールオーバー工事			630		
下水処理合計	10,723	9,283	5,340	5,966	6,300
下水排水					
下水システムの拡張		1,460			
下水ポンプ場のアップグレード	462				
ロールオーバープロジェクト		2,000			
建設			1,039		
排水システムの改善				2,742	675
下水排水合計	462	3,460	1,039	2,742	675

出典: WAF 入手資料を基に JET 作成



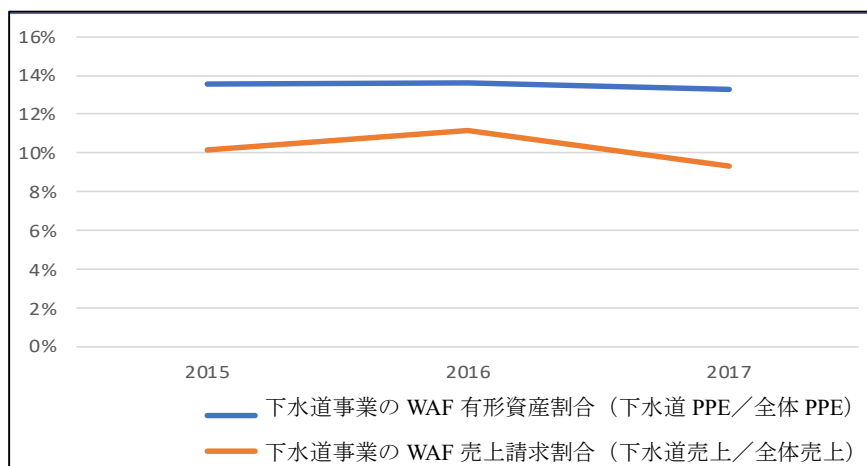
出典: WAF 入手資料を基に JET 作成

図 4-7.8 2018 年～2022 年下水処理と汚水収集整備事業予算の推移

4-7-4 下水道事業の採算

(I) WAF 財務における下水道事業の資産と売上比率

2017 年財務諸表によると 2015 年～2017 年の下水道事業が有形固定資産に占める割合は 14%である。また、下水売上は売上高の約 10%を占める（以下の図 4-7.9）。このことから WAF における下水道事業が WAF 財務に与える影響は全体の 1～2 割と推測できる。



出典：JET

図 4-7.9 下水道事業が WAF 全体の有形資産と売上請求に占める割合

(2) 下水売上、接続数、顧客セクター当たりの支払い額

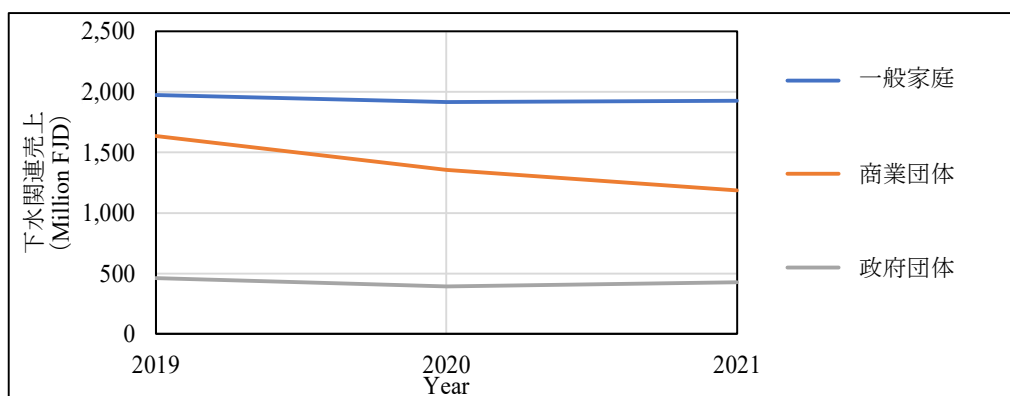
顧客セクター別の下水道料金売上額（FJD/年）、接続数を以下の表 4-7.10 に示す。

一般家計に対する売上はほぼ横ばいであるが、事業者向け売上は 2020 年以降に大きく減少しており、COVID-19 による景気後退の影響が見える。その後 2021 年に政府機関向け売上は持ち直しているが、商業向けの売上は 2019 年から 28%減少で回復は見られない（図 4-7.10）。また、顧客別売上比率では事業者は 2019 年に 40%を占めていたが、2021 年には 34%に減少している（図 4-7.11）。

表 4-7.10 顧客別の下水道料金売上額、接続数

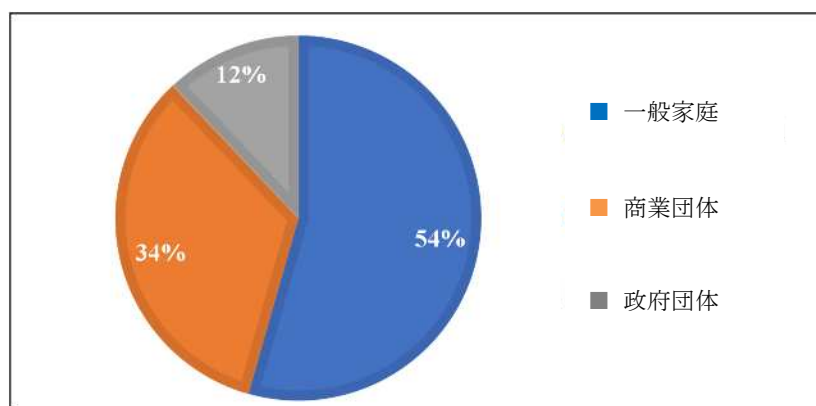
Year	2019	2020	2021
下水売上 (FJD/年)			
一般家庭	1,976,059	1,914,655	1,925,772
商業団体	1,635,419	1,355,312	1,186,820
政府団体	461,012	393,022	426,795
総収益	4,072,491	3,662,989	3,539,387
下水接続料 (FJD/年)			
一般家庭	26,944	26,917	27,523
商業団体	4,952	4,868	4,910
政府団体	553	587	611
総接続	32,449	32,372	33,044

出典：WAF 入手資料を基に JET 作成



出典：JET

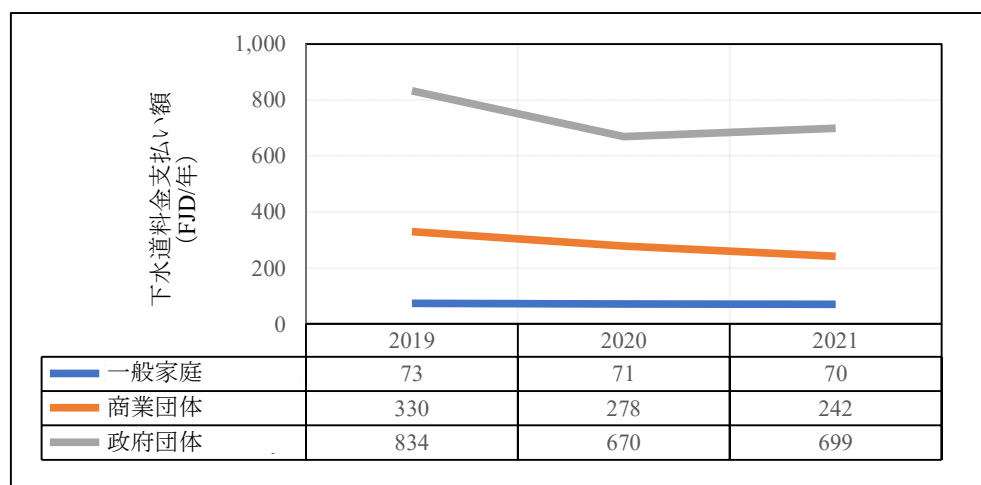
図 4-7.10 下水関連売上



出典：JET

図 4-7.11 売上顧客区分 (2021 年)

顧客セクター別の平均支払い額の推移を以下の図 4-7.12 に示す。一般家庭の年平均支払い額は約 70 FJD であり、景気変動の影響を受けず一定している。対照的に事業者の支払い額は 2019 年から 27%減少している。



出典：JET

図 4-7.12 顧客別の下水道料金支払い額の推移

(3) WAF 下水処理事業の推定営業収益

下水道事業の収入、経費より推定した売上収益（2019～2021 年）を以下の表 4-7.11 に示す。

下水売上高収入は WAF より提供されたデータであるが、経費の多くに関しては、上水と下水処理は区分算出されていない。下水処理に係る資材のみ下水経費と算出されているものの、人件費、運営費用など殆どの維持管理費は上水と区別されていない。よって過去の公開された財務諸表を参考に人件費は売上高の 60%、資材費を含む維持管理費は売上高の 200%と推定して、2019 年から 2021 年の売上収益を算定した。また政府からの補助金供与は売上からは除外してある。

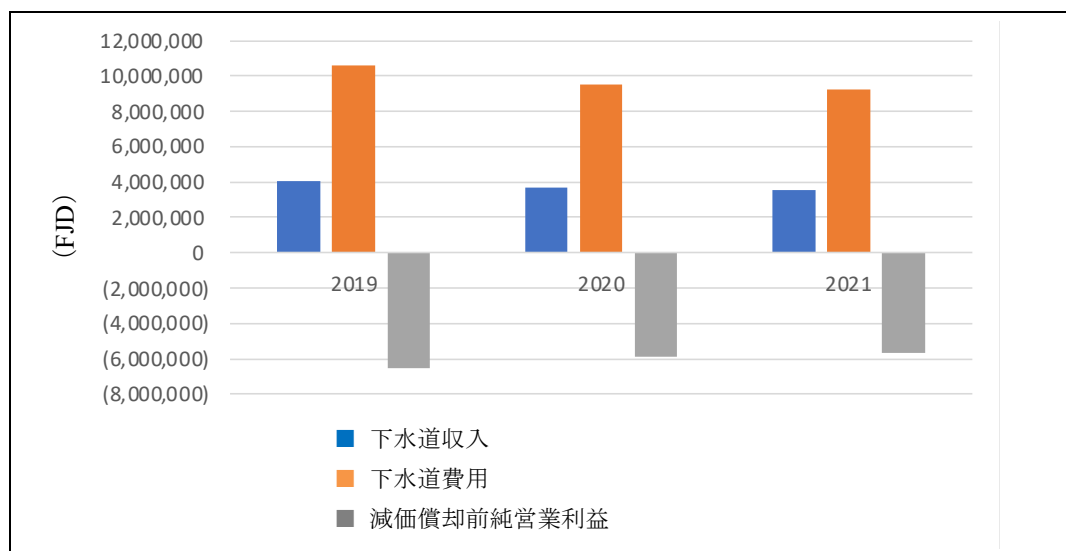
正式な財務諸表は 2018 年度以降より公開されていないため推定としての営業収益であるが、現状の下水道料金では営業赤字の継続状況を見込む。（図 4-7.13 参照）

表 4-7.11 下水道事業の推定営業収益

(単位 : FJD)

年度	2019	2020	2021
下水道料金 : 家庭	1,976,059	1,914,655	1,925,772
: 商業	1,635,419	1,355,312	1,186,820
: 政府	461,012	393,022	426,795
下水道収入	4,072,491	3,662,989	3,539,387
資材関連運営費	1,100,889	959,165	1,108,178
その他の運営費	7,044,093	6,366,812	5,970,596
人件費	2,443,495	2,197,793	2,123,632
下水道費用	10,588,476	9,523,771	9,202,406
減価償却前純営業利益	(6,515,985)	(5,860,782)	(5,663,019)

出典 : JET



出典 : JET

図 4-7.13 下水道事業の推定営業収益

4-7-5 WAF 財務状況の要旨

- 上下水の売上が営業経費をカバーできていない。売上の徴収率は 95% (2017 年) と十分高水準のため、料金設定が低いのが、収入が経費をカバーできず毎年損失を計上する原因となっている。上水の生産コストは WAF によると約 1.00 FJD/m³ であるが、現状の上下水道料金が生産コストを大きく下回るため、販売量が増加すればするほど、営業損失が増える。仮に現状の無収水率 30% がゼロまで改善しても、営業赤字は継続する。
- 財務上は政府予算からの WAF 向け補助金が、設備投資と運営資金の要となっている。上下水道事業は補助金予算による運営が現在のフィジー国政府の方針であるため、今後も財務省による WAF 支援のコミットメントの継続が必要となる。
- 入手した 2017 年までの財務諸表には、当然ながら COVID-19 が WAF 経営に及ぼした影響は示されていない。5 年前のデータでは現状の経営状況は把握できないため、最新の財務データ提供を WAF に依頼中である。WAF マネジメントによると Office of the Auditor General⁸ による監査の遅れが原因であり、WAF の会計処理方法などの問題ではない。
- 監督機関である財務省高官によれば、WAF は今後も政府保有の事業体とされるが、財務的には政府予算に依存するのではなく、顧客への水利用売上高にて財務的に独立した機関にすることを目指している。そのためには、水道料金の値上げは WAF にとって収益改善の重要な選択肢と認識されている。
- 財務諸表と予算書では上水道と下水道事業の維持管理費用の区分が明確になされていない。今回の M/P にて必要となる下水道事業の設備資本費用と維持管理費用を算定し、それら費用をカバーして財務的に事業継続可能な収益を生み出す下水道料金水準を分析する。

4-7-6 ATP 料金支払い可能額 (Affordable to Pay : ATP) による参考料金水準

(1) 現行の料金

現行の WAF 上下水道の料金表は表 4-4.1 に示すとおりであり、一般家庭向けの上水道料金は 0.15~0.83 FJD/m³、商業用 1.06 FJD/m³、そして下水道料金は家庭、商用とも一律 0.20 FJD/m³ である。料金は 2000 年以降改定されていない。現地新聞⁹によると経営改善のため、WAF は政府に料金値上げを近年度々求めている。

下水道接続のための申請費用は 70 FJD/接続である。家庭から下水管への接続に係る費用は利用者負担となり政府補助はない。負担費用は接続パイプ 1m あたり 270 FJD¹⁰ 相当である。

(2) 支払い可能額 (Affordable to Pay: ATP) による参考料金水準

利用者の支払可能額 (Affordability to Pay : ATP) は世界銀行の簡便的ベンチマークを使い算定できる。下水道セクターでは家計の可処分所得の 2% が支払い可能額¹¹ として使用される。

⁸ Office of the Auditor General (監査総監): フィジー共和国憲法に基づき、公共部門の組織を監査し、議会に報告する責任を負う組織

⁹ Fiji Sun “Water Rates Under Review After 20 Years” 03 Feb 2020.

¹⁰ 現地工事業者への聞き取りによる。

¹¹ Estimated by the World Bank and the United Nations from past research and business experience, it is often used as a benchmark for WTP in practice.

- 下水道の ATP = 可処分所得の 2% = 368 FJD/年
ここで;
 - 家計の平均可処分所得 = 家計の平均所得 – 税金や社会保証費
 - 家計平均所得額 = 26,249 FJD¹²
 - 家計に係る所得税、社会保証税など = 家計平均所得額 x 30%¹³
= 26,249 FJD x 30% = 7,847 FJD
- 下水道の ATP から算出した料金 = 現行料金 x [ATP ÷ 家計あたり年間支払い額] = 1.05 FJD/m³
ここで;
 - ATP = 368 FJD
 - 現状の家計あたり年間下水道料金支払い額¹⁴ = 70 FJD
 - ATP ÷ 現状の家計あたり年間下水道料金支払い額 = 5.25
 - 現行 WAF 下水道料金 = 0.20 FJD/m³

以上、ATP から算出した下水道料金では、現状の約 5 倍の料金設定である 1.05 FJD/m³ となる。

¹² FBOS: 2019-2020 Household Income and Expenditure Survey

¹³ Income tax, corporate tax rate is 20%, Welfare tax rate is around 10% in Fiji

¹⁴ WAF 一般家庭向け下水売上額を一般家庭接続数で割って算出した。

第5章 集合処理区域・分散処理区域の設定

5-1 計画諸元のまとめ

5-1-1 目標年次

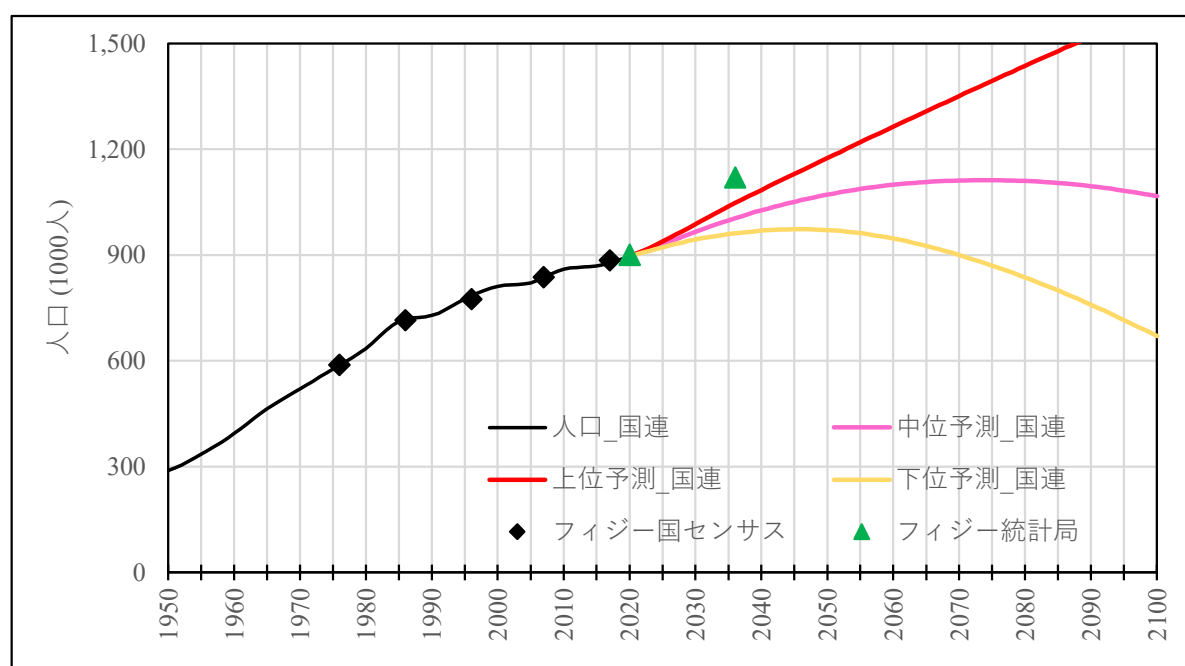
国家開発計画に準じ 2036 年とする。

5-1-2 将来人口

(1) 国全体

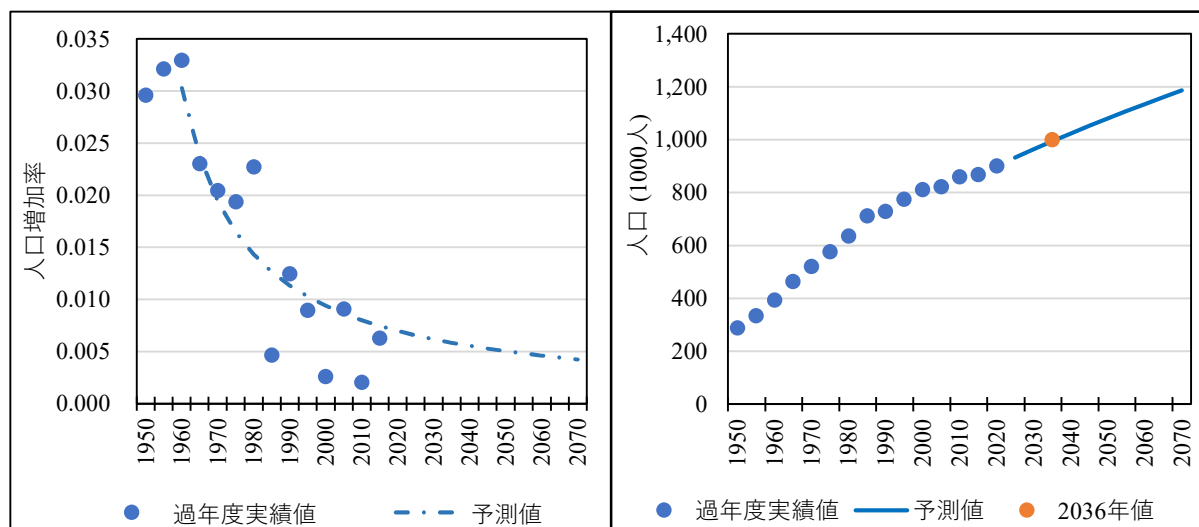
国家開発計画では、将来的にはフィジー国全体の人口は約 1,100 千人を越えると想定している。また、最新のフィジー国統計局によれば 2036 年の将来人口は約 1,120 千人と予測されている。この値は、国連により公表されている人口予測値の上位の予測値を上回り（図 5-1.1 参照）、過年度の実績からすれば大幅な増加が見込まれている。図 5-1.2 に示す通り、過年度の人口増加率の減少傾向を加味し、将来の人口増加率を推計すれば、2036 年の人口は約 100 万人と推定された。この値は国連による推計値の中位の予測値と概ね合致する。

以上より、2036 年のフィジー国全体人口は推計による予測値約 100 万人を採用する。



出典：Fiji Bureau of Statistic と UN より JET 作成

図 5-1.1 フィジー国全体人口の過年度と予測値



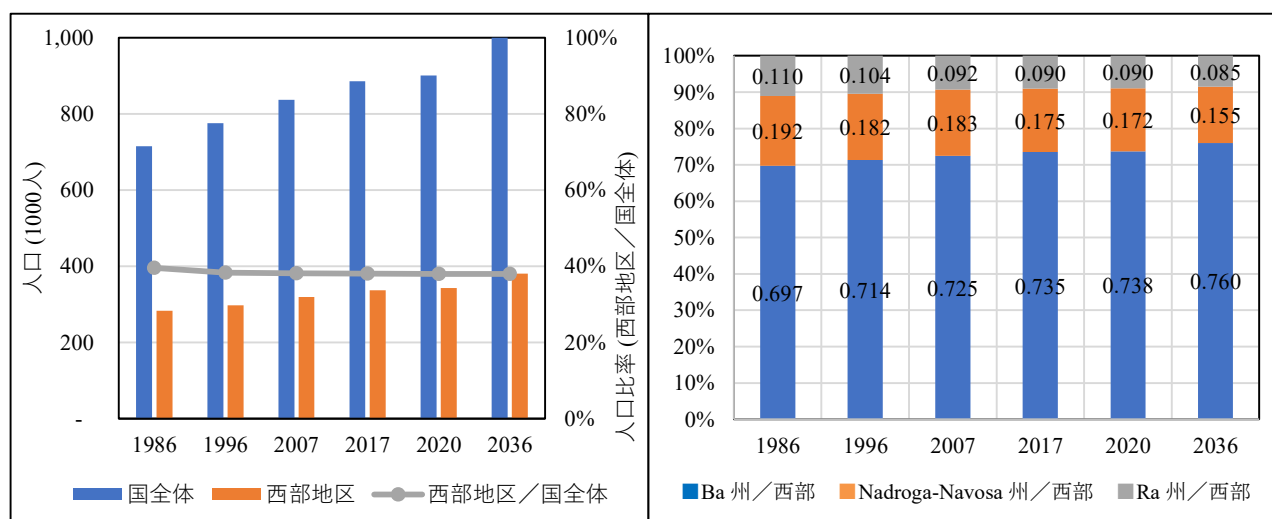
出典：フィジー国統計局・JET

図 5-1.2 過年度実績を踏まえた人口予測

(2) 地区および州

過年度におけるフィジー国全土に対する西部地区の人口推移、ならびに、西部地区内 3 州の人口比率を図 5-1.3 に示す。フィジー国全土に対する西部地区の人口比率は過年度から 38%で推移していることから、2036 年においてもフィジー国全人口 100 万人の 38%に当たる 38 万人を西部地区の将来人口とする。

州別の人口比率の推移について、Ba 州が微増、Nadroga-Navosa 州および Ra 州が微減傾向を示しており、Nadi・Lautoka を有する Ba 州の微増は今後も続くものと想定される。過年度の比率の推移を踏まえて、2036 年における Ba 州、Nadroga-Navosa 州、Ra 州の人口比率はそれぞれ 76%、15.5%、8.5%とする。過年度の人口を含めた西部地区の人口、州別の人口を表 5-1.1 に示す。



出典：フィジー国統計局・JET

図 5-1.3 西部地区の人口比率および西部地区 3 州の人口比率

表 5-1.1 西部地区人口、州別人口の予測値

年	フィジー 国全土	西部地区		Ba 州		Nadroga-Navosa 州		Ra 州	
	人口 (人)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)	人口 (人)	比率 (%)
1986	715,375	283,349	39.6%	197,633	69.7%	54,431	19.2%	31,285	11.0%
1996	775,077	297,184	38.3%	212,197	71.4%	54,083	18.2%	30,904	10.4%
2007	837,271	319,611	38.2%	231,760	72.5%	58,387	18.3%	29,464	9.2%
2017	884,887	337,041	38.1%	247,685	73.5%	58,940	17.5%	30,416	9.0%
2020	901,000	342,700	38.0%	252,900	73.8%	59,100	17.2%	30,700	9.0%
2036	1,000,000	380,000	38.0%	288,800	76.0%	58,900	15.5%	32,300	8.5%

出典：フィジー国統計局・JET

(3) Urban、Peri-Urban、Rural

2017 年における州別の Urban、Peri-Urban、Rural 区域内の人口およびその構成比率を表 5-1.2 に示す。Urban は各市町にて設定されている City Boundary、Town Boundary と概ね同様であり¹⁵、2017 年で約 25%の人口が Urban 区域に属する。現状では開発が進んでいない Peri-Urban 区域は 30%程度の人口が属し、残りの 45%の人口が Rural 地区に分布する。

フィジー国統計局による 2036 年の人口分布では Urban、Peri-Urban、Rural の人口比率をそれぞれ 31%、43%、26%と設定しており、今後の市町の発展による中心部・周辺部への人口移動が加味されている。本計画も同様の人口比率を採用し、2017 年の比率に準じて、州別の Urban、Peri-Urban、Rural の人口を分配し設定した（表 5-1.2 下段）。

表 5-1.2 州別の Urban、Peri-Urban、Rural 区域内の人口

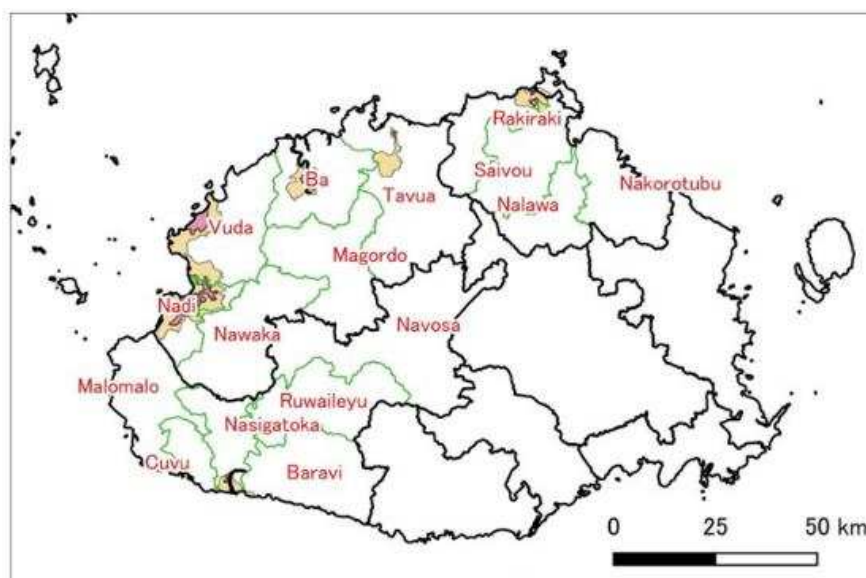
	州 区分	Ba	Nadroga- Navosa	Ra	小計	構成比率
2017	Urban	81,662	1,533	1,672	84,867	25.2%
	Peri-Urban	85,145	8,976	4,292	98,413	29.2%
	Rural	80,878	48,431	24,452	153,761	45.6%
	小計	247,685	58,940	30,416	337,041	100.0%
	構成比率	73.5%	17.5%	9.0%	100%	
2036	Urban	113,800	1,900	2,100	117,800	31.0%
	Peri-Urban	143,400	13,400	6,600	163,400	43.0%
	Rural	31,600	43,600	23,600	98,800	26.0%
	小計	288,800	58,900	32,300	380,000	100.0%
	構成比率	76.0%	15.5%	8.5%	100%	

出典：フィジー国統計局、JET

(4) District (Tikina)

フィジー国では州の下位の行政単位として District (Tikina) が存在し（図 5-1.4 参照）、センサス等の集計単位は District 単位である。2036 年の District 別の人口は 2017 年における District 別の比率で持って分配し、表 5-1.3 の通りとなる。Urban、Peri-Urban の人口が多くなるため、Rural のみで構成される District の人口は微減となる。

¹⁵ ナンディのみ現状の Town Boundary は Urban 区域の一部であり、将来の Town Boundary として示される区域が Urban と合致する。



出典：フィジー国統計局・JET

図 5-1.4 西部地区 3 州と District

表 5-1.3 District 別の将来人口

州	District (Tikina)	2017 年人口				2036 年人口			
		合計	Urban	Peri- Urban	Rural	Total	Urban	Peri- Urban	Rural
Ba	Ba	39,372	6,405	9,441	23,526	36,020	8,930	19,900	7,190
	Magodro	4,806			4,806	4,810			4,810
	Nadi	59,717	29,016	29,422	1,279	86,380	40,440	45,550	390
	Naviti *	2,910			2,910	2,910			2,910
	Nawaka	16,121		8,406	7,715	16,510		14,160	2,350
	Tavua	23,269	1,194	7,616	14,459	18,900	1,660	12,830	4,410
	Vuda	99,264	45,047	30,259	23,958	121,040	62,770	50,960	7,310
	Yasawa *	2,226			2,226	2,230			2,230
小計		247,685	81,662	85,145	80,878	288,800	113,800	143,400	31,600
Ra	Nakorotubu	4,392			4,392	4,240			4,240
	Nalawa	4,932			4,932	4,760			4,760
	Rakiraki	13,908	1,672	3,949	8,287	16,170	2,100	6,070	8,000
	Saivou	7,184		343	6,841	7,130		530	6,600
小計		30,416	1,672	4,292	24,452	32,300	2,100	6,600	23,600
Nadroga Navosa	Barava	8,332		628	7,704	7,880		940	6,940
	Cuvu	7,264			7,264	6,540			6,540
	Malolo *	3,211			3,211	2,890			2,890
	Malomalo	15,484			15,484	13,930			13,930
	Nasigatoka	14,338	1,533	8,348	4,457	18,370	1,900	12,460	4,010
	Navosa	5,106			5,106	4,600			4,600
	Ruwailevu	4,430			4,430	3,990			3,990
	Vatulele *	775			775	700			700
小計		58,940	1,533	8,976	48,431	58,900	1,900	13,400	43,600
西部地区		337,041	84,867	98,413	153,761	380,000	117,800	163,400	98,800

斜体*: Viti Levu 島外の小島群。

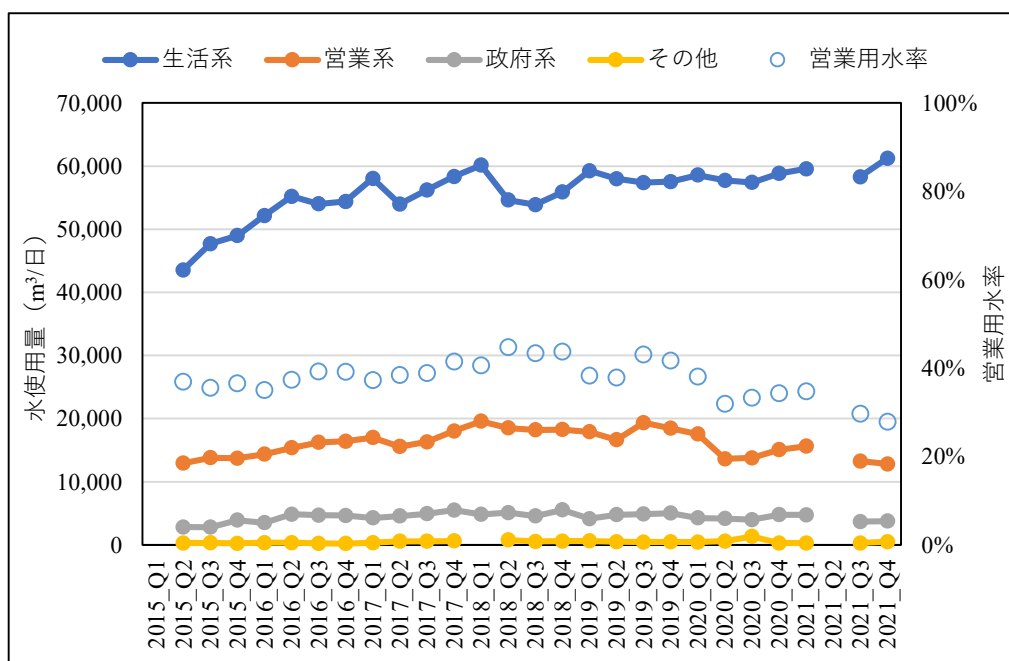
出典：フィジー国統計局、JET

5-1-3 各種水量原単位

(1) 過年度実績

現在、WAF は西部地区の 6 市町に水道サービスを提供している。サービス区域全域を対象とした 2015 年からの 4 半期ごとの用途別有収水量の推移を図 5-1.5 に示す。

- 生活系は過年度から COVID-19 の流行開始（2020 年第 2 四半期）までは微増傾向を示したが、パンデミック以降は横ばい傾向である。
- 営業系も同様に緩やかな伸びであったが、COVID-19 の流行により下降しており、営業用水率（営業系/生活系）も明らかに下降している。
- 以上より、生活系の水使用は直近の数値で問題ないと考えられるが、営業系の傾向を把握するには 2019 年値を採用する事が妥当と考えられる。



出典：WAF

図 5-1.5 用途別有収水量の経年変化（6 市町合計）

(2) 生活系原単位

2021 年第一四半期における生活系有収水量等を表 5-1.4 に示す。1 接続当たりの人口を 4.5 人/世帯とすれば、使用水量原単位は 190～250 L/人/日の幅があり、6 市町平均で 236 L/人/日となる。現在、WAF では生活系水使用量を 220 (L/人/日) と設定し、汚水回収率を 90%と定めている。表 5-1.4 に示す 6 市町平均の実績値からすれば、大きな乖離は無く、WAF で定める計画設定値を採用する。

表 5-1.4 生活系有収水量

市町	生活系有収水量		接続件数	1 接続当たり人口	使用水量原単位
	(m ³ /3 ヶ月)	(m ³ /日)	(接続)	(人/接続)	(L/日/人)
Nadi	1,993,236	22,147	19,713	4.5	0.250
Lautoka	1,778,871	19,765	17,436	4.5	0.252
Ba	677,151	7,524	8,321	4.5	0.201
Tavua	237,936	2,644	2,841	4.5	0.207
Rakiraki	154,442	1,716	2,006	4.5	0.190
Sigatoka	399,114	4,435	4,564	4.5	0.216
合計	5,240,750	58,231	54,881	4.5	0.236

出典：WAF

(3) 営業用原単位

営業用汚水は、商業（病院、学校等を含む）・官公庁等の水利用に起因する汚水である。店舗やレストラン等多様なサービスの種類が存在し個々の使用水量を推定するのは困難であるため、営業用汚水量は家庭汚水量に、生活系使用水量に対する営業用水量の割合（営業用水率）を乗じて算定する。

2019 年における用途別有収水量を表 5-1.5 に示す。今回の検討対象都市における営業用水率はおよそ 15～60%の範囲であり、空港・ホテル及び商業施設が集積する Nadi、Lautoka では高い数値となっている。

表 5-1.5 市町別用途別有収水量（2019 年値）

No	カテゴリ		Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka	Remarks
1	一般家庭	m ³	22,110	19,648	7,042	2,596	1,869	4,797	
2	商業	m ³	8,007	5,895	1,363	202	371	2,274	
3	官公庁	m ³	801	2,535	471	218	174	529	
4	その他	m ³	352	37	123	0	6	1	
5	合計	m ³	31,271	28,114	8,999	3,016	2,420	7,601	1+2+3+4
6	営業用水率	%	41.4	43.1	27.8	16.2	29.5	58.5	(2+3+4)/1

出典：WAF

6 市町の営業用水率は実績をラウンドし、以下のとおり計画値を設定する。

表 5-1.6 市町別営業用水率

	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
営業用水率 (%)	40	45	30	20	30	60

出典：JET

(4) 浸入水量

計画下水量には管渠の継手等からの地下水の浸入水量を見込む。2019 年に策定された Rakiraki の下水道 M/P では発生汚水量の 10%を余裕分として見込んでいる。日本や他国の事例からも一般的な数値であることから 10%を浸入水量として見込む。

(5) 原単位まとめ

各種原単位を纏めて示せば表 5-1.7 の通りである。

表 5-1.7 汚水量原単位等一覧

項目	単位	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
家庭使用水量（一律）	L/日/人	220	220	220	220	220	220
回収率	%	90	90	90	90	90	90
家庭排水量原単位（一律）	L/日/人	200	200	200	200	200	200
営業用水率	%	40	45	30	20	30	60
浸入水率	%	10	10	10	10	10	10

出典：JET

5-2 集合処理の検討

5-2-1 目標

70%の人口が集合処理区域へのアクセスが可能となる様に集合処理対象地区を設定する。西部地区における 2036 年人口は表 5-1.1 の通り 380,000 人であることから、集合処理へのアクセス率 70%を達成するためには、266,000 人を集合処理対象人口とする必要がある。また、差分の 114,000 人が分散処理の対象人口となる。

他方、現況の整備区域に比較して大幅な集合処理区域の拡張が必要となることから、集合処理対象区域においても、効率性・経済性の観点から整備すべき区域の順序が把握できるように対象地域を設定する。

5-2-2 集合処理区域の検討項目

集合処理対象地区の選定に当たって、考慮される事項について、重要度から示せば下記が挙げられる。

- a) 市町が設定する中心区域 (City Boundary、Town Boundary) (フィジー統計局の「Urban」区域)
- b) Peri-Urban 区域の人口密集区域
- c) 水道整備済み区域
- d) 水道整備計画区域両方

a) について City Boundary、Town Boundary は各市町が当該区域内で将来的に積極的に開発を行う地区であり Building Code 等に対応するためにも下水道サービスの提供が必須となる。

b) については、水道整備済み区域における水使用は、未整備区域に比較すれば一般的には多く、また、使用料金の回収が容易である利点がある。c) について、a) の外部における宅地やレジャー用地の開発行為も多く、これらの区域は水道整備予定に含まれる事から、合わせて下水道サービスの提供を行う。

5-2-3 集合処理区の設定

上記 5-2-2 における検討項目を網羅した集合処理対象地区でカバーできる人口は目標である 70%を上回る。2036 年将来人口ベースでの各州の集合処理対象人口を示せば表 5-2.1 のとおりであり、集

合処理対象地区を図示すれば図 5-2.1～図 5-2.3 のとおりである。

表 5-2.1 地区別の集合処理・分散処理の人口

州	地区 (Tikina)	集合処理				分散処理			
		合計	Urban	Peri- Urban	Rural	合計	Urban	Peri- Urban	Rural
Ba	Ba	31,200	8,930	18,900	3,370	4,820	-	1,000	3,820
	Magodro	0	-	-	-	4,810	-	-	4,810
	Nadi	80,870	40,440	40,430	-	5,510	-	5,120	390
	Naviti *	0	-	-	-	2,910	-	-	2,910
	Nawaka	9,960	-	9,960	-	6,550	-	4,200	2,350
	Tavua	13,100	1,660	10,140	1,300	5,800	-	2,690	3,110
	Vuda	107,870	62,770	45,100	-	13,170	-	5,860	7,310
	Yasawa *	0	-	-	-	2,230	-	-	2,230
	小計	243,000	113,800	124,530	4,670	45,800	0	18,870	26,930
Ra	Nakorotubu	0	-	-	-	4,240	-	-	4,240
	Nalawa	0	-	-	-	4,760	-	-	4,760
	Rakiraki	7,100	2,100	4,620	380	9,070	-	1,450	7,620
	Saivou	0	-	-	-	7,130	-	530	6,600
	小計	7,100	2,100	4,620	380	25,200	0	1,980	23,220
Nadroga Navosa	Barava	940	-	940	-	6,940	-	-	6,940
	Cuvu	430	-	-	430	6,110	-	-	6,110
	Malolo *	0	-	-	-	2,890	-	-	2,890
	Malomalo	0	-	-	-	13,930	-	-	13,930
	Nasigatoka	14,530	1,900	12,460	170	3,840	-	-	3,840
	Navosa	0	-	-	-	4,600	-	-	4,600
	Ruwailevu	0	-	-	-	3,990	-	-	3,990
	Vatulele *	0	-	-	-	700	-	-	700
	小計	15,900	1,900	13,400	600	43,000	0	0	43,000
西部地区		266,000	117,800	142,550	5,650	114,000	0	20,850	93,150

斜体*: Viti Levu 島外の小島群。

出典：フィジー国統計局、JET

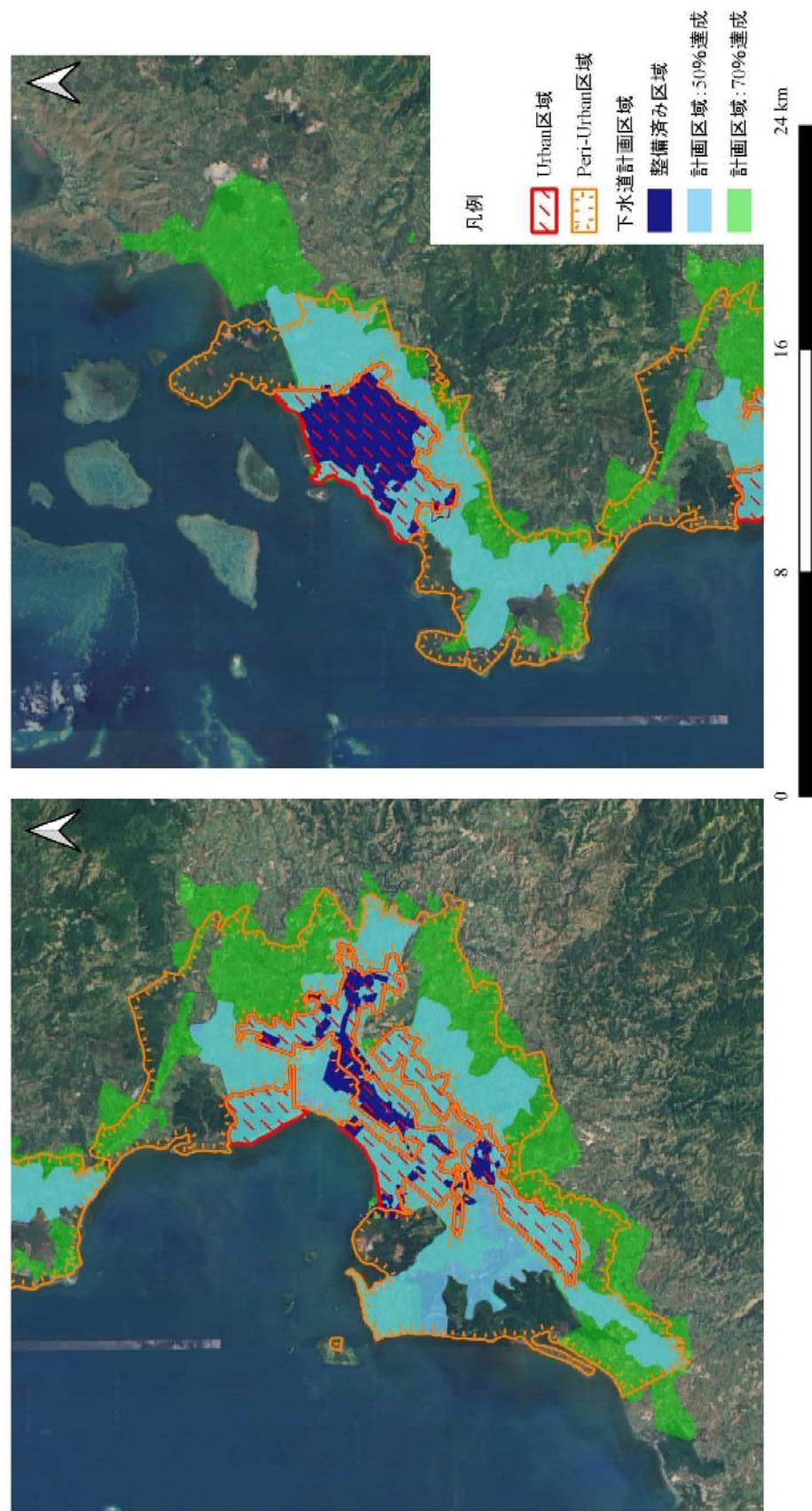


図 5-2.1 集処理対象地区 (Nadi、Lautoka)

出典：JET

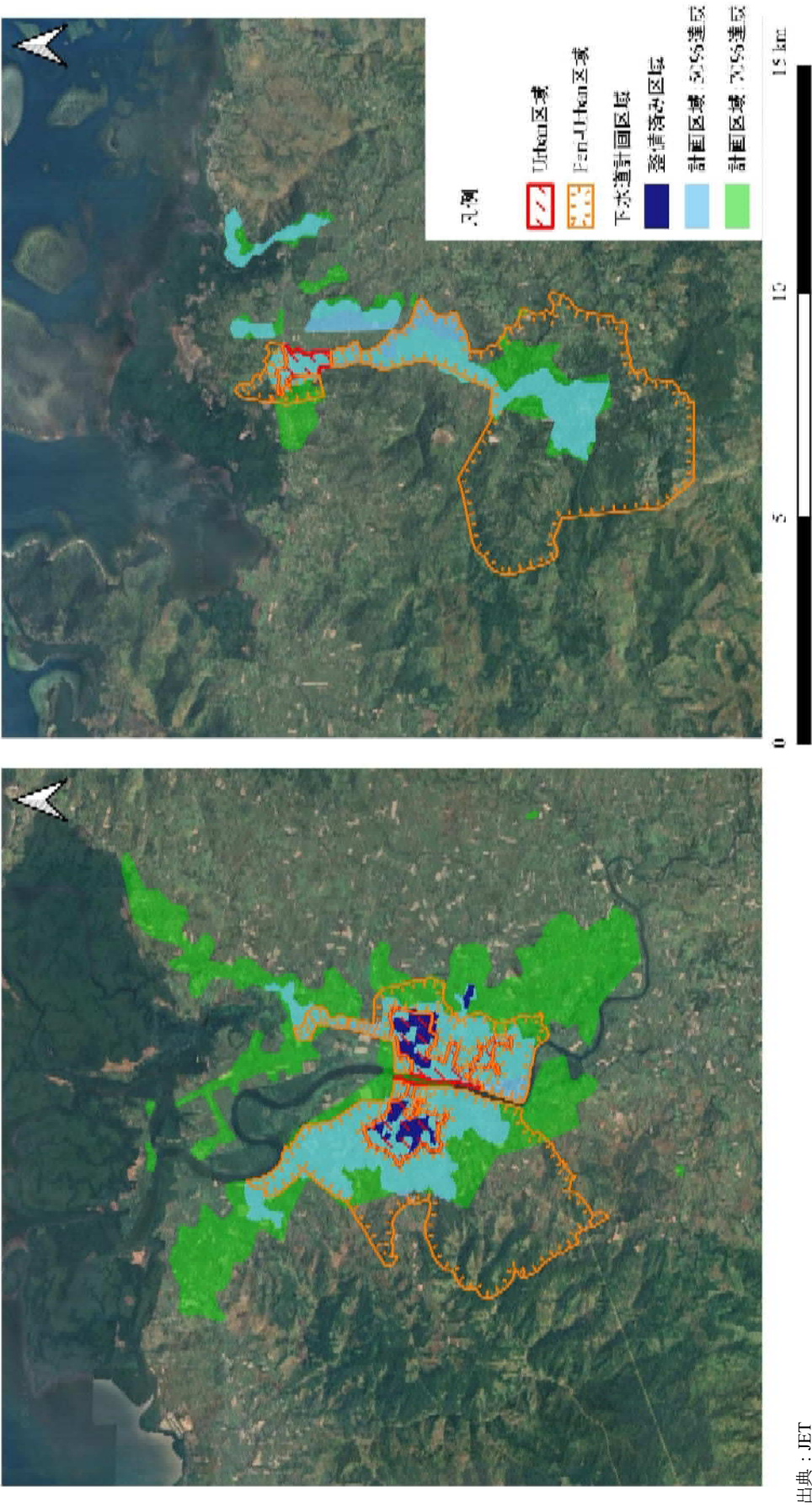


図 5-2.2 集合処理対象地区 (Ba、Tavua)

出典：JET

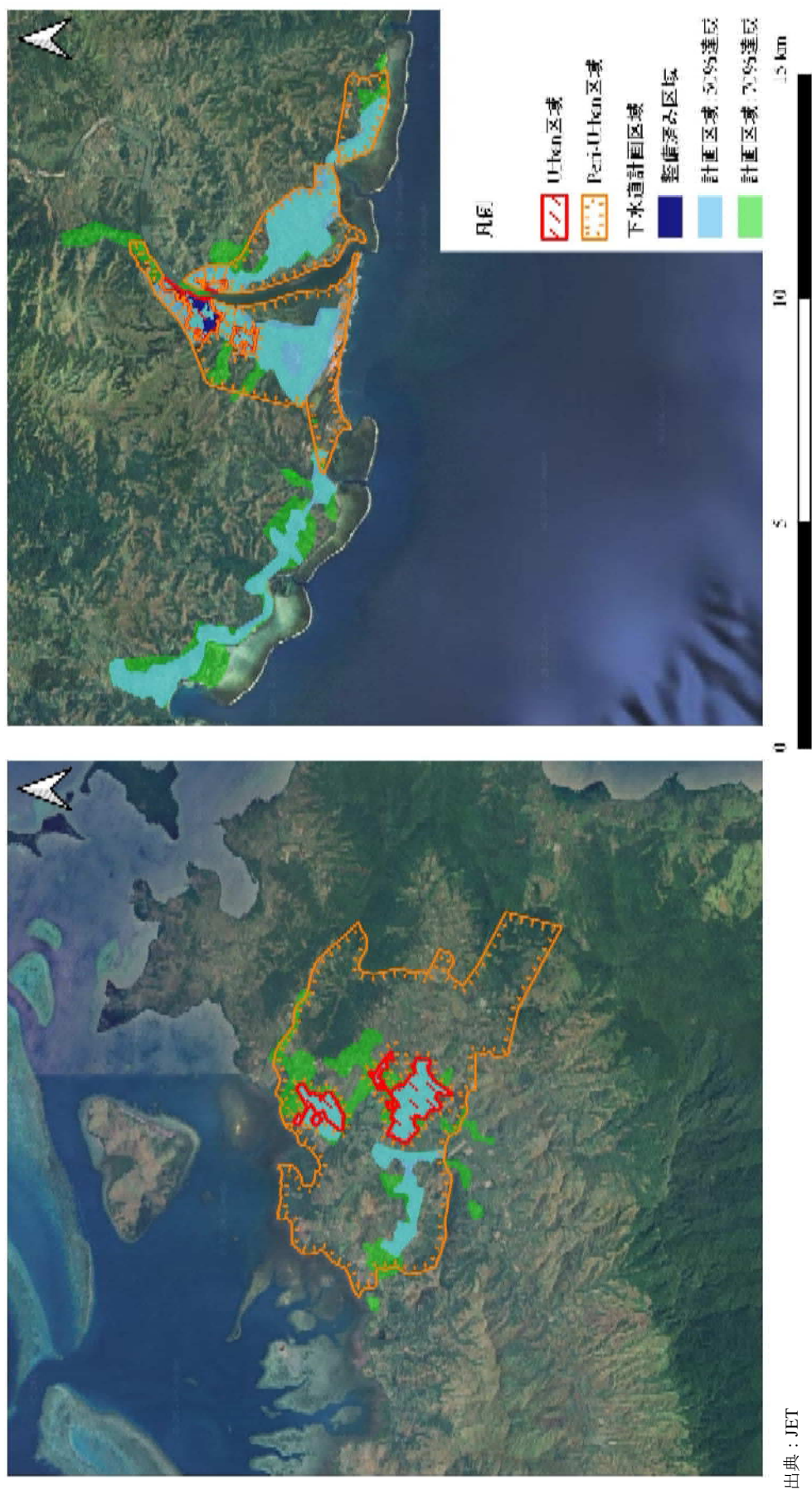


図 5-2.3 集合処理対象地区 (Rakiraki、Sigatoka)

5-2-4 計画汚水量

前項 5-2-3 にて設定した集合処理対象地区での発生汚水量を表 5-2.2 に示す。1 市町に処理場を 1 か所設置する場合は表 5-2.2 の計画水量の規模の下水処理場を建設する事になり、その日平均汚水量は 2,000～32,000m³/日程度となる。

表 5-2.2 処理区概略規模一覧

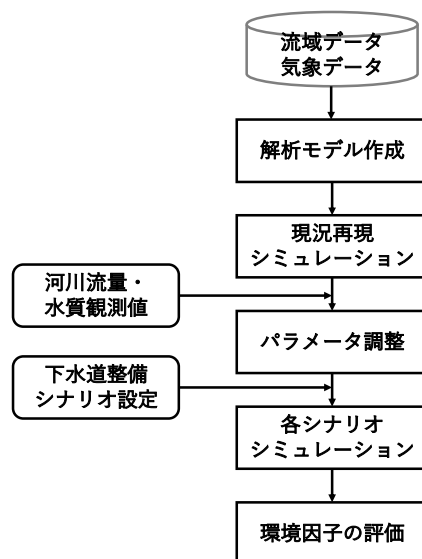
No	項目	単位	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
1	人口	人	101,600	97,100	31,200	13,100	7,100	15,900
2	使用水量原単位	m ³ /日/人	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
3	回収率	%	90	90	90	90	90	90
4	汚水量原単位	m ³ /日/人	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
5	生活系汚水量	m ³ /日	20,320	19,420	6,240	2,620	1,420	3,180
6	営業用水率	%	40	45	30	20	30	60
7	営業系汚水量	m ³ /日	8,128	8,739	1,872	524	426	1,908
8	発生汚水量	m ³ /日	28,448	28,159	8,112	3,144	1,846	5,088
9	浸入水率	%	10	10	10	10	10	10
10	浸入水量	m ³ /日	2,845	2,816	811	314	185	509
11	計画汚水量（日平均）	m ³ /日	31,293	30,975	8,923	3,458	2,031	5,597
12	計画汚水量（日最大）	m ³ /日	62,586	61,950	17,846	6,917	4,061	11,194
13	計画汚水量（雨天時最大）	m ³ /日	156,464	154,875	44,616	17,292	10,153	27,984

出典：JET

5-2-5 下水道整備による河川水質改善効果の推定

(1) シミュレーション概要

下水道をはじめとする汚水処理施設の整備による河川水質の改善効果を定量的に評価するためにシミュレーションを行う。評価手順を図 5-2.4 に示す。



出典：JET

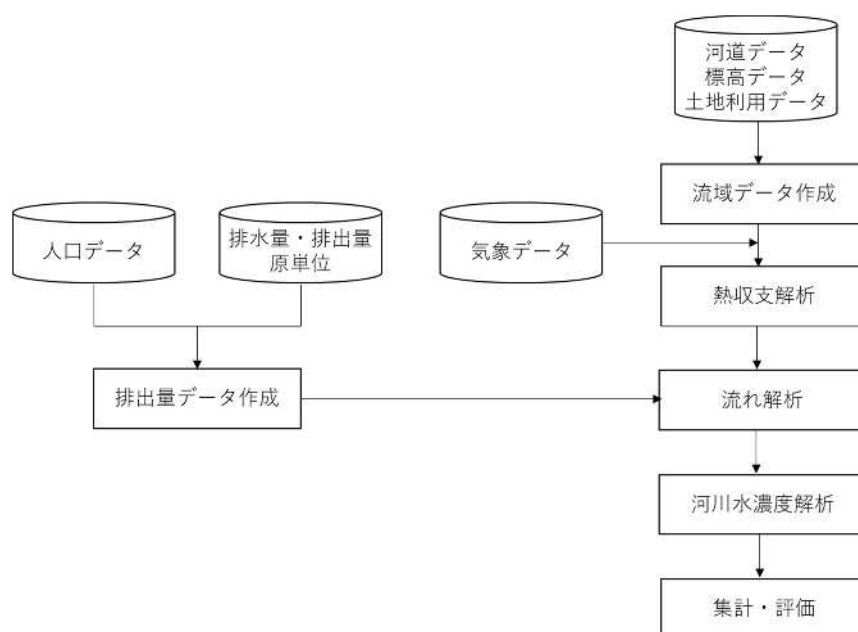
図 5-2.4 評価手順

解析モデルは AIST-SHANEL 国際版プロトタイプモデルを使用した。解析は分布型モデルによる非定常解析とし、対象流域を 1km メッシュに分割し、各々のメッシュに河道を設定して解析した。解析モデルの作成にはグローバルデータを用いた。モデルの概要および使用したデータを表 5-2.3 に、シミュレーションモデルの構成を図 5-2.5 に示す。公開されているグローバルデータをもとに、流域データ、気象条件を設定し、河川流量および河川水濃度をシミュレーションした。

表 5-2.3 モデルの概要と使用データ

モデル概要		グローバルデータ	
解析方法	分布型モデルによる非定常解析	河道データ	Hydro 1K
時間解像度	1 日	標高データ	GTOPO30
空間解像度	1km	土地利用データ	GLCC
		人口データ	GPW v4
		気象データ	JRA55

出典：JET



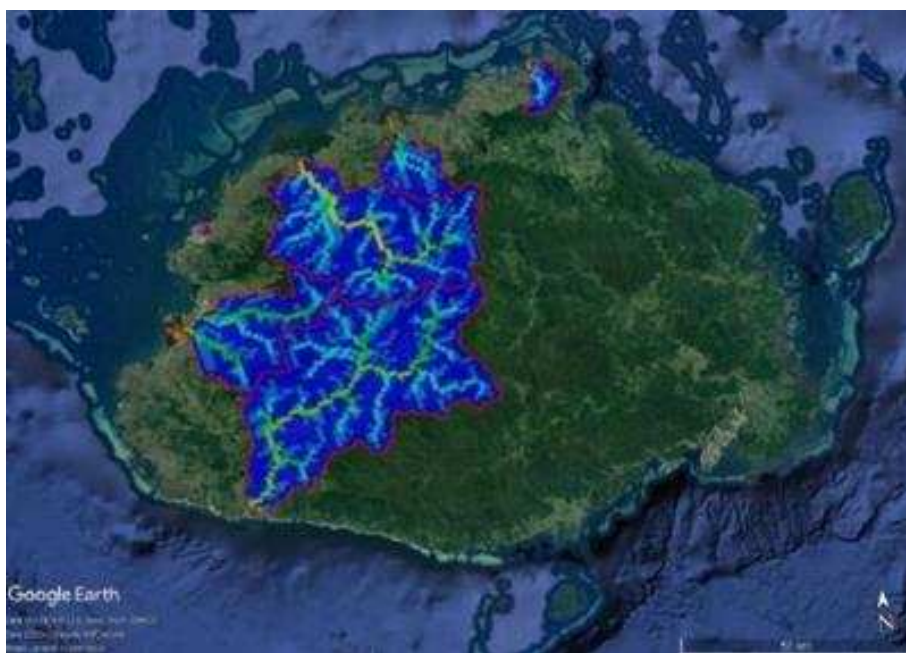
出典：JET

図 5-2.5 シミュレーションモデルの構成

(2) 流域データの作成

1) 河道データ

USGS（U.S. Geological Survey：米国地質調査所、米国内務省傘下の研究機関）が公表する流向メッシュデータ Hydro1k データベースから落水線メッシュデータに変換し、河道データを作成した。河道網の面的分布を図 5-2.6 に示す。

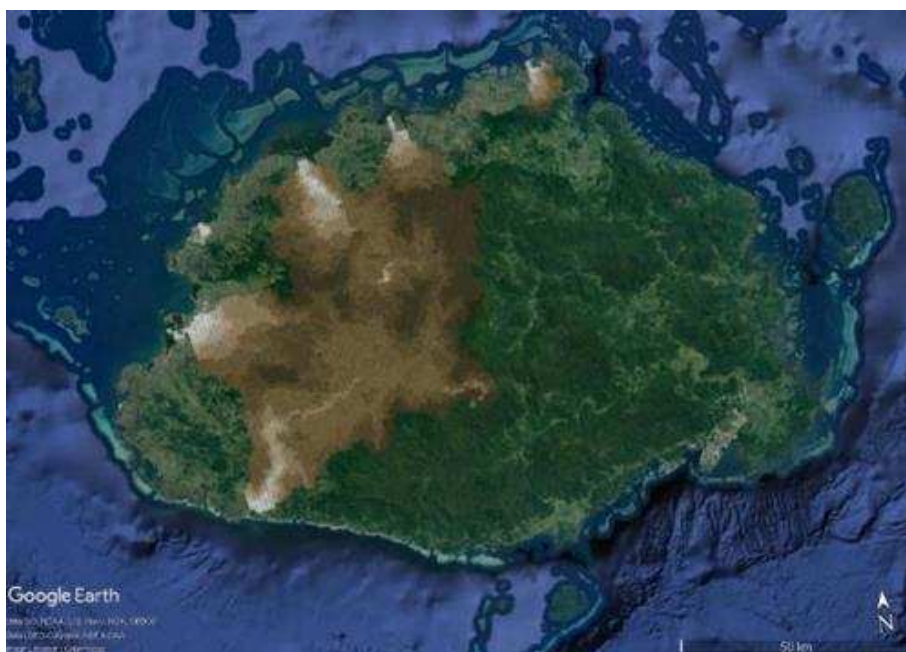


出典：JET

図 5-2.6 対象水系の河道網

2) 標高データ

GTOPO30 は USGS が世界各地の DEM 所有機関からデータを収集して統合することにより作成された標高モデルである。データは USGS の提供する Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) より、標高データをダウンロードした。対象年は 1996 年である。



出典：JET

図 5-2.7 対象水系の標高

3) 土地利用データ

GLCC (GLOBAL LAND COVER CHARACTERIZATION) ver.2.0 は GTOPO30 と同様、USGS が提供するグローバル土地利用データベースである。GLCC の土地利用データは 1992 年 4 月から 1993 年 3 月にかけて衛星の改造型超高分解能放射計 (AVHRR) センサーから得た情報をもとに構築されている。データは USGS の提供する EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) よりダウンロードした。なお、GLCC の土地利用は以下の 24 種類に区分されるが、これを Hydro-BEAM (京都大学) を参考に、表 5-2.4 のように再定義した。

表 5-2.4 土地利用の再定義

No.	Land use		再定義				
			Urban	Moutain and Forest	Cropland -field	Cropland	Water body
			1)都市	2)山林	3)水田	4)畑	5)水域
1	Urban and Built-Up Land	都市	○				
2	Dryland Cropland and Pasture	乾燥／耕作地				○	
3	Irrigated Cropland and Pasture	灌漑地			○		
4	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture	灌漑地			○		
5	Cropland/Grassland Mosaic	乾燥／耕作地				○	
6	Cropland/Woodland Mosaic	草原				○	
7	Grassland	低木地				○	
8	Shrubland	低木地／草原				○	
9	Mixed Shrubland/Grassland	熱帯、亜熱帯草原				○	
10	Savanna	山林		○			
11	Deciduous Broadleaf Forest	山林		○			
12	Deciduous Needleleaf Forest	山林		○			
13	Evergreen Broadleaf Forest	山林		○			
14	Evergreen Needleleaf Forest	山林		○			
15	Mixed Forest	山林		○			
16	Water Bodies	水域					○
17	Herbaceous Wetland	水域					○
18	Wooded Wetland	水域					○
19	Barren or Sparsely Vegetated	低木地	○				
20	Herbaceous Tundra	草原		○			
21	Wooded Tundra	草原		○			
22	Mixed Tundra	草原		○			
23	Bare Ground Tundra	草原					○
24	Snow or Ice	雪氷地					○
99	Interrupted Areas	無効データ					
100	Missing Data	無効データ					

注) No.は収納されている番号を示す。

出典：JET

4) 人口データ

GPW (Gridded Population of World) .v4 は NASA (National Aeronautics and Space Administration : 米国航空宇宙局) が公表している人口密度分布のデータベースである。フィジー国の最新の人口分布は 2007 年の国勢調査を基に作成されているため、最新の 2017 年の総人口を用いて、2007 年～2017 年の人口上昇率を全メッシュに乗じて補正した。

5) 汚濁解析モデル

河川の自浄作用には、移流・拡散、分解、沈降、脱窒、溶出、分画といった複数の現象が考えられるが、すべての現象をモデル化することは困難であること、原単位や面源負荷量も概算で与えることから、移流・拡散を除く現象に関しては総括的に消失速度と定義して解析した。

6) 原単位の設定

フィジーにおける汚濁物質の原単位は不明であるため、雑排水は日本での原単位の平均値とし、し尿についてはセプティックタンクでの除去率を考慮し、表 5-2.5 のように設定した。なお、汚水量の原単位は 200 (L/人/日) とした。

表 5-2.5 原単位の設定

項目	セプティックタンク 除去率	内訳(g/人/日)		合計 (g/人/日)
		し尿	雑排水	
BOD	50% ¹⁶	9.00	40.00	49.00
COD	50% ¹⁶	5.00	18.00	23.00
SS	85% ¹⁷	3.00	24.00	27.00
T-N	70% ¹⁶	2.70	4.00	6.70
T-P	80% ¹⁶	0.18	0.50	0.68

出典：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説（平成 27 年 1 月）

(3) モデルの検証とキャリブレーション

1) 気象条件

気象データ（降雨量、海面更生氣圧、気温、比湿、風速）は、気象庁と(財)電力中央研究所が実施した全球長期再解析 JRA-55 を用いた。対象年は流量および水質観測が実施された 2021 年とした。

2) 観測地点

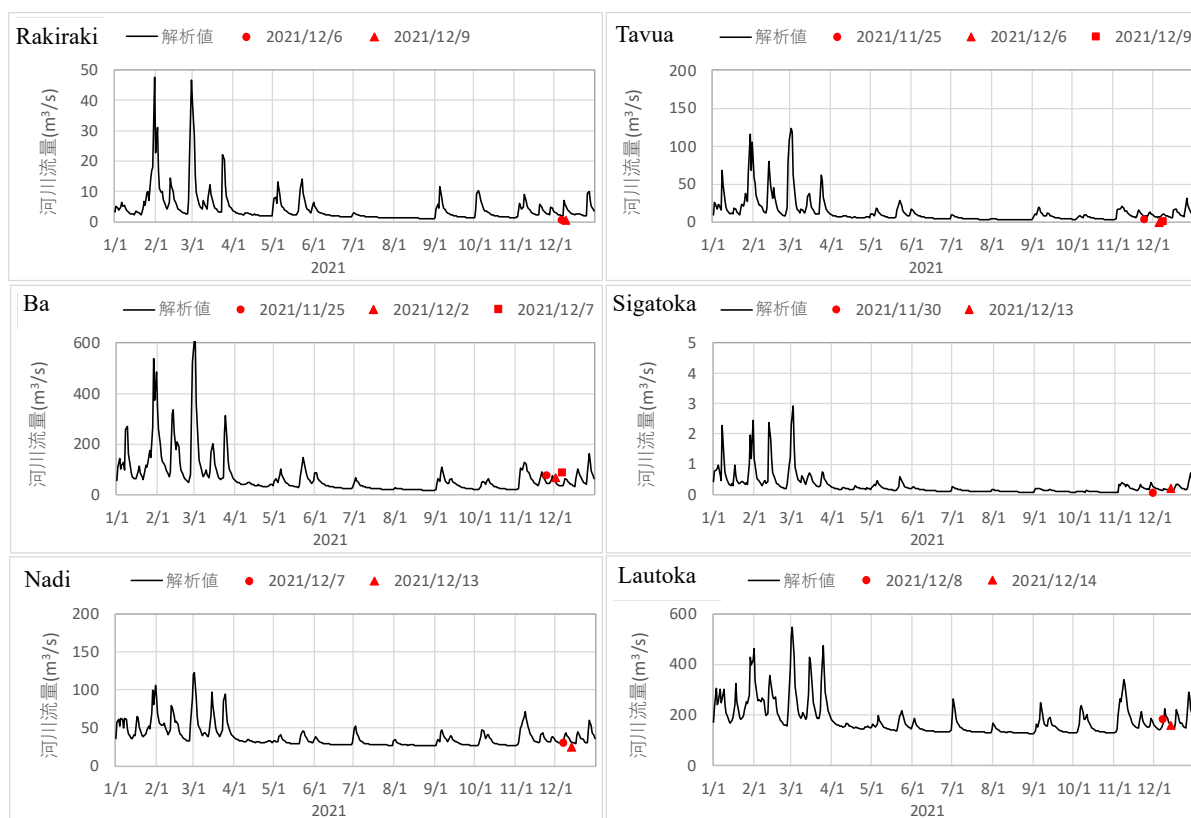
観測地点は 3-4 に示した河川流量調査、水質調査と同様の地点とする。

3) 流量の検証

キャリブレーションの結果、Viti Levu 島北側の Rakiraki、Tavua、Ba、Lautoka については間隙率を 10%とし、西側の Nadi と Sigatoka の間隙率は 0.22%とした。その結果、図 5-2.8 に示すとおり観測値との誤差は僅かであり再現性は十分にあるといえる。

¹⁶ 国土技術政策総合研究所：発展途上国に適した低コスト型新下水道システムの開発に関する研究

¹⁷ 須藤隆一：生活雑排水に関する技術的諸問題,環境技術 特集・生活系排水処理

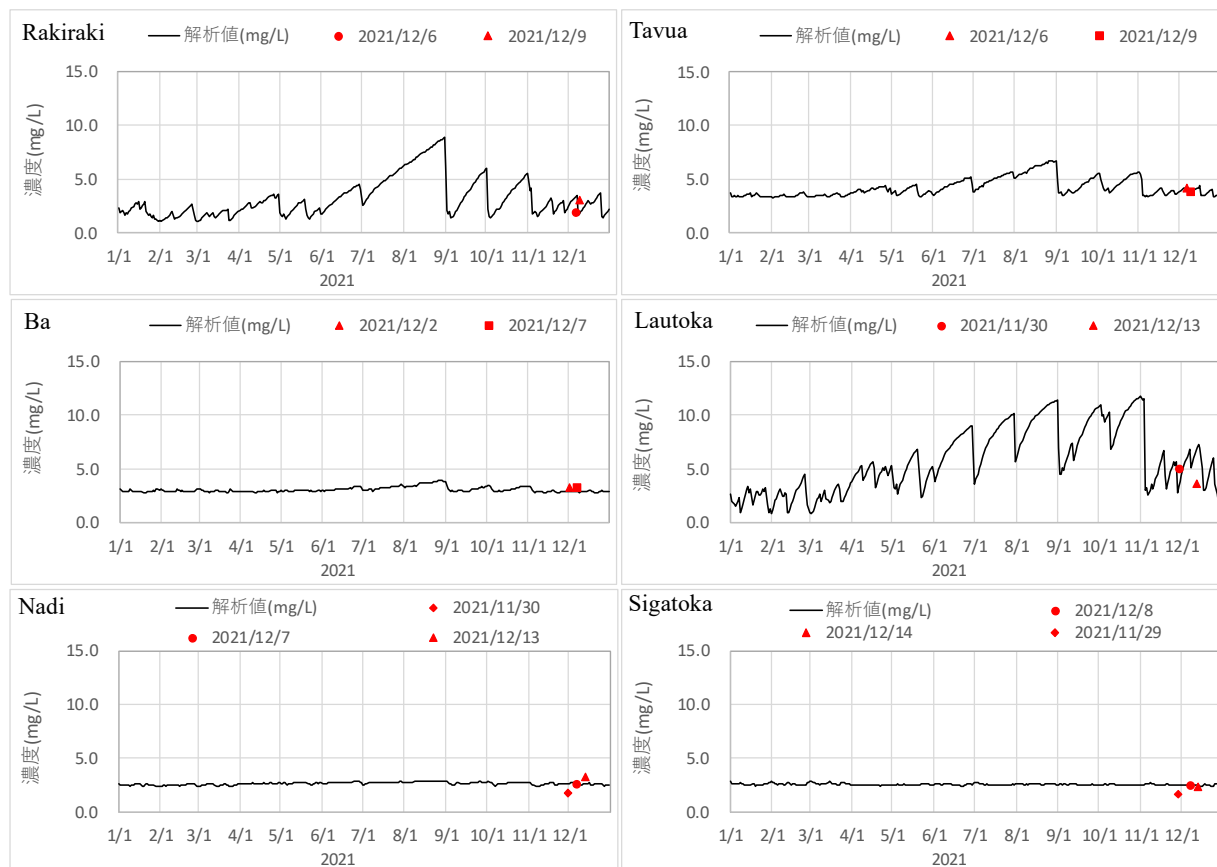


出典 : JET

図 5-2.8 河川流量の検証

4) 水質の検証

BOD のキャリブレーションの結果として観測値と解析値の比較を図 5-2.9 に示す。流達率のキャリブレーションにより実測値を再現できている。



出典：JET

図 5-2.9 観測値と解析値の比較

(4) 下水道施設の整備効果

1) 気象条件

気象データは、気象庁が公表する Nadi の月降水量から、平均的な年のデータを採用することとした。表 5-2.6 に示す通り、過去 10 年間の年間降水量および年平均気温が平年値（1991～2020 年の平均値）に最も近い年である 2013 年を対象年とした。解析に用いる気象データは現況解析と同様に JRA-55 の値を用いた。

表 5-2.6 Nadi の年間降水量と年平均気温

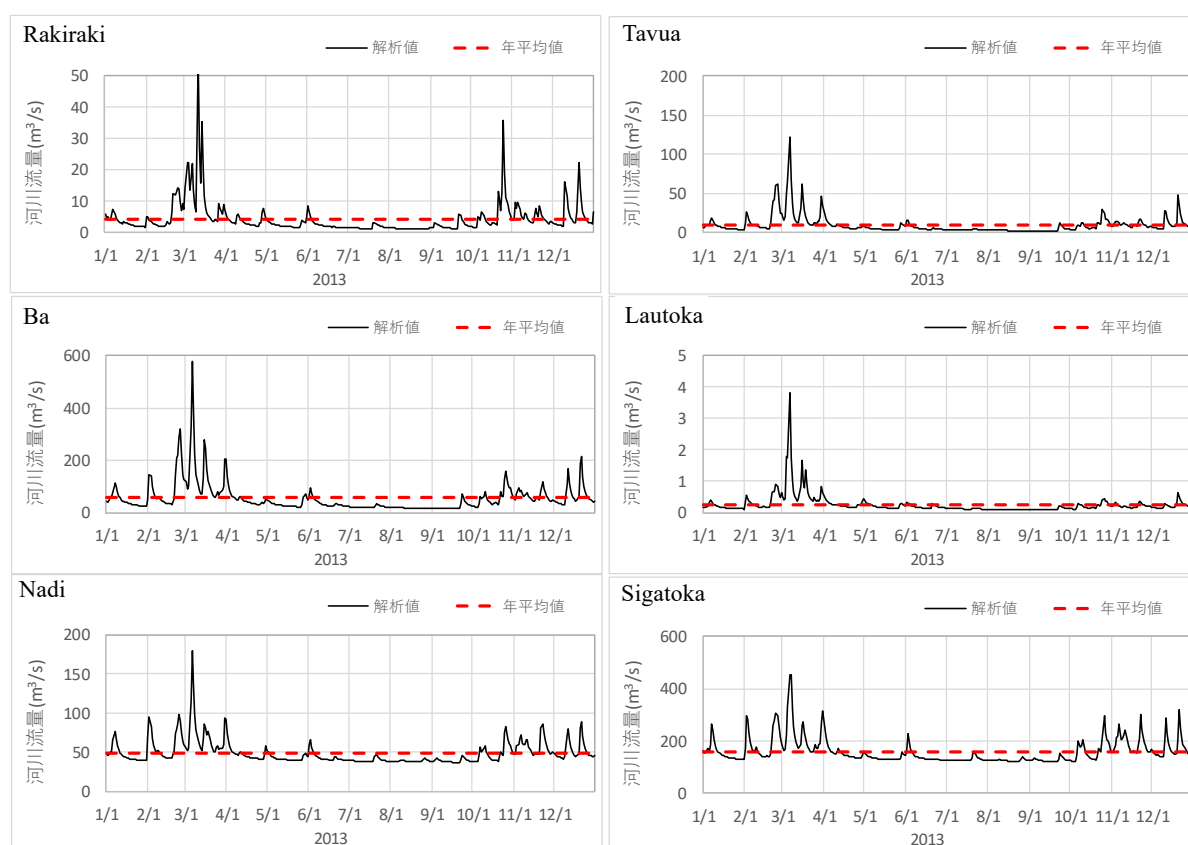
●月降水量(mm)

月	平年値	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	368	960	88	402	206	227	314	335	402	78	539
2	348	574	465	244	347	427	787	530	85	122	333
3	358.7	694	342	137	154	324	510	413	—	785	309
4	193.2	235	104	117	95	500	49	344	324	177	63
5	100.8	37	116	134	—	21	55	110	—	156	122
6	58.9	312	125	1	15	28	—	53	58	29	42
7	49.4	33	6	13	16	13	21	1	65	60	9
8	64.3	66	11	0	40	197	61	6	20	17	5
9	67.8	211	155	8	63	7	4	42	90	51	71
10	87.9	104	119	37	25	165	28	173	133	149	41
11	133.1	122	239	89	29	123	139	—	48	145	242
12	222.3	199	258	124	182	270	202	100	202	170	373
年間降水量	2052.4	3547	2028	1306	1172	2302	2170	2107	1427	1939	2149
(平年値)-(年別値)		1494.6	24.4	746.4	880.4	249.6	117.6	54.6	625.4	113.4	96.6

出典：JET

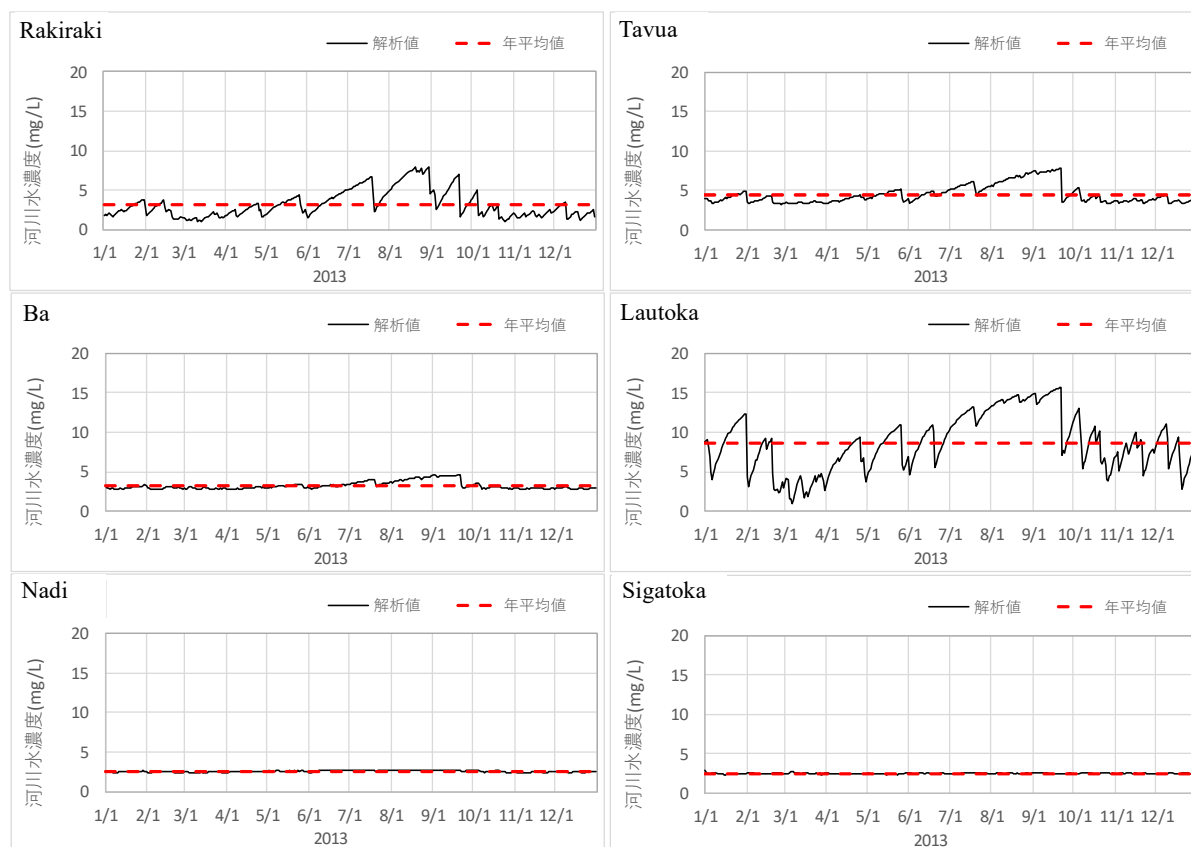
2) 現況解析

各水系の最下流地点でのハイドログラフを図 5-2.10 に、BOD 濃度の経日変化を図 5-2.11 に示す。また、河川流量と BOD 濃度の年平均値を表 5-2.7 に示す。



出典：JET

図 5-2.10 ハイドログラフ



出典：JET

図 5-2.11 BOD 濃度

表 5-2.7 年平均流量と BOD

水系名	最下流地点		観測地点	
	河川流量 (m ³ /s)	BOD 濃度 (mg/L)	河川流量 (m ³ /s)	BOD 濃度 (mg/L)
Rakiraki	4.42	3.19	4.20	3.21
Tavua	9.97	4.49	9.86	4.54
Ba	56.04	3.22	53.05	3.14
Lautoka	0.26	8.64	0.20	6.68
Nadi	49.34	2.55	33.69	2.68
Sigatoka	160.13	2.51	159.00	2.53

出典：JET

3) シナリオ解析

BOD について下水道整備効果を評価するためシナリオ解析を実施した。

i) 下水道区域の設定

下水道計画区域は図 5-2.1～図 5-2.3 に示すとおりである。この計画処理区域に重なる解析メッシュを下水道区域として設定した。

ii) 解析シナリオ

放流水質基準に応じて下記の2ケースをシナリオとする。

表 5-2.8 検討ケース

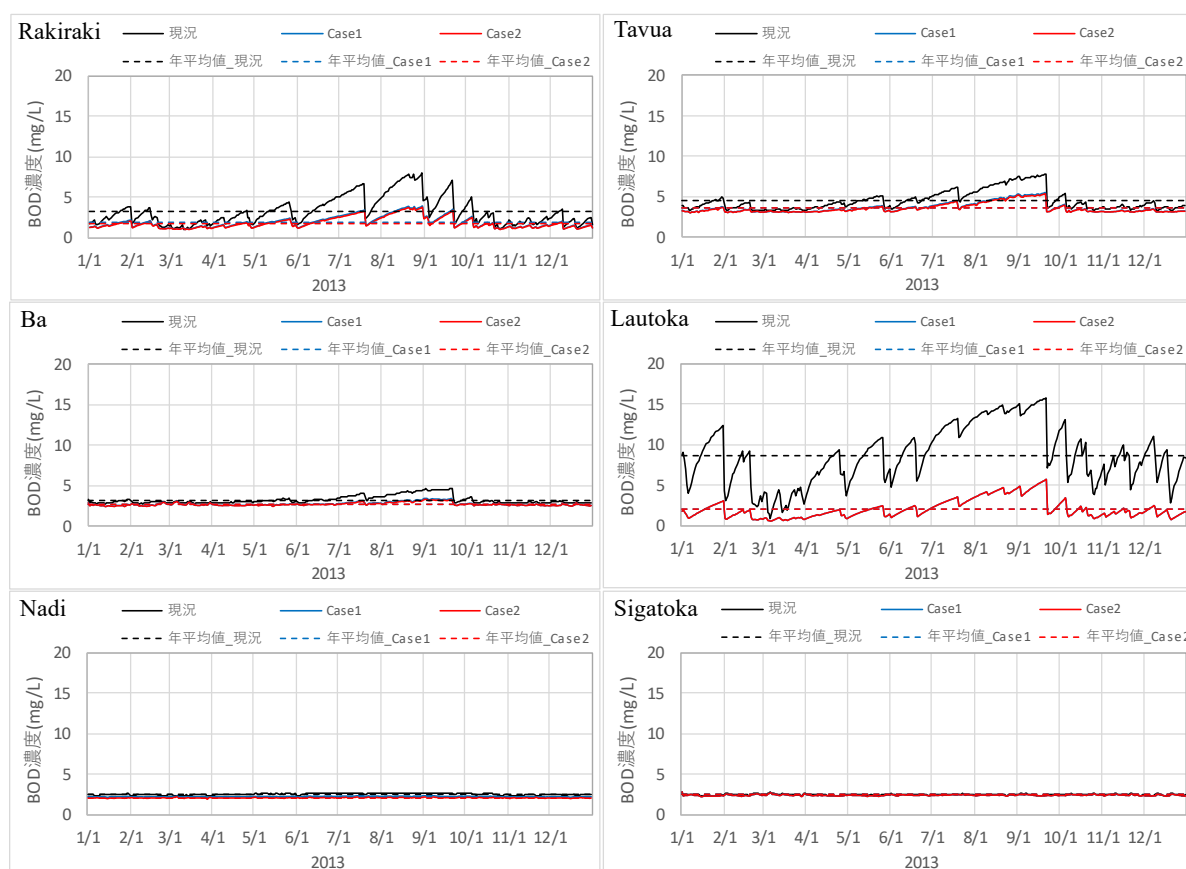
シナリオ	処理放流 BOD (mg/L)	備考
Case 1	40	General に該当
Case 2	20	Significant Ecological Zone に該当

出典：JET

iii) 解析結果

観測河川最下流端での BOD の経日変化を図 5-2.12 に、年平均値の BOD 濃度を表 5-2.9 に示す。Case1 と Case2 は放流水質が異なるが、最下流端での濃度は概ね同様であった。また、下水道未整備の現況ケースと下水道を整備したケースを比較すると、流域面積が小さく河川流量が少ない Rakiraki と Tavua と Lautoka で下水道整備による河川水質改善効果が高い傾向が出る。

流域面積が広く、現況で河川水質が良いシンガトガでは河川水質の改善効果は小さくなる。一方、流域面積が比較的小さく、水質が良くない Lautoka や Rakiraki 等は下水道整備によって河川水質に 15～50%程度もの改善効果が得られる。



出典：JET

図 5-2.12 BOD の経日変化の比較（最下流地点）

表 5-2.9 各ケースの年平均値 BOD 濃度（最下流地点）

水系名	年平均 BOD 濃度 (mg/L)		改善率 (%)
	現況	Case1	
Nadi	2.55	2.21	13.3
Lautoka	8.64	2.05	76.3
Ba	3.22	2.76	14.3
Tavua	4.49	3.66	18.5
Rakiraki	3.19	1.88	41.1
Sigatoka	2.51	2.48	1.2

出典：JET

5-3 概略施設検討

5-3-1 下水処理方式

(1) 放流水質

フィジー国の放流水質基準には表 5-3.1 の通り、一般基準の General と、より厳しい基準である Significant Ecological Zone（重要生態系ゾーン。以降、「SEZ」という。）の 2 種類が制定されている。SEZ 基準の適用は特定の水域等に既定されたものではなく、放流地点周辺の地形や環境的特徴を DOE が都度検討し、適用の有無を決定する。

表 5-3.1 放流水質基準

項目	単位	基準値	
		General	Significant Ecological Zone
pH	pH	7-9	7-9
BOD5	mg/L	40	20
SS	mg/L	60	30
Fecal coliforms	CFU/100mL	400	200
TN	mg/L	25	10
Ammonia	mg/L	10	5
TP	mg/L	5	2

出典：Schedule 3 of the Waste Disposal and Recycling Regulations of Fiji (Environment Management (Waste Disposal and Recycling) Regulations, 2007).

放流水質基準について、2022 年 7 月に行われた DOE との協議により下記 2 点の回答を得た。

- SEZ 基準はデリケートな環境特性を持つ沿岸部への放流に対して適用される。
- Lautoka の Natabua 下水処理場は沿岸より 1.2km 沖合に放流しているため General 基準が適用される。

このためここでの概略検討では General と SEZ 基準の両方を目標水質として取り扱い、以下の 2 ケースを想定する。

【Case 1】将来的な環境規制強化等の可能性を鑑み、全下水処理場において

SEZ 適用基準を適用するケース（最も安全側となるケース）

【Case 2】放流水域の規模により General 及び SEZ 基準の適用を想定したケース。

WAF との協議により、適用は以下の通りと設定する。

表 5-3.2 放流水質基準の設定

放流先	適用基準	備考
海洋/湾岸/沿岸地域	General	水域の規模が大きく、放流水の影響を受けにくい沿岸部・湾岸部については General 基準を適用する
河川	SEZ	水域の規模が小さく、放流水の影響を受けやすい河川等については SEZ 基準を適用する
新設処理場	SEZ	既存処理場が存在しない Rakiraki 及び Tavua の 2 市町については、安全側を取り SEZ 基準を適用する

出典：JET

上記【Case 1】及び【Case 2】における、各処理場の適用放流水質基準を以下に整理する。

表 5-3.3 各下水処理場における放流水質基準の設定

処理場名 (市町)	放流水域	放流水質基準	
		Case 1	Case 2
Navakai (Nadi)	ナンディ川	SEZ	SEZ
Natabua (Lautoka)	海洋（沿岸部より 1.2 km）	SEZ	General
Votua (Ba)	マングローブ林中の水路	SEZ	SEZ
Tavua	未定	SEZ	SEZ
Rakiraki	未定	SEZ	SEZ
Olosara (Sigatoka)	シンガトカ川河口	SEZ	General

出典：JET

(2) 処理方式の比較

現状における西部地区の下水処理には 4-1-1 にて示した通り、安定化池法が 3 下水処理場にて採用されている。堆積汚泥の浚渫といった維持管理が適切に実施されていれば安定化池法で General の水質基準は遵守可能である。よって、広大な下水処理場用地が確保でき、かつ、放流水質基準が General となる条件下では、建設費・維持管理費が安価な安定化池法は選択肢となりうる。

上記の条件を満たさない場合は、下水処理場用地をコンパクトにする事や、SEZ の放流水質基準を満たす事を目的として、ブロー等の機器点数が多くなる標準活性汚泥法等の処理プロセスの導入が必要となる。日本における標準活性汚泥法等の処理法を表 5-3.4 に示す。

表 5-3.4 日本における標準活性汚泥法等の 7 処理法の概要

処理方法	特徴	主な設計諸元	放流水質 (単位: mg/L)
標準活性汚泥法	中大規模 (処理水量 10,000m ³ /日以上) では、ほとんどの処理方法は本法を採用。管理が必要な機器点数が多い。	MLSS 濃度: 1500~2000mg/L HRT: 6~8 時間	BOD: 10 を超え 15 以下 更に凝集剤を入れると、 T-P: 1 以下可能
酸素活性汚泥法	高い有機物負荷と高い MLSS 濃度を可能にするために酸素によるエアレーションを採用した方法。	MLSS 濃度: 3000~4000mg/L HRT: 1.5~3 時間	標準活性汚泥法と同等
オキシデーション ディッチ法 (OD 法)	最初沈殿池を省略し、有機物負荷を低くするとともに機械式エアレーションを採用し運転管理が容易で要管理機種が少ない。	MLSS 濃度: 3000~4000mg/L HRT: 24 時間程度 (ASRT の計算) による硝化時間の確保 好気: 無酸素時間比率 1:1	標準活性汚泥法と同等以上 窒素除去も可能 凝集剤を入れると、りん除去も可能
長時間 エアレーション法	最初沈殿池を省略し、有機物負荷を低くして余剰汚泥の発生量を制御する方法。水の流れが循環水路か一方水路以外は機能上 OD と同じである。要管理機種が少ない。	MLSS 濃度: 3000~4000mg/L HRT: 24 時間程度 (ASRT の計算) による硝化時間の確保 好気: 無酸素時間比率 1:1	標準活性汚泥法と同等 (窒素除去も可能)
回分式 活性汚泥法	一つの反応タンクで、流入、反応、沈殿、排出の各機能を行う。このため、各機能に時間的な調整を行い、処理することが必要。	高負荷と低負荷がある。	標準活性汚泥法と同等 (窒素除去も可能)
好気性 ろ床法	3~5mm のろ材を充てんしたろ床に汚水を通わせ、汚水がろ材間を通過する間に、ろ材表面に形成された微生物により、有機物の分解と SS の補足を併行して行う。最終沈殿池がなく、補足された SS や増殖した微生物は、洗浄により最初沈殿池に戻し除去する。	ろ材径: 3~5 mm ろ材厚: 2~3m BOD 容積負荷: 4kgBOD/(m ³ ・日) 以下 ろ過速度: 25m/日以下	標準活性汚泥法と同等
接触酸化法	水没させた充てん材の下部から空気を吹き込み充てん材の表面に生物層を形成させる。ろ材の表面に、形成された生物膜に汚水を接触させることにより、汚水中の有機物を分解処理する。最終沈殿池から微細な SS が流出しやすい。	BOD 容積負荷: 0.3kgBOD/(m ³ ・日) 以下	標準活性汚泥法と同等

出典: 日本下水道事業団 基本設計指針 2004 年、小規模処理場設計指針 (案) 平成 3 年 3 月、(財) 日本下水道新技術機構 好気性ろ床法技術マニュアル 1994 年版と日本下水道協会 下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2009 年版を基に JET 作成

4-5-1 にて示した通り、現状におけるフィジー国の維持管理の状況からすれば、維持管理の容易な処理プロセスが望ましい。維持管理面の難しさや日本の小規模自治体における適用事例を纏めれば表 5-3.5 の通りとなり、7 つの処理プロセスの内、OD 法、長時間エアレーション法が適用性の高い処理プロセスとして絞り込まれる。長時間エアレーション法は OD 法と設計諸元や機能が類似する事から、実績数の多い OD 法のみをここでの検討対象とする。

なお、Kinoya 下水処理場で既に採用されており、Nadi の Navakai 下水処理場の改良設計でも採用されている IDEA 法は回分式活性汚泥法の変法であり機器点数は多くなるが、Kinoya 下水処理場での維持管理の経験が西部地区の下水処理場の運転へ活用できることも期待できる。

よって、上記 7 つの処理プロセスの内、OD 法と IDEA 法を標準法に準ずる処理プロセスとして本

検討の比較対象に含めるものとする。

表 5-3.5 維持管理面と日本での採用事例に基づく選定

処理プロセス	評価	今回検討
標準活性汚泥法	要管理機種が多い。	対象外
酸素活性汚泥法	酸素発生装置、液体窒素タンク等の特殊機器及び計装設備の維持管理が必要。	対象外
オキシデーション ディッチ (OD) 法	標準法に類似するプロセスの中では機器点数は少なく維持管理は容易 日本においても小規模自治体での採用実績は多い	対象
長時間 エアレーション法	OD 法と同様、維持管理が必要な機器点数は少ない	対象
回分式活性汚泥法	タイムスケジュールに応じた機器の操作が必要で、バルブの点検頻度も高く、維持管理は煩雑となる。	対象外
好気性ろ床法	1 池あたりの機器点数が少ないが、水量が多くなると池数が増え機器点数が多くなり維持管理は煩雑となる。 生物膜の剥離による水質の管理の難しさがある。 日本においても導入実績は多くない。	対象外
接触酸化法	好気性ろ床法と同様、1 池あたりの機器点数が少ないが、水量が多くなると池数が増え機器点数が多くなる。 日本においても導入実績は多くない。	対象外

出典：JET

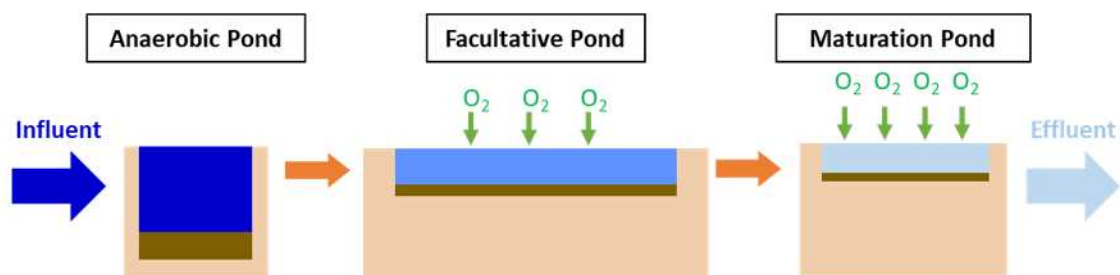
以上、本検討における処理プロセスはフィジー国の現状の下水処理の実態や日本での適用事例を踏まえ以下の 4 処理方式を検討する。

表 5-3.6 本検討対象処理プロセス

処理方式	概要・適用条件	放流水質
安定化池法 (SP 法)	Natabua 下水処理場、Olosara 下水処理場、Votua 下水処理場にて採用 広大な敷地が確保可能で、General の放流水質基準が適用される場合	General
エアレーテッドラ グーン法 (AL 法)	安定化池法より敷地面積を小さくする必要がある場合を想定 広大な敷地が確保可能で、General の放流水質基準が適用される場合	General
間欠排水長時間 曝気法 (IDEA 法)	Kinoya 下水処理場にて採用。Navakai 下水処理場にて詳細設計にて採用 敷地を極力小さくする必要がある場合、もしくは SEZ の放流水質基準が適用 される場合	General & SEZ
オキシデーション ディッチ法 (OD 法)	日本の標準活性汚泥法等の分類に属し、フィジーにて適用可能性が高い 敷地を極力小さくする必要がある場合、もしくは SEZ の放流水質基準が適用 される場合	General & SEZ

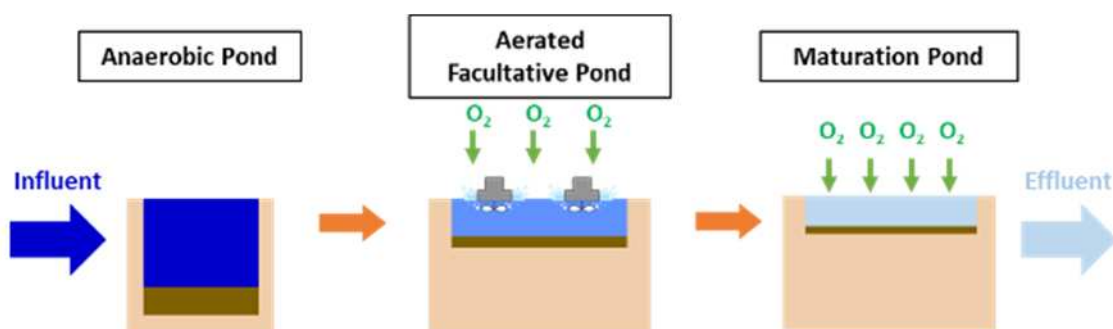
出典：JET

各処理法の処理フロー図を以降に示す。



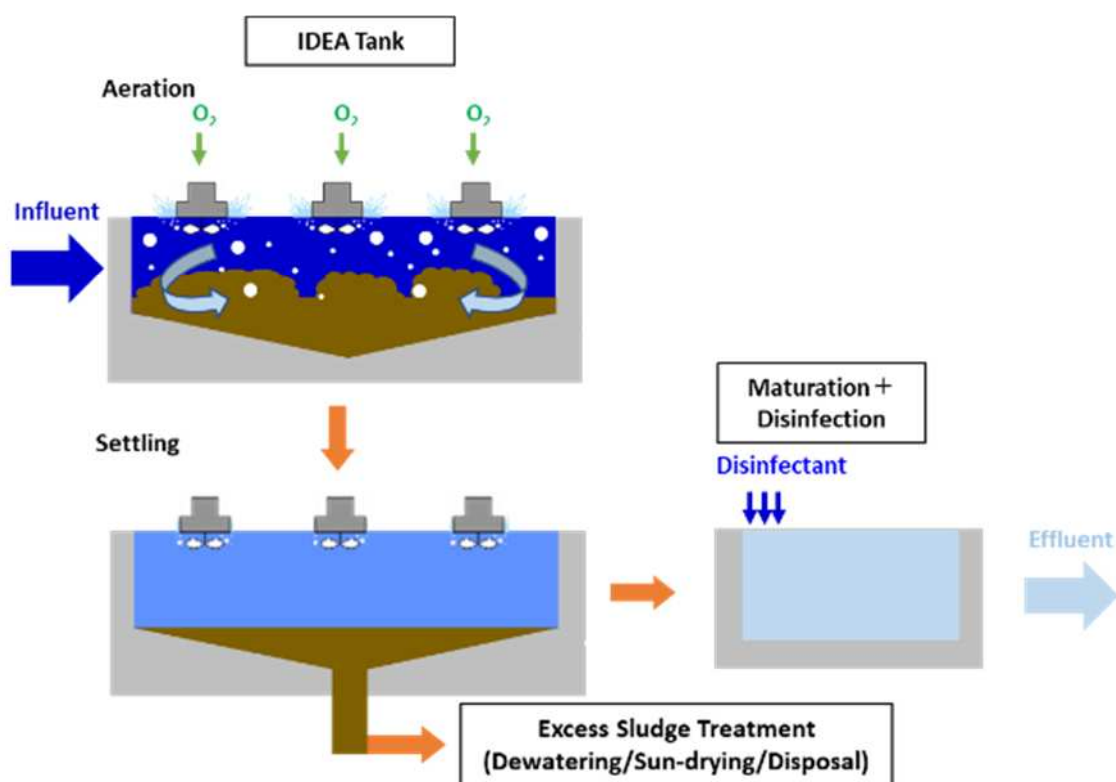
出典：JET

図 5-3.1 安定化池法の処理フローイメージ



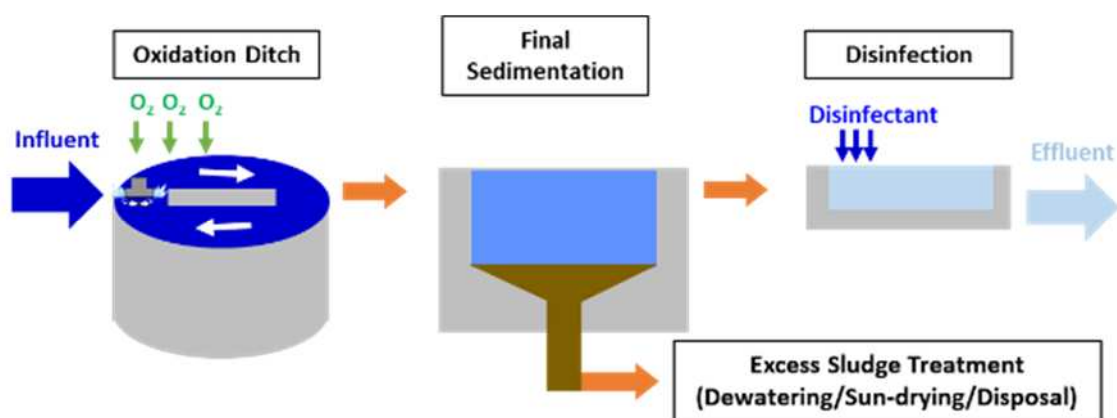
出典：JET

図 5-3.2 AL 法の処理フローイメージ



出典：JET

図 5-3.3 IDEA 法の処理フローイメージ



出典：JET

図 5-3.4 OD 法の処理フローイメージ

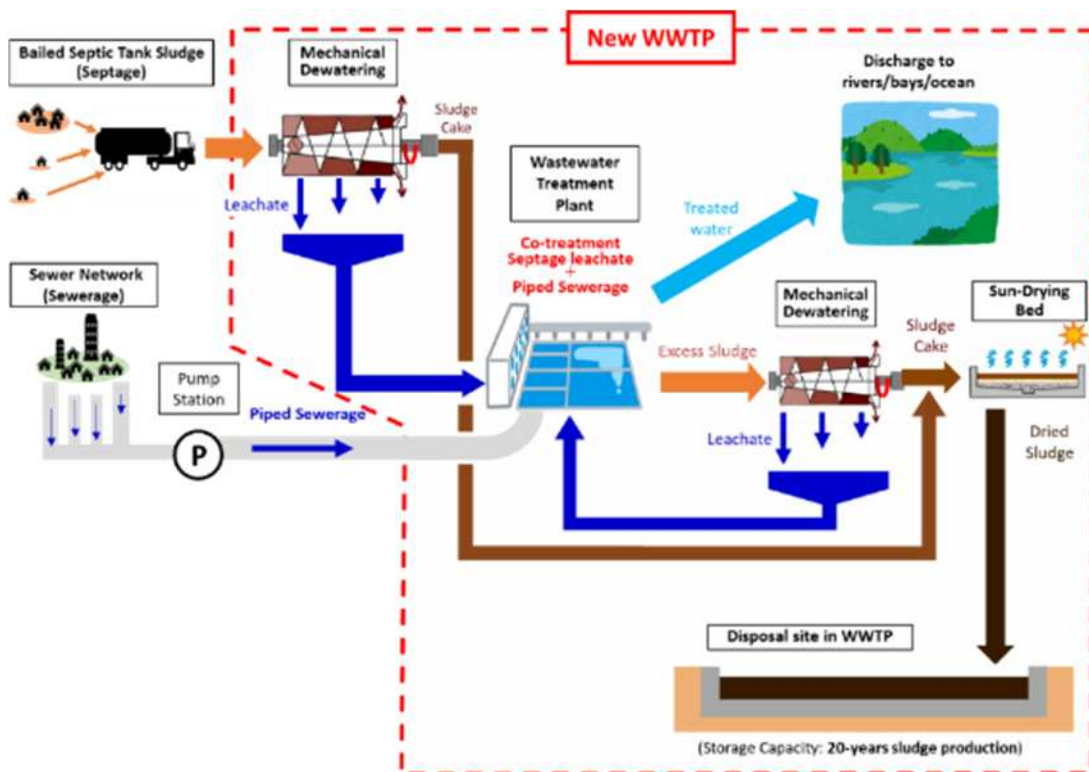
(3) 検討条件

処理場の用地面積算出にあたって、各処理法の容量計算を行った。検討条件を以降に整理する。なお、IDEA 法については容量計算における計算式が特許の制限により一般公開されていないため、想定滞留時間を用いて施設の用地面積を今後算出する。（詳細については **APPENDIX 5-2** 参照）

1) 処理対象の設定

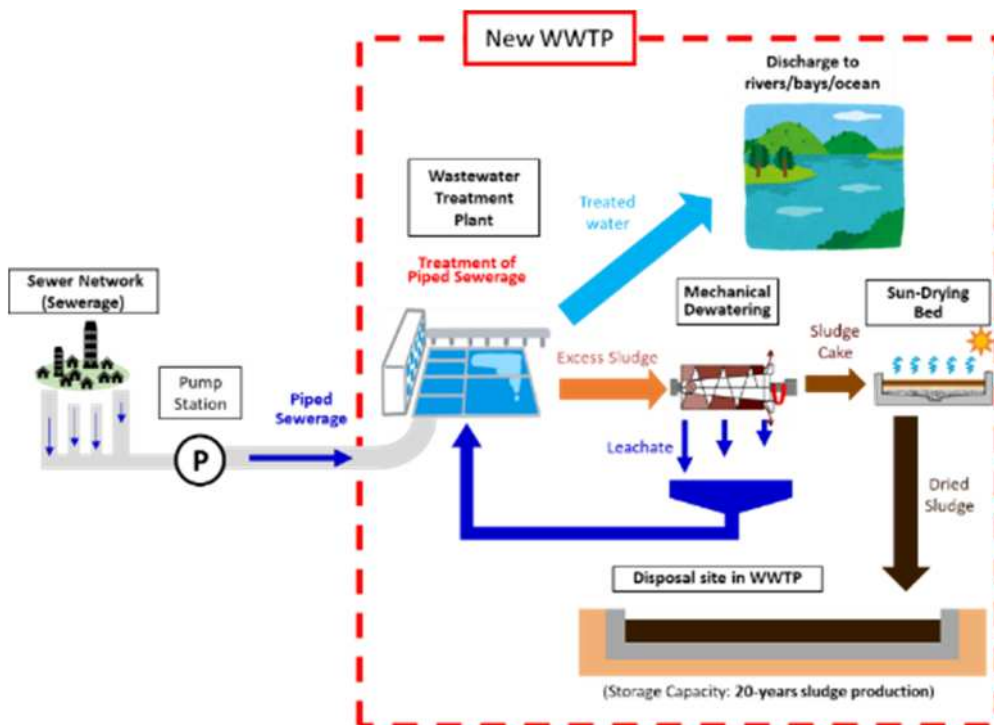
各処理場が処理する対象は、「下水管路からの流入下水」、及び「Bailing Truck が回収する Domestic Septage」と設定し、検討を行った。

Domestic Septage は Natabua、Rakiraki、Olosara 下水処理場の三か所での受け入れを想定する。処理方式としては Bailing Truck から排出された Domestic Septage を腐敗槽汚泥受槽に受けたのち直接脱水を行い、脱水ろ液を水処理系列にて処理する。脱水汚泥は天日乾燥後、場内にて埋め立て処分とする。下記に処理フローのイメージ図を示す。



出典 : JET

図 5-3.5 下水処理場のフロー（腐敗槽汚泥受け入れあり）



出典 : JET

図 5-3.6 下水処理場のフロー（腐敗槽汚泥受け入れなし）

2) 流入水量

各処理場の流入水量を以下に示す。

表 5-3.7 下水処理場の検討における流入水量

処理対象	流入水量 (m ³ /日)	Navakai (Nadi)	Natabua (Lautoka)	Votua (Ba)	Tavua	Rakiraki	Olosara (Sigatoka)
生下水 + 腐敗槽汚泥 脱水ろ液	日平均	32,000	31,000	9,000	4,000	3,000	6,000
	日最大	35,200	34,100	9,900	4,400	3,300	6,600
	時間最大	63,000	62,000	18,000	7,000	5,000	12,000
	雨天時最大	157,000	155,000	45,000	18,000	11,000	29,000
腐敗槽汚泥	日平均	0	21	0	0	12	11

出典：JET

3) 流入水質

処理場の流入水質を以下に示す。なお、Domestic Septage を受け入れる Navakai、Olosara 処理場については、下水管路からの流入下水が数千～数万 m³/日であるのに対し、持ち込まれる腐敗槽汚泥が最大でも日平均 11~21m³/日である。検討の結果、腐敗槽汚泥の脱水ろ液追加による流入水質への影響はほぼなかった（APPENDIX 5-2 参照）ため、上記 3 処理場の流入水質についても表 5-3.8 の値を採用する。

表 5-3.8 下水処理場の検討に用いる流入水質・水温

BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	COD (mg/L)	水温 (℃)
360.0	485.0	70.0	9.0	792	20.0

出典：JET

4) 汚泥の保管

処理により発生する余剰汚泥と浚渫汚泥（及び、一部処理場においては腐敗槽汚泥の脱水汚泥）については、汚泥の受け入れを行っている廃棄処分場が現状においてないため、処理場内での汚泥の保管（埋め立て処分）を想定した。埋め立て用地は 20 年分の汚泥を想定する。

(4) 施設配置検討・必要敷地面積

各市町の処理場において各処理方式の容量計算を行い、概略の施設配置検討および必要敷地面積の確認を行った（容量計算の詳細については、APPENDIX 5-3～5 を参照）。各検討ケースにおける概略用地面積を表 5-3.9 に整理する。検討の結果、いずれの処理方式についても汚泥埋め立て用地の面積が大きい。汚泥を受け入れる最終処分場や、4-3-1 にて前述した汚泥の有効利用（肥料化/土壌改良材）が今後フィジー国内で推進されれば、汚泥埋め立て用地の面積を減少することができる。

表 5-3.9 各処理場・処理方式の概略用地面積

処理場名 (市町)	腐敗槽汚泥 の受け入れ	処理方式※	目標 放流水質	用地面積 (ha)	汚泥埋立用地 (ha)
Navakai (Nadi)	なし	安定化池法	General	73.3	4.2
		AL 法	General	49.8	4.2
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	20.5	11.5
Natabua (Lautoka)	あり	安定化池法	General	72.5	4.2
		AL 法	General	49.2	4.2
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	22.7	11.8
Votua (Ba)	なし	安定化池法	General	31.1	1.5
		AL 法	General	19.3	1.5
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	8.2	3.4
Tavua	あり	安定化池法	General	8.8	0.5
		AL 法	General	6.4	0.5
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	4.0	1.6
Rakiraki	あり	安定化池法	General	8.3	0.9
		AL 法	General	6.3	0.9
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	4.1	1.5
Olosara (Sigatoka)	なし	安定化池法	General	13.9	1.2
		AL 法	General	11.5	1.2
		OD 法 / IDEA 法	General/SEZ	6.7	2.8

※ 設定流入窒素を 70mg/L とした場合、IDEA 法の敷地面積は OD 法とほぼ同等と想定する。

また、OD 法 / IDEA 法については建設期間中も既存施設での水処理を継続できるよう、現処理場に隣接する用地に新しい処理施設を配置した。OD 法 / IDEA 法処理方式への切り替え後、現処理場の用地は汚泥の埋め立て地や、2036 年以降の施設増設用地として取り扱う。

なお、Tavua 及び Rakiraki は既存の処理場がないため、候補地と考えられる下記の用地に施設配置図を示した。Rakiraki については候補地の境界線が明示されていなかったため、俯瞰図及び現地確認の結果より推定した。



出典：JET

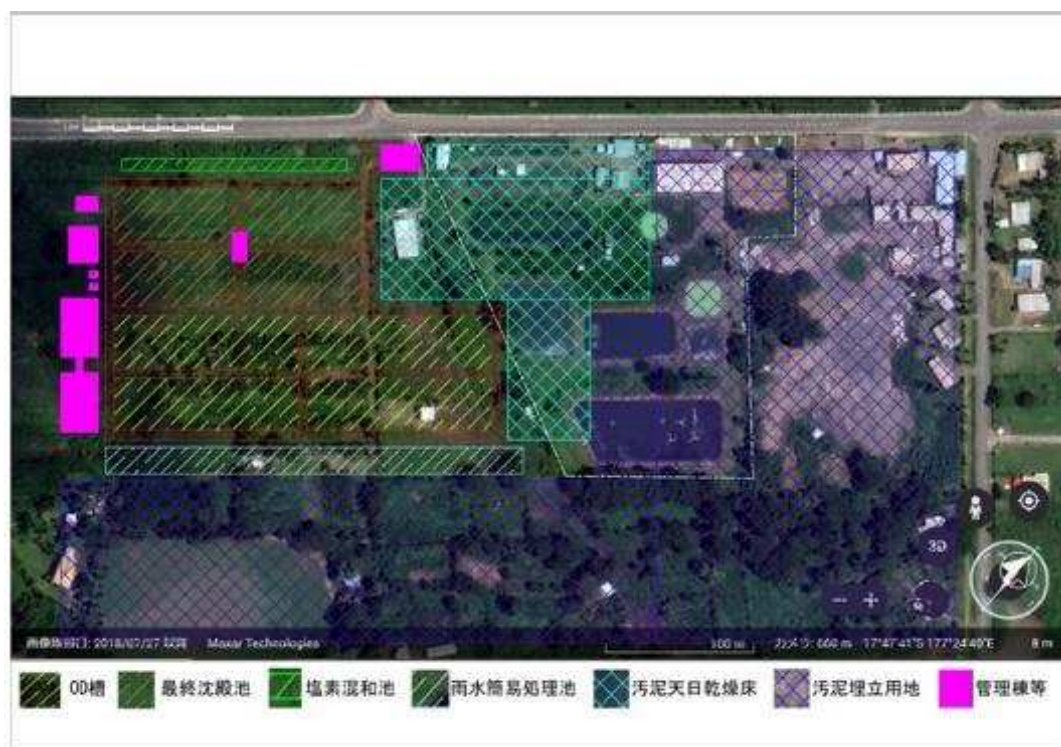
図 5-3.7 Tavua 下水処理場の概略候補地



出典：「Greater Easter Division Rakiraki Wastewater Master Plan Water Authority of Fiji」より JET が作成

図 5-3.8 Rakiraki 下水処理場の候補地

以下に各検討ケースの施設配置図を示す。



出典：JET

図 5-3.9 Navakai 下水処理場 (Nadi)：OD 法



出典：JET

図 5-3.10 Natabua 下水処理場 (Lautoka)：安定化池法



出典：JET

図 5-3.11 Natabua 下水処理場 (Lautoka)：AL 法



出典：JET

図 5-3.12 Natabua 下水処理場 (Lautoka)：OD 法



出典：JET

図 5-3.13 Votua 下水処理場 (Ba) : 安定化池法



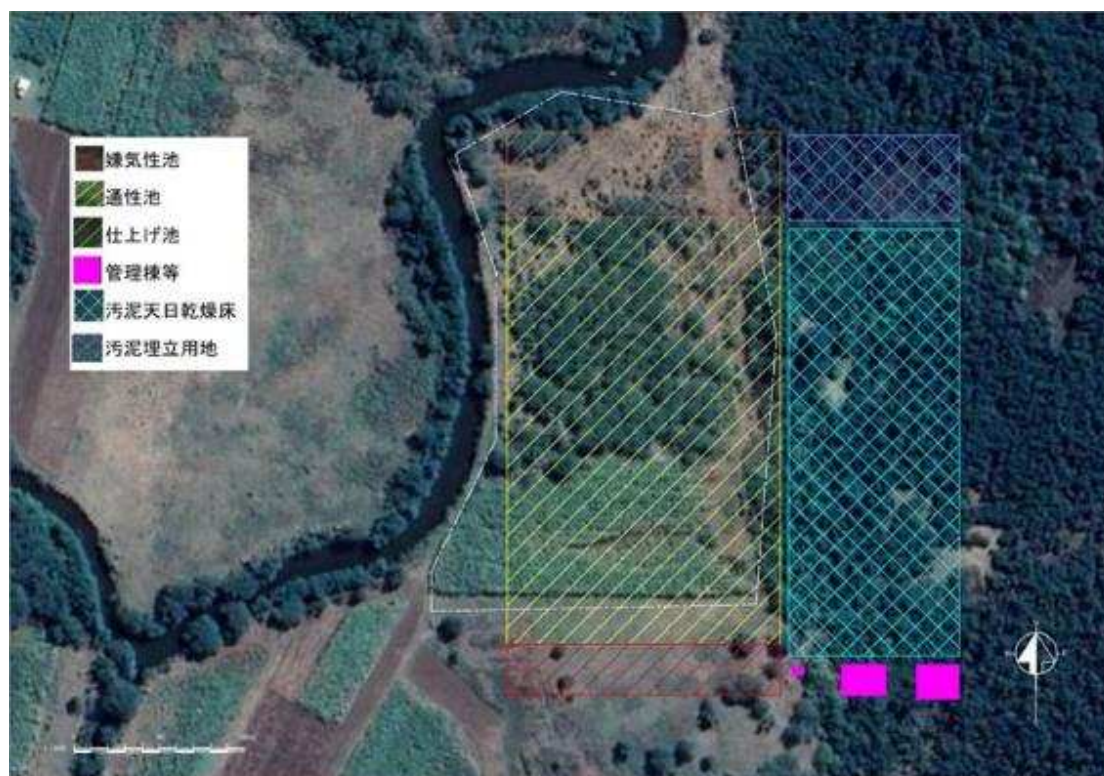
出典：JET

図 5-3.14 Votua 下水処理場 (Ba) : AL 法



出典：JET

図 5-3.15 Votua 下水処理場 (Ba) : OD 法



出典：JET

図 5-3.16 Tavua 下水処理場：安定化池法



出典：JET

図 5-3.17 Tavua 下水処理場：AL 法



出典：JET

図 5-3.18 Tavua 下水処理場：OD 法



出典：JET

図 5-3.19 Rakiraki 下水処理場：安定化池法



出典：JET

図 5-3.20 Rakiraki 下水処理場：AL 法



出典：JET

図 5-3.21 Rakiraki 下水処理場：OD 法



出典：JET

図 5-3.22 Olosara 下水処理場 (Sigatoka)：安定化池法



出典：JET

図 5-3.23 Olosara 下水処理場 (Sigatoka)：AL 法



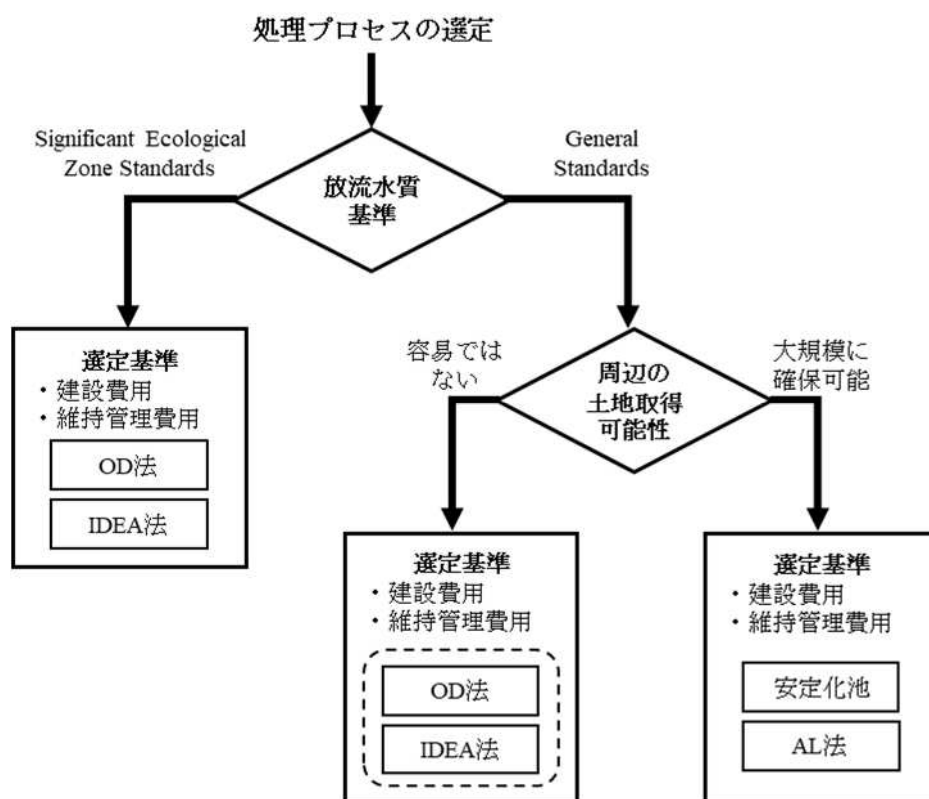
出典：JET

図 5-3.24 Olosara 下水処理場 (Sigatoka)：OD 法

(5) 適用処理方式の選定

各処理場において選定される処理方式の検討フローを図 5-3.25 に示す。最初の判断基準は適用される放流水質であり、SEZ の放流水質基準が適用される場合は IDEA 法もしくは OD 法が採用される。この2つのプロセスから、建設費と維持管理費を詳細に検討し、都市下水道マスタープランにて絞り込みを行う。

General の放流水質基準が適用される場合、下水処理場敷地の確保の容易性により適用されるプロセスが大別される。既述の 5-3-1(4)にて各処理プロセスにて必要となる下水処理場用地の概略面積を明らかにした。この結果をもとに候補地周辺の土地取得可能性を検討する必要がある。用地が比較的大規模に確保できる場合は安定化池や AL 法が採用可能となるが、用地取得が容易でない等の場合は、IDEA 法や OD 法を採用する必要がある。



出典：JET

図 5-3.25 処理プロセスの選定フロー

各市町における下水処理場用地の確保容易性については現時点で不明なため、本検討においては放流水質基準より適用可能な処理方式を既述の 5-3-1(1)のとおり、【Case 1】（全処理場の目標放流水質を SEZ 基準に設定）及び【Case 2】（放流水域の規模により目標水質を設定）に基づき選定した。結果を以下に整理する。

表 5-3.10 【Case 1】各処理場に適用可能な処理方式の概略用地面積

処理場名 (市町)	腐敗槽汚泥の 受け入れ	目標 放流水質	処理方式※ ¹	用地面積 (ha)	汚泥保管場用地 (ha)
Navakai (Nadi)	なし	SEZ	OD 法 / IDEA 法	20.5	11.5
Natabua (Lautoka)	あり	SEZ	OD 法 / IDEA 法	22.7	11.8
Votua (Ba)	なし	SEZ	OD 法 / IDEA 法	8.2	3.4
Tavua	あり	SEZ	OD 法 / IDEA 法	4.0	1.6
Rakiraki	あり	SEZ	OD 法 / IDEA 法	4.1	1.5
Olosara (Sigatoka)	なし	SEZ	OD 法 / IDEA 法	6.7	2.8

※ 設定流入窒素を 70mg/L とした場合、IDEA 法の敷地面積は OD 法とほぼ同等と想定する。

出典：JET

表 5-3.11 【Case 2】各処理場に適用可能な処理方式の概略用地面積

処理場名 (市町)	腐敗槽汚泥の 受け入れ	目標 放流水質	処理方式※ ¹	用地面積 (ha)	汚泥保管場用地 (ha)
Navakai (Nadi)	なし	SEZ	OD 法 / IDEA 法	20.5	11.5
Natabua (Lautoka)	あり	General	安定化池法	72.5	4.2
			AL 法	49.2	4.2
			OD 法 / IDEA 法	22.7	11.8
Votua (Ba)	なし	SEZ	OD 法 / IDEA 法	8.2	3.4
Tavua	あり	SEZ	OD 法 / IDEA 法	4.0	1.6
Rakiraki	あり	SEZ	OD 法 / IDEA 法	4.1	1.5
Olosara (Sigatoka)	なし	General	安定化池法	13.9	1.2
			AL 法	11.5	1.2
			OD 法 / IDEA 法	6.7	2.8

※ 設定流入窒素を 70mg/L とした場合、IDEA 法の敷地面積は OD 法とほぼ同等と想定する。

出典：JET

(6) 下水汚泥の最終処分

4-3-1 にて前述したとおり、西部地区各市町において下水汚泥を受け入れている廃棄物処分場は現状においてない。また、最終処分における汚泥の受け入れ基準等も環境部局によって未だ設定されていない状態にある。

一方、必要とされる敷地面積を鑑みれば、今後処理場内にて汚泥の投棄・保管を続けていくのは非現実的な選択肢であるため、外部における汚泥処分地の確保や、汚泥の利活用は重要な課題である。よって将来的には環境部局や、農業における下水汚泥のバイオソリッド活用を検討している農業省と連携し、利活用や最終処分における汚泥の受け入れ基準、及び関連する法整備を行う必要がある。

外部での受け入れ状況が整えば、下水処理場において汚泥は脱水と天日乾燥までの処理を行い、最終処分場または再利用施設へ搬出される。ただし、重金属等の有害物質基準値以下となっていることを確認するため、汚泥の定期的なサンプリングと分析が必要となる。

5-3-2 下水管路

5-2 で設定された集合処理区における、現地の地形状況、及び4市町村(Nadi、Lautoka、Ba、Sigatoka)で稼働する既存下水道施設の状況等に鑑みて調査を実施し、下水管路による汚水の収集方法について検討した。なお、既存の下水道システムが存在する4処理区(Nadi、Lautoka、Ba、Sigatoka)については、基本的に既設と新設を別路線の系統とし、拡大した処理区域から計画汚水処理場までの管路を配置した。また、全処理区ともに地形上、下水は全て自然流下による収集が困難であり、既存の下水道管路システムと同様に多数のポンプ場を必要とする。

計画区域(50%達成時)の下水道幹線及び主要枝線の概略施設規模(管路延長)は表 5-3.12 の通りであり、各処理区の概略管路平面図は図 5-3.26～図 5-3.31 の通りである。

表 5-3.12 下水管路概略延長(計画区域 50%達成時)

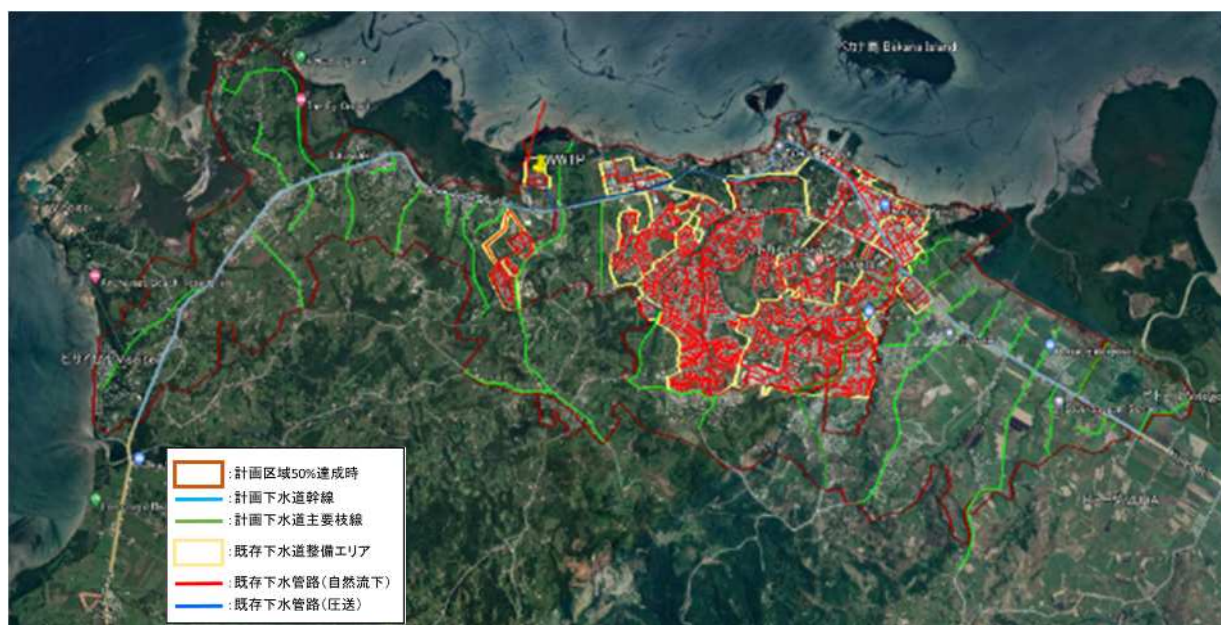
処理区	単位	下水道幹線	下水道主要枝線
Nadi 処理区	km	30.9	53.9
Lautoka 処理区	km	17.7	42.3
Ba 処理区	km	16.4	17.9
Tavua 処理区	km	7.2	12.1
Rakiraki 処理区	km	8.2	5.1
Sigatoka 処理区	km	22.1	11.5

出典：JET



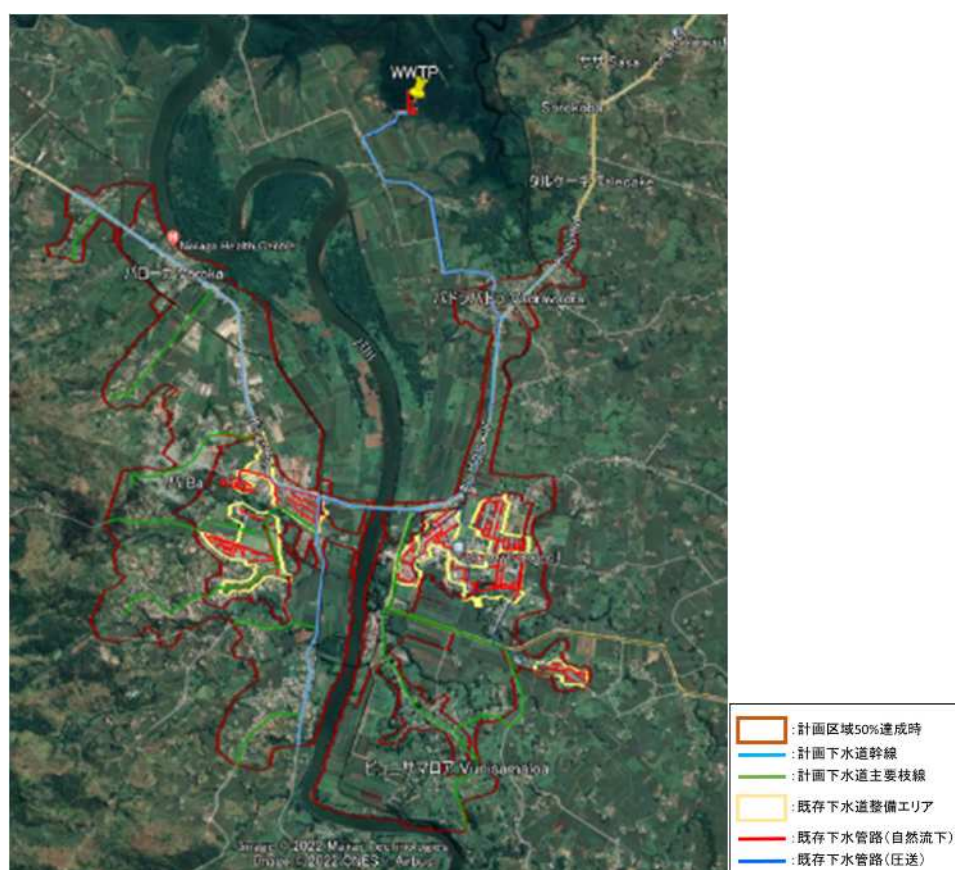
出典：JET

図 5-3.26 概略管路平面図(計画区域 50%達成時)(Nadi 処理区)



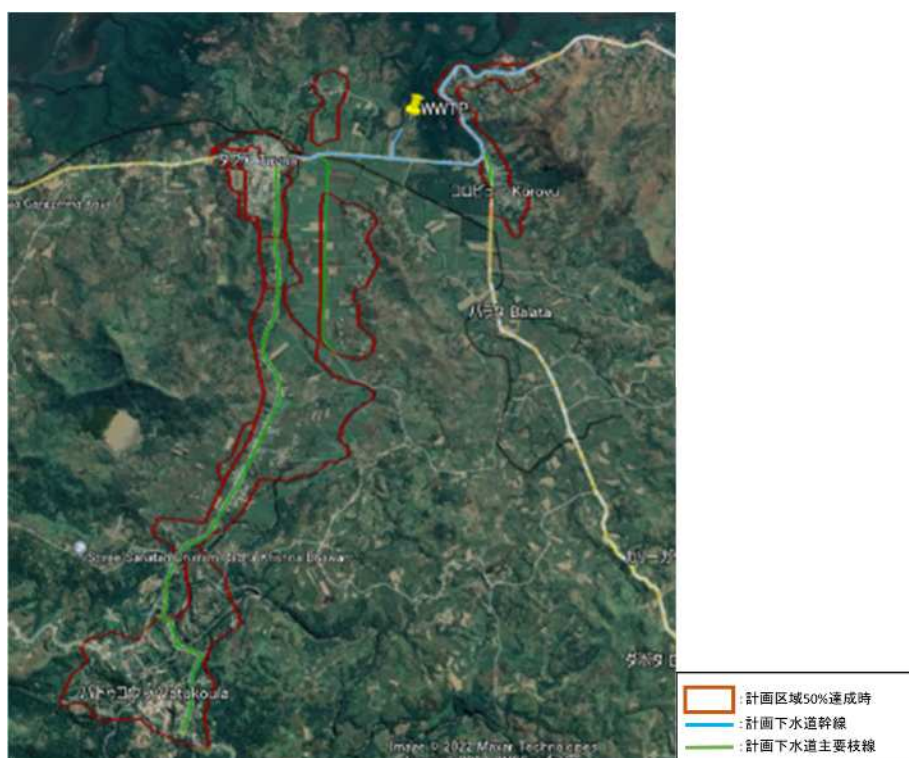
出典：JET

図 5-3.27 概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Lautoka 処理区）



出典：JET

図 5-3.28 概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Ba 処理区）



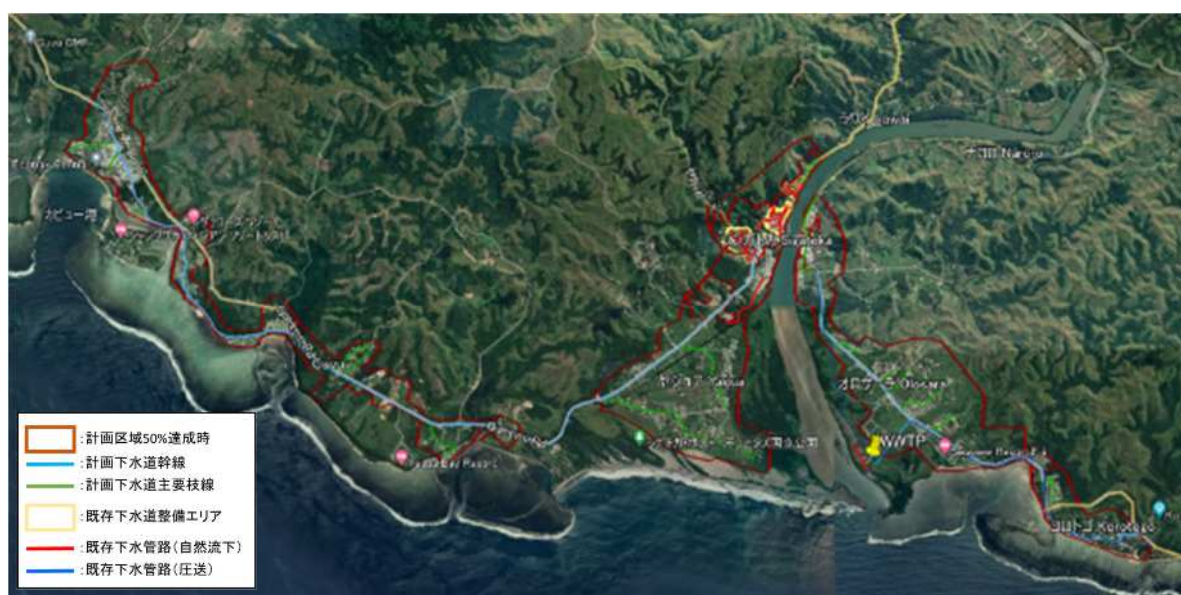
出典：JET

図 5-3.29 概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Tavua 処理区）



出典：JET

図 5-3.30 概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Rakiraki 処理区）



出典：JET

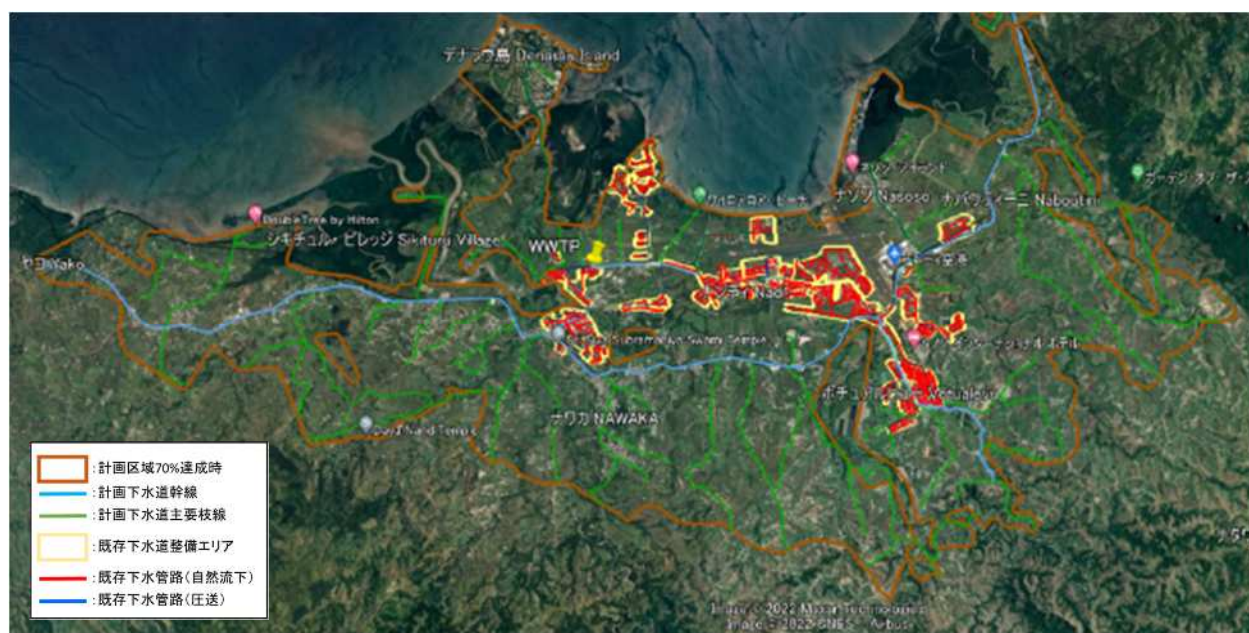
図 5-3.31 概略管路平面図（計画区域 50%達成時）（Sigatoka 処理区）

また、計画区域（70%達成時）の下水道幹線及び主要枝線の概略施設規模（管路延長）は表 5-3.13 の通りであり、各処理区の概略管路平面図は図 5-3.32～図 5-3.37 の通りである。

表 5-3.13 下水管路概略延長（計画区域 70%達成時）

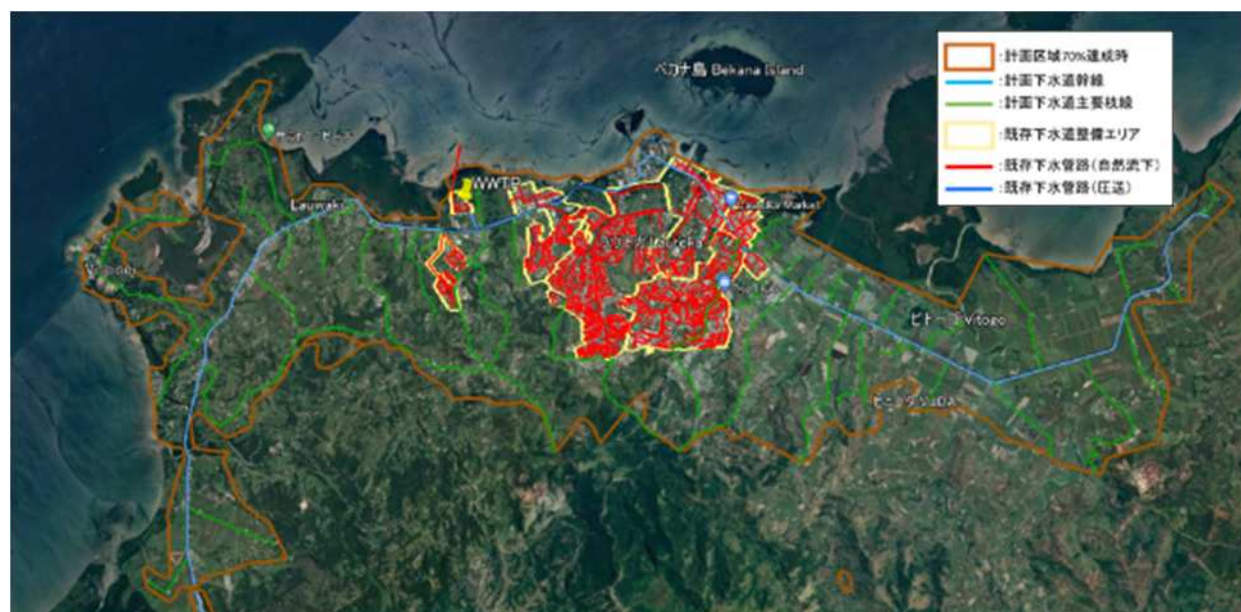
処理区	単位	下水道幹線	下水道主要枝線
Nadi 処理区	km	37.1	113.3
Lautoka 処理区	km	27.3	86.9
Ba 処理区	km	27.0	56.7
Tavua 処理区	km	8.5	18.1
Rakiraki 処理区	km	12.6	14.7
Sigatoka 処理区	km	22.1	21.1

出典：JET



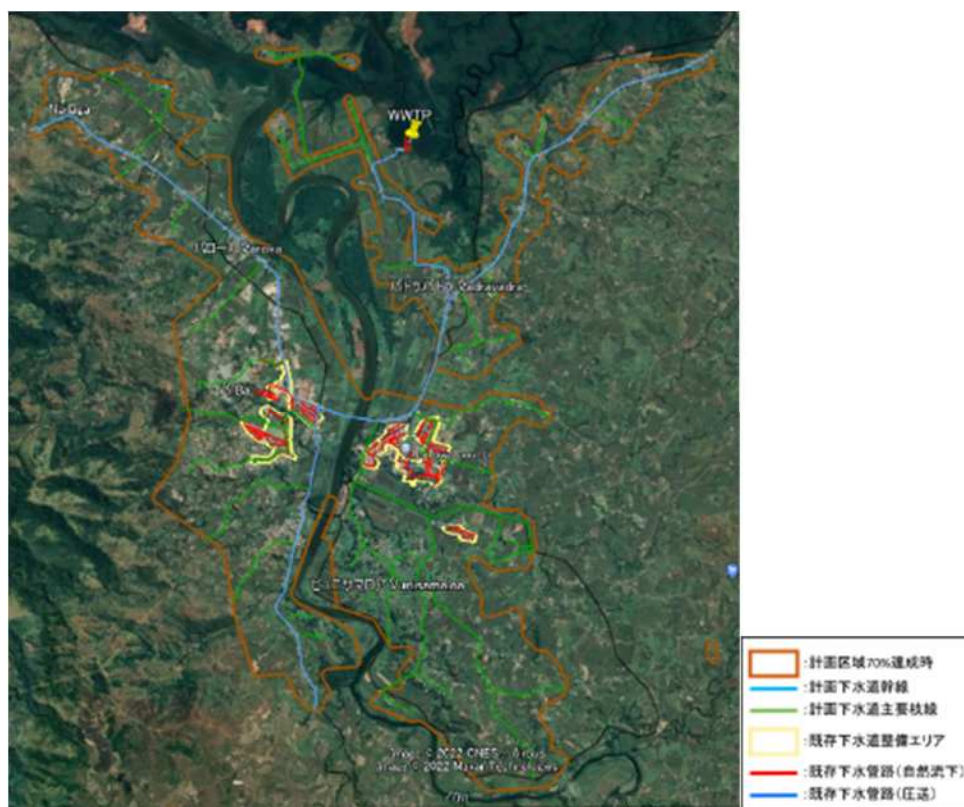
出典：JET

図 5-3.32 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Nadi 処理区）



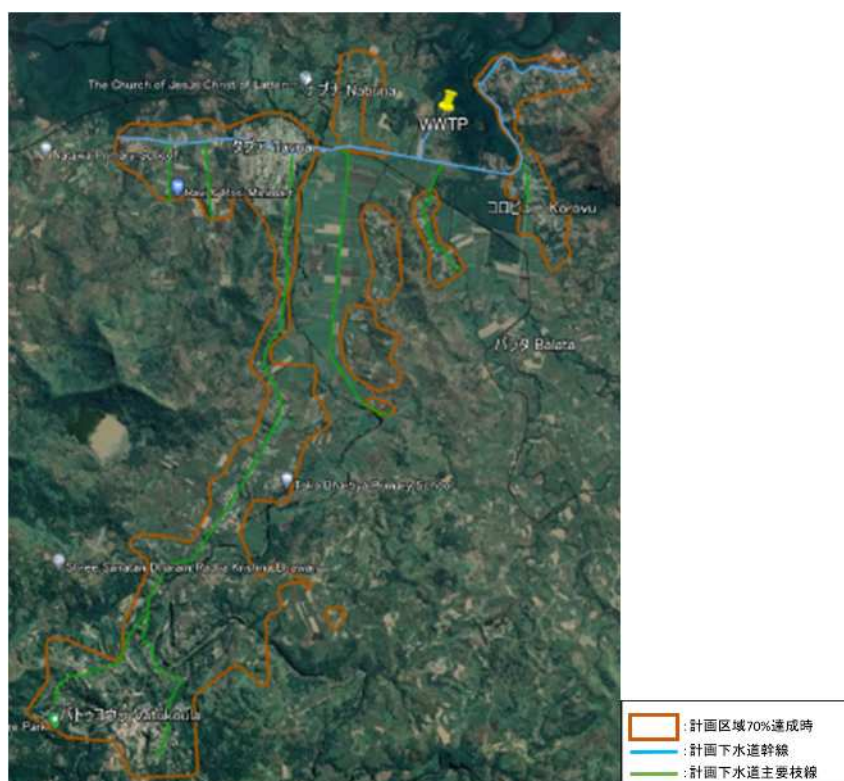
出典：JET

図 5-3.33 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Lautoka 処理区）



出典：JET

図 5-3.34 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Ba 処理区）



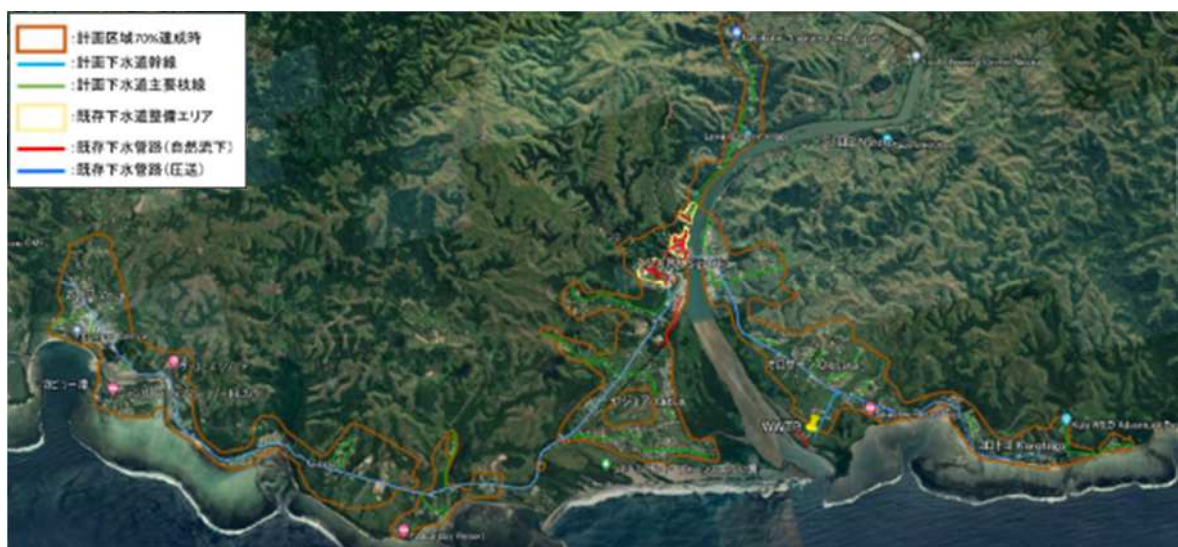
出典：JET

図 5-3.35 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Tavua 処理区）



出典：JET

図 5-3.36 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Rakiraki 処理区）



出典：JET

図 5-3.37 概略管路平面図（計画区域 70%達成時）（Sigatoka 処理区）

5-3-3 概略建設費・維持管理費の算定

(1) 建設費算定的前提条件

既述の 5-3-1、5-3-2 にて国家開発目標を達成するために必要な施設整備量の概略規模を示した。西部地区污水处理 M/P では各施設の概略設計は行っておらず、今後の都市下水道 M/P にて実施される事業費積算に比較すれば積算の精度は高くない。ここで算出する建設費は国家開発目標の達成のための概略建設費の規模感を示すものである。

建設費算定の前提条件を挙げれば下記のとおりである。

- 基本的な土木工種は概略数量×概略単価による建設費算定とする。
- 土木工種の主要項目についてはフィジーの単価を参照とし、入手が困難な単価は日本や第3国の事例を参照した単価を採用する。
- 機械電気費は日本における、土木費と機械電気費の比率を元に算定する。
- 下水処理場における用地取得費について、MOE のコメントに準じ、フィジーにおける土地単価を基に参考として算定した。ただし、実際の下水処理場用地の土地種別等により用地単価も大きく異なるため、ここで試算した用地取得費は今後の変更が予定される。
- 概略単価はコロナ禍およびロシアのウクライナ進行以前のものである。
- コンサルタントフィーは含まれない。
- プライスエスカレーション、フィジカルコンティンジェンシー、は含まれない。

(2) 下水処理場建設費

既述の **5-3-1** にて検討した各処理プロセスの容量計算に基づき、土木工種の概略数量を想定し建設費を算定した。最も高額となる IDEA 法/OD 法と、最も安価となる安定化池法の建設費を表 **5-3.14** に示す。

表 5-3.14 各処理場・処理方式の概略建設費

処理場名 (市町)	処理方式	処理水量 (m ³ /日)	概略建設費 (百万円)	概略建設費 (million FJD)
Navakai (Nadi)	安定化池法	35,200	12,100	179
	OD 法 / IDEA 法		20,500	303
Natabua (Lautoka)	安定化池法	34,100	12,000	177
	OD 法 / IDEA 法		19,800	293
Votua (Ba)	安定化池法	9,900	4,260	63
	OD 法 / IDEA 法		7,030	104
Tavua	安定化池法	4,400	1,620	24
	OD 法 / IDEA 法		3,170	47
Rakiraki	安定化池法	3,300	1,280	19
	OD 法 / IDEA 法		2,360	35
Olosara (Sigatoka)	安定化池法	6,600	2,230	33
	OD 法 / IDEA 法		4,730	70

注記：1 FJD = 67.55JPY (2024 年 4 月)

出典：JET

なお、**5-3-1** にて示した処理方式別に必要な用地について取得費を含めた建設費を表 **5-3.15** に示す。収集した用地費の単価は 20～110 FJD/m² と幅があることから平均の 65 FJD/m² を採用し試算した。安定化池法は広大な敷地面積が必要であるため、用地費を考慮すると OD 法/IDEA 法との価格差は小さくなるが、逆転はしない。

表 5-3.15 各処理場・処理方式の概略建設費（用地取得費込み）

処理場名 (市町)	処理方式	概略建設費		用地取得費		施設＋用地	
		(mil. JPY)	(mil. FJD)	(mil. JPY)	(mil. FJD)	(mil. JPY)	(mil. FJD)
Navakai (Nadi)	安定化池法	12,100	179	3,240	48	15,300	227
	OD 法 / IDEA 法	20,500	303	878	13	21,300	316
Natabua (Lautoka)	安定化池法	12,000	177	3,170	47	15,100	224
	OD 法 / IDEA 法	19,800	293	1,010	15	20,800	308
Votua (Ba)	安定化池法	4,260	63	1,350	20	5,610	83
	OD 法 / IDEA 法	7,030	104	338	5	7,360	109
Tavua	安定化池法	1,620	24	405	6	2,030	30
	OD 法 / IDEA 法	3,170	47	203	3	3,380	50
Rakiraki	安定化池法	1,280	19	338	5	1,620	24
	OD 法 / IDEA 法	2,360	35	203	3	2,570	38
Olosara (Sigatoka)	安定化池法	2,230	33	608	9	2,840	42
	OD 法 / IDEA 法	4,730	70	270	4	5,000	74

注記：1 FJD = 67.55JPY（2024 年 4 月）

出典：JET

(3) 下水処理場維持管理費

下水処理場における維持管理費は日本の費用関数を用いて表 5-3.16 の通り算定した。

表 5-3.16 各処理場・処理方式の概略維持管理費

処理場名 (市町)	処理方式	処理水量 (m ³ /日)	概略維持管理費 (百万円/年)	概略維持管理費 (1000 FJD/年)
Navakai (Nadi)	安定化池法	35,200	104	1,544
	OD 法 / IDEA 法		239	3,540
Natabua (Lautoka)	安定化池法	34,100	103	1,529
	OD 法 / IDEA 法		234	3,460
Votua (Ba)	安定化池法	9,900	39	582
	OD 法 / IDEA 法		118	1,740
Tavua	安定化池法	4,400	19	281
	OD 法 / IDEA 法		74	1,090
Rakiraki	安定化池法	3,300	16	229
	OD 法 / IDEA 法		62	920
Olosara (Sigatoka)	安定化池法	6,600	26	379
	OD 法 / IDEA 法		93	1,380

注記：1 FJD = 67.55JPY（2024 年 4 月）

出典：JET

(4) 下水道管渠建設費・維持管理費

下水管渠の建設費は 5-3-2 にて示した管路延長を概略数量とし、表 4-1.11 の Rakiraki Wastewater M/P に示される平均の m 当たり単価を参考として算出する。下水管路の維持管理に関わる費用はフィジー国で該当する資料が得られないため、日本における m 当たり維持管理費¹⁸より算定する。下水管渠の建設費・維持管理費を表 5-3.17 に示す。

¹⁸ 持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル平成 26 年 1 月国土交通省、農林水産省、環境省

表 5-3.17 各処理区における下水管渠の概略建設費・維持管理費

処理場名 (市町)	管渠延長 (km)	建設費 (百万円)	建設費 (million FJD)	維持管理費 (百万円/年)	維持管理費 (million FJD/年)
Navakai (Nadi)	1,731	96,100	1,423	94	1,384
Natabua (Lautoka)	1,042	57,800	856	56	833
Votua (Ba)	587	32,600	483	32	470
Tavua	170	7,970	118	9	136
Rakiraki	130	6,150	91	7	104
Olosara (Sigatoka)	235	13,000	193	13	188

注記：1 FJD = 67.55JPY (2024 年 4 月)

出典：JET

(5) 汚水中継ポンプ場建設費・維持管理費

西部地区汚水処理 M/P では下水管渠の設計は実施していないため、汚水中継ポンプ場の個所数や能力規模は既存施設の数量に基づき想定する。Lautoka での管渠総延長 158km に対してポンプ場が 12 か所存在する事から、約 13km に 1 か所ポンプが必要となると想定した。汚水中継ポンプ場の建設費・維持管理費を表 5-3.18 に示す。

表 5-3.18 各処理区におけるポンプ場の概略建設費・維持管理費

処理場名 (市町)	ポンプ場 個所数	建設費 (百万円)	建設費 (1000 FJD)	維持管理費 (百万円/年)	維持管理費 (million FJD/年)
Navakai (Nadi)	133	3,270	48,454	303	4,489
Natabua (Lautoka)	80	1,970	29,162	183	2,702
Votua (Ba)	45	1,110	16,440	70	1,039
Tavua	13	321	4,746	20	300
Rakiraki	10	247	3,651	16	231
Olosara (Sigatoka)	18	445	6,587	28	416

注記：1 FJD = 67.55JPY (2024 年 4 月)

出典：JET

5-4 下水道整備優先順位と整備スケジュール

5-4-1 整備優先都市の選定のための評価項目

(1) 評価項目の設定

下水道整備優先都市の選定のための評価項目は、下記 2 点を考慮して表 5-4.1 に示す 4 つのクライテリアとこれを構成する 7 つの下位クライテリアとする。なお、表中、1 の Population は参考として示しており、クライテリアとしては使用していない。

- 優先順位設定を多面的に評価する事
- 市町ごとのデータが利用可能かつ収集可能な事

表 5-4.1 対象 6 市町の優先順位付けのためのクライテリアとデータの出典

上位クライテリア	下位クライテリア	出典
人口	人口	Bureau of Statistics
	人口密度	Bureau of Statistics
衛生	水系感染症の感染率	Ministry of Health and Medical Services
都市開発	ホテル数	Fiji Hotel & Tourism Association
	営業用使用水量	WAF
水環境	現況河川水質	現地調査 (JET)
	将来河川水質	推計 (JET)

出典：JET

各指標についての解説を表 5-4.2 に示す。

表 5-4.2 クライテリアの解説

上位クライテリア	解説
人口	西部地区 M/P は国家開発目標が掲げる人口の 70%が集合処理にアクセスするための計画であることから、人口規模は最も大きなクライテリアとなる。主な下水道整備対象区域となる各市町の Urban および Peri-Urban の人口を計上対象とする。下水道整備済みの市町もあるため、下水道未整備人口を想定する。効率的な下水道整備のため人口密度も考慮に入れる。
衛生	水系伝染病の発生数は衛生状態を示す指標であり、公衆衛生に対する下水道の必要性として本項目を設定する。水系感染症 (Typhoid、Leptospirosis、Dengue fever) の患者数を地域人口で除した比率で評価する。
都市開発	西部地区は観光業が盛んであることから、観光産業の指標となるホテル数を指標とする。また、用途別有収水量の営業系の水量規模も市町の産業面の規模を表すものとなることから営業用水量も指標とする。
水環境	現況の水環境として、各市町近傍を流下する水質を評価項目とする。 また、汚水処理施設の整備による効果の表れやすさとして、汚水処理施設が整備された事による、河川への流入人為負荷削減量をシミュレーションにより推計した将来の水質も評価項目とする。

出典：JET

当初、採用を想定していた水道料金徴収率について、市町ごとの集計を実施していないとの事で採用を見送ることとした。WAF のサービスエリア全体の徴収率が約 95%と高く、市町ごとの差は無いと考えられるとの事である。

以上、収集可能なデータを対象に市町ごとのクライテリアを纏めて示せば表 5-4.3 の通りとなる。

表 5-4.3 クライテリア

No.	下位クライテリア	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
1	人口（人）	71,048	71,573	15,846	8,810	5,964	10,509
1'	下水道未整備人口（人）	55,186	42,593	12,656	8,810	5,964	10,028
2	人口密度（人/ha）	5.1	11.3	5.1	3.0	1.7	5.7
3	水系感染症感染率	2.34	0.81	0.47	0.65	0.52	1.47
4	ホテル数（軒）	76	19	0	1	2	18
5	営業用使用水量（1000 m ³ /日）	9.2	8.5	2.0	0.4	0.6	2.8
7	現況河川水質（BOD mg/L）	2.6	8.6	3.2	4.5	3.2	2.5
8	将来河川水質（BOD mg/L）	2.2	5.2	2.8	3.7	1.9	2.5

データの出典

1: Fiji Bureau of Statistics; Census 2017より、“urban” および “peri-urban”地域の人口
1': 上記 1 – “Sewer”接続者数x 4.5
2: Fiji Bureau of Statistics; Census 2017より、“urban” および “peri-urban” 地域の面積
3: Central Board of Health: Health Status Report 2017”; Number of cases / population
4: Fiji Bureau of Statistics; “urban” および “peri-urban”地域のホテル軒数
5: WAF; 営業用水量.
7: 河川流量および水質分析結果
8: 7をベースにキャリブレーションされたシミュレーション結果

出典：JET

(2) 評価項目の重みづけ

下水道整備優先順位は、前述の各クライテリアの重み付けと点数化により数値化して評価する。重み付けは AHP（Analytic Hierarchy Process）により行う。AHP は指標項目間での一対比較（各指標の重要度を一対一で比較し、ウェイト付け）を行い、各指標間の重み付けを算定する。

一対比較は、WAF 職員（一般職員 10 名、管理職 6 名）へのアンケート調査により実施した。回収した回答から、回答の整合性を示す CI 値（Consistency Index）が高く整合性が疑わしい回答は集計対象から省き、合計 9 つの有効アンケートから集計を行った（表 5-4.4 参照）。

上位クライテリアおよび下位クライテリアの重みを纏めて示したものが表 5-4.5 である。上位クライテリアの重み順として「都市化」、「人口」が高い重みをもつ結果となった。

表 5-4.4 一対比較アンケート集計結果

Respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	sum	Combined Weight
POPULATION	0.323		0.696			0.147	0.234	0.234	0.300	0.220				0.176		0.096	2.425	0.269
SANITATION	0.149		0.088			0.293	0.234	0.234	0.300	0.146				0.289		0.073	1.807	0.201
URBAN DEVELOPMENT	0.448		0.081			0.262	0.359	0.172	0.100	0.508				0.247		0.390	2.567	0.285
WATER ENVIRONMENT	0.080		0.135			0.298	0.172	0.359	0.300	0.126				0.289		0.441	2.201	0.245
Population	0.500		0.167			0.125	0.167	0.500	0.500	0.500				0.500		0.100	3.058	0.340
Population Density	0.500		0.833			0.875	0.833	0.500	0.500	0.500				0.500		0.900	5.942	0.660
Cases of waterborne disease	1.000		1.000			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				1.000		1.000	9.000	1.000
No. of hotels (hotels)	0.500		0.167			0.500	0.500	0.100	0.667	0.750				0.333		0.500	4.017	0.446
Non-domestic water usage	0.500		0.833			0.500	0.500	0.900	0.333	0.250				0.667		0.500	4.983	0.554
Current river water quality	0.200		0.167			0.500	0.750	0.500	0.333	0.500				0.500		0.143	3.593	0.399
Future River water quality	0.800		0.833			0.500	0.250	0.500	0.667	0.500				0.500		0.857	5.407	0.601
Consistency Index	0.13	0.49	0.07	0.23	0.17	0.11	0.11	0.11	0.00	0.06	0.23	0.77	0.36	0.02	0.38	0.13		

出典 : JET

表 5-4.5 重みづけ一覧

上位クライテリア	重み	下位クライテリア		重み	配点
人口	0.269	1	下水道未整備人口	0.34	9.1
		2	人口密度	0.66	17.8
衛生	0.201	3	水系感染症感染率	1.00	20.1
都市開発	0.285	4	ホテル数	0.45	12.7
		5	営業用使用水量	0.55	15.8
水環境	0.245	6	現況河川水質	0.40	9.8
		7	将来河川水質	0.60	14.7
合計	1.000				100

出典：JET

(3) 配点方法

優先順位は対象 6 市町を 100 点満点での配点し評価する。6 市町の数値の配点は、下記の通り、6 市町間のクライテリアの最高値を V として、下記の 3 レンジに分けて配点を行う。

レンジ	配点
Value > 2/3V	: 100 %
2/3V > Value > 1/3V	: 65 %
1/3V > Value	: 30 %

表 5-4.6 に 6 市町毎の全クライテリアの配点を示した。

表 5-4.6 各市町の配点一覧

クライテリア	市町	該当レンジ	配点	
1 下水道未整備 人口 最大値 V = 55,186 2/3V = 37,000 1/3V = 18,000	Nadi	55,186 > 2/3V	9.1 point x 100%	9.1 point
	Lautoka	42,593 > 2/3V	9.1 point x 100%	9.1 point
	Ba	1/3V > 12,656	9.1 point x 30%	2.7 point
	Tavua	1/3V > 8,810	9.1 point x 30%	2.7 point
	Rakiraki	1/3V > 5,964	9.1 point x 30%	2.7 point
	Sigatoka	1/3V > 10,028	9.1 point x 30%	2.7 point
2 人口密度 最大値 V = 11.3 2/3V = 7.5 1/3V = 3.8	Nadi	2/3V > 5.1 > 1/3V	17.8 point x 65%	11.5 point
	Lautoka	11.3 > 2/3V	17.8 point x 100%	17.8 point
	Ba	2/3V > 5.1 > 1/3V	17.8 point x 65%	11.5 point
	Tavua	1/3V > 3.0	17.8 point x 30%	5.3 point
	Rakiraki	1/3V > 1.7	17.8 point x 30%	5.3 point
	Sigatoka	2/3V > 5.7 > 1/3V	17.8 point x 65%	11.5 point
3 水系伝染病 感染率 最大値 V = 2.34 2/3V = 1.55 1/3V = 0.78	Nadi	2.34 > 2/3V	20.1 point x 100%	20.1 point
	Lautoka	2/3V > 0.81 > 1/3V	20.1 point x 65%	13.1 point
	Ba	1/3V > 0.47	20.1 point x 30%	6.0 point
	Tavua	1/3V > 0.65	20.1 point x 30%	6.0 point
	Rakiraki	1/3V > 0.52	20.1 point x 30%	6.0 point
	Sigatoka	2/3V > 1.47 > 1/3V	20.1 point x 65%	13.1 point
4 ホテル数 最高点 V = 76 2/3V = 51 1/3V = 25	Nadi	76 > 2/3V	12.7 point x 100%	12.7 point
	Lautoka	1/3V > 19	12.7 point x 30%	3.8 point
	Ba	1/3V > 0	12.7 point x 30%	3.8 point
	Tavua	1/3V > 1	12.7 point x 30%	3.8 point
	Rakiraki	1/3V > 2	12.7 point x 30%	3.8 point
	Sigatoka	1/3V > 18	12.7 point x 30%	3.8 point
5 営業用使用水量 最高点 V = 9.2 2/3V = 6.1 1/3V = 3.1	Nadi	9.2 > 2/3V	15.8 point x 100%	9.1 point
	Lautoka	8.5 > 2/3V	15.8 point x 100%	9.1 point
	Ba	1/3V > 2.0	15.8 point x 30%	2.7 point
	Tavua	1/3V > 0.4	15.8 point x 30%	2.7 point
	Rakiraki	1/3V > 0.6	15.8 point x 30%	2.7 point
	Sigatoka	1/3V > 4.7	15.8 point x 30%	2.7 point
6 現況河川水質 最高点 V = 8.6 2/3V = 5.8 1/3V = 2.9	Nadi	1/3V > 2.6	9.8 point x 30%	2.9 point
	Lautoka	8.6 > 2/3V	9.8 point x 100%	9.8 point
	Ba	2/3V > 3.2 > 1/3V	9.8 point x 65%	6.4 point
	Tavua	2/3V > 4.5 > 1/3V	9.8 point x 65%	6.4 point
	Rakiraki	2/3V > 3.2 > 1/3V	9.8 point x 65%	6.4 point
	Sigatoka	1/3V > 2.5	9.8 point x 30%	2.9 point
7 将来河川水質 現況からの改善率 最高点 V = 0.41 2/3V = 0.27 1/3V = 0.14	Nadi	1/3V > 0.13	14.7 point x 30%	4.4 point
	Lautoka	0.40 > 2/3V	14.7 point x 100%	14.7 point
	Ba	2/3V > 0.14 > 1/3V	14.7 point x 65%	9.6 point
	Tavua	2/3V > 0.18 > 1/3V	14.7 point x 65%	9.6 point
	Rakiraki	0.41 > 2/3V	14.7 point x 100%	14.7 point
	Sigatoka	1/3V > 0.01	14.7 point x 30%	4.4 point

出典：JET

5-4-2 整備都市の優先順位

以上で纏めた優先順位付けのためのクライテリア、各クライテリアの重み、及び配点により西部地区 6 市町の整備優先順位について表 5-4.7 の通りの結果となった。Lautoka はいずれのクライテリアにおいても高得点を得ており、他 6 市町に比較して突出している。

以上より、都市下水道 M/P の策定対象都市は Lautoka と Nadi となる。

表 5-4.7 6 市町の点数と優先順位

	下位クライテリア	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
1'	下水道未整備人口	9.1	9.1	2.7	2.7	2.7	2.7
2	人口密度	11.6	17.8	11.6	5.3	5.3	11.6
3	水系感染症感染率	20.1	13.1	6.0	6.0	6.0	13.1
4	ホテル数	12.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
5	営業用使用水量	15.8	15.8	4.7	4.7	4.7	4.7
7	現況河川水質	2.9	9.8	6.4	6.4	6.4	2.9
8	将来河川水質	4.4	14.7	9.6	9.6	14.7	4.4
	合計	76.6	84.1	44.8	38.6	43.7	43.3
	優先順位	2	1	3	6	4	5

出典：JET

5-4-3 全体整備スケジュール

国家開発目標にある「人口の 70%が集合処理にアクセス可能となる」施設整備を 2036 年までの 10 数年の間に完成させることは、2022 年現在で 20%程度のアクセス率であることを鑑みると、非常に厳しい目標である。そこで、提示する全体整備スケジュールは下記の 2 通り検討する。

- Case1 : 2036 年までに施設整備を完了させる
- Case2 : 整備優先順で 1 市町ずつ整備をする。

なお、スケジュールの検討に際し、設定した条件を表 5-4.8 に示す。各市町の下水道整備プロジェクトは本 M/P プロジェクトが終了した後の 2025 年から着手されるものとし、F/S 調査からのスケジュールを見込む。詳細設計や建設工事は借款事業で行うものと想定し、戸別接続が終了するまでを考慮に入れる。

表 5-4.8 スケジュール検討条件

項目	期間
- Feasibility Study	1年
- コンサルタント選定	1年
- 詳細設計	1年
- 請負業者選定（入札補助）	1年
- 建設工事（Nadi, Lautoka, Ba）	5年
- 建設工事（Tavua, Rakiraki, Sigatoka）	4年
- 戸別接続工事	3年

出典：JET

整備優先順位と上記の検討条件を踏まえた全体整備スケジュールを表 5-4.9 に示す。

Case1 は 2036 年までに戸別接続を含む工事を全て終了させることから、6 市町同時並行で施工期間が 3 年程度重なる。プロジェクト費用の負担や施工期間中における交通渋滞等も問題となることから、現実的には不可能なスケジュールと判断する。

Case2 は各市町の施工期間が重ならないようにしているため、西部地区の 6 市町の整備を終えるのは

2036 年から 17 年遅れの 2053 年と想定される。また、2036 年における集合処理システムにアクセス可能な人口は 34%となる。

中部地区、北部地区を含めたフィジー国全体の整備スケジュールが不明ではあるが、Case2 のスケジュールを西部地区汚水処理 M/P の採用案とする。

表 5-4.9 全体整備スケジュール

Case1：2036年までに施設整備を完了させる

市町	優先 順位	施設規模	2020'							2030'							2040'							2050'							
			4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
Lautoka	1	処理場：31,000m ³ /日 人口：97,100人																													
Nadi	2	処理場：32,000m ³ /日 人口：101,600人																													
Ba	3	処理場：9,000m ³ /日 人口：31,200人																													
Rakiraki	4	処理場：2,100m ³ /日 人口：7,100人																													
Sigatoka	5	処理場：5,600m ³ /日 人口：15,900人																													
Tavua	6	処理場：3,500m ³ /日 人口：13,100人																													
集合処理へのアクセス率 (%)			19	19	19	19	19	19	19	19	19	24	41	58	70																
			F/S、コンサル選定、詳細設計、入札										工事			各戸接続															

Case2：整備優先順で1市町ずつ整備をする

市町	優先 順位	施設規模	2020'								2030'								2040'								2050'						
			4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	
Lautoka	1	処理場：31,000m ³ /日 人口：97,100人																															
Nadi	2	処理場：32,000m ³ /日 人口：101,600人																															
Ba	3	処理場：9,000m ³ /日 人口：31,200人																															
Rakiraki	4	処理場：2,100m ³ /日 人口：7,100人																															
Sigatoka	5	処理場：5,600m ³ /日 人口：15,900人																															
Tavua	6	処理場：3,500m ³ /日 人口：13,100人																															
集合処理へのアクセス率 (%)			19	19	19	19	19	19	19	19	19	24	30	34	34	34	34	42	49	56	56	56	58	59	61	61	63	64	66	66	67	69	70
			F/S、コンサル選定、詳細設計、入札															工事												各戸接続			

5-5 分散処理の検討

5-5-1 分散処理の目標

分散処理対象人口は、本 M/P における下水道整備計画との整合を図り、各 District (Tikina) ごとに算出した総人口から下水道接続人口を差し引いた人口とする。また、本 M/P の目標年次は国家開発計画の目標年次である 2036 年と設定されており、分散処理においても 2036 年を目標年次として設定する。これとは別に、フィジー国においても 2030 年を目標年次とする SDGs の達成を目指しており、2036 年までの中間目標年を 2030 年とする。

- M/P 計画基準年：2021 年
- 中間目標年：2030 年（SDGs 目標年）
- M/P 目標年：2036 年（フィジー国開発計画目標年）

集合処理と分散処理を合わせた総合的な整備方針に基づき、分散型生活排水処理の目標を以下のように設定する。

目標：2036 年に西部地区において集合処理の整備率と分散処理の整備率を合わせて 70% を達成する。

- ※ 集合処理の整備率は全人口に対する下水道に接続されている人口の割合とする。
- ※ 分散処理の整備率は SDGs 6.2.1a の指標である「Proportion of population using safely managed sanitation services」を受けている人口の割合とする。

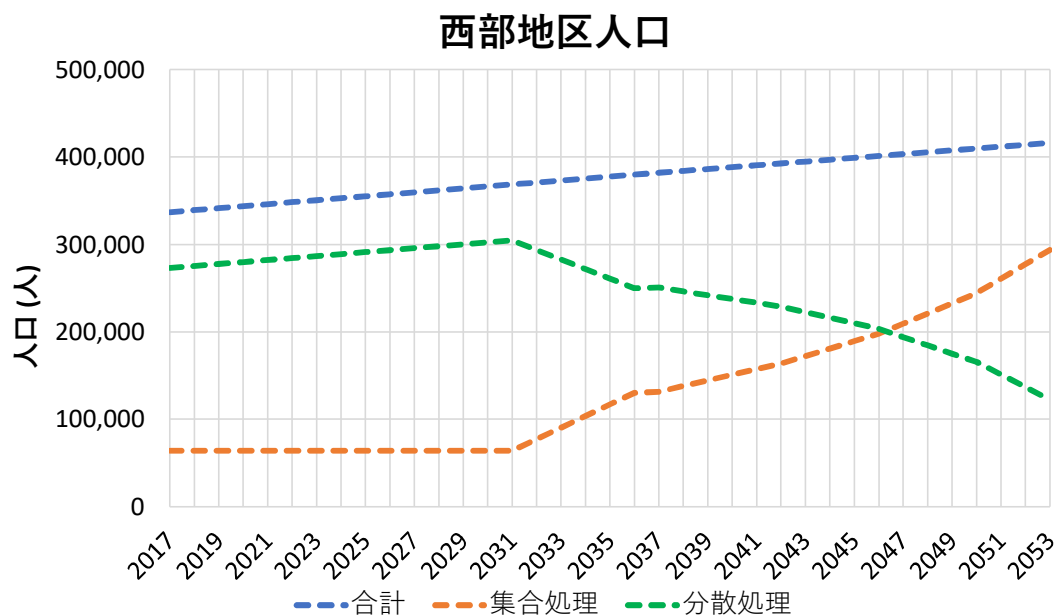
フィジー国における SDGs 目標については分散処理の扱いや指標として用いる統計データが明確になっておらず、ここでは、「Proportion of population using safely managed sanitation services」を、「オンサイトの施設（腐敗槽等）の腐敗槽汚泥が安全に引き抜き、運搬され、かつオフサイトの処理施設で処理される」ものと定義する。

また、2037 年以降についても腐敗槽汚泥の定期的な引き抜きへの取り組みを継続拡大することとし、2053 年における集合処理と合わせた「安全に管理された衛生サービス」を受けられる人口の割合の目安を 90% と設定する。定期汚泥引き抜き実施率（定期汚泥引き抜き人口／分散処理人口）は、後述するように District 毎に収集効率等を考慮して設定する。

なお、現地調査では腐敗槽の大部分がし尿のみを処理する単独型であり、生活排水等の安全な処理に関する SDGs 6.3 の観点からは、雑排水の処理を行う合併処理型の腐敗槽や浄化槽の普及が必要であるが、これに関連した目標設定はここでは行わないこととし、今後、フィジー国政府が取り組むべき課題とする。

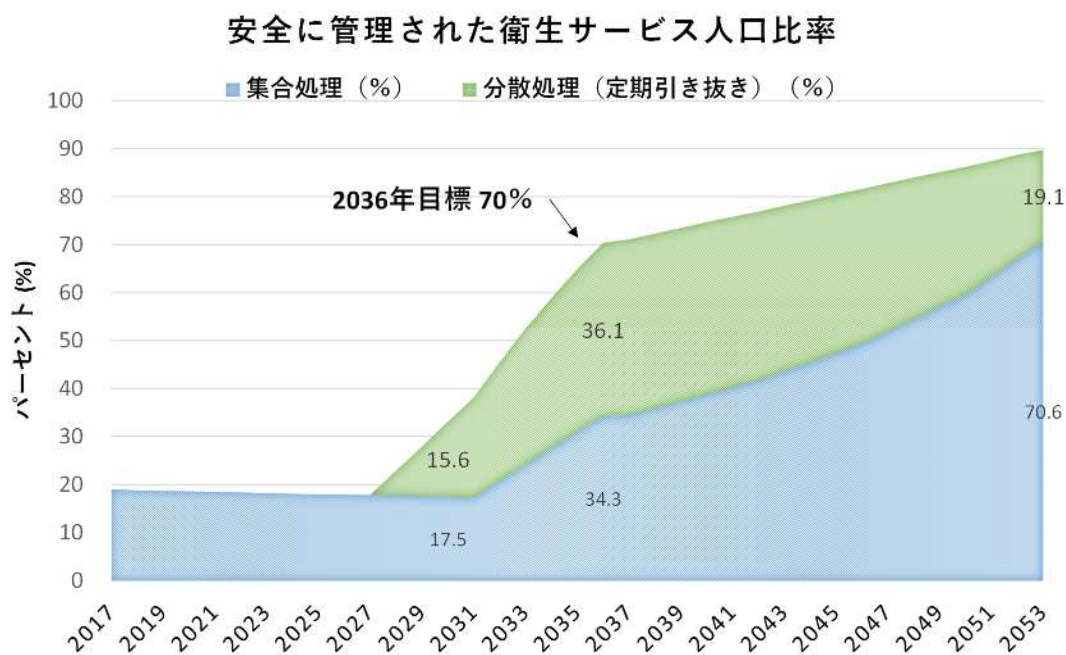
5-5-2 分散処理対象人口

以上のような設定をもとに計算した分散処理対象人口及び「安全に管理された衛生サービス対象人口」の比率の推移を、それぞれ図 5-5.1、図 5-5.2 に示す。



出典：JET 作成

図 5-5.1 分散処理対象人口の推移



出典：JET 作成

図 5-5.2 「安全に管理された衛生サービス」人口比率の推移

5-5-3 腐敗槽汚泥量収集量の算定

(1) 発生腐敗槽汚泥量

発生腐敗槽汚泥量は下記に示す方法によって算定する。

$$Vd = \frac{P}{N} \times \frac{Vt}{T}$$

ここで: Vd = 汚泥発生量 (m³/年)

P = 収集対象人口 (人)

N = 1基当たり人口 (人/基)

Vt = 平均引き抜き汚泥量 (m³)

T = 平均引き抜き間隔 (年)

(2) 衛生施設の種別

フィジー国の人口センサスでは、Septic Tank と Latrine 及びその他の施設に分類されているが、現地調査による確認では、Drum system と呼ばれる形式や、浸透槽 (Soak pit) などがかんりの割合で使用されていることが分かった。聞き取り調査では、2000 年以前は Pit Latrine が多く見受けられたものの、その後の WASH (Water, Sanitation and Hygiene) の活動等により腐敗槽 (Septic Tank) への転換が進んだとのことで、今後もその傾向が続くものと推測される。ここでの検討は、下水道に接続される人口以外の人口は腐敗槽によりカバーされ、汚泥引き抜きの対象となるものとした。

Communal Septic Tank 等小規模集合処理を使用している人口は一般の腐敗槽人口として扱う。また、ホテル、レストラン、商業施設等、一般の住居系以外の汚泥 (Non-residential) は、一般住居系汚泥 (Residential) の発生量に下水道計画の汚水量算定に用いた「営業水率」を乗じて計算する。

(3) 収集対象人口

先に示した「分散処理対象人口」の考え方に従い、以下のように設定した。

- 「集合処理」と「定期汚泥引き抜き」とを合わせた「安全に管理された衛生サービス」を受けられる人口の割合が 2036 年における目標である 70%を達成し、2053 年には 90%を目安として設定する。
- 定期汚泥引き抜きの実施時期は、その準備期間 (2023 年から 5 年間) を考慮して 2028 年からとする。
- 定期汚泥引き抜き実施率は、District 毎に表 5-51 に示す区分により設定する。なお、設定年次の間の年次は直線補間する。

表 5-5.1 定期汚泥引き抜き実施率の設定

区分	条件	District (Tikina)	実施率 (%)	
			2036	2053
A	市街地を有し、処理施設及びトラック基地に近い	Vuda, Nadi	65	80
B	主要道路 (Kings Rd.、Queens Rd.) 沿線で、市街地または集積した集落を形成	Ba, Nawaka, Tavua, Rakiraki, Saivou, Baravi, Cuvu, Malomalo, Nasigatoka	60	80
C	B 地区と D 地区の中間	Ruwailevu	30	60
D	本島 (Viti Levu 島) 内の山間部で集落が散在する	Magodro, Nakorotubu, Nalawa、Navosa	0	30
E	離島	Naviti, Yasawa, Malolo, Vatulele	0	0

出典：JET 作成

(4) 1 基当たり使用者数

2017 年の人口センサスにおける人口と分散処理施設設置基数の結果をもとに、分散処理施設 1 基当たりの人口を算定した結果を表 5-5.2 に示す。地域によって分散処理施設の種類ごとの割合等には差異があるものの、1 基当たりの人口は 4.3～4.6 人でほぼ一定である。この結果から、分散処理対象の腐敗槽 1 基当たり人口を 4.5 人/基と設定する。

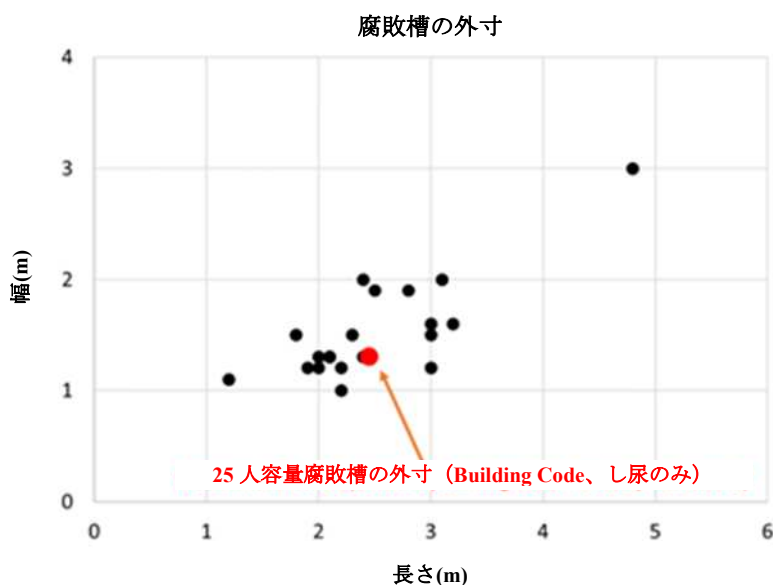
表 5-5.2 分散処理施設 1 基当たりの人口

州区分	人口/分散処理施設	Ba 州	Nadroga-Navosa 州	Ra 州	西部地区
合計	A. 人口	247,708	58,931	30,434	337,071
	B. 分散処理施設数	56,112	13,089	7,034	76,235
	C. 分散処理施設 1 基当たりの人口 (A/B)	4.4	4.5	4.3	4.4
Urban	A. 人口	165,411	10,293	5,987	181,691
	B. 分散処理施設数	37,575	2,452	1,396	41,423
	C. 分散処理施設 1 基当たりの人口 (A/B)	4.4	4.2	4.3	4.4
Rural	A. 人口	82,297	48,638	24,445	155,380
	B. 分散処理施設数	18,537	10,637	5,638	34,812
	C. 分散処理施設 1 基当たりの人口 (A/B)	4.4	4.6	4.3	4.5

出典：フィジー国人口・住宅センサス 2017 をもとに JET 作成

(5) 腐敗槽容量

現地調査で確認できた腐敗槽の調査結果 (外寸) と標準的なコンクリートブロックの厚みを 150mm として構造基準の寸法 (表 5-5.3) から計算した外寸を比較した結果を図 5-5.3 に示す。この比較から、実際に設置されている腐敗槽の平均的なサイズは、単独槽 (し尿のみ) の場合、25 人槽 (2.1m³) に相当することがわかる。



出典：JET 作成

図 5-5.3 腐敗槽の調査結果（外寸）

表 5-5.3 腐敗槽の寸法基準（Fiji National Building Code）（抜粋）、（再掲）

No. of Persons	Only Soil Waste（し尿のみ）						
	A	B	C	D	W	V (m ³)	F (m ³)
8	1000	400	1000	850	800	0.95	0.02
10	1000	600	1000	850	800	1.22	0.02
12	1000	600	1000	850	800	1.22	0.02
15	1000	600	1200	1050	800	1.34	0.03
25	1200	800	1200	1050	1000	2.10	0.05
50	1600	800	1400	1250	1000	3.00	0.06

No. of Persons	All Domestic Waste（し尿＋雑排水）						
	A	B	C	D	W	V (m ³)	F (m ³)
8	1400	800	1000	850	1000	1.87	0.04
10	1400	800	1200	1050	1000	2.31	0.05
12	1800	800	1200	1050	1000	2.73	0.06
15	1800	800	1200	1050	1200	3.28	0.07
25	2000	1200	1400	1250	1400	5.60	0.11
50	3200	1600	1600	1450	1600	11.14	0.22

V= Volume of Septic Tank (Working Capacity), F= Volume of Aerobic Filter

出典：Fiji National Building Code

また、Building Code に示された槽容量は、近隣のオーストラリアやニュージーランドの基準（APPENDIX 5-6）、WHO の示した算定方法による計算値（APPENDIX 5-7）に比較するとかなり小さい。さらに、今後は分散型システムによる生活排水対策としてし尿と雑排水を処理する合併式の腐敗槽や浄化槽が普及することも想定されることから、ここでの検討では 1 基当たりの有効槽容量を 2.0 m³ とする。

なお、腐敗槽の汚泥引き抜きは、保持されている微生物を槽内に残して処理機能を保つため、通常

は槽容量の 1/3 程度の汚泥を残すことが推奨されている。ただし、聞き取り調査の結果、引き抜き作業では槽内汚泥全量を引き抜くことが行われていることから、汚泥引き抜き量は有効槽容量と同じとする。

(6) 汚泥引き抜き間隔

現地における聞き取り調査の結果、現在、腐敗槽汚泥の引き抜きはオンコールベースで行われており、引き抜き頻度は 10 年以上又は問題がある場合を除いて全く実施しないというケースが多いことが分かった。また、フィジー国の National Building Code では、汚泥引き抜き間隔に関して「If the tank is not cleaned out at frequent interval, the sludge will eventually be scoured from the tank and clog the outlet drain, the absorption trench or soil and aerobic filter where provided.」と記述されているだけで槽容量の根拠となる汚泥引き抜き間隔等のパラメータは示されていない。

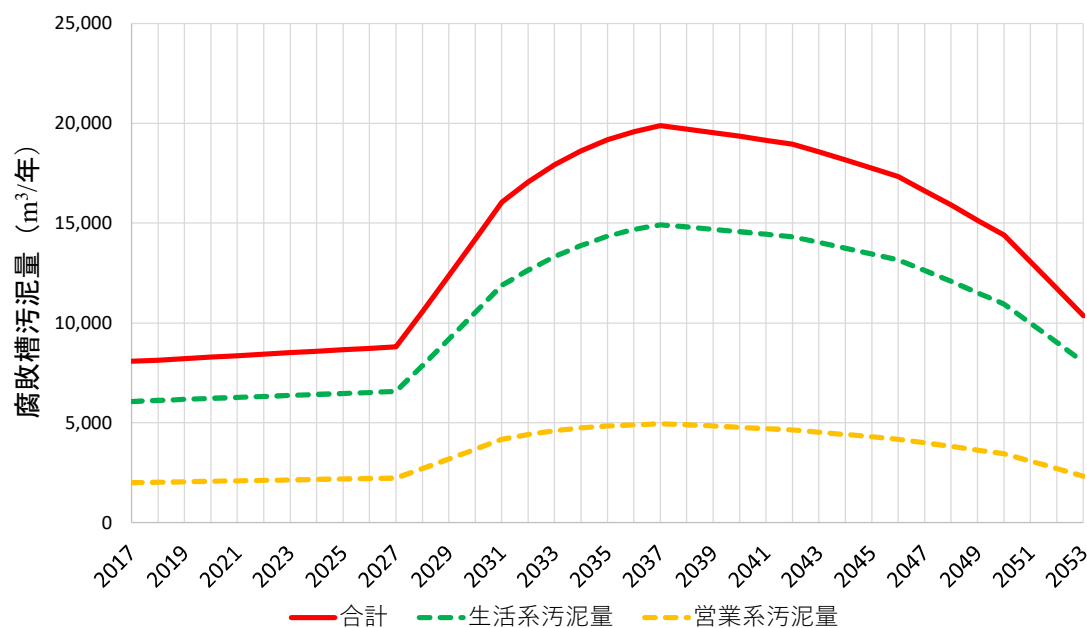
一般に、腐敗槽は **APPENDIX 5-7** の計算例に示すように、与えられた引き抜き間隔における汚泥やスカムの蓄積量をもとに、必要な汚水の滞留時間が確保されるように設計される。引き抜き間隔は 2 ～5 年として設計されるのが一般的で、これをもとに維持管理の基準やガイドラインが **APPENDIX 5-8** に示すように各国で定められている。

適切な間隔で引き抜きを行わない場合、例えば、長期間引き抜きを行わないと、蓄積した汚泥やスカムにより槽内の有効容積が減少し、汚水の処理に必要な滞留時間が確保できなくなる。これにより、十分に処理されない汚水が槽外に排出され、浸透槽の目詰まりを引き起こし、汚濁物質や病原菌による公共水域の汚染等が発生する恐れがある。また、堆積した汚泥が固結し、引き抜き作業を困難にする。業者への聞き取りにより、1 回の作業に約 2 時間を要し、3 時間以上を要する場合もあるとのことであった。一方、引き抜き間隔が短い (<1 年) の場合、堆積汚泥の嫌気性消化が十分進まない。

以上の背景から、本検討では「定期汚泥引き抜き」は 5 年に 1 回の頻度とし、残りは「オンコールベース」で 20 年に 1 回の頻度で設定する。「20 年」は、腐敗槽の躯体、内部ライニング、配管、浸透槽などを含めた使用可能期間（寿命）として設定し、最低でも 1 回/Lifespan の引き抜きが行われると仮定した。腐敗槽の使用可能期間に関しては、文献により 15-40 年、20-30 年などの記述がみられ、使用環境、材質、メンテナンス等に影響される。なお、ホテル、商業施設等の「換算人口」分は定期汚泥引き抜き対象（1 回/5 年）とする。

(7) 汚泥発生量

設定に基づいて計算した腐敗槽汚泥発生量（西部地区合計）を図 5-5.4 示す。



出典：JET 作成

図 5-5.4 腐敗槽汚泥発生量（西部地区合計）の推移

5-5-4 腐敗槽汚泥の収集

(1) 現況

現在、腐敗槽汚泥の収集は民間の汚泥引き抜き業者により行われ、引き抜かれた汚泥は Votua (Ba)、Natabua (Lautoka) 及び Olosara (Sigatoka) の各下水処理場で受け入れている。このうち Votua 下水処理場及び Olosara 下水処理場では下水処理を行っている安定化池の嫌気性池に汚泥投入しており、Natabua 下水処理場では敷地内の湿地に汚泥投入を行っている。

図 5-5.5 は、現在の汚泥の運搬ルートを入先の下水処理場及び汚泥引き抜き業者の所在地と合わせて示した図である。なお、運搬ルートは業者への聞き取り、WAF から提供された汚泥搬入データの排出元等の情報をもとに推定したものである。

現状では、LTW を含む大部分の汚泥が Natabua 処理場に持ち込まれており、WAF の記録では Ra 州や Sigatoka の汚泥も相当量含まれている。これは、Lautoka、Nadi 周辺に LTW を排出する事業者が集中し、多くの民間汚泥引き抜き業者がここに拠点を置いていることが理由と考えられる。また、Natabua での汚泥処理が下水処理施設とは独立しており、搬入量や汚泥性状による制約が少ないということも要因の一つである可能性がある。なお、この処分先の偏在は、引き抜き料金の地域格差が大きくなる要因となっている。



出典：JET 作成

図 5-5.5 腐敗槽汚泥の運搬ルート（現況）

(2) 将来

現況では Natabua 下水処理場への汚泥運搬が中心で、その結果として、同処理場からの遠隔地、特に Rakiraki を中心とする Ra 州で高額の引き抜き料金の支払いが発生している。この問題への対応として、特に Ra 州内またはその近傍に汚泥の処理施設を設け、汚泥運搬の効率化を図ることが考えられる。表 5-5.4 に、現況（Natabua 下水処理場への搬入を主とする）を含めた代替案とそのメリット、デメリットを整理して示す。なお、2053 年までに Rakiraki 等の新設下水処理場の運転開始が想定されるが、当初の流入水量が小さいため、これらの施設への汚泥投入はここでの検討では考慮しないこととする。

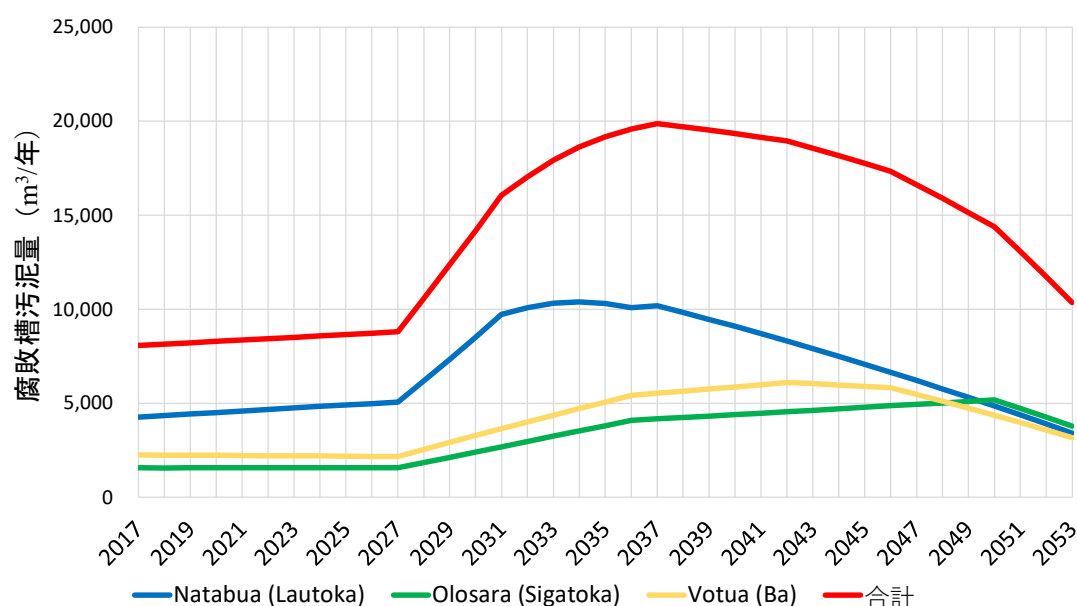
表 5-5.4 腐敗槽汚泥収集計画代替案の比較

代替案		説明（メリット、デメリット）
1	Votua 下水処理場の汚泥受け入れ量を増加し、現況と同じく 3 つの下水処理場で処理する	（メリット） ・ Ra 州及び Fotua 等の収集汚泥の運搬距離が短縮される。 （デメリット） ・ Fotua 下水処理場近傍の汚泥引き抜き業者は 1 社（トラック 2 台）であるため、引き抜き・運搬の能力強化が必要である。 ・ Fotua 下水処理場の処理区域については整備の優先度が低く、早期に汚泥受け入れ可能量の増加が見込めない。
2	Ra 州内に汚泥処理施設を新設し、これと 2 つの下水処理場（Natabua、Olosara）で処理する	（メリット） ・ Ra 州及び Fotua 等の収集汚泥の運搬距離が大幅に短縮される。 （デメリット） ・ Ra 州内に汚泥引き抜き業者が存在しないため、民間業者の能力強化又は公共サービスとして実施する必要がある。 ・ 新たな汚泥処理施設の建設が必要である。なお、新たな汚泥処理施設の建設には、用地の確保、処理水の放流先の環境悪化、建設及び運営に係る費用の確保が必要で、フィジー国側が難色を示している。
3	Natabua 下水処理場の汚泥受け入れ量を増加し、これと Olosara の 2 つの処理場で処理する（Fotua 処理場は予備とする）	（メリット） ・ Natabua 下水処理場の処理能力が大きいので、汚泥受け入れ可能量は他の処理場に比較して大きい。 ・ Natabua 下水処理場周辺には汚泥引き抜き業者が多く、民間業者にとっては、新たな拠点を設ける必要が無い。 ・ Natabua 下水処理場の処理区の整備拡大は優先度が高く、能力強化が優先して実施される。 （デメリット） ・ Ra 州及び Fotua 等の収集汚泥の運搬距離が長くなる。 ・ 遠隔地における引き抜き料金の格差の縮小は期待できない。

出典：JET 作成

代替案 1 は、現況と同様に Fotua、Natabua 及び Olosara で汚泥を受け入れる。このうち Ra 州及び Ba 州の一部（Ba、Tavua）の汚泥を Fotua 下水処理場に搬入・処理し、汚泥輸送距離を短縮する。図 5-5.6 に各下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移を、表 5-5.5 に下水処理場ごとのピーク時における汚泥混入率の算定結果を示す。なお、混入率は既存施設の処理能力に対する割合としている。

Fotua 処理場では、流入下水に対する混入率がピーク時（2042 年）で約 2.2%、定期汚泥引き抜き開始直後の 2030 年でも約 1.2%となった。腐敗槽汚泥の下水処理プロセスへの投入は、処理水の窒素（アンモニア）の上昇とそれに伴う BOD（N-BOD）の上昇、処理水の COD の上昇、着色等が問題となることがあり、日本の場合は下水とし尿の混入率の目安は流入下水量の 1%とされている。このため、汚泥受け入れを行うためには処理能力の強化、汚泥の前処理が必要であるが、同処理場処理区域の整備優先度が低く、早期の能力強化は見込めない。



出典：JET 作成

図 5-5.6 下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移（代替案 1）

表 5-5.5 各下水処理場への汚泥持ち込み量及び汚泥混入率（代替案 1）

下水処理場	既存施設処理能力	持ち込み汚泥量	混入率
Natabua	8,200 m³/日	約 10,400m³/年（約 42 m³/日）、2034 年	0.5%
Votua	1,100 m³/日	約 6,100m³/年（約 24 m³/日）、2042 年	2.2%
Olosara	2,600 m³/日	約 5,200m³/年（約 21 m³/日）、2050 年	0.8%

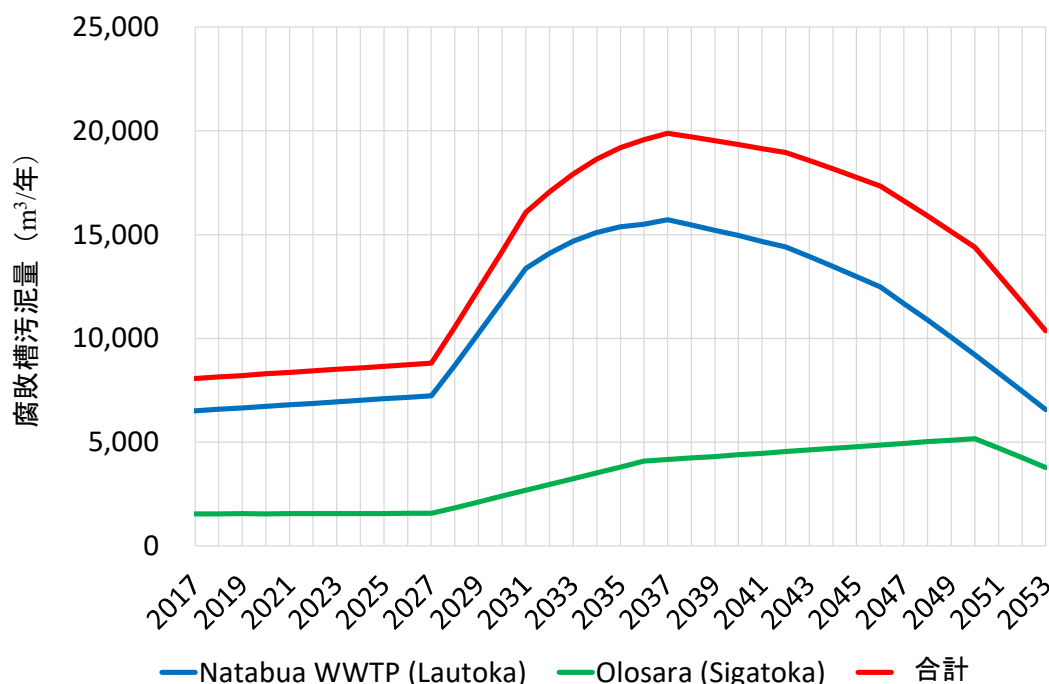
※日当たり持ち込み量は年間稼働日数 250 日として算定したものである。

出典：JET 作成

代替案 2 は、Ra 州内に新たに汚泥処理施設を設け、Ra 州内の汚泥と Ba 州の Tavua の汚泥を処理することで汚泥の収集・運搬のコストの低減を図るもので、代替案 2 について概略検討を行った結果を **APPENDIX 5-9** に示す。

結果としては、Ba 州の Tavua を含めても収集汚泥量は少なく、Ra 州内の分散した集落での収集、運搬の効率が低いと予想された。このため、民間業者の採算性に懸念があり、汚泥処理施設の建設を含め、公共サイドの強い関与が必要であると考えられるが、フィジー国側は難色を示している。

代替案 3 は、Ra 州及び Ba 州の汚泥は Natabua 下水処理場、Nadroga-Navosa 州の汚泥を Olosara 下水処理場に搬入・処理するものである。図 5-5.7 に下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移を、表 5-5.6 に下水処理場ごとのピーク時における汚泥混入率の算定結果を示す。



出典：JET 作成

図 5-5.7 下水処理場年間受け入れ汚泥量の推移（代替案 3）

表 5-5.6 各下水処理場への汚泥持ち込み量及び汚泥混入率（代替案 3）

下水処理場	既存施設処理能力	持ち込み汚泥量	混入率
Natabua	8,200 m³/日	約 15,700m³/年（約 63 m³/日）、2037 年	0.8%
Olosara	2,600 m³/日	約 5,200m³/年（約 21 m³/日）、2050 年	0.8%

※日当たり持ち込み量は年間稼働日数 250 日として算定したものである。

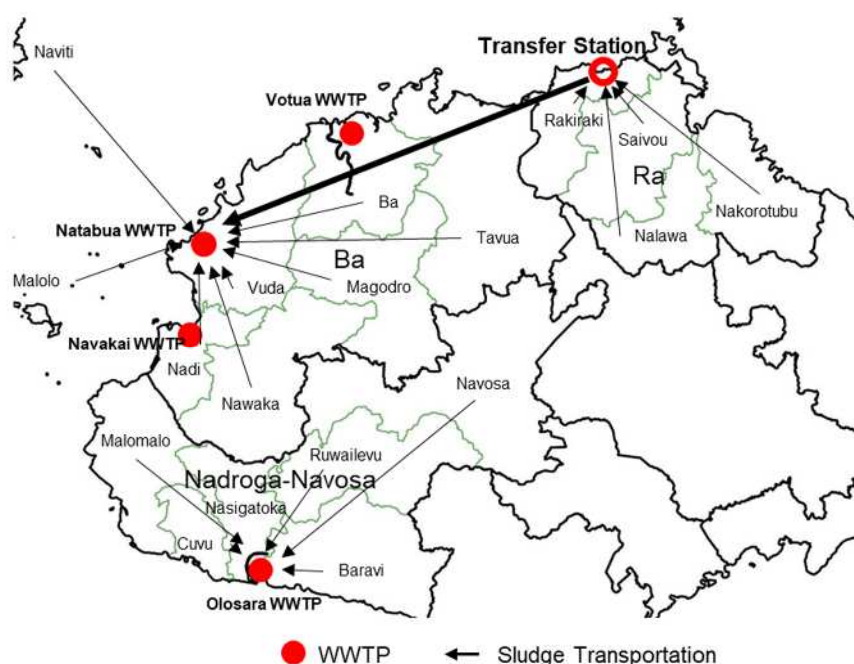
出典：JET 作成

Natabua 下水処理場については、腐敗槽汚泥のみであれば既存の施設でもピーク時でも腐敗槽汚泥混入率 1%以下で、下水処理施設での受け入れは可能と考えられる。

ただし、現在、Natabua 下水処理場では多くの LTW が腐敗槽汚泥と混合されて湿地処理されているが、その処理効果は不明で、汚泥受け入れ量増加後もこの方式を継続することは適当ではない。LTW の扱いについては、法的な扱い、責任の所在が明確でないため、これを明確にするとともに、腐敗槽汚泥と LTW の分離処理を行うべきである。また、活性汚泥を用いた下水処理施設に腐敗槽汚泥を投入する場合、汚泥中の高い TSS による SRT の減少が懸念されるため、脱水機等による前処理の処理水を下水処理施設で処理する、いわゆる「Co-treatment」を行うことが望ましい。

なお、代替案 3 では遠隔地の汚泥引き抜き料金格差が問題となるが、その対策の 1 つとして、遠隔地に分散する集落の引き抜きを小型のトラックで行い、これを一旦中継ステーションに貯留し、大型のトラックにより汚泥処理施設へ運搬する手法による効率化、コスト削減を図ることが考えられる。

図 5-5.8 に中継ステーションを利用した汚泥運搬ルートイメージを示す。また、公的な助成金あるいは地域間の負担の再配分（Cross-subsidy）等も検討する必要がある。



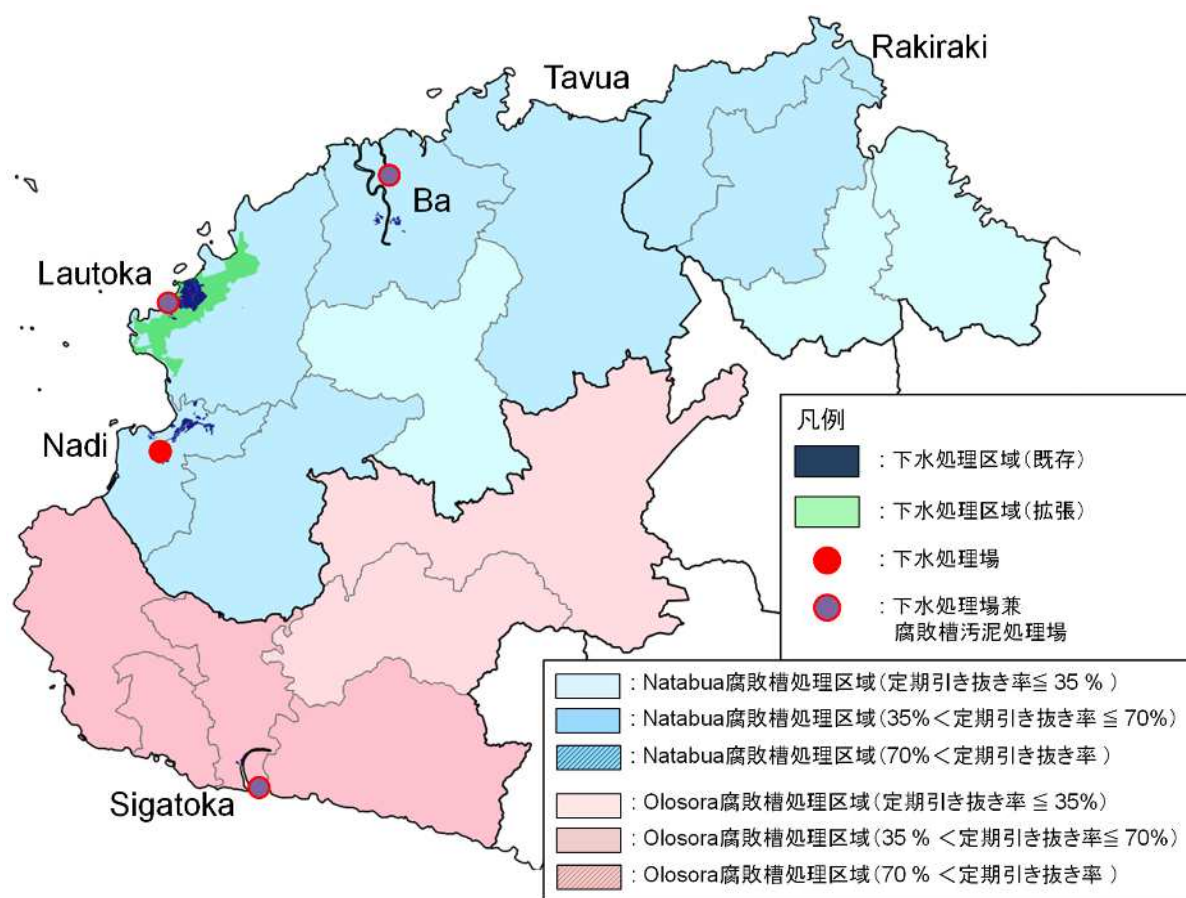
出典：JET 作成

図 5-5.8 中継ステーションを利用した汚泥運搬ルートのイメージ

5-6 汚水処理施設整備構想図

ここでは集合処理および分散処理の検討のまとめとして 2036 年と 2053 年の整備状況、各主要指標を示す。

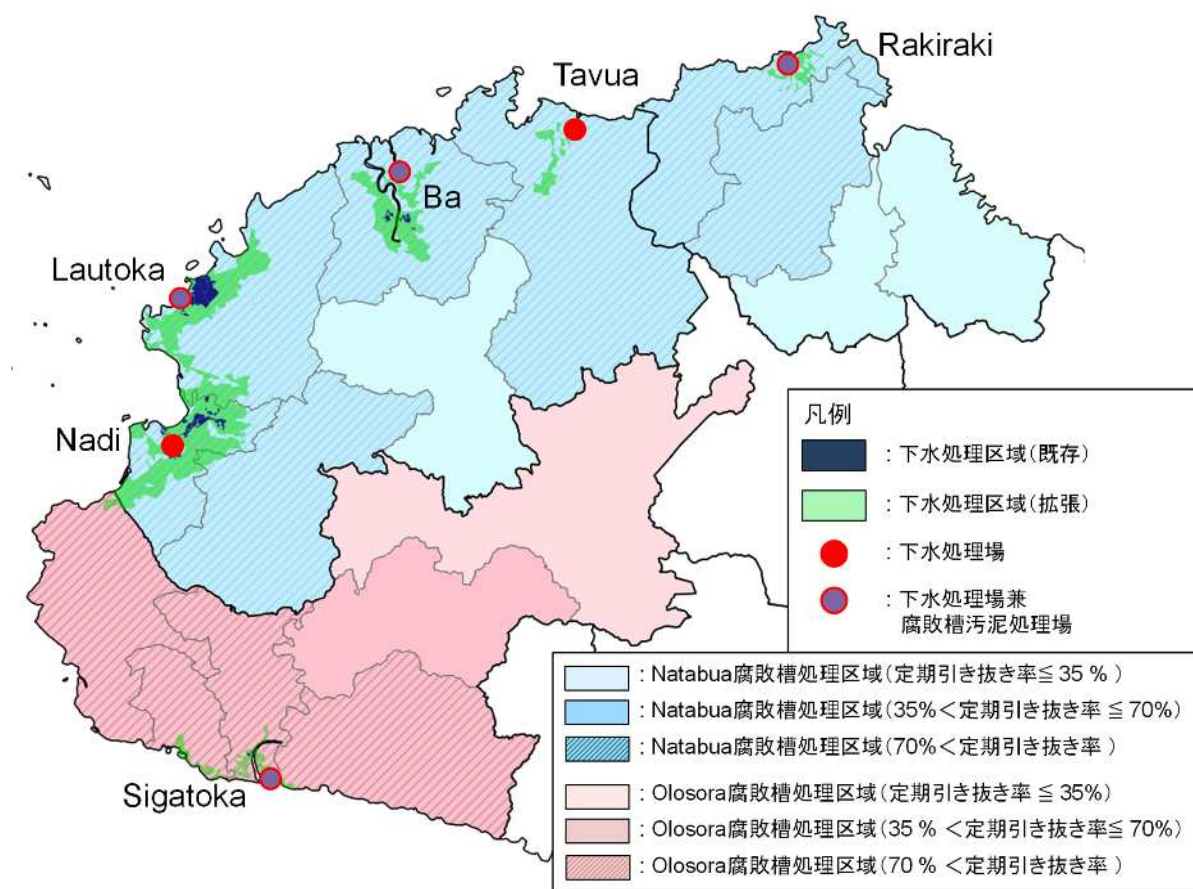
2036 年の状況として、図 5-6.1 に示す通り、Lautoka の下水道区域の拡張が終了しており、集合処理システムへのアクセス率は 34%まで向上する。これに合わせて、分散処理のレベルアップとして、腐敗槽汚泥の定期引き抜き率を 36%まで引き上げ、「安全に管理された衛生サービス」のアクセス率が 70%となる。Ba 州と Ra 州で発生する腐敗槽汚泥は Lautoka の新規下水処理場にて纏めて処理される。



出典 : JET

図 5-6.1 2036 年における整備状況図

下水道整備が終了すると想定される 2053 年の状況を図 5-6.2 に示す。西部地区の 6 市町の下水道整備が完了する事で、集合処理システムへのアクセス率は 70% となり、国家開発目標を達成できる。



出典：JET

図 5-6.2 2053 年における整備状況図

第6章 環境社会配慮

6-1 環境社会影響を与える事業コンポーネント

M/P 段階での環境社会配慮の目的は、想定される環境面及び社会面での影響を早い段階から把握し、立地や仕様等の個別プロジェクトの詳細決定の際に、その影響をあらかじめ考慮しておくことにより、事業化段階での深刻な環境社会影響を回避・緩和することにある。本 M/P の策定では、西部地区における汚水処理改善に関するオンサイト・オフサイト処理を含めた包括的な西部地区汚水処理マスタープランを作成するにあたり、戦略的環境アセスメント（Strategic Environmental Assessment、以下、「SEA」という。）の考え方を導入して環境社会配慮を実施した。具体的には、入手可能な既存情報を元にスコーピングを実施し、重要な環境社会影響項目を絞り込み、その評価方法を設定する。また、市町における下水処理場の開発シナリオについて初期的な代替案比較も実施する。

なお、西部地区汚水処理 M/P の策定後、優先市町での都市下水道 M/P 及び優先プロジェクトの Pre-F/S と計画が具体化するに従い、対象地域や事業内容が徐々に絞り込まれ、環境社会配慮についても詳細化されていく。従って、本 M/P でのスコーピングや評価方法は、そのまま下位計画や個別プロジェクトに適用するものではなく、前段での検討結果を参考に計画やプロジェクト特性を加味して、改めてスコーピングを含む EIA 等の環境社会配慮を実施しなければならない。

現段階で想定される汚水処理に係る事業コンポーネントは、表 6-1.1 のとおりである。計画対象地区及び既存施設の現状については、第 3 章を参照のこと。

表 6-1.1 西部地区 M/P で想定される事業コンポーネント

施設カテゴリ	事業コンポーネント 施設	概要
オフサイト	下水処理場	用地取得を伴う施設建設・増設、または既存施設用地内での改修
	ポンプ場	用地取得を伴う施設建設・増設、または既存施設用地内での改修
	下水管路	下水処理システムに接続する管渠（幹線、準幹線、取り付け管等）の敷設、幹線・準幹線の改修
	下水汚泥再利用施設	下水汚泥の再利用施設の新設
オンサイト	オンサイト処理施設	各戸もしくは小規模施設の設置：腐敗槽（Septic tank）、浄化槽等
	し尿処理・再利用施設	し尿及び浄化槽等汚泥の処理・再利用施設の新設

出典：JET

6-2 ベースとなる環境・社会の状況

6-2-1 自然環境

Viti Levu 島は中央部に山岳地帯を有する火山島であり、雨の多い熱帯性気候に属する。南部、東部、中央部では年間降水量が約 3,000 ～5,000 mm で、熱帯雨林に覆われた地域となっている一方、西部では年間約 2,000～3,000mm と比較的少なく、樹木が混生するサバンナ草原に覆われている。西

部地区における月平均最低気温は 23℃（7 月）から最高気温は 27℃（1 月）である。島の海岸線ではマングローブ林が多くみられ、島内の約 16%を占める丘陵、デルタ地帯、海岸平野のみが可耕地となっている。

6-2-2 水利用

Viti Levu 島内には大小多くの河川があり、内陸には湖沼や淡水湿地も点在している。また、降水量や自然林も比較的多いことから地下水賦存量にも恵まれており、十分な水源を有している。西部地区の主要都市では表流水を水源としており、水道や工業・灌漑用水として利用されている他、小さな集落によっては地下水も併用している。表流水の水利に関しては、関連機関での調整が十分に行われていないことから、農業・灌漑用とその他利用とで競合するケースもみられる。また、河川は遊泳や釣りなど、周辺コミュニティにより日常的に利用されている。

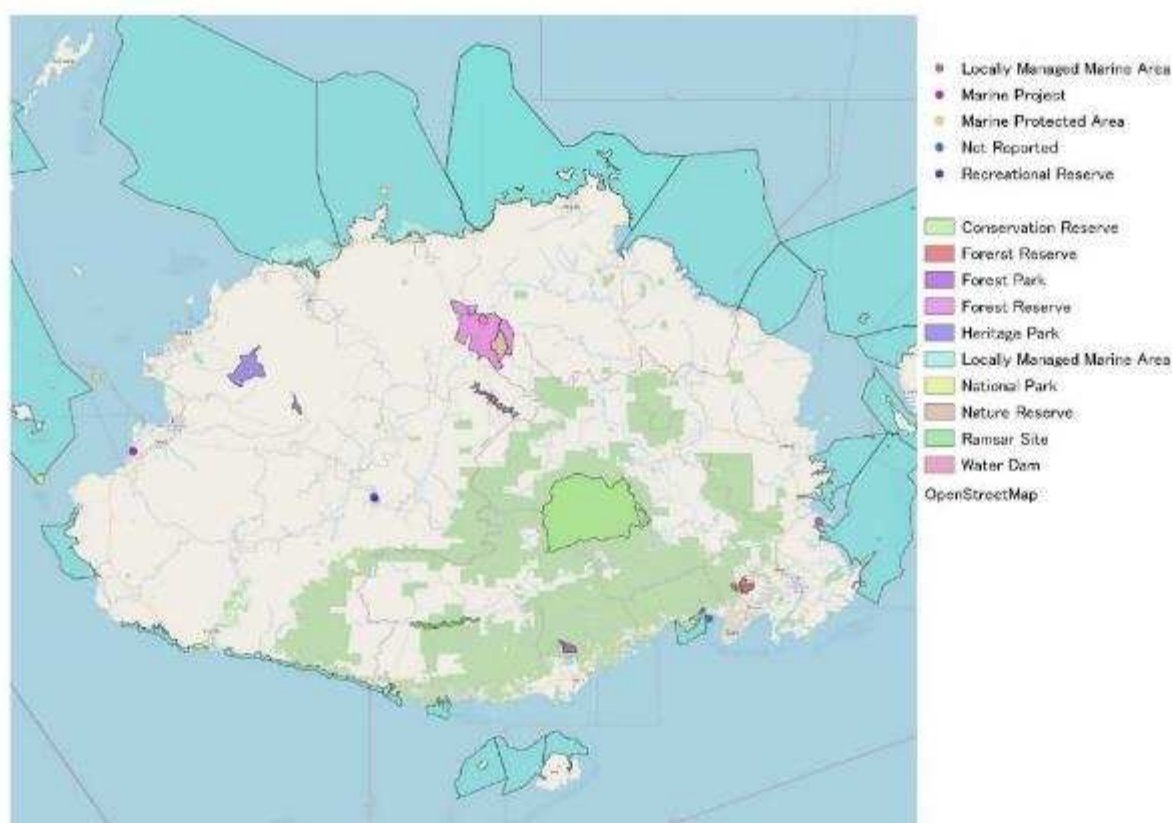
6-2-3 水害

フィジー国ではほぼ毎年、雨季になると大雨の後に洪水が発生しており、乾期でも時折発生する。西部地区で局所的に頻発する洪水・氾濫の多くは排水路の整備不足に起因するものであるが、開発に伴う流入量増加も影響している。特にナンディ川流域では、上流域における植生の劣化と下流域における開発により、洪水による構造物や農作物等への影響が深刻化している。現在、フィジー政府では JICA 等ドナーの支援を受け、ナンディ川の洪水対策計画を進めているところである。

6-2-4 自然保護・文化遺産保護の指定地域

(1) 保護区

フィジー国では国家保護区委員会、地域主導型管理海域（Locally Managed Marine Area。以下、「LMMA」という。）ネットワーク、Birdlife International、森林省など、様々な団体・機関により保護区の指定が行われており、その多くでコミュニティを巻き込んだ保護・保全活動が進められている。World Database on Protected Areas（以下、「WDPA」という。）によれば、現在 146 の保護区が存在しており、このうち 117 が海洋保護区、28 が陸域保護区である。図 6-2.1 に Viti Levu 島における保護区を示す。



出典：WDPA データセット (www.protectedplanet.net) より JET 作成

図 6-2.1 Viti Levu 島における保護区

1) 国立公園

シンガトカ川河口右岸の砂丘がフィジー唯一の国立公園 Singatoka Sand Dune National Park として指定されており、観光地として多くの人々が訪れている。

2) 海洋保護区

フィジーでは、海洋保護区のうち 103 の海域が地域主導型管理海域 (LMMA) 19 として指定されている。LMMA は、フィジー国内に存在する伝統的漁業エリア (マングローブ林や湿地含む海岸及び沿岸部で、Qoliqoli Area と呼ばれる) に基づき、コミュニティの伝統的な知見や統治体制を活用して沿岸海域を管理するものである。西部地区の 6 都市付近では、Lautoka 以東の Ba、Tavua、Rakiraki の海岸沿い、Sigatoka 周辺の海岸沿いが LMMA に指定されている。

3) 陸域保護区

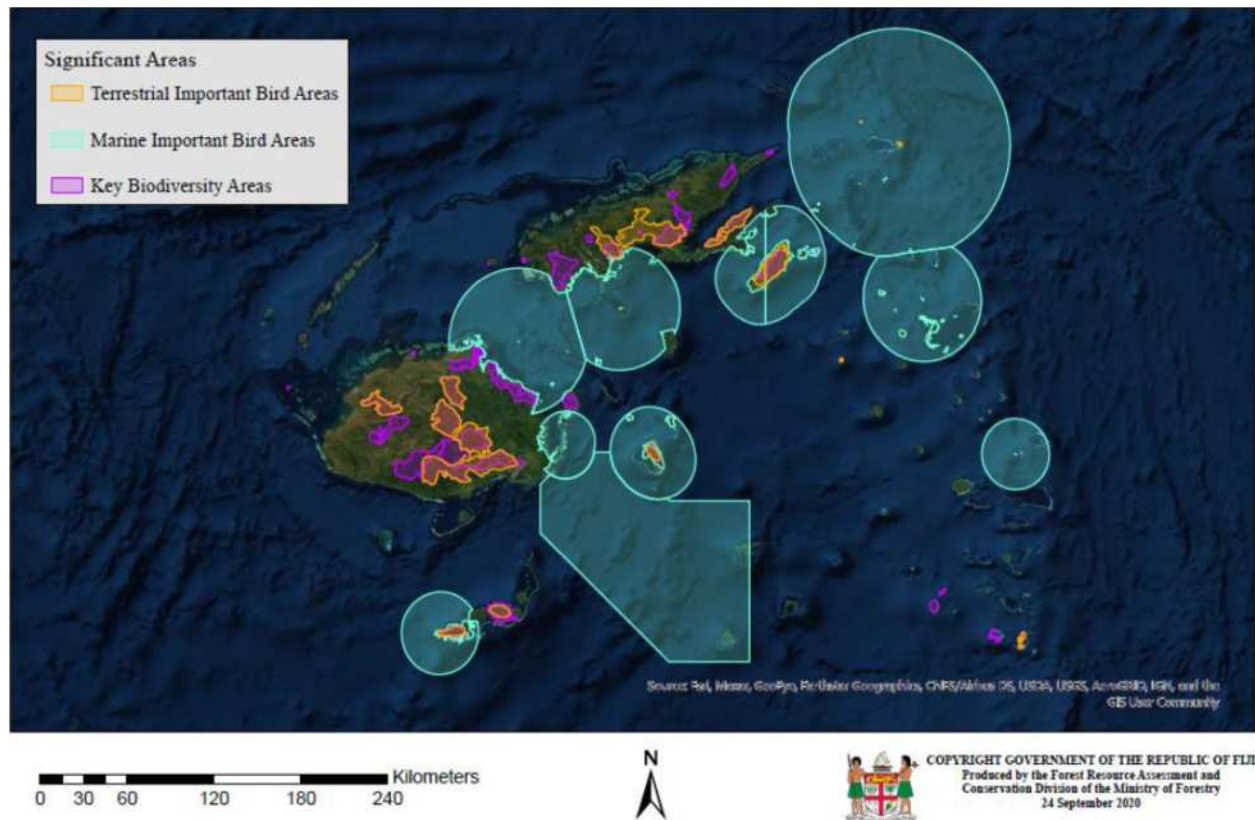
西部地区にある陸域保護区は殆どが内陸の山岳地帯に位置している。

(2) Key Biodiversity Area (KBA) 及び Important Bird Area (IBA)

上記保護区の外、国際基準で選定された Key Biodiversity Area (生物多様性重要地域。以下、「KBA」)

¹⁹ 地域主導型管理海域 (Locally Managed Marine Area, LMMA) は 2000 年よりアジア太平洋地域で広がっている、コミュニティ、NGO、政府機関、研究者が参加する国際ネットワーク型の活動である。

という。)及び Important Bird Area（重要野鳥生息地。以下、「IBA」という。）が存在する（図 6-2.2）。Viti Levu 島の陸域 IBA は山岳地域、海域 IBA は Rakiraki 以東にある他、北東海岸部及び山岳地域が KBA に特定されている。



出典：Fiji's 6th National Report to the Convention on Biological Diversity 2014-2020

図 6-2.2 Viti Levu 島における KBA 及び IBA

6-2-5 生態系²⁰

フィジー国では高地、低地の森林に加え、海岸付近の潮間帯にはマングローブが群生し、多様な森林生態系を有している。マングローブ林の面積は大洋州島嶼国の中でも三番目を誇っているものの、1991年に46,150 haだった面積は2007年には43,650haと減少傾向にあり、その原因は市街地の拡大や観光開発、廃棄物・汚水の影響と考えられている。フィジー国一のマングローブは、その90%がViti Levu島の南東及び北東の海岸線、特にレワ、バ、ナンディ川付近、及びVanua Levu島のラバサ川デルタに群生している。マングローブ林の劣化は貴重な魚類や鳥類などの生物の喪失につながり、地元住民の生活によるマングローブ林の資源利用、水質フィルター機能や気候変動対策としてのCO₂吸収効果など、マングローブ林が持つ生態系システムへの影響が懸念される。

一方、フィジー国ではDOEによりマングローブ管理計画案が2013年に策定されたものの、正式な計画として承認はされず、長らくマングローブ保全に係る包括的施策は実施されていなかった。現

²⁰ National Biodiversity Strategy and Action Plan for Fiji 2020-2025

在 DOE では、Mangrove Conservation and Management Regulations を策定中であり、2022 年中に施行される見込みである。DOE によれば、個別プロジェクトでのマングローブ保全事例として、マングローブ林や脆弱な自然を有する地域での開発事業は可能な限り回避することが第一優先ではあるが、状況に応じてオフセット（マングローブ 1 本伐採につき 6 本を植林等）や補償を以って EIA を承認する場合もあるとのことであった。

6-2-6 社会経済状況

フィジー国全体及び西部地区における社会経済状況を表 6-2.1 に示す。西部地区には首都 Suva に次ぐ Lautoka、Nadi といった都市があり、その指標はフィジー国の平均的なレベルに近い。ただし、農村人口、貧困率についてはフィジー国平均よりも若干高くなっている。失業率については 7.4%と低い値ではあるものの日雇いや臨時雇いは考慮されていないため、実際にはこれより高いと推測され、また男性よりも女性のほうが失業率は高い傾向にある。

表 6-2.1 フィジー国及び西部地区の社会経済状況

項目	フィジー国	西部地区
人口	864,132 人	330,434 人
都市	477,500 人 (55.3%)	176,498 人 (53.4%)
農村	386,632 人 (44.7%)	153,936 人 (46.6%)
人口構成		
Age 0-14	29.3%	28.4%
Age 15-64	64.6%	65.2%
Age 65+	6.1%	6.4%
人口構成		
Age 0-14	29.3%	28.4%
Age 15-64	64.6%	65.2%
Age 65+	6.1%	6.4%
男性が世帯主の割合	80.9%	81.3 %
世帯人員	4.3 人/世帯	4.1 人/世帯
貧困率（国の貧困線未満の割合*）	258,053 人（全人口の 29.9%）	106,988 人（西部地区人口の 32.4%）
都市	97,602 人 （都市人口の 20.4%）	41,206 人 （西部地区都市人口の 23.3 %）
農村	160,450 人 （農村人口の 41.5 %）	65,782 人 （西部地区農村人口の 42.7 %）
平均世帯年収	\$26,248.6	—
都市	\$30,500.7	\$28,107.7
農村	\$20,738.1	\$20,318.0
失業率	7.4%	—
女性	5.1%	—
男性	11.7%	—

* A single national poverty line was set at \$2,179.39 per adult equivalent (AE) per year, or \$41.91 per AE per week.

出典：Fiji Bureau of Statistics, Household Income and Expenditure Survey Main Report 2019-2020 (2021).

6-2-7 先住民族

フィジー国における主な民族構成は、iTaukei（先住民族）が 62.0%、イギリス植民地時代に入植したインド系フィジー人が 34.2%、ロツマ人やほかの太平洋島民、中国系などその他が 3.8%となっている（フィジー統計局 2021）。言語としては公用語である英語のほか、フィジー語やヒンディ語が使用されており、iTaukei の殆どはキリスト教、インド系フィジー人はヒンドゥ教を信仰している。こ

のうち、iTaukei 貧困率が最も高く、全貧困人口の 7 割以上を占める。

表 6-2.2 フィジー国における民族グループ毎の貧困率

項目	iTaukei	インド系フィジー人	その他
人口	535,554 人 (62.0%)	295,326 人 (34.2%)	33,251 人 (3.8%)
貧困人口 (貧困率: 国の貧困線未満の割合*)	192,977 人 (36.0%)	58,933 人 (20.0%)	6,143 人 (18.5%)
国の貧困人口に占める割合	74.8%	22.8%	2.4%

出典: Fiji Bureau of Statistics, Household Income and Expenditure Survey Main Report 2019-2020 (2021).

フィジー国では、1970 年の独立以前より iTaukei の土地所有権が憲法や法律にて保護されており、その管理は iTaukei 土地信託委員会 (iTaukei Land Trust Board、以下、「TLTB」) が一括して行っている。また、同様に iTaukei 所有地における狩猟や野生の果実や野菜の収穫、先住民が伝統的に利用しているマングローブ林や沿岸部での資源採取や漁業についても Forest Decree や Fisheries Act にて認められている。

6-3 環境社会配慮制度・組織

6-3-1 環境関連法制度の概要

表 6-3.1 にフィジー国における環境関連法制度及び関連文書を示す。環境管理法 (2005) は、環境分野における包括的な法制度枠組みとしてフィジー国で初めて制定され、天然資源の持続的な利用と開発原則、国全体としての環境分野の重要性について明記されている。これに基づき環境管理 (EIA プロセス) 規則、環境管理 (廃棄物処理及びリサイクル) 規則が施行された。この他、Mangrove Conservation and Management Regulations が現在策定中である。

表 6-3.1 フィジー国における主な環境関連法制度

法令	概要
EIA ガイドライン EIA Guidelines 2008 (revised 2012)	環境管理（EIA プロセス）規則に記載されている内容と類似するが、より単純な形式と言語での段階的な手続きについて特化している。ガイドラインの最新バージョンが改訂され、2012 年に第 2 版として発行された。
環境管理（EIA プロセス）規則 Environment Management (EIA Process) Regulations 2007	本規則では、EIA プロセスの主要コンポーネントを概説すると共に、環境影響評価手順を規定している。
環境管理（廃棄物処理及びリサイクル）規則 Environment Management (Waste Disposal and Recycling) Regulations 2007	環境汚染を防止するために、固形・液体廃棄物の排出、排ガス、廃棄物及び有害物質の処分等を適切にコントロールすることを目的として策定された。大量の固形・液体廃棄物、排ガスを排出する場合には、状況に応じて廃棄物許可が必要であることを規定している。液体廃棄物については、排水の水質分析の頻度や排水基準（General 及び Significant Ecological Zone）も規定している。
環境管理法 Environmental Management Act 2005	天然資源の保護、開発規制及び管理、汚染規制及び廃棄物管理の 3 分野に加えて、EIA プロセスに係る法的枠組みを規定している。また、環境管理の組織として国家環境評議会の設立や環境担当局（DOE）の実施体制についても規定している。
絶滅危惧及び保護種法 Endangered and Protected Species Act 2002 (amended 2017)	ワシントン条約（以下、「CITES」という。）にて保護されている種の国際/国内取引、所有、移送及び管理に関して規定している。2017 年改定では、非 CITES の固有種についても保護対象として追加された。

出典：JET

6-3-2 環境関連政策及び計画

表 6-3.2 に国レベルでの主な環境関連の政策文書を示す。

表 6-3.2 フィジー国における主な環境関連政策文書

分野	文書
廃棄物	- National Liquid Trade Waste Policy 2017 - Clean Environment Policy 2019
生態系保全	- Integrated Coastal Zone Management Framework 2011 - Mangrove Management Plan 2013 (Draft) - National Biodiversity Strategic Action Plan 2020-2025 - National Ocean Policy 2020-2030
森林保護	Fiji Forest Policy Statement 2007
土地利用	Rural Land Use Policy of Fiji 2002
ジェンダー	National Gender Policy 2014
先住民族	iTaukei Affairs Strategic Development Plan 2018-2023

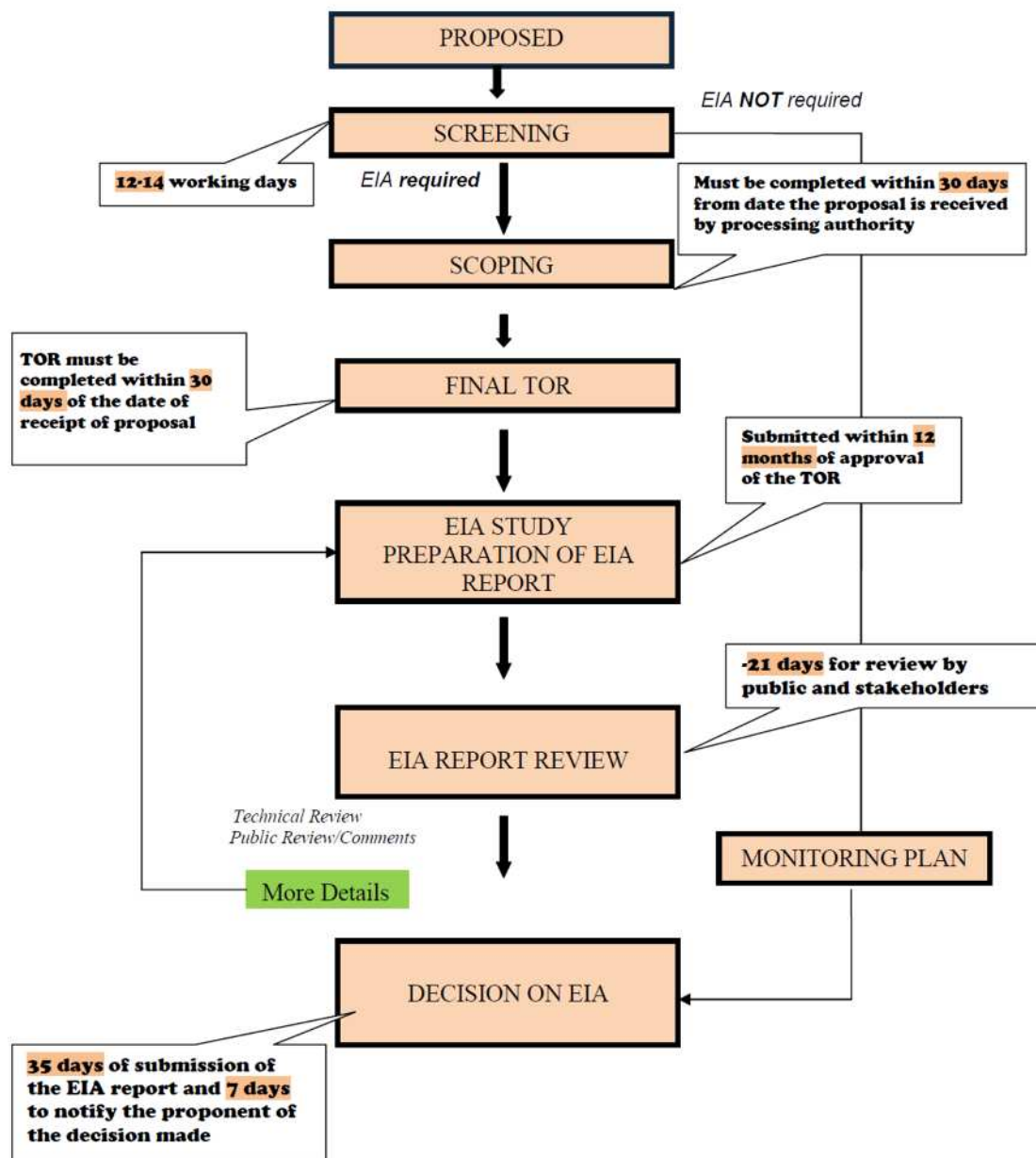
出典：JET

6-3-3 環境関連組織

フィジー国における環境行政は MOWE の DOE が担っている。環境管理法にて DOE の機能や権限が規定されており、EIA ユニット、廃棄物・汚染対策ユニット、資源管理ユニットが各環境分野を担当している。また、DOE 西部地区事務所は Nadi に置かれている。

6-3-4 EIA プロセス

EIA に必要なプロジェクトは、環境管理法の附表 2 に記載されており、下水道関連プロジェクトの場合、「(q) 処分場、コンポストプラント、海洋排水または排水処理施設の建設に関する提案」として、EIA の許認可取得が必要となっている。DOE では、2008 年に EIA ガイドラインを作成し、環境影響評価に関する詳細な手続きを規定している（2012 年に改訂）。また、EIA は DOE に登録のあるコンサルタントにより実施されなければならない。EIA プロセスフローを図 6-3.1 に示す。



出典：Environmental Impact Assessment Guidelines 2012

図 6-3.1 フィジー国における EIA プロセス

6-3-5 戦略的環境アセスメント (SEA)

フィジー国において戦略的環境アセスメントの適用を規定した法令はなく、EIA ガイドラインにおいて、プロジェクトとは「政策、計画及びプログラム、SEA 等を含む」と説明がなされているのみである。MOWE が策定している戦略計画 2020-2024²¹においても、戦略的環境アセスメント導入に関する方針は示されていない。DOE にも確認したところ、現時点において DOE は個別開発プロジェクト段階での EIA 手続きを担うのみとのことであった。

一方、フィジー国内では以下の SEA がこれまでに実施されている。また、太平洋地域環境計画事務局 (Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme。以下、「SPREP」という。) では 2020 年に SEA ガイドライン (Strategic Environmental Assessment – Guidelines for Pacific Island Countries and Territories) を策定し、大洋州各国での政策・計画策定及び意思決定における SEA 導入を促進している。

- Ministry of Forestry (2019), FCPF Readiness Project, Fiji. Strategic Environmental Social Assessment (SESA)
- JICA (2016), The Project for The Planning of the Nadi River Flood Control Structures Final Report, Volume 2 Main Report, Part 1: Master Plan Study
- ADB (2003), A Strategic Environmental Assessment of Fiji's Tourism Development Plan

6-3-6 気候変動に関する取り組み・施策

フィジー国における気候変動に対する脆弱性は深刻であり、干ばつや大雨などの異常気象の頻度の増加に伴い、人々の生活やインフラへの影響が懸念されている。また、海面上昇による影響は、氾濫、海岸浸食、塩水遡上の発生頻度を高め、高潮時のリスクも上昇すると指摘されている。²²

フィジー国政府は 2016 年にパリ協定に基づき提出された“自国が決定する貢献 (Nationally Determined Contribution)”にて「2050 年までに GHG 排出ゼロ」を目標に掲げており、これに関連して以下の気候変動関連の政策文書を策定している。

- Green Growth Framework 2014
- National Climate Change Policy 2018-2030 (初版は 2012 年に策定)
- Low Emission Development Strategy 2018-2050
- Climate Relocation of Communities Trust Fund Act 2019
- Climate Change Act 2021

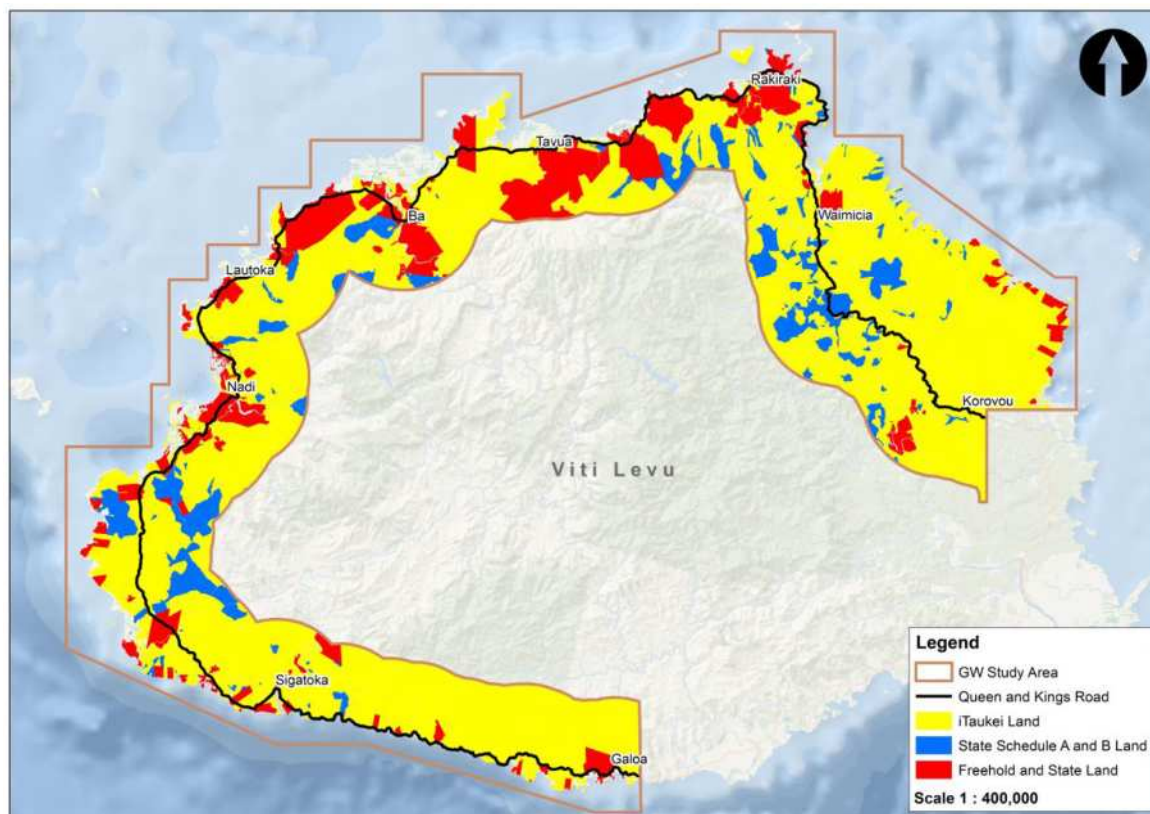
上記文書では、汚水処理セクターにおける気候変動の取り組みとして、処理水や汚泥の有効利用について言及されている。なお、WAF では気候変動に係る方針文書は現時点までに作成していないものの、Vulnerability Assessment Report が策定されている。

²¹ MOWE, Strategic Plan 2020-2024.

²² World Bank Group. Climate Risk Country Profile, Fiji (2021)

6-3-7 用地取得・住民移転に係る法的枠組み

フィジー国の土地所有は、一般的に先住民族の土地である iTaukei 保有地、自由保有地、国有地の 3 種類に分類され、図 6-3.2 に示す Viti Levu 島西部では、iTaukei 保有地が 83%を占めており、市街地では自由保有地や国有地が比較的多いものの、その割合は 17%のみである。



出典：Regional Land Release Plan for the Greater West and Coastal Region 2019-2039

図 6-3.2 Viti Levu 島西部（西部地区を含む）の土地所有分類

表 6-3.3 に用地取得に係る法制度を示す。フィジー憲法では、土地の強制収用を認めておらず、iTaukei 保有地については、公的利用を除いて譲渡不可としている。政府による用地取得の場合、いずれの土地形態であっても全ての土地と権利について補償することと定められており、State Acquisition of Lands Act にて具体的な規定がなされている。

表 6-3.3 フィジー国における用地取得関連法制度

分野	法律
共通	- Constitution of Fiji 2013 - State Acquisition of Lands Act 1940 (amended 1970)
iTaukei 保有地	- iTaukei Lands Act 1905 - iTaukei Land Trust Act 1940
自由保有地	Land Sales Act 1974 (amended 2014)
国有地	State Land Act 1945

出典：JET

以下に土地所有毎の利用方法について概説する。

(1) iTaukei 所有地

全ての iTaukei 所有地は、「トカトカ」(家族)、「マタンガリ」(氏族)、「ヤブサ」(部族)、「バヌア」(連邦)などの iTaukei コミュニティグループに属しており、一般的には集落周辺に位置するか、それ以外は iTaukei 保留地 (iTaukei Reserve) となっている。iTaukei 保留地は、フィジー人の所有者に代わってそれら全ての土地を管理する法定機関である TLTB を通じて、開発目的等での外部者による短期・長期のリースが可能である。フィジー国政府は、TLTB での適切な手続きなく iTaukei 保有地に居住する者を非正規居住者 (Informal Settlers) として分類し、多くの都市で非正規居住者の問題を抱えている。iTaukei 所有地の用地取得においては、通常の場合は使用者と TLTB との間で補償合意が求められるが、非正規居住者の場合は補償の受給資格を得られない可能性がある。

(2) 自由所有地

Land Sales Act に基づき、土地の購入、委譲、リースが可能であるが、フィジー国国民・フィジー国企業以外による購入については一部制限がある。

(3) 国有地

陸上の土地に加えて、全ての海岸線 (高潮線未満の土地) と水域の底質も国有地に見なされる。国有地は売却不可だが、MOLMR の土地局 (Department of Land、以下「DOL」という。) からのリースは可能である。現行政策下においては、マングローブ林は基本的に国有地であることから、国有地法に基づき土地局による転用許可は取得可能であるが、転用に係る EIA 許認可の事前取得が必須である。ただし、Mangrove Conservation and Management Regulations が施行された後は、その内容を踏まえる必要がある。

6-4 スコーピング

汚水処理事業に係る重要な環境社会配慮項目を抽出するため、現段階で想定される事業コンポーネント及び自然環境・社会環境のベースライン情報を踏まえ、以下のとおりスコーピングを実施した。本 M/P 段階では各市町における事業メニューも定まっておらず、空間的・時間的範囲は多岐にわたり、厳密な影響として評価することは困難である。従って、これまでに収集された地域の特徴や各施設の一般情報を基に、一般的な影響レベルを想定した。

表 6-4.1 スコーピング（西部地区 M/P 段階）

分類	影響項目	選定	選定理由
社会 環境	1 非自発的 住民移転及 び用地取得	X	計画段階・建設段階: いずれの施設建設においても、用地取得や、非自発的住民移転が伴う可能性がある。 運用段階: 非自発的住民移転及び用地取得は想定されない。
	2 地域経済		フィジーでは制度上、上下水道整備の有無で土地の建蔽率が制限されているため、下水道が整備されることで、地域経済活動が活性化や Informal Settlement を含む住民の定住促進が期待される。
	3 土地利用		下水道普及地域内の官民の土地利用パターンが都市下水道 M/P に基づいて効率的に変更されることが期待される。
	4 社会関係資本		M/P には WAF や他汚水処理関連組織の組織強化が含まれる。この活動を通じて、フィジーにおける汚水処理管理能力が改善することが期待される。
	5 既存の社会インフラや社会サービス	X	建設段階: 施設の建設工事には交通規制を伴うことがあり、特に管渠は道路下に敷設するため、う回路や交通整理など、道路でのアクセス制限が発生する可能性がある。また、電気、ガス、水道など社会インフラの敷設状況によっては影響が生じる。 計画段階・運用段階: 公共サービスとしての下水道普及やオンサイト処理の適正管理が期待される。
	6 先住民	X	計画段階・建設段階・運用段階: 処理場の建設・拡張に伴い、マングローブ林の伐採や湿地の埋立てが行われることにより、近隣先住民の慣習的利用エリアが減少あるいは制限される可能性がある。
	7 貧困層	X	計画段階・建設段階・運用段階: 西部地区の郊外（特に Sigatoka, Lautoka, Nadi）の iTaukei 保有地には非正規居住者が居住している。都市下水道 M/P では、自治体との協議の上、これらの非正規居住者/居住地について配慮する必要がある。
	8 被害と便益の偏在	X	計画段階・建設段階・運用段階: 西部地区 M/P では西部地区全域を対象としているが、下水道区域と区域外、受益者と事業実施による被影響住民など、不均等な利益の配分は地域内の経済的バランスに影響を与える可能性がある。
	9 文化遺産	X	計画段階・建設段階・運用段階: iTaukei 保有地には近隣先住民の伝統的史跡等が存在する可能性があり、施設の建設に伴いアクセス制限や移転などの影響を与える可能性がある。
	10 地域内の利害対立	X	計画段階・建設段階・運用段階: 西部地区 M/P では下水道区域の対象を 6 市町としているが、開発の優先順位によっては西部地区内での利害対立が生じる可能性がある。
	11 水利用	X	計画段階・建設段階: 建設工事により、一時的に周辺住民が利用する水環境への影響が生じる可能性がある。 運用段階: 下水道の整備やオンサイト施設の適切な運用による排水水質の向上により水環境の改善が期待できる。
	12 公衆衛生/ HIV/AIDS 等の感染症		西部地区における汚水処理設備を改善することにより、地域の衛生環境の向上と感染症リスクの抑制が期待できる。
	13 ジェンダー/子どもの権利		汚水処理施設整備に関し、ジェンダー及び子供の権利に対して負の影響は想定されない。
	14 景観	X	計画段階・建設段階・運用段階: 西部地区は観光業が盛んであることから、建設工事や施設デザインに配慮する必要がある。
	15 労働環境/事故	X	計画段階・建設段階・運用段階: 建設作業員や施設管理作業員の労働環境や事故発生に配慮する必要がある。

分類	影響項目	選定	選定理由
自然環境	16 地形、地質	X	計画段階・建設段階: 傾斜地形では土壌侵食が発生する可能性があるなど、事業の性質や位置に応じて、地形的な特性について確認が必要である。 運用段階: 地形、地質に係る影響は特に想定されない。
	17 水象	X	計画段階・建設段階・運用段階: サイクロンやモンスーンに起因する洪水や暴風、高潮等の水害に対し脆弱な地域であることから、施設計画に際して配慮する必要がある。
	18 保護区/生物多様性	X	計画段階・建設段階・運用段階: 西部地区の海岸はマングローブや干潟、沿岸にはサンゴ礁など生態学的に重要な生息地が多くみられ、保護区に指定されている場所もある。施設建設時や運用時の処理水によってはこれら地域の劣化を引き起こす可能性がある。
	19 気候変動	X	計画段階・建設段階・運用段階: 海水位上昇、雨量増大等の気候変動の影響により、汚水処理施設における排水・処理能力不足、洪水・浸水頻度の増加が考えられる一方、処理に伴い発生する汚泥からはメタンガスの発生が懸念される。
公害対策	20 大気汚染	X	建設段階: 建設機材の稼動等に伴い、一時的ではあるが大気質の悪化が想定される。 運用段階: 大気質への影響は特に想定されない。
	21 水質汚濁	X	建設段階: 建設機材の稼動等に伴い、一時的ではあるが下流水域の水質悪化が懸念される。 運用段階: 下水処理施設の改修・建設、下水道区域の拡大、オンサイト処理施設の適切な運用など、西部地区における汚水処理システムの改善により、汚水排水の水質向上が期待される。
	22 土壌・地下水汚染	X	建設段階: 建設時における油の漏洩などによる土壌・地下水汚染の可能性が考えられる。
	23 廃棄物	X	建設段階: 建設残土や廃材の発生が想定される。 運用段階: 処理施設より発生する汚泥の適正な処理が必要である。
	24 騒音・振動	X	建設段階: 建設機材・車両の稼動等による騒音が想定される。 運用段階: 施設のポンプやモーター等から騒音・振動が発生する可能性がある。
	25 地盤沈下		地下水汲み上げ等は想定されないことから、地盤沈下は発生しない。
	26 悪臭	X	建設段階: 既存下水処理場の改修の場合、施設の攪乱に伴い悪臭が発生する可能性がある。 運用段階: 下水処理場から汚水悪臭が発生する可能性がある一方、適切な施設導入・運営により悪臭問題の改善が期待できる。
	27 底質	X	建設段階: 海洋放流管など処理場からの放流渠設置に伴い、河川や沿岸水域において底質の攪乱が一時的に生じる可能性がある。 運用段階: 処理施設からの放流水の水質改善により、水域底質の改善が見込まれる。

出典：JET

6-5 重要な環境社会配慮項目と調査方法

上記スコーピング結果を基に、都市下水道 M/P 及び事業段階にて検討すべき重要な環境社会配慮項目と調査方法（案）を表 6-5.1 に示す。

表 6-5.1 重要な環境社会配慮項目と調査方法（案）

分類	影響項目	調査項目	調査方法(案)
社会 環境	1 非自発的住民移転及び用地取得	・ 用地取得・住民移転の有無及び規模の確認(用地取得もしくは住民移転が発生する場合には、簡易移転計画を作成)	・ 用地取得・住民移転関連法制度 ・ 汚水処理事業における過去事例 ・ 対象地域の衛星写真 ・ 土地利用状況 ・ 現地踏査による対象地内及び周辺の構造物・建物の有無及び種類の確認 ・ 現地法制度、世銀 OP4.12 等に基づく簡易住民移転計画の作成のための人口センサス調査、財産用地調査、家計生活調査等
	2 既存の社会インフラや社会サービス	・ 工事実施に伴う道路利用への影響 ・ 社会インフラやサービス(電力、ガス、水道など)への影響	・ 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認 ・ 現地踏査及びインタビューによる交通量、周辺の施設状況の確認 ・ 図面や現地踏査による社会インフラ(電力、水道、ガスなど)の位置確認
	3 先住民民族	・ 対象地周辺における先住民民族の生活生計への影響	・ 周辺コミュニティの社会経済調査 ・ 現地踏査及びインタビューによる先住民民族の利用状況及び重要エリアの確認 ・ ステークホルダー協議・フォーカスグループミーティング
	4 貧困層	・ Informal Settlement への配慮 ・ 用地取得・住民移転対象者の貧困層の有無および影響	・ 既存資料調査及びインタビューによる Informal Settlement の位置確認 ・ 人口センサス調査 ・ 現地踏査及びインタビューによる貧困層や Informal Settlement の生活状況の確認 ・ ステークホルダー協議・フォーカスグループミーティング
	5 被害と便益の偏在	・ 下水道区域の設定による影響 ・ 対象地周辺の被影響住民への影響	・ 周辺コミュニティの社会経済調査 ・ 現地踏査及びインタビュー ・ ステークホルダー協議
	6 文化遺産	・ 対象地周辺における文化遺産等への影響	・ 既存資料調査 ・ 現地踏査及びインタビューによる先住民民族の文化遺産等重要エリアの確認 ・ ステークホルダー協議
	7 地域内の利害対立	・ 市町間、コミュニティ間での利害対立発生	・ インタビュー ・ ステークホルダー協議
	8 水利用	・ 処理場放流箇所周辺とその下流の水利用状況 ・ 工事中・供用時の影響	・ 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認 ・ 処理場放流計画の確認(水量、水質、放流先) ・ 既存資料調査 ・ 現地踏査及びインタビューによる放流箇所周辺と下流域、対象地周辺水域の水利用状況の確認

分類	影響項目	調査項目	調査方法(案)
	9 景観	- 施設周辺の観光施設(ホテル等) - 施設周辺の景観	- 現地踏査 - 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認
	10 労働環境/事故	労働安全対策	- 労働安全関連法制度 - WAF の労働安全対策関連文書 - 類似事例調査(他の類似案件における工事請負業者との契約内容等)
自然環境	11 地形、地質	施設建設に伴う地形・地質への影響	- 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認 - 現地踏査
	12 水象	対象地周辺の洪水や氾濫、高潮など水害の発生状況	- 既存資料調査 - 現地踏査及びインタビュー
	13 保護区/生物多様性	保護区や生態学的に重要なエリアの位置	- 既存資料調査 - 現地踏査及びインタビュー - 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認 - 処理場放流計画の確認(水量、水質、放流先)
	14 気候変動	- 気候変動に係るフィジー国の方針及び汚水管理に係る取り組み状況 - 事業実施に伴う温室効果ガスの排出 - 気候変動による影響	- 既存資料調査及びインタビュー - 汚泥の発生量と処理方法 - 事業に伴う CO₂ 排出量の推計
公害対策	15 大気汚染	- 大気質現況把握 - フィジー国の環境基準、日本の環境基準、WHO 基準等の確認 - 事業対象地近隣の住居、学校、病院等の確認 - 工事中的の影響	- 既存資料調査 - 現地踏査及びインタビュー - 工事の内容、工法、期間、建設機械・機材等の種類、稼動・保管位置等の確認
	16 水質汚濁	- 施設周辺及び処理水放流先の水質 - フィジー国の環境基準、日本の環境基準等の確認	- 既存資料調査及び必要に応じて実測 - 現地踏査及びインタビュー - 工事の内容、工法、期間、建設機械・機材等の種類、稼動・保管位置等の確認 - 計画放流量及び水質
	17 土壌・地下水汚染	工事中における油漏えい対策	工事の内容、工法、期間、建設機械・機材等の種類、稼動・保管位置等の確認
	18 廃棄物	- 建設廃棄物の処理方法 - 汚泥の発生及び処理方法	- 関連機関へのインタビュー - 類似事例調査
	19 騒音・振動	- 環境基準等の確認 - 発生源から居住エリアや病院、学校までの距離 - 工事中的の影響	- 既存資料調査 - 現地踏査及びインタビュー - 工事の内容、建設機械の種類、稼動位置、稼動期間、建設車両等の確認
	20 悪臭	- 発生源から居住エリアや病院、学校までの距離 - 工事中的の影響	- 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認 - 現地踏査及びインタビュー - 類似事例調査
	21 底質	- 放流口の位置と周辺の状況 - 工事中的の影響	- 既存資料調査 - 現地調査及びインタビュー - 工事の内容、工法、期間、位置、範囲等の確認

出典：JET

6-6 代替案の検討

6-6-1 事業を実施しない案

本 M/P は National Development Plan における「2036 年までに集合処理への接続人口を 70%まで引き上げる」という目標の下、西部地区の市町及び主要な集落に対する集合処理及び分散処理の導入区域、導入方法、スケジュール等を示すことにより、汚水処理施設整備の道筋を明確化するものである。本 M/P にて検討される汚水処理事業を戦略的に実施していく以外には、2036 年までにこの目標を達成することはできない。

6-6-2 西部地区 M/P における開発シナリオ

各市町における具体的な開発シナリオの検討は、次段階の都市下水道 M/P に委ねられるものである。そこで、本 M/P では将来必要となる汚水処理能力を見据えて、各市町における下水処理場の拡張・新設に着目し、施設立地に係る環境面・社会面での代替案の比較を行った。この結果を都市下水道 M/P 策定時に活用することにより、より確実に環境社会配慮が実施されるような意思決定や影響回避策・最小化、施設設計が可能となる。

現在、西部地区では主要 6 市町のうち、4 市町（Lautoka、Nadi、Ba、Sigatoka）では既に下水道システムが導入済みであり、残りの 2 町（Tavua、Rakiraki）には下水道システムもなく、し尿処理施設も存在していない。これを踏まえ、各市町における処理施設の開発シナリオを以下の通り設定した。

- シナリオ a : 既存施設拡張（用地取得含む）
- シナリオ b : 新規施設建設

シナリオ b については、処理能力の増強が早急に必要となっている Lautoka 及び Nadi、現時点で処理施設の立地がない Rakiraki、Tavua を優先して複数の候補地案を選定して評価することとした。シナリオ b の候補地案を図 6-6.1 に示す。Rakiraki の候補地案は Rakiraki 下水道 M/P より引用し、他 3 市町の候補地案は、以下を考慮して地図上より選定した。

- ① 処理水の放流先としての水域が近いこと
- ② 市街地に比較的近いこと
- ③ 施設建設に十分な敷地を確保できそうであること
- ④ 下流域であること

ただし、これらの候補地は初期選定であり、今後の都市下水道 M/P において関連機関や自治体と詳細に協議しながら代替案について具体化していく必要がある。



(a) Lautoka (2 サイト)



(b) Nadi (4 サイト)



© Tavua (4 サイト)



(d) Rakiraki (4 サイト)

出典：JET

図 6-6.1 新設処理場の候補地案

6-6-3 調査方法

各市町におけるシナリオ a（既存処理施設拡張）及びシナリオ b（新規処理施設建設）の調査にあたっては、特に立地によって特徴が異なってくる以下の点について、既存データや現地踏査、ヒアリングにより、可能な範囲で情報収集を行った。

[環境面]	・ サイト及び隣接地の状況 ・ 洪水・氾濫の発生 ・ 海岸・沿岸部の地形や生態系
[社会面]	・ 近隣住民の生活・生計 ・ 土地所有区分及び利用状況

6-6-4 調査結果及びシナリオ評価

各市町における「既存処理施設の拡張（シナリオ a）」及び「新規処理施設の建設（シナリオ b）」について、調査結果及びシナリオ評価結果を以下に示す。

(1) Lautoka

Lautoka は西部地区の貿易、商業、サービスの中心都市であり、産業の中心はサトウキビであるが、中小企業や労働力の提供、農業生産などの地元の民間ビジネスも活発である。Natabua 下水処理場から 1km 以内には居住者も多く、約 770 世帯 4,461 名が居住している。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.1 にまとめる。

表 6-6.1 Lautoka における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ a (既存 : Natabua)	シナリオ b (新設)	
		サイト#1	サイト#2
サイト及び隣接地の状況	北・東 : 北東 150~500m に 2 つのコミュニティが立地 (Saru 及び Taiperia)、他は農地及びマングローブ林 南 : 民間企業利用地 西 : 西 400m にコミュニティ有、他はマングローブ林	サイト : マングローブ林、敷地内に小川あり 北 : マングローブ林 東 : Vitogo River を挟んでマングローブ林、東 700m にコミュニティが立地 (Vitogo) 南 : 農地及び南 200m に Lovu 及び他コミュニティが立地 西 : マングローブ林	サイト : マングローブ林及び農地 北 : マングローブ林及び農地 東 : マングローブ林及び農地、250m にコミュニティ立地 (Naviyago) 南 : Vitogo River を挟んでマングローブ林、200m にコミュニティが立地 (Vitogo) 西 : マングローブ林
近隣住民の生活・生計	Informal settlement である Taiperia にとってマングローブ林は非常に重要であり、食料確保や資源利用に加え、自然災害抑制防止 (高潮、高波、暴風、海岸浸食など) の役目を果たしている。	Naviyago の隣接地は旧村 ('Koromakawa' と呼ばれる) で、コミュニティにとって歴史的・文化的に重要なエリアである。また、村人が生計に利用している農地が候補地境界と並行して存在する。また、マングローブ林も食料・資源利用に利用されている可能性がある。	
洪水・氾濫の発生	周辺は洪水多発地帯であり、2017 年には 2 回の洪水が発生した。	Vitogo River では 2012 年に大雨と地震の影響で洪水が発生し、資産のみならず人的被害もあり、長期的な影響として農地劣化や住居被害の末、住民移転も行われた。	
海岸・沿岸部の地形や生態系	施設北部から西にかけてマングローブが群生しており、その幅は内陸から 300m ~ 1.5km である。潮間帯である干潟を超えると 8~27.5m の浅水域が広がっており、北に位置するヤサワ諸島及び多数の小島とサンゴ礁が当該沿岸部のうねりの影響を軽減している。	北~北西にかけて Naivaka Island と呼ばれるマングローブ群生地、サイトからは 1.5km 海側に広がっている。北には Vitogo Bay が位置し、海岸沿いに約 200m の幅でマングローブ帯が続く。潮間帯である干潟は、次第に深さは 27m までになる。北に位置するヤサワ諸島及び多数の小島とサンゴ礁が当該沿岸部からのうねりの影響を軽減している。	
土地所有区分及び利用状況	サイト及び南西部のマングローブ林は非調査エリア (情報なし) である他、は State Land に囲まれている。	サイト及び周辺は iTaukei 所有地と State Land のマングローブ林である。南側の地域は Lovu コミュニティのサトウキビ畑として主に利用されている。	サイト及び周辺は iTaukei 所有地と State Land のマングローブ林である。サイトの一部はマングローブ林で囲まれた小島となっており、住民がプランテーションに利用している。
開発シナリオ評価	1	2	2
留意事項	広いマングローブ林に隣接し、周辺には住民や企業も多いことから、用地拡張の範囲はかなり制限されると考えられる。	新規開発には広くマングローブ林の伐採が伴う。また、近隣コミュニティは歴史的・文化的に重要なエリアを有し、マングローブ林は食料・資源利用に利用されている可能性があることから、これらのコミュニティと十分に協議する必要がある。	

1 : 開発シナリオとして検討可能と考えられる

2 : 開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3 : 環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

(2) Nadi

Nadi は国際空港やデナラウ港、様々な観光客向けアクティビティやサービスが位置しており、その経済は観光、交通・運輸、不動産に支えられ、フィジー観光業の中心地である。この他、零細観光業や農産物販売、手工芸品などのインフォーマルセクターもあるが、その寄与は小さい。町の中心部は観光地やレストラン、ホテルが集まる Martintar 及び Namaka で、デナラウ島は最も有名な観光スポットである。サトウキビ産業は地域の経済発展と共に縮小し、農地は工業・産業用地への転換が進んでいる。海岸部も同様に観光開発が盛んにおこなわれている。

Navakai 下水処理場周辺は住宅地ではあるものの、空き地も多く産業・工業利用もされており、Navakai Road は再開発により数年前に開通したものである。Navakai 下水処理場から 1km 以内には、約 1,436 世帯 7,087 名が居住しているなど、周辺人口が多い。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.2 にまとめる。

表 6-6.2 Nadi における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ a (既存 : Navakai)	シナリオ b (新設)			
		サイト#1	サイト#2	サイト#3	サイト#4
サイト及び隣接地の状況	北 : FRA のデボが隣接、その他の農地や住居、商業ビルが点在 東 : 空き地、東 150m に大学 南 : 農地、空き地及び住居が点在 西 : 道路を挟んで農地及び住居が点在	サイト : 農地、候補地#1 と#2 の間に灌漑用水路 北 : マングローブ林及び Sabeto River 東 : 農地 南 : 農地及び住居が点在、南 1.2km にコミュニティ (Nasoso) 西 : マングローブ林を挟んで西 1km の Sabeto River 下流に新興リゾート (Naisoso Resort)	サイト : マングローブ林 北 : デナラウ港へ続く小川、マングローブ林、北西 650m にデナラウの新興開発地あり 東 : 農地及び住居が点在、南東 1.3km にコミュニティ (Sikitoru) 南 : ナンディ川、農地や林を挟んでコミュニティ (Ralete) 西 : マングローブ林	サイト : マングローブ林及び農地 北 : マングローブ林を挟んで北西 400m にコミュニティ (Ralete) 東 : 農地及び住居が点在 南 : マングローブ林及び農地 西 : マングローブ林	
近隣住民の生活・生計	Nadi は文化的に多様な地域であり、いくつかの文化遺産もあるが、各サイト近くには確認できない。				
洪水・氾濫の発生	洪水、サイクロン、高潮、塩水遡上などの気象災害に非常に脆弱なエリアである。				
海岸・沿岸部の地形や生態系	既存施設及び候補地は海岸部に位置しておらず、直接的な沿岸被害は受けない。一方、海岸線は内陸から 1.8km 程度広がるマングローブ群生地や海に向かって 2.5km のデルタ地帯があり、その中間部にデナラウが立地している。潮間帯である干潟は、次第に深さは 29m までになる。このような海岸域の特性は、沿岸部からのうねりの影響を軽減している。				
土地所有区分及び利用状況	State Land に位置し、南側境界で iTaukei 所有地に隣接している。State Land は居住地や軽工業ビジネスゾーンとして利用されている。	State Land 及び Freehold Land に位置し、住宅地やサトウキビ畑、空き地である。	iTaukei 所有地及び State Land に位置している。周辺は主にサトウキビ畑や野菜畑として利用されている。	マングローブ林のある State land に位置している。南東部には iTaukei 保有地が隣接している。サイトは主にマングローブ林である他、周辺はプランテーションや住居、サトウキビ畑である。	サトウキビ畑として利用されている State Land に位置し、一部 iTaukei 保有地である。
開発シナリオ評価	1	3	3	2	1
留意事項	北側・東側隣地にて用地拡張の可能性あり。	処理水放流先となる Sabeto River 下流部にリゾート地がある。		新規開発には広くマングローブ林の伐採が伴う。	殆どがサトウキビ畑として利用されており、近隣の住居も少ない。

1 : 開発シナリオとして検討可能と考えられる

2 : 開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3 : 環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

(3) Tavua

Tavua は 1992 年に町に昇格した人口も微増の小さい街であり、Ba や Rakiraki 同様に、Tavua の経済は農業、特にサトウキビ産業に支えられている。1930～2006 年まで操業していた金鉱山（Emperor Gold Mining）は、Tavua 経済に大きく影響し、Vatukoula という労働者町（Tavua から南に 9km）も作られたほどであったが、2008 年に再操業してからは小規模操業となっている。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.3 にまとめる。

表 6-6.3 Tavua における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ b（新設）			
	サイト#1	サイト#2	サイト#3	サイト#4
サイト及び隣接地の状況	サイト：農地であり、サイト中心部を小川（Natolele Creek）が縦断している。 北：農地 東：農地及び林 南：農地 西：沼地及びマングローブ林	サイト：沼地であり、サイト中心部を小川が縦断している 北：トロッコ道を挟んで沼地及びマングローブ林 東：沼地及びマングローブ林であり、東 200m に Tavua 大学が位置している 南：沼地を挟んで King's Road、南 80m にコミュニティあり 西：湿地及びマングローブ林、西 400m に候補地#3 が位置している	サイト：沼地、農地及びマングローブ林が混在 北：トロッコ道を挟んでマングローブ林 東：トロッコ道を挟んでマングローブ林 南：農地、南 50m より住居が点在、南 250m に King's Road 西：マングローブ林	サイト：農地及びマングローブ林が混在 北：小川を挟んでマングローブ林 東：マングローブ林 南：空き地及び農地、南 450m に King's Road 西：小川を挟んで農地及び空き地
近隣住民の生活・生計	Tavua に近接していることから、周辺に墓地、農地、信仰・慣習的に重要なエリアを有している可能性がある。	各サイト近くには確認できない。		
洪水・氾濫の発生	Tavua は起伏のある地域であり、サイクロンや大雨の後に洪水や鉄砲水が発生する。			
海岸・沿岸部の地形や生態系	当該エリアは干潮デルタに位置し、内陸部には海側に向かって 3km に及びマングローブが群生している。潮間帯である干潟は、次第に深さ 16m までになる。北部のサンゴ礁帯は沿岸部からのうねりの影響を軽減するとともに、周辺河川から運ばれてくる土砂堆積がマングローブ林の生育に役立っている。			
土地所有区分及び利用状況	殆どが iTaukei 保有地であり、樹木が点在する農地及び草地である。	殆どが State Land、一部 iTaukei 保有地で、マングローブ林や沼地である。	iTaukei 保有地及び State Land で構成され、コミュニティ Yasiyasi が近接する。	殆どが iTaukei 保有地で、一部 State Land（マングローブ林）である。
開発シナリオ評価	2	1	2	1
留意事項	近隣コミュニティが当該候補地を日常的に利用している可能性があることから、これらのコミュニティと十分に協議する必要がある。	大規模な湿地の造成が必要である。	近隣コミュニティが当該候補地を日常的に利用している可能性があることから、これらのコミュニティと十分に協議する必要がある。	アクセス道路の新設が必要である。

1：開発シナリオとして検討可能と考えられる

2：開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3：環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

(4) Rakiraki

Rakiraki は 2010 年に町に昇格した。現在は農業と観光業が中心産業であり、サトウキビ畑は丘陵や平地など至る所でみられ、2016 年にこの地域のサトウキビ工場が閉鎖になるまでは中規模スケールで行われていた。この他、キャッサバなどの栽培も行われ、高原地帯では畜産も盛んである。サトウキビ工場の閉鎖以降は、経済活動が鈍化したが、現在では Volivoli エリアなど観光開発が進んでいる。加えて Fiji Water がこの地域に工場を構えており、多くの住民が雇用されている。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.4 にまとめる。

表 6-6.4 Rakiraki における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ b（新設）			
	サイト A	サイト B	サイト C	サイト D
サイト及び隣接地の状況	サイト：町の廃棄物埋立地として利用されており、廃棄物からの発火及び煙が確認できる 北：マングローブ林 東：空き地及び湿地 南：King's Road を隔てて候補地 B が立地、農地（サトウキビ畑）の他、住居が点在 西：住居が隣接、西 150m に小学校あり	サイト：農地（サトウキビ畑）の他、住居が点在 北：King's Road を隔てて候補地 A が立地 東：農地及び住宅地 西：農地及び住宅地、西 150m に小学校あり 南：農地及び住宅地	サイト：北側・西側の丘陵地下の空き地で、サイト西側境界にトロッコ道あり 北：丘陵地に農地及び住居 東：小川を挟んで候補地 D 西：農地（サトウキビ畑）の他、住宅が点在 南：農地及び空き地	サイト：空き地及び農地（サトウキビ畑）で灌漑用水路が中心部を東西に横断 北：未舗装道路を挟んでマングローブ林と Penang River 東：未舗装道路及び灌漑用水路を挟んでマングローブ林 西：小川を挟んで候補地 C 南：空き地
近隣住民の生活・生計	南東 1.2km に位置する 2 コミュニティ（Navuavua 及び Navutulevu）では周辺に墓地、農地、信仰・慣習的に重要なエリアを有している可能性がある。		Rakiraki は歴史的な重要遺産を有する地域ではあるものの、各サイト近くには確認できない。	
洪水・氾濫の発生	Rakiraki は丘陵地も比較的多いものの、低地、特に Rakiraki 中心地の西部を流れる Penang River では洪水が時々発生している。またサイクロンや大雨の後には鉄砲水も発生する。			
海岸・沿岸部の地形や生態系	海岸部は海に向かって最大 700m 幅のマングローブ林及び小島（Ndevoilau Island）があり、潮間帯である干潟は、次第に深さ 22m までになる。北側に広がる大きなサンゴ礁が当該沿岸部からのうねりの影響を軽減するとともに、Penang River や周辺河川から運ばれてくる土砂堆積がマングローブ林の生育に役立っている。			
土地所有区分及び利用状況	マングローブ林が海側に広がっているが、サイト自体は廃棄物埋立地として利用されており、ゾーニングされていない。	State Land に位置し、コミュニティ（Naira）によりサトウキビ畑として利用されている。	State Land に位置する空き地であるが、北側・西側の丘陵地は Freehold Land である。	平坦な State Land で農地又は空き地である。
開発シナリオ評価	3	2	2	1
留意事項	廃棄物埋立地として利用されており、開発する場合は代替埋立地が必要になる。	住居が隣接していることから、十分に協議する必要がある。	住居が隣接していることから、十分に協議する必要がある。	サトウキビ畑として区画されている土地である。

1：開発シナリオとして検討可能と考えられる

2：開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3：環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

(5) Ba

Ba は 5 つの Ward (Varoka、Varadoli、Rarawai、Yalalevu、Namosau) で構成され、多くのコミュニティや村、Settlement が Ba 全体に散らばる成長地域である。Votua 下水処理場はマングローブ林に食い込むような形で立地しており、処理場から 1km 以内は、殆どがサトウキビ畑及びマングローブ林であるが、3 つのコミュニティが存在し、125 世帯 531 名が居住している。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.5 にまとめる。

表 6-6.5 Ba における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ b (既存 : Votua)
サイト及び隣接地の状況	北 : 海側に向かって 5km 以上広がるマングローブ林 東 : マングローブ林及び Tave Creek へつながる小川 南 : 若干 (100m 程度) の沼地及びマングローブ林を越えて農地 (サトウキビ畑)、南西 500m の地点より住居が点在 西 : 若干 (300m 程度) のマングローブ林を越えて農地 (サトウキビ畑)、西 700m の地点より住宅地が点在
近隣住民の生活・生計	サイト近くには確認できない。
洪水・氾濫の発生	サイトから約 1km 付近を蛇行して流れる Ba River では洪水が時々発生している。
海岸・沿岸部の地形や生態系	Votua 処理場から北に 5km 以上、幅 13.5km (最大) のマングローブ群生地が広がっている。潮間帯である干潟は、次第に深さ 22m までになる。北側に広がる大きなサンゴ礁が当該沿岸部からのうねりの影響を軽減するとともに、Ba River や周辺河川から運ばれてくる土砂堆積がマングローブ林の生育に役立っている。
土地所有区分及び利用状況	マングローブ林は非調査エリア (情報なし) である。サイトの一部は iTaukei 保有地であり、西側・南側の農地は State Land である。
開発シナリオ評価	2
留意事項	既存施設ではあるものの、マングローブ林に囲まれた土地であり、用地取得を伴う拡張は難しいと考えられる。

1 : 開発シナリオとして検討可能と考えられる

2 : 開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3 : 環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

(6) Sigatoka

町の中心地は Olosara 処理場から Sigatoka River を挟んで反対側に位置する。住民は Sigatoka River を輸送手段として利用することに加えて、生計手段の一部として貝や魚も取っている。Sigatoka の谷部はフルーツや野菜の収穫が盛んであり、地元での消費のほか海外輸出もされている。また、サトウキビ栽培も重要な農作物であるものの、土地のリース期間の終了や他の換金作物への栽培替えなどにより、その生産量は徐々に低下している。Sigatoka 周辺にはいくつかの産業ゾーンが存在し、ホテルやレストランなどの観光施設も立地しており、地元雇用に大きく寄与している。シナリオ調査結果及び評価を表 6-6.6 にまとめる。

表 6-6.6 Sigatoka における開発シナリオ調査結果及び評価

項目	シナリオ b (既存 : Olosara)
サイト及び隣接地の状況	北 : 河岸、農地 東 : 農地及び住居が点在 (最も近い住居は北東 150m) 南 : 河岸及び農地 西 : 河岸及び Sigatoka River
近隣住民の生活・生計	1989 年より国の保護区に指定されているシンガトカ砂丘が Sigatoka River の対岸に位置している。シンガトカ砂丘は観光地として有名である一方、住民にとっては文化的、歴史的に重要なエリアである。また、住民は Sigatoka River に対しても神聖視しており、特定エリアは禁制されている一方、東岸部は遊泳やピクニックなど、地元のレクリエーションスポットとして利用されている。
洪水・氾濫の発生	Sigatoka は洪水多発地帯であり、最も被害が大きかったのは 2009 年である。Olosara 下水処理場も Sigatoka River に近接しており、大雨や高潮による洪水が発生する可能性がある。
海岸・沿岸部の地形や生態系	処理場は Sigatoka River 河口に位置し、西側河口には砂州、東側河口から 320m 付近にサンゴ礁が存在する。その先では急に深さが増し、200m にも落ち込む。砂州やサンゴ礁が沿岸部からのうねりの影響を軽減している。
土地所有区分及び利用状況	Olosara 下水処理場は河川に近接していることから、殆どが非調査エリア (情報なし) に位置し、一部 iTaukei 保有地である。周辺は State Land、その更に外側は iTaukei 保有地となっているが、シンガトカ砂丘は Freehold Land である。処理場周辺は農地として利用されている他、沿岸部や河川沿いには若干のマングローブ林がある。Sigatoka Town Council によれば、処理場周辺の土地は地元企業が利用権を得ており、処理場までのアクセス道路周辺は既に民間開発者が権利取得済みとのことである。
開発シナリオ評価	2
留意事項	住居が隣接していること、周辺は既に民間開発者が権利取得済みという情報があることから、自治体やコミュニティと十分に協議する必要がある。

1 : 開発シナリオとして検討可能と考えられる

2 : 開発シナリオとして検討可能ではあるものの、環境社会配慮面での影響は大きいと考えられる

3 : 環境社会配慮面での重大で望ましくない影響は非常に大きいと考えられる

6-7 ステークホルダー会議

6-7-1 ステークホルダーの特定

M/P 策定段階におけるステークホルダーの参画とコミュニケーションは、のちに続く事業の計画や実施段階での十分な情報収集や円滑な協議を進めるうえで非常に重要である。本 M/P は西部地区全体を網羅する汚水処理事業方針を示すものであることを踏まえ、関連省庁機関、西部地区自治体、サービスプロバイダなどを中心に、以下の通りステークホルダーを特定した。今後、本 M/P に基づき事業を詳細化していく過程で、地域住民等の現地ステークホルダーへの情報公開と協議を適宜進めていく。

表 6-7.1 M/P 策定に係るステークホルダー協議

分類	ステークホルダー
中央省庁及び規制機関	上下水道局 Department of Water and Sewerage (DWS), インフラ・気象サービス省 Ministry of Infrastructure and Meteorology (MIMS)* ¹
	経済省 Ministry of Economy (MOE)* ²
	水路環境省環境局 Department of Environment (DOE), Ministry of Waterways and Environment
	水路環境省水路局 Department of Waterways (DOW), Ministry of Waterways and Environment
	土地・天然資源省土地局 Department of Lands (DOL), Ministry of Lands and Mineral Resources
	地方自治省都市計画局 Department of Town and Country Planning (DTCP), Ministry of Local Government
	保健・医療サービス省中央保健委員会 Central Board of Health (CBH), Ministry of Health and Medical Service
	森林省森林局 Ministry of Forestry (MoF)
	住宅・コミュニティ省 Ministry of Housing and Community
	漁業省 Ministry of Fisheries
	観光省 Ministry of Tourism
	農業省 Ministry of Agriculture (MOA)
	伝統的土地信託委員会 iTaukei Land Trust Board (TLTB)
	フィジー投資庁 Investment Fiji
西部地区機関	西部地区コミッショナー事務所 Commissioner Western Offices
	地方議会 Provincial Councils
	Sigatoka 町議会 Sigatoka Town Council
	Nadi 町議会 Nadi Town Council
	Lautoka 市議会 Lautoka City Council
	Ba 町議会 Ba Town Council
	Tavua・Rakiraki 町議会 Tavua/Rakiraki Town Council
サービスプロバイダ等	フィジー道路公社 Fiji Roads Authority (FRA)
	フィジー電力 Energy Fiji Limited (EFL)
	フィジーテレコム Telecom Fiji Limited
	フィジー砂糖公社 Fiji Sugar Corporation
	国家消防局 National Fire Authority
	フィジー住宅公社 Housing Authority of Fiji
その他（ドナー・NGO 等）	アジア開発銀行 Asian Development Bank (ADB)
	Models Towns Charitable Trust (MTCT)

*1 MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Transport, and Meteorological Services (MPW))

*2 MOE : 現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

出典 : JET

6-7-2 ステークホルダー協議の開催

本 M/P に対する意見を聴取するため、スコーピング段階及びドラフト M/P 段階におけるステークホルダー協議（ワークショップ）を開催した。受領した意見については WAF や調査団内で検討し、内容に応じて本 M/P や今後実施される都市下水道 M/P、個別の事業計画に反映する。

【スコーピング段階】

コロナ禍における制限緩和直後の開催であったことから、西部地区の 6 都市を 2 つに分割する形で、開催を 2 回に分けて以下の日時にて実施した。参加者からは、これまでに汚水処理に対する関係者間での意見交換の場がなかったこともあり、本 M/P 策定に対して好意的な発言が多くあった他、特定場所で発生している問題点について情報共有が行われた。

第 1 回ステークホルダー協議（Nadi、Lautoka、Sigatoka 対象）		
日時：2022 年 4 月 13 日	場所：Tokatoka Resort 会議室（Nadi）	参加者：45 名
参加者からの 主な意見・ 質問	- 国内にある処理場の殆どは町はずれや町境界など、市街地から離れた所に位置しているが、郊外や処理場近くのコミュニティや病院への下水道接続もしてもらいたい。コミュニティによっては Septic tank の氾濫やポンプ場の詰まりによる河川への汚水流出が問題になっている。（Sigatoka Town Council） - 対象となる下水道区域が分かり次第、土地所有について情報提供することは可能である。iTaukei 所有地で開発の進んでいるエリアがあれば情報共有する。（TLTB） - 下水道網の拡張は都市計画においても非常に重要であり、長い間待ち望んでいたことである。Town Planning Act では、開発用地での下水道の有無によって開発できる面積が異なる。このような協議を通じて各機関の計画を共有することで効果的な開発が可能になる。M/P 計画にあたっては、新規エリアだけでなく、既存下水道網の更新についても考慮してもらいたい。また、環境と開発バランスといった 2 つの視点が重要である。（DTCP） - 汚水処理場は河川などに近い場所に位置しており、大雨時や洪水時の影響が懸念される。DOL では、コミュニティから処理場位置について周辺環境や生活への影響について相談を受けたことがある。（DOL） - 下水管敷設の際には、水路から距離を取って設置してもらいたい。水路に非常に近い管路があると、水路保全工事等に影響があるので、水路位置確認を DOW としてもらいたい。（DOW） - フィジーは国連海洋会議の参加国であり、海洋保全の観点からも汚水の適正処理は重要である。河川や水路を通じた汚水の流出は将来世代のためにも改善すべき。既存の下水道網の改修についても検討する必要があると考える。Sigatoka、Lautoka、Nadi の郊外には非正規居住者が住み着いているが、WAF はどのように対応していくのか。また、工場が WAF の下水道に排水してい	

る状況があるので、工業排水については DOE と協力して対策を講じるべき。処理排水の排出については、処理場近くの海岸沿いにピクニックエリアがあるので、排水水質については適切にモニタリングしてもらい、情報公開してほしい。(Lautoka City Council)

- 開発が行われる際の問題は、インフラである。西部地区では大規模リゾートホテルが多く立地しており今後も開発が行われるので、既存下水道網の更新や新規開発エリアの取り込みについても検討してもらいたい。また、計画スケジュールも M/P にあれば、それに基づく投資家へのアドバイスもできる。(Investment Fiji)
- フィジーにおける多くのインフラは老朽化していることから、M/P には施設モニタリングやメンテナンスについても考慮し、短期、長期の投資計画についても確認できるとよい。非正規居住者への対応については、関連機関で一堂に会して検討したほうがよい。(MOE*)
- 森林省では WAF とともに流域での植林など、共同で水域環境を保全する活動を行っている。(MoF)



*MOE: 現財務省 (Ministry of Finance (MOF))

第2回ステークホルダー協議 (Ba、Tavua、Rakiraki 対象)		
日時：2022 年 4 月 13 日	場所：Tavua Hotel 会議室 (Tavua)	参加者：30 名
参加者からの 主な意見・ 質問	● Ba では人口が増加傾向であり、郊外では非正規居住者のコミュニティが形成されつつあり、汚水処理が問題となっており Council でも住民から苦情を受けている。一方、Tavua 及び Rakiraki は小さい街なので、特にこのような問題は報告されていないが、上下水道整備が遅れていることが開発の足かせとなっている。Septic tank を導入するにしても適切な引き抜きと処理が必要。(DTCP) ● 町中の建物の多くは Septic tank が建物下にある。新たに設置する場合にはスペースがない。十分に汚水処理がなされていないため、大雨や洪水時には汚水が流出し下流側の集落から苦情がある。Housing Authority of Fiji は下水道整備区域外での Communal septic tank 導入を進めるべき。(Tavua/Rakiraki Town Council) ● 処理施設の運用に十分な送配電能力がない場合には、送配電網の強化が必要となる。(EFL) ● iTaukei 所有地における開発状況を反映してもらいたい。Tavua、Rakiraki の処理施設候補地と下水道区域が特定されれば、Ba Provincial Council を通じて所有者との協議を進める。(TLTB) ● 西部地区で森林省が管理する保護区は Nadrivatu Forest Reserve (山岳地帯に位置する) のみである。(MoF) ● DOW では必要に応じて水路への排水を許可しているが、WAF には下水道網が整備されたのちには、流下能力の問題があるので幹線水路への排水は止めてもらいたいと伝えている。(MOW) ● WAF の計画について情報共有してもらえるのは多くのステークホルダーにとって非常に有益である。海岸沿いの大規模観光開発が Volivoli エリアにて行われている。その他、DoL で下水管やマンホールの情報を含む GIS をウェブ公開しているので、その情報も活用してほしい。住宅地や商業地域に下水道を新設するのであれば、フェンス取り壊しや埋設などの費用分担についても明確にすべきである。(DOL) ● Tavua や Rakiraki には引き抜き業者がおらず、Lautoka から業者がやってくるが汚泥をどう処理しているのかはわからない。海岸沿いの国有地に住む非正規居住者の廃棄物や汚水処理について問題となっている。(Tavua/Rakiraki Town Councils) ● Ba の既存処理場周辺はサトウキビ畑であり、処理場周辺の環境影響が心配である。農用地をインフラや工業施設へ転用することは、差し迫った必要性がない限りは行っていない。現在 WAF では汚泥の農業利用の可能性について	

覚書を結んでいる。WAF からの汚泥供給量に加えて、汚泥の質についても M/P にて検討できないか。(MOA)

- (DTCP による「処理水をリサイクルできないか」という質問に対し、) 処理水や汚泥のリサイクルについてはコストがかかるため、よく検討する必要がある。(WAF)



【ドラフト M/P 段階】

汚水処理分野に関わるフィジー側の主要ステークホルダーやドナー等関係者に対して、プロジェクトの進捗の説明とドラフト M/P 案の周知を図るため、ワークショップを開催した。ワークショップは会場とオンラインのハイブリッド形式で実施され、WAF 及び JET からは、西部地区の汚水処理 M/P のフレームワークと将来像、次期プロジェクトフェーズにて都市下水道 M/P を策定する都市の選定、開発に関わる環境社会配慮等について説明がなされた。参加者からは、ドラフト M/P についての反対意見はなかったものの、将来の施設建設や拡張について様々な視点から意見が出された。また、協議後 10 日後を目途に追加意見・情報の提供期間を設けた。その間、DTCP からは現在策定を進めている開発計画、Housing Authority of Fiji からは住宅地開発計画について情報提供がなされた。

第 2 回ステークホルダー協議（ワークショップ）

日時：2022 年 7 月 26 日	場所：Tanoa Waterfront Lautoka 会議室（Lautoka）	参加者：61 名
参加者からの主な意見・質問	● 本 M/P は今後 20 年間で想定した独自計画なのか、それとも DTCP の M/P に基づく計画なのか（JET より WAF の独自計画であるが、DTCP を含めた関連機関の計画や協議内容を踏まえている旨、回答）。Housing Authority of Fiji は DTCP の計画に基づき事業を進めていることから、他機関でも同様に人口推計などを含め整合させるべき。（Housing Authority of Fiji） ● DTCP では西部地区全域を網羅する計画は有していないが、現在 Suva-Nausori 間、Nadi-Lautoka 間を対象とした 50 年開発計画（2032－2072）を策定中である。この計画では、都市化に伴う道路やその他インフラ開発の方針を示すものであり、今年中に最終化される予定である。この DTCP の計画は、本 M/P を含む他機関の開発計画に影響を及ぼすものになる。DTCP では JET と情報共有を随時行い、双方計画について整合を図っていききたい。（DTCP） ● 既存の WWTP 場合、科学的・技術的アプローチが不足していると考え。CBH では、Suva の Kinoya 処理場周辺や西部地区の Natabua 下水処理場にて汚水悪臭に係る苦情を多く受けていることから、他国で成功している（悪臭の少ない）技術の導入も検討すべき。（JET より機械式処理の導入は一案ではあるものの、費用も高くなることから、自然条件や施設デザインを含めて総合的によく検討する必要がある旨、回答）。地域住民とも共存でき、経済的にも持続可能な処理施設の建設が望まれる。（CBH） ● Lautoka 近郊での計画が漸く進められていることを歓迎する。MTCT が進めるコロイピタ・モデルタウンプロジェクトでは、既に 263 家屋が建設され、今後 4 年間でさらに 105 家屋を建設する予定である。当該エリアは下水道がないことから、同時の処理施設を導入している一方、工業・住宅開発が急激に進んでおり、インフラ不足からか污水管理を含め適切な開発が行われていない。このような状況をどう取り扱うか、また MTCT では処理	

	排水のリサイクルを行っているが、本 M/P ではどのような処理形式を対象としているのか (JET より Informal settlement については DTCP と TLTB が対策を進めているものであるが、土地所有者に対しても計画的な開発メリットについて理解を促すことが重要、処理排水の再利用については費用対効果を含め今後検討する旨、回答)。(MTCT) ● Health Office では日常的に汚水及び生活排水に係る苦情を受けており、本 M/P が改善に資することを期待する。Health Office では Peri-Urban Area を対象としており、苦情としては腐敗槽以外にも、下水漏れや溢水、水路や河川への排水に係る事項がある。大雨時には多くの腐敗槽であふれてしまうが、住宅が近接していることから病気の蔓延が心配である。(Lautoka Health Office) ● SEA にて、いくつかのサイトは洪水多発地帯であるとのことだが、頻度はどの程度か、また Nadi の 2 サイトはナンディ洪水対策プロジェクト実施による影響を加味しているか (JET よりサイトによって頻度は異なるが、詳細な洪水発生状況調査やナンディ洪水対策プロジェクトによる影響検討は現時点で未実施であり今後の検討事項である旨、回答)。(ADB) ● Olosara 処理場は Sigatoka River に隣接しているが、今後新たな下水道開発が行われる場合、既存処理施設のみで十分なのか。処理場周辺の土地は地元企業が利用権を得ており、例えば処理場までのアクセス道路周辺は既に民間開発者が権利取得済みである。もし WAF が既存処理場の拡張したいのであれば、どうするのか。また悪臭の緩和策はあるのか。Sigatoka Town Council では、Coral Coast 沿いに多くの開発許可申請が来ており、特に Maui Bay から Sigatoka 市街までは、観光地となっている。もし新規に処理場を建設するのであれば、その場所を開発業者にも知らせる必要がある (JET より、未だ Sigatoka 処理場について具体的な拡張計画と検討する段階ではないが、早い段階から既存施設の周辺状況について調査して用地取得手続きを進めることが重要、マングローブ等の敏感な自然環境を有する河口付近であることから配慮が必要である旨、回答)。本 M/P の実現に向けて、WAF の人員や機材、資金・財務を含めた能力強化についても検討すべき。また、レプトスピラ症などの病気の蔓延防止も視野に入れ、ネズミ駆除プログラムについても検討してもらいたい。(Sigatoka Town Council) ● 一番多い苦情は、汚水の不適切処理についてであるが、その殆どは一般的なコミュニティからの苦情である。市街地の住民は下水道接続を行っているので、Informal Settlement から優先的に改善を進めていく必要があると考える。また、M/P では西部地区の全住民が恩恵を受けられるよう、Sigatoka から Rakiraki までの全コミュニティを対象としてほしい (JET より、本 M/P では西部地区の 70% の人口をカバーする計画である旨、回答)。住民から

	の下水道使用料については、どのように設定するのか（JET より、処理施設建設と下水道網建設の費用や現時点での使用料等も概算しており、今後詳細な分析を行う旨、回答）。(Lautoka Health Office) ● Ministry of Housing and Community では Informal Settlement の公認化 (Formalize) を進めているが、Informal Settlement については考慮しているのか。処理場候補地の多くは Informal Settlement に近接している（JET より、Informal Settlement についても考慮するが、下水道接続については引き続き調査が必要である旨、回答）。また、各候補地は水域近くに位置しているが、西部地区の住民は多くが食料や飲料調達、レクリエーション目的に水域を利用することから、長期的な健康影響などが懸念される。これらの側面については考慮しているか。もしくは、水域に影響の少ない候補地について検討しているか（JET より、候補地については水域の近くであることが選定基準の一つであるが、処理方法や排水水質についても慎重に考慮する旨、回答）。これらの候補地が選定された場合、モニタリングは実施するのか、また誰が実施するのか（JET より、WAF では定期的に排水モニタリングを実施し定期的に DOE に提出していること、現在 DOE が策定している Mangrove Management Regulation は候補地のみならず既存処理場でも考慮する必要がある旨回答、WAF より Informal Settlement については Ministry of Housing and Community と協力して対応を進めており、下水道網に近い場合には接続、離れている場合にはオンサイト処理を推奨している旨回答）。(CBH) ● DOE は開発プロジェクトの EIA 手続きの主管官庁であるが、EIA では社会影響評価も実施する必要がある。排水水質については、DoE では排水基準を設けており、これに準じて実施される必要がある。(DOE) ● 既存処理場の拡張をする場合には、マングローブ林にて行われる可能性が高いと認識した。DOE では Mangrove Management Regulation を策定しているが、処理場の拡張や新規建設時にマングローブを伐採した場合のオフセット についても検討するとよいのではないか。(Foreshore Unit, DOL) ● 殆どの下水管は道路下に埋設されているが、道路復旧のコストについても考慮されているか。(FRA) ● 処理排水はどのように海域へ排出されるのか。適切な処理が行われれば海域やマングローブなどの生態系に影響はないと考えられ、本 M/P が実施されれば現状の改善が見込まれることから、Ministry of Fisheries にとっても有益である（JET より、排出方式についても今後考慮していくこと、現在の候補地は 4 つの基準に基づき選定されているが、今後必要に応じて選定基準を追加等して詳細な検討を進める必要がある旨、回答）。(Ministry of

Fisheries)

- 処理排水のリサイクルは費用面で難しいのか（JET より、M/P において人口の 70%までをカバーすると相当な費用がかかることとなり、処理排水のリサイクルについてもかなりの費用がかかる旨回答、また WAF より、現時点で処理排水のリサイクルは高額であり難しいと考えるが、今後の都市下水道 M/P にて改めて検討する旨回答）。(Housing Authority of Fiji)



第7章 経済財務分析

7-1 経済財務分析の目的

財務分析の目的は、事業実施主体における財務的採算性の観点から、事業実施の可能性を評価することにある。一方で経済分析の目的は、国民経済的な観点から、事業実施の妥当性を検証することにある。

分析においては、M/P に関する With ケース・Without ケースについて下記のとおりに設定する。

➤ With project ケース

M/P を実施する。フィジー西部地区の下水処理能力が増大する。国家開発計画（2017-2036）に沿って下水処理システムの整備と拡張を実施する。

➤ Without project ケース

M/P を実施しない。フィジー西部地区の下水処理能力は現状のままである。国家開発計画に沿っての下水処理システムの整備と拡張は実施されない。

上記の With と Without ケースを比較して、M/P の経済財務的観点から事業実施の妥当性を検討する。

7-2 財務分析

7-2-1 財務分析の指標

M/P の財務的評価は、収入と支出の増分を算定し、以下の指標を分析することにより行う。

財務的内部収益率（Financial Internal Rate of Return : FIRR）

財務的内部収益率（以下、「FIRR」という）は、分析期間における収入と支出の差の累計を現在価値に換算する場合に 0 になる割引率である。

7-2-2 財務分析の前提条件

(1) 分析期間

2028 年から 2053 年の 25 年間とする。

(2) 平均処理水量、下水処理場、管渠、ポンプ場の建設期間及び接続準備期間

各地の下水処理場における平均処理水量、建設期間を表 7-2.1 に示す。接続準備期間中の処理水量は接続率に比例することとする。

表 7-2.1 平均処理水量、下水処理場、管渠、ポンプ場の建設期間及び接続準備期間

市町	下水 処理場	平均処理水量 (m ³ /日)	建設期間 (年)	接続準備期間 (年)
Nadi	Navakai	32,000	2033-2037	2038-2040
Lautoka	Natabua	31,000	2028-2032	2033-2035
Ba	Votua	9,000	2038-2042	2043-2045
Tavua	—	4,000	2043-2046	2047-2049
Rakiraki	—	3,000	2043-2046	2047-2049
Sigatoka	Olosara	6,000	2047-2050	2050-2052

出典：JET

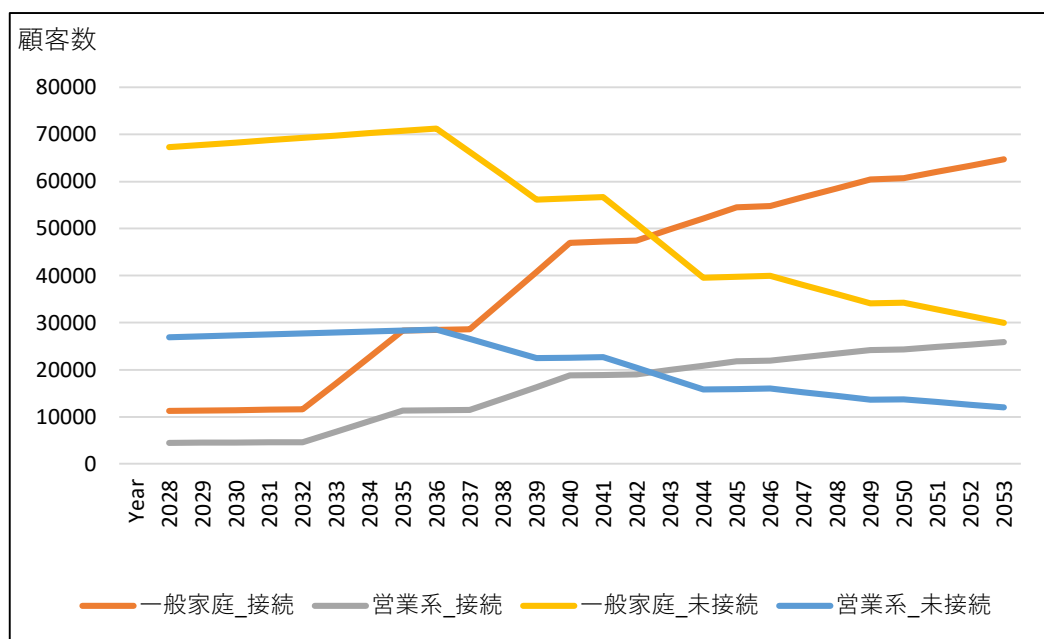
(3) 一般家庭、ビジネス顧客の接続者、未接続者の推移

分析期間の一般家庭、ビジネス顧客の接続者数と未接続者数を以下の表 7-2.2 に、推移を図 7-2.1 に示す。

表 7-2.2 一般家庭、ビジネス顧客の接続者数と未接続者数

年	接続者数 (一般家庭)	接続者数 (ビジネス顧客)	未接続者数 (一般家庭)	未接続者数 (ビジネス顧客)
2028	11,267	4,507	67,240	26,896
2029	11,356	4,542	67,733	27,093
2030	11,422	4,569	68,222	27,289
2031	11,511	4,604	68,733	27,493
2032	11,600	4,640	69,222	27,689
2033	17,111	6,844	69,711	27,884
2034	22,689	9,076	70,222	28,089
2035	28,333	11,333	70,711	28,284
2036	28,467	11,387	71,200	28,480
2037	28,622	11,449	66,267	26,507
2038	34,689	13,876	61,267	24,507
2039	40,800	16,320	56,111	22,444
2040	47,000	18,800	56,400	22,560
2041	47,222	18,889	56,667	22,667
2042	47,444	18,978	51,022	20,409
2043	49,800	19,920	45,333	18,133
2044	52,156	20,862	39,556	15,822
2045	54,533	21,813	39,756	15,902
2046	54,800	21,920	39,956	15,982
2047	56,644	22,658	38,022	15,209
2048	58,489	23,396	36,089	14,436
2049	60,378	24,151	34,133	13,653
2050	60,711	24,284	34,289	13,716
2051	62,022	24,809	32,867	13,147
2052	63,333	25,333	31,444	12,578
2053	64,667	25,867	29,978	11,991

出典：JET



出典：JET

図 7-2.1 一般家庭、ビジネス顧客の接続者数と未接続者数の推移

(4) 事業費

財務分析において計測する増分の事業費として、下水処理場の建設費を、管渠とポンプ場の建設費をに示す。M/P での事業費は建設費のみとし、物価変動、建中金利、コンサルタント費用及び諸税は含めない。

表 7-2.3 下水処理場の建設費用

市町	下水処理場	建設費用 (1000FJD)
Nadi	Navakai	303,020
Lautoka	Natabua	293,943
Ba	Votua	104,284
Tavua	—	46,855
Rakiraki	—	34,988
Sigatoka	Olosara	70,147
合計		853,237

出典：JET

表 7-2.4 管渠とポンプ場の建設費用

市町	建設費用 (1000FJD)
Nadi	1,471,505
Lautoka	885,624
Ba	499,253
Tavua	123,117
Rakiraki	94,698
Sigatoka	200,041
合計	3,274,239

出典：JET

下水処理場の建設費総額に占める各年の支出は以下の割合とする。

- 工期 5 年の処理場 (Nadi、Lautoka、Ba) : 1 年目 4%、2 年目 15%、3 年目 34%、4 年目 36%、5 年目 11%
- 工期 4 年の処理場 (Tavua、Rakiraki、Sigatoka) : 1 年目 5%、2 年目 26%、3 年目 49%、4 年目 20%

管渠の建設費の建設費総額に占める支出は以下の割合とする。

- 工期 5 年の管渠 (Nadi、Lautoka、Ba) : 1 年目 20%、2 年目 20%、3 年目 20%、4 年目 20%、5 年目 20%
- 工期 4 年の管渠 (Tavua、Rakiraki、Sigatoka) : 1 年目 25%、2 年目 25%、3 年目 25%、4 年目 25%

(5) 接続準備期間

処理場及び管渠の建設完了後の下水接続の準備期間を 3 年間として、各年時末の接続率を以下とする。

- 接続率 : 1 年目 33%、2 年目 66%、3 年目 100%

(6) 維持管理費

維持管理費 (O&M 費) ²³として、下水処理場の維持管理費を表 7-2.5、管渠の維持管理費を表 7-2.6 に示す。接続準備期間中の維持管理費は接続率に比例する事とする。財務分析において計測する増分の維持管理はプロジェクト実施前の下水事業の維持管理費²⁴ 1000FJD/年を差し引くものとする。

表 7-2.5 下水処理場の維持管理費

市町	下水処理場	維持管理費 (1000FJD/年)
Nadi	Navakai	3,539
Lautoka	Natabua	3,462
Ba	Votua	1,744
Tavua	—	1,089
Rakiraki	—	922
Sigatoka	Olosara	1,378

出典 : JET

表 7-2.6 管渠とポンプ場の維持管理費

市町	維持管理費 (1000FJD/年)
Nadi	5,874
Lautoka	3,535
Ba	1,508
Tavua	435
Rakiraki	335
Sigatoka	604

出典 : JET

(7) 残余価値

最終年と以降も継続して利用可能、又は他への転用可能な資本財の残存価値は、最終年にマイナスの費用として計上する。その価値は定額法 (スクラップ価値 = 初期投資の 10% を仮定) を適用して次式により計測する。

- 残存価値 = 資産・施設の投資費 × (1.0 - 0.9 × 使用年数 (年) ÷ 法定耐用年数 などによる償却期間 (年))

ここで ;

耐用年数 : 土木建築施設と管渠は 50 年、機械電気機材は 15 年

以下表 7-2.7 の処理施設、管渠、そして機材に係る投資費と耐用年数を適用し、算定した残余価値を分析最終年度の 2053 年にマイナス費用として計上する。

²³ 日本国内の費用関数及び都道府県汚水構想策定マニュアルを参照した。

²⁴ WAF2019 年度内部データを参照した。

表 7-2.7 残余価値

市町	費用カテゴリー	投資費用 (1000FJD)	耐用年数/運転期間 (年)	残余価値 (1000FJD)
Lautoka	C/A (TP, pipe & pump)	1,013,775	20	648,816
	M/E	165,792	15	16,579
	Total	1,179,567		665,395
Nadi	C/A (TP, pipe & pump)	1,604,593	15	1,171,353
	M/E	169,932	15	16,993
	Total	1,774,525		1,188,346
Ba	C/A (TP, pipe & pump)	542,973	10	445,238
	M/E	60,564	10	24,226
	Total	603,537		469,463
Rakiraki	C/A (TP, pipe & pump)	109,720	6	97,870
	M/E	19,967	6	12,779
	Total	129,687		110,649
Tavua	C/A (TP, pipe & pump)	143,254	6	127,783
	M/E	26,717	6	17,099
	Total	169,971		144,882
Sigatoka	C/A (TP, pipe & pump)	229,816	2	221,543
	M/E	40,372	2	35,527
	Total	270,188		257,070

* C/A=Civil/Architecture 土木建築、M/E=Mechanical/Electrical 機械電気
出典：JET

(8) 下水道料金収入

増分の下水処理量を収入として算定する。毎年の増分は以下の式により算出する。接続準備期間中の処理量は接続率に比例する事とする。

- 年間の下水道料金収入 = (1日あたり平均処理数量 x 365 - プロジェクト実施前の1日あたり処理水量 x 365) x 下水道料金 (FJD/m³)

ここで；

平均処理数量：各地の下水処理場における平均処理水量の合計

プロジェクト実施前の1日あたり処理水量：20,000 m³/日

下水道料金：現行の設定料金である 0.20 FJD/m³

(9) 新規接続料の収入

新規接続の収入を以下の式により算定する。

- 新規接続収入 = 新規接続者数の増分 x 申請料金

ここで；

新規接続の申請料金：一般家計 22 FJD/戸、事業者 101FJD/戸

(10) 汚泥受け入れ収入

下水未接続の家庭および事業者からの汚泥受け入れ処理に係る収入を以下の式により算定する。

- 汚泥受け入れ収入 = 年間の汚泥受け入れ回数 x 汚泥受け入れ料金

ここで；

汚泥受け入れに係る料金²⁵：一般家庭 12 FJD（戸/5 年毎）、事業者 12 FJD（戸/毎年）

7-2-3 財務分析の結果

上記の前提条件において算定した支出と収入による財務分析の結果を以下に記す。算定に用いたキャッシュフロー表は **APPENDIX 7-1** に示す。

(1) FIRR

FIRR = - 2.1%

マイナス 2.1 パーセントであり、感度分析はベースシナリオでの FIRR がマイナスの数値のため実施しない。

(2) 財務的妥当性

FIRR の結果は近年のフィジー国債の利回り 6%を大きく下回る。市場金利をベースとした財務的観点からは M/P 実施は妥当でなく、事業実施には国際援助機関から低利の優遇ローン借入れを検討すべきである。

(3) 維持管理費のファイナンスに要する下水道料金

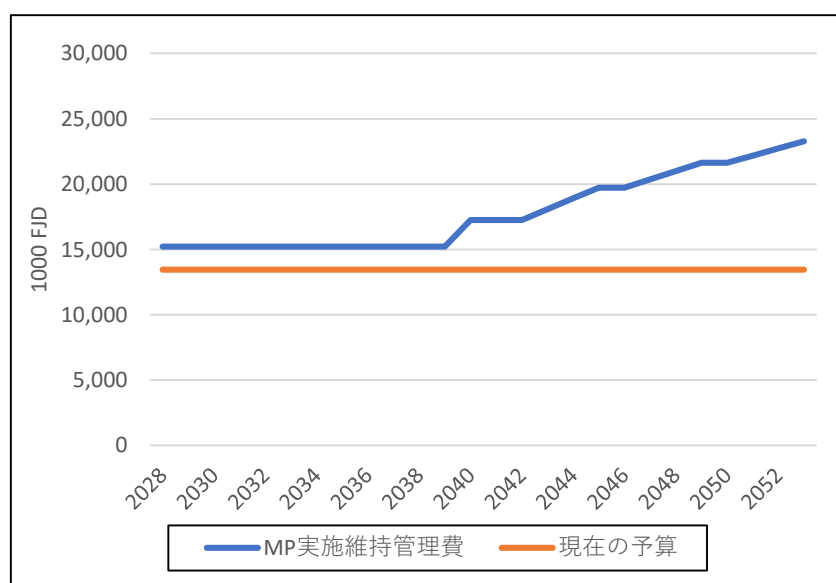
事業実施主体にとって設備投資費の全額を供与とみなしても、事業継続には維持管理費²⁶と同額以上の下水収入が最低限でも必要となる。維持管理費のファイナンスに必要な下水料金は 0.71 FJD/m³ 以上と算定した。

現在の下水道料金での収入では接続増による処理水量が増加すればするほど、さらに多くの政府予算額が必要となる。M/P 実施に必要な維持管理費と政府からの供与された現在の維持管理向け予算額²⁷の対比を以下の図 7-2.2 に示す。

²⁵ 1 戸当たりの投棄料金は第 4 章 4-4 記載の腐敗槽汚泥の収集料金を参照した。

²⁶ ここでの維持管理費はキャッシュフローのみであり、会計上の減価償却費は含めない。

²⁷ 2018 年の維持管理予算額 89,577,000 FJD の 15%が下水向け維持管理予算額とした。



出典：JET

図 7-2.2 M/P 実施に要する維持管理費と現在の予算額の対比

7-3 経済分析

7-3-1 経済分析の指標

M/P の経済的評価は、実施に係る費用と便益の増分を算定し、以下の指標を分析することにより行う。

経済的内部収益率 (Economic Internal Rate of Return : EIRR)

経済的内部収益率（以下、「EIRR」という。）は、分析期間における費用と便益の差の累計を現在価値に換算する場合に 0 になる割引率である。

7-3-2 経済分析の前提条件

(1) 分析期間

財務分析と同じ。

(2) 平均処理水量、下水処理場、管渠、ポンプ場の建設期間及び接続準備期間

財務分析と同じ。

(3) 一般家庭、ビジネス顧客の接続者、非接続者の推移

財務分析と同じ。

(4) 事業費

財務分析と同じ事業費を経済費用とする。

(5) 接続準備期間

財務分析と同じ。

(6) 維持管理費

財務分析で算出した維持管理費は非貿易財とみなし、標準変換係数（Standard Conversion Factor。以下、「SCF」という。）²⁸を掛けて経済費用とする。ここでは SCF は 0.96 となる。

- 維持管理費の経済費用 = 維持管理費 x 0.96(SCF)

SCF 算出に用いた式と表は以下の通り。

標準変換係数(SCF)

$$= (\text{輸入総額} + \text{輸出総額}) \div [(\text{輸入総額} + \text{輸入税込総額}) + (\text{輸出総額} - \text{輸出税込総額})]$$

表 7-3.1 標準変換係数算出表

標準変換係数 : Standard Conversion Factor (SCF) *		
輸入 (CIF)	3,210,000	1000 US\$
輸入関税	261,560	1000 US\$
輸出 (FOB)	2,650,000	1000 US\$
輸出関税	8,252	1000 US\$
標準変換係数 SCF=	0.96	

*数値は 2019 年の世界銀行データとフィジー予算書を参照した。

出典 : JET

(7) 残余価値

財務分析と同額の残余価値を分析最終年度にマイナスの経済費用として計上する。

(8) 下水使用の利用者便益

増分の下水使用量を利用者便益として算定する。財務分析と同様の増分の処理水量であるが、便益の算定には支払い意思額の代替として支払い可能額（ATP）²⁹を使用する。

- 年間の下水利用者便益 = (1 日あたり平均処理数量 x 365 - プロジェクト実施前の 1 日あたり処理水量 x 365) x ATP (m³)

ここで ;

プロジェクト実施前の 1 日あたり処理水量 : 20,000 m³/日

ATP : 1.05 FJD/m³

(9) 腐敗槽設置が不必要になる事による便益

下水管接続により不必要となる腐敗槽設置費用と汲み取り費用を利用者便益として以下の式によ

²⁸ 標準変換係数（SCF）は非貿易財に対して国際水準の価格に転換する際に係数として用いる。

²⁹ ATP は 4 章 4-7-6 にて算定した。

り算定する。

- 便益 = 接続者数の増分 x (腐敗槽設置費用 + 汲み取り費用)

ここで；

腐敗槽設置費用：一般家庭 8,000 FJD/槽 ÷ 使用年数 20 年 = 200 FJD/年

事業者 8,000 FJD/槽 x 2 槽 ÷ 使用年数 20 年 = 400 FJD/年

汲み取り費用：一般家庭 300 FJD/5 年毎汲み取り = 60 FJD/年

事業者 600 FJD/毎年汲み取り = 600 FJD/年

(10) 腐敗槽設置スペースが不必要になる事による便益

下水管接続により不必要となる腐敗槽設置スペースの借り上げ費用³⁰を利用者便益として以下の式により算定する。

- 便益 = 接続者数の増分 x 腐敗槽設置スペース借り上げ費用

ここで；

腐敗槽設置スペース借り上げ費用：一般家庭 1,200 FJD/年、 自業者 2,400 FJD/年

(11) 新規接続の便益

財務分析と同額の新規接続に係る収入を事業者便益として算定する。

(12) 汚泥受け入れの便益

財務分析と同額の受け入れ収入を事業者便益として算定する。

7-3-3 経済分析の結果

上記の前提条件において算定した費用と便益による経済分析の結果を以下に記す。算定に用いたキャッシュフロー表は **APPENDIX 7-1** に示す。

(1) EIRR

EIRR = 2.4%

プラス 2.4%の結果となる。開発プロジェクト実施の EIRR 目安³¹は 9%、もしくは、環境汚染の防止、地方の貧困削減、そして自然被害対策などのプロジェクトの目安は 6.0%とされる。本 M/P の EIRR はどちらの目安も下回る。

(2) EIRR の感度分析

費用変化に係る感度分析を表 7-3.2 に示す。便益は ATP により算出のため一定とする。費用変化プラス 20%～マイナス 20%の範囲全てで EIRR は正のリターン値であるが、費用がマイナス 20%のケースでも EIRR は 3.5%であり、プロジェクト実施目安には届いていない。

³⁰ 腐敗槽設置スペースは乗用車一台の駐車スペースと同じとみなし、一般家庭は年間の駐車場費用 1 台分、自業者は 2 台分の費用分を便益とした。

³¹ アジア開発銀行の費用便益マニュアル(2017)による。

表 7-3.2 費用変化に係る EIRR 感度分析

費用	プラス 20%	マイナス 10%	変化なし	プラス 10%	プラス 20%
EIRR	3.5%	2.9%	2.4%	2.0%	1.7%

出典：JET

7-4 経済財務分析結果からの提言

- (1) FIRR と EIRR を評価指標とした経済財務分析の観点からは、M/P 実施は事業主体にとって財務的には妥当でなく、フィジーの国民経済観点からも、一般的な開発プロジェクトの実施目安には届かないとの評価となった。しかしながら、各国による国家開発目標は様々でありプロジェクトの実施意義も異なる。FIRR と EIRR も一つの評価指標にすぎない。これら指標結果によりプロジェクトの実施妥当性が簡便に判断されるものではない。
- (2) 今回の M/P の目的は他の産業への波及効果に重点を置いたものではないが、その効果は十分に想定できる。例えばフィジーにとって観光業は GDP の 4 割を占める重要産業であるが、プロジェクトの目的には観光開発が含まれていないため、下水道整備による観光客の増加と、観光消費による収入増加の一部を便益に算入していない。しかしながら、今回のフィジー西部地区において公衆衛生の要である下水道整備拡張計画が観光業の発展にとって欠かせず、プラスの経済効果をもたらすことに疑問の余地はない。実際のところフィジー観光局もステークホルダー会議に参加を通じて、M/P 実施に大きな関心を示している。これら定性的な経済効果もプロジェクト実施要因として検討すべきである。
- (3) 公益性の高い事業では、事業主体者にとって採算性が全てではない。しかしながら、安定した事業継続には少なくとも日々の運営維持管理費をカバーできる収入が必要である。現状の下水道固定料金である 0.20 FJD /m³ では十分でなく、運営維持管理には少なくとも 0.71 FJD/m³ 以上の下水道料金による収入の確保が必須であることを、財務分析で算定した。下水道は衛生を通じた生活向上に欠かせない公益性の高い事業であり、その事業継続のためにも料金改定の必要性の理解を利用者から得て、値上げを実施すべきである。

第8章 国家開発目標達成のための提案

8-1 技術的課題・提案

8-1-1 下水収集システム

管路による下水道収集システムは、自然流下を基本とする。しかし、自然流下による必要管路勾配、地形的、河川横河、及び既存構造物を避けるために、管路を深く埋設する必要がある。そのため、経済性から開削工法による敷設や、推進工法による敷設の必要性について検討する。また、現在のところ NDP 達成のためには、現水道サービスをカバーする配水区域への拡張が想定される。拡張エリアから既存システムへの接続や、自然流下で大深度に埋設が必要になった場合は、ポンプ圧送施設の検討を行う。

8-1-2 下水処理法と推奨される技術

下水処理プロセスとしては、SEZ の放流基準が適用される場合は、計画・設計諸元が公表されている OD 法が推奨される。他方、フィジー国では IEDA 法が Suva の Kinoya 下水処理場と Nadi の Navakai 下水処理場にて既に採用されており、下水処理プロセスの統一による維持管理の汎用性は高い。本検討のとおり設定流入窒素を 70 mg/L とした場合、2 つの処理方式に敷地面積上の大きな差はみられないため、今後は概略設計を行い建設費・維持管理費を考慮して、推奨する処理法を決定する。MIMS より維持管理費が安価と想定される MBBR 法も検討する旨のコメントを得ていることから、下水道 M/P において MBBR 法も含めた下水処理プロセスの選定を行う。

8-1-3 腐敗槽汚泥と下水汚泥の管理

下水処理汚泥・ラグーン汚泥の脱水では、余剰汚泥の直接脱水が可能であり、フィリピンやパプアニューギニアなどで実績がある多重円板外胴型スクリーンプレス脱水機の適用が考えられる。一般家庭からの腐敗槽汚泥は、近隣の下水処理場に集約し、下水処理場で処理することを提案する。

また、下水処理場から発生する下水汚泥は、下水処理場で保管する案を検討したが、処分量を減らし汚泥を有効利用するためのコンポスト化に向けた取り組みの確認や持続的な汚泥処分のための最終処分場の確認を都市下水道 M/P にて行う。

8-2 WAF 下水道部の組織・能力改善に関する提案

現段階における WAF 下水道担当の組織と能力改善に関する提案は以下のとおりである。

8-2-1 能力の継続的な強化

WAF では技術研修が殆ど実施されていないが、将来に向けて WAF の能力強化のためには、職員がそれぞれの職場で十分に能力を発揮して業務に携われるように、職務に係る技術的研修の実施が欠かせない。本プロジェクトでは下水道事業実施に係る多方面の分野の技術研修を実施するため、その実施方法、使用する研修資料を参考に、プロジェクト終了後に WAF が継続的に職員研修を実施する

ことが重要である。

そのためには、WAF で職員研修を担当する事務局の人材ユニットが本プロジェクトで実施する研修を引き継いで、WAF 内で職員研修の中に組み込むのが適切である。また、WAF 内に研修資料の継続的な改善を実施する体制を整える必要もある。

8-2-2 施設規模に合わせた人員配置

M/P において下水道整備区域の拡大、下水処理場の処理能力拡大、放流水質基準遵守のための下水処理方式の高度化などが提案される。必要となる人員は表 8-2.1 のとおりである。

表 8-2.1 下水道施設規模に応じて必要となる人員

No.	部門	必要となる人員
1	下水処理場維持管理	- 下水処理場の処理能力の拡大と下水・汚泥処理方式の変更に伴って、運転維持管理すべき設備が増加し、高度化するため、それに見合った運転・維持管理職員の確保が必要となる。 - 作成される M/P の内容により、先に新しい処理方式を導入した Suva の Kinoya 下水処理場における運転・維持管理状況などを参考に人員計画を検討する必要がある。
2	下水管路維持管理	- 下水道整備区域の拡大については、維持管理すべき管路延長が長くなるため、それに見合った管路維持管理職員の増員、維持管理に必要な資器材の配置について、拡大区域に合わせた段階的な増員、配置計画が必要となる。 - 現在は民間に委託して実施している管路の高圧洗浄作業、テレビカメラによる管路調査について、引き続き民間企業に委託するのか、WAF が一部直営で実施するのか検討が必要であり、M/P 策定の中で区域拡大に合わせて検討する。
3	M/E 設備保全	下水処理場に機械・電気設備数が増加する場合には、それを維持管理する M/E 維持管理職員の増員を検討する必要がある。
4	事業所排水管理	下水道整備区域の拡大に伴い、下水道に排水する事業所が増加するため、それに見合った職員数を確保する必要がある。
5	水質試験室	- WAF では将来的に各下水処理場に小規模の水質試験室を設置し、MLDO や活性汚泥濃度等の測定を日常的に実施する計画がある。(ただし、単なる計画であり、実施時期等は全く決まっていない。)水質試験室が必要な下水処理場は IDEA 法や Kinoya 下水処理場で導入された SBR 法を用いている箇所であり、Natabua 下水処理場等で採用されている安定化池法では運転操作が不可能なため、現在の月 1 回の水質試験で十分である。 - 水質試験室を設置する場合には、簡易な水質試験ができる職員の養成が必要である。

出典：JET

8-2-3 予算確保

上述の不足人員の確保や施設規模に合わせた人員配置では人件費の確保が、さらに増員された人材に求められる業務を実施するための資機材の確保のためには、下水道施設の維持管理に係る予算確保が不可欠である。下水道施設の O&M における確保が必要な予算は表 8-2.2 のとおりである。

表 8-2.2 下水道施設 O&M における必要な予算

No.	業務	予算
1	下水処理場維持管理	◇ 下水処理施設拡張、新しい下水・汚泥処理方式導入による O&M 職員増員に係る人件費 ◇ 新しい高度な下水・汚泥処理方式における機械・電気設備の運転に係る電力費、薬品費
2	下水管路維持管理	◇ 下水道整備区域拡大による維持管理職員増員に係る人件費、維持管理に必要な資器材の予算
3	M/E 設備保全	◇ 下水道整備区域拡大、下水処理場 M/E 設備増加、M/E 設備の予防保全実施による設備保全職員増員に係る人件費 ◇ 設備の予防保全実施に必要な資器材の予算 ◇ 増員と新たに開始する設備の予防保全に伴う必要作業スペース確保の予算
4	事業所排水管理	◇ 下水道整備区域の拡大に伴う下水道使用事業所の増加による事業所排水管理職員の増員に係る人件費
5	水質試験	◇ 各下水処理場に小規模水質試験室を設置する計画における試験室設置費、試験に必要な機材の購入費、薬品費、職員の増員に係る人件費（ただし、計画の実行性は不明）

出典：JET

8-3 WAF 下水道部門の財務改善計画

上水、下水とも売上が営業経費をカバーできていない。売上の徴収率は 95%（2017 年）と十分高水準のため、料金設定が低いのが、収入が経費をカバーできず毎年損失を計上する原因となっている。水の生産供給コストは WAF によると約 1.00 FJD/m³ であるが、現状の上下水道料金がこのコストを大きく下回るため、販売量が増加すればするほど、営業損失が増える状況である。特に下水道料金は顧客カテゴリ、使用量にかかわらず一律固定 0.20 FJD/m³ の低水準であり、商業向け大口顧客は政府補助金により一般家計より優遇される結果となる。料金値上げは下水道だけでなく、上水道も含めて WAF 事業運営の継続に必須の利益を確保する為に必要である。

本来の上下水道事業が赤字の為、政府予算からの WAF 向け補助金が、設備投資と運営資金の要となっている。そのため、今後も財務省による WAF 支援のコミットメントの継続が必要である。

2018 年度以降の監査済み財務諸表公開の遅れ³²は監査機関による業務の遅れが原因であるとの事であるが、4 年前の年次報告書がまだ公開できないのは、外部ステークホルダーにとって事業運営の透明性の提示と承認を得るために問題となっている。早急な開示のために、監督機関を含めた対応が求められる。

8-3-1 下水道料金計画

M/P 実施に生じる維持管理費をカバーするのに必要な売上収入計上が可能下水道料金を試算した。算定結果としては最低限でも 0.71 FJD/m³ は維持管理費をカバーするのに必要であり、現状の 0.20 FJD/m³ から大幅な値上げが必要となる。

設備投資額は人口密集に低い地域まで管渠を設置する計画のため、処理場と管渠の合計投資額はフィジーの年間歳出予算を上回る金額となる。設備投資の減価償却分の回収だけでも 3.0 FJD/m³ 超

³² 2022 年 7 月末時点の状況

の料金が必要となり、その水準への値上げに対してフィジー国民の理解を得るのは現実的ではない。まず、維持管理費用を上回る収入確保を目指し、料金は 0.71 FJD/m³ を当面の目安として、その後も一般家庭支払い可能範囲額（ATP）である約 1.00 FJD/m³ を目安に値上げを順次継続すべきである。

8-3-2 民間資金導入の可能性

上下水道事業の民間委託は中期的にはあり得る。例えば、電力セクターではフィジー国政府と日本の電力会社との JV にて電力事業を実施している（フィジー国政府 51%、国民 5%、中国電力 44% 保有）。このことから、同様の JV スキームによる下水事業、特に大手事業者を対象とした産業排水処理事業も可能である。

一方で民間事業者にとって事業利益の確保は必須の参入条件である。事業主の投資採算からみると現行の下水道料金での利益計上は困難であるため、民間投資は見込めない。民間投資参入には大幅な下水道料金の引き上げが必須となるが、他の選択肢としては政府による投資補助金供与、税免除や事業土地の無償での貸し出しなどの民間事業者への優遇策が必要となる。

8-3-3 各戸接続促進策

現状では一般住宅への接続を促進するための、WAF や政府による接続補助金はない。新規下水道接続のための申請費用に加えて、家庭から下水管への接続に係る費用³³は利用者負担となっている。

これら新規接続に係る費用負担が障害となり、一般家庭の接続が促進しない状況もあり得る。接続促進策として、下水整備後の当初 3 年間の政府による接続費用補助を供与、住民への接続促進の広報も検討すべきである。

8-4 分散処理システムの改善策

8-4-1 分散処理システムの課題

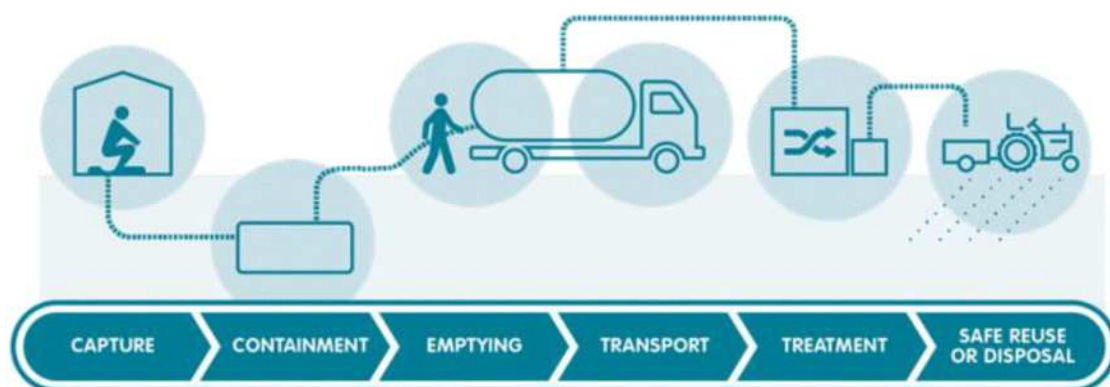
これまでの検討の中で指摘した項目を中心に、フィジー国における分散処理システムの課題を表 8-4.1 に整理した。同表では示す分散処理システムにおけるサービスチェーンの各段階について、その課題をまとめた。また合わせて、サービスチェーン全体に係る制度、組織等に関する課題についても「Other issues」として整理した。

³³ 現地工事業者への聞き取りによると、費用は接続パイプ 1 メートル長あたり 270 FJD 相当である。

表 8-4.1 分散処理システムにおける課題

カテゴリ	課題
Capture Containment	- 基本的な衛生（Basic sanitation）が未達成 - 不十分な雑排水処理 - 基準不適合の設備（ドラムシステム等の使用） - 不適切な腐敗槽の維持管理（経年劣化の放置） - 不十分な検査体制
Emptying Transportation	- 腐敗槽汚泥の引き抜きがほとんど実施されていない - 民間引き抜き業者の地域的偏在、それに伴う大きな料金格差 - 定期引き抜き汚泥引き抜きのためのトラック数の不足 - 建物内等、アクセス困難な場所での腐敗槽の設置
Treatment	- 不明瞭な産業廃棄物との区分 - 不適切な汚泥処理（素掘りピットへの投入等）
Safe reuse or disposal	- 不十分なバイオマス利用 - 不適切な汚泥処理（Natabua における素掘りピットへの投入等）
Other issues	- 分散処理システムに係る SDGs の目標、指標の未整備 - 分散処理システムに関する法令の未整備（生活排水処理における分散処理システムの位置づけ、腐敗槽汚泥の管理の担当部局、分散処理システム管理における WAF の立場や責任等） - 腐敗槽の維持管理ガイドラインが未整備 - オンサイト施設のデータベースの未整備 - 不十分な民間引き抜き業者と公共セクターの連携 - 住民の腐敗槽に関する知識、意識の不足

出典：JET 作成



出典：WASH Discussion Paper - What do safely managed sanitation services mean for UNICEF programmes?

図 8-4.1 サニテーションサービスチェーン

8-4-2 分散処理システムの改善策

(1) 分散処理システムの改善策と役割分担

前項で整理した課題について、表 8-4.2 に関係するステークホルダーごとに今後必要となる対応を整理した。なお、このうち定期汚泥引き抜きの実施に関連した改善策については、別に項を設けて検討する。

表 8-4.2 分散処理システムの改善策と役割分担

ステークホルダー	改 善 策
中央政府	- 分散処理システムに係る SDGs の目標、指標の設定 - 分散処理システム及び腐敗槽汚泥管理に関する法令の整備 - 腐敗槽の維持管理ガイドラインの作成 - 分散処理システム維持管理に関する検査、指導体制の整備 - 汚泥引き抜き料金の格差是正 - バイオマス利用等の促進策の整備 - 定期汚泥引き抜き実施体制の整備、住民啓発
地方政府（市町）	- 分散処理システム維持管理に関する検査、指導体制の整備 - 汚泥投棄場所の確保 - 定期汚泥引き抜き実施への協力、住民啓発
WAF	- 産業廃棄物と腐敗槽汚泥の混合受け入れの停止 - 腐敗槽汚泥処理の改善 - 定期汚泥引き抜き実施に向けた組織及び施設整備
住民	- 標準仕様の腐敗槽の使用 - 定期汚泥引き抜き実施への協力
民間業者	- 産業廃棄物と腐敗槽汚泥の混合輸送の停止 - 汚泥引き抜き料金の格差是正への協力 - 定期汚泥引き抜き実施への協力

出典：JET 作成

(2) 分散処理システムに係る SDGs の目標、指標の設定

施策形成を行う上では課題に対する関係者の理解を深めることが重要で、現状の認識とこれを踏まえた目標の設定のツールとして SDGs が多くの国や地域で用いられている。衛生サービスに係る SDGs を利用しているケースでは、MDGs の指標の一つである「Basic sanitation」に加え、SDGs の指標 6.2.1a における「Safely managed sanitation」のサービスを受ける人口比が評価指標となり、一般には、「Safely managed sanitation」は腐敗槽汚泥の定期的な引き抜きが行われていることが条件とされているケースが多い。しかしながら、フィジー国では腐敗槽の維持管理に関する統計データが存在せず、衛生サービスに係る SDGs の目標 6.2 に係る数値目標が公表されておらず、指標 6.2.1a のデータも公表されていない。

SDGs の目標年次は 2030 年であるが、この指標は分散処理システムの実態把握や今後の施策形成におけるツールとして有用である。このため、分散処理システムに係る SDGs の目標と指標を設定し、必要なモニタリング体制を構築するが重要で、例えば次回以降の人口・住宅センサスの調査項目とするなど、モニタリングを継続的に実施することも検討されるべきである。

(3) 分散処理システム及び腐敗槽汚泥管理に関する法令、ガイドラインの整備

フィジー国では、分散型汚水処理に関係する法令として公衆衛生法（Public Health Act 1936 (2020 Amended)）、公衆衛生（国家建築基準）規則 2004（Public Health (National Building Code) Regulation 2004）があり、これらの法令や規定では公衆衛生に係る組織や役割、衛生施設の構造に関して規定はされている。ただし、分散処理システムを適正に運営するためには、日本における「浄化槽法」や「廃掃法」で定められている浄化槽の性能規定、法定検査、使用者の義務、保守点検及び清掃業者の資格制度、し尿や雑排水の処理に関する地方自治体の基本計画策定義務等、体系的な法令、ガイドライン等の整備が必要である。

(4) 分散処理システム維持管理に関する検査、指導体制の整備

腐敗槽等の衛生施設の設置は National Building Code により建物の基本要件とされており、建築許可申請時の審査対象である。しかしながら、衛生施設の維持管理に関しては、Building Inspector、Health Inspector が定期的（3 ヶ月～1 年に 1 回）に査察を行っているものの、数多くの調査項目がある中、汚泥引抜き状況や槽内の劣化状況等は十分には把握されていない。日本では、浄化槽法により浄化槽の管理責任、検査の実施等が規定され、資格を持った管理業者による定期的な検査が義務付けられている。フィジー国においても分散処理システムの機能を保証するためには、同様の体制整備を進める必要があり、前項で述べた法令の整備に加え、地方機関における人材育成、予算確保が必要となる。

(5) 汚泥引抜き料金の格差是正

現況の腐敗槽汚泥引き抜き料金の格差はサービスを利用する住民にとって受容できるレベルとは考えられない。この格差は、汚泥引き抜きを民間業者の裁量（市場原理）に任せていることが原因であり、その解消のためには何らかの公的な関与が必要となる。具体的には、高負担を強いられる地域での金銭的支援、同地域へのサービス拠点の設置によるコスト低減等が考えられるが、そのための財源の確保、民間業者の理解と協力が必要となる。なお、民間業者の採算が採れないケースでは政府による公共サービスとして実施することも検討すべきである。

(6) 産業廃棄物と腐敗槽汚泥の混合輸送、混合処理の停止

現在、フィジー国では産業廃棄物汚泥（LTW）と腐敗槽汚泥が区別されることなく収集され、処理されており、今後、腐敗槽汚泥の収集量が増加すると LTW の扱いが問題となる。このため、この 2 つを区別して扱うための法整備、産業廃棄物マニフェストの導入等が必要である。

(7) 住民啓発

分散処理システムの改善、すなわち、定期汚泥引き抜きの実施、ドラム式腐敗槽等の標準タイプへの転換や、単独処理槽の合併処理への転換を進めるためには、法令、制度、組織等の整備とともに、使用者である住民の理解と協力が不可欠である。特にフィジーの場合、住民が現状のシステムにあまり不満を持たず、関心が低い。このため、住民の理解と協力を得ることは困難であるが、学校、地域で進められている「WASH（Water, Sanitation, and Hygiene）³⁴」の取り組みとも連携した普及啓発、環境学習等を関係省庁、市町、コミュニティで取り組むことが必要である。

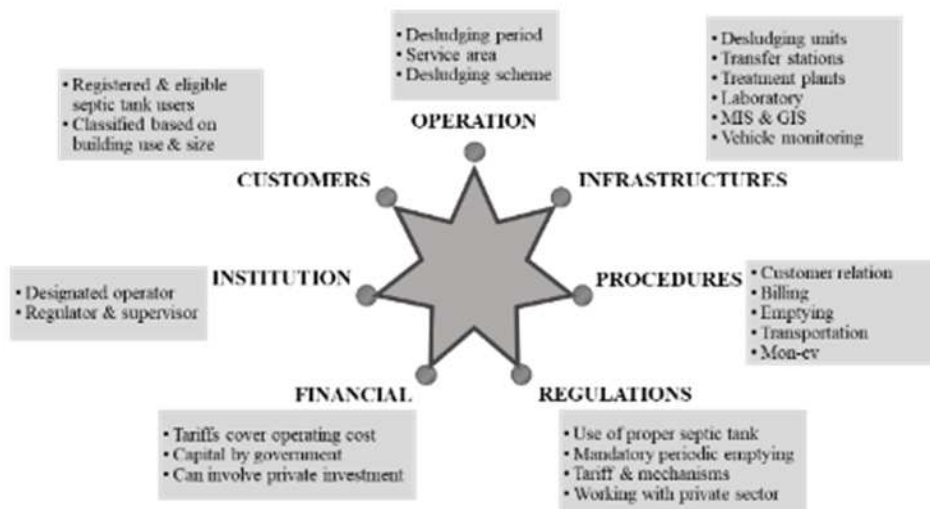
8-4-3 定期汚泥引き抜きの実施

(1) 定期汚泥引き抜きの実施体制

定期汚泥引き抜きを実施するためには、制度及び組織の整備など様々な準備が必要となる。図 8-4.2 は USAID の支援のもとインドネシアで作成されたガイドラインで示された LLTT (Layanan Lumpur Tinja Terjadwal、定期汚泥引抜きサービス) の 7 つのアスペクトで、図 8-4.3 は同じく USAID のガイドラインに示された定期汚泥引き抜きを実施に移すための 14 ステップを示したものである。

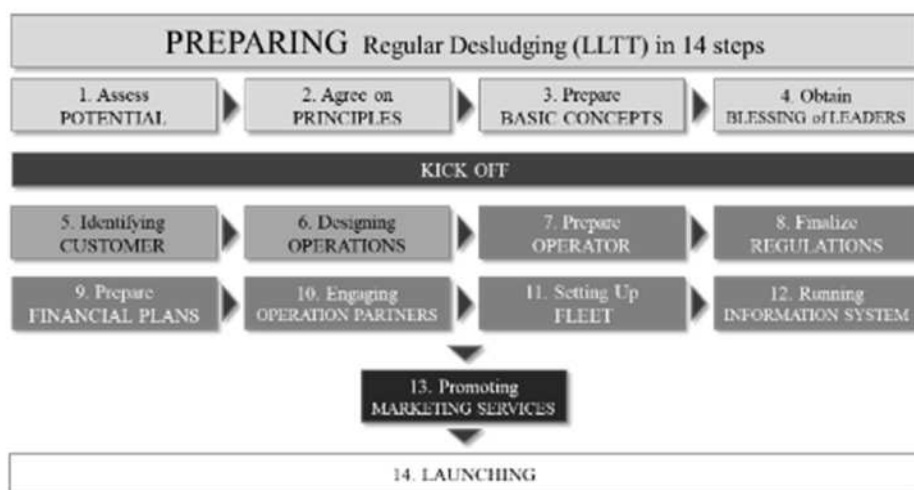
³⁴ Water, Sanitation and Hygiene の略。すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保することを目指した村落の給水・衛生改善プログラム。

7 Aspects of Scheduled Desludging



出典 : Saatnya Sekarang ! Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (It's Time Now! Perform the Scheduled Desludging Service) (2016, USAID IUWASH)

図 8-4.2 定期汚泥引き抜きの7つのアспект



出典 : Saatnya Sekarang ! Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (It's Time Now! Perform the Scheduled Desludging Service) (2016, USAID IUWASH) をもとに JET 作成

図 8-4.3 定期汚泥引き抜き実施のための14ステップ

表 8-4.3 に各ステップについての説明を示す。なお、定期汚泥引き抜きの立ち上げ段階で重要となる内容についてはフィジー国での実施を想定した具体的な説明、提案を示す。

表 8-4.3 定期汚泥引き抜き実施のための 14 ステップ（説明）

ステップ	説明
1. 実施可能性の検討	対象都市（地域）で定期汚泥引き抜きを実施する可能性、腐敗槽使用率、トラック可用性、処理施設能力、規制、制度について調査し、ボトルネックを把握する。
2. 原則に関する同意	サービス準備を開始する前に、サービスの目的、性質、開始時期、関連計画、財務原則等について他の当事者と合意しておく必要がある。
3. コンセプトの準備	推定顧客数、汚泥量、汚泥引き抜き頻度、トラック台数、処理プロセス、基本的な料金及び財務面に関して、意思決定層や関係者が理解できるコンセプトを準備する。
4. 意思決定層の賛同	準備したコンセプトを用いて意思決定層の賛同を得る。
Kick Off	
5. 顧客の把握	潜在的な顧客について、数と分布、建物の種類と腐敗槽の状態を把握する。建物の全数調査が最良ではあるが、それが困難な場合はそれに代わる調査（人口センサス等）を利用する。
6. 運用計画の策定	運用計画では、サービスゾーンの分割、顧客の分類と分布、汚泥引き抜きと輸送パターンを示す。これに基づき、処理施設への負荷、必要な処理施設能力が計算される。
7. 実施（責任）機関の決定及び能力強化	定期汚泥引き抜きの実施（責任）機関を決定し、新たなサービスの実施のための組織構造を調整するとともに、必要な人員を確保する。
8. 制度、規則の制定	定期汚泥引き抜きを確実に実施するため、引き抜きの義務化や適切な料金徴収をサポートする制度、規則を整備する。あわせて、単独型（し尿のみ）腐敗槽を合併処理に転換するための制度、規制も検討する。
9. 財務計画の策定	定期汚泥引き抜き事業の健全性、持続性を確保するための損益及びバランスシート予測に基づき、貧困層対策、地域間格差の緩和のための顧客分類間の相互補助（Cross Subsidization）等を考慮し、適切なサービス料金を検討する。
10. 運搬システムの準備	運用計画で検討した汚泥引き抜きと輸送パターンをもとに、車両（Fleet）管理システムを整備する。システムはデジタル通信技術を利用し、リアルタイムでトラックの状況を監視する。そのためには、民間汚泥引き抜き業者がこのシステムに参加する必要がある。また、定期引き抜き未実施地域、臨時汚泥引き抜き等のオンコールでの引き抜きにも対応する必要がある。
11. 運営パートナーの確保	NGO 等の民間グループ及びコミュニティグループが、定期汚泥引き抜き活動のアウトソーサーとして関与する枠組みを構築する
12. 情報システムの準備	実施機関に管理情報システム（MIS）を整備する。システムは、顧客管理、車両（Fleet）管理、料金徴収等のシステムと連携する必要がある。
13. マーケティングサービスプロモーション	サービス開始に先立ち、定期汚泥引き抜きに関する情報周知のための（システムの概要、顧客の権利・義務及びメリット、利用方法等）プロモーションを実施する。
14. 開始	

出典：Saatnya Sekarang ! Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (It's Time Now! Perform the Scheduled Desludging Service) (2016, USAID IUWASH) をもとに JET 作成

(2) コンセプト、合意形成

本 M/P では、2036 年に集合型と分散型汚水処理を合わせた整備率 70%を目指しており、その中で分散処理システムが占める割合は 1/2 余りで、早急な事業の立ち上げ、拡大が求められる。しかしながら、フィジー国における腐敗槽汚泥の定期引き抜きに関しては、政府、住民の関心が低く、関係者の意識向上が喫緊の課題となる。関係者の意識向上のためには、現状に対する問題意識と明確な目標が共有され、目標達成のための手法についての合意形成が不可欠であるが、コンセプト作りや合意形成のための時間は限られている。このため、新たな枠組みを構築することは困難であり、既存の枠組みである SDGs をそのツールとして使うことが最も合理的である。

（SDGs を活用した目標設定）

SDGs は 2016-2030 年の取り組みであるが、これとフィジー国の国家開発計画とリンクさせ、2030 年以降も利用することは可能である。本 M/P では 2036 年において集合処理と分散処理を合わせて整備率 70%を達成することを目標として提案している。

（指標と計測）

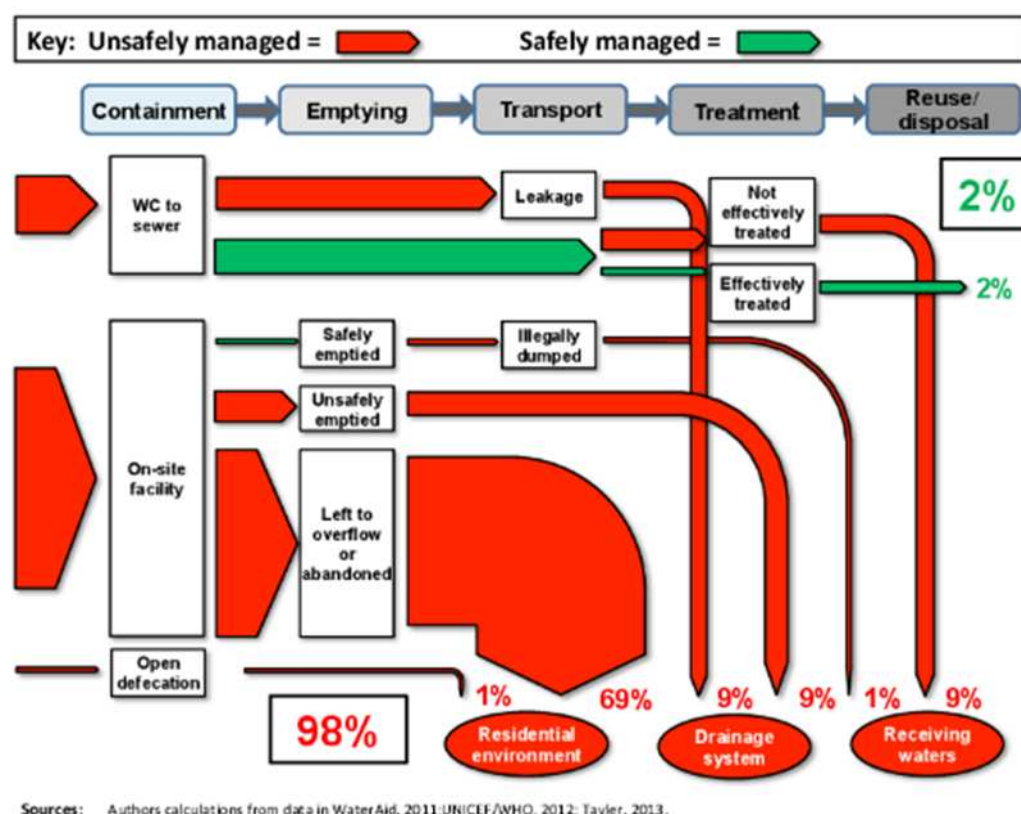
SDGs の枠組みを利用するためには、指標とその計測方法を設定する必要がある。指標については「Safely managed sanitation service」を受ける人口の割合とする。「Safely managed sanitation service」は、「Improved sanitation facilities」を使用し、かつ適切な間隔（本 M/P の汚泥量算定では 5 年毎としている。）で引き抜かれた汚泥が「off-Site」の施設で適切に処理されることが必要である。フィジー国の人口・住宅センサスでは衛生施設（トイレ）の種別は調査されているものの、汚泥引き抜き の 時期 や 間隔は調査されていない。このため、次期のセンサスには新たな調査項目として追加する必要がある。ただし、当面のデータ収集としては、Building Inspector や Health Inspector による定期調査の際に聞き取りを行うことで全数調査に代わるサンプリング調査とすることを現実的な方法として提案する。

（Shit flow diagram（SFD）の利用）

得られたデータは、関係者（住民や意思決定者等）にわかりやすい形でまとめることが重要である。例えば、図 8-4.4 に示す「Shit flow diagram（SFD）」は多くのケースで現状認識の手法として用いられており、FSM（Fecal Sludge Management）を構成する様々なサービスチェーンとその状況を視覚的に理解するツールである。

（現状と課題の分析）

インドネシアでは、各県市が 5 年毎に「SSK（City/Regency Sanitation Strategies）」を作成することが義務付けられている。この中で目標と現状の間の乖離、目標達成のために必要な予算、組織、人員等と現状の差異、ボトルネックとなっている課題を検討する「ギャップ分析」や、目標達成にプラスとなる要素や障害となる内部環境及び外部環境の要素を把握する「SWOT 分析」の結果を計画に反映することとされている。



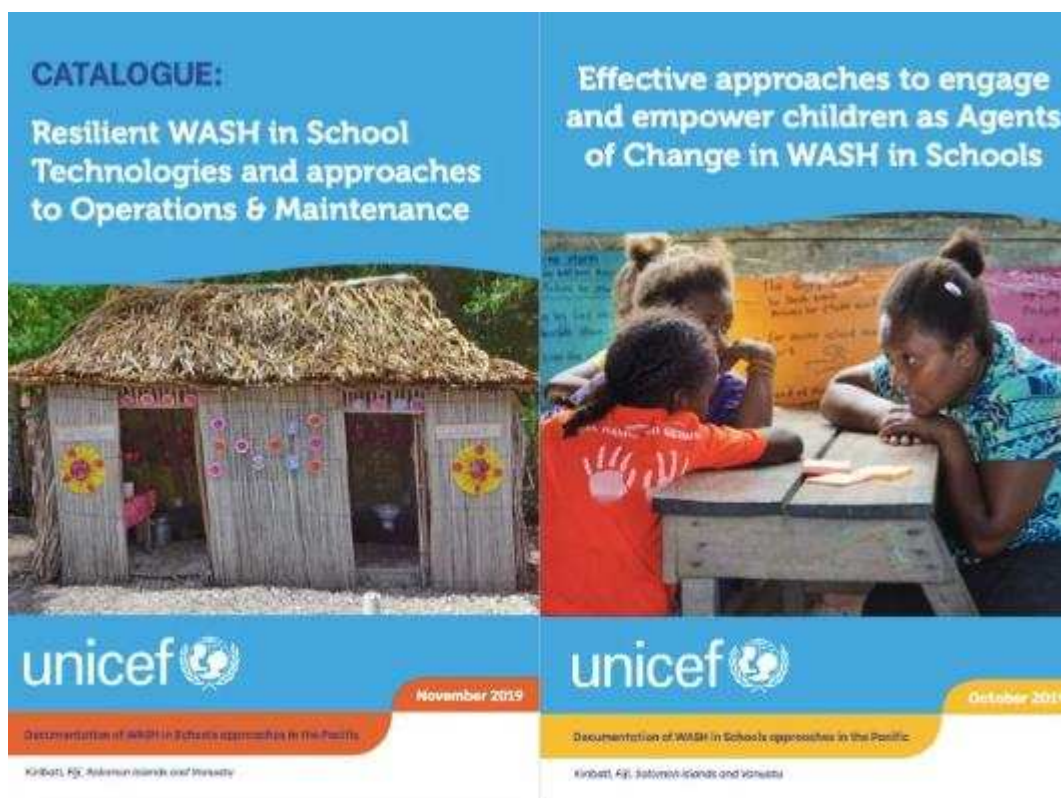
出典：Fecal Sludge Management: a comparative analysis of 12 cities, Andy Peal. et al., Sep. 2014, Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development

図 8-4.4 Fecal Waste Flow Diagram の例

(住民意識の向上)

行政サイドによる様々な情報やツールの整備に合わせて、これを利用した住民への周知、環境や衛生に関する意識向上が重要である。テレビ、新聞、インターネットサイト等のメディアの利用、パンフレット等の配付など、日本や海外の国々では様々な手法が採られており、これらを参考にした取り組みが必要である。

また、フィジー国をはじめとする太平洋諸国では、UNICEF 等の支援による「WASH (Water, Sanitation and Hygiene) Program」が実施されてきた。(フィジー国では 2015 年～2020 年に実施) この取り組みでは、子供たちを「Children as Agents of Change in WASH」と位置づけ、学校から家庭、コミュニティへの活動拡大を図っている。これに倣い、学校教育における環境教育活動の中で子供たちが生活排水に対する各自の責任や行動について、「気づき」、「考え」、「理解し」、「行動する」ことを身につけることを進めることを検討する。



出典 : <https://livelearn.org/resources/assessment-of-wash-in-schools-programs-in-fiji-kiribati-solomon-islands-and-vanuatu/>

図 8-4.5 WASH (Water, Sanitation and Hygiene) Program で作成された資料の例

(3) 運用計画

運用計画では、サービスゾーンの分割、顧客の分類と分布、汚泥引き抜きと輸送パターンを示すこととされている。これにより、具体的な定期汚泥引き抜きサービスのフレームが示される。

(サービスゾーン、顧客)

フィジー国のゾーニングは複雑で、Urban (Peri-urban を含む) と Rural、City/Town Council の管轄 (サービス) エリアとそれ以外、Formal と Informal Settlement、また集落に関しても先住民 (iTaukei) の村 (Village) とそれ以外 (Community) 等の区別がある。また、サービス拠点 (トラック基地、処理場) からの距離により近傍、遠隔地及び中間的なエリア等に分けられる。

2036 年の目標達成のためには定期汚泥引き抜きサービス対象の急速な拡大が必要であるため、初期段階においては、行政サービス体制の整備がより進んでいる City/Town Council の管轄 (サービス) エリアにおいて優先的にサービス導入を進めることが推奨される。これにより、City/Town Council のもつ住宅情報、Building Inspector や Health Inspector の活用が可能と考えられる。これに続き将来下水道区域となるエリアが対象となる。この地域は、原則として WAF の水道サービスエリアまたはサービス拡大が想定されるエリアで、水洗トイレと腐敗槽が普及しているエリアと想定される。これらの地域以外については、小規模な集落が散在するエリアで汚泥収集効率は低い。このため、例えば集落に対する衛生改善キャンペーン等を行い、集落単位で参加意思を表明した集落をサービス対象に組み入れることが効率的である。

(汚泥引き抜きと輸送パターン)

5-5 で検討したように、下水道整備の進展とともに分散処理対象エリアは遠隔地が中心となり、汚泥引き抜き、収集・運搬の効率は低下する。このため、引き抜き作業箇所の集約化、中継ステーションの利用などによる効率化を図る必要がある。

(4) 実施機関

実施機関については、政策レベル、実務レベルでそれぞれの実施機関を定める必要がある。

(政策レベル)

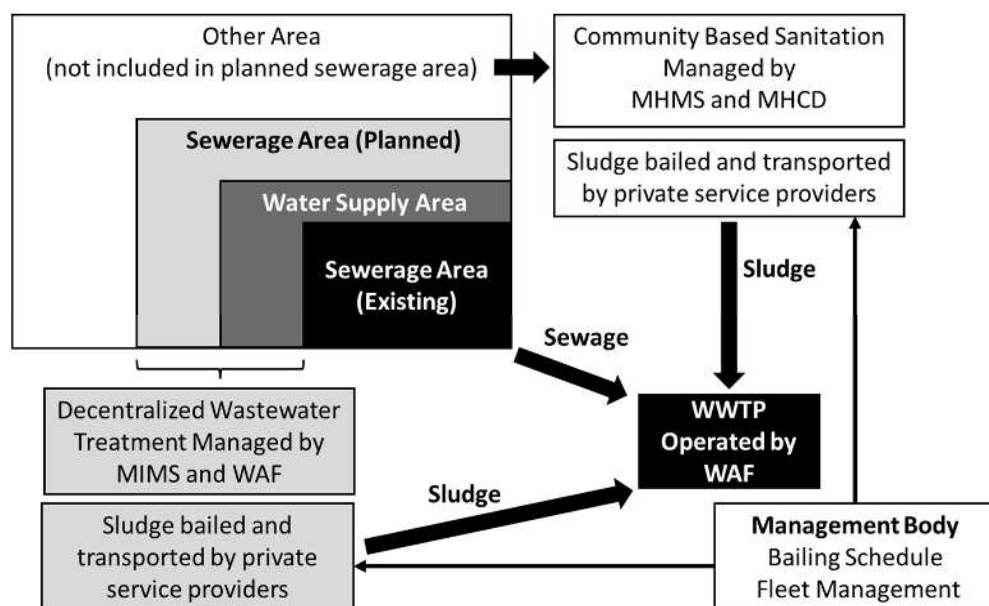
現在、腐敗槽の管理に関しては、公衆衛生法 (Public Health Act 1936 (2020 Amended)) 及び公衆衛生規則 (Public Health (National Building Code) Regulation 2004) に基づき、保健省 (MHMS)、中央保健委員会 (CBH)、さらに City/Town Council 及び CBH の地方機関の Sanitary Inspector、Health Inspector、Building Inspector が主として業務に当たっている。一方、上下水道はインフラ・気象サービス省 (MIMS) 及び MIMS の管轄下の WAF が担当している。また、Informal Settlement の Formalize 事業の一環として住宅・コミュニティ開発省 (MHCD) が「コミュニティセプティックタンク」の設置を行っている。

今後については、効率的な事業運営を行っていくため、これらの機関の責任と権限の所在を明確にし、それぞれの責任と権限の中で目標達成に向けた役割分担を設定する必要がある。既存の下水道エリア及び将来下水道区域となるエリアについては、下水道の整備と腐敗槽汚泥の定期引き抜きを連携して進めていく必要があることから、MIMS 及び WAF の枠組みによる運営体制を作ることが妥当かつ効率的と考えられる、このため、MIMS 及び WAF に対して必要な責任と権限を付与する必要がある。また、これ以外の地域については、WAF の機能が Water Authority of Fiji Act の目的に規定されている「the Water and the sewerage system」に限定されることから、MHMS による衛生改善事業及び MHCD による Informal Settlement 関連事業として実施することが妥当であると考えられる。

(実務レベル)

現在、汚泥引き抜き及び輸送は民間業者が行っている。将来においても、新たに例えば官主導の体制を作ること、官民双方の同意を得ることは困難と考えられ、この枠組みを継続することが妥当と思われる。ただし、定期汚泥引き抜きの実施のためには汚泥引き抜きのスケジューリングが必要で、異なる業者のトラックの運行管理が重要となる。また、課題となっている引き抜き料金の格差是正のためにはサービス料金の調整や規制が必要で、いずれも公共サイドの強い関与が必要である。汚泥引き抜きのスケジューリング、トラックの運行管理については、事業の公共性、業者間の公平性を考慮し、WAF に新たな機能を持たせることのほか、民間業者の参加した第三セクターを設けることも考えられる。サービス料金の調整や規制に関して、他国において民間業者のサービスを含めて料金を条例で定めている例もある³⁵。図 8-4.6 は実施体制のイメージを示したものである。

³⁵ インドネシア、バリ州のタパナン県など



* MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))
出典 : JET 作成

図 8-4.6 実施体制のイメージ

(5) 法制度

法制度については、表 8-4.4 に示す法令、制度、ガイドライン等の整備が必要である。

表 8-4.4 定期汚泥引き抜き実施に向けて必要な法制度の整備

項目	内容
組織の責任と権限の明確化	- 分散処理システムにおける MIMS*、WAF の責任と権限の明確化 - コミュニティシステムにおける MHMS の責任と権限の明確化
Building Code の改訂	- 腐敗槽の汚泥引き抜きに関する規定の追加 - Inspector による腐敗槽に関する検査の時期 (設置時、定期及び廃止時) 及び検査項目に関する規定の追加 - 雑排水処理の普及のための合併槽の標準化 (単独槽の原則禁止)
SDGs の活用	- SDGs に基づく開発目標設定の制度化 - SDGs 指標の設定と計測手法の制度化
定期汚泥引き抜き	- トラック運行管理の制度化 - 引き抜き作業の標準作業手順 (SOP) の制定
民間サービスプロバイダー	- 定期汚泥引き抜き業者の登録制度 - 業者組合等の組織化促進制度 - 第三セクター設立に関する制度 - 資格者制度によるサービスや安全衛生管理の質の向上 (技術講習の義務化、講習修了者への資格授与等)
LTW との分離	- 汚泥引き抜き、運搬、処理の過程におけるマニフェスト (廃棄物管理伝票) 制度の導入 - LTW の取り扱いに関する法令の整備
料金設定	- 料金設定に関する原則 (コスト回収、公平性、効率性等) の制度化 - 第三者機関による指針作成、監視

* MIMS : 現公共事業・気象サービス・運輸省 (Ministry of Public Works, Meteorological Services and Transport (MPW))
出典 : JET 作成

(6) 財務計画

定期汚泥引き抜きを実施するにあたって、料金制度を中心とする財務計画は事業の健全性、持続性を確保するうえで極めて重要である。財務計画では以下の項目が重要となる。

- コストリカバリーを考慮した経営計画
- 民間サービスプロバイダーの持続性を考慮した料金設定
- 損益及びバランスシート予測に基づく事業計画
- 貧困層対策、地域間格差の緩和のための顧客分類間の相互補助の導入

しかしながら、これらを実現することは極めて困難で、途上国では多くの場合、コストリカバリーや民間サービスプロバイダーの持続性を考慮した適正な料金設定ができず、政府からの資金投入等で補われている。ただし、例えここに挙げた項目が実現できなくても、事業の財務状況を正確に把握するために他部門から独立した会計制度とするなど、経営改善、経営の透明性確保が可能な制度等が必要である。なお、貧困層対策、地域間格差の緩和のような政策的目的に必要な資金は、内部補助により賄うか、あるいは政府からの資金補助を受けるかになるが、無規律な資金投入とならないよう、目的（対象）、限度額等のルールを明確にしておく必要がある。

(7) 定期汚泥引き抜きのスケジュール

表 8-4.5 に 2028 年に定期引抜き事業を開始するためのスケジュール（案）を示す。

ここでは、Natabua 下水処理場での汚泥受け入れを増加させることを前提として、同処理場の整備スケジュールを合わせて示している。

表 8-4.5 定期引抜き事業を開始するためのスケジュール (案)

ステップ	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
実施可能性の検討 コンセプト、合意形成	■									
キックオフ		■								
顧客の把握		■	■	■	■	■	■	■	■	■
運用計画の策定 実施機関の決定		■	■							
制度、規則の制定		■	■	■	■					
財務計画の策定			■	■	■					
運搬システムの準備			■	■	■					
運営パートナーの確保			■	■	■					
情報システムの準備			■	■	■					
プロモーション				■	■	■	■	■	■	■
LTW との分離処理/ manifest の導入等 の制度整備	■	■	■	■	■					
Natabua 下水処理場整備			■	■	■	■	■	■	■	■
新施設運用開始										■
汚泥暫定受け入れ*						■	■	■	■	■
サービス開始						■	■	■	■	■

「汚泥暫定受け入れ」では、LTW と分割した腐敗槽汚泥のみを既存の下水処理施設で受け入れる。

出典：JET 作成

8-5 法制度/基準等への提案

8-5-1 Industrial/Commercial Waste 処理の監督官庁の明確化

各処理場が処理する対象下水は、「下水管路からの流入下水」、及び「Bailing Truck が回収する Domestic Septage」と設定し、検討を行った。

Natabua 下水処理場 (Lautoka) 等では現状、Bailing Truck が醸造所からの廃液や、食品加工工場等の排水の前処理設備から発生する汚泥、ホテルやリゾート等のグリーストラップからの廃油や残渣が素掘りのピットに投棄されている。日本であれば上記の Commercial/Industrial Trade Waste は産業廃棄物として取り扱われ、下水道とは別セクターが処理の責任及び権限を担うものの、フィジー国における産業廃棄物の監督官庁は現状明確ではない。

今後も WAF が Commercial/Industrial Trade Waste の受入れと処理を継続するのであれば、処理に必要な法整備や基準整備が必要となるため、将来的な産業廃棄物の監督官庁について WAF 及び他 C/P の意向を確認する。

8-5-2 下水汚泥の最終処分地の確認

4-3 で述べたとおり、下水汚泥の受け入れを行っている廃棄物処分場は現状においてない。また、WAF では独自の汚泥処分地を確保するよう環境部局と調整を行っているが、進展はない状況である。

一方で、**5-3-1** にて処理方式別の下水処理場用地面積を算出した結果、下水汚泥を処理場内で埋め立て処分する場合は広大な用地が必要なため、事業費が増大し、また用地確保が容易でない可能性がある。このため今後の検討に当たっては汚泥の最終処分地の確保と、それにあたっての汚泥の廃棄基準と法令の制定が必要になると考えられる。

APPENDIX

APPENDIX 1-1 Minutes of Meeting on JCC

(1) 1st JCC on December 20th, 2021

Minutes of Meetings
on
The First Joint Coordinating Committee
For
Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase)
Agreed upon between
Ministry of Infrastructure & Meteorological Services
and
Water Authority of Fiji
and
Japan International Cooperation Agency

The first joint Coordinating Committee (hereinafter referred to as "JCC") for the Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase) (hereinafter referred to as "the Project") was convened on 20th December 2021 by the chairperson of the JCC and others.

As a result of the discussions, both sides understood and agreed upon on the matters referred to in the document attached hereto.

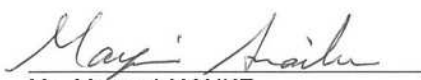
Suva, December 20th, 2021



Mr. Taitusi VAKADRAVUYACA
Permanent Secretary
Ministry of Infrastructure &
Meteorological Services



Mr. Josaia KOROILAVESAU
Acting Manager
Wastewater Department
Water Authority of Fiji



Ms. Mayumi AMAIKE
Resident Representative
JICA Fiji Office



Mr. Yoshinobu NAKAJIMA
Team Leader
JICA Expert Team

ATTACHED DOCUMENTS

1. Activities and Schedule of the Project

The JICA Expert Team (hereinafter referred to as "JET") explained the activities and schedule of the Project as per attached ANNEX 1. JCC agreed to it.

2. Members of the JCC

JET proposed to add the below organizations to the JCC as agreed on Annex II in Record of Discussions (hereinafter referred to as "the R/D") for the Project, dated on March 16, 2021. JCC agreed to it.

- ・ Ministry of Housing and Community Development
- ・ Ministry of Health and Medical Services (Central Board of Health: CBH)

3. Target Municipalities in the Regional Wastewater Master Plan

It was confirmed and agreed to set the below 1 city and 5 towns as the target municipalities for prioritization in the Regional Wastewater Master Plan

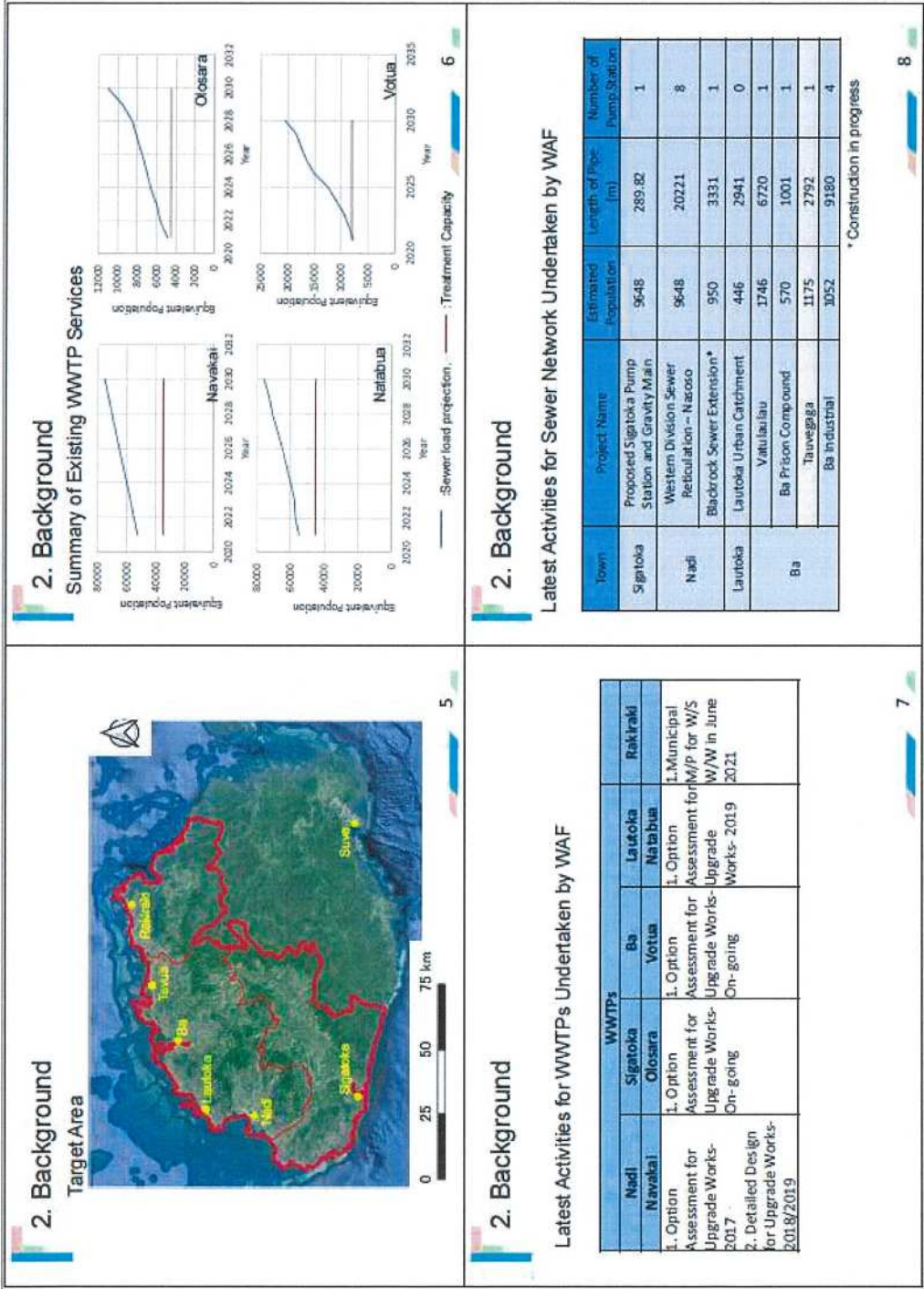
- ・ Lautoka
- ・ Nadi
- ・ Rakiraki
- ・ Tavua
- ・ Ba
- ・ Sigatoka

ANNEX 1: Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase), December 20th, 2021, JICA Expert Team

ANNEX 2: Members of JCC

ANNEX 1

PROJECT FOR FORMULATION OF WASTEWATER TREATMENT MASTER PLAN IN WESTERN DIVISION (1st Phase) Joint Coordination Committee (1st) 20th December 2021 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) Nihon Suido Consultants Co., Ltd. Yachiyo Engineering Co., Ltd. 1	Table of Contents 1. Welcome and Introduction 2. Background 3. Outline of the Project 4. Findings in first Field Survey (as of middle Dec.) 5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P 6. Tentative Programs for Capacity Development 7. Detailed Schedule in Phase 1 8. Confirmation of JCC Member 9. Closing Remarks Main Purpose of 1st JCC To confirm and approve above item 5,6,7,8 2
1. Welcome and Introduction Opening remark from Mr. Taitusi Vakadravuyaca Mr. Permanent Secretary, Ministry of Infrastructure and Meteorological Services 3	2. Background Background and Introduction - The Master Plans needs to be developed as a guiding document to lead the upgrade of the western wastewater sector in the study area which are in line with forecast developments in order to meet Fiji's National Development Plan. - This Master Plan will outline the essential projects and will be structured to identify constraints and gaps to ensure the improvement of WAF's wastewater services. 4



ANNEX 1

3. Outline of the Project

- ✓ Strategic improvement of the sewerage infrastructure of the Western Division of Fiji is requested

- Regional Wastewater M/P
- Municipal Sewerage M/P for Priority Cities in the Western Division
- Pre-F/S for the Priority Projects

9

3. Outline of the Project

Project Phasing		2021				2022				2023				2024			
Main Contents		1st Year				2nd Year				3rd Year							
Output		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Output 1	Regional Wastewater M/P																
Output 2	Municipal Sewerage M/P																
Output 3	Pre-F/S																
Output 4	Capacity Development on sewerage management																
Report		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

Phase 1 Phase 2

11

3. Outline of the Project

Output 1	A Regional Wastewater M/P that includes centralized and decentralized wastewater treatment systems for the Western Division of Viti Levu Island of Fiji (Wastewater Treatment Master Plan in Western Division) will be formulated.	Output 4	Capacity on sewerage management of WAF and relevant agencies will be strengthened.
Output 2	Municipal Sewerage M/P in priority cities and/or towns identified in the Regional Wastewater M/P will be formulated. (2 cities)		
Output 3	A Pre-F/S including sludge management for priority sewerage project(s) selected in the Municipal Sewerage M/P will be conducted.		

Overall objective

- Encourage treatment capacity improvement and facility expansion.
- Contribute to improvement of sanitation and water environment

10

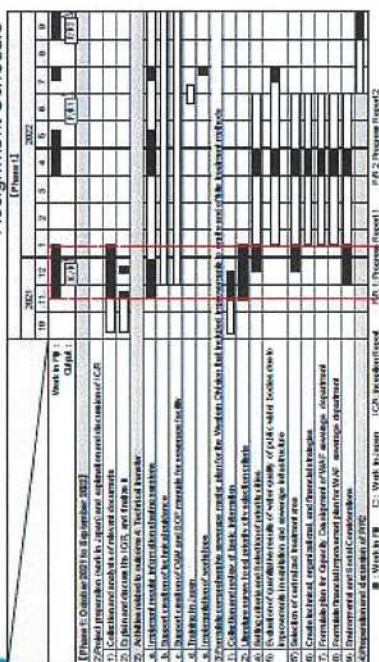
3. Outline of the Project

Difference between Regional Wastewater M/P and Municipal Sewerage M/P		Contents
M/P	Regional Wastewater M/P	Target area: Entire Western division Target service: Centralized system and Decentralized system - Prioritization of towns in western division by quantified criterion - Selection of centralized treatment area - Quantitative evaluation of water quality by developing wastewater treatment - Implementation schedule to achieve 70% of centralized treatment access by 2036 - Strategic plan of centralized and decentralized system - Regional-wide strategic environmental assessment
	Municipal Sewerage M/P	Target area: 2 prioritized towns Target service: (centralized) sewerage system - Setting service area - Estimation of wastewater flow - Outline design of facility (Collection network, pumping station and WWTP) - Town-level environmental and social consideration - Implementation plan - Cost estimation for entire service area

12

3. Outline of the Project

Assignment Schedule



We are now here!

1st Field Survey

13

4. Findings in First Field Survey (as of middle of Dec.)

- (1) Data Collection
 - ✓ Requesting to each authorities
- (2) Municipality Council
 - ✓ Majority of the town is not connected to WAF pipeline, supported by septic tanks
 - ✓ National Building Code limits development of subdivisions without WAF service connections (ex. 20% land space), hindering the Town's development
 - ✓ Town Councils are requesting WAF service area expansion

14

4. Findings in First Field Survey (as of middle of Dec.)

- ✓ (3) Existing Sewerage Facilities
 - ✓ 3 out of the 4 existing WWTPs are overloaded, and WAF is considering tentative plans to upgrade all plants to IDEA treatment
 - ✓ Many pumping stations lack stand-by pumps; pumps are not replaced according to product life, but repaired and re-stationed until breakdown
 - ✓ Pipelines are experiencing deterioration and frequent clogging



Figures from Natabua WWTP site visit
Left: overloaded anaerobic pond
Right: pumps waiting for repair at ME workshop

16

ANNEX 1

Output 1

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P

Draft Criteria and data availability (as of middle of Dec.)

Criteria	Sub-criteria	Data source
Population	Population density	Bureau of Statistics
Sanitation	Ratio of waterborne disease	Ministry of Health and Medical Services
Urban development	Number of tourist	Fiji Hotel & Tourism Association
	No. of hotels/ beds	Fiji Hotel & Tourism Association
	Amount of water usage (Non-domestic)	WAF
Sustainability of sewerage service	Water tariff collection rate	WAF (To be confirmed)
	Average household income	To be confirmed
Water environment	Current water quality	Site survey by JET
	Estimated water quality	Estimated by JET

18

Output 1

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P

Target Municipalities: 1 city and 5 towns.
Lautoka, Nadi, Rakiraki, Tavua, Ba, Sigatoka

Urban, City, Town, Peri-urban are generally suited to be the target for centralized treatment area
 Rural Areas where decentralized treatment system are generally preferable.

To achieve 70% access of centralized treatment, development for rural area is necessary
 Some villages have many houses densely packed in one area. And surrounding urban area is also fit for centralized area.

Consideration for selecting centralized area;
 Population density, Land use plan, Other utility development plan in future

20

Output 1

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P (Workflow in Phase 1)

Preparation, explanation, and discussion of Progress Report 2

17

Output 1

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P

Prioritization

Tentative criterion to consider priority

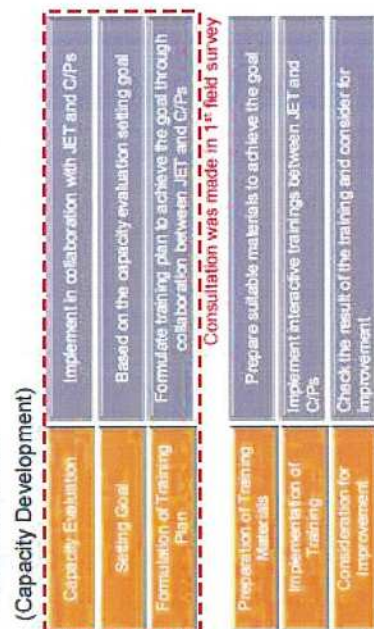
- ✓ Population
- ✓ Sanitation
- ✓ Urban development
- ✓ Sustainability of sewerage service
- ✓ Water environment

Criterion will be discussed based on data availability

19

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P

Output 4



6. Tentative Programs for Capacity Development

- ✓ Discussion between WAF(Central and Western) and JET, during 1st field survey.
- ✓ Modified Training Category and program are confirmed
- ✓ Based on further discussion with JICA HQ and Fukuoka city, Program will be fixed

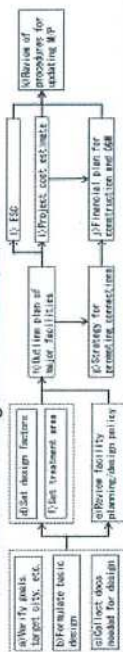
Training Category	Program	Training method	Target
Sewerage Works Management	Management of Sewerage Works	LAD	Management level of DWS and WAF
Planning/Design	Public Awareness		
	Planning		
Project Management	Sewer Networks Design	LAD	Planning and design staff of WAF and DWS
	MWTP Design	OUT	
Project Management	Budget Management		
	Schedule Management	LAD	Staff of WAF relating to water and sewerage project

ms in red was added

5. Work Plan of Output 2 and 3

Output 2

1. Formulate Municipal Sewerage M/P for the priority cities identified in the Regional Wastewater M/P



Output 3

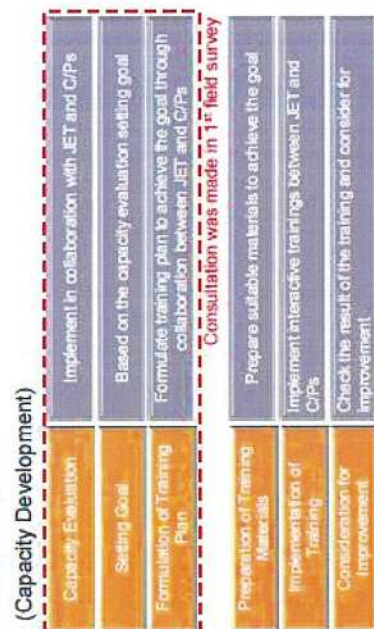
2. Formulate Pre-F/S for the priority cities identified in the Sewerage M/P
3. Preparation of Draft Final Report (DF/R) and discussion with Fijian side.
4. Preparation and submission of Final Report (F/R)

6. Tentative Programs for Capacity Development

Training Category	Program		Training method	Target
OSM sewerage facilities	Sewage and Sludge Treatment Technology	Sewage treatment	L&D	Safe of WAF Western relating to OSM of sewerage works
		Sudge treatment		
	Maintenance of M/E Equipment	Effluent quality management	L&D	
		Maintenance plan and procedures	L&D	
		restoration of plan and Procedures	OJT	
	Maintenance of Sewer Pipes	Maintenance plan and procedures	L&D	
		restoration of plan and Procedures	OJT	
	OSM of WWTP	OSM plan of WWTP	L&D	
		Daily inspection of WWTP	L&D, OJT	
		Water quality analysis	L&D, OJT	
Health and Safety	Health and safety plan	L&D, OJT		
	Risk management	L&D, OJT		
	Emergency procedures	L&D, OJT		

5. Work Plan of the formulation of Regional Wastewater M/P

Output 4



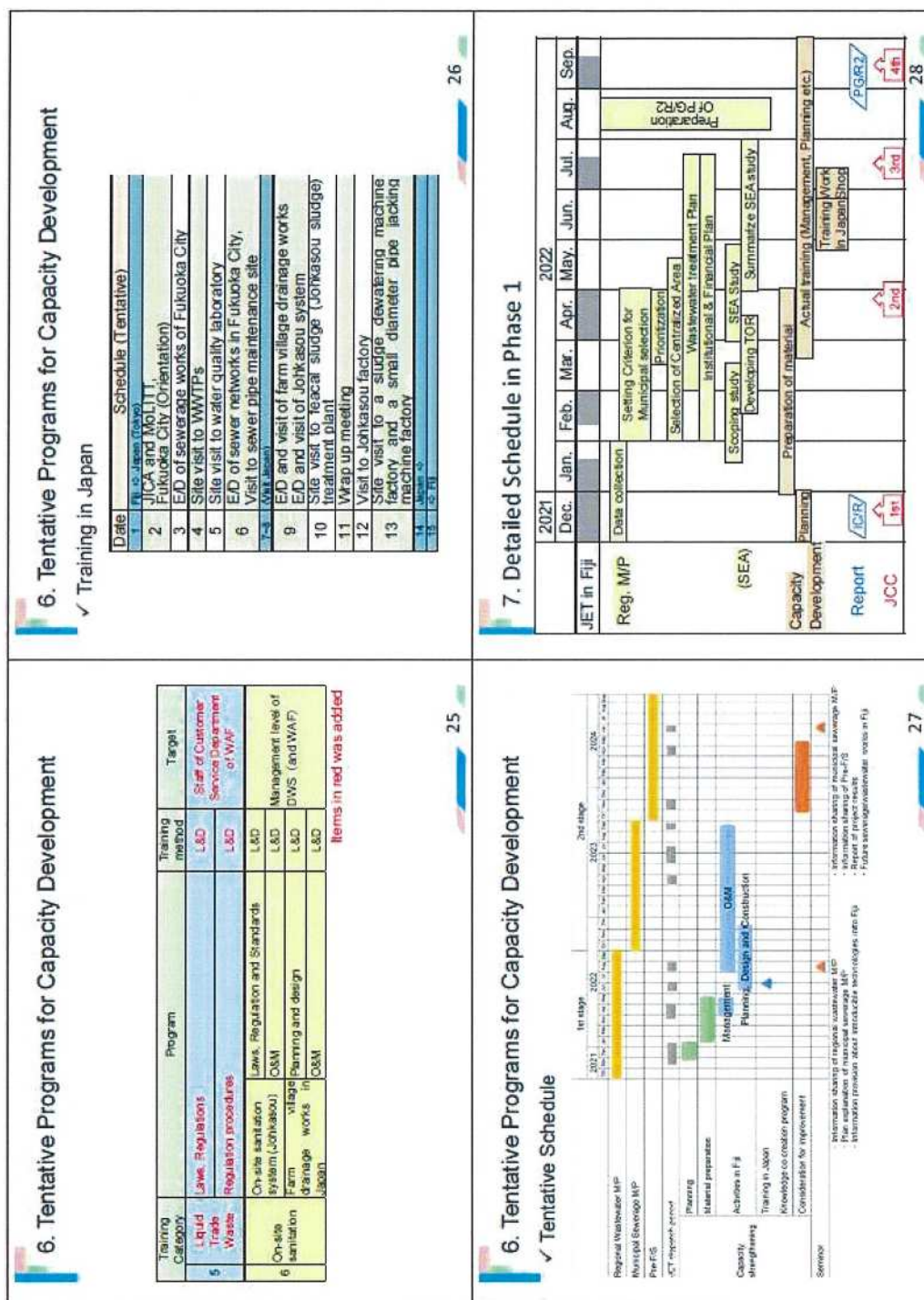
6. Tentative Programs for Capacity Development

- ✓ Discussion between WAF (Central and Western) and JET, during 1st field survey.
- ✓ Modified Training Category and program are confirmed
- ✓ Based on further discussion with JICA HQ and Fukuoka city, Program will be fixed

Training Category	Program	Training method	Target
Sewerage Works Management	Management of Sewerage Works	LAD	Management level of DWS and WAF
Planning/Design	Public Awareness		
	Planning		
Project Management	Sewer Networks Design	LAD	Planning and design staff of WAF and DWS
	MWTP Design	OUT	
Project Management	Budget Management		
	Schedule Management	LAD	Staff of WAF relating to water and sewerage project

ms in red was added

ANNEX 1



8. Confirmation of JCC Member Proposed structure of JCC in R/D Project Team - Project Director, Permanent Secretary, MIMS - Project Manager, Chief Executive Officer, WAF - Personnel from Department of Water and Sewerage, MIMS Technical Committee - Personnel from Chief Operating Officer, WAF - Department of Water and Sewerage, MIMS - Senior Technical Officer Sewerage - Technical Officer High Grade Sewerage - Personnel from the Counterpart WAF - Chief Operating Officer - Acting National Manager of Wastewater - Manager Infrastructure and Service Delivery Western - Personnel from the Counterpart JICA Expert Team JICA Experts Other Members Fijian Sides - Ministry of Waterways and Environment - Ministry of Economy - Ministry of Lands and Mineral Resources - Ministry of Housing and Community Development - Ministry of Health and Medical Services (Central Board of Health: CBH) Fiji Bureau of Statistics Taukei Land Trust Board Ministry of Local Government Municipal Councils Provincial Offices Utility Providers Japanese Sides - JICA Fiji Office - JICA Headquarters Others - The Embassy of Japan - Fukuoka City - Donors - Other relevant Organizations	29
8. Confirmation of JCC Member Modified structure of JCC Project Team - Project Director, Permanent Secretary, MIMS - Project Manager, Chief Executive Officer, WAF - Personnel from Department of Water and Sewerage, MIMS Technical Committee - Personnel from Chief Operating Officer, WAF - Department of Water and Sewerage, MIMS - Senior Technical Officer Sewerage - Technical Officer High Grade Sewerage - Personnel from the Counterpart WAF - Chief Operating Officer - Acting National Manager of Wastewater - Manager Infrastructure and Service Delivery Western - Personnel from the Counterpart JICA Expert Team JICA Experts Other Members Fijian Sides - Ministry of Waterways and Environment - Ministry of Economy - Ministry of Lands and Mineral Resources - Ministry of Housing and Community Development - Ministry of Health and Medical Services (Central Board of Health: CBH) Fiji Bureau of Statistics Taukei Land Trust Board Ministry of Local Government Municipal Councils Provincial Offices Utility Providers Japanese Sides - JICA Fiji Office - JICA Headquarters Others - The Embassy of Japan - Fukuoka City - Donors - Other relevant Organizations	30
9. Closing Remarks Closing Remark from Mr. Mohammed Nistar Khan Director Water and Sewerage Department of Water and Sewerage Ministry of Infrastructure and Meteorological Services Ms. Amalke Mayumi Resident representative, JICA Fiji Office	31

Annex 2

List of Modified Members of Joint Coordination Committee

(1) Project Team

- 1) Project Director, Permanent Secretary, MIMS
- 2) Project Manager, Chief Executive Officer, WAF
- 3) Members

The Fijian side

- MIMS
 - Director Water and Sewerage, Department of Water and Sewerage
 - Senior Technical Officer Sewerage, Department of Water and Sewerage
 - Technical Officer High Grade Sewerage, Department of Water and Sewerage
- WAF
 - Chief Operating Officer
 - Acting National Manager of Wastewater
 - Manager Infrastructure and Service Delivery Western

The Japan side

- Members of JICA Mission
- JICA Experts
- Others whom are to be agreed by the Counterpart and JICA

(2) Other members from Fijian side

- 1) Representatives of other relevant organizations
 - Ministry of Waterways and Environment
 - Department of Environment
 - Ministry of Economy
 - Budget & Planning Division
 - Ministry of Lands and Mineral Resources
 - Fiji Bureau of Statistics
 - iTaukei Land Trust Board
 - Ministry of Local Government
 - Department of Town Planning
 - Department of Local Government
 - Municipal Councils
 - Lautoka City
 - Nadi Town
 - Ba Town
 - Sigatoka Town

Annex 2

- Tavua Town
- Rakiraki Town
- Provincial Office
 - Ba Provincial Council
 - Ra Provincial Council
 - Nadroga-Navosa Provincial Council
- Utility Providers
 - Fiji Roads Authority
 - Energy Fiji Limited
 - Telecom Fiji Limited

NEW MEMBER

- Ministry of Housing and Community Development
- Ministry of Health and Medical Services (Central Board of Health: CBH)

(3) Other members from Japanese side

- Chief Representative, representative and staff of JICA Fiji Office
- Staff from JICA Headquarters and other offices
- Staff from the Fukuoka city
- Staff from Embassy of Japan









(2) 2nd JCC on July 22nd, 2022

Minutes of Meetings
on
The Second Joint Coordinating Committee
For
Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase)
Agreed upon between
Ministry of Infrastructure & Meteorological Services
and
Water Authority of Fiji
and
Japan International Cooperation Agency

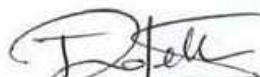
The Second Joint Coordinating Committee (hereinafter referred to as "JCC") for the Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase) (hereinafter referred to as "the Project") was convened on 22nd July 2022 by the chairperson of the JCC and others.

As a result of the discussions, both sides understood and agreed upon on the matters referred to in the document attached hereto.

Suva, July 22nd, 2022



Mr. Taitusi VAKADRAVUYACA
Permanent Secretary
Ministry of Infrastructure &
Meteorological Services



Mr Seru Soderberg
Chief Operating Officer
Water Authority of Fiji



Ms. Mayumi AMAIKE
Resident Representative
JICA Fiji Office



Mr. Yoshinobu NAKAJIMA
Team Leader
JICA Expert Team

ATTACHED DOCUMENTS**1. Target Year and Future Population**

The JICA Expert Team (hereinafter referred to as "JET") explained the target year and future population based on the attached ANNEX 1. JCC had no objection to it.

- ・ Target year: 2036
- ・ Future Population in 2036 (entire of Fiji): 1.0 million persons
- ・ Future population in 2036 (Western division): 380 thousand persons
- ・ Future population in 2036 (Served population in western division): 266 thousand persons

2. Wastewater Flow

JET explained the estimation of the amount of wastewater flow generated in proposed sewerage service area based on the attached ANNEX1. Amount of wastewater in the target year 2036 is estimated as shown in the table below. JCC had no objection to it.

Municipals	Wastewater Flow: Average Dry Weather Flow	
	(m ³ /day)	(Equivalent Population)
Nadi	31,500	156,500
Lautoka	31,000	154,900
Ba	9,000	44,600
Tavua	3,500	17,300
Rakiraki	2,500	10,200
Sigatoka	6,000	28,000

Note: Values in m³/day column is rounded up

3. Treatment Process Assessment

JET assessed applying three treatment methods (Lagoon, Aerated Lagoon, and Mechanical treatment method of IDEA& OD). Regarding the treatment of the septage, leachate from mechanical dewatering will be treated together at the WWTP in JET's proposal. Also storage facility for 20 years of generated sludge will be proposed from JET considering current situation that any landfill site does not receive treated sewage sludge. JET explained that it is necessary to secure a disposal/landfill site for treated sewage sludge because the storage facility for generated sludge occupies a large area.

JCC had no objection to it except for treatment process assessment.

DWS-MIMS requested to add the treatment process of Moving Bed Biofilm Reactor (here in after MBBR) into the process assessment by JET. JET explained that MBBR process will be included in process assessment in municipal sewerage master plan in 2nd phase.

4. Estimation of Construction and O/M Cost

JET explained the construction and O/M costs of the facilities required in each municipal. JET has been requested in advance to include associated costs such as land acquisition costs by the Ministry of Economy (MOE), and JET will modify it based on MOE's request.

5. Prioritization of Target Municipalities in Western division

JET explained the method and results of prioritization for sewerage development in Western division based on the attached ANNEX 1. JCC had no objection to it.

1st: Lautoka, 2nd: Nadi, 3rd: Ba, 4th: Rakiraki, 5th: Sigatoka, 6th: Tavua

6. Implementation Schedule

JET explained the implementation schedule for the sewerage development in Western division. And Case 0 of implementation schedule aiming to achieve the target mentioned National Development Plan's (herein after NDP) until 2036 is considered as unfeasible due to overlapping of many construction works period in Western division. Instead of case 0, JET proposed Case 1 avoiding the overlapping of construction works period as a feasible schedule. Based on the schedule of Case 1, the achievement of NDP's target is estimated to be 2053, and the access ratio to centralized system in 2036 is estimated to be 34%. JCC had no objection to it.

7. Alternative Target for 70% access

JET proposed to achieve 70% by improvement of the access rate to centralized system and the improvement of the implementation rate of regular desludging of septage from septic tank, which is a typical decentralized treatment facility in current situation. Centralized access population rate will contribute 34 % and the improvement of decentralized system by implementation of regular desludging will contribute 36%.

JCC had no objection to it.

8. Decentralized System

JET presented current septage collection system and future suggestions for commencement of regular desludging with assumption of bailed amount of septage to 2 WWTPs. Many steps are required to carry out regular desludging, and it will take about five years to launch actual regular desludging by JET's assumption. The team also provided suggestions for future improvement based on the decentralized treatment of graywater. JCC had no objection to it.

4
41

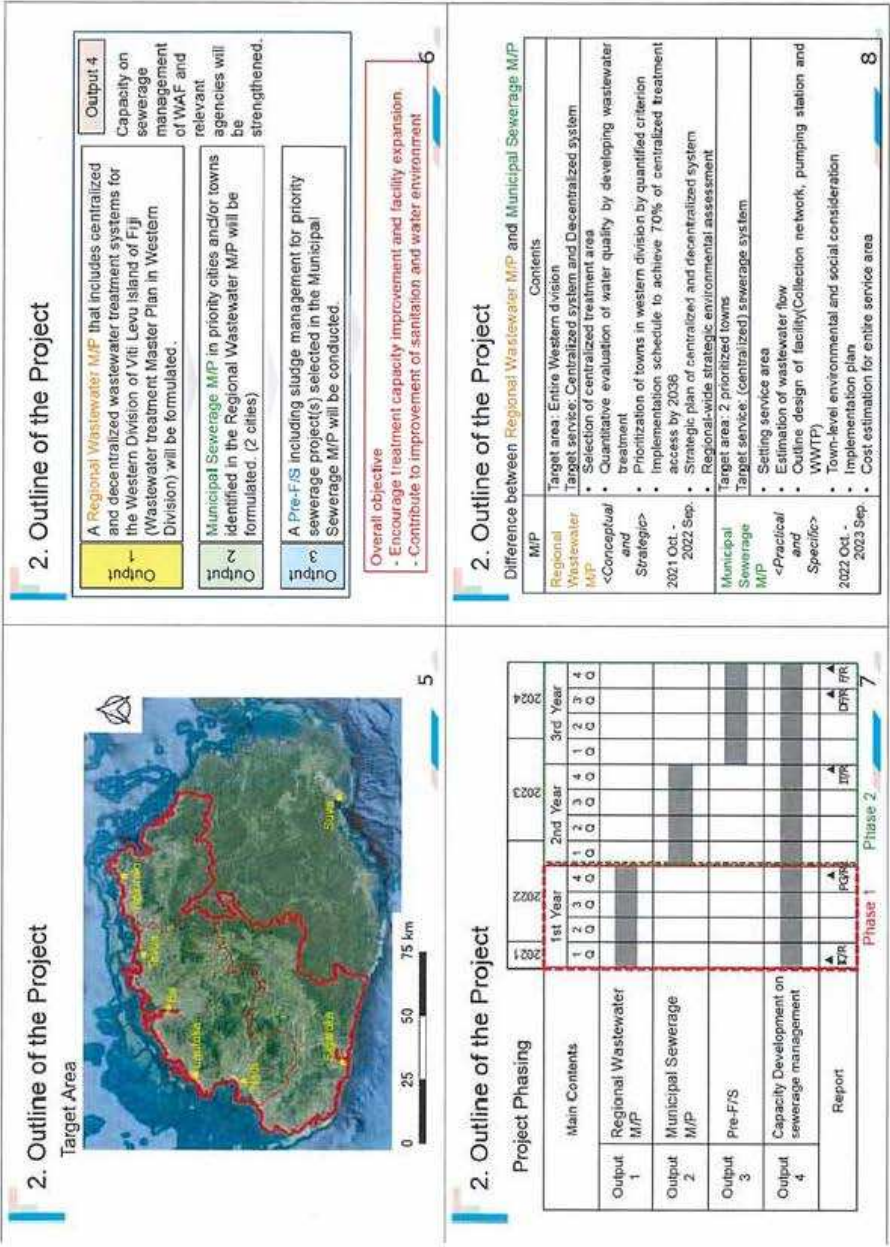
ANNEX 1: Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western
Division (1st Phase), July 22nd, 2022, JICA Expert Team





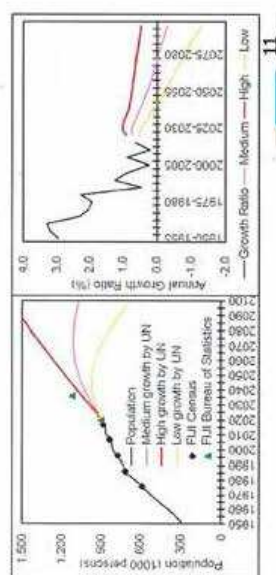
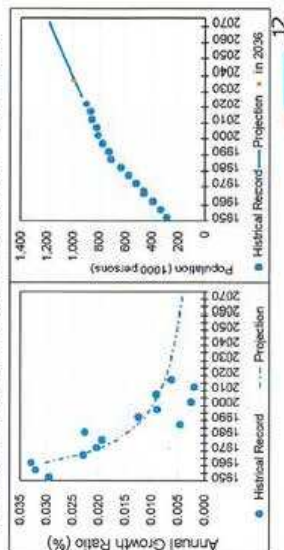
ANNEX 1	
PROJECT FOR FORMULATION OF WASTEWATER TREATMENT MASTER PLAN IN WESTERN DIVISION (1st Phase) Joint Coordination Committee (2nd) 22th July 2022 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) Nihon Suido Consultants Co., Ltd. Yachiyo Engineering Co., Ltd.	Agenda of 2nd JCC and Main Purpose - Opening Remark (Mr. Ifraaz ALI, Engineer, Planning and Design, Wastewater Department, WAF) - Explanation of Progress of Regional Wastewater Master Plan - Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division - Target Year : 3/Future Population - Centralized System : 5/ Prioritization for Sewerage System Development - Proposed Implementation Schedule, 7/ Alternative Target - Decentralized System, 8/ Summary - Remaining Schedule of 1st Phase - Discussion/ Q&A - Closing Remark (Mr. Josaita KOROILAVESAU, Acting Manager, Wastewater Department, WAF) Main Purpose ✓ Sharing the progress and contents with JCC member ✓ Confirm basic agreement of the contents
1. Background Background and Introduction - The Master Plans needs to be developed as a guiding document to lead the upgrade of the western wastewater sector in the study area which are in line with forecast developments in order to meet Fiji's National Development Plan. - This Master Plan will outline the essential projects and will be structured to identify constraints and gaps to ensure the improvement of WAF's wastewater services.	1. Background ✓ Strategic improvement of the sewerage infrastructure of the Western Division of Fiji is requested  - Regional Wastewater M/P - Municipal Sewerage M/P for Priority Cities in the Western Division - Pre-F/S for the Priority Projects

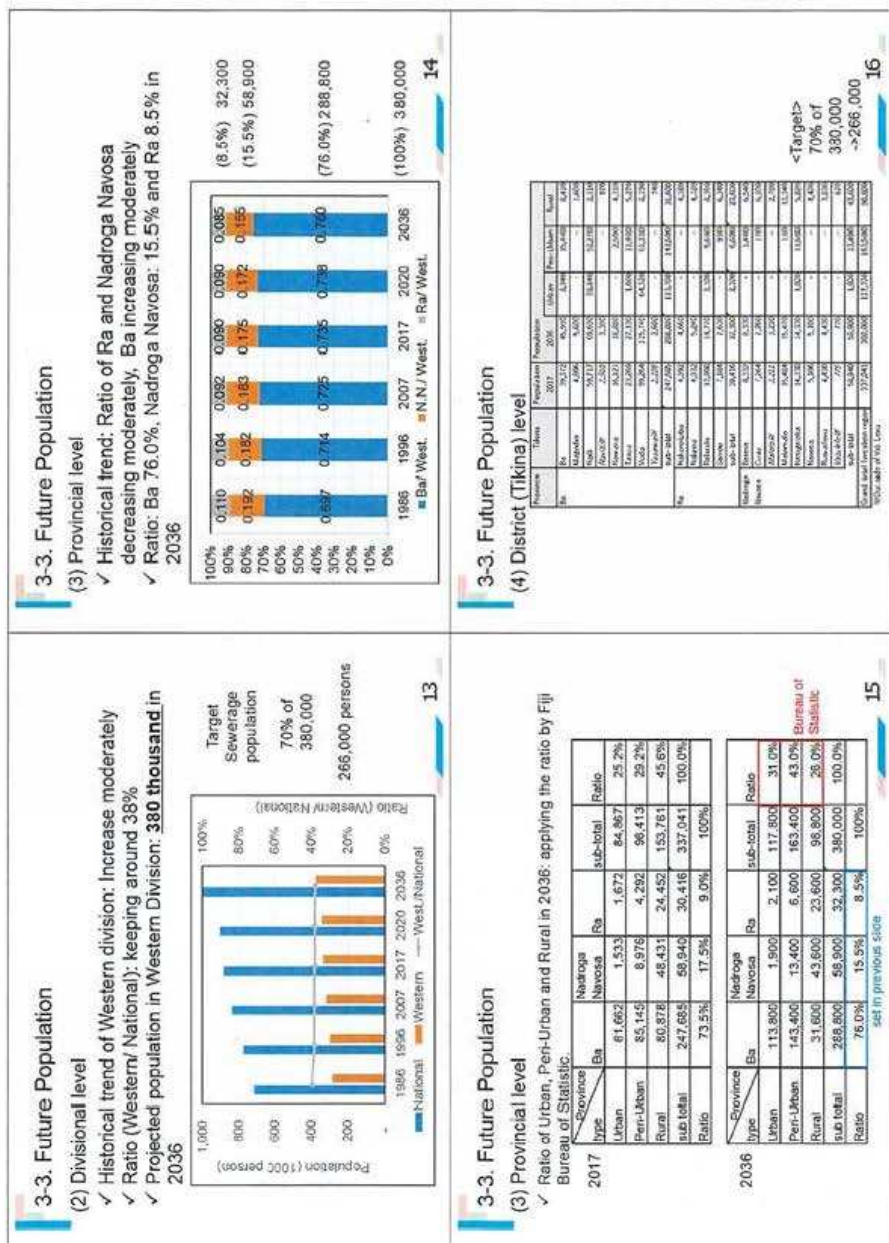
ANNEX 1



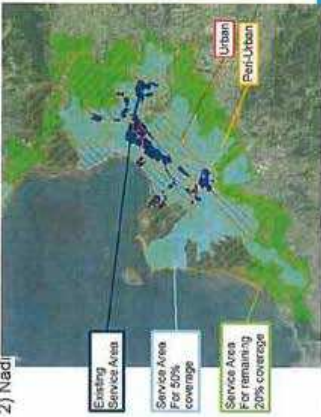
3. Outline of draft Regional Wastewater M/P 3-1. Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division 3-2. Target Year 3-3. Future Population 3-4. Centralized System 3-5. Prioritization for Sewerage System Development 3-6. Proposed Implementation Schedule 3-7. Alternative Target 3-8. Decentralized System 3-9. Summary	3-1. Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division ✓ To clarify the required facilities to achieve 70% population of centralized treatment access mentioned in National Development Plan (2017-2036). ✓ To contribute to improvement of sanitation and water environment through the development/improvement of centralized system and decentralized system. 3-2. Target Year ✓ National Development Plan (2017-2036): 2036 ✓ Target Year for this Regional Wastewater M/P is set 2036. → Capacity of facility (WWTPs) is estimated considering future population in 2036.
3-3. Future Population (1) National level ✓ Fiji Bureau of Statistics estimation 1.12 million in 2036. ✓ Population increase from 1990 to 2020 become slowly	3-3. Future Population (1) National level ✓ Population projection for this project is feasible considering past historical trend. ✓ Projected population in 2036: 998 thousand → 1.0 million

ANNEX 1





ANNEX 1

3-4. Centralized System (1) Sewerage Service Area ✓ Following area should be covered Coverage 50% Coverage 20% • All of "Urban" area • Part of "Peri-Urban" area (Currently high density of buildings) • Remaining part of "Peri-Urban" • Part of "Rural" area laying side by side with "Urban" and "Peri-Urban" (Currently high density of buildings) ✓ Sewerage service area is within water supply service area	3-4. Centralized System (1) Sewerage Service Area 2) Nadi 
3-4. Centralized System (1) Sewerage Service Area 3) Lautoka 	3-4. Centralized System (1) Sewerage Service Area 4) Ba 

v

P

22

ANNEX 1

3-4. Centralized System
(1) Sewerage Service Area
5) Sigatoka

21

3-4. Centralized System
(1) Sewerage Service Area
6) Tavua

22

3-4. Centralized System
(1) Sewerage Service Area
7) Rakiraki

23

3-4. Centralized System
(2) Wastewater Flow Estimation for 6 municipalities
1) Summary of Unit Wastewater Flow

- ✓ Domestic wastewater flow is uniform for each municipalities
- ✓ Non-domestic ratio varies depend on actual water consumption

Item	Unit	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
Domestic water usage	L/day/capita	220	220	220	220	220	220
Return Ratio	%	90	90	90	90	90	90
Domestic wastewater unit flow	L/day/capita	200	200	200	200	200	200
Non-domestic ratio	%	40	45	30	20	30	80
Infiltration ratio	%	10	10	10	10	10	10

24

ANNEX 1

(2) Wastewater Flow for 6 municipalities

- 3) Confirmation of actual domestic water use in Q1/2021
 - ✓ Domestic water consumption: 190 to 252 L/day/capita
 - ✓ 6 municipalities average: 236 L/day/capita
 - ✓ WAF apply 220 L/day/capita for water consumption
 - ✓ (And 90 % will be counted as unit wastewater flow)
 - ✓ 220 L/day/capita is feasible value → Applying for master plan

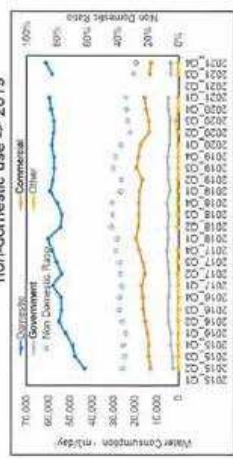
Municipality	Revenue water (m ³ /day)	Revenue water (m ³ /month)	Person in 1 connection (Capita/Connection)	Unit water consumption (L/day/capita)
Nadi	22,147	1,953,236	19,713	4.5
Lautoka	18,765	1,778,871	17,436	4.5
Ba	7,524	677,151	8,321	4.5
Tavua	2,644	232,935	2,644	4.5
Rakiraki	1,716	154,442	2,008	4.5
Sigatoka	4,335	399,114	4,304	4.5
Total	54,231	5,240,750	54,891	4.5

(2) Wastewater Flow for 6 municipalities

Item	Unit	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
1. Population		101,600	87,100	31,200	13,100	7,100	15,900
2. Water Consumption	m ³ /day	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
3. Return Ratio	%	90	90	90	90	90	90
4. Unit wastewater	m ³ /day	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
5. Domestic Flow	m ³ /day	20,320	16,420	6,240	2,920	1,420	3,180
6. Non-Domestic	m ³ /day	40	45	30	20	30	60
7. Non-Domestic Flow	m ³ /day	8,128	8,739	1,672	524	426	1,908
8. Generated Wastewater	m ³ /day	28,448	25,159	8,112	3,144	1,846	5,088
9. Initiation ratio	%	10	10	10	10	10	10
10. Initiation water	m ³ /day	2,845	2,516	811	314	185	509
11. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
12. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
13. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
14. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
15. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
16. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
17. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
18. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
19. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
20. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
21. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
22. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
23. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
24. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
25. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
26. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
27. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
28. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
29. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
30. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
31. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
32. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
33. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
34. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
35. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
36. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
37. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
38. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
39. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
40. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
41. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
42. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
43. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
44. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
45. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
46. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
47. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
48. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
49. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
50. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
51. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
52. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
53. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
54. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
55. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
56. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
57. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
58. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
59. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
60. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
61. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
62. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
63. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
64. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
65. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
66. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
67. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
68. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
69. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
70. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
71. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
72. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
73. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
74. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
75. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
76. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
77. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
78. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
79. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
80. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
81. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
82. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
83. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
84. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
85. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
86. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
87. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
88. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
89. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
90. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
91. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
92. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
93. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
94. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
95. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
96. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
97. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
98. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
99. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597
100. Total Inflow ADWF	m ³ /day	31,293	30,975	9,923	3,458	2,031	5,597

(2) Wastewater Flow for 6 municipalities

- 2) Historical water use
 - ✓ Domestic water use rise moderately even though 2020
 - ✓ Non-domestic water use decrease from Q3 in 2019
 - ✓ Latest condition of domestic use → 2021
 - ✓ non-domestic use → 2019



Non-domestic Ratio = (Commercial + Government + Other) / Domestic

(2) Wastewater Flow for 6 municipalities

- 4) Confirmation of actual non-domestic water use in 2019
 - ✓ Non-Domestic ratio: 20 to 60 %

No	Category	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka	Remotek
1	Domestic	22,110	19,648	7,042	2,596	1,669	4,797	
2	Commercial	8,007	5,895	1,363	202	371	2,274	
3	Government	801	2,535	471	218	174	529	
4	Other	m ³ 352	37	123	0	6	1	
5	Total	m ³ 31,271	26,114	8,999	3,016	2,420	7,601	1:2:3:4
6	Actual Non-domestic ratio	%	41.4	43.1	27.8	16.2	29.5	59.5
7	Non-domestic ratio	%	40	45	30	20	30	60

Non-domestic Ratio = (Commercial + Government + Other) / Domestic

ANNEX 1

5. Treatment Process Assessment

Target Water Quality Standards

- ✓ General Standards
- ✓ Specific Ecological Zone Standards

Parameter	Units	General Standards	Significant Ecological Zone
BOD5		40	20
SS		60	30
TDS		1000	1000
Graze	mg/L	5	2
T-N		25	10
T-P		5	2
E.coli	c/100mL	400	200

3-4. Centralized System

Basic Treatment Process Categories

- ① Lagoon
- ② Aerated Lagoon
- ③ Mechanical Treatment

- IDEAL method, Oxidation Ditch(OD) method

Fields	Lagoon	Aerated Lagoon	Mechanical Treatment
Treated Water Quality (General)	✓	✓	✓
Treated Water Quality (SEZ)	x	x	✓
Simplicity of O&M	✓	O	x
Economic Efficiency (Electricity, O&M)	✓	O	x
Footprint	x	O	✓

✓ : Good O : Moderate x : Poor

3-4. Centralized System

Target Water Quality Standards

- ✓ Application of SEZ in current/future WWTP outfall → Waiting for DOE
- ✓ Set assumption of TWQ based on outfall water body
- ✓ Large Water Bodies: Bays, Ocean → General Standards
- ✓ Small Water Bodies: Rivers → SEZ Standards
- ✓ WWTPs yet to be built (site's undecided) → SEZ Standards

WWTP (Municipality)	Outfall	Target Water Quality Standard
Nivakali (Naduli)	Naci River	SEZ
Natabusi (Lautoka)	Ocean (1.2km out to sea)	General
Yatua (Ba)	Waterway in mangrove thicket	SEZ
Tavua	Undecided	SEZ
Rakiraki	Undecided	SEZ
Oloesa (Sigatoka)	Mouth of Sigatoka River	General

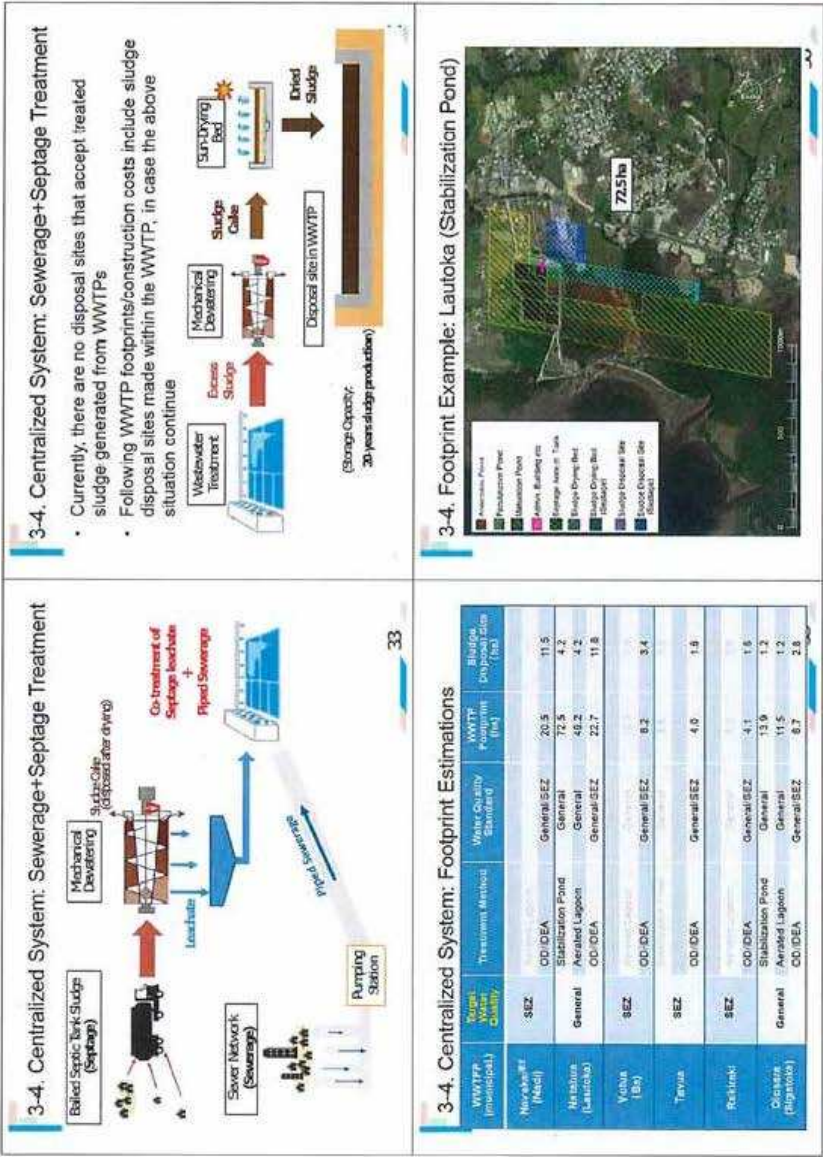
3-4. Centralized System

Sewerage Treatment with Septage

- ✓ Three Options:

- Treat septage at a completely different site
• Lagoon → Mechanical Dewatering → Sun-drying
- Treat septage at WWTP (separate treatment)
• Mechanical Dewatering
→ Leachate: Co-treat with sewerage
→ Dewatered Sludge: Sun-drying
- Treat septage at WWTP (co-treatment)

ANNEX 1



ANNEX 1

3-4. Footprint Example: Lautoka (Aerated Lagoon)	3-4. Footprint Example: Lautoka (OD/IDEA)
3-4. Footprint Example: Rakiraki (OD/IDEA)	Cost Estimation for sewerage facilities (1) Assumptions for costing ✓ Basically, the outline construction cost for civil portion is estimated by multiplying the outline quantity by the unit price. ✓ For the main items of civil work, unit price is set with reference in Fijian cost, and for the unit price that is difficult to obtain, adopt the unit price referring to the case of Japan and other countries. ✓ Mechanical Electricity(M/E) costs are estimated based on the ratio of civil costs to M/E costs in Japan. ✓ Land acquisition costs for wastewater treatment plants are not included. Unit prices are before Covid-19 pandemic and 2022 Russian invasion of Ukraine. ✓ Consultant fees are not included. ✓ Price escalation, physical contingency, are not included. To be modified <Associated cost will be included based on MOE's comment>

x

7

33

ANNEX 1

3-4. Centralized System

(2) Construction cost for WWTPs

- ✓ Cost estimation: 4 process (Stabilization pond, Aerated lagoon, OD and IDEA)
- ✓ IDEA becomes Highest cost, Stabilization pond is lowest

WWTP (Municipal)	Treatment Process	Design Flow (m³/day)	Construction Cost (million FJD)	Reference (FJD/m³)
Nanabua (Nadi)	Stabilization Pond	35,200	303	516
Nanabua (Lautoka)	Stabilization Pond	34,100	177	310
Votua (Ba)	Stabilization Pond	9,900	203	317
Votua (Ba)	Stabilization Pond	4,400	63	381
Tavua	Stabilization Pond	3,300	94	332
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	8,600	24	331
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	70	19	337
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	33	35	636
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	70	30	638

- ✓ Japanese price level: around 500 to 600 kJPY/m³ (cost/ design flow)
- ✓ Cost estimation of WWTP in Rakiraki MIP is around 700 kJPY/m³
- ✓ Detailed comparison of cost will be conducted in Municipal Sewerage MIP
- To be modified: Cost for Stabilization Pond will be added based on the connect from NICE

41

3-4. Centralized System

(4) Construction cost for collection system

- ✓ Huge length of collection network is requested to collect 70% population
- ✓ Length of sewer includes trunk line, branch line and lateral sewer.
- ✓ House connection is not included

Collection System	Length (km)	Unit Cost (FJD/m)	Total Cost (FJD)
Nadi	1.380	833	1,148
Lautoka	1	1	1
Tavua	1	1	1
Rakiraki	136	833	113,308
Ba	470	136	63,920
Suva	104	188	19,552

- ✓ Cost estimation of sewer network in Rakiraki MIP is around 670 FJD/m
- ✓ Part of the network in Nadi, Lautoka and Ba have large diameter, resulting higher average unit price.

43

3-4. Centralized System

(3) O/M cost for WWTPs

- ✓ OOD/IDEA: Applying Japanese O/M cost function estimated from design flow
- ✓ Stabilization pond: Estimation of electricity power consumption

WWTP (Municipal)	Treatment Process	Design Flow (m³/day)	O/M Cost (FJD/yr)
Nanabua (Nadi)	Stabilization Pond	35,200	1,540
Nanabua (Lautoka)	Stabilization Pond	34,100	1,520
Votua (Ba)	Stabilization Pond	9,900	340
Votua (Ba)	Stabilization Pond	4,400	150
Tavua	Stabilization Pond	3,300	110
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	8,600	370
Rakiraki (Suva)	Stabilization Pond	70	3

42

3-4. Centralized System

(5) O/M cost for collection system

- ✓ Actual O/M cost for collection system is not available
- ✓ Unit cost for collection system in Japan is applied for reference.
- ✓ O/M expenditure includes inspection, cleaning of sewer and small repairment work

Collection System	Length (km)	Unit Cost (FJD/m)	Total Cost (FJD)
Nadi	1.380	833	1,148
Lautoka	1	1	1
Tavua	1	1	1
Rakiraki	136	833	113,308
Ba	470	136	63,920
Suva	104	188	19,552

44

ANNEX 1

3-4. Centralized System

(6) Construction cost for pumping stations

- ✓ Outline design for collection network, such as hydraulic calculation and longitudinal design, is not conducted in the regional wastewater M/P.
- ✓ Assumption based on the actual number of pumping station and length of sewer network.

Division	System	Length of sewer (m)	No. of pumps	Length of pumps
Central	Koroia	425,277.28	89	4,778
	ACS	756.07	1	756
	Wailode	1,711.97	1	1,712
	Deuba	39,880.32	13	3,052
	Naduli	4,778.13	5	968
Western	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
North	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
	Nakoro	16,449.96	5	3,200
Total		843,547.37	188	4,487

✓ Fijian average (total): 1 pump for 4.5km

✓ In this M/P, 1 pump for 13km is applied based on Lautoka record

45

3-4. Centralized System

(6) Construction cost for pumping stations

Item	Nadi	Lautoka	Be	Tavua	Rakunaki	Sinikola
Full Length (km)	1,720	1,043	587	170	130	308
Number of pump	133	80	45	13	10	18
Total Amount (FJD)	48,454	28,182	16,440	4,746	3,651	6,507
Average Unit Price (FJD)	364	364	364	364	364	364

(7) O/M cost for pumping stations

- ✓ O/M cost for each municipal is estimated that unit average electric power of 22kW for Nadi and Lautoka, 15 kW for other 4 municipals.

Item	Nadi	Lautoka	Be	Tavua	Rakunaki	Sinikola
Number of pump	133	80	45	13	10	18
Power demand (kW)	4,489	2,702	1,039	300	231	416

45

3-4. Centralized System

(8) Summary of CAPEX & OPEX

Construction Cost

Item	Nadi	Lautoka	Be	Tavua	Rakunaki	Sinikola
WWTPs (1000 FJD)	303	293	104	47	35	70
Collection network (1000 FJD)	1,423	856	482	118	91	193
Pumping station (1000 FJD)	48	29	16	5	4	7
Sanitary (1000 FJD)	1,774	1,178	403	170	130	370
Total (1000 FJD)	3,548	2,356	605	130	100	230

O/M Cost

Item	Nadi	Lautoka	Be	Tavua	Rakunaki	Sinikola
WWTPs (1000 FJD/yr)	3,540	3,440	1,740	1,000	920	1,380
Collection network (1000 FJD/yr)	1,525	852	281	229	229	379
Pumping station (1000 FJD/yr)	1,380	833	470	136	104	180
Sanitary (1000 FJD/yr)	4,489	2,702	1,039	300	231	416
Total (1000 FJD/yr)	9,409	6,895	3,249	1,558	1,255	1,884
Total (1000 FJD/yr)	9,409	6,895	3,249	1,558	1,255	1,884

3-5. Prioritization for Sewerage System Development

Prioritization

4 Main criterion (7 sub-criterion):

Based on data availability for 6 municipalities

- ✓ Population
- ✓ Sanitation
- ✓ Urban development
- ✓ Water environment

47

ANNEX 1

3-5. Prioritization for Sewerage System Development

Result of Prioritization

	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
Population	55,186	9,1	42,593	9,1	12,866	2,7
Population density	5,1	11,6	11,3	17,8	5,1	11,6
No. of hotels	2,34	20,1	3,81	13,1	0,47	0,05
Non-domestic water usage	70	12,7	19	3,8	0	3,8
Current water quality	9,2	15,8	8,5	15,8	2,0	4,7
Water quality improved ratio	2,6	2,9	8,6	9,8	3,2	6,4
Water quality	0,13	4,4	0,40	14,7	0,14	9,6
Estimated water quality	0,13	4,4	0,40	14,7	0,14	9,6
Total	76,6	84,1	44,8	38,5	43,6	43,2

1st Lautoka
2nd Nadi
3rd Ba
4th Rakiraki
5th Sigatoka
6th Tavua

3-6. Proposed Implementation Schedule

(1) Assumption for scheduling

- ✓ Each sewerage development projects starts from 2025, just after this M/P project
- ✓ Project will be loan project and
- ✓ International Competitive Bidding (ICB) procedure is considered as below

Item	Duration (year)
Feasibility Study	1
Consultant Selection	1
Detailed Design	1
Contractor Selection (Tender Assistant)	1
Construction (Nadi, Lautoka, Ba)	5
Construction (Tavua, Rakiraki, Sigatoka)	4
House connection	3

3-5. Prioritization for Sewerage System Development

Analytical Hierarchy Method (AHP)

- Method for complex, multi-factor decision making
- Process tangible and intangible data
- Combine judgements of many experts
- INPUT: Simple pair-wise comparison survey by questionnaire
- OUTPUT: Importance (weight) of each factor

➢ Total number of questionnaire: 15

➢ Engineering level: 10, Management level: 6

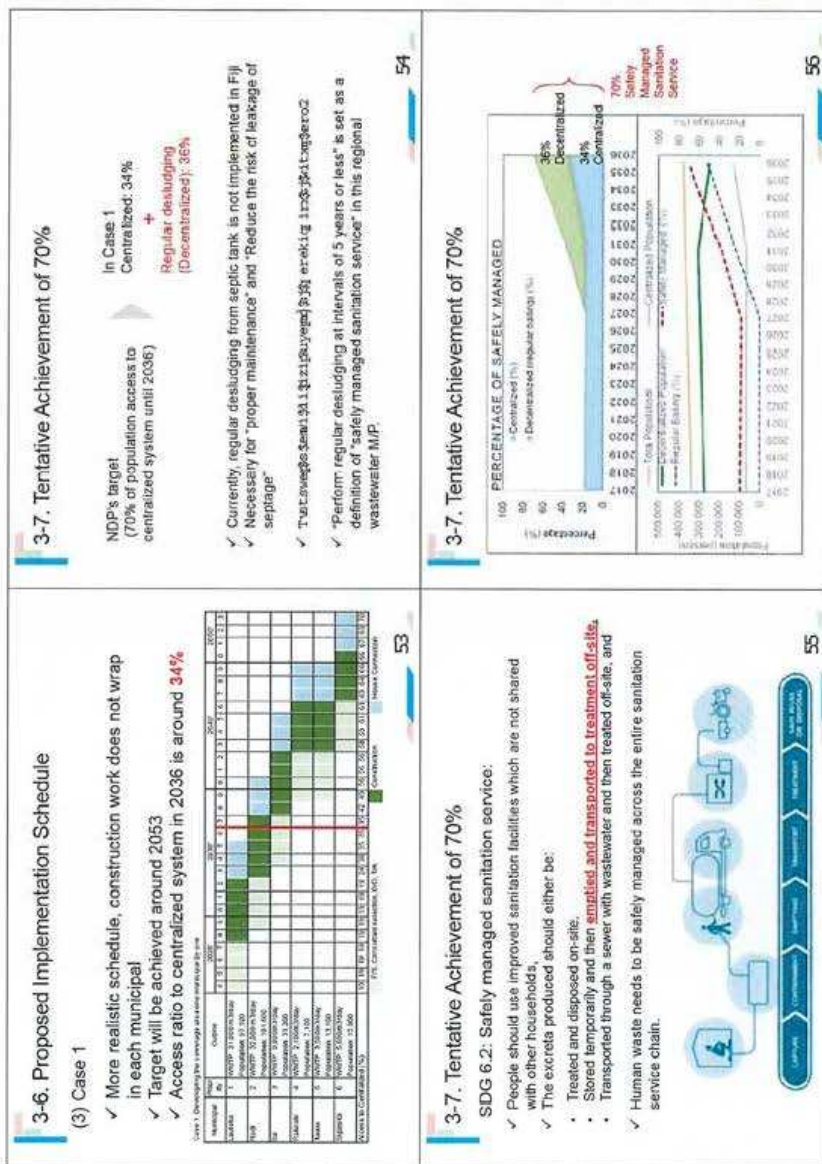
Criteria	Ranking	Sub-Criteria	Ranking	Weight
Population	1	Non-inverted population	1	0.34
		Population density	2	0.66
Sanitation	2	Cases of waterborne diseases	1	0.08
		No. of health	2	0.92
Water	3	Non-domestic water usage	1	0.50
		Current water quality	2	0.50
Environment	4	Estimated water quality	1	0.80
			2	0.20

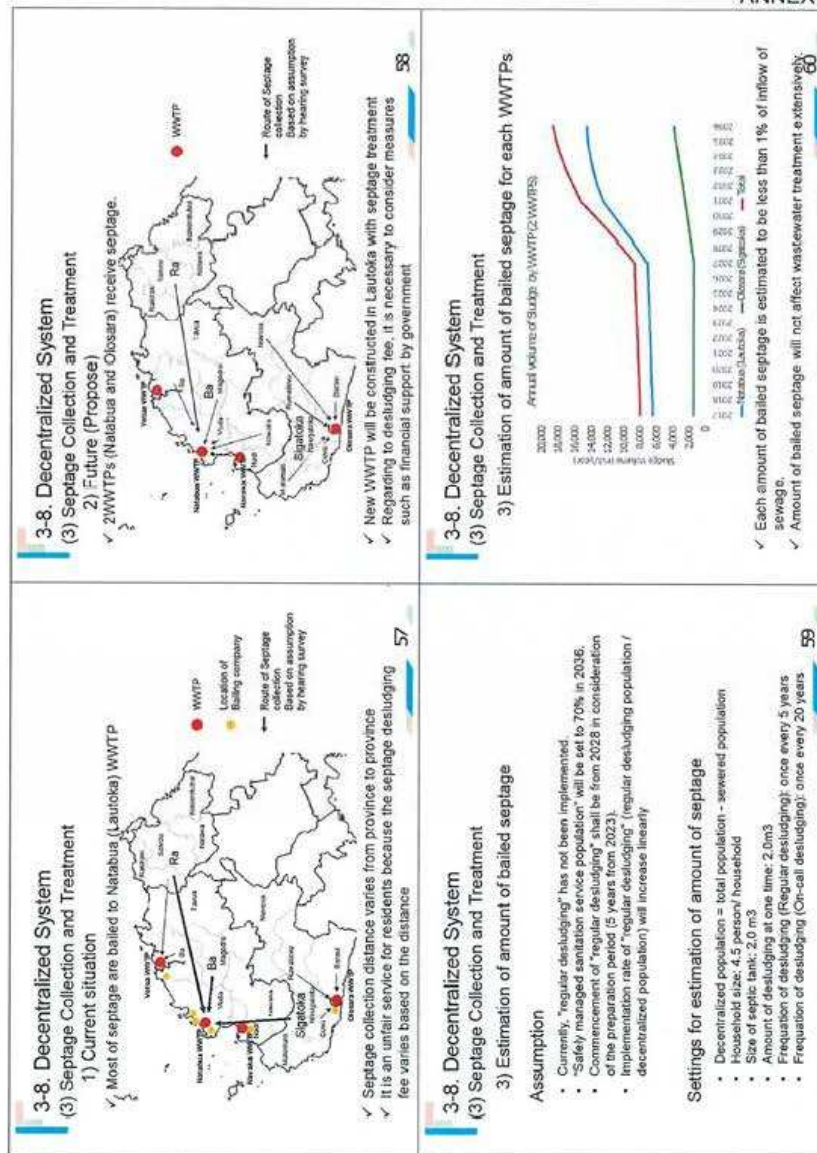
3-6. Proposed Implementation Schedule

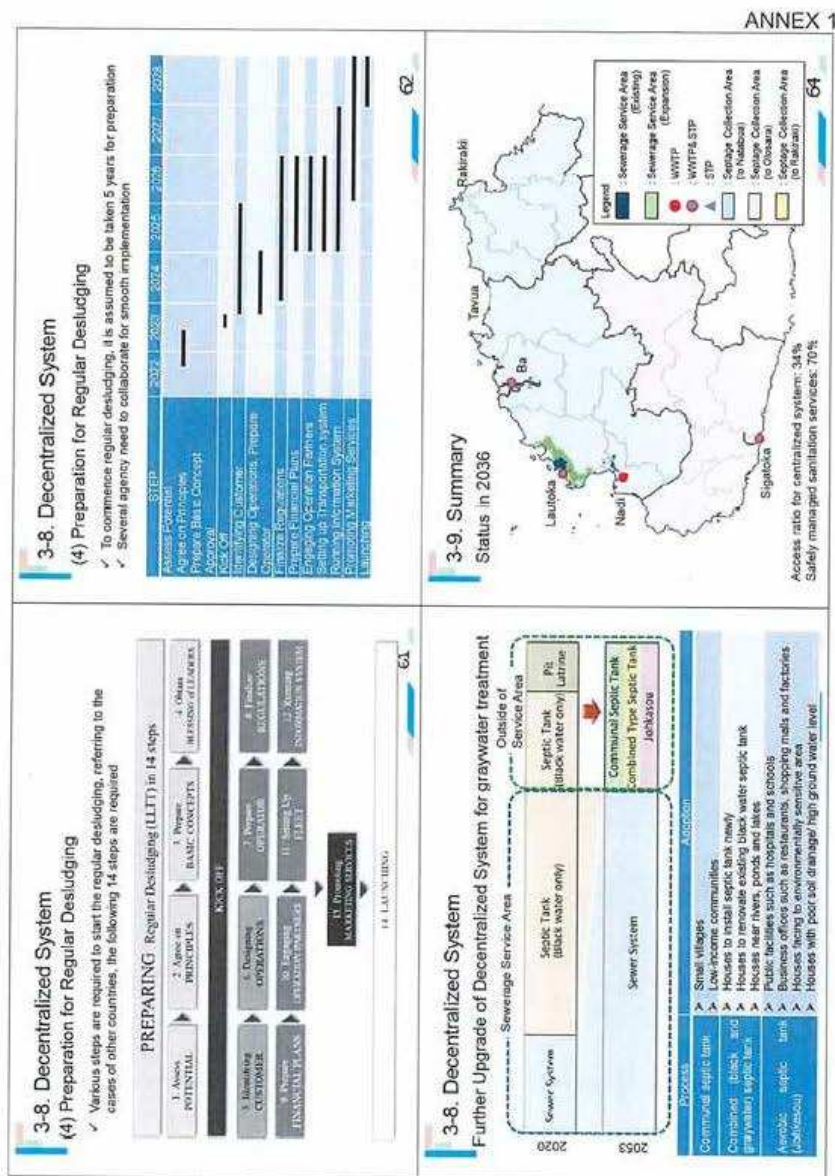
(2) Case 0

- ✓ To achieve NDP's target (70% of population access to centralized system until 2036)
- ✓ Many project need to be implemented in parallel

ANNEX 1







ANNEX 1

3-9. Summary Status in 2053 Access ratio for centralized system: 70% Safety managed sanitation services: 85%	End of July ✓ Workshop to be held on 26th July 2022 August (JET in Japan) ✓ Modification of regional wastewater M/P based on the comments ✓ On-line meetings with relevant authorities ✓ Preparation of Progress Report 2 (draft Regional Wastewater M/P) September (JET in Fiji: tentative schedule 7th to 20th Sep.) ✓ 3rd JCC, Explanation of draft Progress Report 2 (draft Regional Wastewater M/P) ✓ Making basic consensus about the contents of draft Regional Wastewater M/P ✓ Finalization of Progress Report 2 (Regional Wastewater M/P) October/November ✓ Kick-off of 2nd Phase
End of Explanation of Progress of Regional Wastewater Master Plan Thank you	Reference

(3) 3rd JCC on September 19th, 2022

Minutes of Meetings
on
The Third Joint Coordinating Committee
For
Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase)
Agreed upon between
Ministry of Infrastructure & Meteorological Services
and
Water Authority of Fiji
and
Japan International Cooperation Agency

The Third Joint Coordinating Committee (hereinafter referred to as "JCC") for the Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase) (hereinafter referred to as "the Project") was convened on 19th September 2022 by the chairperson of the JCC and others.

As a result of the discussions, both sides understood and agreed upon on the matters referred to in the document attached hereto.

Suva, September 19th, 2022


Mr. Taitusi VAKADRAVUYACA
Permanent Secretary
Ministry of Infrastructure &
Meteorological Services


Mr Seru Soderberg
Chief Operating Officer
Water Authority of Fiji


Ms. Mayumi AMAIKE
Resident Representative
JICA Fiji Office


Mr. Yoshinobu NAKAJIMA
Team Leader
JICA Expert Team

ATTACHED DOCUMENTS

The Following topics were explained by JET based on the attached presentation material (ANNEX 1). Following topics were modified based on comments given from several agencies in the 3rd survey, including the Workshop (held in July) and 2nd JCC meeting.

The JCC agreed on the modified contents of the Regional Wastewater M/P, and confirmed the schedule of the project's 2nd phase (formulation of Municipal Sewerage M/P).

1. Target Year and Future Population

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

2. Wastewater Flow

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

3. Treatment Process Assessment

MBBR process will be included in the treatment method assessment of the municipal sewerage master plan in Phase 2, based on DWS-MIMS request.

4. Estimation of Construction and O/M Cost

Construction costs of WWTPs were re-estimated, including the land acquisition costs, based on MOE's request. JCC agreed on it.

5. Prioritization of Target Municipalities in Western division

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

6. Implementation Schedule

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

7. Alternative Target for 70% access

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

8. Decentralized System

Same as the contents in Minutes of Meetings of 2nd JCC.

ANNEX 1: Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division (1st Phase), September 19th, 2022, JICA Expert Team

Agenda of 3rd JCC and Main Purpose

1. Opening Remark
2. Explanation of Regional Wastewater Master Plan
 - 1) Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division
 - 2) Target Year , 3)Future Population
 - 4) Centralized System, 5) Prioritization for Sewerage System Development
 - 6) Proposed Implementation Schedule, 7) Alternative Target
 - 8) Decentralized System, 9) Summary
3. Schedule of 2nd Phase
4. Discussion/ Q&A
5. Closing Remark

Main Purpose

- ✓ Making basic consensus about the contents of Regional Wastewater MIP

1. Activities in 1st Phase

Target Area



PROJECT FOR FORMULATION OF
WASTEWATER TREATMENT MASTER PLAN
IN WESTERN DIVISION
(1st Phase)

Joint Coordination Committee (3rd)

19th September 2022

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
Yachiyo Engineering Co., Ltd.

1. Activities in 1st Phase

[illegible]

ANNEX 1

1. Activities in 1st Phase

Main Contents	2021												2022											
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Output 1 Regional Wastewater M/P	JCC 1st						TC 1st						JCC 2nd											
Output 4 Capacity Development on sewerage management																								

3. Outline of draft Regional Wastewater M/P

3-1. Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division
3-2. Target Year
3-3. Future Population
3-4. Centralized System
3-5. Financial & Economic Analysis
3-6. Prioritization for Sewerage System Development
3-7. Proposed Implementation Schedule
3-8. Alternative Target
3-9. Decentralized System
3-10. Summary

2. Comment on 3rd survey (Meeting & Workshop & JCC)

Agency	Comment
CBH	Focusing on the improvement of Basic Sanitation in rural area
MIMS	- MBER process should be included in selection of treatment process - Regular desludging from septic tanks is difficult considering present condition. Legal system needs to be improved.
MOE	Land acquisition cost (and associated cost) should be included in construction cost
DOE	- SEZ shall be applied to any discharge to coastal areas, rivers, and streams, which has sensitive environmental characteristics. - In Naitabua WWTP, the outfall is located 1.2km to the ocean, which the general standards could apply. - DoE strongly recommends that all projects should first think of avoiding mangroves or any sensitive areas
JCC	MBER process should be included in selection of treatment process
Workshop	- Wastewater collection from informal settlements - Consideration and measure for odor from WWTP - Consideration of treated water reuse

Red items is considered in Regional wastewater M/P
Green items will be considered in Municipal Sewerage M/P in 2nd Phase 6

3-1. Purpose of Regional Wastewater M/P in Western Division

- ✓ To clarify the required facilities to achieve 70% population of centralized treatment access mentioned in National Development Plan (2017-2036).
- ✓ To contribute to improvement of sanitation and water environment through the development/improvement of centralized system and decentralized system.

3-2. Target Year

- ✓ National Development Plan (2017-2036): 2036
- ✓ Target Year for this Regional Wastewater M/P is set 2036.

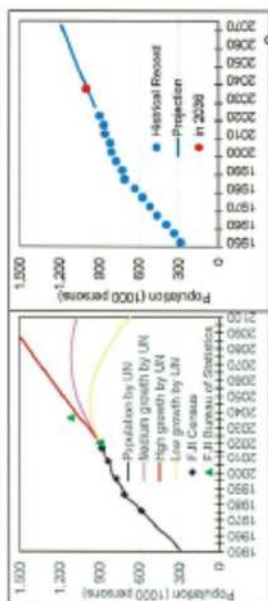
→ Capacity of facility (WWTPs) is estimated considering future population in 2036.

ANNEX 1

3-3. Future Population

(1) National level

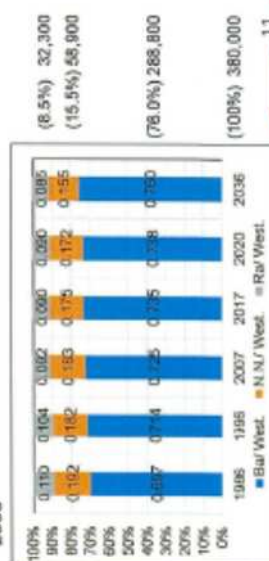
- ✓ Fiji Bureau of Statistics estimation 1.12 million in 2038.
- ✓ Population projection for this project is feasible considering past historical trend.
- ✓ Projected population in 2038: 998 thousand → 1.0 million



3-3. Future Population

3) Provincial level

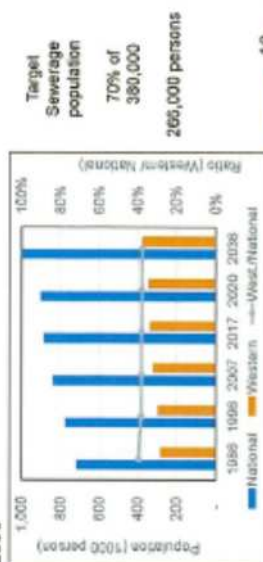
- ✓ Historical trend: Ratio of Ra and Nadroga Navosa decreasing moderately, Ba increasing moderately
- ✓ Ratio: Ba 76.0%, Nadroga Navosa: 15.5% and Ra 8.5% in 2036



3-3. Future Population

2) Divisional level

- ✓ Historical trend of Western division: Increase moderately
- ✓ Ratio (Western/ National): keeping around 38%
- ✓ Projected population in Western Division: **380 thousand in 2036**



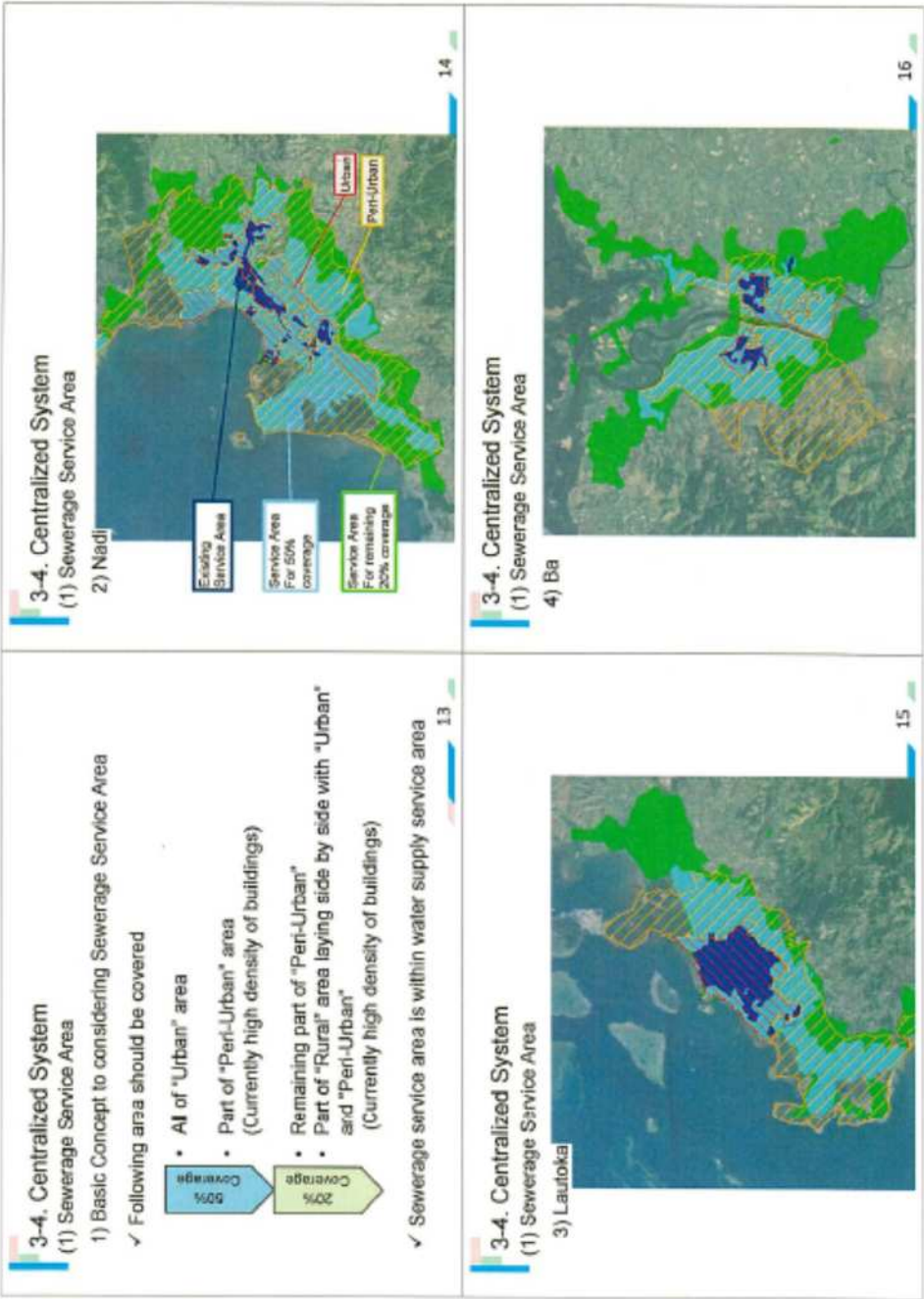
3-3. Future Population

3) Provincial level

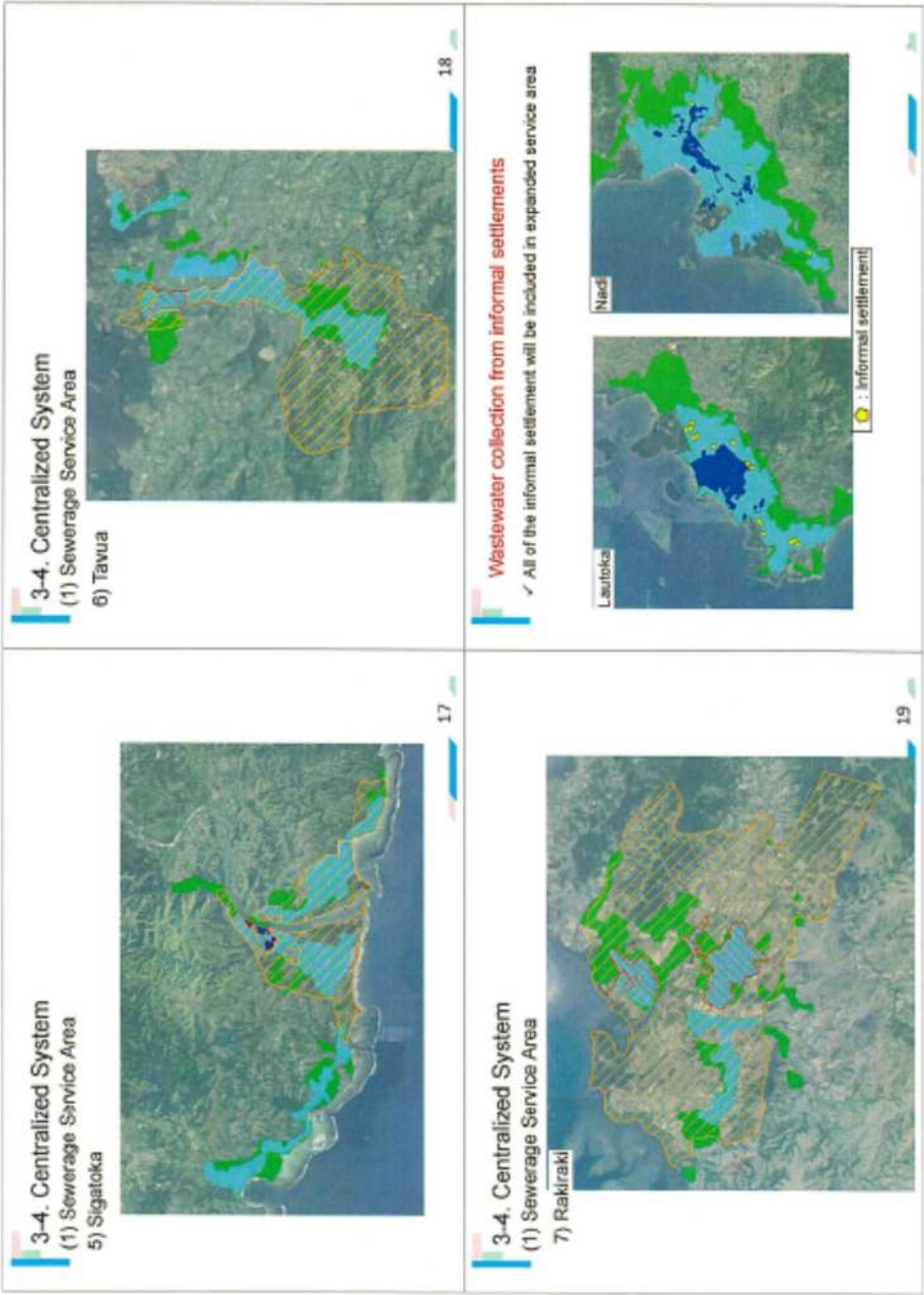
- ✓ Ratio of Urban, Peri-Urban and Rural in 2008: applying the ratio by Fiji Bureau of Statistic.

	(Ratio)	Ba	Neddinga Navosia	Ra	Total
(Ratio)		78.0%	15.5%	8.5%	102 in the prev class
Urban	31.0%	113,800	1,900	2,100	117,800
Peri-Urban	43.0%	143,400	13,400	6,600	163,400
Rural	26.0%	31,600	43,600	23,600	98,600
Total		288,800	58,900	32,300	380,000

ANNEX 1



ANNEX 1



ANNEX 1

Wastewater collection from informal settlements

Yellow dot : Informal settlement

✓ At the current status, WAF cannot consent to the sewerage services of Informal Settlements

✓ WAF can provide sewerage service once

1) Settlements formalize, and

2) Sewer systems are laid in close proximity of the settlement

22

3-4. Centralized System

(2) Wastewater Flow Estimation for 6 municipalities

1) Summary of Unit Wastewater Flow

- ✓ Domestic wastewater unit flow is uniform for each municipalities based on the water consumption/capita of WAF
- ✓ Non-domestic ratio is depending on actual water consumption

Item	Unit	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
Domestic water usage	L/day/capita			220			
Return Ratio	%			90			
Domestic wastewater unit flow	L/day/capita			200			
Non-domestic ratio	%	40	45	30	20	30	60
Infiltration ratio	%			10			

22

(2) Wastewater Flow for 6 municipalities

5) Wastewater Flow in 2036

Item	Unit	Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
1. Population		101,000	17,100	31,200	13,100	7,100	15,900
2. Domestic Flow	m³/day	20,320	19,420	6,240	2,620	1,420	3,160
3. Non-Domestic Flow	m³/day	8,128	8,739	1,872	524	428	1,008
4. Generated Wastewater	m³/day	28,448	28,159	8,112	3,144	1,848	5,068
5. Infiltration water	m³/day	2,845	2,815	811	314	165	509
6. Total Inflow ADWWF	m³/day	31,293	30,975	8,923	3,458	2,013	5,577
7. Inflow ADWWF	m³/day	156,500	154,900	44,590	17,300	10,200	28,000
8. Total Inflow PWWF	m³/day	62,586	61,950	17,846	6,917	4,061	11,194
9. Total Inflow PWWF	m³/day	158,484	154,875	44,516	17,252	10,153	27,994

23

5. Treatment Process Assessment

Target Water Quality Standards

- ✓ General Standards
- ✓ Specific Ecological Zone Standards

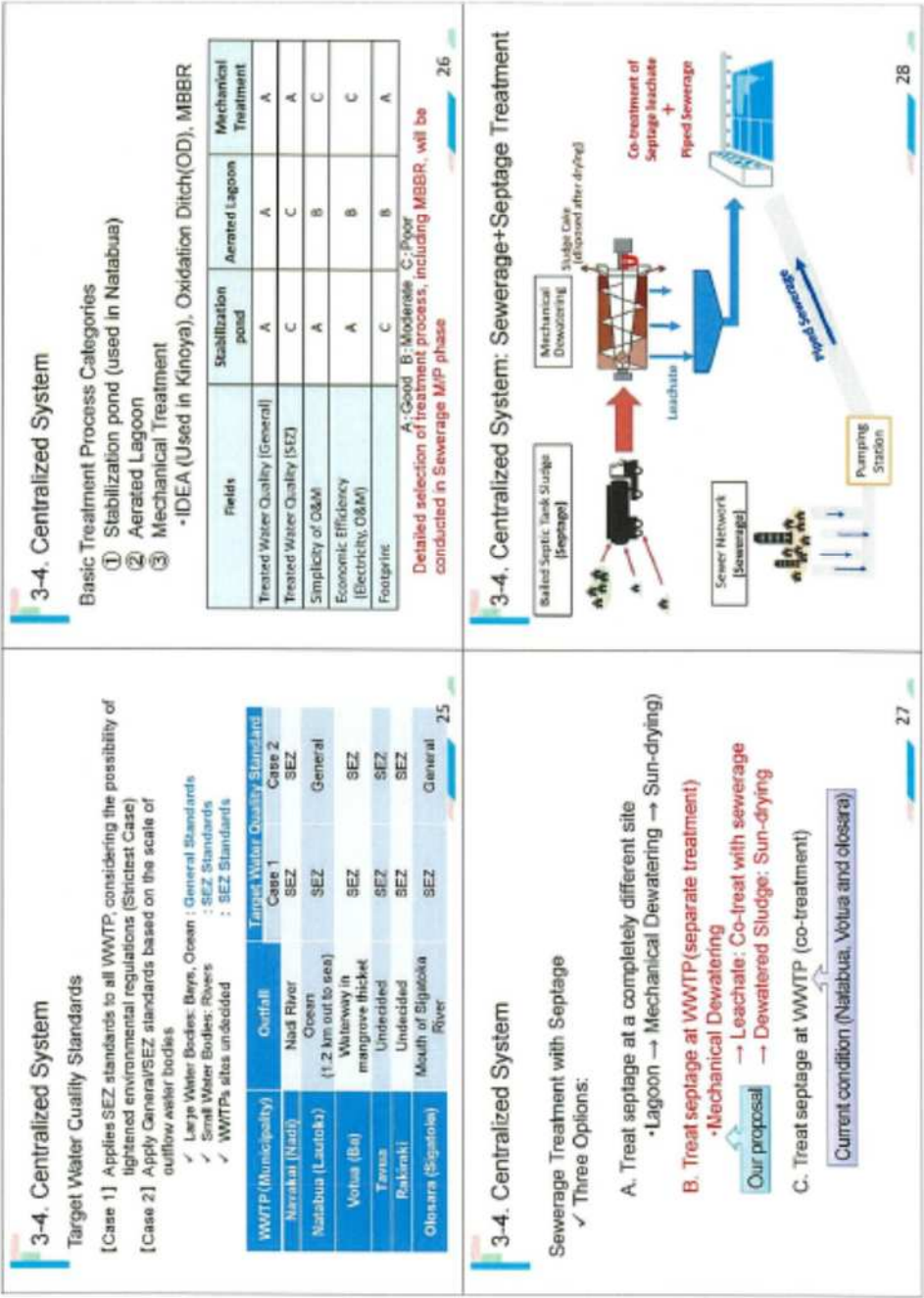
Parameter	Units	General Standards	Significant Ecological Zone
BOD ₅		40	20
SS		60	30
TDS	mg/L	1000	1000
Grease		5	2
T-N		25	10
T-P		5	2
E.coli	cf/100mL	400	200

According to DoE

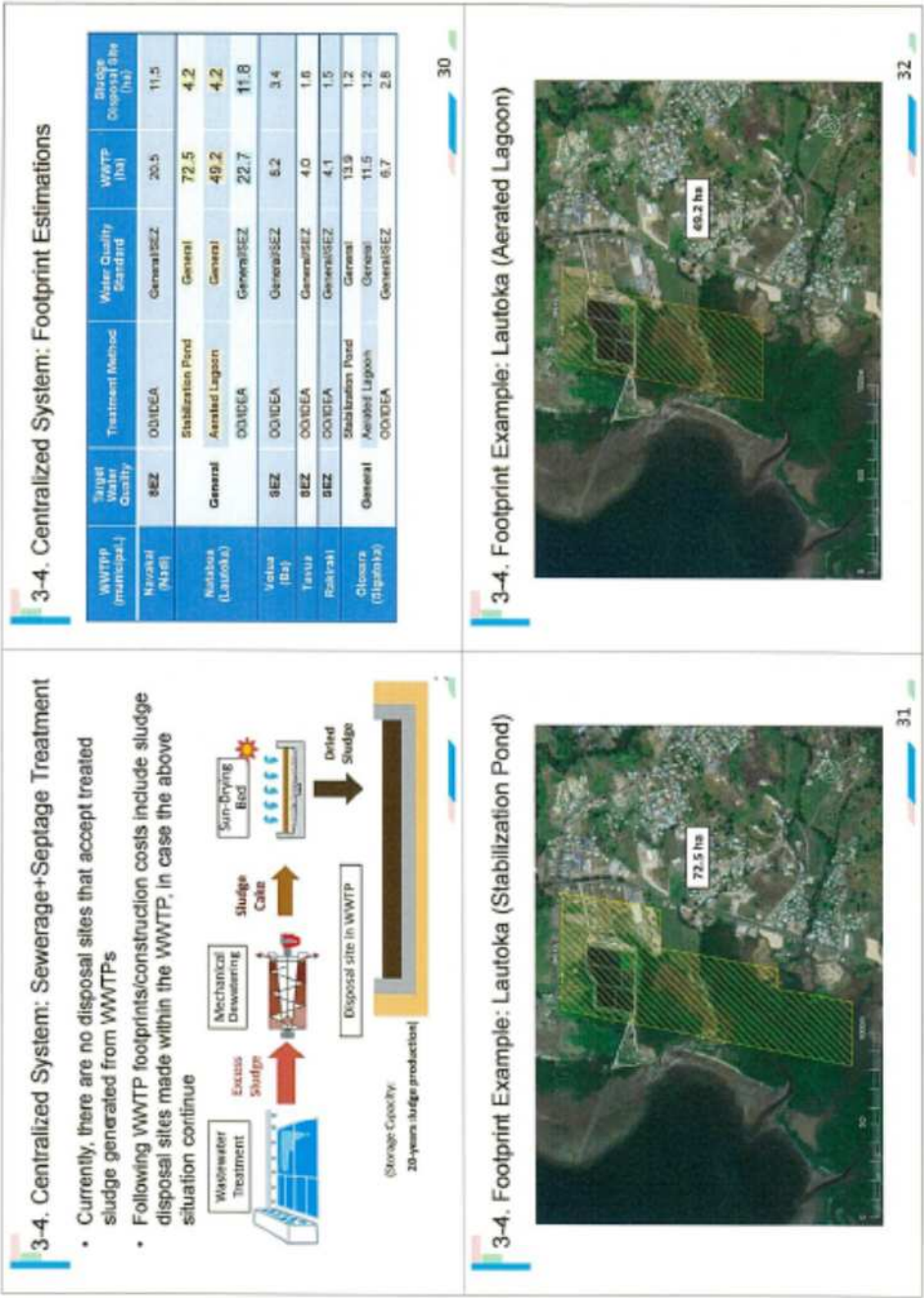
- In general, SEZ shall be applied to any discharge to coastal areas, rivers, and streams, which has sensitive environmental characteristics.
- Neralal WWTP: the outfall is located 1.2km to the ocean, which the general standards could apply.

24

ANNEX 1



ANNEX 1



ANNEX 1

3-4. Footprint Example: Lautoka (OD/IDEA)

Cost Estimation for sewerage facilities

(1) Assumptions for costing

- ✓ Basically, the outline construction cost for civil portion is estimated by multiplying the outline quantity by the unit price.
- ✓ For the main items of civil work, unit price is set with reference in Fijian cost, and for the unit price that is difficult to obtain, adopt the unit price referring to the case of Japan and other countries.
- ✓ Mechanical Electricity(M/E) costs are estimated based on the ratio of civil costs to M/E costs in Japan.
- ✓ Land acquisition costs for wastewater treatment plants **are included** **considering market price of land in Western Division**.
- ✓ Unit prices are before Covid-19 pandemic and 2022 Russian invasion of Ukraine.
- ✓ Consultant fees are not included.
- ✓ Price escalation, physical contingency, are not included.

33

3-4. Centralized System

(2) Construction cost for WWTPs

- Land acquisition cost (and associated cost) should be included in construction cost

Collected land unit cost varies from 20 to 110FJD/m² → (Average) 60FJD/m²

WWTP (Municipal)	Treatment	Construction Cost (mld. JPY)	Land Acquisition Cost (mld. JPY)	Total (mld. JPY)
Naadi	Process Pond	10,869	179	11,048
Naadi	OD/IDEA	18,452	363	18,815
Naadi	Sub. Pond	10,778	177	10,955
Naadi	OD/IDEA	17,841	263	18,104
Naadi	Sub. Pond	3,257	63	3,320
Naadi	OD/IDEA	6,333	104	6,437
Naadi	Sub. Pond	1,462	24	1,486
Naadi	OD/IDEA	2,802	47	2,849
Naadi	Sub. Pond	1,157	19	1,176
Naadi	OD/IDEA	2,132	36	2,168
Naadi	Sub. Pond	2,910	38	2,948
Naadi	OD/IDEA	4,263	70	4,333

Cost difference between Stabilization Pond and OD/IDEA becomes smaller when considering the land cost, but it will not be reversed.

35

3-4. Centralized System

Cost Estimation of Sewerage Facilities

Construction Cost

Items	Naadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
WWTPs	IDEA	316	308	109	50	38
million FJD	S/P	227	224	83	30	24
Collection Network		1,423	856	482	118	91
million FJD						
Pumping Station		48	29	16	5	4
million FJD						
Total	IDEA	1,787	1,193	592	173	133
million FJD	S/P	1,686	1,108	636	153	118

ODM Cost

Items	Naadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka
WWTPs	IDEA	3,540	3,450	1,740	1,000	620
million FJD	S/P	1,540	1,528	502	281	225
Collection Network		1,380	833	470	136	104
million FJD						
Pumping Station		4,489	2,702	1,039	300	231
million FJD						
Total	IDEA	9,409	6,985	3,244	1,626	1,064
million FJD	S/P	7,417	6,064	2,091	717	664

36

34

ANNEX 1

3-6. Prioritization for Sewerage System Development

By Analytical Hierarchy Method (AHP)

Nadi	Lautoka	Ba	Tavua	Rakiraki	Sigatoka

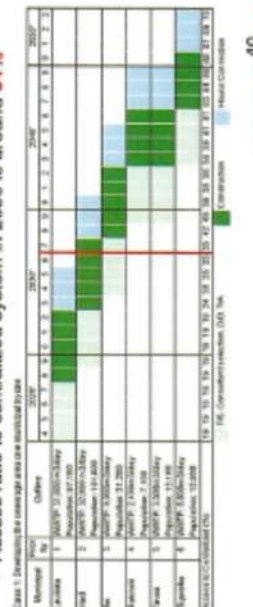
[illegible]

Priority	2	1	3	6	4	5
Total Score	76.6	84.1	44.8	38.5	43.5	43.2

3-7. Proposed Implementation Schedule

(3) Case 1

- ✓ More realistic schedule, construction work does not wrap in each municipal
- ✓ Target will be achieved around 2053
- ✓ Access ratio to centralized system in 2036 is around **34%**



3-5. Financial & Economic Analysis

ITEM	Million FJD
WWTP(IDEA) CAPEX for 6 municipalities	853
Pipe & Pump CAPEX for 6 municipalities	3,274
Total	4,127
Fiji Expend Budget 2021	3,675
MP CAPEX/National Budget	112

- ✓ FIR= -2.1%
→ When the tariff is 0.20(FJD/m3) same as current tariff
- ✓ To cover the O&M cost for 6 municipalities sewerage system, tariff should be around 0.71(FJD/m3)
- ✓ EIRR= 2.4%

Detailed analysis will be conducted in Sewerage M/P

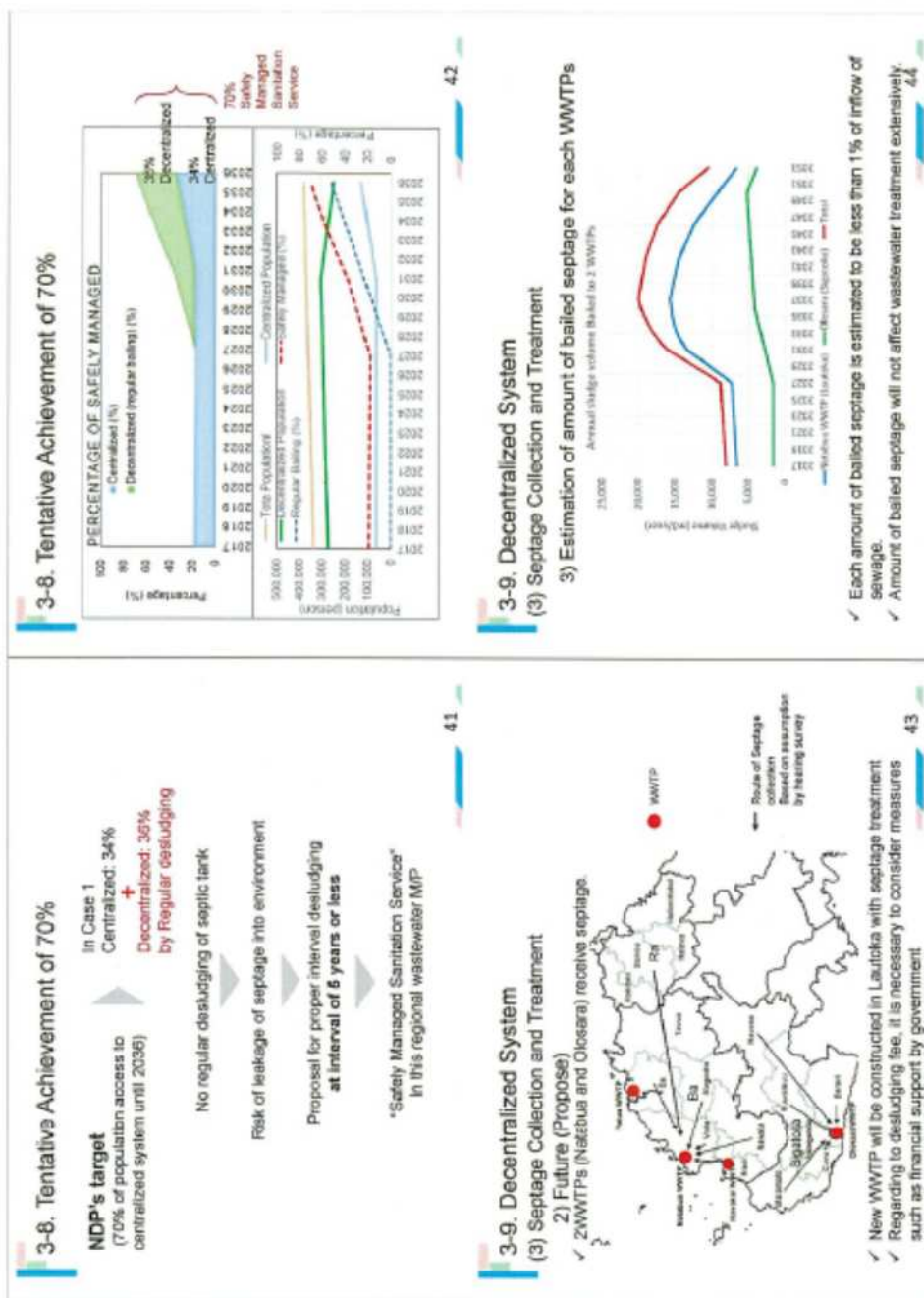
3-7. Proposed Implementation Schedule

(1) Assumption for scheduling

- ✓ Each sewerage development projects starts from 2025, just after this M/P project
- ✓ Project will be loan project and
- ✓ International Competitive Bidding (ICB) procedure is considered as below

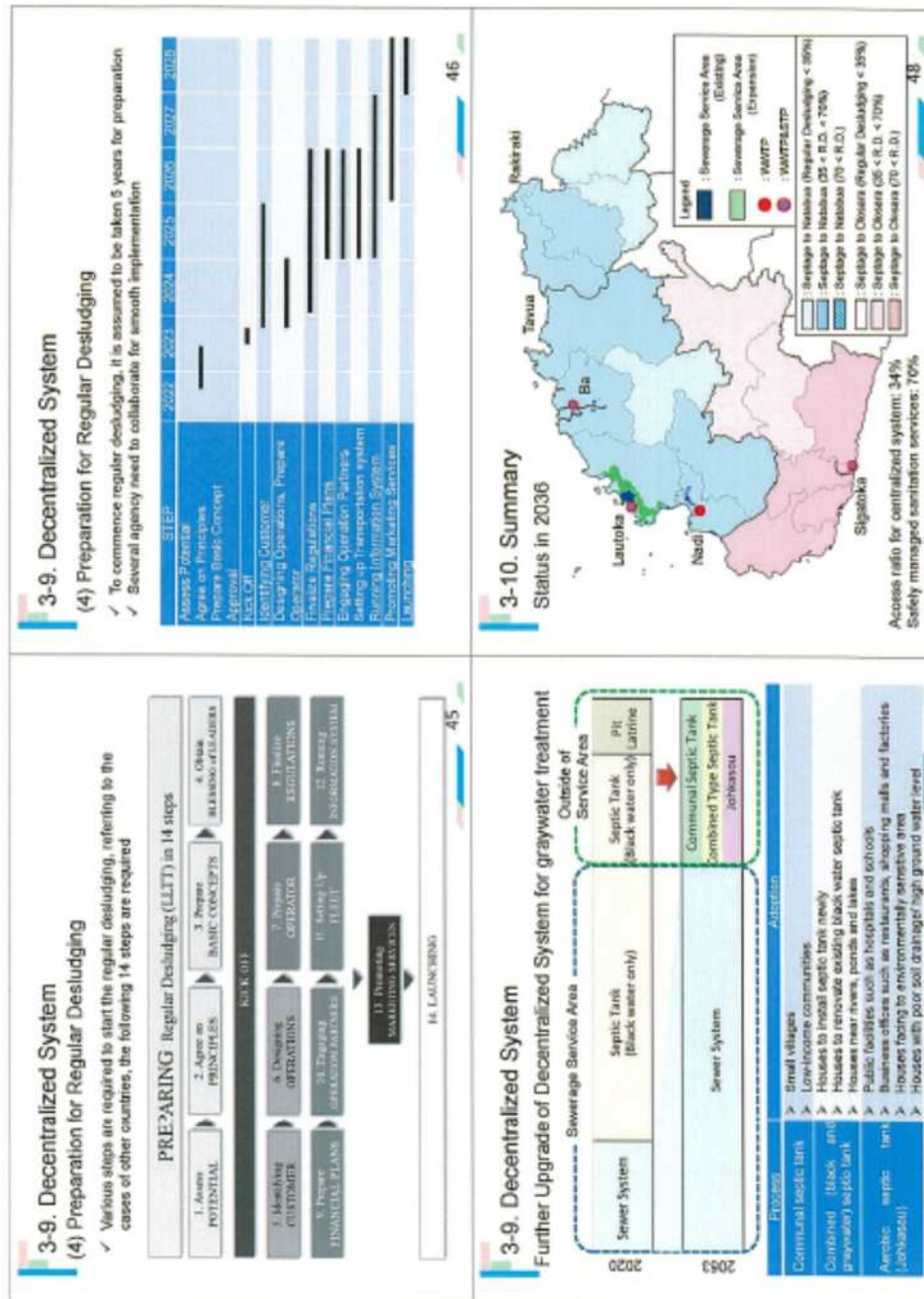
Item	Duration (year)
Feasibility Study	1
Consultant Selection	1
Detailed Design	1
Contractor Selection (Tender Assistant)	1
Construction (Nadi, Lautoka, Ba)	5
Construction (Tavuni, Rakiraki, Sigatoka)	4
House connection	3

ANNEX 1

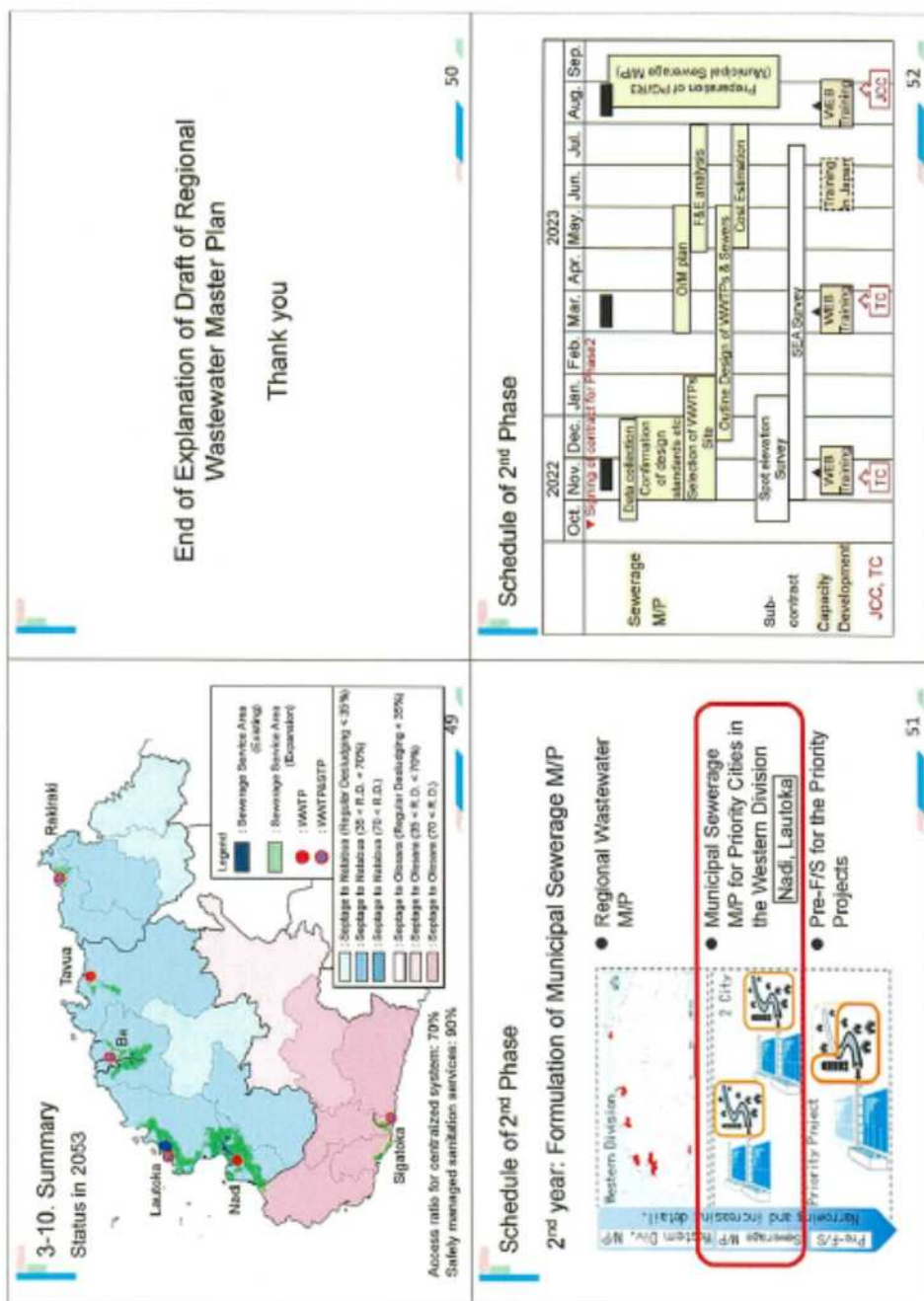


TV R 35

ANNEX 1



ANNEX 1



APPENDIX 3-1 Water Quality Analysis

(1) Nadi & Namori 30 Nov 2021



Clean Water for a Better Life.



ACCREDITED LABORATORY
ACCREDITATION 07-1934
Tests indicated as not accredited are outside the scope of the laboratory's accreditation

National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
Telephone (679) 3346677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis

Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/180/21-22	Date Generated: 16 Dec 2021
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1030 - 1200hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 30/11/2021
Sample Received : 30 Nov 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 01 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	*pH	0-14	4500- H+B	8.09	7.69	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	123.7	237.4	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	61.8	13.7	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.36	0.64	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.72	0.80	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	36.0	28.0	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	8.50	8.44	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	1.72	4.92	-

Sampling Points
 1 Nadi Bridge - River Water
 2 Namoli Creek - River Water

Remarks:
 †All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
 * These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
 Position: Technical Officer
 Signature : 

Authorised By: Moses Nariva
 Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
 Signature : 

No : NWQL/ 266/18-19
This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 180/21-22

Date Generated: 16 Dec 2021

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	7,200	360	-

Sampling Points

1. Nadi Bridge - River Water
2. Namoli Creek - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature: 

Authorised By: Moses Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature: 

End of Test Report.

(2) Nadi & Ba 7 Dec 2021




National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
 Telephone (U79) 3345677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
 Email: contact@nwql.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/182/21-22	Date Generated: 05 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macellan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1130 - 1330hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 07/12/2021
Sample Received : 07 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 08 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	*pH	0-14	4500-H+B	7.48	7.47	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	493.0	223.5	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	63.2	62.7	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.38	0.20	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.49	0.42	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	N/D	N/D	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O.C	7.93	8.36	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	3.15	2.52	-

Sampling Points
 1 Ba - River Water
 2 Nadi - River Water

Remarks:
 †All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
 * These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
Position: Technical Officer
Signature : 

Authorised By: Moses Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
Signature : 

No : NWQL/ 255/18-19
 This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 182/21-22

Date Generated: 05 Jan 2022

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	3,400	5,200	-

Sampling Points

- 1 Ba - River Water
- 2 Nadi - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature :



Authorised By: Mosese Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature :



End of Test Report.

(3) Nadi & Namori 13 Dec 2021




National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
 Telephone (078) 3346677 or 577 (Vodafone & Inbb) users.
 Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis

Sample: Environment (NGO)

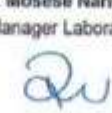
Lab Reference No : NWQL/174/21-22	Date Generated: 05 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 0700 - 0800hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 13/12/2021
Sample Received : 13 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 14 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.88	7.89	-
2	*Conductivity (Chem)	uS/cm	2510 B	202.5	211.5	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	103.9	9.8	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.18	0.30	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.39	0.32	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	N/D	N/D	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	9.08	9.09	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	3.16	3.55	-

Sampling Points
 1 Nadi - River Water
 2 Namoli - River Water

Remarks:
 †All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
 * These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
 Position: Technical Officer
 Signature: 

Authorised By: Mosese Nariva
 Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
 Signature: 

No : NWQL/ 265/18-19
 This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 174/21-22

Date Generated: 05 Jan 2022

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	86,000	72,000	-

Sampling Points

- 1 Nadi - River Water
- 2 Nansoli - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature :



Authorised By: Moses Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature :



End of Test Report.

(4) Ba 2 Dec 2021



water authority of fiji
Clean Water for a Better Life.



IANZ
ACCREDITED LABORATORY
AS 15000:2015
Tests performed as per standard are outside the scope of the laboratory's accreditation

National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
Telephone (879) 3345677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/150/21-22	Date Generated: 05 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1000hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 02/12/2021
Sample Received : 02 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 03 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
				1	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.34	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	137.2	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	23.0	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.12	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.74	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	N/D	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	7.93	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	3.15	-

Sampling Points
1 Ba Bridge - River Water

Remarks:
†All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
* These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
Position: Technical Officer
Signature : 

Authorised By: Moseso Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
Signature : 

No : NWQL/ 265/18-19
This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 150/21-22

Date Generated: 05 Jan 2022

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	1 9,800	-

Sampling Points

1 Ba Bridge - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature :



Authorised By: Moses Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature :



End of Test Report.

(5) Tavua & Rakiraki 6 Dec 2021



water authority
fiji

Clean Water for a Better Life



IANZ
ACCREDITED LABORATORY

Tests indicated as not accredited are outside the scope of the laboratory's accreditation

National Water Quality Laboratory Report

Ratu Davi Road Nasilu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
Telephone (679) 3345677 or 577 (Vodafone & In33) users.
Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis

Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/181/21-22	Date Generated: 05 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1100 - 1200hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 06/12/2021
Sample Received : 06 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 07 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.74	7.65	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	333.8	989.0	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	3.5	14.5	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.08	0.31	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.49	0.63	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	N/D	N/D	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	8.97	8.91	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	1.77	4.18	-

Sampling Points

- 1 Rakiraki - River Water
- 2 Tavua - River Water

Remarks:

†All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable

* These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
Position: Technical Officer

Signature : 

Authorised By: Moses Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature : 

No : NWQL/ 265/18-19

This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 181/21-22

Date Generated: 05 Jan 2022

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	8,200	2,400	-

Sampling Points

1. Rakiraki - River Water
2. Tavua - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature



Authorised By: Mosese Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature :



End of Test Report.

(6) Tavua & Rakiraki 9 Dec 2021




National Water Quality Laboratory Report
 Ratu Dovi Road Nasesi, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
 Telephone (678) 3346677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
 Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis
Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/197/21-22	Date Generated: 05 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macellan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1500 - 1545hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 09/12/2021
Sample Received : 09 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 10 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.81	7.48	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	322.6	847.2	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	9.4	15.0	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.09	0.27	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.49	0.58	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	N/D	N/D	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	8.70	8.24	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	3.00	3.83	-

Sampling Points
 1 Rakiraki - River Water
 2 Tavua - River Water

Remarks:
 †All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
 * These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
 Position: Technical Officer
 Signature : 

Authorised By: Moseso Nariva
 Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
 Signature : 

No : NWQL/ 265/18-19
 This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 197/21-22

Date Generated: 05 Jan 2022

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION		General Standards
				1	2	
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	5,800	2,400	-

Sampling Points

- 1 Rakiraki - River Water
- 2 Tavua - River Water

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature : 

Authorised By: Moseso Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
Signature : 

End of Test Report.

(7) Sigatoka Bridge-7km upstream 29 Nov 2021




National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
 Telephone (879) 3345677 or 677 (Vodafone & Inkk) users.
 Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis
Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/145/21-22	Date Generated: 14 Dec 2021
Sample From: Nihon Studio Consultant	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 1000hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 29/11/2021
Sample Received : 29 Nov 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 30 Nov 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
				1	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.57	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	4200.0	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	25.7	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.12	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.74	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	4.0	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	7.11	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	1.70	-

Sampling Points
 1 Sigatoka River

Remarks:
 †All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
 * These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
 Position: Technical Officer
 Signature : 

Authorised By: Mosesa Nariva
 Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
 Signature : 

No : NWQL/ 26/18-19
 This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 145/21-22

Date Generated: 14 Dec 2021

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	68,000	-

Sampling Points

1 Sigatoka River

Checked By: Rajjeli Ratuvi

Position: Technical Officer

Signature: 

Authorised By: Mosese Nariya

Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature: 

End of Test Report.

No : NWQL/ 286/18-19

This test report shall not be reproduced except in full.

Page 2 of 2

(8) Sigatoka 8 Dec 2021



water authority
fiji

Clean Water for a Better Life.



IANZ
ACCREDITED LABORATORY

Tests performed as not accredited are outside the scope of the laboratory's accreditation

National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
Telephone (679) 3345677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis

Sample: Environment (NGO)

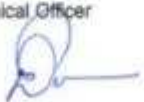
Lab Reference No : NWQL/166/21-22		Date Generated: 16 Dec 2021	
Sample From: Nihon Suldo Consultants Co. Ltd.		Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.	
Sample Type : Grab		Sample time : 1345hrs	
Sampled By : Yasuo Iijima		Sample date : 08/12/2021	
Sample Received : 08 Dec 2021		Weather Condition : Fine	
Date Analysis Started : 09 Dec 2021		Cust Reference No : -	

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.63	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	2515.0	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	28.5	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.09	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.41	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	44.0	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	8.39	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	2.46	-

Sampling Points
1 Sigatoka - River Water

Remarks:
†All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
* These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Vikash Ram
Position: Technical Officer

Signature : 

Authorised By: Mosese Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature : 

No : NWQL/ 265/18-19
This test report shall not be reproduced except in full.

Page 1 of 2

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 166/21-22

Date Generated: 16 Dec 2021

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	4,200	-

Sampling Points

1 Sigatoka - River Water

Checked By: Kirti Chandra

Position: Key Technical Person

Signature: 

Authorised By: Mosese Nariva

Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment

Signature: 

End of Test Report.

No : NWQL/ 265/18-19

This test report shall not be reproduced except in full.

Page 2 of 2

(9) Sigatoka 14 Dec 2021



water authority of fiji
Clean Water for a Better Life.



IANZ
ACCREDITED LABORATORY
ISO 17025:2017
Tests indicated as not accredited are outside the scope of the laboratory's accreditation

National Water Quality Laboratory Report

Ratu Dovi Road Nasinu, Fiji Islands GPO Box 1272, Suva, Fiji Islands
Telephone (679) 3345677 or 577 (Vodafone & Inkk) users.
Email: contact@waf.com.fj Website: www.waterauthority.com.fj

Certificate of Analysis: Chemical and Biological Analysis

Sample: Environment (NGO)

Lab Reference No : NWQL/179/21-22	Date Generated: 19 Jan 2022
Sample From: Nihon Suido Consultants Co. Ltd.	Address : c/- NRW Macallan (Fiji) Ltd.
Sample Type : Grab	Sample time : 0800hrs
Sampled By : Yasuo Iijima	Sample date : 14/12/2021
Sample Received : 14 Dec 2021	Weather Condition : Fine
Date Analysis Started : 15 Dec 2021	Cust Reference No : -

SL. No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
				1	
1	*pH	0-14	4500- H+B	7.72	-
2	*Conductivity [Chem]	µS/cm	2510 B	213.6	-
3	*Total Suspended Solids	mg/L	2540D	57.3	-
4	*Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/L	4500-NorgB	0.17	-
5	*Total Phosphate	mg/L	4500PE	0.66	-
6	*Chemical Oxygen Demand	mg/l	5220B	4.0	-
7	*Dissolved Oxygen†	mg/L	4500-O C	7.78	-
8	*Biochemical Oxygen Demand	mg/L	5210B	2.35	-

Sampling Points
1 Sigatoka River

Remarks:
†All results apply to samples as received by Laboratory. Avg means Average < means Less than, > means Greater than, N/A means Not Applicable
* These tests are outside the laboratory's scope of accreditation.

Checked By: Rajjeli Raturvili
Position: Technical Officer
Signature: 

Authorised By: Mosese Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
Signature: 

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Lab Reference No : 179/21-22

Date Generated: 19 Jan 2022

SL No	DETERMINANDS	Units	APHA Method Code	SAMPLE LOCATION	General Standards
1	Total Coliform	cfu/100ml	9222B	10,400	-

Sampling Points

1 Sigatoka River

Checked By: Kirti Chandra
Position: Key Technical Person

Signature:



Authorised By: Mosese Nariva
Position: Actg Manager Laboratory & Water Treatment
Signature:



End of Test Report.

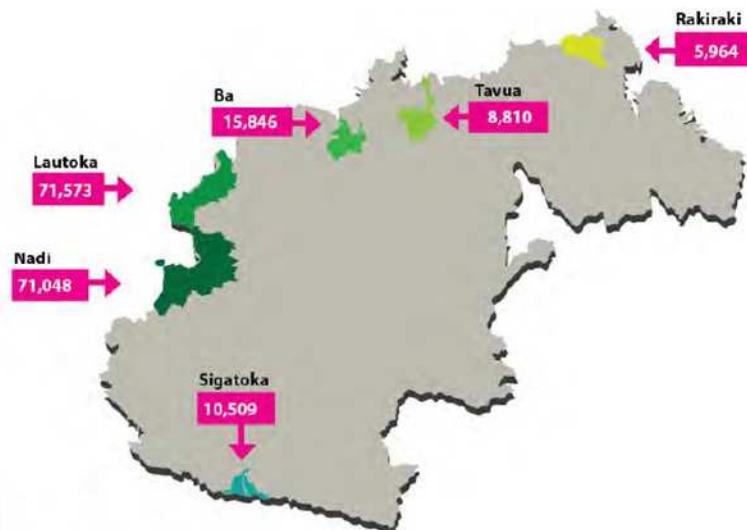
APPENDIX 4-1 Population per Household

Summary of Population Per Household

Municipality	Population	No of Households	Population per Household (population/ household)
Lautoka	71,573	15,611	4.58
Nadi	71,048	16,293	4.36
Ba	15,846	3,782	4.19
Tavua/Vatukoula	8,810	1,900	4.64
Sigatoka	10,509	2,451	4.29
Rakiraki	5,964	1,396	4.27
Total	183,750	41,433	4.43

Source: FBoS, 2017 Population and Housing Census, Infographics Release

Population	Fig: 11
Western	
By Division	
Total Population: 337,041	
Urban: 183,280	
Rural: 153,761	
Male: 171,053	
Female: 165,988	



Business & Housing	Fig: 14
Western - Urban	
Total Businesses: 5,400	
Total Households: 41,433	

Total Household - Lautoka	15,611
Veitari Ward	2,545
Waiyavi Ward	1,706
Simla Ward	2,021
Tavakubu Ward	3,424
Lautoka Peri-Urban	5,915
Total Household - Nadi	16,293
Nadi Ward	2,900
Martintar Ward	998
Namaka Ward	3,208
Nadi Peri-Urban	9,187
Total Household - Ba	3,782
Central Ward	240
Varadoli Ward	401
Rarawai Ward	125
Yalalevu Ward	388
Namosau Ward	414
Ba Peri-Urban	2,214
Total Household - Tavua / Vatukoula	1,900
Tavua Town	326
Tavua Peri-Urban	283
Vatukoula Urban	1,291
Total Household - Sigatoka	2,451
Vunahalu Ward	137
Lawaqa Ward	119
Laselase Ward	83
Sigatoka Peri-Urban	2,112
Total Household - Rakiraki	1,396
Rakiraki Town	386
Rakiraki Peri-Urban	1,010

Source: FBoS, 2017 Population and Housing Census, Infographics Release

APPENDIX 4-2 Record of Training Implementation Related to Output 4

(1) Training on Sewerage works management (on-line training on 20th April 2022)

Subject	Project for Formulation of Wastewater M/P in Western Division The 1 st On-line Training “Sewerage Works Management”	Venue	WAF Central Conference Room/ ZOOM meeting
Date	20, April 2022 10:00-12:00 (JST)、 13:00-15:00 (FJT)		
Participants	JICA Global Environment Department Mr. Matsuoka Hideaki Director Environment Management Group Global Environment Department Mr. Hosaka Yukiya Officer Environment Management Group Global Environment Department JICA Fiji office Mr. Oba Takashi Assistant Resident Representative Mr. Namba Shigeki Project Formulation Advisor Road and Sewerage Department Fukuoka City Mr. Yashima Hironori Director Policy Coordination Section Mr. Morikawa Shingo Chief Policy Coordination Section Mr. Hashizume Shojiro Assistant Chief Policy Coordination Section WAF Central Mr. Josaia K Acting Manager Wastewater Treatment Mr. Ifraaz Ali Engineer Planning and Design Mr. Hillary Fisher Engineer Technical Assistance and Development Mr. Matapule Finiasi Team Leader Wastewater Mr. Iliesa Masi Supervisor Wastewater Mr. Shomal Narayan Graduate Engineer PD Mr. Monish Kumar Engineer Asset Management Mr. Isireli V Engineer Asset Management WAF West Mr. Sanil Nand Engineer Planning and Design Mr. Pita Lagicere Project Leader Mr. Engtesh Permal Team Leader Wastewater West Mr. Vilimoni Rovouvou Supervisor Wastewater Mr. Edwin Nambiar Supervisor Wastewater WAF North Mr. Mesake V Technical Officer Namara WWTP In house Participants from the WAF Central Mr. Isireli Teuu Mr. Materoti Naborisi Ms. Litea Matakibau Mr. Vinay Prasad Ms. Rahinuva Nisha Ms. Rebecca G Ms. Anaseini Nasetava In house Participants from the WAF West Mr. Livinai Tavisia Mr. Mesake Navugona Mr. Roneel Prakash Mr. Nasoni Saukuru Participants from the Ministry of Infrastructure and Meteorological Services Department of Water and Sewerage Mr. Noa Tamani Mr. Vishwa Jeet JICA Expert Team Mr. Nakajima Masanobu Team Leader/ Sewerage Works Management Mr. Hayashi Kiyohiko Deputy Team Leader/ Organization & Institutions		

	Ms. Kotegawa Yoko WWTP planning and Design
Materials	(1) Training Implementation Method (2) Current conditions and issues of sewerage works in Japan (3) Current conditions and issues of sewerage works in Fiji
Agenda	- Opening remarks Mr. Hideaki Matsuoka JICA Director Environmental Management Group Global Environment Department Mr. Seru Soderberg WAF Chief Operating Officer Mr. Yashima Hironori Director Policy Coordination Section, Road and Sewerage Department, Fukuoka City - Explanation of training implementation method (JET) - Sewerage works management in Japan (Fukuoka City) - Sewerage works management in Fiji (WAF) - Discussion - Closing remarks Mr. Josaia Koroilavesau Acting Manager Wastewater Treatment
Outline	This training program was conducted in collaboration with the Water Authority of Fiji (WAF)/the Road and Sewerage Department of Fukuoka City. The JICA Global Environment Department and JICA Fiji office participated as observers. The topic of the first training was “Sewerage works management.” First, JET explained the training implementation method. Then, Fukuoka City and WAF presented the current situation and issues of Fukuoka City and WAF to each other. Finally, both sides participated in an in-depth discussion session. The outline of the training are as follows.
Presentation Explanation	4. Sewerage works management in Japan (Fukuoka City) ● Introduction of the history and relevant laws of sewerage works in Japan ➢ Deterioration of urban environment due to increase of population and urbanization in 1960~ 1980. ➢ Enactment of water pollution control law in the diet in 1970. ➢ Rapid construction of sewerage system, and 80.1% of sewer service ratio in 2020 ● Introduction of the effective methods for reduction of expenditure and increase of revenue to solve the issues of sewerage works due to the decrease in staff, aging facilities, decrease in profits by population decline, etc. ➢ Review of prefectural strategy, including cross-regional cooperation plans ➢ Introduction of effective use of sewerage resources and energy recovery from sewerage 5. Sewerage works management in Fiji (WAF) ● Introduction of the history of WAF, and the outline of sewerage facilities pipes managed by WAF ● Introduction of the current situation/issues and the measures planned by WAF ➢ WWTP/Pumping stations ▪ Current condition: Aging of facilities ▪ Issues: Lack of proper asset management and O&M plans ➢ Sewer networks ▪ Current condition: Aging of pipes, overflow from manholes due to inflow/infiltration ▪ Issues: Inflow of sewerage exceeding the flow capacity of pipes due to lack of renewal/upgrade plan of the sewer pipe ➢ Others ▪ Lack of asset management in human resources/materials/budget ▪ No sewerage M/P reflecting current situation ▪ Necessity of considering sewerage tariff ➢ Comments from Fukuoka City ▪ Regarding inflow/infiltration of storm water explained as an issue, Fukuoka City will share the knowledge of surveys, plans and measures with Fijian side through training. ▪ Fukuoka City will work toward the realization of better training while discussing, coordinating and adding training programs based on the request of Fijian side.

	6. Discussion ● [WAF] Introduction of inflow/infiltration measure plan ➤ Purpose: Mitigation of damage caused by manhole overflow ➤ Outline: Identifying areas where the impact of inflow/infiltration is particularly large with data of WAF, Evaluating the degree of improvement through the pilot project, and Formulating future measure policies. ➤ Detail ▪ 5 years project (started from June 2021) ▪ Data Collection and analysis (age of pipe networks, pipe material, power consumption in pumping stations, dye survey, CCTV survey results, rainfall and flood damage), and identification of areas where the impact of inflow/infiltration is particularly high ▪ Currently considering three areas in WAF Central as candidates for improvement pilot project ➤ Issue ▪ Flow meter and SCADA system is not installed in the pipeline, and it is not possible to get real-time inflow in wet weather. ◇ Comments from Fukuoka City ➤ Is the purpose of the project to improve public health by preventing flood damage? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>WAF expects cost reduction by reduction of power consumption in pumping stations in wet weather as well as prevention of flood damage.</i> ➤ Fukuoka City will share information on inflow/infiltration measures in Japan and Fukuoka City in future training. ● [Fukuoka City] Confirmation of WAF's request for training on H&S and emergency response ➤ Which target does does WAF consider to be the most important in terms of H&S: WWTP plant operators, construction staff, pipe maintenance staff, and the citizens in road collapses? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>In recent years, there have been many accidents of aged pipe collapse, and WAF wants to obtain knowledge on H&S and emergency response to these accidents.</i> ➤ In the case of a pipe collapse accidents, which does WAF want to take H&S measures, WAF staff or citizens? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>Both</i> ➤ In recent years, there have been cases of sewer pipe collapse due to disasters such as large-scale storms and earthquakes in Japan. Is it okay to introduce examples of disaster response, and focus on the response to collapse accidents due to aging? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>That is okay.</i> ● [Fukuoka City] Questions to presentation of WAF ➤ Does WAF have a concrete plan for when and from which WWTP to install the flow meter? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>All existing WWTPs are targeted for installation, but the specific installation schedule is not fixed yet.</i> ➤ Is there any sludge treatment plan such as construction of treatment facility? → <i>(Answer of WAF)</i> • <i>At present, there is no standards for final disposal and utilization of sludge in Fiji.</i> • <i>It is necessary to formulate a strategic plan for sludge treatment and utilization, and also the demand in Fiji.</i> • <i>The treatment facility will be constructed after the above investigation and planning have been completed.</i> ● [WAF] Questions to presentation of Fukuoka City

	➤ The future population forecast shown in No.2, what is the ratio of the Wastewater loading to Water consumption? (Example, in Fiji the demand for water per capita per day is 220L and 90% is wastewater) → <i>(Answer of Fukuoka City)</i> • 200L/capita/day is used for the planned domestic wastewater volume in Fukuoka City. The ratio is 100%. ➤ What is the most common method used for sludge treatment in Japan? → <i>(Answer of Fukuoka City)</i> • The most common method of sludge treatment in Japan is incineration. In Fukuoka City, in order to make effective use of sewerage sludge, part of it is used as a raw material for cement and the rest is incinerated. The incinerated ash is recycled as a soil stabilizer and construction material to make 100% effective use of sludge. ➤ The biogas power generated from the facilities are used within the treatment plant only or sold to the power supply utility? → <i>(Answer of Fukuoka City)</i> • The power generated by biogas in Washiro WWTP is used in the plant. • The biogas generated in Chubu WWTP is sold to external power suppliers and they generate sell power. ➤ The reclaimed water supplied to public facilities and office buildings is used for which purposes mainly? → <i>(Answer of Fukuoka City)</i> • Reclaimed water is used for flush toilets and for watering trees in parks and streets. ● [WAF] Initiatives for Climate Resilience in Fukuoka City ➤ Climate change resilience has begun to be considered in the design of sewerage facilities, etc. throughout Fiji, including WAF. How Fukuoka City is considering on it? → <i>(Answer of Fukuoka City)</i> • Fukuoka City is planning to start formulating specific measures and plans on it. • In Japan, based on (1) increase in rainfall due to climate change, (2) concerns about frequent short-term heavy rainfall, and (3) inland water damage caused by rainfall exceeding the sewerage facility capacity, the urban inundation measure plan by sewerage has been revised to a plan that takes into account the effects of climate change, and the national guidelines have been revised to promote planned advance disaster prevention.

END

(2) Training on Sewerage planning and Sewer pipe design (On-line training on 19th July 2022, Retraining on 27th July 2022)

Topic	The Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division Second Training Session: Day 1		Venue	WAF Central Office/Zoom Meeting
Date/Time	July 19 th , 2022 13:30-15:30 (FJT)			
Participants	<u>WAF Central</u>			
	Ifraaz Ali	Engineer		
	Paula.K	Engineer		
	Peter Qalilawa	Engineer Water		
	Jone Vunidawa	Manager Planning & Design		
	Rahul Nand	Engineer		
	Shavil Sharma	Graduate Engineer		
	Ashnil Kumar	Engineer		
	Pita Lagicere	Project Leader		
	Kemueli Serevi	Engineer Planning & Design		
	Hillary Fisher¥	Engineer		
	Monish Kumar	Engineer		
	Asneet Sagar	Graduate Engineer		
	<u>Fukuoka City</u>			
	Shingo MORIKAWA	Chief Policy Coordination Section		
	Shojiro HASHIZUME	Assistant Chief Policy Coordination Section		
	Kouichi TSUKIMORI	Assistant Chief Sewerage Planning Section		
	Hiroki HIEDA	Chief Construction Coordination Section		
Kazuhisa SHIKI	Assistant Chief Construction Coordination Section			
Yoko YAMANE	Interpretor			
<u>JICA Expert Team (JET)</u>				
NAKAJIMA Yoshinobu	Team Leader/ Sewerage Works management (NSC)			
HAYASHI Kiyohiko	Deputy Team Leader/ Organization & Institutions (NSC)			
WADA Tetsuo	Sewerage planning			
KAWASHIMA Yukinori	On-site wastewater treatment planning			
KUDO Yuriko	Environmental & Social considerations/ Public Awareness			
KOTEGAWA Yoko	WWTP planning and design / Coordinator (NSC)			
Material	(1)Sewerage Planning (2)Sewer Pipe Design (3)WAF Wastewater Project Updates			
Agenda	1. Sewerage Planning 2. Sewer Pipe Design 3. WAF Wastewater Project Updates 4. Discussion Session 5. Re-scheduling of Training Session			
Explanation of outline	This training session was jointly held between the Water Authority of Fiji (WAF), Fukuoka City Bureau of Roads and Sewerage, and the JICA Expert Team. The Second Training Session was planned to be held on two days, Discussion sessions were held after Fukuoka City's lectures (Sewerage Planning. Sewer Pipe Design) and WAF's presentation (WAF Wastewater Project Updates). The discussions' outline is as follows.			
Comment	In addition, due to a sewer pipe collapse incident on 7/18, most of the WAF wastewater staff could not attend the training session. Since the staff were expected to be full at hands also on 7/20, Day 2 of the training session was decided to be postponed and rescheduled			

	7. Sewerage Planning (Fukuoka City) (1) Presentation ● Introduction of Basics on Sewerage Systems in Japan ◇ Legislations related to Sewerage System ◇ Costs/funds for wastewater and stormwater systems ◇ Basic flow of Sewerage systems and Sewerage conveyance processes ● Outline of Sewerage Planning ◇ Relationship between the Overall Vision, Master Plan, and Operational Plan ◇ Four Key Tips for sewerage planning ➢ ①Baseline Survey ➢ ②Coordination with local authorities ➢ ③Financial Evaluation ➢ ④Securing Land ● Master Plan Formulation ◇ Items defined in the Master Plan(sewerage treatment/stormwater management) ◇ Design parameters of sewerage system and points to be considered (2) Question and Answer/Discussion Session 【WAF Question】 ◇ We understand that the design sewerage flow is the basis of sewerage pipe and WWTP design. ◇ How is the flow's future projection calculated? For example, is there a specific calculation method? → (Fukuoka City) ▪ In the case of Fukuoka City, the design sewerage is flow is calculated based on the actual inflow amount of existing WWTPs. The calculation also takes into consideration of future population projections and rainfall. Drinking water consumption data is also referred to → (JET Team Comment) ▪ The future projection of sewerage flow in this project's M/P is also calculated from the drinking water consumption data provided from WAF 【WAF Question】 ◇ Where is this actual flow data of sewerage measured/recorded at? → (Fukuoka City) ▪ Each existing WWTP has specific points where the influent amount is measured/recorded. 【WAF Question】 ◇ Does Japan also have restrictions/standards on effluent water quality? If so, is this also a factor that WWTP design is based on? → (Fukuoka City) ▪ Yes. Factors other than effluent water quality is also considered in design. 8. Sewer Pipe Design (Fukuoka City) (1) Presentation ● Design Parameters in Sewer Pipe Design ◇ Design Flow Volume ◇ Excess Capacity allowance ◇ Flow velocity/gradient ◇ Minimum pipe diameter ● Conditions to be considered in Sewer Pipe design ◇ Burial location and depth (coordination with administrators of public roads, waterways, railways) ◇ Pipe materials and cross-sectional profiles ◇ Pipe bedding ◇ Structural Calculations ● Manhole Design ◇ Structure and Installation Locations ◇ Types of manholes (Pre-caset and Site-constructed)

	◇ Auxiliary pipe/risers and their purposes ● Slection of Construction Methods ◇ Open-cut Method, Pipe-jacking method, Shield method ◇ Outline of each method and their pros/cons (2) Question and Answer/Discussion Session 【Fukuoka City Question】 ◇ How much excess capacity does Fiji’s sewerage pipeline allow in its design? → (WAF) ■ For gravitational flow pipelines, the excess capacity is set at 75%. However, in Fiji there are more pressurized flow pipes compared to gravitational flow pipes. 9. Updates on WAF Sewerage Projects (WAF) (1) Presentation ● Introducing WAF’s Customer Charters and Sudivision Standards ● Flagship Projects (CAPEX) ◇ Water Projects ◇ Kinoya WWTP Consolidation Works (Central) ◇ Sewer Rising Main Project (West) ● CAPEX Delivery Report ◇ Large gap between approved budget and Commitment/Actual ◇ Caused by lack of staff with specific skills and field experience, unstable/unmatured Fijian markets, difficulty in obtaining outsourcing consultants etc., and external factors postponing projects ● Sewerage System Related Projects ◇ Sewer Pipes : Maintenance-related projects and pipe damage/collapse issues ◇ WWTP : Equipment maintenance, Upgrade consultancy, Master Plan of some municipalities ● Implementation Methods for Construction Supervision Works ◇ Small-scale projects : mainly managed in-house, including project management and supervision ◇ Medium~Large projects : Outsourcing (including management and supervision) ◇ Construction supervisions done within WAF is carried out through the Project Delivery Framework (PDF) ● Issues in Planning &Design Works/Construction Supervision Works ◇ Internal : Lack of staff with specific field experiences and expertise ◇ External : Postponement of projects due to issues in land acquisition/consents, and environment screening applications (2) Question and Answer/Discussion Session 【Fukuoka City Question】 ◇ The current issues of WAF was listed, but does WAF have any practices/programs that are made to solve these issues, other than the training session of this project? → (WAF) ■ WAF also has some in-house field training programs. This year, three training programs are planned to be done. ■ Other projects funded by the European Investment Bank, Asia Development Bank etc. are formulating capacity-building training programs for WAF staff ■ WAF’s engineers and technical staff are divided into three groups of their expertise (Mechanical, Electrical, Civil). When staff has gained enough years/cases of experience, they can move to other disciplines to gain knowledge of other but related fields. 【Fukuoka City Comment】 ◇ JICA is planning to hold the Knowledge Co-Creation Program (KCCP) “Maintenance and Management of Sewerage Systems” in Fukuoka City around November 2022. ◇ Fiji is set as one of the target countries, so we would like WAF to consider participating in the program. ◇ It is expected that the JICA Fiji office will be notifying you about the event, but if needed, Fukuoka City can update WAF on any information related to the program.

	→ (WAF) ▪ Thank you for the information. WAF will consider its participation of the program. → (JET Comment) ▪ Since this is JICA program, the JICA Fiji office could be referred to for more information 【Fukuoka City Question】 ◇ WWTP Desludging projects and a pipeline replacement project was listed in the current projects list. How are these projects related to the Western Region M/P that is being formulated right now? → (WAF + JET) ▪ Both projects are maintenance projects, so they are not directly related to the Project M/P ▪ The stabilization pond WWTPs of the West did not have their periodic desludging done since their commissioning, resulting to the deterioration of its treatment capacity. Desludging was done to solve this problem. ▪ The pipeline replacement was done in response to the collapse of the system's trunk line. 【Fukuoka City Question】 ◇ According to Slide 26 the wastewater treatment M/P of Korovou and Rakiraki are listed as completed projects. How are these projects related to the Western Region M/P that is being formulated right now? If WAF is formulating other M/Ps parallel with JET's M/P, there is the possibility of overlaps and discoordination. To prevent this from happening, we think that the M/P preconditions should be organized/clarified → (WAF + JET) ▪ These M/Ps are that of municipality levels. WAF generally formulated master plans ahead of time, and when necessary budgets are obtained, move onto its conduction ▪ Rakiraki is included in the Western Region. Its M/P was formulated few years before this project, and JET is aware of its existence ▪ In addition, the WWTPs of Nadi and Lautoka will need consolidation works to be done in the close future, and their design/detailed design is also being done. ▪ The M/P of this project will consider and make coordination with these existing/ongoing plans and projects to prevent overlaps and discoordination. 【Fukuoka City Question】 ◇ According to Slide 21, two existing WWTPs in the West (Lautoka and Ba) are already experiencing over capacity issues. The PGR1 turned in by JET did not include this factor (over-capacity WWTPs should be prioritized over WWTPs running at/under the designed capacity) in its priority city evaluation, but why is this? → (JET) ▪ Out of the six municipalities considered in the priority evaluation. Tavua and Rakiraki does not have existing WWTPs in the first place. Therefore, the "overcapacity of existing WWTPs" cannot be measured for these two cities, thus this factor was removed from the priority evaluation. 【Fukuoka City Question】 ◇ As for the CAPEX delivery report, if the sewerage system construction overrides WAF's financial capacity (budget from the Fijian government), are there any other financial sources WAF is considering? → (WAF) ▪ WAF is considering to obtain external funding from ADB, World Bank, JICA, and various Australian donors. The WAF water department has had experience in conducting multiple external source-funded projects, but the Wastewater department is yet to have this type of experience ▪ We are hoping to make proposals for such external source funding based on the JET team's M/P 10. Rescheduling of Training Session Day 2 Program

	● Since it is unknown to both JET and the WAF staff when the pipeline collapse incident will be resolved, WAF informed that there was a high possibility that the remaining WAF wastewater staff cannot attend the Day 2 program of the training session ● Fukuoka city strongly believes that the WAF wastewater staff in need of this training should participate to make value of this training program, and have asked the cooperation of several departments related to sewerage systems, If the WAF wastewater department staff cannot participate, we strongly ask to be notified beforehand so we can adjust our schedules. The “implementation of training sessions” is not our goal, but to “have WAF staff ● From the above situation, it was decided between WAF, Fukuoka City, and JET to postpone the 7/20 Training sessions ● Rescheduling of the training session will be done as follows. ◇ It is better for the training session to be held while the JET team is staying in Fiji. If this is difficult to achieve, the JET team local engineer team will make arrangements with WAF, and the session will be held online around early August. ◇ The training material from Day 1 will be presented to the absent WAF staff by the JET team. Questions will be collected from WAF staff and sent to Fukuoka City, or a separate online discussion session will be held. END

(3) Training on WWTP design (Mechanical, Electrical and Civil) (On-line training on 28th July2022)

Topic	The Project for Formulation of Wastewater Treatment Master Plan in Western Division Second Training Session: Day 2		Venue	WAF Central Office/Zoom Meeting
Date/Time	28, July 2022 10:00-13:00 (JST)、 13:00-16:00 (FJT)			
Participant s	WAF Central			
	Ifraaz Ali	Engineer		
	Paula.K	Engineer		
	Peter Qalilawa	Engineer Water		
	Jone Vunidawa	Manager Planning & Design		
	Rahul Nand	Engineer		
	Shavil Sharma	Graduate Engineer		
	Ashnil Kumar	Engineer		
	Pita Lagicere	Project Leader		
	Kemueli Serevi	Engineer Planning & Design		
	Hillary Fisher	Engineer		
	Monish Kumar	Engineer		
	Asneet Sagar	Graduate Engineer		
	Fukuoka City			
	Shingo MORIKAWA	Chief Policy Coordination Section		
	Shojiro HASHIZUME	Assistant Chief Policy Coordination Section		
	Masao ISHIZAKI	Chief (mechanical engineer) Treatment Facility Section		
	Shigeyuki YANO	Chief (electrical engineer) Treatment Facility Section		
	Katsutomo TANAKA	Chief (civil engineer) Treatment Facility Section		
	Yoko YAMANE	Interpreter		
JICA Expert Team (JET)				
NAKAJIMA Yoshinobu	Team Leader/ Sewerage Works management (NSC)			
HAYASHI Kiyohiko	Deputy Team Leader/ Organization & Institutions (NSC)			
WADA Tetsuo	Sewerage planning			
KOTEGAWA Yoko	WWTP planning and design / Coordinator (NSC)			

Material	(1) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Mechanical) (2) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Electrical) (3) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Civil)
Agenda	7. (1) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Mechanical) (Fukuoka City) 8. (2) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Electrical) (Fukuoka City) 9. (3) Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Civil) (Fukuoka City) 10. Discussion
Explanation of outline	This training session was jointly held between the Water Authority of Fiji (WAF), Fukuoka City Bureau of Roads and Sewerage, and the JICA Expert Team. The Second Training Session was planned to be held on two days, Discussion sessions were held after Fukuoka City's lectures (Sewerage Planning, Sewer Pipe Design) and WAF's presentation (WAF Wastewater Project Updates). The discussions' outline is as follows.
Comment	11. Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Mechanical) (1) Presentation ● Schematic flow of sewerage treatment ● Mechanical Assets of WWTPs ◇ Settling/Grit Removal Basin (Gate, screens, grit removal, main pump equipment) ◇ Primary Sedimentation Tank (Sludge scraper, sludge removal, scum removal equipment) ◇ Biological Reactor (Introduction of various treatment methods, mixer, aerator, blower equipment) ◇ Final Sedimentation Tank (Sludge scraper, sludge removal, scum removal equipment) ◇ Disinfection equipment ◇ Sludge Thickening (Gravity thickeners, mechanical thickeners) ◇ Sludge Digestion (Digestion tank, desulfurizer, gas tanks) ◇ Sludge Dewatering (centrifugal/press-fit screw press dewatering) ◇ Other (Treated water recycling equipment, deodorization equipment) (2) Question and Answer Session 【WAF QUESTION】 ◇ Is septage and human waste collected by bailing trucks accepted/treated at wastewater treatment plants? Or is there a different facility that treats them separately? → (Answer by Fukuoka City) ▪ For households not connected to centralized sewerage systems, bailing trucks collect human waste, which are brought to human waste treatment plants, which are separate from WWTPs. 【WAF QUESTION】 ◇ Is the treated water filtered in any way before disinfection? For example, by the dissolved air floatation method? → (Answer from Fukuoka City) ▪ No, the water is not filtered. Normally there are no extra treatment steps between the final sedimentation tank and disinfection 【WAF QUESTION】 ◇ What types of sludge dewatering machines are used in Japan? → (Answer from Fukuoka City) ▪ The centrifugal and press-fit screw press dewatering machines introduced in the slides are usually used. ▪ Sludge treatment in WWTPs are usually done in the order of sludge thickening→ anaerobic digestion→dewatering. 【WAF QUESTION】 ◇ How are odor problems dealt with? Is deodorization done by using chemicals? → (Answer from Fukuoka City) ▪ Deodorization has roughly two types of methods, chemical deodorization (using chemicals) and biological deodorization.

	【WAF QUESTION】 ◇ Around what temperature is sludge incinerated at? → (Answer from Fukuoka City) ▪ Sludge is incinerated at about 850°C. 【WAF QUESTION】 ◇ Is the biogas collected from anaerobic digestion also used in sludge incineration? → (Answer from Fukuoka City) ▪ The above is correct. 【WAF QUESTION】 ◇ Are harmful gasses other than H₂S also scrubbed from the biogas before being used for sludge incineration? → (Answer from Fukuoka City) ▪ The above is correct. Other harmful gasses/substances are removed from the biogas before being used. 【WAF QUESTION】 ◇ How often is the maintenance of mechanical equipment in WWTPs done? ◇ We are especially interested about the maintenance of equipment that comes in direct contact with raw sewerage and are easily corroded, for example the equipment in grit removal basins. → (Answer from Fukuoka City) ▪ There are roughly three types of maintenance: ▪ Daily maintenance : Operational data is recorded everyday, and checked to see if there are any abnormalities ▪ Visual Checkups : Equipment is visually inspected once a month for any abnormalities. ▪ Overhaul: Depending on the equipment, assets go through complete overhauls every 3~5 years. 12. Design and Supervision of Sewerage Systems-II (Electrical) (Fukuoka City) (1) Presentation ● Outline and Composition of Electrical Equipment ◇ Tips in planning/design ◇ Relationship and flow of each equipment ● Substation (composition, safety measures, status monitoring) ● Emergency Power Generation Equipment (Generators, tips in planning/design) ● Load Equipment (tips in planning/design, control center, speed control devices) ● Supervisory and Control Equipment (Operator Console, tips in planning/design, control center) ● Control and Instrumentation Power Supply Equipment (Mechanism of the machinery, and design tips of the battery capacity) ● Instrumentation Equipment (Study of instrumentation equipment and selection of instruments) ● Introduction of the FORViS System ◇ F : Fukuoka O : Observation R : Remote Vi : Viewing S : System ◇ ICT-based monitoring system that centralizes the operational information of WWTPS and pumping stations ◇ System can swiftly collect/share information between stations at times of natural disasters, as well as show real-time visual footages of damages, water levels, etc. ◇ System is to be expected to be utilized for sewerage treatment BCPs (2) Question and Answer Session 【WAF QUESTION】 ◇ Is the FORViS system similar to that of Fiji's SCADA system? → (Comment from Fukuoka City) ▪ We do not know what the SCADA system is. Can we have some explanations of the system?

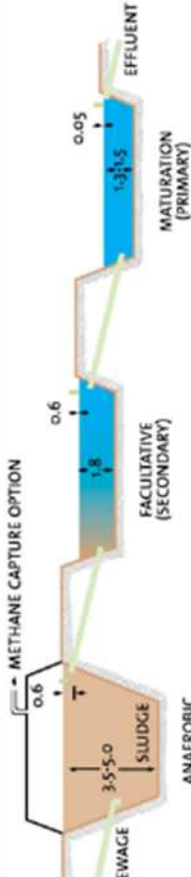
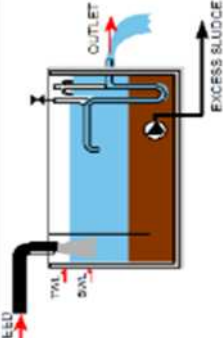
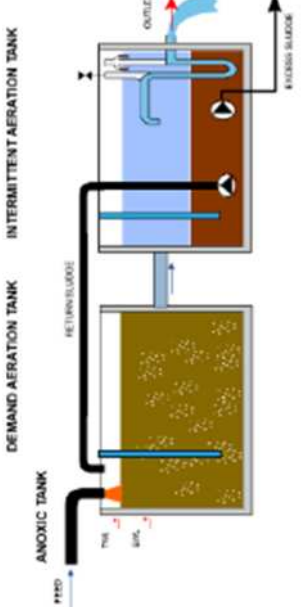
	→ (Supplementary comment from JET) - SCADA is the centralized pump station monitoring system in Fiji. It monitors the operational status of pumps not only in the West, but also those in the Central Region. → (Answer from Fukuoka City) - In that case, it can be considered that FORViS is similar to the SCADA system. However, it should be take note that FORViS can also monitor visual data 【WAF QUESTION】 ◇ What is the voltage of electricity brought to the WWTPs, be fore and after going through transformers? ◇ Also, is the voltage transformed in a single step? → (Answer from Fukuoka City) - Large WWTPs use a large amount of electricity, so they receive 6,600~66,000V, which is converted to 200V by transformers. - Conversion is done in two steps. For example, when the receiving voltage is 66,000V, it is first converted to 3,300V, then once again converted to 200V. 【WAF QUESTION】 ◇ How does the Star Delta Unit (Slide 13) control large-capacity motors? Do you use DOL or VSD? → (Answer from Fukuoka City) - When starting up large motors, the electric current sharply rises. The Star Delta Unit is used to suppress that sharp rise - It is difficult to understand the intent of the question, so please send us your question in writing later on. → (Detailed Answer provided by Fukuoka City in Writing) - The star-delta starter(a type of reduced-voltage starting method) is a method different from DOL(Direct OnLine motor starter), and it is adopted to reduce the starting current surge.This unit can reduce the starting current surge down to 1/3 to that of the DOL. - When the motor is starting, the motor windings are connected in a star configuration, which reduces the voltage across each winding. A few seconds later, the motor windings are then connected as a delta configuration, and the motor starts running normally. 【WAF QUESTION】 ◇ What is the capacity of emergency power generators shown in Slide 7? → (Answer from Fukuoka City) - Large WWTPs usually have two units, 2,500KVA each. Small pumping stations usually have one unit, that is around 150KVA 【Question from JET to WAF】 ◇ What is the ccapacity of emergency power generators equipped at Kinoya WWTP? → (Answer from WAF) - There is one 1,500KVA unit. 13. Design and Supervision of Sewerage Systems- II (Civil) (Fukuoka City) (1) Presentation ● Role and Components of Sewerage Systems ● Types of Pumping Stations (Stormwater Removal, Sewerage Relay, WWTP Pump-ups) ● Setting Design Flowrates (Separate vs Combined Sewer systems) ● Components of Pumping Stations ◇ Grit Chamber (shape, number of basins, structure, design standards) ◇ Pump wells (structure, design standards) ◇ Number of pumps (Types of pumps, design standards for separate/combined sewers) ● WWTPs ◇ Setting Design Flowrates ◇ Primary Settling Tank (design standards, shape) ◇ Bioreactor (Function, design standards, SRT, characteristics of various treatment methods)

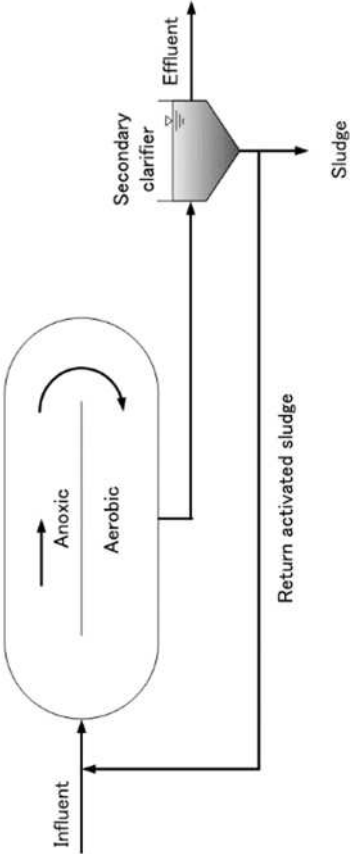
	◇ Final Sedimentation Tank (Difference between Primary settling tanks, design standards) ◇ Disinfection (Design standards and tips on planning) (2) Question and Answer Session 【WAF QUESTION】 ◇ Is infiltration of rainwater and groundwater also included in the design flow of pumping stations? → (Answer from Fukuoka City) ▪ Infiltrated water is not included in the design flowrates of rainwater pumping stations. However, in some cases the amount of these waters are considered in the design of sewerage pipes ▪ In the case of design flowrates of sewerage pumping stations, infiltrated water is included. 【WAF QUESTION】 ◇ WAF has some plans for setting up one more primary sedimentation tank at Suva's WWTP. Is there any way to improve the settling efficiency while having the same footprint? → (Answer from Fukuoka City) ▪ In Fukuoka City, there are no past records of utilizing methods to improve settling efficiencies of primary settling tanks ▪ However, when it comes to final sedimentation tanks, there is a method called the two-story settling tanks ▪ We will check of the methods applicability to primary settling tanks and answer back later on. Please send your question in writing. → (Detailed Answer provided by Fukuoka City in Writing) ▪ A two-story system is possible, but since the structure of the sedimentation tank becomes deep, it is considered to have disadvantages in terms of maintenance and management, such as inspection of the sludge scraper. ▪ In Fukuoka City, the two-story structure has been adopted for some final sedimentation tanks. 【WAF COMMENTS】 ◇ Kinoya WWTP currently has a temporary disinfection basin (the actual basin will be constructed later on), where disinfectants are being added to the treated water. ◇ The amount of disinfectants is decided by the water quality lab at Kinoya, so this is the first time we learned about the contact time of disinfectants and treated water ◇ Since the disinfectants are added at the head of the basin, we think that 15 minutes will pass before the water is released into the environment, but we are not sure. ◇ We will ask the lab if the factor of contact time is included in their calculation, and if needed change the amount of disinfectants → (Comment from Fukuoka City) ▪ For disinfection, the most important point is if the coliform count after disinfection is below the effluent standards. ▪ If the current disinfection dosage fulfills Fiji's effluent standards, then there is really no need of securing the 15-minute contact time. 【FUKUOKA CITY QUESTION】 ◇ Is the coliform count included in Fiji's effluent standards? → (Answer from WAF) ▪ Yes, it is. → (Supplementary comment from JET) ▪ In Fiji's General Effluent Standards, the Fecal Coliform Count is 400CFU/100mL; for Significant Ecological Zone Standards, the fecal coliform count is set at 200CFU/100mL 【WAF QUESTION】 ◇ How is the flowrate of disinfectants added to the disinfection basin decided? → (Answer from Fukuoka City)

	▪ Today, the chief of treated water quality is not here. Please send us your question along with its background (for example, if you want to know this information to compare it with Kinoya's current disinfection process, etc.) in writing, and we will send back an answer later on. → (Detailed Answer provided by Fukuoka City in Writing) ▪ The dosage is adjusted based on regular sampling/water quality testing of the effluent, so that the coliform count falls below the standard value. (Since increasing the chemicals' dosage will increase the operational costs, we adjusting the dosage to its optimal amount) 14. Other Questions 【FUKUOKA CITY QUESTION】 ◇ The training sessions up to this day mainly introduced the standard planning, design, and facilities of sewerage systems in Fukuoka City/Japan. ◇ While Fukuoka City's system ensures high levels of treatment, we assume that there are many gaps between Fiji's system and treatment plants (for example: scale of WWTPs) ◇ Please tell us if the contents of the past two training sessions have been applicable to the situations in Fiji. For example, if we are introducing methods that cannot be used in Fiji, or if we should adjust the contents of our presentation to the scales of Fijian WWTPs, please tell us. → (Answer from WAF) ▪ In both training sessions, the training material is very well organized and easy for us to understand. We feel that the level/scale of the contents are also fit for the Fijian side. ▪ Thus, we don't think there is the need to significantly change the contents of the training session. ▪ Through the training and discussion, the Fijian side is starting to see some points we would like to recheck/review on our current operation methods. We hope that in the future, these discussions and trainings will lead to the improvement of our facility O&M 【FUKUOKA CITY QUESTION】 ◇ As for the collected questions for the Training Session 2 Day 1 material, who will be translating the answers from Fukuoka City to English? → (Answer from JET) ▪ The JET team will translate the answers and send them to WAF 【FUKUOKA CITY QUESTION】 ◇ One of the questions from Training Session 2 Day 1 asks "How much rainwater infiltration is included in the design of separate sewer system pipes." ◇ Is the intent of this question "How much infiltration is included in the design sewerage flow rate of separate sewer system pipes?" → (Answer from WAF) ▪ That is correct.

END

APPENDIX 5-1 Wastewater Treatment Process Description

Process	Process Description	Advantages	Limitations:
Lagoon1)	 This is the most popular treatment in Fiji. This process consists of three ponds. First pond is an anaerobic pond (normally at least 3m deep) where sewerage is digested anaerobically. Second ponds is a facultative pond (normally 1.5m to 2m deep) where both anaerobic and aerobic digestion of sewerage. Last pond is a maturation pond (normally 0.9m to 1.5m deep) primarily responsible for pathogen removal by various ways mechanisms, including UV disinfection and daily high pH levels.	Advantages Operation is very easy. Operation and construction costs are very low. Limitations: Large area is required. Treatment capability depends on the weather condition. Intentional removal of nitrogen and phosphorus is difficult.	
Intermittently Decanted Extended Aeration (IDEA)3)	 Single System  Dual System	Advantages: 15 to 20 mg/L TN is achievable in Original IDEA process (single system). Less than 10 mg/L TN is achievable when the modified IDEA process (dual system) is adopted by installing return sludge pipe and pumps. Less area because of no equalization tank and final clarifiers. Simple layout because of tank shape is square or rectangular. Limitations: The balance tank is required to attenuate flows from the IDEA reactors. To achieve high nitrogen removal, operation of IDEA process is more complicated than original IDEA because the process flow is almost same as that of Ludzak-Ettinger process.	

	The Intermittently Decanted Extended Aeration(IDEA) Activated Sludge System is a hybrid between conventional sequencing batch reactor (SBR) and extended aeration (EA) systems. The treatment process is the same type of Sequencing Batch reactor (SBR) except for continuous feeding. The influent is fed into one side of the reactor so the flow does not disturb the mixed liquor during the settling and decant period. Wastewater flows through inlet pipe and into the reactor where BOD and nitrification occur. After aeration and settling, separated liquid is removed by an automated, time-controlled decant mechanism. Sludge wasting is also accomplished during phase.	
Oxidation Ditch4)	 The Oxidation ditch (OD) consists of a ring- or racetrack-shaped channel equipped with mechanical aeration and mixed devices. Screened and degrittied wastewater enters the channel and is combined with the return activated sludge. In Japan Advanced OD process which can remove nitrogen by denitrification is developed. As the wastewater leaves the aerobic zone, the DO concentration decreases and denitrification occurs down stream from the anaerobic zone in the reactor.	Advantages: - Less than 5 mg/L effluent TN is possible. - Large reactor volume is resistant to load variations without affecting effluent quality significantly. Limitations: - Large area is required. - DO monitoring is required.

APPENDIX 5-2 Wastewater Treatment Plant Calculation Input Parameters

(1) Influent Flow

The target wastewater to be treated at the WWTPs was set to be “inflow of sewerage from pipelines” (hereinafter referred as “pipeline sewerage”), and “domestic septage collected by bailing trucks”(hereinafter referred as “septage” or “domestic septage”). Refer to **Section 5-3-1(3)1** for details.

The inflow of piped sewerage was set to the projected flowrate in year 2036, when the connection to centralized treatment systems reaches its maximum during the M/P’s target period (**Table A5-2.1**).

Table A5-2.1 Influent flow from pipeline sewerage (Expected flowrate of 2036)

Parameter	Units	Navakai (Nadi)	Natabua (Lautoka)	Votua (Ba)	Tavua	Rakiraki	Olosara (Sigatoka)
Average Dry Weather Flowrate (ADWF)	m ³ /day	31292.8	30974.9	8923.2	3458.4	2030.6	5596.8

Source : JET

Domestic septage is expected to be accepted at three locations: Natabua, Rakiraki, and Olosara WWTP. Since the flowrate of domestic septage will change with the increase of households connected to centralized treatment systems, the largest daily average flowrate during the M/P’s target period (2017-2036) was adopted (**Table A5-2.2**).

Table A5-2.2 Domestic Septage Flowrate Projection of 2017-2036

WWTP	Bailed Septage Volume		Projected Year																				MAX
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
Natabua (Lautoka)	Annual Avg.	m ³ /yr	5047	4865	4675	4491	4308	4122	3936	3748	3565	3382	4060	4232	4356	4424	4451	4420	4346	4214	4030	3799	5047
	Daily Avg.	m ³ /d	21	20	19	19	18	17	16	16	15	16	17	18	18	18	19	18	18	18	17	16	21
Rakiraki	Annual Avg.	m ³ /yr	1467	1471	1479	1486	1497	1504	1512	1520	1529	1743	1966	2183	2411	2530	2643	2735	2814	2877	2928	2960	2960
	Daily Avg.	m ³ /d	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	9	10	11	11	12	12	12	12	12	12
Natabua (Lautoka)	Annual Avg.	m ³ /yr	1536	1507	1480	1451	1425	1398	1369	1342	1313	1460	1599	1730	1856	1972	2083	2184	2281	2367	2446	2520	2520
	Daily Avg.	m ³ /d	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11

(Daily Avg.=Annual Avg÷ (247 workdays/yr))

Source : JET

The daily inflow of the above three WWTPs was set as the sum of pipeline sewerage and domestic septage (to be more exact, the leachate produced from the dewatering of domestic septage), which was rounded up to 1000 m³/d (**Table A5-2 3**). The calculated influent flowrates of all WWTPs are listed in **Table A5-2.4**.

Table A5-2 3 Daily Flowrate of Influent at Natabua, Rakiraki, and Olosara WWTP

Parameter	Units	Natabua (Lautoka)	Rakiraki	Olosara (Sigatoka)
Piped Sewerage (ADWF)	m ³ /day	30,974.9	2,030.6	5,596.8
Domestic Septage (Daily Avg.)	m ³ /day	21.0	12.0	11.0
Piped Sewerage + Domestic Septage	m ³ /day	30,995.9	2,042.6	5,607.8
Total Influent (ADWF)	m ³ /day	31,000	3,000	6,000

Source: JET

Table A5-2.4 Influent Flowrate of WWTPs

Parameter	Units	Navakai (Nadi)	Natabua (Lautoka)	Votua (Ba)	Tavua	Rakiraki	Olosara (Sigatoka)
Average Dry Weather Flowrate (ADWF)	m ³ /day	32,000	31,000	9,000	4,000	3,000	6,000

Source: JET

(2) Influent Water Quality

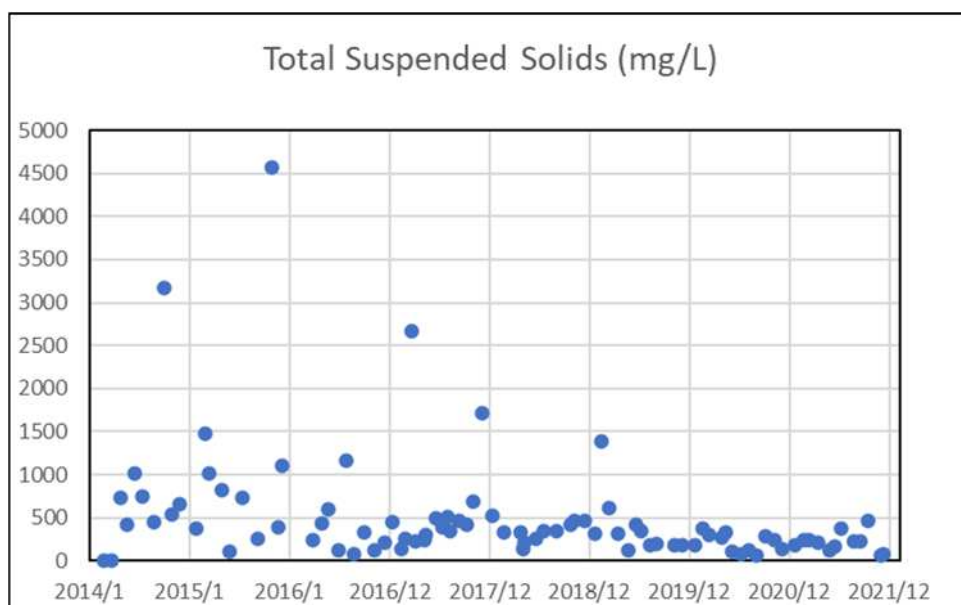
1) Piped Sewerage

Existing WWTPs have recorded influent water quality data from 2014-2021, as well as parameter values that were adopted in past Donor projects. In this project, the highest value from these records/reports were adopted for safekeeping.

i) Recorded Influent Data (Raw data)

During the field survey, 8 years' worth (2014-2021) of influent data was provided by WAF; however, due to the COVID-19 pandemic that started in 2019, the tourist population visiting Fiji sharply dropped from 2020, significantly affecting the economy and industrial activities. It is believed that the influent flowrate and water quality of sewerage also was affected by this decrease, producing irregular data. Therefore, in this report the raw data from 2014-2018 was adopted.

In addition, the recorded data showed some unusually high/low results, which were perhaps caused by sample contamination, mismeasurements etc. As an example, Navakai WWTP's TSS data is shown in **Figure A5-2.1**.



Source : Created by JET based on WAF laboratory data

Figure A5-2.1 TSS data of Navakai WWTP Influent

Since these abnormally high/low data values can lead to the over/under-estimation of influent water quality, the outlier data (top 5% and bottom 5%) was removed from each data group before calculations. **Table A5-2.5** organizes the annual average of raw influent data for each existing WWTP, as well as their maximum value

Table A5-2.5 2014-2018 Annual Average of Raw Influent Data, and its Maximum Value

WWTP	2014-2018 Raw Influent Data (Annual Average)					
	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	FOG (mg/L)
Navakai (Nadi)	484.1	325.7	712.3	31.2	3.5	75.7
Natabua (Lautoka)	413.0	285.6	559.5	25.9	3.7	83.0
Votua (Ba)	406.2	242.8	558.0	20.3	3.3	52.4
Olosara (Sigatoka)	328.3	251.7	512.4	23.2	3.5	59.0
Maximum Value	484.1	325.7	712.3	31.2	3.7	83.0

Source: Created by JET based on WAF data

ii) Adopted Values in Past Projects

Navakai, Natabua, and Votua WWTP has had past projects designing to increase its' treatment capacities. The adopted influent water quality parameters of each project are organized in **Table A5-2.6** below.

Table A5-2.6 Adopted Influent Water Quality Parameters of Past Donor Projects, and Their Maximum Value

Target WWTP	Report Title	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
Navakai (Nadi)	Navakai WWTP Upgrade Detailed Design Report (2021)	310	300	659	58	6.0
	Navakai WWTP Upgrade Concept Report (2018)	372	360	792	70	7.0
Natabua (Lautoka)	Consultancy for the Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua Options Assessment	300	300	600	60	9.0
	Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua (2019)	300	300	624	60	9.0
Votua (Ba)	VotuaWWTP_Options_Memo_Client Issue_221121 (2021)	300	250	550	45	7.0
Maximum Value		372	360	792	70	9.0

Source: Created by JET based on "Navakai WWTP Upgrade Detailed Design Report," "Navakai WWTP Upgrade Concept Report," "VotuaWWTP_Options_Memo_Client Issue_221121"(Hunter H2O), "Consultancy for the Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua Options Assessment," "Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua" (GHD)

iii) Adopted Influent Water Quality Input Data

Table A5-2.7 organizes the input data of each influent water quality parameter that was adopted based on recorded raw data and past donor projects.

Table A5-2.7 Adopted Input Data for Influent Water Quality

Data Group	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	FOG (mg/L)
2014-2018 Data	484.1	325.7	712.3	31.2	3.7	83.0
Past Projects	372.0	360.0	792.0	70.0	9.0	—
Input Data	484.1 →485.0	360.0	792.0	70.0	9.0	83.0

Source : JET

2) Domestic Septage

Since Fiji does not have past records of septage water quality data, the recorded data from "Adoption/Demonstration Experiment Project of Johkaso Sludge Dewatering Machines in Cebu City (Philippines)" (2016) was adopted as a substitute. This project publicly provides actual data of the leachate and sludge cakes of mechanically dewatered Johkaso sludge.

Table A5-2.8 Adopted Water Quality Input Data of Domestic Septage

Leachate			Dewatered Sludge	
TSS	BOD	COD	Water Content	TSS
620 mg/L	250 mg/L	200 mg/L	75%	20,000 mg/L

Source: "Adoption/Demonstration Experiment Project of Johkaso Sludge Dewatering Machines in Cebu City (Philippines)" (AMCON INC.) (2016)

3) Influent Water Quality Parameters of WWTPs Accepting Domestic Septage

As mentioned earlier, Natabua, Rakiraki, and Olosara WWTPs accept domestic septage, and are planned to

treat its dewatering leachate along with piped sewerage. The water quality of the mixture was calculated, and its results are organized in **Table A5-2.9**.

Since the amount of leachate was much smaller compared to the inflow of pipeline sewerage, the addition of domestic septage leachate only minimally affected the water quality. Therefore, the same input values for water quality parameters will be adopted at all WWTPs of the Western region.

Table A5-2.9 Water Quality Input Data of Domestic Septage-accepting WWTPs

WWTP	Pipeline Sewerage			Domestic Septage Leachate			Total Influent	
	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	Flowrate (m ³ /day)	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	Flowrate (m ³ /day)	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)
Natabua (Lautoka)	484.1	360	30,974.9	620	250	21.0	484.1 →450	359.9 →360
Rakiraki	484.1	360	2,030.6	620	250	12.0	484.8 →450	359.4 →360
Olosara (Sigatoka)	484.1	360	5,596.8	620	250	11.0	484.3 →450	359.8 →360

Source: JET

(3) Influent Water Temperature

The influent water temperature was set based on actual data recorded at Suva's Kinoya WWTP.

In the capacity calculation of WWTPs, safer-side results are produced by adopting lower water temperatures. The lowest water temperature recorded at Kinoya WWTP during 2007-2021 was 17.6°C. However, during this 15-year period this was the only instance when the influent temperature fell below 18°C, suggesting that this was an abnormal value.

On the other hand, influent temperatures between 19.4~19.8°C was recorded multiple times. From the above data analysis results, the water temperature in this project's calculations was set at 20°C.

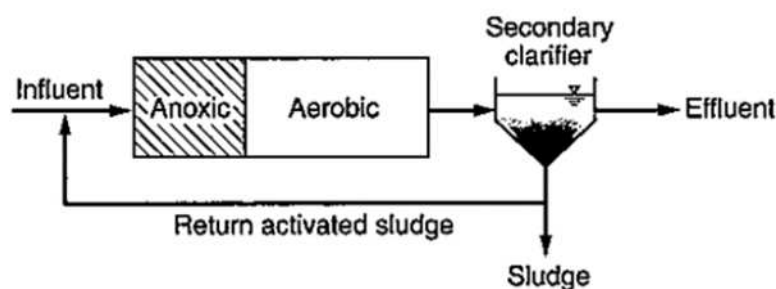
APPENDIX 5-3 IDEA Treatment Capacity

1) Object

IDEA process is used in Australia and other countries. However, in-depth performance evaluation of a full-scale IDEA plant is rare, making it challenging for water utilities to meet the increasingly stringent discharge requirements with these assets. Based on these backgrounds, this section evaluated the ability of IDEA processes on nitrogen by literature reviews.

2) Literature review

Several literatures mention the abilities on IDEA process which are summarized as follows. Simple IDEA process and the same process mechanism as IEDA can remove BOD and oxidize ammonia which is called as nitrification. As for nitrogen removal, simple IDEA process can achieve around 15 to 20 mg/L as N of treated water quality. However, to achieve less than 10 mg/L of TN, the installation of RAS system to IDEA process was proposed. This modified IDEA process seems to be similar to the Ludzak-Ettinger process categorized in the preanoxic process without the secondary clarifier. Since the process flow are similar, the nitrogen removal ability of modified IDEA process could be almost same as that of the Ludzak-Ettinger process.



Source: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Fifth Ed.

Figure A5-3.1 Process Diagram of Ludzak-Ettinger process

Table A5-3.1 Water Quality Input Data of Domestic Septage-accepting WWTPs

Name of Literature	Descriptions on Treated Water Quality
Insights drawn from a full-scale Intermittently Decanted Extended Aeration (IDEA) plant for optimizing nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater1)	Results of actual full scale IDEA process showed that the plant enabled good nitrification in the IDEA effluent. However, the denitrification efficiency was low (ca. 50%), and could be improved by decreasing oxygen supply to suppress nitrite oxidation and preserve influent carbon.
Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Fifth Ed., PP786-7952)	ICEAS process which is the same process as IDEA is mentioned as a process for BOD removal and nitrification. This process is not mentioned as intentionally nitrogen removal process.
Envitech Web site 3)	Total-N concentrations of 15 mg/l on a 90 percentile basis are typically achieved in the IDEA single tank treatment process. In the dual tank IDEA treatment process, total -N concentrations of 6 mg/l on a 90 percentile basis are achieved. Dual tank IDEA process has addressed the limitations of single tank processes by providing a demand aeration tank prior to the intermittent tank, and incorporating a recycle activated sludge (RAS) stream.
Warnambool STP Upgrade Project Report 2 4)	The existing Warnambool IDEA tanks provide biological Nitrogen removal, and are capable of producing treated effluent with an annual median total Nitrogen concentration of approximately 20mg/L. Under suitable influent conditions, the Warnambool STP theoretically has the capability to produce treated effluent with a total Nitrogen limit of 15–20mg/L. To secure the 15 mg/L of total nitrogen, the addition of two additional treatment tanks, which are IDEA reactors and will treat approximately one third of the influent, was proposed. The reactors have dedicated anoxic zones that further enhance Nitrogen removal, with a capability of achieving a median effluent Nitrogen concentration of 15mg/L under suitable conditions.
Introduction of IDEA 5)	The IDEA can achieve high nitrogen removal, with proper carbon to nitrogen ratio, less than 10 mg/L of total nitrogen in the decant can be expected by modifying the basic IDEA system with an anoxic zone which can help the nitrogen removal. In the modification, a concrete structure is built at the inlet end of the IDEA tank, there are mixers in the anoxic zone, and a pump will transfer the mixed liquor from the main aerated zone back to the anoxic zone, the mixed liquor has been exposed to aeration, and ammonia has been converted to nitrate.

Source:

Science of The Total Environment, Volume 744, 20 November 2020, 140576

Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Fifth Ed.

[http://www.envitech.com.my/index.php/technology/idea-sewerage-treatment-system/wannon water .co. au](http://www.envitech.com.my/index.php/technology/idea-sewerage-treatment-system/wannon%20water%20co.%20au)

<https://engage.vic.gov.au/>

3) Conclusions

Basic IEDA can remove BOD and oxidize ammonia. Around 15 to 20 mg/L of total nitrogen can be achieved in basic IDEA process. To achieve less than 10 mg/L of total nitrogen, the modification with adding recycling activated sludge stream to basic IDEA is necessary.

APPENDIX 5-4 Stabilization Pond/Aerated Lagoon Calculation

Natabua WWTP in Lautoka Waste Stabilization Pond

Design Flow

ADWF (with Septage)	m3/day	31,000
Max Daily Flow Rate	m3/day	34,100
Max Hourly Flow Rate	m3/day	62,000
PWWF(with Septage)	m3/day	155,000

Design Quality

Inflow

BCD	360	mg/L
TSS	484	mg/L
TKN	70	mg/L
TP	9	mg/L
COD	792	mg/L

Pond Dimension

AN 1	Anaerobic Pond 1	Surface Area	6,350 m ²
		Volume	11,500 m ³
		Average depth	2 m
AN 2	Anaerobic Pond 2	Surface Area	6,150 m ²
		Volume	11,000 m ³
		Average depth	2 m
FA 1	Facultative Pond 1	Surface Area	16,800 m ²
		Volume	22,900 m ³
		Average depth	1.5 m
FA2	Facultative Pond 2	Surface Area	14,200 m ²
		Volume	20,590 m ³
		Width	92 m
MA 1	Maturation Pond 1	Surface Area	12,200 m ²
		Volume	13,150 m ³
		Average depth	1.1 m
MA 2	Maturation Pond 2	Surface Area	12,200 m ²
		Volume	13,150 m ³
		Average depth	1.1 m
SDS 1	Septage Dumping Site	n.d.	Septage is dumped in a septage dumping site.

Other	Lift Pump station	3 pumps	Pump 1 (100 L/s@ 10m H) Pump 2&3 (160 L/s@ 10m H x 2 pumps) Estimated Inflow based on pumps $29,000 \text{ m}^3/\text{d} = (100 + 160 \times 2) \times$ $60 \times 60 \times 24 / 1000 \times 0.8$

Source: GHD, Upgrading of Wastewater Treatment Plant at Natabua Data and Information
Data and Information Review, September 2019

1) Anaerobic Pond

$$Q = AaDa \lambda v / Li$$

Q is average flow, m³/d

Aa Da is anaerobic pond working Volume, m³

$$Aa Da = 11,500 + = 11,500 \text{ m}^3$$

λv is volumetric loading, g/m³/d

$$T = 20 \text{ Celsius}$$

$$\lambda v = 10 \times 20 + 100 = 300 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

Facultative Pond	Loading g BOD/m ³ day	BOD removal %
< 10	100	40
10-20	20T-100	2T + 20
20-25	10T+100	2T + 20
>25	350	70

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in
Developing Countries (2003), p109

Li is raw sewage strength, mg BOD/L

$$(\text{Influence BOD} = 360 \text{ mg/L})$$

$$Q = 11,500 \times 300 / 360 = 9,583 \text{ m}^3/\text{d}$$

2) Facultative Pond

$$Q = \lambda s A^2 / 10 Li$$

Q is average flow, m³/d

λs is surface loading, kg /ha/c

$$T = 20 \text{ Celsius}$$

$$\lambda v = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20)^{20 - 25}$$

$$= 253.07 \text{ /ha/c}$$

Facultative Pond	Surface Loading kg BOD/ ha day	Facultative Pond Effluent BOD, mg/L

Primary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-20)}$	$Li / (1 + k_1 \theta_d)$ $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}, k_{(20)} = 0.3$
Secondary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-20)}$	$Li / (1 + k_1 \theta_d)$ $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}, k_{(20)} = 0.1$

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), pp118-121

Af is facultative pond mid depth area, m² (FA1,FA2,AN2,MA1)

$$A_f = 16,800 + 14,200 + 6,150 + 12,200 = 49,350 \text{ m}^2$$

Li is raw sewage strength, mg BOD/L = 360 mg/L

BOD removal % of anaerobic pond

$$\text{BOD removal \%} = 2T + 20 = 2 \times 20 + 20 = 60 \%$$

Assuming Reduced Removal rate of anaerobic pond is 50 %

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from anaerobic pond} &= Li - Li \times \text{BOD Rem.} \times 50 \% \\ &= 360 - 360 \times 60 \% \times 50 \% \\ &= 252 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 253.07 \times 49,350 / 10 / 252 = 4,956 \text{ m}^3/\text{d} \\ &\rightarrow 4,000 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

$$k_1(T) = k_1(20) \times 1.05^{(T - 20)}$$

For primary facultative pond, $k_1(20) = 0.3$ /day

For secondary facultative pond, $k_1(20) = 0.1$ /day

$$k_1(T) = 0.3 \times 1.05^{(20 - 20)} = 0.3$$

$$\begin{aligned} \theta &= V_f / Q = (22,900 + 20,590 + 11,000 + 13,150) / 4,000 \\ &= 16.91 \end{aligned}$$

Li

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from facultative pond} &= \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ &= 252 / (1 + 0.3 \times 16.9) \\ &= 41.5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3) Maturation Pond

$$Q = V/3 = (13,150 + \quad) / 3 = 4,383 \text{ m}^3/\text{d}$$

Q is average flow, m³/d

Li

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ &\quad k_1 = 0.05 \end{aligned}$$

$$\theta = 13,150 / 4,000 = 3.288$$

$$= 41.5 / (1 + 0.05 \times 3.288)$$

$$= 35.6 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L : General in Concentration Standards}$$

of National Liquid Waste Standards

(PowerWater)

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \text{Effluent BOD from facultative pond} \times 0.75 \\ &= 41.5 \times 0.75 = 31.1 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

For Q= 4,000 m³/d

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= (11,500 + 11,000 + 22,900 + 20,590 + 13,150) \\ &= 79,140 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desludging Duration : 10 years

$$\text{Desludging Volume} = 79,140 / 10 = 7,914 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 7,914 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 633 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 633 / 0.3 = 2,110 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 2,500 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

For Q= 31,000 m³/d

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= 79,140 / 4,000 \times 31,000 \\ &= 613,335 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desludging Duration : 10 years

$$\text{Desludging Volume} = 613,335 / 10 = 61,334 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 61,334 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 4,907 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

Dry Time: 5 months

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 4,907 / 0.3 \times 5 = 81,778 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 820 \text{ m} = 82,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dry Desludge Storage for 20 years

$$\begin{aligned} &= 633 \times 31,000 / 4,000 \times 20 = 98,134 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 3 \text{ m} \times 200 \text{ m} \times 170 \text{ m} = 102,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Septage Acceptance pond

$$\text{Septage Volume} = 42 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow 42 \times 30 \text{ days} = 1,260 \text{ m}^3/\text{month}$$

$$\text{3months Volume} = 1,260 \times 3 = 3,780 \text{ m}^3$$

Septage Acceptance pond

$$\rightarrow 2 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 4,000 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Septage TSS} &= 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \% \text{ of water cont.} \\
 \text{Deseptage Volume} &= 3,780 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 20,000 / 1,000,000 \\
 \text{(Dewatered)} &\times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\
 &= 302 \text{ m}^3 \\
 \text{Dry Area : 5 months} & \\
 \text{Septage Dry Area} &= 302 / 0.3 / 3 \times 5 = 1,680 \text{ m}^2 \\
 &\rightarrow 100 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 2,000 \text{ m}^2 \\
 \text{Dry Septage Strage for 20 years} &= 302 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 4 \times 20 \text{ years} \\
 &= 24,192 \text{ m}^3 \rightarrow 3 \text{ m} \times 200 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 24,000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Votua WWTP in Ba
Waste Stabilization Pond

Design Flow

ADWF (with Septage)	m ³ /day	9,000
Max Daily Flow Rate	m ³ /day	9,900
Max Hourly Flow Rate	m ³ /day	18,000
PWWF(with Septage)	m ³ /day	45,000

Design Quality

Inflow

BOD	360	mg/L
TSS	484	mg/L
TKN	70	mg/L
TP	9	mg/L
COD	792	mg/L

Pond Dimension

AN 1	Anaerobic Pond 1	Surface Area	1,600 m ²
		Volume	4,320 m ³
		Average depth	2.7 m
AN 2	Anaerobic Pond 2	Surface Area	1,600 m ²
		Volume	4,320 m ³
		Average depth	2.7 m
FA 1	Facultative Pond 1	Surface Area	3,200 m ²
		Volume	4,480 m ³
		Average depth	1.4 m
FA2	Facultative Pond 2	Surface Area	3,200 m ²
		Volume	4,480 m ³
		Average depth	1.4 m
MA 1	Maturation Pond 1	Surface Area	9,450 m ²
		Volume	11,340 m ³
		Average depth	1.2 m

Source: hunterh2O, Votua Wastewater Treatment Plant Site Condition Assessment, February 2020

1) Anaerobic Pond

$$Q = AaDa \lambda v/Li$$

Q is average flow, m³/d

Aa Da is anaerobic pond working Volume, m³

$$Aa Da = 4,320 + \quad = 4,320 \text{ m}^3$$

λv is volumetric loading, g/m³/d

T = 20 Celsius

$$\lambda v = 10 \times 20 + 100 = 300 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

Facultative Pond	Loading g BOD/m ³ day	BOD removal %
< 10	100	40
10-20	20T-100	2T + 20
20-25	10T+100	2T + 20
>25	350	70

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), p109

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L

(Influence BOD = 360 mg/L)

$$Q = 4,320 \times 300 / 360 = 3,600 \text{ m}^3/\text{d}$$

2) Facultative Pond

$$Q = \lambda s A_f / 10 L_i$$

Q is average flow, m³/d

λs is surface loading, kg /ha/d

T = 20 Celsius

$$\lambda v = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20)^{(20 - 25)} = 253.07 \text{ /ha/d}$$

Facultative Pond	Surface Loading kg BOD/ ha day	Facultative Pond Effluent BOD, mg/L
Primary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_R)$, $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{(20)} = 0.3$
Secondary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_R)$, $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{(20)} = 0.1$

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), pp118-121

A_f is facultative pond mid depth area, m² (FA1, FA2, AN2)

$$A_f = 3,200 + 3,200 + 1,600 = 8,000 \text{ m}^2$$

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L = 360 mg/L

BOD removal % of anaerobic pond

$$\text{BOD removal \%} = 2T + 20 = 2 \times 20 + 20 = 60 \%$$

Assuming Reduced Removal rate of anaerobic pond is 50 %

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from anaerobic pond} &= L_i - L_i \times \text{BOD Rem.} \times 50 \% \\ &= 360 - 360 \times 60 \% \times 50 \% \\ &= 252 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{253.07 \times 8,000}{10 \times 252} = 803 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow 1,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$k_1(T) = k_1(20) \times 1.05^{(T - 20)}$$

$$\text{For primary facultative pond, } k_1(20) = 0.3 \text{ /day}$$

$$\text{For secondary facultative pond, } k_1(20) = 0.1 \text{ /day}$$

$$k_1(T) = 0.3 \times 1.05^{(20 - 20)} = 0.3$$

$$\theta = V / Q = (4,480 + 4,480 + 4,320 + 11,340) / 1,000 = 24.62$$

Li

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from facultative pond} &= \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ &= 252 / (1 + 0.3 \times 24.6) \\ &= 30.1 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3) Maturation Pond

$$Q = V/3 = (11,340 + \quad) / 3 = 3,780 \text{ m}^3/\text{d}$$

Q is average flow, m³/d

Li

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ k_1 &= 0.05 \\ \theta &= 11,340 / 1,000 = 11.3 \\ &= 30.1 / (1 + 0.05 \times 11.3) \\ &= 19.2 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L : General in Concentration Standards} \\ &\quad \text{of National Liquid Waste Standards} \end{aligned}$$

(PowerWater)

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \text{Effluent BOD from facultative pond} \times 0.75 \\ &= 30.1 \times 0.75 = 22.5 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

For Q = 1,000 m³/d

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= (4,320 + 4,320 + 4,480 + 4,480 + 11,340) \\ &= 28,940 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desludging Duration : 10 years

$$\text{Desludging Volume} = 28,940 / 10 = 2,894 \text{ m}^3/\text{year}$$

Lagoon TSS = 20,000 mg/L 75 %

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume (Dewater)} &= 2,894 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 232 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 232 / 0.3 = 772 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 80 \text{ m} = 8,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{For } Q = 9,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= 28,940 / 1,000 \times 9,000 \\ &= 260,460 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Desludging Duration : 10 years}$$

$$\text{Desludging Volume} = 260,460 / 10 = 26,046 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 26,046 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 2,084 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Dry Time: 5 months}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 2,084 / 0.3 \times 5 = 34,728 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 350 \text{ m} = 35,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dry Desludge Storage for 20 years}$$

$$= 232 \times 9,000 / 1,000 \times 20 = 41,674 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow 3 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 150 \text{ m} = 45,000 \text{ m}^3$$

Olosara WWTP in Sigatoka
Waste Stabilization Pond

Design Flow

ADWF (with Septage)	m ³ /day	6,000
Max Daily Flow Rate	m ³ /day	6,600
Max Hourly Flow Rate	m ³ /day	12,000
PWWF(with Septage)	m ³ /day	29,000

Design Quality

Inflow

BOD	360	mg/L
TSS	484	mg/L
TKN	70	mg/L
TP	9	mg/L
COD	792	mg/L

Pond Dimension

AN 1	Anaerobic Pond 1	Surface Area	1,140 m ²
		Volume	3,420 m ³
		Average depth	3 m
AN 2	Anaerobic Pond 2	Surface Area	1,140 m ²
		Volume	3,420 m ³
		Average depth	3 m
FA 1	Facultative Pond 1	Surface Area	9,779 m ²
		Volume	13,691 m ³
		Average depth	1.4 m
MA 1	Maturation Pond 1	Surface Area	5,476 m ²
		Volume	6,571 m ³
		Average depth	1.2 m
MA 2	Maturation Pond 2	Surface Area	5,476 m ²
		Volume	6,571 m ³
		Average depth	1.2 m

Source: hunterh20, Olosara Wastewater Treatment Plant Site Condition Assessment, February 2020

1) Anaerobic Pond

$$Q = AaDa \lambda_v / Li$$

Q is average flow, m³/d

Aa Da is anaerobic pond working Volume, m³

$$Aa Da = 3,420 + \quad = 3,420 \text{ m}^3$$

λv is volumetric loading, g/m³/d

T = 20 Celsius

$$\lambda v = 10 \times 20 + 100 = 300 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

Facultative Pond	Loading g BOD/m ³ day	BOD removal %
< 10	100	40
10-20	20T-100	2T + 20
20-25	10T+100	2T + 20
>25	350	70

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), p109

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L

(Influence BOD = 360 mg/L)

$$Q = 3,420 \times 300 / 360 = 2,850 \text{ m}^3/\text{d}$$

2) Facultative Pond

$$Q = \lambda s A_f / 10 L_i$$

Q is average flow, m³/d

λs is surface loading, kg /ha/d

T = 20 Celsius

$$\lambda v = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20)^{(20 - 25)} = 253.07 \text{ /ha/d}$$

Facultative Pond	Surface Loading kg BOD/ ha day	Facultative Pond Effluent BOD, mg/L
Primary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_2 \theta_R)$, $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{(20)} = 0.3$
Secondary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_2 \theta_R)$, $k_1 = k_{(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{(20)} = 0.1$

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), pp118-121

A_f is facultative pond mid depth area, m² (FA1, AN2, MA1)

$$A_f = 9,779 + 1,140 + 5,476 = 16,395 \text{ m}^2$$

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L = 360 mg/L

BOD removal % of anaerobic pond

$$\text{BOD removal \%} = 2T + 20 = 2 \times 20 + 20 = 60 \%$$

Assuming Reduced Removal rate of anaerobic pond is 50 %

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from anaerobic pond} &= L_i - L_i \times \text{BOD Rem.} \times 50 \% \\ &= 360 - 360 \times 60 \% \times 50 \% \\ &= 252 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{253.07 \times 16,395}{10 \times 252} = 1,646 \text{ m}^3/\text{d} \\ \rightarrow 1,500 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$k_1(T) = k_1(20) \times 1.05^{(T - 20)}$$

$$\text{For primary facultative pond, } k_1(20) = 0.3 \text{ /day}$$

$$\text{For secondary facultative pond, } k_1(20) = 0.1 \text{ /day}$$

$$k_1(T) = 0.3 \times 1.05^{(20 - 20)} = 0.3$$

$$\theta = V / Q = (13,691 + 3,420 + 6,571 + \dots) / 1,500 \\ = 15.7879$$

Li

$$\text{Effluent BOD from facultative pond} = \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ = \frac{252}{1 + 0.3 \times 15.8} \\ = 43.9 \text{ mg/L}$$

3) Maturation Pond

$$Q = V / 3 = (6,571 + \dots) / 3 = 2,190 \text{ m}^3/\text{d}$$

Q is average flow, m³/d

Li

$$\text{Effluent BOD from maturation pond} = \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ k_1 = 0.05 \\ \theta = 6,571 / 1,500 = 4.381$$

$$= \frac{43.9}{1 + 0.05 \times 4.381} \\ = 36 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L : General in Concentration Standards of National Liquid Waste Standards}$$

(PowerWater)

$$\text{Effluent BOD from maturation pond} = \text{Effluent BOD from facultative pond} \times 0.75 \\ = 43.9 \times 0.75 = 32.9 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L}$$

For Q = 1,500 m³/d

$$\text{Sludge Volume} = (3,420 + 3,420 + 13,691 + 6,571 + \dots) \\ = 27,102 \text{ m}^3$$

Desludging Duration : 10 years

$$\text{Desludging Volume} = 27,102 / 10 = 2,710 \text{ m}^3/\text{year}$$

Lagoon TSS = 20,000 mg/L 75 %

$$\text{Desludge Volume (Dewater)} = \frac{2,710 \times 20,000}{1,000,000} \times \frac{1,000}{0.25} / 1,000 \\ = 217 \text{ m}^3$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 217 / 0.3 = 723 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 1,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{For } Q = 6,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= 27,102 / 1,500 \times 6,000 \\ &= 108,407 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Desludging Duration : 10 years}$$

$$\text{Desludging Volume} = 108,407 / 10 = 10,841 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume (Dewater)} &= 10,841 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 867 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Dry Time: 5 months}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 867 / 0.3 \times 5 = 14,454 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 60 \text{ m} \times 250 \text{ m} = 15,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dry Desludge Storage for 20 years}$$

$$= 217 \times 6,000 / 1,500 \times 20 = 17,345 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow 3 \text{ m} \times 300 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 18,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Septage Acceptance pond}$$

$$\text{Septage Volume} = 22 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow 22 \times 30 \text{ days} = 660 \text{ m}^3/\text{month}$$

$$3 \text{ months Volume} = 660 \times 3 = 1,980 \text{ m}^3$$

$$\text{Septage Acceptance pond}$$

$$\rightarrow 2 \text{ m} \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} = 2,280 \text{ m}^3$$

$$\text{Septage TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \% \text{ of water cont.}$$

$$\begin{aligned} \text{Deseptage Volume} &= 1,980 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 20,000 / 1,000,000 \\ \text{(Dewatered)} &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \end{aligned}$$

$$= 158 \text{ m}^3$$

$$\text{Dry Area : 5 months}$$

$$\text{Septage Dry Area} = 158 / 0.3 / 3 \times 5 = 880 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow 60 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 1,200 \text{ m}^2$$

$$\text{Dry Septage Storage for 20 years} = 158 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 4 \times 20 \text{ years}$$

$$= 12,672 \text{ m}^3 \rightarrow 3 \text{ m} \times 300 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 18,000 \text{ m}^3$$

WWTP in Tavua
Waste Stabilization Pond

Design Flow

ADWF (with Septage)	m ³ /day	4,000
Max Daily Flow Rate	m ³ /day	4,400
Max Hourly Flow Rate	m ³ /day	7,000
PWWF(with Septage)	m ³ /day	18,000

Design Quality

Inflow

BOD	360	mg/L
TSS	484	mg/L
TKN	70	mg/L
TP	9	mg/L
COD	792	mg/L

1) Anaerobic Pond

$$AaDa = Q \times Li / \lambda v$$

Aa Da is anaerobic pond working Volume, m³

Q is average flow, m³/d

Li is raw sewage strength, mg BOD/L

(Influence BOD = 360 mg/L)

λv is volumetric loading, g/m³/d

T = 20 Celsius

$$\lambda v = 10 \times 20 + 100 = 300 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

Facultative Pond	Loading g BOD/m ³ day	BOD removal %
< 10	100	40
10-20	20T-100	2T + 20
20-25	10T+100	2T + 20
>25	350	70

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), p109

$$\begin{aligned} AaDa &= 4,000 \times 360 / 300 \\ &= 4,800 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 4 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 4 = 12,800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Facultative Pond

$$AaDa = Q \times Li / \lambda s$$

λ_s is surface loading, kg /ha/c

$T = 20$ Celsius

$$\lambda_s = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20)^{(20 - 25)} = 253.07 \text{ /ha/c}$$

Facultative Pond	Surface Loading kg BOD/ ha day	Facultative Pond Effluent BOD, mg/L
Primary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_r)$, $k_1 = k_{1(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{1(20)} = 0.3$
Secondary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_r)$, $k_1 = k_{1(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{1(20)} = 0.1$

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), pp118-121

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L = 360 mg/L

$$A_f = 4,000 \times 10 \times 360 / 253.07 = 56,901 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow 40 \text{ m} \times 250 \text{ m} \times 4 = 40,000 \text{ m}^2$$

$$\theta_r = 2 \times A_f \times D_f / (2Q - 0.001eA_f)$$

θ_r : Retention time (days)

$D_f = 1.8 \text{ m}$: Depth of Facultative Pond

$e = 5 \text{ mm/d}$: net evaporation rate

$$\theta_r = 2 \times 40,000 \times 1.8 / (2 \times 4,000 - 0.001 \times 5 \times 40,000)$$

$$= 18.5 \text{ days}$$

BOD removal % of anaerobic pond

$$\text{BOD removal \%} = 2T + 20 = 2 \times 20 + 20 = 60 \%$$

Assuming Reduced Removal rate of anaerobic pond is 50 %

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from anaerobic pond} &= L_i - L_i \times \text{BOD Rem.} \times 50 \% \\ &= 360 - 360 \times 60 \% \times 50 \% \\ &= 252 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$k_1(T) = k_{1(20)} \times 1.05^{(T - 20)}$$

For primary facultative pond, $k_{1(20)} = 0.3 \text{ /day}$

For secondary facultative pond, $k_{1(20)} = 0.1 \text{ /day}$

$$k_1(T) = 0.3 \times 1.05^{(20 - 20)} = 0.3$$

L_i

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from facultative pond} &= \frac{L_i}{1 + k_1 \times \theta} \\ &= 252 / (1 + 0.3 \times 18.5) \end{aligned}$$

$$= 38.5 \text{ mg/L}$$

3) Maturation Pond

$$\begin{aligned} V &= 3Q \\ &= 3 \times 4,000 \\ &= 12,000 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 1.5 \text{ m} \times 80 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 2 = 12,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \frac{Li}{1 + k_1 \times \theta} \\ k_1 &= 0.05 \\ \theta &= 12,000 / 4,000 = 3.0 \text{ days} \\ &= 38.5 / (1 + 0.05 \times 3.0) \\ &= 33.5 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L : General in Concentration Standards} \\ &\quad \text{of National Liquid Waste Standards} \end{aligned}$$

(PowerWater)

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \text{Effluent BOD from facultative pond} \times 0.75 \\ &= 38.5 \times 0.75 = 28.9 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= (12,800 + 40,000 \times 1.8) \\ &= 84,800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desludging Duration : 10 years

Largest pond is desludged in one month. Sludge is dried in three months.

$$\text{Desludging Volume} = 40,000 \times 1.8 / 4 = 18,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 18,000 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 1,440 \text{ m}^3/\text{month} \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 1,440 / 0.3 \times 5 \text{ month dry air} = 24,000 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 250 \text{ m} = 25,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Total dewater sludge Volume for 10 years

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 84,800 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 6,784 \text{ m}^3 / 10 \text{ years} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Dry Desludge Storage for } 20 \text{ years} \\ &= 6,784 \times 20 / 10 = 13,568 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 3 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 15,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pond Dimention

AN	Anaerobic Pond	Surface Area	3,200 m ²	W 40 m
		Volume	12,800 m ³	L 20 m
		Average depth	4 m	4 Ponds
FA	Facultative Pond	Surface Area	40,000 m ²	W 40 m
		Volume	72,000 m ³	L 250 m
		Average depth	1.8 m	4 Ponds
MA	Maturation Pond	Surface Area	8,000 m ²	W 80 m
		Volume	12,000 m ³	L 50 m
		Average depth	1.5 m	2 Ponds
SDB	Sludge Drying Bed	Surface Area	25,000 m ²	W 100 m
		Volume	7,500 m ³	L 250 m
		Average depth	0.3 m	1 Ponds
SS	Sludge Storage	Surface Area	5,000 m ²	W 100 m
		Volume	15,000 m ³	L 50 m
		Average depth	3 m	1 Ponds

WWTP in Rakiraki
Waste Stabilization Pond

Design Flow

ADWF (with Septage)	m ³ /day	3,000
Max Daily Flow Rate	m ³ /day	3,300
Max Hourly Flow Rate	m ³ /day	5,000
PWWF(with Septage)	m ³ /day	11,000

Design Quality

Inflow

BOD	360	mg/L
TSS	484	mg/L
TKN	70	mg/L
TP	9	mg/L
COD	792	mg/L

1) Anaerobic Pond

$$AaDa = Q \times Li / \lambda v$$

Aa Da is anaerobic pond working Volume, m³

Q is average flow, m³/d

Li is raw sewage strength, mg BOD/L

(Influence BOD = 360 mg/L)

λv is volumetric loading, g/m³/d

T= 20 Celsius

$$\lambda v = 10 \times 20 + 100 = 300 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

Facultative Pond	Loading g BOD/m ³ day	BOD removal %
< 10	100	40
10-20	20T-100	2T + 20
20-25	10T+100	2T + 20
>25	350	70

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), p108

$$\begin{aligned} AaDa &= 3,000 \times 360 / 300 \\ &= 3,600 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 4 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 4 = 6,400 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Facultative Pond

$$AaDa = Q \times Li / \lambda v$$

λ_s is surface loading, kg /ha/c

$T = 20$ Celsius

$$\lambda_s = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20)^{(20 - 25)}$$

$$= 253.07 \text{ /ha/c}$$

Facultative Pond	Surface Loading kg BOD/ ha day	Facultative Pond Effluent BOD, mg/L
Primary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_d)$, $k_1 = k_{1(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{1(20)} = 0.3$
Secondary Pond	$350 \times (1.107 - 0.002 T)^{(T-25)}$	$L_i / (1 + k_1 \theta_d)$, $k_1 = k_{1(20)} (1.05)^{T-20}$, $k_{1(20)} = 0.1$

Source: Duncan Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries (2003), pp118-121

L_i is raw sewage strength, mg BOD/L = 360 mg/L

$$A_f = 3,000 \times 10 \times 360 / 253.07 = 42,675 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow 40 \text{ m} \times 200 \text{ m} \times 4 = 32,000 \text{ m}^2$$

$$\theta_d = 2 \times A_f \times D_f / (2Q - 0.001eA_f)$$

θ_d : Retention time (days)

$D_f = 1.8 \text{ m}$: Depth of Facultative Pond

$e = 5 \text{ mm/d}$: net evaporation rate

$$\theta_d = 2 \times 32,000 \times 1.8 / (2 \times 3,000 - 0.001 \times 5 \times 32,000)$$

$$= 19.7 \text{ days}$$

BOD removal % of anaerobic pond

$$\text{BOD removal \%} = 2T + 20 = 2 \times 20 + 20 = 60 \%$$

Assuming Reduced Removal rate of anaerobic pond is 50 %

$$\text{Effluent BOD from anaerobic pond} = L_i - L_i \times \text{BOD Rem.} \times 50 \%$$

$$= 360 - 360 \times 60 \% \times 50 \%$$

$$= 252 \text{ mg/L}$$

$$k_1(T) = k_1(20) \times 1.05^{(T - 20)}$$

For primary facultative pond, $k_1(20) = 0.3 \text{ /day}$

For secondary facultative pond, $k_1(20) = 0.1 \text{ /day}$

$$k_1(T) = 0.3 \times 1.05^{(20 - 20)} = 0.3$$

L_i

$$\text{Effluent BOD from facultative pond} = \frac{L_i}{1 + k_1 \times \theta_d}$$

$$= 252 / (1 + 0.3 \times 19.7)$$

$$= 36.4 \text{ mg/L}$$

3) Maturation Pond

$$\begin{aligned} V &= 3Q \\ &= 3 \times 3,000 \\ &= 9,000 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 1.5 \text{ m} \times 80 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 2 = 9,600 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \frac{Li}{1 + k1 \times \theta} \\ k1 &= 0.05 \\ \theta &= 9,600 / 3,000 = 3.2 \text{ days} \\ &= 36.4 / (1 + 0.05 \times 3.2) \\ &= 31.4 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L : General in Concentration Standards} \\ &\quad \text{of National Liquid Waste Standards} \end{aligned}$$

(PowerWater)

$$\begin{aligned} \text{Effluent BOD from maturation pond} &= \text{Effluent BOD from facultative pond} \times 0.75 \\ &= 36.4 \times 0.75 = 27.3 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sludge Volume} &= (6,400 + 32,000 \times 1.8) \\ &= 64,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Desludging Duration : 10 years

Largest pond is desludged in one month. Sludge is dried in three months.

$$\text{Desludging Volume} = 32,000 \times 1.8 / 4 = 14,400 \text{ m}^3$$

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 14,400 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 1,152 \text{ m}^3/\text{month} \end{aligned}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Sludge Area} &= 1,152 / 0.3 \times 5 \text{ dry month} = 19,200 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 200 \text{ m} = 20,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Total dewater sludge Volume for 10 years

$$\text{Lagoon TSS} = 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Desludge Volume(Dewater)} &= 64,000 \times 20,000 / 1,000,000 \\ &\quad \times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 5,120 \text{ m}^3 / 10 \text{ years} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Desludge Storage for } 20 \text{ years} \\ &= 5,120 \times 20 / 10 = 10,240 \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 3 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 12,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Septage Acceptance pond} \\ \text{Septage Volume} &= 24 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow 24 \times 30 \text{ days} = 720 \text{ m}^3/\text{month} \\ \text{3months Volume} &= 720 \times 3 = 2,160 \text{ m}^3 \\ \text{Septage Acceptance pond} \\ &\rightarrow 1.8 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 3,600 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Septage TSS} &= 20,000 \text{ mg/L} \quad 75 \% \text{ of water cont.} \\ \text{Deseptage Volume} &= 2,160 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 20,000 / 1,000,000 \\ \text{(Dewatered)} &\times 1,000 / 0.25 / 1,000 \\ &= 173 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Area : 5 months} \\ \text{Septage Dry Area} &= 173 / 0.3 \times 5 / 3 = 960 \text{ m}^2 \\ &\rightarrow 100 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 1,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dry Septage Strage for 20 years} &= 173 \text{ m}^3/3 \text{ month} \times 4 \times 20 \text{ years} \\ &= 13,824 \text{ m}^3 \rightarrow 3 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 15,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pond Dimention

AN	Anaerobic Pond	Surface Area	1,600 m ²	W 40 m
		Volume	6,400 m ³	L 10 m
		Average depth	4 m	4 Ponds
FA	Facultative Pond	Surface Area	32,000 m ²	W 40 m
		Volume	57,600 m ³	L 200 m
		Average depth	1.8 m	4 Ponds
MA	Maturation Pond	Surface Area	6,400 m ²	W 80 m
		Volume	9,600 m ³	L 40 m
		Average depth	1.5 m	2 Ponds
SDB	Sludge Drying Bed	Surface Area	20,000 m ²	W 100 m
		Volume	6,000 m ³	L 200 m
		Average depth	0.3 m	1 Ponds
SS	Sludge Storage	Surface Area	4,000 m ²	W 100 m
		Volume	12,000 m ³	L 40 m
		Average depth	3 m	1 Ponds
Septage Acceptance Pond	Anaerobic Pond	Surface Area	2,000 m ²	W 40 m
		Volume	3,600 m ³	L 50 m
		Average depth	1.8 m	1 Ponds
Septage		Surface Area	1,000 m ²	W 100 m

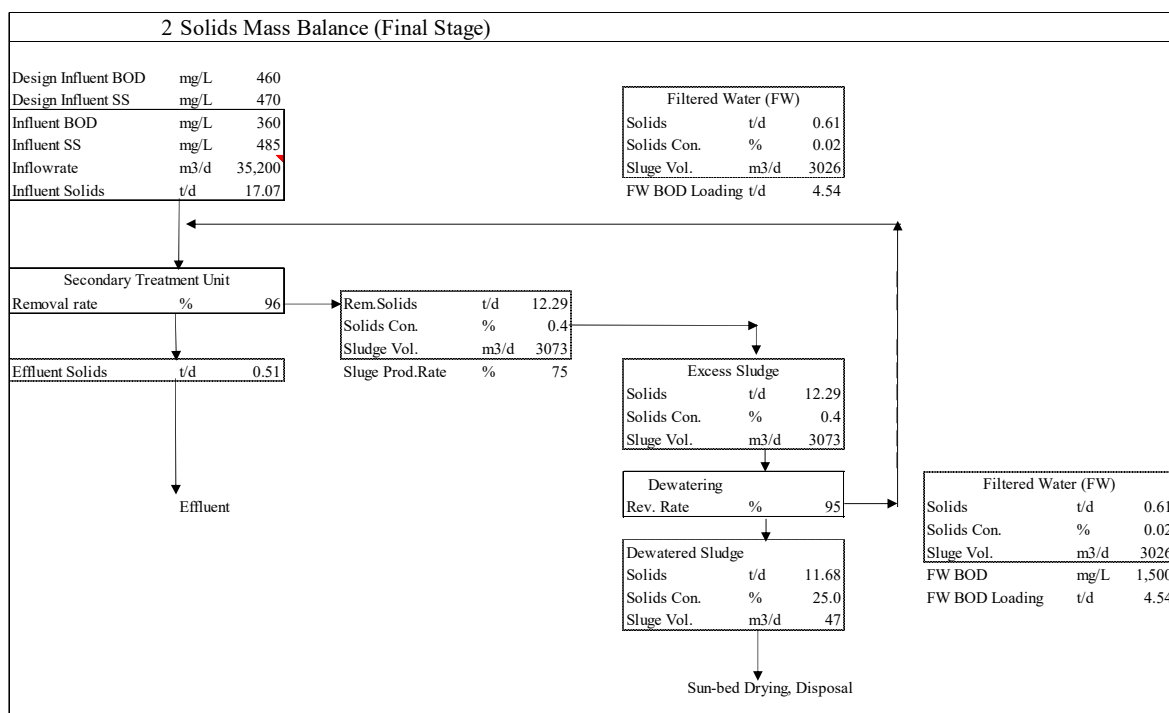
Septage SDB	Sludge Drying Bed	Volume	300 m ³	L 10 m
		Average depth	0.3 m	1 Ponds
Septage SS	Sludge Storage	Surface Area	5,000 m ²	W 100 m
		Volume	15,000 m ³	L 50 m
		Average depth	3 m	1 Ponds

APPENDIX 5-5 Oxidation Ditch Calculation

(1) Navakai WWTP (Nadi)

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	31293 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	62586 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	156464 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	0 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	0 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	32,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	35,200 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	64,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	157,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L

Item	Calculation
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 35,200 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 11.9 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 11.90 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 3,967 \text{ m}^3/\text{d}$
1-8 Dewatering	$\text{Solids (IN)} = 11.9 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solids(OUT)} = \text{WAS} \times \text{Recovery Rate} \times 10^{-2}$ $\text{Solids (OUT)} = 11.90 \text{ t/d} \times 95 \% \times 10^{-2}$ $\text{Recovery Rate} = 95 \%$ $= 11.4 \text{ ds-t/d}$ $\text{Sludge(OUT)} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 11.40 \text{ t/d} \div 25 \% \times 10^2$ $\text{Solid Concentration} = 25 \%$ $\text{Sludge(OUT)} = 46 \text{ m}^3/\text{d}$



Item	Calculation			
3. Oxidation Ditch				
3-1 Reactor Volume				
Design Flowrate				
Maximum Daily Flowrate	=	35,200	m ³ /d	5,867
Maximum hourly Flowrate	=	64,000	m ³ /d	
Hydraulic Retention Time	=	24	hours	
Req. Volume	=	35,200.00 m3/d × 24.00 hrs ÷ 24		
	=	35,200	m ³	
Shape of Reactor		Oval		
Water Depth	D	=	3.5	m
Width	W	=	6.0	m
Length	L	=	110	m
Area	A	=	Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2	
		=	6.00 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2	
		=	20.9 m ²	
Volume per Reactor	v	=	(L-2W)*2A+πWA	
		=	(110 - 2* 6.0)*2* 20.90 +π* 6.0 * 20.9	
		=	4490.3 m3/reactor	
Number of Reactor	n	=	8	Reactors
Total Volume	V	=	n*v = 8 * 4,490	
		=	35,922 m ³	
Actual	HRT	=	V ÷ Q*24	
Hydraulic Retention Time		=	35,922 ÷ 35,200 *24	
		=	24.5 hrs Range(Japan): 24~36hr OK	
			Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK	
3-2 Aerator				
(1) Design Parameters				
Maximum Daily Flowrate	=	35,200	m ³ /d	
Influent BOD	=	460	mg/L	
Influent S-BOD	=	230	mg/L	
Influent SS	=	470	mg/L	
Influent Kj-N	=	70	mg/L	
MLSS	=	4,000	mg/L	
Effluent BOD	=	40	mg/L	
Aerobic volume ratio	=	0.5		
HRT	=	16	hrs	

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_w \times Q_w}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_l \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time t_a ; Aeration Time in a day $= 12$ hours X_w ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Q_w ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor $= 35,200 \div 8 = 4,400$ m3/d X_l ; Influent SS $= 470$ mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 4,490}{24 \times 4,400 \times 470 \times 0.75}$ $= 5.8 \text{ 日}$
(3) Empirical ASRT	
ASRT	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average $= 20$ Celsius $= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90 \text{ 日} < 5.80 \text{ 日 OK}$
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	$= 20$ Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 5.8 ^{-0.671}$ $= 3 \text{ mg/L}$ Assumming BOD/C-BOD is 3
BOD	$= 3 \times C-BOD$ $= 3 \times 3$ $= 9.0 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L OK}$ (General standard) $= 9.0 \text{ mg/L} < 20 \text{ mg/L OK}$ (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 35,200$ $= 14,784$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified. $= 0.6 \times (14,784 - 2464 \times 2.5)$ $= 5,175 \text{ kg as } O_2/d$
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8 $= 0.1 \times 35,920 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 5,748 \text{ kg as } O_2/d$
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS $\text{Influent N} ; 0.070 \times 35,200$ $= 2464$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07 \text{ (kg as N/kg as MLSS)}$ $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_A = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^{-3}$ a ; Rate of Sludge conversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_A = 35,200 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 13,640 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 13,640$ $= 954.8$ kg as N/d OD3 $= 4.57 \times (2464 - 0 - 954.8)$ $= 6,898$ kg as O₂/d (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % $=$ Oxygen in effluent $= 1.5 \times 35,200 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 106$ kg as O₂/d (9) Actual Oxygen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 5,175 + 5,748 + 6,898 + 106$ $= 17,927$ kg as O₂/d (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84$ mg/L Ca ; Average DO $= 1.5$ mg/L C_s ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84$ mg/L $t = 20.0$ Celsius

Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 8 Reactors
SOR	= 24,086 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 3011 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen
	= $\frac{24,086}{0.46 \times 35,200} = 1.5$ kg as O ₂ /kg per unit BOD
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 35,200 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 64,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 35,200 ÷ 12 = 2,934 m ²
Diameter of Basin	26 m
No. of basin	= 8 basins
Effective Area	$= 26^2 \div 4 \times \pi \times 8$ = 4,247 m ²
Depth of basin	= 3 m
Overflow rate	= 35,200 m ³ /d ÷ 4,247 m ² = 8.3 m ³ /m ² /d Range: 8~12m ³ /m ² /d OK
Settling Time	= ($\frac{4,247 \times 3 \times 24}{35,200}$) = 8.7 hrs Range: 6~12hr OK
Req. Length of weir	= (26 - 1.6) × π = 76.7 m (Outer Weir) = (26 - 2.6) × π = 73.5 m (Inner Weir)
Weir Loading rate	= 35,200 ÷ (76.7 + 73.5) ÷ 8 = 29.3 m ³ /m/d Range: 25~30m ³ /m/d OK

Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	35,200	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	64,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	157,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	157,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	1636	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	409	m					
Volume	=	2	×	2	×	409		
	=	1636	m ³					
Actual Contact Time	=	1636 ÷ 157,000	×	24	×	60		
	=	15.01 min	OK					
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	11.9	t/d					
Solid Concentration	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	3,967	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	11.9	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	2380.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	6	(Standby 1)					
Solids (OUT)	=	11.68	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	47	m3/d					

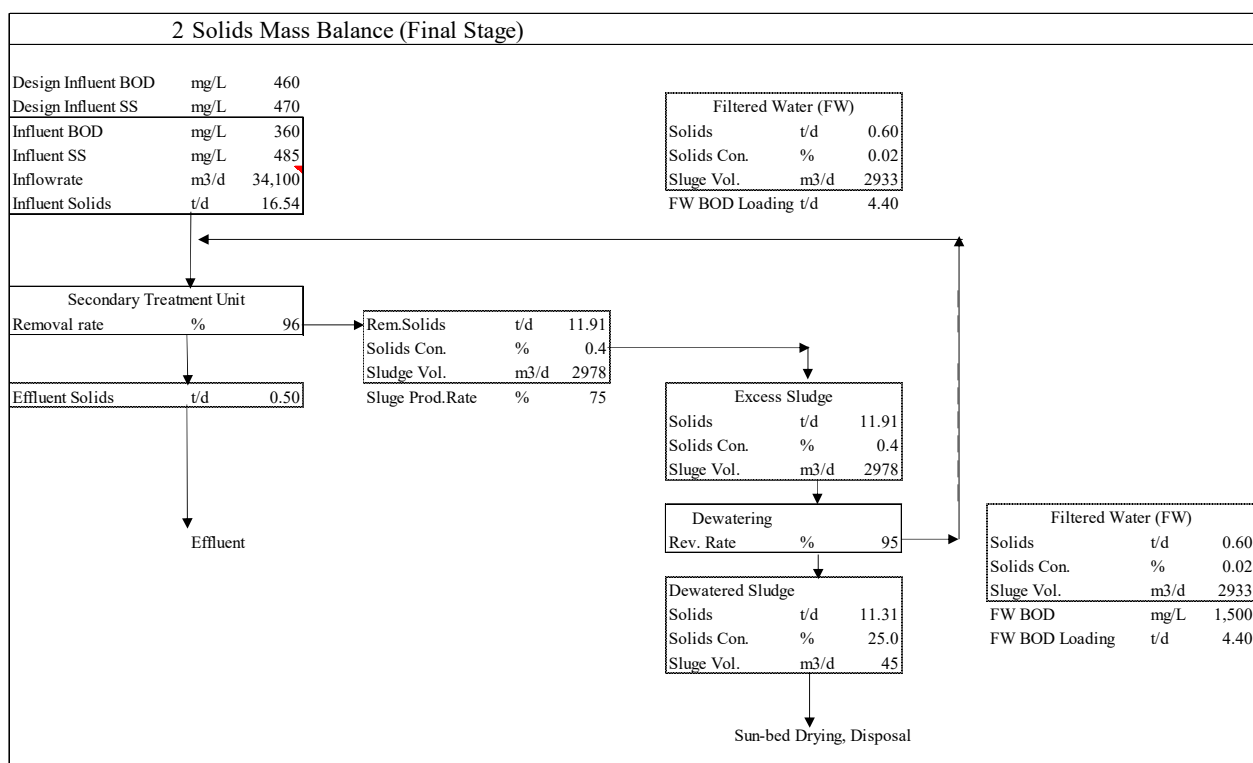
Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 47 m ³ /d × 150 d = 7050 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Required Drying Bed Area	= 7050 m ³ ÷ 0.3 m = 23500 m ²
Drying Bed Area	= 80 m × 300 m = 24000 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 47 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 343100 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Required Storage Area	= 343100 m ³ ÷ 3.0 m = 114367 m ²
Sludge Storage Area	= 330 m × 200 m + 400 m × 110 m + 110 m × 40 m = 114400 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 35,200 m ³ /d = 140,800 m ³ /d

Item	Calculation
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= $140,800.00 \text{ m}^3/\text{d} \times 2.50 \text{ hrs} \div 24$ = 14,667 m^3
Design Depth	= 3 m
Required Surface Area	= 4,889 m^2
Maturation Pond Volume	= $280 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ = 16800 m^3 > 14,667 m^3 OK

(2) Natabua WWTP (Lautoka)

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	30975 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	61950 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	154875 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	21 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	42 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	31,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	34,100 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	62,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	155,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	484 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 34,100 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 11.5 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 11.50 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 3,834 \text{ m}^3/\text{d}$

Item	Calculation
1-8 Dewatering	Solids (IN) = 11.5 ds-t/d
	Solids(OUT) = WAS × Recovery Rate × 10 ⁻²
	Solids (OUT) = 11.50 t/d × 95 % × 10 ⁻²
	Recovery Rate = 95 %
	= 11 ds-t/d
	Sludge(OUT) = Solids ÷ Solids Concentration × 10 ²
	Sludge(OUT) = 11.00 t/d ÷ 25 % × 10 ²
	Solid Concentration = 25 %
	Sludge(OUT) = 44 m ³ /d



Item	Calculation
3. Oxidation Ditch	
3-1 Reactor Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 34,100 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 62,000 m ³ /d
Hydraulic Retention Time	= 24 hours
Req. Volume	= 34,100.00 m ³ /d × 24.00 hrs ÷ 24 = 34,100 m ³
Shape of Reactor	Oval
Water Depth	D = 3.5 m
Width	W = 6.0 m
Length	L = 110 m
Area	A = Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2 = 6.00 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2 = 20.9 m ²
Volume per Reactor	v = (L-2W)*2A+πWA = (110 - 2* 6.0) * 2 * 20.90 + π * 6.0 * 20.9 = 4490.3 m ³ /reactor
Number of Reactor	n = 8 Reactors
Total Volume	V = n*v = 8 * 4,490 = 35,922 m ³
Actual Hydraulic Retention Time	HRT = V ÷ Q * 24 = 35,922 ÷ 34,100 * 24 = 25.3 hrs Range(Japan): 24~36hr OK Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK
3-2 Aerator	
(1) Design Parameters	
Maximum Daily Flowrate	= 34,100 m ³ /d
Influent BOD	= 460 mg/L
Influent S-BOD	= 230 mg/L
Influent SS	= 470 mg/L
Influent Kj-N	= 70 mg/L
MLSS	= 4,000 mg/L
Effluent BOD	= 40 mg/L
Aerobic volume ratio	= 0.5
HRT	= 16 hrs

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_W \times Q_W}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_I \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time t_a ; Aeration Time in a day $= 12$ hours X_W ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Q_W ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor $= 34,100 \div 8 = 4,263$ m3/d X_I ; Influent SS $= 470$ mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 4,490}{24 \times 4,263 \times 470 \times 0.75}$ $= 6.0$ 日
(3) Empirical ASRT	
ASRT	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average $= 20$ Celsius $= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90$ 日 < 6.00 日 OK
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	$= 20$ Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 6 ^{-0.671}$ $= 2.93$ mg/L
BOD	Assumming BOD/C-BOD is 3 $= 3 \times C-BOD$ $= 3 \times 2.93$ $= 8.8$ mg/L < 40 mg/L OK (General standard)
	$= 8.8$ mg/L < 20 mg/L OK (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 34,100$ $= 14,322$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified.
OD1	$= 0.6 \times (14,322 - 2387 \times 2.5)$ $= 5,013$ kg as O_2 /d
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8
OD2	$= 0.1 \times 35,920 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 5,748$ kg as O_2 /d
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS Influent N ; $0.070 \times 34,100$ $= 2387$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07$ (kg as N/kg as MLSS) $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_A = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^3$ a ; Rate of Sludge coversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_A = 34,100 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 13,214 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 13,214$ $= 925.0$ kg as N/d OD3 $= 4.57 \times (2387 - 0 - 925.0)$ $= 6,682$ kg as O₂/d (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % $=$ Oxygen in effluent $= 1.5 \times 34,100 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 103$ kg as O₂/d (9) Actual Oxigen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 5,013 + 5,748 + 6,682 + 103$ $= 17,546$ kg as O₂/d (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84$ mg/L Ca ; Average DO $= 1.5$ mg/L Cs ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84$ mg/L $t = 20.0$ Celsius

Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 8 Reactors
SOR	= 23,574 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 2947 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen
	= $\frac{23,574}{0.46 \times 34,100} = 1.6$ kg as O ₂ /kg per unit BOD
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 34,100 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 62,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 34,100 ÷ 12 = 2,842 m ²
Diameter of Basin	25 m
No. of basin	= 8 basins
Effective Area	$= 25^2 \div 4 \times \pi \times 8$ = 3,927 m ²
Depth of basin	= 3 m
Overflow rate	= 34,100 m ³ /d ÷ 3,927 m ² = 8.7 m ³ /m ² /d Range: 8~12m ³ /m ² /d OK
Settling Time	= ($\frac{3,927 \times 3 \times 24}{34,100}$) = 8.3 hrs Range: 6~12hr OK
Req. Length of weir	= (25 - 1.6) × π = 73.5 m (Outer Weir) = (25 - 2.6) × π = 70.4 m (Inner Weir)
Weir Loading rate	= 34,100 ÷ (73.5 + 70.4) ÷ 8 = 29.6 m ³ /m/d Range: 25~30m ³ /m/d OK

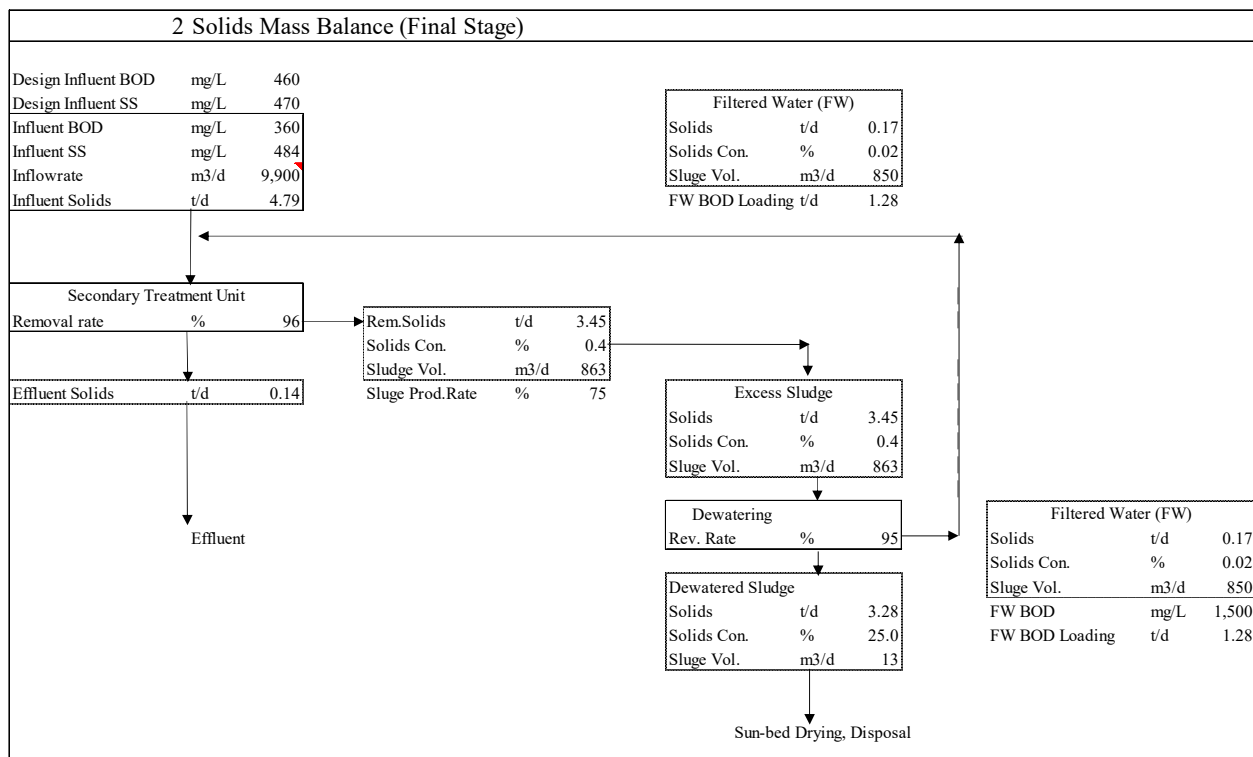
Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	34,100	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	62,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	155,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	155,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	1615	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	403.75	m					
Volume	=	2	×	2	×	403.75		
	=	1615	m ³					
Actual Contact Time	=	1615	÷	155,000	×	24	×	60
	=	15.00 min				OK		
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	11.5	t/d					
Solid Concentration	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	3,834	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	11.5	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	2300.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	6	(Standby 1)					
Solids (OUT)	=	11.31	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	45	m3/d					

Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 45 m ³ /d × 150 d = 6750 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Required Drying Bed Area	= 6750 m ³ ÷ 0.3 m = 22500 m ²
Drying Bed Area	= 140 m × 165 m = 23100 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 45 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 328500 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Required Storage Area	= 328500 m ³ ÷ 3.0 m = 109500 m ²
Sludge Storage Area	= 500 m × 220 m = 110000 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 34,100 m ³ /d = 136,400 m ³ /d
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= 136,400.00 m ³ /d × 2.50 hrs ÷ 24 = 14,209 m ³
Maturation Pond Volume (Current Anaerobic Pond)	= 11,500 m ³ > 14,209 m ³ NO
Current Surface Area (Current Anaerobic Pond)	= 6,350 m ²
Required Pond Depth	= 2.3 m → 2.5 m
Maturation Pond Volume	= 6,350 m ² × 2.5 m = 15875 m ³ > 14,209 m ³ OK

(3) Votua WWTP (Ba)

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	8924 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	17848 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	44620 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	0 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	0 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	9,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	9,900 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	18,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	45,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	484 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	484 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 9,900 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 3.4 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 3.40 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 1,134 \text{ m}^3/\text{d}$

Item	Calculation
1-8 Dewatering	Solids (IN) = 3.4 ds-t/d
	Solids(OUT) = WAS × Recovery Rate × 10 ⁻²
	Solids (OUT) = 3.40 t/d × 95 % × 10 ⁻²
	Recovery Rate = 95 %
	= 3.3 ds-t/d
	Sludge(OUT) = Solids ÷ Solids Concentration × 10 ²
	Sludge(OUT) = 3.30 t/d ÷ 25 % × 10 ²
	Solid Concentration = 25 %
	Sludge(OUT) = 14 m ³ /d



Item	Calculation
3. Oxidation Ditch	
3-1 Reactor Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 9,900 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 18,000 m ³ /d
Hydraulic Retention Time	= 24 hours
Req. Volume	= 9,900.00 m ³ /d × 24.00 hrs ÷ 24 = 9,900 m ³
Shape of Reactor	Oval
Water Depth	D = 3.5 m
Width	W = 6.0 m
Length	L = 90 m
Area	A = Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2 = 6.00 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2 = 20.9 m ²
Volume per Reactor	v = (L-2W)*2A+πWA = (90 - 2* 6.0) * 2* 20.90 + π * 6.0 * 20.9 = 3654.3 m ³ /reactor
Number of Reactor	n = 3 Reactors
Total Volume	V = n*v = 3 * 3,654 = 10,963 m ³
Actual Hydraulic Retention Time	HRT = V ÷ Q * 24 = 10,963 ÷ 9,900 * 24 = 26.6 hrs Range(Japan): 24~36hr OK Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK
3-2 Aerator	
(1) Design Parameters	
Maximum Daily Flowrate	= 9,900 m ³ /d
Influent BOD	= 460 mg/L
Influent S-BOD	= 230 mg/L
Influent SS	= 470 mg/L
Influent Kj-N	= 70 mg/L
MLSS	= 4,000 mg/L
Effluent BOD	= 40 mg/L
Aerobic volume ratio	= 0.5
HRT	= 16 hrs

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_w \times Q_w}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_l \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time ta ; Aeration Time in a day = 12 hours Xw ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Qw ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor = 9,900 ÷ 3 = 3,300 m3/d Xl ; Influent SS = 470 mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 3,654}{24 \times 3,300 \times 470 \times 0.75}$ $= 6.3 \text{ 日}$
(3) Empirical ASRT	
	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average = 20 Celsius
ASRT	$= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90 \text{ 日} < 6.30 \text{ 日 OK}$
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	= 20 Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 6.3 ^{-0.671}$ $= 2.84 \text{ mg/L}$
	Assumming BOD/C-BOD is 3
BOD	$= 3 \times C-BOD$ $= 3 \times 2.84$ $= 8.6 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L OK}$ (General standard) $= 8.6 \text{ mg/L} < 20 \text{ mg/L OK}$ (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 9,900$ $= 4,158$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified.
OD1	$= 0.6 \times (4,158 - 693 \times 2.5)$ $= 1,456$ kg as O_2 /d
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8
OD2	$= 0.1 \times 10,962 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 1,754$ kg as O_2 /d
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS Influent N ; $0.070 \times 9,900$ $= 693$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07$ (kg as N/kg as MLSS) $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_X = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^{-3}$ a ; Rate of Sludge coversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_a = 9,900 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 3,836 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 3,836$ $= 268.6 \text{ kg as N/d}$ OD3 $= 4.57 \times (693 - 0 - 268.6)$ $= 1,940 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % $=$ Oxygen in effluent $= 1.5 \times 9,900 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 30 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (9) Actual Oxigen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 1,456 + 1,754 + 1,940 + 30$ $= 5,180 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84 \text{ mg/L}$ Ca ; Average DO $= 1.5 \text{ mg/L}$ C_s ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84 \text{ mg/L}$ $t = 20.0 \text{ Celsius}$

Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 3 Reactors
SOR	= 6,960 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 2320 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen
	$= \frac{6,960}{0.46 \times 9,900} = 1.6 \text{ kg as O}_2/\text{kg per unit BOD}$
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 9,900 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 18,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 9,900 ÷ 12 = 825 m ²
Diameter of Basin	20 m
No. of basin	= 3 basins
Effective Area	$= 20^2 \div 4 \times \pi \times 3$ $= 942 \text{ m}^2$
Depth of basin	= 3.5 m
Overflow rate	$= \frac{9,900 \text{ m}^3/\text{d}}{942 \text{ m}^2}$ $= 10.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ Range: } 8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ OK}$
Settling Time	$= \left(\frac{942 \times 3.5 \times 24}{9,900} \right)$ $= 8.0 \text{ hrs Range: } 6 \sim 12 \text{ hr OK}$
Req. Length of weir	$= (20 - 1.6) \times \pi = 57.8 \text{ m}$ (Outer Weir) $= (20 - 2.6) \times \pi = 54.7 \text{ m}$ (Inner Weir)
Weir Loading rate	$= \frac{9,900}{(57.8 + 54.7) \div 3}$ $= 29.3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ Range: } 25 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ OK}$

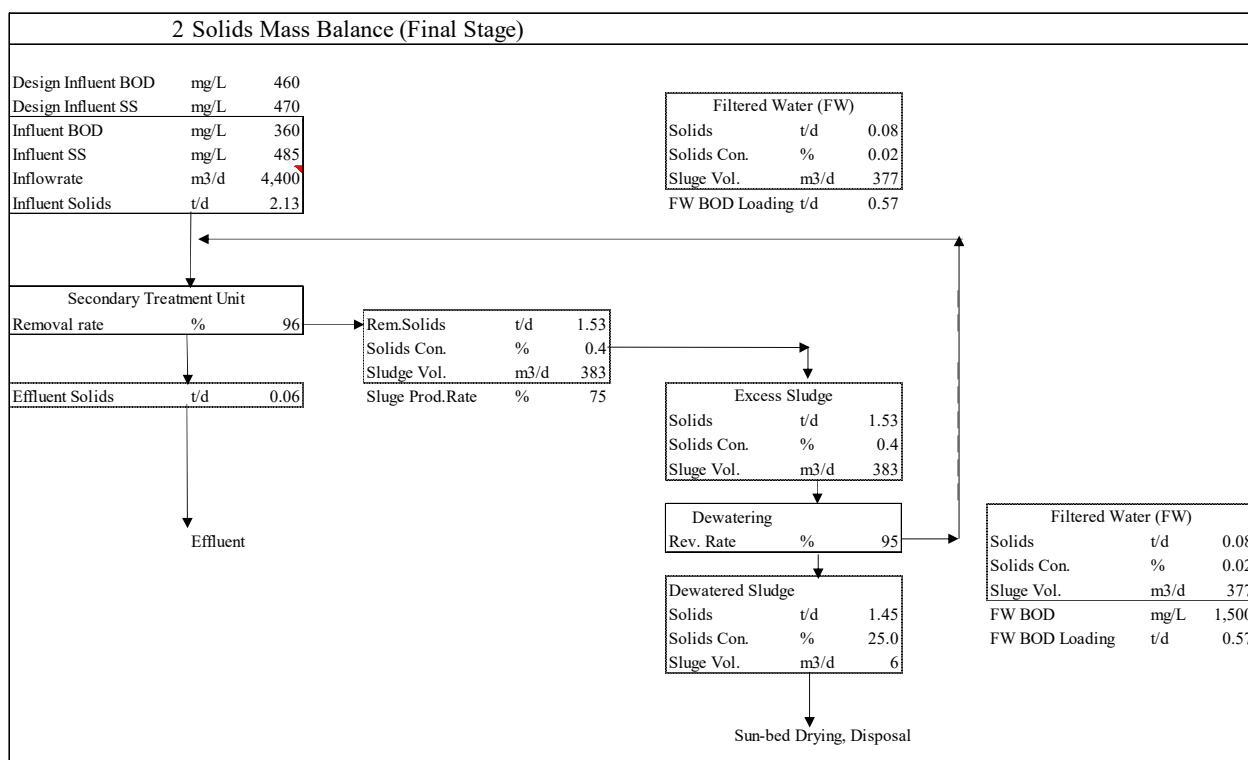
Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	9,900	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	18,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	45,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	45,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	469	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	118	m					
Volume	=	2	×	2	×	118		
	=	472	m ³					
Actual Contact Time	=	472	÷	45,000	×	24	×	60
	=	15.10 min			OK			
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	3.4	t/d					
Solid Concentration(IN)	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	1,134	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	3.4	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	680.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	2	(Standby 1)					
Solids (OUT)	=	3.28	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	13	m3/d					

Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 13 m ³ /d × 150 d = 1950 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Drying Bed Area	= 1950 m ³ ÷ 0.3 m = 6500 m ²
Drying Bed Area	= 35 m × 200 m = 7000 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 13 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 94900 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Area	= 94900 m ³ ÷ 3.0 m = 31634 m ²
Sludge Storage Area	= 200 m × 30 m = 280 m × 100 m = 34000 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 9,900 m ³ /d = 39,600 m ³ /d
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= 39,600.00 m ³ /d × 2.50 hrs ÷ 24 = 4,125 m ³
Maturation Pond Volume (Current Anaerobic Pond)	= 4,320 m ³ > 4,125 m ³ OK

(4) Tavua WWTP

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	3459 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	6918 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	17295 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	0 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	0 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	4,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	4,400 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	8,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	18,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 4,400 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 1.5 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 1.50 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 500 \text{ m}^3/\text{d}$

Item	Calculation
1-8 Dewatering	Solids (IN) = 1.5 ds-t/d
	Solids(OUT) = WAS × Recovery Rate × 10 ⁻²
	Solids (OUT) = 1.50 t/d × 95 % × 10 ⁻²
	Recovery Rate = 95 %
	= 1.5 ds-t/d
	Sludge(OUT) = Solids ÷ Solids Concentration × 10 ²
	Sludge(OUT) = 1.50 t/d ÷ 25 % × 10 ²
	Solid Concentration = 25 %
	Sludge(OUT) = 6 m ³ /d



Item	Calculation
3. Oxidation Ditch	
3-1 Reactor Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 4,400 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 8,000 m ³ /d
Hydraulic Retention Time	= 24 hours
Req. Volume	= 4,400.00 m ³ /d × 24.00 hrs ÷ 24 = 4,400 m ³
Shape of Reactor	Oval
Water Depth	D = 3.5 m
Width	W = 4.0 m
Length	L = 55 m
Area	A = Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2 = 4.00 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2 = 13.9 m ²
Volume per Reactor	v = (L-2W)*2A+πWA = (55 - 2* 4.0) * 2* 13.90 + π* 4.0 * 13.9 = 1481.2 m ³ /reactor
Number of Reactor	n = 3 Reactors
Total Volume	V = n*v = 3 * 1,481 = 4,444 m ³
Actual Hydraulic Retention Time	HRT = V ÷ Q*24 = 4,444 ÷ 4,400 * 24 = 24.2 hrs Range(Japan): 24~36hr OK Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK
3-2 Aerator	
(1) Design Parameters	
Maximum Daily Flowrate	= 4,400 m ³ /d
Influent BOD	= 460 mg/L
Influent S-BOD	= 230 mg/L
Influent SS	= 470 mg/L
Influent Kj-N	= 70 mg/L
MLSS	= 4,000 mg/L
Effluent BOD	= 40 mg/L
Aerobic volume ratio	= 0.5
HRT	= 16 hrs

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_w \times Q_w}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_l \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time t_a ; Aeration Time in a day $= 12$ hours X_w ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Q_w ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor $= 4,400 \div 3 = 1,467$ m3/d X_l ; Influent SS $= 470$ mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 1,481}{24 \times 1,467 \times 470 \times 0.75}$ $= 5.7 \text{ 日}$
(3) Empirical ASRT	
	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average $= 20$ Celsius
ASRT	$= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90 \text{ 日} < 5.70 \text{ 日 OK}$
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	$= 20$ Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 5.7 ^{-0.671}$ $= 3.04 \text{ mg/L}$
	Assumming BOD/C-BOD is 3
BOD	$= 3 \times \text{C-BOD}$ $= 3 \times 3.04$ $= 9.2 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L OK}$ (General standard) $= 9.2 \text{ mg/L} < 20 \text{ mg/L OK}$ (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 4,400$ $= 1,848$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified. $= 0.6 \times (1,848 - 308 \times 2.5)$ $= 647$ kg as O_2 /d
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8 $= 0.1 \times 4,443 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 711$ kg as O_2 /d
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS Influent N ; $0.070 \times 4,400$ $= 308$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07$ (kg as N/kg as MLSS) $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_A = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^{-3}$ a ; Rate of Sludge conversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_A = 4,400 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 1,705 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 1,705$ $= 119.4 \text{ kg as N/d}$ OD3 $= 4.57 \times (308 - 0 - 119.4)$ $= 862 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % $=$ Oxygen in effluent $= 1.5 \times 4,400 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 14 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (9) Actual Oxygen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 647 + 711 + 862 + 14$ $= 2,234 \text{ kg as O}_2/\text{d}$ (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84 \text{ mg/L}$ Ca ; Average DO $= 1.5 \text{ mg/L}$ C_s ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84 \text{ mg/L}$ $t = 20.0 \text{ Celsius}$

Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 3 Reactors
SOR	= 3,001 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 1001 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen $= \frac{3,001}{0.46 \times 4,400} = 1.5 \text{ kg as O}_2/\text{kg per unit BOD}$
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 4,400 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 8,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 4,400 ÷ 12 = 367 m ²
Diameter of Basin	13 m
No. of basin	= 3 basins
Effective Area	$= 13^2 \div 4 \times \pi \times 3$ $= 398 \text{ m}^2$
Depth of basin	= 3.5 m
Overflow rate	$= \frac{4,400 \text{ m}^3/\text{d}}{398 \text{ m}^2}$ $= 11.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ Range: } 8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ OK}$
Settling Time	$= \left(\frac{398 \times 3.5 \times 24}{4,400} \right)$ $= 7.6 \text{ hrs Range: } 6 \sim 12 \text{ hr OK}$
Req. Length of weir	$= (13 - 1.6) \times \pi = 35.8 \text{ m}$ (Outer Weir) $= (13 - 3.0) \times \pi = 31.4 \text{ m}$ (Inner Weir)
Weir Loading rate	$= \frac{4,400}{(35.8 + 31.4) \div 3}$ $= 21.8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ Range: } 25 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d}$

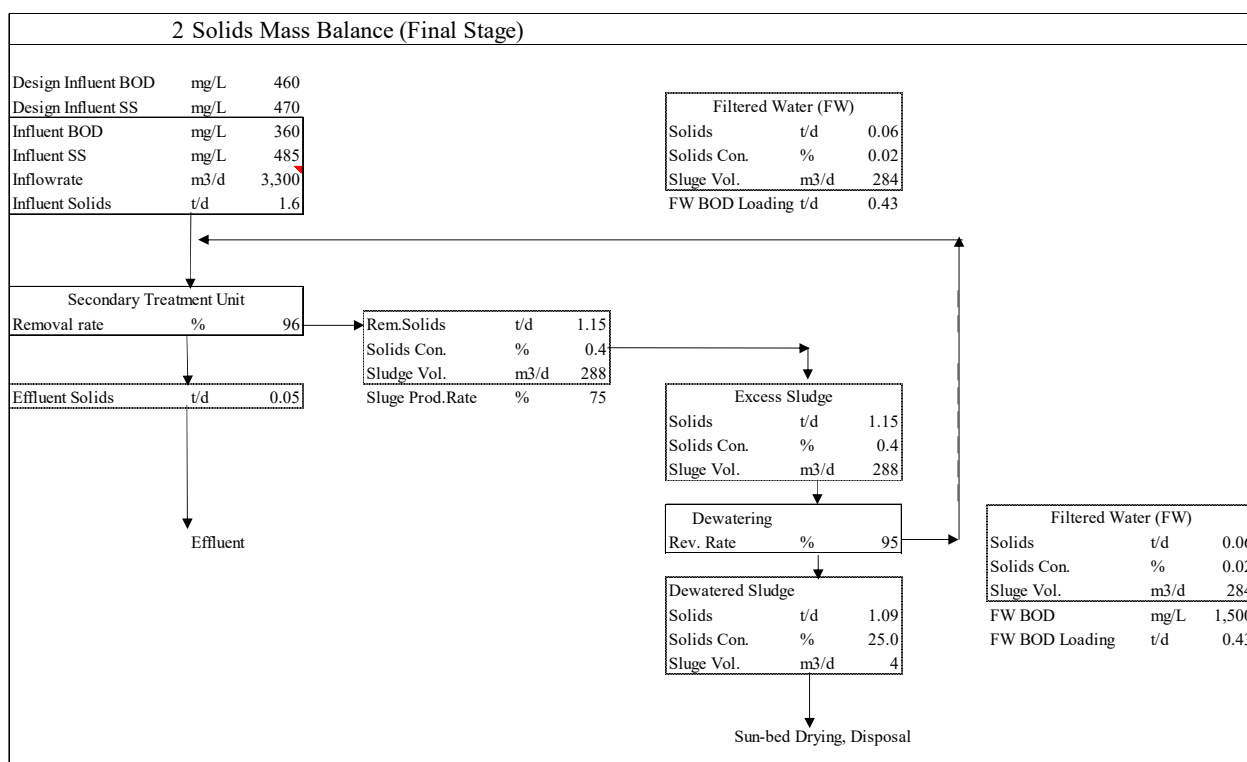
Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	4,400	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	8,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	18,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	18,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	188	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	47	m					
Volume	=	2	×	2	×	47		
	=	188	m ³					
Actual Contact Time	=	188	÷	18,000	×	24	×	60
	=	15.04 min				OK		
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	1.5	t/d					
Solid Concentration	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	500	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	1.5	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	300.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	1	(	Standby	1	)		
Solids (OUT)	=	1.45	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	6	m3/d					

Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 6 m ³ /d × 150 d = 900 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Drying Bed Area	= 900 m ³ ÷ 0.3 m = 3000 m ²
Drying Bed Area	= 150 m × 20 m = 3000 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 6 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 43800 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Required Storage Area	= 43800 m ³ ÷ 3.0 m = 14600 m ²
Sludge Storage Area	= 180 m × 85 m = 15300 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 4,400 m ³ /d = 17,600 m ³ /d
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= 17,600.00 m ³ /d × 2.50 hrs ÷ 24 = 1,834 m ³
Depth	= 3 m
Required Area	= 612 m ² = 40 m × 16 m = 640 m ² OK

(5) Rakiraki WWTP

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	2031 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	4062 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	10155 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	12 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	24 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	3,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	3,300 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	6,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	11,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	484 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 3,300 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 1.1 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 1.10 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 367 \text{ m}^3/\text{d}$

Item	Calculation
1-8 Dewatering	Solids (IN) = 1.1 ds-t/d
	Solids(OUT) = WAS × Recovery Rate × 10 ⁻²
	Solids (OUT) = 1.10 t/d × 95 % × 10 ⁻²
	Recovery Rate = 95 %
	= 1.1 ds-t/d
	Sludge(OUT) = Solids ÷ Solids Concentration × 10 ²
	Sludge(OUT) = 1.10 t/d ÷ 25 % × 10 ²
	Solid Concentration = 25 %
	Sludge(OUT) = 5 m ³ /d



Item	Calculation
3. Oxidation Ditch	
3-1 Reactor Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 3,300 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 6,000 m ³ /d
Hydraulic Retention Time	= 24 hours
Req. Volume	= 3,300.00 m ³ /d × 24.00 hrs ÷ 24 = 3,300 m ³
Shape of Reactor	Oval
Water Depth	D = 3.5 m
Width	W = 4.0 m
Length	L = 42 m
Area	A = Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2 = 4.00 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2 = 13.9 m ²
Volume per Reactor	v = (L-2W)*2A+πWA = (42 - 2* 4.0) * 2 * 13.90 + π * 4.0 * 13.9 = 1119.8 m ³ /reactor
Number of Reactor	n = 3 Reactors
Total Volume	V = n*v = 3 * 1,120 = 3,359 m ³
Actual Hydraulic Retention Time	HRT = V ÷ Q * 24 = 3,359 ÷ 3,300 * 24 = 24.4 hrs Range(Japan): 24~36hr OK Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK
3-2 Aerator	
(1) Design Parameters	
Maximum Daily Flowrate	= 3,300 m ³ /d
Influent BOD	= 460 mg/L
Influent S-BOD	= 230 mg/L
Influent SS	= 470 mg/L
Influent Kj-N	= 70 mg/L
MLSS	= 4,000 mg/L
Effluent BOD	= 40 mg/L
Aerobic volume ratio	= 0.5
HRT	= 16 hrs

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_W \times Q_W}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_I \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time ta ; Aeration Time in a day = 12 hours Xw ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Qw ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor = 3,300 ÷ 3 = 1,100 m3/d Xi ; Influent SS = 470 mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 1,119}{24 \times 1,100 \times 470 \times 0.75}$ $= 5.8 \text{ 日}$
(3) Empirical ASRT	
ASRT	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average = 20 Celsius $= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90 \text{ 日} < 5.80 \text{ 日 OK}$
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	= 20 Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 5.8 ^{-0.671}$ $= 3 \text{ mg/L}$ Assumming BOD/C-BOD is 3
BOD	$= 3 \times C-BOD$ $= 3 \times 3$ $= 9.0 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L OK}$ (General standard) $= 9.0 \text{ mg/L} < 20 \text{ mg/L OK}$ (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 3,300$ $= 1,386$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified. $= 0.6 \times (1,386 - 231 \times 2.5)$ $= 486$ kg as O_2 /d
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8 $= 0.1 \times 3,357 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 538$ kg as O_2 /d
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS Influent N ; $0.070 \times 3,300$ $= 231$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07$ (kg as N/kg as MLSS) $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_X = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^{-3}$ a ; Rate of Sludge coversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_a = 3,300 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 1,279 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 1,279$ $= 89.6$ kg as N/d OD3 $= 4.57 \times (231 - 0 - 89.6)$ $= 647$ kg as O₂/d (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % $=$ Oxygen in effluent $= 1.5 \times 3,300 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 10$ kg as O₂/d (9) Actual Oxigen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 486 + 538 + 647 + 10$ $= 1,681$ kg as O₂/d (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84$ mg/L Ca ; Average DO $= 1.5$ mg/L C_s ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84$ mg/L $t = 20.0$ Celsius

Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 3 Reactors
SOR	= 2,259 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 753 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen
	$= \frac{2,259}{0.46 \times 3,300} = 1.5 \text{ kg as O}_2/\text{kg per unit BOD}$
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 3,300 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 6,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 3,300 ÷ 12 = 275 m ²
Diameter of Basin	11 m
No. of basin	= 3 basins
Effective Area	$= 11^2 \div 4 \times \pi \times 3$ $= 285 \text{ m}^2$
Depth of basin	= 3.5 m
Overflow rate	$= \frac{3,300 \text{ m}^3/\text{d}}{285 \text{ m}^2}$ $= 11.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ Range: } 8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ OK}$
Settling Time	$= \left(\frac{285 \times 3.5 \times 24}{3,300} \right)$ $= 7.3 \text{ hrs Range: } 6 \sim 12 \text{ hr OK}$
Req. Length of weir	$= (11 - 1.6) \times \pi = 29.5 \text{ m}$ (Outer Weir) $= (11 - 2.6) \times \pi = 26.4 \text{ m}$ (Inner Weir)
Weir Loading rate	$= \frac{3,300}{(29.5 + 26.4) \div 3}$ $= 19.7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ Range: } 25 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d}$

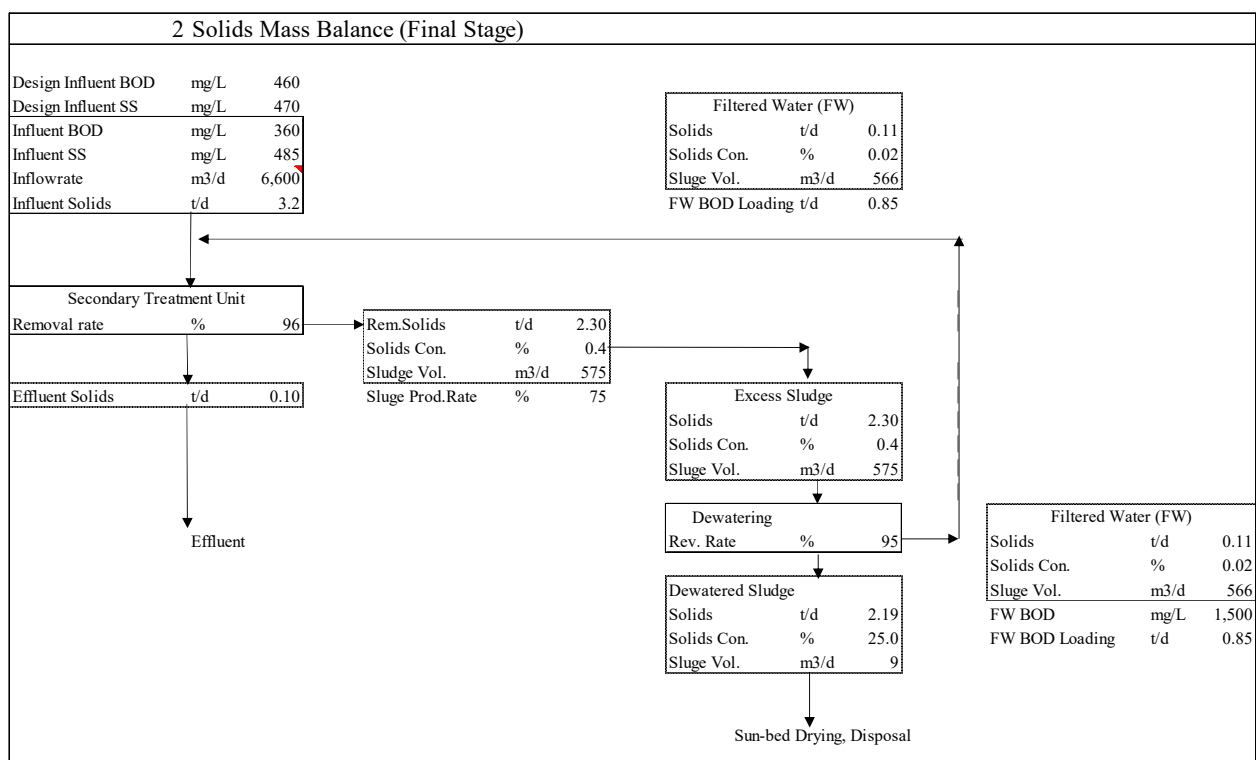
Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	3,300	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	6,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	11,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	11,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	115	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	28.75	m					
Volume	=	2	×	2	×	28.75		
	=	115	m ³					
Actual Contact Time	=	115	÷	11,000	×	24	×	60
	=	15.05 min				OK		
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	1.1	t/d					
Solid Concentration	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	367	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	1.1	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	220.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	1	(	Standby	1	)		
Solids (OUT)	=	1.09	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	4	m3/d					

Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 4 m ³ /d × 150 d = 600 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Required Drying Bed Area	= 2000 m ²
Drying Bed Area	= 40 m × 50 m = 2000 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 4 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 29200 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Sludge Storage Area	= 29200 m ³ ÷ 3.0 m = 9734 m ²
Sludge Storage Area	= 100 m × 100 m = 10000 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 3,300 m ³ /d = 13,200 m ³ /d
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= 13,200.00 m ³ /d × 2.50 hrs ÷ 24 = 1,375 m ³
Depth	= 3 m
Required Lake Area	= 459 m ² = 20 m × 25 m = 500 m ² OK

(6) Olosara WWTP (Sigatoka)

Item	Calculation
1. Design Parameters	
1-1 Outline of Wastewater Treatment	
(1) Area of Plant	ha
(2) Grand Level of Plant	M
(3) Type of Collection System	Separate Sewer System
(4) Water Treatment Process	Oxidation ditch
1-2 Design Flowrate	
【Pipeline Sewerage】	
(1) Average Daily Flowrate	5597 m ³ /d
(2) Peak Dry Weather Flowrate	11194 m ³ /d
(3) Peak Wet Weather Flowrate	27985 m ³ /d
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) Average Daily Quantity	11 m ³ /d
(2) Peak Daily Quantity	22 m ³ /d
【Total Influent Flowrate】	
(1) Average Daily Flowrate	6,000 m ³ /d
(2) Maximum Daily Flowrate	6,600 m ³ /d
(3) Maximum Hourly Flowrate	12,000 m ³ /d
(4) Peak Wet Weather Flowrate	29,000 m ³ /d
1-3 Influent Wastewater Quality	
【Pipeline Sewerage】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	484 mg/L
【Trucked-in Domestic Septage】	
(1) BOD	250 mg/L
(2) SS	620 mg/L
【Total Influent Flowrate】	
(1) BOD	360 mg/L
(2) SS	485 mg/L
1-4 Design Influent Wastewater	
(1) BOD	460 mg/L
(2) SS	470 mg/L
1-5 Removal Efficiency (Total System)	
(1) BOD	96 %
(2) SS	96 %
1-6 Effluent Wastewater Quality	
(1) BOD	19 mg/L
(2) SS	19 mg/L
Sludge Production (Maximum Daily Flowrate)	
1-7 Waste Activated Sludge	$\text{Solids} = \text{Maximum Daily Flowrate} \times \text{Influent SS} \times 0.95 \times 0.75 \times 10^{-6}$ $\text{Solids} = 6,600 \text{ m}^3/\text{d} \times 470 \text{ mg/L} \times 96 \% \times 0.75 \times 10^{-6}$ $= 2.2 \text{ ds-t/d}$ $\text{Solid Concentration} = 0.3 \%$ $\text{Sludge} = \text{Solids} \div \text{Solids Concentration} \times 10^2$ $\text{Sludge} = 2.20 \text{ t/d} \div 0.3 \% \times 10^2$ $\text{Sludge(OUT)} = 734 \text{ m}^3/\text{d}$

Item	Calculation
1-8 Dewatering	Solids (IN) = 2.2 ds-t/d
	Solids(OUT) = WAS × Recovery Rate × 10 ⁻²
	Solids (OUT) = 2.20 t/d × 95 % × 10 ⁻²
	Recovery Rate = 95 %
	= 2.1 ds-t/d
	Sludge(OUT) = Solids ÷ Solids Concentration × 10 ²
	Sludge(OUT) = 2.10 t/d ÷ 25 % × 10 ²
	Solid Concentration = 25 %



Item	Calculation
3. Oxidation Ditch	
3-1 Reactor Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 6,600 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 12,000 m ³ /d
Hydraulic Retention Time	= 24 hours
Req. Volume	= 6,600.00 m ³ /d × 24.00 hrs ÷ 24 = 6,600 m ³
Shape of Reactor	Oval
Water Depth	D = 3.5 m
Width	W = 5.5 m
Length	L = 60 m
Area	A = Width × Water depth - 0.3 × 0.3 × 2 / 2 = 5.50 m × 3.50 m - 0.3 × 0.3 × 2 ÷ 2 = 19.2 m ²
Volume per Reactor	v = (L-2W)*2A+πWA = (60 - 2* 5.5) * 2 * 19.20 + π * 5.5 * 19.2 = 2213.3 m ³ /reactor
Number of Reactor	n = 3 Reactors
Total Volume	V = n*v = 3 * 2,213 = 6,640 m ³
Actual Hydraulic Retention Time	HRT = V ÷ Q * 24 = 6,640 ÷ 6,600 * 24 = 24.1 hrs Range(Japan): 24~36hr OK Range(Metcalf&Eddy): 16~30hr OK
3-2 Aerator	
(1) Design Parameters	
Maximum Daily Flowrate	= 6,600 m ³ /d
Influent BOD	= 460 mg/L
Influent S-BOD	= 230 mg/L
Influent SS	= 470 mg/L
Influent Kj-N	= 70 mg/L
MLSS	= 4,000 mg/L
Effluent BOD	= 40 mg/L
Aerobic volume ratio	= 0.5
HRT	= 16 hrs

Item	Calculation
(2) ASRT	
ASRT	$= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{X_W \times Q_W}$ $= \frac{t_a}{24} \times \frac{X_A \times V}{Q \times X_I \times \alpha}$ ASRT ; Aerobic Sludge Retention Time ta ; Aeration Time in a day = 12 hours Xw ; SS in WAS, mg/L V ; Reactor Volume, m3 Qw ; Volume of WAS, m3 Q ; Maximum Daily Flowrate/Reactor = 6,600 ÷ 3 = 2,200 m3/d Xi ; Influent SS = 470 mg/L α ; Sludge production rate per SS 0.75
ASRT	$= \frac{12 \times 4,000 \times 2,213}{24 \times 2,200 \times 470 \times 0.75}$ $= 5.7 \text{ 日}$
(3) Empirical ASRT	
	$ASRT > 29.7 \text{ EXP } (-0.102 \times T)$ T ; Lowest water temperature in monthly average = 20 Celsius
ASRT	$= 29.7 \text{ exp } (-0.102 \times 20)$ $= 3.90 \text{ 日} < 5.70 \text{ 日 OK}$
(4) Prediction of C-BOD based on ASRT	
T	= 20 Celsius
C-BOD	$= 9.75 \times ASRT ^{-0.671}$ $= 9.75 \times 5.7 ^{-0.671}$ $= 3.04 \text{ mg/L}$
	Assumming BOD/C-BOD is 3
BOD	$= 3 \times \text{C-BOD}$ $= 3 \times 3.04$ $= 9.2 \text{ mg/L} < 40 \text{ mg/L OK}$ (General standard) $= 9.2 \text{ mg/L} < 20 \text{ mg/L OK}$ (Significan Eco Zone standard)

Item	Calculation
(5) Oxygen requirement for BOD oxidation OD1	$= A \times (\text{Removed BOD} - \text{Denitrified N} \times K)$ A ; Required O_2/Removed BOD $= 0.6$ kg as O_2/kg as BOD K ; Consumed BOD by Denitrification $= 2.5$ kg as BOD/kg as N $\text{Removed BOD} = (0.46 - 0.04) \times 6,600$ $= 2,772$ kg as BOD/d Denitrified N ; Assuming all nitrified N is denitrified.
OD1	$= 0.6 \times (2,772 - 462 \times 2.5)$ $= 971$ kg as O_2 /d
(6) Oxygen requirement for Internal aspiration OD2	$= B \times V_a \times \text{MLVSS}$ B ; O_2 Volume for internal aspiration $= 0.1$ kg as O_2/kg as MLVSS/d V_a ; Aerobic zone volume $= \text{Volume} \div 2$ Assuming MLVSS/MLSS is 0.8
OD2	$= 0.1 \times 6,639 \div 2 \times 4 \times 0.8$ $= 1,063$ kg as O_2 /d
(7) Oxygen requirement for nitrification OD3	$= C \times \text{Nitrified N}$ C ; O_2 consumed by nitrification $= 4.57$ kg as O_2/kg as N Nitrified N ; Amount of nitrified nitrogen ; Influent N - Effluent nitrified N - nitrogen of WAS Influent N ; $0.070 \times 6,600$ $= 462$ kg as N/d Effluent N ; Assuming all N is nitrified $\text{Nitrogen of WAS} = 0.07$ (kg as N/kg as MLSS) $\times Q_w \times X_x$

Item	Calculation
	$Q_w \times X_X = Q_{in} (a \times C_{S-BOD_{in}} + b \times C_{ss,in} - c \times X_A \times \tau_A) \times 10^{-3}$ a ; Rate of Sludge coversion from S-BOD $= 0.5$ gMLSS/gS-BOD C_{S-BOD} ; Influent soluble BOD $= 230$ mg/L b ; Rate of Sludge production from SS $= 0.75$ gMLSS/gSS c ; Decay rate $= 0.04$ 1/d τ_A ; Aeration time $= 0.5$ d $Q_w \times X_a = 6,600 \times (0.5 \times 230 + 0.75 \times 470 - 0.04 \times 4,000 \times 0.5) \times 10^{-3}$ $= 2,558 \text{ kg/d}$ Nitrogen of WAS $= 0.07 \times 2,558$ $= 179.1$ kg as N/d OD3 $= 4.57 \times (462 - 0 - 179.1)$ $= 1,293$ kg as O₂/d (8) Oxygen requirement in Effluent OD4 $=$ Assuming Sludge return rate of 100 % Oxygen in effluent $= 1.5 \times 6,600 \times (1 + 1.00) \times 10^{-3}$ $= 20$ kg as O₂/d (9) Actual Oxigen Requirement AOR $= OD_1 + OD_2 + OD_3 + OD_4$ $= 971 + 1,063 + 1,293 + 20$ $= 3,347$ kg as O₂/d (10) Standard Oxygen Requirement SOR $= \frac{AOR \times C_{sw}}{1.024^{(t-20)} \times \alpha \times (\beta \times C_s - C_a)} \times \frac{760}{P}$ C_{sw} ; Oxygen saturation concentration in clean water at 20 Celsius $= 8.84$ mg/L Ca ; Average DO $= 1.5$ mg/L C_s ; Oxygen saturation concentration in clean water at t Celsius $= 8.84$ mg/L $t = 20.0$ Celsius

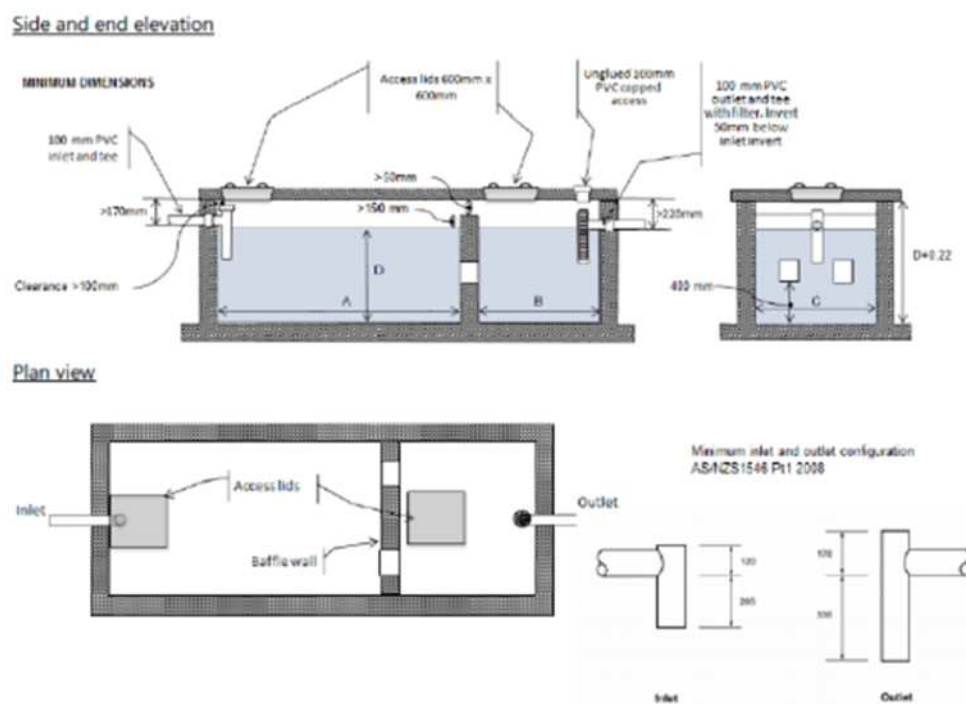
Item	Calculation
	α ; 0.93 β ; 0.97 P ; 760
Number of Reactor	= 3 Reactors
SOR	= 4,497 kg as O ₂ /d
SOR/reactor	= 1499 kg as O ₂ /d (per reactor)
	Required Oxygen
	$= \frac{4,497}{0.46 \times 6,600} = 1.5 \text{ kg as O}_2\text{/kg per unit BOD}$
4. Secondary clarifier	
4-1 Basin Volume	
Design Flowrate	
Maximum Daily Flowrate	= 6,600 m ³ /d
Maximum hourly Flowrate	= 12,000 m ³ /d
Overflow rate	= 12 m ³ /m ² /d
Required Area for settling	= 6,600 ÷ 12 = 550 m ²
Diameter of Basin	16 m
No. of basin	= 3 basins
Effective Area	$= 16^2 \div 4 \times \pi \times 3$ $= 603 \text{ m}^2$
Depth of basin	= 3.5 m
Overflow rate	$= \frac{6,600 \text{ m}^3/\text{d}}{603 \text{ m}^2}$ $= 10.9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ Range: } 8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ OK}$
Settling Time	$= \left(\frac{603 \times 3.5 \times 24}{6,600} \right)$ $= 7.7 \text{ hrs Range: } 6 \sim 12 \text{ hr OK}$
Req. Length of weir	$= (16 - 1.6) \times \pi = 45.2 \text{ m}$ (Outer Weir) $= (16 - 2.6) \times \pi = 42.1 \text{ m}$ (Inner Weir)
Weir Loading rate	$= \frac{6,600}{(45.2 + 42.1) \div 3}$ $= 25.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ Range: } 25 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} \text{ OK}$

Item	Calculation							
5. Disinfection								
5-1 Basin Volume								
Design Flowrate								
Maximum Daily Flowrate	=	6,600	m ³ /d					
Maximum hourly Flowrate	=	12,000	m ³ /d					
Peak Wet Weather Flowrate	=	29,000	m ³ /d					
Chlorine Contact Time	=	15	minutes					
	=	900	seconds					
Req. Volume	=	29,000	÷	24	÷	60	÷	60
			×	900				
	=	303	m ³					
Depth	=	2	m					
Width	=	2	m					
Length	=	75.75	m					
Volume	=	2	×	2	×	75.75		
	=	303	m ³					
Actual Contact Time	=	303	÷	29,000	×	24	×	60
	=	15.05	min	OK				
6-1 Sludge Dewatering								
Solids (IN)	=	2.2	t/d					
Solid Concentration	=	0.30	%					
Sludge(IN)	=	734	m3/d					
Operation Conditions	7 hrs in one day and 5 days in a week							
Solids	=	2.2	×	7	÷	5	÷	7
(Required Dewatering Cap.)			×	1,000				
	=	440.0	kg/d					
Actual Dewatering capacity	=	400	kg/d					
Number of Units	=	2	(	Standby	1	)		
Solids (OUT)	=	2.19	t/d					
Solid Concentration(OUT)	=	25.00	%					
Sludge(OUT)	=	9	m3/d					

Item	Calculation
6-2 Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Period	= 3 month
Drying Bed Volume	= 5 month's worth sludge = 150 d
Sludge Volume	= 9 m ³ /d × 150 d = 1350 m ³
Sludge Depth	= 0.3 m
Required Drying Bed Area	= 1350 m ³ ÷ 0.3 m = 4500 m ²
Drying Bed Area	= 40 m × 120 m = 4800 m ² OK
6-3 Sludge Storage Space	
Sludge Storage Period	= 20 yrs
Sludge Volume	= 9 m ³ /d × 20 yrs × 365 d = 65700 m ³
Sludge Depth	= 3.0 m
Required Storage Area	= 65700 m ³ ÷ 3.0 m = 21900 m ²
Sludge Storage Area	= 200 m × 110 m = 22000 m ² OK
7. Primary Treatment (Rainwater)	
Design Flowrate	= 4* Maximum Daily Flowrate = 4* 6,600 m ³ /d = 26,400 m ³ /d
Required Retention Time	= 2.50 hrs
Required Volume	= 26,400.00 m ³ /d × 2.50 hrs ÷ 24 = 2,750 m ³
Maturation Pond Volume (Current Anaerobic Pond)	= 3,420 m ³ > 2,750 m ³ OK

APPENDIX 5-6 Calculation of Septic Tank Capacity (1)

Recommended dimensions for two chamber septic tanks are shown below. The tanks are dimensioned to provide working capacities based on international best practice codes and standards, as adopted in New Zealand and Australia (e.g., AS/NZS 1547:2012).



Required septic tank capacities for combined black and grey water. A–D refer to key dimensions.

No. of occupants	A (m)	B (m)	D (m)	C (m)	Working Capacity (Liters)
1 – 5	1.4	0.8	1.2	1.2	3,170
6 – 8	1.6	0.8	1.2	1.4	4,030
9 – 10	1.8	1.0	1.2	1.4	4,700

Required septic tank capacities for black water only. A–D refer to key dimensions.

No. of occupants	A (m)	B (m)	D (m)	C (m)	Working Capacity (Liters)
1 – 5	1.2	0.6	0.9	1.0	1,620
6 – 8	1.6	0.8	1.0	1.0	2,400
9 – 10	1.8	1.0	1.0	1.2	3,360

Source: On-site Household Sanitation Guidelines for Fiji, #3 Septic tank Construction Using Concrete Blocks (Sep. 2017, WASH Koro Project)

APPENDIX 5-7 Calculation of Septic Tank Capacity (2)

The total capacity of the tank (C) is:

$$C = A + B$$

where

A = Required volume for 24 hours' liquid retention;

B = Required sludge and scum storage capacity

$$A = P \times q = 8 \times 0.9 \times 220 = 1,584 \text{ liters}$$

where,

P = number of people served by the tank (= 8, for minimum capacity septic tank in the Building Code)

q = sewerage flow per person (litters per person per day). = $0.9 \times Q$;

Q = Daily water consumption = 220 liters/day/person (WAF's Planning parameter for domestic use)

$$B = P \times N \times F \times S$$

where

N = Number of years between dislodging (often 2-5 years; more frequent dislodging may be assumed where there is a cheap and reliable emptying service) (assumed as 5 years)

F = a factor which relates the sludge digestion rate to temperature and the dislodging interval, as shown in the table below. (=1.0, temperature $>20^{\circ}\text{C}$)

Number of years between desludging	Ambient temperature		
	> 20	> 10	< 10
	throughout year	throughout year	during winter
1	1.3	1.5	2.5
2	1.0	1.15	1.5
3	1.0	1.0	1.27
4	1.0	1.0	1.15
5	1.0	1.0	1.06
6 or more	1.0	1.0	1.0

S = Rate of sludge and scum accumulation which may be taken as 25 liters per person per year for tanks receiving WC waste only, and 40 liters per person per year for tanks receiving WC waste and sullage.

$B = P \times N \times F \times S = 8 \times 5 \times 1.0 \times 25 = 1,000$ liters for tanks receiving WC waste only

$B = P \times N \times F \times S = 8 \times 5 \times 1.0 \times 40 = 1,600$ liters for tanks receiving WC waste and sullage

Thus, the required tank capacity is calculated as follows.

$C = 1,584 + 1,000 = 2,584$ liters for tanks receiving WC waste only

$C = 1,584 + 1,600 = 3,184$ liters for tanks receiving WC waste and sullage

The calculation above was done referring “A Guide to the Development of on-Site Sanitation” issued by WHO in 1992.

APPENDIX 5-8 Standards for Frequency of Septic Tank Desludging

Standards for frequency of septic tank desludging.

Country	Septic tank desludging frequency	Agency setting the norm
1 India	2–3 years	Central Public Health and Environmental Engineering Organization (CPHEEO), 2013
2 USA	Every 3 years	Environmental Protection Agency (EPA) (2005), A Homeowner’s Guide to Septic Systems
3 Australia	Every 5 years	Department of Health, Australian Government, 2010
4 Ireland	5 years or depending on the septic tank capacity and the number of people living in the house	The Water Services (Amendment) Act 2012
5 Malaysia	Every 2 years	MS 1228 on Design of sewerage system [Standards and Industrial Research Institute of Malaysia (SIRIM), 1991; Span, 2009]
6 Philippines	Inspected at least once a year and be cleaned when the bottom of the scum mat is within 7.50 cm (3 inches) of the bottom of the outlet device	Sewerage Collection And Disposal, Excreta Disposal And Drainage Of The Code On Sanitation Of The Philippines (P.D. 856.) (Department of Health, Manila, Philippines, 1995)
7 Canada	Inspect the system every 3–5 years and pump out the solids and scum when required	Ontario Septic Smart-Understanding Your Home’s Septic System; Canadian Environmental Protection Act (R.R.O, 1990), Reg. 358: sewerage systems (Last amendment: O. Reg. 244/09.) (R.R.O, 1990; WHO, n.d.)

Source: “Citywide Inclusive Sanitation Through Scheduled Desludging Services: Emerging Experience From India”, Meera Mehta, Dinesh Mehta and Upasana Yadav, Frontiers in Environmental Science, Vol. 7, Article 188, November 2019)

APPENDIX 5-9 Study of Septage Treatment in Ra Province

(1) Setting Septic Tank Sludge Collection Area

Ra Province has a low population density and is expected to have a low priority for sewerage development. Consequently, sewerage development in this region is expected to take longer than in other regions. In addition, it is far from Lautoka where many bailing companies are located, leading to bailing fees that are higher than in other areas. For these reasons, as a temporary measure for domestic wastewater treatment, development decentralized treatment systems, scheduled bailing, and construction of a new sludge treatment facility were considered.

Figure A5-9.1 shows a proposed sludge transportation route if a new septage treatment plant (STP) is constructed in Raki Raki and septic tank sludge is transported to Raki Raki, Natabua, and Olosara for treatment. In this proposal, sludge from Tavua, one of the Districts (Tikina) in Ba Province, which is adjacent to Ra Province, will be treated at the Raki Raki STP nearby.

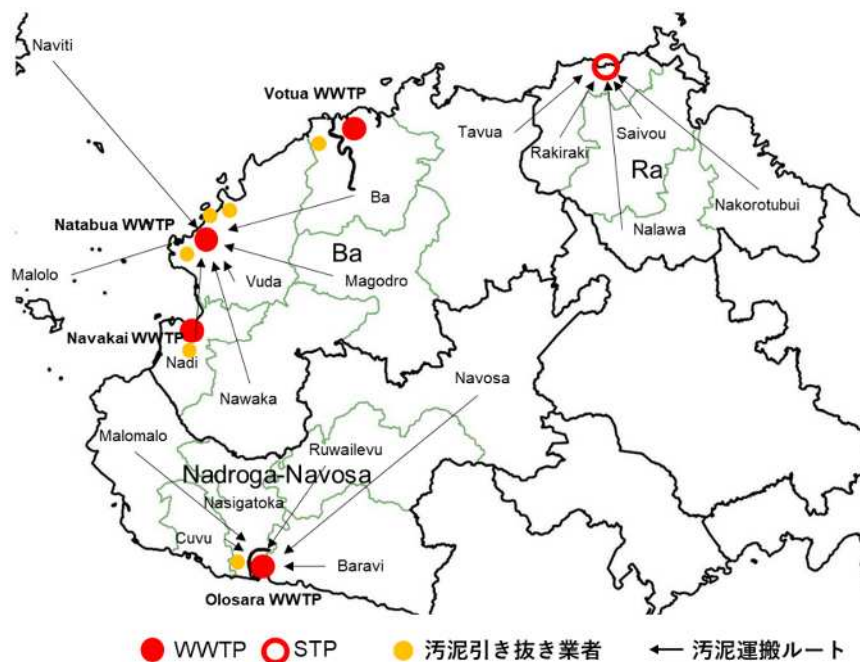
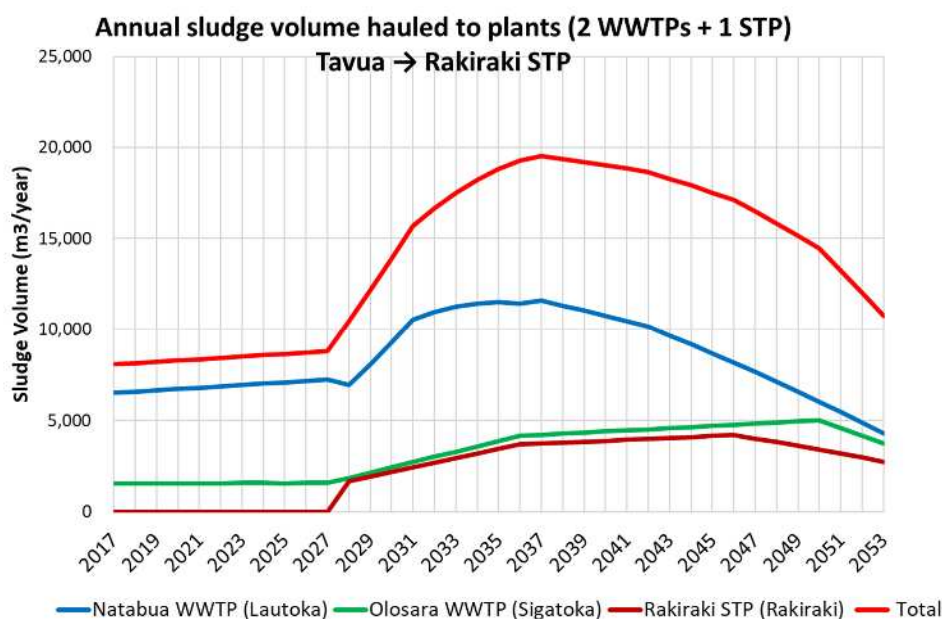


Figure A5-9.1 Proposed Sludge Transportation Route (Alternative 2)

Source: JET

(2) Calculation of Sludge Volume

Sludge volume was calculated using the settings determined in Section 5-3-3 of the main report. As a result, the scale of the new sludge treatment facility will need to be approximately 18.8 m³/day at the peak in 2046, as shown in **Figure A5-9.2**. The peak amount of waste brought into the Natabua WWTP will decrease from approximately 61 m³/day (2037) to 46 m³/day (2037).



Source: JET

Figure A5-9.2 Septage Volume Forecast (Alternative 2)

Table A5-9.1 Sludge Volume to New Sludge Treatment Facility and Tavua WWTP

Collection area of the new facility	Sludge Treatment Facility	Year	Sludge Volume
Ra Province and Tavua	New Sludge Treatment Facility	2036	3,700m ³ / year (14.4 m ³ /day)
		2046 (Peak)	4,200m ³ /year (18.8 m ³ /day)

※The daily septage volume is calculated based on 250 operation days per year
Source: JET

(3) Transportation of Bailed Septage

Taking into consideration the population distribution in Ra Province and the distance from Tavua, it was determined to construct the new sludge treatment facility in Raki Raki,

The table below shows the population of Tavua and each Tikina of Ra Province, and the transportation distance between the “representative village” and the sludge treatment facility. The “representative village” was defined based on road conditions and distribution of villages in each District (Tikina). A weighted average using the Tikina population yields an average trip distance of 33 km (66 km round trip) for sludge transport. In addition, if centralized sewerage development progresses in Raki Raki and Tavua, decentralized treatment will be used by those in the surrounding areas where the settlements are dispersed, and sewerage treatment is expected to come later. No major changes in transportation conditions assumed for this analysis are expected in the foreseeable future.

Table A5-9.2 Population and Trip Distance of Each Sludge Collection District (Tikina)

Province	District (Tikina)	Population (2017)	Representative Village	Trip Distance
Ra	Rakiraki	13,908	Vaileka	6 km
	Saivou	7,184	Vunisea	46 km
	Nalawa	4,932	Burenitu	43 km
	Nakorotubu	4,392	Namarai	50 km
Ba	Tavua	23,269	Tavua	40 km

Source: JET, Google Maps referenced for trip distance



Source: JET, background image from Google Maps

Figure A5-9.3 Sludge Transport Routes from Representative Villages of Each District (Tikina)

(4) Calculation of the Number Trucks Required

The calculation of the number of truck trips per day and the required number of trucks are shown below. In this calculation, it is assumed that one truck (capacity 6 m³) can bail three locations (2 m³/location) in one trip in the scheduled bailing proposed.

The average number of trips was 1.0 trips/day/vehicle. According to interviews with private companies, the average number of trips per truck was about 2 trips per day, indicating extremely low work efficiency. As a result, the required number of trucks will be four at the peak and three in 2036.

$$\text{Average number of trips} = T_d / (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5) = 7 / (1.5 + 4.5 + 0.25 + 0.25 + 0.5) = 1.0$$

Td: Number of working hours per day = 7 hours

T1: Average trip time = Average trip distance / average speed (45 km/hour)

$$= 66 \text{ km} / 45 \text{ km/hour} = 1.5 \text{ hours}$$

T2: Average work time (4.5 hours = 1.5 hours/location x 3 locations,

based on interview surveys)

T3: Facility waiting time (= 0.25 hours, payment etc.)

T4: Facility unloading time (0.25 hours)

T5: Prep and cleanup (0.5 hours, pre-work inspection, cleanup)

$$\text{Required number of trucks} = V_s / V_t / N_t / \eta = 18.8 \text{ (m}^3/\text{day)} / 6 \text{ (m}^3/\text{trip)} / 1 \text{ (trip/day/truck)} / 0.8 = 3.9 \approx 4 \text{ trucks}$$

Vs: Sludge volume (m³/day) (= 18.8 m³/day, peak)

Vt: Bailed volume per trip (= 6 m³/trip, septic tank volume 2m³×3 locations)

Nt: Number of trips per truck per day (trips / day / truck) (= 1 trip/day/truck)

η: Truck utilization rate (= 0.8)

$$\text{Calculation of number of trucks} = V_s / V_t / N_t / \eta = 14.4 \text{ (m}^3/\text{day)} / 6 \text{ (m}^3/\text{trip)} / 1 \text{ (trip/day/truck)} / 0.8 = 3 \text{ trucks}$$

Vs: Sludge volume (m³/day) (= 14.4 m³/day, as of 2036)

Vt: Bailed volume per trip (= 6 m³/trip, septic tank volume 2m³×3 locations)

Nt: Number of trips per truck per day (trips / day / truck) (= 1 trip/day/truck)

η: Truck utilization rate (= 0.8)

(5) Reduction of Bailing Fee Disparities and Financial Feasibility of Operations

Looking at the calculation results for the number of trips per day per truck and the number of trucks required,

it is estimated that it will be less efficient than the current operating conditions for private companies, and it will be difficult to ensure profitability. The reasons for the low efficiency are the long trip distances, the low sludge volumes per location, and the amount of time required for bailing.

Although there is a possibility that scheduled bailing will improve work efficiency by preventing caking of deposited sludge, work time per location is already set to 1.5 hours, including transportation time between locations. Significant reductions in work time cannot be expected. Additionally, if the construction and operation costs of new sludge treatment facilities are reflected in the bailing rate, the financial benefit to customers is expected to be small if tariff setting is mediated entirely by market principles between private companies and customers. In the end, bailing rates in Ra Province will continue to be higher than in other regions.

APPENDIX 7-1 FIRR EIRR Calculation

Table A7-1.1 Summarized Cash Flow Table for FIRR Calculation

Year	Expenditure Without Project	Capital Expenditure Total	O&M Expenditure Total	Incremental Expenditure Total	Incremental Income Total	Incremental Cash Flow for FIRR
2028	15,206	188,883	0	173,677	484	(173,192)
2029	15,206	221,216	0	206,010	536	(205,474)
2030	15,206	277,066	0	261,860	527	(261,332)
2031	15,206	282,944	0	267,738	543	(267,195)
2032	15,206	209,459	0	194,253	547	(193,706)
2033	15,206	306,422	2,867	294,083	3,507	(290,576)
2034	15,206	339,754	4,902	329,450	3,581	(325,869)
2035	15,206	397,328	6,997	389,119	4,390	(384,729)
2036	15,206	403,388	6,997	395,180	1,389	(393,791)
2037	15,206	327,633	6,997	319,425	1,365	(318,060)
2038	15,206	104,022	11,031	99,847	5,324	(94,524)
2039	15,206	115,493	13,681	113,968	6,081	(107,886)
2040	15,206	135,307	16,410	136,511	6,926	(129,585)
2041	15,206	137,393	16,410	138,597	3,668	(134,929)
2042	15,206	111,322	16,410	112,526	3,627	(108,899)
2043	15,206	58,546	17,483	60,823	4,967	(55,856)
2044	15,206	75,733	18,557	79,083	5,147	(73,937)
2045	15,206	94,557	19,662	99,013	5,379	(93,634)
2046	15,206	70,822	19,662	75,279	4,229	(71,049)
2047	15,206	53,518	20,580	58,892	5,244	(53,648)
2048	15,206	68,248	21,498	74,540	5,399	(69,141)
2049	15,206	84,382	22,444	91,620	5,583	(86,037)
2050	15,206	64,040	22,444	71,277	4,735	(66,542)
2051	15,206	0	23,098	7,892	5,403	(2,489)
2052	15,206	0	23,752	8,546	5,537	(3,009)
2053	15,206	(2,835,806)	24,426	(2,826,585)	5,688	2,832,274
					FIRR=	-2.1%

出典：JET

Table A7-1.2 Summarized Cash Flow Table for EIRR Calculation

Year	Cost Without Project	Capital Cost Total	O&M Cost Total	Incremental Cost Total	Incremental Benefit Total	Incremental Cash Flow for EIRR
2028	15,206	188,883	0	173,677	484	(173,192)
2029	15,206	221,216	0	206,010	819	(205,191)
2030	15,206	277,066	0	261,860	1,020	(260,839)
2031	15,206	282,944	0	267,738	1,319	(266,419)
2032	15,206	209,459	0	194,253	1,606	(192,647)
2033	15,206	306,422	2,753	293,969	22,091	(271,873)
2034	15,206	339,754	4,706	329,254	40,046	(289,201)
2035	15,206	397,328	6,718	388,839	62,073	(326,757)
2036	15,206	403,388	6,718	394,900	59,497	(335,392)
2037	15,206	327,633	6,718	319,145	59,966	(259,168)
2038	15,206	104,022	10,590	99,406	86,495	(12,896)
2039	15,206	115,493	13,133	113,421	109,962	(3,439)
2040	15,206	135,307	15,754	135,855	133,898	(1,934)
2041	15,206	137,393	15,754	137,941	131,346	(6,571)
2042	15,206	111,322	15,754	111,870	132,011	20,165
2043	15,206	58,546	16,784	60,124	141,764	81,665
2044	15,206	75,733	17,814	78,341	150,376	72,061
2045	15,206	94,557	18,876	98,226	159,097	60,899
2046	15,206	70,822	18,876	74,492	158,797	84,333
2047	15,206	53,518	19,757	58,069	166,393	108,354
2048	15,206	68,248	20,638	73,681	173,132	99,482
2049	15,206	84,382	21,546	90,722	180,061	89,371
2050	15,206	64,040	21,546	70,380	180,272	109,925
2051	15,206	0	22,174	6,968	185,723	178,788
2052	15,206	0	22,802	7,596	190,641	183,079
2053	15,206	(2,835,806)	23,449	(2,827,562)	195,667	3,023,264
					EIRR=	2.4%

出典：JET